

広島大学工学部 正員 吉国 洋
清水建設(株) 正員 ○杉谷 彰俊
広島大学大学院 学生員 原 久夫

1. まえがき

粘土地盤の圧密沈下を求めるために、Terzaghi理論と結びついた標準圧密試験法が、現在一般に用いられている。しかし、この試験方法には、多くの問題点を含んでいることが指摘されている。この方法は、実際の構造物等の載荷速度や荷重強度とは無関係に、各段階荷重を24時間ごとに荷重増加率 $\Delta\sigma/\sigma = 1.0$ で増加させていくものであり、かつ層厚も小さい。これらは全く便宜的に定められたものであり、現場の状態と一致するものではない。すなわち、標準圧密試験は排水距離が非常に小さく、間隙水圧の消散が早いので、有効応力の増加に伴う沈下(一次圧密)とクリープによる沈下(二次圧密)とが、比較的明確に分離する。それに対して、現場における粘土層では層が厚いので、排水に要する時間がきわめて長く、一次圧密と二次圧密が分離せず混在した形となる。このように、現場においては、 $\Delta\sigma/\sigma \geq 1.0$ のような大きな増加率を取ることは余りなく、荷重は徐々に増加して最終荷重に達するのが普通である。それ故に、沈下解析のためには、殆んど間隙水圧を発生しないような低速度で荷重を徐々に増加させていく三軸圧密試験が適当であると考えられる。ここでは新增載荷による等方圧密特性を調べ、載荷速度をパラメーターにすることによって粘土の骨組に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験概要

試験に使用した試料は、福山粘土(沖積粘土)で、攪乱した後、420 μ フルイを通して大型圧密箱に入れ、十分脱気を行った。そして、49 KPaの荷重で一次元的に予圧密を行った粘土である。この試料の物理的性質は、 $G_s = 2.68$ 、 $L.L. = 83.0\%$ 、 $P.L. = 28.6\%$ 、 $P.I. = 54.4$ である。新增載荷による等方圧密試験装置の概略図を図-1に示す。この装置は、ワイヤーによって吊り下げられた上部水銀槽と固定された下部水銀槽、及び両者を結ぶハイロシチューブから構成されている。パルスモーターに連接された滑車によって、ワイヤーにつながれている上部水銀槽が巻き上げられる。上下水銀槽の水銀面のヘッド差に相当する圧力を受け、これがセル内の載荷圧力となる。載荷圧力は、細かい段階載荷であり、1スラップごとに約43 Paずつ増加する。但し、載荷期間は自由に換えられ、これによって載荷速度が決定される。なお、排水は半径方向のみの外向き放射流れであり、圧密はパーバードレーンを経した等方圧密である。圧密中の供試体に生じる鉛直変位はダイヤルゲージによって、また側方変位は供試体側面に貼ったソイルストレーンゲージによって測定した。間隙水圧は供試体上面中央にてNull Indicatorを介して、排水量はビューレット

