

5. ダム

5.1 概要

能登半島地震の本震後には、ダム管理者による臨時点検が行われた。点検を実施したダムは、国土交通省直轄 3 ダム（または堰）、補助 33 ダム、利水 72 ダムの計 108 ダム（または堰）である（自主点検のダム数を含む）。臨時点検の結果では、ダムの安全性に影響を及ぼす被害はなかったとの報告がなされている。国土技術政策総合研究所河川研究部水資源研究室および独立行政法人 土木研究所水工研究グループ・ダム構造物チームでは、この地震におけるダムの挙動調査を目的として、ダムに設置されている地震計で大きな加速度を記録したダムを中心に、石川県および富山県内のダムの現地調査を行うとともに、観測データの分析を行った。

5.2 ダムで観測された地震動

5.2.1 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 19 ダムである。これらの位置図を図-5.1 に、最大加速度記録を表-5.1 に示す。またダムサイト岩盤における最大加速度の震央からの距離減衰を図-5.2 に、断層からの最短距離による距離減衰を図-5.3 に示す。なお、図-5.2 には、岩盤の地震動の震央からの距離減衰式である田村・岡本・加藤の式¹⁾ (M6.9) を、また、図-5.3 には「大規模地震に対するダムの耐震性能照査に関する資料」²⁾ に示されているダムの距離減衰式（最短距離式、内陸型、M6.9）を併記した。また、加速度応答倍率（基礎位置と天端位置での最大加速度の比）を図-5.4 に示す。



図-5.1 ダム基礎で 25gal 以上を記録したダムの位置

表-5.1 最大加速度記録一覧

事業者	ダム名	水系名	形式(*1)	堤高 (m)	堤頂長 (m)	震央 距離 (km)	最大加速度 (gal)					
							基礎(*2)			天端(*3)		
							上下流	ダム軸	鉛直	上下流	ダム軸	鉛直
北陸地整	宇奈月	黒部川	G	97.0	190.0	93	24.0	34.0	22.0	92.0	153.0	42.0
石川県	九谷	大聖寺川	G	75.0	280.0	116	31.0	33.0	15.2	100.4	48.8	18.0
	赤瀬	梯川	G	38.0	180.0	104	30.0	28.0	15.0	43.0	46.0	20.0
	犀川	犀川	G	72.0	160.0	88	38.0	22.0	11.0	58.0	98.0	30.0
	小屋	鶉飼川	R	56.5	240.0	48	81.0	156.0	77.0	316.0	473.0	202.0
	八ヶ川	八ヶ川	G	52.0	144.0	14	165.7	202.5	164.2	848.6	705.4	266.9
富山県	上市川	上市川	R	64.0	146.0	89	35.0	25.0	27.0			
	上市川第二	上市川	G	67.0	205.0	91	27.0	26.0	21.0			
	和田川	庄川	G	21.0	137.0	71	70.0	65.0	35.0	100.0	83.0	37.0
	利賀川	庄川	G	39.0	142.5	103	25.0	23.0	12.0	51.0	85.0	17.0
	白岩川	白岩川	GF	51.0	318.0	89	45.0	56.0	33.0	193.0	193.0	108.0
	子撫川	小矢部川	R	45.0	224.0	57	29.0	28.0	27.0	145.0	130.0	115.0
	角川	角川	R	58.5	180.0	85	38.0	52.0	42.0	435.0	245.0	283.0
	熊野川	神通川	G	89.0	220.0	93	34.0	27.0	21.0	113.0	87.0	44.0
	久婦須川	神通川	G	95.0	253.0	91	18.0	19.0	15.0	143.0	60.0	25.0
	朝日小川	小川	GF	84.0	260.0	91	23.0	18.0	16.0	212.0	67.0	33.0
	大谷	黒瀬川	E	81.0	172.0	82	41.0	38.0	24.0	76.0	89.0	43.0
	城端	小矢部川	G	59.0	216.5	84	35.9	30.3	18.6			
	布施川	片貝川	R	58.5	219.0	88	30.0	24.4	0.3			

(*1) G:重力式コンクリートダム、R:ロックフィルダム、GF:重力式コンクリートダムとフィルダムの複合ダム、E:アースダム

(*2) 基礎岩盤または監査廊底部に設置された地震計による最大加速度(速報値)

(*3) ダムの天端に設置された地震計による最大加速度(速報値)

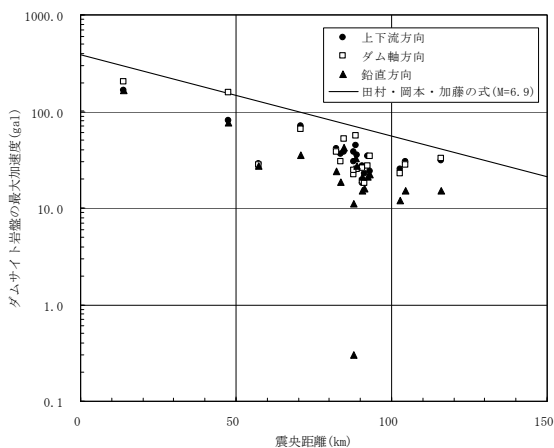


図-5.2 ダム基礎岩盤における最大加速の距離減衰分布

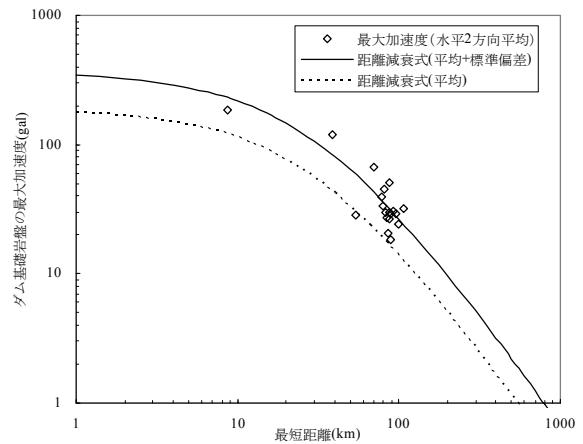


図-5.3 ダム基礎岩盤における最大加速度の距離減衰分布と距離減衰式²⁾

今回の地震では、震源から最も近い八ヶ川ダム（震央距離：14km）において、監査廊底部（基礎）に設置された地震計で、202.5gal（水平）、164.2gal（鉛直）の最大加速度をそれぞれ記録した。

5.2.2 八ヶ川ダムにおける加速度記録

八ヶ川ダムは、今回の地震の震央から14kmの距離にあり、地震動を観測したダムで最も近傍であった。ダムサイト周辺は主として穴水累層と呼ばれる中新世前期～中期の火山成岩からなっている。ダムサイト付近の穴水累層は下位より、熔結凝灰岩、軽石質凝灰岩、安山岩、火山円礫岩等からなるが、このうちダムの基礎岩盤をなすのは、主として安山岩と火山円礫岩である。

地震計は、監査廊底部と天端に設置されている。本震で観測された加速度記録の応答スペクトルを図-5.5に時刻歴波形を図-5.6にそれぞれに示す。

図-5.5には、「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）・同解説」³⁾で示されている照査用下限応答スペクトルをあわせて表示している。照査用下限スペクトルとは、ダムの耐震性能照査にあたり、地震の震源となる活断層が地表面に現れていない場合を想定して、最低限考慮すべき水平地震動を加速度応答スペクトルとして設定したものである。今回の八ヶ川ダムの加速度記録は、長周期成分の一部を除いてこれを下回っている。

5.3 ダムの変状調査結果

今回の地震では、ダム基礎地盤あるいは堤体低部に設置した地震計で25gal以上の最大加速度を観測、または、ダム地点周辺の気象台で発表された気象庁震度階が4以上であったダムにおいて、地震後に臨時点検が行われた。点検を実施したダムは、国土交通省直轄3ダム（または堰）、補助33ダム、利水72ダムの計108ダム（または堰）である（自主点検のダム数を含む）。臨時点検の結果では、ダムの安全性に影響を及ぼす被害はなかったとの報告がなされている。

