

圧密係数についての一実験

その他（別言語等） のタイトル	An Experimental Consideration on the Coefficient of Consolidation
著者	沢田 義男, 朝日 秀定
雑誌名	室蘭工業大学研究報告. 理工編
巻	10
号	1
ページ	53-60
発行年	1980-01-31
URL	http://hdl.handle.net/10258/3700

圧密係数についての一実験

沢田 義男・朝日 秀定

An Experimental Consideration on the Coefficient of Consolidation

Yoshio SAWADA and Hideyasu ASAHI

Abstract

Both tests of consolidation and permeability were carried out on two kinds of soil using two kinds of oedometer in size.

One was oedometer cell of 20mm in height and of 60mm in diameter, the other of 67mm in height and of 200mm in diameter. The purpose of the tests was to estimate more correctly the coefficient of consolidation from routine oedometer test in the laboratory. On the basis of two kinds of time fitting method, data obtained by the oedometer test were analyzed. The coefficient of permeability and of consolidation of the sample, studied here, was determined from individual slope of two different parts on the curve produced by plotting the value of compression (or settlement) against time: one was applied to the part of the curve after 6 seconds from the beginning of load application; the other to the early stage of loading time from 0 to several seconds. And then the coefficient of consolidation was estimated from the measured coefficient of permeability and of volume compressibility.

The results are as follows:

- 1) During oedometer test, it is useful to perform a permeability test on the same specimen.
- 2) It should be emphasized that it is more important to have an accurate knowledge of the rate of settlement at the beginning of consolidation.
- 3) The coefficient of permeability, which is obtained from oedometer test, almost coincides with that of permeability test in thick specimen, and it may be possible to estimate the coefficient of consolidation from the coefficient of permeability.

I はじめに

地盤、土構造物の沈下問題のは大きく2つに分けられる。すなわち第一には沈下量の問題である。土質力学の分野ではテルツァギーの圧密理論の発表以来、無数の研究と観察が行われている。その結果、沈下量の推定値が実測と概ね20%前後以内で合うことで一応満足されている¹⁾。沈下問題の第2は沈下の速度の問題である。載荷後の時間経過に伴う沈下量を考えるとき、その沈下速さは現在のところ標準圧密試験より求められる圧密係数による推定が行われて

いる。しかし沈下速度は室内実験による推定よりも、現場の速度の方がかなり早く²⁾³⁾⁴⁾時には10倍とか20倍も早い場合が報告されている。遅かったとする報告は筆者は広谷⁵⁾のもの以外は知らない。そのため結果的に考えて圧密係数に一次圧密比を掛けずに沈下速度の推定を行ったところ沈下観測結果と良く合ったとする報告も挙げられている⁶⁾。圧密係数を数倍から5倍にした方が合うとした報告⁷⁾⁸⁾があるがこれは結果的な方法であり推定するのに役立たない。この遅れの原因については本来間ゲキ圧に関する圧密理論を沈下観測より算定する標準圧密の解析にも問題があるが、小林等は圧密係数の大きな土に対しては標準圧密試験の最大排水長さが短すぎる点を挙げ、初期沈下の観測不足に起因するとして、初期排水長を20mmの圧密試験と、この間ゲキ圧を測定し推定を行っている⁹⁾。初期沈下観測の必要性については Jezequel¹⁰⁾も述べている。綱干も排水長を変えて実験をしているし、Berre は Bjerrum の工夫した巧妙な三軸圧密装置を改良し、排水長の長い場合の実験を行い、実測透水係数と圧密試験より求められた透水係数が合うとしている¹¹⁾。このことは透水係数が圧密係数と密接に関係しているため、供試体排水長の長い圧密試験によれば圧密係数も現場のものを反映できると考えられる。

しかしながらいづれも現行の標準圧密試験の範囲で実行できるものでない特殊な装置であり実用的でない。そこで筆者等は同一試料により得た供試体に対し標準圧密試験と中型圧密試験を行い、これらに並行して透水試験を行い透水係数より圧密係数を求めた。

