

Ⅲ-A305

鉄道盛土の降雨浸透流・安定解析

東日本旅客鉄道(株) 正会員 香川英司 中村宏 狭田彰二
中央開発(株) 正会員 井上孝則 西原聡

はじめに

平成10年8月末の栃木県北部・福島県南部における記録的な豪雨により、栃木県内の東北本線鉄道盛土が崩壊した。当該盛土をモデルとして透水係数を変化させ、有限要素法による降雨浸透流解析と、その結果を考慮した安定解析を行ったので報告する。

1. 解析対象と解析条件

解析対象は、崩壊メカニズムの検証を目的とした崩壊前の盛土と、応急復旧後の安定性確認を目的とした復旧後の盛土の2通りである。解析のフローを図-1に示す。崩壊前の盛土の解析については、文献1)に述べている。本稿では、応急復旧後の盛土について解析を行った事例について述べる。

解析方法の詳細は文献2)によった。解析モデルの設定には、盛土崩壊後の現地調査により推定される崩壊要因³⁾(下記①②)を考慮して、のり尻と路盤に湛水条件を与えた。

①盛土近傍の丘陵地斜面が鉄道盛土よりも先に崩壊する等して下流方の沢を塞いだと推定された。その結果、崩壊側ののり尻に沢水が流入し、のり尻の浸食・洗掘が生じると共に間隙水圧が上昇したことが推定された。(のり尻湛水)

②崩壊部の上部(線路直下)に、厚さ0.5m程度の砂利と炭ガラ層(透水性の良い層)が見られた。そのため、切土からの流入水が盛土に供給されたことが推定された。(路盤湛水)

解析に用いた応急復旧後の盛土のモデルを図-2に示す。改良土の透水係数は現場透水試験から得られた $k=1 \times 10^{-5}(\text{cm/sec})$ を用いた。既存の盛土材の透水係数は、現場透水試験から得られた値 $k=2 \times 10^{-5}(\text{cm/sec})$ の他に、10倍の値として $2 \times 10^{-4}(\text{cm/sec})$ を設定した。この透水係数は、崩壊前のモデルを対象とした崩壊機構の検証解析結果¹⁾より、盛土内の水みち等により部分的に透水係数が10倍程度大きくなったことを想定して設定した値で、崩壊現象を比較的良好に説明できる透水係数であることが確認されている。降雨を与える直前の盛土内の初期飽和度は、現位置から採取した試料の土質試験結果から95%とした。さらに、pF試験結果から不飽和水分特性を求め、その関係を用いて盛土内の初期飽和度に相当する初期圧力水頭を算定した。この算定した圧力水頭を盛土内地下水位より上部の領域に一定値として設定した。

2. 降雨浸透流解析結果

今回の災害時には、崩壊箇所近傍において、降り始めより820mmの降雨が観測されている。計画降雨はこれを考慮して900mmとし、降雨パターンは豪雨型(60mm×15時間)と長雨型(5mm×180時間)の2ケースを設定した。図-3に応急復旧後のモデルに対して、計画降雨を与えたときの飽和度コンター図を示す。

キーワード：盛土 浸透 安定解析

東京都渋谷区代々木2-2-2 TEL 03-5334-1288 FAX 03-5334-1289

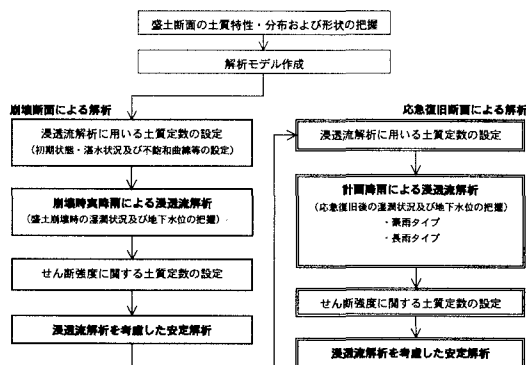


図-1 解析フロー

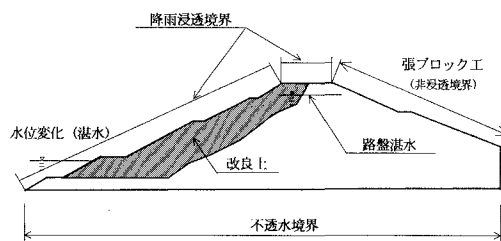


図-2 解析モデル(応急復旧後)

