

在来線盛土降雨対策工の耐降雨性に関する解析的検討

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

1. はじめに

降雨時における列車の安全安定輸送を確保するために、降雨対策として盛土のり面の侵食防止や表層すべり防止を目的としたのり面工を施工している。この際、鉄道構造物等設計標準（土構造物）¹⁾（以下、標準）に基づき、盛土の性能ランクに適合するのり面工を選定する場合、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必ずしも反映した選定とはならない場合がある。そこで、盛土の安定性に最も影響を及ぼす雨水や浸透水など水の影響、盛土の破壊形態や発生している変状を盛土の立地条件別に評価し、必要な対策工を盛土高さに応じて合理的に選定できるマニュアル²⁾を策定した。本稿ではそのマニュアルの参考として降雨対策工の耐降雨性に関する2次元浸透流解析とその結果に基づく安定解析の結果について述べる。

2. 解析の位置づけ

マニュアルでは、「表面水によるのり面侵食」と「浸透水によるすべり崩壊」の2種類の破壊形態に対して、必要な対策工や優先順位を選定できるものとした²⁾。本検討では、「浸透水によるすべり崩壊」に対して効果がある、盛土内浸透水の排水対策工について、工法や施工仕様を変化させた場合の耐降雨性の定量的評価を試みた。

3. 解析条件

3.1 解析ケース・材料パラメータ

解析は2D-Flow（地層科学研究所）により、非排水地盤上にある高さ6mの純盛土について実施した。排水パイプの解析（図1(a)）は、盛土のり尻に3～5段程度打設すると仮定し、排水パイプ（D=60mm）

表1 盛土・地盤材料、対策工のパラメータ

		γ (kN/m ³)	ϕ (°)	c (kN/m ²)	ks (m/sec)	備考
盛土材	80%<Sr	17	35	1.5	1.00E-05	
盛土材	Sr<80%	16	35	3	備考	不飽和浸透特性考慮
地盤	(難透水層)	19	40	10	1.70E-09	
かご枠	(砕石相当)	19	40	1	1.00E-03	河川堤防の構造検討の手引き
排水パイプ		17	35	1.5	備考	布川らの方法で盛土材の25倍

の打設長さ、打設間隔、のり面工が異なる4ケースを設定した。かご枠工の解析（図1(b)）は、盛土のり尻から盛土中心部へ向かって0.6m、1.2mをかご枠工に置き換えたものと、かご枠工1.2mにのり面工を加えた3ケースを設定した。解析パラメータを表1に示す。盛土材は標準³⁾の土質3、不飽和浸透特性は標準⁴⁾の砂質土、支持地盤は難透水地盤とした。また、線路方向に離散的にある排水パイプの2次元モデル化は布川ら⁵⁾の手法を参考にパイプ設置範囲を盛土の透水係数の25倍に、かご枠工は河川堤防の構造検討の手引き⁶⁾の砕石を参考に設定した。

3.2 作用

降雨は標準⁷⁾に従って作用させた。まず、初期飽和状況を設定するため、年間2500mm/y、すなわち、日雨量20.6mm/dayで120日分の降雨を3日に1度の割合で作用させ、盛土内の圧力水頭が一定になるまで実施した。そして、図2に示す日雨量400mmで最大時雨量120mm/hを24時間で作用させる短期型降雨（後方集中型）を用いた。また、軌道荷重（10kN/m²）、列車荷重（23kN/m²）を等分布荷重として盛土天端に作用させた。

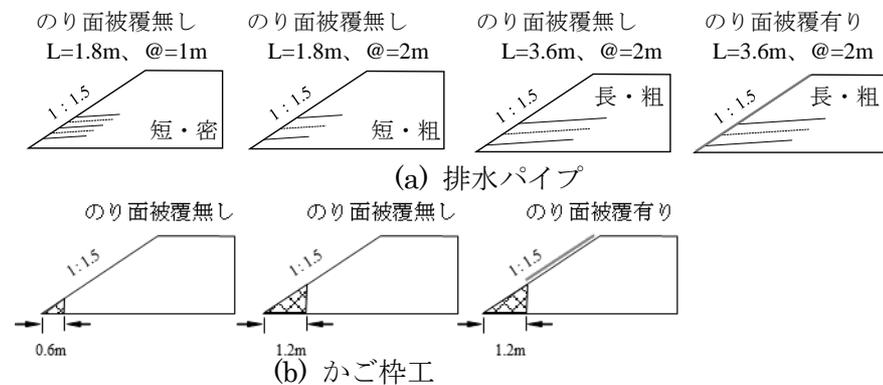


図1 解析ケース

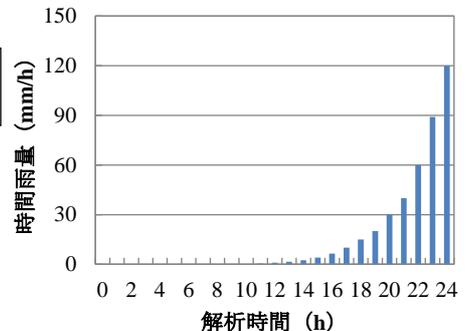


図2 降雨作用（短期型降雨）

キーワード 盛土, 降雨対策工法, 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

3. 3 安定解析

浸透流解析で得られた自由水頭と飽和度の分布をもとに、修正フェレニウス法による安定解析を行った。この際、すべり面はのり尻、および、のり肩から1m程度以上離れた施工基面を通る範囲で、時間は降雨中及び降雨終了後の中で最も安全率が低いものを抽出した。

