整理番号	土木資料 技管 第1号
著者名	土木研究所

年度	S39年度

土木試験基準

昭和39年

建設省

土木研究所

土木試験基準　目次

第1編　材　料
- 第1章　セメント …… 3
- 第2章　歴青材料 …… 75
- 第3章　金属材料 …… 129
- 第4章　塗　料 …… 152
- 第5章　石　材 …… 158
- 第6章　その他材料
  - 6.1　コンクリート舗装用目地材料 …… 180
  - 6.2　木　材 …… 203

第2編　コンクリートおよびアスファルト混合物
- 第7章　コンクリートおよびコンクリート製品
  - 7.1　コンクリート …… 207
  - 7.2　コンクリート製品 …… 268
- 第8章　アスファルト混合物 …… 283

第3編　土
- 第9章　土 …… 349

第4編　一　般
- 第10章　一　般 …… 515

第5編　建設省土木試験基準関係日本工業規格(JIS)抜粋 …… 556

索　引
1. 建設省土木試験基準（KDSK）目録 …… 562
2. 建設省土木試験基準関係日本工業規格(JIS)目録 …… 564
3. 術語索引 …… 576

第 1 編　材　　料

第 1 章　セメント

第1章　セメント目次

概　　説 …… 1頁
1.1　セメントの品質 …… 2
1.2　セメントの物理試験方法 …… 5
1.3　セメントの化学分析方法 …… 8
1.4　セメントの水和熱測定方法 …… 11
1.5　偽凝結の試験方法 …… 13
1.6　セメントの風ふるい試験方法 …… 16
1.7　ポルトランドセメントのオートクレーブ膨張試験方法 …… 25
1.8　アルカリ骨材反応の試験方法 …… 31
1.9　ルシャトリエ方法によるセメントの安定性試験方法 …… 45
1.10　モルタルの容積変化の測定方法 …… 47
1.11　硬化したコンクリート中のポルトランドセメントの含有量試験方法 …… 63
1.12　セメントモルタルの化学抵抗試験方法 …… 66
1.13　セメントの空気連行能試験方法 …… 67
1.14　遊離石灰の定量方法 …… 70

第1章 セメント

概　説

セメントは一般に有機無機の　こう着性材料を総称するのであるが、ここで取り扱うセメントは水硬性セメントであるポルトランドセメント、およびポルトランドセメントクリンカーを含有する高炉セメント、シリカセメントおよびフライアッシュセメントに限定する。

ポルトランドセメントクリンカーは石灰質原料と粘土質原料の微粉末を適当の割合で混合し、その一部が溶融するまで焼成してえたものである。クリンカーに適当量の　せっこう　を加えて粉砕したものがポルトランドセメントである。

ポルトランドセメントの成分の1例は強熱減量：0.84%、不溶解残分：0.44%、SiO_2：21.79%、Al_2O_3：5.22%、Fe_2O_3：3.22%、CaO：65.14%、MgO：1.54%、SO_3：1.47%である。これらの成分は単独に存在するものではなく　けい酸三石灰（$3CaO \cdot SiO_2 : C_3S$）、　けい酸二石灰（$2CaO \cdot SiO_2 : C_2S$）、アルミン酸三石灰（$3CaO \cdot Al_2O_3 : C_3A$）、アルミノ鉄酸四石灰（$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3 : C_4AF$）および　せっこう　（$CaSO_4 \cdot 2H_2O$）として存在すると一応考えてよい。

ポルトランドセメントに水を加えると水和化学反応を起し、凝結し、硬化して強度を発生する。この反応の過程で水和反応熱が発生し、また容積の変化も生じる。水和反応による生成物はその比表面積が$300 m^2/g$程度の毛細管系の集合した構造を形成し、これらが　こう着作用を示している。硬化体がこのような性質を持つことは種々の環境の下で安定性よりみて弱点でもある。

クリンカーの構成化合物であるC_3S、C_2S、C_3A、C_4AFはセメントの水和時の行動についてそれぞれ特有の機能を持つものであり、セメントの性質は構成化合物の含量により相当程度支配される。例えばC_3Sは初期の強度を支配し、C_2Sは約1箇月以降の強度増加を支配して水和熱は小さい。C_3Aは強度にはほとんど関与せずに凝結現象に関係し、水和熱は最も大きく安定性には好ましくない。C_4AFは強度および水和熱には余り関与しないがクリンカーの焼成に密接に関係する。添加された　せっこう　は凝結現象を調節する。したがってポルトランドセメントでは構成化合物量を変えることにより、ある程度その性質を選択的に変えることができる。

4

(2)

構成化合物の含量は分析値より下式で算出する。

$C_3S = 4.07CaO - 7.60SiO_2 - 1.43Fe_2O_3 - 6.72Al_2O_3$

$C_2S = 2.87SiO_2 - 0.75C_3S$

$C_3A = 2.65Al_2O_3 - 1.69Fe_2O_3$

$C_4AF = 3.04Fe_2O_3$

ただしここに用いられるCaOのパーセントは分析値からSO_3に結合するCaO量（$0.70SO_3$）を減じたものである。

ポルトランドセメントの性質はその化学組成によりある程度は変えることができるが、万能的なセメントではもち論ないし、それらに共通する好ましくない性質も持っている。これらの性質を改善するためにクリンカーに高炉スラグまたはポゾラン材料を加えることが有効とされている。高炉スラグを加えたものは高炉セメントであり、ポゾラン材料を加えたものはポゾランセメントである。シリカセメントはポゾランセメントの一種である。フライアッシュも一種のポゾランであり、フライアッシュを混合したものは特にフライアッシュセメントと言う。

1.1 セメントの品質

セメントの品質は

JIS R 5210 - 1960 "ポルトランドセメント"

JIS R 5211 - 1960 "高炉セメント"

JIS R 5212 - 1960 "シリカセメント"

JIS R 5213 - 1960 "フライアッシュセメント"

の規定によるものとする。

解　説

日本工業規格に示されるセメントの品質は、セメントとして持たなければならない性質の一応の限界基準を示すものである。コンクリートの一成分として使用される場合のセメントの行動がこの規格に示されているのではない。市場にあるセメントの品質は規格で示される値の限界内に一般には入っているが個々のセメントについての品質には若しい差も認められる。

また規格で示される品質項目は一定条件の下で測定された値であり、コンクリートの品質を支配する一要因だとしても、両者の間には定まった数量的関係は確かめられていない。なお、規格で示される項目はセメントとして特

(3)

に重要な他の種々の性質を表示する項目を包含していないし、規格に示される数値はセメントの種類別に指性的である点を正直に示していない場合もあり、また強度に関しては規格値の2倍位のものが一般に製造されている。セメントの品質を特に使用者で指定する必要のある場合は、特定の仕様書を造るべきであり、その場合はJIS規格に必ずしも拘束される必要はない。またセメントの品質として均一性が重要であるが、JIS規格には規定されていないので必要に応じて仕様書にそれを規定すべきである。

ポルトランドセメントは普通、早強、早強熱の3種に区分され普通種が最も一般に用いられ、早強種は特に早期強度を必要とするとき用いられる。中庸熱種は大塊コンクリート用に用いられる。

高炉セメントはクリンカーと急冷砕した高炉スラグを混合粉砕したり、また別々に粉砕後に混合したりして製造される。高炉セメントに用いられるスラグは急冷されてガラス質であることと、その化学組成によつてきまる塩基度がある値以上であることが必要である。

スラグは単独では水和反応を起さないが、アルカリや硫酸塩等の存在で水和反応を起こし硬化する性質を持っている。この潜在水硬性は塩基度が大きい程よいとされている。

高炉セメントに配合されるクリンカーはセメントについて30%以上を要する。高炉セメントの性質はスラグの品質、スラグの配合量、クランカーの性質等で相当変化し、ポルトランドセメントの性質とも異なる点がある。スラグの塩基度を示めす式として JISでは

$$\frac{CaO\,(\%) + MgO\,(\%) + Al_2O_3\,(\%)}{SiO_2\,(\%)} > 1.4$$

の規定がある。

高炉セメントの種類は高炉セメント中のスラグの含量によりA、B、C、種の3種に分けられている。A種はスラグの含量が30%以下、B種は30～60%、C種は60～70%である。

A種は一般には普通ポルトランドセメントとほとんど同等の性質を持つと考えてよい。B種は現在一般の市場にある高炉セメントおよび大塊コンクリートに用いるものもも包含している。この種のセメントは普通ポルトランドセメントと比較して短期強度はやや低く、低温での強度低下の割合もやや大きい等の性質があり、中庸熱ポルトランドセメントに匹敵させるためにはクリンカーは中庸熱型としスラグの配合量も多い方を選ぶ。

C種はスラグの配合量が特に多いのであるが、このための品質低下をさけ

るために、スラグの塩基度が1.6以上とし、かつスラグを微粉砕している。C種の一般的性質はB種とほとんど変わらない。B種およびC種高炉セメントの使用にあたっては養生に特に注意する必要がある。またB種を特にダム用として用いる場合には、強度、水和熱および粉末度について中よう熱ポルトランドセメントの規格を適用することになっている。

なお高炉セメント中のスラグの配合量を決定するための方法は信頼されるものが現在見出されていない。

シリカセメントはクリンカーとシリカ質混合材を混合して粉砕したものである。シリカ質混合材のシリカ含量は60%以上であり、この混合材料はセメントの30%以下でなければならない。混合材料はけい酸白土類、可溶白土類、火山灰、けいそう土等の天然物のほか、粘土類を焼いたもの等である。これら酸性物質はクリンカーより遊離される消石灰を固定する作用を持つ。混和材料の性質によりシリカセメントの性質は著しい影響をうける。シリカセメントは長期強度の増進率が大きく、化学抵抗性の増大、透水性の減少等の効果がある。

シリカセメントの種類もシリカ質混合材の含量により、A、B、C種の3種に分けられている。A種は混合材の含量が10%以下、B種は10～20%、C種は20～30%である。

シリカセメントの性質は混合材の性質により顕著に支配されるが、A種は一般には普通ポルトランドセメントとほとんど同等の性質を持つと考えてよい。B種およびC種は普通ポルトランドセメントと比較して短期強度はやや低く、低温での強度低下の割合もやや大きい等の性質があり、水和熱は混合材の量にある程度比例的である。高炉セメントよりもクリンカー含量の影響が顕著である。長期における種々の性質が改善されるとされているが、硬化体の乾燥収縮が比較的大きいともされる。

シリカセメント中の混合材の含量の定量方法には適当な方法が乏く、またJISで規定する水和熱の測定方法は適用されない。またシリカ質混合材の評価方法が簡単ではない。

フライアッシュセメントはクリンカーとフライアッシュを混合粉砕するか、またはセメントとフライアッシュを十分混合して均一にして造る。使用するフライアッシュはJIS A 6201 に規定するフライアッシュを用いる。フライアッシュはその球形のためにコンクリートにウオーカービリティーを与える特性を持つが、反面クリンカーより遊離する消石灰を固定する作用も持つ。フライアッシュセメントの性質はフライアッシュの含量により顕著

に影響をうける。

フライアッシュセメントの種類はフライアッシュの含量によりA、B、C種の3種に分けられている。A種はフライアッシュの含量が10%以下、B種は10～20%、C種は20～30%である。

A種は一般には普通ポルトランドセメントとほとんど同等の性質を持つと考えてよい。B種、C種は順次短期強度、水和熱は小さくなる。C種は大塊コンクリートにも用いられる。水和熱はフライアッシュの混合量を増すに従い、減少する。C種は水和反応もおそいので養生に注意する必要がある。

フライアッシュセメントは混合したフライアッシュ含量の定量方法に適当の方法がなく、JISで規定する水和熱の測定方法は適用されない（ただしある程度の誤差を許容すれば大体の水和熱値をうることができる）。

高炉セメント、シリカセメント、フライアッシュセメントにはクリンカー以外にセメントの性質を支配する要因のあることは、品質の均一性の上からは好ましいとは言えないが、その反面これら要因を任意に選択することによりポルトランドセメントではえられない性質を持たせることができる。しかし製造工場が異なる場合の工場別のセメントの性質の相違は、ポルトランド系セメントより大きいし、混合系セメントはその配合割合を測定する方法がない点に注意せねばならない。

高炉セメント、シリカセメント、フライアッシュセメントはその性質を理解して使用する必要がある。

1.2 セメントの物理試験方法

セメントの物理試験方法はJIS R 5201－1964“セメントの物理試験方法”の規定により、ポルトランドセメント、高炉セメント、シリカセメントおよびフライアッシュセメントに適用される。

解　説

セメントの物理試験の目的は、試料セメントの物理的性質が品質規定に合格しているか否かを知ることであるが、えられた試験結果よりそのセメントの性質の実際を知りまたはその性質を推定することである。これらの資料はコンクリートの配合、設計、施工等のための基礎資料となり、コンクリートの品質管理の向上のために用いられる。

セメントの物理試験は比重、粉末度、凝結、安定性および強度について実

施する。これらの項目はそれぞれの意義を持つものであるが、特に凝結および安定性について不合格となるものはこれを用いてはならない。測定用の機器にはそれぞれ規定があり、温度その他の測定条件にも規定があるので、それらの諸条件が常に満たされるよう実験施設、機器の保全管理に注意が払われなければならない。

つぎに試験項目の意義について説明する。

(1) 比　重

セメントの比重は化学組成により異なり、たとえば中庸熱セメントは普通セメントより比重は大きく、風化が進めば比重は低下し、混合セメントでは混合材の種類と量にもよるが一般に混合材の量が増加するほど低下し、せっこう添加量の多い方が低下するほか一般に異物の混合により低下する。比重試験の意味は主として風化の程度を知ることであり、このほかポルトランドセメントの場合は混合材の添加を推定するのに役立つ。なお粉末度を測定するためには比重の測定が必要である。

(2) 粉 末 度

粉末度はセメントの性質を支配する重大な要因の一つである。セメントは粉末度が高いほど水和反応速度は大きく早期に強度を発生するし、それにともない発熱速度も大きくなる。セメントの安定性には粉末度が高いことは好ましくないとされており、またセメントの風化は粉末度の高い方が進行しやすい。セメントモルタルまたはペーストの流動学的性質は粉末度と密接な関係があり、たとえばウオカービリティーは粉末度の高い方が大きい。

粉末度は色々の方法で表示されるが、ＪＩＳでは比表面積法と網ふるい法で測定される。比表面積法は測定が容易であるがセメント粒子の粒径分布は知ることができない。網ふるい法は88μふるい　残分で示されるが実際のセメントは大部分この　ふるい　を通過するので、この値で粉末度を表示してもあまり意味はない。セメントの粒径分布を知るためには風ふるい試験が行なわれる（ノ.6　セメントの風ふるい試験方法参照）。

(3) 凝　　結

セメントを使用する場合、その固まる時間が余り短くてもまた早くても不都合が生じるので、凝結の始まりと終りを定める必要がある。

凝結は複雑な物理的、化学的内容を持つのであり、一定の針の針入度で表現する。凝結のような現象は針入度で示す場合でも荷重の大きさ、荷重を加える速度によっても異なった流動内容を持ち、また針入度以外の種々

の流動計によればそれぞれ異った流動機構を示すものである。

凝結は正常の場合は、規定の針入度試験では1時間以降に始まり、10時間以内に終る。このように凝結を示さない場合は異常凝結である。瞬結は水を加えた直後に起り著しく発熱し引きつづき硬化が起り、急結は瞬結よりその程度は緩慢であり、偽凝結はこねまぜ数分後に凝結の始発に達したかのように見られるがその進行は緩慢で始発を判定しがたい場合であり、二重凝結はいったん始発に達した後再び軟化して始めの状態にもどり以後正常凝結を示す場合であり、緩結は始発は見られるが規定時間内に終結が見られない場合である。この外に始発と終結の間隔の著しく短い場合も異常凝結と認められる。

凝結時間の長短はこれにつづく現象である硬化には関係はないし、凝結現象はその化学的内容から言っても温度には著しく敏感であり、必ずしもコンクリートの凝結硬化現象とは平行関係を持つものではない。（1.5 偽凝結の試験方法参照）

(4) 安 定 性

セメントは凝結硬化時に起る容積変化によりセメントを使用した構造物にされつまたはそりを起させることがある。この程度を測定するのが安定性試験である。安定性はセメント中に存在する遊離石灰により主として支配されるが、せっこう量またはアルミナ含量の特に高いときも起る。セメントペーストのパットによる安定性試験は肉眼観察によるものであり、定量的の安定性を示すものではない点に注意しなければならない。（その他の試験方法については、1.7 ポルトランドセメントのオートクレーブ膨張試験方法、1.9 ルシャトリエ方法によるセメントの安定性試験方法、1.10 モルタルの容積変化測定方法参照）

(5) 強 さ 試 験

セメントの強さはモルタルの圧縮強度および曲げ強度で示される。モルタルの強度よりコンクリートの強度を推定する資料をえたいのであるが、コンクリートの強度は、骨材、水セメント比等で著しく変わるので、両者の間の平行性は余り明確には認められていない。したがってセメントの強度より、色々の条件で造られるコンクリートの強さは推定しがたいと考えてよい。

モルタルの強さは水セメント比、セメント砂比、砂の粒径分布、養生条件、材令等で著しく変化するので、規格試験ではこれらの要因を一定としている。

1.3 セメントの化学分析方法

ポルトランドセメントの化学分析方法はJIS R 5202-1962 "ポルトランドセメントの化学分析方法"の規定により、高炉セメント、シリカセメントおよびフライアッシュセメントの規格に規定された化学成分の分析にも適用する。なお高炉セメント、シリカセメントおよびフライアッシュセメントの規格に規定された以外の成分および高炉セメント製造用のスラグの分析には、この化学分析方法を準用できる。

セメントの性質を判定するためには化学分析が必要であるが、一般工事用セメントについては適宜に化学分析を省略してもよい。しかし特に重要な構造物に使用するセメント、特定の仕様書に基ずいて製造されるセメント、または物理的試験の結果が正常でないセメントについては規定成分以外の全成分について化学分析を実施する必要がある。

1の内3

解　　説

セメントの規格では強熱減量、MgOおよびSO_3のみが規定されているがこれらの項目は必要最小限のものであり、セメントの性質を支配する潜在的な組成を示すものではない。

ポルトランドセメントの基本的性質はクリンカーの構成化合物含量により定まり、この含量も酸化物組成より算出できる（セメントの概説の項参照）。

高炉セメント、シリカセメントおよびフライアッシュセメントの分析結果は、クリンカー配合量を推定できる資料となり、スラグまたはシリカ質混和材の性質もある程度推定できる。スラグの分析結果よりその塩基度も求めることができる。

この分析方法で規定される分析項目は強熱減量（Loss）、不溶残分（In-sol）シリカ（SiO_2）、アルミナ（Al_2O_3）、酸化第二鉄（Fe_2O_3）、酸化カルシウム（CaO）、マグネシヤ（MgO）、無水硫酸（SO_3）、酸化ナトリウム（Na_2O）、酸化カリウム（K_2O）、硫化物いおう（S）であり、この外の成分である酸化マンガン（MnO）、酸化チタン（TiO_2）、無水りん酸（P_2O_5）、または有機物等はこの方法では測定できない。さらに遊離石灰量も、または高炉セメントの場合スラグが海水を使用して冷却されたか否かを知るための塩素イオン含量の定量も別の方法でなければ測定できない。

つぎに分析値よりえられる酸化物組成の意味に簡単にふれる。

(1) 強熱減量：

強熱減量は風化の程度を示す。セメントは風化により凝結に支調をきたし、強度も低下する。風化はセメントの取扱い、運搬、保管の過程で起り、包装用紙袋の耐湿性が関係する。シリカセメントはシリカ質混和材が混分を有するので一般に高い値を与え、高炉セメントでは強熱によりむしろ増量することもある点に注意を要する。フライアッシュセメントではフライアッシュの未燃炭素の含量が多い場合は強熱減量は多くなる。

(2) 不溶残分：

不溶残分はセメントの焼成において水硬性化合物を生成するに至らなかった焼成原料、燃料の灰分、　せっこう　の含有する不純物、炉内内張り耐火材料等に原因し、大部分は　けい酸塩であり水硬性には関係しない。また他の混和材料の添加を知る指標ともなる。組成鉱物量の算出を要する場合は、不溶残分が多いとその正確さは低下する。規格ではこの値は定められていないが、この値の高いことは好ましくなく、諸外国の規格では1%程度に規定することが多い。

(3) シリカ（SiO_2）、アルミナ（Al_2O_3）、酸化第二鉄（Fe_2O_3）：

シリカ、アルミナ、酸化第二鉄は酸性成分、酸化カルシュウム（石灰）は塩基性成分のうちの主要なものである。シリカが低いと早強性を示し、高いと長期強度を示す傾向が認められ、酸化第二鉄およびアルミナが低いと焼成しがたくなる傾向がある。アルミナが高いと水和熱が増加したり凝結が早くなる傾向がある。混合セメントでは混合材の性質および配合量でこれらの成分含量に相違がある。

(4) 酸化カルシウム（CaO）：

酸化カルシウムはセメントの主要塩基性成分であり、シリカ、アルミナ、酸化第二鉄と結合してC_3S、C_2S、C_3A、C_4AF等を生成する。酸化カルシュウムの増加はセメントの焼成を困難にする。酸化カルシュウムは完全に結合せずにクリンカー中に残ることもあるし、一旦生成したC_3Sの分解により酸化カルシュウムが生成することもあり、これらは遊離石灰である。分析によりえられる酸化カルシュウムはクリンカー中の組成鉱物として存在する酸化カルシュウム、遊離石灰、せっこう　中に存在する酸化カルシュウム、水和または風化により生成した水酸化カルシュウム{$Ca(OH)_2$}および炭酸カルシュウム（$CaCO_3$）等の全部の酸化カルシュウムを示す。酸化カルシュウムの高いセメントは早強性を示す。混合セメントでは主として混合材の配合量によって酸化カルシュウム含量はポルトランドセメントより低い。

(5) マグネシヤ (MgO)

マグネシヤはクリンカー構成成分の重要な要素ともなるが、その多くはクリンカーのガラス質中に存在し、もし結晶質のマグネシヤとして存在するときは長期の安定度を害する作用がある。マグネシヤはセメント特有の色を支配する要素でもある。マグネシヤは5%程度までは品質を害さないとされているが、少量の方が望ましい。高炉セメントでは一般にマグネシヤ含量は高い。

(6) 無水硫酸 (SO_3)

無水硫酸はセメントの凝結を調節するために せっこう として加えられる。無水硫酸量は強度および安定性と関係するので凝結調節機能を果たす限度内でその上限を制限している。

(7) 酸化ナトリウム (Na_2O)、酸化カリウム (K_2O)、硫化物いおう (S)：

酸化ナトリウムおよび酸化カリウムはクリンカー中の組成鉱物の酸化カルシュウムを一部置換えしたり、ガラス質中に存在し、水和反応の速度、風化作用、クリンカーの冷却等に関係し、さらにアルカリ骨材反応を起こす潜在的成分ともなる。

硫化物いおうは主として高炉セメント中に含有され、その水和物の着色とも関係あり、またスラグの活性とも関係があるが、詳しくはその機能は知られていない。

この外酸化マンガンはスラグ中に存在し、酸化チタンはアルミナの分析値中に包含されるが一般には極めて少量でセメントの品質には関係しない。無水リン酸も極めて少量ふくまれ、化学せっこうを使用するときは凝結をおくらせることがある点に注意を要する。

さらに時には粉砕助剤の使用、機械油の混入、または せっこう 中の不純物として有機物の混入する場合があるが、この場合は特殊の分析法を考えなければならない。

(8) 成分比率：

セメントの分析値より種々の成分比率を求め、品質を理解判断することができる。用いられる比率は大体つぎのようなものである。ただしこの比率はポルトランドセメントのほかは適用されない。

$$水硬率 = \frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

$$活動係数 = \frac{SiO_2}{Al_2O_3}$$

$$\text{けい酸率} = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

$$\text{鉄　率} = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$$

$$\text{石灰飽和度} = \frac{CaO - SO_3 \times 0.7}{2.8 \times SiO_2 + 1.2 \times Al_2O_3 + 0.65 \times Fe_2O_3}$$

水硬率は最も重要な比率であり、一般に1.8～2.2程度であり、この値が大きい程早強性を示す。この値をセメント規格として採用している国も多い。また石灰飽和度は0.66～1.02と規定する国もあり、普通セメントの約0.90に対し、中庸熱セメントでは約0.85である。けい酸率は焼成の難易を示し、普通セメントでは大体2.5～2.7程度、中庸熱セメントではやや大きい。活動係数は中庸熱セメントの方が普通セメントより大きい。鉄率はクリンカーの組成と関係が深く、この値が大きいと水和熱は高く、急結性を示しやすく、化学的抵抗性が劣る。中庸熱セメントではこの値は1前後であるのに対し、普通セメントでは2前後のものが多い。

以上のような成分比率または分析値の持つ意味はポルトランドセメントのみに適用される点に注意を要する。

1.4 セメントの水和熱測定方法

ポルトランドセメントおよび高炉セメントの水和熱測定方法はJIS R 5203－1962“セメントの水和熱測定方法”（溶解熱方法）の規定による。ただし中庸熱ポルトランドセメントおよびマスコンクリートに使用する高炉セメント以外のセメントでは水和熱の測定は必ずしも必要ではない。シリカセメントにはこの方法は原則的には適用できない。フライアッシュセメントではある程度の実用性を認めることができる。

解　　説

セメントの水和熱はマスコンクリートの容積変化に関係する重要な性質である。セメントの水和熱は断熱熱量計、恒温熱量計、伝導熱量計等で直接連続測定することができる。しかし、これらの方法は何れも精密、高価な実験装置または器具を必要とし、しかもせいぜい7日位までの水和熱しか信頼しえない。したがって任意の材令での水和熱を比較的簡単容易に、しかも正確

(12)

に測定する方法として溶解熱法がすぐれている。JISに規定される方法はこの溶解熱法である。この方法によるとある材令での水和熱は未水和セメントと水和セメントの一定酸液に対するそれぞれの溶解熱の差としてえられる。

試験方法によりえられる水和熱は一定の条件で養生した供試セメントのある材令までの反応熱の代数的総和であり、この値が直接使用される条件の下での水和熱を表示するものでない点に注意を要する。

セメントの水和熱はその化学組成に支配されるのであり、ポルトランドセメントでは C_3S、C_2S、C_3A、C_4AF の発熱分担係数（1cal/0.01g）は下記のようであり、結局化学分析値より水和熱値を推定することができる。

表 1.4.1

	3日	7日	28日	3月	1年	6 1/2年
C_3S	0.58±0.08	0.53±0.11	0.90±0.07	1.04±0.05	1.17±0.07	1.17±0.07
C_2S	0.12±0.06	0.10±0.77	0.25±0.04	0.42±0.03	0.54±0.04	0.53±0.05
C_3A	2.12±0.73	3.72±0.39	3.39±0.23	3.11±0.17	2.79±0.23	3.28±0.25
C_4AF	0.67±0.27	1.18±0.37	1.18±0.22	0.98±0.16	0.90±0.22	1.11±0.24

なお発熱速度は材令4～12時間が最も大きく、12時間までの発熱量が28日の水和熱値の50%前後程度に達する。またセメントの水和熱は養生条件によっても相異する。水セメント比が大きくなれば水和熱は増大し（例えば水セメント比0.40および0.5では3日で49および52、7日で62および70、28日で83および91 cal/g である）養生温度が高くても増大する（例えば23.3℃および40.0℃では、3日で52および72、7日で72および80、28日で84および87、90日で91および93 cal/g である）。また風化した場合は炭酸ガス1%について約6 cal/g の水和熱の低下が見られる。この方法では材令2日位までの水和熱は誤差が大きいし、またこの方法では発熱速度は直接に知りえない。これらの欠点にもかかわらず、いかなる材令でもいかなる養生条件の下でも、比較的簡単正確に水和熱を測定しうる長所が認められている。

水和熱の測定操作に相当の練習をつまねば信頼性のある結果をえがたいのであるが、細心な試験者ではそれ程難かしいものではない。水和熱の標準試料が日本セメント技術協会から発売されているのでこの試料について測定技術を習得するとよい。

15 偽凝結の試験方法

セメントの偽凝結の試験は JASS 5. 15. 2a に規定する方法により行う。偽凝結を示すセメントはその程度にもよるが、コンクリート舗装用には使用を避けることが望ましい。なおASTM C 451－60 TまたはASTM C 359－55Tの方法によってもよい。

解　説

セメントの凝結は規格の示す所によれば、一定の条件の下でセメントペーストが1時間以降である硬さを持ち始め、徐々に連続的に硬さを増し、10時間以内である硬さに達する場合を、正常な凝結としている。正常な凝結でないものを異常凝結といい、偽凝結は異常凝結の一種であり、特に注意して凝結の進行を観察しないと時には見逃すおそれがある。

偽凝結はペーストがこねまぜ数分後にあるかたさに達して、引きつづきかたさを増すが、凝結始発に近づいてからもその進行はかんまんで、始発の決定が困難で急結と見誤る場合もある。またこねまぜ後10～20分で一たん始発に達しその後直ちに軟化して正常の凝結にもどり、その後は異常がなく正常の始発が見られることがあり、これは二重凝結といい、異常凝結の一種とされる。

偽凝結がペーストのねりまぜ中に起っても、こわばりを感じるのみでねりまぜ操作のために〝ねりつぶされ〟れば正常凝結を示し偽凝結が著るしくて〝ねりつぶされ〟ない場合とか、ねり終ってからこの現象が起る場合には、偽凝結現象と認めるのである。偽凝結の測定は20°Cで、セメントペーストについて針入度測定の方式で行なわれ、この硬度は流動性状を定性的に表現するのであり、必ずしも潜在的な偽凝結性をも示めすものでないことに注意を要する。また3分間と規定されたねりまぜ操作の有否がこの現象に密接に関係することに注意せねばならない。依ってコンクリートの場合にセメントの偽凝結試験の結果と、コンクリートのスランプ試験等の結果とは必ずしも相関性を持つものではない。まして現場での一般コンクリートについては偽凝結の影響がどのように出現するかは予測されない。

セメントが風化したり、クリンカー粉砕時の温度上昇のため せっこうの脱水が起ったり、クリンカーの組成が適切でない等の場合に偽凝結が見られる。風化セメントについての異常凝結を針入度で測定した実験例を図に示す。

セメントが偽凝結を示す場合に、その程度にもよるがこのセメントを用いたコンクリートはウォカビリティーがよくなく、バケットより出しにくく、運搬に不便であり、混合が不均一になりやすく、されつが生じやすい等とされているが、セメント試験に関しては強度または安定性は影響をうけない。

規格では偽凝結を不適格とは規定していないし、その測定法も規格化されていない。しかし凝結試験においてねりまぜ後20分以内に始発を認めるものは、偽凝結であつても急結として処置すべきものである。

なお偽凝結セメントでは標準軟度に要する水量を決定しがたいことがあり、またペーストの表面は乾燥した感じを与える場合が多い。

(1) 偽凝結の試験方法（JAS S.5.15.2a）

異常凝結試験の方法は、JIS R 5201"セメントの物理試験方法"のうち、5. 凝結試験にならったものである（凝結試験はビカー針装置を使用して、セメントの凝結の始発および終結時間を測定する試験である）。この試験を行なう場合、試験室の温度は、20±3°C 湿度80%以上で、こね混ぜ用のはち、さじ、供試セメント、混合水、セメントペースト容器および底板はあらかじめその室に準備しておかなければならない。

試験は凝結試験と同様に、はじめに次のよう な方法で試験する。セメントペーストの標準軟度をきめる。すなわち、試料セメント400gをこねまぜ用のはちに入れ、適当な量の水を注入し3分間さじでじゆうぶんこね混ぜ手ばやくセメントペースト容器に入れ、定規で過剰のペーストを除き表面を平滑にし、ビカー針装置によつて標準棒降下を行なう。セメントペーストのなかに徐々に降下させた標準棒が底板上面から6mmのところに止まるときの軟度を、標準軟度と定めることにしている。

異常凝結試験はこの標準軟度決定の試験のうちに、同一のペーストに対してペースト詰めおわり後5分および10分の時期に、同様の標準棒降下を繰り返えし行う点がJISの凝結試験とは異なる。5分後および10分後いずれかの場合、ペースト中に標準棒を降下させ、30秒後の降下量が15mm以下であつた場合にこの試料を異常凝結性と考える（この場合降下量とは降下した針の先端と底板との距離のよみを、ペースト容器の深さ40mmから差引いた値である。）

標準棒の降下位置はつねにペースト上の新しい位置に求め、前回試験による影響のないように考えなければならない。

この試験でもつとも注意しなければならないのは、練り時間その他の試験時間を正確に守ることである。

とくに練り時間の場合、それが短かかったときに正常凝結性の試料が異常凝結性の結果を示し、逆に長すぎる場合異常凝結性の試料も正常凝結性の結果を示すことがある。

またセメント製造時からの試験時期も関係することがあるゆえ、試験は適当な期間をおいて何度か試みる必要があるであろう。

この試験が何を直接に求めているかというと、それはセメントの初期凝結の時の凝結性状である。その初期凝結性状が異状であり、著しくプラスチシティーを失ってゆく傾向をしめすものを異常凝結性と考えるのである。

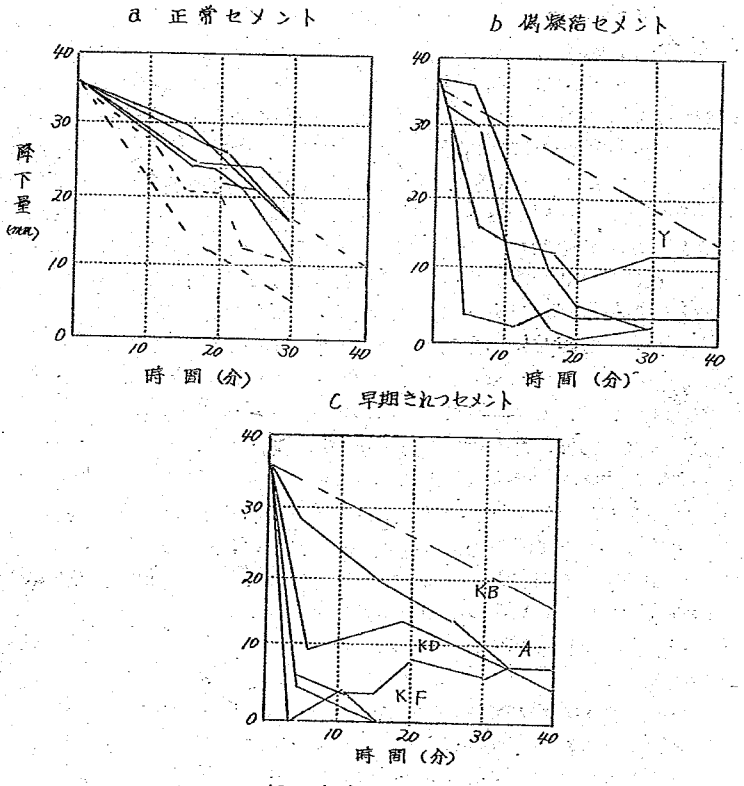


図1 初期凝結速度曲線の形状(1)

異常凝結性の極端な場合が偽凝結であり、この場合もちろんセメントの使用、施行などに注意が必要である。しかしふつうの場合、コンクリートの混練の場合の練返しその圧力の影響により、異常凝結性をしめすセメントがかならずしもコンクリートの異常現象と云ってあらわれない場合が多い。

偽凝結の見られるセメントを用いたコンクリートには きれつ が起る傾向が多いとされている。

参考文献

(1) 近藤芳美　　建築学会論文集 53号 1956年
(2) 幸田太一　　建築雑誌　　1956年9月

(2) 偽凝結の試験方法　ASTM C451－60T

(False Set Portland Cement (Paste-method) Tentative Method of Test for)

ASTM C451－60Tは凝結測定用のビカー装置を用いるペーストのコンシステンシー測定方法である。ペースト作製後15秒経過して測定したコンシステンシーが標準棒の30秒間の針入度として35±2mmを与えるようなペーストを種々水量を変えて造る。ついでペースト作製後5分でこの同じペーストについて、再び30秒間の標準棒による針入度を求める。この場合の針入度によって偽凝結を表示する。

(3) 偽凝結の試験方法　ASTM C359－55T

ASTM C359－55Tはビカー装置を用いたモルタルのコンシステンシー測定方法である。機械練りしたモルタルは練り始めてから2分45秒後に10秒間の針入度を測定し、ついで5分、8分、11分後の針入度を測定する。11分後の測定が終ったら1分間ふたたび練りまぜ、その後45秒経過したら針入度を測定する。この5回の針入度の値により偽凝結を判定する。

1.6 セメントの風ふるい試験方法

セメント粒子の粒径分布の測定には社団法人日本セメント技術協会で定めている風ふるい装置を用いる。この方法は高炉セメント、シリカセメント等には原則として適用できないが、スラグ粉末、フライアッシュ等には適用できる。

セメントの細かさは規格ではブレーン比表面積試験または88μふるい残分で表示される。比表面積試験法でえられる細かさは、その測定方法が簡単である利点を持つのであるが、粒径分布を示すものでなく、粒径分布が著るしく異なるセメントでも同一比表面積を与える場合もある。また88μふるい残分で示される細かさは、それ以下の粒径分布を示すものではなく、市販セメントについてはこの値は1%程度である点を考えれば、残部の99%の内容を何等表示しえない。

セメントの細かさは強度、収縮、安定性、風化されやすさまたはセメントの粉砕方式にも関係するのであり、セメントの性質を検討する場合その粒径分布を測定する必要がある場合がある。

もし簡単な方法があるならばセメントの細かさは粒径分布を表示するのが原則的には正しいのである。

測定方法は一定流速の上昇空気中をセメント粒子が落下する場合、流速を調節すればあるストークス径以上の粒子のみが分離されることを測定原理としている。このようにして限界粒径40μ、30μ、20μ、15μ以上の粒子群を求めて5つの粒子群より粒径分布を算出する。

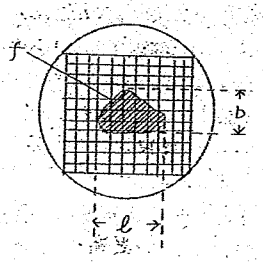
この風ふるいでえられた結果とブレーン比表面積値は相関性があり、例えば15μ以上の粒子群の含量とブレーン値の間には直線的関係を認める。しかし粉砕方式によってはこの関係は必ずしも成立しない。

(ハ) セメント風ふるい試験方法

1. セメント粒子　　技協法

セメント粒子は不規則な形をしている。これを顕微鏡下に観ると図1のごとくであるが、その像の長さ l、巾員 b、小微面積 f などを大きさの揃った一様粒子群について、各個に測定して統計値を求めると、それらの値の間には規則性のあることを知る。この規則性を利用して、セメントの比表面積が求められるのである。

図1　顕微鏡視野内の粒子



2. ストークスの法則

風し筒内の上昇気流によって大小の粒子が分離される原理は、ストークス、オゼーン、ゴールドシュタイン等の法則によるものである。ストークスの式をつぎに掲げる。

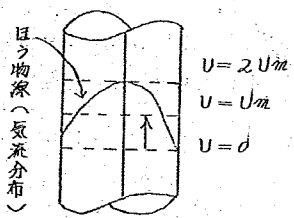
$$V = \frac{g}{18} \frac{\sigma - \rho}{\eta} d^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

V：静止空気中の粒子落下速度　　g：重力による加速度
σ：粒子の比重　　ρ：空気の比重
η：空気の粘性係数　　d：粒子の直径

3. 粒子の分離機構

風し筒内の気流分布はほう物線状で筒内壁で零、中心部で最大 $2U_m$ である。このような速度分布を筒内に平均すると U_m となる。

図2 風し筒内の気流分布



(1) 式右辺の各恒数及び粒子直径の各値：d_1, d_2 d_3 ----- を代入して得られる V_1、V_2、V_3 -------- と上記の風速平均 U_m と比較して図3のごとき関係にあるとき直径 d の粒子は $V_1 - U_m$ の速さで落下し、d_1 の粒子はほとんど静止し、d_3 の粒子は $U_m - V_3$ の速さで気流に乗って上昇流速する。このようにして d_2 より大なる d_1 ----- は落下し、コンテナーにより反ぷく還流し、d_2 より小なる粒子 d_3 ----- は風し筒を上昇し流速する。

d_2 の粒子は流速するものもあり、還流するものもある。

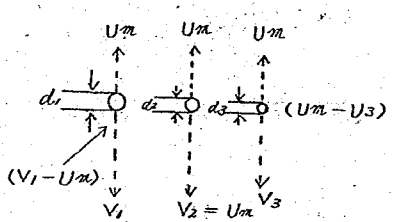


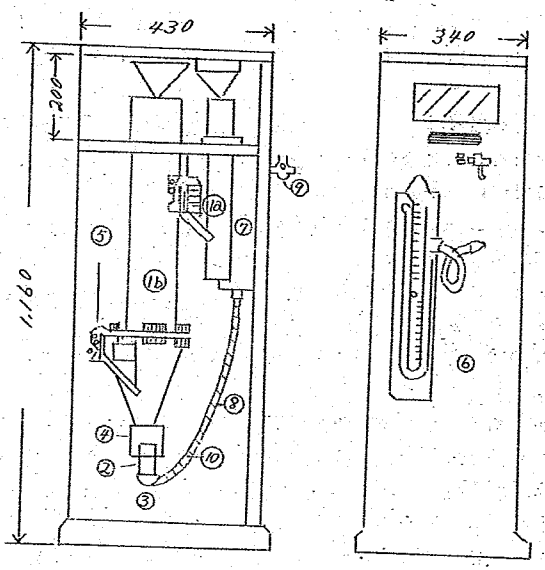
図 — 3

4 風ふるい装置

風ふるい装置は社団法人日本セメント技術協会型のものを使用する。

ハ) 風ふるい装置は図4に示すとおりである。

図4 風ふるい装置（日本セメント技術協会型）



(1a) ＝ 風し筒 56φ × 400 mm

(1b) ＝ 風し筒 112φ × 800 mm 真鍮製 内面は良仕上のこと。

(2) ＝ コンテナー 粒子の分離の枢要部、内面は良仕上 慎重に取扱うこと。

(3) ＝ コンテナーのキャップ 空気もれが起いようにパッキングできつく装着のこと。

(4) ＝ ゴム帯 コンテナー及び風し筒にしっかり気密に合うことが必要

⑤ ＝ 打こうベル　100V直結にて作動する。
⑥ ＝ 圧力計　左右水柱の差をもって表わす。
⑦ ＝ 空気留、空気もれのないことが肝要、送風の急点変動を緩和する役目をする。
⑧ ＝ ゴム管、余り軟質のものはさけること。
⑨ ＝ 風量調節器、風量の粗調節はポンプ側で行ない、この⑨では微調節を行なう。
⑩ ＝ ノズル、Aは40μ、20μ用　Bは30μ15μ用とする。取扱いに注意のこと。

(2) 試験方法

試料5gをコンテナーに入れ、風し筒の下端にゴムバンドで密に接続し、ゴム管でコンテナーと空気タンクとを連結する。このゴム管の中間にはノズルを入れて置く、送風を開始したならば直径約20mm、長さ200mmの木片をもってコンテナーのキャップの側方を1～2分間軽くたたく内部の粉末が盛んに運動し始めたことを確かめたならばベルを動かし圧力計が水柱300mmを示すように、送風量を加減する。

このようにして10分間の減量が0.05g以下となったときふるい方をやめてコンテナーの中の残分をはかりつぎの式によって粉末度を算出し、小数点以下2位を　JIS　Z　8401 "数値の丸め方" によって丸めて1位に止める。

$$\text{粉末度 (\%)} = \frac{\text{コンテナー中の残分の重量 (g)}}{\text{供試セメントの重量 (g)}} \times 100$$

ポルトランドセメントを粒子径15μ（μ＝1/1000mm）を限界として細粗両群に分離し、その粉末度（粗粒子群＝残分量%）を測定する場合を例にとって説明する。粒子径とは粒子の長さl、巾員bの平均値 $\frac{1}{2}(l+b)$ をもって表わし、セメントの比重3.14±0.05の範囲のものは1%以下の誤差で風しされる。

つぎに実測操作についてちくじ説明する。

a. 装置を図のように準備する。

b　セメント試料5gを計量し、コンテナー②に入れ、これをゴム帯㉔にて風し筒⑯の下端に接続せしめる。ゴム帯㉔はあらかじめコンテ

ナーに付属のナット付バンドで締めつけておく、これを風し筒に接続する際は、その下端にコンテナーがぴったりつくようにし、ちょうねじ付のバンドでしっかり止める。

できれば（コンテナー② ＋ゴム帯㉔）全体をひょう量すればよいが、不可能の場合は、キャップ③のみの目方をはかって置く、③はパッキングを介して気密に装着することに注意

C　送風を開始し、ゴム管⑨をコンテナーに連結する。ゴム管③の中間にあらかじめノズル⑩をそう入して置く、この⑩には二種類あつて内径の大きい方をA、小さい方をBと記号してある。

Aは粒子 40μ と 20μ を限界として風しするために用いる、Bは30μと15μの場合にそう入する（此の場合は15μの測定であるからBをそう入する。）開始時送風量は、やや小にして置く、これは送風機付の穴で調節する。

d　送風開始に引続き丸木棒片（約 2φ × 20 cm）をもってコンテナーのキャップ③の側方を1～2分間軽打し、内部の粉末が盛んに運動し始めた事を確かめた後、打こう用ベル⑤に電流を通じ働かせる。

粉末の盛んな運動は、空気流通窓に耳を近づけるとき、お湯が沸騰するような音が連続して聞かれることによって、また上部扉のガラス窓から見て風し筒より粒子の盛んな逸出を観察することによって、更にゴム管⑧を指頭にはさむとき、空気の脈動を感ずることにより判断出来る。キャップ③を軽打する際は、片手にコンテナーを保持し、他方の手にて棒片をもってするのであるが、その場合②と③の装着がゆるむことのないよう注意する。

e　粉末の運動が盛んとなり、ベルを働かせたならば、送風機の空気調節穴及び風量調節器⑨を加減して、圧力計⑥が水柱 30 cm を示すように送入風量を加減する。

送風圧は圧力計⑥の左右の水柱の高さの読みの和で表わす。

水柱の高さは、送風開始後しばらく変動することがあるから、風量調節器⑨によって所定の圧力（30 cm）を示すように加減する。

f　風しが軌道に乗ったら余り手をかける必要はないが、時々送風圧に注意すること、丸木棒片にて風し筒の上下にわたって軽く打こうすることが肝要である。

風し中は、放置することなく、粉末はうまく循環運動しているか、送風圧は 30 cm を示しているかに注意する。風し筒内面に余り粉末

が付くと誤差を生ずるから、風し中に数回風し筒の上下にわたって軽く打こうして、その粉末を落すのである。

g 風し開始30分後送風を停止し、丸木棒片にて風し筒を上から下に軽打し風し筒内壁に附着する粉末をコンテナー内に落すように数回これを繰返しレベルを止める。

風し筒、コンテナーを変形せしめることは厳禁である、このため強打しないことが肝要である。

h コンテナー②をゴム帯㋑と共に取はずす、②中に残った粉末、即ち残分Rの目方をはかる。

これには、②において（コンテナー②＋ゴム帯㋑）が測ってあれば（②＋㋑＋R）－（②＋㋑）＝Rでが求まる。②＋㋑の目方がひよう量限界を越す場合には、風し筒から外したコンテナーを上向きに保ちながら、片手で数回軽打し、残分Rをキャップ③に落し込んでしまう。

コンテナー②の内壁に付着する粒子は羽毛で③内にこすり落す。この場合は（③＋R）－③＝Rによりが判る。

R×20によって残分の百分率が得られる。②を持ち運ぶ際は、常に試料がこぼれないよう注意が肝要である。

i 試験が終ったら、風し筒、コンテナー、およびその内部のノズルを清掃して置く。またケースの空気流通窓の粉末は軽くたたき落して置く、風し筒の内部を清掃するにはケース木箱の上ぶたをはねのけ、上方からはたきのようなもので傷つけない様に軽くこする。

コンテナーおよびその内部のノズルは羽毛ようのもので粒子を取り除くが、特にそのノズルが汚れていると試験精度に大きくひびくから注意してきれいにして置く必要がある。

j 風し中にコンテナー内の粉末の運動が停止していた懸念のある場合またはセメントが特に細かい場合は、風し30分の後、さらに10分あて継続し、10分間の減量が1%（0.05g）以下となって風しを終る。

普通の細かさのセメントの風しは20～30分で充分であるが、上のような場合にはさらに10分あて風しを延長する。はかりは感量0.05gのものを使用することが望ましい。

k 同一試料について15μのみならず20、30、40μを限界として風しする場合には、15μ試験終了後その残分粉末を試料として、

20μ限界の風レを行なう。つぎに同様に20μ試験の残分粉末を試料として30μ試験さらにその残分粉末を試料として40μ試験を行う。

この場合15μと20μ試験の際は風レ筒⑯を使用し、ノズルは15μの場合はB、20μの場合はAをそう入する。また30μと40μの試験には、風レ筒⑰を使用レ、ノズルは30μの場合はB、40μの場合はAをそう入レ、試験を行なう。

此の際送風圧は何れも水柱30cmで試験するのであるが、風レ時間は20、30、40μ試験の際は20分、または（20分＋10分）にて足りる。

上の場合には15～40μ4回別々の試料5gあてを使用する必要はないのである。この方が時間を要しない上に便利である。

1. 湿潤な季節または部屋にて試験を行なう場合には、風レ器に流入する空気を乾燥器（空気清浄器）を通じて湿気を除去する。

乾燥剤としてはアドソールまたは塩化石灰を使用すればよいが、普通の大気なればその必要はない。

(3) 装置の検定法

風ぶるいが正しく行なわれているか否かを検するには、限界粒子径を測定してそれが、規定の15μ、20μ、30μ、40μに近い値を示すか否かを検すればよいが、他の方法としては粉末度測定法委員会制定の標準セメントNo.101を用いて風ぶるいレ、その結果を標準セメントに添付の表と比較レ、もし誤差範囲以上の相違を示レたならば、風量を加減して風ぶるい残分が表と一致する様にする。

(4) 比重の異なるものの風ぶるいについて

一般に風レ筒内の粒子の落下現象は、ストークスの法則で示される。従ってセメントのみならず一般粉末物質を風レする場合には、ストークス式より計算により求めた風量を使用すれば良い訳であるが、此の場合には送風径路の途中に於てガスメーターをそう入レ、風量を測定する必要がある。

本器は、一般使用者がガスメーターを使用するの不便を無くするためにあらかじめノズル（A．B）を調節レ、所定の送風圧（30cm）にて送風すれば希望の風量を送り得てセメントの場合（比重3.15±0.05）15～40μの限界風レ試験が出来るようになっている。

従って本器を比重3.15±0.005以外の粉末物質に応用する場合には、

上述のストークス式から、送風量を計算し試験を行なっても良いが、別に簡便な方法としてつぎのような方法もある。

即ち、ストークス式および実験から

$$\text{比重} \propto \text{送風量} \propto \sqrt{\text{送風圧}}$$

の関係があるのでセメントの場合（比重3.15、送風圧30cm）の比重と送風圧の関係を基にして、セメント以外の一般粉末物質の比重（d）を測定すれば計算にして送風圧を求め得る。

即ち、

$$\text{送風圧} = \left(\frac{d}{3.15}\right)^2 \times 30$$

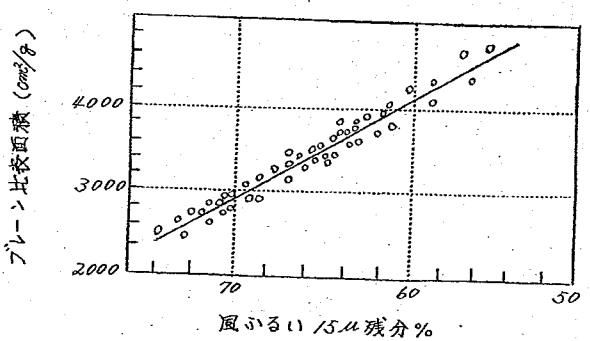
上式にで求めた送風圧にてノズルA、Bを使用し、上述した試験方法（2～1）に従い、試験を行なえば15、20、30、40μ限界風ル試験を行なう事ができる。

(5) 測定結果

技術協会型風ふるい器によって、15μ、20μ、30μ、40μを限界としてセメントを5つの粒群に別つことが出来るけれども、15μ以上の残分をもって粉末度を表わすことにしている。

ブレーン法による比表面積と風ふるい法による15μ残分との関係を示せば図のごとくである。

図5　風ふるい15μ残分と比表面積との関係



1.7 ポルトランドセメントのオートクレーブ膨張試験方法

27(25)

セメントのオートクレーブ膨張試験は ASTM C 151—58 に規定される方法による。ただし高炉セメント、シリカセメントおよびフライアッシュセメントについてえられる結果の意義はポルトランドセメントの場合と同じではない。

解　説

セメントの安定性は規格の方法では、パットを用いて、測定され、この外ルシャトリエ方法を用いることもある。これらの方法は遊離石灰等に基づく比較的初期の安定性を試験することを目的としている。クリンカー中にマグネシアが特に多い場合とか、クリンカーの冷却過程等によっては、セメント中に遊離結晶状態のマグネシヤが存在することがある。このマグネシヤ（ペリクレースと鉱物学的に名付ける）は水との水和速度が著しくおそいので、セメントが硬化後に水和して硬化体の安定性を害する。すなわち長期放令での安定性は主としてこのマグネシヤの水和によると考えられているので、加速試験により短時間でマグネシアを水和させ、そのためモルタルの容積変化を測定し、安定性の尺度とする。ただし遊離石灰による不安定性の影響も一部この結果に表われる。加速方法としてはオートクレーブを用い、モルタルバーを 216°C の飽和水蒸気中に3時間放置して長さの増加率を測定する。ASTM規格では長さの増加率が 0.5% 以下と規定されている。

高炉セメント、シリカセメントではクリンカー中のマグネシア以外の成分の影響もあるのでポルトランドセメントの場合より複雑であり、その意味も明確ではない。

(1) ポルトランドセメントのオートクレーブ膨張試験方法

ASTM C 151 — 58

(Autoclave Expansion of Portland Cement Standard Method of Test for

[注意　セメントのオートクレーブ試験に対する安全処置については後述する。])

1. 適用範囲

1. この試験方法はポルトランドセメントの安定性を決定するために、ニートセメントの 1×1 in の供試体についてオートクレーブ試験を行なうものである。

2. 器　具

(a) はかり ―― 材料の計量に用いる　はかり　は次の規格に合致せねばならない。使用中の　はかり　は1000gの荷重における許容誤差は±1.0gでなければならない。新しい　はかり　の許容誤差はこの1/2とする。

(b) 分銅　使用の分銅の許容誤差は表1のようでなければならない。新しい分銅の許容誤差はこの$\frac{1}{2}$とする。相互感度は許容誤差の2倍よりも大きくてはならない。

表1　分銅の許容誤差

分銅 g	許容誤差 g	分銅 g	許容誤差 g
500	0.35	50	0.10
300	0.3	20	0.05
250	0.25	10	0.04
200	0.20	5	0.03
100	0.15	2	0.02
		1	0.01

(c) 目盛付ガラス容器　混合水の計量に使用する容量150 cc の目盛付ガラス容器は20°C（68°F）で指示された容量を計量するように製作されていなければならない。目盛の許容誤差は±1 cc でなければならない。シリンダーの主な目盛線は一周していて、目盛の数字がつけられねばならない。最小目盛刻線は少なくとも周面7分の1までのばし、中間の目盛刻線は周面の5分の1の長さがなければならない。5 cc 以下の目盛はつけなくてもよい。

(d) 型わく　型わく　は断面1×1 in　有効標点距離10 in の供試体を製作するものでなければならない（摘考）。有効標点距離は差し込んだ二つの標点用金属の中心点間距離とする。型わく　の各部分は組立てた際に水密となり且つ互に確実に保たれなければならない。型わく　はセメントペーストでたやすく侵されないような鋼又は硬質金属で製作されねばならない。型わく　の側板はひろがったり、あるいは反ったりしないように十分強固でなければならない。型わく　の両端の板には直径$\frac{1}{4}$ in のステンレス鋼又は侵し

よくされない金属製の標点を正しい位置に保つようになっていなければならない。標点はその主軸が供試体の主軸と一致するように且つ供試体の中に 0.625 ± 0.025 in そう入して取り付けねばならない。標点中心点間の距離は 10 ± 0.1 in でなければならない。型わく の側面間の距離は 1 ± 0.03 in でなければならない。型わく の高さは供試体の各仕切りについて別々に測定したとき新らしい型わく でも使用中の型わく でも何れも 1 ± 0.03 in でなければならない。

備考 ── 日常試験の場合には、有効標点距離を 5 in とする 1 × 1 × 6 1/2 in の供試体が使用されるが、疑わしい場合には有効測点距離を 10 in とする。1 × 1 × 11 1/2 in の供試体について得られた結果によらねばならない。

(e) こて こては長さ 4 ～ 6 in で直線縁をもつ鋼製のブレードをもつもので なければならない。

(f) オートクレーブ ── オートクレーブは自動圧力調節安全弁の装置および高圧蒸気ボイラーからできていなければならない。加熱装置の容量は最大負荷（水と供試体）においてオートクレーブ内の飽和蒸気圧が加熱を始めてから 1 ～ 1 1/2 時間のうちにゲージ圧 295 psi（絶対圧力 約 310 psi）に上昇するものでなければならない。自動圧力調節は圧力を少なくとも3時間の間 295 ± 10 psi に保つことができなければならない。ゲージ圧力 295 ± 10 psi は温度にして 215.7 ± 1.7°C（420.3 ± 3°F）に相当する。オートクレーブは熱がしゃ断されてから 1 時間以内に圧力が 295 psi から 10 psi 以下に下るように設計しなければならない。オートクレーブには加熱の初期において空気を放出し、又冷却期間の 1 時間の終りにおいて残留水蒸気を放出させるために通気弁を装備しなければならない。圧力ゲージは普通 4 1/2 in の直径の指針板を有していて、5 psi 以下の目盛で 600 psi までの目盛がつけられていなければならない。ゲージの誤差は操作圧力 295 psi で ± 3 psi を越えてはならない。

(g) 測定用コンパレーター ── 供試体の長さの変化は少なくとも 0.3 in の変化範囲をもつダイヤルゲージ又はマイクロコンパレーターで測定しなければならない。測定器は少なくとも 0.001 in に目盛られていて、測定範囲を通じ何れの部分で試験しても、誤差

は±0.002 in 以下でなければならない。反復測定時の誤差は0.001 in 以下でなければならない。コンパレーターは絶縁握りを有する鋼製標準棒が付属されていなければならない。そして、しばしば標準尺で検査しなければならない。

3. 温度と湿度

(a) 供試体成形室及び乾燥材料の温度は 20°C (68°F) 以上 22.5°C (72.5°F) 以下に保たなければならない。混合水および湿潤箱或は湿潤室の温度は 23°C (73.4°F) から 1.7°C (3°F) 以上変化してはならない。

(b) 実験室の湿度は50%以上を要し、湿潤箱あるいは湿潤室は90%以上の相対湿度で供試体が貯蔵されるように製作されておらねばならない。

4. 供試体の製作

(a) 型わく の準備 ——型わく は薄く鉱油をぬり、そののちステンレス鋼あるいは不しよく金属の標点をはめこみ、それらがきれいに保たれ且つ油がついていてはならない。

(b) セメントペーストの混合 —— セメント500gに標準ちょう度のペーストとなるに十分な水を加え、そして水硬セメントの標準ちょう度試験方法 (ASTM. C187 参考1) に規定されている方法に従って混合されねばならない。

(c) 供試体の成形 ——混合が終ってから直ちに供試体は1層あるいは2層に詰め、各層は親指又は人差指で型わく の隅や差込まれた標点のまわりにペーストを押し込み均一な供試体となるように成形する。上層が詰め固められたのち、ペーストは型わく 頂部と同じ高さになるようにけずりとり、表面を こて で2.3回ならして滑らかにしなければならない。混合及び成形の操作中手にはゴム手袋をはめなければならない。

(d) 供試体の貯蔵 —— 型わく に成形されてから直ちに湿気箱が湿気室にそれを置く、供試体は少くとも20時間型わく に詰めたままで湿気箱か湿気室に置かねばならない。もし24時間以前に脱型するならば供試体は試験されるまで湿気箱か湿気室に保存しなければならない。

5. 試験方法

(a) 成型後 24hr ± 30 min に供試体を湿室中から取出し、長さを測定し、各供試体の4面が飽和蒸気におかされるように格子棚に入れ

て室温になっているオートクレーブの中に入れる。オートクレーブには試験の全期間を通じ飽和水蒸気中に維持されるように十分な水を入れておかねばならない。普通オートクレーブの容積の7～10%水を入れなければならない。

(b) 加熱期間の初期にオートクレーブから空気を追がすために通気弁は水蒸気が出始めるまで開いたままでおかねばならない。(注意：この試験方法の安全処置については最後の記述を参照)次いで弁は閉じられてオートクレーブの温度は蒸気のゲージ圧が加熱し始めてから1～1¼時間で295 psi になるような割合で上昇されねばならない。295±10 psi の圧力に3時間保たなければならない。

3時間を経たのち加熱を止め、そしてオートクレーブは1時間の終りに圧力が10 psi 以下になるような割合で冷される。そして残留圧はわずかに通気弁を開いて除々に放出し、完全に大気圧に低下せしめねばならない。そのときオートクレーブを開き供試体を直ちに水温90°C (194°F) 以上の水中に浸けなければならない。供試体の周りの水は、これに冷たい水を加えて水温が15分間に23°C (73.4°F) に下げられるように均一な速度で冷却されねばならない。供試体の周りの水はさらに15分間23°C (73.4°F) に保ち、次いで供試体の表面乾燥したときに長さを測る。(参考2)

6. 計　算

オートクレーブ試験の前後の供試体の長さの差は有効標点距離の差から、0.01%まで計算され、セメントのオートクレーブによる膨張として報告される。収縮(負膨張)は膨張率百分率に(－)の符号を前につけて報告される。

7. 再試験

オートクレーブによる安定性試験に不合格になったセメントは、新らしい試料を用いてその後28日以内に再試験して合格したならば受理するものとする。

この再試験に際してはこの規定に依い3個の供試体を造りその平均値をとる。

参考1) ASTM C187－49 水硬セメントの標準ちょう度試験方法 (Normal Consistency of Hydraulic Cement, Standard Method of Test for) の4(a)セメントペーストの作成の項における記述は次の通り、

セメント試料500gを平らな非吸水性の面におき、中央に凹みをつくる。計量した水を凹みの中に注ぎ、こてをもって30秒間に外縁のセメントを凹みの中へ切り返す。更に30秒間水を吸収せしめ、その間蒸発を減じ吸水を促進するための外縁の乾燥セメントを軽くこてをもってその他の部分と切り返す。次いで1½分間両手をもって連続的にはげしく混合し、押しつぶし、こね混ぜる。この混合操作の間は両手はよく合ったゴム手袋をはめて行なわなければならない。

参考2) 全部の測定を 26.5°C (80°F) において行なう場合には供試体を湿潤箱又は湿潤室から取り出して、26.5 °C (80°F) の水中に15分間保持し、取り出して長さを測定してオートクレーブに入れる。オートクレーブから取り出し、供試体と水を15分間に 26.5°C (80 °F) に冷却し、更に水中に15分間この温度に保ったのち長さを測定する。

安全のための注意

1. 試験者は圧力計と自盛指度に常に注意せねばならない。
2. 圧力計と共に温度計を用いることが安全である。
3. 自動調節は常に完全な状態でなければならない。
4. 安全弁は330 psi で作動するようにしておく。安全弁は1年に2回は試験する。ゲージそのものを調べると同時にオートクレーブにつけておいた状態での作動も調べる。思わぬ事故が起きないよう注意が必要である。
5. オートクレーブより供試体を取り出すための操作でやけどをしないように手袋をする。安全弁の方向が作業者の方向に向かないよう注意する。
6. 圧力計の指針が0にもどってもオートクレーブ内の圧力は0ではなく相当の圧力であることに注意する。
7. ケロシンの数滴を通気弁中に1週間に2回位入れておくと内部はよごれなくてよい。

アルカリ骨材反応を起す容疑性骨材はASTM C289－57により化学的に試験する。骨材がこの反応を起こすか否かをモルタルバーで測定する場合はASTM C227－58に規定する方法を用いる。

解　説

セメント中にアルカリがある程度以上存在し、骨材がある種類のものであれば、これらの材料より造られるコンクリート中でアルカリと骨材間で化学反応が起こり、異常膨脹を生じ、破壊するに至る。骨材がアルカリ骨材反応を起こすか否かは、岩石学的に一応の予測が可能である。すなわち岩石がたん白石、チャート、玉ずいその他の鉱物を含有するときは、この有害反応の恐れがある。しかしこの反応の容疑性は化学的にさらに確かに予想できる。この方法は骨材粉末を　か性ソーダと反応させて、シリカの溶出量とアルカリの減少量の関係を求め、両者の関係より容疑性を決定する。

さらにこれら容疑性骨材が果たして確実にアルカリ骨材反応を起こすか否かは、この骨材とアルカリ含量の多いポルトランドセメントを用いてモルタルバーを造り、38℃で蒸気養生を行ないその膨張を測定する。

セメントのアルカリが（$Na_2O + 0.645\,K_2O$）の含量として0.7%以上の場合は容疑性骨材の使用は好ましくなく、容疑性骨材を使用する場合はシリカセメント、高炉セメントの使用が好ましい。アルカリ含量のさらに少ないポルトランドセメントの使用が安全である。わが国のセメントは一般にアルカリ含量は少なく、また容疑性骨材が少ないとされているが、今後は砕石を使用する場合が多くなるので一応アルカリ骨材反応を考慮することが必要である。

(1) 骨材の潜在反応試験方法（化学法）

ASTM C289－57T

(Potential Reactivity of Aggregates, Tentative Method of Test for)

適用範囲

1. この試験方法はポルトランドセメント中のアルカリに対する骨材の潜在アルカリ反応性を決定するために適用する。この潜在反応性はNo.50

ふるい と No. 100 ふるい の間の大きさに粉砕された骨材と1規定の水性ソーダ（NaOH）溶液との 80°C における 24 時間の反応量により示される。

試験用器具

2. (a) ハカリ —— 材料を ひょう量するために用いられる はかり と分銅は水硬セメントモルタルの圧縮強度標準試験方法（ASTM C109）の2節 (a) および (b) に規定された要求に合致しなければならない。

(b) 天びん —— 重量法によって溶解シリカを決定するのに用いられる化学分析用天びん と分銅はポルトランドセメントの化学分析標準方法（ASTM C114）の3節 (a) および (b) に規定された要求に合致しなければならない。

(c) 破砕および粉砕装置 —— 小型のジョークラッシャーと円盤粉砕機その他大体 4 Kg の No. 50 ふるい を通過する骨材の破砕および粉砕が可能な装置。

(d) ふるい —— No. 50（297 μ）および No. 100（149 μ）の角孔網ふるいで試験用ふるい標準規格（ASTM E11）に合致するもの。

(e) 反応容器 —— 容量 50 ～ 75 ml、ステンレス鋼その他の耐しょく材料でつくられ、気密な ふた のある反応容器（図1）

(f) 恒温浴そう —— 80 ± 1°C の温度を 24 時間保つことのできる液体浴そう

(g) 光度計 —— 定波長約 410 mμ の光の透過量を測定できる光電光度計

試薬と水の純度

3. (a) 試薬 —— 別に指示されない限りすべての試薬は、できるならば、米国化学協会の分析試薬委員会の規格に合致するものとする。もし試薬が十分高純度のものであることが先ず確かめられている場合ならば、他の品質のものが用いられてもかまわない。

(b) 水 —— 別に指示されないかぎり、水に関しては蒸留水を意味する。

試 薬

4. (a) 標準水性ソーダ溶液（1.000 ± 0.010 N） 1.000 ± 0.010 N 水性ソーダ（NaOH）溶液を用意し、± 0.001 N まで検定する。この溶液の検定は国立標準局から供給される酸性フタール酸カリュウム（標準試料 No. 84）に対し、試料に添付される指示に従っ

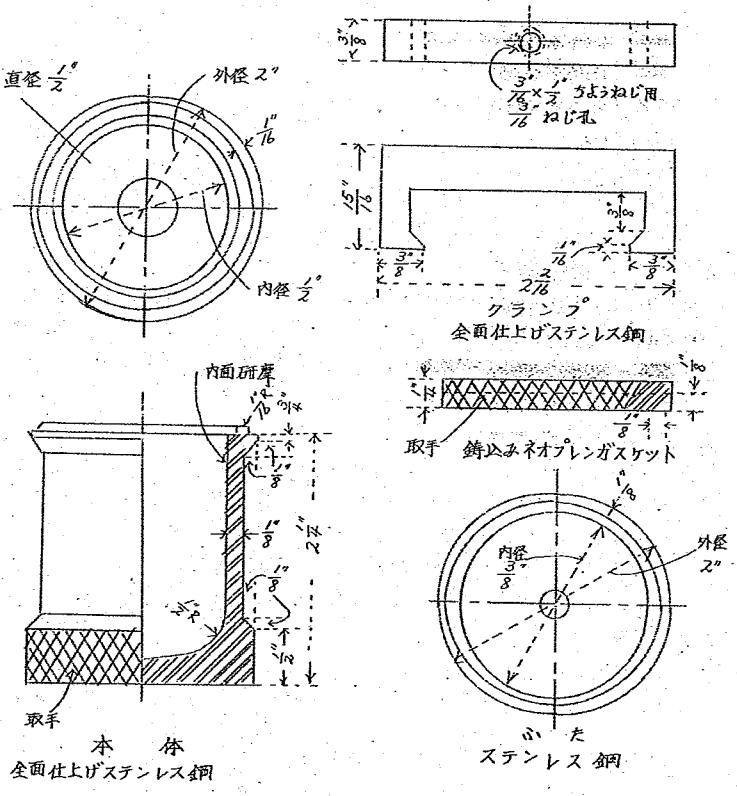
て検定される。溶液を作るためには炭酸ガスがなくなるまで煮沸した水が用いられる。

(b) 標準塩酸溶液（0.05N）——約0.05Nの塩酸を用い±0.0001Nまで検定する。塩酸は毎日の試験用とし約0.05Nの検定されたか性ソーダー溶液によって検定される。

(C) フェノールフタレイン指示薬溶液——フェノールフタレイン1gをエタノール（1：1）100ml中に溶かす。

(d) 塩酸（比重1.18）

図1　反応容器



ガラス器具

5. ガラス器具や容器はすべて各操作に対する特別の要求を満たすよう注意深く選ばれねばならない。標準容積測定フラスコ、ビューレット、およびピペットは精密級のものでなければならない。

試料の選択と準備

6. (a) この試験は細骨材または粗骨材に用いられ、細粗骨材が同じ材料でできているときは、全骨材に対し用い得られる。

(b) 試料は骨材の代表的な部分から採り、次の方法により、No. 50ふるい を通過するよう破砕される。(備考) 粗骨材は小型ジョークラッシャーによって最大寸法約 $\frac{1}{4}$ in に破砕する。破砕粗骨材及び砂もNo. 50～No. 100の粒子を得るようにふるう。No. 100ふるい を通過する材料を捨てる。円盤型粉砕機を繰り返して通し、その度毎にふるってNo. 50ふるい に留る材料を減少させる。最初通すときは板の間隔は約 $\frac{1}{8}$ in とし、次第に少くして最後に全材料がNo. 50ふるい を通過する。No. 100ふるいを通過する微粉分の割合をできるだけ少なくするためにあらゆる努力を行なわなければならない。

備考　粗骨材は大きさ別に各部分について別々に(b)項に従って処理される。また各部分から得られたNo. 50～No. 100の材料は、それらがコンクリートに用いられる割合で再混合されることが勧められる。できるならばどこでも、(b)項に従って処理するに先立ち、砂をふるい分け、コンクリートに用いられる粒度分布になるように再混合することが勧められる。

(c) No. 100ふるい より細かい材料がすべて除去されたことを確かめるために、試料をNo. 100ふるい の上で洗う。8 in ふるい で一度に1000g以上洗ってはならない。洗った材料を100～105°Cで20±4時間乾かす。試料を冷し再びNo. 100ふるい 上でふるう。No. 100ふるい 上に留った分を試料にとっておく。

反応の方法

7. (a) 6節により準備された乾いたNo. 50～No. 100の試料のうち、代表的な部分 25.00±0.05gを3つとって重量を測る。一部分を3つの反応容器の各々に入れ、1.000Nのか性ソーダ溶液 25 mlを加える。第4番目の反応容器にはブランクとして役立つよう同じか性ソーダ溶液 25 mlを加える。4つの容器に封をし、反応を分離さ

せるために静かにゆする。

(b) 容器に封をしたら直ちに 90±1.0℃に保たれた液体浴そうに入れる。24±$\frac{1}{4}$時間後に容器浴そうから取り出し水流に15±2分あてて30℃以下まで冷やす。

(c) 容器が冷やされたら直ちにこれを開け、骨材残しようからの溶液をろ過する。グーチるつぼの底に合うように切った、灰分の少ないろ過速度の大きいろ紙を磁器製のるつぼの中に入れ、るつぼをゴムのるつぼホルダーでロトにとりつける。容量35～50mlの乾いた試験管をろ液を集めるためろ過フラスコの中におき、ロトの口をろ過フラスコの首のところに入れる。アスピレーターを働かすか真空源を開き、つぎに少量の溶液をるつぼ内のろ紙上に静かに注ぐ。このとき容器の内容を動かすことなく上澄液のみをるつぼに静かに注ぐ。液体の振しやが終ったら、吸引をやめて容器中に残っている固形物をるつぼに移し、ステンレス鋼のへらによって押しつける。それから吸引し、水銀柱で約15 inに調整する。更にろ過を続け大体10秒に1滴の割合でしかろ過液を生じなくなるまで行なう。ろ液は次の試験のためにとっておく。真空が適用された時間の総計をろ過時間として記録する。ろ過装置の組立てと固形物をるつぼに充てんする方法を一定にし一組の試料がすべて同じ時間でろ過されるようにする。

(d) ブランクは(c)項に記されてる方法によりろ過する。3個の試料の平均ろ過時間に等しい時間だけ真空を適用する。

(e) ろ過が終ったら直ちにろ液をかくはんして十分混合してからろ液を10mlだけ取り、メスフラスコ内で200mlまで水で薄める。この希釈溶液を溶解シリカとアルカリ濃度の減少を決定するためにとっておく。

溶解シリカの重量法による測定

試験方法.

8. (a) 希釈溶液(7節(e))100mlを、蒸発を早めるためになるべく白金製の蒸発皿に移し、塩酸5～10mlを加え、蒸気浴そう上で蒸発乾固させる。乾固されたものはそれ以上熱することなく、5～10mlの塩酸で処理し、それから等量の水を加えるか、あるいは直ちに10～20mlの塩酸(1:1)を残しように注ぐ、皿にふたをし、浴槽または熱板上で10分間浸漬する。溶液を等量の湯で薄め、

直ちに　ろ過し、遊離したシリカを熱湯で完全に洗い（備考1）　ろ紙上の残しようはそのまま取っておく。

備考1 —— シリカ　沈殿物の洗浄は、初め熱した塩酸（1：99）を用い、後で熱湯で洗浄すれば一層効果的に行なわれる。

(b) 再びろ液を蒸発乾こさせる。残しようは　ろ　の中で105～110℃で1時間乾燥する。残しようを10～15mlの塩酸（1：1）と共にとり、浴そうまたは熱板上で熱する。等量の熱湯で溶液を薄め、その中のシリカを別の　ろ紙で　ろ別し、洗浄する。

(c) 残しよう（(a)および(b)項）を包んでいる　ろ紙を白金るつぼに移す（備考2）　その　ろ紙を乾かしてから強熱する。最初は低温でろ紙のカーボンが炎を発しないで完全になくなるまで、そして最後には重量が一定になるまで1100～1200℃　で熱する。

備考2 —— もし試験者自身の報告のためにシリカ残しよう中の不純物の大きさを知りたいときは空の　るつぼ　の重量を測ればよい。

(d) このようにして得られたシリカは少量の不純物を含んでいると思われ、これを　るつぼ内で2、3滴の水、約10mlのふっ酸、および1滴の硫酸（H_2SO_4）で処理し、注意して乾くまで蒸発乾固させる。得られた残しようを1050～1100℃で1～2分間熱し、冷却してから重量を測る。前に得られた重量とこの重量の差をシリカの量とする。

(e) ブランク —— 同じ操作に従って、ブランクから得られた等量の希釈溶液および等量の試薬を用いてブランクの決定をする。

(f) 計算　　骨材材料から　ろ過されたかせいソーダ溶液のシリカ濃度は次のごとく計算する（備考3）

$$S_c = (W_1 - W_2) \times 3330$$

ここで

S_c ＝原ろ液中のシリカ濃度（ミリモル/l）

W_1 ＝100mlの希釈溶液中に見出されたシリカ（g）　((d)項)

W_2 ＝ブランク中に見出されたシリカ（g）　((e)項)

備考3 —— 分析された希釈溶液は原ろ過液の5mlに相等しく、シリカを$(W_1 - W_2)$ gまたは$\frac{(W_1 - W_2) \times 1000}{60.06}$ミリモル含んでいる。結局、原ろ液1lは$\frac{1000}{5} \times \frac{1000}{60.06}(W_1 - W_2)$

または 3330 ($W_1 - W_2$) ミリモルのシリカを含むことになる。

光度測定法による溶解シリカの測定

方法の原理

9. 結晶質の（非こう質の）シリカは酸溶液中でモリブデン酸イオンと反応し（最適 PH 1.2～1.5）黄緑色のモリブデン酸シリカの有色錯塩を形成する。

これは大体溶液のシリカ濃度に比例するが、完全には Beer の法則に従わない。有色錯塩は光電光度計を用いて標準色と比較することにより定量的に求められる。

適　用

10. この方法は、過量の色調妨害物（タンニン等）を含む以外のあらゆる水溶液中の結晶質（非こう質）シリカの測定に適用されるが、全シリカ量は測定できない。その方法は実用的に 10 ppm 以下の結晶質シリカのじん速管理分析に適用される。

試　薬

11. 試験に要する試薬は次の (a)～(b) の項に記述する通りである（備考）

(a) 標準シリカ溶液 —— けい酸ナトリウムを水に溶かすことにより 1 l につき約 10 ミリモルのシリカを含む標準シリカ溶液をつくる。溶液をかたいゴムびん またはパラフィンを被覆した化学抵抗性のあるガラスびん の中に貯蔵する。8 節 (a)～(c) に記された方法によってそのシリカ量を決定するため 100 ml の溶液を用いる。

(b) モリブデン酸アンモニウム溶液　モリブデン酸アンモニウム ($(NH_4)_6 Mo_7 O_{24} \cdot 4H_2O$) の 10 g を 100 ml の水に溶かす。内面にパラフィンを塗った化学的に抵抗性のガラスびん またはプラスチックびん の中に保存する。

(c) 塩酸　（比重 1.18）

(d) しゅう酸 $\{(CO_2H)_2\}$ 溶液 —— 二水しゅう酸 $\{(CO_2H)_2 \cdot 2H_2O\}$ 10 g を 100 ml の水に溶かし化学的に抵抗性のガラスびん に貯蔵する。

備考 —— 標準シリカ溶液以外の試薬のシリカ量は重要でなくまた決定する必要もない。

検定曲線の作製

12. (a) けい酸ナトリュウムの貯蔵溶液（11 節 (a)）の一部を薄めることにより 0.0～0.5 ミリモル／l の範囲の各種濃度の 1 組の標準シリカ溶

液を準備する。けい酸ナトリュウム溶液の一部を約半分水の入った100 ml容積測定用フラスコに移す。モリブデン酸アンモニウム溶液2 mlとHCl（1:1）1 mlを加え、フラスコを廻してかくはんする。溶液を室温で15分間放置しておく。しゅう酸溶液1.5±0.2 mlを加え、フラスコのマークまで水を満たし、完全に混ぜる。溶液を5分間放置しておく。

(b) (a)によって調製した各種濃度の標準液について波長約410 mμの光の透過度を光度計で測定する。

(c) 各溶液中のシリカの既知濃度に対する透過度をプロットして検定曲線を作製する。

溶解シリカの測定

13. (a) 10 mlの希釈溶液（7節(e)）を100 mlの容積測定用フラスコに移し、12節(a)および(b)に示されたように試験を進める。先に作製した波長約410 mμの光の透過度とシリカ濃度との関係を示す検定曲線によって直接に溶液中のシリカ濃度を読む。もし透過度が30%以下または50%以上ならば、希釈溶液の量を多くしたり少なくしたりするべきである。

(b) 計算 —— 7節(e)によって得られた溶液のシリカ濃度を次のごとく計算する。

$$Sc = 20 \times \frac{100}{V} \times C$$

ここに、

Sc = 原う液中のシリカ濃度（ミリモル/l）

C = 光度計で測られた溶液中のシリカ濃度（ミリモル/l）

V = 7節(e)から用いられた希釈溶液の容量（ml）

アルカリ濃度の減少試験方法

14. (a) 20 mlの希釈溶液（7節(e)）を125 ml三角フラスコに移し、2・3滴のフェノールフタレン溶液を加え、0.05Nの塩酸でフェノールフタレンの変色点まで滴定する。（備考）

(b) 計算 —— アルカリ濃度の減少を次のごとく計算する。（備考）

$$RC = \frac{20N}{V_1}(V_3 - V_2) \times 1000$$

ここに、

V_2 = フエノールフタレンの終点を得るために用いられた塩酸の量（$m\ell$）：ブランクの場合

V_3 = フエノールフタレンの終点を得るために用いられた塩酸の量（$m\ell$）：試験試料の場合

Rc = アルカリ濃度の減少（ミリモル/ℓ）

N = 滴定に用いられた塩酸の規定度

V_1 = 7節(c)から用いられた希釈溶液の量（$m\ell$）

備考　上記の試験方法および計算は、骨材の潜在的アルカリ反応時を評価するための Rc と Sc の値を求めるために適用される。フエノールフタレンの終点をすぎてさらにメチルオレンジの変色点まで滴定し、下式の計算を用いれば、さらに有効な知見がえられる。フエノールフタレンでの終点に達した後にメチルオレンジ溶液（100 $m\ell$ の水に1gのメチルオレンジを溶解させる）の2-3滴を加え、その終点まで滴定する。Pをフエノールフタレンの終点までの塩酸の滴定量、Tをメチルオレンジ終点までの塩酸の滴定量の総量とする。1ページ(b)で与えられる式を用い、さらに下式から V_2 および V_3 を求めて Rc および Sc を計算する。

$$V_2,\ V_3 = 2P - T \quad \cdots\cdots$$

実験結果の解釈

15. (a)　この試験の結果はある種類の骨材については正確でない。その理由はまず、アシチゴライト（じや紋岩）のようなマグネシュウムのケイ酸塩、炭酸マグネシュウム、炭酸鉄等とが苛性ソーダとの反応によりアルカリ度が減少することがあるためである。これらの反応により見かけ上 Rc が増加したり、また Sc が減少したり、その両者も起こるのである。可溶性シリカが存在する場合、炭酸石灰が存在する場合は Rc の変則的の増加がわずか見られたり、Sc の値が減少したりする。炭酸石灰による Rc および Sc の見かけ上の変化はアルカリ骨材反応性の程度の判定に影響をおよぼすが、潜在的アルカリ反応の誤った判定は、その程度がぎりぎりの限界に来ているときのみ起こる。

(b)　このような誤りが起こりうるので、この試験にはコンクリート用骨材の岩石学的試験法（ASTM C295）にしたがって岩石学的試験を関連させて行なうことが望ましいし、また実施できるならほかの試験とか野外での経験をも関連させることが望ましい。

(2) セメント骨材の潜在アルカリ反応試験方法

ASTM C 227－58 T

(Potential Alkali Reactivity of Cement－Aggregate Combinations, Tentative Method of Test for)

適用範囲

1. この試験方法は、規定された試験条件のもとにおける貯蔵中のモルタルバーの膨張を測定することにより、セメント－骨材の潜在膨張性アルカリ骨材反応を決定するものである。

試験用器具

2. (a) はかり――モルタル配合材料の ひよう量に用いる はかり は次の要求に合致しなければならない。使用中の はかり については、2000gの荷重における許容誤差は±2.0gでなければならない。新しい はかり についての許容誤差はこの値の半分でなければならない。相互感度は許容誤差の2倍以下でなければならない。

(b) 分銅――モルタル配合材料の ひよう量に用いる分銅の許容誤差は表1に規定されるようでなければならない。新しい分銅の許容誤差は表1の値の半分でなければならない。

表1 分銅の許容誤差

分銅 g.	使用中の分銅の許容誤差 ±g.	分銅 g.	使用中の分銅の許容誤差 ±g.
1000	0.5	100	0.15
900	0.45	50	0.10
750	0.4	20	0.05
500	0.35	10	0.04
300	0.3	5	0.03
250	0.25	2	0.02
200	0.20	1	0.01

(c) ふるい――試験用ふるい標準規格（ASTM E 11）に合致する角孔、細ふるいを用いなければならない。

(d) ガラス製メスシリンダー――混合水の計量に用いられる容量200mlのメスシリンダーは、20°C（68°F）において所定の容積を示

すようにつくられねばならない。許容誤差は±2 mlでなければならない。これらメスシリンダーは少くとも5 ml毎に目盛りされなければならない。主目盛線は全周に及び、数値が入ってなければならない。最小目盛は少なくとも全周の $\frac{1}{7}$ の長さを有し、また中間目盛は少なくとも全周の $\frac{1}{5}$ の長さを有しなければならない。目盛線は最下部の10 mlにはつけなくてもよい。

(e) 供試体型わく ── 型わくは単型または2連型とする。(図略)

単型型わくの方が好ましい。型わくは有効標点距離10 in、1×1 inの供試体が成形できるようなものでなくてはならない。有効標点距離は測点として用いられる金属そう入片の内側端の間の長さと考える。型わく各部は組立てたとき水密となり、堅固に組合わせなければならない。

型わくはセメントペーストによりたやすく腐食されない鋼その他のかたい金属でつくられねばならない。型わくの側面は広がりやたわみを生じないよう十分剛でなければならない。型わくの両端板は硬結期間中直径 $\frac{1}{16}$ in のステンレス鋼その他の腐食しない金属でできた測点を正しい位置に保つよう装置されていなければならない。測点はその主軸が供試体の主軸に一致するように取り付けられねばならないし、かつ供試体中に0.625±0.025 in 取り出していなければならない。測点の内側端の間の距離は10±0.1 inでなければならない。各供試体区画につき別々に測られた型わくの幅と高さは、新しい型わくに対しても使用中の型わくに対しても、1±0.03 inでなければならない。

(f) 混練用はち ── 混練用はち はステンレス鋼製で、容量5～7 ltかつ形と寸法が図3に合致したものでなければならない。(図略)

(g) 突き棒 ── 突き棒は中硬ゴムまたは約200°C(392°F)のパラフィン中に15分間浸して非吸収性にされた乾燥かし材のごとく、非吸収性で耐磨耗性の材料でつくられねばならない。そして $\frac{1}{2}$×1 inの断面と手頃な長さ(5 inか6 in)を有しなければならない。突き棒の底面は平らで突き棒の長さの方向と直角でなければならない。

(h) こて ── こては長さ4～6 inで縁が真直ぐな鋼の刃を有しなければならない。

(i) 容器 ── 供試体を貯蔵するための ふた 付容器は、金属製で36個以下の供試体を収容するような大きさのものでなければならない。

それは気密なふたにより、また容器を密封して湿気の損失を防ぐように造られねばならない。バーは垂直に支持し、その下端が、容器の底に入っている水から約 1 in はなれるように配置されねばならない。供試体の重量は金属標点部分で支えられてはならない。

供試体は互に離しておくようにスペーサーを配置せねばならない。容器は用いられた各種セメントでつくられた供試体についてそれぞれ各別に準備しなければならない。

(j) 長さ測定コンパレーター——供試体の長さの変化は少くとも 0.3 in の測定範囲を有するダイヤルゲージまたはマイクロメーターで測定する。これら計器は少なくとも 0.0001 in まで目盛られ、またその測定範囲内のどの点で試験しても誤差は ± 0.002 in 以下でなければならない。繰返した測定値間の差は 0.0001 in 以下でなければならない。コンパレーターには絶縁されたとつ手に備えた鋼製標準バーを備え、このバーによりしばしばコンパレーターは検査されねばならない。

温度と湿度

3. (a) 成形室と乾燥材料の温度は 20℃（68°F）以上 27.5℃（81.5°F）以下に保たなければならない。混合水および湿気箱または湿気室の温度は 23 ± 1.7℃（73.4 ± 3°F）の範囲になければならない。

(b) 湿気箱または湿気室は供試体を 90% 以上の相対湿度に貯蔵出来るように造られていなければならない。

骨材の粒度

4. 細骨材はその計画に対する規格の要求に合致する粒度で試験されねばならない。粗骨材は破砕し、ふるって、次の粒度に再混合されねばならない。（備考）

表 2

フルイ			残留百分率
No.	4	(4760μ)	0
No.	8	(2380μ)	20
No.	16	(1190μ)	40
No.	30	(590μ)	60
No.	50	(297μ)	80
No.	100	(149μ)	100

備考　粗骨材を破砕して砂の大きさにしたものは、骨材破砕のため露出面の増加によって著しい膨張を与えるかも知れない。それゆえ、たとえこの方法によって試験した粗骨材が過度の膨張を生じても、コンクリート供試体について行なった試験がこのモルタル試験の結果と一致するのであなければ、この材料はアルカリと反応性であると判定することはできない。

供試体の準備

5. (a) 供試体の個数 —— 2つのバッチの各々から2個、計4個の供試体を各セメント－骨材の組合せに対してつくる。

(b) 型わく の準備 —— 型わく は鉱物性油で薄く覆われねばならない。この作業が終ってからステンレス鋼または腐食しない金属の標点が取り付けられ、その際それが清浄に保たれ油がつかないよう注意する。パラフィン3分とロジン5分の重量比の混合物を、110～120°C（230～248°F）に加熱したものを型わく の外側接触線に塗り型わく を水密性にする。

(c) モルタルの配合 —— 試験モルタルの乾燥材料の配合はセメント1に対し混粒骨材2.25の重量比とする。2個の供試体をつくるためにモルタルのバッチに一度に混合される乾燥材料の量は、セメント500gと骨材675gである。混合水の量は105～120のフロー値（水硬セメントモルタルの圧縮強度標準試験法（ASTM C109）の9節によって試験し、ただしフローテーブルによって15秒間に25回 $\frac{1}{2}$ in の落下の代わりに、約6秒間に10回 $\frac{1}{2}$ in の落下を与える）を生ずるような量とし、これをセメントに対する重量百分率で表わす。

(d) モルタルの混合 —— 混合は はち （2節(f)の中で片手で行ない、強く連続的な押つぶし、および練混ぜを行ない、手は密着したゴム手袋で保護されねばならない。1バッチ用の材料は次の順序で はち に入れられる。

(1) 乾いた はち に水を入れる。

(2) 水にセメントを加え、30秒間混ぜる。

(3) 約半分の骨材を加え、30秒間混ぜる。

(4) 骨材の残りを加え、1 $\frac{1}{2}$ 分間混ぜる。

(e) 供試体の成形 —— 混合後直ちに型わく は2層に満たされ、各層は突き棒で締め固められねばならない。モルタルは標点のまわりに隅々

までまた型わく の面に沿って、均等な供試体が得られるように突き棒で締め固められねばならない。上層の締め固め後、モルタルは型わく の上面と同一平面に切り取られ、表面はこてを2、3回かけて平滑にされねばならない。

供試体の貯蔵と測定

6. (a) 初期貯蔵 —— 型わく に充てんされた供試体はそのまま直ちに湿気箱または湿気室に入れられる。供試体は湿気箱または湿気室中で、24±2時間、型わく に入れておかなければならない。

(b) その後の貯蔵と測定 —— 成型後24±2時間で供試体を型わくから外し、長さを測定する。最初の長さを読むに先立って、供試体の水分が失われないよう注意する。供試体は常に同じ端を上にしてコンパレーターに取付けられねばならない。最初の測定の時の供試体の湿度は23±1.7°C（73.4±3°F）でなければならない。供試体はそれから37.8±1.7°C（100±3°F）に保たれた金属容器内に立てる。容器中の供試体は水の上で水に触れないようにしなければならない。長さの測定を行うに先立ち、供試体を入れた金属容器は37.8±1.7°C（100±3°F）の貯蔵から湿度が23±1.7°C（73.4±3°F）の室に移され、その室で供試体の測定まで少なくとも1/2時間置かれねばならない。測定が行なわれる時、供試体、コンパレーターおよび参照バーは湿度が23±1.7°C（73.4±3°F）でなければならない。長さ測定がされるときはいつでも容器は掃除され水が取替えられる。測定後供試体は前の貯蔵期間と反転した位置で金属容器内に再び入れられ、容器は、37.8±1.7°C（100±3°F）の湿度の貯蔵室にもどされねばならない。

計 算

7. 供試体の長さは周期的間隔で測られねばならない。1、2、3、6、9および12箇月、更に必要なときは、その後少なくとも6か月毎の読みが求められるべきである。供試体の長さの差異は、材令1日で型わくから外された時、またその後の測定時にはいつでも、有効標点距離について0.01%以内まで計算され、また、その期間における供試体の膨張として報告される。収縮（負の膨張）は報告される膨張百分率に一符号を付して示される。与えられたセメント骨材組合せの4個の供試体の膨張の平均が、与えられた期間の、その組合せの膨張として報告される。

19 ルシヤトリエ方法によるセメントの安定性試験方法

セメントの安定性をルシヤトリエ法で測定する場合は BS 12 1947 に規定される方法を用いる。

解 説

セメントの安定性は規格の方法によれば、パットの浸水試験によりその結果は肉眼観察により良または不良として表現される。したがって安定性の程度は定性的であり、良とされてもその間に当然差異のあることを示しえない。安定性を少しでも定量的に表示するためには、ルシヤトリエ方法が意義がある。

(1) ルシヤトリエ方法によるセメント安定性試験方法 BS 12 1947 (付録G)
(Test for determination of Soundness)

適用範囲

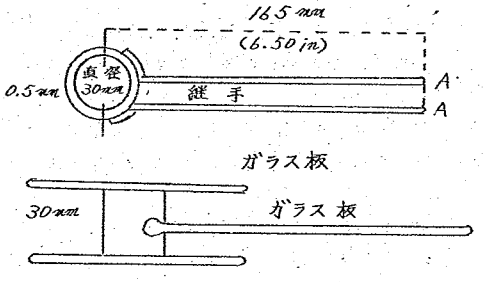
1. 本試験はルシヤトリエ方法によってセメントの安定性を決定する場合に適用される。

試験器具

2. ルシヤトリエ試験を行なうために用いる器具は図1に示すものである。型わくは切れ目が0.5 mm (0.02 in) より多く離れてないもので、良好な状態に保たれていなければならない。

図1 ルシヤトリエ試験用器具 (かっ弧の中の数値は換算値である。)

図 1



3. 試験方法

試験を行うためには、型わくをガラス板の上に置き、これに標準軟度のセメントペーストを得るに必要な水量の78%の水量でセメントを練って作ったセメントペーストをもって満たす。このセメントペーストは付録Cに述べる方法と条件のもとで作らなければならない。ペーストを満たすときには、型わくの両縁は静かに密着するように注意する。次に型わくを他のガラス板で覆い、その上に小さなおもりをのせて、全体をただちに 10.4°～17.8°C (58°～64°) の温度の水中に浸し、{高温地使用セメントに対しては (95°F) 35℃までの温度で}24時間静置しておく。

次に指針Aの開きを測定し、再び型わくを上記の温度の水の中に浸ける。この水を加熱し25～30分で沸騰点に達しさせ、1時間沸騰させ、後、水から型わくを取り出し冷却させて再び指針の開きを測る。この2回の測定の差がセメントの膨張の結果を示す。

(2) セメントペーストの標準ちょう度の決定　　BS 12
1947
(付録C)

(*Determination of Consistency of Standard Cement Paste*)

適用範囲

1. 本試験方法は標準軟度のセメントペーストを作るに要する水量を求める方法に適用される。

試験器具

2. 試験に用いるビカー器具は直径 10 mm の標準棒が用いられる。

試験方法

3. 標準軟度のセメントペーストを作るに要する水量は下記に述べる方法でセメントペーストを試験したとき、ビカー標準針がビカー型わくの底から5～7 mm の点にとどまるようなペーストを生ずる水量である。

乾いたセメントに水を加えた瞬間から、型わくに詰め始めるまでの練り混ぜ時間は3分以上5分以内であって、凝結の徴候が起る前に終了していなければならない。

ビカー型わくは吸水しない板の上に置きセメントペーストを一杯に満たすペーストの表面を型わくの表面と一致するように平らにならす。セメントペーストを詰めた型わくは空気を追い出すため、軽くゆする。

型詰めには、測定者の手と普通のこてのみを使用する。こての重さは約7$\frac{1}{2}$オンス（約213g）とする。練り混ぜ、型詰め用の器具は清浄なものでなければならない。上記の操作を行なう場合セメント、水、及び室の温度は（58°～65°F）｛高温地使用のセメントに対しては（95°F）35°Cまでとする。｝14.4°～17.8°Cでなければならない。

供試体を標準棒の下に置き、標準棒を供試体の表面に接するまで静かに下げ、次に手早く離して供試体の中へ沈下させる。

上述のようにして、標準軟度となるために要する水量が知れるまで、水量の百分率を変えて試験ペーストを作る。使用水量は乾燥セメントの重量に対する百分率によって表わし記録する。

1.10 モルタルの容積変化の測定方法

モルタルの容積変化の測定は社団法人日本セメント技術協会委員会法（H－2 1957セメントペーストの初期長さ変化測定試験方法(案)、モルタルの硬化乾燥による長さ変化測定方法（案））を参考として行なう。

解　説

セメントの安定性は規格で定められているが、主として遊離石灰による有害膨張を測定するのが目的である。セメントがコンクリートとして使用される場合には、セメント自体の水和にともなう容積変化以外に、セメント水和物が暴露される環境の下で安定状態に移る過程での容積変化を生じ、このためにコンクリートに有害な容積変化が生起する。コンクリートにおける容積変化はセメント以外の要因にも支配されるので、セメントによる影響のみを分離して考える必要が生じる。このセメント自体による潜在的要因をも含めてモルタルの容積変化を求めて、コンクリートの容積変化を類推する。

セメントの水和過程は多くの要因に支配され、暴露されている環境等も多様であるから、ある一定の条件のみで測定することは意義をもたない。したがって例えば暴露条件でも温度、湿度の相異　それらの周期性、時間等を任意に目的に応じて選択して実験するのであり、標準的の方法はない。

試験方法としては　ASTM　C157（Volume Change of Cement Concrete Tentative Method of Test for）も参考となるが、社団法人日本セメント技術協会委員会で用いる方法は比較的簡単であり、測定自

体はこの方法を用いると便利である。

セメントペーストの初期長さ変化測定試験方法　技協 H-2-1957（案）

1. 適用範囲

1.1　この方法はセメントペーストの初期における長さ変化（以下長さ変化という）を顕微鏡を付属した測定器を用いて試験する場合に適用する。

1.2　長さの変化は以下の規定によって試験した場合の供試体の有効長さの変化の割合から算出した長さ変化率で表わす。（6参照）

2. 試験用器具および備品

2.1　型わく

型わくは金属製またはくるいの少ない材質を用いた木製であり、外わくと内わくに分れている。（図略）

供試体をつねに所定の位置におくために図中粗線の寸法は正確にしかつがたつきがあってはならない。

内わくは容易に取りはずし出来るもので組合せ部にはそれぞれ目印を付するものとする。

2.2　標線用乳白ガラス

供試体に埋め込み、供試体の有効長さの測定用標線を刻線する乳白ガラスで、その縦横の寸法は10×10 mm 厚さは1～2mmとし正面は平滑で裏面はなるべく粗面とする。

2.3　刻線器

刻線器はダイヤモンドの先端にてきれいな直線を引くことが出来るものとする。（日本セメント技術協会セメント収縮調査委員会報告H－1、29ページ4.5参照）

2.4　測定器

測定器は日本セメント技術協会型を用いる。（図－2およびセメント収縮調査委員報告H－1　29ページ、2参照）

2.5　セメントペーストこね混ぜ用はちおよびさじ

JIS R 5201 1956 9.8を用いる。

2.6　へら

へらは全長約23 cm、巾約2～3 cmで先端は丸味をおびた薄い鋼製で約9 cmの木部の取手を有するものとする。

2.7 包装紙

包装紙としては厚さ0.02～0.04mmのポリエチレンシートを用いあらかじめ規定の寸法に切り、形をととのえて使用時までにデシケーター中に保存する。（図略）

2.8 包装用型

包装用型は2.1に示す型わくに合致する大きさ（約15×25×180mm）を有する長方体とする。

2.9 ポリエチレンのり

ポリエチレンのりはポリエチレンシートを接着するに適当なものを用いる。

2.10 水量計

水量計は$\frac{1}{10}$ccまで読みとることのできる150ccビューレットを使用する。

2.11 銅粉

銅粉は乾燥したものを用いる。

2.12 その他

上皿天びん、ビーカー、調剤用スプーン、ピンセット、はさみ、さばき筆等

3. 供試体の寸法および個数

3.1 供試体の寸法

供試体の寸法は断面15×25mm、長さ180mmの角柱とし指標間の距離140mmのものとする。

3.2 供試体の個数

供試体の個数は同一条件の試験に対して2個以上とする。

4. 試験方法

4.1 温度および湿度

成形および測定室の温度は20±3℃、湿度は70～80%を標準とする。

4.2 供試体の作り方

4.2.1 型わくの準備

型わくを組立て型わく内に銅粉（約2g）をさばき筆で平均に散布する。包装用型で整形したポリエチレンシートを静かに型わく内にそう入する。

4.2.2 標線用乳白ガラスの準備

型わく1個に対して標線用乳白ガラス2個をもって1組とし、刻線器で刻線する。刻線は左るべく細かくされいな直線とする。このためには刻線器のダイヤモンドのせん端の適当な向きを選定し、常にその状態で使う様に目印をつけておく、またせん端が乳白ガラスにおよぼす圧力を適当にするためと、刻線器に付属のカウンターウエイトを加減する。刻線がはっきりする様に刻線に直角の方向に墨鉛筆で軽く乳白ガラスの面を左する。

4.2.3 セメントペーストの作り方

試料400g 水108cc (W/C = 27%) を加えJIS R5201-5に規定された方法で練り混ぜる。

4.2.4 セメントペーストの詰め方

あらかじめ用意された型わく中にへらをもってセメントペーストを二層に詰め、正面をならす。この時、隅や各所に、気ほう や空げきが出来ない様に注意しなければならない。

4.2.5 標線用乳白ガラスの供試体への埋め込み

セメントペーストを詰めた型わく を測定器上の台に移し、ピンセットをもって乳白ガラスをはさみ、型わくの右端ペースト上に静かに置き、B顕微鏡の視野内において乳白ガラスの刻線を照準し、徐々に乳白ガラスを埋め込みながらその刻線の像をクロスワイヤーの面内に一致させる。

つぎに同様の方法でA顕微鏡の視野内において、中央指示線より2～3目盛外側（読みとして200～300）に乳白ガラスの刻線の像を合せ埋め込みの深さはペースト表面とガラス表面が平になる程度とする。

4.2.6 供試体の包装

乳白ガラスの埋没面前を除きポリエチレンシートでペーストの上面を覆う。

注) 覆い方は両端を先にし側方は後に行なう。

4.2.7 内わく の除去

包装が終ったならば注水後 1/2分以内に内わく を静かに除去する。

測定器のA. B顕微鏡により乳白ガラスの刻線が適当な位置にあるか否かをたしかめる。

5. 測　定

5.1 測定の時期

注水後15分で第一回の測定をする。以後3時間まで15分毎に、つぎの3時間まで30分毎に測定する。さらに24時間経過後1回測定する。

5.2. 測長方法

水平に置いた供試体の一方の標線をB顕微鏡によってよく焦準してえた像をクロスワイヤーに正確に一致させる。これは測定器を左右に動かして行なう。つぎにA顕微鏡によってその視野内にある他方の標線に正確に焦準してえた像に、A顕微鏡のマイクロメーターのクロスワイヤーを正確に一致させ両標線間の距離を測定し、これを供試体の有効長さとする。

6. 長さ変化率の算出

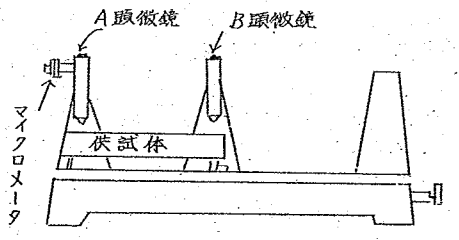
$$\text{長さ変化率}(\times 10^{-4}) = \frac{\left(\begin{array}{c}\text{各測長時における}\\ \text{マイクロメーターの読み}\ (mm)\end{array}\right) - \left(\begin{array}{c}\text{基長測長時の}\\ \text{マイクロメーターの読み}\ (mm)\end{array}\right)}{\text{基長}\quad (mm)}$$

上式の分子が例えば有効数字3けたである場合には、分母もそれと同程度とする。長さ変化率($\times 10^{-4}$)は小数点以下3けた目を四捨五入して小数点以下2けたまで取る。

7. 報告

1. セメントの種類
2. 4.1の規定と異る場合はその温度および相対湿度
3. ブレーン法による比表面積
4. 各測長時の長さ変化率と時間との関係を図示したもの
5. その他必要事項

図－2 日本セメント技術協会型コンパレーター



(2) モルタルの硬化乾燥による長さ変化測定試験方法

(案) H－2－1957

1. 適用範囲

1.1 この方法はモルタルの硬化乾燥による長さ変化（以下長さ変化という）を顕微鏡を付属した測定器を用いて試験する場合に適用する。

1.2 長さ変化は以下の規定によって試験した場合の供試体の有効長さの変化の割合から算出した長さ変化率であらわす。（11参照）

2. 試験用器具

2.1 型わく

JIS R 5201 1956 "セメント物理試験方法" 9.5 に規定されたものを使用する。

2.2 標線用乳白ガラス

供試体に埋め込み、供試体の有効長さ の測定用標線を刻線する乳白ガラスで、その縦、横の寸法は 10×10 mm とし表面は平滑で表面はなるべく粗面とする。

2.3 標線刻器（日本セメント技術協会セメント収縮調査委員報告 H－1. 29ページ3.4参照）

供試体に埋め込んだ2枚の乳白ガラスの表面におのおの細い一直線を引き、それらがたがいにほぼ平行で、その距離が 140±0.2 mm になるように刻線することができるものでなければならない。刻線はなるべく細かくきれいな直線とする。このためには刻線器のダイヤモンド先端の適当な角度を選定し、つねにその状態で使うように目印をつけておく、また先端が乳白ガラスにおよぼす圧力を適当にするため、刻線器付属のカウンターウエイトを加減する。刻線がはっきりするように刻線に直角の方向に黒鉛筆で軽く乳白ガラス面をなする。

2.4 測定器

供試体の有効長さ を測定する装置でつぎの要点を具備しなければならない。

(1) 供試体の有効長さ（9.3参照）を測定する場合、供試体をつねに装置の同じ位置におくことができること。測定器の載台は重い供試体に対しても充分剛性を有すること。

(2) 2個の顕微鏡を付属するものとし、その一つは目盛 1～2ミクロンまで読みとることができるような接眼マイクロメーターを備

えた顕微鏡（以下A顕微鏡という）で、他は倍率30～100で乳白ガラスの刻線のせん明な像をうることができる顕微鏡（以下B顕微鏡という）とする。

(3) 各供試体の有効長さに多少の変動があっても、充分に測定できるような測定範囲をもっていること。

(4) 顕微鏡筒の距離を検定することができるような標準尺を備えていること。

測定器について説明する

B顕微鏡の視野内において、供試体についている乳白ガラスの刻線の像をよく焦準させ、その像をクロスワイヤーと一致させる。この一致させる方法はつぎのようである。

まず鏡筒を上下して像がなるべくはっきり見えるようにし、つぎに顔を左右にわずかに動かして見た場合、像がクロスワイヤーにくらべて目と一緒に動くときは像がクロスワイヤーよりも下方にあるわけであるから、鏡筒を徐々に下げながら像が左右に動かなくなる所で止める。また像がクロスワイヤーにくらべて目と反対に動くときは像がクロスワイヤーよりも上方にあるわけであるから、鏡筒を徐々に上げながら像が左右に動かなくなる所で止める。

つぎに顕微鏡の載台を左右に動かして、刻線の像を平行な2本のクロスワイヤーのちょうど中間にくるようにする。マイクロメーターのドラムを回転してクロスワイヤーを動かし、その2直線のちょうど中間に刻線の像がくるようにし、ドラム上の読みをとって伸縮を測定する。この際も直線の焦準を充分にすることが肝要である。なおこれは一例を示したものである。

2.5 突き棒

右図（図略）に示す寸法のもので木製（堅木）とする。ただし使用時にモルタルの水分を吸収しないようにパラフィン等で煮ておく。

3. 供試体の寸法および個数

3.1 供試体の寸法

断面4×4cm 長さ16cmの角柱とする。

3.2 供試体の個数

同一条件の試験に対して3個以上とする。

4. 型わく の組立

型わく を組立てるには継ぎ目に油土、またはかたいグリースを薄くはさみつけ、わく の内面にモルタルをつめるまえに、鉱物性の油を薄く塗るものとする。

つぎに乳白ガラスを型わく の一方の内側面の中心線上で、型わくの両端より乳白ガラスの中心線までの距離が 10±2mm となるようにはりつける。はりつけるには乳白ガラスの平滑な表面に油土を少量塗り所定の位置に軽く押し付ける。

5. モルタルの作り方

セメント 520g と豊浦標準砂 1040g とを正確にはかりとり、これを はち（JIS R 5201 "セメントの物理試験方法"に規定されたもの）に入れて さじ（JIS R 5201 "セメントの物理試験方法"に規定されたもの）で2分間混ぜ、つぎに水 312 cc を加えて 3分間よく練り混ぜたのち、2.1に規定した型わく につめる。

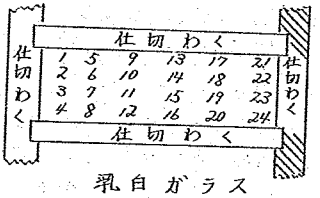
6. モルタルの詰め方

6.1 モルタルを型わく に詰める場合、その室内を 20±2°C とし湿度を 70～80% 以上とするのを標準とする。

6.2 詰め方および突き方

モルタルをつぎの方法で型わく に2層に分けて詰める。まずモルタルを水平においた型わく の高さの約 $\frac{1}{2}$ まで詰め、突き棒を用いて24回、次に図示したごとく突く、つぎにモルタルを型わく の上まで詰め、前と同様に突き、上層部を突き固めたのち残りのモルタルでもって2～3mm のもり上げをする。モルタルを詰め約5時間たったのち供試体にきずをつけないように上部のモルタルをとり、おしつけないで軽くなで、上面を平滑にする。

モルタルの突き方



7. 脱　型

供試体は型わく　のまま 20 ± 2°C で湿潤状態に保ち 48 時間たったのち脱型する。

8. 基長の測定

8.1　供試体の脱型後ただちに刻線器で乳白ガラスに刻線する。そして第1回の測長を行なう。

8.2　第1回の測長後、供試体を 20 ± 2°C の水中で養生し、供試体の材令が7日になったとき、第2回の測長を行なう。このときの有効長さ を基長とする。

9. 供試体の貯蔵

9.1　8.2 の第2回測定後供試体をただちに温度 20 ± 2°C 湿度 50 ± 5% の状態にて貯蔵する。

このためには右図（図略）に示す寸法の貯蔵箱を準備し、水そうに炭酸カリ飽和溶液 200 cc を入れさらに結晶の炭酸カリ 250 g を入れる。

9.2　貯蔵期間中供試体は乳白ガラスを埋め込んだ面を側面とし、おのおの2か所で水平に支持しておき、各供試体の同面は約 1cm 以上の間隔をとっておくものとする。各供試体を支持する個所は供試体の両端から 3cm とする。この支持個所の位置は、供試体を2個所で支持したとき、供試体の自重によって供試体に生じる正負の曲げモーメントがほぼ等しくなるように決めたものである。

9.3　上記の貯蔵期間（材令から7日を減じた期間）が 1、2、3、8、13、26、39、52、週になったとき、各供試体の測長を行なう。

10. 測長方法

10.1　8.1　8.2 および 9.3 に規定する供試体の測長は 10.2 ～ 10.4 の規定によって行なう。なお各測長時の室温は 20 ± 2°C に保たなければならない。

10.2　供試体を取り出し、乳白ガラスに付着している異物をきれいにぬぐい取り、乳白ガラスの面を上にして、供試体を測定器の台に静かに水平にしておく。この場合、いずれの測長時においても同一状態になるように供試体に目印を付けておき、その目印を毎回同一の向きにするように注意しなければならない。

10.3　水平においた供試体の一方の標線を、B顕微鏡によってよく焦準

してえた像を、クロスワイヤーに正確に一致させる。これは供試体の台を左右に動かして行なう。つぎにA顕微鏡によって、その視野内にある他の標線に正確に焦準してえた像に、A顕微鏡のマイクロメーターのクロスワイヤーを動かすことによって、これを一致させ、マイクロメーターの読みから両標準間の距離を測定し、これを供試体の有効長さとする。

11. 長さ変化率の算出

$$\text{長さ変化率}(\times 10^{-4}) = \frac{\left(\begin{matrix}\text{各測長時におけるマイクロメーターの読み}\\(mm)\end{matrix}\right) - \left(\begin{matrix}\text{基長測長時のマイクロメーターの読み}\\(mm)\end{matrix}\right)}{\text{基長}\quad(mm)}$$

上式の分子が例えば有効数字3けたである場合には分母はこれと同程度とる。

長さ変化率は有効数字4けたまでとり、4けた目はJIS R 3401の数字の丸め方に従って整理する。

12. 報告

試験結果の報告にはつぎの事項を記載する。

(1) セメントの種類
(2) フロー値
(3) 6およびフの規定と異なる場合は、その温度、および相対湿度
(4) 各測長時の長さおよび重量変化率
(5) 各測長時の長さ変化率と材令との関係を図示したもの
(6) その他必要事項

(3) モルタルおよびコンクリートの容積変化試験方法

ASTM C 157 — 52T

(Volume Change of Cement Mortar and Concrete, Tentative Method of Test for)

適用範囲

1. (a) この試験法は外的に加えられた力以外によって生じるモルタルおよびコンクリートの容積変化を決定するための方法である。それは容積変化についての研究の方法のみに固定したり、あるいは限定したりする考えではなく、おしろ容積変化の日常的な研究に対して十

分簡単で又便利な比較方法として提案するものである。供試体の型や大きさ、コンクリートおよびモルタルの混合と成形の方法、容積変化測定の方法及び器具などは、各種の原因や作用によって生じる容積変化の研究に応用しうるものである。本法のその他の条件、特に供試体貯蔵の条件はあらかじめ湿空養生をした後、きめられた湿度と温度の下で長期間乾燥貯蔵させた場合の容積変化の研究にのみ適用されるものである。

(b) ここに用いられる"容積変化"という用語は応力以外の任意の原因による供試体の寸法の変化であると定義される。此の方法で測定され、且つ表示される容積変化は供試体の長さの増加或は減少として報告される。

使用器具

2. (a) モルタルおよびコンクリート供試体用型わく:

(1) 長方体供試体成形用の型わくはモルタルあるいはコンクリートを詰める間に変形しないような十分な厚さの材料(なるべく金属)で作られねばならない。又、各供試体の縦軸が水平になるように型わくは設計されねばならない。型わくにはステンレス鋼その他の堅くてさびない金属(備考1)のゲージプラグを保持するようにされた金属製端板がはめられねばならない。このプラグはモルタル又はコンクリートの形成及び硬化時に供試体の両端の中央部で正確にその位置に保たなければならない。この モルタル長方体供試体を成形する型わくはポルトランドセメントのオートクレーブ膨張標準試験方法 ASTM C 151 (Autoclave Expansion of Portland Cement Standard Method Test for)に使用するニートセメントペーストの長方体供試体を作るに用いた型わくでよい。

コンクリートの長方体供試体成形用の適当な型わくの詳細は図1(図略)に示されている。

(2) ゲージプラグの内側端の間の距離(単位長の変化の計算に標点長として用いられる)が10±0.10 inであるように型わくは設計されねばならない。

(3) 供試体を成形する前に、型わくの継ぎ目はろう その他適当な材料で封かんしてモルタルあるいはコンクリートから水が浸み出ないようにしなければならない。モルタルやコンクリートと

接触する型わく の表面もまた、鉱物油、ラード油、石油ゼリー、あるいはステアリン酸ペーストで薄くぬらなければならない。（備考2）

備考1— ゲージプラグを正しい位置に保持する装置は、モルタルあるいはコンクリートが型わく に詰め込まれた後で、供試体の初期収縮の間にゲージプラグが拘束せられるのを防ぐために、部分的にあるいは完全にゆるめることができるように配置しなければならない。

備考2— もし必要ならば、モルタルあるいはコンクリートと接触する型わく の表面は薄いゴムを敷き、油、グリースの被膜の代わりにすることができる。

(b) 測定装置 —容積変化を測定する装置は次に示す特徴を備えるように設計されたものでなくてはならない。（備考3）

(1) 長さの測定の再現性を保証するよう、供試体との接触が確実に保たれるもの。

(2) 高い感度のダイヤルマイクロメーターその他の測定装置で 0.0001 in まで読むことができ、又任意の0.0010 in の範囲について0.0001 in 以内の精度で、又任意の0.0100 in の範囲について0.0002 in 以内の精度で読みうるもの。（備考4）

(3) 供試体の標点長のわずかの変化に対し支障のない十分の範囲を有する測定装置。（備考5）

(4) 標準棒を用いて測定装置を校正しうるもの。

(5) 簡便かつ じん速に測定をなしうるもの。

備考3 — モルタル供試体に使用して満足な結果を与えた装置の2例を図2（図略）に示す。この装置では供試体のゲージプラグは機械仕上げ研摩され、わずかに丸味をつけた（とっにする）両端をもち、又装置の上下端は機械仕上げされ、底の平面な円筒形のくぼみを設けて接触面としている。各くぼみの直径はゲージプラグの ねじ を切った部分の平均直径よりも0.02 in 大きくなければならない。装置の両接触面は熱処理され表面硬化されたものであり、しかも、各くぼみの平底は研摩されたものでなければならない。

備考4 — マイクロメーターその他の測定器は周期的および累加的な誤差の両方を決定するために測定範囲の全域にわたり校正し、測定

度に適当な補正が適用できるようにするがよい。

備考5 ― もしゲージプラグが注意して正しい位置に取り付けられているならば、ダイヤルマイクロメーターの測定範囲は、0.2あるいは0.3 in あれば、この装置としては十分であろう。

備考6 ― 標準棒は膨張係数の小さい鉄（ニッケル合金からなるもの）がよく、全体の長さは 11 5/8 in でなければならない。

両端はゲージプラグの接触端と同じ形に機械仕上げされねばならず、熱処理し表面硬化したのち研摩されねばならない。

標準棒の長さの中央 4 in は取扱い中の温度変化の影響を最小にするために内厚が少なくとも 1/8 in のゴム管で被覆されねばならない。標準棒は一端の直くに位置標を付け、長さの測定が行なわれる場合には常に同じ位置で測定器にはめられねばならない。

(c) タンパー ― タンパーは吸水性のない又摩耗しない材料たとえばかたゴムあるいは約392°F（200°C）でパラフィン中に15分間つけて吸水性のないようにした乾燥カシ材でなければならない。

タンパーの断面は 1/2 × 1 in で便利な長さ（5あるいは6 in）でなければならない。

突き面は平らで又棒の長さ方向に直角でなければならない。

(d) 突き棒

突き棒は円い直線的の鋼棒で、直径 5/8 in、長さ24 in であり、一端は半球状でその直径は 5/8 in でなければならない。

供試体

3. (a) モルタル ― モルタル供試体は 1 in 角で長さがおよそ 11 in の長方体でなければならない。各試験条件に対して少なくとも3つの供試体が用意されねばならない。

(b) コンクリート ― コンクリート供試体は骨材最大寸法が 1 1/2 in までのときには4 in 角で、長さがおよそ 11 in の長方体でなければならない。各試験条件に対して、少なくとも3つの供試体が用意されなければならない。

モルタルおよびコンクリートの混合

4. (a) すべての材料はモルタルおよびコンクリートとして使用される前に 18～24°C（65～75°F）の温度にしなければならない。

(b) すべての材料は重量によって配合されなければならない。

バッチの量の計算には骨材は表面乾燥飽和状態であると仮定しなけ

ればならない。もし骨材が貯蔵してあるものからとられ、この状態でないならば、必要とされる適当な修正を実施し、バッチの量に対し吸水量あるいは遊離水の量を補正しなければならない。

(c) モルタルはプラスティックコンシステンシーの水硬セメントモルタルの機械的混合方法（ASTM C305）の5節に詳述されている方法に準拠して混合されなければならない。モルタルのコンシステンシーは水硬性セメントモルタルの圧縮強度の標準試験方法（ASTM C109）の9節に詳述されている方法に準拠してフロー試験によって決定しなければならない。

日常試験では混合水の量は100～115%のフローを生じるに十分でなければならない。（備考）

(d) コンクリートは供試体を成形した後、約10%の過剰分が残るような大きさのバッチについて手練によるかあるいは適当な実験室ミキサーで混合しなければならない。コンクリートのコンシステンシーはスランプ標準試験方法（ASTM C143）に準拠しなければならない。

日常試験の場合には混合水量はスランプ3±½in を生じるのに十分でなければならない。（備考）

(1) 手練り ── バッチの混合には双のない れんが 積みに用いるこて または ショベルでバッチの大きさに適したものを用い、水密、清浄で湿った金属製パンの中で行なう。

順序は次のようにする。先ずセメントと細骨材を水を加えないで十分混和し、つぎに粗骨材を加えて水を加えないで十分混和されるまで混合する。次に所要のコンシステンシーのコンクリートを得るに必要な水量を加えて全体が外観上均等になるまで混合する。（備考）

(2) 機械練り ── 手練りの場合に規定した方法に従う。但しその使用されるミキサーに対し特によい方法がある場合はこの限りでない。もし分離をなくするために必要があるならば、機械練りされたコンクリートを水密、清浄で、湿った金属製パンの中へあけて、均一な状態になるまでショベルかこてで再び混合する。

備考 ── 供試体を成形するバッチを混合する時より一週間以内に、試験バッチを製作して希望のコンシステンシーのモルタルあるいはコンクリートを作るのに必要な水量を決定する。

供試体の成型

5. (a) モルタル供試体 ── モルタルは型わくの内へ大体厚さの等しい2層にして詰める。各層は2節(c)で述べた型のタンパーで締め固める。モルタルは型わくの隅や、ゲージプラグの周囲および型わくの面に沿って、均等な供試体が得られるまで突き棒で突く。上層が締め固められたのち、型わくの上部の余分のモルタルをけずり取り、こてで数回なでて表面を滑かにする。

成型が終了した直後に、所定の位置にゲージプラグを保持している型わくの両端の装置をゆるめ、供試体の初期収縮の間にうけるゲージプラグの拘束を防ぐ。

(b) コンクリート供試体 ── コンクリートは型わくにほぼ等しい厚さの2層に打込まれる。

各層はレンガ鏝こてで数回スペーシングレ、次いでタンパーで約50回突いてよく締め固める。

更に上層を打ち込む時に各ゲージプラグの周りに十分コンクリートを行きわたらせるように指で押し込む。もし必要ならば、締め固めの補助手段として適当な程度に外部振動を加える。上層は型わくよりわずかに盛り上げておく。

締め固めが終了したならば、ストレイトエッジで余分の材料をけずりとる。成形が終了した直後に、所定の位置にゲージプラグを保持している型わくの両端の装置をゆるめ、供試体の初期収縮の間に、うけるゲージプラグの拘束を防ぐ。

供試体の養生

6. (a) 成型が終了したら直ちに型わくのままで供試体を73.4±2°F(23±1.1°C)の湿度で湿潤養生する。

(b) 材令20～24時間(備考1)において型わくから供試体をとりはずす。各供試体の1端の近くで、1つの面に位置印をペイントでつけ、長さの測定が行なわれる度毎に測定器の中で同じ位置に供試体をおくようにする。

備考1 ── 特に急硬性セメントの場合には脱型中に供試体の損傷するのをさけるために、供試体を型わく中に24時間以上おくことが必要であろう。そのような急セメントが含まれている場合の試験をするときには、湿潤養生時間は変更されてもよいが、その試験計画で比較のために使用されるすべての供試体は、同一の湿潤養生条件におかれねばならない。

(c) 各供試体についての第1回の長さの測定は供試体が湿潤養生の湿度と相対湿度にあるときに行なう（備考2）、測定後は全部の供試体はその以後の湿潤養生期間を通じて、霧の中におくか、あるいは、23±1.7°C（73.4±2°F）の水中につけておく。

備考2 ― できるならば、この測定は相対湿度95%以上に保たれている室内でおこなわなければならない。

(d) 湿潤養生期間（型わく中におく期間も含む）は、特に規定されない限り28日とする。湿潤養生期間の終りに、各供試体は第1回目の測定の時と同じ温度及び、相対湿度に保たれているうちに、第2回目の長さの測定を行なうものとする。

供試体の貯蔵

7 (a) 湿潤養生期間の終りの測定がなされた直後に、各供試体は、特に規定されない限り、23±1.7°C（73.4±2°F）の温度および50±2%の相対湿度に保たれている室内に貯蔵される。

(b) 供試体の周りに自由に空気を循環させるようにするために、供試体支持点のある下側面以外の側面は、モルタル供試体相互に少なくとも $\frac{1}{4}$ in、コンクリート供試体は少なくとも1 in の間げきを設けて貯蔵する。もし、供試体が水平の位置で貯蔵されるならば、両端から $2\frac{1}{4}\pm\frac{1}{4}$ in の所で支持されなければならない。

(c) 特に規定なき限り、各供試体を標準貯蔵条件である温度23±1.7°C（73.4±2°F）、相対湿度（50±2%）の室内に移してから各供試体は3日、7日、28日および56日ならびに3箇月、6箇月、9箇月および12箇月の期間毎にそれぞれ長さの測定を行なう。温度および湿度の変化の影響を除くために、乾燥貯蔵の各期間後の測定は貯蔵室内で行なう。

報　告

8. 報告すべき事項は次のようである。

(1) モルタルあるいは、コンクリート供試体の識別および、各条件の数値。

(2) 使用各材料の産地および名称

(3) 骨材の型、最大寸法、湿潤状態および粗度。

(4) もし4節に規定した混合方式と異なる場合にはそのコンクリート混合方式の記述。

(5) もし5節に規定した成形方法と異なる場合には、そのモルタルおよ

びコンクリート成形方法の記述。

(6) 脱型前後の湿潤養生の状態および期間。

(7) 7節に規定した状態と異なる場合には、乾燥貯蔵室の温度および相対湿度。

(8) 測定時までにおける全乾燥貯蔵期間。

(9) 容積変化資料、即ち供試体の標点長 l/l に対する変化を $\frac{1}{n}$ で表わした湿潤養生中における線膨張ならびに乾燥貯蔵中における線収縮。

(10) その他必要な種々の報告

11 硬化したコンクリート中のポルトランドセメントの含有量試験方法

硬化したコンクリート中のポルトランドセメントの含有量の測定はASTM C 85－54に規定される方法による。ただし溶剤として塩酸を使用する代わりに硝酸を使用してもよい。なお骨材として石灰岩または可溶性石灰岩いし可溶性シリカを多く含む骨材を使用したコンクリート、または高炉セメントないしシリカセメントを使用したコンクリートにはこの方法は原則として適用できない。なお分析方法としてはASTM法のかわりにJIS法を用いる。

解　説

硬化したコンクリート中のポルトランドセメントの含有量は化学分析で求めることができる。ポルトランドセメントの酸化カルシウム、シリカ含有率はセメント別により著しく異なるものではない。したがって粉砕したコンクリート試料を塩酸で溶解して、酸化カルシウムおよびシリカを定量してセメント含有量を算出推定する。骨材が可溶性の酸化カルシウム、シリカをある量以上含有すれば、セメント含有量は見かけ上多すぎる結果を与える。もし使用した骨材が判明しておれば、その骨材について同様の実験を試み骨材より来た酸化カルシウム、シリカ量を補正する。また使用したセメントがポルトランドセメントでなくても、その組成が判明しておれば、この方法を適用することができる。ポルトランドセメントでその分析値が判明しておればその値を使用してセメント量を算出する。

シリカ、酸化カルシウムより算出したセメント量が一致しない場合には、骨材よりの溶出量を考慮して低い方のセメント含有量を求めるようにしている。この試験方法の原則から考えても、このセメント含有測定方法は決定的

(44)

の確実さを持つものではなく、一般には約10%位の誤差がある点に注意を要する。

骨材よりの溶出量を少なくするために2Nの酢酸で溶出することもある。

(1) 硬化ポルトランドセメントコンクリートのセメント含有量の試験方法

ASTM C85-5

(Cement Content of Hardened Portland Cement Concrete, Standard Method of Test for)

