

高有機質土の短時間載荷圧密試験方法に関する実験の一考察

AN EXPERIMENTAL STUDY ON RAPID CONSOLIDATION TEST ON HIGHLY ORGANIC SOIL

及川 洋*・石田 昌達**

By Hiroshi OIKAWA and Masahiro ISHIDA

Conventional oedometer tests with reduced duration of loading have been done on highly organic soil so as to know the influence of loading duration on consolidation indices of the soil. Loading duration was varied between 20 min and 60 min, and the test results were compared with those obtained from the standard oedometer test in which loading duration is 1 440 min. Followings were concluded from the tests.

(1) When a soil is in the normally consolidated region, rapid consolidation test gives almost same results with those obtained from the standard oedometer test.

(2) However, when a soil is in the over consolidated region, settlement predicted by rapid consolidation test is smaller than that predicted by the standard oedometer test.

Keywords : highly organic soil, standard oedometer test, rapid consolidation test

1. はじめに

各種土質試験の中で、最も長時間をする試験の1つに標準圧密試験が挙げられる。同試験は1荷重段階での圧密時間が24時間で、荷重段階は一般に8~9個よりなるから、1試料の試験を完了するのにも最低8~9日間の長時間を必要とする。もちろん、試験結果の整理時間等をも含めれば、一連の作業完了までにはさらに多くの日数を必要とする。そのため、同試験法は、対象地盤の予備調査段階で概略設計を急ぐ場合などにはその要請に答えることは困難であり、また、本調査段階においても、長時間試験に起因した多大な労力と多額の費用のため、試験個数に制約を受ける場合が多く、満足できる試験数を実施することは一般に困難な状態にある。そのため、これに代わる試験方法、とりわけ短時間で完了できる試験法の必要性が以前から望まれていることは周知のことおりである¹⁾。

以上のような背景の下に、圧密時間を短縮しつつ合理的な圧密諸定数を求めようとする、いわゆる急速圧密試験法に関する研究が1960年代後半から本格的になされ

ている。ひずみ速度一定圧密試験^{2),3)}、定率漸増載荷圧密試験^{3),4)}、定動水勾配圧密試験⁵⁾および標準圧密試験において各荷重段階での圧密時間のみを短縮した短時間載荷圧密試験^{6),7)}などがそれである。そして、これらの急速圧密試験法のうち、特にひずみ速度一定圧密試験は、近年、その適用性の広さや有用性が認められつつあり^{8),9)}、アメリカにおいてはすでに規準化もなされている¹⁰⁾。わが国においても、上記試験法のうち前者3つの試験法に限っては、試験方法の手引(案)が出されるまでに研究が進んでいる¹¹⁾。

しかし、以上の急速圧密試験法のうち、ひずみ速度一定圧密試験をも含めた前者3つの試験法は、試験中に間隙水圧の測定を必要とする。このことが試験の自動化を容易にしているという利点はあるものの、装置が特殊であり、それがわが国ではあまり普及していない¹²⁾点において利用上の難点を感じる。もちろん、それが将来的に普及したとしても、1台の装置は比較的高価であるから、1機関がそれを複数台所有することは経済的に困難と思われる。したがって、1試料の試験時間が短縮できたとしても、複数個の試験を完了するには、やはり長時間を要する可能性がある。これに対して、標準圧密試験において、各荷重段階での圧密時間のみを短縮した短時間載荷圧密試験は、上記の試験に比べて自動化しにくいとい

* 正会員 工博 秋田大学助教授 鉱山学部土木工学科
(〒010 秋田市手形学園町1-1)

** 学生会員 秋田大学大学院鉱山学研究科修士課程(同上)

う難点はあるものの、装置はかなり普及したものを用いるので、この方法の利用価値は、現状ではもちろんのこと、将来的にも高いものと判断される。しかし、この試験法に関する研究例はさほど多くはなく¹²⁾、まだ実用に供し得るほどの研究成果はないようである¹¹⁾。特に、対象が泥炭とよばれる高有機質土になると、その研究例は皆無である。

高有機質土地盤は、平面的にも深さ方向にもきわめて不均質であるため、現地の動態を予測するための室内圧密試験数は普通の無機質土よりさらに多くなるを得ないのが一般的である。ここに、試験の短時間化が特に望まれるゆえんがある。

そこで、本文は、高有機質土の短時間載荷圧密試験方法確立のための基礎的データを得ることを目的にして、その圧密諸定数に及ぼす圧密時間の影響を調べるとともに、試験方法について若干の検討を行ったものである。

なお、本文は、著者ら^{13)~15)}によってすでに報告されたものに、その後の成果を加えて取りまとめたものである。

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は秋田市郊外の泥炭地から採取した乱さない泥炭である。試料の採取は、内径 70 mm、長さ約 300 mm のサンプリングチューブを表層付近（地表面下約 1 m）の泥炭層に人力で押し込んで採取したもので、その物性は、自然含水比 677 %～853 %、有機物含有量（強熱減量値）78.3 %～85.2%，比重 1.602～1.650、水洗法による分解度 78.1 %～87.9% である。

