

Newmark 法による大規模地震時のロックフィルダムの沈下量予測

独立行政法人土木研究所 正会員 山口嘉一
 独立行政法人土木研究所 正会員 佐藤弘行

1. まえがき

地盤構造物であるロックフィルダムのレベル2地震時の安全性評価条件として、「堤体のすべり、堤体の揺すり込みおよび基礎の揺すり込みによる3つの沈下量の合計値が設定した許容沈下量より小さい」ことが考えられる。遮水（コア）ゾーンが着岩し、堤体を大型締めめ機械により薄層転圧して築造された近代的なロックフィルダムでの地震動による実測沈下量についての分析結果から、堤体および基礎の揺すり込みによる沈下量はかなり小さく、かつその大半は経年沈下の先取りと考えられる¹⁾ため、ロックフィルダムのレベル2地震時の耐震性評価としては堤体のすべり変位量を予測することが重要となってくる。

本論文では、モデルダムに対して、兵庫県南部地震において箕面川ダムで観測された地震動を基に、最大水平加速度の値を1,000galまでの数種類の加速度レベルに引き延ばした地震動に対する堤体のすべり変位量を堤体応答を考慮したNewmark法により算出し、地震動規模と堤体のすべり変位量の関係を求めた。

2. 解析条件と想定すべり円弧

中央土質遮水壁型ロックフィルダムで、堤高Hの異なる3種類（63m、110m、150m）のモデルを設定した。

図1に示すモデルダムの有限要素分割を用い、動的解析は、材料物性を等価線形で評価して時間領域における直接積分を行うQUAD-4によった。モデルダムの上下流面勾配の1:2.6と1:2.0は現行設計法である震度法により設計された強震帯のロックフィルダムのそれにほぼ相当する。貯水位は、堤高Hの92%とした。なお、動的解析および震度法の解析条件や入力物性値は、兵庫県南部地震直後に組織された「ダムの耐震性に関する評価検討委員会」のロックフィルダムの耐震性検討において用いたものと同じで、詳細は文献2)を参照されたい。

入力地震動は、図2に示す、兵庫県南部地震で箕面川ダムにおいて観測された地震波形を、その水平動の最大加速度 a_{Hmax} を250、300、400、500、600、800、1,000galの7種類に引き延ばして設定した。また、鉛直方向地震動も、水平方向地震動の倍率に合わせて引き延ばした。変位量を算定する際に想定するすべり円弧は、図3に示す、すべり安全性が相対的に小さい上流側の10円弧とした。

3. 解析結果

すべり土塊の平均加速度を、すべり円弧内要素の応答水平加速度の質量加重平均値として算定した。また、すべり土塊の限界加速度を、想定すべり円弧に対する簡便分割法（モーメント法）により、水平震度のみを考慮し、すべりに対する安全率が1.0となる水平震度に相当する加速度として算定した。限界加速度の算定に用いた堤体材料物性を表1に示す。

すべり土塊の最大平均加速度と限界加速度の関係の一例を図4に示す。これらの図において、最大平均加速度が限界加速度を超える場合にすべり変形が生じる。

最大入力水平加速度と各堤高モデルの指定10円弧における変位量の最大値の関係を整理したものを図-5に示す。この図面から以下のことがわかる。

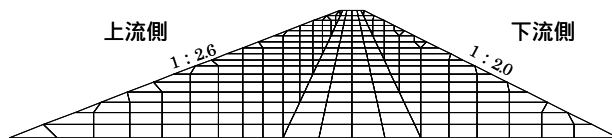
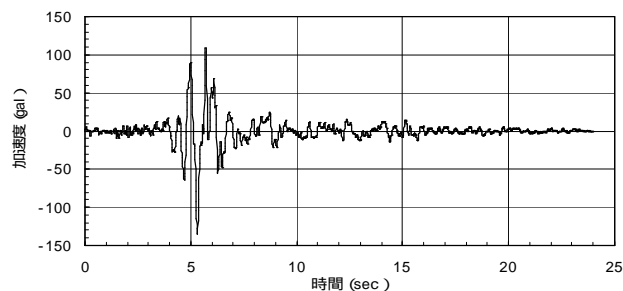
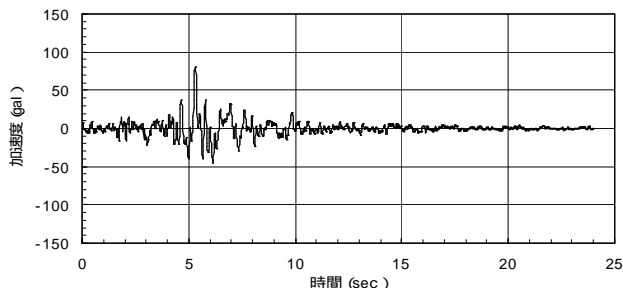


図1 モデルダムの有限要素分割



(a) 上下流方向（最大加速度 135.0gal）



(b) 鉛直方向（最大加速度 80.2gal）

図2 箕面川ダム地震動観測記録（兵庫県南部地震）

【キーワード】フィルダム、レベル2地震、円弧すべり、Newmark法

【連絡先】〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 Tel.0298-79-6781 Fax.0298-79-6737

