

転圧シミュレーションによる土の締固め機構の把握

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

1. はじめに

近年、台風や線状降水帯による集中豪雨が多発しており、その被害が局所的かつ激甚化している。それに伴って盛土構造物が崩壊する事例が報告されている。本来、盛土構造物は道路土工-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初期から大きく変化していると考えられる。

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) 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特性を検討した。さらに、転圧後の初期応力状態についても検討した。

2. 解析条件

表-1 に材料定数、図-1 に解析領域を示す。盛土の材料にはシルト混じり砂を想定し、層厚は 0.1m と 0.3m の 2 種類を想定した。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。一方、層厚 0.1m は確実に締固めることができる厚さを考慮して採用した。図-2 に示す水分特性曲線から初期水頭を決定し、初期飽和度は 60% に設定した。その際、水理境界は全面非排水とした。図-3 は同材料を用いた締固め曲線である。この締固め曲線から最適含水比における管理基準値 90% を満たす間隙比が 0.73 と求まるため、盛土層全体の間隙比が 0.73 を下回ることを条件にして解析した。荷重はロードローラーによる締固めを想定し、等分布荷重を用いて合計 400kPa の大きさで少しずつ移動させながら荷重させた。

表-1 材料定数 (シルト混じり砂)

λ	κ	M	m	S_{r0}	k_a (m/min)	p'_{sat} (kPa)
0.14	0.016	1.344	0.8	0.15	6.0E-03	3.0
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-05	1.0

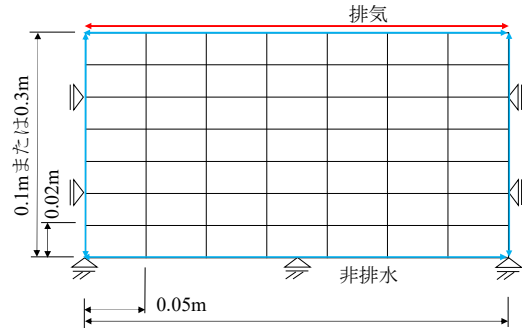


図-1 有限要素メッシュ図

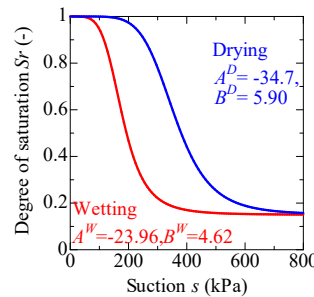


図-2 水分特性曲線

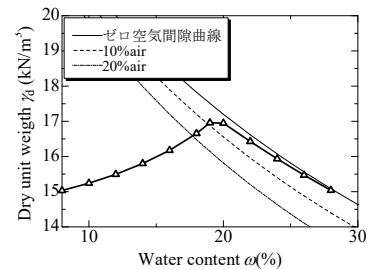


図-3 締固め曲線

3. 解析結果

間隙比の分布は、図-4 a), b) より転圧 1 回目は表層部・下層部ともに初期値からほぼ低下しておらず転圧の効果が発揮されていない。一方、図-4 c), d) より層厚 0.1m は転圧 5 回目で、0.3m は転圧 6 回目で間隙比が 0.73 を下回り転圧を終了した。

有効応力の分布は、図-5 a), b) より転圧 1 回目が左端上部で小さく、右端上部で大きくなっている。一方、図-5 c), d) より転圧終了時の有効応力は転圧 1 回目と比べて左端上部で小さく、右端上部で大きい傾向は同じだが、値は大幅に増加した。転圧回数を重ねるごとに有効応力が上昇し、間隙比が低下したため、転圧の効果が発揮されていることがわかった。

サクシジョンの分布は、図-6 a), b) より転圧 1 回目は右端上部が少し小さくなっている以外は平坦な分布だが、図-6 c), d) より最終的には右端下部で最も小さくなった。ロードローラーの移動により、盛土中の水分が右端下部に移動するためと考えられる。

転圧終了時の飽和度の分布は、図-7 より層厚 0.1m

で最大 95%，層厚 0.3m で最大 97.3%でありいずれも右端上部で最大となっている。間隙比と飽和度が一対一の関係にあるためと考えられる。飽和土に近い状態となったため、強度増加が期待できない盛土となった。

