

8. ダムの被害状況

8. 1 ダムに関する被害の全体概要

ダム管理者による地震後の臨時点検では、ロックフィルダムで天端ダム軸方向に比較的浅い亀裂の発生、アースダムにおいて貯水池の地山表面に設置された土質ブランケットで保護ロック層の変状、その他漏水量（浸透量）の一時的な増加などが報告された。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は合同調査チームを派遣し、変状の有無とその状況、地震による変形量や漏水量（浸透量）の変化などについて現地調査を行った。その結果、臨時点検で報告された変状はいずれも軽微なものであり、大半のダムでは変状が認められなかった。

8. 2 調査の概要

2班の調査チームを編成し、平成15年10月1～3日にかけて北海道内の16ダムにおいて地震後の現地調査を行った。このうち、第1班（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 上席研究員：山口嘉一、主任研究員：佐々木隆、研究員：中村洋祐、研究補助員：石橋正義）は、帯広市周辺の7ダム、第2班（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：平山大輔、研究官：長原寛、富澤洋介）は、静内町から浦河町にかけて9ダムを調査した。調査対象ダムと震央の関係を図8.1に示す。調査内容は、地震後の臨時点検で指摘されたものを含めて、地震によるダムの変状の有無および、その状況確認、地震動記録の収集状況の確認と記録データの入手、各種計測機器により記録された計測値の地震前後での変化、また、変化が見られた場合にはその後の変化傾向の確認などである。

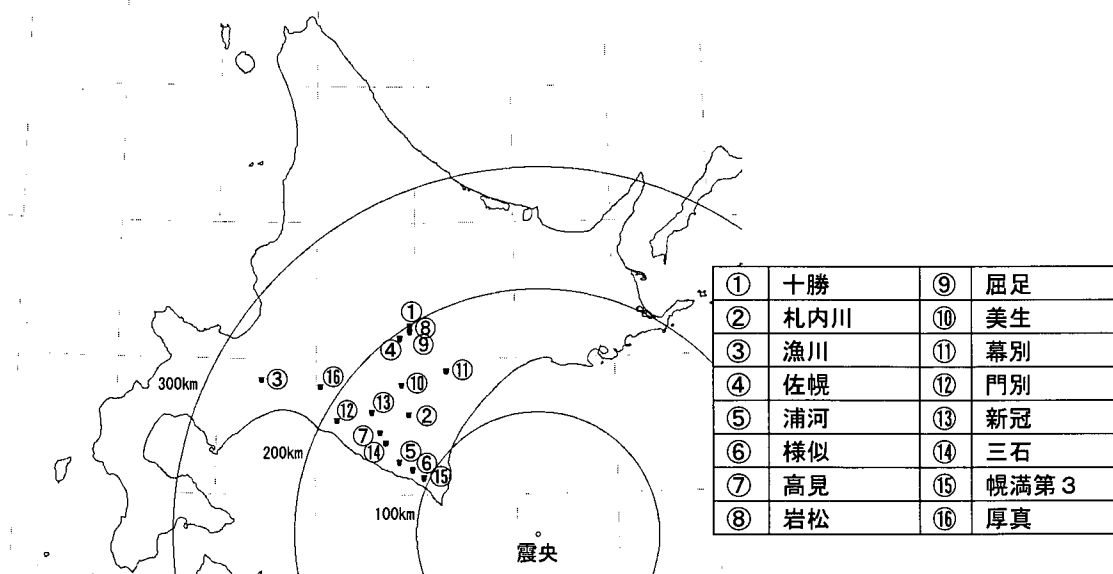


図 8.1 調査対象ダムと震央の位置関係

8. 3 調査結果および考察

8. 3. 1 調査結果の一覧

調査ダムの諸元、臨時点検の結果、今回の調査チームによる調査結果などの一覧を表8.1(1)～(2)に示す。大半のダムにおいて変状は認められず、地震後の変形量や漏水量（浸透量）の変化も軽微なものであった。なお、調査結果のうち特筆すべきダムについては、別途8.3.2で詳細に述べるが、いずれもダムの安全性に影響を及ぼすようなものではなかった。

表 8.1(1) 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	管理者	竣工年	ダム高 (m)	地震時 水位 (m)	震度	観測 地点	臨時点検結果	最大加速度 (gal)		漏水量(ℓ/分)			濁りの 有 無	現地調査結果
									天端 (上下流)	基礎 (上下流)	地震前	地震後 ピーク	調査時		
十 勝	中央コア型 ロックフィ ルダム	北海道 開発局 (建設)	1984	84.3	50.78	6弱	鹿追町 東町	上流湖面への管理用 進入路舗装に亀裂あ り	154.7 (上下流)	42.5 (上下流)	65.1 (9/26)	90.0 (9/26)	76.6 (10/2)	あり	①漏水量は増加→減少→やや高い位置で安定の傾向。 ②間隙水圧増加は微増後安定、最大で0.39kgf/cm ² 上昇。 ③水平変位量は上下流方向で最大6mm。 ④沈下量は最大4mm。
札内川	重力式コン クリートダ ム	北海道 開発局 (建設)	1998	114	87.82	5強	帯広市 東4条	堤体変位量天端最大 14mm	676.7 (上下流)	74.8 (ダム軸)	104.8 (9/24)	172.1 (12/2)	155.43 (9/30)	なし	①漏水量は増加→減少→やや高い位置で安定の傾向。 ②揚圧力は微増後安定。 ③堤体変位量14mmはブラムラインの故障であったことを確 認。(ブラムラインは復旧済み)。
漁 川	中央コア型 ロックフィ ルダム	北海道 開発局 (建設)	1980	45.5	22.00			異常なし	113 (上下流)	53 (ダム軸)	97.6 (9/25)	101.7 (9/26)		未確認	①地震直後に漏水量はわずかに増大したが、日常の変動幅の範 囲内。地震直後の浸透量観測室における濁りの状況は不明。 ②堤体および基礎地盤に変状なし。
幕 別	アースフィ ルダム	北海道 (試験 農水) 湛水 中)	2004	26.9	15.4	6弱	幕別	地山保護盛土のすべ り4箇所	251.6 (上下流)	173.1 (ダム軸)	177.6 (9/25)	257.2 (9/29)	203.4 (10/1)	なし	①堤体直上流の左右岸斜面の土質ブラケットの保護ロック 層4箇所に変状が発生、地震後の掘削調査により、変状は 保護ロック層内のみであることを確認し暫定的に補修し た。 ②調査時の浸透流量は9/29の降雨(31mm/日)の影響を受け やや高めに観測されていることが考えられる。その後の定期 観測データは安定化の傾向が見られる。 ③堤体内間隙水圧は堤体上流側で上昇、調査時も微増中であ ったが、その後の定期観測において安定化の傾向にあること を確認。 ④堤体変位量は上流側に約2cm、堤体沈下量は天端で約3cm程 度。
佐 幌	重力式コン クリートダ ム	北海道	1984	46.6	25.91	5強	足寄町	異常なし	364 (上下流)	82 (上下流)	10.81 (9/5)	39.25 (9/26)	24.66 (10/1)	あり	①漏水量は地震直後4倍程度に増加したが、その絶対量は大き くない。直後に白濁が観測されたがその後回復。 ②間隙水圧、堤体変形はほとんど変化ない。
浦 河	重力式コン クリートダ ム	北海道	1999	42.1	31.16	6弱	浦河町	異常なし	124.6 (上下流)	102.8 (上下流)	0.3 (8/22)	1.7 (9/26)		なし	①地震直後に漏水量は増大したが、絶対量が少なく、特に問題 ない。 ②地震直後に揚圧力は増大したが、排水孔地点水頭は設計下流 側水位(EL49.0m)よりも低く、揚圧力係数も設計値(0.20) に対して十分小さく問題ない。 ③堤体および基礎地盤に変状なし。
様 似	重力式コン クリートダ ム	北海道	1974	44.0	29.66	6弱	浦河町	異常なし	156 (XY合成 数値)	—	3.3 (8/25)	8.5 (9/26)		なし	①地震直後に漏水量は増大したが、増大傾向は収まり減少傾向 に向かっている。絶対量も少なく特に問題ない。 ②地震直後に揚圧力は増大したが、増大傾向は収まり減少傾向 に向かっている。絶対量も少なく特に問題ない。 ③一部の基礎排水孔においては、漏水量、揚圧力ともに高い計 測値が見られるため、引き続き計測を行い様子を見る。 ④監査廊内のJ5横継目から直接漏水があったが、その後減少 傾向にある。

