

## 参考文献その他

- 1) 東京方より, EF5319電気機関車十オハフ 33615 客車十ヤ401 2軸有蓋供試車輛十ヨ2018緩急車。
- 2) 八十島義之助, 峯村芳郎: 敷設レールの活荷重応力について, 土木学会誌, 昭.25—9。
- 3) 正衝撃点とは車輪が軌条に衝突する点を意味し, 負衝撃点とは車輪が離脱し荷重が瞬間的に0となる点とする。轍叉軌条頭部上面が今回の実測では大体一様に軌間内方に傾斜していたので想定したのである。図—3において輪帯外縁ないしは偽似(逆)輪縁の接触線が太く描かれているのは, 1回ごとの走行位置がかなりずれるからである。
- 4) 接触位置は転走するうちに軌間内方へと移動していくから, へこみ付き踏面なら, そのへこみの最大値の方へ移動する。
- 5) 踏面傷損のある車輪が転走する場合に, このような結果をもたらすとする説が次の文献に掲載されている。W.C. Willard: Maintenance of Way and Structures。
- 6) これより低速度だと跳躍せずに転走してC点に到達すると云う速度。
- 7)  $v$ 一定の場合の  $v_{ss}$  を各種形状踏面車輪につき(8)式により概算すると, 円筒, 3mm へこみ, 5mm へこみ付きの順で 1:1.6:2.0 の比率となった。
- 8) 試験列車通過直後に観察された軌条頭部上面の掻き傷より判断した。
- 9) 供試車輛の前後車輪とも同様の結果だったのでここでは片方のみ掲載する。
- 10) オッシログラフ記録の曲線が衝撃のために余分に山をなした部分だけの応力値を附加応力とした。
- 11) 次の文献で, 単純支持梁の中央に動的荷重が衝突した場合は, 衝撃曲げ応力は衝撃速度と双曲線の関係にあるとしているが, 今回も双曲線的関係であつたかも知れない。Timoshenko: Vibration Problem in Engineering。
- 12) 次の文献でも曲げ応力で衝撃荷重の比較実測を行つている。もつとも衝撃が測定位置直上に加わるようにしてあるが。Joint Committee on Relation Between Truck and Equipment of the Mechanical and Engineering Divisions, AAR: Effect Flat Wheels on Track and Equipment, Bull. of A.R.E.A Dec. 1951。
- 13) 次の文献脚註など参照, 小林勇外: 電車荷重によるレールの衝撃応力に関する実験的研究, 土木学会誌, 昭.27.5. (昭.27.8.8)

UDC 624.131.439.82

## 土の ATTERBERG 限界測定に対する時間の影響

正 員 内 田 一 郎\*  
松 本 鍊 三\*\*

### TIME EFFECTS ON DETERMINATIONS OF ATTERBERG LIMITS OF SOIL

(JSCE Jan. 1953)

Ichiro Uchida, C.E. Member, Renzo Matsumoto

**Synopsis** The authors have researched the time effects on determinations of liquid limit, plastic limit and shrinkage limit. Liquid limit of clayey soil varies with time that is required form adding of water to determination, and this variation is considerably affected by mixing. Plastic limit and shrinkage limit of clayey soil vary a little with time. From above facts they conclude that time is an important factor for the variation in strength of disturbed soil.

**要旨** 土の Atterberg 限界のうち, 特に液性限界試験に対して水を混入してから試験を行うまでの所要時間の影響並びにそれに関連して乱した土の強さの時間的変化について研究を行つたもので, その他塑性限界及び収縮限界に対しても同様な試験所要時間の影響について研究を行つた。

