

大阪湾洪積粘土の圧密降伏応力付近での  $H^2$  則に関する考察

応用地質(株) 正会員 ○大向 直樹 利藤 房男  
(独)港湾空港技術研究所 正会員 田中 洋行 田中 政典

## 1. はじめに

大阪湾に堆積する海成粘土は、過去に現在の上載荷重よりも大きな荷重を受けたことのない疑似過圧密粘土であるといわれている<sup>1)</sup>。このような粘土を用いて、圧密降伏応力付近にて室内長期圧密試験を実施すると、非常に大きな沈下が継続することが報告されている<sup>2)</sup>。また、再構成粘土の圧密においても、ひずみ速度依存の粘性効果が無視できず、沈下曲線や圧密時間等に影響を与えることが指摘されており<sup>3)</sup>、不攪乱洪積粘土の圧密降伏応力付近で載荷された場合は、粘性効果によるひずみがさらに卓越するため、沈下予測は非常に難しいものとなっている。本研究では、大阪湾洪積粘土の寸法効果に着目し、層厚の異なる一次元圧密試験を分割圧密試験機<sup>4)</sup>によって実施し、圧密降伏応力付近で載荷したときに発生する沈下ひずみと過剰間隙水圧の関係の整合性について確認するとともに、層厚の違いが圧密時間に及ぼす影響について検討した。

## 2. 実験方法

表-1 試料の特徴

| 大阪湾粘土  | 採取深度   | $W_d(\%)$ | $e_0$   | $G_s$ | $W_L(\%)$ | $W_P(\%)$ | $\sigma'_{v0}$ (kPa) | $\sigma'_y$ (kPa) |
|--------|--------|-----------|---------|-------|-----------|-----------|----------------------|-------------------|
| Ma10 層 | 127.2m | 49~53     | 1.3~1.4 | 2.683 | 103.0     | 38.7      | 774                  | 1100              |

試験に用いた試料の特徴を表-1に示す。

表-2 試験条件等

 $\sigma'_y$ ; CRS(0.02%/min)

| 試料番号                             | H2                   | H2A                  | H2B                  | H5                   | H10                  |
|----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 各層厚×連結個数                         | 1cm×2                |                      |                      | 1cm×5                | 2cm×5                |
| $\sigma'_{v0}$ での載荷時間 (h)        | 4                    | 25                   | 100                  | 25                   | 100                  |
| $\sigma'_{v0}$ での二次圧密量(%)        | 0.263                | 0.397                | 0.509                | 0.422                | 0.452                |
| $\sigma'_{v0}$ での最終ひずみ速度 (%/min) | $3.8 \times 10^{-4}$ | $7.0 \times 10^{-5}$ | $1.5 \times 10^{-5}$ | $9.0 \times 10^{-5}$ | $2.5 \times 10^{-5}$ |

供試体寸法は、直径をすべて6cmとし、全層厚2cmを3ケース、全層厚5cm、10cmを各々1ケース設定した。試験は、分割圧密試験機に供試体をセットし、予備圧密、

背圧負荷を24時間行い、原位置の有効土被り圧( $\sigma'_{v0}$ )にて所定の時間圧密した後、本試験として $\Delta\sigma=(\sigma'_y - \sigma'_{v0})$ となる圧力を載荷した。 $\sigma'_{v0}$ での載荷時間は、試料番号H2,H5,H10は $H^2$ 則に基づいた時間を設定し、H2A,H2Bは各々H5,H10と $\sigma'_{v0}$ での載荷時間が等しくなるように設定した。試験条件等の詳細を表-2に示す。表中の $\sigma'_{v0}$ での二次圧密量、および最終ひずみ速度の詳細は、文献<sup>5)</sup>に示している。なお試験には、分割圧密試験機を用いているため、各層厚1cmのH2,H2A,H2B,H5の周面摩擦はほぼ同等であるが、各層厚2cmのH10は周面摩擦の影響がやや大きくなる。

## 3. 実験結果および考察

$\Delta\sigma$ 載荷時における全試料の沈下曲線を図-1に示した。層厚の等しいH2,H2A,H2Bの沈下形状を比較すると、 $\sigma'_{v0}$ での載荷時間が長い試料の方が、 $\Delta\sigma$ 載荷時における沈下ひずみが小さくなる傾向がみられる。また層厚が異なり、 $\sigma'_{v0}$ での載荷時間を $H^2$ 則に基づき設定したH2,H5,H10の $\Delta\sigma$ 載荷時における沈下形状はほぼ「平行型」となるが、 $\sigma'_{v0}$ での載荷時間が等しく、層厚の異なるH2AとH5、H2BとH10試料の沈下形状は、ほぼ「Isotache型」となっている。なお、分割各要素における試験結果の詳細は、文献<sup>5)</sup>に示している。

