

6. ダムに関する調査結果

6. 1 全体概要

今回の地震により確認された影響としては、揺れの大きかった一部のダムで地震直後に一時的な漏水量の増加や濁りがみられた程度であった。なお、本報告においては、コンクリートダムの継目排水、基礎排水、フィルダムの堤体浸透、基礎浸透などを総称して「漏水」という用語を用いているので留意されたい。先の5月26日の宮城県沖地震においては、一部のダムでの漏水量あるいは浸透量の一時的な増加のほか、重力式コンクリートダムの天端バルコニー一部のひび割れ、アースダム天端の亀裂発生、天端照明灯の破損などの軽微な変状が発生しているが、今回の地震では軽微なものも含め特に変状は確認できなかった。このことから、ダムに関しては、今回の地震による影響は5月26日の地震時と比較して小さなものであったといえる。

6. 2 調査の概要

ダム管理者は、ダムの基礎地盤あるいは堤体底部に設置された地震計により観測された地震動の最大加速度が25gal以上もしくは、ダム地点周辺で震度4以上が観測された場合には、すみやかに臨時点検を実施することとなっている¹⁾。

この基準に従い、今回の地震では計59ダムにおいて地震直後の臨時点検が実施された。その結果、変状などの異常が報告されたダムはなかった。しかし、比較的大きな加速度記録が得られたダムを対象として、地震による変形や漏水量あるいは浸透量の変化等の詳細や地震計設置状況等を調べるため、また前回5月26日の地震で変状の見られたダムにおけるその後の状況を確認するため、国土技術政策総合研究所および独立行政法人土木研究所では合同の現地調査を行った。

現地調査の概要を表6.1に示す。なお、今回調査対象としたダムは、ダム天端で100gal以上の最大加速度値を記録しており、5月26日の地震時に現地調査を実施していないか、漏水量の増加など何らかの変状が報告されたダムである。調査対象ダムの位置を図6.1に示す。

表 6.1 現地調査の概要

調査班構成	日程	調査ダム名
国土技術政策総合研究所 河川研究部ダム研究室 主任研究官 金銅 将史 研究官 長原 寛	8月4日 (月)	金越沢ダム (岩手県農林水産部) 化女沼ダム (宮城県土木部) 宿の沢ダム (小山田川沿岸土地改良区)
	8月5日 (火)	鳴子ダム (東北地方整備局) 南川ダム (宮城県土木部) 惣の関ダム (宮城県土木部) 樽水ダム (宮城県土木部)