*地震時水深については、基礎標高よりの深さを記載

表 8.1(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	管理者	竣工年	ダム高 (m)	地震時 水位 (m)	震度	観測 地点	臨時点検結果	最大加速度 (gal)			漏水量(L/分)			濁りの 有 無	現地調査結果
									天端		地震前	地震後 ピーク	調査時			
									上下流	ダム軸						
高見	中央コア型 ロックフィ ルダム	北海道	1983	120	107.02	6弱	静内町	天端に3箇所亀裂あ り	G 325.3 (上下流)	G 57.8 (ダム軸)	G 130.5 (9/25)	G 137.2 (9/26)	-	なし	①天端のダム軸方向にクラックが発生したが、クラックは天端 保護層内に収まり、コアゾーンまでは達していないことが 確認され、補修工事を実施している。 ②地震直後に漏水量が増加しているものの、これまでの経時変 化と比べ問題ない。降雨の影響もあると考えられる。 ③地震直後に間隙水圧が上昇し、これまでで最も大きい値を記 録した。しかしながら、最大断面基礎におけるよう圧力に は大きな変動が見られず問題ないと判断した。 ④天端で30~50mm程度の変位量を観測、その後安定している。	
美生	重力式コン クリート・ フィル複合 ダム	芽室町 (北海 道開発 局農業 水産部 所管)	1999	G47.2 F17.7	41.81 (G)	5強	帯広市 東4条	異常なし	G 153.3 (上下流) F 167.4 (上下流)	G 66.5 (ダム軸) F 124.8 (上下流)	G 7.10 F 24.51 (9/25)	G 9.17 F 28.13 (9/26)	G 7.46 F 28.92 (10/1)	なし	①漏水量は微増後安定。 ②揚圧力、間隙水圧、堤体変位はほとんど変化しない。 ※表中 G: コンクリートダム部 ※表中 F: フィルダム部	
三石	中央コア型 ロックフィ ルダム	三石町 (北海 道開発 局農業 水産部 所管)	1991	35.0	12.28	6弱	浦河町	異常なし	データ 欠損	データ 欠損	52.2 (9/26)	74.4 (9/26)	-	なし	①地震直後に漏水量は減少しているが貯水位低下によるもの と考えられ、地震の影響はない。 ②天端で20mm前後の変位量が計測されているが、天端および 上流面、下流面に亀裂などの変状は見られなかった。 ③浸透流観測室壁面に幅5mm程度のクラック発生。	
門別	均一型アー スダム	門別土 地改良 区	1971	20.8	-	4	平取町	異常なし	-	-	観測 データ 無し	観測 データ 無し	-	観測 データ なし	①変位量、漏水量とも特に問題なし。	
厚真	中央コア型 ロックフィ ルダム	厚真町 土地改 良区 (北海 道開発 局農業 水産部 所管)	1970	38.2	18.19	5強	厚真町	異常なし	-	-	75.0 (9/18)	109.8 (9/26)	-	あり	①漏水量の増加が見られるが、安定しており問題なし。地震後 に濁りが発生したが、当日午後3時頃には濁りがなくなっ た。 ②堤体および基礎地盤に変状なし。	
岩松	重力式コン クリートダ ム	北海道 電力 (株)	1942	37.2	32.52	5強	帯広市 東4条	異常なし	-	71.5 (ダム軸)	-	-	-	-	①監査廊がないため、目視確認と変位測量(トランシット)を 実施されているが、堤体変位はほとんど変化しない。	
新冠	中央コア型 ロックフィ ルダム	北海道 電力 (株)	1974	102.8	86.08	4	静内町	異常なし	276.3 (上下流)	20.3 (上下流)	0.048 (9/21)	0.24 (9/26)	-	なし	①漏水量は若干の増加は見られるが、管理値内で安定してい る。降雨の影響も考えられる。 ②堤体および基礎地盤の変状なし。	
屈足	中央コア型 ロックフィ ルダム	電源開 発 (株)	1987	27.5	23.10	5強	帯広市 東4条	異常なし	196.3 (上下流)	112.5 (ダム軸)	36.0 (9/25)	50.0 (9/26)	42.0 (10/2)	あり	①漏水量は増加→減少→安定の傾向。 ②間隙水圧、堤体変位はほとんど変化しない。	
幌嵩第3	重力式コン クリートダ ム	日本工 電 (株)	1954	42.5	36.50	6弱	浦河町	異常なし	-	-	0.5 (9/18)	0.3 (9/26)	0.3 (10/1)	なし	①地震直後に漏水量は減少しているが、貯水位低下によるもの と考えられ、地震の影響はない。 ②堤体および基礎地盤に変状なし。	

*地震時水深については、基礎標高よりの深さを記載

8. 3. 2 個別ダム調査結果

現地調査で変状を確認したダムについて具体的に報告する。

(1) 幕別ダム (図 8.2、写真 8.1～8.2 参照)