このうちの大きな加速度を記録したダムを中心に、5ダムを対象に現地調査した。以下に、各ダムの調査結果を述べる。

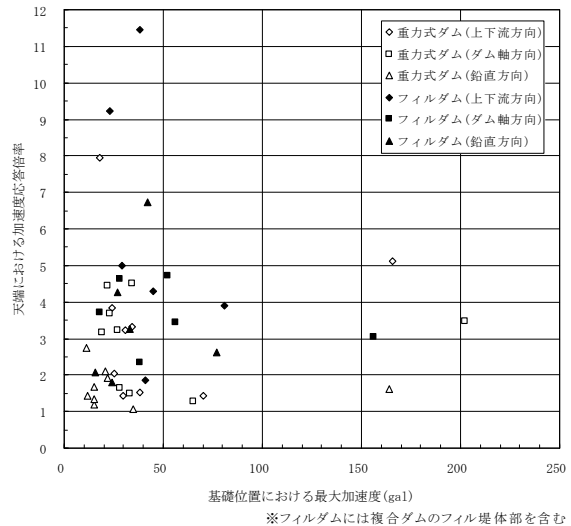


図-5.4 天端における加速度応答倍率

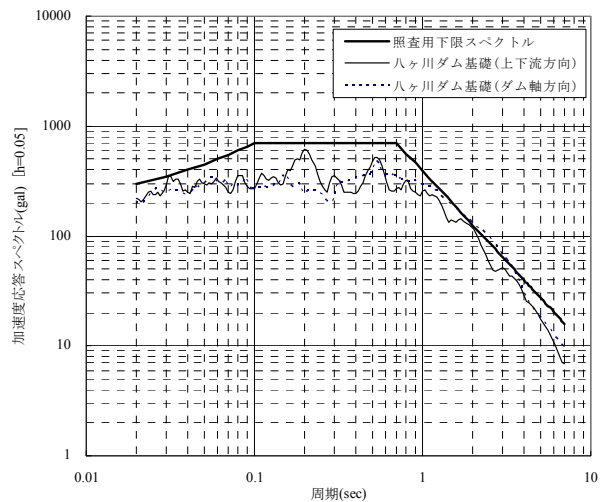


図-5.5 八ヶ川ダム加速度応答スペクトル（監査廊底部）

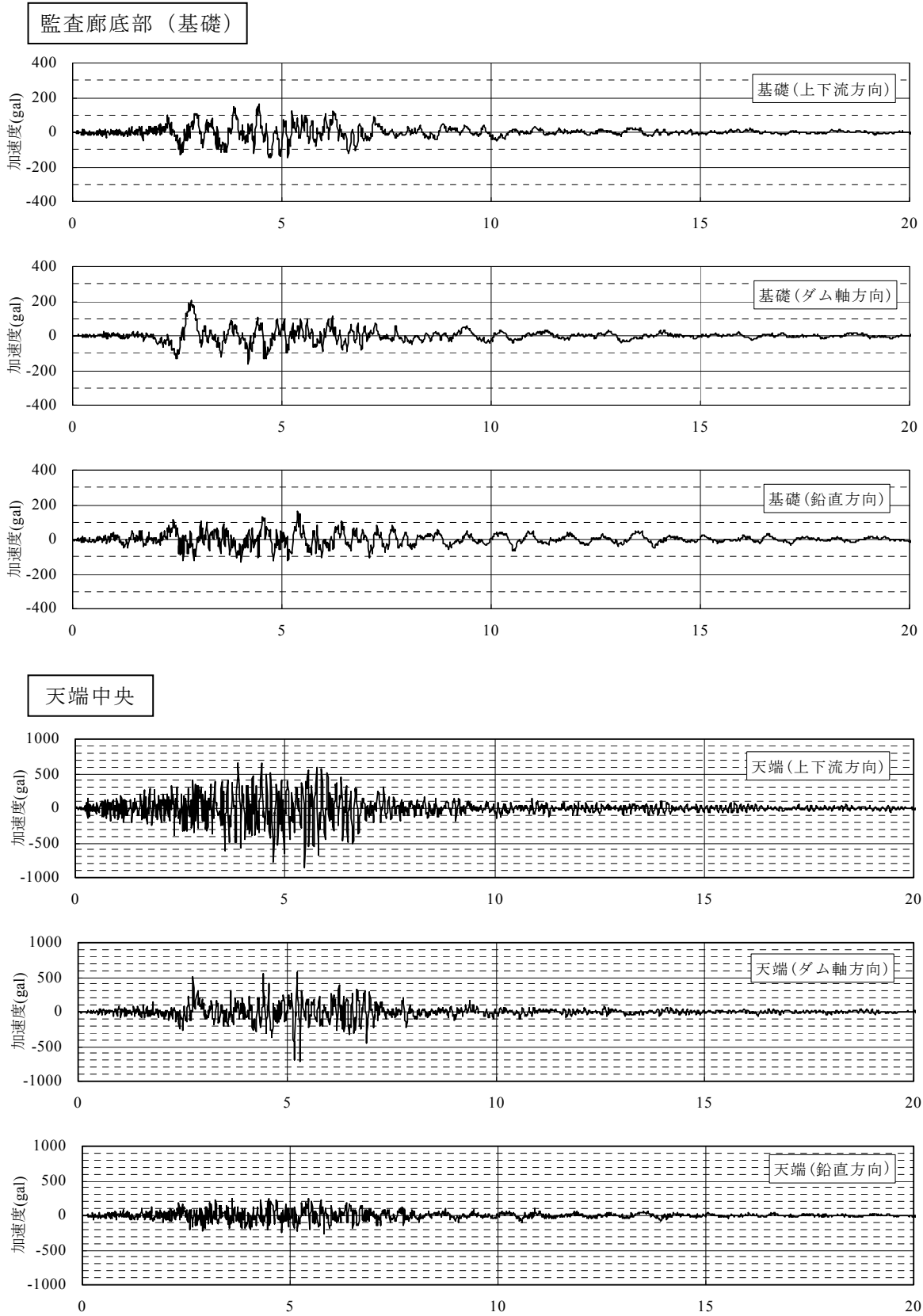


図-5.6 八ヶ川ダム加速度時刻歴波形

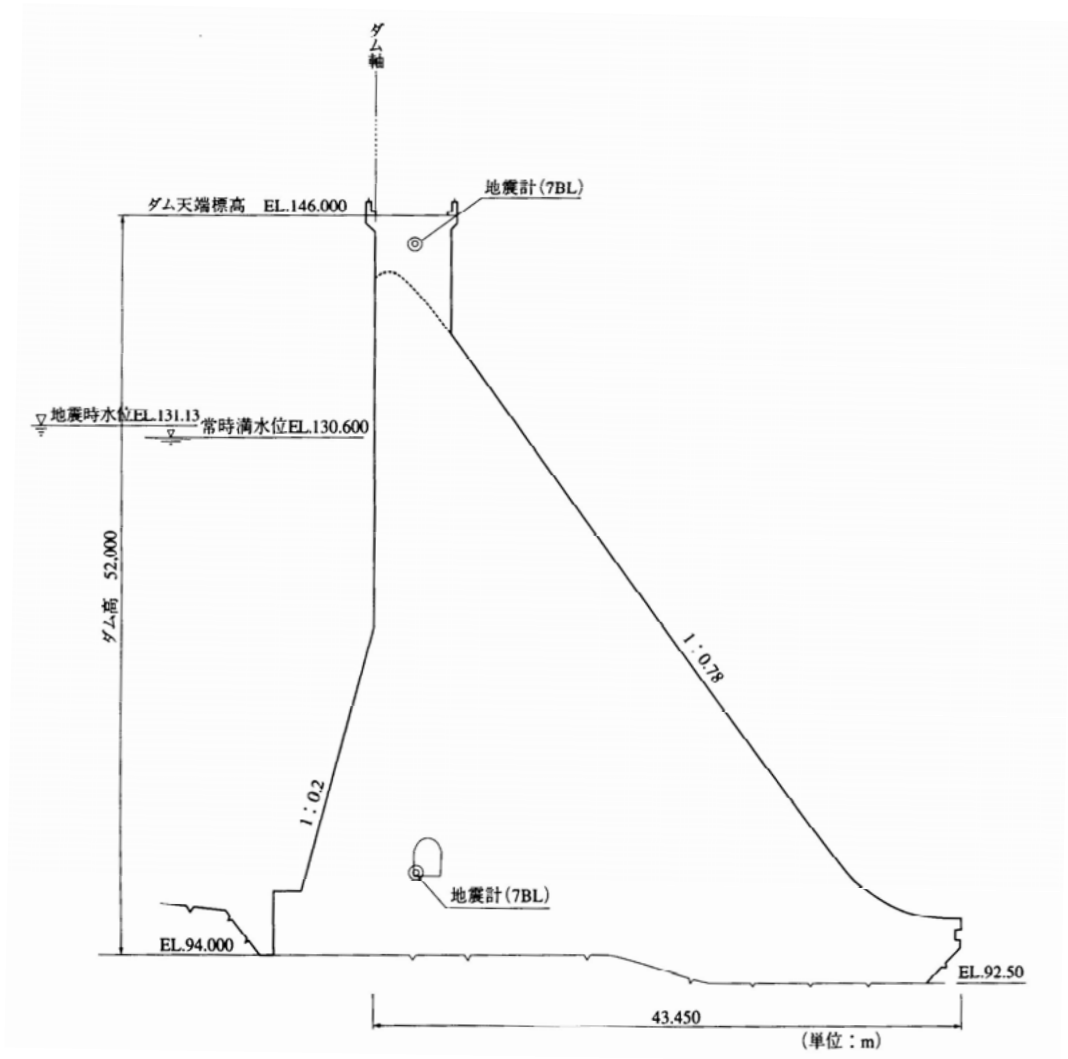


図-5.7(a) 八ヶ川ダム標準断面図

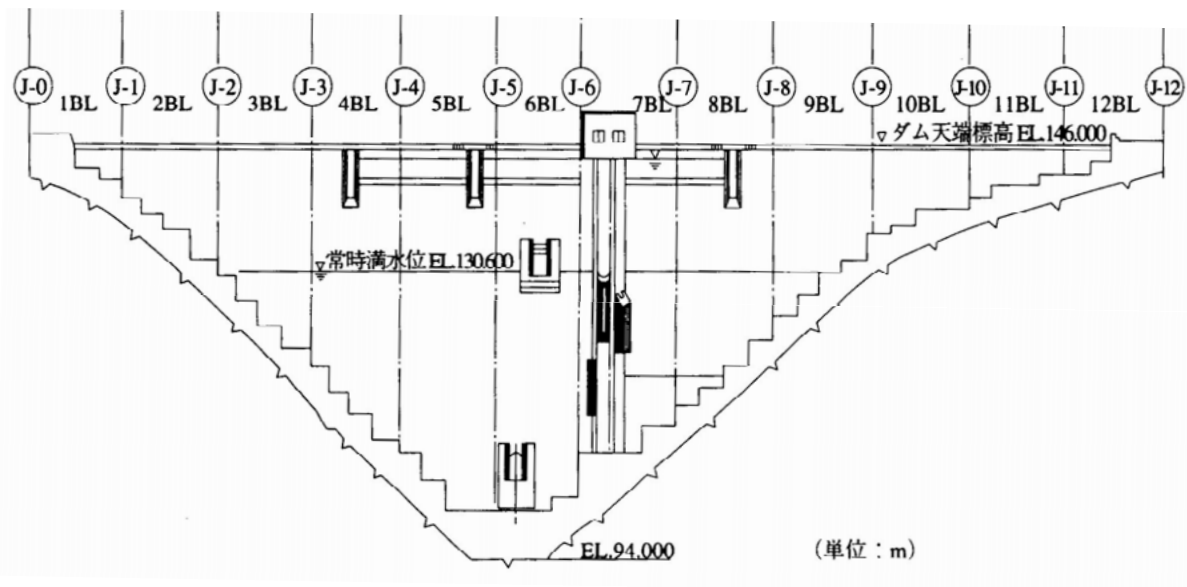


図-5.7(b) 八ヶ川ダム上流面図

(1) ハケ川ダム

ハケ川ダムは石川県土木部が管理する堤高 52.0m の重力式コンクリートダムであり、1995年に竣工した。ハケ川ダム堤体の標準断面図、上流面図を図-5.7(a)、図-5.7(b)にそれぞれ示す。また写真-5.1に堤体下流面および天端の地震計の位置を示す。当ダムは、本震の震央から14kmに位置し、図-5.7(a)に示すダム基礎（監査廊底部）での最大加速度は水平方向 202.5gal、鉛直方向 164.2gal、天端位置（天端橋梁の門柱上部の内部）では水平方向 848.6gal、鉛直方向 266.9galであった。

1) 目視観察結果

堤体ブロックの継目（ジョイント）にあたる天端の高欄の継目（J-1）に若干の開き（写真-5.2）と高欄継目（J-3、8）の隅角部のコンクリート表面の部分的にかけた跡を確認した（写真-5.3）。また、監査廊内のブロック継目には、補修モルタルの剥落（J-3、4、6、7、8）（写真-5.4）および階段ステップの床版コンクリートにクラックを確認した（J-6、8）（写真-5.5）。

2) 堤体観測データ

・ 排水量

表-5.3に地震前後の全排水量の観測値（基礎排水孔排水量と継目排水孔排水量の合計）を示す。地震前の25日9:00に20/minであった全排水量は、地震直後の10:00に40/min



