

## 5. ダム

### 5.1 はじめに

ダムについては、地震発生直後、基礎で最大加速度 25gal 以上を観測したダム、あるいは最寄りの気象官署で気象庁震度階が 4 以上である地震を観測したダムにあたる管理中の 134 ダム（国土交通省直轄 11 ダム、補助 48 ダム、利水 75 ダム）において、ダム管理者による臨時点検（一次点検）が行われた。内 77 ダムで、臨時点検（二次点検）が実施された。臨時点検によって、貯水池周辺の小規模な崩落などの軽微な変状を含めて、12 ダムにおいて変状の報告がなされた。変状報告のあったダムの内、直轄の石淵ダム、補助の荒砥沢ダム、皆瀬ダム、上大沢ダム、小田ダムの 5 ダムについては、国土交通省河川局・東北地方整備局、宮城県および秋田県からの要請により、独立行政法人土木研究所水工研究グループダム構造物チームおよび国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部水資源研究室が地震発生当日の 6 月 14 日に現地（東北地方整備局管内）入りし、翌日から緊急現地調査を実施した。その後、震源近傍の補助ダム、利水ダムおよび建設中ダムについても現地調査を実施した。

本報では、現地調査したダムについての目視による調査結果や、観測計器の計測結果によるダムの挙動について報告する。また、ダムにおいて観測された地震動記録の概要についても報告する。

### 5.2 ダムの調査結果

#### 5.2.1 調査概要

表-5.1 に現地調査を実施した主なダムの一覧を、また図-5.1 にそれらの位置図を示す。地震発生の翌日の 6 月 15 日から 16 日にかけて、国土交通省河川局・東北地方整備局、宮城県および秋田県からの要請により、臨時点検の結果、変状の報告があった直轄の石淵ダム、補助の荒砥沢ダム、皆瀬ダム、上大沢ダム、小田ダムの 5 ダムについて緊急現地調査を実施した。また、後日、他の変状が確認されたダムである花山ダム、栗駒ダム、衣川防災 1～5 号ダムおよび建設中の胆沢ダムの 8 ダムについて現地調査を実施した。

表-5.1 主なダムの現地調査一覧

日時	調査員	調査ダム	ダム管理者
6月15、16日	土研ダム構造物チーム 山口上席研究員 岩下総括主任研究員 国総研水資源研究室 三石室長	石淵ダム	東北地方整備局
		皆瀬ダム	秋田県（建設交通部）
		荒砥沢ダム、上大沢ダム、 小田ダム	宮城県（土木部）
7月15、16日	土研ダム構造物チーム 岩下総括主任研究員 佐々木研究員 国総研水資源研究室 大谷研究官 末久研究官	花山ダム	宮城県（土木部）
		栗駒ダム	宮城県（農林水産部）
		衣川防災 1～5号ダム	岩手県（農林水産部）
7月17日	土研ダム構造物チーム 岩下総括主任研究員 佐々木研究員	胆沢ダム（建設中）	東北地方整備局

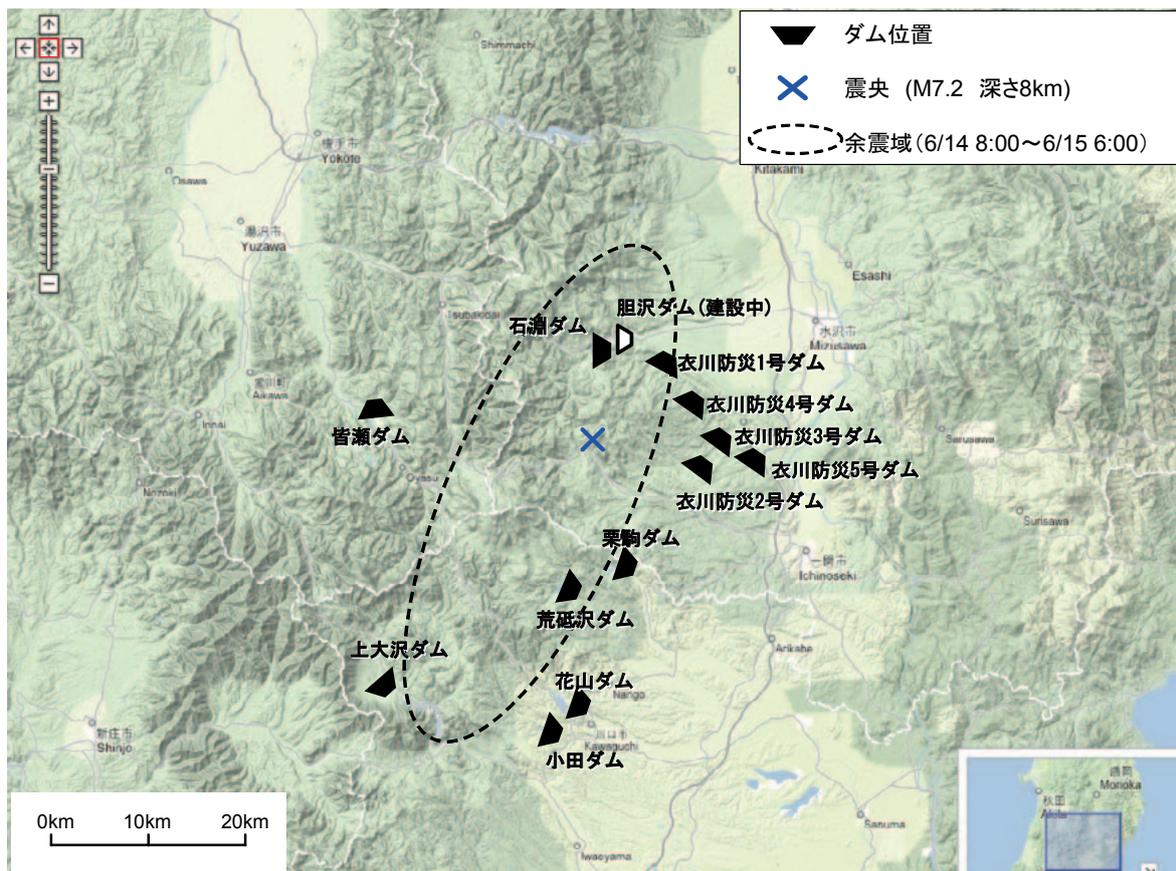


図-5.1 現地調査ダムの位置図

## 5.2.2 各ダムの調査結果

### (1) 石淵ダム

国土交通省所管のダムで今回の本震の震源に最も近いダムは、石淵ダムであり震央から9.4kmに位置する。石淵ダムは、北上川水系胆沢川上流に1953年に完成した、洪水調節、発電、かんがい用水開発を目的とした東北地方整備局北上川ダム統合管理事務所が管理する多目的ダムで、堤高53m、堤頂長345m、総貯水容量16,150,000 $\text{m}^3$ 、堤体積のうちコンクリート部31,200 $\text{m}^3$ 、ロックフィル部411,300 $\text{m}^3$ のコンクリート表面遮水壁型ロックフィルダム(CFRD)である。石淵ダム堤体の標準断面図および縦断面図を図-5.2に示す。なお、地震発生時の貯水位はEL.314.41mであり、常時満水位(EL.318m)の約4m下がりであった。

天端の地震計では、上下流方向1,461gal、ダム軸方向934gal、鉛直方向2,070gal+(測定上限値)の最大加速度を記録した。石淵ダムの地震記録については、5.3.2で詳述する。

### 1) 目視観察結果

目視による変状の確認を行った結果、当ダムタイプ(CFRD)の貯水機能上最も重要であるコンクリート遮水壁については、写真-5.1(a)に示すように、遮水壁およびその継目部分での目立った損傷は認められなかった。写真-5.1(b)には、地震発生2年ほど前の2006年8月に撮影した当ダムの上流面を示す。写真-5.1(a)と(b)を比較すると天端の沈下変状が確認し易い。しかし、ダムの天端舗装に、写真-5.2、5.3に示すように、“なみうち”が見られ、亀裂も認められた。また、ダム下流法面では、写真-5.4、5.5に示すように天端の

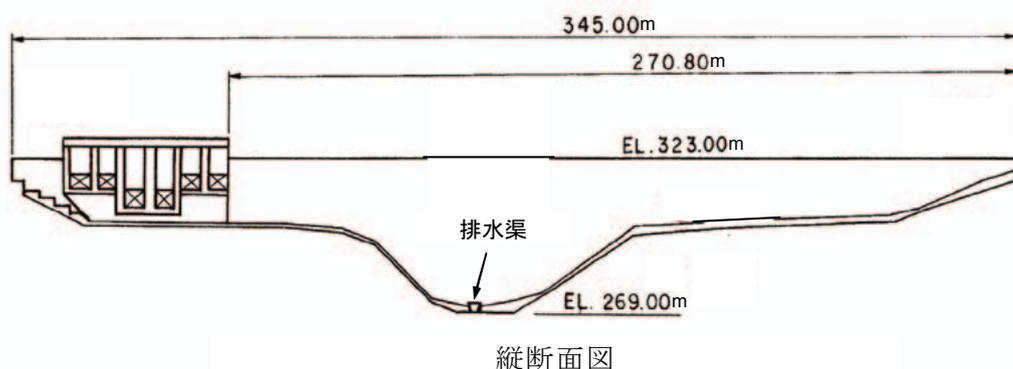
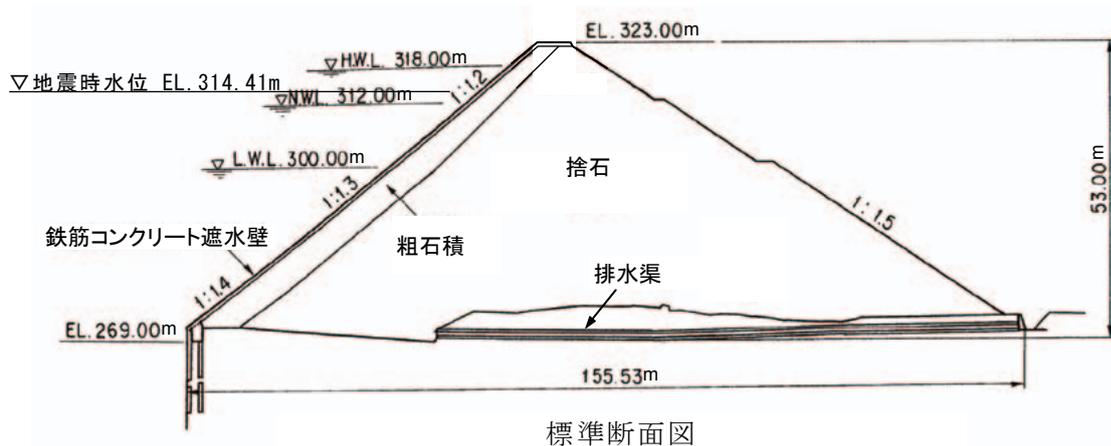


図-5.2 石淵ダムの標準断面図および縦断面図

法肩部にあたる高欄と舗装部の境界に開きが見られ、天端舗装の“なみうち”の突出部の岩石にせり上がりが見みられた。その段差は50cm程度であった。さらに、せり上がり部から一部リップラップの落石が認められた。

当ダムは、写真-5.6に示すように投石工法により築造されたが、このとき建設された投石用のトロック軌道のピアを堤体に埋設させていた。地震により堤体は沈下したが、埋設ピア箇所は沈下しないため、天端下流法肩のせり上がりという現象が発生した。地震後の開削調査でせり上がり変状箇所から埋設ピアの存在を確認した(写真-5.7)。

洪水吐きにおいては、左右岸両端のゲート門柱の側面に水平亀裂が生じていた(写真-5.8)。門柱天端と操作橋の接合部においては、ひびわれが見られた。

クレストゲート(ラジアルゲート)は、敷高がEL.312mに対して地震時水位がEL.314.41mであったが損傷は確認されていない。コンジットゲート(スライドゲート)は敷高EL.305m、扉体上縁標高EL.312mであり、地震時はかぶり水深2mで水面下にあったが、損傷は確認されていない。



写真-5.1(a) 上流面表面遮水壁の状況(損傷は外見上認められない)



写真-5.1(b) 地震前の上流遮水壁状態(2006年8月撮影)(東北地方整備局北上川ダム統合管理事務所提供)



写真-5.2 天端および下流面の状況(天端下流法肩に等間隔でせり出しが確認できる)



写真-5.3 天端舗装面の亀裂



写真-5.4 天端下流法肩付近のせり上がり(段差:約50cm)と高欄の変形



写真-5.5 下流面天端付近のリップラップ材のせり上がり



写真-5.6 投石工法による盛立工事  
中の石淵ダム（トロッコ軌道の  
ピアは堤体内に埋没させた）  
（東北地方整備局北上川ダム  
統合管理事務所提供）



写真-5.7 天端開削調査で確認  
した埋設ピア頂部（東北地方  
整備局北上川ダム統合管理  
事務所提供）

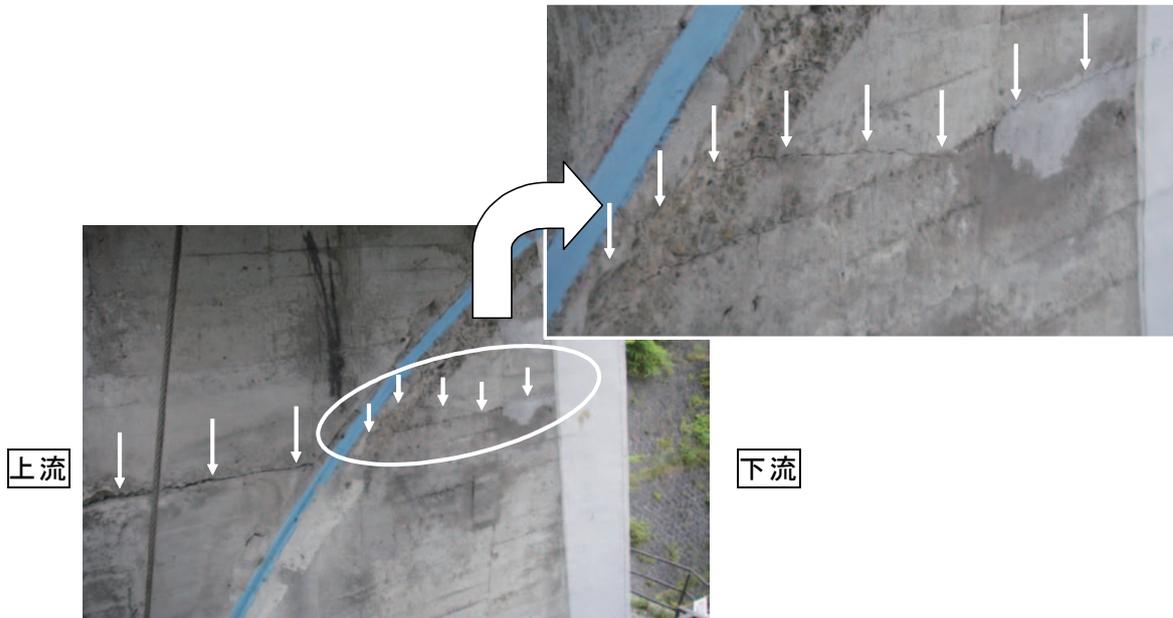


写真-5.8 洪水吐きゲートの門柱に  
生じた水平亀裂

## 2) 堤体観測結果

### (a) 漏水量

堤体下流表面からの漏水は確認されなかった。地震発生前後の漏水量（フィルダムでは、ダム毎に漏水集水構造が異なるが、堤体の遮水材料（CFRD では上流面遮水壁）を通じて浸透してくる堤体浸透流、浅い基礎部分を浸透してくる浸透流、左右岸地山からの地下水を集水し、計測している。これらを、河川管理施設等構造令では「漏水」と定義し、その計測が規定されていることから、本報告書では、「漏水量」と呼ぶ。）の変化を図-5.3に示す。漏水量は地震後に地震前の420/sから980/sと2倍程度に増加したが、その後は貯水位に追随した、安定した状態で推移した。また、地震直後には漏水の濁りも観測されたが数日後には通常の状態に戻った。今回観測された漏水量の増加については、図-5.4に示す

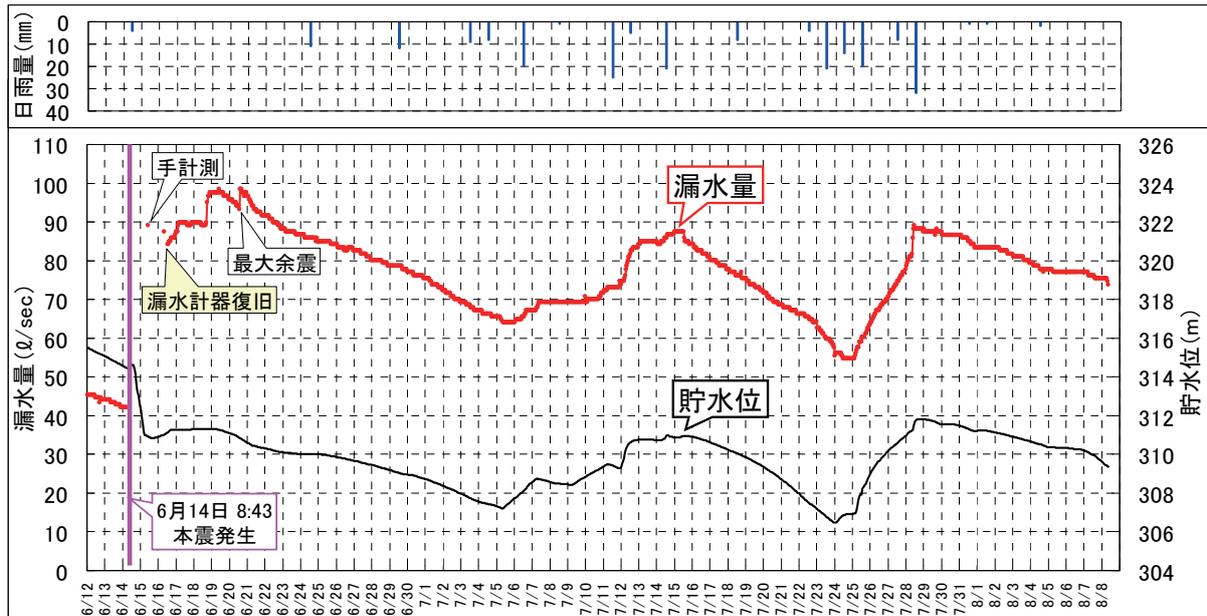


図-5.3 石淵ダムの地震前後の漏水量と貯水位の経時変化

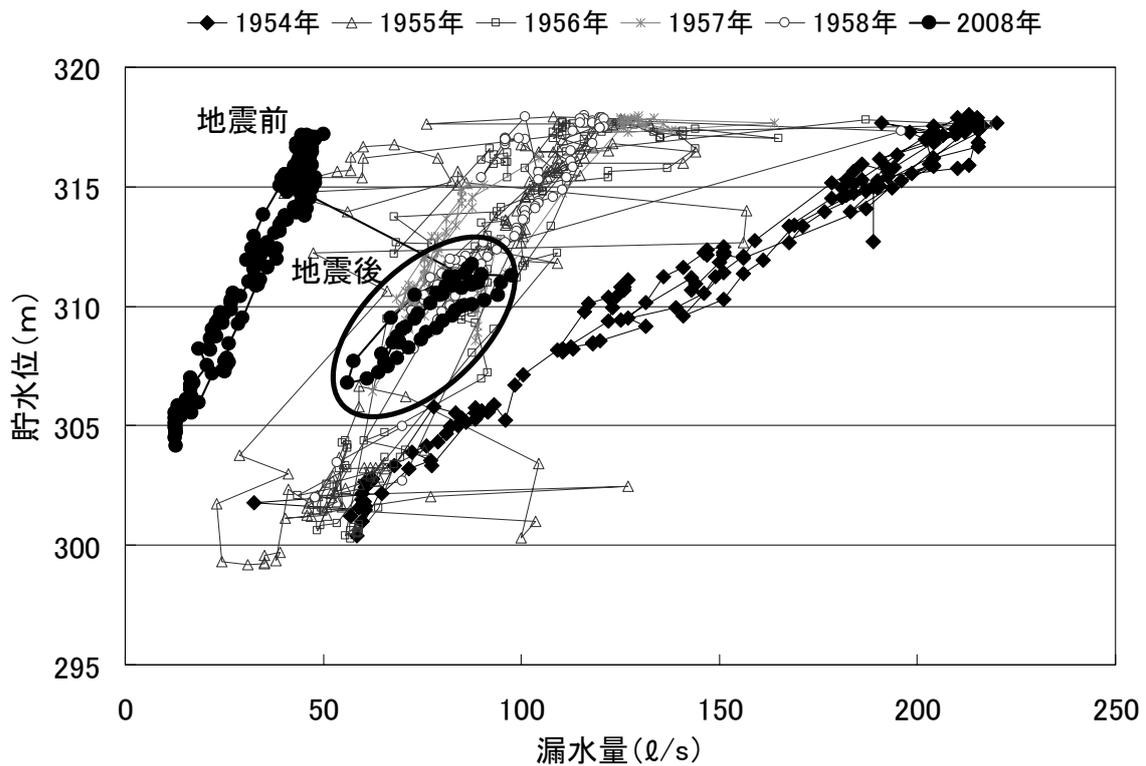


図-5.4 漏水量と貯水位の関係の履歴図

ように、これまでダムで計測された最大漏水量以下であり、地震後の漏水量と貯水位の関係は、建設完成後数年経過後以降の1950年代後半当時とほぼ同じ状態に移行した程度であり、安定した挙動を示しているといえる。

