

土 木 研 究 所 資 料

ローラ転圧コンクリートの 締固めと配合特性値

平成3年3月

建設省土木研究所
ダム部フィルダム研究室

「 Copyright © (1991) by P.W.R.I.

All right reserved. No part of this book may be reproduced by any means, not transmitted,
nor translated into a machine language without the permission of the Director Général of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

ローラ転圧コンクリートの 締固めと配合特性値

関東地方建設局

宮ヶ瀬ダム工事事務所 所
調査設計課

長 宇塚 公一
片平 博

土木研究所

フィルダム研究室 室

長 松本 徳久
部外研究員 加瀬 俊久*
伊藤 基博
大久保雅彦

* 現清水建設(株)。1988年4月～1989年7月の間(財)土木研
究センターからの部外研究員として在籍

要 旨

この報告は、ローラ転圧コンクリート(Roller Compacted Concrete)の締固め機構の調査と配合特性値のペースト空隙比(R_{pv})の性質を確認することを、主な目的としてとりまとめたものである。

内容は3項に区分される。

- ① 非接触型変位計による1リフト内部の撒き出し層別の変位量の測定
- ② 配合特性値 R_{pv} の性質の確認試験
- ③ 未洗浄骨材を用いたローラ転圧コンクリートの品質確認試験

結果として、次のことが確認された。

- ① 1リフト内部の層別の圧縮量は、施工方法によって異なる傾向を示すこと。また、その圧縮量とローラ転圧コンクリートの品質の間には、ある程度の相関性が認められた。
- ② 配合特性値 R_{pv} は、他の配合特性値 α 、 β と同様にローラ転圧コンクリートの配合を論ずる上での有効な指標となる。
- ③ 未洗浄骨材を用いることによりローラ転圧コンクリートの品質の向上が認められた。

キーワード：コンクリート、RCD、配合特性、未洗浄骨材

まえがき

ローラ転圧コンクリート(Roller Compacted Concrete)は、超硬練りのコンクリートを薄層に撒き出し、振動ローラで転圧して締固められるコンクリートのことを総称している。このローラ転圧コンクリートは、コンクリートダムや、道路の舗装方法として多くの施工実績を上げ、工期の短縮と工費の削減に大きな力を発揮している。なお、ローラ転圧コンクリートの施工方法は、各分野において異なった名称で呼ばれ、ダムにおいてはRCD工法(Roller Compacted Concrete for Dams)、あるいはRCC工法、道路では、RCCP工法(Roller Compacted Concrete Pavements Method)と呼ばれている。

ローラ転圧コンクリートは、内部振動機で締固めを行う通常のコンクリートに比して、単位水量とセメントペースト量が少ないという特徴があり、通常のコンクリートの施工の際に観察されるブリージング水のような余分な水量はあまり存在しない。単位水量および細骨材率は施工機械に見合ったコンシステンシーを得るように設定される。つまり、振動ローラ等により配合密度に達するまでの十分な締固めが可能で、かつ施工後に表面の平坦性が確保されるように設定される。また、ローラ転圧コンクリートは、施工時に十分な締固めが達成されると、骨材の空隙をセメントペーストで十分に満たした状態となり、硬化後に通常のコンクリートに近い圧縮強度と耐久性を有する。したがって、ローラ転圧コンクリートでは、その締固め特性を考慮した配合設計法が重要となると思われる。

この報告は、ローラ転圧コンクリートの締固め特性を非接触型変位計を用いて測定し、より効果的な締固め方法について考察するとともに、全骨材を締固めて求まる空隙とペースト量との比より求められる配合特性値の、ペースト空隙比(R_{pv})の性質の確認試験を行ったものである。また、未洗浄骨材を用いたローラ転圧コンクリートの性質についても調査を行いとりまとめている。

目次

まえがき

1. 層別圧縮量の測定	1
1.1 非接触型変位計による層別圧縮量の測定	1
1.2 硬化後コンクリートの測定	5
1.3 まとめ	9
2. 配合特性値 α , β , R_{pv} の確認試験	41
2.1 骨材の締固め試験	41
2.2 配合条件とコンクリート特性	44
2.3 配合特性値 α , β , R_{pv}	47
2.4 まとめ	52
3. 未洗淨骨材を用いた試験	89
3.1 施工ヤードにおける試験	89
3.2 コンクリート特性の測定	90
3.3 まとめ	92
4. 結論	103
4.1 層別圧縮量	103
4.2 配合特性値	105
4.3 未洗淨骨材	106
謝辞	107
参考文献	108
付表	109

1. 層別圧縮量の測定

ローラー転圧コンクリートの転圧時における圧縮量は、通常はレベル測量によって測定されている。しかし、この方法では1リフト全体での圧縮量しか測定できず、リフト内部の層別の圧縮量を確認することができない。つまり振動ローラによる転圧効果を深さ方向で確認することができない。撒き出し各層の層別圧縮量を測定する方法としては、差動トランス型変位計と非接触型変位計があげられる。このうち、差動トランス型変位計による測定では、埋設計器周辺を人力でコンクリートを撒き出さねばならないことにより、ブルドーザによる通常の施工方法とは条件が異なってくると思われる。また、転圧効果の測定としては、土圧計、加速度計の設置による測定も考えられるが、直接的な変位量の測定を行うことはできない。よって、通常の施工条件で直接的にローラ転圧コンクリート内部の圧縮量を測定する方法として、非接触型変位計を採用した。

非接触型変位計（ソイルストレインゲージ）によるローラ転圧コンクリートの層別圧縮量の測定は、玉川ダム¹⁾ 美利河・真野ダム³⁾において実施され、その測定方法の精度は十分なものであることが確認されている。

今回は、測定された層別の圧縮量・率と、硬化したコンクリートの圧縮強度等との関係についてとりまとめ、ローラ転圧コンクリートの施工方法について考察を加えたものである。

1.1 非接触型変位計による層別圧縮量の測定

ここでは、試験ヤードにおける非接触型変位計による層別圧縮量の測定方法および測定結果について述べる。

1.1.1 非接触型変位計の仕様

表-1.1に仕様を、図-1.1に測定機構を示す。非接触型変位計の機能については、参考文献3)にくわしく記述されているので、ここでは簡単にその特徴を述べる。

- ① センサー間における物質が金属である場合を除き、良好な再現性を有している。
- ② センサーが非接触型なので、接触型変位計のような周辺の摩擦の影響をほとんど受けない。
- ③ センサーの中心が同一線上にあり、傾きがなければ0.1mmの精度まで測定できるが、ずれたり傾いたりしたときには、補正が必要である。
- ④ ダイアル値を離間距離に換算する際、両者に直線性がなく、センサーにより換算値がやや異なるため、センサー毎に校正表を作成するのに手間がかかる。

問題点としては、センサーが傾いたり、ずれたりすると、測定されたセンサー間の離間距離が実際より大きく測定されてしまうことである。実際、1988年10月に宮ヶ瀬ダム上流仮締切において実施した試験では、隆起現象が認められるなど、層別圧縮量の測定は失敗に終わっている。今回は、センサ

一の傾きやずれを生じさせないように図-1.2、写真-1.1に示すようなアクリル板を取り付けて測定を行った。なお、最下部のセンサーは急結モルタルによって固定を行った（図-1.3）。

1.1.2 試験ケース

試験は、表-1.2 に示す3ケースについて測定を行った。コンクリートは、3ケースとも同一の配合とし、表-1.3 に示す宮ヶ瀬ダム標準配合のものを用いた。測定項目を 表-1.4に、施工ヤードを図-1.4、写真-1.2に示す。

また、コンクリート撒き出し状況を写真-1.3に示す。

1.1.3 測定結果

(1) 層別圧縮量

表-1.5～1.7および図-1.5～1.7に非接触型変位計による層別圧縮量の測定結果を示す。また、図-1.8には圧縮率で表したものを示す。

① 試験ケースNo.1（リフト厚75cm，通常施工）

図-1.5，1.8.aから観察されるが、振動ローラ転圧により圧縮量が大きく変化しているのは3層目だけである。2層目も振動ローラ転圧により多少は圧縮量が増加している傾向が観察されているが、1層目はコンクリート敷均し後からほとんど変化していない。当研究室で今までに内部変位計測を実施した「玉川ダム」「美利河ダム」「真野ダム」のデータからも、1リフト75cmの下層（1層目）では、振動ローラ転圧による圧縮量の増加は認められないとの結果が得られており、今回も同様の結果を示した。1層目と2層目の圧縮量は、その直上の層をブルドーザで撒き出している際にその圧縮量のほとんどが発生している。ローラ転圧コンクリートの締固めにおいて、上層撒き出しが下層の転圧に及ぼす効果は大きいと判断される。

圧縮率で比較した場合は、3層目のデータが一番大きく4%前後の値を、1層目と2層目のデータは1.7～3.4%の値を示した。

② 試験ケースNo.2（リフト厚1m，通常施工）

図-1.6，1.8.bから観察されるが、このケースでも振動ローラ転圧により圧縮量が大きく変化しているのは最上層の4層目だけであり、下層の1層目および2層目ではほとんど変化されていない。各データを圧縮率で比較した場合は、4層目のデータが一番大きく4%前後の値を、1～3層目のデータは2～3%程度の値を示した。

③ 試験ケースNo.3（リフト厚1m，連続転圧施工）

図-1.7，1.8.cから観察されるが、このケースでは下層の方が圧縮量が大きく、上層に行くに従って圧縮量が小さくなる傾向を示している。圧縮量の変化は、各層共に撒き出し後の振動ローラ転圧の際にそのほとんどが発生しており、上部層の撒き出し、転圧の影響はほとんど受けていない。各データの圧縮率を比較すると、1層目（最下層）で5.5～6.0%程度の値を示しているのに対して4層目

(最上層)では1~3%の値となっている。

連続転圧施工のケースではコンクリートを1層撒き出す毎に振動ローラ転圧を行うため、本来であれば各層に均一の締固めエネルギーが加わり、各層共に同様な圧縮量が観察されると予測されていた。しかし、今回の試験ではこの予測と異なる結果が得られた。この原因としては、1層目締固めの際には基盤が剛であるために締固めエネルギーが全て1層目のコンクリートに集中するのに対し、上層では下層のコンクリートが完全に剛の状態になり得ていないために締固めエネルギーが下層に分散してしまうためと考えられる。下層に分散した締固めエネルギーが下層の圧縮量増加にほとんど貢献していない状況となっているが、これはコンクリートがある程度おさされては元に戻ろうとする動き(弾性的な動き)を示しているためではないかと予想される。連続転圧施工に際しては、上層の転圧回数を下層の転圧回数より多くする必要もあると思われる。

(2) レベル測量による圧縮量と層別圧縮量の比較

非接触型変位計による層別圧縮量の測定が、精度良く行われているか確認するために、全層敷均し後にレベル測量によって表面沈下量を測定し、非接触型変位計による圧縮量との比較を行った。

測定位置は、図-1.4 に示すとおり非接触型変位による測定位置(2カ所)とその他2カ所の計4カ所とした。

図-1.9 に測定結果を示す。2つの試験ケースともにレベル測量による圧縮量が大きな値を示していることが認められる。最上部のセンサーは測定できる離間距離(250mm)の制限より、ブルドーザーの撒き出し後測定できる位置までコンクリートを掘り下げ、その後埋めもどしている(図-1.10)。つまり、その埋め戻し部分が緩んでいたため、レベル測量による圧縮量が大きな値として計測されたものと思われる。図-1.9.b では、振動1往復転圧で大きな差が生じるが、それ以降の転圧による圧縮量は、レベルもセンサーもほぼ同様な傾向であることが認められる。また、図-1.9.a に示すように転圧終了後、最上部センサーの上面のコンクリートを除去して、センサー上面での圧縮量をレベル測量で測定したところ、センサーの示した圧縮量とほぼ一致した。

以上より、今回の層別圧縮量の測定は精度良く行われたものと判断される。

(3) RI密度

図-1.11に各試験ケースにおけるRI密度測定結果を示す。使用したRI密度計は、線源棒の長さが50cmのため、測定はコンクリート撒き出し2層(1層約27cm)単位で行った。

各試験ケースともに振動ローラ転圧によって密度が増加していることが認められる。密度の値は、ブルドーザによる敷均し後で $\gamma=2.30\sim 2.35\text{ t/m}^3$ 、振動ローラ転圧後で $\gamma=2.40\text{ t/m}^3$ 程度の値を示す。しかし、0.75mリフト通常施工のケースでは、敷均し後で $\gamma=2.25\text{ t/m}^3$ 振動ローラ転圧後で $\gamma=2.35\text{ t/m}^3$ 程度の低い値を示している。

非接触型変位計によって測定された各RI密度測定層の圧縮率(圧縮率とは、転圧終了後層圧の圧

縮量をまき出し時層圧で除した値。+が圧縮側を示す。)と、RI密度およびRI密度増加率(RI密度の増加率とは、敷均し後の密度で振動ローラ転圧後の密度を除した値。)との関係を図-1.12, 1.13に示す。圧縮率とRI密度の関係は、あまり相関性は認められない。これは、振動ローラ転圧回数の違い(通常施工と連続施工)が影響しているものと考えられる。ただし、1mリフト連続施工の上層と下層の転圧終了後の密度値をみると、上層の密度値の増加が顕著であることが認められる。

RI密度増加率と圧縮率の関係については、松本, 弘中, 小川²⁾らにおいても検討がなされ、圧縮率(X)とRI密度増加率(Y)の関係は、 $Y=3.1 \cdot X-2.5$ の直線式で表され、RI密度増加率は、圧縮率の約3倍の値を示すことが確かめられている。今回のデータは、圧縮率、RI密度増加率ともに小さい値であるが、前述のデータと合わせて原点を通る直線式で関係を表してみると $Y=2.56 \cdot X$ の関係式が求められる。

(4) 施工時間

図-1.14に各試験ケース毎の施工時間について示す。撒き出し時間は15~30分、敷均し時間は30分程度で行われているのがわかる。ただし、敷均し時間の中には、非接触型変位計の設置時間が含まれており、通常の施工では10分程度で敷均しを終えている。

0.75mリフト通常施工でのコンクリートの撒き出しから転圧終了までの総施工時間は、2.5時間(50分/層)と順調であったが、1mリフト通常施工では最上部のセンサー設置に時間がかかり、4層目(最上層)撒き出し終了から転圧終了まで1.5時間もかかり、総施工時間は4.5時間に達した。同様に、1mリフト連続施工は、総施工時間で5.5時間もかかってしまった。これは、施工方法の違いによるものと、センサー設置に時間がかかったのに加え、4層目のコンクリート運搬が遅れたのが加わったためである。また、4層目の撒き出し開始から振動ローラ転圧終了までに2時間近くもかかり他層の2倍の時間となった。

1.2 硬化後コンクリートの測定

ここでは、硬化後コンクリートの圧縮強度等の強度特性値と圧縮率の関係について調査することを目的とした。

まず、各試験ケースの標準供試体によるコンクリート圧縮強度の比較を行った。つまり、施工方法の影響の及ばない、コンクリートの基本圧縮強度といえるものを求めた。次に、試験ヤードから採取されたコア供試体（ $\phi 200 \times 250 \text{mm}$ ）の試験値と圧縮率の関係について調査してみた。

1.2.1 標準供試体による圧縮強度の比較

層別圧縮量を測定した試験3ケースは、宮ヶ瀬ダム標準配合で同一のものである。つまり、基本的には、3ケースの試験のコンクリートは同様の圧縮強度を示すはずであるが、各試験は、約1カ月ほどの施工日の差があり気象条件の違い、骨材・セメントの品質の差等が生じているものと思われる。よって、各試験時に作成された標準供試体の圧縮強度、密度等を測定し、比較しておくことが、後のコア圧縮強度を評価する時点で、重要な要素となる。

(1) 圧縮強度

標準供試体は、現場プラントでミキシングされたコンクリートを40mmウェットスクリーニングし作成されたものである。

図-1.15に試験ケースと圧縮強度の関係を示す。材令ごとの圧縮強度をみると、0.75mリフト通常施工時に用いたコンクリートの強度が、各材令とも一番低い値を示しているのがわかる。 σ_{91} の平均値で 280kgf/cm^2 で、他の2ケースより $40 \sim 60 \text{kgf/cm}^2$ も低い値となっている。1mリフトの通常施工および連続施工は、 σ_7 および σ_{28} は同様の値を示し、 σ_{91} では、通常施工に用いたコンクリートの方が平均値で 325kgf/cm^2 を示し、 25kgf/cm^2 大きな値を示した。

図-1.16に圧縮強度と供試体密度の関係を示す。密度が大きくなるにつれ圧縮強度が大きくなる傾向が認められる。また、試験ケース別の密度をみると、1mリフトの通常施工・連続施工に用いたコンクリートの供試体密度は $2.37 \sim 2.38 \text{ t/m}^3$ を示すものの、0.75mリフト通常施工に用いたコンクリートの供試体密度は 2.36 t/m^3 以下の値を示している。

以上のことから、0.75mリフト通常施工時に用いたコンクリートは、他の2ケースのコンクリートより明らかに密度が小さく、圧縮強度も小さな値を示すことが認められる。

(2) 供試体密度とR I 密度

図-1.17に、標準供試体密度とR I 密度の関係を示す。試験ヤードにおけるR I 密度の測定において、0.75m通常施工のケースで振動ローラ転圧後の密度が、他2ケースに比べ低い値を示していたが、標準供試体密度においても他2ケースに比べ低い値を示すことが認められた。つまり、0.75mリフト通常施工部のケースでR I 密度計で求められた密度が低かったのは、転圧が不十分であったのではな

く、他の2ケースに比較して密度の低いコンクリートで施工されたものといえる。

1.2.2 コア強度特性値による圧縮率の評価

ここでは、各試験ヤードから採取されたコアの特性と非接触型変位計によって計測された層別圧縮率との関係についてとりまとめた。内容は大きく2つに区分され、1つはコア供試体の特性について、1つはそれら特性と圧縮率の関係についてである。

コア供試体は、材令91日を目安に採取・試験が行われたもので、直径は200mm、高さは層厚の影響で約250mmである。

なお、圧縮率とは、各層の敷均し時の層厚を基準とし転圧終了時点までの圧縮量との比率を、各層の圧縮率とした。

(1) コア供試体の強度特性値

a. 密度・圧縮強度・評価

コア供試体の強度特性として、コア密度・コア圧縮強度・コア評価の3項目を考えた。図-1.18, 19, 20にこれらの関係を示す。

コア密度は、 $\gamma=2.23\sim 2.40\text{ t/m}^3$ の範囲にある。試験ケース毎にみると、1mリフト連続施工のヤードから採取されたコア供試体の密度が最もばらつきが小さく $\gamma=2.28\sim 2.37\text{ t/m}^3$ の範囲にある。次に小さいのが0.75mリフト通常施工で、最もばらつきがあるのが1.0mリフト通常施工で $\gamma=2.23\sim 2.40\text{ t/m}^3$ の範囲を示す。

コア圧縮強度は、 $\sigma_{91}=100\sim 270\text{ kgf/cm}^2$ の範囲にある。前項の標準供試体圧縮強度の比較で述べているように0.75mリフト通常施工に用いたコンクリートは、他の試験ケースに比較し圧縮強度が低いことが認められているが、0.75mリフト通常施工ヤードから採取されたコア供試体の圧縮強度も、他試験ケースに比較し低いことが認められる。コア圧縮強度のばらつきが大きいのは、コア密度と同様に1mリフト通常施工のヤードから採取されたコア供試体で $\sigma_{91}=120\sim 265\text{ kgf/cm}^2$ で2倍以上の差が生じている。コア圧縮強度のばらつきが小さいケースは1mリフト連続施工で、その値は、全試験ケースのコア圧縮強度データの平均値付近に分布している。

コア評価は、大半は4.0以上の「ほぼ良」以上であるが、3.5付近のコアも数供試体みられる。これら値の低いコア供試体はほとんど1mリフト通常施工のヤードから採取されたものである。しかし、評価5のものも同じヤードから採取されており、コア密度、コア圧縮強度と同様に、1mリフト通常施工のケースのコア評価のばらつきが、他のケースに比較し大きいことが認められた。また、コア評価のばらつきが少ないのは1mリフト連続施工のケースで、ほぼ4.4~4.8の範囲の値を示した。

コア密度・コア圧縮強度・コア評価の3項目の関係をみると、コア圧縮強度とコア密度の関係に高い相関性が認められた。ただし、試験ケース毎にみると相関性が低いと思われるものもある。つまり、1mリフトの通常施工および連続施工の標準供試体は、密度が大きくなるにつれ圧縮強度も大

きくなる傾向を示すのに、0.75mリフト通常施工のものは、そのような傾向は認められない。

次に相関性が認められるのが、コア密度とコア評価の関係で、ほとんど相関性が認められないのが、コア圧縮強度とコア評価の関係である。

以上より、コア強度特性値のばらつきから試験ケースを評価すると、最も均一なローラ転圧コンクリートの施工ができたのが、1mリフト連続施工、次が0.75mリフト通常施工、最も値にばらつきがあったのが1mリフト通常施工のケースの順となる。また、0.75mリフトのコア圧縮強度が、他の2ケースに比較して低い値を示していることも認められた。

b. コア体積（密度）

コア供試体の密度を求めるためには、コア供試体の体積を求める必要がある。その体積を求める方法として、2つの方法が考えられる。つまり、コア供試体の外形寸法（直径と高さ）より求める方法と、コア供試体を水中に浸水させ、水の排水量より求める方法（水中法）である。ただし後でも述べるが、基本的には、外形寸法より求められる体積によって、コア供試体密度は求められるべきものであり、ここでは、2方法によって求められる体積（密度）の比較を行い、その特性を求めたものである。

図-1.21に、密度の比較を示す。これより、水の排水量より求めた密度の方が大きな値を示すこと、つまり外形寸法で求められた体積より、少ない体積になっていることが認められる。これは、外形寸法で求められる体積は、見掛け上の体積で、水の排水量より求められる体積が、コア供試体表面の空隙も考慮された実体積だからである。コア供試体表面の空隙は、採取時のキズを除いて、コア内部にも同様にあるわけで、表面部の空隙のみ体積として考慮しないことは、ここでは問題がある。

この2つの方法によって求められたコア供試体体積の差は、前述のとおりコア供試体表面の空隙部分の体積を示している。この空隙部分の体積を、コンクリートの締固め度合いを示す指示として用いているのが次式で示される「豆板状の度合い」である⁴⁾。

$$\text{豆板状の度合} = \frac{V_s - V_w}{V_s} \times 100 \quad (\%) \quad \text{----- (1.1)}$$

ここで、 V_s ：外形寸法による求められる体積

V_w ：水中法により求められる体積

図-1.22, 23, 24に、豆板状の度合いとコア密度・コア圧縮強度・コア評価の関係について示す。これより、豆板状の度合いは、コア密度およびコア評価とある程度の相関関係が見られるようである。つまり、空隙が大きいほど密度は小さいという一般的現象を表現していることと、コア評価は、コア供試体表面の観察による評価であり、ポーラスな部分つまり表面空隙の多少による評価が主なものであるからと思われる。

前述のとおり、コア評価とコア密度の関係は、相関性が認められ、豆板状の度合いは、その両項目に相関性が認められることにより、コア評価と密度を間接的に評価できる一要素になると思われる。

(2) 圧縮率とコア特性

図-1.25に圧縮率とコア強度特性値について示す。「(1)コア供試体の強度特性値」で述べたとおり、1 mリフト通常施工のヤードから採取されたコア供試体の強度特性値のばらつきが大きく、つまり上層に比較し下層の強度特性値が低い値となっていることが認められる。また、強度特性値のばらつきが少ないのは、1 mリフト連続施工のケースである。

次に、圧縮率とコア特性の関係について調べてみる。

a. 圧縮率とコア圧縮強度

図-1.26に圧縮率とコア圧縮強度の関係について示す。この図からは、あまり相関性が認められない。これは、標準供試体の圧縮強度の比較でも認められているとおり、0.75 mリフト通常施工時に用いられたコンクリートの圧縮強度が他のケースに比較して低かったことによるものと思われる。ただし、試験ケース毎にみると1 mリフトの通常施工、連続施工では、圧縮率が高くなるほどコア強度が出現する傾向は認められた。

b. 圧縮率とコア密度

図-1.27に圧縮率とコア密度の関係を示す。図中の破線は、全データを包絡する線である。圧縮率3%未満では、2.27~2.31 t/m³の密度値を示すが、圧縮率3%以上では、2.35 t/m³程度の密度値を示す。

c. 圧縮率とコア評価

図-1.28に圧縮率とコア評価の関係を示す。圧縮率とコア密度の関係と同様に、全データを包絡する線が描ける。圧縮率3%未満では、コア評価値のばらつきがみられるが、圧縮率3%以上では、概ね4.5程度の評価値となる。

1.3 まとめ

以上、層別圧縮率について検討を行ってきたものを、次にまとめる。

1.3.1 層別圧縮量の測定

- ① 0.75m、1mリフトの通常施工のケースは、ほぼ同様の層別変位の傾向を示した。つまり、最上層以下の各層は、次層敷均し時点で1.5～3%の圧縮率を示し、それ以降、振動ローラ転圧終了まであまり変化を示めさない。最上層はローラ振動転圧の回数が増すにつれ圧縮率も増加していき、転圧終了（振動転圧5往復）時点で4%の圧縮率を示す。
- ② 1mリフト連続施工のケースは、各層の圧縮率が大きく異なり、最下層が6%、順次3%、2%となり最上層が2%の圧縮率を示す。また各層は、次層の敷均しまで圧縮率は増加するが、それ以降の振動ローラ転圧では圧縮率の変化は認められない。
- ③ レベル測量による圧縮量と、非接触型変位計による圧縮量の測定量の比較を行ったところ、同様の圧縮量・圧縮傾向を示した。これより、精度よく層別圧縮量は測定されたものといえる。
- ④ RI密度測定によれば、最上部敷均し終了時点から、振動ローラ転圧終了までに、密度の増加が認められ、3～4%の密度の増加率を示す。層別圧縮量との関係は、既往の測定結果と同様に圧縮率の3倍程度RI密度の増加率が大きい傾向を示す。

1.3.2 硬化後コンクリートの測定

- ① 0.75・1mリフトの通常施工のケースでは、コア密度、コア圧縮強度、コア評価のすべて、最上層が良好な値を示し、下層にいくにつれ、値は低下していく傾向が認められた。
- ② 1mリフト連続施工のケースは、他ケースと異なり、最下層が最も良好な強度特性値を示す。他2ケースと比較すると、コア圧縮強度、コア密度はほぼ平均値を、コア評価は上限値を示す。また、その強度特性値のばらつきは他2ケースに比較して少ない。
- ③ 圧縮率と強度特性値の関係は、各ケースともに、圧縮率が高くなるにつれ、強度特性値は高い値となる。なお、圧縮率3%未満では、値のばらつきも大きく値そのものも相対的に低い。圧縮率3%以上では、値のばらつきも少なく値そのものも相対的に高くなる傾向が認められる。
- ④ よって、圧縮率は、コンクリート強度特性を表現することのできる1つの指標となると考えられる。つまり、リフト内部の各撒き出し層の転圧回数の目標として、“圧縮率3%”を目標に施工を行えば、良好な性質を示すコンクリートを施工できるものと思われる。

表 - 1.1 非接触型変位計の仕様

項 目	仕 様
検 出 器 寸 法	41/8" (10.5cm) 径 × 13/32" (1.03 cm) 厚さ
測 定 範 囲	100~400mm 範囲で任意
励磁特性	周 波 数
	20kHz
	増 幅 度
	15V (P-P)
全 調 和 歪 み	0.3%
	入 力 インピーダンス
	2 kΩ 以上
応 答 時 間	0.25msec
出 力 電 圧	± 5 V
最 高 感 度	0.1%/V
分 解 能	0.01%
温 度 特 性	10mV/°C
使 用 温 度 範 囲	0~70°C
ケ ー ブ ル 長	15m 但し 300m 迄 可 能
電 源	内蔵バッテリー ±12V, 外部充電器 110/220V ~ 50/60Hz

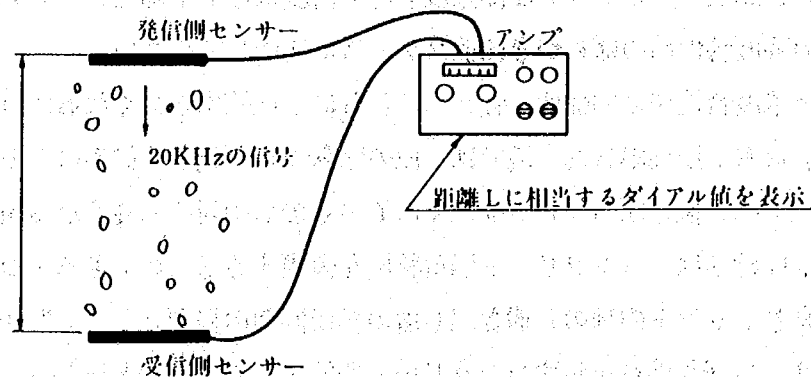


図 - 1.1 非接触型変位計の測定機構



写真- 1. 1 センサーの亚克力板取付状況

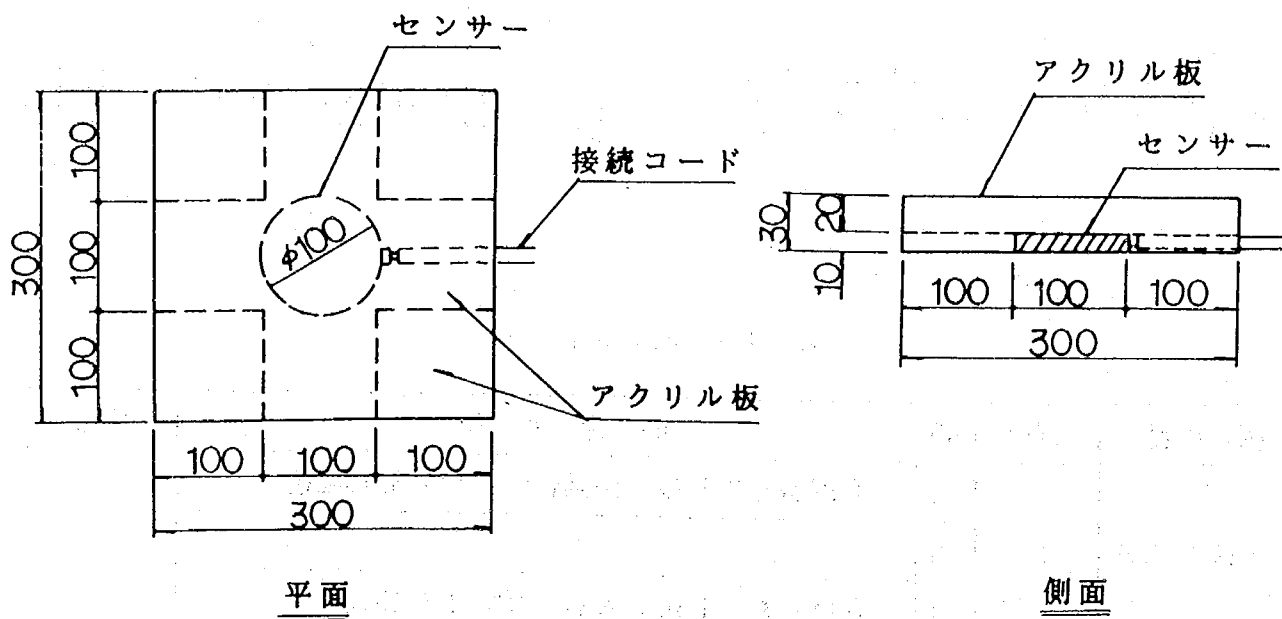


図- 1. 2 センサーの亚克力板取付図

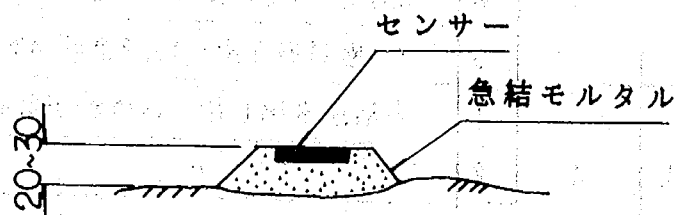


図- 1. 3 最下部センサー設置状況

表- 1. 2 試験ケース

NO.	リフト厚	施工方法	転圧機種	転圧回数
1	0.75 m	通常施工	振動ローラ (7 t)	振動転圧 10 回 (全層)
2	1.0 m	通常施工	振動ローラ (7 t)	振動転圧 10 回 (全層)
3	1.0 m	連続転圧施工	振動ローラ (7 t)	振動転圧 4 回 × 4 層

表- 1. 3 コンクリート示方配合

G _{max}	標準 VC値 (秒)	標準 空氣量 (%)	W/C+F	F/C+F	S/a	單位量 (Kg/m³)									混和材
						W	C	F	S	G					
										150 ~80	80 ~40	40 ~20	20 ~ 5		
150	20±10	1.5±1	73.1	30	30	95	91	39	649	1568	470	314	314	470	有

表- 1. 4 測定項目

測定項目	測点数	NO	測 定 水 準	備考
内部変位量	2	1	各層撤き出し後、振動転圧2, 4, 6, 8, 10回後	
		2	〃	
		3	各層撤き出し後、各層振動転圧2, 4回後	
R I 密度	2	1	2層目、3層目撤き出し後、振動転圧終了後	線源棒の 長さ50cm
		2	2層目、4層目撤き出し後、振動転圧終了後	
		3	2, 4層目撤き出し後、2層目、4層目振動転圧終了後	
レベルによ 沈下量	4	1	各層撤き出し後、振動転圧2, 4, 6, 8, 10回後	
		2	〃	
		3	各層撤き出し後、各層振動転圧2, 4回後	

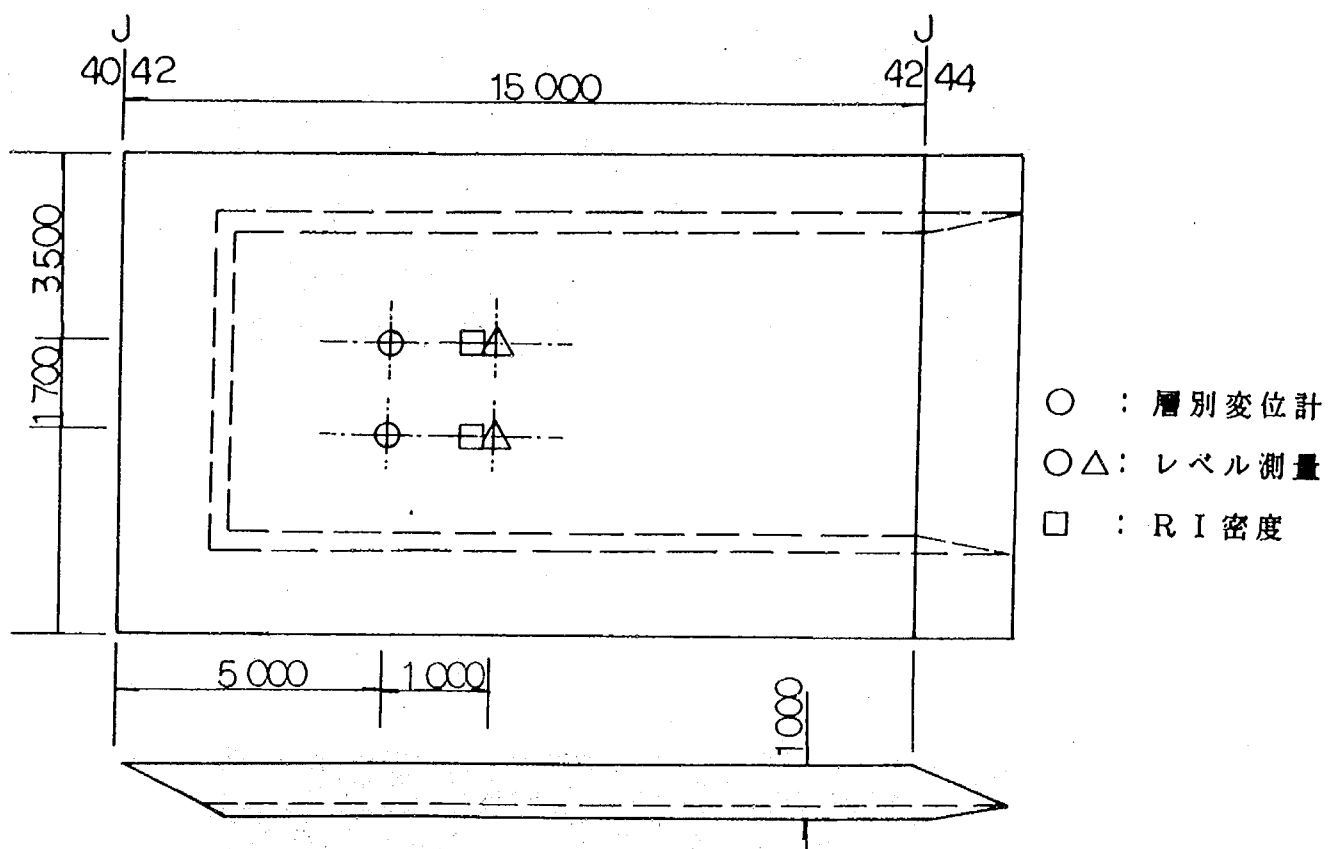


図 - 1.4 施工ヤード見取り図

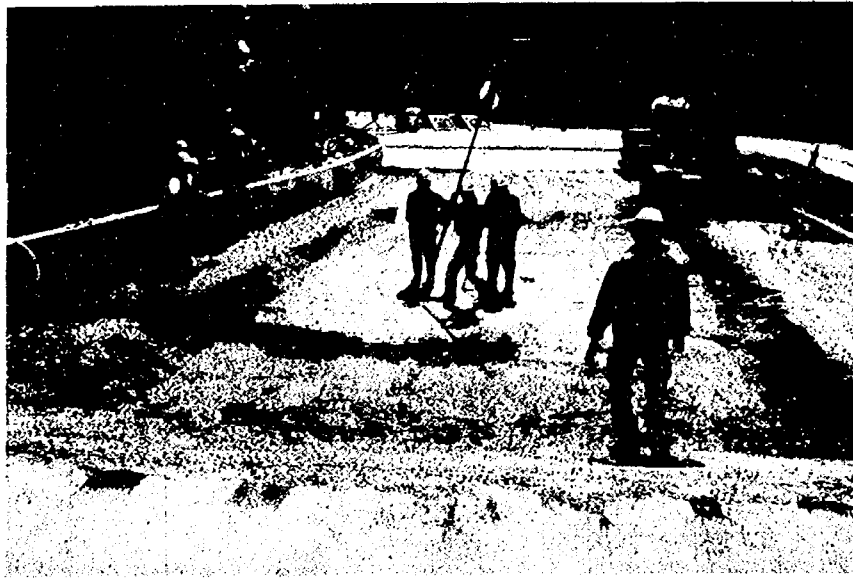


写真 - 1. 2 施工ヤード

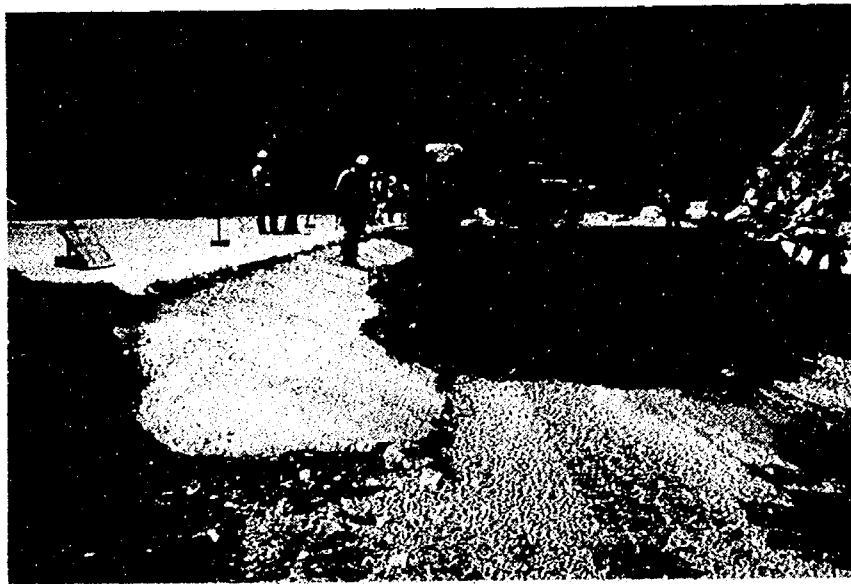


写真 - 1. 3 コンクリート撤き出し状況

表-1.5 層別圧縮量測定結果(0.75 m リフト通常施工)

	1層目			2層目			3層目						1リフト	
	離間距離 (mm)	圧縮量 (mm)	圧縮率 (%)	離間距離 (mm)	圧縮量 (mm)	圧縮率 (%)	離間距離 (mm)	圧縮量 (mm)	圧縮率 (%)				圧縮量 (mm)	圧縮率 (%)
No 1														
1層目敷均し	213.3													
2	209.8	3.5	1.64	269.6										
3	209.3	4.0	1.88	265.7	3.9	1.45	189.9							
無振動転圧	209.9	3.4	1.59	266.1	3.5	1.30	187.8	2.1	1.11				1.1	0.17
振動1住復	209.4	3.9	1.83	265.8	3.8	1.41	185.8	4.1	2.16				3.9	0.59
2住復	209.5	3.8	1.78	265.7	3.9	1.45	184.8	5.1	2.69				4.9	0.74
3住復	209.5	3.8	1.78	265.4	4.2	1.56	183.7	6.2	3.26				6.3	0.95
4住復	209.4	3.9	1.83	265.1	4.5	1.67	182.8	7.1	3.74				7.6	1.14
5住復	209.5	3.8	1.78	265.0	4.6	1.71	182.1	7.8	4.11				8.3	1.25
No 2														
1層目敷均し	209.6													
2	203.1	6.5	3.14	230.8										
3	202.8	6.8	3.29	226.7	4.1	1.81	246.4							
無振動転圧	202.9	6.7	3.24	226.8	4.0	1.76	245.2	1.2	0.49				1.0	0.15
振動1住復	202.8	6.8	3.29	226.5	4.3	1.90	242.4	4.0	1.62				4.2	0.62
2住復	202.8	6.8	3.29	226.3	4.5	1.99	240.9	5.5	2.23				5.9	0.87
3住復	202.7	6.9	3.33	226.0	4.8	2.12	239.7	6.7	2.72				7.5	1.11
4住復	202.6	7.0	3.38	225.6	5.2	2.29	238.9	7.5	3.04				8.8	1.30
5住復	202.5	7.1	3.43	225.3	5.5	2.43	238.1	8.3	3.37				10.0	1.48

表-1.6 層別圧縮量測定結果(1.00 mリフト通常施工)

	1層目			2層目			3層目			4層目			1リフト	
	離間距離 (mm)	圧縮量 (mm)	圧縮率 (%)	離間距離 (mm)	圧縮量 (mm)	圧縮率 (%)	離間距離 (mm)	圧縮量 (mm)	圧縮率 (%)	離間距離 (mm)	圧縮量 (mm)	圧縮率 (%)	圧縮量 (mm)	圧縮率 (%)
No 1														
1層目敷均し	203.8													
2	199.4	4.4	2.16	251.2										
3	199.4	4.4	2.16	244.5	6.7	2.67	280.7							
4	199.4	4.4	2.16	244.9	6.3	2.51	275.5	5.2	1.85	285.2				
無振動転圧														
振動1住復	199.6	4.2	2.06	244.9	6.3	2.51	274.8	5.9	2.10	279.0	6.2	2.17	6.7	0.67
2住復	199.4	4.4	2.16	244.6	6.6	2.63	274.3	6.4	2.28	276.7	8.5	2.98	10.0	1.00
3住復	199.4	4.4	2.16	244.9	6.3	2.51	274.0	6.7	2.39	275.3	9.9	3.47	11.4	1.13
4住復	199.6	4.2	2.06	244.7	6.5	2.59	273.8	6.9	2.46	274.1	11.1	3.89	12.8	1.27
5住復	199.4	4.4	2.16	244.5	6.7	2.67	273.1	7.6	2.71	273.0	12.2	4.28	15.0	1.49
No 2														
1層目敷均し	220.9													
2	215.3	5.6	2.54	266.1										
3	215.0	5.9	2.67	260.8	5.3	1.99	227.4							
4	215.0	5.9	2.67	260.7	5.4	2.03	223.6	3.8	1.67	281.0				
無振動転圧														
振動1住復	215.4	5.5	2.49	261.0	5.1	1.92	223.5	3.9	1.72	276.6	4.4	1.57	3.8	0.39
2住復	215.4	5.5	2.49	261.0	5.1	1.92	223.3	4.1	1.80	274.8	6.2	2.21	5.8	0.59
3住復	215.4	5.5	2.49	261.0	5.1	1.92	223.0	4.4	1.93	273.0	8.0	2.85	7.9	0.81
4住復	215.4	5.5	2.49	261.0	5.1	1.92	222.8	4.6	2.02	272.1	8.9	3.17	9.0	0.92
5住復	215.3	5.6	2.54	260.8	5.3	1.99	222.6	4.8	2.11	271.0	10.0	3.56	10.6	1.08

表- 1.7 層別圧縮量測定結果(1.00 m リフト連続施工)

	1層目			2層目			3層目			4層目			1リフト	
	離間距離 (mm)	圧縮量 (mm)	圧縮率 (%)	離間距離 (mm)	圧縮量 (mm)	圧縮率 (%)	離間距離 (mm)	圧縮量 (mm)	圧縮率 (%)	離間距離 (mm)	圧縮量 (mm)	圧縮率 (%)	圧縮量 (mm)	圧縮率 (%)
No 1														
1層目敷均	231.4													
無振動転圧	227.6	3.8	1.64											
振動1住復	221.2	10.2	4.41											
2住復	221.6	9.8	4.24											
2層目敷均	218.4	13.0	5.62	237.5										
無振動転圧	218.4	13.0	5.62	236.3	1.2	0.51								
振動1住復	218.4	13.0	5.62	234.1	3.4	1.43								
2住復	218.4	13.0	5.62	232.4	5.1	2.15								
3層目敷均	218.4	13.0	5.62	231.0	6.5	2.74	280.6							
無振動転圧	218.6	12.8	5.53	231.2	6.3	2.65	280.1	0.5	0.18					
振動1住復	218.5	12.9	5.57	230.9	6.6	2.78	274.9	5.7	2.03					
2住復	218.4	13.0	5.62	230.4	7.1	2.99	272.3	8.3	2.96					
4層目敷均	218.5	12.9	5.57	230.2	7.3	3.07	269.2	11.4	4.06	267.9				
無振動転圧	218.6	12.8	5.53	230.4	7.1	2.99	269.6	11.0	3.92	265.2	2.7	1.01	0.0	0
振動1住復	218.5	12.9	5.57	230.3	7.2	3.03	269.1	11.5	4.10	261.4	6.5	2.43	6.5	0.66
2住復	218.6	12.8	5.53	230.3	7.2	3.03	268.7	11.9	4.24	259.6	8.3	3.10	8.6	0.88
No 2														
1層目敷均	247.3													
無振動転圧	245.2	2.1	0.85											
振動1住復	238.2	9.1	3.68											
2住復	236.5	10.8	4.37											
2層目敷均	231.8	15.5	6.27	234.1										
無振動転圧	232.1	15.2	6.15	233.4	0.7	0.30								
振動1住復	232.3	15.0	6.07	230.2	3.9	1.67								
2住復	232.3	15.0	6.07	228.6	5.5	2.35								
3層目敷均	232.5	14.8	5.98	227.7	6.4	2.73	249.5							
無振動転圧	232.6	14.7	5.94	227.7	6.4	2.73	249.5	0	0.00					
振動1住復	232.8	14.5	5.86	227.9	6.2	2.65	248.5	1	0.40					
2住復	232.8	14.5	5.86	227.8	6.3	2.69	247.0	2.5	1.00					
4層目敷均	232.5	14.8	5.98	227.7	6.4	2.73	245.0	4.5	1.80	216.9				
無振動転圧	232.5	14.8	5.98	227.7	6.4	2.73	245.2	4.3	1.72	216.7	0.2	0.09	0.0	0
振動1住復	232.5	14.8	5.98	227.7	6.4	2.73	245.2	4.3	1.72	215.1	1.8	0.83	1.6	0.17
2住復	232.6	14.7	5.94	227.8	6.3	2.69	245.2	4.3	1.72	214.2	2.7	1.24	2.3	0.25

