

土 木 研 究 所 資 料

第 437 号

宇津トンネルにおける
膨張性地山について

昭和44年3月

建設省土木研究所

1. 緒 言

国道113号線は新潟～山形～仙台を結ぶルートの一部で裏日本と表日本を結ぶ重要路線の一つである。宇津峠は山形県西置賜郡小国町と同飯豊町の町界に位置し、標高490m余で最上川水系（飯豊町）と荒川水系（小国町）との分水嶺となつている。また国鉄米坂線は本道とほぼ平行して走っており、宇津峠南方で延長600mのトンネルとなつている。この路線が本格的に改修されたのは明治19年で、その後工事らしいものはほとんどなされず、局部的に改修されているにすぎない。しかし、最近の急激な自動車交通の需要には追いつけなくなり、大改修が行なわれることになった。

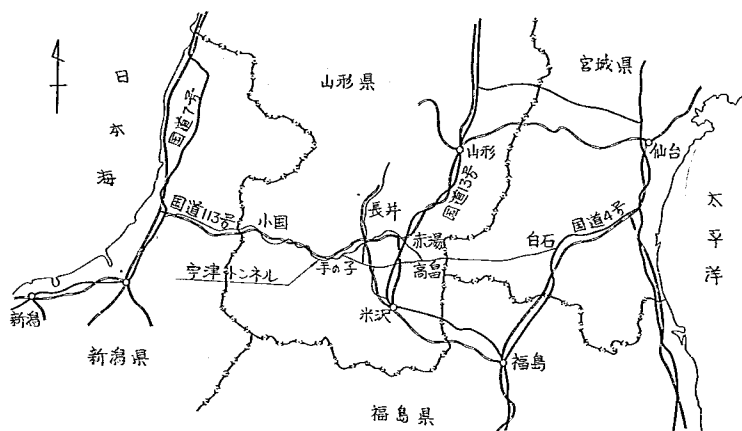


図-1 宇津トンネル位置図

工事は全路線のうちトンネル工事から始められた。先ず底設導坑の工事が昭和38年12月下旬に始められた。導坑の掘削は、勾配と資材運搬などの関係

から東口（手の子側）に主力をおいておこなわれ、39年9月17日東口より768mの地点で貫通した。しかし東口450m附近から地質が悪くなり、水を含むと膨張して泥土状となった。掘削後数日で次第に膨れ出し1ヶ月後約30cmに達するので、支保工間隔をせばめ土台を入れたり、支保工が圧壊破損し、たびたび盛り替える必要があつた。しかしそれでも間に合わず、鋼製矢板を用いたり、最終的には逆合掌棒を入れて、わずかに導坑を維持した。

この資料は、膨張してくる地山の土木地質学的、土質力学的解析を試みたものである。これまでこの種の現象はずいぶん報告されているが、残念ながら系統的な調査、試験、解析が行なわれていない。この資料も調査計画の不備や、試験技術の未熟さから良いデータが得られなかつたし、この種の試験は今まで殆んどないので他の試験結果と比較検討することができなかつた。しかしそのことはこの資料の価値を少くさせるものではないし、現時点では得がたい貴重な資料と思う。

地質研究室 菅 原 捷

2. 工事の概要

2.1 路線選定

宇津峠道路改良計画の路線選定は、当初1:3,000の地形図によつて第一案、第二案を作り、さらに比較線として、第三案、第四案の2本を加えペーパーロケーションと若干の現地調査によつて各案の優劣を比較検討したもので、その結果第四案がもつともすぐれていることがわかつた。この第四案は、トンネル東口をナダレの被害からできるだけ避ける意図を確実にするとともに、東側斜

面の現道にみられる地すべり地域を逃けたもので、東口の高さがおさえられたために、西口下りの単こう配になり、トンネル延長は長くなつたが取り付け道路には一つのヘアピンもなく、全線にわたつて線形は飛躍的に改善され、路線全体では相当短縮される事になつた（表-1）。

2.2 工 事 概 要

宇津峠道路改良計画の概要は次のとおりである。

- ① 工事種類 道路改良工事
- ② 構造規格 道路構造令第三種山地部
- ③ 設計速度 35 Km/h
- ④ 設計自動車荷重 20 ton
- ⑤ 計画交通量 1,500台/日
- ⑥ 工事延長 24,150m

内 道路延長15,000m（内橋梁1カ所長さ32.1m、スノーシェ
ッド西口長さ19.0m、東口長さ15.0m）

トンネル延長915.0m

- ⑦ 幅 員 車道幅員5.5m、路肩1.00m、総幅員7.50m
（トンネル総幅員7.02m）

- ⑧ 最小曲線半径 30.0m
- ⑨ 最急こう配 7%（300m）
- ⑩ 舗装種類 砂利道

トンネル区間はコンクリート舗装

内トンネル計画の概要は次のとおりである。

- ① 構造規格 道路構造令第三種山地部
- ② 幅 員 車道幅員7.02m

- ③ トンネル延長 915.0m
 - ④ 縦断こう配 3.2%
 - ⑤ 施工方式 底設導坑先進半断面掘削方式
 - ⑥ 覆工方式 逆巻方式
 - ⑦ 舗装 コンクリート舗装 厚さ20cm
 - ⑧ 照 明 路面平均照度10Lx~20Lx、切換可能
- 坑口70m区間に緩和照明をする。

また、トンネルの標準断面を示すと次の通りである。

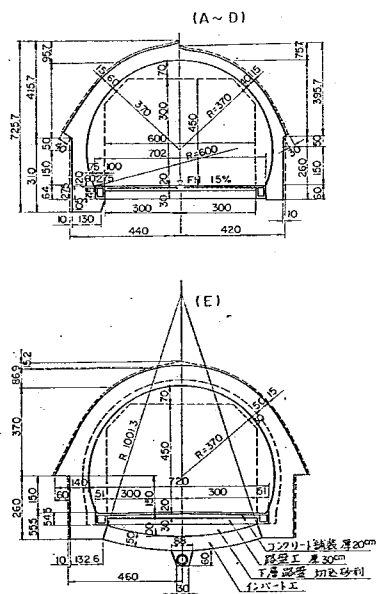


図-2 トンネルの標準断面図

3. 地 質

3.1 宇津トンネル付近の地質

この地域は、米沢盆地西縁にあたり、古来いろいろな人によつて調査されている。主なものでも、小国町附近を中心にしてこの地域まで調査したもの（森田、1930）、西置賜亜炭田の調査（徳永、棚井、1954）、米沢盆地周辺における新第三紀層の層位学・古生物学的研究（皆川、1959）などがある。さらに、宇津トンネルを計画するにあつて本地域の調査（アジア航測、1963）もおこなわれている。この資料はこれらの調査をもとにして、筆者が、1966年11月8日から約1週間で現地踏査をおこなつてまとめたものである。踏査範囲は宇津峠を中心に東西約2.5 Km、南北約1.5 Kmである。又、層序区分等は隣接地域との関連も考え、前調査者のものを踏襲した。岩質、層序関係は各論で詳細に論ずるが、模式地や附近全体の一般的な傾向とかなり異つていところもあり、層序区分も人為的なところがある。

調査地域においては、新第三紀中新世の女川、鉛川、北浦の各層に相当する時期のものが発達しており、それぞれ沼沢層、湯小屋層、宇津峠層、高峯層と称されている。岩質は初期のものは一部珪質な部分を含むが泥質で、新しくなるとつれて砂質になる。又、一部では凝灰岩や凝灰質砂岩を夾んでいる。全般的な構造をみると、西側（小国側）から古い地層の順序で、沼沢層、湯水屋層、宇津峠層、高峯層と分布しており新しい未固結のたい積物は山の急斜面の麓や河川沿いに発達しているにすぎない。走向はN-Sから、N20°E位である。湯小屋層、高峯層はそれぞれ一背斜、一向斜をもち、褶曲軸はN-S～N20°E位であり、地質図には表示しなかつたが、特に湯小屋層では多くの走向断層が発達している。広域の調査では各層の上、下関係とも整合とされているが、本調査地域ではすべて断層接触である（図-4.5）。

① 沼沢層（女川層相当）

本層は国鉄米坂線沼沢駅付近によく発達しているもので、調査地域では最西部に僅かに分布しているにすぎない。岩は主として黒色の硬質頁岩で、凝灰質頁岩を夾む。下部では厚さ5～10 cmの板状層理が発達しているが上部になるにつれて層理がはつきりしなくなり、次第に無層理となる。一般に風化していくが風化すると細片状に割れる。

② 湯小屋層（船川層相当）

宇津峠の西方に巾約800 mで分布する暗灰色のやや硬質の頁岩である。この頁岩は層理が明瞭で風化すると稜角ある細片状の岩片（ ϕ 1～2 cm）に割れる性質があり、一部粉状になり、さらに軟弱化して泥状になるもので東北裏日本の油田地帯に分布する、いわゆる珪質頁岩によく似ている。沼沢層と湯小屋層との区分は、人為的なものでだいたい硬質頁岩から湯小屋層としている。最下部には硬質で雑色の中～粗粒の凝灰質砂岩があるが、走向方向への伸びはなく、局部的である。上部は比較的軟い 黒色のシルト岩で風化しやすくすぐ細片状になる。また本層の中部～上部に1～10 mの淡緑色凝灰岩、凝灰質砂岩を数条夾み、これに伴って最大5 mに達する白色のペントナイトが発達している。

③ 宇津峠層（船川層及び北浦層相当）

宇津峠より落合部落における国道沿いによく見られる地層で巾約300 mで南北方向に帯状に分布している。主として中粒の凝灰質砂岩で、ところどころ1～2 mのシルトや中～粗粒の淡黄褐色の凝灰岩を夾む。全体に塊状でやよろずな軽い岩である。高峯層との境界付近では海緑石を含む特徴的な、厚さ1～2 mの軟質緑色中粒砂岩層をはさむ。

④ 高峯層（北浦層上部相当）

落合部落附近以東に分布するもので、下部は軟質なシルト質泥岩を主とするが上部は凝灰岩や砂岩の夾みが多くなり、直径1～2 cmの礫を含む軟質の砂岩層や亜炭層（厚さ最大30 cm位）も数枚夾む。とくに落合附近では最大層厚10 mの浮石質凝灰角礫岩～角礫凝灰岩（径5～10 cmの浮石礫、炭木、大石英粒、黒色火山細礫等混在）が存在する。

〔注〕

① 女川（おんながわ）層、船川層、北浦層……東北裏日本の標準的な地層名で、第3紀中新世の中、上部に相当する。模式地は秋田県男鹿半島附近で女川層は黒色の珪質頁岩、船川層は非珪質、灰色で層理に乏しい泥岩からなり、時として凝灰岩の薄層を夾む。両者の関係は整合的で漸次移化する。調査地地域は模式地と若干異なり珪質な黒色頁岩は少なく、凝灰岩が多くなる。

② ベントナイト、モンモリロナイト……ベントナイトは粘土の一種で、著じるしい膨潤性を有する。そのためボーリングや基礎工の泥水に使用されている。モンモリロナイトは粘土鉱物の一種でベントナイトの主成分となっている。モンモリロナイトの生成ははっきりしないが次の様に考えられている。即ち流紋岩及び同質砕屑岩（凝灰岩）が海底火山として噴出した際にそれに伴った大量のガス及び、蒸気のため熱水変質を受けたか、或いは海水の作用により変化して生じたものと考えられている。また、さらに凝灰岩が堆積後、それに生じた裂つかから噴出してきた熱水によつて生成される。前者の例は第三紀中新世初期のものにみられ、後者の例は中新世後期の堆積物の中にみられるもので、調査地域は後者に属する。

3.2 トンネルの地質

昭和38年11月、底設導坑先進上部半断面掘削工法で始められた工事は

39年9月15日にまず導坑が貫通した。しかし、手の子口760m附近から小国側坑口附近にかけていちじるしい盤ぶくれをおこし、工事の進行に障害となつた。そこで工事の対策上改めて地質を調べることになり、40年7月20日坑内の地質状態の再調査が行なわれた。当時工事は440mまで側壁の覆工が進んでおり、地質の観察は東口440mから915mまでおこなつたが導坑には矢板がびつしりつまつており、多くの観察不可能地点があつた。

東口440mから915m間は660m附近を境にして地層の岩相構造が2つに大別できる。440mから660m間は湯小屋層上部に属する細粒砂岩や頁岩を主とし多くは黒褐色を呈する地層よりなりかなりしまつている。この種の岩石では新鮮湿润状態で一軸圧縮強度が数十~200Kg/cm²程度である。地層の一般走向は向斜軸に近いことと、地層が乱れているのはつきりしないが大体N60°~70°W(地表と大部異なる)で北側に20度程度で傾斜し、また、地層面にほぼ平行する数本の走向断層によつて切られているが、その落差はあまり大きくないように思われる。地層にはキレツや節理が発達していて、細粒砂岩ではその間隔が数cm~30数cmである。頁岩は節理間隔が一般にもつと広いが、場所によつては密集する所もある。また前述のように断層に沿つて地層の走向、傾斜に顕著な乱れの認められることが多い。一方、主として断層に沿つて、また時には断層でないところにも岩石の目立つた破砕が認められる。頁岩は多くの場所で僅かに膨張性を示しているにすぎない。この傾向は手の子側から小国側へと進むにしたがつて、強くなつたり弱くなつたりしながら暫次顕著になる。また、断層や破砕部の近傍では一般に膨張がいちじるしくなり、導坑支保工に変状の認められる所も多少存在する。膨張の特にいちじるしい場所では淡褐色帯青灰色になつてベントナイト化が進んでいるのは地表と同じである。

660 m 近傍には変質の進んだ角レキ凝灰岩があつて、トンネルにはほぼ直交し、東側に傾斜する断層（地表では確認できない）を境にして、その先は小国側の岩相構造に変わる。

660 m から 915 m 間は湯小屋層下部に属する黒褐色の頁岩や硬質頁岩を主として細粒砂岩を混える他、凝灰質砂岩、少量の角レキ凝灰岩をはさむ。地層の走向、傾斜は 660 m 附近では前記断層の方向に近い N 50°E、65°SE であるが、小国側に進むと水平層に近づく。しかし地層の破碎、擾乱がはげしいうえ、導坑が矢板でおおわれていて詳細が観察出来ない。660 m 以西では以東にくらべてベントナイト化および岩石の破碎がいちじるしい。660 m から 750 m 間は帯褐灰色のベントナイト化の進んだ頁岩を多産する。このベントナイト化した頁岩は条痕をもつめらかな摩擦面でかこまれた鱗片状の岩片の集合したものとなることが多いが、さらに高程度にベントナイト化が進むと吸水してゲル状にまでなっている。ベントナイト化の様相は不規則で未変質岩塊を残しながら凝灰岩や頁岩の一部がベントナイトに変つていることもあり、不規則に変形した頁岩などの地層がベントナイト化していることもある。ベントナイトの他にこの区間には頁岩や硬質頁岩が多い。これらの岩石はいちじるしくキレツにとみ、多くの場合破碎されて一片数 cm ～数 mm の角ばつた粗砂～細レキ状にまで粒状化していることが多い。この区間は導坑側壁部で観察される限りでは 800 m から 850 m 間とともにつともベントナイト化がはげしく、それにつれて導坑も顕著な変状を示している。その変状は 440 m から 660 m 間よりはげしいけれども 750 m から 850 m 間ほどではない。支保工の破断、裂壊などから推定される地圧も同様である。750 m から 860 m 間は本トンネル中もつとも地質の悪い部分で盤膨れがいちじるしく導坑断面の縮少を逆合掌でおさえている。この区間は側壁天盤ともほとんど余すところなく矢

板で覆われていて、あまり地山の観察ができない。しかし、矢板の僅かのすきまから観察される限りでは、この区間を構成する地山は次のようなものからなる。即ち、750 mから800 m間は主として2~3 cmから数mmの大きさにまで粒状化した頁岩や硬質頁岩からなり、むしろベントナイト化した部分は少ない。導坑でもつとも変状のいちじるしいのは790 m前後であることと、この事実とは特に留意する必要がある。貫通点769 m附近に一部だけ矢板を欠く部分があり、そこでは破碎した頁岩がほぼ水平に成層していることが認められる。また880 mをすぎる附近より矢板の僅かの隙間から灰白色のベントナイト化した地山がしぼり出されているのが認められる。

760 m附近は異臭を放ち、黒色の滴水があり、有機物が存在し、導坑掘削の際メタンガスの小爆発があつた。

800 mから860 m間はこのように破碎し粒状化した頁岩や硬質頁岩とともにいくぶん破碎の程度の低い砂岩が現われ、また再びベントナイト化した部分が多くなる。

860 mより小国側坑口まではベントナイト化および、破碎の程度は750 mから860 m間にくらべていくぶん弱くなるが、岩石の変質が目立つてくる。この間では660 m附近と同様な角レキ凝灰岩がふたたび出現するが、大部分は黒褐色の頁岩で、細粒砂岩も少量は含まれている。この区間の変質はかなり顕著な浅熱水性のもので、西側坑口附近にはベントナイトの他、多量の石膏の脈、団塊、小片も存在する。

以上導坑内の地質を列挙したが、地質構造は地表とかなり異なっている。これは地質図に表現されていない走向断層が多いことと、導坑掘削の後かなり乱されているためと思われる。トンネルに近い沢は岩の露出がよく連続しているが坑内のような状況を考えることは困難である。

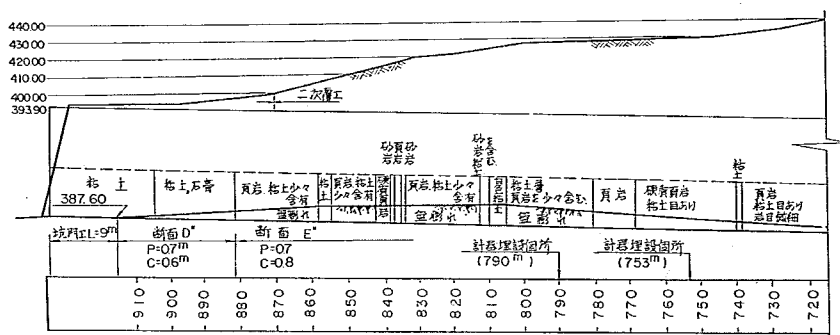


図-3 導坑の岩質と盤ぶくれ (一部)

トンネルの掘削に伴う湧水はあまりなかつたが、全湧水量の約80%は東口から330m地点までの宇津峠層中から出た。

3.3 トンネルの変状と地質 (変状に関係ある地質現象)

このトンネルの地圧の原因を考察する上でもつとも関係深い地質現象は、頁岩や凝灰岩のベントナイト化と地山の破碎である。岩相上からは、東口330mまでの凝灰質砂岩や330mから660m間の硬質頁岩では地圧が小さく変状も少いが、660mから860m間は硬質頁岩の他にベントナイトを挟み盤ぶくれ等の変状がいちじるしい。さらに、860mから915m間にはところどころに石膏をはさむ頁岩が発達しているが、盤ぶくれ等の変状は660mから860m間よりやや小さくなる。

層序関係は3・1のとおりであるが、湯小屋層や沼沢層は硬質頁岩という東

北日本に特有な岩相を示すものが発達しており、本地区では断層作用によつていちじるしく破碎されたり、変質によるベントナイト化などをしたりしている。この硬質頁岩は本来硬い岩であるがもろく、どこでも節理やキレツによつて細片化する傾向がある。一般にはこの地域のように粒状化や粉状化してしまうことは少ないが、やはり断層作用のためと考えられる。東北や北陸方面でこの種の地質に遭遇したトンネルが多い。また、一般に破碎帯は地下深部まで連らなつていたので多くの場合、熱水や地下水の通路となり変質や風化を受けやすい。

