

Ⅲ-135

沈降過程を考慮した自重圧密問題の逆解析に関する一検討

（株）阪神コンサルタンツ 正 酒井 信介
徳島大学工学部 正 山上 拓男

1. はじめに 沈降過程を考慮した自重圧密問題を解くためには、あらかじめ間隙比(e)と有効応力(σ')及び、間隙比(e)と透水係数(k)の関係を明らかにしていなければならない。ところがこれらの圧密特性を得るのは、非常に煩雑な試験を必要とするためそれほど容易なことではない。そこで著者らは、 $e-\sigma'$; $e-k$ 関係をべき乗関数で表し得ると仮定したうえで、室内の小規模な自重圧密実験結果を逆解析し、それらのパラメータを同定する方法を提案した¹⁾。ここでは、先に提案した逆解析法の妥当性を検討するために、カオリン粘土を用いた自重圧密実験結果の逆解析を試みた。

2. 圧密特性 小林ら²⁾によると、 $e-k$ 関係は沈降過程と自重圧密過程で異なる分布となることが指摘されている。そこで、この現象を考慮すべく $e-k$ 関係を次式のように表す。

$$e = A_s k^{B_s} \quad (e > e_m) \quad (1), \quad e = A_c k^{B_c} \quad (e \leq e_m) \quad (2)$$

ここに、 A_s 、 B_s 、 A_c 、 B_c はパラメータ、 e_m は沈降過程と自重圧密過程の境界を表す間隙比。

一方沈降過程では $\sigma' = 0$ となることから、 $e-\sigma'$ 関係は自重圧密過程のみで必要となる。今井³⁾によると、一般の海成粘土の場合 $e-\sigma'$ 関係は、同一の粘土でも低応力域で初期状態に依存し異なる傾きを持つ分布となり、そしてそれらの分布が有効応力の増加に従って一本の曲線に収束することが示されている。同時に彼は、カオリン粘土のような不活性な粘土では、 $e-\sigma'$ 関係が初期状態とは関係なく一本の曲線分布になることを示している。本報告では、自重圧密実験の試料としてカオリン粘土を用いることから、 $e-\sigma'$ 関係を以下に示す一本の曲線で定義する。

$$e = C_c \sigma'^{D_c} \quad (3)$$

ここに、 C_c 、 D_c はパラメータ。上記のように、 $e-\sigma'$; $e-k$ 関係を表すパラメータは C_c 、 D_c 、 A_c 、 B_c 、 A_s 、 B_s 及び e_m の7つである。ここでは、これら7つのパラメータ全てを逆解析により同定する。なお、逆解析方法の説明に関しては文献1)を参照されたい。

3. 自重圧密実験結果 ここで行う小規模な自重圧密実験は、高さ105cm・内径9.9cmの透明なアクリル製パイプにアルミ製の底蓋を付けた装置と、高さ40cm・内径6.5cmのメスシリンドラを用いた装置に、諸定の含水状態に調整した試料を投入し、その層厚変化を測定するものである。試料としてカオリン粘土を用いた。

表-1 物理特性

Gs	Ip	シルト分	粘土分	最大粒径
2.593	54.9%	30.2%	69.8%	0.09mm

表-1にカオリン粘土の物理特性を示す。実験は、この試料を初期含水比 $W_0=1000\%$ 、 3000% 及び 5000% に調整して行った。なおこれらの初期状態では、沈下の初期段階で沈降現象が生じることを予備実験で確認している。結果の一例として、図-1にメスシリンドラを使った実験で得られた層厚の経時変化を示す。

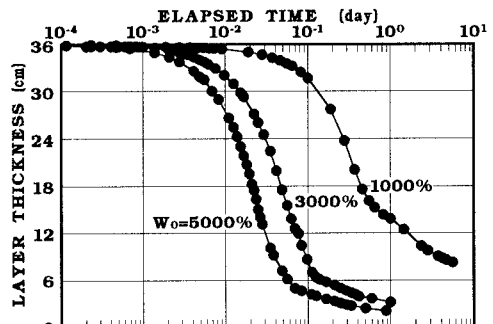


図-1 層厚の経時変化(メスシリンドラ)

4. 解析結果 メスシリンドラによる実験の全てに対して、逆解析を試みた。結果を一括して表-2に示す。これらのパラメータで規定される $e-\sigma'$; $e-k$ 関係の中で、初期含水比 $W_0=5000\%$ の場合の関係を図-2に示した。図中の点線はパラメータの初期値で表される分布を、実線は逆解析値のそれをプロットしたものである。またこれら逆解析された $e-\sigma'$; $e-k$ 関係にもとづいて順解析を行い、得られた層厚の経時変化を実測値と共に図-3に示した。

両者はたいへんよく一致している。この傾向は、 $W_0=1000\%$ 及び 3000% の場合においても同様であった。

次に、メスシリンダーによる実験結果の逆解析で求められた $e-\sigma'$; $e-k$ 関係にもとづいて、アクリルパイプの実験で得られた層厚変化の予測を行った。図-4は予測解析の結果求めた層厚の経時変化を実測値と共に表したものである。