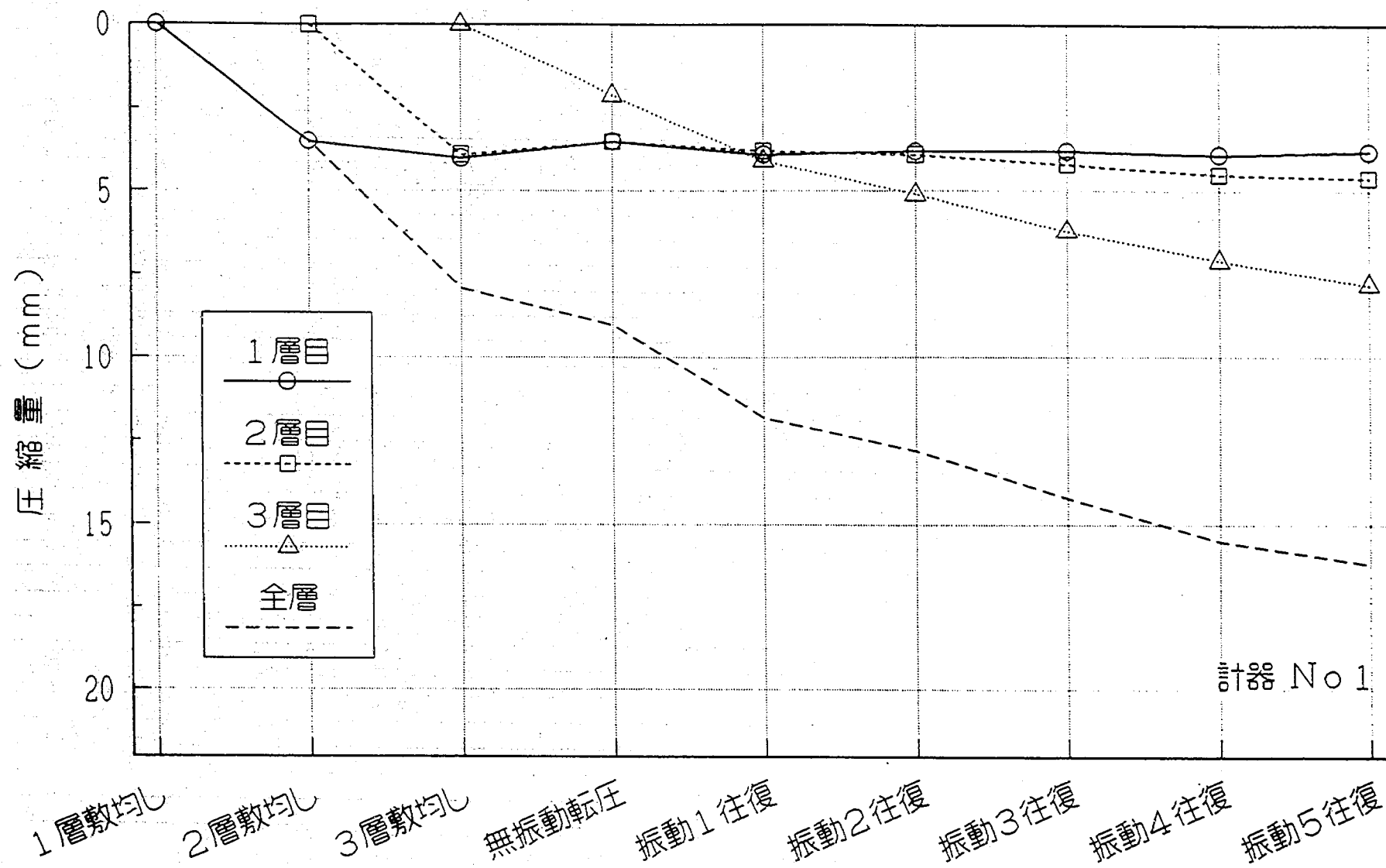


図 - 1. 5. a 層別圧縮量測定結果 (0.75 m リフト通常施工)

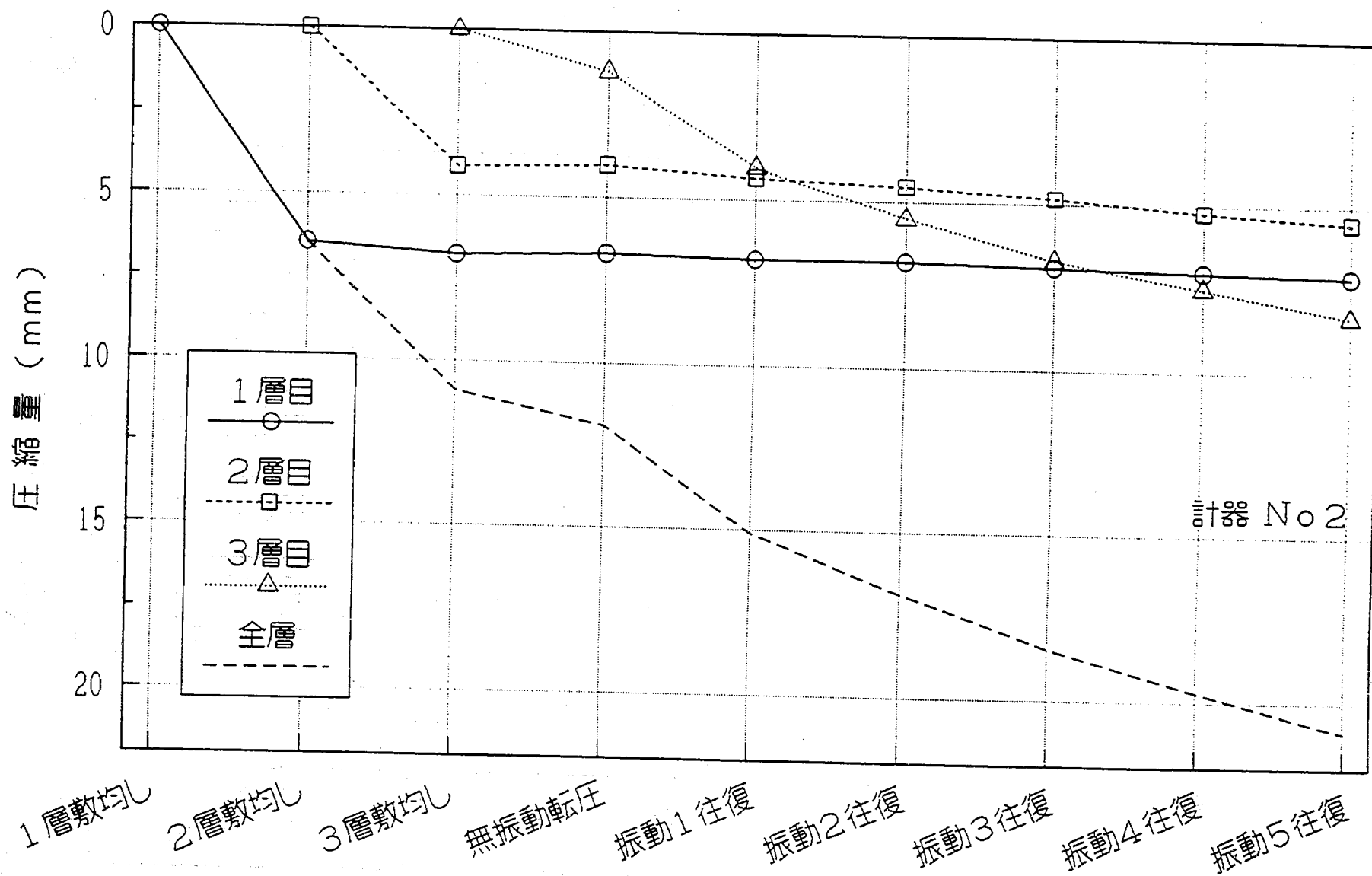


図 - 1.5.b 層別圧縮量測定結果 (0.75 m リフト通常施工)

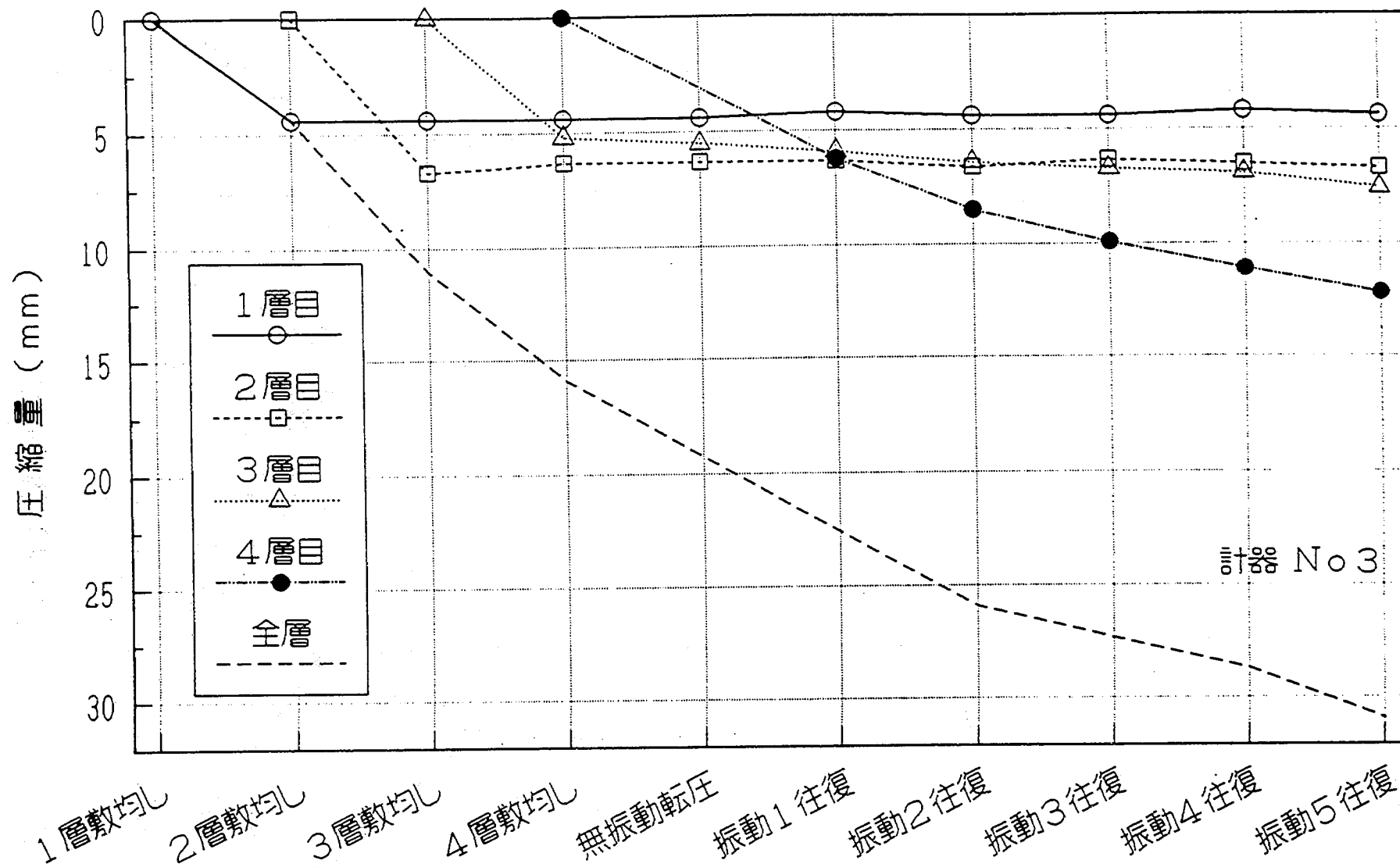


図-1.6.a 層別圧縮量測定結果 (1.00 m リフト通常施工)

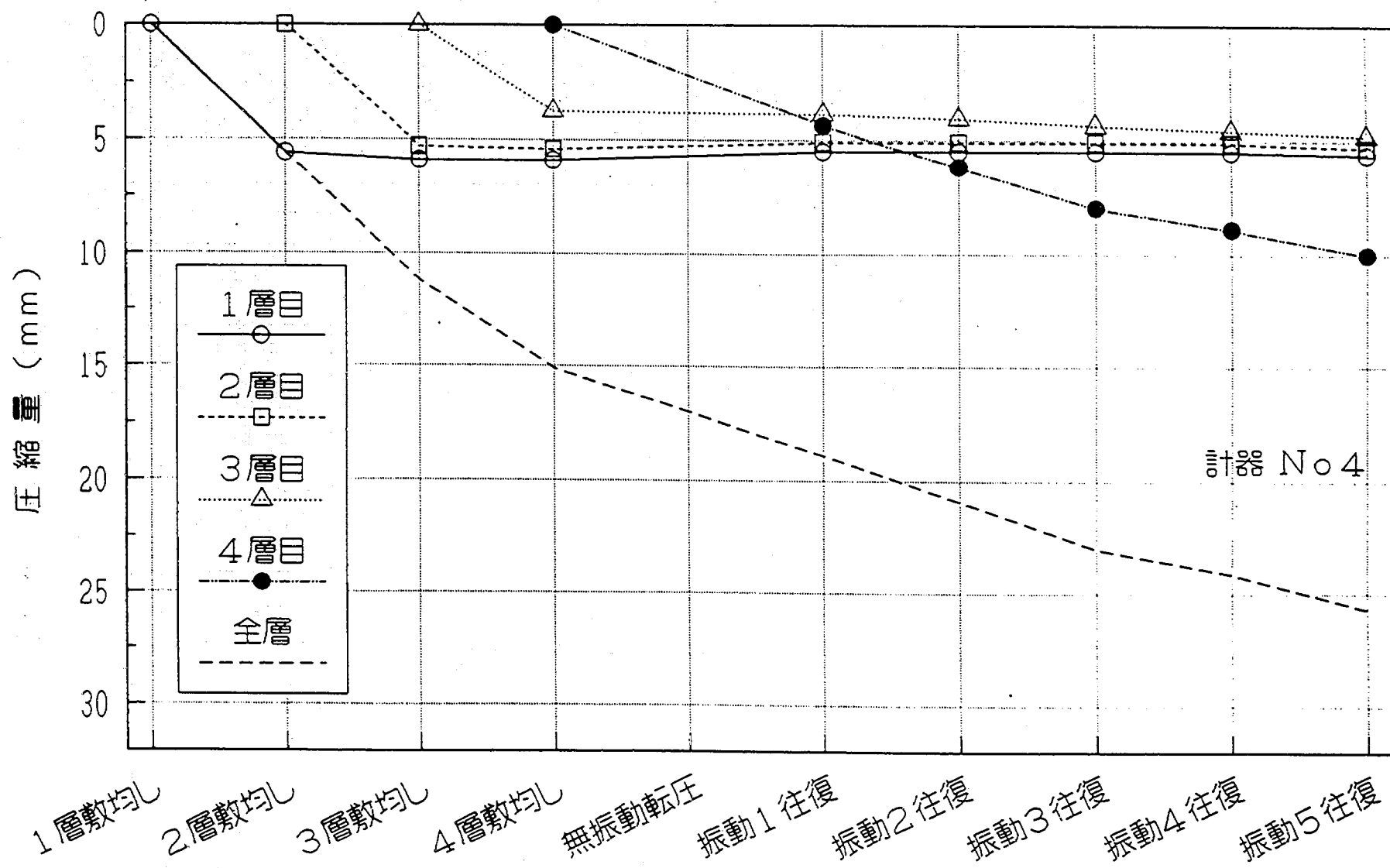


図 - 1. 6. b 層別圧縮量測定結果 (1.00 m リフト通常施工)

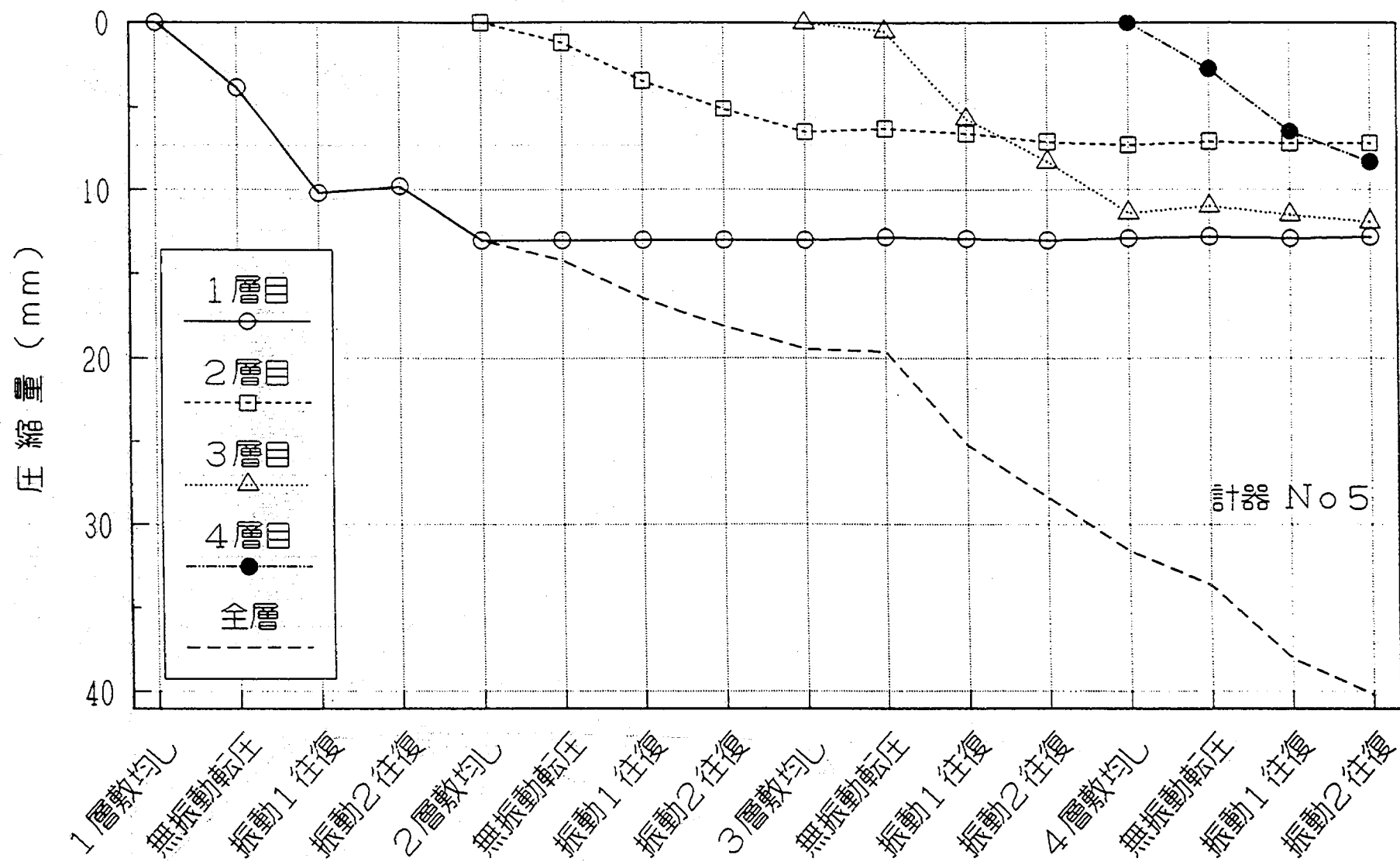


図-1.3 a 層別圧縮量測定結果 (1.00 m リフト連続施工)

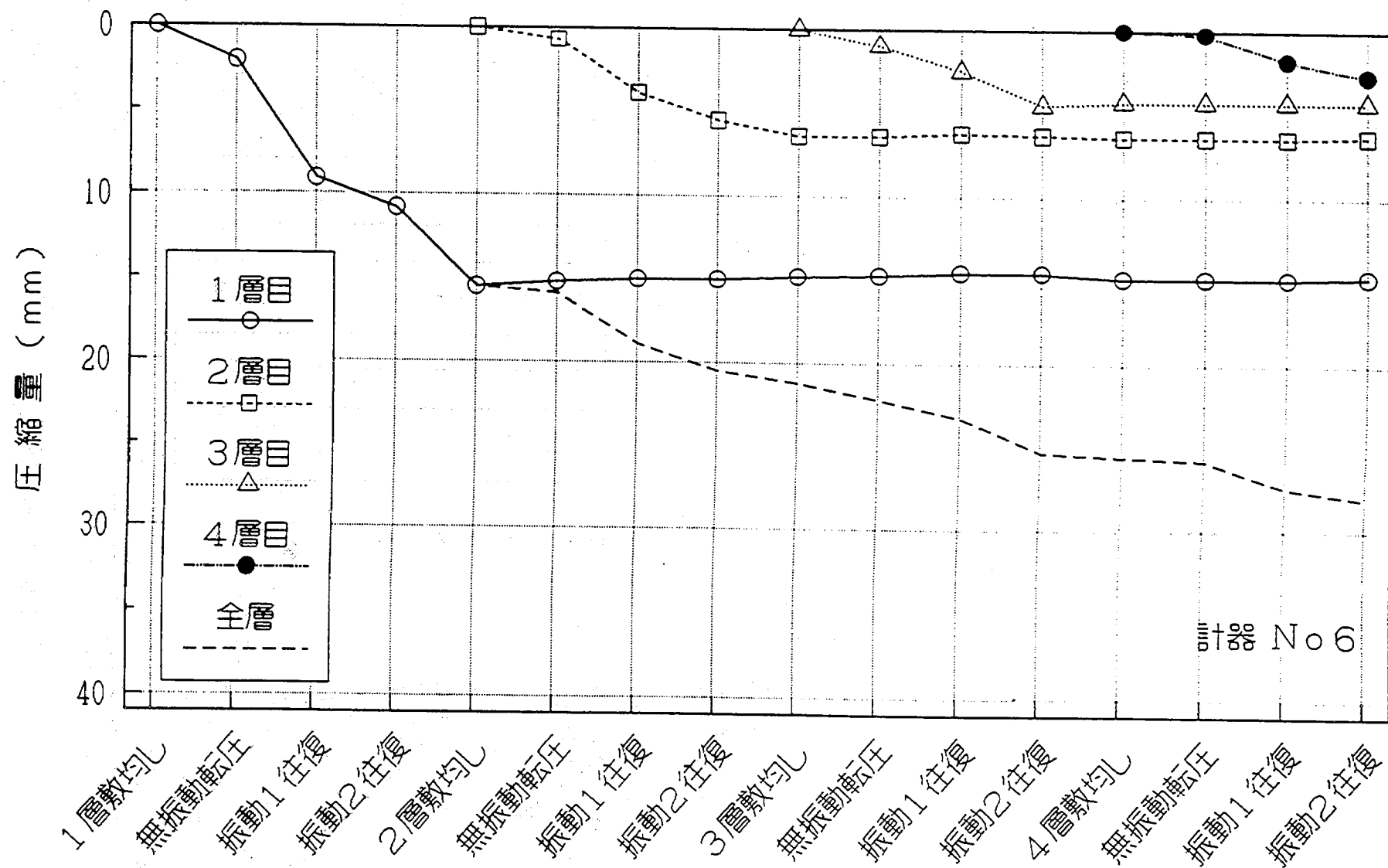


図-1.7.b 層別圧縮量測定結果(1.00 mリフト連続施工)

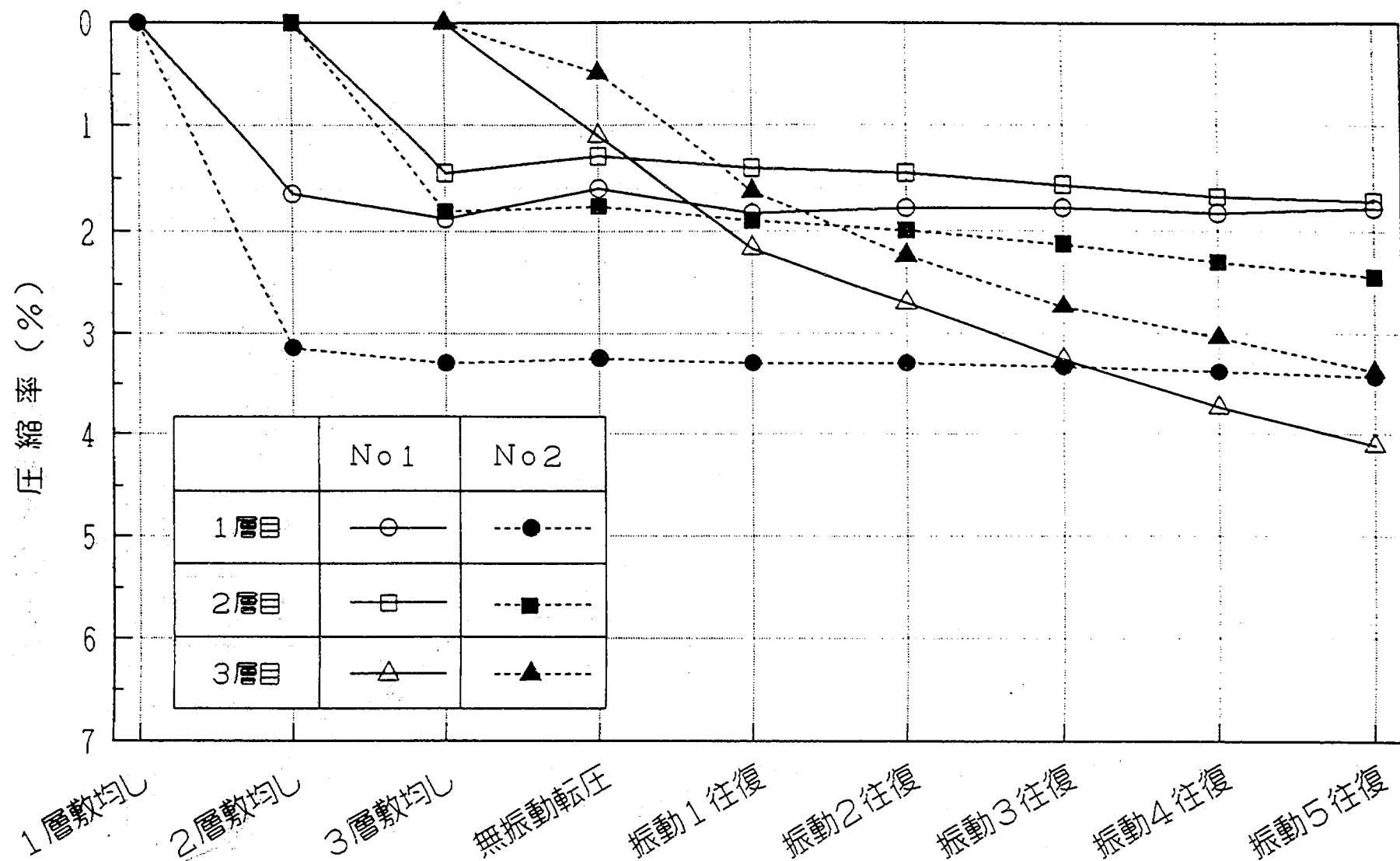


図-1.8.a 層別圧縮率の比較 (0.75 m リフト通常施工)

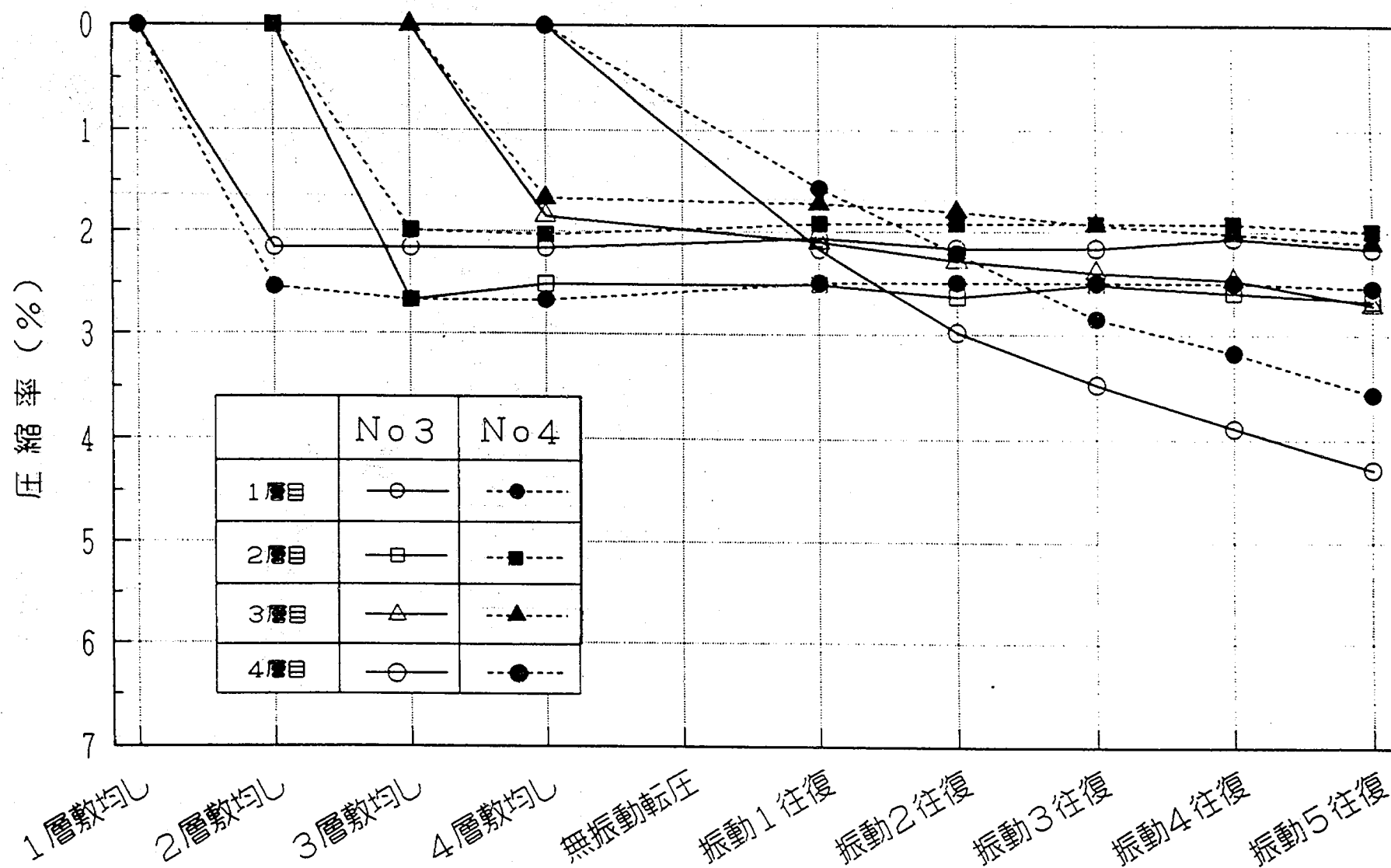


図-1.8.b 層別圧縮率の比較 (1.00 m リフト通常施工)

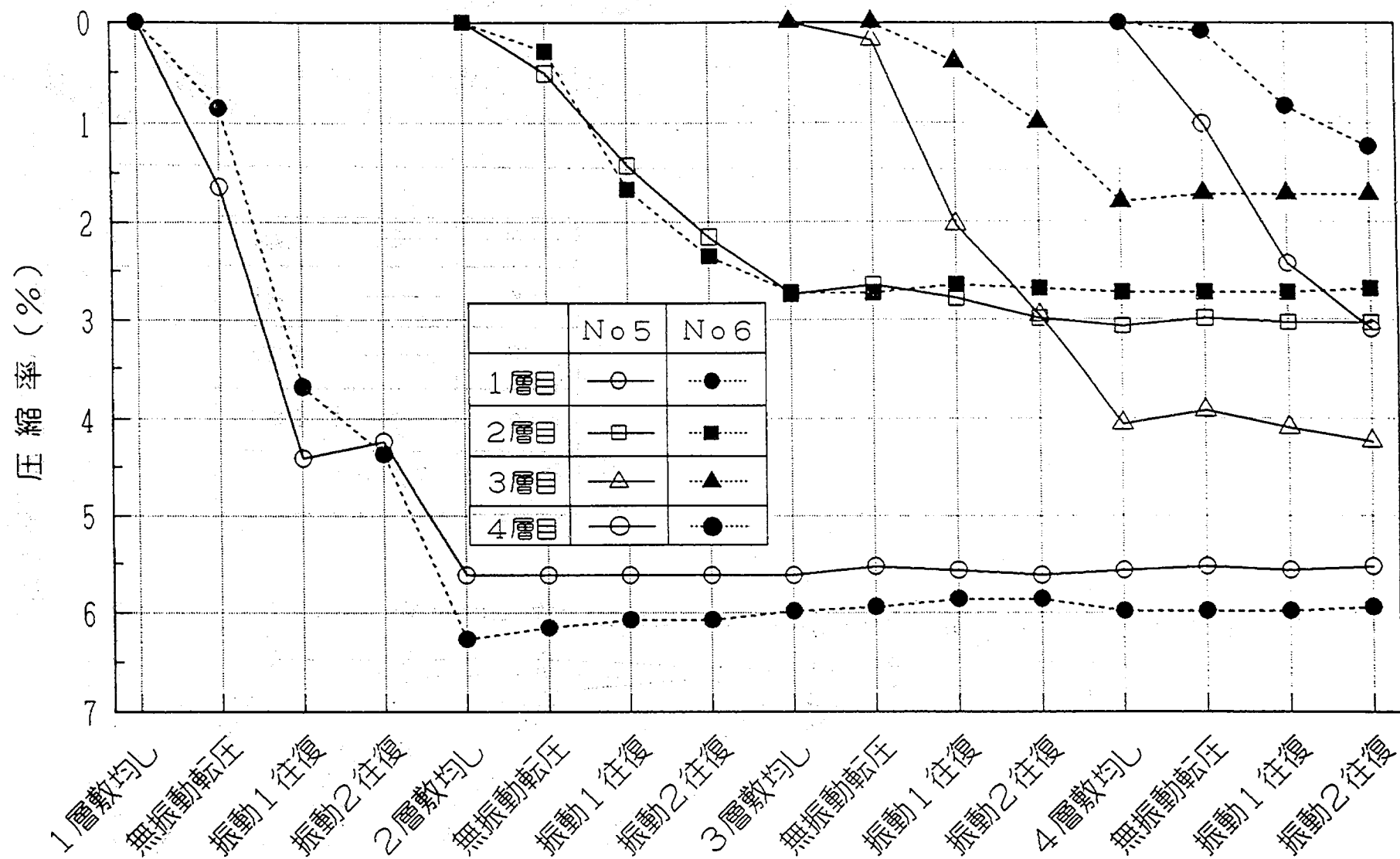


図-1.8.c 層別圧縮率の比較(1.00 mリフト連続施工)

