

FEM を用いた丸太打設による戸建住宅の軟弱地盤化対策に関する基礎的研究

東北学院大学 学生会員 ○鈴木 雅紀 正会員 千田 知弘
 飛島建設(株) 正会員 沼田 淳紀 正会員 村田 拓海

1. はじめに

一般的に、人や資産は平坦な土地に集中する傾向があり、平坦な土地の多くは軟弱な地盤で、そこに構造物を建設する際には基礎の強化が必要になる場合が多い。一方、国産材木材の大量かつ有効利用先として土木分野に注目が集まっており、軟弱地盤対策に丸太を地盤補強材として活用する研究¹⁾が進んでいる。これまで実大試験による検討が複数行われ、成果を挙げているが、地盤や丸太部の応力や変位の把握の検討を進めるにあたって、数値解析手法の開発によるシミュレーションが望まれている。そこで本研究では、以前行われた実験を FEM 解析でシミュレートし、比較検討した結果を報告する。

2. 対象モデルおよび FEM 解析モデル

本研究では、2 段階の手順で丸太の軟弱地盤対策の効果を確認していく。まず、2018 年に行われた大型平板載荷試験を FEM 解析でシミュレートし、FEM 解析におけるモデル化の妥当性を検証するとともに、試験では確認できない地盤内の応力状態を確認していく。続けて、妥当性が得られた解析手法を用いて、丸太の挿入条件の異なる新たなモデルの解析を行い、軟弱地盤対策の効果を比較していく。

ボーリング調査を基に作成した地盤モデルの横断面図を図-1 に、平面図を図-2 に示す。各図にはコンクリートスラブと丸太の配置を示した。なお、本解析では、対象条件から 1/4 解析とするため、図-1 は図-2 中に点線で示した位置の横断面図となる。大型平板載荷試験では、末口径約 $\phi 140\text{mm}$ 、長さ 6m の丸太を 1.2m 間隔で 7 列 \times 7 列 = 49 本打設し、3.6m \times 3.6m \times 0.21m のコンクリートスラブを介して載荷した。丸太は腐朽対策のため、地下水位以深となるように地表面より 1m 深く打設し、地表面までの部分は碎石を充填している。図-2 に示すように、コンクリートスラブの外側に丸太が 2 列配置されるモデルとなっているため、以後外周 2 列モデルと呼称する。また、実験では丸太を打設しないモデルも実験されており、以後、無対策モデルと呼称する。上述の通り、無対策モデルと外周 2 列モデルを対象として後述する FEM 解析モデルを用いてトレースし、FEM 解析モデルの妥当性を検討した後、コンクリートスラブの下側にのみ丸太が配置されるスラブ下モデルと、外側に丸太が 1 列配置される外周 1 列モデルに対して FEM 解析を行い、性能を比較した。FEM 解析モデルを図-3 に、解析に用いた材料定数を表-1 に示す。丸太は正 22 角柱でモデル化し、要素は 4 面体 10 節点 30 自由度のソリッド要素を用い、1 辺

表-1 解析に使用した材料定数

土質名	試料番号	変形係数 E Mpa	せん断弾性係数 G Mpa	ポアソン比 ν	密度 ρ_t t/m ³
盛土		2.0	0.8	0.300	1.520
砂礫混り粘土	(5T-1)	2.7	0.9	0.499	1.405
粘土混り砂	(5T-1)	2.7	0.9	0.499	1.405
粘土質シルト1	5T-1	2.7	0.9	0.499	1.330
粘土質シルト2	5T-2	2.4	0.8	0.499	1.281
粘土質シルト3	5T-3	2.4	0.8	0.499	1.303
粘土質砂	5T-4	5.0	1.9	0.300	1.517
シルト質粘土	5T-5	6.6	2.2	0.499	1.472
砂混り粘土	(5T-5)	6.6	2.2	0.499	1.472
細砂		19.6	7.5	0.300	1.850
基礎層		100.0	40.0	0.250	1.880
碎石		12.0	4.6	0.300	2.100
丸太		$E_z=7500$ $E_x=E_y=E_z/25$	$G_{xy}=G_{yz}=G_{zx}=E_z/15$ =400	$\nu_{xy}=\nu_{xz}=\nu_{yz}=\nu_{yx}=\nu_{zx}=\nu_{zy}=0.4$	0.39
コンクリートスラブ		25000	10000	0.25	2.5