堤体直上流の左右岸斜面に配された土質ブランケットの保護ロック層での変状 (図 8.2) は、左岸側 2 箇所 (長さ①20m、②23m)、右岸側 2 箇所 (長さ③80m、④30m) である。変状は、地震時貯水位の直上を最上端として生じた。最大の変状が生じた箇所は右岸側洪水吐に近い箇所で、当初斜面形状から鉛直に最大約 90cm の沈下が認められ、変状部の上端には約 40cm の段差が生じていた (写真 8.2)。

地震後、管理者により開削調査が行われ、変状は保護ロック層 (約 2m) 内にとどまり、土質ブランケット内部にまでは及んでいないことが確認されている。また、変状により保護ロック層の層厚が薄くなった部分に対してはロック材の増厚により暫定的に補修が行われている。

堤体内の間隙水圧は上流側ゾーンのほとんどの箇所で微増し、調査時にほぼピークを迎えている。その後の定期観測での観測値は安定しており、急激な変化は見られない。浸透量についても地震時に微増したが、その後、安定している。

天端中央付近での上下流方向の堤体変位量は上流側に約 2cm、沈下量は約 3cm である。



写真 8.1 幕別ダムの保護ロック層変状



写真 8.2 幕別ダムの保護ロック層変状(拡大)

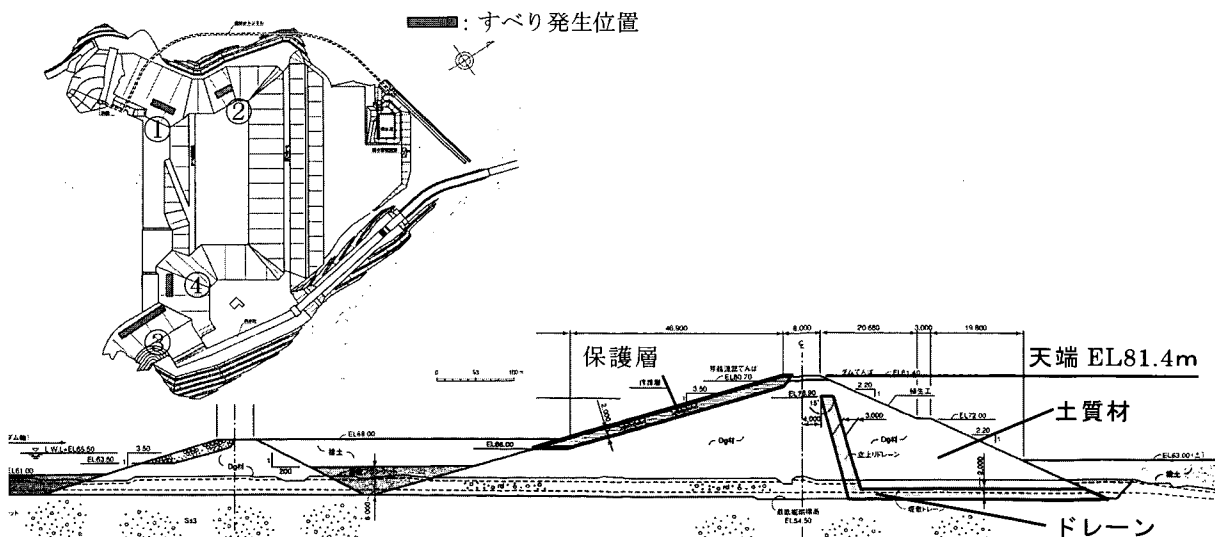


図 8.2 幕別ダムの堤体平面図と縦断図

(2) 佐幌ダム (図 8.3、写真 8.3~8.4 参照)

漏水量 (基礎排水量、堤体継目漏水量) は、地震前 9/5 の 10.81 ㊦/分 (貯水位 EL276.65m) から地震後 9/26 に 39.25 ㊦/分 (貯水位 EL277.05m) まで増加したものの、その絶対量は大きくなかった。その後の定期観測では 9/27 に 31.45 ㊦/分 (貯水位 EL277.01m) を記録しており時間経過とともに減少傾向にある。地震直後の漏水には目視により白濁が観測されているが、9月29日午前9時の段階で消滅している。

監査廊内の継目では、遊離石灰の剥落が多数箇所で見られた。なお、量はわずかであるが、継目部で遊離石灰の剥離と端部のコンクリート片の落下が見られた (写真 8.3)。

左岸寄りの堤体下流面に地震前より幅 1mm 程度のクラックが存在していたが、地震による影響は見られなかった。

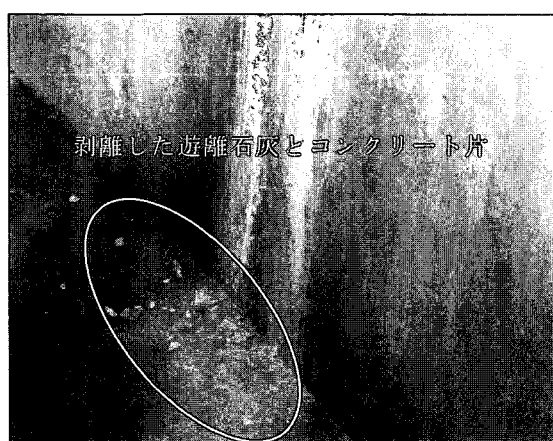


写真 8.3 遊離石灰剥離部
(佐幌ダム監査廊内)