## (b) 堤体変形

地震による天端測線(J-0)上の沈下量を図-5.5、5.6に示す。最大沈下量は、最大断面であるNo.20断面の天端において約55cmである。また、図-5.7に示すように、No.20断面の断面横断測量の地震前後の比較をみると、変形は天端付近が全体的に大きくなっていることがわかる。また、堤体全体が下流側に変形しており、天端では、前回(平成19年)計測時から下流方向に約53cm変位している。中段標高に着目すると、下流面の小段付近では、勾配変化点のため局所の変形による分もあるが、沈下量約60cm、下流方向へ約72cm変位していたが、上流面は沈下量約16cm、下流方向へ約13cmの変位にとどまっている。これはコンクリート表面遮水壁と水圧によりロック材が拘束されていたためと考えられ、上流コンクリート遮水壁にほとんど変状が見られなかったのに対し、下流法面リップラップのかみ合わせが若干凸凹したこととも整合する。

緊急現地調査による限り、堤体の天端や下流面における変状は認められるものの天端付近の高標高部に限られること、また、ダムの上流面遮水機能上、最も重要なコンクリート表面遮水壁に大きな問題が認められなかったこと、さらに、ダムの下流で計測している漏水量が通常より若干多いものの、異常な状態になっていないことから、調査時点においては、ダムの安全性に大きな問題はないと判断した。調査結果速報は、緊急現地調査直後に記者発表した。

その後、漏水量や堤体変形等の観測は、その体制の強化を図ったうえで継続し、洪水期(7月1日～9月30日)には、制限水位(EL.312m)以下に水位を維持し、平常通りの利水運用がなされた。地震後に「石淵ダム機能評価調査検討会」が設置され、ダム機能の確認方法と修復方法について検討され、修復工事が実施された。2008年11月現在、安全確認のための湛水試験が実施されている。

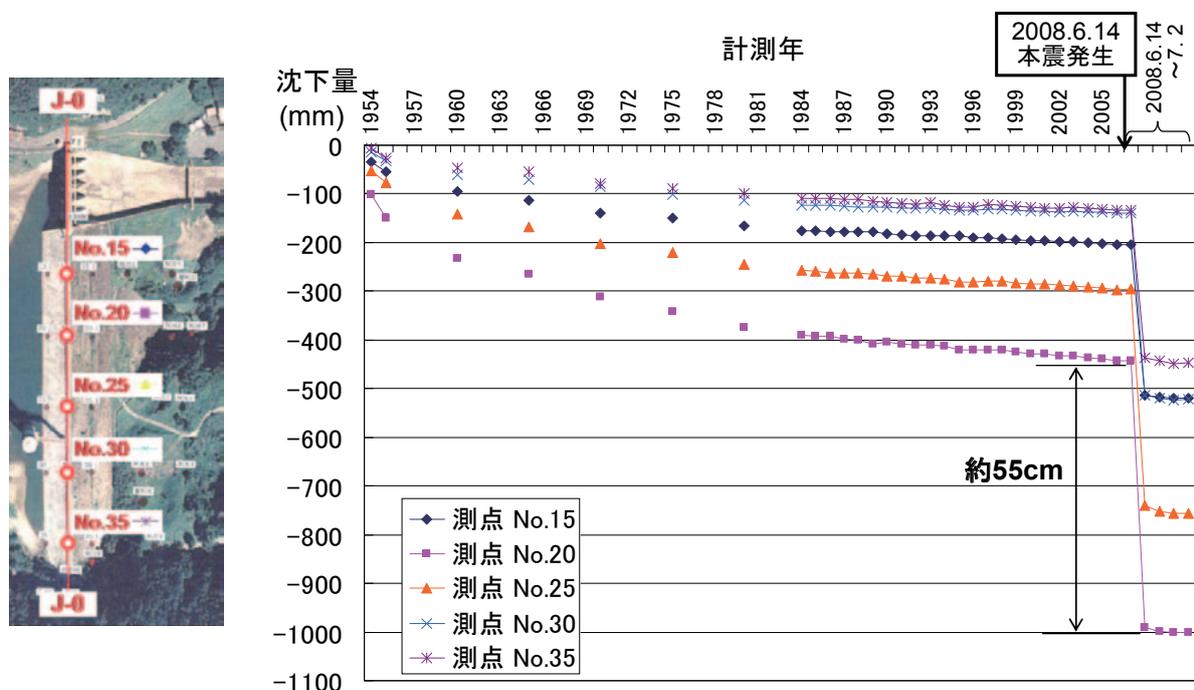


図-5.5 ダム完成後(昭和28年)からの累積沈下量 (J-0:天端測線)

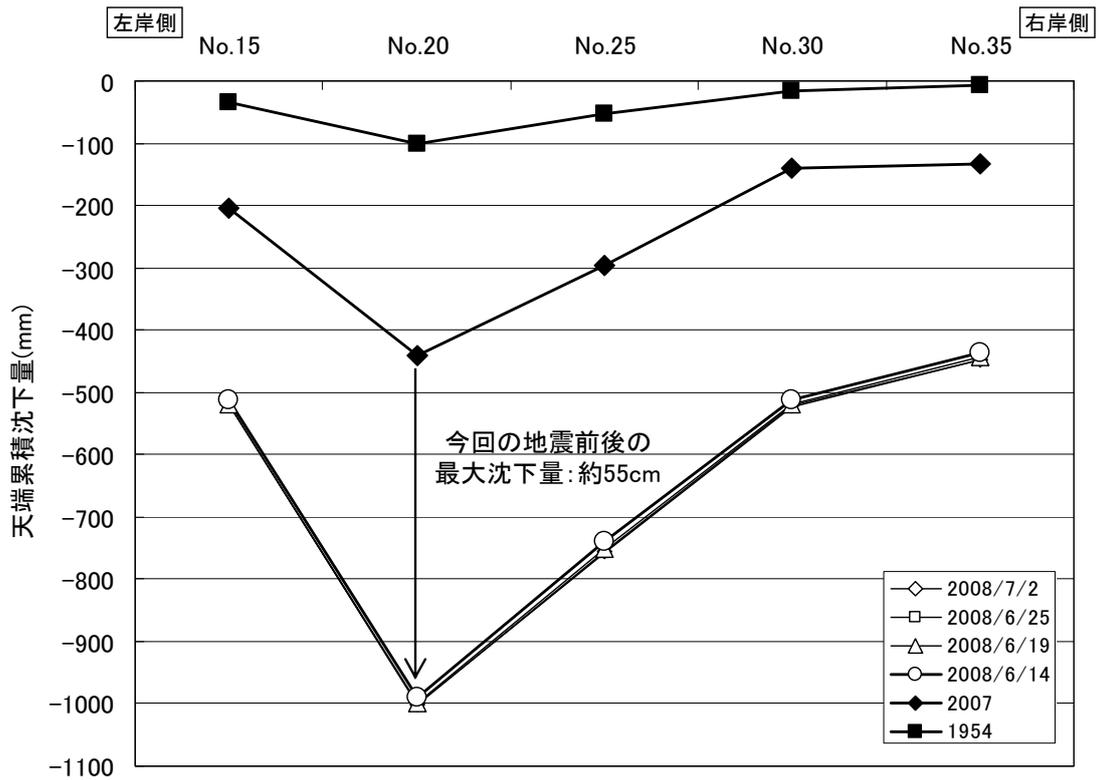


図-5.6 石淵ダム天端の累積沈下量の推移

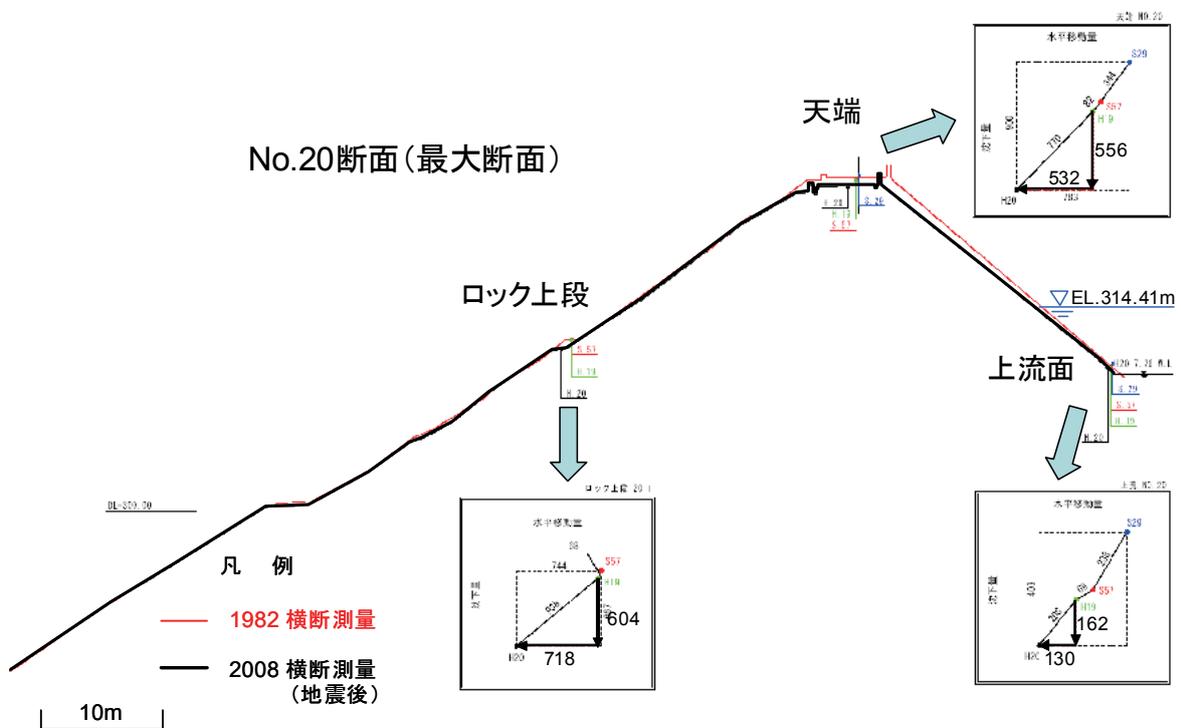


図-5.7 No.20 断面 (最大断面) の断面変形の経年変化

## (2) 胆沢ダム

胆沢ダムは、石淵ダムの再開発として、石淵ダムの下流約 1.8km の地点で現在建設中のダムである。当ダムは、洪水調節、流水の正常な機能の維持、かんがい用水、水道用水および発電を目的とした東北地方整備局が建設している多目的ダムで、堤高 132m、堤頂長 723m、総貯水容量 143,000,000m<sup>3</sup>、堤体積 13,500,000m<sup>3</sup> の中央土質コア型ロックフィルダムであり、2013 年完成予定である。地震発生時点の施工進捗率は、堤体盛立 65.6%、洪水吐きコンクリート打設 59.3%であった。胆沢ダム堤体の標準断面図と地震時の盛立面を図-5.8 に示す。

なお、当ダムは、工事中のため地震計を設置していなかった。

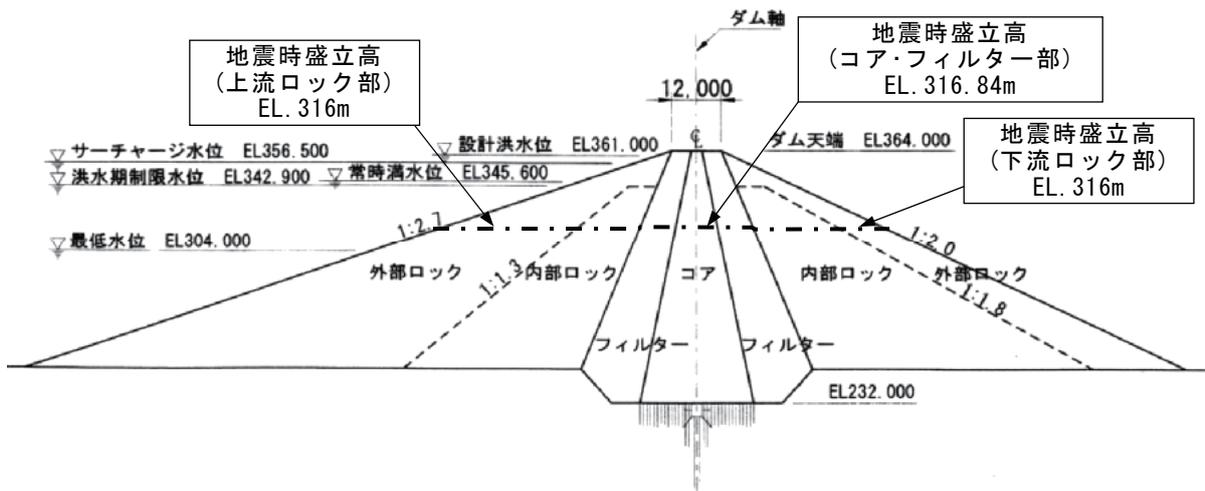


図-5.8 胆沢ダムの完成時標準断面図と地震時の盛立面

### 1) 目視観察結果

#### (a) 堤体

盛立中の堤体において、ロック部には大きな変状はみられなかったが、コア部およびフィルター部の盛立面においては両者の境界付近に写真-5.9 に示すようなダム軸に平行な亀裂が確認された。

亀裂深度を調査するため、写真-5.10～5.13 に示すように、これらの亀裂に着色液を流し込みトレンチ掘削を行った結果、コア部で約 20～50cm、フィルター部で約 50～260cm の深さの亀裂であることが確認された。これは、図-5.9 に示すように、ロックやコアの地震による沈下量がフィルターのそれよりも大きく、その両者のゆるり込み沈下量の違いにより、特にフィルター部にひずみが集中し、深い亀裂が生じたと推察できる。

トレンチ調査での亀裂深度や密度の測定確認をもとに、コアとフィルターのゆるみ部分を確定し、ゆるみ部分以深まで確実に掘削除去し、再盛立を実施した(写真-5.14、5.15)。

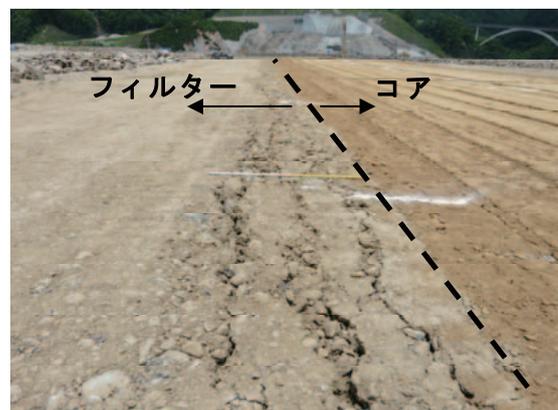
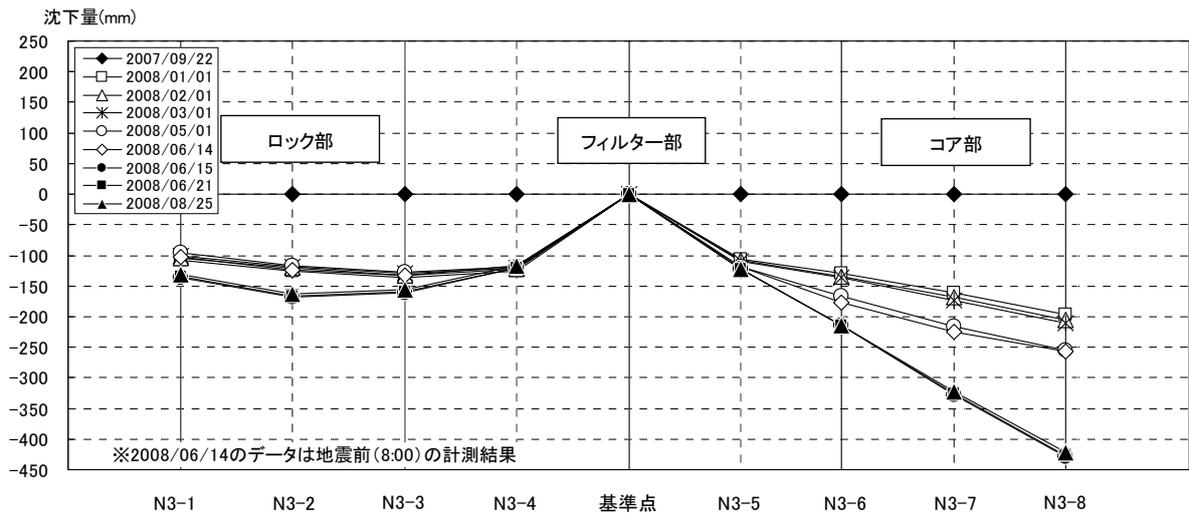
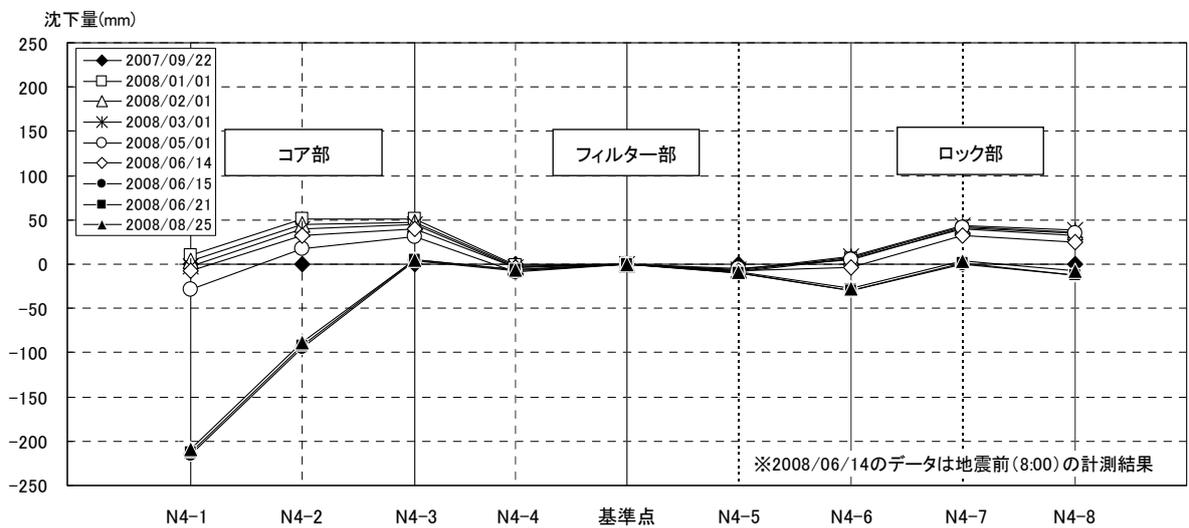


写真-5.9 堤体盛立面に発生した亀裂



(a) 上流側



(b) 下流側

図-5.9 ゾーン別沈下量の推移 (X22 断面 EL. 300m)



写真-5.10 亀裂深度調査状況 (コア部)  
(東北地方整備局胆沢ダム  
工事事務所提供)



写真-5.11 亀裂深度調査状況 (フィルタ  
ー部) (東北地方整備局胆沢  
ダム工事事務所提供)



