ISSN　0386－5878
土木研究所資料 第3914号

土 木 研 究 所 資 料

平成15年5月26日
宮城県沖の地震の被害に係わる現地調査報告書

平成15年9月

独 立 行 政 法 人 土 木 研 究 所

Copyright © (2003) by P.W.R.I

All rights reserved. No Part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土木研究所資料
第3914号2003年9月

平成15年5月26日
宮城県沖の地震の被害に係わる現地調査報告書

独立行政法人土木研究所

耐震研究グループ		グループ長	常田　賢一
材料地盤研究グループ	地質チーム	主任研究員	倉橋　稔幸
		研究員	伊藤　政美
		交流研究員	三河　輝夫
		交流研究員	山脇　雄一
耐震研究グループ	振動チーム	上席研究員	田村　敬一
		主任研究員	岡村　未対
		研究員	石原　雅規
	耐震チーム	上席研究員	運上　茂樹
		主任研究員	遠藤　和夫
		研究員	西田　秀明
		研究員	小林　寛
水工研究グループ	ダム構造チーム	上席研究員	山口　嘉一
		主任研究員	佐々木　隆
		研究員	佐藤　弘行
		研究員	中村　洋祐
		研究員	金縄　健一
		研究員	小堀　俊英
土砂管理研究グループ	地すべりチーム	主任研究員	石井　靖雄
		研究員	森下　淳
構造物研究グループ	基礎チーム	研究員	白戸　真大
		研究員	梅原　剛

要　旨

２００３年５月２６日、宮城県沖を震源とするマグニチュード７．０の地震が発生した。本報告書は、地震発生直後の５月２７日から６月１３日までに、国土技術政策総合研究所、土木研究所、建築研究所、港湾空港技術研究所が共同で実施した現地調査の結果を集約し、今後の調査研究の基礎資料および地震対策の参考資料とするため緊急にとりまとめたものである。

キーワード：土木研究所、国土技術政策総合研究所、建築研究所、港湾空港技術研究所、地震、被害、宮城県沖

序

本報告書は、平成１５年５月２６日に宮城県沖で発生した地震に対して、国土技術政策総合研究所、土木研究所、建築研究所および港湾空港研究所が連携して実施した緊急現地調査の結果を取りまとめたものである。

本報告書は、４機関合同の報告書であるが、土木研究所の研究活動を明確にするために、関係機関の了解の下、土木研究所資料として公刊するものである。

なお、緊急調査の結果について、速報としては４機関連名で平成１５年７月号の土木技術資料に報告しているが、本報告書は同速報より詳しい内容となっている。また、当該地震に関する詳細な調査研究の成果については、適宜報告される予定である。

平成１５年９月

独立行政法人土木研究所
耐震研究グループ長　　常田賢一

河川施設の被災状況

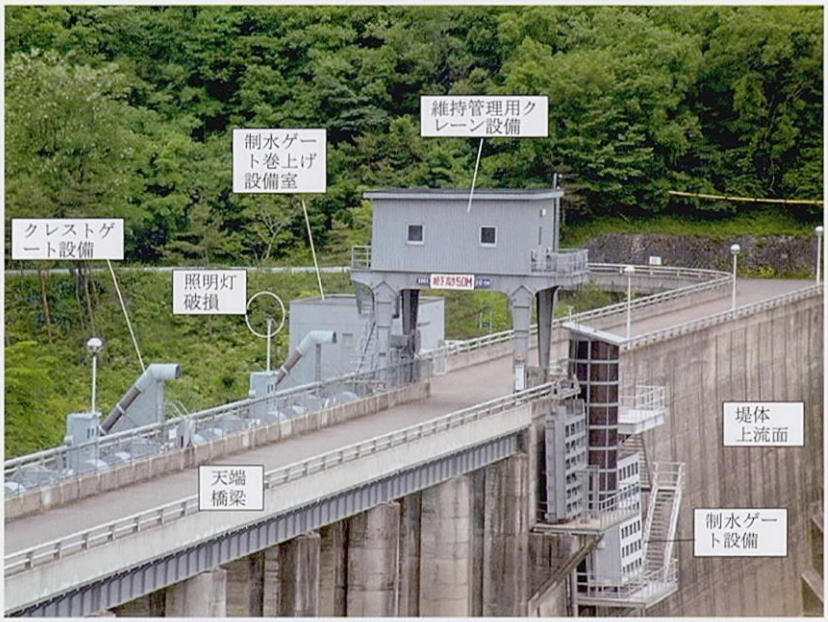


写真G 5.1　北上川釜谷地区堤防（**1.3km** 付近）の被災状況
白線は、地震により発生したクラックに石灰を注入したもの。
（撮影：北上川下流河川事務所）



写真G 5.2　北上川七尾（**11.5km** 付近）の被災状況
堤防天端に縦断クラックが発生した。
（撮影：北上川下流河川事務所）

ダムの被災状況



写真G 6.1　東北地方整備局　田瀬ダムの天端状況
天端にて最大 1024gal もの大きな加速度が計測されたが、
照明灯数基の頂部ガラスが破損した以外の変状は生じなかった



写真G 6.2　岩手県　日向ダムの高欄部継目の開き状況
天端にて最大 1,111gal の加速度が観測されたが、堤体本体の変状はなかった

道路橋の被災状況



写真G 7.1　国道４５号白木沢橋(岩手県大船渡市三陸町吉浜地内)
橋台取付け盛土の沈下、アスファルト盛付けによる補修



写真G 7.2　村道船渡線船渡橋(岩手県宮守村上鱒沢)
線支承のアンカーボルトの橋軸直角方向への変形状況

斜面の被災状況



写真G 8.1　急傾斜地崩壊危険箇所における斜面のり肩のき裂の発生
（宮城県牡鹿町前浜地区）
のり肩部から約１ｍ程度の位置に長さ 30 ｍ程度の連続的なき裂が確認された。き裂の開口幅は１ cm から３ cm 程度であった。



写真G 8.2　地すべりによる移動土塊の堆積状況（宮城県築館町館下地区）
水田（勾配１° 以下）に厚さ約 0.7 ｍ、勾配約２° で最大幅約 55 ｍ、長さ約 65 ｍの範囲に薄く広がって堆積していた。



写真G 8.3　落石が生じた道路斜面の状況
（岩手県住田町世田米子飼沢地区　国道397号）

高さ約18m、幅約23.5mのモルタル吹付斜面の頂部がくさび状に崩壊した、はく離（浮石）型の落石である。崩壊は高さ約５m×幅約10m程度で、崩壊量約80m^3であると推定。



写真G 8.4　落石が生じた道路斜面の状況
（岩手県釜石市甲子町地区　県道167号釜石住田線）

モルタル吹きつけ斜面のオーバーハング部分が高さ3.9mの位置からはく離した、はく離（浮石）型の落石である。はく落は幅約7.5m×高さ約8mで、岩塊の体積は約25 m^3である。

建築物の被災状況



写真G 9.1　軽量鉄骨プレハブ住宅の被害

上部構造の軽量鉄骨を基礎梁に接合している定着アンカーまわりのコンクリートが割れ、軽量鉄骨が移動している。また外装材にずれが生じている。

大船渡市



写真G 9.2　気仙沼市立階上（はしがみ）小学校校門の被害

小学校校門の石造の門柱が地震によりずれている。

気仙沼市階上小学校

目　次

◇グラビア

◇目次

◇調査報告

１．まえがき ……1

２．調査概要 ……2

３.地震特性と地震動 ……4

４．地震被害の概要 ……9

５．河川施設の被害状況 ……11

６．ダムの被害状況 ……23

７．道路橋の被害状況 ……33

８．斜面の被害状況 ……41

９．港湾施設の被害状況 ……51

１０．建築物の被害状況 ……58

１１．震後対応 ……71

１２．あとがき ……77

◇謝辞

執筆者一覧

（◎：代表執筆者）

１．まえがき、２．調査概要、４．地震被害の概要

国土技術政策総合研究所
- 企画部　企画課　課長　三輪　準二
- 企画部　企画課　建設専門官　瀬崎　智之
- 企画部　企画課　企画係長　川上　篤史

３．地震特性と地震動

国土技術政策総合研究所
- 危機管理技術研究センター　地震防災研究室　主任研究官　上原　浩明
- 危機管理技術研究センター　地震防災研究室　主任研究官　片岡　正次郎
- 危機管理技術研究センター　地震防災研究室　研究官　松本　俊輔

５．河川施設の被害状況

国土技術政策総合研究所
- 河川研究部　河川研究室　主任研究官　日下部　隆昭
- 危機管理技術研究センター　地震防災研究室　研究官　松本　俊輔

独立行政法人土木研究所
- ◎耐震研究グループ　振動チーム　上席研究員　田村　敬一
- 耐震研究グループ　振動チーム　主任研究員　岡村　未対
- 耐震研究グループ　振動チーム　研究員　石原　雅規

６．ダムの被害状況

国土技術政策総合研究所
- 河川研究部　ダム研究室　室長　川崎　秀明
- ◎河川研究部　ダム研究室　主任研究官　金銅　将史
- 河川研究部　ダム研究室　主任研究官　平山　大輔
- 河川研究部　ダム研究室　研究官　稲垣　謙司
- 河川研究部　ダム研究室　研究員　吉岡　英貴

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
- ◎水工研究グループ　ダム構造物チーム　主任研究員　佐々木　隆
- 水工研究グループ　ダム構造物チーム　研究員　佐藤　弘行
- 水工研究グループ　ダム構造物チーム　研究員　中村　洋祐
- 水工研究グループ　ダム構造物チーム　研究員　金縄　健一
- 水工研究グループ　ダム構造物チーム　研究員　小堀　俊秀

７．道路橋の被害状況

国土技術政策総合研究所
- 道路研究部　橋梁研究室　研究官　廣松　新

独立行政法人土木研究所
- ◎耐震研究グループ　耐震チーム　上席研究員　運上　茂樹
- 耐震研究グループ　耐震チーム　主任研究員　遠藤　和男
- 耐震研究グループ　耐震チーム　研究員　西田　秀明
- 耐震研究グループ　耐震チーム　研究員　小林　寛
- 構造物研究グループ　基礎チーム　研究員　白戸　真大
- 構造物研究グループ　基礎チーム　研究員　梅原　剛

８．斜面の被害状況

国土技術政策総合研究所
◎危機管理技術研究センター　砂防研究室　室長　寺田　秀樹
独立行政法人土木研究所
材料地盤研究グループ　地質チーム　主任研究員　倉橋　稔幸
材料地盤研究グループ　地質チーム　研究員　伊藤　政美
材料地盤研究グループ　地質チーム　交流研究員　三河　輝夫
材料地盤研究グループ　地質チーム　交流研究員　山脇　雄一
土砂管理研究グループ　地すべりチーム　主任研究員　石井　靖雄
土砂管理研究グループ　地すべりチーム　研究員　森下　淳

９．港湾施設の被害状況

国土技術政策総合研究所
沿岸海洋研究部　沿岸防災研究室　研究員　狩野　真吾
独立行政法人港湾空港技術研究所
◎地盤・構造部　構造振動研究室　室長　菅野　高弘
地盤・構造部　構造振動研究室　研究官　小濱　英司

１０．建築物の被害状況

国土技術政策総合研究所
建築研究部　建築新技術研究官　飯場　正紀
建築研究部　構造基準研究室　主任研究官　小山　信
◎危機管理技術研究センター　建築災害対策研究官　上之薗　隆志
独立行政法人建築研究所
構造研究グループ　上席研究員　斎藤　大樹
構造研究グループ　主任研究員　五十田　博
構造研究グループ　主任研究員　楠　浩一
国際地震工学センター　主任研究員　鹿嶋　俊英

１１．震後対応

国土技術政策総合研究所
危機管理技術研究センター　地震防災研究室　室長　日下部　毅明
危機管理技術研究センター　地震防災研究室　主任研究官　真田　晃宏

１２．あとがき

国土技術政策総合研究所
危機管理技術研究センター　地震災害研究官　松尾　修
独立行政法人土木研究所
耐震研究グループ長　常田　賢一

1. まえがき

2003年（平成15年）5月26日18時24分頃、宮城県沖（北緯38度49分、東経141度39分）を震源とするマグニチュード7.1[1),2)]の地震が発生した。この地震で宮城県北部および岩手県南部では震度6弱が観測された。震度6弱以上の地震の観測は、国内では2001年3月24日の芸予地震以来、この地域にとっては1978年宮城県沖地震以来である。負傷者174名、住宅被害2366棟、被害総額174億円余（消防庁、8月22日時点）[3)]に上る。

地震発生直後の5月26日18時24分に国土交通省本省、東北地方整備局、東北地方運輸局において非常体制がとられた。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、独立行政法人港湾空港技術研究所では災害対策本部等の設置には至らなかったが、地震発生直後から各研究機関の防災担当課室において情報収集を開始するとともに、緊急災害派遣要請に備えて河川、ダム、斜面、道路橋、建築、港湾の6分野について、4研究機関の関連する研究者で構成される調査チームが編成された（調査チーム構成の詳細は2章で述べる）。

この内、港湾分野および建築分野には本省からの要請を受けて、港湾分野は5月27日～29日に、建築分野は5月28日～30日に調査チームが派遣された。また、斜面分野では宮城県からの要請を受けて、5月29日～30日まで砂防調査チームが派遣された。これ以外の分野では、地震動の大きさに鑑み、地震被害状況の把握や地震動観測データの回収を主な目的とした現地調査を、編成した調査チームごとに5月29日から6月13日までの期間内に順次実施した。これらの調査を実施した人員は計41人、のべ人数は101人日に上る。

本報告書は、地震発生直後の5月27日から6月13日までに4機関が共同で実施した現地調査の結果を集約し、今後の調査研究の基礎資料および地震対策の参考資料とするため、緊急的にとりまとめたものである。したがって、被害原因の究明あるいは今後の検討課題等に関しては十分でない点もあるが、それらについては今後別途の機会に譲ることにしたい。

参考文献

1) 気象庁：平成15年宮城県沖を震源とする地震について（平成15年6月20日18時00分現在），内閣府ホームページ http://www.bousai.go.jp/index.html, 2003.
2) 気象庁：気象庁マグニチュード算出方法の改訂について，気象庁報道発表資料，2003.
3) 消防庁：宮城県沖を震源とする地震（第27報），消防庁ホームページ http://www.fdma.go.jp/html/infor/030526Miyagi.PDF, 2003.