ベントナイトの成因はまだ詳しくわからないが、しばしば破碎帯地すべりの原因となつていものがある。本地点でも、黒色の頁岩が熱水あるいは地下水の影響を受けて白色粘土化（ベントナイト化）してゆく過程がみられたり、断層に沿つて不純物の少ないベントナイトがあり、断層を遠ざかるにつれて純度がおちる事が観察される。また母岩の性質によつてベントナイト化に難易があり、それがベントナイトの層状分布の原因となつてい（たとえば、凝灰質のところはほかのところよりベントナイト化しやすい）。本地点でも層状にベントナイト化が進んでいる例がたくさん観察された。660 m以西のベントナイト化がはげしいのは岩石の破碎によるものであるとともに、660 m以東とくらべ頁岩が多少とも凝灰質であるためと考えられる。

破碎帯はしばしば地すべりを伴うが、本地点でも小国側坑口附近の道路沿いに軽微な地すべりないし地すべり性崩壊の地形がみられる。道路工事の際、切土が不安定であつたのはこのためである。地すべりは地質構造方向の南北に広い範囲でかなり連続しているようである。

さて、本トンネルの変状の一次的な地質的原因はベントナイトの膨潤、破碎による地山強度の低下にあり、地山全体としては凝集力や内部摩擦角が低下したことによると考えられる。

一方、吸水膨張や化学変化による岩石の膨張などの他に、地下深部の潜在圧縮応力による押出しなども地山の膨張の原因として考えられる。地下数百メートルにある岩石は被りの重量によつて圧縮され、その保有圧縮ヒズミのためトンネルを掘削したとき掘削面が伸長しようとする。炭坑などでよく見られるという。しかし宇津トンネルの場合には地圧のかかる部分は被りが数十メートル以下のところであり、坑門近くでは被りが数メートルのところでも、未だ強大な地圧がかかっている。したがつて、岩の破壊強度や弾性係数が小さく、粘着力やポアソン比の大きい岩であつても、地圧の原因を潜在圧縮ヒズミの解放による膨張だけに求めることはできないであらう。たとえば、660 m から760 m 間と、760 m から915 m 間の岩の破壊強度や弾性係数、粘着力、ポアソン比などはそれほど異なつておらず、しかも前者の被りは最大数十メートルに対して、後者のそれは40 m 以下である。それにもかかわらず、地圧は後者の方がはるかに大きい。地圧の原因は頁岩やベンナイト（一部石膏）の膨潤と潜在圧縮応力の解放による膨張が重なつたもので、地山がこれに対抗し得る十分なせん断抵抗力をもたないためと考えられる。

4. 膨張性粘土の試験

4.1 試料（供試体）の物理的性質

圧密試験に供した試料の土質試験結果は表-2の通りである。土の組成はいずれも約80%が粘土で三角座標法による分類では粘土（記号はa）に属する。コンシステンシーをみると一般のちゆう積粘土等とは著しく異なつた値を示している。例えば白色の粘土の自然含水比 $W = 54.6\%$ 、青色粘土の自然含

水比 $W = 50.8\%$ にくらべ、液性限界 L_L はそれぞれ 37.1% 、 42.0% と非常に大きな値を示しており、それ故塑性指数の大きな粘土であることがわかる。

4.2 膨張性粘土の X 線分析

4.2.1 X 線分析の目的、考え方

地山の膨張の原因の1つとして、ベントナイトが地下水によつて膨潤するためであると考えることが出来る。X 線分析によつてベントナイトの主要構成粘土鉱物であるモンモリロナイトの有無、出来ればその量比の大小によつて、実際の膨張との関係をみようとするものである。

4.2.2 分 析 方 法

試料の採取はトンネル工事との関係で、東口 $47.5\text{ m} \sim 84.0\text{ m}$ 間 ($72.0\text{ m} \sim 78.5\text{ m}$ 間は欠) 5 m 間隔で総数 60 ケおこなつた。試料はその一部を粉碎し、水でペースト状にして未処理のままスライドガラス上で定方位にしたものを X 線分析 (図-6) に供した。モンモリロナイトの同定には、エチレンジリコール処理 (図-7) および加熱処理 (図-8) をして X 線解析し、ピークの変位を確認して行つた。

現段階では有効な定量解析の方法がないが、原岩から何らかの作用でベントナイトに変質してゆくとすれば、X 線分析によつて変質過程を知ることが出来る。その場合、地山の母材 (堆積時期の岩石) および鉱物の結晶度が全く同じであると仮定すると、X 線回析のピーク又は面積がベントナイトの量に比例するはずである。

使用した測定機は島津自記 X 線回析装置 (GX-3B 型) 測定条件は $\text{Cu K}\alpha$ (Ni)、 40KV 、 20mA 、 $2^\circ/\text{min}$ 、 $T.0.125 \sim 2.5\text{ sec}$ 、 $D.S.1.0$ 、 $S.S.0.5$ 、 $R.S.0.25$ である。

4.2.3 分析結果と考察

測定から各地点のモンモリロナイトのピークの高さ（相対的なもの）およびモンモリロナイトと石英の面積（相対的なもの）からその比を求めると表-3および図-9のようになる。この調査では、残念ながら最も変状の著しいところの試料採取が出来なかつたので変状とX線回析の結果を対比することが出来なかつた。ただし他の膨張性地山同様、膨張してくる地山にはモンモリロナイトを含んでいることが確認できた。また、モンモリロナイトのピークの高さは面積に比例し、石英との比を取つてもそれに比例する傾向になることが判明した。

4.3 膨張性粘土の圧密試験

4.3.1 試験の目的、考え方

不覚乱試料をJISA1217および土質工学会規定の試験法にしたがつて圧密試験を行い、この試料の特殊性を明らかにしようとするものである。特に圧密現象の特異性、先行荷重が予想より小さく出るであろうこと、通常の試験方法と急速試験方法による結果の差などを解明しようとするものである。

4.3.2 試験方法

試料（供試体）は東口から794.0mの地点で、スチール製ライナチューブを挿入して採取し、上下をパラフィンで密封し、ただちに東京へ自動車輸送した。試料の数は白色土3個、青色土3個である。試験方法はJISA1217および土質工学会規定の試験法によつた。

4.3.3 試験結果

測定結果は表-4～表-9の通りである。これをテルツアーギーの理論にもとづいて解析すると図-10～図-15のようになる。テルツアーギーの圧密理論では土粒子の骨格はバネのような動きをし、土粒子間に水が出入して体積

変化をするものとされている。しかし、図からみてもわかるように、通常の土粒子の現象とは極めて異質な様相を呈する。例えば膨張量（膨潤量）が普通の土の数十倍に達する。又この試験から求めた先行荷重は白色粘土で $0.52 \sim 0.61 \text{ Kg/cm}^2$ 、青色粘土で $0.73 \sim 1.30 \text{ Kg/cm}^2$ と予想される値よりはるかに小さい。これは、水分子が粘土粒子の骨格の間に入るだけでなく、粘土粒子そのもの、つまり、粘土鉱物を構成する分子の中に水分子が入ってゆき、分子間隔が拡げられて、粘土粒子間のバネが有効に働かなくなるからと考えられる。図-16、17 は急速圧密試験の結果である。この結果からわかるように、浸潤させる時間を短くすれば、正期の圧密に近い現象を示すようである。

4.4 膨張性粘土の一軸膨張試験

4.4.1 試験の目的および考え方

膨潤によつて生ずる膨張力を推定するため、通常の圧密試験機を用いて荷重を変えながら変形の時間変化を測定した。

4.4.2 試験方法

供試体の採取および整形方法は圧密試験と同様におこなつた。ただし使用した供試体はすべて不攪乱の白色粘土である。荷重は一試料に長期（30日）間同一荷重をかけるようにした。荷重の種類は 0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2 Kg/cm^2 とし、載荷後変形量は 1、5、10、30 分、1、6、24 時間、2、4、5、6、7、8、9、10、12、15、20、30 日で測定した。

4.4.3 試験結果

試験結果は表-11の通りである。ただし荷重 0.2 Kg/cm^2 は 0 分よりおこなつたがそれ以外の 5 種の荷重については、24 時間放置後にセットし直しておこなつた。ただし、ダイヤルゲージの読みは 24 時間放置後を 0 とした。図-18 ~ 20 は一定荷重下で 30 日（720 時間）膨張させた結果を示したものであ

る。図-18は荷重 0.2Kg/cm^2 は0日から、その他の荷重は、初め 0.2Kg/cm^2 で24時間膨張させ（その結果は表-11に示すようにバラツキがある）、その時点でそれぞれの荷重に置き換えて（リセット）30日間測定したものである。図-19、20はリセットしてからの膨張の様相を示したものである。図-21、22は膨張速度と経過時間との関係を示したものである。また図-23は一定荷重をかけて24時間放置して膨張させ、荷重を増加させながら初期の高さまで収縮させるために必要な荷重をもとめたものである。これらの図からわかることは、

- ① 膨張は30日程度でもまだ直線的に継続する。荷重 0.2Kg/cm^2 で40%を越す。
- ② 一度ある程度の膨張をゆるしてから荷重をかけて膨張させると初めから載荷した値より小さくなる傾向がある。
- ③ 荷重の大きさにかかわらず載荷後10～20時間は収縮しその後膨張に転ずる。
- ④ 荷重一定、時間を変数とした場合膨張速度と時間との関係は両対数紙上で直線となり、その勾配は荷重の大きさにかかわらずほぼ一定となる。
- ⑤ 時間をパラメーターとすれば荷重に比例する。
- ⑥ 1度膨張をゆるした場合、元の大きさに戻すためには大きな応力を必要とする。試験例では $3.5\sim 15.0\text{Kg/cm}^2$ である。

5. 地山の含水量変化の測定

5.1 調査目的

膨潤性粘土の膨張は空气中又は周辺地山から水分を吸収しておこるといわれている。この仮定が正しいかどうかは土中の含水量の変化を調査すればわかるはずである。

5.2 調査方法

トンネル掘削後図-24に示す位置に坑内からボーリングをおこない(無水掘り)、内径43mm、肉厚2.5mmの電綫鋼管を入れて測定した。使用した計器は日立PB-1型中性子水分計で計測時間は2分間である。また日立PG-3型γ線密度計で地山密度の測定もおこない、鋼管埋設時におけるボーリング孔と鋼管との周辺の間げき調査ならびに含水量の変化に伴う地山の密度変化を調査した。

測定位置の工事経過

東坑口からのSta、	753m	790m
トンネル掘削の完了	41. 6. 28	41. 4. 23
アーチコンクリート2次巻終了	41. 12. 22	42. 6. 30
水平ボーリングおよび導管の設置	42. 7.6~ 8	42.7.18~20

測定月日：

測定項目 \ 回数	1	2	3	4	5
含水量測定	7月24日	7月25日	8月16日	8月17日	9月14日
密度測定	7月25日		8月17日		

5.3 調査結果

調査結果は表-12~15、図-25~33の通りである。含水比はサンプルの室内試験(図-31)と中性子水分計との値(図-25~28)とは必ずしも同

じ値にはならないが、同じような傾向は示す。即ち掘削面から2～3 mに高含水比帯があり、2～3 mから4～5 m間に低含水比帯があり、それ以後は変化の少ない地山の含水比を示す。通常のトンネルでは貫通後坑内が乾燥し、単純に壁面に近い程含水比が低くなるが、高含水比帯の存在は吸水を意味すると思われる。特に高含水比帯の後方には必ず低含水比帯が存在することは、水分の補給は地山側からも行なわれていることを示す。

含水量および密度の経時変化はトンネル掘削と測定時期とがあまりにもかけはなれているため（約1ケ年）良いデータはとれなかつた。

7. 結 語

本資料は膨張性地山の地質学的な位置づけと試料の土質工学的な特性を調べるために行つた種々のデータをあつめたものである。本トンネルにかかつた強大な地圧を潜在応力の開放や地山強度の不足による直載荷重のみでは説明しきれないようである。膨張試験では載荷重 1.2 Kg/cm^2 でもまだ膨張をしているし、一度膨張をゆるしもとの体積まで戻そうとすると実に $3.5 \sim 15 \text{ Kg/cm}^2$ の荷重を必要とする。ところみに土圧計による現場測定結果を示すと、導坑側面で最大 4.55 Kg/cm^2 （東口79.0.0 m）、覆工後アーチ部で最大 6.4 Kg/cm^2 、その後 5.5 Kg/cm^2 でほぼ一定になる。またカールソン型の歪計を埋設して応力度も測定しているが（殆んどすべての歪計の許容レンジを越えて数値に信頼性はなくなつた）、この経日変化の傾向は地山の挙動、盤ぶくれ、膨張試験の際の試料のうごきなどによく一致する。すなわち圧縮による応力は設置後約1週間で最大となり、その後圧縮応力は徐々に減少してゆき、一部では引張応力になる。

なおこの調査試験には山形県、大林組、日産基礎、特殊土木など諸機関の関係者に御協力を得た。また、芥川部長、岡本室長、その他研究室の諸氏には有益なアドバイスを得た。これらの諸氏に謝意を表します。

表-1 路 線 の 総 合 比 較

路 線	道 路 延 長	トンネル 延 長	付帯構造物		計	工事費 (千円)	走行費 (円/台)	良好度 (点)	備 考	そ の 他 の 特 徴
			スノ- ジェット	橋 梁						
第 一 案	西側 0~6.0 % 東側 4.0~6.5 % 最小 R = 18 m 屈曲部=14カ所 2,145 m	2.0 %直線 900 m	85 m	30 m	3,160 m	483,600	坂路率 3.7 % 70.89	a. 25 b. 16 c. 15 d. 9 e. 20 f. 10 計 95	…6/3.16≒2カ所/Km (20-4) …438.08/3.16≒0.14" (10-1)	① トンネルの縦断こう配は2 %であるが、前後の取付道路は現道利用をはかつたため、ヘヤビカーブが多い。
第 二 案	西側 3.7 % 東側 6.25 % 最小 R = 30 m 屈曲部=11カ所 1,895 m	2.3 %直線 820 m	35 m	50 m	2,800 m	457,500	坂路率 4.3 % 71.74	a. 25 b. 18 c. 15 d. 9 e. 20 f. 10 計 97	…5/2.8 ≒1カ所/Km (20-2) …265/2,800 ≒0.1 " (10-1)	① 提示された案をそのまま使用したトンネル延長は最小であり、そのこう配は2.3 %である点は優位である。 ② トンネル東口の東南御山復からのナダレが案じられる。 ③ トンネルの掘削ブリの処分上相当な捨土が生ずる。 ④ No 48 付近の地すべりが案じられる。
第 三 案	西側 4.0 % 東側 5.24~6.3 % 最小 R = 30 m 屈曲部=10カ所 1,848 m	3.0 %直線 830 m	20 m	50 m	2,748 m	461,500	坂路率 74.63	a. 25 b. 18 c. 15 d. 9 e. 20 f. 10 計 97	…5/2,748 ≒1カ所/Km (20-2) …265/2,748 ≒0.1 " (10-1)	① 2案のトンネル東口をナダレの被害からにげた。 ② トンネル掘削ブリの処分は2案より多少案になる。一部線形を直したので、全体の捨土は大きくなった。 ③ トンネル東口取付道路部の盛土高との関連から坑口を下けたためトンネルのこう配は3 %となった。
第 四 案	西側 2.5 % 東側 7.0 % 最小 R = 40 m 屈曲部=7カ所 1,320 m	3.0 %直線 920 m	10 m	50 m	2,300 m	45,000	坂路率 4.32 % 58.99	a. 25 b. 20 c. 15 d. 10 e. 20 f. 10 計 100	…1/2.3 ≒0.4カ所/Km (切 捨) …42.2/2,300 ≒0.02 " (切 捨)	① トンネル東口はナダレの被害の少ない尾根をえらんだ。しかし、それに続く取付道路の盛土のノリ足が隣りの沢を埋めない程度で逃げた。 ② トンネル東口は掘削ブリの処分に便利なよう大きな盛土となつてゐる。 ③ 東側取付道路を7 %のこう配を許すならば2, 3案に比べて線形も単純となり、延長を相当短縮できる。 ④ トンネルの縦断こう配を3 %にかさえられたため、西口の位置が低くなりトンネル延長は長くなった。

(1962 橋梁コンサルタント)

(備考) 良好度は道路良好度調査要領(建設省)に準換し、a. 幅員25点、b. 線形20点、c. 交差15点、d. こう配10点、e. 路面20点、f. 維持10点とした。また、線形こう配は構造令の一般規程を基準とした。

