

1. 施設概要(基本諸元)

※諸元・写真は日本ダム協会HPより引用

項目	諸元
ダム名	藤沼(ふじぬま)ダム
所在地 (河川名称)	福島県須賀川市滝 (阿武隈川水系江花川)
目的/形式	かんがい/アースダム
堤高/堤頂長/堤体積	18.5m/133m/99千 m^3
総貯水容量/有効貯水量	1,504千 m^3 /1,504千 m^3
ダム事業者	福島県
着工/竣工	1937/1949



2. 被災の状況(メカニズム)

福島県農業用ダム・ため池耐震性検証委員会報告書より引用

(1)被災日時

- 2011(H23)年3月11日14:46 東北地方太平洋沖地震(M9.0)

(2)被災の概要

1)本堤

- 本震により、上部盛土の大部分が流出し、中部～下部盛土の下流側も流出。
- 構造物の移動状況から、初めに堤体上部の石積み貯水池側へ崩落し、その後、堤体中央からやや右岸よりの部分で波返工(パラペット)構造物が大きく貯水池側へ移動。
- 残存する滑落崖、すべり面、及び移動層の状況から、貯水池側及び下流側に堤体すべりが発生したことを確認。

2)副堤

- 貯水池側へ幅55m、長さ25m、深さ3m以上の堤体すべりが発生し、その前縁で二次すべりが発生。

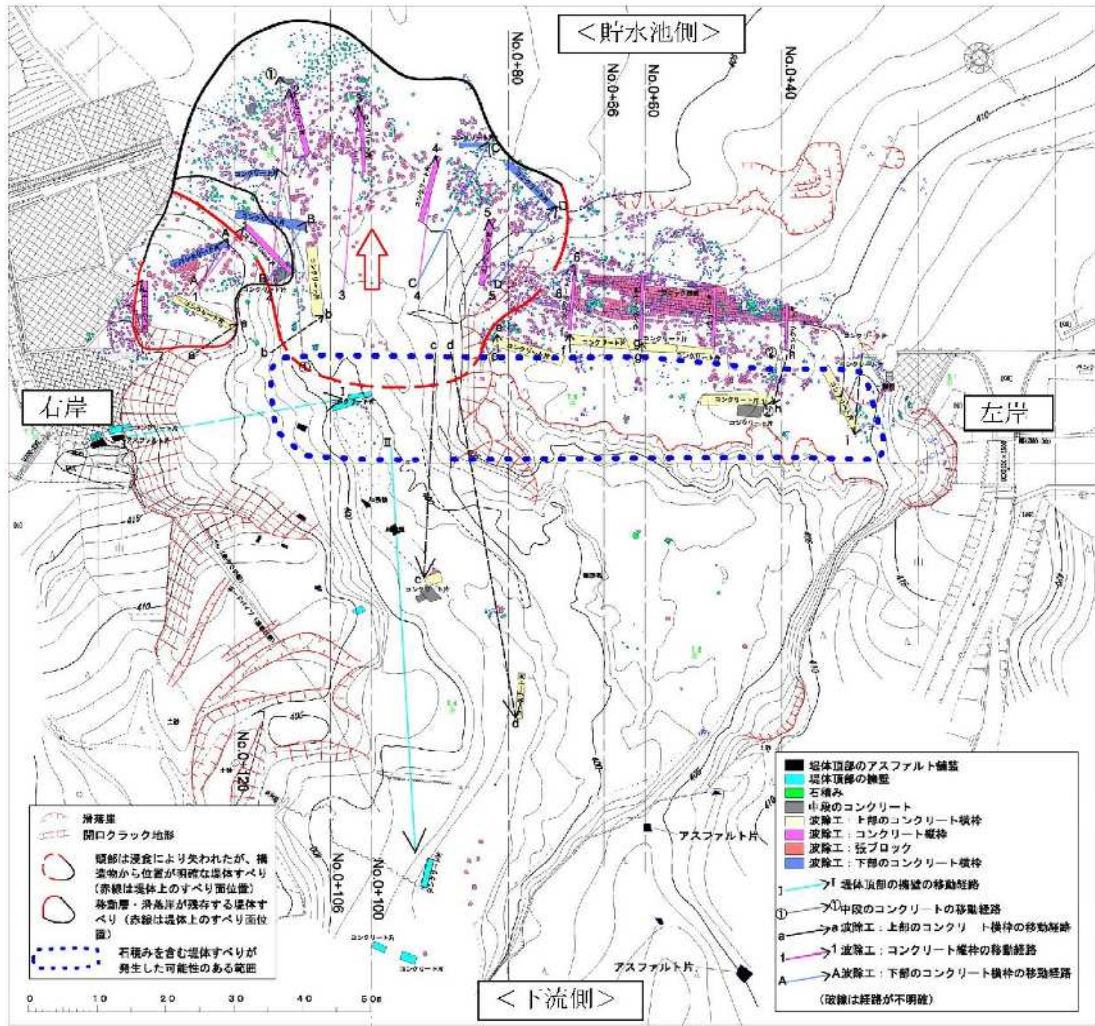


図-1 藤沼ダム（本堤）の構造物移動状況

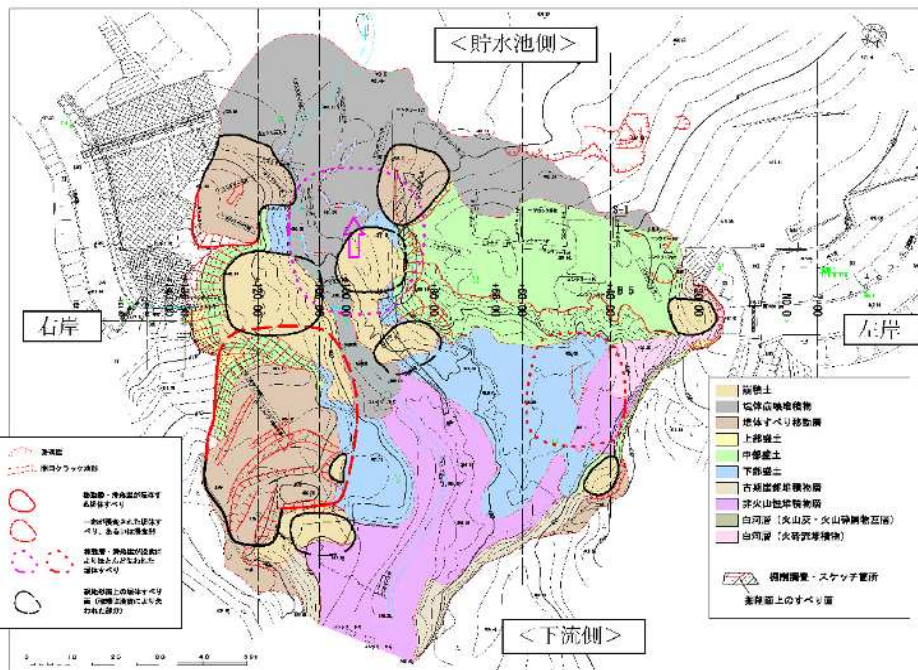


図-2 被災後の藤沼ダム（本堤）地質平面図と地形・地質から想定される堤体すべり

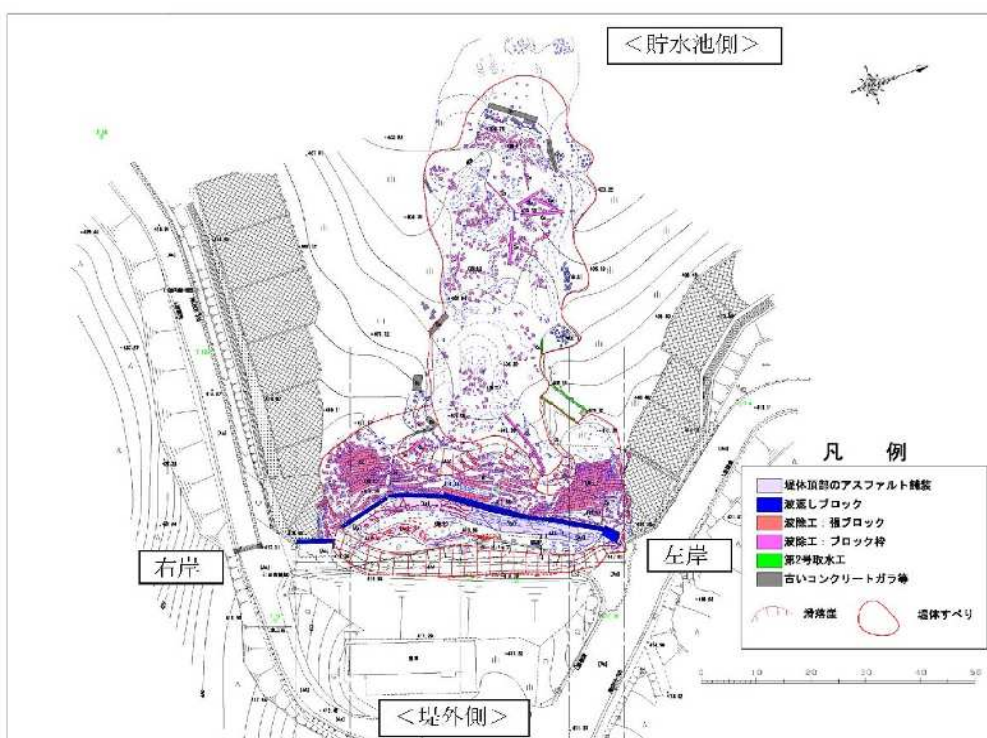


図-3 副堤の構造物損壊状況と堤体すべり

(3)被災の要因

- 藤沼ダム決壊の素因は、上部盛土と中部盛土の状態にあり、その誘因は強い地震動とこの強い地震動が長時間継続したことであると判断。
- 現地調査、土質試験及び解析的手法による検証結果を総合し、下記の知見を得た。