実験は通常の圧密試験機を用いた段階載荷方式で、1 段階目の圧密圧力 p を 0.05 kgf/cm² とし、各荷重段階での圧密時間 t_d を 20 分、30 分、40 分、50 分、60 分および 1440 分（24 時間）とした以外は標準圧密試験方法と全く同一である。

3. 実験結果と考察

室内圧密試験の目的は、工事の設計・施工に先だって、与えられた土の与えられた荷重条件下での終局的な沈下量とその時間的推移を予測することにあることはいまさらいうまでもない。このうち、前者の予測には試験から得られた間隙比-圧力関係 (e - $\log p$ 曲線) あるいは体積圧縮係数 m_v が用いられ、後者の予測には圧密係数 c_v が用いられる。そこで以下でも、試験結果の実用への利用という立場から、これらの圧密諸定数に及ぼす圧密時間の影響を中心にして考察する。

なお、本研究では、所定の圧密時間 t_d に対して 3～6 個の実験を行っているが、結果の検討においては図の繁雑さを避けるため、必要に応じてそれぞれの t_d における代表的な試験結果を用いている。

(1) e - $\log p$ 曲線について

実験から得られた e - $\log p$ 曲線を、各荷重段階での圧密時間 t_d をパラメーターにして図-1 に示した。同一の t_d のものでも e - $\log p$ 曲線にはかなりのばらつきがみられ、そのため、 t_d の違いが 10 分程度の e - $\log p$ 曲線の位置関係には多少の順不同がみられる。しかし、全体的には t_d が短いものほど e - $\log p$ 曲線は上方に位置する傾向をみることができる。圧密時間 t_d の短縮による e - $\log p$ 曲線のこのような位置関係は普通の無機質粘性土では広く認められている^{7), 16), 17)}。もちろん、圧密時間が短いものほど各荷重段階での圧縮量 (e の減少量) は小さくなるであろうから、 e - $\log p$ 曲線のこのような位置関係は容易に理解できる。また、これとは逆に、圧密時間を長くすれば、それに応じて e - $\log p$ 曲線は下方に位置するようになることは良く知られた実験事実であるから¹⁸⁾、各荷重段階での圧密時間の長短は土の種類によらず e - $\log p$ 曲線の位置に影響を及ぼすと結論してよいであろう。

さて、試験から得られた e - $\log p$ 曲線を用いて原地盤（圧密層厚 H ）の沈下量 S を予測する場合、一般に

$$S = \frac{e_0 - e}{1 + e_0} H \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

または

$$S = \frac{C_c}{1 + e_0} H \log(p/p_0) \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

なる関係式が用いられる。ここに、 e_0 、 e は圧密圧力 p_0 、 p のものでの間隙比であり、 p_0 、 p は現地での土被り压および圧密圧力に対応するものである。また、 C_c

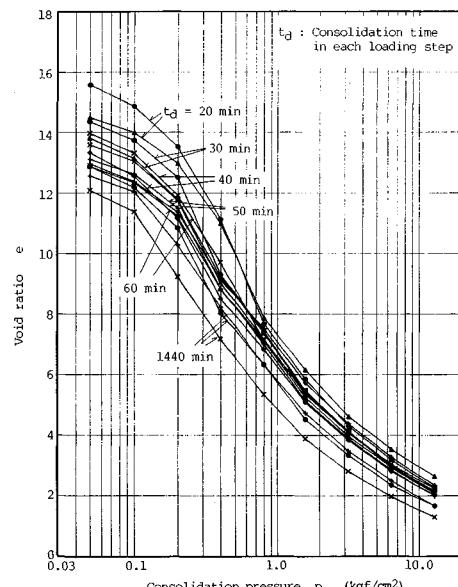


図-1 e - $\log p$ 曲線に及ぼす圧密時間の影響

は圧縮指数である。これらの予測式からわかるように、もし、図-1におけるそれぞれの $e \sim \log p$ 曲線がたとえ平行であっても（式（1）における $e_0 - e$ の値あるいは式（2）における C_c 値が同じであっても）、式中の分母の値、すなわち、土被り圧 p_0 のもとの間隙比 e_0 の評価が試験の際の圧密時間の取り方によって異なるから、いずれの試験による $e \sim \log p$ 曲線を用いるかによって予想される沈下量は一般に異なることになる。すなわち、 $e \sim \log p$ 曲線を用いて沈下量を予測する限り、短時間載荷圧密試験による沈下量の予測値は標準圧密試験によるそれと一致するという保証はない。このことが短時間載荷圧密試験方法の基準化を困難にしている1つの大きな要因となっていることは論を待たないところである。

