

参考資料:「ダム技術NO.239」(H18.8,ダム技術センター)

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	山本(やまもと)調整池
所在地 (河川名称)	新潟県小千谷市大字山本地内 (信濃川水系信野川)
目的/形式	発電/アースダム
堤高/堤頂長/堤体積	27.5m/926.6m/538千m ³
総貯水容量/有効貯水量	1,071千m ³ /1,032千m ³
ダム事業者	東日本旅客鉄道(株)
着工/竣工	-/1954

**2. 被災の状況(メカニズム)**

(1)被災日時

- 2004(H16)年10月23日17:56 新潟県中越地震(M6.8)

(2)被災の概要

1)堤体

- 堤体上流法面の変状
 - ・円錐状の段差がほぼ同じ標高で発生
 - ・噴砂が7箇所発生
- コンクリート止水壁と堤体の密着
 - ・堤体右岸側の堤頂部に亀裂、この部分は鉄筋コンクリート構造物である連絡水槽と堤体が接続する部分であり、堤体の心壁部分には連絡水槽から伸びる最小幅0.8mのコンクリート止水壁が長さ50m存在している。

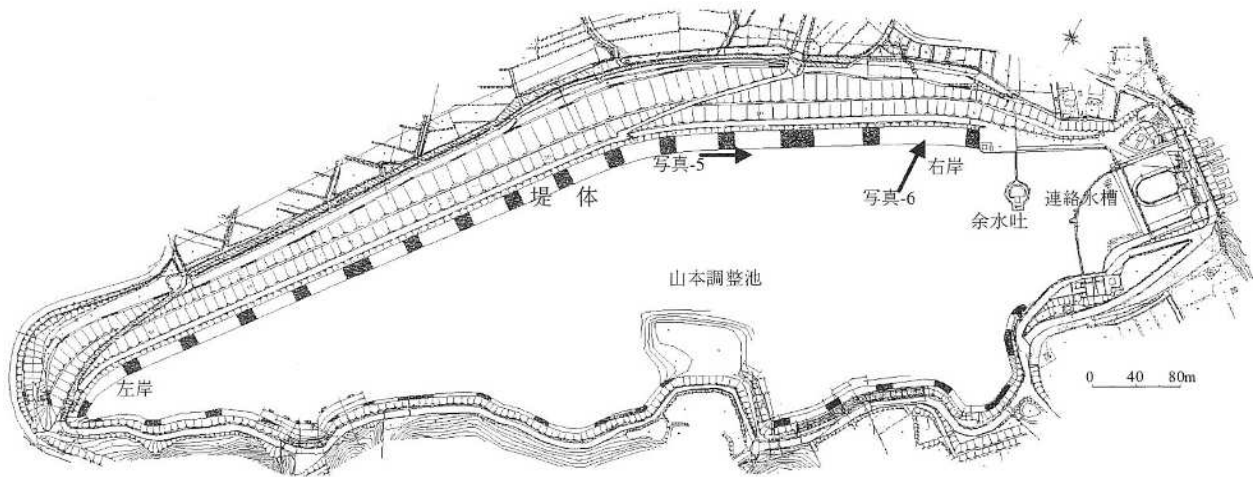


図-7 山本調整池の平面

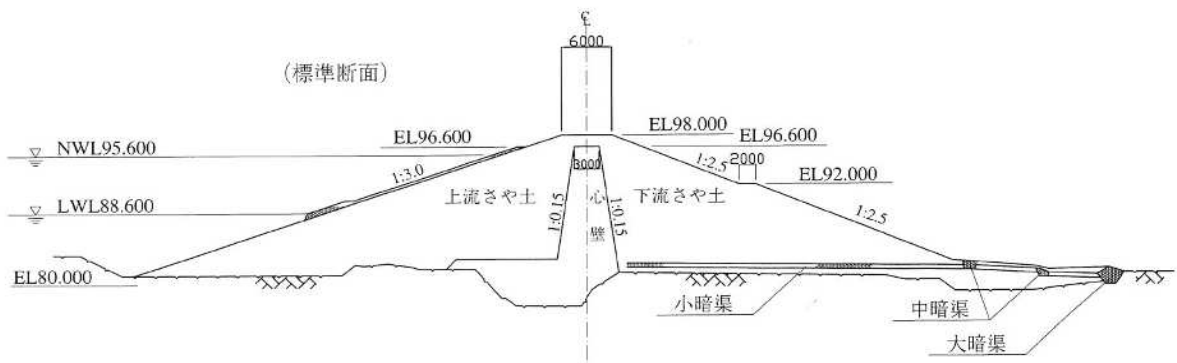


図-8 山本調整池の標準断面（建設時）

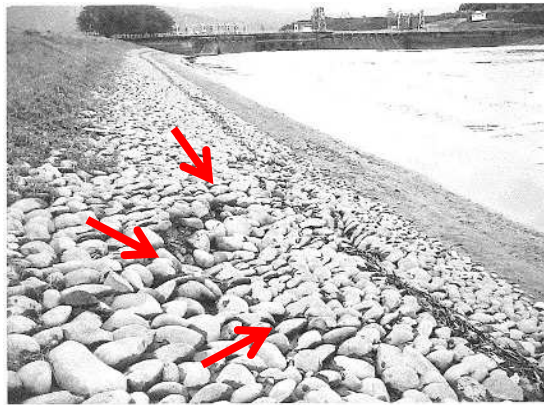


写真-5 上流のり面の段差地形（山本調整池）



すべりはリップラップ材にある粘土層で発生

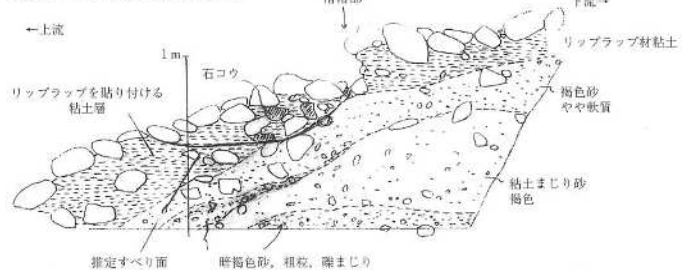


図-9 段差地形のトレンチ調査（山本調整池）

(3)被災のメカニズム

1)調査結果

○ 堤体法面

- ・段差地形をもたらしたすべり面は最大深さ0.5m、噴砂の発生源は最大深さ1mと堤体表面に近い浅い部分の変状であることを確認。
- ・堤体の沈下量は、堤体全体にわたり0.1～0.2mと少なかった。