写真-5.12 亀裂深度調査開削状況（コア部）（東北地方整備局胆沢ダム工事事務所提供）



写真-5.13 亀裂深度調査開削状況（フィルター部）（東北地方整備局胆沢ダム工事事務所提供）



写真-5.14 コアの再盛立のための掘削状況（東北地方整備局胆沢ダム工事事務所提供）



写真-5.15 フィルターの再盛立のための掘削状況（東北地方整備局胆沢ダム工事事務所提供）

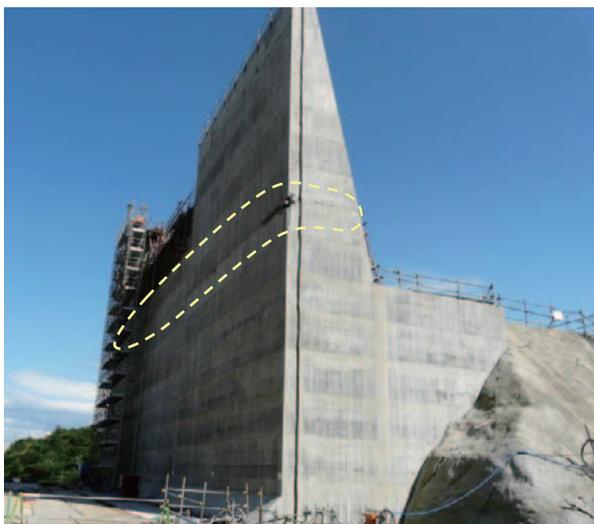


写真-5.16 洪水吐き減勢工の導流壁の亀裂

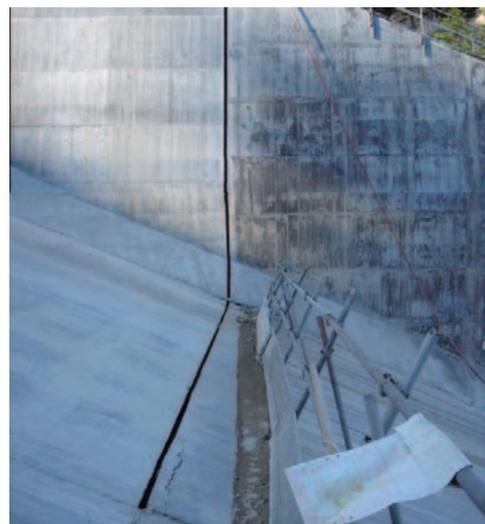


写真-5.17 洪水吐き床版および導流壁の継目の開き（約8cm）

### (b) 洪水吐き

建設中であった洪水吐きには、コンクリートの亀裂等の被害が発生した。

半重力式の鉄筋コンクリート製減勢工導流壁では、**写真-5.16** に示すように中標高部に亀裂が発生し壁体を貫通した。かぶりコンクリートは剥離し、鉄筋も露出した。亀裂の上部躯体を除去し、再施工する予定である。

さらに、洪水吐きシュート部では、裏込未施工の導流壁（無筋コンクリート）における貫通亀裂や、**写真-5.17** に示すように洪水吐き床版と導流壁の継目に約 8cm の開きが確認された。

洪水吐きについては、2008 年 11 月現在、事業者が復旧に向けた詳細調査を実施し、「胆沢ダム洪水吐き地震影響評価検討会」を設置し、復旧工法について検討を進め、順次工事を実施している。

### (3) 荒砥沢ダム

荒砥沢ダムは、北上川水系二迫川に 1998 年に完成した、洪水調節、かんがい用水を目的とした宮城県土木部が管理する多目的ダムで、堤高 74.4m、堤頂長 413.7m、総貯水容量 14,130,000m<sup>3</sup> の中央土質コア型ロックフィルダムである。荒砥沢ダム堤体の標準断面図および平面図を**図-5.10** に示す。

地震時の加速度については、ダム基礎の地震計で、上下流方向 1,024gal（上限値）、ダム軸方向 899gal、鉛直方向 691gal の最大加速度を記録し、天端位置での地震計では、上下流方向 525gal、ダム軸方向 455gal、鉛直方向で 622gal の最大加速度を記録した。なお、荒砥沢ダムの地震記録については、**5.3.3** で詳述する。

荒砥沢ダムの貯水池では、ダムから左岸上流約 800m の地点で大規模な地すべりが発生した。**写真-5.18** に示すように最大の地すべりは、長さ約 1.3km、幅約 0.8km、容量約 6,700 万 m<sup>3</sup> である。地すべり土砂の貯水池への流入により、貯水位は約 2.4m 上昇した。これは約 150 万 m<sup>3</sup> の土砂が貯水位標高以下に流入した計算になり、ダムの総貯水容量 1,413 万 m<sup>3</sup> の約 10% に相当する量である。当該地すべりについては、「第 3 章 土砂災害」で記述している。

地震直後に、地すべりの進行防止に考慮しながら、極力早急に貯水位を安全に低下させるべく、地震直後の水位（6/14 12:00 時点 EL. 270.91m）から夏期制限水位（EL. 268.7m）に向けて 50cm/日の速度で貯水位を低下させた。



**写真-5.18** 荒砥沢ダムと貯水池周辺で発生した地すべり（6月15日14:24撮影）

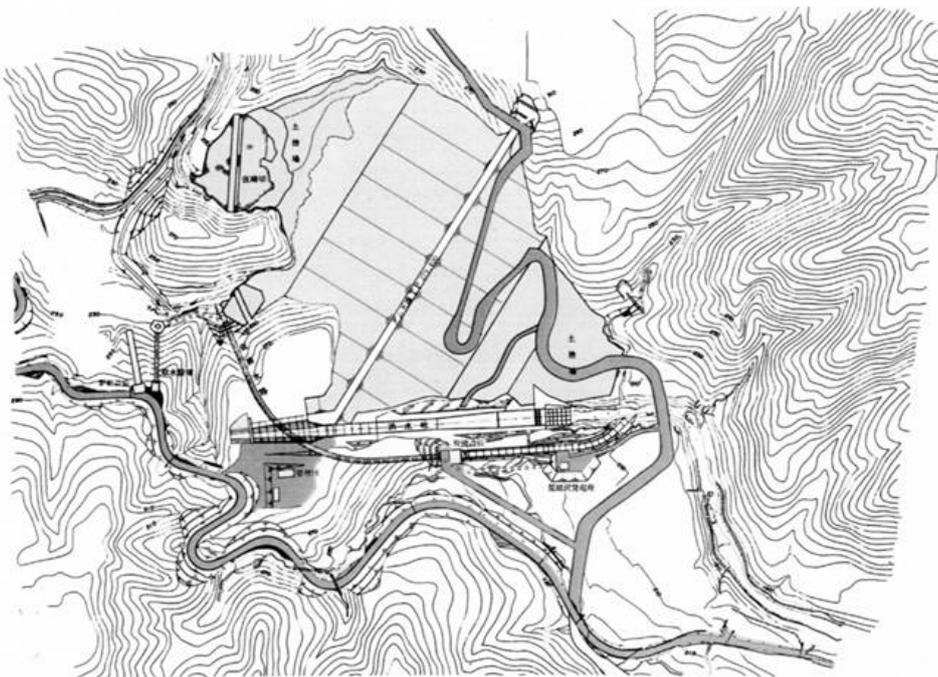
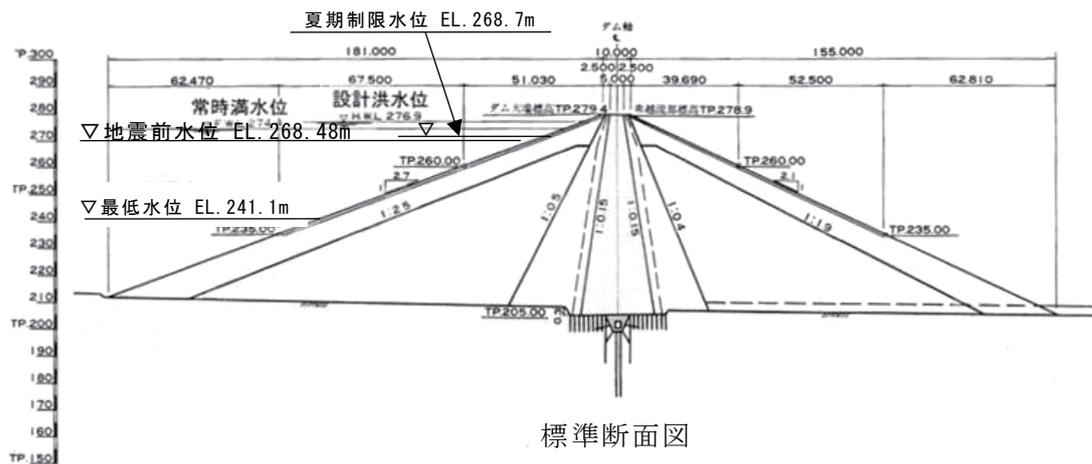


図-5.10 荒砥沢ダムの標準断面図および平面図



写真-5.19 天端の状況（天端高欄支柱が一部倒壊）



写真-5.20 天端の状況（天端舗装面のアンジュレーションは生じたが、亀裂はほとんど確認されなかった）



写真-5.21 堤体上流面の状況（リップラップのずれは認められない）



写真-5.22 堤体の沈下により約40cm突出した層別沈下計のパイプ

## 1) 目視観察結果

目視による変状の確認を行った結果、写真-5.19 に示すように天端高欄支柱の一部で倒壊があったものの、写真-5.20、5.21 に示すように天端の舗装面には顕著な亀裂は認められなかった。また、地山取付け部継目の開きや右岸側の洪水吐き取付け部に幅 10-20mm 程度の横亀裂が発生していたが、目視確認できる貯水位標高以上の堤体上流面および下流面のリップラップに変状は認められなかった。

## 2) 堤体観測結果

### (a) 漏水量および濁度

当ダムでは、漏水量は、河床部（中央部）、左岸部および右岸部に3分割して、コア下流から下流堤体敷きにドレーンを通して下流法尻で観測している。図-5.11 に、漏水量と貯水位の地震前後の推移を示す。いずれの漏水量も降雨の影響を受けることがわかる。中央部漏水量は、地震直後に、600/min 程度増加したが、貯水位の低下に連動して減少傾向に転じ、5日後程度で地震前の量に回復後、安定した挙動となった。一方、左岸部漏水量は、地震発生前は、840/min であったが、地震発生翌日には 200/min まで減少したものの、その翌日以降、貯水位が低下させていたが、漏水量は増加に転じ、6月19日に1470/min まで増加後、一定値となり安定した挙動となった。右岸部漏水量は、地震前後で目立った変化は確認されなかった。また、漏水の濁度については、3箇所とも地震後上昇（地震前は1ppm 以下）したが、調査時点では減少傾向にあった。河床部（中央部）の漏水濁度については、調査時点（6月16日）でも10ppm を超えていたが、目視によるとほとんど濁りは認められなかった。このことから、濁度計の清掃を行うなどの計器の確認・対応が必要であるとの助言をダム管理者に行った。

### (b) 堤体変形

外部変形計測の結果、ダム天端の上流法肩部（ロック部上）において、最大 20cm 程度の沈下が計測された。また、写真-5.22 に示すように層別沈下計のパイプが 40cm 程度突出していたことから、天端中心に位置するコア部ではロック部以上の大きな沈下が発生していたと推定される。また、下流ロック部のリップラップと洪水吐きシュート部の導流壁との隣接部では、ロック部の 15cm 程度の沈下痕跡が確認できた（写真-5.23）。

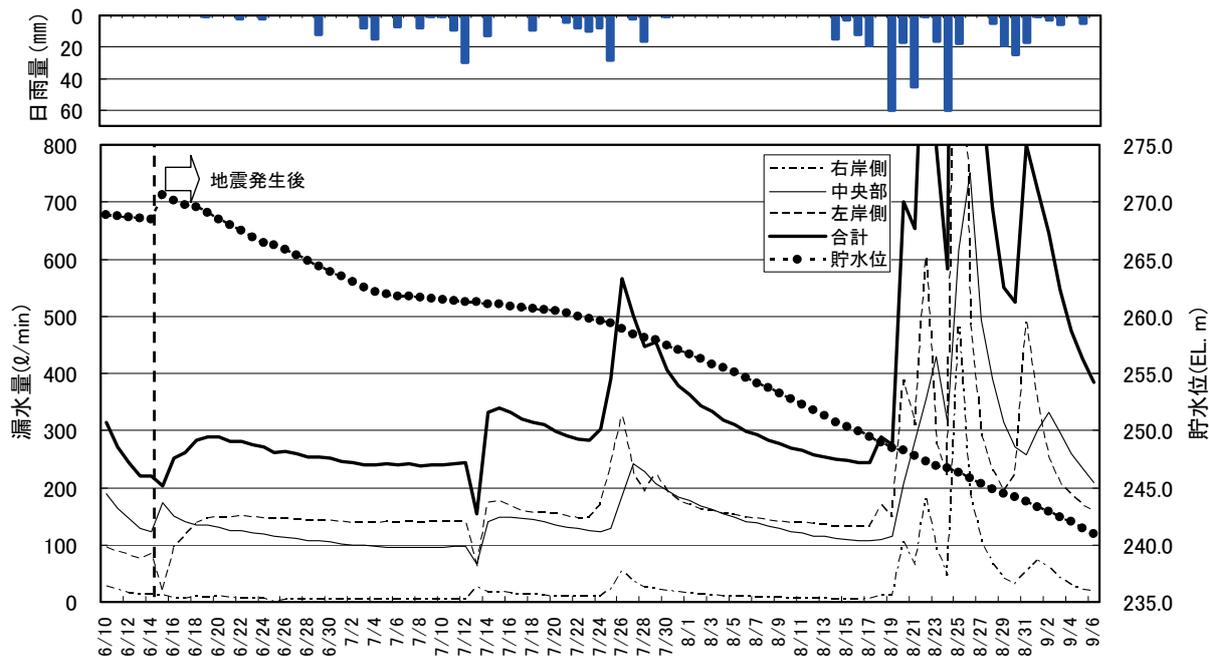


図-5.11 地震前後の漏水量と貯水位の経時変化

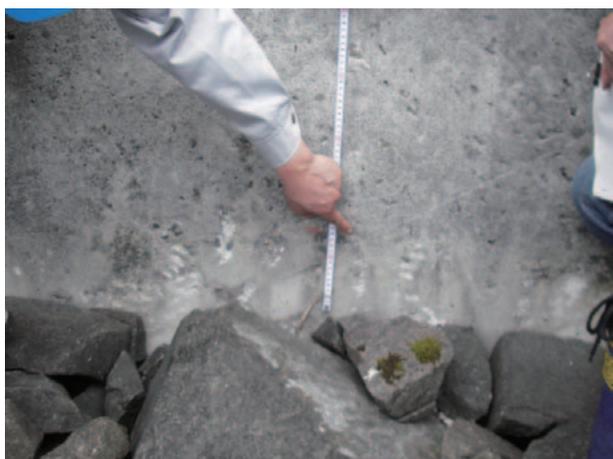


写真-5.23 リップラップと洪水吐き導流壁との隣接部のロック部の沈下痕跡



写真-5.24 河床部付近の監査廊の上流側側壁とインバートからのしみ出し

### 3) 監査廊内の変状

河床部付近の監査廊において、上流側の側壁とインバートとの境界から滴水およびしみ出し程度の漏水が見られた (写真-5.24)。また、監査廊アーチ部の微細な亀裂および監査廊のブロックの継目に地震によると考えられる開きが見られた。

ダム管理者は、利水運用と調整を図りながら水位を低下させ、9月末までには、貯水を最低の水位 (EL. 237.6m) にさせた。2008年11月現在、当ダムの建設事業者であった農林水産省が「荒砥沢ダム技術検討委員会」を設置し、当ダム堤体や施設の安全性について詳細な調査・検討が実施されている。

#### (4) 皆瀬ダム

皆瀬ダムは、雄物川水系皆瀬川に 1963 年に完成した、洪水調節、流水の正常な機能の維持、かんがい用水、発電を目的とした秋田県建設交通部が管理する多目的ダムで、堤高 66.5m、堤頂長 215m、総貯水容量 31,600,000m<sup>3</sup> のコンクリート表面遮水壁型ロックフィルダム (CFRD) である。なお、建設後当初に堤体漏水量が比較的多い等のことから、遮水壁の主な補修工事を 4 回程度実施している。直近では 2004～2005 年にかけてアスファルトによる遮水壁の補修を行っている。皆瀬ダム堤体の標準断面図および縦断面図を図-5.12 に示す。

地震時の加速度については、ダム基礎の地震計で、上下流方向 143gal、ダム軸方向 167gal、鉛直方向 127gal の最大加速度を記録し、天端位置での地震計では、上下流方向 912gal、ダム軸方向 419gal、鉛直方向で 667gal の最大加速度を記録した。

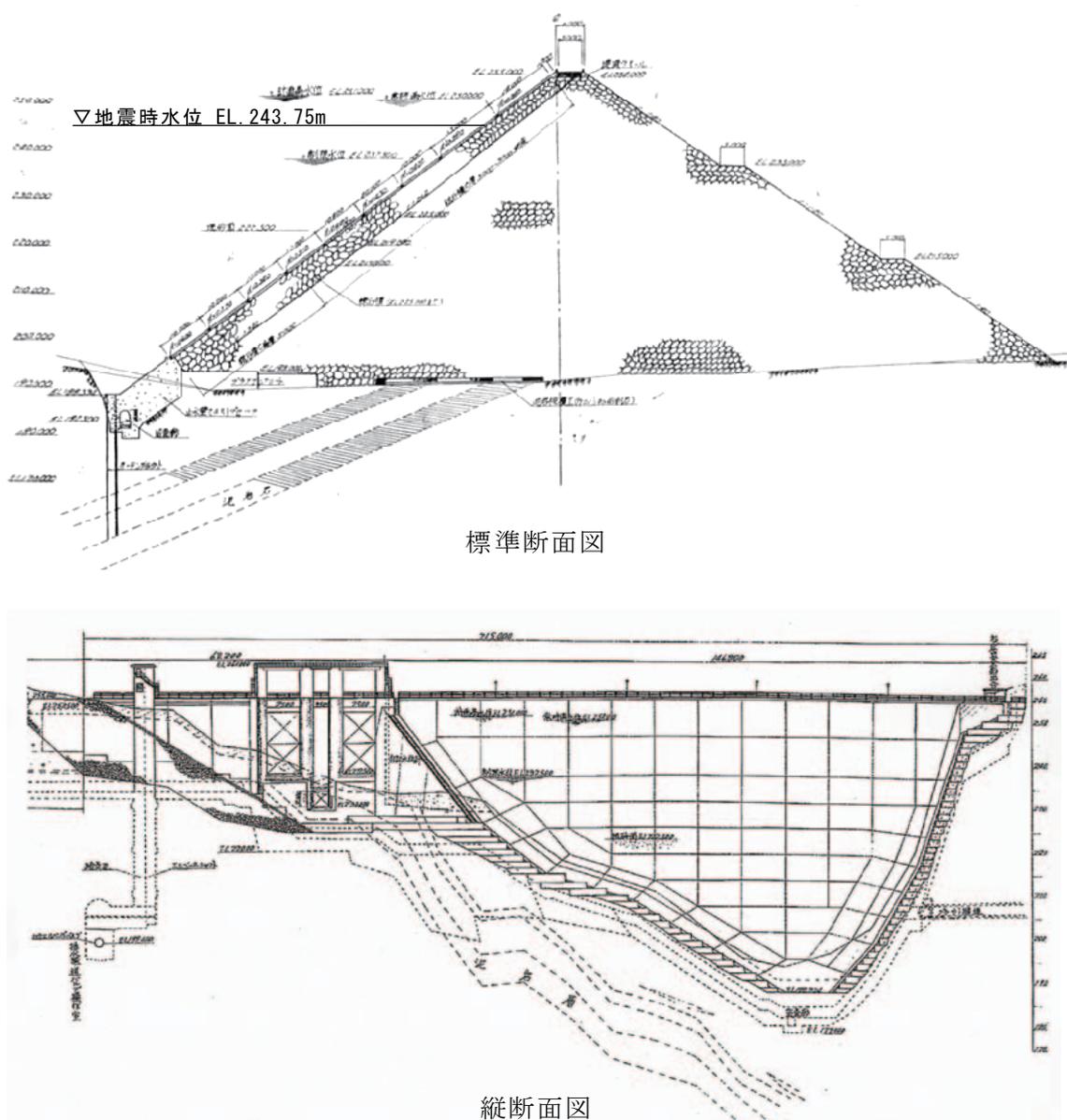


図-5.12 皆瀬ダムの標準断面図および縦断面図

## 1) 目視観察結果

目視による変状の確認を行った結果、写真-5.25、5.26 に示すように上流遮水壁や下流ロック表面に変状は確認されなかった。天端舗装面には顕著なクラックは確認されなかったが、舗装面の下流法肩部に高欄に沿ってダム軸平行方向にヘアークラックが確認できた(写真-5.27)。また、ゲートに変状は認められなかった。また、地震後に管理者によってゲートの動作確認が実施され問題はなかったことを確認している。



写真-5.25 堤体上流遮水壁の状況（地震による変状は認められない）



写真-5.26 堤体下流面の状況（リップラップのずれも認められない）



写真-5.27 下流法肩部の高欄に沿って発生した舗装面のヘアークラック

## 2) 堤体観測結果

### (a) 漏水量および濁度

監査廊内で計測している漏水量は地震後、一時的に若干増加したが、その後、地震前の量に戻っていることを確認した。また、堤体を通じた漏水を集水しているパーシャルフリーユームの漏水量は、図-5.13 に示すように地震発生翌日に 210ℓ/min までの増加を記録したが、その後は貯水位の低下に伴い漏水量も減少した。

