

関東ロームの孔内水平載荷試験と排水効果

東海大学 学生会員 ○池谷 真希
 開発虎ノ門コンサルタント 正会員 岩田 尚親
 新日本開発工業 正会員 赤石 勝
 東海大学 正会員 杉山 太宏

1. まえがき

孔内水平載荷試験は、硬質土や岩盤の試験を除き削孔後すみやかに実施しなければならない¹⁾。試験孔周辺土が吸水膨張すると、その後の載荷試験結果に影響するためと考えられる。吸水膨張効果を考えるならば、載荷試験中の排水効果も考慮する必要があると考えられる。地盤調査法では、予想最大加圧力の1/10以下の荷重増分を加え、各載荷圧力段階で一定圧力を2分間保持することが必要とされている¹⁾。非排水条件下の載荷試験に近い載荷速度では、試験結果に対する圧密に伴う排水効果の影響が考えられる。試験法では、降伏応力以下の加圧領域で変形係数を求めることが規定されているので、粘性土の場合、過圧密土を対象とした弾性係数を求める試験と理解できる。したがって、関東ロームのような粘性土に対する試験では、不完全な排水条件下の変形係数を求めている可能性がある。しかし、地盤調査法には、孔内載荷試験から得られる変形係数や降伏圧力などに関して、載荷速度と排水条件に関する解説が見出せない。また、孔内載荷試験結果には、降伏圧力以上の土の変形挙動は不要であるのかも明らかでない。この報告は、有限要素法による孔内載荷試験の再現計算によって関東ロームの圧密に伴う排水効果が試験結果に及ぼす影響について検討している。

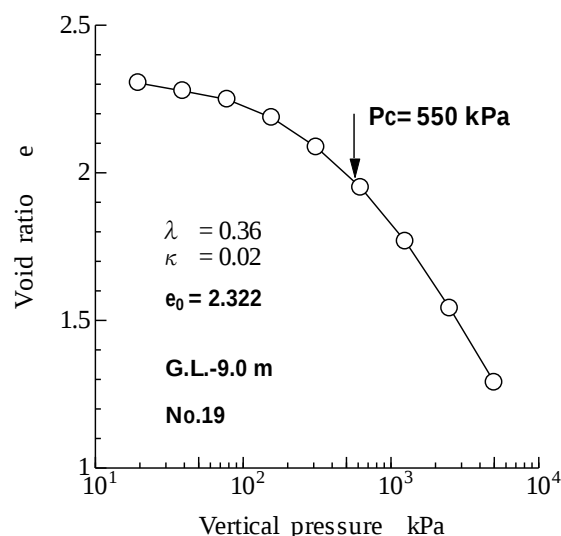


図-1 関東ロームの e - $\log p$ 曲線
(No. 19 G. L. -9.0m)

2. 調査・試験結果と変形係数

神奈川県平塚市の東海大学構内において、新校舎建設にさきがけ標準貫入試験や孔内水平載荷試験を含む地盤調査を実施した。孔内水平載荷試験は、地表から深さ16mまでに堆積する関東ローム層のうち、2本のボーリング地点の深さ4.5m(N値3)と6m(N値12)で実施した。表-1は、2地点の土質調査と室内試験の結果をまとめて示したものである。

JISに準拠した孔内水平載荷試験は、等分布荷重載荷方式であり、表-1に示した変形係数E算定時のポアソン比 $\nu=1/3$ と仮定している。有限要素(FE)圧密解析に用いた透水係数 k は、圧密係数 c_v と体積圧縮係数 m_v から算定した。

図-1は、孔内水平載荷試験を実施した深度におけるローム(Site No.19)の標準圧密試験結果である。図中に示す圧縮指数 λ 、 κ ならびに圧密降伏応力 p_c の値を弾塑性FE解析に利用する。図-2には、孔内水平載荷試験における載荷圧力とボーリング孔の半径変化の関係を示した。孔内水平載荷試験No.19の水平方向降伏

表-1 土質調査と室内試験の結果

地点	深度(m)	N 値	ω_n (%)	ω_L (%)	ω_p (%)	S_r (%)	ρ_t (g/cm ³)	c_v (cm ² /min)	k (m/sec)	E (MN/m ²)
No.18	5.5	3	110	110	62	—	1.32	0.2	2.1×10^{-8}	10.5
No.19	9.0	10	64	69	44	89	1.44	1.4	6.5×10^{-8}	23.9

キーワード：孔内水平載荷試験、排水条件、関東ローム、FE解析

連絡先：〒259-1292 神奈川県平塚市北金目4-1-1 TEL 0463-58-1211 E-mail: sugi@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

応力 $p_y = 540 \text{ kPa}$ は、標準圧密試験の鉛直向圧密降伏応力 p_c に近い値となっている。

3. 孔内載荷試験結果と考察

図-3 は、FE 計算に利用した要素図である。図中に矢印で示した長さ 1m の3要素に半径方法荷重を載荷した。孔内は載荷部を除き排水面と仮定した。

FE 計算に用いる土質定数として、弾性圧密解析のヤング係数は孔内水平載荷試験で得られた変形係数 E を採用し、ポアソン比 $\nu = 0.333$ とした。その計算結果と試験結果を比較したのが図-4 である。載荷試験の初期原点補正值 $r_0 = 0.15 \text{ cm}$ とした計算結果の載荷圧と孔内半径の関係は、当然のことであるが実測値とほぼ一致している。孔内水平載荷試験の載荷時間間隔は2分と短いので、試験結果に及ぼす排水効果の影響を調べる目的で、表-1の透水係数を砂のように大きくした排水条件の計算結果を図-4に破線で示した。図のように、その結果は実線で示す圧密解析とほとんど同じとなった。圧密解析では図中に青破線で示す残留水圧が計算されるが、弾性係数が大きい排水効果は計算結果に影響しないと考えられる。