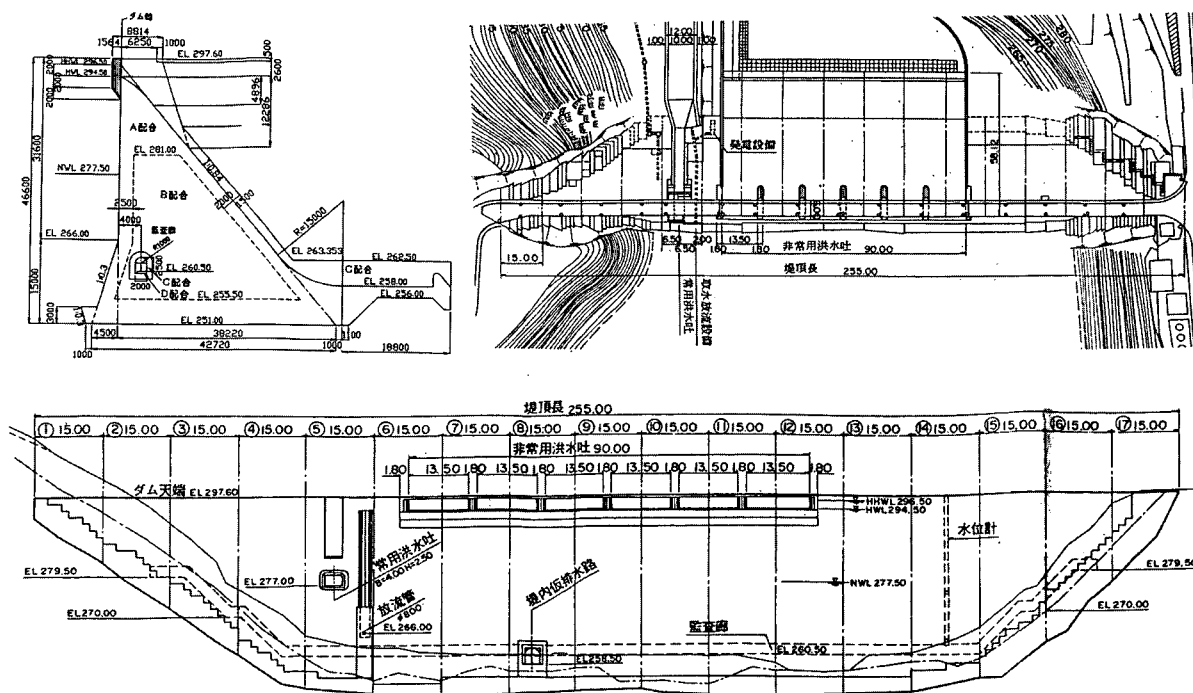


図 8.3 佐幌ダムの堤体三面図

(3) 札内川ダム (図 8.4、写真 8.5~8.6 参照)

臨時点検時に天端での変位量が 14mm と報告されたが、これは計測装置 (プラムライン、写真 8.5) の不具合 (地震時に大きく振動した計測用ワイヤが、その振動途中で、ある位置に固定されてしまった。) によるものであることが管理者の調査で判明した。不具合調整後の計測では、地震前後での変位はほとんどないという結果になっている。なお、今後は不具合を生じないように、管理者が計測装置を改善する予定である。

監査廊内で収集している漏水量観測値に若干の増加が見られたが、これは、主に堤体継目からの漏水量の増加であった。特に 2 箇所の堤体継目からの漏水量が増加し、そのうち増加量が最も多いのは継目 J-9 (写真 8.6) であり、地震前の 9/24 : 0.76 ㊦/分 (貯水位 EL461.53m) から、地震後の 9/26 : 20.0 ㊦/分 (貯水位 EL462.04m) に増加したが、その後の定期観測で 12/8 : 20.48 ㊦/分 (貯水位 EL472.16m) を記録しており増加の傾向は見られない。

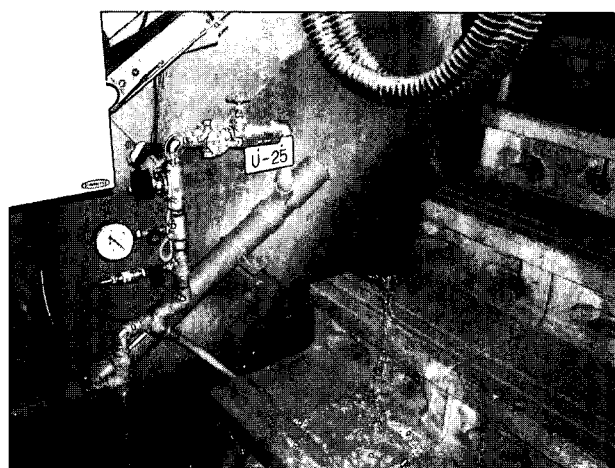
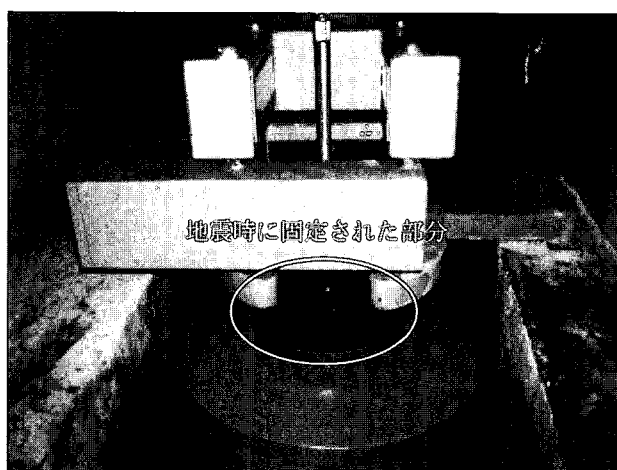


写真 8.5 札内川ダムのプライムライン (復旧後)