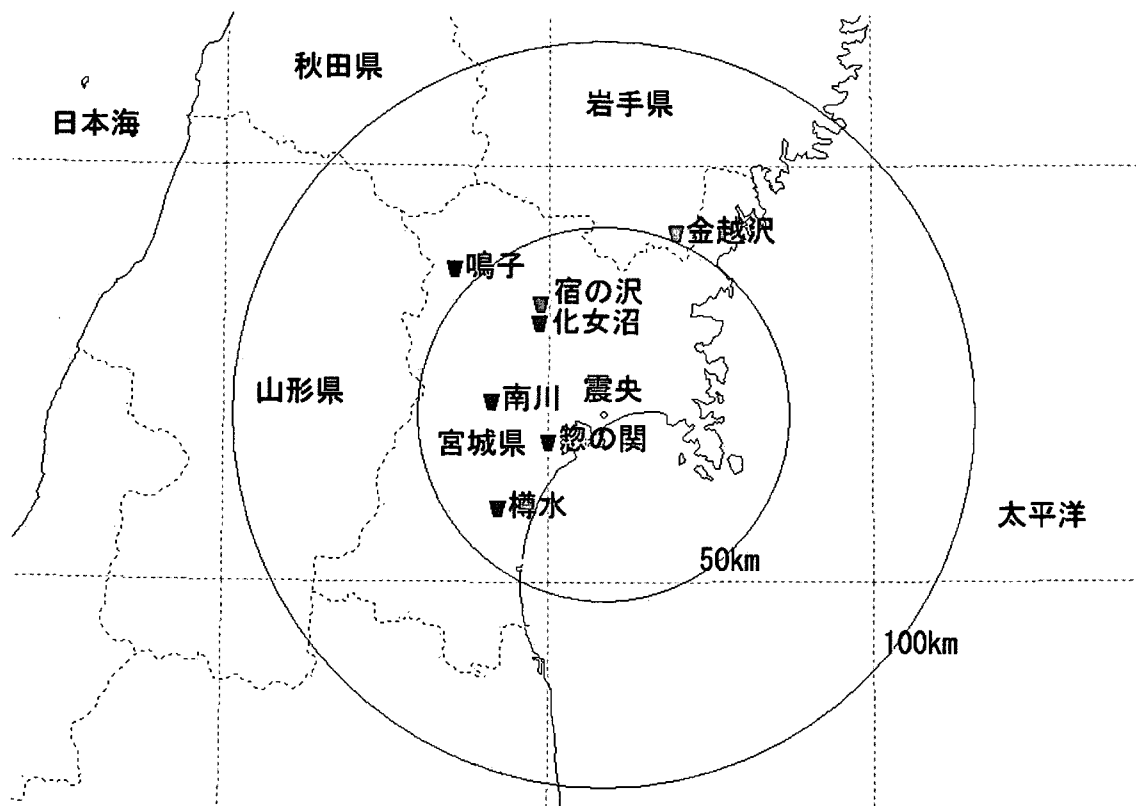


図 6.1 調査対象ダムの位置

6. 3 調査結果

6. 3. 1 調査結果の概要

現地調査においては、地震後の臨時点検で報告された事項も含め、地震によるダムの変状、強震観測の実施状況、地震動記録の収集状況、その他各種計測値（漏水量、揚圧力、間隙水圧、変位等）の地震前後における変化状況について、具体的計測データに基づく確認、管理者からの聞き取り、目視による観察を行った。現地調査の結果をダムの諸元および臨時点検結果とあわせて整理したものを表 6.2 に示す。