図-8 に表層部中央の要素と表層部から 0.08m の深さの中央の要素での時間と間隙比の関係を示す。図-8 より層厚 0.3m の表層部と 0.1m では締固めの結果が異なり、表層部から 0.08m の深さの方の差が大きいことがわかる。このことから、層厚が厚いほど締固めに多くの荷重が必要であると考えられる。また、間隙比の分布が右端だけ極端に小さくなっており、不均一な締固めになっていることがわかる。これは载荷による水平変位が生じて締固めが強化されたためである。

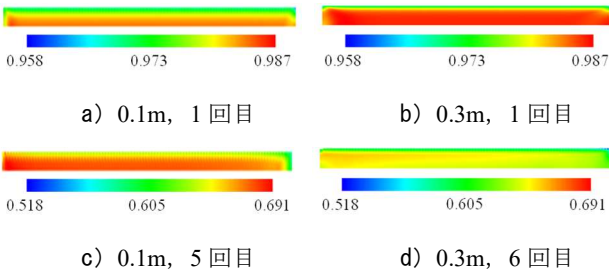


図-4 間隙比

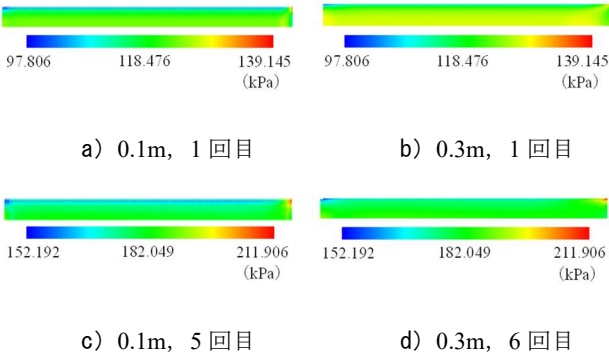


図-5 有効応力

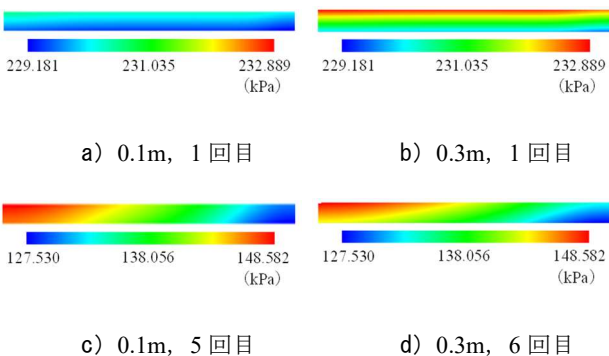
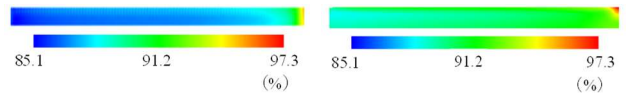


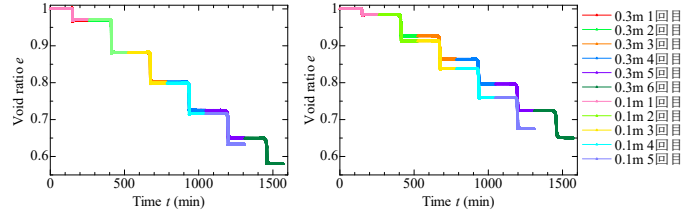
図-6 サクション



a) 0.1m, 5回目

b) 0.3m, 6回目

図-7 飽和度



a) 表層部

b) 表層部から 0.08m

図-8 時間-間隙比

4. まとめ

ロードローラーを考慮した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、層厚 0.3m の表層部と 0.1m の締固めは異なる結果となった。また、表層から深くなるほど締固め効果が低下することが確認された。転圧の効果を発揮させるためには層厚に応じた荷重が必要であると考えられる。さらに、右端上部の間隙比が極端に低下し、飽和度が極端に増加したため強度が低下しやすいことがわかった。そのため、右端上部での载荷・除荷の条件を変更する、管理基準値を 85%に変更し、管理基準を厳しくする等の対策を講じる必要がある。今回は全面非排水の境界条件下で転圧解析したが、今後は荷重の载荷を往路から往復に、境界条件を下面排水に変更する等、盛土の転圧解析につい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.

連絡先

〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐 2 の町 8050
新潟大学工学部 地盤環境研究室 TEL 025-262-7479