

# 岩手・宮城・福島県内のダムの被害

株式会社エイト日本技術開発

関西支社 保全・耐震・防災部

尾儀一郎・黒田修一・藤田亮一・藤本哲生

東京支社 保全・耐震・防災部

福島康宏

神戸支店 河川・港湾部

見掛礼一郎

## 1. はじめに

2011年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沿岸地震は、三陸沖から宮城県沖、福島県沖、茨城県沖にかけて生じたプレート境界型低角逆断層の破壊によるもので、マグニチュード9.0という我が国周辺に発生した地震としては最大級の規模の地震となった。断層の大きさは約500km×200kmに達すると言われている。気象庁<sup>1)</sup>は当初、マグニチュードを7.9と速報したが、その後、9.0と修正した。この地震により、三陸沖から宮城県沖、福島県沖、茨城県沖の広範囲な地域で地震動による被害だけでなく津波による甚大な被害が生じた。日本政府はこの地震による震災を東日本大震災と命名された。

今回の地震では海岸部での津波による被害が大きくクローズアップされているが、内陸部、特に福島県内では日本のダム史上最悪の被害となった

藤沼ダム決壊の被害<sup>6),8)</sup>も発生した。本報では、岩手、宮城、福島県内のダム被害に着目し、ダム本体および付属施設の目視による被災状況や、地震動とダム堤体被害との関係について整理した結果を報告する。

## 2. ダムの調査結果

### 2.1 調査概要

表1に現地調査を実施したダムの一覧を示す。また広域地質図<sup>3)</sup>に、今回調査したダムの位置をプロットした結果を図1に示す。今回調査したダムのうち、ダム本体に被害を受けたダムは、福島内陸部のいわゆるグリーンタフ地帯に位置し、ダム本体に大きな被害を受けていないダムの多くは海側の花崗岩地帯に位置している。グリーンタフ地帯は、新第三紀や第四紀の固結度の弱い層を主体としている。調査は弊社の自主調査であり、

表1 ダム調査箇所と被害概要

調査日	名称	形式	部位	変状の種類
2011/4/23	田瀬ダム	重力式	堤体	天端付近のコンクリート片の剥落、本体変状なし
			貯水池周回道路	舗装面の亀裂、段差(すべり崩壊による)
	日向ダム	重力式	堤体天端道路	舗装面の亀裂、堤体本体に変状なし
	綾里川ダム	重力式	進入道路	舗装面の亀裂・段差、堤体本体に変状なし
2011/4/24	鷹生ダム	重力式	取水塔建屋	壁面クラック、堤体本体に変状なし
	金越沢ダム	ロックフィル	堤体天端道路	舗装面の亀裂
			洪水吐	橋梁背面の沈下
2011/4/25	相川ダム	ロックフィル	—	変状なし
	樽水ダム	ロックフィル	—	変状なし
	大倉ダム	アーチ(2連)	堤体天端道路	舗装面の亀裂(アバット)
	釜房ダム	重力式	—	変状なし
2011/5/13	山の入ダム	アース	取水設備、進入路	取水設備の張コン陥没、湖内進入路の変状
	岳ダム	重力式	堤体・周辺法面	打ち継目クラック、吹付けコンクリート剥離
	三ツ森ダム	アース	堤体	天端クラック、上流のり面変状
2011/5/14			洪水吐	モルタル剥離
	高柴ダム	アース	—	変状なし
	三春ダム	重力式	取水塔建屋、高欄	クラック、堤体本体に変状なし
	金沢ダム	重力式	—	変状なし
	深田ダム	アース	堤体	天端クラック、リップクラック乱れ
	藤沼ダム	アース	堤体	変状なし
2011/5/15			下流域	堤体の破堤 下流域3km集落まで被災
	龍生ダム	重力式	—	変状なし
	羽鳥ダム	アース	堤体	下流側のり面表層崩壊
	西郷ダム	アース	堤体	天端縦断クラック、上流側のり面変状
	堀川ダム	ロックフィル	堤体	天端路肩ずれ、リップクラック乱れ
2011/5/16	赤坂ダム	アース	堤体	天端クラック、上・下流のり面変状
	千五沢ダム	アース	—	大きな変状なし

