

2008年岩手・宮城内陸地震によるダムの被害調査報告

島本和仁¹ 佐藤信光² 大町達夫³ 川崎秀明⁴ 岩井慎治⁵

Report on damage to Dams caused by the 2008 Iwate/Miyagi inland earthquake

Kazuhito SHIMAMOTO, Nobuteru SATO, Tatsuo OHMACHI,
Hideaki KAWASAKI, Shinji IWAI

- 1 (財)ダム技術センター 企画部企画課長 兼 研究第一部上席主任研究員
- 2 (財)ダム技術センター 技術第二部長, 工博
- 3 東京工業大学 大学院総合理工学研究科 人間環境システム専攻 教授, 工博
- 4 国土交通省 国土技術政策総合研究所 国土マネジメント研究官, 工博
- 5 八千代エンジニアリング株式会社 総合事業本部 水工部

要旨

2008年6月14日午前8時43分、岩手県と宮城県の県境付近を震源とするマグニチュード7.2の岩手・宮城内陸地震が発生し、震源に近い数ダムにおいて被害が生じた。そこで、ダム工学会災害調査委員会は、調査団を結成し、6月30日・7月1日の2日間にかけて現地に派遣し、ダムの被災状況の災害調査を実施した。調査したダムは、国土交通省の石淵ダム、胆沢ダム(本体施工中)、宮城県の荒砥沢ダム、栗駒ダム、岩手県の衣川1号ダムの5ダムであり、今回の地震により堤体沈下・クラックなどの被害が生じた。本稿では、今回のダムでの地震記録について考察するとともに、現地調査等による現地の被災状況について報告する。

The 2008 Iwate/Miyagi inland earthquake of magnitude 7.2 occurred at 8:43 a.m. on June 14, 2008. It caused earthquake damage to some dams located in the near-fault area. The dams were, for example, Ishibuti dam, Isawa dam (under-construction), Aratozawa dam, Kurikoma dam and Koromogawa No.1 dam. Japan Society of Dam Engineers dispatched an investigation team to those dams during June 30 and July 1, 2008. This paper describes the record of this earthquake on the dam sites and the damage to those dams such as large settlement and cracks caused by this earthquake.

キーワード：2008年岩手・宮城内陸地震、災害調査、ダムの地震被災

1. はじめに

2008年6月14日午前8時43分、岩手・宮城内陸地震が発生した。今回の地震は震源地が山間部であったことから、震源近傍にはいくつかのダムが存在しており、それらのダムが地震により被災した。ダム工学会災害調査委員会では、急遽災害調査団を結成し、6月30日から7月1日にかけて、震源に近い、荒砥沢ダム、栗駒ダム、石淵ダム、衣川1号ダムと、石淵ダムの下流で現在建設中の胆沢ダムでの地震による被災状況の調査を行った。

なお、現地調査団は、大町達夫（団長）、川崎秀明、島本和仁、岩井慎治の4名で構成された。以下では、この現地調査内容にその後得られた関連情報を交えて報告する。

2. 調査概要

今回の現地調査は、震源に近い5ダムを選定し、荒砥沢ダムと栗駒ダムを6月30日に、石淵ダム、胆沢ダム（建設中）、衣川1号ダムを7月1日に調査した。図-1に、震央および推定された震源モデルと今回調査したダムの位置を示す。なお、震源モデルについては、様々な機関の推定した震源モデルが存在しているが、ここでは、東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究



図-1 岩手・宮城内陸地震災害調査ダム位置図

観測センターの発表したもの¹を記載している。

3. 地震の概要

2008年6月14日8時43分に岩手、宮城県の県境付近を震源とするマグニチュード7.2の地震が発生した。地震の揺れは最大震度6強で、死者・行方不明は23名であったが、全壊・半壊家屋は92棟と少なかった²。震源の深さは8kmと浅く、余震分布やGPSによる地殻変動から北西傾斜の逆断層と推定されている¹。この震源断層は、北上低地西縁断層帯の南方に位置しており、震源断層と地表変位の関係が調査されている³。

地震記録では、震源に近いKiK-net一関西(IWTH25)で1433Gal(EW)、一関東(IWTH26)で1055Gal(EW)を観測した⁴。特に一関西の鉛直方向では、3866Galという極めて大きい地震動を観測し⁴、短周期成分が大きく、逆断層の直上の重要な地震記録である。過去の地震記録と比較すると、最大加速度は大きいですが、周期1sec付近よりも周期0.5sec以下の短周期成分が大きい特徴を有し、家屋被害が過去の地震よりも少ない実態に合っている。