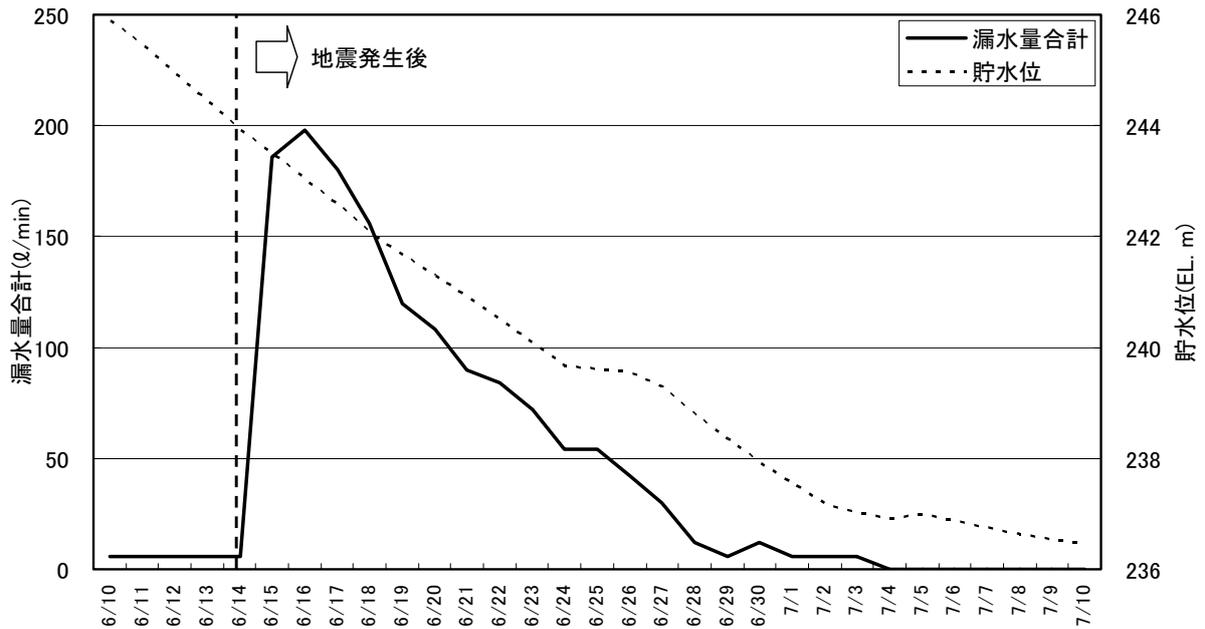


図-5.13 地震前後の漏水量と貯水位の経時変化

(b) 堤体変形

最大約 14cm の天端の沈下が観測され、洪水吐きとフィルダム堤体の接合部天端では、写真-5.28 に示すように約 15cm の段差が生じた。

地震発生翌日の緊急現地調査時点では、ダムの安全性に直ちに問題となるような状態にはないと判断された。しかし、洪水吐きと堤体との接合部の補修にあたっては、堤体ロック材料のゆるみなどの観点から変状部の健全度の調査を行う必要があるとダム管理者へ助言を行った。

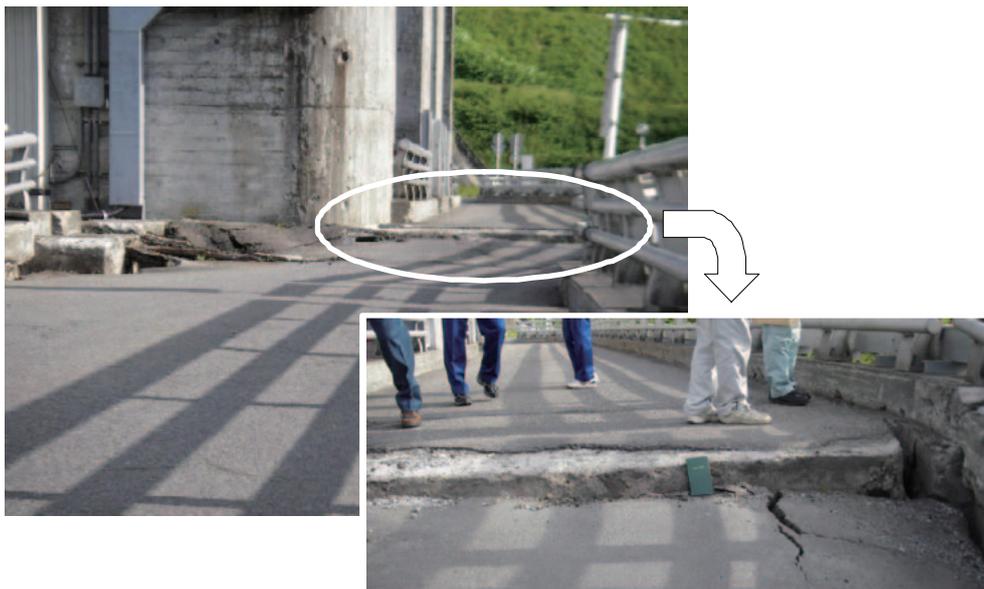


写真-5.28 堤体の沈下により洪水吐きコンクリートとフィルダム堤体の接合部に発生した段差 (約 15cm)

### (5) 上大沢ダム

上大沢ダムは、北上川水系上大沢川上流に 2004 年に完成した、洪水調節、水道用水を目的とした宮城県土木部が管理する多目的ダムで、堤高 19m、堤頂長 228.5m、総貯水容量 410,000m<sup>3</sup> のアースダムである。上大沢ダム堤体の標準断面図および縦断面図を図-5.14 に示す。

地震時の加速度記録については、ダム基礎の地震計で、上下流方向 140gal、ダム軸方向 132gal、鉛直方向 115gal の最大加速度を記録し、天端位置での地震計では、上下流方向 171gal、ダム軸方向 303gal、鉛直方向で 226gal の最大加速度を記録した。

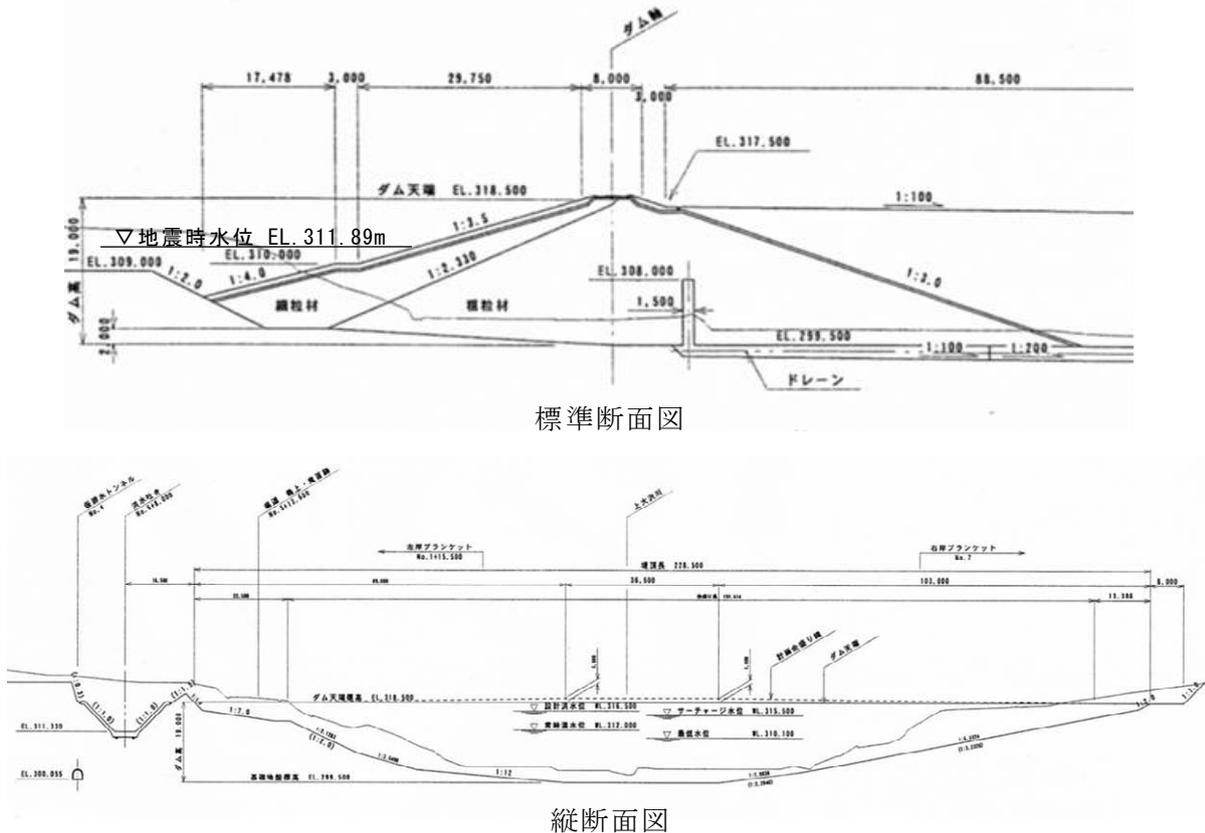


図-5.14 上大沢ダムの標準断面図および縦断面図

#### 1) 目視観察結果

目視による変状の確認を行った結果、写真-5.29 に示すように天端舗装面に最大幅 10mm 程度の横亀裂が 2 カ所発生し、写真-5.30 に示すように天端の L 型縁石が 1 カ所で盛り上がりが生じているのを確認した。また、右岸地山取り付け部付近の天端舗装面にも数条の亀裂が生じていた。

左岸地山中の放流設備のアクセストンネル（旧仮排水路トンネル）の土被り厚の薄



写真-5.29 天端舗装の横亀裂

い下流側トンネル区域において、ジョイント部のコンクリート破損が生じた(写真-5.31)。なお、上流側のトンネル閉塞工およびその近辺のトンネル壁には変状は認められなかった。



写真-5.30 天端縁石の損傷

## 2) 堤体観測結果

### (a) 漏水量

漏水量は、図-5.15 に示すように地震前 27.27ℓ/min から地震後に最大 39.34ℓ/min と 10ℓ/min 程度増加したが、地震発生翌日夕方の調査時点では安定してきていた。

### (b) 堤体変形

また、ダム天端で最大 14.4cm の沈下が観測されたが、基礎地盤で計測された沈下量は最大 14.8cm であり、その影響が大きいと推定される。

地震発生翌日の緊急現地調査の結果、ダムの安全性に問題となるような状態にはないと判断された。引き続き、漏水量、堤体表面観察、オープンピエゾ等のデータを関連付けて監視・整理する必要があるとダム管理者への助言を行った。



写真-5.31 アクセストンネルのジョイント部の破損

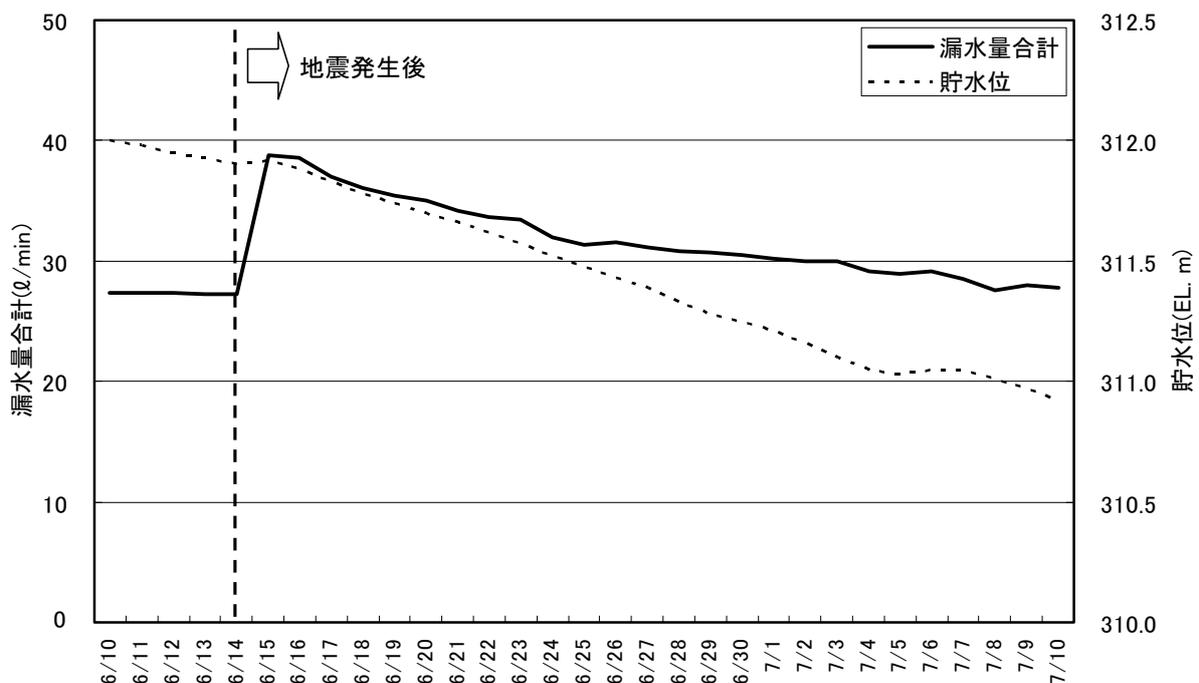


図-5.15 地震前後の漏水量と貯水位の経時変化

## (6) 小田ダム

小田ダムは、北上川水系長崎川上流に2006年に完成した、洪水調節、かんがい用水を目的とした宮城県土木部が管理する多目的ダムで、堤高43.5m、堤頂長520m、総貯水容量9,720,000m<sup>3</sup>の中央遮水壁型ロックフィルダムである。小田ダム堤体の標準断面図および縦断面図を図-5.16に示す。

地震時の加速度記録については、ダム基礎の地震計で、上下流方向151gal、ダム軸方向150gal、鉛直方向123galの最大加速度を記録し、天端位置での地震計では、上下流方向248gal、ダム軸方向254gal、鉛直方向で269galの最大加速度を記録した。

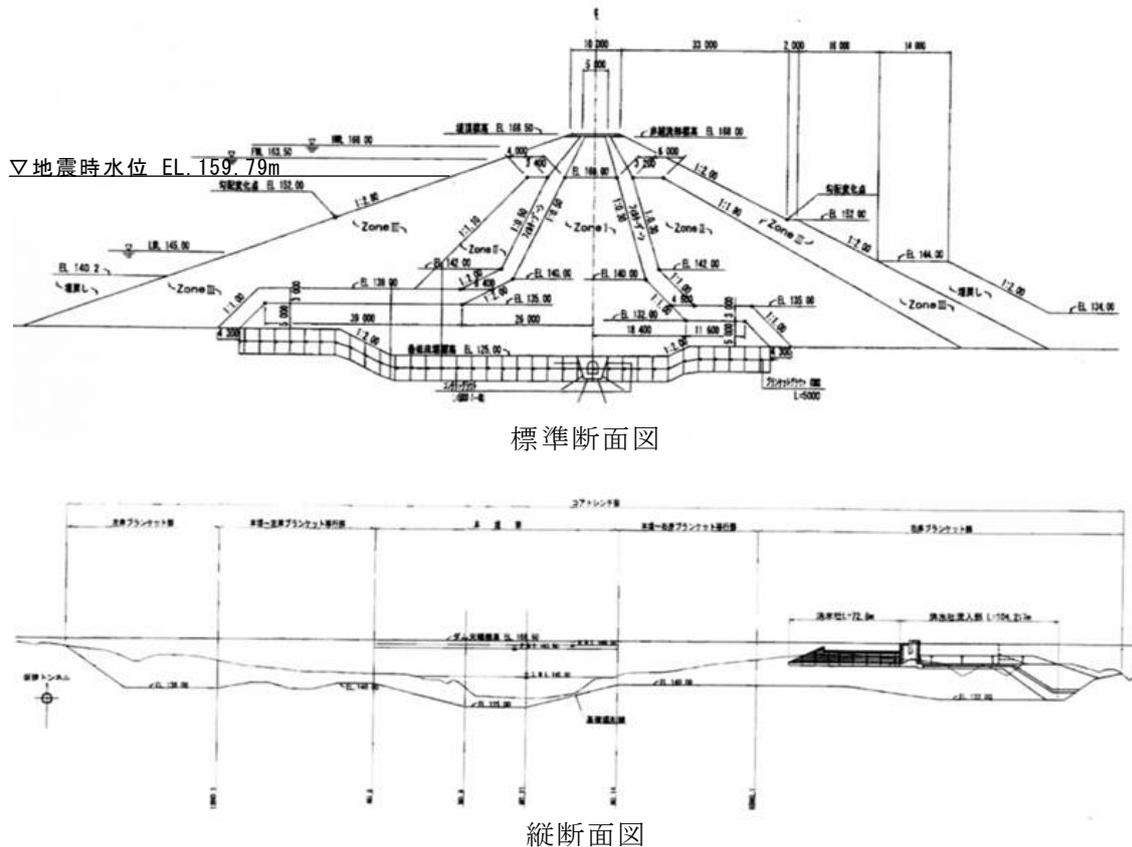


図-5.16 小田ダムの標準断面図および縦断面図

### 1) 目視観察結果

目視による変状の確認を行った結果、写真-5.32に示すように天端の縁石が地震により圧縮を受け、数カ所で破損が見られた。しかし、写真-5.33に示すように天端の舗装面には亀裂や変形等の変状は認められなかった。また、写真-5.34に示すように目視確認できる貯水位標高以上の上流面および下流面のリップラップに変状は認められなかった。

### 2) 堤体観測結果

#### (a) 漏水量

漏水量については、図-5.17に示すように地震前90.80/minから地震後に最大194.40/minと2倍程度に増加したが、地震発生数時間後から徐々に減少傾向となった。漏水の濁度については、地震後上昇したが、2日後の調査時点では減少傾向にあった。

(b) 堤体変形

天端の沈下量は最大 3.8cm、上下流方向の水平変位量については最大で 5~6cm 程度であったが、ダム軸方向の水平変位量は最大 13cm 程度と他方向に比べやや大きい値であった。

緊急現地調査の結果、ダムの安全性に問題となるような状態にはないと判断された。



写真-5.32 天端の縁石の破損



写真-5.33 天端の状況（舗装面に亀裂は認められない）



写真-5.34 堤体下流面の状況（リップラップにずれは認められない）

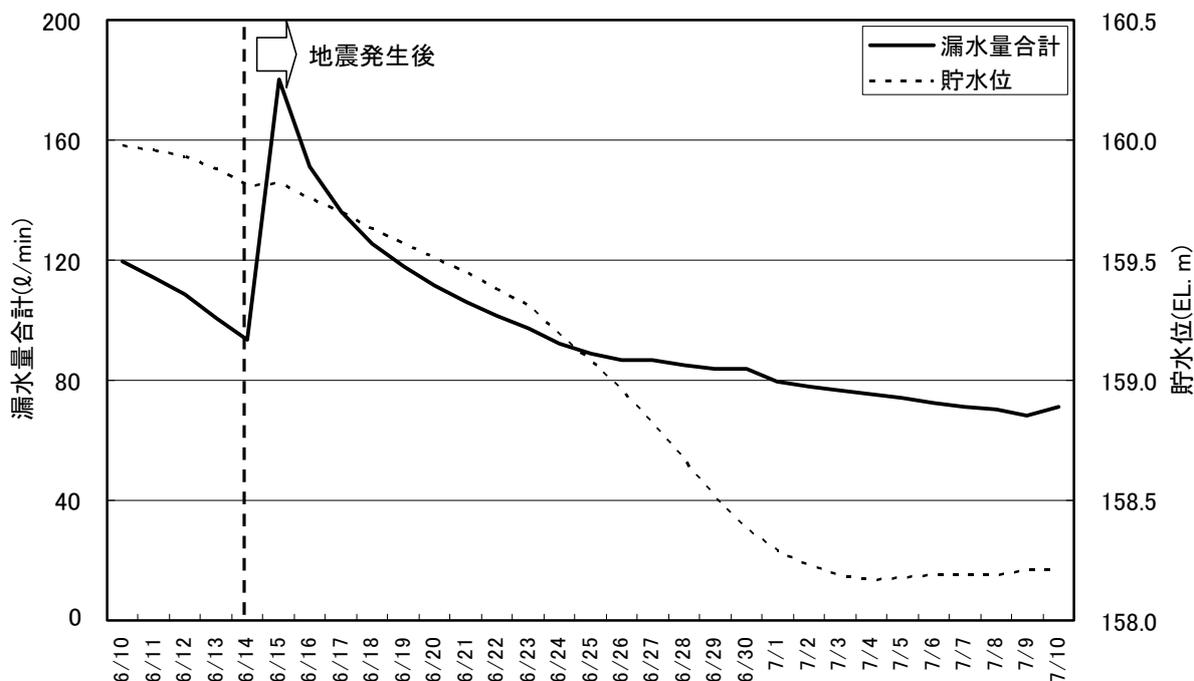


図-5.17 地震前後の漏水量と貯水位の経時変化

### (7) 花山ダム

花山ダムは、北上川水系迫川上流に1957年に完成した、洪水調節、流水の正常な機能の維持、発電、水道用水を目的とした宮城県土木部が管理する多目的ダムであり、堤高48.5m、堤頂長72m、総貯水容量36,600,000m<sup>3</sup>の重力式コンクリートダムである。花山ダム堤体下流面を写真-5.35に示す。



写真-5.35 花山ダム堤体

本震における最大加速度は、ダム基礎（監査廊内）の地震計で、上下流方向247gal、ダム軸方向208gal、鉛直方向151gal、ダム天端の地震計で、上下流方向661gal、ダム軸方向324gal、鉛直方向198galであった。