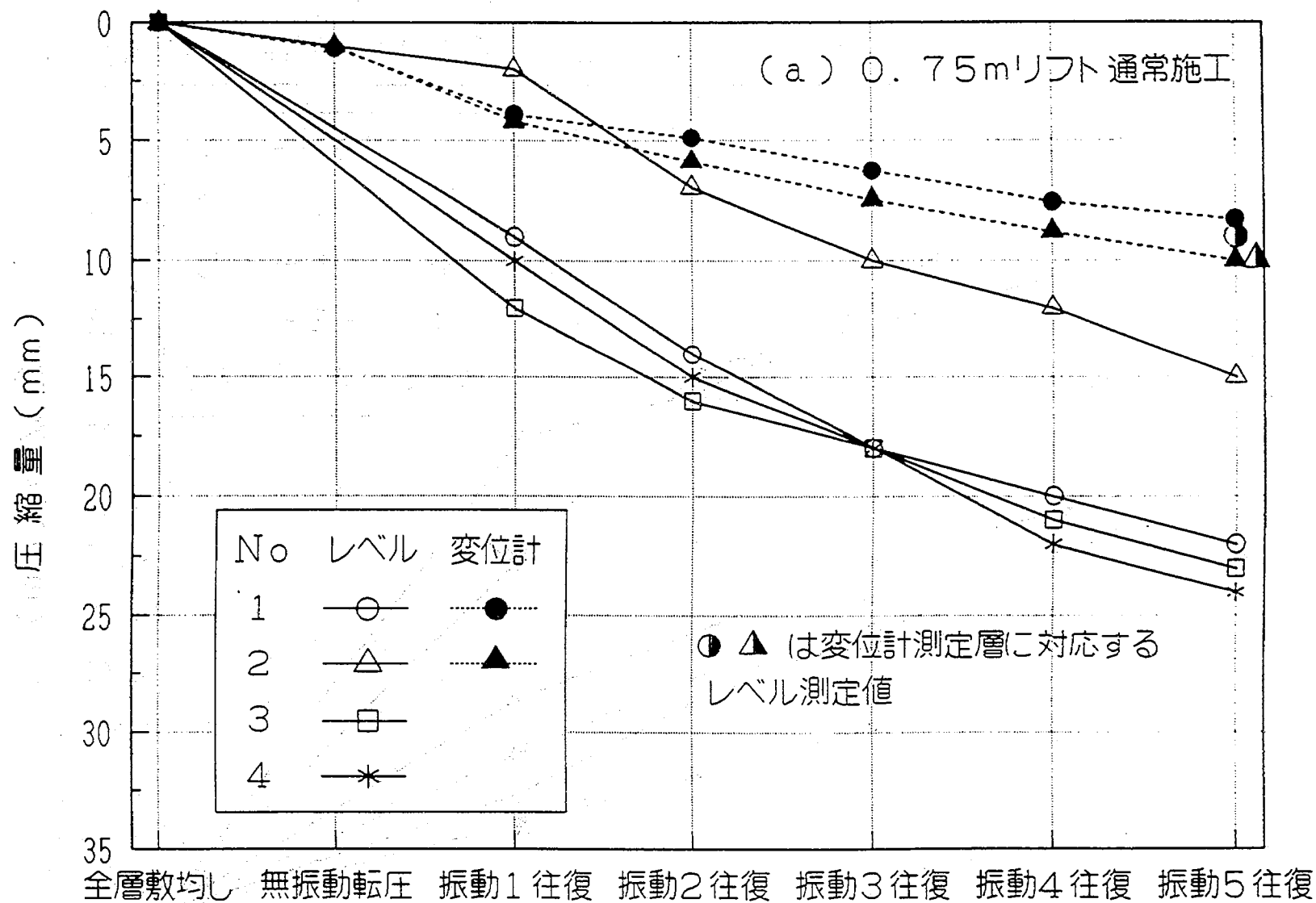


図-1.9.a 変位計とレベルによる圧縮量の比較

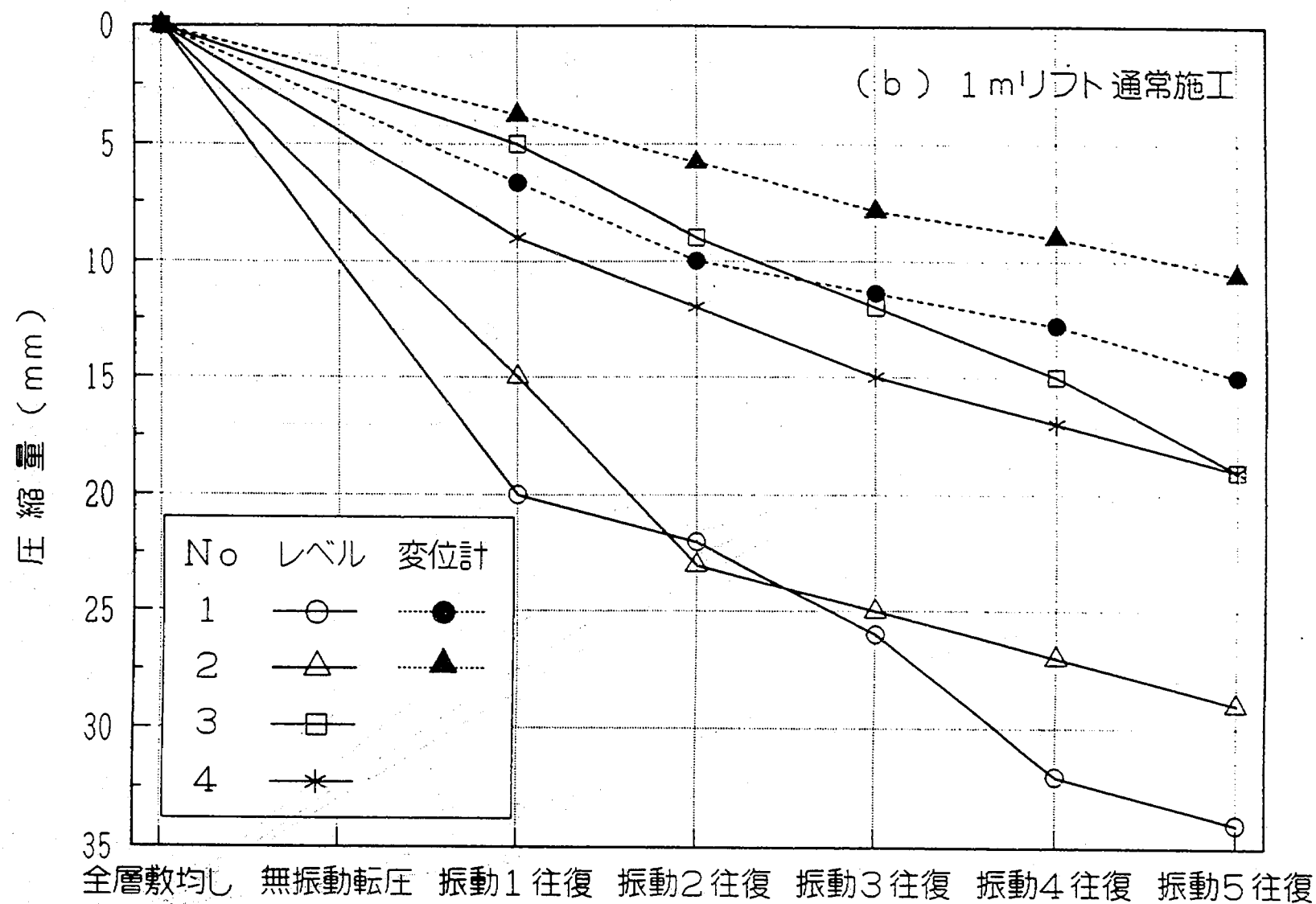


図-1.9.b 変位計とレベルによる圧縮量の比較

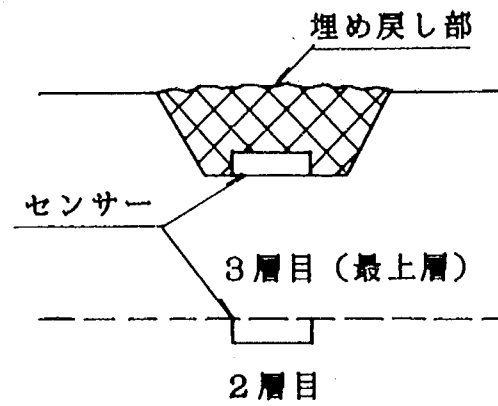


図- 1. 10 最上層のセンサー設置状況

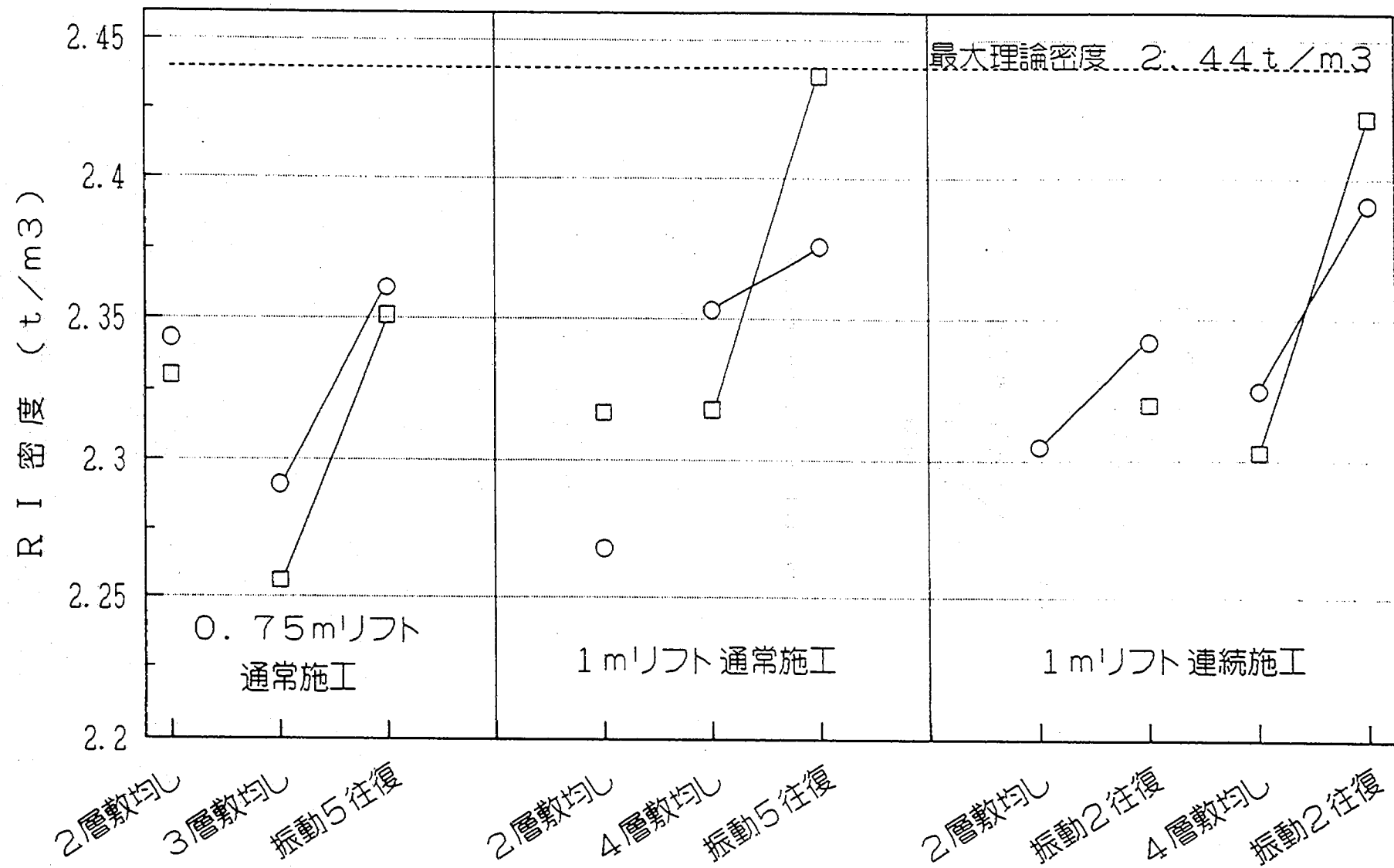


図 - 1.11 RI 密度測定結果

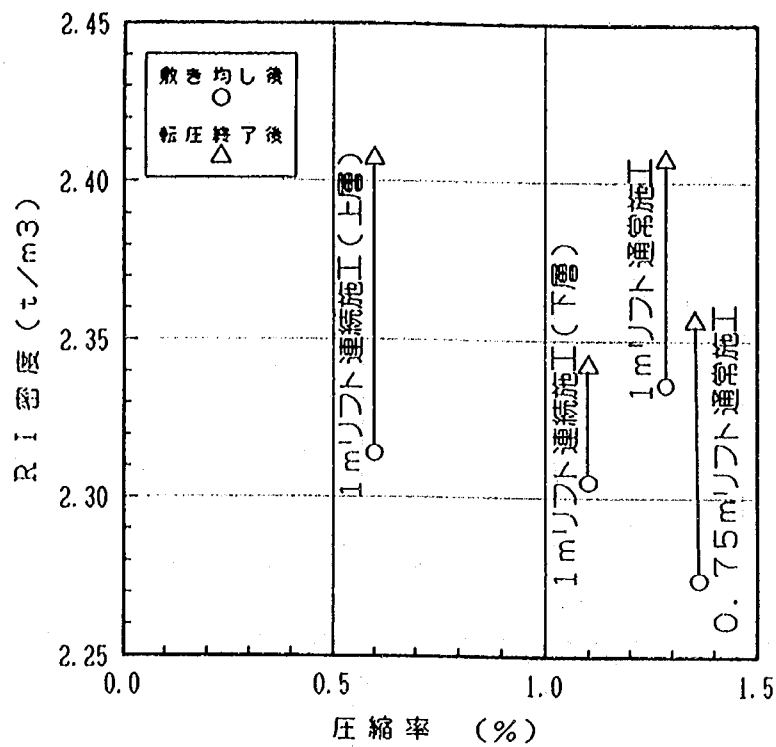


図-1.12 圧縮率と R I 密度

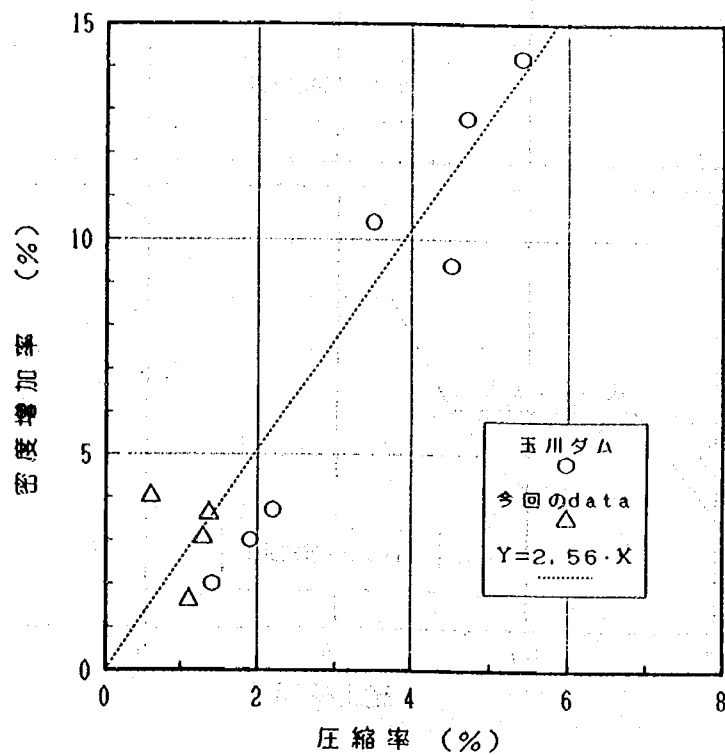


図-1.13 圧縮率と R I 密度増加率

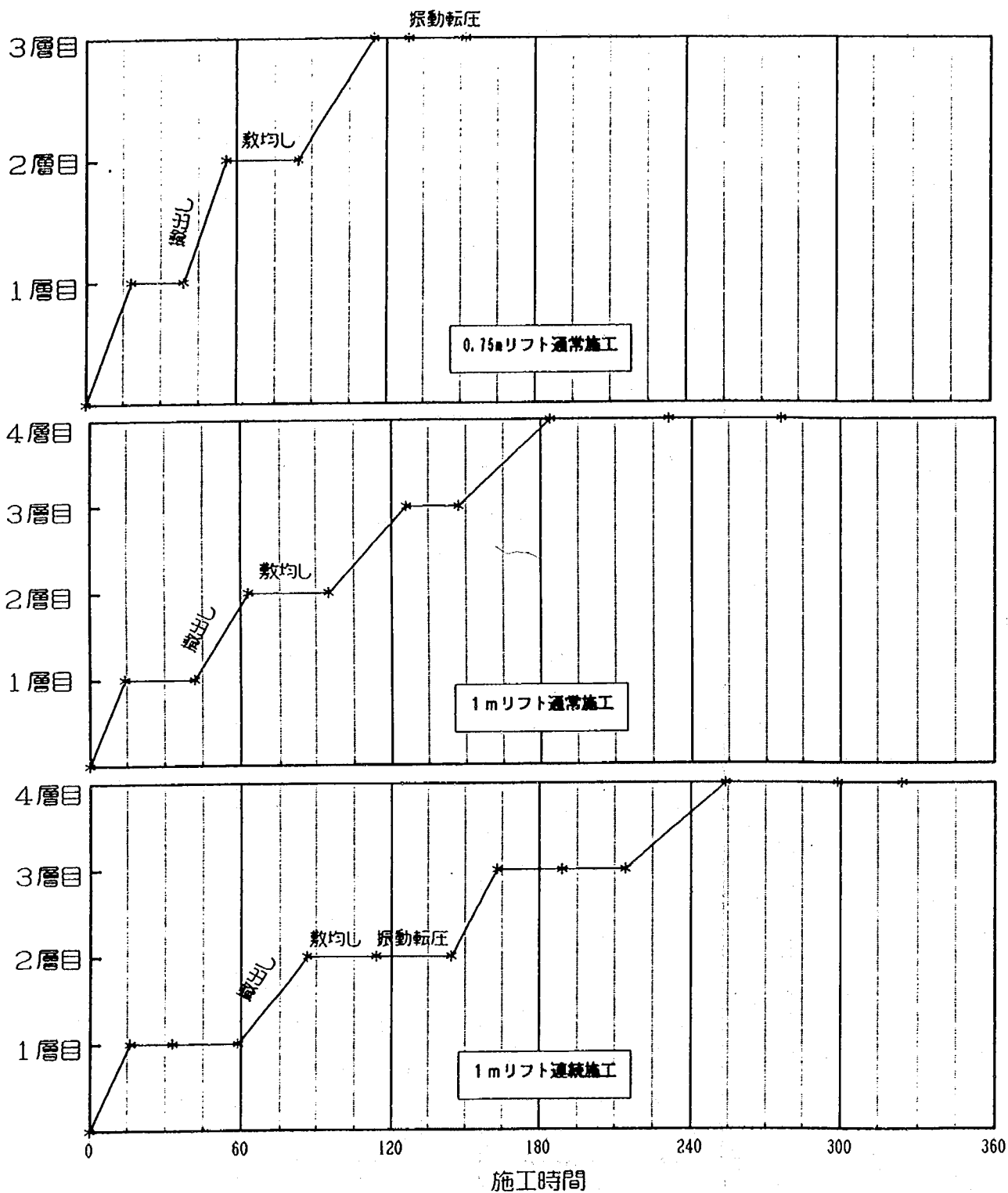


図 - 1.14 施工時間

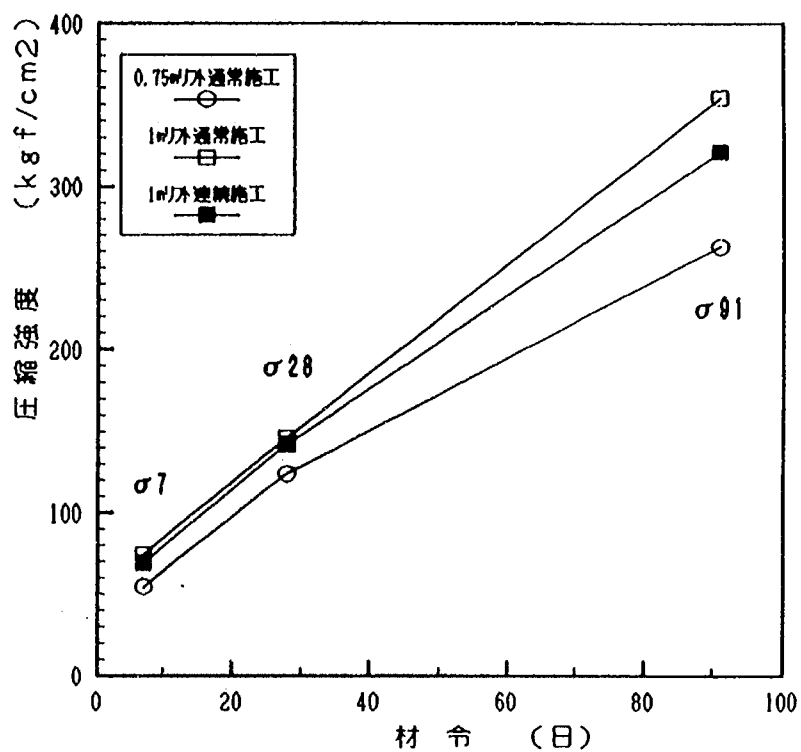


図 - 1.15 各試験ケースの標準供試体圧縮強度

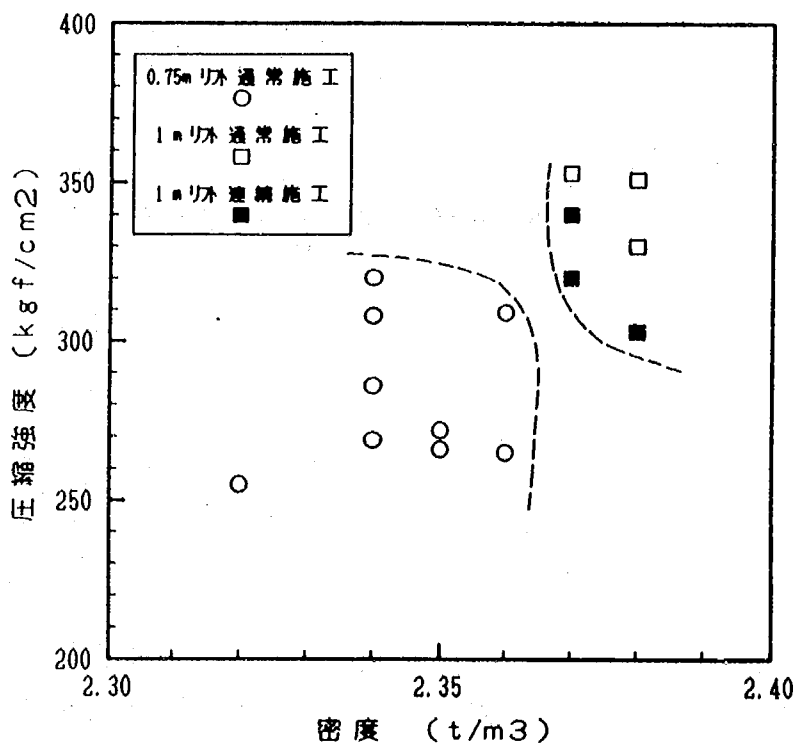


図 - 1.16 標準供試体の圧縮強度と密度

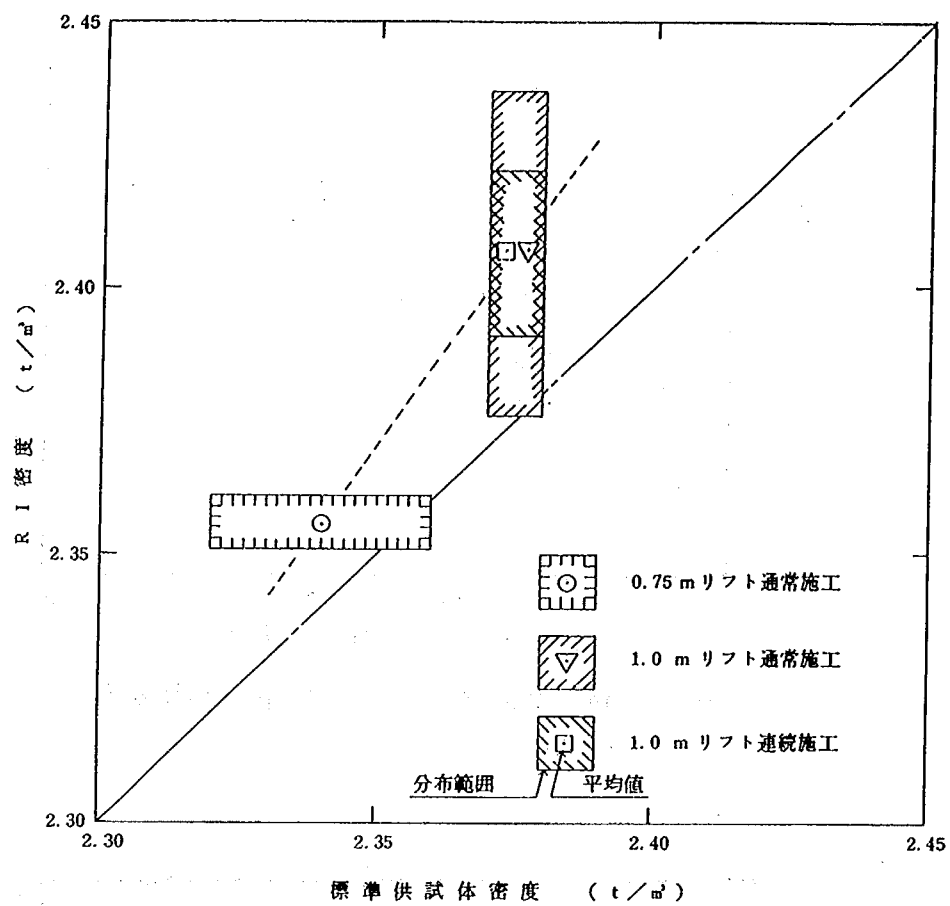


図-1.17 標準供試体密度と RI 密度

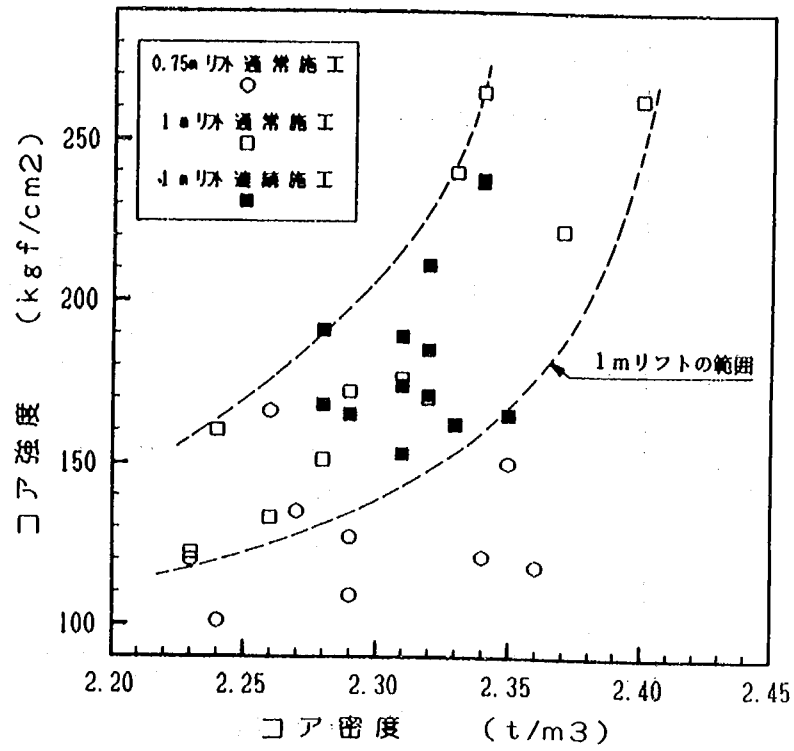


図- 1.18 コア圧縮強度とコア密度

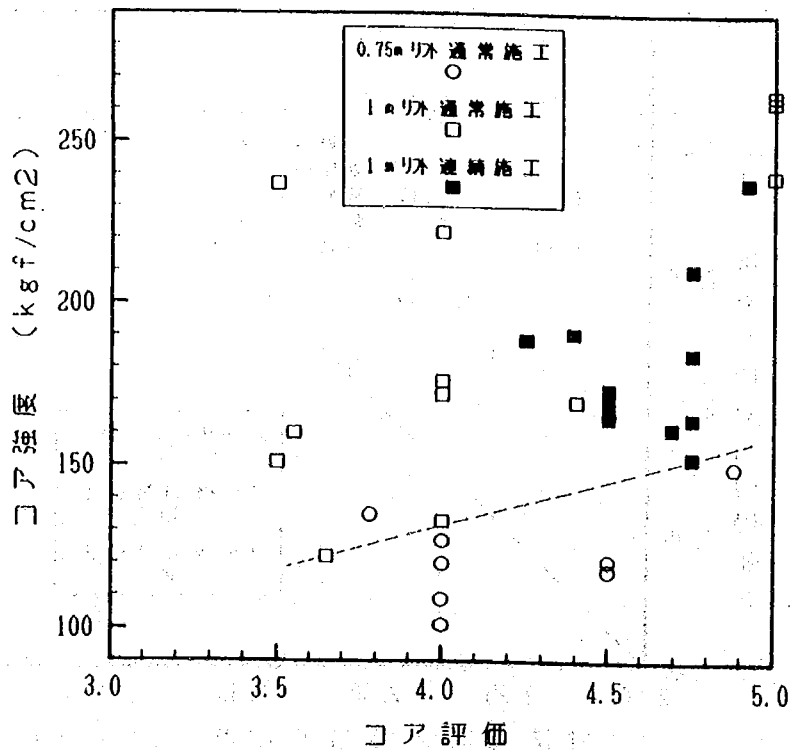


図- 1.19 コア圧縮強度とコア評価

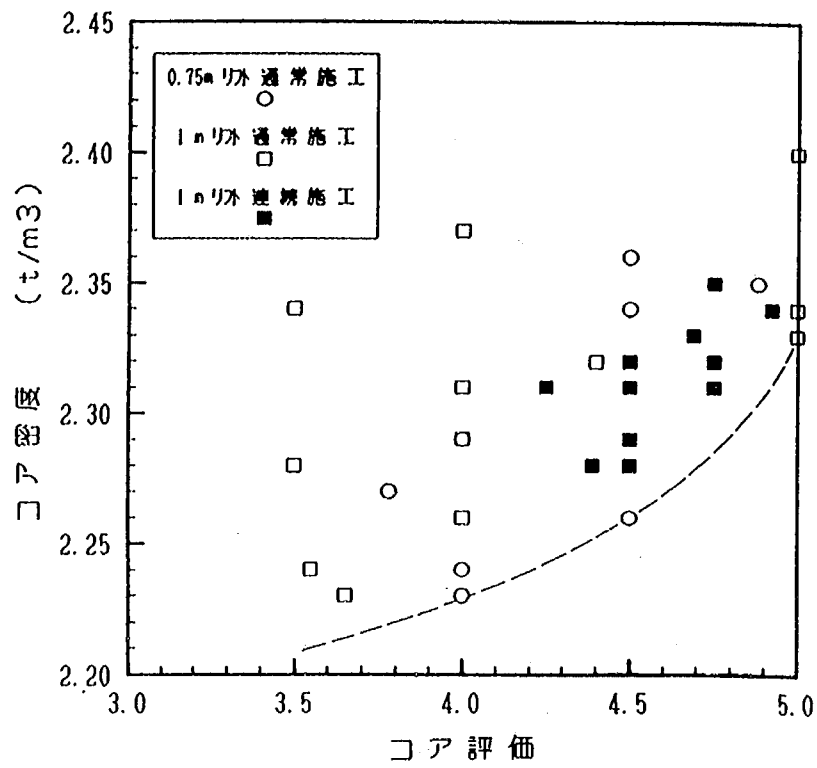


図-1.20 コア密度とコア評価

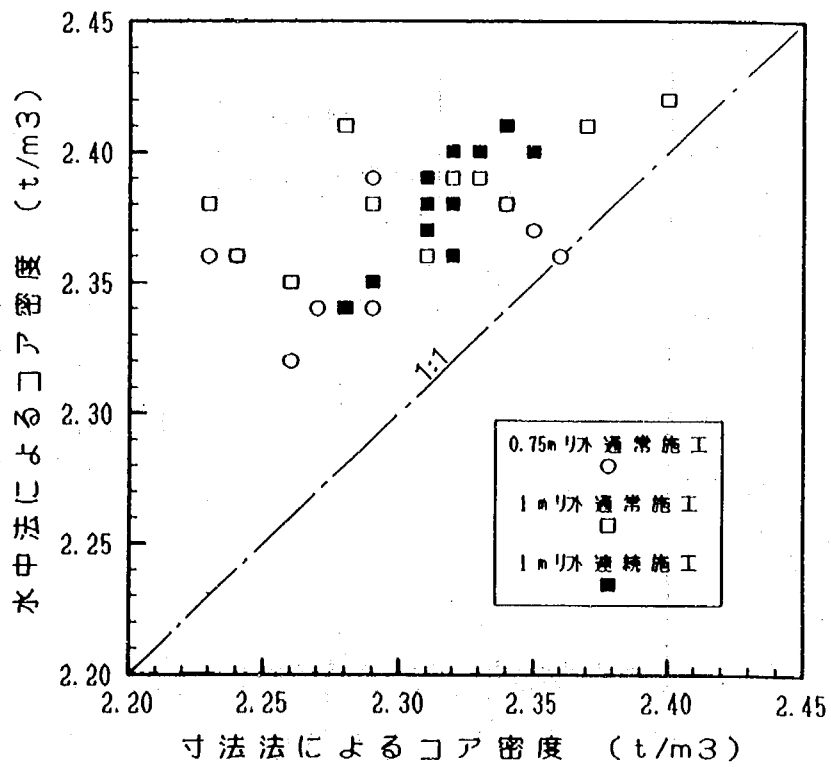


図-1.21 コア密度の比較

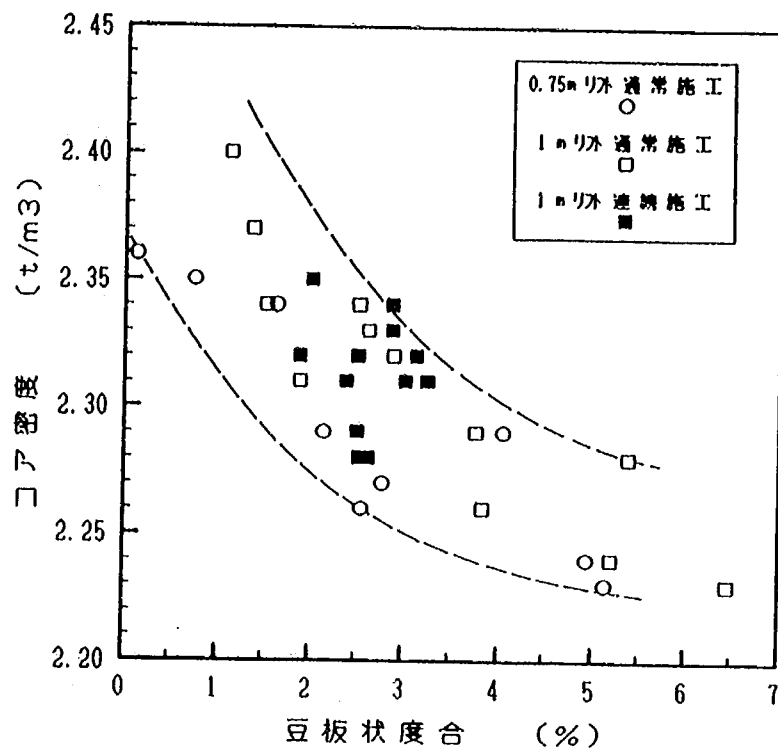


図- 1.22 コア密度と豆板状態合

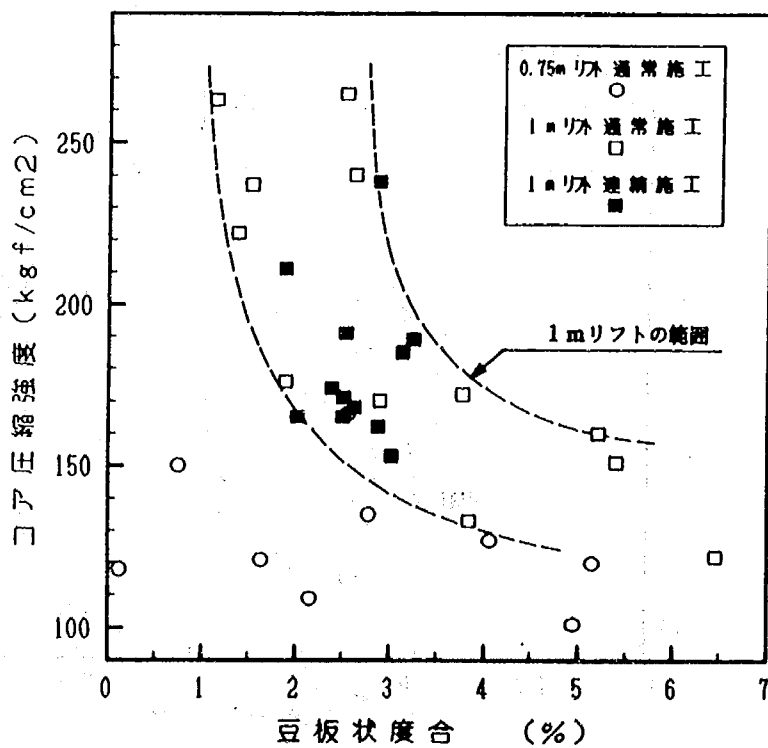


図- 1.23 コア圧縮強度と豆板状態合

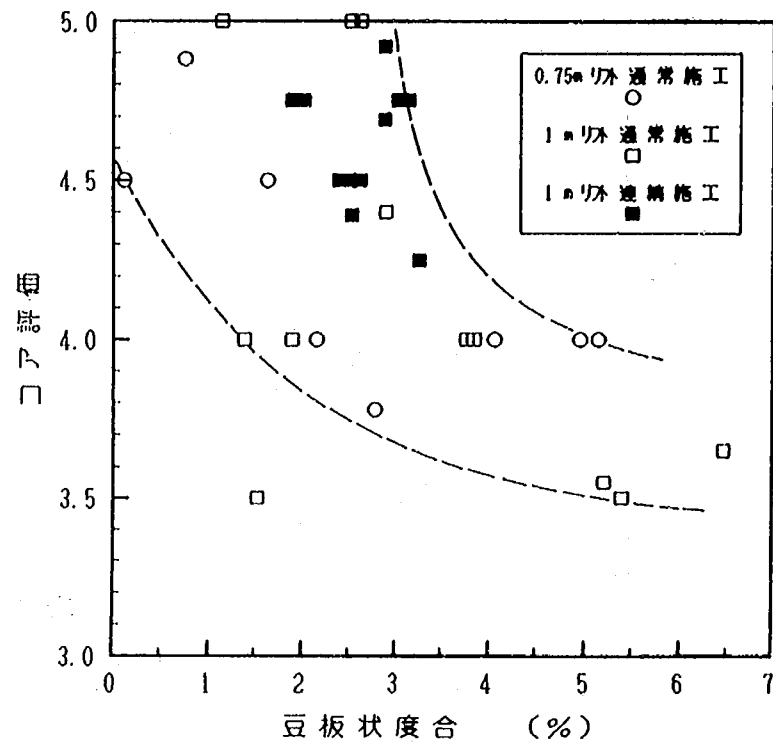


図-1.24 コア評価と豆板状度合

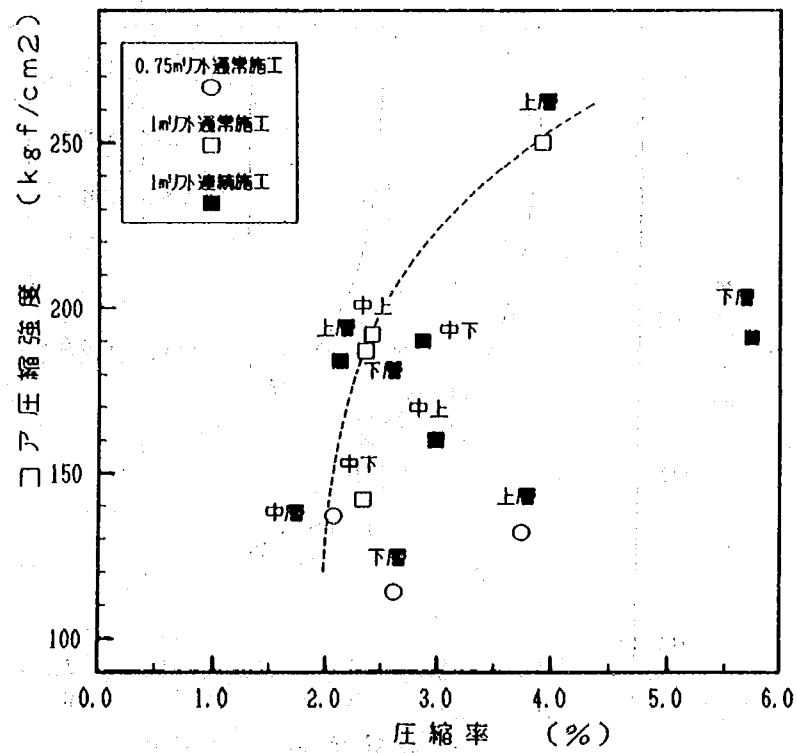


図-1.26 圧縮率とコア圧縮強度

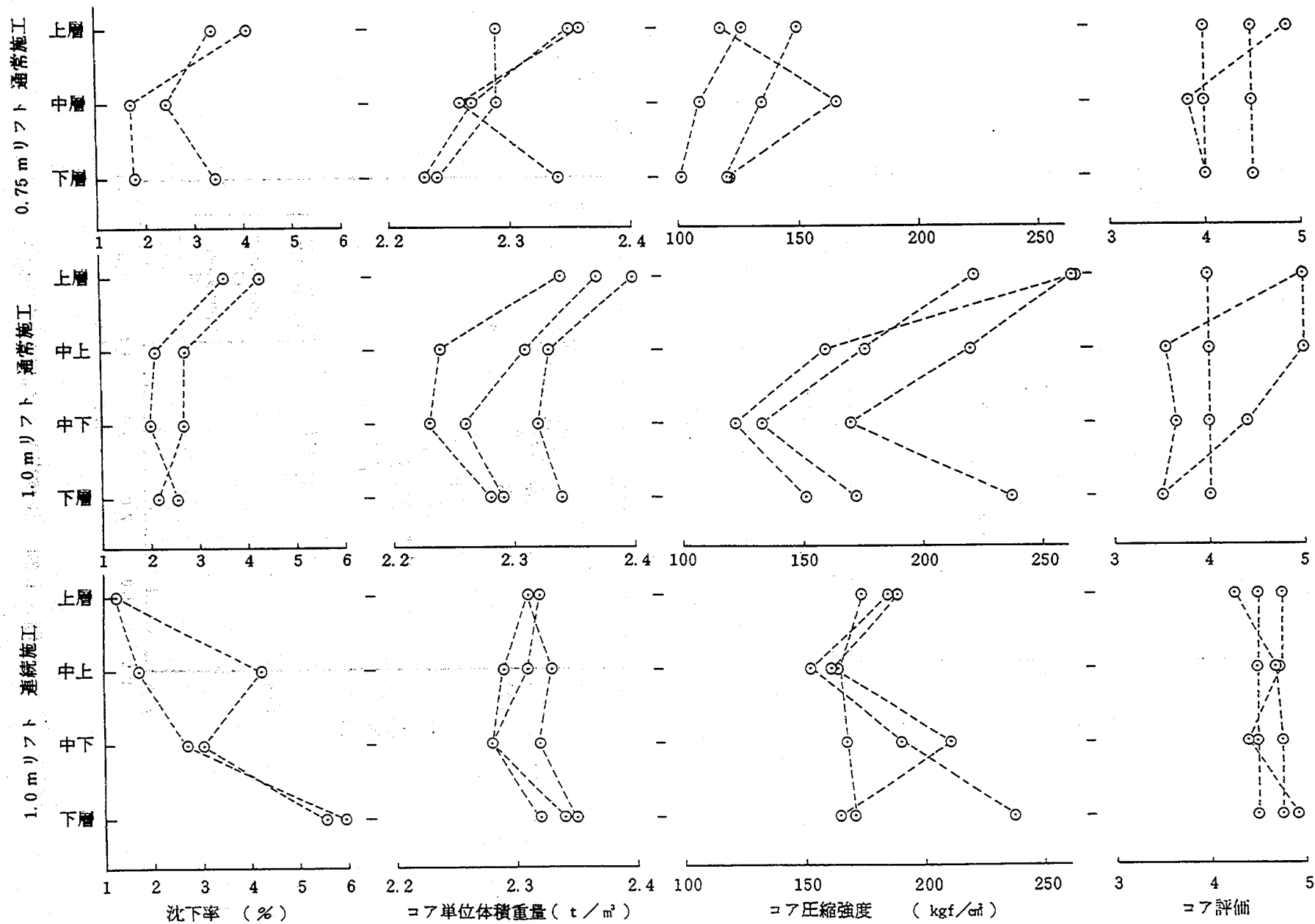


図 - 1.25 圧縮率およびコア強度特性

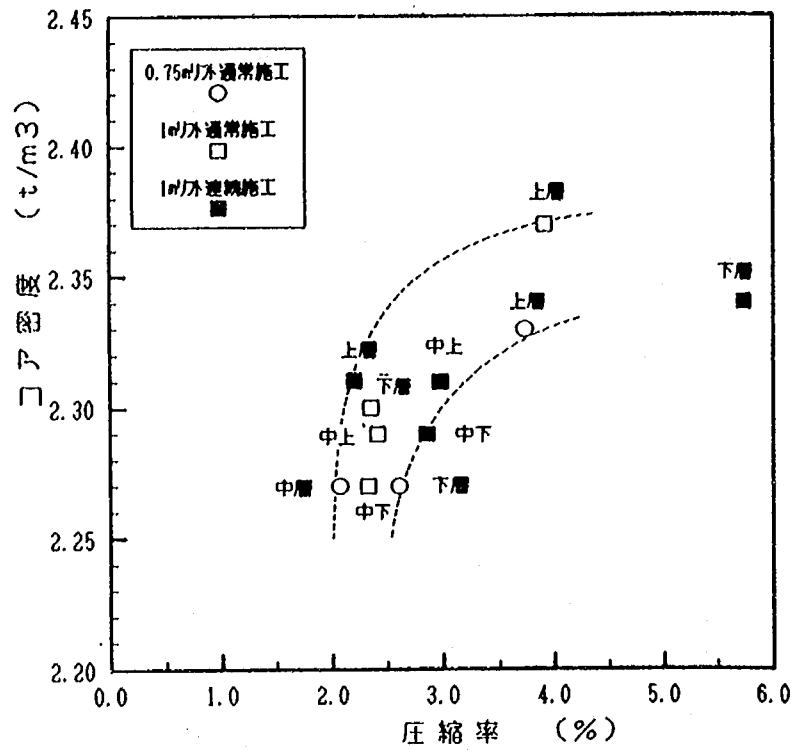


図- 1. 27 圧縮率とコア密度 (平均値)

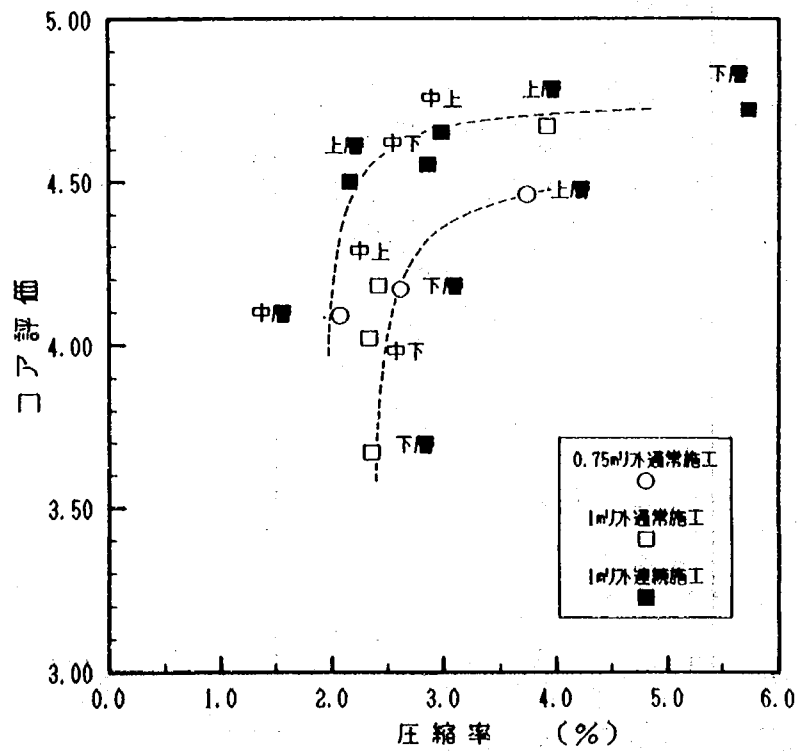


図- 1. 28 圧縮率とコア評価 (平均値)

2. 配合特性値 α , β , R_{pv} の確認試験

ローラ転圧コンクリートの配合特性を表わす定数のなかで、骨材の空隙に着目して提案されている定数に、 α , β ⁵⁾と、当研究室で提案している R_{pv} ³⁾というものがある。

α とは、ペースト容積と細骨材の空隙容積の関係より表現される定数で、ペースト細骨材空隙比と呼ばれ、 β とは、モルタル容積と粗骨材の空隙容積の関係より表現される定数で、モルタル粗骨材空隙比と呼ばれる。また、 R_{pv} は、ペースト容積と全骨材の空隙容積の関係より表現される定数で、ペースト空隙比と呼ばれる。

この配合特性値 α , β , R_{pv} の関係については既往に検討が行われており、単位水量との関係において R_{pv} は α と同様の傾向を示すとされる報告⁶⁾がなされている。ただし、検討されたデータ数が少なく、コンクリート特性との関係についての検討が少ない面もある。よって、ここでは、 α , β , R_{pv} の定数がそれぞれどのような関係にあるのかを明確にするとともに、圧縮強度、VC値などのコンクリート特性値との関係についても調査を行いとりまとめた。

2.1 骨材の締固め試験

配合特性値 α , β , R_{pv} を求めるためには、まず、各配合特性値ごとに対象とする骨材の締固め試験を行い、骨材の単位容積重量（以降、密度）を求めなければならない。しかし、骨材を締固める方法は多種多様であるとともに、締固め時間が骨材の締固まりの主な要因となる。つまり、骨材の密度の定義の範囲は広く、その密度値自体も試験方法によって違ってくる。 α , β は、VC試験装置を用いて細骨材、粗骨材をそれぞれ締固めるものとされ、その締固め時間は20secとする目安も示されている。 R_{pv} は、配合で定められている全骨材を、電気ハンマで締固めて密度が求められている。その締固め時間は、最大限締固めた場合とされ、特に限定されていないが、既往事例では120sec締固めた場合の密度が用いられている。

このように、骨材中の空隙をファクターとしてローラ転圧コンクリートの配合特性を表現しているにもかかわらず、その骨材の空隙容積を求めるための、骨材の締固め方法が明確になっていない。

よって、ここでは α , β , R_{pv} を求める前段階として、小型VC試験装置、大型VC試験装置、電気ハンマ、大型供試体作成装置の4種類の締固め装置を用いて、骨材の締固め試験を行い、それぞれの締固め装置による骨材の締固まり状態を確認した。

2.1.1 試験方法

表-2.1 に締固め装置の仕様を示す。締固める骨材は、細骨材、粗骨材と、全骨材で細骨材率が24～36%の6ケースの、合計8ケースで、締固め装置との組み合わせを表-2.2 に示す。

密度は、投入後(0sec), 10, 20, 40, 80, 120, 180sec締固めた時点での試料の平均高さを求めて、

体積 (V) を計算し、その体積で投入試料重量 (W) を除すことによって求めた。なお、試験は3回
行い、平均値を代表値とした。

使用した骨材は火山レキ凝灰岩で、細骨材の比重 $\rho_s = 2.57$ ，粗骨材の比重 $\rho_G = 2.64$ を示すもので、
図-2.1に粒度分布を示す。

2.1.2 細骨材の締固め試験

図-2.2に締固め時間と密度の関係を、図-2.3に締固め装置と密度の関係を示す。まず、締固め時
間と密度の関係をみると、各締固め装置ともに締固め時間10~20sec までに急激に密度が増加するこ
とが認められる。その後は緩やかに増加していき密度増加量が終束する傾向を示す。しかし、180sec
になるとまた密度が増加している。これは、120~180sec の間に粒子破碎が進行し、再度締固めが進
行したものと思われる。

締固め装置を比較してみると、投入時点で各装置による差が表れている。これは、各装置のモー
ルド容量の違いによるものと思われる。つまり、投入したときの試料の高さ(深さ)の差によるもので、
試料の自重によって締固められたものと考えらる。事実、内高の小さな小型VC振動台によるものが
一番小さな密度を示している。また、締固め時間の経過とともに密度は増加していき、120sec以降に
なると、電気ハンマと大型供試体作成装置による締固められた細骨材の密度の値は、ほぼ同値を示す。

ここで、図-2.4 に締固め時間と密度比の関係を示す。ここで密度比とは、投入時の密度を最小密
度(0)とし、120sec締固めた時点の密度を最大密度(100)として表した。これより、大型供試体作成
装置による締固め方法がよく締固まりやすいことを示し、電気ハンマによる締固めでは、多少締固ま
りにくいことを示している。しかし、3方法ともに締固め時間40secで密度比90%以上を示しているこ
とが認められる。

以上より細骨材の締固め試験を行った結果をまとめると、各装置による密度値では、小型VC試験
装置とその他2装置の差はあるものの、締固め時間による密度の増加率は、ほぼ同様の傾向を示すこ
とが分かった。

2.1.3 粗骨材の締固め試験

図-2.5に締固め時間と密度の関係を、図-2.6に締固め装置と密度の関係を示す。電気ハンマと大
型供試体作成装置では、締固め時間の増加と共に密度も増加している。しかし、大型VC試験装置に
よる締固めでは、40sec でピークに達しその後は多少減少し、ある値に終束する傾向を示す。これは、
各締固装置の試料の締固め方法の違いが表れたものと思われる。つまり、電気ハンマと大型供試体作
成装置はモールドに投入された試料を上部より加振することによって締固めているのに対し、大型
(小型)VC試験装置は、モールド自体が振動台に固定され、モールドに入った試料の上部に20kgの
載荷重用のおもりを載せて締固めが行われる。特に、大型VC試験装置のモールド断面積が、小型V
C振動台の4倍(容積は約7倍)あるにもかかわらず、上載荷重用おもりの重量が同じため、荷重が

相対的に小さなものとなっていることが、この現象の原因と思われる。ただし、密度の値をみてもと、大型VC振動台による最大の値は40sec 締固めた時の値で、 1.85 t/m^3 を超えている。これは、電気ハンマで180sec締固めても達しない値であり、大型供試体作成装置では80sec 程度締固めた場合の密度と同等の値である。

以上より、大型VC試験装置を用いて粗骨材を締固める場合には、その締固め時間の取り方に注意をはらう必要があることが認められる。また、電気ハンマによる締固めでは、大型供試体作成装置と比較し、締固めが進行していないようである。

2.1.4 全骨材の締固め試験

全骨材を締固める試験では、細骨材率 (S/a) 6ケースについて実施した。写真-2.1~2に骨材の状況を示す。

図-2.7に細骨材率と密度の関係を示し、図-2.8 に $S/a = 30\%$ における締固め時間と密度の関係を示す。特徴的なのが、大型VC試験装置による締固めのケースで、締固め時間20sec でピークに達した後は減少傾向を示し、締固め時間180secでは、投入のみ (0sec) の密度と大差ない値を示していることである。粗骨材の締固め試験の場合にも認められた現象であるが、今回の条件ではそれ以上に顕著に密度が減少する傾向を示している。

密度値を装置ごとに比較すると、大型供試体作成装置によるものが一番高い密度を示し、次に電気ハンマ、大型VC試験装置の順になる。ただし、締固め時間によって密度は異なるものであり、大型VC試験装置での最大値は20sec 締固め時の 2.12 t/m^3 で、この値は、電気ハンマによる40sec締固め時とほぼ同じ値である。

次に、細骨材率と密度の関係を調べてみる。試料投入時の密度で比較すると、細骨材率が大きくなるにつれ、大きな密度を示す傾向が認められる。これは、細骨材率が大きくなるということは細粒分が多くなるということであり、締固めエネルギーを加えない状態では、空隙が少ない状態を示すものと思われる。しかし、締固め時間が増加するに従い、 $S/a = 28 \sim 30\%$ 付近が一番高い密度を示すようになってくる。つまり、 $S/a = 28 \sim 30\%$ の粒度分布が締固まりやすい粒度であることを示している。

このように、大型供試体作成装置による骨材の締固めが、今回の装置のなかでは一番締固めやすいことがわかる。図-2.9 に、この装置における細骨材・粗骨材・全骨材 ($S/a = 30\%$) の締固め結果を間隙比で表したものを示す。間隙比の大きなものは、粗骨材で、次に細骨材、全骨材となっている。細骨材・粗骨材のみでは40~35%の値を示すのに、全骨材では15%と1/2~1/3の値となっている。

2.2 配合条件とコンクリート特性

表-2.3に材料の物性値、表-2.4に配合条件を示す。細骨材率(S/a)は24~34%の6ケース、水セメント比($w/C+F$)は65, 69, 73%の3ケースの組み合わせで、合計18ケース(以降、「細骨材率の検討」)である。また、単位水量(w)を変化させたケースとして、 $S/a=30\%$, $w/C+F=73\text{kg/m}^3$ の条件で w を73~110 kg/m^3 の範囲の6ケース(以降、「単位水量の検討」)について実施した。表-2.5に配合一覧を示す。