○ コンクリート止水壁と堤体

- ・亀裂は地表1m程度で消失したが、1.6m下がった止水壁天端では心壁との間に5～10mmの隙間があった。

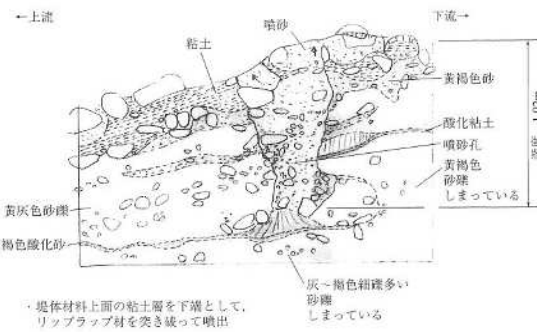
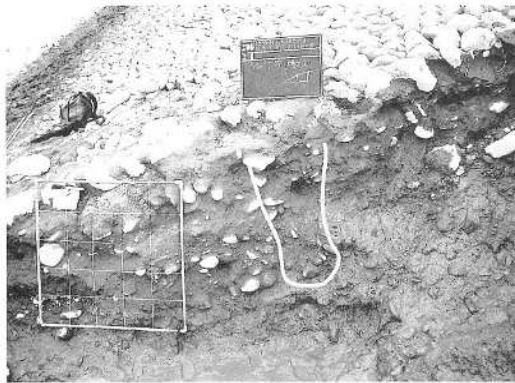
2)被災のメカニズム

○ 堤体法面

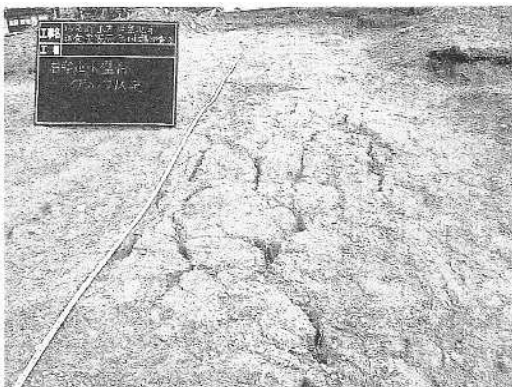
- ・上流法面のリップラップ下に粘性土が多い層が約0.5mの深さ、その下に若干砂分が多い層が約1mの深さで存在し、これらが強い地震動で階段状の変状や噴砂を引き起こしたものと推定。
- ・段差と噴砂の集中した標高は、地震時の貯水位とほぼ一致。

○ コンクリート止水壁と堤体

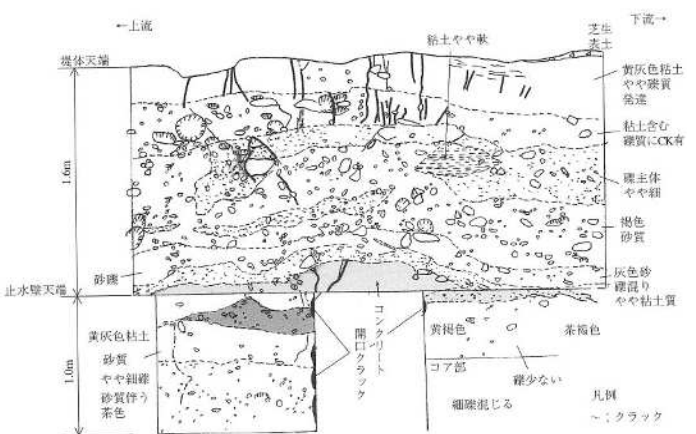
- ・フィルダム堤体内にコンクリート構造物のように剛性の異なるものがあると地震時の挙動の違いが心配される。今回、連絡水槽と連結され、かつ最も条件の悪い浅い場所で堤体表面に亀裂が発生。



図一10 噴砂のトレンチ調査 (山本調整池)



写真一6 右岸方天端の亀裂 (山本調整池)



図一11 止水壁と心壁の隙間調査 (山本調整池)

3. 復旧工法の検討

<復旧方針>

○ 復旧断面の決定

- ・上流面の掘削・再盛り立てはLWL以上の全延長にわたり実施。
- ・被害の原因と考えられるリップラップ下の粘性土、砂分の多い層は全て剥ぎ取り、再盛り立てして基本断面を回復。
- ・復旧形状は原形復旧を基本としたが、高さは河川管理施設等構造に準拠し、心壁の高さを1.3m、堤高も0.4m上げた。その他の設計諸元及び断面は以下のとおりとした。
- ・コンクリート止水壁境界部の空隙部は、周辺の心壁を除去し、健全な材料で再盛り立てした。

表-4 設計標高

ダム諸元	設計値			
	地震前	地震後		
		(1)原形復旧案	(2)河川構造令準拠案	摘要
余水吐天端標高	97.50	98.00	98.00	地震による変動量=+0.50m(隆起)
堤頂標高	98.00	98.50	98.90	NWL+2.80(SWL+2.50), 保護層厚0.50m
非越流部標高	96.60	97.10	98.40	≥SWL+波浪最低高1.0+付加高1.0=98.40m
基礎岩盤標高	70.87	71.37	71.37	
堤体高さ(m)	27.13	27.13	27.53	
設計洪水水位	—	—	—	設計洪水水位なし
サーチャージ水位	95.90	96.40	96.40	サイフォンの空気孔天端高=完全動作標高; 96.40m
常時満水位	95.60	96.10	96.10	
最低水位	88.60	89.10	89.10	
風波高(m)	0.83	同左	0.28	S.M.B法とSavilleの方法の組合わせにより算出
地震波浪高(m)	未考慮	同左	0.23	佐藤清一の式より算出

