

既設アースフィルダム耐震強化工法の検討

ー山口貯水池堤体強化工事（その1）ー

東京都水道局 町田 秀 佐久間 薫 加藤 正樹

日本工営(株) 正会員○下倉 宏 大角 恒男 江藤 等

1. はじめに

昭和9年に完成した山口貯水池（有効貯水容量 1,950 万 m^3 、高さ 35.0m、堤頂長 690mのアースフィルダム）の耐震強化を図るため、耐震強化工法を選定し、強化堤体について当該地点の地震活動性からレベル 1、レベル 2 対応の地震波形を設定し、動的解析により耐震性を検証した。

2. 目標とする耐震性能

武蔵野台地北西の狭山丘陵に位置する山口貯水池は、隣接する村山上・下貯水池と連携して多摩川水系および利根川水系の水道原水の弾力的相互運用を図るための貯留施設としての機能を有する。同貯水池は高台にあるため自然流下で浄水場を経由して上水を供給でき、地震時や停電時に安定した給水を確保する上での重要な施設であり、平常時は満水位状態で運用している。また、山口貯水池下流域は、戦後急速に市街化が進み、ダム直下まで住宅地が迫っている。

このような立地特性から山口貯水池の堤体耐震強化は、大地震時の水源施設としての機能確保、万が一の破堤による下流市街地の被害の防止を目的に実施するものである。具体的な耐震性能は、「震度法」によるすべり安全率 1.2 以上を確保し、「動的解析」によるすべり安全率 1.0 以上を確保し、かつ地震後の沈下量はレベル 1 地震動で補修を必要としない程度、レベル 2 地震動で軽微な補修で対応可能な程度とした。

3. 耐震強化工法の選定

現堤体は、心壁および上下流さや土からなるゾーン型アースフィルダムで、築堤材料のうち心壁部分は多摩ロームと砂礫の混合材、上下流さや土部分は多摩ロームから構成されている。

また、ダムの基礎地盤は洪積世前期の古多摩川の扇状地性堆積物におけるくさり礫を含む砂礫、シルトからなる芋窪礫層を主体とし、兩岸アバット部は多摩ロームからなる。

耐震強化工法は、基礎地盤は固結度が高く、すべり、液状化などの懸念がなく、遮水性も問題ないため、堤体に絞って強化工法を検討対象とした。

堤体の耐震強化工法は、堤体内鉛直ドレーン、人工表面遮水壁により堤体内水位を低下させ盛土の有効応力の増加を図る工法、上下流に抑え盛土を行いせん断抵抗長さの増大を図る方法、およびこれらの複合案を比較検討した。

強化工法の選定は、地震時の堤体および基礎地盤の大きな変形に対して追従性があること、築堤材料が貯水池内の掘削土でまかなえること、定期的な点検補修の必要がなく原則メンテナンスフリーであることを重要視し、図-1 に示す現堤体の下流抑え盛土を撤去した面に傾斜ドレーンを設け、さらに上下流に抑え盛土を行う工法を選定した。

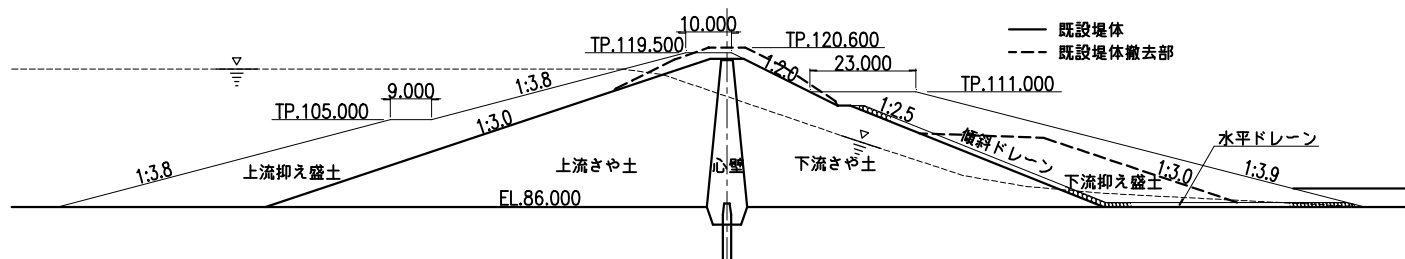


図-1 堤体耐震強化工法

4. 動的解析による耐震性の照査

(1) 想定地震動

想定地震動は、ダム地点の地震履歴の統計処理を行い、再現確率 1 / 30 年相当をレベル 1、再現確率 1 / 300

〈キーワード〉アースダム、貯水池、耐震性、耐震強化

年相当をレベル2地震動とし、下記の3地震を対象とした。

表-1 想定地震動

レベル	地震名	マグニチュード	摘 要
レベル1	安政江戸地震	6.9	
レベル2	南関東地震	7.9	海溝型地震
	立川断層地震	7.1	内陸直下型地震（ダムサイト南西5kmに位置する立川断層を震源とする地震）

