

コラム杭の水平抵抗に関する解析的研究

武蔵工業大学 学○姜 相旭
同上 正 末政 直晃 正 片田 敏行

1. はじめに

ここでいうコラム杭とは、比較的低強度のソイルセメント柱体（地盤改良体）に鋼管杭を埋設した複合構造体を指している。地盤改良体が完全に固結する前に鋼管杭を挿入するため、鋼管杭と地盤改良体なじみ良く一体的に挙動するような効果も期待できる。これより、地盤改良体の曲げ補強効果が期待できるため、コラム杭の鉛直・水平抵抗の増加が予想されるが、地盤改良体による効果は十分に検討されていない。

そこで、本研究では地盤改良体を含む鋼管杭周辺地盤が杭の水平抵抗に与える影響を検討するため、3次元弾性有限要素法を用いてコラム径や剛性、地盤剛性をパラメータとして、パラメトリックな解析を行った。また、現場実験を3次元弾性有限要素法で用いてシミュレートし、これらの解析方法の妥当性についても考察した。

2. 解析モデル及び解析条件

図-1 に3次元弾性有限要素解析モデルを示す。本解析には、微小ひずみ理論により構築されたコードである3次元構造解析システム 3D-σを用いた。解析モデルの対象となる地盤は縦40m×幅40m×深さ15mで、中央に直径190.7mmで深さ12mの鋼管杭を配置した。さらに、地盤改良体については、コラム無し及びコラムの直径が600mm、800mmの3種類の地盤モデルを作成した。この時、地盤の側面はx、z方向に、地盤の底面はx、y、z方向に面拘束させた。現場実験の解析モデルも同じ方法で作成した。表-1には解析に用いたパラメータを示す。これは現場でのコラム杭をモデル化したものである。コラム径や剛性、地盤剛性等が地盤反力に及ぼす影響を検討するため、図-2のようなケースで解析を行った。載荷条件としては杭頭部が突出している場合と突出していない場合を想定して杭頭部に水平荷重をかけた。また、杭頭部での変位が1cm程度ではコラム体の塑性化範囲は小さいことがわかったので、ここでは全ケース弾性解析のみを実施とした。このとき、Step別で3次元FEM解析を行い、地盤条件が同一で、コラム無しのケースにおける水平変位に着目した地盤反力係数との比αを比較した。

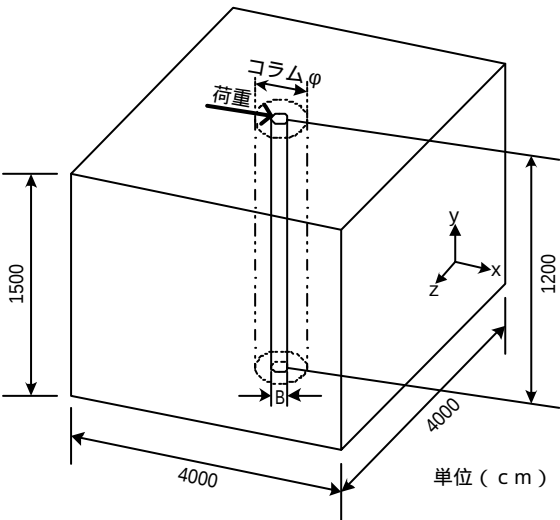


図-1 解析モデル

表-1 解析に用いたパラメータ

	E (ヤング率)	I(断面2次モーメント)	B (幅)	ν (ポアソン比)
杭	657555.11 kgf/cm ²	5450.08 cm ⁴ (t=3.5cm)	190.7 mm	0.3

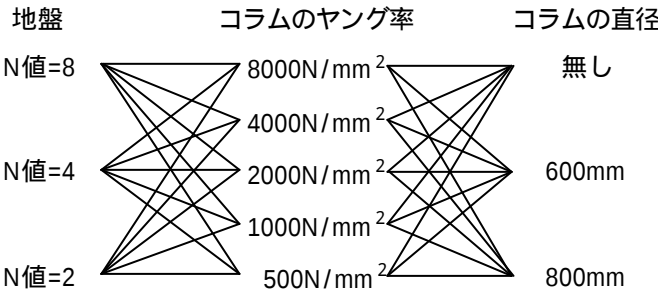


図-2 解析ケース

キーワード：コラム杭、地盤剛性、水平地盤反力係数比α、FEM 解析

連絡先：〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学地盤工学研究室 Tel&Fax03-5707-2202