II 供 試 体

本実験に用いた粘性土は、室蘭市付近の丘陵部一帯に広く分布する表土（室蘭岳凝灰岩層の風化物、室蘭市高砂町4丁目より採土）を2000 μ 篩にて水篩したものと通称市販カオリンと呼ばれるものである。この2種類の試料をスラリー状にして、荷重強度0.8kg/cm²で一週間圧密脱水させた土を供試体となる様切り出した。原土試料の土の諸物性を表-1に、粒径加積曲線を図-1に示す。

表-1 試料の基本的性質

	比重	液性限界(%)	塑性指数(%)	主 要 鉱 物
高砂粘性土	2.739	68.5	24.9	加水ハロイサイト、パロイサイト>石英
市販カオリン	2.715	52.2	23.5	石英>パイロフェライト>カオリン

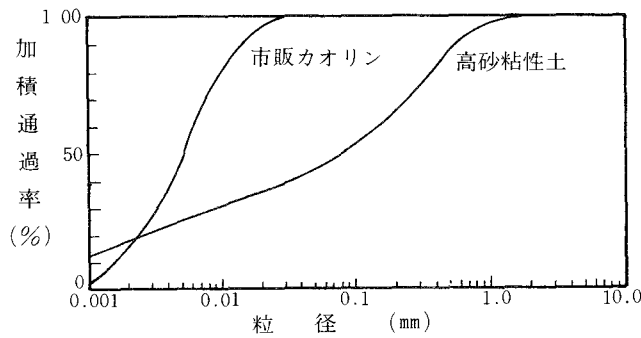


図-1 粒径加積曲線

III 実 験

標準圧密試験（供試体寸法 60 mm ϕ × 20 mm）を土質工学会セン断試験法委員会案に従って行い、圧密圧力 0.8 kg/cm²以上の载荷 1 時間前からは各荷重段階ごとに透水試験を行った。なお初期沈下（载荷後数十秒間の沈下）観測のために自動記録を行い、ダイヤルゲージによる観察と並用した。中型圧密試験（供試体寸法 200 mm ϕ × 67 mm）を標準圧密試に用いた供試体と同一土塊より得た供試体について行い、荷重強度は標準圧密試験と同じにした。但し最大圧密圧力は装置の载荷性能より 6.4 kg/cm²である。一载荷時間は、寸法比の 2 乗則に従うものと考え、標準圧密試験の 11 倍の 264 時間とした。なお中型圧密試験においても透水試験を行ったが、標準、中型のいずれの透水係数を求めるにしても、その値におよぼす要素として他の要素が同じであれば、通水時間と動水傾度が考えられるが、短時間の測定には事前の実験結果（表-2）より動水傾度の方が影響が大きいと考えられる。

表-2 動水傾度の影響

時間経過	→		
測定開始時水位 (cm)	44.7	89.5	142.2
測定終了時水位 (cm)	41.2	85.7	135.7
透水係数 R_{15} (cm/min)	3.15×10^{-5}	3.30×10^{-5}	3.43×10^{-5}

動水傾度は小さい方が良く考えられる (0.2~0.3) が、粘性土であることと、供試体が薄いこと、および圧密荷重によって生ずる間ゲキ圧から動水傾度を考えると圧密荷重 0.1 kg/cm²でさえ動水傾度は標準圧密で 100 以上となるから、装置の性能も考え動水傾度は 10 とした。

IV 実験結果および考察

透水係数

図-2, 図-3に圧密圧力-間ゲキ比の関係を示す。図よりわかる様に中型圧密試験と標準圧密試験のその関係は良く一致している。よって沈下量については相似の沈下をしていると考えて良い。そこで荷重と透水係数の関係を図-3~図-6に示す。図-3と図-4の図中に0秒, 6秒と書かれているのは, 圧密解析における時間-沈下解析において, 載荷直後からの初期沈下を重視して解析した結果得られた透水係数を0秒, 載荷後6秒以後の沈下部分による解析結果を6秒とした。いずれの点も \sqrt{t} 法および曲線定規法の二通りの方法より求めて平均したものである。両方法の結果におよぼす差異は, 全般的には曲線定規法の場合の値がやや小さ目に出る様であった。このことは図-5の中型の圧密試験の場合にもよく現われているが, 図-6の様な例もあり全面的に小さ目と言うわけでもないので平均値で示した。中型圧密試験では, 時間-沈下の速度がゆるやかなためと, 時間-沈下解析にあたり50%又は90%沈下時間の出現が遅く, \sqrt{t} 法および曲線定規法とも各々標準圧密の場合の様な0秒, 6秒の解析時よる違いを生ずることはなくそれぞれ1