ダム本体の目視観察では、地震による変状は確認されなかった。監査廊内で計測されている漏水量については、地震前（8:40）に0.270/minであったものが、地震後（9:40）に1.080/minに若干増加したが、ダムの安全性に影響するものではない程度の量である。

### (8) 栗駒ダム

栗駒ダムは、北上川水系三迫川上流に1962年に完成した、農地防災、かんがい用水、発電を目的とした宮城県農林水産部が管理する多目的ダムであり、堤高57m、堤頂長182m、総貯水容量13,715,000m<sup>3</sup>の重力式コンクリートダムである。



写真-5.36 栗駒ダム堤体

栗駒ダム堤体下流面を写真-5.36に、上流面図と越流部断面図を図-5.18、図-5.19にそれぞれ示す。

本震における最大加速度は、ダム基礎（監査廊内）の地震計で、上下流方向276gal、ダム軸

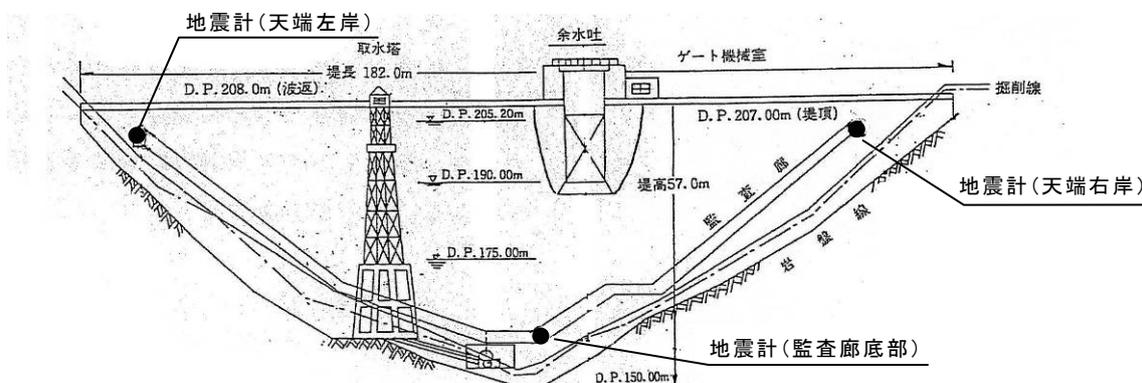


図-5.18 栗駒ダム上流面図

方向461gal、鉛直方向402gal、ダム天端左岸（監査廊内）の地震計で、上下流方向666gal、ダム軸方向922gal、鉛直方向436gal、ダム天端右岸（監査廊内）の地震計で、上下流方向535gal、ダム軸方向511gal、鉛直方向324galであった。

本震後の臨時点検においては、クレストゲート底部右岸側において地震前から若干量の漏水量があったが地震後に増加していることが確認された。その後、地震前と同程度まで減少している。

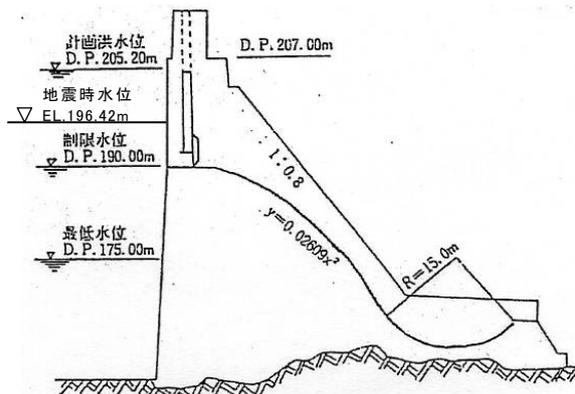


図-5.19 栗駒ダム越流部断面図

### 1) 目視観察結果

天端からせり出した形状である当ダムの門柱において、その左岸側の門柱の天端標高に地震によって発生したと考えられる新鮮な亀裂がみられた。この亀裂はクレストゲートの左岸側戸当たりから門柱とダム堤体の接合部にかけて発生（写真-5.37、写真-5.38）し

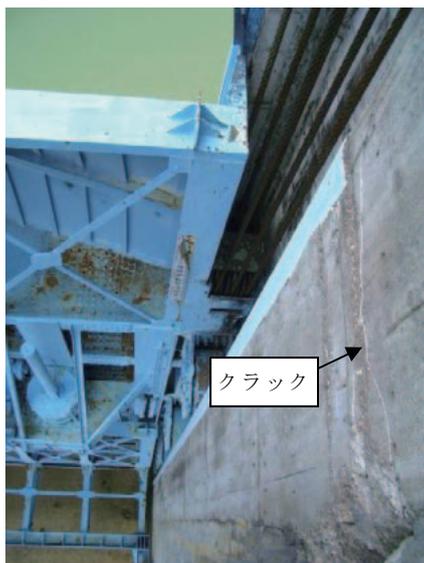


写真-5.37 門柱の亀裂（ゲート戸当たり側の面）



写真-5.38 門柱の亀裂（貯水池側の面）



写真-5.39 天端高欄コンクリートの剥落



写真-5.40 ゲート巻上機室の壁面の損傷

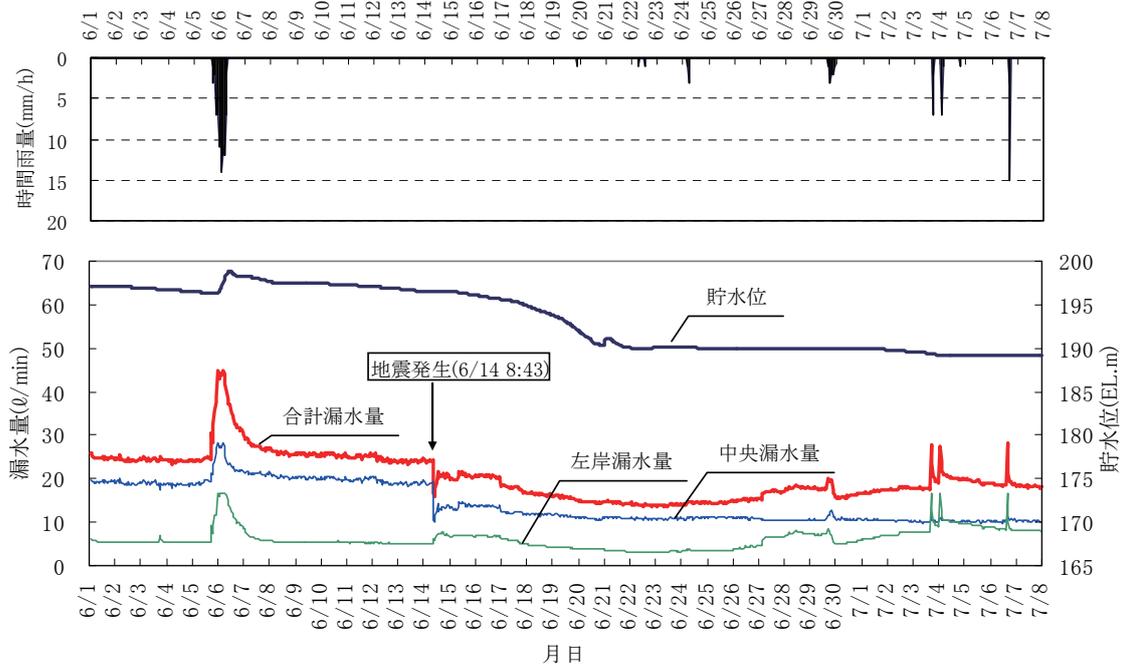


図-5.20 栗駒ダム漏水量の変化

ているが、その深さは不明である。当門柱は他方の門柱との橋梁などによる連結がなく、上下流方向ならびにダム軸方向に門柱が振動し、門柱のダム軸平行面と直角面両方に亀裂が入ったと思われる。また、ダム軸方向の門柱の振動によりクレストゲートの門柱と天端高欄の境界部において圧縮による、天端高欄コンクリートの隅角部の剥落があった（写真-5.39）。

クレストゲート巻き上げ機室の壁面にはクラックが生じていた（写真-5.40）が、室内のゲート巻上機等の設備の損傷は報告されていない。

## 2) 堤体観測結果

### (a) 漏水量

ダム下流堤趾部の漏水観測室において、中央漏水（基礎排水と継目排水の合計値）と左岸漏水（堤体と左岸地山の接合部からの漏水量）が測定されている。漏水量と貯水位の測定結果を図-5.20に示す。

中央漏水量は地震前後で19.20/min（6/14 8:00）から10.40/min（同9:00）に減少し、同11:00の測定では増加に転じた。その後約3日間は貯水位の低下に関わらず130/min程度でほぼ一定であった。左岸漏水量は地震前後で5.10/minから6.10/minに増加し、その後約3日間程度は貯水位の低下によらず、70/min程度でほぼ一定であった。その後、左岸漏水量は降雨や地山湧水の影響によると考えられる変動があるが、中央漏水量は安定している。

### (9) 衣川1号ダム

衣川1号ダムは、北上川水系北股川に1963年に完成した、農地防災とかんがい用水を目的とした岩手県農林水産部が管理するダムであり、堤高35.45m、堤頂長212m、総貯水容量2,970,000m<sup>3</sup>のアースダムである。衣川1号ダム堤体下流面を写真-5.41に、標準断面図を図-5.21に示す。なお、地震計は設置されていない。

## 1) 目視観察結果

### (a) 波返し

ダム天端の上流面に設置されていた高さ約4mの石積みの波返しが、長さ約130mにわたって崩壊した（写真-5.42）。あわせて、天端上流側の法肩が崩壊し、高欄が貯水池側に傾倒した。



写真-5.41 衣川1号ダム堤体

### (b) 堤体上下流面

堤体上流面の保護のために設置されている石積みには、地震時水位（EL.130.45m）付近に開口や浮き上がりがみられた（写真-5.43）。

堤体下流面には、天端から1～5m（法肩からの斜距離）の範囲において、130mにわたり、亀裂が20条程度生じた（写真-5.44）。最も長いもので約30m、最大開口幅20cm、最も深いもので深さは180cm（測量ポールの挿入による）と計測されている。

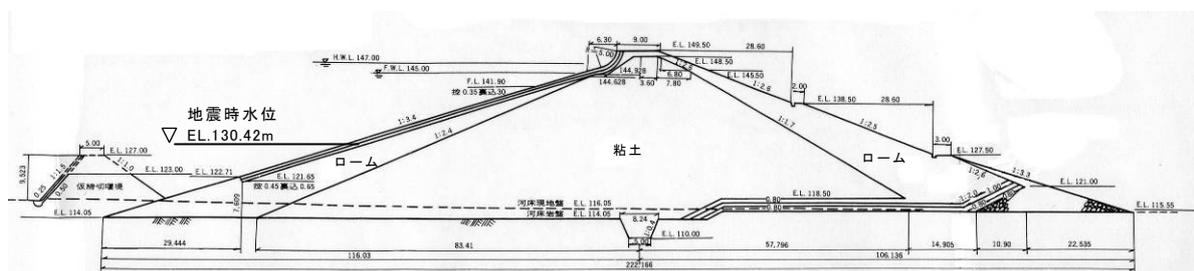


図-5.21 衣川1号ダム標準断面図



写真-5.42 波返しの石積の損傷状況



写真-5.43 上流法面の保護張り石ブロックの変状



写真-5.44 堤体下流面の縦亀裂



写真-5.45 洪水吐き流入部の導流壁の継目の開き

(c) 洪水吐き

洪水吐き越流部上流側の導流壁において幅8cm程度の継目の開き（写真-5.45）と、洪水吐きシュート部床版の一部（数十cm四方程度）の浮き上がりがみられた。また、シュート部の導流には変状はみられなかった。

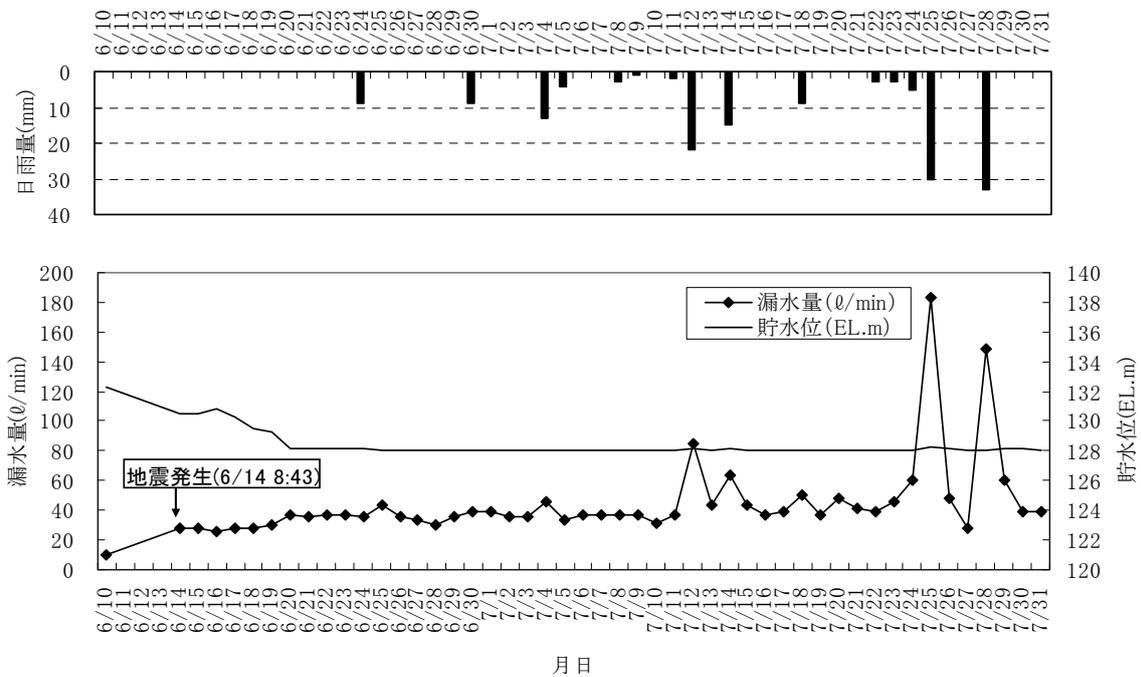


図-5.22 衣川1号ダム漏水量の変化

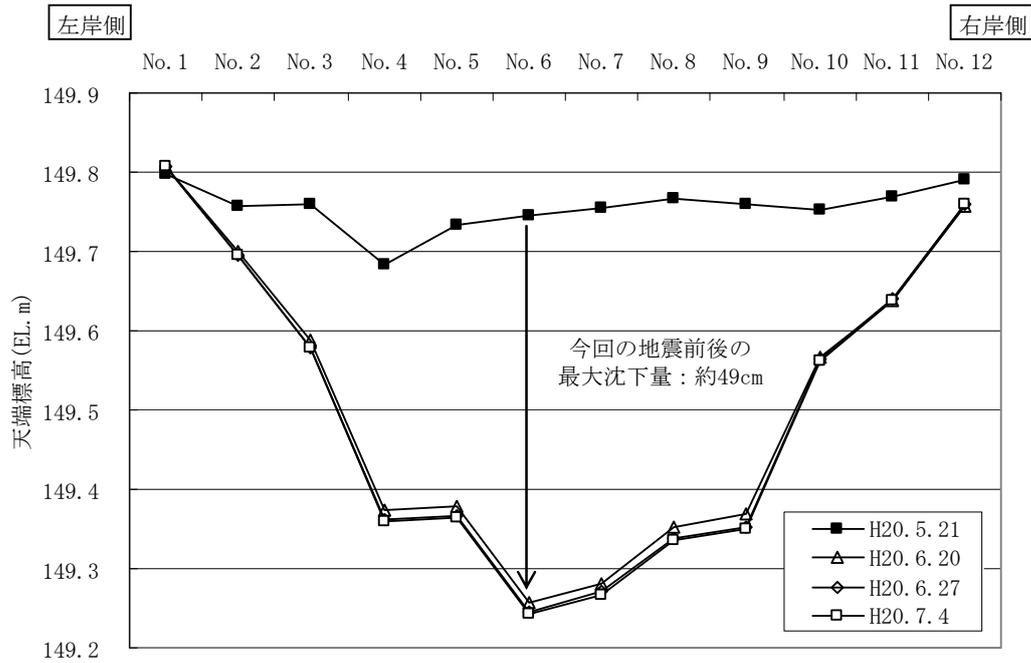


図-5.23 衣川1号ダム天端の累積沈下量の推移

## 2) 堤体観測結果

### (a) 漏水量

地震前（6月10日）の測定値9.9ℓ/minに対して、地震後には27.9ℓ/minに増加した（図-5.22）。その後、貯水位の低下に関わらず、降雨によるものと考えられる一時的な増加を除けば、40ℓ/min程度でほぼ安定している。

### (b) 堤体変形

地震前後のダム天端標高の測定結果を図-5.23に示す。地震前（5月21日）に比べて、地震後（6月20日）には、堤体最大断面付近で約49cmの沈下量、水平変位は上流側に最大22cmが観測された。これには、天端上流側法肩の崩壊によって、天端付近が局所的に変形している可能性があるが、天端以外には標点が設置されていないため変位が測定されていないため判断できない。

## (10) 衣川2号ダム

衣川2号ダムは、北上川水系南股川に1971年に完成した、農地防災を目的とした岩手県農林水産部が管理するダムであり、堤高34m、堤頂長251m、総貯水容量2,360,000m<sup>3</sup>の重力式コンクリートダムとロックフィルダムからなる複合ダムである。衣川2号ダムの重力式コンクリートダム部、ロックフィルダム部を写真-5.46、写真5.47にそれぞれ示す。なお、地震計は設置されていない。

ダム本体の目視観察では、地震による目立った変状は確認できなかった。重力式コンクリートダム部とロックフィルダム部の境界部においても特に変状は観察できなかった（写真-5.48）。

また、ロックフィルダム部の下流で計測されている漏水量が計測されているが、変動はほとんどなかった。



写真-5.46 衣川2号ダム堤体（重力式コンクリート堤体部）



写真-5.47 衣川2号ダム堤体（フィルダム堤体部）



写真-5.48 衣川2号ダム堤体（セパレートウォール周辺上流部）



写真-5.49 衣川3号ダム堤体

### (11) 衣川3号ダム

衣川3号ダムは、北上川水系北沢川に1987年に完成した、農地防災を目的とした岩手県農林水産部が管理するダムであり、堤高41m、堤頂長180m、総貯水容量1,790,000m<sup>3</sup>のロックフィルダムである。衣川3号ダム堤体上流面を写真-5.49に示す。なお、地震計は設置されていない。

ダム本体の目視観察では、堤体上下流面が草で覆われており、詳細な目視観察は困難であった。天端舗装には目立った変状はなく、また、上下流の法肩の縁石と天端舗装に僅かな開きがみられたが地震によるものかどうかは明確ではない。また、堤体下流のピットで漏水量が計測されているが、変動はほとんどなかった。

調査時点（7月15日）では地震後の堤体測量はまだ実施されていなかった。



写真-5.50 衣川4号ダム上流面



写真-5.51 衣川4号ダム天端舗装の横亀裂（左岸側地山取り付け部）

### (12) 衣川4号ダム

衣川4号ダムは、北上川水系三沢川に1995年に完成した、農地防災を目的とした岩手県農林水産部が管理するダムであり、堤高33m、堤頂長135m、総貯水容量570,000m<sup>3</sup>のロックフィルダムである。衣川4号ダム堤体上流面を写真-5.50に示す。

本震における最大加速度は、ダム基礎（監査廊内）の地震計で、上下流方向303gal、ダム軸方向318gal、鉛直方向296gal、ダム天端の地震計で、上下流方向613gal、鉛直方向616galであり、ダム天端のダム軸方向は計器故障のため正常な記録を得られなかった。

ダム本体の目視観察では、堤体の左岸取り付け部の天端舗装に亀裂がみられた（写真-5.51、写真-5.52）。その他に、ダム本体には地震による変状は確認されなかった。また、堤体下流部で漏水量が計測されているが、変動はほとんどなかった。



写真-5.52 衣川4号ダム天端舗装の横亀裂（右岸側地山取り付け部）

### (13) 衣川5号ダム

衣川5号ダムは、北上川水系滝ノ沢川に1954年に完成した、農地防災とかんがい用水を目的とした岩手県農林水産部が管理するダムであり、堤高20.5m、堤頂長73.5m、総貯水容量283,000m<sup>3</sup>のアースダムである。衣川5号ダム堤体下流面を写真-5.53に示す。なお、地震計は設置されていない。

ダム本体の目視観察では、堤体の右岸取り付け部の天端舗装に亀裂がみられた（写真-5.54）。この亀裂は下流法面にもつながっており、この亀裂を頭部とする右岸方向へのす



写真-5.53 衣川5号ダム堤体



写真-5.54 衣川5号ダム天端の亀裂

べりによって、余水吐き斜路の側壁の上部にある張りブロックに若干のはらみ出しが生じていた。なお、ダム管理者によると、この亀裂は平成15年宮城県沖地震で発生したもので、今回の地震でその亀裂幅が広がったとのことである。

