

(Ⅲ-22) 粘土の多層沈降実験とその数値シミュレーション

日建設計中瀬土質研究所 正 伊藤祐仙 片桐雅明
 横浜国立大学工学部 学 早川光一

1. はじめに

泥水状の粘土が埋立地に投入されると、土粒子は水中を沈降し、既存の堆積物上に堆積する。この挙動が連続して行われる場合には、堆積物は時間の経過とともに層厚が増し、堆積物自身の重さより圧密が進行していく。山内ら(1990)は横浜国立大学・土質研究グループが開発した圧密計算手法「CONAN」のクリープを無視した解析プログラムを用いて、砂分をほとんど含まない粘土の自重圧密挙動(多層沈降実験)の解析を行い、簡易の圧密定数の推定方法を確認した。ここで、多層沈降実験はある一定量の泥水を一日毎に投入して、その堆積面と時間の関係を探り、自重圧密終了後にその堆積物の含水比分布を実測するものである。しかし、この実験は投入時・放置時を含めて1ヶ月程度の期間が必要となる。そこで、実験期間の短縮を目的に投入間隔を変えた多層沈降実験を行ったので、その実験結果と数値シミュレーション結果を報告する。

2. 試料と実験方法

実験に供した試料は、川崎粘土($\rho_s=2.704\text{g/cm}^3$, $w_L=52.8\%$, $w_P=29.0\%$, $I_P=23.8$, 砂分含有率 18.8%)であり、低塑性粘土に分類される。また人工海水($\rho_f=1.023\text{g/cm}^3$)を加えて所定の初期濃度に調整した。この泥水の含水比は、すべて塩分補正した。

多層沈降実験は、直径 6.5cm・高さ 42cm の円筒パイプ(1ℓメスシリンダ)を用いた。泥水は初期含水比が約 1200%になるように調整し、海面埋立を模倣して、予めパイプ内に海水を入れた状態に投入した(投入時の平均含水比は約 2500%)。2投目以降では、すでに堆積している層を乱さないように、有孔板を用いて投入した。行った実験シリーズは表-1 のとおりである。

3. 解析プログラムの構築と検定

Imai(1989)が提案した解析手法を参照して、新たに解析プログラムを構築した。このプログラムの信頼性を確かめるために、山内ら(1990)が行った東京湾粘土の多層沈降実験結果を彼らが用いた定数を用いてシミュレートした。その結果を図-1 に示す。計算結果と計測値がよく一致しており、構築した解析プログラムは高い信頼性を有することが確認された。

4. 多層沈降実験の結果

図-2 に泥面高さの経時変化を示す。両シリーズの突出部は投入時の沈降過程を示し、その後自重圧密過程

表-1 実験シリーズ

シリーズ	投入間隔および回数		投入土量	
	時間 (hours)	回数 (回)	実質土量 (g)	実質高さ (cm)
1	1.5	3	31.2	0.337
2	24		31.4	0.343

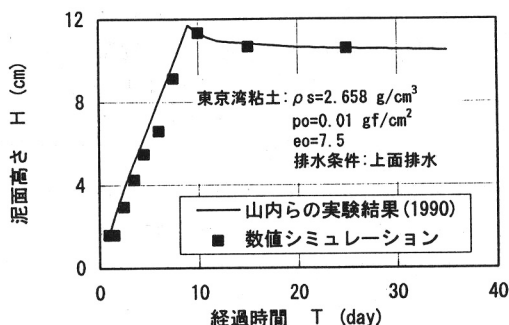


図-1 解析プログラム検定のための計算結果

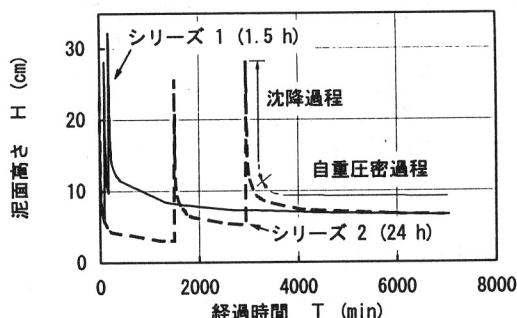


図-2 泥面の経時変化



写真-1 各シリーズの堆積状況

に推移していることがわかる。自重圧密過程初期において、投入間隔の短いシリーズ1は、シリーズ2よりもがやや上部に位置するが、ほぼ同様の沈下挙動を呈している。しかし、写真-1に示すように、シリーズ1では投入泥水内に含まれている砂粒子が堆積層に貫入した。一方、シリーズ2では砂粒子が分級堆積し明瞭な層境界をなした(写真中<印)。これは堆積層表層の強度が放置時間に依存していることを表わしており、今後埋立表層の強度推定等の検討に関わる重要な問題と考えられる。