3. 地震特性と地震動

3．1 地震の概要

平成15年5月26日18時24分頃に発生した宮城県沖を震源とする地震は北緯38度49.0分、東経141度39.2分、深さ72㎞を震源とし、気象庁マグニチュード(M)は7.1とされている。

この地震の震度分布は図3.1に示すとおり、宮城県北部や岩手県南部において震度６弱、東北地方の広い範囲で震度５強～５弱、北海道から関東地方にかけて震度４を観測した。

この地震は陸側のプレートの下に潜り込む太平洋プレート内部で発生した地震であると考えられている。一方、1978年宮城県沖地震（M=7.4）は２つのプレートの境界付近で発生した地震で、震央は南南東に約80㎞離れている（図3.2,3.3）。また、発生の切迫性が非常に高まっている想定宮城県沖地震もプレート境界付近で起こる地震と考えられ、今回の地震とは震源深さや発震機構が異なっていることから、別の地震と考えられている[1)]。この地震による余震活動は、5月31日までに有感地震が150回以上観測されたが、順調に減少した（図3.4）。6月30日現在で観測された有感の余震は216回[2)]である。なお、最大規模の余震はM=4.9、余震による最大震度は震度４で5月26日と5月27日の２回観測された。

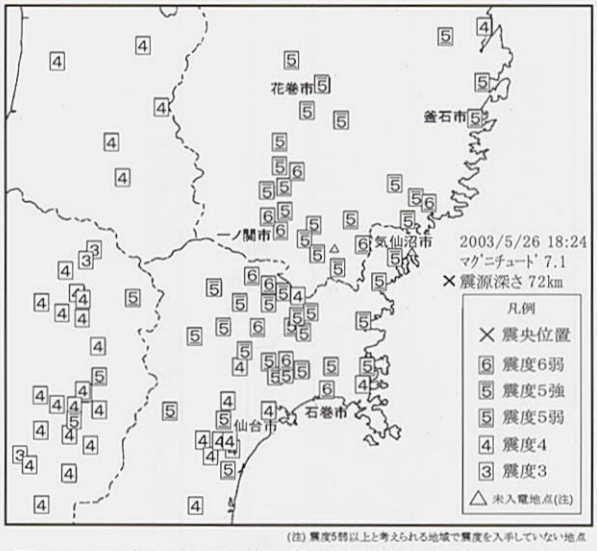


図 3.1 震度分布図（気象庁報道発表資料に加筆）

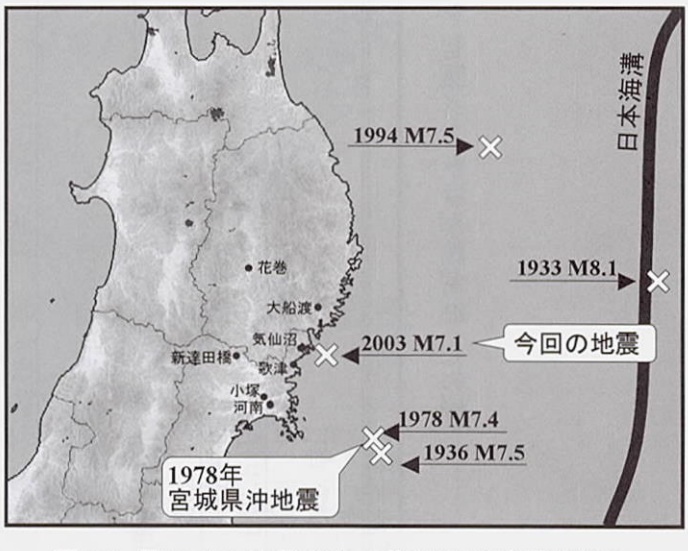


図 3.2 周辺での地震発生の状況及び強震記録を掲載した観測所位置図

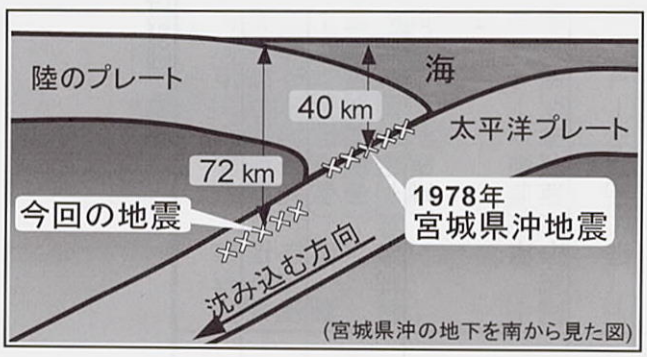


図 3.3 震源域付近の模式図

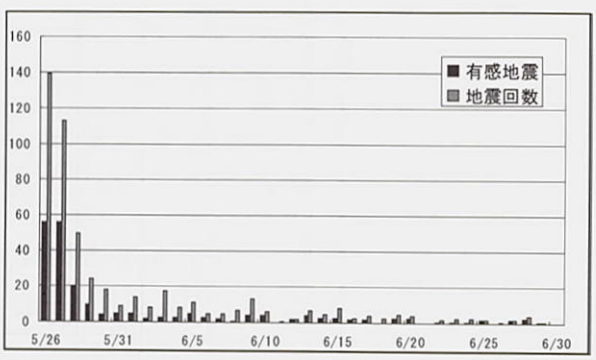


図 3.4 地震回数（気象庁発表資料より作成）

３．２ 強震記録

３．２．１ 概要

国土交通省では河川、道路施設の施設管理用として地震計ネットワーク観測施設（以下「地震計ＮＷ」という。）を全国に約700箇所設置している。このうち東北地方整備局管内においては約100箇所の観測施設が設置されている。また、河川堤防や橋梁などの公共土木施設においても地震時の構造物の挙動を観測することを目的として地表や地中、構造物に地震計を設置している。これを一般強震観測という。今回の地震では岩手県の三陸国道事務所管内の大船渡観測所などで、1995年に発生した兵庫県南部地震で観測された最大加速度(818cm/s^2、神戸海洋気象台NS成分)を上回り、重力加速度をも上回る1,000cm/s^{2}以上の最大加速度を観測した。**図3.5**は、地震計NWで観測された最大加速度の距離減衰特性である。また、**図3.5**にはスラブ内地震について提案されている距離減衰式[3)]による推定値も示した。これによると、今回の地震で観測された最大加速度はスラブ内地震としてはほぼ平均的であったと考えられるが、1,000cm/s^{2}を上回る点については距離減衰式よりもかなり大きな値となっていることがわかる。

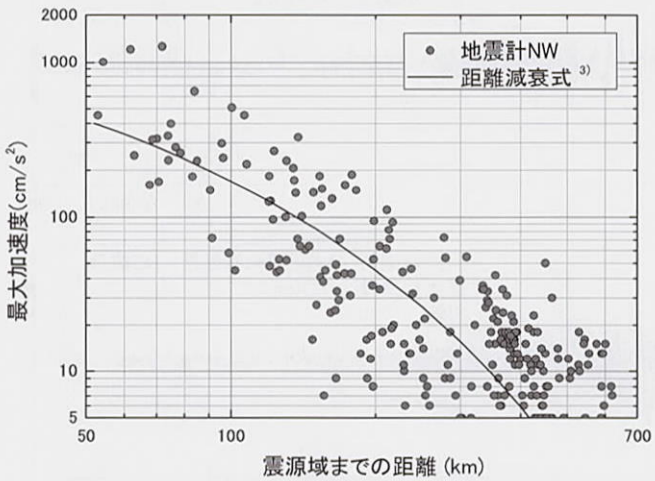


図 3.5 地震計 NW で観測された最大加速度の距離減衰特性

一方、地震動の強さを表し、一般的な構造物に与える被害と相関が高い指標であるSI値についてみると、今回の地震で観測された強震記録のうち最も大きな値は気仙沼国道出張所観測所（EW成分）における41cm/sであった。これは兵庫県南部地震の強震記録（神戸海洋気象台NS成分）から算出した114cm/sの４割以下であった。

３．２．２ 加速度時刻歴記録

今回の地震では一般強震観測及び地震計ＮＷにより100箇所以上の観測施設で強震記録が収集された。このうち強い地震記録が得られた等、興味深いデータについては波形等を本資料に示した。掲載した観測所一覧を**表3.1**に、加速度時刻歴波形を**図3.6**にそれぞれ示す。また、観測所の位置は**図3.2**を参照されたい。

表3.1 本資料に掲載した記録の観測所

観測所	種別	事務所	備　考
小塚	一般強震（旧北上川）	北上川下流河川	開北橋(※)付近
河南	一般強震（旧北上川）	北上川下流河川	堤防天端と地下77mの地震記録
花巻	地震計ＮＷ	岩手河川国道	岩手県内陸部で地震動が強かった地点
大船渡	地震計ＮＷ	三陸国道	今回の地震で最大の加速度を記録
気仙沼	地震計ＮＷ	仙台河川国道	今回の地震で最大のSI値を記録
歌津	地震計ＮＷ	仙台河川国道	1,000cm/s^2 を超える最大加速度を記録
新達田橋	地震計ＮＷ	仙台河川国道	宮城県北部で地震動が強かった地点