ところで、図-2は、図-1に示したデータを $\log f \sim \log p$ 関係で整理したものである ($f = 1 + e$: 体積比)。図にみられるように、各 $\log f \sim \log p$ 関係は折れ曲がった直線で近似できる。 $\log f \sim \log p$ 関係の直線近似は、 $e \sim \log p$ 関係が逆S字形の曲線を示す泥炭や高塑性粘性土ではもちろんのこと、それが正規圧密領域で直線表示できる普通の無機質粘性土においても可能であることがすでに Butterfield¹⁹⁾、Oikawa²⁰⁾、松尾²¹⁾らによつて確かめられている。 $\log f \sim \log p$ 関係の直線式は次式によって表わされる。

$$\log f = \log f_0 - \lambda \cdot \log(p/p_0) \quad (3)$$

ここに、 λ は直線部分の勾配で、正規圧密領域と過圧密領域ではその値を異にする。

$\log f \sim \log p$ 曲線の直線性を利用した沈下量 S の予

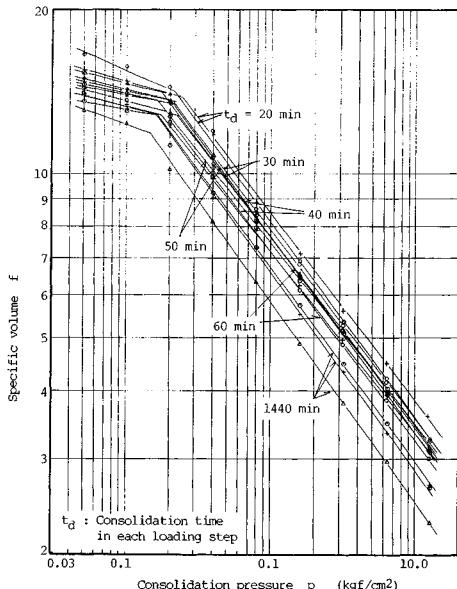


図-2 $\log f \sim \log p$ 曲線

測式は

$$S = \frac{f_0 - f}{f_0} H = |1 - (p/p_0)^{-\lambda}| H \quad (4)$$

となる。すなわち、 $\log f \sim \log p$ 関係の直線性を用いれば、荷重条件 (p/p_0) のもとの沈下量 S は λ の値さえ既知であればよく、曲線の位置には無関係となる。したがつて、圧密時間の長短によって $e \sim \log p$ 曲線の位置が異なつても、もし、 λ の値が圧密時間の影響を受けないならば、 $\log f \sim \log p$ 関係の直線性を用いることによって短時間載荷圧密試験からでも標準圧密試験と同一の沈下量が予測できることになる。

図-3は、実験から得られた λ の値を圧密時間 t_d に対して示したものである。図によれば、過圧密領域での λ の値に t_d の影響が認められ、 t_d が小さいものほど λ の値も小さくなっている。しかし、正規圧密領域での λ の値には t_d の影響はほとんど認められず、ほぼ一定である。 t_d の変化に対する λ 値のこのような挙動の妥当性については次節に示すが、このことは対象土が過圧密状態にある場合には短時間載荷圧密試験による沈下量の予測値は標準圧密試験によるそれより小さくなるが、対象土が正規圧密状態にあるならば短時間載荷圧密試験からでも式（4）を用いることによって標準圧密試験と同一の沈下量が予測できることを示している。

以上のこととは、短時間載荷圧密試験を行うにあたつては、沈下予測を行う地盤の土が正規圧密状態にあるか過圧密状態にあるかをあらかじめ知っておく必要があることを示している。もちろん、このことは対象土の圧密降伏応力 p_c を事前に知っておくことに等しい。しかし、この値は試験の結果として初めて知り得るもので、あらかじめ知り得る値ではない。しかし、後に述べるように、これを数時間の予備実験から簡単に知ることができる。その詳細については後節に示すが、予備実験の結果、対象土が正規圧密状態にあることが判明した場合とか、過圧密状態にあってもその程度が小さいか、あるいは圧密圧力が正規圧密領域に大きくまたがり、過圧密領域での沈下量の誤差を無視できるような場合には、 $\log f \sim \log$

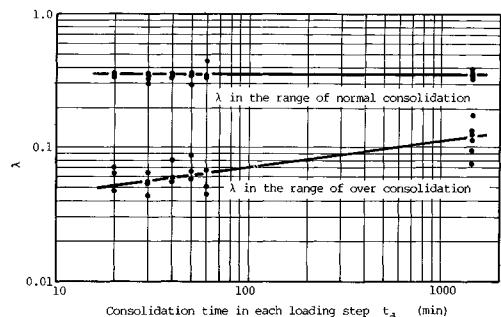


図-3 λ の値に及ぼす圧密時間の影響

p 関係の直線性を用いることによって短時間載荷圧密試験からでも標準圧密試験とほぼ同一の沈下量が予測できることになる。一方、対象地盤が過圧密状態にあり、その領域内での応力変化に対する沈下量の誤差が無視できないと判断される場合には、短時間載荷圧密試験は適用できず、試験は標準圧密試験を行うべきであると結論される。