写真 8.6 札内川ダムの J-9 継目漏水状況

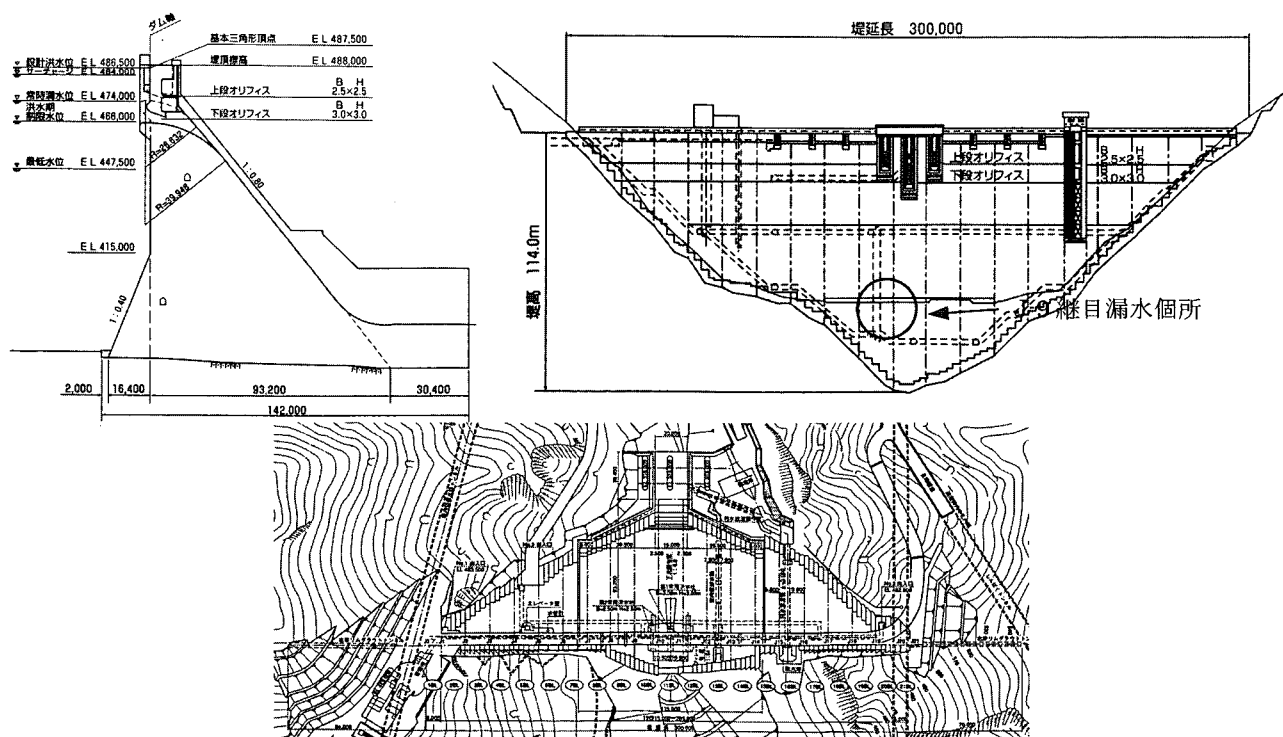


図 8.4 札内川ダムの堤体三面図

(4) 様似ダム (図 8.5、写真 8.7~8.8 参照)

様似ダムでは、ダム天端において 156gal の最大加速度を記録している。設置されている地震計は最大加速度計であるため、最大加速度の方向や地震波形は記録されていない。

地震発生後、揚圧力、漏水量ともにわずかな増加が認められ、一度減少傾向を示したが、再び増大する傾向を示した。その後、12 月末時点において増加傾向は収まり、現在は減少傾向に向かっている。漏水には濁りは確認されず、全漏水量の最大値も 9.4 ℓ/分程度であった。また、監査廊内の横継目 (J5) において地震直後に 0.74 ℓ/分の漏水が発生したが、時間経過とともに減少傾向にある。

現時点で、漏水量、揚圧力とも地震前よりは高い状態を示しているものの、過去に経験した地震後の観測記録などと比較しても今回の増分は変動範囲内であり、その絶対量も小さいことから、ダムの安全性を損なうものではないと考えられる。なお、一部の基礎排水孔において、依然として計測値が高い箇所が見られるため、ダム管理者である北海道は引き続き注意深く観測を続けていく予定である。

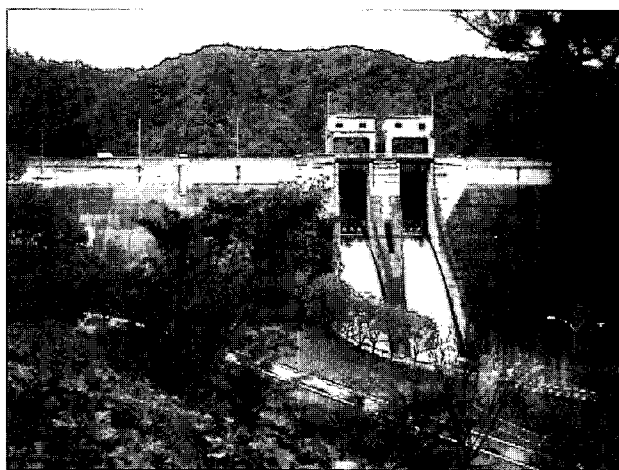


写真 8.7 様似ダムの下流面

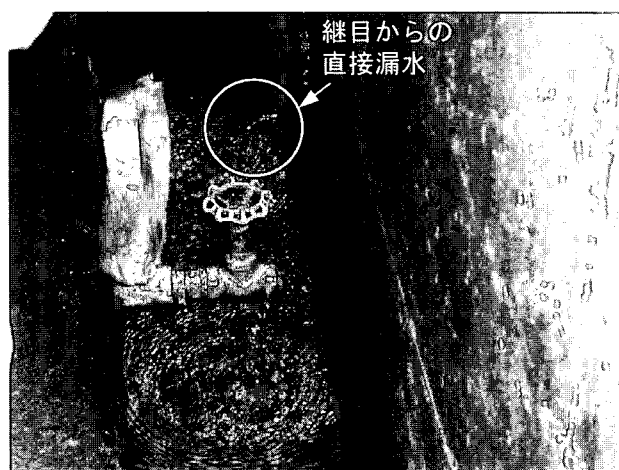


写真 8.8 様似ダムの監査廊内横継目 (J5) 漏水状況

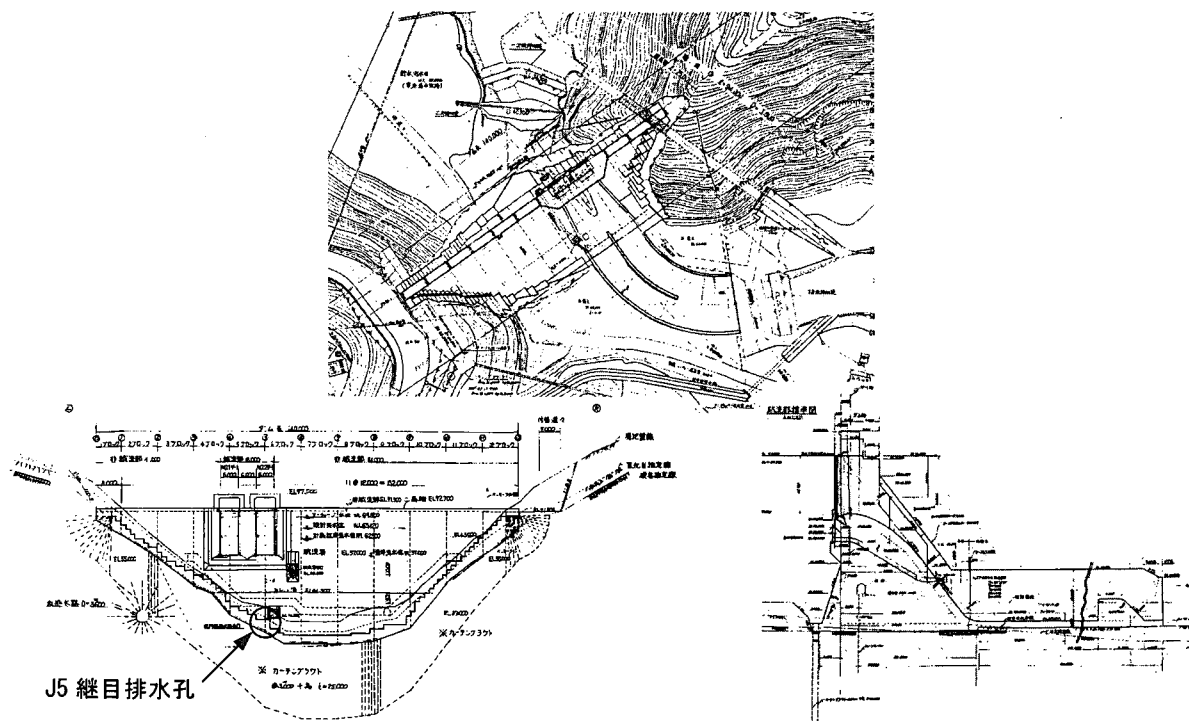


図 8.5 様似ダムの堤体三面図

(5) 高見ダム (図 8.6~8.7、写真 8.9~8.12 参照)

