

埋込み杭の根固め部に混入した土塊の影響評価に関する実験 その3 実験と解析の比較

正会員 ○木谷 好伸*¹ 同 桑原 文夫*³
同 宮原 清*² 同 加倉井 正昭*³

埋込み杭 根固め部 圧縮試験
未固結試料 土塊 FEM

1. はじめに

前報¹⁾²⁾では、土塊の大きさや混入度合が埋込み杭の根固め部固化強度に及ぼす影響を調査するために、W/C=60%のセメントミルクと、所定配合の泥水を混ぜた模擬ソイルセメントを作製し、その中に土塊を模擬した粘土玉を混入させて、根固め部採取試料に土塊が混入した状況を模擬した試験体を作製して、試験体の寸法、土塊径、土塊混入率をパラメータとした圧縮試験を実施した。

本報では、この試験体の解析モデルを作成して3次元FEM解析を行い、模型実験結果との比較を行った。

2. 模擬実験の概要と結果

模擬実験のパラメータは試験体寸法、土塊径、土塊混入率で、試験体寸法は、径×高さが50mm×100mm、100mm×200mm、150mm×300mm、土塊混入率は、体積比で0%、1%、3%、5%、土塊径は、試験体径に対して10%、20%とした。実験ケース仕様と圧縮強度結果を表-1に示す。

表-1 実験ケースおよび実験結果

case	試験体寸法		土塊		圧縮強度 (N/mm ²)	0%に対する強度 低下率
	径 (mm)	高さ (mm)	径 (mm)	混入率 (%)		
A	50	100	5	0	20.3	1.00
				1	18.4	0.91
				3	15.2	0.75
				5	14.0	0.69
B	50	100	10	0	25.7	1.00
				1	22.7	0.88
				3	18.9	0.74
				5	15.1	0.59
C	100	200	10	0	18.9	1.00
				1	19.2	1.01
				3	16.4	0.87
				5	13.7	0.73
D	100	200	20	0	20.3	1.00
				1	18.2	0.90
				3	13.6	0.67
				5	11.5	0.56
E	150	300	30	0	25.3	1.00
				1	19.7	0.78
				3	14.8	0.58
				5	11.5	0.46

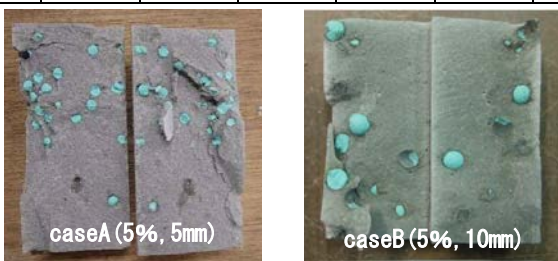


写真-1 土塊混入状況例

また、試験後の内部の土塊混入状況を写真1, 2に示す。

土塊混入率1%から圧縮強度の低下傾向がみられ、土塊混入率5%で強度低下率は0.6程度となった。

土塊径に関しては、試験体径が同じで土塊径が5mm(caseA)と10mm(caseB)の場合は、土塊混入率3%までは低下率の顕著な差はみられなかったが、土塊混入率5%では土塊径が大きいほど低下率が大きい結果となった。

実験の結果、土塊混入率が大きいほど、また土塊径が大きいほど低下率が大きい結果となった。

3. FEM解析の概要

(1) 解析モデル

解析モデルは、円筒形の直径50mm、高さ100mmのソイルセメント供試体で、その中にランダムに土塊(メッシュの都合上、5mm、10mmの立方体ブロック)が体積比で0%、1%、3%、5%混入した状況を想定して解析を行った(図-1)。上部

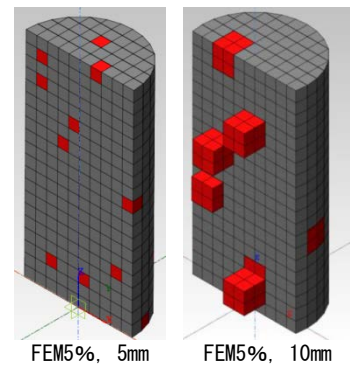


図-1 土塊混入モデル例

に荷重のための鉄板を設置した状態を想定し、境界条件は、各解析ケースともソイルセメント底面の節点をXYZの3方向とも固定としている。

(2) 解析条件

全ての解析ケースについて、荷重を図-2に示すように時間と共に上板の表面に増加させ、時刻歴解析を行っている。ただし、最大応力を過ぎると変形量が発散するために最大応力程度までで計算を打ち切った。解析に用いた定数を表-2に示す。

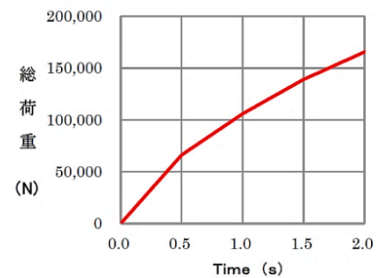


図-2 作用させた荷重の時間変化

表-2 各素材の解析定数

素材	Vp m/s	Vs m/s	密度 t/m ³	ポアソン比	E kN/m ²	モデル
ソイルセメント	2300	1200	0.18	0.313	680000	修正R-Oモデル
土塊	1100	100	0.19	0.496	57000	修正R-Oモデル
鉄板	-	-	0.78	0.300	2060000	弾性