(※) 開北橋　1978年宮城県沖地震の際に開北橋周辺地盤で観測された強震記録が、動的解析に用いる地震動として道路橋示方書に例示されている。

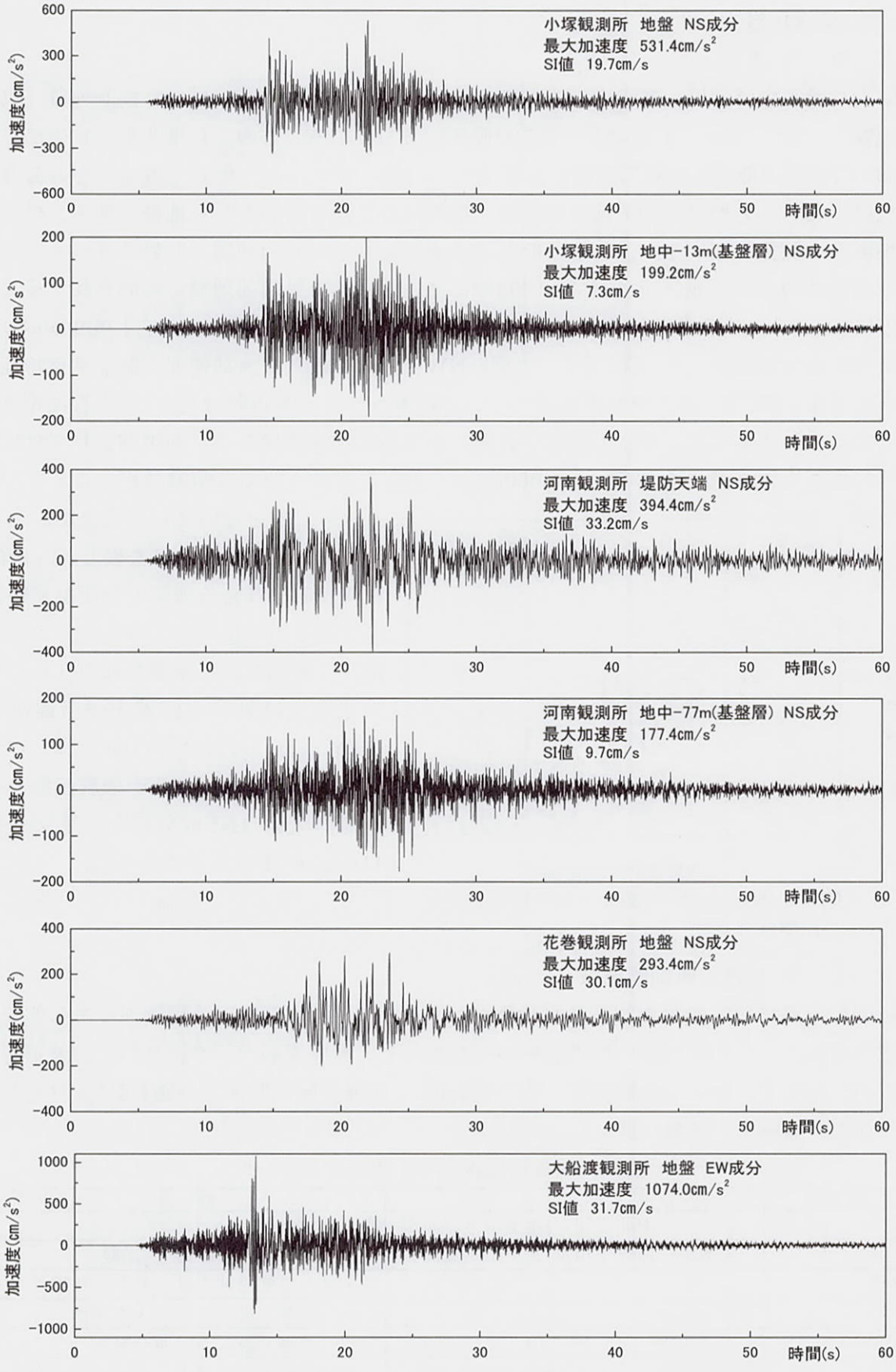


図 3.6 観測された加速度時刻歴波形

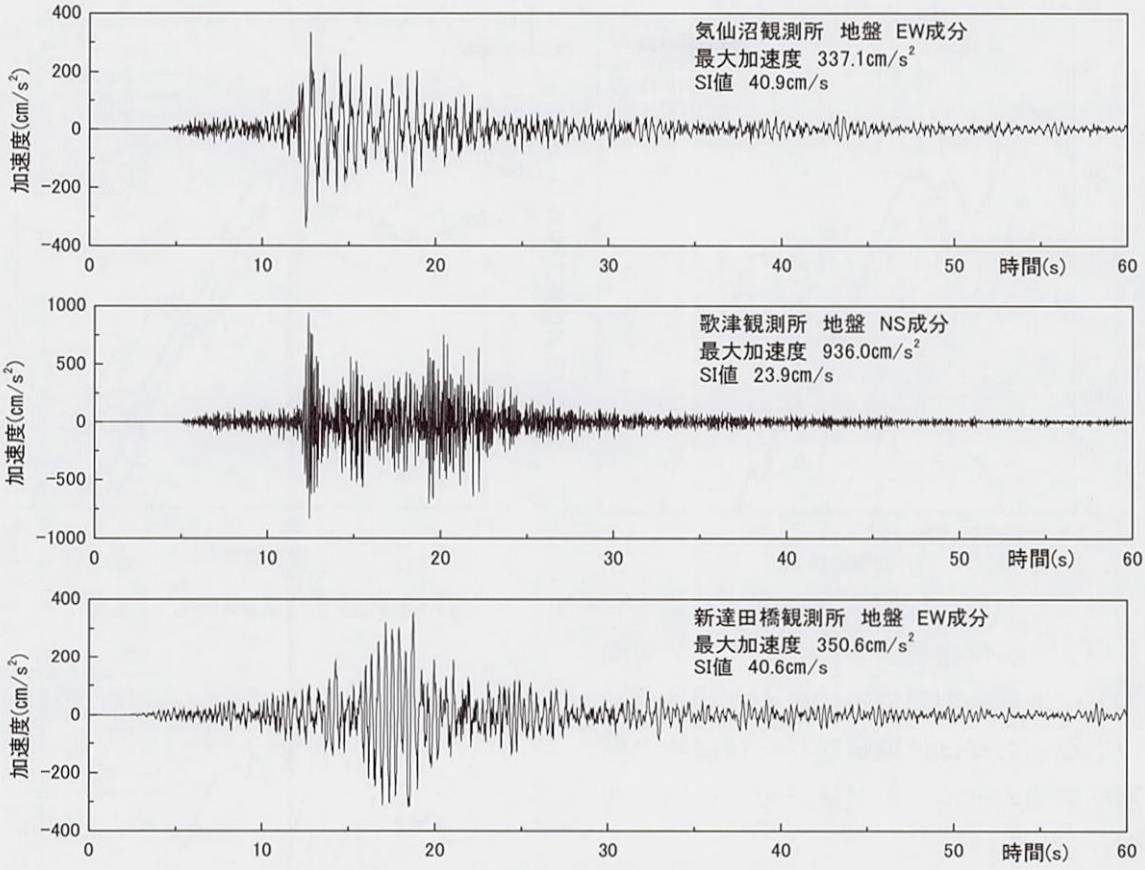


図 3.6 観測された加速度時刻歴波形（つづき）

これらの強震記録のうち太平洋沿岸部にある小塚、河南、気仙沼、歌津の各観測所では、２つのピークが現れている。同じく沿岸部の大船渡観測所では明瞭な２つめのピークは現れていないが、極めて強い地震動の到来後に最大で400cm/s²の強い地震動が10秒程度継続している。今回の地震については震源域において２箇所に大きなすべりをもつ震源モデルが提案されており[4)]、上記の特徴はそのような破壊過程を反映したものと考えられる。

３．２．３ 加速度応答スペクトル

３．２．２で掲載した強震記録の加速度応答スペクトル(減衰定数5%)を図3.7～3.9に示す。図3.7は、小塚観測所と河南観測所の地中と地表の加速度応答スペクトルの比較である。地中の強震計は、それぞれの地点の基盤層（小塚-13m、河南-77m）に設置されている。両観測所の地表の地震動特性は、地中の地震動と類似しており、表層地盤の影響による特徴的な増幅は見られなかった。

図3.8に、比較的震央に近い沿岸部（大船渡、気仙沼、歌津）と、内陸部（花巻、新達田橋）で観測された強震記録の加速度応答スペクトルを示す。大船渡と歌津では、非常に大きな最大加速度が観測されたが、両観測所の加速度応答スペクトルから周期0.2秒以下の短周期地震動が卓越していたことが確認できる。気仙沼では、これより長周期の0.5秒前後の地震動が卓越しており、今回の地震で観測された強震記録の中で最大のSI値が計測された。一方、内陸部の観測点では、沿岸部の大船渡や歌津で卓越している短周期地震動が比較的

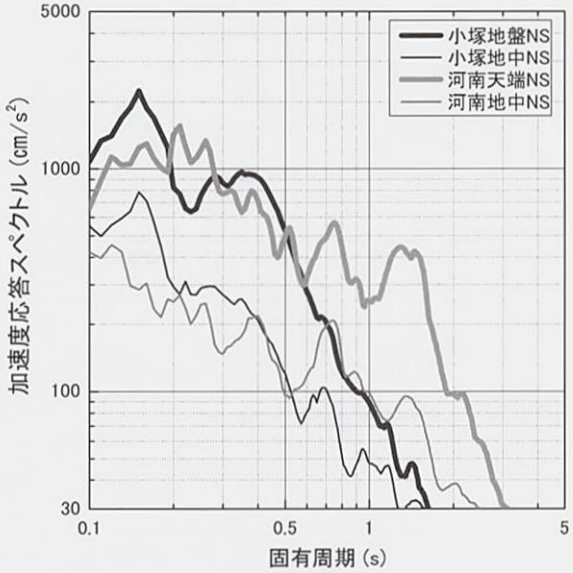


図 3.7 地盤と地中の比較

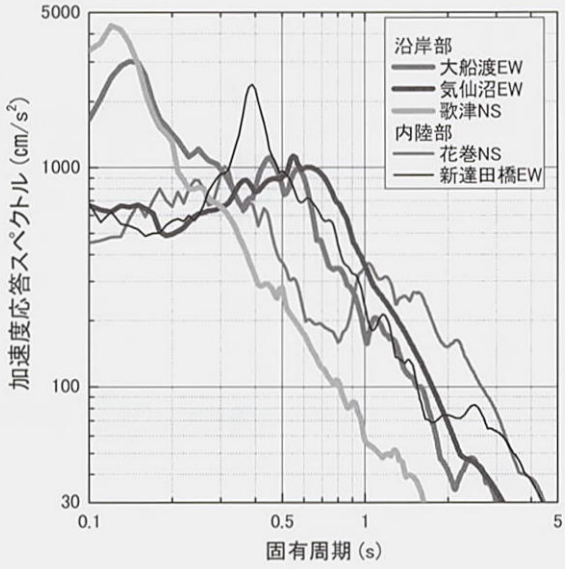


図3.8 内陸部と沿岸部での比較

小さいことが確認できる。このように観測点ごとに地震動の周期特性は大きく異なっているが、これは地盤構造や伝播経路の影響及び震源の不均一な破壊過程の影響と考えられる。

図3.9に今回の地震で観測された記録と1995年兵庫県南部地震で観測された記録（神戸気象台記録NS成分）との比較を示す。短周期の地震動では、今回観測された強震記録の一部で兵庫県南部地震の記録を上回っているものの、0.2秒より長周期の地震動については、兵庫県南部地震で観測された地震動の方がはるかに大きいことがわかる。

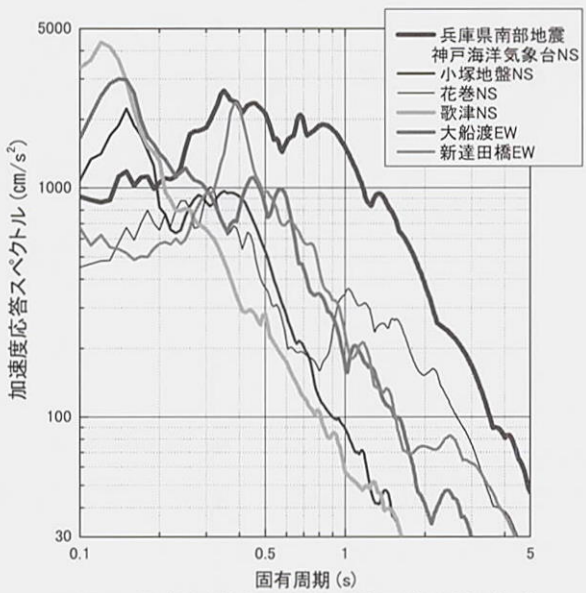


図 3.9 兵庫県南部地震（神戸海洋気象台 NS 成分）との比較

3．3 まとめ

今回の地震はプレート内部で発生したスラブ内地震であったために短周期の地震動が強く、観測された最大加速度も非常に大きなものであった。一方、構造物に影響の大きい周期帯の地震動は兵庫県南部地震に比べるとはるかに小さく、このことが構造物への被害が比較的少なかった主な理由と考えられる。

【参考文献】

1) 地震調査研究推進本部ホームページ　http://www.jishin.go.jp/main/index.html
2) 気象庁ホームページ　http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2003_05_26_miyagi/
3) 司宏俊,翠川三郎：断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式,日本建築学会構造系論文集 第523号, 63-70, 1999年11月
4) 青井真, 関口春子, 功刀卓, 本多亮, 藤原広行：近地強震動記録による宮城県北部の地震の震源インバージョン, 独立行政法人防災科学技術研究所ホームページhttp//www.k-net.bosai.go.jp/k-net/news/miyagi/

４．地震被害の概要

宮城県沖を震源とする地震による被害は、東北６県で報告されている。消防庁発表の地震被害一覧[1)]を**表 4.1** に示す。表中の土木施設の被害については、各県が集計した市町村管理施設、県管理施設の被害について示したものであり、表中の被害件数には直轄管理施設を含まない。直轄管理施設については、以降の５章から１０章で述べる。

参考文献

1) 消防庁：宮城県沖を震源とする地震（第 27 報），消防庁ホームページ http://www.fdma.go.jp/html/infor/030526Miyagi.PDF, 2003.

表4.1　地震被害の概要[1)]（消防庁，平成15年7月2日発表）

災害区分		単位	計	岩手県	宮城県	山形県	秋田県	福島県	青森県
人的被害	死者	人	0						
	行方不明者	人	0						
	重傷	人	25	10	10	1	4		
	軽傷	人	149	81	54	9	4		1
	調査中	人	0						
	負傷者計	人	174	91	64	10	8	0	1
住宅被害	全壊	棟	2	2					
		世帯	2	2					
		人	5	5					
	半壊	棟	21	10	11				
		世帯	19	10	9				
		人	65	28	37				
	一部破損	棟	2,342	1,183	1,033	2	0	124	
		世帯	2,146	984	1,036	2	0	124	
		人	6,973	2,852	3,560	10		551	
	床上浸水	棟	0						
		世帯	0						
		人	0						
	床下浸水	棟	1	1					
		世帯	1	1					
		人	2	2					
	住宅被害計	棟	2,366	1,196	1,044	2	0	124	0
		世帯	2,168	997	1,045	2	0	124	0
		人	7,045	2,887	3,597	10	0	551	0
非住家	公共建物	棟	207	88	98	8	1	12	
	その他	棟	518	326	158	14	3	17	
その他	文教施設	箇所	888	386	411	60	9		22
	病院	箇所	91	83		6			2
	道路	箇所	173	109	50	14			
	橋梁	箇所	11	9	2				
	河川	箇所	40	21	18	1			
	港湾	箇所	48	23	24			1	
	砂防	箇所	3	2	1				
	清掃施設	箇所	16	16					
	崖崩れ	箇所	0						
	鉄道不通	箇所	9	9					
	被害船舶	隻	4	4					
	水道	戸	2,809	2,808			1		
	電話	回線	0						
	電気	戸	7						7
	ガス	戸	2,931				2,931		
	ブロック塀等	箇所	15			12	2		1
	その他		43		39		3	1	
罹災世帯		世帯	21	12	9	0	0	0	0
罹災者数		人	70	33	37	0	0	0	0
火災件数	建物	件	3	1	2				
	危険物	件	0						
	その他	件	1		1				
	計	件	4	1	3	0	0	0	0
公立文教施設		千円	1,287,302	749,778	491,031	40,733			5,760
農林水産業施設		千円	3,537,566	1,914,004	1,534,700	28,800	60,062		
公共土木施設		千円	6,283,350	5,139,800	1,139,550	4,000			
その他の公共施設		千円	346,584		343,442				3,142
小計		千円	11,454,802	7,803,582	3,508,723	73,533	60,062	0	8,902
公共施設被害市町村		団体	62		62				
その他	農林被害	千円	58,889	881	58,008				
	林業被害	千円	131,278	28,505	102,773				
	畜産被害	千円							
	水産被害	千円	410	410					
	商工被害	千円	3,000,591	1,414,430	1,586,161				
	その他	千円	2,803,263	2,641,600	159,637				2,026
被害総額		千円	17,449,233	11,889,408	5,415,302	73,533	60,062	0	10,928

5．　河川施設の被害状況

5．1　河川施設に関する被害の全体概要

今回の地震による河川施設の被害は全般に軽微であった。

直轄河川施設の被害は、非常に軽微なものも含めて約 40 箇所確認されており、主に北上川に分布していた。堤防天端や護岸等に幅数 cm、長さ数 m～数 10m の縦断クラックあるいは段差が生じたという箇所が多かった。いずれの箇所においても天端の沈下は報告されていない。

5．2　調査の概要

地震発生から約 1 週間後の平成 15 年 6 月 3 日～4 日の 2 日間に渡り、宮城県内（北上川下流河川事務所管内）の河川堤防を中心に現地調査を実施した。調査した河川は、鳴瀬川、吉田川、江合川、旧北上川、北上川の 5 河川であり、調査箇所を**図 5.1** に示す。

今回の調査の目的は、以下のとおりである。

- 堤防、水門、樋管等の被害の有無、被害状況の把握
- 液状化等の地盤変状の発生の有無、被害状況の把握
- 液状化対策箇所（堤防）の精査
- 1978 年宮城県沖地震による被害箇所、被害状況との対比
- 強震観測実施箇所（堤防）の精査

5．3　調査結果

現地調査による調査地点と被害状況を**表 5.1** に示す。

1978 年宮城県沖地震では、1 メートルを越える堤体の沈下や数 10cm 幅のクラックが、今回の調査地点を含む河川堤防で断続的に発生し、直轄の北上川と鳴瀬川だけでも被災した堤防の延長は 22.3km にのぼった[1)]。これに対し、今回の地震では、いずれの堤防でも天端の沈下は確認されず、発生したクラックの幅は最大 70mm 程度と小さく、被害は極めて軽微であった。また、液状化対策を実施した堤防および水門・樋管等の構造部にも被害は認められなかった。

液状化による噴砂は、2 箇所（調査箇所以外に江合川旧河道）で確認されただけである。**表 5.1** の No.7 地点の噴砂は造成したばかりの高水敷が液状化したものと考えられ、周辺の堤体への影響は見られなかった。また、**表 5.1** の No.14 地点において確認された噴砂は非常に少量であった。

