

極限平衡法と個別要素法を用いた岩盤法面の設計手法に関する基礎的研究

独立行政法人土木研究所 正会員 山口嘉一，市原裕之，○畠 康之

1. はじめに

近年、良好な地質条件を有するダムサイトが減少し、これに伴って基礎掘削が深くなり、掘削法面が長大化する傾向にある。しかし、現状ではこのような長大掘削法面に対して、その安定性の評価法及び設計手法の体系化がなされていないため、個別ダムごとに対応している。全国 51 ダムを対象に実施した法面設計の実体調査の結果、法面安定解析手法としては、平面すべり法に代表される極限平衡法（以降 LEM とする）が多く用いられていることがわかった。¹⁾

一般に平面すべり法を用いた斜面の安定解析は、地質調査結果からすべりブロック形状を特定し、現状地形のつり合い条件からすべり面の強度定数を逆算し、これらを用いて斜面の安定性を評価している。しかし地質情報の少ない調査段階では、すべりブロック形状を正確に把握することは困難である。このため、図-1 に示すように、当初想定したすべりブロックの形状とすべり面の強度定数に対し、想定したすべり面と異なる傾斜を有する不連続面が存在した場合に、新たに形成されるすべりブロックを考慮して斜面の安定性を再評価する手法を用いる必要がある。

本研究では、法面設計の合理化と精度の向上を目的として、法面モデルを用いて平面すべり法と個別要素法（以降 DEM とする）による安定解析をおこない、不連続面の位置、傾斜角が斜面の安定性に及ぼす影響について検討をおこなった。

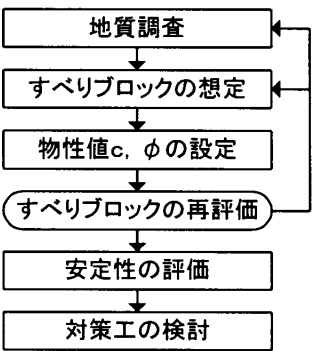


図-1 法面安定検討フロー

2. 検討方法

解析モデルを図-2 に示す。斜面内部に当初想定される任意のすべり面を設定し、また斜面下端を a 点、斜面肩を b 点、斜面上端を c 点とし、a b（斜面部）、b c（斜面上部）をそれぞれ 5 等分する点を通る不連続面を設定した。すべり面の傾斜角を θ 、不連続面の傾斜角を β とし、すべりブロックはすべり面と 1～9 の不連続面によって形成されるものとした。図-2 は不連続面 7 を通るすべりブロックを太線で示している。

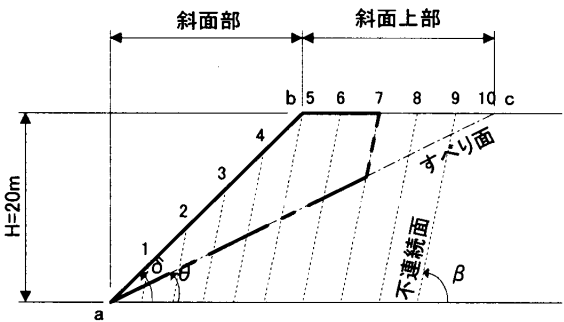


図-2 解析モデル

表-1 解析ケース

項目	単位	解析ケース
斜面高さ	H	m
斜面勾配	δ	°
不連続面傾斜角	β	°
すべり面傾斜角	θ	°
すべり面内部摩擦角	ϕ	°
岩盤密度	ρ	t/m ³

3. 検討結果

図-3 に、LEM で求めたすべりブロックと所要粘着力

キーワード ダム，法面設計，法面安定解析，極限平衡法，個別要素法
連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 独立行政法人土木研究所水工研究グループ（ダム構造物チーム）
TEL 0298-79-6781

の関係を示す。ブロック No.は、例えば不連続面 7 を通るすべりブロックをブロック No.7 とした。当初想定したすべりブロックはブロック No.10 で表されている。図より、No.6～9 のすべりブロックについては当初想定したすべりブロックより所要粘着力が大きくなることがわかる。

図-4 に LEM と DEM で求めたすべりブロックと所要粘着力の関係を示す。図より、LEM と DEM の解析結果がよく一致しており、すべりブロックが特定できたときの条件下においては、解析手法の相違による解析結果への大きな影響はないことがわかる。

