

## ダム基礎岩盤の地震時安全性評価と補強効果算定

○東京大学 学生員 佐々木 庸平  
 東京大学 正員 堀井 秀之

## 1. はじめに

近年、兵庫県南部地震をはじめとして大きな地震が続けて発生しており、土木構造物が設計地震動を超える地震動に対してどれほどの耐震安定性を有しているか検討されている。ダムに対してもその動的挙動を忠実に再現することで安全性を評価する解析手法の研究が進められている。アーチダムでは基礎岩盤の安定性検討が必要であり、また岩盤の安定性評価には不連続面挙動の把握が重要である。そこで本研究では基礎岩盤水平断面を対象に不連続面群卓越方向が耐震安定性に与える影響を評価する。また基礎岩盤の安定性が不十分であると判断される場合には補強が必要になる。しかしながら補強方法により安定性がどれほど向上するかは明らかではない。そこで補強効果の算定方法を提案し補強効果の算定を行なった。

## 2. アーチダム基礎岩盤の地震時安全性評価

本研究で用いた解析手法は、3次元連続体モデル FEM 解析による 2次元解析対象断面の特定と、不連続面モデルを用いた 2次元 FEM 解析による安全性評価からなる。

3次元解析(図1)ではダムサイトは特定の地点に限定せずアーチダム本体及び基礎岩盤の形状、物性等は一般的な値を用いた。また入力地震波においても一般的な手法に基づいて作成された模擬地震波を用いた。

2次元解析で不連続面群の再現は不連続面モデル要素を格子状に配置することで行なった。(図2)ここで断面のサイズは40m×70mとした。用いた不連続面モデルは実験例及び寸法効果を考慮して、引張抵抗を持たず圧縮方向は線形弾性体とし、せん断応力ひずみ関係は完全断塑性体であると仮定した。この不連続面モデルは不連続面の粘着力及び摩擦角が入力可能で不連続面のせん断すべり量と開口幅が出力される。本研究では既往の解析結果1)により最も安定性が小さくなる粘着力及び摩擦角値を設定した。本研究では不連続面群は2組の方向からなる場合を想定している。

本研究では3ケースの不連続面群卓越方向を想定し(図2,3,4)安全性を評価した。図2,3,4で上方が下流、右方にアーチダムが位置している。安全性の評価は破壊指標の比較により行なった。ここで破壊指標としてすべり指標を用いた。すべり指標は、時間ステップ0.01秒ごとに全不連続面要素中でせん断すべり量の絶対値が最大になる値を抽出し、この値による時系列データ中の最大値とした。

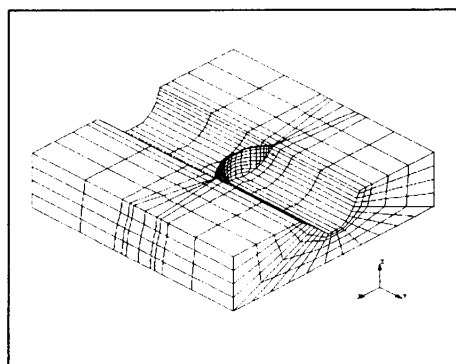


図1

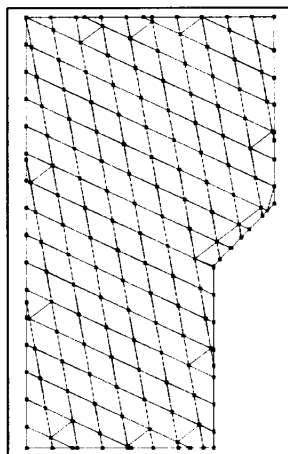


図2

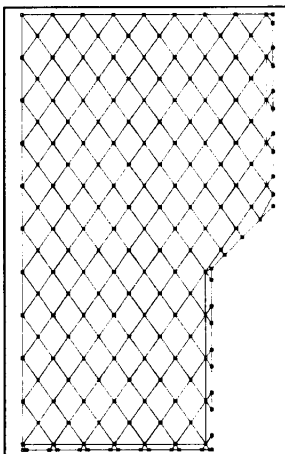


図3

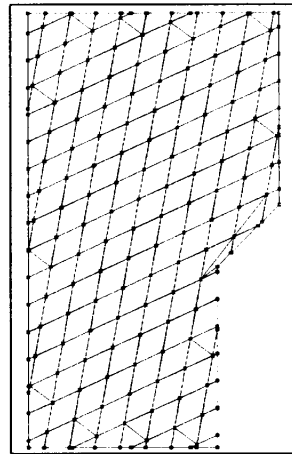


図4

キーワード：不連続面、補強、アーチダム、岩盤、地震

〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 TEL:03-5841-7455 FAX:03-5841-7496