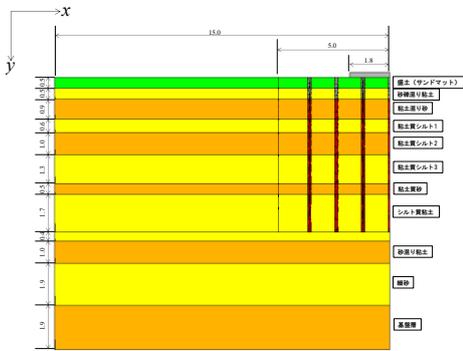


図-1 横断面図 (単位 : m)

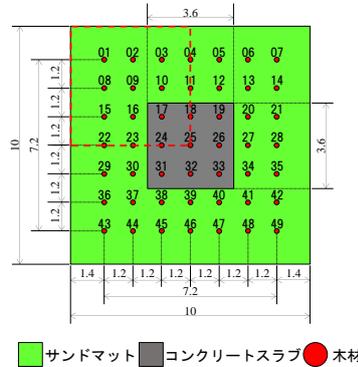


図-2 平面図(単位 : m)

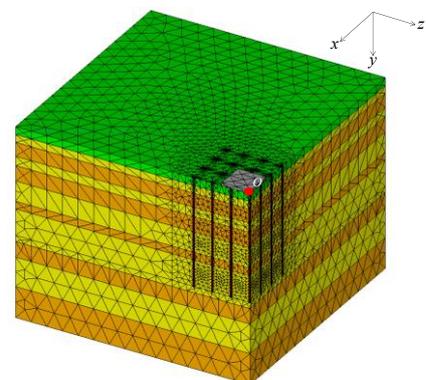


図-3 要素分割図

キーワード 丸太, 軟弱地盤, 戸建住宅, FEM

連絡先 〒985-8537 宮城県多賀城市中央一丁目 13-1 TEL 022-368-7418

0.2mで自動生成した。地盤にもソリッド要素を用い、1辺0.5~1.0mで自動生成した。境界条件は、xy平面上にある全ての節点のz方向変位を拘束、yz平面上にある全ての節点のx方向変位を拘束、モデル底面上の全ての節点のy方向変位を拘束した。載荷は、コンクリートスラブ上面に等分布荷重として、10kN/m²、40kN/m²、60kN/m²をそれぞれ与えて解析を行った。

3. 結果と考察

大型平板載荷試験とFEM解析から得られた無対策モデルの載荷圧力-沈下量関係を図-4に、外周2列モデルの載荷圧力-沈下量関係を図-5に、解析結果の代表例として、10kN/m²載荷時における無対策モデルと外周2列モデルの横断面に生じる鉛直応力の分布を図-6、図-7に示す。図-4に示すように、無対策モデルの場合、試験結果とFEM解析結果は概ね一致する。図-5に示す外周2列モデルについても、無対策モデルほどの精度は得られていないが、木材のヤング率のばらつきを考慮すると、十分な精度でモデル化できていると考えられる。図-6と図-7を比較すると、無対策モデルである図-6ではスラブ下に応力の分布が広範囲に分布しているのが見て取れるが、外周2列モデルである図-7では、砕石部と丸太、丸太頭頂部付近の地盤に大きな応力が発生しているのに対し、丸太間の地盤の応力が大きく減少していることが見て取れる。また、丸太頭頂部より深い位置に、図-6では生じていない応力が生じていることが分かる。これは、丸太が深い位置の地盤まで荷重を伝えている効果を示すものであり、10kN/m²程度の載荷時でも丸太の効果が認められる。