表中の網掛けは河川構造令に準拠するため変更した諸元を示す。堤体各部の高さは、余水吐の天端を基準として決定した。

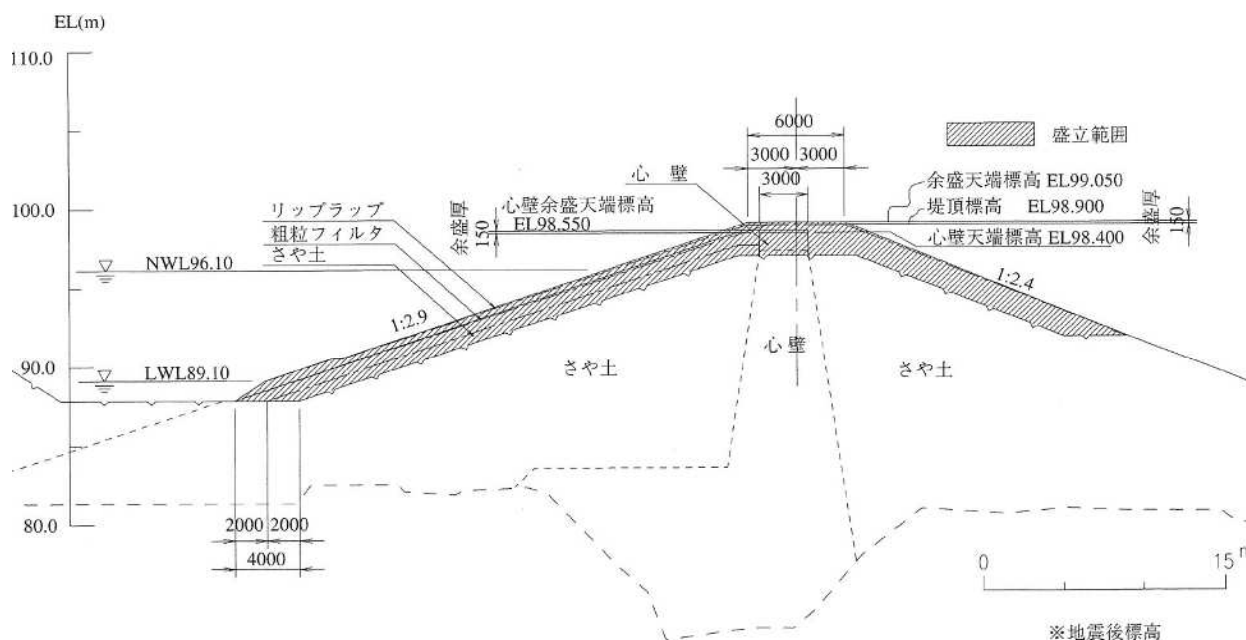


図-12 復旧断面 (山本調整池)

○ 安定計算

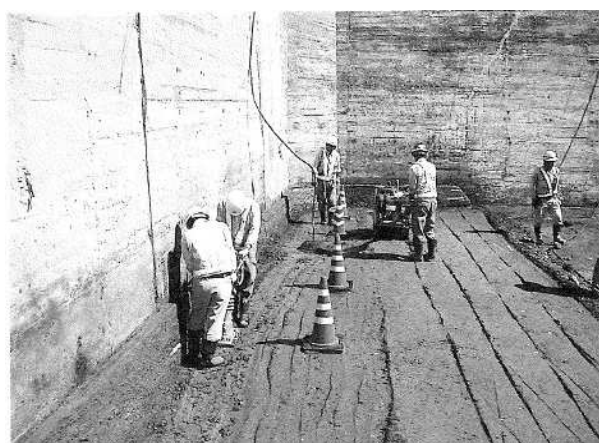
河川構造令に準じた静的安定計算を実施し、すべり安全率 $F_s \geq 1.2$ となることを確認。

<復旧工事>

- 復旧工事は地震発生翌年(H17)5月から堤体掘削と盛り立て試験、7月より盛り立てに着手し、11月までに完了。
- 堤体材料は、心壁材、粗粒フィルタ材は全量新規材とした。11t振動タンピング,仕上厚0.2m,12回転圧。
さや土は変状箇所及び有機物混入箇所以外は既設材を再利用し不足分は新規材とした。既設材は全て下流側に盛り立て、上流さや土は新規材(旧信濃川の段丘堆積物)を使用。10t振動ローラ,仕上厚0.5m,10回転圧。
- コンクリート止水壁は目地部補修のため8mまで掘り下げ再盛り立て。コンクリート止水壁と心壁の間の透水試験を実施して所用の透水係数を確認。コンクリート面はチップングし、スラークレイを塗布し、厚さ0.05mでコンタクトクレイを張り付けた後、細粒心壁材(Gmax50mm)を仕上厚0.1mで盛り立てた。



写真一七 上流さや土転圧状況 (山本調整池)



写真一八 止水壁まわり心壁転圧状況 (山本調整池)

参考資料:「ダム技術NO.239」(H18.8,ダム技術センター)

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	山本(やまもとだいに)第二調整池 (※旧名称:新山本(しんやまもと)調整池)
所在地 (河川名称)	新潟県小千谷市大字山本 (信濃川水系信野川)
目的/形式	発電/ロックフィルダム
堤高/堤頂長/堤体積	42.4m/1392m/2,300千m ³
総貯水容量/有効貯水量	3,640千m ³ / 3,200千m ³
ダム事業者	東日本旅客鉄道(株)
着工/竣工	1983/1990



2. 被災の状況(メカニズム)

(1)被災日時

- 2004(H16)年10月23日17:56 新潟県中越地震(M6.8)

(2)被災の概要

1)堤体

- 堤体上流法面の変状
 - ・段差及び噴砂が発生(特に左岸側)
- 堤体下流法面の変状
 - ・堤体上部から高さ2m程度下の位置に、ダム軸と平行に亀裂が生じ、一部はらみ出し。
- 堤体の沈下
 - ・堤体天端の埋設計器コード設置用のH形鋼が突出、堤体中央部がより多く沈んだ(横断的にV字型)。



写真-9 左岸方噴砂状況(新山本調整池)