写真-5.1 ハケ川ダム堤体下流面及び天端の地震計位置



写真-5.2 ハケ川ダム天端高欄継目の開き（J-1）



写真-5.3 ハケ川ダム天端高欄継目部のコンクリートの剥落（J-8）



写真-5.4 ハケ川ダム監査廊継目部における補修モルタルの剥落（J-3）

表-5.3 八ヶ川ダムの排水量の変化

	観測日時		貯水位 (EL. m)	排水量 (l/min)
地震前	3月23日	10:00	130.80	1.0
	3月24日	10:00	130.78	1.0
	3月25日	9:00	131.13	2.0
地震発生		9:42		
地震後		10:00	131.15	4.0
	3月26日	10:00	131.09	3.0
	3月27日	10:00	130.96	2.0
	3月28日	10:00	130.92	2.0
	3月29日	10:00	130.87	1.0



写真-5.5 八ヶ川ダム監査廊継目における階段のクラック(J-8)

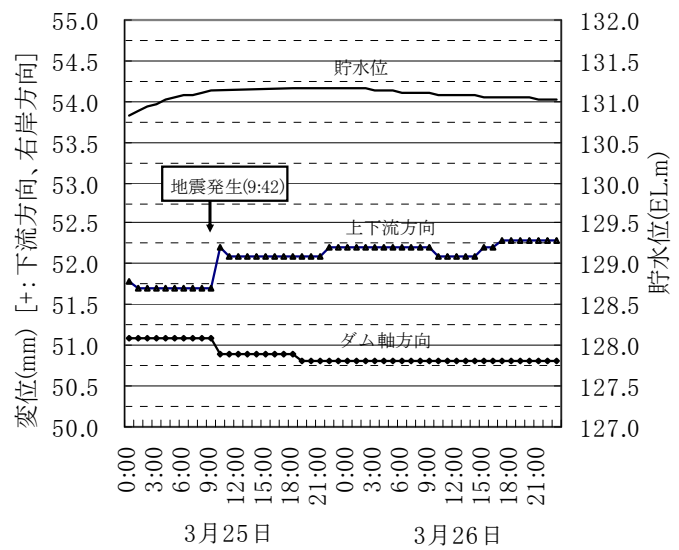


図-5.8 八ヶ川ダムプラムライン観測値の変化

に増加したが、11:00に30/minに減少し、26日19:00には地震前と同じ20/minとなり、その後貯水位の低下とともに全排水量も減少している。

・ 堤体変形

堤体の7BLに設置されているプラムラインでは、地震直後に下流方向に0.5mm、左岸方向に0.2mmの若干の変位が観測された(図-5.8)。変位量はわずかであり、かつ、急激な進行もみられない。

・ その他

揚圧力などのその他観測データには、地震前後で大きな変化はみられなかった。

3) ダム堤体の地震応答特性

ダム堤体は地震の主要動終了後、基礎からの強制振動の加振が終わった後においては、減衰を伴いながら微小な振動が継続する。この振動周期は、堤体の固有周期によるところが大きい。したがって、この範囲の加速度波形を分析すれば、堤体の固有周期をある程度把握することができる。図-5.9に自由振動時における、天端のダム基礎(監査廊底部)に対する上下流方向成分の加速度のフーリエスペクトル比を示す。対象とした波形は、本震

と、ダム基礎で大きな加速度を観測した余震を選定した(表-5.4)。各余震における八ヶ川ダムの基礎及び天端での上下流方向成分最大加速度は、余震①：基礎 22.5gal、天端 129.1gal、余震②：30.7gal、143.8gal、余震③：22.6gal、73.7gal である。また、自由振動状態として、主要動終了後、ダム基礎の加速度が 5gal 以下となった後の波形を使用した。

同図から、八ヶ川ダム堤体の 1 次固有周波数は 8.5~9.5Hz 程度、2 次固有周波数は 12~13.5Hz 程度であると推測できる。

図-5.10 には、本震と余震①~③の主要動を含めた全継続時間における天端の基礎に対する上下流方向成分の加速度のフーリエスペクトル比を示す。図-5.9 で推測したダムの 1 次固有周波数 8.5~9.5Hz 付近において、余震①~③は、スペクトルの応答倍率は明瞭なピークが存在するが、本震ではその周波数領域での応答倍率は小さく、明瞭なピークはみられない。2 次固有周波数 12~13.5Hz 付近においても、1 次固有周波数付近の傾向ほど明瞭ではないが同様である。これは、前述したように、地震後の目視観察により、天端高欄や監査廊内部において、堤体のブロック継目部にコンクリートの剥落がみられたが、これは本震の際、各ブロックが相対的に異なる挙動をし、継目がこすれた痕跡と考えられる。低次モードでは変位応答が大きいいため、ブロック間の相対的振動変位に伴う相当なエネルギー損失があり、固有周波数付近での応答が小さくなったものと考えられる。このような事象から、重力式コンクリートダムの 2 次元地震応答解析において、入力地震動が大きいと

表-5.4 本震および余震の諸元

	発生日時	マグニチュード	震源深さ	震央		上下流方向最大加速度	
				東経	北緯	基礎	天端
本震	3/25 9:42	6.9	11km	136°41.1'	37°13.2'	165.7gal	848.6gal
余震①	3/25 15:43	4.5	9km	136°46.3'	37°17.6'	22.5gal	129.1gal
余震②	3/25 18:11	5.3	13km	136°50.3'	37°18.2'	30.7gal	143.8gal
余震③	3/28 8:08	4.9	13km	136°42.5'	37°13.3'	22.6gal	73.7gal

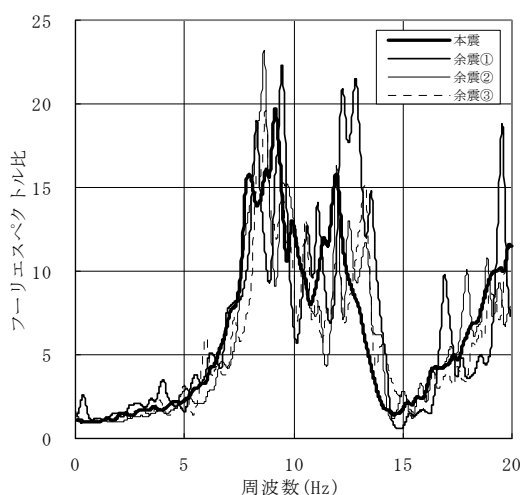


図-5.9 自由振動時のダム基礎と天端における加速度波形のフーリエスペクトル比

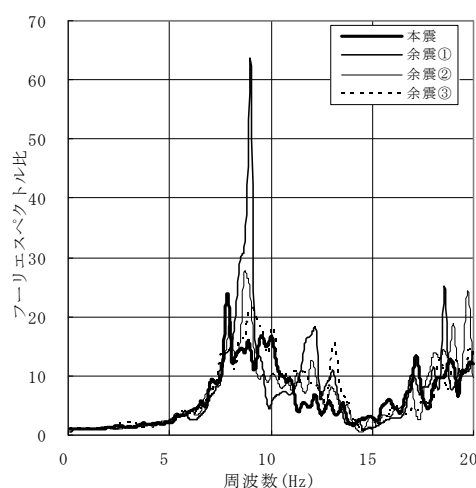


図-5.10 本震・余震のダム基礎と天端における加速度波形のフーリエスペクトル比

きは、3次元的な減衰増分を考慮する必要があることが推察される。

(2) 小屋ダム

小屋ダムは、石川県土木部が管理する堤高 56.5m の中央遮水壁型ロックフィルダムであり、1993 年に竣工した。当ダムは、本震の震央から 48km に位置し、ダム基礎（底設監査廊）での最大加速度は水平方向 156gal、鉛直方向 77gal、天端中央では水平方向 473gal、鉛直方向 202gal であった。小屋ダム堤体の標準断面図、上流面図を図-5.11(a)、図-5.11(b) にそれぞれ示す。

なお、当ダムは竣工直後に、1993 年能登半島沖地震（1993 年 2 月 7 日発生、M6.6）を経験している。今回の地震は、それ以来の大規模地震である。土木研究所ダム部フィルダム研究室（当時）では、1993 年能登半島沖地震後に、小屋ダムを含むダム調査を実施⁴⁾ しており、後述では、1993 年能登半島沖地震時の小屋ダムの変状についても今回の地震による変状と対比して述べることにする。

1) 目視観察結果

1993 年能登半島沖地震時には、図-5.12 に示すように、天端舗装に 10 条程度のヘアークラックが確認された。写真-5.6 に示すように、そのほとんどが上下流方向に生じており、数ヶ所は施工継ぎ目に沿って発生していた。ダム左岸上流取付部では、地震以前には、2～3 条のヘアークラックが存在していたが、地震後の詳細観察の結果、9 条のヘアークラックが確認された。天端舗装と洪水吐きコンクリートの境界部では地震前から 3～4mm の舗装面の開きがあったが、地震後には 5～6mm の開きが確認された。