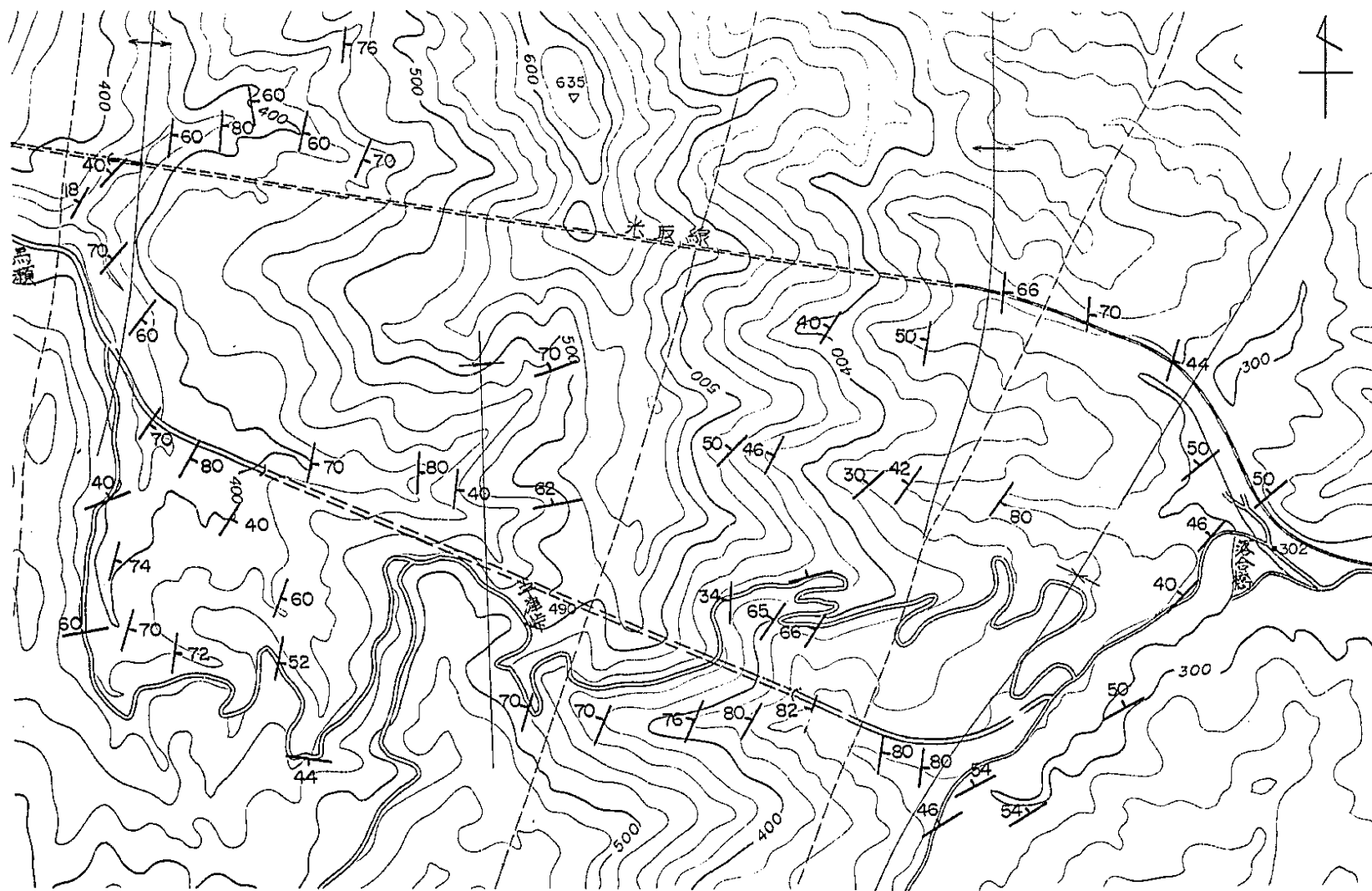


図-4 宇津トンネル附近の地形および地質構造

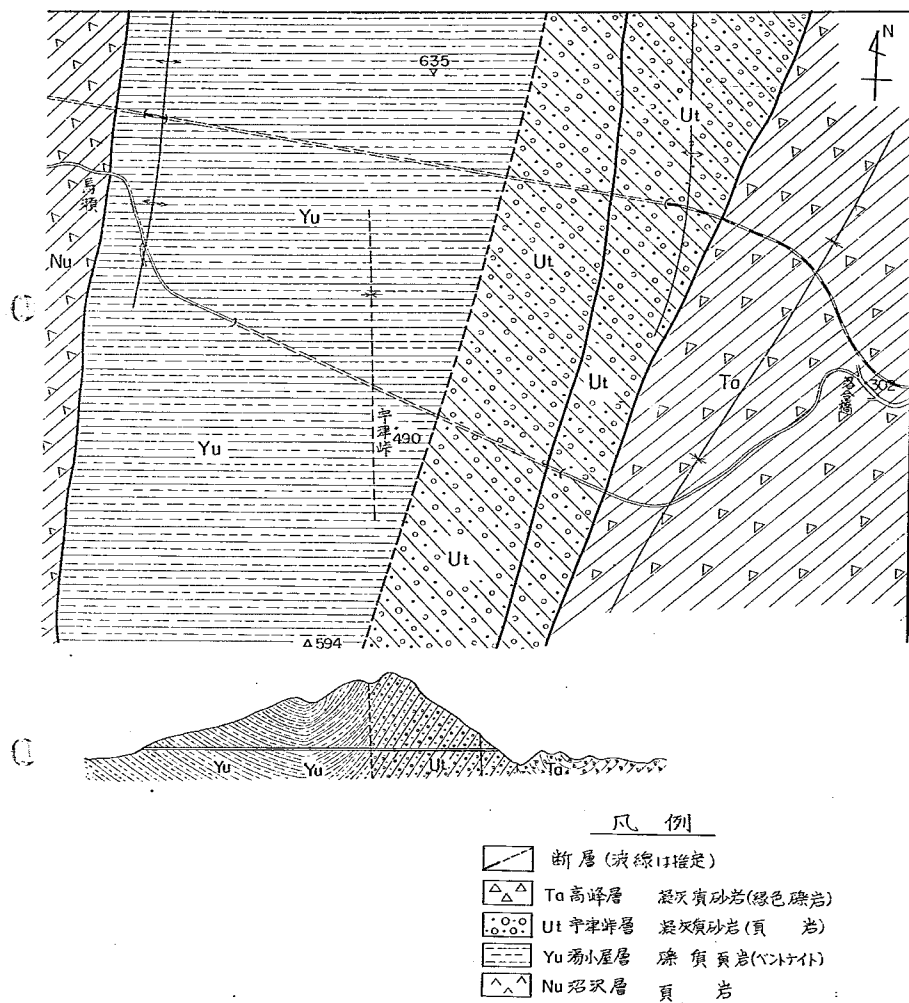


図-5 宇津トンネル附近の地質および地質断面図

表-2 試料の物理的性質(宇津トンネル)

		白			青		
試料 No.		A	B	C	A	B	C
採取深さ (m)							
三角座標分類		粘土	粘土	粘土	粘土	粘土	粘土
土の組成	砂 (%)				12		
	シルト (%)	21			7		
	粘土 (%)	79			81		
粒径	D ₆₀ (mm)	0.0014			—		
	D ₁₀ (mm)	—			—		
均等係数		—			—		
含水量 ω(%)	前後	546	562	595	508	476	479
		1152	1016	969	966	537	834
真比重 G _s		250	250	250	252	252	252
湿潤密度 γ _t (g/cm ³)		1.62	1.61	1.72	1.75	1.75	1.76
間隙比 e							
飽和度 S (%)	前後	97.6	97.8	112.0	109.4	106.1	107.5
		241.6	286.4	252.1	244.0	125.5	305.4
液性限界 LL (%)		371.0			420.0		
塑性限界 PL (%)		115.0			128.0		
塑性指数 I _p		256.0			292.0		
剪断	粘着力 C (Kg/cm ²)						
	内部摩擦角 φ						
三軸	粘着力 C (Kg/cm ²)						
	内部摩擦角 φ						
一軸圧縮強度 q _u (Kg/cm ²)							
圧縮指数 C _c		0.96	1.03	0.85	0.85	0.68	1.00
先行荷重 P ₀ (Kg/cm ²)		0.55	0.52	0.61	0.73	0.80	1.30
圧縮係数 C _v (cm ² /sec)							
透水係数 k (cm/sec)							
備考							

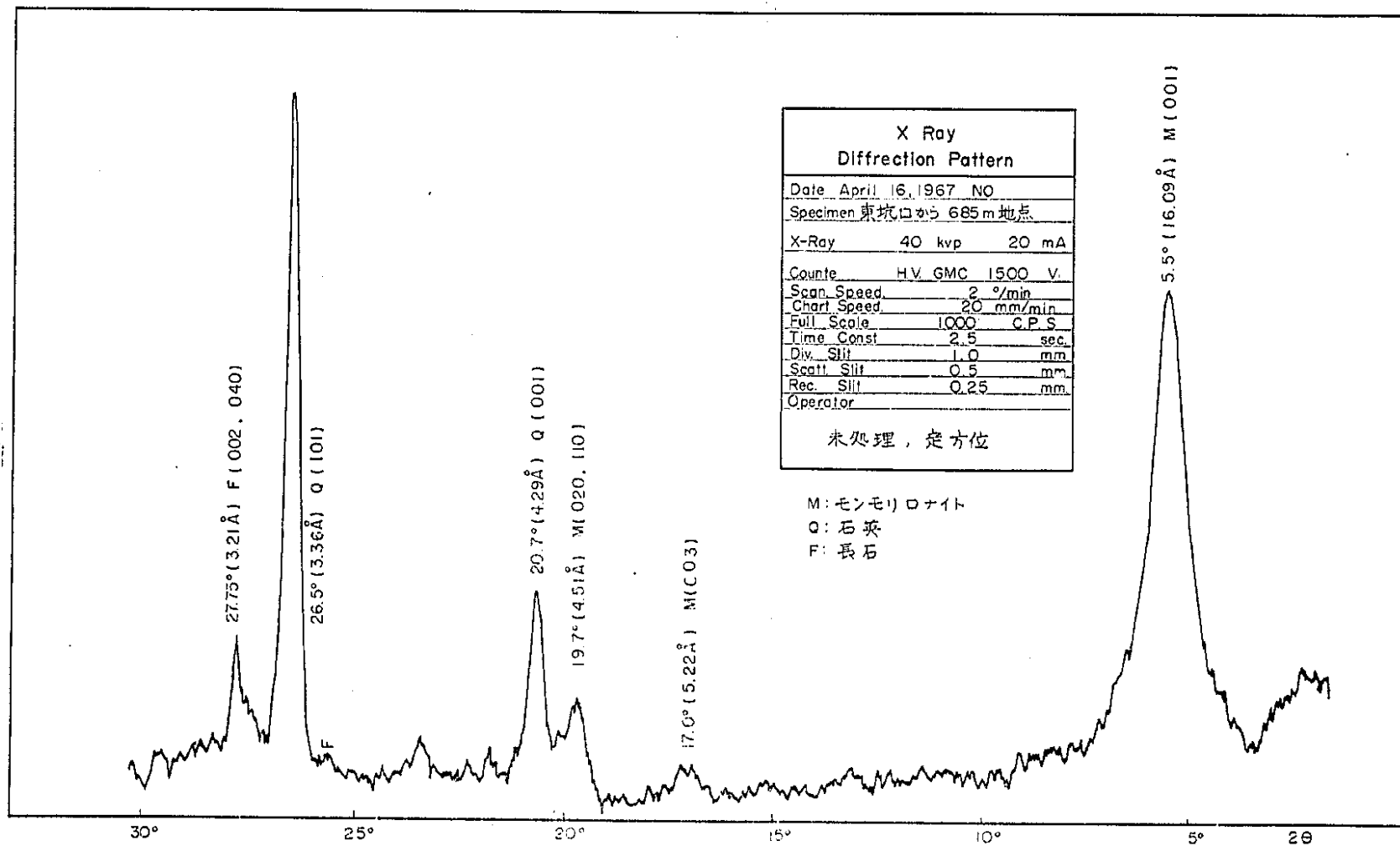


図-6 X線回折曲線の例(未処理、定方位)

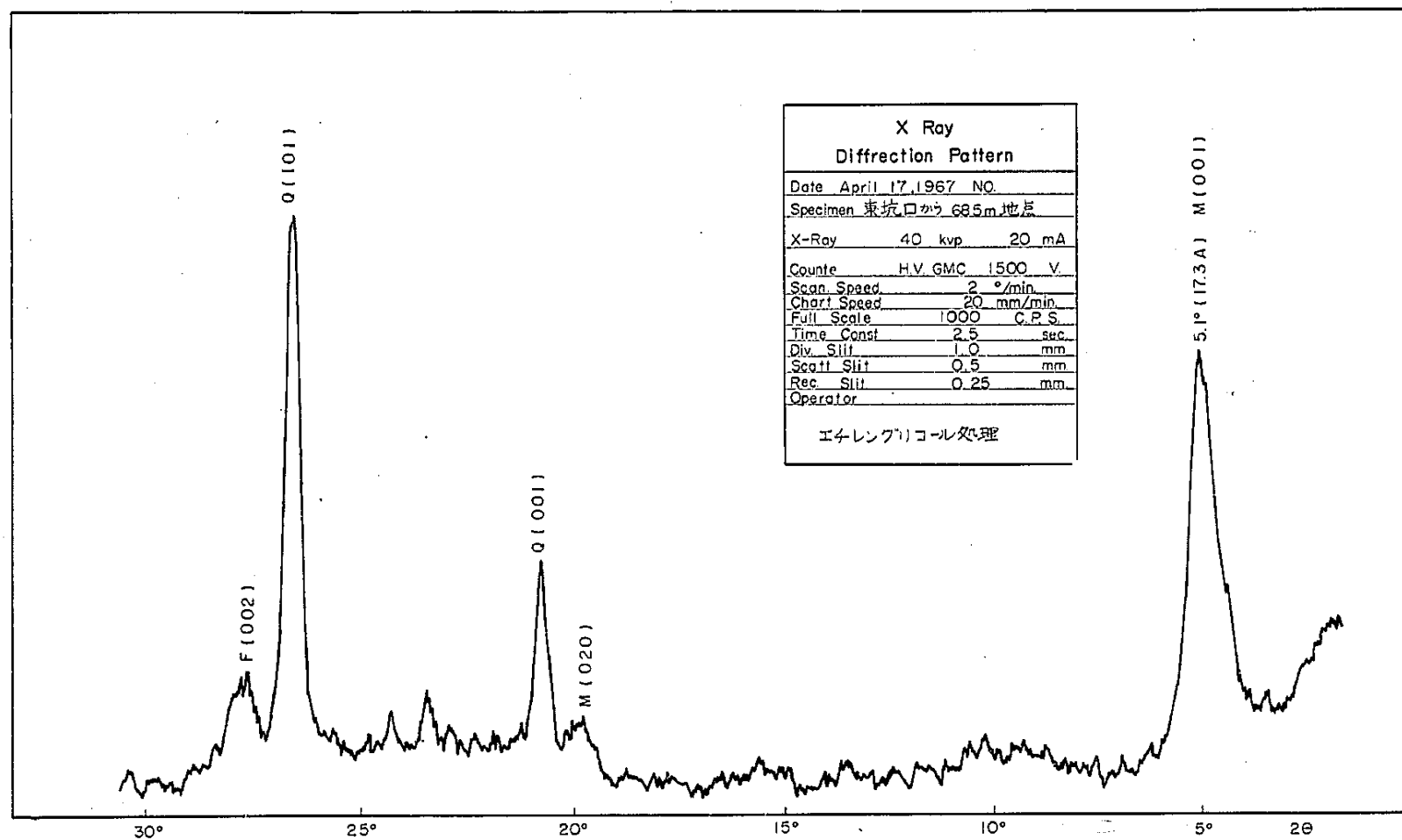


図-7 X線回析曲線の例(エチレン・グリコール処理)

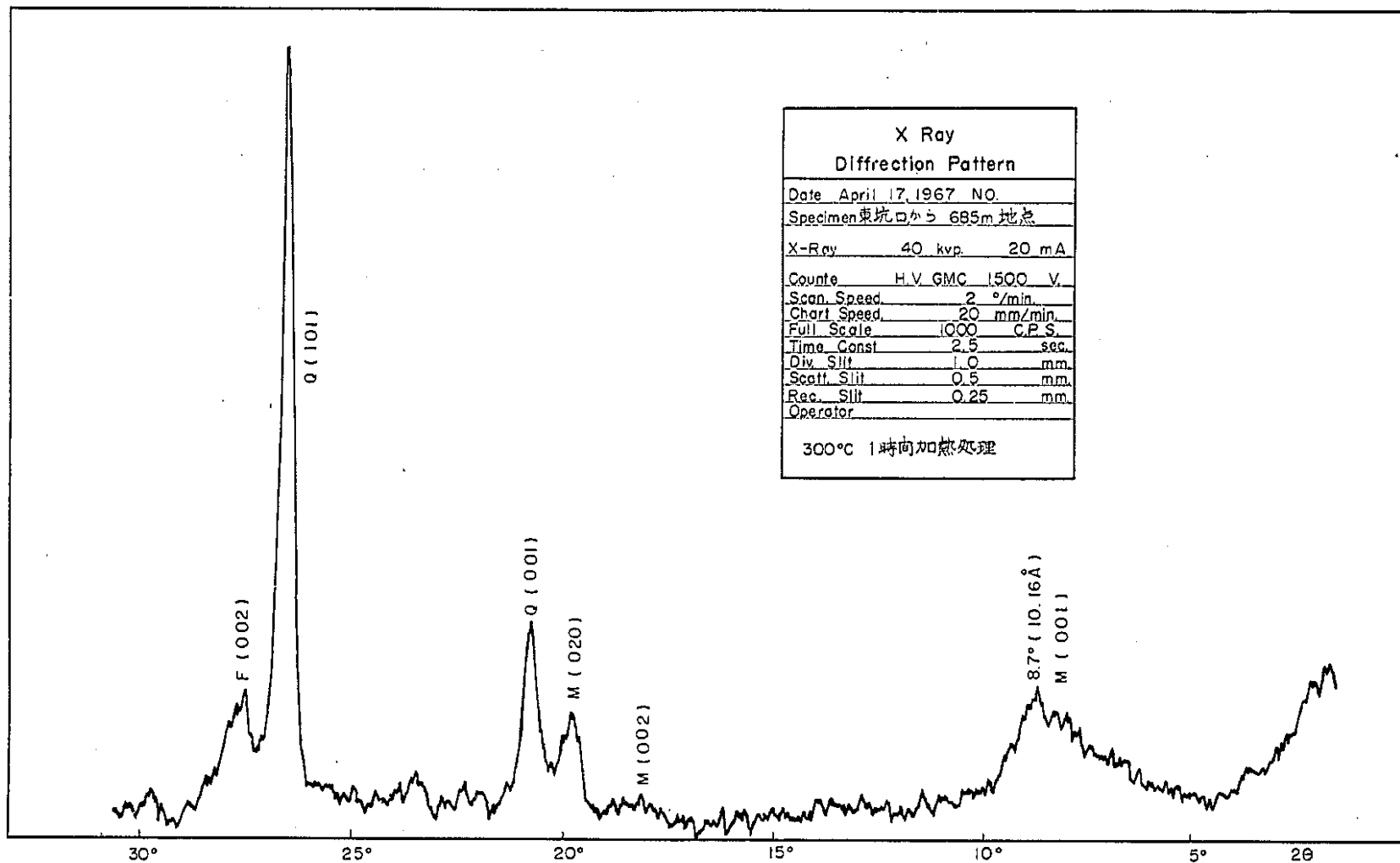


図-8 X線回折曲線の例(加熱処理)

表-3 モンモロロナイト(M)および石英(Q)の回折ピークの高さ、面積比

東口からの 距離	モンモロロナイト(M) のピーク		石英のピーク(Q)		面積比 ($\frac{M}{Q}$)
	面積	高さ	面積	高さ	
475	8.75	7	2.95	4.9	0.30
480	2.975	14	2.6	5.2	1.14
485	20	10	34.38	55	0.58
490	80	40	2.15	43	3.72
495	24	12	1.9	38	1.26
500	50	20	2.75	44	1.82
505	30	15	36.75	49	0.82
510	30	12	19.55	34	1.53
515	60	24	51.75	46	1.16
520	12	8	2.15	43	0.56
525	70	35	2.15	43	3.26
530	26.25	15	101.05	47	0.26
535	7.5	5	28.75	46	0.26
540	29.75	17	15.5	31	1.92
545	4.5	3	46.12	41	0.10
550	55	20	33.75	45	1.04
555	28	16	18.75	30	1.49
560	84	12	31.25	50	2.69
565	44	22	22.5	45	1.96
570	63	30	51.75	46	1.22

東口からの 距離	モンモロロナイト(M) のピーク		石英のピーク(Q)		面積比 ($\frac{M}{Q}$)
	面積	高さ	面積	高さ	
575	3.75	3	34.38	55	0.11
580	5	4	28.75	46	0.17
585	56.25	25	12.38	33	4.54
590	16.3	10	20	40	0.81
595	—	—	—	—	2.04
600	126	56	21.5	43	5.86
605	—	—	—	—	7.23
610	170	68	22.5	45	7.56
615	100	50	17.5	35	5.71
620	60	30	17	34	3.53
625	120	60	18.5	37	6.49
630	99.8	57	23.5	47	4.25
635	70	35	17	34	4.12
640	70	35	19.5	39	3.59
645	157.3	74	22	44	7.15
650	157.5	70	25.62	41	6.15
655	150	60	17.5	35	8.57
660	60	40	30.5	61	1.97
665	12	12	44.37	71	0.27
670	78	39	43.5	58	1.79

東口からの 距離	モンモロロナイト(M) のピーク		石英のピーク(Q)		面積比 ($\frac{M}{Q}$)
	面積	高さ	面積	高さ	
675	20.2	81	4	8	50.50
680	100	50	6.75	18	14.81
685	98	49	45.6	73	2.15
690	59.13	43	34.6	69	1.71
695	36	24	26.25	42	1.38
700	20.6	15	34.38	55	0.60
705	20	10	14.5	29	1.38
710	130	65	31.5	42	4.13
715	52	54	29	58	1.79
795	18	12	32.5	52	0.56
800	66	45	28	56	2.36
805	20.65	11	29.37	47	0.70
810	52.5	30	43.4	65	1.21
815	9	6	27	54	0.33
820	6.25	5	32.8	52.5	0.19
825	3.5	2	22.5	35	0.16
830	16.5	11	23.5	47	0.70
835	4.5	3.5	15	40	0.30
840	1	2	42.5	85	0.024