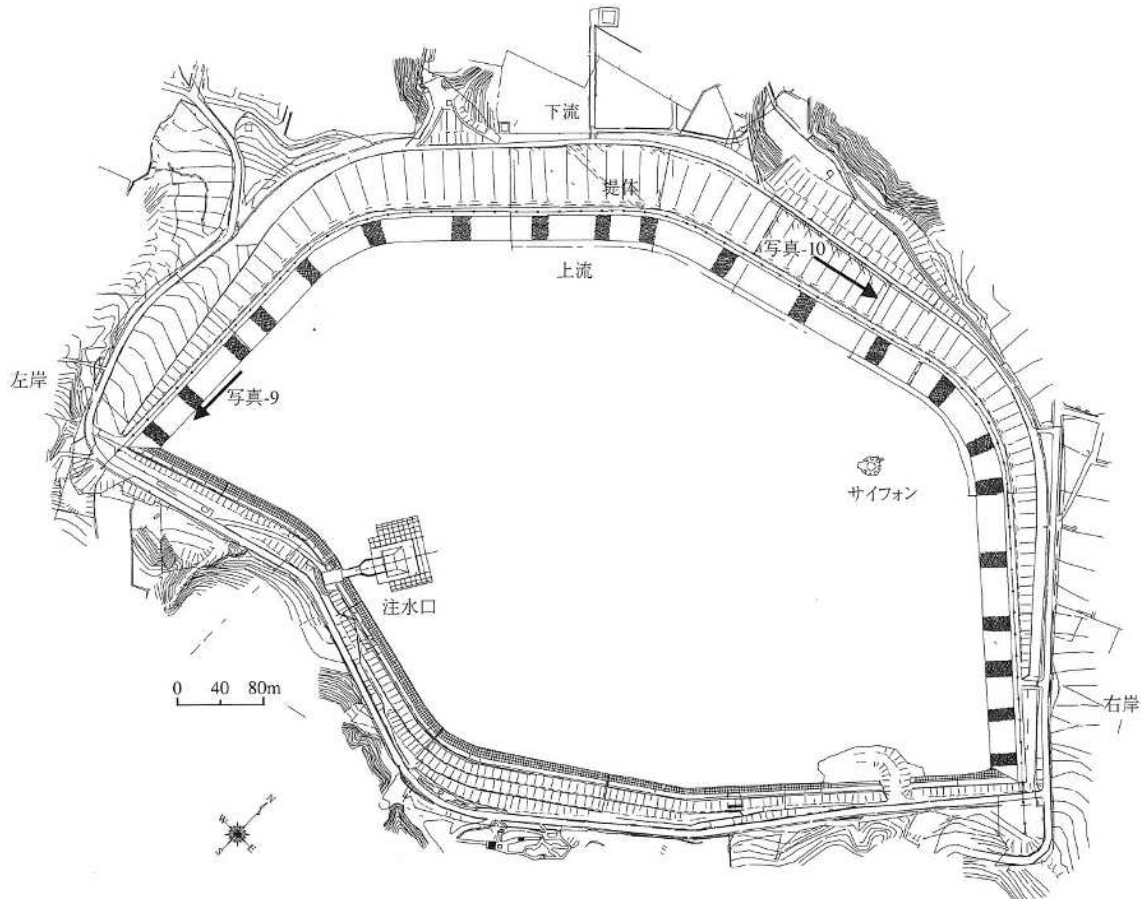


図-13 新山本調整池の平面

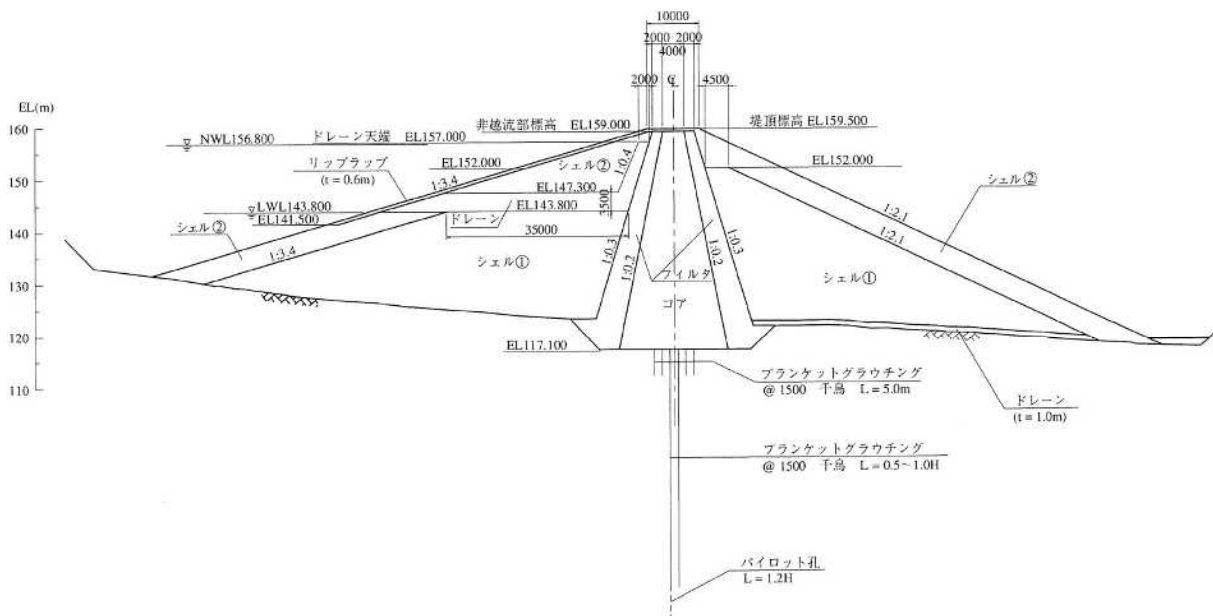


図-14 新山本調整池の標準断面（建設時）

(3)被災のメカニズム

1)調査結果

○ 上流・下流法面の変状

・20箇所のトレンチ、立坑掘削の結果、上流部の緩み領域は最大2.5m、下流面の亀裂・すべり面は2mより浅かった。

○ 堤体の沈下

・沈下量は測量の結果、約0.85mと堤高の2%近い値となった。地震前後の沈下量は、右岸側で堤高の1%程度、左岸側で2%程度となった。この値は4箇所での層別沈下計と近い値であった。

○ 基盤の隆起

・調整池周辺は、地震により0.64m隆起していることが判明。



写真-10 下流のり面はらみ出し (新山本調整池)

