

上負荷面カムクレイモデルを用いた高層ビル建設地盤の変形解析

（株）浅沼組 正会員 高稲敏浩
 名古屋大学 正会員 野田利弘・浅岡顕

1. はじめに

図1のような土性分布を示す地盤に、載荷重 534kN/m² の高層ビル建設が計画されている。ビル建設予定地は都市部にあり、建設に伴う周辺地盤への影響が懸念されるだけでなく、荷重レベルが設計基礎杭（GL-46m）の杭先端部分の洪積粘土の「圧密降伏応力」にほぼ等しいため、2次圧密も心配される。本報告では、土の「構造」とその劣化に伴う2次圧密が表現可能な、上負荷面¹⁾と下負荷面²⁾を有するカムクレイモデルを用いた水～土連成解析³⁾を通じて、当該沈下の検討事例を述べる。

2. 計算方法

図2に計算で用いた有限要素メッシュ図、地層区分等を示す。計算は施工手順に概ね沿って行き、幅 18.7m、深さ 13m を1年で掘削、46m の杭を打設後1年7ヶ月で 534kN/m² を載荷して放置した（後述の図7も参照）。土の構成式は、粘性土に上・下負荷面カムクレイモデルを用いた。砂質土は同一の構成式で記述できるが、得られる情報がN値のみであり、この値が60を越えていたため、今回は簡単のため、透水性を考慮した弾性体とした。初期の応力や間隙比などは深さ方向に分布するが、過圧密比や「構造」の大きさは同一層内では均一であるとした。なお、基礎杭は、群杭とみなし、掘削後この領域を非透水性の弾性体で瞬時に置換した。

2.1 粘性土の材料定数の決定方法

今回入手可能な土質試験結果は標準圧密試験であったため、粘性土の材料定数と初期状態は、標準圧密試験結果とその水～土連成計算から決定している。以下にその方法を簡単に述べる。膨潤指数 $\tilde{\kappa}$ は、圧密試験途中で試料採取位置における有効土被り圧付近の応力で除荷したときの膨潤線から求める。圧縮指数 $\tilde{\lambda}$ は、標準圧密試験終了時には

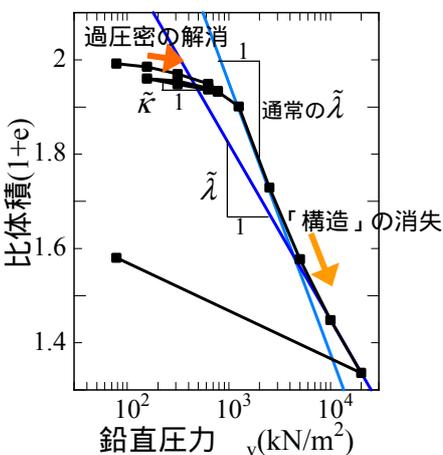


図3 材料定数の決定

「構造」が十分に低位化した状態にあるとして、終了側の2つの荷重点を結び正規圧密線として決定する（図3参照）。そして、図4の有限要素メッシュを用いて標準圧密試験をシミュレートし、結果に合うように過圧密解消の程度を与える正規圧密度化係数 m 、「構造」消失の程度を決める構造劣化指数 m^* を決める。このようにして決定した材料定数と初期状態を表1に示す。図5には最下層の計算例を示す。砂質土については、弾性係数はN値から決めた。なお、本報告では、粘性土の構成式にオリジナルカムクレイと下負荷面カムクレイを用いた場合との比較計算も行っているが、それらの材料定数も表1の各層の下段、中段に示した。