各試料の全沈下ひずみと非排水面における間隙水圧の経時変化を図-2~6に示した。図中にある太線の $t_{90}, t_{100}, \epsilon_{100}$ は $\sqrt{t}$ 法(Taylor法)によって求めた値を、細線の $t_{50}, t_{100}, \epsilon_{100}$ はlogt法(Casagrande法)によって求めた値を示している。なお、logt法(曲線定規法)は、実験曲線とフィッティングする理論曲線が得られなかったため採用しなかった。

【 $\sqrt{t}$ 法(Taylor法)に基づく考察】: 決定方法に理論的背景のあるTaylor法によって求めた $t_{90}$ は、過剰間隙水圧が90%消散する時間とほぼ一致している。しかしながら、沈下ひずみはTaylor法による $\epsilon_{100}$ 以降も大きく進行し、Terzaghi型の沈下曲線とは大きく異なる。また、この傾向は層厚の小さい試料において非常に顕著である。次に、図-7にはTaylor法による $t_{100}$ と供試体高さの関係を示した。ここで、図-7~9の破線は各々H2,H2A,H2Bを基準に $H^2$ 則が、実線はH則が成立するとした曲線である。層厚が等しいH2,H2A,H2Bの比較では、 $\sigma'_{v0}$ での載荷時間が短いもののほど、 $t_{100}$ に至るまでの時間は遅くなる。また、 $\sigma'_{v0}$ での載荷時間を $H^2$ 則に

Key Word: 沈下ひずみ, 過剰間隙水圧, Taylor法, Casagrande法,  $H^2$ 則

〒330-0038 埼玉県さいたま市宮原町1-66-2 応用地質(株) コアラボ TEL 048-663-8611 FAX 048-663-8618

に基づいて設定した場合の比較、つまり、H2を基準とした場合は、 $t_{100}$ に至るまでの時間に対して、ほぼ  $H^2$  則が成り立つことがわかる。一方、 $\sigma'_{v0}$ での荷重時間を等しくした H2A, H2B を基準とした場合には  $H^2$  則は成立せず、層厚が大きいほどさらに沈下が遅くなる。これは、 $\sigma'_{v0}$ での荷重時間の長短が、 $\sigma'_{v0}$ での二次圧密度、及び最終ひずみ速度の大小に影響を及ぼし、それが  $\Delta \sigma$  荷重時の  $t_{90}$  までに含まれる粘性ひずみ成分の大小に反映され、 $t_{100}$ 、 $\varepsilon_{100}$  の値に影響を与えるものと考えられる。

[logt法(Casagrande法)に基づく考察]:  $t_{100}$  は、経験的かつ便宜的な方法として用いられる Casagrande 法によって求めた値であり、それに理論的根拠はないが、その時間は間隙水圧がほぼ消散した時点とほぼ一致している。また、 $\varepsilon_{100}$  は、Taylor 法による値に比べ、より良く沈下曲線を反映した値となっている。図-8は  $t_{50}$ 、図-9は  $t_{100}$  と供試体高さの関係を示している。層厚が等しい場合の  $t_{50}$ 、 $t_{100}$  は、 $\sigma'_{v0}$ での荷重時間が長いほど若干大きな値を示す。しかし、 $\sigma'_{v0}$ での荷重時間による影響は、Taylor 法による  $t_{90}$ 、 $t_{100}$  の相違に比べて小さい。また、層厚の違いに関する圧密時間の相似則として、 $t_{50}$ 、 $t_{100}$  の両者においてほぼ H 則が成立している。

#### 4. まとめ

Taylor 法を用いた場合、 $\sigma'_{v0}$ での荷重時間を  $H^2$  則に基づいて設定した場合には、層厚の違いに関する圧密時間の相似則として  $H^2$  則がほぼ成立する。 $\sigma'_{v0}$ での荷重時間を等しくした場合には  $H^2$  則は成立せず、層厚が大きいほどより長時間を要するという結果が得られた。しかし、不攪乱大阪湾洪積粘土の圧密降伏応力付近に荷重した場合、沈下曲線と過剰間隙水圧の挙動は、Terzaghi 型の理論とは全く異なる沈下曲線となった。このため、経験的手法である Casagrande 法を用いたが、Taylor 法よりも沈下曲線を良く反映した結果が得られた。また、この場合には、層厚の違いに関する圧密時間の相似則として、初期条件によらず、ほぼ H 則が成立する結果が得られた。

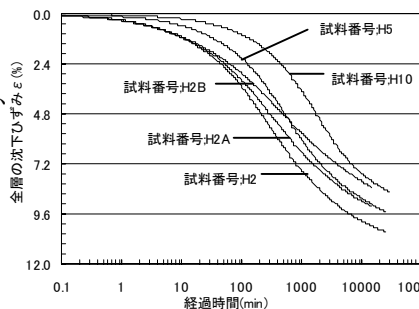


図-1 沈下ひずみの経時変化(全試料)