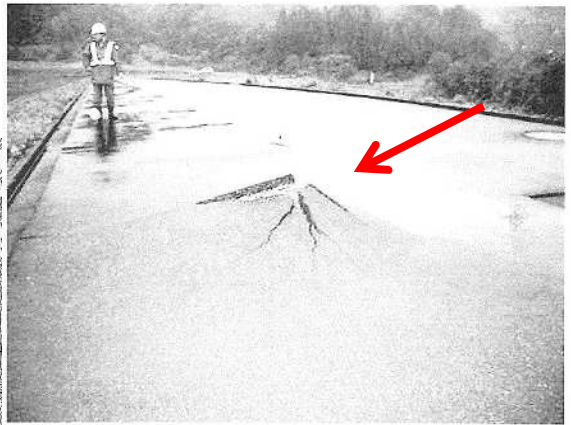
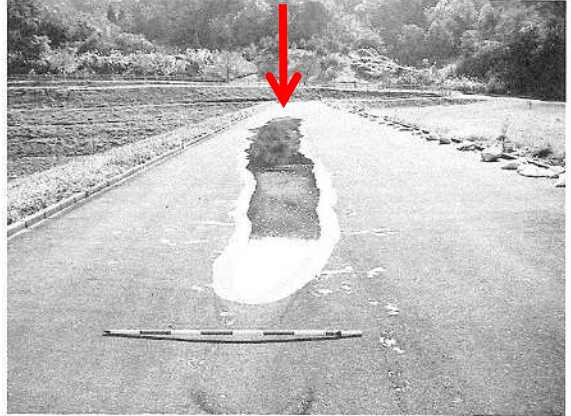


写真-11 堤体天端の窪みとH形鋼突出 (新山本調整池)

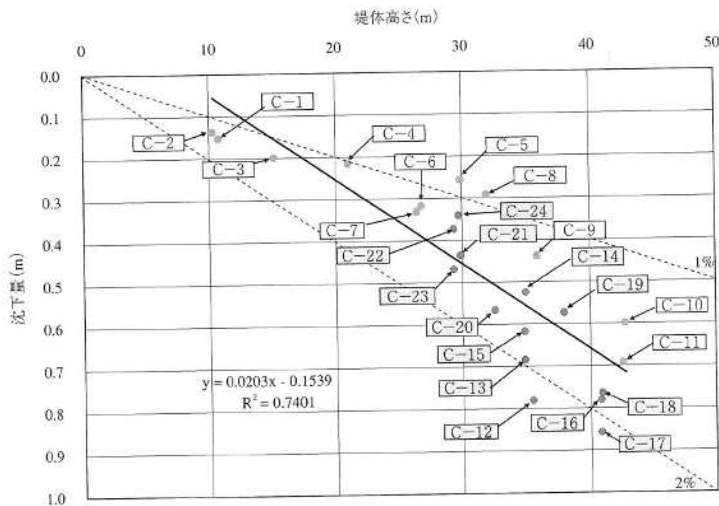
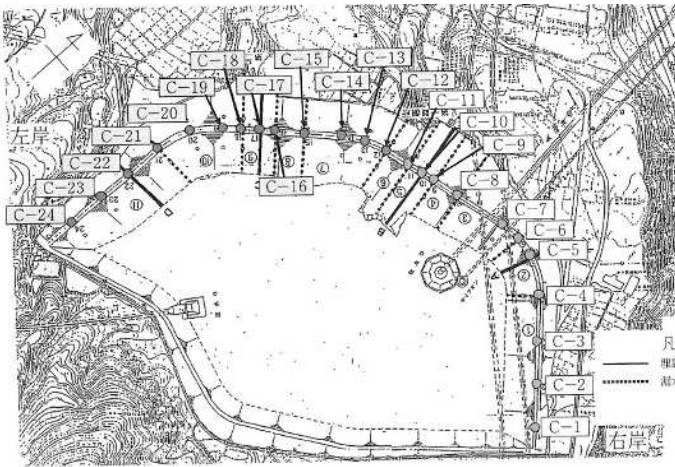


図-16 堤体高さと地震による沈下量の関係 (新山本調整池)

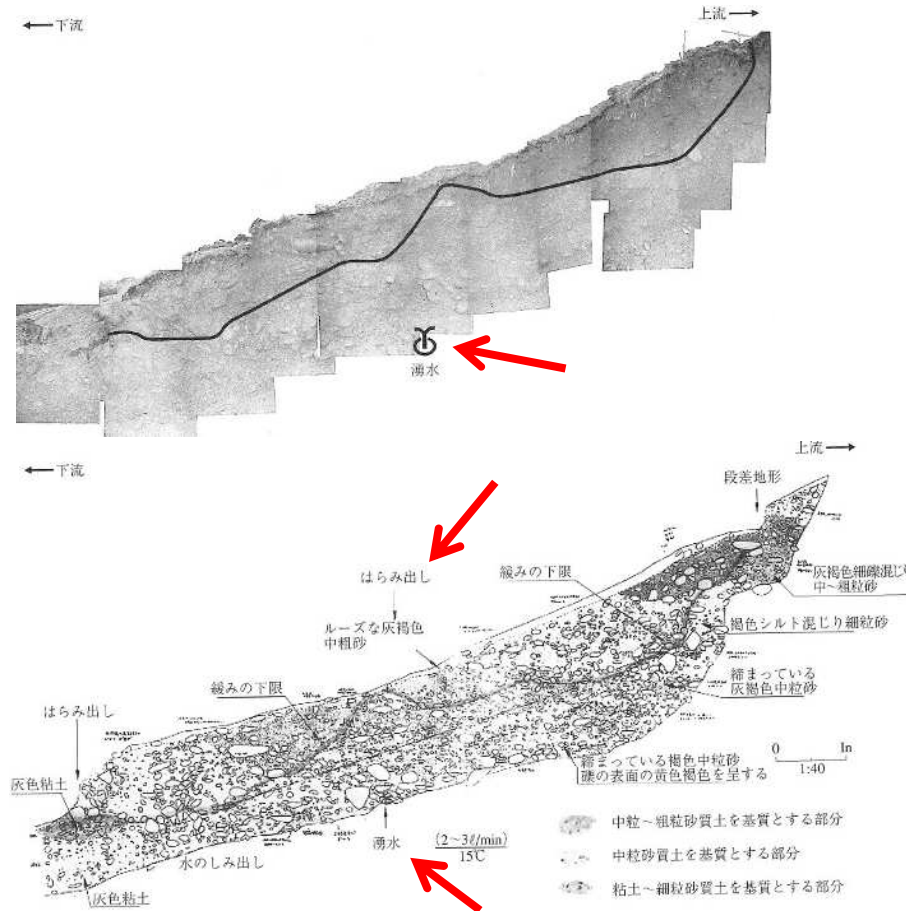


図-15 下流のり面はらみ出しのトレンチ調査(新山本調整池)