基本的には、工事用道路試験施工において実施するローラ転圧コンクリートの品質管理試験のために行ったVC試験、及び標準供試体による圧縮強度、密度の測定値を用いることとしているが、工事用道路試験施工において実施しない配合も存在し、その配合については、宮ヶ瀬ダム工事々務所の試験室において実施していただいたものである。

ローラ転圧コンクリートにおける配合条件の細骨材率あるいは単位水量と、VC値、圧縮強度、密度等のコンクリート特性値との関係については、多くの文献で報告されている。たとえば、細骨材率とVC値の関係では、 $S/a=30\%$ 付近で最小のVC値を示す傾向があるとか、単位水量とVC値の対数値とは直線関係にあることなどである⁷⁾。ただし、その傾向は使用する材料(セメント、フライアッシュ、骨材)等で多少異なるものであるから、今回の試験における配合条件と、コンクリート特性値の関係について調べておく必要があるし、配合特性値 α , β , R_{pv} を評価する時点での重要な資料となる。

なお、ここでのいう圧縮強度、密度は、40mmウェットスクリーニングして作成された標準供試体の値であり、材令は91日のものである。

2.2.1 細骨材率とコンクリート特性

図-2.10, 11, 12, 13に細骨材率とVCs値、エア一量、圧縮強度、密度(供試体)の関係を示す。

細骨材率とVCs値の関係では、 $w/C+F=65\%$ の配合条件において、 $S/a=28\sim30\%$ 付近で最小のVCs値を示すが、 $w/C+F=69, 73\%$ の配合条件では、細骨材率が小さくなるほどVCs値が小さな値を示す傾向が認められた。また、水セメント比が大きくなるにつれてVCs値が小さな値となっていることが認められる。

細骨材率とエア一量の関係では、細骨材率が大きくなるほどエア一量が大きくなる傾向が認められる。配合条件において、エア一量は $1.5\pm 1\%$ と規定されているが、 $S/a=32\%$ 以上ではこの規定値を満足できていない。また、水セメント比で比較すると、 $w/C+F=65\%$ のデータは多少ばらつきがあり、水セメント比の違いによる傾向が明確に認められないが、 $w/C+F=69\%$ と73%を比較すると、73%の方が全般に小さな値を示す傾向が認められた。

細骨材率と圧縮強度の関係を見ると、細骨材率が小さくなるほど圧縮強度が出現する傾向が認められる。また、水セメント比の違いによる圧縮強度の差は明瞭には認められない。

細骨材率と密度の関係をみると、細骨材率が小さくなるほど密度が大きくなる傾向が認められた。

ただし、 $w/C+F=65,73\%$ では、 $S/a=26\sim 28\%$ にピークがあるようにみえる。水セメント比を比較すると、 $S/a=24\sim 30\%$ の範囲では、 $w/C+F=65,69,73\%$ の順に小さな密度となっていく傾向を示すが、その関係は明瞭でない。

2.2.2 単位水量とコンクリート特性

図-2.14, 15, 16, 17 に、単位水量と VCs値、エア一量、圧縮強度、密度の関係を示す。

単位水量と VCs値の関係は、図に示すように対数関係にあり、 w と $\log(VCs)$ は直線関係で表現される。ちなみに、VCs値の標準的な管理値 $20\pm 10\text{sec}$ の範囲にある単位水量は $90\sim 100\text{kg/m}^3$ となる。

単位水量とエア一量の関係は、単位水量が多くなるほどエア一量が多くなることが認められた。ただし、そのエア一量は多くても 2% 程度であり管理値 $1.5\pm 1\%$ の範囲内である。

単位水量と圧縮強度の関係は、明瞭なピークが認められ、 $w=95\text{kg/m}^3$ でピーク値を示す。

単位水量と密度の関係では、値のばらつきがあるものの、 $w=95\text{kg/m}^3$ にピークがみられ、圧縮強度と同様の関係を示している。

以上、単位水量と、コンクリート特性値には密接な関係が認められることが分かった。

2.2.3 コンクリート特性値間の関係

細骨材率および単位水量との関係で整理していたコンクリート特性値の VCs値、エア一量、圧縮強度、密度について、ここでは、それらコンクリート特性値間の関係についてとりまとめたものである。

図-2.18にエア一量と VCs値の関係について示す。「細骨材率の検討」データと、「単位水量の検討」データは、同様の傾向を示していない。「単位水量の検討」データは、エア一量が少なくなるほど VCs値が大きくなる傾向を示しているのに、「細骨材率の検討」データでは、エア一量が多くなるほど、VCs値が大きくなる傾向を示す。また図中に破線で示すとおり水セメント比 $65,69,73\%$ のデータは区分できる。

図-2.19に圧縮強度と VCs値の関係を示す。「単位水量の検討」データでは、VCs値が大きくなるにつれ圧縮強度が大きくなり VCs値 20sec 程度で最大値を示す。しかし、VCs値が 20sec より大きくなると、圧縮強度は低下していく。「細骨材率の検討」データは、VCs値が 10sec 程度以上のものばかりであるが、VCs値が小さくなるほど (VCs値が $10\sim 20\text{sec}$ になると) 圧縮強度が大きくなる傾向が認められる。

図-2.20に密度と VCs値の関係を示す。「単位水量の検討」データでは、密度と VCs値に相関性はあまり認められない。ただし、VCs値が 10sec 以下になると、VCs値の減少とともに密度の減少傾向が認められる。「細骨材率の検討」データでも、あまり相関性は認められないが、破線で示すように、水セメント比ごとに区分すると VCs値が小さくなるにつれ (最小の VCs値は 10sec 程度) 密度が増加する傾向が多少認められる。

図-2.21にエアー量と圧縮強度の関係を示す。「細骨材率の検討」データでは、破線で示すようにエアー量が少なくなるほど、圧縮強度が大きくなる傾向が認められる。しかし、「単位水量の検討」データは、そのような傾向は認められない。

図-2.22にエアー量と密度の関係を示す。これも、「細骨材率の検討」データでは、破線で示すような傾向が認められ、エアー量が多くなると密度は小さくなる傾向を示す。

図-2.23に圧縮強度と密度の関係を示す。「細骨材率の検討」データでは、破線で示すような傾向が認められ、密度の減少とともに圧縮強度が減少していく。ただし、「単位水量の検討」データでは、あまりその関係は認められない。

以上の結果をまとめると、次のようになる。

- ① 「細骨材率の検討」データと「単位水量の検討」データでは、そのコンクリート 特性値間の関係の傾向が異なる。
- ② 各コンクリート特性値間で、相関性の強いと思われるものは、
「細骨材率の検討」データ …… VCs値と圧縮強度、エアー量と圧縮強度、密度と圧縮強度。
「単位水量の検討」データ …… VCs値と圧縮強度。VCs値とエアー量。
- ③ ただし、「細骨材率の検討」データでは、おおむね全ての関係で相関性は認められ、VCs値と密度、VCs値とエアー量の関係は、単位水量の違いで区分することができた。

2.3 配合特性値 α , β , R_{pv}

「2.1 骨材の締固め試験」の結果をうけて、ここでは、配合特性 α , β , R_{pv} の値を求めるとともに、その配合特性値とコンクリート特性の関係についてとりまとめた。

2.3.1 配合特性値の決定

(1) 配合特性値の決定

配合特性値 α , β , R_{pv} は、(2.1) 式で定義される。

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{\text{ペースト容積}}{\text{細骨材の空隙容積}} = \frac{W/\rho_w + C/\rho_c + F/\rho_F}{(1/W_s - 1/\rho_s) \cdot S} \\ \beta &= \frac{\text{モルタル容積}}{\text{粗骨材の空隙容積}} = \frac{W/\rho_w + C/\rho_c + F/\rho_F + S/\rho_s}{(1/W_g - 1/\rho_g) \cdot G} \\ R_{pv} &= \frac{\text{ペースト容積}}{\text{全骨材の空隙容積}} = \frac{W/\rho_w + C/\rho_c + F/\rho_F}{\left(\frac{G+S}{W_{G+S}} - \frac{S}{\rho_s} - \frac{G}{\rho_g} \right)}\end{aligned}\quad \text{----- (2.1)}$$

ここに、

W, C, F, S, G : コンクリート中の水、セメント、フライアッシュ、細骨材、粗骨材の単位重量 (t/m^3)

$\rho_w, \rho_c, \rho_F, \rho_s, \rho_g$: 水、セメント、フライアッシュ、細骨材、粗骨材の比重

W_s, W_g, W_{G+S} : 細骨材、粗骨材、全骨材の密度 (t/m^3)

この式の中で、各材料の単位重量は配合条件で求められ、各材料の比重は材料試験より求められるものであり、何ら問題も生じないが、骨材の密度を求める方法については、各配合特性ともに明確な定義がなされていない。

つまり、 α , β を求めるための細骨材、粗骨材・粗骨材の密度は「十分に締固めた場合」⁵⁾とされ、 R_{pv} を求めるための全骨材の密度は「配合中の骨材のみを最大締固めた時」³⁾などと定義されている。

よって、ここでは、「2.1 骨材の締固め試験」で求められた、各締固め装置による骨材の締固まり傾向などを評価して、配合特性 α , β , R_{pv} を求めるための、骨材の密度の求め方について検討を加え、配合特性 α , β , R_{pv} の値を求めたものである。

まず、 α , β を求めるための細骨材、粗骨材の締固め方法は JISA1104 「骨材の単位容積重量及び実績率試験方法」によるものとされるが、現実に近い方法として VC 試験装置を用いるのがよいのではないかとされ、細骨材は小型 VC 試験装置、粗骨材は大型 VC 試験装置を用いて 20sec 締固めた時の

値を密度として、 α 、 β を求めている場合がある。今回の骨材の締固め試験によれば、VC試験装置で20sec締固めた時で細骨材では密度比80%以上を示し、また粗骨材では20~40secで最大値を示す結果が得られている。よって、細骨材、粗骨材の密度は、VC試験装置を用いて20sec締固めた場合の値を用いてもよいと思われる。

R_{pv} を求めるための全骨材の締固め方法は、既往例では、電気ハンマにより120sec締固めた時の値を全骨材の密度としている。しかし、その試験での骨材の最大粗骨材寸法(G_{max})は80mmであったが、今回の骨材の G_{max} は150mmであり、電気ハンマで十分締固められるかが疑問であった。締固め試験結果によれば、大型供試体作成装置による締固め方法が一番よく締固められることが認められ、電気ハンマによるものは、 $0.1t/m^3$ 程度大型供試体作成装置による密度より低い値を示している。また大型VC試験装置によるものは、粗骨材と同様に20sec程度で最大値が表されるが、その後は減少傾向を示して、緩んでいく傾向を表している。細骨材、粗骨材の密度を求める装置と同一の締固め装置で全骨材を締固めて密度を求めることが、試験方法の統一ということで重要なことなのかもしれないが、上記のとおり大型VC試験装置によるものは0~20secの範囲で最大値を示すにもかかわらず、測定は20secだけであること。また、その値は、大型締固め装置による値に比べ、小さな値であること等より、 R_{pv} を求めるときに必要となる全骨材の密度は、大型供試体作成装置によるものとした。

次に締固め時間であるが、大型供試体作成装置による振動エネルギーは、振動ローラによる締固めエネルギーと比較的同様であるということより、振動ローラによる締固めエネルギー約 $450kgf \cdot cm/cm^2$ となる締固め時間を計算すると⁹⁾、 $1900r \cdot p \cdot m$ で約60secとなる。また、「最大限締固めた時」となれば、80~180sec程度と思われる。

よって、今回の締固め時間のなかでは、80、120、180secの3つの時間が考えられる。まず、180secであるが、振動ローラ転圧エネルギーを考えると約3倍の締固め時間となることより考えて、多少締固めすぎると考えられるし、120~180secの密度増加は小さなものである。120secと80secの比較であるが、前述の振動ローラの締固めエネルギーから考えると60sec程度の締固め時間であることより、80secでも十分と考えられる。しかし、ここでは、全骨材の密度の求めかたの定義の「最大限締固めた時」を考慮し、120sec締固めた時の密度を全骨材の密度とすることとした。

以上の結果より、表-2.6に各配合特性値と骨材の締固め方法、表-2.7に α 、 β 、 R_{pv} の値を示す。

(2) 配合条件と配合特性値

図-2.24に、細骨材率と配合特性値 α 、 β 、 R_{pv} の関係を、図-2.25に単位水量と α 、 β 、 R_{pv} の関係を示す。

細骨材率と配合特性値の関係は、細骨材率は24~34%の範囲であるが、細骨材率が大きくなるにつれ α は小さく、 β は大きくなっていく。これは、単位体積あたりの細骨材容量(S)が多くなっていくため、この S は、 α では分母に β では分子の項にあるためである。 R_{pv} は $S/a=30\%$ 付近で最大値を示すようであり、その時の R_{pv} の値は1.0の値を示す。ただし、 $S/a=24\%$ では0.95、 $S/a=3$

4%では0.93の値を示し、 R_{pv} の値の分布範囲はせまいものである（ α では、1.4～1.0、 β では1.2～1.7）。

R_{pv} の最大値を示す細骨材率（ $S/a=30\%$ ）での、 α 、 β の値はそれぞれ1.25、1.52の値を示す。その値は、既往ダムの示方配合の実績例（以降、実績例）から求められる α 、 β の値の範囲内（ $\alpha=1.1\sim 1.4$ 、 $\beta=1.2\sim 1.6$ ）の値⁹⁾であることがわかる。逆に、その実績例の値の範囲にある細骨材率を調べてみると、 $S/a=26\sim 30\%$ の範囲となる。

単位水量と配合特性値の関係は、 R_{pv} は α と同様の傾向を示すことが認められる。また、 R_{pv} 、 α 、 β は単位水量が多くなるにつれ、値が大きくなっていく。これは、 $w/C+F=一定(73\%)$ の条件のため、単位水量の w が多くなるにつれ $C+F$ も多くなり、各配合特性値を表す式の分子の項が多くなるからである。また、 w 、 $C+F$ が多くなるにつれ骨材の単位容積は少なくなり、各配合特性値の分母の項が少なくなるからである。ただし、 β では分子にも細骨材の単位量の項があるため、 α 、 R_{pv} に比較しその値の増加は小さい。

(3) 配合特性値間の関係

この配合特性値 α 、 β 、 R_{pv} がどのような関係にあるか調べてみた。図-2.26に α 、 β の関係、図-2.27に α と R_{pv} の関係、図-2.28に β と R_{pv} の関係を示す。図中白ヌキのマークは細骨材率の比較で求まる値で、黒塗りのマークは単位水量の比較で求まる値である。

α と β の関係では、単位水量が多くなるほど、 α が大きくなり β ともに大きな値を示し、細骨材率が小さくなるほど α が大きくなり β が小さくなる傾向を示し、 $S/a=26\%$ 付近で α 、 β がほぼ同じ値を示した（ $w/C+F$ が65～73%の範囲では）。

既往の実績例から示される α 、 β の範囲内の単位水量を調べてみると、 α では $w=95\text{kg/m}^3$ 以上、 β では $w=102\text{kg/m}^3$ 以下となり、 α 、 β 両方を満足する範囲は $W=95\sim 102\text{kg/m}^3$ となる。また、その単位水量の範囲の R_{pv} は1.05～1.10の値を示す。

α と R_{pv} の関係では、単位水量が多くなるにつれ α 、 R_{pv} ともに大きな値を示す傾向が認められた。また、細骨材率が大きくなるにつれ α は小さくなり、 R_{pv} は大きくなる傾向があるが、それは $S/a=30\%$ 付近までで、 $S/a=32.34\%$ となると R_{pv} は小さくなっていく。また、 $S/a=32.34\%$ になると $w/C+F=65, 69, 73\%$ のケースすべてにおいて、 α と R_{pv} の関係は同一の直線上に分布すること、つまり、細骨材率が大きくなるにつれて、 α と R_{pv} は小さな値となっていく傾向を示している。

β と R_{pv} の関係では、 α と同様に単位水量が多くなるにつれて β 、 R_{pv} ともに大きくなる傾向を示すが、 R_{pv} の増加分に比較し β の増加分は小さい。

2.3.2 配合特性値とコンクリート特性

(1) 配合特性値とVCS値

図-2.29に α , β , R_{pv} とVCS値の関係を示す。「単位水量の検討」において、 α , β , R_{pv} とVCS値の対数値との間には直線関係が明確に認められる。VCS値20sec $\pm$ 10の範囲にある値は $\alpha=1.10\sim1.22$, $\beta=1.50\sim1.55$, $R_{pv}=0.96\sim1.05$ となる。次に「細骨材率の検討」との関係を見ると、「単位水量の検討」との関係の傾向と異なり、あまり相関性は認められない。VCS値20 $\pm$ 10secの範囲にある配合特性値の値は、 $\alpha=1.0\sim1.4$, $\beta=1.2\sim$ となる（ただし、ある傾向は多少認められ、VCS値のばらつきなどを考慮してみると $\alpha=1.1\sim1.4$, $\beta=1.2\sim1.5$ 程度とみることもできそうである）。 R_{pv} は、 α , β と異なり、おおむね「単位水量の検討」データの直線付近に分布している。よってVCS値20 $\pm$ 10secの範囲にあるデータの分布範囲はせまく、 $R_{pv}=0.9\sim1.0$ 程度の分布範囲を示す。

(2) 配合特性値とエア一量

図-2.30に α , β , R_{pv} とエア一量の関係について示す。「細骨材率の検討」では、 α と R_{pv} は反比例関係にあり、「単位水量の検討」では、比例関係にあることが認められた。つまり、細骨材率が小さくなるにつれエア一量が少なくなっていることを表している。 $\alpha=1.1\sim1.4$ の範囲にあるエア一量は、0.5 $\sim$ 2.5%の範囲の値を示すことが認められる。

β とエア一量の関係では、「細骨材率、単位水量の検討」ともに相関関係が認められた。つまり、 β が大きくなる（細骨材率が大きく、単位水量が多くなる）ほどエア一量は多くなることを示している。 $\beta=1.2\sim1.6$ の範囲にあるエア一量は、0.5 $\sim$ 2.5%の範囲の値を示すことが認められる。

R_{pv} とエア一量の関係では、「単位水量の検討」では相関関係が認められるが、「細骨材率の検討」では、認められない。

(3) 配合特性値と圧縮強度

図-2.31に α , β , R_{pv} と圧縮強度の関係について示す。「細骨材率の検討」と、「単位水量の検討」では異なる傾向を示す。「単位水量の検討」は、各配合特性値ともにある値でピークが生じている。つまり、単位水量との関係において α , β , R_{pv} が直線関係にあるからで、 $w=95\text{kg/m}^3$ の条件で最も大きな圧縮強度を示している。「細骨材率の検討」では、各配合特性値ごとに異なった傾向を示す。 α と圧縮強度の関係においては、 α が大きくなるほど圧縮強度が大きくなり、 β との関係においては、 β が小さくなるほど圧縮強度は大きくなる。また、 R_{pv} との関係においては、あまり相関が認められない。

(4) 配合特性値と密度

図-2.32に α , β , R_{pv} と密度の関係を示す。これも圧縮強度と同様の関係を示した。つまり、「単位水量の検討」では、各配合特性ともにある値($w=95\text{kg/m}^3$)でピーク値を示し、「細骨材率の検討」では、配合特性値で異なった傾向を示した。 α と密度の関係においては、 α が大きくなるほど密度も大きくなる傾向を示す。しかし、 α が1.2以上になるとその傾向はあまり認められなくなる。 β と密度の関係においては、 β が小さくなるほど密度が大きくなる傾向が認められる。また R_{pv} との関係においては、あまり相関性は認められない。

(5) 分布範囲

図-2.33にコンクリート特性値と配合特性値の分布範囲について示す、ここで、コンクリート特性値の範囲は以降のように考えた。VCs値は、VC試験での標準的な管理値である $20\pm 10\text{sec}$ 、エア量は、示方配合の規定範囲値より $\pm 0.5\%$ せばめ $1.5\%\pm 0.5\%$ の範囲、圧縮強度、密度については最大値あるいは、「単位水量の検討」の最大値程度を目安とした。

この図より、「細骨材率の検討」では、 α は1.15以上、 β は1.5以下、 R_{pv} は0.9以上の範囲において、想定されたVCs値を満足し、圧縮強度、密度も十分な値を示すことがわかる。また、「単位水量の検討」では、配合特性値の分布範囲もせばまり、 α は1.1~1.2、 β は1.50~1.55、 R_{pv} は0.95~1.05の分布範囲で、VCs値を満足し、圧縮強度、密度も一番高い値を示すことがわかる。

2.4 まとめ

2.4.1 骨材の締固め試験

- ① 細骨材の締固め試験では、密度値で比較すると、小型VC試験装置による値とその他2装置による値には差が認められた。しかし、締固め時間の増加に伴う密度の増加率は、各装置ともにほぼ同様の傾向を示し、締固め時間20secで密度比80%以上の値を示す。
- ② 粗骨材の締固め試験では、大型VC試験装置による締固まり傾向が、他の装置によるものと異なる傾向を示した。つまり、締固め時間の増加とともに、密度が増加していくのが一般的な傾向であるのに、この装置によるものは、締固め時間20~40secにピークが生じ、それ以降は、締固め時間の増加にともない、密度が減少（体積が増加していく）し、ピーク値より低い値で終束する傾向を示した。ただし、そのピーク値は、大型供試体作製装置による80secの締固め時間で密度と同等の値であり、電気ハンマによる締固めでは180sec締固めても達しない値である。
- ③ 全骨材($S/a = 24 \sim 34\%$ の6ケース)の締固め試験では、粗骨材の締固め試験で認められたように、大型VC試験装置による締固まりの傾向が、他の2装置によるものと異なった。締固め時間0~20secの間にピークに達し、それ以降は、締固め時間の増加にともない、密度が減少していく。3装置のなかでは、大型供試体作製装置によるものが、一番締固めやすいと思われる。
- ④ 細骨材率と密度の関係を調べてみると、投入時(0sec)では、細骨材率が大きいものほど、高い密度を示す傾向が認められた。しかし、締固め時間の増加にともない、その傾向は認められなくなり、 $S/a = 28 \sim 30\%$ 付近の密度が高くなる。その傾向は、大型供試体作成装置によるものでは、締固め時間80sec程度から顕著となってくる。
- ⑤ 以上の結果より、骨材の締固め試験に適した装置を選択してみる。粗骨材、全骨材を締固める場合には、骨材の締固まりやすさから評価すると、大型供試体作成装置がすぐれる。細骨材の締固め試験では、試験に用いる細骨材容量が最も少ない小型VC試験装置で十分と考えられる。
また、大型VC試験装置によって、粗骨材、全骨材の締固め試験を行う場合には、締固め時間20secまでの間に最大値が生じていることより、締固め初期の時間の管理が重要と思われる。

2.4.2 配合条件とコンクリート特性

① 細骨材率とコンクリート特性の関係について

圧縮強度、密度は、細骨材率(S/a は24~34%の範囲)の減少にともない、大きな値となる傾向が認められた。

VCs値は、水セメント比の違いによって傾向が異なり、 $W/C+F=65\%$ では、 $S/a = 28 \sim 30\%$ 付近で最小値を示すが、 $W/C+F=69.73\%$ では、細骨材率が小さくなるとともにVCs値も小さくなる傾向を示した。また、全般的に水セメント比が小さなものほど、VCs値は大きな値を示すようである。

エア量は、細骨材率が大きくなるとともに多くなる傾向を示した。

② 単位水量とコンクリート特性の関係について

圧縮強度、密度は $W=95\text{kg/m}^3$ で最大値を示した。

VCs値は、単位水量が少ないほど大きな値を示し、単位水量とVCs値の対数値は直線関係にある。ちなみに、VCs値20secのときの単位水量は 95kg/m^3 である。

エア一量との関係では、単位水量が多くなるほどエア一量も多くなる傾向を示した。

③ コンクリート特性値間で相関性が強いと思われるものは、VCs値と圧縮強度、エア一量と圧縮強度、密度と圧縮強度、VCs値とエア一量などである。ただし、「細骨材の検討」と、「単位水量の検討」では、その傾向が多少異なる。

2.4.3 配合特性値 α 、 β 、 R_{pv}

① 配合特性値を求めるために必要となる骨材の密度の求め方について、次のように定めた。細骨材は、小型VC試験装置で20sec締固めた場合。粗骨材は、大型VC試験装置で20sec締固めた場合。全骨材は、大型供試体作成装置で120sec締固めた場合とした。

② 細骨材率($S/a=24\sim34\%$)と配合特性値の関係について

細骨材率が大きくなるにつれ α は小さく、 β は大きな値となっていく。つまり、 α と β は、反比例関係にある。 R_{pv} は、 $S/a=30\%$ を最大値とする曲線関係で表現された。細骨材率の増減によって、最も配合特性値が変化するのは β であり、変化の少ないのが R_{pv} である。

③ 単位水量($w=73\sim110\text{kg/m}^3$)と配合特性値の関係について

単位水量と配合特性値 α 、 β 、 R_{pv} は直線関係にある。つまり、 α 、 β 、 R_{pv} それぞれの関係も、直線関係にある。単位水量の増減によって、配合特性値が変化するのは α と R_{pv} であり、変化の少ないのは β である。

④ 配合特性値 α 、 β 、 R_{pv} とVC値の対数値には、直線関係がある(単位水量の検討データ)。
VCs値 $20\pm10\text{sec}$ の範囲の値をみると、 $\alpha=1.1\sim1.22$ 、 $\beta=1.5\sim1.55$ 、 $R_{pv}=0.9\sim1.05$ の値となる。

⑤ 配合特性 α 、 β 、 R_{pv} とエア一量の関係において、「細骨材率の検討」と、「単位水量の検討」は異なる傾向を示した。つまり、「単位水量の検討」では、 α 、 β 、 R_{pv} ともに、配合特性値が大きくなるにつれ、エア一量は多くなる傾向を示すのに、「細骨材率の検討」では、 α が小さくなるにつれエア一量が多くなる傾向を示し、 R_{pv} は、エア一量が1.55%程度で R_{pv} が最大値を示すような傾向を示した。

⑥ 配合特性値 α 、 β 、 R_{pv} と圧縮強度との関係において、「細骨材率の検討」と、「単位水量の検討」は、異なる傾向を示した。つまり、「単位水量の検討」では、 $\alpha=1.14$ 、 $\beta=1.52$ 、 $R_{pv}=1.00$ で最大値を示すのに、「細骨材率の検討」では、 α が大きくなるにつれ(β が小さくなるにつれ)、圧縮強度が大きくなっていく傾向を示した。

⑦ 配合特性 α 、 β 、 R_{pv} と密度の関係は、圧縮強度との関係とほぼ同様の傾向を示した。

表-2.1 締固め装置の仕様

	骨材の状態	モールド	締固め仕様
VC振動台 (小型)	骨材は、絶乾状態で1層詰め (突固めなし)	内径 240mm 内高 220mm	振動数 3000vpm 全振幅 1mm 載荷重量 20kg
VC振動台 (大型)		内径 480mm 内高 400mm	
電気ハンマー		500×500 ×800mm	全負荷打撃数 850打撃/分 本体重量 30kg 加圧盤直径 約29cm
大型供試体試験装置		内径 500mm 内高 450mm	形式 2軸偏心 振動数 1900 (vpm) 片振幅 1.2 (mm) 起振モーメント 77.0 (kg・cm) 起振力 3109 (kg) 起振部重量 648 (kg) 締固め板径 ϕ 480 (mm)

表-2.2 骨材と締固め装置

	細骨材	粗骨材	全骨材 (S/a 6ヶ-ス)
VC振動台 (小型)	○	—	—
VC振動台 (大型)	—	○	○
電気ハンマ	○	○	○
大型供試体試験装置	○	○	○

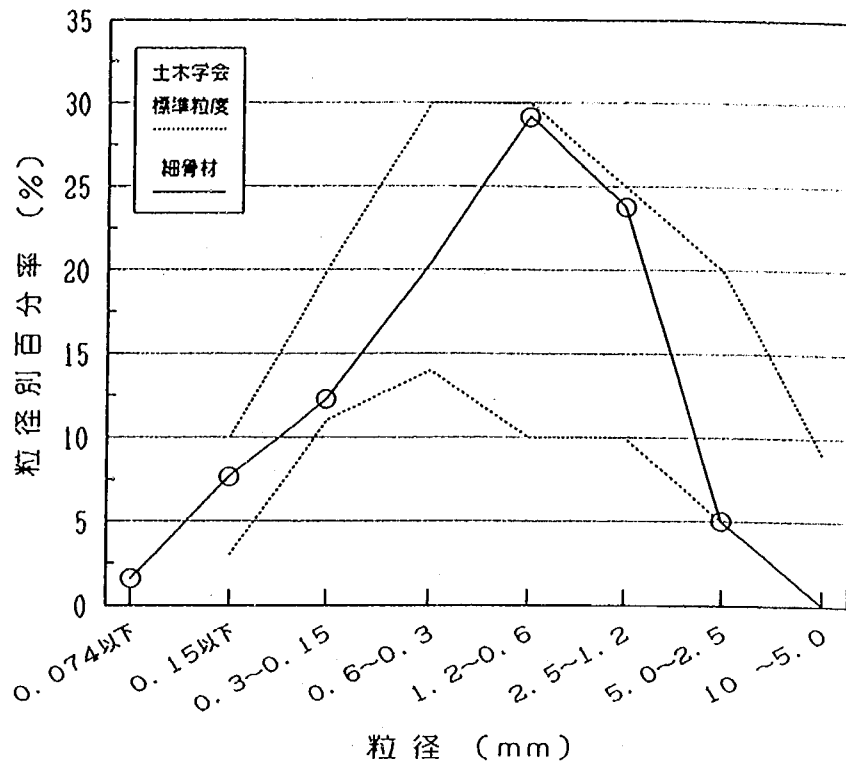


図- 2.1. a 細骨材の粒度分布

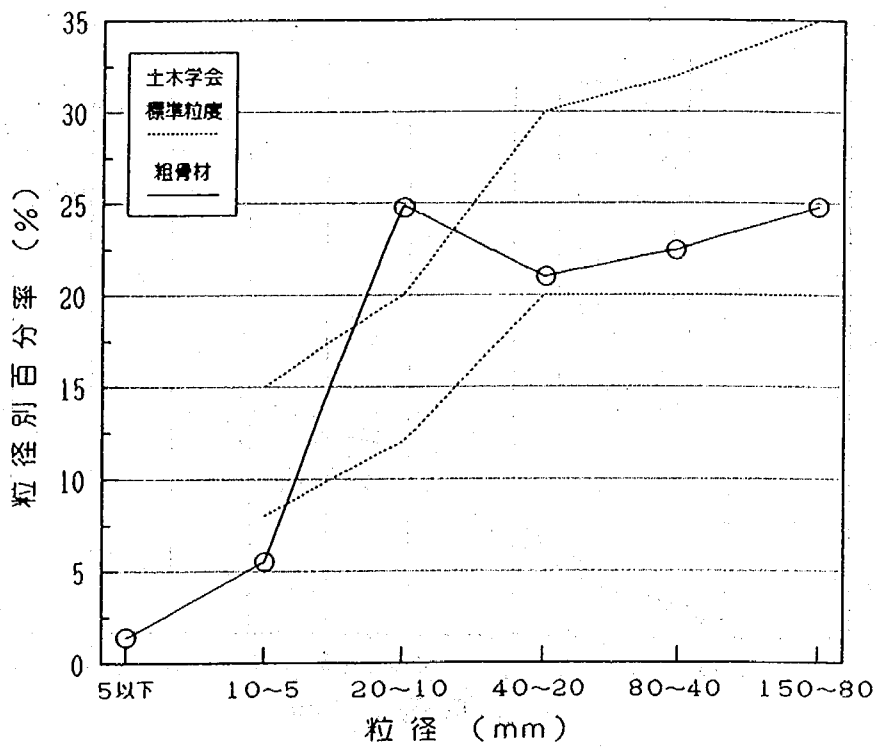


図- 2.1. b 粗骨材の粒度分布

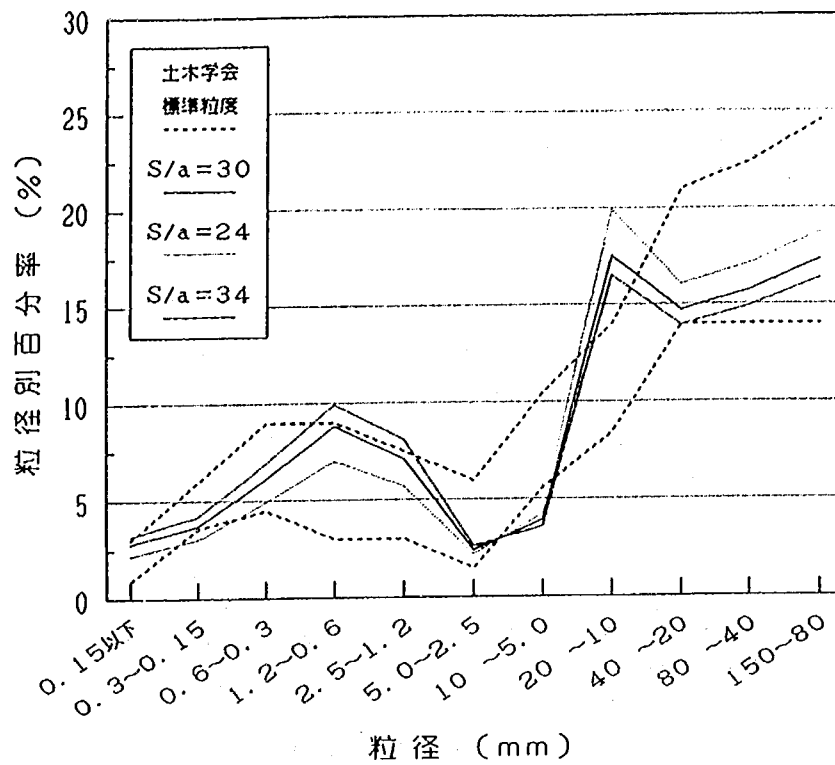


図-2.1.c 全骨材の粒度分布

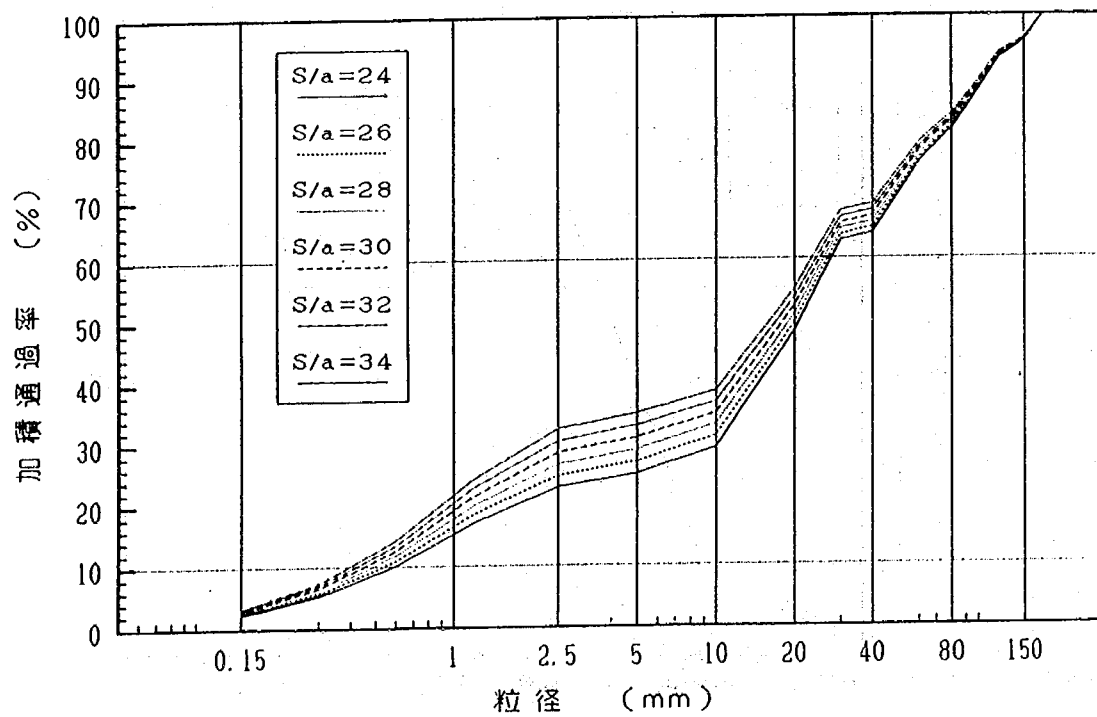


図-2.1.d 全骨材の加積通過率

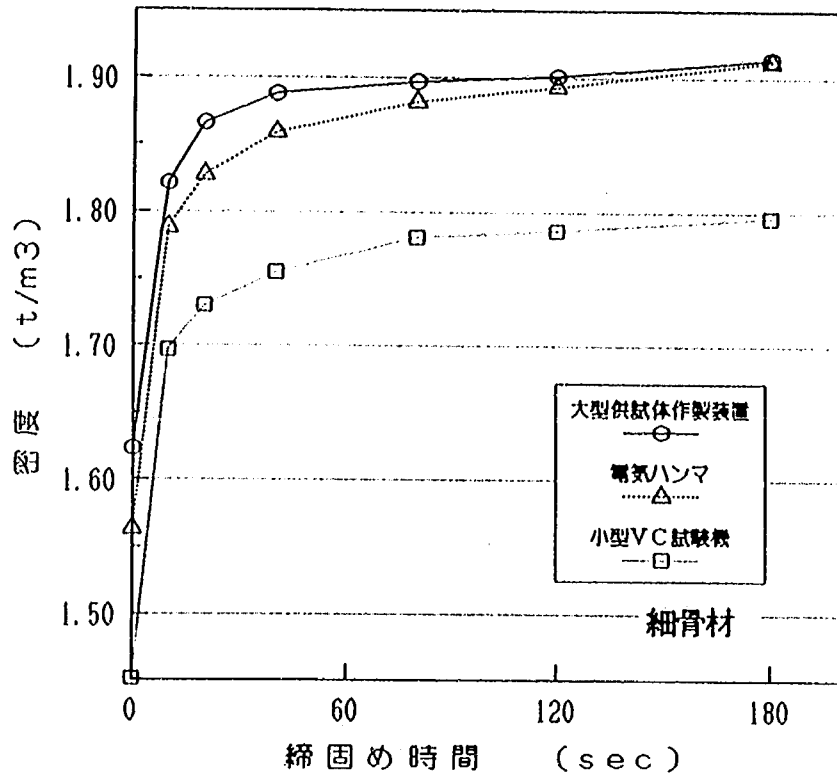


図-2.2 締固め時間と密度(細骨材)

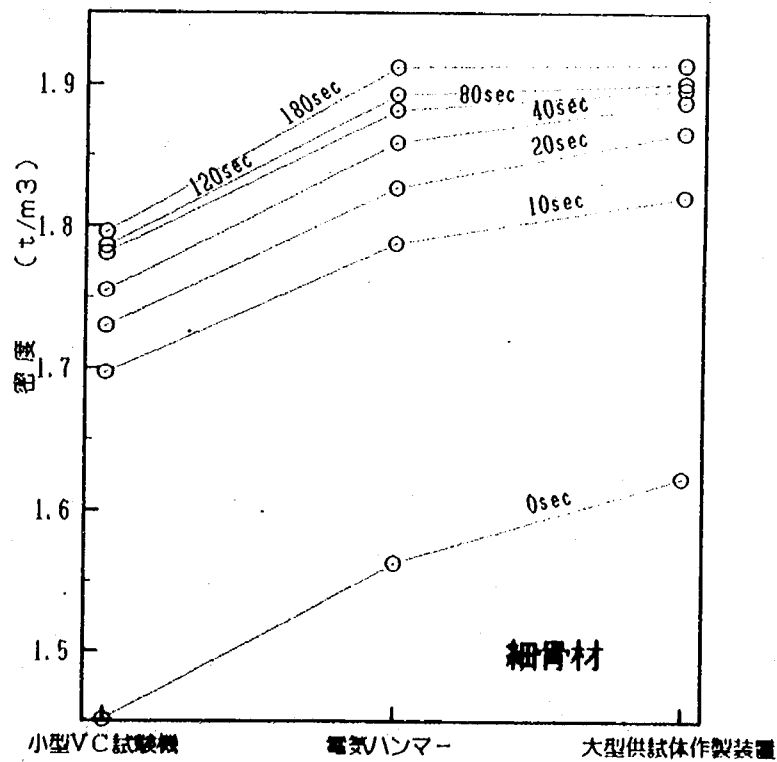


図-2.3 締固め装置と密度

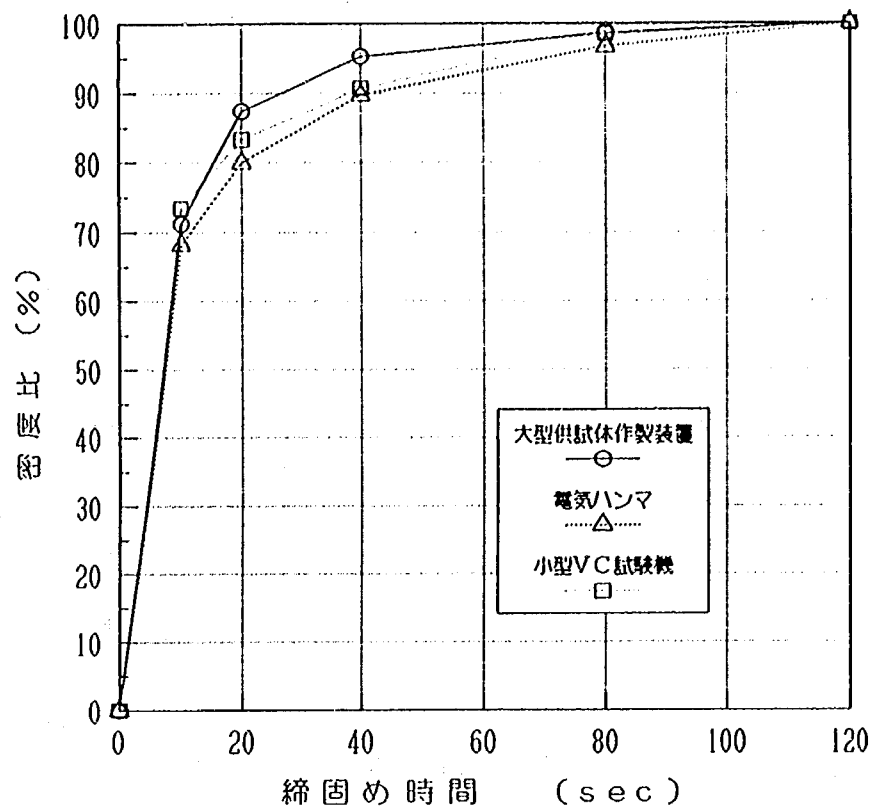


図-2.4 締固め時間と密度比(細骨材)

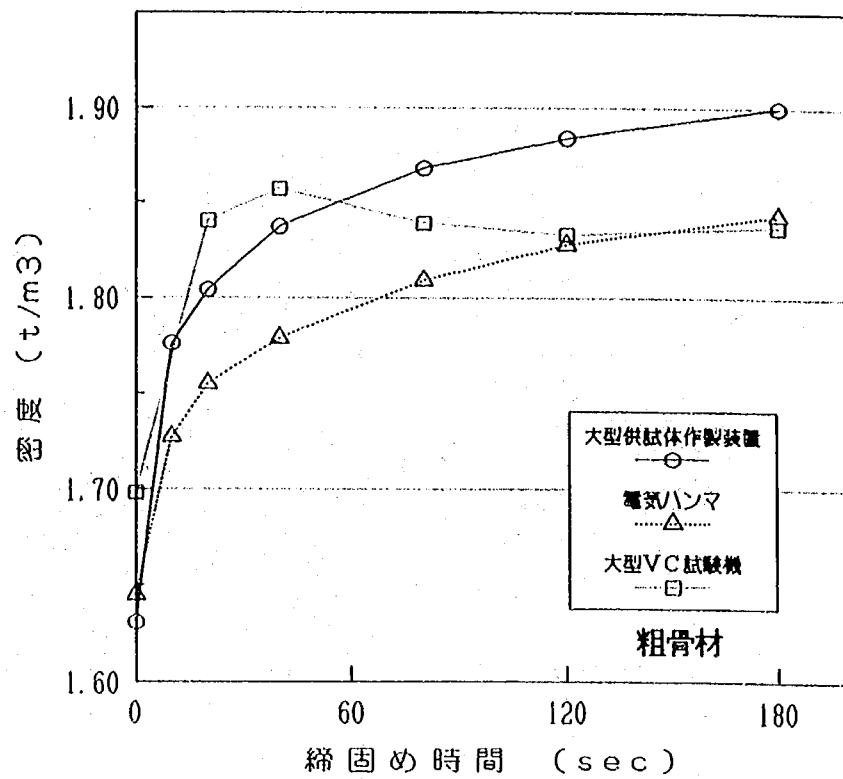


図- 2.5 締固め時間と密度(粗骨材)

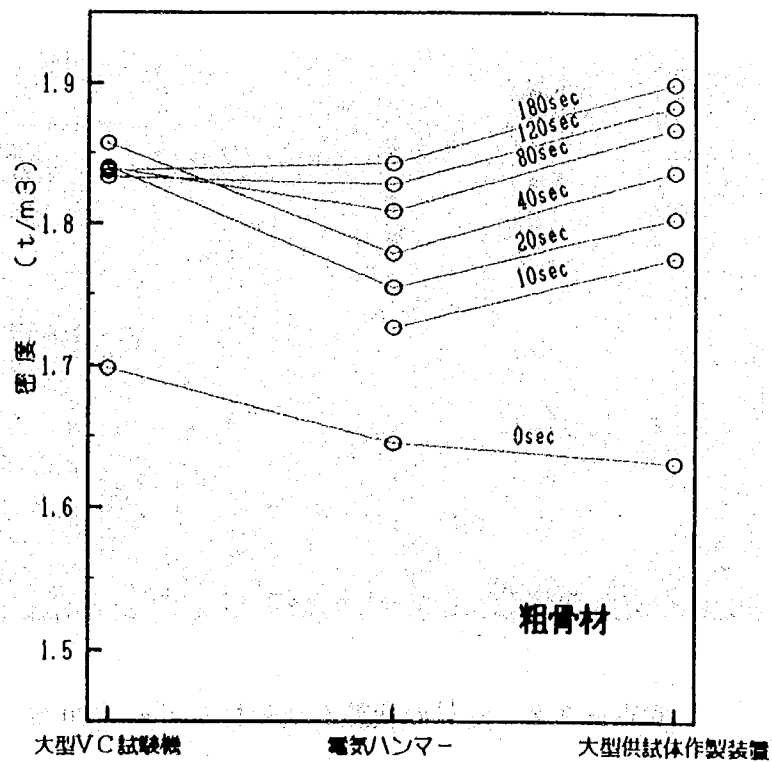


図- 2.6 締固め装置と密度(粗骨材)



写真- 2.1 骨材の状態 (全骨材 $S/a = 32\%$)