5．4　分析・考察

5．4．1　釜谷地区の被害原因（表 5.1 の No.13）

釜谷地区の堤防は、今回の調査において最も大きな被害を受けていた箇所である。**図 5.2** に被害箇所の状況を模式的に示す。被害を受けた堤防は、北上川と富士川にはさまれた背割堤となっており、北上川右岸 0.8k+130m~1.0k+020m、1.2k+050m~1.2k+140m、1.4k+050m~1.4k+150m の 3 箇所の天端から富士川側の法

面にかけて縦断クラックが生じていた。このクラック発生箇所周辺の富士川側の低水護岸には、はらみ出しが認められた。北上川側の低水護岸には根入長さ 9.0m のⅡ型止水矢板が入っており、相対的に耐震性の低い富士川側に被害が集中したものと考えられる。被害箇所は、長さが各々約 100m であり、被害箇所の間に約 100m と 200m の無被害区域をはさんで不連続に分布している。このような被害形態は、釧路沖地震でも確認されている [2]。なお、被害箇所の周辺で噴砂等の液状化の痕跡は見られなかった。

5．4．2　中下震動観測所の強震記録

中下震動観測所は、鳴瀬川右岸 0.9k のサンドコンパクションパイル工法(以下、SCP)により耐震対策が施された河川堤防上に位置している。**図 5.3** に示すように、SCP 施工範囲内と外に強震計と間隙水圧計が配置されている。

図 5.4 に間隙水圧の時刻歴を示す。SCP 施工範囲外（天端-9m）と SCP 施工範囲内（小段-5m、小段-7m）を比較すると、SCP 施工範囲内の水圧の上昇が抑制されていることは明らかである。また、間隙水圧計の初期値から求めた地下水位（標高-0.2m）を用いて、過剰間隙水圧比を計算した。その結果、天端-9m でも過剰間隙水圧比の最大値が 15%程度であり、液状化していないことが確認できた。

図 5.5 に NS 方向の加速度を、**図 5.6** にそのフーリエスペクトルを示す。天端地表で最大 192gal、基盤でも最大 111gal を記録した。

このように、今回の地震の加速度はかなり大きいにもかかわらず、間隙水圧がほとんど上昇しなかった。

5．5　まとめ

・今回の地震による河川施設の被害は全般に軽微であった。

・1978 年宮城県沖地震では、多くの被災した堤防周辺部において、地盤液状化による噴砂が見られた。今回の地震では、**表 5.1** の No.7 と No.14 地点、および江合川旧河道の噴砂跡以外には、河川堤防周辺部で地盤の液状化が生じた痕跡は発見されていない。堤防の被害が比較的軽微であった理由としては、著しい液状化が生じなかったことによるものと考えられる。

・中下震動観測所の水圧計の記録より、SCP 施工範囲外でも過剰間隙水圧比（天端-9m）の最大値が 15%程度と低く、液状化していないことが確認できた。また、SCP 施工範囲内では過剰間隙水圧の上昇がより小さく、SCP の液状化抑制効果が確認できた。

・加速度が大きかったにもかかわらず、間隙水圧の上昇が小さかった原因については、今後検討を行う必要がある。

参考文献

1)建設省土木研究所：1978 年宮城県沖地震災害調査報告、土木研究所報告第 159 号、1983 年 3 月

2)加納誠二、佐々木康、秦吉弥：堤防の地震時三次元応答に関する振動台実験、第 37 回地盤工学研究発表会、2002 年 7 月



図 5.1　現地調査箇所（①～⑭）（北上川下流河川事務所管内図より抜粋）

表 5.1.1　堤防の被害状況等（その 1）

No.	調査地点	今回の被害状況など	1978 年宮城県沖地震による被害	写真
	被害の概況説明 (東北地方整備局)	・出席者：馬場河川調査官、加藤河川計画課補佐、阿部係長、佐藤北上川下流河川事務所事業計画課長 ・被害概要： 彦部堤防左岸堤防にクラック、弥栄堤防にクラック、釜谷堤防にクラック ・北上川河口部　耐震対策は優先区間については完了。 ・鳴瀬川 21km　造成工事中に盛ったところで液状化。		
1	吉田川右岸 17.0k 山崎堤防	・堤防に変状なし。 ・周辺地盤に液状化の痕跡なし。	縦断クラック（幅 200～500mm）、天端沈下量数 10cm、液状化。	写真 5.1
2	吉田川右岸 16.2k 山崎震動観測所	・堤防に変状なし。樋門、堤内側法尻の水路も変状なし。 ・周辺地盤に液状化の痕跡なし。 ・揚水機のコンクリート柱も変状なし。 ・強震観測　最大加速度 242gal(法尻)		
3	鳴瀬川右岸 0.5k 野蒜水門	・翼壁の取付け部の新旧コンクリートの打ち継目にクラック。背面裏込土にもクラック。		
4	鳴瀬川右岸 0.9k 中下震動観測所	・堤防に変状なし。低水位護岸の法線も直線を保つ。 ・周辺地盤に液状化の痕跡なし。 ・ＳＣＰによる耐震対策箇所。 ・強震観測　最大加速度 224gal(小段) ・水圧は最大で 20kPa 程度上昇。過剰間隙水圧比で 15%程度と考えられる。SCP 内の水圧上昇は SCP 外より小さく、SCP の効果が認められる。		写真 5.2

表 5.1.2　堤防の被害状況等（その 2）

No.	調査地点	今回の被害状況など	1978 年宮城県沖地震による被害	写真
5	鳴瀬川左岸 4.8k 鳴瀬堰周辺	・ゴム引布製起伏堰 ・堤防、樋門に変状なし。 ・周辺地盤に液状化の痕跡なし。		
6	鳴瀬川 21.7k 鳴瀬川中流堰	・水門に変状なし（門柱、堰柱にクラックもなし）。		
7	鳴瀬川左岸 21.0k	・堤防に変状なし。 ・今年 1 月～ 3 月に造成した高水敷に液状化による噴砂の痕跡あり。噴砂の後は、幅 5~6cm、長さ 5~6m。造成時に埋め立てた部分の砂が液状化したものと考えられる。		写真 5.3
8	江合川左岸 14.7k	・堤防に変状なし。隣接する家屋のブロック塀にも変状なし。 ・周辺地盤に液状化の痕跡なし。	・縦断クラック、天端沈下、液状化	
9	旧北上川左岸 6.4k 開北橋周辺 小塚観測所	・堤防に変状なし。 ・周辺地盤に液状化の痕跡なし。 ・強震観測　最大加速度 531gal(法尻)		
10	北上川右岸 7.6k 横川	・堤防天端に縦断クラック（幅 10mm、断続的に長さ 120m 程度）。 ・周辺地盤に液状化の痕跡なし。		写真 5.4, 写真 5.5, 写真 5.6
11	北上川右岸 3.8k 新北上大橋上流	・堤防天端、法肩、小段に縦断クラック（幅 20mm、長さ 85m）。富士川との旧合流地点で、旧河道の軟弱地盤部で被害が生じたものと思われる。 ・周辺地盤に液状化の痕跡なし。	・堤防の縦断クラック、天端沈下、低水位護岸のはらみだし	写真 5.7, 写真 5.8

表 5.1.3　堤防の被害状況等（その 3）

No.	調査地点	今回の被害状況など	1978 年宮城県沖地震による被害	写真
12	北上川左岸 2.2k 月浜	・堤防天端（今年３月に腹付けした部分との境界）にクラック（幅 10mm）。 ・低水護岸背後の地盤との間に隙間（20mm）が生じた。 ・周辺地盤に液状化の痕跡なし。		写真 5.9, 写真 5.10
13	北上川右岸 0.8k～1.4k 釜谷堤防	・富士川との背割堤。富士川側の堤防法肩と法面に縦断クラック。 ・被害は 0.8k+130m～1.0k+020m、1.2k+050m～1.2k+140m、1.4k+050m～1.4k+150m の３カ所。 ・北上川側の低水護岸には根入長 9m の止水矢板（Ⅱ型）が入っていた。富士川側の石積低水護岸に、はらみだしが認められた。 ・周辺地盤に液状化の痕跡なし。	・堤防の縦断クラック、天端沈下、低水護岸のはらみだし。	写真 G5.1, 写真 5.11 ～ 写真 5.13
14	北上川左岸 11.5k 七尾	・兼用道路天端～法肩に縦断クラック（幅 20～40mm）。路面に補修の後があることから、軟弱地盤地帯で地震前から多少の変状が生じていた箇所であると想定される。 ・山側周辺地盤に噴砂。地震直後には噴水の痕跡も確認されている。川側については、湿地帯のため液状化の痕跡は確認できず。		写真 G5.2, 写真 5.14, 写真 5.15

