

鉄道盛土の道床部への雨水集中による盛土崩壊現象の解析的考察

鉄道総合技術研究所 正○佐々木智之 正 布川修 正 進藤義勝
 京都大学大学院 フェロー 杉山友康
 西日本旅客鉄道株式会社 正 阪東聖人

1. はじめに

鉄道盛土は長年の列車荷重を受けて道床部分の施工基面に沈下が生じる場合がある¹⁾。このような箇所では豪雨によって、沈下部に雨水が湛水し、盛土が崩壊する場合がある。この際、盛土表層部が緩い場合は表層崩壊が発生し、盛土全体が一樣な強度の場合は深い円弧すべりが発生する。これらのうち阪東らは施工基面の沈下部と緩い表層部を模擬した小型模型盛土を作成して散水模型実験を行い、その際の現象を考察している²⁾。本稿は、阪東らが実施した模型盛土の散水実験に対し、二次元飽和・不飽和浸透流解析により同条件の解析モデルを作成し、再現解析を実施した。その結果を踏まえて鉄道特有の現象である道床部への雨水集中時の盛土崩壊現象を考察した。

2. 散水模型実験の概要²⁾

実験による模型盛土は図-1に示すように、高さ1m、幅2m、奥行き1mである。締め固まった盛土内部を模擬した透水性の低い盛土材料（盛土1）の表層に、緩い表層盛土（盛土2）を模擬し、施工基面に長期的な列車荷重によって道床部が沈下し湛水し易い部分を模擬した透水層（盛土3）を設けた。また、雨滴によるのり面の侵食を防ぐためにのり面にはナイロン紗を設置し、のり面下部の部分的な小崩壊を防止するためにのり尻には碎石土のうを設置している。盛土材料は盛土1および盛土2は稲城砂とロームの混合材料とし、盛土3は碎石とした。締め固め度 D_c を盛土1は85%程度、盛土2は81%程度として構築した。実験は3ケース行い、Case1は散水強度100mm/hで盛土3が湛水しない条件、Case2は散水強度100mm/hで盛土3が湛水する条件、Case3は300mm/hで盛土3が湛水する条件として実験を行なった。

3. 散水実験の再現解析

3.1 解析モデルおよび解析条件

図-2に二次元飽和・不飽和浸透流解析を行なった解析モデルの盛土形状と境界条件を示す。盛土1は締め固まった盛土、盛土2は緩い表層盛土、盛土3は道床が沈下してできた透水層、盛土4はナイロン紗を模擬している。解析パラメータを表1に示す。水分特性曲線のモデルにはvan Genuchtenモデル、比透水係数のモデルはMualenモデルを用いた。盛土1および盛土2の解析パラメータは実験で用いた盛土材料の各土質

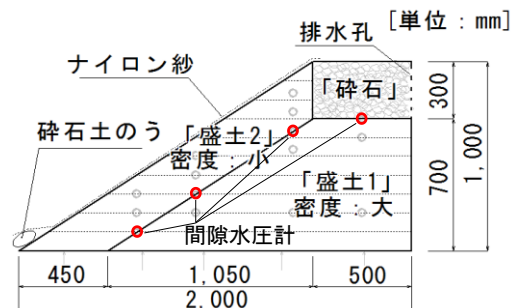


図-1 小型模型盛土の概要²⁾

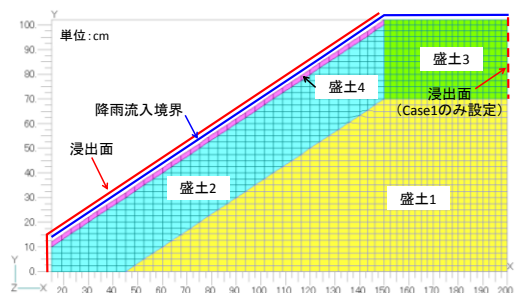


図-2 解析概要

表-1 解析パラメータ

盛土	土質	飽和体積含水率 θ_s	残留体積含水率 θ_r	VGパラメータ		飽和透水係数 k_{sat} (cm/s)	比貯留係数 S_s (1/cm)
				α (1/cm)	n		
1	細粒分質砂	0.480	0.048	0.076	1.147	3.65E-04	1.00E-05
2	細粒分質砂	0.526	0.170	0.067	1.379	4.45E-03	1.00E-06
3	礫	0.521	0.334	1.021	2.004	1.00E+02	1.00E-07
4	(透水層)						

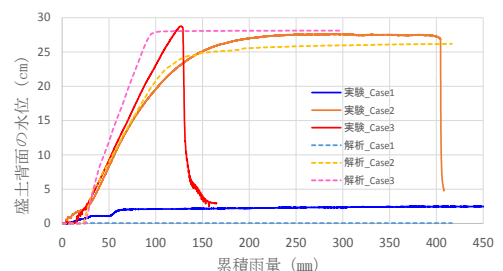


図-3 盛土3の水位

キーワード 盛土、散水実験、侵食、浸透流解析

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7263

試験結果から設定し、盛土 3, 4 は予備解析の結果より盛土 3 の湛水状況を模擬できる解析パラメータを設定した。解析時間は散水により盛土 3 内の水位がほぼ定常状態になるまで計算を実施した (図-3)。