## 1. 緒 言

土の液性限界の測定法に関しては日本工業規格

\* 九州大学助教授, 工学部土木教室

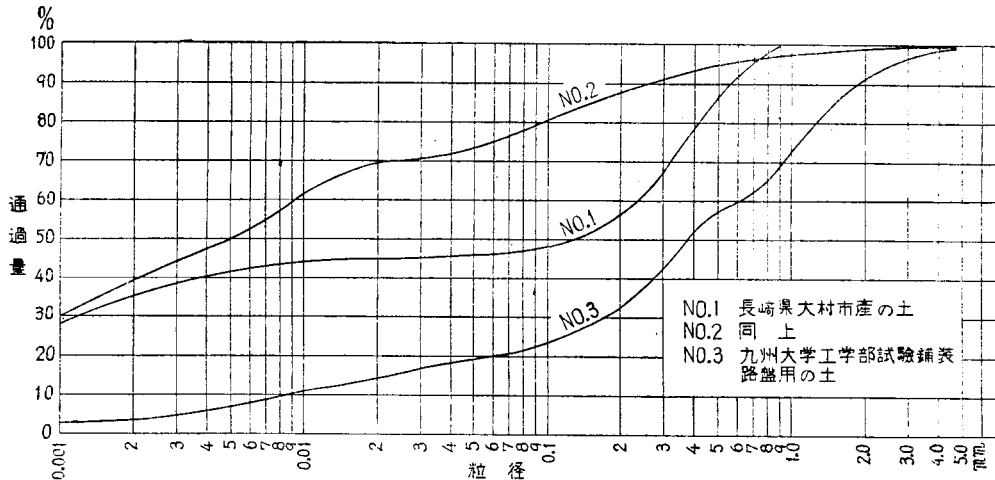
\*\* 九州大学助手, 工学部土木教室

(JIS) によつて規定されている。この規格に従つて測定を行つた場合, 粘着性の土に対しては水を混入して測定を終るまでの所要時間に応じてその結果が異なることがわかつた。そこでその変動を組織的に研究することとし, 図—1 に示すような3種の土に対して次に述べるような実験を行つた。なおこの液性限界の他に塑性限界及び収縮限界に関しても検討を行つた。

## 2. 液性限界

まづ粘着性の土である No. 1, No. 2 について, 気乾試料及び炉乾燥試料(105~110°C にて乾燥)を用い

図-1 粒径加積曲線  
Grain Size Accumulation Curve



た。試料は約 200 g を磁製蒸発皿に採り、注水後わずかに練つて水が試料にいき渡つてから厚いガラス板の上に移し10分間練り合わせて打撃数を調べた。以後硬い状態から始めたものは注水を行いそのたびに3分間練り合わせて測定を行い、軟かい状態から始めたものは練り合わせながら乾燥させていつて測定を行った。試料 No.1 は硬い状態から軟かい状態へ移行する間に、試料 No. 2 は軟かい状態から硬い状態へ移行する間に、打撃数 25 の前後で2個づつ打撃と含水比とを求めて液性限界を決定した。同一試料に対して軟かい状態から始めた場合の測定値と硬い状態から始めた場合の測定値とは異なる値を与え、またその順序のいかん

にかかわらず液性限界を2回、3回と求めてみるとその値を次第に増加していつた。その状態を图示すれば図-2. 3 のとおりである。

図-2 液性限界の時間的变化 (試料 No. 1)  
Liquid Limit-time Curve (Sample No. 1)

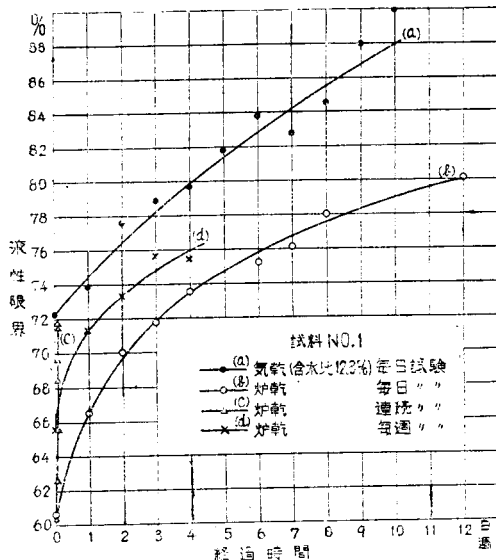
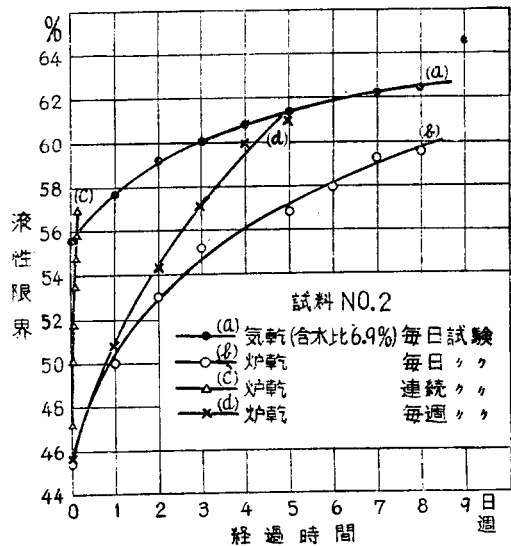