表6.2 調査ダムの諸元・臨時点検結果・現地調査結果一覧

ダム名	型式	基礎地質	管理者	竣工年	堤高	堤頂長	総貯水容量 (万m ³)	設計震度	勾配		基礎EL (m)	地震時貯水位 (m)	震度	観測地点	臨時点検結果	地震計台数	地震計設置場所	最大加速度(gal)		漏水量(リットル/分) (計測時間)		漏りの有無	調査結果	依頼事項	その他特記事項		
					(m)	(m)			上流	下流								天端	基礎	地震前	地震時					調査時	
鳴子	アーチ式コンクリートダム	花崗岩	東北地方整備局	1957	94.5	215	5000	0.12	-	-	165.0	244	5強	古川市	漏水以外は異常なし	5	天端中央、天端右岸、上段監査廊、下段監査廊、左岸地山	109.4 (上下流)	9.6 (ダム軸)	0.24 (7/15)	0.345 (7/26 13:00)	0.200 (調査の前日 8/4 15:00)	有	①下段監査廊左岸側(No.11孔)にて計測している漏水量が地震後やや増加したが、翌朝には正常値に戻った。 ②7/26 13:00の観測(目視)でやや漏りが見られた。なお、漏水の漏りは5/26地震時には確認されていない。上記以外の変状なし。	無	前回(5/26)地震時に確認された左岸地溝ブロックの地盤傾斜計の計測値の変化は、その後の点検により、計器が地震によりずれたことが原因と判断された。なお、その後計測値の累積的な変化は見られない。	
化女沼	ゾーン型アーチダム	凝灰岩	宮城県土木部	1995	24.0	260	302	0.18	2.6	3.1	10.2	26.5	6弱	涌谷町	異常なし	4	天端、基礎、堤高2/3、管理所横	319 (上下流)	179 (上下流)	225.69 (7/26 0:00)	293.23 (7/26 19:00)	47.40 (8/4 47:40)	有	①本震直後に漏水にやや漏りがみられたが3時間後に漏りは消失。漏水量の経時観測データによれば降雨の影響とみられる変動が大きいものの、地震直後に一部わずかに漏水量の増加がみられる。 上記以外の変状なし。	①地震波形デジタルデータの変換依頼	基礎・天端最大加速度とも今回観測された中では最大。	
樽水	中央コア型ロックフィルダム	角礫凝灰岩及び安山岩の互層	宮城県土木部	1977	43.0	258.5	470	0.15	3.7	2.40	21.0	55.1	4	青葉区、宮城野区	異常なし	2	底設監査廊、天端中央	106 (上下流)	19 (ダム軸)	3.6 (6/26)	3.6 (7/26)	詳細な数値未確認	無	特に変状なし。	無	無	
南川	重力式コンクリートダム	凝灰岩、砂岩、凝灰岩、安山岩、安山岩	宮城県土木部	1987	46.0	355.0	1,000	0.12	0.3	0.85	57.0	95.1	5強	古川市	異常なし	2	監査廊、天端	255 (ダム軸)	48 (上下流)	4.885 (7/8)	6.745 (8/6)	6.745 (調査の翌日 8/6)	無	①本堤体継目の1か所(縦流ブロック継目に相当)において地震前計測時(7/8)より漏水量が増加。その後減少傾向にあり、漏りもみられないものの、現時点で漏水量が通常値まで戻っていないため当面継続して監視する予定。なお、今回地震時は前回の漏水量計測時(7/8)より水位が1.5m高かったが、その影響以上の増加とみられる。 ②鞍部ダムの変状なし。上記以外の変状なし。	無	無	
窓の関	重力式コンクリートダム	砂・礫・凝灰岩、凝灰岩、凝灰岩、凝灰岩	宮城県土木部	1999	23.5	115.0	110	0.12	垂直	0.8	16.5	33.7	6弱	涌谷町	異常なし	2	監査廊中央部、ダム天端	102.6 (ダム軸)	69.3 (上下流)	0.665 (7/25 20:00)	1.406 (7/26 10:00)	0.184 (8/1 9:00)	無	特に変状なし。	無	①最も震源からの距離が小さかったダム。	
金越沢	中央コア型ロックフィルダム	砂岩・凝灰岩	岩手県農林水産部	1999	43.0	338	116	0.15	2.8	2.0	185.0	223	4	藤沢町	異常なし	2	天端、監査廊	133 (ダム軸)	45 (上下流)	528.7 (7/26 0:00)	580.7 (7/26 23:00)	125.4 (8/4 14:00)	無	①漏水量は長雨の影響で地震前から増加しており、地震による影響は必ずしも明らかでないが、地震直後における急激な増加はなく、漏りも確認されていない。 上記以外の変状なし。	①地震前後の揚圧力、間隙水圧の測定結果を依頼。 ②前回の地震時(7/26)ではさらなる沈下(約10cm)は、今回の地震(7/26)ではさらなる沈下は見られなかった(改修後のマーカで確認)。 ③前回の地震後の堤体変位測定の結果、やや大きな変形(天端沈下量約5cm)が計測されたものの、揚圧力や間隙水圧の挙動に問題がなかったことから、管理者は堤体の安全性を損なうものではないと判断している。	無	無
宿の沢	均一型フィルダム	凝灰岩	小山田川沿岸土地改良区(予定)	2003(予定)	26.0	227.7	121	0.18	3.5	2.5	35.6	35.90	5弱	高清水	異常なし	1	天端	172 (東西方向)	-	20.33 (7/26 0:00)	25.38 (7/26 17:48)	3.9 (8/4 18:00)	有	①前震および本震後に漏水量がやや増加したが、降雨の影響による変動が大きく、地震の影響の程度は必ずしも明確でない。 上記以外の変状なし。	無	無	

表 6.2 からわかるとおり、今回の地震では、一部のダムで地震直後にやや漏水量あるいは浸透量の増加や濁りが見られた程度であり、特に調査対象ダムにおいて今回の地震による変状は確認されなかった。さらに、漏水量あるいは浸透量については、各ダムとも地震発生当日までに断続的に降雨が続いていたことから、特にその変動が降雨の影響を受けやすい集水構造となっているフィルダムでは、浸透量の計測データから必ずしも地震による影響の有無を明確に判断できない面もある。しかしながら、地震による加速度の記録値が全般的に5月26日の地震時より小さいことや、他の計測データに異常が見られないことから、今回の地震によりダムの安全上問題となるような変状は生じていないと判断される。

6. 3. 2 各ダムの調査結果

ここまでの報告からも明らかなように、今回の地震によるダムの変状はなかったが、先の5月26日宮城県沖地震直後の調査で確認された変状に関するその後の状況や具体的な対応・対策を含め、今回の現地調査により得られた調査対象ダムのうちいくつかに関して今後の参考となると思われる事項を以下に示す。