高見ダムについては、ダムへの唯一の進入路である道道静内中札内線において地すべりが発生し、現地調査の前日に通行止めとなった。このため、ダムサイトでの現地調査は実施せず、ダム下流の北海道電力静内電力所にてヒアリング調査を実施した。

高見ダムでは、ダム基礎およびダム天端において、それぞれ 57.78gal (ダム軸方向) および 325.34gal (上下流方向) の最大加速度を記録している。

地震発生後の臨時点検において、ダム天端のダム軸方向にクラックが確認された。クラックはダム軸方向に最大断面付近で延長約 160m の範囲で発生した。横断面内においては天端からコアゾーンとフィルタゾーン境界の直上部付近までの深さで発生し、クラックの最大幅は約 50mm であった。このため、ダム管理者である北海道により、同日のうちにクラック幅の大きい箇所について、ピット試掘によるクラックの深度調査が実施された (図 8.7)。その結果、クラックは天端保護層 (約 90cm) 内に収まり、コアゾーンまでは達していないことが確認された。試掘箇所は、調査後すぐに埋め戻され、雨水の浸透などに伴うクラックの進展を防ぐため、クラック発生箇所全体をブルーシートで覆う措置がとられた。

10月20日、再び、高見ダム天端においてクラック深度の追加調査を実施した。その結果、前回調査同様、クラックはすべて保護層内におさまっていることが確認された。これをふまえ、10月21日以降、保護層内のクラック箇所をすべて掘削除去し、同一材料による埋め戻しを行う補修工事が実施された。埋め戻し作業においては、保護層における密度計測を実施し、変状前と同等の密度となるよう締固め管理を行った。



写真 8.9 クラックへの石膏の流し込み作業 (高見ダム)



写真 8.10 ピット試掘によるクラック深度調査 (高見ダム)

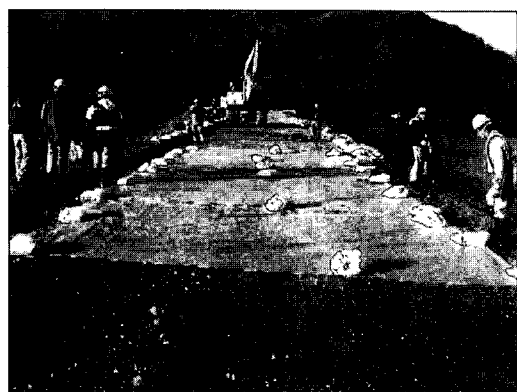


写真 8.11 天端クラック箇所の保護状況 (高見ダム)

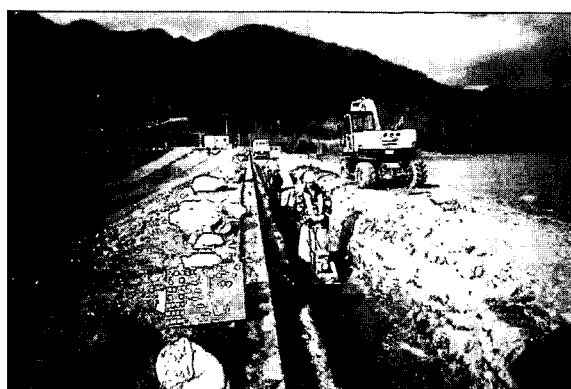


写真 8.12 クラック箇所の補修作業 (掘削状況) (高見ダム)

(6) 三石ダム (図 8.8、写真 8.13~8.14 参照)

三石ダムでは、地震時にダム貯水位が最低水位 (EL.161.5m) 付近まで低下していたこともあり、浸透量、間隙水圧とも地震後に顕著な変化は見られなかった。ダム天端における最大変位量としては、水平下流方向に 13mm、鉛直方向に 14mm の沈下量が記録された。上流法面ブロックに変状はなかった。地震計は、天端、中位標高、基礎、および天端左岸アバット (リムトンネル内) の 4ヶ所に設置されているが、記録装置の不具合により地震記録は得られなかった。

現地調査時に、堤体左岸下流の地中に設置されている浸透流観測室の入り口付近壁面 (写真 8.14) において、幅 5mm 程度のクラックの発生を確認した。クラックからは水がしみ出しているため、ダムを所管する北海道開発局は今後補修する方向で検討中である。