図-3 液性限界の時間的变化 (試料 No. 2)  
Liquid Limit-time Curve (Sample No. 2)



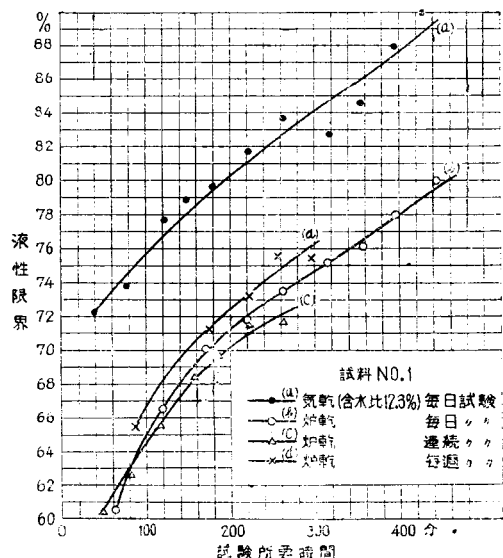
これ等の図において毎日試験とは蒸発を防ぎながら放置して24時間ごとに毎日1回測定を行ったものであり、連続試験とは練り合わせと注水とを交互に連続して測定を行ったものである。また毎週試験とは毎日試験と同様にして7日間ごとに1回測定を行ったものである。毎日試験及び毎週試験に用いた試料の蒸発を防ぐためには、その試料をシャーレに入れてそれを水の入ったバット中のガラス円筒上に載せ、上から1000 ccピッカーで覆つて保存した。そして試験ごとにその

前後においてシャーレとともに試料を秤量し、蒸発による水分の減少が極めてわずかであることを確めた。

図-2, 3 よりわかるように液性限界の時間的变化は著しく、この実験の例においては少ない場合でも6%程度、多い場合には20%程度の増加が認められる。また気乾試料と炉乾燥試料との間の液性限界の差については従来若干の報告があるが<sup>1)</sup>、その差の時間的变化について研究したものは著者の知る範囲ではなく、本研究によるとその差は時日の経過とともに減少してゆく傾向にある。この実験の毎日試験を比較するに試料 No. 1 に対しては約12%の差が8日後には約7%となり、試料 No. 2 に対しては約10%の差が8日後には約5%となっている。また図-2, 3 の (b), (c), (d) の3曲線を比較するとたとえば連続試験においては、時日の経過が極めて少ないにもかかわらず液性限界の増加が大きいことがわかる。すなわち単なる時日の経過の他に何か液性限界を増大させる原因があることが認められる。そこで図-2, 3 の実験を試験所要時間と液性限界との関係に直してみた。その結果を示せば図-4, 5 のとおりである。

図-4 液性限界に対する試験所要時間の影響 (試料 No. 1)

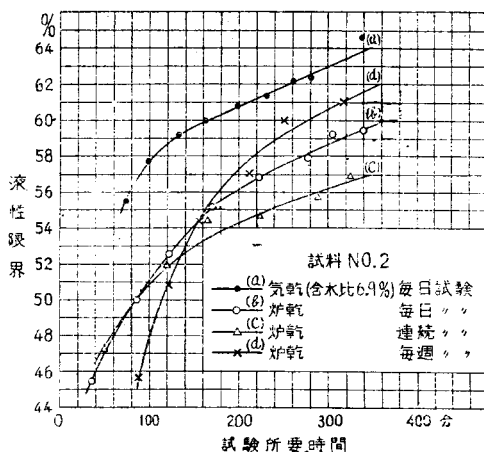
Effect of Time Required to Measurement on Liquid Limit (Sample No. 1)