写真-12 堆泥によるドレーン前面閉塞状況(新山本調整池)

2)被災のメカニズム

○ 堤体法面

・下流面のはらみ出しは深さ1m程度の円弧すべりによるものであり、掘削面は浸潤(堤体内に局部的に滞留していた水と想定)しており、これがすべりを助長したと考えられた。

○ 沈下の要因

・山本調整池よりも沈下量大きい原因として、以下の可能性が考えられた。

- ①フィルタによるコアの圧密沈下の拘束が地震によって解放
- ②建設時のシェル材が $G_{max}=0.2\sim0.3m$ の砂礫であり、1m仕上厚での締固め時に層の下部で密度の小さい部分が存在
- ③水位急低下が繰り返され、上流側シェルからドレーン層に細粒分が移動し、ドレーンの排水性が低下
- ④段丘面に位置するため(山本調整池より50m高位)、地震動が増幅

・また、左岸側でより沈下が大きかった原因として、以下の可能性が考えられた。

- ①最大地震動の向きが左岸側のダム軸直角方向とほぼ一致
- ②左岸側は堆泥がドレーン前面を覆い、過剰間隙水圧が増大

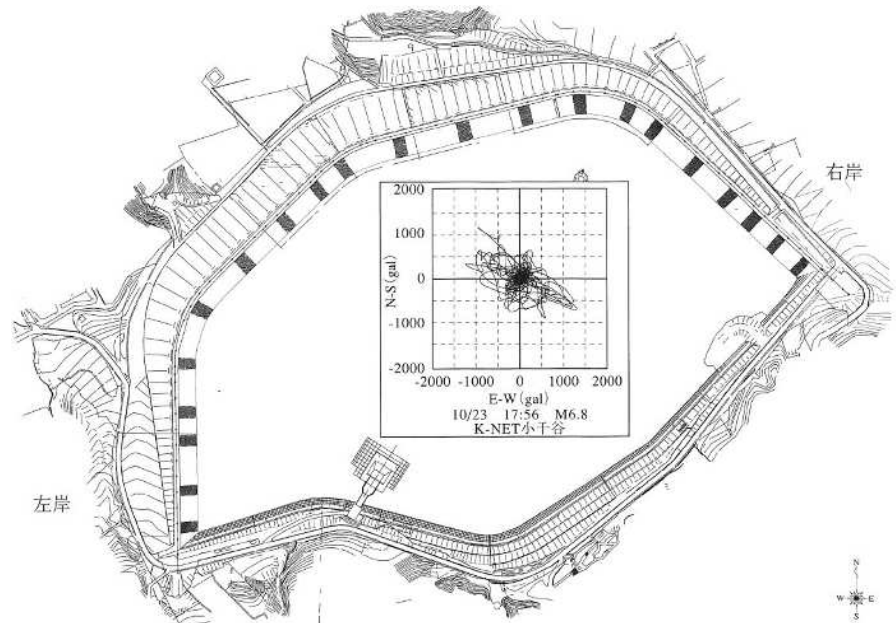


図-17 最大地震動の方向と堤体の関係（新山本調整池）

3. 復旧工法の検討

<復旧方針>

○ 復旧断面の決定

- ・現行の河川構造令に基づき設計されているため、原形復旧とした。
- ・基盤標高が0.64m隆起したため、設計標高は全て0.64m高くした。余盛は堤体高さの0.5%とした。
- ・変状箇所(亀裂)は全て希釈した水性ペイントを流し込み、残留しないことを確認して剥ぎ取り、再盛り立てした。最小施工幅は4m(機械施工を考慮)とした。
- ・ドレーン層表層に細粒分が増加したため、排水機能を損なう可能性があり、堆泥のほかドレーン層上部のシェルからの移動も考えられたため、この移動を防ぐ粗粒フィルタを新設した。
- ・堆泥によりドレーン機能が低下した範囲(上流面から20m)は掘削除去・再盛り立てした。
- ・中央部のダム軸方向820m区間は、変状箇所を全て除去する目的で上流面から10m範囲を掘削除去した。
- ・下流面は亀裂の入った部分を掘削幅4mで除去・再盛り立てした。