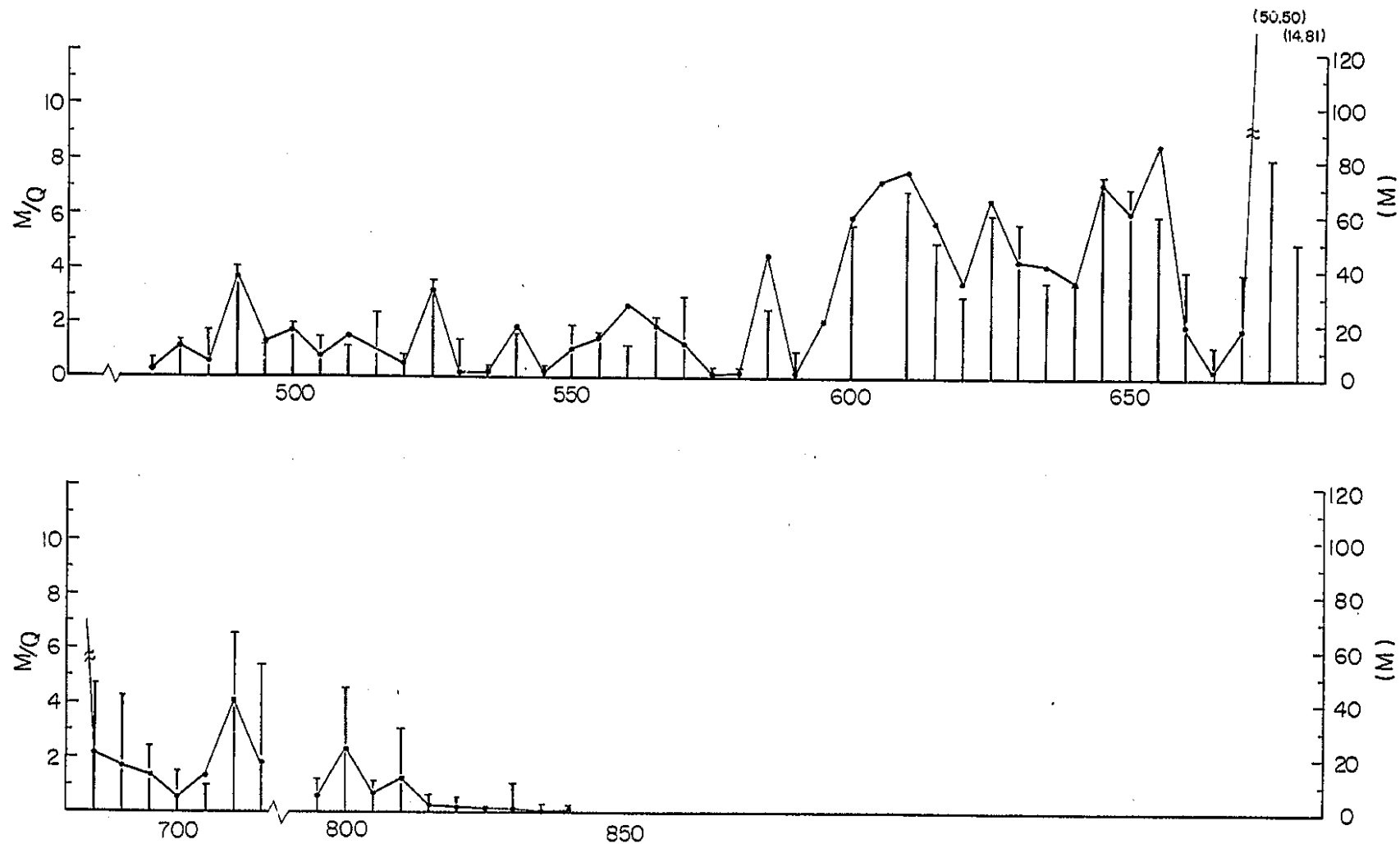


図-9 X線回折におけるモンモリロナイトの回折ピーク高さ
およびモンモリロナイトと石英の回折ピークの面積比

表-4 土の圧密試験

JISA I217					土の圧密試験Ⅱ					記録用紙				
調査名 宇津峠道路					試料番号 白 A					採取深さ				
乱さない 試料					試験期間 昭和42年 1月24日～2月3日 試験者									
試料装置の番号					12					圧密箱の番号				
月	日	時間	測定時刻 時・分	ダイヤログ 読み100g	月	日	時間	測定時刻 時・分	ダイヤログ 読み100g	月	日	時間	測定時刻 時・分	ダイヤログ 読み100g
			9.50					9.50					9.50	
1	8sec	8"	2823.7		1	8sec		2962.4		1	8sec		2477.2	
月	15	15'	2822.3		月	15		2961.3		月	15		2476.1	
	30	30'	2822.0			30		2960.7			30		2475.0	
25	1min	51	2821.5		28	1min		2959.0		31	1min		2473.2	
日	2	52	2820.8		日	2		2957.1		日	2		2470.8	
	4	54	2820.2			4		2954.4			4		2467.1	
荷	8	58	2819.8		荷	8		2950.5		荷	8		2462.2	
	15	10.05	2818.9			15		2945.7			15		2454.6	
重	30	20	2818.7		重	30		2938.3		重	30		2445.8	
	1hr	50	"			1hr		2928.6			1hr		2429.7	
0.05	2	11.50	2822.0		0.4	2		2917.1		3.2	2		2409.0	
Kg	4	13.50	2830.0		Kg	4		2904.0		Kg	4		2379.0	
cf	8				cf	8				cf	8			
24	1/2	9.50	2848.7		24			2873.0		24			2252.0	
			9.50											
1	8sec	8"	2956.2		1	8sec		2867.6		2	8sec		2245.2	
月	15	15'	2956.9		月	15		2865.8		月	15		2244.8	
	30	30'	2956.7			30		2864.9			30		2243.2	
26	1min	51	2956.5		29	1min		2863.0		1	1min		2241.8	
日	2	52	2956.2		日	2		2860.5		日	2		2239.7	
	4	54	2955.8			4		2857.0			4		2236.2	
荷	8	58	2955.1		荷	8		2852.4		荷	8		2232.0	
	15	10.05	2954.4			15		2846.2			15		2226.2	
重	30	20	2953.7		重	30		2837.2		重	30		2217.9	
	1hr	50	2953.3			1hr		2825.0			1hr		2205.5	
0.1	2	11.50	"		0.8	2		2805.5		6.4	2		2186.1	
Kg	4	13.50	2956.9		Kg	4		2781.0		Kg	4		2160.0	
cf	8				cf	8				cf	8			
24	1/2	9.50	2995.8		24			2707.1		24			2056.2	
			9.50											
1	8sec	8"	2994.3		1	8sec		2699.0		2	8sec		2027.2	
月	15	15'	2993.9		月	15		2696.8		月	15		2026.8	
	30	30'	2993.5			30		2696.0			30		2026.0	
27	1min	51	2992.7		30	1min		2694.0		2	1min		2025.2	
日	2	52	2991.5		日	2		2691.8		日	2		2023.2	
	4	54	2990.0			4		2687.4			4		2020.5	
荷	8	58	2987.9		荷	8		2681.9		荷	8		2016.8	
	15	10.05	2985.1			15		2672.5			15		2011.5	
重	30	20	2981.8		重	30		2664.3		重	30		2003.8	
	1hr	50	2977.8			1hr		2649.1			1hr		1992.2	
0.2	2	11.50	2973.3		1.6	2		2629.6		0.8	2		1988.0	
Kg	4	13.50	2969.5		Kg	4		2599.4		Kg	4		"	
cf	8				cf	8				cf	8			
24	1/2	9.50	2967.4		24			2485.6		24			1777.2	

表-5

JISA I2I7				土の圧密試験Ⅱ				記録用紙			
調査名 宇津峠道路				試験番号 白 B				採取深さ			
乱さない 試験				試験期間 昭和42年 1月24日～2月3日				試験者			
繰り返した											
載荷装置の番号				13				圧密箱の番号			
月	時間	測定時刻 時・分	ダイヤルゲージ 読み $\times 100_{2x}$	月	時間	測定時刻 時・分	ダイヤルゲージ 読み $\times 100_{2x}$	月	時間	測定時刻 時・分	ダイヤルゲージ 読み $\times 100_{2x}$
1	8sec	9.55	2639.0	1	8sec	9.55	2771.2	1	8sec	9.55	2284.3
15		"	2659.3	15		"	2770.6	15		"	2283.8
50		"	"	50		"	2769.6	50		"	2282.0
25	1min	5.6	"	25	1min	5.6	2768.0	25	1min	5.6	2280.2
2	57	"	"	2	57	"	2765.9	2	57	"	2277.8
4	59	"	"	4	59	"	2763.0	4	59	"	2274.2
荷	8	10.03	2639.1	荷	8	10.03	2758.7	荷	8	10.03	2268.5
15	10	"	"	15	10	"	2753.7	15	10	"	2262.0
重	50	2.5	"	重	50	2.5	2747.0	重	50	2.5	2257.6
1hr	10.55	"	"	1hr	5.5	"	2738.0	1hr	5.5	"	2236.4
0.2	2	11.55	2643.8	0.4	2	11.55	2726.0	3.2	2	11.55	2213.5
Kg	4	13.55	2658.0	Kg	4	13.55	2713.2	Kg	4	13.55	2181.3
8		"	"	8		"	"	8		"	"
24		"	2745.7	24		"	2681.0	24		"	2039.5
	9.55				9.55				9.55		
1	8sec		2745.8	1	8sec		2675.0	2	8sec		2029.0
15		"	"	15		"	2674.0	15		"	2028.0
50		"	"	50		"	2673.0	50		"	2022.0
26	1min	5.6	"	29	1min	5.6	2671.1	1	1min	5.6	2025.5
2	57	"	"	2	57	"	2568.0	2	57	"	2023.2
4	59	"	2745.7	4	59	"	2665.0	4	59	"	2020.1
荷	8	10.03	"	荷	8	10.03	2660.0	荷	8	10.03	2015.7
15	10	"	"	15	10	"	2654.0	15	10	"	2009.8
重	50	2.5	2745.8	重	50	2.5	2646.0	重	50	2.5	2000.5
1hr	5.5	"	"	1hr	5.5	"	2633.0	1hr	5.5	"	1986.2
0.1	2	11.55	"	0.8	2	11.55	2616.1	6.4	2	11.55	1964.8
Kg	4	13.55	"	Kg	4	13.55	2592.2	Kg	4	13.55	1934.8
8		"	"	8		"	"	8		"	"
24		"	2771.8	24		"	2519.0	24		"	1779.5
	9.55				9.55				9.55		
1	8sec		2771.3	1	8sec		2508.2	2	8sec		1772.2
15		"	"	15		"	2509.0	15		"	1770.8
50		"	"	50		"	2505.9	50		"	1769.9
27	1min	5.6	"	30	1min	5.6	2504.0	2	1min	5.6	1768.5
2	57	"	"	2	57	"	2501.0	2	57	"	1767.0
4	59	"	"	4	59	"	2497.1	4	59	"	1765.0
荷	8	10.03	"	荷	8	10.03	2491.8	荷	8	10.03	1711.1
15	10	"	2771.2	15	10	"	2484.3	15	10	"	1757.0
重	50	2.5	"	重	50	2.5	2475.3	重	50	2.5	1749.5
1hr	5.5	"	"	1hr	5.5	"	2458.8	1hr	5.5	"	1739.8
0.2	2	11.55	"	16	2	11.55	2437.6	12.8	2	11.55	1724.0
Kg	4	13.55	"	Kg	4	13.55	2409.2	Kg	4	13.55	1689.0
8		"	"	8		"	"	8		"	"
24		"	2771.0	24		"	2293.2	24		"	1535.1

表-6

JISA I217					土の圧密試験Ⅱ					記録用紙				
調査名 宇津峠道路					試料番号 白 C					採取深さ				
見さない 特殊な土					試験期間 昭和42年 1月25日～2月5日 試験者									
載荷装置の番号					14					圧密箱の番号				
月	日	時間	測定時刻 時・分	ダイヤゲージ 読み(100mm)	月	日	時間	測定時刻 時・分	ダイヤゲージ 読み(100mm)	月	日	時間	測定時刻 時・分	ダイヤゲージ 読み(100mm)
			10.00	27680				10.00				10.00		
1	8	sec		27672	1	8	sec		29352	1	8	sec		25000
月	15			27669	月	15			29327	月	15			24990
	30			27667		30			29317		30			24972
25	1	min	1	27662	28	1	min	1	29304	31	1	min	1	24955
日	2		2	27658	日	2		2	29286	日	2		2	24930
	4		4	27648		4		4	29268		4		4	24898
荷	8		8	27647	荷	8		8	29223	荷	8		8	24849
	15		15	27650		15		15	29173		15		15	24783
重	30		30	27658	重	30		30	29125	重	30		30	24688
	1hr		1hr	27682		1hr		1hr	29047		1hr		1hr	24536
0.05	2		2	1200 27779	0.05	2		2	1200 28952		2		2	1200 24315
Kg	4		4	1400 28052	Kg	4		4	1400 28849	32	4		4	1400 24052
cal	8				cal	8				cal	8			
	24			28999		24			28640		24			22710
			10.00					10.00					10.00	
1	8	sec		28997	1	8	sec		28582	2	8	sec		22620
月	15			28996	月	15			28571	月	15			22610
	30			28995		30			28561		30			22600
26	1	min	10.01	28993	29	1	min	1	28542	1	1	min	1	22585
日	2		02	28992	日	2		2	28520	日	2		2	22560
	4		04	28991		4		4	28482		4		4	22530
荷	8		08	28990	荷	8		8	28435	荷	8		8	22489
	15		10.15	"		15		15	28375		15		15	22435
重	30		30	29010	重	30		30	28289	重	30		30	22350
	1hr		1hr	"		1hr		1hr	28169		1hr		1hr	22220
0.10	2		2	1200 29022	0.8	2		2	1200 28020	6.4	2		2	1200 22041
Kg	4		4	1400 29053	Kg	4		4	1400 27795	Kg	4		4	1400 21731
cal	8				cal	8				cal	8			
	24			29494		24			27188		24			20450
			10.00					10.00					10.00	
1	8	sec		29494	1	8	sec		27092	2	8	sec		20370
月	15			29493	月	15			27081	月	15			20361
	30			29491		30			27070		30			20355
27	1	min	10.01	29488	30	1	min	1	27050	2	1	min	1	20347
日	2		02	29482	日	2		2	27020	日	2		2	20325
	4		04	29470		4		4	26980		4		4	20300
荷	8		08	29450	荷	8		8	26920	荷	8		8	20268
	15		10.15	29434		15		15	26847		15		15	20222
重	30		30	29409	重	30		30	26752	重	30		30	20128
	1hr		1hr	29390		1hr		1hr	26611		1hr		1hr	19946
0.20	2		2	1200 29365	16	2		2	1200 26407	28	2		2	1200 19938
Kg	4		4	1400 29351	Kg	4		4	1400 26142	Kg	4		4	1400 19695
cal	8				cal	8				cal	8			
	24			29360		24			25082		24			17980

表-7

JIS A 1217

土の圧密試験Ⅱ

記録用紙

調査名 宇津峠道路

試料番号 青 A

採取深さ

風さない

~~林上土~~ 試料

試験期間 昭和42年 1月24日～2月2日 試験者

載荷装置の番号

9

圧密箱の番号

月	時間	測定時刻 時・分	ダイヤログ 読み $\times 100_{\text{mm}}$	月	時間	測定時刻 時・分	ダイヤログ 読み $\times 100_{\text{mm}}$	月	時間	測定時刻 時・分	ダイヤログ 読み $\times 100_{\text{mm}}$
		9.55	287.85			9.55				9.55	
1	8sec	8"	287.70	1	8sec	8"	302.20	1	8sec	8"	245.25
月	15	15"	287.67	月	15	15"	302.62	月	15	15"	245.18
50	30"	287.61		50	30"	"		50	30"	245.08	
25	1min	3.6	287.55	28	1min	3.6	302.57	31	1min	3.6	244.90
日	2	3.7	287.49	日	2	3.7	302.49	日	2	3.7	244.68
4	3.9	287.41		4	3.9	302.38		4	4.3	244.40	
荷	8	4.3	287.35	荷	8	4.3	302.20	荷	8	4.9	243.95
15	5.0	287.31		15	5.0	302.00		15	5.0	243.42	
重	50	10.05	"	重	50	10.05	301.65	重	50	10.05	242.59
thr	3.5	288.64		thr	3.5	301.28		thr	3.5	241.45	
0.5	2	11.35	290.90	0.4	2	11.35	300.74	3.2	2	11.35	259.94
Kg	4	13.35	290.84	Kg	4	13.35	300.13	Kg	4	13.35	256.55
8				8				8			
24	$\frac{1}{2}$ 9.55	297.50		24	$\frac{1}{2}$ 9.55	298.81		24	$\frac{1}{2}$ 9.55	242.38	
		9.55				9.55				9.55	
1	8sec	8"	297.00	1	8sec	8"	298.50	2	8sec	8"	241.88
月	15	15"	"	月	15	15"	298.45	月	15	15"	241.80
50	30"	"		50	30"	298.40		50	30"	241.69	
26	1min	3.6	"	29	1min	3.6	298.29	1	1min	3.6	241.55
日	2	3.7	296.99	日	2	3.7	298.10	日	2	3.7	241.31
4	3.9	"		4	3.9	297.88		4	3.9	241.10	
荷	8	4.3	"	荷	8	4.3	297.45	荷	8	4.3	240.71
15	5.0	297.06		15	5.0	297.00		15	5.0	240.27	
重	50	10.05	297.09	重	50	10.05	296.21	重	50	10.05	237.55
thr	3.5	297.10		thr	3.5	295.25		thr	3.5	238.47	
0.3	2	11.35	297.20	0.8	2	11.35	293.80	6.4	2	11.35	236.68
Kg	4	13.35	297.68	Kg	4	13.35	291.98	Kg	4	13.35	235.52
8				8				8			
24	$\frac{1}{2}$ 9.55	302.60		24	$\frac{1}{2}$ 9.55	285.30		24	$\frac{1}{2}$ 9.55	218.68	
		9.55				9.55				9.55	
1	8sec	8"	302.59	1	8sec	8"	284.89	2	8sec	8"	218.05
月	15	15"	302.58	月	15	15"	284.79	月	15	15"	217.95
50	30"	302.57		50	30"	284.70		50	30"	217.88	
27	1min	3.6	302.55	30	1min	3.6	284.52	2	1min	3.6	217.80
日	2	3.7	302.50	日	2	3.7	284.31	日	2	3.7	217.62
4	3.9	302.48		4	3.9	284.00		4	3.9	217.45	
荷	8	4.3	302.45	荷	8	4.3	283.60	荷	8	4.3	217.12
15	5.0	302.43		15	5.0	289.05		15	5.0	216.81	
重	50	10.05	"	重	50	10.05	282.20	重	50	10.05	216.25
thr	3.5	302.48		thr	3.5	280.96		thr	3.5	215.30	
0.2	2	11.35	302.49	1.6	2	11.35	279.18	128	2	11.35	213.75
Kg	4	13.35	302.50	Kg	4	13.35	276.69	Kg	4	13.35	211.62
8				8				8			
24	$\frac{1}{2}$ 9.55	302.90		24	$\frac{1}{2}$ 9.55	265.80		24	$\frac{1}{2}$ 9.55	185.52	