### 5.3 ダムで観測された地震動

#### 5.3.1 最大加速度記録

今回の地震により、ダムの基礎または監査廊の低標高部に設置された地震計で25gal以上の加速度を記録した国土交通省所管ダムは31ダムであった。またこれ以外にも宮城県農林水産部の栗駒ダムでは、監査廊の低標高部に設置された地震計で最大加速度が25galを超えた記録を観測した。これらのダムの位置図を図-5.24に示す。また、その最大加速度記録を表-5.2に示す。

ダム基礎における最大加速度の断層からの距離による距離減衰の状況を、図-5.25に示す。ただし、岩盤上に築造されていないアースダムの基礎の記録、石淵ダムは含めていない。「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）・同解説」<sup>1)</sup>に示されているダムの距離減衰式<sup>2)</sup>（内陸型地震M7.2：最短距離式および等価震源距離式）を図-5.25に比較のため併記した。図-5.26は鉛直動の距離減衰の状況である。なお、距離減衰式の距離を算出するために用いた断層モデルは、東北大学が提案したモデル<sup>3)</sup>を使用した。また、ダム基礎で25gal以上の最大加速度を記録したダムの加速度応答倍率（基礎部と天端位置での最大加速度比）を図-5.27に示す。

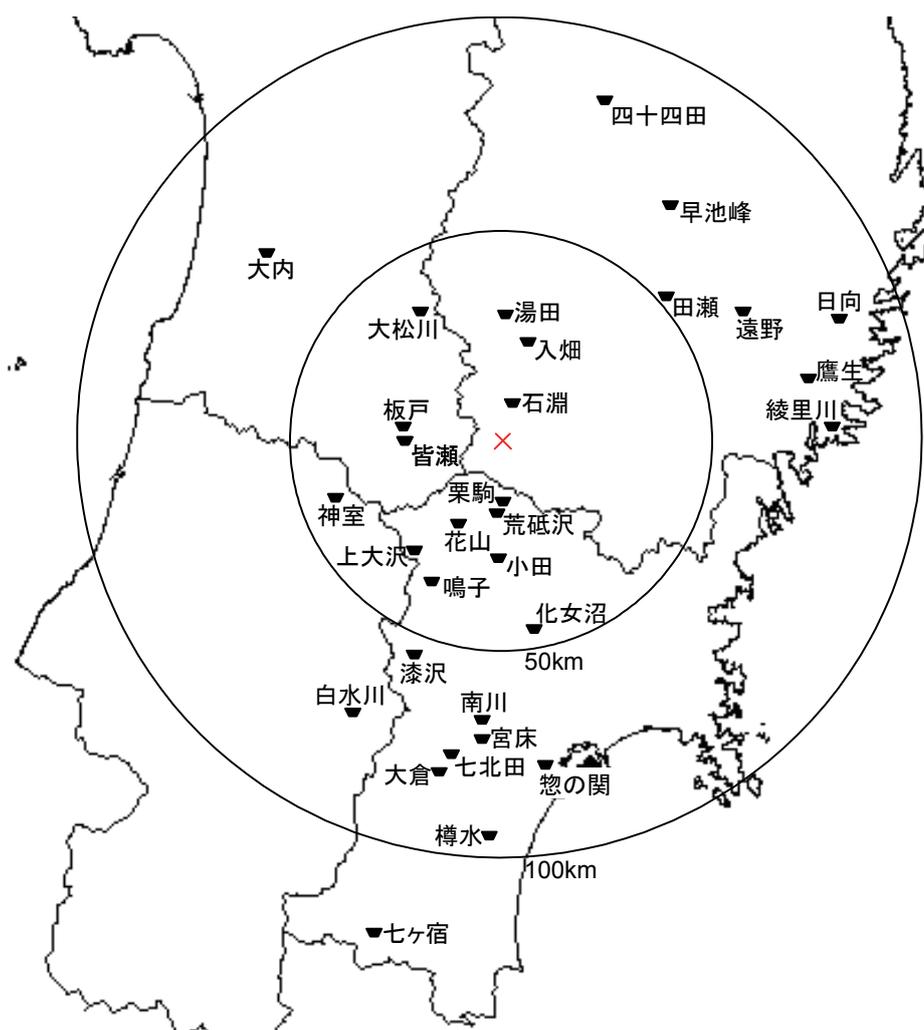


図-5.24 ダム基盤で25gal以上の最大加速度を記録したダム

表-5.2 ダム基礎で25gal以上を記録したダムの最大加速度記録一覧

管理者	ダム名	ダム型式 (※1)	震央距離 (km)	地震計設置位置		最大加速度 (gal)		
						上下流	ダム軸	鉛直
東北地方整備局	四十四田ダム	G	83.6	基礎	左岸監査廊	67	46	76
				天端	左岸天端	135	59	34
	石淵ダム	R	11.5	-	右岸段丘部	1382	2097(※2)	1748
				天端	天端	1461	934	2070
	湯田ダム	A	30.1	基礎	左岸岩盤	46	40	61
				天端	堤体天端中央	545	152	104
	田瀬ダム	G	51.5	基礎	監査廊	72	50	67
天端				天端	1024	271	505	
鳴子ダム	A	34.2	基礎	左岸岩盤	116	93	102	
			天端	天端監査廊	1586	621	509	
七ヶ宿ダム	R	123.2	基礎	底設監査廊	41	24	17	
			天端	ダム天端	70	49	22	
岩手県	遠野ダム	G	64.5	基礎	底設監査廊	43	39	32
				天端	天端中央	77	187	63
	入畑ダム	G	24.0	基礎	底設監査廊	91	74	72
				天端	天端中央	473	266	118
	日向ダム	G	84.5	基礎	底設監査廊	25	28	31
	早池峰ダム	G	68.5	基礎	底設監査廊	31	33	28
天端				天端右岸寄	197	102	69	
綾里川ダム	G	77.6	基礎	底設監査廊	25	43	25	
鷹生ダム	G	73.8	基礎	監査廊	37	40	28	
			天端	天端	128	425	80	
宮城県	花山ダム	G	27.9	基礎	監査廊	247	208	151
				天端	天端左岸寄	661	324	198
	漆沢ダム	R	56.1	基礎	監査廊中央部	97	96	61
				天端	天端中央部	185	237	108
	南川ダム	G	66.5	基礎	監査廊	43	53	32
				天端	天端	178	285	92
	大倉ダム	A	80.3	基礎	底設監査廊	30	20	18
				天端	天端中央	52	42	27
	樽水ダム	R	94.8	基礎	底設監査廊	31	25	17
				天端	天端中央	93	101	41
	七北田ダム	R	75.7	基礎	底設監査廊	36	33	33
				天端	天端中央	137	88	55
	化女沼ダム	E	45.7	基礎	堤体基礎	167	438	112
				天端	ダム天端	219	360	151
宮床ダム	G	71.8	基礎	底設監査廊	42	54	26	
			天端	天端中央	31	65	65	
惣の関ダム	R	77.9	基礎	監査廊中央部	81	79	29	
			天端	ダム天端	84	96	31	
上大沢ダム	E	33.1	基礎	基盤埋設	132	140	115	
			天端	天端	303	171	226	
小田ダム	R	29.1	基礎	監査廊	150	151	123	
			天端	天端	254	248	269	
栗駒ダム	G	14.2	基礎	下部監査廊	276	461	402	
			天端	天端	254	248	269	
荒砥沢ダム	R	16.1	基礎	基礎岩盤埋設	1024(※3)	899	691	
			天端	天端	525	455	622	
秋田県	皆瀬ダム	R	21.5	基礎	基盤埋設(EL.185.8m)	143	167	127
				天端	天端	912	419	667
	板戸ダム	G	24.5	基礎	ダム堤体基部	112	138	130
				天端	天端	166	86	56
大松川ダム	G	36.6	基礎	監査廊	66	65	50	
			天端	天端	166	86	56	
大内ダム	G	70.4	基礎	監査廊	34	29	26	
			天端	天端	59	36	29	
山形県	白水川ダム	G	73.5	基礎	監査廊	21	26	26
				天端	天端	42	94	36
	神室ダム	G	41.2	基礎	監査廊	30	32	31
				天端	天端	107	130	46

(※1) ダム型式 G:重力式コンクリートダム、A:アーチ式コンクリートダム、R:ロックフィルダム、E:アースダム

(※2) 測定上限値

(※3) 測定上限値の可能性あり

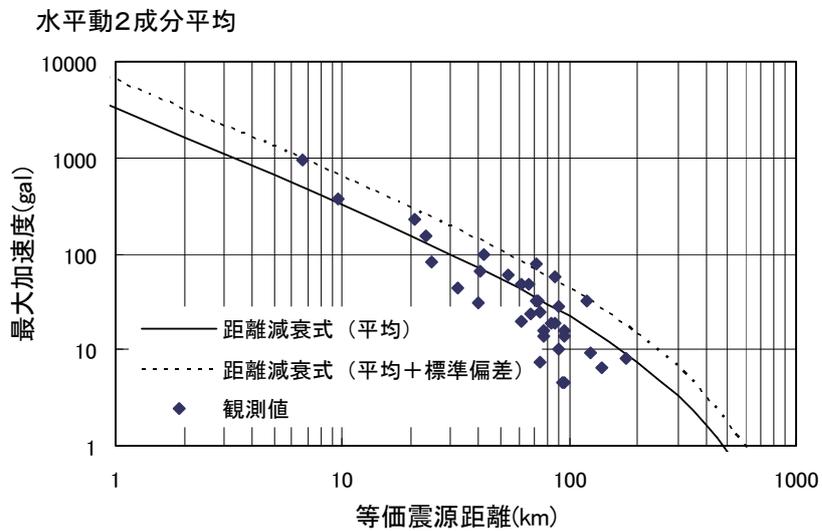
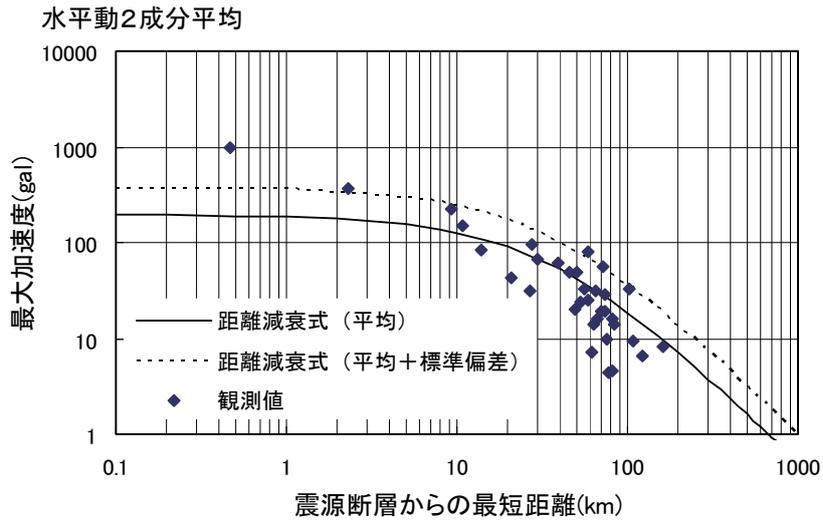


図-5.25 ダム基礎最大加速度（水平動）の距離減衰分布とダム距離減衰式<sup>2)</sup>  
 （内陸型地震・M7.2） [上：最短距離式、下：等価震源距離式]

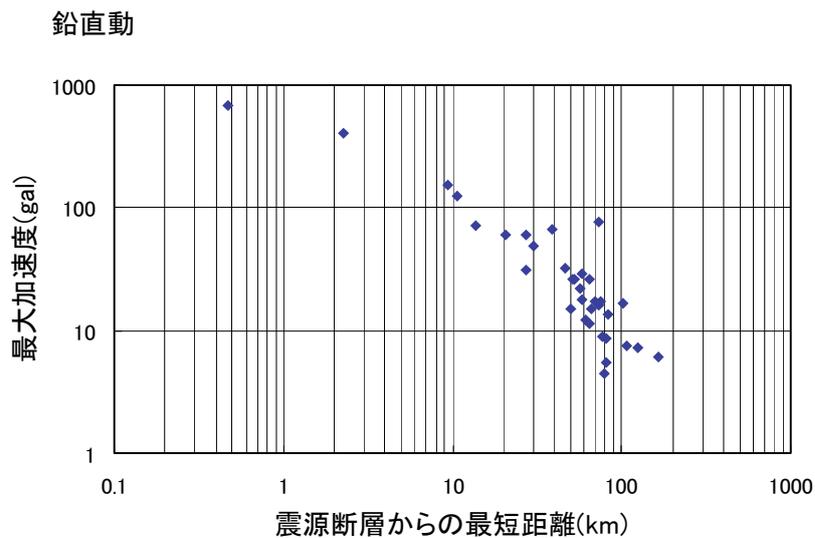
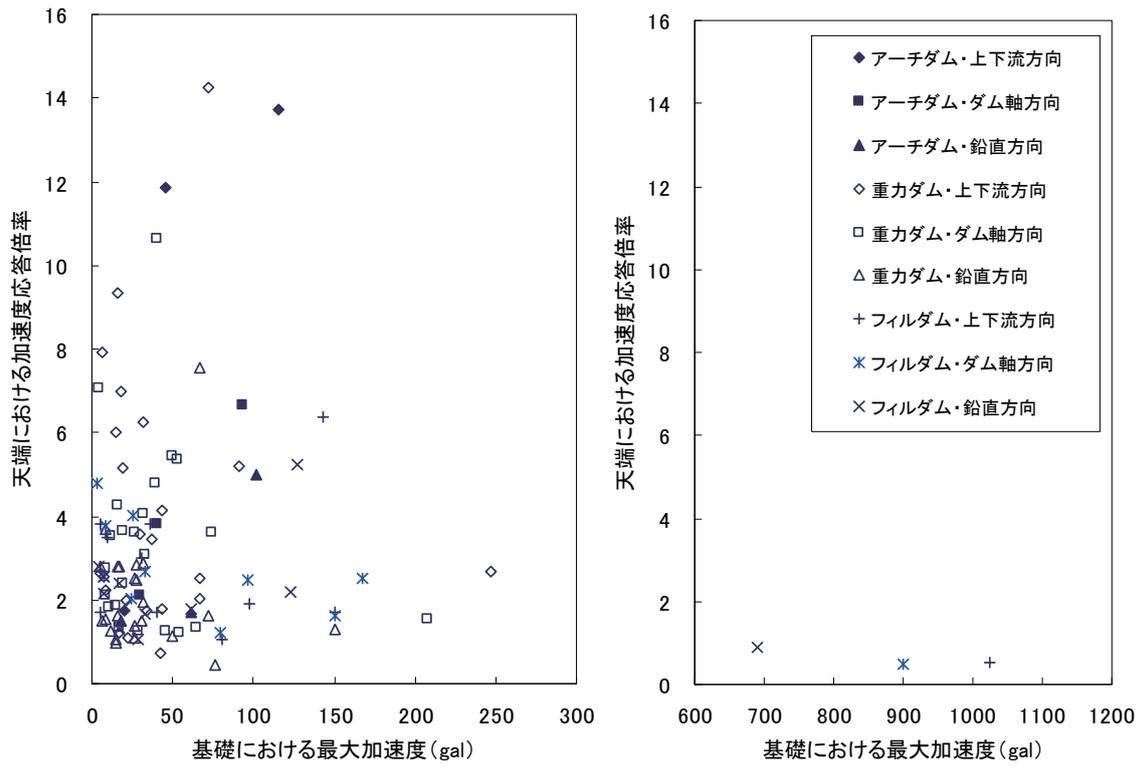


図-5.26 ダム基礎最大加速度（鉛直動）の距離減衰分布



(a) 基礎最大加速度：0～300gal

(b) 基礎最大加速度：600gal以上

図-5.27 天端における最大加速度の応答倍率

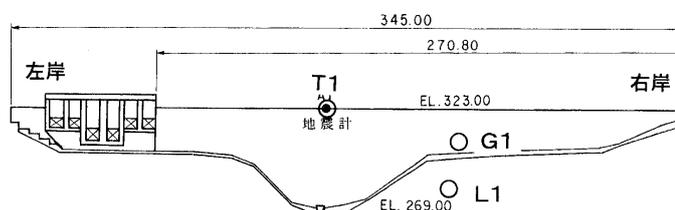
### 5.3.2 石淵ダムにおける加速度記録

#### (1) 本震の実測加速度記録

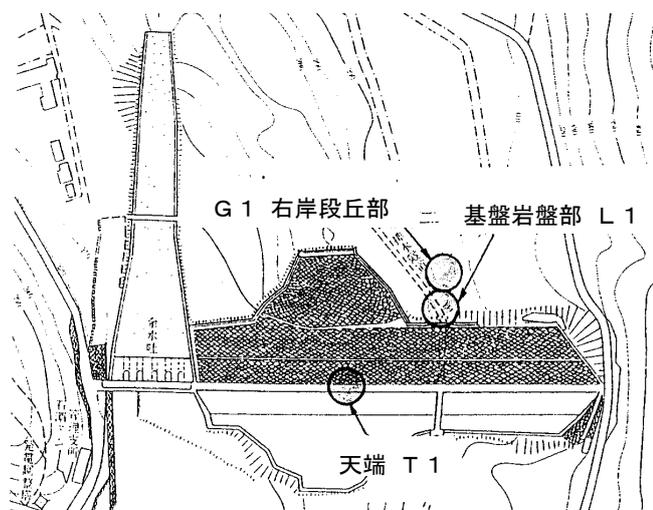
石淵ダムは、震源に近いダムであり震央距離は約9.4kmである。石淵ダムには図-5.28に示すダム天端、右岸段丘部、および基礎部（排水隧道）の3箇所に地震計が設置されている。このうち、基礎部（排水隧道）は、平成20年岩手・宮城内陸地震の本震時に管理棟内の機器が転倒したため、本震が発生した6月14日8時43分から復旧した同10時36分頃までの間、観測ができなかった。そのため、本震を観測したのは天端と右岸段丘部のみであった。

ダム右岸段丘部の地震計で、上下流方向1382gal、ダム軸方向2097gal（測定上限値）、鉛直方向1748galの最大加速度を記録し、天端位置での地震計では、上下流方向1461gal、ダム軸方向934gal、鉛直方向2070galの最大加速度を示している。この記録の加速度時刻歴を図-5.29に、右岸段丘部の加速度応答スペクトルを図-5.30に示す。なお、石淵ダム天端の地震計においては、計器不良のため記録開始から20秒後以降の加速度波形が記録されていない。

また、図-5.31、図-5.32に石淵ダムの右岸段丘部および天端における加速度の成分関係図を示す。右岸段丘部の成分関係図（図-5.31）をみると、ダム軸方向に比較的大きな加速度を記録していることが分かる。これは、右岸段丘部の川側（ダム軸方向左岸側）が崖になっており、地形形状による応答を含んだ波形と推測できる。一方、天端の成分関係図（図-5.32）をみると、天端の上下流方向振動の卓越を示している。また、鉛直方向にも特に卓越した加速度波形を示している。これは、天端の地震計は、大きな一つの岩塊（リップラップ）上に基礎コンクリートを打ち、地震計を設置固定しているが、表層岩塊のかみ合せ変状から当地震記録が極局部的な挙動を示した振動波形を記録しているためと推察できる。