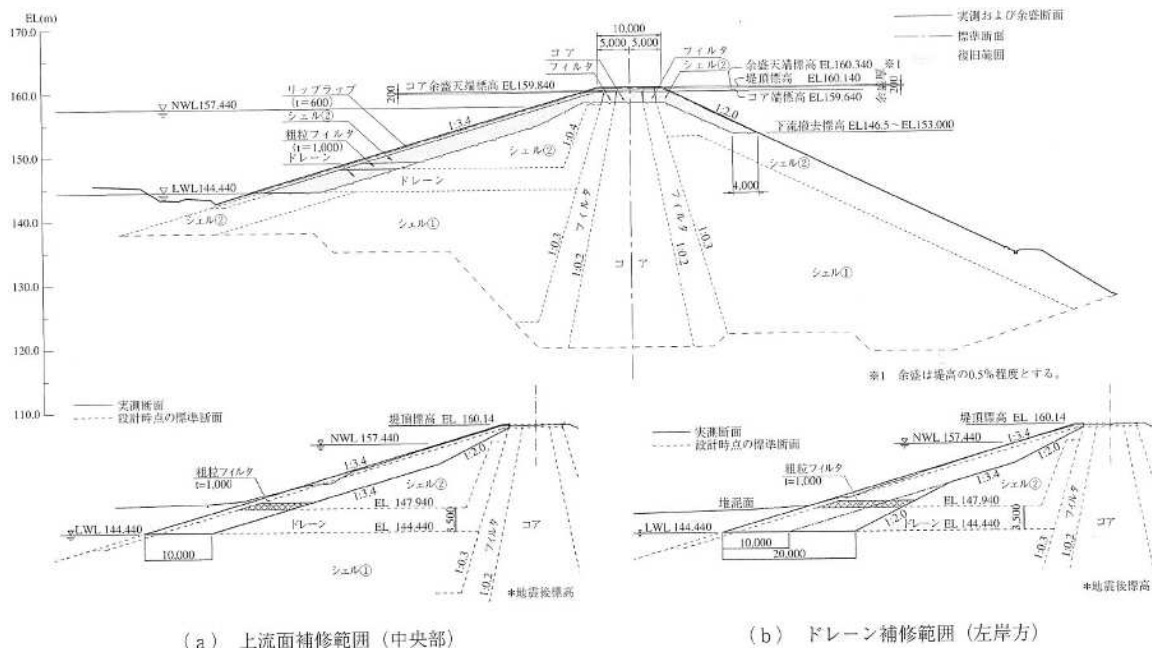


図-18 復旧断面（新山本調整池）

＜復旧工事＞

- 復旧工事は地震発生翌年(H17)5月から堤体掘削と盛り立て試験、7月より盛り立てに着手し、11月までに完了。
- ・堤体材料は、コア、フィルタ、粗粒フィルタ材は新規材を使用。
 - ・ドレーン材は粒度を満足しないものは洗浄して再利用。
 - ・シェル材は変状箇所及び有機物混入箇所以外は既設材を再利用し不足分は新規材とした。
 - ・新規材は3kmないし6km離れた2箇所の河岸段丘から得られる堆積物とし、粗粒材は全て段丘砂礫とした。
 - ・締め固め仕様は山本調整池と同様とした。
 - ・シェル材、ドレーン材は沈下量を少なくするため、下層に締め固めエネルギーが十分伝わるよう、建設時の1m撤出厚さを0.5mとした。

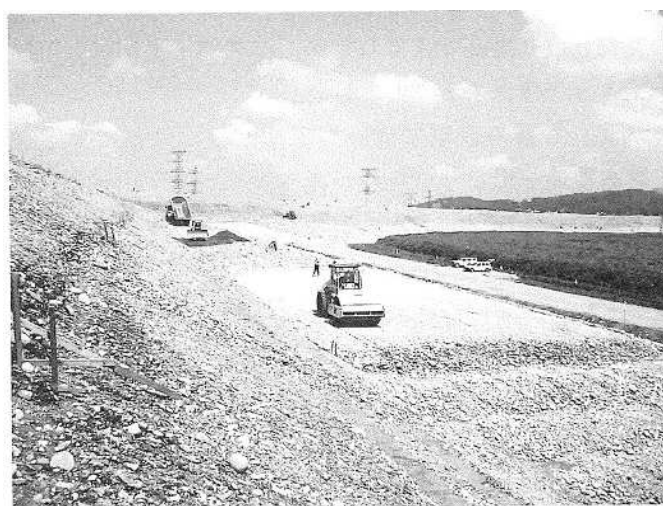


建設時（平成元年）



復旧時（平成 17 年）

写真－13 シェル材撤出し厚 1m から 0.5m へ（新山本調整池）



写真－14 ドレーン材転圧状況（新山本調整池）

参考資料:「小山田川沿岸地区(かん排)宿の沢ダム技術検討業務 報告書(H10、11財団法人 日本農業土木総合研究所)」

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	宿の沢(しゅくのさわ)ダム
所在地 (河川名称)	宮城県栗原市高清水 (北上川水系小山田川)
目的/形式	かんがい/アースダム
堤高/堤頂長/堤体積	18.6m/210.0m/79千 m^3 (※旧堤)
総貯水容量/有効貯水量	850千 m^3 / 850千 m^3
ダム事業者	宮城県
着工/竣工	1943/1949



2. 被災の状況(メカニズム)

(1)被災日時

- 1978(S53)年6月12日17:14 宮城県沖地震(M7.4)

(2)被災の概要

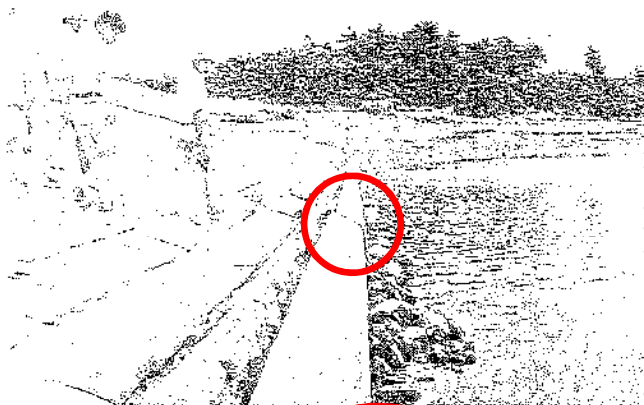
1)堤体

- 堤頂部に堤軸方向と平行に2本の亀裂(最大深度1.9m、延長90m)が生じた
- 上流斜面平板ブロック張が堤体下部方向にずれ(最大ずれ20cm、累積50~70cm)、平板ブロックと波返しの上に亀裂が生じ、法尻での張ブロックの沈下やブロック留工の亀裂が生じた