 - ・地震応答解析によると堤頂部の地震動が最大442galに達し、かつ「50gal以上の地震動が100秒間も継続した」過去にない地震動であったこと。
 - ・堤体は全体的に締固め度が近代的な施工方法に比較すると小さく、地震時には非排水条件になると堤体盛土の強度は小さい。特に、砂分に富む材料からなる上部盛土は、水で飽和されている部分があり、今回のような地震動を受けるとさらに強度低下を示すことが判明したこと。
 - ・本堤の盛土部分と類似する材料からなる副堤でも堤体すべりが発生しており、砂分に富む盛土の土質が本堤の決壊要因の一つであると言えること。
 - ・副堤の堤体盛土に発生したすべりでは、その底面が施工時期の異なる盛土の境界に帰省されており、本堤においても施工時期の違いによる盛土の締固め度の違いがすべりの発生に関与している可能性があること。

3. 復旧工法の検討

福島県藤沼ダム復旧委員会資料(第1回～第6回)より引用

<復旧方針>

○ 耐震設計の考え方 (第2回委員会資料)

地震により被災した藤沼ダム復旧にあたっては、復旧後の耐震性能について以下の考え方に基づく。

- ・基本設計は現行基準レベル1に基づいて行う。
- ・被災要因となった3.11地震動を受けても堤体の安定性が確保されることを確認する。
- ・レベル2地震動による耐震設計では、破壊的な状況が生じない性能であること。

○ 対象施設の整理

復旧設計において対象とする施設及び整備方針について下表にとりまとめた。

表-1.1 藤沼ダム復旧における整備対象施設と整備方針

施設名称	内容	整備方針	備考
堤体	貯水容量 (満水位)	貯水容量は被災前と同様とする	・ダム常時満水位 F. W. L. 414.90
	堤高	天端高さは堤体の安定性検討を踏まえ、現行基準に基づいた必要余裕高「以上」を確保できるものとする。 堤体の基礎地盤標高は、地質調査結果に基づき決定する。	・旧堤体の本堤および副堤天端標高は EL. 417.40 ・旧堤体の余裕高は「ため池整備」に基づくとクリアする。但し ダム基準に基づくと越流水深を確保できないため、堤高の嵩上げが必要 (次頁以降にて概略計算)。