(2) 体積圧縮係数 m_v について

室内試験結果を用いた原地盤の沈下量予測法には、上記の $e \sim p$ 関係を用いる方法のほかに、体積圧縮係数 m_v を用いる方法がある。この方法は、所定の応力変化に対する対象土の圧縮ひずみを直接求める方法で、測定精度の低い間隙比を媒介にした予測法（いわゆる $e \sim \log p$ 曲線を用いる方法）に比べて、予測の精度はむしろ高いものと判断される。そこで、ここでは、体積圧縮係数 m_v に及ぼす各荷重段階での圧密時間 t_d の影響について検討する。

図-4 に、 t_d をパラメーターとした $\log m_v \sim \log \bar{p}$ 曲線を示した (\bar{p} : 平均圧密圧力)。図によれば、それぞれの曲線はほぼ 1 本の帯状に集中しており、判然としない点はあるものの、 m_v に及ぼす t_d の影響は過圧密領域において多少認められ、 t_d が短いものほど m_v は小さくなる傾向にある。しかし、正規圧密領域での m_v に対する t_d の影響は顕著ではなく、実用上問題となるほどの差異は認められない。土質工学会、特殊圧密試験方法に関する研究委員会が行った 3 種類の粘性土に対する短時間載荷一斉圧密試験結果によれば、過圧密領域での m_v には t_d の影響が認められたが、正規圧密領域での m_v には t_d の影響は認められなかったと報告している¹⁶⁾。同様な報告は他にもみることができ^{7), 22), 23)}、図-4 はそれらの結果と一致する。このことは、対象土が正規圧密状態にあるならば、2 応力間のひずみ量は圧密時

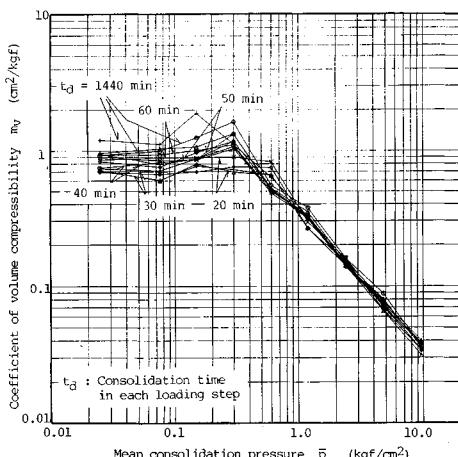


図-4 体積圧縮係数 m_v に及ぼす圧密時間の影響

間の影響を受けないことを示すもので、正規圧密領域での λ の値が t_d の影響を受けないとした前節での結果、およびその性質を利用し沈下量予測法の妥当性を示すものである。

一方、過圧密領域での m_v 値が t_d の減少に伴って小さくなることは、過圧密領域での λ の値が t_d の減少に伴って小さくなることと対応しており、過圧密土に対する短時間載荷圧密試験は沈下量を過小に評価するという前節での結論の妥当性を示すものである。

(3) 圧密係数 c_v について

先にも述べたように、圧密試験の目的には、沈下量値の予測のほかに、沈下速度の予測もある。沈下速度の予測は圧密係数 c_v を用いて行われる。そこで、ここでは、圧密係数 c_v に及ぼす圧密時間の影響を検討する。

図-5 は、沈下量 $\sim \sqrt{t}$ 曲線の一例で、圧密圧力 $p = 0.8 \text{ kgf/cm}^2$ 、圧密時間 t_d が 20 分、60 分および 1440 分の場合の例である。図にみられるように、いずれの圧密時間においても沈下の初期部分は \sqrt{t} 時間にに対して十分直線的であり、 t_d の長短によらず圧密係数 c_v は求められる。これは普通の無機質粘性土に対する他の研究者の実験結果と一致する^{7), 16), 22), 23)}。

図-6 に、圧密時間 t_d をパラメーターとした $\log c_v \sim \log \bar{p}$ 曲線を示した。図によれば、それぞれの曲線はある幅をもった 1 本の帯状に分布している。しかし、その位置関係には圧密時間による規則性は認められない。すなわち、図に示された $\log c_v \sim \log \bar{p}$ 曲線の幅は、試