試験所要時間とは試験を始めてから打撃数を4個求めるまでの所要時間を累計したもので、その大きさは練り合わせ時間の比較的な大きさを表わすことができる。図-4, 5 の (b), (c), (d) の3曲線が接近したことは練り直しが液性限界の増加に大きな役割を果たしていることを示している。この練り直しの影響を

図-5 液性限界に対する試験所要時間の影響 (試料 No. 2)

Effect of Time Required to Measurement on Liquid Limit (Sample No. 2)



更に確かめるために次のような実験を行った。

炉乾燥試料約200gを注水後10分間練り合わせ最初の打撃数を求めた後、試料を約4等分してA, B, C, Dの4個のシャーレに移し蒸発を防ぎながら1時間目はA, 2時間目はB, 3時間目はC, 4時間目はD, 5時間目は再びAというように8時間目まで1時間ごとに打撃数とその時の含水比の変化を調べた。次に同一炉乾燥試料約200gを注水後10分間練り合わせて最初の打撃数を求めた後、前と同様に試料を約4等分し以後1時間目の15分前からD, C, B, Aの順にそれぞれ3分間練り合わせて1時間目にAの打撃数とその含水比を求め、2時間目の15分前からA, D, C, Bの順に再びそれぞれ3分間練り合わせて2時間目にBの打撃数とその含水比を求めた。順次このようにして1時間目は3分、2時間目は6分、3時間目は9分のように1時間ごとに3分ずつ練り合わせ時間を増加して5時間目までを行った。以上の実験の結果を図示すると図-6, 7 のようになり、含水比の変化がほぼ等しいにもかかわらず打撃数は練り合わせを行った方において著しく増加している。このことから練り直しが単なる時間の経過に比べて大きな影響を与えていることがわかる。

以上の実験において見られるように練り直しあるいは時間の経過が乱された粘着性の土の強度を増加せしめるが、その理由としては水の毛細管力の増大による粘着力の増加があるためと考えられる。Taylor<sup>2)</sup>の指摘しているようにコロイド現象があるいは影響を及ぼしているかも知れないが、これに関しては未だ明らかでない。

図-6 練り直しの打撃数に及ぼす影響  
(試料 No. 1)  
Effect of Mixing on the Number of Shocks  
(Sample No. 1)

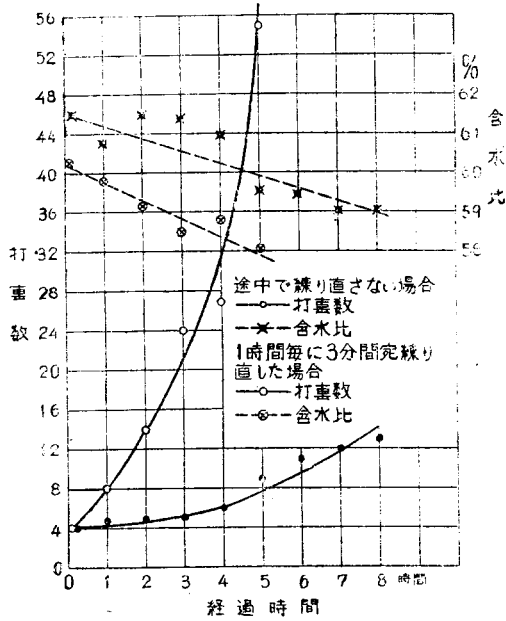
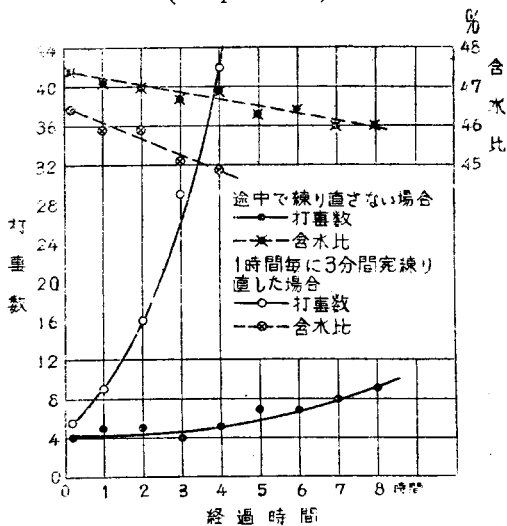
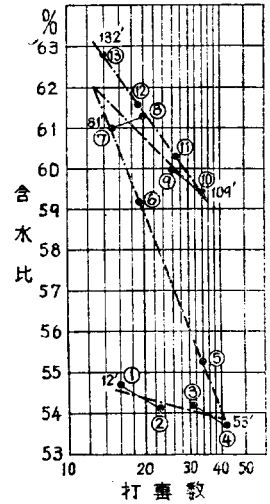