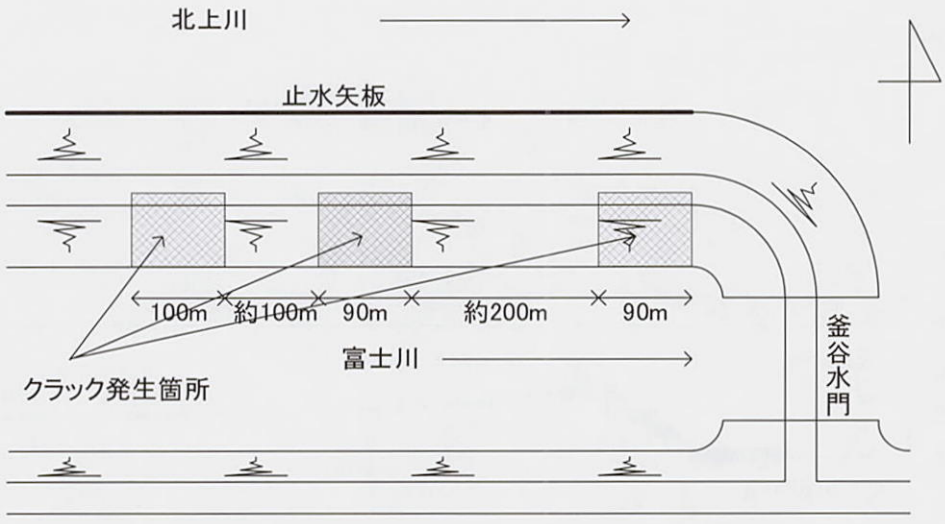


図 5.2　釜谷地区の被災箇所

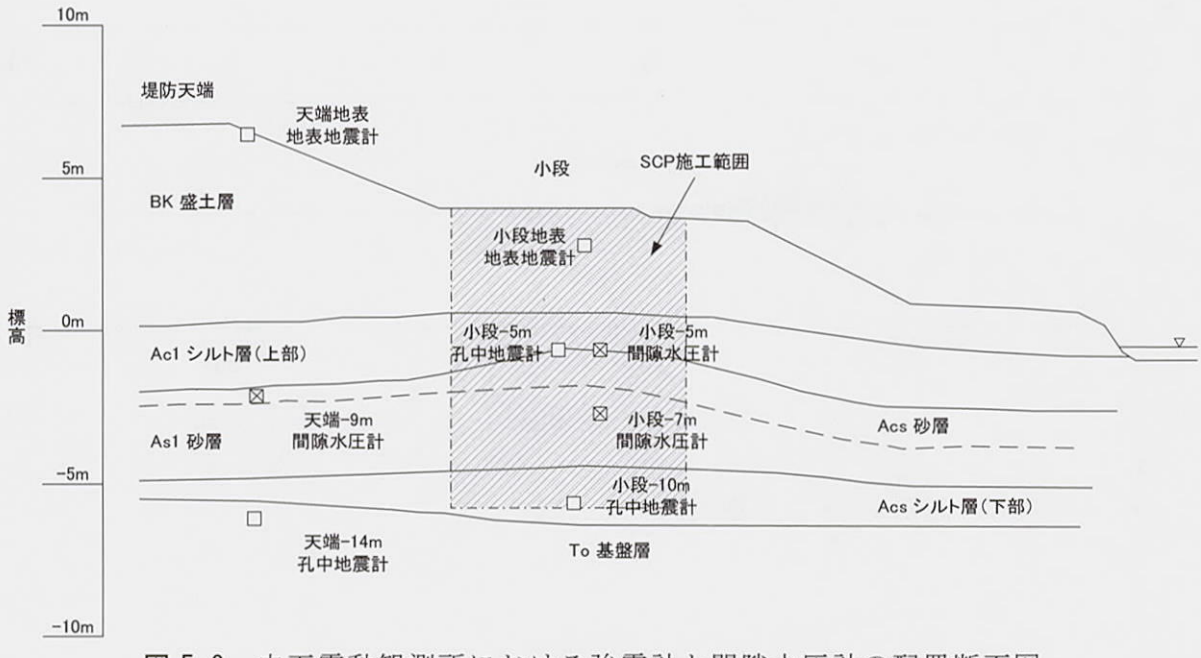


図 5.3　中下震動観測所における強震計と間隙水圧計の配置断面図

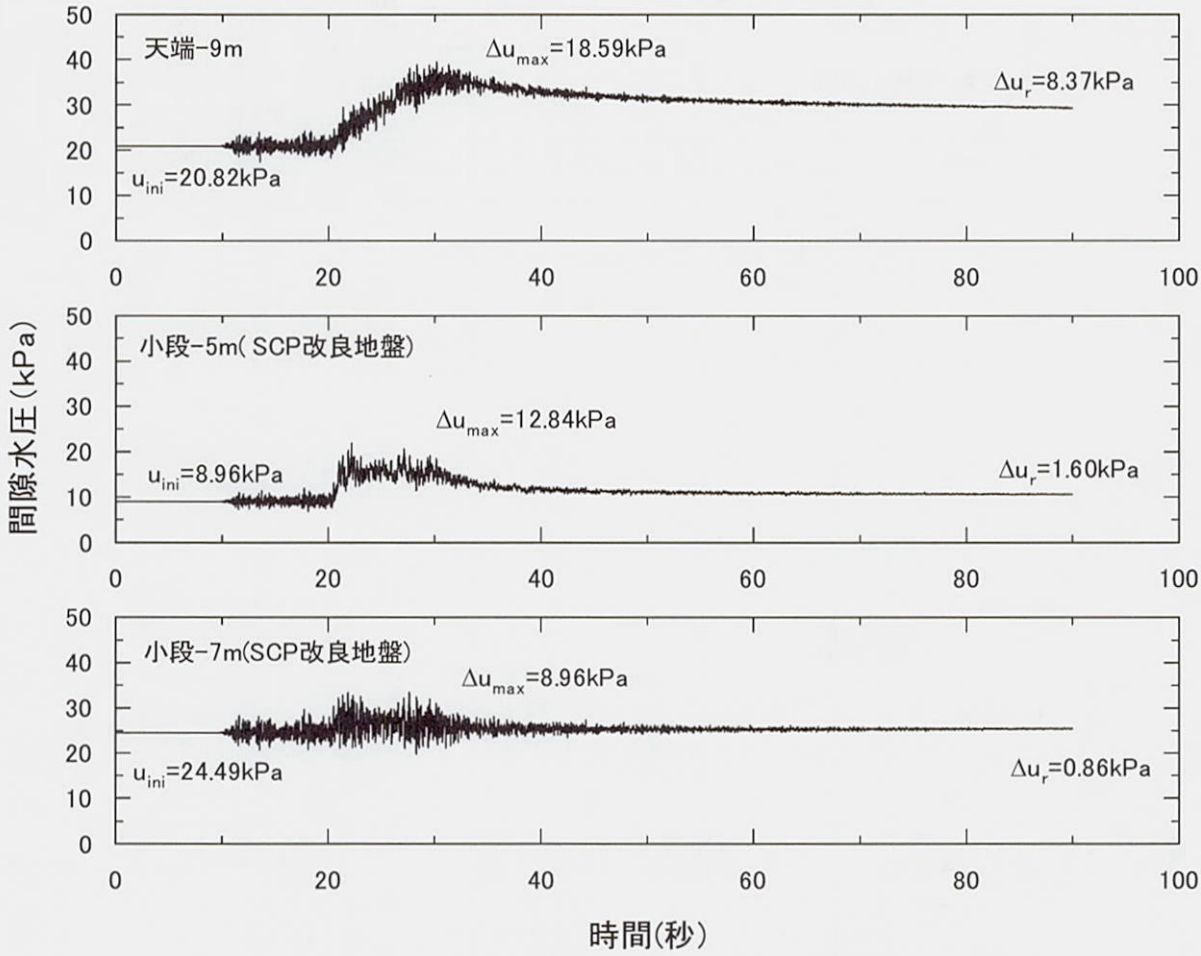


図 5.4　中下震動観測所で記録された間隙水圧時刻歴

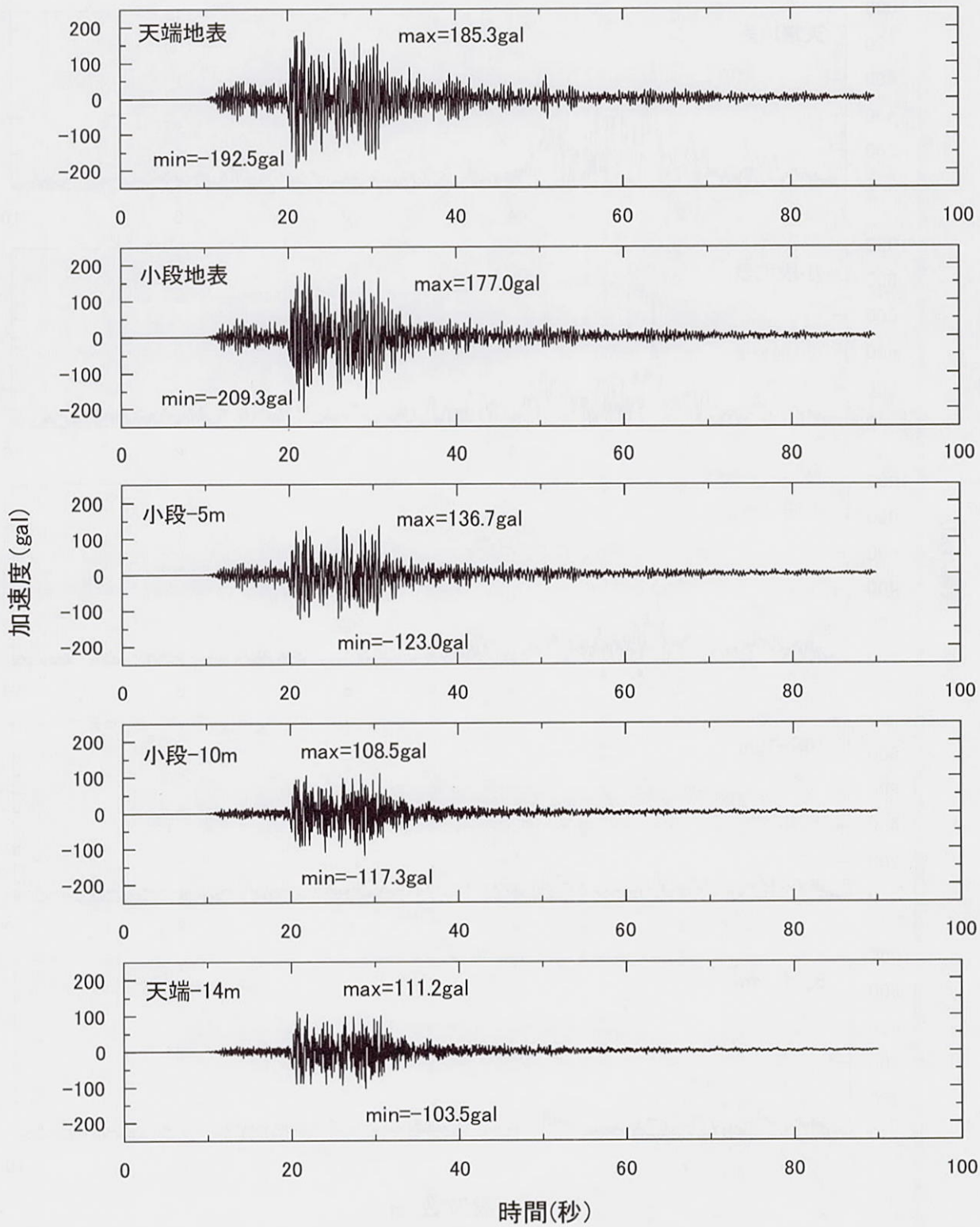


図 5.5　中下震動観測所の加速度記録（NS 成分）

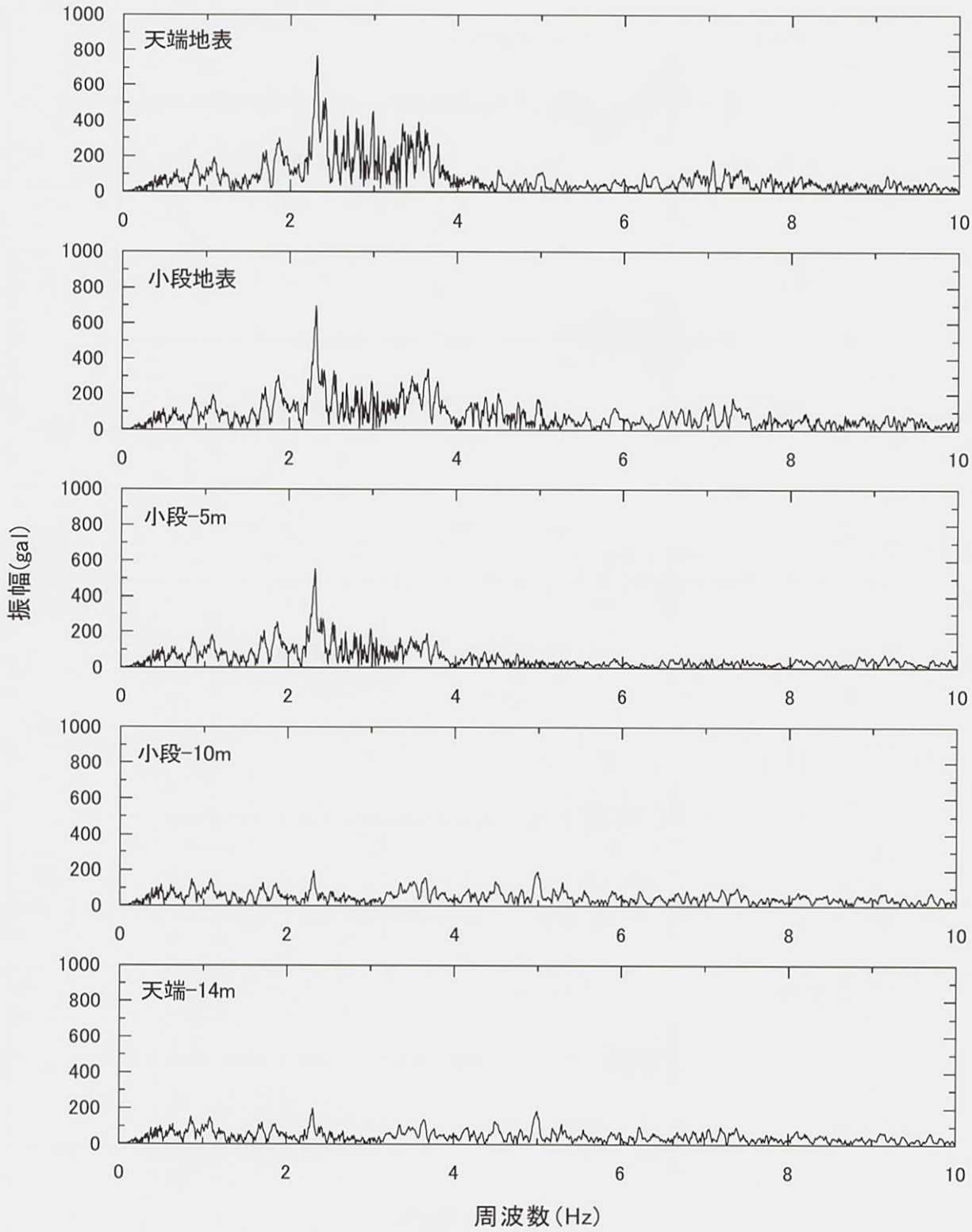


図 5.6　中下震動観測所の加速度フーリエスペクトル（NS 成分）



写真5.1 山崎震動観測所(吉田川右岸16.2k)



写真5.2 中下震動観測所(鳴瀬川右岸0.9k)

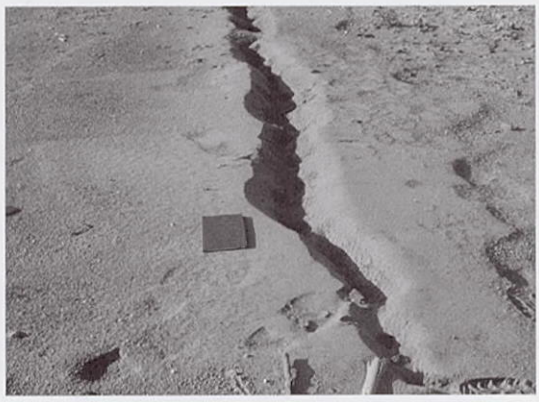


写真5.3 高水敷に噴砂の痕跡(鳴瀬川左岸21k)



写真5.4 被災直後の横川地区の天端縦断クラック(北上川右岸6.4k)



写真5.5 調査時の横川地区(北上川右岸7.6k)



写真5.6 横川地区の堤内側の水路護岸(北上川右岸7.6k)



写真5.7 被災直後の新北上大橋右岸上流の堤防(北上川右岸3.8k)



写真5.8 調査時の新北上大橋右岸上流の堤防(北上川右岸3.8k)



写真5. 9 被災直後の月浜地区、天端腹付け部との境界にクラック(北上川左岸2.2k)



写真5. 10 被災直後の月浜地区、低水護岸と背後の地盤に間隙(北上川左岸2.2k)



写真5. 11 被災直後の釜谷地区、天端にクラック(北上川左岸0.8k～1.4k)



写真5. 12 被災直後の釜谷地区、堤防法面にクラック(北上川左岸0.8k～1.4k)



写真5. 13 調査時の釜谷地区の状況(北上川左岸0.8k～1.4k)



写真5. 14 調査時の七尾地区の状況(北上川左岸11.5k)



写真5. 15 七尾地区で確認された噴砂の痕跡(北上川左岸11.5k)

６．ダムの被害状況

６．１　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において、重力式コンクリートダムの天端バルコニー部のひび割れ、アースダム天端における亀裂発生等の変状や漏水量（浸透量）の増加が報告された。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）の変化等について現地調査を行ったが、臨時点検で報告された変状等は軽微なものであり、大半のダムにおいて変状は認められなかった。

６．２　調査の概要

3班の調査チームを編成し、第1班（国土技術政策総合研究所河川研究部ダム研究室　室長：川崎秀明、研究官：稲垣謙司、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　研究員：中村 洋祐）、第2班（ダム研究室　主任研究官：平山 大輔、ダム構造物チーム　主任研究員：佐々木隆、研究員：佐藤弘行）は平成15年6月4～6日、第3班（ダム研究室　主任研究官：金銅将史、研究員：吉岡英貴、ダム構造物チーム　上席研究員：山口嘉一、研究員：金縄健一、小堀俊秀）は同月11～13日に岩手県、宮城県の2県の23ダムにおいて地震後の現地調査を行った。調査対象ダムと震央の関係を図6.1に示す。調査内容は、地震後の臨時点検で指摘されたものも含めて地震によるダムの変状の有無とその状況の確認、地震動記録の収集状況の確認と入手、各種観測計機器で記録した計測値の地震前後での変化と、変化している場合にはその後変化傾向の確認などである。

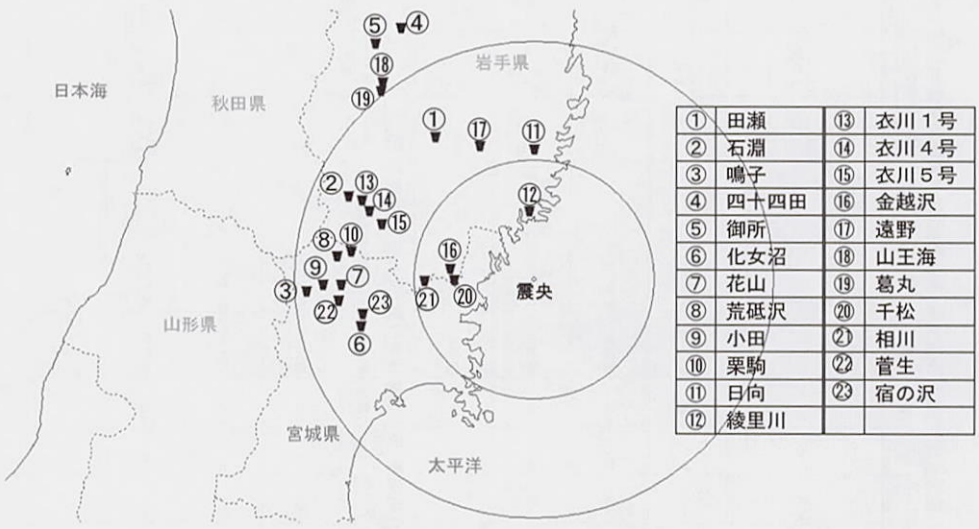


図 6.1　調査対象ダムと震央の位置関係

６．３　調査結果および考察

６．３．１　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6.1に示す。調査結果のうち特筆すべきものの詳細は、６．３．２で述べるが、一部のダムでの変状や漏水量（浸透量）の変化については、いずれもその程度は軽微なものであり、大半のダムにおいて変状は認められなかった。

