

遮水・排水効果に関する盛土内雨水浸透実験

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○小島 瑛太郎 正会員 今井 賢一
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 浅野 嘉文 正会員 大木 基裕
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 舟橋 秀磨

1. はじめに

当社では、降雨時における列車の安全安定輸送を確保するために、既設盛土のり面に対して表層の浸食防止や表層すべり防止を目的としたのり面工を降雨対策工として施工している。現在、のり面工は鉄道構造物等設計標準¹⁾に基づき盛土の性能ランクに適合するものを選定しているが、既設盛土に発生している変状や盛土の不安定性に影響を及ぼす立地条件を反映したものとなっていない場合がある。そこで、盛土の安定性に最も影響を及ぼす盛土内の水位の変化について、のり面遮水や排水対策を施した盛土模型を用いた降雨実験により、定量・定性的に評価したので、その結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 盛土模型

表-1に盛土模型の寸法を、表-2に地盤材料を示す。地盤材料は、盛土内の水位を測定することが目的であることから、実験中に体積変化が生じにくい締固め度であるとともに、浸透・排水が比較的良好な透水係数 ($k=1 \times 10^{-5} \text{m/s}$) 程度を確保することを条件に選定した。

表-1 模型盛土の寸法

高さ	0.86m
天端幅	0.71m
のり勾配	1:1.5
底面幅	2.0m
奥行	1.0m

表-2 地盤材料の基本的性質

地盤材料	足利産山砂
土粒子密度 (g/cm^3)	2.657
最大乾燥密度 (g/cm^3)	1.847
最適含水比 (%)	13.8
最大粒径 (mm)	19.0

2.2 実験方法

降雨実験は、表-3のCase1~5まで行った。Case1では開放のり面をイメージしたものであり、のり面及び天端に雨滴の直撃による浸食を防止するために、透水性の高いナイロン紗を設置した。Case2ではプレキャスト格子枠(枠内張コンクリート)をイメージしてのり面には不透水を模擬するビニールシートを、天端にナイロン紗を設置した。Case3ではのり面及び天端にナイロン紗を敷き、底面から

表-3 実験ケース

Case		降雨強度	降雨時間
1	無対策(開放のり面)	50 mm/h	8 時間
2	のり面工(のり面全面遮水)		
3	排水パイプ 1.5m×1本		
4	排水パイプ 0.3m×5本		
5	かご枠工		

20cmのところ樹脂製有孔排水パイプ ($\phi=30\text{mm}$, $L=1.5\text{m}$) を盛土中央に1本設置した。Case4ではのり面及び天端にナイロン紗を敷き、底面から15~25cmのところ樹脂製有孔排水パイプ ($\phi=30\text{mm}$, $L=0.3\text{m}$) を千鳥に5本設置した。ここで、樹脂製有孔排水パイプ ($\phi=30\text{mm}$, $L=1.5\text{m}$) は、当社でプレキャスト格子枠を施工する際に標準的に打設しているものである。Case5ではのり先に高さ15cm、幅30cmのかご枠工を2段設置した。降雨強度は、予備試験によりガリ浸食が容易に発生せず、盛土内水位の上昇が見られる時間雨量50mm/hとし、8時間継続して降らせた。

測定項目は、地表面の変位、盛土の土壌水分、間隙水圧、水位、雨量とした。盛土内の水分上昇状況は、盛土製作時に土壌水分計を埋設し経時変化を測定した。間隙水圧に関しては、圧力変換器により経時変化を計測した。水位は、盛土内に間隙水圧計を設置して水圧から水位を計測するとともに、盛土底面に4か所設けた水位観測孔を土槽側面まで配管し目視および写真撮影によって水位の変化を計測した。

3. 実験結果

図-1, 2に、実験開始後4時間と8時間の水位を示す。ここで、水位は間隙水圧計の値を水位に換算した値である。

無対策であるCase1は実験開始後4時間と8時間で水位に違いが見られないため、実験開始後4時間でほぼ定常状態となっている。また、降雨終了後の水位は全Caseの中でも最も高い。

キーワード 盛土, 降雨実験, 盛土内水位, のり面工, 排水パイプ, かご枠工
 連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 総合技術本部技術開発部 Tel.(0568)47-5380

のり面全面を遮水した Case2 は実験開始後 4 時間ではのり面の安定性に影響を及ぼすのり先における水位の上昇は見られないが、8 時間後にはのり先部で Case1 と同様の水位まで上昇している。