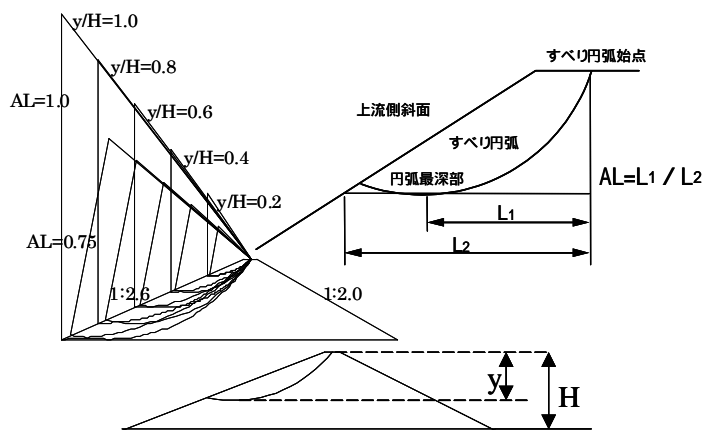


表 1 堤体材料物性

材 料	ロック材料	フィルタ材料	コア材料
湿潤密度 (t/m ³)	1.88	2.13	2.22
飽和密度 (t/m ³)	2.08	2.24	2.23
せん断強度式	$\tau = A^b$	$\tau = A^b$	$\tau = c + \tan$
A (kgf/cm ² 単位)	1.778	1.000	
b (kgf/cm ² 単位)	0.804	0.908	
c (kgf/cm ²)			0
(度)			35

図 3 想定すべり円弧形状

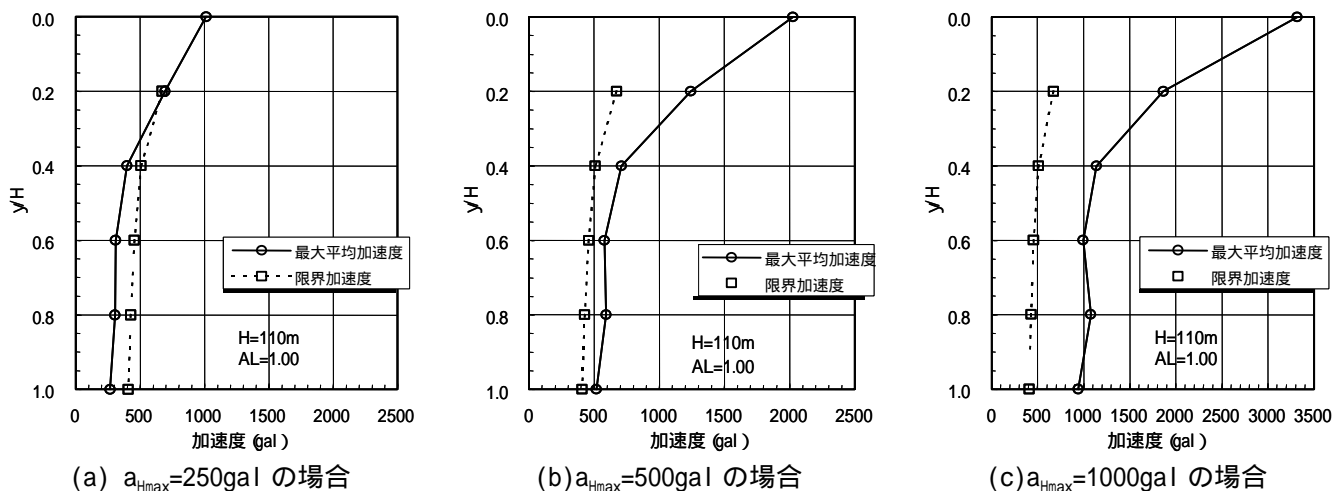


図 4 最大平均加速度と限界加速度の関係 (H=110m、AL=1.0 の場合)

- 1) 堤高によらず、250～300gal の最大水平加速度まではほとんど変形が発生していない。これは、兵庫県南部地震直後に組織された「ダム の耐震性に関する評価検討委員会」²⁾の結論に一致する。
- 2) 堤高によらず、最大水平加速度が 400～500gal 程度では変位量は 10cm 程度以下と小さいが、それ以上の加速度では変位量の増加率が大きくなる。
- 3) しかし、最大水平加速度が 1,000gal に至っても、最大変位量は 100cm を超えない。また、堤高に対する比率としては、1%以下である。よって、かなり大きな地震動が発生しても現行設計法である震度法により設計されたロックフィルダムにおいて発生する変位量は、地震後の貯水機能を損なうものではないと考える。

4. まとめ

Newmark 法により大規模地震による中央土質遮水壁型ロックフィルダムのすべり変位量を算定した。その結果、現行設計法である震度法により設計されたロックフィルダムは、基礎地盤における最大水平加速度が 1,000gal に至っても最大のすべり変位量は 100cm を超えず、地震後の貯水機能を損なうものではないことがわかった。今後は、Newmark 法のほか、動的弾塑性 FEM 解析も併せて実施し、ロックフィルダムのレベル 2 地震動に対する耐震性評価を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 山口嘉一、澤田 尚：大規模地震時のロックフィルダムの実測沈下量、第 30 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集 (CD-ROM)、2003 年 3 月。
- 2) ダムの耐震性に関する評価検討委員会：ダム の耐震性に関する評価検討委員会報告書、1995 年 7 月。

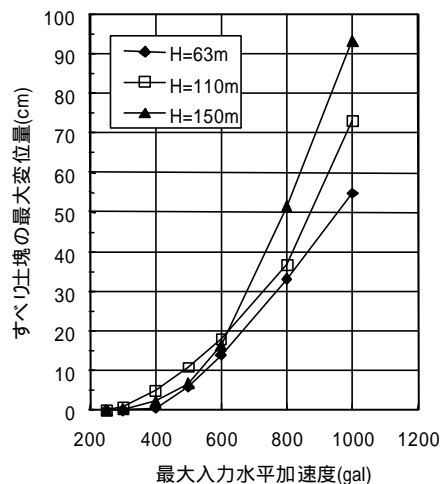


図 5 最大入力水平加速度と指定 10 円弧の最大変位量の関係