

小口径鋼管杭の多列補強効果について (数値解析)

(株) ケー・エフ・シー

正会員

○渡邊 直人

九州大学大学院

正会員 ハザリカ・ヘマンタ

五大開発 (株)

鱸 洋一

(株) ケー・エフ・シー

田中 祐介

1. はじめに

前回は、静的模型実験を行い、せん断変位に対するせん断強度や土圧、ひずみを測定することで補強効果や抑止メカニズムの解明を行った。本編は、模型実験結果を踏まえ、静的載荷試験を実施した場合の内部応力状態を把握するために三次元弾塑性 FEM による数値解析を行った。その、解析モデルや物性値を示し、静的せん断試験との整合性の把握を行い、解析結果による内部応力状態の把握により抑止メカニズムの考察を行う。

2. 解析モデル

静的模型実験と同様の条件により地盤解析コード Soil Plus による三次元弾塑性 FEM を実施した。解析では実験同様に上部せん断箱を固定し、下部せん断箱を強制的に変位させることにより行った。すべりせん断速度は、模型実験同様 1mm/min である。構成モデルは補強材を von Mises 弾完全塑性モデル、地盤（乾燥砂地盤 Dr80%）は Mohr Coulomb 弾完全塑性モデルを使用した。すべり面および杭周面は変位の不連続性を考慮するためにジョイント要素を配置した。図 1 にモデル全体図を図 2 に模型杭の配置を示す。

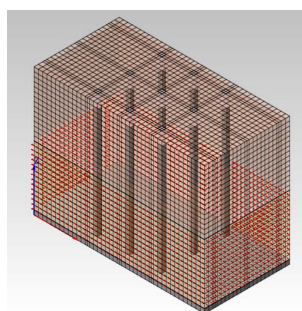


図 1 モデル全体図

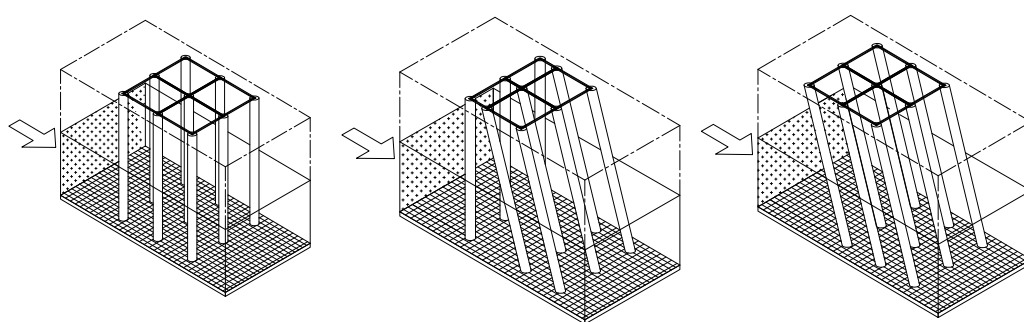


図 2 模型杭の配置(左:Case2_fix, 中:Case3_fix, 右:Case3_inc)

結果、全節点数 36,864、全要素数 34,692 となった。表 1 に入力した物性値を示す。

表 1 物性値一覧

地盤				補強材(アルミ)				せん断面・補強材周面(移動層間)			
構成モデル	Mohr-Coulomb			構成モデル	von Mises			要素	面ジョイント		
相対密度	Dr	80	%	ヤング率	E	4.07E+07	kN/m ²	鉛直方向剛性率	Kn	1.00E+04	kN/m ³
ヤング率	E	4,600	kN/m ²	ポアソン比	ν	0.345	-	開口最大量	Vmc	0.001	m
ポアソン比	ν	0.3	-	単位体積重量	γ	26.5	kN/m ³	引張強度	α	1000	kN/m ²
単位体積重量	γ	17	kN/m ³	降伏応力	σ_y	1.18E+05	kN/m ²	せん断方向剛性率	Ks	1.00E+04	kN/m ³
粘着力	C	1.4	kN/m ³	破壊後の勾配率	α	0	-	粘着力	C	1.4	kN/m ²
内部摩擦角	ϕ	34	°					内部摩擦角	ϕ	34	°

キーワード 模型実験, 直接せん断試験, 杭, 数値解析

連絡先 〒105-0011 東京都港区芝公園 2-4-1 芝パークビル (株) ケー・エフ・シー TEL 03-6402-8255

3. 解析結果

図4に、解析結果と実験結果のせん断応力とせん断変位の関係を示した。Case1（無補強時）は、実験値とほぼ合致している。

Case2, Case3 に関しては、実験値と若干の相違はあるものの、せん断応力の大小関係、Case3>Case2_fix>Case2>Case1 は、実験結果と同様の関係を支持している。

図5にせん断変位20mmにおける地盤内せん断方向応力分布図を示す。これによると、Case2_fixは、せん断面付近の各補強材に圧縮応力が局所的に作用し、前面側は見かけ上、引張り領域が発生するなど、補強材の変形による補強効果が発揮されている。それに対して、Case3_fixでは、後列補強材に圧縮応力が集中するのは、Case2_fixと同様であるが、中列、前列では、Case2_fixに比べ、圧縮応力が均等に分散されている。引張り領域も形成されず、補強材自体がS字形の変形の割合が低く、安定的な補強効果を発揮している。平面（せん断面直上部）では、双方とも、特に、後列に圧縮応力がアーチ形状を呈して伝達されている状況がよくわかる。図6には、地盤内せん断方向局所安全率図を示した。赤い部分が地盤の塑性化部位となっている。