	堤体の型式	基礎地盤調査に基づきダム形式を決定する	・平成24年度地質調査より、コンクリートダムの建設は困難。よってフィルダム形式を選定
	堤体の規模	安定解析結果(地震動含む)に基づき堤体規模(断面形状)を決定する	・天端標高変更に伴い、堤頂長についても変更される可能性有り
堤体観測設備	堤体挙動の監視計器設置 気象・水象観測計器の設置	【堤体挙動観測計器】 ・堤体内水位観測(間隙水圧計) ・浸透量観測施設 ・表面変位計 【気象・水象観測装置】 ・貯水地水位計 ・雨量計 ・地震計	・旧堤体では浸潤線観測孔のみ
洪水吐	設計洪水量	現行基準に基づき、設計洪水量の見直しを行う	・旧堤体は本堤にのみ設置 ・旧堤体諸元では設計洪水量 $Q_{100} = 11.06 \text{ m}^3/\text{s}$ (1/100年確率として計算)
	施設規模	見直し後の洪水量により、現況洪水吐の能力を照査する	・天端標高、常時満水位を固定すると越流水深を確保できない。堤体の嵩上げに加え、堰の延長が必要になる。
取水施設	緊急放流能力の検証	復旧後のダム貯水位管理を見据え、取水施設(取水トンネル含む)の緊急放流能力を確認する	・既設では緊急放流の定め無し ・緊急放流施設として整備する際は放流施設(流量調節ゲート)の設置を検討する
下流河川	流下能力確認	下流河川の無害放流量を確認する	・下流河川の流下能力によりダム貯水位操作が規制される
ダム管理操作規定		ダム管理基準値の設定 ダム管理操作規定の作成 (日常点検マニュアル、緊急時対応マニュアルの作成)	・日常管理、緊急時の貯水位操作等を含めた
ダム管理システム	観測データの管理および管理情報の伝達システム整備	ダム地点の情報を管理所にて一元管理し遠方への伝達システムを整備	・既設ではダム管理システムなし
警報設備	緊急時の警報設備強化	下流集落に配慮した警報伝達システム(警報局舎(サイレン)設置含む)の整備	・既設では警報局舎なし