解析は静的問題であるが、ソイルセメントと土塊の応

力-ひずみ関係に修正R-Oモデルを用いて時刻歴の非線形解析とした。なお、密度は静的問題にするため、実際の値の1/10として解析した。

解析に用いた土塊の混入がない場合のP波速度、S波速度は既往データによる検量線から設定し、非線形性は文献2)により初期設定した後、文献3)の圧縮強度に近い値になるよう剛性が初期値の50%になるひずみを調整して設定した。

4. 解析結果とまとめ

解析の結果を表-3に、鉛直応力度-歪関係例(FEM10)を図-3に示す。圧縮強度は土塊混入率が大きくなるにしたがって低下する傾向がある。また、土塊の大きさで比較すると、土塊サイズ10mm角の方が同じ混入率の土塊サイズ5mm角の場合よりも強度が低くなっている。これは、同じ混入率では、大きな土塊が混入している方が、小さな土塊が同率で混入している場合よりも、ソイルセメント体の強度が低くなるということを示しており、施工管理で用いる場合は、なるべく大きなメッシュのフルイを用いる方が厳しい条件ということになる。

表-3 解析結果

解析 case	土塊 mm 角	混入率 %	圧縮強度 (N/mm ²)	強度低下率
FEM0	無	0	23.2	1.00
FEM5	5	1	20.7	0.89
		3	19.2	0.83
		5	18.0	0.78
FEM10	10	1	20.0	0.86
		3	18.4	0.79
		5	14.8	0.64

いずれの場合も、模型実験と解析は同様な傾向を示しており、解析の妥当性の高いことが伺える。次に、試験体寸法、土塊径(角)、土塊混入率が等しい模型実験Aと解析FEM5、模型実験Bと解析FEM10の結果を比較した。両者の土塊混入率

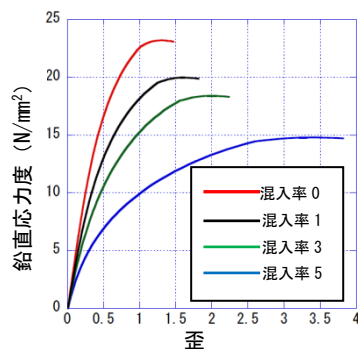


図-3 FEM10の応力-歪関係

と正規化圧縮強度(混入率0の試験体の圧縮強度に対する強度比)の関係を図-4に示す。土塊径(角)5mm,10mmいずれのケースも模型実験と解析を比較すると、混入率1%までは両者はほぼ同じ低下傾向(混入無しに対し0.9程度)だ

ったが、3%混入では実験が混入無しに対し75%程なのに対し、解析は同80%程で解析の低下率が小さい結果となった。次に混入率5%では、実験、解析とも3%時の90%程度で3%混入から5%混入の低下傾向は両者ともほぼ同じであった。

以上より、実験と解析では、3%混入時の結果に差異が生じたが、両者とも、混入率が高いほど、また、混入土塊が大きいほど試験体の圧縮強度低下傾向が大きくなり実験・解析とも妥当な結果であることがわかった。

5. おわりに

実施工時においては、採取した未固結試料は10mmメッシュのフルイを通して、φ50mmのモールド管で作製することとしている。フルイ上に土塊が残った場合、モールド内に押し込むことにより、caseBに類似した状態となり、土塊混入による影響を反映した圧縮強度(例えば5%混入で混入無しに対し4割低減された強度)が得られるので、あらためて低減係数を乗じるような土塊混入を考慮した強度補正を行う必要はないと判断する。

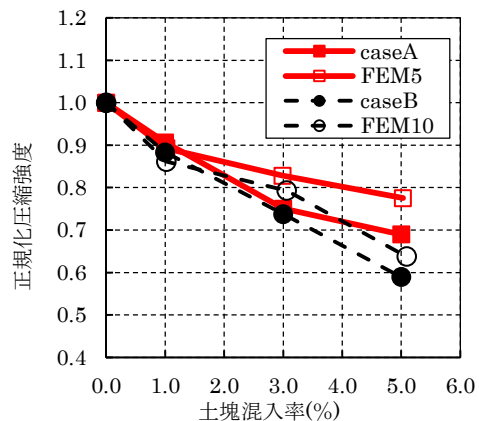


図-4 模型実験と解析の比較

〔謝辞〕本研究は、パイルフォーラム「高支持力杭の根固め部品質管理研究会」の活動の一環として行われたもので、模擬実験および検討に加わった会員社は以下のとおりである。
 三谷セキサン(株)、日本ヒューム(株)、丸門建設(株)、前田製管(株)、日本コンクリート工業(株)、日本高圧コンクリート(株)、(株)トーヨーアサノ、(株)地盤試験所、システム計測(株)、ホクコンマテリアル(株)、マナック(株)、パイルフォーラム(株)

参考文献

- 1)千種他：埋込み杭の根固め部に混入した土塊の影響評価に関する実験 その1，日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)，pp.701-702, 2018.9
- 2)宮原他：埋込み杭の根固め部に混入した土塊の影響評価に関する実験 その2，日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)，pp.703-704, 2018.9
- 3)龍岡文夫：セメント改良土の変形・強度特性，一般社団法人気泡工法研究会 基調講演資料，2017.11

*1 三谷セキサン(株)*2 日本ヒューム(株)
 *3 パイルフォーラム(株)

*1 MITANI SEKISAN Co., Ltd. *2 NIPPON HUME CORPORATION, *3 PILE FOLUM Inc.