

III-392 深層混合処理工法を用いた複合改良地盤の鉛直応力解析

神戸製鋼所 正員 芦田 恵樹
 京都大学工学部 正員 嘉門 雅史
 建設省土木研究所 正員 塚田 幸広
 神戸製鋼所 正員 児玉 道正

1. はじめに

深層混合処理工法（DJM工法など）を用いて軟弱地盤を杭状に改良する際に、改良率や改良柱体の強度を設定するには改良柱体に生じる鉛直応力を推定する必要がある。現在、杭の設計に用いられている推定式を流用しているが、改良地盤の剛性や柱体の配列の評価方法が明確にされていない。そこで本解析では3次元有限要素モデルを用いた複合地盤の挙動解析を行い、柱体に生じる鉛直応力の深さ方向の分布および改良率や改良柱体強度との関係を把握した。さらにこの解析結果と現状の計算式との比較を行い、現状の計算方法での問題点を検討した。

2. 解析方法と条件

解析は3次元モデルを用いた線形弾性解析により行った。解析モデルは図-1にその一例を示すとおり、対称性を考慮した1/4モデルであり、境界は底面を完全拘束さらに対称2側面をそれぞれ同一面内のみでのスライド拘束とした。また荷重は、高さ7.5mの盛土を想定した15tf/m²の等分布荷重を改良域に鉛直に作用させた。解析に用いた材料定数を表-1に示す。

解析条件は、改良率40.3%で改良柱体変形係数10000tf/m²の場合を基本パターンとして、それぞれ表-2に示すパラメータを組合せて設定した。また軟弱層厚は9mおよび20mの2とおりを検討した。柱体の配列形式は千鳥形としたが、基本パターンについては方列形についても解析を行い、配列の違いによる影響を検討した。各改良率の柱体配列の平面図を図-2に示す。また支持方式はすべて着底方式を想定した。

3. 解析結果

(1) 深さ方向の鉛直応力分布

荷重によって改良柱体に生じる鉛直応力増分 $\Delta\sigma_c$ の深さ方向の分布の一例を図-3に示す。図中に示す破線は現状の計算式による値で、上載荷重 q （ここでは $q=15\text{tf/m}^2$ ）を柱体のみで受けると考えており、また地盤内の応力分散は考慮していない。ここに a は改良率で、 n は変形係数比である。変形係数比とは土の変形係数 E_{soil} に対する柱体の変形係数 E_{col} の比で、 $n=E_{\text{col}}/E_{\text{soil}}$ である。なお鉛直応力増分は荷重範囲内にある全柱体の平均値で示してある。さてこの図をみると、解析値は現状の計算式で考えられているように深さ方向に対して一

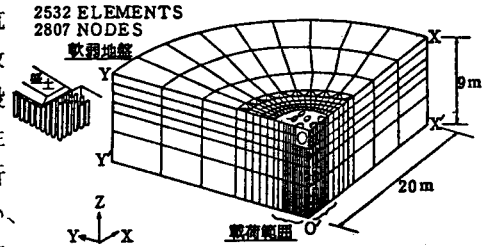


図-1 解析モデル

表-1 材料定数

	変形係数 (tf/m ²)	ポアソン比	単位体積重量 (tf/m ³)
改良柱体	1,000 ~ 10,000	0.2	1.7
軟弱粘土	200	0.4	1.7

表-2 解析条件

軟弱地盤 深さ D (m)	改良柱体 変形係数 E_{col} (tf/m ²)	地盤改良率 a (%)	柱体配列 および 支持形式
9	1,000	22.7	千鳥形
	2,500	40.3	方列形
20	5,000	63.0	着底形式のみ
	10,000	90.7	

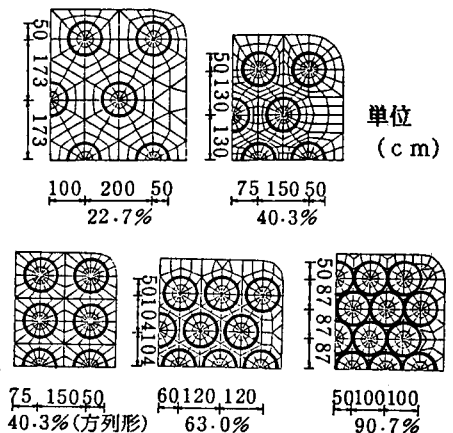


図-2 柱体配列の平面図

様な分布をなしておらず、柱体長の $1/4 \sim 1/3$ 程度の深さにおいて鉛直応力増分の最大値を示していることがわかる。またその最大値は現状の計算式による値よりも大きい。これはひとつに柱体間の土が沈下して柱体を引き込み、柱体に生じる鉛直応力を増大させているためと考えられ、柱体に対する土の摩擦の考慮が必要であることを示唆している。