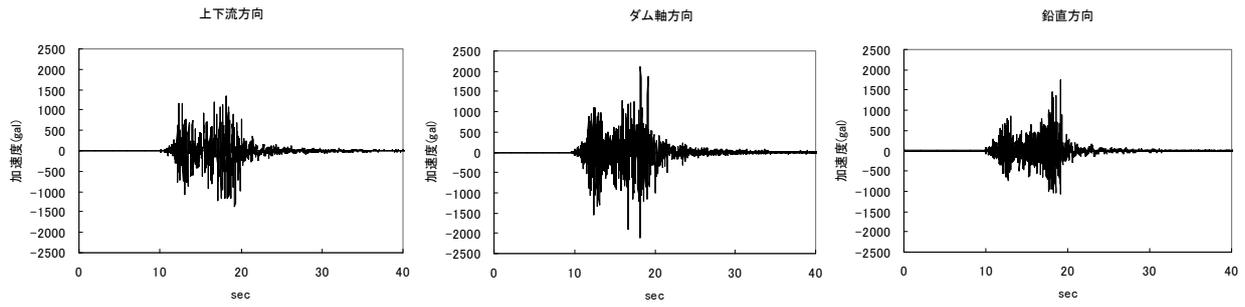


(a) 縦断面図

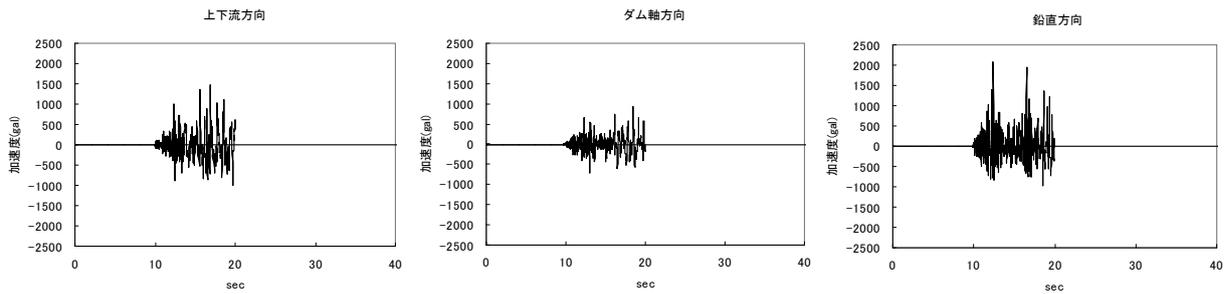


(b) 平面図

図-5.28 石淵ダム地震計位置図



(a) 右岸段丘部



(b) 天端

図-5.29 石淵ダム加速度時刻歴波形（本震）（右岸段丘部、天端）

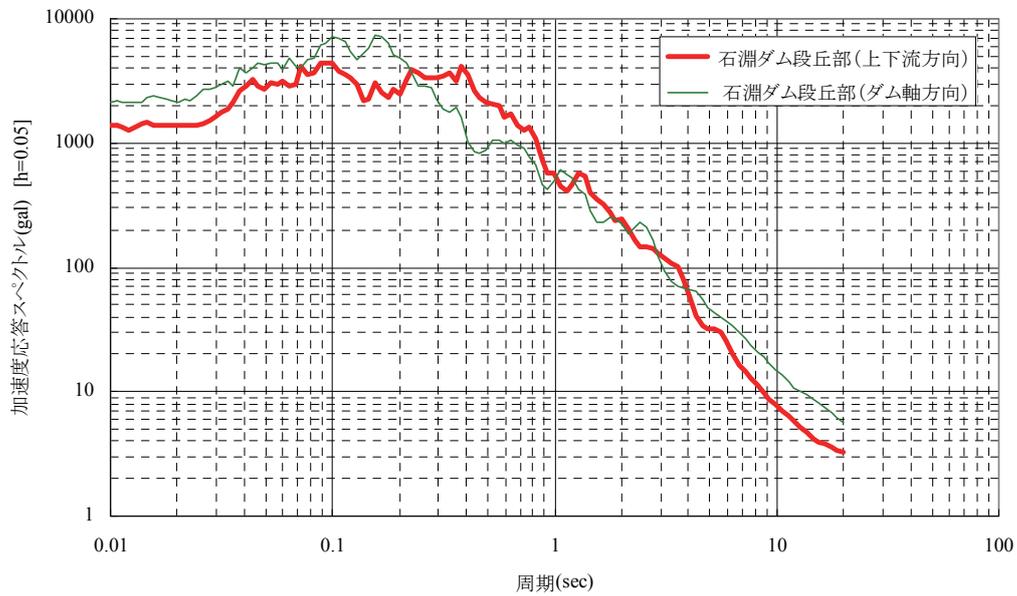


図-5.30 石淵ダムの右岸段丘部における加速度応答スペクトル（本震）

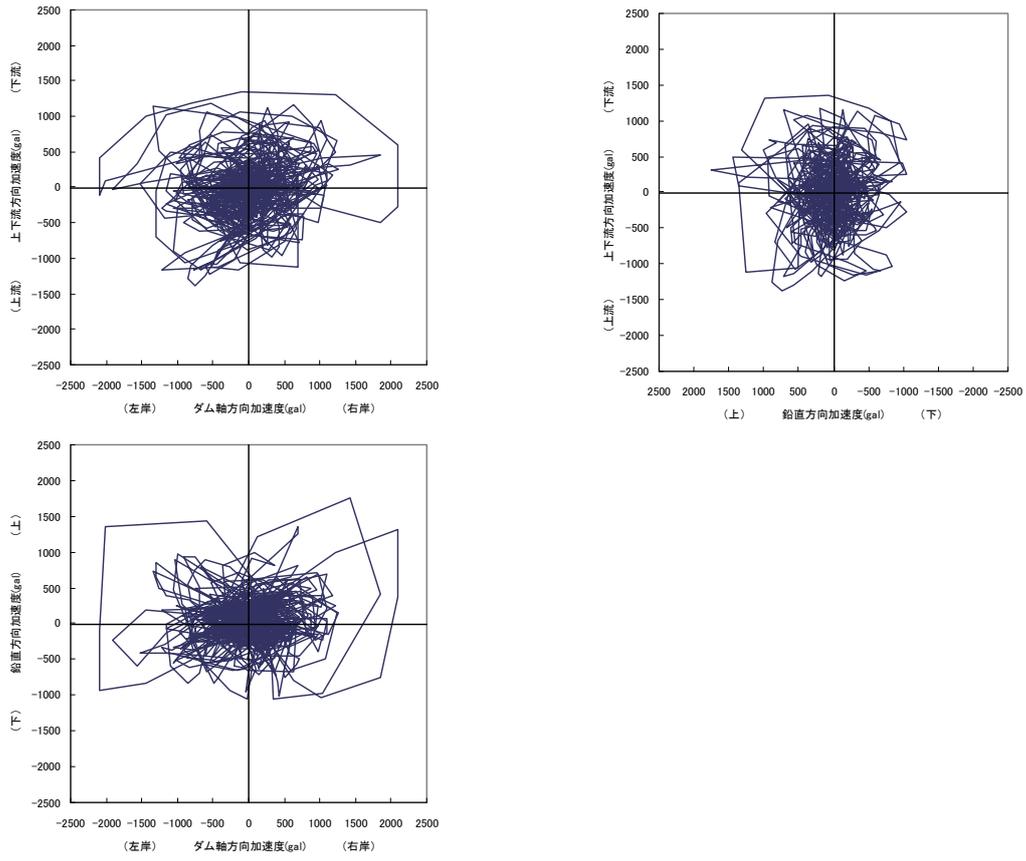


図-5.31 石淵ダムの右岸段丘部における加速度成分関係図

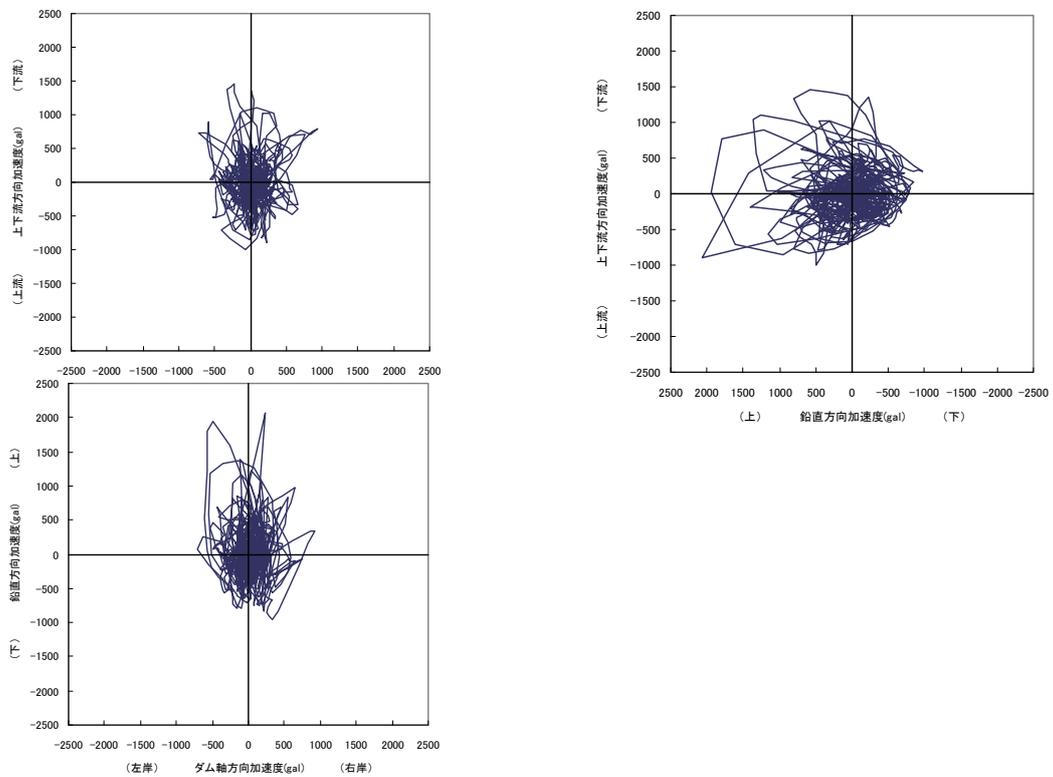


図-5.32 石淵ダムのダム天端における加速度成分関係図

## (2) 石淵ダム基礎部の地震加速度の推定

前項でも述べたとおり、段丘部の地盤性状はダム基礎とは異なり、**図-5.28**に示すとおり、ダム下流の段丘の急崖部付近に設置されている。また、地震計設置付近の段丘部で地割れも確認されている。これらのことから段丘部における観測地震動は、サイトイフェクトを強く受けたものと考えられる。**写真-5.55～5.56**に地震後の石淵ダム地震計付近の状況を示す。

このため、本震の基礎部(排水隧道)の地震動を、右岸段丘部で観測された本震の地震加速度、および復旧後に段丘部と基礎部(排水隧道)の両方で観測された余震による加速度記録を用いて簡易的に推定することを試みた。ここに、段丘部の本震のダム軸方向成分は、地震計の測定上限値となっているが、本推定ではそのままの記録を用いた。

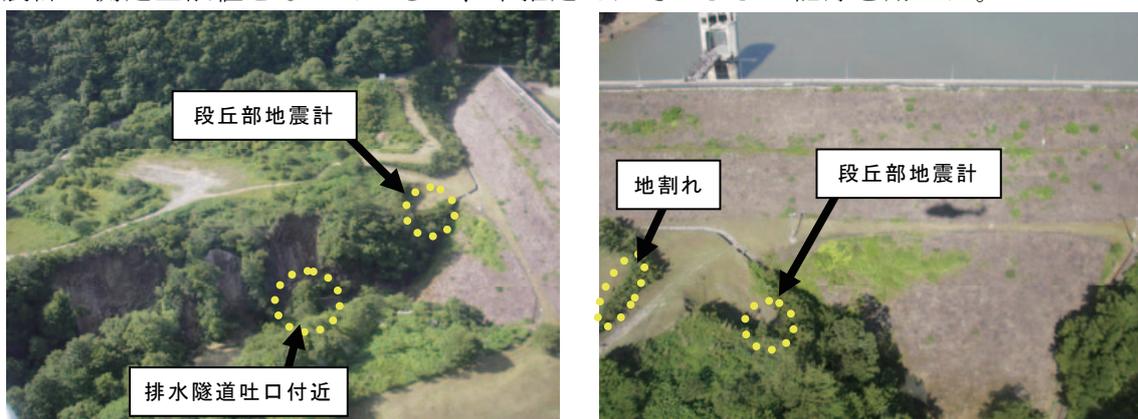


写真-5.55 地震計設置位置 (地震後) (1)      写真-5.56 地震計設置位置 (地震後) (2)

### a) 推定に用いた余震記録

ダム基礎における本震による地震動の推定には、次の条件を満たす余震を用いた。

- ・基礎部(排水隧道)、段丘部の両方で観測されているもの。(2008年6月19日までに観測した記録)
- ・石淵ダムで観測されたもののうち、気象庁発表の震源が特定でき、マグニチュード(M)が4.0以上のもの。
- ・本震の地震動を推定する目的に鑑み、本震の推定震源断層域内を震源とするもの。
- ・石淵ダムで観測された波形の計測震度が大きいものを優先。ただし、震源断層のディレクタビリティを考慮し、本震震源より南を震源とする余震も選定に加えた。

表-5.3に推定に使用した本震および余震記録を、**図-5.33**にその震源位置を示す。

表-5.3 本震と推定に用いた余震記録

対象地震	震源	最大加速度(gal)						備考
		基礎部(排水隧道)			段丘部			
		上下流	ダム軸	鉛直	上下流	ダム軸	鉛直	
本震 (M=7.2)    6/14 08:43	39° 1.7' N 140° 52.8' E	-	-	-	1382	2097 (測定上限値)	1748	排水隧道の観測無し
余震1 (M=4.7)    6/14 12:10	39° 5.6' N 140° 51.7' E	39	44	48	77	77	76	本震の震源より北
余震2 (M=5.2)    6/14 12:27	39° 8.5' N 140° 56.6' E	58	39	56	116	119	78	本震の震源より北
余震3 (M=4.8)    6/14 23:42	38° 59.7' N 140° 53.4' E	17	20	19	66	69	33	本震の震源より南
余震4 (M=4.0)    6/15 2:25	39° 0.6' N 140° 56.3' E	9.1	11	5.4	38	26	21	本震の震源より南
余震5 (M=5.3)    6/16 23:14	38° 59.8' N 140° 50.4' E	34	33	43	185	113	68	本震の震源より南
余震6 (M=4.5)    6/18 18:04	39° 6.0' N 140° 55.8' E	216	254	78	952	615	349	本震の震源より北

震央分布図（平成20年6月14日以降、深さ0~20km、M $\geq$ 3.0）

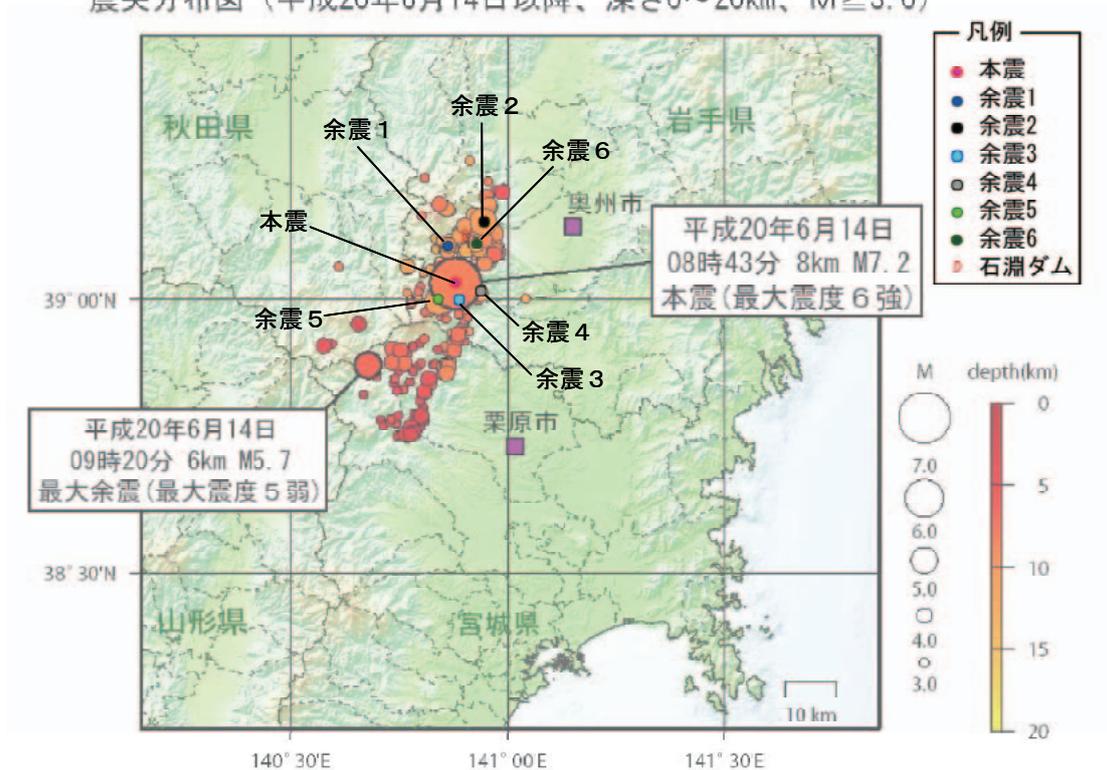


図-5.33 震源位置図（気象庁HP<sup>4)</sup>より抜粋・加筆）

## b) 推定方法および推定結果

本震におけるダム基礎の地震動の簡易的な推定は、次の方法で行った。

- ①余震1～6について、基礎部（排水隧道）と段丘部の地震記録から加速度応答スペクトルを求めた（表-5.4）。
- ②各余震について、基礎部と段丘部の加速度応答スペクトル比をそれぞれ求め、6つの余震の平均を算定した（表-5.5）。
- ③本震で得られた段丘部の加速度応答スペクトルに、②で算定した6つの地震の基礎部と段丘部の加速度応答スペクトル比の平均を乗じて、本震の基礎部の加速度応答スペクトルとした（表-5.6）。
- ④推定した本震加速度応答スペクトルを目標スペクトルとし、本震の段丘部時刻歴波形の位相特性を付与して、本震における基礎部の加速度波形を求めた（表-5.7）。

上記の方法により、本震におけるダム基礎の地震動を推定した結果、最大加速度は、上下流方向：465gal、ダム軸方向657gal、鉛直方向：621galと推定された。表-5.8に、推定結果とKiK-net（一関西地点の地中：孔口から深さ259.4m、 $V_p=3180\text{m/s}$ 、 $V_s=1810\text{m/s}$ ）および荒砥沢ダム基礎で観測された地震動の加速度応答スペクトルを示す。推定波形スペクトルは、0.1sec以上の周期帯においては断層の極近傍で観測された、KiK-net（一関西）や荒砥沢ダム基礎の応答スペクトルとほぼ一致しているが、0.1sec以下の高周波数帯ではスペクトルは小さくなっている。

表-5.4(1) 余震1～3の加速度応答スペクトル

	上下流方向	ダム軸方向	鉛直方向
余震1 6/14 12:10 (M=4.7)	<p>加速度応答スペクトル R/E(上下) 基礎(上下)</p>	<p>加速度応答スペクトル R/E(ダム軸) 基礎(ダム軸)</p>	<p>加速度応答スペクトル R/E(鉛直) 基礎(鉛直)</p>
余震2※ 6/14 12:27 (M=5.2)	<p>加速度応答スペクトル R/E(上下) 基礎(上下)</p>	<p>加速度応答スペクトル R/E(ダム軸) 基礎(ダム軸)</p>	<p>加速度応答スペクトル R/E(鉛直) 基礎(鉛直)</p>
余震3 6/14 23:42 (M=4.8)	<p>加速度応答スペクトル R/E(上下) 基礎(上下)</p>	<p>加速度応答スペクトル R/E(ダム軸) 基礎(ダム軸)</p>	<p>加速度応答スペクトル R/E(鉛直) 基礎(鉛直)</p>

※余震2の基礎部の加速度応答スペクトルのうち、周期1sec以上の周期域については原因不明の計測不良と思われるため平均からは除外した

表-5.4 (2) 余震 4 ~ 6 の加速度応答スペクトル

	上下流方向	ダム軸方向	鉛直方向
余震 4 6/15 2:25 (M=4.0)	<p>加速度応答スペクトル</p> <p>観測値(上下流)</p> <p>解析値(上下流)</p>	<p>加速度応答スペクトル</p> <p>観測値(ダム軸)</p> <p>解析値(ダム軸)</p>	<p>加速度応答スペクトル</p> <p>観測値(鉛直)</p> <p>解析値(鉛直)</p>
余震 5 6/16 23:14 (M=5.3)	<p>加速度応答スペクトル</p> <p>観測値(上下流)</p> <p>解析値(上下流)</p>	<p>加速度応答スペクトル</p> <p>観測値(ダム軸)</p> <p>解析値(ダム軸)</p>	<p>加速度応答スペクトル</p> <p>観測値(鉛直)</p> <p>解析値(鉛直)</p>
余震 6 6/18 18:04 (M=4.5)	<p>加速度応答スペクトル</p> <p>観測値(上下流)</p> <p>解析値(上下流)</p>	<p>加速度応答スペクトル</p> <p>観測値(ダム軸)</p> <p>解析値(ダム軸)</p>	<p>加速度応答スペクトル</p> <p>観測値(鉛直)</p> <p>解析値(鉛直)</p>