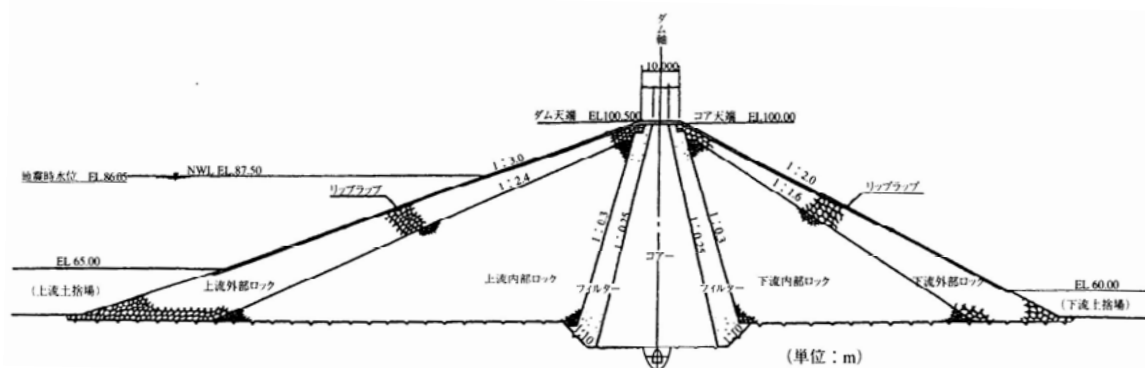


図-5.11(a) 小屋ダム標準断面図

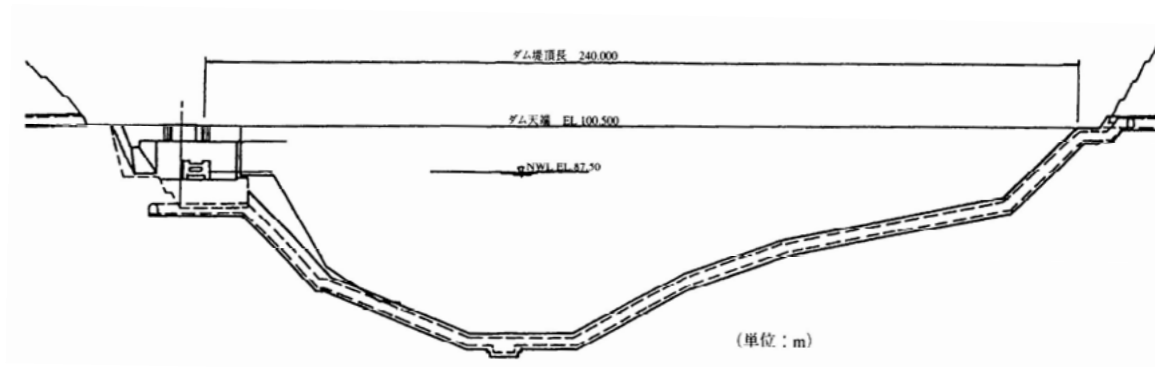


図-5.11(b) 小屋ダム上流面図

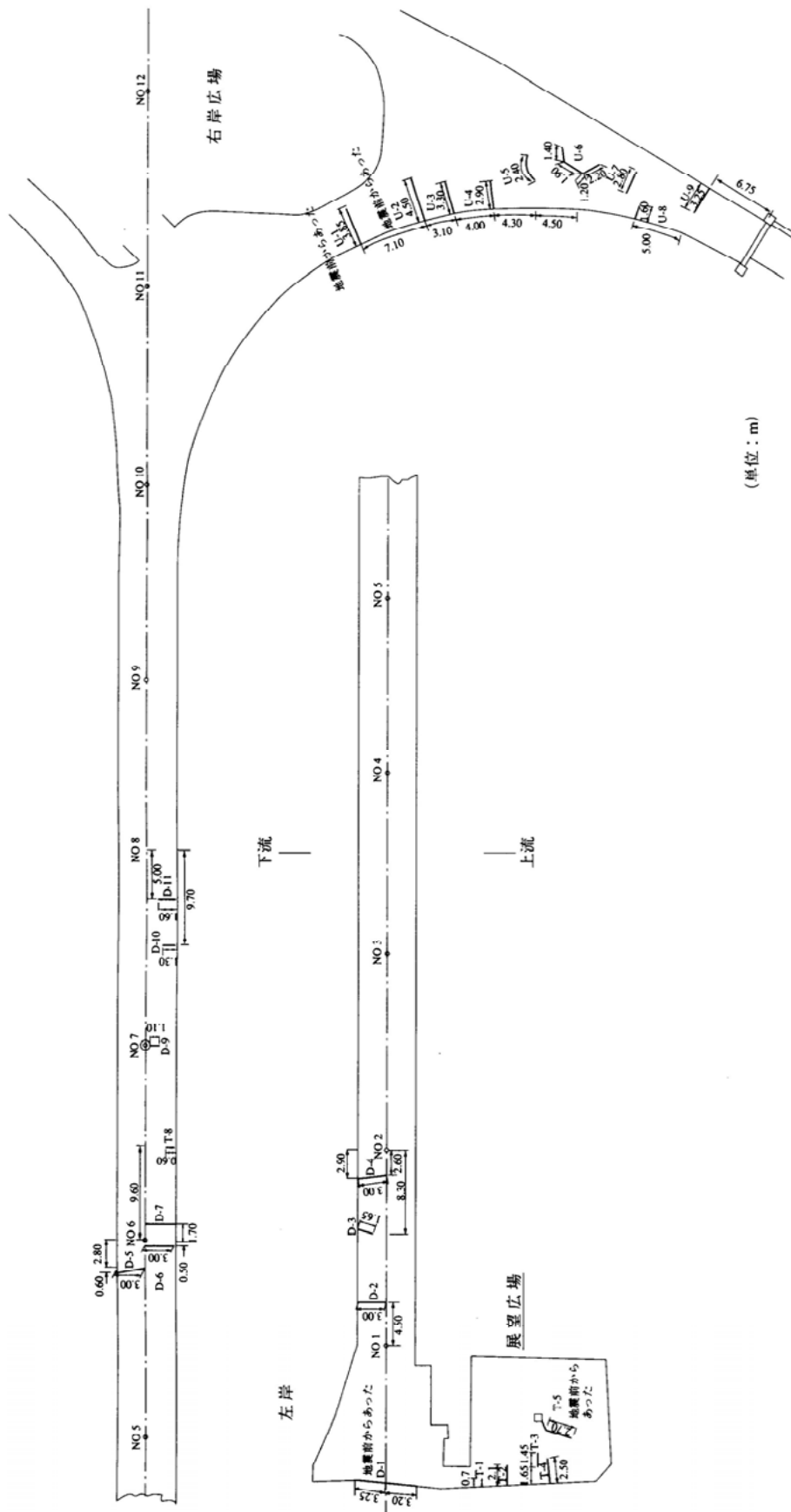


図-5.12 1993年能登半島地震による小屋ダム天端舗装面上のクラック発生状況

一方、今回の地震後の観察では、天端舗装には地震によると思われる新鮮なクラックは確認されなかった。

洪水吐きの横の左岸側展望広場は、擁壁内の埋戻し土による造成地であるが、1993年能登半島沖地震時には、その埋戻し土に約1cmの沈下が確認され、その舗装面に地震による新たな4条のヘアークラックが確認された。今回の地震後の観察でも、数条のヘアークラックは確認できたが、今回の地震により発生したものかどうかは判別できなかった。

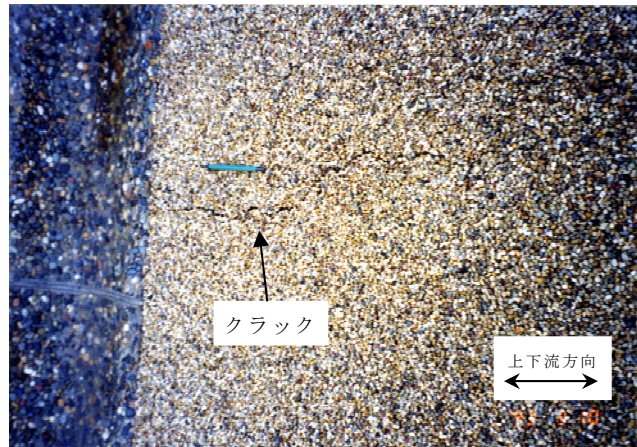


写真-5.6 1993年能登半島地震による小屋ダム天端舗装面のヘアークラック

洪水吐きの横の展望広場において盛土擁壁と基礎コンクリートの境界の開きがみられる。この開きは1993年能登半島沖地震において発生を確認したものである。1993年の地震後の計測で上流端から水平に36cmの位置で開口幅が23mmであった(写真-5.7(a); 1993年地震直後)が、今回の地震後に計測したところ同一位置の開口幅は約50mmであった(写真-5.7(b); 今回地震直後の写真)。1993年以降の開口幅増分量は、最近傍に位置する上流法面の外部標的(No.1)の1993年地震以降の累計沈下量24mm(図-5.23)とほぼ一致する。このことから、展望台の盛土擁壁のテールアルメ板が洪水吐きコンクリートに差筋してあり沈下せず、その基礎となっている堤体が沈下したために開口していることがわかる。



(a) 1993年能登半島沖地震後の状況
(擁壁と基礎コンクリートの開口幅:23mm)



(b) 1993年能登半島沖地震後の状況
(擁壁と基礎コンクリートの開口幅:約50mm)