Case2_fixでは、補強材間で、非常に塑性化が進行しているにもかかわらず、Case3_fixでは、概ね、塑性状態になっておらず、安定した地盤反力が発揮されている様子を示しており、実験結果とも整合している。

図7は、前列の直杭の効果を調べるため、前面側（図面の四角の部分）の地盤反力が働かないようにした場合の応力分布図である。各々のせん断応力の割合は、Case3_fix/Case3_inc（地盤反力有）=90.78/89.51=1.014, Case3_fix/Case3_inc（地盤反力無）

=82.78/77.40=1.063 となり、双方とも全てが斜補強の場合に比べて、前面側のみを直補強にした方が良い結果が得られており、特に、前面側の地盤反力が小さい場合、直杭の影響により、せん断応力が安定する結果を示しているものと考えられる。

参考文献

1) 渡邊直人, 菅原大輝, 井上武, 奥野稔, ハザリカ・ヘマンタ: 小口径鋼管杭の多列補強効果について (模型実験), 平成28年度全国大会第71回年次学術講演会。

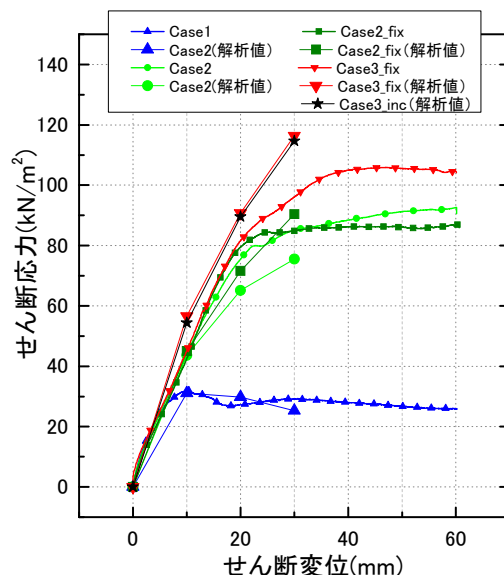


図4 せん断応力とせん断変位の関係

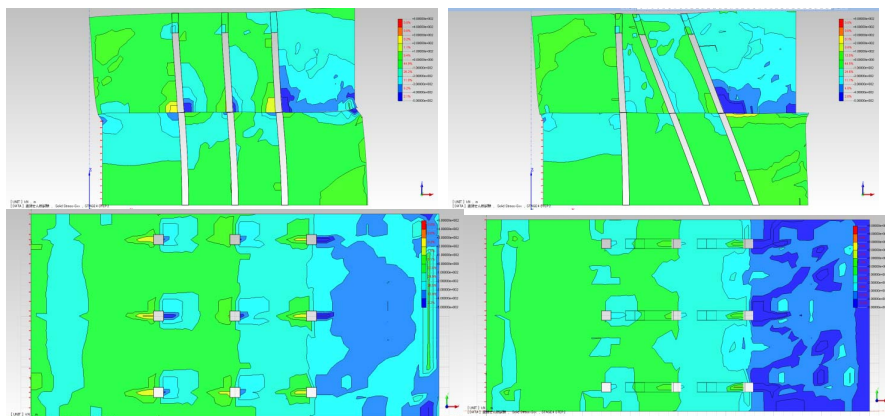


図5 地盤内せん断方向応力分布図(せん断変位 20mm, 平面はせん断面直上)

左:Case2_fix, 右:Case3_fix (凡例:-500~500[kN/m²])

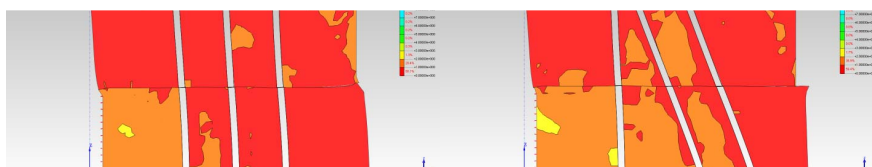


図6 地盤内せん断方向局所安全率図(せん断変位 20mm)

左:Case2_fix, 右:Case3_fix (凡例:0~10)

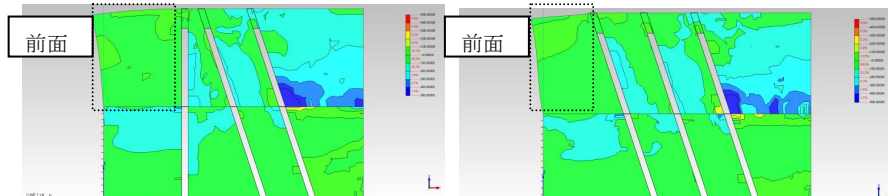


図7 地盤内せん断方向応力分布図(せん断変位 20mm)

左:Case3_fix, 右:Case3_inc (凡例:-500~500[kN/m²])