

湛水時のアースダムの浸透、応力および力学的安定性

鳥取大学農学部 正 ○森井 俊広
鳥取大学農学部 服部九二雄

1. はじめに

築堤後のダムに湛水が始まり浸透流が生じると、浸透力や浮力などの物体力の作用により、堤体内の応力状態が変化し力学的安定性が変わる。飽和・不飽和浸透流解析と応力・変形解析を重ね合わせた有限要素法にもとづく数値計算法[1]を用い、アースダムの力学的安定性に及ぼす湛水速度ならびに堤体の初期水分状態の影響を調べる。後者の影響は、たとえば河川堤防において、降雨で堤体内の水分量が上昇し、その直後に河川水位が上昇するケースなどを分析する場合に重要なファクターになると考えられる。力学的安定性の指標として、応力・変形解析からえられる要素の応力度によって計算した斜面の円弧すべり安全率を用いる。議論を簡明にするため、応力変化に起因したメカニカルな要因と水分再分布にともなう土の強度変化に起因した物性的な要因を切り離し、前者の効果についてのみ検討を加える。

2. 検討方法

飽和・不飽和浸透流解析法と応力・変形解析法との重ね合わせを図1に示す。盛立て解析により堤体の初期応力分布を求めたのち、飽和・不飽和浸透流解析法からえられる物体力を等価節点力として与え、応力・変形解析とすべり安全率の計算を進めていく。堤体内の応力分布は浸透状況に応じて時々刻々に変わるため、すべり安全率もまた時間とともに変化することになる。物体力として浸透力、浮力および単位体積重量の変化によって生じる鉛直方向の力を考える。前2者の成分を考慮することにより有効応力解析が可能となる。すべり安全率は、すべり面に横切られる要素について応力度にもとづく要素安全率を求め、これらを要素内のすべり面片の長さに応じて重み付き平均して算出する。堤体材料のせん断強さはモール・クーロンの破壊基準で記述する。

図2にモデルダムの断面と要素網を示す。基礎は不透水性剛体地盤とする。湛水パターンは図3のように、仮想的な瞬時湛水を含めA～Eの5通りを考える。初期条件として断面全体に一樣な飽和度を与える。初期飽和度が相対的に低いケースとして80%を、高いケースとして95%を設定する。

3. 検討結果

図4に、代表的な結果として、湛水パターンBおよびDにおける上流側斜面と下流側斜面のすべり安

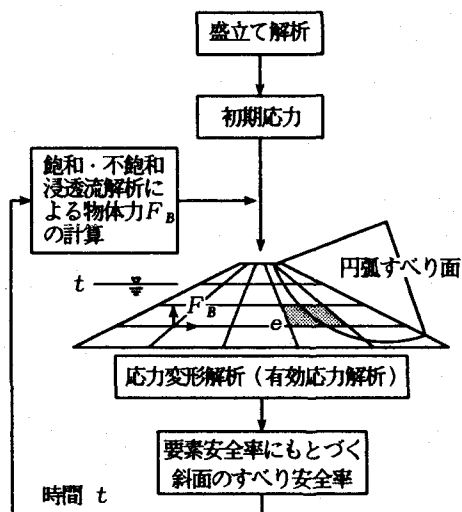


図1 浸透過程を考慮した応力・変形解析法と安全率の計算方法

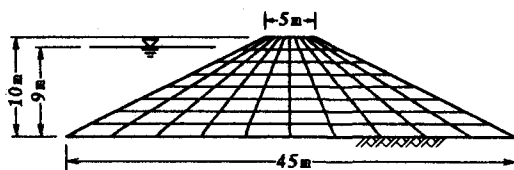


図2 不透水性剛体地盤上のダムと要素網

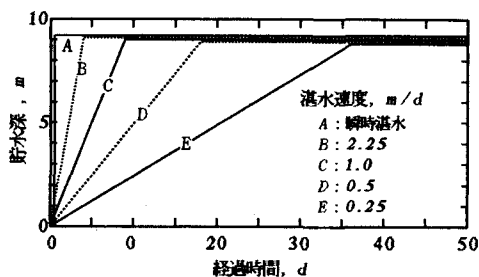


図3 湛水パターン

全率の経時変化をまとめる。盛立て完了時のすべり安全率はいずれの斜面でも3.12であり、図4の縦軸の安全率は、この値に対する比率で表示している。黒塗り記号は初期飽和度が相対的に低いケースでの結果で、上流側斜面では満水位時点で最も大きな安全率に達したのち、定常浸透への移行とともに最終的な値に落ち着いていく。湛水速度が速いと下流側斜面でやや急な安全率の低下が起きるが、緩やかな速度になればこのような急激な変化は生じない。これらの傾向は、事情が許すかぎり湛水速度はできるだけゆるやかに設定すべきであるという周知の経験を説明するものである。白抜き記号は初期飽和度が相対的に高い場合の結果を表す。高い初期飽和度は、