今回、現地調査したダム等で記録された地震記録の最大加速度値を表-1に示す。

表-1 各ダムの最大加速度記録

ダム名	形式	堤高(m)	震央距離	地震計位置	最大加速度値(Gal)		
					上下流	ダム軸	鉛直
荒砥沢ダム	R	74.4	16	基礎監査廊	1,024	899	691
				中標高部コア内	535	478	470
				天端中央	525	455	622
				右岸地山	843	798	1,024
栗駒ダム	G	57	14	基礎監査廊	276	461	402
				監査廊右岸天端標高取付部	535	511	323
				監査廊左岸天端標高取付部	666	922	437
				ダム下流地山	421	463	298
石淵ダム	CFRD	53	9	下流段丘面	1,382	2,097	1,745
				天端中央	1,461	934	2,070
花山ダム	G	48.5	28	基礎監査廊	247	208	151
				天端中央	661	324	198
				右岸地山部	441	470	243
小田ダム	R	43.5	29	基礎監査廊	150	151	123
				中標高部コア内	185	164	151
				天端中央	254	248	289

形式 G:重方式コンクリートダム R:ロックフィルダム CFRD:表面透水壁型ロックフィルダム

石淵ダムの基礎部の最大加速度 2097Gal は下流段丘部の地震記録であり、一般のダム基礎部よりもかなり増幅した可能性が高い。この地震記録を除くと、ダム基礎部で最も大きな最大加速度は荒砥沢ダムの 1024Gal である。なお、このダムの地震計の計測範囲は最大 1000Gal であり、本震はこの観測値を超過している可能性がある。この地震記録は、2000 年鳥取県西部地震の賀祥ダムの基礎部における最大加速度値 531gal (EW 方向観測値、方向修正後 560 gal) ⁵ を上回るものである。参考に震源近くの花山ダムならびに小田ダムも併記しているが、震央から 30km 程度離れると、兵庫県南部地震の一庫ダムの 183Gal 程度になっている。この地震記録を加速度応答スペクトルと比較すると、図-2 のとおりである。周期 0.3sec から長周期側では、賀祥波と荒砥沢波は同程度であるが、周期 0.2sec から短周期側では荒砥沢波が大きくなり、短周期成分が卓越している今回地震の特徴を有している。これまでにダムの底部監査廊で観測された記録としては、荒砥沢ダムの 1024Gal の地震記録は国内で最大となるものである。