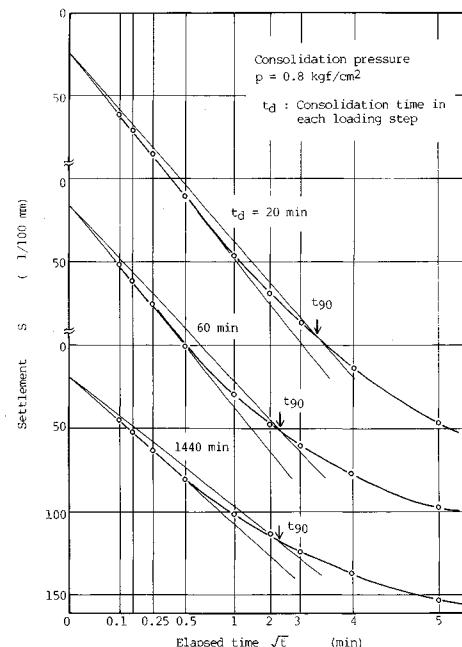
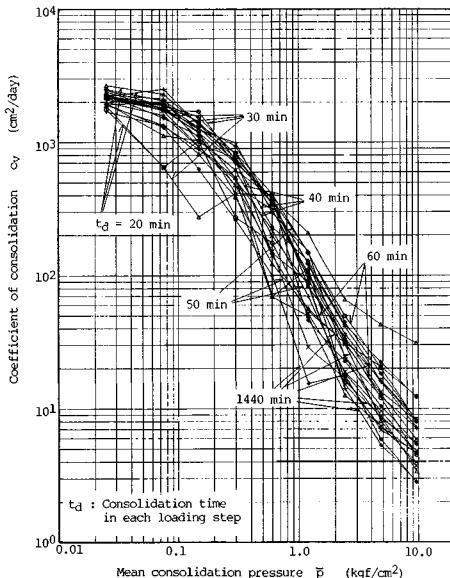


図-5 沈下量 $\sim \sqrt{t}$ 曲線

図-6 圧密係数 c_v に及ぼす圧密時間の影響

験方法 (t_d) の違いによるものではなく、試料の不均一性や実験上の誤差によるばらつきと判断される。元来、圧密係数 c_v は他の諸定数に比べてばらつきの大きい力学量であることを考慮すれば、得られる結果にこの程度のばらつきが生ずることは十分予想されることである。すなわち、図-6 からは、圧密係数 c_v に及ぼす圧密時間 t_d の影響は正規圧密領域および過圧密領域のいずれの領域においてもほとんどないものと判断される。小川²¹も、普通の粘土に対する実験結果から、 c_v 値にはばらつきが大きく、判然としない点はあるものの、短時間載荷圧密試験による c_v 値と標準圧密試験による c_v 値との間には実用上問題となるほどの差異は認められなかったと報告している。巻内ら^{22), 23)}も、供試体層厚 H と圧密時間 t_d を変えた数多くの短時間載荷圧密試験結果から、短時間載荷圧密試験による c_v 値と標準圧密試験による c_v 値とはほぼ 45° 線上に分布することを示すとともに、 c_v 値に及ぼす t_d の影響はないものとみなすことができると結論している。 c_v 値に対する t_d の影響が顕著でないとする報告は他にもみることができ¹⁶⁾、図-6 はそれらの結果と符合する。もちろん、なぜ c_v 値が t_d の影響を受けないのか、あるいは受けるにしても、なぜその程度は小さいかの理由は明らかではなく、今後の検討に待たねばならないが、この性質は実用上好都合であり、沈下速度を推定するうえでも短時間載荷圧密試験は標準試験の代用になり得ることを示している。

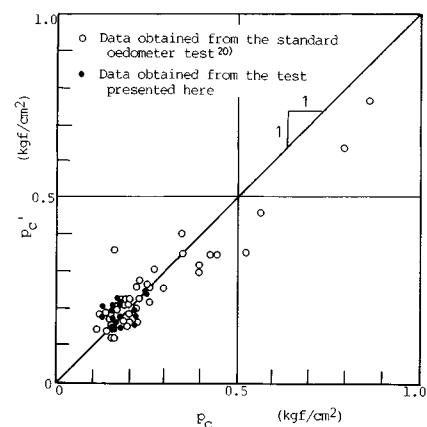
(4) 圧密降伏応力 p_c について

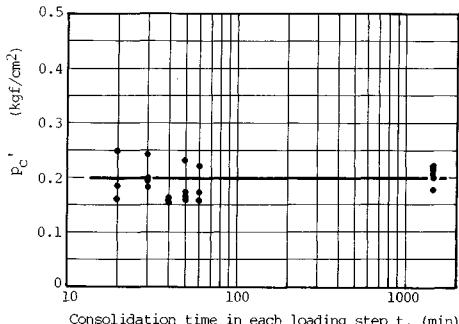
さて、対象土の圧密降伏応力 p_c を事前に知つておくことは、その土に短時間載荷圧密試験が適用できるか否

