

I - B517 岩盤を考慮したロックフィルダムの三次元地震時挙動解析(その3)

関西電力(株)* 正会員 玉井秀喜、仲津直之
 (株)ニュージェック** 正会員 ○西村 昇、山田雅行、竹澤諒一郎

1. はじめに 現在、ロックフィルダムの地震時挙動を有限要素法を用いた動的解析によって検討する場合、二次元平面ひずみ問題として取り扱われるのが一般的である。このような二次元解析ではダム軸方向の長さが無限大であると仮定しているため、両端部の地山が堤体の振動に及ぼす影響を考慮することができない。しかし、わが国のような急峻かつ狭隘な谷が多いという地形条件を対象とする場合には、特に堤体両端部の地山による拘束を的確に把握するために、谷の形状を反映した三次元解析が必要であると考えられる。一方、計算技術の発達に伴って計算コストが低減したため、三次元解析は比較的容易に実施できるようになってきている。そこで本稿では昨年に引き続き、ロックフィルダム堤体と地山の連成を考慮できる三次元複素応答法を用いてモデルダムに対する兵庫県南部地震時の動的挙動のシミュレートを行い、さらに今回あらたに、静的応力状態を考慮して三次元安定性の検討を行った。また、三次元安定性解析と二次元安定性解析との比較を通して三次元動的解析手法の実用化および有効性について検討を行った。

2. モデルダムの概要 モデルダムは堤高9.8m、堤長32.5mの傾斜土質しゃ水壁型ロックフィルダムで、ロック材は第三紀層の凝灰岩、花崗斑岩、古生代の粘板岩、チャート、コア材は古生代の粘板岩、チャート、輝緑凝灰岩、石英粗面岩の風化残積土によって盛り立てられている。また、基礎岩盤は石英粗面岩質凝灰岩からなるB~C_M級に分類される岩盤である。

モデルダムは兵庫県南部地震の震源断層から約70km離れた位置で、その地震動を経験した。そのとき、ダム底部監査廊内で8.5cm/s²(上下流方向)、天端で16.1cm/s²(上下流方向)を記録した。

3. 三次元地震時挙動解析結果 三次元地盤-構造物系の動的解析は、コンプリート法(一体解法)を用いて振動数領域における複素応答法(等価線形)により行った。図1に解析に用いたモデルを、図2および図3には入力した堤体の初期物性値のうち中央最大断面について示す。また、初期物性値は図4に示す堤体の自重解析により求めた平均有効主応力と、繰り返し三軸試験結果より求めたせん断波速度の回帰式をもとに算定した。なお、土被り厚の薄い表層部は澤田式に基づき算定した。表1に解析による天端中央部における最大加速度を示す。モデルダムの場合、解析結果は観測値をおおよそ説明できる結果を得ることができた。

4. 考察 図5に示す上下流方向の最大加速度分布をみると、V字型の谷形状をもつモデルダムはそれらの分布が堤体中央最大断面に集中しているのではなく、中心からやや外れた位置に集中していることがわかる。このような現象は、図6に示す従来行われてきた中央部最大断面での二次元解析では予想されなかったものである。また、図7に示す安定性解析結果では、従来行われてきた二次元解析時の円弧すべりと、三次元解析時の球面すべりととの比較を行った。その結果、すべり面⑤⑩⑮⑳といった比較的表層部の拘束圧等の影響を受けやすい場所を除けば、三次元解析時の球面すべりの方が二次元解析時の円弧すべりよりも安全率が大きくなることが分かった。なお、図7の三次元解析において'-'で示す大きなすべり球面は、岩盤部を通ることを示し、安全率の検討からは除いた。図8に堤体上流側におけるすべり球面の一例を示す。

5. おわりに 以上から、比較的急峻な三次元谷形状を有するロックフィルダムにおいてはダム軸方向の応答をとりいれた三次元地震時挙動解析の有効性が定性的に示唆されたと考えられる。

また、ここで確立された一連の手法は、ロックフィルダムの合理的耐震設計、合理的地震時安定性照査をはじめとして、あらゆる土構造物の耐震設計、地震時安定性照査に適用が可能であると考えられる。

