

既設アースフィルダムの耐震強化工法検討における耐震性の照査

- 村山下貯水池堤体強化工事（その3） -

東京都水道局 田原 功，小作 好明，黒坂 基
日本工営(株) 佐藤 誠一，江藤 等，古川 和弘

1. はじめに 昭和2年に完成した村山下貯水池堤体は，工事中に関東大震災，さらに昭和6年に貯水池近傍を震源とするM6.3の直下型地震を経験しているが，その際には大規模な補修・補強が必要となる被害は受けていないという記録が残っている．しかし，近年の指針類の改訂を踏まえて現状の堤体を照査すると，所要のすべり安全率を満足しない結果が得られたこと，近年堤体下流側の市街化が進んでいることから，水道施設耐震工法指針・解説に準拠した耐震目標を確保できるよう，堤体を強化することが必要となった．このような背景により実施した村山下貯水池の強化工法検討のうち，本稿では，震度法により設定した強化堤体断面に対して実施した動的解析と耐震性の照査について述べる．

2. 解析手法と評価基準 地震時の耐震性の照査は，初期応力と地震時増分応力を重ね合わせて求めた堤体の地震時応力状態から，いわゆる馬場・渡辺法を用いて算出した潜在すべり線におけるすべり安全率と，累積損傷度理論におけるひずみ軟化理論を適用した残留変形解析より求める天端の沈下量によって行った（図1）．なお，解析の妥当性を検証するため，地震応答解析から得られる強化堤体の振動特性と常時微動計測による実測の振動特性との比較を行った．

すべり安全率の評価基準は，レベル1地震動に対してはすべり変形を許容しないものとして，全ての潜在すべり線に対するすべり安全率が1を下回らないこととした．レベル2地震動については，全体破壊につながるようなすべり変形は許容しないものとして，上流側から下流側に貫くような潜在すべり線に対して安全率が1を下回らないことを評価基準とした．また，残留変形量の評価基準については，レベル1地震動では補修・補強が必要のない沈下のみを許容するものとした．また，レベル2地震動に対しては，地震後も貯水機能に支障を及ぼさないものとし，軽微な補修で対応可能な沈下は許容することとした（表1）．

3. 解析条件 入力地震動は，「埼玉県大規模地震被害想定」に基づいた震源断層と，地震危険度解析より算定した各地震動レベル毎の想定マグニチュードを考慮し，レベル1地震動として安政江戸地震を，レベル2地震動として南関東地震を想定した．さらに，村山下貯水池は立川断層より直線距離で約5kmの地点に位置し，活動の確率は低いものの，活動した際に甚大な被害が予測されるため，立川断層を震源とする地震動をレベル2地震動（内陸型）

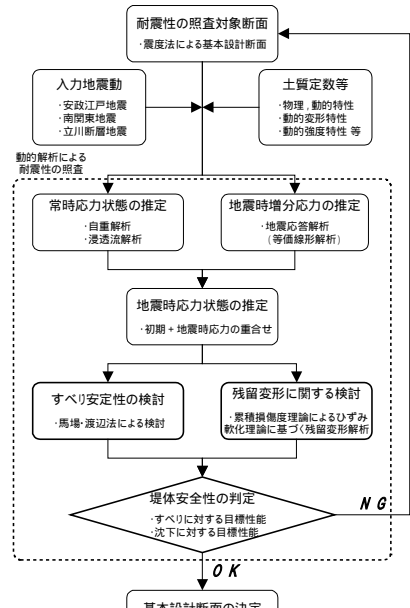


図1 検討手順

表1 耐震性能の評価基準

地震動レベル	目標とする耐震性能	耐震性の評価基準	
		すべり安全率	残留変形量
レベル1地震動	・無被害であること	すべり安全率 1.0 以上	補修を必要しない程度の沈下は許容する
レベル2地震動	・堤体としての安定性を維持し、人命及び財産に損害を与えないこと。 ・地震後も水源施設としての機能を保持できること。	全体破壊につながるようなすべりは許容しない	軽微な補修で対応可能な程度の沈下は許容する

表2 想定震源断層諸元

想定地震動	想定地震動レベル	再現期間	マグニチュード
安政江戸地震	レベル1（内陸直下型）	30年程度	6.9
南関東地震	レベル2（海溝型）	300年程度	7.9
立川断層地震	レベル2（内陸直下型）	5,000年程度	7.1

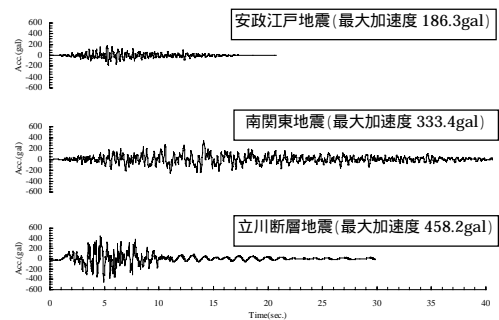


図2 入力地震動時刻歴波形

キーワード: アースフィルダム, 耐震性能照査, すべり安定解析, 残留変形解析, 半経験的手法, 立川断層
連絡先 : 〒102-8539 東京都千代田区麹町 5-4, TEL 03-3238-8353, FAX 03-3238-8230

