

## フローティング式深層混合処理工法の沈下挙動に関する遠心実験

独立行政法人土木研究所 正会員 ○井谷 雅司 正会員 大下 武志  
 同上 正会員 浜口 武 正会員 堤 祥一

### 1. はじめに

近年、土地利用上の制約から地盤条件の悪い場所での建設工事が増加してきており、軟弱な地盤上に構造物を構築する事例が増えてきている。構造物基礎として、フローティング式の深層混合処理工法は、コストを低減できる工法として注目されているが、改良効果や沈下量については解明されていない。そこで、遠心模型実験および数値解析により、その改良効果を調べるとともに、一次元圧密理論による理論解との比較検証を行った。

### 2. 実験概要

実験土槽および载荷の概要を図-1に示す。土槽の寸法は長さ80cm×幅20cm×高さ30cmであり、土槽側面の摩擦を低減するために、土槽内壁にはグリスを塗付したフィルムを張った。実験地盤には、含水比90%に調整した、カオリン粘土を使用した。物性値を表-1に示す。土槽にカオリン粘土を投入後、粘土内の気泡を除去し、真鍮棒により地盤表面に遠心場での圧密荷重18kN/m<sup>2</sup>をかけ、遠心加速度70Gにて、圧密完了まで（24時間）放置した。

改良柱体には、真鍮パイプ（Φ15mm）に石膏を流し込んだものを使用した。圧密完了後の地盤を乱さないように、真鍮パイプを所定の位置まで挿入し、パイプ中のカオリン粘土を除去した後、パイプ内に石膏を流し込んだ。

その後、真鍮パイプを地盤に馴染ませるために、再度、真鍮棒により18kN/m<sup>2</sup>の上載荷重をかけ、沈下が完了するまで遠心圧密（70G）を行い、実験模型を作製した。模型地盤完了後、70kN/m<sup>2</sup>の上載圧を与えるために、载荷箱を所定の位置に設置し、遠心加速度70G場で沈下量の計測を行った。実験ケースは、改良率および改良深さを変化させた5ケース実施した。表-2に実験ケースを示す。また、図-2に改良柱体配置パターンを示す。

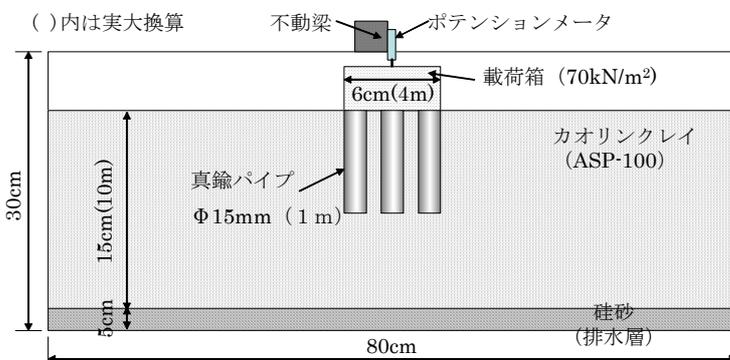


図-1 実験概要図

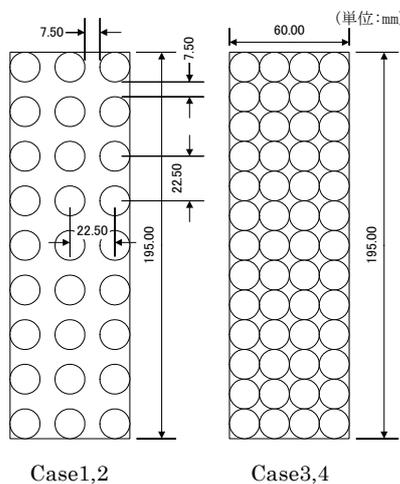


図-2 改良パターン

表-1 カオリン粘土の物性値

名称	記号	数値
圧密指数	C <sub>c</sub>	0.65
ポアソン比	ν	0.32
液性限界	W <sub>c</sub>	81.94 %
塑性限界	W <sub>p</sub>	30.48 %
塑性指数	I <sub>p</sub>	51.46 %
強度増加率	C <sub>u</sub> /P	0.23
土粒子の密度	ρ <sub>s</sub>	2.639 g/cm <sup>3</sup>
湿潤密度	ρ <sub>t</sub>	1.5 g/cm <sup>3</sup>
K <sub>0</sub> 値	K <sub>0</sub>	0.471

表-2 実験ケース

実験No.	改良率 (%)	改良深さ (m)
Case 1	37.8	4
Case 2	37.8	7
Case 3	78.5	4
Case 4	78.5	7
Case 5	無対策	0

キーワード：フローティング、深層混合処理工法、遠心载荷実験、沈下量

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 独立行政法人土木研究所 TEL：029-879-6759

### 3. 実験結果

実験結果を図-3に示す。実験結果はすべて実大換算した値で示す。改良率および改良長が大きくなるほど、沈下量は低減されている。二次元弾粘塑性 FEM 解析により再現した実験結果を破線で示す。解析には、関口・太田モデルを用いた。改良体の三次元的な配置による地盤の移動を考慮するため、改良部の透水係数を調整することにより、二次元 FEM においても、実験結果を再現できることが確認された。