表-6.1(1) 調査ダムの諸元・臨時点検結果・現地調査結果一覧(ダム管理者:東北地方整備局)

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) 天端	最大加速度(gal) 基礎	漏水量(リットル/分)(計測時間) 地震前	漏水量(リットル/分)(計測時間) 地震後ピーク	漏水量(リットル/分)(計測時間) 調査時	濁りの有無	調査結果
田瀬	重力式コンクリートダム	東北地方整備局	1954	81.5	63.7	5強	大迫町	小容量バルブエア抜きバルブパッキンのずれ。堤体監査廊出口壁に亀裂。左岸コンクリート継目部から泥水が出た形跡確認。下段排水口に濁りあり。	1023.7 (上下流)	232.1 (上下流)	10.2 (5.26 18:00)	14.6 (5.26 19:00)	詳細な数値未確認	有	①漏水量は地震後一時増加したが、徐々に低下し現在は通常値。②エア抜きバルブパッキン修理済み。③天端照明破損(越流部のみ)。④中段及び下段の監査廊入り口に微細なクラックあり。しかし、堤体断面内には至っていない。
石淵	コンクリート表面遮水壁型ロックフィルダム	東北地方整備局	1953	53.0	47.0	5強	胆沢町	異常なし	267.6 (上下流)	147 (上下流)	2880 (5.26. 18:00)	2958 (5.26. 19:00)	詳細な数値未確認	有	①漏水量は地震後増加した状態で安定。
鳴子	アーチ式コンクリートダム	東北地方整備局	1957	94.5	82.8	6弱	栗駒町	異常なし	683.15 (上下流)	79.19 (上下流)	0.155 (5.26. 9:00)	0.235 (5.28. 9:00)	0.235 (6.4.9:00)	無	①左岸地すべりブロックの地盤傾斜計の数値が地震によりわずかに変化したものの影響なし。
四十四田	重力式コンクリートダム・フィルダム複合ダム	東北地方整備局	1968	50.0	44.3	5弱	盛岡市	左岸リムトンネル奥及び10B左岸側漏水に濁り。	298.8 (上下流)	44.6 (上下流)	174.3 (5.26 19:00)	177.11 (5.26 20:00)	163.58 (6.11 13:30)	有	①濁りは収束している。②ゲートは外見上の変状無し。③アース部とコンクリート部の境界部にクラックの発生は見られない。④上下流面ののり面の表面変状は認められない。
御所	重力式コンクリートダム・フィルダム複合ダム	東北地方整備局	1981	52.5	35.4	5弱	盛岡市	堤体エレベータ非常停止。	83.3 (上下流)	32.4 (上下流)	184.32 (5.26 18:00)	204.12 (5.26 19:00)	220 (6.11. 16:30)	有	①現地調査においても漏水の濁りがなくなっている事を確認。②フィル部のリップラップ及び接合部天端に特段の変状は認められない。③ゲート室及びゲートに構造上問題になるような変状は認められない。

表-6.1(2) 調査ダムの諸元・臨時点検結果・現地調査結果一覧(ダム管理者:宮城県)

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) 天端	最大加速度(gal) 基礎	漏水量(リットル/分)(計測時間) 地震前	漏水量(リットル/分)(計測時間) 地震後ピーク	漏水量(リットル/分)(計測時間) 調査時	濁りの有無	調査結果
化女沼	ゾーン型フィルダム	宮城県土木部	1995	24.0	0.0	5強	古川市	異常なし	205 (上下流)	104 (上下流)	14.4 (5.26. 18:00)	25.3 (5.27. 14:00)	22.14 (6.5. 9:00)	無	①天端道路のアスファルト舗装にダム軸直交方向のクラックが散見されるが地震前からあった模様。②毎日14時くらいが漏水量のピーク(日変動あり)。
花山	重力式コンクリートダム	宮城県土木部	1958	48.5	0.0	5強	花山村	異常なし	412.49 (NS)	93.5 (NS)	0.12 (5.26. 18:00)	0.59 (5.26. 21:00)	0.27 (6.6. 9:00)	無	①周辺地山で若干落石確認。堤体・貯水池への影響はなし。
荒砥沢	中央コア型ロックフィルダム	宮城県土木部	1998	74.4	0.0	6弱	栗駒町	異常なし	364.84 (上下流)	113.53 (上下流)	146.4 (5.26. 9:00)	183.7 (5.27. 9:00)	248.7 (6.6. 9:00)	有	①地震後濁度が1.2ppm上昇するが、その後数値減少。
小田	中央コア型ロックフィルダム	宮城県土木部(施工:東北農政局)	建設中	-	-			異常なし							①5/26夜、5/27朝点検、変状なし。
栗駒	重力式コンクリートダム	宮城県農林部	1962	-	-			異常なし							①天端に地震計なし。

表-6.1(3) 調査ダムの諸元・臨時点検結果・現地調査結果一覧(ダム管理者:岩手県)

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) 天端	最大加速度(gal) 基礎	漏水量(リットル/分)(計測時間) 地震前	漏水量(リットル/分)(計測時間) 地震後ピーク	漏水量(リットル/分)(計測時間) 調査時	濁りの有無	調査結果
日向	重力式コンクリートダム	岩手県県土整備部	1997	56.5	24.8	5強	釜石市	天端橋梁橋脚部亀裂。天端高欄部の目地開く。	1111 (上下流)	228 (上下流)	3.25 (5.26)	3.45 (5.30)	3.64 (6.4. 9:00)	無	①堤体継目からの漏水はほとんどなし。
綾里川	重力式コンクリートダム	岩手県県土整備部	2000	43.0	31.7	6弱	大船渡市	異常なし	1133 (上下流)	224 (ダム軸)	6.0 (5.26. 18:00)	8.0 (6.1. 1:00)	6.7 (6.4. 9:00)	無	①堤体継目からの漏水はほとんどなし。
衣川1号	アースフィルダム	岩手県農林部	1964	35.5	24.0	6弱	衣川村	天端道路の亀裂。	-	-	0.41	濁りのみ点検、異常なし。	詳細な数値未確認	無	①天端道路3箇所に亀裂発生。②地震前後の漏水量の変化は小さい。
衣川4号	ロックフィルダム	岩手県農林部	1997	33.0	19.7	6弱	衣川村	異常なし	265 (上下流)	135 (上下流)	0.04	濁りのみ点検、異常なし。	詳細な数値未確認	無	①堤体に目立った損傷は無い。②漏水、変位量ともに変化小。
衣川5号	アースフィルダム	岩手県農林部	1956	20.5	9.9	6弱	衣川村	天端道路の亀裂。	-	-	0.01	濁りのみ点検、異常なし。	詳細な数値未確認	無	①天端道路舗装部の亀裂幅は、表面からの観察では最大3.0cm程度であるが、その分布、特に深度については現在管理者により調査中である
金越沢	中央コア型ロックフィルダム	岩手県農林部	1999	43.0	34.6	5弱	千厩町	洪水吐埋戻部の沈下確認。	計測エラー(整備局への報告は余震の最大加速度の模様、それもエラーの可能性あり)		31.9 (5.26. 18:00)	49.5 (5.27. 1:00)	35.4 (6.4. 12:00)	無	①洪水吐埋戻部の沈下により右岸天端道路の舗装にクラック発生(地震前から一部クラックあったため補修あり)。ただし堤体や洪水吐には影響なし。通行に支障ある箇所については今後補修。
遠野	重力式コンクリートダム	岩手県県土整備部	1957	26.5	10.3	5強	宮守村	異常なし	1232 (上下流)	193 (ダム軸)	0.59 (5.16)	0.59 (5.26)	0.43 (6.13. 9:00)	無	①天端地震計の設置位置は、水位計設置塔の張り出し部。外部底面に剥離あり。地震によるものであるかは不明。
山王海	中央遮水ゾーン型ロックフィルダム	岩手県農林部	2001	61.5	46.0	5弱	紫波町	異常なし (5.27 17:00)	233.8 (上下流)	64.2 (上下流)	126.0 (5.26. 18:00)	127.8 (5.26. 19:00)	112.9 (6.12. 9:00)	無	①旧堤体と新堤体との間の異常な挙動無し。②堤体斜面表面のリップラップの乱れは見られなかった。③監査廊継目の漏水状況は特に異常なし。③取水塔の変状は認められない。
葛丸	中央遮水ゾーン型ロックフィルダム	岩手県農林部	1991	51.7	38.5	5弱	紫波町	地震前より漏水量が増加 (5.27 17:00)	469 (上下流)	86 (上下流)	27.5 (5.26. 18:00)	33.3 (5.26. 19:00)	39.0 (6.12. 9:00)	有	①監査廊の継目の開きや漏水はみられない。②取水塔における変状は認められない。

表-6.1(4) 調査ダムの諸元・臨時点検結果・現地調査結果一覧(ダム管理者:土地改良区)

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) 天端	最大加速度(gal) 基礎	漏水量(リットル/分)(計測時間) 地震前	漏水量(リットル/分)(計測時間) 地震後ピーク	漏水量(リットル/分)(計測時間) 調査時	濁りの有無	調査結果
千松	重力式コンクリートダム	国営藤沢土地改良区	1999	26.8	0.00	5強	一関市	異常なし	303 (上下流)	-	1.7 (5.26. 18:00)	2.8 (5.26. 23:00)	2.8 (6.3. 23:00)	無	①堤体継目からの漏水はほとんどなし。②天端加速度値は、天端標高地山相当で観測した記録。
相川	中央コア型ロックフィルダム	国営藤沢土地改良区	1998	40.3	0.00	5強	一関市	異常なし	344.5 (ダム軸)	141 (上下流)	(地震直前のデータなし)	56 (5.27. 12:49)	55 (6.4. 10:54)	無	①管理所内壁に剥離発生。
菅生	均一型フィルダム	小山田川沿岸土地改良区	1996	27.6	0.00	5	古川、栗駒	異常なし	485.2 (上下流)	278.5 (ダム軸)	19.45 (5.26. 9:00)	19.45 (5.26. 19:49)	-	有	①基礎の地震計の設置は、岩盤には達していないと思われる。
宿の沢	均一型フィルダム	小山田川沿岸土地改良区(予定)	2003(予定)	26.0	0.00	6弱	高清水	異常なし	284 (合成)	-	1.43 (5.26. 18:00)	2.63 (5.26. 19:06)	-	有	①一次点検時濁りが若干確認されるが二次点検時(5/27PM1)にはなくなる。②地震前(5/22)と地震後(5/29)堤体変位測量実施、0～4mm程度の変位あり、特に影響なし。

６．３．２　個別ダム調査結果

以下、今回の現地調査で確認したいくつかのダムにおける変状について具体的に報告する。

(1)　日向ダム（図 6.2、写真 6.1～6.2 参照）

日向ダムでは、ダム基盤および天端においてそれぞれ 228gal（上下流方向）および 1,111gal（上下流方向）の最大加速度を記録している。

天端橋梁の橋脚部分の上流側に張り出し部 5 基にヘアクラックが認められるとともに同箇所の天端高欄部分と張り出し部の目地が 1.0～2.5cm 程度開いている。しかし、この変状は堤体断面に及びその安全性を損なうものではない。ダムの管理者である岩手県は、これらの変状が今後拡大することを防ぐ対策を検討中である。

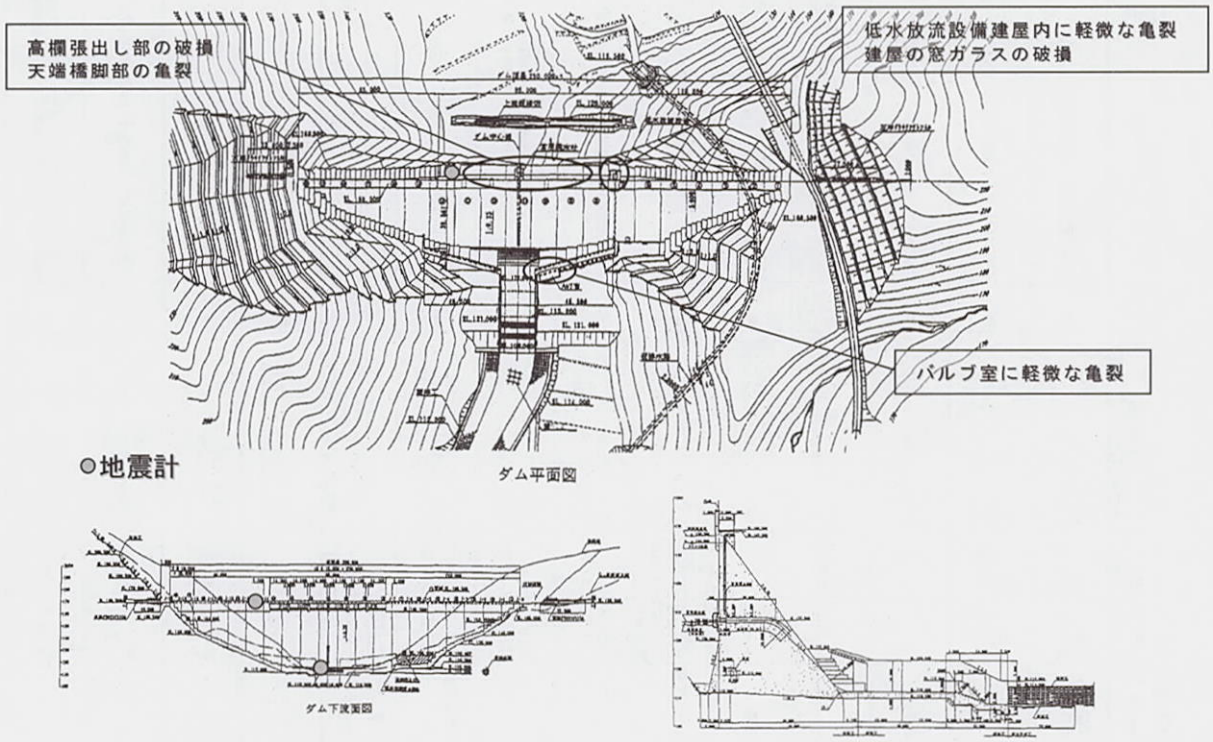


図 6.2　日向ダムの三面図



写真 6.1　日向ダム高欄部継目の開き状況

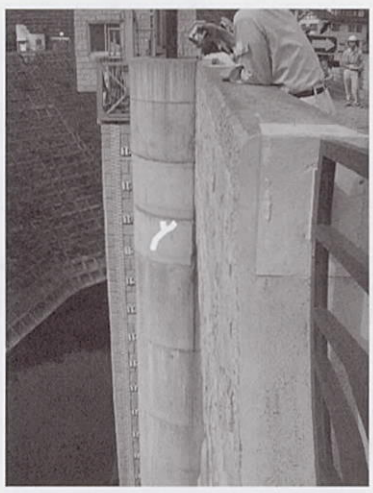


写真 6.2　天端橋脚部の亀裂
（亀裂位置に白線を加筆）

(2)　田瀬ダム（図 6.3、写真 6.3～6.4 参照）

田瀬ダムでは、ダム基盤および天端においてそれぞれ 232gal（上下流方向）および 1,024gal（上下流方向）の最大加速度を記録している。田瀬ダムの堤高は 81.5m で、今回の地震により基盤で 200gal 以上の最大加速度を記録したダムの中では最も堤高の高い重力式コンクリートダムである。