10kN/m²載荷時における各モデルの沈下量を示した図を図-8に示す。無対策モデルに対して、いずれのモデルも沈下量を減少させる効果が認められ、スラブの外側に丸太が配置されるほど沈下量が減少する傾向が見られる。しかし、外周1列モデルと外周2列モデルとでは0.5%程度の差しか見られず、スラブ下モデルと外周1列、外周2列とでも7.7%の差となる。よって、戸建住宅の基礎下部への丸太打設だけでも十分な沈下防止効果が認められるとともに、外周に多く丸太を打設しても、効果はあまり変わらないことが示唆される。

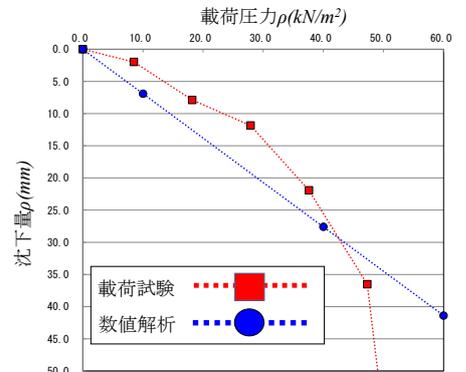


図-4 無対策モデルの載荷物圧力-沈下量関係

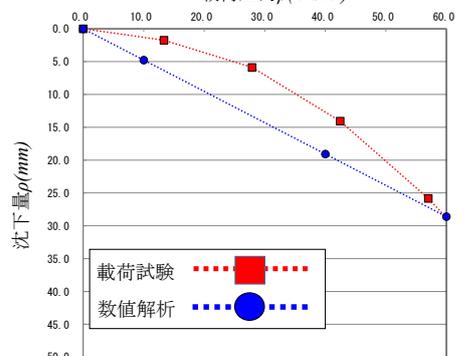


図-5 外周2列モデル載荷物圧力-沈下量関係
平板直下 外周1列 外周2列

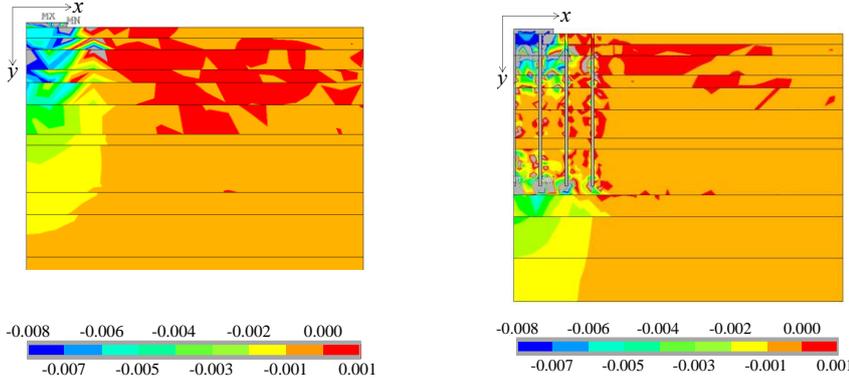


図-8 各モデルの沈下量の比較

4. まとめ

本研究では、軟弱地盤対策に丸太を地盤補強材として活用する基礎研究として、大型平板載荷試験をFEM解析でシミュレートする解析手法の検討を行った。まず、実験結果との比較により解析手法の妥当性を検討した後、丸太の軟弱地盤対策の効果を確認した。妥当性が検証された解析手法を用いて解析を行った所、無対策モデルと外周2列モデルと比較して、スラブ下モデルでも十分な軟弱地盤対策効果を有する可能性が認められた。また、外周1列モデルと外周2列モデルとでは、沈下量の差は0.5%程度であり、外周に多くの丸太を打設せずとも、十分な軟弱地盤対策効果を有する可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 沼田淳紀ら：木材による1964年新潟地震における液状化対策事例, 木材学会誌