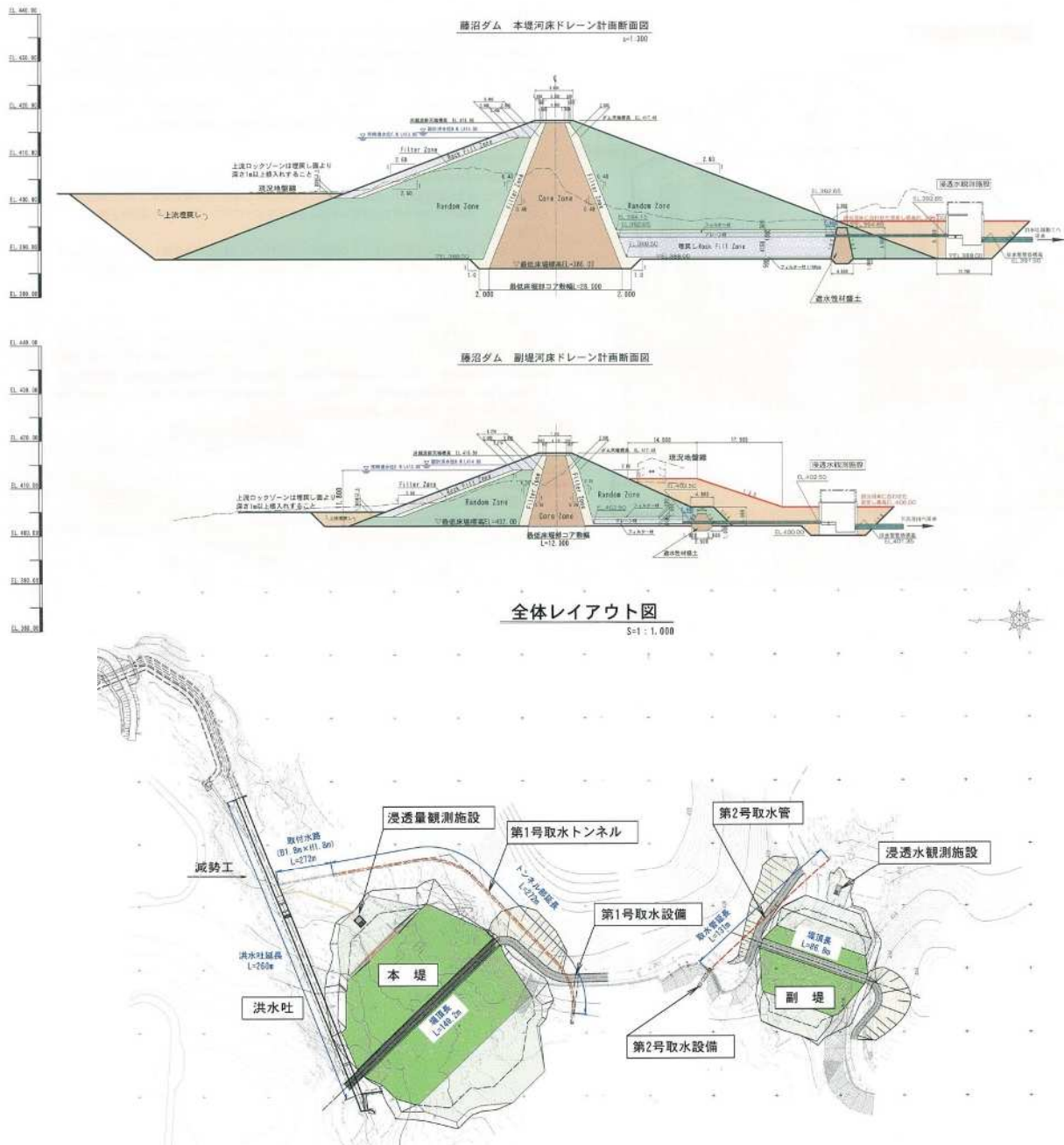
<復旧基本方針>(第5回,第6回委員会資料)