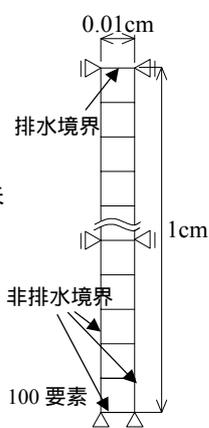


図4 境界条件

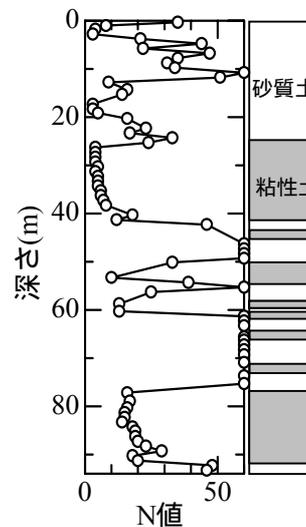


図1 柱状図

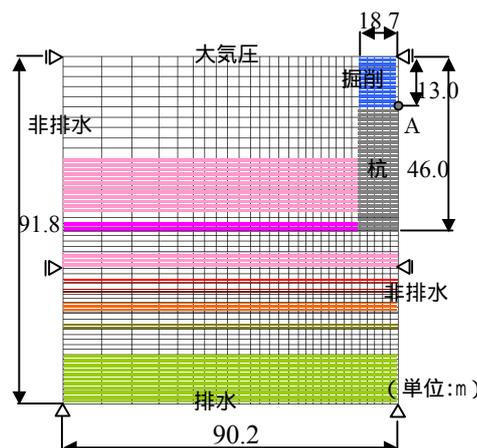


図2 有限要素メッシュ(平面ひずみ条件)

キーワード：有限要素法、2次圧密、構造、過圧密

連絡先：(株)浅沼組技術研究所 高槻市大塚町3-24-1 TEL.0726-61-1620, FAX.0726-61-1730

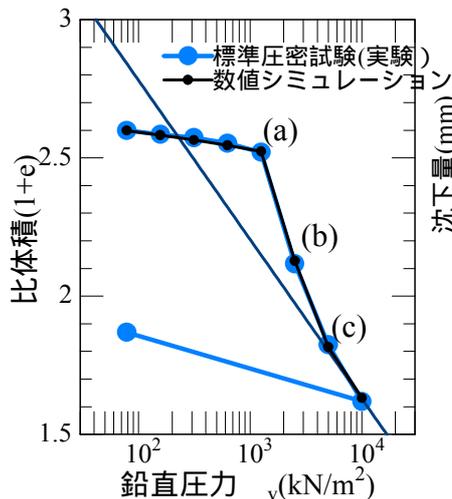


図5 標準圧密試験の計算例（層）

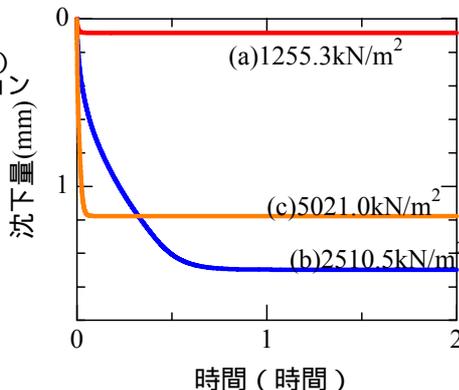


図6 沈下量～時間関係

2.2 最下層地盤の「2次圧密」

図5と図6は最下層粘土の標準圧密試験結果で、図6は図5中の点(a),(b),(c)で載荷時の沈下～時間関係を示す。(a),(c)は、載荷後数分で収束するが、(b)は50分近く沈下が続く。これは塑性圧縮を伴う軟化がおき、間隙水圧の湧き出しが生じるため、室内試験では「2次圧密」が起きていることを示す。つまり、

図5の層は、圧密降伏応力 1255kN/m² で、試料採取位置の有効土被り圧約 720k kN/m² に 534kN/m² が載荷されると、「圧密降伏応力」にほぼ等しく、「2次圧密」の可能性が考えられた。

3. 計算結果

図7に掘削面（図2点A）の地盤沈下量を示す。上・下負荷面と下負荷面²⁾だけの両モデルによる計算は同様な結果となるが、上・下負荷面モデルの計算でも室内で起きたような2次圧密（図6）は原地盤で生じなかった。これは、上載荷重が多次元的に分散したためでもあるが、原地盤では除荷を受けたサンプリング試料ほど過圧密でなく、元々2次圧密が生じにくい⁴⁾でもある。