適用範囲

1. この試験方法はコンクリートのセメント量を決定するものであって、硬化ポルトランドセメントコンクリートに適用する。但しスラッグ、けいそう土、けい酸ナトリウムのようにこの試験条件において可溶シリカを遊離するある種の骨材又は混和材を含むコンクリートには適用しないものとする。

試薬

2. (a) 塩酸(1:3) — 塩酸(比重1.19) 200 ml を蒸りゅう水 600 ml に加えたもの。

(b) 塩酸(1:9) — 100 ml の塩酸(比重1.19)を蒸りゅう水 900 ml に加えたもの。

(c) 分析ソーダ(40g NaOH/l) — NaOH 20g を水 200 ml 中に加え、500 ml に希釈する。

(d) ふっ化水素酸(40%)

(e) 硫酸(比重1.84)

試料の準備

3. 分析に用いられるコンクリート試料は試験しようとする材料の真の代表となるように採取するために万全の注意を払わなければならない。コンクリート配合のほとんど全部の不均等を除くために、少なくとも10lbある数箇所の部分を採取せねばならない。これらの部分は破砕され、適当な機械で約 $\frac{1}{4}$ in の大きさに粉砕され、ボールミル、デスク粉砕機、その他の機械でおおよそ150～200メッシュの粉末に粉砕されなければならない。破砕された試料の内のより細かくなった部分、これはセメントが多い部分であるが、これを捨てたり失ったりしないように注意されなければならない。十分混合され、四分法により分けられてから、約100gの部分を採取し、次に粉砕機やボールミルの摩耗によりでき

た金属性鉄粉を強い磁石によって注意して取り除く。きれいにされた試料は、105°Cの温度で少なくとも2時間乾燥されねばならない。

試験方法

4. (a) 準備された試料から2g以上の部分が250mlの3つのビーカーの各々にはかり取られる。熱湯を注ぎかき廻してビーカーにくっついたりあるいはかたまりを作ったりしないようにする。除々に(1:3)の塩酸100mlを加え、十分にかくはんする。かたまりができるようならば、ガラス棒でつぶす。炭酸ガスの発生が終り、反応が見掛け上完了したら、数分間静かに煮し、ビーカーの内容物を沈殿させる。石綿繊維を敷いて一度焼しやくしたグーチるつぼ中に上記液を注ぐ。ろ過中残しようが完全に乾くことのないように注意する。ろ過が急速に行なわれ濾下が促進されるように吸引のていどを調節する。ビーカーの中の残しようはできるだけ多くとどめておき、これに熱湯を加えて2回傾注する。かくはんしつつ残しようにか性ソーダ溶液75mlを加え、約75°Cに熱する。前のように静かに傾注し、熱湯で2回洗浄する。残しようをるつぼにうつして、少なくとも熱湯60mlで洗浄する。

(b) ろ過液中にはシリカがけい酸の形となって真の溶液かあるいは塩酸を媒体として懸濁状態で含まれる。もし原試料中の骨材が非常に石灰質であったりあるいは白雲岩質であるならば溶液に塩酸(比重1.19)10mlを加える。ろ過フラスコを数回洗い落して適当なビーカーに移す。とびちりを少なくするように非常に注意しながら、乾燥するまで蒸発させ、120°Cをこえない温度で1時間乾固させ塩酸比重1.18で湿らし蒸発させ再び乾固し、でして沸騰するまで熱した塩酸(1:3)75mlの中にろ過のため入れる。無灰ろ紙でこし、残分を熱い塩酸(1:9)50mlで洗滌し、次いで熱湯で塩化物がなくなるまで洗滌する。蒸発とろ過を反復し、溶解したシリカのわずかの量を回収し、これを最初の残分に加える。ポルトランドセメントの化学分析標準方法(ASTM C114)の8節に示された方法に準拠してふっ酸及び硫酸で処理することによって試料中にあるシリカの量を決定する。

(c) シリカ決定に際して得られたろ過液は骨材及びセメントの可溶成分を含んでいる。ポルトランドセメントの化学分析標準方法(ASTM C114 (Chamical Analysis of Portland Cement,

Tentative Method of Test for ）の13節又は石灰岩、生石灰又は消石灰の化学分析標準方法 ASTM C25（Chamical Analysis of Limestone, Lime, Quicklime, and Hydrated, Standard Method of Test for）の12節の何れかに準拠してろ過液（鉄および水酸化アルミニウムを除いた後）中の可溶酸化カルシウムを決定する。この試験によって骨材が非常に石灰質であるということが判ったならば、全部のろ液を用いて、酸化カルシウムの決定を行なう。あるいはその一部分を用いて行なう。

修正係数

5. 分析したコンクリートに使用された骨材が入手できる時にはその骨材についてブランク試験を行ない、試験の状態で溶ける シリカおよび酸化カルシウムの量を決定する（4節）。この可溶シリカおよび酸化カルシウムの量は修正係数として用い、コンクリート中にあった全可溶シリカまたは酸化カル シウム中から差引かなければならない。その差が試料中に含まれたセメントによるものである。

計　算

6. 試料中のセメントの百分率は測られたシリカの百分率を係数の0.2175で割ることおよび酸化カルシュウムの百分率を0.630で割ることによって計算される。但しセメント中のシリカまたは酸化カルシュウム含有量がこの値と異なっていることが判明しない場合にはこの値を用いる。もし判明し得た時にはその値を係数として用いねばならない。

7. 結果の認定　もし可溶シリカおよび可溶酸化カルシュウムによって決定したセメント量が相互一致しなかった場合には、分析者は低い方の値を採択するように指示される。

(2) JISによる試験方法

1.12 セメントモルタルの化学抵抗試験方法

モルタルの化学抵抗性を試験する場合は、実験目的または化学的環境を考慮して、試験を行なう。しかし任意の適当の方法を採用してもよい。

解　説

コンクリートを構成する成分のうち、最も不安定な成分はセメントペース

ト部である。コンクリートの化学抵抗性はモルタルについて測定する。モルタルを腐食させる化学的環境は着るしく多様性があるので、モルタルが実際に暴露される化学的環境における耐食性を測定するのが原則である。モルタルが接触する溶液の濃度、温度等は予想される条件を任意に選定する。

測定は供試体の重量、外観、強度、浸漬溶液の組成変化等について行なうが、これらの測定値間の相関性は化学的環境別によって相当の相異がある。したがって測定結果の判定には特に注意しなければならない。

1.13 セメントの空気連行能試験方法

セメントの空気連行能の測定は社団法人日本セメント技術協会委員会法（G－3 1955 セメントモルタル中の空気量測定方法、技協－1）による。

解 説

AE剤を使用しない場合でもセメント自体が空気連行能力を持つことがある。その原因としては粉砕助剤の使用、機械油等の混入、セッコウに存在するある種の有機物等が考えられる。このようなセメントの場合にこの性質を分離して考える必要があり、特に混和材料の試験に用いるセメントについては一応この性質を調べておく必要がある。

試験方法：

(1) セメントモルタル中の空気量測定法

（G－3 1955）

1. 総 則

1.1 この測定法はセメントモルタル中の空気量測定に適用する。

2. 装 置

2.1 フローテーブル

フローテーブル、フローコーンおよびタンパーは日本工業規格 JIS R 5201 セメントの物理試験方法 9.7 による。

2.2 計量器

計量器は銅製の円筒形で内径約 75 mm、深さ約 115 mm、厚さ約 5 mm、その内容積 20°C で 500±1 cc となるようにし、

その重量は900gを標準とする。

2.3 へら

へらは軟鋼で長さ約150mm、幅13mm、厚さ2mm、の長方形として木の柄をつける。

2.4 ひよう量器

ひよう量器はひよう量2kg以上感量1kg以下の天びんを使用する。

2.5 こね混ぜ用のはちおよびさじ

はちおよびさじは日本工業規格JIS R 5201 セメント物理試験方法9.8による。

2.6 ふるい

砂の整粒用には日本工業規格JIS Z 8801標準ふるいの標準網ふるい840μおよび590μを使用する。

2.7 水量計

水量計はガラス製とし、その容量は250 cc で1 cc を正確にはかることが出来るものとする。

2.8 温度および湿度

試験室の温度は20±3°Cを標準とし、計量器こね混ぜ用のはち、さじ、供試セメント、標準砂、AE剤容液混合水はあらかじめその室に準備しておく。試験室の湿度は80%以上を標準とする。

3. 標準砂

3.1 標準砂

標準砂は福島県相馬郡産の天然石英砂から雑物を除き去り2.6の840μふるいを通過し、590μふるいに止ったもので、つぎの試験に合格したものとする。

この砂を相馬標準砂とよぶ。

試料100gを採り、840μふるい590μふるいでふるいわけ、1分間の通過量が1g以下となったとき、ふるい方を止め、840μふるいを通過し、590μふるいに残った量が90%以上でなければならない。

この試験を2回以上行ない、その平均値をとる。

相馬標準砂の雑物は重量で2.5%以下でなければならない。

4. 試験方法

4.1 配合および練り方

セメント300g、標準砂1200gを正確にはかり、これをはちに入れ、さじで2分間混ぜ、つぎに3ccの倍数で適当量の水またはAE剤を溶かした水を加えて3分間練り、フローテーブルでフロー195±5mmを与える水量を決定する。なお水量はセメントに対する重量百分率で表わす。

4.2 フローの測定

フローテーブルは乾燥した布でよくぬぐい、フローコーンはテーブル上中央の位置に正しく置く。

詰め方は2層に分け、各層はタンパーの先端がその層の約$\frac{1}{2}$の深さまで入れるように全面にわたっておのおの15回突き、最後に不足分を補い表面をならし、フローコーンを正しく上の方に取り去る。この操作はモルタルを練り終ってから約4の秒で行ない、ただちに15秒間に15回の落下運動を与え、モルタルがひろがったのちの径を最大と認める方向と、これに直角な方向とで測定し、その平均値をmm単位とする数値で表わし、これをフローとする。

フローが要求に合わない場合には水量を加減して新規に試料を作りフローをはかる。

4.3 モルタル500ccの重量

フローが195±5mmとなった時、フローテーブル上のモルタルをただちにはちにもどし、はちに残ったモルタルと15秒間再びこね混ぜ、計量器に3層に詰める。各層を詰めるにはまずへらでならしたのち、へらの面が計量器の内側面に直角になるよう内側面にそわせて数箇所でへらをさし込み、モルタルに微動を与え、これを落付かせ、つぎに計量器の外側面をへらの柄にて全面にわたり均等に5回軽くたたき混入した空気を追出す。

なおへらのさし込みはへらの先端が前層にようやく達する程度を適当とする。詰め終れば、へらの面を計量器の上縁に直角にあて、左右に動かしながらしずかに手前にひいて、もり上りの部分をけずりとる。

つぎに計量器を90度まわし、この操作をくりかえしモルタルの表面を平らにする。

詰め方よりけずりとりまでの全操作は約1分半で終るようにし、計量器の外側をきれいにぬぐい、これをひょう量し、計量器の重量を差引いてモルタルの重量を算出する。

4.4 計　算

モルタル中の空気量はつぎの式によって計算し、小数点以下2位を切り捨て1位に止める。

$$空気量(\%) = 100 - 2W\left(\frac{151 + \frac{100}{S} + P}{5000 + 10P}\right)$$

ここで W = モルタル 500 cc の重量 (g)

S = セメントの比重（なお相馬原産砂の比重は 2.65 とする。）

P = 供用セメントの重量に対する混合水の量 (%)

空気量の測定は新しい試料で2回以上を行ない、その平均値で空気量を表わし、各測定結果は平均値に対し±1%以内で一致しなければならない。

（備　考）

ポルトランドセメントの場合はその比重は 3.15 とすれば下式によって空気量は算出される。

$$空気量(容量)(\%) = 100 - 2W\left(\frac{182.7 + P}{5000 + 10P}\right)$$

1.14 遊離石灰の定量方法

ポルトランドセメントおよびクリンカー中の遊離石灰の定量は社団法人日本セメント技術協会委員会法（I－2　1954 遊離石灰の定量方法）による。

解　説

クリンカーには焼成条件によって遊離状態の CaO が存在する。この遊離石灰は高温で処理されておるので、化学的にはやや不活性であり、水和反応速度もおそくセメントの安定性を害する。セメントはクリンカーを粉砕するのでクリンカー中の遊離石灰は、粉砕後一部は水酸化カルシウムとなるし、風化が進めばさらに水酸化カルシウムを生成する。この方法によりえられる遊離石灰量はクリンカー中の遊離石灰と、一部の水和により生じた水酸化カルシウムを CaO に換算したものの合量であることに注意を要する。

試験方法は省略する。

第 2 章　歴青材料

第2章　歴青材料目次

2.1 石油アスファルト …… 1
概　説 …… 1
2.1.1 石油アスファルトの品質 …… 3
2.1.2 石油アスファルトおよび石油アスファルト乳剤の試料採取方法 …… 9
2.1.3 石油アスファルト針入度試験方法A …… 9
2.1.4 石油アスファルト軟化点試験方法A …… 10
2.1.5 石油アスファルト伸度試験方法A …… 11
2.1.6 石油アスファルト蒸発量試験方法および蒸発後の針入度試験方法 …… 12
2.1.7 石油アスファルト四塩化炭素可溶分試験方法A …… 13
2.1.8 石油アスファルト引火点試験方法A …… 14
2.1.9 石油アスファルトの比重試験方法A …… 14
2.1.10 アスファルトの粘度（セイボルトフロール粘度）の測定方法 …… 15
2.1.11 アスファルトのフロート試験方法B …… 17
2.1.12 アスファルト中の固形パラフィン量の推定方法C …… 18
2.1.13 アスファルトの示性分析方法C …… 20
2.1.14 アスファルト混合物中よりアスファルトの回収方法C …… 22

2.2 石油アスファルト乳剤 …… 25

2.2.1 石油アスファルト乳剤の品質 …… 26
2.2.2 石油アスファルト乳剤試験方法 …… 27

2.3 カットバックアスファルトおよび道路油 …… 28
2.3.1 概　説 …… 28
2.3.2 カットバックアスファルトおよび道路油の品質 …… 29
カットバックアスファルトRCの品質規格 …… 30
カットバックアスファルトMCの品質規格 …… 31

カットバックアスファルト道路油SCの品質規格 ―― 32
2.3.3 カットバックアスファルトおよび道路油試験方法 ―― 33
水分定量方法A ―― 34
カットバックアスファルトの引火点試験方法
(タッグ開放式) ―― 35
セイボルトフロール粘度試験方法 ―― 39
カットバックアスファルト蒸留試験方法 ―― 42
歴青材料のフロート試験方法 ―― 46
所定針入度に達したときの蒸発残留量測定方法 48

2.4 舗装タール ―― 50
2.4.1 概　説 ―― 50
2.4.2 舗装タールの品質 ―― 52
2.4.3 舗装タールの試料採取方法 ―― 53
2.4.4 舗装タールの試験方法 ―― 53

第2章　歴青材料

2.1 石油アスファルト

概　説

原油の成分の一部が、天然または人工的に蒸発除去されて残留した半固体乃至固体の粘ちょう性物質をアスファルトと称する。この内、非パラフィン系石油が地殻のくぼみまたは多孔質の岩石中にしみ込んで、長年月の間に自然にその組成の一部が蒸発されてできたのが天然アスファルトであり、非パラフィン系石油から蒸留法によって得られるものが石油アスファルトである。石油アスファルトには製造法の相違によりストレートアスファルトとブローンアスファルトがある。舗装用にはストレートアスファルトが使用される。

原油中には分子量の異なる各種炭化水素が含まれており、沸点の相違を利用して各種の石油製品に分留している。アスファルトは、原油中から軽質分を順次留出除去して最後に得られるものである。原油の蒸留は二段にかけて行なわれ、初めは常圧下で次いで減圧のもとに蒸留する。常圧蒸留はトッピングとも呼ばれ、原油を300℃前後に加熱して常圧蒸留塔に送り、揮発油、灯油、軽油等の分留を得る。なおここで蒸発しない高沸点分留はかま残留油として蒸留塔の底部から抜き取られる。さらにこのかま残留油から、潤滑油分留を取るために、現在では減圧蒸留法が使用される。装置の形式には非連続式とパイアスチールによる連続式の二つがある。我国では連続式が大部分である。昔はかま残留油から高沸点の炭化水素を分解させないで潤滑油分留を取るために蒸気を吹込んで蒸留する方法が行なわれ、このときえられるアスファルトを蒸気精製アスファルトと呼んだ。

製造するアスファルトの針入度は減圧蒸留の際の留出油の量を加減することによって調整する。処理原油の種類によっては針入度の低いアスファルトは製造し難いこともある。減圧蒸留塔から出たアスファルトは、アスファルトかまに移され、かくはんして均一にし、ドラムかんにつめる。

アスファルトは高分子の各種炭化水素の複雑な混合体であり、元素としては炭素、水素を主とし、そのほかにいおう、酸素、窒素およびごく微量のバナジユウムなどが存在することが認められているが、アスファルトを構成す

る個々の炭化水素の構造は不明である。

アスファルトを構成している成分を溶剤に対する溶解度、吸着剤に対する吸着能の差を利用して分別することが試みられている。アスファルトの二硫化炭素に不溶解で無機質を除いた部分をカーボイド、二硫化炭素に溶解し四塩化炭素に不溶の部分をカービンと称する。これ等の量は石油アスファルトでは非常に少ない。また石油エーテルに不溶の部分をアスファルテン、溶解する部分をペトローレン（又はマルテン）と称する。さらにペトローレンは白土に吸着されるレジンと吸着されない油分とに分けられる。しかしこれらの組成とアスファルトの流動性あるいは化学的性質との関係を量的に示すことには成功していない。

アスファルトはこれらの構成成分が単に混合しているものではなく、コロイド構造を形成していると考えられている。すなわち分散質の中心は分子量の大きな芳香族性の強いアスファルテンで、それに次第に分子量の小さいアスファルテンが吸着し、コロイド粒子を形成する。レジンはアスファルテン粒子の解こう剤の役をなし、これらの分散媒として油分が存在していると考えられている。ストレートアスファルトはペトローレンを多量に含み、ブローンアスファルトには少ない。

要するにアスファルトは、分子量を異にする種々な炭化水素の混合物よりなるコロイド物質であり、その性質はアスファルトを構成する各分子の形状、重合度およびその配列状態によって影響されるが、これ等のことは処理原油の種類、アスファルト製造の経歴によってほぼ定まる。

一般にコロイド物質は分散媒と分散質よりなり、その分散の形態によってゾルおよびゲルに分ける。ゾルとは分散媒が流体であって系全体が流動性を有し、その中の粒子はブラウン運動の自由を有するものであり、ゲルとは固体および液体または二種の粘ちょう性の液体よりなり、全体としては形を維持し、したがって多少の弾性を有するものを言う。すでにのべたようにアスファルトはペトローレンを分散媒とし、アスファルテンを分散質とするコロイド物質であり、一般にストレートアスファルトはゾル型でブローンアスファルトはゲル型である。このことが両者の流動学的性質を異にする最も大きな原因である。

アスファルトのコンシステンシーはその種類によってはなはだしく異なり、常温で液状のものから半固状のものまである。また温度によってコンシステンシーははなはだしく異なる。例えば舗装に用いられる加熱混合用ストレートアスファルトは一般に60℃以上では液状であるが、常温では半固状であ

る．施工時は加熱して液状で使用し．その後冷却硬化して粘結材としてはたらく。

2.1.1. 石油アスファルトの品質

> 石油アスファルトの品質は道路協会規格「石油アスファルトの規格」によるものとする。

解　説

日本道路協会規格は主として舗装材料としての石油アスファルトの品質を規定したものである．参考の欄に記したＪＩＳ　Ｋ　２２０７の規定は工業製品としての一般基準を示したものであり．これにはブローンアスファルトも含まれている。

ブローンアスファルトは適当に加工して．電気絶縁材料．目地板．金属防しゅう用デイップコンパウンド等に使用され．ストレートアスファルトは主として舗装用に使用される．舗装材料として使用する場合にも加熱して骨材と混合し．または浸透させて直接粘結材として使用する場と．乳剤．カットバックアスファルトの原料とする場合とがある。乳剤原料のアスファルトとしては．乳化性が良好であることが必要であり．ナフテン基原油から製造されたアスファルトが一般に使用されている。

アスファルトのコンシステンシーは非常に幅があり．常温で液状に近いものから非常に流動しにくい半固状のものまである．この中から舗装の種類．施工方法．交通量．気象条件に応じて最適のものを選ばなければならない．アスファルトの性状は．処理原油．処理方法．処理条件によって左右され．たとえ針入度範囲の等しいアスファルトでもその他の性状が相違する場合もある．したがって使用者は．使用目的をよく吟味してそれによく合った材料を選ばなければならない。

市販されている石油アスファルトはいろいろな原油より製造されており．また製造過程でわずか空気吹き込みを行なったり．重質機械油でカットバックする等．特別な操作が行なわれる事があり．その性質に相違がある．このためにアスファルトを分類して．適正な使用をはかることが考えられている．道路協会規格ではアスファルトの低温における伸度でアスファルトの種類を

A、B、C型の3種に分類する。

石油アスファルトの道路協会規格

(1) アスファルトは均質で水分を含まず、177℃に加熱したときに著しく泡を立たないものであって、表2.1.1の規定に合格しなければならない。

表 2.1.1　石油アスファルトの規格（日本道路協会）

種類	針入度 25℃ 100g 5sec	軟化点 ℃	伸度 cm			蒸発量 %	蒸発後の針入度（原針入度に対して）%	四塩化炭素可溶分 %	引火点 ℃
			A型	B型	C型				
40—60	40—60	40以上	25℃ 100以上 15℃ 100以上 10℃ 100以上	25℃ 100以上 15℃ 100以上 10℃ 30以上	25℃ 70以上 15℃ 70以上 10℃ 5以上	0.5以下	70以上	99.5以上	230以上
60—80	60—80	〃	25℃ 100以上 15℃ 100以上 10℃ 100以上	25℃ 100以上 15℃ 100以上 10℃ 100以上	25℃ 70以上 15℃ 70以上 10℃ 10以上	〃	〃	〃	〃
80—100	80—100	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
100—120	100—120	35以上	10℃ 100以上 5℃ 100以上	10℃ 100以上 5℃ 50以上	10℃ 70以上 5℃ 5以上	〃	〃	〃	210以上
120—150	120—150	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
150—200	150—200	〃	〃	〃	C型にはこの種のものは存在しない	〃	〃	〃	〃
200—300	200—300	30以上	〃	〃	〃 〃	〃	〃	〃	200以上

備考　A型は一般にアスファルト基原油より製造したもので、戦前のものと同様固形パラフィン含有量は1%内外またはこれ以下であり、乳化が良好である。伸度は比較的低温でも100以上であるが、わずかの温度低下によって急激に0となる。感温性は大である。
B型は一般にパラフィン基を含む原油より製造したもので、固形パラフィン含有量は3%内外であり、乳化は困難である。
C型はパラフィン基を含む原油より製造したものであって、製造の過程でわずかの空気処理をしたものが多く一般に固形パラフィン含有量はB型より多く、乳化はきわめて困難である。伸度は15℃付近で100以下である低温になっても伸々0にならずある数値を示す。感温性は小である。
固形パラフィン含有量は、マーカッソン法によって定量したものである。

(57)

(58)

参考　石油アスファルトの工業製品としての品質の一般基準はＪＩＳＫ２２０７に示されており、表2.1.2の通りである。

石油アスファルトは均質でほとんど水分を含まず、175℃に加熱したとき著しくあわ立たないものであって、表2.1.2の規格に適合しなければならない。

表2.1.2

種類			針入度 0℃ 200g 60秒	針入度 25℃ 100g 5秒	針入度 46℃ 50g 5秒	軟化点 ℃
ストレートアスファルト	0～10		—	0以上10以下	—	45.0以上
	10～20		—	10を越え20以下	—	
	20～40		—	20を越え40以下	—	
	40～60	甲	—	40を越え60以下	—	40.0～60.0
		乙				
	60～80	甲	—	60を越え80以下	—	
		乙				
	80～100	甲	—	80を越え100以下	—	
		乙				
	100～120	甲	—	100を越え120以下	—	35.0～55.0
		乙				
	120～150		—	120を越え150以下	—	
	150～200		—	150を越え200以下	—	
	200～300		—	200を越え300以下	—	30.0～50.0
ブローンアスファルト	0～5		—	0以上5以下	—	130.0以上
	5～10		4以上	5を越え10以下	25以下	110.0以上
	10～20		7以上	10を越え20以下	45以下	90.0以上
	20～30		10以上	20を越え30以下	70以下	80.0以上
	30～40		14以上	30を越え40以下	95以下	65.0以上

(JIS K 2207-1960)

伸度 cm			蒸発量 %	蒸発後の針入度（原針入度に対して） %	四塩化炭素可溶分 %	引火点 ℃
(10℃)	(15℃)	(25℃)				
—	—	—	0.3以下	75以上	99.5以上	240以上
—	—	5以上				
—	—	50以上				
—	10以上	100以上				
—	100以上	—				
—	20以上	100以上				
20以上	100以上	—				
—	30以上	100以上				
30以上	100以上	—				
20以上	100以上	—	0.5以下			210以上
100以上		—				
100以上	—	—		70以上		
	—	—				
	—	—				200以上
—	—	0以上	0.5以下	60以上	99.0以上	200以上
—	—	1以上				
—	—	2以上				
—	—	3以上				

(2) 石油アスファルトの各種系数

感温性指数 Susceptibility Factor: S.F.

$$S.F. = \frac{(\text{Pen } 46^{\circ}C\ 50g\ 5秒) - (\text{Pen } 0^{\circ}C\ 200g\ 60秒)}{\text{Pen } 25^{\circ}C\ 100g\ 5秒}$$

試料がやわらかく46℃の針入度が測定出来ない場合には次のごとく表わすこともある。

S. F. = (Pen25℃. 100g. 5秒) / (Pen 0℃ . 200g. 60秒)

または

S. F. = (Pen38℃. 100g 5秒) / (Pen 25℃. 100g 5秒)

針入度指数 Penetration Index: P.I.

$$P.I. = \frac{30}{1+50(P.T.S.)} - 10$$

$$P.T.S. = (\log_{10} 800 - \log_{10} P) / (t - 25)$$

P：針入度（25℃ 100g 5秒）

t：軟化点℃（R&B法）

流動性系数 Fluidity Factor: F.F.

$$F.F. = (V - P) \times P / 100$$

V：135℃におけるフロール粘度（秒）

P：針入度（25℃ 100g 5秒）

フロート試験指数 Float Test Index: F.T.I.

$$F.T.I. = \sqrt{F \times P}$$

F：80℃におけるフロート値（秒）

P：針入度（25℃、100g. 5秒）

これ等の諸係数は、アスファルトの感温性、各測定温度における流動性を示す一つの指標として用いられ、アスファルトを特性ずけるうえに役立つ。

一般のストレートアスファルトの針入度指数（P I）を算出すると、

－2より十2の間にあり、ブローンアスファルトでは十2以上、タールでは－2以下となる。針入度指数の小さいものはゾル的でPI指数が大きくなるにしたがってゲル的性質が強くなるといわれている。

2.1.2. 石油アスファルトおよび石油アスファルト乳剤の試料採取方法

> 石油アスファルトおよび石油アスファルト乳剤の試料採取方法はJIS K 2251－1960"油および石油製品試料採取方法"の規定によるものとする。

解説　カットバックアスファルト、溶媒油の試料採取方法も上記の規定に準じて行なうものとする。

2.1.3. 石油アスファルト針入度試験方法

> 針入度試験はJIS K 2530－1963"石油アスファルト針入度試験方法"の規定によるものとする。

解説

針入度は一定形状、寸法の針がアスファルト中に貫入する場合の種々な抵抗の総合されたものとして示されるが、ストレートアスファルトでは、針の貫入による表面の影響や弾性変形は著しくないと認められており、粘性抵抗を主として表わしているものと考えられている。

測定に当っては次の諸点に注意しなければならない。

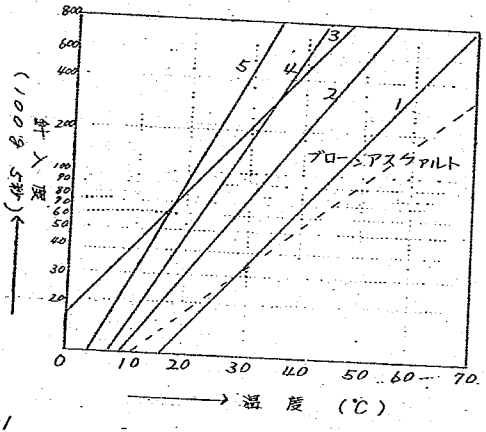
使用する針が規定の寸法であるかどうかを検査し、規定の寸法にはずれた針を使用してはならない。（市販品の中には不合格品がある）針を使用中や保管中に曲げたり、さびさせないようにする。

針入度は温度によって著しい影響を受けるから試験温度を守ることに注意しなければならない。温度と針入度との関係の一例を図2.1.3.1に示す。また、試料の調製法も重要で、試料を溶融するときに過熱しないように注意し、空気中で気中で放冷する場合の温度は試験温度に近い方がよく、特に試料の温度を試験温度以下にしない方が望ましい。また静置時間も測定結果に影響

するので規定の条件を充分守ることが必要である。

針入度測定条件は次の範囲内に保たなければならない。

温度 0.1℃　貫入時間 0.2秒　荷重 1%



2.1.3.1

図　ストレートアスファルト（1.2.3.4.5.）の温度と針入度の関係の一例

2.1.4. 石油アスファルト軟化点試験方法

> 軟化点試験方法はJIS K 2531－1960 "石油アスファルト軟化試験方法（環球法）" の規定によるものとする。

解説

アスファルトには融点はなく、温度を上げていくと徐々に軟化し半固体より液体に変化してゆく。そこで測定条件を規定して、アスファルトが一定のやわらかさになる温度を測定して軟化点と定める。したがって測定方法によ

って軟化点は異なる。軟化点測定方法には環球法、キューブ法、水銀法等があるが、一般に広く用いられているのは環球法であり、ＪＩＳの試験方法もこの方法である。

測定上注意しなければならない点は試料の調製法と加熱速度である。針入度測定の場合と同様に規定どおりの方法を守らなければならない。環球法による軟化点測定方法は、試料を浴中に入れ、加熱して試料が軟化し球の重さにより２５ｍｍ たれ下ったときの浴の温度を観測するので試料の界面張力、比重　熱伝導度、弾性などが影響する。また浴の種類が変わると粘度、比熱等が相違するので、グリセリン浴の方が水浴の場合より３℃ぐらい高く求められると言われる。

軟化点における針入度はすべて８００として、針入度指数を算出する場合が多い。しかし多くの人々の研究では、軟化点での見掛けの粘度はアスファルトによって相異し、ゾル型では低く、ゲル型では高い。

2.1.5　石油アスファルト伸度試験方法

伸度試験はＪＩＳ　Ｋ　２５３２－１９６０“石油アスファルト伸度試験方法”の規定によるものとする。

解　説

伸度は規定の形状にした試料を規定温度、規定速度で引っ張ったときに試料が切れるまでの長さ（cm）で示される。試料の断面積は伸張するにしたがって変化し、伸度が１００以上になると直径０.０１cm程度にまで変化する。伸長初期の試料変形の状態はアスファルトによって相異する。あるものでは初期に細くならず、伸張するにしたがって細くなり、ついに糸引きの状態になる。またあるものでは伸張距離が短くても早期に細くなる。したがって伸度測定時の応力あるいは仕事量を測定できてもその解析は困難である。

伸度の温度依存性はアスファルトによって異なる。温度と伸度との関係の例を図2.1.5.1に示す。少しの温度低下で伸度が急に０となることもあり、比較的低温まである伸度を示すものもある。このことから市販のアスファルトを伸度によって分類して、適正な使用をはかることが試みられたのが道路協会規格である。この規格ではアスファルトを低温における伸度でＡ、Ｂ、

Cの三つに分類する。

測定の許容誤差は平均値の10%以内とされている。測定中の温度変化は伸度に影響を与える。

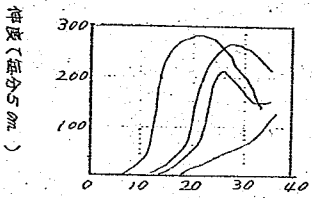


図2.1.5.1 ストレートアスファルトの温度と伸度との関係の例

伸度100では測定時間は70分を要するから、その間の温度変化を少なくすることはもちろん、伸張方向にそって温度の不均一がないようにしなければならない。試験中試料が水の表面に浮いたり、器底に接触したりする場合がある。水の表面に浮上する場合には、水浴の水にメチルアルコール、また器底に接触する場合には、塩化ナトリウム等を入れて水の比重を調節してからやりなおす。

伸度はアスファルトの凝集力を表わすものであり、こう着性の目安になると考えられている。舗装体がうける温度範囲内でアスファルトは常にある程度の伸度を有していることが望ましい。

2.1.6 石油アスファルト蒸発量試験方法および蒸発後の針入度試験方法

蒸発量試験および蒸発後の針入度試験はJIS K 2533-1960 "石油アスファルト蒸発量試験方法"の規定によるものとする。

解 説

蒸発量試験はアスファルトを規定の条件で加熱した場合の重量減少を試験するものである。この場合の重量減少には水分は入れない。したがってアスファルト試料に水分が含まれている場合には、あらかじめ取り除くことが必要である。

アスファルトは加熱することにより酸化、重合等が行なわれ、重量の変化および針入度の減少がおこる。アスファルトは加熱溶融して使用する場合が

多いので、この試験結果から、加熱中の変化をある程度推定するためのものである。日本、イギリス、フランス、イタリヤ、インド、オーストリヤなど大部分の国ではアメリカのＡＳＴＭに規定された方法が行なわれているが、デンマーク、スエーデン、ノルウエーなどの国ではドイツのＤＩＮに規定された方法が行なわれている。二試験方法ともアスファルト試料を163℃で5時間加熱することは同様であるが試料層の厚さが異る。ＪＩＳおよびＡＳＴＭ法では厚さは約12mmであり、ＤＩＮ法では約4mmである。ＪＩＳおよびＡＳＴＭ法ではアスファルトケットル中での加熱状態に近く、ＤＩＮ法ではアスファルトを骨材と加熱混合するときの状態に近い。

蒸発量試験の終了した試料について針入度を測定する場合には、再溶融して均一に混合してから測定する。これは加熱操作により、表面付近が特に硬くなるためである。測定法は、石油アスファルト針入度試験方法に準じて行ない、つぎの式により原針入度に対する%として算出する。

$$\text{蒸発後の針入度（\%）} = \frac{\text{蒸発後の針入度（25℃、100g、5秒）}}{\text{試料の針入度（25℃、100g、5秒）}} \times 100$$

4.1.7 石油アスファルト四塩化炭素可溶分試験方法

四塩化炭素可溶分試験はＪＩＳ Ｋ 2534－1960“石油アスファルト四塩化炭素可溶分試験方法”の規定によるものとする。

解　説

石油アスファルトは、その製造過程が適当であれば二硫化炭素にほとんど溶解する。したがって可溶分を測定することによって製造過程の適否を或る程度知ることができる。

しかし二硫化炭素の沸点は低く、引火しやすく、毒性を持つので取扱いが不便である。そのために不燃性である四塩化炭素を使用する。

2.1.8 石油アスファルト引火点試験方法

> 引火点試験方法はＪＩＳ．Ｋ ２２７４－１９６０"石油製品引火点および燃焼点試験方法"（フリーブランド開放式）の規定によるものとする。

解　説

アスファルトを器に取り徐々に加熱してゆくと、その表面から可燃性ガスが発生するようになる。ガス発生量は温度の上昇するにしたがって多くなり、ある量に達したときに外部より火気を近ずけると引火するが燃焼は継続しない温度範囲がある。この最低温度を引火点とする。なお温度が上昇するとガスの発生は激しくなり、燃焼速度よりもアスファルトからの可燃性ガスの供給速度の方が大になり燃焼が継続するようになる。このような状態に達した最初の温度が燃焼点である。

引火点の測定にはアスファルトの量と空気と接する面積の比温度上昇割合、容器の材質等が影響する。これ等は規格にそれぞれ規定されている。

引火点試験は作業安全の目安として行なうものであるが、舗装用のアスファルトの引火点は普通２６０℃以上であり、プラントでの加熱温度は１１０～１５０℃程度であるので心配はないが、直火で加熱する場合には注意が必要である。

2.1.9 石油アスファルトの比重試験方法

> 石油アスファルトの比重試験方法は舗装タール試験方法ＪＩＳ．Ｋ２４２１－１９５９"芳香族製品およびタール製品試験方法"のうちの舗装タール加熱用の場合の比重測定方法に準じて行なう

解　説

石油アスファルトの比重は0.9～1.1の範囲のものが多い。

石油アスファルトの比重の値は現場プラントにおける容量計量、アスファルト混合物の空げき率の算出などの場合に必要である。

2.1.10 アスファルトの粘度（セイボルトフロール粘度）の測定方法

アスファルトのセイボルトフロール粘度の測定はASTM E 102－54Tの方法を準用して行なうものとする。

解　説

多くのアスファルトについて高温で液状となった場合の粘度は、たとえ針入度の等しいアスファルトどうしでも、ある温度における見掛け粘度は異なる。加熱混合時のアスファルトの絶対粘度は約200センチストークス、転圧時の粘度は2000センチストークスが適当と言われている。もしこのようにアスファルトの粘度を調節するとすれば、針入度の同じアスファルトでも加熱温度を変えなければならない。

135℃におけるフロール粘度と25℃における針入度とから計算される流動性係数（Fluidity factor）と針入度の間には処理原油によってそれぞれ定まった関係が見出されるので、流動性係数は使用アスファルトを特性づけるものとして用いられている。

つぎに高温におけるアスファルトのセイボルトフロール粘度を測定するASTMに規定された方法の概要を述べるが、セイボルトフロール粘度測定上の諸注意事項は、カットバックスアスファルトの項を参照すること。

アスファルトのセイボルトフロール粘度測定方法

1. 適用範囲　（Saybolt Furol Viscosity of Asphaltic Materials at High Temperatures, Tentative method of Test for.）ASTM E 102－54T

この操作法はアスファルト質材料のセイボルトフロール粘度試験に関するもので、試験温度は（121, 149, 177, 204, 232, ℃）250, 300, 350, 400, 450 ℉ である。

2. 装　置

石油アスファルト乳剤試験方法（カットバックアスファルトおよび道路油試験方法の項のセイボルトフロール粘度試験方法を参照）

粘度管，受器とも規定の寸法に合ったもの．付属そうは加熱冷却設備のついたもので，これ等は粘度管から少くとも3cm以上はなれていなければならない。外部から加熱する場合には粘度管から5cm以上はなすとよい。

3 試料の調製

約500gの試料を容器に入れ初めはゆるやかに30分間、次に比較的すみやかに加熱し試験温度よりも1.1～1.4℃高く加熱する．試験温度より2.8℃低い温度に試料が達したならば、時々かくはんするに止める．試料を加熱し終る時間は2時間をこえてはならない。一度加熱した試料を再加熱して他の試験温度で試験してはならない。

4 操作

粘度管は使用に先だってキシロールで洗う．ベンゾールは引火の危険があり使用してはならない。コルクせんを空気室にはめる。加熱した試料を、あらかじめ加熱してある840μふるいを通して粘度管から幾分あふれるくらい入れる。温度計で試料を均一に混合する．試料の温度が一定になるように浴の温度を調節する．粘度管中の試料をかくはんしていて1分間試験温度に1.4deg以内に保ったならば温度計を取り去りふたをする。受器を所定の位置におき，コルクせんをはずし同時にストップウオッチをおす．粘度管に試料を入れてから試験を始めるまでに15分以上たってはならない．受器の刻線に試料が達したときに再びストップウオッチをおす。

5 報告

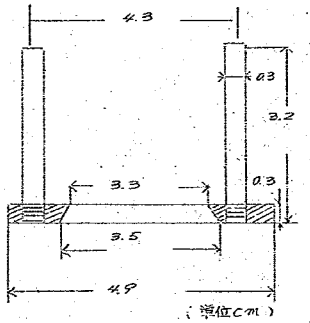
アスファルトのフロール粘度は秒で報告する．試験温度と秒数を報告し，秒数は200秒以下のときは0.5秒まで200秒またはそれ以上のときは1秒まで読む。

6 精度

同一人同一装置の場合	1%以内
別人・別装置の場合	2%以内

（注意）

粘度管中の試料を温度計で　かくはん　する場合には、回転運動による。垂直方向に動かすと気泡の入る心配がある。温度計による　かくはん　が終り、温度計を取り去ると、この容積だけ試料が少なくなるがこれをさけるために置換リングを用いる。置換リングを粘度管上部の　いつ　流部に、はめこんでおき、加熱した試料を粘度管から幾分流出するほど加える。その後温度計を取去ってから、このリングを除くと、あふれ出た後に、試料の面は粘度管の一定位置に保たれ、粘度管中の試料の量を常に一定とすることができる。



2.1.11　アスファルトのフロート試験方法

アスファルトのフロートの試験はASTM D 139 49の方法を準用して行なうものとする。

解　説

この試験もセイボルトフロール粘度の測定と同時にアスファルトのコンシステンシーを知るために行なう一つの方法であり、この結果から、アスファルトを特性づける指数を求めることもできる。その指数はフロート試験指数（F. T. I）と呼ばれるもので、80°Cにおけるフロート試験値と25°Cにおける針入度から（2.1.11.1）式によって算出される。

$$F.T.I = \sqrt{F \times P} \qquad (2.1.11.1)$$

F：80°Cにおけるフロート値

P：針入度（25°C、100g、5秒）

測定方法はカットバックアスファルトおよび道路油試験方法を参照すること。

2. 1. 12　アスファルト中の固形パラフィン量の推定方法

固形パラフィン含有量は、X線回折による回折線の強度から推定する。この方法は暫定方法である。

解　説

アスファルト中に存在するパラフィンは比較的分子量の高いパラフィンと推定され、そのうちノルマルパラフィンは常温で大部分結晶として存在していると考えられる。

アスファルトについてX線回折を行なうと4.5Åをピークとする対称性のないハローが共通に認められる。この他ある種のアスファルでは4.2Å、3.8Åの回折線を認め、2.9Å、2.5Å線および10Å以上の線をともなうものもある。この種の回折線を示すものはイラン、ワフラー、クエイト、アラビヤ、八橋等の原油よりのアスファルトであり、ナフテン基原油より製造されたアスファルトにはこの回折線は認められない。

回折線の強さとパラフィン含量との間には直線関係が認められ、パラフィン含量の増加にともなって回折線の強さが大きくなる。10Å以上の線は測定条件、試料作製法でその位置が変動するのでパラフィン含量の推定には4.2Å線を用いる。

X線回折法による固形パラフィン含量の推定方法

1. 適用範囲

この方法は石油アスファルト中の固形パラフィンの検出および含有量を半定量的に推定するためのものである。

2. 装　置　自記記録式X線解析装置

3. 準　備

ナフテン基原油より製造された石油アスファルトで、あらかじめX線回折を行ない、4.2Å、3.8Åの回折線を示さないものを準備する。このアスファルトに精製パラフィン（融点50～60°C）を既知量加え、パラフィン含量のわかつたアスファルト数種を作り、これについてX線回折を行ない、パラフィン量と4.2Å線の強さとの関係をあらかじめ求めておく。

4. 操　作

試料をなるべく低い温度で溶融し、デシケガラス上に塗り広げる。塗る量は1平方Cm当り0.1g程度が適当である。試料の温度が室温に等しく

なってから X 線回折を行ない、4.21 線の存否から結晶性パラフィンの存否を知る。またあらかじめ求めた含有量と回折線の強さの関係を示す曲線上に試料の回折線強度をとり、含有量を半定量的に推定する。

参　考

従来行なわれているアスファルト中の固定パラフィンの定量方法は種々あるが、大別すれば溶剤による抽出法と蒸留法に分けられる。これ等の方法は操作も比較的複雑であり技術を要し、また再現性も良好ではない。しかも定量方法を異にする場合には得られる結果が大きく相違する場合もある。ここでは 2.3 の定量方法の概略を参考にのべる。

1. ピリジン法

アスファルトを揮発油でアスファルテンとペトロールに分け、ペトロールをピリジンに溶解する。このピリジン溶液を 0°C に冷却しパラフィン分を析出させる。析出したパラフィン分はベンゾールに溶解させ、活性炭白土等で脱色、精製し固形パラフィンを得る。

2. 蒸留法（マーカッソン法）

アスファルトをレトルトに取り、つとめて迅速に蒸留し、残留物がコークス状となるまで継続する。蒸留は 25 分以内に完了させる。留出液全量をひょう量し、このうちから 1～2 g を正確に分取する。これをエーテルと無水アルコールの等量混合液に溶解し、−20°C に冷却してパラフィン分を析出させひょう量し、これを分取した留出液の割合で除して、全試料に対するパラフィン含有率を求める。

3. 五塩化アンチモン重量法

アスファルト試料を四塩化炭素に溶解させ、五塩化アンチモンを加え 40°C で 5 時間反応させる。終了後新たに四塩化炭素を加え静かにふりまぜてしばらく放置する。放置後分液ろうと にうつし、希塩酸を加えて 5 分間ふりまぜる。静置して四塩化炭素液層と塩酸液層とを分離させ、四塩化炭素液層を抜き取り、加熱して四塩化炭素を蒸発させ、粗パラフィンを得る。粗パラフィンを正ヘプタンに溶解させ活性白土で処理して精製パラフィンを得る。

2.1.13　アスファルトの示性分析方法

94)

アスファルトの示性分析はn－ブタノール、アセトン法によるものとする．この方法は暫定法である。

解　説

アスファルトを化学的性質や分子構造の類似したいくつかの成分に分離する試みには多くの方法がある．最近では、蒸留、熱拡散、クロマトグラフィを順に応用してアスファルトの成分をかなりはっきり分けることができるが、一般の目的には余りにも煩雑である．アスファルトからアスファルテンを分離後、クロマトグラフ法で分離を行なう方法もあるが、なお時間を要し良好な再現性を得るためには恒温のもとで行なわなければならないので、ここでは溶剤抽出法を採用した．この方法はアスファルトをアスファルテンクス、サイクリックス、パラフィニックスの三成分に分離するもので、アスファルトの組成をこれら三成分系図表で表わすことによって比較できる．サイクリックス、パラフィニックスの三成分は70°Cで屈折率を測定しておいた方が良い。

n－ブタノール、アセトン法によるアスファルトの示性分析方法

1．適用範囲　この分析方法は石油アスファルト（引火点163°C以上）の示性分析に適用する。

2．装　置　恒温そう（－23°C以下に16時間以上保つことができるもの）

3　溶　剤　n－ブタノール（試薬特級 117～118°C留出分）
アセトン（試薬特級 55.6～56.6°C留出分）
ベンゾール（試薬1級）

4　操　作

4.1　アスファルテンクスの分離

試料5g前後を精ひょうし、300mlの三角フラスコに取る。これを約4gのろ過助剤（セライト）を加える．n－ブタノールを試料1gに対して20mlの割合で加え試料をできるだけ溶解し、還流冷却器をつけ5分間沸騰させる．（軟化点72°C以上の試料では30分間沸騰させる）冷却後50°Cに16～18時間保つ．室温に冷却後、繊維状アスベストろ床を造り乾燥した直径約6cmのブフナーろと上にろ過助剤の懸濁した液の一部をそそぐ、ろ過助剤がろ床上に沈降するのをまって徐

々に吸引ろ過する．残りの液を続いて吸引ろ過し，フラスコの残留物をn-ブタノールで1回10mlづつ5回洗い，ろ液上にうつす．吸引フラスコ中のろ液を400mlの三角フラスコに移し，25mlのn-ブタノールで吸引フラスコを洗い，洗液はろ液にあわせる．

初めに試料を取ったフラスコとろ液の沈殿を充分量の温ベンゾール（普通約100ml）で抽出する．ベンゾール抽出液を250mlの三角フラスコに取り，この抽出液中のベンゾールを最初蒸留除去．次いで水蒸気浴上で104℃に加熱し，恒量に達しさせてアスファルティックスを得る．

400mlのn-ブタノール抽出液を入れたフラスコは，冷却器をつけて蒸留し溶剤を留出させる．このときに温度を140℃以上にしないように注意する．こんせきの溶剤は，通気設備のある乾燥器で163℃に加熱し，恒量になるまで乾燥させる．（普通1～2時間を要する）．冷却後フラスコの内容物の重量を精ひょうする．このものは（パラフィニックス＋サイクリックス）である．

4.2 パラフィニックスの分離

n-ブタノール抽出物1gに当り35mlのアセトンを加え，還流冷却器を付けて10～15分間沸騰させる．冷却器は長いガラス管で代用してもよい．還流速度は1分間に60～120滴が適当である．内容物が冷却してから，－23℃の低温そうに1/6～1/3時間入れる．アセトンに溶解している部分（サイクリックス）を250mlのひょう量した三角フラスコ中に傾斜法によってあけかえる．（沈殿物が分離しにくい場合にはグーチるつぼ を使用する）．パラフィニックス（残留物）は水蒸気浴で104℃で加熱し，恒量に達してから求める．（沈殿を分離する場合にグーチるつぼ を使用した場合には，ろつぼ上の沈殿物を温ベンゼンで溶解させ，溶解液は，さきの抽出フラスコに入れ共に蒸発して恒量に達しさせる）．

4.3 サイクリックスの分離

アセトン抽出液の入った250mlの三角フラスコに冷却器を付して溶剤を蒸留して取りのぞく．フラスコに残留した部分はサイクリックスである．なおこんせきの溶剤を水蒸気浴で104℃に加熱し，恒量に達してサイクリックスの量を求める．

（備　考）　アスファルテイクスの量は，最初の重量から（パラフィニックス）＋（サイクリックス）の重量を差し引いて求めてもよい．

2.1.14 アスファルト混合物中よりアスファルトの回収方法

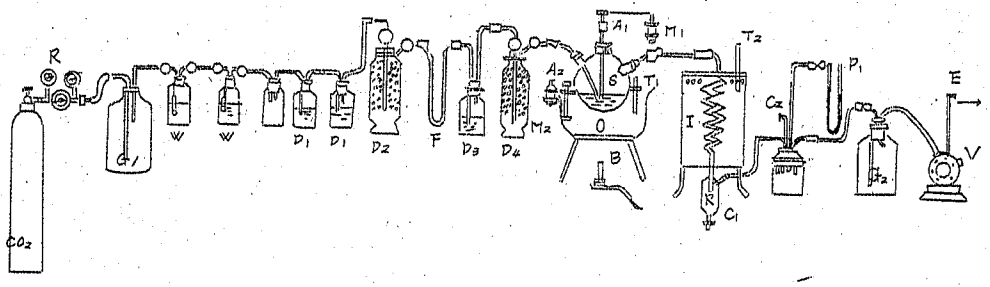
アスファルト混合物から使用されたアスファルトの性質を調べる目的でアスファルトを回収するには二硫化炭素を用いる抽出方法によるものとする。

解　説

アスファルト舗装を施工する場合には、充分使用材料、施工方法等を管理して行なわれるが、予期に反した結果が生じることもまれには起こる。このような場合に舗設後の舗装よりアスファルトを回収し、使用アスファルトの性質を再検討してその原因を明らかにする一助とする。

混合物からアスファルトの性質を変えることなく抽出し回収するためには適当な条件のもとで行なわなければならない。溶剤として二硫化炭素が最もすぐれ、抽出および蒸留操作はできる限り短時間に低温で行ない、操作中に空気との接触をさせないような工夫が必要である。

図 2.1.14.1 アスファルト回収装置



CO_2…炭酸ガスボンベ	F…ガス流量計	S…蒸留器	C_1…二硫化炭素採取コック
R…圧力調節弁	D_3…洗気びん	P…炭酸ガス吹込み用銅管	T_2…温度計
G_1…ガスだまり	D_4…同上	A_1…溶液かくはん器	C_2…圧力調節コック
W…洗気びん	M_2…油浴かくはん用モーター	M_1…溶液かくはん用モーター	P_1…マノメーター
D_1…塩化カルシウムびん	A_2…油浴かくはん器	T_1…油浴温度計	G_2…ガスだまり
D_2…同上	B…バーナー	I…冷却管	V…真空ポンプ
	O…油浴	R…二硫化炭素受器	E…排気管

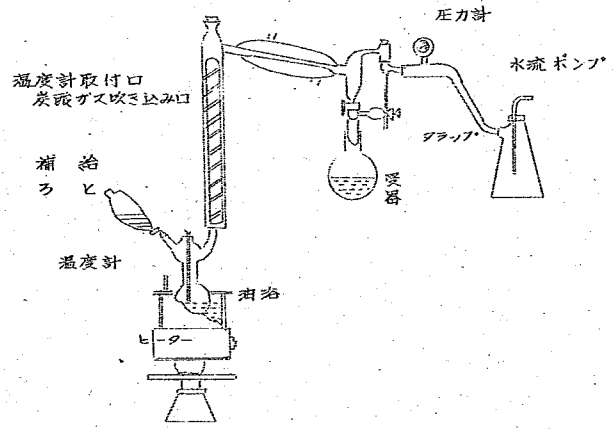
98
(94)

アスファルト混合物中のアスファルト回収方法

1. 適用範囲　このアスファルト回収方法は、アスファルト混合物類からアスファルトの性質を調べるためにアスファルトを回収する場合に適用する。

2. 装　置　抽出液からアスファルトを回収するための蒸留装置は次ぎの図2.1.14.1または図2.1.14.2のようである。

図2.1.14.2



3. 溶　剤　二硫化炭素（試薬特級）

注　二硫化炭素は再蒸留して使用し、必要のある場合には酢酸鉛　塩化第二水銀等で処理し精製して用いる。

4. 吹き込みガス　炭酸ガス

注　ボンベ入市販炭酸ガス中には、酸素、一酸化炭素、窒素等の不純物を含んでいるので、あらかじめ除去して使用する。

5. 操　作

5.1 アスファルト混合物類よりアスファルトの抽出

回収アスファルト量が200g前後になるように試料を金属容器に取り、試料がひたる程度に二硫化炭素を加え常温で抽出する。抽出液中に水分が混入する場合には無水塩化カルシュウム等で除去する。抽出液を遠心分離器またはろ紙を用いて骨材等を分離する。このろ液のアスファ

ルトの回収は30時間以内に終了させる。

5.2 アスファルトの回収

5)液を蒸留フラスコに入れ、装置全体を充分気密状態に保った後、真空ポンプを運転し減圧すると同時に炭酸ガスを送入して空気を完全に置換する。次にかくはん器を回転し炭酸ガスの送入を続けながら加熱を開始する。温度上昇割合は毎分1～2°C程度とし、油浴の温度は溶液温度よりも10～15°C高く保つ。加熱開始時の減圧は大気圧－5mmHg前後に保ち、すみやかに脱引する。炭酸ガス吹込み最高量は毎分500—1200ccとし時々適当に調節する。二硫化炭素は45°Cくらいまでに大部分が留出する。

溶液が粘ちようになるにしたがって、発ぼうするようになるのでたえずかくはんし、ガス吹込み量を増加させつつ徐々に温度を上げる。かくして発ぼう現象がやみ、溶融状態のアスファルトが器底に残るようになって加熱を中止する。このときの液温は大体190～240°Cである。蒸留時間は4時間以内に終了するように、温度上昇その他の条件を適当に加減する。

参考：なお、アスファルト混合物中のアスファルトの回収方法としては、ASTM D 1782 "Test for Hot Extraction of Asphaltic Materials and Recovery of Bitumen by Modified Abson procedure"（改訂アブソン法によるアスファルト材料の加熱抽出ならびに性有の回収試験）にも規定されている。

2.2 石油アスファルト乳剤

アスファルト乳剤は石油アスファルトを適当な乳化剤を用いて水中に細粒状に分散させたもので、常温で施工することが程度に粘度が低いのを特徴とする。乳剤中に含まれるアスファルト量は一般には50～70%である。

乳剤の製法は水と溶油アスファルトを乳化機ではげしくかくはん混合し、アスファルトを微小粒子にして水中に分散させる。このとき乳化を容易にし分散粒子の凝集を防ぐために乳化剤または安定剤を添加するが、その種類は多種におよび、各種脂肪酸塩類、スルホン酸塩類その他のカチオン、アニオン界面活性剤、デキストリン、けい酸ソーダ、アルギン酸塩、カゼインその他が用いられる。

乳剤を骨材、土などに浸透あるいは混合させると、水分の蒸発や骨材への吸収、骨材表面や土中に存在する塩類の作用、乳化剤の変質、転圧などの機械的作用などにより乳剤中のアスファルト粒子が互に凝集し乳剤は分解し、最後にほとんどアスファルトのみが残って粘結材としてはたらく。

乳剤の利点は加熱せずに使用でき、又湿った骨材をも被覆することができる等の点にあるが、反面乳剤が完全に分解するまで粘結性があらわれないから、寒冷時や湿度の高い時の使用には特に注意を必要とする。

2.2.1 石油アスファルト乳剤の品質

> 石油アスファルト乳剤の品質はJIS K 2208－1976 "石油アスファルト乳剤"の規定によるものとする。

解　説

乳剤の品質は、その使用方法、目的にしたがって適当な粘度および分解速度のものを選ばなければならない。ここでは用途にしたがって3種にわけてある。

粘度（比粘度としてあらわす）は施工に関係する。一般的にいえば浸透用は散布しやすいこと、および散布したものがある程度浸透しやすいことが必要であるから、粘度は低い方がよく、混合用は混合運搬などに時間を要するから、あまり粘度が低いとその間に乳剤だけが流れるおそれもあり、浸透用に比し粘度の高いものを用いる。

分解速度については、浸透用として用いる場合はなるべくすみやかに分解することが望ましく、混合用の場合は混合、散布などの間に分解がすすみすぎると、混合、散布の作業を困難にするからある程度まで分解が遅延されるような乳剤が望ましい。

乳剤は施工時に諸作用をうけて分解するのみならず、乳剤のまま放置しても時間の経過や凍結などによってアスファルト粒子が凝集、沈殿するものである。したがって製造後の経過時間にも注意を払うべきであって、JIS規格では製品容器に製造年月日を表示するよう規定されており、品質規格は入荷後2個月以内の製品に適用されるものである。

以上の点から、乳剤として望ましい品質は、貯蔵、輸送時に安定で、しかも施工時その目的にかなった粘度と分解速度をもつものである。

2.2.2 石油アスファルト乳剤試験方法

石油アスファルト乳剤の試験は次の項目について行なう。比粘度測定法、ふるい　残留物、貯蔵安定度、分解時間、低温安定度粗骨材混合試験、細骨材混合試験、セメント混合試験残留物、破壊度、蒸発残留物、蒸発残留物に対する試験、これらの試験方法 JIS K 2208－1976 "石油アスファルト乳剤" の規定によるものとする。

解　説

乳剤を使用する立場から特に重要と思われる性質は乳剤を散布、混合する時の流動性をあらわす粘度（ここでは比粘度としてあらわす）、施工後の分解性を示す分解時間、分解後粘結材としてはたらくアスファルトの性質を示す残留分の諸性質などである。

但しこれらの諸性質を調べる試験条件は使用時の条件と一致していない場合があるので注意を要する。

乳剤の粘度は散布・混合の難易、侵入の良否を左右する重要な要素である。乳剤の粘度は乳剤中のアスファルト含有量、温度、乳化剤の種類および含有量によって変化する。一般には乳剤中のアスファルト含有量の増加、温度の低下にともなって粘度は増大する。本品質規格では 25°C での比粘度の値であらわすが、施工時の温度がこれと異なれば施工時の粘度は当然この比粘度の値とは異なる。特に低温時に使用する場合は乳剤の粘度が大きくなっており施工に困難をともなうことがあるから、こうした場合は低温時の比粘度をあらかじめ調べることも必要である。

貯蔵安定度は乳剤中に分散しているアスファルト粒子が時間の経過にともなって沈降し、アスファルト分と水とが分離する傾向を示すものである。乳剤は入荷後できるだけ早期に使用することが望ましいが、貯蔵の必要がある場合には特にこの貯蔵安定度を試験する必要がある。

分解時間および骨材被膜試験は乳剤を散布或は混合してから分解および骨材への付着の程度を示すものであるが、これらの性質は乳剤の性質のみによってきまるのではなく、骨材の種類、性質、特に表面状態や空げき率によっても左右される。JISに規定された試験方法では砕石の石質についての指定はないが、実際に使用する砕石を試験に用いることが望ましい。

破壊度は乳剤の塩類による分解の程度を示すものであるが、試験には塩化

カルシウム溶液を用いる．したがってこれはカルシウム（Ca）イオンに対する分解性を示し，一般塩類に対する分解性の一般的傾向を比較するには役立つが，実際土中に存在する各種塩類に対する分解性をそのままあらわすものではない．

蒸発残留物の諸性質（針入度，伸度，四塩化炭素可溶分）は乳剤中のアスファルトの性質（乳化剤を含む）をあらわし，したがって使用後粘結材としてはたらくアスファルトの性質をある程度示すものであるから実用上重要である．但し試験における蒸発過程の温度が高くなったり加熱が長時間にわたるとアスファルトの性質に変化が生じるから蒸発の条件は定められたとおり行なうことが必要である．

2.3　カットバックアスファルトおよび道路油

カットバックアスファルトは石油アスファルトに適当な溶剤を加えて粘度を低下させたものである．道路油は原油蒸留の際のがま残留油である．カットバックアスファルトおよび道路油は常温で流動性に富み，施工に際しては常温のままか，あるいはわずかの加熱をするだけで使用することができる．施工後は揮発性成分が蒸発して次第に硬化し最後にアスファルト分のみが残って粘結材としてはたらく．

したがって使用上特に注意すべき性質は，施工にあたってはその粘度と揮発性成分の蒸発の難易であり，施工後の舗装体にとっては蒸発後に残留するアスファルトの諸性質である．

2.3.1　カットバックアスファルトおよび道路油の品質

> カットバックアスファルトRC，カットバックアスファルトMCおよびカットバックアスファルト・道路油SCの品質は日本道路協会"カットバックアスファルトの品質規格"の規定によるものとする．

解　説

カットバックアスファルト道路油は蒸発の難易，したがって硬化の速度によってRC（Rapid curing），MC（Medium curing）および

SC（Slow curing）の3種に区分される。蒸発の難易は溶剤の種類によってきまり、RCは溶剤としてガソリン、ナフタなどを用いたもので蒸発が最も早く、MCは灯油を用い蒸発速度は中程度、SCは重油でカットバックしたものか、あるいは道路油で蒸発速度は最もおそい。RC、MCおよびSCは粘度によってさらに品質を区分し、それぞれを6種に分け、全部で18種の品質を規定する。これらの種別についてのそれぞれの用途は品質規格表の注に略記してある。

同種の溶剤を用いたカットバックアスファルトの粘度は主として溶剤量によってきまり、溶剤量が多いほど粘度は低くなる。

溶剤の量は重量%でカットバック製品の10～45%である。

カットバックアスファルトRCの品質規格

試験項目および測定条件	1) RC－0	1)2)4) RC－1	1)2)3)4) RC－2	1)2)4) RC－3	1)4) RC－4	1)4)5) RC－5
引火点（ジング開放機）℃			27以上	27以上	27以上	27以上
粘度（セイボルトフロール）						
25℃ 秒	75～150					
50℃ 秒		75～150				
60℃ 秒			100～200	250～500		
82℃ 秒					125～250	300～600
蒸留試験（360℃までの全留出容量に対して）						
190℃ まで %	15以上	10以上				
225℃ まで %	55以上	50以上	40以上	25以上	8以上	
260℃ まで %	75以上	70以上	65以上	55以上	40以上	25以上
316℃ まで %	90以上	88以上	87以上	83以上	80以上	70以上
残留分（360℃における）（容量%）	50以上	60以上	67以上	73以上	78以上	80以上
蒸留残留物（360℃）の性質						
針入度 25℃,(100g,5秒)	80～120	80～120	80～120	80～120	80～120	80～120
伸度 25℃	100以上	100以上	100以上	100以上	100以上	100以上
四塩化炭素可溶分 %	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上

1）表面処理用
2）路上混合用（粗粒度）
3）常温修繕用（粗粒度）
4）常温舗設用（粗粒度）
5）浸透式マカダム用（冬季用）

(30)

カットバックアスファルトMCの品質規格

試験項目および測定条件	1) MC－0	1) MC－1	1)2)4)6) MC－2	2)3)4)5)7) MC－3	2)3)5)7) MC－4	2)7) MC－5
引火点（タッグ開放式） ℃	38以上	38以上	66以上	66以上	66以上	66以上
粘度（セイボルトフロール）						
25℃ 秒	75～150					
50℃ 秒		75～150				
60℃ 秒			100～200	250～500		
82℃ 秒					125～250	300～600
蒸留試験（360℃までの全留出容量に対して）						
190℃ まで %						
225℃ まで %	～25	～20	～10	～5	～0	～0
260℃ まで %	40～70	25～65	15～55	5～40	0～30	～20
316℃ まで %	75～93	70～90	60～87	55～85	40～80	20～75
蒸留残留物（360℃における蒸留残留物の試料に対する容量%）	50以上	60以上	67以上	73以上	78以上	82以上
蒸留残留物（360℃）の性質						
針入度 25℃，100g．5秒	120～300	120～300	120～300	120～300	120～300	120～300
伸度 25℃	100以上	100以上	100以上	100以上	100以上	100以上
四塩化炭素可溶分 %	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上	99.5以上

1）プライコート用
2）表面処理用
3）路上混合用（粗粒度）
4）路上混合用（密粒度）
5）常温補修用（粗粒度）
6）常温補修用（密粒度）
7）常温舗設用（密粒度）

(31)

カットバックアスファルト道路油ＳＣの品質規格

試験項目および測定条件	SC-0 1)	SC-1 1)	SC-2 1)2)	SC-3 3)4)	SC-4 3)4)5)	SC-5 4)5)
引火点（クリーブランド開放式）°C	66 以上	66 以上	80 以上	93 以上	107 以上	121 以上
水分（容量） %	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
粘度（セイボルトフロール） 25°C 秒 50°C 秒 60°C 秒 82°C 秒 99°C 秒	75～150	75～150	100～200	250～500	125～250	300～600
針入度100となる場合の蒸発残留度 %	40 以上	50 以上	60 以上	70 以上	75 以上	80 以上
残留物の性質 伸度（25°C）cm 四塩化炭素可溶分 %	100 以上 99.5 以上	100 以上 99.5 以上	100 以上 99.5 以上	100 以上 99.5 以上	100 以上 99.5 以上	100 以上 99.5 以上
蒸留残留物（360°Cに対する）%	15～40	10～30	5～25	2～15	0～10	0～5
蒸留残留物（360°C）の性質 フロート試験 50°C 秒	15～100	20～100	25～100	50～125	60～150	75～200

1）防じん用
2）表面処理用
3）路上混合用（密粒度）
4）常温舗装用
5）加熱混合用（密粒度）

(32)

2.3.2 カットバックアスファルトおよび道路油試験方法

カットバックアスファルトRC，MCおよびSCの試験方法は

水分定量方法

JIS K 2421-1959 "芳香族製品およびタール製品試験方法"

引火点試験方法

ASTM D 1310-56T "カットバックアスファルトの引火点試験方法（タッグ開放式）"

JIS K 2274-1962 "石油製品引火点および燃焼点試験方法（クリーブランド開放式）"

粘度試験方法

ASTM D 88-56 "セルボルトフロール粘度試験方法"

蒸留試験方法

ASTM D 402-55 "カットバックアスファルト蒸留試験方法"

蒸留残留物の試験方法

JIS K 2530-1960 "石油アスファルト針入度試験方法"

JIS K 2532-1960 "石油アスファルト伸度試験方法"

JIS K 2534-1960 "石油アスファルト四塩化炭素可溶分試験方法"

フロート試験方法

ASTM D 139-49 "歴青材料のフロート試験方法"

蒸発残留量測定方法

ASTM D 243-36 "所定針入度に達した時の蒸発残留量測定方法"

の規定にそれぞれよるものとする．

解　説

舗装用カットバックアスファルトおよび道路油の使用にあたって特に問題となる性質はその粘度および硬化速度（揮発性成分の蒸発の難易によってきまる）である．したがって，上記試験の中で粘度と蒸留試験は欠くことはできない．又蒸留残留物の諸性質も施工後のアスファルトの諸性質をある程度示す点で重要であるが，蒸留条件（温度，時間），蒸留の終点などによって残留物の性質に変化の生じることがあるから蒸留速度，最高温度などの規定は厳密に守ることが必要である．

なお，蒸留残留物の針入度，伸度および四塩化炭素可溶分の試験方法は，

石油アスファルト試験方法の各項に記された方法で行なう。また、引火点試験方法は、80°C以下の引火点のものは本項に記したタッグ開放式により、80°C以上の引火点のものはクリーブランド開放式（石油アスファルト引火点試験方法参照）によって行なう。

(1) 水分定量方法

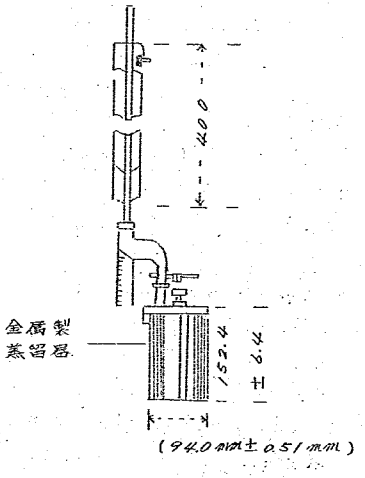
（JIS K 2421－1958）

カットバックアスファルトおよび道路油SCの水分定量は舗装タールの水分定量方法（JIS K 2421）に準じて行なう。（舗装用タール試験方法の項参照）この方法はこれ以外の各種歴青材料中の水分の定量に応用できる。なお蒸留容器としてガラス製丸底フラスコのかわりに図2.3.2.1に示す形状、寸法の金属製蒸留器を用いてもよい。

水分含有量はJISのタール規格では最初に採った試料に対する重量%であらわすが、カットバックスアスファルト、道路油SCに関する品質規格では容量%で規定してある。したがって後者の場合は最初に試料を容量で100mlとる。

図2.3.2.1 水分定量装置

（単位mm）



カットバックアスファルトの引火点試験方法
（タッグ開放式）
（ASTM D 1310－56T参照）

(Flash point of Volatile Flammble Materials by Tag-Open-Cup Apparatus, Tentative Method of Test for)

1. 適用範囲および試験の概要

カットバックアスファルトの引火点試験（タッグ開放式）

試験方法は80°C以下の引火点を有する揮発性可燃物質の開放式引火点を決定するものである．道路油など引火点が80°C以上のものはクリーブランド開放式引火点試験法（石油アスファルト試験方法の項参照）によって行なう．

試料を開放式容器に入れゆっくり一定の速度で加熱し，試験用の小炎をきまった時間間隔で試料容器上を一定速度で通過させる．試験炎が液面の蒸気に引火するが燃焼を継続しない最低温度をもって引火点とする．

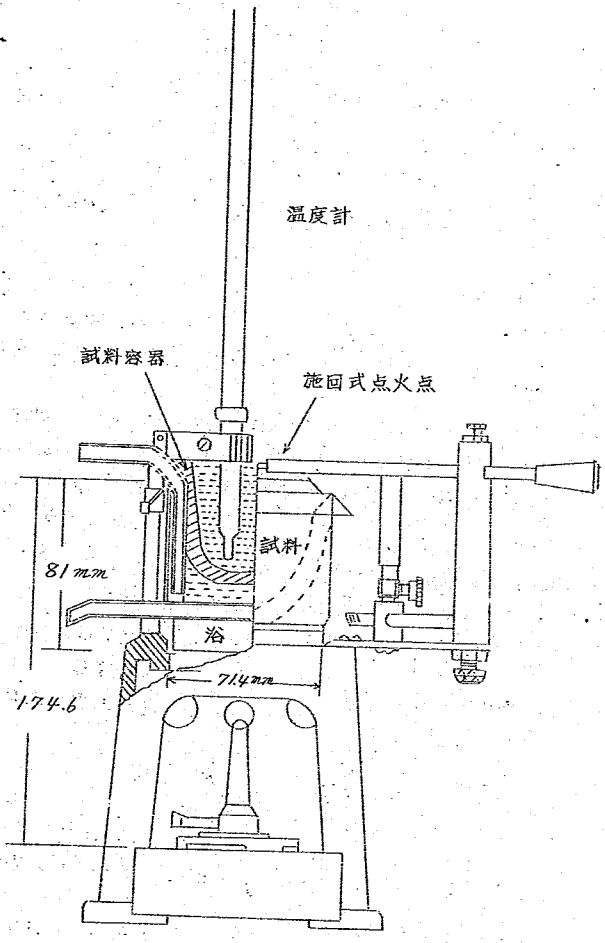
2. 試験装置および器具

2.1 引火点試験装置　タッグ開放式引火点試験装置を用い，その全体の形状　寸法は図－1に示す．これは試料容器，水（油）浴，温度計支持器，点火器，点火炎導線又は旋回式点火器，支持スタンドなどより成る．

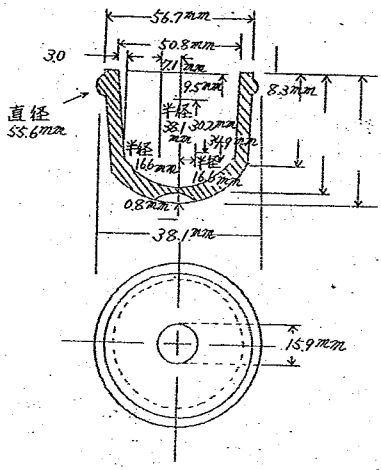
2.1.1 試料容器　耐熱ガラス製で　きず　のないもの，その形状寸法は図－2に示す．

2.1.2 水（油）浴　銅製で，これに液をいれたときその液面が試料容器上縁から下3.2 cmより上の位置にくるようなオーバーフロー装置がついている．

2.1.3 点火器　細い真直ぐな管状バーナーで，石油アスファルトの引火点試験に用いるクリーブランド開放式引火点試験用のものでもよい．旋回式点火器の場合は本試験装置にとりつけられる．



図一ノ　タッグ開放式引火点試験装置



図－2　試料容器

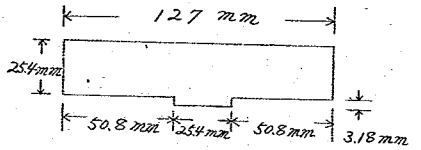
2.1.4　点火炎導線又は施回式点火器．点火炎導線は直径2.4mm，長さ8.9mmの針金の両端1.27cmを直角に折りまげたものでこの部分を容の縁にあけた孔にさしこむ．導線の位置は試料容器の中心から1.59cmを通るようにする．導線のかわりに施回式点火器，支持スタンドを用いてもよい．これは装置にとりつけられたスタンドに点火用バーナーをとりつけ，所要の高さと水平位置を保って炎の部分が試料上を施回するようになっている。

2.2　風よけ　　2枚の直角に折り曲げた不燃性板を用いる。大きさは61×71cmで7.1cmの辺をちょうつがいでとめ折り曲げられるようになっている。

2.3　温度計　　棒状水銀温度計で，0°Cから100°Cまでは1°Cごとに目盛を刻み，かつ10°Cごとに目盛を示す数字を記入したもので，形状は適宜のものを使用する。

3. 操　作

試験装置は振動のない机上におき，風のないところで試験する．水(油)浴中には水またはグリセリン溶液をきまった高さまで入れる（オーバーフローさせて液面の高さを一定に保つ）．温度計を支持器に垂直にとりつけ，その先の位置が点火炎導線に垂直な直径上又は施回式点火器，支持スタンドの軸を通る直径上にくるようにする．下端は試料容器の底から，6.4 mm の位置に保つ．試料容器中に上縁から 3.2 mm のところまで試料を入れる．その液面は図－3に示す液面検査器で確かめる．



図－3　液面検査器

試験炎導線又は施回式点火器を規定の位置にとりつけ試験装置を風よけでかこむ．

試験炎導線を使用する場合は，点火用バーナーを導線上に置くのせ，バーナーの端が導線上を通るようにする．施回式点火器を使用する場合は温度計を通る直径と直交する円弧を水平面内で画くようにする．炎の高さは試料容器縁から 3.2 mm に保つ．点火器は点火する時以外は試料面上から離しておく．

加熱用バーナーに点火し炎が約 4 mm の球状になるように調節する．加熱バーナーの炎は浴の中心部にあたるようにし毎分 1.0 ± 0.2°C の加熱速度を保つよう調節する．

あらかじめ予備試験を行なって大体の引火点を知る．これには点火用炎を 10°C ごとに試料上を横切らせ，点火する温度を観測する．炎の移動は各回とも同一方向に行ない試料面上通過の時間は一秒とする．次に新しい試料をとり上記予備試験で知った大体の引火点より 11°C 低い温度まで試料温度を下げ，点火の操作をくりかえす．10°C ごとに点火用炎を通過さ

せて引火点温度を観測する。

4. 報　告

予備試験以外に行なった3回以上の試験結果を平均して報告する。

5. 精　度

引火点が16～43°Cの範囲の場合は同一試料の繰返し加熱測定の結果の差が±1.1°C，試料を入れかえて測定した場合の結果の差（再現性）が±2.8°C以内とする。

異なった人が異なった場所で行なった結果に5.6°C以上の差がある場合は試験をやりなおす。

セイボルトフロール粘度試験方法

(Viscosity by means of the Saybolt Viscosimeter, Standard Method of Test for)

1. 適用範囲

本試験方法は歴青材料のセイボルトフロール粘度を決定するのに用いる。セイボルトフロール粘度計は流出時間25秒以上の試料の粘度測定に用いる。

2. 装置および試験器具

2.1 試料管　図－1および表－1に示すような形状，寸法をもったものでその下端はナットで水浴にとりつけるようになっている。下端空気室はコルクせん　をする。コルクせん　をじん速にぬくことができるようにこれにひもをつけておくと都合がよい。

2.2 水（油）浴　浴は試料管を垂直に保ち，かつ浴中の液によって試料の温度を一定に保つためのものである。浴中の液の液面は試料管の上縁部（B）より0.5cmの位置より上にくるようにする。加熱のための熱源の位置は浴内加熱の場合は試料管より3cm以上，外部加熱の場合は，5cm以上離す。浴内液には試験温度によって水又は適当な油を用いる。浴の温度は次の範囲で一定に保つ。試験温度（カットバックアスファルト道路油の場合は25.0，50.0，60.0，82.0°Cおよび

99.0°C) 25°Cの場合は±0.06°Cまた37.8, 50.0, 60.0, 82.0°C又は99°Cの場合はそれぞれ37.9, 50.2, 60.6, 83.0, 100°Cを超えてはいけない.

2.3 受器図一1に示す形状, 寸法をもったもので刻線までの容量が20°Cで60±0.05mlとする.

2.4 温度計 試料管用と浴用の2本を用い引火点試験に使用するものでよい.

2.5 ストップウオッチ. 1目盛0.2秒或はそれ以下のもの. 許容差は60分で0.1%以内.

2.6 ピペットまたは吸い出し管. 管の外径3mm, 内径2mmで先がテーパーになったもの.

3. 標準試験温度

25.0, 37.8, 50.0, 60.0, 82.0, 99.0

4. 操 作

4.1 試験する場所の温度 粘度の測定は風のあたらない温度変化の急激でない室内で行なう. 室温は20～30°Cの範囲であることが好ましく, 試験時の室温は記録しておく. 露点以下の温度では試験を行なってはならない.

4.2 試料管の洗浄 あらかじめ適当な溶剤, 例えばキシロール(ベンゾールは引火の危険があるから用いない方がよい.)で洗浄し溶剤は下端流出口から流し出す.

4.3 試料の準備 試料は149μふるい を通して用いる. 試料管は溶剤洗浄後適当量の試料を注ぎ内部表面をよくぬらして一たん下部から流出させる.

4.4 加 熱 試験温度が室温以上の場合は水浴の温度は試験温度より1.7°C以上にならないようにし, 試験温度が室温以下の場合は試験温度より1.7°C以上下がらないように注意する. いかなる場合も試料の引火点以下27.8°Cより高い温度まで加熱してはならない.

4.5 試料の注加 試料は試料管上縁部(B)をいつ流するまで入れる. 試料管用温度計でよくかくはんし, 水浴(油浴)の温度は一定になるように調節する. 試料温度が一定のかくはんのし方をじで1分間以上所要の温度を保ったら温度計を引き出す. 次に試料管上縁(B)の外側のギャラリー中の試料をピペット(又は吸い出し管)で吸い出

し，その部分の試料表面がB以下に来るようにする．ピペット（又は吸い出し管）の先端はギャラリー中の一点のみに入れ，ギャラリー中を移動させたり上縁（B）にふれたりしてはならない．

4.6 流出時間の測定　受器の刻線部が水浴（油浴）底部から10cm以上13cm以下の距離にくるようにする．コルクせん　を抜くと同時にストップウオッチを押し試料メニスカスが受器の刻線部に達するまでの時間を読む．

5. 報　告

上記の操作を行なって得られた試料の流出時間を秒であらわしたものがセイボルトフロール粘度である．200秒以下の粘度の値については0.1秒まで，200秒又はそれ以上の値に対しては秒まで報告する．

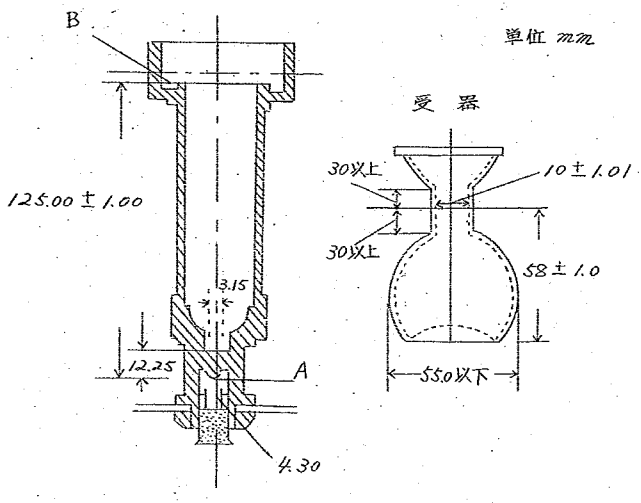
6. 精　度

別人別装置の場合の試験成績が0.5％以上相違してはいけない．

表　一　1

	寸法（単位mm）	許　容　差
流出口（A）の内径	3.15	±0.02
流出口（A）最下端の外径	4.30	±0.30
流出口（A）の長さ	12.25	±0.10
上縁部（B）から流出口（A）の下端までの高さ	125.00	±1.00
試料管頂部の外径	33.00	
容器円筒部の直径	29.75	±0.2
容器円筒部の長さ	88	
円筒部下端の直径	9	

図－／　セイボルトフロール粘度計
試料管および受器



(4) カットバックアスファルト蒸留試験方法
（ASTM D 402－55）

(Distillation of Cut-Back Asphaltic product, Standard Method of Test for)

1. 適用範囲
本試験方法はカットバックアスファルトの揮発性成分と不揮発性成分とを分離するのに適用される。

2. 試験装置および器具
2.1 蒸留フラスコ　図－1に示す形状，寸法のガラス製フラスコで容量は500 mlのもの。

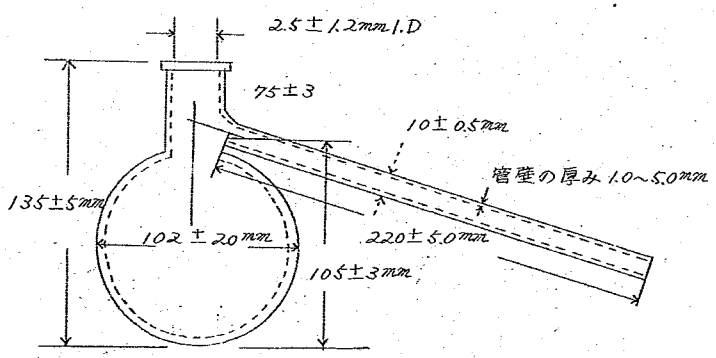
2.2 冷却器 図－3に示す形状，寸法のもの

2.3 アダプター 形状は図－3に示すもので，厚さ1mmのガラス製，まげ角度は105°で大きい方の口の直径は18mm，流出口の方の管の切口は垂直軸に対し45±5°の角度に斜めに切りおとしてある．

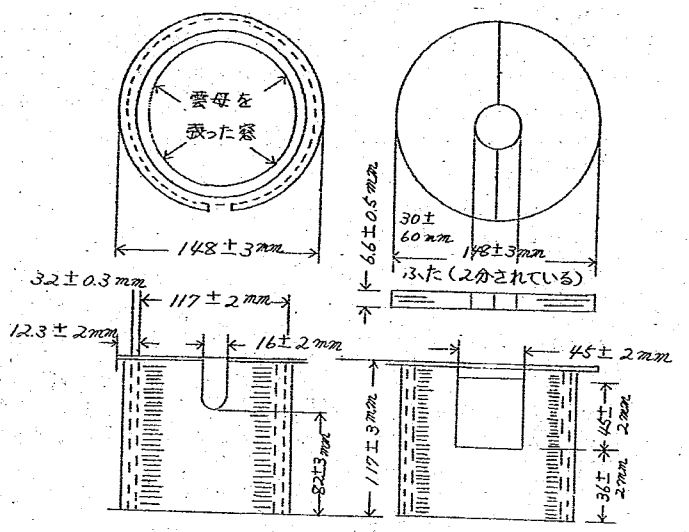
2.4 受器 ガラス製メスシリンダーで高さ24.8cm以上26.0cm以下のもの，目盛は10mlごとに100mlまで刻んであり，目盛部分は17.8～20.3cmの長さで，目盛の精度は各目盛につき1ml以下でなければならない．

2.5 温度計 棒状水銀温度計で0°Cから400°Cまで1°Cごとに目盛のあるもの．

2.6 シールド 図－2に示す形状，寸法のもので鉄板に亜鉛メッキしたもの，内部は3mmの厚さに石綿を内張りし，図の位置に透明雲母をはった窓をあける． ふた は円板を二分したもので裏に3mmの厚さの石綿を張る．これはフラスコに風があたるのを防ぎ，熱が逃げるのを防ぐためのものである．

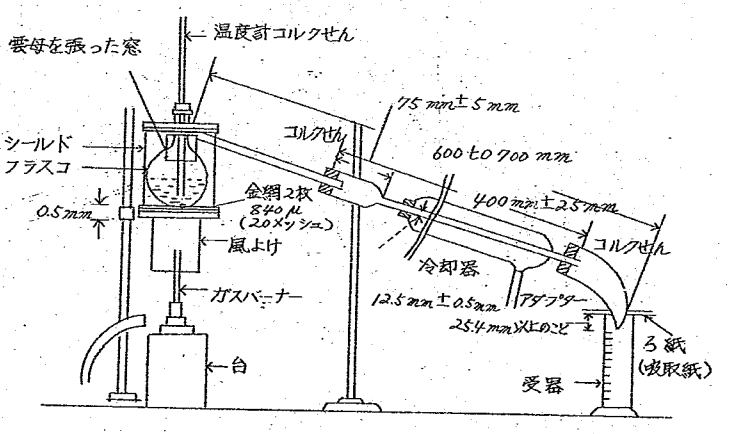


図－1 蒸留フラスコ



内部は3mmの厚さに石綿で内張り

図－2　シールド



図－3　蒸留装置

(44)

3. 試料の準備

試料はよく かくはん する。必要の場合は温めて かくはん する。水分2%以下のものはそのまま用いるが，2%以上のものは蒸留前に水分定量法（舗装タールの水分定量試験方法の項参照）によって脱水しなければならない。

4. 操 作

4.1 装置の組立て 三却又はリング上に840μ（20メッシュ）金網2枚を敷きその上にフラスコを置き，冷却器，アダプター，受器を図－3のように組立てる。フラスコの口にはコルクにさした温度計を垂直にたてる。加熱バーナーには適当な風よけをつける。受器の上端は蒸留中 ろ紙で ふたをする。この ろ紙にはアダプターの先が入るように穴をあけ，アダプターの先が少なくとも25mm受器中に入るようにする。但し先が受器の100mlを示す刻線より下にさてはいけない。試験室の温度が12.8～18.3°Cの範囲以外の温度の場合は受器をこの範囲の温度に調節した浴中につける。

4.2 加 熱 試料200ml（15.5°Cにおける比重の値を用いあらかじめ200mlの重量を計算し，その重量だけフラスコにはかりとる。）を蒸留フラスコ中にはかりとり，加熱開始後5～15分後に初留の一滴が出るように加熱する。その後の蒸留速度は260°Cまでは1分間に50～70滴，260°Cから360°Cまでは1分間に20～70滴の速度を保つようにする。但し316°Cから360°Cに達するのに10分以上を要してはならない。炎をはずした時の温度が360°Cを超えないようにする。試料があわ立つ場合は加熱速度を多少ゆるめるか，炎をフラスコ側面にあててあわを消す。蒸留中温度計を動かしてはいけない。

4.3 分留容量の測定 受器に集められた分留はその容積を測って記録する。分離した水の容積も記録しておく。規定された最高温度に達すると直ちに残留分はすず製容器に入れる（直径70mm 深さ45mm）容器の急冷をさけるため下にそのふたを敷く。

5. 報 告

蒸留試験結果は分離した水を除いた全留出容積に対する指定された温度までの留出分の容量%で報告する。分留温度は一般の場合は

225°C まで
260°C まで
316°C まで

であるが必要な場合には次の温度までの分溜についての報告する。

160°C まで
175°C まで
190°C まで

蒸留残留物は，試料容量から360°Cまでの留出容量を差引いた量の試料全容量に対する容量%であらわす。

6. 精　度

いずれの温度範囲でも留出容量は±0.5%をこえてはいけない。

(5) 歴青材料のフロート試験方法

(ASTM D 139－49)

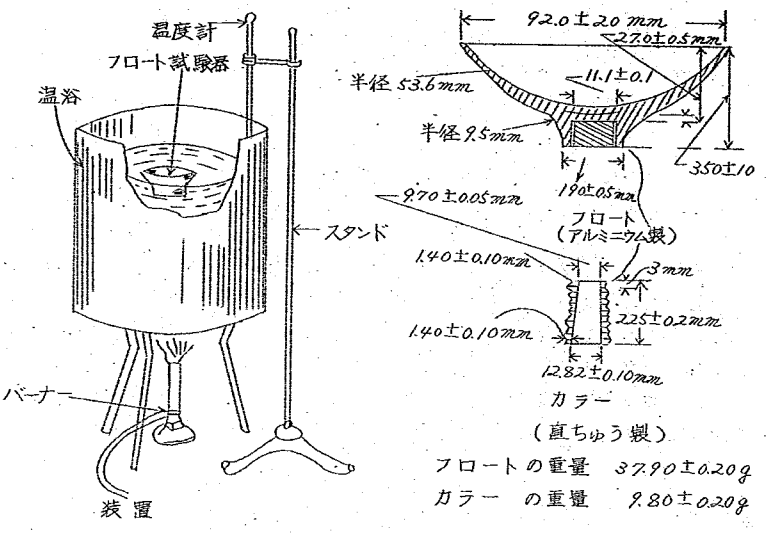
(Construction of Catch Basins and Manholes, Spec. for Concrete Masonry Units for)

1. 適用範囲

本試験方法は歴青材料のフロート試験方法である。

2. 試験装置および器具

2.1 フロート図－1にその形状，寸法を示す。アルミニウム製でその重量は37.90g±0.20gとする。



図－1 フロート試験

2.2 カラー 図－1にその形状，寸法を示す。真ちゅう製でその重量は9.80g±0.20gとする，カラーの上端とフロート下端にはねじが切られてありきっちりねじこまれる。

2.3 温度計 軟化点用温度計（石油アスファルト軟化点試験方法参照）を用いる。

2.4 水そう 内径185 mm以上，水深185mm以上，水面から水そうの上端までは100 mm以上，水により5°C±1.0°Cに保つ。

3. 試料の調製

真ちゅう板をあらかじめ塩化水銀又は硝酸水銀をつけてこすり，次に水銀でアマルガム化し，その上にカラーを細口を下にしておく。試料歴青材をできるだけ低温で加熱し充分溶融してからカラー内部に注ぐ。注入時の温度はクレオソート油を除き，他の場合は100～125°Cとする，試料面がカラーの上端から少し盛り上るくらいまで入れる。

アスファルトおよびアスファルト製品の場合は，注入後室温で15～

60分静置してから，5°Cに保持した水中に5分間つける．次いで余剰の試料を加熱したナイフ又は　こて　でけずり取り，カラーを真ちゅう板とともに5±1/°Cに保った水の入った水そう中に15～30分間静置する．次いでカラーを板からはずしてフロートにとりつけ，装置全体を5°Cの水中に1分間入れ，フロートに入った水をあけて試験温度に保った試験水そうに浮かす．この際フロートが横に流れるのはよいが，回転運動をするのはさける．

試験水そうにフロートを浮かしてから水が試料層を破ってフロート内に出るまでの時間を測定する．試験水そうの温度は試験温度と0.5°C以上の差があってはいけない．フロート試験は少なくとも2回行ない，4秒以内で値の一致したものの平均値をとる．

尚，カットバックアスファルト・道路油SCについては試験温度は5°Cとする．加熱混合用ストレートアスファルトにあっては普通試験温度は80°Cである．

(6) 所定針入度に達した時の蒸発残留量測定方法

（ASTM D 243－36）

(Residue of Specified penetration, Standard Method of Test for)

1. 適用範囲

本試験方法は道路油，カットバックアスファルトSCを蒸発させて一定針入度に至した時の残留物%を測るもので，249～260°Cでの蒸発残留物の針入度が100以上であるものに対して行なわれる．

2. 試験装置および器具

2.1 試料容器　平底円筒型のすず製容器，大きさは直径70mm深さ45mm

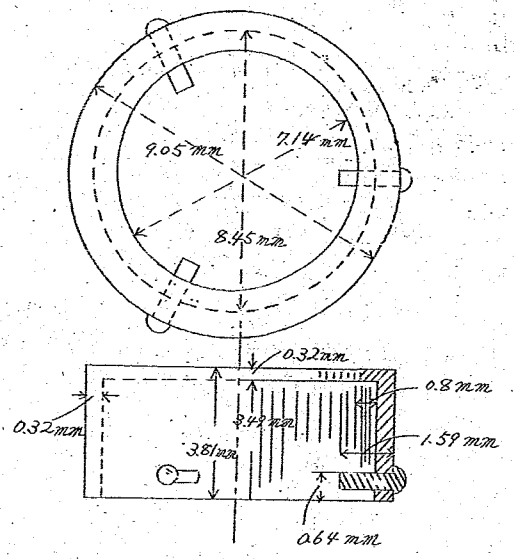
2.2 加熱浴　図－1に示す形状寸法の鋳鉄製空気浴，深さ3.18cm，口の部分では　つば　をつけその内径と試料容器外径との差が1.6mmになるようになっているが，それより下の部分および底部には試料容

器との間に6.4mmの空間があくようになる。

2.3 加熱板　加熱板は電熱又はガスバーナーで加熱されこの上に加熱浴試料容器をおく。これは試料を所要温度に保たせるために用いる。

2.4 温度計　石油アスファルト引火点試験に使用する温度計を用いる。

図一／　鋳鉄製空気浴



3. 操　作

試料をよく　かくはん　してから試料容器に100.00±0.10gはかりとり，容器ごと加熱浴に入れる。温度計を容器中心部にさし，その先端は底から6.4mmのところにくるようにする。加熱中温度計はこの位置で試料につけたままにする。

試料が発ぼうしない範囲でできるだけすみやかに加熱して249°Cに達

させる。その後249～260°Cの範囲に保つ。その間時々温度計で試料を　かくはん　し，部分的に過熱されるのを防ぐ。又試料容器壁にアスファルトがリング状にくっついてかたくなることがあるが，これは試料とよく混合する。

経験をつめばどれくらい加熱すれば所定の針入度に達するかを大体判断できるようになる。残留物の針入度が所定の値に達したと判断したら，容器壁に固まりついた部分を混合してよく　かくはん　し，最後に温度計についた試料を完全に容器中にもどす。次いで試料容器を空気浴中から出して冷却し，ひよう量してから針入度を測定する。針入度の測定方法は石油アスファルト針入度試験方法による。但し容器はここで用いた試料容器を使用する。

所定の針入度を得るまで数回くりかえす。所定針入度より大きい値が得られた場合は，針入度測定のときに試料についた水分を完全に除いてから再び加熱操作をくりかえす。最初にとった試料重量に対する残留物重量の%を算出し，更に精密に決定する必要のある場合は，所定針入度以上のところで1回，所定針入度以下になったところで1回と2回の測定を行ない，その2回の針入度および残留物%から内そうして所定針入度での残留物%を求める。

4. 精　度

同一試料について同一人が繰返し測定した場合，残留物%の結果が1.0%以上異なってはならず，別人が行なった場合は2.5%以上異なってはならない。

2.4　舗装タール

2.4.1　概　説

舗装タールは道路舗装の粘結材として使用され，石炭を乾留して得られる粗タール（生タール）を加工したものである。粗タールを蒸留して水分および揮発分の一部を留出除去しただけのもの（これを直留タールということがある）と粗タールを蒸留してピッチ分と油分とにわけ両者を適宜に配合したもの（これをカットバックタールということがある）との2種がある。

舗装タールはその外観は石油アスファルトと似ているが，両者の性質にはいくつかの重要な相違がある．したがって舗装タールを石油アスファルトと同じ方法で使用するときは失敗をまねく．参考のために両者の識別上，材料の選択上または使用上必要と思われる性質の相違点を列記する．

1. 比重　舗装タールの比重は1.10～1.30で石油アスファルトの0.90～1.05に比しやや大きく，両者を識別する一助にすることができる．

2. 硬化の機構　石油アスファルトの硬化は主として温度の低下にともなっておこり，それは物理的変化である．舗装タールにあっては温度低下による粘度の増大ばかりでなく，含有されている揮発性成分の蒸発や不飽和化合物の化学変化によっても硬化する．したがって使用時石油アスファルトと同程度のちょう度のものを使用しても使用後時間を経るとタールのちょう度と石油アスファルトのそれとの間に差が生じる．

3. 粘度の感温性　舗装タールの粘度は石油アスファルトにくらべ温度に対しより敏感である．

4. 引火・燃焼点　舗装タールの引火点・燃焼点は石油アスファルトよりも低く，引火の危険が多いから，加熱の際は特に注意を要する．

5. 遊離炭素　タールにはベンゾール，トリオール，二硫化炭素などに不溶の遊離炭素（炭素そのものではなく水素なども含む．）を5～25%含むが石油アスファルトにはこれを認めない．したがってこれによっても両者の識別ができる．

6. ナフタリン分および酸性油分　タールにはこれらの成分が含まれているが，石油アスファルトには含まれていない．ナフタリンは結晶性物質であってこれが多量に存在することは一般に舗装に有害であるとされており，又酸性油分は水に溶解して道路外に流出し，付近の動植物に害を与える危険がある．

7. 骨材につく被膜の厚さ　骨材を被う被膜の厚さは舗装タールの方が石油アスファルトより概してうすい．したがってタールは石油アスファルトに比べ使用量を少なくすべきである．

2.4.1 舗装タールの試料採取方法

舗装タールの試料採取方法はJIS K 2420－1959 "芳香族製品およびタール製品試料採取方法" の規定によるものとする。

2.4.2 舗装タールの品質

舗装タールの品質はJIS K 2472－1959 "舗装タール" の規定によるものとする。

解説

舗装タールは用途によって常温用と加熱用の2種に大別する。常温用は比較的粘度低く流動性に富み，かつ揮発性成分を多く含む。加熱用は常温で粘ちょう性液状ないし半固状で，一般に80～120°Cに加熱して散布又は混合するものである。この両者を更に粘度によって各3種に区分し，合計6種6品種が規定されている。常温用は歴青表層の上に常温で散布するシールコート用，または常温で路面を修理するのに使用される，加熱用は路盤上や歴青舗装の上に加熱したものを散布したり，加熱浸透式又は混合式マカダム舗装に使用し，あるいはタール被覆した砕石を製造するのに使用する。施工の種類による舗装タールの種別の選定基準を次に示す。

施工の種類	舗装タールの種別
防じん処理（土道又は砂利道）	常温用
表面処理（ペイント・シールコート）	〃
表面処理（表面塗装）	加熱用
表層（一般用）	〃
タックコート	加熱用又は常温用
基層（ブラックベース）	加熱用
路盤補強	常温用
路床安定工法	〃

2.4.3 舗装タールの試験方法

舗装タールの試験は次の項目について行なう。
舗装タールの比重測定方法，舗装タールの分留試験方法
舗装タールの300°C残留物の軟化点測定方法（環球法）
舗装タール，加工タールおよびコールタールのエングラー粘度測定方法
舗装タールの引火点測定方法，舗装タールの水分定量試験方法
舗装タールのベンゾール不溶分定量試験方法
舗装タールのナフタリン分定量試験方法
舗装タールの酸性油分定量試験方法
舗装タールのあわ立ち試験方法
これらの試験方法はJIS K 2421-1959 "芳香族製品およびタール製品試験方法" の規定によるものとする。

解説

舗装タールの試験はエングラー粘度，比重，ベンゾール不溶分，ナフタリン分，酸性油分定量，分留試験，残留物の軟化点，水分定量，引火点について行なう，これらの中の主なるものについてその目的と使用上における意義について説明する。

1. 粘度　粘度は舗装タールのやわらかさ（流動性）をあらわし，散布，混合の難易の推測に役立つ。粘度の測定法および表示法は各種あるが，ここではエングラー粘度であらわす。常温用は50°C，加熱用は100°Cにおける粘度を示す。

2. ベンゾール不溶分　タールの粘度・粘着性などに影響を与える遊離炭素の量を示す。これが多いと粘着性が阻害されるから一定限度に制限される。

3. ナフタリン分・酸性油分　既に述べたようにこれらの成分の多量の含有は舗装にとって有害である。しかしナフタリン分は実際には品質規格に規定された量の半分以下しか含まれていないのが普通である。酸性油分は石炭酸・クレゾール・キシレノールなどの混合物である。ここに規定した試

験方法においてナフタリンは温度が低いほど多量に析出されるが，ここでは25±1°Cで析出量を規定する．

4. 分留試験ならびに残留物の軟化点試験 これらの試験の目的は
   i) 引火の危険は低沸点留物が多いと大きくなる．この点から170°Cまでの留出量をおさえる．
   ii) 300°Cまでの留出量は舗装タールを使用して後漸次揮発してゆく成分の量を示す．この留出分が多いことは舗装後におけるタールの性質の変化が著しいことを意味する．したがって規定された粘度の範囲で，できる限り留出油の量は少ないことが望ましい．
   iii) 300°C残留物は粘結材としてはたらく主体であるから，この残留量は多い方がよく，又その軟化点が適当なものでなければならない．

5. 水分およびあわ立ち試験 舗装タール中の水分は，加熱の際のあわ立ちの原因となる．加熱中にあわ立ちこぼれると引火の危険が生じる．ここでは常温用・加熱用について水分の規定を設け，加熱用にはさらにこの点を考慮して別にあわ立ちの程度を試験する．

6. 引火点 製品の運搬・貯蔵ならびに施工に際し，火災の危険を防止するために行なう．燃焼点は普通引火点より10°Cくらい高い．ここでは引火点のみ規定してある．

第 3 章　金 属 材 料

第3章　金属材料試験基準目次

概　　説 …… 1
(a) 対象とする金属材料 …… 1
(b) 鉄　鋼　材　料 …… 1
(c) 金属材料の品質を規定している示方書・基準 …… 4
(d) 参　考　文　献 …… 4
3.1 材料試験方法 …… 5
3.1.1 金属材料の検査通則 …… 6
3.1.2 金属材料の引張試験方法 …… 7
3.1.3 金属材料の曲げ試験方法 …… 9
3.1.4 金属材料の衝撃試験方法 …… 10
3.1.5 金属材料のかたさ試験方法 …… 11
3.1.6 金属材料の非破壊試験方法 …… 11
3.1.7 溶着金属の引張試験方法 …… 13
3.1.8 溶着金属の衝撃試験方法 …… 13
3.1.9 突き合わせ溶接継手の試験方法 …… 13
3.1.10 すみ肉溶接継手の試験方法 …… 14
3.1.11 溶接継手の疲労試験方法 …… 14
3.1.12 溶接材料の割欠き試験方法 …… 15
3.1.13 溶接ビードの試験方法 …… 15
3.1.14 溶接部の最高かたさ試験方法 …… 16
3.1.15 丁形すみ肉溶接継手の曲げ試験方法 …… 16
3.1.16 軟鋼用被覆アーク溶接棒の溶接性試験方法 …… 17
3.1.17 溶接棒の作業性試験方法 …… 17
3.1.18 溶接工の技能検定試験方法 …… 17
3.1.19 ワイヤロープの試験方法 …… 18
3.1.20 溶融亜鉛メッキ試験方法 …… 18
3.1.21 亜鉛メッキ鉄線製じゃかごの試験方法 …… 18
3.1.22 鉄筋コンクリート用棒鋼 …… 19

第3章 金属材料

概 説

(a) 対象とする金属材料

金属材料には表 1 に掲げるように多くの種類があるが、これらのうちでわれわれが使用するのは主として鉄鋼材料であるので、この基準では鉄鋼材料を対象とする。

表 1 金属材料

- 金属
  - 鉄鋼
  - アルミニュウムおよびその合金
  - 銅および銅合金
  - マグネシュウムおよびその合金
  - 鉛および鉛合金
  - 亜鉛および亜鉛合金
  - すずおよびすず合金
  - ニッケルおよびその合金
  - 貴金属およびその合金
  - チタン・ジルコニュウムおよびその合金
  - 軸受合金
  - 希有金属およびその他の金属

また、鋼製型わく、支保工点どの仮設物は一応対象外とするが、これらの試験を行なうときは、多くの場合、この基準が準用できる。

(b) 鉄鋼材料

土木材料として用いられる鉄鋼材料のほとんどが構造用鋼といわれるもので、普通炭素鋼と低合金鋼とに分類できる。

工業用材料として多量に使用されている炭素鋼の点からも棒鋼・平鋼・形鋼・鋼板などの構造用鋼は、建築・橋りょう・鉄柏・産業機械その他の広範囲にわたる分野で使用され、その生産量は鋼材生産量の大部分を占めている。

これらの構造用鋼は主として塩基性平炉、転炉で溶製され一部は電気炉で製造される。

また構造用鋼の大部分は圧延または鍛造の状態のまゝで使用される普通炭素鋼であるが、機械構造用鋼のように熱処理による調質を行なって

から実用に供される鋼鉄もある。構造用鋼は引張強さの値に準じて種別されるのが普通で、一般には便宜上表2のように分類される。

表 2　鋼 の 分 類

種別	化学成分 (%)					機械的性質				用途
	炭素 (C)	シリコン (Si)	マンガン (Mn)	りん (P)	いおう (S)	引張強さ (kg/mm²)	降伏点	伸び (%)	ブリネルかたさ	
特別極軟鋼	<0.08	<0.25	0.20~0.40	<0.03	<0.03	32~36	18~28	30~40	95~100	電信線、薄板
極軟鋼	0.08~0.12	〃	0.30~0.50	〃	〃	36~42	20~29	30~40	80~120	溶接管、サッシュ、リベット
軟鋼	0.12~0.20	<0.20	〃	〃	〃	38~48	22~30	24~36	100~130	鉄骨、鉄筋、リベット、ボルト、ナット、造船、車輌用板、棒、形鋼
半軟鋼	0.20~0.30	〃	0.40~0.60	〃	〃	44~55	24~36	22~32	120~145	建築、造船、橋りょう、汽かん板
半硬鋼	0.30~0.40	0.15~0.25	〃	〃	〃	50~60	30~40	17~30	140~170	シャフト、ボルト、矢板
硬鋼	0.40~0.50	〃	0.50~0.70	〃	〃	58~70	34~46	14~25	160~200	鋲鋲、シリンダー、軌条、外輪
最硬鋼	0.50~0.60	〃	0.60~0.80	〃	〃	65~100	36~47	11~20	180~235	シャフト、ねじ、軌条、外輪

「金属便覧より」

日本工業規格（ＪＩＳ）では、その用途に依って鋼材を分けているが、土木材料として一般に使用されることの多い一般構造用圧延鋼材の機械的性質は圧延後における値を保証しているのであって、熱処理をうけた場合には若干緊化することがありうる。

構造用鋼は所要の機械的性質によって使用種別を選択し点くては点らないが、リムド[注1]・セミキルド[注2]・キルド[注3]などの鋼塊性状別に基ずく鋼質の差も考慮に入れなくてはいけない。軟質を要求されるものに対してはリムド鋼がすぐれているが、機械構造用鋼のように均等な材質を必要としたり、あるいは強度だけでなく衝撃値も重視される場合にはキルド鋼が使用される。セミキルド鋼はリムド鋼・キルド鋼の中間の性質を

もつが、最近では鋼材の均質を望む声が高くなって、軟質のものでも均質を考慮してリムド鋼からセミキルド鋼に移行する傾向にある。また、溶接技術の進歩につれて溶接構造用に使用される鋼材量は非常に増加してきたが、これに対しては溶接構造用圧延鋼材の規格があり、特に鋼板に対しては強度の変化による衝撃値の変化が重視され、厚板にはキルド鋼が使用されるとともに偏移強度の低下をねらって成分中のマンガン量を炭素量の2.5倍以上と規定している。

このように、構造用材料として普通炭素鋼が最もよく用いられ、特にSS41程度の一般構造用圧延鋼材が重要な位置を占めているが、長大スパンの橋りょうのような構造物に許容応力の低い軟鋼を用いることは、断面の過大から構造上の困難を生じるのでさらに強度のすぐれた鋼材でしかも溶接性のすぐれたものが望まれるようになり、単に炭素量によって強度を高めたものは、溶接を行なうかぎり高張力鋼として不適格なものとなった。

注1) リムド鋼　溶解にあたって主としてマンガンで脱酸し、けい素で強制脱酸を行なわない造塊は下注ぎ法によるものが多くこの鋼塊は表面に近い部分は不純物がきわめて少ないがしかし内方は比較的不純物が多い。成分としてけい素の含有量がきわめて少ないから展性が良好で、溶接性も良い。したがってボイラー用鋼板、鋼管、塑性加工用薄板、船体用鋼板などに好適である。

注2) セミキルド鋼　リムド鋼とキルド鋼の中間

注3) キルド鋼　溶解にあたってけい素によって強性脱酸し、造塊は上注ぎ法によることが多く、鋼塊の組織はその頭部に凝固収縮孔を生じてこの部分に不純物が集まり内部は気孔、不純物などの欠陥が少なく成分の偏析も少ない良質なものである。製品は材質的にリムド鋼より均一で、健全なため機械構造用として重用な部材に使用できる。

たとえばSS50のように単に炭素量(C)のみをあげて強度を上げたものはこれにあたる。これらの要求に応じるため、少量の合金元素を添加することによって圧延または鋳造のままの状態で一般構造用鋼よりも高い降伏点(32 kg/mm² 以上)あるいは引張強度(49 kg/mm² 以上)とすぐれた溶接性を兼ね備えさせた鋼が製造されるに至った。これがいわゆる低合金高張力鋼で量産に適し、比較的低廉であるので広く使用さ

れている。

現在わが国で製造されている低合金高張力鋼[注4]はその大部分が低マンガン（Mn）系またはシリコーンマンガン（Si-Mn）系のもので、大気中における腐食抵抗を増加する目的で銅（Cu），りん（P）などが添加されている。

注4）NK-HITEN（日本鋼管），WEL-TEN（八幡製鉄），Welcon（日本製鋼），Her-ten（三菱製鋼）等が国産の高張力鋼である。

(C) 金属材料の品質を規定している示方書・基準

土木関係における金属材料の品質について規定している現行の示方書・基準の主なものはつぎのとおりである。

土木一般　鉄筋コンクリート標準示方書（土木学会　昭和31年11月）
プレストレストコンクリート設計施工指針（土木学会　昭和36年6月）
鋼棒使用PC設計施工指針（日本材料試験協会　昭和33年6月）

河川砂防関係　河川砂防技術基準（建設省　昭和33年11月）

ダム関係　水門鉄管技術基準（水門鉄管技術協会　昭和36年6月）

道路橋関係　鋼道路橋設計示方書（日本道路協会　昭和39年6月）
鋼道路橋製作示方書（日本道路協会　昭和39年6月）
溶接鋼道路橋設計示方書（日本道路協会　昭和39年5月）
道路橋の鋼合成げた設計施工指針（日本道路協会　昭和34年8月）
道路橋下部構造設計指針くい基礎の設計編（日本道路協会　昭和39年3月）
鉄筋コンクリート道路橋設計示方書解説（日本道路協会　昭和39年6月）
道路技術基準（建設省　昭和36年3月）

舗装関係　道路技術基準（建設省　昭和36年3月）

これら示方書・基準と材料および試験との関係を一覧表にすると、付表のようになる。

(d) 参考文献

(1) 金属便覧　日本金属学会編　丸善
(2) 溶接便覧　日本溶接学会編　丸善

(3) 材料試験便覧　　日本材料試験協会編　　丸善

3.1 材料試験方法

概　説

金属材料の検査・試験・試験方法

土木構造物の信頼性は、設計に誤りがなく、また設計の際に仮定したとおりの品質と形状寸法をもつ材料によって施工されてはじめて得られるもので、そのためには施工前・施工中・施工後にわたり検査を行なわなければならない。

使用材料の検査のうち金属材料を扱うものが金属材料の検査で、これには外観・寸法・数量・重量などの検査以外に材料の品質を調べて合否を判定する検査がある。後者のための資料を求めることを材料試験という。各材料の品質規格（ＪＩＳ）には行なわなければならない検査・試験の種類が規定してある。材料試験の方法を規定したものが材料試験方法でこの試験基準では主として鉄鋼材料を対象としている。

金属材料の検査 ― 外観・寸法・数量・重量検査（見掛けの検査）
品質の検査 ― 材料試験によって合否を判定する（土木試験基準）

1. 金属材料の検査

土木構造物に使用される金属材料の大部分はＪＩＳで規格が定められており、従って金属材料がＪＩＳ規格に確実に合格しているという適当な証明書があれば、見掛けの検査のみで良く必らずしも材料試験を行なう必要はない。しかし、一般構造用圧延鋼材の規格に規定してある機械的性質のように、その保証が圧延後工場出荷時に対するものもあるから、規格に合格した材料でも運搬や保存の方法が悪いために、形状寸法、材質に変化を起こしている恐れのある場合とか、熱処理その他の方法を施して材質に変化を与えたと思われるときは、試験を行なわなければならない。

品質の検査の内容は化学分析試験、機械的性質試験に大別され、これらの成績により合否を決定するが、化学成分に関する検査は特別に必要な場合を除き、合格証明書に記載してある化学分析結果に対して判定を行なうだけで、改めて化学分析試験を行なう必要はない。

もちろん、上記のような証明書のない材料を使用する場合には必らず品質を確かめる材料試験を行なわなければならない。

2. 金属材料の試験ならびに試験方法

試験の種類はＪＩＳの規格により、主に機械的試験を行なうものとする。

試験に関する注意事項はつぎのとおりである。

i) 特に重要な場所に使用する材料や長年放置された材料に対しては適宜試験片を増加するものとする。

ii) 鋳鋼や鋳鉄の試験片は「す」によって無効になりやすいから、適宜に試験片を増すものとする。

iii) 重要な場所に使用する材料で、厳密な試験を行なう必要のあるときは、試験項目とその方法とを工事仕様書に規定して試験を行なうものとする。

iv) 試験材料が全材料を代表していないと認められる場合には再試験を行なうものとする。

v) 試験に合格した材料には刻印をうっておくか、もしくは合否を明らかにする標示をしておくのがよい。材料は試験片がとれるだけの余裕をみた寸法のものを購入しておかなくてはならない。

金属材料の試験で一般に行なわれるものに引張試験と曲げ試験とがあるが、材料の種類・検査の目的によっては、さらに別の試験を行なわなければならない。従って、金属材料の検査・試験を行なおうとする者は、上記引張試験・曲げ試験についての知識を有し、品質規格に規定してある検査・試験の内容と試験の方法について予備知識を養っておかなければならない。

3.1.1 金属材料の検査通則

金属材料の検査通則はＪＩＳ　Ｇ　0303－1957“鋼材の検査通則”の規定によるものとする。

解　説

鋼材の検査通則は、製造所で行なう鋼材・鋼管・鋼線の検査に関するそれぞれ共通した事項をとりあげたもので、この通則を引用した各規格と一体となって活用されるが、この通則の規定事項に対して鋼材規格やその他の規格に別の規定のある場合には個々の規格の方が優先される。

鋼材・鋼管・鋼線以外の金属材料の検査には鋼材の検査通則の規定を準用できる。

金属材料の合格証明書とは、この通則を適用した検査に合格したことを

示す証明書で、金属材料の規格品では材料注文者（たとえば橋りょう会社）に明細書を提出しなければならないことになっている。表 3.1.1 は製造者から注文者に渡された鋼材明細書の一例である。

われわれが行なう検査は、材料注文者が受けとった材料が仕様どおりの材料で、必要量だけあるかどうかを検査するものである。

3.1.2 金属材料の引張試験方法

> 金属材料の引張試験は JIS Z 2241－1956 “金属材料引張試験方法” の規定によるものとする。

解　説

金属材料における引張試験は、設計に最も必要な材料の機械的性質を調べるもので、金属材料試験の中で最も重要なものである。

引張試験片の形状および寸法についての規格は原準試験試験片について規定したものであって JIS Z 2201－1956 “金属材料引張試験片” の規定による。原準試験片以外の試験片を用いる場合にはその材料の規格中に試験片の形状・寸法について規定してある。また、これらの原準試験片についてその用途が示されてはいるが、何号の試験片を使用するかはその材料の規格によって定まるものであるから、必らず規格の中の試験片の規定を確かめなくてはいけない。

金属材料の引張試験に用いる試験機は JIS B 7721－1952 “引張試験機” の規定による。わが国ではアムスラー式（油圧式）またはオルゼン式（レバー式）などが多く用いられている。最も一般に用いられているのはアムスラー万能試験機で、油圧による荷重をアムスラー式振子計力装置で測定するもので、引張・圧縮・曲げの試験を行なうことができる。オルゼン試験機は　さおばかり式計力装置を備え、　てこ　を組み合わせて試験片に載荷するいわゆる　てこ型試験機である。しかしオルゼン型も現在では従来の　さおばかり式計力装置のかわりに振子計力装置に改良され、かつ試験片への載荷方式には油圧式および電動機式の2通りがあり、電子管制御も行なわれている。

表 3.1.1.1

鋼材明細表（例）

昭和35年1月6日

送状番号　350－28404　　注文者

約定番号　3534－1221－N　　仕向先

規　格　SS 41　　船取名

○○製鉄株式会社
○○製鉄所管理部検定課長

鋼番号	試験片番号	検番 コイル番号	寸法 mm	枚数	重量 kg	引張試験 降伏点 kg/mm² 23－	引張強さ kg/mm² 41－50	伸 % 20－	曲げ試験 180° 常温	化学成分 炭素(C)% ×100	シリコン(Si)% ×100	マンガン(Mn)% ×100	りん(P)% ×1000 －60	いおう(S)% ×1000 －60	銅(Cu)% ×1000	備考
Hg7657	T902	E 3809	12×1524×6.096	5	4375	30	42	32	Good	14	6	61	11	33		
Hg7658	T903	A 4903	〃	5	4375	30	43	32	〃	14	6	64	12	32		
〃	〃	E 3810	〃	5	4375											
Hg7657	T904	A 4904	〃	5	4375	30	42	34	Good	14	6	61	11	33		
〃	〃	E 3811	〃	5	4375											
〃	〃	E 3812	〃	4	3500											
Hg6524	S992	A 3992	10×1524×6.096	2	1458	34	46	30	Good	16	7	73	16	25		
			Total	31	26833											

引張試験機は定期的に JIS B 7721 に規定されるような精度検査を行ない、荷重の指示を常に正しくすることが必要である。これによれば引張試験機の使用範囲はその試験機で測定できる荷重の最大値すなわち ひょう量とその $\frac{1}{5}$ との範囲となっている。また引張試験機では各使用範囲の指示荷重に対して±1%の許容誤差が認められている。

引張試験から求まるものは降伏点・引張強度・伸び・絞りで、試験成績表の一例を示すと表 3.1.2.1 のようになる。

表 3.1.2.1 引張・曲げ・衝撃試験成績表（例）

試験片	材質	形状寸法 mm	引張試験			曲げ試験		衝撃試験 (0°C)
			降伏点 (kg/mm²)	引張強さ (kg/mm²)	伸び (%)	常温	赤熱	
			>23	50 >41	>20			>3.5
T902	SS 41	12×1.524×6.096	30	42	32	良好		
T903	SS 41	〃	30	43	32	良好		
〃	〃	〃						
T904	〃	〃	30	42	34	良好		
〃	〃	〃						
S992	〃	10×1.524×6.096	34	46	30	良好		
Z995	SM41B	20×2.000×8.035	32	44	30	良好		4.0

3.1.3 金属材料の曲げ試験方法

金属材料の曲げ試験は JIS Z 2248－1955 “曲げ試験方法” の規定によるものとする。

解　説

金属材料の曲げ試験は材料の ねばさ を測定するために設けられた規定で、鋼材などでは引張試験で求められる伸びから材料の ねばさ がある程度わかるが、鋳鉄のような弾性体といえないようなものでは、引張試験を行なっても伸びの値が小さく、伸びから材料の ねばさ を判断することは難かしい。そのためたとえば ねずみ鋳鉄品の機械的性質に関する規定のように引張強さ、抗折最大荷重、たわみ量、ブリネルかたさ を求め

るようになっている。

ねずみ鋳鉄品（注ノ）の場合は特に抗折試験といい、その試験を行なう。

金属材料の曲げ試験および抗折試験に用いる試験片の形状および寸法は、それぞれ JIS Z 2204－1956 "金属材料曲げ試験片"、JIS Z 2203－1965 "金属材料抗折試験片" の規定による。

注ノ) ねずみ鋳鉄品とは、炭素が黒鉛の形で遊離炭素に含まれているものをいい、断面は暗灰色軟質で強度低く（10～15 kg/cm²）、流動性が大きく収縮少なく（0.5～1.0％強度）鋳造に適する。比重7.2、融点1250°Cである。

3.1.4 金属材料の衝撃試験方法

金属材料の衝撃試験はJIS Z 2242－1956 "金属材料衝撃試験方法" の規定によるものとする。

解　説

衝撃試験の目的は材料の ねばさ あるいはもろさを判定するためのもので、JISではその判定に衝撃値を用いている。JIS Z 2242の衝撃試験方法の規定によれば、鋳鉄などの衝撃値の低いものには、このJISは適用されない。それは衝撃値の低い金属の ねばさ あるいは もろさ の判定に衝撃試験が適当でないためである。われわれと密接な関係のあるものでは、溶接構造用圧延鋼材のJIS規格が1956年に改正され、その一部に衝撃値の規定が設けられた。

このほか、JISには規定されていないが、血年造船用鋼や構造用鋼の低温ぜい性が問題になり、これらの鋼の温度変化による衝撃値の変化を求めて、その変形温度によって鋼材を比較する研究が行なわれるようになった。

また、衝撃試験は材料の均一性を試験するのにも役立ち、切り込みのある試験片を衝撃で破壊する試験であるから、切り込み部の材質のわずかの差が比較的大きな結果の差となってあらわれる。したがって、他の材料試験では均一性のよい材料でも、この試験では均一性のよくない結果となる。

このように衝撃試験は材料のわずかの差が鮮明にあらわれるものであるから、試験片の製作には細心の注意を払うのが望ましい。

金属材料の衝撃試験に用いる試験片の形状および寸法は、JIS Z

2202－1956 “金属材料衝撃試験片”の規定による。

試験機は、JIS B 7722－1952 “シャルピー衝撃試験機”およびJIS B 7723－1952 “アイゾット衝撃試験機”にそれぞれよるものとする。

3.1.5 金属材料のかたさ試験方法

金属材料のかたさ試験はそれぞれ	
JIS Z 2243－1955	“ブリネルカタサ試験方法”
JIS Z 2244－1961	“ビッカースカタサ試験方法”
JIS Z 2245－1961	“ロックウェルカタサ試験方法”
JIS Z 2246－1956	“ショアカタサ試験方法”
の規定によるものとする。	

解　説

かたさ試験には押し込みかたさ試験方法と衝撃かたさ試験方法の2方法があり、ブリネルかたさ、ビッカースかたさ、ロックウェルかたさは押し込みかたさに、ショアかたさは衝撃かたさに相当する。これらの試験方法はいずれもそれぞれ異なった特徴がある。

金属材料のかたさ試験に用いるかたさ試験機は、それぞれつぎの規格に合格したものでなければならない。

JIS B 7724－1955	“ブリネルカタサ試験機”
JIS B 7725－1961	“ビッカースカタサ試験機”
JIS B 7726－1961	“ロックウェルカタサ試験機”
JIS B 7727－1956	“ショアカタサ試験機”

3.1.6 金属材料の非破壊試験方法

金属材料の非破壊試験は	
JIS Z 2341－1955	“金属材料の放射線透過試験方法”
JIS Z 2344－1958	“金属材料の超音波探傷試験方法”
のいずれかによる。	

解　説

放射線透過試験は溶接部や重要な鋳造品の非破壊検査に用いられ、超音波探傷試験は建設機械部品などの非破壊検査に用いられているが、普通は規定に従って請負者が行なった試験結果の成績表により合否を判定する場合が多い。

これら非破壊検査のうちで最もよく用いられているのは放射線透過試験で、溶接部の良否の判定にはすべてこの試験が用いられている。これはX線、γ線などの放射線を溶接部に放射し、裏側においたフィルムに感光させてその透過度によって欠陥の有無を検出し、その種類や程度を判定するもので、溶接部を破壊することなく内部の状態を知ることができるという大きな特性の外に、放射線の放射角度を自由に変化させたり、板厚が相当に大きいときには断層写真が可能であるなど、他の試験方法にない優れた特徴があり、溶接部の検出法として極めて重要なものである。容易に検出できる溶接部の欠陥をあげればつぎのとおりである。

(1) 亀　　裂
(2) 気　　孔
(3) 溶着金属と母材の融合不良
(4) スラグ巻き込み
(5) とけこみ不足
(6) アンダーカット

X線写真の判定には特別な経験を必要とするが、判定の基準として溶接部放射線標準写真（JIS Z 2344）が日本非破壊検査協会より発行されている。

写真Ⅰ　無　欠　陥
　　Ⅱ　亀　　裂
　　Ⅲ　気　　孔
　　Ⅳ　融合不良およびアンダーカット
　　Ⅴ　スラグ巻込み
　　Ⅵ　とけこみ不良

3.1.7 溶着金属の引張試験方法

溶着金属の引張試験は
JIS Z 3111－1964 "溶着金属の引張試験方法"
の規定によるものとする。

解　説

溶接部の溶着金属（Deposited Metal）に関する引張試験を規定したもので、試験片の形状、試験片の採取位置、試験片を採取するための試験材の標準寸法などをのべてある。試験の方法は JIS Z 2241 による。

3.1.8 溶着金属の衝撃試験方法

溶着金属の衝撃試験は
JIS Z 3112－1961 "溶着金属の衝撃試験方法"
の規定によるものとする。

解　説

溶着金属に関する衝撃試験を規定したもので、試験片の形状、試験片の数、試験片の採取位置、試験材の形状および寸法などをのべてある。試験の方法は JIS Z 2242 のシャルピー衝撃試験の規定による。

3.1.9 突き合わせ溶接継手の試験方法

突き合わせ溶接継手の試験は
JIS Z 3121－1961 "突合せ溶接継手の引張試験方法"
JIS Z 3122－1961 "突合せ溶接継手の型曲げ試験方法"
JIS Z 3123－1961 "突合せ溶接継手の自由曲げ試験方法"
JIS Z 3124－1960 "突合せ溶接継手のローラ曲げ試験方法"
JIS Z 3125－1962 "突合せ溶接継手の切欠き破面試験方法"
の規定によるものとする。

解　　説

これらの規格は鋼材のアークおよびガス溶接における突き合わせ溶接継手が欠陥なく所要の強さをもち、かつ使用材料や溶接工法が適当なものであるかどうかを知るための試験方法を規定したものである。従来は引張、型曲げ、自由曲げ試験だけであったが、1957年に切欠き破面試験が、1960年にローラ曲げ試験が新らしく追加規定されたものである。また母材の場合と同様に気温が著しく低下する場合にはVノッチシャルピー衝撃試験を行なう。

3.1.10　すみ内溶接継手の試験方法

すみ内溶接継手の試験は JIS Z 3137-1961 "スミ内溶接継手の引張試験方法" JIS Z 3132-1961 "スミ内溶接継手のセン断試験方法" JIS Z 3133-1961 "スミ内溶接継手の破面試験方法" の規定によるものとする。

解　　説

これらの規格は鋼材の　すみ内溶接継手が欠陥なく所要の強さをもち、かつ使用材料や溶接工法が適当なものであるかどうかを知るための試験方法を規定したもので、引張試験は前面すみ内継手に、せん断試験は側面すみ内継手に適用する。またこれらの試験は単に機械的性質だけでなく、溶接棒・鋼材の溶接性・継手の設計強度などを知る上に役立つ試験である。