排水パイプを打設した Case3 と Case4 は、実験開始後 4 時間の水位に違いは見られないが、8 時間後には Case3 の方が低い水位を示している。ここで、排水パイプを施工した場合の水位は、排水パイプ直下で最も低くなり、排水パイプから離れると高くなる 3 次元的な挙動を示すことが想定される。実験では排水パイプ直下の水位を計測したため、Case3 と Case4 の水位は、排水パイプの直下の水位と、Case1 の水位の平均値として設定した。

かご枠を設置した Case5 は、実験開始後 4 時間では無対策や排水パイプと同様な水位上昇傾向を示したが、8 時間後の水位は全 Case の中で最も低い値を示した。

上述した盛土内水位の値を用いて、各種対策工は、無対策の盛土に対してどの程度安定性に影響があるか把握するために、円弧すべりの安定計算を行った。

安定計算に用いた土の強度定数は表-4 に示すとおり、水位線を境に単位体積重量と粘着力を変化させた。また、計算は修正フェレニウス法で行い、すべり線はのり尻からのり肩を通るものとした。

安定計算結果を表-5 に示す。解析結果である安全率の値は、無対策の盛土の安全率に対する各対策工の安全率の比を正規化安全率として整理した。

経過時間 4 時間における正規化安全率を比較すると Case2 が最も高い値を示している。

経過時間 8 時間における正規化安全率を比較すると Case5 が最も高い値を示している。Case3 と Case4 を比較すると Case3 の方が高い値を示すことから、Case4 のように短い排水パイプを密に施工するよりも、長い排水パイプを施工するほうが安定性が高くなることがわかる。また、当然のことではあるが、盛土の全断面に設置されたかご枠工は排水量が多くなるため、排水パイプと比較して安定性が高くなる。

各対策工の経過時間 4 時間と 8 時間における正規化安全率を比較すると、盛土内の水を排水する排水パイプやかご枠工の値の低下は少ないが、遮水をするプレキャスト格子枠工の値の低下が大きいことがわかる。これらのことから、のり面を遮水するだけでなく、盛土内の水を排水する対策も降雨対策として有用であると考えられる。

4. まとめ

模型盛土による降雨実験により、のり面遮水効果と排水効果について定量的・定性的な評価を行った。安定計算の結果より、一般に高い耐降雨性があると言われているのり面の遮水は、降雨の増加に伴い円弧すべりの安定性が低下する場合があると考えられる。一方で排水パイプやかご枠工などは安定性の低下が小さいので、のり面を遮水するだけでなく、盛土内の水を排水する対策も降雨対策として有用であると考えられる。

今後は、これらの結果を降雨対策の実務に反映させていきたいと考えている。

参考文献

1) 国土交通省鉄道局監修:鉄道構造物等設計標準・同解説土構造物 PP.141-152, 2007. 10

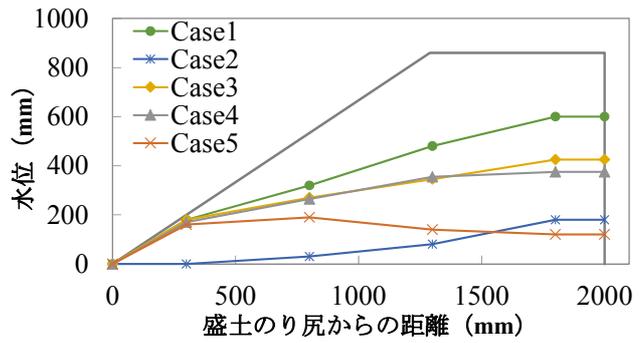


図-1 水位の状況 (実験開始後 4 時間)

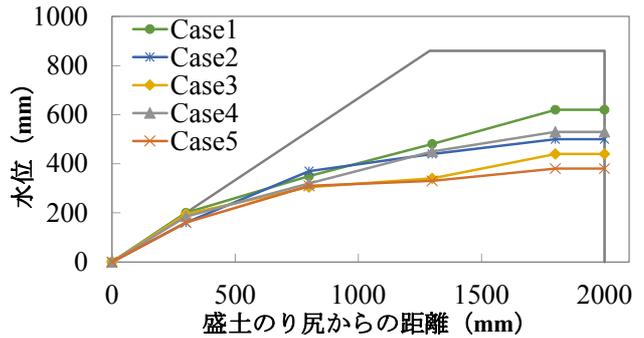


図-2 水位の状況 (実験開始後 8 時間)

表-4 安定計算に用いた土の強度定数

強度定数	σ_t	c	ϕ
	kN/m ²	kN/m ²	°
水位線より上	17.0	3	35
水位線以下	18.0	0	35

表-5 安定計算結果 (正規化安全率)

経過時間	正規化安全率 F_{si} / F_{s0}				
	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
4 時間	1.00	2.03	1.21	1.19	1.73
8 時間	1.00	1.08	1.20	1.07	1.53