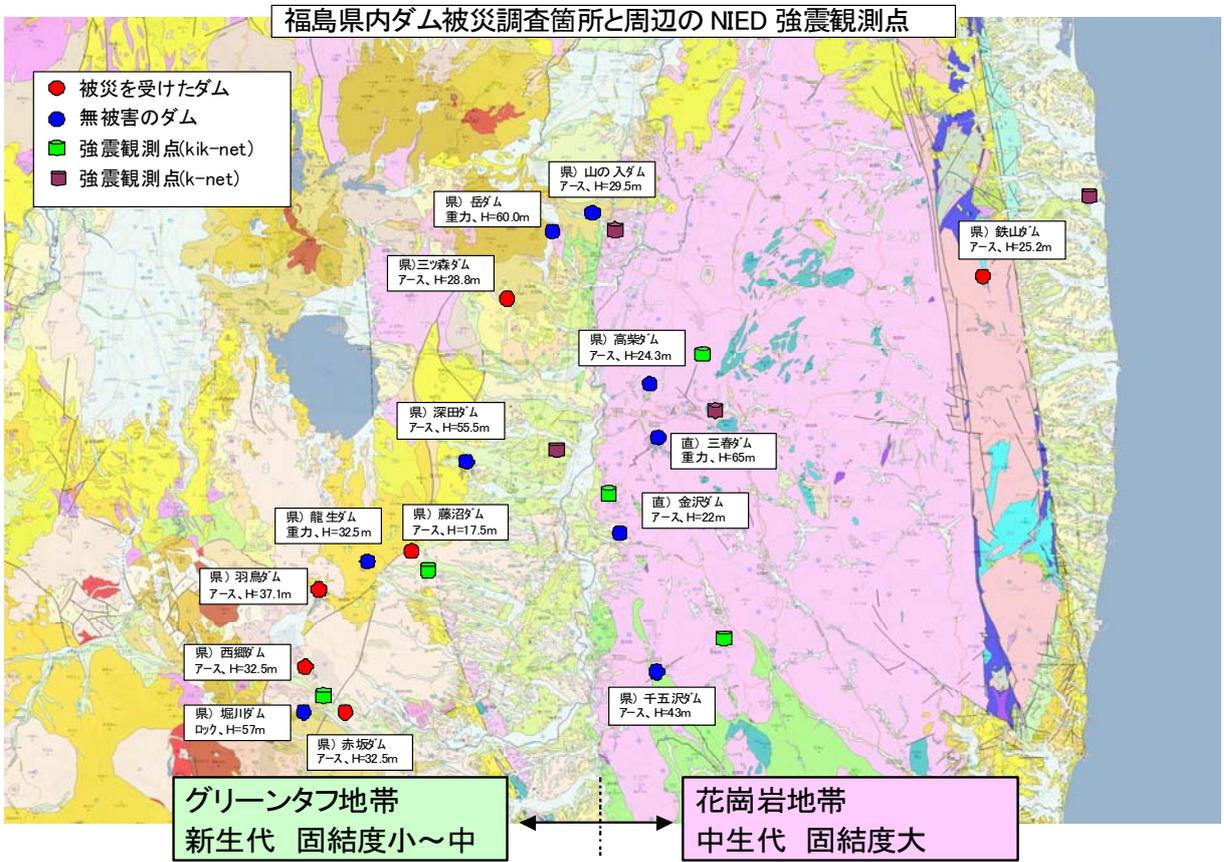
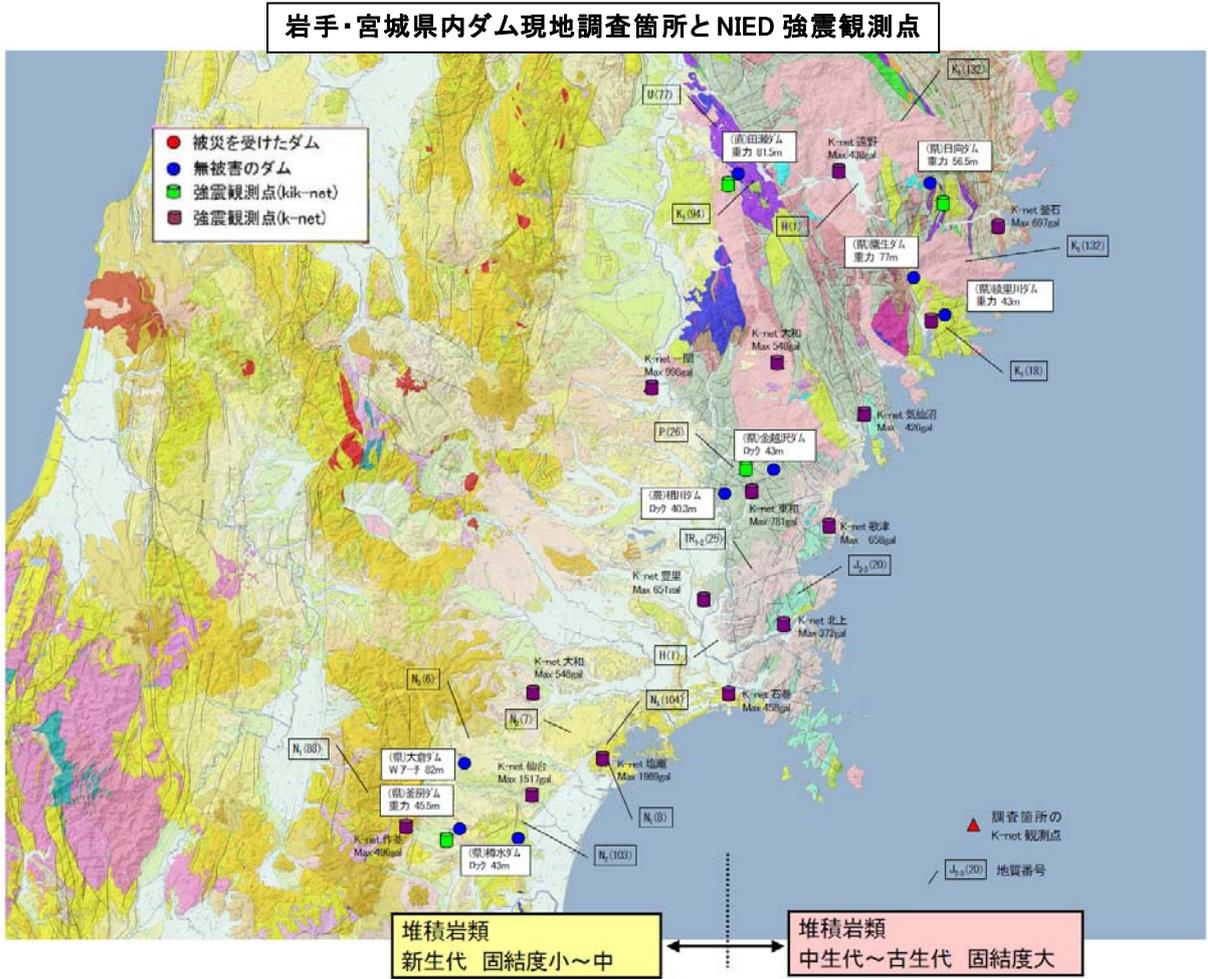


図1 ダム現地調査位置と広域地質図

漏水量や変形等の堤体観測結果の情報は得られないことから、調査は堤体の変状等に着目した目視調査を基本とした。また、現地計測が可能な箇所では常時微動観測を行い、ダム堤体の固有周期を確認し、近傍の強震観測点(NIED 観測点)<sup>2)</sup>から推定した地震動とダム堤体被害との関係について整理した。

## 2.2 重力式ダム調査結果

重力式ダムの調査は、岩手～福島県内の9箇所について実施した。調査ダムは、堤高 H=32.5～81.5m、気象庁震度階で5強～6弱<sup>1)</sup>に位置するものであった。

### (1) 目視調査結果

ダム堤体本体は、ダムの機能に影響を及ぼすような被害はなく、図2に示すように堤体軸線折れ点、堤体目地、打継目でのひび割れ、目開きなど構造変化点での損傷が見られた。



図2 岳ダムでの構造変化点での損傷

一方、付属構造物の被害は、一体型取水塔建屋、図3に示す管理橋高欄の損傷であった。一般に重力式ダムでは、堤体天端の加速度は基部の3～5倍になるため、大きな加速度により付属物が損傷を受けたものである。