表-5.5 加速度応答スペクトル比

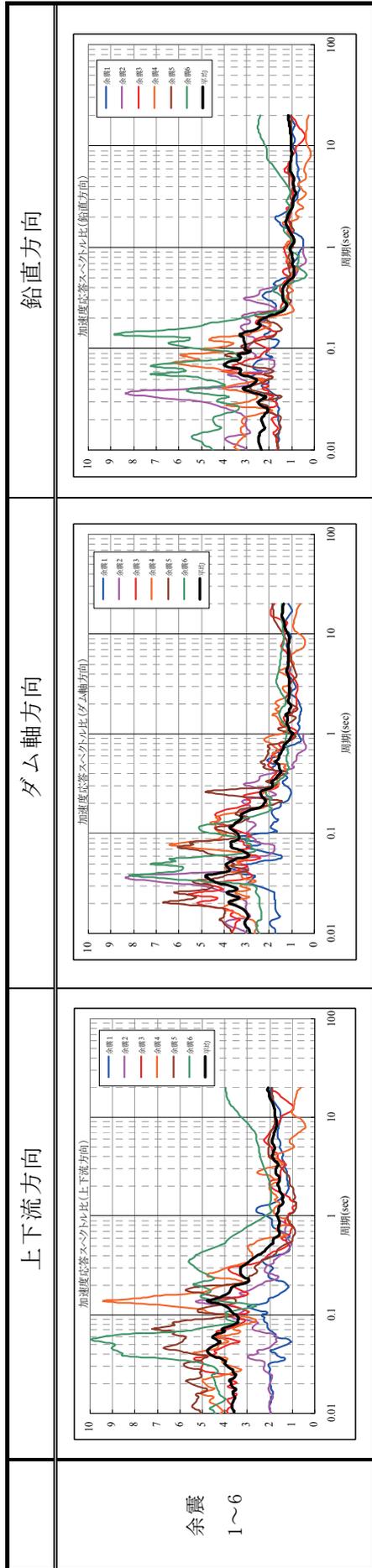


表-5.6 基礎部(推定)と段丘部(本震)の加速度応答スペクトル

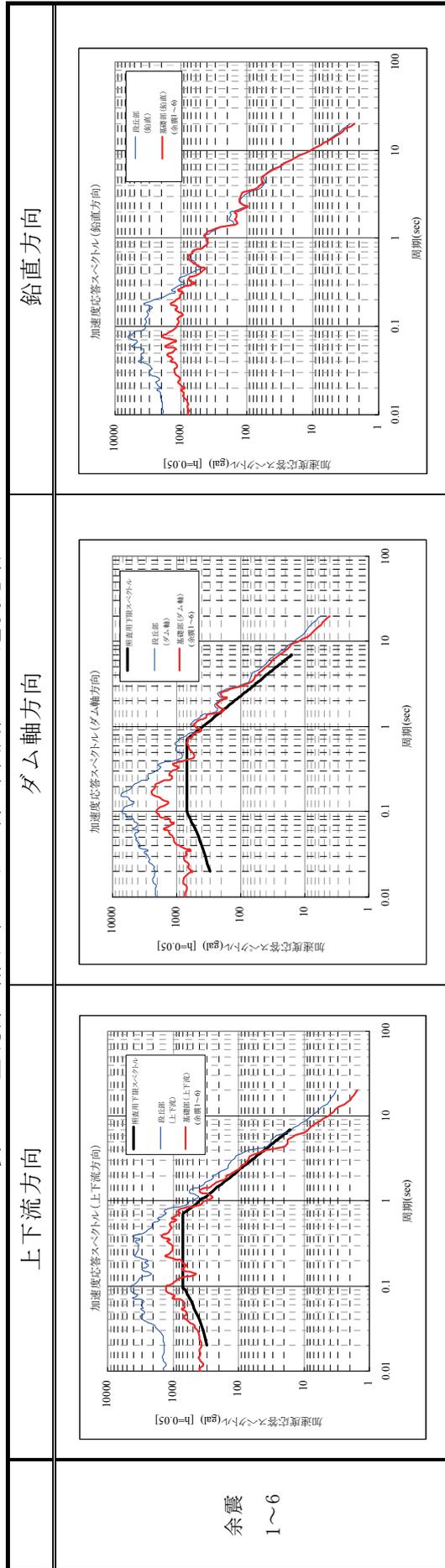
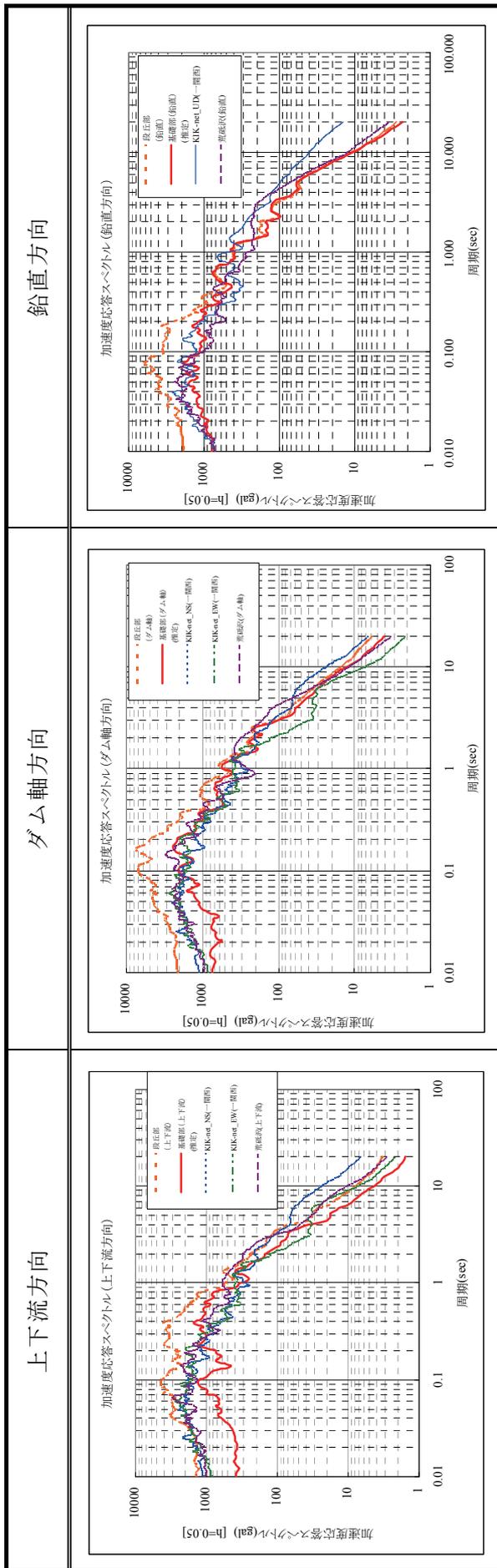


表-5.7 基礎部(推定)の加速度時刻歴

	上下流方向	ダム軸方向	鉛直方向																		
段丘部	<p>石渚ダム 元波形 (上下流方向) 【地震動の観測箇所】石渚ダム 【応答加速度の方向】上下流方向 (下流方向+, 上流方向-) —— 段丘部 (上下流方向)</p>	<p>石渚ダム 元波形 (ダム軸方向) 【地震動の観測箇所】石渚ダム 【応答加速度の方向】ダム軸方向 (右岸方向+, 左岸方向-) —— 段丘部 (ダム軸方向)</p>	<p>石渚ダム 元波形 (鉛直方向) 【地震動の観測箇所】石渚ダム 【応答加速度の方向】鉛直方向 (鉛直上方向+, 鉛直下方向-) —— 段丘部 (鉛直方向)</p>																		
基礎部 (推定)	<p>石渚ダム 基礎部推定波形 (上下流方向) 【地震動の観測箇所】石渚ダム 【応答加速度の方向】上下流方向 (下流方向+, 上流方向-) —— 基礎部推定 (上下流方向)</p>	<p>石渚ダム 基礎部推定波形 (ダム軸方向) 【地震動の観測箇所】石渚ダム 【応答加速度の方向】ダム軸方向 (右岸方向+, 左岸方向-) —— 基礎部推定 (ダム軸方向)</p>	<p>石渚ダム 基礎部推定波形 (鉛直方向) 【地震動の観測箇所】石渚ダム 【応答加速度の方向】鉛直方向 (鉛直上方向+, 鉛直下方向-) —— 基礎部推定 (鉛直方向)</p>																		
	<p>最大加速度 (単位: gal)</p> <table border="1"> <tr> <td>段丘部</td> <td>基礎部(推定)</td> </tr> <tr> <td>1349</td> <td>414</td> </tr> <tr> <td>-1382</td> <td>-465</td> </tr> </table>	段丘部	基礎部(推定)	1349	414	-1382	-465	<p>最大加速度 (単位: gal)</p> <table border="1"> <tr> <td>段丘部</td> <td>基礎部(推定)</td> </tr> <tr> <td>2097</td> <td>657</td> </tr> <tr> <td>-2097</td> <td>-602</td> </tr> </table>	段丘部	基礎部(推定)	2097	657	-2097	-602	<p>最大加速度 (単位: gal)</p> <table border="1"> <tr> <td>段丘部</td> <td>基礎部(推定)</td> </tr> <tr> <td>1748</td> <td>620</td> </tr> <tr> <td>-1052</td> <td>-621</td> </tr> </table>	段丘部	基礎部(推定)	1748	620	-1052	-621
段丘部	基礎部(推定)																				
1349	414																				
-1382	-465																				
段丘部	基礎部(推定)																				
2097	657																				
-2097	-602																				
段丘部	基礎部(推定)																				
1748	620																				
-1052	-621																				

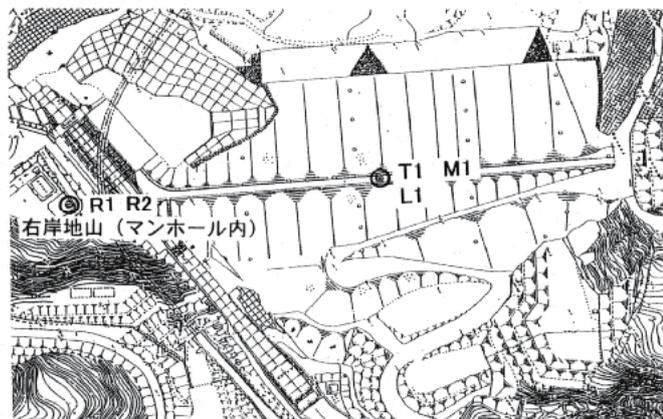
表-5.8 石淵ダム基礎部(推定)とKiK-net(一関西)・荒砥沢ダムの比較



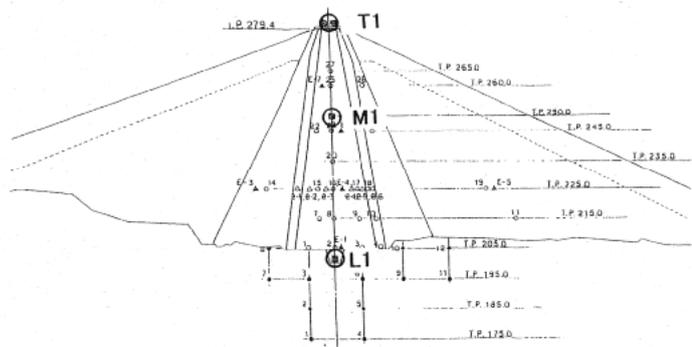
### 5.3.3 荒砥沢ダムにおける加速度記録

荒砥沢ダムは、震央距離で約16.1kmに位置する宮城県土木部が管理する堤高74.4mの中央土質コア型ロックフィルダムである。荒砥沢ダムの地震計設置位置を図-5.34に示す。地震の加速度記録としては、ダム基礎部（基礎埋設）の地震計で、上下流方向1024gal（測定上限値の可能性あり）、ダム軸方向899gal、鉛直方向691galの最大加速度を記録し、コア内の堤体中間標高で、上下流方向535gal、ダム軸方向478gal、鉛直方向470galの最大加速度を記録し、天端位置での地震計で、上下流方向525gal、ダム軸方向455gal、鉛直方向622galの最大加速度を記録している。このダム基礎と天端の加速度時刻歴を図-5.35に、ダム基礎の加速度応答スペクトルを図-5.36に示す。

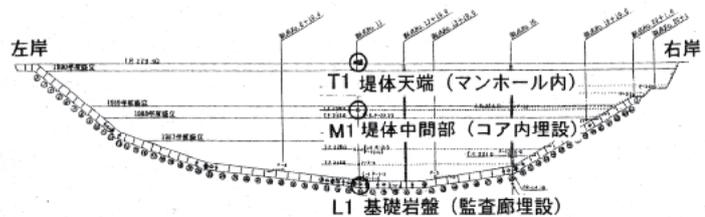
ダム基礎の水平成分の加速度応答スペクトルは0.3sec以下の周期帯で1g以上ある非常に高周波数成分が卓越した波形であり、また0.01secでも1g程度の大きさであるため、最大加速度も1000gal程度と大きい。荒砥沢ダムの固有周期は、堤高74.4mのロックフィルダムであることから0.3~0.4sec程度と考えられる。本震中のフィルダム堤体挙動の非線型性を考慮すると、これよりも長周期側になっていると考えられる。荒砥沢ダムの基礎の加速度応答スペクトルは、比較の例として、0.5sec以下の周期帯では、ダムの照査用下限加速度応答スペクトル<sup>1)</sup>（図-5.36に併記）よりかなり大きいものに対し、0.5~0.9secの周期帯では同程度である。ダムの本震加振中の非線型挙動により固有周期が長周期化したため、天端応答として、天端の最大加速度はダム基礎の半分程度の500gal程度に抑えられたと推察される。今後詳細な堤体応答分析が必要である。



(a) 縦断面図

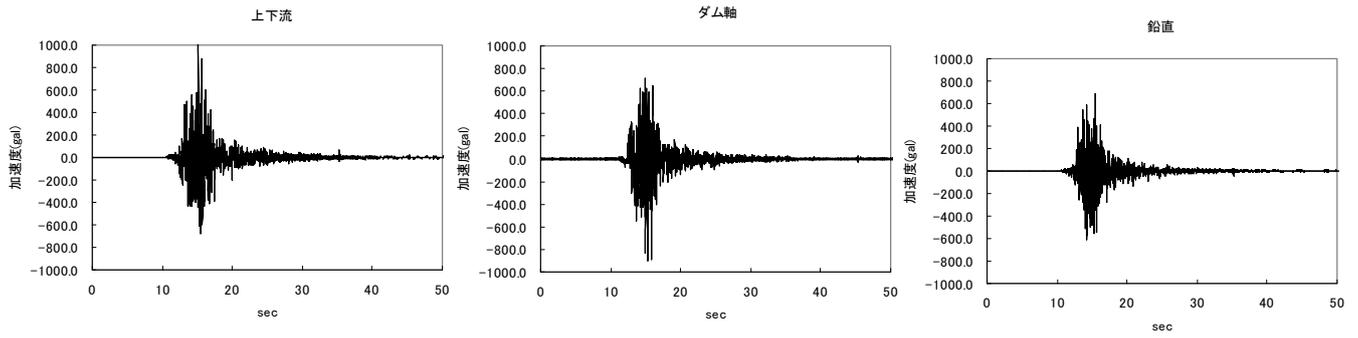


(b) 横断面図

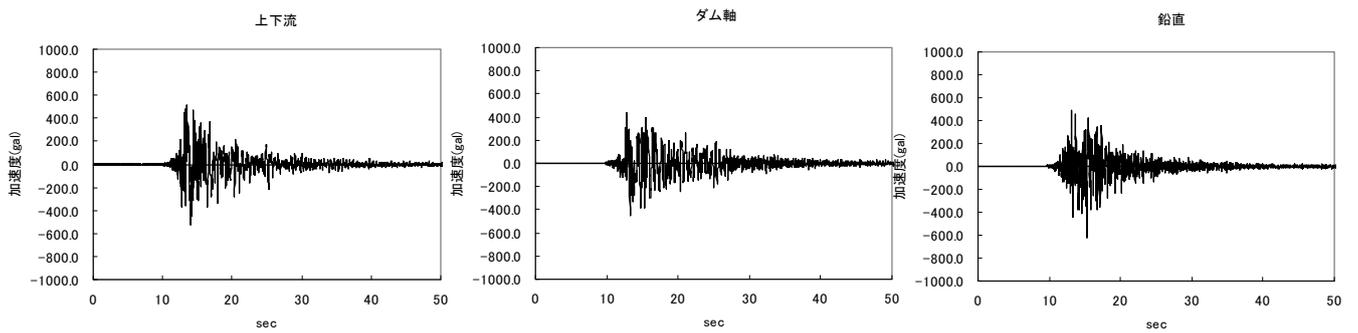


(c) 縦断面図

図-5.34 荒砥沢ダムの地震計設置位置



(a) 基礎部



(b) 天端

図-5.35 荒砥沢ダム加速度時刻歴波形（基礎部、天端）

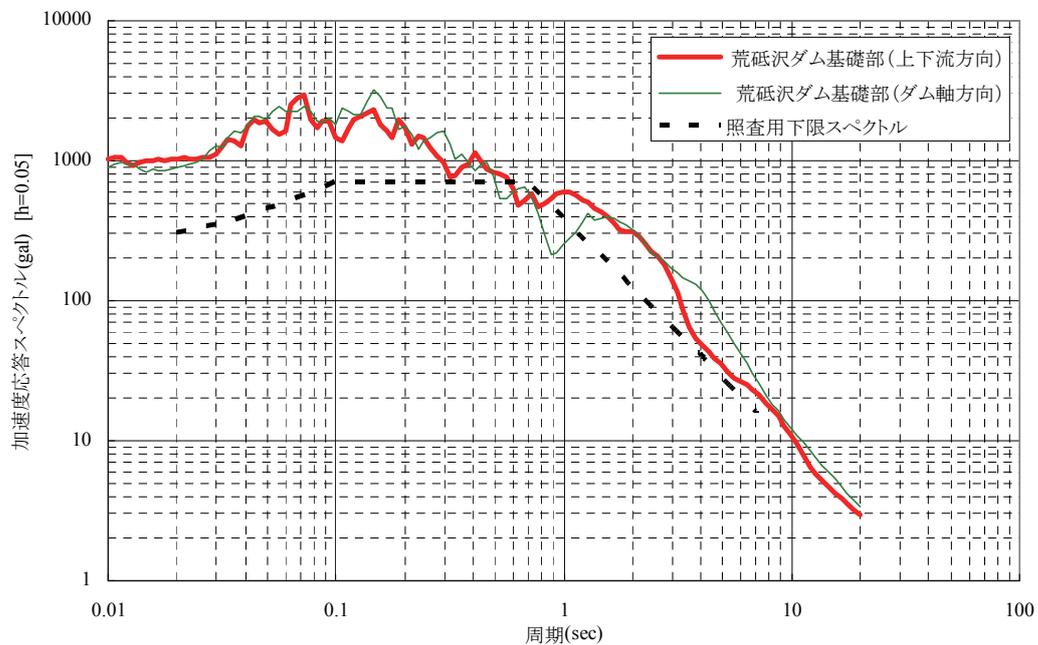


図-5.36 荒砥沢ダムのダム基礎における加速度応答スペクトル

## 5.4 まとめ

2008年岩手・宮城内陸地震において、震源近傍に位置するダムを中心に、現地調査を実施した。ダムの構造面での安全性に大きく影響するような深刻な被害を受けたダムはなかったが、天端のクラック等の変状を生じたダムもあった。

変状の生じたダムについては、ダム管理者または事業者により、地震後に応急対策が講じられ、その後復旧に向けた詳細調査が実施された。2008年11月現在、石淵ダムや胆沢ダム等のいくつかのダムにおいては専門家を含む技術検討委員会等が設置され、調査や復旧工法について検討がなされ、復旧が進められている。

我が国では、ダムサイトは詳細な地質調査をして選定される。ダムは設計基準に基づく慎重な構造解析を行って設計され、適切な施工管理の下で建設される。これらの慎重な調査、設計および施工は、ダムの安全性を確実なものにしている。しかし、ダムは極めて重要な公共構造物であり、大きな被害は許容できない。今回の地震は、近年の我が国におけるダムの地震変状として大きなものである。また、ダムで観測された地震加速度も高周波数領域に卓越しているが、最大加速度レベルでは過去最大級である。これらも踏まえ、今後、今回の地震により生じたダムの被害および変状を精査し、今後のダムの耐震技術に係わる研究開発に反映させていく所存である。

## 謝 辞

2008年岩手・宮城内陸地震後のダムの現地調査に当たっては、国土交通省河川局、同東北地方整備局河川部、同局北上川ダム統管理事務所、同局岩手河川国道事務所、同局胆沢ダム工事事務所、宮城県土木部河川課、同県農林水産部農村整備課、同県大崎地方ダム総合事務所、同県栗原地方ダム総合事務所、同県花山ダム管理事務所、同県北部地方振興事務所栗原地域事務所、岩手県南広域振興局、衣川土地改良区および秋田県建設交通部河川砂防課を始めとする関係諸機関には、災害対応でご多忙の中にもかかわらず、多大なご協力を頂いた。また、独立行政法人防災科学技術研究所のKiK-netの観測記録を使用させて頂いた。ここに記して深甚なる謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 国土交通省河川局：大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説、2005.3
- 2) 松本徳久、吉田等、佐々木隆、安中正：ダムサイトでの地震動の応答スペクトル、大ダム、No.186、pp.69～76、2004.1
- 3) 東北大学地震・噴火予知研究観測センターホームページ  
[http://www.aob.geophys.tohoku.ac.jp/info/topics/20080614\\_news/GPS/index\\_html](http://www.aob.geophys.tohoku.ac.jp/info/topics/20080614_news/GPS/index_html)
- 4) 気象庁ホームページ  
[http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2008\\_06\\_14\\_iwate-miyagi/index.html](http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2008_06_14_iwate-miyagi/index.html)