3.1.11　溶接継手の疲労試験方法

溶接継手の疲労試験は JIS Z 3103-1961 "溶接部の引張疲れ試験方法" の規定によるものとする。

解　　説

従来種々様々に行なわれてきた疲労試験方法に対し、溶接部の引張疲れ試験をとり出し、その試験方法に統一性を与える目的で作られたのがこの

規格である。

疲労試験には引張疲れ試験のほかに引張圧縮疲れ試験を行なう場合もあるが、この規格を準用できる。

母材の疲労試験にも、突合せ溶接疲労試験の規定を準用すればよい。

3.1.12 溶接材料の切欠き試験方法

溶接材料の切欠き試験は		
JIS Z 3171－1960		“溶接材料の切欠き引張試験方法”
JIS Z 3172－1960		“溶接材料の切欠き衝撃試験方法”
JIS Z 3173－1960		“溶接材料の切欠き曲げ試験方法”
の規定によるものとする。		

解　説

これは常温あるいはそれ以下の温度で使用される溶接構造物の鋼材ならびに溶接部の溶接性を判定するための切欠き試験について規定したもので、他の溶接材料（鋼材，溶接部，溶着金属）の切欠きぜい性試験方法の規格の一環として設けてある。

3.1.13 溶接ビードの試験方法

溶接ビードの試験は		
JIS Z 3161－1962		“溶接ビードの曲げ試験方法”
JIS Z 3162－1962		“溶接ビードの切欠き曲げ試験方法”
の規定によるものとする。		

解　説

これらの規格は炭素鋼および低合金鋼における溶接ビードの曲げ試験について規定したもので、溶接部の曲げ延性やぜい性破壊試験として有効である。切欠き曲げ試験は一定の切欠きを設けることにより、われ発生等

件に対し溶接ビードの不均一性をあらかじめ除去したものである。

3.1.14 溶接部の最高かたさ試験方法

溶接部の最高かたさ試験は JIS Z 3101－1962 “溶接部の最高カタサ試験方法” の規定によるものとする。

解　　説

溶接構造用鋼材、とくに炭素鋼・高張力鋼などのアーク溶接性の判定に用いる溶接熱影響部の最高かたさを求める試験の方法を規定したものである。この規格の対象となる鋼材は焼入硬化性の少ない SM 41 級の軟鋼および実際の構造物の溶接条件から考えて、熱影響部の冷却速度が遅くて最高かたさがさほど大きくないと予想される板厚に対してはこの規格の試験は必要ない。

3.1.15 T形すみ肉溶接継手の曲げ試験方法

T形すみ肉溶接継手の曲げ試験は JIS Z 3134－1962 “T形スミ肉溶接継手の曲ゲ試験方法” の規定によるものとする。

解　　説

炭素鋼および低合金鋼のT形すみ肉溶接継手の曲げ試験について規定したもので、とくに鋼材の溶接性を判定する試験の方法の一つとして新らしくとりあげられたものである。この試験は破断までに示す変形および破壊の様式などから、ねばり強さに富む材料ほど溶接性が優れている材料とみなすものである。

3.1.16 軟鋼用被覆アーク溶接棒の溶接性試験方法

軟鋼用被覆アーク溶接棒の溶接性試験は
JIS Z 3151－1962 "スリット形溶接ワレ試験方法"
JIS Z 3152－1962 "丸棒形溶接ワレ試験方法"
JIS Z 3153－1962 "T形溶接ワレ試験方法"
JIS Z 3113－1961 "溶着金属の水素量試験方法"
の規定によるものとする。

解　説

溶接棒の溶接性を判定する最も大きな要素は　われの発生であって、溶接われ試験方法はこの　われの発生を調べることを目的としたものである。この試験の対象は軟鋼用溶接棒にかぎられているが、低合金鋼用溶接棒の比較に準用しても差しつかえない。

水素量試験は溶着金属から発生する水素が溶着金属の延性を低下させる原因に点るため、特に重要な構造物に使用される溶接棒には発生水素量を規定する必要のために行なうものである。

3.1.17 溶接棒の作業性試験方法

溶接棒の作業性試験は
JIS Z 3181－1962 "溶接棒のスミ肉溶接試験方法"
の規定によるものとする。

解　説

溶接棒の　すみ肉溶接に対する作業性能を調べるもので、溶接棒の溶着状態によって作業性能の良否を判定するものである。

3.1.18 溶接工の技能検定試験方法

溶接工の技能検定試験は
JIS Z 3801－1964 "溶接技術検定における試験方法及びにその判定基準"
の規定によるものとする。

解　　説

この規格はアークおよびガス溶接工の手溶接技術の良否を判定するための試験方法とその判定基準を規定したものである。

3.1.19　ワイヤロープの試験方法

ワイヤロープの試験は ＪＩＳ　Ｚ　３５２５－１９５９　“ワイヤーロープ” の規定によるものとする。

解　　説

ワイヤロープの試験はワイヤロープ規格の中の試験の規定によるもので、ＪＩＳ　Ｇ　３５２５には規格の一部として試験方法が規定されている。

3.1.20　溶融亜鉛メッキ試験方法

溶融亜鉛メッキ試験は ＪＩＳ　Ｈ　０４０１－１９６３　“溶融亜鉛メッキ試験方法” の規定によるものとする。

解　　説

これは鉄鋼製品に亜鉛メッキを施こしたものゝメッキの良否を判定するための試験について規定したものであるが、電気亜鉛メッキを施こしたものに準用してもよい。

ワイヤロープの素線、じゃかご鉄線の亜鉛メッキには、この試験を行なってメッキの良否を判断している。

3.1.21　亜鉛メッキ鉄線製じゃかごの試験方法

亜鉛メッキ鉄線製じゃかごの試験は、 ＪＩＳ　Ａ　５５１３－１９５７　“亜鉛メッキ鉄線製ジャカゴ” の規定によるものとする。

解　　説

じゃかごにはその原材料，編み方，形状などによりいろいろの種類があるが，これは亜鉛メッキ鉄線製の　ひし形金網を主体とする　じゃかごについての規定である。

3.1.22 鉄筋コンクリート用棒鋼

鉄筋コンクリート用棒鋼の試験は ＪＩＳ　Ｇ　３１１２－１９６４　“鉄筋コンクリート用棒鋼” の規定によるものとする。

解　　説

この規格は，コンクリート補強に使用する棒鋼について規定したもので普通鋼くず(注1)の再圧延により製造された棒鋼は除く。しかし，配力鉄筋，補強鉄筋等の場合は無規格品の使用もやむをえない。その場合責任技術者の承認を得なければならない。比較的径の小さい棒鋼はほとんどが無規格品である。

無規格品を使用する場合には少なくとも引張試験等ＪＩＳによる試験を行ない，その時のデータは確認しておくようにする。

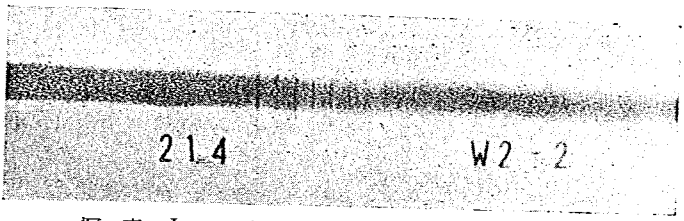


写真 I　無　欠　陥

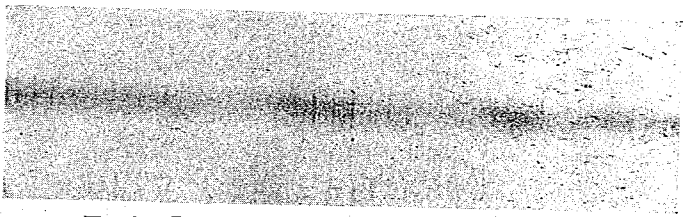


写真 II　亀　裂（横方向の白い線の個所）

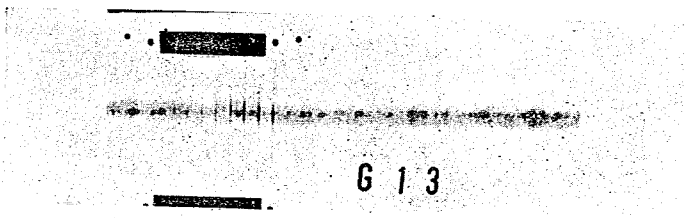
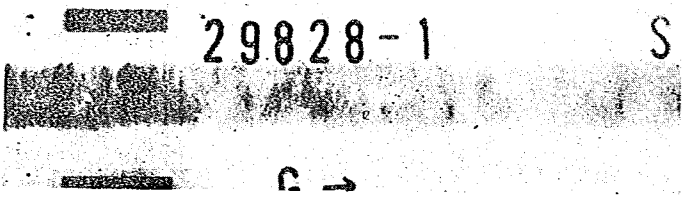
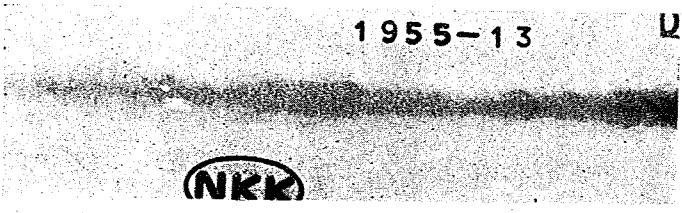


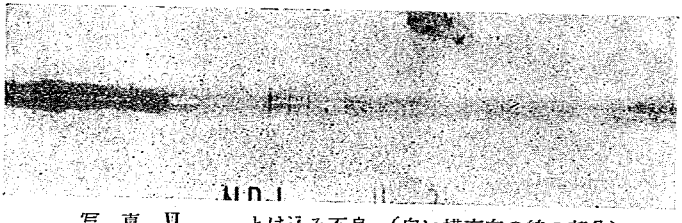
写真 III　気　孔（白い斑点の個所）



写 真 Ⅲ　　融合不良およびアンダーカット
（中央部の白い個所
および上下の白い部分）



写 真 Ⅴ　　スラグ巻込み （左方の白い大きな斑点の個所）



写 真 Ⅵ　　とけ込み不良 （白い横方向の線の部分）

第 4 章　塗　　料

第 4 章　塗　　料

目　　次

概　　説 …… 2

4.1　塗料の品質 …… 3

4.1.1　サビ止めペイント …… 3

4.1.2　トラフィックペイント …… 4

4.2　塗料試験方法 …… 4

第 4 章　　塗　　料

概　　説

塗料とは一般に常温において流動性をなし，物体面に薄い層としてひろげるときは時間の経過につれて硬化して物体面に付着し連続した皮膜をつくり，その物体面を防護および美化する性能を有するものの総称である。

塗料はペイントとワニスに大別される。ペイントは顔料その他の不溶解物質と展色剤とを混合したもので，展色剤の乾燥によって生じる膜が物体面にこう着する。またワニスは樹脂類あるいは乾性油類を溶解したものであり，溶剤の揮発または含有成分の酸化乾燥によって出来るコロイド質の膜が物体面にこう着するものである。

塗料の組成の大約を示すと次のようになる。

塗料の主成分 ｛ 塗膜構成成分 ｛ 展色剤（ビヒクル）／顔　料 ｝／塗膜に残らない成分　溶　剤 ｝

展色剤は顔料を分散させて塗膜を形成するもので，この展色剤にボイル油，スタンド油等を使用したものがペイント（特に油性ペイントと呼ぶこともある）である。ペイントは昔から室外に暴露される鉄鋼構造物に塗装されてきたが，近年展色剤として各種合成樹脂類を利用した塗料も出現し耐候性，耐水性，耐薬品性を向上させた。これらの内で鉄面に塗装するものとしては，フタール酸樹脂塗料，塩化ビニール塗料が代表的なものである。

顔料は塗膜を有色不透明にするために加えられ，展色材とともに塗膜を構成するが単独では塗膜を構成することができない。顔料を加えることによって塗膜の機械的強さを増し，また防しゆう目的には防しゆう顔料が使用される。防しゆう顔料としては，鉛丹，塩基性クロム酸亜鉛，鉛白，塩基性硫酸鉛，シアナミド鉛，ジンククロメート，亜鉛末，アルミニュウム末等である。道路標識等に塗装して夜間光線の反射を良くするためにマイカ粉末，ガラスビーズ等を入れることもある。

塗料には多数の製品があり，これらの塗料を使用して塗被面に連続した被膜を形成させることを塗装と言う。塗料にはそれぞれ長所があり，それらの性質を完全に利用して所期の目的を達するように数層の塗膜層を形成することを塗装システムと言う。塗装システムを決定するにあたっては塗被面の材質および状態，暴露環境，塗りかえ期間，塗装の主たる目的等を考慮して，

使用塗料を選定する。土木材料としては鉄製構造物の防しゅう用に使用されることが多いので，ここでは防しゅう用の下塗り塗料の品質規定を示した。さび止め塗料を塗装した場合でも耐候性の弱い塗料を上塗りしなければならない。

コンクリート，モルタル等は塩基性であるので油性ペイントの展色材は鹸化作用を受け使用に耐えなくなる。それゆえ路面のマーキング等に使用する場合は，耐アルカリ性塗料が使用される。

4.1 塗料の品質

4.1.1 さび止めペイント

防しゅう塗装の下塗り用さび止め塗料は，つぎの品質規格に定めるもののうちから選ぶものとする。

JIS K 5623-1960 "亜鉛化鉛さび止ペイント"
JIS K 5624-1960 "塩基性クロム酸鉛さび止ペイント"
JIS K 5625-1960 "シアナミド鉛さび止ペイント"
JIS K 5626-1960 "亜鉛末さび止ペイント"
JIS K 5627-1962 "ジンクロメートさび止ペイント"
JIS K 5628-1960 "鉛丹ジンクロメートさび止ペイント"

解　説

ここに示したさび止めペイントにはそれぞれ1種と2種がある。1種は油性ペイントであり，2種は合成樹脂ペイントである。塗料の選定は新設の構造物に始めて塗装する場合とすでに塗装された塗膜が老化して補修塗りする場合で異なる。補修塗りの場合でも老化の程度によって塗装システムは異なるが，前に使用してある塗料と同系統の塗料を選ばなければならない。

新設の構造物に始めて塗装する場合は，塗装システム，塗装工程によって塗料を選ばなければならないが，素地の調整方法材質によっても異なる。

鉄鋼材料はいずれのさび止めペイントも使用されるが，一般に鉛系顔料を使用した場合に良い結果が得られるという。

ただし亜鉛引鉄材は表面がなめらかで油脂の付着していることが多く塗料の付着が悪いので，化学的な表面処理または自然に暴露して表面が

いく分粉化してから塗装する。使用塗料も鉛を含むものはさけたほうが良いと言われている。経金属の場合も亜鉛面と類似の理由で密着が悪い。この場合にはクロム酸塩系統の顔料を使用した塗料が賞用される。鉛系顔料は軽金属ことにマグネシウム合金には腐食を促進するので有害である。また金属表面を化学処理して塗膜の密着性を改善することが行なわれ、大型の構造物はウオッシュプライマーが広く使われている。

4.1.2 トラフィックペイント

> トラフィックペイントの品質はJIS K 5491-1960「トラフィックペイント」の規定に適合したものである。

解　説

ここで規定したトラフィックペイントは主として路面の標識に使用するものである。トラフィックペイントは自然の風雨と自動車交通によって、あせたり、汚されたりするから、これに対する抵抗力が必要である。この種のペイントが他のペイントと比較して特に問題になる性質は乾燥時間と耐摩耗性である。

路面はコンクリート舗装とアスファルト舗装の場合があり、一種類の塗料でいずれの路面にも適用されることは困難であり、それぞれ専用のペイントが必要である。またこと識判読距離の関係も交通の高速化につれて重要なことであり、未だに明確にされない点が多い。

4.2 塗料試験方法

> 塗料の試験はJIS K 5400-1959「塗料一般試験方法」の規定によるものとする。

解　説

塗料を試験する目的について考えれば次の三つの場合に要約できる。

1. 規格または仕様書に規定されている品質であるか否かを検査する場合
2. ある塗装目的、使用条件に塗料が適しているかどうかを試験する場合
3. 塗料の組成とか性状のお知りたいものについて、その組成、性能を試験する場合

以上のうち1.の場合について、この試験方法を適用する。2、3の場合における試験方法は省略する。

次ぎに各試験項目の意義について簡単に述べる。

1. 容器中での状態　製品を開かん したときの塗料の状態を観察するもので、顔料が単に沈降したものは かくはん することによって均質になれば使用できるが、変質して凝固したものは使用できない。

2. 作業性　はけさばき の難易を示すもので、不良のものは塗装に骨が折れる。

3. 乾燥時間　塗装工程上、十分の乾燥日数が取られる場合には少々長くなっても良い。乾燥時間は主として展色材の組成品質に影響されるので、規格に定めた値とははなはだしく異なる場合には、これらの点にうたがいがある。

4. 塗膜の状態　塗膜の外観に現われる諸性質たとえば、色、つや、平らさ、はけ目、流れ、しわ、むら、臭気等を比較する。

5. 耐屈曲性　塗膜の靭性と密着性を示す重要な項目である。

6. 不粘着性　一度乾燥した塗膜が もどり を生じるか否か、または本来塗膜が柔らかいか否かを調べる重要な項目である。

7. 耐塩水性　防しゅう力の差異を比較する重要な項目である。

8. ふるい残分　顔料中の粗い粒子の量を示す。ふるい残分の多い塗料は製造の際には練り合わせが不足であることを示す。最近ではツブゲージで示すこともある。

9. 加熱減量　揮発性溶剤の量を示す。油性ペイントでこの量の多いものは油が良質でなかったうたがいがある。

10. 溶剤不溶物　塗料中の顔料の含有量を示す。下塗り塗料には多く、中塗り、上塗りとなるにしたがって少なくなり、それぞれ適当した範囲がある。

11. 溶剤不溶物の組成　顔料組成に関する試験である。水可溶物、呈色成分等の一般試験の他に顔料中に含まれる防しゅう顔料の定量等が行なわれる。

12. 溶剤溶物の性状　展色材の性状に関する試験である。油性ペイントにあっては脂肪酸の よう素価（油の持っている定数であり、乾燥時間に関する）塩化よう素試験（乾油の存在の有無を調べる）が行なわれる。フタール酸樹脂塗料では無水フタール酸と脂肪酸の配合割合を調べる。

第 5 章　石　　材

第5章　石　材

目　次

概　説 …… 2

5.1　岩石と石材 …… 2

5.1.1　試料の採取 …… 3

5.1.2　分　類 …… 4

5.1.3　岩石鑑定 …… 5

5.2　石材試験 …… 6

5.2.1　比重及び吸水率試験 …… 6

5.2.2　空隙率試験 …… 8

5.2.3　圧縮試験 …… 9

5.2.4　曲げ試験 …… 12

5.2.5　せん断試験 …… 14

5.2.6　ヤング係数試験 …… 15

5.2.7　すりへり試験 …… 17

5.2.8　ドリーすりへり試験 …… 18

5.2.9　じん性試験 …… 19

5.2.10　凍結融解試験 …… 20

5.2.11　注水乾燥試験 …… 21

第 5 章　石　材

概　説

従来ＪＩＳに規定された石材試験方法は骨材をのぞいては非常に少なく，わずかに石材（ＪＩＳ　Ａ　５００３－１９６３"石材．）に石材の物理的性質による分類を行なうため，すなわち圧縮強度により硬石，準硬石，軟石に分類するための試験方法として圧縮試験方法，見掛比重，吸水率試験方法があり，（ＪＩＳ　Ａ　５００１－１９６１"道路用砕石"）に砕石および岩石のドバル試験機及びロサンゼルス試験機によるすりへり試験方法が，規定されているにすぎない。骨材については土木標準仕様書などによってくわしく規定されている。しかしこれらは主に建築用材料，道路用砕石，コンクリート骨材として規定されたものであり，一般的な土木用石材はもちろん更に広い意味で岩石の性質を知るためには上記の試験方法のみでは不充分な点が多いのでここでは岩石をも含めた試験方法について記す。

以下にのべる各試験方法の内には現在あまり使用されないものもあるが，ぎゅくに岩石の風化とそれによって起る諸性質の悪化とか，風化時に物理的風化の難易とか，あるいは更に比重，吸水と吸水に伴う諸性質などについてまた特にフィルロックとしての良否の決定をする場合には上記のほか石塊の落下衝突による影響等，ここにのべる試験方法のほかにも今後必要とされる試験方法が多い。

これらのことから，本試験基準には単に石材としての試験のみでなく岩石の工学的性質をしらべる２～３の試験をも含めた試験方法をのべることにした。

5.1 岩石と石材

概　説

石と岩石とは時には同義語に使われるが，岩石と呼ぶ場合には種類を指すか，または岩片であっても，それの地質上の産出状態又は成因を含んだ意味に使い，個々の岩体または岩片については，大きいものを岩，小さいものを石と呼ぶ。

石材とは，岩石から各種構造物，工事用の材料として使用される形状に人工的に，あるいは天然に加工された岩または石である。従って石材は，使用される場所での経済的価値を有することが必要である。岩石の名称と

岩または石の呼び名とは違うのが当然であるが，混用されているものが多い。石材の呼び名も同様である。また石材の呼び名には，特に産地の名をつけた呼び方が広く用いられている。（例　大谷石，御影石）

5.1.1　試料の採取

> 試料の採取は目的に応じて異なるが産地，集積地においては，その岩石または材料の全部を代表するように採取する場合と岩石，地層の特別な部分を採取する場合とがある。

解　説

(a) (1) 代表試料を採取する場合

(i) 原産地から採取する場合

その地域の地質状態を調べて，石質が均質と認められるときは，代表となる部分数個所から採取して，石質が均質でないときは均質とみられる部分ごとに所要量の試料を採取する。

石目が判然としているものについては，その方向を明示しておく。

(ii) 加工場から採取する場合

1日数回，数日にわたり試料をとり，これらを合わせてその中から必要分量を四分法により採取する。

(iii) たい積場，貯蔵所，運搬車，運搬船等から採取する場合

上，中，底部のそれぞれ数個所からとり，これらを合わせてその中から必要分量を四分法により採取する。

(2) 特別な試料を採取する場合

目的に応じた採取方法を考案すること。

(b) 試料採取の際は目的によって異なるが，自然状態のままを採取して人為的に亀裂を生じさせることがないよう注意しなければならない。

採取した試料はその状態に応じてこれを箱，袋その他適当なものに納め運搬中などに他物の混入，試料の散逸または破損することがないように十分堅固に包装する。特にはく離性のある岩石，半固結状態のでい岩等は，自然含水量の減少によって破壊することがあり，また試験によっては自然含水比を変えないようにする必要があり，これはパラフィンで包む等適当な処置をとるように注意しなければならない。

採取した試料は次のことを明記して，後日，まちがいが起らないようにしなければならない。

1. 試料の名称
2. 試料番号
3. 試料数量
4. 採取地点の平面図その他材料容器（貯蔵そう，車輌等）
5. 試料産地または加工所名
6. 試料採取年月日
7. 試料採取者名
8. 試料の用途（目的・用法等）
9. その他参考となるもの．

5.1.2 分　類

石材としての分類はJIS A 5003－1963“石材”の規定による。また岩石は成因によって分類することもある。

解　説

(1) JIS A 5003－1963“石材”による分類

分類を行なうには常に目的がある。従って目的にそぐわない分類は意味がない。JISの分類も岩石の成因分類も多くの場合この分類に従うのが便利と言うだけで絶対的なものではない。特に色々の産状をし，色々の使われ方をする石材ではここにのべていない分類も実際に行なわれており，あるいは又新らしい分類をつくり出す方がよいこともある。

(2) 採石法における分類

昭和25年制定の採石法によると石材は次の18種類に分類されている。花こう岩，せん緑岩，はんれい岩，かんらん岩，はん岩，ひん岩，輝緑岩，石英斑面岩，安山岩，玄武岩，れき岩，砂岩，けつ岩，粘板岩，片麻岩，じゃ数岩，結晶片岩である。また，使用目的からは構造物用，装飾用，骨材用，鉄鋼用塗石等に分類され，後述のJISの分類と同じように個々の名称や硬軟の分類がきめられている。

(3) 使用目的による分類

現在使用されている石材は，採石法にきめられたものと石灰岩，大理石，けい岩等であるが，はんれい岩，かんらん岩，じゃ数岩の大部分と，輝緑岩，けつ岩，凝灰岩，いん岩の一部のものは構造物用，骨材用には適しない。

(4) 成因による分類

岩石はその成因により次のように分類する。

火成岩	深成岩	花こう岩，せん緑岩，はんれい岩など
	半深成岩(脈岩)	はん岩，ひん岩など
	噴出岩	石英粗面岩，安山岩，玄武岩など
たい積岩	砕せつ物たい積岩	れき岩，砂岩，でい岩けつ岩など
	化学的たい積岩	石灰岩，チャートなど
	生物源たい積岩	さんご石灰岩，けいそう土など
	火成たい積岩	凝灰岩，凝灰角れき岩，火山れき岩など
変成岩	広域変成岩	結晶片岩，片麻岩，大理石，けい岩など
	局部変成岩	ホルンフェルズ，ミロナイト

5.1.3 岩石鑑定

岩石名をきめ岩石の組織成分などを知るために岩石鑑定を行なう

解　説

岩石鑑定は石材の岩種分類による岩石名をきめる為ばかりでなく，構成鉱物の種類，組織，粒度，こう結物質，風化程度などの観察から安定度，靱度，吸水率，不均質性，他の材料との親和度等を推定し方向性を確かめるために行なわれる。

岩石鑑定には肉眼鑑定と顕微鏡鑑定とがあり，前者には補助手段として8～20倍程度の拡大鏡を用いることがある。場合によっては研磨面を双眼拡大鏡を用いて観察することが有効なことがある。後者には偏光顕微鏡を用い透過光により鉱物の光学的性質を調べて鉱物を決定する。鉱物が決定され組織がわかれば岩種が決定される。不透明鉱物については偏光顕微鏡に付属する反射用部品を用いまたは専用の反射顕微鏡を用いて偏光をあてて反射光による鉱物の光学性質から鉱物を決定する。

肉眼鑑定に当たっては組織（特に流理，条理，片理，へき開，完晶質，ほん晶，ガラス質，粒度など），構成鉱物（特に火成岩，結晶片岩において）変成，変質，風化の程度などに特に注意する。火成岩の場合には

結晶粒の大きさ，種類（特に斜長石の成分が問題になる）。組織鉱物の組み合せなどによって岩石名がきめられる。これらはなれれば肉眼あるいは放大鏡を用いてかなりな程度まで鑑別出来るようになる。結晶の種類を肉眼できめるにはその形状，色，硬度，光沢（屈折率を示す）へき開などに注意する。鉱物顕微鏡を用いるのはその複屈折，多色性，屈折率，光軸角等の光学的性質をさらに詳しく知るためである。特別の場合でなければ石材としての岩石名の決定は肉眼鑑定で十分である。

結晶片岩は，その変成度にしたがって堆岩のたい積岩や火成岩としての名称から変ってゆく。この変成度の定量的指示が十分でないので命名には多少個人差を伴なうことがある。なお，岩石名は多かれ少なかれ成因又は生成条件に関係した命名が行なわれているので，それらに対するわずかな解釈の相異から個人によって命名が多少異なることがある。

したがって利用者も岩石名の意味する成因，生成条件の概要を知っておくことが望ましい。

5.2 石材試験

5.2.1 比重および吸水率試験

石材の比重および吸水率試験はKDSK 5101-1961"石材の比重および吸水率試験"の規定によるものとする。なお場合によってJIS A 5003-1963"石材"中の比重，吸水率試験方法の規定によることもある。

解　説

比重には見掛け比重と真比重とがあるが見掛け比重は計算方法によって更に数種類に分かれる。そのうち石材では一般に次述する二種類の比重で表わされ，特別の場合にのみ真比重が測られる。比重や吸水率は成分，組織，空げき率，風化状態などに関係し，それらの相互関係やかたさ，風化に対する耐久性，材料としての良否を推定する手がかりになる。

比重，吸水率の測定方法は，KDSK 5101と共にJIS A 5003にのべられた方法がある。

JIS A 5003では，石材の分類中，石材の物理的性質による分類において石材はその圧縮強さにより硬石，準硬石，および軟石に分けることが規定されているが，各々の区分には圧縮強さと共に参考値として，見掛け比重および吸水率が示されている。そうしてこれらの値を表

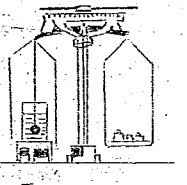
めるためには，圧縮試験用供試体を用いて行なう試験方法が規定されている。

しかし JIS の試験方法は大型の供試体を使用するので吸水率の低い硬石を主とする土木用石材では深部の空隙が水に置換され難い。又圧縮試験に小型供試体を使用するとすれば（圧縮試験参照）比重，吸水率測定にのみ大型供試体を使用する意味がない。それゆえ(1)の方法が(2)にくらべてすぐれている。なお，石材では特に気ほうを含む岩石において真比重の値が必要なことがあるのでその測定方法ものべる。

(1) 石材の比重，吸水率測定方法 KDSK 5101-1961

試験用具　本試験に用いる天びんは図に示すようなもので，供試体を水中につり下げ，ひょう量できる装置を施したもので，その感度は 0.01 g 位のものがよい。

試験方法　試料より重量約 200 g のほぼ立方形の供試体を作り，これを空気炉に入れ，105°～110°C で重量に変化がなくなるまで乾燥した後，乾燥器内で冷却し，まず空気中でひょう量，次にこれを 96 時間蒸留水中に浸した後，蒸留水中でひょう量する。次にこれを取り出し，布または吸収紙等でその表面の水分を手早くぬぐい去り再びこれを空気中でひょう量する。



天びん

供試体を水中でひょう量するにはテグス，ナイロン，糸等のような細糸を用いてつり下げる。

粘土を含むものについては，特に供試体の取扱いに注意を要する。

比重および吸水率は次式によって算出する。

$$\text{比重} = \frac{W_0}{W_W - W_S} \quad \cdots\cdots 5.2.1.1.$$

$$\text{見掛け比重} = \frac{W_0}{V} \quad \cdots\cdots 5.2.1.2$$

$$\text{吸水率}(\%) = \frac{W_W - W_0}{W_0} \times 100 \quad \cdots\cdots 5.2.1.3$$

但し W_0 ……乾燥後空気中における重量（g）

W_S …… 96 時間浸水後水中における重量（g）

W_W …… 96 時間浸水後空気中における重量（g）

V---- 見掛け上の体積（成型された試料で計られた）(8)

試験は3個の平均をもって結果とし，比重は小数点以下二位まで，吸水率は小数以下一位まで算出する。

空げきの多い岩石や余り均質でない岩石では重量約200gの供試体では小さすぎ良い値の得られないことがある。その場合はもっと大きい供試体によって試験することが望ましいが比重吸水率は供試体の大きさで異なった数値が得られ易いので，比重吸水率と共に供試体の形状，寸法を明記する必要がある。

(2) JIS A 5003－1963 "石材" の規定による試験方法

(3) 真比重試験方法

岩石または石材の真比重は試料を粉砕し，JIS A 1202に準ずる方法で測定する。

試験方法として吸水させるために水銀柱500mmより弱い真空吸引を行なってもよい。また試験を繰り返すことによって吸水状態をたしかめることが望ましい。

(4) 各測定に対する注意

供試体を水に浸した場合，空げき中の空気は水と交代しにくいこと，空げきの通路にある粘土鉱物が吸水膨張して通路をふさぐことなどによって，水は空げき内に完全にはいりこまない。このため比重吸水率は供試体の表面積によって左右される結果となる。したがって比重，吸水率をはかる場合供試体の大きさが重要な問題になり，(1)では約20gのほぼ立方体に(2)では $10^{cm} \times 10^{cm} \times 20^{cm}$ に規定されている。(1)にのべた比重は成型の完全でない石にも適用できるので便利なため一種の見掛け比重でありながら，単に比重とよんで用いられていた。そして石材として最も小さい値を与える $\frac{W_o}{V}$ を見掛け比重と呼んでいた。見掛け比重はその測定に完全な成型を必要とするが，地上で石材を使用する場合に対する適用性が大きい。(1),(2)の見掛け比重，比重と(3)の真比重はすべて，同じものでないことに注意する必要がある。そしてこれらの比重のうちコンクリート骨材の定義による比重と，$\frac{W_o}{W_w - W_s}$ の比重は石材が水中で用いられる場合の考察に便利な値で，$\frac{W_o}{V}$ の見掛け比重は地上での使用を考慮するのに便利な値である。真比重は空隙率，とくに水と置換し難い空げきを考える時に有効である。

5.2.2 空げき率試験方法

空げき率試験は岩石の成因組織による風化状態を調べそれに対する耐久性，強さ，材料としての良否を判別するために行なう。

解　説

石材または岩石の空げき率と称するのは，石の含む全空げきと見掛けの体積の比である。これを直接測定する簡単な方法はないが普通次式で算定する。

空げき率　$n = \left(1 - \frac{W}{D}\right) 100$ ……5.2.2.1

又は $n = \left(\frac{V - U}{V}\right) 100$ ……5.2.2.2

W …… 見掛けの比重 $\frac{W_0}{V}$ (g/cm^3)

D …… 真の比重

V …… 見掛けの全体積 (cm^3)

U …… 石材実質の体積 (cm^3)

W_0 …… 石材の乾燥後空気中における重量

(2) 実際に空げき率を測定する場合

供試体　供試体はその全容積を測定できるような形の整ったものでなければならない。なるべく吸水率試験と同様の形状寸法のものが望ましい。

試験方法　供試体を粉砕し真比重試験方法により真比重を測定して前記の式により算出する。真比重が求め難い時は吸水率試験と同様の供試体を用いて次式により算出する。

$$n = \frac{W_w - W_0}{V} \times 100 \quad \cdots\cdots 5.2.2.3$$

W_0 …… 110°C乾燥後空気中における重量 (g)

W_w …… 96時間浸水後空気中における重量 (g)

V …… 供試体の全容積（見掛けの全体積）(cm^3)

第2の方法では，96時間浸水後も水で置換されない空げきの残ることが多いので正しい値が得難い。たとえば，ある花こう岩では1年間浸水後もおよそ30%以上の空げきが水で置換されなかったことがある。

5.2.3 圧縮試験

石材の圧縮試験方法はKDSK 5102－1963 "石材の圧縮試験方法" の規定による。なお場合によりJIS A 5003－1963 "石材" 5試験方法の規定によることもある。

解　説

圧縮強度は石材としてばかりでなく，岩石のもつ基本的性質で他の種種の強度の推定にも役立つので，圧縮試験は他の諸試験に比べてひんぱんに行なわれる。新鮮な岩石と風化した岩石の圧縮試験あるいは既応資料との比較によって風化の程度に対しての或程度の推定も可能になる。又岩盤の支持力の推定，材料としての良否の判定などに役立つ。石材の圧縮試験方法はJISでも規定されているが，それはJIBの中で石材を物理的性質によって硬石，準硬石，軟石に分類することが規定されており，その基準として圧縮強度が用いられているからである。そして硬石は500 kg/cm² 以上に定められているためその基準に従えば，500 kg/cm² で破壊しないことを試めればよいので，必ずしもそれ以上の応力による破壊強度を測定する必要がない。この様な理由で，JISの試験では大型の供試体を用いることが規定されている。その方が強度試験としての理想に近いからである。しかしながら圧縮試験は石材を分類するためにだけ実施するものではない。土木用石材について云えば，そのほとんどが硬石である。そして石材としてもまた一般的な岩石としても大抵の場合圧縮破壊強度そのものを知りたいために試験する。岩石の中には2 t/cm² 以上，まれには3 t/cm² 以上の圧縮強度を持つものもあるので，JISの規定では3000もあるいはそれ以上の試験数を実わなければならない。また，圧縮試験は石材として成型して使用する場合ばかりでなく，岩石一般に対し広く行なわれる。JISに定められた供試体を作製するにはその原試料は大きすぎて採取が困難なばかりでなく，不可能なことがしばしば起る。又その様な試料は新鮮な岩石からだけしかとれないために，しよう風化した岩石についての試験ができない場合が少なくない。更に硬岩の供試体を作製するにはダイヤモンドソーを使用するのが速さの点で望ましいが，JIS規定の供試体の作製できるダイヤモンドソーは大型すぎて，取扱いが困難でかつはなはだしく不経済である。この様な点から，硬岩に対しては今まで広く用いられている(1) KDSK 5.2.3.1の試験方法が便利である。しかしながら，空げきやむらの多い圧縮強度の小さい岩石では(1)の小型供試体による試験では測定

値がとんで信頼度が小さくなる。そのためこの様な岩石では(2)の試験の方が都合がよい。

(1) KDSK 5102-1961 "石材の圧縮試験方法"

1. 試　料　試料は試験目的に適合した試料採取方法によって採取したもので、その大きさは5cm×5cm×5cmの供試体を製作し得るものとし、石目が判然としているものに対しては石目に並行および垂直な方向に加圧出来るような供試体を3個以上製作することができる大きさとする。なお一つの試料から3個以上の供試体を作製することがのぞましい。

2. 供試体　採取された試料をダイヤモンドソーまたはガングソーを用い注水しながら切断したのち、研磨板(鉄製)を用い適当な粒度のカーボランダムを水と共に散布しつつ各面を研磨して互に直角な面に仕上げ大きさ5cm×5cm×5cmの立方体3個以上を作成しこれを供試体とする。

岩石の石目が判然としているものについては、石目に垂直、および並行な方向に加圧することができる供試体を各々3個以上作り、試験を行うものとする。

岩石の種類により含水膨張するおそれのあるものや含水により硬度に強度の低下するものでは供試体製作に水を使用出来ない。その場合水の代わりに油類を用いるか、これも使用出来ない場合、全く液体を使用しないなど適当な方法をとらなければならないが、いずれの場合も仕上げ面がでこぼこであってはならない。

供試体の上、下面すなわち試験機の加圧板に接触する面のおうとつは試験結果に大きな影響を与えるから平滑な平行平面になる様に十分留意して仕上げなければならない。

3. 試験方法　作製された供試体は気乾状態での試験に対しては空気炉に入れ105～110°Cの温度で充分乾燥した後、デシケーター内で冷却し、冷却後に試験を行なう。

また飽水状態での試験を行なうには72時間常温清水中に浸した後取り出して表面の水分をふきとって手早く試験を行なう。

供試体はその中軸を試験機の上下加圧端の中心に一致してすえ、試験機と供試体の間には球接面をもつ仮圧装置を用い、試験機の加圧板と供試体の端面とは直接接着させ、その間にクッション材をいれてはならない。

加圧は衝撃を与えないように毎 cm^2 当り毎分 200～300 Kg の速さで加圧するようにする。

圧縮強さは供試体が破壊したときに試験機が示す最大荷重を読みこれを供試体の断面積で除した値とし，つぎの式によって算出する。供試体は石目に並行，垂直に加圧したおのおのの場合について3個以上の平均値をもって表わし三数位まで算出する。

$$\text{圧縮強さ} = \frac{P}{A} \quad (Kg/cm^2) \cdots 5.2.3.1$$

P …… 供試体の破壊した時の圧力 (Kg)

A …… 供試体の断面積 (cm^2) 断面積を算出する場合各辺の寸法は 0.1 mm まで正確に測る。

4. 試験結果　試験結果は次の事項について取りまとめる。

1) 供試体番号，2) 石目に並行または垂直の別，3) 供試体縦横高さの寸法 (cm)　4) 破壊荷重　5) 圧縮強さ，6) 供試体の破壊状況　7) 試験時の供試体の状態 (乾燥，浸水の別)　8) その他の必要事項

(2) JIS A 5003－1963 "石材" の規定による試験方法

5.2.4 曲げ試験

曲げ試験は石材の曲げ強度を測定するために行なう。

解　説

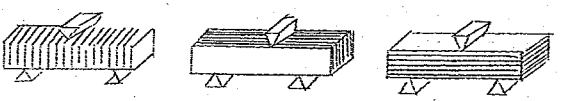
石材は一般に圧縮に強いけれども曲げに弱いために，曲げを強く受ける様な場所に使われることが少ない。それゆえ曲げに対する性質は石材にとって余り重要でない。しかしはりに使われた石材が突然折れて被害を及ぼしたりすることもあるので，場合に応じて曲げ試験を行なっておく必要がある。

1. 試験機　本試験に用いる装置は圧縮試験機と支持用および荷重用アタッチメントである。圧縮試験機は1～200 Kg の範囲内で誤差1%以内の精度を有するものとし，支持用，荷重用アタッチメントは JIS R 5201－1961 "セメントの物理試験方法" の 3.6.2 曲げ強さ試験機に準ずる。

2. 試　料 (供試体)　圧縮試験の場合と同じように，ダイヤモンドソーまたはガングソーおよび研磨板を用いて，試料より幅 5 cm 厚さ 5

cm長さ30cmの角柱形供試体3個を作製する。上下面は圧縮試験と同様特に平滑平行になる様注意しなければならない。石目の判然としている石材または岩石については、石目に垂直、および並行な方向に加圧することができるような供試体を作り、また面構造を有する組織の時、および線構造を有するものについては、図5.2.4.1のように各方向に加圧出来るように各々3個以上の供試体を作製し、各々に就いて試験を行なうものとする。

面構造を有する供試体



線構造を有する供試体

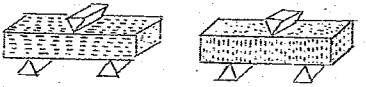


図. 5.2.4.1

3. 試験方法　乾燥試料としては105°～110°Cの温度で十分乾燥したものを常温まで冷却して用い、湿潤試料としては常温水中で72時間浸水したものをふきとって試験する。

供試体は支持用エッジ上にスパン25cmを置き、支持用エッジの反対側両エッジの中央にこれらと平行な荷重用エッジを置いてこれを50kg/分以下で圧力を増加しながら加圧する。供試体の破折した時の圧力を読む曲げ強度は次式により算出する。

$$\text{曲げ強度} = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (kg/cm^2) \cdots\cdots\cdots 5.2.4.1$$

P ---- 供試体の破折した時の圧力 (kg/cm^2)

L ---- スパン (cm)

b ---- 供試体の幅 (cm)

d ---- 供試体の厚さ (cm)

試料の曲げ強度は各供試体の強度の平均をもって表わし三数位まで算出するものとする。供試体の幅、厚さは0.1mmまで正確に読みとる。

4．記載事項　試験結果には次の事項を記載する。

1）試料番号　2）石目と並行または垂直の別．3）供試体寸法（表とする）4）破壊荷重　5）曲げ強度　6）供試体の破壊状況　7）乾燥，湿潤の別　8）その他必要事項

5.2.5 せん断試験

曲げ試験は石材のせん断強度を測定するために　直接せん断試験および三軸圧縮試験によるせん断試験の規定によるものとする。

解　説

かたい岩石ではせん断強度は比較的大きい上，石材として利用される場合にせん断強度を要求されることが少ないので石材のせん断試験は，あまり行なわれていない．しかし新たにおこりつつある岩石工学の見地から岩石のせん断強度を知る必要のおこることもあるので，ここに1，2の方法を述べる。なお，せん断試験の他，現場の大型試験が近年行なわれつつある。

岩石はコンクリート，土などに比べ，吸水率，組織，方向性，強度の点などではなはだ多様である。又供試体の成型も，コンクリート，土などに比べてむずかしい点などを考慮すれば，従来コンクリート，土などで行なっている種々の試験方法を準用するとしても，そのまま使用することは困難である。したがって現段階では岩石または石材のせん断試験方法としては，暫定的に次の二つの試験方法が適当ではないかと考えられる。

(1) 直接せん断試験：

この試験は硬石，準硬石の場合に適当である。

試料よりダイヤモンドカッター，研磨板を用いて角柱供試体を作成し，図5.2.5.1のように鉄板上に密着させて横にして置き，曲げによる破壊を防ぐため，供試体の両端が浮かないように上部鉄板と下部鉄板とをしめつける。上部中央の加圧板で加圧しせん断破壊をおこさせる。

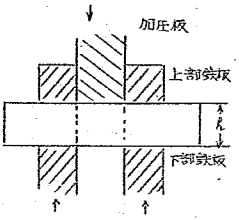


図5.2.5.1

直接せん断強度 τ_s は次式によって算出する。

$$\tau_s = \frac{P}{A}$$

ここに　P＝供試体の破壊した時の圧力（kg）

A＝せん断面の面積（cm^2）

この試験には試料の方向性を考慮しなければならない。（曲げ試験の項参照）

直接せん断試験の場合　供試体を上，下部鉄板で強くしめつけておかないと大きな曲げ応力が生じ，上，下部鉄板で強くしめつければ圧縮応力が加わる。また供試体の高さℓの大きい場合には下部鉄板と加圧板との間の圧縮面に大きな斜圧縮応力が生じることが考えられるので，このように直接せん断試験では複雑な応力が加わるために真のせん断強度を求めることは困難で真のせん断強度より大きい値が得られる。

(2) 三軸圧縮試験によるせん断強度

岩石または石材の内数石のせん断は土のせん断に似ている。この試験方法には特に数石類が適している。しかしながら多孔性の岩石については実施困難である。試験方法は土の三軸圧縮試験に準じ，側圧の異なるいくつかの試験からモールの包絡線を描きせん断抵抗を算出する。

また，圧縮試験の際圧縮強度と破壊面の形からせん断強度を算出できることがある。

5.2.6　ヤング係数試験

・ヤング係数試験は岩石の弾．動，ヤング係数を求めるために行なう。

緒　言

ヤング係数（Es）は，圧縮試験用供試体を用い，静荷重によってその応力とひずみとからフックの法則によって計算する。岩石は完全な弾性体ではないから，加圧減圧のノサイクル毎に残留ひずみを生じ，またその応力 — ひずみ曲線はヒステレシスループを描く。残留ひずみやヒステレシスの大きさ従って応力 — ひずみ曲線そのものは岩石の種類，組織，状態，試験履歴，応力度などによって左右される。したがって静荷重のもとで岩石について厳密な意味でのヤング係数を求めることはで

きないが，一般に2～3サイクルから数サイクル位の加減圧をくり返すと比較的弾性体に近い変形を示すようになる．この時の加圧時の応力－ひずみ曲線からヤング係数を算出する。

試験最大荷重は，破壊強度の $\frac{1}{3}$ 程度以下になるような値をとり，加減圧速度は毎秒2～3 kg/cm² 程度にするのがよい。

動ヤング係数（Ed）の測定は圧縮試験用供試体を用い，超音波の伝ぱ速度を測定して動ヤング係数を求める。岩石は完全弾性体ではないが短時間に加わるかさい応力に対しては弾性体として取扱うことができる。

弾性理論によれば弾性体内を伝ぱする波動の速度とヤング係数との間には次式のような関係がある。

$$Ed = Vp^2 \cdot \rho \cdot \frac{(1+\sigma)(1-2\sigma)}{1-\sigma} \cdot \frac{1}{g} \quad \cdots \quad 5.2.6.1$$

$$Ed = Vs^2 \cdot \rho \cdot 2(1+\sigma) \quad \cdots \quad 5.2.6.2$$

但し Vp ：縦波速度　Vs ：横波速度　ρ ：媒質の密度　σ ：媒質のポアソン比　g ：重力加速度，縦波と横波両方の速度が測定できればbは(1)(2)式から求まり，Edは ρ 及び Vp 或いは Vs の値から決定できるが，超音波によってねじれの波を起し，Vsの速度を求めることは困難であって通常はVpだけが測定される。したがってbを求めることはできないが，岩石のポアソン比は固結度の低い軟岩を除いてはおおよそ0.15～0.30程度であるから，慣習に仮定した値（0.2～0.25程度）を用いておいても実用的に大きな支障はない。

超音波の周波数は20KC～数100KC程度のものを使用する。動ヤング係数の測定には，共振を利用する方法もあるが，供試体の形状に制限があり，測定技術の点でも超音波によるものよりも煩雑である。

静荷重，動荷重いずれの方法でも，石目の判然としているものに対しては圧縮試験の場合と同様に石目に並行，垂直方向に測定する。

また動ヤング係数の測定の場合，比較的空げき率の大きい岩石では含水量の多少によって測定結果にかなりの差異があらわれることがある。それゆえ試験の目的に応じて乾燥，湿潤，自然乾湿状態のいずれかまたは2，3の状態について試験をおこなう。

また岩石は多くの場合，葉理，流理，片理などの方向性をもっているのでヤング係数にも方向性があらわれる。圧縮試験，曲げ試験のように色々の方向について測定する必要がある。

現場試験としては最近下記の方法が行なわれている。

1. 静ヤング係数

横坑内で上下又は左右の方向の加圧面を手仕上げで成型し、更にモルタルで平行平面に仕上げる。100 t～200 t オイルジャッキ1～2台により、ダイヤフラムを中介にして直径30～70 cm 円型加圧板に力を伝え加圧板でモルタル面を圧す。応力は順次高くなる2～3段の段階に分けて加え、各段階で2～3回繰り返す。加圧板の面の変移量を測定し、その応力 — ひずみ曲線からヤング係数を求める。

2. 動ヤング係数

1つ又はいくつかの横坑内のいくつかの点で、ハンマーの打撃又は少量の火薬を用いて振動をおこし、1つの横坑の別の点又は他の横坑のいくつかの点へその振動が伝わる時間を測定する。振動は縦波を利用する。測定には計数管を用いる走時計測装置やメモリスコープなどが用いられる。密度、ポアソン比を仮定して(1)式から動ヤング係数を計算する。

5.2.7 すりへり試験

すりへり試験方法はJIS A 5001－1961 "道路用砕石" 4.3 すりへり試験方法を準用する。

緒　言

すりへり試験は衝撃による石材の破壊、摩損に対する抵抗を比較する為に行なう。JIS A 5001中のすりへり試験方法は道路用砕石の品質を規定するための試験方法であるが、この試験方法中、4.3原石の試験方法、4.3.3.(2)以降については次にのべるように1部変更することによって一般の石材試験に準用する。

4.3.3 砕石のすりへり試験　JIS A 5001－1961 "道路砕石"

(1) 試料の量　試料は　立方体に近い　ほぼ等しい大きさの粒 50 個を選び、その全重量は乾燥後 5000±10 とする。

(2) 試　験　試料をドバル試験機に入れ、試験機を毎分 30～33 回の回転速度で 1000 回、回転させる。試料を試験機から取り出し、標準ふるい 1.7 でふるい、ふるいに残った試料を水で洗い、定重量となるまで乾燥し、1 までその重量を測る。

(3) 結果の計算　試験結果は次の式で計算する。

$$\text{すりへり減量 \%} = \frac{\text{すりへり損失重量}}{\text{試験前の試料の重量}} \times 100$$

ここに　すりへり損失重量＝（試験前の試料の重量）
－（試験後標準篩フルイ 1.7 に残った試料の重量）

5.2.8 ドリーすりへり摩耗試験

ドリーすりへり摩耗試験は石材または岩石のすりへりに対する抵抗力を比較するために行うもので試験方法は KDSK 5103-1961 "ドリーすりへり摩耗試験" の規定によるものとする。

解　説
（KDSK 5103－1961 "ドリーすりへり摩耗試験"）

1．試験用機械

ダイヤモンドドリル　試料より径 2.5 cm 長さ 10 cm の表面の平滑な供試体を切りぬくことのできるもの

ドリーすりへり試験機　試験機は図 5.2.8.1 に示すような構造を有し，円板（A）は鋳鋼製で垂直軸のまわりに毎分約 28 回の率とで回転できる装置を有し，リング（G）は円板の中心より 26 cm の距離に取りつかみ金物（F）は真ちゅう製で重量 1250 g．その中軸に沿い供試体（E）を保持する孔を有する。ロート（H）はリングに接して円板の回転と逆方向の位置にあり，その底部の直径約 0.6 cm の開閉自由な孔から絶えず石英砂を散布することができる。

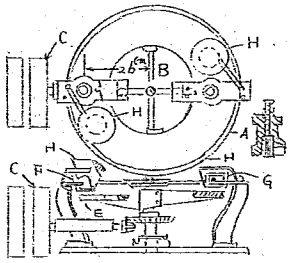


図 5.2.8.1
ドリー硬度試験機

2．供試体　試料をつかみ金物など適当な方法によりダイヤモンドドリルの台上に据えつけ，注水管からコーアチューブを経てダイヤモンド刃先に注水しつつ削孔し直径 2.5 cm，長さ 10 cm あまりの円柱形コーアを切り抜き，その両端をダイヤモンドのこで切断，各面を研摩板で軸に直角な平面に仕上げ，（長さを約 10 cm にする）石粉その他の付着物を洗い去り，空気炉に入れ 105～110°C の温度で完

全に乾燥したのち，乾燥器中で冷却したものを供試体とする。石目の判然としているものについては，石目に垂直および並行な供試体を切り抜き各供試体について試験を行なう。

3．試験方法　2個の供試体をそれぞれつかみ金物に取り付けその下端を金物より3cm 位突き出し，これをリング内にそう入して，供試体の下面を円板に密し　ロト　より石英砂（0.6mm ふるい通過 0.3mm ふるい止り）を散布しながら円板を回転し，30～50 回転したのち供試体を取り出し，はけをもって付着物を除去したあとその長さおよび重量を測り，再びこれを取り付け，円板を1,000 回転したのち，その付着物を除去してひょう量する。

すりへり量は mm で表し，重量の減少率から換算し小数点以下二位まで算出する。

硬度は次式により算出する。

$$\text{硬度} = 20 - \frac{W_1 - W_2}{3} \quad \cdots\cdots \quad 5.2.8.1$$

W_1 ……第一回のひょう量した重量（g）

W_2 ……第二回のひょう量した重量（g）

硬度は小数点以下1位まで算出するものとする。

更に一度試験を行なった供試体を上下逆倒して前記と同じ試験を行い，すりへり量および硬度を算出し，試料のすりへり量および硬度は両試験の結果の平均をもって表わすものとする。

4．注　意　耐摩耗試験に用いる石英砂は 0.6mm ふるい通過 0.3mm ふるい止めのものを標準とするが，このような砂を得ることは実際上まだ困難な場合があるので，0.6mm ふるいに残留する分2%以下，0.3mm ふるい通過する分10%以下の範囲にある石英砂を使用しても差し支えないものとする。一回の試験に使用する石英砂の量は約2kgとする。

5.2.9　じん性試験

じん性試験は石材の衝撃による破壊に対する抵抗力を比較するために行なう。試験方法は KDSK 5104－1961 "石材のじん性試験" の規定によるものとする。

解　説

石材のじん性試験方法　KDSK 5104－1961 "石材のじん性試験"

1．試験用機械

ページ衝撃試験機　ページ衝撃試験機は図5.2.9.1に示すようなもので，鉄床は重量50kg以上，プランジャー（P）は鋼製で重量1kgを有し，その下端は半径1cmの球面をなす。かなづち（H）は重量2kgを有し2本の鉛直な導かんに沿って，1～90cmの高さからプランジャー状に落下することができるものとする。

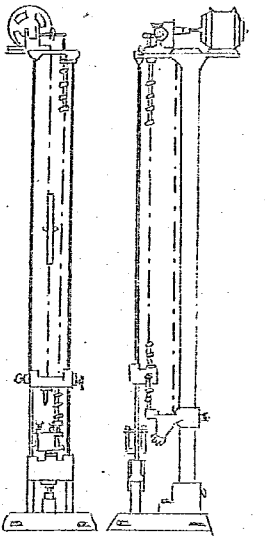


図5.2.9.1
ページ衝撃試験機

2．供試体　試料を前条にのべたダイヤモンドドリルによって切り抜き上下面を軸に直角な平行平滑な平面に仕上げた直径2.5cm 高さ2.5cmの円筒形供試体を使用する。これをよく水洗し乾燥して冷却した後試験を行なう。

石目の判然としているものは石目に垂直，並行の供試体を各3個以上作製し試験を行ない，各々3個以上の供試体の平均値をもって表わすものとする。

3．試験方法　供試体はその軸がプランジャーの軸と一致するように衝撃試験機の鉄床上に載せ，かなづちを最初1cmの高さから落下せしめ逐次その高さを1cmづつ増加して落下せしめ，供試体の破砕したとき，その落下の高さを表わすcm数をもって供試体のじん性をあらわすものとする。

5.2.10 凍結融解試験

凍結融解試験はコンクリートの凍結融解試験方法を準用する。
凍結融解試験は石材の凍結融解のくり返しに対する耐久性を比較

するために行なう。

解　説

岩石または石材の凍結融解試験は従来非常にまれにしか行なわれなかった。しかし，寒冷地に吸水量の多い石材を用いる時凍結融解のくり返しによる石材の破壊がおこってこれを利用した各種工事に影響を与える，特にロックフィルダムは寒冷地につくることが多いので試験の必要にせまられることがある。まだ岩石，石材に対しての試験方法が確立されていないので，コンクリートにおける凍結融解試験方法を準用する。

但し供試体は圧縮試験と同じ大きさのものを用いる。

5.2.11　注水乾燥試験

各種岩石の注水 — 赤外線照射の繰り返しにより，注水，乾燥の回数と破壊状態とを比較する。

解　説

岩石はそれぞれが生成された時の条件で安定したもので，現在の地表での条件では準安定というべきであって，長年月には風化によって性質が変化する。温度変化による組成鉱物の膨張収縮，雨げき水の凍結融解，雨水，ガスによる化学作用などが風化の原因にあげられる。

鉱物によってこれらの作用の受け方が違うので，岩石の風化に対する耐久性はさまざまである。モンモリロナイトなどの膨潤性の強い粘度鉱物を多量に含む岩石は，水と接触すると数分で崩壊するものがある。

また，このような現象は水質によって非常な差異がある。

鉱物のある種のものはじゃ湿乾燥のくり返しによって早く分解し，またある種のものは大きい膨潤圧を生じて破壊するに到る。この様な鉱物を多量に含む岩石は大気中で安定度が低いのみでなく，コンクリート骨材としても使用にたえない。

じゃ湿乾燥のくり返しはそれに使用する水に炭酸ガスや塩類を加えることによって分解を促進し，乾燥温度をあげ注水を急激に行なうことによって疲労をはやめて強度の低下を促進する。

この注水乾燥試験は，風化や膨潤を自然環境中よりも加速させて，風化の進行状況や膨潤の影響を観察するのが目的であって，本来定性試験である。

試験方法　風化試験に使用する供試体は 3cm×3cm×2cm とする。吸水させる時間は３０分とし．供試体を浸水して吸水させる。排水と同時に赤外線（900W．供試体表面温度を約５０～６０°Cとする）さえ時間照射する。この操作をくり返して行なう。

適当な回数（５回）ごとに重量を計り．試料の表面の状態を観察または写真に撮影し．さらに重量減と回数とを求める。吸水膨張する供試体については崩壊の状態と回数を写真．写図などによって記録する。

試験の目的に応じて注水を噴霧状にして行ないまた蔵．アルカリなどの薬液を用いるものとする。

第 6 章

そ の 他 材 料

6、1 コンクリート舗装用目地材料

6、2 木　　材

6、1　コンクリート舗装用目地材料

6.1 コンクリート舗装用目地材料

目　次

6.1.1 概　説 …… 1

6.1.2 判定基準 …… 2

6.1.3 試料採取方法 …… 5

6.1.4 注入目地材の試験方法 …… 6

6.1.5 目地板の試験方法 …… 17

6.1 コンクリート舗装用目地材料

概説

(a) 目地の特質

目地は、コンクリート舗装の最大の弱点であるから、十分良い材料を選び、丁寧に施工しなければならない。したがつて目地材料を購入する場合には必ず試験して良否を確かめてから購入を決定すべきである。

コンクリート舗装に現在用いられている目地は膨脹目地、めくら目地、および突き合わせ目地に大別されるが、目地材料もそれに応じて別々のものが用いられる。

膨脹目地に使用する材料は最も多くのきびしい条件を要求されているが、これらの要求をすべて満足するような材料は得られていない。それで主として目地の水密性を確保するのを目的とする注入目地材を上部に、これを支える目地板を下部に併用するのが普通である。

(b) 注入目地材の試験

注入目地材は購入に際して必ず試験をするだけでなく、現在市販されている注入目地材の製品は常に同じ品質であるとは限らないから管理試験を行なうことが望ましい。

加熱施工式注入目地材の試験は、次の各項目について行なうものとする。

注入温度試験、分離試験、流動試験、針入度試験、引張試験。

注入目地材はまず目地を水密に保つのが最も大事であるから、寒冷な時期にコンクリート版が収縮して目地が開いても、コンクリートからはがれず、自身にひびわれなどはいらないものでなければならない（引張試験）。

また注入目地材は温暖な時期に流れ出たり、砂石がめりこみやすくなつてはならない（流動試験と針入度試験）。

さらに注入目地材は容易に施工できるものでなければならない。すなわち注入するための加熱温度が高すぎず、加熱した時に分離しないものでなければならない（注入温度試験と分離試験）。

注入目地材には、この他常温施工式のものがあり、これはさらに乳剤型カットバック型に分れるが、信頼に足るものはまだないようである。しかし常温施工式のものを用いたい時は加熱施工式のものに準じて試験すればよい。ただし施工に関する試験法は適宜修正する必要である。

(c) 目地板の試験

目地板は注入目地材と併用することを前提としている。したがつて注入

目地材を注入した時に流散したりするものであってはならない。目地板の試験は次の各項目について行なうものとする。

吸水試験、圧縮および復元試験、はみ出し試験、曲げ試験

目地板は湿潤な時期にコンクリート版が膨張する時抵抗が少なく、かつはみ出さないものでなくてはならない（圧縮試験とはみ出し試験）。

また目地板は寒冷な時期にコンクリート版が収縮し、目地が開いた時、元の厚さにもどらなければならない（復元試験）。

さらに目地板は施工しやすいものでなければならない。すなわちコンクリートを打込む時に縮んだり（圧縮試験）、曲ったり、ねじれたりしてはならない（曲げ試験）。

なおこれらの試験成績は目地板の含水状態によって相違するから吸水試験を行なって吸水量の大きい目地板については、乾湿両状態を用意して各種試験を実施しなければならない。

(d) めくら目地および突き合わせ目地

めくら目地および突き合わせ目地には注入目地材だけが用いられる。注入目地材の試験は上記膨脹目地の場合と全く同じに行えば良い。しかしめくら目地や突き合わせ目地の伸縮は膨脹目地より小さいから試験成績はいくぶん低い基準で判定しても良い。

6.4.1 判定基準

判定基準には次のものがある。

	規格		判定基準		
			I級	II級	III級
注入目地材	KDSK 6101 -1961	注入温度試験	（注入温度）180℃未満	180℃以上240℃未満	240℃以上
	KDSK 6102 -1961	分離試験	（上下の灰分の差）3%未満	3%以上 6%未満	6%以上
	KDSK 6103 -1961	流動試験	（流れ）5mm未満	5mm以上15mm未満	15mm以上
	KDSK 6104 -1961	針入度試験	（針入度）30未満	30以上 90未満	90以上
	KDSK 6105 -1961	引張試験	（引張り量）3mm以上	1mm以上3mm未満	1mm未満
目地板	KDSK 6106 -1961	吸水試験	-	-	-
	KDSK 6107 -1961	圧縮および復元試験	（圧縮時の圧縮力）5kg/cm²以上 90kg/cm²未満	90kg/cm²以上	5kg/cm²未満

	規格		判定基準		
			Ⅰ級	Ⅱ級	Ⅲ級
目地板	KOSK 6107 -1961	圧縮および復元試験	(復元率) 90% 以上	65% 以上 90% 未満	65% 未満
	KOSK 6108 -1961	はみ出し試験	(支圧繰返時のはみ出し量) 3mm 以下 (たわみ 10mm における中央荷重)	3mm 以上 10mm 未満	10mm 以上
	KOSK 6109 -1961	曲げ試験	15kg 以上	3kg 以上 15kg 未満	3kg 以上

解説

(1) KOSK 6101 - 1961 "注入硬度試験"

一般に注入硬度はⅠ級に合格することが望ましい。しかしⅡ級であってもその注入硬度に1時間以上保ってからつくった他の試験のための供試体の成績が良ければ安んじて使うことができる。しかしⅢ級のものは一般に用いない方が良いであろう。

土木研究所が昭和33年度に実施した試験結果によれば、注入硬度Ⅰ級のものは22%、Ⅱ級のものは71%、Ⅲ級のものは7%くらいあった。

なお、本項で求めた注入硬度は人力施工の場合の硬度であることに注意しなければならない。機械で注入する場合はもっと固くても、つまりもっと低い硬度でも注入できることが多いから、施工に際してこれを考慮してよい。また脚脈目地に使う場合とめくら目地に使う場合を区別し、幅のせまいめくら目地に対する注入硬度を高くとることも時には必要である。

(2) KOSK 6102 - 1961 "分離試験"

一般に分離はⅠ級であることが望ましいが、Ⅱ級のものは加熱の際適当にかきまぜてやる注意が必要である。Ⅲ級のものは一般に用いない方が良いであろう。

土木研究所が昭和33年に実施した試験結果によれば、分離がⅠ級のものは85%、Ⅱ級のものは5%、Ⅲ級のものは10%くらいあった。

(3) KOSK 6103 - 1961 "流動試験"

一般に流れはⅠ級であることが望ましい。Ⅱ級のものは他のいずれかの試験成績が優れていて、特に使いたい場合以外は用いない方が良い。Ⅲ級のものは用いてはならない。

土木研究所が昭和33年度に実施した試験結果によれば流れがⅠ級のものは60%、Ⅱ級のものは20%、Ⅲ級のものは20%くらいあった。

(4) KDSK 6104 - 1961 "針入度試験"

針入度はI級であることが望ましいが、一般にII級で我慢しなければならないことが多い。それは針入度がI級の注入目地材は、引張試験成績がほとんど例外なく悪いので引張り量(水密性に関係する)を重視して針入度を二次的に考えざるを得ないことが少なくないからである。しかしIII級のものはなるべく用いない方がよいであろう。

土木研究所が昭和33年度に実施した試験結果によれば、針入度がI級のものは50%、II級のものは40%、III級のものは10%くらいあった。

(5) KDSK 6105 - 1961 "引張試験"

引張り量はできるだけI級に合格することが望ましい。一般に引張り量がII級またはIII級のものは、たとえば針入度I級のものを得ようというような特別な目的をもつ場合以外は用いない方がよい。

なお、同じ注入目地材でめくら目地および突き合わせ目地に用いられるものは、目地の伸縮が小さいことを考慮してII級のものを使ってよい。しかしめくら目地などに対してもI級のものを使えばなお良いことはいうまでもない。

土木研究所が昭和33年度に実施した試験結果によれば引張り量がI級のものは45%、II級のものは3%、III級のものは52%くらいあった。

(6) KDSK 6106 - 1961 "吸水試験"

すでにのべたように吸水率が50%以上の試料は乾湿両伏試体を用意して他の試験に供すべきである。しかし吸水率自体には大した意味がないので、I. II. III級のような判定基準は設けていない。

ただコンクリートを打ち込んだときにコンクリート中の水分を吸収してコンクリートの品質を劣化させるおそれがあるかどうかを判定したい場合には、吸水率でなく、吸水量が参考になろう。この場合でも目地板の厚さが何程かをメモしておかなければならない。

(7) KDSK 6107 - 1961 "圧縮および復元試験"

圧縮力がI級の目地板は容易に入手できるから、一般にI級のものを用いるべきである。II級およびIII級のものは特別な目的の場合以外は用いない方が良いであろう。

復元率はI級であることが望ましい。他の試験成績を考慮して復元率II級のものを用いる場合には予だけ圧縮されるとして目地幅を設計する方が無難である。III級のものは使わない方が良い。

土木研究所が昭和33年度に実施した試験結果によれば、復元率がI級

のものは22%、II級のものは25%、III級のものは53%くらいあった。

(8) KDSK 6108 - 1961 "はみ出し試験"

はみ出しの少ないことは、目地板にとって最も重要なことであるから、原則としてI級のものを用いなければならない。II級のものは使わない方が良い。III級のものは使用を厳禁しなければならない。

土木研究所が昭和33年度に実施した試験結果によれば、はみ出し量がI級のものは25%、II級のものは35%、III級のものは40%くらいあった。

(9) KDSK 6109 - 1961 "曲げ試験"

曲げ抵抗はできるだけI級またはII級に合格することが望ましい。III級のものは施工に際して特別な方法をとらなければならない。ここでこの試験の施工の容易さだけを取扱っているため厚さを問題としていないことに注意されたい。したがって同一の材料でも厚さによって別の成績を示すことになる。

土木研究所が昭和33年度に実施した試験結果によれば曲げ抵抗はI級のものは25%、II級のものは50%、III級のものは25%くらいあった。

6.1.2 試料採取

注入目地および目地板は購入および品質管理の目的にとった試験を行なえるよう試料を採取する。

(1) 注入目地材

試料は購入の適否を決定するためには事前に約2kg、品質管理を行なうためには加熱中のケットルから、または、施工後の目地から舗装400mごとに約1kg採取して試験する。

しかし、場合によっては400mごとに1kgの割合を少しゆるめるか、あるいは1部の試験だけを実施してもよい。もし一部の試験だけで管理するとすれば、注入温度試験と流動試験のニつが最も適している。

表6.1.2.1 注入目地材の試験に必要な試料の大体の量

注入温度試験	700~800g
分離試験	300g
流動試験	20×3=60g
針入度試験	60×3=180g
引張試験	200×2=400g

(2) 目地板

目地板は購入の適否を判断するためには、まず 10 cm × 10 cm の供試体を3個用意し、吸水試験を行なう。その結果吸水量が50%以上であることがわかった試料に対しては他の試験のための供試体を気乾のものと24時間以上水浸したものの両方を準備する。(以下簡単のため気乾供試体について説明する。)次に圧縮および復元試験の供試体として(100±0.5mm)×(100±0.5mm)の大きさのものを3個切りとる。はみ出し試験に対しても全く同じ大きさの供試体を3個切りとる。さらに曲げ試験の供試体として(100±0.5mm)×(400±0.5mm)の大きさのものを3個切りとる。

品質管理試験のためには目地板500mごとにはみ出し試験を1回行なうものとする。

目地板の試験成績は温度に影響されやすいから、できれば21±2℃の部屋で試験するようにしたい。少なくとも20℃以上の部屋で試験すべきである。

なお供試体の作成は一般に のこぎり できるが、圧青系のものはナイフに石けん水をつけて切るとよい。

6.1.3 注入目地材の試験方法

6.1.3.1 注入目地材の注入温度試験

> 注入温度試験は、KDSK 6101-1961 "注入温度試験" の規定によるものとする。

解説

(a) この試験は注入目地材の施工に際してこれを何度まで加熱する必要があるかを求めると同時に、注入温度が高いために品質の劣化をまねきやすい材料であるかないかを試験するものである。

注入温度試験法 KDSK 6101-1961

(1) 試験器具

容量3~10lのオイルバス、次の試料容器を固定する装置をつけるものとする。

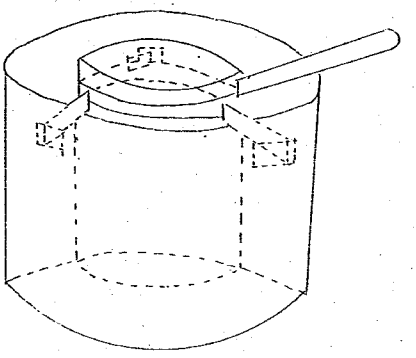


図 6.1.3.1 オイルバス

2. 容量が約1ℓで柄をつけた試料容器（これは2個用意すると実験の段取り上都合がよい。）
3. 容量が約2 KWのヒーターまたはガスヒーター。
4. 温度計、300℃程度まで測定可能なもの。

(2) 補助材

1. 油（やすい植物油でよい）
2. ナイフ（ほうちょうが最も使いやすい。以下同様）
3. 洗剤（清掃用、テロシンなど）
4. ウエス

(3) 試験法

700～800gの清浄な試料を選び、その中からまず200gとってオイルバス中の試料容器に入れて、かくはんしながら注入温度までに加熱する（業者の公称注入温度が参考になる）オイルバスの温度は280℃をこえてはならない。仮試体容器中の試料が軟化するのをまって残りの試料を約50gずつ加えてゆく。全試料が軟化し、他の試験のための仮試体をつくる際に、容易にかつ均一に注入される最低温度を5℃きざみで求めて注入温度として報告する。なお、とかした試料のやわらかさを、かきまぜ棒からたれ下る様子によってあらかじめ大体の見当をつけておくとよい。

注入温度が180℃以上の場合にはかくはんを続けながら1時間以上その温度に保ったのち、他の仮試体の作製に供するものとする。

(4) 報　告

1. 試料名
2. 試験年月日
3. オイルバスの温度 (℃)
4. 注入温度 (℃)
5. 注入温度に保った時間

(b) 注入目地材の注入温度試験としては、この他軟化点と針入度係数より計算で求める方法、穴のあいた円すいからの流出時間できめる方法がある。土木研究所の研究によれば流出時間できめる方法が最も正確である。しかし注入温度はそれ程正確には求められないし、またあまり正確に求める必要もない。したがって、注入温度試験を終った試料から他の試験の供試体をつくれる利点を考えて前記の方法を規定したのである。

6.1.3.2 注入目地材の分離試験

> 分離試験は、KDSK 6102-1961 "分離試験"の規定によるものとする。

解　説

(a) 分離試験は注入目地材の施工に際して長時間加熱することによって材料の分離を起こすかどうかを判定するものである。

加熱した時に分離しやすい注入目地材は、石粉、砂類を含む注入目地材だけである。したがって石粉、砂類を含まないことがはっきりしている注入目地材に対してはこの試験を省略して差支えない。

分離試験方法　KDSK 6102-1961

(1) 試験器具

1. 鉱物粉沈降試験装置

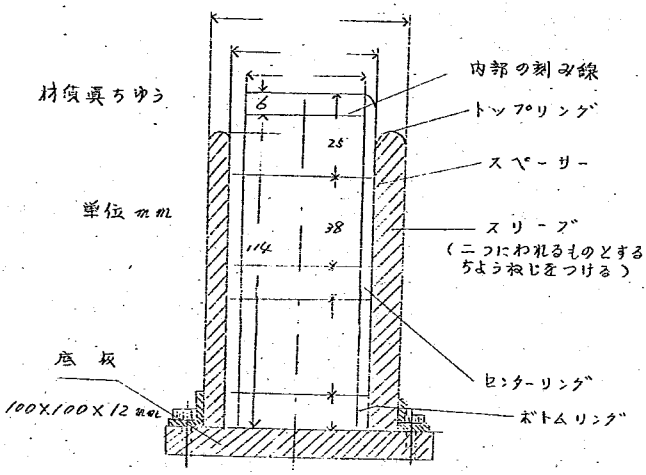


図 6.1.3.2.1 BS式鉱物粉沈降試験装置

2. 100～280℃の範囲で、±2℃の精度で一定温度に保てる恒温箱

3. 10 cm 以上の刃をもつ専手ナイフ

4. 20～30 c.c. のるつぼ 9個以上

5. 5 mg 以上の感度をもつ天びん

6. 電気炉、800℃ 以上になるもの、またはこれに代わるブンゼンバーナー

(2) 補助材

1. 溶剤(ケロシンなど)

2. ワセス

(3) 試験法

恒温箱を試料の注入温度より±0℃だけ高い温度(試験温度)に保ち、鉱物粉沈降試験装置を試験開始前30分以上入れておく。この装置の中の刻み線まで試料を注入して再び恒温箱に入れ、さらに2時間試験温度に保つ。2時間後装置を恒温箱から取り出して室温まで冷却させ、外の真ちゅう円筒を外して試料を含む五つの円筒を薄いナイフで互に分離する。

トップリング、センターリング、ボトムリングから各々3個ずつ合計

3個の灰分決定試料をとる。

灰分決定試験は次のようにして行なう。

しやく熱して冷却後の重さ W_0 を測ったるつぼに約3gの試料を入れて全重量 W_1 を測り、ついで重量一定になるまで試料を電気炉の中でしやく熱し、空気中で冷却した後の全重量 W_2 を測る。各試料の灰分量を

$$\frac{W_2 - W_0}{W_1 - W_0} \times 100 \ (\%)$$

で0.1%まで計算する。

(4) 報　告

1. 試料名
2. 試験年月日
3. 注入温度 (℃)
4. 試験温度 (℃)
5. トップリングからとった3個の試料の灰分の各試験値との平均値(%)
6. センターリングからとった3個の試料についての同様な値
7. ボトムリングからとった3個の試料についての同様な値
8. ボトムリングからとった3個の試料の灰分の平均値とトップリングのそれとの差

(b) 分離試験については、この他四塩化炭素可溶分の差で表わす方法があるが、長時間を要するのに精度が高くない欠点をもっている。上記試験法は適当な電気炉さえあれば手早く、ばらつきが少ない。しかしブンゼンバーナーによる場合は試験値のばらつきがいくぶん大きくなる。

例

トップリングの灰分量 $= \frac{12.674 - 12.5}{15.5 - 12.5} \times 100 = 5.8\%$

センターリングの灰分量 $\frac{12.192 - 12.0}{15.0 - 12.0} \times 100 = 6.4\%$

ボトムリングの灰分量 $\frac{14.195 - 14.0}{17.0 - 14.0} \times 100 = 6.5\%$

トップリングとボトムリングの差 $= 6.5 - 5.8 = 0.7\%$

6.1.3.3 注入目地材の流動試験

流動試験は KOSK 6103 - 1961 "流動試験" の規定によるものとする。

解　説

(a) 流動試験は高温時に注入目地材が流れやすいかどうかを試験するものである。

流動試験方法　JIS K 6103 - 1961

(1) 試験器具　（図 6.1.3.1 参照）

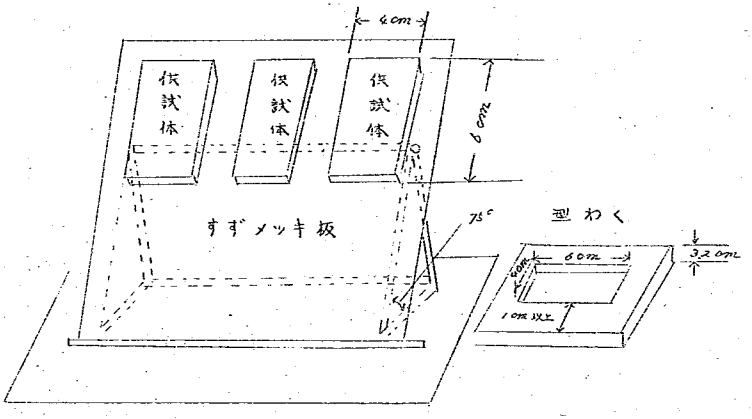


図 6.1.3.1　流動試験器具

1. 縦 12 cm、横 20 cm、厚さ 3 mm 以上のすずメッキした板 1 枚
2. 厚さ 3.2 ± 0.1 mm、内径（40 ± 0.2 mm）×（60 ± 0.2 mm）で幅 10 mm 以上の水銀メッキ型わく 3 個
3. 上記の板を水平面に対して 75 ± 1° の角度に保つことのできる適当な支持わく 1 個（1, 2, 3 は 2 組以上備えておくと便利である）。
4. 60 ± 1°C に保つことのできる恒温箱
5. ナイフまたはストレート・エッジ
6. ノギス

(2) 補助材

1. グリース
2. 溶剤（テロシンなど）
3. ウエス

(3) 試験法

水平においたすずメッキ板の一つの長辺に沿って内側にグリースを塗

く塗った水銀メッキ型わく3個並べ、試料をたっぷり注入する。注入後30分以上室温で冷してから熱したナイフで型わくの上面を平らに切り取り、型わくを外して3.2×40×60㎜の供試体を3個つくる。供試体のある側を上にして板を水平面に対して75°に保つ支持わくにのせ全体を60±1°Cの恒温箱の中に入れ5時間保ったのちの各供試体の長さを0.1㎜まで測る。この長さから最初の長さ60㎜を引いた数値を流れ(㎜)とする。

(4) 報　告

1. 試料名
2. 試験年月日
3. 注入温度
4. 注入温度に保った時間
5. 5時間後の流れ(㎜)の各試験値
6. その3個の平均値

(b) 流動試験法としては、この他スロットのついた箱に注入して、流出した量を重量法で測定する方法がある。この試験も試験温度と試験時間を上記方法と等しく60°Cおよび5時間にすれば上記方法と同様な成績をあげることができる。ただ試験の操作がいくぶん面倒でかつ途中の経過がわからない欠点をもっている。

6.1.3.4 注入目地材の針入度試験

> 針入度試験はKDS K 6104-1961 "針入度試験"の規定によるものとする。

解　説

(a) 針入度試験は、高温時における砂類の侵入に対する注入目地材の抵抗性を求めるものである。いわゆる針入度試験はJISでも規定されているが、本試験法は円すい針を用いる点が相違している。

針入度試験方法　KDS K 6104-1961

試験器具

(1) JIS K 2530(第一編材料分之華　瓦葺材料　参照)の試験器具一式(試料皿は消耗品であるから予め用意しておくとよい)

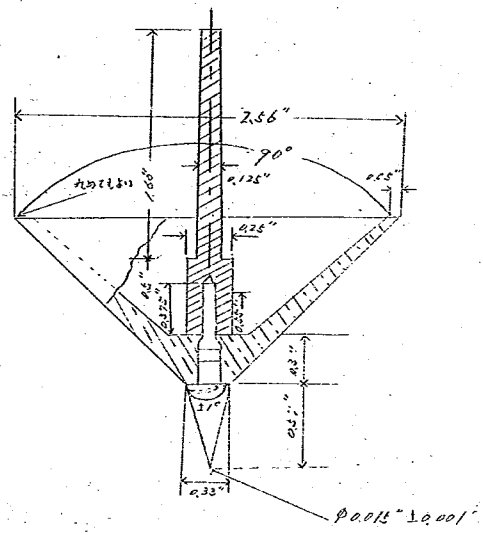


図 6.1.3.4.1 円すい針（グリースコーン）

2. 円すい針の全重量は 150 g で図 6.1.3.4.1 のような外部構造をもつもの。

円すい針は真ちゅうまたはステンレスとして外面は平滑に仕上げ、その先端部は焼入鋼またはステンレスとする。

(2) 補助剤

1. 水
2. 溶剤（ケロシンなど）
3. ウエス

(3) 試験法

注入温度の試験が終った試料から JIS K 2530 の供試体を3個つくる。この際あわがはいらないように注意する。円すい針を用いる他は JIS K 2530（本文章 参照）にしたがって各供試体について3点ずつ針入度を測定する。ただし試験温度は 25°C とし、厳重に管理しなければならない。

(4) 報告

1. 試料名
2. 試験年月日

3. 注入温度 (℃)
4. 注入温度に保った時間
5. 試験温度 (℃)
6. 針入度 (円すい針) の平均値

(6) 1. JIS K 2530 の標準針を用いると上記針入度より大きい値が得られる。

2. 砂類の侵入に対する抵抗を調べる試験法としては、本試験法のような静的試験でなく、動的な試験である衝撃貫入試験がある。衝撃貫入試験は注入目地材の上に直径1cm、長さ8.0cmのプランジャーをおき、長さ6.5cm、剛度1.7 kg/cmのばねのついた全重量700gのクロスヘッドを落として貫入量を測定するものであって、注入目地材の表面において直径1cm、高さ0.3cmの円筒形石材の上を車が65 km/hの速さで走ったときに相当する衝撃を加えるように考えられている。

土木研究所の研究によれば、円すい針による針入度の衝撃貫入量の間に相関係数0.80という強い相関のあることがわかったので、試験の便利を考えて針入度試験を採用したのである。

6.1.3.5 注入目地材の引張試験

引張試験は、KDSK 6105-1961 "引張試験" の規定によるものとする。

解説

引張試験の目的は注入目地材が目地の水密性を確保できるかどうかを確かめることである。引張試験は注入目地材の試験のうち最も重要である。

引張試験法 KDSK 6105-1961

(1) 試験器具

1. 冷蔵庫 −10±1℃に保てるもの。(この試験に対しては、上ぶた式の方が便利である)

2. 引張試験装置 (Rabe式) 図 6.1.3.5.1

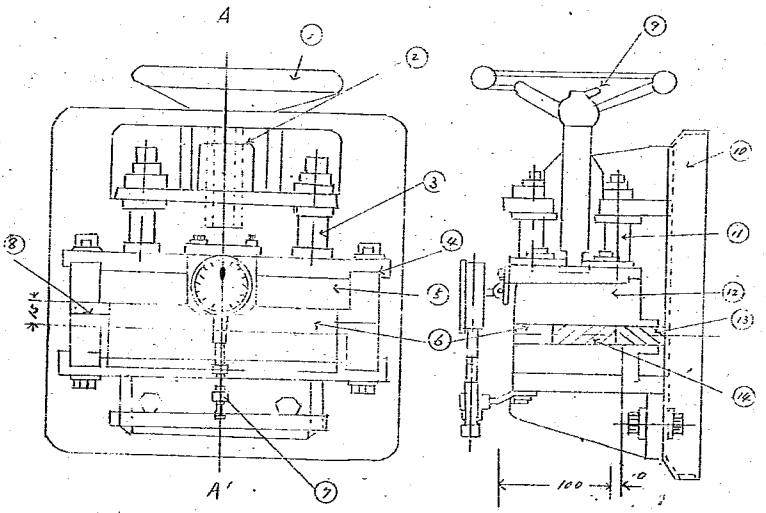
この装置は320mm×350mmの鋼底板上に結合つけられた二つの固定部と、その間を鋼棒にそって動く鋼板とからなる。可動板と一方の固定板には後述のコンクリートブロックを固定するためのクリップなどとりつけてある。また可動板の動きを読むための耐水性の1/100mm読みのダイヤルゲージを備えなければならない。

3. コンクリートブロック

コンクリートブロック多数。ブロックの厚さは35㎜以上になると試験機にはめこめなくなるから、ブロックをつくるための型わくの深さは35㎜くらいにしておくとよい。コンクリートは骨材の最大粒径10㎜、単位セメント量350㎏、水セメント比45-50%でなければならない。骨材の粒度は20～5㎜ 30%、5～2.5㎜ 20%、2.5～0.6㎜ 25%、0.6㎜以下25%を標準とする。

コンクリートブロックの中にはϕ9㎜×200㎜の丸鋼を2本入れなければならない。

コンクリートブロックは、21°C水中に養生し材令3～5日に底面



①、⑨ ハンドル
② ピッチはできるだけせまくとる
③、⑪ ϕ=20㎜の鋼棒
④ 可動板
⑤ コンクリートブロック 220×110×35
⑥ 注入目地材 200×40×15
⑦ 微動ネジ
⑧ クリップ
⑩ 底板320×350㎜
⑫ モルタルブロック
⑬ 厚さ15㎜の板
⑭ 厚さ15㎜の目地板

図 6.13.5.1　レーブ（Rebe）式注入目地材引張試験装置

（試験面）をと石で軽くみがき，さらに材令2/日までに養生したのち110℃の乾燥炉で乾燥して試験に備える。

(2) 補助材

イ．プライマー（注）施工に際してプライマーを用いる場合だけ用いる）

ロ．目地板　15×60×200㎜㎜多数（杉板でもよい）

注1）自身にひびわれがはいってしまうような注入目地材でない限り，プライマーを使えば注入目地材の引張試験成績は2倍以上に改良されることが多い。したがって，プライマーなど不合格となった材料はプライマーを用いて試験をやり直した上で採否を決定することができる。

その場合には実際の施工に際して必らずプライマーを使わなければならない。

(3) 試験法

コンクリートブロックの試験面（型わく底面に接した面）が向かい合うように引張試験装置にはめこみその間に目地板を入れ間隔を15㎜に保つ。施工に際してプライマーを使用する場合にはコンクリート面と目地板にプライマーを塗る。

15×20×200㎜㎜のすき間に注入目地材を注入する。注入目地材が冷えたのち盛上った部分を暖めたナイフで削りとり，全体を10℃の冷蔵庫に入れる。冷蔵庫に4時間放置したのち，6分間に0.1㎜の速さでできるだけ一様に可動板を引き離す。

注入目地材がコンクリート面からはがされるか，または，注入目地材にひびわれなはいったときの伸びを0.1㎜まで測定する（はがれまたはひびわれは太い針を差しこんで検査するとよい。）

(4) 報告

イ．試料名

ロ．試験年月日

ハ．注入温度（℃）

ニ．注入温度に保った時間

ホ．10℃における伸び（㎜㎜）の各値

ヘ．その平均値

ト．プライマー使用の有無

引張試験法としては，5cm×2.5cmのブロックを2.5cm間隔に

離しておいて注入目地材を注入し、 18℃で引張る試験法がある。その試験では1.5mmだけ引張ったら元の厚さまで圧縮し、再び引張るのを5回くり返す。しかしこの試験方法は試験日数が長く、かつ器具も高価であるため採用しなかった。

6.1.4 目地板の試験方法

6.1.4.1 目地板の吸水試験

> 吸水試験は、KDSK 6106 - 1961 "吸水試験"の規定によるものとする。

解説

(a) 吸水性の大きい目地板は、一般に吸水すると性質を変えやすい，吸水量を測定することによってそのような危険性があるかどうかを調べるのがこの試験の目的である。

吸水試験方法 KDSK 6106 - 1961

(1) 試験器具

イ 水そう

ロ はかり（感量0.1gのもの 1台）

(2) 試験方法

供試体60℃に24時間保ち、その後の重量をg1とする。次に24時間浸水した後の重量を測定しg2とし、吸水率を次式であらわす。

$$吸水量 = g_2 - g_1 \quad (g)$$

$$吸水率 = \frac{g_2 - g_1}{g_1} \times 100 \quad (\%)$$

(3) 報告

イ 試料名

ロ 試験年月日

ハ 水温（℃）

ニ 吸水量（g）

ホ 吸水率（%）

ヘ 供試体の厚さ（mm）

6.1.4.2 目地板の圧縮および復元試験

> 圧縮および復元試験は、KDSK 6107 - 1961 "圧縮および復元試験"の規定によるものとする。

解　説

(2) 目地板を圧縮した場合の抵抗力はコンクリート舗装版の膨張を妨げない程度の大きさのものでなければならない。一方この抵抗力が小さすぎてコンクリート打ちの際目地板の幅がいちじるしく減じるようであってはならない。圧縮試験は目地板に要求される圧縮特性を調べることを目的とする。

目地板を圧縮した後、荷重を除去した際、もとの形状に復することが望ましい。復元試験は目地板の復元性を調べることを目的とする。

圧縮および復元試験法　KDS K 6 1 0 7 - 1 7 6 1

(1) 試験器具

イ、容量2ｔをもつ圧縮試験機（加圧速度を一定にできるもの）1台

ロ、圧縮試験用アタッチメント（金属板、金属製荷重伝達円筒ベアリングブロック（図 6.1.4.2.1）1組

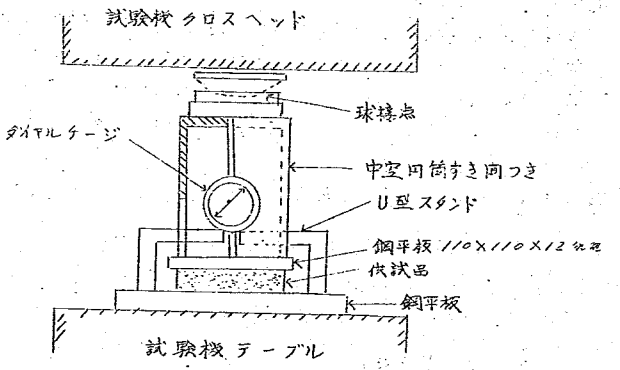


図 6.1.4.2.1　目地板圧縮復元試験装置

ハ、圧縮変形測定器（精度 1/10 mm 以上のもの、ダイヤルゲージなど）

ニ、ナイフ、のこぎり

(2) 補助材

イ、石けん水

(3) 試験方法

圧縮試験供試体は圧縮試験機可動板上の平らな金属板上におき、供試体の上によくみがかれた 11×11×1.2 cm の鋼板をおく。このときの鋼板の中心を供試体の中心が一致するようにする。この板の上に荷重伝達円筒をのせ供試体を圧縮できるようにセットする。

(3) 圧縮に際しては荷重伝達円筒の最上部にベアリングブロックなどを用いて供試体に荷重が均一にかかるようにする。

供試体の圧縮は0.01 mm/sec の加圧速度で行なう。

圧縮変形は供試体の中央において測定する。圧縮変形を測定するにはダイヤルゲージなどを試験片の中央におき、かつ外から読めるように荷重伝達円筒にすき間をつくらなければならない。4本足のものを用いると足をつなぐための板が必要となり、圧縮開始前の荷重が大となるから円筒式のものの方が有利である。(亜鉛系目地板を試験する場合は加圧板に石けん水を塗っておくとよい。) 測定は、

イ 供試体の厚さ t をノギス等を用いて 1/10 mm まで測定する。

ロ 11×11×4.5 cm の鋼板のみをのせたとき供試体の厚さを 1/10 mm まで測定する。1で測った供試体の厚さの 1/2 だけ圧縮したときの圧縮力を測定する。

圧縮荷重には鋼板、荷重伝達円筒およびベアリングブロックの重量を含ませることとする。

3 1で測った供試体の厚さの 1/2 だけ圧縮したときの圧縮力を測定する。圧縮荷重にはロと同じく鋼板、荷重伝達円筒およびベアリングブロックの重量を含ませることとする。ただし 1/2 圧縮する以前にひびわれのはいるものはひびわれのはいった時の圧縮力を読む。

1～3の圧縮試験を同に30分の休みをおいて、3回くり返したのち すべての荷荷を取除き、1時間後の供試体の厚さ t' を測定する。ただし1時間たってもまだ復元しつつあると認められた試料は放置時間を1時間より延長してよい。1によって測定した圧縮前の供試体の厚さを t とし復元率を次式であらわす。

$$\text{復元率} = \frac{t'}{t} \times 100\ \%$$

(4) 報　告

イ 試料名

ロ 試験年月日

3 供試体寸法

4 室温 (℃)

5 1/2 圧縮時の圧縮力 (kg/cm²)

6 1/2 圧縮時の圧縮応力 (kg/cm²)

7 復元率 (%)

例

元の厚さ　3.75 mm

1) $\frac{1}{3}$の厚さのときの圧縮力 = 26 kg/cm²

2) $\frac{2}{3}$の厚さのときの圧縮力 = 50 kg/cm²

$t' = 2.25$ mm

$t = 3.75$ mm

$$\text{復元率} = \frac{t'}{t} \times 100\% = \frac{2.25}{3.75} \times 100 = 88.5(\%)$$

6.5.3. 目地板はみ出し試験

はみ出し試験は、KDSK 6108 - 1961 "はみ出し試験"の規定によるものとする。

解　説

(a) 圧縮された際に直角方向に大きくはみ出す目地板は上部に用いる注入目地材を頻繁に押し出し、これを繰り返せば最後には目地の水密性を失わせる結果を招く。はみだし試験は目地板のはみだし量を調べることを目的とする。

はみ出し試験方法　KDSK 6109 - 1961

(1) 試験器具

1. 容量20tの圧縮試験機(加圧速度を一定にできるもの)　1台
2. はみ出し試験装置(金属板、コの字型わく……図 6.5.3.1……コの字型わくは非常に大きい力を受けるから台に溶接しておく方がよい。ねじ止めする時は予備のねじを用意しておく)
3. ダイヤルゲージ　1個、同スタンド　1個
4. はみ出し量測定のための尺度(ダイヤルゲージ、ノギス、など)
5. のこぎり、ナイフ

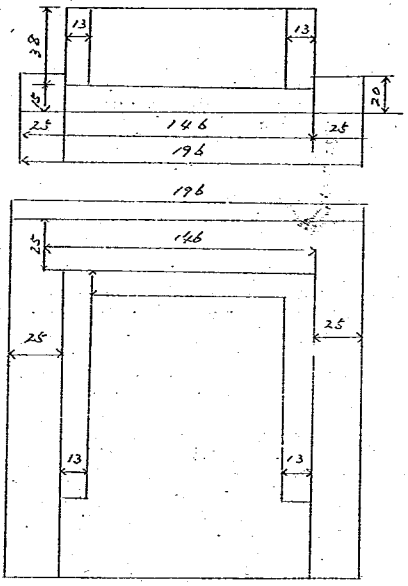


図 6.4.3.1　目地板はみ出し試験装置

(2) 試験方法

まず供試体の寸法を測定する。供試体は圧縮に際して3方の動きを止め、1方のみが自由端となるような構造のコの字型わくにきちんとはめ（木材のように異方性の目地板は施工に際して上面になる面を自由端におくようにはめこむ）。次に上面になめらかにはまる10×10cmの鋼板をのせる。この鋼板の上面に圧縮および復元試験法と同じような荷重伝達円筒または他の同様な装置を用いて圧縮試験と同一な方法で0.01mm/secの加圧速度により供試体を圧縮する。はみだし量は$\frac{1}{3}$圧縮時および$\frac{2}{3}$圧縮時における自由端の最大動きをダイヤルゲージまたは他の方法で測定して求める。

(3) 報　告

1. 試料名
2. 試験年月日
3. 供試体寸法
4. 室温（℃）

5. 予圧縮時のはみ出し量（mm）
6. 元圧縮時のはみ出し量（mm）

6.1.4.4 目地板の曲げ試験

> 曲げ試験は、KDSK 6109-1961 "曲り試験" の規定によるものとする。

解　説

(1) 目地板がわずかな荷重で曲がるようでは真直な目地ができないし施工もしにくい。この曲げ剛さを測るのが曲げ試験である。

曲げ試験法　KDSK 6109-1961

(1) 試験器具

1. 圧縮試験機（容量 100 kg 程度）　1台
2. 3点曲げ試験用アタッチメント　1組
3. たわみ量測定器具（ダイヤルゲージなど）　1組

(2) 試験方法

供試体は各部寸法を測定した後中央に1本、中央から左右に 18 cm ずつはなして2本、合計3本の線を入れる。

試験機のテーブル上に曲げ試験用の支点を設け、支間 36 cm とし、試験体に設けた両端の線が両支点上にくるように供試体をおく。

（図 6.4.4.1 参照）

荷重は、供試体の中点にかかるようにして 0.01 mm/sec の速さで載荷し、10 mm たわませる要した荷重（kg）を測定し曲げ抵抗とする。

(3) 報　告

1. 試料名
2. 試験年月日
3. 供試体寸法
4. 室温（℃）
5. たわみ 10 mm における中央荷重（kg）

202 (192)

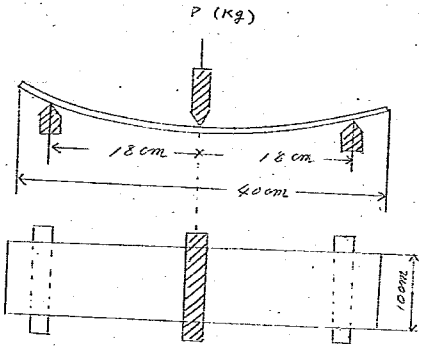


図 6.1.4.4.1　固地板の曲げ試験

6、2　木　　材

木材は産地と製材業者が全国的に分布しているため、製品規格も地域別に多少の相違があるが、大部分は昭和38年農林省告示第469号および昭和35年農林省告示第694号の用材規格にしたがって生産されているものと考えてよい。また木材の許容応力については道路橋設計示方書案（内務省昭和15年）、建設省建設計基準（建築学会）などがあり、使用目的毎に別個に規定されている。

解　説

木材に関する試験は大別すると、物理的性質に関する試験、力学的性質に関する試験、防火性に関する試験、防腐剤に関する試験および化学分析試験に区分できる。これらの諸試験については、化学分析試験をのぞいてJISに規定されているので必要な場合はJISのそれぞれの項を参照されたい。参考のため各規格の標題を記せば

JIS	Z 2101－1957	“木材の試験の通則”
JIS	Z 2102－1957	“木材の平均年輪幅，含水率および比重測定方法”
JIS	Z 2103－1957	“木材の収縮率測定方法”
JIS	Z 2104－1957	“木材の吸水量測定方法”
JIS	Z 2105－1960	“木材の吸湿性試験方法”
JIS	Z 2111－1963	“木材の圧縮試験方法”
JIS	Z 2112－1963	“木材の引張試験方法”
JIS	Z 2113－1963	“木材の曲げ試験方法”
JIS	Z 2114－1963	“木材のせん断試験方法”
JIS	Z 2115－1963	“木材の割裂試験方法”
JIS	Z 2116－1963	“木材の衝撃曲げ試験方法”
JIS	Z 2117－1963	“木材のかたさ試験方法”
JIS	Z 2118－1963	“木材のクリープ試験方法”
JIS	Z 2119－1963	“木材の耐朽性試験方法”
JIS	Z 2120－1958	“木材の着炎性試験方法”
JIS	Z 2121－1959	“木材のクギ引抜抵抗試験方法”
JIS	Z 2141－1960	“木材の摩耗試験方法”
JIS	A 1301－1959	“建築物の木造部分の防火試験方法”

JIS A 9301－1957 “木材防腐剤の性能試験方法通則”
JIS A 9302－1957 “木材防腐剤の防腐効力試験方法”
JIS A 9303－1957 “木材防腐剤の着火性および着炎性試験方法”
JIS A 9304－1957 “木材防腐剤の鉄腐食性試験方法”
JIS A 9305－1957 “木材防腐剤の吸湿性試験方法”

などがある。なお化学分析試験が必要な場合は、A. S. T. M. 1955 Part 4 P. 956～P. 980 “木材の化学分析方法”を準用すればよい。

木材の材料力学的性質に関する試験には、用材方法の試験片について行なうものと、用材中からひき出した小試験片について行なうものとの二種類がある。後者は きず のない部分から取り出した試験片についての試験であるが前者はそれぞれの用材規格にしたがって、節、入皮、木口割れ、その他の欠陥を伴った、用材としての材料試験を行なうものである。前者は用材の品質規格に対して力学的に不可欠のものと考えられるが、我が国ではまだ基準化されるに至っていない。したがってこれについては、A. S. T. M. 1955. Part 4 P. 919～P. 934 “実用寸法の木材”を参考とされたい。

第 2 編

コンクリートおよび
アスファルト混合物

第 7 章

コンクリートおよび コンクリート製品

7、1 コンクリート

7、2 コンクリート製品

7・1

コンクリート

7.1 コンクリート

目　　次

7. 1. 1　コンクリート用骨材 …… 3
7. 1. 2　骨材資料の採取 …… 4
7. 1. 3　骨材の比重および吸水量試験 …… 6
7. 1. 4　細骨材の表面水量試験 …… 7
7. 1. 5　骨材のふるい分け試験 …… 11
7. 1. 6　骨材の洗い試験方法 …… 12
7. 1. 7　骨材の単位容積試験 …… 12
7. 1. 8　砂の有機不純物試験 …… 13
7. 1. 9　粗骨材のすりへり試験 …… 15
7. 1. 10　粗骨材中の軟石量試験 …… 15
7. 1. 11　骨材の安定性試験 …… 16
7. 1. 12　混和材料 …… 17
7. 1. 12. 1. フライアッシュ …… 17
7. 1. 12. 2. AE剤 …… 17
7. 1. 13　まだ固まらないコンクリート試料採取 …… 20
7. 1. 14　コンシステンシー試験 …… 20
7. 1. 14. 1. スランプ試験 …… 21
7. 1. 14. 2. VB試験および締固め係数試験 …… 22
7. 1. 15　空気量測定試験 …… 24
7. 1. 16　コンクリートの強度試験用供試体 …… 25
7. 1. 17　圧縮強度試験 …… 25
7. 1. 18　曲げ強度試験 …… 28
7. 1. 19　はりの折片によるコンクリートの圧縮強度試験 …… 29
7. 1. 20　コンクリートから切りとったコアおよびはりの強度試験 …… 30
7. 1. 21　コンクリートの引張り強さ係数試験 …… 31
7. 1. 22　コンクリートのブリージング試験 …… 33
7. 1. 23　ミキサーで練り混ぜたコンクリート中のモルタルの単位容積重量差試験 …… 33
7. 1. 24　モルタルおよびコンクリートの長さ変化試験 …… 36
7. 1. 25　共鳴振動によるコンクリートの動弾性係数動セン断弾性係数，動ポアソン比試験 …… 37

7、1、26 コンクリートの配合 ……39
7、1、27 コンクリートの配合設計例 ……51
レディーミクストコンクリート ……59

7.1 コンクリート

概説

(a) コンクリートは普通，セメント，砂，砂利，水と，ときには混和材を適当な割合に配合し，練り混ぜて，ある期間養生を行なって固まらせたものであり，製作する時と場所，大きさや形とその性質ならある程度自由に選択し得る強味があるので，鋼材や木材と共に現在土木材料として最も重要な位置を占めている。

コンクリートの性質を支配する因子としては，材料の性質，材料の配合（とくに水・セメント比），練り混ぜる程度，運搬方法，打込み方法，型わくの良否さらに養生方法と養生期間などがあり，使用材料の選択はもとよりこれらの諸作業を適正に行なわなければ良いコンクリートを経済的に造ることはできない。

どのようなコンクリートが良いコンクリートであるかということは，その使用目的によって異るが，一般的に言えば，コンクリートはそれが固まる前においては作業に適するワォーカビリティーをもち，硬化した後においては均等で，強さ，耐久性，水密性が大きく，温度や含水率の変化に対する体積変化の少ないものが良いコンクリートといえる。

コンクリートの組成は，セメントと水からできるセメントペーストが全容積の 22 ～ 34%，骨材が 66 ～ 78%含まれており，このほか空気もコンクリートによって 1 ～ 10%位含まれる。コンクリート材料の中でセメントは高価なものであるので，所要の性質が得られる範囲内でこれが少ないものほど一般的に経済的である。しかしながら，まだ固まらないコンクリートでは，砂や砂利などの骨材はセメントペーストの間に浮游していると考えるのが適当であるから，骨材の間げきを満たすのに充分なだけのセメントペーストの量がなければ所要の流動性が得られない。

コンクリートの流動性はセメントペーストの流動性，骨材の粒度，および形状，セメントペーストの量と骨材の量との比などによってきまるので，施工方法やその目的によって，適当なやわらかさを選ぶようにする。

コンクリートは，その材料から製品にいたるまで，性質がいろいろに変るので，各々の過程で随時試験をして，品質の確保とその改善に心がけることが最も大切である。

(b) コンクリートの試験は，材料に関するものおよびコンクリートに関するもの，に大別できる。また，目的によって，材料を選択するための試験，配合を定めるための試験，品質管理のための試験，研究試験，などに分けられる。

一般に行われる試験の，目的による分類は，表 7.1.1 のようである。

表 7.1.1.

○ 材料に関するもの

1. セメント　第3章　参照
2. 骨　材　a) 粒度試験

b) 洗い試験
c) 比重および吸水量試験
d) 単位重量試験
e) 有機不純物試験
f) すりへり試験
g) 安定性試験
h) 表面水量試験

○ まだ固まらないコンクリートに関するもの
a) コンステンシー試験
(一般にスランプ試験が行われているが，ケリ・ボール試験，ビー・ビー試験，レモルジング試験なども行われている。)
b) 空気量試験
(圧力方法および容積方法)
c) 単位容積重量試験
d) モルタルの単位容積重量差の試験
e) コンクリートの洗い分析試験
f) ブリージング試験

○ 硬化したコンクリートに関するもの
a) 圧縮強度試験
b) 曲げ強度試験
c) 引張強度試験
d) せん断強度試験
e) 付着強度試験
f) 弾塑性に関する試験
g) 耐久性試験
h) 水密性に関する試験
i) 乾燥による体積変化についての試験
j) 熱的性質に関する試験
k) 硬化したコンクリートの分析試験

表 7. 1. 2 コンクリート関係試験方法

試験目的	比重	安定性 セメント	安定性 骨材	凝結	粉末度	単位水量比	強度 モルタル	強度 コンクリート	ふるいわけ	吸水量	洗い試験	有機不純物	単位容積重量	表面水量	軟石量	すりへり	スランプ	空気量	ブリージング	凍結融解	長さ変化
品質判定 セメント	◎	◎		◎	◎		◎	○									○	○	○	○	○
品質判定 AE型ポゾラン	◎				◎	◎	◎	◎									◎	◎	◎	◎	◎
品質判定 骨材	◎		◎		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	○				
配合設計	◎		◎					◎	○								◎	◎	◎	○	○
品質管理					○		◎	◎	◎		○		○	◎			○	○			
摘要	(1) ダムの施工に当ってはセメントおよびポゾランの化学分析試験を行っている。 (2) コンクリートの弾塑性に関する試験，透水試験，熱的性質に関する試験，コンクリートの洗い試験，コアおよびハリの強度試験，振動式コンシステンシー試験等も，必要に応じ行われている。																				

註 ◎◎○ は試験の重要さの標準を示す。

7.1.1 コンクリート用骨材

一般に普通のコンクリート用骨材として必要な性質は，
(1) 清浄で有害物質の有害量を含まないこと。
(2) 堅硬であること。
(3) 密度が大きく，強固であること。
(4) 物理的および化学的に安定であること。
(5) 粒形が立方体または球に近いこと。
(6) セメントペーストとの付着力の大きい表面組織を有すること。
(7) 粒度が適当であること。
(8) 所要の重量を有すること。
などである。

7.1.2 骨材試料の採取

解説

骨材試料の採取は骨材の性質および状態を代表するようにしなければならない。

代表的な試料を正しくとらなければならないことは，試験を正確に行なわなければならないことと同じように重要なことがらである。しかるに試験方法についてはかなり詳細に規定されているが，試料の採取方法についてはほとんど規定されていない。これは試料をとる条件および状態が場合によって非常に変化し，余りに複雑すぎるので，詳細な規定を設けることができないからである。

コンクリートが建設材料としての重要性が増すにつれ，また骨材がコンクリートに及ぼす影響が認識されるにつれ，試料の採取方法の重要性が認識されてはきているが，まだ適切な方法を決定する段階に達していない。

骨材試料はその骨材の使用の適否の判定や，配合設計のために採取される場合とコンクリート工事中の品質管理のために採取される場合とがある。

骨材試料を採取するさいのごく一般的な注意事項をあげると，細骨材の試料は，湿った細骨材から採取する。それは乾いた細骨材は，大小粒の分離がおこり易く，また微粒が風で吹きとばされたりするからである。それで細骨材の山から試料をとる時は湿った層に達するまで表層を取除いてから試料をとるようにする。

粗骨材は取扱中大小粒が分離し易いので細骨材の試料を採取する場合よりはるかに困難である。

米国開拓局のコンクリートマニュアルに，〝骨材試料の採取〟の規定があるので参考として記述する。

参考

骨材試料の採取及び骨材試験準備

米国開拓局コンクリートマニュアル

骨材試料の採取　真に代表的な骨材試料を採取することは決して簡単にはできない。それは骨材が取扱いや運搬によって分離を生じるからである。次の各節には，これを注意深く実施するならば，一般に分離の影響をなくすることのできるような方法について述べる。

(1) ベルトコンベヤまたはシュートよりの骨材試料　ベルトまたはシュートから骨材の代表的な試料を採取するには，長期間の流れに沿うてその一部を採取するより，むしろ短い期間だけの試料について，その全断面を採取すべきである。

試料は一定間隔をおいて全供給量について採取する。この試料の数と量は骨材の全量および均等性によって定まる。

(2) 鉄道貨車よりの骨材試料　鉄道貨車からの試料は，車の側面および中心線上の

一直線にならぶ数点から等量ずつ採取すべきである。試料の量は，貨車の大きさ，試料採取点の数および骨材の最大寸法に左右される。各点において採取器をつきこみ，表面より十分ふかい部分から，骨材を採取しなければならない。砂の場合は常に，できれば粗骨材の場合にも，標準円筒採取器を用いる。円筒採取器は普通径約5 cm，長さ1.8 mの鉄管で，一端はとがり，他端にはハンドルがついている。管に沿い多数の孔をうがち，その孔の一側に突き起した耳が一つの直線をなして排列している。この管をできるだけ深く骨材の中につき込んでまわすと，この耳が一試料として十分な量の材料を管の中に掻き入れる。それから孔の側を上側にして引きぬくのである。

鉄道貨車から代表的な試料を採取することはしばしば非常に困難であるので，試料はできれば，積込みまたは取りおろしの際に採取するのがよい。もし貨車が人力によって積みおろしされる場合には，一定の間隔をおいてショベル1杯ずつを採れば，真に代表的な試料がえられる。このとき大きな粒子がショベルから転び出ないように注意する。機械で積みおろしされるのであれば，規則正しい間隔で試料を採取する。

(3) たい積よりの骨材試料　砂のたい積は，その表面から底部にわたって試料を採取しなければならない。採取はたい積の底部の等間隔の点から始め，上方に向かって，側面および表面にわたって等間隔に採取しなければならない。もしたい積の一部のみがその工事に使用されるならば，試料はその使用される部分から採取されるべきである。

できるならば砂利試料は標準円筒採取器を用いて採取される。採取器で取りえない砂利の試料はショベルでとり，表面から十分下の部分の材料から採取しなければならない。そのためには短い板切れで，採取点の上のたい積部を支えて，表面部分の望ましくない材料が混入するのを避けることが必要である。

(4) 試料の処理　5節および6節に述べてある四分法または分取法によって採取量から試料をとる。多くの試料を混交して一つの試験を行なうよりも，むしろ各試料について別々の試験を行って，材料の変化をたしかめることが望ましい。

(5) 砂　砂の試料は四分法または試料分取器を用いて試験量に分割しなければならない。

(a) 四分法　試料は散逸したい異物の混和するおそれのないように硬い清潔な面の上におく，全量をショベルで3回切返して，完全に混交せしめなければならない。その最もよい方法は試料の両側に一人ずつ，二人で一端から始めて，盛り上げた山の長さの方面に進みながら，交互にショベルですくうことによって，完全に交ぜることができる。3回目の最後の切返しですくった材料を上へ積み上げ，全試料を円すい状のたい積を厚さおよび径が均等になるように注意深く平らにならし，材料が4分された1つから他の一つに移らないようにする。平らにしたたい積は，その中心で直角に交わる2直線で印をつけて4等分する。次に対角方向に反対側にある1/4を除き，その除いたあとはブラシできれいに掃く。残った材料は混合し，試料が25 kg以下になるまで引続いて4分する。この量は試料分取器を通らせ，半分は除き，残りの半分を再び分取する。この方法を試材が必要な量に減ずるまでくりかえす。

(b) 試料分取器　全試料は分取器を通らせ，半分は除き，残りの半分を再び分

取する。この方法を試料が必要な量に減ずるまでくりかえす。(試料分取器はジョーンズ(Jones)型試料分取器と似たものまたは等しいものでよい)

(6) 粗骨材　粗骨材には四分法のみを用いる。大きな寸法の粗骨材では手で試料を拾う方が、より望ましく、また便利である。この場合に代表的な試料をうるように特に注意が必要である。

7.1.3 骨材の比重および吸水量試験

> 細骨材の比重および吸水量試験はJIS A 1109－1951 "細骨材の比重および吸水量試験方法"，
> 粗骨材の比重および吸水量試験はJIS A 1110－1591 "粗骨材の比重および吸水量試験方法" の規定によるものとする。

解説

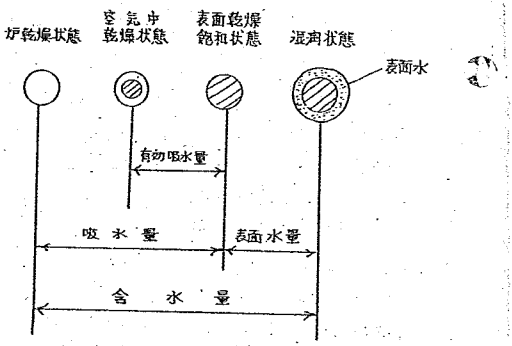
骨材の比重というのは，表面乾燥飽和状態における骨材のかさ比重のことである。これはコンクリートの配合設計その他の場合において，表面乾燥飽和状態を基準としており，かつ，骨材粒によって占められる容積を必要とするからである。骨材の比重は，母岩の種類および空げきの程度に関係するもので，骨材のかたさ，強さ，などを推定するための一つの資料となる。骨材の比重は一般に2.6～2.65程度である。

骨材の含水状態を示すと　図－1　のようで，

$$吸水量 = \frac{B - A}{A} \times 100 \ (\%)$$

で示される。ここにAは炉乾燥状態の試料の重量，Bは表面乾燥飽和状態の重量である。

図 7.1.3.1.1
骨材の含水状態



吸水量は，骨材内の空げきの程度を示すもので，吸水量の大きい骨材は強さ，安定性などが小さいのがふつうである。しかし，吸水量は空げきの量の指標であるが，その質に関しては何等の情報も提供しない。そして骨材の安定性に関係の深いのは空げきのうちでも4μ以下の空げきであるから，吸水量が大きくとも不安定でない場合もある。したがって，吸水量で直ちに安定性を判断することはできないが，一般に吸水量の大きい骨材は安定性に関し疑問があるので，更に他の方法で安定性に関し検討する必要があるものと考えるのが至当である。

なお細骨材の表面乾燥飽和の状態の測定にあたっては次のことがらに注意して行なう。

(1) コーンに細骨材を詰めるときは突き棒の自重で突き，外力を与えないようにする。

(2) コーン温度より細骨材の温度が高い場合は，コーンに砂粒が付着するから，この両者の温度差をなるべく少なくする。

(3) コーンを引上げる時，衝げきを与えないようにする。

7.1.4 細骨材の表面水量試験

細骨材の表面水量試験はJISA 1111－1951“細骨材の表面水量試験方法”の規定によるものとする。

解説

骨材の表面水とは，骨材粒の表面に付着している水をいい，表面水量は含水量から吸水量を差し引いて求められる。コンクリートの配合設計の基準としては，骨材は吸水もしなければ表面水ももっていないという状態，すなわち表面乾燥飽和状態の骨材を用いることになっている。しかし実際工事において表面乾燥飽和状態の骨材を用いることはまったくないといってよい。従って使用骨材の含水状態はコンクリートの単位水量等に非常に影響を及ぼすので，これを明らかにし，コンクリートの各バッチにおける配合とコンシステンシーを適正に，かつ常に均一に保つため，骨材重量および水量を補正しなければならない。

参考

結果の計算に用いる式

$$P = \frac{Vs - Vd}{Ws - Vs} \times 100 \quad (\%)$$

は次のようにして誘導したものである。

試料の重量を Ws_g，それを乾燥飽和状態としたときの重量を ws_g，比重を G，とすると，

$$Ws = ws + P_{ws} \quad \cdots\cdots (1)$$

また，

$$V = \frac{ws}{G} + P_{ws} \quad \cdots\cdots (2)$$

(1)式から

$$ws = \frac{Ws}{1+P} \quad \cdots\cdots (3)$$

(3)式を(2)式に代入すると，

$$Vs = \frac{Ws}{G(1+P)} + \frac{PWs}{1+P} \quad \cdots\cdots (4)$$

$V_d \fallingdotseq \frac{W_s}{G}$ (20) であるから(4)式は

$$V_s = \frac{V_d}{1+P} + \frac{P W_s}{1+P}$$

すなわち

$$V_s + P V_s = V_d + P W_s \quad \cdots\cdots (5)$$

$$\therefore \quad P = \frac{V_s - V_d}{W_s - V_s} \quad \cdots\cdots (6)$$

試料を採取する際はできるだけ水分の蒸発を少なくするように注意しなければならない。

その他の簡易試験方法

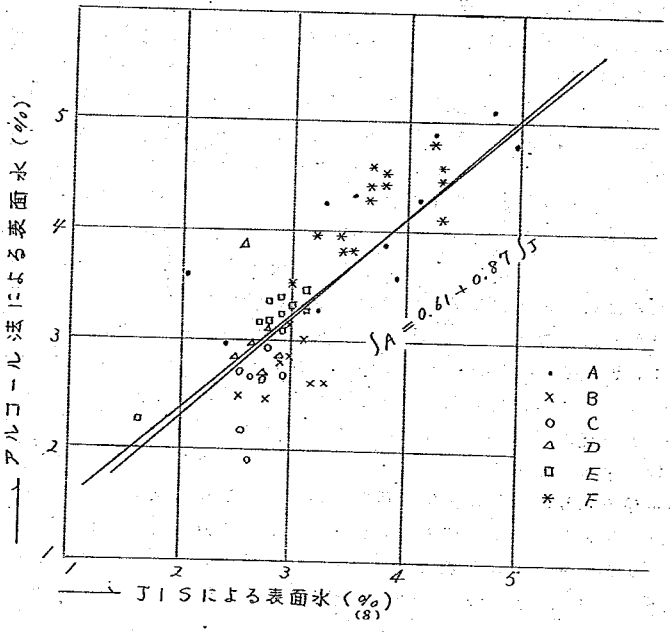
(1) 骨材を乾燥する方法

この方法は骨材を乾燥状態とし，乾燥の前後における骨材の重量から含水量を求め，含水量から吸水量を差し引いて表面水量を求めるものである。

乾燥方法には炉または鉄板上で加熱するか，骨材にアルコールを加え，(砂500gにアルコール約80cc)よく混ぜてからアルコールを燃やし，乾燥させる方法が一般に用いられる。

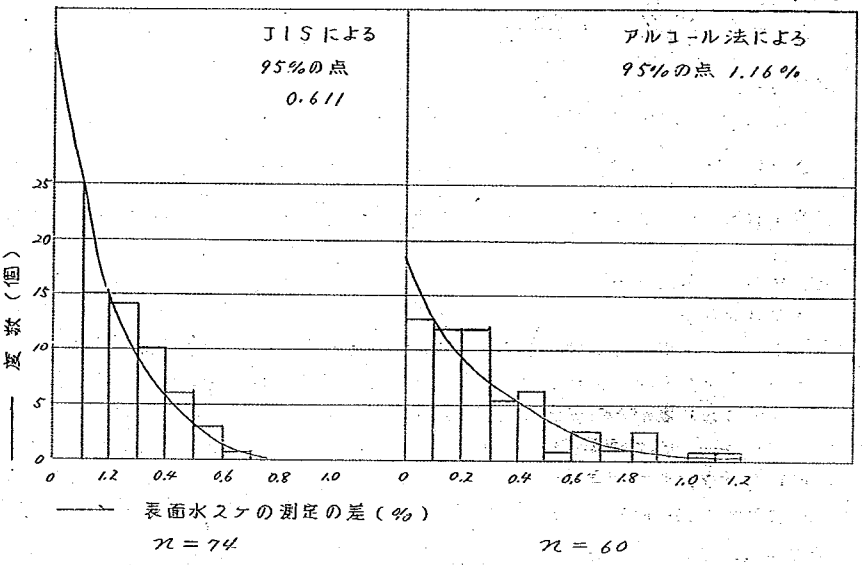
実験結果の一例を示すと，図 7.1.4.1.1，図7.1.4.1.2 のようである。

図 7.1.4.1.1. アルコールを用いた表面水測定結果の比較



(8)

図 7.1.4.1.2　砂表面水測定誤差ひん度グラフ



(2)メスシリンダーを用いる方法

この方法は工事に用いる砂の性質がほとんど変らないことを前提とし，はかりを用いないところに特長がある。水の中に入っている砂の容積がつねに一定であるという性質を利用したもので，表面乾燥飽和状態（以下表乾と呼ぶ）の砂の重量と，水中における砂の容積との関係および砂と水の混合物の容積との関係を求めて図を書いておけば，器具としては，メスシリンダー1本だけできわめて簡単に表面水量を求めることができる。表面乾燥飽和状態の砂の代りに炉乾燥状態の用いてもよい。この場合には含水量が求まるので吸水量を差し引くと表面水量が求まる。この方法では図はこれを製作するに用いた砂が現場で使用されている限り利用できるが砂の性質が変われば別の図を製作する必要のあることはもちろんである。

一例を示すとまず容量1000cc のメスシリンダーに水を700cc 入れておく，これに表乾の砂を400g入れてかきまわし，砂が十分落着いてから砂の上面の読み S_1（cc）と水の上面の読み W_1（cc）をとる。上と同じようにして，砂500g，600gのときの読み $S_2 \cdot W_2 \cdot S_3 \cdot W_3$ をそれぞれとって，図 7.1.4.1.3 のようにS線とW線とを書いておく。

今表面水量を知りたい砂を任意の量だけとって，これを400ccの水を入れた1000cc のメスシリンダーに入れてかきまわし，落着いた後の砂の上面の読みが315cc，水の上面の読みが620cc であったとする。もしこの砂が表乾であったならば，図 7.1.4.1.3 で a → b → c とたどって，砂の重量は541gに相当し，

表乾の砂 54 1g にたいする水の上面の読みは 605cc になるはずである。実際には 620cc であるから，その差が 15cc となり，表面水量として

15g/541g × 100 (%) = 2.8 %

を得る。

実験結果の一例を示すと，表 7.1.4.1.1 のようであった。

図 7.1.4.1.3
砂の表面水を求める図表の一例

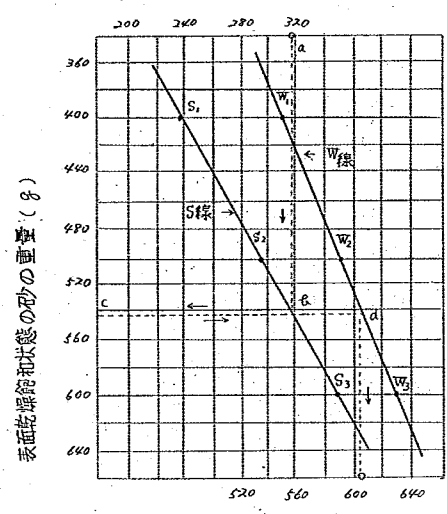


表 7.1.4.1.1
メスシリンダーを用いた砂の表面水量の試験の一例

試験番号	砂の容積の読み (cc)	上昇した水の読み (cc)	表面飽和乾燥状態の砂の重量 (g)	表面飽和乾燥状態の砂の容器の水の読み (cc)	表面水量 (cc)	メスシリンダーによる表面水量 (%)	JIS による表面水量 (%)
I	315	620	541	605	15	2.8	2.4
	265	584	453	571	13	2.4	
	303	610	520	597	13	2.5	
	235	560	398	550	10	2.8	
	228	555	386	545	10	2.6	
	263	580	448	569	11	2.4	
II	290*	600	497	588	12	2.3	1.9
	290*	600	497	588	12	2.3	
	290	600	497	588	12	2.3	
	280	590	478	580	10	2.1	
	284	666	663	653	13	2.0	
	386	665	666	654	11	1.7	

* 試料を 500g 計量して行なったもの。

7.1.5 骨材のふるい分け試験

骨材のふるい分け試験はＪＩＳＡ１１０２－１９５３“骨材フルイ分ケ試験方法”の規定によるものとする。

解説

(a) ふるい分け試験はコンクリート用ふるい（土木学会および日本建築学会コンクリート用ふるい規格で土木学会基準ノク章に規定してある）に規定されたふるい一組を用いてふるい分けを行ない，各ふるいを通るまたは各ふるいにとどまる重量百分率を求める試験である。

よいコンクリートを作るためには，骨材の粒度が適当で，均一であることが，きわめて大切である。骨材のふるい分試験は使用骨材の選択およびその粒度管理のためにぜひとも行わなければならない。

(b) 適切な粒度の骨材を用いれば同一の単位水量に対してよいウォーカビリティーのコンクリートがえられる。つまり，粒度の良否は，単位水量すなわち単位セメント量に関係し，また，粒度が不適当であればコンクリートの材料の分離の傾向を増大する。なお，粒度の影響は粗骨材よりも細骨材の方が大きい。

骨材の粒度に関し，フラー（Fuller）およびトムソン（Thompson）をはじめ多くの研究者が理想粒度を発表しているが，一例としてボローニー（Boloney）のものをあげると，

$$P = A + (100 - A)\sqrt{d/D}$$

ここに，D＝最大粒径，d＝任意の粒径，P＝セメントを含めた固体材料に対するdの通過百分率（％），A＝コンクリートのコンシステンシーによる係数で，5～12．である。

この式は連続粒度であるが，研究者によっては不連続粒度（Gap Grading）を推奨しているものもあるが，現在各国とも一般に連続粒度を採用し，土木学会コンクリート標準示方書でも，粒度曲線の適当な範囲を示している。

粒度の特性の概略を示す指数として粗粒率（F.M.）を用いる。同一の粗粒率に対しても無数の粒度が存在するわけであるから，この欠点を補うために粒度の標準偏差を同時に用いることもある。

細骨材の粒度の変動の許容量として，コンクリート標準示方書には，粗粒率の変動を0.20以下としている。すなわち，F.M.が0.20以上変化するときは，配合を変える必要のあることを規定している。

(c) 注意

(1) 試料を乾燥する場合には急に高温で加熱すると粒子の中には破壊するものもあるので，徐々に加熱するように注意しなければならない。粗骨材はその表面に微粒材料が付着している場合が多いが，この微粒子を分析する場合以外は必ずしも乾燥する必要はない。湿った粗骨材についてふるい分け試験を行なえば

表面水量のため試験結果は不正確になるのであるが，最大寸法が15mm以下のものでなければ，試験結果におよぼす影響はきわめて小さく，実用上差支えないからである。

(2) ふるい分け作業はふるいに水平および上下動を与え，試料が絶えずふるい網の表面を動くようにし，1分間に各ふるいにとどまる試料の量の1%がふるいを通過しなくなるまで作業を続ける．細骨材のふるい分けには，ロータップふるいを用いることがあるが，この時はふつう10分間機械を運転する。

7.1.6. 骨材の洗い試験

骨材の洗い試験については．JISA 1103 — 1953 "骨材洗イ試験方法"の規定によるものとする。

解説

骨材の洗い試験は，骨材に混入しているシルトや粘土などの量を知るために行なうものである．骨材にシルトや粘土が多量に混入していると，所定のコンシステンシーのコンクリートを作るための単位水量を大きくしたり，骨材とセメントペーストとの付着を悪くしたり，これらの物質がコンクリートの上面に浮かび出て弱い層を作ったり，コンクリートの体積変化を大きくしたりして強度や耐久性を低下させるおそれがある．

土木学会コンクリート標準示方書では洗い試験で失われる量の限度を粗骨材の場合1%，細骨材の場合にはコンクリートの表面がすりへり作用を受ける場合3%，その他の場合を5%にしている．なお洗い試験で失われるものが砕石粉である場合には，その限度を粗骨材の場合1.5%，細骨材の場合は，すりへり作用を受けるかどうかでそれぞれ5%および7%としている．

7.1.7 骨材の單位容積試験

骨材の単位容積試験はJISA 1104 ～ 1953 "骨材の単位容積重量試験方法"の規定によるものとする。

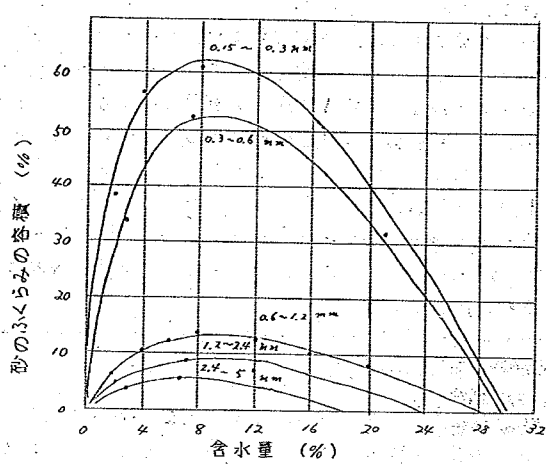
解説

骨材の単位容積重量試験は骨材の単位容積重量や空げき率を知るために行なうもので骨材の選定，購入の場合に用いられる。またコンクリートの配合を決定するため，骨材の単位容積重量を使う方法も研究されている。

骨材の単位容積重量は骨材の比重，形状，粒度などによってかなり変化し，また同一骨材でも骨材の含水量の多少，測定容器の形状，大きさ，容器に投入する方法などにより著しく異なる．細骨材の含水量が容積におよぼす影響についての一例を示すと図7.1.