図3 三春ダムにおける高欄部ひび割れ

## (2) 重力式ダムのクラック損傷判定

調査対象とした重力式コンクリートダムでは、堤体本体への損傷はなく、図4に示す損傷判定図からもクラックを生じていないことが確認される。この損傷判定図は、100ケース超のパラメータスタディに基づき、堤高と基盤加速度から重力式ダムの損傷程度を概略推定することが可能であり、今後、ダムのレベル2地震動耐震性能を評価する際の、一次スクリーニングや動的応答解析を用いた計算結果の照査に活用できるものである。

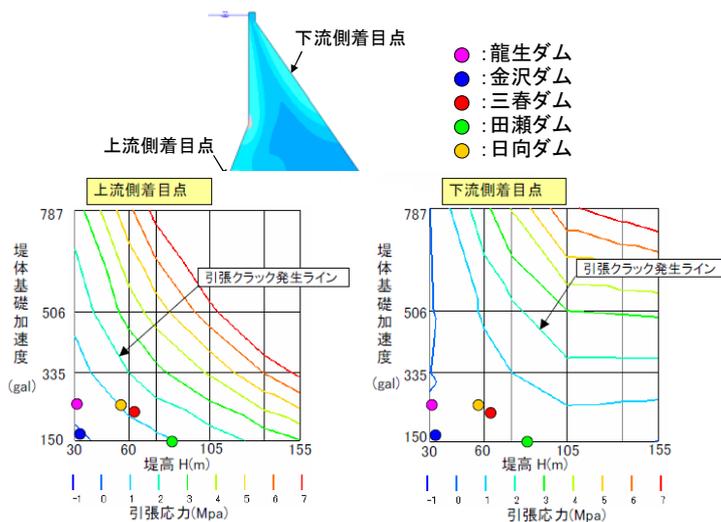


図4 重力式ダムのクラック損傷判定図

## 2.3 フィルダム調査結果

フィルダムの調査は、岩手～福島県内の4箇所のロックフィルダム、10箇所のアースダムについて実施した。ロックフィルダムは、堤高 H=40.3～57m、アースダムは、堤高 H=17.5～55.5m、気象庁震度階で5強～6弱に位置するものであった。

ロックフィルダムでは、堀川ダムにおいて、天端路肩のずれや、上下流面におけるリップラップ材の乱れ等は見られたが、ダムの機能に影響を及ぼすような被害は発生していない。一方、アースダムについては、藤沼ダムの決壊等、ダム機能に影響する大きな被害が発生した。以下、被害の大きかったアースダムについての被害概要を述べる。

### (1) 三ッ森ダム

#### 1) ダムの概要

三ッ森ダムは、H=28.8mのアースダムである。

#### 2) 震度と地震外力

当該ダム近傍の気象庁震度は、震度5強(大玉村)<sup>1)</sup>であった。ダム近傍には強震観測点はないが、最も近いk-net 二本松の観測点で、地表最大加速度は391gal<sup>2)</sup>であった。

堤体形式	均一型アースダム	
堤高(m)	28.8	
堤頂長(m)	205	
堤体積(m <sup>3</sup> )	265,000	
総貯水容量(m <sup>3</sup> )	720,000	
流域面積(km <sup>2</sup> )	16.1	
湛水面積(ha)	8	
法面	上流側	1:2.5
勾配	下流側	1:2.5
竣工年	1940年	
ダム事業者	福島県	

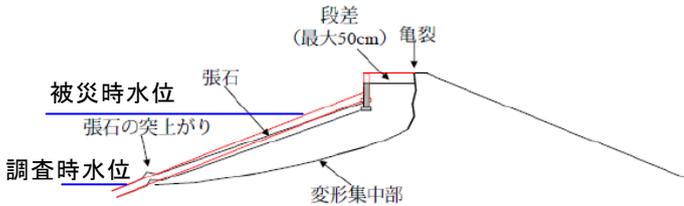


図5 ミツ森ダム概要図<sup>5)</sup>

3) 貯水位

地震発生時の貯水位の状況は不明であるが、被災の状況から判断すると常時満水位程度はあったかと思われる。調査時点でも水位低下放流がなされており、2割程度の貯水位であった。

4) 目視調査結果

当ダムは、今回の調査で見たアースダムのうち、最も被災状況が大きなダムのひとつである。

調査の結果、天端と上流面において、大きな変状が確認できた。その他、右岸余水吐き掘削法面のモルタルの剥離が挙げられる。

余水吐きや取水設備、およびこれら構造物と堤体盛土との接合部等については、特に変状は認められなかった。

天端のクラックは、ダム軸方向ではほぼ堤長全体に入っており、幅 80 cm、深さ 70 cm、上下流の段差は最大 50 cm 程度以上の規模である。

クラックの規模は、堤体中央部ほど大きいようであった。この状況から地震によって、上流側にすべり破壊が生じたようである。この影響は上流面にも現れていた。上流面の変状は、このすべりを裏付けるべく、表層のリップラップ材が浮上り、その配列が乱れており、大きく損傷していることが伺える。ちなみに、リップラップ材の浮き上がりは 8 cm ~ 10 cm であった。パラペットの堅壁そのものが上流側に傾いていた。上流面の低標高部では、堤体そのものがはらみだしており、これがすべり面の下端となっているようである。

5) 原因の推定

地震直後、どの程度貯水位があったかは定かではないが、地震に伴う上流側への円弧すべりによるものと考えられる。

6) 今後の対応

今回の地震動の調査結果と併せて、原因究明を行う必要がある。ダム天端で見られる段差から想定すると、コア部もそれなりに損傷しているものと考えられる。今後は、先ずコアの損傷度合いを

堤体全長にわたり堤頂に縦亀裂が発生。上流側に開口幅 70cm、沈下 70cm の段差を生じる。



上流側パラペットが傾斜、沈下を生じる。

上流側張石面の変状



張石が全長にわたり筋状に付き出る。すべり面の下端と推測される

図6 ミツ森ダム堤体被害状況

把握することが大切である。このためには、クラックの進展範囲を確実に把握することが重要であり、クラックに石灰水を流し込み固結を待ってトレンチ掘削を行う目視調査や塩水を用いた電気探査等を行う必要がある。この結果を踏まえ、上流側の円弧すべりの検討を行い、被災時の現象を同定する必要があり、堤体材料の試験を行い、物性値を確認しておくことが必要である。

