

IV-18

盛土のり面の遮水性に着目した防護工の耐雨性効果

(財)鉄道総合技術研究所 正員 杉山 友康 正員 村石 尚
 国土館大学 フェロー 岡田 勝也

1. はじめに

降雨による盛土のり面の崩壊を防止するには、①原因となる雨水を盛土堤体内に浸透させない対策、②のり面の変形、崩壊を抑止する力学的な対策、が挙げられる。コンクリート張ブロック工（以下張りブロックという）は盛土表面の浸食に対する抵抗力を高める目的で施工されるが、のり面を被覆するという意味では①の目的においても効果が期待される。これは、盛土崩壊に対し直接力学的に抵抗するものではなく、盛土内への雨水浸透量を減らすことから崩壊を「遅らせ」て、「崩壊までの限界雨量を高める」という、抑制工法として位置づけられよう。これに対して、②は浸透条件の如何を問わず、ひとたび雨水浸透が起これば盛土の変形が生じ、強いては崩壊に至るという条件の下で、力学的に抵抗させる直接的な対策として位置づけられる。結果として、これにより安定性が向上すれば崩壊までの限界雨量が向上することになる。本報告は、特に①の張りブロックによる雨水浸透抑制効果に着目し、張りブロック施工箇所での採取試料の試験から得た土の透水特性値を使用し、飽和・不飽和浸透シミュレーションを行うことによって、張りブロックで被覆された盛土の耐雨性向上効果を確認したものである。

2. 雨水浸透を考慮した数値計算

解析モデルは、図1に示す盛土高さ7.5mの複線の半断面、のり面勾配は鉄道盛土で一般的な1:1.5とし、節点数248、要素数235に要素分割した。なお、高さ7.5mは過去に降雨で崩壊した鉄道盛土の平均高さである。のり面については、張りブロック等で被覆された条件下ではのり面からの雨水は遮断されるが、盛土内部からの水は水抜孔などから排出されることを考え、排水条件とした。

飽和・不飽和浸透流解析法は、赤井ら¹⁾が提案した手法を用いた。不飽和領域の透水特性は、盛土28箇所から採取したサンプリング試料によるpF試験を行い、各pF値での体積含水率 θ の平均値を求めてプロットした図2の透水特性曲線に対して、Brooks&Corey法²⁾および西垣³⁾の提案した実験式から決定した。盛土内の初期圧水頭は、現地調査でサンプリングした試料の平均値から、全断面一様な-41cmとした。

浸透計算で得られた水圧の変化を基に修正フェレニウス法による安定計算を行い、被覆による遮水効果を検討した。すべり面については、上端で施工基面を切るものが発生するものとし、安定計算のための土の強度定数は砂質盛土であることから粘着力 $c=0$ kPaとし、内部摩擦角 $\phi=35$ 度と仮定し、安全率 F_s が1.0以下となった時点を崩壊と考え、この時の累積雨量を崩壊雨量として求めた。

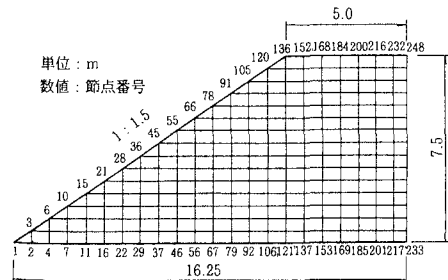


図1 解析モデル

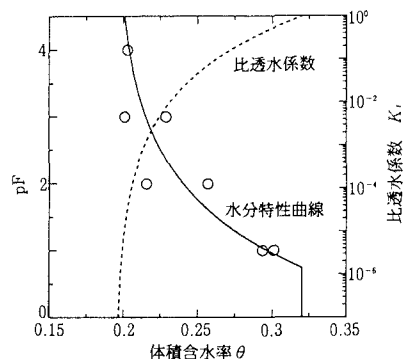


図2 水分特性曲線

表1 計算ケースと崩壊雨量 (mm)

降雨強度 mm/h	20	30	40	50	60
被覆無し	537	505	493	485	490
被覆有り	2470	2130	2080	2108	2190

3. 計算結果

計算ケースは表1に示す10ケースである。降雨強度30mm/hの計算結果から、節点番号No.4, No.37, No.106（図1参照）での底面圧力を水位と見なした降雨開始からの経時変化を図3に示す。また、盛土内の水位上昇の変化を図4に示す。のり面被覆がなくこの部分から雨水浸透を許容する条件下では、のり先から水位の上昇が始まり、これが時間経過とともに盛土中心部へ向かう傾向を示す。一方、被覆されこの部分からの雨水が100%遮水された場合は、盛土の中心部分から水位上昇が始まり、のり面方向へ水の流れが向かいながら水位そのものも徐々に上昇していく。