次に、すべりブロックを特定しないで、不連続面 1～9 をすべて考慮したモデルを用いて DEM による安定解析を実施した。すべり面の粘着力は当初想定したブロックの所要粘着力とした。このときの斜面の崩壊状況を図-5 に示す。図中の矢印はブロックの速度ベクトルを表しており、すべり面に沿って不連続面 7 から崩壊が生じていることがわかる。これは、図-3、4 に示したように、当初想定していたすべり面以外に斜面の強度上無視できない不連続面が存在した場合、斜面の安定性は不連続面がない状態よりも低下することを示している。また、このとき斜面の安定性を支配する不連続面 7 は、図-4 の各不連続面を個別でモデル化した場合の安定解析結果において、最も所要粘着力が大きくなるケース（ブロック No.7）の不連続面と一致している。

図-6 に不連続面を全て考慮したモデルを用いて、DEM によって所要粘着力を求めた結果を示す。LEM については各すべりブロックの所要粘着力のうち最も大きな値を図中にプロットしている。受け盤構造となる $\beta \geq 90^\circ$ では LEM と DEM の結果は概ね一致するが、流れ盤構造となる $\beta < 90^\circ$ では LEM による所要粘着力の値は DEM を下回る傾向が見られる。

4. まとめ

当初想定していたすべり面以外に傾斜角の異なる不連続面が存在する場合、斜面の安定性が低下することを示した。また、不連続面が発達した斜面では、LEM は DEM に比較して所要粘着力を小さく算定する場合があることを示した。今後は、間隙水圧及び掘削の影響を検討する予定である。

【参考文献】1) 山口嘉一, 市原裕之, 畠康之: ダム掘削法面の設計・観測手法と法面の変状発生状況に関する事例調査, 土木研究所資料, 第 3863 号, 2002. 2) 国土開発技術研究センター編: 貯水池周辺の地すべり調査と対策, 山海堂, p. 129, 1995.

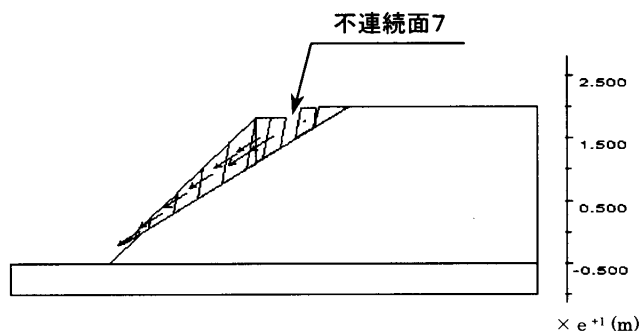


図-5 DEM による不連続面を考慮した法面の安定解析結果 ($\delta=45^\circ$, $\beta=80^\circ$)

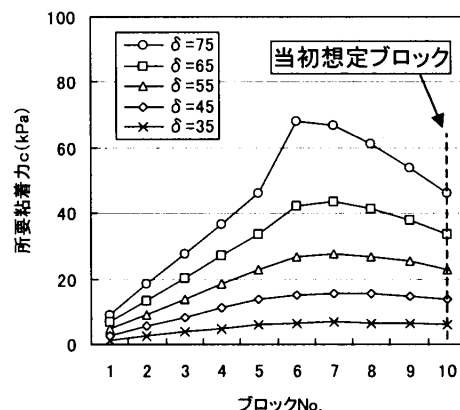


図-3 すべりブロックと所要粘着力の関係 (LEM, $\beta=80^\circ$)

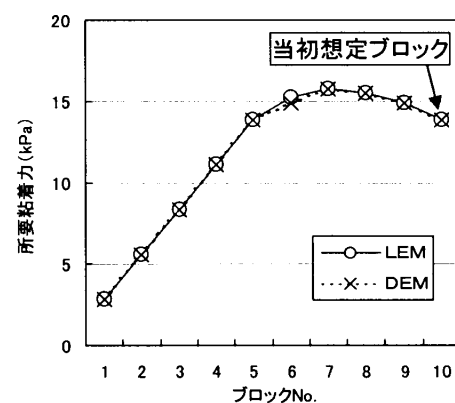


図-4 LEM と DEM による解析結果比較 ($\delta=45^\circ$, $\beta=80^\circ$)

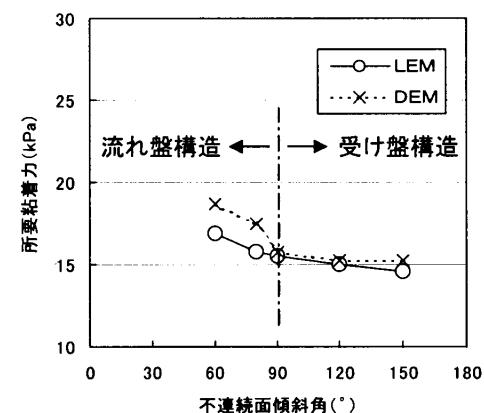


図-6 LEM と DEM による不連続面を考慮した法面の解析結果比較 ($\delta=45^\circ$)