### 4. 慣用法による沈下量の推定法

沈下量の推定の模式図を図-4に示す。基礎の沈下量は、改良地盤内部 (H<sub>1</sub>) の沈下 (S<sub>1</sub>) と改良地盤以下 (H<sub>2</sub>) の沈下 (S<sub>2</sub>) に分けて算出し、その合計値 (S=S<sub>1</sub>+S<sub>2</sub>) を基礎の沈下量とする。

改良地盤内部の沈下は、S<sub>1</sub>の算出には、以下の式-1を用いる。

$$S_1 = \frac{1}{(n-1)a_p + 1} \cdot m_{vo} \cdot H_1 \cdot \sigma \quad (\text{式-1}) \quad *1$$

また、S<sub>2</sub>の算出は、一般的に用いられている慣用法 (式-2) により算出する。

$$S_2 = H_2 \frac{C_c}{1+e_0} \log_{10} \frac{p_0 + \Delta p}{p_0} \quad (\text{式-2}) \quad (\text{慣用法})$$

ここでの、Δpは、上載応力が改良深さの1/3の位置からθ（ここでは30°）の角度を持って地盤に分散するとして算出する。

一般に着定式の場合、応力分担比nは10~20の範囲で設定されるが、フローティング式の場合の応力分担比nは、解明されておらず、適切に設定する必要がある。図-4に FEM 解析結果から得られた各ケースの応力分担比nを示す。载荷直後には大きな値を示すが、各ケースともほぼ同値で安定する。フローティング式の場合の応力分担比nは、5~15程度の値となることが予想される。

FEM で得られた応力分担比nを用いて、上式により沈下量の推定を行った。表-3に実験での沈下量の比較を示す。推定式により、概ねの沈下量を再現することができた。

### 5. 結論と今後の課題

今回の実験により、フローティング式深層混合処理工法での応力分担比nは、定着層に入れた場合よりも若干低く5~15程度となることがわかった。また、改良地盤部分と改良部以下の沈下量を別々に検討することにより、沈下量の推定できることがわかった。しかしながら、この推定式では、改良形式の違いによる沈下量の推定が可能かどうか未解明である。また、改良率が高い場合、沈下量を過大に評価する可能性があるため、今後検討する必要がある。

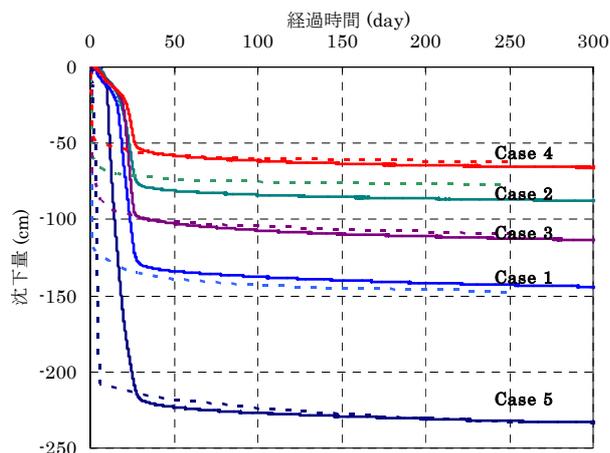


図-3 実験結果と解析結果

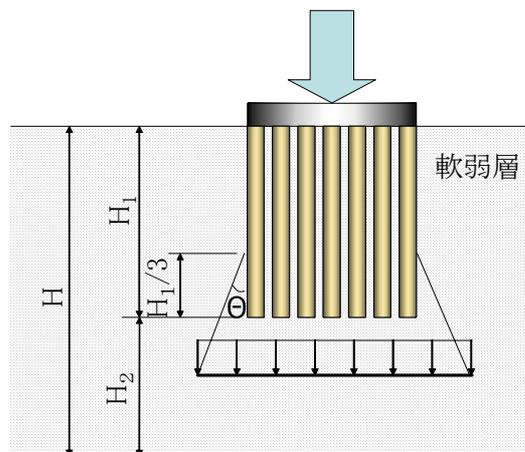


図-4 沈下量推定法模式図

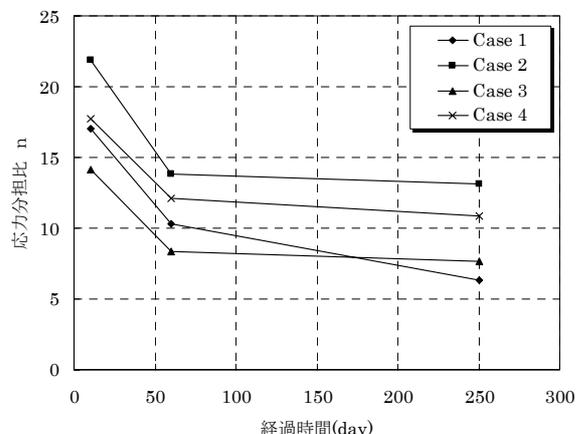


図-5 FEM 解析による応力分担比

表-3 沈下量の比較

ケース No	沈下量 (m)	
	実験値	推定値
Case 1	1.440	1.410
Case 2	0.875	0.861
Case 3	1.130	1.350
Case 4	0.658	0.789

<参考文献> \*1 路上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル 平成11年6月 (財) 土木研究センター