(1) 金越沢ダム（中央コア型ロックフィルダム、堤高43.0m）

このダムでは、先の5月26日の宮城県沖地震時において、盛土部と右岸埋戻し部の接合部付近における天端舗装の亀裂および右岸側埋戻し部の沈下といった軽微な変状が発生した（写真6.1, 6.2 参照）が、今回の地震では当該変状の拡大およびその他の新たな変状は発生していない。なお、5月26日地震時に発生した天端舗装の亀裂については今回調査時にはすでに補修済みであった（写真6.1 参照）。亀裂補修前のダム管理者による亀裂の深度調査から、亀裂は堤体の遮水ゾーンに至ることなく舗装表層内にとどまっており、安全上問題のないものであることが確認されている。また、5月26日の地震による堤体変位についてもその後観測が行われていた。その結果、最大数 cm 程度の沈下が確認されているが、揚圧力や間隙水圧などの計測値には問題がないことから堤体の安全上問題となるものではないと判断される。

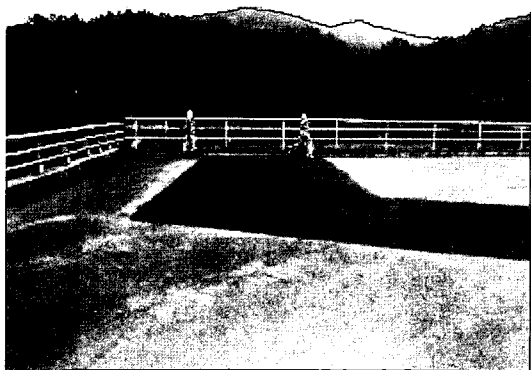


写真6.1 5月26日地震による天端亀裂の補修状況（金越沢ダム）

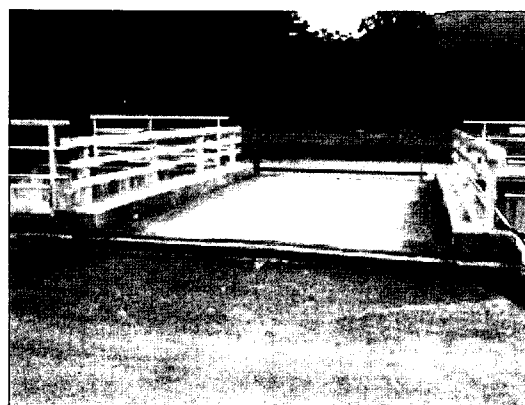


写真6.2 5月26日地震により沈下した埋戻し部の状況（金越沢ダム）

(2) 化女沼ダム (ゾーン型アースフィルダム、堤高 24.0m) (写真 6.3 参照)

このダムでは、今回の地震により、5月26日地震時(基礎 104gal、天端 205gal)を上回る最大加速度(基礎 179gal、天端 319gal)を観測した。また、これは今回の地震によりダム地点で記録された加速度記録としては最大のものであったが、地震直後に一時的な浸透水の濁りが見られた程度であり、ダムの安全上の問題となる変状は見られなかった。



写真6.3 化女沼ダムの上流面

(3) 南川ダム (本堤:重力式コンクリートダム、堤高 46.0m、鞍部ダム:アスファルト表面遮水壁型ロックフィルダム)

このダムの特徴としては、本堤である重力式コンクリートダムとは別に貯水池右岸側の地山鞍部に鞍部ダムが設置されていることがあげられる。この鞍部ダムはロック材料で盛立てられた堤体の貯水池側表面にアスファルトフェイシングを配して遮水する構造のフィルダムである(写真 6.4 参照)。今回の地震(鞍部ダムには地震計が設置されていないが、本堤基礎部地震計では最大加速度 48gal を観測)により、漏水量、堤体変位、沈下量等に関する異常は見られなかった。



写真6.4 南川ダム鞍部ダムの上流面

(4) 鳴子ダム (アーチ式コンクリートダム、堤高 94.5m) (写真 6.5 参照)