写真-5.7 小屋ダム洪水吐き横の展望広場下部における盛土擁壁と基礎コンクリートの開き

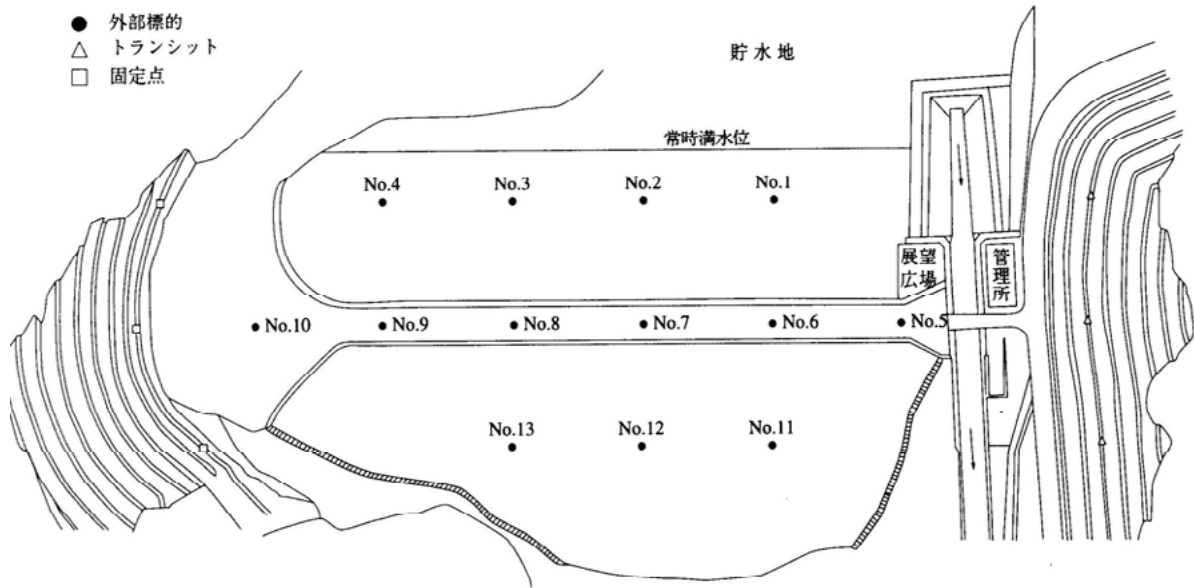


図-5.13 小屋ダム外部変形測点位置図

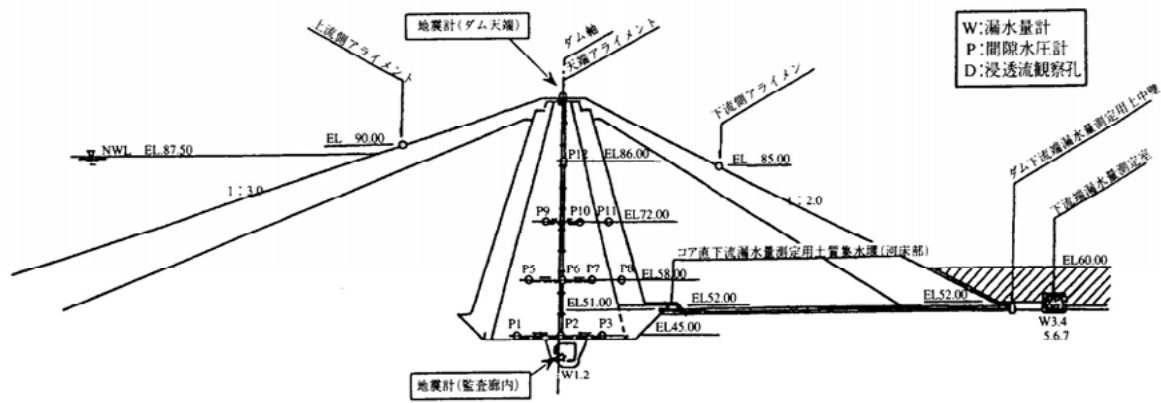


図-5.14(a) 小屋ダム観測計器横断配置図

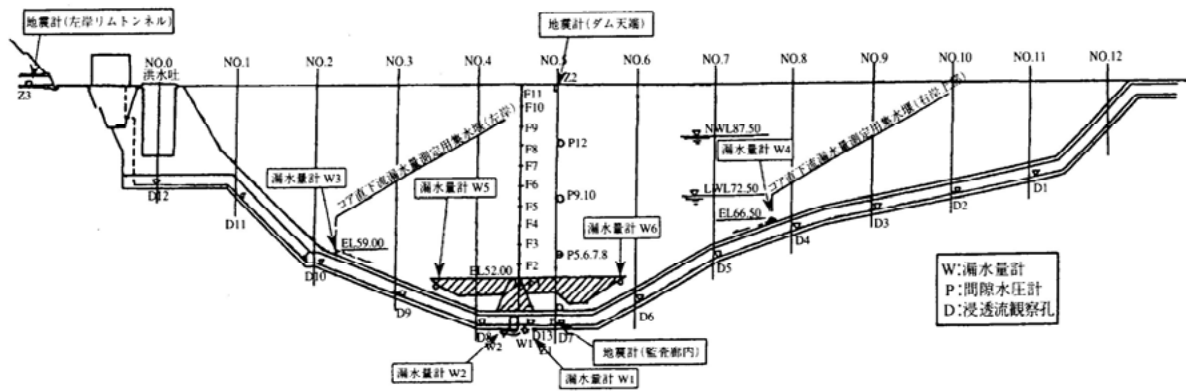


図-5.14(b) 小屋ダム観測計器縦断配置図

2) 堤体観測データ

図-5.13 に小屋ダム堤体の外部変形計測点を、図-5.14(a)、図-5.14(b)に堤体浸透量観測区分、間隙水圧計および浸透流観測孔の位置図を示す。それぞれの観測値については以下のとおりである。

・ 堤体浸透量

コアからの浸透量は、図-5.14(b)に示すように4ブロック(W-3~W-6)に分けて計測している。

1993年能登半島沖地震時には、図-5.15に示すようにW-3~W-6の堤体(コア)浸透量は、地震後に一時、数 l/min ~10 l/min 程度増加したが、数日後には元に戻った。

今回の地震前後の小屋ダムの堤体浸透量の経時変化を図-5.16に示す。地震発生後にW-5では、5 l/min 程度増加した。図-5.17に、W-5における堤体浸透量と貯水位の相関を地震前(2007年3月18日~24日)、地震後(同3月25日~4月30日)に区分して示した。地震前後の降雨(地震前日の降水量:15mm/day)により、地震後に貯水位が0.5m程度上昇しており、それに伴い浸透量も増加している。地震直後の貯水位と浸透量の相関は、その後の4月後半の両者の相関とほぼ一致していることから、地震後のW-5における浸透量の若干の増加は、地震のみによる影響とは考えられない。また、左岸側(EL.59m以上)の堤体浸透水を集水するW-3において、地震直後(25日20:28観測)に、茶色の濁りが観察されたとのことであるが、翌日26日6:18には濁りは観察されなかった。

・ 堤体内間隙水圧

図-5.19に小屋ダムのコア及びフィルター部の間隙水圧計観測値の経時変化を示す。地震発生直後にコア内部の中標高部(P-9)において若干の変動がみられる。このP-9に関して、図-5.18に間隙水圧と貯水位の相関を地震前(2004年9月~2007年3月)と地震後(2007年3月25日以降)で整理した。地震後は地震前と比べて、同一貯水位に対する間隙水圧が増加しており、地震による影響がみられる。

・ 浸透流観測孔の間隙水圧

図-5.20に小屋ダム監査廊内の浸透流観測孔で観測された間隙水圧の経時変化を示す。地震発生直後に特にD-5とD-9において変動がみられた。これらについて、図-5.21に浸透流観測孔の間隙水圧と貯水位の相関を地震前(2004年9月~2007年3月)と地震後(2007年3月25日以降)で整理した。地震後には、同程度の貯水位に対して、D-5で若干の増加、D-9で減少しており、地震による影響とみられる間隙水圧の変化が若干みられた。

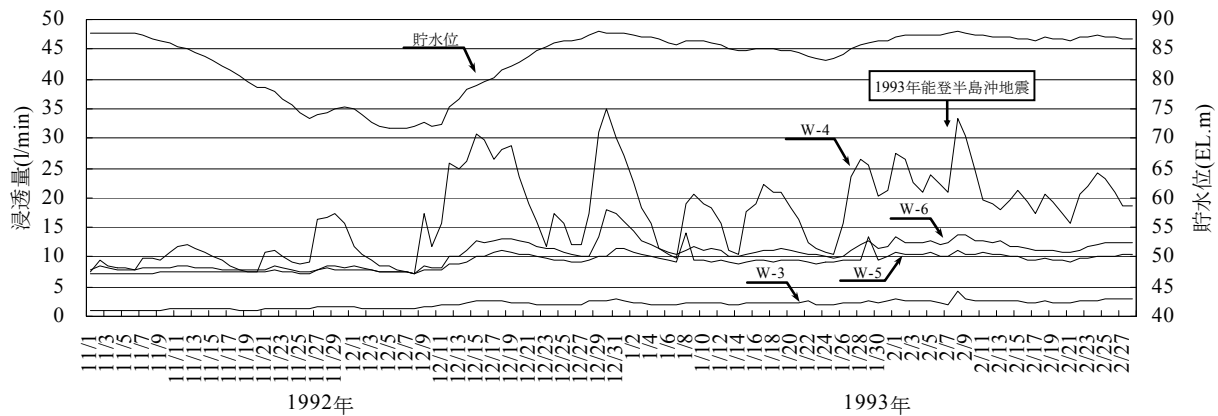


図-5.15 1993年能登半島沖地震(1993年2月7日)前後の堤体浸透量の変化(小屋ダム)

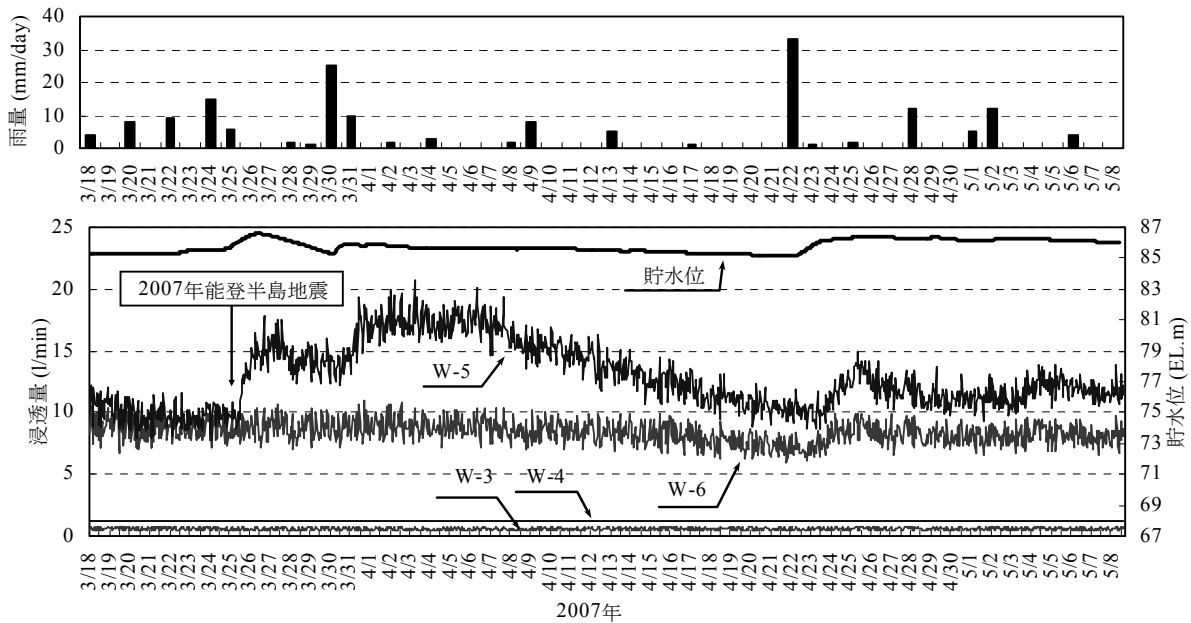


図-5.16 2007年能登半島地震前後の堤体浸透量の変化(小屋ダム)

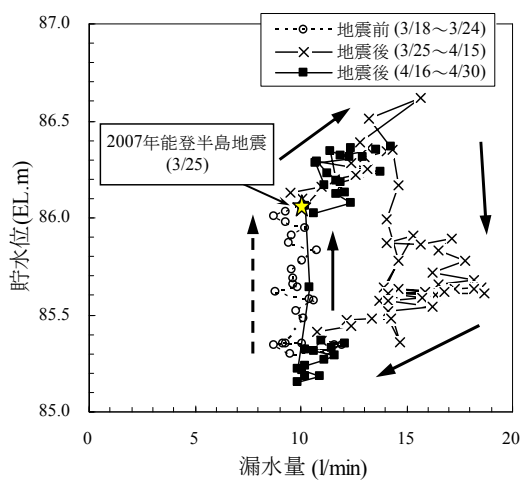


図-5.17 小屋ダム堤体浸透量と貯水位の相関(W-5)
(地震前:2007/3/18~3/24、
地震後:2007/3/25~4/30)