5. 自重圧密過程の数値シミュレーション

数値シミュレーションには実験に使用した川崎粘土の圧密定数が必要となる。今回の検討では、実験結果に基づき図-3に示す2つの解析条件についてシミュレーションを行った。この図に示される実験結果は、液性限界の2倍程度の含水比で練り混ぜた試料の標準圧密試験(SCT)、および別途行った多層沈降実験(MST)から得られたものである。MSTの体積比 $f \sim$ 圧密応力 p の関係は、堆積した含水比分布から体積比 f と圧密圧力 p の関係を推定した。図-3(a)に示すように、MSTから得られる $f \sim p$ 関係は、SCTのそれより応力依存性が大きく、低応力下で高い体積比を示すことがわかる。

図-4にシミュレーション結果を示す。標準圧密試験の圧密定数を用いた解析結果は、全体的に泥面高さが低く、実験結果をシミュレートできていない。一方、沈降堆積した試料の含水比分布より得られた $f \sim p$ 関係を用いた解析では、泥面の沈下挙動と同じ傾向を示している。山内ら(1990)は、この違いを圧密定数の違いであると考え、MSTの $f \sim p$ 関係を用いて実験値に一致するよう低応力下での $c_v \sim p$ 関係を類推した。この手法により、砂分を含む低塑性粘土においても低応力下における $c_v \sim p$ 関係も類推できるものと考えられる。

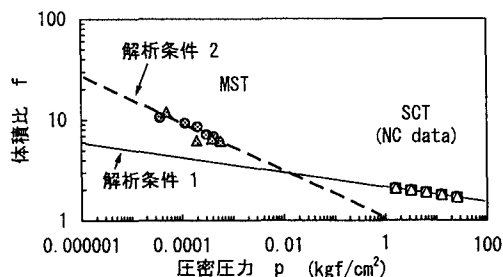
6. まとめ

砂分を多く含んだ低塑性粘土の多層沈降実験とその数値シミュレーションを行い、以下の知見を得た。

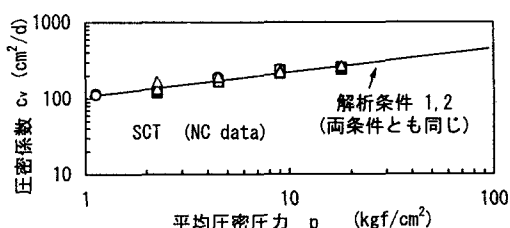
1. 投入間隔をある程度短くしても、全体的な自重圧密挙動にはほとんど影響しない。しかし、堆積表層の強度は放置時間に依存するようである。
2. 自重圧密過程の数値シミュレーションは、使用する土質定数に大きく影響され、圧密定数をいかに求めるか問題となる。多層沈降実験はその簡便手法のひとつである。

《参考文献》

- 1) 山内ら(1990)：沈降堆積土の泥面変化解析と圧密係数，第25回土質工学研究発表会，pp359-362
- 2) Imai G. (1989)：A unified theory of one-dimensional consolidation with creep. Proc. 12th ICSMFE, 1, 57-60.

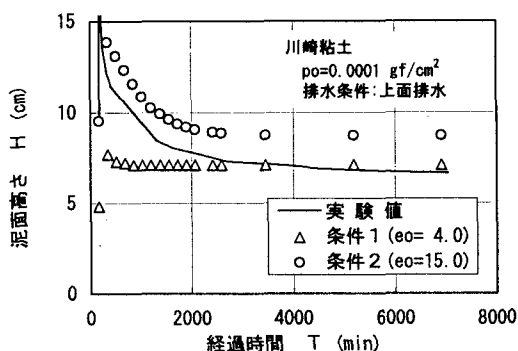


(a) $\log f \sim \log p$ 関係

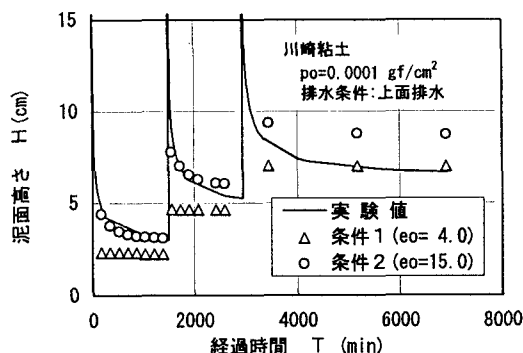


(b) $\log c_v \sim \log p$ 関係

図-3 解析に用いた圧密定数



(a) 投入間隔 1.5 時間



(b) 投入間隔 24 時間

図-4 各投入時間における計算結果