写真 8.13 三石ダムの上流面



写真 8.14 三石ダムの浸透流観測室壁面のクラック状況

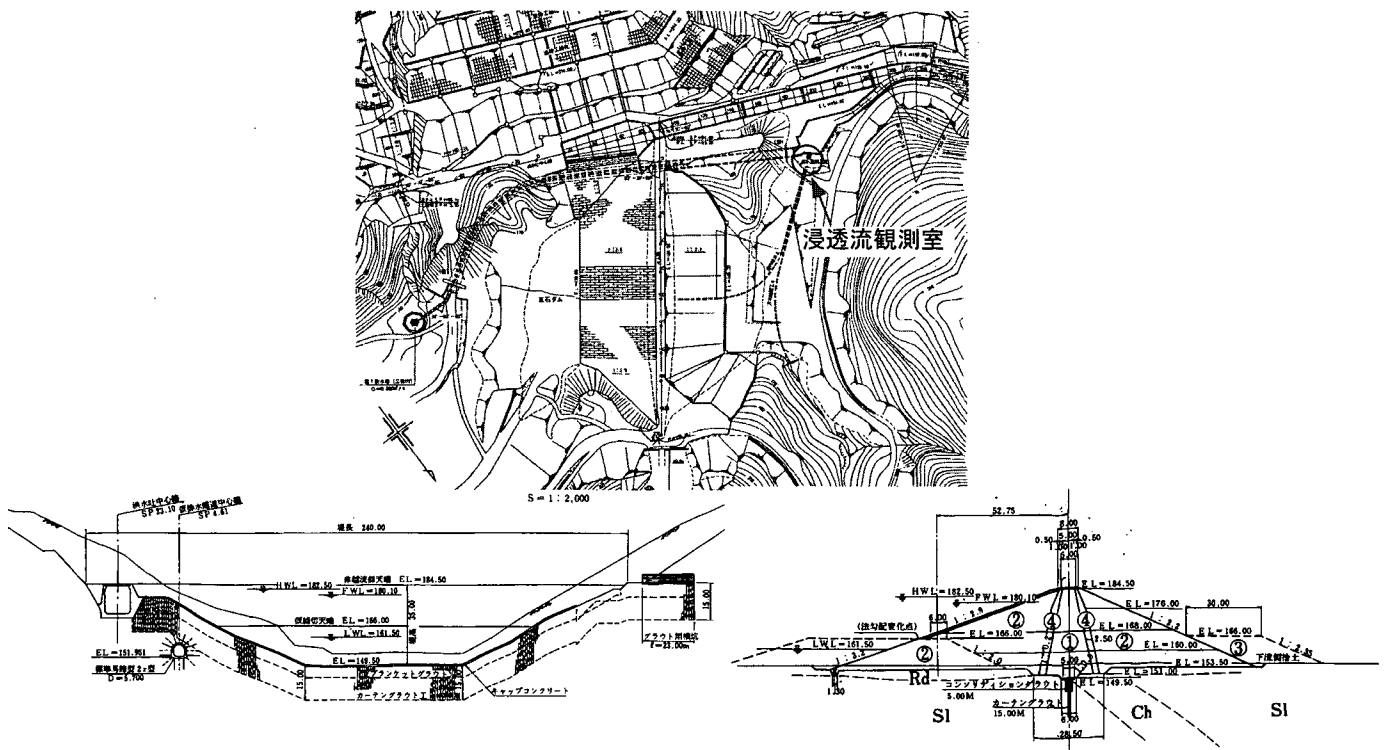


図 8.8 三石ダムの堤体三面図

8. 3. 3 ダム基礎で観測された地震動

(1) 最大加速度の距離減衰特性

今回の地震（平成 15 年 9 月 26 日 4 時 50 分の本震）において、ダムの基礎部に設置された地震計により観測された最大加速度と、震央からダムサイトまでの距離の関係を図 8.9 に示す。最大加速度は、(a)水平方向（上下流方向とダム軸方向の平均値）と(b)鉛直方向に関してとりまとめてあり、図中の曲線は田村・岡本・加藤の推定式¹⁾および松本他の推定式²⁾を示している。松本他の推定式の場合は、最大加速度の推定値の平均値(μ)と平均値+標準偏差(σ)を記載した。田村・岡本・加藤の推定式は、震央距離が約 100~300km の範囲において実測データとの相関がよく、また松本他の推定式では、平均値+標準偏差で実測データを包絡していることが確認できる。

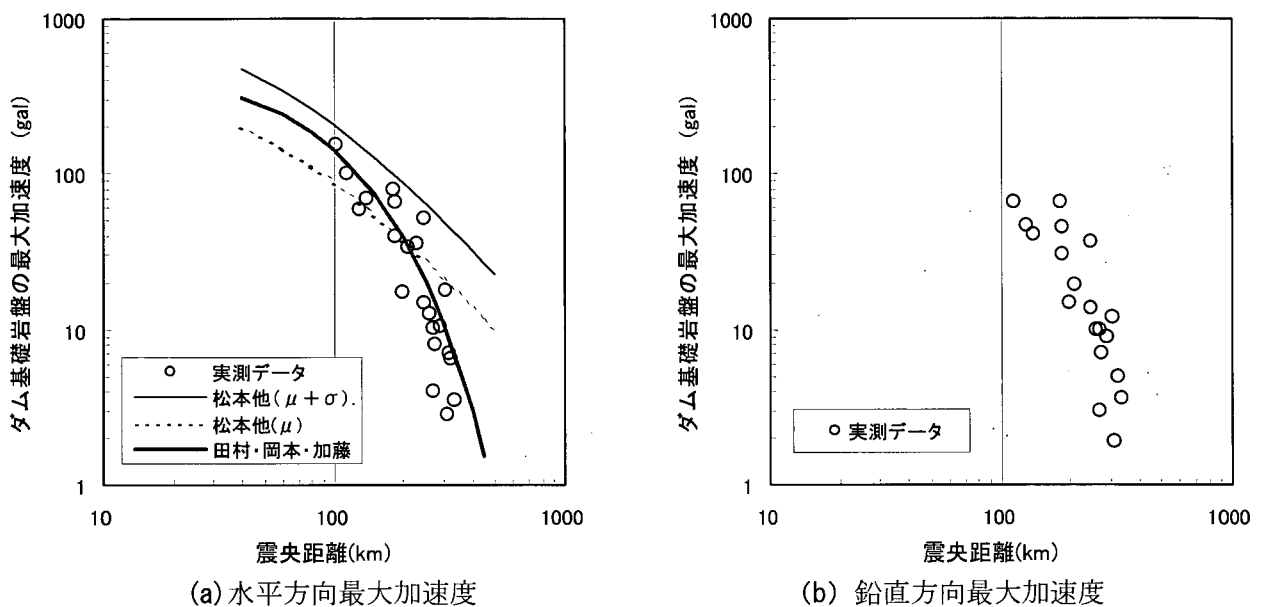


図 8.9 ダム基礎岩盤における最大加速度と震央距離の関係

(2) 地震動特性

今回の地震（平成 15 年 9 月 26 日 4 時 50 分の本震）で、札内川ダム、高見ダム、幕別ダムにおいて観測された地震動の波形および加速度応答スペクトルを図 8.10(a)~(c)、図 8.11 に示す。応答加速度スペクトルは、応答が大きい周期範囲が比較的広いようである。