(2) 藤沼ダム

1) ダムの概要

藤沼ダムの概要を図 7 に示す。堤高 H=18.5m の均一型アースダムである。

堤体形式	均一型アースダム	
堤高(m)	18.5	
堤頂長(m)	133	
堤体積(m <sup>3</sup> )	99,000	
総貯水容量(m <sup>3</sup> )	1,504,000	
流域面積(km <sup>2</sup> )	8.8	
湛水面積(ha)	20	
法面	上流側	1:2.8、1:2.5
勾配	下流側	1:2.5
竣工年	1949 年	
ダム事業者	江花川沿岸土地改良区	

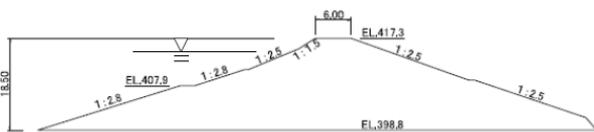


図 7 藤沼ダム概要図

2) 震度と地震外力

当該ダム近傍の気象庁震度は、震度 6 弱 (須賀川市長沼支所) 1) であった。図 8 に示すようにダムから 2km の位置に kik-net 長沼の強震観測点が

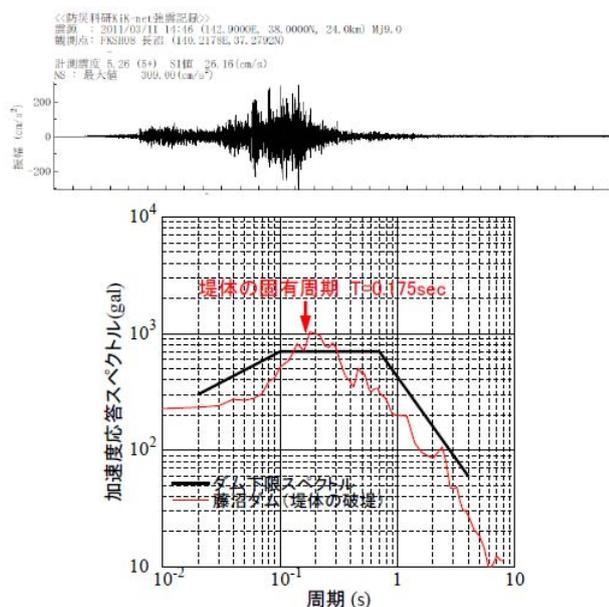


図 8 藤沼ダム近傍での観測波形

あり、地表面最大加速度は 309gal<sup>2)</sup>であった。

2) 貯水位

地震発生時の貯水位は、田植えに備えほぼ満水位に近い状態であった。

3) 目視調査結果

藤沼ダム周辺の被災状況を図 9 に、ダム堤体の破堤状況を図 10 に示す。当ダムは、堤高 18.5m の均一アースダムである。アースダムのポイントは、いかに浸潤線を下げられるかという点にあり、このためドレーン等を配置することが必要不可欠である。しかし、湖岸の銘板によるとそのようなドレーンはなく、アースダムでありながらグラウトがなされている。アースダムにおいて、グラウトすることを前提とすることは考え難い。いつの時点で、このグラウトがなされたかは定かではないが、おそらく漏水が激しくなり、やむを得ず、グラウトにより対処せざるを得なかったものと考えられる。このように漏水が多いということは、施工当事、十分な締め固め施工がなされていなかったことが想定される。

一方、現地の方の証言によると、地震後、土煙を上げながら黒い波が来たことと、地震後 20 分の時点で堤体の越流が始まっていたとの証言から地震発生直後に壊れたようである。地震被災直後にすべり破壊→越流破壊につながったもの



図 9 藤沼ダム下流側等の被害状況



図 10 藤沼ダム堤体の被害状況

と推測される。また右岸側の奥には破堤を免れた副堤があるが、貯水池側に大きくすべり破壊を生じていた。この現象は、本堤の破堤が一気に起こり、急激な水位低下に伴う残留間隙水圧によるものと推測される。

4) 破堤のメカニズム

今回の被災のメカニズムとしては、継続時間の長い地震力によって、先ず上流側ブロック張り上端を始点とした下流側へのすべり面が発生し、すべりに伴う残留変形が堤高不足を生じさせ、貯水が集まりやすい右岸側に越流が発生し、浸食とともに堤体が耐えられなくなり、堤体を押し流したものと想定される。図 11 は、下記に示す堤体の状況・目撃者の証言に基づき、破堤メカニズムを試算した結果である。

- ①地震時の水位はほぼ満水位であった。<sup>4)</sup>
- ②右岸側の破堤箇所は完全に流出しており、すべり破壊により崩れた。同材料と想定される副堤は円弧すべりで破壊している。
- ③地震 20 分後に堤体の越流が始まっていた。<sup>4)</sup>

堤体材料は現地状況から砂質粘土と想定され、満水状態での浸潤面、想定されるすべり面とそのすべり面に生じる残留変位を算定したものである。粘着力を持った土質の場合、安全率が最小となる円弧は、深い大きなすべりが一般的であるので、本堤右岸よりの最大断面で破堤したものと推測

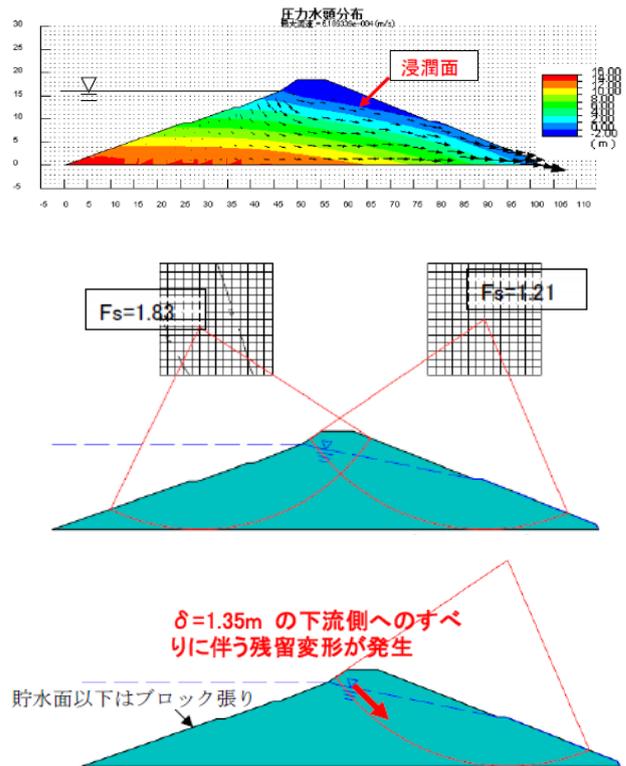


図 11 破堤メカニズムの推定

る。これに対し左岸側では、堤体がほぼ水平面を呈し残っているが、これは、施工時の転圧層沿いに、堤体がなくなったもので、この点からも施工時の転圧不足が想定される。今後、この藤沼ダムをどのように復旧するのかは、現時点では不明で