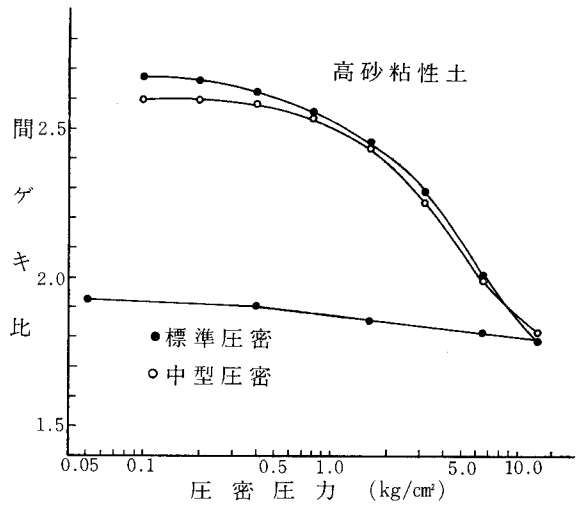


図-2-(1)

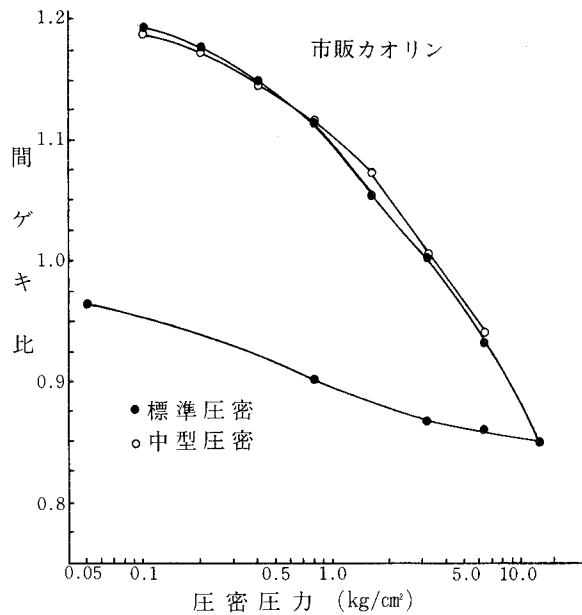


図-2-(2)

