

Ⅲ-99

豪雨時の盛土構造物の浸透、応力および安定性

鳥取大学農学部 正 ○森井 俊広
鳥取大学農学部 服部 九二雄
鳥取大学農学部連合大学院 Hassan, A. K.

1. はじめに

アースダムや河川堤防などの水利盛土構造物は、さまざまな貯水位あるいは河川水位条件で安定性が厳密に確保されなければならない。一般に、水利盛土構造物は貯水池や河川からの浸透を前提に設計されており、外水位の変動のみによって構造物の不安定化がシリアスになるような状況は少ない。問題となるのは現行の設計体系では考慮されていない豪雨の影響である。豪雨問題は、流域の流出特性に応じて貯水池や河川水位の変動をとまなう点に特徴をもつ。

著者らはこれまで、飽和・不飽和浸透流解析と応力・変形解析とを組み合わせた有限要素解析法により、アースダムの湛水時および貯水位低下時の不安定化の機構を調べてきた[1][2]。本研究では、その一環として、降雨とそれに続く外水位の上昇・低下過程における水利盛土構造物の浸透、応力および安定性の相互関係を検討する。なお、水分量にとまなう不飽和土のせん断強さの変化は考慮しない。

2. 検討方法[1][2]

解析法のおおよそのステップは次の通りである。①浸透流解析により、圧力水頭と物体力(浸透力、浮力および飽和度変化によるサーチャージ荷重)の分布を求める。②これを等価節点荷重に換算して、応力・変形解析をおこなう。③要素応力(有効応力)を用いて、円弧すべり面に沿ったすべり安定計算を行う。堤体内の応力分布は浸透状況に応じて時々刻々変わるため、すべり安全率もまた時間とともに変化することになる。堤体材料のせん断強さはモール・クーロンの破壊規準で記述する。

Fig. 1に堤体の断面と初期・境界条件を示す。基盤は不透水性剛体地盤とする。降雨およびそれに続く外水位の変動は、Fig. 2のように設定する。

3. 検討結果

浸透挙動 Fig. 3に、代表時点での自由水面位置と飽和度分布を示す。降雨浸透にとまない、上下流斜面の近傍で飽和度が上昇し、自由水面に盛り上がり部が生じる。下流側の盛り上がり部は外水位上昇後も残る。外水位低下時には上流側斜面に浸出面が生じている。

すべり安全率 Fig. 4に、降雨時および外水位変動時の斜面のすべり安全率の変化を示す。比較のため、

『30mm/h降雨+外水位変動なし』と『降雨なし+外水位変動』のケースもあげた。次の点を指摘できる。

- (1) 降雨により上下流斜面のいずれも安全率が下がる。
 - (2) その後の外水位上昇により、上流側斜面の安全率は回復するが、下流側ではさらに不安定になる。
 - (3) 外水位低下時には上流側斜面の安全率が低下する。
- 上記(2)の後者と(3)は、豪雨問題に特有のカウンターブローとみることができる。

有効応力挙動 Fig. 5に、堤体内の上下流対称位置の要素における応力変化をまとめる。上記(1)~(3)に対して次の説明ができる。

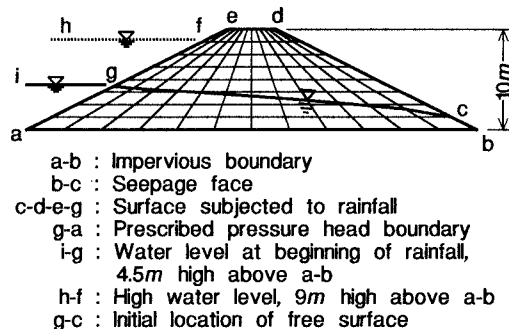


Fig. 1. Cross-section of earth structure with finite element mesh, and description of initial and boundary conditions

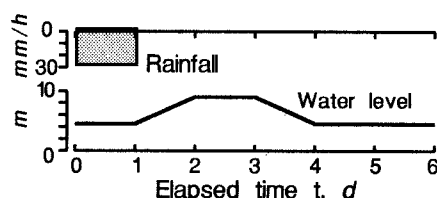


Fig. 2. Plots of rainfall and external water level against time

- (1) 降雨時に上流側では $0 \approx \Delta \sigma_1' < \Delta \sigma_3'$, 下流側では $0 < \Delta \sigma_1' < \Delta \sigma_3'$ となる。いずれもモールの応力円が拡大しながら原点側に向かうことになり, 安全率は下がる。
- (2) 外水位上昇時の後半では, 下流側に達した浸透流により急激に $0 < \Delta \sigma_1' < \Delta \sigma_3'$ となる。
- (3) 外水位低下時には, 上流側斜面内の鉛直下向きから外水へ向かう横方向の流れにより, σ_1' は増加し σ_3' は低下する。