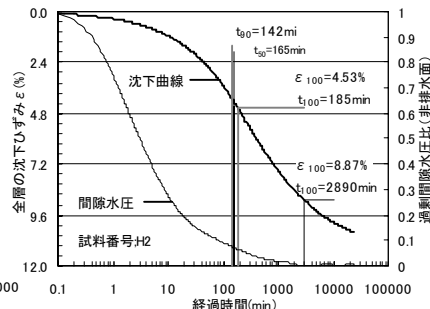


図-2 沈下ひずみと過剰間隙水圧の経時変化(H2)

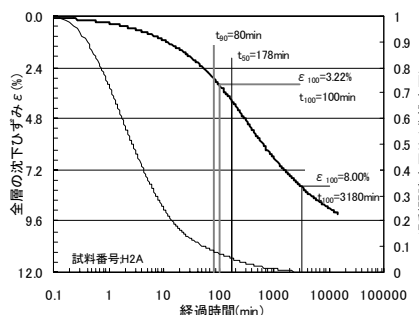


図-3 沈下ひずみと過剰間隙水圧の経時変化(H2A)

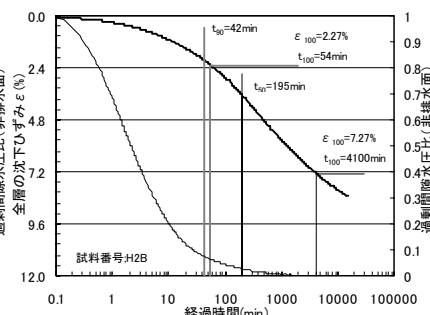


図-4 沈下ひずみと過剰間隙水圧の経時変化(H2B)

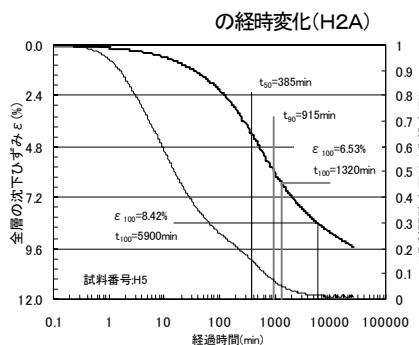


図-5 沈下ひずみと過剰間隙水圧の経時変化(H5)

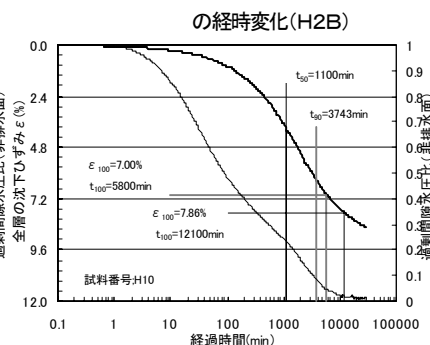


図-6 沈下ひずみと過剰間隙水圧の経時変化(H10)

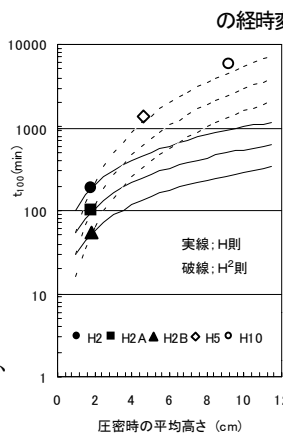


図-7 Taylor 法による

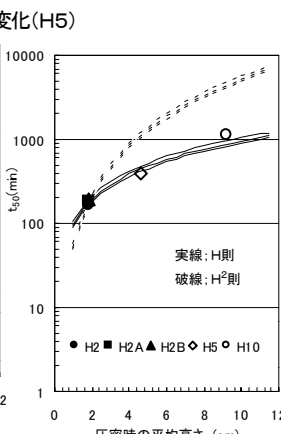


図-8 Casagrande 法による

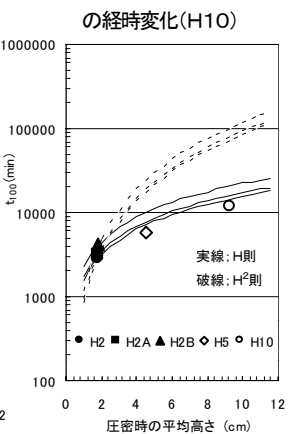


図-9 Casagrande 法による

$t_{100}$ と供試体高さの関係

$t_{50}$ と供試体高さの関係

$t_{100}$ と供試体高さの関係

- <参考文献> 1) 例えば、土質学会関西支部編(1995):海底地盤、海底地盤の土質, pp.101-188. 2) 山本, 本郷, 赤井(2000): 大阪湾海成粘土の圧密降伏応力付近の長期圧密特性, 第35回地盤工学研究発表会講演集, pp.721-722. 3) 今井(1992): わかりやすい土質力学原論(第一回改訂版), 土質学会, pp.187-244. 4) 土田, 渡部, 姜, 飯島(2000): 繰り返し再構成された大阪湾洪積粘土の分割圧密試験, 第35回地盤工学研究発表会講演集, pp.733-734. 5) 大向, 利藤, 田中, 田中(2002): 寸法効果に着目した大阪湾洪積粘土の圧密特性, 第37回地盤工学研究発表会講演集, (投稿中)