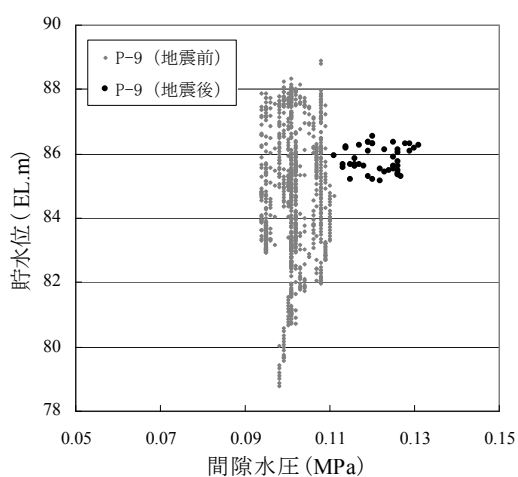


図-5.18 小屋ダムコア部の間隙水圧と貯水位の相関(P-9)
(地震前:2004/9/1~2007/3/24、
地震後:2007/3/25~5/8)

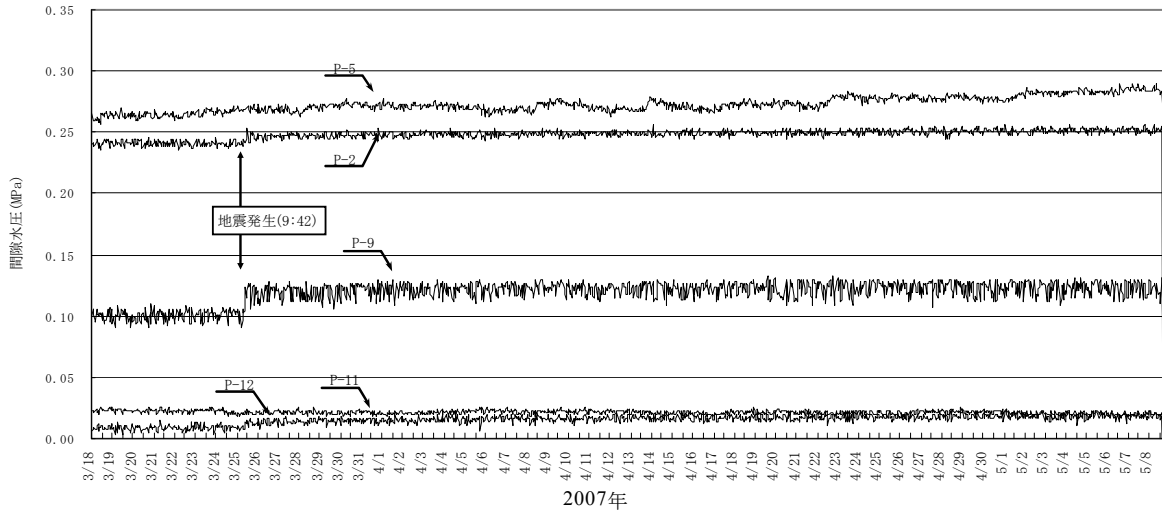
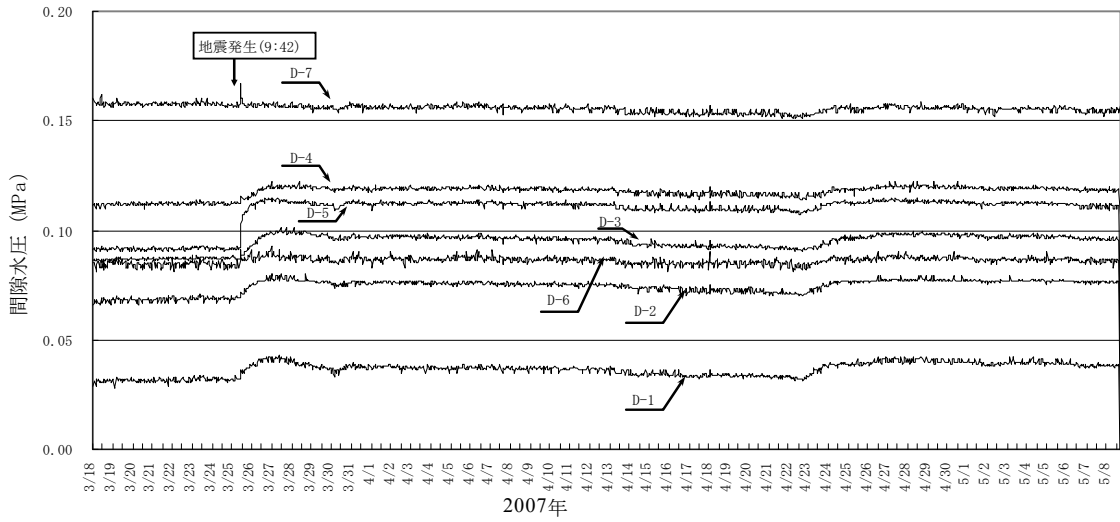
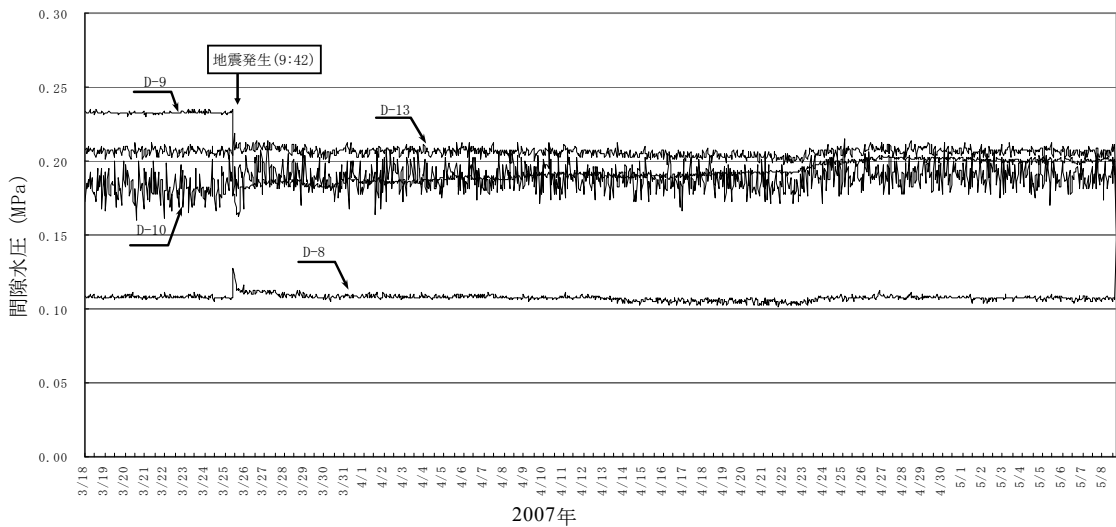


図-5.19 間隙水圧の経時変化(小屋ダム)(P-2, 5, 9, 12:コア部、P-11:フィルター部)



(a) 右岸側



(b) 左岸側

図-5.20 監査廊内の浸透流観測孔の間隙水圧の経時変化(小屋ダム)

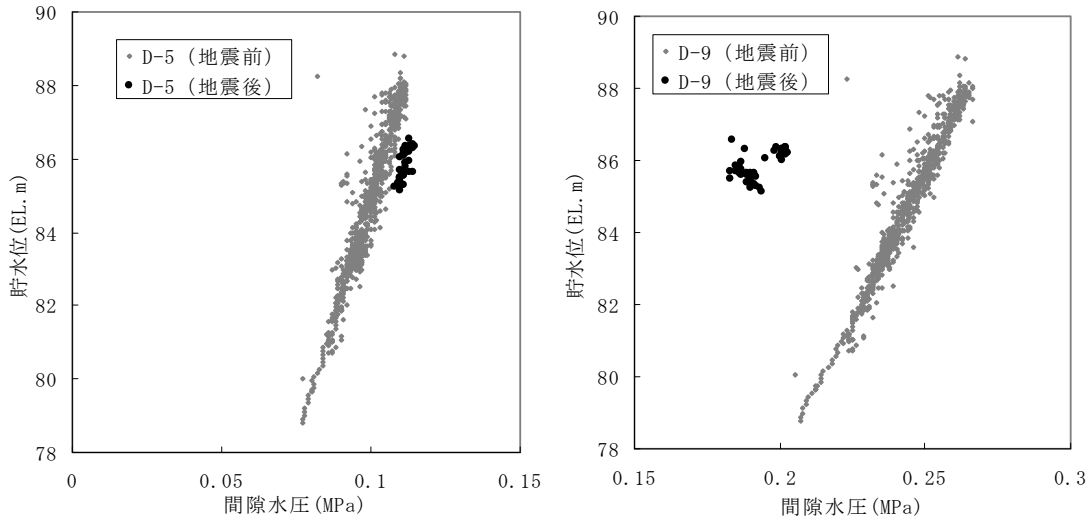


図-5.21 監査廊内の浸透流観測孔の間隙水圧と貯水位の相関（小屋ダム）
 (D-5:右岸中位標高、D-9:左岸中位標高)
 (地震前:2004/9/1~2007/3/24、地震後:2007/3/25~5/8)

・ 外部変形

図-5.13 に示すように、小屋ダムには、上流法面、天端、下流法面の3測線で合計13点の外部標的が設置されており、外部変形を計測している。

1993年能登半島沖地震時には、当ダムは竣工後間もない時期であり、地震による天端中央の測点(No.7)の沈下量測量値は9mmであった。その沈下量は層別沈下計による累積値でも確認されている。

今回の地震においては、外部変形測量値について、地震前の測量(3月10日)と比較して、地震翌日(3月26日)は、上流面で最大19mm、天端で最大25mm、下流面で最大11mmの沈下量が計測された。また、水平移動量をみると、天端と上流法面は上流方向にそれぞれ最大0.7mm、6.2mm、下流法面は下流方向に最大3.4mmの変位が観測された。図-5.23と図-5.24に、外部変形測量結果による堤体の沈下量および水平移動量の経年変化を示す。また、天端測線における累計沈下量の推移を図-5.22に示す。