あるが、従来どおりの利水容量が必要ならば、同じ規模のダムを建設することになると想定される。ダムサイト地質から想像すると、アースダムの可能性は高いが、遮水性の確保には十分留意する必要がある、5.今後の課題・留意点に示す上流側にコアゾーンを設けた型式が良いと考えられる。

5) 今後の対応

- ① 逆解析  
現地材料特性を反映した、被災状況の再現。
- ② ダムサイト周辺の地質構造の把握。
- ③ 堤体材料の賦存量の検討とダムの型式検討。

(3) 羽鳥ダム

1) ダムの概要

羽鳥ダムの概要を図12に示す。堤高 H=36.8m のゾーン型アースダムである。

2) 震度

当該ダム近傍の気象庁震度は、震度5強（天栄村）<sup>1)</sup>であった。

3) 貯水位

地震発生時の貯水位は不明であるが、他の速報等の写真からみると、3/30時点での水位は、満水位から5~6m程度低い水位であったと思われる。調査時点ではそれほど水位は下げられておらず、満水位から7~8m程度低い水位かと想定された。

堤体形式		中心コア型アースダム
堤高(m)		37.15
堤頂長(m)		169.5
堤体積(m <sup>3</sup> )		318,000
総貯水容量(m <sup>3</sup> )		27,321,000
流域面積(km <sup>2</sup> )		42.7
湛水面積(ha)		201
法面	上流側	1:2.8、1:2.5
勾配	下流側	1:2.5
竣工年		1956年
ダム事業者		東北農政局

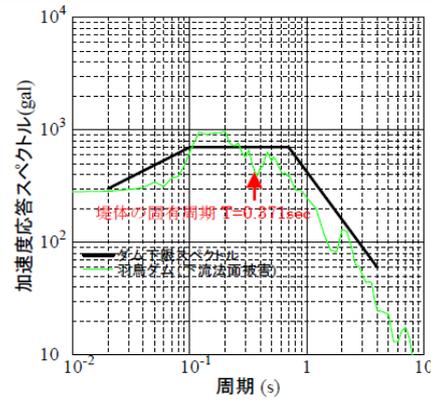
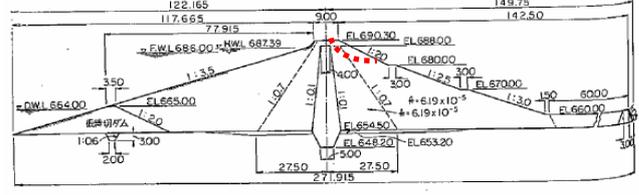


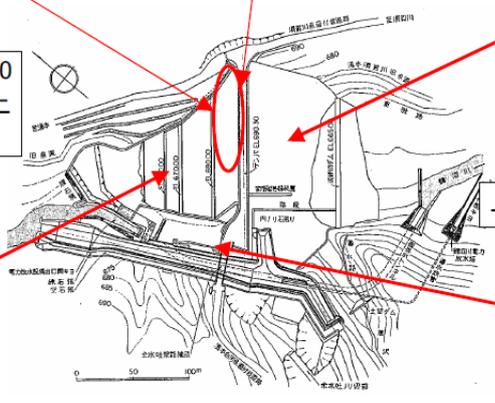
図12 羽鳥ダム概要図<sup>7)</sup>

下流側法面の変状。堤頂面の沈下と下流側に沈下が発生する。シートで覆われ確認できなかったが、法面に亀裂が発生する。



堤頂面はシートで覆われ確認できなかったが、舗装継目に沿って3cm程度の開きが発生する、

下流側のみ変状は法面勾配が 1:2.0 と急なため生じたためと推測。なお上流側の法面勾配は 1:3.5 である。



上流側法面には目立った変状なし

管理橋アバット部の損傷



図13 羽鳥ダム堤体の被害状況

3) 目視調査結果

図 13 に被害状況を示す。調査の結果、天端のクラックと、それに伴う下流面、天端高欄、管理橋アバット部において変状が認められた。余水吐きや取水設備には、変状は認められなかった。天端のアスファルト舗装に生じたクラックは、ダム軸方向のもので堤体の中央部から右岸側にかけて見られた。ブルーシートが掛けられ、確認できていないが、クラックの位置は天端の中央に 2~5cm の幅で入り、天端幅が 9m と広いとため、ダム軸を境としたアスファルトの施工継目に沿って発生したものと想定される。他ダムと異なり上流面の変状は無く、下流面に変状が見られることが特徴である。下流面の変状は、天端 (EL.690.3m) から一段目の小段 (EL.680.0m) 間の法面に見られた。天端の肩からわずかに下流面の法面が凹型にへこみ、法高の 1/3 程度の高さあたりでわずかにほらみだしている状況であった。この一段目の小段を越えて、さらに下位標高には影響がなかった。天端高欄の天端や基礎部分においてコンクリートの剥離が見られた。

4) 原因の推定

地震に伴う下流側への表層すべりによるものと考えられる。最上段法面に発生したすべりは、最上段ののり面勾配が 1:2.0 と、他の法面勾配(1:3.5)に比べ急なため、慣性力によるすべり破壊と推測される。

(4) 西郷ダム

1) ダムの概要

西郷ダムの概要を図 14 に示す。堤高 H=32.5m のゾーン型アースダムである。

2) 震度と地震外力

当該ダム近傍の気象庁震度は、震度 6 弱 (西郷村熊倉) <sup>1)</sup>であった。ダムから 2.5km の位置に kik-net 西郷の強震観測点があり、地表面最大加速度は 1062gal<sup>2)</sup>であった。

3) 貯水位

地震発生時の貯水位は、他の速報等の写真をみると、ほぼ満水位に近い水位であったものと思われる。調査時点では満水位から 10m 程度下がりの水位と思われ、水位低下放流がなされていた。