表 - 8

JIS A 1217				土の圧密試験 II				記録用紙			
調査名 宇津峠道路				試料番号 青 B				採取深さ			
乱さない 試料				試験期間 昭和42年 1月24日~2月3日				試験者			
載荷装置の番号 10				圧密箱の番号							
月 日	時間	測定時刻 時・分	ダイヤルゲージ 読み $\times 100_{\text{mm}}$	月 日	時間	測定時刻 時・分	ダイヤルゲージ 読み $\times 100_{\text{mm}}$	月 日	時間	測定時刻 時・分	ダイヤルゲージ 読み $\times 100_{\text{mm}}$
		9.40	269.93			9.40				9.40	
1	8sec	8"	"	1	8sec	8"	287.90	1	8sec	8"	259.40
月	15	15"	"	月	15	15"	287.88	月	15	15"	259.55
30	30"	"	"	30	30"	"	287.85	30	30"	"	259.27
25	1min	41	"	28	1min	41	287.80	31	1min	41	259.10
日	2	42	"	日	2	42	287.73	日	2	42	258.90
4	44	"	"	4	44	"	287.63	4	44	"	258.61
荷	8	48	"	荷	8	48	287.50	荷	8	48	258.20
15	55	269.96		15	55	287.30		15	55	257.71	
重	30	10.10	269.98	重	30	10.10	287.01	重	30	10.10	256.74
	1hr	40"	270.20		1hr	40"	286.67		1hr	40"	255.84
0.05	2	11.40	270.86	0.4	2	11.40	286.30	3.2	2	11.40	254.22
Kg	4	13.40	272.49	Kg	4	13.40	285.99	Kg	4	13.40	251.90
cf	8			cf	8			cf	8		
24	$\frac{1}{2}$ 9.40	281.98		24	$\frac{1}{2}$ 9.40	285.00		24	$\frac{1}{2}$ 9.40	242.62	
	9.40				9.40				9.40		
1	8sec	8"	282.13	1	8sec	8"	284.68	2	8sec	8"	242.10
月	15	15"	282.12	月	15	15"	284.60	月	15	15"	242.02
30	30"	"	"	30	30"	"	284.50	30	30"	"	241.92
26	1min	41	"	29	1min	41	284.39	1	1min	41	241.80
日	2	42	282.11	日	2	42	284.18	日	2	42	241.61
4	44	282.10		4	44	283.91		4	44	241.39	
荷	8	48	282.08	荷	8	48	283.58	荷	8	48	241.00
15	55	282.07		15	55	283.15		15	55	240.60	
重	30	10.10	282.10	重	30	10.10	282.52	重	30	10.10	239.82
	1hr	40	282.13		1hr	40	281.52		1hr	40	238.72
0.1	2	11.40	282.14	0.8	2	11.40	280.52	6.4	2	11.40	237.20
Kg	4	13.40	282.78	Kg	4	13.40	279.10	Kg	4	13.40	234.58
cf	8			cf	8			cf	8		
24	$\frac{1}{2}$ 9.40	287.89		24	$\frac{1}{2}$ 9.40	274.53		24	$\frac{1}{2}$ 9.40	223.05	
	9.40				9.40				9.40		
1	8sec	8"	287.89	1	8sec	8"	274.20	2	8sec	8"	222.41
月	15	15"	"	月	15	15"	274.15	月	15	15"	222.32
30	30"	"	"	30	30"	"	274.05	30	30"	"	222.25
27	1min	41	287.88	30	1min	41	273.92	2	1min	41	222.12
日	2	42	"	日	2	42	273.72	日	2	42	222.00
4	44	"	"	4	44	"	273.49	4	44	"	221.80
荷	8	48	"	荷	8	48	273.10	荷	8	48	221.50
15	55	287.82		15	55	272.65		15	55	221.10	
重	30	10.10	287.85	重	30	10.10	271.82	重	30	10.10	220.40
	1hr	40	287.89		1hr	40	270.85		1hr	40	219.40
0.2	2	11.40	"	16	2	11.40	269.53	12.8	2	11.40	217.99
Kg	4	13.40	"	Kg	4	13.40	267.39	Kg	4	13.40	215.11
cf	8			cf	8			cf	8		
24	$\frac{1}{2}$ 9.40	287.95		24	$\frac{1}{2}$ 9.40	260.08		24	$\frac{1}{2}$ 9.40	196.80	

表-9

JIS A 1217

土の圧密試験Ⅱ

記録用紙

調査名 宇津峠道路 試料番号 青 C 採取深さ

乱さない 試料

試験期間 昭和42年1月24日～2月3日 試験者

載荷装置の番号

11

圧密箱の番号

月 日	時間	測定時刻 時・分	ダイヤルゲージ 読み $\times 100_{\mu m}$	月 日	時間	測定時刻 時・分	ダイヤルゲージ 読み $\times 100_{\mu m}$	月 日	時間	測定時刻 時・分	ダイヤルゲージ 読み $\times 100_{\mu m}$
1 月	8sec	9.45	2620.2	1 月	8sec	9.45	268.61	1 月	8sec	9.45	2583.5
	15		2620.2		15		268.60		15		2582.2
	30		"		30		268.59		30		2581.2
	25 日	1min	2620.1		28 日	1min	268.56		31 日	1min	2579.4
	2		2620.0		2		268.51		2		2577.0
荷 重	4		"	荷 重	4		268.43	荷 重	4		2574.7
	8		"		8		268.33		8		2568.8
	15		"		15		268.20		15		2563.2
	30		"		30		267.94		30		2557.7
	thr		"		thr		267.72		thr		2542.0
0.05 Kg /cm ²	2		2620.8	0.4 Kg /cm ²	2		267.41	3.2 Kg /cm ²	2		2531.2
	4		2621.9		4		267.09		4		2291.9
	8		"		8		"		8		"
	24		2662.0		24		2662.8		24		2165.0
		9.45				9.45				9.45	
1 月	8sec		2662.0	1 月	8sec		2659.0	2 月	8sec		2158.2
	15		"		15		2658.2		15		2157.5
	30		"		30		2657.3		30		2156.9
	26 日	1min	"		29 日	1min	265.61		1 日	1min	2155.5
	2		"		2		265.48		2		2153.8
荷 重	4		"	荷 重	4		265.21	荷 重	4		2152.0
	8		"		8		264.90		8		2151.1
	15		2662.2		15		264.50		15		2146.8
	30		"		30		263.90		30		2139.2
	thr		2662.3		thr		263.05		thr		2125.0
0.1 Kg /cm ²	2		"	0.8 Kg /cm ²	2		262.11	6.4 Kg /cm ²	2		2108.2
	4		"		4		260.78		4		2080.2
	8		"		8		"		8		"
	24		2685.8		24		2569.8		24		1952.0
		9.45				9.45				9.45	
1 月	8sec		2685.8	1 月	8sec		2562.9	2 月	8sec		1946.0
	15		"		15		2561.9		15		1945.1
	30		"		30		2561.0		30		1944.5
	27 日	1min	"		30	1min	2559.2		1 日	1min	1943.2
	2		"		2		2557.8		2		1942.0
荷 重	4		"	荷 重	4		2553.8	荷 重	4		1940.0
	8		"		8		2552.5		8		1937.0
	15		"		15		2544.0		15		1933.2
	30		2686.0		30		2534.6		30		1927.1
	thr		"		thr		2520.6		thr		1916.2
0.2 Kg /cm ²	2		"	1.6 Kg /cm ²	2		2504.0	12.8 Kg /cm ²	2		1901.5
	4		"		4		2481.4		4		1890.0
	8		"		8		"		8		"
	24		2686.2		24		2409.0		24		1601.2

CONSOLIDATION TEST

試料番号

SAMPLE NO. 青 A

深度 (m)

DEPTH

試験体の寸法 SPECIMEN MEASUREMENTS		含水比 MOISTURE CONTENT	試験前 TEST START $w_1: 50.8\%$
直径 DIAMETER	D: 6 cm		
高さ HEIGHT	2H: 2 cm	飽和度 DEGREE OF SATURATION	試験後 TEST END $w_2: 96.6\%$
断面積 SECTION AREA	A: 28.3 cm ²		試験前 TEST START $S_{r1}: 109.4\%$
容積 VOLUME	V: 56.5 cm ³	土粒子の比重 SPECIFIC GRAVITY	試験後 TEST END $S_{r2}: 244.0\%$
			$G_s: 2.52$

圧縮指数 COMPRESSION INDEX	$C_c: 0.85$	圧密係数 c_v (cm ² /sec)	
先行荷重 PRECONSOLIDATION LOAD	$P_b: 0.73$ (kg/cm ²)	圧縮係数 a_v (cm ² /kg)	
		透水係数 k (cm/sec)	

e-log p CURVE

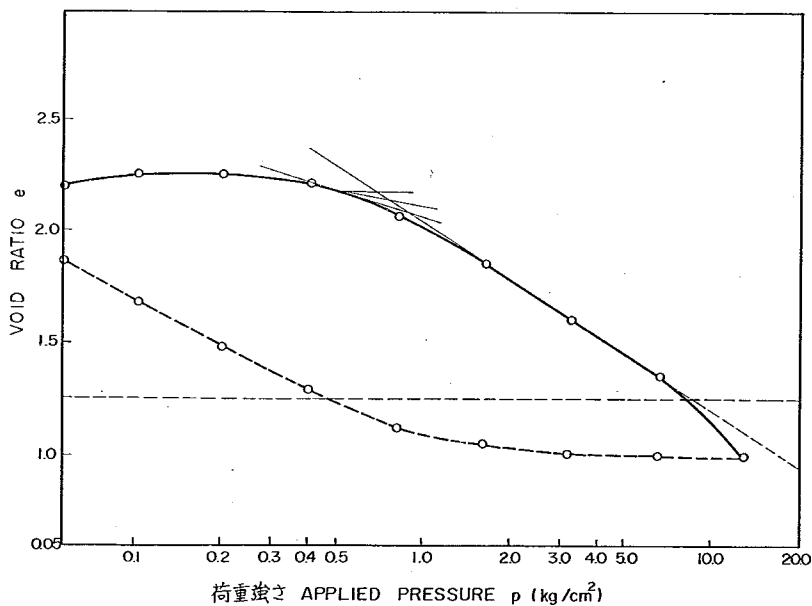


図-10 圧密試験結果 (e-log p)

CONSOLIDATION TEST

試料番号

SAMPLE NO. 青 8

深度 (m)

DEPTH

試験体の寸法 SPECIMEN MEASUREMENTS		含水比 MOISTURE CONTENT	試験前 TEST START ω_1 : 47.6%
直径 DIAMETER	D: 6 cm	飽和度 DEGREE OF SATURATION	試験後 TEST END ω_2 : 53.7%
高さ HEIGHT	2H: 2 cm		試験前 TEST START S_n : 106.1%
断面積 SECTION AREA	A: 28.3 cm ²	土粒子の比重 SPECIFIC GRAVITY	試験後 TEST END S_r : 125.5%
容積 VOLUME	V: 56.5 cm ³		G_s : 2.52

圧縮指数 COMPRESSION INDEX	C_c : 0.68	圧密係数 c_v (cm ² /sec)	
先行荷重 PRECONSOLIDATION LOAD	P_o : 0.80 (kg/cm ²)	圧縮係数 a_v (cm ² /kg)	
		透水係数 k (cm /sec)	

e - log p CURVE

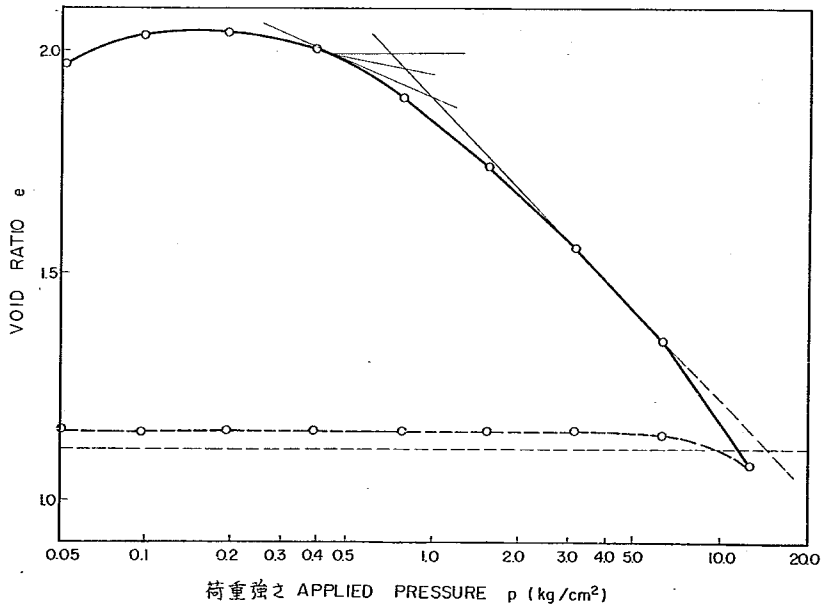


図-11 圧密試験結果 (e - log p)

CONSOLIDATION TEST

試料番号

SAMPLE NO. 音 C

深 度 (m)

DEPTH

試 験 体 の 寸 法 SPECIMEN MEASUREMENTS		含 水 比 MOISTURE CONTENT	試験前 TEST START $w_1: 47.9\%$
直 径 DIAMETER	D: 6 cm		試験後 TEST END $w_2: 83.4\%$
高 さ HEIGHT	2H: 2 cm	飽 和 度 DEGREE OF SATURATION	試験前 TEST START $S_{r1}: 107.5\%$
断 面 積 SECTION AREA	A: 28.3 cm ²		試験後 TEST END $S_{r2}: 305.4\%$
容 積 VOLUME	V: 56.5 cm ³	土 粒 子 の 比 重 SPECIFIC GRAVITY	$G_s: 2.52$

圧 縮 指 数 COMPRESSION INDEX	$C_c: 1.00$	圧密係数 c_v (cm ² /sec)	
先 行 荷 重 PRECONSOLIDATION LOAD	$P_0: 1.30$ (kg/cm ²)	圧縮係数 a_v (cm ² /kg)	
		透水係数 k (cm /sec)	

e - log p CURVE

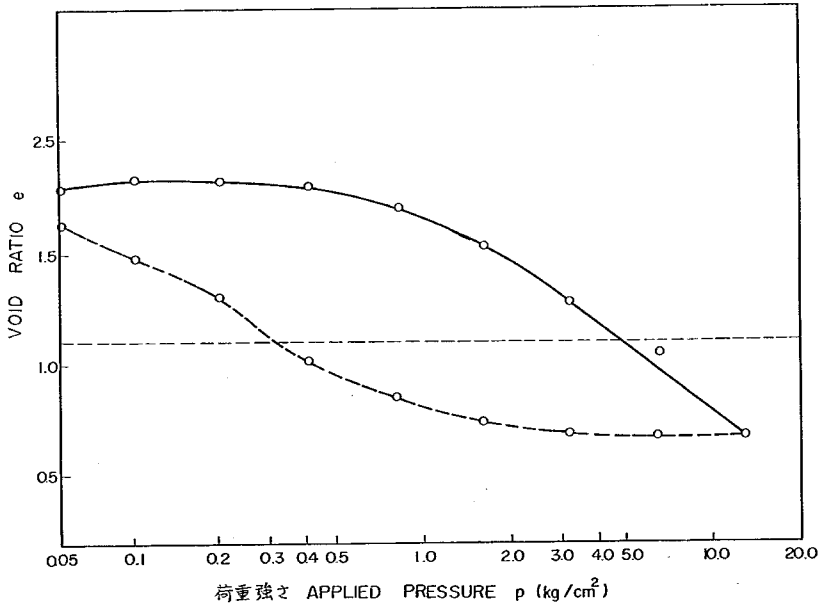


図 - 12 圧密試験結果 (e - log p)

CONSOLIDATION TEST

試料番号

SAMPLE NO. 白 A

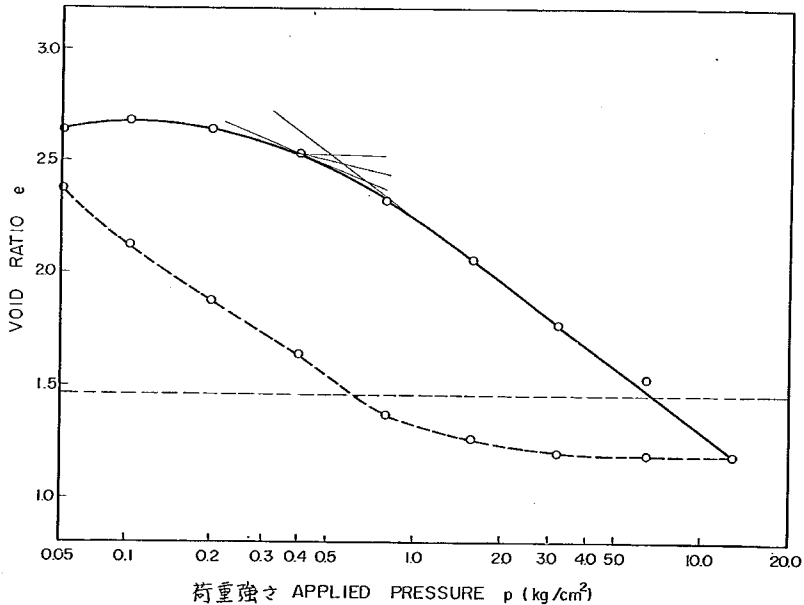
深度 (m)

DEPTH

試験体の寸法 SPECIMEN MEASUREMENTS		含水比 MOISTURE CONTENT	試験前 TEST START w_1 : 54.6 %
直径 DIAMETER	D : 6 cm	飽和度 DEGREE OF SATURATION	試験後 TEST END w_2 : 115.2 %
高さ HEIGHT	2H: 2 cm		試験前 TEST START Sr_1 : 97.6 %
断面積 SECTION AREA	A : 28.3 cm ²	土粒子の比重 SPECIFIC GRAVITY	試験後 TEST END Sr_2 : 241.6 %
容積 VOLUME	V : 56.5 cm ³		G _s : 2.50

圧縮指数 COMPRESSION INDEX C_c : 0.96	圧密係数 c_v (cm ² /sec)
先行荷重 PRECONSOLIDATION LOAD P_o : 0.55 (kg/cm ²)	圧縮係数 a_v (cm ² /kg)
	透水係数 k (cm /sec)

e-log p CURVE



荷重強さ APPLIED PRESSURE p (kg/cm²)

図-13 圧密試験結果 (e-log p)

CONSOLIDATION TEST

試料番号

SAMPLE NO. 白 B

深度 (m)

DEPTH

試験体の寸法 SPECIMEN MEASUREMENTS		含水比 MOISTURE CONTENT	試験前 TEST START ω_1 : 56.2%
直径 DIAMETER	D: 6 cm		試験後 TEST END ω_2 : 101.6%
高さ HEIGHT	2H: 2 cm	飽和度 DEGREE OF SATURATION	試験前 TEST START S_{r1} : 97.8%
断面積 SECTION AREA	A: 28.3 cm ²		試験後 TEST END S_{r2} : 286.4%
容積 VOLUME	V: 56.5 cm ³	土粒子の比重 SPECIFIC GRAVITY	G_s : 2.50