7.1.1 のようである。

図 7.1.7.1.1



7.1.8 砂の有機不純物試験

砂の有機不純物試験はJIS A 1105－1953 "砂の有機不純物試験方法" の規定によるものとする。

解説

腐食土，泥炭，などはフシン酸その他の有機酸を含み，それがセメント中の石灰と化合して石灰フシン酸その他の有機酸金属石鹸を生じ硬化を妨げ，コンクリートの強度を害するおそれがある。有機物の含有のごく大体の程度を判定するためには砂の有機不純物試験方法によって試験を行なえばよい。

しかし，この試験で不合格になった砂は，モルタルまたはコンクリートに用いてはならないと断定するほど決定的な結果を与えるものではないので，その砂を水酸化ナトリウムの3%溶液で洗い，さらに十分水洗いしたものを用いて，モルタルまたはコンクリートについて試験を行ない，その結果にもとずいて判断する。モルタル試験方法としては土木学会規準22章モルタルの圧縮強度試験による砂の試験方法があるので参考として記述する。

参考

モルタルの圧縮強度試験による砂の試験方法

土木学会規準22章

220 (27)

1. この試験方法は，有機不純物試験において，試験溶液の色が標準色より濃くなった砂の試験に適用する。

2. 試験する砂を用いたモルタルと，この砂を水酸化ナトリウムの3%溶液で洗ったものを用いたモルタルとの圧縮強度を比較する。

3. 試　料

3.1 砂の代表的試料は4分法または試料分取器によって採取する。採取した砂約1.7kgと採取した砂を水酸化ナトリウムの3%溶液で洗った砂約1.7kgを試料とする。水酸化ナトリウムで洗った砂は，水酸化ナトリウムの残留によるアルカリ性が認められなくなるまで十分清水でこれを洗わなければならない。砂をかきまわしたのち，洗い水を流すときには，砂中の微粒が流出しないように注意しなければならない。

3.2 砂は表面乾燥飽和状態として用いる。砂を表面乾燥飽和状態にするにはJISA 1109（土木学会規準1編4章）の3.3による。

4. 試験用器具

4.1 型わくは内径5cm，高さ10cmの金属性円筒とする。

4.2 突き棒は直径9mmの丸鋼とし，その先端を鈍くとがらしたものとする。

5. 試験に用いるモルタルの配合の定め方

試験に用いるモルタルの配合はつぎのようにしてこれを定める。

セメント550gを鉢に入れ，水275gを加えて1分間放置したのち，さじでよくかきまぜてセメントペーストをつくる。これを表面乾燥飽和状態とした砂を加えて2分間練りまぜたとき，モルタルのフローが190±5になるような砂の重量を定める。

注(1) この砂の重量の目安を得るには，少しずつ砂を加えながら練り混ぜるとよい。

練り混ぜに用いる鉢およびさじは，JISR 5201（土木学会基準4章）の9.8による。フロー試験はJISR 5201-1964 "セメントの物理試験方法"（土木学会基準4章）の8.4による。

6. 供試体の製造

6.1 モルタルの練り混ぜは5による。1練りのモルタルから供試体4個をつくる。

6.2 モルタルは2層に分けて型わくに詰める。その各層は突き棒で25回突く。

6.3 型わくに詰めてから4時間以後にキャッピングし，24時間以後に型わくを取りはずし，試験のときまで養生する。キャッピングおよび養生はJISA 1108（土木学会規準3編4章）による。

7. 圧縮強度試験

圧縮強度試験はJISA 1108（土木学会基準3編4章）による。

7.1.9. 粗骨材のすりへり試験

粗骨材のすりへり試験は、JISA1121－1954 "ロサンゼルス試験機による粗骨材のすりへり試験方法" の規定によるものとする。

解　説

すりへりに対する抵抗性の大きいコンクリートを作ろうとするには、使用する骨材のすりへりに対する抵抗性が大きいことが大切である。

すりへりに対する抵抗性の大きい骨材はコンクリート用骨材としてすりへりばかりでなく他の性質も一般にすぐれているということができる。ここに粗骨材のすりへり試験の重要な意義がある。

粗骨材のすりへり抵抗の試験方法として、現在JISとして規定されているものは、ロサンゼルス試験機による方法とドバル試験機による方法との二つがある。これら二つの試験方法を比較すると、ロサンゼルス試験機はその機構上軟石や死石の量が試験結果によりよく反映され、コンクリートの圧縮強度とも密接に結びついていると考えられる。また、試験時間が短い利点がある。したがってロサンゼルス試験機によるすりへり試験方法を採用したのである。

7.1.10 粗骨材中の軟石量試験

粗骨材中の軟石量試験はJISA1126－1957 "粗骨材中の軟石量試験方法" の規定によるものとする。

解　説

やわらかいのや、かけやすい骨材を使用すれば、コンクリートの品質をおとし、その強度は低下するので、その使用する粗骨材のやわらかさの程度を知るため行なうものである。

7.111 骨材の安定性試験

骨材の安定性試験はJISA1122－1954 "骨材の安定性試験方法"の規定によるものとする。

解説

コンクリートが気象作用に対して耐久的であるためには、これに用いる骨材が耐久的でなければならない。気象作用に対する骨材の耐久性は、その骨材を用いたコンクリートの風化状況を適当な実例について調査し、その結果にもとづいて判断するのが適当であるが、このような実例がえられない場合には促進試験（骨材の安定性試験、コンクリートの凍結融解試験）を行ない、その結果により耐久性を判断する。骨材の安定性試験は硫酸ナトリウムまたは硫酸マグネシウムを用いた一種の促進試験であって、試験中に入った硫酸ナトリウムまたは硫酸マグネシュムの水溶液が乾燥によって結晶膨脹する作用を、凍結融解に代替させようとするものである。安定性を支配する主な要素は、骨材粒内の空げきの大きさ、量、連続性等である。これらは、骨材の凍結融解に対する耐久性、強度、弾性およびすりへりに対する抵抗性、比重、セメントペーストとの付着力、化学的高質等により影響するから大切な性質である。

この試験結果は、その骨材を用いたコンクリートの耐久性をかならずしも示していないことに注意を要する。重要な構造物で凍結融解作用の繰返えされるような場合の骨材の使用の可否はコンクリートについての凍結融解試験の結果によって判断するのがよい。

ASTMには骨材の安定性試験によって失われる損失重量の限度を硫酸ナトリュームを用いた場合細骨材に対し10%、粗骨材に対し12%とし、硫酸マグネシュームを用いた場合は、それぞれ15%及び18%と規定しており、土木学会でもこれを採用している。

参考

ここに述べた骨材の安定性試験は、骨材の物理的な安定性を試験するものであるが、骨材の化学的な安定性試験は第4章セメントのアルカリ骨材反応の試験方法の項を照されたい。

7.1.12 混和材料

ポゾラン

シリカ質材料で、それ自身では固まる性質はないが、水酸化石灰と常温で化合し、安定な不溶解な化合物となって固まるような組成分を含むものをいい、コンクリートの性質の改善または工費の節減のために使われるものである。ポゾランには天然産のものに火山灰、けいそう土、けい酸白土、シリカ粉末、人工のものに、粘土またはけつ岩を燃成したもの、高炉スラグ、フライアッシュなどがある。この中でフライアッシュは現在もっとも多く用いられており、JIS規格も出来ているのでこれについてのべる。

7.1.12.1 フライアッシュ

フライアッシュの試験はJIS A 6201－1958 "フライアッシュ"の規定によるものとする。

解説

フライアッシュはボイラーの廃棄ガスの中に浮遊した微粒粉末を捕集したものである。この粉末の粒子はガラス質のなめらかな球形をしており、これがボールベアリングの役目をしてコンクリートの流動性をよくする。したがって他のポゾランの様に単位水量の増加を必要としないことが特長である。また、フライアッシュはコンクリート中の遊離石灰と結合するなど、コンクリート品質の改善と工費の節約の面でダムコンクリートにはよく用いられている。一般にフライアッシュを使用する際はコンクリートの強度、体積変化、耐久性密度などを試験して適切な使用方法を決める必要がある。

また使用中、品質管理試験を常に行なわなければならない。

7.1.12.2 AE剤

AE剤の規格試験は"土木学会AE剤規格案"（土木学会基準27章）によるものとする。

解　説

(a)　ＡＥ剤とは表面活性を示す有機化合物で、これをコンクリート中に混ぜると微小の独立した気泡ができる．このために微砂粒子の周囲にボールベアリング状の作用がはたらき、ウォーカービリチーを改善し、材料の分離を少なくし、均等質のコンクリートを造るのを容易にする．一方気泡が独立しているため凍結融解の繰返し作用に対する耐久性を大きくする．

ＡＥ剤は種々のものが市販されているが、その使用に当っては、効果均等性等について厳重な検討をすべきである．

(b)　コンクリートの中の空気量が１％増すとコンクリートの強度は４～６％減るといわれている．したがって連行空気量が安定していないと品質変動の原因になり、空気連行による適切なウォーカービリティーの改善も望めない．

ＡＥ剤の選択の際行なっている凍結融解試験その他の試験はあまり容易でないから、従来信用のあるＡＥ剤を使用するか試験所に依頼するとよい．

ＡＥ剤

ＡＥ剤の規格試験は土木学会ＡＥ剤規格案（土木学会基準２７章）によるものとする．

解　説

ＡＥ剤を用いて適量の空気ほうを連行させて作ったコンクリートは普通のコンクリートに較べて凍結融解による破壊にたいする耐久性を増し、水密性を大きくし、ウォーカビリチーをよくするなどいろいろの利点があるがＡＥ剤が適当でないと安定して空気連行作用が出来ず不当にコンクリートの強度を低くしたり品質のばらつきの原因ともなる．

使用する立場からいえばＡＥ剤には次のような性質が求められる．

1．２５～２.５μ程度の径の良く分布した微細な無数の気泡を発生するもの．

2．セメントの高度のカルシューム酸化物に対してＡＥ剤が安定．

3. 空気の連行が安定していること．

4. AE剤を用いたために所要のコンシステンシーが著しく変ったり強度が非常におちるようなことがないなどである．

土木学会AE剤規格案

1. 適用の範囲　この規格はAE剤に適用する．

AE剤とは混和材料の一種で，微小な独立した空気のあわをコンクリート中に一様に分布させるために用いる材料をいう．

2. 品質

(1) AE剤を用いたコンクリートのブリージング率は，AE剤を用いないコンクリートのブリージング率の65%以下でなければならない．

(2) AE剤を用いたコンクリートの圧縮強度は，どの材令においても，AE剤を用いないコンクリートの圧縮強度の85%以上でなければならない．

(3) AE剤を用いたコンクリートの曲げ強度は，どの材令においても，AE剤を用いないコンクリートの曲げ強度の85%以上でなければならない．

(4) AE剤を用いたコンクリートの付着強度は，材令28日において，AE剤を用いないコンクリートの付着強度の85%以上でなければならない．

(5) AE剤を用いたコンクリートの乾燥収縮を長さの百分率で表わしたものは，乾燥期間28日，6月，1年において，AE剤を用いないコンクリートの乾燥収縮より0.01以上大であってはならない．

(6) AE剤を用いたコンクリートの相対耐久性係数は80%以上でなければならない．

3. 試験方法

(1) 試験は代表的試料について行なわなければならない．

(2) 品質の試験は，つぎに示す方法によってこれを行うものとする．

(i) コンクリートの配合り

AE剤を用いるコンクリートもAE剤を用いないコンクリートも，ともに，粗骨材の最大寸法は25mm，スランプは約6.5cm，単位セメント量は300kgとする．ただし，AE剤を用いるコンクリートの空気量は約4.5%とする．

(ii) コンクリートの空気量試験はJIS A 1117（土木学会規準32章）または JIS A 1118（土木学会規準33章）によるものとする。

(iii) コンクリートのスランプ試験はJIS A 1101（土木学会規準30章）によるものとする。

(iv) コンクリートのブリーディング試験はJIS A 1123（土木学会規準37章）によるものとする。

(v) コンクリートの圧縮強度試験はJIS A 1108（土木学会規準34章）によるものとする。ただし、供試体の材令は3日、7日、28日、6月および1年とする。

(vi) コンクリートの曲げ強度試験はJIS A 1106（土木学会規準35章）によるものとする。ただし、供試体の材令は3日、7日、28日6月および1年とする。

(vii) モルタルおよびコンクリートの乾燥による長さ変化試験はJIS A 1129（土木学会規準42章）またはJIS A 1125（土木学会規準43章）によるものとする。

(viii) 相対耐久性係数は、試験しようとするAE剤を用いたコンクリートを凍結融解試験した場合の耐久性係数と、すぐれた品質を有する他のAE剤を用いたコンクリートを試験した場合の耐久性係数との比からこれを求める。

7.1.13 まだ固まらないコンクリート試料採取

まだ固まらないコンクリートの試料採取はJIS A 1115－1951"まだ固まらないコンクリートの試料採取方法"の規定によるものとする。

7.1.14 コンシステンシー試験

概　説

コンクリートのコンシステンシー試験方法の主なものは、スランプ試験、フロー試験、落下試験、リモルテング試験、貫入試験、締固め度試験、VB試験、などである。これらの試験方法は、それぞれ一長一短があるが、現在のところ一般にスランプ試験が広く用いられている。

かた練りコンクリートのコンシステンシー試験に対してはVB試験方法が

有効な方法であると予想されるので土木研究所においてもVB試験方法について研究中である。

7.1.14.1 スランプ試験

スランプ試験はJIS A 1101—1950 "スランプ試験方法" の規定によるものとする。

解　説

(a) スランプ試験は主としてスランプ約5cm以上のコンクリート水量の変化によるコンシステンシーの変化を知るのに役立つもので、ある工事または試験に際して、最適のウォーカビリティを得るための単位水量を求めるために有効である。ウォーカビリティーが最適であるかどうかはスランプだけではわからない。

全く異なった材料および配合のコンクリートのスランプを比較して、その性質を判断することはできないが、ある工事におけるコンクリートのスランプは、材料、配合、などの変動の指標として有効である。しかし、スランプが4～5cm以下の場合には精度が悪くなり、余り有効でなくなる。

(b) 1. 粗骨材の最大寸法が40mm以上のコンクリートの場合には、コンクリートを標準版フルイ40でふるって、寸法40mm以上の粗骨材を除去するか、または寸法40mm以上の粗骨材を手でひろって除去する。

2. スランプの測定を終ったのち突き棒でコンクリートの側面をしずかにたたきコンクリートのウォーカビリチーを判断するのに非常によい参考となる。

イ) この標準示方書に従って施行するコンクリートは25回突いたために、材料の分離が、ひどくおこるようなことはないはずである。

ロ) コーンを引きぬいたときに、コンクリートがくずれたり、水が流れ出たりするようなコンクリートについては、スランプ試験は意味のないものである。

振動式コンシステンシー試験方法（舗装用）

(1) この試験方法は舗装用コンクリートのコンシステンシーを測るのに用いる．

(2) 試験装置

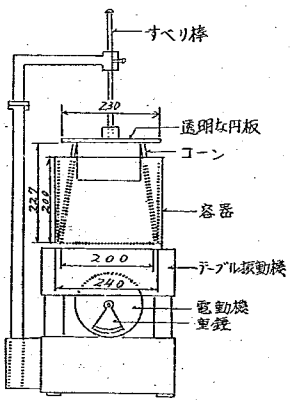
試験は図－付3・7に示すように，大別すると，テーブル振動機（振動数 1,500 vpm，全振幅約 8mm），容器（金属製のもので，内径 24cm，高さ 20cm）コーン（金属製のもので上端内径 15cm，下端内径 20cm，高さ 22.7cm）およびすべり棒のついた透明な円板（全重量約 1kg）より構成されている．

(3) 試　験

JIS A 1115 に従い採取した試料を，コーンに2層に分けて詰める．この各層は突き棒でならしたのち 35 回均等に突くものとする．各層を突く際の突き棒の突き入れ深さは，前層にようやく達する程度とする．コンクリートを詰めたら，上面をコーンの上端に合せてならし直ちにコーンを静かに鉛直に引き上げ，すべり棒のついた透明な円板をのせ，テーブル振動機を運転する．

振動によりコンクリートが締め固められると変形をおこす．このためすべり棒のついた透明な円板が下りはじめる．振動を継続すると締め固めが進みコンクリートの表面にモルタルが浮かび上ってきて円板下面に接する．すなわち運動開始から円板の下面全面にモルタルが接するまでに要した振動時間を測定する．

図－付3・7 振動式コンシステンシー試験機（舗装用）（単位 mm）



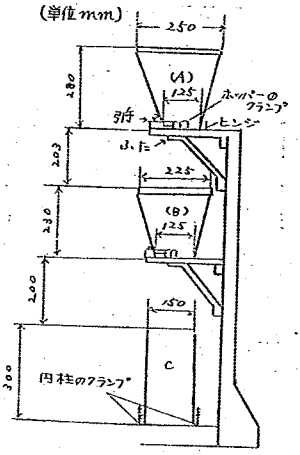
(4) 表　示

コンシステンシーは (3) で述べた振動時間を秒で測定し，これを沈下度何秒として表示する．

(2) 締め固め係数試験

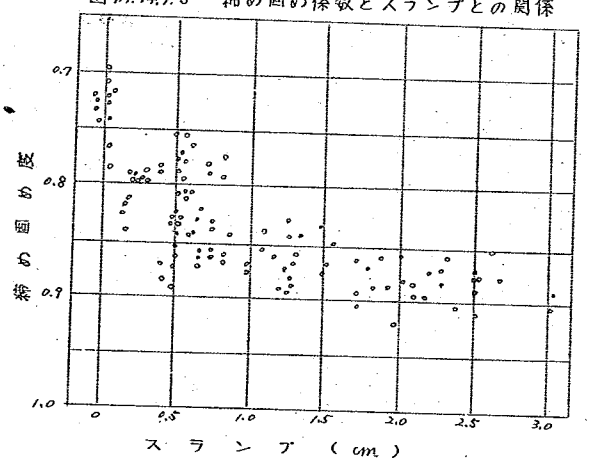
この方法は英国において用いられている方法で，試験方法は次のようである．試験装置は図 7.1.14.1.2 に示すようなもので，ホッパー(A)にゆるくコンクリートを詰め，底面のふたを開いてホッパー(B)に落下させる．同様にしてさらにホッパー(B)から円筒容器(C)に落下させ，上面をけずりとり(C)容器内に入ったコンクリートの重量を測ったのち新たに(C)容器に同一バッチ試料からコンクリートをとり深さ5cmずつの層にして詰め，各層とも空げきが残らないようにバイブレーターを用いて十分な締め固めを行なってコンクリートの重量を計る．これら二つの重量比を締め固め係数といい，コンクリートのコンシステンシーの尺度としている．

図 7.1.14.1.2
締め固め係数試験装置



スランプと締め固め係数との関係について土木研究所において実験した結果の一例を示すと図 7.1.14.1.3 のようである．

図 7.1.14.1.3 締め固め係数とスランプとの関係



7.1.15 空気量測定試験

まだ固まらないコンクリートの単位容積重量試験および空気量の重量による試験（重量方法）はＪＩＳＡ1116－1952“コンクリートの単位容積重量試験方法および空気量の重量による試験方法（重量方法”空気量の圧力による試験（空気室圧力方法）はＪＩＳＡ1128－1960“まだ固まらないコンクリートの空気量の圧力による試験方法（空気室圧力方法）”，空気量の圧力による試験（水柱圧力方法）はＪＩＳＡ1117－1960“まだ固まらないコンクリートの空気量の圧力による試験方法（水柱方法）”，容積による試験はＪＩＳＡ1118－1952“まだ固まらないコンクリートの空気量の容積による試験方法（容積方法）”などの規定によるものとする．

解説

ＡＥコンクリートの場合には，空気量試験は強度試験やスランプ試験と同じように重要なものであり，必ず行なわなければならない試験である．

空気量の測定は試験方法の違いによって重量方法，圧力方法，容積方法などがあり，圧力方法には水柱圧力方法と空気室圧力方法とがあって，それぞれＪＩＳに制定されている．

(a) 重量方法は，セメント，水，骨材などの各材料の比重からコンクリートの理論単位容積重量を計算し，コンクリートの単位容積重量との差から空気量を求める方法である．この方法の欠点は，容器につめたコンクリートの容積を測る場合に誤差のはいりやすいこと，比重の決定しがたいものには用いられないことであるが，作業がかんたんであるから，圧力方法による場合などもこの方法を併用してチェックするのがよい．

(b) 圧力方法は，最も広く用いられている．これは気体の体積が一定温度のもとでは圧力に反比例するという性質を利用したもので，コンクリートに圧力をかけて体積変化を調べればよく，試験が短時間ですむこと，検定のとき以外は秤を必要としないなどの利点がある．ただし，多孔質の軽量骨材を使用したコンクリートの空気量測定には適当でない．

水柱圧力方法より空気室圧力方法の方が操作が簡単であるため，前者はほとんど用いられずもっぱら後者が用いられている．

(c) 容積方法は，コンクリートの中の空気を追い出してこれを水で置きかえ，置きかえた水の容量で空気量を測定する方法で，材料の比重，含水量が分

らない時でも適用でき，空気を追い出しさえすれば正しい結果がえられる．ただ，空気を追い出すのに労力がかかり，熟練者でも20分以上もかかる欠点がある．

以上の試験方法を比較すると重量法は実験室または現場で特別の測定器具がなくても容易にできる利点があるが，よほど試験に熟練した人がやらなければ正確にできないし，比重などの誤差が入ってくる．容積方法（またはローリング法）は他の方法にくらべて簡単な器具でよく，最も正しい値がでるが，試験に労力と時間が多くかかる．空気室圧力方法は操作が簡単で時間もかからずにすみ，現在最も多く用いられている．

7.1.16. コンクリート強度試験用供試体

コンクリートの強度試験用供試体製作方法はJIS A 1132－1963“コンクリートの強度試験用供試体の作り方”の規定によるものとする．

解　説

コンクリートの強度は，コンクリートの試料，供試体の方法および養生条件によって異なるから標準になる供試体強度を知るためには，定められた標準方法によらなければならない．

7.1.17. 圧縮強度試験

コンクリートの圧縮強度試験はJIS A 1108－1963“コンクリートの圧縮強度試験方法”の規定によるものとする．

解　説

(a) 圧縮強度試験を行う目的は，(1)ある材料，配合のコンクリートの圧縮強度を求めるため，(2)コンクリートの圧縮強度を知って，コンクリートの他の強度，弾性的性質などの諸性質を評価するため，(3)与えられた材料が使用に適するものであるかどうかを判定し，また，所要の性質のコンクリートを経済的に造りうる材料を選択するため，(4)構造物におけるコンクリートが所要の品質のものであるかどうかを判定するため，(5)養生の適否，型わくの取りはずしの時期を定めるためなどである．ただし，養生を構造物と同じようにしたとしても，供試体による強度は構造物におけるコンクリートそのものの強度でないことに注意を要する．構造物におり

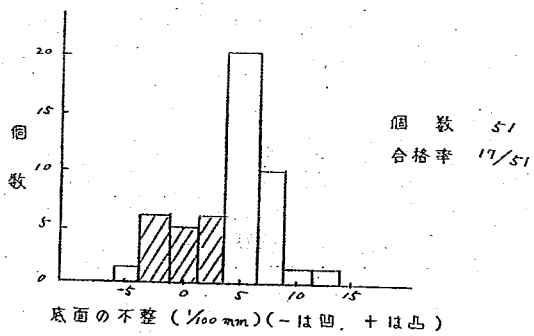
るコンクリートの強度は，その形状，打ち込み方向，締め固めの程度，材料分離の状態，養生温度および湿度などによって異なるものであるからである．したがって，この方法に従って試験した強度は，コンクリートの一般的な指標にすぎないのである．

(6) コンクリートの圧縮強度試験用の供試体は直径15cm 高さ30cm のものが用いられている．粗骨材の最大寸法が50mm 以上のものは湿式ふるいわけをして上記の供試体を造るかまたは大きい供試体を用いる．

試験時に心得ていなければならない注意事項をあげると上下面のおうとつ（凹凸）である．上下面におうとつ（凹凸）があると強度は小さい値を示す．また，供試体を造る型わく底面は水平なものと思い込みがちであるが，案外規定より大きなおうとつ（凹凸）があるものである．

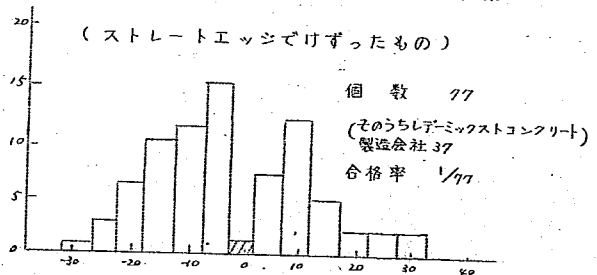
型わくの底板の平たん度について調査した結果の一例を示すと図7.1.17.1.1 のようである．

図7.1.17.1.1 供試体底面の平面度の測定結果

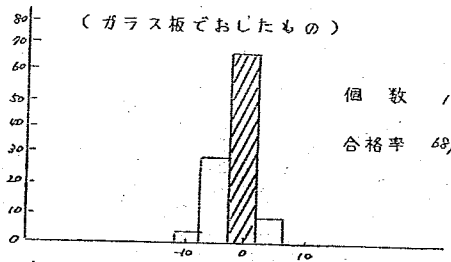


また，キャピングも非常に不陸ができやすい．特にストレイトエッジで実施したときは，おうとつ（凹凸）ができ易い．（図 7.1.17.1.2 参照）

図 7.1.17.1.2 現場コンクリート供試体の
キャッピング面の不整の調査結果



キャッピング面の不整（1/100 mm）（－は凹，＋は凸）



キャッピング面の不整（1/100 mm）（－は凹，＋は凸）

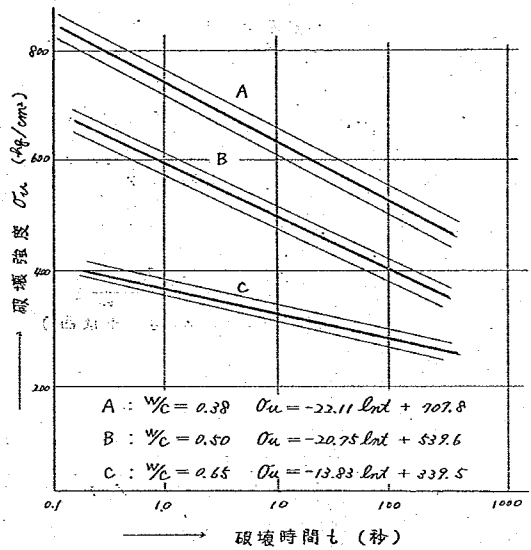
コンクリートの強度は，供試体の温度および含水状態によっても相違する．

供試体の温度と圧縮強度との関係についての実験例を示すと，21°C のときの強度を 100 とすると，−3°C で 140，54°C で 85 であった．また供試体が乾燥している場合は，湿潤状態の場合より，20～40 %，大きい値を示す．

載荷速度も強度に影響を及ぼすもので，一例を示すと，図 7.1.17.1.3 のようで，破壊度は破壊時間の対数値とほぼ直線関係にある．

図 7.1.17.1.3

強度 ― 破壊時間の関係



7.1.18 曲げ強度試験

コンクリートの曲げ強度試験はＪＩＳＡ1106－1953 "コンクリートの曲げ強度試験方法" の規定によるものとする。

解　説

(a) 曲げ強度試験は鋪装版の場合のように曲げ強度を基準として配合設計が行なわれる場合に行なわれる。

圧縮強度と曲げ強度との関係は骨材の性質その他によって異なるものであるから，圧縮強度で曲げ強度を正しく推定することはできない。しかし，管理試験その他では便宜的に圧縮試験を用いてよい。

(b) この試験方法に規定してある供試体の製作方法により鋪装用コンクリートのようにスランプ3 cm 以下のかた練りコンクリートで供試体を製作するとき，規定の突数およびスページンなどで十分にコンクリートを締め固

めることができない場合が多い。

従って一般には型わく側面を木づちで軽打するとか，または内部振動機を用いるとかしている。土木研究所では種々の方法により研究を実施中であるが，現在のところでは内部振動機（直径2.5 cm）を用い，コンクリートは型わくに一層に詰め供試体の長軸方面に5箇所，1箇所約10秒づつ締め固める方法を用いている。

7.1.19 はりの折片によるコンクリート圧縮強度試験

はりの折片によるコンクリートの圧縮強度試験はJIS A 1114-1951 “はりの折片によるコンクリートの圧縮強さ試験方法”の規定によるものとする。

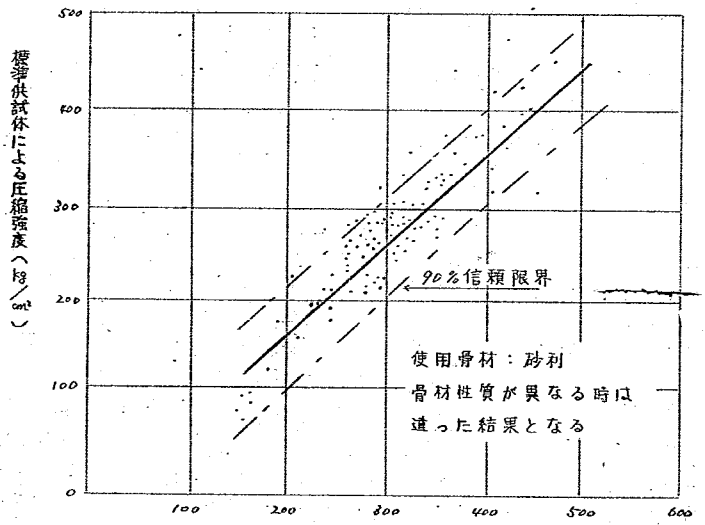
解説

曲げ強度試験に用いたはり供試体の切片を用いて圧縮強度試験をすればそのコンクリートの圧縮強度を推定することができるばかりでなく曲げ強度と圧縮強度との関係も知ることができる。この供試体は圧縮強度用に特別造ったものではないから，曲げ強度を確めるという意味だけでも試験をしておくとよい。

この切片を用いた圧縮強度は立方体供試体の圧縮強度そのものであって標準供試体（ϕ 15 cm × 30 cm）よりやや強い結果がでる。

文献によると折片を用いた圧縮強度は標準供試体より約20％強いという結果を示している。

図 7.1.19.1.1　はりの折片による圧縮強度と標準供試体圧縮強度との関係



7.1.20　コンクリートから切りとったコーアおよびはりの強度試験

コンクリートから切りとったコーア及びはりの強度試験はＪＩＳＡ1107－1950“コンクリートから切りとったコーアおよびはりの強度試験方法”の規定によるものとする．

解　説

ＪＩＳＡ1108およびＪＩＳＡ1106の規定に従って行なった圧縮強度試験や曲げ強度試験の強度はコンクリートのもっている強度の普遍的な指標である．それに比べ構造物から切りとってえられた供試体の強度は実際の現場の養生条件および施工方法など加味されたものをあらわしている．したがって標準供試体の強度とは平均値，変動係数，ともに一般に異なるが，現実に打込まれた構造物の強度の推定に役立つ．このコンクリート強度は供試体の

大きさや形状によって異なるので，この点に注意をして判定をあやまらないようにしなければならない．

7.1.21 コンクリートの引張り強さ係数試験

コンクリートの引張り強さ試験はＪＩＳ 1113－1951 "コンクリートの引張強さ係数試験方法" の規定によるものとする．

解　説

コンクリートの引張り強度を直接求める方法はいろいろ試みられたが，等断面の供試体では供試体を保持する付近で破壊し，不等断面のものでは応力集中などの問題があり，さらに一般に試験が面倒で標準試験方法もまだできていない．引張り強さ係数試験は正しくは引張強度試験ではないが，両者の示す値はほとんど同じであるので，実用上の目的には引張り強さ係数を引張り強度としてよい．

試験をするさい注意すべきことがらは，載荷線が型わくの継目と一致しないようにすること，荷圧板と供試体の接触線にすきまがないようにすること，供試体の前後に偏心載荷のないようにすることなどである．

参　考

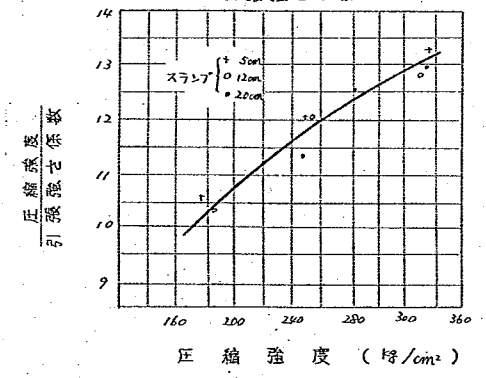
引張強さ係数と圧縮強度との関係について吉田徳次郎，内山実，国分正胤の各氏の実験による圧縮強度の $\frac{1}{10}$ ～ $\frac{1}{13}$ という結果が得られている．

図 7.21.1.1 は国分氏の行なった実験結果である．

試験を行なうとき，供試体を据える場合，加圧板と供試体との接触線にすきまがあってはならない．すきまがあると，荷重が局部的に集中してかかることになり，変則的に破壊する．供試体の形が正しくなかったり，すきまができたりすると，破壊荷重が小さくなる．

国分正胤氏の実験によれば図 7.21.1.2 のようである．

図 7. 1. 21. 1. 1　コンクリートの圧縮強度と
$\frac{\text{圧縮強度}}{\text{引張強さ係数}}$ との関係



粗骨材の最大寸法 = 25 mm
供試体の材令 = 28 日
圧縮強度は直径 15 cm
高さ 30 cm の円筒で試験し，引
張強さ係数は直径 15 cm
高さ 15 cm の円筒で試験した
（図分博士．土木学会論文集
第 8 巻より）

図 7. 1. 21. 1. 2

コンクリート	粗骨材の最大寸法 = 30 mm 水セメント重量比 = 0.53　スランプ = 15 cm			
供試体	直径 = 15 cm　長さ = 15 cm			
区分	供試体の両端面が平行でない場合	供試体の側面の一部が 0.4 mm 凹んでいる場合		
		一側が長さの 10% 20% 30% だけ凹む	一側が長さの 20% だけ凹む	両側が長さの 10% 20% だけ凹む
形が正しくない場合の破壊荷重	95	95 (10%) / 91 (20%) / 83 (30%)	91 / 93 / 90 / 97 / 95	94 (10%) / 87 (20%)
形が正しい場合の破壊荷重 %	95			

7.1.22 コンクリートのブリージング試験

コンクリートのブリージング試験はＪＩＡ ／／２３－／９５７ “コンクリートのブリージング試験方法”の規定によるものとする。

解　説

(a) ブリージングはセメントおよび骨材の表面積が水量に比して不足するため，表面張力によって水を粒子の表面に保つことができないため生ずるものである。コンクリート構造物の型わくに接する面を観察すると，多少の砂すじを見出すことが多いが，これは水がせき板に沿って上昇したために生じたものである。ブリージングの悪影響は，(1) 上部のコンクリートは多孔質となり，強度，水密性，耐久性，などの重要な性質を低下させること。(2) 骨材粒および鉄筋の下側に生じた薄い水膜によって，これらとセメントペーストとの付着を阻害すること。(3) 骨材粒および鉄筋の下側にそって水や空気の通路ができるので，コンクリートの中性化および鉄筋の腐食を促進することなどである。

ブリージングを小さくするためには，適当量の微粒子を含む細骨材を用いること，ＡＥ剤または分散剤を用いること，ポゾランを用いること，できるだけ単位水量を少なくすること，十分に締め固めて空気を追い出すこと，などである。

(b) ブリージングの測定の際の室温は ２０ ± ３°C に保つことになっているが温度はコンクリートの硬化時間に影響し，ブリージングの量や継続時間に関係するので，とくにこの規定を厳守しなければならない。

7.1.23 ミキサで練り混ぜたコンクリート中のモルタルの単位容積重量試験

ミキサで練り混ぜたコンクリートの中のモルタルの単位容積重量差試験方法はＪＩＳＡ ／／１９－／９５３ “ミキサで練り混ぜたコンクリート中のモルタルの単位容積重量差の試験方法”の規定によるものとする。

解　説

ミキサの購入時また長期間使用後には，ミキサの練り混ぜ性能について検

討する必要がある．この場合上記の試験を行なえば，練り混ぜ性能を判定するための一資料がえられるものである．なお，この試験は，米国開拓局の基準を参考にして定められたものであるが，モルタルの質を対象としているのであるが，モルタルの量についても検討する必要のあることが強調されている．現在では，米国では，米国開拓局でもこの方法を改正し，空気量，粗骨材量を測定し，これよりモルタルの単位容積重量を計算する方法を用いている．

参考　米国開拓局の方法

1. 概　説

この試験はミキサがある定められた範囲の均等性を有するコンクリートを混合する能力を検定するために用いられる．

また固らないコンクリートの均等性は2個の試料に含まれた粗骨材の量の変化とその空気量を除いたモルタルの単位重量を比較することにより評価される．試料の一つはミキサの前部から他の一つは後部から採られるこの試験はミキサのあらゆる型および容量に対して適用できる．

2. 器　具

(a) エアメーターまたは既知容量の単位重量容器，骨材最大寸法が 40mm 以下のコンクリートに対しては 7ℓ（¼ Cuft）エアメーターを用いる．

(b) はかり，所量の容量で感量が試料重量の 0.1% のもの．

(c) 5mm しんちゅうぶるい．適当な容量（大体 45×45 cm）のもの．

(d) 60×60 cm の皿3個

(e) 水中につるした 5mm ふるいにとどまる材料を計量するのに必要な器具

3. 試　料

各試験に対し，新しく混合されたコンクリートから2個の試料を採取する．試料はミキサの運転を停止してコンクリート表面の前部および後部から採取し，またミキサから排出された時のバッチの最初および最後の部分から採取する．何れの方法によるかはミキサの型とすえ付け方法による．

4. 方　法

ミキサから試料を採取した直後，各試料の重量と空気量を測定する．骨材最大寸法が 40mm 以下のコンクリートに対しては空気量はエアメーターにより測定しなければならない．（規格 24 参照）　40mm より大きい骨材を含むコンクリートにしては大形のエアメーターが利用できない時には

単位重量法（規格 23 参照）が用られる。各試験に用いられた試料は 5mm ふるいの上で洗う。各試料中に占める粗骨材の体積重量を求めるためにふるいにとどまった材料を表面乾燥飽和状態まで乾燥して計量し，あるいはぬれた材料を水中につるしてひょう量して表面乾燥飽和重量を材料の比重から計算する。後者の方法が試験を行なうのに要する時間は少ない。

5. 計　算

空気を除いたモルタルの単位重量，およびコンクリートは，1m³ 当りの粗骨材重量は次式から計算される。

空気を除いたモルタルの単位重量

$$M \frac{b - c}{V - \left(A + \frac{c}{G \times 1000} \right)}$$

コンクリート 1 m³ 当りの粗骨材重量

$$W = \frac{c}{V}$$

式中

M＝空気を除いたモルタルの単位重量（g/L）

b＝試料の（空気中）重量（g）

C＝5mm ふるいにとどまる材料の（空気中）重量（g）

V＝試料の体積

A＝容器の体積 V を空気量百分率 1/100 と乗じて算定した空気の体積（L）

G＝粗骨材の比重

W＝コンクリート 1 m³ 当りの粗骨材重量（kg）

W は水中重量より計算される。

$W =$（水中重量 kg）$\times \frac{G}{G-1}$

6. 吟　味

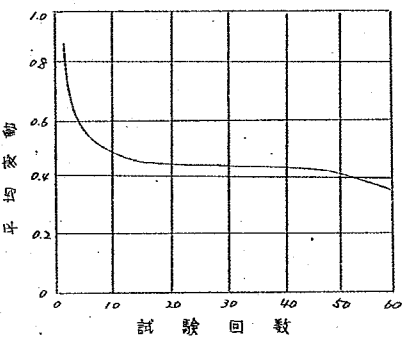
ミキサの前部および後部から採取した試料中の空気をのぞいたモルタルの単位重量は 2 個のモルタル重量の平均から 0.8% より多く変化していてはならない。またミキサの前部および後部における 1 m³ 当りの粗骨材（5mm ふるいにとどまった）重量は 2 個の粗骨材重量の平均から 5% より多く変化していてはならない。試験によって空気をのぞいたモルタルの単位重量の不均等性が許容値より大きいことが示された場合には混合時間を増して要求された限度内の不均等性としなければならない。粗骨材重量の変化は普通のミキサの設計が不適当であるか，使い古されていることを示す。所定混合時間以内に均一なコンクリートをうるためにミキサの修理を

要するが，ミキサのグレードの形と間隔を変える必要があるだろう。ミキサの前部および後部の空気をのぞいたモルタルの単位重量の不均等性は混合の適性は標準であるから，この試験によって最小混合時間を決定することができる。

不均等性の最大限度が1回の試験に対して規定されるときは数回の試験の平均不均等性は試験回数が増すにつれて減少し，図7.1.23.6.1に示されるようになる。

このグラフの試料は，グランドクーリー（Grand Coulee），マーシャルフォード（Marchall Ford）およびフライアント（Friant）およびダムにおいてモルタル不均等性試験を行なった結果から管理曲線分析を行なって求めたものである。

図 7.1.23.6.1



空気をのぞいたモルタルの平均不均等性と試験回数との関係．平均不均等性は試験回数が増すにつれて減少する．

7.1.24 モルタルおよびコンクリートの長さ変化試験

モルタルおよびコンクリートの乾燥による長さ変化試験はダイヤルゲージ方法の場合はJISA 1124－1957“モルタルおよびコンクリートの長さ変化試験方法（ダイヤルゲージ方法）”，コンパレーター方法の場合はJIS A 1125－1957“モルタルおよびコンクリートの長さ変化試験方法（コンパレータ方法）”の規定によるものとする．

解説

ここにのせたJISの方法の他に，第4章セメントの中にASTMの“モルタル容積変化試験方法”がのせてあるから参照されたい。

これらの試験は恒温室で行ない，試験器具も供試体も所定温度にして行なわなければいけないから恒温室の設備のないところではむずかしい。

7.1.25 共鳴振動によるコンクリートの動弾性係数，動せん断弾性係数，動ポアソン比試験

共鳴振動によるコンクリートの動弾性係数，動せん断性係数，動ポアソン比試験はJISA1127～1958“共鳴振動によるコンクリートの動弾性係数，動せん断弾性係数および動ポアソン比試験方法”の規定によるものとする。

概　説

供試体の縦振動，たわみ振動，ねじり振動の一次共鳴振動数により，動弾性係数，動せん断弾性係数および動ポアソン比を求める方法である。これら動弾性係数などを知って，その供試体の強度を知ることが出来れば，同一供試体による各材令の強度が分り，非常に便利であるため，この相関々係を知るこゝろみが今まで数多く行われてきた。

しかし，これらの実験を見わたして，この相関々係は使用材料，配合，材令，養生方式，試験供試体の乾燥の状態，によって大きく影響をうけるため，あらかじめ動弾性係数を測定した供試体を用いて強度試験を行ないその関係を得たとしても，それと同条件で製作された供試体については，その強度を大体推定し得るという程度である。もちろん，対数減衰率を測定し，動弾性係数を組み合わせて，推定精度をたかめる試みもなされてはいるけれども対数減衰率の測定器械，測定方法についてはまだ意見の一致をみていない現状なので，これをただちに規格化することは出来ない。たゞこの方法が有効と考えられるのは，気象などによる，侵食作用がどれだけコンクリートの品質に影響を与えるかというような問題を取り扱う時である。この方法を用いなければコンクリートの品質におよぼした影響を知るために多数の供試体が作製されなければならないし，またその供試体自身の品質のばらつきも問題となるであろう。その点この方法では同一供試体による影響をその日時の変化に応じて測定し得るということで，はなはだ便利である。

解　説

ここにあげた共鳴振動によるコンクリートの非破壊試験は，いわゆるソニック方法でコンクリートに可聴音波の振動を与え供試体の共振周波数を測定して動弾性係数を求める方法で，コンクリートの動弾性係数と強度との関係を求めておけば供試体を破壊することなしにコンクリートの強度を推定することができる。

この方法は，近年わが国でも相当普及しており，同一コンクリートの性質の変化を測定する場合，たとえば凍結融解試験における耐久性指数あるいは硫酸塩の侵食試験などに利用されている，また，品質管理に使われることも考えられる。

動弾性係数から強度を推定するときは，コンクリートの配合によってその関係も異ってくる。これに対して弾性的性質を示す動弾性係数以外に粘性的性質を示す対数減衰率を考慮するのがよい。

ソニック方法の動弾性係数の測定は一般に行われているが，動せん断係数や動ポアソン比の試験はほとんど行われていない。

なお非破壊試験方法にはこの他，しょうげき波や超音波の伝播速度を測る方法がある。伝播速度を測る方法は供試体の形状にあまり制約されず測定できる強味があり，構造物のひびわれや腐食の程度を知ることができる。

7.1.26　コンクリートの配合

コンクリートの配合は
鉄筋コンクリートでは土木学会鉄筋コンクリート標準示方書4章配合
鉄筋コンクリートでは土木学会鉄筋コンクリート標準示方書4章配合
ダムコンクリートでは土木学会ダムコンクリート標準示方書4章配合
舗装コンクリートでは土木学会コンクリート舗装標準示方書5章配合によるものとする。

解　説

コンクリートの配合とはコンクリート中におけるセメント，水，骨材，またある場合には混和材の割合をいい，所要の性質（強度，耐久性，水密性，作業に適するウォーカビィリティーなど）が経済的にえられるように定めなければならない。そのため，コンクリートの配合はまず試験バッチを造って実験し適当と思われる配合を求めたのちそれを現場で実際のバッチについて検討し修正して定めるのがよい。

土木学会鉄筋コンクリート標準示方書4章配合を示すと次のようである。

4　章　配　合

23条　総　則

コンクリートの配合は，所要の，強度，耐久性，水密性および作業に適するウォーカビリチーをもつ範囲内で，単位水量をできるだけ少なくするよう，これを定めなければならない。

24条　単位水量

単位水量は，作業ができる範囲内で，できるだけ少なくなるよう，試験によってこれを定めなければならない。

25条　単位セメント量

単位セメント量は，単位水量と水セメント比から，これを定める。

26条　水セメント比

水セメント比は，コンクリートの所要の，強度ならびに耐久性を考えて定めなければならない。水密であることを必要とする構造物では，さらにコンクリートの水密性についても考えなければならない。

(1) コンクリートの圧縮強度をもととして水セメント比 w/c を定める場合

(a) 圧縮強度と水セメント比との関係は，試験によってこれを定めなければならない。このとき，つぎの順序によるものとする。

(i) 適当と思われる範囲内で3種以上の異なったセメント水比 C/w を用いたコンクリートについて試験し，C/w －σ線をつくる。ここにσは材令28日における圧縮強度とする。

各 C/w にたいするσの値は，2バッチ以上のコンクリートからつくった供試体におけるσの平均値をとる。各バッチからつくる供試体の数は2個以上とする。

AEコンクリートの場合は，前記の供試体は所要の空気量のコンクリートでつくるものとする。

(ii) 配合の設計に用いるw/cは，前記の C/w －σ線において，目標とする圧縮強度 σ_r は，部材の設計において基準とした材令28日におけるコンクリートの圧縮強度 σ_{28} に適当な係数 d をかけて割り増したものとする。この d は現場において予想されるコンクリートの強度の変動係数および構造物の重要度に応じて，試験の結果が99条に示す条件を満足するように責任技術者が定めるものとする。

コンクリートの圧縮強度試験はJIS A 1108（土

木学会基準34章）によるものとする。

(b) やむをえず試験をしない場合には，普通ポルトランドセメントをつくるコンクリートで，混和材料を用いないときの S/W －σ 線はつぎの式としてよい。

$$\sigma = 210 + 215\,S/W$$

この場合にも配合設計に用いる W/C は(a)(ii)におけると同様にして定める。

表 5. コンクリートの耐久性から定まる最大の水セメント比（百分率）

気象条件 ＼ 断面 ／ 構造物の種類または位置		気象作用がはげしい場合*原結氷融解がしばしば繰り返される場合		気象作用がはげしくない場合，氷点下の気温となることがまれな場合	
		薄い場合	普通もしくはマッシブな場合	薄い場合	普通もしくはマッシブな場合
(1)水面付近でたえず水にひたってはいないが，水で飽和されているか，もしくは，いるときに飽和される部分	海水	49	53	49	53
	淡水	53	58	53	58
(2)水面から離れてはいるが，しばしば水にぬれる部分	海水	53	53	58	62
	淡水	58	58	62	66
(3)普通の露出状態の構造物建築物および橋の部分で前記のいずれにも属しない場合		58	62	62	66

(4)たえず完全に水中にある部分	海水	58	62	58	62
	淡水	62	66	62	66
(5)水中コンクリート		—	49	—	49
(6)直接に地面上に打つコンクリート版	上層	53	—	58	—
	下層	62	—	66	—

※ これらの場合にはAEコンクリートを用いるのが望ましい。

特別の場合

(a) 0.2 %以上の硫酸塩を含む土や地下水に接するコンクリート，または，塩類にさらされるコンクリートにたいしては45 %をこえてはならない。

(b) 建築物の内部および完全に地下に埋設された構造物のように気象作用をうけないコンクリートにたいしては，水セメント比はコンクリートの耐久性から定める必要がない。

(2) コンクリートの耐久性をもととして水セメント比を定める場合には，ポルトランドセメントを用いる場合，その値は表5以下でなければならない。

(3) コンクリートの水密性をもととして，水セメント比を定める場合には，78条によらなければならない。

77条 粗骨材の最大寸法

粗骨材の最大寸法は100 mm以下を標準とし，部材最小寸法の1/4をこえてはならない。

粗骨材の最大寸法は表6の値を大体の標準とする。

表6　粗骨材の最大寸法

構造物の種類	粗骨材の最大寸法(cm)
マッシブなコンクリート（たとえば，大きい橋脚，大きい基礎，等）	80 ～ 100
かなりマッシブなコンクリート（たとえば，橋脚，厚い壁，基礎，大きいアーチ等）	50 ～ 80
厚い版	40 ～ 50

28条　コンシステンシー

コンクリートのコンシステンシーは，作業に適する範囲内でできるだけ小さいスランプのものでなければならない。各種の構造物にたいするスランプの最大値は表7の値を大体の標準とする。

振動機を用いない場合には，一般にスランプの最大値として表7の値よりもいくぶん大きいスランプの値を用いてもよい。

表7　スランプの最大値

構造物の種類	スランプの最大値(cm)
マッシブなコンクリート（たとえば，大きい橋脚，大きい基礎，等）	5
かなりマッシブなコンクリート（たとえば，橋脚，厚い壁，基礎，大きいアーチ，等）	7.5
厚い版	5

コンクリートのスランプ試験はJIS A 1115（土木学会規準30章）によるものとする。

29条 絶対細骨材率および細骨材率

絶対細骨材率および細骨材率は，所要のウォーカビリチーがえられる範囲内で，単位水量が最小になるよう，試験によってこれを定めなければならない。

30条 AEコンクリートの空気量

AEコンクリートの空気量は，粗骨材の最大寸法その他に応じてコンクリート容積の4～6%とする。

AEコンクリートの空気量試験はJIS A 1116重量方法（土木学会規準31章），JIS A 1117 圧力方法（土木学会規準32章），JIS A 1118 容積方法（土木学会規準33章），等によるものとする。

31条 単位AE剤量

単位AE剤量は，所要の空気量がえられるように，試験によってこれを定めなければならない。

32条 配合の表わし方

(1) 示方配合の表わし方は表8によるものとする。

表 8 示方配合の表わし方

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	空気量の範囲 %	単位水量 W (kg)	単位セメント量 C (kg)	水セメント比 W/C (%)	絶対細骨材率 S/A (%)	単位細骨材量 S (kg)	単位粗骨材量 G (kg) mm～mm	単位粗骨材量 G (kg) mm～mm	単位AE剤量 (cc または g)

注 (1) この表の細骨材は5mmふるいを全部通るもの．粗骨材は5mmふるいに全部とどまるものであって，ともに表面乾燥飽和状態であるとする。

(2) 単位AE剤量はうすめたり，とかしたりしないものを示すものとする。

(3) 絶対細骨材率のかわりに細骨材率を用いてもよい。

(2) 現場配合は表8に準じて表わすものとする。示方配合を現場配合に直す場合には骨材の含水状態，5mmふるいに

とどまる細骨材の量，5mmふるいを通る粗骨材の量，等を考えなければならない。

(3) 小工事，または重要でない工事の場合，骨材量は容積で表わしてもよい，示方配合を現場配合に直す場合には，砂のふくらみその他を考えなければならない。

骨材の容積はJIS A 1104（土木学会規準20章）に規定する方法で試験したものとする。

参考

配合の設計には各種の方法があるが，水セメント比にもとづく試的方法によれば経済的な配合が一般的に容易に求められる。材料が与えられている場合この方法によって試的に配合を決めるには次の順序で行う。

1. コンクリートの所要の強さ，水密性および耐久性から必要な水セメント重量比（W/C）を定める。
2. 現場の諸状況を考えてコンクリートの打込みおよび締め固めが安全にできる範囲内で，できるだけ小さいスランプを定める。
3. 現場の諸状況を考えて粗骨材の最大寸法を定める。
4. 適当なウォーカビリチーがえられる範囲内で最も大きい粗細骨材比（最も小さい細骨材率）を採る。
5. 所定のスランプをうるために必要な水量を採る
6. 試験バッチに用いる諸材料の量を計算し，試的に配合を定める。
7. 6で定めた配合を現場の状況に適するようにこれを修正する。

以下主要な項目に対して更に説明する。

1. 水セメント比の算定

水セメント比は強度，水密性耐久性から求まる最小値を用いることが必要である。

強度から必要な水セメント比，　所定の強さを得るために必要なW/C比は用いるセメントについて実験して求めたC/W－σ28線から定める。日時の都合でC/W－σ28線が得られない場合には普通ポルトランドセメントを使ったプラスチックでウォーカブルなコンクリートの場合次式から求める。

$$\sigma_{28} = -210 + 215\,C/W \quad (kg/cm^2)$$

早強ポルトランドセメントを用いた場合にはその σ_7 を普通ポルトランドセメントを用いた同じ W/C 比のコンクリートの σ_{28} と同程度であるとする。ポゾランヤ AE 剤または他の混和材が使用されるときは実際の実験室試験によって決定する。

参考のために米国開拓局のコンクリートマニュアル（1949）に示してある W/C と σ_{28} との関係は表－2のようである。この表は標準的材料を用いた沢山の結果から得られた安全な関係を示すものである。

表－2　*水セメント重量比および単位セメント量と圧縮強度との関係

水セメント重量比 W/C	AE 剤を用いないコンクリート			AE コンクリート空気量 4%		
	単位セメント量 (kg)	単位水量 (kg)	材令 28 日の圧縮強度 σ_{28} (kg/cm²)	単位セメント量 (kg)	単位水量 (kg)	材令 28 日の圧縮強度 σ_{28} (kg/cm²)
0.40	418	167	385	362	145	315
0.42	390	164	365	348	146	301
0.44	376	165	350	335	148	287
0.46	362	166	336	320	147	273
0.49	335	165	308	293	144	252
0.53	307	163	280	279	148	231
0.58	279	162	252	251	146	203
0.62	265	164	231	237	147	189
0.67	251	166	203	223	149	175
0.71	237	165	182	209	149	154
0.75	223	167	158	195	146	140

*セメント量および水量は，粗骨材の最大寸法 40 mm の場合に適用するものである。水セメント比と強度との関係は，粗骨材の最大寸法によって変化しない。

耐久性から必要な水セメント比

構造物の型式および露出条件に対する水セメント比は標準示方書配合における，コンクリートの耐久性から定まる水セメント比

の表によって採定する。

鉄筋コンクリートの場合は配合の条項に示してあるので，鉄筋コンクリート，コンクリート舗装，ダムコンクリートの場合の表を示すと，表－3，表－4，表－5のようである。

表－3．　コンクリートの耐久性から定まる最大の水セメント比（百分率）（鉄筋コンクリート標準示方書より）

気象条件 ＼ 断面 ／ 構造物の種類または位置		気象作用がはげしい場合* 凍結融解がしばしば繰り返される場合			気象作用がはげしくない場合．氷点下の気温となることがまれな場合		
		薄い場合	普通の場合	厚い場合	薄い場合	普通の場合	厚い場合
(1)水面付近でたえず水にひたってはいないが水で飽和されるか，むしくはときに飽和される部分	海水	45	49	53	45	49	53
	淡水	49	53	58	49	53	58
(2)水面から離れているが，しばしば水にぬれる部分	海水	49	53	53	49	58	62
	淡水	53	58	58	53	62	66
(3)たえず水中にある部分	海水	53	58	62	53	58	62
	淡水	58	62	66	58	62	66
(4)普通の露出状態の橋梁物，その他の構造物．ただし，(1)，(2)の作用をうけない場合		53	58	62	53	62	66

* これらの場合にはＡＥコンクリートを用いるのが望ましい。

特別の場合

(a)　0.2％以上の硫酸塩を含む土や地下水に接するコンクリートまたは，塩類にさらされるコンクリートにたいしては，水セメント比は45％をこえてはならない。

(b) 建物の内部および完全に地下に埋設した構造物のように気象作用をうけないコンクリートにたいしては，水セメント比はコンクリートの耐久性から定める必要はない。

表－4　コンクリートの耐久性から定まる最大の水セメント比（百分率）（コンクリート舗装標準示方書より）

(1) 特にきびしい気候で凍結が続くか，乾湿または凍結融解がくり返される場合	45
(2) 凍結融解がときどきおこる場合	50

注：特にきびしい気候で凍結が続くか，乾湿または凍結融解がくり返されるような地方においては，AEコンクリートを使用することが望ましい。

表－5　コンクリートの耐久性から定まる最大の水セメント比（百分率）（ダムコンクリート標準示方書より）

気象作用がはげしい場合，凍結融解がしばしばくり返される場合	気象作用がはげしくない場合，氷点下の気温となることがまれな場合
50	55

コンクリートの水密性に必要な水セメント比

コンクリートの水密性の試験はかなり面倒であるのでコンクリートの配合設計にあたり w/c と水密性との関係を試験によってきめることは今日のところごく特別の場合以外は行なわれていない。

普通の場合，所定の水密性のコンクリートを造るために必要な w/c は経験によって定められたところに従っている。標準示方書配合の条項にはコンクリートの水密性をもとにしてセメント重量比を定める場合の最大値が規定されている。たとえば無筋コンクリートでは 53 %，ダムコンクリートでは外部コン

クリートの場合45%である。

2. スランプの限度

コンクリートのコンシステンシーはコンクリートの取扱いや締め固めにさしつかえない限度でなるべく小さいスランプを使うようにする。

構造物を作る場合のスランプの限度はコンクリート標準示方書コンシステンシーの條項を参考にする。鉄筋コンクリートの場合上にかかげた表、鉄筋コンクリートは表－6，ダムコンクリートの場合3～6cm，コンクリート舗装の場合25cm以下となっている。

表－6　スランプの最大値（鉄筋コンクリート標準示方書より）

構造物の種類	スランプ（cm）
版，はり，壁，柱	7.5 ～ 15
フーテング	5 ～ 12.5
ケーソン，地下壁	2.5 ～ 10

3. 骨材の最大寸法の決定

骨材の最大寸法は経済的な理由もふくめて、作業に適するウォーカビリティーが得られる範囲内で、できるだけ大きいことが望ましい。

なお、断面寸法に対して適当とされている粗骨材の最大寸法を示すと表－7，表－8のようである。

表－7　粗骨材の最大寸法（鉄筋コンクリート標準示方書より）

構造物の種類	粗骨材
マッシブなコンクリート（たとえば、大きい橋脚、大きい基礎、等）	80 ～ 100
かなりマッシブなコンクリート（たとえば、橋脚、厚い壁、基礎、大きいアーチ等）	50 ～ 80
厚い壁	40 ～ 50

表－8　粗骨材の最大寸法（鉄筋コンクリート標準示方書より）

構造物の種類	粗骨材の最大寸法(mm)
版、はり、壁、柱	25
フーチング	40
地下壁、ケーソン	50

なお、コンクリート舗装標準示方書では粗骨材の最大寸法を50mm以下で、しかもコンクリート版の最小厚さの1/4以下としている。

4. 単位水量および細骨材料

単位水量はコンクリートのコンシステンシー、従ってウォーカビリティーに影響する。単位水量をへらせばコンクリートはかた練りになり、ませばやわ練りになる。一般に細骨材率を小さくすれば、所要のウォーカビリティーのコンクリートを造るために必要な単位水量がへり、従って単位セメント量が小さくなり、経済的なコンクリートがえられるが、単位水量がある値以下になると、コンクリートがあらあらしくなり、材料分離の傾向が大きくなり、コンクリートがウォーカブルでなくなる。そして、ある単位水量にたいして、最も作業に適するウォーカビリティーを与える細粗骨材の割合いがあり、逆にあるウォーカビリティー

にたいして，単位水量が最小になる細粗骨材の割合いがある。最適な細粗骨材率とは最も小さい単位水量において，しかも施工條件は材料の変化のために生ずる困難に対しても余裕をもって，必要なウォーカビィリィチーを与えるようなものである。

舗装用コンクリートを対象として，配合設計例の一例を示すと次の通りである

7.1.26.2 コンクリートの配合設計例

与えられた材料を用いて，版厚 23cm のコンクリート版を栃木県宇都宮市付近につくる。コンクリートの設計強度 σ_{28} は $45kg/cm^2$ とする。

(1) 試験バッチを実施するための準備

(i) 与えられた条件

(a) 材料の試験結果

セメント：普通ポルトランドセメントで，比重 3.15

細骨材：川砂で，比重 2.63，吸水量 1.8 %

粗骨材：砂利で，比重 2.65 吸水量 0.8 %

単位容積重量 1.780kg

細粗骨材の粒度は表－付 5.1 のとおりである。なお実験室で配合を検討する場合には 5mm ふるいを用いて，細骨材のうちから 5mm ふるいにとどまる粒と，粗骨材のうちから 5mm ふるいをとおる粒をとり去ったものを用いるのが便利である。この粒度を示すと表－付 5.2 のとおりである。

表－付 5.1 骨材のふるい分け試験結果（その1）

細骨材		粗骨材	
ふるいの呼び寸法 (mm)	とどまる量 (%)	ふるいの呼び寸法 (mm)	とどまる量 (%)
10	0	40	0
5	5	30	19
2.5	17	25	32
1.2	38	20	44
0.6	64	15	57
0.3	82	10	73
0.15	96	5	97
粗粒率	3.02	粗粒率	7.14

(b) コンシステンシーの選定

締め固め機械その他を考慮して，沈下度30秒またはスランプ25cmとする。

(c) 粗骨材の最大寸法の選定

ふるい分け試験の結果は，粗骨材の最大寸法は40mmであるので，版厚23cmではそのまま使用することができる。

(d) 耐久性から必要とする水セメント比(W/C)の選定

表－付5-2 骨材のふるい分け試験結果（その2）

細骨材		粗骨材	
ふるいの呼び寸法 (mm)	とどまる量 (%)	ふるいの呼び寸法 (mm)	とどまる量 (%)
5	0	30	20
2.5	13	25	33
1.2	35	20	45
0.6	62	15	59
0.3	81	10	75
0.15	96	5	100
粗粒率	2.87	粗粒率	7.20

舗装現場が宇都宮市付近であるので，凍結融解がときどき繰返されるので，表－4-2からW/Cは50%以下であることが要求される。しかしながら骨材の表面水量の変動および計量誤差などを考慮して，耐久性から必要とするW/Cは47%とする。

(e) 目標とする強度の選定

4-2を参照して割り増し係数Pを1.15とする。したがって目標とする強度は，$\sigma_{28} \times P = 45 \times 1.15 = 51.8 kg/cm^2$ となる。

(ii) 試験バッチのコンクリート配合の推定

(a) 水セメント比(W/C)の推定

コンクリートの目標とする曲げ強度は51.8kg/cm²であるので，これに必要なW/Cを，日本セメント技術協会コンクリ

ート委員会で求めた実験式を引用すると普通コンクリートの材令28日の曲げ強度は $\sigma = 5.1 + 20.7 C/W$ であるので、これにより計算すると、強度から必要とする W/C の推定値は 44.3 % となる。

したがって耐久性から必要とする W/C と強度から必要とする W/C を比較すると 47% > 44.3% であるので、W/C の推定値は 44 % ということになる

(b) 単位水量 (W) および細骨材率 (s/a) (または単位粗骨材容積) の推定表－4-3 を参照すれば、単位水量 (W) および細骨材率 (s/a) の推定値は次のごとくなる。

	W(kg)	s/a (%)
表－4-3 に示されている値	140	32
細骨材の粗粒率による補正	140	33.
W/C による補正	140	32.8

また、単位粗骨材容積による場合には、図－4-3を参照して細骨材の粗粒率 2.87 の場合の単位粗骨材容積は 0.77 であるので、単位粗骨材量は 1780kg × 0.77 = 1370 kg が推定値となる。

(c) 試験バッチの計算

与えられた各条件に従って推定されたものは単位水量140 kg、W/C 44 %、s/a 32.8 % (または単位粗骨材量 1370kg) である。これにより配合を計算すると次のようになる。

$$\text{単位セメント量} = 140 \times \frac{1}{0.44} \fallingdotseq 318\ \text{kg}$$

s/a は前記したように表－4-3の参考表からの推定値は 32.8 % であるが、単位粗骨材量 1370 kg から計算すると、s/a は 30.9 % になるので、この場合 32 % とする。

なお、コンクリートのエントラップトエアーは粗骨材の最大寸法 40mm の場合、一般に約 1 % 含まれるものであるから単位細粗骨材量は次のようになる。

$$\text{骨材の容積} = 1.00 - \frac{318}{3.150} - \frac{140}{1.000} - 0.01 = 0.749\ \text{m}^3$$

$$\text{単位細骨材量} = 0.749 \times 0.32 \times 2.630 \fallingdotseq 630\ \text{kg}$$

$$\text{単位粗骨材量} = 0.749 \times (1 - 0.32) \times 2.650 \fallingdotseq 1350\ \text{kg}$$

試験練りには1切のミキサーを用い，1バッチの量を20ℓとする．なお粗骨材は表面乾燥飽和状態のものを，また細骨材は表面水量3%のものを用いる．したがって1バッチ当りの各材料は，次のようになる。

$$\text{水} = 140 \times \frac{20}{1000} - 630 \times \frac{20}{1000} \times 0.03 = 2.422\,\text{kg}$$

$$\text{セメント} = 318 \times \frac{20}{1000} = 6.36\,\text{kg}$$

$$\text{細骨材} = 630 \times \frac{20}{1000} \times 1.03 = 12.978 \fallingdotseq 12.98\,\text{kg}$$

$$\text{粗骨材} = 1350 \times \frac{20}{1000} = 27.00\,\text{kg}$$

(2) 実験室における試験練り

(i) 試験バッチによる単位水量（W）の決定および細骨材率(s/a)（または単位粗骨材容積）の推定

(a) 振動式コンシステンシー試験による場合．

第1バッチのコンクリートを練り混ぜた結果，沈下度20秒となった。目標とする沈下度は30秒であるから，単位水量を減らす必要がある。

第2バッチは単位水量を4kg減して136kgとし，s/aは第1バッチのコンクリートのウォーカビリチーが最適なs/aに近いように思われるので，第2バッチも32%で練り混ぜた．その結果は沈下度32秒であった。

このため第3バッチ以後は，単位水量136kg，w/c 44%でs/aを変化させて，それぞれの沈下度を求めた。その結果を示すと表一付5-3のとおりである。

表－付5-3　試験バッチの結果

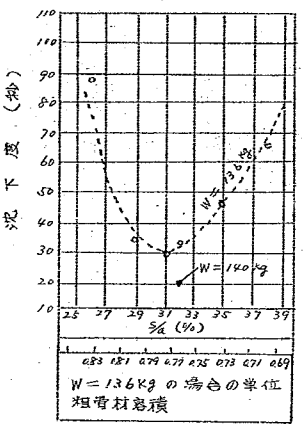
バッチ	計量した材料（kg）				s/a (%)	沈下度 (sec)	単位水量 (kg)	単位セメント量 (kg)	単位細骨材量 (kg)	単位粗骨材量 (kg)	単位粗骨材容積
	セメント	水	細骨材	粗骨材							
1	6.36	2.422	12.98	27.00	32	20	140	318	630	1,350	0.758
2	6.18	2.338	13.10	27.24	32	32	136	309	636	1,362	0.765
3	6.18	2.374	11.89	28.04	29	34	136	309	577	1,422	0.759
4	6.18	2.302	14.34	26.04	35	45	136	309	696	1,302	0.731
5	6.18	2.410	10.65	29.64	26	87	136	309	577	1,482	0.833
6	6.18	2.267	15.55	24.84	38	65	136	309	755	1,242	0.698
7	6.18	2.350	12.69	27.64	31	29	136	309	616	1,382	0.776

表－付5-3からs/a（または単位粗骨材容積）と沈下度との関係を図示すると図－付5-1のとおりになる。

したがって、所要のウォーカビリチーをうるに必要な最も経済的な単位水量は136kgで、s/aの推定値は31%であることがわかった。

図－付5-1

s/aと沈下度の関係



(b)　スランプ試験による場合

第1バッチのコンクリートを練り混ぜた結果は、スランプ3.5cmでコンクリートはウォーカブルであり、s/aはまだ少し小さくできるように思われた。

第2バッチは、第1バッチの結果がスランプが1cm大きいこと、およびs/aを小さくして29%としたため、単位水量は次のように補正した。

単位水量 $= 140 - 140 \times \frac{3.5-2.5}{1} \times 0.015 - \frac{32-29}{1} \times 1.5 = 133 kg$

第2バッチを練り混ぜた結果は，スランプ2.5cmで，コンクリートは多少荒いように思われた。

第3バッチ以後は，このようにしてスランプ2.5cm，W/C 44%のコンクリートについて適宜 s/a を変化させ，ウォーカビリチーを調べた。その結果を示すと表-付5-4のとおりである。

表-付5-4 試験バッチの結果

バッチ	計量した材料(kg) セメント	水	細骨材	粗骨材	s/a (%)	スランプ (cm)	単位水量 (kg)	単位セメント量 (kg)	単位細骨材量 (kg)	単位粗骨材量 (kg)	ウォーカビリチー
1	6.36	2.422	12.98	27.00	32	3.5	140	318	630	1350	極めてよい
2	6.04	2.312	11.95	28.64	29	2.0	133	302	580	1432	少し荒い
3	5.82	2.264	10.84	30.14	26	崩れる	129	291	526	1507	荒々しい
4	6.46	2.428	14.13	25.68	35	2.5	142	323	686	1287	極めてよい 砂が多い
5	6.68	2.498	15.18	24.22	38	2.5	147	334	737	1211	極めてよい 砂が著しく多い
6	6.18	2.350	12.69	27.64	31	2.5	136	309	616	1382	極めてよい

この結果から，所要のウォーカビリチーをえるに必要な最も経済的な単位水量は136kgで，s/a の推定値は31%であることがわかった。

(ii) 強度試験による水セメント比 (W/C) の決定

与えられた材料により，W/C を4点について，セメント水比 (C/W) と材令28日の曲げ強度の関係を求める。

コンクリートの配合は，前記(i)で求めた単位水量136kg，細骨材率31%を基準として，表-付5.5に示す4種類の配合

とした。

試験値は、供試体を1回に各 W/C について3本ずつつくり、これを2回繰り返して求めた値の平均値とした。強度試験結果を示すと表－付5-5のとおりで、これから C/W と材令28日の曲げ強度との関係を図示すると、図－付5-2のようになる。

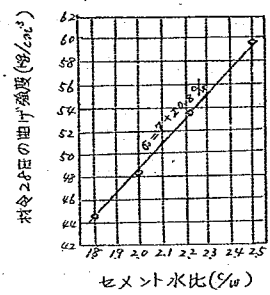
えられた実験式 $\sigma_b = 7.0 + 20.8\ C/W$ に $\sigma_b = 51.8 kg/cm^2$ を入れると W/C = 46.5 % となる。すなわち強度から必要とする W/C = 46.5 % となる。

(3) 実験室における示方配合の決定

表－付5-5　曲げ強度試験結果

水セメント比 W/C (%)	セメント水比 C/W	単位水量 (kg)	単位セメント量 (kg)	細骨材率 (%)	単位細骨材量 (kg)	単位粗骨材量 (kg)	材令28日の曲げ強度 (kg/cm^2) 第1回		第2回		全平均
							一 ×1	平均	一 ×1	平均	
40	2.50	136	340	30.1	591	1,382	58.2 61.5 60.9	60.2	58.5 58.1 59.8	58.8	59.5
45	2.22	136	302	31.2	622	1,382	51.5 52.0 52.5	52.0	53.5 54.0 54.5	54.0	53.0
50	2.00	136	272	32.1	648	1,382	47.1 49.3 48.5	48.3	47.1 48.6 48.0	47.9	48.1
55	1.82	136	247	32.8	668	1,382	43.5 44.9 43.6	44.0	46.2 44.0 45.4	45.2	44.6

図－付5・2　C/W と材令28日の曲げ強度との関係



表－付5・6　実験室で決定した示方配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	沈下度 (sec)	単位水量 W (kg)	単位セメント量 C (kg)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単位細骨材量 (kg)	単位粗骨材量 (kg)
40	2.5	30	136	293	46.5	31.5	630	1,382

(2)までにえられた結果に基づき示方配合を求めると表－付5・6のごとくである。

(4) 現場における実験室で求めた示方配合の修正

現場で実際に工事に用いるミキサーで、実験室で求めた示方配合を修正する場合、考え方は実験室の場合と全く同じであるが、一般には現場のコンクリート作業と並行して行なう場合が多いので、作業を妨げないようにする必要がある。

したがって、W/C を一定に保ちながら配合を変えて検討する方法をとらず、適当な配合よりセメント量を増して W/C が小さくなるよう、また S/a が大きくなるように材料を計量し、所要のワーカビリチーになるよう適宜修正をしていくという方法をとる場合が多い。

7.1.27 レデーミクストコンクリート

レデーミクストコンクリートの試験は JIS A 5308-1983 "レデーミクストコンクリート" の規定によるものとする。

解 説

レデーミクストコンクリートを購入する場合の検収試験は，スランプ，空気量，コンクリート容積から購入者が必要な事項を選んで行い，それぞれの規定に合すれば合格することになっている。この規定については次にかかげるJIS 5308 および同解説を参照されたい。

7 . 2

コンクリート製品

7.2 コンクリート製品 目次

概　説

7.2.1　鉄筋コンクリート管 …… 1

7.2.2　遠心力鉄筋コンクリート管 …… 2

7.2.3　遠心力鉄筋コンクリート基礎くい …… 3

7.2.4　歩道用コンクリート平版 …… 3

7.2.5　鉄筋コンクリートU型 …… 3

7.2.6　コンクリートおよび鉄筋コンクリートL型 …… 4

7.2.7　コンクリート境界ブロック …… 4

7.2.8　スラブ橋用プレストレスト・コンクリート橋げた …… 4

7.2.9　けた橋用プレストレスト・コンクリート橋げた …… 4

7.2.10　軽荷重スラブ橋用プレストレスト・コンクリート橋げた …… 5

参　考　バッカーヘッド・コンクリート管 …… 11

7.2 コンクリート製品

概　説

コンクリート製品の発達普及は近年めざましいものがあり将来ますますその傾向は強まるものと思われる．工業の発達にともなって，製品の規格化と試験の標準化は時代のすう勢となっている．現在，日本工業規格として制定されているコンクリート製品には，いろいろあるが土木用の主なものは，下水道，水利，排水などに用いられる手詰製鉄筋コンクリート管，および通称ヒューム管といわれている機械製遠心力鉄筋コンクリート管，基礎くい用として遠心力鉄筋コンクリート基礎くいがあり，道路用としてプレストレストコンクリート橋けた等のほか歩道用コンクリート平板，鉄筋コンクリートU管，コンクリート境界ブロックなどの製品がある．

7.2.1. 鉄筋コンクリート管

鉄筋コンクリート管の検収試験はJIS A 5302－1967，〝鉄筋コンクリート管〟の規定によるものとする．

(a) 解　説

ここで述べた鉄筋コンクリート管は，振動機を用いて造った鉄筋コンクリート管（手詰管）に適用するもので，製品検査は形状，寸法，外観および外圧強さについて行なっている．

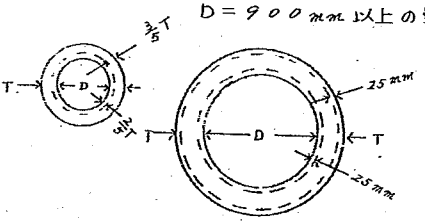
(b) 検収にあたっての注意事項

(1) 管は運搬その他の取扱いに注意しなければならない．

(2) 管の布設に際しては，継手・基礎および管側の埋戻しの施工をとくに慎重に行なわなければならない．

(3) 従来実施されていた配筋の標準はつぎのようである．

D＝900mm以下の管



D＝900mm以上の管

D	T	輪（ラ）線		縦線		斜線
mm	mm	φmm	本	φmm	本	φmm
150	24	2.0	12	2.3	4	1.6
200	27	2.0	14	2.3	4	1.6
250	30	2.3	13	2.6	6	1.8
300	33	2.3	15	2.9	6	1.8
350	37	2.6	15	3.2	6	2.0
400	41	2.9	14	3.2	8	2.0
450	45	3.2	14	3.5	8	2.0
500	50	3.5	13	4.0	8	2.3
600	62	4.0	12	4.0	10	2.6
700	69	4.5	12	5.0	10	2.6
800	76	4.5	14	5.0	12	3.2
900	83	5.0	13	5.0	12	3.2
1000	90	5.0	8 15	5.0	12 13	3.2
1100	97	5.5	7 14	5.0	13 13	3.2
1200	104	5.5	8 15	5.0	13 13	3.2
1350	115	6.0	7 14	5.0	14 14	3.2
1500	125	6.0	8 16	5.0	15 15	3.2

7.2.2　遠心力鉄筋コンクリート管

遠心力鉄筋コンクリート管の検収試験はＪＩＳ　Ａ　5303－1962〝遠心力鉄筋コンクリート管〟の規定によるものとする。

(2)　解　　説

遠心力を応用して造った鉄筋コンクリート管とはいわゆるヒューム管のことをいい製品検査は形状・寸法および外観について行ない、さらに普通管に対しては外圧強さ圧力管に対しては内圧強さの検査を行なって

いる。

(6) 検収にあたっての注意事項

(1) 管は運搬その他の取扱いに注意しなければならない。

(2) 管水路には過大な流速または輪荷重による悪だしい振動を与えないのがよい。

(3) 管の布設にさいしては，継手・基礎および管側の埋戻しの施工をとくに慎重に行なわなければならない。

7.2.3 遠心力鉄筋コンクリート基礎くい

遠心力鉄筋コンクリート基礎くいの検収試験はJIS A 5310-1960〝遠心力鉄筋コンクリート基礎くい〟によるものとする。

解 説

製品検査は外観・形状・寸法・くいの曲げ強さ・コンクリートの圧縮強さおよび材料の品質について行なっている。

7.2.4 歩道用コンクリート平版

歩道用コンクリート平板の検収試験はJIS A 5304-1960〝歩道用コンクリート平板〟の規定によるものとする。

解 説

製品検査は形状・寸法・外観および曲げ強さで行なっている。

7.2.5 鉄筋コンクリートU型

鉄筋コンクリートU型の検収試験はJIS A 5305-1960〝鉄筋コンクリートU型〟の規定によるものとする。

解 説

製品検査は形状・寸法・外観・曲げ強さおよび配筋について行なっている。

7.2.6　コンクリートおよび鉄筋コンクリートL型

コンクリートおよび鉄筋コンクリートL型の検収試験はJIS A 5306－1960〝コンクリートおよび鉄筋コンクリートL型〟の規定によるものとする。

解　説

製品検査は形状・寸法・外観、曲げ強度および配筋について行なっている。

7.2.7　コンクリート境界ブロック

コンクリート境界ブロックの検収試験はJIS A 5307－1960〝コンクリート境界ブロック〟の規定によるものとする。

解　説

製品検査は形状・寸法・外観および曲げ強さで行なっている。

7.2.8　スラブ橋用プレストレスト・コンクリート橋げた

スラブ橋用プレストレスト・コンクリート橋げたの検収試験は、JIS A 5313－1959〝スラブ橋用プレストレスト・コンクリート橋ゲタ〟の規定によるものとする。

解　説

製品検査は、材料の品質、外観、寸法、および曲げ強度で行なっている。

7.2.9　けた橋用プレストレスト・コンクリート橋げた

けた橋用プレストレスト・コンクリート橋げたの検収試験は、JIS A 5316－1960〝けた橋用プレストレスト・コンクリート橋ゲタ〟の規定によるものとする。

解　　説

製品検査は、材料の品質，外観，寸法，および曲げ強度で行なっている。

7.2.10　軽荷重スラブ橋用プレストレスト・コンクリート桁げた

軽荷重スラブ橋用プレストレスト・コンクリート桁げたの検収試験は，ＪＩＳ Ａ ５３１９－１９６３“軽荷重スラブ橋用プレストレスト・コンクリート桁げた”の規定によるものとする。

解　　説

製品検査は、材料の品質，外観，寸法，および曲げ強度で行なっている。

以上のほかに，コンクリート製品の規格としては，次にのべる各種のものがある。これらのうちには，製品の寸法のみの規定と，さらに強度試験方法についても規定したものもあるが，今回は標題だけを挙げるに止めた。

ＪＩＳ Ａ ５３１２－１９６２　“鉄筋コンクリート組立土止メ”
ＪＩＳ Ａ ５３１７－１９６１　“下水道用マンホール側塊”
ＪＩＳ Ａ ５５０６－１９５８　“下水道用マンホールフタ”
ＪＩＳ Ａ ５５０７－１９５８　“用水マスフタ”
ＪＩＳ Ａ ５３１８－１９６１　“鉄筋コンクリートフリューム”
ＪＩＳ Ａ ５３２１－１９６３　“鉄筋コンクリートケーブルトラフ”
ＪＩＳ Ａ ５３０９－１９６０　“遠心力鉄筋コンクリートポール”

なお，骨材および施工機械器具の規定のうち関連のあるものについて標題を示す。

ＪＩＳ Ａ ５００２－１９５８　“構造用軽量コンクリート骨材”
ＪＩＳ Ａ ５００５－１９６１　“コンクリート用砕石”
ＪＩＳ Ａ ８６０１－１９５６　“ドラムミキサ”
ＪＩＳ Ａ ８６０２－１９５９　“可傾式ミキサ”
ＪＩＳ Ａ ８６１０－１９６１　“コンクリート棒形振動機”
ＪＩＳ Ａ ８６１１－１９６１　“コンクリート型わく振動機”
ＪＩＳ Ａ ８６５２－１９５９　“鋼製型わくパネル”
ＪＩＳ Ａ ８６５１－１９６３　“鋼管支柱（パイプサポート）”
ＪＩＳ Ａ ８９５１－１９６１　“鋼管足場”

参考 (1)

日本水道協会規格

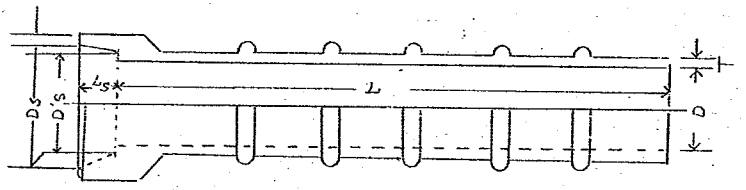
パッカーヘッドコンクリート管

1. 適用範囲　この規格は，下水道に使用するパッカーヘッドコンクリート管（以下管という。）について規定する。

2. 形状，寸法および外観

2.1　管の形状は，原則として図1に示すものとし，その寸法は表1による。

図　1



注　管の外周にはリブをつけなくてもよい。

表　1

単位 mm

呼び径	内径D	厚さT	長さL	受口寸法				参考質量 kg
				内径		厚さTs	深さLs	
				Ds	D'S			
1150	150	19	1000	218	210	19	55	29
200	200	22	1000	279	271	19	60	45
250	250	25	1000	340	332	19	65	62
300	300	29	1000	402	393	21	70	86
350	350	35	1200	468	459	26	72	145
400	400	41	1200	527	518	31	75	189
450	450	47	1200	587	578	37	80	247

2.2. 寸法の許容差は、表2による。

表 2

単位 mm

呼び径	内径	厚さ	長さ	受口深さ
150	±4	+3 −2	+12 −10	+12 −5
200	±5			
250	±5			
300	±6			
350	±6	+4 −3		
400	±7			
450	±7			

2.3 管の断面の内外周は実用的同心円で，その端面は管軸に対して実用的直角でなければならない。

2.4 管は、有害なきずがなく，内面はなめらかでなければならない。

3 材料

3.1 セメント セメントは、JIS R 5210 ポルトランドセメント、JIS R 5212 シリカセメント または JIS R 5213 フライアッシュセメントを用いる。

3.2 骨材 骨材は清浄，強硬および耐久的で適当な粒度があり、ごみ、どろ，うすっぺらまたは細長の石片などの有害量を含んではならない。

4 製造方法

4.1 材料の計量 コンクリート材料の計量は，すべて重量によるものとする。

ただし，水は容積で計量してもよい。

4.2 成形 直立した金属製型わく内にミキサで練りませたコンクリートを投入し，バッカーヘッドによって固めながら成形する。

4.3 養生 管は、所要の強度が得られるように養生しなければならない。蒸気養生を行なう場合には、つぎの各項による。

4.3.1 コンクリートを練りませたときから計って，3時間以上たつまでは蒸気養生を行なってはならない。

4.3.2 養生室の温度は，1時間に20°C以下の割合で均等に上げ、最高温度は65°Cとする。

4.3.3　管の養生室からの取り出しは，養生室の温度を徐々に下げて，その温度が外気の温度と大差がないようになってからこれを行なう．

5. 品　質

5.1　外圧強さ　管は6.1の外圧試験を行なった場合，表3に示す荷重に耐えなければならない．

表　3

呼び径 mm	外圧試験荷重 kg/m
150	1700
200	1900
250	2100
300	2300
350	2500
400	2700
450	2900

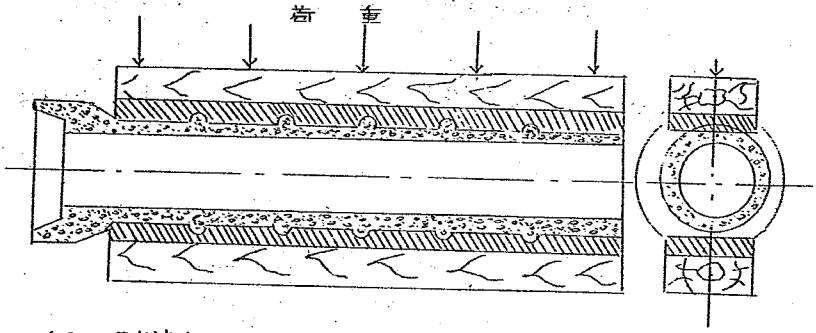
5.2　吸水率　管は，6.2の吸水試験を行なった場合，吸水率は8％以下でなければならない．

6. 試験方法

6.1　外圧試験　図2のとおり供試管を水平に置き，頂部および底部に厚さ約20 mmの良質の板ゴムをソケット部を除いた供試管の全長にあて，さらに厚さ約150 mmのかた木の角材を用い，管頂全幅に鉛直に等布荷重を加える．

加圧の速さは，1分間に約1000 kg/mとする．

図　2
荷　重



6.2　吸水試験　管の吸水率は、つぎの順序によって試験を行なう。

6.2.1　外圧試験を行なった供試管の中央部より、片面約 50 cm² の表面積を有する、ひび割れのないなるべく正方形の試験片を採取する。

6.2.2　試験片は、十分に水洗いし、表面および切断面に付いているごみ、切りくず、その他の付着物を取り除き、清水中で 48 時間以上吸水させる。

6.2.3　水中より取り出した試験片は、水をきり、布で表面についている水膜をぬぐってから重量（Ag）を量る。
つぎに、これを 100～110 °C の空気浴中に入れて、ほぼ定重量となるまで乾燥し、室温まで下げて重量（Bg）を量り、つぎの式によって吸水率を算出する。

$$\text{吸水率}(\%) = \frac{Ag - Bg}{Bg} \times 100$$

7　検　査

7.1　形状、寸法および外観の検査は全数について行ない、その規定に適合すれば合格とする。

7.2　外圧強さの検査は、呼び径を異にするごとに 200 本またはその端数を 1 組とし、1 組について任意に 1 本の供試管を採って 6.1 の外圧試験を行ない、5.1 の規定に適合すれば、その試験によって代表される組全体を合格とする。

7.3　吸水率の検査は、6.2 の試験を行ない、5.2 の規定に適合すれば、

その試験によって代表される組全体を合格とする。

7.4　7.1の検査数および7.2、7.3の検査試料数は，注文者の指示により増減することができる。

7.5　7.2または7.3の検査で不合格の場合は，再検査を行なうことができる。

再検査は，その組からさらに任意に2本の供試管を採り6.1および6.2の試験を行ない，2本ともJIS 1および附2の規定に合格すれば，その組全体を合格とし，2本のうち1本でも合格しなければ，その組全体を不合格とする。

8. 表　示　管には製造工場名またはその略号，製造年月日，呼び径および管の長さなどを容易に消えない塗料を用いて明記しなければならない。

(2)

JWSA A 105

パッカーヘッドコンクリート管 解説

1. 適用範囲　パッカーヘッドコンクリート管とは、型わく内のコンクリートをパッカーヘッドの回転により押し固め，内面を仕上げて製造されたコンクリート管である．従って振動法．真空法によって製造されたコンクリート管に対しては本規格は適用しない．

本規格管の用途は普通一般の下水道用であるが、管内を流れる水や，管の布設地盤が酸性その他コンクリートに有害な成分を有する場合は，管の使用について特別の考慮を払う必要がある．

2. 形状，寸法および外観

2.1　管の形状、寸法は，慣行のものを採用したが，口径については．現在わが国にある製造設備の限度でその種類をきめた．

また、長さは製法上の限度および取り扱かい上の便からきめたものである．

管の外周の環状リブは．主として製造上の都合によるもので、管の強さに対する補助的なものであるから．なくても差し支えはないことにした．

ソケット部の寸法は、管の接合が容易であるようきめたもので．継手工法は、モルタル目地継ぎを標準とする．

3. 材料

3.1　セメントは、一般に普通ポルトランドセメントが用いられるが、製管作業の関係や、管の使用目的によっては早強ポルトランドセメント．高炉セメント、シリカセメントまたはフライアッシュセメントを使用してもよい．

3.2　骨材は、天然砂利．天然砂，砕石．砕砂いずれでもよいが．有害物含有量の限度は．土木学会制定鉄筋コンクリート標準示方書による．

4. 製造方法

4.1　材料の計量および4.2成形管の良否は．材料の品質と使用方法によるほか．型わくの良否．コンクリートの混合．投入方法，パッカーヘッドの回転速さ．上下動の速さ，ウイングの管仕上面の摩耗．あるいは運搬脱型．養生の方法などいずれも管の品質に大いに関連する．

したがって、管の製造に当っては、上記の各点について常に研究して、品質の確保向上を図らねばならない。

4.3 養生　土木学会標準示方書に定められた養生方法が最も望ましいが管の品質が確保されるなら、必らずしもその方法によらなくてもよい。

蒸気養生については、コンクリートの強度におよぼす影響を考慮して規定したものである。

5. 品　質

5.1 外圧強さ　外圧の強さは、既往の試験成績と都市下水道標準等分布荷重を考慮して定めた数値である。

試験荷重を比較的大きくとったのは無筋コンクリート管はひび割れと破壊がほとんど同時に起るし、また、取り扱いにはとくに注意を要するので、管の強度を高くしたためである。

5.2 吸水率　吸水率は、低いほどコンクリートは緻密であるが、5.1に規定する値以上に強さがあっても、吸水率が8%以上のコンクリートは水の浸透が大となり下水管としては適当でないと認めたものである。

6. 試　験

6.1 外圧試験　外圧試験は、油圧式線荷重加圧機によるものが多いが、加圧面の押しつぶれを避け、また、荷重の等分布をはかるため、ゴム板およびかた木の台材をあてる。ゴムが不良であったり、角材が曲っていてはならない。

管にリブのある場合は、ゴム板の面もこれに合うような形にするのがよい。

荷重は、管の中心線を通る垂直面において、管の外側頂点を通る線に垂直にかけ、加圧の長さはソケット部、外側斜面脚部より管の胴全長とする。この試験はダイヤルゲージ、あるいはたわみ計を取付けて荷重と変形量を測定することが望ましい。

荷重は、加圧の全長にわたり均等にかかるよう注意し、加圧に際して、ころび止めなどははずし、管の変形を妨げないようにする。

管の破壊強さは、ひび割れが入る瞬間の荷重とする。

管の外圧試験荷重（kg/m）は、加えられた荷重を管の長さ（有効長）で除した値とする。

6.2 吸水試験

6.2.1 試験片は外圧試験に合格した管より採るが、ひびの入ったものや、あまりに不整形のものは避けなければならない。試験片の切

口断面は、なるべく，縦は管軸方向に直角に、横は管の直径方向に切りとる。

6.2.2 コンクリートの吸水は、水の温度によつて多少の遅速があると考えられ．完全に飽和状態になるまでには相当の時間を要するが吸水が飽和状態となって試験片の重量がこれ以上増加しないようになれば水から引き上げてよい。通常の水温範囲では、24時間以上浸水しておけば十分である。

6.2.3 定重量になるとは．試験片を空気浴中に入れて約2時間ごとに重量を計り、前後の計量においてその差が前回測定した重量の0.2%以下となった状態をいう．

計量はグラム単位とし計量用天びんは最小目盛0.5gのものを用いる。

7. 検 査

7.1 管厚の寸法の測り方は、管端から60～70mm突の処で任意に直交する2線と管が交わる四つの点でパスなどを用いて測るとよい．内径もこの2線で測ればよい。

管の断面が実用的同心円であるか否かは、管厚の差異すなわち片肉の程度で見る．

前記の方法で測定した結果、4点の各管厚の最大差が、4点の平均厚の10%を超えるようでは実用的同心円とは認めがたい．

また、管端面が管軸に実用的直角とはいえない。

8. 表 示

管に表示する製造年月日は、コンクリートを打込んだ日付による。

第 8 章

アスファルト混合物

第8章　アスファルト混合物

目　　次

8.1　アスファルト混合物の試験 …… 1

概　　説 …… 1

8.1.1　安定度試験方法 …… 1

8.1.2　抽出試験方法 …… 41

8.2　アスファルト舗装用骨材の試験 …… 53

概　　説 …… 53

8.2.1　砕石の試験方法 …… 53

8.2.2　砂利の試験方法 …… 53

8.2.3　細骨材の試験方法 …… 54

8.2.4　フィラー（石粉）の試験方法 …… 54

8.2.5　アスファルトと骨材との親和性に関する試験方法 …… 57

第8章 アスファルト混合物

8.1 アスファルト混合物の試験

概　説

アスファルト混合物はアスファルトと骨材との混合物であるから，その性質はアスファルトと骨材の両者の性質の影響を受ける．特にアスファルト混合物が載荷速さや温度によって複雑な性状を示す傾向はアスファルトの粘弾性的な性質に負うところが大きい．速い載荷重や低温度のもとでおこるアスファルト混合物の変形は弾性的で，ある範囲の大きさでほとんど回復するが，静止荷重や高温度のもとでは変形は塑性的で，もとにもどらなくなる．アスファルト混合物のこのような力学的な性状に関する実用試験を安定度試験というが，主として混合物の配合設計に利用されている．

ここではアスファルト混合物に関する試験方法のうち道路舗装用アスファルト混合物の品質管理と設計のために利用される安定度試験ならびに抽出試験について規定する．

8.1.1 安定度試験方法

アスファルト混合物の安定度試験はKDSK 8101－1961“マーシャル安定度試験方法”の規定によるものとする．

解　説

(a) アスファルト混合物の安定性は変形に対する抵抗と定義されている．現在の安定度試験方法では主として常温または高温時の安定性を試験することにしている．

低温時のぜい弱性や弾性的な性質に関する試験方法は今までのところないといってよい．

(b) 安定度試験方法として，現在アメリカにおいていろいろな方法が採用されている．そのおもなものはマーシャル試験，ハーバード試験，一軸圧縮試験，三軸圧縮試験，ビームスタビロメーター，コヒジョメーター試験などであるがこれは州の道路局により任意に選択使用されている．各々の安定度の傾向は各試験機ならびに試験方法

の相違により，同一の混合物に対してもかなり異なっている．

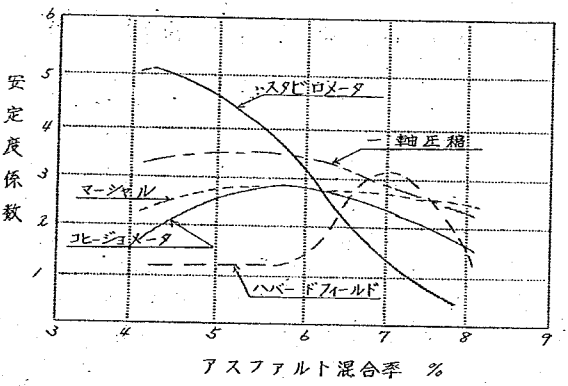


図 8.1.1 各試験方法による安定度試験の傾向

これらの試験結果は室内試験の傾向と現場混合物の性状との相関性から経験的に評価されるのでいずれの試験方法を用いたらよいかは，それがどの程度の経験の集積から作られているかということにより決められる．マーシャル安定度試験は広く利用され，データが多く試験方法も比較的簡単であるため わが国で用いるには最も適している。

(C) マーシャル安定度試験によるアスファルト混合物の配合設計は米国ミシシッピー州道路局の（ブルース Bruce．G．マーシャル Marshall）により考案された．米軍技術部隊は飛行場建設のための試験方法としてCBR試験の載荷装置をそのまま使用できる点に着目し，1943年から44年にかけて広範な室内試験と現場試験を行ないこれを規格化した．その後米国アスファルト協会においてこれを道路舗装用として規格化し，更に1958年よりASTM暫定規格として採用されている．この試験は一種の圧縮試験ではあるが，一般のものとは異なり供試体を円筒の直径方向に圧縮するもので，その力学的な意味はつかみにくい．KDSK 8101 の試験方法はASTM暫定規格参照によるものである。

マーシャル安定度試験方法　KDSK 8101－1961

(1) 適用範囲

この試験方法は，マーシャル試験機によりアスファルト舗装用混合物の円筒形供試体の側面に載荷するとき供試体の塑性流動に対する抵抗性を測定するために規定する．この試験方法は，アスファルト又はタールと最大粒径 25mm の骨材とを含む加熱混合物に対して適用される．

(2) 装　置

(a) モールド一式（図 8.1.1.1）

直径 100mm，高さ 75mm の円筒形モールド，底板，およびカラー。モールドは３個あればよい．

(b) 供試体押し出し器

締め固めた供試体をモールドから押出すための押し出し板(図 8.1.1.2) および押し出すときに，カラーから上部のひずみリングのアタッチメントに荷重を伝えるための適当な鋼棒．

(c) 締め固め用ハンマー（図 8.1.3）

円形の平らな端面を持ち 45.7cm の高さからすべりながら自由落下する重量 4.5kg のハンマー　２本用意した方がよい．

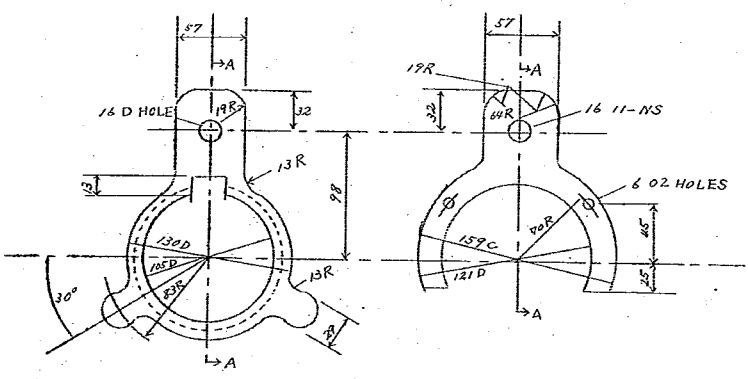
(d) 締め固め台

締め固め台は 30.5×30.5×2.5cm の鋼板を頂端にのせた 20×20×46cm の木柱で　材質はかし　または乾燥密度が 0.67～0.77 g/cm³ のものとする．木柱は４枚のアングルブラケットによりコンクリート版に固定する，鋼板は木柱にかたく取り付け，木柱は垂直に鋼板は水平になるようにすえる．

注）このような台が入手できない場合にはコンクリート床の上に直接鋼板をおいて突き固めてもよい．

(e) モールドホルダー

供試体の締め固め中，モールドを支持するためのもので，円環と，その下にある円頭形の底板とよりなる。上方の環には，カラーに接合するように肩がついており，てことテンションスプリングとにより底板に連結している．底板には締め固め台に固定するため二つの穴を設ける．モールドホルダーはモールドの中心と木柱の中心とが一致するように鋼板に取り付ける．



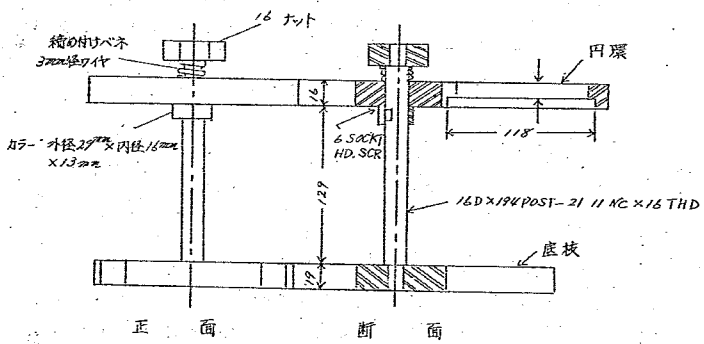


図 8.1.1.1　モールドとモールドホルダー

(4)

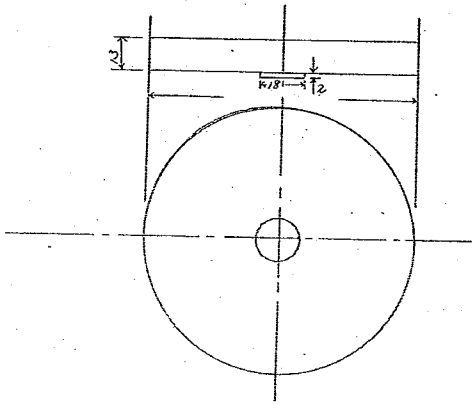
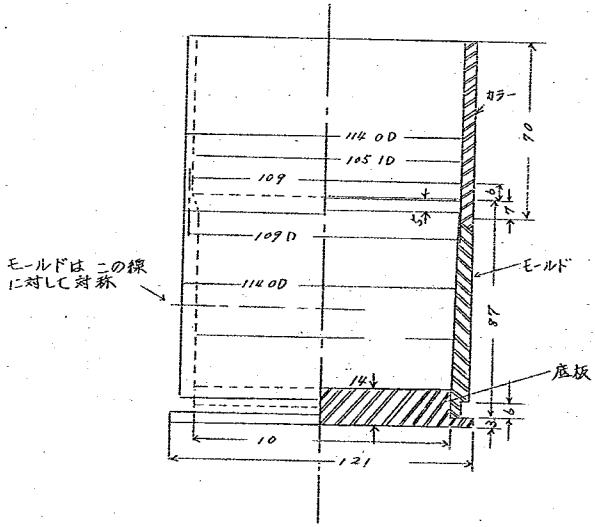


図 8.1.1.2 供試体押し出し器



単位 mm

カラー、底板と組み合わせたモールド

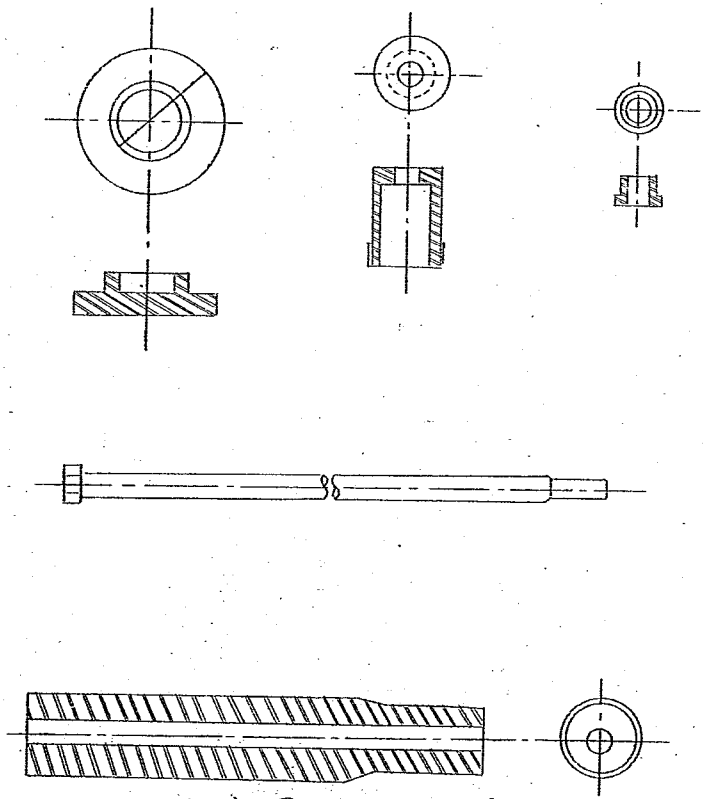
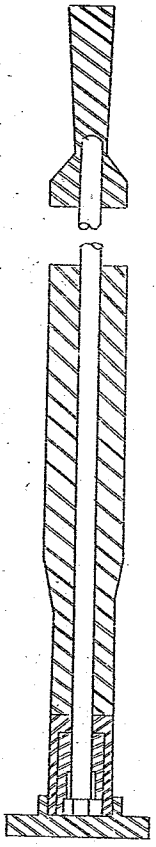
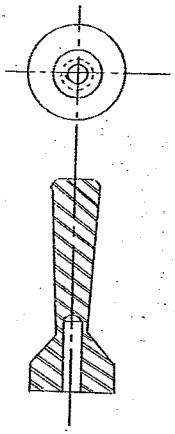


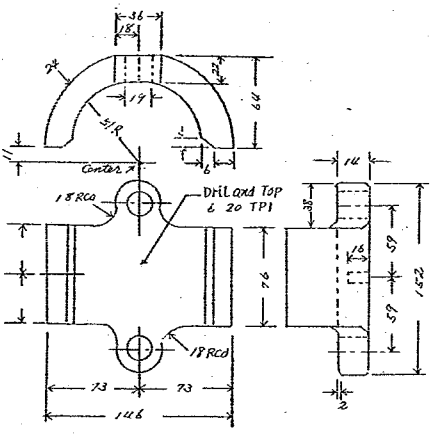
図 8.1.1.3　締め固め



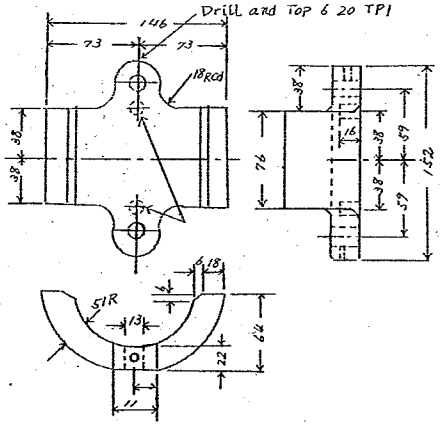
ハンマーの回転断面 4.6cm



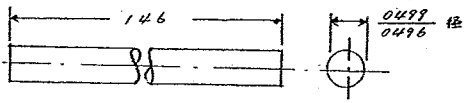
用ハンマー



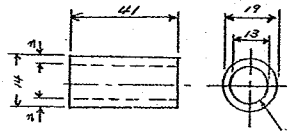
上側のテストヘッド ①



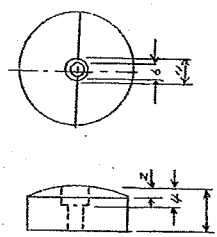
下側のテストヘッド ②



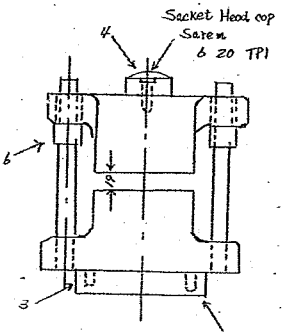
ガイドポスト ⑤



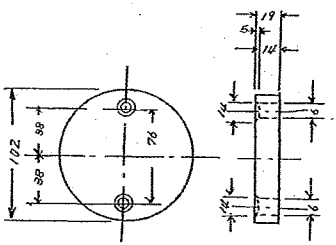
スリーブ ⑥



アダプター ④



組立図



底 板 ③

図 8.1.1.4 載荷ヘッド 単位 mm

(f) 載荷ヘッド（図8.1.1.4）

内面の曲率半径を正確に50.8 mmに仕上げた上下2枚の円弧状弓形またはテストヘッドよりなる。下の弓形は垂直に上方にのびた2本のガイドロッド，または支柱をもった底板に取り付けられている。上の弓形のガイドスリーブは上下の弓形が接近するときガイドロッドの上でがたついたり動きがかたすぎたりしないように取り付ける。

(g) 載荷ジャッキ

載荷わくに取り付けたスクリュージャッキ，毎分50 mmの一様な垂直変位を生じることができるもの。

注1） 変位速さを正確に保つことができれば油圧式の装置でもよい。

(h) ひずみリング

容量2.5 tのひずみリング，精度は500 kgまで5 kg，500～2.5 tの範囲で10 kgとする。付属のダイヤルゲージは0.001 5 mmに目盛りする。

注2） 容量と精度とが規定通りであれば，ひずみリングの代わりに適当な荷重測定装置を用いてよい。

(i) フロー計

供試体の最大強度の点における変形量を測定するものでガイドスリーブとダイヤルゲージとよりなる。ダイヤルゲージのピンは，わずかに摩擦抵抗のあるスリーブの内側をすべり，ガイドスリーブは載荷ヘッドのガイドロッドにかぶせたとき自由にすべるものとする。フロー計の目盛りは0.01 cmごとにとる。

注3） フロー計の代わりに0.001 cmに目盛った普通のダイヤルゲージを用いてもよい。

(j) 加熱炉または加熱板

骨材，歴青材料，モールド，締め固めハンマーその他の器具を所要の混合温度および締め固め温度に加熱するために用いる。加熱装置は所要温度±3℃に保つことができる温度調節装置のあるものがよい。部分的な加熱をさけるため加熱板の表面には適当な鼠よけ，枠形板または砂浴を用いる。

(k) ミキサー

所要の混合温度に保ちながらアスファルトで十分被覆した均質な混合物の所要量を許容時間内に生産し，更に1バッチの材料をすべて利用す

ることができる機械的ミキサー。

注4) 十分な容量のあるなべまたはおけを用いる手混合によってもよい。その場合容量5~100lの混合なべ3個、混合用こて(移植ごて)が必要である。

(l) 水浴

少なくとも15cmの深さがあり浴温を60±1°C,(ストレートアスファルト)または,37.8±1°C(タール)に保つように温度調節装置のあるもの。水そうの底は穴あきの2重底とするか,または供試体を底から5cmの高さに支持するようなたなを設ける。

(m) その他の装置

(1) 加熱用の容器 平底の金属製なべ,その他適当な容器5~10個

(2) 歴青材料加熱用の容器 ホーローピーカー,ポット,なべなどでよい。

(3) 混合用器具 こね返し,手混合用の移植ごて(庭園用),へら

(4) 温度計 骨材,歴青材料および混合物の温度測定用,保護管つきのガラス製又は金属製軸のあるダイヤル型の温度計がよい。温度範囲200°Cまで,精度3°C 3~5本

(5) 温度計 水浴用,範囲20~70°C精度0.2°C

(6) はかり 容量2kg,精度0.1g 供試体の計量用

(7) はかり 容量5kg,精度1.0g 混合物の計量用

(8) 標準ふるい 加熱器具を取扱うためのもの

(9) 手袋 加熱器具を取扱うためのもの

(10) ゴム手袋 水浴から供試体を取り出すとき使用する。

(11) クレオンまたはチョーク 供試体に目印をつける。

(12) スコップ 平底のもの,骨材処理用

(13) 大さじ 混合物をモールドに移すためのもの。

(3) 供試体

(a) 個数

各骨材粒度とアスファルト量とに比し,3個以上の供試体を用意する。

(b) 骨材の準備

骨材は105~110°Cで一定重量になるまで乾燥し,乾式ふるい分けにより所要の粒径部分に分ける。各粒径部分は次に示すものでよい。

25.4~19.1 mm

19.1~9.52 mm

9.52~4.76 mm

4.76 ～2.38 mm

2.380 mm以下　　注）5

(C) 混合および締め固め温度の決定

アスファルトのセイボルトフロール粘土が85±10秒，および140±15秒になるときの加熱温度をそれぞれ混合温度および締め固め温度とする。タールの場合はエングラー度で表わし，混合時に25±3，締め固め時に40±5とする。

(d) 混合物の準備

各供試体のそれぞれの容器に，締め固め後の供試体の高さが63.5±1.3 mmになるだけの1バッチ約1,200 gに要する各粒径部分を計量する。容器を加熱板の上，または加熱炉の中に入れ(e)により定めた混合温度より約30°C高い温度に加熱する。加熱後は混合はち　に移し，十分　から練りする。混合した骨材は　すりばち状　に広げ所要量の歷青材料を計量して加える。このときの骨材と歷青材料との温度は(e)で定めた混合温度の範囲内になければならない。骨材と歷青材料とは十分な放置が行なわれるまでじん速に混合する。

(e) 供試体の締め固め

モールドとハンマーの面を十分清浄にし，沸騰水または加熱板により95～150°C　に加熱する。混合物を入れる前にモールドの底には寸法に合わせた紙を敷く。1バッチの混合物をモールドに入れ，加熱したへら　またはこてを周囲にそって15回，中央に10回突きさし込む。カラーを取りはずし，こて　を用いて混合物の表面にいくぶん円味をつけてならす。締め固め直前の混合物の温度は(C)で定めた締め固め温度の範囲内になければならない。

(f) カラーをもとのようにおき，全体を締め固め台のモールドホルダーに装置する。特に規定しない場合は，ハンマーを50回，46 cmの高さから自由落下させる。ハンマーの軸は締め固め中モールドの底板に対し垂直に支持する。底板とカラーを取りはずし，モールドを裏返して再び組み立てる。供試体の裏面に同じ回数のハンマーを落下させる。締め固めが終れば底板を取りはずし，押し出し器を供試体にのせ荷重伝達機を用いて載荷試験機により供試体をカラーの中に押し出す。供試体は滑らかで平たんな面に注意深く移し，翌日まで室温に静置する。重量と寸法をはかり試験を行なう。

（注）6　供試体は普通(f)に規定するように放冷する。更に急速にし

たい場合は扇風機を用いてよい。締め固め直後にモールドから取り出したとき所要の円筒形を保つに十分な粘着力がないような混合物は，粘着力が十分大きくなるまでモールドのまま空気中で放冷する。

(4) 操　作

(a) 供試体は密度を測定した後水谷中に30～40分浸して所要温度に加熱する。水谷の温度はアスファルト混合物供試体に対して60±1℃，タール混合物供試体に対して33.8±1℃とする。あるいは供試体は2時間以上空気谷に入れて加熱してもよい。空気谷の温度は水谷の場合に同じくする。

試験に先立ちガイドロッドおよび載荷ヘッドの内面を十分清浄にし，ガイドロッドには上側のヘッドが自由にすべるように油を塗る。水谷から供試体を取り出し下側のヘッドにのせる。上側のヘッドをかぶせ，載荷試験機の所定の位置にすえる。フロー計をガイドロッドの一つに取りつけ，スリーブを上側のヘッドにかたく押しつけながら，ゲージを零に合わせる。載荷の際も，フロー計のスリーブは上側のヘッドにかたく押しつけておく。

(b) 毎分50mmの一様なひずみ速さで，載荷試験機により供試体に荷重をかける。最大過重に調した後リングのダイヤルゲージが荷重の減少を示せば載荷を止める。載荷装置に示された最大荷重，またはダイヤルゲージの最大読みから換算した荷重を記録する。最大荷重が減少を始める瞬間にフロー計を抜き取り，ダイヤルゲージを用いた場合はその瞬間の読みをとる。表示されたフロー値，またはダイヤルゲージの場合は1/100 cmの単位の読みを記録する。供試体を水谷から取り出して後，最大荷重をはかるまでに要する時間は30秒をこえてはならない。

(注)　切り取りコアの供試体は，厚さが63.5mmに等しくない場合表8.1.1.1の係数を用いて荷重を補正する。

表 8.1.1.1　　安定度補正表（切取り供試体に対してのみ用いる）

供試体の体積 cm^3	供試体の高さ cm	補正係数
200 — 213	2.47 — 2.63	5.56
214 — 225	2.64 — 2.77	5.00
226 — 237	2.78 — 2.92	4.55

供試体の体積 cm³	供試体の高さ cm	補正係数
238 — 250	2.93 — 3.08	4.17
251 — 264	3.09 — 3.26	3.85
265 — 276	3.27 — 3.41	3.57
277 — 289	3.42 — 3.56	3.33
290 — 301	3.57 — 3.71	3.03
302 — 316	3.72 — 3.90	2.78
317 — 328	3.91 — 4.04	2.50
329 — 340	4.05 — 4.19	2.27
341 — 353	4.20 — 4.35	2.08
354 — 367	4.36 — 4.52	1.92
368 — 379	4.53 — 4.67	1.79
380 — 392	4.68 — 4.83	1.67
393 — 405	4.84 — 4.99	1.56
406 — 420	5.00 — 5.18	1.47
421 — 431	5.19 — 5.31	1.39
432 — 443	5.32 — 5.46	1.32
444 — 456	5.47 — 5.62	1.25
457 — 470	5.63 — 5.80	1.19
471 — 482	5.81 — 5.94	1.14
483 — 495	5.95 — 6.10	1.09
496 — 508	6.11 — 6.26	1.04
509 — 522	6.27 — 6.44	1.00
523 — 535	6.45 — 6.60	0.96
536 — 546	6.61 — 6.73	0.93
547 — 559	6.74 — 6.89	0.89
560 — 573	6.90 — 7.06	0.86
574 — 585	7.07 — 7.21	0.83
586 — 598	7.22 — 7.37	0.81
599 — 610	7.38 — 7.52	0.78
611 — 625	7.53 — 7.70	0.76

(5) 報　告

試験後の各供試体は次の事項について表1.1.10 のように記録する。

① 供試体の厚さ
② 最大荷重，必要に応じて補正したもの
③ フロー値
④ 混合温度
⑤ 締め固め温度
⑥ 試験温度

参　考

骨材配合の決め方

使用骨材の配合をきめるには，1例として次に示す方法を利用するとよい。

(1) 所要の骨材粒度の範囲内で，予定粒度を定める。普通はその範囲の中央点での粒度を選ぶ。

注1) 所要の骨材粒度範囲として最大粒径20 mmの密粒度アスファルトコンクリートを例にとれば，予定粒度は表8.1.1.2 のようになる。

8.1.1.2　予定粒度

	通過ふるい	所要骨材粒度範囲	予定粒度
骨材粒度	20 mm	100	100
ふるい通過	13	80 ～ 100	90
重量百分	10	70 ～ 90	80
率　%	5	50 ～ 70	60
	2.5	35 ～ 50	43
	0.6	18 ～ 29	24
	0.3	13 ～ 23	18
	0.15	8 ～ 16	12
	0.074	4 ～ 10	7

注2) 0.074 mmふるい通過量は，使用アスファルトがA型のときはやや多く，C型のときはやや少なくする。

(ii) 予定度から，おおよその骨材粒度の見当をつけて，使用予定の粗骨材，細骨材，フィラーを選びこれ等をふるい分け，それぞれの粒度を求める。

注3）粗骨材3種，細骨材2種，フィラー1種を選び，その粒度を求めた例表8.1.1.3に示す。

表8.1.1.3　使用予定骨材の粒度

	通過ふるい	粗骨材 (I)	粗骨材 (II)	粗骨材 (III)	細骨材 (IV)	細骨材 (V)	フィラー (VI)
骨材粒度 ふるい通過重量百分率 %	20 mm	100					
	13	52	100				
	10	7	86	100			
	5	0	10	93	100		
	2.5		0	50	90		
	0.6			2	30	100	
	0.3			0	10	90	
	0.15				0	30	100
	0.074					5	72

(iii) 予定粒度と使用予定骨材の粒度図をえがく。

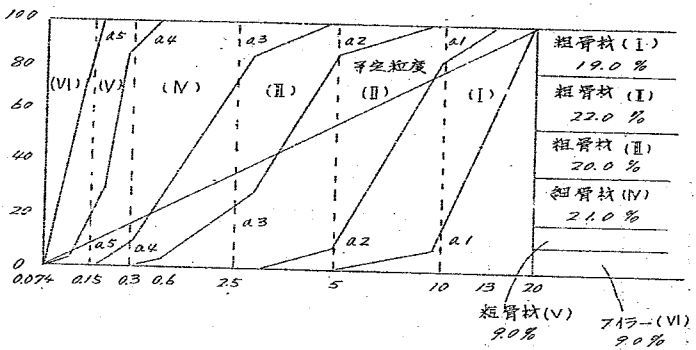
(a) まず普通方眼紙上に図8.1.1.5のような　わく　をつくり，対角線を引く。次に予定粒度のふるい目の大きさと通過率との関係（表8.1.1.2）から，対角線を利用して横軸上にふるい目の大きさの位置を定める。

たとえば，ふるい目の大きさ10mmのときの通過率は80%であるから，80%通過率の水平線が対角線と交わる点から垂線をおろし，横軸と交わる点を10mmとする。

(b) (a)で定めたふるい目と通過率図の上に，使用予定骨材の各粒度曲線をえがく（I～VIの骨材粒度曲線）。

(IV) 使用予定骨材の配合百分率を決定する。

図 8.1.1.5 使用予定骨材の配合百分率を求める図



注4) 図8.1.1.5を利用して、使用予定骨材の配合百分率は次のように求める。

(a) 骨材の配合百分率を求めるための作図法

たとえば図8.1.1.6のような骨材の粒度曲線(A～D)があるとき、相隣る曲線の横軸と交わる点(上・下)の関係は次の3通りとなる。

a. たがいに重なっている(Aの下点とBの上点)

b. たがいにちょうど相対している(Aの下点とCの上点)

c. たがいに離れている(Cの下点とDの上点)

この各々の場合に次の方法で垂直線を引くものとする。

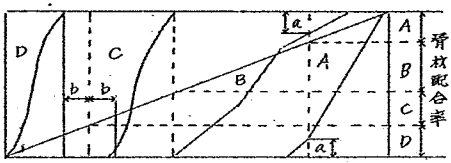
aの場合: 2つの粒度曲線と、上または下の横軸との間(a₀の長さ)が等しくなるような位置に垂直線を引く。

bの場合: 2つの粒度曲線の横軸の交点を通る垂直線を引く。

cの場合 2つの粒度曲線の横軸との交点から、水平に等距離の点($b_1 = b_2$)を通る垂直線を引く。

以上のようにして引いた垂直線と対角線の交点が、骨材の配合率を示すことになる。

図 8.1.1.6　骨材の配合百分率を定める作図法



(b) 使用予定骨材の配合百分率

(a)の要領で決めたⅠ～Ⅵ骨材の配合百分率は図 8.1.1.5 の右側に示した値となる。

(V) 使用予定骨材間に、とくに比重の差の大きいものがあるときは、比重によって補正した配合率を用いて、合成粒度を計算する。

注 6) たとえば各骨材が次のような比重であったとすれば、表 8.1.1.4 のようになる。

表 8.1.1.4　使用予定骨材配合百分率の骨材比重による補正表

使用予定骨材	粗骨材 (Ⅰ)	粗骨材 (Ⅱ)	粗骨材 (Ⅲ)	細骨材 (Ⅳ)	細骨材 (Ⅴ)	フィラー (Ⅵ)	計
骨材配合率 (a)	19.0	22.0	20.0	21.0	9.0	9.0	
比重 (b)	2.64	26.3	2.61	2.60	2.81	2.73	
(a) × (b)	50.2	57.9	52.2	54.6	25.3	24.6	264.8
比重補正骨材配合率 $\left(\frac{(a)\times(b)}{\text{計}}\times 100\right)$	19.0	21.8	19.7	20.6	9.6	9.3	

(Vi) 使用予定骨材の合成粒度を計算する。

注 7) 骨材の配合率をもとにして合成粒度 (1) を計算すると表 8.1.1.6 のようになる（合成粒度欄の上段）。

(Vii) 粒度分布図（片対数方眼紙使用）をえがいて検討する。

合成粒度が、所要骨材粒度範囲内にあるかどうか、なめらかな粒度曲線であるかどうか、施工事の混合の正確さからみて、それを基準にしても十分規定の変動内に混合物を管理できるかどうかなどを検討して後、これを実施設計の骨材粒度とする。

注8） 合成粒度(ハ)をプロットすれば、図8.ハ.7のようである。

(Viii) 必要があれば合成粒度を補正する。

（注9） 粒度分布図をプロットした上で、合成粒度(ハ)を補正する必要があると認められた場合は次の方法で行なう。

たとえば図8.ハ.1の予定粒度と合成粒度(ハ)、および表8.ハ.5を見ながら、補正値を適当に定めて計算し、合成粒度(ニ)を求める（表8.ハ.5合成粒度欄の下段（ ）内）。

補正配合百分率欄の（ ）内の数字が補正値で、この値に各骨材の通過率を乗じたものを、各骨材ふるい目の大きさ別配合率の該当わくの中に記入する。

補正値を決めるには、次の要領による。

たとえば図8.ハ.7を見ると0.3～0.6 mmあたりは2%程度曲線を下げたいことがわかる。そこで表8.ハ.5に目を移して、0.3～0.6 mmあたりを主とする（V）の骨材で−2%とし、補正配合百分率欄の上段に記入する。この横断の計は零でなければならない。したがって+2をどこかに入れる必要がある。

図8.ハ.7 粒度分布図

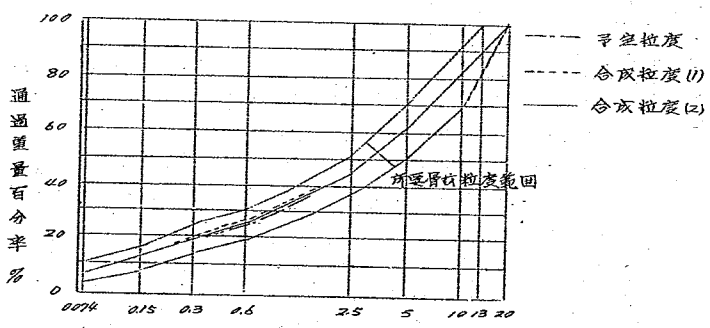


表 8.1.1.5 使用予定骨材の合成粒度

	粗骨材 (I)	粗骨材 (II)	粗骨材 (III)	細骨材 (IV)	細骨材 (V)	フィラー (VI)	各骨材フルイ目の大きさ別配合率						合成粒度	予定粒度
配合率 (比重補正)	19.0	21.8	19.7	20.6	9.6	9.3	(I)+(II)+(III)+(IV)+(V)+(VI)						100	100
補正配合率 %	19.0	21.8	19.7	(+2) 22.6	(−2) 7.6	9.3							100	
20 mm	100%						19.0	21.8	19.7	20.6 (+2)	9.6 (−2)	9.3	100 (100)	100
13	52%	100%					9.9	21.8	19.7	20.6 (+2)	9.6 (−2)	9.3	90.9 (90.9)	90
10	7%	86%	100%				1.3	18.8	19.7	20.6 (+2)	9.6 (−2)	9.3	79.3 (79.3)	80
5		10%	93%	100%				2.2	18.3	20.6 (+2)	9.6 (−2)	9.3	60.0 (60.0)	60
2.5			30%	90%					5.9	18.5 (+1.8)	9.6 (−2)	9.3	43.3 (43.1)	43
0.6			7%	30%	100%				0.4	6.2 (+0.6)	9.6 (−2)	9.3	25.5 (24.1)	24
0.3				10%	90%					2.1 (+0.2)	8.6 (−1.8)	9.3	20.0 (18.4)	18
0.15					30%	100%					2.9 (−0.6)	9.3	12.2 (11.6)	12
0.074					5%	72%					0.5 (−0.1)	6.7	7.2 (7.1)	7