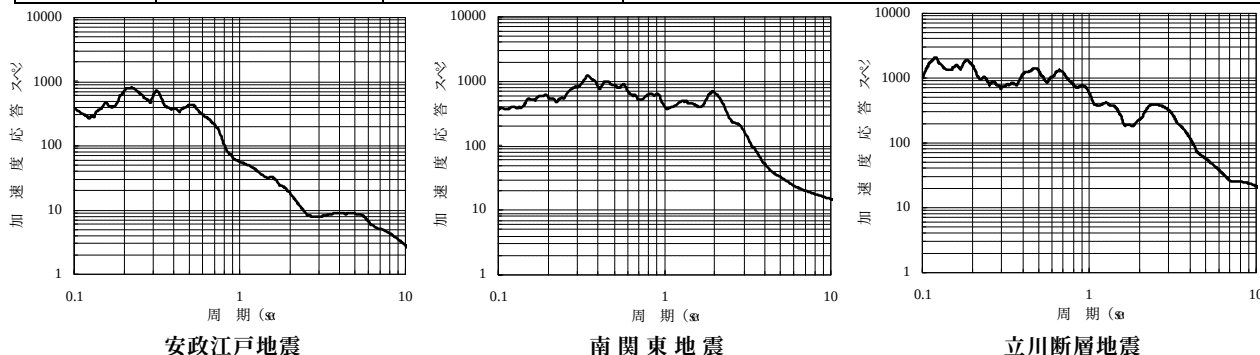


図-2 動的解析に用いる想定地震動の加速度応答スペクトル（減衰5%）

なお、動的解析に用いる地震動は、1秒以下の短周期地震動は ω^{-2} モデル¹⁾、1秒以上の長周期地震動はリフレクティビティモデル²⁾に基づき策定し、両者を合成したハイブリッド波形とした。加速度応答スペクトルを図-2に示す。

（2）動的解析による耐震性の検証

動的解析に用いる物性値は、地盤および現堤体についてはP S 検層から、抑え盛土については動的変形・動的強度試験から設定した。地震時応力は、盛土および浸透流による常時応力と地震時増分応力を重ねあわせ、全体すべり安全率は局所安全率の低い部分をつなげたモビライズドプレーンでのすべり力と抵抗力の時刻歴の比から求めた。また、累積損傷度理論³⁾を適用し、堤体材料の地震時における弾性係数の剛性低下を求め、この弾性係数を用いた自重解析により地震後の沈下量を求めた。

表-2 動的解析による最大応答加速度と地震後の沈下量

地震動	最大応答加速度	沈下量
レベル1 安政江戸地震	508 gal	6.3 cm
レベル2 南関東地震 立川断層地震	946 gal	6.4 cm
	1,206 gal	9.6 cm

注) 最大応答加速度は堤頂部の加速度を示す

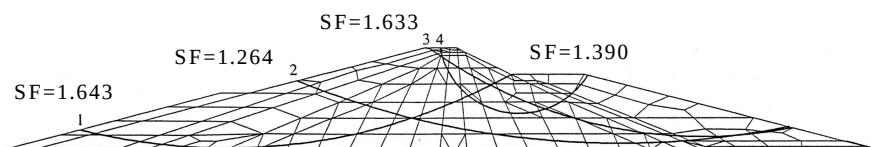


図-3 仮想すべり面と安全率（立川断層地震）

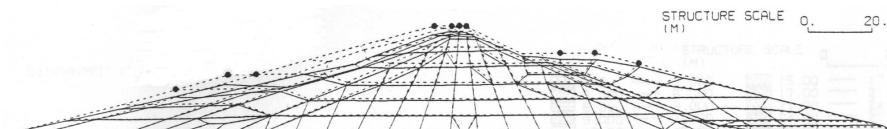


図-4 地震後残留変形図（立川断層地震）

動的解析によって得られた全体すべり安全率は、いずれの地震動に対しても1.0以上であり、すべり破壊は生じないと判断した（図-3）。また、地震後の堤頂部の沈下量は表-2のとおり10cm程度以下の補修を必要としない程度の軽微な沈下量であり（図-4）、所要の耐震性は確保されていると判断した。

3. おわりに

既設ダムのアースフィルダムの耐震強化工事は、国内で初めて工事であり、耐震強化工法の選定、耐震性の評価方法については「山口貯水池堤体強化技術検討委員会、委員長片山恒雄氏」に、また抑え盛土材料の品質管理については「山口貯水池堤体強化盛立品質管理検討会、委員長久野悟郎氏」に、技術審査・指導をあおいだ。

最後に、技術審査・指導を頂いた関係各位に謝意を表する次第である。

参考文献¹⁾ 大角, 原田, 泉谷: 確率論的グリーン関数法を用いた強震動の波形合成法とその検証例による震源パラメータの考察, 土木学会・応用力学論文集, Vol.1, pp.595-606, 1998²⁾ 瀬瀬, 竹中: 近地地震波の伝播に関する理論, 地震, 第2輯, 第42巻, pp.391-403, 1989³⁾ 山田勝彦・龍岡文夫・真鍋 進: 橋梁基礎下砂礫地盤内の地震時ひずみ, 第20回土木工学会地震工学研究発表会, pp.317-320, 1989年