図-7 練り直しの打撃数に及ぼす影響  
(試料 No. 2)  
Effect of Mixing on the Number of Shocks  
(Sample No. 2)



流動曲線を描く場合、軟かい状態から硬い状態へ移つて行つた場合とその反対の場合とでは液性限界の値が異なることは前にも述べたが、その流動曲線の変化について実験を行つた結果の一例を示すと図-8 のとおりである。

図-8 流動曲線の変化  
(試料 No. 2)  
Variation of Flow Curve  
(Sample No. 2)



水を混入して 12 分後に 1 回目の測定を行つて①の点を得、以後練り直しながら乾燥させ②、③、④と測定を行つた。④以後においては水を加えて練り直しながら軟かくしていき⑤、⑥、⑦と測定値を得、以下順次同様に乾燥、注水を行つて⑧、⑨……、⑬の点を得た。これ等の点より流動曲線を求めたものが図-8 である。なお流動曲線の両端に示してある時間は最初の注水後その点の測定を行うまでに要した時間である。

この図よりわかるように軟かい状態から硬い状態へ測定を行つた場合の流動曲線は、その逆の場合に比べて傾斜が緩やかである。また軟かい状態から硬い状態へ測定を行つた場合、その流動曲線の傾斜は回を重ねるにつれて急となり、硬い状態から軟かい状態へ測定を行つた場合は回を重ねるにつれて緩となる。このようにして回を重ねるごとに両者の傾斜は接近していき、遂には軟かい状態から測定を始めても硬い状態から測定を始めてもその流動曲線は一致するに至ると考えられる。

次に流動性の時間的变化並びに流動曲線の傾斜の相違及び変化の理由について更に考えてみよう。軟かい状態から始める場合、最初の間は水が空隙に充分に行き渡らないで毛細管力は小さく従つて少量の水で流動を起す。またこの場合催滑材の作用をなすべき水の一部分は空隙に入り込んで流動に対する抵抗を増し少量の水の損失でも流動性の急激な減少をもたらし、従つて流動曲線の傾斜は緩となる。しかし時間が経過するにつれて水が空隙に入り込んでいつて毛細管力は大きくなり、流動するのに多量の水を要することになり、また催滑材として働いている水の空隙に入り込んで流動に対する抵抗を増す余地も少なくなる。すなわち流動性を減少させるためには始めの時期に比べると多量の水の損失を必要とし、従つて流動曲線の傾斜は急になる。硬い状態から始める場合、加えた水の一部は水の空隙に入つて毛細管力を増大して流動に対する抵抗を増し、流動性を増すためには多量の水を加える必要

を生じ従つて流動曲線の傾斜は急となる。しかし時間の経過とともに空隙に入り込む水は少なくなり従つて流動曲線の傾斜は緩となる。またこの場合初めの時期は軟かい状態から始めるものに比べると内部に入り込んで流動に対する抵抗を増す水も多く、従つて軟かい状態から始めたものよりも傾斜は急となる。以上の考え方にはなお検討の余地があるが、これに関しては更に研究を進めていく予定である。