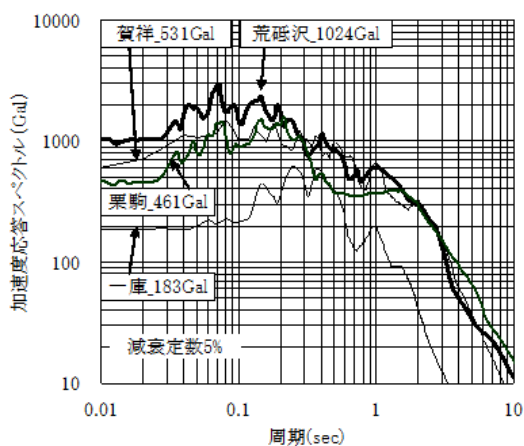


図-2 各ダム基礎部の加速度応答スペクトル

また、荒砥沢ダムの天端部ならびにコア内には地震計が設置されており、その応答

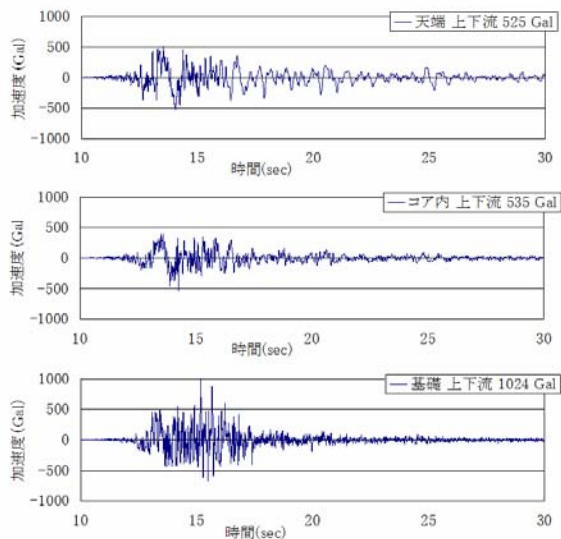


図-3 荒砥沢ダム 加速度時刻歴波形

記録が観測されている。図-3 に上下流方向の時刻歴波形を示すが、基礎部で 1024Gal が、コア内で 535Gal、天端部で 525Gal に減衰している。国内のフィルダムにおける強震時の堤頂部と基礎部の応答倍率を図-4 に整理し⁶、これに荒砥沢ダムと小田ダムを併記した。小田ダムは、基礎部 150Gal で堤頂部 254Gal と堤頂/基礎部が 1.7 倍程度であるが、荒砥沢ダムは、基礎部で 1024Gal、堤頂/基礎部 0.51 倍と、初めて 1 倍以下となった。この地震記録を加速度フーリエスペクトルで図-5 の上図に比較すると、振動数 1~2Hz で卓越がみられ、5~8Hz で低減が見られる。荒砥沢ダムでは、1996 年に M5.9 の内陸地震の地震記録を観測しており、その加速度フーリエスペクトルを図-5 の下図に示す。基礎部の最大加速度は上下流方向で 30Gal、天端部で 87gal と 3 倍応答し、卓越振動数は 2.5Hz 程度である。本来の堤体の固有振動数は 2.5Hz 程度で、強震動によって堤体为非線形特性を示し、堤体の非線形固有振動数が 1~2Hz に遷移したものと考えられる。国内のフィルダムでここまで強い非線形特性が観測されたのは初めての記録であ

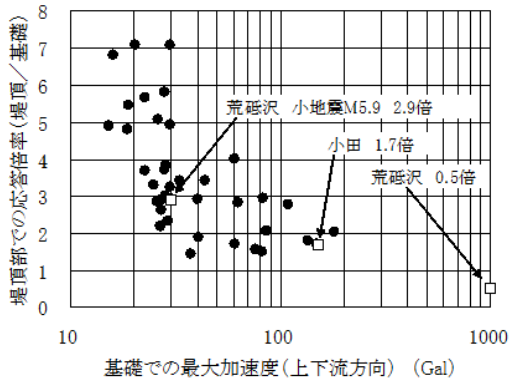


図-4 フィルダムの堤頂/基礎部の応答倍率

る。動的メカニズムの検証が必要であるが、今後のフィルダムの耐震性能照査で貴重な記録であると考えられる。

4. ダムの被災状況

現地にて確認されたダムの被災・変状の発生状況の概要を速報する。今回の内容は、現時点（7月上旬現地調査実施直後）の情報を基に記載している。

(1) 荒砥沢ダム

荒砥沢ダムは、宮城県土木部が管理する堤高74.4mのロックフィルダムで、東北農政局が事業主体として建設した洪水調節と農業用水の確保を目的とした多目的ダムである。竣工は1998年で、管理以降は宮城県土木部に移管されている。（写真-1）

荒砥沢ダムには、地震計が4箇所設置されており、ダム中央断面の基部監査廊内・天端・中間部および右岸地山である。ダムの地震計の加速度記録は、表-1のとおりである。ただし、地震計の計測限界値の確認や基線補正の必要性など、今後確認が必要であり、今後これらの値は変更になる可能性もある。

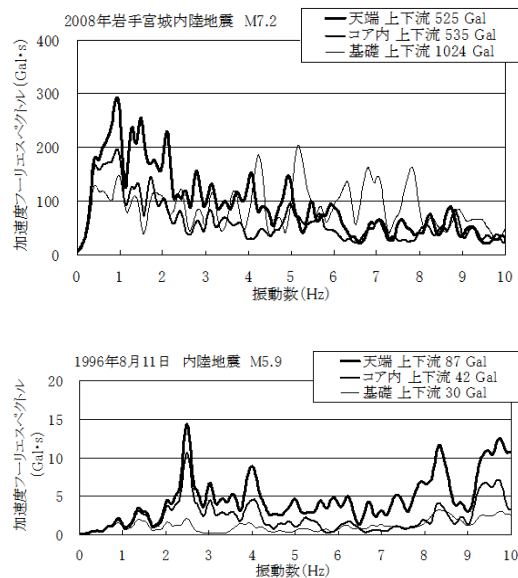


図-5 荒砥沢ダム 加速度フーリエスペクトル

今回の地震で、荒砥沢ダムで特筆すべきは上流の山体崩壊である（写真-2）。崩壊した土砂量は、航空測量により約6,700万m³と見られており、荒砥沢ダムの貯水地内に流入した量は、地震後の貯水位が2.4m上昇したことから、約150万m³の土砂が水面下に流入したと考えられている。また、現在の貯水面より上方に、約150万m³の土砂が流入していると考えられている。