○ 堤体の復旧基本断面

- ・復旧ダム形式は、本堤・副堤ともに中心遮水性ゾーン型フィルダム※とする。
- ・遮水ゾーン上下流にはフィルターゾーンを設け、堤内の浸潤線を速やかに排除する。
- ・堤体上流面にはロックゾーンを設け、堤体の浸食防止及び安定性向上を図る(ただし上流ロックゾーンは埋戻し面以下には配置しない。)
- ・堤体下流側には浸透水観測施設を配置する。

※第2回委員会ではアースダムとロックフィルダムの概略比較を実施。

- 洪水吐は洪水量流下能力が不足するため全面改修とする。
- 緊急放流能力を有する取水放流施設を設置する。



<復旧設計の考え方>(第6回委員会資料)

○ 藤沼ダム復旧設計の基本的構想及び盛立試験に向けた確認事項について以下に整理。

【藤沼ダム復旧設計の基本的構想】

- ① 崩壊した旧ダムよりも圧倒的に安定している
- ② 2011年東日本大震災と同じレベルの地震動を受けても安定である
- ③ 施工は耐震性照査の結果が反映され合理的な設計と施工で上記を実現する

・従来レベル2地震動にてデザインされていないダムの安全性は、施工サイドにて確保されていた『余裕』により得られているところが多い

・すなわち施工では十分に締め固めが行われ、実質的にレベル2地震動に耐えうるレベルまで高い締め固め度が実現していた（レベル1設計にて設定した以上のせん断強度を有していた）と思われる

ただし、この「設計」と「施工」の差は、レベル2地震動に対して確固たる安全性を保証するものではない
→ 希ではあるが、十分に締め固めていなかった場合は、レベル2地震動に耐えられない危険性がある

よって藤沼ダムでは以下の考え方に基づき、耐震性を有するダム復旧を行う。

1. 室内設計検討

- ① 堤体の規模・断面は設計基準に基づいて決定する（レベル1の耐震性を有する）
- ② レベル2の耐震性能照査は、実際に機械転圧により得られる密度・せん断強度にて行う
このため盛立試験を先に実施の上、実際に得られる密度・せん断強度を把握する必要があるが現時点では先行して盛立試験の実施が困難な状況である。よって、重機転圧にて得られる締め固めエネルギーを $E_c = \text{JIS} \times 200\%$ 相当以上と想定して耐震性能照査を実施する
- ③ 締め固め $E_c = \text{JIS} \times 100\%$ 条件においても耐震性能照査を実施する
(ランダム材。比較及び耐震性能を有するために必要な締め固め度を把握する目的)。

2. 実施工とのリンク(盛立試験確認事項)

解析条件と実施工をリンクさせるためには以下の課題があり、盛立試験にて確認する必要がある。

- ① 限られた復旧工事期間にて、効果的かつ効率的な築堤を行う必要がある。
- ② ばっ気量を過大に設定した場合には、コストの増加・工事期間の延長につながる（かんがい用水の確保が遅れる）。その一方、重機転圧エネルギーに対して湿潤側となる施工含水比（飽和度）とした場合には、ウェーピングの発生および盛土内に過剰間隙水圧が発生することとなり、十分な締め固め効果が得られない。
このため、現実的にばっ気および施工が可能な施工含水比の設定が重要な課題である。
- ③ 上記の施工含水比設定とともに、レベル2検討にて想定したせん断強度が妥当であるか、実際の施工により得られる盛土の強度を把握する必要がある（設計と施工に差を生じさせない・現実的に得られる現場状況とレベル2耐震性能照査条件がリンクしている必要がある）