今回の地震により、天端照明器具に変状が生じ、堤体下流面から監査廊への入り口部において堤体断面に至らないヘアクラックが認められたが、堤体の安定性に影響を及ぼすものではなかった。なお、1994 年から開始して 1998 年に完了した施設改良事業により新設された小容量バルブのエア抜きバルブのパッキンがずれて漏水が発生したが、調査チームの訪問時には既に補修されていた。

また、今回の地震により、漏水量が一時的に増加するとともに若干の濁りが認められたが、地震後 4～5 時間後には漏水量は元の状態に戻るとともに、濁りも収まった。

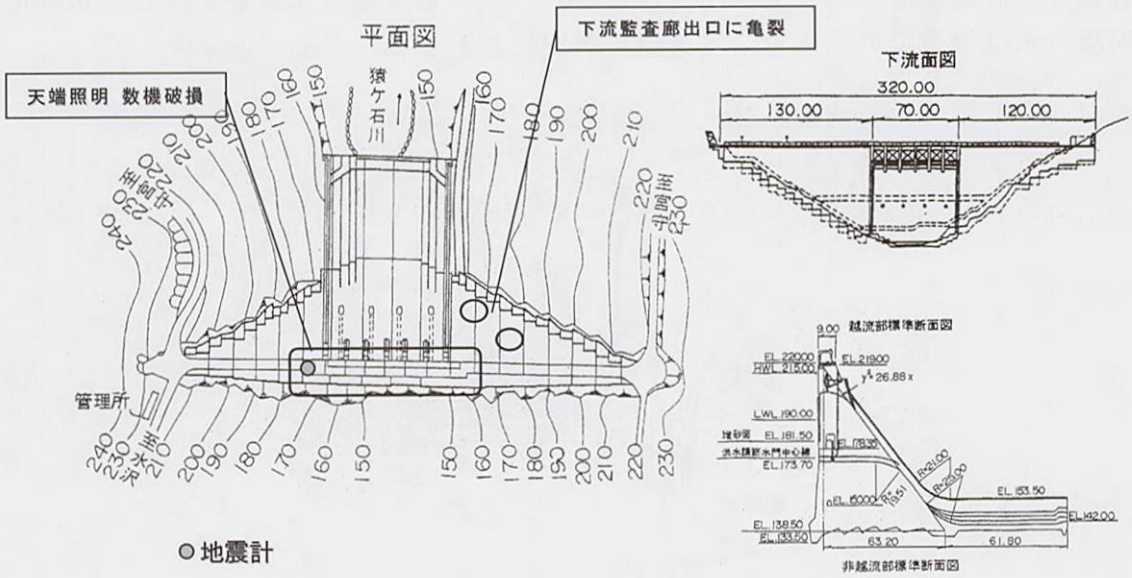


図 6.3　田瀬ダムの三面図

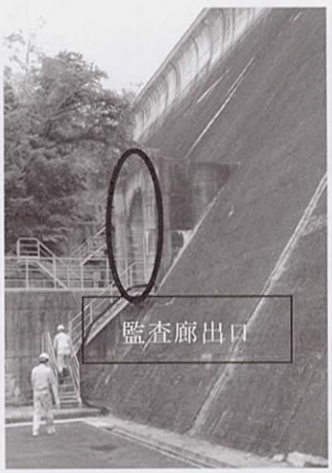


写真 6.3　右岸アバット部の監査廊出口

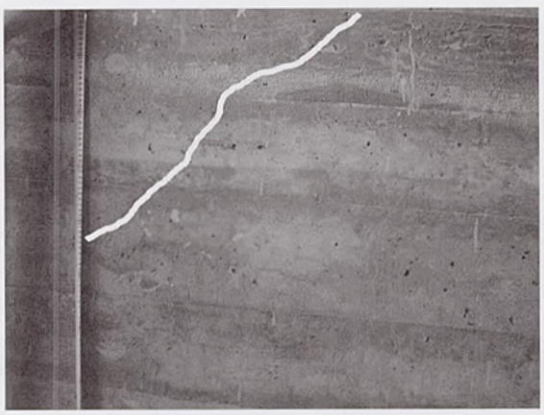


写真 6.4　下流面監査廊出口部の亀裂
（亀裂位置に白線を加筆）

(3)　石淵ダム（図 6.4 参照）

石淵ダムは、1953 年に完成した我が国初のコンクリート表面遮水壁型ロックフィルダム（CFRD = Concrete Face Rockfill Dam）であるが、大型施工機械による締固めが行われず、コンクリートスラブには多くの継目が存在する旧型の CFRD であるため、運用開始当初から漏水量（浸透量）の多いダムである。

本ダムでは、ダム基盤および天端においてそれぞれ 147gal（上下流方向）および 268gal（上下流方向）の最大加速度を記録している。

地震後の目視点検（ダイバーによる遮水壁の目視確認を含む）では、特に変状は確認されなかった。しかし、運用開始当初から多かった漏水量（浸透量）のうち河床部の値が地震前の 2,880 *l*/min から地震後最大約 3,500 *l*/min まで約 2 割程度増加した後若干低下したが、概ね増加した状態で安定している。また、河床部の漏水（浸透水）には地震直後濁りが見られたが、地震 4 時間後には濁りはなくなった。

現在、洪水期に向けて貯水位を低下させているが、今後、ある程度の期間、漏水量（浸透量）の計測を通常よりも密に行うとともに、今後再度貯水位を上昇させる際には、地震時水位付近での漏水量（浸透量）状況に注意を払う必要がある。

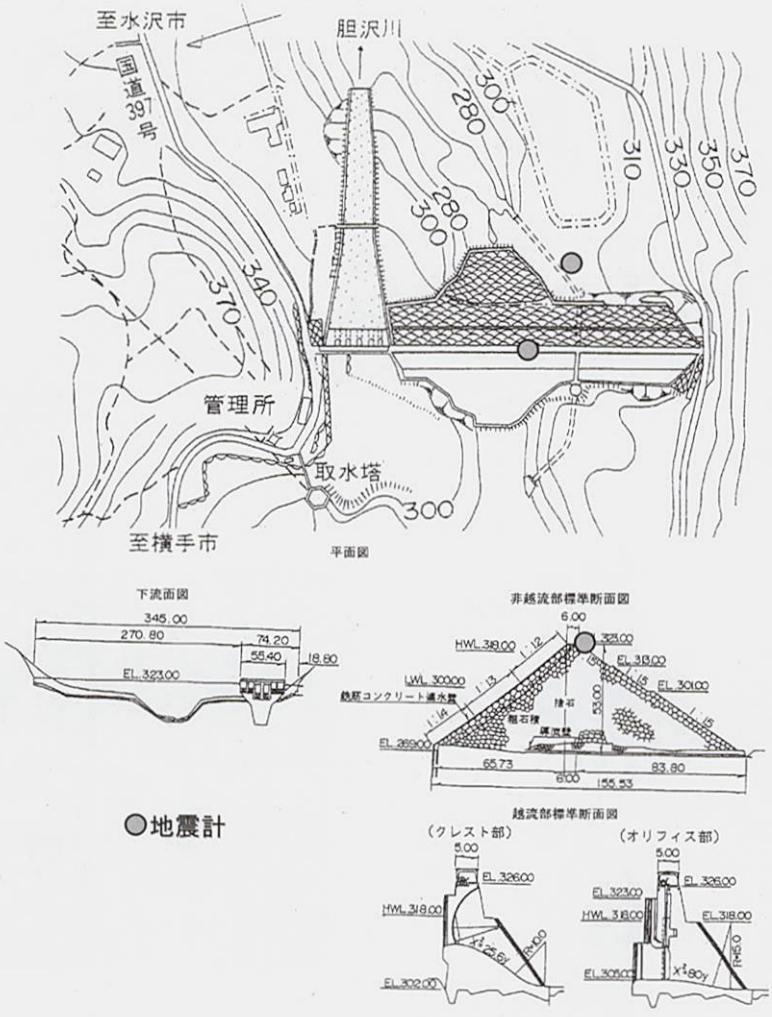


図 6.4　石淵ダムの三面図

(4)　衣川 1～5 号ダム（**図 6.5～6.6、写真 6.5～6.6** 参照）

衣川ダムでは、堤高 33m の中央コア型ロックフィルダムである 4 号ダムにおいて、ダム基盤および天端においてそれぞれ 135gal（上下流方向）および 265gal（上下流方向）の最大加速度を記録している。

衣川ダムのうち、アースダムである堤高 35.5m の 1 号ダム、堤高 20.5m の 5 号ダムの天端道路舗装部や下流のり面上に設けられた階段に亀裂が認められた。天端道路舗装部の亀裂幅は、表面からの観察では 1 号ダムで最大 1.5mm 程度、5 号ダムで最大 3.0cm 程度であるが、その分布、特に深度については現在管理者により調査中である。