一方、堤体については、堤体の若干の変形が確認されている。現時点の測定の結果としては、堤体天端において鉛直沈下量が198mm、上流側に43mm、ダム軸方向に60mmの堤体変形が確認されている。ただし、堤体天端の測定軸が天端の下流側法肩であり、フィルター部の沈下量を計測しており、コア部の天端中央軸上の沈下量は、さらに大きい可能性もあるが、地震前に計測していないため、地震による沈下量は確認できていない。なお、写真-3にあるように天端のマンホールにおいて、層別沈下計の管が天端に突出していた。

また、写真-4にあるように、洪水吐きとフィル部の接合面において、約20cm程

度沈下した痕跡が、洪水吐の導流壁コンクリートに見て取れた。

その他の被災としては、貯水池内に独立塔として存在する取水塔及びそこへの取り付け橋梁（写真-5）の被災である。特に取水塔の上屋は、上屋窓ガラスやゲートの操作盤のガラス（写真-6）が割れていたり、上屋壁面の一部でクラックが発生していたりしていた。上屋を構成する内部の鉄骨の一部の斜材が破断（写真-7）していたり、変形していたりもしていた。ただ、幸いにも、ゲート操作盤は転倒等せず無事

であった。なお、取水ゲートについては、地震時は閉めており、地震後巻上げテスト等を行っているが、途中で引っかかるなどしており、戸当たり部の変形等が発生している模様である。今後の詳細な調査による状況把握が待たれる。

漏水量の変化については、3系統の計測体系になっており、地震前に比べ1系統は減少し、他の2系統は増加しているとのことである。間隙水圧は、基礎岩盤部は減少し、堤体は増加しているとのことである。



写真-1 荒砥沢ダム



写真-2 ダム上流の山体崩壊



写真-3 層別沈下計の突出



写真-4 洪水吐きとフィル部の沈下差異



写真-5 取水塔取付橋梁の損傷



写真-6 ゲート操作盤

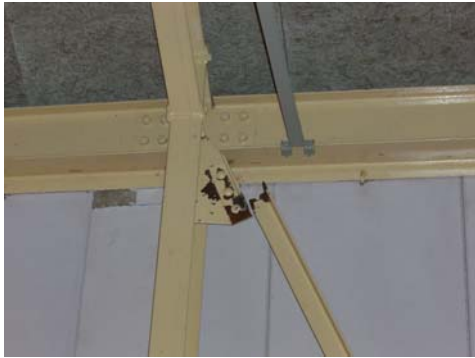


写真-7 取水塔上屋の斜材の破断

(2) 栗駒ダム

栗駒ダムは、宮城県農林水産部が管理するダムで、洪水調節と農業用水の確保、発電を目的としており、堤高 57m の重力式コンクリートダムである。竣工は 1962 年であり完成後 46 年経っている(写真-8)。

栗駒ダムにも、地震計が 4 箇所設置されており、ダム中央断面では基部監査廊内に 1 基、天端標高部は、左右岸地山取付け部に近い監査廊末端に 1 基ずつ計 2 基、ダム下流地山内に 1 基である。記録された加速度記録は、表-1 のとおりである。ここでの地震計はいずれも地山に近い位置に設置されており、天端の応答などは直接把握できない記録である。一方で、左右岸監査廊内の地震記録には、ある程度の堤体応答の影響を受けた記録であることにも留意する



写真-8 栗駒ダム

必要がある。

栗駒ダムでは、天端上のコンクリートの一部に変状が発生したものの、全体としては大きな被災を受けた状況にはなっていない。

栗駒ダムでは、老朽化のためゲートや門柱等の改修が予定されていた。そのような中、今回の地震では、写真-9 に示すゲートの上屋にはクラックが確認され、また、門柱の天端部の転落防止壁との接合部で損傷が確認された(写真-10)。