上流側斜面に対して、急激なすべり安全率の変化を抑えるという点でプラス側の効果をもつが、下流側斜面では、自由水面が急速にかつ早期に浸出しはじめるため、すべり安全率の急激な低下という負の効果をもたらすことになる。

図4に示した湛水速度や初期飽和度によるすべり安全率の変化の違いは、堤体内の応力挙動を通して説明することができる。図5は、堤体内の上下流位置での代表的な要素について、湛水時の主応力の推移をまとめたものである。たとえば初期飽和度が相対的に低い場合でパターンBでの上流側についてみると、満水位まで、主応力は変化量が $\Delta\sigma_3' > \Delta\sigma_1'$ の関係で増加しており、この結果、モールの応力円は小さくなり、すべり安全率は増加することになる。また初期飽和度が相対的に高い場合の下流側斜面については、湛水パターンに関係なく $\Delta\sigma_3' > \Delta\sigma_1'$ の関係で主応力が低下するため、すべり安全率は急速に減少する。

4. おわりに

浸透流解析法と応力変形解析法との重ね合わせにより、アースダムなどの盛土構造物の浸透時における力学的安定性の変化を調べた。堤体の力学的安定性が、浸透流動にともなう主応力の変化を通して合理的に説明できることを明らかにした。

Ref. [1] 森井・長谷川, 農土論集, 166, 75-81, 1993.

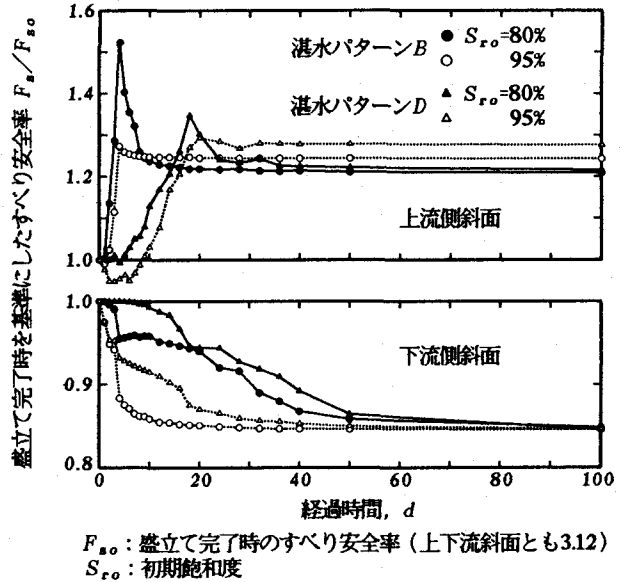


図4 すべり安全率に対する初期飽和度の影響

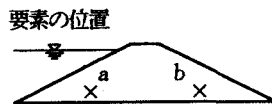
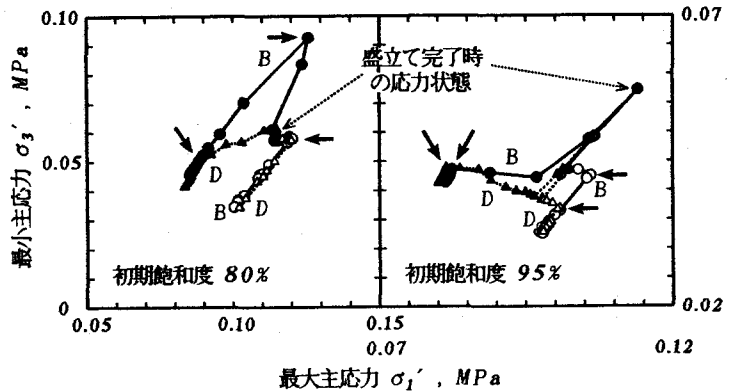


図5 湛水にともなう盛立て完了時以降の主応力の推移