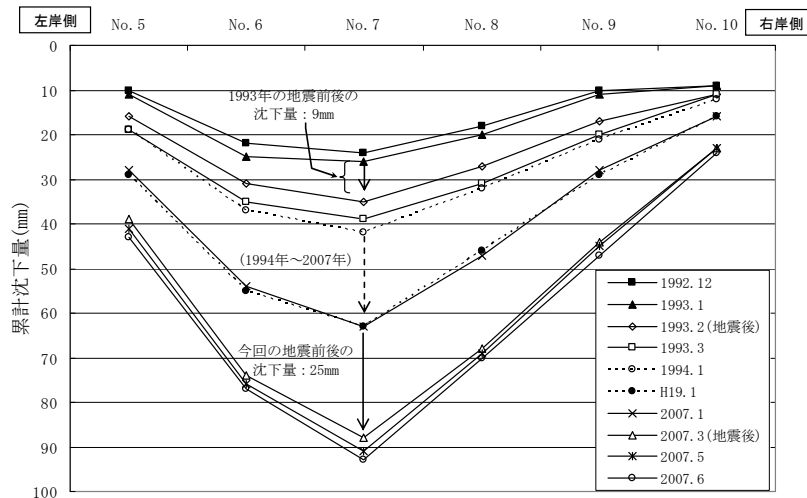


図-5.22 小屋ダム天端の累積沈下量の推移

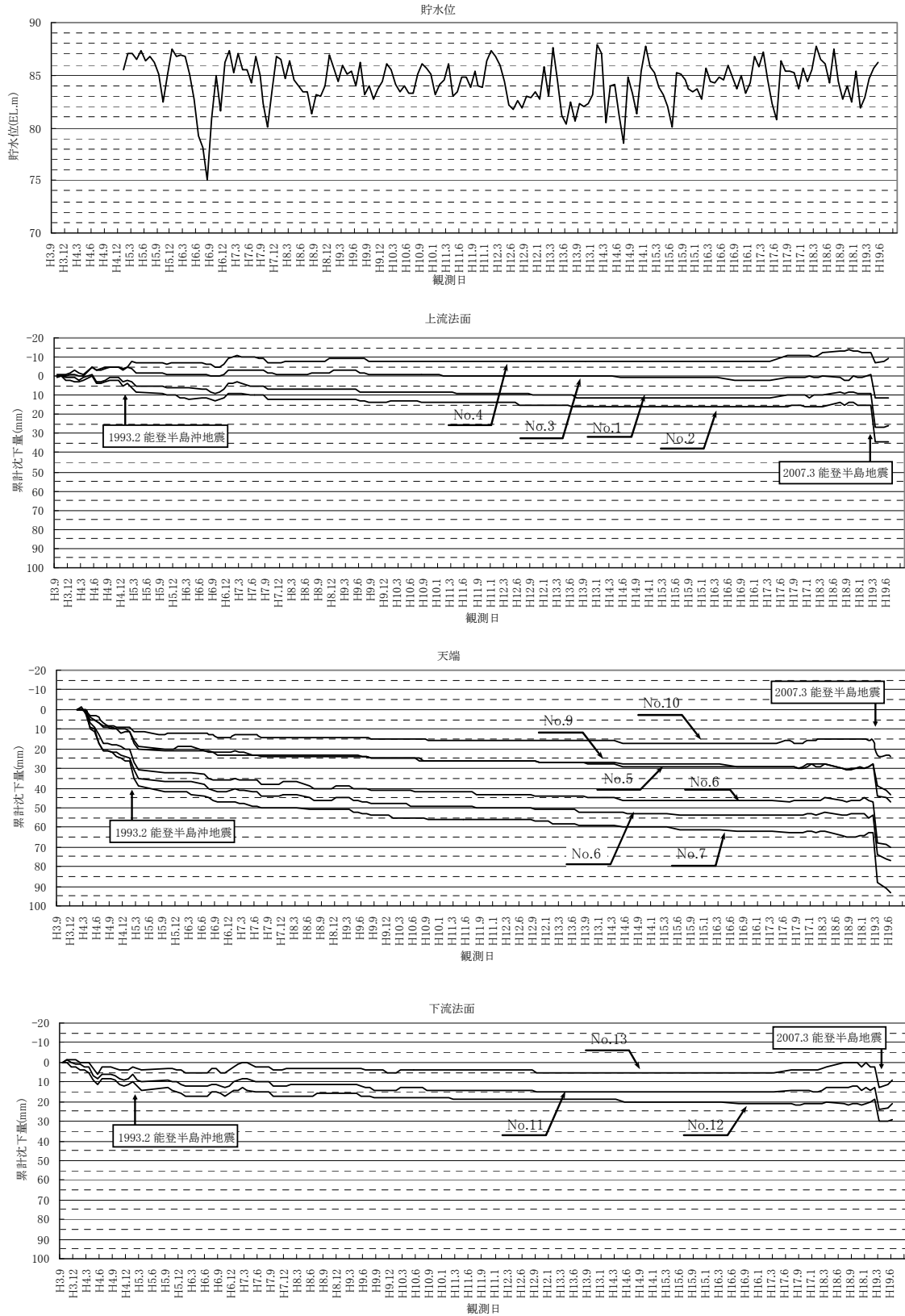


図-5.23 累積沈下量の経年変化(小屋ダム) (+:沈下、-:隆起)

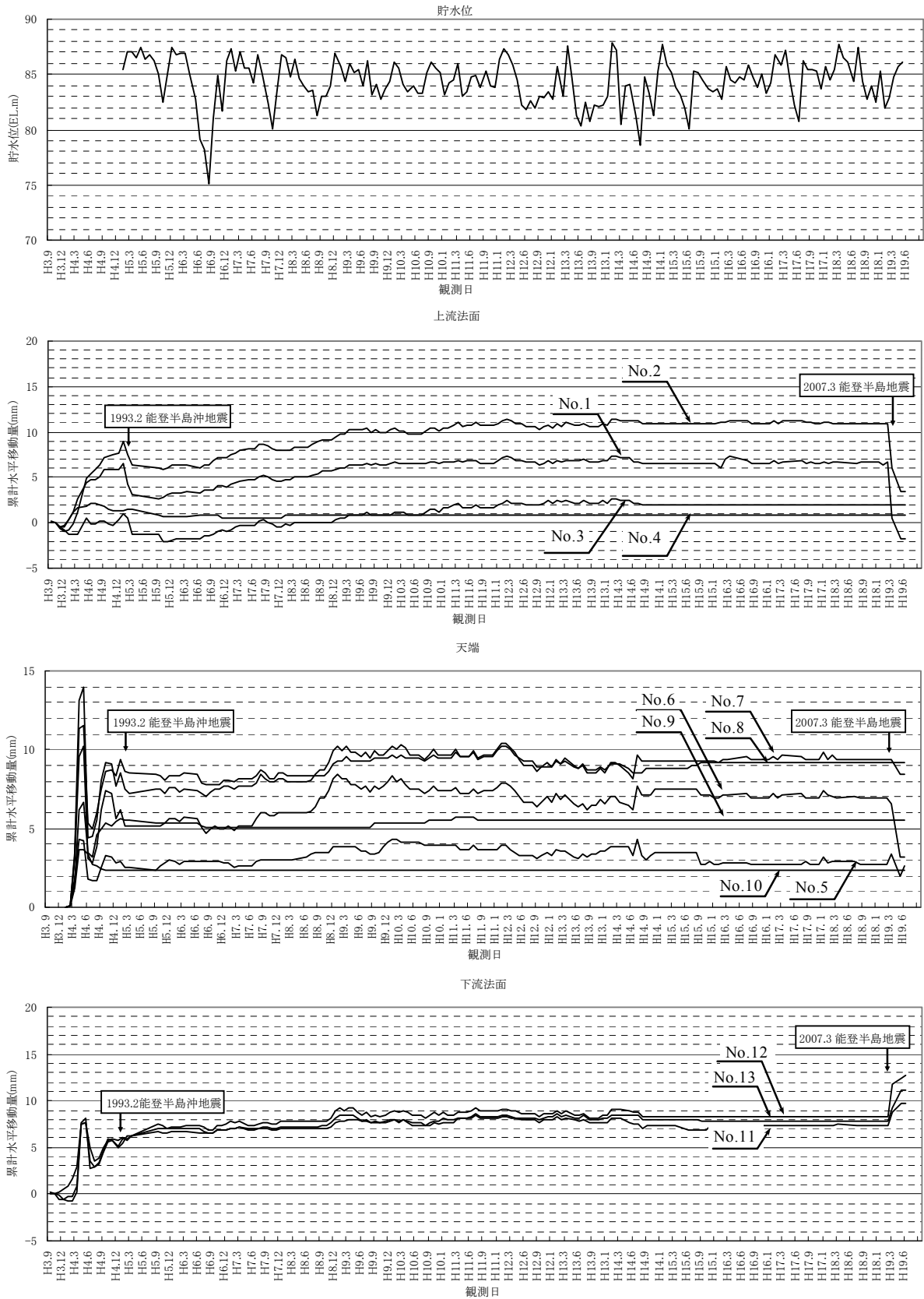


図-5.24 累積水平移動量の経年変化(小屋ダム) (+:下流方向、 -:上流方向)

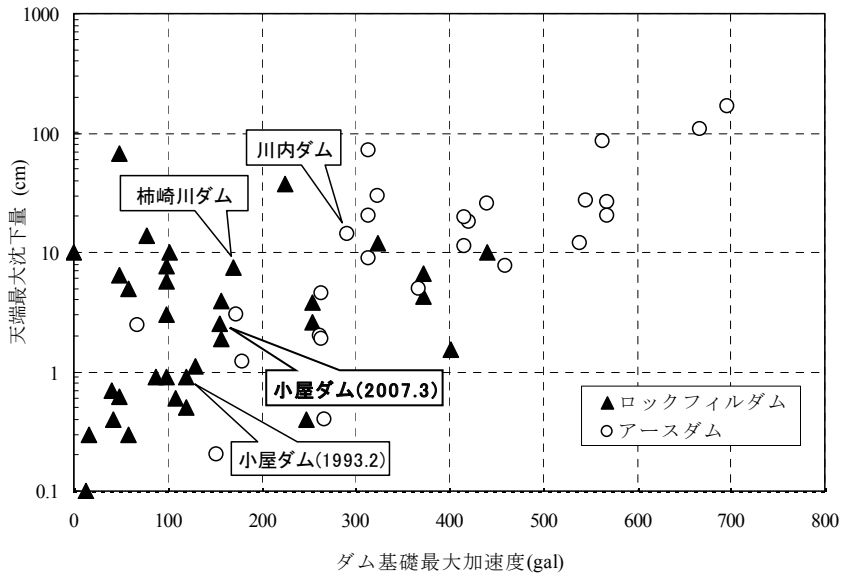


図-5.25 国内外のフィルダムにおけるダム基礎最大加速度と天端最大沈下量の関係（文献(5)に加筆）

図-5.25⁵⁾は、国内外（日本、アメリカ、メキシコ、チリ、ペルー、フィリピン、台湾、ニュージーランド）のフィルダムにおいて、1920年代以降の過去の地震により生じた天端最大沈下量とダム基礎最大加速度（距離減衰式等による推定を含む）の関係を示したものである。対象としたフィルダムには、基礎に沖積層を残したダムも含まれているが、基礎や堤体の液状化に伴う沈下変形事例は対象外としている。今回の地震における小屋ダムの天端中央における沈下量 25mm を図-5.25 に併記した。小屋ダムの最大沈下量は、他ダムの天端最大沈下量とダム基礎最大加速度の関係の比較的下限域に位置している。これは、小屋ダムは岩盤の上に、大型機械施工で締め固めたロックフィルダムであるため、沈下量の下限域に位置したものと推察される。小屋ダムの土質コアは D 値 95%以上を管理値として 21 トンのタンピングローラーで締め固め施工し、ロックゾーンは 18 トン振動ローラーで締め固め施工された。