かを判断するうえできわめて重要な要素であることは先に述べたとおりである。もちろん、この値はあらかじめ知り得るものではないから、短時間載荷圧密試験を実施するにあたっては、それを知るための予備実験を行う必要性が生ずる。もちろん、この作業は面倒であることはいうまでもない。しかし、もし、その値 (p_c) が圧密時間の影響を受けないならば、予備実験においても各荷重段階での圧密時間は短縮できる。そして、次節に示すように、その実験はわずか 4 時間半で終了できる。そこで、ここでは、圧密降伏応力 p_c に圧密時間の影響が現われるか否かについてまず検討する。

図-7 は、 $e \sim \log p$ 曲線から Casagrande の方法によって求まる圧密降伏応力 p_c と、図-2 における $\log f \sim \log p$ 曲線が折れ曲がる点の応力 (p'_c と記す) との関係を示したものである(図中の●印)。図には、既存のデータ(各種の軟弱土に対する標準圧密試験による p_c と p'_c の関係で、図中では○印)²⁰⁾も同時に示されている。多少のばらつきはみられるものの、 p_c と p'_c の関係は試験方法の違いによらずほぼ 45° 線上にある。すなわち、短時間載荷圧密試験による $\log f \sim \log p$ 曲線が折れ曲がる点の応力 p'_c も、Casagrande の方法によって求まる圧密降伏応力 p_c とほど良く一致することがわかる。もちろん、 p'_c を求める作業は p_c を求める作業に比べてはるかに簡単である。そこで以下では p'_c をもってその土の圧密降伏応力とし、圧密時間 t_d との関係を調べる。

図-8 に、 p'_c と t_d の関係を示した。多少のばらつきはみられるものの、 p'_c に及ぼす t_d の影響はほとんど認められない。巻内ら²³⁾も、普通の無機質粘性土に対する実験結果から、圧密降伏応力 p_c に及ぼす t_d の影響は認められなかつたと報告している。また、小川²⁴⁾は、短時間載荷圧密試験から得られる圧密降伏応力 p_c は標準圧密試験によるそれよりも若干大きくなるが、その差異は実用上問題になるほど大きなものではないと報告してい

図-7 p_c と p'_c の関係

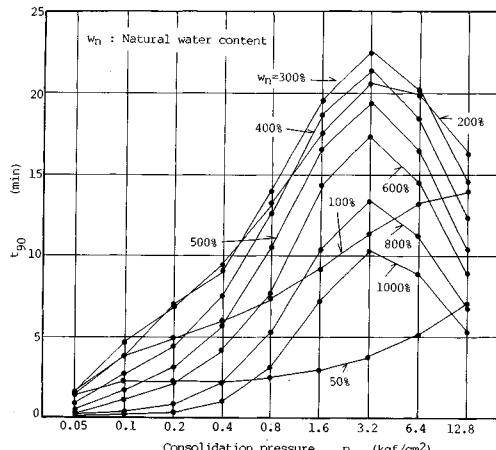
図-8 圧密降伏応力 p'_c に及ぼす圧密時間の影響

る。一方、土質工学会、特殊圧密試験方法に関する研究委員会が行った一斉試験によれば、圧密降伏応力 p_c は圧密時間の減少に対してわずかに増加するものや、わずかに減少するものなどがあり、一定の傾向は見出せなかつたとしているが、その変動幅は小さい¹⁶⁾。すなわち、これらの報告例や図-8 の結果を総合的に判断すれば、圧密降伏応力 p_c (あるいは p'_c) に及ぼす t_d の影響は、もしかつたとしてもその程度は小さく、実用上問題となるほどの影響はないと判断される。すなわち、圧密降伏応力 p_c を知るうえでも短時間載荷圧密試験は標準圧密試験の代用として十分利用できるものと結論される。

(5) 各荷重段階での圧密時間 t_d について

前節までに述べたように、対象土が正規圧密状態にあるならば、短時間載荷圧密試験は標準圧密試験の代用として十分利用できると判断される。しかるとき、各種の土に対する実際の試験においては、各荷重段階での圧密時間を一般にどの程度に選べばよいかが実用上の重要な問題となる。普通の無機質粘性土に対するこれまでの研究では、試験中の沈下量と時間の関係から \sqrt{t} 法によって一次圧密量を計算し、圧密度 100% に相当する沈下量に達すると同時に次の荷重を載荷する方法や、いわゆる 3 t_E 載荷方法²⁴⁾などが検討されている^{7), 16), 22)}。しかし、これらの方針で荷重を載荷した場合、試験中の作業はきわめて繁雑となる。特に、複数個の供試体に対して同時に試験を行う場合、これらの載荷方法は実際上不可能に近い。また、これらの載荷方法では各荷重段階での圧密時間が異なるから、試験の終了時間をあらかじめ予測できぬという試験管理上の難点も生ずる。そこでここでは、より簡単な方法として、一定時間間隔で載荷する方法を用いた場合に、土の種類などによってどの程度の圧密時間が必要かを検討する。