解析の結果を右の表に示す。不連続面群方向により結果のすべり指標に違いが生じることが確かめられた。

	すべり指標
図2	$1.5 \times 10^{-4}$
図3	$2.1 \times 10^{-3}$
図4	$7.0 \times 10^{-5}$

またすべり指標を示す不連続面モデル要素の位置座標より最大すべり量発生箇所を特定することができた。

図3のケースの場合は図6中丸印で示された箇所ですべり量が最大発生した。このときの時刻は地震負荷開始から8.85秒後で、この時刻における変位を868倍に誇張したのが図8である。図の右上にすべり面の発生が見られる。

### 3. 岩盤補強の効果算定

2. アーチダム基礎岩盤の地震時安全性評価ですべり指標が最大となった図3のケースに対して補強効果の算定を行なった。補強にはPS工を用いることを想定した。そこでモデル要素は軸力しか受け持たず曲げ剛性をもたない2節点直線トラス要素とした。

本研究ではPS工の本数の違いと設置角度の違いによる補強効果の違いを算定した。補強効果は破壊指標の減少割合〔(補強前の破壊指標－補強後の破壊指標) / 補強前の破壊指標〕を算出することで算定した。

設置角度による補強効果検討では最大すべり量発生箇所の不連続面(図6中丸印)との角度が約90°の場合(図5)と約30°の場合(図6)を比較した。結果として約90°の場合はすべり指標が58%減少し、約30度の場合は35%減少した。

次にPS工本数による補強効果検討ではPS工が1本の場合(図7)と2本場合(図5)を比較した。結果として1本の場合はすべり指標が23%減少し、2本の場合は58%減少した。

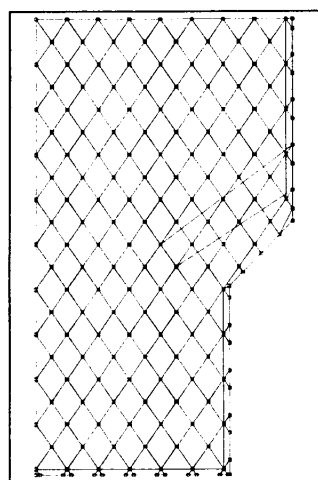


図5

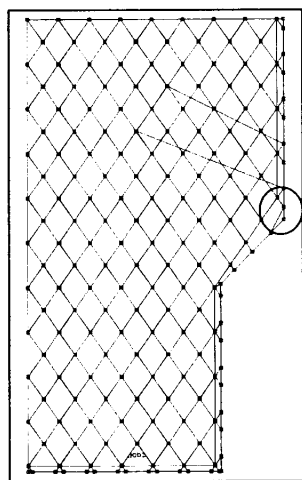


図6

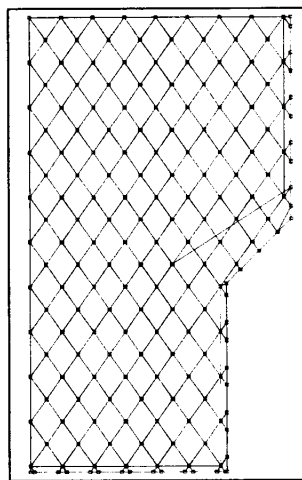


図7

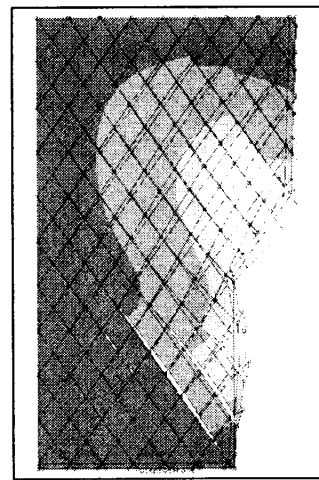


図8

### 4. まとめ

本研究で用いた解析手法により地震時にせん断すべり量が最大になる不連続面モデル要素が判明する。このモデル要素の位置情報により最大すべり量発生不連続面の位置が特定できることが示された。またPS工の本数、設置箇所の違いによる補強効果の違いが算定できることが示された。これによりパラメトリックスタディーを行なうことで最適な補強設計の検討が行なえることが示された。

### 参考文献

Mahmoud, Y. :Seismic Safety Evaluation of Concrete Arch Dam based on Shear Failure of Jointed Rock Mass at Abutment, Department of Civil Engineering, The University of Tokyo.