4) 目視調査結果

西郷ダムも三ッ森ダムと同様、被害の大きいダムである。被害は、天端のクラック、それに伴う天端パラペットの傾斜と上流面の変状が挙げられる。特に上流面は今回調査したダムの中で、最も広範囲に傷んでいる。その他、右岸直上流の取水施設近傍の法面崩壊や、余水吐きのコンクリート

堤体形式	中心コア型アースダム
堤高(m)	32.5
堤頂長(m)	220
堤体積(m <sup>3</sup> )	360,000
総貯水容量(m <sup>3</sup> )	3,299,000
流域面積(km <sup>2</sup> )	10.6
湛水面積(ha)	330
法面勾配	上流側 1:2.8、1:2.5 下流側 1:2.5
竣工年	1955 年
ダム事業者	東北農政局

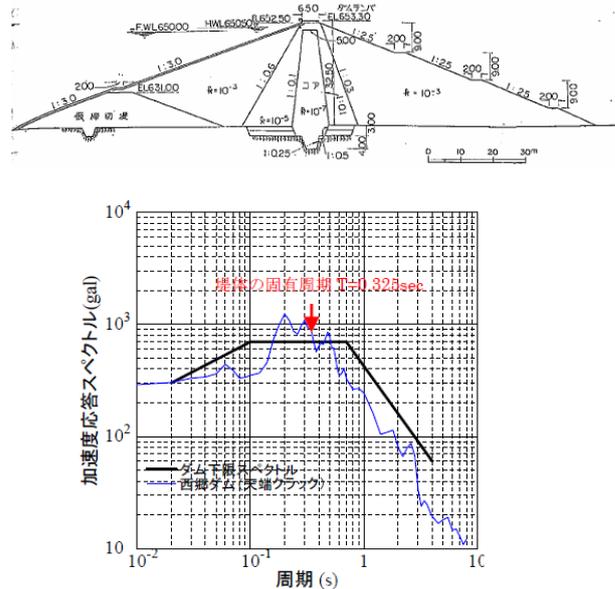


図 14 西郷ダム概要図<sup>7)</sup>

片の欠けや、ブロック積み擁壁へのひび割れ等が確認できた。天端のクラックは、ダム軸方向に堤頂全体に及び、クラックの規模は、大きなもので幅 30~50cm、深さ 50~100cm であった。

このクラックは、数条入っており、一番大きなものは、天端の中心付近に位置するクラックであった。このクラックは、コア部まで影響しているものと思われる。農工研の調査では亀裂深度は 3m 以上の可能性があることが報告されている<sup>10)</sup>。上流側へのすべりの影響により、天端のパラペットが上流側に押し出されるように傾斜している。最も顕著にこの現象が把握できるのは、左岸アバット部の継目である。上流面の変状は局部的なものではなく、ほぼ全体におよぶものである。このうち、最も大きい変状は、ダム高が高くなる堤体中央部で生じており、調査時点の貯水位よりも低い標高にまですべりが及んでいると推測される。これは、上流面の波打ち際について堤体を真横から望んだ場合、一直線になっていないことから伺えた。また、石張材を押さえている基礎コンクリートは、堤体の中央部において法尻方向に大きく凸型に変形している。この変形は、円弧すべりの影響によるものであり、基礎コンクリートの継目