写真- 2.2 骨材の状態 (全骨材 $S/a = 30\%$)

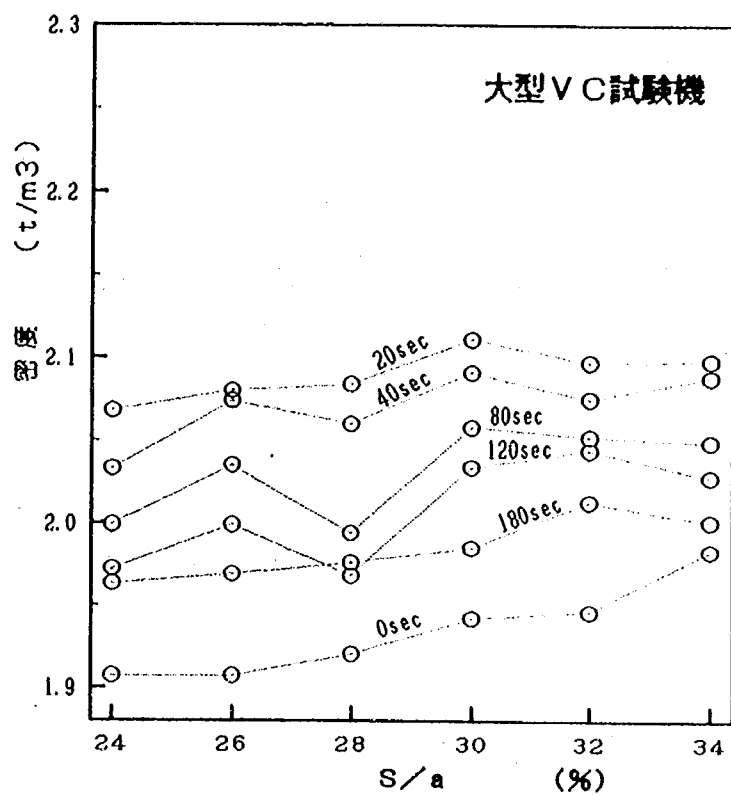


図 - 2.7. a 細骨材率と密度 (大型 V C 試験値機)

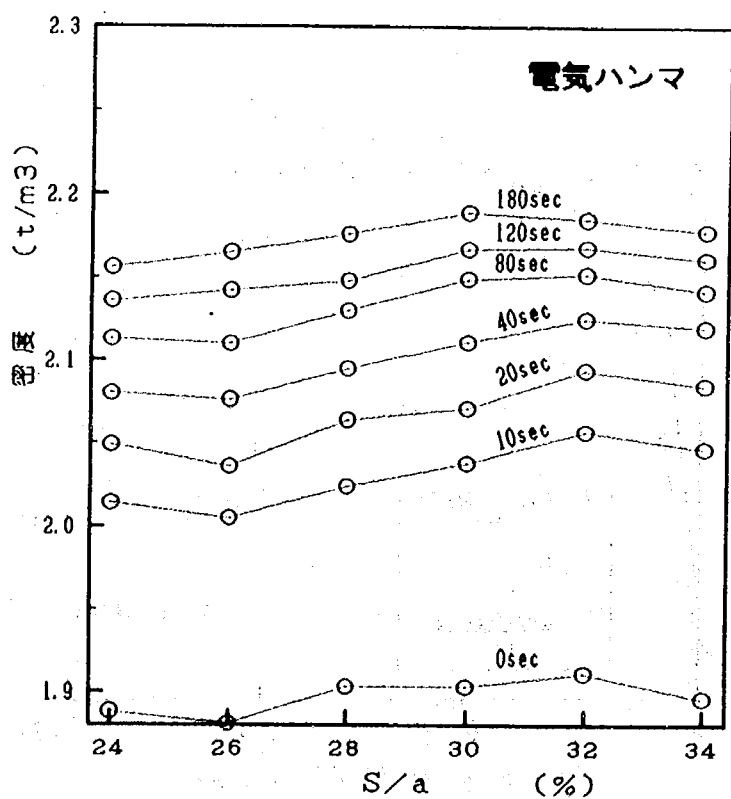


図 - 2.7. b 細骨材率と密度 (電気ハンマー)

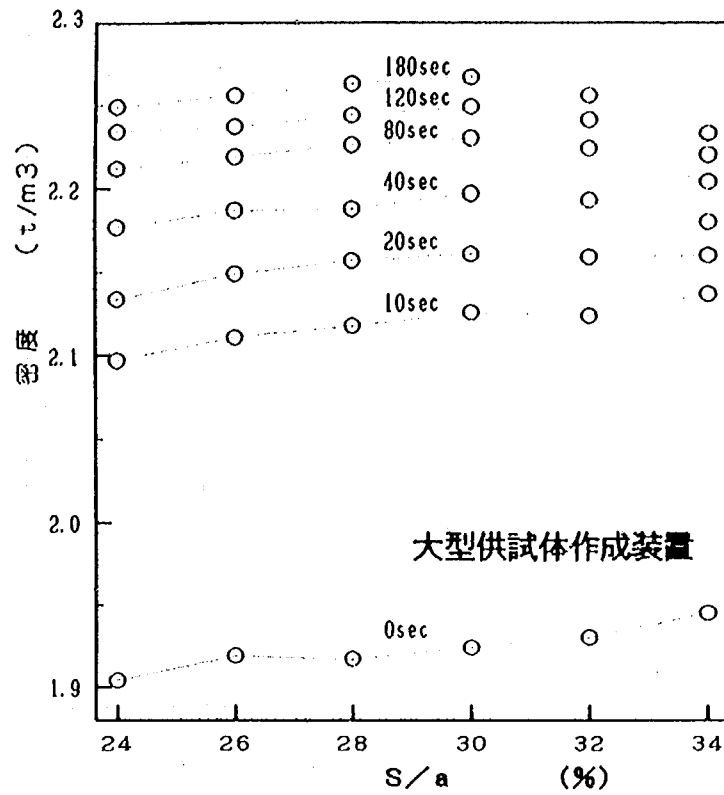


図-2.7.c 細骨材率と密度（大型供試体作成装置）

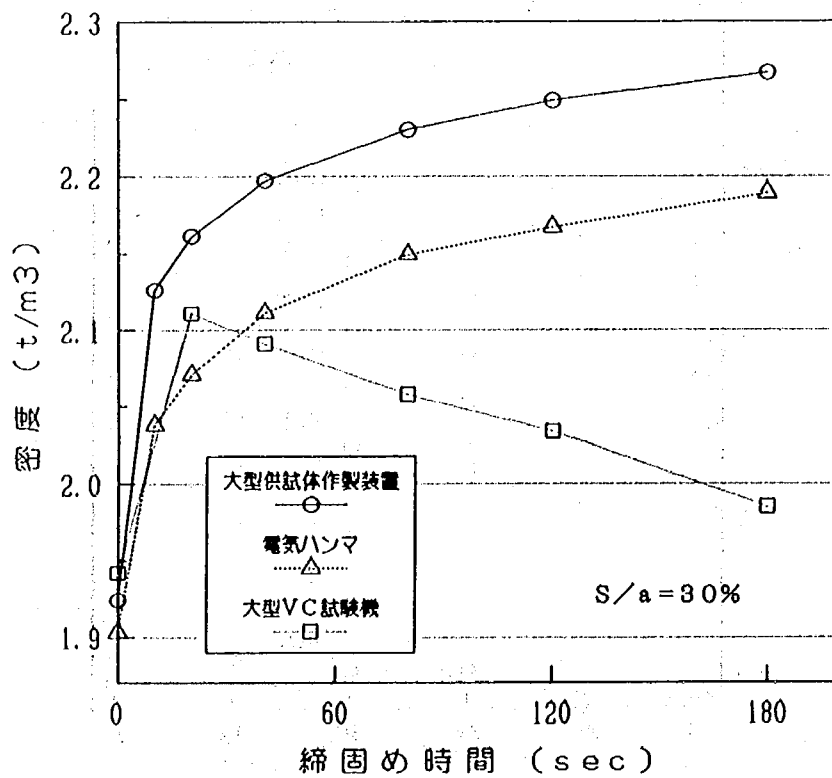


図-2.8 締固め時間と密度（全骨材 $S/a = 30\%$ ）

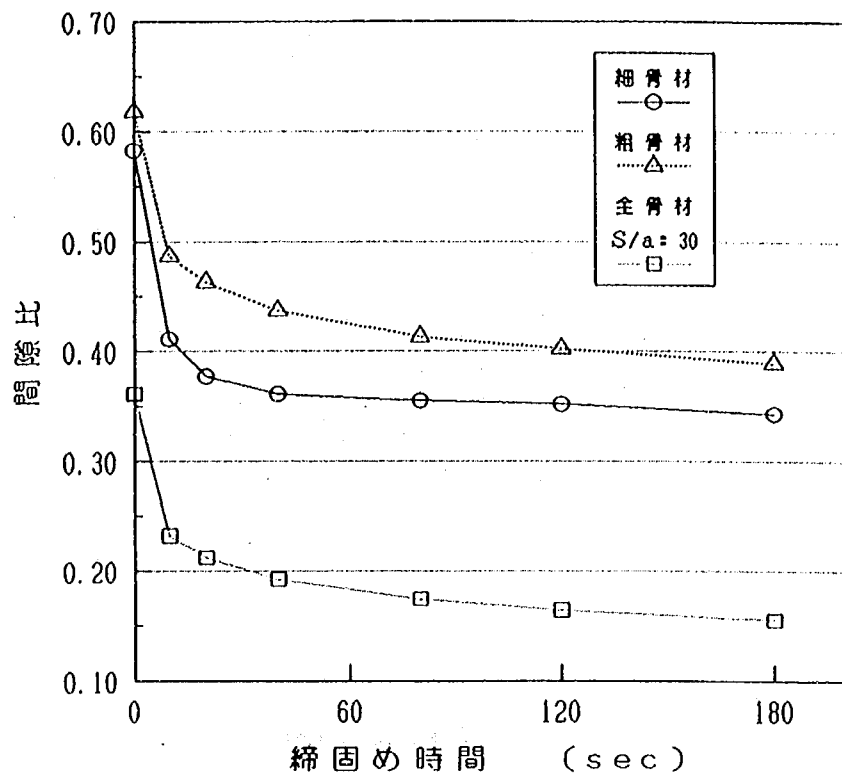


図- 2.9 締固め時間と間隙比 (大型供試体作製装置)

表-2.3 材料の物性値

材 料	比 重
細 骨 材	2.57 ※
粗 骨 材	2.64 ※
セ メ ン ト	3.20
フ ラ イ ア ッ シ ュ	2.18

※ 骨材は表乾比重

表-2.4 配合条件

W/C+F (%)	W (kg/cm3)	C+F	S/a (%)					
			24	26	28	30	32	34
65	85	130	○	○	●	○	●	●
69	90	130	○	○	○	●	●	●
73	95	130	○	○	○	○	●	●

S/a=30%	W	73	80	88	95	102	110
	C+F	100	110	120	130	140	150
		○	○	●	○	●	●

注) ○ 工事用道路試験施工で実施
● 試験室で実施

表-2.5 配合一覽

	Gmax (mm)	標準 VCs值 (sec)	標準 空氣量 (%)	W/C+F (%)	F/C+F (%)	S/a (%)	單位量 (kg/m³)									
							W	C	F	S	G	150-	80-	40-	20-5	
W/C+F=65	150	20±10	1.5±1	65.4	30	24	85	91	39	525	1723	517	345	345	516	R-3-7
	150	20±10	1.5±1	65.4	30	26	85	91	39	569	1677	503	335	335	504	R-3-4
	150	20±10	1.5±1	65.4	30	28	85	91	39	608	1638	491	328	328	491	R-1-7
	150	20±10	1.5±1	65.4	30	30	85	91	39	657	1587	476	317	317	477	
	150	20±10	1.5±1	65.4	30	32	85	91	39	695	1547	465	309	309	464	
	150	20±10	1.5±1	65.4	30	34	85	91	39	739	1502	451	300	300	451	
W/C+F=69	150	20±10	1.5±1	69.2	30	24	90	91	39	522	1713	514	343	343	513	R-3-8
	150	20±10	1.5±1	69.2	30	26	90	91	39	566	1667	500	333	333	501	R-3-5
	150	20±10	1.5±1	69.2	30	28	90	91	39	609	1622	487	324	324	487	R-3-1
	150	20±10	1.5±1	69.2	30	30	90	91	39	648	1583	475	317	317	474	
	150	20±10	1.5±1	69.2	30	32	90	91	39	691	1538	461	308	308	461	
	150	20±10	1.5±1	69.2	30	34	90	91	39	734	1493	448	299	299	447	
W/C+F=73	150	20±10	1.5±1	73.1	30	24	95	91	39	519	1702	511	340	340	511	R-3-9
	150	20±10	1.5±1	73.1	30	26	95	91	39	563	1658	497	332	332	497	R-3-6
	150	20±10	1.5±1	73.1	30	28	95	91	39	606	1613	484	323	323	483	R-3-2
	150	20±10	1.5±1	73.1	30	30	95	91	39	649	1568	470	314	314	470	R-1-12
	150	20±10	1.5±1	73.1	30	32	95	91	39	687	1529	459	306	306	458	
	150	20±10	1.5±1	73.1	30	34	95	91	39	730	1484	445	297	297	445	
s/a=30 W/C+F=73	150	20±10	1.5±1	73.0	30	30	73	70	30	674	1628	488	326	326	488	R-1-8
	150	20±10	1.5±1	72.7	30	30	80	77	33	666	1609	483	322	322	482	R-1-9
	150	20±10	1.5±1	73.3	30	30	88	84	36	652	1593	478	319	319	477	R-1-12
	150	20±10	1.5±1	73.1	30	30	95	91	39	649	1568	470	314	314	470	
	150	20±10	1.5±1	72.9	30	30	102	98	42	636	1555	467	311	311	466	
	150	20±10	1.5±1	73.3	30	30	110	105	45	627	1533	460	307	307	459	