圧縮指数 COMPRESSION INDEX C_c : 1.03	圧密係数 c_v (cm ² /sec)	
先行荷重 PRECONSOLIDATION LOAD P_o : 0.52 (kg/cm ²)	圧縮係数 a_v (cm ² /kg)	
	透水係数 k (cm/sec)	

e - log p CURVE

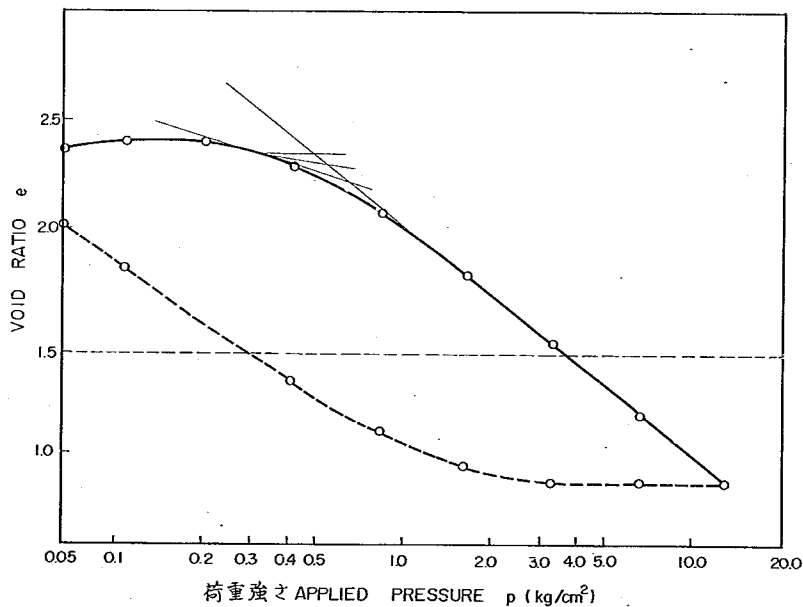


図-14 圧密試験結果 (e-log p)

CONSOLIDATION TEST

試料番号

SAMPLE NO. 白 C

深度 (m)

DEPTH

試験体の寸法 SPECIMEN MEASUREMENTS		含水比 MOISTURE CONTENT	試験前
直径 DIAMETER	D: 6 cm		TEST START $w_1: 59.5\%$
高さ HEIGHT	2H: 2 cm	飽和度 DEGREE OF SATURATION	試験後 $w_2: 96.9\%$
断面積 SECTION AREA	A: 28.3 cm ²		試験前 $S_{r1}: 112.0\%$
容積 VOLUME	V: 56.5 cm ³	土粒子の比重 SPECIFIC GRAVITY	試験後 $S_{r2}: 252.1\%$
			$G_s: 2.50$

圧縮指数 COMPRESSION INDEX	$C_c: 0.85$	圧密係数 c_v (cm ² /sec)	
先行荷重 PRECONSOLIDATION LOAD	$P_o: 0.61$ (kg/cm ²)	圧縮係数 a_v (cm ² /kg)	
		透水係数 k (cm/sec)	

e-log p CURVE

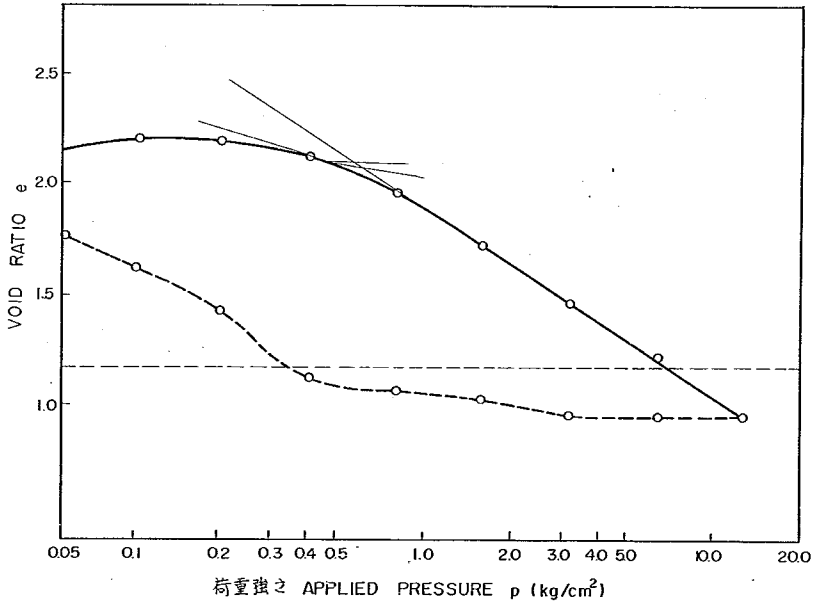


図-15 圧密試験結果 (e-log p)

表一 1 0 荷重 2 4 時間後の膨潤と収縮

荷 重 Kg/cm ²	測 定 月 日	白 - A		白 - B		白 - C		青 - A		青 - B		青 - C	
		収 縮	膨 潤	収 縮	膨 潤	収 縮	膨 潤	収 縮	膨 潤	収 縮	膨 潤	収 縮	膨 潤
0.00	1 25		823.7		639.0		768.0		878.5		699.3		620.2
0.05	1 26		250.0		106.7		131.9		96.5		120.5		41.8
0.10	1 27		147.1		26.1		49.5		51.0		59.1		23.8
0.20	1 28	28.4		0.8		13.4		3.0		0.6		0.4	
0.40	1 29	94.4		90.0		72.0		40.9		29.5		23.4	
0.80	1 30	165.9		162.0		145.2		135.1		104.2		93.0	
1.60	1 31	221.5		225.8		210.6		195.0		145.0		160.8	
3.20	2 1	235.6		253.7		237.2		234.2		174.6		224.0	
6.40	2 2	195.8		260.0		226.0		237.0		195.7		213.0	
12.80	2 3	222.8		244.4		246.4		331.3		262.5		350.8	

(×1/100mm)

CONSOLIDATION TEST

試料番号
SAMPLE NO. 青

深度 (m)
DEPTH

試験体の寸法 SPECIMEN MEASUREMENTS		含水比 MOISTURE CONTENT	試験前 TEST START w_1 : %
直径 DIAMETER	D: 6 cm		試験中 TEST END w_2 : %
高さ HEIGHT	2H: 2 cm	飽和度	試験前 TEST START Sr_1 : %
断面積 SECTION AREA	A: 28.3 cm ²	DEGREE OF SATURATION	試験中 TEST END Sr_2 : %
容積 VOLUME	V: 56.5 cm ³	土粒子の比重 SPECIFIC GRAVITY	G_s : 2.52

圧縮指数 C_c : 0.332	圧密係数 c_v (cm ² /sec)	
COMPRESSION INDEX	圧縮係数 a_v (cm ² /kg)	
先行荷重 P_0 : 3.30 (kg/cm ²)	透水係数 k (cm/sec)	
PRECONSOLIDATION LOAD		

e-log p CURVE

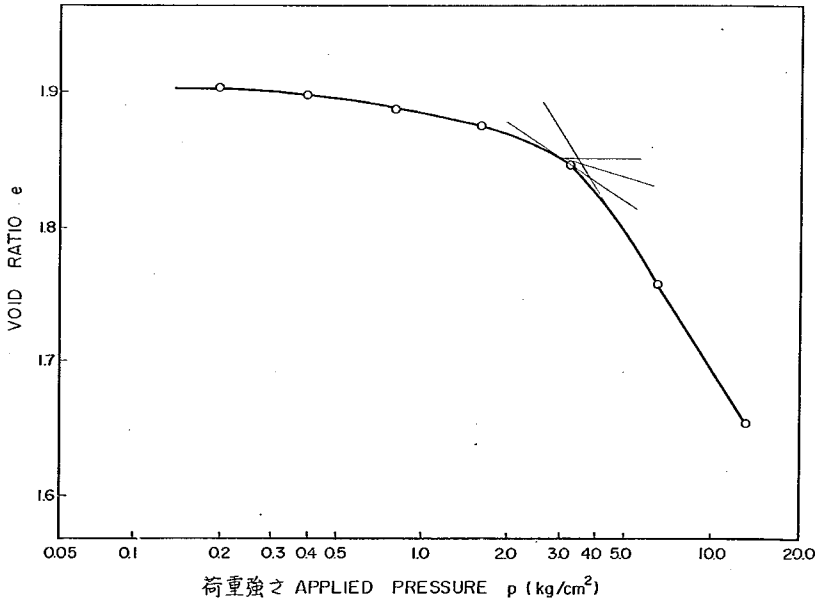


図-16 急速圧密試験結果 (95%圧密)

CONSOLIDATION TEST

試料番号

SAMPLE NO. 白

深度 (m)

DEPTH

試験体の寸法 SPECIMEN MEASUREMENTS		含水比 MOISTURE CONTENT	試験前 w_1 : %
直径 DIAMETER	D: 6 cm	飽和度 DEGREE OF SATURATION	試験後 w_2 : %
高さ HEIGHT	2H: 2 cm		試験前 S_{n1} : %
断面積 SECTION AREA	A: 28.3 cm ²	土粒子の比重 SPECIFIC GRAVITY	試験後 S_{r2} : %
容積 VOLUME	V: 56.5 cm ³		G_s : 2.50

圧縮指数 COMPRESSION INDEX	C_c : 0.353	圧密係数 c_v (cm ² /sec)	
先行荷重 PRECONSOLIDATION LOAD	P_b : 0.95 (kg/cm ²)	圧縮係数 a_v (cm ² /kg)	
		透水係数 k (cm/sec)	

e-log p CURVE

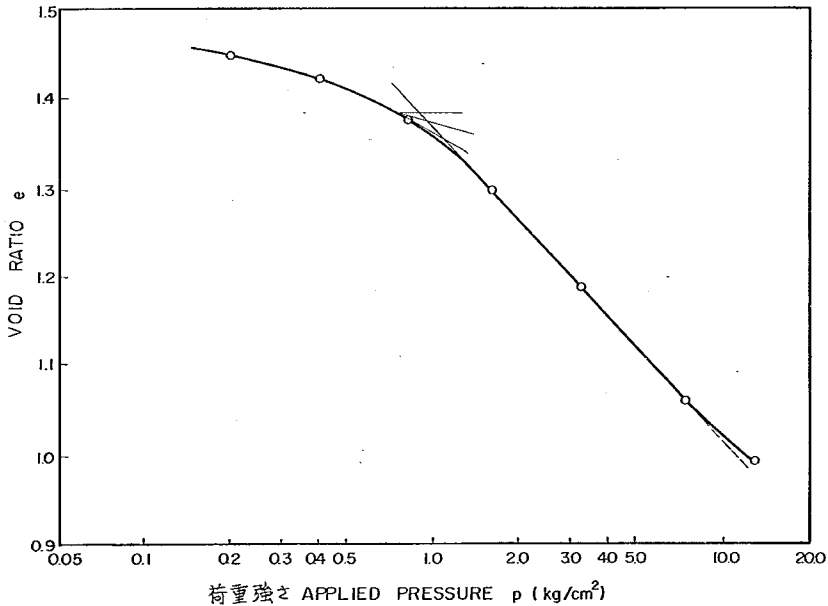


図-17 急速圧密試験結果 (95%圧密)

表一 1 1 . 膨 潤 試 驗 結 果

測定時間	荷 重 kg/cm^2					
	0. 2	0. 4	0. 6	0. 8	1. 0	1. 2
	(2808)	(5342)	(5628)	(5209)	(5221)	(3550)
1 (分)	3.3	534.9	554.1	504.9	506.6	334.1
5	2.0	531.2	545.4	492.5	494.3	325.4
10	6.3	529.4	540.9	485.5	485.8	320.0
30	15.6	526.8	531.2	470.4	467.3	314.0
1 (時)	29.9	526.0	525.0	459.5	452.9	309.7
6	175.4	530.1	518.6	441.9	412.9	306.0
24	460.8	542.2	521.1	437.1	407.1	308.0
2 (日)	514.1	562.5	528.8	442.5	405.9	315.0
3	587.7	579.0	534.9	437.1	405.1	323.0
4	650.0	586.4	537.2	437.0	395.0	324.8
5	701.8	590.3	538.5	437.0	404.3	326.7
6	723.0	598.9	542.9	437.1	403.9	331.0
7	736.8	606.8	546.8	437.5	403.8	334.1
8	762.4	615.0	550.5	437.9	403.0	337.5
9	800.9	623.5	554.2	438.0	403.0	341.4
10	829.2	626.0	554.8	438.0	403.0	342.2
12	860.5	634.1	559.0	439.1	403.2	345.3
15	881.0	650.8	566.8	440.2	403.5	353.0
20	931.0	653.0	566.2	439.2	402.5	354.0
30	980.2	676.3	582.9	440.8	403.2	369.0

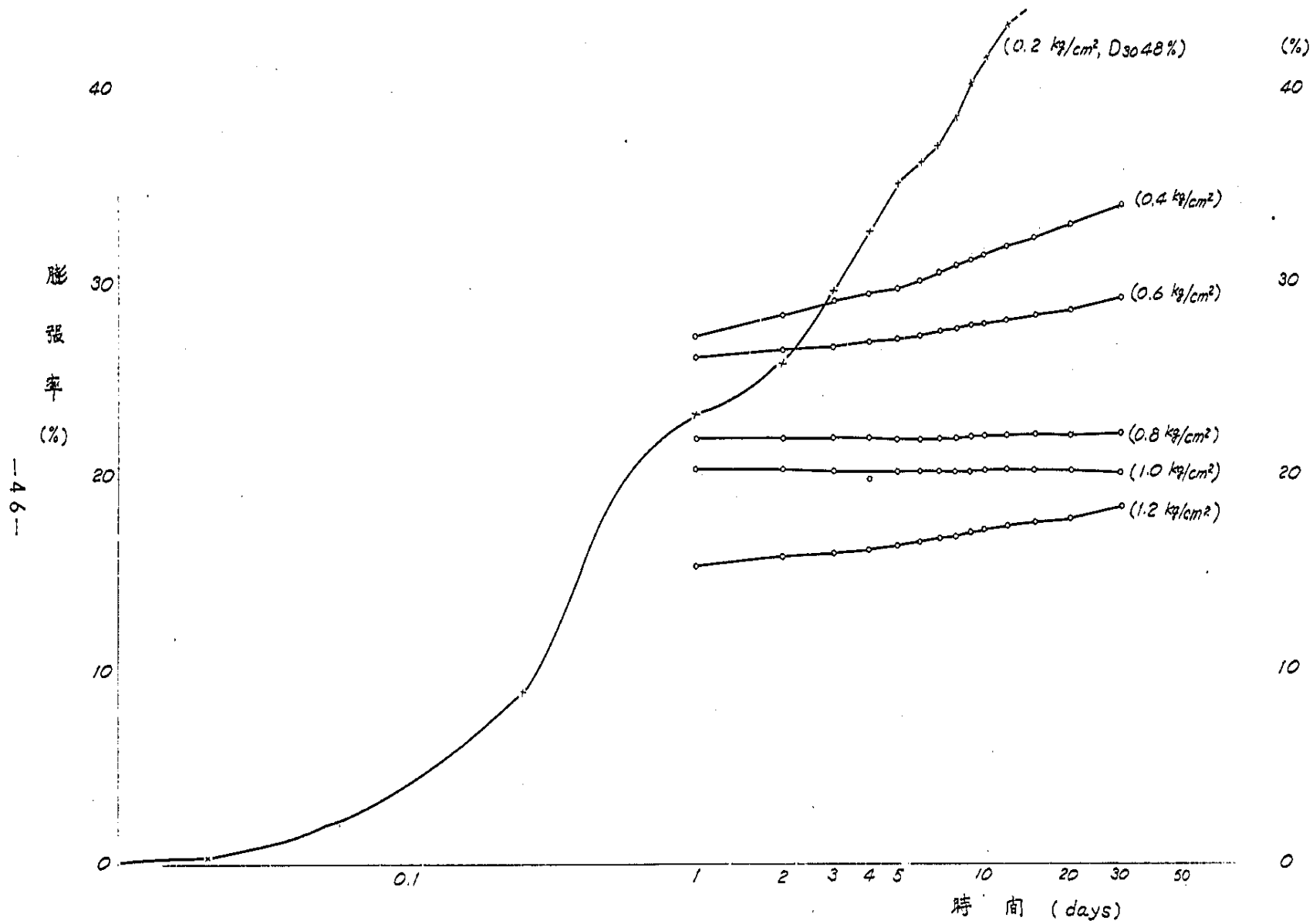


圖-18 膨張試驗結果 (側方拘束、荷重一定)

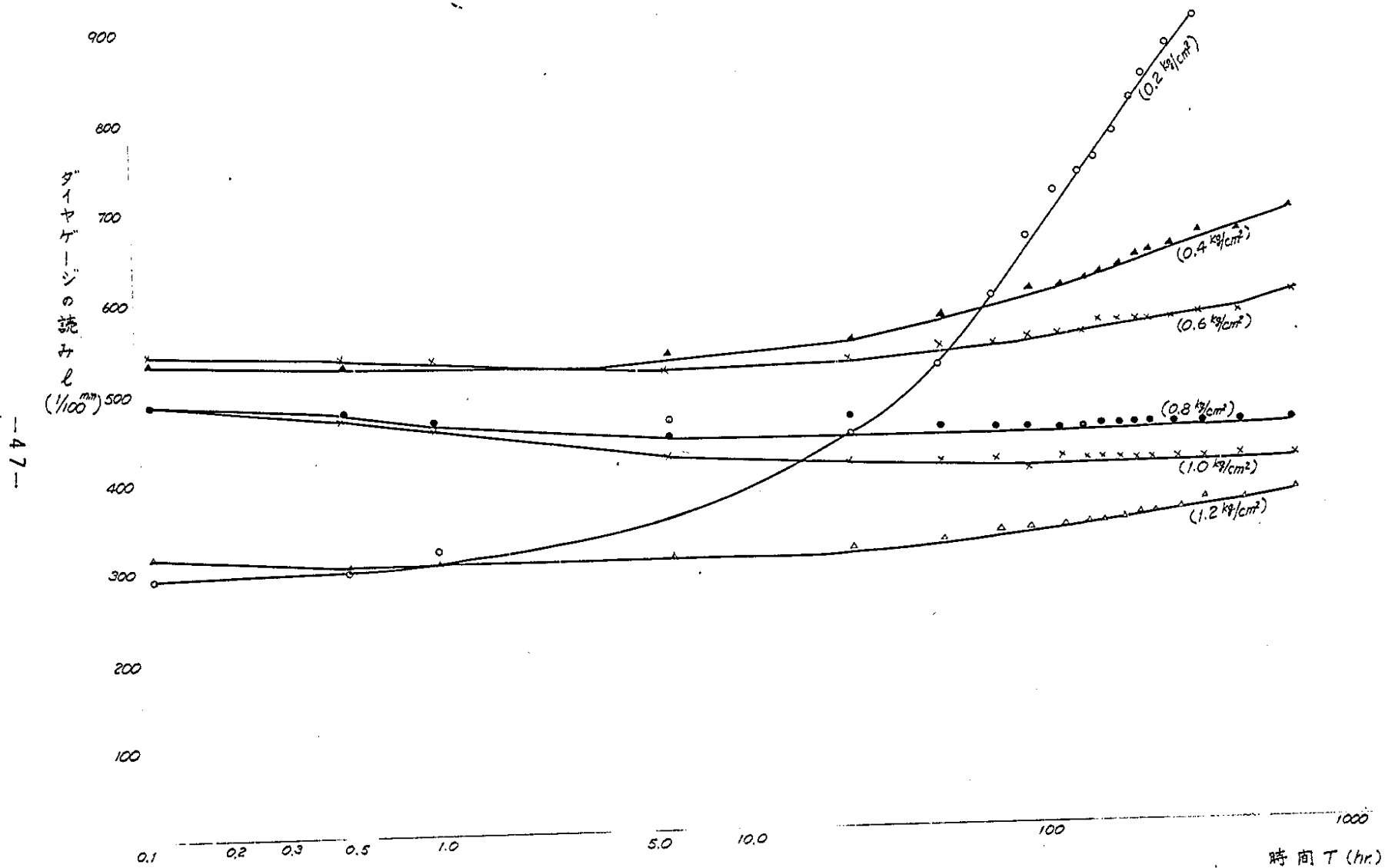


図 - 19 膨張試験結果 (側方拘束、荷重一定。試験開始 24 時間膨張後)