図-2 圧密圧力-間ゲキ比

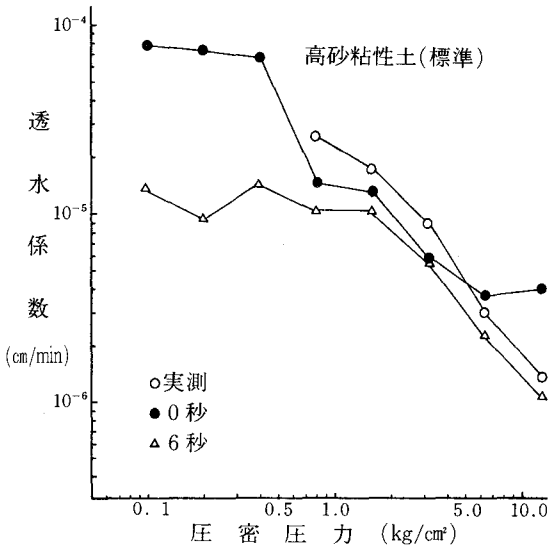


図-3 圧密圧力-透水係数

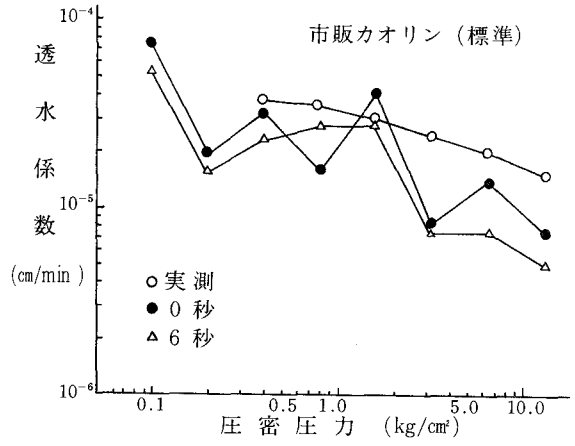


図-4 圧密圧力-透水係数

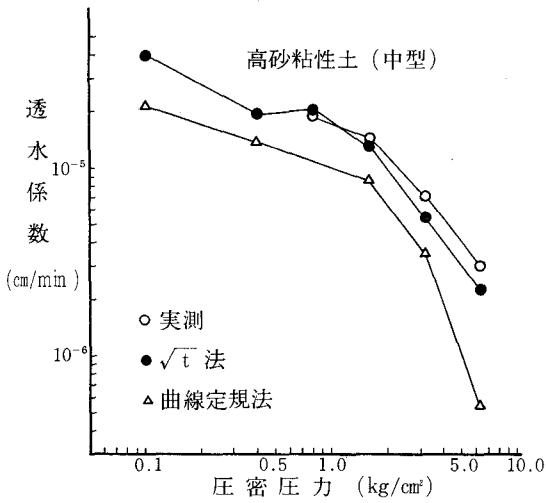


図-5 圧密圧力-透水係数

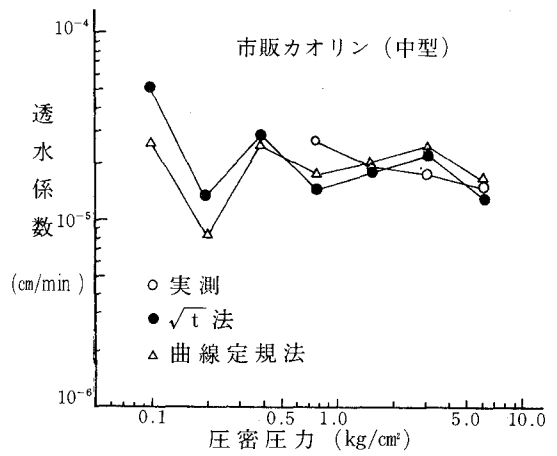


図-6 圧密圧力-透水係数

個の結果のみが得られたので、別々に両法による結果を示した。

さて透水係数は圧密係数、体積圧縮係数、水の単位体積重量の積であるが、この内、大きな誤差の入ってくるのは圧密係数で、体積圧縮係数、水の単位体積重量ではほとんど大きな誤差は入り得ない。よって標準圧密の様に薄い供試体では沈下観測や解析開始の時間の違いにより得られる結果は幾つかあり得る。

そこで圧密係数における時間-沈下曲線の解析について考察してみると、先ず \sqrt{t} 法では、90%圧密に至る迄の沈下と時間の関係で沈下はほとんど、時間の平方根に対して直線的であるから、沈下の変化に比べ時間の変化が2乗で大きくなって分母に入ってくるので、圧密係数は時間的遅れが大きく影響を受ける。又曲線定規法では特に初期の時間が誇張されるため、解析開始の多少の違いが大きく影響を与える。小林等の初期沈下観測の不足が圧密係数の値を過少評価するという指摘は重要である。ここに透水係数の0秒解析の結果と6秒解析の結果を比較してみると、高砂粘性土では最大10倍もの開きがあり又市販カオリンでは2倍ほどである。このことから土による相違もある様であるが、実測透水係数を比較してみると、0秒解析の方が実測透水係数に近い値を得ていると考えられる。

中型試験における透水係数が実測透水係数と計算透水係数同士が良く合うことから考えると、実測透水係数からの圧密係数の逆算も可能であると考ええる。又計算による透水係数は間ゲキ比の減少にもかかわらず増減することもあり、標準圧密試験結果の解析による誤差を考慮すると透水試験による透水係数の方が信頼をおける。