(22)

表 8.1.1.6 配 合 表

粒 径 (mm)	保粒度 (%)	百分率 (%)	重 量 (g)	加積重量 (g)	百分率 (%)	重 量 (g)	加積重量 (g)
20～10	19.0	18.15	217.9	217.9	18.05	216.6	216.6
10～5	21.8	20.83	250.0	467.9	20.74	248.9	465.5
5～2.5	19.7	18.82	225.8	693.7	18.70	224.4	689.9
砂 0.6以上	22.6	21.57	258.8	952.5	21.45	257.4	947.3
砂 0.6以下	7.6	7.26	87.1	1039.6	7.22	86.6	1033.9
フィラー	9.3	8.87	106.4	1146.0	8.84	106.1	1140.0
アスファルト		4.5	54.0	1200.	5.0	60.0	1200
		100	1200		100	1200	

粒 径 (mm)	保粒度 (%)	百分率 (%)	重 量 (g)	加積重量 (g)	百分率 (%)	重 量 (g)	加積重量 (g)
20～10	19.0	17.95	215.4	215.4	17.85	214.2	214.2
10～5	21.8	20.60	247.2	462.6	20.50	246.0	460.2
5～2.5	19.7	18.63	223.6	686.2	18.52	222.2	682.4
砂 0.6以上	22.6	21.35	256.2	942.4	21.25	255.0	937.4
砂 0.6以下	7.6	7.18	86.2	1028.6	7.13	85.6	1023.0
フィラー	9.3	8.79	105.4	1134.0	8.75	105.0	1128.0
アスファルト		5.5	66.0	1200	6.0	72.0	1200.0
		100	1200		100	1200	

粒 度 (%)	保粒度 (%)	百分率 (%)	重 量 (g)	加積重量 (g)
20～10	19.0	17.75	213.0	213.0
10～5	21.8	20.40	244.8	457.8
5～2.5	19.7	18.40	220.8	678.6
砂 0.6以上	22.6	21.15	253.8	932.4
砂 0.6以下	7.6	7.10	85.2	1017.6
フィラー	9.3	8.70	104.4	1122.0
アスファルト		6.50	78.0	1200.0
		100	1200	

いま(IV)の骨材の0.3～0.6 mmの横段を見ると，0.6 mmでは30%，0.3 mmでは10%なので+2の影響はわずかであることがわかるので，(IV)骨材の補正配合百分率欄の上段に+2を記入する．

補正値の決定には他の欄の影響を考える必要がある．

以上のようにして補正合成粒度(2)を計算する．

比重による補正と最後の補正は必要と考えられる場合にだけ実施する．

(2) 基準アスファルト量の決め方

マーシャル安定度試験のおもな目的は使用骨材の設計粒度配合に対する基準アスファルト量を決定することである．基準アスファルト量は一般に次の順序にしたがって決定されるが，このことはマーシャル安定度試験を先立って知っておかなければならない．

骨材の準備ができたならば表8.1.5のようにきまった粒度から表8.1.6に示すようにアスファルトをも含めて全混合物の配合重量を計算する．この場合アスファルト混合率は全混合物に対する重量百分率とする．供試体1個の重量は1250g前後であるが，骨材の比重，粒度，突き固め回数により異なるため最初に試作供試体をつくり，その高さが63.5±1.27 mmになるように重量を加減する．そのためには図8.1.9を用いると便利である．

$W = \frac{400}{H} W_1$

W_1 = ためし突き供試体の重量 (g)

W = 4.35 cm 標準供試体に必要な重量 (g)

H = 供試体の高さ (cm)

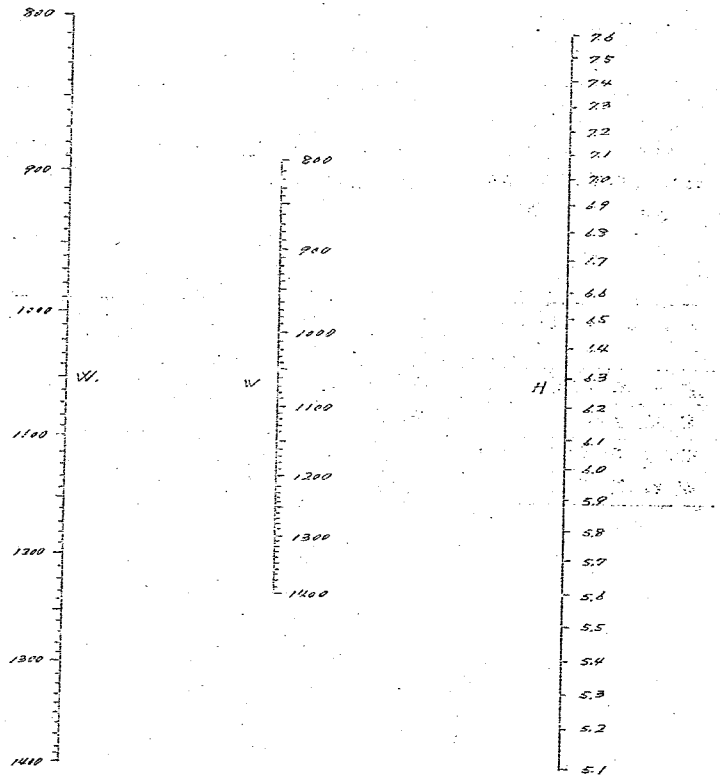


図 8.1.19 供試体重量補正計算図表

(a) 舗装種類に応じたアスファルトの種類と使用量範囲を選ぶ。

(b) 使用量範囲のアスファルト量を0.5%の差をおいて配合した混合物でマーシャル試験用供試体をつくる。

(c) 供試体の密度、マーシャル安定度、およびフロー値を測定する。

(d) あらかじめ計算した理論最大密度とその密度とから、供試体の空げき率、飽和度を算出する。

(e) 各供試体のアスファルト量を横軸に密度、マーシャル安定度、空げき率、飽和度およびフロー値を縦軸に、それぞれの関係を算出目盛に若し、図8.1.1のようになめらかな曲線で結ぶ。

(f) この図上で表8.1.7に示す点でのそれぞれのアスファルト量を求め、その平均値を基準アスファルト量とする。

表 8.1.1.7 基準アスファルト量の決定

	粗粒度アスファルトコンクリート	密粒度アスファルトコンクリート	修正ベカ	トベカ	シートアスファルト
安定度 kg	最高点				
密度 g/cm³	最高点				
空げき率 %	5.5	4.5	5.0	6.0	7.0
飽和度 %	75	80	75	75	70

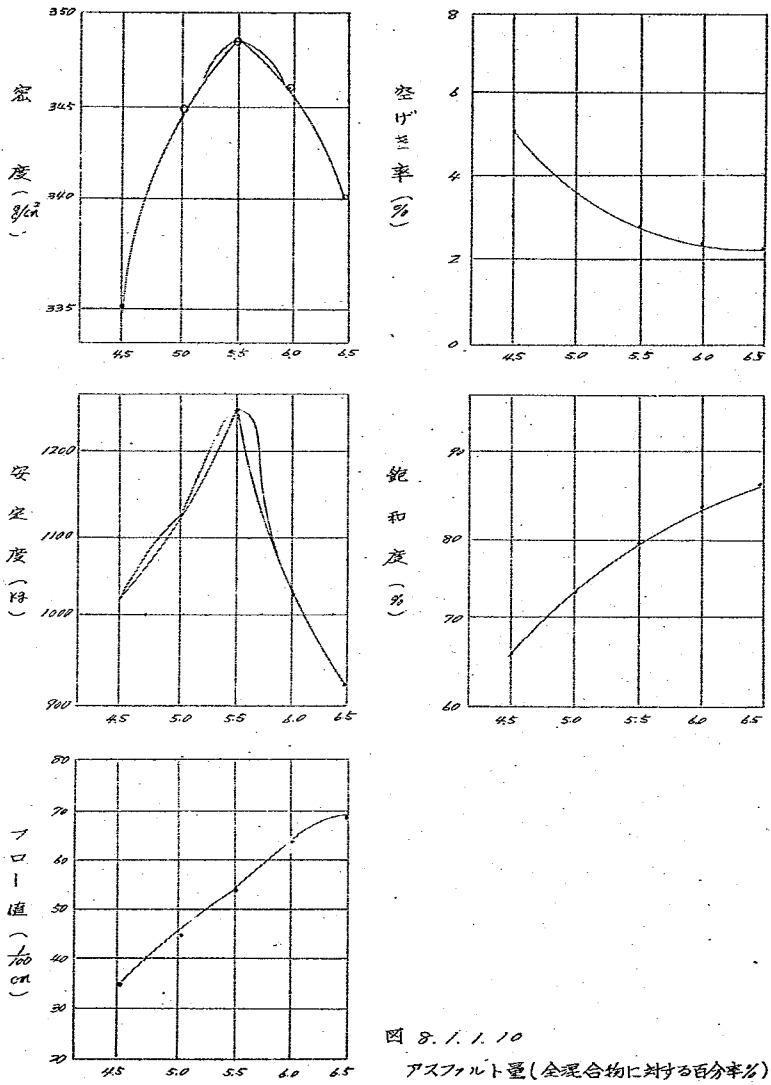


図 8.1.1.10

アスファルト量（全混合物に対する百分率%）

〔注〕 フロー値はアスファルト量の検討に用いる

図8.ノ.ノ9より基準アスファルト混合率を求めれば次のようである．

安定度	5.5%	最高点
密度	5.5%	最高点
空げき率	4.8%	4.5%の点
飽和度	5.2%	80%の点
平均	5.3%	基準アスファルト混合率

なおマーシャル試験に対する基準値を表8.ノ.8に示す．これは配合を最経済に決定する場合の基準となる．

(3) アスファルト混合物の密度と空げき量

(i) 供試体の密度の測定

(a) 供試体円筒の4方向で高さを測定し，ついで空中重量，水中重量を測定する．水中重量の測定には原則としてパラフィン被覆は行なわない．供試体を水中につるすために適当な金網かごを用いるか，つり糸で下げてもよい．計量は供試体が吸水しないように手早く行なう．密度dは次式により計算される．

$$d = \frac{A}{A-C} \cdot \gamma_w \quad (g/cm^3)$$

ここに A ＝供試体の空中重量（g）

B ＝水中重量の測定中に吸水した供試体の表乾重量（g）

C ＝供試体の水中重量（g）

γ_w ＝測定時の水の密度，通常1 g/cm^3とする．

(b) あらい粒度の混合物で，吸水し易いものでは粒度は次式により計算する．

$$d = \frac{A}{B-C} \cdot \gamma_w \quad (g/cm^3)$$

(ii) 理論最大密度

締め固めたアスファルト混合物に空げきがないと考えた場合の密度は次の式により計算されるが，これを理論最大密度という．

$$D = \frac{W}{Vb + Vagg} \quad \cdots\cdots (1)$$

ここに

$$W = Wb + W_1 + W_2 + \cdots\cdots + W_n$$

$$Vb = \frac{Wb}{Gb}$$

$$Vagg = \frac{W_1}{G_1} + \frac{W_2}{G_2} + \cdots\cdots + \frac{W_n}{G_n}$$

W：混合物の重量

V_b ：アスファルトの体積

V_{agg}：骨材の体積

W_b ：アスファルトの重量

G_b ：　〃　比重

W_1，W_2，……W_n ：各骨材部分の重量

G_1，G_2，……G_n ：　〃　比重

W_b および W_1，W_2，…… W_n は重量百分率で表わされることが多いから

$$D = \frac{100}{\frac{V_b}{} + V_{agg}} \quad \cdots\cdots (2)$$

となる。

注）　粗細骨材の比重は表乾かさ比重，かさ比重，見掛け比重のうち見掛けかさ比重を採用するものとする。見掛け比重 $= \frac{A}{A-C}$

ここに　A ＝骨材の空中重量（g）

C ＝骨材 24 時間吸水後の水中重量（g）

(iii)　空げき率

重量 W のアスファルト混合物の実際に測定された密度を d，体積を V とすれば

$$d = \frac{W}{V} = \frac{W}{V_v + V_b + W_{agg}} \quad \cdots\cdots (3)$$

(1)式と(3)式より空げきの体積 V_v は

$$V_v = W \times \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right) \quad \cdots\cdots (4)$$

空げき率は

$$V = \frac{V_v}{V} \times 100 = \frac{W\left(\frac{1}{d} - \frac{1}{D}\right)}{\frac{W}{d}} \times 100$$

$$= \left(1 - \frac{d}{D}\right) \times 100 \ (\%) \quad \cdots\cdots (5)$$

(iv)

混合物から骨材を除いた部分の体積すなわち空げきとアスファルトとで占められている体積の混合物体積に対する比を VMA（voids of mineral aggregate）という。

$$VMA = \frac{V - V_{agg}}{V} \times 100 = 100 - \frac{\frac{100}{D} - V_b}{\frac{100}{d}} \times 100$$

$$= 100\left(1 - \frac{d}{D}\right) + V_b \cdot d = V + V_b \cdot d \ (\%) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

骨材の間げき中にアスファルトが占める割合を飽和度 VfA (Voids filled with asphalt) といい，次式により計算される．

$$VfA = \frac{V_b}{V_b + V_v} \times 100 = \frac{100 V_b}{V_b + 100\left(\frac{1}{d} - \frac{1}{D}\right)}$$

$$= \frac{100 V_b}{V_b + \frac{100}{d}\left(1 - \frac{d}{D}\right)}$$

$$= \frac{100 V_b \cdot d}{V_b \cdot d + 100\left(1 - \frac{d}{D}\right)} = \frac{100 V_b \cdot d}{VMA} \ (\%)$$

注1　試験の結果は表8.1.10.のように記入し諸数値を計算する．理論最大密度は表8.1.11のように計算する．空げき率，飽和度の計算に用いる供試体の密度は各アスファルト量に対してその平均値をプロットし，なめらかな曲線で結んだ図8.1.7から読みとる．

(4) マーシャル安定度試験値の傾向

マーシャル安定度試験値は，骨材粒度およびアスファルト量の変化に従い増減する．

アスファルト量のみが変化するときの一般的傾向は次のようである．

① フロー値はアスファルト量と共に増加する．

② 安定度はある点まではアスファルト量と共に増加し，それ以上では減少し最大点を示す．

③ 密度は最大点が安定度の場合よりもやや大きいアスファルト量であらわれるが，そのほかは安定度と同様な傾向を示す．

④ 空げき率はアスファルト量とともに小さくなり一定値に近づく．

⑤ 飽和度はアスファルト量とともに増加し空げき量と全く逆の傾向を示す．

参考

骨材粒度およびアスファルト混合率の変化によるマーシャル安定度試験値の傾向は図3.1.12, 13.14に示す．これはカナダにおける広範な試験結果より得られたもので試験値を修正する場合に役立つ．

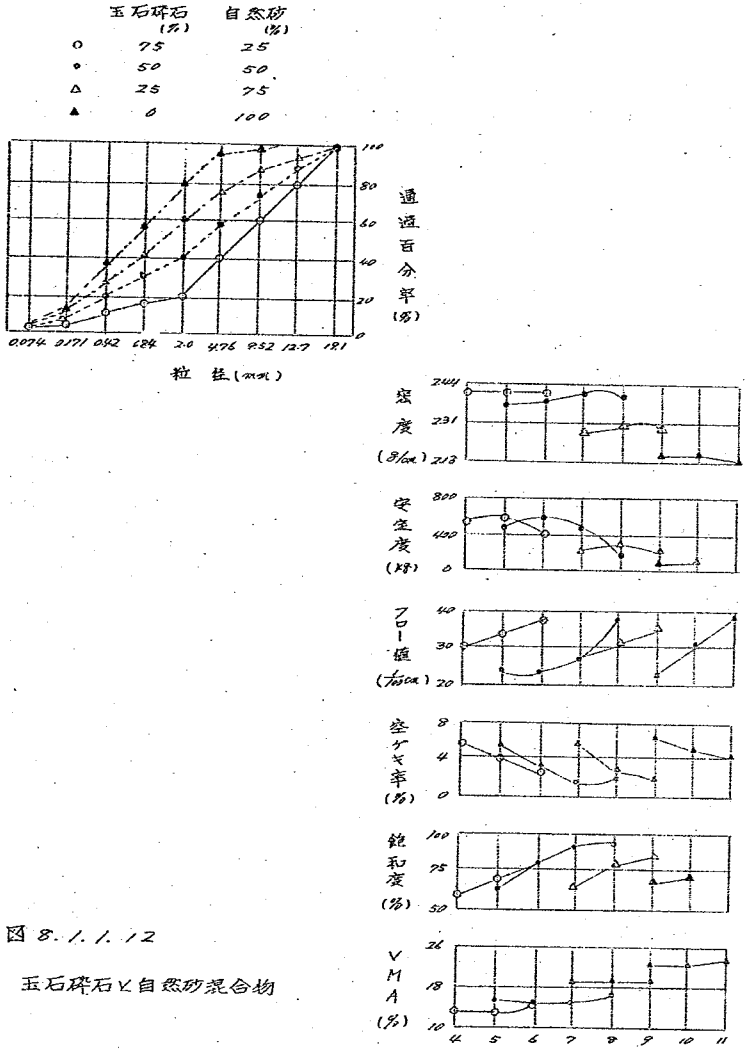
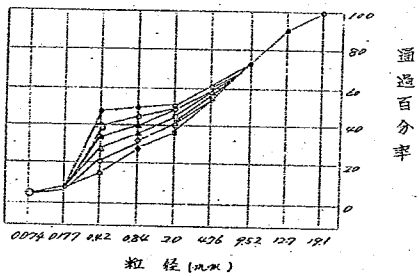


図 8.1.1.12

玉石砕石と自然砂混合物

	玉石砕石 (%)	自然砂 (%)	砂丘砂(細砂) (%)
●	50	50	0
○	50	40	10
△	50	30	20
▲	50	20	30
□	50	10	40
■	50	0	50



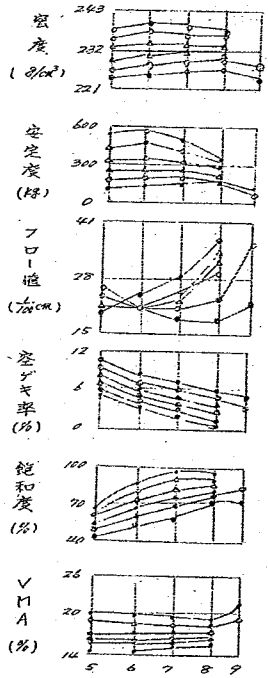


図 8.1.1.13

玉石砕石,自然砂と砂丘砂の混合物

	玉石砕石 (%)	自然砂 (%)	フィラー (%)
○	50	50	0
●	47	47	6
△	44	44	12
▲	41	41	18

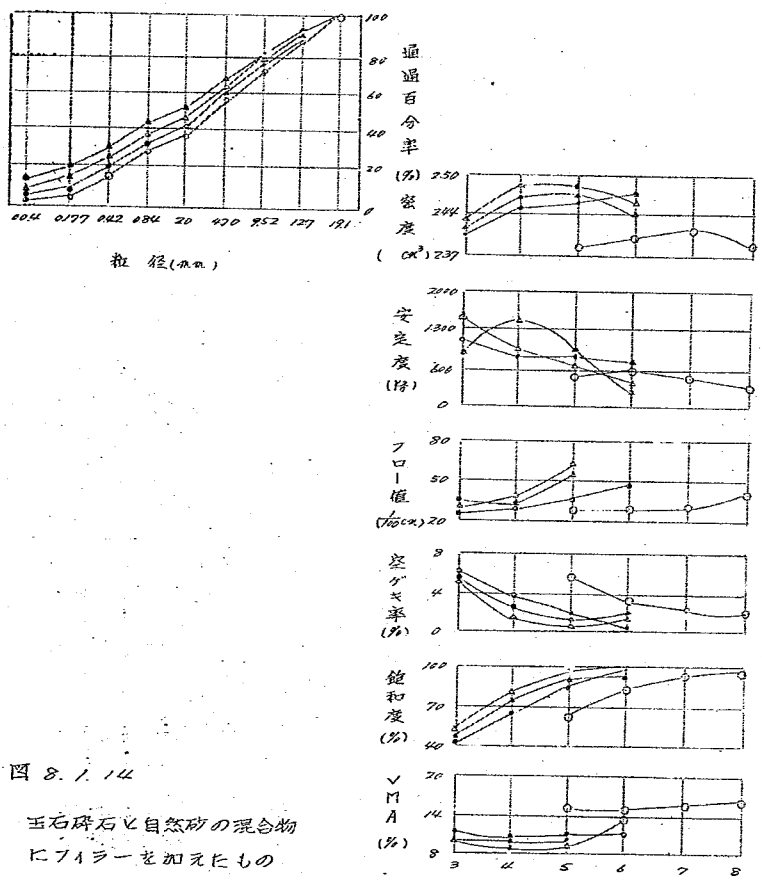


図 8.1.14

玉石砕石と自然砂の混合物にフィラーを加えたもの

表 8.1.13 マーシャル試験に対する基準値

単位区間自動車交通量台／日		2,000 未満	2,000～7,500	7,500 以上
試料突き固め回数		50	50	75
安定度	kg	250 以上	350 以上	500 以上
フロー	$(\frac{1}{100}cm)$	20～50	20～40	20～40
空げき率 %	粗粒度アスファルトコンクリート	4～7		
	密粒度アスファルトコンクリート	3～6		
	修正トペカ	3～7		
	トペカ	4～8		
	シートアスファルト	5～9		
飽和度 %	粗粒度アスファルトコンクリート	70～80		
	密粒度アスファルトコンクリート	75～85		
	修正トペカ	70～80		
	トペカ	70～80		
	シートアスファルト	65～75		

マーシャル

表 8.1.1.19

骨材名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　フィラー名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

供試体	アスファルト混合率	厚さ					重量		容積
							空中	水中	
A	B	C					D	E	F
		1	2	3	4	平均			D－E
4.5～1	4.5	6.34	6.30	6.28	6.30	6.31	1,209.1	690.1	519.0
2	〃	6.34	6.39	6.30	6.30	6.36	1,225.4	702.0	523.4
3	〃	6.25	6.33	6.37	6.37	6.33	1,237.0	698.5	533.5
4	〃	6.22	6.25	6.25	6.25	6.23	1,200.5	688.3	512.2
平均									
曲線の読み									
5.0～1	5.0	6.23	6.25	6.40	6.33	6.30	1,280.0	734.7	545.3
2	〃	6.30	6.31	6.28	6.29	6.30	1,253.2	715.6	537.6
3	〃	6.31	6.28	6.29	6.25	6.28	1,245.9	719.8	526.1
4	〃	6.27	6.27	6.30	6.29	6.28	1,261.5	720.5	541.0
平均									
曲線の読み									

備考

試験結果表

混合温度		締め固め温度		試験温度	

アスファルトの種類＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ その他＿＿＿＿＿＿＿＿

密度		アスファルト容積(%)	空隙率(%)	飽和度	骨材間げき率	安定度(Kg)	フロー値(1/100 cm)
実際	理論						
G	H	I	J	K	L	M	N
D/F		$\frac{B \times G}{As\text{の比重}}$	$(100-100\frac{G}{H})$	$\frac{I}{I+J}$			
2.332						1116	41
2.353						993	38
2.316						930	33
2.342						1,048	33
2.335						1,122	36
2.335	2.466	10.3	5.05	67.0	15.35		
2.352						1,136	43
2.327						1,091	43
2.364						1,122	46
2.335						1,124	43
2.345						1,119	43
2.345	2.449	11.5	4.2	73.4	15.70		

骨材名＿＿＿＿＿＿＿＿　フィラー名＿＿＿＿＿＿＿＿

供試体	アスファルト混合率	厚さ					重量		容積
							空中	水中	
A	B	C					D	E	F
		1	2	3	4	平均			D－E
5.5～1	5.5	6.32	6.35	6.28	6.30	6.31	1265.7	732.7	532.5
2	〃	6.31	6.33	6.29	6.31	6.31	1233.7	704.3	529.4
3	〃	6.30	6.31	6.28	6.29	6.30	1245.3	716.3	529.0
4	〃	6.29	6.27	6.28	6.29	6.28	1227.9	702.3	525.6
平均									
曲線の流み									
6.0～1	6.0	6.30	6.29	6.28	6.30	6.29	1248.0	708.4	539.6
2	〃	6.29	6.27	6.27	6.28	6.28	1240.5	712.6	527.9
3	〃	6.30	6.29	6.31	6.30	6.30	1255.1	720.9	534.2
4	〃	6.28	6.29	6.30	6.35	6.30	1238.7	714.9	523.5
平均									
曲線の流み									

備考

混合温度		締め固め温度		試験温度	

アスファルトの種類＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ その他＿＿＿＿＿＿＿＿

密度		アスファルト	空隙率	飽和度	骨材	安定度	フロー値
実際	理論	容積 %	(%)	(%)	間隙率	(Kg)	$(1/\frac{cm}{100})$
G	H	I	J	K	L	M	N
D/F		$\frac{B \times G}{As\text{の比重}}$	$(100-100\frac{G}{H})$	$\frac{I}{I+J} \times 100$			
2.376						1.239	56
2.324						1.261	53
2.354						1.268	51
2.337						1.198	56
2.348						1.241	53
2.348	2.430	12.6	3.2	79.8			
2.320						1.080	69
2.346						1.089	58
2.350						1.009	61
2.369						1.025	66
2.346						1.051	64
2.346	2.413	13.8	2.6	84.2			

320

マーシャル

骨材名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　フィラー名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

供試体	アスファルト混合率	厚さ					重量		容積
							空中	水中	
A	B	C					D	E	F
		1	2	3	4	平均			D－E
6.5～1	6.5	6.15	6.20	6.25	6.25	6.21	1269.3	729.2	540.1
2	〃	6.20	6.20	6.21	6.25	6.21	1250.2	713.5	536.7
3	〃	6.18	6.20	6.25	6.28	6.23	1262.0	730.2	531.8
4	〃	6.30	6.28	6.27	6.27	6.28	1217.7	691.7	526.0
平均									
曲線のあみ									

備考

(254)
321

試験結果表

混合温度		締め固め温度		試験温度	

アスファルトの種類＿＿＿＿＿＿＿＿ その他＿＿＿＿＿＿＿＿

密度		アスファルト	空隙率	飽和度	骨材	安定度	フロー値
実際	理論	容積 %	%	%	間隙率	Kg	1/100 cm
G	H	I	J	K	L	M	N
D/F		$\frac{B \times G}{As\text{の比重}}$	$(100-100\frac{G}{H})$	$\frac{I}{I+J}\times 100$			
2.353						88.5	66
2.327						937	69
2.374						957	69
2.306						904	71
2.340	〃					920	69
2.340	2.395	14.9	2.2	87.2			

(39)

表 8.1.1.11　理論最大密度の計算表

骨材の種類	配合比 (%)	各骨材の比重	係数
A	B	C	$D = \frac{B}{C}$
粗骨材 (I)	19.0	2.64	7.197
〃 (II)	21.8	2.63	8.289
〃 (III)	19.7	2.61	7.548
細骨材 (IV)	22.6	2.60	8.692
〃 (V)	7.6	2.81	2.705
フィラー	9.3	2.73	3.407
合計	100.0		37.836
			$\Sigma D = 37.836$
乾燥骨材の平均比重 $= \frac{100}{\Sigma D} = \frac{100}{37.836} \fallingdotseq 2.643$			

アスファルト混合率	アスファルトの比重	G	H	I	混合物の理論最大密度
E (%)	F	$\frac{E}{F}$	$\Sigma D(1-\frac{E}{100})$	G + H	$\frac{100}{I}$
4.5	1.020	4.412	36.133	40.545	2.466
5.0		4.902	35.944	40.836	2.449
5.5		5.392	35.755	41.147	2.430
6.0		5.892	35.566	41.448	2.413
6.5		6.373	35.377	41.750	2.395

8.1.2 抽出試験方法

アスファルト混合物の抽出試験方法はKDSK8102－1961“遠心分離によるアスファルト混合物の抽出試験方法”およびKDSK8.1.2.2－1961“ソックスレー抽出器によるアスファルト混合物の抽出試験方法”の規定によるものとする。

解　説

抽出試験は，アスファルト混合物中のアスファルト量を定量するためであるが，試験後の骨材はふるい分け，に供することができるので，アスファルト混合物を現場で生産するとその品質管理の一手段として利用されることが多い。試験方法は今まで各国でいろいろな方法が用いられているが，大別すれば次のようである。

- 抽出試験方法
  - 溶剤を用いるもの
    - 遠心分離法　（ASTM）
    - 振とう法（英国道路研究所）
    - 加熱法　（英国規格）
    - 半純浸過法　（英国規格）
  - 溶剤を用いないもの
    - 焼却法（北海道開発局土木試験所）

現場で抽出試験を行なう場合は遠心分離法あるいはソックスレー抽出器による方法，または焼却法（参考の項参照）を利用することができる。

遠心分離によるアスファルト混合物の抽出試験方法KDSK8.1.0.2－1961
（ASTM　D1097－58　参照）

この試験方法は骨材のすべてが2.5mmふるいを通過するようなアスファルト混合物を常温で溶剤を用いて抽出し，そのアスファルト混合率を測定するために用いられる。回収したアスファルトをさらに試験するためのものではない。この試験によって回収された骨材はふるい分けに用いられる。

(1) 装　置

装置は次のものから成る。

(a) 抽出装置は図3.1.2.1.1に示すような　はち　とこれを毎分3,600回までの速さで回転させる装置とから成っている。この装置には　はち　から流出する溶剤を受けるための容器とそれを流し出す排出口を備えること。爆発に安全装置を通気口のある　ふた　の下に取りつけることが望ましい。

(b)　はち　の上縁に正しく合うフィルターリング，またはこし紙（　ふた　に合うように丸く切ったもの）

(c) 115℃に保つことのできる乾燥炉

(d) 容量5,000g，感度0.1gのはかり

(e) 分析用はかり

(f) 容量2,000ccのメスシリング

(g) 容量125ccのしゃく熱皿

(h) バーナー，スタンド，大型バット，ビーカーなど。

(2) 薬　　品

(a) 四塩化炭素（または二塩化メチレン）

(b) 炭酸アンモニウム飽和溶液

(3) 試料の準備

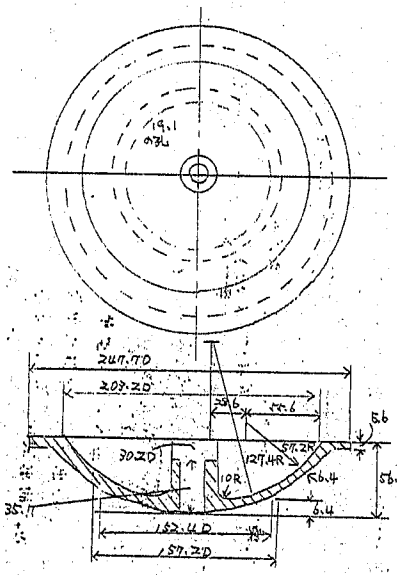
(a) 混合物が　へら　や　こて　でほぐすことができるほどに赤らかくないときは大型バットに2,000～5,000g入れ取扱いできるようになるまで115℃の炉中で暖める。骨材を砕かないように注意して試料をできるだけ均一に分ける。代表的試料を1,000g計量し　はち　のまわりに一様にひろげる。骨材の最大粒径が10mmより小さい場合は，1000g以下の重量の試料でもよい。試料中の骨材が分離するため骨材の最大粒径が大きくなるほど試験の精度は低くなる。しかし少なくとも3,000gの試料を用いれば骨材最大粒径25mmより大きい混合物にも試験方法を適用することができる。このような場合は1回に1,000gずつ抽出する。

(b)　はち　に四塩化炭素をそそぎ試料の塊がなくなるまで十分に時間をおくこと。但し，1時間をこえてはならない。

(c) 試料の水分は別に測定する。

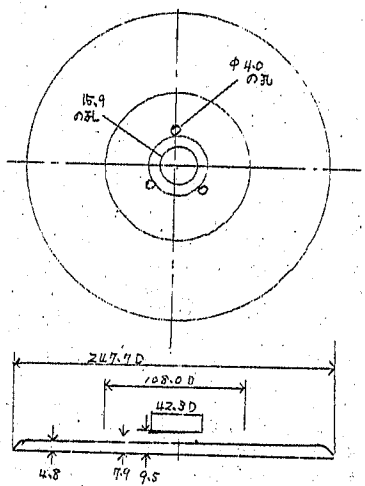
(4) 試　験　法

(a) 試料と溶剤のはいった　はち　を装置にとりつける。フィルターリングまたは　こし紙を乾燥した後計量し　はち　の上縁にとりつける。



はち　アルミ鋳物

全面をみがいたもの



ふた　アルミ鋳物

全面をみがいたもの

単位 mm

図　8.1.2.1　油出用　はち

ふた　を固く締め付け抽出液を集めるため排出口の下にビーカーを置く。

(3) 装置を除々に動かし回転数が毎分3,600回に達するまでか，または排出口から溶剤が流出しなくなるまで回転数を増す。装置を止め200ccの四塩化炭素を加えて上の操作を繰返す。これを3回以上行ない溶剤が清澄で，別の容器に取って見たとき淡黄色になるまで続ける。

(4) はち　からフィルターリングを取りはずし105℃の乾燥炉内で一定重量になるまで乾燥し計量する。リングの重量の増加は骨材（フィラー部分）が付着したからである。はち　に残った骨材は105℃乾燥炉で一定重量になるまで乾燥し，冷却後計量する。

(5) 全抽出液を2,000ccのメスシリンダーに入れて容積を計量する。これを十分かくはんしてそのうち100ccを，重量を測定した　しゃく蒸皿の中に入れ，蒸気浴そう上で蒸発乾固させ残さを暗赤色の炎で焼却する。皿を冷却して炭酸アンモニウムの飽和溶液を残さ1g当り5cc加え1時間室温においてから110℃乾燥炉で一定重量になるまで乾燥する。冷却計量し全抽出液中の灰分を計算により求める。

(5) 計　　算

試料中のアスファルト混合率は8.1.2.1.1式で計算する。

乾燥した試料のアスファルト混合率

$$=\frac{(W_1-W_2)-(W_3+W_4+W_5)}{W_1-W_2}\times 100 \quad \cdots\cdots\cdots (8.1.2.1.1)$$

ここで

W_1：試料の重量

W_2：試料中の水分の重量

W_3：抽出された骨材の重量

W_4：抽出液中の灰分の重量

W_5：フィルターリングの重量の増加

備　　考

1. 試験に用いる溶剤は，毒性・引火性の低いものが望ましい。塩化メチレンは人体にはほとんど無害で引火性はなくアスファルトを溶解しやすいので試料は30分程度浸せば十分である。

2. 遠心分離装置の容器と　ふた　との締め付けが悪いと細粒部分が流出して過大なアスファルト量を与えることがある。ろ紙はなるべく厚手のもの，たとえば油ろ紙やフェルトろ紙（No.63）を2～3枚重ね合わせて

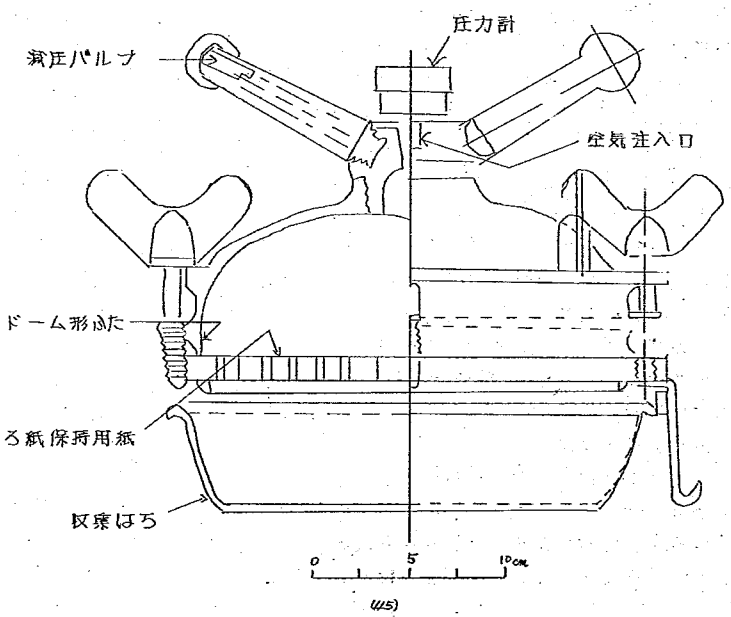
用い ふた はできるだけ強く締め付けるとよい。このようにすれば流出部分の重量は1～1.5㎎程度で，1㎏の試料に対して0.1～0.15％である。

．細粒部分の流出量が小さくならない場合はⅢに示すようにろ液の一部を蒸気浴で焼却するか，全ろ液をろ過して流出分を求める。ろ液の中には比較的あらい部分もはいることがあって，Ⅲの方法ではしばしばかなりの誤差を生じるので，全液をろ過する方が正確である。図8,12,1,2,に加圧ろ過に用いる器具の一例を示す。

ろ紙に付着した細粒骨材はろ紙をアルコールで焼却することにより簡単に求められる。この場合ろ紙の灰の重量は無視してよい。

3, 抽出後の骨材の乾燥は塩化メチレン，四塩化炭素とも110℃で2時間乾燥すれば一定重量となる。

図 8,1,2,12　　加　圧　ろ　過　器



(115)

ソックスレー抽出器による
アスファルト混合物の抽出試験方法
(KDSK 8,1.0.3－1961)

この試験方法は，骨材のすべてが25㎜ふるいを通過するようなアスファルト混合物を溶剤を用いて抽出し，そのアスファルト混合率を測定するために用いられる。回収したアスファルトをさらに試験するためのものでない。この試験によって回収された骨材は，ふるい分けに用いられる。

(1) 試験用器具

(a) ソックスレー抽出器　これは図8,1.2.2.1のように①還流冷却器，②ろ過部およびフラスコの3部分からなり，各接合部分のすり合わせは，溶剤蒸気がもれない程度のものであること。

(b) ろ過器　ろ過器は図8,1.2.3の③のような器具で，ろ過部分は0.07㎜網を用いるものと円筒ろ紙を用いるものとがある。

(c) スタンド

(d) 加熱装置　石綿付金網，三脚，ブンゼンバーナからなっている。ガス装置のない所では，石油コンロなどでもよい。

(e) 恒温乾燥炉　温度を110℃に保つことができるもの。

(f) 容量2,500g以上で，感度0.1gのはかり

(g) 分析用はかり

(h) 容量200cc程度のメスシリンダ

(i) 容量125ccのしやく熱皿

(j) デシケータ，バット，ビーカー，はけ（ろ過器の底に残るフィラー分などの掃出し用）など

(2) 薬　　品

(a) 四塩化炭素または二塩化メチレン

(b) 塩化アンモニュウム飽和溶液

(3) 試料の準備

(a) 遠心分離法(2)(a)に準ずる。

(b) 試料の水分は別に測定する。

(4) 試験方法

(a) フラスコに溶剤を約1,000cc入れる。

(b) ろ過部分に溶剤を約100cc入れる。

(c) (b)(a) で採取した試料をろ過器に入れ，図 8.1.2.2.1 のように組立てる。

(d) 還流冷却器の送水口から適量の水を流し込む。この場合の適量とは，操作を開始したとき，還流冷却器の上部から溶剤の蒸気が出ない程度である。

(e) ブンゼンバーナに点火する。初めやや弱火にし，溶剤が沸騰し始めから次第に火を強くする。

(f) 以上の状態をサイフォンを通る溶剤が透明になるまでそのままにしておく。

(g) サイフォンを通る溶剤が透明になったとき火を消し，同時に還流冷却器への送水を止めて，約20分間そのままの状態にしておく。

(h) 各部分を取りはずして，ろ過器を静かに引き抜きビーカー内に立てかけ，骨材中に残っている溶剤をきってから，バットに移し自然乾燥させた後 115℃で一定重量になるまで炉乾燥する。試料をデシケータで室温になるまでさまし，乾燥試料と容器の重量をはかる。

(i) ろ過器を使用した場合のろ過部分の量は次のように測定する，抽出液の入ったフラスコの重量を測定した後，フラスコの底に沈んでいる 0.074 mm ろ過部分が，溶剤内に均等に分散するように十分かくはんし，全抽出液の約 $\frac{1}{10}$ をしゃく熱皿に入れ重量を測定する。

重量測定は，抽出液中の溶剤の蒸発による影響を最小限に止めるため手早く行なうこと。次に しゃく熱皿の試料蒸発そう で蒸発乾固させ残さを暗赤色の炎で焼却する。皿を冷却して炭酸アンモニュウム飽和溶液 1 cc を加え，暗赤色以下の熱で一定重量になるまで熱する。冷却計量して，全抽出液中の灰部を計算によって求める。

注) 円筒ろ紙を使用すればこの項操作は要しないが試験に長時間を要する。

(5) 計　　算

試料中のアスファルト混合率は（8.1.2.1）および（8.1.2.2.2）式で計算する

(a) ろ過器の場合

$$\text{乾燥した試料のアスファルト混合率} = \frac{(W_1 - W_2) - (W_3 + W_4)}{W_1 - W_3} \times 100 \quad \cdots\cdots\cdots (8.1.2.2.1)$$

(b) 円筒ろ紙の場合

$$\frac{W_1 - W_2 - W_3}{W_1 - W_2} \times 100 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8.1.2.2.2)$$

ここで

W_1：試料の重量

W_2：試料中の水分の重量（とくに吸水していない場合は省略）

W_3：抽出された骨材（0.074 mm網止まり分）の重量

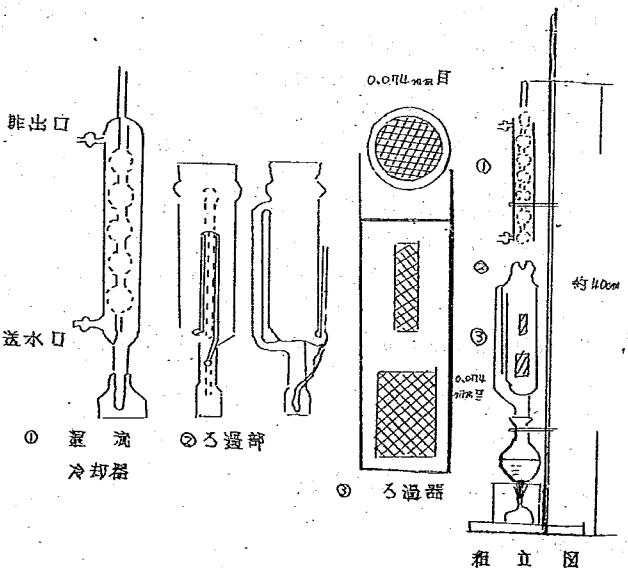
W_4：抽出された0.074 mm網通過分の重量（$= \frac{S}{Sa} \times W_4'$）

S：全抽出液（瀝青剤，アスファルト，0.074 mm網通過分）の重量

Sa：抽出液から約5 cc採取した液の重量

W_4'：しゃく熱皿の0.074 mm網通過分の重量

図　8.1.2.2.1　ソックスレー抽出器



参考

燃焼によるアスファルト混合物の アスファルト量測定に関する暫定試験方法

（北海道開発局土木試験所（案））

1. 適用の範囲

1.1 この試験方法は，骨材のすべてが13mmふるいを通過する[注1]ようなアスファルト混合物を高温度で焼却し，そのアスファルト混合率を現場において迅速に決定するために用いられる。

1.2 この試験によって回収された骨材は，これをふるい分け[注2]に用いてもよい。

2. 試験用具

2.1 燃焼炉 一度に6個の燃焼皿を収容でき，これらを同一条件で加熱できる ふた付き電熱炉であって，密閉時に800～1,000℃程度の均一な炉内温度を得られるもの。たとえば図1に示すような，容量5000Wのカンタル線を配した熱板6個を収容する円型の ふた付き電熱炉で，炉内温度を指示するパイロメーターおよび電圧を調節して所定の炉内温度を保つための変圧器を付属したもの。

2.2 はかり ひょう量1,000g，感量0.1g[注3]

2.3 燃焼皿 直径120mm，容量200ccのもので1,000℃で材質および質量が変化せず，急激な温度変化に耐えられる平底しゃく熱皿。

2.4 デシケータ，バット，スプーン，へら，るつぼばさみ等

3. 試験方法

3.1 試料

3.1.1 試料の量

表1 混合物の種類

混合物	シートアスファルト	トペカ
	約 1008	約6008
骨材	〃 1008	〃3008
アスファルト	〃 108	〃 108

3.1.2 試料の準備

表—2

試験	準備の要領
混合物	プラントヌは施設時の混合物から，代表的試料をバットに採取する。これをよく混合した後，四分法によって表—1に示す量をとり，シートアスファルトの場合は1皿当り約100gずつ，トペカの場合は1皿当り約300gずつになるように燃焼皿にとり，それぞれを正確にひょう量する。混合物がへらで分離する位十分にやわらかくなれば，100～120℃の乾燥炉内で暖めた後，上部のとおり準備する。
骨材	細・粗骨材はストックびんから，粉物は使用中のものから，それぞれ代表的試料を採取する。これらを示方配合比に従い，その総量が表1に示す量になるようにそれぞれを正確にひょう量し，燃焼皿にとりよく混合する。
アスファルト	ケットルヌはアスファルト投入容器から代表的試料を採取し，よくかくはんしながら表1に示す量を燃焼皿にとり，正確にひょう量する。

3.2 試験順序

3.2.1 試験に先立ち約15分程度燃焼炉を予熱する。

3.2.2 準備した試料を熱板上に置き，空気孔を開放したままふたのない状態で燃焼を始める。

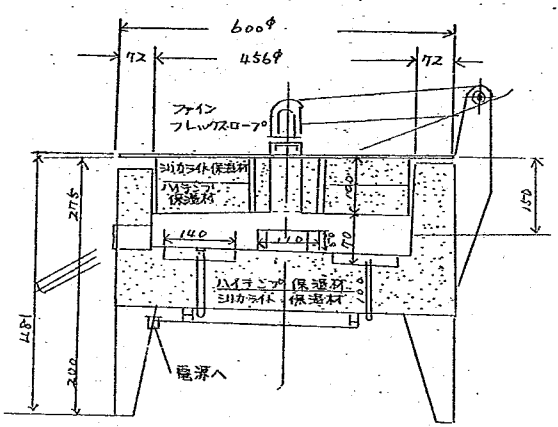
3.2.3 ほとんど煙が出なくなったらふたをし，ガス排気孔を開いて燃焼を続ける。排気孔から煙が出なくなったら，空気および排気孔を閉じ，混合物の可燃部分が焼却された状態になるまで燃焼を続ける。

3.2.4 燃焼後の試料を正確にひょう量する。

4. 計算

4.1 混合物試料中のアスファルトの重量百分率は（1）式から求める。

$$A = \frac{a-c}{b-c} \times 100\ (\%) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$


600φ
72
456φ
72
ファイン
フレックスロープ
シリカライト保温材
ハイテンプ
保温材
275
140
110
70
150
ハイテンプ保温材
シリカライト保温材
187
200
電源へ

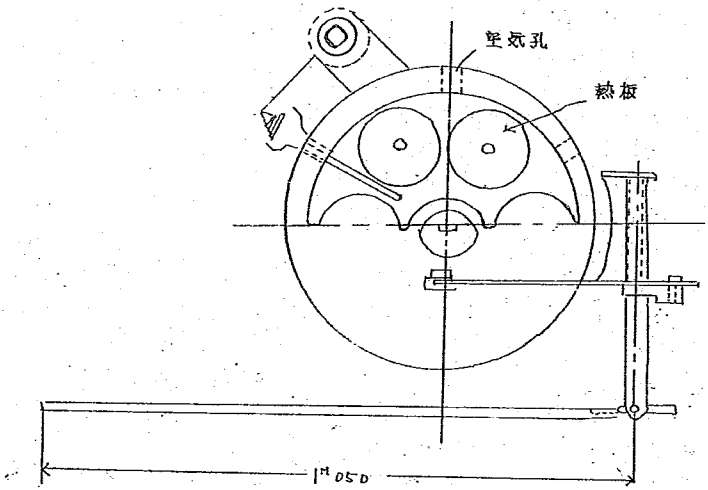

空気孔
熱板
1405

図 1　燃焼炉

ここに

A ： 混合物試料中のアスファルトの重量百分率

a ： 混合物試料の燃焼率

b ： アスファルト試料の燃焼率

c ： 骨材試料の燃焼率

4.2 燃焼率は（2）式から求める。

$$\text{燃焼率} = \frac{(\text{燃焼前の重量}) - (\text{燃焼後の重量})}{(\text{燃焼前の重量})} \times 100 \cdots (\%) \quad (2)$$

計算（例）

$a = 13.6\%$

$b = 100\%$

$c = 1.7\%$

$$A = \frac{a-c}{b-c} \times 100\,(\%) = \frac{13.6 - 1.7}{100 - 1.7} \times 100 = 12.1\ \%$$

注 1) この試験法によって，13mmにとどまる骨材を有する粗粒式アスファルト・コンクリートのアスファルト混合率を測定する場合は，大体次に示す量の試料が必要と思われる。

混合物試料　　約 1,200g

骨材資料，アスファルト試料はトペカの場合に同じ。

2) 細粗骨材の比の概算を知る程度のものである。

3) 最底限を示したものである。

4) 骨材試料，アスファルト試料に関しては，あらかじめ1日の所要量を見込んで採取し，デシケータに保存して置くことは差しつかえない。

5) 燃焼皿にとる時に固まっていたら，なるべく低い温度で溶融する。

6) 示方配合および使用材料が同一ならば，シートアスファルトの場合は4試料，トペカの場合は2試料を同時に試験することができる。

7) ふた をしないで燃焼するのは，混合物資料およびアスファルト試料の引火を防ぐためである。このとき多量の煙を排出するから，室内において試験を行なう場合は適当な換気装置が必要である。

8) 燃焼を始めてから約20～25分

9) 燃焼時間は主として炉内温度に支配される。これは700℃前後が適当である。この場合の全燃焼時間は，シートアスファルトの場合で90分間ぐらい，トペカの場合で120分くらいは必要である。

8.2 アスファルト舗装用骨材の試験

概説

アスファルト舗装に用いられる骨材には，砕石，砂利，砂，およびフィラー（石粉）がある。粗骨材としては一般に砕石を用いることが多いが砂利を入手しやすい地方では砂利を用いることがある。細骨材には，わが国では川砂を用いる場合が多い。フィラーはアスファルト舗装にのみ用いる骨材であって一般に石灰石粉（炭酸カルシウム）が用いられる。これらの骨材に対して現在のところ特にアスファルト舗装用骨材の試験方法として規定されたものはない。したがってＪＩＳ規格にある一般の骨材試験に準じて行なうのが妥当である。

8.2.1 砕石の試験方法

砕石の試験方法は，ＪＩＳ　Ａ　5001－1961 “道路用砕石”の規定によるものとする。

解　説

砕石に対する試験は比重および吸水量試験とすりへり試験である。比重および吸水量試験はＪＩＳ Ａ 1110と同様である。すりへり試験には，ロサンゼルス試験機が用いられる。

8.2.2 砂利の試験方法

砂利骨材に対する試験方法は
JIS A 1102－1953 “骨材フルイ分ケ試験方法”
JIS A 1110－1951 “粗骨材の比重および吸水量試験方法”
JIS A 1121－1954 “ロサンゼルス試験機による粗骨材のスリヘリ試験方法”
の規定によるものとする。

備　考

(a) 骨材の比重および吸水量試験方法は砕石の場合と共通しているが，

すりへり試験においてはロサンゼルス試験機を用いるほかは試料の配分鋼球の数など試験方法が相違している。

(b) アスファルト舗装用粗骨材としては砕石が用いられることが多いが，砂利を粗骨材として用いてもさしつかえない。この場合次のような点に注意しなければならない。

(i) 砂利骨材を用いると混合物はよく密に締め固まって空げきが小さくなりやすい。したがってアスファルト量をせまい範囲に管理しないと空げき量が所要のものにならない。

(ii) 砂利は一般に死石が多くまた粒度の変動が大きい。

砂利を用いた混合物の配合設計の方法は砕石を用いた場合と変りはない。安定度試験を行なうと砕石の場合よりもいくらか低いのが通例である。

8.2.3 細骨材の試験方法

細骨材の試験方法は JIS A 1102－1953 "骨材フルイ分ケ試験方法" JIS A 1109－1951 "細骨材の比重および吸水量試験方法" の規定によるものとする。

解　説

(a) JIS A 1102 による細骨材のふるい分け試験は，最小のふるい 0.088㎜ のかわりに 0.074㎜ を用いる。

(b) わが国の川砂はいわゆる洗砂であり 0.15㎜ 以下の部分がきわめて少なく，所要の粒度範囲に入れるのが困難なことが多い。使用する場合は指定の粒度に近いものを選び混合物の安定度試験を行なってみるのがよい。

8.2.4 フィラー（主として石粉）の試験方法

フィラーの比重試験は JIS R 5201－1964 "セメントの物理試験方法"（水溶性のもの） JIS A 1202－1950 "土粒子の比重試験方法"（水溶性でないもの）

フィラーの粒度分析試験は
KDSK 8104－1961 "アスファルト混合物用フィラーのふるい分け試験方法"
の規定によるものとする。

解　説

(a) フィラーの比重試験はアスファルト混合物の空げき量を算定するために必要であり，水溶性のものに対してはJIS R 5201．水溶性でないものに対してはJIS A 1202 の規定を準用する。

フィラーの粒度分析はわが国では標準方法がないのでASTM D 546－55 を参照とする。

(b) フィラーはアスファルト混合物の組成中で空げきを充てんし，アスファルトの粘性を大きくするのに役立つ。フィラーの混合量は混合物の粒度によっても異なるが，一般には，アスファルトとほぼ同量加えるのがよいとされている。フィラーは石灰石粉が用いられることが多いがフライアッシュやセメントを代用した例もある。しかしいづれも石灰石粉にくらべ費用が高くなることに注意しなければならない。一般にフライアッシュやセメントは石灰石粉より粒度が細く，したがって混合物の安定度を大きくし耐水性を増すとされている。フィラーの粒度は次の範囲になければならない。

表－1	フィラー粒度の標準
ふるいの寸法	ふるい通過百分率
0.6 mm	100
0.15 mm	90 以上
0.074 mm	65 以上

石粉の中でアスファルト混合物のフィラーとして利用される部分は0.074 mm 以下で，あらい石粉でこの部分の少ないものは石粉の使用量がふえるから不経済である。フィラーを増せばアスファルト混合物のマーシャル安定度　　値はいずれも増大するが極端に増した場合、施行性に問題が生じてくる。フィラーの効果は 0.018mm 以上の量によるともいわれているが、現在 0.074 mm 以下の粒径において規定を設けた 例はない。細骨材の粒度分析においては 0.15 mm ふるいは用いないので特にフィラー用としてこのふるいを用意、

する必要がある。

アスファルト混合物用フィラーのふるい分け試験方法
KDSK 8104－1961
(AASHO T37－35. ASTMD546－55 参照)

1. 適用の範囲
本試験方法は，道路舗装用フィラーに対するものである。

2. 器　　具
(a) はかり　0.5g の感度をもつもの
(b) ふるい　標準網ふるい 0.6mm，0.15mm，および0.074mm

3. 試　　料
代表的試料より4分法または試料採取器により乾燥試料約50gを採取する。

4. 試料の乾燥
試料は110°C で一定重量になるまで乾燥する。

5. 試験方法
(a) 乾燥試料50.0±5.0gを0.1gの精度で秤量し清浄で乾燥した74μふるいに入れる。受皿とふたを取りつけ，試料がふるいの全面に分布するように片手でわずかに傾斜させ同時に1分間約150回の速さで他の手にふちを静かに上向に打ちつける。25回打つ毎にふるいを同方向に約6回転させる。1分間にふるいを通過する量が0.05g以下になるまでこの操作を続ける。
(b) ふるいに止まる試料を0.1gの精度で秤量し149μふるいに入れる。同様の操作を590μふるいにおいても繰返し各ふるいを通過する試料の重量と百分率を計算する。
注) 細粒分の散逸を防ぐために細目の小さいふるいから使用してつぎに残留量をはかりついていく。
(c) ワッシャー，散弾などを用いてはならない。

6 機械ふるい分け
機械的なふるい分け装置を用いてもよい。この場合ふるい分けが十分行なわれたかどうかを上述と同様な方法により確かめなければならない。

7 報　　告
次の事項について報告すること。
(a) 各ふるい通過百分率を0.5%まで

(6) ふるい分けの方法

8. 結果の再現性

同じ試料について同一人が試験を繰り返したときどの ふるい についても1%以上の差異があってはならない。

異なる実験室の異なった試験者については2%以上の差異があってはならない。

8.2.5 アスファルトと骨材との親和性に関する試験方法

試験方法はKDSK 8105－1961"水浸マーシャル安定度試験方法"によるものとする。

解 説

アスファルト混合物は舗装の表面を構成し，常に風雨による作用を受ける。骨材はアスファルトにより完全におおわれているのが理想であるが、いかに十分に混合しても一部にはアスファルトでおおいつくされない部分がのこる。混合物が水に接触した場合この部分では骨材アスファルト，水の三相が境界を接することになる。もし骨材がアスファルトより水に非常に強い親和性をもっているものであれば，アスファルトは骨材の表面よりおしのけられ水がこれにとってかわりアスファルトと骨材との付着力はなくなるから混合物の安定性は小さくなる。したがってアスファルト混合物では骨材はアスファルトとの親和性の大きいものでなければならない。骨材のアスファルトに対する親和性に関する試験方法には

1) 水浸圧縮試験

2) アスファルト被膜のはく離試験

がある。水浸圧縮試験はASTM規格によれば一軸圧縮試験用供試体を24時間60°Cの水中に浸せきして後圧縮試験を行ない，(8.2.5.1) 式により求めたS_1によりアスファルト混合物の耐水性を評価する試験方法である。

$$R = \frac{S_2}{S_1} \times 100 \quad \text{--------(8.2.5.1)}$$

ここに S_1：非水浸供試体の圧縮強度

S_2：水浸供試体圧縮強度

しかし一軸圧縮試験はアスファルト混合物の安定度試験をそのまま利用した水浸マーシャル安定度試験を行なうことにしている。

水浸マーシャル安定度試験方法

この試験方法は針入度級アスファルトを含んだ締め固めたKDSK 8105－1961アスファルト混合物の水の作用に対する抵抗性を評価するために利用される。

(1) 試験器具

マーシャル安定度試験を行なうのに必要な器具

(2) 試験方法

マーシャル安定度試験用供試体を6個以上作り，これを同数ずつの2群に分ける。

(a) 第1群

供試体を60±1°Cの水中に20～30分浸し，試験温度に保ってから安定度試験を行なう。

(b) 第2群

供試体を60±1°Cの水中に4日間浸しておき，取り出してから供試体の温度がひえないうちに安定度試験を行なう。

(3) 計　算

アスファルト混合物の水の作用に対する抵抗性は残留安定度によって表わし，次式により計算される。

$$\text{残留安定度}(\%) = \frac{S_2}{S_1} \times 100$$

ここに　S_1＝非水浸供試体（第1群）の安定度（Kg）

S_2＝4日間水浸供試体（第2群）の安定度（Kg）

水浸マーシャル試験

$$\text{安定度比} = \frac{B}{A} \times 100\,(\%)$$

A・非水浸安定度

B・水浸安定度

（例）　$A = 574\,(Kg)$　　$B = 463\,(Kg)$

$$\text{安定度比} = \frac{B}{A} \times 100 = \frac{463}{574} \times 100 = 80.7\%$$

備　考

1. この試験方法は暫定的なものであり，まだ十分なデータがえられていないので規格化するまでに至っていない。

2　試験に供する混合物の粒度は実際に設計に用いられた粒度である。骨材とアスファルトとが同一の混合物については，一般に粗粒度よりも密粒度の場合の方が残留安定度は大きくなり水の影響をうけにくいようである。

3　舗装用骨材として広く利用されている骨材と石灰石粉のフィラーとを用いかなり粗な粒度の混合物について行なった試験の結果では，もっともアスファルトの付着が良好とされている石灰岩砕石で90～100%，アスファルトとの付着性を疑われる玉石砕石で70～80%，アスファルト舗装用としてあまり好ましくない花こう岩砕石で60～70%であった。

4　この試験方法は骨材の性質を評価するために利用されるだけでなく，歴青材料，特にはく離防止添加材を含んだアスファルトの評価の手段として，また混合物粒度の適否の判定に利用することができる。

5　はく離試験方法には米国各州で行なわれているいろいろな方法があるが，それらのうち代表的なものを次に記す。なおこの試験方法は骨材の主としてカットバックアスファルトに対する付着性を試験するものであり，一般の加熱混合用針入度級アスファルトを用いる場合は試験の結果が明白にあらわれないので，あまり適当でない。

アスファルト混合物の主として水の影響下における耐久性を増す目的でアスファルトに対して0.25～1.0%添加する物質で比較的高分子量有機アミンのたぐいよりなっている。レデコート，ノーストリップ，ダラコート，タイホー，ペラールなどの名で市販されているが，いずれもかっ色または黒かっ色で半固体状またはペースト状を呈している。

参　考

(1)　静的はく離試験方法

この試験方法はアスファルト材料の骨材表面からのはく離に対する抵抗性を測定するもので，標準骨材を用い，加熱混合用石油アスファルトカットバックアスファルトMCおよびRCの骨材表面に対する付着能を判定する場合に適用する。

(1)　試験用器具

(a)　250cc　広口かん

(b)　恒温乾燥炉　50～150°Cの範囲の任意の温度に一定に保つことができるもの。

(c)　恒温水そう　室温～90°Cの範囲の任意の温度に保つことができるもの。

(d) ガラス板

(e) かくはん棒またはへら

(2) 試験方法

(i) 標準骨材

けい石質岩の6号砕石と，石灰岩の6号砕石とを重量比で1：1の割当によく混合したものを，標準骨材として用いる。

〔注〕 骨材のはく離試験をする場合には，標準骨材の代わりに，試験しようとする骨材を用いる。

(ii) 加熱混合用アスファルトの場合の操作

(a) 標準骨材100gをとり，よく洗浄して広口かん に入れて乾燥させる。

これをあらかじめ130°Cの温度に保ってある恒温乾燥炉中に入れ30分以上加熱する。

(b) アスファルトを130°Cに加熱溶融し，その5gを乾燥炉中で加熱した標準骨材に加える。

(c) かくはん棒またはへらでよくかくはんし，アスファルトが完全に骨材表面を被覆するようにする。かくはん時間は3分とする。

(d) アスファルトで被覆された骨材を，ガラス板上にひろげ1時間放置し，室温まで冷却してアスファルトを硬化させる。

(e) 上記の骨材を80°Cに保った恒温水そう の温水中に入れ，30分間放置する。

(f) 30分後に骨材を水中より引き上げてアスファルト膜 のはく離している骨材粒の数を数える。

(iii) カットバックアスファルトRCおよびMCの場合の操作

(a) 標準骨材100gをよく洗浄し，広口かん に入れ，これに蒸留水を加えて骨材を完全に浸す。

(b) これをRC－0～3およびMC－0～3の場合は室温に，RC－4，RC－5およびMC－4，MC－5の場合は66°Cに保った恒温乾燥炉中に30分間放置する。

(c) 上記の時間が経過した後，過剰の水を除く。

(d) 付表 1にきめられた最低温度に加熱したカットバックアスファルト6gをしめった骨材に添加し，かくはん棒または へら でカットバックアスファルトが骨材表面を完全に被覆するようにかくはんする。かくはん時間はRCは3分，MCは5分とする。

(e) 被覆された骨材をガラス板上にひろげ，室温で1時間放置する。

(f) この骨材を室温に保った蒸留水に入れ，30分間放置する。

(g) 30分後に骨材を水中より引き上げて，アスファルト膜のはく離している骨材粒の数を数える。

(3) はく離率

(i) 式によってはく離率を計算し5%以下であればよい。

$$\text{はく離率} = \frac{As}{At} \times 100 \quad \cdots\cdots (1)$$

ここに At：骨材粒の総数

As：はく離の認められた骨材粒の数

(2)

振とう式はく離試験方法

この試験方法はアスファルト膜の骨材表面からの はく離に対する抵抗性を測定するもので，主として骨材の適否を判定する場合に適用する。

(1) 試験用器具および機械

(a) 500cc広口びん（ふた付，振とう機にとりつけられるもの）。

(b) 恒温乾燥炉 60°Cに保つことができるもの。

(c) 振とう機 恒温水そう 中で広口びん を取付け振とうできる構造のもの。

振幅は5cm，振とう数は毎分60回，および120回の2段階とする。

(d) 恒温水そう 25～50°Cの範囲の任意の温度に一定に保つことのできるもの。振とう機の一部をなす。

(2) 試験方法

(i) 骨材資料の調整

資料とする骨材の粒さは10mm ふるい を通過し5mm ふるいに止まるものと，5mm ふるい を通過し2.5mm ふるい に止まるものとを混合したものを用いる。混合の割合は実際使用に近いものを選ぶ。

注） この試験方法でアスファルトの付着能の判定を行なう場合には，試料骨材の代わりに「静的はく離試験方法」に用いる標準骨材を用いる。

(ii) 操 作

(a) 調製した骨材６００ｇをとり，これにアスファルトを加えて骨材を完全に被覆するまでよく混合する。アスファルト量は４～８％の範囲で決め，骨材およびアスファルトの温度は実際に使用する場合の条件に準ずるものとする。

(b) アスファルトで被覆された骨材は６０°Cに保った恒温乾燥炉中に１５時間放置する。

(c) この試料をもう一度軽く加熱混合し，その５０ｇをとって500cc広口びん　中に入れる。

(d) 室温になるまで冷却した後，これに室温の蒸留水を加えて骨材を完全に浸す。

(e) 広口びんに　ふた　をして振とう機にとりつけ，振とう機の恒温そう　の温度を２５°Cに保ち，１５分間振とうする。

振とう数は毎分６０回とする。

(f) 広口びん　を振とう機からとりはずし，骨材を出して骨材表面に認められる　はく離面積を調らべる。

なお特に必要な場合は，振とう機の恒温そうの温度を３９°Cおよび４９°Cに保ち，ひきつづき１５分間ずつ振とうする。また振とう数も変えて行なう。

(3) 評　　価

肉眼の観察により，はく離面積２５％以下のものは「はく離なし」あるいは「わずかに　はく離」と評価，はく離面積２５％以上のものは「はなはだしく　はく離」と評価する。

付表 1　歴青材料の加熱温度

歴青材料		散布する場合		混合する場合	
		最低℃	最高℃	最低℃	最高℃
ストレートアスファルト 針入度	100以下	140	175	130	165
	100～120 120～150 150～200	135	165	115	150
	200～300	135	165	95	135
カットバックアスファルト	RC－0	常温	50	常温	50
	RC－1	25	65	25	50
	RC－2	40	80	25	65
	RC－3	65	95	50	80
	RC－4	80	120	65	95
	RC－5	95	135	80	110
カットバックアスファルト	MC－0	常温	50	常温	50
	MC－1	25	65	25	65
	MC－2	40	95	40	95
	MC－3	80	120	65	95
	MC－4	95	135	80	110
	MC－5	110	135	95	120
カットバックアスファルト	SC－0	常温	50	常温	50
	SC－1	30	95	30	95
	SC－2	65	95	65	95
	SC－3	80	120	80	120
	SC－4	80	120	80	120
	SC－5	95	135	95	135
アスファルト乳剤		常温	60	常温	60
舗装タール	常温用1号	常温	40	常温	40
	常温用2号	25	55	25	55
	常温用3号	40	70	40	70
	加熱用1号	60	90	50	80
	加熱用2号	80	110	70	100
	加熱用3号	90	120	80	110

注）歷青材料を加熱するのは，使用上必要な流動性を得るためである。したがって散布する場合は主として気象条件により，混合する場合は主として骨材の温度によって，上表の範囲で最適の温度を選ぶのがよい。

第 3 編　土

第 9 章　土

第9章　土　目　次

概　　説 …… 1

9.1　土質調査および土質試験の計画 …… 2

9.2　試料採取・試料の取り扱い …… 12
9.2.1　乱した試料の採取および試料の取り扱い …… 13
9.2.2　乱さない試料の採取および試料の取り扱い …… 18

9.3　サウンディング …… 32
9.3.1　標準貫入試験 …… 34
9.3.2　円すい貫入試験（動的試験） …… 39
9.3.3　スエーデン式サウンディング試験 …… 41
9.3.4　円すい貫入試験（静的試験） …… 46
9.3.5　ベーン試験 …… 48

9.4　載荷試験 …… 50
9.4.1　地盤の垂直載荷試験 …… 50
9.4.2　地盤の水平載荷試験 …… 55
9.4.3　くいの載荷試験 …… 56
9.4.4　くいの水平載荷試験 …… 59

9.5　土質試験のための試料の調製および供試体の作製 …… 63

9.6　土粒子の比重試験 …… 64

9.7　土の含水量試験 …… 69

9.8　土の粒度試験 …… 75

9.9　土の液性限界・塑性限界および収縮係数試験 …… 78

9.10　土の遠心含水当量および現場含水当量試験 …… 82

9.11　土の可溶性分含有量試験 …… 83

9.12　土の有機物含有量試験 …… 84

9.13 土の吸水膨張試験 87
9.14 土の崩壊試験 87
9.15 土の締め固め試験 89
9.15.1 実験室内締め固め試験 89
9.15.2 野外締め固め試験 98
9.16 現場における土の密度の測定 103
9.17 土の透水試験 113
9.17.1 実験室内透水試験 113
9.17.2 原位置透水試験 114
9.18 土の圧密試験 117
9.19 土のせん断試験 133
9.19.1 土の一軸圧縮試験 133
9.19.2 土の直接せん断試験 136
9.19.3 土の三軸試験 139
9.20 CBR試験 147
9.21 土の分類 156

第9章　土

概　説

この章にとりあつかう“土”とは、道路盛土、河川堤防、アースダムなどの土工構造物を構成する材料としての土、および、橋りょう、水門、カルバート、擁壁などの構造物を支持する地盤としての土をいう。

従ってここにいう土質試験は、土の粒度、含水条件、土の硬軟、締め固めの状態などを調べることによって、上記構造物の設計のための資料を得ることが目的である。調査、試験にあたって、調査、試験対象が何を要求しているかを明確にはあくし、それにもとづいて必要な調査法、試験法を選出し、目的に合致した精度により、能率よく施工することである。

土質調査、試験は、他の調査と同様にその厳密性は必要とされるがそれ以上に、結果を知る時期が問題となることが多いといっても過言でない。よって精度とともに能率性を高度に重んじなければならないことは言うまでもない。

9.1 土質調査及び土質試験の計画

土質調査を行なうにあたっては、調査の対象、目的を十分に認識し、目的にかなった調査、試験の項目、手段をえらび、設計に必要な資料を得るように心がけなければならない。

調査対象、調査目的に応じた調査、試験項目及び手段の原則的なえらび方を次表に示す。

(1) 道路の場合　　表 9.1
(2) 河川堤防、海岸堤防の場合　　表 9.2
(3) アースダムの場合　　表 9.3
(4) 橋りょうなど構造物基礎の場合　　表 9.4

また、施工管理にあたって一般的に行なわれている土質試験を表 9.5 に示した。

表・9.1 道路の場合

調査目的	調査事項	野外調査および試験		実験室内試験	
		調査、試験項目	方法	試験項目	方法
1. 路線の適否の判定	(1) 道路横築上重大な障害となる個所(軟弱地盤地帯及びすべり地帯などの有無その範囲等を調べる。	(1) 既往資料の調査	(1) 既設構造物の調査、工事記録、工学的土性図、最学的土性図、地質図、気象資料などを調査する。		
	(2) 路線の概略な土性の確認		(2) 航空写真の土性図化		
	(3) 土取場の選定	(2) 予備調査	(1) 石切場、切取のり面、急傾斜地における土性、岩質およびその成層状態の確認		

調査目的	調査事項	野外調査および試験		実験室内試験	
		調査試験項目	方法	試験項目	方法
			(2) 植物の種類、地形の不規則性から、土質、石質、断層やすべりの存在を知る。 (3) 井戸などにより地下水の状態を知る。 (4) スクリューオーガー、簡易な貫入試験機による予備調査		
	(4) 計画線の土質、縦横断面、平面図の作成（土取場も含む）	(3) 本調査	(1) オーガーボーリング、サウンディングを主体とする概略調査（オーガーボーリングのできない地点には機械ボーリング）（JIS A 1212） (2) 深い切取り部、トンネルでは物理地下探査	(1) 採取試料の分類	(1) 自然含水比の測定（JIS A 1203） (2) 粒度試験（JIS A 1204） (3) コンシステンシー試験（JIS A 1205 1206）
2 盛土材料の選定	(1) 切取り部土質の盛土への適用性 (2) 土取場の材料の検討	(1) 代表的土質の乱さない試料の採取	オーガーボーリング、テストピットの掘削	(1) 採取試料の分類	(1) 自然含水比の測定（JIS A 1203） (2) 比重試験（JIS A 1202） (3) 粒度試験（JIS A 1204） (4) コンシステンシー試験（JIS A 1205 1206）

調査目的	調査事項	野外調査および試験		実験室内試験	
		調査試験項目	方法	試験項目	方法
				(2) 試料の締固めの特性	土の突固め試験 (JIS A 1210)
	(3) 締め固め施行の難易、施行機械の選定	(2) 野外締め固め試験	現場に試験盛土を設け、実際の機械による締め固め試験を行なう		
		(3) 機械のトラフィカビリティーの検討	コーンペネトロメーターなどを用い地山の強さの判定を行なう。(コーン指数)	乱された土の強さの判定	実験室内で特定の方法で乱した試料についてコーンペネトロメーターなどにより強さを判定する。
3 盛土基礎の安定 (特に人においてたしかめられた軟弱地盤地帯について)	(1) 詳細な土質縦横断図の作成 (2) 代表的な土層からの乱さない試料の採取 (3) 安定性を判定するための試験	(1) サウンディング	(1) スエーデン式サウンディング試験 (その他の貫入試験) (2) ベーン試験		
		(2) 乱さない試料の採取	(1) シンウォールサンプリング、デニソンサンプリング、フォイルサンプリングなど (2) 土性の確認	(1) 採取試料の分類	(1) 自然含水比 (JIS A 1203) 自然密度の測定 (2) 比重試験 (JIS A 1202) (3) 粒度試験 (JIS A 1204) (4) コンシステンシー試験 (JIS A 1205 1206)
				(2) 地盤のせん断強度の判定	一軸圧縮試験 (JIS A 1216) 三軸圧縮試験あるいは直接せん断試験

調査目的	調査事項	野外調査および試験		実験室内試験	
		調査試験項目	方法	試験項目	方法
				(3) 圧密特性	圧密試験 (JIS A 1217)
4. 盛土のり面の安定	盛土材料が不良な場合、盛土高が高い場合などにのり面の安定を調べる。	乱した試料の採取	オーガーボーリングまたはテストピット掘削	材料のせん断強度の判定	一軸圧縮 (JIS A 1216) 三軸圧縮、あるいは直接せん断試験
5. 切取りのり面の安定	(1) 横断方向の土層の成層状態の確認	サウンディングまたはボーリング (地下水の調査)	スェーデン式サウンディング試験その他オーガーボーリングまたは機械ボーリング		
		(2) 乱した試料の採取	オーガーボーリングまたは機械ボーリング	採取試料の分類	(1) 含水比測定 (JIS A 1203) (2) 粒度試験 (JIS A 1204) (3) コンシステンシー試験 (JIS A 1205 1206)
	(2) のり面の安定検討	(1) 乱した試料の採取	オーガーボーリングまたはテストピットの掘削	せん断試験	一軸圧縮 (JIS A 1216) 三軸圧縮、または直接せん断試験
		(2) (原位置試験)	(1) (テストピット内における原位置せん断試験) (2) 附近の切り取りの観察、試験的な切り取り		

調査目的	調査事項	野外調査および試験		実験室内試験	
		調査試験項目	方法	試験項目	方法
6. 土工量の判定	(1) 土質の分類	(1.2における資料をもとにして分類)			
	(2) 土量の変化率の測定	地山の密度の測定	現場における土の密度の測定 (JIS A 1214 など)	施行後の密度の推定 (野外締め固め試験結果があれば、それを利用)	突き固め試験 (JIS A 1210)
7. 排水施設の設計	(1) 地下水位の調査	現場の地下水位の測定	(1) ボーリング孔水位の観測 (2) 井戸、地表水の調査		
	(2) 土の透水性の判定	現場透水試験による透水係数の測定	揚水試験 注水試験	室内透水試験による透水係数の測定	定水位試験 変水位試験
8. 舗装設計の資料を得るため	(1) 路床、路盤材料の材料試験			(1) 分類	(1) 含水比 (JIS A 1203) (2) 比重 (JIS A 1202) (3) 粒度試験 (JIS A 1204) (4) コンシステンシー試験 (JIS A 1205 1206) (5) 突き固め試験 (JIS A 1210) など
				(2) 力学試験	CBR試験 (JIS A 1211)
	(2) 現場舗装の際の現場調査	(1) 地山の密度の測定	現場における土の密度の測定 (JIS A 1214など)		
		(2) 路床、路盤支持力の測定	(1) 現場CBR試験 (JIS A 1211) (2) 平板載荷試験 (JIS A 1215) (3) 衝撃式地耐力測定機による試験		

表 9.2　河川堤防の場合（海岸堤防を含む）

調査目的	調査事項	野外調査および試験		実験室内試験	
		調査試験項目	方法	試験項目	方法
1. 計画線の基礎地盤調査	(1) 堤防構築上重大な障害となる個所の有無、その範囲程度を調べる。 (2) 計画線沿いの概略な土性の確認 (3) 計画線の土質横断図の作成	(1) 既往資料の調査 (2) 予備調査 (3) 本調査	（表 9.2 の 1 に準ずる）		
2. 堤体材料の選定	（表・9.1 の 2 に準ずる）				
3. 堤防基礎の安定	（表・9.1 の 3 に準ずる）				
4. 堤防の り面の安定検討	（表・9.1 の 4 に準ずる）				
5. 透水性地盤の調査	(1) 地盤の成層状態の確認	(1) サウンディング、ボーリング	スエーデン式サウンディング試験（その他の貫入試験）あるいは機械ボーリング		
		(2) 乱した試料の採取	ボーリングまたはテストピットの掘削	採取試料の分類	(1) 比重試験（JIS A 1202） (2) 粒度試験（JIS A 1204）

調査目的	調査事項	野外調査および試験		実験室内試験	
		調査試験項目	方法	試験項目	方法
	(2) 地盤の透水性の測定	(1) 乱さない試料の採取	砂については乱さない試料の採取はむずかしいが、できるだけ粒度がかわらないようにする。乱さない試料がとれた場合は密度の測定	室内透水試験による透水係数の測定	定水位試験 変水位試験
		(2) 現場透水試験による透水係数の測定	揚水試験 注水試験		
6. 土工量の判定	(表・9.1の6に準ずる)				
7. 堤防の拡幅かさ上げのための調査	堤体材料の選定には(表・9.1.2の2に準ずる) 堤防基礎の安定には(表・9.1.3の3に準ずる)				

表 9.3　アースダムの場合

調査目的	調査事項	野外調査および試験		実験室内試験	
		調査試験項目	方法	試験項目	方法
1. 基礎地盤の適否の判定	(1) 基礎地盤の土性、成層状態の確認	(1) 既往資料の調査 (2) 現地踏査 (3) 土性の確認のための乱した試料の採取	(表・9.4の1に準ずる)	採取した土の分類	(表・9.4.1の1に準ずる)
	(2) 基礎地盤の支持力の判定	(表・9.1の3に準ずる)			

調査目的	調査事項	野外調査および試験		実験室内試験	
		調査試験項目	方法	試験項目	方法
	3) 基礎地盤の透水性の判定	（表・9.2の5に準ずる）			
2 堤体材料の選択および施行基準の決定	(1) 材料の選択 (2) 施行基準の決定	（表・9.1の2に準ずる）			
	(3) 材料の耐水性の判定			材料の可溶性	可溶成分の含有量試験
3 断面の設計のための資料を得るため		土取場において代表的試料の採取	ボーリングおよびテストピットの掘削	(1) 材料のせん断特性	三軸圧縮あるいは直接せん断試験
				(2) 材料の圧縮性	圧縮試験に準じた圧縮試験
				(3) 材料の透水性	透水試験（変水位／定水位）

（注） 1) 基礎地盤の調査において、基礎が岩である場合の調査法は省略した。

2) アースダムに付属する剛性構造物の調査は表・9.4に準ずることとする。

表 9.4　橋りょうなど構造物基礎の場合

調査目的	調査事項	野外調査および試験		実験室内試験	
		調査試験項目	方法	試験項目	方法
1. 支持層の確認	(1) 支持層の深さ広がりの調査 (2) 河川橋りょうの場合には洗掘に対する調査	(1) 既往資料の調査	(1) 既設構造物の調査、工事記録を調べる地質図も参考となる (2) 河川橋りょうの場合は洪水記録、災害記録など		
		(2) 現地探査	(1) 機械ボーリングを行なう (2) 標準貫入試験、ベーン試験（中間に軟弱層があるとき）などを併用する。 (3) 物理地下探査		
		(3) 土性の確認のための乱した試料の採取	機械ボーリングあるいは標準貫入試験	採取された土の分類	(1) 比重試験（JIS A 1202） (2) 粒度試験（JIS A 1204） (3) コンシステンシー試験（JIS A 1205, 1206）
2. 基礎の支持力の算定	(1) 地盤の力学的性質を調査する	乱さない試料の採取	シンウォールサンプリング、デニソンサンプリング、フォイルサンプリングなど	(1) せん断試験 (2) 圧密試験	一軸圧縮（JIS A 1216）三軸圧縮、あるいは直接せん断試験 JIS A 1217による粘性土層があって沈下が予想されるとき
	(2) 原位置試験	(1) 地盤載荷試験 (2) 水平地盤載荷試験 (3) くい載荷試験 (4) くい水平載荷試験			
3. 基礎地盤の透水性の調査	（表・9.2の5に準ずる）				

表・9.5　施工管理のための土質調整

対　象	試験目的	試験種目
1. 一般土工	1) 盛土材料の良否（材料指定に対して）	• 比重試験（JIS A 1202） • 自然含水比（JIS A 1203 または急速測定） • 粒度試験（JIS A 1204） • コンシステンシー試験（JIS A 1205, 1206） • 突き固め試験（JIS A 1210）
	2) 盛土材料の含水比締め固め度の確認	• 施行時含水比（JIS A 1203 または急速測定） • 締め固め密度の測定（JIS A 1214 その他）（簡便法として貫入試験、フルーフローリングを併用する）
2. 道路の路床、路盤工	1) 材料試験	1・1) に加えて • CBR試験（JIS A 1211）
	2) 施行含水比、締め固め度の確認	1・2) に加えて • 現場CBR試験（JIS A 1211）（乱さない供試体の室内CBR試験） • 平板載荷試験（JIS A 1214）
3. 軟弱地盤上の盛土施工	1) 施工速度の制御	間げき水圧の測定
	2) 圧密の進行、すべりの危険防止	• 沈下の観測（沈下盤などによる） • 観測ぐいの側方移動の観測（盛土のり面の傾斜測定など）

9.2 試料採取および試料の取扱い

概　　説

試料採取の過程は、試験の結果とともに非常に重要なことである。試料とは、一般にボーリング水などで微細な粒子が洗い流されたり、あるいは逆に他の土が混入したりしていないものをいい、それには乱した試料と乱さない試料の2種類がある。

9.2.1 乱した試料の採取および試料の取扱い

乱した試料の採取は、土層図を作ることと、土の肉眼鑑定、乱した土地についての土質試験のために行なう。試料採取のための掘削および試料採取の方法は表 9.2.1.1 のとおりである。採取された試料は、試料びんあるいは試料袋に入れ、年月日、天候、場所、深さ、色など所要事項を記入するとともに野帳にも記録しておく。

表　9.2.1.1　　乱した試料

試料採取方法	掘削方法	適用できる土質	備　　考
ポストホールオーガー	ホールロートーリせてガとさする。ストーに転するオド回削ポをツけ堀	除のなどれき、砂ん、ほと質き土	いな浅合なる位が場にた能水つ可下当不地にがある。土で、堀削と質合はと砂場どこ
標準貫入試験用サンプラー	ーボーパンーボ、ガーグ、ショリングーンーリオリカローリ	たびほ質っよき土締きまお除のをどくれ堀んよ砂岩と	9.3 標準貫入試験　参照
注）シングルコアーブ　チューブ	ーボリーダングローリ	土なの性きどれん粘土、砂と砂、ほ質土	砂、砂れき性のない粘土のは困難採取の着
注）ダブルコアーブ　チューブ	同　上	同　上	同　上

試　掘　孔	一般にハンドスコップ、カッシルなどにより人力で掘削する。	同　上	

注）シングルコアーチューブは、試料採取のためでなく、孔を掘削するのに使用されることが多い。
シングルコアーチューブ、ダブルコアーチューブは必ずしも乱した試料をとるためのものでなく堅い粘土のようなものでは乱さない試料を採取する。

解　説

(1) 掘削方法

(i) オーガーボーリング

オーガーボーリングの機械器具は、JIS A 1212－1953“道路の土質調査ならびに試料採取方法”2のとおりで、手動回転により掘削するものである。

砂質地盤で地下水位が浅いと孔壁がくずれたり、オーガーの中に入った土が落ちてしまったりして掘削がむずかしくなる場合がある。オーガーボーリングによる掘削深さは5m位までが普通であるが、どうしても必要な場合はやぐらを利用して10m位まで可能である。しかし、あまり深くなると能率が落ち、不経済である。

(ii) パーカッションボーリング

パーカッションボーリングは、ワイヤロープの先端にとりつけたパーカッションビットに上下動を与えて、孔底の土砂岩石を破砕し、そのスライム（破砕された土砂岩石）をベーラによって排除して掘削を進める方法である。パーカッションビットの落下高は普通60～70cmである。孔内には粘土水[注]を注入し、いつも満水しておく。粘土水は孔壁に付着して不浸透膜を形成するとともに、粘土水圧によって孔壁土砂の崩壊を防ぐ。崩壊のはげしい地下水面以下の砂れき層は特に粘土水を使用することが必要である。

パーカッションビットにオーガースラームをとりつけたものをワイヤロープの先にとりつけ、ワイヤロープをクランクによって上下動させて掘削する。そのとき、ワイヤーをゆるめすぎると、パーカッショ

ンビットが孔底に当ったときに左右に振れて孔壁に衝撃を与え、孔壁を破壊する。

また、逆にゆるめたりないとパーカッションビットの落下による衝撃が弱かったり、あるいは全くやぐらに伝えることになったりして掘削できない。パーカッションボーリングは熟練した技術者1名と労務者3名程度ででき、試料採取を並行する場合には1日の作業量は約3～5m程度である。

パーカッションボーリングでは、玉石のある場合が最も困難である。

注）粘土水　粘土水はボーリング孔の孔壁保護とスライムを除去するために使用されるが、前者の目的のみであれば粘土分を主体としたものがよく、後者の場合はスライムの比重に応じて粘土水の比重を加減する。一般に比重は、砂やれきの場合は1.12～1.15を、砂質ローム、シルトなどの場合は1.07～1.10を使用する。粘土水の比重を大きくするために硫酸バリュームを粘性を増すためにのりを混入するとよい。

(iii) ロータリーボーリング

ロータリーボーリングは、ボーリングロッドの先端にフィシュテールビットあるいはメタルクラウンのついたコアーチューブをとりつけ、それを回転して掘削する方法である。機械はロッドに回転を与える装置と掘削の進行とともにビットに圧力を加えながら降下させる装置とからなっている。降下させる装置には油圧が手動が使われている。掘削中ビットに加えられる圧力は100Kg以下でビットの回転は普通、100～300回/分である。このボーリングでも(ii)のパーカッションボーリングと同じ目的で粘土水を使用する。粘土水は、水そうからポンプによりボーリングロッドを通じて孔底に送られ、孔底のスライムは粘土水に運ばれ地上に排出される。排出された粘土水は図9.2.1.1のようにスライムが沈殿するように途中に沈殿そうを設けたみぞを通って粘土水そうに帰ってくる。このように粘土水は常に循環するので、地下水によって薄められるから、時々新らしい粘土水を粘土水そうに注いで常に必要濃度を保つようにする。粘土水の送水圧、送水量は土質や深さによって適当なものとしなければならない。粘土あるいは粘性土の場合送水圧は1～5 Kg/cm² 送水量は20～40 l/min（孔径10cm位）である。

ロータリーボーリングは、パーカッションボーリングに比較して機

板の構造および取扱いがやゝ複雑であることと、循環水の給水設備を必要とする点で少々の不便さはあるけれども掘削能率は一般にパーカッションボーリングより優れ、特に固結した粘土や岩盤は、ますます優秀性を発揮する。人員は熟練した技術者1名と労務者3名程ででき、試料採取を並行する場合には1日の作業量は約5m程度である。

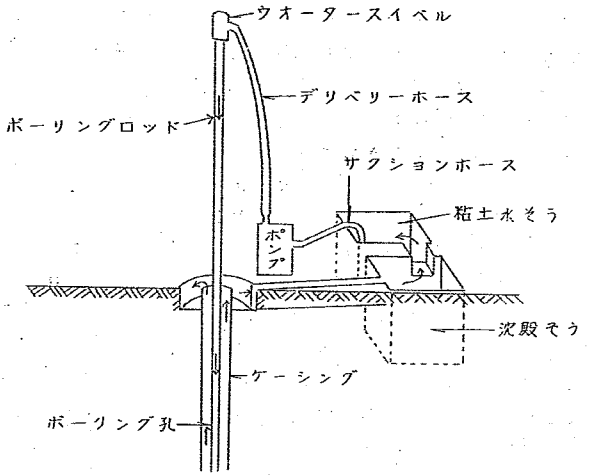


図 9.2.1.1　粘土水の循環路

(iv) 試掘孔の掘削

大きさは小規模のものから大規模のものまであり、その方法もそれに応じてスコップやつるはしなどを使って掘削するものから、機械によって掘削するものまで、種々多様である。掘削深さが地下水位より高い土層については簡単だが、地下水位以下の土層の場合には、矢板を打ち込むなどして土止めをし、排水させながら掘削する。

(2) 試料採取

(i) オーガーによる試料採取

オーガーによる試料採取は、れき、砂を除き、ほとんどの土質に適用する。試料採取はポストホールオーガーに入ってきた土をそのまゝ

試料として採取する。地下水位が浅くて地下水のために細粒分が洗い流されてしまうおそれのある土については適当な採取方法ではない。

(ii) シングルコアチューブによる試料採取

シングルコアチューブによる試料採取は、固結した粘土、砂れきおよび岩などに対して適用される（図9.2.1.2）。試料採取すべきところまで掘削が進んだとき、掘削方法がシングルコアチューブを使用し、しかも土層が砂れきから成っている場合は、粘土水を止め、そのまゝ回転を与えつゝ押し込み試料採取する。しかし掘削方法にフィシュテールビットを使っていたり、土層が粘土や粘性土から成っている場合には、試料採取すべきところまで掘削したら、ボーリングロッド、先端のビットまで全部引きあげ、先端のビットの代りに図9.2.1.2のようにシングルコアチューブをとりつけ、先に掘削したところまで長さを測定しながら孔内に下していく。掘削深さとシングルコアチューブを孔底まで下したときの深さが一致しているかどうかを確かめてからボーリングロッドに回転を与えながら押し込んで試料を採取する。この場合、粘土水を送ってはならない。図2.1.2のように鋼球を使用するのは、押し込みが終って、引きあげの際にシングルコアーチューブ内に入った試料を落さないようにするためである。従って、粘土や粘性土のとき必要であり、砂れきの場合は不要である。引きあげられたシングルコアーチューブから試料をとり出す方法は適当に行なえばよいが、試料が出にくいときは、ボーリングポンプの水圧を利用して押し出すとよい。このとき試料と粘土水が混ざってしまうようなものは、この方法を使ってはならない。

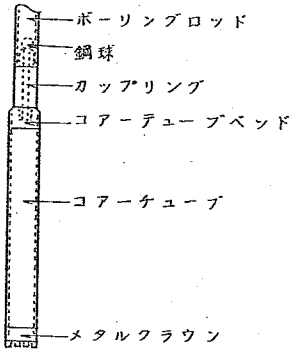


図 9.2.1.2 シングルコアーチューブ

(iii) ダブルコアチューブによる試料採取

ダブルコアチューブによる試料採取はシングルコアチューブによる試料採取と大体同じである。

一般にダブルコアチューブによる試料採取は、乱さない試料採取として行う場合が多い。

ダブルコアチューブは、図 9.2.1.3 のようになっており、内管と外管とにわかれ、内管は回転せず、外管のみが回転するようになっている。粘土は内管と外管とのすき間を通つて孔底に送られる。

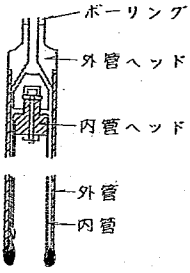


図 9.2.1.3 ダブルコアチューブ

ダブルコアチューブはシングルコアチューブと比較して採取時に送水しながら回転できるので、シングルコアチューブによるよりも確実に資料が採取できる。

(iv) 標準貫入試験機による試料採取

標準貫入試験機による試料採取は、よく締つた砂れきおよび岩塊を除きほとんどの土質に適用するもので、3.1の標準貫入試験にしたがつて行なう。

9.2.2 乱さない試料の採取および試料の取扱い

乱さない土の試料の採取は、自然状態における土の性質および状態を実験室において試験するために行なわれる。試料採取およびそのための掘削方法は、表 9.2.2.1 のとおりである。

サンプリングチューブ内に採取された試料は、端部の乱されたとみなされる部分をけずりとり、両端をパラフィンで密封し、強い衝撃や震動などを与えないようにして実験室に運んで試験に供する。けずりとった土は標本びんに入れ、所要の事項を記入するとともに野帳にも記録しておく。

表・9.2.2.1　乱さない試料

試料採取方法	掘削方法	適用できる土質	備　　考
シンウォールサンプラー	オーガーボーリング パーカッションボーリング ロータリーボーリング	粘土、粘性土	かたい粘土、粘性土の場合は不適
注）デニソンサンプラー	ロータリーボーリング	同　上	砂れきについては乱した試料の採取は可能
注）ダブルコアーチューブ	同　上	同　上	粘着性のない砂れき採取は困難
フオイルサンプラー	チエンブロックによる圧入	同　上	かたい粘土、粘性土の場合は不適
試　堀　孔	一般に人力でスコップ、つるはしなどにより掘削する	粘土、粘性度、砂れきなどほとんどの土質	

注）デニソンサンプラーおよびコアチューブによる試料採取は、他の乱さない試料採取方法と比較して試料を乱している場合が多く、前頁の乱した試料の採取方法と言ってもよいような場合がある。

解　説

(1) 掘削方法

9.2.1 (1) に準ずる。

(2) 試料採取

(i) シンウオールサンプラーによる試料採取

シンウオールサンプラーによる試料採取は、粘土、粘性土の比較的軟らかい土に適用する。シンウオールチューブとしては薄肉の真ちゅうや鋼のパイプが使用される。シンウオールサンプラーには、ピストンのあるものと、ないものとがあるが、一般にはピストンのあるものが使用される。ピストンロッドを継がないで地上まで出し、地上のやぐらに固定する固定ピストン型とピストンを固定しないフリーピストン型との2種類がある。

前者は操作が面倒で時間もかかるが、サンプラーを孔内に降ろしてゆく時に、ピストンが絶対に動かないので試料採取が完全に行なわれることと、採取時に試料の上部を圧迫しないのですぐれている。シンウオールサンプラーの1例を図 9.2.2.1 に示す。シンウオールチューブは、外径、内径、双先の内径および長さを測定し、双先の形状を調べてから試料採取に使用する。参考のために図 9.2.2.2 にシンウオールサンプリ

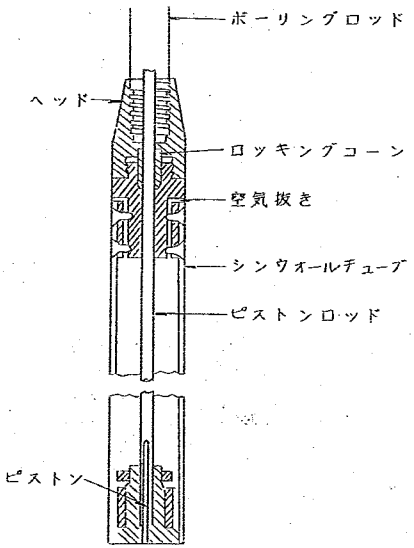
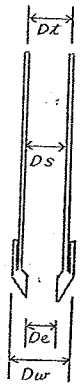


図 9.2.2.1　シンウオールサンプラー

ングについての諸寸法を示し、図9.2.2.3にボーリング野帳を、図9.2.2.4にシンウォールサンプリングの野帳の一例を示す。



内経比 $C_i = \dfrac{Ds - De}{De}$

外経比 $C_o = \dfrac{Dw - Dt}{Dt}$

（普通のシンウォールチューブは $C_o = 0$）

面積比 $C_a = \dfrac{D_w^2 - D_e^2}{De^2}$

$\fallingdotseq \dfrac{\text{排除した土の容積}}{\text{サンプルの容積}}$

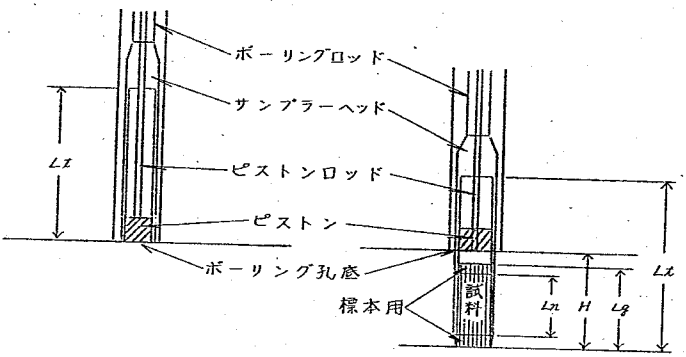


図 9.2.2.2 シンウォールサンプリングについての諸寸法

L_T ＝ シンウォールチューブの長さ

H ＝ 貫入長さ
＝ もとのボーリング孔の底から貫入後のサンプラーの刃口までの長さ

L_g ＝ サンプルの見掛け長さ
＝ 引揚後のサンプルの頂上からサンプラーの刃口までの長さ

L_n ＝ サンプルの純長
＝ 密封のためサンプルの上下両端を削りとった後のサンプルの長さ

L_g / H ＝ 見掛けの採取変化比

L_n / H ＝ 純採取変化比

ボーリング野帳

調査地区名　　試験地点

地下水位　　m　　技術者名　　人夫　　名

工程表								計画表		
標尺 (m)	深さ (m)	層厚 (m)	柱状図	土質記号	ケーシング	粘土水の水圧水量比重	備考 天候 消耗雑品など 年月日	サウンディング スエーデン式	および試験 試料採取予定位置	深さ (m)
	0							(kg) 0 50 100 / 0 50 100 (回)		0
	1									1
	2									2
	3									3
	4									4
	5									5
	6									6
	7									7
	16									16
	17									17
	18									18
	19									19
	20									20

図 9.2.2.3

シンウォールサンプリング野帳

試験地点　　サンプリング No　　年　月　日　天候

シンウォール No.	シンウォール刃先の形状	⑦ シンウォールの長さ Lt (cm)	刃先の内径 De (mm) A	刃先の内径 De (mm) B	刃先の外径 Dt (mm) A	刃先の外径 Dt (mm) B	中間の外径 Dt (mm) A	中間の外径 Dt (mm) B	頭部の外径 Dt (mm) A	頭部の外径 Dt (mm) B	頭部の内径 Ds (mm) A	頭部の内径 Ds (mm) B	肉厚 (mm)	内径比 $C=\frac{Ds-De}{De}$	面積比 $C_A=\frac{D_t^2-D_e^2}{D_e^2}$	シンウォールチューブの重量 (kg)
			De=		Dt=						Ds=					

② 掘削深さ (cm)	③ サンプリング前給深さ (cm)	スライム ②−③ (cm)	④ 押し込み深さ H	⑤ 引きあげ後のピストンまでの長さ (cm)	⑥ 引きあげ後の上部の長さ (cm)	⑦ 引きあげ後の下部の長さ (cm)	⑧ サンプルの全長 Lg (cm) ⑦−(⑥+⑦)	上部のスライム除去 (cm)	⑩ 下部除去 (cm)	⑪ 真のサンプルの長さ Lr (cm) ⑤−(⑨+⑩)	現場での重量 (kg) 密封前	現場での重量 (kg) 密封後	試験室での重量 (kg) 密封のまま	試験室での重量 (kg) 密封除去後	見掛けの採取変化比 ⑧/④ = Lg/H	純採取変化比 ⑪/④ = Lr/H
			(cm) ～ (cm) (cm)													
										湿潤密度 γt g/cm³						

押込み深さ (cm)	押込み力 (kg)	押し込み時間 (秒)	引きあげ力 (kg)	引きあげ時間 (秒)	備考
0					
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					
100					

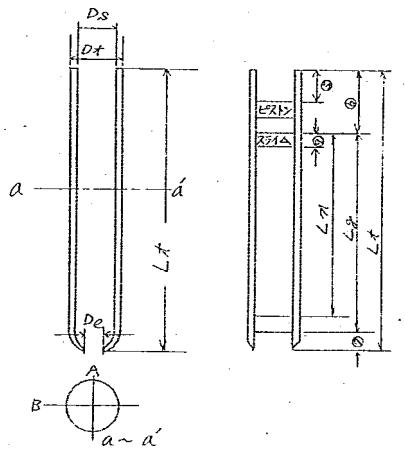


図 9.2.2.4

(ii) デニソンサンプラーによる試料採取

デニソンサンプラーは粘性土の試料採取に適用する，デニソンサンプラーは，図 9.2.24 に示すようにダブルコアーチューブとほとんど変らない。ダブルコアーチューブでは径が小さく，土の力学試験用にむかないので，径を大きくし，しかも中にシンフォールチューブを入れて採取するようにしたものである。このサンプラーでも全然粘性のない砂，砂れき は採取しにくい。このような試料を採取するために，デニソンサンプラーの下の方におわんを伏せた形に数枚の羽根を入れたものがある。図 9.2.25 でわかるようにデニソンサンプラーもダブルコアチューブと同じように内管および外管に分かれ，粘土水はこの間ぜきを通って孔底に送られるようになっている，内管と外管とは互いに自由に回転できるようにベアリングが入っているので，試料採取時は内管は回転せず，外周のみが回転する。したがって，試料には回転させようとするカが働かないので比較的乱さない試料採取ができる。

(iii) フォイルサンプラーによる試料採取

a, フォイルサンプラーの原理

サンプリングを行なう場合，長さの短いサンプラーであっても，試料とその容器であるチューブとの側面摩擦は相当大きくシンウォールサンプラーなどでは試料の採取長さはチューブの直径の 10 倍程度までである。しかもチューブ内に採取された試料を取り出す場合にも細心の注意を要する。もしこの摩擦を除くことができたら自然状態に近い試料が得られることは明らかである。サンプリングに当って，もし直ちに周辺摩擦のない容器につぎつぎに収容してゆくことができれば非常に長い試料を取ることが可能と考えられる。チューブ内に入った試料が長くなってくると，軟かい試料を鉛直に立てておくのと同じように，自重でおしつぶされてしまう，もしこのチューブ内に入ってきた試料の表面に沿って一様な微小の力で支えることができたら，理論的には無限に長い試料を何ら損傷を与えることなく保持し得るわけである，これらの点を満足されてつくられたのがこのフォイルサンプラーで，チューブ内に入った試料とチュ

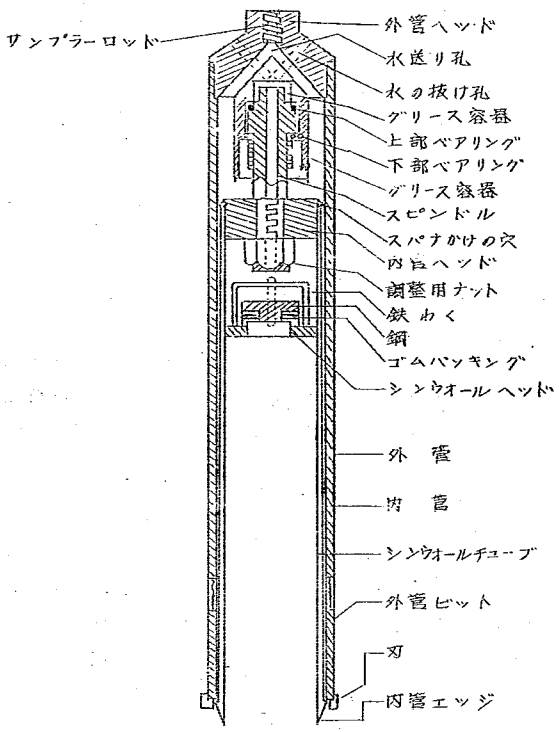


図 9.2.2.5　デニソンサンプラー

ーブとの間の摩擦および試料の自重による破壊を取り除くため12図 9.2.2.6 に示すように試料とチューブとの間に 16本の軸線方向に伸長するフオイルテープを備えている．

ロ，フオイルサンプラー

フオイルサンプラーは下記の装置から成っている．

○　マスト　図 9.2.2.7　参照

○ サンプラー

マストは2本の鉄パイプよりなるもので，地面上約5mの高さに組立てられる。サンプラーの押し込みぬき抜きの際マストを支えるために長さ約2mのアースアンカーを地中に4本打ち込みベースを固定する。マストの頂部には試料採取の際フォイルテープに加えられる引張力を測定するためのオイルプレッシャーセルと，この引張力に対応して

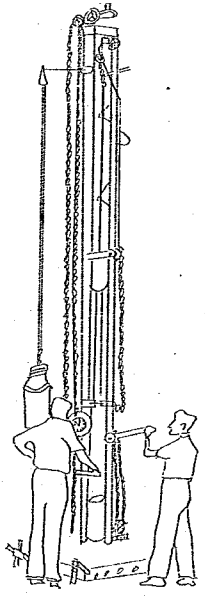
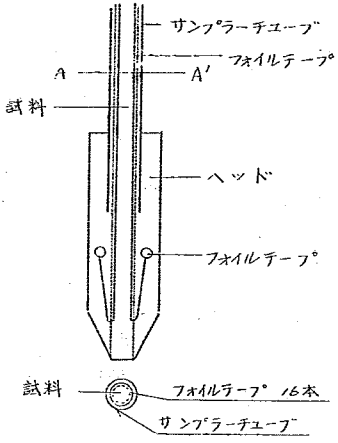


図 9.2.2.7 マスト



A－A'断面

図 9.2.2.6

フォイルテープを調整するアジャステングスクリューが取りつけられている。頂部には他にサンプラーを押し込むときやヨークなどを揚げ降しするときに用いられる滑車がついている。ベースを構成するフレームにはサンプラーを押し込むためのチェンブロックが取りつけられるようになっており，マストの頂部に取りつけられているアジャステングスクリューはカウントメータとチェンによって連結され，調整の際はアジャステングレバーによってアジャステングスクリューが回されるようになっている。

サンプラーはサンプラーヘッドおよびサンプラーチューブから成っている．

C．サンプラーヘッドの構造

サンプラーヘッドは試料採取するに当って最も重要な部分を構成する．その主要部分は外側部分と内側部分の2つに分けることができる．外側部分はサンプラーチューブに連結されており，内側部分はピストンを構成している．

サンプラーチューブは内径 68 mm で長さ1mのものと2.5mの2種類があり，普通1mのものはサンプラーヘッドに直結

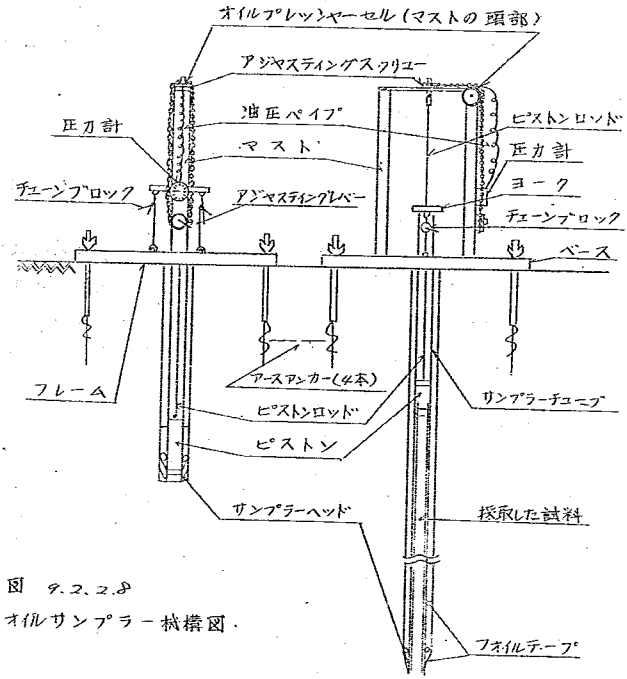


図 7.2.2.8
フォイルサンプラー概構図．

それ，2.5mのものはエキステンションに使用される．サンプラーチューブは，カップリングにより，つぎつぎ継ぎ足してゆく．地中から採取される試料はサンプラーを地中に押し込むことによってつぎつぎとフォイルテープに抱かれてサンプラーチューブの中に収められてゆく（図 9. 2. 2. 8 参照）．またカップリングは2種類あって，一種類は普通のカップリングであり他の一種類は2つ割れか可能なスプリットカップリングであって，これは，長い試料を採取するときスプリットカップリングを適当な長さ（普通5mごと）に配置しておき，サンプラーチューブの切り離しが容易にできるようにしてある．

試料採取の方法は乾式方法と湿式方法の2方法がある．

乾式方法は現在まで最も普通の試料採取に用いられてきたものであるが主に砂質土の試料採取を対象としている．しかし試料採取深さが10m未満における粘土質の採取にも，試料採取の準備や機械の操作が簡単であるのでしばしば用いられている．

湿式方法では試料をつつむフォイルテープとサンプラーチューブとの間（約0.5mm）の空間をベントナイト液あるいはトリクロールエチレンによって満たし，サンプラーチューブとフォイルの間に作用する圧力を減少させ，また，試料自体が吸水によって膨張するのを防ぎ，周囲の水から試料を絶縁する．湿式方法は主に粘土の試料採取に用いて有効なものであるが，他に非常に堅い土質やガスを含んだ土など特殊な条件を持っている土や，非常に深い場合の試料採取に用いて効果がある．

(3) 試料の取扱い

(1) シンウォールサンプリングで得られた試料

シンウォールサンプリングにより得られた試料は，上部はスライムを流しさらに約3cmけずりとり，下部も約5cmけずりとって標本用とする．その後にパラフィンを数回に分けて流し込む．その場合9. 2. 2. 9 のように金属のプレート（ブリキ板など）をおくとなおよい．パラフィンはパラフィンだけの場合とそれの付着をよくするために松やにを入れたの使っている．チューブの両端はすき間を土などで満たし，金属製のキャップ

をして、さらにビニールテープを巻いて完全に水分の蒸発を防ぐ。

チューブには、場所，番号，日付など所要の事項を記入し実験室に運搬する。運搬には図9.2.2.10のような運搬箱を利用すれば非常によいが、それがない場合は、おがくずやわら，あるいは布草などを沢山敷き，試料に直接震動が伝わらぬようにして静に運搬し，実験室でもう一度点検して損傷の有無を調べ，その状態を記録してから、湿度の高い室に貯蔵しておく。

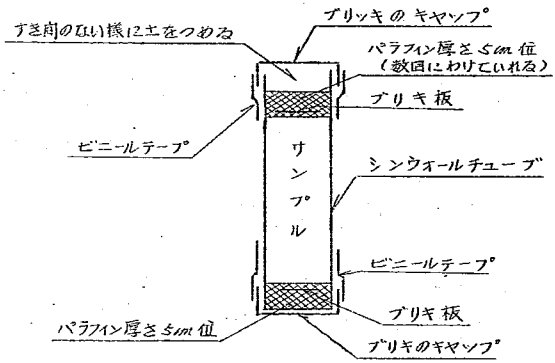


図 9.2.2.9 シンウォールサンプラーで採取された試料の貯蔵法

運搬や貯蔵中に湿度は低くしておいた方がよいが，凍らせることのないようにする。チューブのシールが十分でないときはシールを完全にしなおす。貯蔵中はシンウォールチューブを直立させて原地盤と同方向になるようにするか、横にした場合は数時間おきにまわして水の片よりを防ぐ。

試料はチューブから押し出して使用する。まずチューブ両端のパラフインを取り去り，試料の絶長を測定する。つぎに試料の取出し方法はチューブをそのまゝか，あるいは適当な長さに切断してスクリュー式か空気の圧力で押し出して供試体を製作する。押し出すときは水平か鉛直の二通りの方法があるが，長い試料を一ぺんに押し出すときは水平にして行なう。また押し

出し方向は採取時のチューブに対する試料の動きと同じ方向になるように刃先の方から押し出せばよい

(ii) デニソンサンプリングで得られた試料

(i)のシンウォールサンプリングの場合と全く同様である。

(iii) フオイルサンプリングで得られた試料

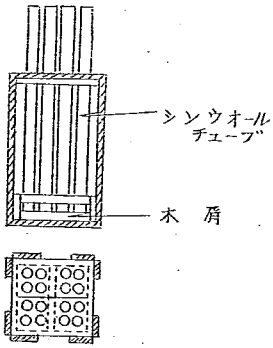


図 9.2.2.10 試料運搬箱

フオイルサンプリングで得られた試料は現場で、サンプラーチューブから直ちに引き出して土の状態を調べ必要な試験を実施する。現場で試験をしないとき、試料をサンプラーチューブの中に入れたまゝで、5日以上も放置しないようにする。このような場合には、試料管（塩化ビニール管，内径 67～68 mm，長さ 20 cm 程度）を用意しておき、サンプラーチューブからこの試料管に移しかえて保存する。試料の入ったサンプラーチューブまたは試料管はいずれも両端を密封し，水分の蒸発を防ぐ。試料の運搬は(i)のシンウォールサンプリングの場合に準ずる。図 9.2.2.11 に試料をサンプラーチューブから引き出している状況を示す。

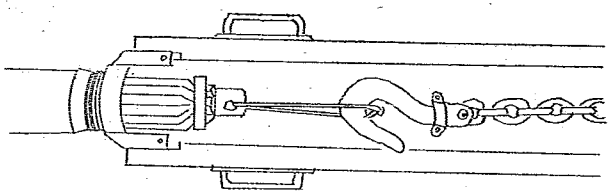


図 9.2.2.11 試料引き出し状況

9.3 サウンディング

概　説

サウンディングは貫入抵抗の変化から地層状態などを概略的に知るのに用いる。最近、粘土の一軸圧縮強さや砂の相対密度との相関性などが豊富な資料に基づいて発表されるようになり，応用範囲が広くなってきた。

サウンディングを操作により貫入，回転および引き抜きに細分してその操作方法や適応土質について表 9.3.1.1 に一括する。

表 9.3.1.1　サウンディングの分類

操作	荷重	試験装置	先端	ロッド	適応土質	求められる値	備考
貫入	動的	標準貫入試験機	レイモンドサンプラー	単管	大きな礫以外のほとんど総ての土質	N 値	深い場合値が不正確
	動的	動的貫入試験機(各種)	コーン	単管	〃	規定長貫入打撃数	〃
	静的	コーンペネトロメーター	コーン	単管	軟弱な粘性土，泥炭	コーン指数	深い場合周面摩擦の修正を要す
	静的	オランダ式貫入試験機	コーン	二重管	〃	コーン支持力	正確な先端抵抗がはかれる（図 9.3.1.1）
	静的回転	スエーデン式貫入試験機	スクリューポイント	丸鋼棒	礫以外のすべての土	i) 100kg以下の荷重による貫入量 ii) 100kg載荷ごとあたり半回転数	粘性土だけでなく砂質土に対しても適用しうる
引抜き	静的	イスキュメーター	抵抗翼	ワイヤーロープ	軟弱な粘性土	引抜き抵抗	測定深さまで始めにロッドで貫入（図 9.3.1.2）
回転	静的	ベーン試験機	ベーン	単管二重管	〃	せん断強さ	

以下に表 9.3.1.1 のうち一般に使用されている試験方法について述べる。

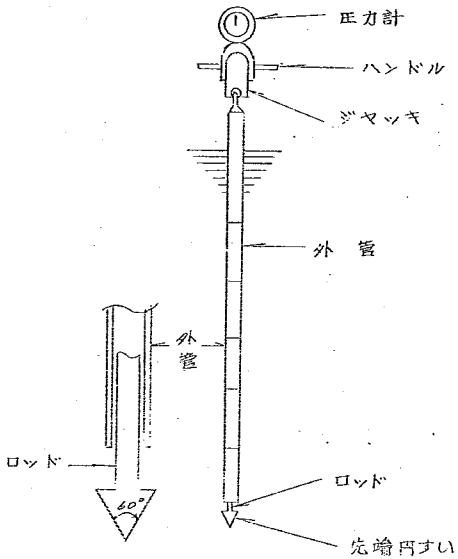


図 9.3.1.1 オランダ式貫入試験機

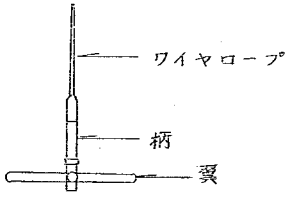


図 9.3.1.2 イスキユメーター

9,3,1 標準貫入試験

標準貫入試験は、原位置における、土の硬軟、締まりぐあいの相対値を知るためのN値を求める試験である。N値とは、重量63.5 kg のハンマーの75cm自由落下によって、標準貫入試験用サンプラーを30cm貫入させるのに要する打撃数をいう。試験方法はJIS A 1219-1961 "土の標準貫入試験方法" の規定によるものとする。

解説

標準貫入試験は構造物基礎調査に際し、主としてボーリング調査と併行して行なわれる試験である。この試験によって求められたN値と砂の相対密度、砂地盤の許容支持力、粘土のコンシステンシーおよび一軸圧縮強さとの関係が数多くの比較研究に基づいて明らかになってきたため広く用いられるようになった。しかし、深さが増加すると打撃効率が減少するなど、N値はかなり不正確になると考えられ、また地下水面下透水係数の小さいシルト質砂、極細砂などの場合には測定値が過大になる事があるので補正を要する場合がある。

参考

N値を利用しての土質状態、地盤の強さおよび支持力の計算を行なうにあたっては、次のような経験的な関係を利用することができる。

1. 砂の相対密度と内部摩擦角の判定

砂の相対密度、内部摩擦角とN値の関係[2)]

表 9.3.1.2

N 値	相対密度 $D_r = \frac{e_{max}-e}{e_{max}-e_{min}}$		内部摩擦角	
			ペック(Peck)による	マイヤーホフ(Meyerhof)による
0 ～ 4	ごくゆるい	0.～0.2	28.5 以下	30 以下
4 ～ 10	ゆるい	0.2～0.4	28.5～30	30～35
10 ～ 30	締まった	0.4～0.6	30～36	35～40
30 ～ 40	密な	0.6～0.8	36～41	40～45
50 以上	ごく密な	0.8～1.0	41 以上	45 以上

2．砂地盤における支持力の計算

砂地盤のフーチングの極限支持力は次式で表わされる．[3)]

布基礎	$q_d = 0.5 B \gamma N_\gamma + \gamma D_f N_q$	---9.3.1.1
直方形基礎	$q_{dre} = \frac{B}{2}(1 - 0.2\frac{B}{L})\gamma N_\gamma + \gamma D_f N_q$	
正方形基礎	$q_{ds} = 0.4 B \gamma N_\gamma + \gamma D_f N_q$	
円形基礎	$q_{dr} = 0.6 R \gamma N_\gamma + \gamma D_f N_q$	

ここに　q_d, q_{ds}, q_{dr} ： 破壊に対する極限支持力 t/m^2

B ： フーチングの幅 m

L ： 〃 の長さ m

R ： 円形フーチングの半径 m

γ ： 土の単位重量 t/m^3

D_f ： フーチングの有効根入深さ m

N_γ, N_q ： テルツアギー（Terzaghi）の支持力系数で図9.3.3により求めることができる．

ただし，地下水位が基礎面より上にある場合は補正を要する．

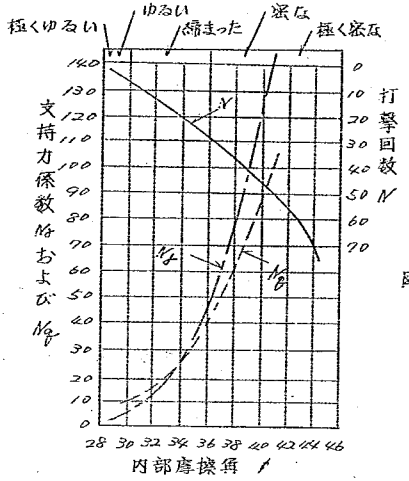


図 9.3.1.3

砂地盤におけるN値と相対密度，内部摩擦角および支持力係数の関係

3．粘土のコンシステンシー　一軸圧縮強さ q_u の判定

粘土の一軸圧縮強さ q_u とN値の関係

表 9.3.1.3 [3]

コンシステンシー	非常に柔らかい	柔らかい	中位の	堅い	非常に堅い	特別に堅い
N	<2	2～4	4～8	8～15	15～30	>30
q_u kg/cm²	<0.25	0.25～0.5	0.5～1.0	1.0～2.0	2.0～4.0	>4.0

$$q_u\,(kg/cm^2) = 0.15N(回) = \frac{N}{6.7}\ 回 \quad [4] \qquad N \leq 10 \cdots\cdots \text{9.3.1.2}$$

9.3.1.2式は名神高速道路基礎土質について求めた相関式である．

以上の相関性は平均値よりの偏差が非常に大きいのできわめて概略的な値を推定するのに過ぎず，精度の高い値が欲しい場合は更に高度の試験を行なうべきである．ある程度以上しまっている

と貫入にあたり測定値が大きく出ることがある。$N > 15$ 以上には次式を使って補正を要する事がある。

4、地下水面以下の土質に対するN値の補正

地下水面以下の飽和しているシルト質砂の場合はその透水係数が低いため測定値が過大に出ることがある。

このような土が限界間げき比のときは同じ相対密度をもつ透水性の大きい砂層に比し、N値は小さくでるが、限界間げき比（ほぼ $N=15$ の場合に推定する）以下の小さい間げきで、締まっている場合にはその砂の実際の相対密度に比し過大な測定値を与えるので測定値を N' として $N' > 15$ の場合は（9.3.1.3）式により補正を行なう。5)

$$N = 15 + \frac{1}{2}(N' - 15) \text{ ------- } (9.3.1.3)$$

参考文献

1) "土の標準試験法（案）" 土と基礎 Vol 42. No.6 p47~56

2) 池田俊雄 "サウンディング（II）"
土質試験法解説（第2集） p.246

3) 小野 憲 他訳 ：テルツアギー，ペック土質力学応用編 p271

4) 稲田倍穂 "スエーデン式サウンディング試験について"
土と基礎 Vol 8, No.1 p.16

5) 池田俊雄：サウンディング
土質試験法解説（第2集） p245~246

標準貫入試験結果一覧図例

調査地点　阿佐ヶ谷～荻窪間 18K597.9m 上り本線右 7.78m　　標高 46.962m (RL-0.177m)
調査NO 21　　調査年月日 昭和33年8月19日～22日　　孔内水位 1.62m

標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	層厚 (m)	柱状図	色調	土質	観察	相対密度	コンシステンシー	標準貫入試験 深度 (m)	標準貫入試験 N値	試験試料
1	45.91	1.15	1.15		暗褐色	(盛土)						
2					灰茶褐色	粘土混じりローム	色調は漸移して境界をつけにくい。全体にオレンジ色がかった浮石と腐植物が混じっている。		軟 極軟	2.00	3/30	
3										2.30		
4	42.71	4.35	3.10							3.00	3/36	
5	41.11	5.85	1.60		赤褐色	粘土混じりローム	酸化鉄と浮石がまばらに入る。かんらん石らしい暗緑色の粒がめだつ。		軟 中	4.50	4/30	
6										5.00	5/30	
7	40.44	6.52	0.67		暗灰色	凝灰質粘土	上半部に硬化粘土層(5cm厚)3層あり 7.00m			5.30		
8	39.86	7.10	0.58		灰色	浮石質粘土	以下は φ1mm位のざらざらした浮石がある			6.20	3/32	
9	39.16	7.80	0.70		淡灰色	凝灰質粘土	青緑色の硬質板状組片が多くなる			6.50		
10	38.06	8.90	1.10		灰色	凝灰質シルト混じり粘土	硬質浮石と灰白硬質粘土が多少混じっている		軟 硬	7.50	4/31	
11	37.11	9.85	0.95		淡黄灰色	凝灰質粘土	硬度・φ10mm位のレキがわずか混入している			8.00	9/30	
12	36.36	10.60	0.75		灰色	浮石	上部15cm粘土混じり。下部も所々に粘土(青緑色)混じり上部5cm凧浮石質粘土			8.50		
13	35.61	11.35	0.75		灰白色	浮石混じり凝灰質ローム	φ1mm やや緑色の新鮮な浮石			9.50	16/30	
14	34.91	12.05	0.70		黒灰色	粘土混じりシルト	きわめて硬い。			10.50	26/30	
15	31.88	15.12	2.87+		青灰色 青緑灰色	砂レキ	所々に粘土砂をはさむレキは φ20～50mm、円磨度の悪いチャートと苓石状になった粘板岩のレキが大部分を占める砂は中砂	中～密	極硬	11.00	7/30	
16									極硬	11.50		
										12.00	20/30	
										12.50		
										13.00	43/30	
										13.50		
										14.00	59/24	
										14.24		(24+)
										14.50	57/12	(25+)
										15.12		

(38)

3885

(土質工学会　土質調査法より引用 P81)

9.3.2 円すい貫入試験（動的試験）

動的円すい貫入試験には土研型動的円すい貫入試験機を用いる．この試験においては，土の硬軟や締め固めの程度などを知るため，50cmの落下高で重量5kgのドロップハンマーを落して 9.3.2.1 に示す様な貫入棒を貫入させ，そのときの貫入抵抗を測定する．

解　説

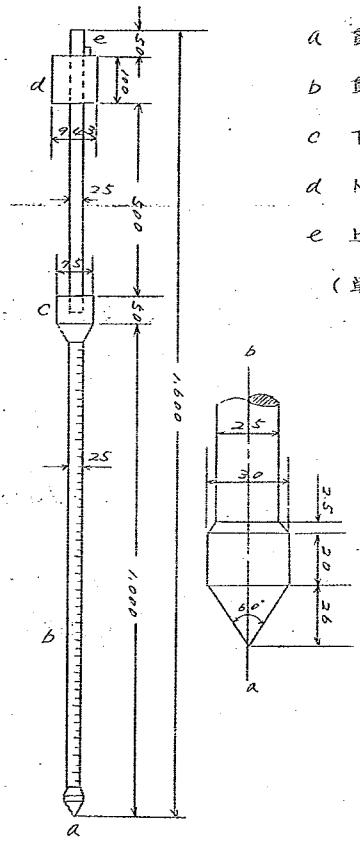
土研型試験機による動的円すい貫入試験は主として土工および道路路床の調査および施工管理に用いる．

貫入先端をつけたロッドを地表面に直立させドロップハンマーを自由落下させて，そのときの衝撃により打ち込み，連続的に貫入抵抗を測定する．

a) 貫入度 Pd による方法（毎回の貫入量比較的大きい場合）

$$Pd = (n+1\text{ 回のときの貫入深さ}) - (n-1\text{ 回のときの貫入深さ}) \quad \cdots\cdots (9.3.2.1)$$

b) 10cm（または5cm）の貫入に要する打撃回数をはかる方法．



a　貫入すい
b　貫入棒
c　下部ストッパー
d　ドロップハンマー　(5kg)
e　上部ストッパー
(単位 mm)

図　9.3.2.1　土研型動的円すい貫入試験機

9.3.3 スェーデン式サウンディング試験

スェーデン式サウンディング試験は 原位置における土の硬軟や締まりぐあいの相対値を知るための試験である。本試験機は 図9.3.3 / に示すようなスクリューポイントを付けたロッドに荷重（5、15、25、50、75 および100 Kg）を加えた場合の貫入量あるいは100Kg載荷した状態で1m貫入させるに要する半回転数を測定する。

解 説

この試験は予備調査に対しての概略探査、ボーリングによる精密調査に際しての補助手段として用いる。試験機は取り扱いが簡便であり調査速度が早い。

試験に必要な機械器具1)

ハンドル	長短各1本
ロッド（径2cm，長さ80cm）	1本
〃（径2cm，長さ1m）	必要数
スクリューポイント	2～3個
荷重台 重量5Kg	1台
おもり 重量10Kg 2個 25Kg	2個
やぐら（ロッド引き抜き用）	1台
チェーンブロックまたはレバーブロック	容量1t 1台
パイプレンチ（10"～18"）	2丁
折尺、 野帳、 鉛筆	