3. 解析結果及び考察

地盤改良体は構造体ではなく、あくまでも地盤の一部と見なす観点から、以下では地盤改良体による水平方向地盤反力の改良効果、すなわち地盤反力係数比に着目した。ここで、水平地盤反力係数は解析から得られた杭頭部の水平変位と水平荷重の値からChangの公式を用いて求めた。載荷条件として杭頭部が突出していない場合の結果を示す。図-3は地盤剛性がN値=4における、地盤反力係数比 α とコラム剛性の関係を示したものである。図より、コラム径が600,800mmの場合に着目してみると、コラム径が大きい方が地盤反力係数比は大きくなった。これは地盤剛性がN値=2, 8の場合においてもほぼ同様の傾向であった。図-4は、コラム径が800mmの場合における、地盤反力係数比 α と地盤剛性の関係を示したものである。この図から、地盤剛性が強くなるに伴って地盤反力係数比 α も徐々に大きくなるのがわかる。以上より、地盤反力係数比 α はコラム径や地盤剛性に影響を受けることがわかった。

次に、3次元FEM解析による現場実験のシミュレーションを実施し、実際に現場で行った実験結果との比較を行った。現場実験では、水平荷重の加力点が地表面よりも高かったため、ここでは杭頭部が突出している場合と突出していない場合の両ケースに関しても検討する。表-2はFEM解析による均一地盤や多層地盤での結果と現場実験での結果を比較したものである。例えば表中のF8-30は、コラム径が800mmで、地表面より30cm上のところに載荷した場合を表わしている。まず、多層地盤と現場実験での結果から比較してみると、両ケースの地盤反力係数はほぼ同じで α 値もほぼ同様であった。従

って、3次元FEM解析は実験結果を比較的良く再現できたと考えられる。また、均一地盤と多層地盤を比較してみると、地盤反力係数比 α 値が若干異なることがわかった。これは地盤の不均質性に原因があると考えられる。そして、表-2の λ は、地表面から30cm上の位置で載荷した場合の α 値と地表面で載荷した場合の α 値の比で、載荷条件の違いによる地盤反力係数比の増加率を表わしている。表-2からわかるように、それぞれのコラム径が600,800mmに対して λ の値は1.5から2程度であった。これよりコラム杭では水平載荷条件(加力点位置)の違いによって地盤反力係数比はいくらか変化すると考えられる。

4. まとめ

(1)3次元弾性FEM解析は現場実験の結果を比較的良く再現できる。(2)均一地盤の場合には地盤反力係数比はコラム径や地盤剛性の違いに影響を受けることがわかった。(3)地盤反力係数比は水平載荷条件の違いによって大きく変わると考えられる。今回は、水平変位に着目してコラム杭の効果を検討したが、今後は杭の曲げモーメントの低減効果について検討する予定である。

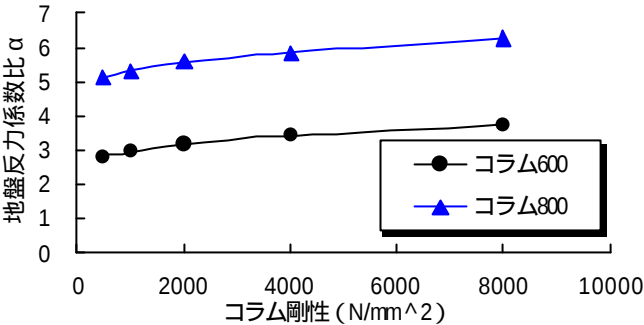


図-3 地盤反力係数比 α とコラム剛性の関係

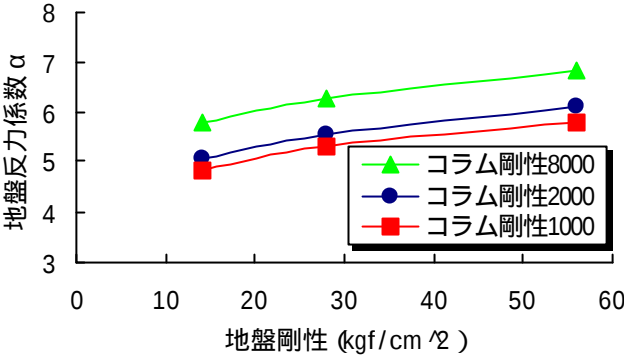


図-4 地盤反力係数比 α と地盤剛性の関係

表-2 FEM解析結果と現場実験との比較

地盤条件	解析ケース	kH (N/mm ³)	α (倍率)	λ
均一地盤 (N値=4)	F0-0	0.0241	1.00	1.00
	F6-0	0.0759	3.16	1.00
	F8-0	0.1340	5.57	1.00
	F0-30	0.0255	1.00	1.06
	F6-30	0.1179	4.63	1.55
	F8-30	0.2677	10.51	2.00
多層地盤 (地表面周辺のN値=6)	F0-0	0.0344	1.00	1.00
	F6-0	0.1001	2.91	1.00
	F8-0	0.1670	4.86	1.00
	F0-30	0.0371	1.00	1.08
	F6-30	0.1653	4.46	1.65
	F8-30	0.3553	9.59	2.13
現場実験 (地表面周辺のN値=6)	コラム無し	0.0361	1.00	
	コラムφ600	0.1947	5.39	
	コラムφ800	0.3361	9.31	