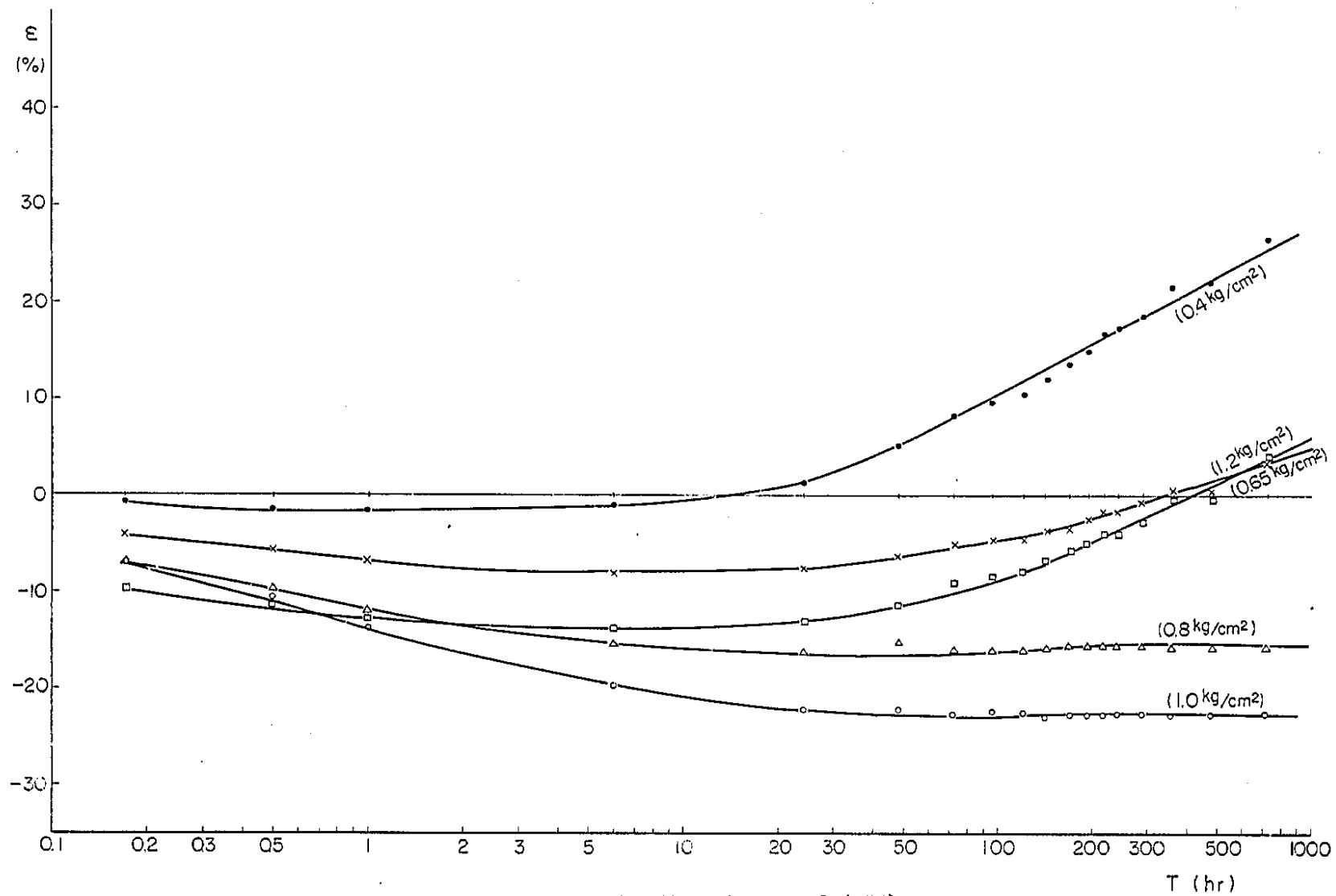


圖-20 膨張試驗結果 (圖-19 参照)

$V(\frac{d\delta}{dt})$
($\times 10^{-3}$)

—49—

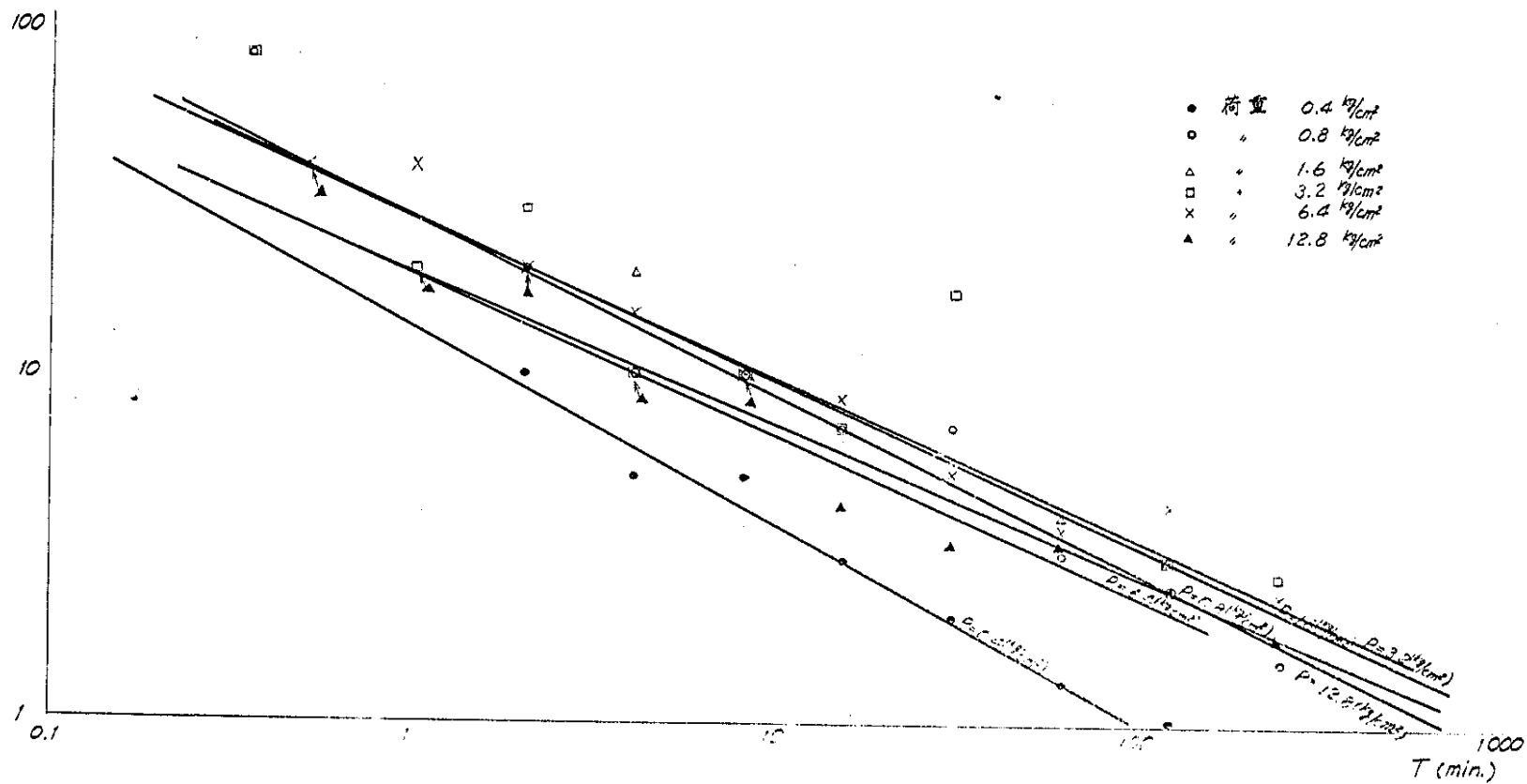


图-21 膨胀试验 (V ~ T)

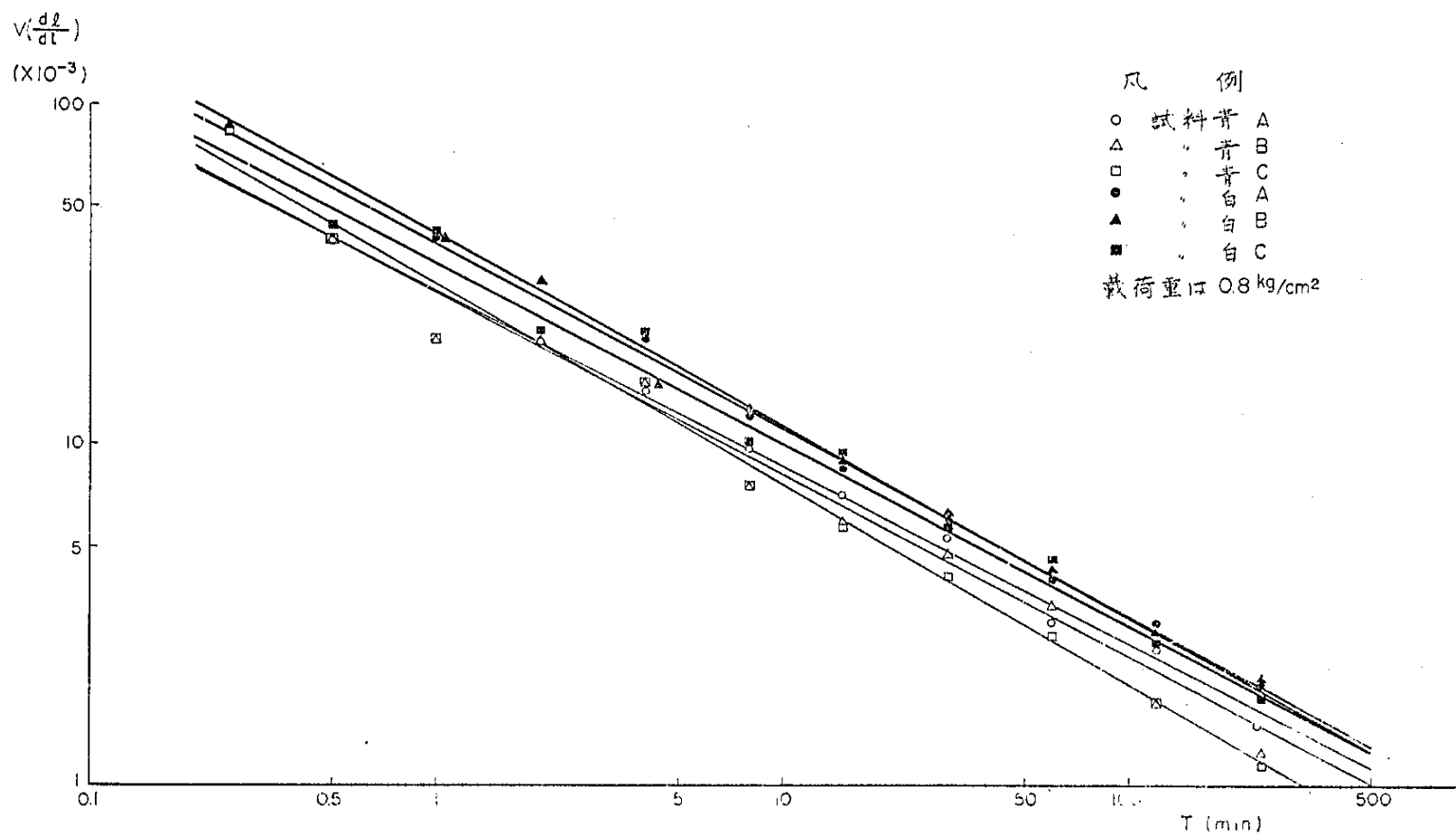


圖-22 膨張試験 (V ~ T)

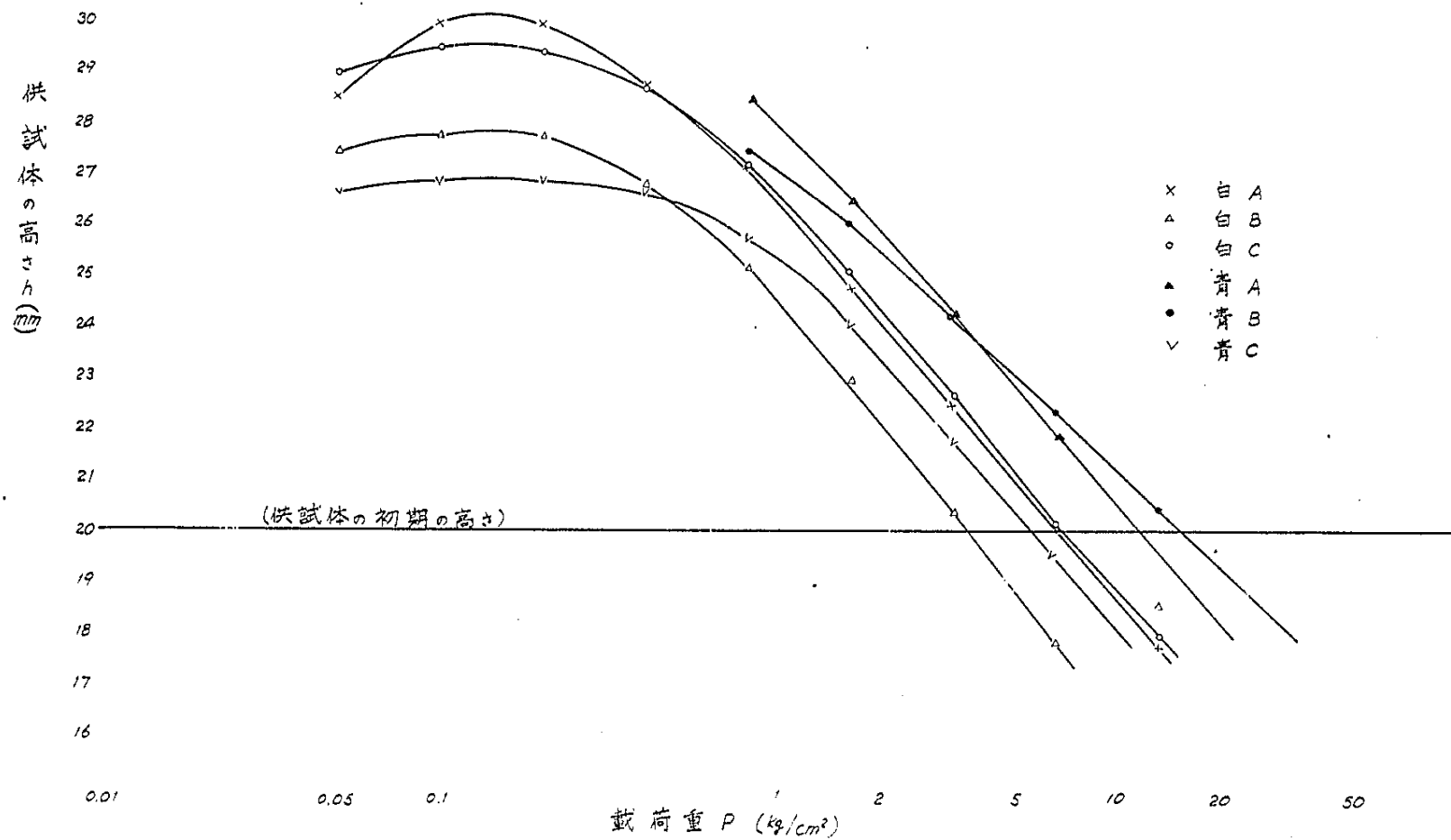
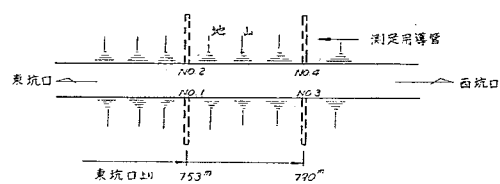
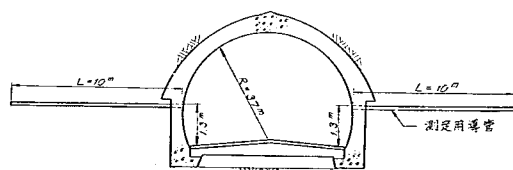


図-23 膨張試験 (圧密試験各荷重2-4時間後の値)



測定孔の配置



測定用導管

図-24 測定孔配置

表-12 湿润密度、含水量测定

测定孔	No 1 Sta 753m 右							
测定種別	rt: 湿润密度 (g/cm^3)				m: 含水量 (g/cm^3)			
测定回数 水平深度(m)	1	2	3	1	2	3	4	5
1.9				0.470	0.466	0.450	0.459	0.462
2.4	1.724		1.783	0.487	0.486	0.464	0.458	0.461
2.9				0.525	0.528	0.510	0.505	0.497
3.4	1.691		1.828	0.455	0.458	0.436	0.440	0.434
3.9				0.410	0.421	0.413	0.405	0.401
4.4	1.802		1.894	0.399	0.396	0.387	0.383	0.385
4.9				0.380	0.387	0.383	0.397	0.387
5.4	1.731		1.797	0.465	0.463	0.468	0.458	0.443
5.9				0.377	0.376	0.352	0.348	0.351
6.4	1.580		1.696	0.420	0.410	0.375	0.386	0.395
6.9				0.450	0.450	0.442	0.443	0.454
7.4	1.752		1.747	0.395	0.398	0.402	0.393	0.410
7.9				0.380	0.382	0.390	0.385	0.389
8.4	1.679		1.773	0.433	0.432	0.431	0.430	0.434
8.9				0.359	0.362	0.361	0.359	0.359
9.4	1.864		1.880	0.372	0.378	0.362	0.361	0.365

表-13 湿潤密度、含水量測定

測定孔	No 2 Sta 753m 左							
測定種別	rt: 湿潤密度 (g/cm^3)			m: 含水量 (g/cm^3)				
測定回数 水平深度(m)	1	2	3	1	2	3	4	5
1.9				0.350	0.350	0.329	0.351	0.322
2.4	1.773		1.752	0.355	0.353	0.340	0.328	0.328
2.9				0.377	0.378	0.367	0.362	0.367
3.4	1.747		1.711	0.320	0.315	0.298	0.297	0.292
3.9				0.301	0.301	0.282	0.286	0.282
4.4	1.799		1.747	0.348	0.347	0.327	0.323	0.316
4.9				0.329	0.324	0.306	0.308	0.310
5.4	2.100		2.100	0.280	0.283	0.282	0.275	0.276
5.9				0.346	0.347	0.326	0.324	0.318
6.4	1.719		1.693	0.327	0.327	0.316	0.301	0.309
6.9				0.356	0.355	0.328	0.324	0.323
7.4	1.659		1.679	0.374	0.373	0.358	0.360	0.356
7.9				0.379	0.379	0.352	0.351	0.340
8.4	1.754		1.773	0.395	0.396	0.365	0.366	0.354
8.9				0.390	0.391	0.370	0.362	0.353
9.4	1.770		1.752	0.375	0.378	0.352	0.358	0.355