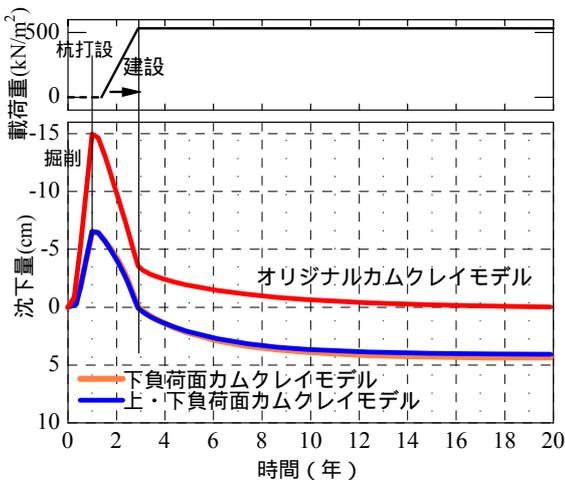


図7 沈下量～時間関係

過圧密状態からの載荷、再除荷を考えると従来からの古典的な弾塑性計算では、過圧密状態で生じる塑性挙動も含めて「弾性」

として膨潤指数で表し、除荷時のリバウンド量を過大評価する。このためリバウンド量の算定には載荷時とは異なる別の「低減」パラメータを設けることがある。しかし、下負荷面²⁾を用いる場合、膨潤指数は弾性挙動のみを表すので、別立てのパラメータを用いることなく、リバウンド量が小さくなる。

4. おわりに

「2次圧密」が考慮できる上負荷面カムクレイモデルを用いた水～土連成解析より、大荷重が作用するビル建設に伴う沈下を検討した。今回の検討事例では、室内（計算）で「2次圧密」が懸念されたものの、地盤では生じないことが分かった。

表1 材料定数

層番号	圧縮指数 λ	膨潤指数 κ	P=98.1 kPa 時の比体積			境界状態定数 M	初期過圧密比 O.C.R	正規圧密度変化係数 m	初期構造 1/R*	構造劣化指数 m*	ポアソン比 ν	透水係数 k(m/sec)	土粒子の密度 ρs (t/m ³)	弾性係数 E' (kN/m ²)	湿潤密度 γt (kN/m ³)
			N	M	N										
①	0.250	0.0270	2.785	1.50	3.6	10.0	11.5	2.4	0.3	1.8 × 10 ⁻¹⁰	2.704				
	0.585	0.0270	4.000												
	0.585	0.0515	4.000												
②	0.135	0.0043	2.027	1.50	4.1	6.0	1.0	-	0.3	1.3 × 10 ⁻¹⁰	2.663				
		0.0043													
		0.0361													
③	0.138	0.0144	2.032	1.40	1.8	4.0	1.0	-	0.3	1.7 × 10 ⁻¹⁰	2.642				
		0.0144													
		0.0292													
④	0.162	0.0101	2.192	1.40	2.6	4.0	3.0	0.8	0.3	3.0 × 10 ⁻¹⁰	2.630				
		0.0101													
		0.0440													
⑤	0.149	0.0188	2.162	1.40	2.1	2.5	2.47	0.8	0.3	2.8 × 10 ⁻¹⁰	2.684				
		0.0188													
		0.0370													
⑥	0.227	0.0072	2.503	1.50	1.7	6.0	2.78	0.8	0.3	3.3 × 10 ⁻¹⁰	2.624				
		0.0072													
		0.0500													
⑦	0.117	0.0027	2.003	1.60	5.9	4.0	1.0	-	0.3	2.1 × 10 ⁻¹⁰	2.720				
		0.0027													
		0.0100													
⑧	0.227	0.0072	2.503	1.50	2.8	6.0	2.78	0.8	0.3	4.8 × 10 ⁻¹⁰	2.624				
		0.0072													
		0.0500													
⑨										0.4	1.0 × 10 ⁻⁴	30000.0	18.0		
⑩										0.4	1.0 × 10 ⁻²	180000.0	19.0		

参考文献 1) Asaoka, A. et al.: Superloading yield surface concept..., S&F, 40(2), 2000. 2) Hashiguchi, K.: Subloading surface model in unconventional plasticity, Int.J.Solids Structus, Vol.25, No.8, 1989. 3) Asaoka, A. et al.: Delayed compression/consolidation of natural clay..., S&F, 40(6), 2000. 4) 浅岡ら：粘土の構造_過圧密が2次圧密特性に及ぼす影響に関する計算力学的考察，第37回地盤工学研究発表会, 2002.