また、同図には、2007年7月16日に発生した2007年新潟県中越沖地震（M6.8）で観測された柿崎川ダム（ロックフィルダム）と川内ダム（アースダム）の天端最大沈下量⁶⁾を付記した。

(3) 角川ダム

角川ダムは富山県土木部が管理する堤高 58.5m の中央遮水壁型ロックフィルダムであり、1979年に竣工した。当ダムは、本震の震央から 85km に位置し、基礎位置での最大加速度は水平方向 52gal、鉛直

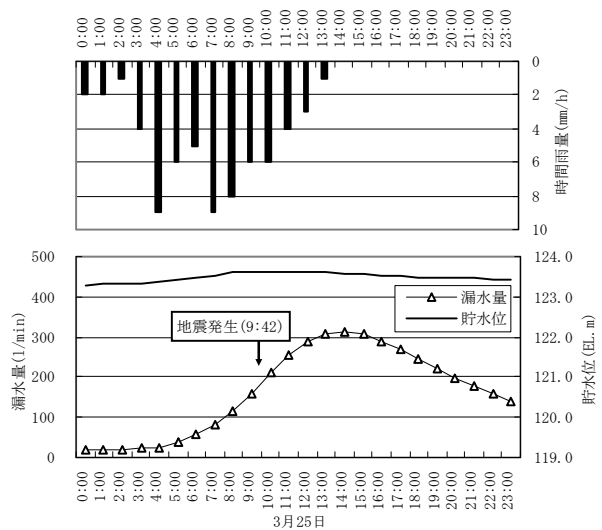


図-5.26 全漏水量の変化(角川ダム)

方向 45gal、天端位置では水平方向 435gal、鉛直方向 283gal であった。

1) 目視観察結果

特に、地震によるものと思われる変状は観察されなかった。

2) 堤体観測データ

・ 漏水量（浸透量）

当ダムの漏水量（浸透量）は、堤体（コア）からの浸透水、基礎の浅い部分を通る浸透水、周辺地山からの湧き水、下流堤体・周辺地山への降水などを堤体下流法尻に集水し、設置した堰で計測している。そのため、計測前、計測時の降水量の影響を大きく受ける。地震の前日からの降雨により、ダム地点における地震時の累加降雨量は 60mm であった。この影響で、地震前から漏水量は増加傾向にあった。地震による顕著な増加は確認できず、降雨終了後は次第に減少し、漏水量の計測値は安定している（図-5.26）。

・ 外部変形

地震による大きな変化はなかった。

(4) 白岩川ダム

白岩川ダムは富山県土木部が管理する堤高 50m の、中央遮水壁型ロックフィルダムと重力式コンクリートダムの複合ダムであり、1975 年に竣工した。当ダムは、本震の震央から 89km に位置し、フィルダム堤体部の基礎位置での最大加速度は水平方向 56gal、鉛直方向 33gal、フィルダム堤体部の天端位置では水平方向 193gal、鉛直方向 108gal であった。

1) 目視観察結果

特に、地震によるものと思われる変状は観察されなかった。

2) 堤体観測データ

・ 漏水量（浸透量）

当ダムの漏水量（浸透量）観測も角川ダムと同様に、堤体（コア）からの浸透水、基礎の浅い部分を通る浸透水、周辺地山からの湧き水、下流堤体・周辺地山への降水などを堤体下流法尻に設置した堰で計測するものである。そのため、計測前、計測時の降水量の影響を大きく受ける。地震の前日からの降雨により、ダム地点における地震時の累加降雨量は 53mm であった。この影響で、地震前から漏水量は増加傾向にあった（図-5.27）。地震による顕著な増加は確認できず、降雨終了後は次第に減少し、漏水量の観測値は安定している。

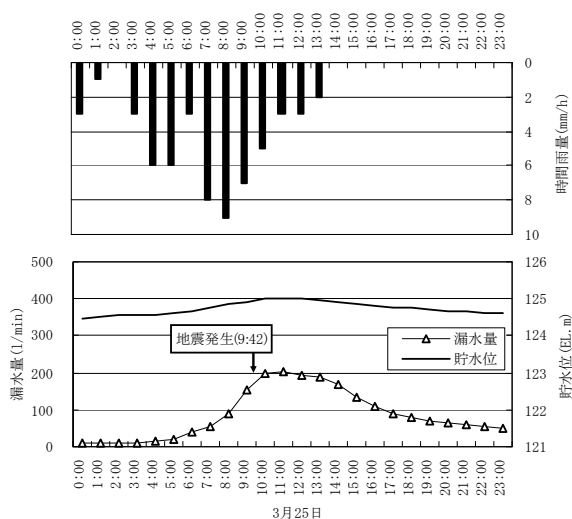


図-5.27 全漏水量の変化(白岩川ダム)

(5) 久婦須川ダム

久婦須川ダムは富山県が管理する堤高95.0mの重力式コンクリートダムであり、2002年に竣工した。当ダムは、本震の震央から91kmに位置し、基礎位置での最大加速度は水平方向19gal、鉛直方向15gal、天端位置では水平方向143gal、鉛直方向25galであった。天端の地震計は、下流に張り出した水位計測室の下流側の壁近くの床に設置されており（写真-5.8）、このために水位計測室の地震応答が重なり、天端地震計の応答が比較的大きくなったと考えられる。



写真-5.8 久婦須川ダム下流面と天端地震計設置位置

1) 目視観察結果

特に、地震によるものと思われる変状は観察されなかった。

2) 堤体観測データ

・ 排水量

地震直前（25日9:00）の77.9ℓ/minに対し、地震直後（25日10:00）は77.5ℓ/minと一時的に減少している（図-5.28）。その後、排水量は増加しているが、これは降雨による貯水位上昇が原因であると考えられ、既往の貯水位と排水量の関係と比較して通常の排水量の範囲である。

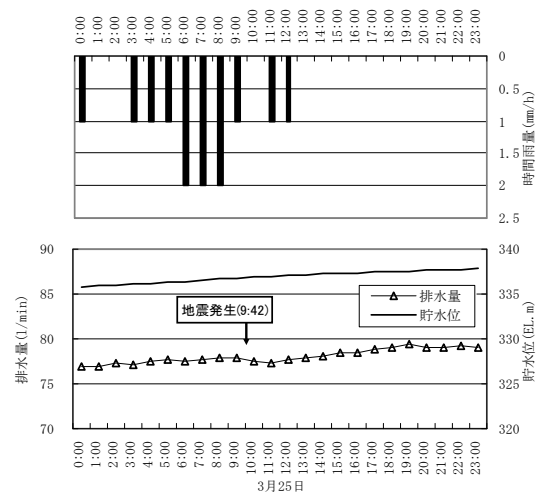


図-5.28 全排水量の変化(久婦須川ダム)

・ 堤体変形

堤体9BLに設置されているプラムラインでは、地震直後に下流方向に0.2mm、左右岸方向に0.1mmの変位が観測された（図-5.29）。いずれも変位量としてはわずかであり、その後の貯水位上昇にともない、下流方向への変位が増加しているが、これまでの水位と変位の通常的相关関係の範囲である。

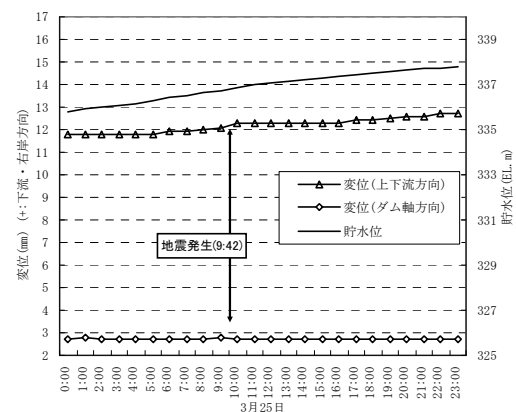


図-5.29 プラムライン観測値の変化(久婦須川ダム)

5.5 農業用ため池の被害

今回の地震においては、震源近くでは、多くの農業用ため池（堤高15m未満）が被害を受けた。このうちの震央近くの輪島市門前町に存在する4つのため池（震央距離:10~14km）について、被害状況を視察した。それらのため池の諸元を表-5.5に示す。

主な被害は、ため池堤体の沈下や天端のクラック（Aため池、Bため池、Cため池（写真

表-5.5 調査ため池の諸元

ため池名	所在地	堤高	堤頂長	上流面 勾配	下流面 勾配	総貯水量 (m ³)
		(m)	(m)			
A ため池	輪島市門前町	5.6	30	1:1.5	1:1.5	2,600
B ため池	"	4.0	66	1:1.5	1:1.3	1,900
C ため池	"	3.4	127	1:1.8	1:1.3	7,800
D ため池	"	7.0	55	1:1.0	1:1.2	2,000



写真-5.9 Cため池天端の縦亀裂



写真-5.10 Cため池堤体の法肩の崩落

-5.9)、堤体の一部のすべり (B ため池、C ため池) (写真-5.10)、下流法尻の土留めの損壊 (D ため池) (写真-5.11) などであった。

5.6 まとめ

今回の地震において、ダムに設置されている地震計で比較的大きな加速度を記録したダムを中心に、現地調査を実施した。調査した5ダムについて、ダムの安全管理に関わるような変状が生じていないことを現地目視および堤体観測記録から確認した。また、その観測記録の整理・分析結果から、比較的大規模な地震によるダムの挙動について把握した。



写真-5.11 Dため池下流法尻の土留(石積)の崩壊

謝 辞

平成 19 年能登半島地震に際してのダムの調査に当たって、国土交通本省、同北陸地方整備局河川部、石川県土木部河川課及び富山県土木部河川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、現地調査に多大な協力をいただくとともに、観測データ等の多数の資料を提供して頂いた。ここに記して深甚なる謝意を表する。

参考文献

- 1) 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、pp.181～184、(社)土木学会、1979.7
- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所／独立行政法人土木研究所：大規模地震に対するダムの耐震性能照査に関する資料、国土技術政策総合研究所資料、第244号／土木研究所資料、第3965号、2005.3
- 3) 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
- 4) 建設省土木研究所ダム部フィルダム研究室：1993年釧路沖地震、能登半島沖地震におけるダムの挙動、ダム技術、No.80、pp.62～65、(財)ダム技術センター、1993.5
- 5) 岩下友也：平成10年度科学技術庁長期在外研究員報告書「フィルダムの耐震設計法の高度化に関する研究」、1999.8
- 6) 国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人土木研究所・独立行政法人建築研究所：平成19年新潟県中越沖地震の緊急調査速報6.ダム、土木技術資料、Vol.49、No.9、pp.6～11、(財)土木研究センター、2007.9