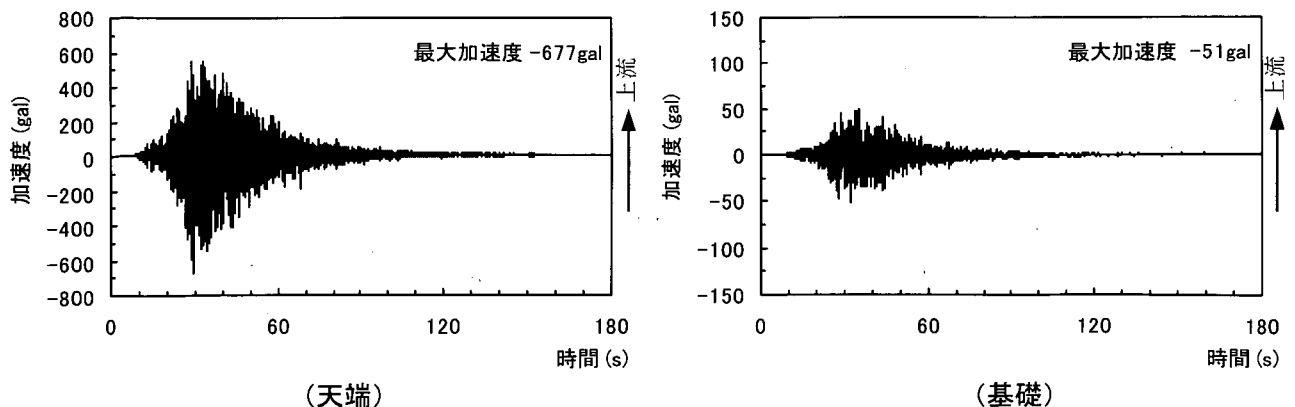


図 8.10(a) 札内川ダム観測波形（上下流方向）

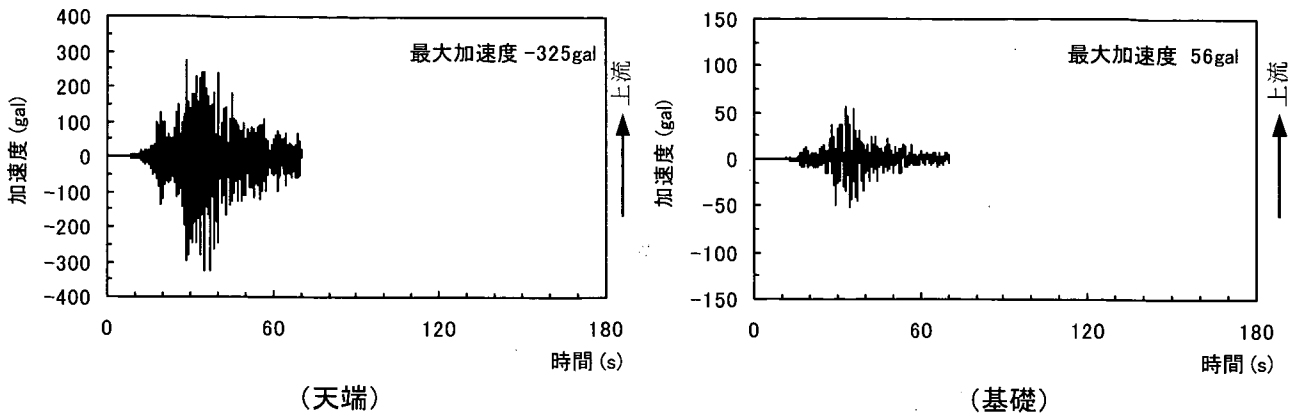


図 8.10(b) 高見ダム観測波形 (上下流方向)

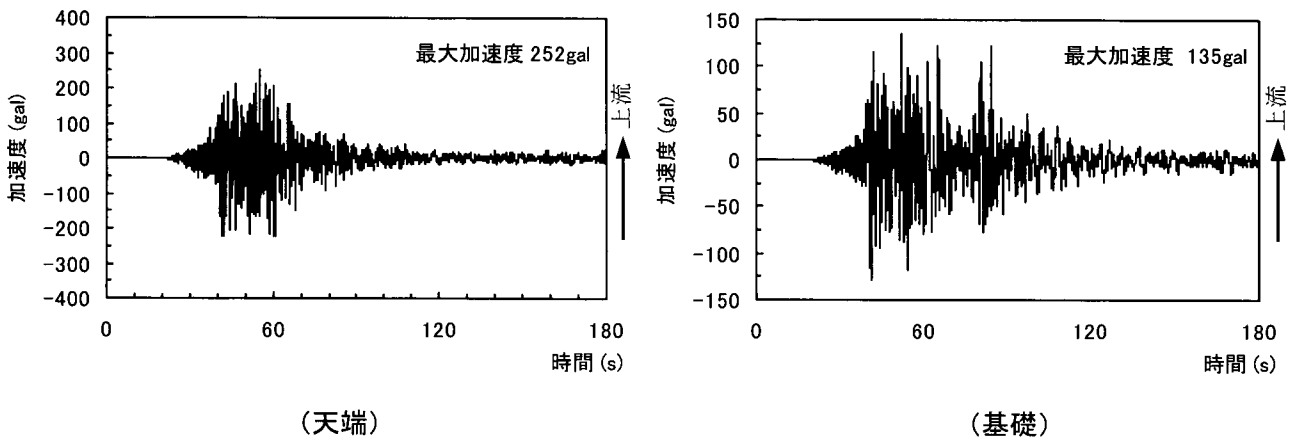


図 8.10(c) 幕別ダム観測波形 (上下流方向)

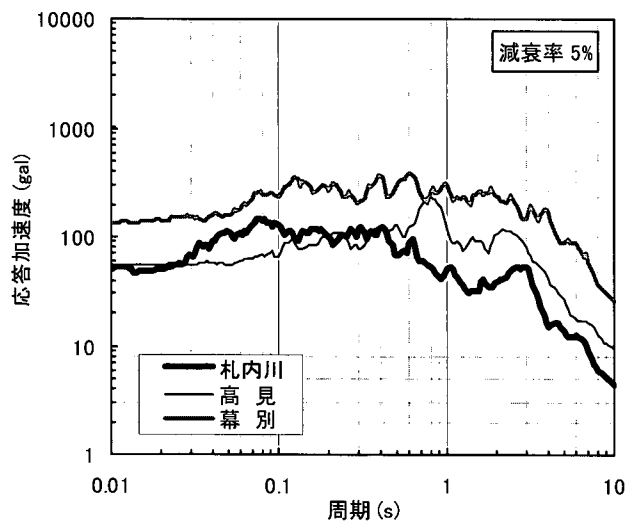


図 8.11 加速度応答スペクトル (ダム基礎上下流方向)

8.4 まとめ

今回の地震では、震源から最も近い幌満第3ダムでも震央距離が約90km程度であったことから、平成15年5月26日の宮城県沖地震³⁾などに比べると、ダムサイトで観測された最大加速度も小さく、ダムの安全性に影響を及ぼすような変状はなかった。なお、今回の地震は典型的なプレート地震であり、ダムサイトにおいても継続時間の長い地震波形など貴重なデータが多数得られたことから、今後の地震研究やダムの耐震設計の合理化に向けて、地震動特性、堤体の応答特性について引き続き検討を行う必

要がある。

参考文献

- 1) 田村重四郎、岡本舜三、加藤勝行：岩盤地帯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、1979.7
- 2) 松本徳久、吉田等、佐々木隆、安中正：ICOLD 第21回大会提出課題論文（その3） Q. 83-R35 ダムサイトでの地震動の応答スペクトル、大ダム 第46巻 第186号、pp. 69-76、2004.1
- 3) 独立行政法人土木研究所：土木研究所資料 第3914号 平成15年5月26日 宮城県沖地震の被害に係わる現地調査報告書、pp. 23-32、2003.9