

東海大学大学院 学生員 ○岩田 尚親

(株)オオパ 正会員 山田 道夫

東海大学工学部 正会員 杉山 太宏・赤石 勝

1. まえがき

孔内水平載荷試験の載荷時間間隔は、砂質土、粘性土地盤によらず1分とされている¹⁾。したがって、砂質土地盤では排水条件、粘性土地盤では非排水条件あるいは部分排水条件の結果を得ていると考えられる。しかし、調査法には結果に対する排水条件の区別が明記されていない¹⁾。軟弱地盤の基礎杭には、土圧や水圧による水平力が長期間作用し思わぬ大変形を生じる場合があるので、設計時には、地盤種別、作用荷重ならびに排水条件に配慮した適切な地盤定数を決定する必要がある²⁾。

著者らは昨年度、粘性土モデル地盤で孔内載荷試験の有限要素解析を行って、圧密と排水条件により変形係数が異なることを指摘し報告した³⁾。本研究では、実際に大学校内の関東ローム層で、載荷時間間隔を変化させたプレボーリング形式の孔内載荷試験(LLT)と孔内クリープ試験²⁾を行い、変形係数や降伏応力に及ぼす影響を調べた。LLTでは載荷中の間隙水圧が測定できないので、土槽に設置した模型杭を水平移動させ過剰間隙水圧を測定して、孔内載荷試験の排水条件と時間効果について検討した。

2. 孔内載荷試験と模型実験

2.1 地盤概要と孔内載荷試験

東海大学校内の新館建設(敷地面積約 600m²)に伴い関東ローム層が 8m 掘削された。事前に行われた 5 本のボーリング調査から G.L.-1.5m まで表土が覆い、G.L.-16m までローム層がほぼ水平に堆積している。G.L.-6m までの N 値は 5～7、それ以降では 15～20 程度を示す。掘削中 G.L.-4.5m からブロック状に採取した不攪乱ロームによる室内土質試験の結果を表-1 に示した。孔内載荷試験は、建設現場から 15m 程離れた地点でハンドオーガー($\phi=8\text{cm}$)により、毎回 G.L.-5.0m まで削孔した孔に LLT を挿入し次の試験を行った。

実験 A: 荷重増分 $\Delta p=0.2\text{kgf/cm}^2$ 、載荷時間間隔 $\Delta t=1, 2, 4, 8, 16$ 分とした孔内載荷試験。

実験 B: 1 分間載荷で得られた降伏応力 p_y を基準に $0.5p_y, 1.0p_y, 1.5p_y$ まで 1 分間載荷した後、圧力を 6 時間保持してクリープ量を測定する孔内クリープ試験²⁾。

2.2 土槽による模型実験

LLT による孔内載荷試験では圧密の有無が確認できないので、図-1 の土槽(内径 22cm、高さ 22cm)を作成し過剰間隙水圧の測定を試みた。土槽内には、予め杭を模した水平方向に可動する半円柱(直径 5cm 高さ 10cm)がセットしてあり、一次元で上下から排水し圧密した試料に水平方向からペロフラムシリンダーを介して載荷する。載荷装置と対峙して 3 本のニードル(直径 3mm、長さ 16cm)に繋いだ圧力計で間隙水圧が測定可能である。実験は、液性限界以上の含水比で練り返したロームを土槽に詰め、 $p_v=0.4\text{kgf/cm}^2$ で 10 日間圧密した後、ニードルを注意深く挿入して 1 日間放置した。上下の排水弁を閉じ非排水にした後、載荷速度 1mm/min で 1cm 模型杭を移動させて、載荷直後から 24 時間間隙水圧の経時変化を測定した。また、試験終了後土槽内 5 カ所の含水比を測定した。

表-1 乱さない関東ローム室内試験結果

G _s	ω _n (%)	Sr (%)	ω _L (%)	ω _P (%)	粒 度 (%)		
					砂	シルト	粘土
2.797	110.9	83.1	122.2	70.4	25	41	34
q _u (kgf/cm ²)	三軸 UU 試験			圧密試験			
	c _u (kgf/cm ²)	φ _u		p _c (kgf/cm ²)	Cc		
1.91	0.52	24.2		4.65	1.53		

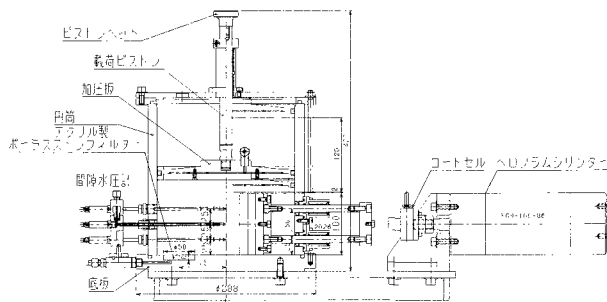


図-1 模型土槽の断面図

Key word: 孔内水平載荷試験、関東ローム、変形係数、時間効果、粘性土、排水条件

連絡先: 〒259-1207 平塚市北金目 1117 東海大学土木工学科 TEL 0463-58-1211 FAX 0463-50-2045

3. 実験結果および考察

図-2(a),(b)は、載荷時間間隔を変えた実験Aの圧力 p と半径変位量 r およびクリープ量 Δr の関係を示している。なおクリープ量は各載荷時間と30秒の変位量 Δr とした。黒丸で示した標準の1分載荷に較べて、載荷時間間隔の増加は、降伏圧力 p_y を減少させ、降伏圧力以降のクリープ量を増加させることがわかる。