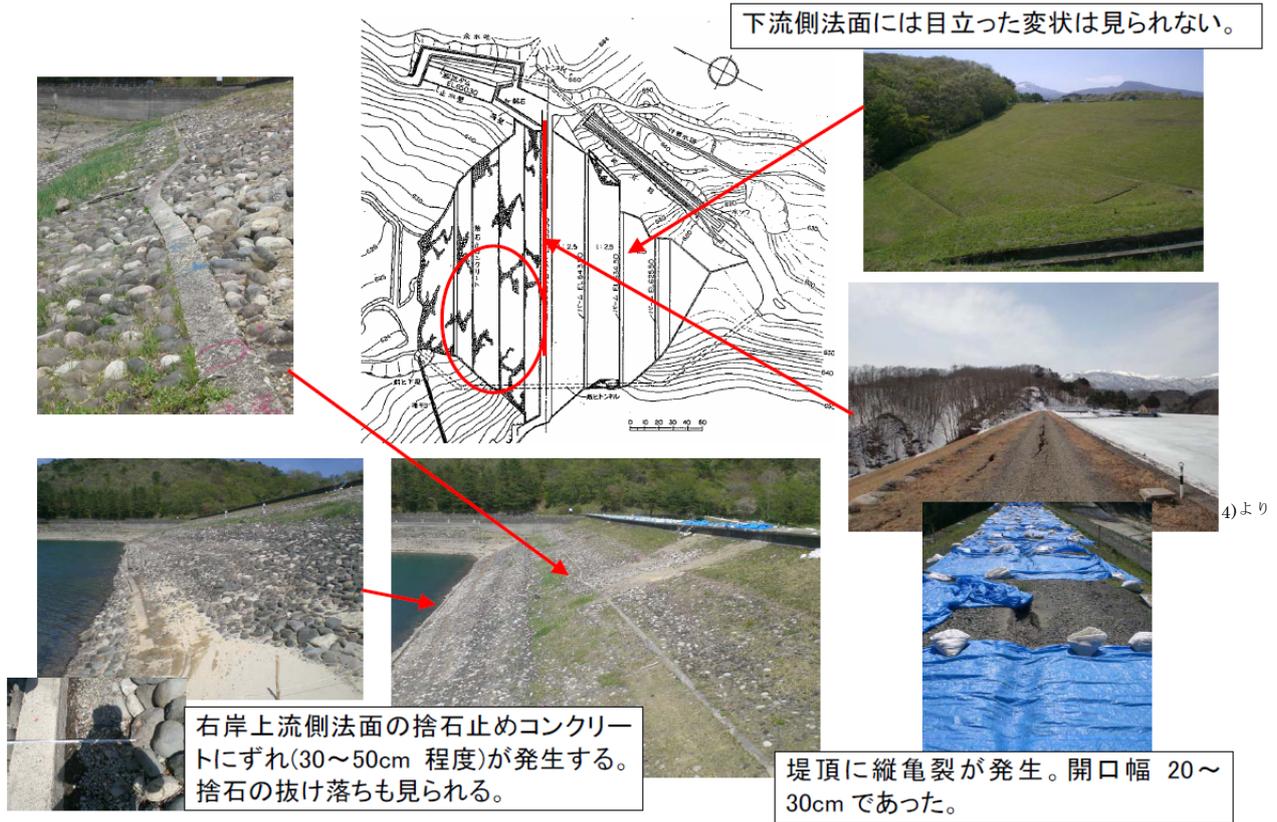


図 15 西郷ダム堤体の被害状況

部でのズレはもちろん、石張材の配列が大きく乱され、30cmもの段差が生じている箇所もあった。  
4) 原因の推定

地震直後、ほぼ満水位に近かったことから、地震に伴う上流側へのすべりによるものと考えられる。

### 3. ダム本体の固有周期と想定地震動

#### 3.1 ダム本体の固有周期

ダム本体の固有周期を把握することを目的として、常時微動観測を行った。観測方法は、ダム敷地内の天端及び法尻等に計測機器を置き、100Hzサンプリングで6分間計測を行った(データ数: 36,000)。計測機器は、(株)システムアンドデータリサーチ製のNew PICを用いた。

図 16 に観測されたダムの固有周期とダム種別による固有周期の経験式の比較を示す。アースダム、ロックフィルダムの経験式と概ね一致する傾向にある。簡易で短時間な微動観測によりダムの固有周期を把握でき、ダムの動的特性を把握する上で有効なツールとして用いることが可能である。

#### 3.2 ダム基礎での想定地震外力

ダム近傍(数km以内)にNIED強震観測点<sup>2)</sup>を持つダムについて、ダム基礎位置での地震動を

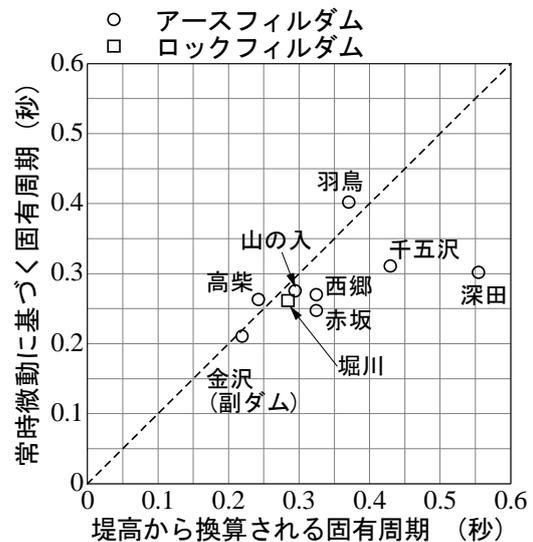


図 16 常時微動観測によるダムの固有周期

想定し、被害を受けたダムと無被害のダムについて「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(改訂素案)・同解説」<sup>9)</sup>の照査用下限スペクトルとの比較を行った。

ダム基礎位置での地震動は以下の手順で想定した。Kik-Net強震観測点では同一観測点で地表面と基盤岩の2深度で地震波が観測されている。

また地震計設置位置での地層情報が公表されている。そこで地質図から強震観測点とダム基礎岩盤が同一地質構成であることを確認し、観測され

た地表面波形をダム基盤相当の岩盤（重力式ダムでは  $V_s=2000\text{m/s}$ (CM 級岩盤相当)、フィルダムでは  $V_s=700\text{m/s}$  (D ~CL 級岩盤相当)) に重複反射波理論により引き戻し、ダム上下流方向に角度補正を行い、ダム基礎位置での想定地震動とした。

図 17 に被害を受けたダムと被害を受けていないダムの加速度応答スペクトルを示す。

被害を受けたダムは、照査用下限スペクトルを上回るものが多いが、無被害のダムは、総じて照査用下限スペクトルより下回っているものが多い傾向にあることが判る。

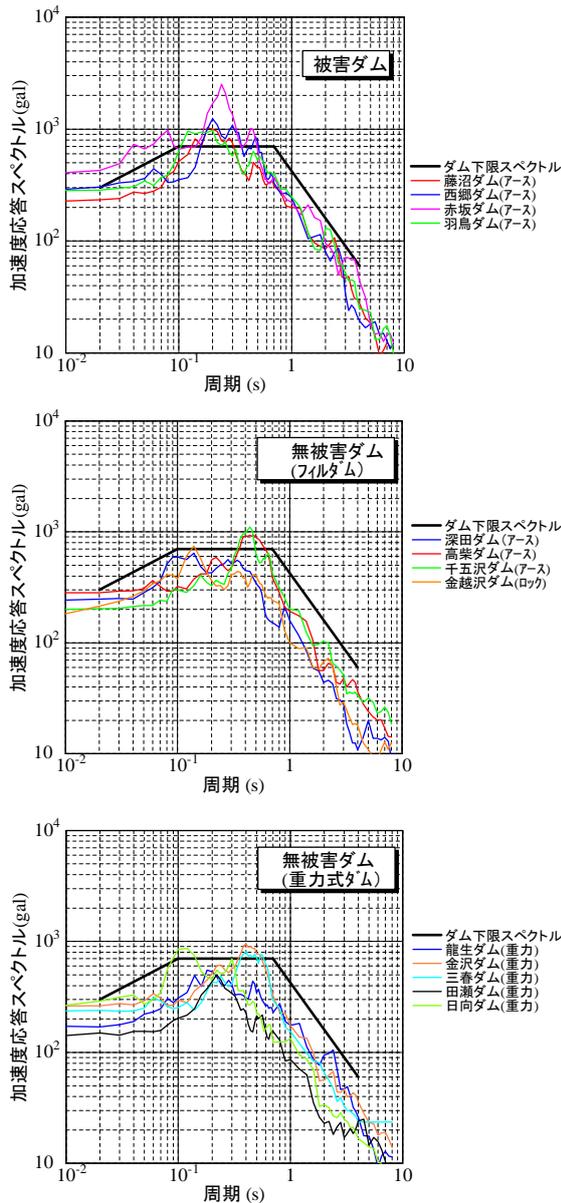


図 17 各ダム基礎で推定した加速度応答スペクトル

#### 4. アースダムの被害傾向

##### 4.1 地震外力

前述したように、図 17 に示す堤体に被害を受けたアースダムの加速度応答スペクトルより、堤

体に損傷を受けたダムは、ダムのレベル 2 地震動照査に用いる照査用下限加速度応答スペクトル程度の地震動を受けていたと推測される。ただし、大規模な被災を生じ、壊した藤沼ダムの地震動が特に大きかった訳ではなく、堤体材料や継続時間の長い地震動の繰返し特性などの要因からの分析が必要である。