など

試験要領1)

(1) ロッド（長さ0.8m）にスクリューポイント、荷重台およびハンドルを取り付け調査地点上に鉛直に立てる。

(2) このままでロッドが貫入するかどうかを確かめ貫入する場合は貫入の止まった時、貫入量を荷重5Kgとして記帳する。

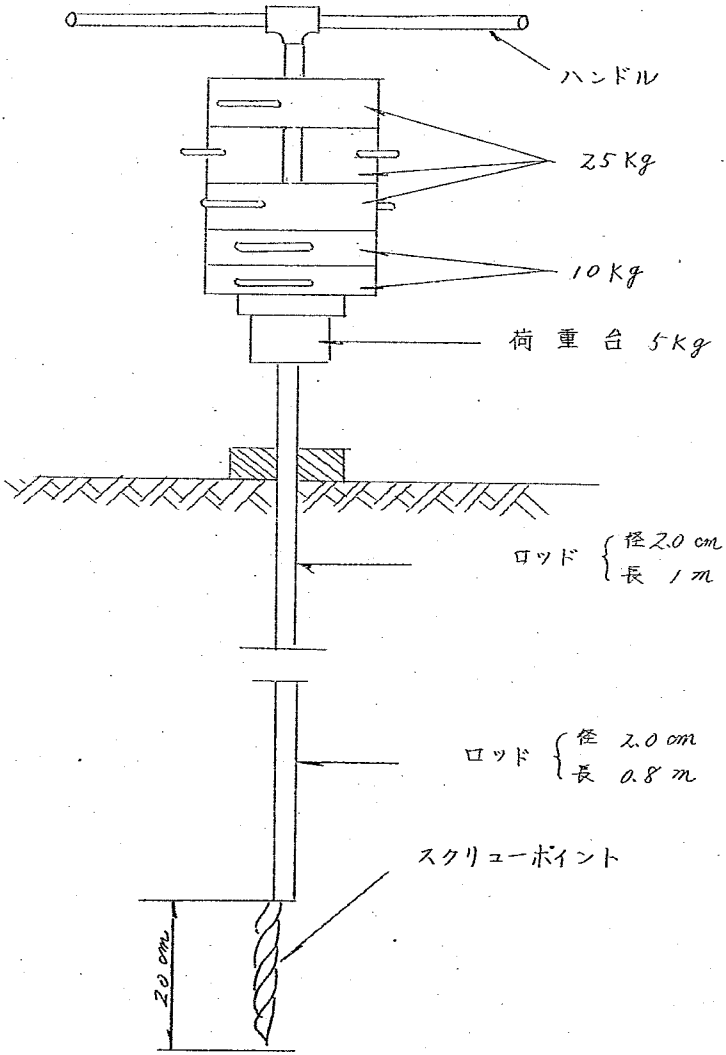


図 9.3.3.1　スェーデン式サウンディングロッド

(42)

(3) つぎに10 kg の荷重を荷重台の上に載せ、(2) と同じ操作を行ない、荷重15 kg の場合の貫入量として記帳する。

(4) 荷重を増加してつぎつぎと (3) の操作を行なう。荷重の段階は5, 15, 25, 50, 75 および 100 kg とする。

(5) ロッドの貫入速度が著しく早くなる場合は荷重を減じる。この場合にも荷重を減じた時の貫入深さと荷重を記帳する。

(6) 荷重が100 kg に達してロッドの貫入が止れば その載荷のままでハンドルを回転して貫入させる。この場合ハンドルは半回転 (180°) ごとに一時休止する方法をとり、できるだけ均一な速度で鉛直方向に力の加わらないように半回転する。

(7) 25 cm 貫入させるに要する半回転数を計数として記録する。ただし急激に貫入し始めるか急に貫入しにくくなったときは、そのときまでの反回転数と貫入量を記録する。

(8) 試験が終れば荷重をおろしロッドを引き抜く、人力で引き抜けない場合は やぐら にチェーンブロックまたはレバーブロックを取りつけそれにより引き抜く。

試験結果の整理には図 9.3.3.2 のデーターシートを用いる。

ここに q_u ： 乱さない試料について求めた一軸圧縮強さ (kg/cm²)

W_{SW} ： サウンディング試験の際 載荷した荷重 (100 kgまで)

N_{SW} ： サウンディング試験の際 100kg載荷して回転した半回転数

参 考

このサウンディング試験とN値、せん断強さおよびその他の性質との関連をつけようという試みはなされている。

その一例を図 9.3.3 に示す。

No.	スェーデン式サウンディング試験	

調査名　錦川橋りょう基礎　　備考：
試験地点　No.1　地盤高 1.720m
試験年月日　32年11月15日
天候　快　晴
試験者　梅　沢
スェーデン式手動型
(ロッド径20mm)

標尺 (m)	深さ (m)	層厚 (m)	荷重 (kg)	半回転数	深さ1m貫入に要する半回転
	0.72	0.72	5	0	—
1	1.55	0.83	15	0	—
2	2.20	0.65	25	0	—
3	3.25	1.05	50	0	—
4					
5					
6	5.96	2.71	75	0	—
7					
8					
9	8.62	2.66	100	0	—
10	9.50	0.88	75	0	—
11					
12	12.23	2.73	50	0	—
13					
14					
15	15.22	2.99	75	0	—
16					
17	17.50	2.28	100	0	—
18	18.90	1.40	100	25	8
19	19.30	0.40	100	25	63
	19.40	0.10	100	25	250
20	19.47	0.07	100	25	357

荷重(kg) 回転しない　40 80

荷重 100kg
深さ1m貫入に要する半回転数
40 80 120 160 200 240 280 320 360 400 440

図 9.3.3.2　サウンディング試験の
データーシートの整理結果

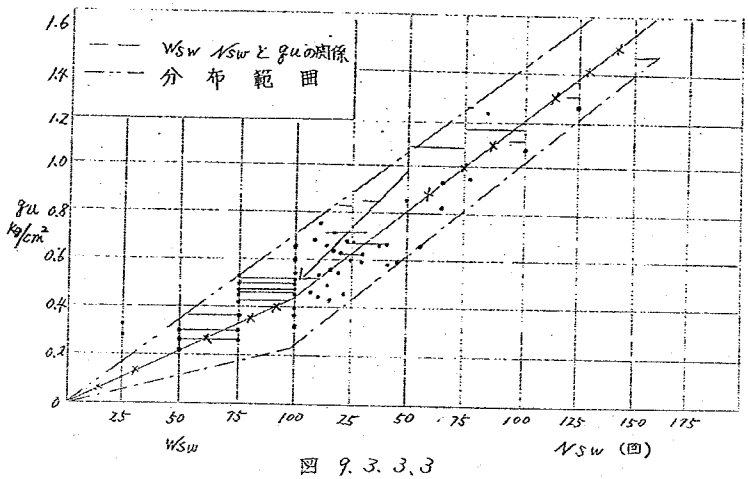


図 9.3.3.3

これから次のような関係式が得られる

$$q_u = 0.0045\ W_{SW} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (9.3.3.1)$$

または

$$q_u = 0.45 + 0.0075\ N_{SW} \quad N_{SW} < 100 \quad (8.3.3.2)$$

ただし (9.3.3.1) (9.3.3.2) 式は名神高速道路関西地区の基礎土質について求めた相関式である。

参考文献

2) 稲田倍穂 "スェーデン式サウンディング試験結果について"
土と基礎 Vol. 8. No.1 P.13~18

9.3.4 円すい貫入試験（静的試験）

この試験機は静的貫入試験の部類に属し、トラフィカビリティーを測定するためのもので、軟弱な粘性土の概略の粘着力、深さをすみやかに測定することもできる。貫入方法は人力による静的連続圧入方式によりコーン指数を各深さごとに測定する。コーン指数とは貫入抵抗（Kg）をコーン（先端角度30°、底面の径2.03 cm、底面積3.24 cm²）の底面積 cm² で割った値でそれを無名数で表わす。

解　説

この試験機は他の試験機にくらべて軽量であり、とりあつかいが簡単であるから土工に際しての機械のトラフィカビリティーの判定、施工管理および軟弱地盤地帯における簡単な予備調査に用いることができる。

試験要領

(1) 原位置試験（図9.3.4.1参照）

(i) ハンドル付プルーリビングリングに所要のロッドおよびコーンを付け、地表面に鉛直に立てる。

(ii) 両手でハンドルを握り、1～5 cm/sec の速さで貫入させる。

(iii) プルービングリングの読みから貫入抵抗を求め、コーンの底面積で割って コーン指数を求める。

(2) 練り返えし試験

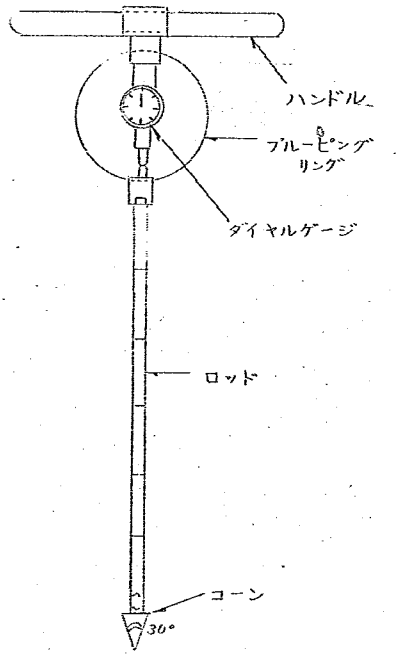
特に土工の施工の管理については次に示す。

a. 粘性土を自然含水比（特に排水工または施工法に注意すれば含水比をさげることが出来る場合はさげた含水比）のまゝ、C.B.Rモールドに突き固める。この場合、有孔底板に薄い鉄板などをしきスペーサーディスクは用いない。

b、ランマーはJIS A 1210のものを用い落下高は30 cmにし三層を各層77回突き固める。（突き固め仕事量はJIS A 1210に等しくしてある。）供試体はコーンの貫入に対して障害となるれき等粗粒のものは取り除いて作製する。

c、この様にして得た供試体の上面中央から鉛直にコーンを1へ5 cm/secの速さで貫入させる。プルービングリングの読みはコーンの先端から7.5 cm、10 cm、12.5 cm貫入したときの値をとりその平均値を求める。

d、乱さない試料についてのコーン指数はJIS A 1211, 3の供試体の採取に準じて採取したものにつき、コーン指数を求める。



図、9.3.4.1

円すい貫入試験機

参考文献

1) 室町忠彦 "サウンディング (1)"
土質試験法解説(第2集) P. 221～223

9.3.5 ベーン試験

ベーン試験は軟弱な粘土層のせん断強さを自然に近い状態で試験するもので、図9.3.5.1のようなベーンをロッドの先端に取り付けて地中に押し込み、中心軸のまわりに回転させるときの最大抵抗値から原位置の粘土のせん断強さを求める方法である。

解説

(a) 軟弱な粘土の自然状態におけるせん断強さを知ることは非常に困難であり、種々の原位置試験が考案されているが、ベーン試験は比較的信頼性の高い試験法として広く用いられている。

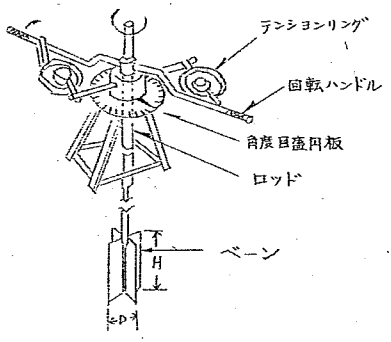


図9.3.5.1 ベーン試験機

試験要領

1) 図9.3.5.1に示すようなベーンをロッドの先端に取り付けて地中に静かに押し込む。
2) この場合、ロッドの周面摩擦が働くのを防ぐため外管を付けて二重管としたものもある。
3) ロッドを0.5°/sec 以下の回転速度で回転する。

ｲ) せん断強さは次式により計算する。

$$\tau = \frac{M_m}{\pi\left(\frac{D^2H}{2} + \frac{D^3}{6}\right)} = \frac{M_m}{\alpha}$$

M_m ：回転モーメントの最大値 ($kg \cdot cm$)
τ ：せん断強さ (kg/cm^2)
D ：ベーンの幅 ($7 \sim 10\ cm$)
H ：ベーンの高さ ($14 \sim 20\ cm$)
$\frac{H}{D} \fallingdotseq 2$

(ﾛ) 実測の際は回転ロッドに土の周面摩擦が働くのを防ぐため、ボーリング孔を利用する場合が多い。最大抵抗は回転角20°前後であらわれるのが普通で、45°を過ぎても最大値に達しない場合は、ロッドのあそびの有無などを点検する必要がある。鋭敏比を求める必要のある場合には20回転程度、回転ロッドを比較的すみやかにまわした後、0.5°/sec 以下の速さで回転し、抵抗値を求め、前記抵抗値との比で表わす。

例 題

ベーンの直径 $D = 5\ cm$
〃 の高さ $H = 10\ cm$
$\therefore \quad \alpha = 458\ cm^3$
M_m = 最大有効荷重(P)にアームの長さ(Z)を乗じたもの
$= P \cdot Z$
今 $P = 238\ kg \quad Z = 10\ cm$
$\therefore \quad M_m = 2380\ kg\ cm$

$$\tau = \frac{M_m}{\alpha} = \frac{2380}{458.0} = 0.519 \fallingdotseq 0.52\ kg/cm^2$$

せん断強さ $\tau = 0.52\ kg/cm^2$

9.4 載荷試験

概　説

載荷試験は地盤や　くい　などに載荷した際の荷重変位曲線から地盤や　くい　の反力変位特性を調べ、許容支持力を推定するために行なう試験である。

載荷試験の方法には、地盤および　くい　の載荷試験があり、それぞれについて垂直および水平載荷試験がある。また地下水位との関係によって水中試験、水面とすれすれの試験および地下水位よりはるかに高い位置における試験に分けられ、試験に際してはこれらのうち基礎の完成後予想されるもっとも近い状態で試験することが必要である。

地盤載荷試験には、いかだ基礎などの浅い直接基礎のための載荷試験と、ウェルやケーソンなどの深い基礎のための載荷試験とがある。

載荷試験の結果は、サウンディングや土質試験の結果から得られる知識と比較検討し、誤りのないことを期さなければならない。

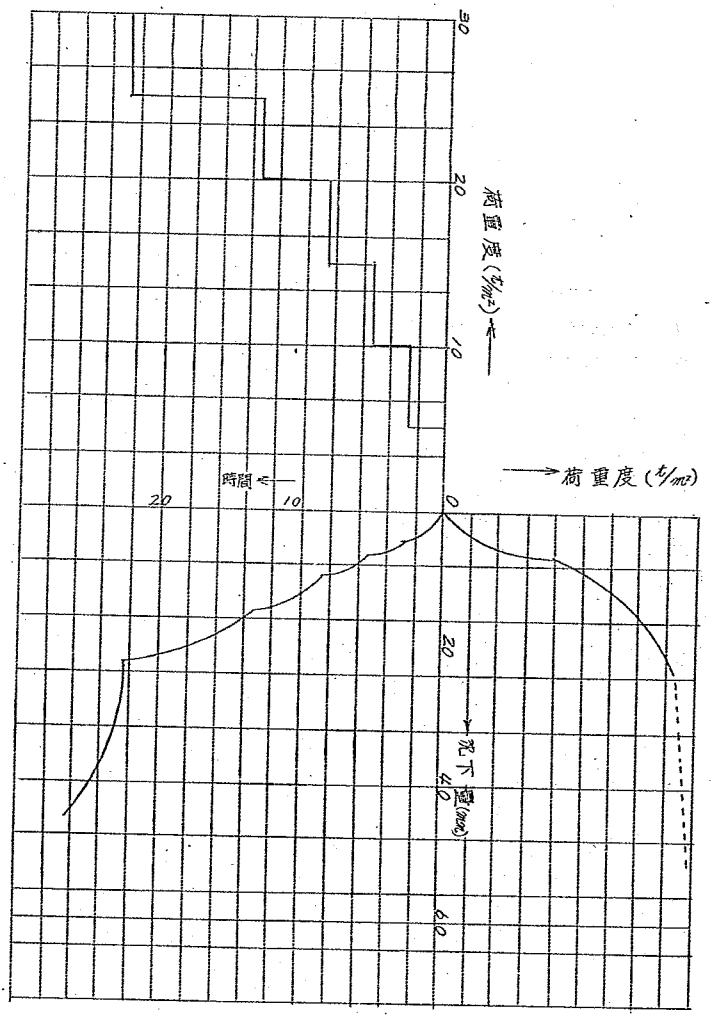
9.4.1 地盤の垂直載荷試験

地盤の載荷試験は橋りょう、水門基礎構造物などの均一な地盤の支持力を知るための試験である。載荷装置により載荷板に荷重を段階的に加え、それぞれの荷重と時間沈下量を測定する。

解　説

地盤の載荷試験に当ってはまず 0.2 t/m² 位の荷重をかけてから荷重を取り去り、荷重装置の垂直度その他を点検しダイヤルゲージを0に合わせる。試験荷重は最大予想荷重を5つ以上に分ち、それぞれの段階荷重において、4, 8, 15, 30, 60分 …… ごとに沈下量を読みとり、時間沈下関係をプロットし、これを平滑な曲線にして沈下速度が1/5分間に 1/100 mm の速度になったら次の荷重を加える。荷重が極限支持力に達すると沈下は進み、載荷板が傾斜し、周囲にひび割れまたは盛り上がりが生ずるから載荷をやめ、その時の荷重および

図 9.4.1.1　地盤載荷試験結果



地盤の状況を記録する。試験結果は図9.4.11のように表示する。

積荷試験のための試験穴の大きさは過載荷重などの影響をとりのぞくため、通常載荷板の1辺の5倍以上が必要である。

載荷板を設置すべき場所は　へら　鉄製の定規などを使って、水準器で水平を確かめながら少しづつけずる。小さなおうとつが残るときは乾いた砂を5mm厚位にしき、その上に載荷板をのせかるくゆすぶってなじませる。載荷板は載荷装置の中心になるように下げ振りを使って位置を正しくする。

載荷地盤上に水のたまっているときは、ちょうど地盤面があらわれるまで排水する。ただし地下水面を下げすぎないように注意する。また排水によって地盤がゆるむ場合あるいは排水の困難な場合は水中で行なう。

載荷装置は各部材が十分な強さをもっているとともに載荷板に偏心荷重がかからないように、下げ振りと水準器で垂直、水平を確かめなければならない。載荷板が傾斜した場合の用心のため、荷重柱の上または下に球座をおく。また装置全体、ジャッキ、荷重計などの安定のため番線などで緊結しておくことが望ましい。

沈下量測定支持わくは30 cm位の短いくい　に載荷板幅の約5倍離れた2点で支持させ、その中心に載荷板をおく。

地盤載荷試験には次のような器具が使用される。

(i) 載荷装置

載荷板に必要な荷重を加えることができるもので図9.4.12に示すように直接レールなどの重量物を載荷重として載せる方法{図9.4.12(a)}、重量物に反力をとりオイルジャッキで載荷重を加える方法{図9.4.12.(b)}、地中に打ち込まれたくいなどに反力をとり、オイルジャッキで載荷重を加える方法　{図9.4.12(c)}がある。

(ii) 沈下量測定装置

沈下量は通常2個または4個のダイヤルゲージで測定する。測定の基準となる横棒は長時間の測定中に狂いがないようにしなければならない。通常載荷板の対称な2点、または4点で測定する。

測定の基準となる横棒は長時間の測定中に狂いがないようにしなければならない。通常載荷板の対称な2点，または4点で測定する。

ダイヤルゲージはストローク30mm以上、精度 1/100 mmのものがよい。

(iii) 載荷板

30×30 cm 寸法の正方形板を標準とする。載荷板は下面が平面で十分な剛性をもっていなければならない。

(iv) その他

鋼製定規、折尺、水準器、下げ振り、乾いた砂

参考

基礎底面の大小による関係 1)

粘土地盤については正方形載荷板の幅 B_0 そのときの沈下量を S_0 とこすれば、任意正方形幅Bの沈下量Sとの関係は次式のようとなる。

$$\frac{S}{S_0} = \frac{B}{B_0} \qquad \text{9.4.1.1}$$

砂地盤については幅 0.3 m 正方形載荷板の沈下量を S_0 とすればこれより大きい幅Bの正方形版の沈下量Sとの関係は次式のようになる。

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{2B}{B+0.3}\right)^2 \qquad \text{9.4.1.2}$$

なお砂・粘土を含む地盤においては (9.4.1.1) と (9.4.1.2) の中間的な関係がある。

参考文献

1) 土質工学会：土質試験法解説 オ2集 P. 175-

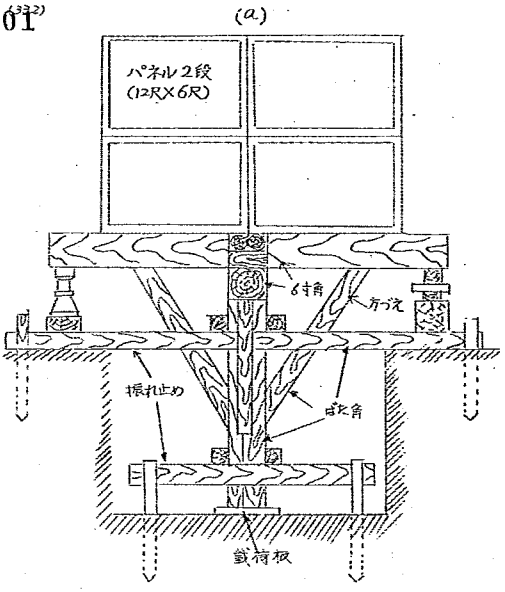
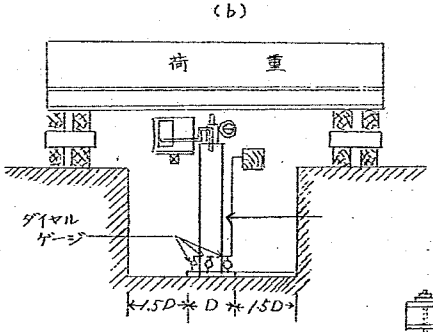
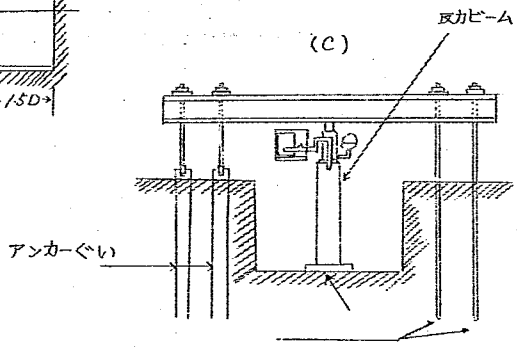

(a)
パネル2段
(12尺×6尺)
6寸角
方づえ
振れ止め
ばた角
載荷板

図 9.4.1.2


(b)
荷 重
ダイヤル
ゲージ
1.5D
D
1.5D


(c)
反力ビーム
アンカーぐい

9.4.2 地盤の水平載荷試験

地盤の水平載荷試験は地盤の水平抵抗を知るための試験である。載荷装置で地盤の水平方向に荷重を段階的に加え、荷重と時間変位量を測定する

解　説

地盤の水平載荷試験方法にはテストピット内で水平方向に地盤載荷試験と同じように載荷する方法と、ボーリング孔内でロッドに取りつけたゴムチューブを押し広げ載荷する方法とがある。注1)

水平載荷試験の順序、方法は載荷方向が異なるだけでだいたいにおいて地盤載荷試験の項に準じてよい。

参　考

地盤の水平載荷試験結果は水平方向の地盤係数（K値）として普通表示される。水平方向の地盤係数は深さごとに求められ、水平力を受ける矢板や　くい　の設計，ウエルの安定性の検討などの資料を与える。またコルゲートパイプのようなたわみ性パイプの設計，変形量予測の場合にも水平方向地盤係数を知る必要がある。

注1) 福岡正己、宇都一馬：ボーリング孔を利用した基礎地盤の横方向K値測定について、土と基礎特集号
No.1　P.3～8.　1959年 8月

9.4.3. くいの垂直載荷試験方法

くい の載荷試験は くい の支持力を知るための試験である。載荷装置で くい 頭に荷重を段階的に加え、それぞれの荷重と時間沈下量を測定する。

解　説

くい の載荷試験に当ってまず最大試験荷重の 1/10 位の荷重をかけてから荷重を取り去り、荷重装置の垂直度その他を点検し、沈下量測定用のダイヤルゲージを0に合わせる。試験荷重は予想最大荷重を5つ以上に分け、それぞれの荷重段階において、 分、 5、 15、 30、 60 分……ごとに沈下量を読みとり、時間沈下関係をプロットし、これを平滑な曲線にして 沈下速度が15分間に 1/100 mm の 速度になったら、次の荷重を加える。

荷重が極限支持力に達すると沈下はより以上に大きくなる。

試験結果は 図9.4.3.1 のように図示する。

くい 頭は水準器を使って水平に仕上げ 必要ならば キャップをかぶせる。荷重装置は下げ振りを使って荷重が くいの中心にかかるように組立てる。試験ぐい、荷重装置の横振れを防ぐ措置をし、荷重計その他は番線などで緊結しておく。

沈下量測定支持わくは、くい径の約3倍以上離れた2点で支持させその中心に くい がなければならない。沈下の測定点は くい 頭よりほぼ くい径 だけ下った位置の断面の くい軸に対して対称な2点に設ける。

載荷装置に アンカーぐい を使用する場合は アンカーぐい の引抜き量も 載荷試験と同時に測定することが 安全性を確かめる上に必要であり、なおデーター整理上便利である。

使用する器具は地盤載荷試験の場合とほぼ同じである。

予想最大試験荷重としては 標準貫入試験などの結果で推定される極限支持力か、または上部構造設計から計算される常時設計荷重の2倍以上の荷重とする。

載荷時間については、摩擦ぐい　では長時間を要するが、支持ぐい　では短時間でよい。

これらの判断は　責任技術者の判断　による。

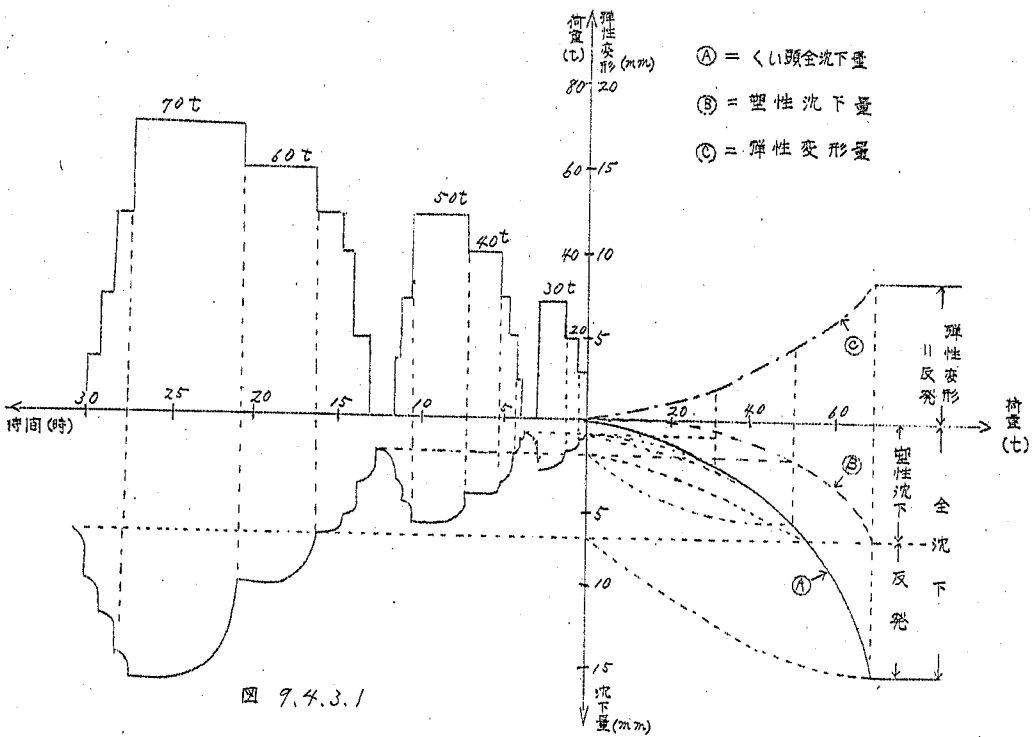

荷重(t)
弾性変形(mm)
Ⓐ＝くい頭全沈下量
Ⓑ＝塑性沈下量
Ⓒ＝弾性変形量
70t
60t
50t
40t
30t
時間(時)
荷重(t)
弾性変形＝反発
塑性沈下
全沈下
反発
沈下量(mm)

図 9.4.3.1

9.4.4　くい の水平載荷試験方法

くい の水平載荷試験は くい の許容水平抵抗を知るための試験である。載荷装置で くい に水平荷重を段階的に加え，それぞれの荷重と時間変位量を測定する。

解　説

載荷方法としてはウインチ，チェーンブロックなどの引張力，またはジャッキの推力を利用する方法とがある。

水平載荷試験の順序，方法は載荷方向が異なるだけで，だいたいにおいてくい載荷試験の項に準じてよい。異なる点は荷重の大きさが小さいことと，変位の増加が短時間で停止することである。

結果の整理は くい 載荷試験と同じような方法で表示するとよい。

9.4.5　道路の平板載荷試験

道路の平板載荷試験は JIS A 1215－1953 "道路の平板載荷試験方法" の規定により道路・滑走路等の舗装厚を決めるために，路床や路盤の上で行なう試験である。測定地点上において載荷板上へ荷重を段階的に載せていき，荷重強さと沈下量との関係から地盤の硬軟の度合いを示す地盤係数を求めるのである。

解　説

(a) 載荷板と地盤とのなじみをよくするためには，最初に 0.35 kg/cm² までの荷重をかけてから，板重し，ここでのダイヤル・ゲージの読みをとって，沈下の原点とする。荷重段階は 0.35 kg/cm² とする。

載荷強さと沈下量との関係は，一般に，直線関係にならないので，沈下量のとり方によって地盤係数が変ってくる。そこで，剛性舗装の路盤では 0.125 cm (0.05 in)，たわみ性舗装の路盤では 0.25 (0.1 in) というように，試験の目的に適するように，基準の沈下量の値を定めておく。

載荷板の大きさによって，地盤係数の値も変ってくるが，直径 75cm の載荷板によるものを基準と考える。

(b) 試験をしようとする地盤面は，まず，水平にならし，必要があれば，厚さ 5cm 以内程度に細砂を敷いて行なう。

直径 75cm の載荷板で試験を行なうと，非常に大きな荷重を要するの

て，普通は直径30cm，または40cmの小さな載荷板を使用し，次式で補正を行なう。

$$K_{75} = \frac{1}{2.2} K_{30}$$

$$K_{75} = \frac{1}{1.7} K_{40}$$

ただし，K_{75}, K_{30}, K_{40}はそれぞれ直径75cm，30cm，40cmの載荷板に対する地盤係数である。

ダイヤルゲージの支持脚が載荷装置や載荷板の影響で動いては沈下の測定が不正確になるので，それらの接地点は，おたがいに1m以上離しておく。

備　考

構造物の載荷試験，平板載荷試験，衝撃載荷試験の相互関係

力学的に考えれば地盤の載荷試験と道路の平板載荷試験はまったく同じであるが習性上一般にその両者において行なう方法はかなり異なっている。構造物の基礎においてはその極限支持力が問題になり，道路，滑走路等の舗装厚さを決める時には路盤の地盤係数（K値）が問題になる。

上述のように平板載荷試験が標準になっているが，これを（一般に道路においては）もっと簡便化してかつ実際にかかる荷重に近いものを再現するために衝撃による載荷試験が提案された。これは図一1のように錘を落下させそのときに生じる弾性変位量（図2のa）を測定しこれを一種の地盤係数と考えて衝撃支持力指数（I値）と名づける。

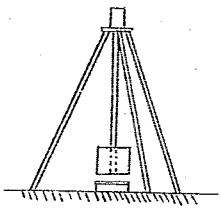
普通一地点で4回落下させ，あとの3回の弾性変位量の平均をもってI値とする。I値とK値の関係は理論的に

$$I = \eta \frac{W}{FK} \sqrt{\frac{2hFK}{\eta W(1+\frac{1}{KcFK})}}$$

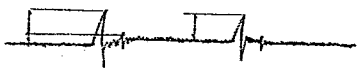
F：K値の載荷板面積
η：衝撃効率（1/100%）
h：落下高さ（cm）
W：落錘の重量（kg）
Kc：クソシヨンの単位変形量に対する荷重

として表わされる。これは図一3のように実験的にも成り立つ事がわかった。

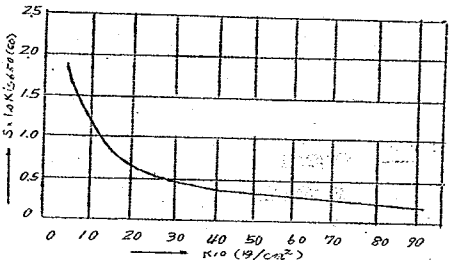
図－1



図－2



図－3



例　題

載荷板直径　D＝30 cm

荷重				沈下			
時間	プルービングリングの読み	全荷重 (kg)	荷重強さ (kg/cm²)	ダイヤルゲージの読み			沈下量
				左	右	平均	
0′－0″	4.8	247	0.35	5	6	5.5	0
4′－05″	9.6	494	0.70	10	12	11.5	0.055
9′－10″	14.4	742	1.05	19	21	20.0	0.145
15′－01″	19.2	989	1.40	31	32	31.5	0.260
18′－40″	24.0	1236	1.75	43	44	43.5	0.380
22′－20″	28.8	1483	2.10	57	56	56.5	0.510
25′－45″	33.6	1930	2.45	69	68	68.5	0.630
30′－00″	38.4	1978	2.80	81	77	79.0	0.735
32′－03″	43.2	2225	3.15	92	89	90.5	0.850
35′－10″	48.0	2472	3.50	103	100	101.5	0.960
37′－28″	52.8	2720	3.85	116	111	113.5	1.080
40′－10″	57.6	2967	4.20	127	121	124.0	1.185
43′－20″	62.4	3214	4.55	139	132	135.5	1.300
46′－10″	67.2	3461	4.90	151	143	147.0	1.415

時間	荷重			沈下			
	プルービングリングの読み	全荷重 (Kg)	荷重強さ (Kg/cm²)	ダイヤルゲージの読み			沈下量
				左	右	平均	
49'－12"	72.0	3.709	5.25	162	153	157.5	1.520
52'－10"	76.8	3.956	5.60	175	166	170.5	1.650
55'－03"	81.6	4.204	5.75	182	173	177.5	1.720
58'－10"	86.4	4.451	6.30	191	181	186.0	1.805
61'－02"	90.8	4.698	6.65	202	190	196.0	1.905
64'－31"	95.6	4.946	7.00	210	196	203.0	1.975
67'－38"	100.4	5.193	7.35	220	205	212.5	2.070
71'－00"	105.2	5.440	7.70	232	214	223.0	2.175

地盤係数

沈下量 0.125 cm

$$K_{30} = \frac{1.0}{0.125} = 8.0 \ (Kg/cm^3)$$

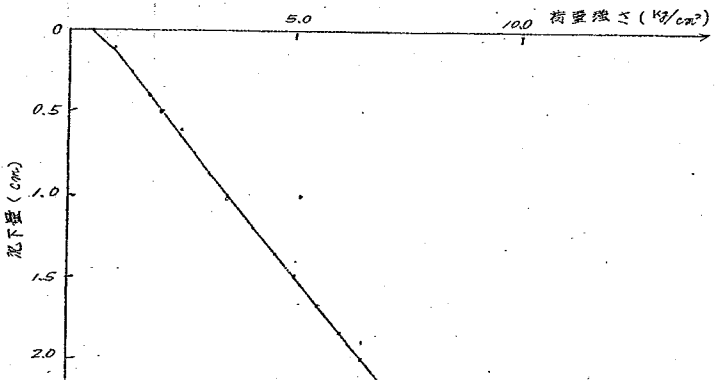
$$K_{75} = \frac{1}{2.2} \times 8.0 = 3.64 \ (Kg/cm^3)$$

沈下量 0.25 cm

$$K_{30} = \frac{1.4}{0.25} = 5.6 \ (Kg/cm^3)$$

$$K_{75} = \frac{1}{2.2} \times 5.6 = 2.55 \ (Kg/cm^3)$$

地盤係数 $(Kg/cm^3) = \frac{\text{荷重強さ}\ (Kg/cm^2)}{\text{沈下量}\ (cm)}$



9.5 土質試験のための試料の調整および供試体の作製

土質試験のための試料の調整は原則としてJIS A 1201-1950 "土の粒度試験および物理試験のための試料調整方法" の規定によるが，各試験を1回行なうのに必要な分量については以下に定めるとおりとする。

各試験に必要な最小分量とその試料をとり出すために使用するふるいを表9.5.1.1に示す。

試験	ふるい	試料分量 (g)		備考
比重試験		2000μ ふるいを通過するシルト質土または粘土質土	15	ピクノメーターまたはフラスコ1個あたりの乾燥重量
		〃 砂質土	25	
		2000μ ふるいに残留する最大粒径4760μの試料	60	
		〃 9.52	500	
		〃 19.1	1000	
		〃 25.4	2000	
		〃 50.8	5000	
粒度試験		2000μ ふるいを通過するシルト質土または粘土質土	65	
		〃 砂質土	115	
		2000μ ふるいに残留する最大粒径4760μの試料	250	
		〃 9.52	500	
		〃 19.1	1000	
		〃 25.4	2000	
		〃 38.1	3000	
		〃 50.8	4000	
液性限界	420μ		100	
塑性限界	420μ		15	
遠心含水当量	420μ		10	
現場含水当量	420μ		50	
収縮常数	420μ		30	
突固め試験	4.760μ		3000	
透水係数試験	4.760μ		6000	

9.6 土粒子の比重試験

土粒子の比重試験は，JIS，A 1202－1950 "土粒子の比重試験方法" の規定によるものとする。ただし，比重は原則として15°Cの温度の水に対する値とする。

解　説

土粒子の比重とは土の骨組みを形作っている土粒子群の平均比重をいい個々の粒子の比重という意味ではない。土粒子の比重は粒度分析，間げき比および飽和度などの計算の際に用いられる。

土粒子比重の測定にあたって，ことに細粒土の場合には，間げきに拘束された気ほうがのこりやすい。気ほうが残っていると比重の測定値が実際より小さくでからてあるから注意を要する。

例　題

JIS A 1202	土粒子の比重試験	報告用紙

調査名・目的　七京道路その8工事，　試験期日 39年 7月 14日

試料番号　No. 173，　試験者

測定番号		1	2	3	4
ピクノメーターの番号		9	10		
ピクノメーターの重量 W	g	30.3919	30.1954		
(ピクノメーター＋蒸留水) 重量 W	g	81.0066	80.6127		
W を測った時の水温 T	°C	23°C	23°C		
(ピクノメーター＋炉乾燥(または湿潤)土＋蒸留水) 重量 Wb	g	93.1679	92.7766		
Wb をはかったときの内容物の温度 T'	°C	25°C	25°C		
ピクノメーターに入れた土の炉乾燥重量 W ※印は湿潤土を使用した場合	※容器番号	9	10		
	※(容器＋炉乾燥土) 重量 g	50.3618	50.2335		
	※容器重量 g	30.3969	30.1934		
	Wo g	19.9649	20.091		
① T°C における水の比重(Gt) / T'°C における水の比重(Gr')		0.997077 / 0.997568 = 0.999506	= 0.999506	=	=

測定番号	1	2	3	4
$Wa' - W_1$ g	50.6907	50.4193		
② $\frac{Gr}{Gr'} \times (Wa - W_1)$ g	50.5847	50.3944		
T°Cにおける（ピクノメーター＋煮リュウ水）の校準重量 $Wa = ② + W_1$ g	80.9016	80.5878		
$W_0 + (Wa - Wb)$ g	7.7764	7.9003		
T°Cにおける比重$(\gamma_T) = \frac{W_0}{W_0 + (Wa - Wb)}$	2.5657			
③ 補正係数 K	0.9979	0.9979		
15°Cにおける比重$(\gamma_{15°C})$=K×比重$(\gamma_T°C)$	2.5613	2.5312		
平均値	比重$(\gamma_{15°C}) = 2.5462$			
（注） ②，③はJISの付表より求める 備考				

参考

(1) ピクノメーターの検定

(2) 試料の調整

試料の調整の方法によって得られる比重の値がかなり異なる場合があるから，試験の目的によって，その地層を代表した土の比重が得られるよう注意すべきである。

(i) 有機質を含んだ土の場合

地表面付近の土で草根，腐植物などの有機質，あるいは水片などを含んでいる場合はそれが微量であればとり除いて測定する。

(ii) れき を含んだ土の場合

試料の中に粒径2mm以上の れき が含まれている場合も，試料が4.760μ ふるい を通過するものであれば，JIS A 1202に従って比重を測定する。ただし，ピクノメーターを使用する場合は体積100cc以上の大形のものを用いなければならない。

4.760μ ふるい に残留する れき の比重も考慮しなければならない場合は残留分についてはJIS A 1110によって比重を測定するか表面乾燥飽和状態の試料を用いず炉乾燥状態の試料を用いる。通過分についてはJIS A 1202によって比重を測定し平均比重Gは（9.6.1）式により求める。

$$G = \frac{G_1 G_2}{(1 - P_{4760}) G_1 + P_{4760} G_2} \quad \cdots\cdots (9.6.1.1)$$

ここに

G：平均比重

G_1：4760μ ふるい 通過分の比重（JIS A 1202 による）

G_2：4760μ ふるい 残留分の比重（JIS A 1110 による）

P_{4760}：4760μ ふるい 通過百分率（重量比）

(iii) 乾燥によりはなはだしく固結するおそれがある土については，自然含水量のままの試料を用いてピクノメーターによる測定をすませた後，炉乾燥により試料の乾燥重量 W_s を求めてもよい。

(iv) 試料の必要量

比重測定に用いる試料の量は表 9.6.1.1 の量を標準とする。

表 9.6.1.1

土質		試料重量 (g)	備考
2000μ ふるいを通過する試料	シルト質土または粘土質土	15	ピクノメーターまたは体積測定用フラスコ1個あたりの重量
	砂質土	25	〃
2000μ ふるいに残留する試料	最大粒径 4760μ	60	〃
	〃 9.52 mm	500	
	〃 19.1 mm	1000	
	〃 25.4 mm	2000	
	50.8 mm	5000	

(3) 試験中の注意

(i) ピクノメーターに試料を入れ蒸留水を半分程度満たして気ほうを完全に除くことは測定結果を左右する最も大切な操作である。普通は10分以上煮沸する（粘土などの細粒土では2時間程度煮沸する必要がある）のであるが，できればアスピレーターなどでピクノメーター内の圧力を水銀柱100 mm 以下に下げると気ほうの除去が容易になる。

(ii) 測定は同一種の試料について少なくとも2個以上の試料について行なわなければならない。

9.7 土の含水量試験

土の含水量の測定はJIS A 1203－1950 "土の含水量試験方法"（炉乾燥法）によることを原則とするが，土工の施工管理などに際しては，急速測定法を用いることもできる。ただしその場合には，測定値をJIS A 1203－1950により検証することが必要である。

解　説

土の含水量は土工構造物の安定性，施工の難易などを判定する場合に役立つ土の基本的な性質の一つである。含水量は含水比であらわす。含水比（W）は（9.7.1.1）式で表わされる。

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (\%) \qquad \text{（9.7.1.1）式}$$

ここに W_w ：土の含有水量

W_s ：土の乾燥重量

含水量急速測定法

含水量測定に急速測定法を用いるときにはあらかじめ各現場の代表的な試料をえらびJIS A 1203により求めた含水比と比較し相関性を求めておく必要がある。なお砂質系の試料ではJIS A 1203の方法で測定した値と比較的よい一致をみるが，細粒土については，測定も困難であり精度もよくない。

急速測定法の主なものは次のとおりである。

(i) 急速乾燥法

(a) フライパン焙乾法

試料をフライパンに入れて へら でかきまぜながらストーブまたは電熱器などで熱して乾燥させる方法である。乾燥時間は土の種類により異なり普通5分ないし20分を要する。この方法は熱により変質するおそれのある粘性土および有機質を含んだ土などには不適当である。

(b) アルコール燃焼法

試料を磁器平底の容器に入れて，試料が泥状になるまでアルコールを加えてかき回し点火してガラス棒でかき回しながら燃焼させる。試料が十分乾燥するまでその操作をくり返す。砂質土であれば3回

くらいで十分乾燥する。アルコールの燃焼により変質のおそれのある粘性土および有機質土には不適当である。

(C) 赤外線乾燥法

赤外線ランプにより試料を照射し急速に乾燥させる方法である。ランプと天びんを組合せた試験器も市販されている。この種の市販されている器械の天びんは一般に非常に敏感で衝撃やほこりを嫌うからあまり持ち運びはしないようにした方がよい。

更にこの器械は土の含水量のみならずいろいろな物質の含水量を測定するために作られている。すなわち高熱で分解するような物質に対しても使用出来るよう供給電圧を調節することにより赤外線電球の照射温度を調節する事が出来るようになっている。だから上述の方法では測定出来ないような有機質土の含水量を，この方法で測定する事が出来る。

乾燥時間は土の種類，乾燥，温度，含水量によって変ってくるが大体10～30分である。

(ii) ピクノメーターによる方法

土粒子の比重G_sがわかっているか，または仮定できる場合に用いられる方法で 図9.7.1.1に示すガラス容器と真ちゅう製の円すい形ふた（頂部に直径6mmの孔があいている）からなるピクノメーターを用いるのが便利である。

まず ふた をしたピクノメーターに水を満たして容器ごとの重さW_1を計り，つぎに重さW_2（普通400gないし500gを使う）の試料土をなかば空にしたガラス容器中に入れてよくかきまぜ，空気を十分に追い出してから ふた をして再び水を一杯に満たし，その時の容器ごとの重さW_3を計る。この時の含水比（w）は9.7.1.2式で表わされる。

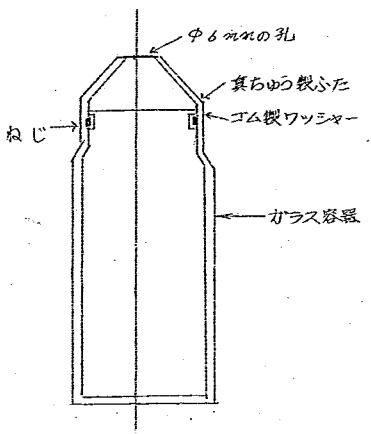


図9.7.1.1 含水量測定用ピクノメーター

$$w = \left\{ \frac{W_2 (G_s - 1)}{G_s (W_3 - W_1)} - 1 \right\} \times 100\% \qquad (9.7.1.2)$$

（また図9.7.1.1のピクノメーターのかわり広口びん とその上に密着できるガラス板を用いてもよい。）

(iii) 簡易濃度計による方法

濃度のわかっている砂糖溶液中に試料を加えれば，砂糖溶液は土の中に含まれている水分のためにその濃度が減少する。その濃度を測定することによって含水比を求める方法である。

濃度の測定は簡易濃度計（屈折計）を用いる。

この方法は粗粒土については測定が容易であるが細粒土については困難であり結果の ばらつき が大きい。

(iv) カーバイトによる方法

粉末カルシウム，カーバイトが水と化合してアセチレンガスを発生する原理を応用したものであり，試料と粉末カルシュウム，カーバイトを密閉した容器内で混合し発生するアセチレン・ガスの圧力を測定する。このガスの圧力から試料の含水比を求める。

(v) 中性子線水分計による方法

この方法は，土を通常構成する元素のうちで水素だけが速中性子を弾性衝突により減速し，熱中性子化する能力があることに着目したものであり，熱中性子のみを計数とする検出器と速中性子源とを内蔵したプローブを目的とする土層中に差し込む。または地表面に安置して単位時間内に計数される熱中性子数を計数することによって，土の含水量を測定するものである。単位時間内に計数される熱中性子数は土の含水量と一定の関係があるが，土の中に熱中性子吸収断面積の大きな元素，たとえば，ホウ素，ベリュウム，マンガンなどが多量に含まれていると熱中性がその元素のために一部吸収されて，正確な値を得がたいことがあるから，現場の土が化学的に異常なものを含む場合は，その土の化学分析結果によって本試験方法の適用の可否を決定せねばならない。

この方法の特色は，現場でのサンプリングが不必要なこと，また目的とする土について，無破壊的にそのままの姿で測定できるので，測定がじん速であり，機動性に富むが，得られる値は速中性子源を中心とした半径約 20cm の球体内の土の平均含水量であるということに注意しなければならない。測定精土は土2％以下である。

4(3)

中性子線水分計による土の含水量試験方法
KDSK 9101-1961

1. 適　用

1.1　この規格は土の含水量を決定する試験一般に適用する。

1.2　土の含水量は，土の単位体積中に含まれる水素原子を水に換算した容積比として表わされ，したがって，土中の遊離水分のみでなく，結晶水，吸着水および水以外の化合物中の水素も含水量として表わされる。

1.3　結晶水，吸着水をもつ物質，有機物ならびに中性子吸収断面積の大きな元素を多量に含む土に対しては誤差が大になるので適用から除外される。ただし除外範囲については個々の土の化学分析結果より検討する。

2. 試験用具

2.1　測　定　器

深層土（深さ約30 cm 以上）の含水量測定には　そう入型　中性子線水分計（図－1）　表層土（表面から深さ約 20 cm まで）の含水量測定は表面型中性子線分計（図－2）を使用する。

2.2　カリブレーション曲線

含水量既知の物質について測定した含水量対毎分当りのカウント数曲線。

2.3　ケーシング（そう入型中性子線水分計に対してのみ使用）

肉厚1㎜程度　内径は水分計プローブの外径より4㎜程度大であるアルミまたはデュラルミン製のパイプ。

2.4　ゴ　ム　せ　ん

ケーシングの上下両端にはめ込み，地下水，雨水の浸入を防止するためのもの。

2.5　オーガーその他ボーリング用具（そう入型中性子線分計のみ使用）

ケーシングを　そう入する穴をほるもの。

2.6　直線定規（表面型中性子線水分計のみ使用）

地表面をならすことができる金属製のもの。

図　9.7.2.1

そう入型中性子線水分計

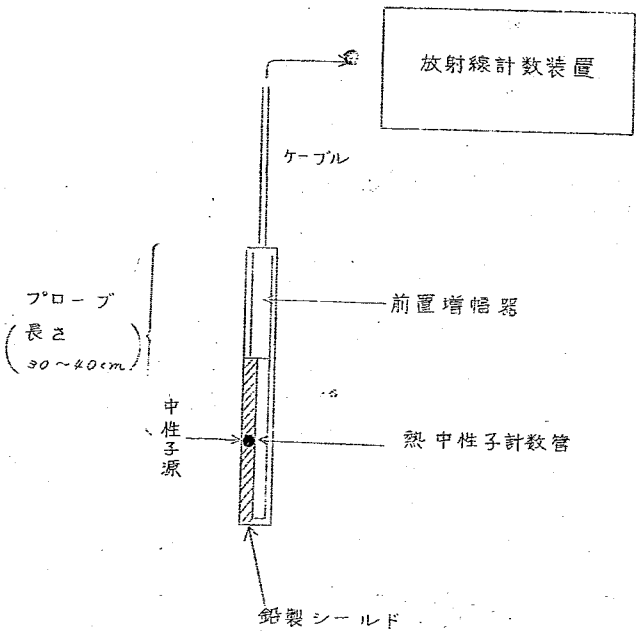
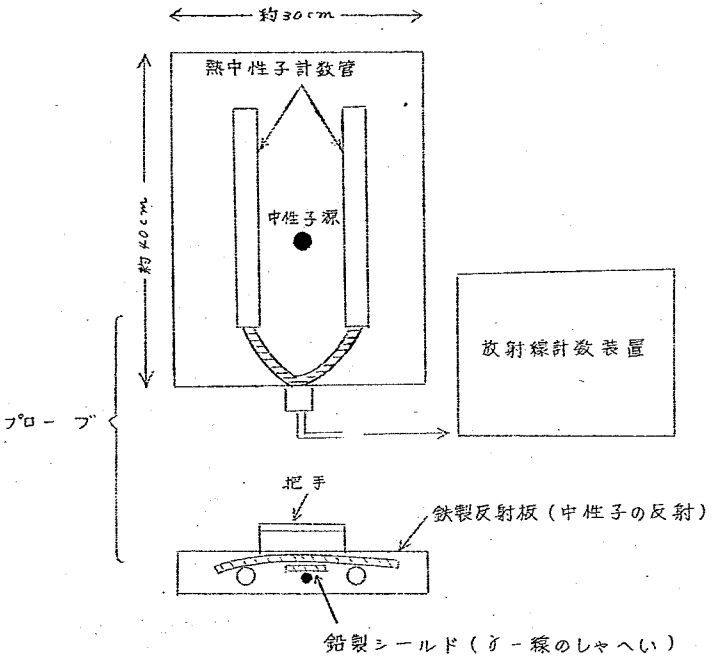


図　9.7.2.2.

表面型中性子線水分計



3.　深層土の含水量試験方法

3.1　ケーシングの埋設

測定すべき地面に目的とする最大の深さより20cm深く、土層をかくらんしないように注意して　せん孔し、ケーシングの下端をゴムせんをして埋め込み、ケーシングと穴との間げき　を　せん孔残土で充てんする。孔の径は管の埋設に支障がない限り、できるだけ小さくする。

3.2 試　験

3.2.1 プローブのそう入、測定

プローブ内に収容されている中性子源を測定すべき土層の位置に保って、3分～数分間のカウント数を求め、1分間のカウント数を求め、1分間当りの計数値に直す。

レートメーターの場合は時定数の少なくとも5倍の時間を置き、そのときのメーターの指示をとる（1分間当りの計数値）

3.2.2 カリブレーションの曲線によって1分当りの計数値の単位体積の土当りの水の含量に換算する。

4. 表層土の含水量試験方法

4.1 試　験　順　序

4.1.1 測定すべき地表面のゆるんでいる土、草、ごみ 等を除去し、50cm × 50cm 程度の面積を、直線定規で注意深く整地する。

4.1.2 プローブを整地された地面の上に置く

4.1.3 3～数分間測定し、1分間当りの計数値を求める。レートメーター使用の場合は、時定数のすくなくとも5倍の時間を置き、そのときのレートメーターの指示（1分間当りの計数値）をとる。

4.1.4 カリブレーションの曲線によって、1分間当りの計数値を単位体積の土当りの水の容量比に換算する。

5. 含　水　比　の　計　算

同一の場所で測定したγ一線散乱型密度計による土の単位体積重量の測定結果から、次式によって含水比を得る。

$$\text{含水比} = \frac{\text{土の含有水量（g/c.c）}}{\text{土の単位体積重量（g）} - \text{土の含水量（g/c.c）}}$$

421
例題

JIS A 1203	土の含水量試験	記録用紙

$$\frac{WW\ (湿潤土+容器の重量)-DW\ (乾燥土+容器の重量)}{DW\ (乾燥土+容器の重量)-TW\ (容器の重量)}\times 100$$

$$=\frac{Ww\ (試料中の水の重量)}{Ws\ 乾燥土の重量}\times 100 = 含水比\%$$

WW測定日時試験名および試料番号	含水比の測定			含水比 %	WW測定日時試験名および試験番号	含水比の測定			含水比 %
9月3日7時		No. D16			9月3日10時		No. D29		
	WW 71.388	DW 54.357				WW 70.336	DW 34.769		
	DW 54.357	TW 29.995				DW 34.769	TW 26.832		
	Ww 17.031	Ws 24.362		69.9		Ww 35.567	Ws 7.937		448.1
9月3日7時		No. D111			9月3日10時		No. 20		
	WW 72.576	DW 53.209				WW 74.552	DW 55.199		
	DW 53.209	TW 27.677				DW 55.199	TW 22.841		
	Ww 19.367	Ws 25.532		75.9		Ww 19.353	Ws 32.358		59.8
9月3日7時		No. 49			9月3日10時		No. D13		
	WW 83.954	DW 63.150				WW 53.710	DW 33.217		
	DW 63.150	TW 24.901				DW 33.217	TW 25.642		
	Ww 20.804	Ws 38.249		54.4		Ww 20.493	Ws 7.575		270.5
9月3日7時		No. 30			9月3日10時		No. 1		
	WW 84.282	DW 61.022				WW 57.119	DW 29.046		
	DW 61.022	TW 23.415				DW 29.046	TW 20.478		
	Ww 23.260	Ws 37.607		61.9		Ww 28.073	Ws 8.568		327.6
9月3日7時		No. D59			9月3日10時		No. D114		
	WW 75.107	DW 61.326				WW 35.348	DW 20.109		
	DW 61.326	TW 27.895				DW 20.109	TW 28.290		
	Ww 13.781	Ws 33.431		41.2		Ww 15.239	Ws 41.819		36.4
9月3日7時		No. 16			9月3日10時		No. D102		
	WW 79.128	DW 61.340				WW 81.433	DW 63.537		
	DW 61.340	TW 27.758				DW 63.537	TW 25.927		
	Ww 17.788	Ws 33.582		53.0		Ww 17.896	Ws 37.610		47.6

9月3日9時	No. D100			9月3日10時	No. 6	
	WW 63.482	DW 40.778			WW 70.017	DW 55.008
	DW 40.778	TW 27.996			DW 55.008	TW 20.333
	Ww 22.704	Ws 12.782	197.6		Ww 15.009	Ws 34.675	43.3
9月3日9時	No. 7			9月3日10時	No 26	
	WW 51.530	DW 29.068			WW 67.276	DW 53.690
	DW 29.068	TW 26.019			DW 53.690	TW 20.086
	Ww 22.462	Ws 3.049	756.7		Ww 13.586	Ws 33.604	40.4
9月3日9時	No. 36			9月3日10時	No D.19	
	WW 50.892	DW 26.875			WW 60.042	DW 29.736
	DW 26.875	TW 22.460			DW 29.286	TW 23.222
	Ww 24.007	Ws 4.415	543.8		Ww 30.763	Ws 6.064	507.3
9月3日9時	No. 2			9月3日10時	No. D.31	
	WW 54.918	DW 33.664			WW 57.690	DW 31.910
	DW 33.664	TW 28.645			DW 31.910	TW 22.971
	Ww 21.254	Ws 5.019	423.5		Ww 25.780	Ws 3.939	654.5

9.8 土の粒度試験

土の粒度試験は JIS A 1204 — 1950 "土の粒度試験方法" によるものとする。

解　　説

土の粒度とは、土を構成している土粒子の個々の大きさの分布状態を重量百分率であらわしたものである。粒度を測定する方法は比較的大きな粒子に対しては ふるい分けを用い、それより小さな粒子に対しては比重計法を用いる。砂、粘土などの呼称は粒径範囲によって規定されているが、その境界の取り方は分類法により幾分異っている。図 9.8.1.1 に JIS による分類を示した。

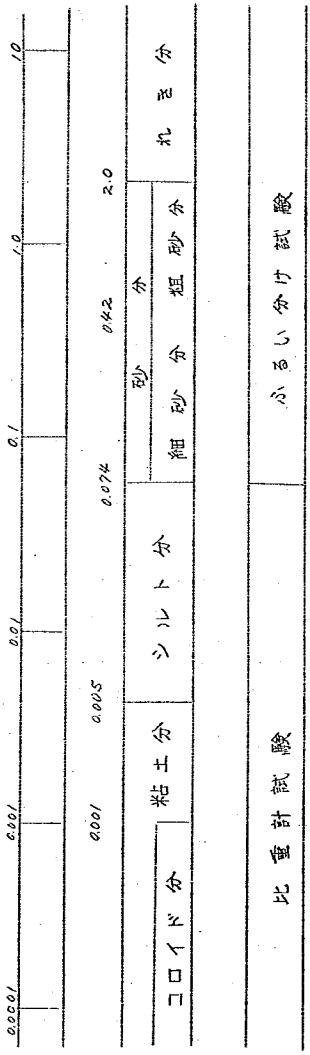


図 9.8.1.1 粒径による分類

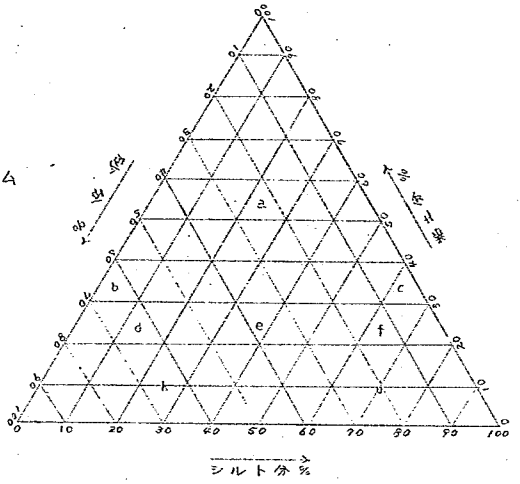
特にシルト分、粘土分の重量百分率を区分する必要のない場合、たとえば、一般の土工設計に際しての土質分類の場合などには、比重計法を省略し、74μ ふるいまでの ふるい分け（洗い分析）より粒度試験を行うことができる。

JIS A 204	土の粒度試験結果	報告用紙

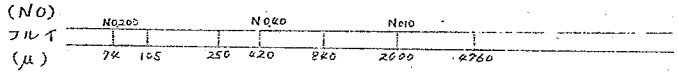
調査名・目的　七宗道路その8工事

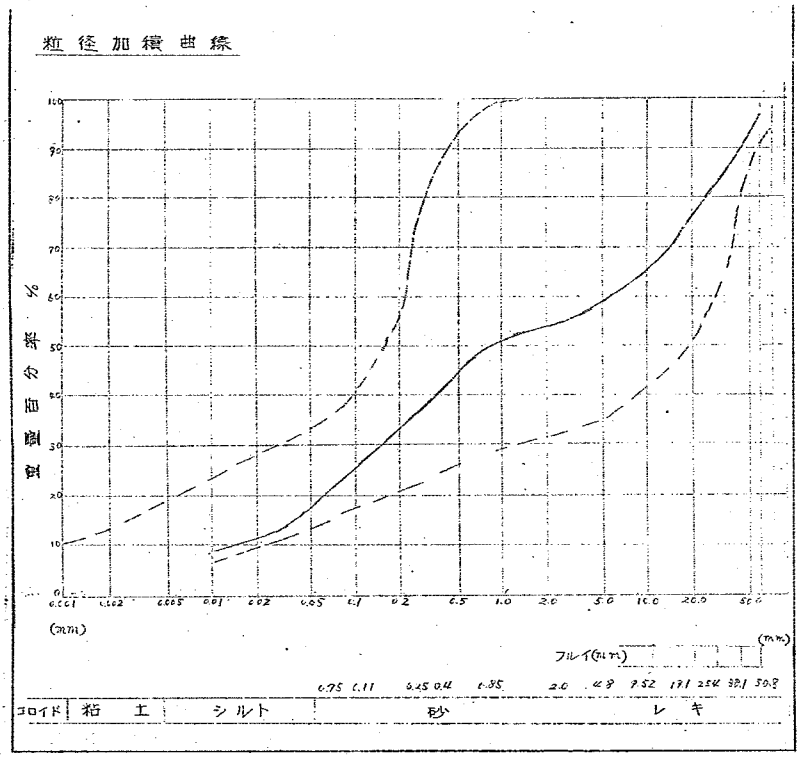
2000μフルイ通過試料の粒度による土の分類名

a　粘土
b　砂質粘土
c　シルト質粘土
d　砂質粘土ローム
e　粘土質ローム
f　シルト質粘土ローム
g　砂
h　砂質ローム
i　ローム
j　シルト質ローム



試料番号	レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	10%径 mm	均等係数	2000μフルイ通過率%	420μフルイ通過率%	74μフルイ通過率%	三角座標上の記号	三角座標法による分類	備考
173	45.32	36.61	12	6	80	6.0	0.012	500	54.68	44.43	25.40	ん	砂質ローム	レキマジリ
186	43.47	47.53	9	5	100	22.0	0.02	1100	56.53	25.77	16.09	ん	〃	〃
146	0.	68.0	13	19	1.0	0.24	0.001	240	100	33.07	35.98	ん	〃	





9.9 土の液性限界・塑性限界および収縮係数試験

土の液性限界、塑性限界および収縮係数試験は

JIS A 1205－1950 "土の液性限界試験方法"

JIS A 1206－1950 "土の塑性限界試験方法"

JIS A 1209－1950 "土の収縮係数試験方法"

の規定によるものとする。

解　　説

(i) 粘着性のある土は、含水量の変化によって液状、塑性、半固体状とその性質をかえる。

土の工学的性質を分類するためには、これらの各状態の限界を知ることが必要である。しかしこれらの土の性質は含水量の変化によって連続的に変化し、明確な限界点は認めにくい。よってＪＩＳにおいて一定の試験法を規定し、それらにより限界値を定めることにしている。これらの限界値の総称をコンシステンシー限界またはアッターベルグ限界とよぶ。

(I) コンシステンシー限界による諸係数

(i) 塑性指数 (PI)

塑性指数 ＝ 液性限界－塑性限界

(ii) 流動指数 (FI)

流動指数とは流動曲線の傾度をいう。

(iii) 液性指数 (LI)

$$液性指数=\frac{自然含水比-塑性限界}{塑性指数}=\frac{自然含水比-塑性限界}{液性限界-塑性限界}$$

(iv) コンシステンシー指数 (CI)

$$コンシステンシー指数=\frac{液性限界-自然含水比}{塑性指数}=\frac{液性限界-自然含水比}{液性限界-塑性限界}$$

(ii) 砂分が多く塑性限界の測定ができない土に対しては液性限界の測定を行なってはならない。

(iii) 特に塑性が高い粘土などて水になじみにくい土では試料に適当量の水（予想される限界値よりやや低い含水比になるような水量）を加えて十分混合した後、ふたつきの容器に入れ、1/2 時間以上含水量があまり変らないようにして放置した後試験を開始するのが望ましい。

(iv) 乾燥によりはなはだしく固結するおそれのある粘土に対しては自然含水比の試料について試験を始めることがよい場合がある。

42(78)

例題

JIS A 1205 A 1206	土の液性限界，塑性限界試験	報告用紙

調査名・目的　七宗道路その8工事．　試験期日　39年9月3日

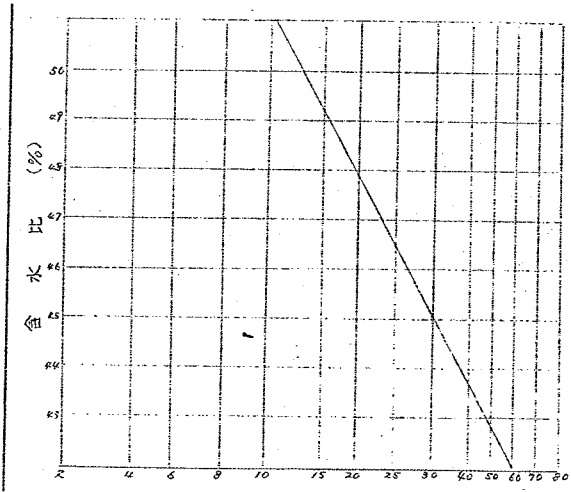
試料番号　No. 173　　試験者　T.T

液性限界試験

1	2	3
落下回数 46	落下回数 30	落下回数 22
No. 165	No. 103	No. 107
WW 30.87 DW 27.81	WW 30.42 DW 27.19	WW 29.60 DW 26.44
DW 27.81 TW 20.74	DW 27.19 TW 20.14	DW 26.44 TW 19.75
Ww 3.06 Ws 7.07	Ww 3.23 Ws 7.05	Ww 3.16 Ws 6.69
w = 43.28 %	w = 45.82 %	w = 47.23 %
4	5	6
落下回数 16	落下回数 13	落下回数
No 75	No. 123	No.
WW 29.13 DW 26.05	WW 29.28 DW 26.14	WW DW
DW 26.05 TW 19.74	DW 26.14 TW 19.87	DW TW
Ww 3.08 Ws 6.31	Ww 3.14 Ws 6.27	Ww Ws
w = 48.81 %	w = 50.08 %	w = %

塑性限界試験

1	2	3
No. 161	No 104	No
WW 28.76 DW 26.45	WW 30.16 DW 27.78	WW DW
DW 26.45 TW 19.54	DW 27.78 TW 20.67	DW TW
Ww 2.31 Ws 6.91	Ww 2.38 Ws 7.11	Ww Ws
w = 33.43 %	w = 33.47 %	w = %



液性限界 L_L
$= 46.55\%$

塑性限界 P_L
$= 33.45\%$

塑性指数 P_I
$= 13.10\%$

流動指数 $F.I_g$
$= 12.00\%$

備考：

試料は標準網フルイ420μを通過したもの。

参　考

(1) コンシステンシー限界の関係を模型的に示せば図 9.9.1.1のようである。

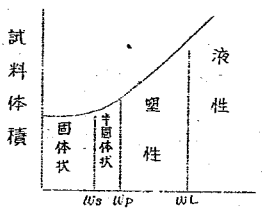


図　9.9.1.1

(2) 液性限界および塑性限界試験結果の応用

液性および塑性限界試験は乱した試料に対して行なわれるもので、したがってその結果は自然状態における土の工学的性質を直接表わすものでない。

しかしその土の大体の工学的性質を示しており、少なくとも土の分類に役立てることができるし、また、特にその土が鋭敏比の低い土であれば本試験の結果は直接基礎工学上の有効な資料となると考えることができる。

たとえば正規圧密された土に対しては、液性限界と圧縮指数との間には、次の 9.9.11 式のような関係が実験的に認められている。

$$C_c \fallingdotseq 1.3\,C_c = 0.009\,(W_L - 10) \quad \cdots\cdots 9.9.11$$

ここに

C_c ＝ 乱されない試料の圧縮指数

C'_c ＝ 乱した試料の圧縮指数

W_L ＝ 液性限界

ただし、自然含水比 $W_n \geqq W_L$, $W_L = 100$ 有機物を多量に含む土には適用しない。

9.10 土の遠心含水当量および現場含水当量試験

土の遠心含水当量および現場含水当量試験は

JIS A 1207－1950 "土の遠心含水当量試験方法"

JIS A 1208－1950 "土の現場含水当量試験方法"

の規定によるものとする。

解　説

土の遠心含水当量とは水で飽和された土が、重力の1,000倍に等しい遠心力を一時間受けた後に、なおその土のもっている含水量である。

従ってこの試験は土の保水性を知るために行なわれるものであって、土の透水性、毛管現象の程度および膨張性の有無などに関してある程度の資料を与えるので凍上性が問題になるような場合に役に立つことがあるといわれている。

また土の現場含水当量は、土がほぼ飽和の状態で吸水能力のなくなったときの含水量ということができるから毛管作用、膨張性などについてひとつの指針を与える。

例題

JIS A 1207 A 1209	土の遠心含水当量、現場含水当量試験			記録用紙
調査名・目的		試験期日	年 月 日	
試料番号		試験者		
遠心含水当量試験				現場含水当量試験
測定番号	1	2	3	No D29
ルツボ番号	No.5	No.4	No.8	WW 26.115 DW 34.769
ルツボ重量 W_{eg}	10.215	10.225	10.234	DW 34.769 TW 25.632
かわいたユシ紙の重量 W_{eg}	8.8	9.0	8.7	W_w 35.346 W_s 9.737
				現場含水当量 w_f = 36.39%

湿ったコシ紙の重量 Wd g	24.3	25.1	23.3
遠心分離後の（ルツボ＋濾紙＋土）重量 Wa g	1063.7	1063.2	1052.9
炉乾燥後の（ルツボ＋乾紙＋土）重量 Wb g	1150.5	1144.8	1062.5
Wa − Wd g	1045.6	1038.1	1028.5
Wb − We g	1041.7	1033.8	1033.6
(Wa−Wd)−(Wb−We) g	3.9	2.5	5.9
Wb − (Wc+We) g	20.2	13.1	30.2
遠心含水当量 Wc %	19.3	19.1	19.5
平均値	Wc = 19.3 %		

No 2
WW 54.56.0 DW 33.664
DW 33.664 TW 29.001
Ww 21.234 Ws 5.663
現場含水当量 Wf = 375.0%

No 1
WW 52.001 DW 29.046
DW 29.046 TW 26.901
Ww 22.955 Ws 3.085
現場含水当量 Wf = 361.6%

平均値 Wf = 361.6%

$$Wc = \frac{(Wa - Wd) - (Wb - We)}{Wb - (Wc + We)} \times 100$$

備考：

試験は2回行い、2個の試験結果を比較する。
その差は含水当量15%までのものは1%、15%以上のものは2%を超過してはならない。

試料は標準網フルイ #20 μを通過したもの

参考

土の遠心あるいは現場含水当量は粘着性土の分類の際に求められることがある。特に土工事に際して、排水不良な所、あるいは凍上危険地域に対しては、効果的な資料が得られる。

9. 土の可溶分含有量試験

110°Cで乾燥した土をビーカーに入れ、試料中の可溶成分が十分に溶解するまで かくはん したのち、24時間対値する。沈殿が終ったら上澄みを捨て、土の試料を炉乾燥し、その重量の減量の減少量をはかり可溶成分含有量を求める試験である。

解　　説

土の可溶性成分含有Sは　9.11.1-1　の式によって求める。

$$S = \left(1 - \frac{b}{a}\right) \times 100(\%) \qquad (9.11.1.1)$$

a：最初に炉乾燥した試料の重量（g）

b：水浸後炉乾炉した試料の重量（g）

試験に際して、上澄みを捨てるとき、細粒子が流出しないようにすることが必要である。また可溶成分が一度で十分溶解しないときには、かくはん　沈殿の操作を何度もくり返して行なう。

9.12 土の有機物含有量試験

土の有機物含有量を求める試験法としては重クロム酸カリおよび硫酸第一鉄アンモニウム溶液による酸化滴定法によるのがよい。さらに簡単には赤熱試験によることもできる。

解　　説

土壌有機物（全炭素量）定量法として数多くの方法があるが、ここでは操作が容易でありかつ得られた分析値に十分信頼のおける酸化滴定法について述べる。

本法は重クロム酸カリで有機物を酸化して残有する重クロム酸カリを第一鉄塩で滴定して消費された重クロム酸カリの量から有機物量を求める。

1. 試薬の調整および標定

(1)　0.4N重クロム酸カリ溶液　特級重クロム酸カリ20g蒸留水(以下単に水と称す。)500ccに溶かしこれに濃硫酸(比重1.84)500ccを少量づつ注意して加え全溶液を1000ccにする。

(2)　0.2N　硫酸第一鉄アンモニウム溶液

特級硫酸第一鉄アンモニウム40gを濃硫酸10ccを含んだ水に溶かし全溶液を500ccにする。

(3)　ジフェニルアミン溶液

ジフェニルアミン0.5gを濃硫酸100ccに溶かす。

(4)　0.2N過マンガン酸カリ溶液

特級過マンガン酸カリ6.320gを適量の水に溶かしたのち水で

1000ccにうすめ、これを2～3昼夜静置したのちガラスフィルターまたは石綿でろ過する。

(5) 0.2Nしゅう酸ナトリウム標準液

特級しゅう酸ナトリウム13.408を精ひょうし、内容1000ccのメスフラスコに移し水で標線までうすめる。

(6) 1:3 硫酸溶液

濃硫酸1容を水3容にうすめる。

まず最初に0.2N過マンガン酸カリ溶液を0.2Nしゅう酸標準液にて滴定しその力価を決める。内容100 ccの三角フラスコに0.2Nしゅう酸ナトリウム液25ccをホールピペットでとりさらに1:3硫酸液20 ccを加え約80℃に加熱する。一方ビュレットに過マンガン酸カリ液を入れ滴定する。液がわずかに微桃色を呈する点をもって終点とする。しゅう酸ナトリウム標準液25cc に対して過マンガン酸カリ液25ccを要するはずであるが実際には多いか少ないかとちらかである。今かりに24.25ccを要したとすれば過マンガン酸カリ液の力価(f)は $25 = 24.25 \times f$ $f = 1.03$ となり滴定cc数にfを乗ずればよい。以下同様に0.2N硫酸第一鉄アンモニウム液25ccをとり過マンガン酸カリ液で滴定してfで決める。硫酸第一鉄アンモニウム液25ccに対して過マンガン酸カリ液vccを要したとすれば硫酸第一鉄アンモニウム液の力価(f)は $f' = \frac{vf}{25}$ となる。ここではfは過マンガン酸カリ液の力価である。つぎに0.4N重クロム酸カリ液15.cc をビーカーまたは蒸発皿に水約100cc を満たした中に入れ指示薬としてジフエニルアミン液5～10 滴を加えガラス棒でかくはんしながら0.2N硫酸第一鉄アンモニュウム液で滴定し、溶液がきん(僅)青色を失ってで(鼠)緑色に変わる点を終点とし、重クロム酸カリ液一定量に対する硫酸第一鉄過液の量を決める。今かりに重クロム酸液15ccに対し硫酸第一鉄アンモン液vccを要したとすれば重クロム酸液15ccに当量の第一鉄アンモン液はvcc×f'となる。ここにf'は前述で求めた硫酸第一鉄アンモニュウム液の力価である。

2. 実験操作

よく粉砕した試料0.2～0.5g(有機物の少ない土では1～2g)を精ひょうし、100 cc の三角フラスコに入れこれに重クロム酸カ

り液15CCを加えよく振とうする。次にフラスコの口を小型ロートにて覆い加熱板または砂皿上に加熱しほう沸し始めてからさらに5分間煮沸したのちおろし、数分間空冷させたのち流水中ですみやかに冷却する。内容物をビーカーまたは磁製蒸発皿に水で洗い入れて全容を約250CCにする。次に重クロム酸カリの標定に準じて残存する重クロム酸カリを硫酸第一鉄アンモニウム液で滴定する。0.2N硫酸第一鉄アンモニウム液1CCは0.6mgの炭素または1.034mgの有機物に相当する。

(重クロム酸カリ液15CCの滴定に要した硫酸第一鉄アンモニウム液の滴定CC数) − (重クロム酸カリ液15CCを用いて土壌を酸化し残存重クロム酸液を滴定したCC数)

× 0.6 = 炭素量 (mg)

× 1.034 = 有機物 (mg)

赤熱試験

強熱減量より求めるが明確な量は得られない。

9.13 土の吸水膨張試験

土の吸水膨張試験はJIS A 1211－1953「路床土支持力比試験方法」における吸水膨張の規定によるものとする。

解　説

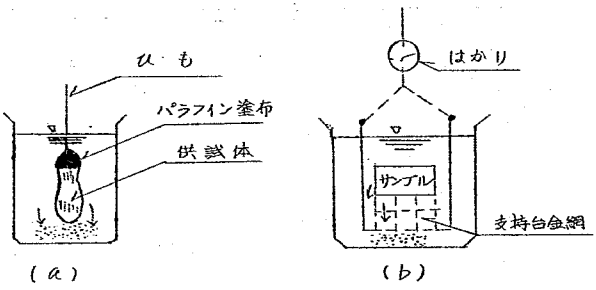
土が吸水すると一般に膨張する。膨張量が少ない土質ほど水に対する安定性が良いことを示している。良好な土質では膨張比は1％以下であり、腐食土では7～20％に達する。

9.14 土の崩壊試験

土の供試体を水中に浸漬してその崩壊していく状態を観測し土の水中における安定性を検討するための試験である。

解　説

これは定性試験で標準方法又は限界値は定められていない。一般に図9.14.1.1の(a)のような方法で供試体がまったく崩壊または切れ落ちるまでの時間をはかるものあるいは図9.14.1.1の(b)のような装置で一定量が崩壊沈殿するまでの時間をはかる方法とがある。



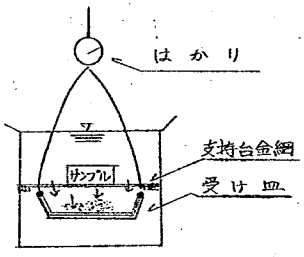


図 9.14.1.1

9.15 土の締め固め試験

9.15.1 実験室内締め固め試験

土を締め固める場合の含水量と得られる密度の関係を実験室内において知るためにはJISA1210－1970"土の突固め試験方法"の規定に従って試験を行なうことを原則とする。ただし標準篩ふるい4760μに残留する粗粒分の多い土に対しては、使用するモールドを内径15cmのもの(たとえばCBR試験用モールド)とすることができる。

締め固めた土の力学的性質を調べるための供試体を作製するために、実験室内において土を締め固める場合には、試験の目的、試料の性質に応じてモールドの寸法、締め固め方法を選ぶべきであり、特定の締め固め方法を定めない。

解　説

(a) 土を締め固めると、一定の方法によっても、締め固め時の含水量によって得られる密度が違う。一般に乾燥した土の含水比を増加させながら締め固めを行なうと、締め固まった土の乾燥密度は、締め固め時の含水比の増加にともなって増大し、飽和度80～95%付近で最大に達し、以後は漸次減少する。この最大乾燥密度を生じた含水比を、その締め固め方法による最適含水比という。

締め固め試験方法の違いによって、最適含水比、最大乾燥密度は変わるから、これらの数値を称するときには、かならず試験法名をつけなければならない。(たとえば"JISA1210の最適含水比"というようによぶ)

(b) 締め固め試験によって得られた乾燥密度－含水比曲線を描くときには 9.15.1.1 式により、飽和度一定曲線および 9.15.1.2 式により空気間げき率一定曲線を描いておくことがのぞましい。

$$\gamma_d = \frac{\gamma_w}{\frac{1}{G_s} + \frac{w}{S_r}} \qquad \text{9.15.1.1}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_w (100 - V_a)}{\frac{100}{G_s} + w} \qquad \text{9.15.1.2}$$

ここに γ_d ： 乾燥密度（g/cm^3）
γ_w ： 水の単位体積重量≒ $1g/cm^3$
Sr ： 試料の飽和度（%）
V_a ： 試料の空気間げき率（%）
w ： 試料の含水比（%）
G_s ： 土粒子の比重

$Sr = 70\%, 80\%, 90\%, 100\%$ ならびに $V_a = 15\%, 10\%, 5\%, 0\%$ として 式 15.1.1 および 式 15.1.2 式により γ_d と w の曲線を描けばよい．$Sr = 100\%$ の曲線を特に零空げき曲線と称し，少なくともこの曲線は必ず描いておく必要がある．

これらの曲線は土粒子の比重 G_s によってわかるから，曲線上に G_s の値も併記しておく必要がある．

(c) 日本の細粒土の多くは，JIS A 1210 の最適含水比より高い自然含水比をもっている．このような土質に対しては，実際に困難であるから施工に際して予想される含水比（多くの場合自然含水比）において，突き固め回数をかえて（たとえば10回，25回，55回，100回，というように）突き固め試験を行ない，回数の増加にともなう密度の増加を知るための試験を行なっておくことも必要である．

また一般に自然含水比の高い細粒土は，締め固め試験にあたって準備する試料の乾燥程度によって得られる乾燥密度～含水比曲線が異なるのが普通である．よって試験結果には，試験を開始するにあたっての土の乾燥程度（含水比）を明記しておかなければならない．

(d) JIS A 1210 の突き固め試験は，標準網ふるい，4760 μを通過した試料について行なうことを規定している．試料中にそれより粗な粒子を重量比で約40%以上含んでいる土に対しては，

i) JIS A 1210 のモールド（内径 10 cm）を用いる場合，試料中の粗粒子の最大寸法を標準網ふるい 19.1 mm を通過するものまでゆるしてよい．このふるいに留まる粗粒子は月重量だけ，標準網ふるい 19.1 mm を通過し，標準網ふるい 4760 μに留まるものと入れかえる．注）この場合，含水量測定には約500 gの試料をとる．

ii) 内径 15 cm のモールド（たとえばCBR試験用モールド）を用いる場合

試料中の粗粒子の最大寸法を標準網ふるい 38.1 mm を通過するものまでゆるしてよい．この ふるい に留まる粗粒子注2) は除去し

i)のような より細かい粒子との置換は行なわない。この場合含水量の測定には約2000gの試料をとらなければならない。

土質工学会の土質試験法には掲載されていない K.P.S.Xではありません。

注1) 入れかえ分が重量比で約40%以上の場合には(ii)の方法による。

注2) 38.1mm ふるい に留まる粗粒分が非常に多い土について、特に突き固め試験を行なう必要がある場合は、できればより大きい内径を有するモールドを使用する。

(e) 使用するモールドの径 突き固め方法をかえた試験相互の関係は、次の締め固め仕事量Ecにより補正することとする。Ecは、9.15.1.3式によってあたえられる。

$$Ec = \frac{W_R \times H \times N_B \times N_L}{V} \quad \cdots\cdots (9.15.1.3)$$

ここに

W_R : ランマーの重量 (JIS A 1210の場合 2.5 kg)
H : ランマーの落下高 (〃 〃 30 cm)
N_B : 各層の突き固め回数 (〃 〃 25 回)
N_L : 層数 (〃 〃 3 層)
V : モールドの体積 (〃 〃 1000 cm³)

すなわち、CBR用モールドにスペーサーディスクを入れ、JIS A 1210のランマーを用い(落下高30cm)、3層に突き固め、JIS A 1210 と同じ突き固め効果を与えるためには(すなわちEcと等しくするためには)、各層の突き固め回数を55回とすればよい。

(f) 突き固め以外の方法による実験室内締め固め試験の方法の中、静的な荷重による締め固めについては JIS A 1211 CBR試験法の静荷重による供試体の作製方法を準用することができる。

(g) 現場における締め固め施工にあたって、締め固めの程度を規正するために、実験室内締め固めに対する締め固め度を用いることが多い。締め固め度は(9.15.1.4)式であたえられる。

$$Cr = \frac{\gamma_{df}}{\gamma_{dmax}} \times 100 \quad \cdots\cdots (9.15.1.4)$$

ここに Cr : 締め固め度 (%)
γ_{df} : 現場において締め固めた土の乾燥密度 (g/cm³)
γ_{dmax} : 実験室で特定の方法で締め固めて得た最大の乾燥密度

439
(392)

例　題

JIS A 210　土の突固め試験　I　記録用紙

調査名・目的＿＿＿＿＿＿　試験期日＿＿年＿＿月＿＿日

試料番号＿＿＿＿＿＿　試験者＿＿＿＿＿＿

モールド：内径 10 cm，体積 1.000 cm³ 重量 2.024 kg

ランマ：重量 2.5 kg，落下高 30 cm 突固め回数 25回(3層)

実験開始時の試料の乾燥状態：含水比 55.3 % 土粒子の比重 G_s = 2.68

測定番号	1	2	3	4
(試料+モールド)重量 g	3.089	3.240	3.318	3.375
試料湿潤重量 g	1.065	1.216	1.294	1.351
湿潤密度 γt g/cm³	1.065	1.216	1.294	1.351
含水比測定	No 11 Ww 3.100 Dw 2.780 Dw 2.780 Tw 2.195 Ww 0.320 Ws 0.585 w = 54.7 %	No 13 Ww 3.660 Dw 3.270 Dw 3.270 Tw 2.691 Ww 0.390 Ws 0.579 w = 67.4 %	No 15 Ww 3.598 Dw 3.295 Dw 3.295 Tw 2.467 Ww 0.303 Ws 0.628 w = 71.7 %	No 17 Ww 3.698 Dw 3.445 Dw 3.445 Tw 2.909 Ww 0.253 Ws 0.536 w = 75.1 %
	No 12 Ww 3.550 Dw 3.145 Dw 3.145 Tw 2.549 Ww 0.405 Ws 0.596 w = 55.8 %	No 14 Ww 3.720 Dw 3.467 Dw 3.467 Tw 2.713 Ww 0.253 Ws 0.754 w = 66.7 %	No 16 Ww 4.593 Dw 4.012 Dw 4.012 Tw 3.197 Ww 0.581 Ws 0.815 w = 71.3 %	No 18 Ww 4.833 Dw 4.150 Dw 4.150 Tw 3.104 Ww 0.683 Ws 0.946 w = 72.2 %
平均含水比 w %	55.3	67.1	71.5	75.0
乾燥密度 γd g/cm³	0.686	0.728	0.755	0.774
測定番号	5	6	7	8
(試料+モールド)重量 g	3.443	3.462	3.463	3.437
試料湿潤重量 g	1.419	1.438	1.439	1.413
湿潤密度 γt g/cm³	1.419	1.438	1.439	1.413
	No 19 Ww 4.350 Dw 3.935 Dw 3.935 Tw 2.425 Ww 0.415 Ws 1.070	No 21 Ww 4.530 Dw 3.920 Dw 3.920 Tw 2.558 Ww 0.610 Ws 1.182	No 23 Ww 5.012 Dw 3.962 Dw 3.962 Tw 2.817 Ww 1.050 Ws 1.145	No 25 Ww 5.510 Dw 4.218 Dw 4.218 Tw 2.968 Ww 1.292 Ws 1.310

含水比測定	w= 79.9%	w=85.5%	w = 91.7 %	w= 98.6%
	No 20	No 22	No 24	No 26
	WW 50.85 DW 41.10	WW 57.05 DW 48.47	WW 52.25 DW 41.60	WW 53.60 DW 41.75
	DW 41.10 TW 28.87	DW 48.47 TW 29.57	DW 41.60 TW 30.00	DW 41.75 TW 29.78
	Ww 9.75 Ws 12.23	Ww 13.58 Ws 15.88	Ww 10.65 Ws 11.60	Ww 11.85 Ws 11.97
	w= 79.7%	w =85.5%	w= 91.8%	w= 99.0%
平均含水比 w %	79.8	85.5	91.8	98.8
乾燥密度 γd g/cm³	0.789	0.775	0.750	0.711

$$\gamma_d = \frac{100\gamma_t}{100+w}$$

備考：（土質工学会、土質試験より引用、P133）

図面は [ ]

試料は標準網フルイ 4760μを通過したもの

（土質工学会、土質試験法より引用 P134）

JIS A 1210	土の突固め試験 II	

調査名・目的 _____ 試料番号 _____

最適含水比 30.0 % [ ] 頁 の続き

最大乾燥密度 0.770 g/cm³

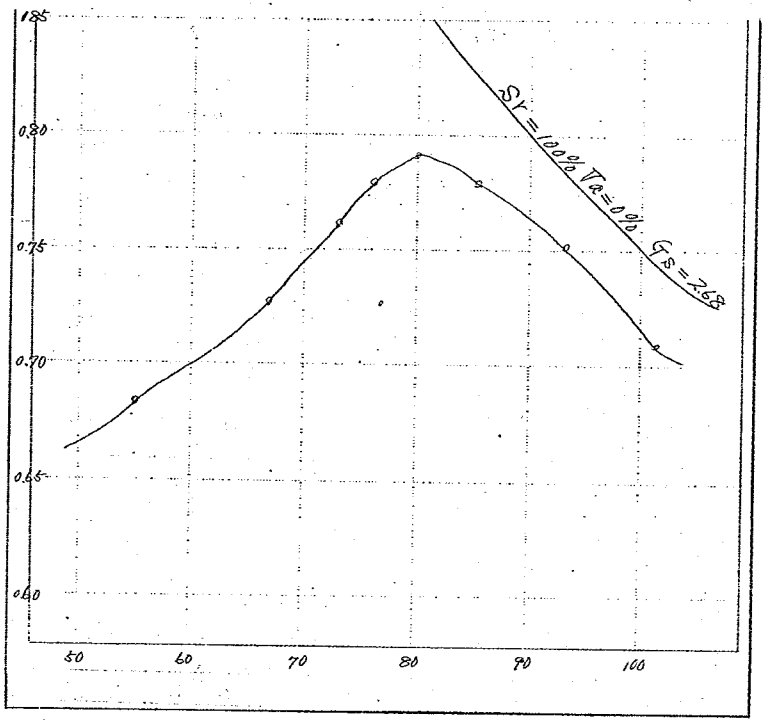
（注）乾燥密度は g/cm³ 飽和度 S% 含水比 w % との間の関係式

$$\gamma_d = \frac{G_s\gamma_w}{1+\frac{wG_s}{S}}$$

但し、G_sは粒子の比重： γ_d は水の単位容積重量 1g/cm³

S＝100％の場合 上式は零空隙曲線をあらわす。

441



参　考

(1) ＡＳＴＭの突き固め試験法について（ *Moisture-Density Rerations of Soils, Tentive Method of Test for* ）

ＪＩＳＡ　１２１０の突き固め試験方法はＡＳＴＭＤ　６９８－４２Ｔを原案として作成されたものである。しかしＡＳＴＭでは１９５８年に試験法を改訂し、あらたにＡＳＴＭＤ　６９８－５８Ｔなる仮規格を定めた。以下に改訂の主要点をのべる。

試験法は使用するモールドの径および試料の最大粒径に応じてＡ、Ｂ、

C および D 法の 4 法をとっている。

A 法： 4 in (10 cm) 径のモールドを用い No4 (4760 ml) ふるい 通過分について試験する。

B 法： 6 in (15 cm) 径のモールドを用い No4 (4760 ml) ふるい 通過分について試験する。

C 法： 4 in (10 cm) 径のモールドを用い 3/4 in (19.1 mm) ふるい 通過分について試験する。

D 法： 6 in (15 cm) 径のモールドを用い 3/4 in (19.1 mm) ふるい 通過分について試験する。

A, B, C および D 法のいずれによるかは試験目的に応じて指定することになっている。(A 法は JIS A 1210 と大体同一の方法である) なお 4 in モールドも、6 in モールドもモールドの高さは全く同じである。

A, B, C および D 法においては同一のランマー；落下高，および締め固め層数を用い (すなわち JIS A 1210 と同じ) ただ突き固め回数が A 法，C 法 (4 in モールドを使用するもの) では 25 回，B 法，D 法 (6 in モールドを使用するもの) では 56 回となっている。これは 7.15.1 B 式における E_c をすべて同一にするための操作である。

(2) くだけやすい土および水になじみにくい土に対する試験上の注意

くだけやすい粒子からなる土を、くりかえし突き固めると顕著に土粒子が細かくなり、土性が違ってしまう場合がある。また特に塑性が高い重粘土などで水になじみにくい土では、締め固め試験で順次水を加えて含水量を変化させるのに困難をきたすものがある。これらの土に対しては各締め固め操作ごとに別個の新しい試料を使用することが必要である。そして後者に対しては試料に水を加えて十分に混合した後、ふたつきの容器に 1 日時間以上おいても含水量があまりかわらないようにして放置しておくことがのぞましい。

(3) 締め固め試験法の種類

解説にのべた突き固め法、静荷重による方法の他に、振動による方法、タンパーの押しつけによる方法 (たとえば Harvard Miniature Compaction Test の方法)、試料の上に ふた をおきその上に打撃を加える一種の突き固め法 (たとえばイギリス Dietert Test の方法) などがあるが、日本ではあまり一般的でない。

(4) れき の混った土の密度の補正

締め固め試験においては、モールドの寸法に応じて試料中の粗粒子の最大寸法を制限している。（解説（4）参照）制限粒径より大きい寸法の　れき　を含んだ土については、実験室で制限粒径以下の試料について得た結果を、制限粒径により大きい　れき　の混入量に応じて補正して現場密度と比較するか、現場において制限粒径以下の土の密度を判定して、実験室における結果と比較しなければならない。

れき　の混入量に応じての補正法には、ウオルカー、ホルツ（Walker, Holtz）の方法[1]およびそれを改量したハンフリー（Humphres）の方法[2]があるが日本における適用性についてはまだ検討の余地がある。

(5) 高含水量の粘性土に対する締め固め度の規定

現場の締め固め施工にあたっては解説（3）にのべた密度の比による締め固め度Cγによるのが一般であるが、自然含水量の高い粘性土については、Cγにより規制すると施工上困難をきたし、施工を可能にするためには、きわめて低い締め固め度を規定しなければならなくなる場合がある。（図7.15.1.1参照）すなわち、Cγ≧70%という規定があれば、自然含水比はw_{70}より低くなければならないと見てよい。自然含水比がw_{70}より高い場合にはむしろCγによる規定によらずSγ85%以上、95%以下、あるいは空気間げき率10%以下、3～5%以上といった表現によって締め固め度を規定し、含水比の妥当性は、その含水比において締め固めた土の強さおよび変形特性が、目的に合致するかどうかをたしかめることにより判定する方がよいと思われる。

強度の判定は、締め固めた供試体について一軸圧縮試験などのせん断試験によるか、コーンペネトロメーターを用いての簡便法による。

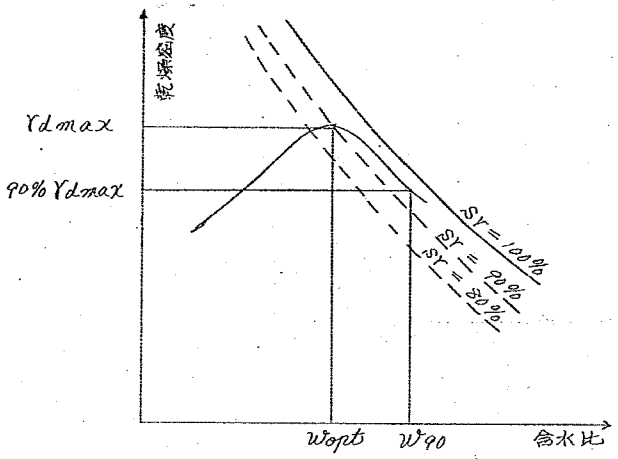


図 9.15.1.1

参考文献

(1) H.C. Walker and W.G. Holtz; "Control of embankment material by laboratory testing" Proc ASCE
1951, Sep. No 180
あるいは土質工学会『土質試験術説(第1集) P106

(2) H.W. Humphres; "A method for Controlling compaction of granular material" H.R.B. Bulletin 159, 1957
あるいは 久野悟郎"れき"の混った締め固め度の補正法について"
土木技術資料 Vol 3 No1 昭和36.1月号 P32

9.15.2 野外締め固め試験

実際の締め固め機械を用いて行なう締め固め試験は次のように分けられる。

(1) 工事に先だって締め固め施工法を決定するための試験

(2) 締め固め機械の性能試験を目的とする試験

(1)については、現場に試験盛土を設け、締め固め機種の選定、土質の選定、締め固め含水量の規定、まき出し厚さの決定、締め固め回数の決定、機械の組合せの選定、締め固め速度の検討などを行なう。

(2)については、特定の試験場を設け、数種の試験土について機械の締め固め性能を比較する。

解　説

(a) 試験条件

工事に先だって締め固め施工法を決定するための試験（以下現場締め固め試験と称する）においては、一般的には試験条件が以下にのべるように非常に多い。これをすべて満足する試験を行なうことはまず不可能である。よって現場の目的に沿い得なければならない最小限の試験条件を、あらかじめ十分検討の上決定しておくことが必要である。

(i) 締め固め機械の機種

現場において、使用機械は限定されるのが一般であるが、一般通説に反する機種の選定（粘土に振動式締め固め機を用いたり、砂にタンピングローラーを用いたりすること）はさける方がよい。重量をかえ得る機械ではできれば2段階以上荷重をかえる。

(ii) 土　質

現場の代表的土質を用いる。

(iii) 締め固め含水量

(a) 自然含水比がJIS A 1210の最適含水比より低い場合には最小限次の3種の含水比をえらぶ。

- 施工含水比（自然含水比がはなはだ低い場合は適当に散水する）
- JIS A 1210の最適含水比附近
- JIS A 1210の最適含水比より若干高い含水比

(b) 自然含水比がJIS A 1210の最適含水比より高い場合には試

験含水比を次のようにとる。

・自然含水比

・施工上可能であると判断されるまで乾燥した含水比

(iv) まき出し厚さ

使用機械および予想している施工能率とを考えて3～4種えらぶべきである。普通20cm，30cm，40cm，(50cm) ぐらいがよい。(重い振動式の機械を用いるときは50～100cmにとる)

(v) 締め固め回数

10～15回で終了するように計画する。締め固めた面が、締め固め回数を増すにつれ、はなはだしく沈下するような場合は、土が剪方流動を起したものと見て締め固めを中止すべきである。

(vi) 機械の組合せ

予備試験を数回施工し、適当と思われる組み合わせを予備的にえらんだ上で試験にかかる方がよい。

(vii) 締め固め速度

速度の影響は一般的に締め固め結果には、やや二次的なものであるが、必要な場合には数段階に速度をかえて試験する。

(viii) その他

タイヤローラーの場合にはタイヤの空気圧、振動式の機械では振動数、振動力を変化させる必要がある。

締め固め機械の性能試験を目的とする試験(以下締め固め性能試験と称する)の試験条件は大体、現場締め試験に準ずる。ただし、試験土は砂質土、粘土質土およびその中間ぐらいの粘性をもつ土質の3種をえらび、各機械について同一の試験土を使用するようにすることがのぞましい。

(2) 試験場の選定およびその準備

(i) 現場締め固め試験の場合

できるだけ平たんな、排水のよい場所をえらぶ。試験土をまき出す地盤は、試験に使用すると同等な機械で少なくとも5回締め固めた程度の剛性をもっていなければならない。試験土のまき出しに先立って地盤上に石灰を散布するなどの適当な方法により、境界を明りょうにしておき、試験後に原地盤の沈下の程度を判定できるような予備措置をとっておかなければならない。(原地盤の密度、含水比を測定しておくとよい)

各試験条件ごとに設定する試験区画の大きさは、使用機械に応じて適当にえらぶべきであるが、普通幅約4m、長さ約10m（ランマー小型の振動締め固め機を用いるときは長さは6mくらいでよい）を最小とする。

1試験区画が単一な試験盛土である場合、例のりは1：1程度とし機械の進入、退出のための坂道を設ける。坂道頂部と試験区画の間にはヨヘ4mくらいの平たん区間をおき、坂道部の影響が試験区画に及ばないようにする。

試験土のまき出しはできるだけ均等な密度になるようにすることが大切である。

降雨をさけるために試験区画をおおうキャンバス、ビニール布などを用意しておく。

(ii) 締め固め性能試験の場合

試験場が恒久的なものであれば、屋内の試験土そうによることがのぞましい。試験土そうによらない場合は、平たんな堅い地盤、できれば舗装した版土に試験盛土を作製するようにする。この場合も、降雨、日照りをさけるために屋根を設けることが必要である。

(C) 主な試験項目およびその測定方法

(i) 締め固め密度の測定

測定方法は9.16〝現場における土の密度の測定〟による。

(ii) 締め固め沈下量の測定

試験土質が特に悪いとか、機械が重すぎたとかの理由で土が側方流動を起す場合をのぞいて、締め固め効果を比較的容易に判定する方法の一つとして締め固め沈下量の測定がある。

表面沈下の測定はレベルと箱尺を用いるか、あらかじめ締め固めの影響をうけない、試験区画の両側に設置した くい の向に水糸をはり、それからの締め固め面の下がりを折尺などによって測定する。測点は試験区画内に10点以上設け、測定時には毎回同じ位置をはかるようにする。

締め固め面におうとつ（凹凸）が生じる場合、たとえばタイヤローラーを使用した場合などは、平均的な転圧面と想定できる高さで測定を行なわなければならない。

土層内部の沈下量を測定するには、5cm 平方ぐらいのセルロイド板などを深さ方向に約5cm の間隔に埋設し（埋設時にその高さを測

定しておく）これを数組設けておいて、各組ごとに所定の測定時に抜り出し、その沈下量を測ればよい。（セルロイド板の代わりにビニールなどの布切れを用いてもよい）

(iii) 締め固めた土の強度試験

一般に簡単な貫入試験機が用いられる（たとえば動的貫入試験機、コーンペネトロメーター、プロクターニードルなど）。なお貫入抵抗と締め固め度の関係を、この試験の際に確認しておくことは、後の施工管理試験のために役立つ。

(iv) 締め固め速度の測定

試験区間中の距離のわかった標点間を機械が走行する時間をストップウオッチで測ればよい。ランマー，振動式のコンパクターなどの場合には、面積既知の試験区間を締め固めるのに要する時間を測定する。

(d) 測定時

測定時としては、表 15.2.1 に示す程度を標準とする。ただし、これは締め固め回数を15回までとした場合のものであり、盛土内部の沈下量の測定は特に必要でない場合は省略することができる。

表 9.15.2.1

試験項目	測定時
含水比、密度	締め固め前・3.5、15回
表面沈下量	できれば毎回、少なくとも1.3.5.8.10.15回
盛土内部の沈下量	1.3.5.(10) 15回
貫入試験	締め固め前.1.3.5.8 10.15回
締め固め速度	毎回

また各測定時における各試験の測定は、試験区間内にできるだけランダムにとり、1箇所に集中しないようにすることが必要である。このためには試験前に測定位置を計画しておくことがのぞましい。

(101)

(e) 試験結果以外に記録にとどめるべき事項

各試験間の比較を容易にするために、試験データの他に次の各事項を記録しておかなければならない。

(i) 試験期日、天候

(その前1週間ぐらいの天候、雨量を書き加えておくことがのぞましい)

(ii) 締め固め機械

a) 機種

b) 主要寸法

c) 試験時の重量

d) 転圧面の寸法

(たとえばタイヤローラーであればタイヤの名称、タイヤの心々間隔、本数、複軸であれば前軸、後軸のタイヤの相対位置；ロードローラーであれば前後輪それぞれの転圧幅；ランマーであれば打撃面の寸法；タンピングローラーであれば1つのドラム幅)

e) 転圧性能

(たとえばタイヤローラーであればタイヤの空気圧；タンピングローラーであれば脚の長さ、数、配置；ロードローラーであればはねあがりの平均高さ、振動式の締め固め機であればその振動特性)

f) 自走しない機械の場合には けん引車について；

機種、重量、主要寸法、接地幅(ローラーの転圧面との相対的位置を示す。

(iii) 試験土

a) 土の粒度試験結果として粒径加積曲線、および粒度法による分類結果

b) 液性限界 塑性限界

c) JIS A 1210 突き固め試験結果(この他に転圧試験を行なったと同じ含水量で、突き固め回数の種類をかえて、乾燥密度～突き固め回数の曲線を描いておくと参考になる)

d) 土取場における含水量、密度

(iv) 試験場

a) 試験場略図

b) 試験区間の配置図(平面および層序)

c) 試験盛土下の地盤の状態

(V) 試験区画

a) 層　厚

b) 試験区画の寸法（盛土の寸法）

c) 試験時含水量

d) まき出し時（試験開始直前）の盛土の乾燥密度、締固め比、飽和度など

9.16 現場における土の密度の測定

現場における土の湿潤密度および乾燥密度の測定は砂置換法（JIS A. 1214－1983 "現場における土の単位体積重量試験方法"）およびカッター法によることを原則とする。後者はカッターの圧入の障害となる粗粒分を含まない粘性土に適用する。

また、調査の目的に応じてγ線を利用した密度計を利用することもできる。

解　説

(1) 砂置換法

1 使用器械

現場密度を測定するために掘った穴の中に、穴の体積を求めるための乾燥砂を一定の方法により、みたすことのできる砂容器（ビーカー、メスシリンダーなど）およびろとなど。規格化された器械としては、JIS A. 1214の単位体積重量測定器がある。

2 試験方法

(i) a) 試験個所の地表面を直ナイフなどで水平にならす．このとき地表面のゆるんだ土、れき あるいは ごみ などがあればそれをとり除く。

b) 中央部に試験孔の径に対応する円形の穴のあいた鉄板（約30cm平方の周囲に土がこぼれないように縁のついた鉄板、単位体積重量測定器におけるベースプレートにあたる）を、平らにした地表面に密着させ、板の穴の中の土をハンドスコップ のみ などを用いて掘る．掘り出した土はわずかの量も失わないようにビニール袋、密閉できる かん などの容器に入れる。

日光が直射している場合や風があるときは、特に夏季などは乾燥によって掘り出した土の含水量が変化しやすいので、作業はすばやくすみやかに行なうとともに、かさ つい立てなどによって日光、風を しゃへい することがのぞましい．

c) 穴の径は一般に10～20cm程度であるが、土に粗粒分が多いときは、大き目の穴を掘ることが必要である。試験孔の大きさは、表9.16.1.1を標準とする．穴の深さは大体径と同程度とし、壁面はできるだけ、なめらかに鉛直にすることが必要である。

表 9.16.1.1

試料の概略の最大寸法	試験孔の最小径
2.0 mm	10 cm
20 mm	15 cm
50 mm	20 cm

d) 試験孔から掘りとり、ビニール袋などの容器にうつした土の全重量Wをはかる．土の乾燥、漏失による誤差をふせぐために、測定は現場でただちに行なうことが必要である。

(ii) (i)によって掘削した試験孔の体積は次にのべる方法により準備し、単位体積重量を検定した試験用砂によって測定する。

a) 試験用砂は丸味のある粒径のそろった砂の、標準網ふるい 2000μ を通り、 420μ ふるい に留るものをえらぶ。砂はよく水洗して不純物をのぞき十分乾燥し、容器中に保存する。

b) 試験孔と同程度の体積をもつ砂の単位体積重量測定用容器（CBRモールドを代用してもよい）に、一定の方法で砂をみたす。その方法としては JIS A 1214 に規定されている単位体積重量測定器による方法、ろとを介してビーカーなどにいれた試験用砂を静かに注入する方法、あるいはスランプ試験に用いる突き棒の突回数の突き固めによって砂をみたす方法などであるが、いずれも3回以上のくりかえしによって標準ます にみたされた砂の重量の測定値の最大値と最小値の差が、平均値の0.5%以内となり、現場においても同じ方法によって操作でき、同程度の精度を確保できると考えられるものであればよい。

ます に入った砂の重量の平均値を ます の体積で除して試験用砂の単位体積重量 $\gamma_{t.s}$ を求める。

c) 試験用砂は検定時と現場において使用する場合と乾燥状態が違っていてはならない。従って現場に携行する場合は防湿した容器に入れておくようにするとともに、検定時には炉乾燥直後といったような、絶乾状態で試験してはならない。（空気中乾燥状態で試験する）

(iii) a) (i)に従って掘削した密度測定のための試験孔に、試験用砂を(ii)の検定の際に用いたと同じ方法によりみたす。穴に入った砂の重量 W_s は最初の砂と容器の重量から、穴に砂をみたした後に容器にのこった砂の容器ごとの重量を差引いて求める。

b) 試験孔の体積 V は

$$V = \frac{W_s}{\gamma_{ts}}$$

によってもとめる。W_s は試験孔をみたすに要した砂の重量 γ_{ts} は(ii) b)によって求めた砂の単位体積重量である。

c) 現場の土の湿潤単位体積重量 γ_t は次式から計算する。

$$\gamma_t = \frac{W}{V}$$

W は(i)により試験孔から掘り取った土の重量である。

(iv) (i)により掘り取った土の含水比を7の"土の含水量試験"に従って測定する。

(v) 土の乾燥単位体積重量 γ_d は次式によって計算する。

$$\gamma_d = \frac{100\gamma_t}{100+w}$$

ここにwは(iv)によって求めた土の含水比%である。

(vi) 試験上の注意事項

a) 砂置換法による密度の測定は原則として最大寸法が5.0 cm 以上の粗れき を含んだ土には適用しない。(ただし、試験孔の径を25～30 cm にすれば最大寸法、7.5cm 程度のれき を含んだ土に適用できる)

試験孔掘削中に5.0 cm 以上の れき が1～2個でてきた場合は、土をよくかきおとして別にしておき、掘り取った重量中には含めず、孔の体積測定時に、孔の中に入れ・砂を注入すれば、れきをのぞいた体積を求めることができる。

b) 試験孔の体積の測定の精度を上げるためには・JIS.A 1214 の単位体積重量測定器を用いるとよい。

c) 試験孔中に砂をみたすために突き砂法を用いる場合には、ベースプレートの穴にあったカラーを用い、カラー部分まで砂をみたしてから突き棒で突き、カラーを外して余分の砂をベースプレート表面にそってすきとり容器にもどすとよい。突き棒(スランプ試験に用いるもの)の突き数は穴の径が15cm位のときは15回位、25cm位のときは35回位がよい。

d) 一般にベースプレートを用いる場合、特に板厚が厚いときなどは、板の穴の部分の体積を求めておき、それを試験孔の体積測定値から差し引かなければならない。

(2) カッター法

1 使用器械

直径と、高さがともに7.5～10cm程度の薄肉円筒で、両端にカラーと刃先をつけることができる土の密度測定用のカッター、またはCBR試験用モールドに刃先をつけたもの

2 試験方法

(i) 試験個所の地表面を直ナイフなどで平らにならす。このとき地表面のゆるんだ土や れき などをとりのぞくことは(1)、2(i)と同じである。

(ii) 整形した地表面にカッター(モールド)をおき、静かに圧入する。

このとき衝撃的荷重をかけることはできるだけさけなければならないが、やむを得ないときはハンマーまたは木製かけや などで軽く打込む

(iii) 完全にカッター（モールド）が土中に入れば、カッター（モールド）の外側を掘り、底面がみだされないように下の土とのつながりを切ってからカッター（モールド）をとりだす。

(iv) とりだしたカッター（モールド）から刃先・カラーをとりはずして試料の上下面を へら などで整形する。これらの操作中にできた試料面の小さなくぼみには、けずりとった土を充てん する。

はく落部が大きい場合には試験をやりなおす。

(v) (iv)により整形した試料のカッター（モールド）ごとの重量をはかり、カッター（モールド）の重量を減じて試料のみの重量Wをはかる。Wをカッター（モールド）の内容積Vで除して湿潤密度 γ_t をもとめる。

(vi) カッター（モールド）内からとりだした土の含水比を"土の含水量試験"によって測定し、(i)～(v)によって乾燥密度を計算する。

(vii) この試験方法はカッター（モールド）の押し込みの障害となる れき などを含んだ土には適用できないが、そうでない土に対しては測定が簡便じん速であるので有用である。

カッターはなるべく薄肉のものがのぞましい。

(3) 土の塊りをとりだして測定する方法

この方法は粘性土に適し次の二方法がある。

一つは原地盤から採取した土の塊りを整形わくに入れ、ワイヤーソーあるいは糸のこで立方体状に成形し、物さし で各辺の長さをはかって計算により体積を求め、重量をはかって密度を求める方法である。

他の一つの方法は不規則な形をした土塊をとりだし、とかしたパラフィン中につけることにより全面をシールした後、水中に入れ、排除した水量から体積を知りその後、湯中でパラフィンと土を分離し、パラフィンのみの体積、重量を知って前項の測定値から引いて土のみの密度を求める方法である。これは固結した砂利まじり土にも適用される。

しかし、これらの方法は砂質性の土質については体積が大きく、つまり密度が小さくできることがあるので注意を要する。

(4) γ－線散乱型密度計による方法 (KDS K 9102－1961)

この方法は物質を構成する原子によるγ－線の散乱現象が物質の密度と一定の関係を持っていることを利用するものである・しかし物質の元素のうちで水素だけは他の元素と少し異ったふるまいをするので、土の含水比によって幾分かの補正を施す必要があり、実際には、経験的に求めた土の含水比によって分けた2～3種のカリブレイションカーブを使って測定を行なう・測定器はγ－線源と散乱γ－線検出器とを内蔵したプローブ部分と、計算装置により構成された・プローブ部品を目的とする土層中に挿入、または地表面に定置して、単位時間内に計数される散乱γ－線量を求めるものである・そのためこの方法ではサンプリングの必要はなく、また目的とする土について無破壊的にそのままの姿で測定するので測定が迅速であり、とくに同一の箇所である期間をおいて連続的に測定するのに適しているが、得られる値はγ－線源と検出器の中心との中点を中心とした半径約15cmの球体内の土の平均密度であるということに注意しなければならない。

測定密度は△dく土0.02 (g/cm³)である。

γ－線散乱型密度計による土の単位体積重量試験方法

1 適　用　　KDS K 9102－1961

1.1 この規格は土の単位体積重量を決定する試験一般に適用する。

1.2 土の単位体積重量はg/c.cで表わされる。

2 試験用具

2.1 測定器

深層土（深さ約30cm以上）の単位体積重量試験には挿入型γ－線散乱型密度計（図 9.16.4.1） 表層土（表面から深さ約20cmまで）の単位体積重量試験には表面型γ－線散乱型密度計（図 9.16.4.2）を用いる。

2.2 カリブレーション曲線

密度既知の物質について測定した密度対毎分当りのカウント数曲線、土の含水量水準によって2～3種類（たとえば0～20容量% 20～40容量%・40～60容量%）用意する。

2.3 ケーシング（挿入型γ－線背面散乱型密度計に対してのみ使用）

内厚1mm程度・内径は密度計プローブの外径より4mm程度大

であるアルミまたはデュラルミン製のパイプ

2.4 ゴ ム せ ん

ケーシングの上下両端にはめこみ 地下水、雨水の浸入を防止するためのもの

2.5 オーガー基地ボーリング用具（挿入型ひずみ線抵抗型土圧計のみ使用）

ケーシングを挿入する穴をほるもの

2.6 直線定規（表面型ひずみ線抵抗型土圧計のみ使用）

地表面をならす事が出来る金属製のもの．

9.164.1 そう入型γ線散乱型密度計

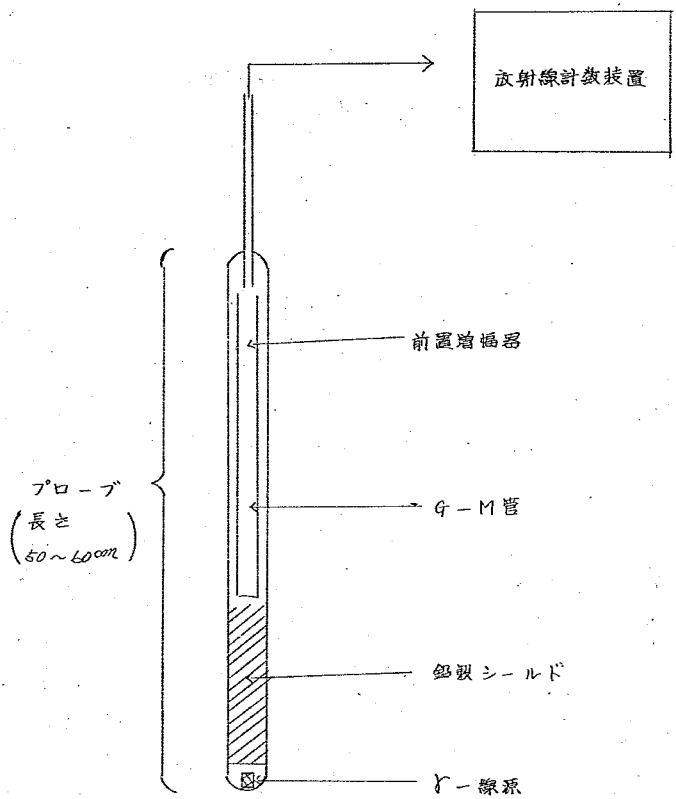
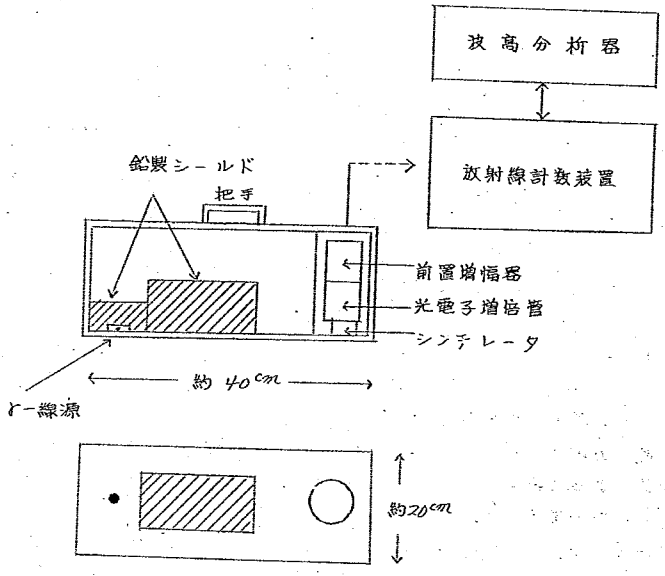


図 9.164.2　　表面型γ－線散乱型密度計



3　深層土の単位体積重量試験方法

3.1　ケーシングの埋設

測定すべき地面に目的とする最大の深さより 20cm 深く、土層をかくらんしないよう注意して せん孔し、ケーシングの下端をゴムせんをして埋め込み、ケーシングと穴との間げきをせん孔機土でてん充する。孔の径の管は埋設に支障がない限りできるだけ小さくする。

3.2　試験順序

3.2.1　プローブのそう入、測定

γ－線源と、γ線検出器の有効測定部分の中心との中点を測定すべき土層の位置に保って、3分～数分間のカウント数を求

(111)

め、1分向当りの計数値に直す。レートメーター使用の場合は時定数の少なくとも5倍は時向を置き、そのときのメーターの指示（1分向当りの計数値）をとる。

3.2.2 観察により判断した土の含水量の概略値に基いて適当なカリブレーション曲線を選んで1分向当りの計数値を単位体積重量に換算する。

4 表層土の単位体積重量試験法

4.1 試験順序

4.1.1 測定すべき地表面のゆるんでいる土、草、ゴミ等を除去し、50cm×50cm程度の面積定規で注意深く整理する。

4.1.2 プローブを整理された地面の上に置く。

4.1.3 3ヘ数分向測定し、1分向当りの計算値を求める。レートメータ－使用の場合は時定数の少なくとも5倍の時向を置き、そのときのメータ－の指示（1分向当りの計数値）をとる。

4.1.4 カリブレーション曲線によって一分向当りの計数値を単位体積の土当りの水の含水比に換算する。

5 土の乾燥単位体積重量の計算

同一の場所で測定した中性子線水分計による土の含水量測定結果から、次式によって乾燥単位体積重量を得る。

土の乾燥単位体積重量（g/cc）

＝土の単位体積重量（g/cc）－土の含水重（g/cc）

9.17 土の透水試験

9.17.1 実験室内試験

土の透水試験は乱さない試料および乱した試料の透水係数を決定する試験である．土の透水試験方法はJIS A 1218－1961 "土の透水試験法" の規定によるものとする．

解説

土の透水性は，土の力学的性質とともに，土の工学的性質を支配する重要な要素である．すなわち，アースダムや河川堤防の耐水性遮断工事の際の排水ポンプの容量，構造物の沈下の速度，路盤の排水性の問題などを決定したり検討したりする際に，つねに土の透水性が問題になる．

土中の浸透水の流れは一般にダルシーの法則に従う．土の透水係数はダルシーの法則によって求められる．すなわちダルシーの法則は

$$q = \frac{Q}{t} = kiA = k \cdot \frac{h}{L} \cdot A \qquad 9.17.1$$

ここに　q＝断面積Aの柱状の土中を単位時間に流れる水量（cm^3/sec）

Q＝同じくも秒間に流れる流量（cm^3）

i＝動水こう配

k＝透水係数　cm/sec

h＝損失水頭（cm）

L＝浸透流の流線の長さ（cm）

で与えられるから，透水係数は，他の値を実験で求めることにより計算で算定できる．

透水試験の結果を用いて原地盤の透水性を判断するには，原地盤と試験の試料の透水条件が必ずしも同じでないので，結果の利用に際しては慎重な技術的判断を必要とする．

参考

粘土などのような不透水の土の透水係数は圧密試験の結果を利用して，

9.17.1.2 式によって間接的に求めることができる。すなわち

$$k = \frac{a_v \cdot C_v \cdot \gamma_w}{1000(1+e)} \qquad (9.17.1.2)$$

ここで

k = 透水係数 (cm/sec)
e = 間げき比
a_v = 圧縮係数 (cm^2/kg)
γ_w = 水の密度 (kg/cm^3)
C_v = 圧密係数 (cm^2/sec)

9.17.2 原位置透水試験

原位置透水試験は地盤の透水係数を測るための試験で，地盤に井戸を堀り，水を注入またはくみだして，単一井戸または井戸と観測井戸を用いて水位を観測する試験である．原位置透水試験の方法は次に述べる方法によるものとする．

解　説

地盤の透水係数は，原位置から採取した土の試料を用いて室内透水試験を行なって，その結果からも推定することができる．しかし試料の透水状態と原位置のそれとは必ずしも同一でないことが多いので，現位置透水試験は土質工学上しばしば行なう必要が生じる．たとえば，貯水池底やダムの基礎の透水，地下水の排水などを検討する場合である．原位置透水試験の方法には次のようなものがある．

1) 揚　水　試　験

透水層を貫いて不透水層に達する井戸から水をくみだし，地下水位の低下を観測する試験である．

図 9.17.2.1 に示すように不透水層にはさまれた透水層の被圧地下水の場合と，9.17.2.2 に示すように自由地下水の場合とがある．

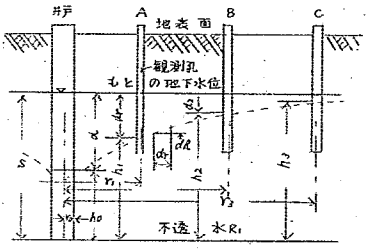


図 9.17.2.2

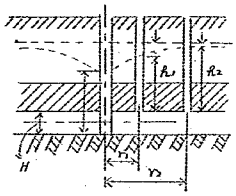


図 9.17.2.1

(i) 測 定 方 法

透水層を貫いて不透水層に達する井戸を掘り，井戸の中心線に2個またはそれ以上の観測用のボーリング孔を設ける．井戸から一定の割合（普通 200 ～ 250 ℓ/min ぐらいが適当である）で水をくみだし，その間に井戸内に浸透する水流が定常状態になるまでボーリング孔の水位を観測する．観測孔の水の観測は，くみだし当初で水位の変位の変化の大きい間は 15 分ごとに後には 30 分ごとに行なう．

(ii) 計 算

透水係数の計算は被圧地下水の場合および自由地下水の場合にそれぞれ(9.17.2.1)式および(9.17.2.2)式による．

被圧地下水

$$k = \frac{Q \log_e r_1/r_2}{2\pi H(h_1 - h_2)} = \frac{2.3Q \log_{10} r_1/r_2}{2\pi H(h_1 - h_2)} \quad \cdots\cdots 9.17.2.1$$

自由地下水

$$k = \frac{Q \log_e r_1 r_2}{\pi(h_1^2 - h_2^2)} = \frac{2.3Q \log_{10} r_1/r_2}{\pi(h_1^2 - h_2^2)} \quad \cdots\cdots 9.17.2.2$$

ここで k ： 透水係数（cm/sec）

Q ： 単位時間のくみだし量（cm^3/sec）

r_1，r_2 ： 観測孔と井戸の中心との距離（cm）

h_1，h_2 ： 不透水層から観測孔内の水面までの距離

H ： 不透水層にはさまれた透水層の厚さ（cm）

(iii) 測定上の注意

a) 土層が水平でなかったり，均一でなかったりする場合が多いから，観測孔はいくつかの半径方向に作り平均の水位をとるようにするのが

よい．

b）観測孔には径 30 ～ 37 mm の鋼管ケーシングを用い，打ち込んだケーシングの先端はくみだし前の地下水面より少なくとも $S/10$ 以上の深さまで達するようにする．

c）井戸に最も近い観測孔の位置は井戸の中心から $S/2$ 以上離し，他の孔はそれから更に $S/2$ の倍数ずつ隔てて設ける．

D）同一放射線上に三つ以上観測孔を設けて観測する場合には任意の2つのデーターを組み合わせて 9.17.2.1 式または 9.17.2.2 式によって透水係数を求める．

2）注入試験

この方法は地下水位より上の地盤中に掘った井戸に水を注入し，地下水の定常流の水面を観測する方法である．

(i) 観測方法

図 9.17.2.3 に示すように地下水で飽和していない地盤を貫いて不透水層に達する径 15 cm 以上の井戸を掘る．この井戸の中心を通る線上に2個またはそれ以上の観測用ボーリング孔を掘り不透層に達するようにする．井戸の中に一定の割合で水を注入しながら各種観測孔の水位を観測する．

観測は 15 分ごとに行なう．

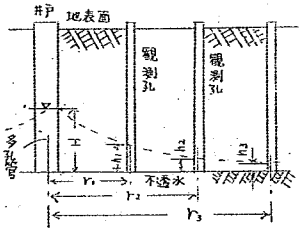


図 9.17.2.3

(ii) 計算

透水係数の計算 9.17.2.3 式による．

$$k = \frac{Q \log_e r_2/r_1}{\pi (h_1^2 - h_2^2)} = 2.3 \times \frac{Q \log_{10} r_2/r_1}{\pi (h_1^2 - h_2^2)} \quad \cdots\cdots 9.17.2.3$$

ここに

k ： 透水係数 (cm/sec)

Q ： 単位時間内の注入量 (cm^3/sec)

$r_1 \cdot r_2$ ： 井戸の中心から観測孔までの距離 (cm)

$h_1 \cdot h_2$ ： 観測孔の水深

(iii) 測定上の注意

揚水試験の際と同様の注意を行なう．

9.18 土の圧密試験

土の圧密試験は，土の側面を拘束して軸方向に排水を許しながら載荷するときの圧縮量および圧縮の速さを求める試験である．土の圧密試験の方法はＪＩＳＡ１２１７－１９６０"土の圧密試験方法"の規定によるものとする．

解　説

水で飽和した土を圧縮すると間げきの水がしぼりだされて体積が減少する．この現象を圧密という．粘土地盤などの上に構造物を築いたり，盛土をしたりする際に，つねに土の圧密が問題となる．圧密試験は，こういう場合の圧密沈下量，沈下の速度，および沈下の継続時間などを推定するために行なわれる試験である．