図3には水位の経時変化とともに安定計算によって得た安全率 F_s の変化も同時に示している。被覆無しの場合はのり先の水位が上昇開始する直後から安全率が低下を始め、いずれの降雨強度でも約500mmの累積雨量で崩壊に至る。一方、被覆が有り雨水が100%遮水される場合は、盛土中心部から水位が上昇を始めるため、浸透の初期から中期にかけては安全率に変化がなく、安全率が最小となるすべり面に水位線が達する頃から低下し始め、崩壊までに2000mm以上の雨量を要する。

4. 被覆による耐雨性向上効果

のり面被覆による耐雨性の向上効果を、被覆された盛土の崩壊雨量と被覆されない盛土の崩壊雨量との比を耐雨比 P として評価する。図5は計算によって得た各ケースの耐雨比を散水強度別に示したものである。散水強度によって耐雨比は若干相違するものの、のり面からの雨水が100%遮水された場合には被覆されない盛土に比べ約4倍の耐雨性向上効果があることがわかる。しかし、実際の施工された張ブロック工の場合、空張りで施工されたものは、目地部分から雨水が盛土内部に浸透すること、練張りの張ブロックでも100%の遮水が期待できないことを考慮すれば、張ブロックの被覆による耐雨性効果は4倍よりも小さくなる可能性がある。

5. おわりに

張ブロックで被覆された盛土に対して、遮水されることによる耐雨性向上に着目し、飽和・不飽和浸透シミュレーションを行い、その効果を明らかにした。その結果張ブロックの耐雨性効果は、無対策の盛土に比べ、今回の計算では4倍程度あることが明らかになった。今後は、空張ブロックの遮水率を考慮した同様な計算の実施しや、実際に施工された防護工の降雨履歴調査などによって、盛土に施工されるのり面防護工の耐雨性効果を定量化する予定である。

【文献】1)赤井, 大西, 西垣: 有限要素法による飽和不飽和浸透流の解析, 土木学会論文報告集, 第264号, 1977 2)Brooks, R.H and Corey, A.T: Hydraulic properties of porous media affecting fluid flow, ASCE, IR(92), 1966 3)西垣, 楠見: 不飽和土の浸透特性の評価に関する考察, 土質工学会, 不飽和土の工学的性質研究の現状シンポジウム発表論文集, 1986.

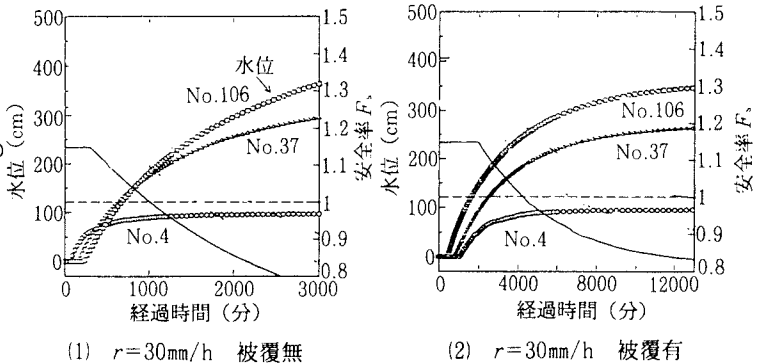


図3 水位と安全率の経時変化

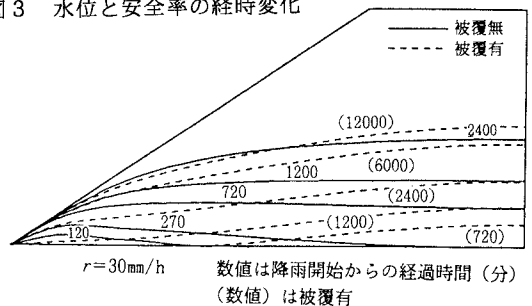


図4 水位上昇の様子

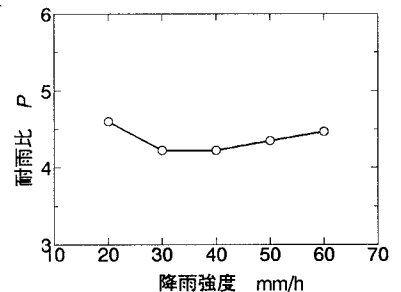


図5 時間雨量別の耐雨比