粘着性のない土に対しては以上述べたことはほとんど認められず、例えば試料 No. 3 に対して連続試験を行い液性限界を測定した結果は経過時間、練り合わせ時間のいかに関係せずその値の相違は 1% 以下におさまつた。また流動曲線の傾斜は緩で、すべてほとんど同一と認められた。

3. 塑性限界及び収縮限界

塑性限界は約 20g の気乾及び炉乾燥試料を蒸発皿に採つて注水し、注水後 3~10 分間練り合わせてシャーレに移し蒸発を防ぎながら行つた。一例として試料

図-9 塑性限界の時間的变化 (試料 No. 1)  
Plastic Limit-time Curve (Sample No. 1)

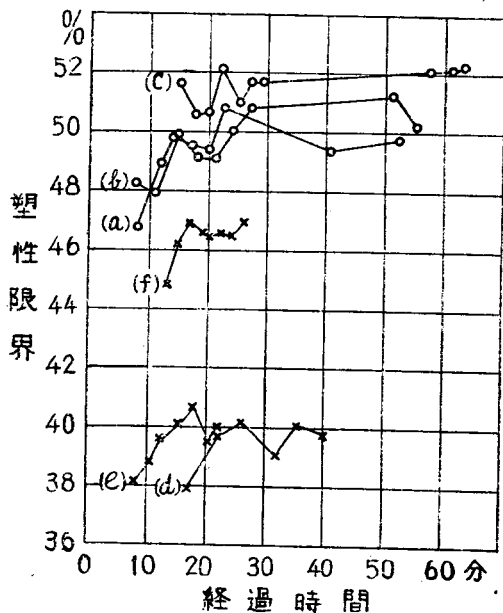


表-1

記号	乾燥	含水比	注水直後練り合わせの含水比	時間	備考
(a)	気乾	10.5%	56.1%	3分	
(b)	"	11.2	59.2	3	
(c)	"	10.0	57.5	10	
(d)	炉乾	5.1	51.4	10	炉乾燥後1日気乾
(e)	"	5.2	46.1	3	3日 "
(f)	"	8.1	52.3	10	49日 "

に対する塑性限界の時間的变化を示すと図-9 のとおりで、この試験に用いた試料は表-1 のものである。

図-9 よりわかるように注水後 15~25 分頃までは塑性限界は上昇し以後ほぼ一定した。その上昇の値は 3~4 くらいで練り合わせ時間の多いものはその値も小さいようである。また炉乾燥試料については炉乾燥後長く気乾すれば元の気乾試料の性質に帰る傾向にある。以上のような現象は試料 No. 2 についてもみられた。

収縮限界は注水後の経過時間の多いものほど小さくなる傾向にあるが、その相違は大体 3 以下であつた。

4. 結論

本研究において得た結果を要約すると次のとおりである。

(1) 粘着性のある土の液性限界は注水より測定までの時間の増加、特に練り合わせ時間の増加に従つて増大する。しかしその増加の割合は次第に少なくなり、液性限界の値はある一定の大きさに近づいていくものと考えられる。

(2) 軟かい状態から始めた時の流動曲線と硬い状態から始めた時の流動曲線とはその傾斜を異にし、前者の方が緩である。また同一試料を繰返し使用して測定を行つた場合、前者においては傾斜は次第に急に、後者においては次第に緩になり結局両者の傾斜は等しくなるようである。

以上の(1)、(2)のことで粘着性の土の液性限界の値はその試験要領に応じてかなりの差を生ずることが予想され、従つて現在の日本工業規格によつて試験する場合にはその値の解釈には相当の巾を持たせる必要があり、またその値として小数以下を記することは無意味であると考えられる。

(3) 気乾試料と炉乾燥試料とを使用した場合、その液性限界は始めのうちは気乾試料の方が大きい、時日の経過とともにその差は接近してくる。

(4) 非粘着性の土の液性限界の値は測定所要時間によつてほとんど変わらず、また流動曲線の傾斜もほぼ一定している。

(5) 粘着性の土の塑性限界は最初の 20~30 分間経過すればその増加は停止するので、十分練り合わせて蒸発を防ぎながら 20~30 分間放置して後試験することが望ましい。

(6) 粘着性の土の収縮限界は時間の経過とともに多少の減少がみられるがその値はあまり大きくない。

文献

1) A. Casagrande: Research on the Atterberg Limits of Soils. Table 1. (Public Roads Oct., 1932, p. 125)

鉄道省土質調査委員会報告第4輯  
(昭. 11. 4.) p. 58 第2表

2) Taylor: Fundamentals of Soil Mechanics.  
p. 379. (昭. 27.8.8.)