圧密係数

ここでは具体的に表示していないが圧密係数は地盤の沈下や土構造物の圧密沈下速度の推定において重要な定数となる。網干⁷⁾、小林等⁹⁾、持永³⁾によれば標準圧密による推定沈下速度と現場沈下速度の比較をした場合は、幾倍も実際の沈下の方が早いことを記している。又あるものは一次圧密比を掛けずにおいた圧密係数によって推定したものが現場と合ったとしているが、高々3倍程度の圧密速度の上昇が考えられるところである。

これらはいづれも原因が圧密係数の過少評価に求めるものであるが、網干⁸⁾は排水層付近の沈下地層の変化を含めて原因を挙げている。もちろん現行の方法で得られる圧密係数のもつ意味に対しての議論もある⁶⁾¹²⁾。しかし現行の標準圧密試験利用状態を考えると、急にこの議論を行っても現実的でない。そこで筆者等は実測透水係数を体積圧縮係数で割って圧密係数を求めてみた。結果を表-3、4に示す。そのもつ意味も明確でなく数は少ないが、この結果を見ると高砂粘性土、市販カオリンともに0秒解析の値が逆算圧密係数に近いと思われる。

更に中型の圧密係数のそれと比べると1例を除いては高砂粘性土、市販カオリン共に一層に近い値を示している。

表-3 圧密係数（高砂粘性土）(cm²/min)

圧密圧力(kg/cm ²)	0秒解析	6秒解析	逆算圧密係数	中型の圧密係数
0.8	0.369	0.257	0.616	1.036
1.6	0.328	0.328	0.426	0.345
3.2	0.169	0.169	0.156	0.169
6.4	0.154	0.090	0.123	0.115
12.8	0.264	0.074	／	／

表-4 圧密係数（市販カオリン）(cm²/min)

圧密圧力(kg/cm ²)	0秒解析	6秒解析	逆算圧密係数	中型の圧密係数
0.8	0.399	0.399	0.500	0.471
1.6	1.270	0.831	0.911	0.676
3.2	0.470	0.418	1.407	1.113
6.4	1.223	0.641	1.756	1.451
12.8	1.096	0.712	／	／

V おわりに

少ないデータによるものであるが一応結論すると

- 1) 圧密試験に並行して透水試験を行うことは有効である。
- 2) 標準圧密試験において初期沈下観測を行う必要がある。
- 3) 排水長の長い供試体では圧密係数における透水係数と透水試験による透水係数とは良く合い、標準圧密試験でも透水係数より圧密係数を求めることは可能である。

昭和53年6月22日日本鉱業会北海道支部講演会にて一部発表

(昭和54年5月19日受理)

参 考 文 献

- 1) 持永龍一郎：土質基礎工学ライブラリー 4, 6, 239 (昭和 43 年)
- 2) 室町忠彦, 渡辺進：土と基礎 20, (8) 33 (1972)
- 3) 持永龍一郎：土と基礎 20, (8) 25 (1972)
- 4) Schmertman, J. H. : Proc. Am. Soc. Civ. Engrs. 79,331(1953)
- 5) 広谷泰夫他：第 13 回土質工学研究発表会昭和 53 年度発表講演集 265 (1978)
- 6) 三笠正人：第 19 回土質工学シンポジウム 37 (昭和 49 年)
- 7) 網干寿夫：土と基礎 21, (4) 25 (1973)
- 8) 網干寿夫：第 19 回土質工学シンポジウム 71 (昭和 49 年)
- 9) 小林正樹, 松本一明, 奥村樹郎：第 19 回土質工学シンポジウム 61 (昭和 49 年)
- 10) Jezequel J. F. & Mieussens C. : Conf. In Situ Meas. of Soil Property 208(1975)
- 11) Berre T. & Iverssen K. : Géotechnique 22(1) 53(1972)
- 12) 栗原則夫：土質工学会北海道支部技術報告資料 18, 1 (1978)