また、門柱の天端高さ程度の高さ地点で、上流側張り出し部にクラックが確認できた(写真-11)。クラックとしては、新しく見えたが、この地域は、宮城県沖地震など何度か地震を受けていることから、既存のクラックが、今回の地震で大きくなったことも考えられる。その他の被災としては、貯水池周辺で法面崩壊が計 5 箇所発生した。一番大きなものが、写真-12 のもので、堤体左岸のやや上流部であった。その他、落石がところどころで発生しており、左岸の堤体下流側のフーチング部を大きな落石が発生し、フーチングのエッジ部を破損させていた。(写真-13)



写真-9 ゲート室上屋



写真-10 門柱と天端転落防止壁間の損傷



写真-11 門柱のクラック



写真-12 土砂崩壊の様子



写真-13 フーチングの損傷

(3) 石淵ダム

石淵ダムは、国土交通省直轄の管理ダムで、北上川ダム統合管理事務所が管理している。このダムは、洪水調節と農業用水の確保、発電を目的とした堤高 53mのコンクリート表面遮水壁型ロックフィルダムである（写真-14、15）。竣工は 1953 年で、完成後 55 年経っているが、現在下流で建設中の胆沢ダムが完成すると水没する。

石淵ダムでの地震記録は、表-1 のとおり。ダム下流段丘面での記録については、3. でも増幅された記録である可能性について触れたところであるが、この地震計は、堤体下流の切り立った段丘端部の影響を大

きく受けている可能性が高い。また、天端部の地震計は、天端の下流面法肩に設置されている。今回の地震では周囲のロックに沈下・変位が生じており、その影響を受けている可能性がある。石淵ダムの地震記録は、こうした点に留意しておく必要がある。

その後、地震後の地震計に関して水準器等による調査の結果、天端部の地震計は微小な傾き(下流方向に-11%(33mm/300mm)、左岸方向に-1.4%(4mm/300mm))が確認されている。なお、天端地震計はその後の復旧対策として、現位置にて天端補修工事に合わせて水平状態に戻された。

ダムの被災状況としては、天端のうねり

や天端舗装クラック（写真-16）の発生、堤体左右岸での土砂崩れの発生などであるが、ダム貯水機能を損なうような事態にはなっていない。

また、堤体下流側の天端法肩部が等間隔（写真-14のシート張）に隆起し転落防止柵が破損（写真-17）した。このダムは、堤体盛り立て時に軌道を用いて施工されており、堤体内に残存していたその一部と周辺とに変形の差が発生したと考えられている。一方、堤体上流面のコンクリート遮水壁は、継目部における損傷や位置のずれは

確認されなかった（写真-18）。石淵ダムの管理所では潜水夫による調査も実施し遮水壁の安全を確認している。

その他の被災としては、ダムのアバット近くでの土砂崩壊の発生があった。写真-19は右岸側のものである。堤体や下流側であったため、堤体が直接土砂を被るという状況ではなかった。ただし、漏水計施設など一部が影響を受けている。

管理設備に関しては、ゲート・管理所の各種設備とも大きな障害は発生しなかった。



写真-14 石淵ダム（下流側）



写真-15 石淵ダム（上流側）



写真-16 天端のクラックの状況
（後日入手したもの）



写真-17 天端・転落防止柵の変形
（後日入手したもの）



写真-18 表面遮水壁の様子



写真-19 右岸アバットの土砂崩壊

(4) 胆沢ダム

胆沢ダムは、国土交通省直轄のダムで現在本体施工中の、堤高132mの中央コア型ロックフィルダムである。盛立工事は平成17年10月より開始され、高さにして半分程度の盛り立てが進んでいたところで被災した。また、洪水吐き工事の方もコンクリート打設の最盛期にあった。今回の地震で、盛り立て面の上面にクラックが発生した(写真-20)。盛り立て面に生じたクラックは大部分がコア部とフィルター部の境界付近であり、ダム軸に平行な方向に筋状に数条発生した。トレンチ掘削及びクラック追跡(特殊調査の粘性の低い白い液の流し込み)による調査の結果、クラックの深さは盛り立て面上のコア部とフィルター部の境界付近では0.7~2.4m程度(写真-21)、コア部では20~50cm程度(写真-22)であった。胆沢ダム工事事務所では、クラック調査の他、トレンチ底面での密度、透水