UDC 624.191.814:624.196.1  
666.972:620.173

# トンネルのコンクリート覆工から切り取つた コアの圧縮強度試験

正員 坂本 貞 雄\*

## ON THE BORING TESTS OF THE CORE TAKEN FROM THE CONCRETE LINING OF TUNNEL

(JSCE Jan. 1953)

Sadao Sakamoto, C. E. Member

**Synopsis** This paper is the report about boring tests of the core taken from the concrete lining of tunnel. The strength of the specimens of the core from parts well vibrated, was not particularly lower than the strengths of the standard specimens made at the lavatory. But at the upper parts of the arch crown where the concrete could not be well vibrated, the strength of the concrete is low, and it shows the method of the concrete placing at this part was not so good.

From this test, the author, too, describes about the the designing strength of the concrete.

**要旨** 本文は、国鉄信濃川水力発電第3期水路トンネルコンクリート覆工から、コアを採取し、その強度を試験した結果を述べたものである。完成したアーチ及び側壁コンクリートから取つたコアの供試体の強度と、実験室で作つた標準供試体の強度とを比較した。その結果、平均強度はバイブレーターがよくかかっている範囲内ではこれらの間に大差はなかつたがアーチコンクリートの上部のバイブレーターのよくかからない部分の強度は小さくまた同一箇所の強度の偏差は、アーチコンクリートが側壁コンクリートより大きくなり、現在のアーチコンクリートの施工法には改良すべき点のあることを示した。なおこの試験の結果からコンクリートの設計強度についての考察を述べた。

### 1. 緒言

本文は、国鉄信濃川水力発電第3期工事、水路トンネルのコンクリート覆工の良否を判定するために、トンネルのアーチ及び側壁コンクリートから、コアを切り取り、圧縮強度試験を行つた結果について述べたものである。

### 2. 実験室における試験

実験室におけるコンクリート強度試験の結果は、図-1である。これは、A及びBボルトランドセメントについて行つたものである。本工事には、これらの他、数種のボルトランドセメントを使用したか、以下

の考察においては、この試験結果から、実験室における標準強度として、 $w/c=60\%$  において  $\sigma_{6ヶ月}=300$

図-1 実験室におけるコンクリート強度試験

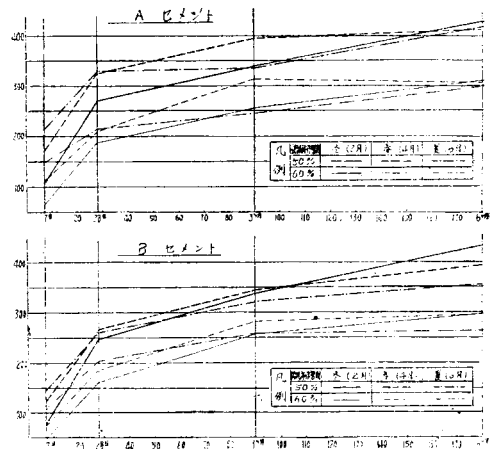
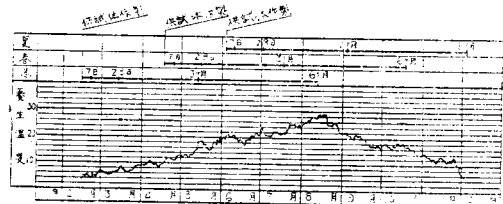


図-2 実験室におけるコンクリート強度試験の供試体養生温度



\* 国鉄岐阜工事事務所次長