##### 4.2 ダム竣工と堤高の関係

ダム竣工と堤高の関係を図 18 に示す。図には、日本のダムにおける設計基準が制定された 1957 年ダム設計基準、河川法に基づき制定された 1976 年河川管理施設等構造令のラインを併記した。図より、堤体に何らかの損傷を受けたダムは、河川管理施設等構造令以前に竣工されたダムである。また損傷を受けたダムの内、破堤や明瞭なすべり破壊を生じているダムは均一型の形式が多い傾向にある。一方、堤高と被災に明瞭な関係はないこ

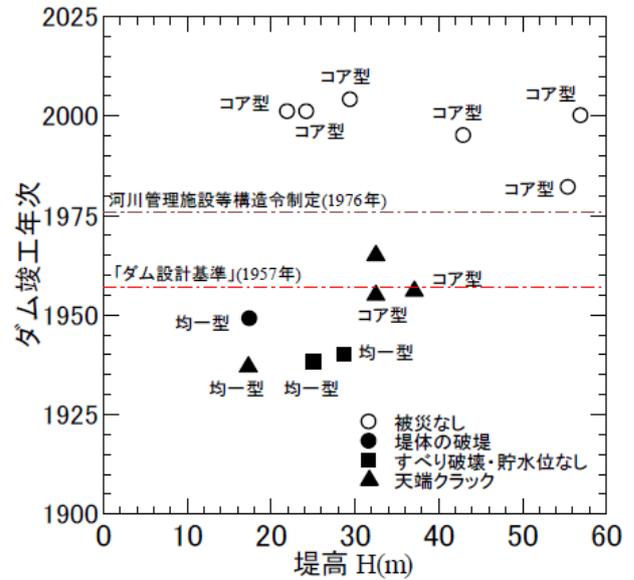


図 18 ダム竣工と堤高の関係

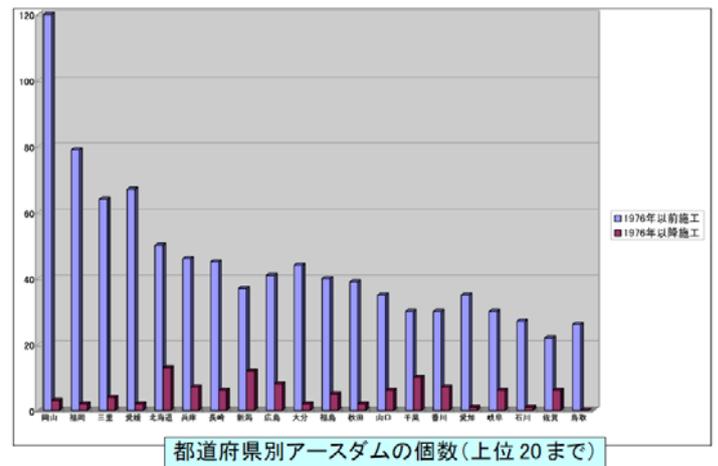


図 19 都道府県別アースダムの個数

とが判る。ダム便覧（(財)ダム協会）の集計表によると、全国に分布するアースダム（高さ 15m 以上）は約 1300 箇所余りある。図 19 に都道府県別のアースダムの個数を全国上位 20 位までを集計した結果である。アースダムは、その大半が河川管理施設等構造令（1976 年）以前に竣工されたダムである。

**5. 今後の課題・留意点**

- ① 被害を受けたアースダムは、河川管理施設等構造令（1976 年）以前に竣工された古いダムである。今後、築造年代の古いダム（特にダム設計基準が制定された 1957 年以前）や均一型形式のダムについては、破堤した時の下流域への影響を踏まえて、現状の安定性を調査し、安定性が不足するものは補強対策を行うことが急務である。
- ② 補強対策で留意すべきことは、既設堤体に期待できる遮水性の程度が重要であり、遮水性が不足する場合は堤体補強に加えて漏水対策を併せて行うことが必要である。

- 地震の災害調査報告：東北地方太平洋沖地震により被災したフィルダム調査
- 6) 東北大学東日本大震災緊急報告会：川越、風間、横尾、小野：福島県須賀川市藤沼湖結果について
- 7) 農業土木学会：農業土木工事図譜第二集フィルダム編(1973)
- 8) 日経コンストラクション：追跡東日本大震災 アースダムが決壊して犠牲者、2011. 4. 11
- 9) 国土交通省：大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(改訂素案)・同解説、2009
- 10) 農研機構 農村工学研究所：東日本大震災報告会 2011.5.31

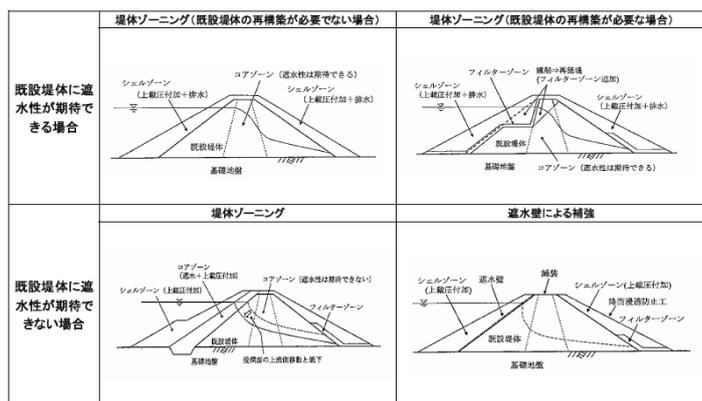


図 20 アースダムの補強概念図

- ③ 藤沼ダム決壊の発生機構については、堤体の状況・目撃者の証言、想定地震外力の限られた情報による推論であり、原因を特定するものではない。

**参考文献**

- 1) 気象庁：気象庁発表情報、  
<http://www.jma.go.jp/jma/menu/jishin-porta1.html#b>
- 2) 防災科学技術研究所 強震観測網 web サイト：  
<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>
- 3) 産業技術総合研究所 20 万分の 1 日本シームレス地質図
- 4) 社団法人ダム工学会第一次調査団 松本、佐々木、雨宮：ダムの被害調査（福島県南部）
- 5) 地盤工学会 福島、北島、谷 東北地方太平洋沖