キーワード: 地震時挙動解析、三次元解析、安定性解析、ロックフィルダム、兵庫県南部地震、岩盤

*〒661-0974 尼崎市若王寺3丁目11番20号 TEL06-6494-9814 FAX06-6498-7662、**〒542-0082 大阪市中央区島之内1-20-19 TEL06-6245-4901 FAX06-6251-2565

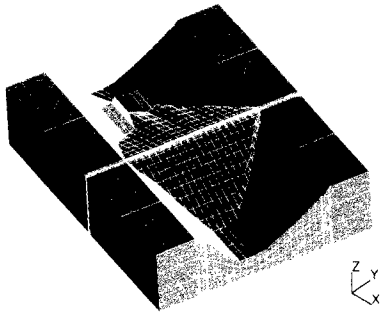


図1 解析モデル

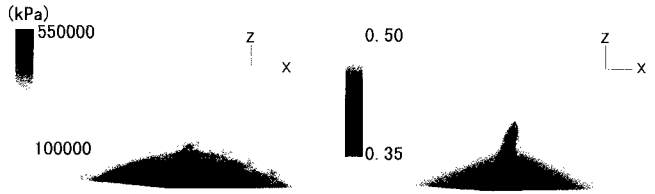


図2 初期物性値（せん断剛性） 図3 初期物性値（ポアソン比）

表1 天端中央部の最大加速度（単位：cm/s²）

| | 3次元解析 | 2次元解析 | 観測値 |
|-------|-------|-------|-----|
| 上下流方向 | 176 | 170 | 177 |
| ダム軸方向 | 239 | — | 166 |
| 上下方向 | 129 | 99 | 97 |

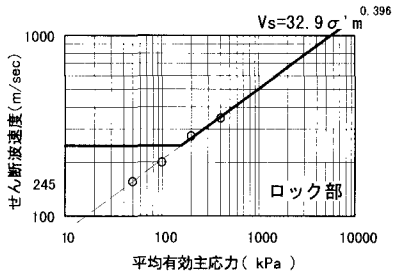
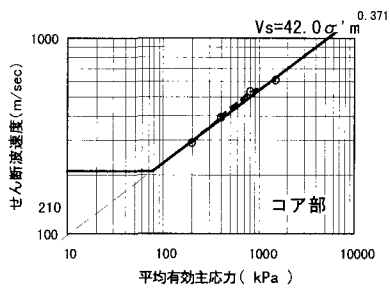


図4 せん断波速度と平均有効主応力の関係



図5 最大加速度分布（三次元解析結果）



図6 最大加速度分布（二次元解析結果）

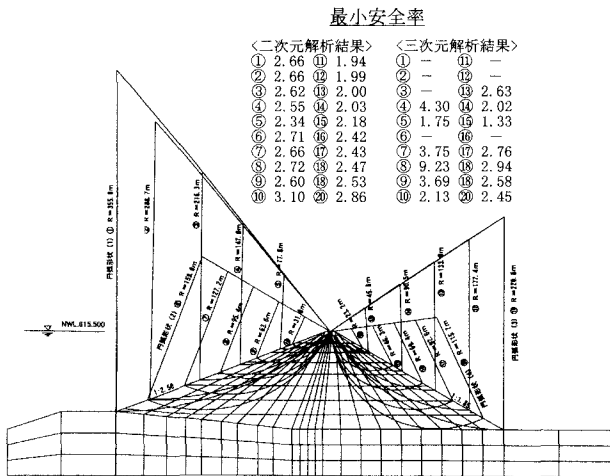


図7 安定性解析結果（円弧・球面すべりの最小安全率）

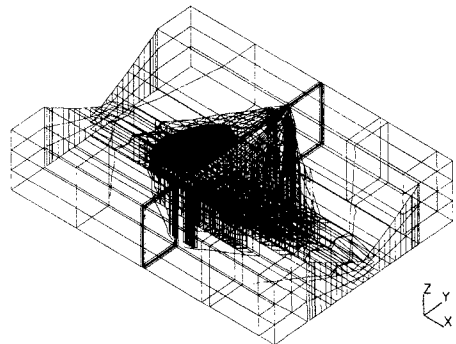


図8 すべり球面の形状例（上流側，No. ⑦）