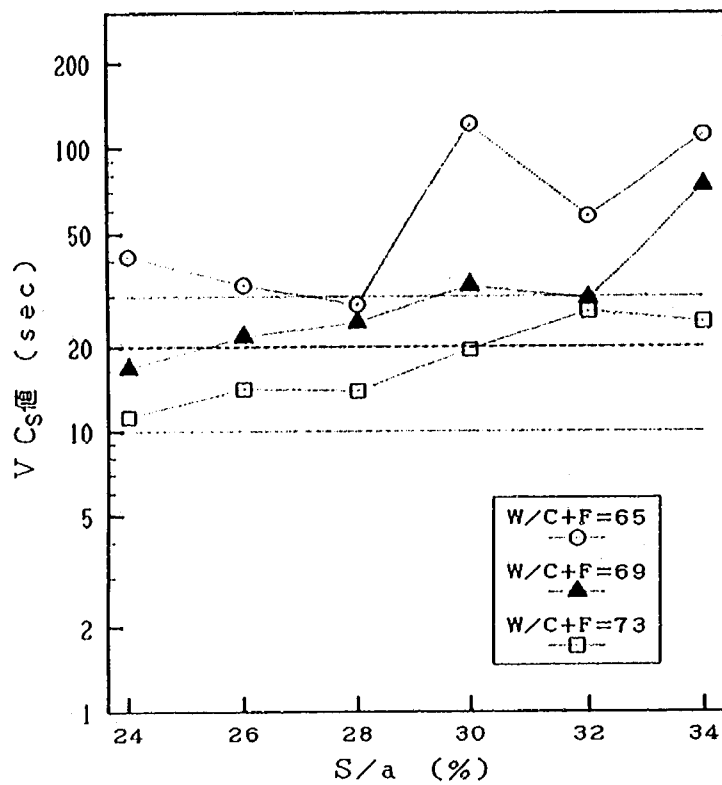


図-2.10 細骨材率と $V C_s$ 値

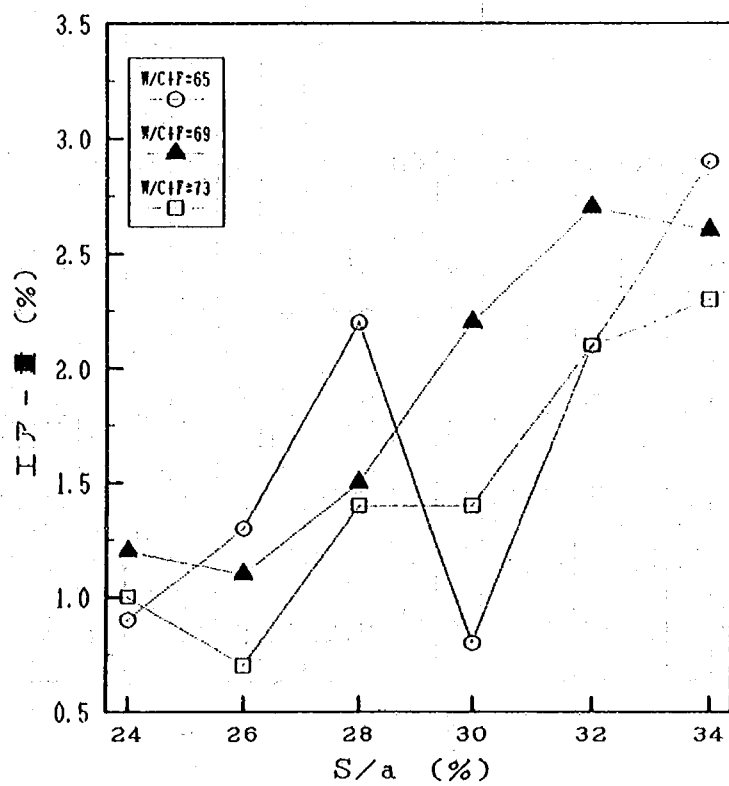


図-2.11 細骨材率とエア-量

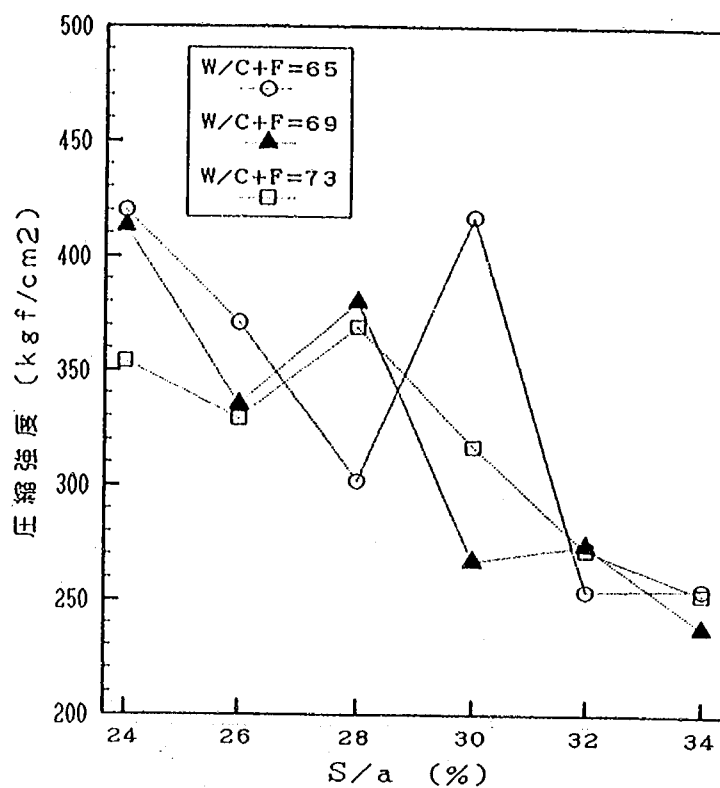


図 - 2.12 細骨材率と圧縮強度

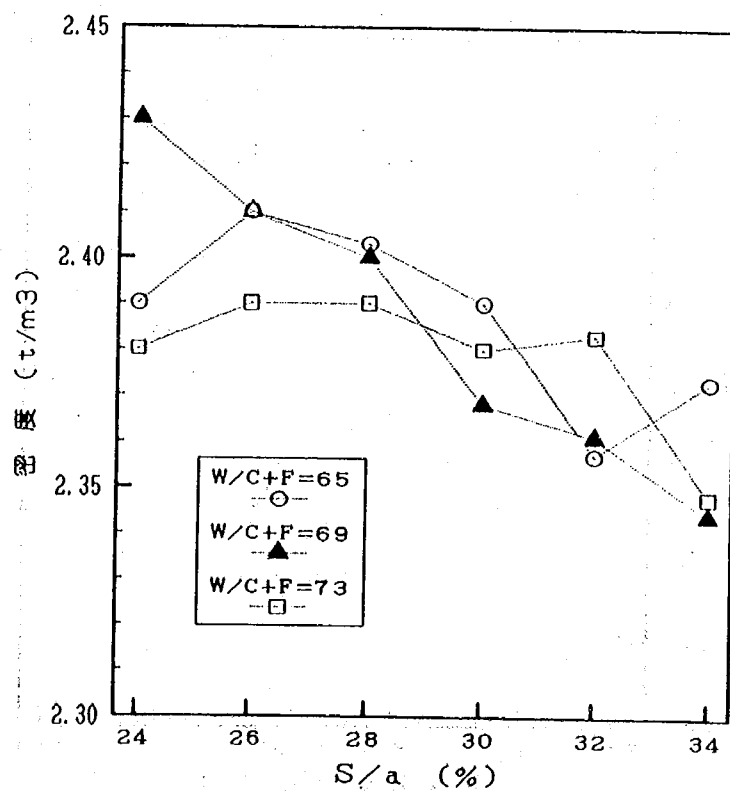


図 - 2.13 細骨材率と密度

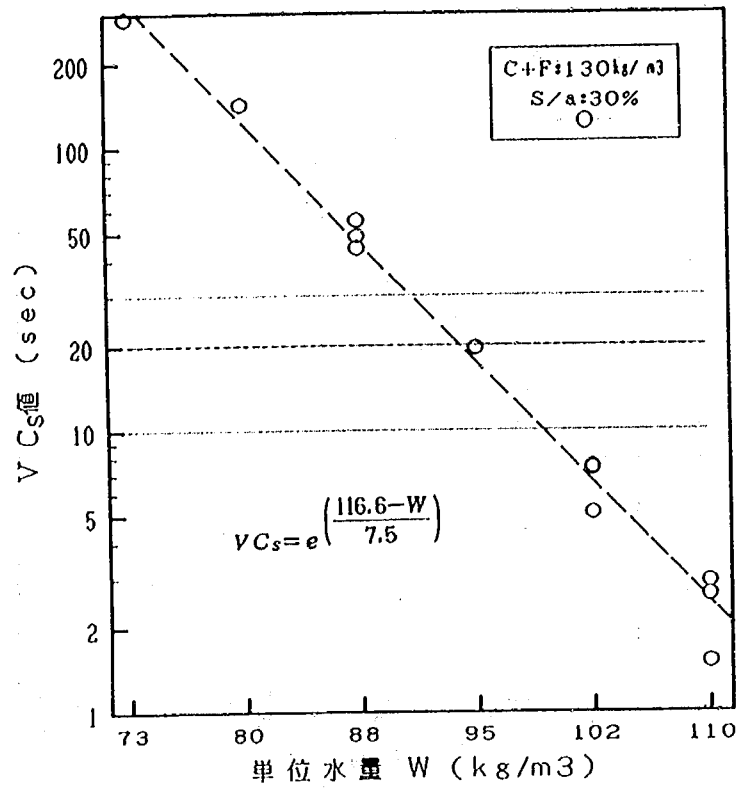


図-2.14 単位水量と VC_s 値

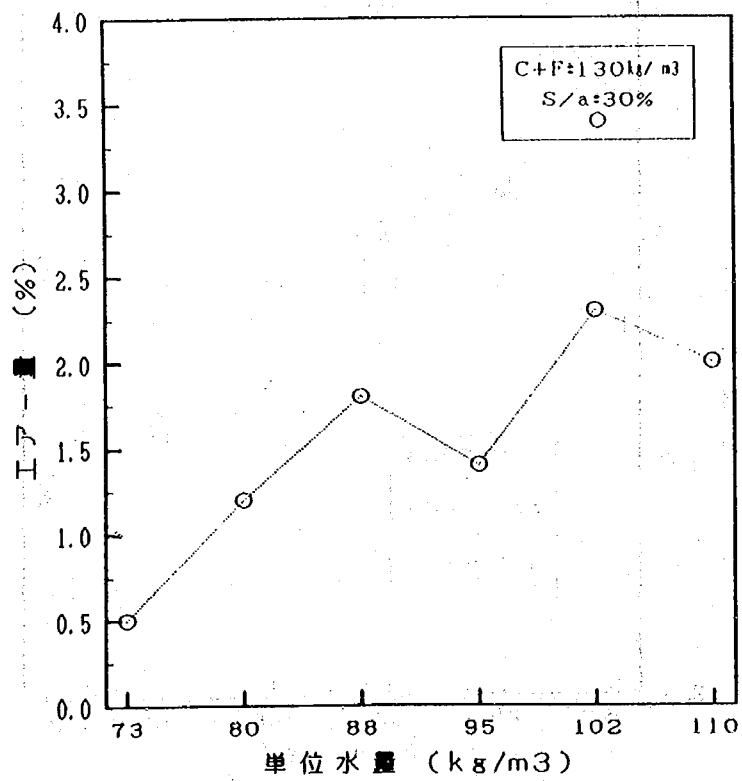


図-2.15 単位水量とエア量

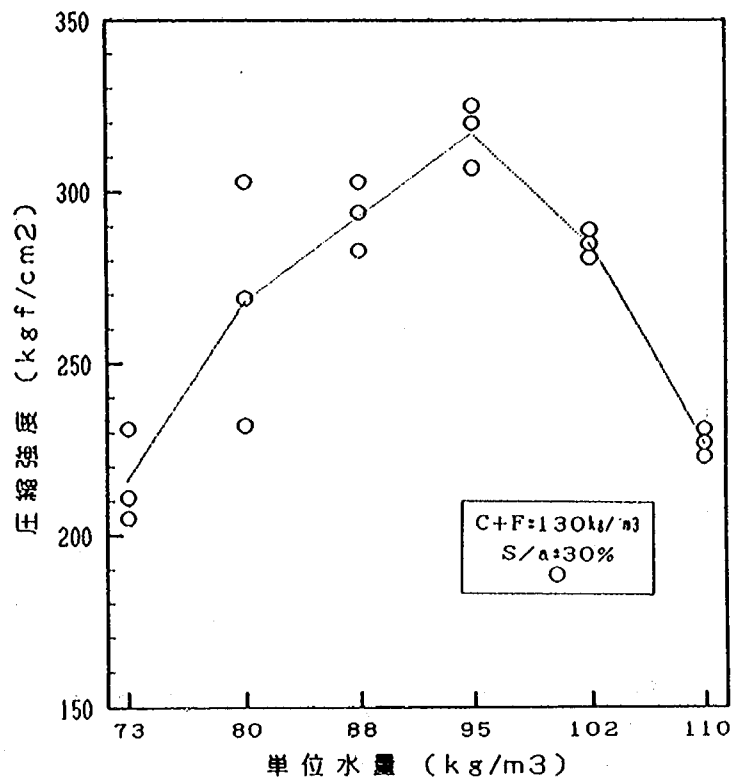


図- 2.16 単位水量と圧縮強度

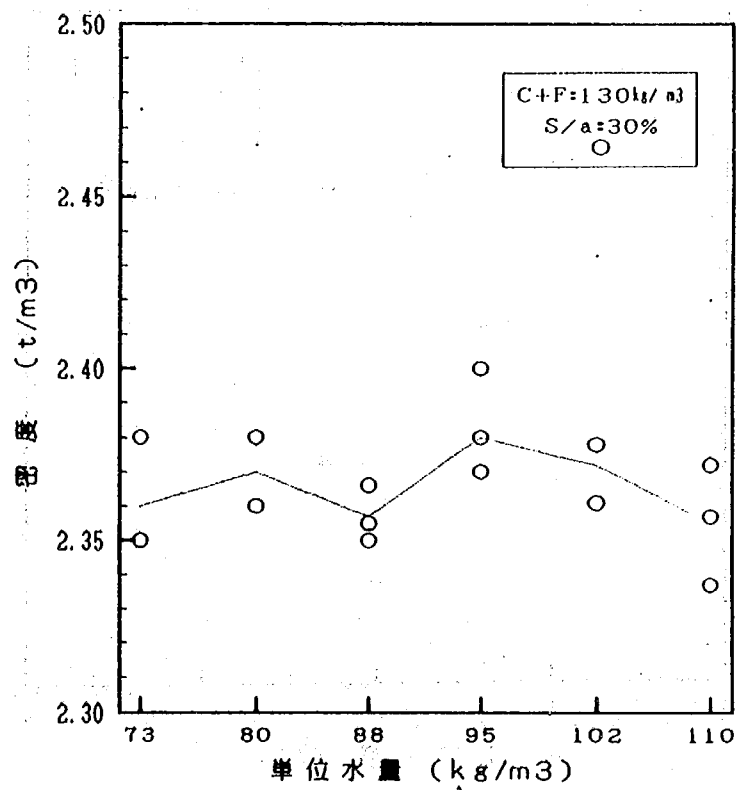


図- 2.17 単位水量と密度

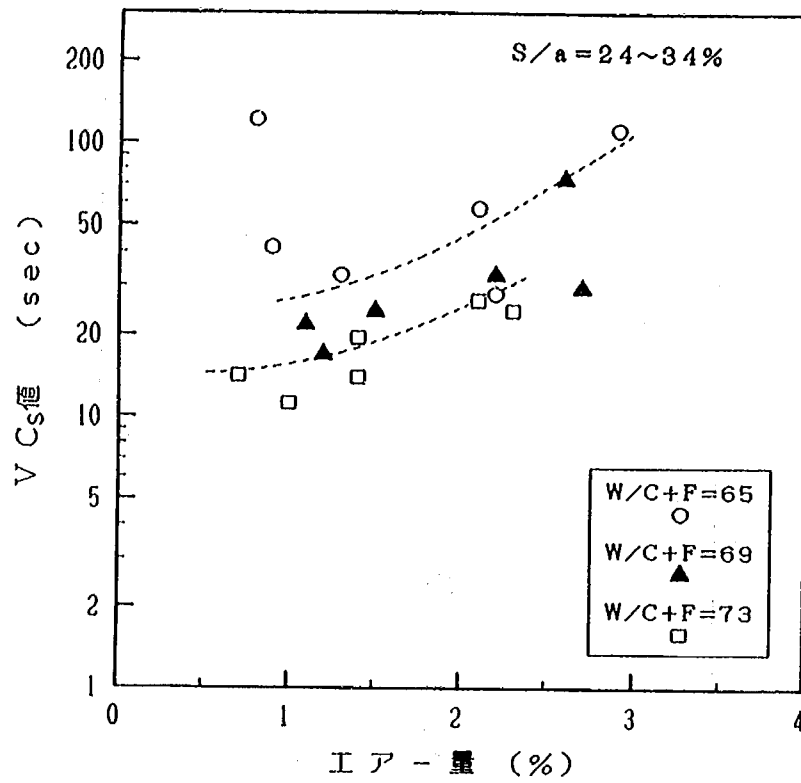


図 - 2.18. a VC_s 値とエア－量

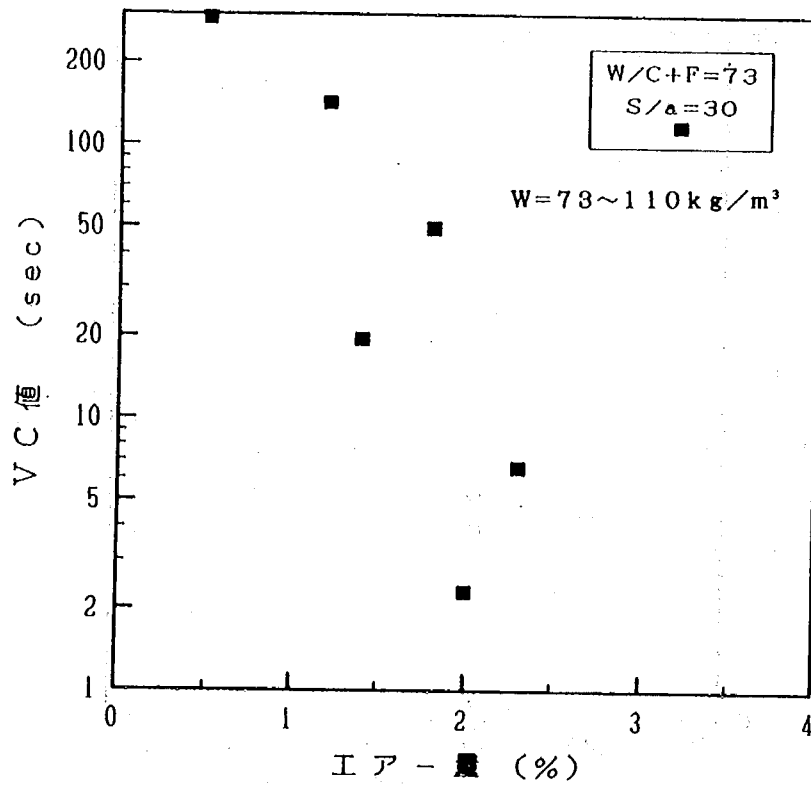


図 - 2.18. b VC 値とエア－量

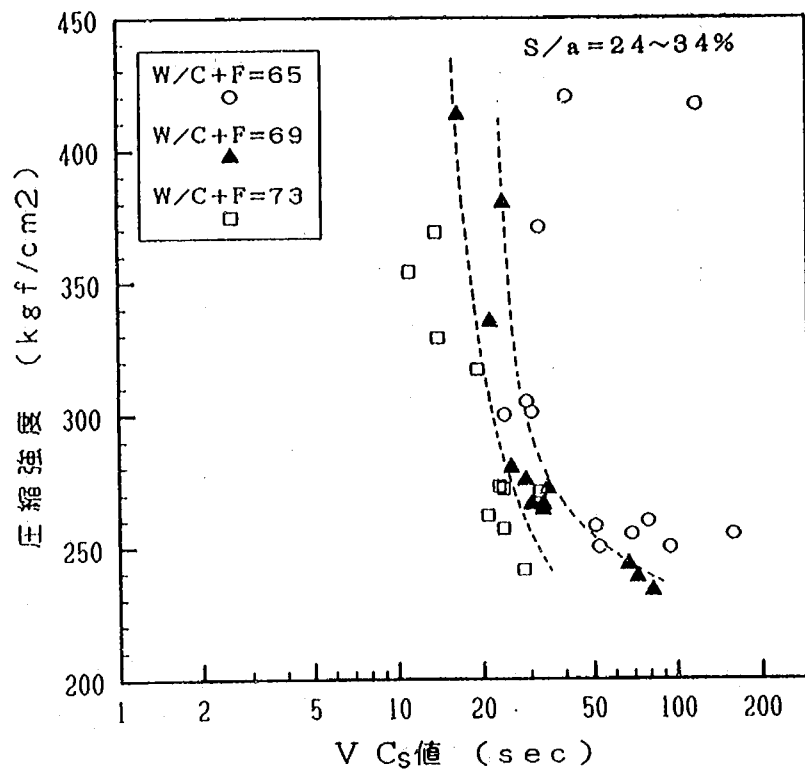


図 - 2.19. a $V C_s$ 値と圧縮強度

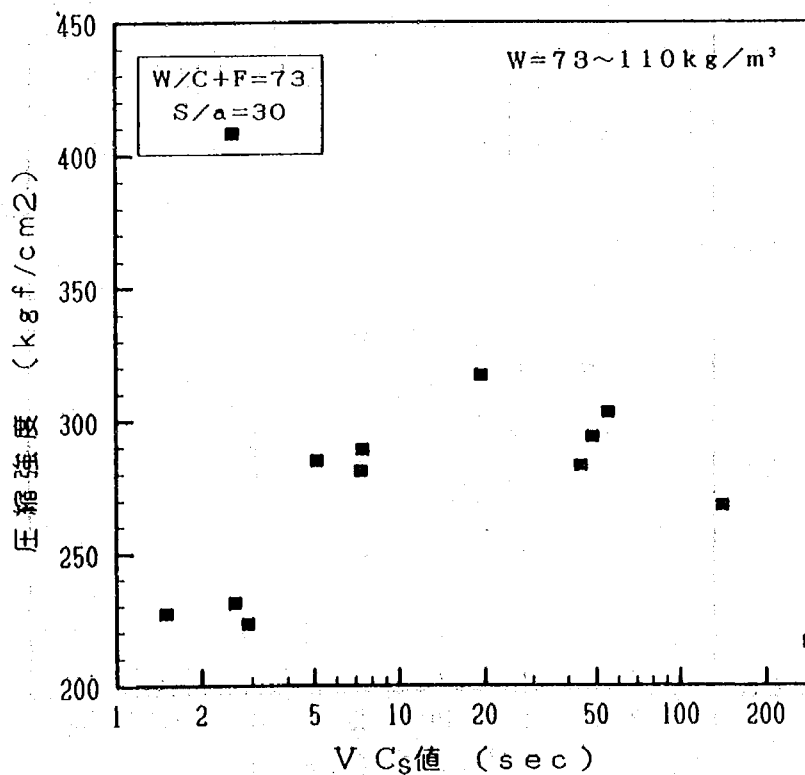


図 - 2.19. b $V C_s$ 値と圧縮強度

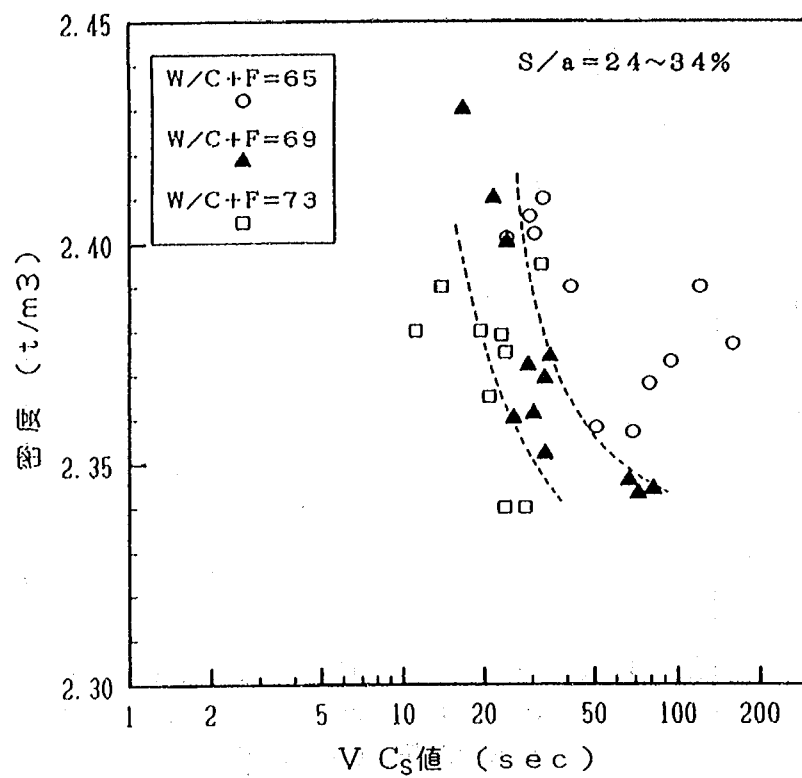


図 - 2.20. a $V C_s$ 値と密度

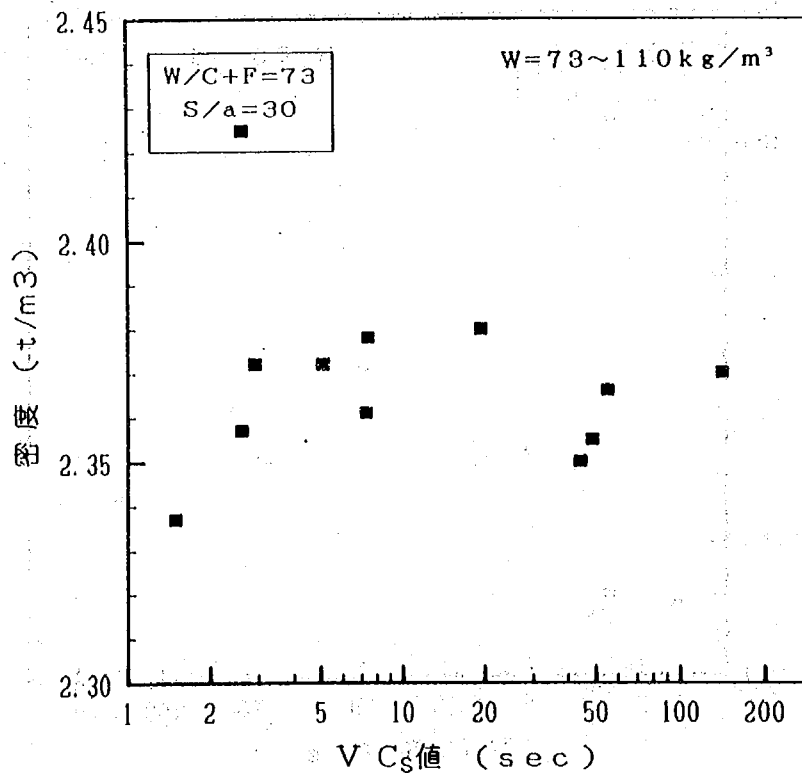


図 - 2.20. b $V C_s$ 値と密度

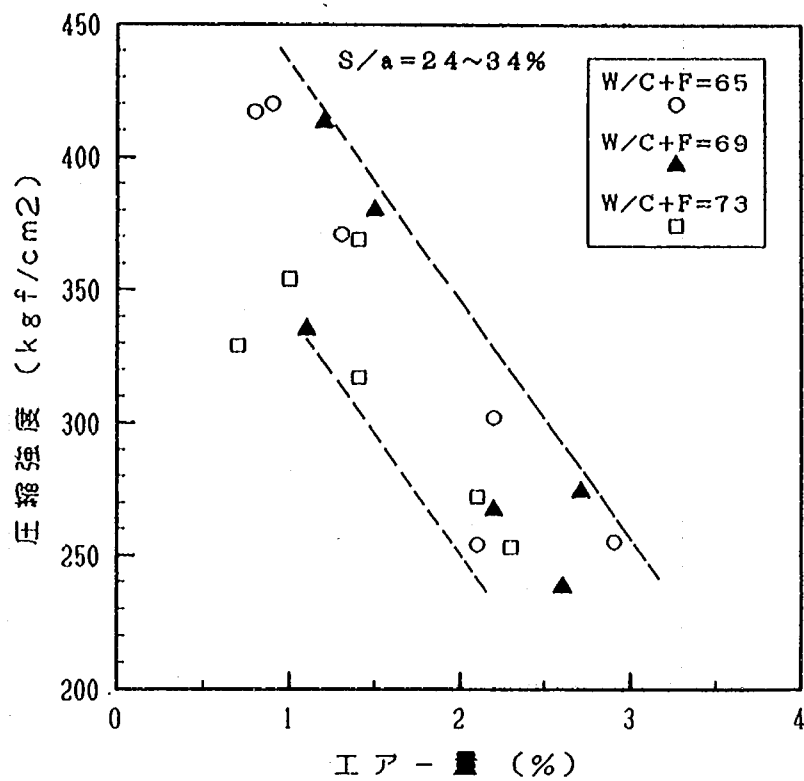


図-2.21. a エアー量と圧縮密度

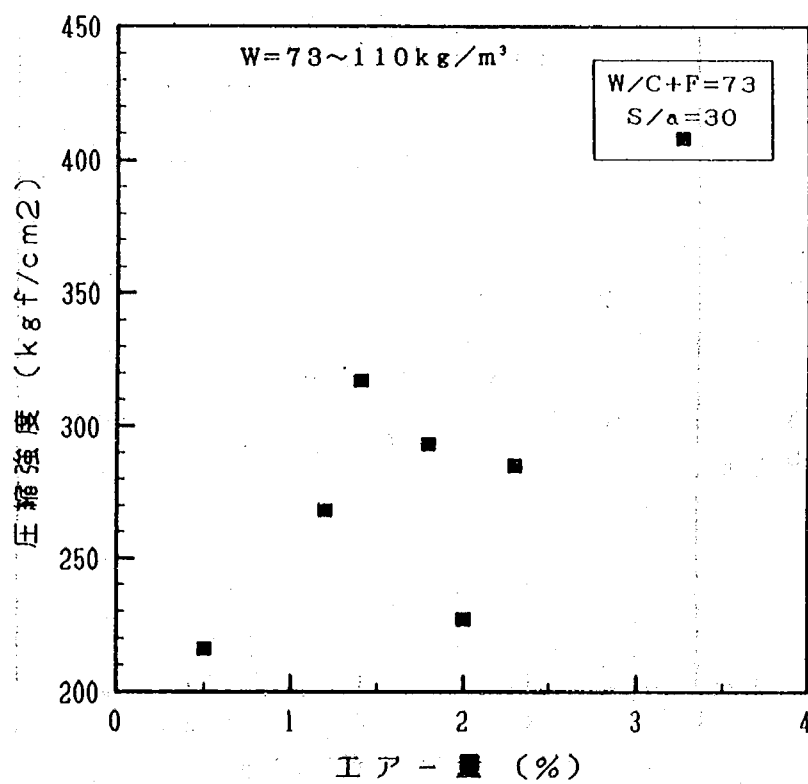


図-2.21. b エアー量と圧縮密度

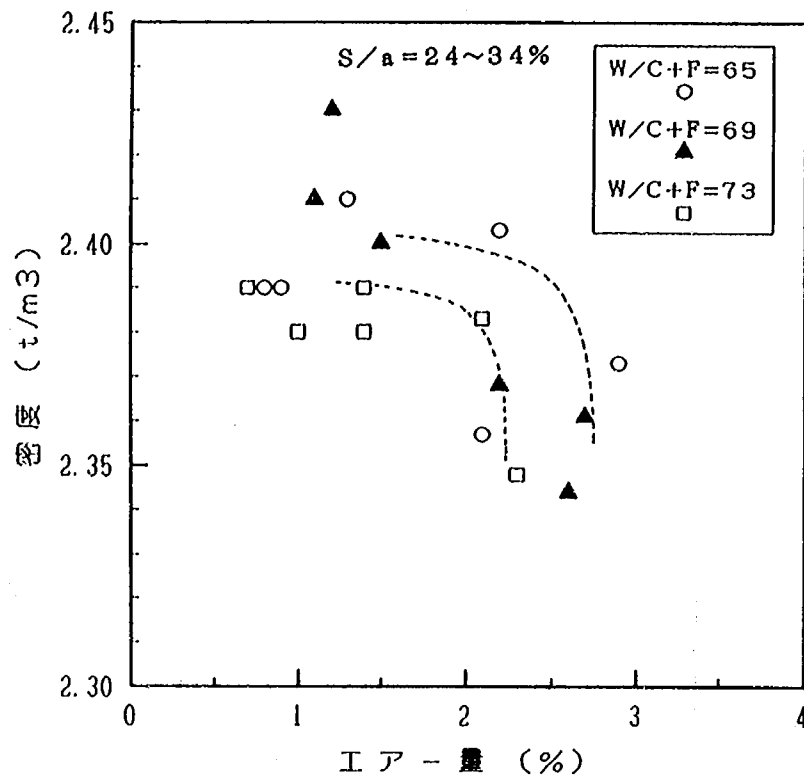


図-2.22.a エア量と密度

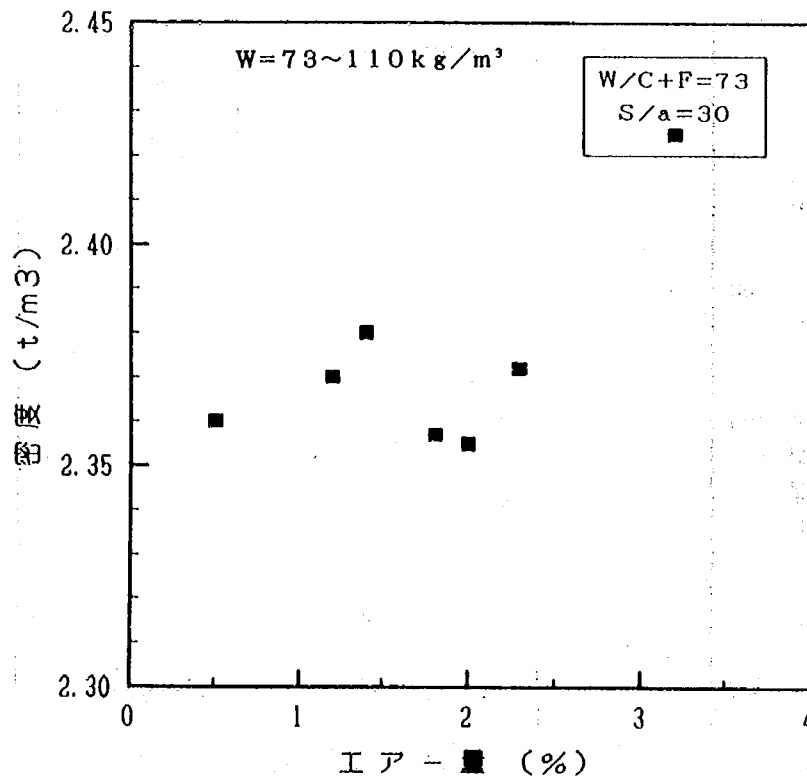


図-2.22.b エア量と密度

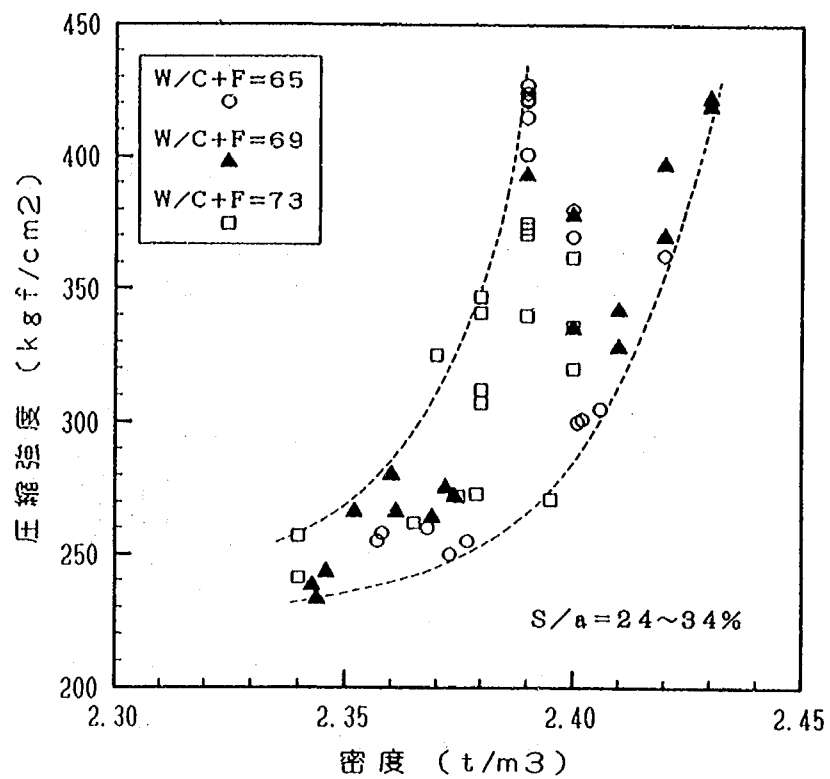


図- 2.23. a 圧縮強度と密度

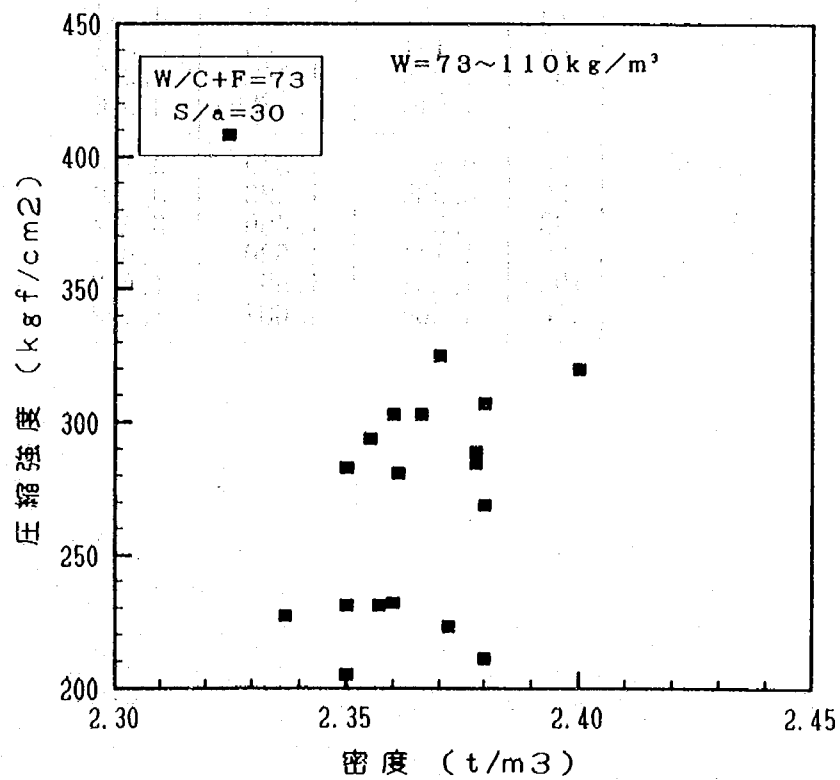


図- 2.23. b 圧縮強度と密度

表-2.6 配合特性値と骨材の締固め方法

配合特性値	骨材の状態	締固め装置	締固め時間	モールド	締固め仕様
α	骨材は、絶乾状態で1層詰め。 (突固めなし)	VC振動台 (小型)	20sec	内径 240mm 内高 220mm	振動数 3000vpm 全振幅 1mm 載荷重量 20kg
β		VC振動台 (大型)	20sec	内径 480mm 内高 400mm	
R_{pv}		大型供試体 試験装置	120sec	内径 500mm 内高 450mm	形式 2軸偏心 振動数 1900 (vpm) 片振幅 1.2 (mm) 起振モーメント 77.0 (kg·cm) 起振力 3109 (kg) 起振部重量 648 (kg) 締固め板径 ϕ 480 (mm)

表-2.7 $\alpha \cdot \beta \cdot R_{pv}$ の値

条 件		α	β	R_{pv}
細骨材率 S/a (%) (W=95)	24	1.427	1.220	0.948
	26	1.315	1.315	0.960
	28	1.222	1.414	0.985
	30	1.141	1.520	1.004
	32	1.078	1.617	0.983
	34	1.015	1.735	0.926
単位水量 W (kg/m ³)	73	0.845	1.379	0.744
	80	0.938	1.423	0.826
	88	1.051	1.460	0.917
	95	1.141	1.520	1.004
	102	1.251	1.554	1.092
	110	1.366	1.607	1.192

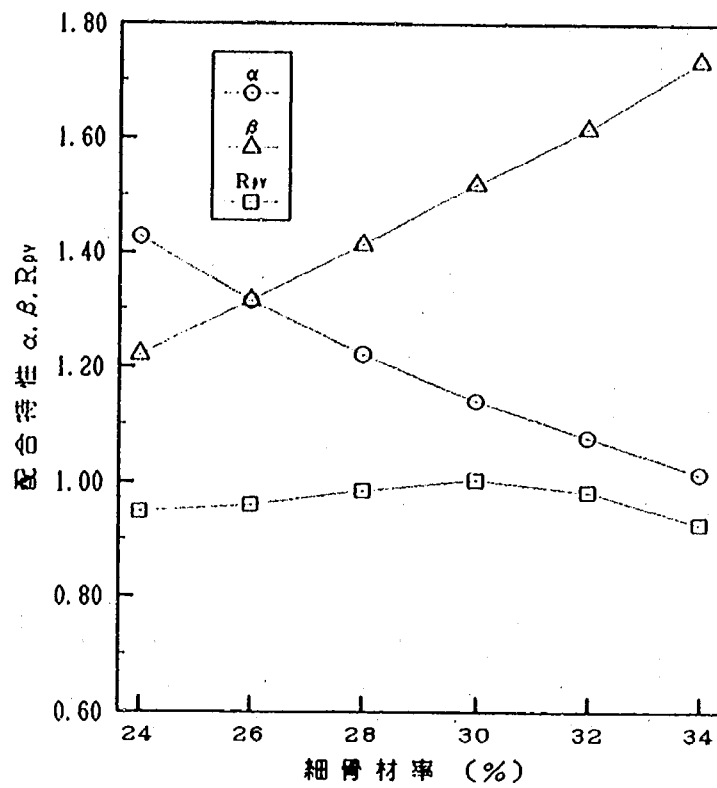


図-2.24 細骨材率と配合特性値

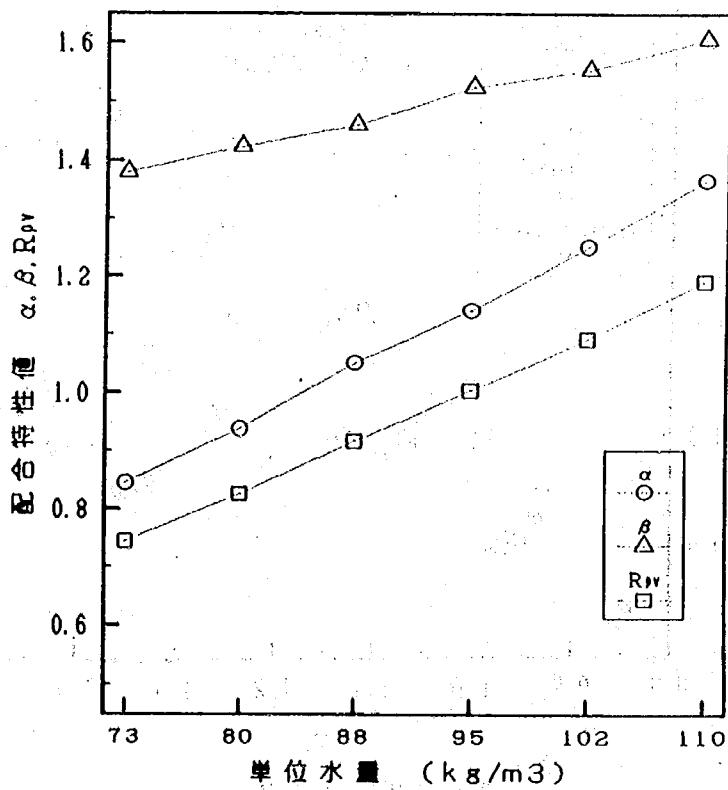


図-2.25 単位水量と配合特性値

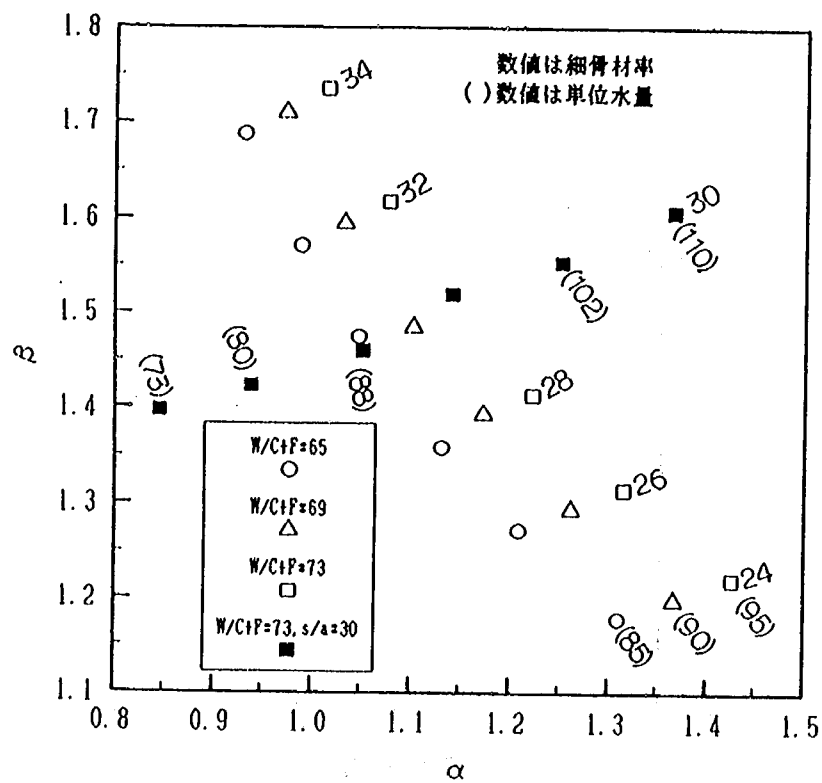


図- 2. 26 α と β

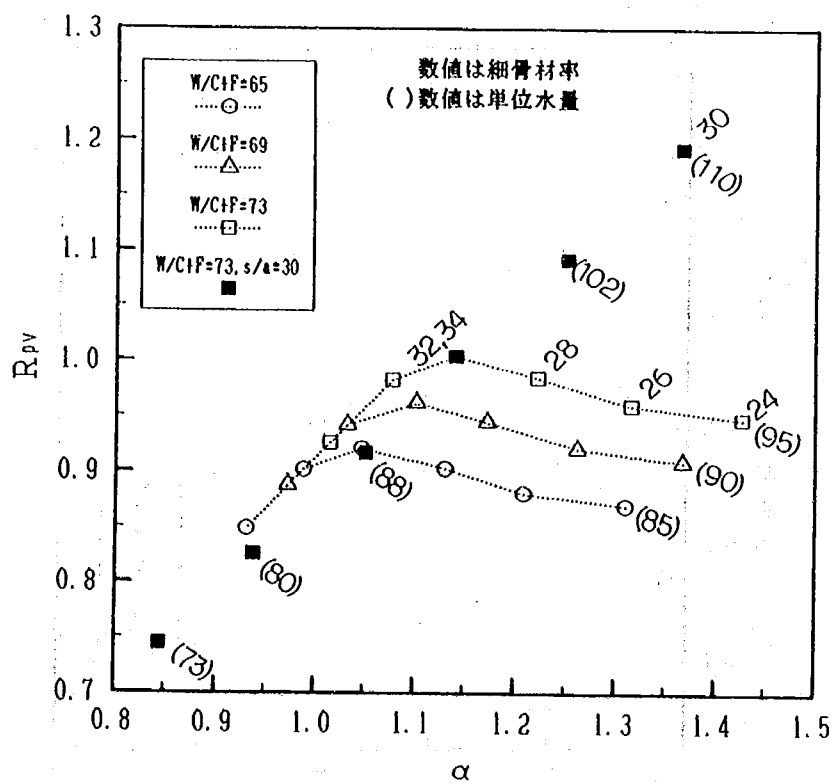


図- 2. 27 α と R_{pv}

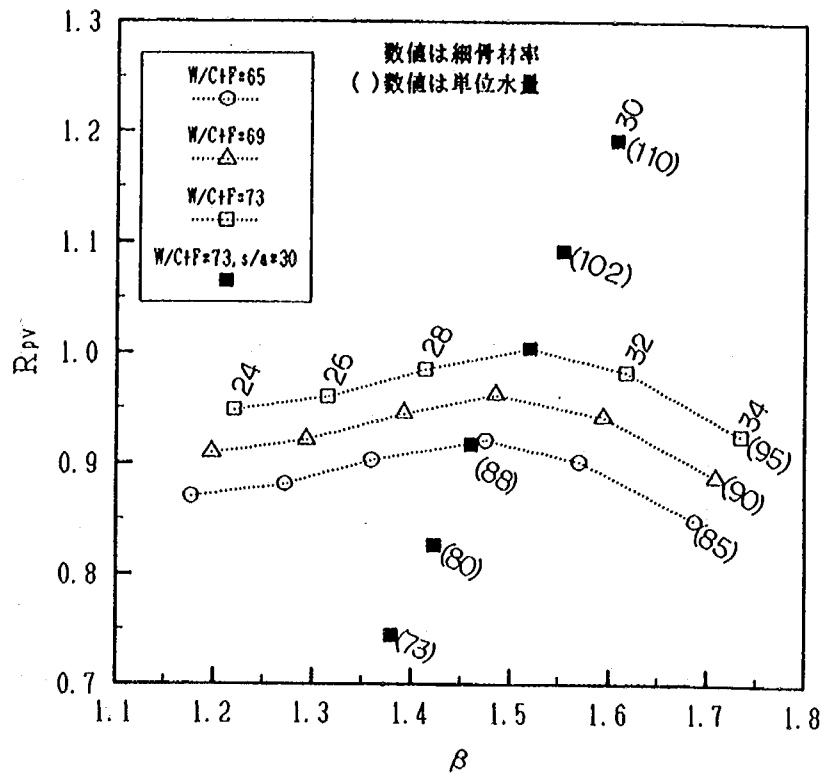


図-2.28 β と R_{PV}

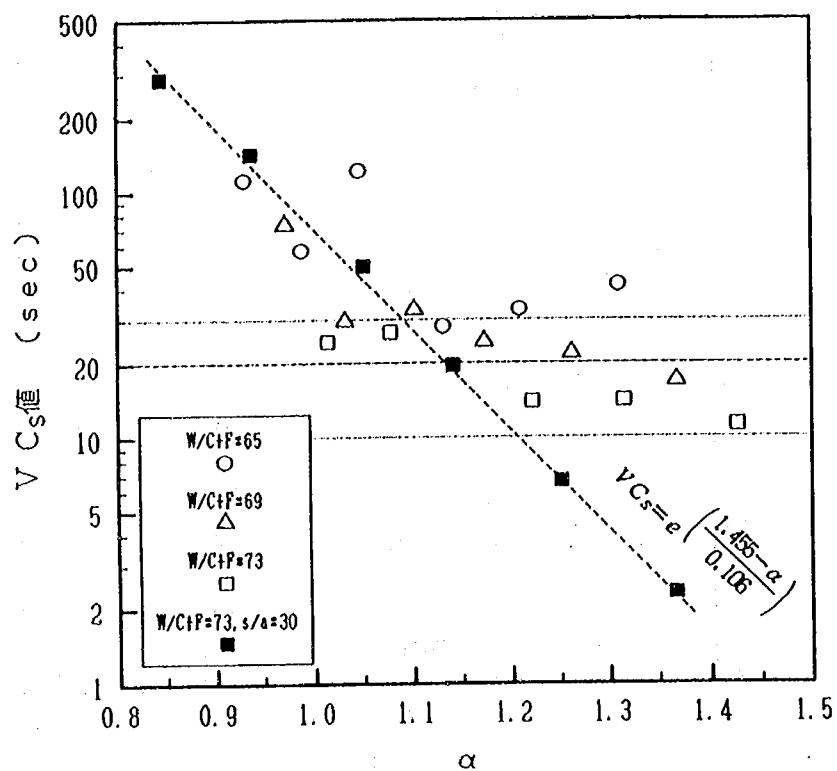


図-2.29.a α と V_{Cs} 値

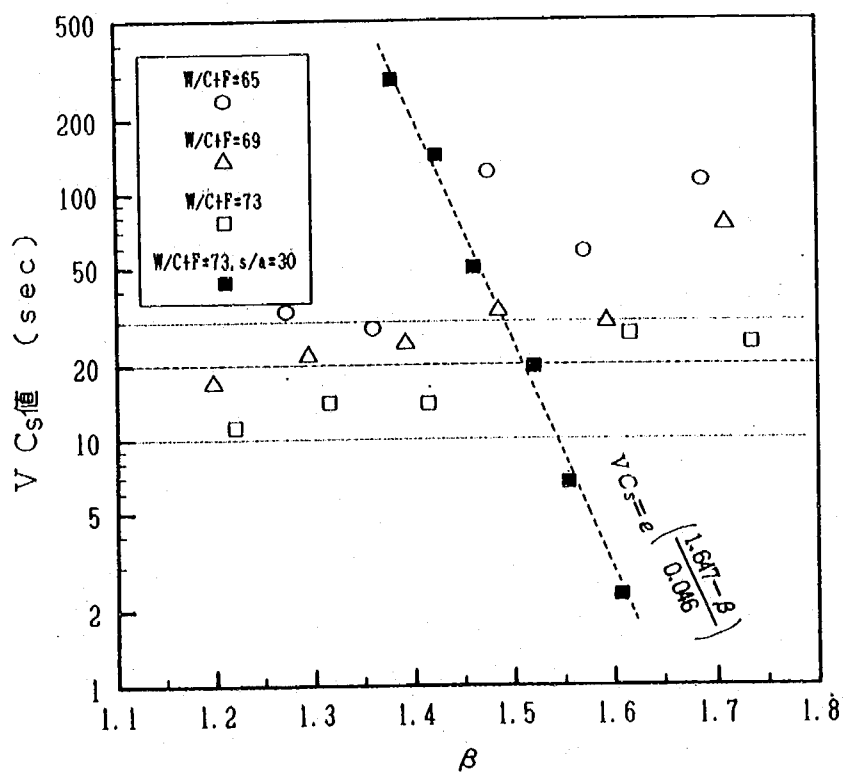


図-2.29.b β と V_{Cs} 値

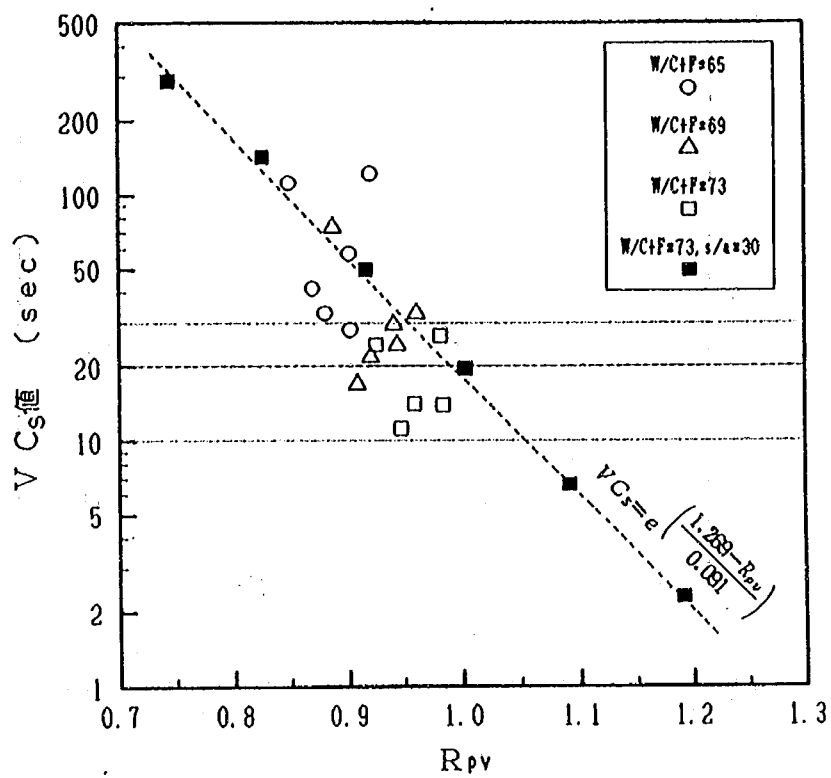


図-2.29.c R_{pv} と V_{Cs} 値

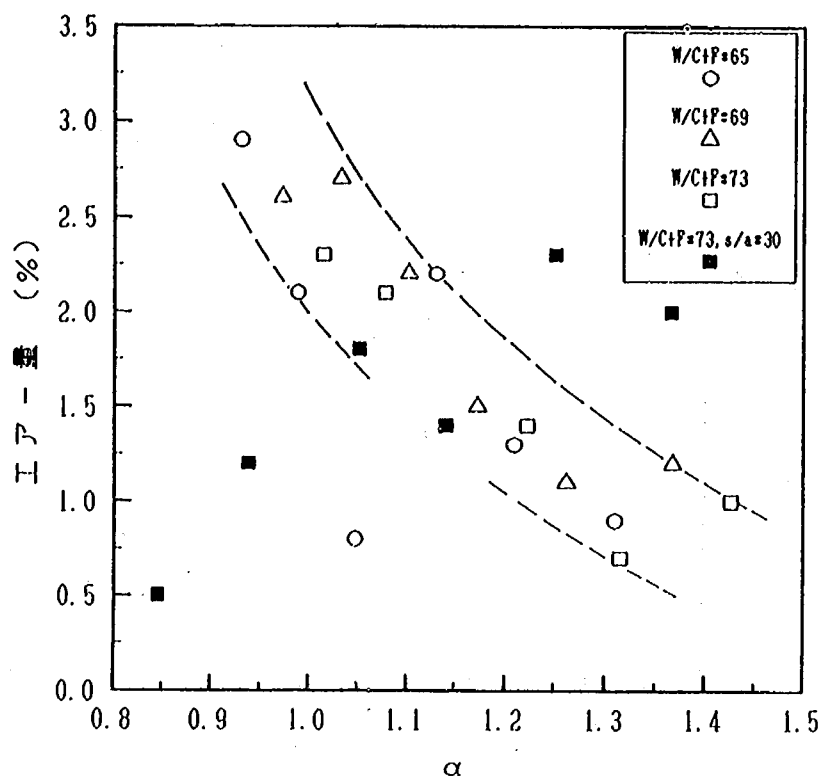


図- 2. 30. a α とエア-量

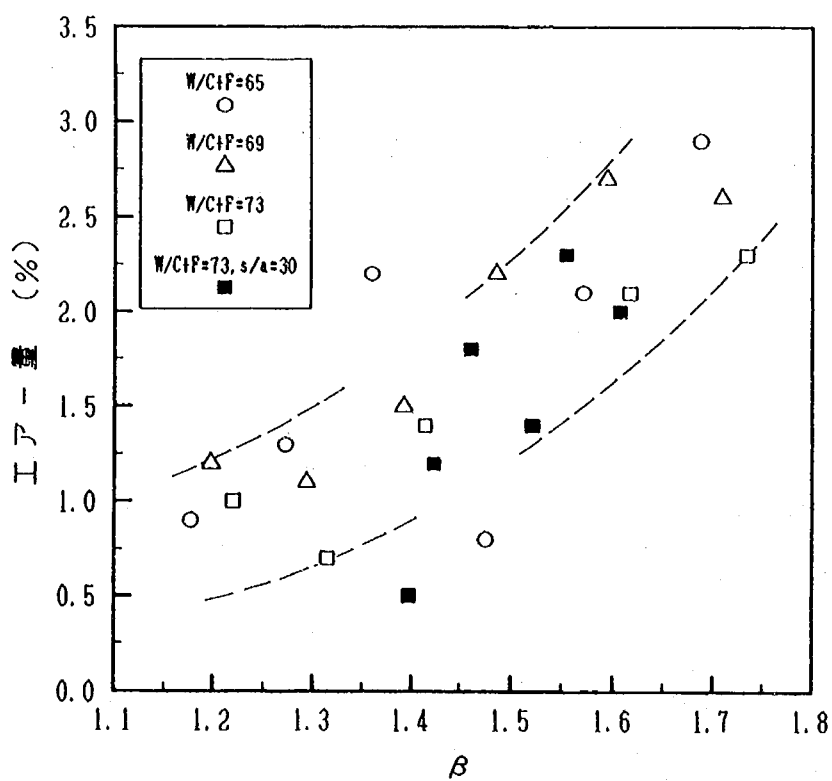


図- 2. 30. b β とエア-量

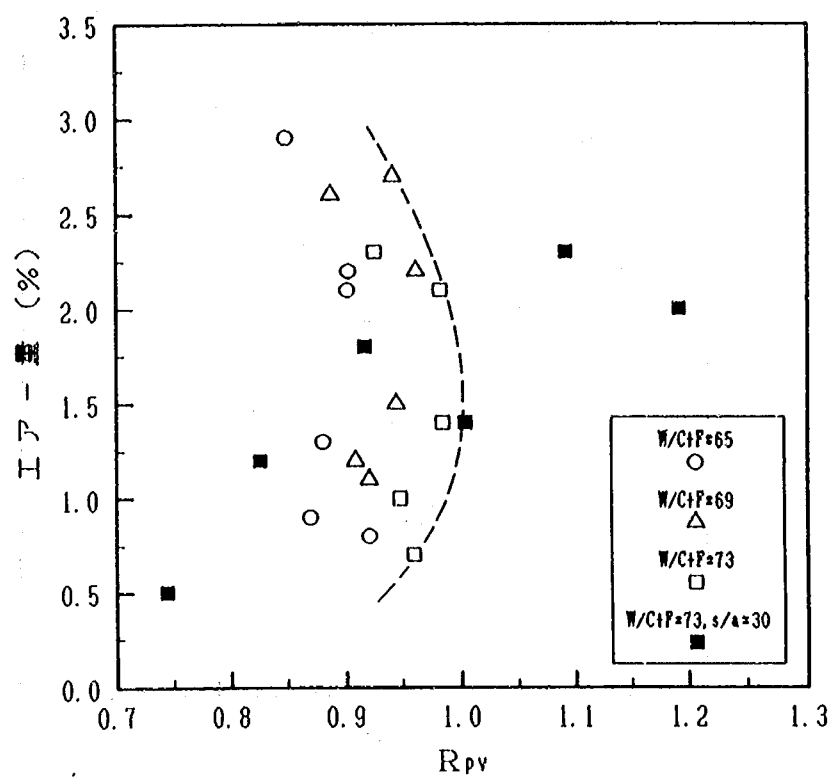


図- 2. 30. c R_{pv} とエア-量

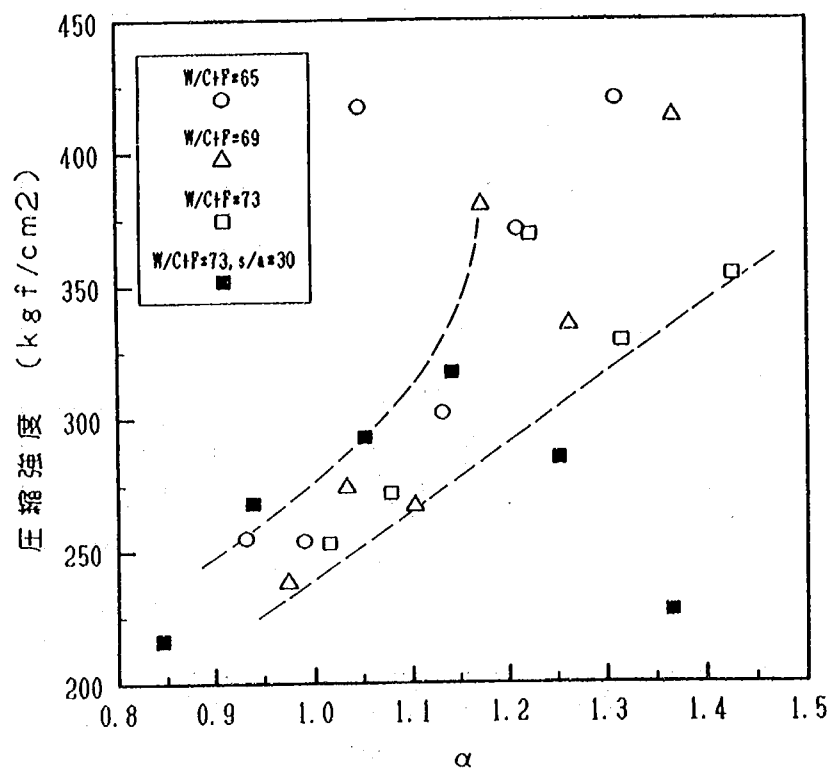


図- 2. 31. a α と圧縮強度

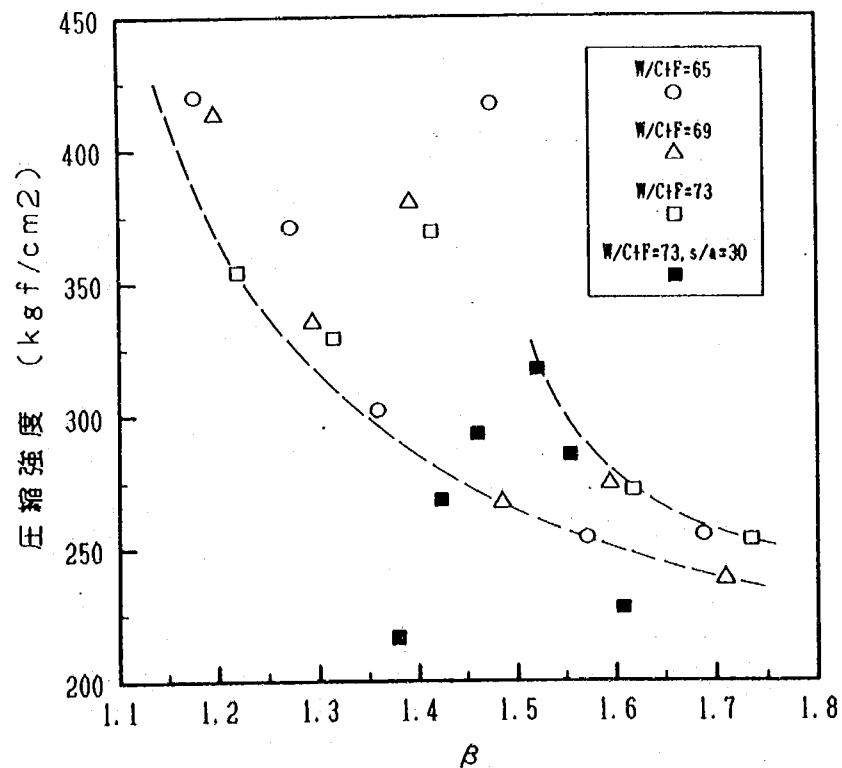


図- 2. 31. b β と圧縮強度

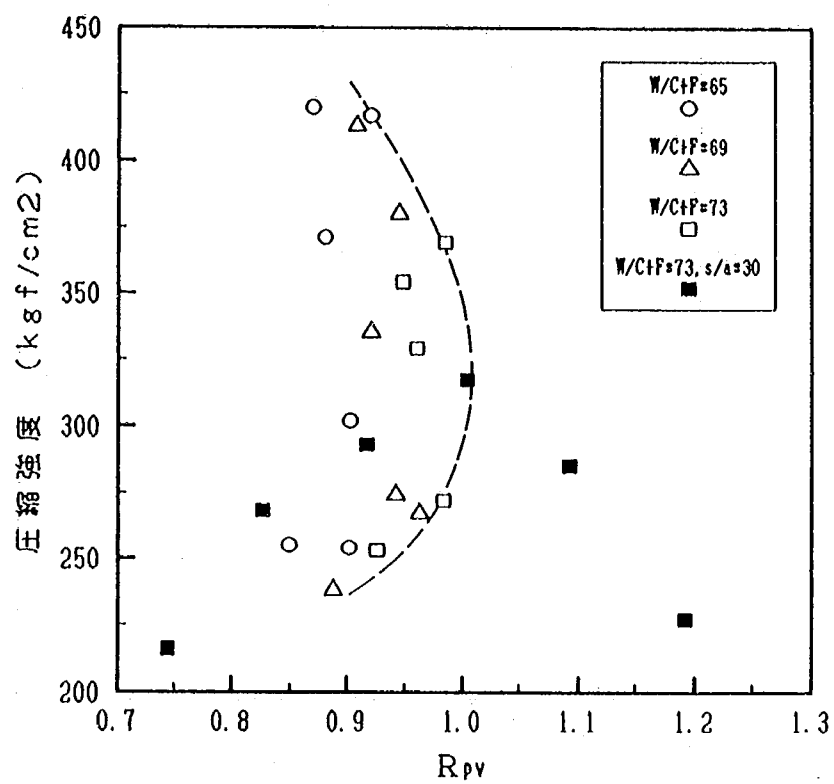


図- 2. 31. c R_{PV} と圧縮強度

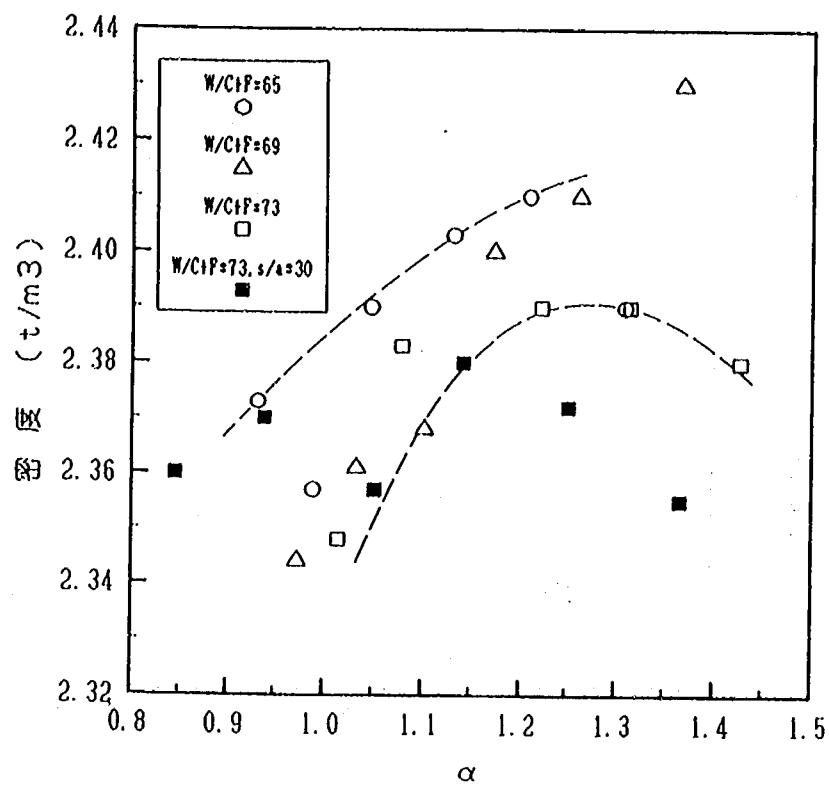


図- 2. 32. a α と密度

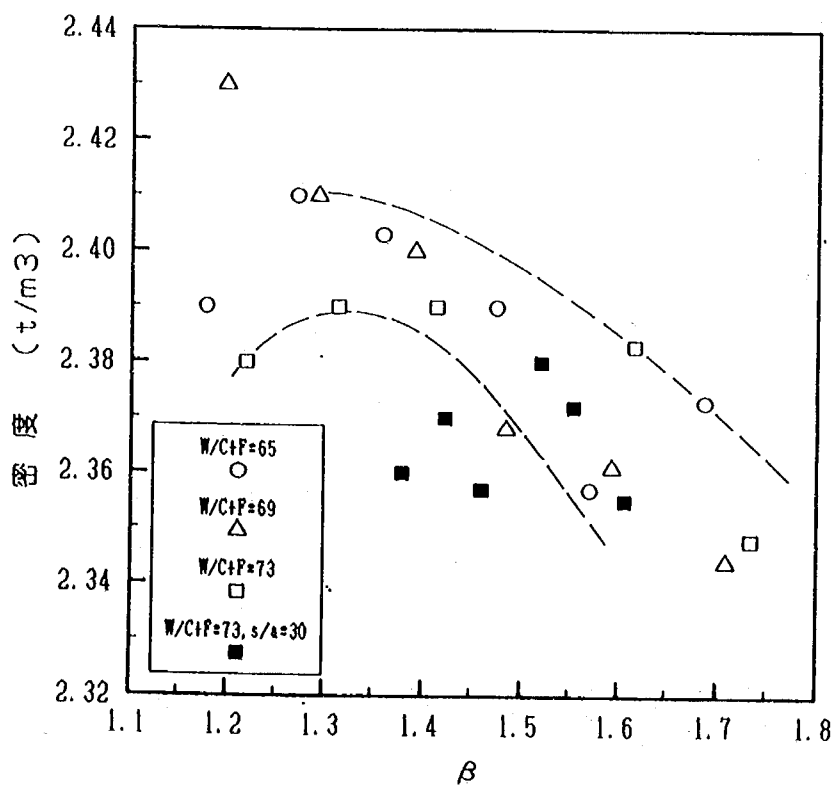


図- 2. 32. b β と密度

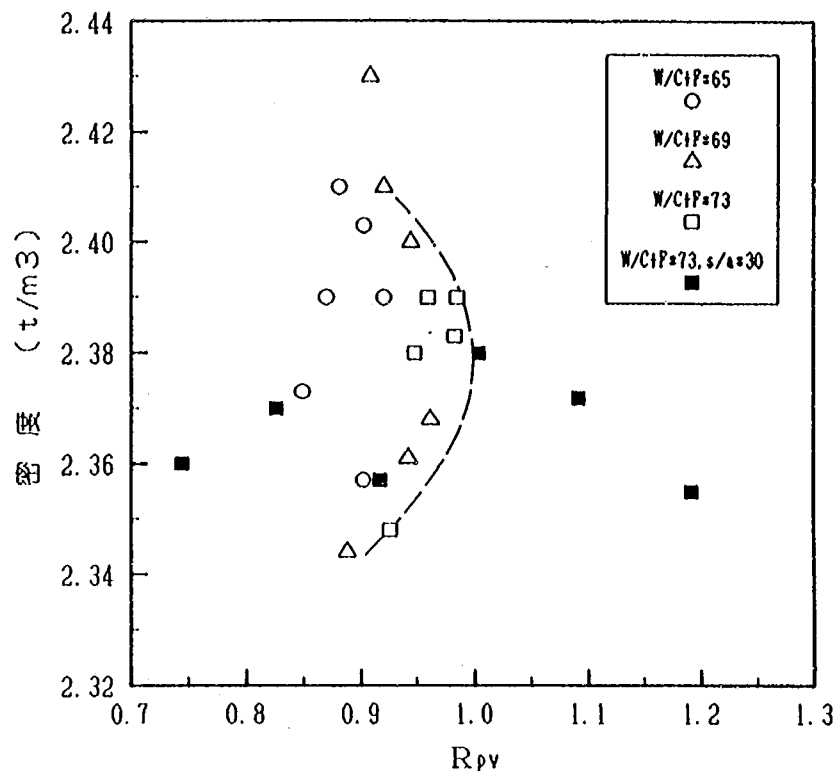


図- 2.32. c R_{pv} と密度

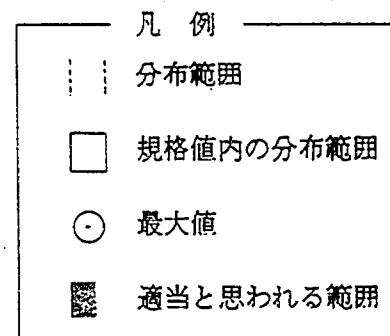
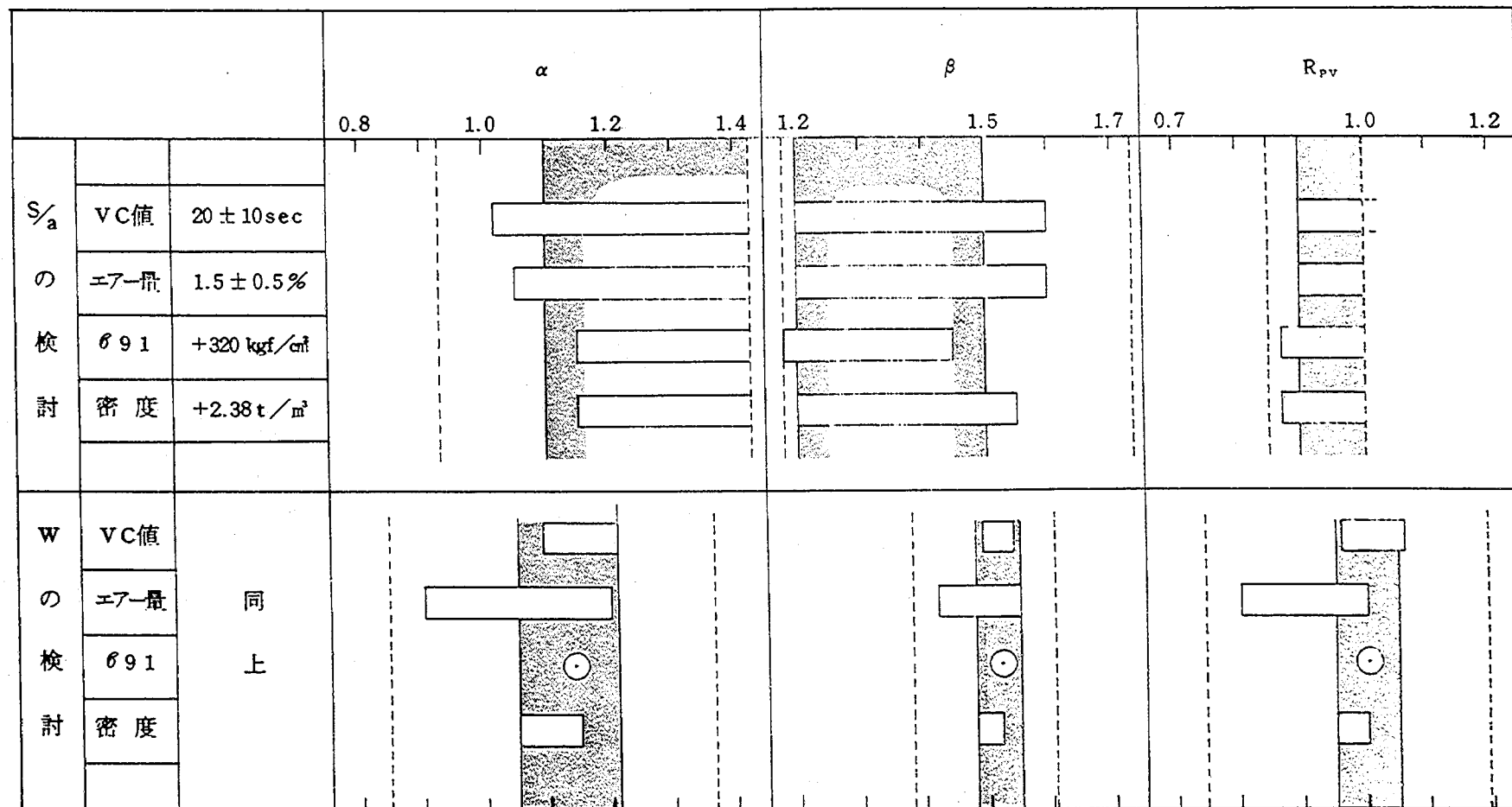