各荷重段階での圧密時間 t_d は、それぞれの荷重段階における圧密係数 c_v が求められるように選ぶ必要のあることはいうまでもない。圧密係数 c_v は \sqrt{t} 法あるいは曲線定規法のいずれかによって求めることになるが、

図-9 90% 圧密時間 t_{90} と圧密圧力の関係

前者は 90% 圧密時間 t_{90} 、後者は 50% 圧密時間 t_{50} までの沈下量と時間の関係を必要とする。もちろん、 $t_{90} > t_{50}$ であるから、 \sqrt{t} 法を適用できるだけの圧密時間があれば曲線定規法も適用できる。したがつて、 t_d は t_{90} より大きな時間が望ましいことになる。

荷重段階 i 番目における 90% 圧密時間 t_{90i} は次式によって表わされる。

$$t_{90i} = \frac{\bar{h}_i^2}{c_{vi}} T_{90} = \left(\frac{2 + e_{i-1} + e_i}{4(1+e_n)} h_n \right)^2 \frac{T_{90}}{c_{vi}} \quad (5)$$

ここに、 \bar{h}_i 、 c_{vi} は荷重段階 i 番目における供試体平均排水長および圧密係数で、 T_{90} は圧密度 90% の時間係数 ($= 0.848$) である。また、 h_n は供試体の初期高さ、 e_n は自然間隙比、 e_i 、 e_{i-1} は荷重段階 i 番目および $(i-1)$ 番目のもとでの圧密後の間隙比である。ここで、自然間隙比 e_n はもとより、各荷重段階での間隙比 e_i 、 e_{i-1} および圧密係数 c_{vi} は圧密試験を行わざとも対象土の自然含水比 w_n さえ既知であれば概略求められることは知られている²⁵⁾。すなわち、各荷重段階での 90% 圧密時間 t_{90i} は対象土の自然含水比 w_n から概略計算できる。図-9 はその計算結果 ($h_n = 2$ cm として計算) で、圧密圧力 p と 90% 圧密時間 t_{90} の関係を自然含水比 w_n をパラメーターにして示したものである。図によれば、自然含水比 300% 前後の土を圧力 3.2 kgf/cm^2 で圧密した場合に t_{90} が最も大きく、およそ 23 分を必要としている。したがつて、各荷重段階での圧密時間 t_d をこの時間に合わせ、かつ、その時間に多少の余裕をもたせるとすれば、短時間載荷圧密試験における各荷重段階での圧密時間は 30 分が適当と判断される。この場合、荷重段階を 9 段階としても 270 分 (4 時間半) で試験を終了することができる。

4. ま と め

本文は、高有機質土の短時間載荷圧密試験方法確立のための基礎的データを得ることを目的にして、その圧密諸定数に及ぼす圧密時間 t_d の影響を調べるとともに、試験方法について若干の考察を行ったものである。本研究結果を要約すれば以下のようなである。

(1) 標準圧密試験において、各荷重段階での圧密時間を短縮しても、圧密係数 c_v には実用上問題となるほどの差異は生ぜず、標準圧密試験とほぼ同一の c_v 値を得ることができる。

(2) しかし、沈下量の予測値は対象土が正規圧密状態にあるか過圧密状態にあるかによって異なる。すなわち、対象土が正規圧密状態にある場合には圧密時間を短縮しても標準圧密試験結果とほぼ同一の沈下量値を予測できるが、対象土が過圧密状態にある場合には、短時間載荷圧密試験による沈下量の予測値は標準圧密試験によるそれより小さくなる。

(3) したがって、短時間載荷圧密試験は、対象土が正規圧密状態にある場合とか、過圧密状態にあってもその程度が小さいか、あるいは圧密圧力が正規圧密領域に大きくまたがり、過圧密領域での沈下量の誤差が無視できるような場合にのみ適用されるべきであり、対象土が過圧密状態にあって、その領域内の応力変化に対する沈下量の誤差が無視できないと判断されるような場合には、試験は標準圧密試験を行うべきであると結論された。

(4) もちろん、対象土が正規圧密状態にあるか過圧密状態にあるかはあらかじめ知り得るものではないから、短時間載荷圧密試験を実施するにあたっては、対象土の圧密状態を知るための予備実験を行う必要がある。

(5) しかし、圧密降伏応力 p_c に及ぼす圧密時間の影響はほとんど認められなかったことから、上記の予備実験は各荷重段階での圧密時間を短縮して行うことができる。

(6) その場合あるいは本試験における各荷重段階での圧密時間は、土の種類や圧密圧力の大きさによらず 30 分で十分である。この場合、荷重段階を 9 段階としても 270 分（4 時間半）で試験を終了することができる。