表 - 14 湿潤密度、含水量測定

測定孔	No. 3			Sta 790 m 右				
測定種別	rt: 湿潤密度 (g/cm ³)			m: 含水量 (g/cm ³)				
測定回数 水平深度(m)	1	2	3	1	2	3	4	5
1.8				0.561	0.572	0.594	0.603	0.618
2.3	1.716		1.834	0.399	0.398	0.403	0.401	0.333
2.8	1.728		1.860	0.457	0.458	0.476	0.472	0.470
3.3	1.601		1.829	0.383	0.384	0.415	0.419	0.413
3.8	1.661		1.797	0.359	0.359	0.397	0.394	0.405
4.3	1.568		1.767	0.355	0.315	0.375	0.383	0.390
4.8	1.347		1.541	0.340	0.339	0.411	0.394	0.433
5.3	1.297		1.384	0.321	0.331	0.371	0.389	0.391
5.8	1.634		1.891	0.316	0.355	0.36	0.361	0.366
6.3	1.559		1.656	0.300	0.300	0.320	0.331	0.332
6.8	1.520		1.516	0.285	0.275	0.268	0.282	0.285
7.3	1.630		1.637	0.307	0.309	0.310	0.318	0.322
7.8	1.669		1.805	0.317	0.315	0.334	0.337	0.357

表一 15 湿潤密度、含水量測定

測定孔	No. 4 Sta 790 m 左								
測定種別	rt : 湿潤密度 (g/cm ³)			m : 含水量 (g/cm ³)					
測定回数 水平深度(m)	1	2	3	1	2	3	4	5	
1.9	2.120		2.090	0.438	0.427	0.413	0.410	0.407	
2.4				0.482	0.480	0.463	0.468	0.464	
2.9	1.714		1.694	0.623	0.610	0.558	0.580	0.572	
3.4				0.431	0.482	0.422	0.427	0.422	
3.9	1.858		1.836	0.420	0.421	0.381	0.386	0.383	
4.4				0.420	0.422	0.407	0.405	0.405	
4.9	1.927		1.924	0.377	0.479	0.358	0.369	0.363	
5.4				0.369	0.370	0.354	0.353	0.353	
5.9	1.820		1.829	0.425	0.430	0.430	0.430	0.437	
6.4				0.372	0.372	0.358	0.367	0.361	
6.9	1.844		1.807	0.438	0.437	0.449	0.462	0.456	
7.4				0.482	0.433	0.491	0.481	0.488	
7.9	1.834		1.788	0.400	0.401	0.421	0.419	0.434	
8.4				0.415	0.410	0.414	0.424	0.433	
8.9	1.910		1.990	0.403	0.405	0.414	0.420	0.428	

地点 - No. 753^m - 左 (No.1)

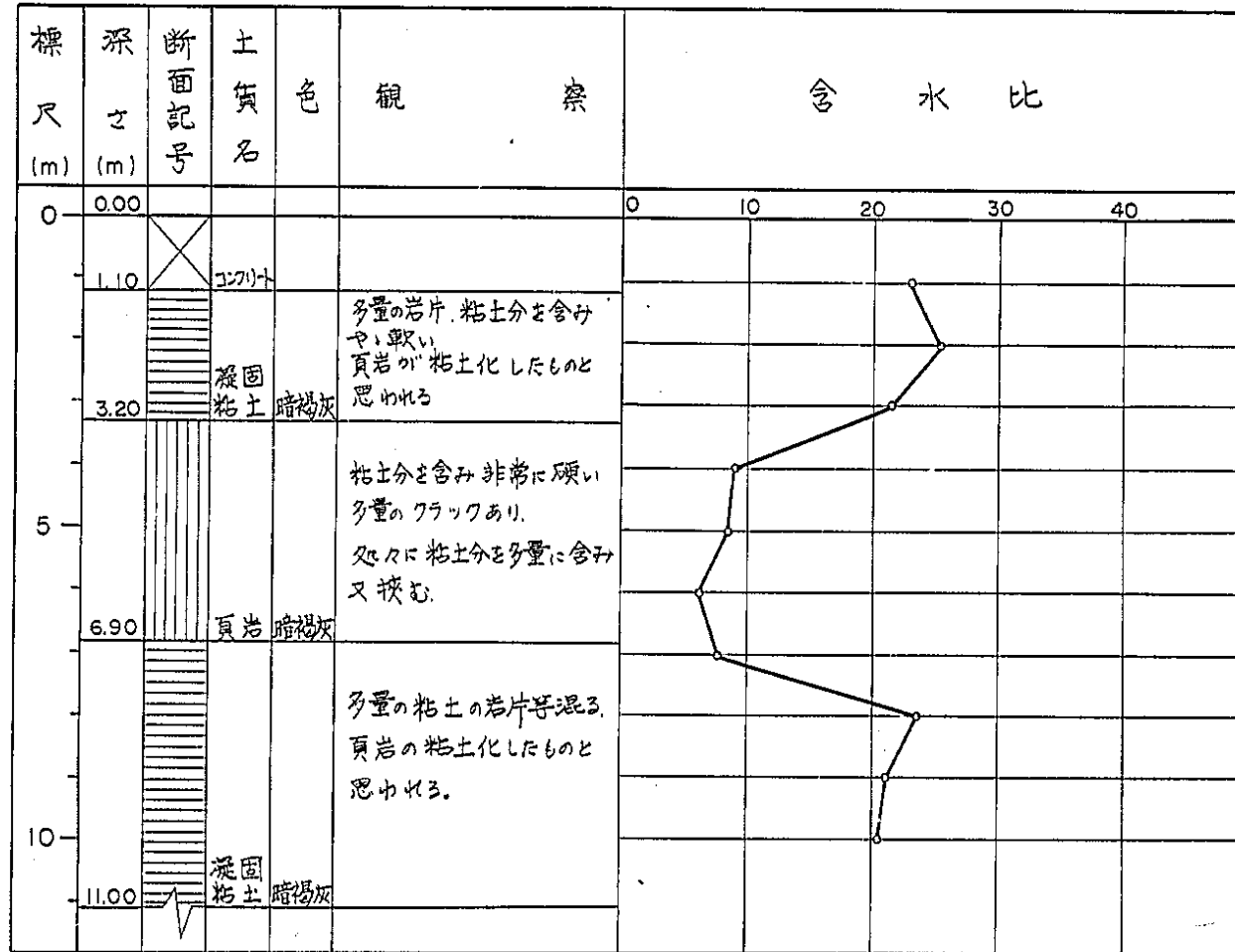


図 - 25 ボーリング柱状図

地点 -No. 753^m-右 (No. 2)

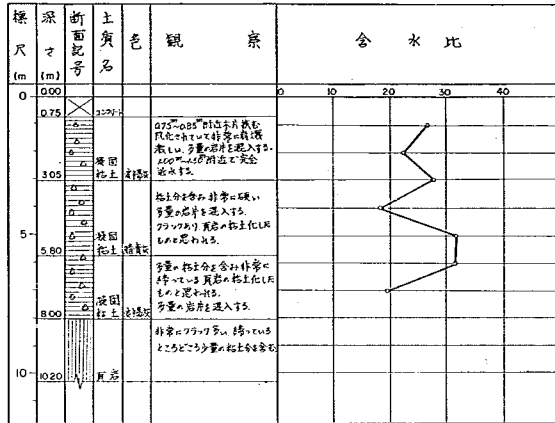


図-26 ボーリング柱状図

地点 -No. 790^m-左 (No. 3)

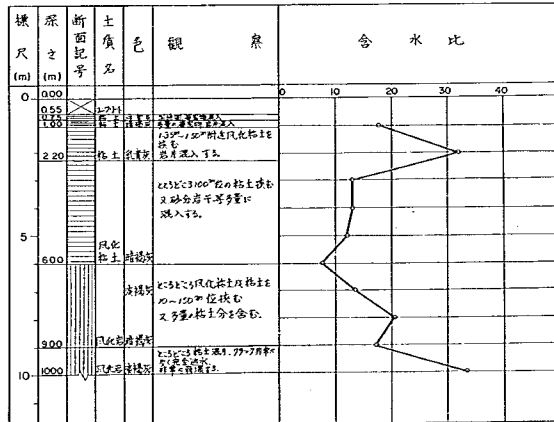


図-27 ボーリング柱状図

地点-No. 790^m-右 (No. 4)

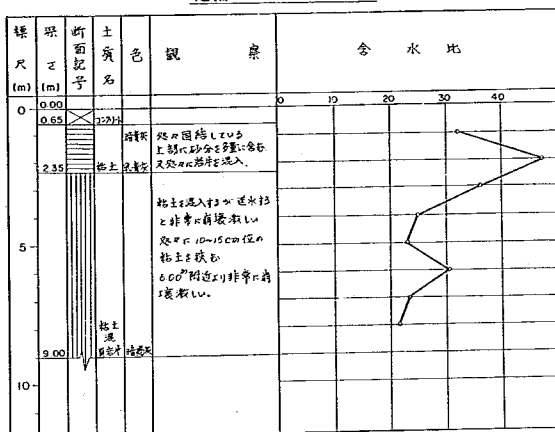


図-28 ボーリング柱状図

地点 - No. 753^m - 上

標 尺 (m)	深 さ (m)	断 面 記 号	土 質 名	色	観 察
0	0.00				
	0.60	コンクリート			
	2.70	凝固粘土	暗青灰		多量の岩片を混入し軟い頁岩の粘土化したものと思われる。
5					多量のクラックあり締っている為水堀出来ず逃水堀を行う。粘土を少量混る風化している。資料採取困難する。
10	10.00		頁岩	灰褐色	

図 - 29 ボーリング柱状図

地点 -No. 790^m-上

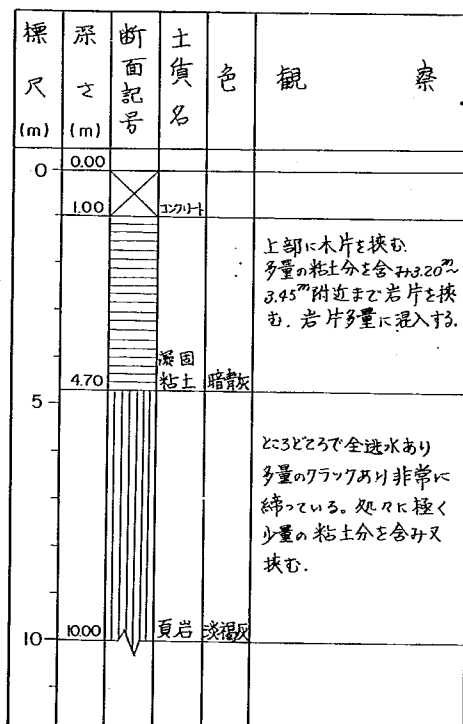


図-30 ボーリング柱状図

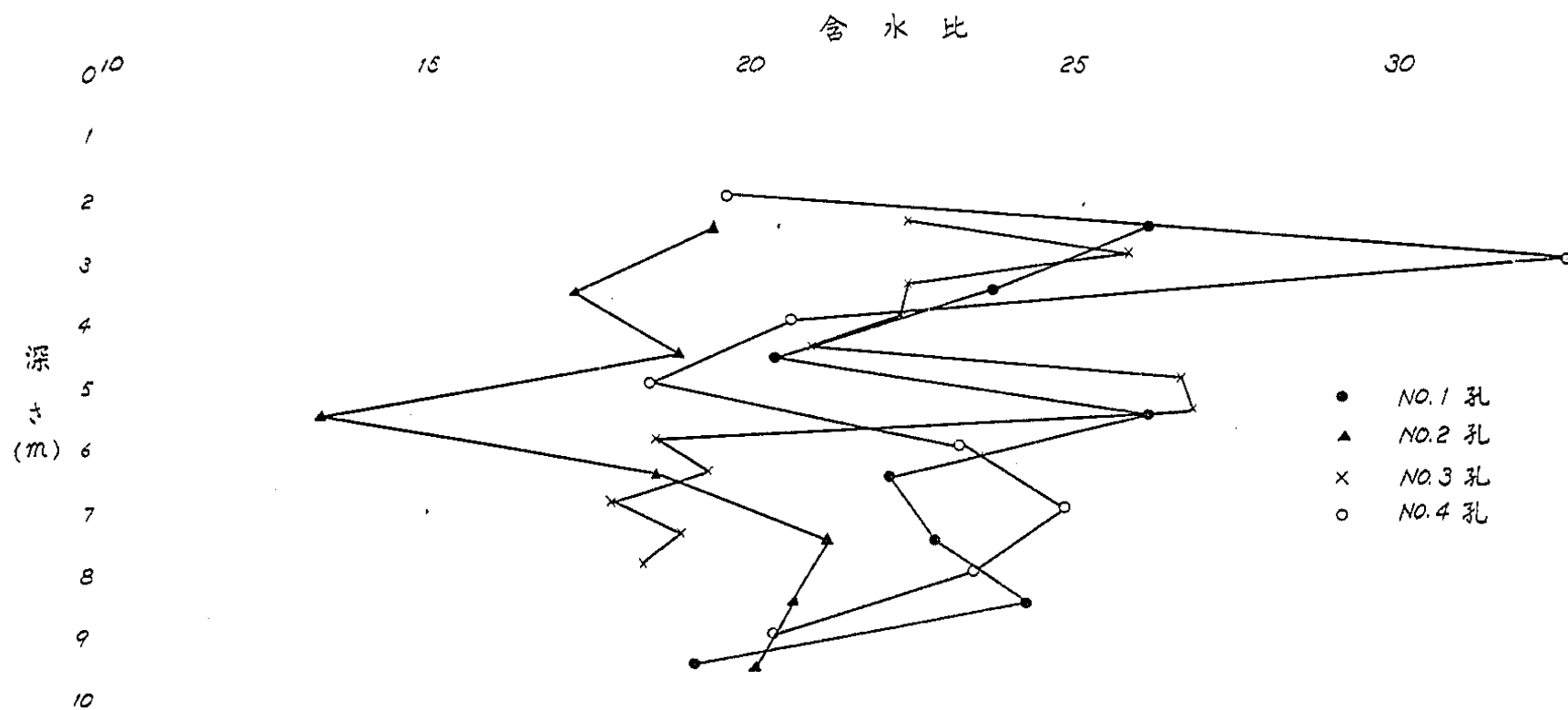


図-31 深さによる含水比の変化 (サンプルの室内試験による)

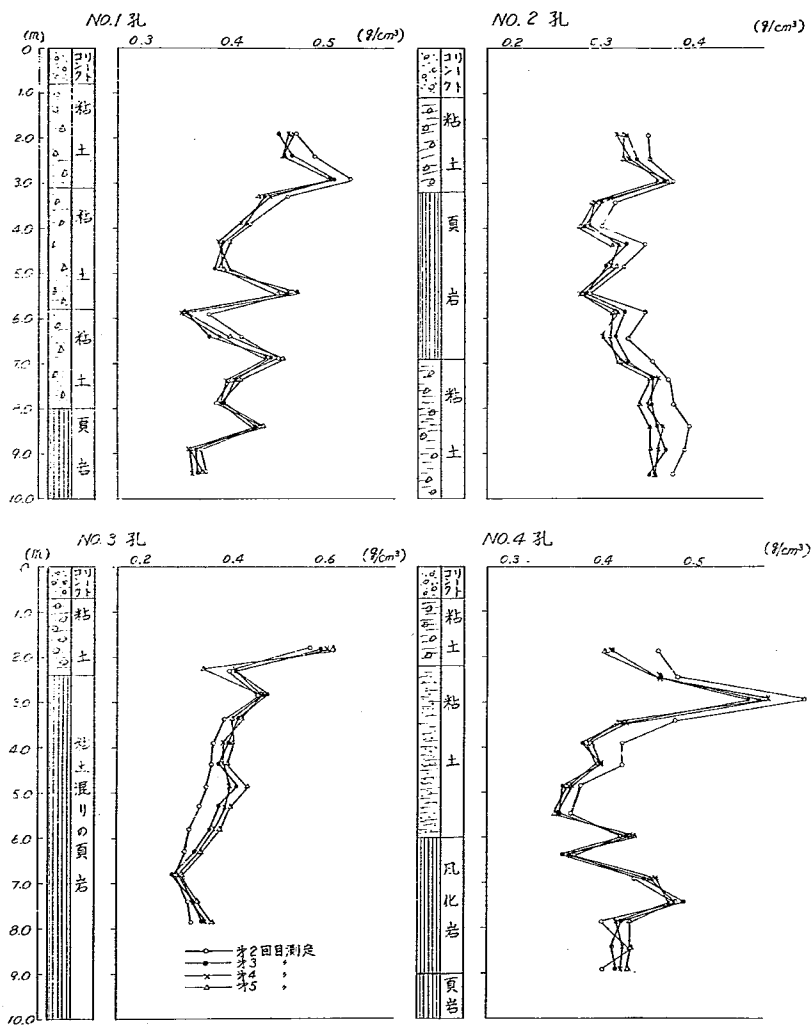


図-32 含水量の経時変化

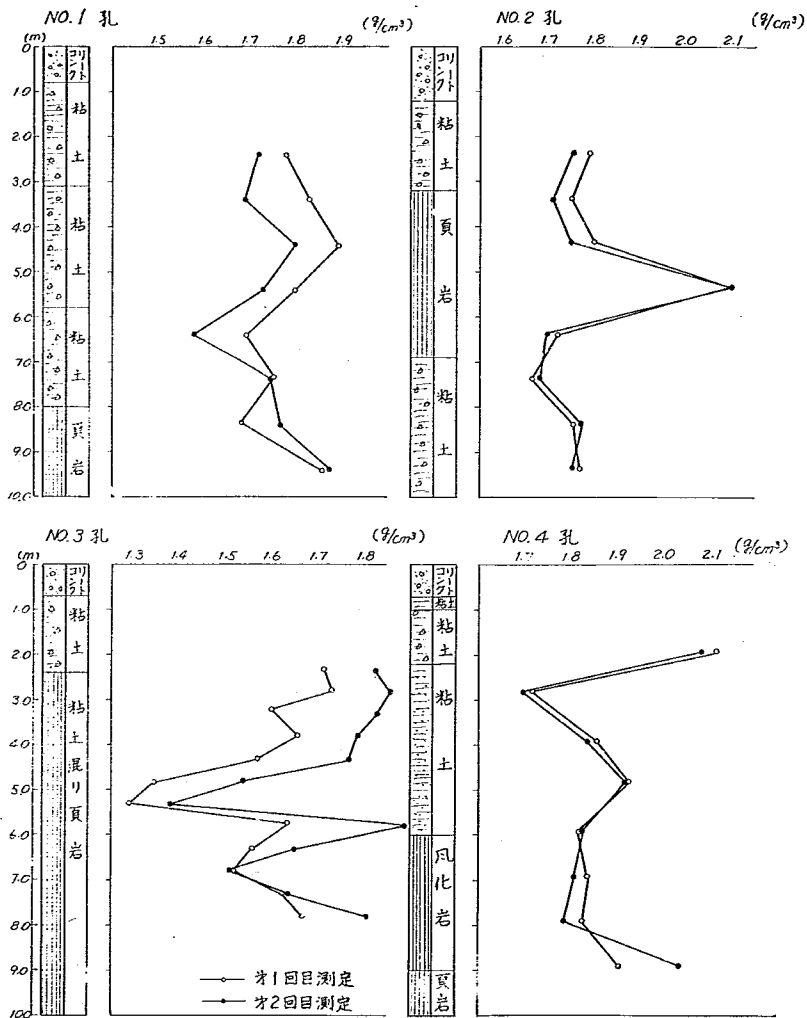


図-33 密度の経時変化