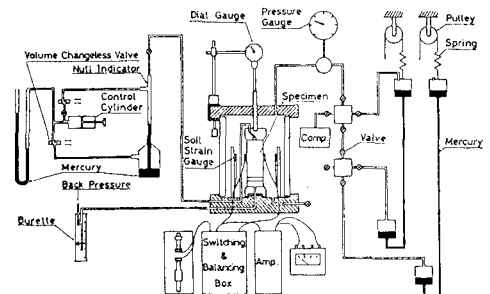


図-1 実験装置

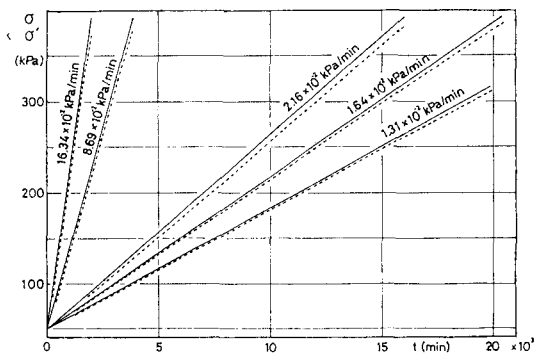


図-2 全応力 σ (full line) 有効応力 σ' (broken line) ~ t 関係

によって測定する。但し、圧密中、デュレットを通して Back Pressure 49 kPa をかけた。

3. 実験結果

図-2は、応力 σ' （有効応力 σ' ）の時間的推移を示したものである。図に示すように、5種類の載荷速度について実験を行い、漸増載荷中の間隙水圧は殆んど発生していないことがうかがえる。図-3は、体積ひずみ v と有効応力 σ' の対数との関係を示したものである。各々の載荷速度における圧縮指数 C_c 、圧密降伏応力 σ_c の値は、表-1のようになる。 C_c 、 σ_c に関して、載荷速度が大きくなるに伴って増加している。従って、 σ_c の値には、もはや Casagrande の Maximum Past Pressure という概念では解釈されないことがわかる。このことは、Leonards, Crawford 等も指摘していることである。図-4は、 σ' とパラメーターとした場合の載荷速度と体積ひずみ v の関係を示したものである。 σ' の値が小さい時、図の勾配は急であるが、 σ' の値がある程度大きくなると、 v の値は殆んど同じになる。

表 - 1

載荷速度 $\alpha \times 10^{-2}$ (kPa/min)	圧縮指数 C_c	圧密降伏 応力 σ_c (kPa)
16.34	0.81	79
8.69	0.78	74
2.16	0.69	65
1.64	0.68	65
1.31	0.66	63.5

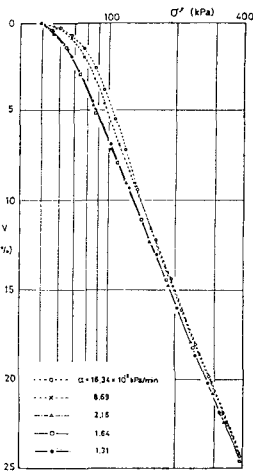


図-3 $v \sim \log \sigma'$

以上より、Virgin Slope が異なる理由として、次のことが考えられる。一般に、沖積粘土は Aging という現象を示し、特に鋭敏な粘土ほど顕著である。Virgin Slope に入った、すなわち圧密降伏応力を越えた粘土の骨組構造は、破壊の状態にある。そして、漸増載荷に伴うひずみの増加によって、骨組構造はさらに破壊されようとする。一方、破壊された骨組構造は、Aging Effect によって回復しようとするであろう。Virgin Slope に突入してからは、この二つの効果がともに存在し、載荷速度の大きい場合には前者が、小さい場合には後者が卓越して現われるものと考えられる。このような結果は、一次元圧密試験でも類似した傾向を得ている。

表 - 2

載荷速度 α (kPa/min)	圧縮指数 C_c
1.31	1.23
3.27×10^{-1}	1.04
4.09×10^{-2}	1.00
1.36×10^{-2}	0.99
6.81×10^{-3}	0.96
標準圧密試験	1.09

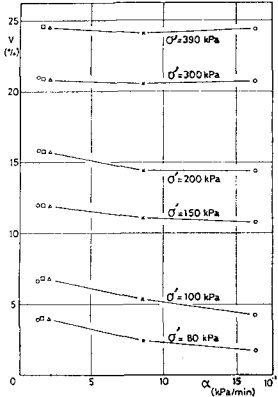


図-4 $v \sim \alpha$ 関係

次に、表-2は、漸増載荷による一次元圧密試験の場合の圧縮指数 C_c である。表-1と比較すると、一次元圧密の方が全体的に大きい。一次元圧密では、載荷重によって側方応力は圧密の進行とともに減少し、その結果、主応力差が増大する。現下は圧密による体積変化の鉛直方向成分と主応力差によるせん断変形に伴うダイレイタンスの和として生じると考えられる。従って、一次元圧密の場合には、ダイレイタンスの影響で C_c が大きくなるものと思われる。

4. あとがき

この試験で、Aging が粘土の骨組構造に及ぼす影響が認められたが、今後さらに低載荷速度による Data 数を増加し、ひずみの進行に伴う構造破壊と Aging Effect による構造回復の絡みを明確にすることが望まれる。

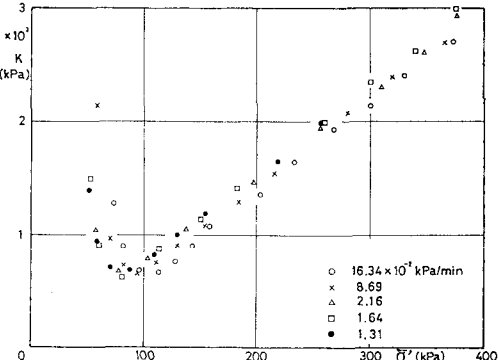


図 - 5 $K \sim \sigma'$ 関係