圧密試験から，圧縮係数，圧密先行荷重，圧密係数，体積圧縮係数，透水係数，一次圧密比などが求められる．圧密試験の構成を図示すれば図 9.18.1.1のようである．

参　考

(1) 圧密沈下量の算定

圧密試験の結果から原地盤の圧密沈下量を推定する方法に次のようなものがある．圧縮性地盤が多層からなり，各層の圧密特性を図9.18.1.1に示すように仮定する．

i) $e - \log P$ 曲線による方法

図9.18.1.2における軟弱層－iの中央における有効応力をP_{1i}とし，構造物または盛土による有効応力の増加分をΔP_iとすれば，軟弱層－iの試料の圧密試験から得られた$e - \log P$曲線（図9.18.1.3）を用い，P_{1i}および$P_{1i}+\Delta P_i$に対応するe_{1i}およびe_iを読みとることができる．

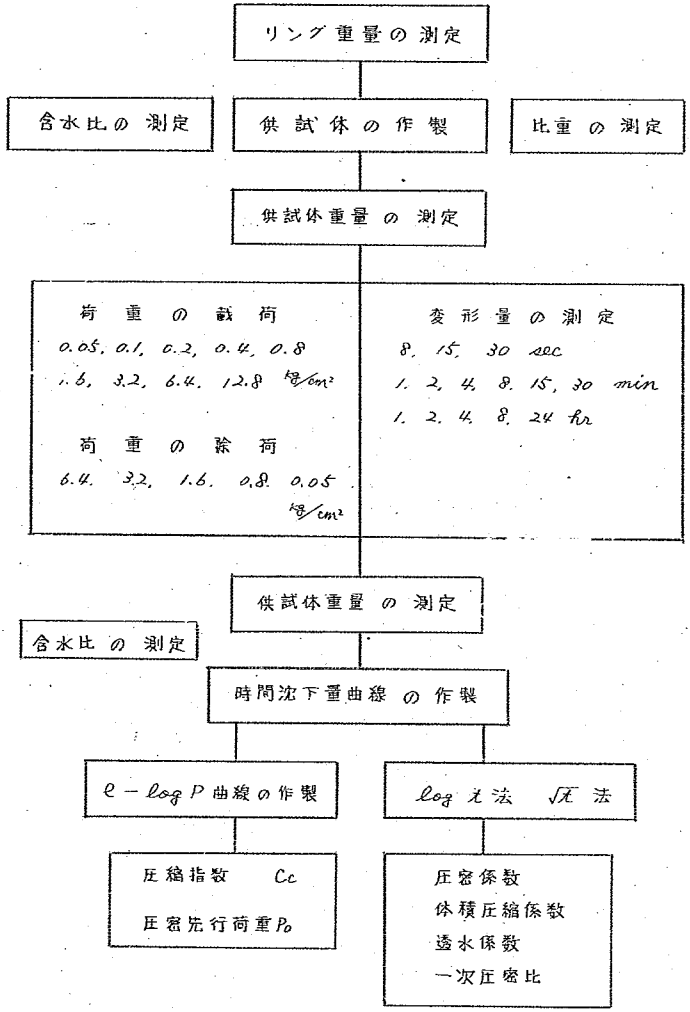


図 9. 18. 1. 1 圧密試験の構成

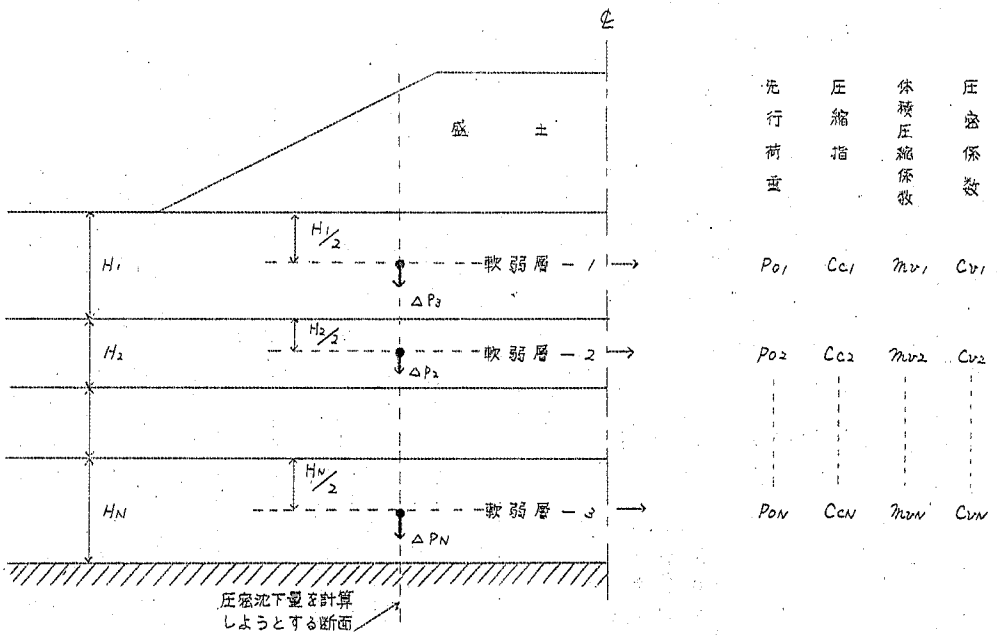


図 9.18.1.2　圧密計算説明図

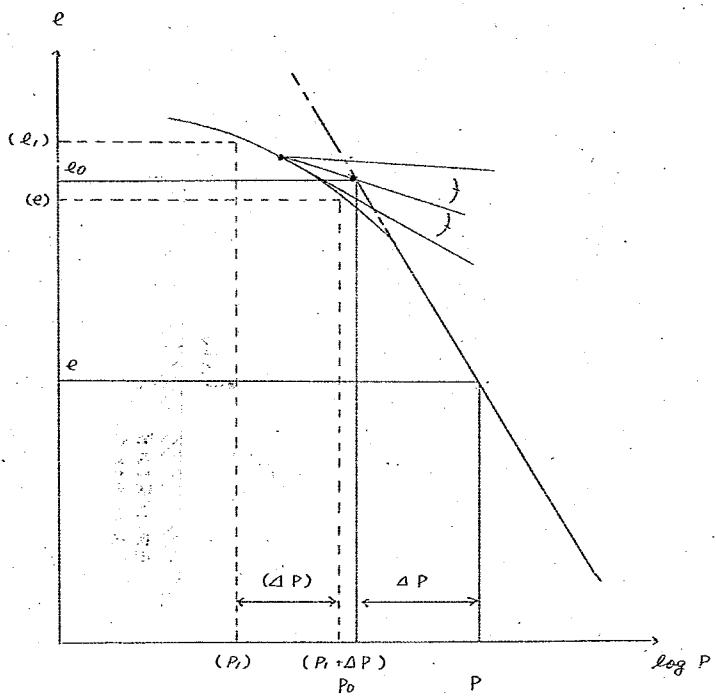


図 9.18.1.3　圧密試験における $e \sim \log P$ 曲線

したがってこの層の構造物または盛土による沈下量ΔS_iは，

$$\Delta S_i = \frac{e_{1i} - e_i}{1 + e_{1i}} \times H_i \qquad (9.18.1.1)$$

で与えられる．

各層についても同様であるから，全層の沈下量ΔSは

$$\Delta S = \sum_{i=1}^{N} \Delta S_i = \sum_{i=1}^{N} \frac{e_{1i} - e_i}{1 + e_{1i}} \times H_i \qquad (9.18.1.2)$$

で求めることができる．

なおこの方法は広く圧密沈下量の計算に用いることができるが，特に$e - \log P$曲線が直線にならない範囲の有効応力に対する圧密沈下量の計算にはこの方法によるのがよい．

(ii) 圧縮指数による方法

$e - \log P$曲線が直線となる範囲の有効応力に対する圧密沈下量は，圧縮指数C_cを用いて計算される．軟弱層－iの先行荷重をP_{oi}，そのときの間げき比をe_{oi}，載荷による有効応力の増加をΔP_iとすれば，この層の圧密沈下量ΔS_iは

$$\Delta S_i = H_i \frac{C_{ci}}{1 + e_{oi}} \log_{10} \frac{P_{oi} + \Delta P_i}{P_{oi}} \qquad (9.18.1.3)$$

で与えられ，したがって全層の圧密沈下量ΔSは

$$\Delta S = \sum H_i \frac{C_{ci}}{1 + e_{oi}} \log_{10} \frac{P_{oi} + \Delta P_i}{P_{oi}} \qquad (9.18.1.4)$$

で求められる．

なお，C_cと液性限界w_Lとの間にはつぎの関係が成りたつといわれている．

乱した粘土では

$$C_c = 0.007 (w_L - 10) \qquad (9.18.1.5)$$

鋭敏比の高くない，乱さない粘土については

$$C_c = 0.009 (w_L - 10) \qquad (9.18.1.6)$$

(iii) 体積圧縮係数による方法

軟弱層－iの圧密沈下量ΔS_iは，載荷による有効応力の増加をΔp_iとすれば，体積圧縮係数を用いて

$$\Delta S_i = m_{vi} \cdot \Delta P_i \cdot H_i \qquad (9.18.1.7)$$

で表わされる．したがって全層では

$$\Delta S = \sum_{i=1}^{N} \Delta S_i = \sum_{i=1}^{N} m_{vi} \cdot \Delta P_i \cdot H_i \qquad (9.18.1.8)$$

で求められる。

(2) 圧密沈下時間の算定

軟弱層の全圧密に要する沈下時間あるいはそれより少ない任意の圧密に要する沈下時間の算定は次の方法によって行なう。

圧密の途中の段階にある沈下量は 9.18.1.9 式のように、全沈下量に対する百分率で表わされ、これを圧密度という。

$$U = \frac{\text{沈下量}}{\text{全沈下量}} \times 100\ (\%) \qquad 9.18.1.9$$

9.18.1.9 式で定めた圧密度に対応する時間係数を図 9.18.1.4 から求める。任意の沈下量に達するまでに要する時間は、軟弱層が同一の C_v をもつ場合には、9.18.1.2 式で算出する。

$$t = \frac{T \cdot H_2}{C_v \times 60 \times 60 \times 24} \qquad 9.18.1.10$$

ここに

t ： 仮定した沈下量まで沈下するに要する時間（日）

T ： 仮定した沈下量に対応する時間係数

H ： 最大排水路離（粘土層の上下両面から排出されるとき粘土層厚の $1/2$、片面のみから排出されるときは全粘土層をとる）（cm）

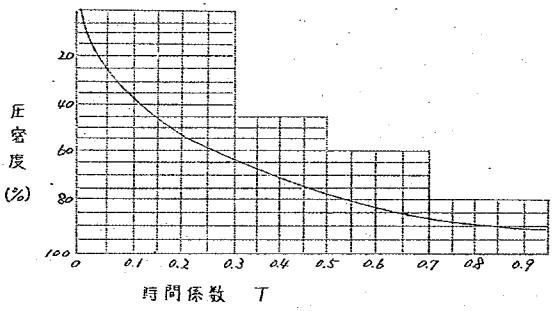
C_v ： 圧密係数（cm^2/sec）。圧密係数は粘土層の中央の先行荷重に対応する値をグラフを描いて求める。

軟弱層の圧密沈下時間の算定に際し、軟弱層が C_v の値を異にする多数の層からなっているときには、各層が C_{vi} なる圧密係数をもつ層におきかえ、その全層 H' は 9.18.1.11 式によって換算される。

$$H' = H_1 \times \sqrt{\frac{C_{v1}}{C_{v1}}} + H_2 \times \sqrt{\frac{C_{v1}}{C_{v2}}} + \cdots\cdots + H_i + \cdots\cdots + H_N \sqrt{\frac{C_{v1}}{C_{vN}}} \qquad 9.18.1.11$$

したがって換算された H' を用いて、同様にして 9.18.1.10 式から沈下時間を求めることができる。

図 9.18.1.4



U	T
0.1	0.008
0.2	0.031
0.3	0.071
0.4	0.126
0.5	0.197
0.6	0.287
0.7	0.403
0.8	0.567
0.9	0.848

(3) 載荷が時間とともに増加する場合の沈下量の補正

構造物が完成するまでに時間を要するから，全載荷が一時にかかることはない。 9.18.1.1 式などで算出した圧密沈下は，全荷重が一時に作用した場合であり，実際に応用するときは載荷速度に対する補正を要する。沈下量の補正法はつぎのようである。（図9.18.1.5参照）

(i) まず載荷開始時間0で全荷重が一時にかかったと仮定して沈下曲線0Cをえがく。

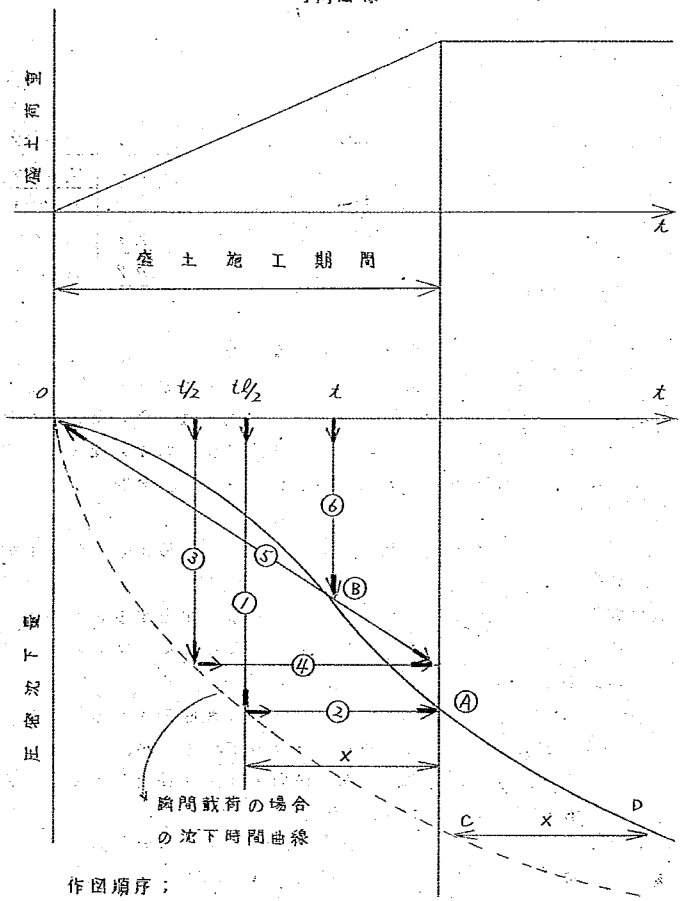
載荷期間を t_ℓ とすると，曲線0C上に $\frac{t_\ell}{2}$ に相当する沈下点を求める⑦。載荷終了のときはこの点まで圧密が行なわれるものとして，t_ℓ の下に㋐点をとる㋑。

(ii) 任意の時間 t における沈下量は，$\frac{t}{2}$ の点から垂線を立て⑤，沈下曲線と交わる点を求めこれを平行に移して t_ℓ の下にとる㋒。

(iii) この点と0と直線で結ぶ⑤。任意の時間 t における沈下量は，t から下した垂線⑥と⑤の交点Bで求められる。

(iv) 載荷終了の後の沈下は，沈下曲線の $t_\ell/2$ 以後の曲線を㋐点から t_ℓ 以後に平行移動して求める。

図 9.18.1.5 盛土施工時間を考慮した圧密曲線，時間曲線



作図順序；

(i) $t_{\ell}/2$ —①→ —②→ Ⓐ

(ii) 任意の $t \to t/2$ —③→ —④→ —⑤→ o

(iii) t —⑥→ Ⓑ

(iv) $t > t_{\ell}$ では $\overline{CD} = x$

例　題

JIS A 1217 | 土の圧密試験 I | 記録用紙

調査名　　試料番号 No. 1　　採取深さ 3.55 ～ 3.70 M
乱さない試料　試験期間 昭和39年9月4日 ～ 9月14日　試験者

載荷装置番号 No. 1　圧密箱の型：当初リング：圧密箱の番号 No. 1

圧密試験前の測定および計算		圧密試験後の測定および計算	
(圧密リング+供試体) 重量 W_1 g	139.5407	(圧密リング+供試体) 重量 W_2 g	126.5123
圧密リング重量 W_R g	74.9932	(圧密リング+乾燥供試体) 重量 W_3 g	93.7514
供試体重量 $W_2\ W_R$ g	64.5475	供試体含水重量 (W_2-W_3) g	32.7609
供試体高さ h_0 cm	2.0000	乾燥供試体重量 (W_3-W_R) g	18.7582
供試体断面積 A cm	28.2700	土粒子の比重 G_s	2.05

No. 10	No. 5	No.	No.
WW 73.685 DW 38.055	WW 71.775 DW 38.823	WW DW	WW DW
DW 38.055 TW 22.934	DW 38.823 TW 25.045	DW TW	DW TW
W 38.630 W 15.121	W 32.952 W 13.778	W W	W W
w_0 = 235.6%	w_0 239.2 %	w_f %	w_f %
平均含水比 w_0 %	237.4000	平均含水比 w_f %	

間ゲキ比 $\frac{W_R G_s \cdot A \cdot h_0 \frac{100+w_0}{100}}{W_1-W_R}$ 1	5.1600	含水比 $=\frac{W-W}{W-W}\times 100$ % ※	174.65
飽和度 $S_{r0}\ \frac{w_0 \cdot G_s}{e_0}$ %	96.1800	間ゲキ比 $e_f\ \frac{\gamma_w G_s \cdot A \cdot h_f}{W_3-W_R}$ 1 ※※	3.584
供試体乾燥重量 $W_s = \frac{100\ W_2 W_R}{100\ W_R}$ R	19.1309	飽和度 $S_{r\cdot f}=\frac{w_f \cdot G_s}{e_f}$	99.890
各荷重に対する24時間圧密終了時の間ゲキ比 計算			=3.090

圧密荷重 P kg/cm²	各荷重による圧密量 (45n 1/100mm)	累計圧密量 $\sum_{i=1}^{n}\Delta S$ cm	供試体高さ $h_n = h_0 - \frac{\Sigma S}{10}$ cm	供試体平均高さ $h_n = \frac{1}{2}(h_{n-1}+h_n)$ cm	間ゲキ比 e_n ※※※
0.	0.	0.	2.0000		
0.05	25.4	0.02	1.9746	1.9873	5.102
0.10	22.9	0.0483	1.9517	1.9632	5.031
0.20	45.0	0.0933	1.9067	1.9292	4.892
0.40	133.2	0.2265	1.7735	1.8401	4.480
0.80	202.2	0.4287	1.5713	1.6724	3.855
1.60	207.9	0.6366	1.3634	1.4674	3.213
3.20	169.0	0.8056	1.1944	1.2789	2.691
1.60	− 15.5	0.7901	1.2099	1.2022	2.739
0.40	− 60.9	0.7292	1.2708	1.2404	2.927
0.	−213.0	0.5162	1.4838	1.3773	3.584

※供試体をリングごと乾燥した場合の含水比である。供試体の一部として それの含水比を求める場合には上欄の平均含水比を求める。

※※※ 間ゲキ比 $e_n=(\frac{G\cdot A}{W_3-W_R}h_n)-1$
※※ 圧密試験終了時の供試体高さ cm

473

(2064)

JIS A 1217 | 土の圧密試験 II | 記録用紙

調査名 ＿＿＿＿＿＿ 試料番号 No. 1 採取深さ 3.55 ~ 3.70M

乱さない試料 試験期間 昭和39年9月4日 ~ 9月14日 試験者 ＿＿＿＿

載荷装置の番号 No. 1 圧密箱の番号 No. 1

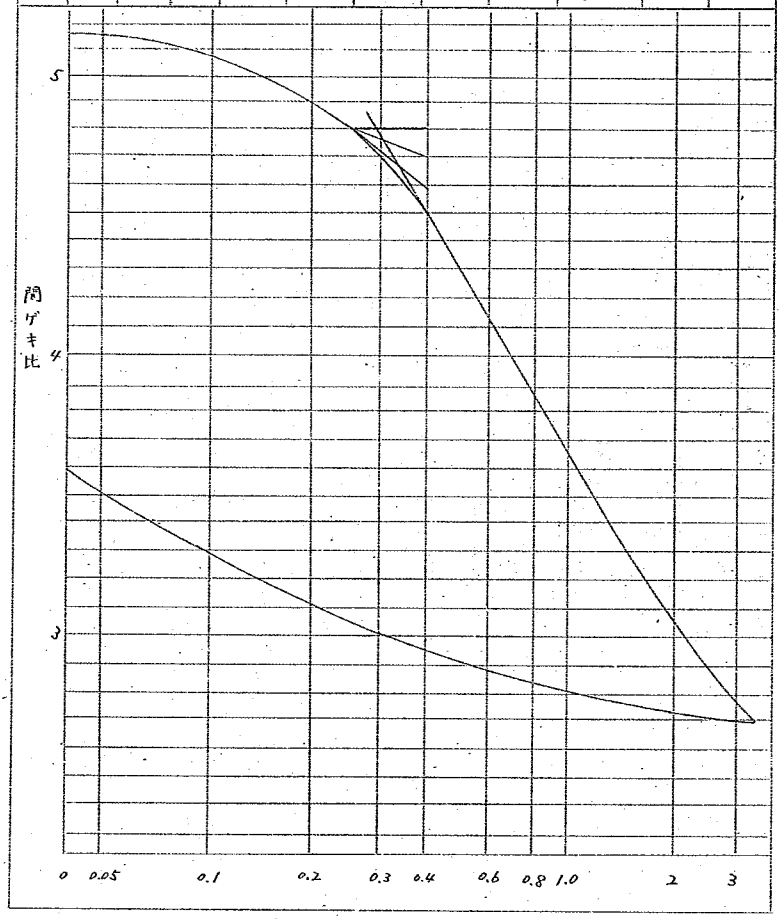
日	時間	測定時刻 時 分	ダイヤゲージ読み 1/100mm		日	時間	測定時刻 時 分	ダイヤゲージ読み 1/100mm		日	時間	測定時刻 時 分	ダイヤゲージ読み 1/100mm	
			0.					0					0	
9	8sec		11.2		9	8sec		11.5		9	8sec		14.0	
月	15		12.5		月	15		15.1		月	15		18.5	
4	30		14.1		7	30		21.0		10	30		24.5	
日	1 min		16.0		日	1 min		28.8		日	1 min		33.5	
	2		19.1			2		38.2			2		46.5	
荷	4		20.0		荷	4		49.8		荷	4		62.5	
重	8		20.9		重	8		61.0		重	8		80.0	
	15		21.8			15		69.0			15		102.8	
	30		22.8		0.40	30		80.0		3.20	30		113.9	
	1 hr		23.6		kg/cm²	1 hr		88.3		kg/cm²	1 hr		126.5	
0.05	2		24.2			2		95.2			2		137.2	
	4		24.9			4		103.0			4		147.0	
kg/cm²	8		25.0			8		111.0			8		155.8	
	24		25.4			24		133.2			24		169.0	
			0.					0					0.	
9	8sec		6.6		9	8sec		17.5		9	8sec			
月	15		8.0		月	15		22.3		月	15			
5	30		9.2		8	30		30.2		11	30			
日	1 min		11.0		日	1 min		41.0		日	1 min		8.0	
	2		13.1			2		55.5			2		9.2	
荷	4		14.8		荷	4		74.5		荷	4		10.2	
重	8		16.0		重	8		95.1		重	8		11.1	
	15		16.9			15		114.3			15		11.8	
0.10	30		18.0		0.80	30		134.7		1.60	30		12.5	
kg/cm²	1 hr		18.9		kg/cm²	1 hr		151.0		kg/cm²	1 hr		13.0	
	2		20.0			2		164.1			2		14.0	
	4		20.6			4		175.7			4		14.2	
	8		21.3			8		186.2			8		15.0	
	24		22.9			24		202.2			24		15.5	
			0.					0					0	
9	8sec		11.5		9	8sec		12.0		9	8sec			
月	15		14.0		月	15		17.0		月	15			
6	30		17.1		9	30		25.0		12	30			
日	1 min		20.8		日	1 min		36.0		日	1 min		13.5	
	2		24.8			2		51.1			2		18.2	
荷	4		27.8		荷	4		71.5		荷	4		23.8	
重	8		30.5		重	8		93.0		重	8		29.5	
	15		32.1			15		113.2			15		35.0	
0.20	30		34.0		1.60	30		133.5		3.20	30		38.9	
kg/cm²	1 hr		35.5		kg/cm²	1 hr		149.0		kg/cm²	1 hr		43.0	
	2		36.8			2		162.0			2		48.0	
	4		37.1			4		173.0			4		52.0	
	8		39.0			8		182.8			8		55.1	
	24		45.0			24		207.9			24		60.9	

JIS A 1217 | 土の圧密試験 III | 報告用紙

調査名 ＿＿＿＿＿＿ 試料番号 No. 1 採取深さ 3.55 ～ 3.70 m

乱さない試料 試験期間 昭和39年9月4日～9月14日 試験者 ＿＿＿＿＿＿

供試体番号	供試体寸法 cm 高さ	直径	試料含水比 % 試験前 w_0	試験後 w_1	飽和度 % 試験前 S_{r0}	試験後 S_{r1}	土粒子の比重 G_s	圧密箱の形式	変形量の整理方法	圧密指数 Cc	圧密先行荷重 p_0 kg/cm²
No. 1	2.0	6.0	237.4	174.7	96.18	99.89	2.05	浮	$\sqrt{t}$	2.11	0.30
								浮・固	$\log t \cdot \sqrt{t}$		
								浮・固	$\log t \cdot \sqrt{t}$		



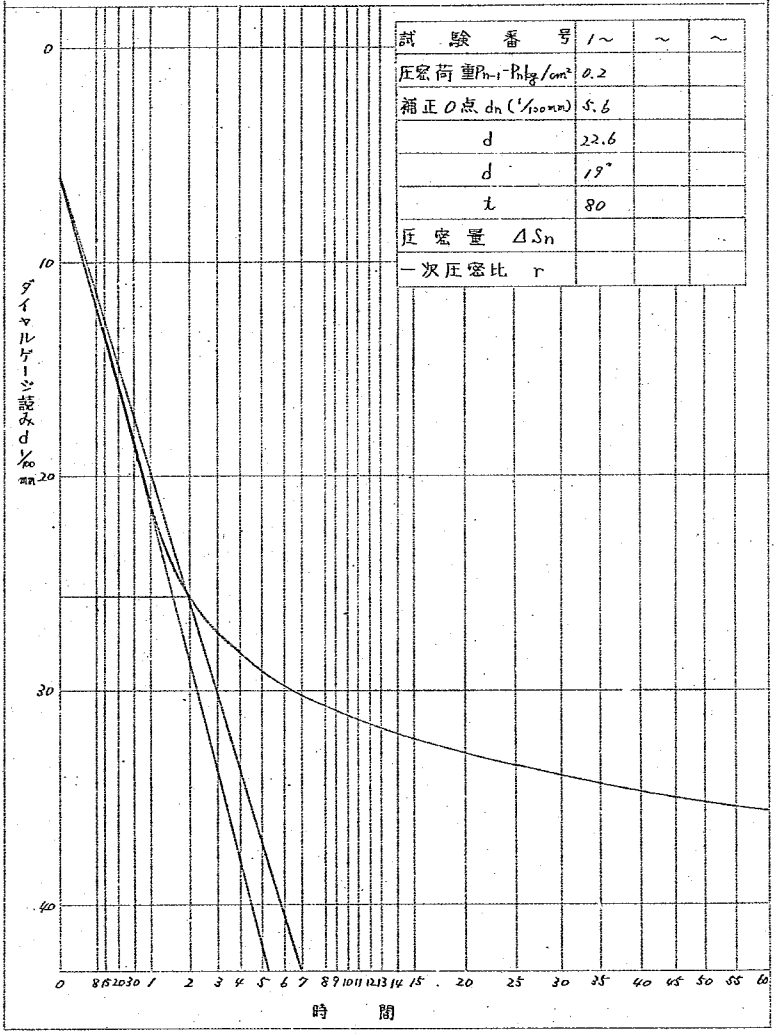
475
(405)

JIS A 1217 | 土の圧密試験 IV | 記録用紙

調査名 | 試料番号 No.1 | 採取深さ 3.55～3.70M

乱さない試料 | 試験番号 (1～)(～)(～) | 試験月日 9月6日 月日 月日 | 試験者

試験番号	1～	～	～
圧密荷重 P_{n-1}-P_n kg/cm²	0.2		
補正0点 d_n (1/100mm)	5.6		
d	22.6		
d	19'		
t	80		
圧密量 ΔS_n			
一次圧密比 r			



(128)

JIS A 1217	土の圧密試験 VI	記録用紙

調査名＿＿＿＿＿＿ 試料番号 No. 1 採取深さ 3.55 ～ 3.70 M

乱さない試料 試験期間 昭和39年 9月4日～9月11日 試験者＿＿＿＿

－次圧密比 r の計算

圧密荷重 P kg/cm²	各荷重による圧密量 ΔS 1/100 mm	補正0点 d_0 (1/100 mm)	※ d_{90} (1/100 mm)	※ $d_{90}-d_0$	一次圧密比 r	備考
0						
0.05	25.4	2.90	16.70	8.80	38.50	
0.10	22.9	3.90	12.00	8.10	39.30	
0.20	45.0	5.20	22.60	17.40	42.96	
0.40	133.2	2.50	51.00	48.50	40.46	
0.80	202.2	5.00	98.00	93.00	51.16	
1.60	207.9	0.	88.00	88.00	48.63	
3.20	169.0	0.	96.50	96.50	64.43	

※ $\sqrt{t}$ 法 $r=\dfrac{\{1/9\,(d_{90}-d_0)\}}{\Delta S_n}$

圧密係数 Cr，体積圧縮係数 mv および透水係数 K の計算

圧密荷重 P kg/cm²	供試体平均高さ $(h_n/2)$ cm	$(h_n/2)^2$ cm²	t_{90}※ min	圧密係数 c_t cm²/sec	$\Delta P_n = P_n - P_{n-1}$ kg/cm²	$\Delta e_n = e_{n-1} - e_n$	圧密係数 a_v cm²/g	$1+e_{n-1}$	体積圧縮係数 m_v cm²/g	透水係数 k cm/sec
0										
0.05	0.9937	0.9873	1.20	4.39×10^{-3}	0.05	0.040	8.00×10^{-2}	1.1600	2.56×10^{-4}	1.12×10^{-6}
0.10	0.9816	0.9635	1.33	3.93×10^{-3}	0.05	0.071	1.42×10^{-3}	1.1020	2.33×10^{-4}	9.16×10^{-7}
0.20	0.9646	0.9305	1.33	4.15×10^{-3}	0.10	0.139	1.39×10^{-3}	1.0310	2.33×10^{-4}	9.68×10^{-7}
0.40	0.9201	0.8465	4.33	1.09×10^{-3}	0.20	0.412	2.06×10^{-3}	0.8920	3.62×10^{-4}	3.94×10^{-7}
0.80	0.8362	0.6992	8.50	5.31×10^{-4}	0.40	0.625	1.57×10^{-3}	0.4800	3.02×10^{-4}	1.61×10^{-7}
1.60	0.7337	0.5383	6.67	5.25×10^{-4}	0.80	0.642	8.03×10^{-4}	0.3550	1.99×10^{-4}	7.30×10^{-8}
3.20	0.6385	0.4029	6.33	5.59×10^{-4}	1.60	0.522	3.26×10^{-4}	0.2130	8.26×10^{-5}	4.62×10^{-8}

※ $\sqrt{t}$ 法：$C_v=\dfrac{0.848\,(h_n/2)^2}{60\,t_{90}}$

$a_v=\dfrac{\Delta e_n}{\Delta P_n}10^{-3}$ $m_v=\dfrac{a_v}{1+e_{n-1}}$ $K=\dfrac{a_v\cdot C_v\gamma_z}{1+e_{n-1}}$

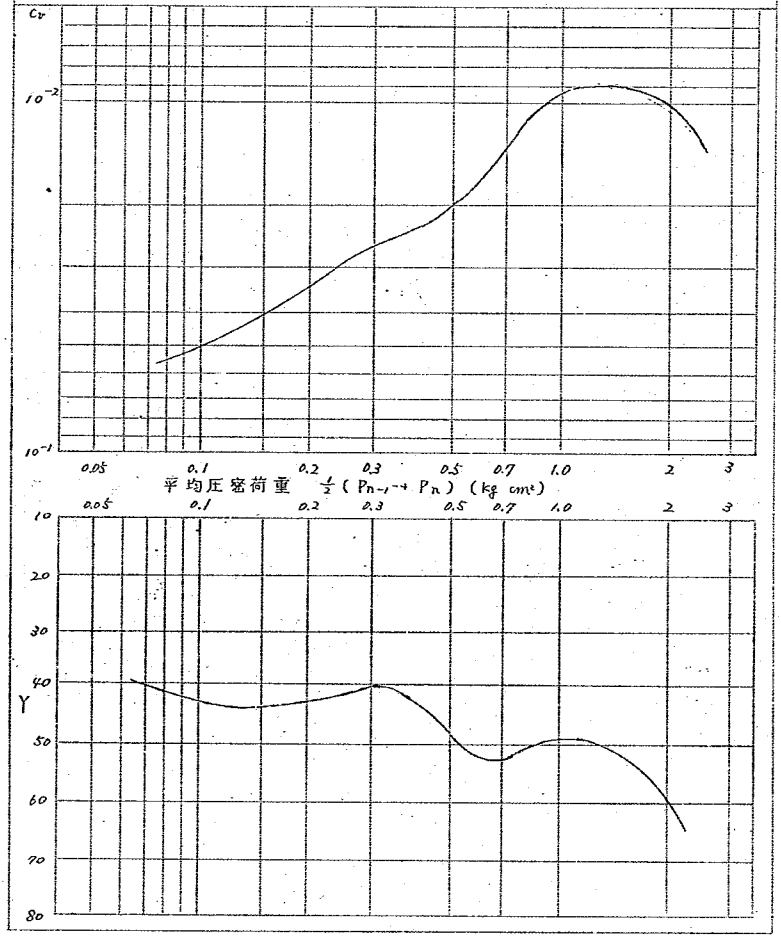
47(4)

JIS A 1217	土の圧密試験 VII	報告用紙

調査名＿＿＿＿＿＿ 試料番号 No.1 採取深さ 3.55 ～ 3.70 M

乱さない試料 試験期間 昭和39年9月4日～9月14日 試験者＿＿＿＿＿＿

各平均圧密重（$\frac{1}{2}$ P_{n-1} + P_n）に対する圧密係数 C_v，体積圧縮係数 m_v，透水係数 K および一次圧密比 r の整理

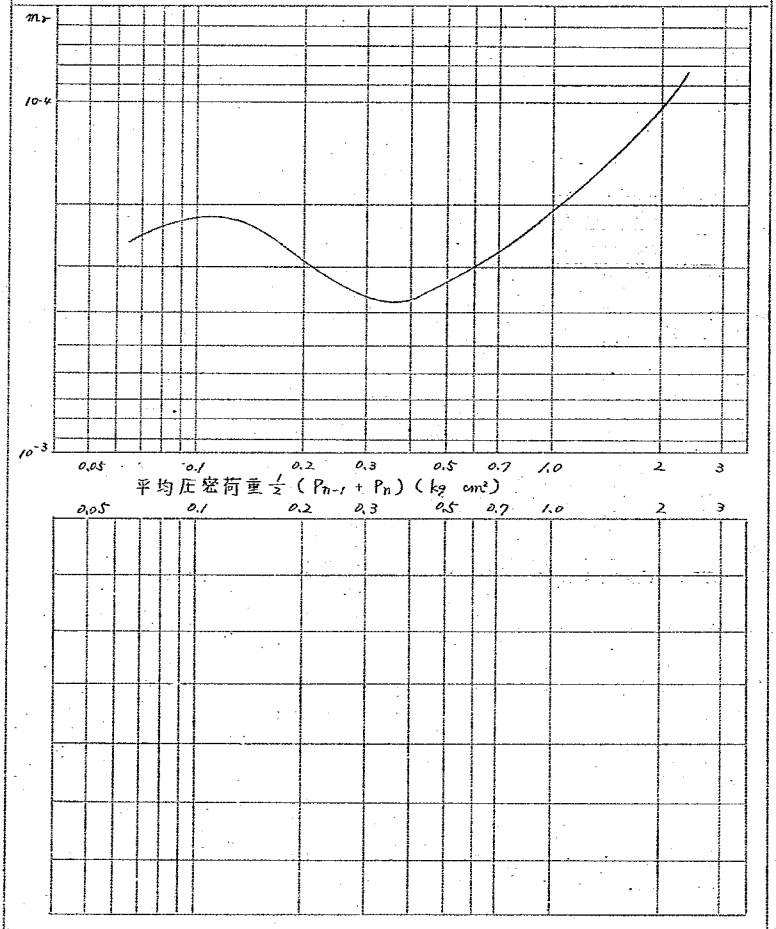


JIS A 1217	土の圧密試験 Ⅶ	報告用紙

調査名＿＿＿＿＿＿ 試料番号 No.1 採取深さ 3.55 ～ 3.70 M

乱さない試料 試験期間 昭和39年9月4日～9月14日 試験者＿＿＿＿

各平均圧密荷重 $\frac{1}{2}(P_{n-1}+P_n)$ に対する圧密係数 C_v，体積圧縮係数 m_v，透水係数 k および一次圧密比 r の整理．

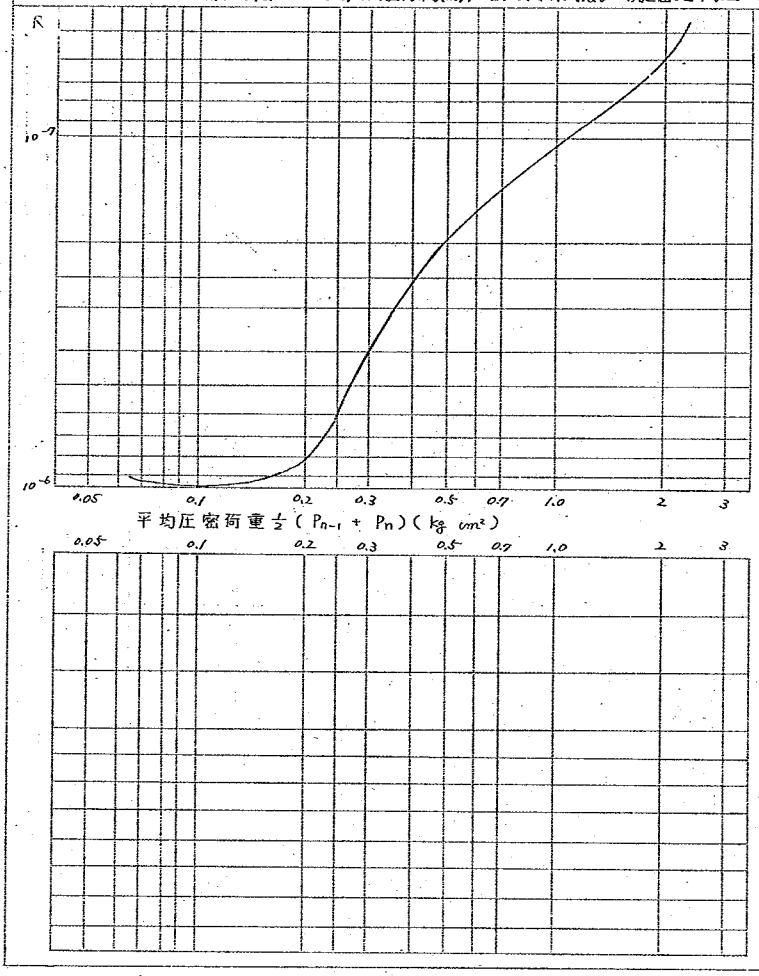


JIS A 1217	土の圧密試験 VII	報告用紙

調査名＿＿＿＿＿＿ 試料番号 No. 1 採取深さ 3.55 ～ 3.70 M

乱さない試料 試験期間 昭和39年9月4日～9月14日 試験者＿＿＿＿

各平均圧密荷重 $\frac{1}{2}(P_{n-1}+P_n)$ に対する圧密係数 C_v, 体積圧縮係数 m_v, 透水係数 k および一次圧密比 r の整理



9.19 土のせん断試験

概　説

構造物の基礎の支持力　斜面の安定　擁壁に作用する土圧などの計算に際して　土のせん断強さの値が必要である。このような目的のために土のせん断試験を行なう。せん断試験の方法には直接せん断試験　一軸圧縮試験および三軸圧縮試験がある。

水で飽和した粘性土の試験に際しては　試験中供試体の排水状態の差によって　次の三通りの方法が行なわれる。

i) 急速せん断試験

加圧ならびにせん断のいずれの場合にも水の出入を許さないでせん断を行なう

ii) 圧密急速せん断試験

加圧によって水を排出し　十分圧密を起させたのち　水の出入を許さないでせん断を行なう。

iii) 圧密緩速せん断試験

加圧によって十分に圧密を起こさせたのち、試料中の水が間げき水圧を生じないように緩速でせん断を行なう。

また載荷方法には　ひずみ制御と応力制御とがある。

9.19.1 土の一軸圧縮試験

土の一軸圧縮試験は、粘性土のせん断強さを求める試験である。土の一軸圧縮試験方法は、JIS A 1216－1958 "土の一軸圧縮試験方法" の規定によるものとする。

解　説

土の一軸圧縮試験は粘性土のみに適用する。粘性土においては一般に内部摩擦角が小さいので、これを無視すれば土の粘着力 C と一軸圧縮強さ q_u との間に $C=\frac{q_u}{2}$ なる関係が成りたつ。これによって粘性土のせん断強さを求めることができる。

一軸試験の方法は簡単であり、その操作は迅速で容易であり、しかも試験結果は実際の設計施工に十分役立つことが知られているので一軸圧縮試験は

481(※)

広く行なわれる。この試験によって鋭敏比を簡単に求めることもでき、土の応力と変形の特性をもはあくすることができる。

※ 例 題

JISA 1216　土の一軸圧縮試験　記録用紙

供試体 No. No 1　試験者　試験期日 37年9月3日

乱さない試料　圧縮速さ 1.34 %　(載荷速さ　kg/cm² 分/min

高さ　L cm	9.25
上部直径　Dt cm	5.01
中央部直径　Dc cm	4.92
下部直径　Db cm	4.99
平均直径 Dav $\frac{Dt+2Dc+Db}{4}$ cm	4.96
断面積 $A_0=\frac{W}{L}$ Dcm^2 cm²	19.28
体積 $V=A_0 \times L$ cm	178.34
湿潤重量　W g	179.59
単位体積重量 $\gamma_t=\frac{W}{V}$ g/cm³	1.007

上　No D 81

WW	60.736	DW	43.209
DW	43.209	TW	31.117
	17.527		12.023
	145.8%		

中　No D 114

WW	66.732	DW	44.058
DW	44.058	TW	28.345
	22.674		15.713
	144.3 %		

下　No D 59

WW	63.475	DW	40.261
DW	40.261	TW	24.295
	23.214		15.966
	145.4 %		

145.2

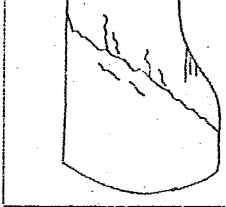
試験機名

ブルービップリングNo 545

補正係数 0.187

補正係数 0.0099

破壊状況のスケッチ



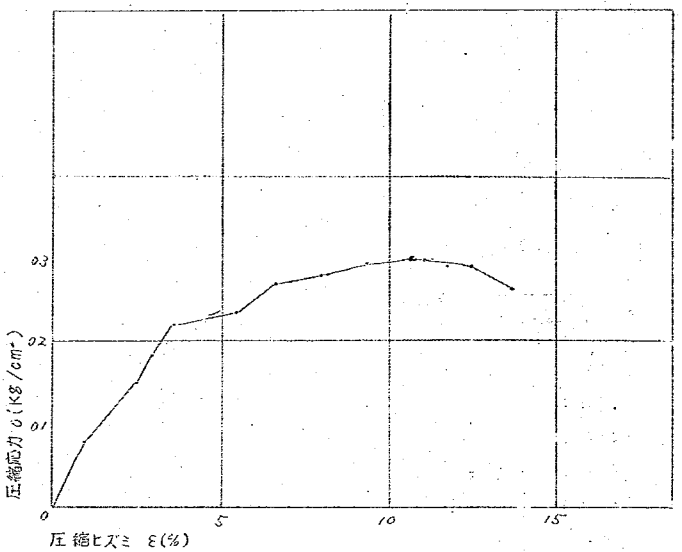
時間	ブルービップリング読み	圧縮応力	ダイヤルゲージ読み	圧縮ひずみ	1−ε/100	1/(1−ε/100)
	y_{20}	kg/cm²	1/100 mm	%		
0	0.00		0.	0.00	1.00	0.00
20	3.4	0.0330	31.	0.34	0.9966	0.0329
40	5.2		65.			
1	8.4	0.0815	105.	1.13	0.9887	0.0806
20	10.2		129.			
40	12.5	0.1213	161.	1.74	0.9826	0.1192
2	14.4		193			
20	16.8	0.1630	226.	2.44	0.9756	0.1590
40	18.5		257.			
3	20.0	0.1940	292	3.16	0.9684	0.1899
20	21.5		323.			
40	22.6	0.2192	356.	3.49	0.9651	0.2115
4	23.8		390.			
20	25.0	0.2425	422.0	4.56	0.9544	0.2314
40	26.0		456.			
5	26.8	0.2600	489	5.27	0.9471	0.2462
20	27.6		522			
40	28.5	0.2765	554	5.99	0.9401	0.2599
6	29.3		588			
20	30.0	0.2910	621.	6.71	0.9329	0.2715
40	30.7		654			
7	31.2	0.3026	689	7.45	0.9255	0.2801
20	31.7		722			
40	32.2	0.3123	753	8.14	0.9186	0.2889
8	32.7		790			
20	33.2	0.3220	823	8.90	0.9110	0.2933
40	33.6		857			
9	34.0	0.3298	892	9.64	0.9036	0.2980
20	34.3		924			
40	34.7	0.3366	959	10.37	0.8963	0.3017
10	34.8	0.3376	995	10.76	0.8924	0.3013
20	35.0	0.3395	1027	11.10	0.8890	0.3018
40	35.0	0.3395	1062	11.48	0.8852	0.3005
11	35.0	0.3395	1098.	11.87	0.8813	0.2992
20	35.2	0.3414	1134.	12.26	0.8774	0.2995
40	35.0	0.3395	1167.	12.62	0.8738	0.2967
12	34.6		1202			
20	34.0	0.3298	1234	13.34	0.8666	0.2858
40	32.8	0.3182	1274	13.87	0.8613	0.2741
13						
20						
40						
14						
20						
40						
15						
20						
40						
16						

JIS A 1216	土の一軸圧縮試験	報告用紙

調査名・目的 _____ 試験期日 39年9月3日

ボーリングNo 1 採取深さ 3.60m 試験者 _____

供試体No	供試体寸法 cm 高さ	平均直径	平均含水比 %	単位体積重量 T/cm³	一軸圧縮強さ KG/cm²	試料の状態	鋭敏比
No 1	9.70	4.960	145.2	1.007	0.3018	乱さない	
						練り返した	
						乱さない	
						練り返した	
						乱さない	
						練り返した	



試料の観察（色、臭気、鉱物組成、有機物、貝がらなどの有無、その土質など）

9.19.2 土の直接せん断試験

土の直接せん断試験は、供試体に連続的にせん断ひずみを加えたときのせん断応力とせん断ひずみを測定し、土のせん断強さを求める試験である。土のせん断試験は以下に述べる方法による。

解　説

直接せん断試験は、土のせん断強さを求める試験方法の中で、最も古いものであり、今日ではいろいろ不備な点が見出されているが、なお捨てがたい利点があるので、しばしば用いられる。この試験の欠点というのは、例えば試料のせん断破壊には進行性破壊を生じたり、また　せん断ひずみ　が大きくなると、有効断面積が減じ、同時に、箱面と土との間の摩擦抵抗が入ってくるので、最終強さをだすには不適当であることなどである。

1. 土の直接せん断試験方法　KDSK 9103－1961

この試験は供試体が連続的な　せん断ひずみ　をうけるさいのせん断抵抗および　せん断ひずみ　を決定する試験である。このとき供試体に垂直荷重をいろいろに変えて載荷し、垂直変形量を測定する。試験は乱した試料および乱さない試料に適用する。

2. 装　置

(i) 直接せん断試験機

a) 試料箱

断面が円形、正方形および長方形のものによる。

b) 載荷装置

載荷装置には上下圧載荷装置とせん断力載荷装置がある。せん断の載荷方法には、応力制御とひずみ制御がある。

(ii) 試料成形用器具

砂質土：突き棒

粘性土：試料成形器、ワイヤーソー、ガイド、ナイフ

円形試料には回転台を用いる。

(iii) その他

砂質土、粘性土

はかり

ノギス

乾燥炉
デシケータ
時計皿
蒸発皿
砂質土：
スプーン
粘性土
ゴム布またはビニール布
へら

3 測定方法

測定方法は砂質土と粘性土で異なり、粘性土でも乱した試料と乱さない試料で異なる。

i) 砂質土

a 試料箱の大きさ

試料箱の大きさ（円形では半径、角形では四辺の長さ）および深さを測定する。

b 試料上面にかかる装置重量

試料上面より載荷レバーまでの間にあるポーラストン、載荷板、載荷軸などの重量を測定する。

c 試料重量の測定

試料を 気乾燥させ、重量を測定する。試料を1.5cmの厚さに試料箱の中につめ、突き棒で突く。残りの試料の重量をはかり、全重量から引いて、試料箱中の土の重量を求める。

d 載荷板のそう入

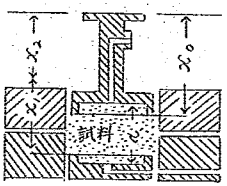
試料表面を平らにして上部ポーラストン載荷板、載荷軸をそう入する。

e 試料厚さの測定

図 9.19.2.1の方法による

f 垂直荷重

レバー先端に荷重をかけ、所定の垂直荷重を加える



$d = x_1 + x_2 - x_0$

図 3.1

g ダイヤルゲージの取りつけ

試料厚さ変化測定用のものと、せん断ひずみ測定用のものを取りつける。ゲージの目盛を0に合わせる。

e せん断

せん断速度は 1 mm/min を標準とする。せん断力を加えると同時にストップウオッチを押し、ひずみ制御では 15 秒おきに せん断応力 ひずみ 厚さの変化を読み2分間測定する。その後は 0.1 mm の水平変位ごとに読みとる。試験は、せん断応力が一定値に近ずくか、あるいは せん断ひずみ が 15% になるまで続ける。

応力制御では各載荷の前に読みをとり、破壊に至るまで試験を続ける

c 以上の方法を少なくとも3つの垂直荷重について行なう。

ii) 粘性土

乱さない試料の場合

a 試料の成形

試料成形機を用いて、せん断箱に合うよう試料を成形する。

乱れを生じないよう取り扱う。

残りの試料で含水比を測定する。

b 試料上面にかかる装置重量 ((i), b)

c 試料および載荷板そう入 ((i), α)

急速試験のときは、水の蒸発を防ぐため、水を満たすが、吸水した脱脂綿でおおう

α 垂直荷重の載荷

適当な垂直荷重で圧密急速試験、圧密緩速試験のときは、15～30分圧密する。この際圧密試験と同様に沈下量と時間の関係から一次圧密終了を確認する。急速試験のときは、0.3～0.5 kg/cm² 程度の垂直荷重にして排水を最少にするようすみやかにせん断する。

e ダイヤルゲージの取りつけ ((i), g)

f せん断

圧密急速試験、急速試験のせん断速度は 1 mm/min を標準とする。せん断応力を加えると同時にストップウオッチを押し 15 秒間隔に、せん断力、せん断ひずみ、試料厚さの変化を読み、2分間続ける。その後は 0.5 mm 程度ごとに各読みをとる

圧密緩速試験では、せん断速度は 0.05 mm/min 以下を標準とする。この試験ではせん断速度が遅いので、測定の間隔を長くしてもよい。

いずれかにおいても、せん断力が増加しなくなり一定値に近ずくかせん断変形が 15% になると測定を止める。

g 含水比の測定

せん断後の試料の重量を測定し、炉乾燥して含水比を求める。

h 以上の方法を少なくとも3つの垂直荷重に対しくりかえす。

iii) 乱した試料の場合

a 試料の成形

試料をゴム布、ビニール布に入れてこね返し、成形しないで直接せん断箱につめ込む

b 以下乱した試料の場合と同様

4 計　算

せん断力とひずみの関係より最大値を求め、この場合のせん断力$(P_T)_m$と垂直荷重P_Nの関係を図に描く。

$$\phi_m = \tan^{-1}\left(\frac{(P_N)_m}{P_N}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{\tau_m}{C}\right) \qquad 4.1$$

$$\left.\begin{aligned} \phi_m &= \tan^{-1}\left(\frac{(P_T)_m - C}{P_N}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{\tau_m - c_m}{\sigma}\right) \\ c_m &= (\tau)\, P_N C D \end{aligned}\right\} \quad 4.2$$

ここに

ϕ_m：内部摩擦角（極大値に対する）

c_m：粘着力（極大値に対する）（kg/cm²）

$(P_T)_m$：最大せん断力（kg）

P_N：垂直荷重（kg）

C：粘着抵抗力（kg）

τ_m：最大せん断応力（kg/cm²）$= \dfrac{(P_T)_m}{A}$

σ：垂直応力（kg/cm²）$= \dfrac{P_N}{A}$

A：せん断面積（cm²）

9.19.3. 土の三軸圧縮試験

土の三軸圧縮試験は、供試体に既知の側圧を加えながら上下から圧縮し、その際の応力とひずみ、体積変化、間げき水圧を測定する試験で　土の内部摩擦角、粘着力、変形係数を決定する試験である供試体の高さは直径の2倍以上であることが必要である。

487

解　説

土の三軸圧縮試験の方法は以下に述べる方法によるものとする。

土の各種のせん断試験のうちで、三軸圧縮試験は実際に生じる応力状態と最も近い状態を示すものと考えられるので、基礎の支持力、土圧などの詳しい計算に際して三軸圧縮試験が用いられる。

なお、体積変化、間げき水圧の測定には、配管やコックから水が漏らないことを確かめなければならない。また液圧計と供試体の中心は同一水準にあることが望ましい。しかし、同一水準にないときは、液圧計は正しく液圧を示さないから、水頭差だけ補正をする必要がある。

土の三軸圧縮試験方法

KDSK 9104－1961

1　試験の目的

この試験は土、砂あるいはそれらの混合物からなる円柱状供試体に既知の液圧を加えておき、これに軸方向の圧力を加えて圧縮し、応力、ひずみ体積変化および極限強さを測定し、土の内部摩擦角と粘着力および変形係数を決定しようとするものである。供試体は自然のままの状態で地層から採取成形したもの、あるいはこねまぜた土と締め固めたもののいずれでもよい。供試体の高さは直径の二倍以上であることを要する。通常の試験では液圧を一定に保って試験を行なう。2つ以上の異なる液圧について一連の試験を行ない、求められた極限の上下強度から土の内部摩擦角粘着力を決定する。土の強度を知るだけの目的には体積変化の測定を省略してもよい。

2　試験装置

2.1　載荷装置

供試体の軸方向に上下圧を加える装置であり、手動または動力式のいずれでもよい、荷重の大きさが正確に読みとれるメーターをつける。アムスラー試験機を用いることもできる。普通は手動式でヒズミリング（検力計またはプルービングリング）のダイヤルゲージで荷重を読み検定曲線から荷重を求める。載荷速度は毎分ごとに供試体の高さの1/100を標準とする。荷重測定の範囲は供試体の直径によって、またその土質によって変るが、普通液圧3 kg/cm² までとして次の範囲でよい。

供試体の径	最大荷重
35 mm	100～200kg (10～20 kg/cm²)
70 mm	500～1.000kg (13～26 kg/cm²)
100 mm	1.000～2.000kg (13～26 kg/cm²)

荷重が偏心とならないように鋼球を入れるか球座をもうける。

2.2 圧縮室

供試体を収めて液圧を加える室。側壁をガラスまたは有機ガラス製として供試体が見えるようにしておく。

2.3 グリセリンタンク

液圧を加えるためのグリセリン液（水にグリセリンを薄めたもの）を貯えるタンク。圧縮室の容積以上の容積をもつもの。

空気圧縮機および圧縮室に連絡するためのパイプ（内径3 mmの銅管）を付す

2.4 空気圧縮機

グリセリン溶液を圧縮室に送り、加圧するために用いる。液圧を正しく調節し試験中一定に保つことができるもの。試験に用いる圧力は3 kg/cm² までが普通であるが、7 kg/cm² ぐらいの能力のあるものがよい。

2.5 液圧計

水銀圧力計を用いる。7 kg/cm² まで読めるもの。 kg/cm² の単位でコンマ以下2けた よめることが必要である。水銀水圧計の読みは、その高さを mm けた まで読む。液圧計は圧縮室と連絡しておく。

2.6 ビュレット

体積変化測定用。0.1cc 目盛で50 cc容量のもの。普通1本でよいが体積変化が大きいときは2本用いることがある。試験中は内径10 mmのゴム管またはビニール管で供試体と直結しておく。

2.7 底 板

圧縮室の底部をなす台板：中央に供試体を支えるゴム膜をしばる受台を有する。受台の上面は透水板よりなり、ビュレットへの連絡口となる

2.8 加圧用ピストン

圧縮室上ふたの 中央にある円孔とすりあわせたピストンをさしこむ円孔がある。B型では圧縮室の側壁と一体に作られ、リングとカバーで漏れどめを行なうようになっている。

2.9 ゴム膜スリーブ

厚さ 0.3 mm 以下の薄いゴム膜のスリーブ。内径は供試体の径に等しいか、0.5～1.5 mm を越えない程度の大きめな良質のもの。長さは試験体の高さよりかなり長いものを準備する。消耗品であるから1ダース以上用意しておく

2.10 成形用モールド

土の乱された試料を締め固め、成形するためのモールド

2.11 供試体切り出し器

自然のままの試料から供試体を切り出す装置

2.12 天びん

1～2kgの2台を用意する

2.13 キャリパー（ノギス）

2.14 ダイヤルゲージ

20～30 mm の範囲のもの2個

2.15 ものさし

2.16 ストップウオッチ

2.17 真空ポンプ

0.05 mm 真空を保つことができるもの。砂質土試料の試験に用いる

2.18 乾燥炉

110°C の恒温乾燥炉。その他必要に応じつぎの器具を用意する

2.19 ピアノ線のこぎり

2.20 刃つき直線定規

2.21 マイターボックス

のこぎりで切るときのガイド

2.22 へら

2.23 金属ジャケット

薄肉の金属円筒。内径が供試体の径よりやや大きめのもの。

2.24 湿気箱

3 供試体の作成

3.1 自然のままの試料を用いる場合

自然のままの試料から高さが径の2倍以上ある供試体をナイフとのこぎりで削り出す。円筒形のカッターを用いると便利である。上下面は平らに、かつ平行に削り上げる。要すれば削りくずから物理試験の試料をとる。仕上げた供試体にゴムスリーブをかぶせる、供試体を底板

の透水板の上にのせゴムスリーブを受台板にゴムひもで固くしばる。ゴムひもはゴムスリーブから切り取ったものでよい。ゴムひもを強く引張りながら一廻りさせて、ひもの一端をはさみこみ、さらに数回まわして他端を輪の中にはさみこんでとめる。加圧頭（キャップ）をかぶせてゴムスリーブをゴムひもでしばる。供試体を水で飽和させる必要があれば、この際に行なう。試験体を飽和させるには側圧を加えながら水流ポンプで側圧をかけるとよい

3.2　こねまぜた粘性土の試料を用いる場合

こねまぜた粘性土の供試体は成形モールドで動圧または静圧を加えて締め固め成形する。その際供試体には所定の含水量と密度を与える。要すれば養生を行なう。ゴムスリーブをかぶせて底板の受台上にのせキャップを載せてゴムスリーブをしばる

3.3　こねまぜた粘性のない土の試料を用いる場合

砂のような粘性のない試料は金属ジャケットを用いて成形する。底板の受台にゴムスリーブをしばり金属ジャケットをかぶせてその中を通し、上部はジャケットの上端に折り返しておく。試料をジャケットに満たし、要すれば軽く突き固める。軟弱なでい土のような試料も同様にして成形することができる。供試体にキャップをのせゴムスリーブをしばり供試体がそのまま形を保つようならジャケットを取りはずす。形を保たないようなら真空ホースを取り付けて形を保つまで真空をかける。要すればこのとき透水飽和させる。真空をかけたままジャケットを取りはずす。

4　供試体寸法の測定

供試体の直径はキャリパーを用いて上中下の三個所で2回ずつの測定を行ない、平均値をとり、ゴムスリーブの厚さの2倍を引いて供試体の直径とする。供試体の高さは左右対　の位置で底板の上面からキャップの上面までの高さをものさしで測り受台とキャップの高さを差し引いて得る供試体の体積を計算しておく。

5　装置の組み立て

圧縮室のガラス円筒を底板のみぞにはめこみ、上ぶたを　かぶせ、そのみぞに円筒の上端をはめこみ、底と上ぶたが　平行になるよう注意して締めつける。グリセリンホースを底板につないで圧縮機を動かし、貯蔵タンクのグリセリンを圧縮室に送りこむ。上ぶたの　バルブをあけておく。ピストンは上ぶたの　孔にさしこみ、キャップのくぼみに接触させておく。

ダイヤルアームをピストンに取り付け、これにダイヤルゲージを取り付けて最初の読みをとる。

6 試験の方法

圧縮室にグリセリンがいっぱいになったら上ぶたの バルブを閉じ圧力計と圧縮室をつなぎ、所定の圧力に調節する。供試体とビュレットの間のバルブを開いておきビュレットの読みをとる。上下圧を加える前に供試体を圧縮させる場合はこの際に行なう。ビュレットの読みをとりつつ圧密の過程を記録する。終りにダイヤルゲージの読みをとり、載荷装置を動かし上下圧をかけ始める。荷重は階段的もしくは一定速度でかけてよい。一定速度とする場合は、毎分供試体の高さの 1/100 の速度をもって標準とする読みは高さの 1/500に相当する ひずみ ごとにとる程度でよい。上下圧が最大に達したことを確かめるまで測定を続ける。一つの試験では液圧を厳密に一定に保つ。液圧をかえて少なくとも三回以上同様な試験をくりかえして一連の測定を終る。毎回新たな供試体を準備することはいうまでもない

7 装置の分解

毎回の試験が終ったならば、圧縮機をとめ液圧を下げる。上ぶたのバルブに空気ホースをつなぎバルブを開いて圧力をかけ、グリセリン液をタンクに逆流させる。終ったならば圧縮室を分解して供試体をとりだしひょう量して全部または一部を炉乾燥して、これから含水量を決定する。

8 結果の整理

供試体の試験前の高さ、面積および体積は試験装置組み立ての際、測った寸法から計算する。ビュレットの読みから体積変化をひずみリングのダイヤルの読みから上下荷重を、ダイヤルゲージの読みから上下方向の変化を求める。供試体をあらかじめ圧密したときは圧密の終りにおける高さ、面積および体積をビュレットとダイヤルゲージの読みから算出して試験結果を整理する

ひずみ量 ε は、(8.1)式によって、供試体の補正高さ は・8.2)式によって、補正面積Aは(8.3)によってそれぞれ求めることができる。

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \qquad (8.1)$$

$$L = L_0 - \Delta L \qquad (8.2)$$

$$A = \frac{A_0}{1-\frac{\Delta L}{L_0}} = \frac{A_0}{1-\varepsilon} \qquad (8.3)$$

ここで　L_0：試料の最初の高さ

ΔL：試料の変形量

A_0：試料の最初の断面積

また、単位面積あたりの上下応力(P)は　8.4　式

$$P = \frac{P}{A} \qquad 8.4$$

ここで　A：補正面積

P：垂直荷重

によって求めることができる。

三軸圧縮試験の結果から内部摩擦角と粘着力を求めるには次のようにする。

(i)　図解法

方眼紙の横軸に液圧σ_3(kg/cm^2)および縦軸に極限における上下圧の実験値σ_f(kg/cm^2)をとり、実験値を結ぶ直線を決定する。この直線を

$$\sigma_f = k + m\sigma_3$$

とおいて図上からk、mを決定し、C、ϕを　8.5　、8.6　式で計算する

$$\tan\phi = \frac{m}{2\sqrt{1+m}} \cdots\cdots\cdots 8.5$$

$$C = \frac{k}{2\sqrt{1+m}} \cdots\cdots\cdots 8.6$$

(ii)　最小二乗法による解法

試験回数をnとし実験値のσ_3、σ_fから、σ_3^2、$\sigma_3\sigma_f$を計算し、それぞれの和$\{\sigma_3\}$、$\{\sigma_f\}$、$\{\sigma_3^2\}$、$\{\sigma_3, \sigma_f\}$を求める。

m、kは　8.7　、8.8　式から計算される。

$$m = \frac{n\{\sigma_3\sigma_f\} - \{\sigma_3\}\cdot\{\sigma_f\}}{n\{\sigma_3^2\} - \{\sigma_3\}^2} \cdots\cdots\cdots 8.7$$

$$k = \frac{\{\sigma_3^2\}\{\sigma_f\} - \{\sigma_3\}\{\sigma_3\sigma_f\}}{n\{\sigma_3^2\} - \{\sigma_3\}^2} \cdots\cdots\cdots 8.8$$

これから$\tan\phi$、Cは　8.5　、8.6　式によって求めることができる。

(iii) 星埜博士の理論による解法

星埜博士の塑性理論で求めた m, k から摩擦角と内部応圧力を 8.9 , 8.10 式によって計算する。

$$\tan \phi = \frac{\sqrt{2m}}{3+m} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots 8.9$$

$$\sigma_0 = \frac{k}{m} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots 8.10$$

9.20 CBR試験方法

C.B.R試験方法は、JIS A 1211-1953 "路床土支持力比試験方法"の規格を修正した試験方法（試料の最大粒径を40mmとする）に従うものとする

解説

CBRというのは California Bearing Ratio の略である。

CBR試験は知られているように直径5cmの円筒を土の表面に貫入させてこの時の支持力の標準値に対する比を決定するものである。JIS A 1211によればこの試験方法には3種あり、乱した土の供試体の室内試験、乱さない土の供試体の室内試験 現場試験である。乱した土の供試体の室内試験は室内でモールドに一定のエネルギで土をつめ4日間水浸して貫入試験を行なうもので、乱さない土の供試体の室内試験は現場でコアカッターを用いて切り取った供試体に対して水浸後貫入試験を行なうものである。現場試験はいわゆる現場CBRといわれるもので現場で路床あるいは路盤の表面に円筒の貫入試験を行なうものである。

図－9.20.11 は英国道路研究所においてCBR法による設計の良否を求めた図である，現在供用されている種々のアスファルトの舗装の路床土に対するCBRを測定し、現在の舗装厚さと設計上必要な厚さとを比較したものである。この図のCBRまたは乱さない土の室内CBRで含水比を自然状態のまま行なったものである。これによれば45°の線を間にして破壊に至ったものとそうでないものが明らかに差異を示してCBR試験による設計方法の優秀な事を示している。ただここで問題となるのは先に述べた3つのやり方のうちいずれを用いて設計すべきかということである。また4日間吸水させる条件に対しても種々の意見がありきびしすぎるともいわれまた、それ程でもないともいわれている。しかし供試体を4日間吸水させると一般に表面の1cmぐらいの土が柔らかくなりすぎる傾向がある。図－9.20.12 は比較的悪い路床土に対して乱さない土の室内試験を行った結果である。この図では横軸に自然含水比の場合のCBR、縦軸には4日間水浸した場合のCBRを示す。CBRが3以上の場合は水浸によりCBRは大体25%程度へって

いるが、3以下の場合は水浸による影響はあまりない．カナダで行った結果によれば4日間水浸CBRは一般にきびしすぎるとされている。従って英国道路研究ではCBR試験は道路が舗装されたとき路床土が到達する平衡含水比で行なうべきだと述べている。しかしわが国においては雨量が多いので4日間水浸しておくのが適当である。一般にはCBR試験は自然含水比に対するCBRより大きくなる。従って現場CBRから設計厚さを決めると危険側に出るからこの点を補正する必要がある。わが国の路床土は一般に自然含水比が最適含水より大きい。従って自然含水比で試験を行なう場合はその締め固め状態により丁ISA規格を修正して行なうことが必要である。設計のための試験方法は日本道路協会アスファルト舗装要綱によれば次のようである。

(1) 設計のためのCBR（設計CBR）

設計CBRは、できるだけ現場CBRを測定もて、それに基いて次に述べるように決定する。現場CBRを測定することができないときは土取場の土の中で路床面に近い部分に置く土を乱した状態で採取して次に述べる方法によりCBRを決定する。

1 現場CBRによる場合

既設の土砂道を舗強してアスファルト表層を施工する場合または新設道路の場合でも路床土にあたる部分の現場CBRを測定してそれにより設計CBRを決定し舗装厚を設計する時間的な余裕のある場合にはこの方法が適用できる。

路床土の部分を露出させて丁ISA 1211に示す方法により現場CBRを測定する。現場CBRを測定した付近から乱さない路床土をCBRのモールドで2個採取し1個は自然状態のまま、他の1個は4日間水浸後CBR試験を行なう。設計CBRは次のようにして決定する。

$$\text{設計CBR} = \text{現場CBR} \times \frac{\text{乱さない土の供試体の水浸CBR}}{\text{乱さない土の供試体の非水浸CBR}}$$

2 乱した試料による場合

道路の新設に引きつづき舗装を行なう場合で、あらかじめ舗装厚さの設計も行なっておかなければならない時などはこの方法による。

乱した土を密閉できるかんまたはビニールの袋に入れて、含水量を変化させないで試験室におくる。試験室においては丁ISA 1211に示すCBRのモールドを使用して、自然含水量のままで突き固め回数を10．25．40及び55回として締め固める．締め固めに試料を4日間水浸させた後CBR試験を行なう。突き固め回数と水浸CBRの関係

を図 9.20.3.1 のように図示する。

(I) 突き固め回数の増加によりCBRが増加する場合

突き固め回数が増加すると共にCBRが増加するような土は良好な路床土である。このような場合には、25回および55回突き固めの場合のCBRの平均値を設計CBRとして採用する。

(II) CBRと突き固め回数の関係が極大点をもつ場合（図 9.20.1.3 図 9.20.1.3(a) のように突固め回数が25回あるいは40回のとき、CBRが最大となる場合には10回突き固めのCBRと最大のCBRとの平均値を設計CBRとして採用する。

たとえば図－9.20.1.3(a)の場合には

10回突き固めの時　　CBR = 3.6

最大のCBR（25回突き固めの時）= 6.0

$$\text{設計CBR} = \frac{3.6 + 6.0}{2} = 4.8$$

(III) 突き固め回数の増加によりCBRが減少する場合

図 9.20.1.3 (c) のように突き固め回数が増加すると共にCBRが減少する場合には、25回突き固めの場合のCBRを設計CBRとする。図 9.20.1.3 (c) の場合には設計CBRは23である。

参考

(1) わが国においては季節変化により土の含水量が変化するのは普通地表面から大体2mくらいまでであるが、標準的な土の自然含水量は秋（10月～11月）の季節に地面から50cmくらい下の土の含水量である。従って試料を採取した時期により多少含水量が変化するが、雨期、凍結融解期などをさけて、地表面から50cm以上深い所の土を採取すれば設計に使用する自然含水量の土としてよい。

(2) 路床から乱さない試料を採取する場合には前に述べたように1個は自然含水量のまま、1個は4日間水浸するとしたが、実際には試料を6個採取して3個ずつに分けて自然含水量と水浸した場合につき試験し3個ずつの平均をとることが望ましい。非常に含水量の多い路床土では水浸しても自然含水量の場よりCBRが減少しないことがある。乱した資料につき試験をする場合にはたとえば10回打撃回数の試料につき3個試験を行なうようにして、その平均値をとることが望ましい。図 9.20.1.3 の例は平均

値がプロットされている。

(3) 路盤材料のCBR

(i) 路盤材料はJIS A 1211に従って、修正CBRを求める。たとえばある路盤材料のCBRが20であるということは、その路盤材料を使用して、JIS A 1211に示す方法により決定した修正CBRを示している。設計には修正CBRを使用するのであるから、施工にあたっては修正CBRを決定した乾燥密度（最大乾燥密度の95%）に締め固めなければならない。

(ii) 路盤材料のCBRは試験値がばらつきやすいので10.25.55回突き固めの各々につき5個の試料を作成してその平均値をとる。測定した5個の試料のCBRの中でとび離れた値があるときはそれをすてて4個の試料の平均値をとる。

(iii) 路盤の施工管理のためには乾燥密度を測定するか、または現場CBRを測定して乾燥密度または現場CBRがそれぞれ規定の範囲内にあるかどうかを検討すればよい。この場合の現場CBR試験は表面のゆるんだ土を取り除き水平な面に仕上げ、平らに仕上げられない個所は清浄な乾燥砂を薄くまいて、よくたたいて他の材料となじみをよくし、平らな面に仕上げてから試験を行なう。現場CBRは50cm四方内に5個の試験を行ないその平均を現場CBRとする。

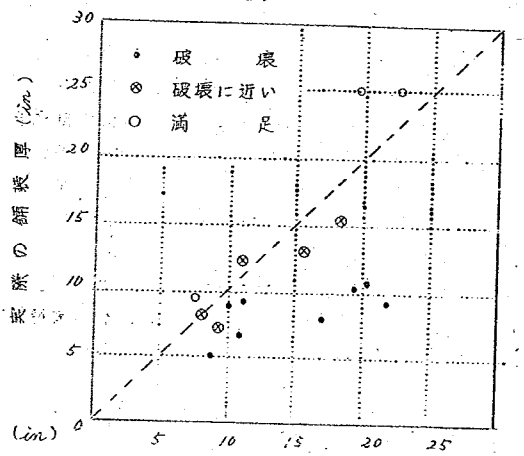
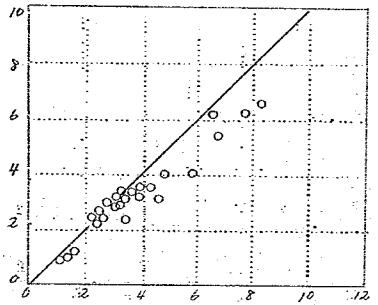


図 9.20.1.1 CBRによる設計厚と実際の舗装厚の比較

CBR（乱さない試料、4日水浸）



CBR
（乱さない資料、自然含水比）

図 9.20.1.2
自然状態と吸水した
試料のCBRの比較

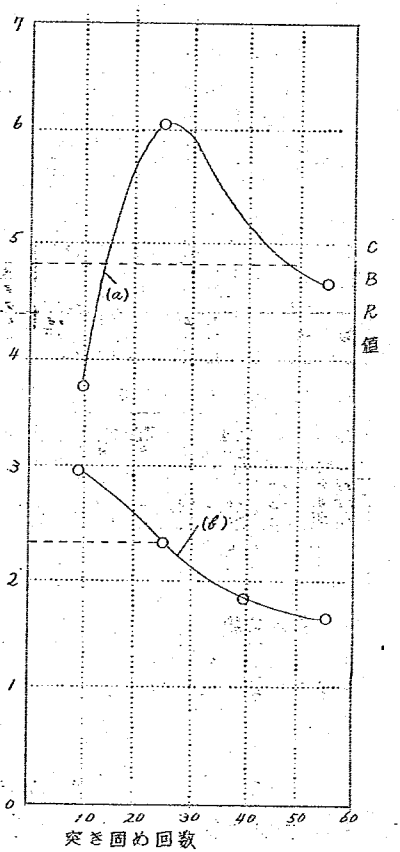


図 9.20.1.3

※ 例題

JIS A1211 CBR試験（乱した土の室内試験） 記録用紙

調査名・目的＿＿＿

VI. C B R　　標準荷重 13.70 kg

	55 回	25 回	10 回	修正 C B R
C B R %	93.7	18.2	5.8	41

注　※印は非水浸試験のときは除く　貫入量 5.0mmのときのCBRが2.5mmのときのものよりも大きい場合には，さらに試験を繰り返し，同様の結果を得たときは 5.0mmのときのCBRを用いる。

備考　（土質工学会．土質試験法より引用した。P 172）

試料中，標準板フルイ 20mmにとどまるものは，それと同量の板フルイ 20mmを通過し，板フルイ 5mmにとどまるものでおきかえる。

（土質工学会，土質試験法より引用した P 173）

JIS A1211　CBR試験（乱さない土の室内試験）　記録用紙

調査名＿＿＿＿＿＿，試験期日 供試体採取 39 年 8 月 30 日

調査地名＿＿＿＿＿＿，　室内試験 39 年 9 月 19 日

試験者 ＿＿＿＿

試験条件：(水浸)：非水浸

供試体の採取方法および採取状態 ＿＿＿＿

I　供試体の採取

モールド No	2	含水量の測定（試料箱 No 7	
(湿潤試料+モールド)	19.600	No 27	No 68
モールド重量 g	15.360	WW 92.77 DW 61.26	WW 85.87 DW 56.65
湿潤試料重量 g	4.240	DW 61.26 TW 18.14	DW 56.65 TW 16.12
モールド体積 $V cm^3$	2.208	W_w 31.53 , 43.12	W_w 29.22 W_s 40.53
湿潤密度 γ g/cm^3	1.92	w 73.12%	w=72.10%
乾燥密度 γ g/cm^3	1.12	平均含水量 w= 72.61 %	

II　吸水膨張試験 ※　　供試体の初めの高さ 12.5 cm

吸水時間	1.00	2.00	4.00	8.00	24.00	48.00	72.00	96.00
膨張量 mm	0.03	0.09	0.10	0.11	0.13	0.13	0.14	0.14
膨張比 %	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.10	0.10	0.11

III.　吸水後の供試体の乾燥密度 γ_d および含水比 w ※

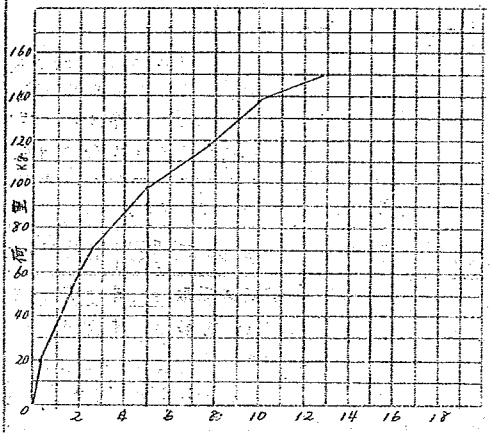
(湿潤試料+モールド) 重量 g	湿潤試料重量 g	膨張比 Ve %	供試体体積 V_C (1"/6/100)^3	湿潤密度 γ_t g/cm^3	乾燥密度 γ_d g/cm^3	含水比 w %

50(3の)

19.910	4.350	0.11	2.210	1.97	1.12	75.90

IV 貫入試験 $\gamma_d = \frac{100}{100+w}\gamma_t$ $w = \frac{\gamma_w(\gamma_t - \gamma_d)}{\gamma_d} \times 100 = 100(\frac{\gamma_w}{\gamma_d} - 1)$ ピストン断面積 19.625 cm²

貫入量 mm	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	修正2.5mmに貫入
荷重の読み kg	0	20	40	53	61	69	69



備考 工質工学会、土質試験法より引用したP173

V. 供試体表面より約3cmの深さ(貫入部)の含水比

No

WW	104.54	DW	67.77
DW	67.77	TW	19.52
W	36.77	W	48.72

$w = 76.21\%$

VI. C B R

標準荷重 13.70kg

C B R 5.0%

貫入量5.0mmのときのCBRが2.5mmのときのものより大きい場合には、試験を繰り返し同様の結果を得たときは5.0mmのときのCBRを用いる

(注) ※印は非水浸試験の場合は除く。

モールドを押し込むことができないときは、供試体の単位体積重量の測定はJIS A 1214を用いて行う。

JIS A 1211 C B R 試験 (現場試験) 報告用紙

調査名 ＿＿＿＿＿＿＿＿

調査地名 ＿＿＿＿＿＿＿＿

試験期日 38年8月12日

測量時の天候 ＿＿＿＿＿＿

測定者 ＿＿＿＿＿＿＿＿

調査地の状態

試験条件：自然状態：浸水状態

載荷方法 ＿＿＿＿＿＿＿＿

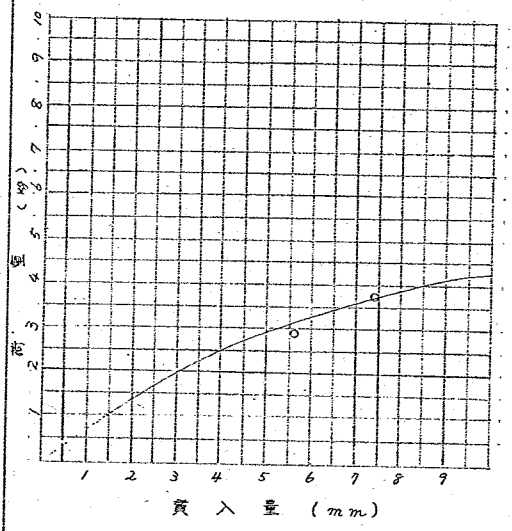
ジャッキ名および容積 ＿＿＿＿＿＿ t

ピストンの断面積 ＿＿＿＿＿＿ cm²

I. 貫入試験(室内試験の際の貫入法に準じて行なう)

貫入量		荷重
ダイヤルゲージ読み	貫入量 mm	kg

左	右	左	左	平均	
0	0			0	0
50	−36			12	29.
100				55	
150	−36				62.2
200	−36			87	74.0
250	−35			108	
850	261			556	
1020	464			242	



Ⅱ. C B R

修正25貫入荷重 1751kg

標準荷重 1370kg

C B R 127.7 %

Ⅲ. 現場密度および含水比

含水比 12.6 %

湿潤密度 1.335t/m³

乾燥密度 1.715t/m³

備考：

9.21 土の分類

土の分類は
(1) 粒度による分類
(2) 改訂PR法(AASHO法)による分類
(3) キヤサグランデによる分類
によることを標準とする。
(2) は特に道路床材料の分類によく用いられる。
従って，すべての場合に(2)(3)双方の分類を行なう必要はない。
土質記号は，図 9.21 によるものとする。

解 説

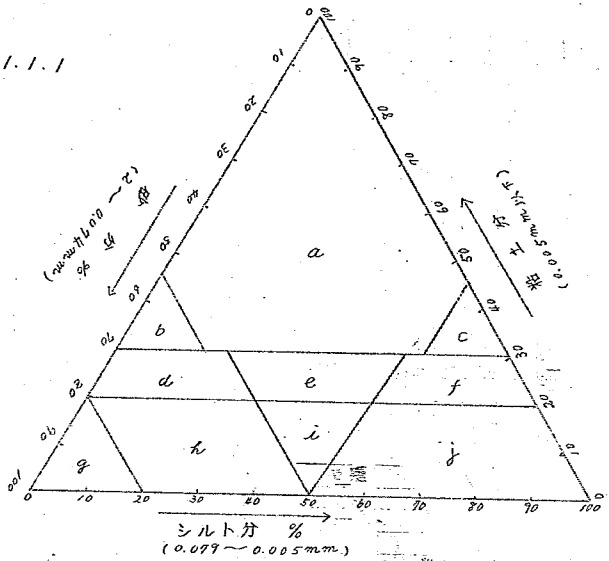
(1) 粒度による分類

土の粒度は JIS A 1204 によって測定することができる。粒度による分類には普通，図 9.21.1.1 の砂分，シルト分，粘土分による三角座標による。しかしこれは 2^{mm} 以上の粗粒分を多量に含む土については，2^{mm} 以下の性質しかわからない欠点がある。(図 9.21.1.2) はアメリカの陸軍工兵団 (Corps of Engineers) の一つの分類例で粗粒分を含む土の分類には適していると思われる。ここにシルト粘土とは，標準網ふるい 420μ 通過分について液性限界 w_L，塑性限界 w_P を測定し，

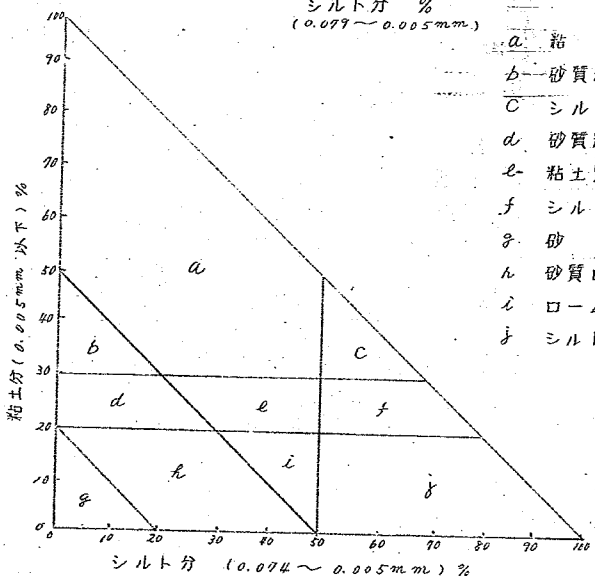
$w_L \leqq 28$　　$w_L - w_P = I_P \leqq 6$　　ならば　シルト
$w_L > 28$　　$I_P > 6$　　ならば　粘　土

としている。この分類法は粘土，シルトを粒度分析で分けることを止めていることに特長がある。すなわち，比重計による粒度試験が不用であり，粒度分析が容易となり，時間の短縮，実験設備の簡易化に資するところが多い。しかも適用範囲が 75^{mm} の粗粒分までひろがっており，道路の土工設計のための分類法としては有用と考えられる。日本で使用する場合は粘土，シルトの区分にあたって w_L の 28，I_P の 6 という値が妥当かどうかは研究の余地がある。

図 9.21.1.1

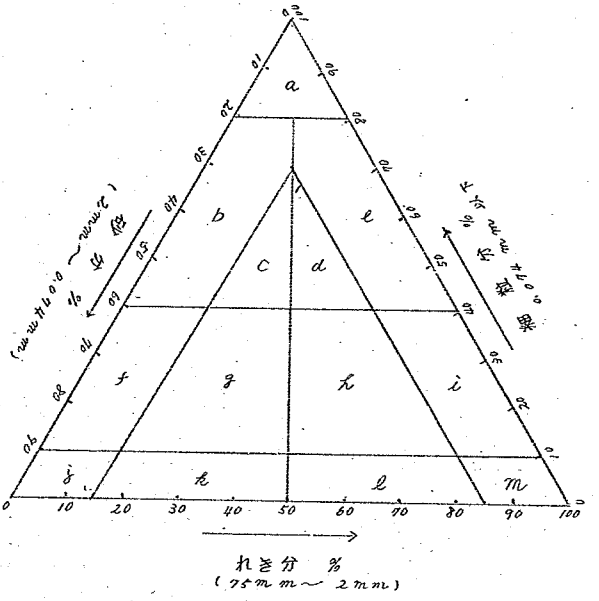


a 粘　土
b 砂質粘土
c シルト質粘土
d 砂質粘土ローム
e 粘土質ローム
f シルト質，粘土ローム
g 砂
h 砂質ローム
i ローム
j シルト質ローム



(JSF)

図 9.2.12



a シルトあるいは粘土
b 砂質シルトあるいは砂質粘土
c れきまじり砂質シルトあるいはれきまじり砂質粘土
d 砂，れきまじりシルトあるいは砂，れきまじり粘土
e れきまじりシルトあるいはれきまじり粘土
f 粘土質砂あるいはシルト質砂
g 粘土，れきまじり砂あるいはシルト，れきまじり砂
h 粘土，砂まじりれきあるいはシルト，砂まじりれき
i 粘土まじりれきあるいはシルトまじりれき
j 砂
k れきまじり砂
l 砂まじりれき
m れき

(2) 改定PR法（AASHO法）による分類

分類を行なうにはまず粒度により，つぎに粒度とコンシステンシーを組み合せた群指数をつかって表 9.2.1.2.1 の上欄から下欄へ見て行き，適合しない欄を消して正しい土群に達する。

表 9.21.2.1 改定PR法（AASHO法）による土の分類表

主要区分	土の分類	ふるい通過百分率			420μ網ふるい通過分の性質		群数	おもな土の種類
		2.00μ	420μ	74μ	LL	PL	(a)	
粗粒土（74μ網ふるい通過量35%以下）	A-1 A-1-a	最大50	最大30	最大15		最大 6	0	岩片，砂利および砂
	A-1 A-1-b		〃50	〃25				
	A-3		〃51	〃10		塑性なし	0	細砂
	A-2 A-2-4			〃35	最大 40	最大 10	0	シルト質または粘土質の砂利および砂
	A-2 A-2-5			〃35	最小 41	〃 10		
	A-2 A-2-6			〃35	最大 40	最小 11	最大4	
	A-2 A-2-7			〃35	最小 41	〃 11		
シルト-粘土質土（74μ網ふるい通過量35%以上）	A-4			最小36	最大 40	最大 10	〃8	シルト質土
	A-5			〃36	最小 41	〃 10	〃12	
	A-6			〃36	最大 40	最小 11	〃16	粘土質土
	A-7 (A-7-5(6), A-7-6)			〃36	最小 41	〃 11	〃20	

ここに群指数GIは（9.21.2.1）式から計算するか，図 9.21.2.1 から算出する。

$$GI = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd \quad (9.21.2.1)$$

ただし

a ： 74μ 網ふるい通過量の%から 35 を引いた値
ただし通過量が 75 %を越えた場合には 75 %とする。
（0～40 の整数で表わす）

b ： 74μ 網ふるい通過量の%から 15 を引いた値，ただし通過量が 55 %を越えた場合には 55 %とする。
（0～40の整数で表わす）

C ： 液性限界から 40 を引いた値，ただし液性限界が 60 以上の場合には 60とする。
（0～20の整数で表わす）

d ： 塑性指数から 10 を引いた値，ただし塑性指数が 30 以上の場合

には 30 とする。

（0～20の整数で表わす）

なお，シルト粘土（細粒土）の分類，特に細分には図 9.21.2.2 の塑性図が役に立つ．一般にこの方法によると，群の数字が少ないもの程，路床盤材料として良質であることを表わしている．（しかしこれは土質が良好であるアメリカにおいて作られた経験法測であることから，日本にそのまま適用すれば不経済の場合も多い．

(3) キヤサグランデによる分類

この分類法は，A. キヤサグランデ A. (Casagrande) によって創案されたもので，その後拡長，改良されて現在陸軍工兵団 (Corps of Engineers.) および (開発局 (Bureau of Reclamation (アメリカ) で使用されている。

分類を行なうにあたって必要な土の性質は，

(i) 砂利，砂，および細粒土（74μ 網ふるい，No. 200 通過分）の重量百分率

(ii) 粒径加積曲線

(iii) コンステンシー

であり，分類方法は表 P.21.3.1 に示す通りである。

この分類につかわれる記号の意味は，最初の文字が土のおもな型を表わし，後の文字がその属性を表わしている。

土のおもな型

G：砂利質土　S：砂質土　M：非常にこまかい砂および塑性のないのない岩粉型のシルト質土　C：無機質の粘土質土　O：有機質の粘土シルト質土　Pt：でい炭および非常に圧縮性の大きい有機質の沼沢土

土の属性

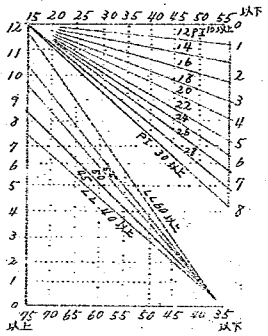


図 9.21.2.1
群指数計算図表
塑性指数 P.I

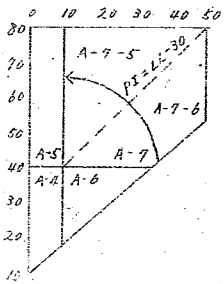


図 9.21.2.2
改訂法用塑性図

W ： 細粒分を欠くかまたは，わずかに含んだ粒度分布のよい土
P ： 細粒分を欠くかまたは，わずかに含んだ粒度分布の悪い土
C ： 粘土質結合材を含んだ粒度分布のよい土
L ： 細粒土で液性限界 50 以下の圧縮性の低い土
H ： 細粒土で液性限界 50 以上の圧縮性の高い土

※ 例題

	土の分類					
調査名 目的 七宗道路その8工事						
試料番号	146	173	186			
74μ (No 200) フルイ通過量 (%)	35.98	25.40	16.69			
420μ (No 40) フルイ通過量 (%)	88.07	44.43	25.77			
2000μ (No 10) フルイ通過量 (%)	100	54.60	31.53			
60%径 D_{60} (mm)	0.24	6.0	22.0			
30%径 D_{30} (mm)	0.035	0.3	1.3			
10%径 D_{10} (mm)	0.001	0.012	0.002			
$U_c = D_{60}/D_{10}$	240	500	1100			
$U_c' = (D_{12})(D_{13}D_{10})$	——	——	——			
液性限界 WL	22.35	33.45	29.98			
塑性指数 IP	8.25	13.10	10.13			
群指数 GI	0	0	0			
統一分類法による分類	SC	SC	GC			
AASHO法による分類	A－4	A-2-6	A-1-b			
三角座標法による分類	砂質ローム	砂質ローム	砂質ローム			
備考		レキ混り	レキ混り			

塑　性　図

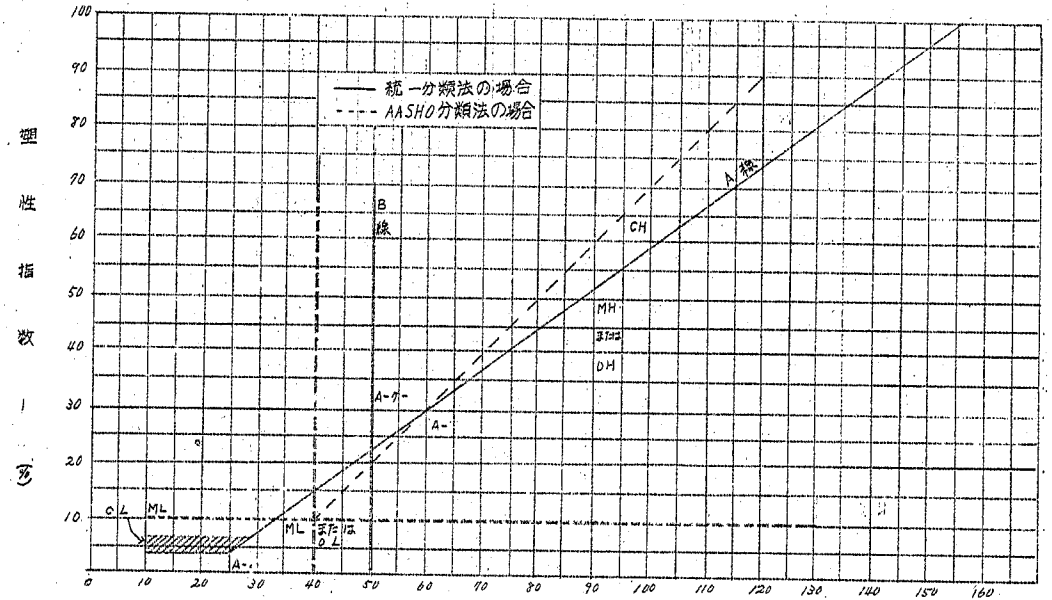
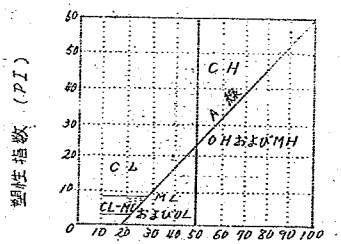

塑性指数 I_P (%)
液性限界 WL (%)
統一分類法の場合
AASHO分類法の場合
A線
B線
CH
MH
弱有機質
OH
A-7-
A-
CL
ML
ML または OL
A-4
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160

図 9.21.3.1　キャサグランデの分類法

区分			記号	土の種類
粗粒土（50％以上が0.074mm網ふるいに留る材料）	礫（粗粒分の50％以上が4.76mm網ふるいに留るもの）	きれいな礫（細粒分がほとんどないもの）	GW	粒度のよい砂利，砂利，砂，混合土，（細粒分のほとんどないもの）
			GP	粒度のよくない砂利，砂利，砂，混合土（細粒分のほとんどないもの）
		礫（細粒分を含むもの）	GM* d / u	シルト質砂利，砂利，砂，シルト混合土
			GC	粘土質砂利，砂利，砂，粘土混合土
	砂（粗粒分の50％以上が4.76mm網ふるいを通過するもの）	きれいな砂（細粒分がほとんどないもの）	SW	粒度のよい砂，砂利まじり砂（細粒分のほとんどないもの）
			SP	粒度のよくない砂，砂利まじり砂（細粒分のほとんどないもの）
		砂（細粒分を含むもの）	SM* d / u	シルト質砂，砂，シルト混合土
			SC	粘土質砂，砂，粘土混合土
細粒土（50％以上が0.074mm網ふるいを通過する材料）	シルトまたは粘土（w_L < 50）		ML	無機質シルトおよび極細砂，岩粉，シルト質あるいは，粘土質細砂，塑性の少ない粘土質シルト
			CL	塑性が低いか中位の有機質粘土，砂利まじり粘土，砂質粘土，シルト質粘土，やせた粘土
			OL	有機質シルト，塑性の低い有機質シルト質，粘土
	シルトまたは粘土（w_L > 50）		MH	無機質シルト，雲母，げそう質を含んだ細かい砂質土，シルト質土
			CH	塑性の高い無機質粘土，こえた粘土
			OH	塑性が高いか中位の有機質粘土，有機質シルト
			Pt	でい炭，その他有機物を多く含んだ土

分類	基準	
粒度曲線から砂利と砂の重量百分率を求める。細粒分（0.074mm網ふるい通過分）の百分率によって粗粒土をつぎのようにわける。		
細粒分が5%以下ならば……GW, GP, SW, SP	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$, $Ce = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 1 \sim 3$	
〃 12%以上ならば……GM, GC, SM, SC	粒度がGWの基準に適合しないもの	
〃 5～12%ならば……境界に属するものとして複記号を用いる（たとえば GW-GC）	塑性図でA線の下あるいはPI<4	塑性図でA線の上でPIが4～7のものは境界に属するとして複記号を用いる。
	塑性図でA線の上でありPI>4	
	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Ce = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 1 \sim 3$	
	粒度がSWの基準に適合しないもの	
	塑性図でA線の下あるいはPI<4	塑性図でハッチしてあるPIが4～7の領域は境界領域で，これにはいれば複記号を用いる。
	塑性図でA線の上でありPI>7	



（注） ＊GMとSM群はさらにdとuに細別される。
これは道路，飛行場用に用いられる。細別は次のようにする。

d : $LL \leqq 28$, $PI \leqq 6$

u : $LL > 28$

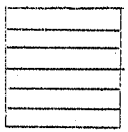
図 9.21

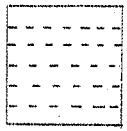
〔基本記号〕

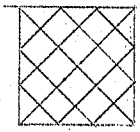

れき

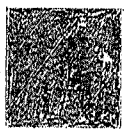

砂


シルト


粘土

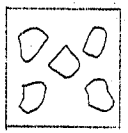

ローム


軟岩


硬岩


有機物腐食土


岩片


玉石

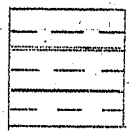
〔特殊記号〕


貝がら

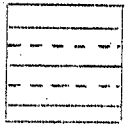

埋立その他

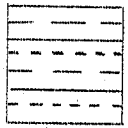
〔合成記号〕（卓越した成分の記号を濃く書く）.

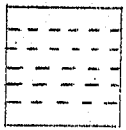

砂質粘土

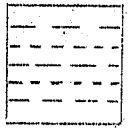

シルト質粘土


砂質粘土ローム


粘土 ローム

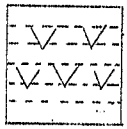

シルト質粘土ローム


砂質 ローム


シルト質ローム


れきまじり砂


貝がらまじり粘土


有機質まじりローム

第 4 編　一　　般

第 10 章　一　　般

第10章 一般目次

10.1 定義，用語．記号 …… 1

10.2 品質管理 …… 3

10.2.1 品質管理の手順 …… 3

10.2.2 品質特性 …… 5

10.2.3 ヒストグラムによる判定 …… 7

10.2.4 管理図による安定状態の判定 …… 9

10.3 抜取検査関係 …… 22

10.3.1 抜取検査 …… 22

10.3.2 抜取方法 …… 26

10.4 実験計画関係 …… 26

10.5 測定方法関係 …… 27

10.6 標準網ふるいの検査方法 …… 27

10.7 安全管理関係 …… 33

10.8 工程管理関係 …… 33

10.9 附録 …… 34

第10章 一 般

10.1. 定義・用語・記号

土木試験関係の定義用語は

文部省 学術用語集 "土木工学編" 土木学会 (1954)
〃 〃 "数学編" 大日本図書
〃 〃 "物理学編" 〃
〃 〃 "化学編" 南江堂
土質工学会編 "土質工学用語集" 技報堂 (1957)
JIS Z 8101 - 1963 "品質管理用語"
JIS Z 8102 - 1961 "色名"
JIS Z 8103 - 1958 "計測用語(精度に関するもの)"
JIS Z 8104 - 1962 "計測用語(計測一般)"
JIS Z 8105 - 1961 "色に関する用語"
JIS Z 3001 - 1961 "溶接用語"
JIS Z 8401 - 1961 "数値の丸め方"
JIS Z 8601 - 1954 "標準数"
JIS Z 8106 - 1961 "音響用語(一般)"
JIS Z 8111 - 1961 "計数形計算機用語(一般)"
JIS Z 8112 - 1962 "計数形計算機用語(一般を除く)"

記号は

JIS Z 8302 - 1958 "製図通則"
JIS A 0101 - 1958 "土木製図通則"
JIS Z 8201 - 1956 "数学記号"
JIS Z 8202 - 1960 "量記号"
JIS Z 8203 - 1964 "単位記号"
JIS Z 8204 - 1963 "計装用記号"
JIS Z 3021 - 1961 "溶接記号"
JIS Z 8206 - 1960 "工程図示記号"

の規定による.

解説

(a) 何れも日常業務の参考となるべき重要なものであるが，本基準では単行本として出版されているものを除き JIS の中で日常多く使用されるものを採録または抄録する。

(b) 数値の丸め方について，えられた数値をある有効けた数に丸めるためにいままで四捨五入ということがよくおこなわれてきた。次の けた の数値が 1，2，3，4 の場合は切り捨て，6，7，8，9 の場合は切り上げるのはよいが，5 の場合に常に切り上げを行なうことは大きい方に誤差を生じる原因を作っていることになる。

次のけたが丸められて 5 になったものでなく，5 の次に 0 が続くか，または 5 の後は不明である場合には，当然それぞれ $\frac{1}{2}$ の確率で切り上げまたは切り捨てまたはする必要がある。このため有効数字 n けた の数値に丸める場合，n けた目が偶数なら n+1 けた以下を切り捨て，奇数なら n+1 けた以下を切り上げようというのが，JIS の方法で世界各国ともこの方法をとっているところが多い。

この偶数で切り捨てる方法には，丸めた数値を 2 で割ったときに割り切れて，しかも丸めた値を 2 で割った数値は丸める前の数値を 2 で割ってから丸めたものと常に一致するという利点がある。

(C) 標準数について，標準設計を作ったり，製品部品の種類を規定するとき従来必ずしも等比標準数によらず，寸法標準数も用いられてきた。しかし幾何級数的な等比標準数が世界的に採用され，JIS においても小さいところでは 0.1 とび，次に 0.2 とび，0.5 とび 1.0 とび 2.0 とび……とする寸法標準数をすてて，等比標準数だけを採用することとなり，その中でも，公比 $5\sqrt{10}$，$10\sqrt{10}$，$20\sqrt{10}$，$40\sqrt{10}$，$80\sqrt{10}$ を採用し，それぞれ R5，R10，R20，R40，R80 として用いることとなった。例えば R5 では，$5\sqrt{10^0}$，$5\sqrt{10^1}$，$5\sqrt{10^2}$，$5\sqrt{10^3}$，$5\sqrt{10^4}$ を用い，それぞれ 1.00，1.60，2.50，4.00，6.30 と称して使用するもので建設事業界においても広く利用されることが期待される。

10.2 品質管理

10.2.1 品質管理の手続

品質管理は先づ管理しようとする品質特性について測定を行ない，ヒストグラムによって規格とのチェックを，管理図によって工程が安定かどうかのチェックを行なう．もし異常があればその原因を除去し異常がなければその状態を維持する，という手続きによって行なう．

解説

(a) 品質管理

品質管理とは与えられた規格を十分に満足するような製品を最も経済的に作ることができるよう，工程のすべての段階に統計理論と統計技術とを応用してゆくことであって，規格を十分なゆとりをもって満足するような製品を経済的に造り出してゆくための条件は，

(i) 製品がある許容範囲で規格を満足していること。

(ii) 工程が安定していること。

の二つである。

これらの条件はおのおの独立であって，この何れをも満足する必要がある。(i)の条件はヒストグラム（柱状図）によって，(ii)の条件は管理図によって調べる。

つまり安定した工程でしかも各製品の分布が十分なゆとりをもって規格を満足するような状態で造られることが条件であって，いくら条件を満足していても工程が安定していないと，いつ不満足な製品が造り出されるかわからないわけである。

(b) 管理状態

安定な状態とは異常原因による バラツキ（この原因を探求して再発しないよう処置をとることが経済的にできる ばらつき，見のがせない原因による ばらつき）と，偶然原因による ばらつき（この原因を探求して再発しないよう処置をとることができないか，またはできても経済的でない ばらつき）とを分離し，これに基いて異常原因をさがして再び起らぬよう処置をとり，偶然原因による ばらつき（したがって管理された ばらつき）のみを持つ状態を意味する。

われわれがとったデータは、その変化をみて、工程になんらかの処置をとり最終品質に影響を与えるものならば、なんでも管理図を作ってみる価値があり、逆にそれにもとづいて工程に処置をとることができないようなものは管理図に書いてみても仕方がない。管理図はこれをデータの後整理に使ったり、プロットした図面をただながめたりするために作るものではなく、これを指針として工程に対し処置をとり管理された工程にするために作るものでなければならない。

したがって原因除去または安定状態の維持という行動（これを処置という）決定の基準、すなわち管理限界の入っていないものは、管理図ということはできない。

しかし限界の入っていない図面（これを工程能力図という）であっても工程の現状を図示するという効果がある。

また管理しようとする品質特性については、あまり大きい方、または小さい方に片寄ったものでないことが望ましい。片寄っている場合は、適当な変数変換を行なうとか、又のサンプルサイズを大きくするという方法によって正規分布に近づけるほうがよい。

(C) 品質管理の手順

品質管理の手順は一般に次のようなものである。

手順1. 管理しようとする品質特性をきめる。
品質特性については10.2.2参照。

手順2. その特性について品質標準をきめる。

手順3. その品質標準を守るための作業標準をきめる。

手順4. 作業標準に従って実施しデータをとる。

手順5. まず、各データが十分なゆとりをもって品質標準を満足しており、かつ、このデータによって管理図をつくり、工程が安定しているかどうかをたしかめる。安定しているならば、次にその管理限界を延長してその予備データを得たとほぼ同程度の期間に対する管理限界として採用し、作業を続行する。
（安定状態については2.4参照）

手順6. 作業を行なってゆくうちに管理限界外に点が出たならば工程に異常が生じたものとして、その原因を追求し再発しないよう処置をとり、管理限界内に点があるときは工程に異常がないものとしてその状態を維持する。

手順7. 予備データをとった期間とほぼ同程度の期間経過するとか、点が20点に達するとか、または一月経過する等時期には最近のデータにより手順5をくり返す。
(注. 予備データとは手順5によってとったもの以外はあてはまらない。)

10.2.2 品質特性

管理対象となる品質特性としては、最終品質に影響を及ぼす因子のうち、できるだけ工程の初期に結果の判明するような特性を選ばなければならない。

解説

管理の対象とする品質特性としては前にのべたようにそれにもとづいて処置をとり最終品質に影響を与えることのできるものを選ぶべきであるが、できるだけ工程の初期で測定するものまたはすぐ結果のえられるものが望ましい。

例をあげれば次表10.2.2.1のようなものが考えられる。

(注. 表10.2.2.1全部の品質特性について管理を必要とする意味でなく、必要に応じて品質特性を選択して管理を行なう)

表 -10.2.2.1

種別	対象	品質特性	試験	サンプリング
土工	堤防および道路	粒度	粒度試験	1日1~2個
	盛土	現場含水量	含水量試験	
		液性限界	液性限界試験	
		塑性限界	塑性限界試験	
		最大乾燥密度	突き固め試験	
		最適含水比 〃	〃	
		締め固め度 〃	乾燥密度試験	
		買入指数 〃	各種買入 〃	約1m長さ50mごとに中央肩の3個

種別	対象	品質特性	試験	サンプリング
		水浸 C.B.R 支持力係数 現場 C.B.R 衝撃地盤支持力値	C.B.R. 試験 平板載荷試験 C.B.R 試験 衝撃式地盤支持力試験	厚さ0.6m 長さ20m ごとに 中央および路肩の3個所
路盤工	路盤材料	粒度 現場含水量	粒度試験 含水量試験	1日 1～2個
	路盤支持力	支持力係数 現場 C.B.R 衝撃式地盤支持力値 貫入指数 平坦性	平板載荷試験 C.B.R試験 衝撃式地盤支持力試験 各種貫入試験 平坦性試験	中央および路肩より1.5mの3個所、20mごと
コンクリート工	骨材	粗骨材粒度 細 〃 細骨材表面水量	粒度試験 表面水量試験	1日1個 1日2回
	セメント	貯蔵期間		
	コンクリート	スランプ 空気量 圧縮強度 曲げ 〃 単位体積重量 混合割合	スランプ試験 空気量試験 圧縮試験 曲げ試験 単位体積重量試験 洗い分析試験	1日2回 1回テストピース3個 必要ある場合 1日1個
	コンクリート構造物	強度 〃 厚さ 平坦性	テストハンマー試験 コア採取 〃 平坦性試験	15～25m² 5回3個所
	ミキサ	練りまぜ性能	モルタル単位重量	

種別	対象	品質特性	試験	サンプリング
	各材料計量器	計量誤差	計量誤差試験	
	骨材	各材料粒度試験	各材料粒度試験	1,000m³について1回
		すりへり減量	ロサンゼルス試験	
		破砕値	破砕試験	
アスファルト舗装	アスファルト	針入度 軟化点	針入度試験 軟化点試験	50tについて1個
	プラントにおけるアスファルト	各材料温度 粒度 アスファルト混合率	各材料温度試験 合材抽出試験 〃	1日2回以上
	舗設アスファルト	安定度	マーシャル試験	同一トラック225袋ごと1
		現場到着温度 厚さ 混合割合 安定度	現場到着温度試験 コア採取厚さ試験 コア混合割合試験 コア安定度試験	
		平たん性	平たん性試験	

（山海堂：工事管理とその実際　64～66頁より）

10.2.3　ヒストグラムによる判定

品質特性が規格などある許容範囲で満足しているかどうかはヒストグラムによって調べるものとする。

解　説

ヒストグラムによる判定の手続きとしては次の手順によるとよい。

手順1　データの最大値と最小値の差を大体10分する位のクラスにデータを分類し、各クラスに属するデータ数により柱状図（ヒストグラム）を画く。これに規格線を記入し、データが規格限界の中に十分な　ゆとり　をもって入っているかどうかを調べ、尚山がいくつかにわけられていないか、離れ島ができていないか、などについてもしらべる。

手順2、データを合理的な群にわける

合理的な群とはその群の中の　ばらつき　は偶然原因のみによる　ばらつき　であり、もし異常原因による　ばらつき　があるとすれば、それは群と群の間の　ばらつき　という形であらわれるようにわけた群のことであって、一般に時間、日、交替、週、または起点からの距離などによってわけるといい場合が多い。

手順3、群の中の範囲（最大値と最小値の差）R およびその組に対する平均値 $\bar{R}$ を計算する。

手順4、ヒストグラムより $\bar{x}$ 及び $\sqrt{V}$ を求める。もし大きな周期変動が認められなければ合理的な群の中の範囲 R を用いて、$\sqrt{V} \fallingdotseq \bar{R}/d_2$　として $\sqrt{V}$ を直似的に求めてよい　ただし d_2 は群の大きさnに関する定数で次の $\bar{x}-R$ 管理図のところで表示する

手順5、$\bar{x}$ が規格を満足することをたしかめた後、次の条件を満足するならばヒストグラムは十分な　ゆとり　をもって規格を満足していると判定する。

$$\frac{S-\bar{x}}{\sqrt{V}} \geqq 3 \quad (\text{できれば } 4)$$

ただし、S は上部または下部規格限界で両側規格のときはそれぞれについてたしかめるものとする。

a　これは何も指定のない一般の場合であるが、もし片側規格で20回に1回というような割合で規格値を割ることを許容するような規格の場合には、3または4という数字の代わりに次表の数字を用いる　ただし、

nはサンプルサイズでこの結論の危険率は5%である.

表 10.2.3.1

n \ P	1/20	1/50	1/100	1/200	1/500	1/2000	1/5000
5	4.17	5.10	5.73	6.30	7.10	7.97	8.56
10	2.87	3.50	3.93	4.33	4.81	5.47	5.87
15	2.54	3.11	3.49	3.84	4.27	4.85	5.21
20	2.38	2.91	3.27	3.60	4.01	4.56	4.90
25	2.23	2.79	3.14	3.46	3.85	4.38	4.71
30	2.21	2.71	3.05	3.36	3.74	4.25	4.57
60	2.02	2.48	2.80	3.09	3.44	3.92	4.21
100	1.90	2.34	2.65	2.92	3.26	3.71	3.99
∞	1.64	2.05	2.33	2.58	2.88	3.29	3.54

(秋草、梁谷、横田、中村、工事管理とその実際 P172より)

この表からわかることは最初えたサンプルサイズが小さいときは、このサンプルから計算した$\bar{x}$および$\sqrt{V}$を用いて、これから後にえられるものも含めて全体のうちPだけが規格値を割ると考えたときの限界(許容限界)として$\bar{x}$より $h\sqrt{V}$ だけ離れている点を考える場合のhは3ヘタより相当大きなものとなり一般にはhを3、できれば4以上にとるという限界が適当なものであることがわかる.

(6) これらの係数はヒストグラムによる判定の場合のみに適用されるものであって、管理限界はあくまでも工程の現在の能力にもとづいて、工程が安定しているかどうかを判定するために用いるものであることは注意を要する

10.24 管理図による安定状態の判定

管理図による安定状態の判定方法としてはKOSK0101-1962"管理図による安定状態の判定方法"によるがこれに規定のないものについてはJIS Z 9021-1954"管理図法" JIS Z 9022-1959"メジアン管理図" JIS Z 9023-1963"X管理図"の規定による.

解　説

測定項目が長さ，強度などの計量値であるが，不良率，不良個数などの計数値であるかによって取扱いが変るか，一般に計量値として取扱った方が手数の割合にえられる情報量が多い．KDSK 0101-1962は，

$\bar{X}$-R　管理図（計量値，平均と範囲を用いる）

X-R_s-R_m管理図（計量値，個々の値と逐次範囲などを用いる）

の二つを取扱い，このほか，JISでは

メジアン管理図　（計量値，メジアンを用いる）

P　〃　（計数値，不良率を用いる）

P_n　〃　（　〃　不良個数を用いる）

C　〃　（　〃　一定単位中の欠点数を用いる）

U　〃　（　〃　欠点数を用いる）

についても取扱っている

管理図はアメリカ，ベル電話研究所のシューハートの創始によるもので，その後いろいろな改良が施されてアメリカ規格Z1.1　Z1.2　Z1.3となり，これが基本となってJISができており，いわゆる3シグマ法と称されるものである．

現在世界のほとんどがこの方法を採用しており，イギリスの一部では確率限界法を，また日本の一部でもこれと異った方法を提唱するむきもあるが，その合理性の故からJIS　では3シグマ法による管理図を採用している。

本基準では一般的に3シグマ法が妥当なものであるだけでなく建設事業の場で多くみられるような予備データの少ない場合にも予備データとほぼ同じ組数の間の最大値または最小値に基づく工程異常の検出基準として3シグマ法が妥当であることがたしかめられたので，この考え方に基づく安定状態の判定方法を採用するものである．

管理図による安定状態の判定方法

KDSK　0101-1962

I　$\bar{X}$-R管理図

手順1．予備データがえられるまでの暫定的管理限界の設定

管理限界は現在の工程の能力に基づいて設定するのが原則である．したがって規格に基いて計算したり，このようにしたいという標準値と基いて計算したりすることは本筋ではないが，一番最初に全く現在の工程の能力に関する情報がない場合

には参考として過去のデータ、同種の作業経験などに基づいて管理限界らしきものを計算してみる場合もある。

しかしこれらは正しい意味での管理限界ではないから、あくまで参考にとどめ、しかも手順2に示すように最初の5組のデータがえられたら直ちに管理限界を計算し以後はこれを用いる必要がある。

(a) 両側規格の場合 （Sc：規格上限、SL：規格下限）

(i) X

$$\text{中心線} \quad \bar{\bar{x}} = \frac{S_U + S_L}{2}$$

$$\text{上下限} \quad \bar{\bar{x}} \pm 3\hat{\sigma}\sqrt{1/n}$$

$$\text{ただし} \quad \hat{\sigma} = \frac{S_U - S_L}{2U}$$

変動係数 CV を用いるときは $\hat{\sigma} = CV \cdot \bar{\bar{x}}$

n ： 合理的な群の大きさ

U ： 一般には3．できれば4をとる。

(ii) R

$$\text{中心線} \quad d_2\hat{\sigma}$$

$$\text{上下限} \quad (d_2 \pm 3d_3)\hat{\sigma}$$

(b) 片側規格の場合

(i) X

$$\text{中心線} \quad \bar{\bar{x}} = S_U - U\hat{\sigma}\sqrt{1/n} \quad \text{または} \quad \bar{\bar{x}} = S_L + U\hat{\sigma}\sqrt{1/n}$$

CV を用いる場合は

$$\bar{\bar{x}} = \frac{S_U}{1 + \frac{U}{\sqrt{n}}\left(\frac{CV}{100}\right)} \quad \text{または} \quad \frac{S_L}{1 - \frac{U}{\sqrt{n}}\left(\frac{CV}{100}\right)}$$

ただし $\hat{\sigma}$ は同種工事の実績から推定するが CV を用いるときは $\hat{\sigma}$ CV としてもよい。

$$\text{上下限} \quad \bar{\bar{x}} \pm 3\hat{\sigma}/\sqrt{n}$$

(ii) R

$$\text{中心限} \quad d_2\hat{\sigma}$$

$$\text{上下限} \quad (d_2 \pm 3d_3)\hat{\sigma}$$

手順2　この限界に入るよう工程調節を行なは，工事を開始する。

最初の5組のデータがえられたとき，総平均$\bar{\bar{X}}$および平均範囲$\bar{R}$を求め，次式により次の5組に対する管理限界を計算する。

$\bar{X}$ 管理図　中心線　$CL = \bar{\bar{X}}$

上　限　$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$

下　限　$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$

R 管理図　中心線　$CL = \bar{R}$

上　限　$UCL = D_4 \bar{R}$

下　限　$LCL = D_3 \bar{R}$

ただしA_2，D_3，D_4は合理的な群の大きさnに関する定数で後に表示する。またnくらの場合はR管理下限は考えない。

手順3　次の5点をプロットするうちに，点が管理状態を示さないときはその原因追求を行ない処置をとる。管理状態を示すときは，今までにえられた10組のデータ全部を用いて総平均$\bar{\bar{X}}$，平均範囲$\bar{R}$を計算し，手順2と同じように管理限界を計算し，次の10組に対する管理限界とする。

手順4　次の10点をプロットする間手順3と同じように管理状態の判定を行なう。管理状態を示すときは今までにえられた20組のデータ全部を用いて総平均$\bar{\bar{X}}$，平均範囲$\bar{R}$を計算し，手順2と同じように管理限界を計算し，次の20組に対する管理限界とする。

手順5　次の20点をプロットする間，手順3と同じように管理状態の判定を行なう。管理状態を示すときは，新しい20組のデータだけを用いて総平均$\bar{\bar{X}}$，平均範囲$\bar{R}$を計算し，手順2と同じように管理限界を計算，次の20組に対する管理限界とする。

手順6　手順5と同じように20点に対し次々と管理状態の判定を行ない以後最近20組のデータによって次の20組に対する管理限界を計算して用いる。

手順7　管理状態を示さない場合，その原因を調べて分からないか，またわかってもその原因に対し処置をとることができないか，あるいはできても経済的でない場合は，そのデータを含めて管理限界の計算を行ない，処置をとった場合は，そのデータを除去して計算を行なう。

注1. 管理状態を示さない場合とは次のような場合である。

(1) 予定された次のK個の打点を行なってゆくうちに、点が限界外に打点された場合。

(2) 点が限界内に打点されるが、中心線に対し一方の側に連続7点連続11点中10点、連続14点中12点並んだ場合

(3) 点が周期的に上下する場合。

注2. 各係数d_2, d_3, A_2, D_4, D_3 は群を構成するサンプルの大きさnによって定まる定数で次のようなものである。

表10.2.4.1

n	d_2	d_3	A_2	D_4	D_3
2	1.128	0.853	1.880	3.267	—
3	1.693	0.888	1.023	2.575	—
4	2.059	0.880	0.729	2.282	—
5	2.326	0.864	0.577	2.115	—
6	2.534	0.848	0.483	2.004	—
7	2.704	0.833	0.419	1.924	0.076
8	2.847	0.820	0.373	1.864	0.136
9	2.970	0.808	0.337	1.816	0.184
10	3.078	0.797	0.308	1.777	0.223

注3. $n=2$の場合は予備データにほぼ同じ程度の組数を管理するいわゆる5+5+10+20→20（最近の20組による）方式でなく予備データの$\frac{2}{3}$ないし$\frac{1}{3}$の組数を管理する5+3+5+7+10→10（最近の20組による）方式とした方がよい。

注4. $n=2$の場合は$\bar{X}-R_s$管理図としてもよいが母集団が正規分布から離れているようなときは中心極限定理により又管理図として扱った方が安全である。

Ⅱ $\bar{X}-R_s-R_m$管理図

データの数が少なく、何個かを組にして又をつくるまでえてないような場合、隣り合ったXの差R_sを利用した一対管理図を用いる。同時にとったm個の値の平均が一つの値として定義され、このm個の間の範囲R_mは試験誤差位しか反映しない場合もm個の値を平均したXを、一個の値と考え、$\bar{X}-R_s$管理図として使用する。試験誤差の管理も併せて行なわれた

ときは、$\bar{X}-R_S-R_m$管理図としてもよい。この場合R_SとR_mを混同しないよう注意する必要がある。

手順1　$\bar{X}-R$管理図（以下Iという）手順1に同じ。

ただし過去のデータによる暫定的管理限界の計算は次の式によって行なう。

(a) 両側規格の場合

$\bar{X}$ 管理図　I手順1(a), (i)に同じ。ただし$n=1$とする。

R_S 管理図　I手順1(a), (ii)に同じ。ただしd_2は$n=2$の場合に対応したものとする。

R_m 管理図　I手順1(a), (ii)に同じ。ただしd_2は同時にとったものがm個のとき、$n=m$の場合に対応したものとする。

(b) 片側規格の場合

$\bar{X}$ 管理図　I手順1(b), (i)に同じ。ただし$n=1$とする。

R_S 管理図　I手順1(b), (ii)に同じ。ただしd_2は$n=2$の場合に対応したものとする。

R_m 管理図　I手順1(b), (i)に同じ。ただし、d_2は$n=m$

手順2　I手順2に同じ。ただし管理限界は次のようにとる。

$\bar{X}$ 管理図
$$CL=\bar{\bar{X}}$$
$$UCL=\bar{\bar{X}}+2.66\,\bar{R}_S$$
$$LCL=\bar{\bar{X}}-2.66\,\bar{R}_S$$

R_S 管理図
$$CL=\bar{R}_S$$
$$UCL=3.27\,\bar{R}_S$$
LCLは考えない。

R_m 管理図
$$CL=\bar{R}_m$$
$$UCL=D_4\bar{R}_m$$
$$LCL=D_3\bar{R}_m$$
ただし D_4, D_3 は$n=m$に対応したものとする。

手順3　5＋3＋5＋7＋10＋10（最近20組による）方式を用いる。

(1) ジンバマ法の妥当性

計量値について、プロセスに異常があったかどうかを警告してくれる限界としては$\bar{X}-R$管理限界が代表的なものである。この限界は、合理的な群の中の　ばらつき　をめやすとして、その群の代表値と群の中の　ばらつき　そのものとの管理を行なおうわけである。

群の代表値とか ばらつき に対しては、いろいろな測度が考えられるが、工業生産の場では計算手数も考慮した効率の点から、代表値として平均値$\bar{x}$, ばらつき として範囲Rを用い、しかも信頼度の管理を、この二つを組合せて$\bar{x}$－R管理図で行なう。

(a) $\bar{x}$ 管理限界

大きさnのサンプルの平均値$\bar{x}$がK組あるとき、その中の最大値または、最小値$\bar{x}_m$の、総平均$\bar{\bar{x}}$からのへだたりを、標準誤差（統計量の標準偏差）$\sqrt{v}/\sqrt{n}$で割ったものは一つの統計量で

$$d = \frac{|\bar{x}_m - \bar{\bar{x}}|}{\sqrt{v}/\sqrt{n}}$$

は分布をもっている。但し、$\sqrt{v}$を計算したときのサンプルサイズをℓとすれば$\sqrt{v} = \sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2/(\ell-1)}$

この分布の両側5％（そのdより大きいものが出てくる確率が5％以下であるような大きさ）を計算してみると、予備データが20～30組の場合（サンプルサイズ40～120のデータから$\sqrt{v}$を計算した場合）K＝10～30組の$\bar{x}$についてその最大または最小なものの$\bar{x}_m$が$\bar{\bar{x}}$から離れている程度によって工程に異常ありとする限界は

$$d_{0.05}[n, K] = 2.8 \sim 3.1$$

であって、これを書き直せば、上記限界は

$$\bar{\bar{x}} \pm (2.8 \sim 3.1)\sqrt{v}/\sqrt{n}$$

となり、いわゆる、3シグマ限界が妥当なものであることを示している。

また予備データの大きさが、10～40のいわゆる少数例の場合も次のK＝5～20組に対しては、やはり

$$d_{0.05}[n, K] = 2.8 \sim 3.1$$

程度となり、3シグマ法とは相当広い範囲にわたって妥当な結果を与える方法であることがわかる。

(b) R 管理図

大きさnのサンプルの範囲（最大値と最小値の差）がK組であり、その中の最大のものをR_{max}, Rについての平均を$\bar{R}$と

すれば

$$B = R_{max}/\bar{R}$$

は一つの統計量であり分布をもっている。

この分布の5%点を計算してみると，$k=10\sim30$ では3シグマ法によって計算した D_α とほとんど差がない．$k=7\sim9$ の範囲では $B \fallingdotseq D_\alpha - 0.1$ 程度　$k=4\sim6$ の範囲では $B \fallingdotseq D_\alpha - 0.2$ 程度で普通の場合3シグマ法によって計算したものと，たかだか10%程度の違いにすぎない。

したがって上にあげたような特殊な場合に多少の修正をするかどうかという程度で一般には3シグマ管理限界を使用することが工程の異常を検出する道具としてもっとも適当である．

(2) JIS Z 9021 では予備データとして，20～30組のデータを用いて限界を計算することをすすめている．KDSK0101 では $\sqrt{V}$ を計算したときの自由度が小さい場合にも管理すべき組数 k が予備データの組数と同じ程度のときは大体3.0をとることが妥当であることがたしかめられたので最初の5組をとってこのデータにより次の5組を，次に合算した10組のデータにより次の10組を，次にさらに合算した20組のデータにより次の20組を管理する限界を算出し，以後は最近20組のデータを用いて次の20組を管理する限界を算出する方式を採用した．

(3) JIS では $\bar{X}$-R管理図，$\tilde{X}$管理図のほか，中央値を用いた $\tilde{X}$ 管理図，不良率，欠勤率などに対しては，P管理図，不良個数，欠勤者数などに対しては P_n 管理図，その他C，u管理図を解説している。

(4) $\bar{X}$-R管理図の実例

あるアースダム工事現場で，堤体の締め固めの管理に湿潤密度を約2時間おきに午前1回，午后2回測定した。そのデータシートは表10.2.2のようなものであった。

一般にJISなどでも予備データとして20組位のデータによって管理限界を計算するような説明になっているが，建設事業ではこのような組数の予備データをとっているうちに工事が終ってしまうような実例も少くないので，ここでは前に説明したように予備データと同数程度の範囲の管理限界として3シグマ限界が適当であることを利用し最初の5組を，次にこの10組を使って次

の10組を，最後にこの20組を使って次の20組を管理し，ここで最後の20組を使って限界を再計算する方式とした。したがって，#1～#5のデータにより次の#6～#10の間の管理限界としては

$\bar{x}$	CL	1.42
	UCL	1.56
	LCL	1.28
R	CL	0.14
	UCL	0.36

次に#1～#10のデータにより次の#11～#20の間の管理限界としては，

$\bar{x}$	CL	1.41
	UCL	1.55
	LCL	1.27
R	CL	0.14
	UCL	0.36

次に#1～#20のデータにより次の#20～#40の間の管理限界としては

$\bar{x}$	CL	1.42
	UCL	1.56
	LCL	1.28
R	CL	0.14
	UCL	0.36

を使用する。#40までデータが与えられたときは#21～#40のデータによって管理限界を再計算し次の#41～#60の間の管理限界とし以降最近20組のデータを用いて次の20組の間の管理限界を計算する。

もちろん工程の異常が警告された時はその原因追求を行ない原因が判明したときはその除去処置をとった上で，次の管理限界の除は，その異常データを除去し，もし原因が判明しないときは，そのデータは管理限界の計算に算入する。

いまの場合は何れも工程に異常がみとめられない。

またRが異なる場合はRiの欄を使用し，

$\bar{\sigma} = \frac{1}{K}\left\{\frac{\Sigma R_2}{d_2(2)} + \frac{\Sigma R_3}{d_2(3)} + \frac{\Sigma R_4}{d_2(4)}\right\}$ などとして

$\bar{\sigma}$ を計算し n に対する管理限界として $\bar{X} \pm A_2\, d_2(n)\ \bar{\sigma}$, $D_4\, d_2(n)\ \bar{\sigma}$

を用いる。

ただし $d_2(n)$ は、n に対する d_2, K は $\bar{\sigma}$ の計算に用いる組数である。(しかし計算がめんどうであるからできるだけ n をそろえるほうが望ましい。)

(5) $\bar{X} - R_S - R_m$ 管理図の実例

同じ時にとった3本の供試体の圧縮強度の平均をコンクリートの圧縮強度とすると定義すれば，この場合3本の供試体の圧縮強度の範囲 R_m を用いて管理限界を計算することは圧縮強度の変動のうち試験誤差による変動の程度をこえたものは全部異常であるかのように検出し、粒度，含水量などの変動のうち普通に起こる程度の変動も全部異常変動として警告されることとなり、むだな心配をさせられる機会が増してしまうこととなる　この場合は一点管理図を用い，偶然変動としては隣り合った二つの値の差(逐次レンジ) R_S を用いる。

この場合，試験誤差も管理する必要があれば R_m の管理図も並用し、$\bar{X} - R_S - R_m$ 管理図として使用する。(データ・シートは表10，2，4，3 参照)

表 10.2.4.2 $\bar{X}$-R 管理図データシート No.