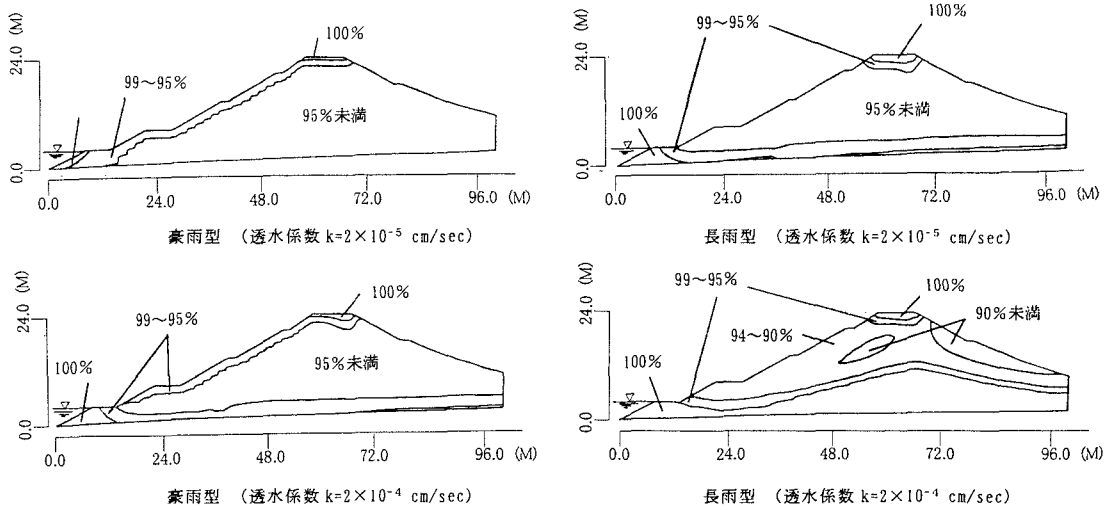


図-3 飽和度コンター図（計画降雨終了直後）

浸透流解析の結果、 $k=2 \times 10^{-5}$ (cm/sec) のケースでは、降雨パターンが豪雨型・長雨型とも盛土内にはほとんど降雨が浸透せず、 $k=2 \times 10^{-4}$ (cm/sec) は、豪雨型ではほとんど浸透しないのに対し、長雨型において盛土内部に現状より高い地下水位が形成される結果となった。

3. 安定解析結果

浸透流解析の結果により得られた盛土内の水圧および飽和度分布をもとに、応急復旧後の盛土の安定解析を行った。改良土の強度定数は、土質試験結果より $C' = 10 \text{ tf/m}^2$ 、 $\phi' = 0^\circ$ で一定値とした。また、既存の盛土材料については、崩壊前の解析¹⁾と同様に、三軸圧縮試験(CU)試験より飽和状態の粘着力 ($C' = 0.7 \text{ tf/m}^2$) を求め、不飽和領域については、降雨による盛土内の飽和度上昇に伴い、粘着力が低下するように設定した。なお、既存の盛土材の内部摩擦角は、飽和度に依存せず一定値 ($\phi' = 30^\circ$) とし、 C' のみを数通り変化させて安定性を検討した。

表-1 に安定解析の結果を示す。飽和時の強度定数が $C' = 0.7 \text{ tf/m}^2$ のときのすべり安全率は、盛土の透水係数が現場透水試験の結果から得られた $k=2 \times 10^{-5}$ (cm/sec) の場合、豪雨型・長雨型とも 1.7 程度、透水係数を 10

表-1 安定解析結果

ケース	透水係数 k (cm/sec)	降雨パターン	粘着力 C' (tf/m ²)			
			0.7	0.5	0.3	0.1
K1-1	2×10^{-5}	長雨型	1.701	1.634	1.569	1.505
K1-2		豪雨型	1.706			
K2-1	2×10^{-4}	長雨型	1.594	1.530	1.466	1.402
K2-2		豪雨型	1.701			

倍の $k=2 \times 10^{-4}$ (cm/sec) とした場合、豪雨型が約 1.7、長雨型が約 1.6 となった。豪雨型については、両者とも安全率は近い値となった。また、既存の盛土材の飽和時における粘着力を $C' = 0.1 \text{ tf/m}^2$ まで低下させた場合でも、すべり安全率は 1.4 以上あることが確認された。

まとめ

応急復旧後の盛土について、浸透流・安定解析を行った結果、次のことがわかった。①既存の盛土の透水性が同じ場合は、豪雨型よりも長雨型の方が盛土内の湿潤領域が大きくなる。②既存の盛土材の透水係数として、現場透水試験から得られた値、及びその 10 倍程度大きくした値を用いた。強度定数の低下を見込んだとしても、降雨パターンが豪雨型・長雨型のどちらのケースでも、すべりは発生しない。

<参考文献>

- 1) 香川, 中村, 狭田ら: 浸透流解析を併用した崩壊盛土の安定解析, 第 34 回地盤工学研究発表会, 1999. 7
- 2) 井上, 西原ら: 鉄道盛土の降雨浸透流・安定解析手法の検証, 第 54 回年次学術講演会 (投稿中)
- 3) J R 東日本 東京支社: 東北本線 (矢板~白河間) 集中豪雨に伴う線路災害記録誌, 1999. 2