以上のように今回の解析では、改良柱体に生じる鉛直応力が深さ方向に対して一様ではなく、柱体間の土の影響で現状の計算値をこえる部分が存在し、柱体の強度を検討する際には特にこの部分に対して留意しなければならないことを示す傾向が得られた。今後は柱体と土との境界面について評価し、土が柱体に及ぼす影響の大きさについて検討を加える必要がある。

（2）改良柱体配列の影響

千鳥形および方列形の配列について、各改良柱体の鉛直応力増分を図-4に示す。ここでは軟弱層厚は9mであり、最大値とは各柱体の深さ方向の鉛直応力増分に対するものである。今回は同一の改良率にて比較を行ったものであるが、この図をみると、柱体の配列の違いが鉛直応力に対してほとんど影響しないことがわかる。

（3）改良率および改良柱体変形係数の影響

載荷により改良柱体に生じる鉛直応力増分 $\Delta \sigma_c$ と変形係数比 n の関係および改良率 a との関係それぞれ図-5、6に示す。なお図-5では改良率を一定 ($a=40.3\%$)、図-6では変形係数比を一定 ($n=50$) として整理し、また鉛直応力増分は載荷範囲内にある全柱体の平均値で示してある。これらの図より、鉛直応力に対して変形係数比および改良率が共に影響を及ぼしていることがわかる。また改良率の増大に従って現状の計算式以上の値を示す傾向を、さらに変形係数比の影響については現状の計算式では考慮されていない傾向を示している。このように今回の解析では、柱体に生じる鉛直応力に対して、改良率と共に柱体間の土の変形係数の評価が必要であることが得られた。

4. おわりに

今回、深層混合処理工法による複合改良地盤における柱体の鉛直応力について検討を行った。今後は実施施工データと比較して土質定数の影響、柱体と土との境界面の評価などについて検討を加え、より妥当な設計手法を確立していきたいと考えている。さらに水平方向の荷重をも考慮した複合地盤の挙動解析も進める予定である。

参考文献

嘉門・塚田・児玉・戸田「深層混合処理工法を用いた複合地盤の挙動解析」第22回土質工学研究発表会 1987,6

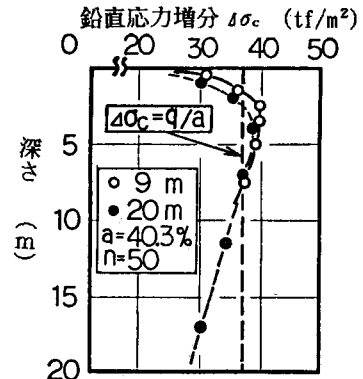


図-3 鉛直応力増分の深さ方向分布

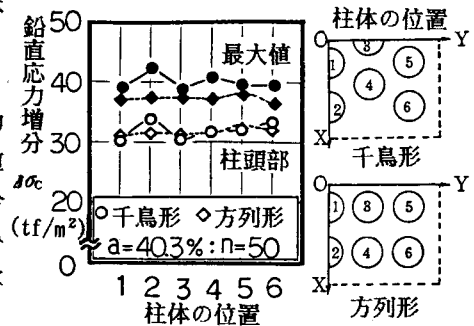


図-4 改良柱体配列の影響

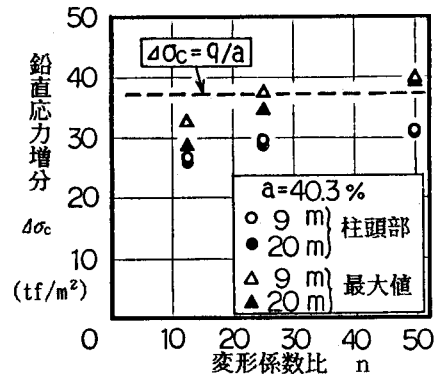


図-5 鉛直応力増分と変形係数比の関係

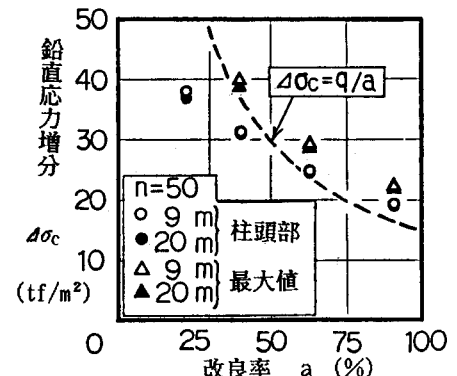


図-6 鉛直応力増分と改良率の関係