表-2 逆解析結果

$W_0(\%)$	パラメータ	Cc	Dc	Ac	Bc	As	Bs	em	U
1000	初期値	2.5	-0.1	20.0	0.2	10.0	0.25	10.0	
	逆解析値	2.09	-0.17	16.16	0.27	11.73	0.35	10.97	0.0003
3000	初期値	5.0	-0.1	20.0	0.2	10.0	0.25	10.0	
	逆解析値	4.27	-0.07	24.18	0.39	11.93	0.35	8.37	0.0005
5000	初期値	5.0	-0.1	20.0	0.2	15.0	0.25	10.0	
	逆解析値	2.85	-0.15	17.00	0.26	10.91	0.37	14.47	0.0003

単位: σ' (tf/m²), k(m/day)

る。図に示すように、 $W_0=5000\%$ の場合層厚変化の予測値と実測値が、圧密の初期段階では一致しているものの後半において若干異なる推移となった。これに対し、 $W_0=1000\%$ と 3000% では層厚の変化が圧密の全過程において一致する結果が得られた。一方最終沈下量は、表-3に示すようにいずれの初期状態とも実測値とほぼ同じ値が予測された。メスシリンダーの実験とアクリルパイプのそれとは、装置の大きさの違いから対象とする応力レベルが異なる。今の場合、メスシリンダーではアクリルパイプに比べかなり低い応力レベルしか対象となっていない。にもかかわらず、メスシリンダーを使った実験結果を逆解析して得られた $e-\sigma'$; $e-k$ 関係は、アクリルパイプの実験結果を予測することが可能であった。これはすなわち、室内の小規模な自重圧密実験結果の逆解析で得られる $e-\sigma'$; $e-k$ 関係が、浚渫土による埋立て工事等の実規模の自重圧密問題の解析に適用可能なことを示唆するものである。

表-3 最終沈下量

初期含水比 W_0	1000%	3000%	5000%
予測値(cm)	79.9	91.0	93.8
実験値(cm)	78.5	91.9	95.0

5. まとめ 沈降過程を考慮した自重圧密解析に必要な $e-\sigma'$; $e-k$ 関係を式(1)、(2)及び(3)に示すべき乗関数で表し、カオリン粘土を用いた自重圧密実験結果に対して、これらの式を構成する7つのパラメータの同定を試みた。その結果、妥当なパラメータを同定することができた。これより本手法によれば小規模な自重圧密実験のみで $e-\sigma'$; $e-k$ 関係を求める得る可能性が開かれた。今後、種々の条件のもとでの実績を積み重ねていく予定である。

【参考文献】 1)山上・酒井:沈降過程を考慮した自重圧密問題の逆解析, 第30回土質工学研究発表会(1995年)発表予定。

2)小林・山川・小川:沈降過程を考慮した超軟弱粘土の自重圧密解析, 港湾技研資料, No. 680, pp. 1~21, 1990。

3)Imai, G.: Experimental studies on sedimentation mechanism and sediment formation of claymaterials, Soils and Foundations, Vol. 21, No. 1, pp. 7~20, 1981。

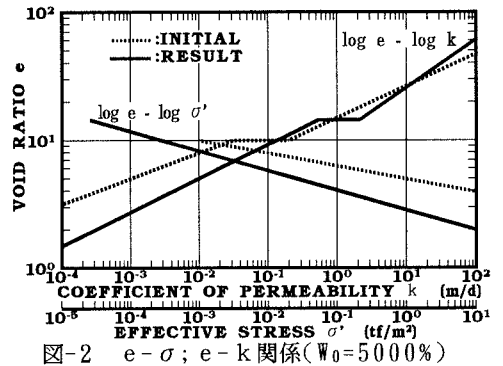


図-2 $e-\sigma$; $e-k$ 関係($W_0=5000\%$)

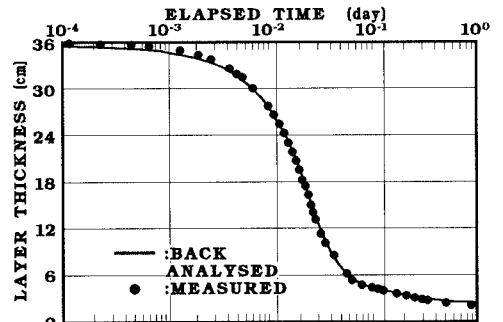


図-3 層厚の経時変化($W_0=5000\%$)

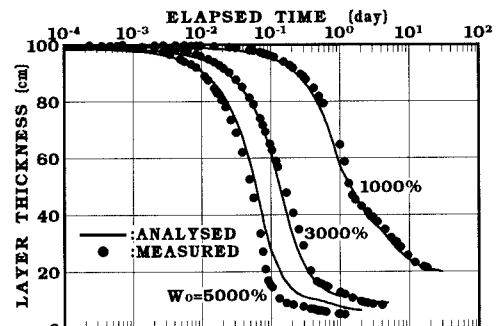


図-4 層厚の経時変化