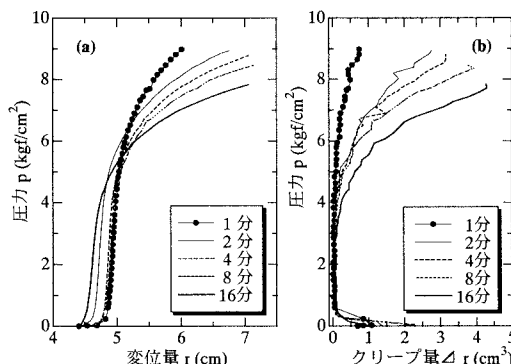


図-2 実験Aの測定結果

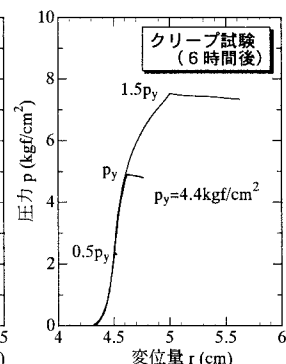


図-3 実験Bの測定結果

図-3は、一定荷重のもとクリープ量を測定した実験Bの p - r 曲線である。クリープ試験は、これまでも孔内載荷試験や実杭による測定例が報告されている^{2), 4)}。しかし、それらは同一孔、杭で段階的に試験を行ったものが多く、特に粘性土地盤では前載荷段階の影響が無視できないと考えられる。そこで本試験では、全て新規に削孔した孔を使用した。図から孔によらずクリープ荷重までの曲線は一致し、6時間のクリープ量は載荷圧力に比例して増加することが明らかである。2つの実験から得られた静止土圧 p_0 、降伏圧力 p_y 、 K_m 値、変形係数 E をまとめて表-2に示した。変形係数の計算には付記したように関東ロームの飽和度が86%と高くないので、ポアソン比 $\nu=0.33$ と仮定した。

表-2 試験結果一覧

	p_0 (kgf/cm²)	p_y (kgf/cm²)	測定 K_m 値	E^* (kgf/cm²)
実験A	1分	0.60	4.44	26.9
	2分	0.63	4.37	23.6
	4分	0.56	4.12	27.9
	8分	0.62	4.06	21.1
	16分	0.65	3.72	18.7
実験B	p_y 以下無			27.6
	$0.5 \times p_y$	0.63	4.37	18.7, 18.1
	$1.0 \times p_y$			15.2, 14.2
	$1.5 \times p_y$			6.3, 5.8
				164.7
				111.6, 108.0
				92.1, 86.7
				41.9, 38.4

※ $E=(1+\nu)rmK_m$, $\nu=0.33$ とした。
実験Bの K_m , E は3時間後(前)と6時間後(後)の値

実験Aの結果から、載荷時間は p_0 に影響しないようであるが、 p_y と K_m 値は4分を例外として減少し、16分載荷ではそれぞれ4/5と2/3程度まで減少する。これに伴って変形係数 E も見かけ上小さくなる。実験Bの K_m 値は、3時間後と6時間後の点と p_0 点とを結んだ見かけの値である。中川らは、関東ローム層(N 値=5)で圧力を $0.36 p_y$ から $1.54 p_y$ まで段階的に載荷した3時間クリープ後の K_m 値は、圧力によらず非クリープ試験よりも5~7割低下したと報告している²⁾。本実験では、圧力の増加とともに K_m 値は著しく減少して、 $1.5p_y$ では1/4となった。これは載荷方法の違いが原因と考えられる。

粘性土の時間効果による K_m 値の変化には、少なからず圧密が影響しているはずである。しかし、LLT では間隙水圧を評価できないので、土槽模型による間隙水圧の測定を行った。LLT と模型杭の載荷方式は異なるが⁵⁾、図-4のように間隙水圧は変位の増加とともに増加し、その消散には20分以上かかっている。また、試験後の含水比は土槽内で異なっていた。同一深度で採取した関東ロームの三軸試験結果(試験の詳細は別報⁵⁾)でも水圧の発生と消散が確認されたことを勘案すると、長期載荷による地盤 K_m 値には、圧密が大きく影響するものと推察される。

4. あとがき

一般に、水平荷重を受ける粘性土地盤の長期載荷試験では、その変形をクリープ特性として検討されている。本研究では圧密の影響が大きい可能性を指摘した。今後は飽和粘土で同様の試験を行う予定である。

参考文献 1)地盤工学会(1995):地盤調査法,第9章. 2)中川他(1983):ボーリング孔内クリープ試験と地盤 K 値への適用,土と基礎,Vol.31, No.8, pp.17-23. 3)岩田他(1999):孔内載荷試験の排水条件に関する一考察,第26回土木学会関東支部, pp.574-575. 4)例えば矢作他(1979):クリープを考えた杭の横方向 K 値,土と基礎,Vol.27, No.3, pp.19-26. 5)鶴崎,岩田他(投稿中):側圧増加三軸圧縮試験による関東ロームのせん断特性,第27回土木学会関東支部技術研究発表会.

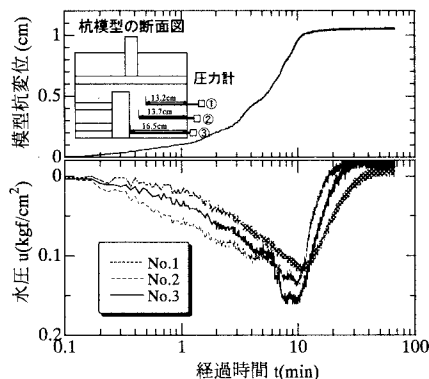


図-4 土槽模型実験による杭変位と間隙水圧の経時変化