

土の締固め度を考慮した転圧解析

新潟大学 学生会員 ○湯嶋 颯太
正会員 金澤 伸一
学生会員 山下 大輝
非会員 斉藤 日向子

1. 研究背景・目的

近年、台風や線状降水帯による突発的集中豪雨が多数発生し、それに伴って盛土が崩壊する被害が報告されている。本来、道路工に用いられる土は道路土工―盛土工指針¹⁾に則った締固め管理により設計・施工されているが、降雨浸透の履歴によって盛土内部の応力状態が大きく変化していると考えられている。そこで本研究では、土／水／空気連成有限要素解析プログラム(DACSAR-MP)²⁾を用いて、締固め管理による転圧シミュレーションを実施することで土の締固め度について検討した。さらに転圧後の初期応力状態についても検討し、締固め管理手法の解析的提案に繋げた。

2. 解析条件・解析手法

本研究では施工時の転圧を解析的に表現し、転圧時の地盤内部の状態について不飽和土の力学に基づき、土の締固め度に着目して検討し、考察する。地盤に使用する材料にはシルト混じり砂を想定した。表1に材料定数、図1に解析領域と境界条件を示す。また、層厚0.3mは施工時の撒き出し層厚を考慮しており、実務的な解析を模擬した。図2は、同材料の水分特性曲線を示しており、本解析では初期飽和度を70%に設定した。図3は同材料を用いた解析から得た締固め曲線である。ここで、最適含水比における管理基準値90%を満たす間隙比は0.86となるため、地盤全体の間隙比がこの値を下回るまで繰り返し転圧する解析を実施した。転圧はロードローラによる締固めと捉え、等分布荷重を用いて2つの要素に転圧し1つの要素を除荷して合計400kPaの大きさとなるように少しずつ移動させながら転圧させた。

表 1 材料定数

λ	κ	M	m	S_{r0}	k_a (m/min)	p'_{sat} (kPa)
0.145	0.0145	1.333	0.8	0.15	$6.0E \times 10^{-2}$	5.0
n	n_E	a	ν	G_S	k_w (m/min)	e_0
1.0	1.3	5.0	0.33	2.7	$6.0E \times 10^{-4}$	0.9

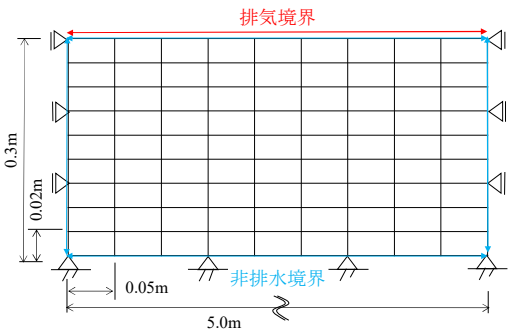


図 1 解析領域・境界条件

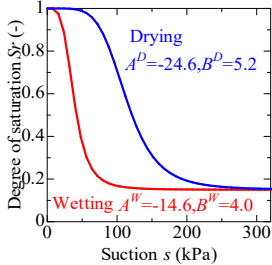


図 2 水分特性曲線

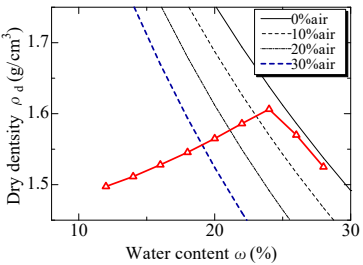


図 3 締固め曲線

3. 解析結果

図4に転圧1回目の結果を示す。a)間隙比は表層部では材料の高い透水性により初期値から0.05程度低下している。一方、下層部では初期値から0.03しか低下おらず転圧による締固め効果があまり発揮されていないことがわかる。さらに、間隙比が右端上部で0.828と極端に値が小さく、左端下部にも値が小さい箇所がある。そのため、締固めが層内で不均一になっていることが確認できる。

b)有効応力は、左端上部で値が小さく、右端上部で

キーワード 締固め度、転圧、間隙比
連絡先 〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050
新潟大学自然科学研究科 地盤環境研究室 TEL025-262-7479

値が大きく、水平方向の位置が同じ場所では表層部ほど小さくなっている。

c) サクシオンは、全体的に平坦な分布になっており表層で値が大きく、下層で値が小さくなっており、それに伴い、d) 飽和度は右端上部と右端下部で値が大きく、同じ深さでは右端側の値が大きくなっている。