4. おわりに

次の2点の結論が得られた。(a)水利盛土構造物の不安定化を, 非定常浸透にともなっている生じる応力変化を通してうまく説明できる。(b)豪雨問題では, 降雨そのものより, その後に生じる外水位変動により大きな注意を払う必要がある。

【Ref.】

- [1]森井・長谷川, 農業土木学会論文集, 166(1993)
- [2]森井・服部, 土木学会中四国研究発表会, 342-3(1994)
- [3]森井・服部, ダム工学, 14(1994)

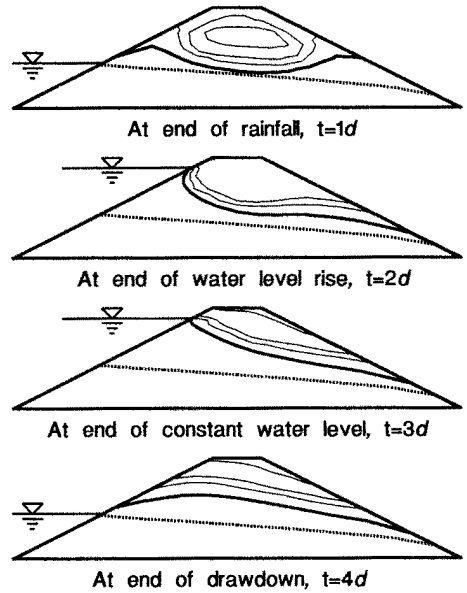


Fig. 3. Free surface and saturation at different time t

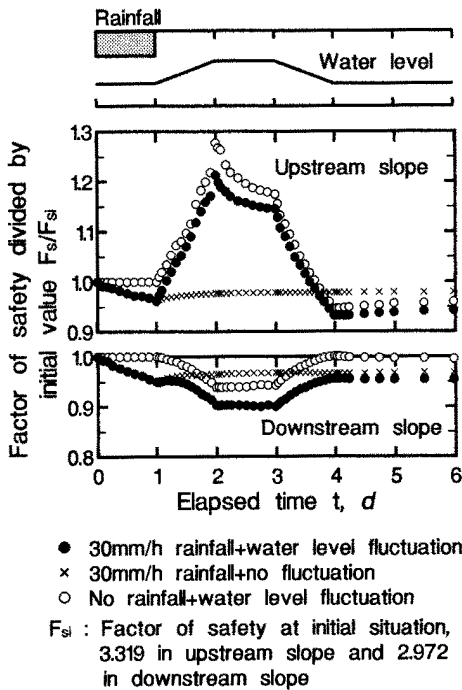


Fig. 4. Variations in factor of safety during rainfall and fluctuation of external water level

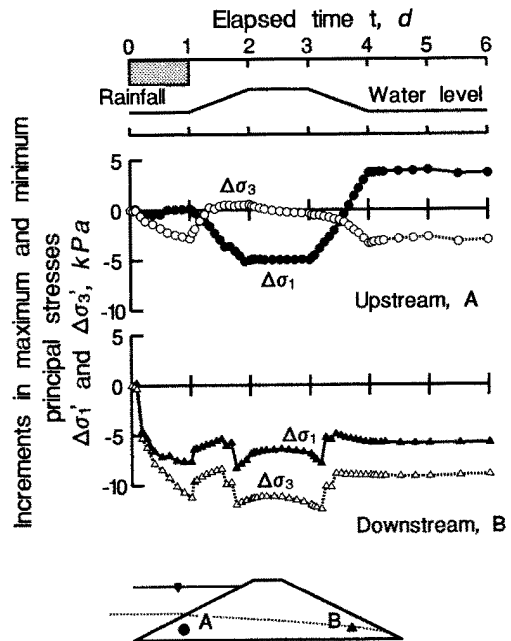


Fig. 5. Variations in effective principal stresses at typical finite elements A and B induced during rainfall and fluctuation of external water level