3.2 再現解析結果

図-4 に実験と解析の累積雨量 125mm のときの地下水位 (解析の場合は圧力水頭プラスの位置) の結果を示している。Case1 では実験および解析において盛土 3 (沈下した道床部分) に地下水位は形成せず、盛土 2 内の水位は概ね一致している。Case2 では盛土 2, 3 の地下水位が概ね一致している。Case3 では盛土 3 の地下水位は一致しているが、盛土 2 の解析時ののり面中央付近の地下水位が形成されていない。しかしながら、累積雨量 150 mm (解析時間 30min) では実験結果と同様の地下水位が形成されていることから、実験と解析に多少時間の誤差が生じていると考えられる。以上のことより多少の誤差はあるものの、3 ケースとも解析結果は実験結果を概ね再現できていると考える。

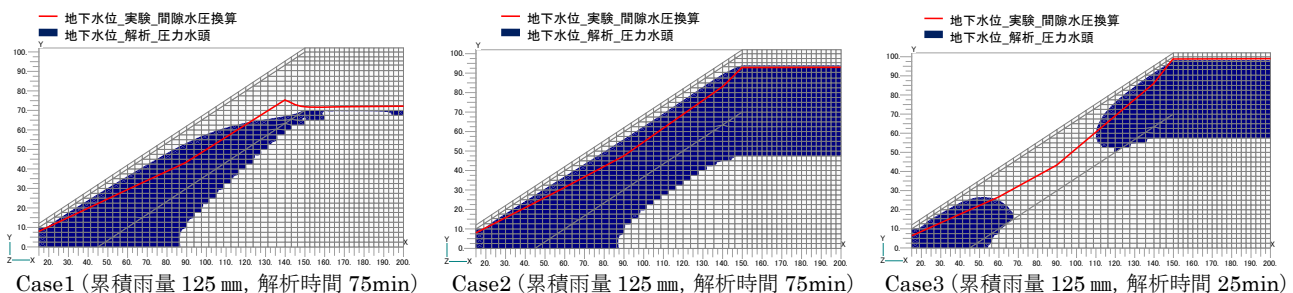


図-4 各解析条件の地下水位

3.3 盛土崩壊現象の考察

小型模型の実験結果では、Case1 はのり尻から侵食により のり面中央付近まで崩壊し、Case2 はのり尻からの侵食により のり肩まで崩壊している。Case3 ではのり肩に湛水した雨水が越流して、盛土のり面を流下することにより崩壊した。この結果を浸透流解析の結果より考察する。Case2 ではのり肩上部まで地下水位が形成され、地下水位が上昇することで盛土 2 内に 0.1cm/min 以上の流速が作用している。このため侵食がのり尻からのり肩まで進行したと考えられる。Case1 では地下水位が盛土 2 の中央付近までしか形成されず、流速が 0.1cm/min 以上の範囲も のり面中央付近までとなっている。このため、のり面中央までしか侵食が進行しなかったと考えられる。Case3 では盛土 3 の地下水位が高くなり、のり肩上部に上向きの流速が作用している。上向きの流速により のり肩の湛水した雨水が越流したと考えられる。

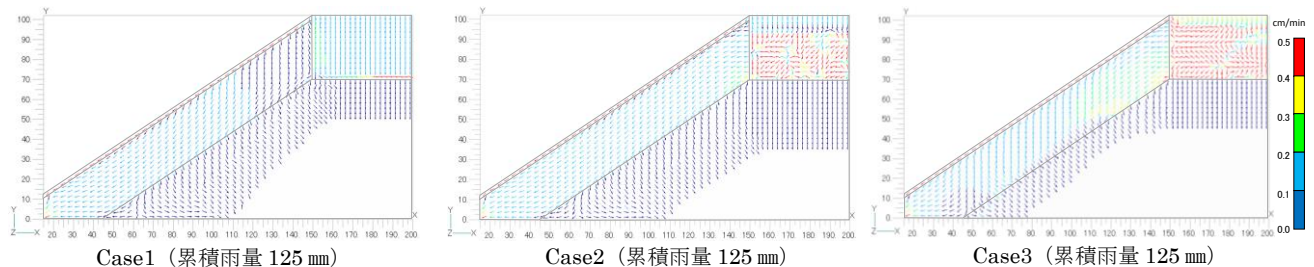


図-5 各解析条件の流速ベクトル

4. まとめ

二次元浸透流解析を用いて道床部に形成された沈下部を模擬したモデルを作成し、本解析条件で豪雨時の地下水形成挙動を調べた結果、道床部に湛水することでのり肩付近に大きな流速が作用し侵食崩壊を発生させる。豪雨時は水が集まりやすい箇所道床部の湛水量が急激に増加し、越流することにより盛土が崩壊する危険性があることが解析的にもわかった。今後は、実物大の盛土による同様な検討をする予定である。

参考文献

- 1) (財) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等維持管理標準・同解説 (構造物編) 土構造物 (盛土・切土)，丸善，pp20-21，2007.1
- 2) 阪東聖人ら：集中豪雨時の鉄道盛土の崩壊メカニズムに関する実験的考察，第 51 回地盤工学会発表会，2016