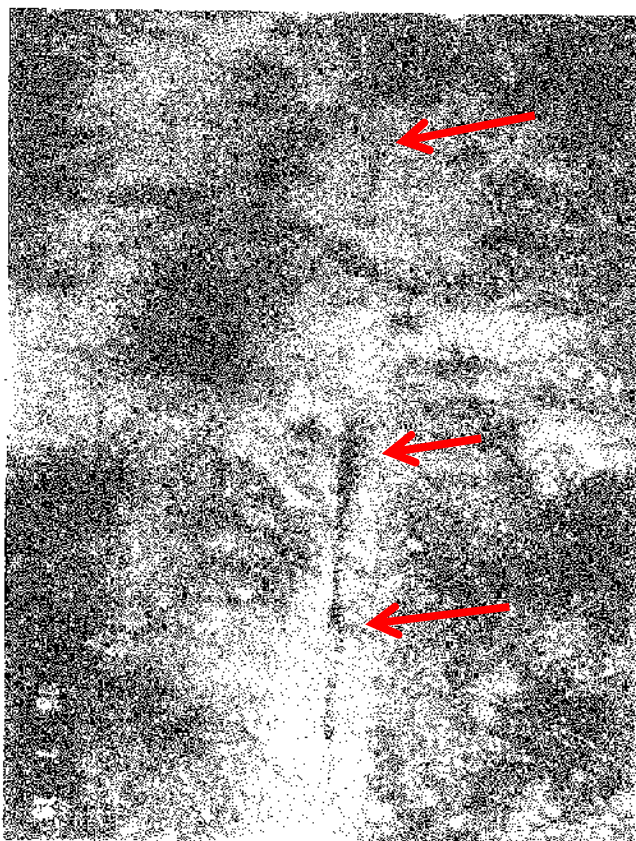
2)余水吐

- 余水吐(側溝)底盤コンクリートに亀裂が生じた

被災状況写真



堤体上流斜面平板ブロック張が、下部方向にずれ平板ブロックと波返しの間に亀裂が生じ法尻での張ブロックの沈下やブロック留め工の亀裂が生じた

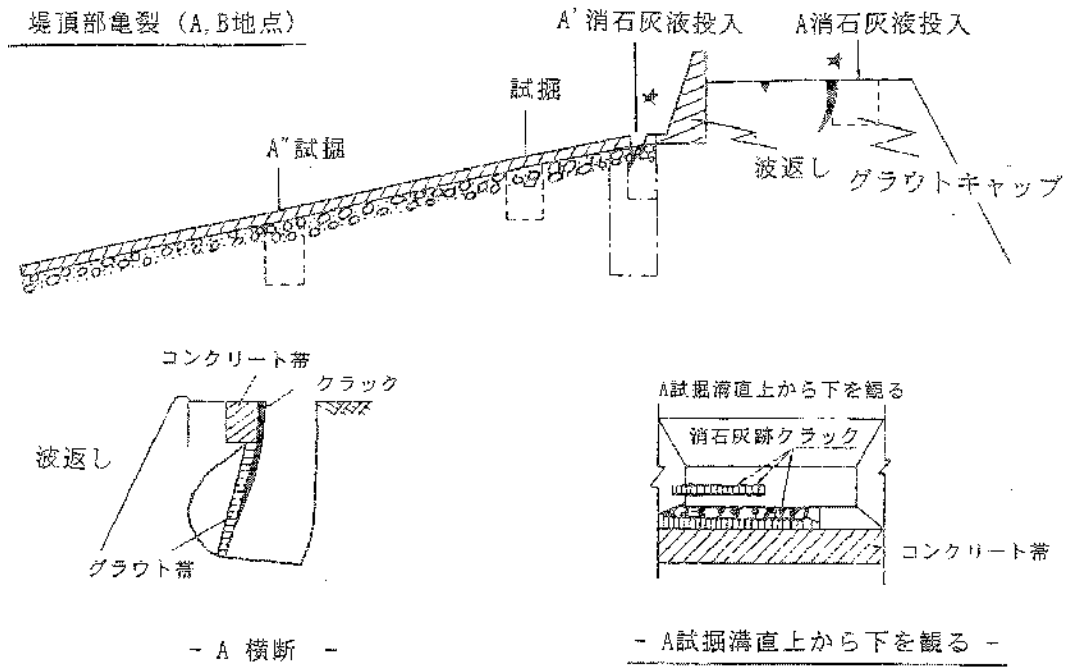


宿の沢ダム（宮城県高清水町）堤頂に発生した縦割方向（ダム軸と平行）のクラック最大幅約150mm

(3)被災のメカニズム

1)調査結果

- ・斜面保護工のブロック及び天端付近のグラウチングのコンクリートキャップと盛土の間の亀裂であるが、これは、力学的特性の相違によるものと考えられる。
- ・平板ブロックの被害が大きかったが、これは、下部フィルター層の砂礫がコロの役割をしたものと推定される。



3. 復旧工法の検討

<復旧方針>

- 以下の復旧対策を行った

復旧対策	概要
堤頂の上下流側に充填グラウト施工 (L=7m程度、カバーロック w=50cm×2列)他	

<補修方針>

- 築造後かなり年月が経過しており、老朽化による漏水防止(水需要の増加による水源の確保を図るための既設堤体の嵩上げも併せて実施)が計画された。
- ダムサイトの地形は下流に向かって傾斜していること、下流の両岸地山部は低いこと、堤体が老朽化していること、より上流側に遮水ゾーンを新設する計画とした。
- 築堤材料にはダムサイト付近に確保された土取場から入手したローム質土と凝灰岩系砂質土の混合土を使用した。既設堤体とほぼ同じ性質であり改修後の堤体は均一型に近い。堤体の下流側法尻には浸透水を排水させるため、浸潤面を低下させるためのドレーン工を設置した。
上流法面の全面に購入材(安山岩)による捨石とフィルターからなる保護層を施した。
- 基礎地盤は限界圧は低いが、平均的に比較的高い止水性を有していたことからグラウチングの止水処理は行わず、幅広のコアトレンチを設け、浸透路長を大きくとった。

<堤体内グラウチング(過年度復旧工)撤去方針>

- 平成8年度、堤体天端開削及び底樋撤去部断面でグラウチングによる補修跡が見つかった。その際の方針は以下のとおりである。
 - ・①オランダ式二重管コーン貫入試験、②現場密度測定、③底樋部の切土面観察結果、④堤体上下流面の観察結果の調査結果より、以下の点(a, b, c)からダムの安全性を考慮し、旧堤体剥ぎ取り高さをEL.40.0とし、剥ぎ取った部分にはこの材料を再利用する計画とした。
 - ・この場合、堤体の上下流法面の最危険ケースにおけるすべりに対する安全率は、各々 $F_{smin}=1.230$ 、 $F_{smin}=1.251$ を示し安全である。
 - a. 法面の観察で、グラウトミルク痕跡が表れている最低標高がEL.42.0~EL.40.0区間であること。
 - b. 中央から上下流方向へのグラウトミルク痕跡の拡散標高範囲がEL.42.0~EL.38.0付近に多く見られること。
 - c. 過年度のグラウト注入による改良深度は、堤体天端より最低7.0m以上である。