試験を実施し影響範囲を確認している。

その他の被災としては、コンクリートを順次打設している洪水吐き工事において、打設が終了しているコンクリート部でクラック等が発生していた(写真-23)。

また、右岸側に転流工がされ、2本の排水トンネルが設置されていたが、地震により、排水トンネル入口よりやや上流の上部の法面にて法面崩壊が発生、一次的に下段の排水トンネルの呑み口が埋没する事態となった(写真-24)。ただし、これは、土砂、倒木の一部除去対策後に、自然流下の掃流力で埋没が解消され、我々が調査に行った際は問題なく排水されていた。工事事務所としては、これからの出水期に備え、更なる崩壊等による埋没の危険を回避するため、上段排水トンネルを活用した改造を行い、新たな排水系統を構築する復旧工事を検討していた。



写真-20 盛り立て面でのクラック



写真-21 フィルター部のクラック深さの確認

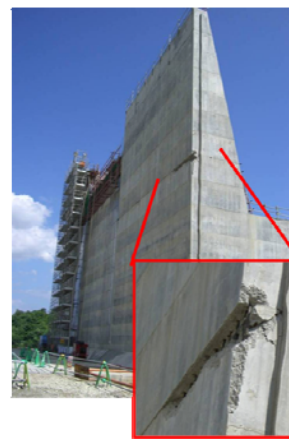


写真-23 洪水吐きコンクリートの損傷



写真-22 コア部のクラック深さの確認



写真-24 転流工付近の法面崩壊

(5) 衣川1号ダム

衣川1号ダムは、岩手県農林水産部で管理しているダムで、洪水調節と農業用水の確保を目的とした堤高 35.45m の均一型アースダムであり、竣工は 1963 年と完成後 45 年経っている (写真-25)。

衣川1号ダムの主な被災状況としては、天端付近の波返し部石積工の上流側への崩落及びこれに伴う高欄の傾倒 (写真-26、27)、天端標高付近の下流法面のダム軸方向に延びたクラック発生 (写真-28) があ

った。

下流法面のクラックは、深いところでは、1 m 程度の深さまでポールが進入する状況であった。しかし、下流法面全体での目立ったはらみ出しはなかった。

なお、その他の被災として、洪水吐き減勢工の下流右岸側に法面崩壊が発生していた。(写真-29)



写真-25 衣川1号ダム



写真-26 天端の変形



写真-27 天端・堤体の傾倒



写真-28 下流面クラック



写真-29 洪水吐き下流の法面崩壊

5. おわりに

この報告では、岩手・宮城内陸地震における震源近くのダムで記録された地震記録について取りまとめた上で、現地調査の結果をとりまとめた。総じて、今回の地震の加速度記録は既往最大規模であったが、幸いにも、各ダムとも下流に対して危機的な状況を生み出すような安全性に直接影響するような被災は受けなかった。一方、ダムの耐震性の向上に資するような貴重な経験をしたことも事実であり、今回得られた知見を、今後のダムの耐震性の向上に役立てていかなければならない。

最後に、今回の調査において現地を案内いただいた宮城県、岩手県、北上川ダム統合管理事務所、胆沢ダム工事事務所、東北地方整備局、東北農政局の関係各位に感謝申し上げます。また、被災地の一刻も早い復興を祈念申し上げます。

<参考文献>

- 1 2008年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループ/東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター：2008年6月14日 岩手・宮城内陸地震(M7.2)の特集, キネマティック GPS データによる地震時断層モデル (第2報), http://www.aob.geophys.tohoku.ac.jp/info/topics/20080614_news/
- 2 内閣府：平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震について(平成20年08月11日16時00分現在), <http://www.bousai.go.jp/kinkyu/iwate2/2008-iwate-cao-028.pdf>, 2008
- 3 産業技術総合研究所 活断層研究センター：2008年岩手・宮城内陸地震速報, http://unit.aist.go.jp/actfault/katsudo/jishin/iwate_miyagi/index.html, 2008
- 4 防災科学技術研究所：強震観測網,

(2008/06/14) 岩手・宮城内陸地震による強震動(2008/6/25更新),

<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/cgi-bin/kyoshin/news/newnews.cgi?1070.new+>, 2008

- 5 佐藤信光、川崎秀明、大町達夫：2000年鳥取県西部地震における賀祥ダムの地震観測記録の修正, ダム工学 Vol. 17No. 4, 295-304, 2007. 12
- 6 ダム技術センター：ダムの耐震設計, 多目的ダムの建設 第4巻, 2006.