図 - 2.33 配合特性値の分布範囲

3. 未洗淨骨材を用いた試験

未洗淨骨材を用いてローラ転圧コンクリートを施工することの目的は、①粗骨材に含まれる微粒分(-0.15mm)の含有量によっては、コンシステンシーの向上及び圧縮強度の出現が期待できること¹⁰⁾。②骨材製造設での、骨材洗淨設備を省略することができる。などが主な目的になると考えられる。当研究室としては、この目的他に、河床砂礫を骨材として使用したローラ転圧コンクリートの施工を想定することを目的としていた。

フィルダムのフィルター部分に用いられる材料の粒度分布は、コンクリートダム用コンクリートの骨材の粒度分布と非常に良く似ている。このフィルター材料は、非常に締固めやすい材料であり、またその締固めに対しては振動を加えた転圧が非常に有効である。また、フィルター材料としては河床砂礫を利用する場合が多く、一般的にこの河床砂礫には、5～15%の微粒分が含まれている。

よって、河床砂礫を骨材として使用したローラ転圧コンクリートの施工を想定し、未洗淨骨材に含まれる微粒分の含有量にもよるが、5, 10, 15%程度の微粒分含有量になるよう調整した試験を計画していた。しかし、仮設備の設備の状態、施工ヤードの条件等より、骨材の微粒分の含有状態としては、1つの条件となり、粗骨材を洗淨しないケースのみの試験となった。

以下の内容は、①施工ヤードにおける測定結果、②コンクリート特性値の評価として標準供試体と施工ヤードから採取されたコア供試体の圧縮強度の評価の、2項目に区分してまとめた。

3.1 施工ヤードにおける試験

3.1.1 試験方法

試験は、前述の層別圧縮量の測定と同様の「工事用道路中津川線試験施工ヤード」において実施されたものである。表-3.1に試験ケース、表-3.2にコンクリート配合、表-3.3に測定項目を示す。

配合条件としては、宮ヶ瀬ダムの標準配合のケースと、この配合による試験結果より、V_{Cs}値が20secになるよう配合を調整したケースの2ケースとした。また、未洗淨、洗淨の比較のため洗淨骨材の条件および結果についても示している。

3.1.2 試験結果

(1) 骨材のふるい分け試験

粗骨材に含まれる微粒分を測定するために、未洗淨粗骨材のふるい分け試験を行った。表-3.4、図-3.1に試験結果を示す。洗淨骨材のふるい分け試験結果と比較して示すが、未洗淨骨材の微粒分(-0.15mm)の含有量が以外に少ないことがわかる。細骨材率を30%に調整した後では、洗淨骨材で2.8%、未洗淨骨材で3.9%と、約1%増加するにすぎなかった。

(2) RI密度

図-3.2に各試験ケースとRI密度の関係について示す。洗浄骨材を用いた試験ヤードでは、測定値は各地点で1回の測定しか行わなかったが、未洗浄骨材では、同一地点で数回測定を行った。その測定値の分布範囲と平均値を示す。これより、平均値では、未洗浄骨材のRI密度が多少大きめの値を示すが、測定回数の差を考慮すると洗浄骨材と未洗浄骨材の差はほとんど認められないといえる。ただし、C+F=100, W=105のケースは、他のケースより多少低い密度となっている。

(3) 表面変位量

全層均敷し後の、コンクリート打設表面の変位量をレベル測量によって測定した。図-3.3に測定結果を示す。これより、洗浄骨材と未洗浄骨材の違いは認められず、配合条件の違いによる差が現れている。つまり、C+F=130, W=95の配合条件では、洗浄、未洗浄骨材ともに、同様の沈下傾向を示し（振動ローラ転圧終了時点で20mm）、C+F=100, W=105の未洗浄骨材の場合は、他の2ケースより大きな沈下量を示し、振動5往復転圧後では28mmの沈下量を示し、約8mm大きな沈下量を示した。

3.2 コンクリート特性の測定

3.2.1 標準供試体の測定

図-3.4に材令と圧縮強度の関係を示す。未洗浄骨材と洗浄骨材を比較すると、未洗浄骨材の圧縮強度は、材令7日では、洗浄骨材の圧縮強度の分布範囲に入っているが、材令28, 91日の圧縮強度は、洗浄骨材の圧縮強度の分布範囲の上限値以上の値を示しているのが認められる。未洗浄骨材の2つのケースの比較では、C+F=100のケースの圧縮強度の値が、C+F=130のケースに比較し小さいことが認められる。

図-3.5, 6, 7にVCs値とエア量、圧縮強度、密度との関係を示す。VCs値は、各ケースともに 20 ± 10 secの範囲内に分布している。そのため、VCs値との関係で整理するにはVCs値の分布範囲が狭いが(10~20sec)、おおむね次のような傾向がみられる。

- ① VCs値が大きくなるほど、エア量は少なくなる。
- ② VCs値が大きくなるほど、圧縮強度は出現する。
- ③ VCs値が大きくなるほど、密度は大きくなる。

図-3.8, 9にエア量と圧縮強度、密度との関係を示す。未洗浄骨材を用いた2ケースは同じエア量を示し、1.7%の値であった。この値は洗浄骨材を用いたものより大きな値である。

密度とエア量の関係においては、エア量が多くなるほど、密度が小さくなる傾向が認められた。しかし、圧縮強度との関係においては、エア量の影響は明瞭ではなく、C+F=130の配合において、洗浄、未洗浄の差は認められない。未洗浄骨材を用いた2つのケースを比較すると、エア量(1.7%)は同じ値を示したのに圧縮強度の差が大きいことが認められた。

図-3.10 に圧縮強度と密度の関係を示す。密度は $2.3 \sim 2.4 \text{ t/m}^3$ の範囲に分布し、圧縮強度は $200 \sim 350 \text{ kgf/cm}^2$ の分布範囲を示している。未洗淨骨材を用いたケースの $C+F=130$ のケースは、密度値では洗淨骨材と比較し低い値を示すのに、圧縮強度は洗淨骨材の分布範囲の上限値と同程度の値を示す。 $C+F=100$ のケースでは、密度は $C+F=130$ のケースより多少大きな値を示すのに、圧縮強度では、 200 kgf/cm^2 程度と他2ケースに比較して、極端に低い値となっている。

未洗淨骨材を用いた $C+F=100$ の圧縮強度が、他の配合に比較して圧縮強度が低かったのは、水セメント比の法則で説明されるように、 $W/C+F=105/100=1.05$ と大きな値であったことが大きな要因と思われる。(ちなみに、 $C+F=130$ のケースは $95/130=0.73$)

3.2.2 コア供試体の測定

コアは、各試験ヤードより、材令91日を目安に採取され試験が行われたもので、コア供試体寸法は、直径 200 mm 、高さ 400 mm である。

図-3.11, 12にコア圧縮強度とコア密度、コア評価の関係を示す。

コア圧縮強度は、標準供試体の圧縮強度と同様に、未洗淨骨材を用いた $C+F=130$ のケースと、 $C+F=100$ のケースには差があり、洗淨骨材の分布範囲のそれぞれ上・下限値付近に分布している。その値は、 $C+F=130$ で 250 kgf/cm^2 、 $C+F=100$ で 100 kgf/cm^2 程度である。

コア密度は標準供試体の密度より広範囲の分布範囲を示し、洗淨骨材全体の分布範囲は $2.20 \sim 2.40 \text{ t/m}^3$ である。ただし、未洗淨骨材を用いた2つのケースのコア密度の範囲は、 2.35 t/m^3 程度を示し、ばらつきが少ないとともに、洗淨骨材の分布範囲の上限値付近に分布している。

コア圧縮強度とコア密度の関係は、洗淨骨材では、密度が大きくなるにつれ、コア圧縮強度も大きくなる傾向を示すが、未洗淨骨材の2ケースでは、そのような傾向を示さず、コア密度の値に関係なくコア圧縮強度はほぼ同じ値を示した。

コア圧縮強度とコア評価の関係は、洗淨骨材では、コア評価が良くなるにつれ、圧縮強度が大きくなる傾向を示した。そのコア評価の分布範囲は $3.5 \sim 4.5$ である。未洗淨骨材では、おおむね、洗淨骨材より良好な値を示し、 $C+F=130$ のケースでは 4.5 程度、 $C+F=100$ のケースでは 4.0 から 5.0 の値を示した。

図-3.13に、コア密度とコア評価の関係を示す。この関係では、3ケースともに同様の関係(直線関係)上に分布している。また、未洗淨骨材の値は、コア評価、コア密度ともに高い値を示していることがわかる。

3.3 まとめ

3.3.1 施工ヤードにおける試験

- ① 未洗淨骨材（粗骨材）のふるい分け試験の結果、粗骨材に含まれる微粒分は約1.2 %程度で、細骨材率を30%とした標準配合の粒度分布では、1%の増加の約4%となるに過ぎなかった。
- ② RI密度の測定結果、未洗淨骨材を用いたケースが、洗淨骨材のケースより多少大きめの値を示した。しかし、測定回数の差を考慮すると洗淨骨材と未洗淨骨材の差はほとんど認められない。
- ③ レベル測量によるリフト表面の変位量は、洗淨骨材と未洗淨骨材の差は現れなかった。ただし、配合条件の異なる未洗淨骨材C+F=100のケースは、多少大きめの沈下量を示した。

3.3.2 コンクリート特性の測定

(1) 標準供試体によるコンクリート特性

- ① VCs値は、洗淨骨材と同程度か多少小さい値（10～15sec）を示した。
- ② エアー量は、洗淨骨材より0.3%以上多くなり1.7%の値を示した。
- ③ 圧縮強度は、洗淨骨材の分布範囲内にあるが、多少高めの分布値を示す。
- ④ 密度は、洗淨骨材に比較し、低い値を示す傾向があるが、その値は 2.3 t/m^3 以上である。

(2) コア供試体のコンクリート特性

- ① コア圧縮強度は、洗淨骨材の分布範囲内にあるが、その値はおおむね高めの値である。また、そのばらつきは小さい。
- ② 密度も、洗淨骨材の分布範囲内にあるが、その値はおおむね高めの値を示し、 $\gamma = 2.35 \text{ t/m}^3$ 程度の値を示す。
- ③ コア評価は、洗淨骨材の分布範囲の上限値付近に分布しており、4.5以上の良好な評価を受けている。

表-3.1 試験ケース

NO.		単位量(kg/cm ³)		リフト厚	施工方法	転圧機種	転圧回数
		W	C+F				
①	洗浄骨材	95	130	0.75 m	通常施工	振動ローラ (7 t)	振動転圧 10回(全層)
②	未洗浄 骨材						
③		105	100				

表-3.2 配合(未洗浄骨材)

No	G _{max}	標準 VC値 (秒)	標準 空氣量 (%)	W/C+F	F/C+F	S/a	單位量 (Kg/m ³)								混和材	
							W	C	F	S	G					
											150 ~80	80 ~40	40 ~20	20 ~5		
①	150	20±10	1.5±1	73.1	30	30	95	91	39	649	1568	470	314	314	470	有
②																
③	150	20±10	1.5±1	105.0	30	30	105	70	30	649	1568	470	314	314	470	有

表-3.3 施工ヤードにおける測定項目

測定項目	NO	測点数	測 定 水 準	備考
R I 密度	①	2	2層目、3層目撤き出し後、振動転圧終了後	線源棒の 長さ50cm
	②	3	3層目撤き出し後、振動転圧終了後	
	③			
レベルによ 表面沈下量	①	4	各層撤き出し後、振動転圧2,4,6,8,10回後	
	②	3	振動転圧2,4,6,8,10回後	
	③			

表- 3.4 骨材の粒度分布

	ふるい寸法 (mm)	粒 径 別 百 分 率 (%)				細 骨 材 S	S/a=30%	
		粗 骨 材 G					粒 径 別 百 分 率 (%)	加 積 通 過 率 (%)
		150~80	80~40	40~10	10~5			
洗 浄 骨 材	150	19.5					4.1	95.9
	120	11.9					2.5	93.4
	100	23.4					4.9	88.5
	80	27.5	0				5.8	82.7
	60	12.6	17.1				5.0	77.7
	40	5.1	68.7	0			10.7	67.0
	30			3.5			1.1	65.9
	25			40.4			6.0	59.9
	20		9.3	42.6	6.3		7.6	52.3
	15		4.9	8.9	25.4		7.3	45.0
	10			4.1	45.7		10.2	34.8
	5			0.5	18.1	0	3.9	30.9
	2.5				4.5	5.0	2.4	28.5
	1.2					23.8	7.1	21.4
	0.6					29.2	8.8	12.6
	0.3					20.4	6.1	6.5
	0.15					12.3	3.7	2.8
	以下					9.3	2.8	0.0
未 洗 浄 骨 材	150						0.0	100.0
	120	20.9					4.4	95.6
	100	12.8					2.7	92.9
	80	35.3	5.0				8.1	84.8
	60	12.8	10.4				4.1	80.7
	40	9.2	61.5	0			10.5	70.1
	30			4.6			0.6	69.5
	25	2.4		51.7			7.7	61.7
	20	2.7	13.3	34.3	7.4		8.8	53.0
	15				15.0		3.2	49.8
	10	1.9	6.8	7.5	42.7		11.4	38.4
	5	0.9	1.9	0.8	32.5	0	7.4	31.0
	2.5					5.0	1.5	29.5
	1.2					23.8	7.1	22.4
	0.6					29.2	8.8	13.6
	0.3					20.4	6.1	7.5
	0.15					12.3	3.7	3.8
	0.074					9.3	2.8	0.3
以下	0.9	0.7	0.8	1.8		0.3	0.0	
	0.2	0.4	0.3	0.6				

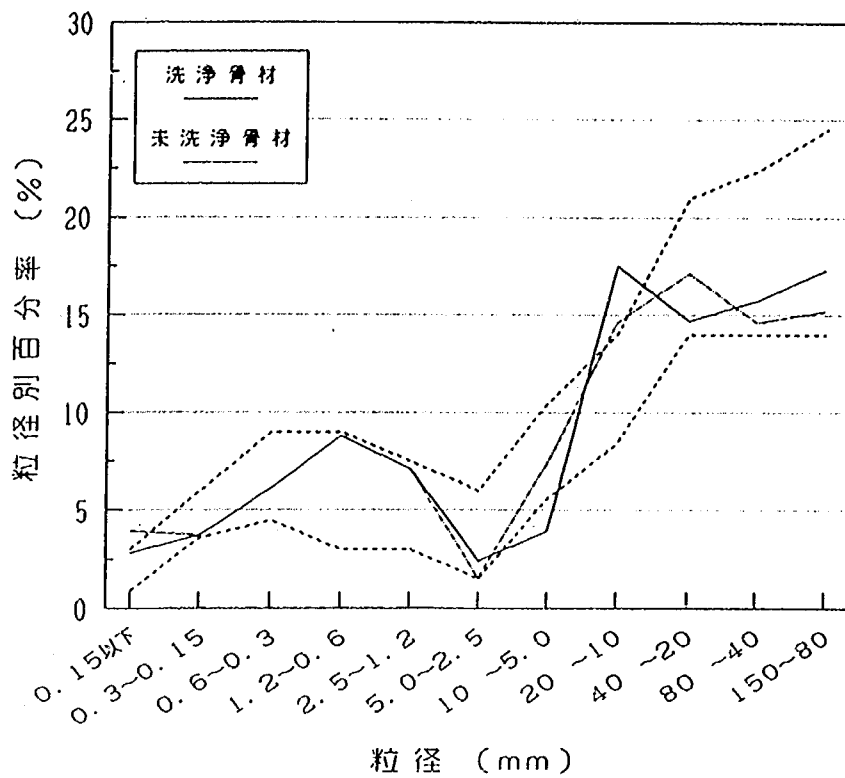


図- 3.1. a 未洗浄骨材の粒度分布

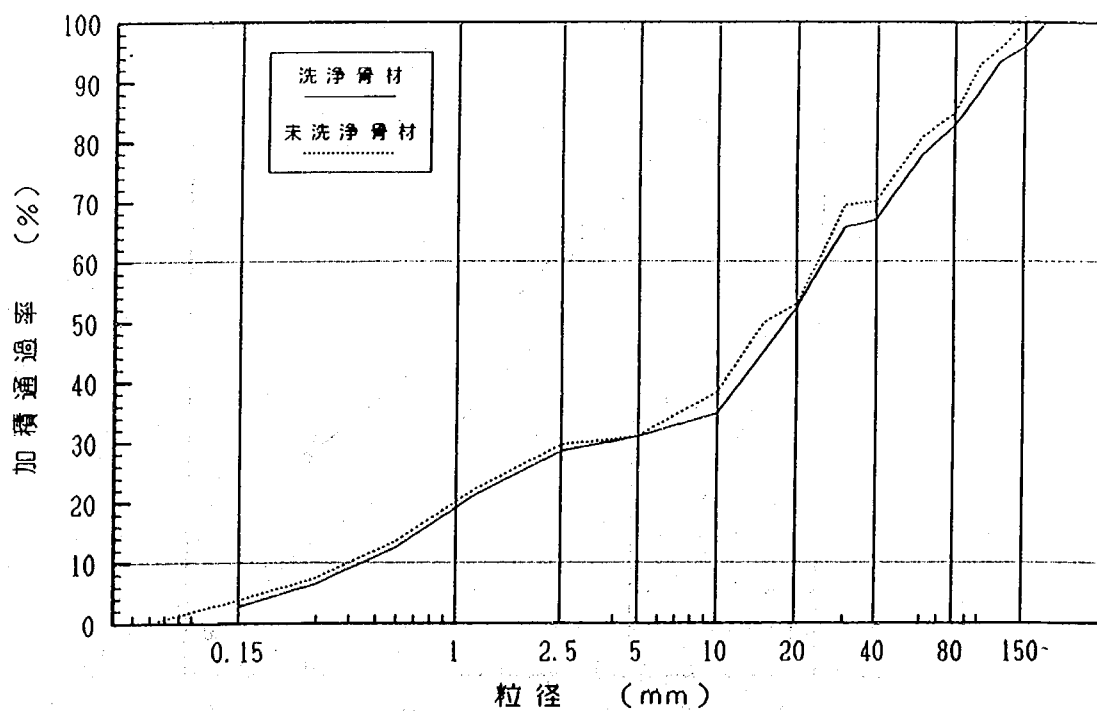


図- 3.1. b 未洗浄骨材の加積通過率

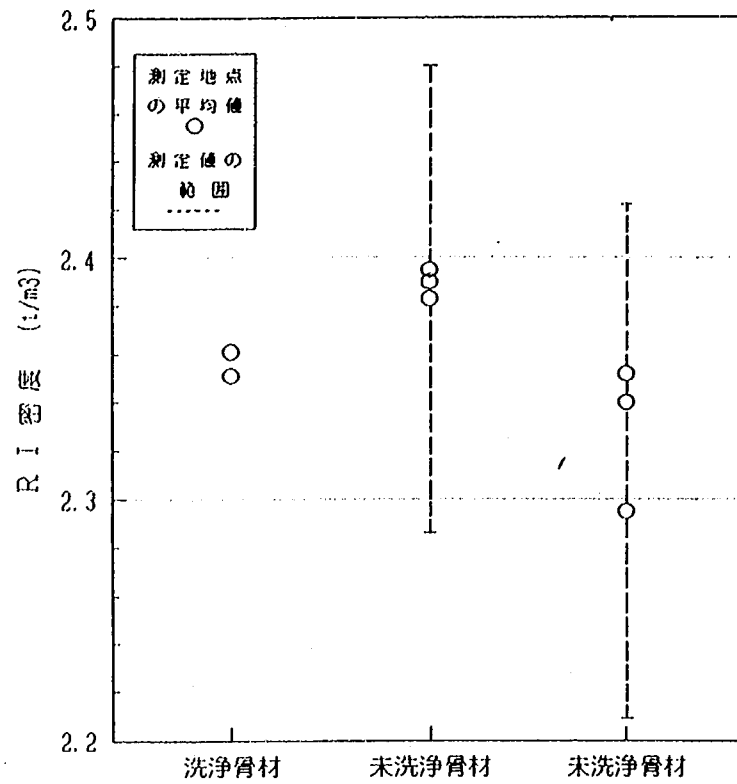


図-3.2 RI 密度

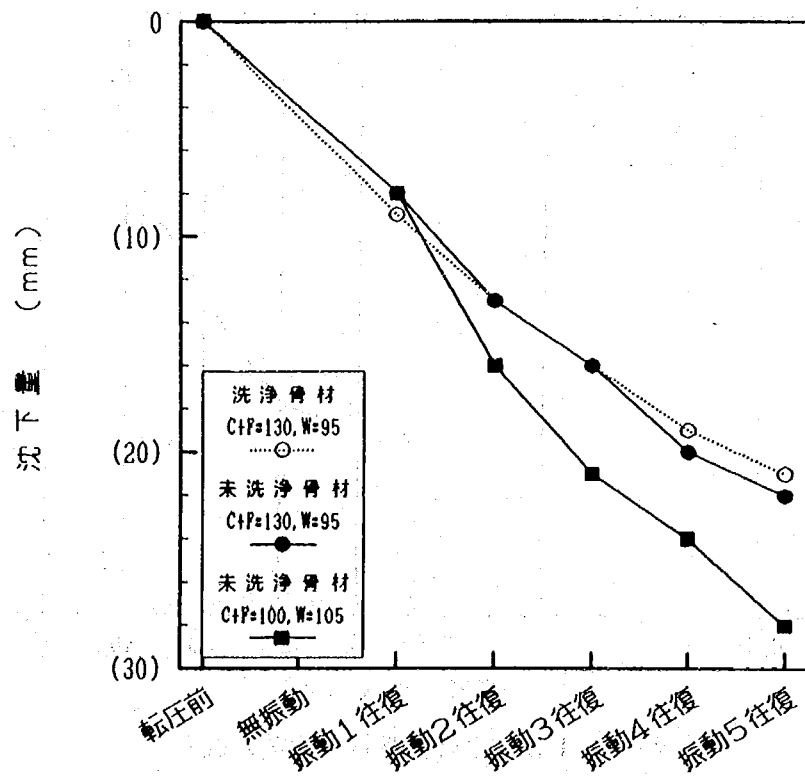


図-3.3 レベル測定による表面変位量

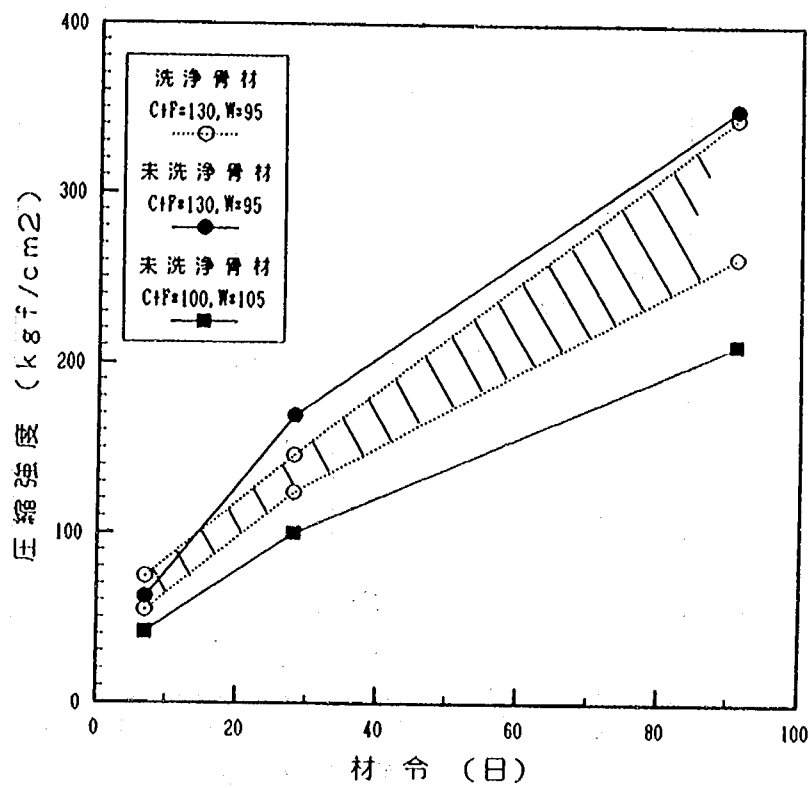


図- 3.4 圧縮強度の比較

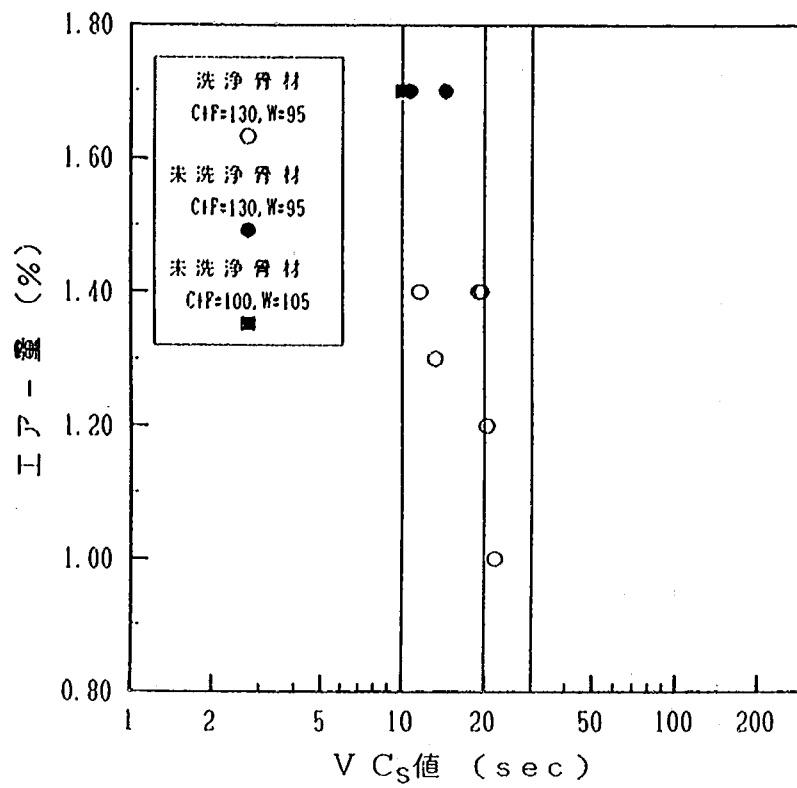


図- 3.5 V C_s値とエア量

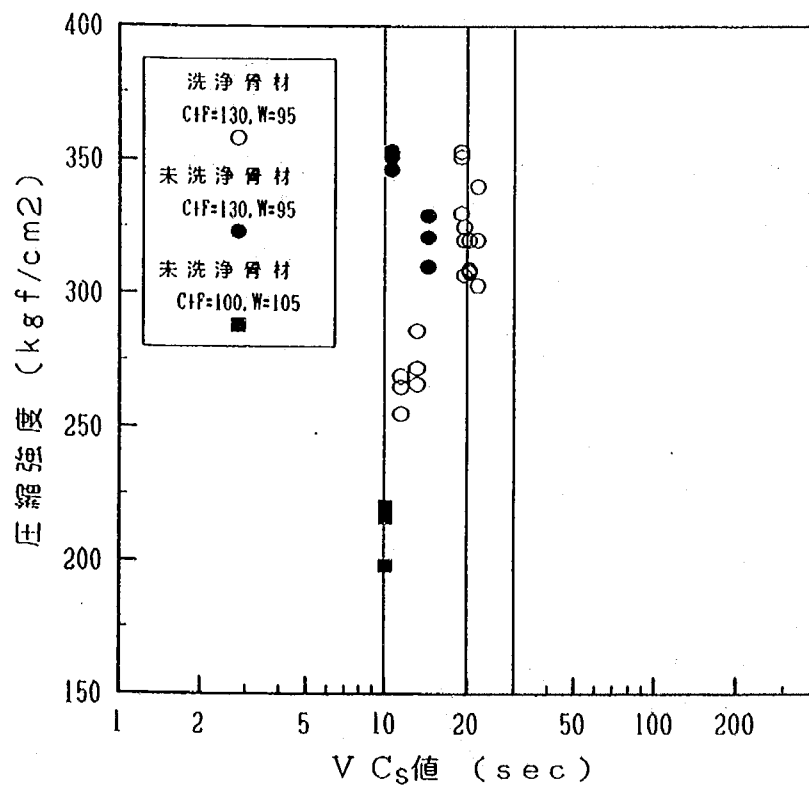


図- 3.6 V C_s値と圧縮強度

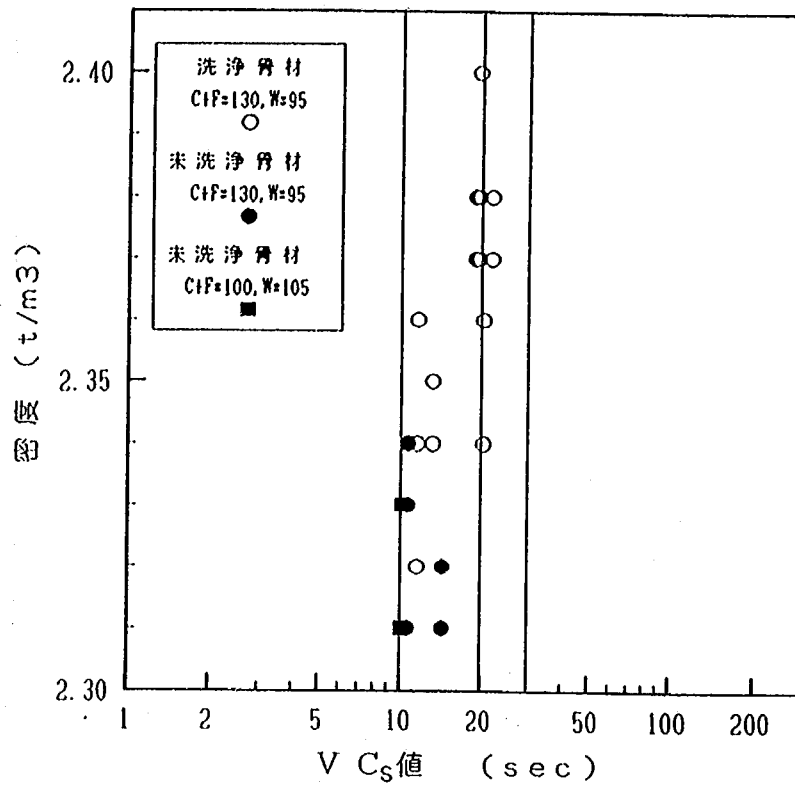


図- 3.7 $V C_s$ 値と密度

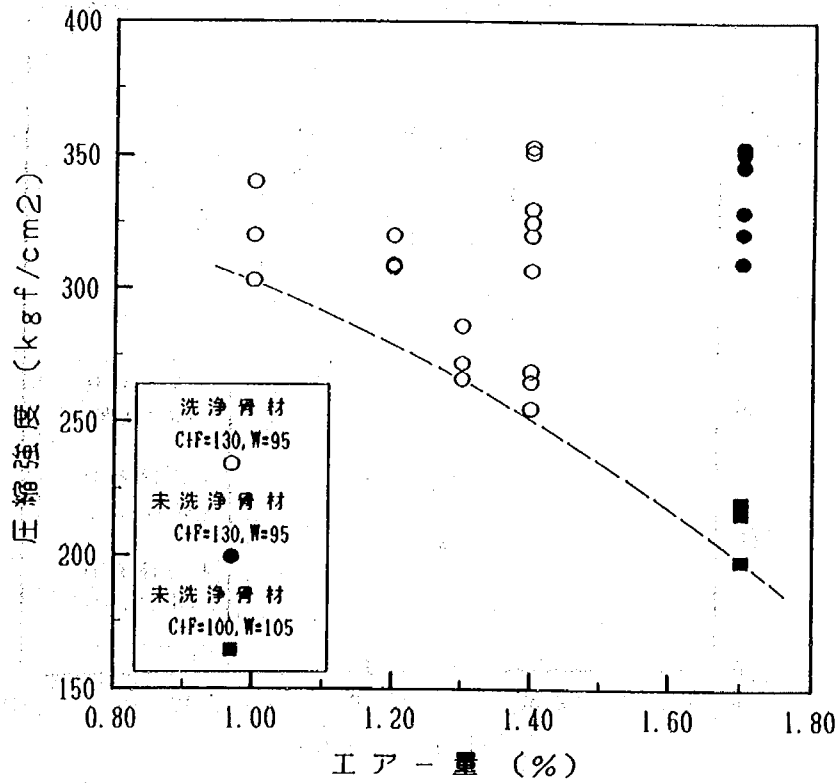


図- 3.8 エア-量と圧縮強度

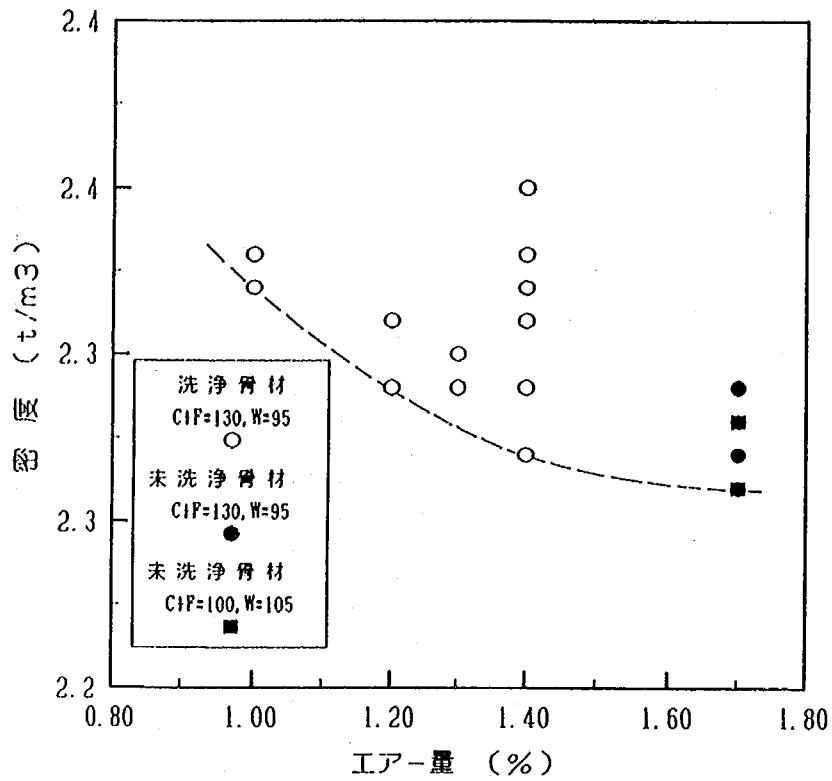


図- 3.9 エアー量と密度

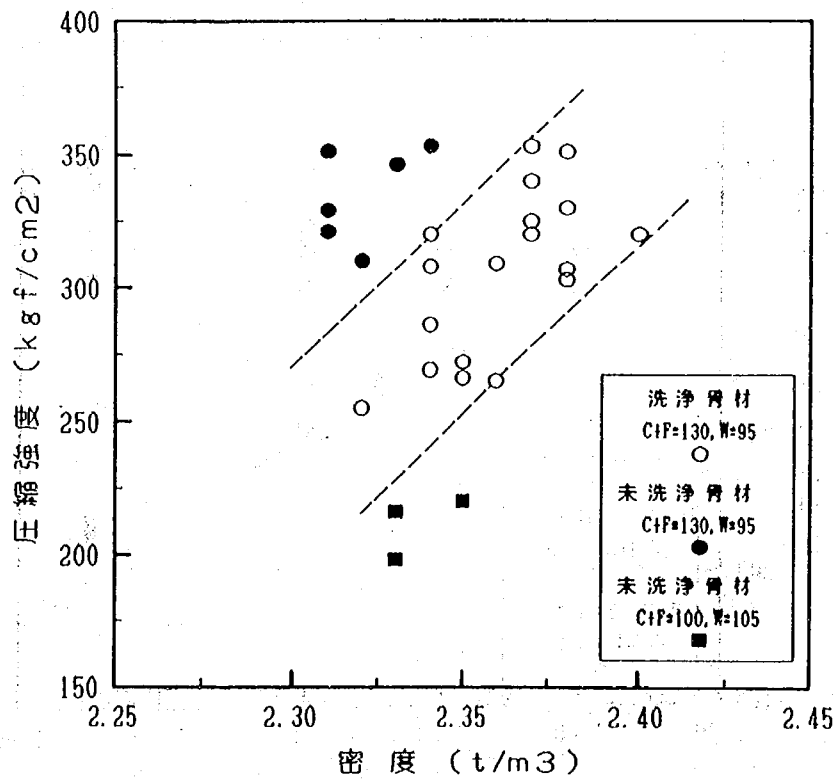


図- 3.10 圧縮強度と密度

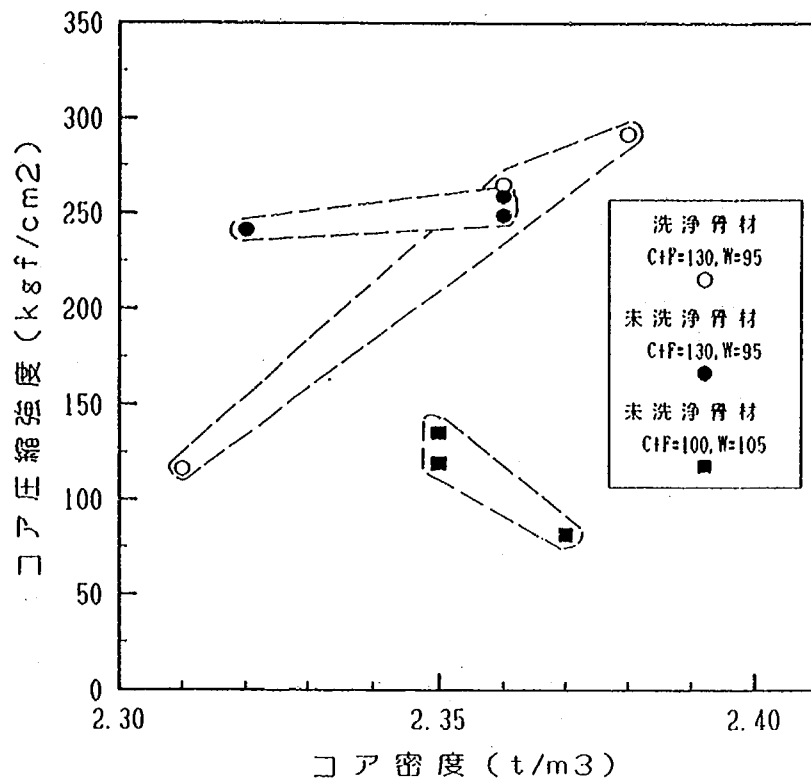


図 - 3.11 コア密度とコア圧縮強度

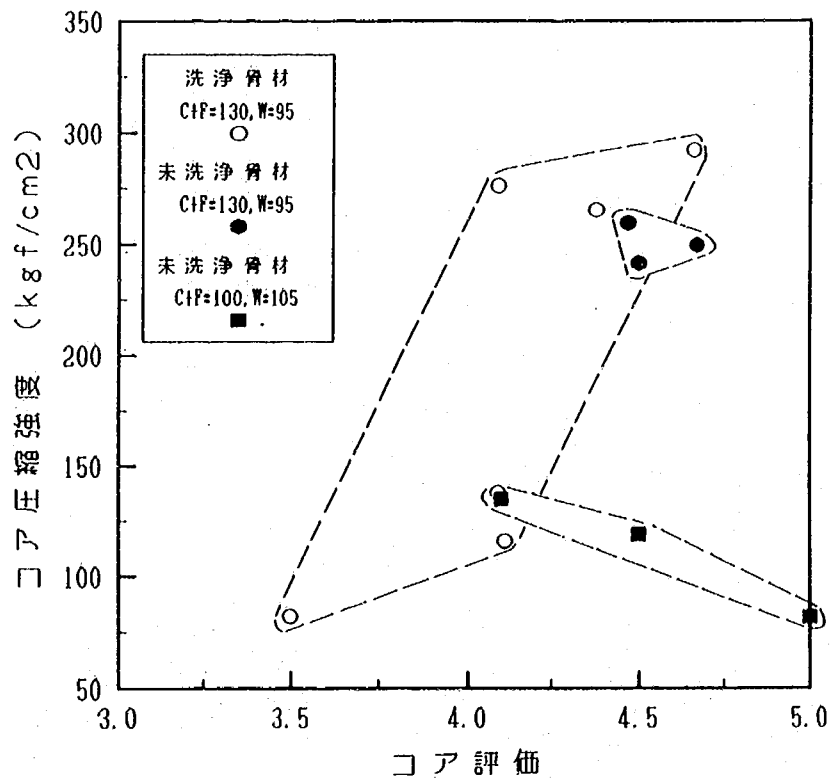


図 - 3.12 コア評価とコア圧縮強度

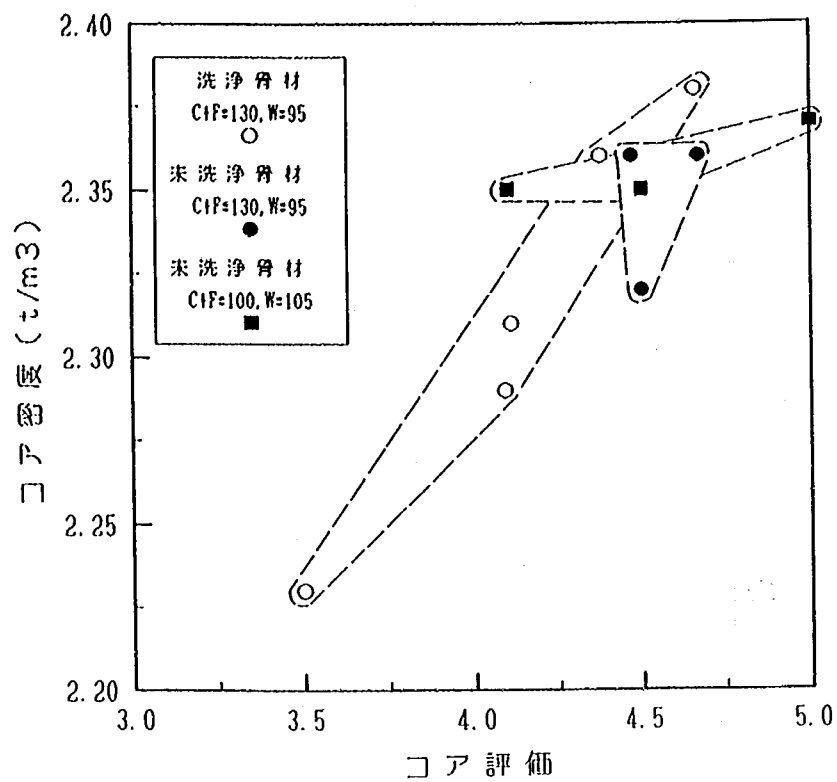


図- 3.13 コア評価とコア密度

4. 結 論

4.1 層別圧縮量の測定

(1) 圧縮量とコア強度特性

宮ヶ瀬ダム工事用道路試験施工ヤードにおいて測定された、ローラ転圧コンクリート内部の撒き出し層別の圧縮量と、そのヤードから採取されたコア供試体の強度特性（圧縮強度、密度、コア評価）との関係には、相関性が認められた。つまり、圧縮率3%未満では、強度特性値のばらつきがありその値も低い、圧縮率3%以上では、強度特性値のばらつきも少なくその値は相対的に良好な値を示す。

しかし、この傾向がローラ転圧コンクリートの圧縮率とコア強度特性の関係を代表するものではないと思われる。同一の施工条件（1リフト0.75mの通常施工）で、単位水量を70～140kg/m³の範囲で数ケース配合を変えたローラ転圧コンクリートの施工を行い、上層と下層のコア圧縮強度の比較を行った試験結果によれば⁹⁾、単位水量が少なくなるほど上層のコア圧縮強度が出現し、単位水量が多くなるほど下層のコア圧縮強度が出現する傾向が認められている。また、上下層のコア圧縮強度がほぼ均一となる単位水量は、各ダムの示方配合付近の単位水量であり、ほぼ $W=95\sim105\text{kg/m}^3$ の範囲内となっている。VCs値も20sec程度である。つまり、同様の撒き出し方法、振動ローラ転圧回数であれば、1リフト0.75mの上・下層の圧縮強度差は、単位水量によって異なってくる。

一方、1リフト内部の層別圧縮量は、単位水量の多少によって、その傾向が変わるものとは考えられない。

よって、今回測定された層別圧縮量とコア強度特性の関係は、VCs値20sec程度を示す単位水量、つまり示方配合程度の単位水量のローラ転圧コンクリートに限定されるものと考えられる。

(2) リフト厚について

次に、通常施工におけるリフト厚の違いについてまとめると、0.75mリフト（撒き出し3層）、1.0mリフト（撒き出し4層）ともに、振動ローラによる転圧によって圧縮量を示すのは、最上層のみであり、それ以外の層は、各層の直上層のコンクリートの撒き出し時のブルドーザの敷均しにより生じる圧縮量2～3%（5～6mm）以降は、圧縮量の増減はほとんどない。つまり、0.75m、1mリフトともに、最上層とその他の層の圧縮傾向、圧縮量ともに、同様の傾向を示すことがわかった。

しかし、コア強度特性では、0.75mリフトと1mリフトの違いが認められる。それは、1mリフトの層別のコア強度特性値の差があることで、コア密度で1.1倍（2.40/2.23）、コア圧縮強度で2.1倍（265/122）と、どれも0.75mリフトにおける層別の差より大きい。また、コア評価では、上層から下層へいくほど評価が悪くなっていく傾向が認められた。

このように、層別の圧縮傾向、圧縮量はほぼ同じなのに、コア強度特性ではリフト厚の違いが現れ

るのはなぜなのだろう。それは、振動ローラ転圧時のエネルギーが深さ方向で減衰するからで¹¹⁾、リフト厚の厚いものほど下層部に締固めエネルギーが伝達せずに、下部のコンクリートの品質が向上しないものと考えられる。

つまり、「圧縮量が多い＝高品質」がすべての層にいえるものではなく、ローラ転圧コンクリートの場合、ある程度の圧縮量を示した後は、圧縮変形は生じない（粗骨材の再配列を行うようなエネルギーが加えられない）で、振動ローラ転圧による振動エネルギーは、モルタル相中でのエンドラップドエアを上方においやる過程のエネルギーとして、あるいは、その前段の粗骨材を取りまく連続したモルタル相が形成される段階でのエネルギーとしてコンクリート内部を伝達するものと思われる。

(3) 施工方法について

1 mリフトにおける通常施工と連続施工についてまとめてみる。通常施工とは、1層27cm程度の厚さで撒き出し、それを4層（0.75mリフトでは3層）行って、最後に4層全部をまとめて振動ローラで締固める方法で、連続施工とは、撒き出し各層毎に振動ローラで締固め、それを4層連続して行い1リフトとする方法である。

圧縮量を比較すると、連続施工では、最下層（1層目）で最も大きな圧縮量を示し、約6%の圧縮率を示した。しかし、上層へいくほど圧縮量は小さくなり、最上層（4層目）では約2%程度の圧縮率しか示さなかった。しかし、コア供試体の強度特性値は、通常施工の強度特性値と比較し、層別の差は小さく、かつ値そのものも良好な値を示している。つまり、連続施工では層別の圧縮量の差はあるものの、コンクリート強度特性の差はあまりないということになる。