今回の調査対象ダムの中では最も堤高の高いダムであるが、記録された最大加速度は基礎部で 10gal、天端で 109gal と小さく、特に問題となる変状は見られなかった。このダムは5月26日の地震時に比較的大きな地震動(基礎部で 79gal、天端で 683gal を記録)を経験しているが、当該地震時にも特に変状は見られなかったことから今回程度の地震動は特にダムの安全性に影響を及ぼすものではなかったと考えられる。

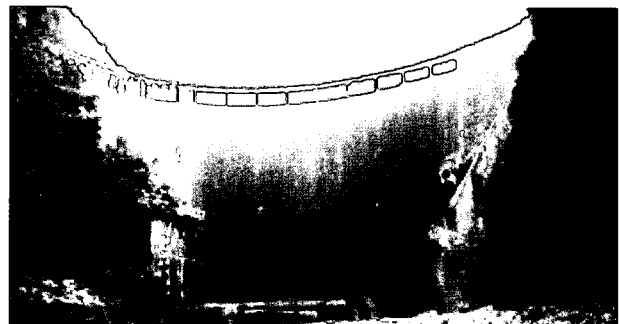


写真6.5 鳴子ダムの下流面

なお、5月26日の地震時において、貯水池左岸側の地山に設置された地盤傾斜計の一つでその計測値にわずかな変化が見られたが、管理者によるその後の点検により、地震時の何らかの衝撃による計器自体のずれが原因であることが確認されており、地震に伴う地すべりの発生を懸念させるものではなかった。

(5) 樽水ダム（中央コア型ロックフィルダム、堤高43.0m）（写真6.6参照）

今回の地震で観測された最大加速度は基礎部に相当する底設監査廊内で19galと大きなものではなく、何ら変状は確認されていない。なお、このダムでは、1978年6月12日に発生した宮城県沖地震（マグニチュード7.4）時において底設監査廊内地震計で最大加速度236gal（ダム基礎岩盤における加速度記録の中では当時最大級に相当）を記録した。このような大きな地震動を受けても、当該地震によっても沈下や亀裂、浸透量の急増などの変状が全く生じなかった²⁾。



写真6.6 樽水ダムの上流面

6.4 地震動の分析・考察

今回の地震（7月26日午前7時13分の本震）時に、ダムサイト基礎部に設置された地震計により、震源からの距離と観測された最大加速度の関係（距離減衰特性）を図6.2に示す。ここで、最大加速度については、(a)水平方向（上下流方向とダム軸方向のうち大きい方）および(b)鉛直方向に関してそれぞれ整理している。また、同図中には、参考として、先の5月26日の地震時における各ダムでの観測値についても付記した。

これより、全般的に今回の地震時に記録された最大加速度値は、5月26日の地震を大きく下回っていることがわかる。今回の地震では震源付近で家屋に大きな被害が発生したが、5月26日の地震に比べ震源位置は浅く、また地震の規模（マグニチュード）自体も小さなものであった。また震度5以上の強い揺れの範囲も限られていた。図6.2に示される各ダムにおける観測記録もこれらの事実と符合するものである。ダムは他の構造物と比べて良好な岩盤を基礎とすることから、今回の地震ではダムに関して特に問題となるような影響がなかったものと考えられる。

また、今回の地震による最大加速度の観測値について、今回の地震の規模や震源深さを考慮して、距離減衰特性を示す推定式（距離減衰式）を用いて得られる推定値と比較を行った。その結果を(a)水平方向、(b)鉛直方向についてそれぞれ図6.3および図6.4に示す。なお、図6.3は、ダム基礎岩盤における多数の地震記録をもとに「ダムのレベル2地震動委員会」において提案された推定式^{3) 4)}、図6.4は、田村・岡本・加藤⁵⁾による岩盤における推定式との比較である。図6.3より、今回の地震による観

測値は「ダムレベル2地震動委員会」の推定式に対してはほぼ適合する値が得られており、推定式による平均値±標準偏差の範囲内に収まっていること、また図6.4より、田村・岡本・加藤の式に対しては、震央距離が小さな範囲ではやや小さめの値が得られていることがわかる。