名称	マーシャル試験	工事名	工事	期間	自	年 月 日
品質特性	空げき率	出張所名	出張所		至	
測定単位		日採取量	m^2	作業者		
規格	最大	試料	大きさ	$n=3$	作業機械	P-プラント
限界	最小		間隔	10時半2時,4時	測定者	Y
規格番号		測定器番号			作製者	A

月日	番号	測定値 X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	計 ΣX	平均値 $\bar{X}$	範囲 R R_2	R_3	R_4	R_5	$\bar{X}$ R Ri
	1	2.1	1.6	2.4			6.1	2.03		0.8			$\bar{\bar{X}} \pm A_2\bar{R} = 2.21 \pm 1.00 = 3.21 \sim 1.21$
	2	2.5	1.6	2.8			6.9	2.30		1.2			$D_4\bar{R} = 2.52$
	3	2.1	2.6	1.8			6.5	2.17		0.8			平均 2.21 0.80
	4	2.5	1.6	2.7			6.8	2.27		1.2			累計 11.07 4.9
	5	1.6	1.8	2.5			6.9	2.33		0.9			小計 11.07 4.9
	6	2.8	3.8	2.0			8.6	2.87		1.8			$\bar{\bar{X}} \pm A_2\bar{R} = 2.34 \pm 0.93 = 3.27 \sim 1.41$
	7	2.1	2.0	2.1			6.2	2.07		0.1			$D_4\bar{R} = 2.34$
	8	2.8	3.0	2.4			8.2	2.73		0.6			平均 2.34 0.91
	9	2.5	2.8	2.3			7.6	2.53		0.5			累計 23.44 9.1
	10	2.8	2.1	1.6			6.5	2.17		1.2			小計 12.37 4.2
	11	2.5	2.5	2.8			7.8	2.60		0.3			
	12	2.5	1.6	2.1			6.2	2.07		0.9			
	13	3.1	2.6	3.5			8.2	2.73		0.9			
	14	2.5	1.8	2.7			7.0	2.33		0.9			累計 34.4 12.4
	15	0.8	2.1	2.1			5.0	1.67		0.3			小計 11.40 3.3
	16	1.2	2.5	1.2			4.9	1.58		1.3			$\bar{\bar{X}} \pm A_2\bar{R} = 2.25 \pm 0.9 = 3.16 \sim 1.34$
	17	1.2	1.6	2.0			4.8	1.60		0.8			$D_4\bar{R} = 2.28$
	18	2.5	1.6	2.5			6.6	2.20		0.9			平均 2.25 0.89
	19	2.5	2.2	3.7			8.4	2.80		1.5			累計 44.92 17.8
	20	1.6	1.6	2.5			5.7	1.90		0.9			小計 10.05 5.4

記事 管理はずれの 月 日の試料を除いた上次の
20日に対する管理限界の再計算すれば
$\bar{\bar{X}} \pm A_2\bar{R} = 2.25 \pm 0.91 = 3.16 \sim 1.34$
$D_4\bar{R} = 2.28$

n	d_2	A_2	D_4
2	1.128	1.880	3.267
3	1.693	1.023	2.575
4	2.059	0.729	2.282
5	2.326	0.577	2.115

図 10.24. 1 文－R 管理図

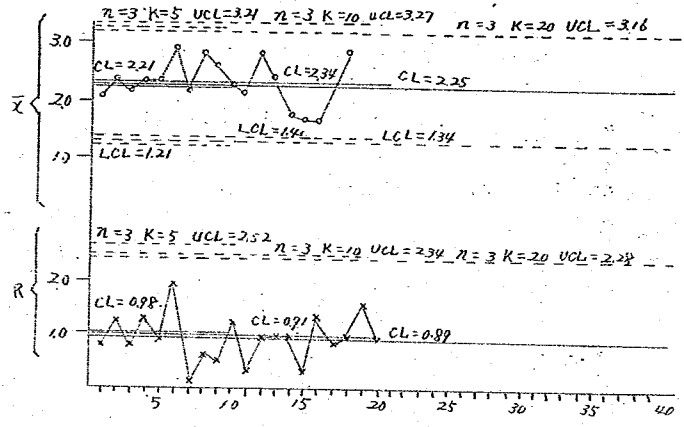


表 10.2.4.3 $\bar{X}-R_S-R_m$ 管理図データシート No

名称	舗装コンクリート	工事名	S舗装工事	期間	自	年 月 日	
品質特性	28日圧縮強度	出張所名	S 出張所		至	年 月 日	
測定単位	Kg/cm²	日標準量	75m³	作業者			
規格限界 最大		試料 大きさ	1日1回3個	作業機械	S プラント		
規格限界 最小	290 Kg/cm²	試料 周期	10時	測定者	K		
規格番号		測定器番号		作製者	H		

月日	番号	測定値 a	b	c	d	計 Σ	平均値 $\bar{X}$	移動範囲 R_S	R_m 2	3	4
9	29 1	382	338	355		1085	365			27	
	30 2	411	405	396		1212	404	39		15	
10	3 3	369	400	410		1189	396	8		41	
	7 4	389	339	396		1124	375	21		57	
	8 5	278	278	342		898	299	76		64	
	9 6	353	337	347		1037	346	47		16	
	10 7	352	301	359		1012	337	9		58	
	11 8	367	379	427		1173	391	54		60	
	16 9	303	300	313		916	305	86		13	
	17 10	374	367	372		1113	371	66		7	
	25 11	393	424	376		1193	398	27		48	
	27 12	379	376	351		1106	369	29		28	
	28 13	345	356	393		1094	365	4		48	
	29 14	395	349	392		1136	379	14		44	
	31 15	331	340	369		1040	347	32		38	
11	8 16	378	359	388		1125	375	15		29	
	10 17	381	366	415		1162	387	12		49	
	11 18	378	424	376		1178	393	6		48	
	12 19	410	384	398		1192	397	4		26	
	13 20	363	342	348		1053	351	46		21	

$\bar{X}$ R_S R_m

$\bar{X} \pm 2.66\bar{R}_S = 365 \pm 96 = 269 \sim 461$
$3.267\bar{R}_S = 117.6$
$D_4\bar{R}_m = 104.8$

平均	388	360	408
個数	5	4	5
累計	1839	1441	2041
小計	1839	1441	2041

$\bar{X} \pm 2.66\bar{R}_S = 384 \pm 97 = 287 \sim 481$
$3.267\bar{R}_S = 119$
$D_4\bar{R}_m = 108.5$

平均	384.1	363	422
累計	2913	254	338
小計	1074	110	134

$\bar{X} \pm 2.66\bar{R}_S = 383 \pm 103 = 280 \sim 486$
$3.267\bar{R}_S = 126.8$
$D_4\bar{R}_m = 98.9$

平均	363	388	370
個数	13	12	13
累計	4721	466	482
小計	1808	212	144

$\bar{X} \pm 2.66\bar{R}_S = 367 \pm 83 = 284 \sim 450$
$3.267\bar{R}_S = 102.1$
$D_4\bar{R}_m = 94.9$

平均	367	313	369
個数	20	19	20
累計	7350	595	739
小計	2629	129	257

記事 管理はずれの 月 日試料を除いた上
次の20日に対する管理限界を再計算すれば
$\bar{X} \pm 2.26\bar{R}_S = 367 \pm 83$
$= 284 \sim 450$
$3.267\bar{R}_S = 102.1$
$D_4\bar{R}_m = 94.9$

n	d_2	D_4
2	1.128	3.267
3	1.693	2.575
4	2.059	2.282
5	2.326	2.115

10.3. 抜取検査関係

10.3.1 抜取検査

抜取検査の方法としては JIS Z 9001-1956 "抜取検査通則"（抜取検査その1）のほかJISに定めた諸方法の規定による

解　説

作った品物の品質を保証したり，材料を購入したりするときはその品物の品質について検査を行なう必要がある．この場合全数検査は外観・寸法などの検査の場合には一応可能であるが，破壊検査を伴うもの，たとえば材料の強度，化学成分などについては全数検査は不可能で，どうしても品物の同じ状態のものをまとめたロットから抜きとった標本について検査を行ない，この結果によってロットの合格不合格を決定するいわゆる抜取検査によらざるをえない

また全数検査が可能であっても，ある電気部品で数回のくり返し，つまり100%検査を行なってやっと全不良品の95%が発見されたという例の示すとおり全数検査なるものは必ずしも完全な検査を意味しないばかりか検査者の負担過重となって抜取検査の場合よりも欠点の見逃しが多くなることもある．したがって一品でも不良品が入っては困る場合は費用の点もかえりみず何百%検査でも行なわなければならないが，不良品の混入率がある程度以下であることが保証されていれば良い一般の場合は抜取検査を適用すればよい

抜取検査については，JIS Z 9001 JIS Z 9031 のほか次のような種の方法がある．

(1) 品質のあらわし方による分類

計数抜取検査と計量抜取検査

一般に同じ測定を行なった場合は計量的に取扱うほうが利用する情報量が多く，したがって同じ程度の情報量を必要とする場合は計量抜取の方が抜取個数が少なくてすむ．

(2) 検査の型による分類

規準型　売手，買手両者の要求を同時に満足するように作られたもの

選別型　不合格になったロットは全数検査することによってロットを保証するもの．

調整型　品質がよくなれば検査を　ゆるく　したり、品質が悪くなれば　きつく　したり調整するもの。

連続生産型　連続生産工程で最初全数検査し，良品が一定個数続いたら一定間隔で抜取検査を行ない，もし不良品がでたら直ちにまた全数検査にもどるもの。

(3) 試料の抜き取り方による分類

1回抜取　1組の試料を抜き取ってその結果により判定。

2回抜取　その1回の結果により合否または検査続行のいずれかを判定し，続行のときは2回目に指定された抜き取り数を行ない，その1回と合計してロットの合否を判定するもの。

多回抜取　さらに回数を増大したもの。

逐次抜取　1個または一定個数を抜き取りその累計成績により合否検査続行のいずれかを判定。

この組合せによっていろいろな検査方法が考えられるが，日本で現在用いられているものとしては次のようなものがある。

計数基準型　JIS Z 9002-1956 "計数基準型一回抜取検査（不良個数の場合）（抜取検査その2）"

計数逐別型 Dodge-Romig の抜取検査表（1回：2回）

（Dodge - H.F & Romig H.G. "Sampling Inspection Tables John Wiley, 1944

松本洋訳：抜取検査表　日本規格協会　1954

JIS Z 9006-1956 "計数逐別型一回抜取検査"

MIL-STD-105A（1回，2回，多回）

（Military Standard-105A: Sampling procedures and Tables for Inspection by attributes 1950

アメリカ軍用規格105A：抜取手順と抜取検査表

計数連続生産型　JIS Z 9008-1957 "計数連続生産型抜取検査（不良個数の場合）"

計量基準型　JIS Z 9003-1957 "計量基準型一回抜取検査（標準偏差既知でロットの平均値を保証する場合および標準偏差既知でロット不良率を保証する場合）（抜取検査その3）"

JIS Z 9004-1955 "計量規準型一回抜取検査（標準偏差未知で上限または下限規格値のみ規定した場合）（抜取検査その4）"

計量調整型 Navord Ostd-80: Navy Ordinable Department 1952

電々公社計量抜取検査規格（一回）

計数規準型逐次抜取　JIS Z 9009－1962 "計数規準型逐次抜取検査"

計量規準型逐次抜取　JIS Z 9010－1962 "計量規準型逐次抜取検査"（標準偏差既知でロットの不良率を保証する場合）

例1．ロットの不良率を保証したい場合（過去20ロット以上の資料がある場合）

(問) 1. 砂の検査に当って5mmふるい残分が重量百分率で5％以下ということが規格となっている場合、過去の20ロットについて不偏分散(V)の平均値(V̄)の平方根（$\sqrt{\bar{V}}$）が1％であることがわかっているとする．納入者からの申出で不良率1％のようなよいロットが誤って不合格と判定される確率（α）を5％におさえたい．受入側の要求としては不良率20％もあるような悪いロットが誤って合格と判定される確率(β)は10％に制限したいということが両者の間で協議された．

過去の資料がある場合として抜取方式を設計し，これに基づいて判定を行なえ．

(解) $S_u = 5\%$　　$\sqrt{\bar{V}} = 1\%$

$\alpha = 0.05\%$　　$K_\alpha = 1.64\%$

$\beta = 0.10\%$　　$K_\beta = 1.28\%$

$P_0 = 0.01\%$　　$K_{P_0} = 2.33\%$

$P_1 = 0.20\%$　　$K_{P_1} = 0.84\%$

$$n = \left(\frac{K_\alpha + K_\beta}{K_{P_0} - K_{P_1}}\right) = \left(\frac{2.92}{1.49}\right) = 3.8\ 4 \rightarrow 4$$

$$k = \frac{K_\alpha K_{P_1} + K_\beta K_{P_0}}{K_\alpha + K_\beta} = \frac{(1.64)(0.84)+(1.28)(2.33)}{1.64 + 1.28}$$

$$= 1.49$$

従って合格判定値 $\bar{x}_u = S_u - K\sqrt{\bar{V}} = 5.00 - (1.49)(1)$

$= 3.51$

したがってロットよりランダムに4個の試料を抜き取ってその

平均値$\bar{x}$を計算し

$\bar{x} \leqq 3.51$ ならばロット合格

$\bar{x} > 3.51$ ならばロット不合格

とする。

したがって $n=4$ のサンプルが 3.3 1　4.0　3.7　29%

$\bar{x} = 3.43$　3.51 したがって合格

(問) 2. 過去の資料がない場合として計算せよ。

(解)　$n = \left(1 + \frac{K^2}{2}\right)\left(\frac{K\alpha + K\beta}{Kp0 - Kp1}\right)^2$

$$\bar{p} = \frac{K\alpha\, Kp1 + K\beta\, Kp0}{K\alpha + K\beta} = 1.49$$

$$\therefore n = \left(1 + \frac{1.49^2}{2}\right)(3.84) = 8.10 \rightarrow 9$$

したがって新たに $n=9$ のサンプルを抜き取り

3.1　3.6　2.3　4.9　3.7　3.6　4.1　2.7　3.5

であったとする。これより$\bar{x}$および$\sqrt{V}$を求めれば,

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n} = \frac{31.5}{9} = 3.50$$

$$\sqrt{V} = \sqrt{\frac{\Sigma(x-\bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2/n}{n-1}} = \sqrt{\frac{114.87 - (31.5)^2/9}{8}}$$

$$= 0.76$$

$$\chi_L = \bar{x} + K\sqrt{V} = 3.50 + (1.49)(0.76) = 4.63$$

$Su = 5$ であるから

$$\bar{\chi} = \bar{x} + K\sqrt{V} = 4.63 < 5$$

したがってロット合格

例 2. ロット平均値保証の場合（最近 20 ロットの資料がある場合）

(問) 1. 路盤支持力係数　K 75　kg/cm³について、面積 400 m² を 1 ロットとする。平均値 1 2.4 kg/cm³ 以上の良いロットが誤って不合格となる確率（α）を 5 %に、また平均値 1 0.6 kg/cm³ 以下の悪いロットが誤って合格となる確率（β）を 1 0 %におさえたい。

過去の 20 ロットについて不偏分散の平均値($\bar{V}$)の平方根($\sqrt{\bar{V}}$)が

1.2 Kg/cm³ であることがわかっている場合．抜取方式を設計し，これにもとづいて判定を行なえ。

(解)

$$n = \left(\frac{K\alpha + K\beta}{\mu_0 - \mu_1}\right)^2 (\bar{v})$$

$$\bar{x}_L = \frac{\mu_0 K\beta + \mu_1 K\alpha}{K\alpha + K\beta}$$

$\alpha = 0.15$　　$K\alpha = 1.64$

$\beta = 0.10$　　$K\beta = 1.28$

$\mu_0 = 12.4$

$\mu_1 = 10.6$

$$n = \left(\frac{1.64 + 1.28}{12.4 - 10.6}\right)^2 (1.2)^2 = 3.79 \rightarrow 4$$

下限合格判定値 $\bar{x}_L = \dfrac{(12.4)(1.28) + (10.6)(1.64)}{1.64 + 1.28} = 11.39$

4個のデータの平均 $\bar{x} \geqq 11.39$ ならロット合格，$\bar{x} < 11.39$ なら不合格とする．したがってロットからランダムに4個所抜き取って測定を行ない，その結果 11.0　11.1　11.6　12.1 であったとすれば　$\bar{x} = 11.62 > 11.39$

ゆえにロット合格と判定する。

（但し例1，例2はいずれも山海堂発行の工事管理とその実際によった。）

10.3.2 抜 取 方 法

サンプリングの場合の抜取方法としては　JIS Z 9031 − 1956 "ランダム抜取方法" の規定による．

10.4 実験計画関係

母平均と基準値との差の検定，二つの平均値の差の検定については

JIS Z 9042 − 1962　"母平均と基準値との差の検定（標準偏差既知，片側）"

JIS Z 9043-1962 "母平均と基準値との差の検定
(標準偏差既知, 両側)"
JIS Z 9044-1962 " " (" 未知, 片側)"
JIS Z 9045-1962 " " (" " 両側)"
JIS Z 9046-1962 "二つの平均値の差の検定
(標準偏差既知, 片側)"
JIS Z 9047-1962 " " (" " , 両側)"
JIS Z 9048-1962 " " (" 未知, 片側)"
JIS Z 9049-1962 " " (" " , 両側)"
の規定による。

10.5 測定方法関係

諸測定に関しては

JIS Z 8703-1961	"試験場所の標準状態"
JIS Z 8704-1960	"電気式温度計による温度測定方法"
JIS Z 8705-1962	"液体封入ガラス温度計による温度測定方法"
JIS Z 8706-1959	"光高温計による温度測定方法"
JIS Z 8721-1958	"色の三属性による表示方法"
JIS Z 8722-1959	"物体色の測定方法"
JIS Z 8723-1961	"表面色の比較方法"
JIS Z 8731-1957	"騒音レベル測定方法"
JIS Z 8741-1962	"光沢度測定方法"
JIS Z 8750-1962	"真空計校正方法"
JIS Z 8751-1961	"液柱差を使う真空計による真空度測定方法"
JIS Z 8806-1961	"湿度測定方法"
JIS Z 8807-1962	"固体比重測定方法"

の規定による

10.6 標準網 ふるい の検査方法

標準網 ふるい の検査は"計量器検定規則第ノノ章第2節(第ノ02ノ条～ノ025条)"に規定された検定方法および"日本セメント技術協会粉末度測定委員会"で定めた ふるい 網検査方法に準じて行なう。

解 説

標準網 ふるい は計量法にいう粒度計で、その検定は政府または地方長官だけが行なうことができるもので実施場所は通産省または都道府県に設置された検定所に限られている。しかし各種 フルイ 分け試験に用いる標準 ふるい (JIS Z 8801)のうちで細粒のための網 ふるい は網の孔眼がつまり試験の結果に影響をおよぼすことがあり、試験者が随時その検査を行なうことが望ましい。ここでいう検査は正式の検定をいうのではなく、試験者が随時 ふるい の精度を調べるためのものである。たゞしその方法は次にかかげる計量器検定規則に規定された方法に準じて行ない。ふるい 目の開きの平均許容差は JIS Z 8801 の中に記された付表によるものとする。

また日本セメント技術協会粉末度測定委員会では、セメントの粉末度測定に用いる88 ふるい の ふるい網検査方法を定めている。これには計量器検定規則に定める方法とは異なるいくつかの方法が示されてあるが、これらを88μ以外の細粒網 ふるい の検査にも応用することができるのでこれも次に示す。なお ふるい 値の補正方法についても並記する。

検 査 方 法

(1) 計量器検定規則に規定された方法(同規則抜粋)

第ノ023条 標準網 ふるい の器差の検査は、網の針金の方向ごとに行なう。

第ノ024条 標準網ふるいの器差の検査をするときは、あらかじめ、ふるい網の全面にわたって、肉眼または拡大鏡により、歪むらおよび大きいふるい目の開きがある箇所を調べた後行なう。

第ノ025条 標準網 ふるい の器差の検査は投影器にふるいをそう入してスクリーン上にその拡大像を投影し、2級基準実目盛り付直線直尺および基準ノギスを用いて平均のふるい目の開きおよび

ノの目の開きについて行なう。

(a) 前項の検査において、平均の真実のふるい目の開きは、投影像についてノの目以上を含む長さを2箇所以上計り、その値を計ったふるい目の数で除してえた値から針金の直径（投影像の5個所以上について測定したものの平均値とする。）を減じた値を拡大率で除して算出する。この場合において、拡大率は、対物レンズの焦点位置に粒度計り用測微計を置き、スクリーン上に投影された拡大像を2級基準実目盛り付直線直尺および基準ノギスで計って算出する。

(b) オー項の検査において、ノの目の真実のふるい目の開きは、前条の規定によりあらかじめ調べて、微むらおよび大きいふるい目の開きがあると認めた個所のうち数個所について計るものとする。

なお、本規則においては容差は%であらわすことになっているが、ここではJIS Z 8801に規定された標準ふるいのよび名の示す値から、前記オノの2又は条オ2項または3項の規定により算出された真実のふるい目の開きを減じてえた値をさすものとする。その容差をJIS Z 8801中の付表に示された

ふるい目の開きの平均許容差の値と比較して正否を判定する。

(2) 日本セメント技術協会粉末度測定委員会で定めた ふるい網検査方法

セメント技術協会では未完成品（ ぬく に張られていない）ふるい網に対する検査方法も定めているが、ここではそれは省略し、完成品（ ぬく に張られたもの）に対する検査方法およびふるい値の補正方法、補正曲線の求め方についてのみ示す。

(a) 試 料

完成品では図10.6.1.1のように網目と45°をなす直径上において等間隔に3個所を測定個所として選ぶ。（その1個所の大きさは約1×1cmの大きさにする。）

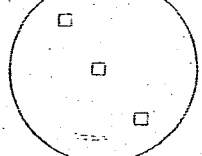


図10.6.1.1 完成品測定個所

(b) 試験法

試験法には投影法、直視法の2種類がある。

投影法は直視法に比し他に装置を要し、また正確さにおいては多少劣るが測定が簡易で能率的な利点がある。

(i) 投影法

投影法は ふるい 網の拡大像を顕微鏡写真用ピントガラスに投影し、これを正確に透明な長さ計で測定する方法である。

倍率は約100倍程度が適当で、この倍率はあらかじめ正確に測定しておかなければならない。

この方法は普通暗室中で行ない、1人が映像とその移動を、他の1人が長さ計で測定するようにすると能率的である

(ii) 直視法

直視法はプレパラートを顕微鏡下に直視し、ネットマイクロメーターまたはリヤマイクロメーターを用い測定する方法で、一般的に用いられる。顕微鏡の倍率は約150倍内外が適当で、この倍率はあらかじめ正確に測定し決定して置かなければならない 測定に際してはプレパラートに平行光線を送り、ピントを合わせるように注意する。

たとえば図10.6.1.2において ふるい目の開きgを測定するには初めA線の下線に注目しピントを合わせ、リニヤマイクロメーターの目盛を読み、つぎにB線の上線に注目しピントを合わせ、リニヤマイクロメーターの目盛を読みbを測定する。

他のl, h, kの測定についても同様に注意が必要である

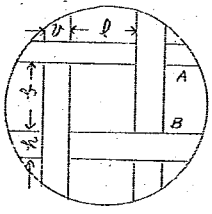


図 10.6.1.2 ふるい目の拡大図

ふるい目の縦の開き g

〃 横の開き l

ふるい網の主線の直径 h

〃 補線の直径 k

(c) 判定結果

§10.6.1-2に示したg, l, h, kを適当50箇所測定する

これらの測定値から規格に合格か否かを判定する

(3) ふるい 値の補正と補正曲線

常用の88μ試験ふるい と，正確な88μ標準ふるい とで同一のセメント試料をふるい，それら通過量の差で ふるい値の補正常数を定め日常試験の補正に用いる．たとえば常用ふるい の通過量94.5%，標準ふるい の通過量93.0%ならばその差1.5%を補正常数とする．補正値を合理的に求めるには補正曲線を用いる．これはあらかじめ正確な88μ ふるい で標準化した細粗，2種のセメント試料を常用の試験ふるい でふるい，その通過量%を直交座標にプロットして，これを直線で結び補正曲線とする

その方法は次のとおりである

(a) ミリメートル方眼紙に直交座標をかき，横軸（図10.6.13）に真正粉末度（標準ふるい 上の残分g または通過量%）縦軸に見掛け粉末度（日常用試験ふるい 上残分g または通過量%）を取る。（目盛りは毎50mmを通過量10%に取り，原点を通過量100%とする）なお縦横軸の内側に原点を残分0とし，残分1,2,…10g（試験採取量50gとし，その目盛りには通過量%に相当するようにする．この残分の2倍は%を示す）を取る

(b) 標準セメントの細粗粉末度のもの2種を取り（これらの通過量の差は約10%ならばよいとする．たとえば88%と88%とするように）試験ふるい と標準ふるい とでふるった残分(g)または通過量（%）の点を座標上に求め2点を結んだ直線を補正曲線とする．

(c) 補正曲線の使用法は，試験ふるい でえた残分(g)を縦軸の相当点にとめ，これより水平線を引き，補正曲線との交さ点より垂直線を下せば，横軸で真正残分(g)または粉末度(%)がえられる

(d) 図10.6.13 は補正曲線のとり方の例である．

例 (i) 標準の超粉セメント試験

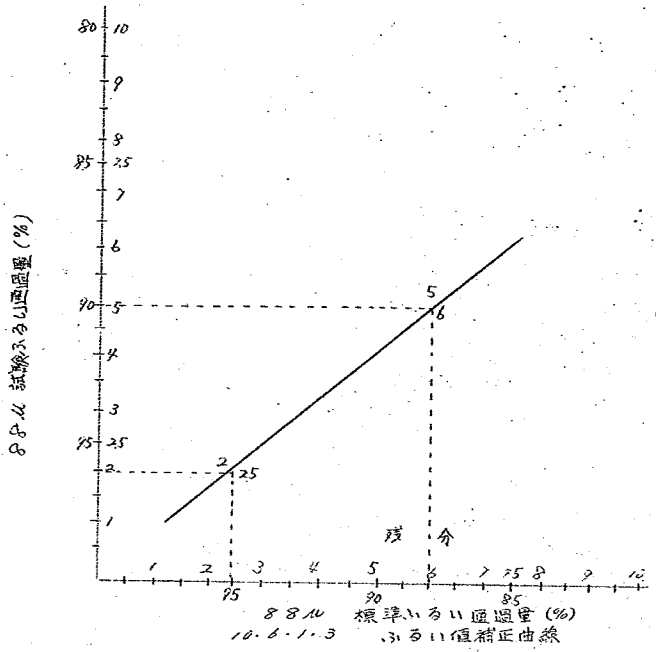
真正粉末度 6.0g（残分）

見掛け粉末度 5.0g（残分）

(ii) 標準の細粉セメント試験

真正粉末度 2.5g（残分）

見掛け粉末度 2.0g（残分）



10・6・1・3 ふるい値補正曲線

大体において補正値は細粉セメントとなるに従い，粗粉セメントよりも次第に少なくなる。

(e) もし1種だけの標準セメントを用い，補正常数をきめようとするときは残分の座標横点と原点とを結んだ直線で補正曲線とする．標準セメント2種を用いる場合よりも不正確であるが，粉末度の高いセメントに対しては大きい差はない

要するに補正曲線は大きい補正を要するふるいに必要である．

(f) 補正曲線の方程式

$$T = KA + C$$

T　真正粉末度

A　見掛け粉末度

K　補正曲線の傾斜の逆数

C　横軸上の切片

54(kks)

107 安全管理関係

安全標識関係としては

安全標識関係として

JIS Z 9101 - 1959 "安全色彩使用通則"
JIS Z 9102 - 1959 "配管識別標識"
JIS Z 9103 - 1963 "産業安全標識"
JIS Z 9104 - 1959 "安全色光使用通則"
JIS Z 9105 - 1960 "反射安全標識板"
JIS Z 9106 - 1963 "ケイ光安全色彩使用通則"
JIS Z 9110 - 1964 "照度基準"
JIS M 7001 - 1961 "鉱山保安警標"

安全保護具等として

JIS A 9951 - 1961 "鋼管足場"
JIS B 9901 - 1962 "防ジンマスク"
JIS B 9902 - 1955 "シャ光保護具"
JIS B 9903 - 1962 "防毒マスク"
JIS B 9904 - 1958 "防音用耳セン"
JIS M 7603 - 1962 "保安帽"
JIS M 7610 - 1953 "定着安全電燈"
JIS M 7701 - 1954 "安全電燈用キャブタイヤケーブル"
JIS S 9001 - 1953 "労働衛生保護服"
JIS S 9002 - 1958 "労働衛生保護手袋"
JIS S 9003 - 1958 "労働衛生保護長グツ"

危険防止として

JIS B 8241 - 1960 "高圧ガス容器"
JIS B 8901 - 1963 "チエーンブロック"

の規定による

108 工程管理関係

工程図示記号としては JIS Z 8206 - 1960 "工程図示記号" の規定による.

解説

工事を満足な形で実施するには主としてその量的な面に着目した工程管理と、主としてその質的な面に着目した品質管理とが満足な形で実行される必要がある。

前者は単位作業を有効に組み合わせて単位工程を構成し、その単位工程をさらに有機的な総合工程に組み上げて工程計画を樹立し、これにもとづいて材料、労務、機械施設および予算を順序よく手配運用して所定の工期内に完成するよう工事を実施するための管理を言い、工事系統図工程分析図にもとづく工程計画の立案、作業量管理、進度管理にもとづく工事実施、実績資料管理などをその内容とする。

工程分析図作成のため、JISでは工程図示記号を定めている。

10.9 付 録

10.9.1 電搭外化学専門記号 JIS Z 8202-1960 "量記号"

表 10.9.1.1

番号	量	記号	備考
9-4.1	計数	n	
1-2.1	計数率	R	
3.1	壊変定数	λ	
4.1	半減期	$T_{\frac{1}{2}}$	
2	生物学的半減期	Tb	
3	有効半減期	$Teff$	
5.1	厚さ	d, χ	
6.1	エネルギー	E	
	最大エネルギー	$Emax$	
	平均エネルギー	E, Eav	
7.1	飛程	R	電磁放射線並びにβ線
	α線の飛程	$R\alpha$	
	最大飛程	$Rmax$	
8.1	線吸収係数	μ_l	
	質量吸収係数	μ_m	
9.1	放射能	A	
	比放射能	Sp	

番号	量	記号	備考
10.1	半価層	$d_{\frac{1}{2}}$・X,γ(c)	
11.1	線束強度	I	
	初期線束強度	I_0	物質透過前のI
12.1	断面積	σ, Σ	
	吸収断面積	σ_a	
	放射化断面積	σ_{act}	
	コンプトン散乱断面積	σ_S	
	全断面積	σ_t	
	有効断面積	σ_{eff}	
13.1	分解時間	τ	
	不感時間	τ_D	
	快復時間	τ_R	
14.1	増倍度	M	光電子増倍管，GM管の増倍度
15.1	幾何学的効率	G	
16.1	露出量	E	写真乾板への照射量
17.1	標準偏差	$\begin{cases} S \\ \sigma \end{cases}$	観測値 / 理論値
18.1	相対的生物学的効果率	RBE	
19.1	線エネルギー転移	LET	
20.1	吸収線量	D	
21.1	ビルドアップファクター	B	
22.1	電子対生成係数	K	
23.1	崩壊量	m	
2	電子の静止質量	m_e	
3	水素原子の〃	m_H	
4	中性子の〃	m_n	
5	陽子の〃	m_p	

表・10.9.2・1　JIS Z 8203 - 1964 "単位記号"

量	番号	単位の名称(2)	単位記号	定義	備考
計率	省略	カウント毎秒	cps		
		カウント毎分	CPS		
崩壊率		崩壊毎秒	dps		
		崩壊毎分	dpm		
放射能		キュリー	C	$1C = 3.700 \times 10^{10}$ dps	
		ミリキュリー	mC	$mC = \frac{1}{1000}$ C	
		マイクロキュリー	μc	$\mu c = \frac{1}{1000}$ mc	
		ミリマイクロキュリー	mμc	$m\mu c = \frac{1}{1000}$ μc	
		ラザフォード	rd	$1rd = 10^6$ dps	
厚さ		グラム毎平方センチ	g/cm²		
		ミリグラム〃	mg/cm²		
エネルギー		エレクトロンボルト	eV		1ev = 160.206 ± 0.00003 × 10^{-12} erg
		キロ〃	KeV	$1KeV = 10^3 eV$	
		メガ〃	MeV	$1MeV = 10^6 eV$	
断面積		バーン	barn		1 barn = 10^{-24} cm²
比放射能		ミリキュリー毎モル	mC/mol		
		ミリキュリー毎グラム	mC/g		
放射性物質濃度		マイクロキュリー毎cc	μc/cc.		
表面放射性物質濃度		マイクロキュリー毎平方センチ	μc/cm²		
ガンマー線照射率		1mの距離でミリレントゲン毎時ミリキュリー	mr/h·mc at 1m	ガンマー線源お物質状態に透過のおける放射線量の点線量当たりの照射線量を単位とする	
線エネルギー吸収		キロエレクトロンボルト毎ミクロン	KeV/μ	電子のエネルギーの単位で表す	

量	番号	単位の名称(2)	単位記号	定義	備考
放射線の強さ		エルグ毎秒毎平方センチ	erg/cm²sec		
		ワット毎平センチ			
照射線量		レントゲン	r	発線子のエネルギーが1 MeV以下のよび線に対して1個の陽電子を生ずる当たりの空気中に両を発生する正対量	
		ミリレントゲン	mr	1 mr = 1/1000 r	
吸収線量		ラド	rad	次の生起量 1個の荷電粒子が1gの物質に吸収されるエネルギーに相当する線量	
		ミリラド	mrad	1 mrad = 1/1000 rad	
相対生物学的効果率		R. B. E	ηr		
R.B.E線量		レム	rem	rad × ηr	
		ミリレム	mrem	1 m rem = 1/1000 rem	
照射線量率		レントゲン毎時	r/h		
		ミリレントゲン毎時	mr/h		
吸収線量率		ラド毎時	rad/h		
		ミリラド毎時	mrad/h		
R.B.E.線量率		レム毎時	rem/h		
		ミリレム毎時	mrem/h		
中性子束密度		毎秒毎平方センチ	n/cm²sec		

10.9.3.

万国原子量表

表 10.9.3.1

元素名（日本語）		元素記号	原子番号	原子量
Actinium	（アクチニウム）	Ac	89	227
Aluminium	（アルミニウム）	Al	13	26.9815
Americium	（アメリシウム）	Am	95	(243)
Antimony	（アンチモン）	Sb	51	121.75
Argon	（アルゴン）	A	18	39.948
Arsenic	（ひ素）	As	33	74.9216
Astatine	（アスタチン）	At	85	(210)
Barium	（バリウム）	Ba	56	137.34
Berkelium	（バークリウム）	Bk	97	*(249)
Beryllium	（ベリリュウム）	Be	4	9.0122
Bismuth	（ビスマス）	Bi	83	208.980
Boron	（ほう素）	B	5	10.811
Bromine	（臭素）	Br	35	79.909
Cadmium	（カドミウム）	Cd	48	112.40
Calcium	（カルシュウム）	Ca	20	40.08
Californium	（カリフォルニュウム）	Cf	98	*(249)
Carbon	（炭素）	C	6	12.01115
Cerium	（セリュウム）	Ce	58	140.12
Cesium	（セシュウム）	Cs	55	132.905
Chlorine	（塩素）	Cl	17	35.453
Chromium	（クロム）	Cr	24	51.996
Cobalt	（コバルト）	Co	27	58.932
Copper	（銅）	Cu	29	63.54
Curium	（キュリュウム）	Cm	96	(245)
Dysprosium	（ジスプロシュウム）	Dy	66	* 162.50
Erbium	（エルビュウム）	Er	68	* 167.26
Europium	（ユーロピュウム）	Eu	63	151.96
Fluorine	（ふ素）	F	9	18.9984
Francium	（フランシュウム）	Fr	87	(223)
Gadolinium	（ガドリニュウム）	Gd	64	* 157.25

元素名		元素記号	原子番号	原子量
Gallium	(ガリュウム)	Ga	31	69.72
Germanium	(ゲルマニュウム)	Ge	32	72.59
Gold	(金)	Au	79	196.967
Hafnium	(ハフニュウム)	Hf	72	* 178.49
Helium	(ヘリュウム)	He	2	4.0026
Holmium	(ホルミュウム)	Ho	67	164.930
Hydrogen	(水素)	H	1	1.00797
Indium	(インジュウム)	In	49	* 114.82
Iodine	(よう素)	I	53	126.90447
Iridium	(イリジュウム)	Ir	77	192.2
Iron	(鉄)	Fe	26	55.847
Krypton	(クリプトン)	Kr	36	83.80
Lanthanum	(ランタン)	La	57	138.91
Lead	(鉛)	Pb	82	207.19
Lithium	(リチュウム)	Li	3	6.939
Lutetium	(ルテチュウム)	Lu	71	174.97
Magnesium	(マグネシウム)	Mg	12	24.312
Manganese	(マンガン)	Mn	25	54.9381
Mendelevium	(メンデレビュウム)	Md	101	(258)
Mercury	(水銀)	Hg	80	200.59
Molybdenum	(モリブデン)	Mo	42	95.94
Neodymium	(ネオジム)	Nd	60	144.24
Neon	(ネオン)	Ne	10	20.183
Neptunium	(ネプツニュウム)	Np	93	(237)
Nickel	(ニッケル)	Ni	28	* 58.71
Niobium	(ニオブ)	Nb	41	92.906
Nitrogen	(窒素)	N	7	14.0067
Nobelium	(ノーベリュウム)	No	102	
Osmium	(オスミュウム)	Os	76	190.2
Oxygen	(酸素)	O	8	15.9994
Palladium	(パラジュウム)	Pd	46	* 106.4
Phosporus	( )	P	15	30.9738

元素名		元素記号	原子番号	原子量
Platinium	(白金)	Pt	78	*195.09
Plutonium	(プルトニュウム)	Pu	94	—
Polonium	(ポロニュウム)	Po	84	—
Potassium	(カリュウム)	K	19	39.102
Praseodymium	(プラセナジム)	Pr	59	140.907
Promethium	(プロメチュウム)	Pm	61	—
Protactinium	(プロトアクチニュウム)	Pa	91	—
Radium	(ラジュウム)	Ra	88	—
Radon	(ラドン)	Rn	86	—
Rhenium	(レニュウム)	Re	75	*186.2
Rhodium	(ロジュウム)	Rh	45	102.905
Rubidium	(ルビジュウム)	Rb	37	85.48
Ruthenium	(ルテニュウム)	Ru	44	101.07
Samarium	(サマリュウム)	Sm	62	*150.35
Scandium	(スカンジュウム)	Sc	21	44.956
Selenium	(セレン)	Se	34	78.96
Silicon	(けい素)	Si	14	28.086
Silver	(銀)	Ag	47	107.870
Sodium	(ナトリュウム)	Na	11	22.9898
Strontium	(ストロンチュウム)	Sr	38	87.62
Sulfur	(いおう)	S	16	32.064
Tantalum	(タンタル)	Ta	73	180.948
Technetium	(テクネチュウム)	Tc	43	(99)
Tellurium	(テルル)	Te	52	127.60
Terbium	(テルビュウム)	Tb	65	158.924
Thallium	(タリュウム)	Tl	81	204.37
Thorium	(トリュウム)	Th	90	232.038
Thulium	(ツリュウム)	Tm	69	168.934
Tin	(すず)	Sn	50	118.69
Titanium	(チタン)	Ti	22	47.90
Tungsten	(タングステン)	W	74	*183.85
Uranium	(ウラン)	U	92	238.03

元素名		元素記号	原子番号	原子量
Vanadium	(バナジュウム)	V	23	50.942
Xenon	(キセノン)	Xe	54	*131.30
Ytterbium	(イッテルビュウム)	Yb	70	173.04
Yttrium	(イットリュウム)	Y	39	88.905
Zinc	(亜鉛)	Zn	30	65.37
Zirconium	(ジルコニュウム)	Zr	40	91.22

5 いおうの同位元素は天然において存在割合が変動するためその原子量は±0.003の変動範囲を付する。

* は1953年に比して原子量の変動したものである。

第 5 編

建設省土木試験基準関係日本工業規格(ＪＩＳ)抜粋

建設省土木試験基準関係

日本工業規格（JIS）目次

JIS A0101 - 1958 "土木製図（通則）" .....

1101 - 1950 "スランプ試験方法" .....

1102 - 1953 "骨材フルイ分ケ試験方法" .....

1103 - 1953 "骨材洗イ試験方法" .....

1104 - 1953 "骨材の単位容積重量試験方法" .....

1105 - 1953 "砂の有機不純物試験方法" .....

1106 - 1953 "コンクリートの曲ゲ強度試験方法" .....

1107 - 1950 "コンクリートから切りとったコーアおよびハリの強度試験方法" .....

1108 - 1963 "コンクリートの圧縮強度試験方法" .....

1109 - 1951 "細骨材の比重および吸水量試験方法" .....

1110 - 1951 "粗骨材の比重および吸水量試験方法" .....

1111 - 1951 "細骨材の表面水量試験方法" .....

1112 - 1951 "まだ固まらないコンクリートの洗イ分析試験方法" .....

1115 - 1951 "まだ固まらないコンクリートの試料採取方法" .....

1116 - 1952 "コンクリートの単位容積重量試験方法および空気量の重による試験方法（重量方法）" .....

1117 - 1960 "まだ固まらないコンクリートの空気量の圧力による試験方法（水柱圧力方法）" .....

1118 - 1952 "まだ固まらないコンクリートの空気量の容積による試験方法（容積方法）" .....

1119 - 1953 "ミキサで練り混ぜたコンクリート中のモルタルの単位容積重量差の試験" .....

1120 - 1954 "ドバル試験機による粗骨材のスリヘリ試験方法" .....

JIS A1121 - 1954 "ロサンゼルス試験機による粗骨材のスリヘリ試験方法" .....

A1128 - 1960 "まだ固まらないコンクリートの空気量の圧力による試験方法(空気圧力方法)" .....

1132 - 1963 "コンクリートの強度試験用供試体の作り方" .....

1201 - 1950 "土の粒度試験および物理試験のための試料調整方法" .....

1202 - 1950 "土粒子の比重試験方法" .....

1203 - 1950 "土の含水量試験方法" .....

1204 - 1950 "土の粒度試験方法" .....

1205 - 1950 "土の液性限界試験方法" .....

1206 - 1950 "土の塑性限界試験方法" .....

1207 - 1950 "土の遠心含水当量試験方法" .....

1208 - 1950 "土の現場含水当量試験方法" .....

1209 - 1950 "土の収縮係数試験方法" .....

1210 - 1950 "土の突固め試験方法" .....

1211 - 1953 "路床土支持力比試験方法" .....

1212 - 1953 "道路の土質調査および試料採取方法" .....

1214 - 1953 "現場における土の単位体積重量試験方法" .....

1215 - 1953 "道路の平板載荷試験方法" .....

1216 - 1958 "土の一軸圧縮試験方法" .....

1217 - 1960 "土の圧密試験方法" .....

1218 - 1961 "土の透水試験方法" .....

1219 - 1961 "土の標準貫入試験方法" .....

5001 - 1961 "道路用砕石" .....

5005 - 1961 "コンクリート用砕石" .....

5003 - 1962 "遠心力鉄筋コンクリート管" .....

5308 - 1953 "レディーミクストコンクリート" .....

5310 - 1960 "遠心力鉄筋コンクリート基礎ブイ" .....

5313 - 1959 "スラブ橋用プレストレストコンク

リート橋ゲタ" ……

JIA A 1128 – 1960 "ケタ橋用プレストレストコンクリート橋ゲタ" ……

6201 – 1958 "フライアッシュ" ……

8951 – 1961 "鋼管足場" ……

JIS G 0303 – 1957 "鋼材の検査通則" ……

3101 – 1959 "一般構造用圧延鋼材" ……

3106 – 1959 "溶接構造用圧延鋼材" ……

3110 – 1953 "異形丸鋼" ……

3112 – 1964 "鉄筋コンクリート用棒鋼" ……

3525 – 1959 "ワイヤロープ" ……

3536 – 1960 "PC鋼線およびPC鋼より線" ……

JIS K 2207 – 1960 "石油アスファルト" ……

2208 – 1961 "石油アスファルト乳剤" ……

2251 – 1960 "原油および石油製品試料採取方法" ……

2422 – 1959 "舗装タール" ……

2530 – 1960 "石油アスファルト針入度試験方法" ……

2531 – 1960 "石油アスファルト軟化点試験方法(環球法)" ……

2532 – 1960 "石油アスファルト伸度試験方法" ……

2533 – 1960 "石油アスファルト蒸発質試験方法" ……

2534 – 1960 "石油アスファルト四塩化炭素可溶分試験方法" ……

5400 – 1959 "塗料一般試験方法" ……

5491 – 1960 "トラフィックペイント" ……

5623 – 1960 "亜鉛黄鉛サビ止ペイント" ……

5624 – 1960 "塩基性クロム酸鉛サビ止ペイント" ……

5625 – 1960 "シアナミド鉛サビ止ペイント" ……

5626 – 1960 "亜鉛末サビ止ペイント" ……

5627 – 1926 "ジンクロメートサビ止ペイント" ……

5628 – 1960 "鉛丹ジンクロメートサビ止ペイント" ……

JIS R 5201 - 1964 "セメントの物理試験方法" .....
5210 - 1964 "ポルトランドセメント" .....
5211 - 1964 "高炉セメント" .....
5212 - 1964 "シリカセメント" .....
5213 - 1964 "フライアッシュセメント" .....

JIS Z 2201 - 1956 "金属材料引張試験片" .....
2204 - 1956 "金属材料曲げ試験片" .....
2248 - 1955 "曲げ試験方法" .....
2341 - 1955 "金属材料の放射線透過試験方法" .....
3001 - 1961 "溶接用語" .....
3021 - 1961 "溶接記号" .....
8101 - 1963 "品質管理用語" .....
8102 - 1961 "色名" .....
8103 - 1959 "計測用語(精度に関するもの)" .....
8104 - 1962 "計測用語(計測一般)" .....
8206 - 1960 "工程図示記号" .....
8352 - 1958 "製図通則" .....
8401 - 1961 "数値の丸め方" .....
8801 - 1956 "標準フルイ" .....
9001 - 1956 "抜取検査通則(抜取検査その1)" .....
9002 - 1956 "計算規準型一回抜取検査(不良個数の場合)(抜取検査その2)" .....
9003 - 1957 "計算規準型一回抜取検査(標準偏差既知でロットの平均値を保証する場合および標準偏差既知でロットの不良率を保証する場合)(抜取検査その3)" .....
9004 - 1955 "計量規準型一回抜取検査(標準偏差未知で上限または下限規格値のみ規定した場合)(抜取検査その4)" .....
9006 - 1956 "計算選別型一回抜取検査" .....
9008 - 1957 "計数連続生産型抜取検査(不良個

数の場合(oc)"

JIS Z 9009 - 1962 "計数規準型逐次抜取検査(標準偏差既知でロット不良率を保証する場合)"

9010 - 1962 "計量規準型逐次抜取検査(標準偏差既知でロットの不良率を保証する場合)"

9021 - 1954 "管理図法"

9022 - 1959 "メジアン管理図"

9023 - 1963 "X管理図"

9031 - 1956 "ランダム抜取方法"

9042 - 1962 "母平均と基準値との差の検定(標準偏差既知, 片側)"

9043 - 1962 "母平均と基準値との差の検定(標準偏差既知, 両側)"

9044 - 1962 "母平均と基準値との差の検定(標準偏差未知, 片側)"

9045 - 1962 "母平均と基準値との差の検定(標準偏差未知, 両側)"

9046 - 1962 "二つの平均値の差の検定(標準偏差既知, 片側)"

9047 - 1962 "二つの平均値の差の検定(標準偏差既知, 両側)"

9048 - 1962 "二つの平均値の差の検定(標準偏差未知, 片側)"

9049 - 1962 "二つの平均の差の検定(標準偏差未知, 両側)"

9101 - 1959 "安全色彩使用通則"

9103 - 1963 "安全標識"

9104 - 1959 "安全色光使用通則"

9105 - 1960 "反射安全標識板"

9106 - 1963 "ケイ光安全色彩使用通則"

9110 - 1964 "照度基準"

索　　引

1　建設省土木試験基準(ＫＤＳＫ)目録
2　建設省土木試験基準関係日本工業規格(ＪＩＳ)目録
3　術　語　目　録

1　建設省土木試験基準(ＫＤＳＫ)目録

建設省土木試験基準(KDSK)目録

KDSK	5101 – 1961	"石材の比重および吸水率試験"	6
	5102 – 1963	"石材の圧縮試験方法"	9
	5103 – 1961	"ドリーすりへり摩耗試験"	18
	5104 – 1961	"石材のじん性試験"	19
	6101 – 1961	"注入目地材の注入適度試験"	6
	6102 – 1961	"注入目地材の分離試験"	8
	6103 – 1961	"注入目地材の流動試験"	10
	6104 – 1961	"注入目地材の針入度試験"	12
	6105 – 1961	"注入目地材の引張試験"	14
	6106 – 1961	"目地板の吸水試験"	17
	6107 – 1961	"目地板の圧縮および復元試験"	17
	6108 – 1961	"目地板のはみ出し試験"	20
	6109 – 1961	"目地板の曲げ試験"	22
	9101 – 1961	"マーシャル安定度試験方法"	3
	9102 – 1961	"遠心分離によるアスファルト混合物の抽出試験方法"	41
	9103 – 1961	"ソックスレー抽出器によるアスファルト混合物の抽出試験方法"	
	9104 – 1961	"アスファルト混合物フィラーのふるい分け試験方法"	54
	9105 – 1961	"水浸マーシャル安定度試験方法"	58
	9101 – 1961	"中性子線水分計による土の含水量試験方法"	368
	9102 – 1961	"RI散乱型密度計による土の単位体積重量試験方法"	386
	9103 – 1961	"土の直接せん断試験方法"	412
	9104 – 1961	"土の三軸圧縮試験方法"	416
	0101 – 1962	"管理図による安定試験の判定方法"	452

2　建設省土木試験基準関係日本工業規格(ＪＩＳ)目録

日本工業規格（JIS）目録

A：地建工事で各所、出張所試験室にて実施するもの
B：地建企画室、材料試験室にて実施するもの
C：土木研究所にて実施するもの

JIS	A 0101	– 1958	"土木製図（通則）"	A
	1101	– 1950	"スランプ試験方法"	A
	1102	– 1953	"骨材フルイ分け試験方法"	A
	1103	– 1953	"骨材洗い試験方法"	A
	1104	– 1953	"骨材の単位容積重量試験方法"	A
	1105	– 1953	"砂の有機不純物試験方法"	A
	1106	– 1953	"コンクリートの曲げ強度試験方法"	A
	1107	– 1950	"コンクリートから切りとったコーアおよびハリの強度試験方法"	A
	1108	– 1963	"コンクリートの圧縮強度試験方法"	A
	1109	– 1951	"細骨材の比重および吸水量試験方法"	A
	1110	– 1951	"粗骨材の比重および吸水量試験方法"	A
	1111	– 1951	"細骨材の表面水量試験方法"	A
	1112	– 1951	"まだ固まらないコンクリートの洗い分析試験方法"	A
	1113	– 1951	"コンクリートの引抜抵抗強度試験方法"	B
	1114	– 1951	"ハリの切片によるコンクリートの圧縮強さ試験方法"	C
	1115	– 1951	"まだ固まらないコンクリートの試料採取方法"	A

JIS A 1116 – 1952	"コンクリートの単位容積重量試験方法および空気量の重量による試験方法(重量方法)"	A
1117 – 1960	"まだ固まらないコンクリートの空気量の圧力による試験方法(水柱圧力方法)"	A
1118 – 1952	"まだ固まらないコンクリートの空気量の容積による試験方法(容積方法)"	A
1119 – 1953	"ミキサで練り混ぜたコンクリート中のモルタルの単位容積重量差の試験"	A
1120 – 1954	"ドバル試験機による粗骨材のスリヘリ試験方法"	A
1121 – 1954	"ロサンゼルス試験機による粗骨材のスリヘリ試験方法"	A
1122 – 1954	"骨材の安定性試験方法"	B
1123 – 1957	"コンクリートのブリージング試験方法"	B
1124 – 1957	"モルタルおよびコンクリートの長さ変化試験方法(ダイヤルゲージ方法)"	C
1125 – 1957	"モルタルおよびコンクリートの長さ変化試験方法(コンパレータ方法)"	C
1126 – 1957	"粗骨材中の軟石量試験方法"	B
1127 – 1958	"共鳴振動によるコンクリートの動弾性係数・動セン断弾性係数および動ポアソン比試験方法"	B
1128 – 1960	"まだ固まらないコンクリートの空気量の圧力による試験方法(空気室圧力方法)"	A
1132 – 1963	"コンクリートの強度試験用供試体の作り方"	A

JIS A 1201 – 1950	"土の道路試験および物理試験のための試料調整方法"	A
1202 – 1950	"土粒子の比重試験方法"	A
1203 – 1950	"土の含水量試験方法"	A
1204 – 1950	"土の粗度試験方法"	A
1205 – 1950	"土の液性限界試験方法"	A
1206 – 1950	"土の塑性限界試験方法"	A
1207 – 1950	"土の最心含水当量試験方法"	A
1208 – 1950	"土の現場含水当量試験方法"	A
1209 – 1950	"土の収縮係数試験方法"	A
1210 – 1950	"土の突固め試験方法"	A
1211 – 1953	"路床上支持力比試験方法"	A
1212 – 1953	"道路の土質調査ならびに試料採取方法"	A
1213 – 1953	"アースダムの土質調査のための試料採取方法"	B
1214 – 1953	"現場における土の単位体積重量試験方法"	A
1215 – 1953	"道路の平板載荷試験方法"	A
1216 – 1958	"土の一軸圧縮試験方法"	A
1217 – 1960	"土の圧密試験方法"	A
1218 – 1961	"土の透水試験方法"	A
1219 – 1961	"土の標準貫入試験方法"	A
1301 – 1959	"建築物の木造部分の防火試験方法"	A
5001 – 1961	"道路用碎石"	A
5002 – 1958	"構造用軽量コンクリート骨材"	
5003 – 1953	"石材"	
5005 – 1961	"コンクリート用碎石"	A
5302 – 1961	"鉄筋コンクリート管"	B
5303 – 1962	"遠心力鉄筋コンクリート管"	A
5304 – 1960	"歩道用コンクリート平板"	B
5305 – 1960	"鉄筋コンクリート心形"	B
5306 – 1960	"コンクリートおよび鉄筋コンクリート L形"	B

JIS A 5307 - 1960 "コンクリート間仕切ブロック" B
5308 - 1953 "レディーミクストコンクリート" A
5309 - 1960 "遠心力鉄筋コンクリートポール"
5310 - 1960 "遠心力鉄筋コンクリート基礎杭" A
5312 - 1962 "鉄筋コンクリート組立土止メ"
5313 - 1959 "スラブ橋用プレストレストコンクリート橋ゲタ" A
5316 - 1960 "ケタ橋用プレストレストコンクリート橋ゲタ" A
5317 - 1961 "下水道用マンホール側塊" B
5318 - 1961 "鉄筋コンクリートブリューム" B
5319 - 1963 "軽荷重スラブ橋用プレストコンクリート橋ゲタ" B
5321 - 1963 "鉄筋コンクリートケーブルトラフ"
5506 - 1958 "下水道用マンホールフタ"
5507 - 1958 "雨水マスフタ"
5513 - 1957 "亜鉛メッキ鉄線製ジャカゴ" C
6201 - 1958 "フライアッシュ" A
8601 - 1956 "ドラムミキサ"
8602 - 1959 "可傾式ミキサ"
8610 - 1961 "コンクリート棒形振動機"
8611 - 1961 "コンクリート型ワク振動機"
8651 - 1963 "鋼管支柱(パイプサポート)"
8652 - 1959 "鋼製型ワクパネル"
8951 - 1961 "鋼管足場" A
9301 - 1957 "木材防腐剤の性能試験方法通則"
9302 - 1957 "木材防腐剤の防腐効力試験方法"
9303 - 1957 "木材防腐剤の着火性および着炎性試験方法"
9304 - 1957 "木材防腐剤の鉄腐食性試験方法"
9305 - 1957 "木材防腐剤の吸湿性試験方法"

JIS B	7721 – 1952	"引張試験機"	B
	7722 – 1952	"シャルピー衝撃試験機"	B
	7723 – 1952	"アイゾット衝撃試験機"	
	7724 – 1955	"ブリネルカタサ試験機"	B
	7725 – 1961	"ビッカースカタサ試験機"	
	7726 – 1961	"ロックウェルカタサ試験機"	
	7727 – 1956	"ショアカタサ試験機"	
	7777 – 1952	"エリクセン試験方法"	B
	8241 – 1960	"高圧ガス容器"	B
	8802 – 1963	"チェーンブロック"	B
	8801 – 1962	"防ジンマスク"	B
	8802 – 1955	"シャ光保護具	B
	8803 – 1962	"防毒マスク"	B
	8804 – 1959	"防音用耳セン"	B
JIS G	0303 – 1957	"鋼材の検査通則"	A
	1201 – 1963	"鉄および鋼の分析方法の通則"	
	1211 – 1963	"鉄および鋼の炭素分析方法"	
	1212 – 1963	"鉄および鋼のケイ素分析方法"	
	1213 – 1963	"鉄および鋼のマンガン分析方法"	
	1214 – 1963	"鉄および鋼のリン分析方法"	
	1215 – 1963	"鉄および鋼のイオウ分析方法"	
	1216 – 1963	"鉄および鋼のニッケル分析方法"	
	1217 – 1963	"鉄および鋼のクロム分析方法"	
	1219 – 1963	"鉄および鋼の銅分析方法"	
	3101 – 1959	"一般構造用圧延鋼材"	A
	3106 – 1959	"溶接構造用圧延鋼材	A
	3110 – 1953	"異形丸鋼"	A
	3112 – 1964	"鉄筋コンクリート用棒鋼"	A
	3201 – 1960	"炭素鋼鍛鋼品"	
	3301 – 1956	"熱間圧延鋼板"	

JIS G	3301 – 1956	"熱間圧延鋼板"	
	3302 – 1961	"亜鉛鉄板"	
	3303 – 1959	"ブリキ板"	
	3444 – 1961	"一般構造用炭素鋼鋼管"	
	3452 – 1962	"配管用炭素鋼鋼管"	
	3525 – 1957	"ワイヤロープ"	A
	3536 – 1960	"PC鋼線およびPC鋼より線"	A
	5101 – 1958	"炭素鋼鋳鋼品"	
	5501 – 1956	"ネズミ鋳鉄品"	
JIS H	0401 – 1963	"溶融亜鉛メッキ試験方法"	
	0402 – 1952	"スズメッキ試験方法"	
	2107 – 1957	"亜鉛地金"	
JIS K	2207 – 1960	"石油アスファルト"	A
	2208 – 1961	"石油アスファルト乳剤"	A
	2251 – 1960	"石油および石油製品試料採取方法"	A
	2274 – 1962	"石油製品引火点および燃焼点試験方法(フリーブランド開放式)"	B
	2420 – 1959	"芳香族製品およびタール製品試料採取方法"	B
	2421 – 1959	"芳香族製品およびタール製品試験方法"	B
	2422 – 1959	"舗装タール"	A
	2530 – 1960	"石油アスファルト針入度試験方法"	A
	2531 – 1960	"石油アスファルト軟化点試験方法(環球法)"	A
	2532 – 1960	"石油アスファルト伸度試験方法"	A
	2533 – 1960	"石油アスファルト蒸発量試験方法"	A
	2534 – 1960	"石油アスファルト四塩化炭素可溶分試験方法"	A
	5400 – 1959	"塗料一般試験方法"	A
	5491 – 1960	"トラフィックペイント"	A

(570)

JIS K	5623 – 1960	"亜鉛化鉛サビ止ペイント"	A
	5624 – 1960	"塩基性クロム酸鉛サビ止ペイント"	A
	5625 – 1960	"シアナミド鉛サビ止ペイント"	A
	5626 – 1960	"亜鉛末サビ止ペイント"	A
	5627 – 1962	"ジンクフロメートサビ止ペイント"	A
	5628 – 1960	"鉛丹ジンクフロメートサビ止ペイント"	A
JIS M	7001 – 1960	"鉱山保安警報"	B
	7601 – 1961	"酸素呼吸器"	
	7608 – 1962	"保安帽"	B
	7610 – 1953	"安着安全電燈"	B
	7916 – 1954	"安全電燈用キャブタイヤコード"	B
JIS R	5201 – 1964	"セメントの物理試験方法"	A
	5202 – 1962	"ポルトランドセメントの化学分析方法"	B
	5203 – 1962	"セメントの水和熱測定方法(溶解熱方法)"	B
	5210 – 1964	"ポルトランドセメント"	A
	5211 – 1964	"高炉セメント"	A
	5212 – 1964	"シリカセメント"	A
	5213 – 1964	"フライアッシュセメント"	A
JIS S	9001 – 1953	"労働衛生保護服"	B
	9002 – 1953	"労働衛生保護手袋"	B
	9003 – 1953	"労働衛生保護長グツ"	B
JIS Z	0101 – 1951	"包装の定義"	
	2101 – 1957	"木材の試験の通則"	
	2102 – 1957	"木材の平均年輪幅含水率および比重測定方法"	
	2103 – 1957	"木材の収縮率測定方法"	
	2104 – 1957	"木材の吸水量測定方法"	
	2105 – 1960	"木材の湿温柱試験方法"	
	2111 – 1963	"木材の圧縮試験方法"	
	2112 – 1963	"木材の引張試験方法"	
	2113 – 1963	"木材の曲げ試験方法"	

JIS Z 2114 - 1963 "木材のせん断試験方法" .....
2115 - 1963 "木材の劈裂試験方法" .....
2116 - 1963 "木材の衝撃曲げ試験方法" .....
2117 - 1963 "木材のかたさ試験方法" .....
2118 - 1963 "木材のクリープ試験方法" .....
2119 - 1963 "木材の耐摩耗性試験方法" .....
2110 - 1958 "木材の着炎性試験方法" .....
2110 - 1959 "木材のクギ引抜き抵抗試験方法" .....
2141 - 1960 "木材の摩耗試験方法" .....
2201 - 1956 "金属材料引張試験片" A .....
2202 - 1956 "金属材料衝撃試験片" B .....
2203 - 1956 "金属材料抗折試験片" .....
2204 - 1956 "金属材料曲げ試験片" A .....
2241 - 1956 "金属材料引張試験方法" B .....
2242 - 1956 "金属材料衝撃試験方法" B .....
2243 - 1955 "ブリネルかたさ試験方法" B .....
2244 - 1961 "ビッカースかたさ試験方法" .....
2245 - 1961 "ロックウェルかたさ試験方法" .....
2246 - 1956 "ショアかたさ試験方法" .....
2248 - 1955 "曲げ試験方法" A .....
2341 - 1955 "金属材料の放射線透過試験方法" A .....
2344 - 1958 "金属材料の超音波探傷試験方法" B .....
3001 - 1961 "溶接用語" A .....
3021 - 1961 "溶接記号" A .....
3101 - 1962 "溶接部の最高かたさ試験方法" C .....
3103 - 1961 "溶接部の引張疲れ試験方法" C .....
3111 - 1964 "溶着金属の引張試験方法" B .....
3112 - 1961 "溶着金属の衝撃試験方法" B .....
3113 - 1961 "溶着金属の水素量試験方法" .....
3121 - 1961 "突合せ溶接継手の引張試験方法" B .....
3122 - 1961 "突合せ溶接継手の型曲げ試験方法" B .....
3123 - 1961 "突合せ溶接継手の自由曲げ試験方法" C .....

JIS Z 3124	1960	"突合セ溶接継手の曲げ試験方法"	C
3125	1962	"突合セ溶接継手の切欠き破面試験方法"	C
3131	1961	"スミ肉溶接継手の引張試験方法"	C
3132	1961	"スミ肉溶接継手のセン断試験方法"	C
3133	1961	"スミ肉溶接継手の破面試験方法"	C
3134	1962	"T形スミ肉溶接継手の曲げ試験方法"	C
3151	1962	"スリット形溶接ワレ試験方法"	C
3152	1962	"丸棒形溶接ワレ試験方法"	C
3153	1962	"T形溶接ワレ試験方法"	C
3161	1962	"溶接ビードの曲げ試験方法"	C
3162	1962	"溶接ビードの切欠き曲げ試験方法"	C
3171	1960	"溶接材料の切欠き引張試験方法"	C
3172	1960	"溶接材料の切欠き衝撃試験方法"	C
3173	1960	"溶接材料の切欠き曲げ試験方法"	C
3181	1962	"溶接棒のスミ肉溶接試験方法"	C
32	1964	"軟鋼用被覆アーク溶接棒"	C
3801	1964	"溶接 検定における試験方法ならびにその判定基準"	C
9101	1963	"品質管理用語"	A
9102	1961	"色名"	A
9103	1959	"計測用語(精度に関するもの)"	A
9104	1962	"計測用語(計測一般)"	A
9105	1961	"色に関する用語"	
9106	1951	"音響用語(一般)"	
9111	1961	"計数形計算機用語(一般)"	B
9112	1962	"計数形計算機用語(一般を除く)"	B
9201	1956	"数学記号"	B
9202	1960	"量記号"	
9203	1964	"単位記号"	B

JIS Z	8204 – 1963	"計装用記号"	B
	8206 – 1960	"工程図示記号"	A
	8302 – 1958	"製図通則"	A
	8401 – 1961	"数値の丸め方"	A
	8601 – 1954	"標準数"	B
	8703 – 1961	"試験場所の標準状態"	B
	8704 – 1960	"電気式温度計による温度測定方法"	B
	8705 – 1962	"液体封入ガラス温度計による温度測定方法"	B
	8706 – 1959	"光高温計による温度測定方法"	B
	8721 – 1958	"色の三属性による表示方法"	B
	8722 – 1959	"物体色の測定方法"	B
	8723 – 1961	"表面色の比較方法"	B
	8731 – 1957	"騒音レベル測定方法"	C
	8741 – 1962	"光沢度測定方法"	C
	8750 – 1962	"真空計校正方法"	C
	8751 – 1961	"液柱差を使う真空計による真空度測定方法"	C
	8801 – 1956	"標準フルイ"	A
	8806 – 1961	"湿度測定方法"	B
	8807 – 1962	"固体比重測定方法"	B
	9001 – 1956	抜取検査通則(抜取検査その1)	A
	9002 – 1956	"計算規準型一回抜取検査(不良個数の場合)(抜取検査その2)"	A
	1003 – 1957	"計量規準型一回抜取検査(標準偏差既知でロットの平均値を保証する場合および標準偏差既知でロットの不良率を保証する場合)(抜取検査その3)"	A

JIS Z 9004 - 1955	"計量規準型一回抜取検査(規準偏差未知で上限または下限規格値のみ規定した場合)(抜取検査その4)"	A
9006 - 1956	"計量逐別型一回抜取検査"	A
9008 - 1957	"計数連続生産型抜取検査(不良個数の場合)"	A
9009 - 1962	"計数規準型逐次抜取検査(規準偏差既知でロットの不良率を保証する場合)"	A
9010 - 1962	"計量規準型逐次抜取検査(規準偏差既知でロットの不良率を保証する場合)"	A
9021 - 1954	"管理図法"	A
9022 - 1959	"メジアン管理図"	A
9023 - 1963	"X管理図"	A
9031 - 1956	"ランダム抜取方法"	A
9042 - 1962	"母平均と基準値との差の検定(標準偏差既知、片側)"	A
9043 - 1962	"母平均と基準値との差の検定(標準偏差既知、両側)"	A
9044 - 1962	"母平均と基準値との差の検定(標準偏差未知、片側)"	A
9045 - 1962	"母平均と基準値との差の検定(標準偏差未知、両側)"	A
9046 - 1962	"二つの平均値の差の検定(標準偏差既知、片側)"	A
9047 - 1962	"二つの平均値の差の検定(標準偏差既知、両側)"	A
9048 - 1962	"二つの平均値の差の検定(標準偏差未知、片側)"	A
9049 - 1962	"二つの平均値の差の検定(標準偏差未知、両側)"	A
9101 - 1959	"安全色彩使用通則"	A

(595)

T I S 三 9105 - 1960 "反射安全保護板" A

9106 - 1963 "ケイ光安全色彩使用通則" A

9110 - 1964 "照度基準" A

3 術 語 索 引

索　引

(あ)

アスファルテックスの分離 …… 94
アスファルト …… 95,78
アスファルト混合物 …… 283
アスファルト混合物の密度
　比重びん …… 308
アスファルト乳剤 …… 385
アスファルトの回収 …… 99
アスファルト被膜のはく離試験 …… 339
圧縮強度試験 …… 220
圧縮試験および復元試験 …… 181
圧縮室 …… 488
圧縮張さ …… 168
圧密沈下量 …… 464
アムスラー万能試験機 …… 136
アルカリ濃度の減少試験方法 …… 40
R管理図 …… 526
アルコール燃焼法 …… 414
Rs 管理図 …… 528
Rn 管理図 …… 528
安全操縦関係 …… 547
安全保護具 …… 547

(い)

イスキュメーター …… 377,380
一軸圧縮試験 …… 283,480
一回抜き取り …… 537
引火点 …… 88
引火，燃焼点 …… 125
引張試験 …… 180

(う)

ウォッシュプライマー …… 154

(え)

エアメーター …… 240
液圧計 …… 488
液性限界 …… 449
X管理図 …… 528
X線写真の判定 …… 141
塩化ビニール塗料 …… 154
塩化よう素試験 …… 155
円すい貫入試験 …… 386,393

(お)

押しこみかたさ試験方法 …… 140
オートクレーブ …… 29
オートクレーブの膨張試験 …… 328
オランダ式貫入試験機 …… 377,380
オルゼン試験機 …… 186

(か)

改訂PR法 …… 501
風ふるい装置 …… 21
片側開格 …… 528
かたさ試験 …… 140
カッター法 …… 453
活動係数 …… 12
カットバック型 …… 180
カットバックアスファルト …… 342,345
加熱硬化式 …… 180

カーバイトによる方法 ……416
カービン ……96
カーボイト ……76
簡易減摩計による方法 ……416
感温性指数 ……82
含水比 ……920
含水量急速測定法 ……414
ガンアソー ……167
管理状態 ……517

(き)

偽凝結の試験方法 ……19
危険防止 ……547
基準アスファルト量の決め方 ……344
規準型 ……537
キャサグランデによる分類 ……510
吸水試験 ……161,183
吸水率測定方法 ……163
吸水量 ……211
凝結 ……8
強熱減量 ……70
金属材料の検査 ……134
金属材料の試験ならびに試験方法 ……135

(く)

空気圧縮機 ……488
空局量 ……72
空気量測定試験 ……230
空げき率 ……165,309
グリセリンタンク ……488
グリセリン浴 ……85

(け)

けい酸率 ……13
計数規準型逐次抜き取り ……538
計数連続生産型 ……537
計量基準型 ……537
計量規準型逐次抜き取り ……538
計量調整型 ……538
ゲル ……76,85
顕微鏡鏡定 ……161

(こ)

恒温乾燥炉 ……341,343
恒温水そう ……301,343
恒温浴そう ……34
硬化の機構 ……125
硬化ポルトランドセメント
コンクリートのセメント含有量の試験方法 ……56
鋼の分類 ……1,31
光度測定法による溶解シリカの測定 ……39
高炉セメント ……3,5,7
五塩化アンチモン重量法 ……53
骨材試料の採取 ……260
骨材の単位容積重量試験 ……218
骨材の比重 ……212
骨材配合の決め方 ……297
コビジョメーター ……333
コンクリート管 ……278
コンクリート骨材として必要な性質 ……209
コンクリート試験 ……207
コンクリート製品 ……268
コンクリートコンシステンシー試験方法 ……226
コンクリートの引張り強さ係数試験 ……237

コンシステンシー …… 79
コンテナー …… 21

(さ)

載荷試験 …… 397
サイクリックスの分離 …… 95
細骨材の表面水量試験 …… 213
サウンディング …… 388
砂鉄土 …… 484
三軸圧縮試験 …… 283,286
3シアマ法の妥当性 …… 528
サンプルサイズ …… 523
残留安定度 …… 340

(し)

試掘孔の掘削 …… 363
試験に用いるモルタルの配合 …… 220
シートアスファルト …… 332
CBR …… 494
四分法 …… 211
脂肪酸のよう素価 …… 155
締め固め係数試験 …… 229
シャルピー衝撃試験 …… 142
自由地下水 …… 115
常温施工式 …… 180
衝撃カモニ試験方法 …… 140
衝撃試験の目的 …… 139
蒸発後の針入度 …… 87
蒸留法 …… 5
シリカ …… 10,11
シリカセメント …… 3,6,9,27
試料分取器 …… 211
シルト …… 503
シルト質粘土 …… 503
シンウォールサンプラー …… 367
振ヒラ域 …… 343

針入度試験 …… 180, 183
針入度指数 …… 82
真比重 …… 162,165
親和性 …… 339

(す)

水硬率 …… 12
水浸圧縮試験 …… 339
水和熱 …… 14
スエーデン式サウンディング …… 388
ストークスの法則 …… 20
ストレートアスファルト …… 75,76,77
ストレートアスファルト針入度 …… 345
砂置換法 …… 450
スラグ …… 5
すりへり減量 …… 174
すりへり損失減量 …… 174

(せ)

成分比率 …… 12
セイボルトフロール粘度 …… 89,91
静ヤング係数 …… 173
赤外線乾燥法 …… 415
石材の比重 …… 173
石灰 …… 13
石灰飽和度 …… 13
セメント …… 3
セメント骨材の潜在アルカリ反応試験方法 …… 42
セメントペースト …… 9,16
セメントペーストの標準ちょう度の決定 …… 48
セメントモルタル中の空気量測定方法 …… 69
セメント粒子 …… 19

採到機 …… 54
送刷型 …… 536

(そ)

送風圧 …… 26
測定用コンパレーター …… 29
塑性限界 …… 449
ソックスレー抽出器 …… 325
ソニック方法 …… 244
ゾル ……

(た)

ダイヤモンドソー …… 167
ダイヤモンドドリル …… 174
多回掘さ取り …… 537

(ち)

逐次掘さ取り …… 538
地盤の平面載荷試験 …… 397
地盤の水平載荷試験 …… 402
中性子線水分計による方法 …… 416,417
注入温度 …… 182
注入温度試験 …… 180,182
注入試験 …… 463
注入目地材 …… 185
注入目地材の引張試験 …… 193
注入目地材の針入度試験 …… 191
注入目地材の注入温度試験 …… 185
注入目地材の分離試験 …… 187
注入目地材の流動試験 …… 187
調整型 …… 537
直視法 …… 544

(つ)

突き合わせ目地土 …… 180,181

(て)

低合金高張力鋼 …… 133
鉄率 …… 83
デニソンサンプラー …… 378
転圧性能 …… 449
展色剤 …… 152

(と)

投影法 …… 544
動ヤング係数 …… 193
トペカ …… 331
ドリーすりへり試験 …… 174
塗料 …… 152
塗料の主成分 …… 152

(な)

長さ変化率 …… 53,58
ナフタリン分および酸性油分 …… 125,127

(に)

2回掘さ取り …… 537
肉眼鑑定 …… 161

(ぬ)

ぬすみ鋳鉄品 …… 139
煙煙によるアスファルト混合物のアスファルト量測定に関する暫定試験方法 …… 331
燃焼率 …… 334
粘性土 …… 485
粘土水 …… 362
粘度の感温性 …… 125
粘土のコンシステンシー …… 383

(は)

はく離率 …… 343
パッカーヘッド …… 274
パッカーヘッドコンクリート管の検査 …… 278
パット …… 7
はみ出し試験 …… 181,184
パラフィニツアスの分離 …… 95

(ひ)
液圧地下水 462
ピクノメーターによる方法 415
比重(セメント) 8,26
比重(歴青材料) 125
比重の異なるものの混ぶるい 25
ヒストグラム 521
非破壊検査 140
標準網ふるいの検査方法 541,542
標準貫入試験 381
標準骨材 342
標準砂 70
膨張用乳白ガラス 54
ビームスタビロメーター 283
ピリジン法 93
品質管理 517
品質標準 519
(ふ)
V B試験 143
V ノッチシャルピー衝撃試験 335,336
フィラー 21
風レ筒 323
フェイルサンプラー 178
復元率 152,154
フタール樹脂塗料 356,294
フライアッシュセメント 414
フライパン焼戻法 195
プライマー 62
プラスティックコンシステンシー 17
プラスチシチー 239
プリージング 545
ふるい値の補正と補正曲線 335
ふるい分け試験 (5)
フローテーブル 69
フロート試験指数 82
プローンアスファルト 75,77
不溶残分 11
粉末度 8,22
分離試験 180,182
分留試験ならびに軟化点試験 128
(へ)
ペイント 152
ペトロレン 76
ページ衝撃試験機 176
ベーン試験 395
ベンゾール不溶分 129
(ほ)
膨張目地 180
飽和度 315
舗装タール 345
ポゾラン 4
ポルトランドセメント 3,274
(ま)
マーカッソン 93
マグネシヤ 12
曲げ強度 169
曲げ強度試験 284
曲げ試験 184
マーシャル安定度試験機の傾向 310
マーシャル安定度試験方法 335
マスコンクリート 13
マルテン 76
(み)
見掛け比重 162,163

(ふ)
骨水フタール酸 …… 155
(ま)
まくら目地 …… 180,181
目地 …… 180
目地板 …… 184,195
目地板の吸水試験 …… 196
目地板の曲げ試験 …… 202
目地板のはみ出し試験 …… 199
(も)
モルタル不均等柱試験 …… 229
モルタルの硬化乾燥による長さ変化測定試験方法 …… 54
モンモリロナイト …… 177
(や)
ヤング係数試験 …… 171
(ゆ)
遊離炭素 …… 125
(よ)
溶解シリカの重量法による測定 …… 37
揚水試験 …… 461
溶接部の欠陥 …… 141
(り)
粒径加積曲線 …… 507
粒子の分離機構 …… 20
流動性係数 …… 82
流動性試験 …… 180,182
両側規格 …… 525
(る)
ルシャトリエ方法 …… 9,28,47
(れ)
レジン …… 476
連続生産型 …… 537
(ろ)
ロータリーボーリング …… 335
路盤材料のCBR …… 497
(わ)
ワニス …… 152

(ゆ)
熱水フタール酸 …… 155
(め)
めくら目地 …… 180,181
目地 …… 180
目地板 …… 184,195
目地板の吸水試験 …… 196
目地板の曲げ試験 …… 202
目地板のはみ出し試験 …… 199
(も)
モルタル不均等性試験 …… 229
モルタルの硬化乾燥による長さ変化測定試験方法 …… 54
モンモリロナイト …… 177
(や)
ヤング係数試験 …… 171
(ゆ)
遊離炭素 …… 125
(よ)
溶解シリカの重量法による測定 …… 37
揚水試験 …… 461
溶接部の欠陥 …… 141
(り)
粒径加積曲線 …… 507
粒子の分離機構 …… 20
流動性係数 …… 82
流動性試験 …… 180,182
両側規格 …… 525
(る)
ルシャトリエ方法 …… 9,28,47
(れ)
レジン …… 96
連続生産型 …… 537
(ろ)
ローターリーボーリング …… 335
路盤材料のCBR …… 497
(わ)
ワニス …… 152

整理番号	土木資料 技管 第1号
著者名	土木研究所

年度	S 39 年度

土木試験基準追加及び変更項目

昭和39年度

建設省土木研究所

追加および変更項目

1° 第3章 金属材料

変更箇所	変更項目
133頁2行目「現在わが国で…」以下7行目「…等が国産の高張鋼である。」までを右記のように変更する。	現在わが国で製造されている低合金高張力鋼[注4]は含有炭素量を増加するかわりに他の合金元素（Mn, Si, Ni, Cr, Mo, Ti, V Nbなど）を少量加えることにより、鋼の溶接性や延性をそこなうことなく強度を高めたものを総称しているが、耐食性、耐候性をよくするために更に銅（Cu）、りん（P）などを添加した耐食性又は耐候性高張鋼[注5]が製造されている。 注4) NK-HITEN（日本鋼管） WEL-TEN（八幡製鉄） WELCON（日本製鋼） FHT（富士製鉄） SHT（住友金属） RIVER ACE（川崎製鉄） 等がある。 注5) COR-TEN（富士製鉄） YAW·TEN（八幡製鉄） CRZ（住友金属） 等がある。

(2)

2° ク.ノ コンクリート

変更箇所	変更項目
257～264頁 コンクリートの配合設計例 右記に差替える。	別紙ノの通り

3° 第8章 アスファルト混合物

追加箇所	追加項目
283頁安定度試験方法のわく内に右記を加える。	なお、積雪寒冷地におけるアスファルト混合物のすりへり抵抗性については、暫定試験方法を用いるとよい。
284頁安定度試験方法の解説の後に右項を加える。	(d) 積雪寒冷地では冬期タイヤチェンにより混合物が摩耗しやすいので、高温時の安定度と同時に、すりへり抵抗性についても試験を行って混合物の配合設計をすることが望ましい。 すりへり抵抗性試験は我が国独得のもので北海道開発局において開発された方法を暫定的に用いる。
285～322頁マーシャル安定度試験方法をの項としてその後に右項を加える。	(2) アスファルト混合物のすりへり抵抗性に関する暫定試験方法

4'2 建設省土木試験基準関係日本工業規格（J I S）目録

追加箇所	追加項目
568頁 J I S G に右記を加える.	J I S G 3102-1956 "機械構造用炭素鋼"

別紙 1

コンクリート配合設計例

与えられた材料を用いて、版厚 23 cm のコンクリート版を関東地方北部につくる。コンクリートの設計強度 σ_{b28} は 45 kg/cm² とする。

(1) 試験バッチを実施するための準備

(i) 与えられた条件

(a) 材料の試験結果

セメント：普通ポルトランドセメントで　比重 3.15

細骨材：川砂で、比重 2.64　吸水量 2.2%

粗骨材：砂利で、比重 2.66　吸水量 0.6%

単位容積重量 1800 kg

細粗骨材の粒度は表－1のとおりである。

表－1　骨材のふるい試験結果（その1）

細骨材		粗骨材	
ふるいの呼び寸法（mm）	とどまる量（%）	ふるいの呼び寸法（mm）	とどまる量（%）
10	0	40	0
5	5	30	18
2.5	15	25	31
1.2	40	20	43
0.6	65	15	60
0.3	80	10	75
0.15	97	5	95
粗粒率	3.02	粗粒率	7.13

なお、実験室で配合を検討する場合には5mmふるいを用いて、細骨材のうちから5mmふるいにとどまる粒と、粗骨材のうちから5mmふるいをとおる粒をとり去ったものを用いるのが便利である。この粒度を示すと表-2のとおりである。

表-2　骨材のふるい分け試験結果（その2）

細骨材		粗骨材	
ふるいの呼び寸法（mm）	とどまる量（%）	ふるいの呼び寸法（mm）	とどまる量（%）
5	0	30	19
2.5	11	25	33
1.2	37	20	45
0.6	63	15	63
0.3	79	10	79
0.15	97	5	100
粗粒率	2.87	粗粒率	7.24

(b)　コンシステンシーの選定

締固の機械その他を考慮して、沈下度30秒またはスランプ2.5 cmとする。

(c)　粗骨材の最大寸法の選定

ふるい分け試験の結果によると、粗骨材の最大寸法は40mmであるので、版厚23 cmではそのまま使用することができる。

(d)　耐久性から必要とされる水セメント比(%)の選定

舗装現場が関東地方北部であるから、凍結融解がときどき繰返されると考えられるので、耐久性に対して必要なw/cの表の値（土木学会標準示方書など参照）からw/cは50%以下であることが要求される。しかしながら骨材の表面水量の変動、計量の誤差などを考慮して耐久性から必要とするw/cは47%とする。

(e) 目標とする強度の選定

変動係数と割り増し係数との表を参照して、割り増し係数Pを1.15とする。したがって目標とする強度は$\sigma_{b28} \times P = 45 \times 1.15 = 51.8\ kg/cm^2$となる。

(ii) 試験バッチのコンクリート配合の推定

(a) 水セメント比（w/c）の推定

コンクリートの目標とする曲げ強度は51.8 kg/cm²であるので、これに必要なw/cを実験式を引用に求める。普通コンクリートの材令28日の曲げ強度は、$\sigma_b = 20.1\ c/w + 8.5$である場合、これにより計算すると、強度から必要とするw/cの推定値は、46.4%となる。したがって耐久性から必要とされるw/cと強度から必要とされるw/cと比較すると

47% > 46.4% であるので、w/cの推定値は46%になる。

(b) 単位水量（w）および細骨材率（s/a）（または単位粗骨材容積）の推定

セメントコンクリート舗装要綱（日本道路協会）の参考表を参照すれば、単位水量(w)および、細骨材率（s/a）の推

(2)

定値は次のごとくである。

	W (kg)	s/a (%)
参考表に示されている値	140	32
細骨材の粗粒率による補正	140	33
w/c による補正	140	33.2

また、単位粗骨材容積による場合には、前記の舗装要綱中の図 4-3 を参照して、細骨材の粗粒率 2.87 の場合の単位粗骨材容積は 0.77 であるので、単位粗骨材量は、1,800 kg × 0.77 = 1386 kg と推定される。

(c) 試験バッチの計算

与えられた各条件に従って推定されたものは、単位水量 140 kg, w/c 46%, s/a 33.2% (または単位粗骨材量 1,386 kg) である。これらの値により配合を計算すると、次のようになる。

$$\text{単位セメント量} = 140 \times \frac{1}{0.46} = 304 \text{ kg}$$

単位粗骨材量 1,386 kg から計算すると、s/a は 30.8% となるので、この場合参考表からの推定値との平均をとって 32% とする。

なお、コンクリートのエントラップトエアーは、粗骨材の最大寸法 40 mm の場合、一般に約 1% 含まれるものがあるから、単位細骨材量は次のようになる。

$$\text{骨材の容積} = 100 - \frac{304}{3,150} - \frac{140}{1,000} - 0.01 = 0.753 \text{ m}^3$$

単位細骨材量 = 0.753 × 0.32 × 2.640 ≒ 635 kg

単位粗骨材量 = 0.753 × (1 − 0.32) × 2.660 ≒ 1360 kg

試験練りには一切のミキサを用い、1バッチの量を 20l とする。なお粗骨材は表面乾燥飽和状態のものを、また細骨材は表面水量3%のものを用いる。したがって1バッチ当りの各材料は、次のようになる。

$$水 = 140 \times \frac{20}{1,000} - 635 \times \frac{20}{1,000} \times 0.03 = 2.419\ kg$$

セメント = 304 × 20/1,000 = 6.08 kg

細骨材 = 635 × 20/1,000 × 1.03 = 13.081 ≒ 13.08 kg

粗骨材 = 1360 × 20/1,000 = 29.20 kg − 13.08 kg

(2) 実験室における試験練り

(i) 試験バッチによる単位水量(W)の決定および、細骨材率(s/a)(または単位粗骨材容積)の推定

(a) 振動力コンシステンシー試験による場合

第1バッチのコンクリートを練り混ぜた結果、沈下度 20 秒となった。

目標とする沈下度は30秒であるから、単位水量を減ずる必要がある。

第2バッチは、単位水量を4kg減らして136 kg とし、s/a は第1バッチのコンクリートのウオーカビリチーが最適な s/a に近いように思われるので、第2バッチも32%とした。その結果は沈下度32秒であった。

このため第3バッチ以後は、単位水量 136 kg w/c 44 % で s/a を変化させて、それぞれの沈下度を求めた。その結果を示すと、表3のとおりである。

表 3

バッチ	計量した材料(kg)				s/a (%)	沈下度 (秒)	単位水量 (kg)	単位セメント量 (kg)	単位細骨材量 (kg)	単位粗骨材量 (kg)	単位粗骨材容積
	セメント	水	細骨材	粗骨材							
1	6.08	2.418	13.10	27.24	32	20	140	304	636	1362	0.757
2	5.92	2.335	13.23	27.50	32	32	136	296	642	1375	0.764
3	5.92	2.371	11.97	28.72	29	34	136	296	581	1436	0.798
4	5.92	2.299	14.46	26.28	35	45	136	296	702	1314	0.730
5	5.92	2.406	10.77	29.90	26	87	136	296	523	1495	0.831
6	5.92	2.262	15.72	25.06	38	65	136	296	763	1253	0.696
7	5.92	2.346	12.83	27.38	31	29	136	296	623	1394	0.774

表3から s/a (または単位粗骨材容積)と沈下度の関係を図示すると図1のとおりとなる。したがって、所要のワーカビリチーをうるに必要な、最も経済的な単位水量は 136 kg で、s/a の推定値は 31 % であることがわかった。

(b) スランプ試験による場合

第1バッチのコンクリートを練り混ぜた結果は、スランプ 3.5 cm でコンクリートはワーカブルであり、s/a はまだ少し小さくできるように思われた。

第2バッチは、第1バッチの結果がスランプが大きいこと、および s/a を小さくして 29 % としたため、単位水量は次の

ように補正した。

$$\text{単位水量} = 140 - 140\times\frac{35-2.5}{1}\times 0.045 - \frac{32-29}{1}\times 1.5 = 133\ \text{kg}$$

才2バッチを練り混ぜた結果は、スランプ2.5cmで、コンクリートは多少荒いように思われる。

才3バッチ以後は、このようにしてスランプ2.5cm, 光44%のコンクリートについて適宜%を変化させ(この場合%で3くらいの間隔で)ウォーカビリターを調べた。
その結果を示すと表一4のとおりである。

この結果から、所要のウオーカビリターをえるに必要な最も経済的な単位水量は136kgで、%推定値は31%であることがわかった。

表4　試験バッチの結果

バッチ	計量した材量(kg) セメント	水	細骨材	粗骨材	%(%)	スランプ(cm)	単位水量(kg)	単位セメント量(kg)	単位細骨材量(kg)	単位粗骨材量(kg)	ウオーカービリター
1	6.08	2.418	13.10	27.24	32	3.5	140	304	636	1.362	極めてよい
2	5.78	2.308	12.07	28.88	29	2.0	133	289	586	1.444	少し荒い
3	5.60	2.261	10.94	30.38	26	崩れる	129	280	531	1.519	荒々しい
4	6.18	2.424	14.30	25.90	35	2.5	142	309	694	1.295	極めてよい 砂が多い
5	6.40	2.494	15.33	24.42	38	2.5	147	320	744	1.221	極めてよい 砂の著しく多い
6	5.92	2.346	12.83	27.88	31	2.5	136	296	623	1.394	極めてよい

(ii) 強度試験による水セメント比(%)の決定

与えられた材料により、%の4点について、セメント比(%)と材令28日の曲げ強度の関係を求める。

コンクリートの配合は、前記(i)で求めた単位水量136kg、

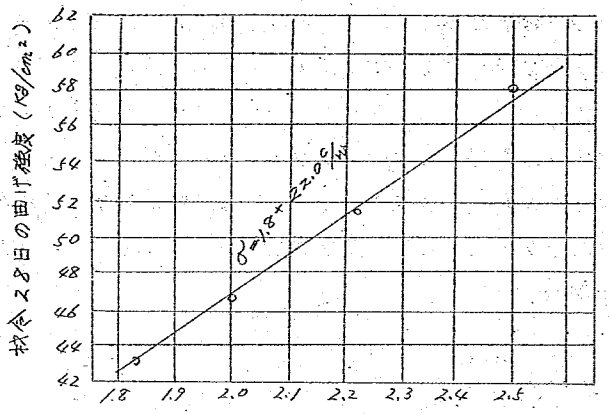
細骨材率 31 % を基準として、表5 に示す4種類の配合とした。

試験値は、各 % について供試体を1回に3本つくり、これを2回繰返して求めた値の平均値とした。強度試験結果を示すと 表5 のとおりで、これから C/W と材令28日の曲げ強度との関係を図示すると 図2 のようになる。

表5 曲げ強度試験結果

水セメント比 W/C (%)	セメント比 C/W	単位水量 (Kg)	単位セメント量 (Kg)	細骨材率 (%)	単位細骨材量 (Kg)	単位粗骨材量 (Kg)	材令28日の曲げ強度 (Kg/m²)				
							第1回		第2回		全平均
							Xi	平均	Xi	平均	
40	2.50	136	340	29.8	594	1391	56.7 60.0 59.4	58.7	57.0 56.6 58.3	57.3	58.0
45	2.22	136	302	30.8	623	1389	50.0 50.5 51.0	50.5	52.0 52.5 53.0	52.5	51.5
50	2.00	136	272	31.8	652	1386	45.6 47.8 47.0	46.8	45.6 47.1 46.5	46.4	46.6
55	1.82	136	247	32.8	673	1.386	42.0 43.4 42.1	42.5	44.7 42.5 43.9	43.7	43.1

図2　C/W と材令28日の曲げ強度との関係



最小二乗法によりえられた実験式 $\sigma_b = 1.8 + 22\ C/W$ に $\sigma_b = 51.8$ kg/cm² を代入すると $W/C = 44.0\%$ となる。すなわち、強度から必要とされる $W/C = 44\%$ となる。

(3)　実験室における示方配合の決定

(2)までにえられた結果に基づき示方配合を求めると、表-6 のごとくである。

表-6　実験室の決定した示方配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	沈下度 (秒)	単位水量 W (kg)	単位セメント量 C (kg)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位細骨材量 (kg)	単位粗骨材量 (kg)
40	2.5	30	136	309	44.0	30.6		

(4)　実験室で求めた示方配合を現場で修正する。

現場で実際に工事に用いるミキサーで、実験室で求めた示方配

合を修正する場合、考え方は実験室の場合と全く同じであるが、一般には現場のコンクリート作業と平行して行なう場合が多いので、作業を妨げないようにする必要がある。

したがつて、w/c を一定に保ちながら配合を変えて検討する方法をとらず適当な配合よりセメント量を増して w/c が小さくなるよう、また s/a が大きくなるように材料を計量し、所要のワーカビリチーになるよう適宜修正をしていくという方法をとる場合が多い。

別紙 2

(2) アスファルト混合物の すりへり抵抗性に関する暫定試験方法
（北海道開発局土木試験所(案)）

1. 適用範囲

この試験方法は、アスファルトモルタルの すりへり抵抗性を判定するものである。

2. 装 置

(a) ラベリング試験機 1台

機上にすえつけられた供試体が、水平方向に往復運動（1分間に44往復）し、その6往復のうち3往復の間を1本当り10個、12本のチェーンをつけた車輪（φ250mm、幅100mm）が回転（周速度180m/min、回転数200R/min）しながら降下して、供試体に接し、その表面をチェーンで はく離摩損するような機構になっているもの。

(b) チェーン

材質がJIS G 3102の S.35.C のもので、長内径26mm、短内径6mm、太さ4mmのもの。

(c) おうとつ（凹凸）簡易測定器 1台

1/100mm のダイヤルゲージ付きのもの。

(d) 密度測定用のはかり

容量10kg、感度1g のもので、水中重量が測定できる適当な大きさの水そうと金網がついているもの。

(16)

(e) 型わく一式

型わく、底板、カラー各3個 (付図-1)

鋼鉄製で研摩仕上げが望ましい。

(f) 型わくホルダー 一式 (付図-3)

鋼鉄製

(g) 押抜き用カラー (付図-2)

鋼鉄製

(h) 型わく支持台

縦5~10 cm、横15~20 cm、高さ10 cm程度の鉄製の同じ寸法のブロック 2個

(i) タンパー

縁端面4.8 cm × 4.8 cm、高さ11 cmの角ブロックにφ12 mm、長さ約70 cmの取手付きの柄がついている鉄製のもので全重量2.830 g.

(j) 加圧版

鋼鉄製の縦394 mm、横144 mm、高さ800 mmの角型ブロックで中心に圧縮試験機と取り付けられるようなφ12 mm~22 mmのボールト付きのもの.

(k) 圧縮試験機

載荷能力30 t以上の1分間に5~7 tの載荷速度のとれるもの。

(l) 加熱装置 一式

骨材やアスファルトを加熱するのに必要な容量のある乾燥器か、電熱器、またはガスコンロ。

(m) 混合機　1台

約6.000g混合できる能力のあるミキサーで、加熱装置つきのものが望ましい。

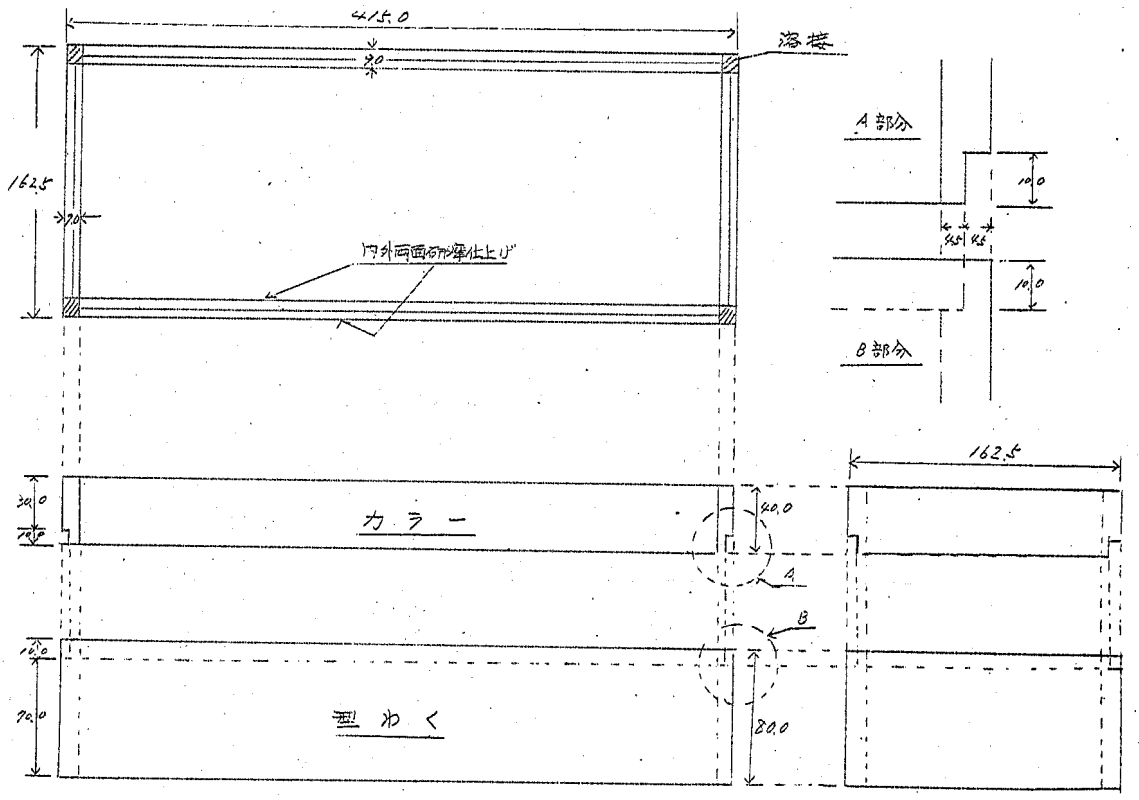
(n) その他の器具

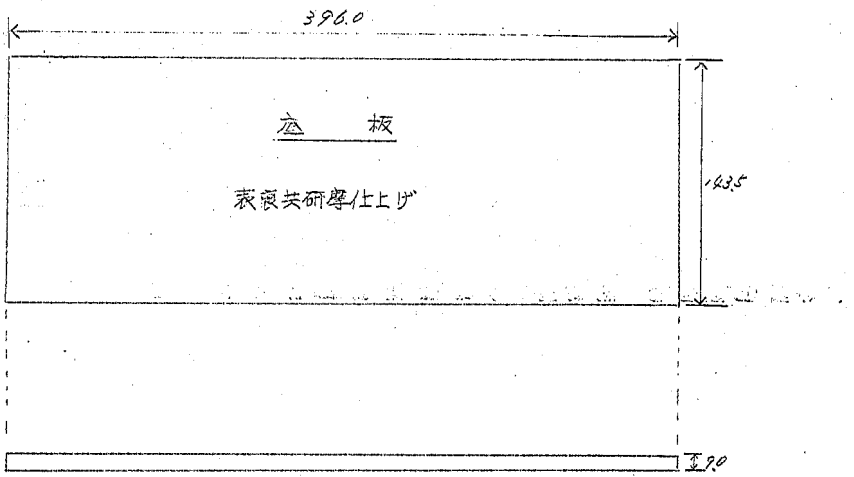
骨材加熱用金属製容器	5～10個
温度計（200℃）	3～5本
移植べら	2～4本
パテナイフ	1～2本
こて	1～2本

はかり（骨材計量用）容量10kg　感度1g

付図 1

ラベリング試験用型わく（鋼鉄製、各部溶接接合）　（単位 mm）



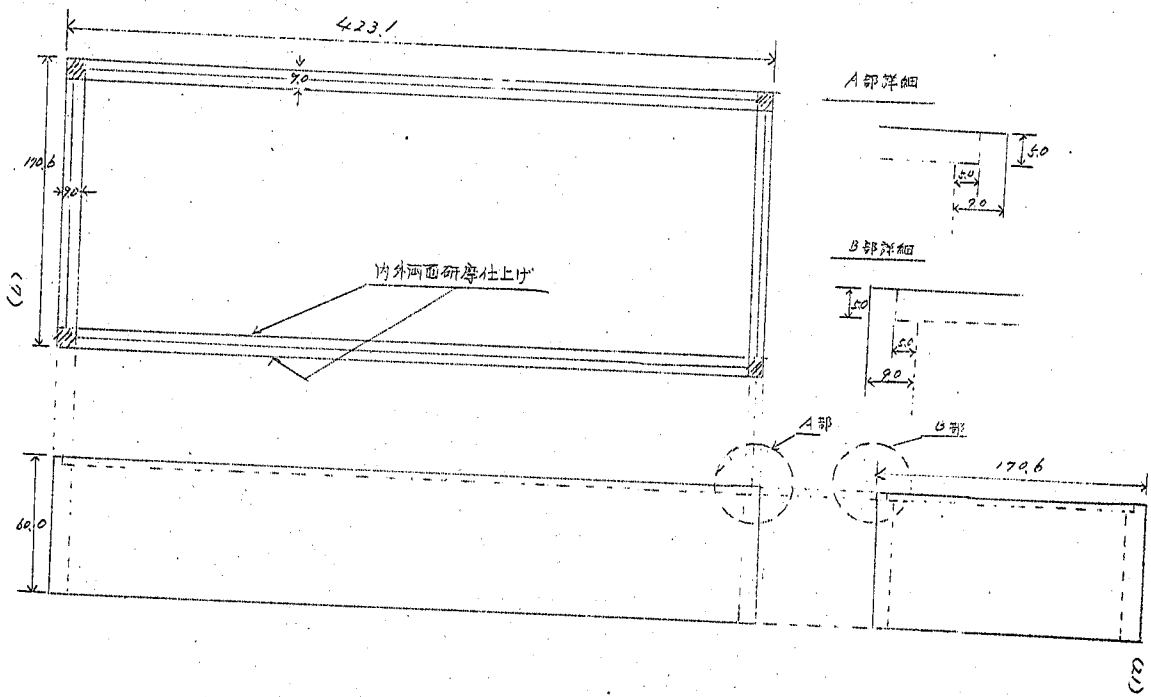


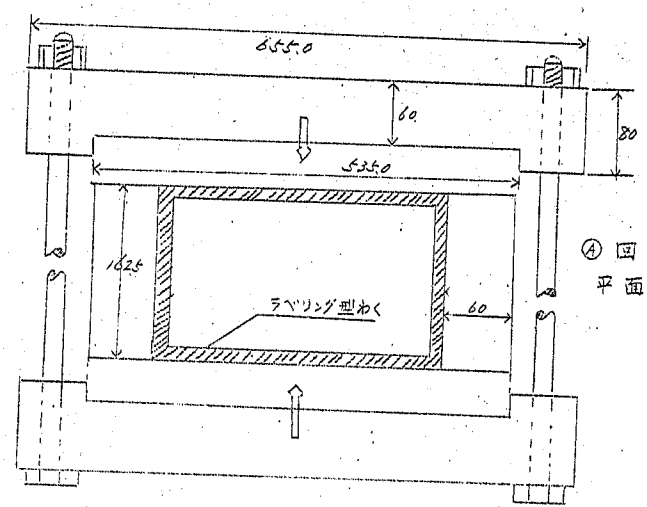
(5~6)

(19~20)

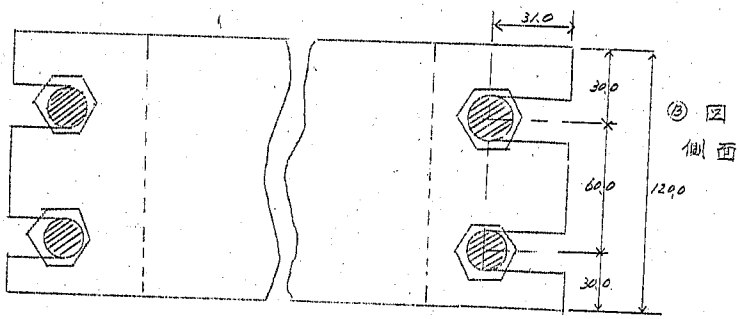
付図 2

ラベリング供試体押抜き用カラー（鋼鉄製、各部溶接接合）　（単位 mm）





④ 図
平面



⑤ 図
側面

付図 3

ラベリング型わくホルダー

① 鋼鉄製

② 締め付けボルト

ϕ = 18mm ～ 25mm

ℓ = 約 33 cm

4本

③ 図面の寸法単位：mm

（A図、B図は異縮尺）

3. 混合物の混合および締め固め温度の決定

混合物の混合および締め固め温度は、使用するアスファルトの粘度試験を行ない、粘度～温度曲線からアスファルトが 85±10 セイボルトフロール秒（1.9±0.3 ポアーズ）と 40±5 セイボルトフロール秒（0.7±0.5 ポアーズ）の粘度になる温度よりそれぞれ決定する。

4. 混合

100℃で一定重量になるまで乾燥した砂、石粉を、供試合材の配合比に基づいて、供試体の高さが約 5 cm[注1] になるように同一のバットに計量し、加熱器上か、乾燥器中で所定の混合温度より約 30℃高い温度に加熱する。アスファルトはあらかじめ混合なべに所定量[注2]計量しておき、所定の混合温度に加熱しておく。しかしアスファルトが変質するおそれがあるので、使用前に1時間以上この温度を保ってはならない。

次に、所定の温度に加熱された、砂、石粉を混合なべ[注3]に入れ、1.5～2分間混合機で加熱しながら混合する。混合機を用いる場合でも最後に手で混合して均一化することが必要である。

注1) 供試体の寸法は縦 40 cm 横 15 cm、高さ 5 cm であるが、この寸法にするためには、混合物の1個の重量は 6,000 g 前後である。

注2) アスファルトを別の容器で計量し、混合なべに入れても良い。この場合容器に付着するアスファルトを石粉で取れば良い。

注3) 量が多いので均一に混合するためには、混合機を使用する必要がある。

5、供試体の作成

混合が完了したら型わくに混合物を入れ始める。混合物を混合している間、あらかじめ、タンパーの打撃面、型わく、移植へら等は清浄にし、かつ加熱しておく。また、90～150℃に加熱しておいた型わくの底板に、40 cm×15 cm のセロファン紙をしき、型わく支持台の上で、型わくを組み立て、カラーを取り付け、カラーおよび型わくの内面に石けん水を塗る。その後、混合物をよく混ぜ、その合材の約半分を分離しないようによく注意しながら型わくに入れ、タンパーで全面を平均に100回突き、ついで、その表面を移植べら、パテナイフ等でかきおこし、残りの半分を入れ、再びタンパーで全面を平均に100回突く。その後こてで表面を平らになるように仕上げる。この操作が終ったら、型わくを圧縮試験機の底上で、型わくが変形しない様に型わくホルダーできつちり締めつける。温度計をこの中心に立て所定の締め固め温度になったならば、混合物の上面にセロファン紙をおき、所要荷重をかける。これまでの操作はできるだけじん速に行なわないと混合物の温度が締め固め温度より低くなるおそれがある。この際、混合物の温度を締め固め温度より10～15℃高くしておくとよい。

混合物の締め固めは、加圧版を取りつけた圧縮試験機で行ない載荷速度は1分間に5～7tとし、20tの全成型荷重を加え、

かつ5分間これを維持する。

6、供試体の抜き取り

成型を終った供試体は圧縮試験機から取りはずし、カラーをはずして平らな面におき、室温まで冷却する。この場合、急に冷却する必要があれば、扇風機を用いてもよい。

室温まで冷却させた後、押抜き用カラーに取り付け、加圧版を取りつけた圧縮試験機で抜き取る。抜き出した供試体は注意深く取り扱いラベリング試験を行なうまで平らな面におく。この場合加熱したり、日光にさらしてはならない。供試体の数は各配合に対して3個作成すれば十分である。

7 供試体の密度の測定

供試体成型後、約2々時間後に密度測定を行なう。密度は空中重量と水中重量を測定して決定する。供試体の水中重量の測定のためにパラフィン被覆[注4]は行なわない。

水中の重量の測定は手早く行なわなければならない。供試体が吸水して誤差を生ずるからである。

注4) パラフィンによる被覆はラベリング試験に際してがあるた

注5) 装置のない場合には、供試体の寸法と重量とから見掛密度を測定し

8 ラベリング試験

ラベリング試験時の供試体の温度は−10℃でなければならな

い。

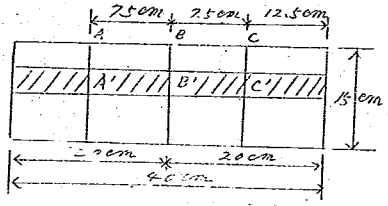
このため試験に先立つて供試体を－10±1℃の恒温冷却室、または、恒温冷却槽に約2々時間以上放置する。

試験時間は、表、裏面それぞれ3時間とし、試験後すりへり量の測定要領に従つてすりへり量を測定する。

このラベリング試験を行なう場合に、チエーンの1本当りのコマ数は10個とし、車輪の外縁と供試体の上面の間隔は2.5cmとする。また、チエーンは供試体1個の表・裏面をたたいてから取り替えるものとする。その場合、取り替えるチエーンのコマ数は供試体を叩いて摩損したコマ数（通常5個）だけでよい。

9 すりへり量の測定

試験終了後おうとつ（凹凸）簡易測定器によつて、すりへり量を次の要領で測定する。



////// すりへり個所
A'B'C' 測定個所
A.B.C. 測定位置

おうとつ（凹凸）簡易測定器を使用して、A、B、Cの各線上におけるすりへり部分、A'、B'、C'の各々のすりへり断面積を道路における横断測量の要領で求め、これら3個所の平均をもつて供試体のすりへり量とする。

10. 報　告

報告にはつぎの事項を記載する。

1) 見掛密度

2) 表面と裏面の平均すりへり量

3) その他必要事項

土木試験基準正誤表

ページ	行	誤	正
目次	上 4	……71	……73
	〃 5	……125	……129
	〃 6	……145	……151
	〃 7	……149	……157
	〃 9	……170	……179
	〃 10	……193	……203
	〃 13	……195	……205
	〃 14	……253	……267
	〃 15	……266	……281
	〃 17	……280	……343
	〃 19	……443	……514
	〃 20	……484	……556
	〃 22	……489	……562
	〃 23	……490	……564
	〃 24	……502	……576
3	〃 15	アルミノ鉄酸四石灰	アルミン鉄酸四石灰
5	〃 19	クランカー	クリンカー
50	〃 12	木製であり、外わくと	木製であり、内わくと外わくと
52	〃 5	適にするためと、刻線尋に	適当にするため刻線尋に
62	下 15	ショベル	ショベル

(2)

ページ	行	誤	正
64	下 13	分各供試体は	から各供試体は
83	〃 2	空気中て気中で放冷する	空気中で放冷する
84	〃 5	石油アスファルト軟化試験方法	石油アスファルト軟化点試験方法
92	〃 6	樟製パラフィン	精製パラフィン
99	〃 11	歷有の回収試験	歷青の回収試験
	〃 8	常温で施工することが程度に	常温で施工することができる程度に
105	〃 7	ハ) プライコート用	ハ) プライムコート用
131	〃 7	若干繁化することがありうる。	若干変化することがありうる。
139	上 8	(0.5～1.0%強度)	(0.5～1.0%程度)
141	〃 11	大きな特性のほかに	大きな特徴のほかに
	最下行	右記付加	(20ページ参照)
143	上 5	展色材は酸化作用	展色材はけん化作用
	上11～12	右記付加	JIS K 5621-1960 "一般用サビ止ペイント" JIS K 5622-1960 "鉛丹サビ止ペイント"
154	上 6	広く使われている。	広く使われているが最近はエポキシ系ジンクリッチペイントが使用されるようにな

ページ	行	誤	正
			つた。
154	上17へ20	右記付加	トラフィックペイントは次の4種類に分けられている。 トラフィックペイント 1種A アスファルトコンクリート面用 トラフィックペイント 1種B アスファルトコンクリート面用 （ビーズ散布形） トラフィックペイント 1種C アスファルトコンクリート面用 （ビーズ含有形） トラフィックペイント 2種 新コンクリート面用 その他トラフィックペイントには道路公団規格、防衛庁規格がある。
155	上 7	はけさばきの難易を示すもので	はけさばきまたは吹付塗りの難易を示すもので
	上 14	むら、息気等を比較する。	むら、ふくれ、われ、変色、白化、粘着性、息気等を比較する。
	下 1	この量の……うたがいがある	は殆んどの加熱減量がない

(4)

ページ	行	誤	正
			のが普通であるが合成樹脂調合ペイントでは30%の加熱減量がある。
166	下 3	見掛け比重は地上での	見掛け比重は水上での
167	下5~4	右記付加	ごく細かい岩石や吸水膨張をする岩石は多少の拘束を与えた状態で吸水させてよい。
181	表 中	注入温度試験	注入目地材の注入温度試験
		分離試験	〃 分離試験
		流動試験	〃 流動試験
		針入度試験	〃 針入度試験
		引張試験	〃 引張試験
		吸水試験	目地板の吸水試験
		圧縮および復元試験	目地板の圧縮および復元試験
182	〃	〃	〃
		はみ出し試験	目地板のはみ出し試験
		曲げ試験	〃 曲げ試験
	上 2	注入温度試験	注入目地材の注入温度試験
	下 12	分離試験	〃 分離試験
	〃 6	流動試験	〃 流動試験

ページ	行	誤	正
183	上 1	針入度試験	注入目地材の針入度試験
	9	引張試験	〃 引張試験
	下 16	吸水試験	目地板の吸水試験
	8	圧縮および復元試験	〃 圧縮および復元試験
184	上 2	はみ出し試験	〃 はみ出し試験
	9	曲げ試験	〃 曲げ試験
185	下 4、10	注入温度試験法	注入目地材の注入温度試験
187	〃 3、11	分離試験方法	〃 分離試験
189 190	下2～上4	流動試験方法	〃 流動試験
191	下 4、10	針入度試験方法	〃 針入度試験
193	下10、15	引張試験方法	〃 引張試験
196	上 2、13	吸水試験方法	目地板の吸水試験
196	下 2	圧縮および復元試験法	目地板の圧縮および復元試験
197	上 8		
199	上 8	はみ出し試験方法	目地板のはみ出し試験
	下 9		
201	上 4、9	曲げ試験法	〃 曲げ試験
205	上 4	ス(2) 骨材資料の採取	ス(2) 骨材試料の採取
	〃 9	ス(7) 骨材の単位容積試験	ス(7) 骨材の単位容積重量試験
207	上 5	その性質ならある程度	その性質などある程度
208	上 3	(4) 単位重量試験	(4) 単位容積重量試験

ページ	行	誤	正
209	表 7.1.2	洗い試験	洗い分析試験
	〃	品質管理—洗い分析試験の◎印	消除
211	下 17	5節および6節に	5)および6)に
	〃 12	試料は散逸したい異物の	試料は散逸したり異物の
212	〃 12	図—1のようで	図7.1.3.1のようで
213	〃 5	$V=$ ·····	$V_S=$ ·····
214	図7.1.4.1	アルコールを用いた表面水測定結果の比較表面水測定法の比較	アルコールを用いた表面水測定結果とJISによる表面水測定結果との比較
	〃	アルコール法による表面水(%)	アルコール法による表面水 S_A(%)
	〃	JISによる表面水(%)	JISによる表面水 S_J(%)
	〃	・×○△□×	●×○△□×
	〃	ABCDEF	消除
215	図7.1.5.1	表面水2ケの測定の差(%)	表面水2回の測定の差(%)
		n=7ケ	試験回数=7ケ
		n=60	〃 =60
	下 7	上面の読み w.(cc)	上面の読み w,(c.c)
217	上 10	骨材のふるい分試験	骨材のふるい分け試験
	〃 17	ボロニー(Boloney)	ボロミー(Bolomey)

ページ	行	誤	正
218	上 4	水平におよぶ	水平およぶ
219	下 13	フシン酸	フミン酸
	〃 12	石灰フシン酸	石灰フミン酸
222	〃 14	化学的高質等	化学的性質等
	〃 2	第4章	第1章
223	上 7	高炉スラブ	高炉スラグ
	下 5	耐久性密度	耐久性、密度
224	〃 12~9	AE剤 ～解説	削除
	〃 8	AE剤	(c) AE剤
225	〃 5	(i) コンクリートの配合)	(i) コンクリートの配合
226	〃 4	VB試験	ビービー試験
	〃 1	VB試験方法	ビービー試験方法
227	上 1	VB試験方法	この種の試験方法
	下 8	コンクリートのウオーカビリチー	コンクリートの変形を観察するとウォーカビリチー
	〃 6	施行する	施工する
228	上 5	図-付3.7	図スト14、1.1
	6	全振幅約 8 mm	全振幅約 0.8 mm
	図	図-付3.7	図スト14、1.1
234	図	kg/cm²	kg/cm²
237	上 3	引張り強さ係数試験	引張り強度試験
	4	引張り強さ試験はJIS 113	引張り強度試験はJIS A

ページ	行	誤	正
		-1961	1113-1964
237	5	引張さ強さ係数	引張り強度
	下 14	荷圧板	加圧板
	上 10	引張り強さ係数試験	この試験
	下 8	引張り強さ係数	引張り強度
238	図	3.0 mm	3.0 cm
239	下 6	単位容積重量試験	単位容積重量差試験
240	下 15	所量の	所要の
	〃 2	(規格 24 参照)	消除
241	上 1	(規格 23 参照)	〃
	〃 7	コンクリートは	コンクリートの
	〃 10	$M\ \frac{b-c}{V-(A+\cdots)}$	$M=\frac{b-c}{V-(A+\cdots)}$
	下 17	試料の体質	試料の体積
	〃 11	(水中重量 Kg)	水中重量 (Kg)
	上 21	(g/l)	(g/l)
	上 24	V を空気量	V と空気量
242	〃 1	グレード	ブレード
	下 4	4章	1章
244	上 1~15	解説 …… 行われでる	削除
246	下 8	目標とする圧縮強度の1は	目標とする圧縮強度の1に相当する C/W の逆数とする。この1は

ページ	行	誤	正
246	下 6	d	α
	〃 5	d'	α
247	上 3	セメントを	セメントで
	〃 5	210	−210
	表	繰り返される場合	繰り返される場合*
249	上 2	通ずる	適する
	下 2	1115	1101
250	表	最大 w	削除
	〃	S/A	S/a
	下 3	絶対細骨材率のかわりに細骨材率を	絶対細骨材率 s/a のかわりに 細骨材率 $\frac{s}{s+g}$ を
251	上5〜6	考えなければならない．骨材の	考えなければならない．示方配合における骨材の
252	表	AEコンクリート空気量 4%	AEコンクリート（空気量 4%）
253	表	繰り返される場合	繰り返される場合*
256	表	粗骨材	粗骨材の最大寸法（mm）
	下 11	細骨材料	細骨材率
267	上 5	…… 基礎くい	…… くい
	〃 7	…… U型	…… U形
	〃 8	…… L型	…… L形
270	上8、9	…… 基礎くい	…… くい

ページ	行	誤	正
270	上 10	1960 ------ 基礎くい	1965 ------ くい
	下3、々5	-------- U型	---------- U形
271	上1、々、々	-------- L型	-------- L形
272	下12～11	右記作加	JIS A 5325-1964 "鉄筋コンクリート矢板"
278	上 13	坂かい	扱い
294	上 々	セイボルトフロール粘上が	セイボルトフロール粘度が
298	上 1	予定度	予定粒度
304	上10～11	を先立って	の実施に先立って
308	上 15	計量は供試体が吸水しないように手早く行う。	削除
	下 15	B＝水中 --------- (g)	下9～10の間にもってくる.
309	上11～12	見掛けかさ比重	見掛比重
	上 14	C＝骨材々々 -------	C＝骨材の々々 -------
	下 々	(iv)	(iv) 飽和度
323	上 7	するためであるが	することのほかにあるが
	下 々	常離て	常温で
324	上 3	させる圧置とから	させる遠心分離器とから
	〃	この圧置には	この分離器には
	〃 5～6	爆発に ～ が望ましい。	圧置には爆発に対する安全装置を設け、換気用通気口

ページ	行	誤	正
			の下にすえるのがよい。
324	下 11	重料の	重量の
326	〃 1	もの、たとえば……合わせて	ものを
327	上9~10	ろ紙……してよい	削除
329	下 10	1cc ～ 熱する。	を残差1gあたり5cc加え室温に1時間静置した後110℃
337	上 12	アスファルトの粘性を	アスファルトの見かけ粘性
	下 5	マーシャル安定度 値は	マーシャル安定度フロー値は
	下 3	以上の量	以下の量
339	下 14	かわりアスファルト	かわるアスファルト
	〃 10	には	は次のものが利用されている。
	〃 7	がある。	削除
	〃 5	SOP	〃
	〃 3	R	Sr
340	上3~4	右記付加	KDSK 8105-1961
〃	上 1	安定度試験を	安定度試験としてはわが国では用いられていないので マーシャル安定度試験を

ページ	行	誤	正
341	上 19	比較的高分子量	主として
351	上 6	石質	岩質
381	下 17	オ ガー	オーガー
379	表上 4	統ての	すべての
382	上3,4,5,6	g_d ; g_{dre} , g_{ds}	γ_d , γ_{dre}, γ_{ds}
	7	g_{dr}	γ_{dr}
397	下 2	積荷板	載荷板
399	上 2	積荷試験	載荷試験
408	下式中	KC	K_c
414		416	
415		417	
416		414	
417		415	
417	上 18	真ちゅう軽の	真ちゅう製の
430	下 5	〃上の可溶分含有量試験	〃上の可溶性成分含有量試験
	〃 4	可溶成分	可溶性成分
	3	対値する	放置する。
	2~1	可溶成分	可溶性成分
438	下 4	$C_r = \frac{\gamma_{df}}{\gamma_{dmax}} \times 100$	$C_r = \frac{\gamma_{dt}}{\gamma_{dmax}} \times 100$
441	上 2~3	Rerations of Soils	Relations of Soils

ページ	行	誤	正
		Tentive	Tentative
443	上 8	改量した	改良した
444	表 中	$\gamma d\ max$	γ_{dmax}
	下 4	of gvancclor	of granular
452	下 1	γd	γ_d
462	下 11	loge	log e
464	下13~14	圧縮係数、圧密先行荷重、圧密係数、体積圧縮係、透水係数、一次圧密比	圧縮係数 C_c, 圧密先行荷重 P_o. 圧密係数 C_v, 体積圧縮係数 m_v、透水係数 K, 一次圧密比 r
465	図 中	圧密係数、体積圧縮係数、透水係数、一次圧密比	圧密係数 C_v. 体積圧縮係数 m_v、透水係数 K、一次圧密比 r
487	下 3	載荷速度は……標準とする。	載荷速度は非排水~~走査~~試験を標準とするが排水試験の場合は間隙水圧が発生しないようなゆっくりした速度で行なう。
490	下 9	左右対の	左右対称の
491	上 10	毎分供試体の……標準とする。	載荷速度は非排水~~走査~~試験を標準とするが排水試験の場合は間隙水圧が発生しないよ

ページ	行	誤	正
			うまゆっくりした速度で行
			なう。
491	下 13	決定する.	測定する.
494	上 6	Rato	Ratio
517	下 8	バラッキ	ばらつき
518	上 2	与えるもの	与え得るもの
	〃 12	効果がある.	効果はある.
519	〃 2	1月経過する等時期には	1月経過する等の時期には
522	下 6	$\frac{S-\bar{x}}{\sqrt{v}} \geqq 3$	$\frac{\lvert s-\bar{x}\rvert}{\sqrt{v}} \geqq 3$
525	上 6	So	Su
	上8.9.11	≪	≪
	下4.5.7.9	≪	≪
527	下 5	まで えてない	まで待てない
529	上 10	$d \equiv \frac{\lvert \bar{x}_m - \bar{\bar{x}} \rvert}{\sqrt{v} / \sqrt{n}}$	$d \equiv \frac{\lvert \bar{x}_m - \bar{\bar{x}} \rvert}{\sqrt{v} / \sqrt{n}}$
537	下 10	and Tables for	and Tables" for
558	下 7~8	右記付加	S621-1960 "一般用サビ止ペイント" S6252-1960 "鉛丹サビ止ペイント"
562	上 2	 6	 162

ページ	行	誤	正
562	上 3	9	166
	4	18	174
	5	19	175
	6	6	185
	7	8	187
	8	10	189
	9	12	191
	10	14	193
	11	17	196
	12	17	196
	13	20	199
	14	22	201
	15	3	285
	17	41	323
	18		削除
	19		323
	21	54	337
	22	58	339
	24	348	415
	26	386	455
	27	412	483
	28	416	487

ページ	行	誤	正
562	上 30	……452	……524
564	下 6	-1951 "コンクリートの引張強サ係数試験方法"	-1964 "コンクリートの引張り強度試験方法"
567	上15~16	右記付加	S325-1964 "鉄筋コンクリート矢板"
570	上 表	〃	S621-1960 "一般用サビ止ペイント"A S622-1960 "鉛丹サビ止ペイント"A
576	左上 6	……345	……99
	10	……181	……181, 197
	18	……528	……527
	19	Rn管理図……528	Rm管理図……527
	右上 7	……528	……527
	9	……154	……152
	15	……928	……9, 28
	17	……186	……136
	19	……501	……506
577	左上 11	……17	……16
	18	……211	……212
	右上 9	……301, 343	……341, 343
	14	……56	……66

ページ	行	誤	正
577	右上 15	…… 1, 31	…… 131
	20	…… 260	…… 210
	24	…… 333	…… 283
	右下 4	コンクリートコンシステンシー試験方法	コンクリートのコンシステンシー試験方法
578	左上 1	…… 79	…… 428
	左下 13	…… 115	…… 462
	右上 17	すりへり損失減量	すりへり損失重量
	右下 11	石灰 ……	消除 ……
579	左上 7	…… 325	…… 328
	9	ゾル ……	ゾル …… 76
580	左上 3	…… 415	…… 417
	8	…… 140	…… 141
	19	VB 試験 ……	消除
	左下 1	…… 335	…… 336
	右上 7	分留試験ならびに軟化点試験	分留試験ならびに残留物の軟化点試験
	14	…… 129	…… 127
	右下 9	…… 284	…… 234
	5	…… 335	…… 285
581	左下 8	…… 202	…… 201
	11	…… 229	…… 242

ページ	行	誤	正
581	左下 4	…… 9. 28. 47	…… 9. 27. 47
	右上 2	…… 335	…… 362