その圧縮量の差の原因については次のように考えられる。最下層の圧縮量が多いのは、基盤が剛であるために締固めエネルギーが1層に集中したためであり、2層目以降は、下層のコンクリートが完全に剛の状態になり得ていないために締固めエネルギーが分散したものと考えられる。ただし、その圧縮率は、通常施工の層別の圧縮率と比較して、同程度かそれ以上を示すものと考えられたが、最上層の1ケースは1%（2つの平均で2%）の圧縮率と、今回の測定の中で最も小さな値であった。これは、最上層測定の際の2つのセンサーが多少水平方向に移動したのか、あるいは傾いたために、実際は圧縮されているはずなのに、離間距離を長く測定したからではないかと思われる。

つまり、通常施工の最上層の振動ローラ転圧2往復目と連続施工の最上層の振動ローラ転圧2往復での圧縮量は同程度であるべきで、連続施工における最上層の圧縮量は、2～3%は生じているものと思われる。また、最下層の圧縮量6%は、他ケースの圧縮量と比較して2倍以上の値であることにより、多少締固めすぎと考えられる。

以上より、1 mリフト連続施工方法で、最下層を振動ローラで締固める事は、多少むだな事に思われる。よって、2層撒き出し後振動ローラで3往復程度締固める連続施工方法が適しているのではないかとと思われる。

以上、層別圧縮量の測定結果と、コア供試体の強度特性値の関係を整理したところ、VCs値20sec程度を示すコンクリート配合、つまり単位水量が 95kg/m^3 の示方配合のコンクリートを施工する場合には、0.75m通常工法で振動ローラ転圧5往復（10回）で十分な品質を得ることができる（ただし、転圧回数が5往復必要というものではない。）。また、1mリフト連続施工でも十分な品質のコンクリートとして施工できることが認められた。

ただし、1mリフト通常施工では、コンクリートの品質の均一性からして、多少問題があり、

- ① 振動エネルギーの大きな振動ローラで締固める。
- ② 単位水量を適量多くして、モルタル相が形成されやすくする。

等の振動ローラ、コンクリート配合等の改良が必要と思われる。

あるいは、施工方法を連続工法に近づけ、

- ③ 2層撤出し後振動ローラ転圧の連続施工方法
- などの施工方法も十分考えられるのではないかとと思われる。

4.2 配合特性値

ローラ転圧コンクリートの配合特性を表現する特性値のうち、骨材の空隙量に着目した配合特性値の、ペースト細骨材空隙比(α)、モルタル粗骨材空隙比(β)と、ペースト空隙比(R_{pv})の3つの特性の関係について調査を行い、次のような関係が明らかになった。

まず、コンクリートの配合条件として重要なものに、単位水量と細骨材率がある。また、ローラ転圧コンクリートのコンシステンシーの評価はVCs値で行っている。そこで、単位水量、細骨材率、VCs値の3項目と各配合特性の関係についてまとめてみる。

単位水量は $73\sim 110\text{kg/m}^3$ 、細骨材は $24\sim 34\%$ の範囲の条件であったが、 α と β は、単位水量と細骨材率の変化の影響を強く受ける。つまり、配合条件が $W=110\text{kg/m}^3$, $S/a=30\%$ の場合の α は1.4程度であるが、 $W=90\text{kg/m}^3$, $S/a=24\%$ の配合条件でも α は1.4程度を示すのである。しかし、VCs値を見ると、前述の配合におけるVCs値は2secで、後述の配合におけるVCs値は20sec程度を示すのである（図-3.29.a）。同じ配合特性値を示すにもかかわらず、このようにVC値が違ってくことは、ローラ転圧コンクリートの配合性を論ずる上での有効な指標とはいいいにくい。

一方、 R_{pv} は上述と同様の配合において、それぞれ1.2と0.9程度となり、VC値との関係は、図-3.29.cに示すとおりほぼ同一直線上で表現する事ができる。つまり、ペースト空隙比 R_{pv} は、単位水量と細骨材率の変化による、ローラ転圧コンクリートのコンシステンシーに対する影響を同時に表現することができるといえる。

このような特性は、河床砂礫を分級せずにそのままローラ転圧コンクリート用骨材としての使用を考えるとときなどに、十分有効な配合条件として用いられるのではないかと考えられる。

4.3 未洗浄骨材

今回の未洗浄骨材を使用する試験の主な目的は、河床砂礫を骨材として使用する場合を相定することであり、つまり河床砂礫には5～15%程度の -0.15mm 粒径の微粒分が含まれており、その微粒分の含有率程度の骨材を作成し、その骨材を用いて施工されるローラ転圧コンクリートの性状の確認をすることであった。

しかし、残念ながら微粒分の調整を行うことができず、唯一粗骨材の洗浄を行なわない条件での試験が行われたもので、当初の目的を十分達成することはできなかった。

未洗浄骨材に含まれる 0.15mm 以下の微粒分は、細骨材率30%の配合で、約4%で、洗浄骨材の3%より1%ほど増加するにすぎなかった。しかし、標準供試体、コア供試体によるコンクリート特性の評価を行ったところ、洗浄骨材よりすぐれる項目がみられた。1つは、データ数が各ケース3供試体と少なかったものの、すべてのコンクリート特性値において、値のばらつきが、洗浄骨材に比べて少なかった。2つめは、標準供試体の圧縮強度、コア供試体の圧縮強度、密度、コア評価の項目では、洗浄骨材の分布範囲の上限値あるいはそれ以上の値を示した。

このように、未洗浄骨材を用いることにより、コンクリート特性値が向上する傾向がみられた。ただし、その傾向が 0.15mm 以下の微粒分が1%増加したことによるものなのか、あるいは、それ以外の粒度分布が変わったことによるものなのかは、今回の試験結果からは明確にならない。

謝 辞

本試験は、「宮ヶ瀬ダム工事用道路試験施工」において、一部試験ヤードを利用して実施した計測資料、および、宮ヶ瀬ダム工事事務所試験室においてコンクリートの配合、試験等を実施していただいた資料をとりまとめたものである。

関東地方建設局宮ヶ瀬ダム工事事務所の関係各位には、多大な御協力を得たことを記し、ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 松本徳久・渡辺和夫・岩田充弘・小川 優：「RCDコンクリート転圧時の内部変位計測」，土木研究所資料，第2181号，昭和60年3月。
- 2) 松本徳久・弘中義昭・小川 優：「RCDコンクリートの転圧機構に関する調査」，土木研究所資料，第2397号，昭和61年9月。
- 3) 松本徳久・佐谷靖朗・志賀三智：「ローラ転圧コンクリートの締固め特性」，建設省土木研究所報告，第178号，昭和63年10月。
- 4) 足立敏之・臼井加悦：「リフト厚1 mによる玉川ダムRCD工法の施工」，ダム技術，Vol. 3 No. 4，(1985)。
- 5) 中原 ら：「振動ローラ締固めコンクリート工法の開発研究（その1～5）」，鹿島建設技術研究所報告，第26号～29号。
- 6) 加瀬俊久・松本徳久：「ローラ転圧コンクリートにおける粒度組成とペースト空隙比」，土木学会第44回年次学術講演会，V-78，平成元年10月。
- 7) 志水茂明・永山功：「RCD用コンクリートの配合とその締固め特性，強度特性についての考察」，ダム技術，No. 34 (1989)。
- 8) 志水茂明・高樋堅太郎・原 稔明：「RCD用コンクリートの大型供試体試験について」，ダム技術，No. 35 (1989)。
- 9) 志水茂明・柳田力：「RCD工法における大型供試体試験」，ダム技術，No. 26，昭和63年10月。
- 10) 建設省東北地方建設局玉川ダム工事事務所：「玉川ダムRCD工法の施工実態と評価」，昭和63年3月。
- 11) 栗田守朗・奥村忠彦・林亮・小野定・嶋田洋：「RCDコンクリートの締固め性状に関する一研究」清水建設研究所報，第38号，昭和58年10月。

付 表

- 表-1 大型供試体試験装置による骨材の締固め試験結果
- 表-2 電気ハンマによる骨材の締固め試験
- 表-3 VC試験装置（小型，大型）による骨材の締固め試験結果
- 表-4 層別沈下量測定ヤードのコンクリート強度特性
- 表-5 層別沈下量測定ヤードのコンクリート強度特性
- 表-6 層別沈下量測定ヤードのコア強度特性
- 表-7 層別沈下量測定ヤードのコア強度特性
- 表-8 層別沈下量測定ヤードのコア強度特性
- 表-9 標準供試体測定結果 ($s/a=30$, $W/C+F=73$)
- 表-10 標準供試体測定結果 ($W/C+F=73$)
- 表-11 標準供試体測定結果 ($W/C+F=69$)
- 表-12 標準供試体測定結果 ($W/C+F=65$)

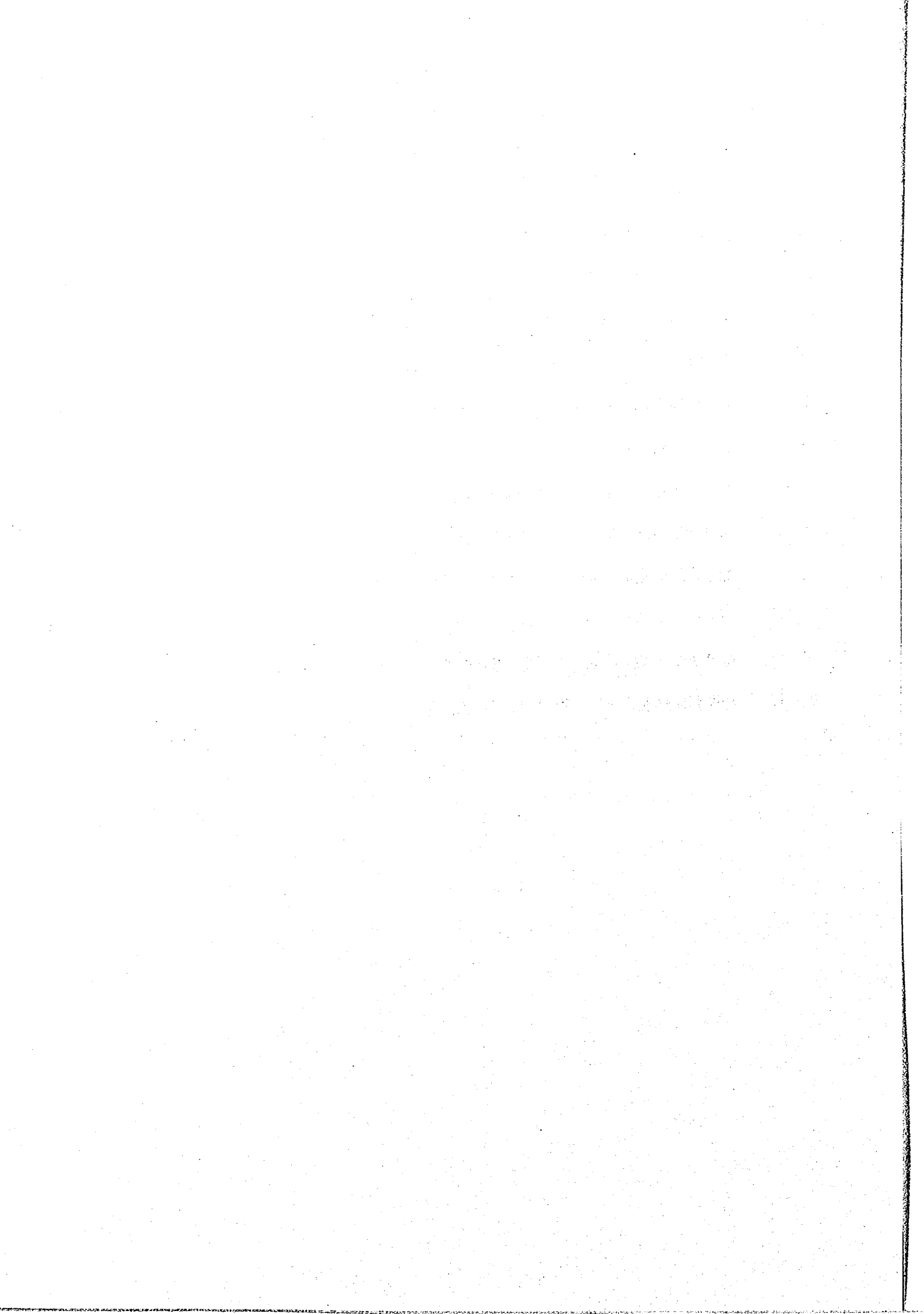


表-1 大型供試体試験装置による骨材の締固め試験

	締固め 時 間	体 積 (cc)			重 量 (kg)			密度 (t/m ³)	空隙率
		1	2	3	1	2	3		
細骨材	0	77.95	76.48	78.24	126.9	125.6	125.1	1.623	0.583
	10	72.80	67.54	67.25	126.9	125.6	125.1	1.821	0.411
	20	69.07	66.85	66.46	126.9	125.6	125.1	1.866	0.377
	40	67.70	66.26	66.03	126.9	125.6	125.1	1.888	0.361
	80	67.34	65.93	65.77	126.9	125.6	125.1	1.897	0.355
	120	67.11	65.87	65.67	126.9	125.6	125.1	1.901	0.352
	180	66.66	65.73	64.95	126.9	125.6	125.1	1.914	0.343
粗骨材	0	83.00	83.15	83.40	136.2	134.9	136.0	1.631	0.618
	10	76.48	75.99	76.77	136.2	134.9	136.0	1.776	0.487
	20	75.55	74.61	75.50	136.2	134.9	136.0	1.804	0.463
	40	74.32	73.43	73.88	136.2	134.9	136.0	1.837	0.437
	80	73.30	71.96	72.71	136.2	134.9	136.0	1.868	0.413
	120	72.65	71.57	71.92	136.2	134.9	136.0	1.884	0.402
	180	71.82	71.17	71.23	136.2	134.9	136.0	1.900	0.389
S/a=24%	0	85.17	86.15	85.61	161.8	165.6	161.9	1.904	0.377
	10	77.75	78.34	77.21	161.8	165.6	161.9	2.097	0.251
	20	76.38	77.07	75.79	161.8	165.6	161.9	2.134	0.229
	40	74.91	75.69	74.12	161.8	165.6	161.9	2.177	0.205
	80	73.53	74.66	73.04	161.8	165.6	161.9	2.212	0.186
	120	72.75	74.02	72.25	161.8	165.6	161.9	2.234	0.174
	180	72.01	73.63	71.96	161.8	165.6	161.9	2.249	0.167
S/a=26%	0	84.28	85.12	83.45	160.2	163.3	161.7	1.919	0.366
	10	76.08	77.31	76.48	160.2	163.3	161.7	2.111	0.242
	20	74.91	76.03	74.81	160.2	163.3	161.7	2.149	0.220
	40	73.63	74.56	73.63	160.2	163.3	161.7	2.187	0.199
	80	72.75	73.33	72.60	160.2	163.3	161.7	2.219	0.182
	120	71.91	72.84	72.16	160.2	163.3	161.7	2.237	0.172
	180	71.18	72.30	71.57	160.2	163.3	161.7	2.256	0.162
S/a=28%	0	85.80	84.09	83.40	163.2	160.2	162.1	1.917	0.367
	10	76.82	76.82	75.59	163.2	160.2	162.1	2.118	0.237
	20	75.59	74.91	74.56	163.2	160.2	162.1	2.157	0.215
	40	74.81	73.53	73.53	163.2	160.2	162.1	2.188	0.197
	80	73.43	72.11	72.60	163.2	160.2	162.1	2.226	0.177
	120	72.89	71.37	72.11	163.2	160.2	162.1	2.244	0.168
	180	72.16	70.78	71.57	163.2	160.2	162.1	2.263	0.158
S/a=30%	0	84.92	85.85	84.38	162.6	164.9	163.5	1.924	0.361
	10	76.87	77.51	76.53	162.6	164.9	163.5	2.126	0.232
	20	75.94	76.03	75.20	162.6	164.9	163.5	2.161	0.212
	40	74.51	74.86	74.07	162.6	164.9	163.5	2.197	0.192
	80	73.53	73.63	72.99	162.6	164.9	163.5	2.230	0.174
	120	72.75	73.14	72.40	162.6	164.9	163.5	2.249	0.164
	180	71.86	72.70	72.06	162.6	164.9	163.5	2.267	0.155
S/a=32%	0	85.66	85.46	84.04	164.2	166.4	161.8	1.930	0.356
	10	77.56	77.80	76.48	164.2	166.4	161.8	2.124	0.232
	20	76.28	76.58	75.25	164.2	166.4	161.8	2.159	0.213
	40	75.10	75.40	74.07	164.2	166.4	161.8	2.193	0.194
	80	74.02	74.56	72.84	164.2	166.4	161.8	2.224	0.177
	120	73.43	74.07	72.25	164.2	166.4	161.8	2.241	0.168
	180	72.94	73.63	71.71	164.2	166.4	161.8	2.256	0.160
S/a=34%	0	85.56	86.94	86.94	166.5	169.7	168.5	1.945	0.345
	10	78.05	78.88	79.23	166.5	169.7	168.5	2.137	0.224
	20	77.16	78.29	78.24	166.5	169.7	168.5	2.160	0.211
	40	76.67	77.56	77.31	166.5	169.7	168.5	2.180	0.200
	80	75.74	76.72	76.48	166.5	169.7	168.5	2.204	0.187
	120	75.15	76.23	75.94	166.5	169.7	168.5	2.220	0.178
	180	74.71	75.84	75.50	166.5	169.7	168.5	2.233	0.172

表-2 電気ハンマによる骨材の締固め試験

	締固め 時 間	体 積 (cc)			重 量 (kg)			密度 (t/m ³)	空隙率 (%)
		1	2	3	1	2	3		
細骨材	0	93.8	92.3	94.9	146.4	144.1	148.6	1.563	0.645
	10	82.5	79.6	83.5	146.4	144.1	148.6	1.788	0.437
	20	80.5	78.8	81.0	146.4	144.1	148.6	1.827	0.406
	40	79.1	77.8	79.3	146.4	144.1	148.6	1.859	0.382
	80	78.0	76.8	78.5	146.4	144.1	148.6	1.882	0.366
	120	77.5	76.3	78.1	146.4	144.1	148.6	1.893	0.357
	180	76.6	75.6	77.5	146.4	144.1	148.6	1.912	0.344
粗骨材	0	164.5	177.8	176.0	267.6	295.0	290.2	1.645	0.605
	10	155.6	169.5	168.6	267.6	295.0	290.2	1.727	0.529
	20	153.0	167.3	165.6	267.6	295.0	290.2	1.755	0.504
	40	150.3	165.3	163.8	267.6	295.0	290.2	1.779	0.484
	80	148.1	162.4	161.0	267.6	295.0	290.2	1.809	0.460
	120	146.5	161.0	159.1	267.6	295.0	290.2	1.828	0.444
	180	145.6	159.8	157.4	267.6	295.0	290.2	1.843	0.433
S/a=24%	0	187.00	185.75	184.88	353.2	350.4	349.4	1.888	0.389
	10	175.63	173.88	173.25	353.2	350.4	349.4	2.014	0.302
	20	172.75	170.75	170.50	353.2	350.4	349.4	2.049	0.280
	40	170.25	168.00	168.00	353.2	350.4	349.4	2.080	0.261
	80	167.75	165.38	165.25	353.2	350.4	349.4	2.113	0.242
	120	166.00	163.88	163.00	353.2	350.4	349.4	2.136	0.228
	180	164.13	162.25	162.00	353.2	350.4	349.4	2.156	0.217
S/a=26%	0	177.25	169.75	172.25	333.2	320.6	323.1	1.881	0.394
	10	167.88	158.50	161.00	333.2	320.6	323.1	2.005	0.308
	20	163.50	157.25	159.13	333.2	320.6	323.1	2.036	0.288
	40	159.75	154.75	156.00	333.2	320.6	323.1	2.076	0.263
	80	157.88	151.00	154.13	333.2	320.6	323.1	2.110	0.243
	120	156.00	149.13	151.00	333.2	320.6	323.1	2.142	0.224
	180	154.13	147.88	149.13	333.2	320.6	323.1	2.165	0.211
S/a=28%	0	186.13	187.75	185.13	355.9	354.2	353.4	1.903	0.377
	10	175.25	175.13	175.00	355.9	354.2	353.4	2.024	0.295
	20	171.75	172.50	171.50	355.9	354.2	353.4	2.062	0.271
	40	169.00	169.75	168.88	355.9	354.2	353.4	2.095	0.251
	80	166.50	166.75	166.13	355.9	354.2	353.4	2.130	0.230
	120	165.25	165.00	164.75	355.9	354.2	353.4	2.148	0.220
	180	163.50	163.00	162.25	355.9	354.2	353.4	2.176	0.204
S/a=30%	0	183.25	182.25	184.25	350.4	347.1	348.4	1.903	0.377
	10	171.75	170.13	171.38	350.4	347.1	348.4	2.038	0.285
	20	169.25	167.50	168.25	350.4	347.1	348.4	2.071	0.265
	40	166.00	164.50	164.88	350.4	347.1	348.4	2.111	0.240
	80	163.00	161.88	161.75	350.4	347.1	348.4	2.149	0.219
	120	161.75	160.50	160.50	350.4	347.1	348.4	2.167	0.209
	180	160.00	158.50	159.38	350.4	347.1	348.4	2.189	0.197
S/a=32%	0	183.50	184.50	183.00	351.4	355.0	346.4	1.911	0.370
	10	171.13	172.13	168.50	351.4	355.0	346.4	2.057	0.272
	20	168.50	169.13	165.25	351.4	355.0	346.4	2.094	0.250
	40	165.75	166.75	162.88	351.4	355.0	346.4	2.125	0.232
	80	163.50	164.50	161.25	351.4	355.0	346.4	2.152	0.216
	120	162.00	163.50	160.00	351.4	355.0	346.4	2.168	0.207
	180	160.50	162.50	158.75	351.4	355.0	346.4	2.185	0.198
S/a=34%	0	181.75	182.75	179.75	342.8	349.6	339.6	1.896	0.380
	10	168.75	169.75	165.63	342.8	349.6	339.6	2.047	0.278
	20	165.50	166.25	163.13	342.8	349.6	339.6	2.085	0.255
	40	162.25	164.25	160.25	342.8	349.6	339.6	2.120	0.234
	80	160.75	162.50	158.50	342.8	349.6	339.6	2.142	0.221
	120	158.75	161.50	157.25	342.8	349.6	339.6	2.161	0.211
	180	157.25	160.50	156.00	342.8	349.6	339.6	2.178	0.201

表-3 V C試験装置(小型, 大型)による骨材の締固め試験

	締固め 時間	体積 (cc)			重量 (kg)			密度 (t/m ³)	空隙率
		1	2	3	1	2	3		
細骨材	0	7.58	7.65	7.63	11.21	10.97	10.99	1.451	0.771
	10	6.66	6.48	6.41	11.21	10.97	10.99	1.697	0.515
	20	6.52	6.33	6.33	11.21	10.97	10.99	1.730	0.486
	40	6.49	6.24	6.18	11.21	10.97	10.99	1.755	0.465
	80	6.33	6.16	6.14	11.21	10.97	10.99	1.781	0.443
	120	6.31	6.12	6.14	11.21	10.97	10.99	1.786	0.439
	180	6.25	6.10	6.12	11.21	10.97	10.99	1.796	0.431
粗骨材	0	69.62	70.53	71.11	119.6	120.1	118.9	1.698	0.555
	20	65.50	65.82	63.60	119.6	120.1	118.9	1.840	0.435
	40	64.24	64.69	64.19	119.6	120.1	118.9	1.857	0.422
	80	65.28	65.37	64.37	119.6	120.1	118.9	1.839	0.436
	120	66.05	65.46	64.19	119.6	120.1	118.9	1.833	0.441
	180	65.59	65.41	64.24	119.6	120.1	118.9	1.837	0.437
S/a=24%	0	72.10	72.25	71.38	138.5	137.2	135.7	1.907	0.376
	20	67.04	66.32	65.59	138.5	137.2	135.7	2.068	0.269
	40	67.81	68.31	66.22	138.5	137.2	135.7	2.033	0.290
	80	68.62	69.34	67.85	138.5	137.2	135.7	1.999	0.312
	120	69.93	70.34	68.35	138.5	137.2	135.7	1.972	0.330
	180	71.34	69.57	68.71	138.5	137.2	135.7	1.963	0.336
S/a=26%	0	71.61	71.52	72.38	137.4	134.9	138.6	1.907	0.375
	20	66.00	65.00	66.50	137.4	134.9	138.6	2.080	0.260
	40	66.41	65.23	66.50	137.4	134.9	138.6	2.074	0.264
	80	67.45	66.63	67.86	137.4	134.9	138.6	2.035	0.289
	120	68.17	68.44	68.90	137.4	134.9	138.6	1.999	0.311
	180	71.02	67.77	69.89	137.4	134.9	138.6	1.969	0.331
S/a=28%	0	71.07	72.56	72.20	136.8	138.0	139.6	1.920	0.365
	20	65.59	66.09	67.18	136.8	138.0	139.6	2.084	0.257
	40	65.55	66.73	68.90	136.8	138.0	139.6	2.060	0.272
	80	67.27	68.99	71.66	136.8	138.0	139.6	1.994	0.314
	120	68.49	70.12	72.06	136.8	138.0	139.6	1.968	0.332
	180	69.17	69.30	71.29	136.8	138.0	139.6	1.976	0.326
S/a=30%	0	72.29	72.38	72.56	140.6	141.2	140.0	1.942	0.349
	20	66.59	67.27	66.00	140.6	141.2	140.0	2.111	0.241
	40	66.50	68.49	66.73	140.6	141.2	140.0	2.091	0.252
	80	67.68	69.58	67.72	140.6	141.2	140.0	2.058	0.273
	120	68.26	70.30	68.81	140.6	141.2	140.0	2.034	0.287
	180	70.03	71.11	71.34	140.6	141.2	140.0	1.985	0.319
S/a=32%	0	72.38	72.38	72.15	140.8	141.6	139.7	1.946	0.345
	20	67.13	67.63	66.54	140.8	141.6	139.7	2.097	0.248
	40	67.18	68.13	68.17	140.8	141.6	139.7	2.075	0.262
	80	67.86	69.67	68.17	140.8	141.6	139.7	2.052	0.276
	120	68.22	70.12	68.22	140.8	141.6	139.7	2.044	0.281
	180	71.20	69.98	68.58	140.8	141.6	139.7	2.013	0.301
S/a=34%	0	71.16	68.53	72.38	136.9	139.0	144.6	1.983	0.319
	20	66.23	65.73	68.44	136.9	139.0	144.6	2.098	0.247
	40	64.73	67.27	69.44	136.9	139.0	144.6	2.088	0.253
	80	66.73	68.31	70.21	136.9	139.0	144.6	2.049	0.277
	120	66.95	68.08	72.38	136.9	139.0	144.6	2.028	0.290
	180	68.31	69.80	72.06	136.9	139.0	144.6	2.001	0.308

表-4 層別沈下量測定ヤードのコンクリート強度

s/a	フレッシュコンクリートの物性値						コンクリート供試体圧縮強度						備考
	w	C+F	VCs	air	γ	temp	σ_7 (kgf/cm ²)		σ_{28} (kgf/cm ²)		σ_{91} (kgf/cm ²)		
	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(sec)	(%)	(t/m ³)	(°C)	γ (t/m ³)		γ (t/m ³)		γ (t/m ³)		
未洗淨骨材 0.75mリフト R-13-1													バッチ No.19
30	95	130	10.6	1.7	2.43	22.5	2.35	67.9	2.32	171	2.31	351	
							2.34	55.5	2.33	164	2.33	346	
							2.34	62.2	2.34	173	2.34	353	
							2.34	61.9	2.33	169	2.33	350	
30	95	130	14.3	1.7	2.44	22.5					2.32	310	バッチ No.24
											2.31	321	
											2.31	329	
										2.31	320		
未洗淨骨材 0.75mリフト R-13-2													バッチ No.46
	105	100	10.1	1.7	2.43	22.5	2.32	41.3	2.33	97.3	2.33	198	
							2.32	39.6	2.34	98.5	2.33	216	
							2.31	42.4	2.33	104	2.35	220	
							2.32	41.1	2.33	99.9	2.34	211	

表-5 層別沈下量測定ヤードのコンクリート強度

s/a	フレッシュコンクリートの物性値						コンクリート供試体圧縮強度						備 考
	w (kg/m³)	C+F (kg/m³)	VCs (sec)	air (%)	γ (t/m³)	temp (℃)	σ ₇ (kgf/cm²)		σ ₂₈ (kgf/cm²)		σ ₉₁ (kgf/cm²)		
							γ (t/m³)		γ (t/m³)		γ (t/m³)		
0.75mリフト 通常施工 R-2-27 (3 時間放置)													バッチ No.5
30	95	130	11.5	1.4	2.44	22.0	2.35	53.2	2.35	121	2.34	269	
							2.36	55.5	2.35	126	2.32	255	
							2.36	54.3	2.36	124	2.36	265	
							2.36	54.3	2.35	124	2.34	263	
30	95	130	13.1	1.3	2.44	----					2.35	272	バッチ No.17
											2.34	286	
											2.35	266	
										2.35	275		
30	95	130	20.4	1.2	2.45	21.5					2.34	308	バッチ No.27
											2.36	309	
											2.34	320	
										2.35	312		
1mリフト 通常施工 R-8													
30	95	130	19.0	1.4	2.46	21.0	2.38	78.1	2.38	147	2.37	353	
							2.38	70.7	2.38	147	2.38	351	
							2.38	73.6	2.39	144	2.38	330	
							2.38	74.1	2.38	146	2.38	345	
1mリフト 追跡4層 R-12-1,2													
30	95	130	21.9	1.0	2.48	20.5	2.38	71.3	2.39	139	2.37	320	
							2.39	65.6	2.38	141	2.38	303	
							2.40	70.2	2.38	145	2.37	340	
							2.39	69.0	2.38	142	2.37	321	

表-6 層別沈下量測定ヤードのコア圧縮強度

	採取位置	直径 (cm)	高さ (cm)	重量 (kg)	水中重量 (kg)	体 積 (ℓ)		コア評価		密 度 (t/m^3)		圧縮強度 σ_{91} (kgf/m^2)	補正係数	補正後 圧縮強度 (kgf/m^2)
						V_1	V_2	供試体	全体	γ_1	γ_2			
1.00mリフト 追跡4層 R-12-1A	上層 中上層 中下層 下層	20.00	25.27	18.48	10.78	7.95	7.70	(4.75)	4.71	2.32	2.40	199	0.931	185
		20.01	25.23	18.31	10.62	7.93	7.69	(4.75)	4.71	2.31	2.38	164	0.931	153
		20.02	25.10	18.02	10.32	7.90	7.70	(4.39)	4.71	2.28	2.34	205	0.930	191
		20.01	25.38	18.71	10.96	7.98	7.75	(4.92)	4.71	2.34	2.41	255	0.932	238
								(4.70)	4.71	2.31	2.38			192
1.00mリフト 追跡4層 R-12-1B	上層 中上層 中下層 下層	20.01	25.27	18.39	10.63	7.95	7.76	(4.50)	4.50	2.31	2.37	187	0.931	174
		20.00	25.35	18.29	10.51	7.98	7.78	(4.50)	4.50	2.29	2.35	177	0.932	165
		20.00	25.44	18.24	10.45	8.00	7.79	(4.50)	4.50	2.28	2.34	180	0.932	168
		20.02	25.30	18.47	10.71	7.96	7.76	(4.50)	4.50	2.32	2.38	184	0.931	171
								(4.50)	4.50	2.30	2.36			170
1.00mリフト 追跡4層 R-12-1C	上層 中上層 中下層 下層	19.98	25.46	18.46	10.74	7.98	7.72	(4.25)	4.61	2.31	2.39	203	0.932	189
		19.99	25.44	18.62	10.87	7.98	7.75	(4.69)	4.61	2.33	2.40	174	0.932	162
		20.05	25.16	18.39	10.60	7.94	7.79	(4.75)	4.61	2.32	2.36	227	0.930	211
		20.01	25.19	18.61	10.85	7.92	7.76	(4.75)	4.61	2.35	2.40	177	0.931	165
								(4.61)	4.61	2.33	2.39			182
0.75mリフト 未洗淨骨材 R-13-1 (C+F=130)		19.95	40.48	29.37	16.90	12.65	12.47	(4.75)	4.50	2.32	2.36	241	1.000	241
		19.97	40.37	29.78	17.35	12.64	12.43	(4.84)	4.47	2.36	2.40	259	1.000	259
		19.97	40.35	29.77	17.35	12.64	12.42	(5.00)	4.67	2.36	2.40	249	1.000	249
								(4.86)	4.55	2.35	2.39	250		250
0.75mリフト 未洗淨骨材 R-13-2 (C+F=100 W=100)		19.95	40.35	29.83	17.35	12.61	12.48	(5.00)	5.00	2.37	2.39	81.5	1.000	81.5
		19.96	40.34	29.63	17.15	12.62	12.48	(4.50)	4.50	2.35	2.37	119	1.000	119
		19.96	40.38	29.72	17.25	12.64	12.47	(4.38)	4.10	2.35	2.38	135	1.000	135
								(4.63)	4.53	2.36	2.38	112		112

V_1 は外形寸法で体積を求め、 V_2 はコアを水中に沈めて水の排水量より体積を求めた。

表-7 層別沈下量測定ヤードのコア圧縮強度

	採取位置	直径 (cm)	高さ (cm)	重量 (kg)	水中重量 (kg)	体 積 (ℓ)		コア評価		密 度 (t/m^3)		圧縮強度 $\sigma_{9.1}$ (kgf/m^2)	補正係数	補正後 圧縮強度 (kgf/m^2)
						V_1	V_2	供試体	全体	γ_1	γ_2			
1.00m以 通常施工 R-8-1	上層	20.00	25.31	19.06	11.20	7.95	7.86	(5.00)	4.47	2.40	2.42	282	0.932	263
	中上	20.04	25.32	18.58	10.80	7.99	7.78	(5.00)	4.47	2.33	2.39	258	0.931	240
	中下	20.00	25.24	18.40	10.70	7.93	7.70	(4.40)	4.47	2.32	2.39	183	0.931	170
	下層	20.04	24.93	18.39	10.65	7.86	7.74	(3.50)	4.47	2.34	2.38	255	0.928	237
								(4.48)	4.47	2.35	2.40			228
1.00m以 通常施工 R-8-2	上層	20.02	25.15	18.57	10.85	7.92	7.72	(5.00)	3.96	2.34	2.41	285	0.931	265
	中上	20.05	24.95	17.62	10.15	7.88	7.47	(3.55)	3.96	2.24	2.36	172	0.928	160
	中下	20.02	25.06	17.58	10.20	7.89	7.38	(3.65)	3.96	2.23	2.38	131	0.930	122
	下層	20.04	25.28	18.14	10.60	7.97	7.54	(3.50)	3.96	2.28	2.41	162	0.931	151
								(3.93)	3.96	2.27	2.39			175
1.00m以 通常施工 R-8-3	上層	20.00	25.38	18.91	11.05	7.97	7.86	(4.00)	4.00	2.37	2.41	238	0.932	222
	中上	19.98	25.26	18.32	10.55	7.92	7.77	(4.00)	4.00	2.31	2.36	189	0.931	176
	中下	20.01	24.83	17.66	10.15	7.81	7.51	(4.00)	4.00	2.26	2.35	143	0.928	133
	下層	20.04	25.23	18.26	10.60	7.96	7.66	(4.00)	4.00	2.29	2.38	185	0.931	172
								(4.00)	4.00	2.31	2.38			176

V_1 は外形寸法で体積を求め、 V_2 はコアを水中に沈めて水の排水量より体積を求めた。

表 - 8 層別沈下量測定ヤードのコア圧縮強度

	採取位置	直径 (cm)	高さ (cm)	重量 (kg)	水中重量 (kg)	体 積 (ℓ)		コア評価		密 度 (t/m^3)		圧縮強度 σ_{91} (kgf/m^2)	補正係数	補正後 圧縮強度 (kgf/m^2)
						V_1	V_2	供試体	全体	γ_1	γ_2			
0.75mリフト 通常施工 R-2-27a	上層	19.98	25.36	18.69	10.80	7.95	7.89	(4.88)	4.22	2.35	2.37	161	0.932	150
	中層	19.96	25.29	17.99	10.30	7.91	7.69	(3.78)	4.22	2.27	2.34	145	0.932	135
	下層	19.98	25.41	17.81	10.25	7.97	7.56	(4.00)	4.22	2.23	2.36	129	0.932	120
								(4.22)	4.22	2.28	2.36			145
0.75mリフト 通常施工 R-2-27b	上層	19.96	25.12	18.56	10.71	7.86	7.85		4.50	2.36	2.36	127	0.931	118
	中層	19.96	25.00	17.69	10.07	7.82	7.62		4.50	2.26	2.32	179	0.930	166
	下層	20.00	25.28	18.56	10.75	7.94	7.81		4.50	2.34	2.38	130	0.931	121
									4.50	2.32	2.35			145
0.75mリフト 通常施工 R-2-27c	上層	19.94	25.27	18.07	10.50	7.89	7.57		4.00	2.29	2.39	136	0.932	127
	中層	19.94	25.25	18.07	10.35	7.89	7.72		4.00	2.29	2.34	117	0.932	109
	下層	19.96	25.18	17.64	10.15	7.88	7.49		4.00	2.24	2.36	109	0.931	101
									4.00	2.27	2.36			121
0.75mリフト 通常施工 R-2-27		19.97	40.41	29.83	17.40	12.66	12.43	(4.66)	4.38	2.36	2.40	265	1.00	265
		19.94	40.13	29.85	17.50	12.53	12.35	(5.00)	4.66	2.38	2.42	292	1.00	292
		19.95	40.21	28.84	16.60	12.57	12.24	(4.12)	4.09	2.29	2.36	276	1.00	276
								(4.59)	4.38	2.34	2.39	278		278
0.75mリフト 通常施工 R-2-28		19.94	40.35	28.16	16.25	12.60	11.91	(3.31)	3.50	2.23	2.36	82.0	1.00	82.0
		19.96	40.30	28.86	16.60	12.61	12.26	(4.06)	4.09	2.29	2.35	138	1.00	138
		19.96	40.51	29.23	16.90	12.68	12.33	(4.15)	4.11	2.31	2.37	116	1.00	116
								(3.84)	3.90	2.28	2.36	112		112

V_1 は外形寸法で体積を求め、 V_2 はコアを水中に沈めて水の排水量より体積を求めた。

表-9 $s/a = 30$ 、 $W/C + F = 73$

s/a	フレッシュコンクリートの物性値						コンクリート供試体圧縮強度						備 考
	w (kg/m³)	C+F (kg/m³)	VCs (sec)	air (%)	γ (t/m³)	temp (℃)	σ ₇ (kgf/cm²)		σ ₂₈ (kgf/cm²)		σ ₉₁ (kgf/cm²)		
							γ (t/m³)		γ (t/m³)		γ (t/m³)		
30	73	100	288.3	0.5	2.46	17.5	2.32	75.3	2.35	169	2.38	211	R-1-8
					2.33		88.8	2.37	146	2.35	205		
					2.34		102	2.32	141	2.35	231		
				2.475		2.33	88.7	2.35	152	2.36	216		
30	80	110	141.6	1.2	2.44	16.5	2.36	86.0	2.39	191	2.36	232	R-1-9
					2.36		85.4	2.34	156	2.36	303		
					2.40		94.5	2.37	175	2.38	269		
				2.465		2.37	88.6	2.37	174	2.37	268		
30	88	120	55.3	1.8		29.9					2.366	303	事務所試験室 No.9
			48.6							2.355	294		
			44.2							2.350	283		
			49.4		2.453					2.357	293		
30	95	130	19.5	1.4		17	2.37	82.1	2.40	195	2.37	325	R-1-12
					2.42		79.2	2.37	190	2.40	320		
					2.37		79.2	2.40	192	2.38	307		
				2.442		2.39	80.2	2.39	192	2.38	317		
30	102	140	5.1	2.3		29.5					2.378	285	事務所試験室 No.10
			7.4							2.378	289		
			7.3							2.361	281		
			6.6		2.433					2.372	285		
30	110	150	1.5	2.0		28.7					2.337	227	事務所試験室 No.11
			2.6							2.357	231		
			2.9							2.372	223		
			2.3		2.420					2.355	227		

表-10 W/C+F=73

s/a	フレッシュコンクリートの物性値						コンクリート供試体圧縮強度						備 考
	w (kg/m³)	C+F (kg/m³)	VCs (sec)	air (%)	γ (t/m³)	temp (℃)	σ ₇ (kgf/cm²)		σ ₂₈ (kgf/cm²)		σ ₉₁ (kgf/cm²)		
							γ (t/m³)		γ (t/m³)		γ (t/m³)		
24	95	130	11.2	1.0	2.48	20.0	2.39	82.6	2.41	177	2.39	375	R-3-9
							2.38	81.5	2.40	170	2.38	347	
							2.39	82.1	2.41	164	2.38	341	
				2.446		2.39	82.1	2.41	170	2.38	354		
26	95	130	14.1	0.7	2.50	19.5	2.39	110	2.40	215	2.40	336	R-3-6
							2.39	118	2.41	212	2.39	340	
							2.38	105	2.41	218	2.38	312	
				2.446		2.39	111	2.41	215	2.39	329		
28	95	130	13.9	1.4	2.46	23	2.41	91.7	2.41	179	2.39	371	R-3-2
							2.41	95.6	2.40	177	2.40	362	
							2.40	90.5	2.39	183	2.39	373	
				2.444		2.41	92.6	2.40	180	2.39	369		
30	95	130	19.5	1.4	2.46	17	2.37	82.1	2.40	195	2.37	325	R-1-12
							2.42	79.2	2.37	190	2.40	320	
							2.37	79.2	2.40	192	2.38	307	
				2.442		2.39	80.2	2.39	192	2.38	317		
32	95	130	24.0	2.1		29.6					2.375	272	事務所試験室 No.7
			23.2								2.379	273	
			32.5								2.395	271	
			26.6		2.441					2.383	272		
34	95	130	21.0	2.3		30.1					2.365	262	事務所試験室 No.8
			23.9								2.340	257	
			28.3								2.340	241	
			24.4		2.439					2.348	253		

表- 11 W/C + F = 69

s/a	フレッシュコンクリートの物性値						コンクリート供試体圧縮強度						備 考
	w (kg/m ³)	C+F (kg/m ³)	VCs (sec)	air (%)	γ (t/m ³)	temp (℃)	σ ₇ (kgf/cm ²)		σ ₂₈ (kgf/cm ²)		σ ₉₁ (kgf/cm ²)		
							γ (t/m ³)		γ (t/m ³)		γ (t/m ³)		
24	90	130	16.8	1.2	2.49	21.0	2.41	115	2.43	229	2.42	397	R-3-8
			2.43				123	2.43	224	2.43	419		
			2.41				117	2.43	236	2.43	422		
					2.455		2.42	118	2.43	230	2.43	413	
26	90	130	21.7	1.1	2.49	23.5	2.41	90.5	2.41	181	2.40	335	R-3-5
			2.40				90.5	2.41	181	2.41	328		
			2.42				86.0	2.41	171	2.41	342		
					2.453		2.41	89.0	2.41	178	2.41	335	
28	90	130	24.3	1.5	2.46	23.0	2.40	109	2.39	216	2.42	370	R-3-1
			2.40				103	2.38	224	2.40	378		
			2.40				111	2.39	217	2.39	393		
					2.451		2.40	108	2.39	219	2.40	380	
30	90	130	33.3	2.2		29.9					2.369	264	事務所試験室 No.4
			30.3								2.361	266	
			34.8								2.374	272	
			32.8		2.451						2.368	267	
32	90	130	25.7	2.7		29.9					2.360	280	事務所試験室 No.5
			29.0								2.372	275	
			33.4								2.352	266	
			29.4		2.449						2.361	274	
34	90	130	66.8	2.6		29.7					2.346	243	事務所試験室 No.6
			81.8								2.344	233	
			72.0								2.343	238	
			73.5		2.447						2.344	238	

表-12 W/C+F=65

s/a	フレッシュコンクリートの物性値						コンクリート供試体圧縮強度						備 考
	w (kg/m³)	C+F (kg/m³)	VCs (sec)	air (%)	r (t/m³)	temp (℃)	σ_7 (kgf/cm²)		σ_{28} (kgf/cm²)		σ_{91} (kgf/cm²)		
							r (t/m³)		r (t/m³)		r (t/m³)		
24	85	130	41.5	0.9	2.50	20.0	2.41	110	2.40	209	2.39	415	R-3-7
					2.463		2.40	112	2.40	211	2.39	420	
26	85	130	32.9	1.3	2.49	23.0	2.42	99.0	2.42	205	2.40	370	R-3-4
					2.461		2.42	103	2.42	202	2.41	371	
28	85	130	24.3	2.2		28.5					2.401	300	事務所試験室 No.1
			29.4								2.406	305	
			30.6								2.402	301	
			28.1		2.461						2.403	302	
30	85	130	121.4	0.8	2.46	17	2.36	158	2.38	218	2.39	401	R-1-7
					2.459		2.38	153	2.38	268	2.39	417	
32	85	130	68.9	2.1		29.0					2.357	255	事務所試験室 No.2
			51.1								2.358	258	
			52.5									250	
			57.5		2.457						2.357	254	
34	85	130	95.1	2.9		30.2					2.373	250	事務所試験室 No.3
			79.3								2.368	260	
			160.5								2.377	255	
			111.6		2.456						2.373	255	

ローラ転圧コンクリートの
締固めと配合特性値

ISSN 0386 - 5878
土木研究所資料 第3002号
平成3年3月(1991)

宇塚公一, 片平 博, 松本徳久, 加瀬俊久
伊藤基博, 大久保雅彦

要 旨

この報告は、ローラ転圧コンクリート(Roller Compacted Concrete)の締固め機構の調査と配合特性値のペースト空隙比($R_{p,v}$)の性質を確認することを、主な目的としてとりまとめたものである。

内容は3項に区分される。① 非接触変位計による1リフト内部の撒き出し層別の変位量の測定 ② 配合特性値 $R_{p,v}$ の性質の確認試験 ③ 未洗浄骨材を用いたローラ転圧コンクリートの品質確認試験

結果として、次のことが確認された。① 1リフト内部の層別の圧縮量は、施工方法によって異なる傾向を示すこと。また、その圧縮量とローラ転圧コンクリートの品質の間には、ある程度の相関性が認められた。② 配合特性値 $R_{p,v}$ は、他の配合特性値 α 、 β と同様にローラ転圧コンクリートの配合を論ずる上での有効な指標となる。③ 未洗浄骨材を用いることによりローラ転圧コンクリートの品質の向上が認められた。

キーワード：コンクリート，RCD，配合特性，未洗浄骨材

郵便はがき

下を41
さは円
いっ切
て手

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地
建設省土木研究所
ファイルダム研究室
行

No. 1

No. 1

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第 3002 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印