(7) なお、沈下量値を予測する際や圧密降伏応力を求める際には、 $e - \log p$ 曲線を用いるよりも $\log f - \log p$ 関係の直線性を利用すると便利である。

参 考 文 献

- 1) 土質工学会特殊圧密試験方法に関する研究委員会：特殊圧密試験に関するアンケート調査結果、特殊圧密試験に関するシンポジウム発表論文集, pp.199~210, 1988.
- 2) Wissa, A. E. Z., Christian, J. T., Davis, E. H. and Heiberg, S. : Consolidation at Constant Rate of Strain, Proc. of ASCE, Vol. 97, No. SM 10, pp.1393~1413, 1971.
- 3) 梅原靖文・松木一明・成田 実・梅田裕史：連続載荷方式による急速圧密試験、港湾技術研究所報告、第 12 卷、第 4 号、pp.131~170, 1973.
- 4) Aboshi, H., Yoshikuni, H. and Maruyama, S. : Constant Loading Rate Consolidation Test, Soils and Foundations, Vol. 10, No. 1, pp.43~56, 1970.
- 5) Lowe, III, J., Jonas, E. and Obrejan, V. : Controlled Gradiant Consolidation Test, Proc. of ASCE, Vol. 95, No. SM 1, pp.77~99, 1969.
- 6) Northey, R. D. : Rapid Consolidation Test for Routine Investigations, Proc. 2nd Australia-New Zealand Conf. on SMFE, pp. 20~26, 1956.
- 7) 小川富美子：載荷時間の圧密諸係数におよぼす影響について、港湾技術研究所報告、第 8 卷、第 2 号、pp.21~49, 1969.
- 8) Larson, R. L. and Sallfors, G. : Automatic Continuous Consolidation Testing in Sweden, Consolidation of Soil, STP 892, ASTM, pp.299~328, 1986.
- 9) Crawford, C. B. : On the Importance of Rate of Strain in the Consolidation Test, Geotechnical Testing Journal, Vol. 11, No. 1, pp. 60~62, 1988.
- 10) 1988 Annual Book of ASTM Standards (Section 11) : Standard Test Method for One-dimensional Consolidation Properties of Soils Using Controlled-Strain Loading, pp. 534~538, 1983.
- 11) 前掲 1), 委員会報告 I-2~I-5, pp.15~84.
- 12) 前掲 1), 特殊圧密試験に関する参考文献リスト, pp.211~212.
- 13) 及川 洋・石田昌達：短時間載荷による軟弱土の圧密試験方法についての一考察（第一報）、第 24 回土質工学研究発表会講演集、pp.337~338, 1989.
- 14) 及川 洋・石田昌達：短時間載荷による軟弱土の圧密試験方法についての一考察（第二報）、土木学会第 44 回年次学術講演会講演概要集、pp.374~375, 1989.
- 15) 石田昌達・及川 洋：短時間載荷による軟弱土の圧密試験方法についての一考察（第三報）、土質工学会東北支部研究討論会講演集、pp.25~28, 1989.
- 16) 前掲 1), 委員会報告 I-2, 段階載荷圧密試験について, pp. 15~26.
- 17) Azzouz, M. M. and Raymond, G. P. : Influence of Loading Duration on the Consolidation Indices, Soils and Foundations, Vol. 12, No. 1, pp. 46~52, 1972.
- 18) Bjerrum, L. : Problem of Soil Mechanics and Construction of Soft Clays and Structurally Unstable Soils, State-of-the-Art Report, Proc. 8th ICSMFE, Vol. 3, pp. 111~159, 1973.
- 19) Butterfield, R. : A Natural Compression Law for Soils, Geotech., Vol. 29, No. 4, pp. 469~480, 1979.
- 20) Oikawa, H. : Compression Curves of Soft Soils, Soils and Foundations, Vol. 27, No. 3, pp. 99~104, 1987.
- 21) 松尾 啓：対数ひずみで定義した圧縮指数と物理的性質との相関関係について、土質工学会論文報告集、Vol. 26, No. 4, pp. 177~185, 1986.

- 22) 卷内勝彦・木下効志：急速圧密試験における供試体厚と
圧密時間の影響，土木学会第41回年次学術講演会講演概
要集，pp. 655～656，1986.
- 23) 卷内勝彦・松嶋広昌：段階載荷式急速圧密試験における
時間および試料条件の影響，第23回土質工学研究発表会
発表講演集，pp. 315～316，1988.
- 24) 土質工学会編：土質試験法，p. 6-2-14，1984.
- 25) 及川 洋：自然含水比をパラメーターにした軟弱土の $e - \log p$ 曲線および $\log c_v - \log p$ 曲線の予測方法，土木学会
論文集，第412号／III-12，pp. 43～49，1989.
(1989.12.4・受付)