次に、図5に転圧2回目の結果を示す。a) 間隙比は表層部で0.79程度、下層部で0.83程度まで低下し、締固め効果が発揮され、層全体で目標の間隙比0.86を下回った。b) 有効応力は表層部では右端で、水平方向が同じ場合は下層部ほど大きくなっている。特に右端上部で有効応力が大きくなっており、転圧2回目だけで19.1kPa増加していることがわかる。これは、水平方向固定である変位境界条件の影響が強いと考えられる。

c) サクシオンは土中の水分が転圧により右端側へ移動するため左端側と右端側でわずかに差が生じ、d) 飽和度は転圧1回目よりも右端側の値が極端に大きくなっている。

図6に表層部中央要素と表層部から0.2mの深さにある中央要素の $e - \log p'$ 曲線を比較したグラフを示す。表層部は転圧1回目で大きく間隙比が減少するのに対して、表層から0.2m深いところでは転圧2回目の方が間隙比の低下が大きい。このことから、表層から深いほど転圧の効果が小さくなり、締め固めるには相当量の荷重が必要であることがわかる。また、グラフから下層部では荷重・除荷のメリハリがはっきりしていないことが確認される。

図7に鉛直方向変位の経時変化を示す。転圧1回目終了時では表層部は5.8mm、下層部は1.8mmだけ下部方向に変位していたが、転圧2回目終了時では表層部は17.36mm、下層部は5.6mm変位した。このことから変位量は転圧2回目の方が大きく、表層部に近いほど大きく変位していることが確認できる。

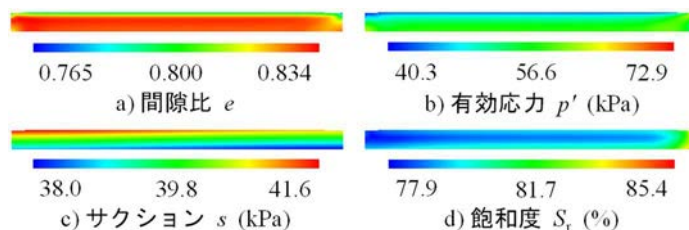


図5 転圧解析の結果(転圧2回目)

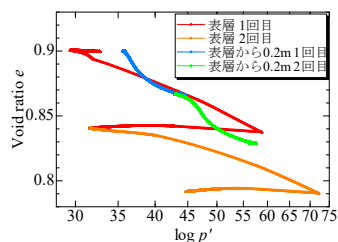


図6 $e - \log p'$ 曲線

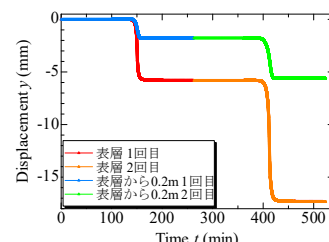


図7 変位経時変化

4. まとめ

ロードローラを模擬した締固めによる転圧解析を行った結果、盛土の締固めは不均一になっており、表層から深くなるほど締固め効果が低下することがわかった。本研究では締固め度を90%に設定して解析を行ったが、転圧2回で目標の間隙比に達することが確認された。このときの土の飽和度は最大85%となり、実務で理想とされる値に近い値をとった。転圧の効果を発揮させるため、締め固める土の層厚や材料、初期条件に合わせて載荷する必要があると考えられる。さらに、土の右端上部の間隙比では水平方向変位固定の影響で間隙比が極端に低下し、有効応力と飽和度が極端に増加したことが確認された。

今後は、本研究の結果を築造解析に転用し、解析をさらに実務に近づけて地盤に関して考察を深化していきたい。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路土工—盛土工指針 平成22年度版，2010。
- 2) 金澤伸一，豊嶋拓馬，河井克之，橘伸也，飯塚敦：土／水／空気連成有限要素法を用いた締め固め土の力学挙動の解析，土木学会論文，Vol.68，No.2，pp.291-pp.298，2012。

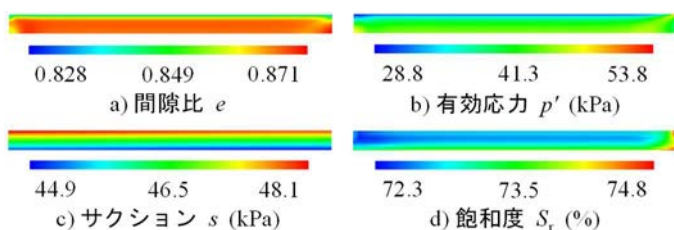


図4 転圧解析の結果(転圧1回目)