4. 解析結果

図3に盛土高さ6m、短時間雨量作用時の浸透流解析結果として飽和度コンター（(a)対策なし、(b)排水パイプ長さ3.6m 間隔2m、(c)かご枠1.2m）を示す。なお、図には抽出した円弧すべり面も併せて示す。

無対策の盛土天端やのり面で現れていた高飽和領域は、排水パイプやかご枠工により飽和度が低減され、高飽和領域が縮小している。これに伴い、最小の安全率となる円弧すべり面はこれに沿うように変化し、半径が小さくのり面のより深い領域を通過する面が抽出された。

ただし、抽出された対策時の円弧すべり面における安全率は無補強に比較し高まっている。なお、安全率が最も低くなった時間の違いは、のり尻への水の集中がピークに至る時期の違いによると考えられる。

5. まとめ

図4は補強時の安全率を無補強時の安全率で除し、正規化した安全率によって対策効果を示したものである。排水パイプに比較し、かご枠工が飽和度の低下を促し、安定計算上も優位な結果となった。

また、同工法で対策仕様を変化させても安全率に大きな違いは見られなかった。いずれの対策工においても遮水効果を考慮した被覆工を実施すると、その効果が大幅に増加する傾向がわかる。

6. 今後の課題

本検討は、集水地形にない純盛土を対象に浸透流解析の飽和度コンターを踏まえた安定解析を実施し、対策工の効果の定量的評価を試みたものである。解析結果は設計用値により変化するものの、評価手法を確立し、対策仕様の定性的な評価ができたものとする。一方、実施工における排水パイプの仕様は多段で千鳥に配置するが、これを2次元へモデル化する方法について更なる検討が必要であるとする。また、安全率が最小となる時の評価のみならず、降雨初期において排水が促進され自由水頭の上昇を抑制する効果や、早期に飽和度が低下し安全率が回復するような経過時間による評価、あるいは初期自由水頭の高さの影響など更なる分析を進める。

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
- 2) 浅野嘉文,石川智史,舟橋秀麿,今井賢一,杉山友康:在来線における盛土降雨対策工選定マニュアルの策定,第71回土木学会年次学術講演会 2016.9 (投稿中)
- 3) 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.57-59,2007.10
- 4) 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.397-400,2007.10
- 5) 布川修,杉山友康,太田直之,岡田勝也,藤井昌隆:排水パイプの排水効果を2次元問題として扱う手法について,第38回地盤工学研究発表会,2003.7
- 6) 国土技術研究センター 河川堤防の構造検討の手引き H24改訂版,P.56,P.70,2012
- 7) 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.51-54,2007.10

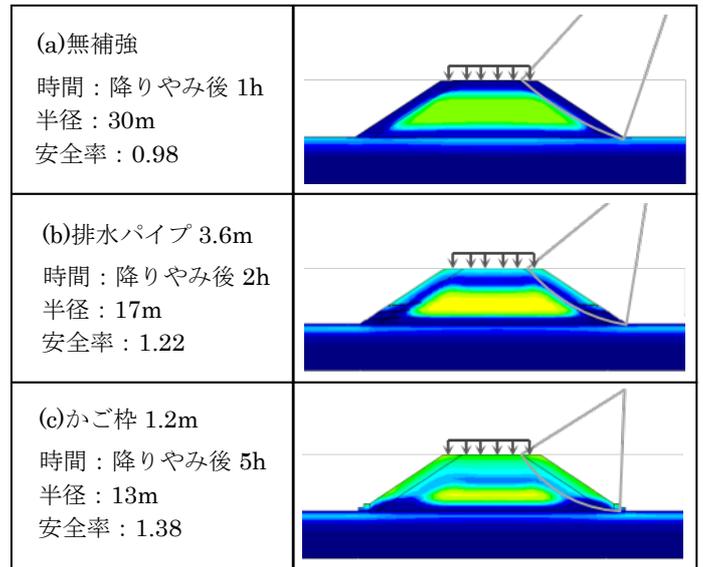


図3 飽和度コンターと通出円弧すべり面

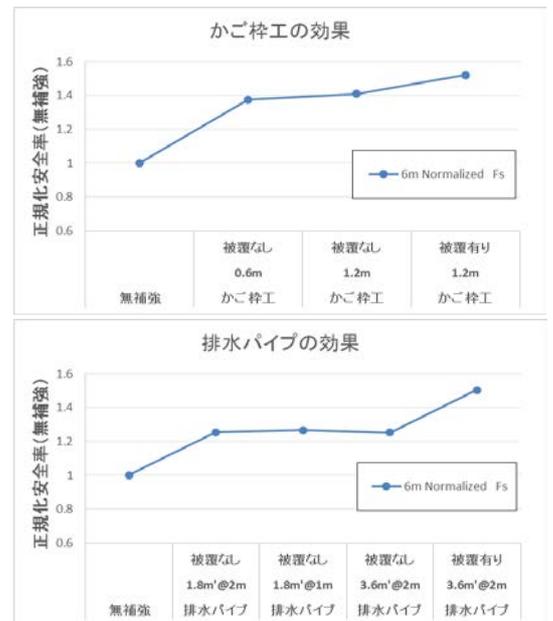


図4 盛土高さ6mにおける対策効果 (上:かご枠, 下:排水パイプ)