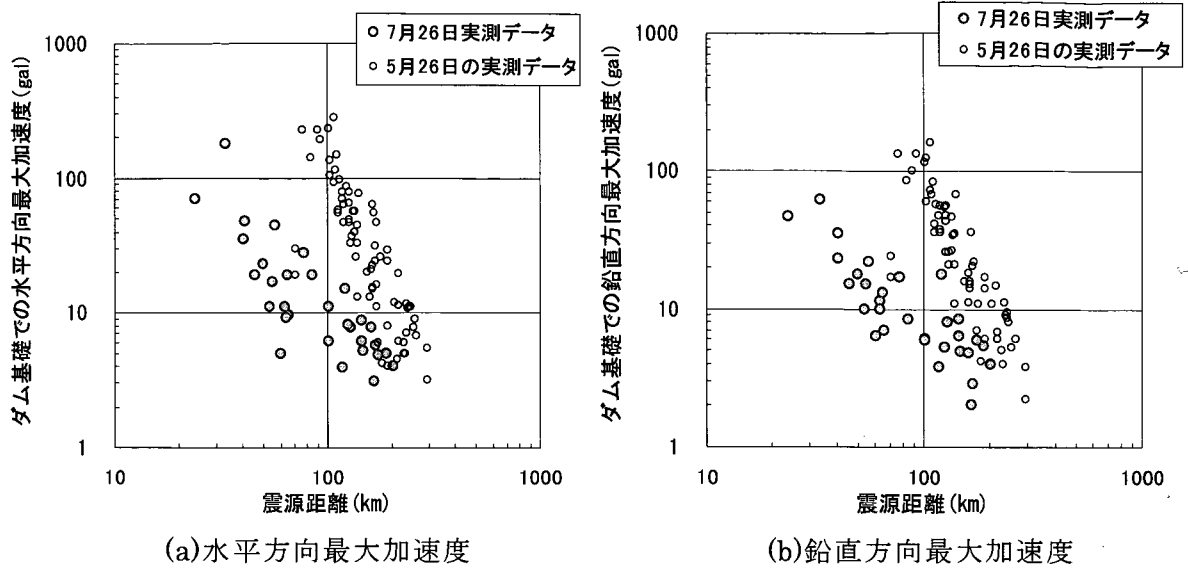


図 6.2 震源距離とダム基礎における最大加速度（観測値）の関係

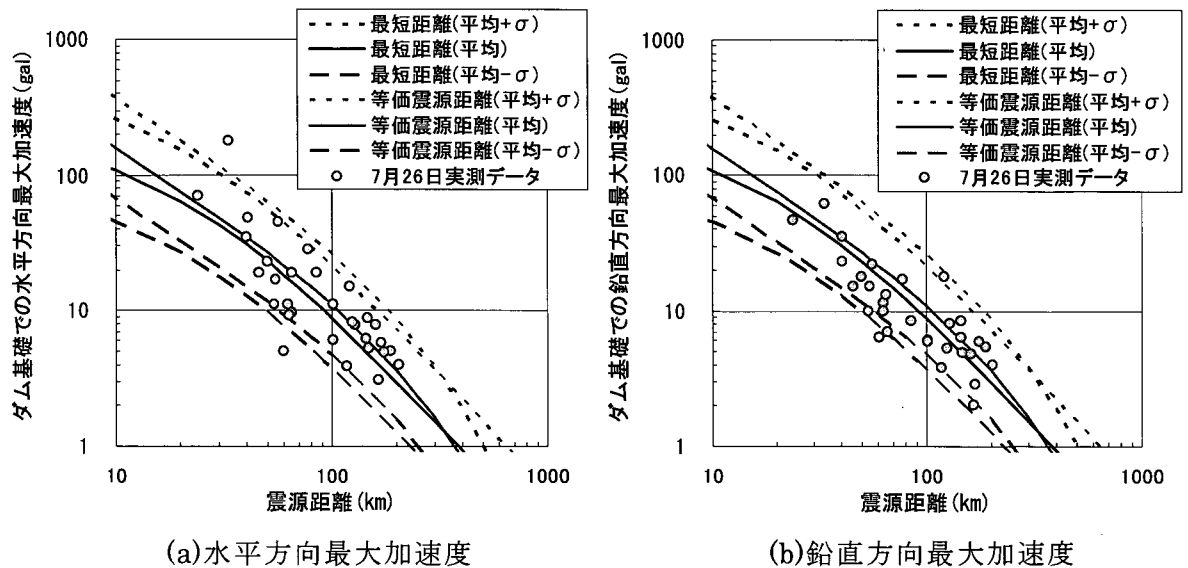


図 6.3 ダム基礎における最大加速度（観測値）と「ダムレベル2地震動委員会」による推定式の比較

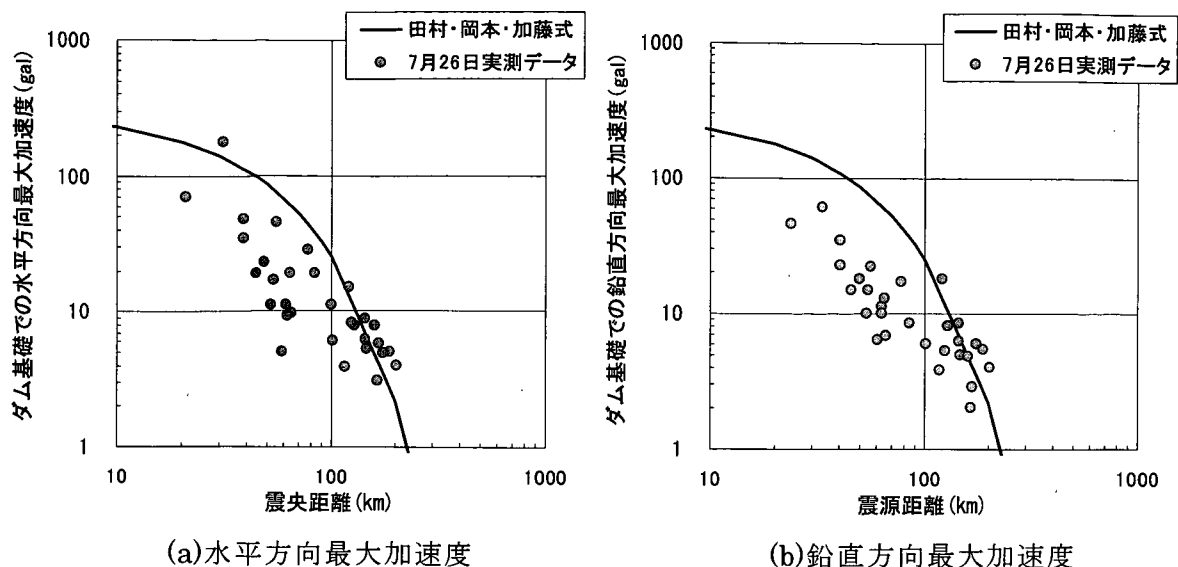


図 6.4 ダム基礎における最大加速度(観測値)と田村・岡本・加藤による推定式の比較

6. 5 まとめ

ダム管理者による臨時点検の結果と今回の現地調査の結果を総合すると、今回の地震の影響としては、一部のダムで一時的な浸透量の増加や濁りが観測された程度であり、先の5月26日の地震時に一部のダムで見られたような軽微な損傷を含め、ダムの安全性に影響を及ぼすような変状は確認されなかった。今回の地震は5月26日の地震と比べて震源が浅く、また地震の規模自体も小さかったことから、強い揺れの範囲が比較的限定されており、ダム地点における地震動は、比較的良好な岩盤を基礎とするダム構造物の安全性に影響を与えるほどのものとならなかったものと考えられる。

なお、5月26日の地震に続き、今回の地震においてもダムサイトにおける貴重な地震動記録が得られたため今後のダムサイトにおける地震動研究に役立てていく予定である。

参考文献

- 1) 建設省河川局開発課監修：ダムの管理例規集、山海堂（1993）pp.320-324
- 2) 建設省土木研究所：土木研究所報告第159号（1978年宮城県沖地震災害調報告）（1983）pp.201-263
- 3) (財)ダム技術センター：平成13年度ダム耐震設計高度化検討業務報告書（2002）
- 4) N. Matsumoto, H. Yoshida, T. Sasaki and T. Annaka : Response Spectra of Earthquake Motions at Dam Foundations, Commission Internationale des Grands Barrages, ICOLD-Congress, Montreal, 2003
- 5) 田村重四郎、岡本舜三、加藤勝行：岩盤地帯の地震動の最大加速度について、第13回地震工学研究発表会講演概要（1979）、pp.181-184