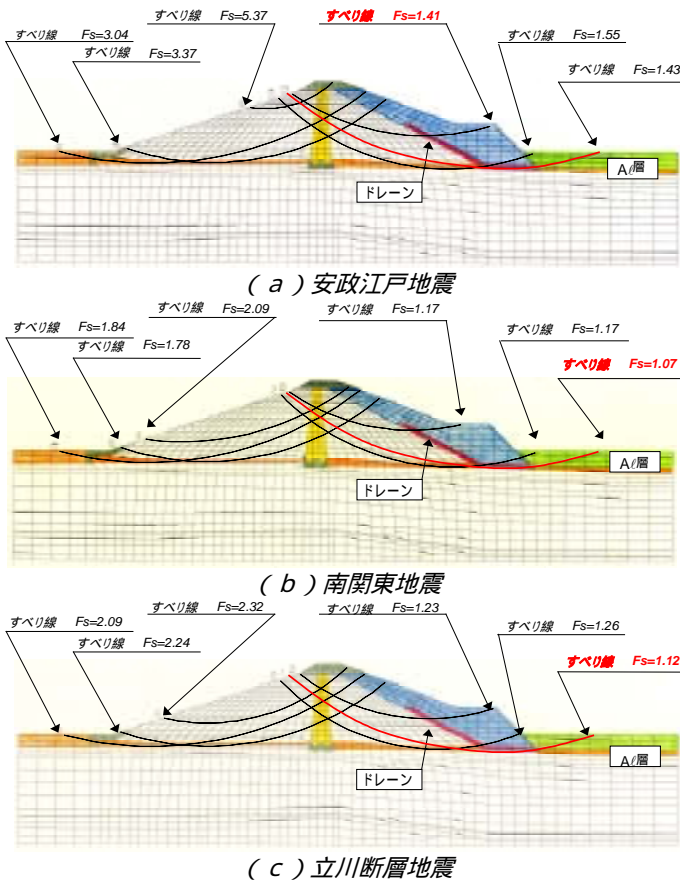


図3 潜在すべり線とすべり安全率

表3 すべり安全率に対する照査結果

地震動レベル	対象地震動	すべり安全率	耐震性の照査結果
レベル1	安政江戸地震	1.43	何れの地震動レベルでもすべり変形は発生せず、耐震性の評価基準を満足する。
レベル2	南関東地震	1.07	
	立川断層地震	1.12	

表4 残留変形量に対する照査結果

地震動レベル	対象地震動	天端の沈下量 (沈下後天端標高)	耐震性の照査結果
レベル1	安政江戸地震	24.5cm (TP.106.755m)	沈下量は補修を必要としない程度であり、耐震性の評価基準を満足する。
レベル2	南関東地震	32.0cm (TP.106.680m)	
	立川断層地震	27.0cm (TP.106.730m)	

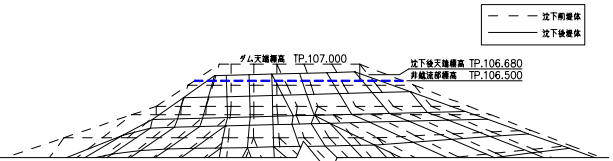


図4 残留変形図と天端沈下量

として考慮した。これらの震源断層を仮定して半経験的手法により入力地震動を作成し、耐震検討に適用した(表2, 図2)。

地震応答解析, すべり安定解析及び残留変形解析

に必要な堤体及び基礎地盤の土質定数については、各種実施した原位置または室内試験結果から設定した。特に堤体直下に分布するややルーズな砂礫層(A層)については、その特性が堤体の耐震性を大きく左右するものと考えられたため、凍結サンプリング試料を用いた動的変形試験や繰返し非排水三軸試験によって推定した動的な変形特性や強度特性を適用した。さらにすべり変形解析においては、繰返し載荷後の非排水状態で行った単調載荷試験により推定した繰返し応力下における強度特性を用いた。

4. 耐震性の照査結果

(1) **すべり安全率** すべり安全率は各地震動毎に想定したいずれの潜在すべり線に対しても 1.0 以上を確保しており、すべり変形は発生しない結果が得られた。なお、ジオテキスタイル補強盛土部については、ジオテキスタイルを考慮したモデル化を行っていないものの、動的解析による耐震性の照査では目標とするすべり安全率を満足することを確認した。したがって、強化堤体はすべりに対する耐震性の評価基準を満足するものと判断した(表3, 図3)。

(2) **残留変形量** ダム天端の沈下量はいずれの地震動においても 30cm 程度と軽微であった。これより得られる地震後の強化堤体の天端標高は「河川管理施設等構造令」に基づく堤体の非越流部標高 TP.106.5m を上回るため、原則として補修を必要としないものと考えられた。したがって、強化堤体は耐震性の評価基準を満足するものと判断した(表4, 図4)。

5. **まとめ** 震度法により設計した村山下貯水池強化堤体断面に対し、詳細な土質調査結果を踏まえた動的解析による耐震性の照査を実施した結果、すべり安全率及び残留変形量はともに目標とする耐震性能を満足した。これより、傾斜ドレーンにより堤体内の水位を低下させ堤体上流側の安定性を確保し、堤体下流側はジオテキスタイル補強土で強化する工法は、想定したレベル2地震動に対して耐震性能を満足することがわかった。

6. **おわりに** 本検討にあたっては、「村山下貯水池堤体強化技術検討委員会」(委員長 片山恒雄防災科学技術研究所理事長)に御指導を賜った。御指導を頂いた関係各位に深甚の謝意を表する次第である。

参考文献 埼玉県大規模地震被害想定, 埼玉県, 平成 11 年