図-5 は、図-4の弾性圧密解析結果（黒実線）に、修正カムクレイによる弾塑性圧密解析結果（赤破線）を加えたものである。

弾塑性解析に必要な載荷試験前の地盤内初期応力は、試験深度の土被り圧と静止土圧係数 $K_0 = 0.5$ と仮定して、図-3の全要素を同一とした。弾塑性解析では、降伏応力として標準圧密試験の p_c を用いているが、孔内水平載荷試験で得られた p_y 付近から変形が増加している。しかし、実測値との差が大きいので、透水係数を100倍して計算したのが図中の赤実線である。透水係数の増加で実測値に近くなることから、関東ロームの孔内水平載荷試験では、圧密に伴う排水効果が試験結果に影響している可能性が考えられる。

4. むすび

2分という載荷時間間隔で行われる孔内水平載荷試験結果では、粘性土の圧密に伴う体積変化の影響が含まれていないかを弾塑性有限要素圧密解析で検討した。載荷圧が降伏応力より大きくなると変形が増大し、圧密に伴う排水効果が試験結果に影響している可能性を確認した。載荷速度を変化させた孔内載荷試験結果と、杭の水平変位と周辺粘性土の体積変化の関係が今後の検討課題である。

参考文献

- 1) 土質工学会；土質調査法，9章載荷試験，pp.360-370,1972.

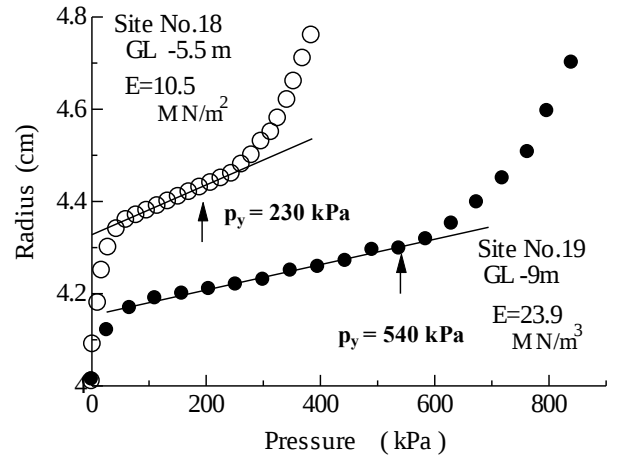


図-2 孔内水平載荷試験の結果

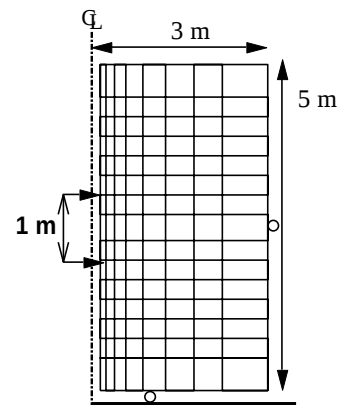


図-3 FE 解析に使用した要素図

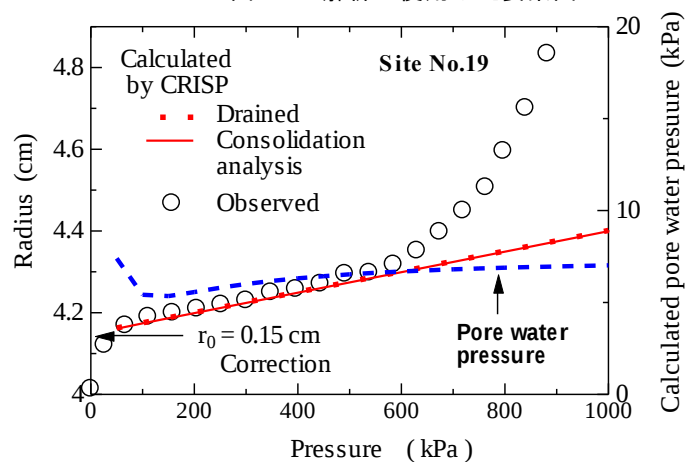


図-4 FE 解析の結果（弾性解析）

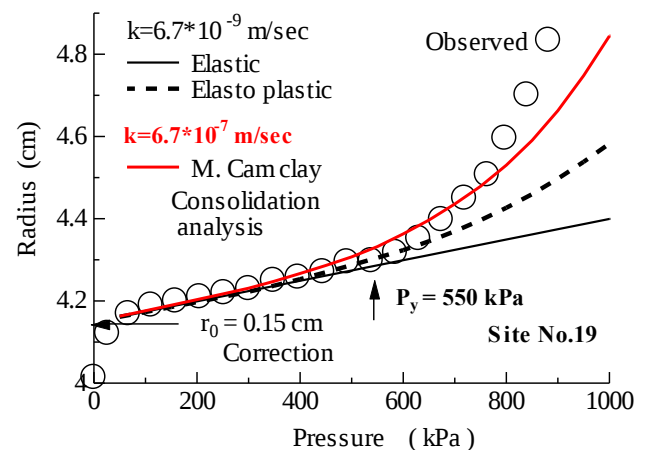


図-5 FE 解析の結果（弾塑性解析；修正カムクレイ）