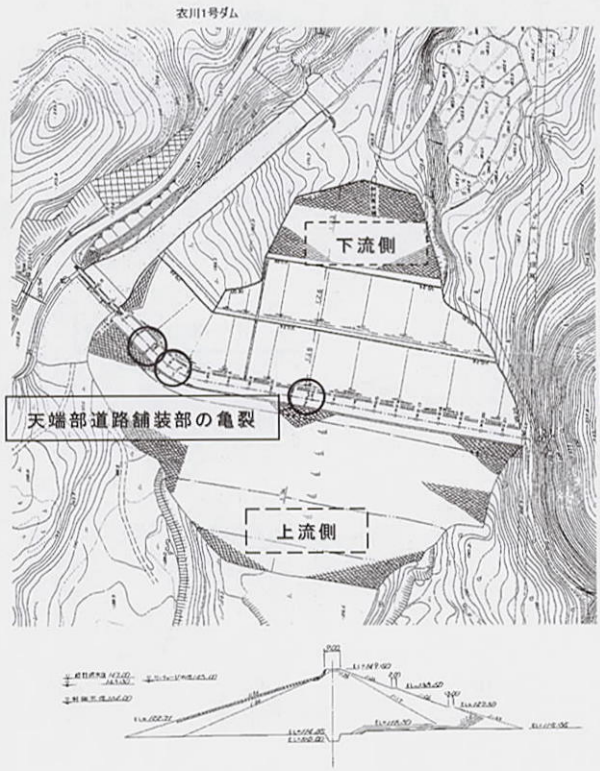


図 6.5　衣川 1 号ダム断面図

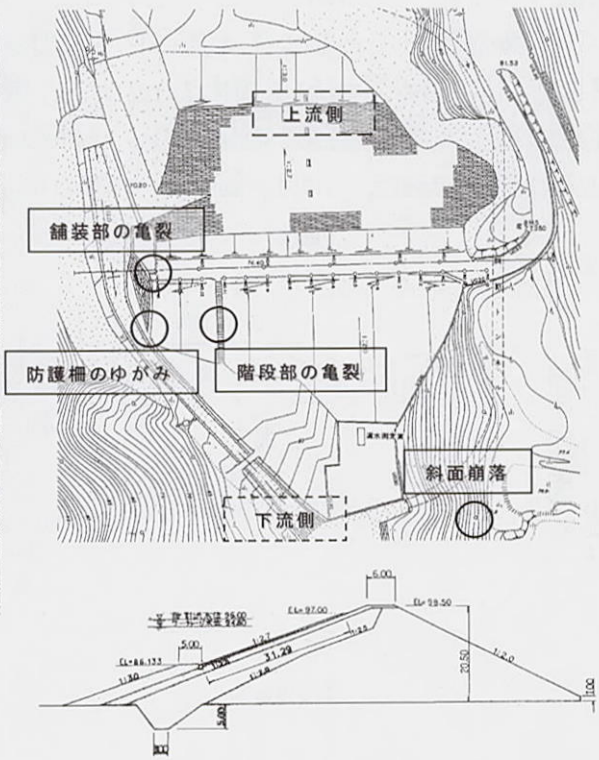


図 6.6　衣川 5 号ダム断面図

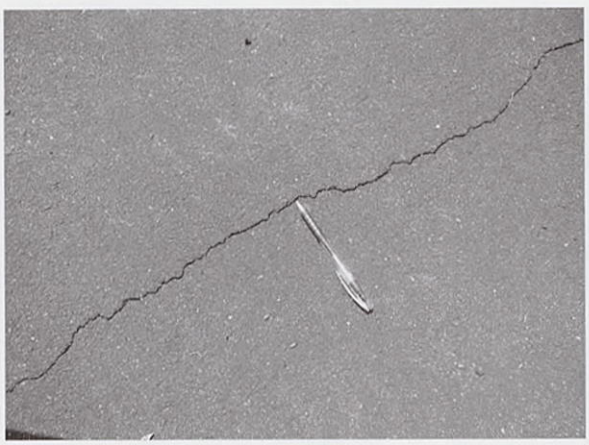


写真 6.5　衣川 1 号ダム天端道路舗装部亀裂

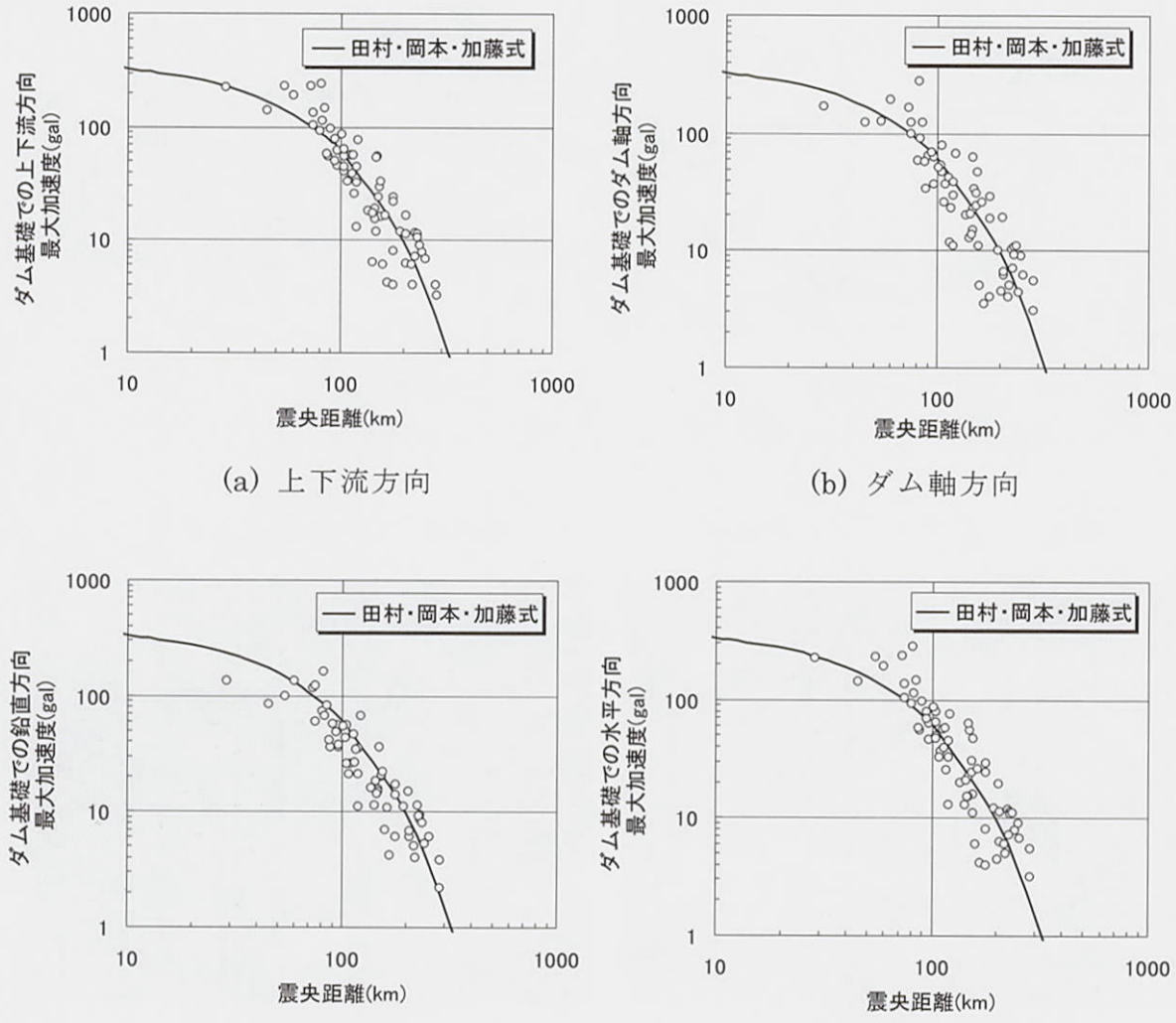


写真 6.6　衣川 5 号ダム天端右岸側舗装部亀裂

６．３．３　ダムで観測された地震動

（１）　最大加速度の距離減衰特性

今回の地震では、ダム基礎における上下流方向水平加速度 200gal 以上観測したダムが５ダム、ダム天端で 1000gal 以上が４ダムであった。ダムサイト岩盤（コンクリートダム底部監査廊、フィルダム底設監査廊）において観測された最大加速度（上下流方向、ダム軸方向、鉛直方向および水平方向のうち値の大きい方）の震央からの距離減衰を図 6.7 に示す。なお、ここに示す最大加速度は、ダム管理者から報告された速報値で、加速度の時刻歴記録を処理して確定した値ではないため、暫定値として取り扱うべき値であるが、今回の地震によるダムサイト岩盤での地震動特性を推察するのに十分な情報であると考える。図中には、田村・岡本・加藤[1)]による今回の地震規模に相当するマグニチュード 7.0 の地震に対する岩盤における最大加速度の距離減衰推定式も示している。この図より、今回の地震によるダムサイト岩盤における最大加速度の距離減衰は、田村・岡本・加藤の推定式で概ね近似できていることがわかる。



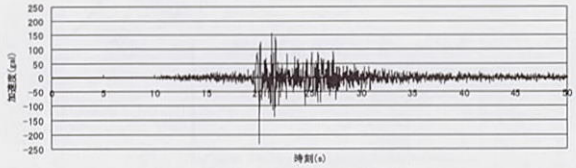
(a) 上下流方向　　(b) ダム軸方向

(c) 鉛直方向　　(d) 水平方向のうち値の大きい方

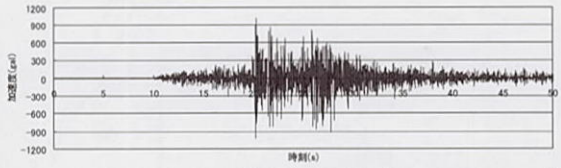
図 6.7　ダム基礎岩盤の最大加速度の距離減衰

（２）　加速度時刻歴

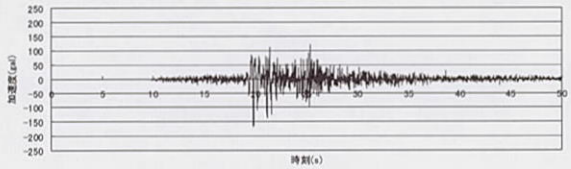
図 6.8 に、田瀬ダムにおいて得られたダム基礎岩盤および天端における加速度時刻歴を示す。田瀬ダムでは、ダム基礎岩盤において上下流成分最大加速度 232gal、天端においては上下流成分最大加速度 1,024gal を記録した。



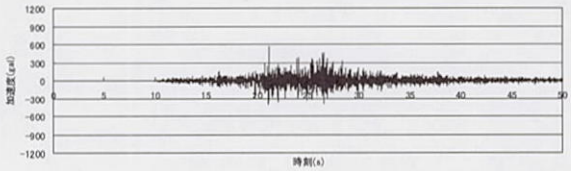
上下流方向（最大加速度：232gal）



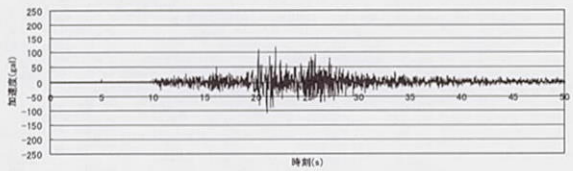
上下流方向（最大加速度：1024gal）



ダム軸方向（最大加速度：167gal）

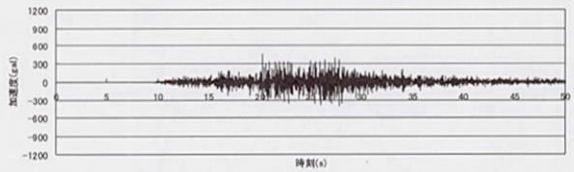


ダム軸方向（最大加速度：558gal）



鉛直方向（最大加速度：118gal）

(a)　ダム基礎岩盤



鉛直方向（最大加速度：448gal）

(b)　ダム天端

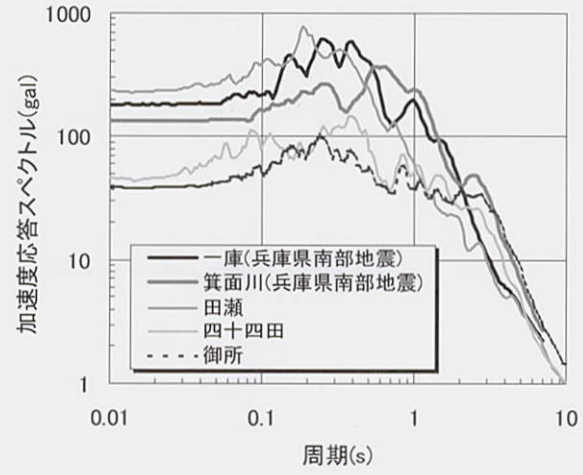
図 6.8　田瀬ダムで観測された加速度時刻歴

（３）　加速度応答スペクトル

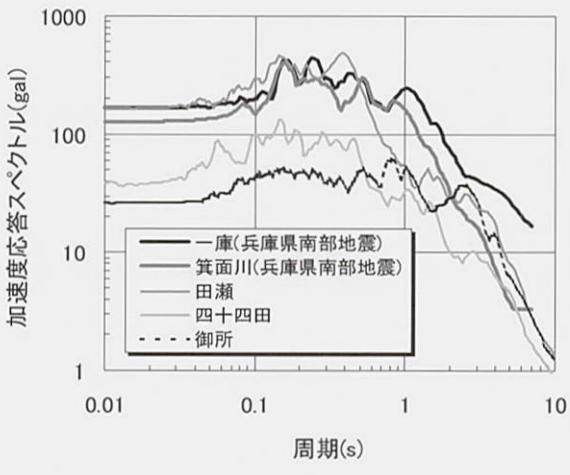
図 6.9 は、田瀬ダム、四十四田ダム、御所ダムで観測された加速度時刻歴波形から求めた加速度応答スペクトルを上下流、ダム軸および鉛直方向について示したものである。なお、1995 年に発生した兵庫県南部地震時の一庫ダム、箕面川ダムでの記録波形から求めた加速度応答スペクトルも併記している。図 6.9(a)より、上下流方向の最大加速度値は一庫ダムより田瀬ダムが大きいが、周期約 0.4 秒以上での加速度応答スペクトルは一庫ダムの方が大きくなっていることが分かる。このような地震動の特性が、今回の地震によるダムでの変状が小さかったことの原因の一つと考えられる。

６．４　まとめ

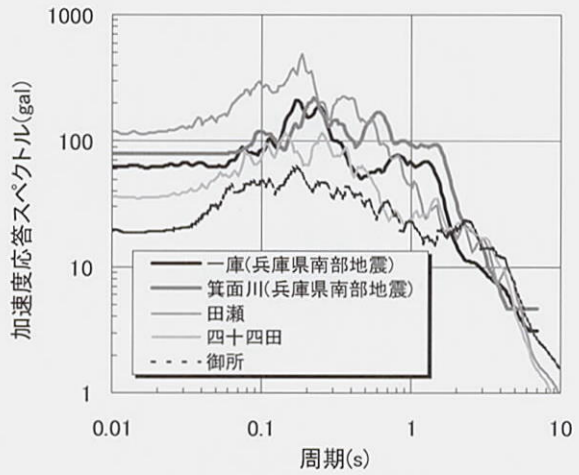
1995 年の兵庫県南部地震時にダム基礎岩盤で記録された水平方向最大加速度は一庫ダム（水資源開発公団）での 186gal である。今回の地震では、それを上回る大きな地震動が複数のダムサイトで観測されたが、このような大きい地震動を受けたにもかかわらず安全性に関わるような変状を受けたダムは見当たらなかった。これは、今回の地震による岩盤上の地震動特性が影響していると思われるものの、改めてダムの耐震性の高さを知ることができた。なお、今後の地震動研究やダム耐震設計に反映するため、地震動の詳細な特性については今後検討する必要がある。



(a)　上下流方向



(b)　ダム軸方向



(c)　鉛直方向

図 6.9　ダムサイト岩盤の加速度応答スペクトル

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、1979.7

７．道路橋の被害状況

７．１　道路橋に関する被害の全体概要

強い地震動が観測された岩手県及び宮城県内の主として内陸の国道４号、太平洋岸の国道４５号、さらにこれらを横断方向に連絡する主要な国道や県道等を対象に、合計約１００橋の道路橋の現地調査を実施した。

道路橋の主な被害としては、取付け盛土の段差が２橋、支承部の損傷が１橋発生した程度であり、構造的に影響のあるような大きな被害は確認されず、今回の地震による道路橋の被害は軽微であった。

７．２　調査の概要

地震直後の道路管理者による点検結果によれば、道路橋の被害に関しては、支承の損傷（岩手県宮守村：船渡橋）や橋台取付け盛土の沈下による段差（岩手県大船渡市国道４５号：白木沢橋、山形県寒河江市国道１１２号：新堀川橋）、その他地覆の損傷（岩手県金ヶ崎町：金ヶ崎橋）が報告されているのみであった。

このため、主要な損傷が報告された橋の損傷状況の確認とともに、地震動が強かった地域の道路橋が地震時に実際にどのように挙動したかの確認を目的として、強い地震動が観測された岩手県及び宮城県内の調査を行った。なお、調査範囲には、１９７８年宮城県沖地震[1)]により被災し補修対策が行われた宮城県内の主要な橋梁も含めた。さらに、免震設計が採用された道路橋（岩手県九戸村国道３４０号：丸木橋大橋[2)]）の地震時の挙動に関する調査も行った。

７．３　調査結果

合計約１００橋の調査結果によれば、橋台取付け盛土の沈下による段差及び支承に被害が生じた橋を除き、高欄部や支承部に数cm程度の変位の形跡が認められた程度であり、道路橋において構造的に影響のある大きな被害は確認できなかった。以下に、代表的な橋の調査結果について示す。

（１）白木沢橋（国道４５号、岩手県大船渡市（震度６弱））

白木沢橋は、A1橋台が杭基礎を有する逆T式、A2橋台が杭基礎を有するRCボックスラーメン構造を有する２径間連続鋼鈑桁橋である。本橋の両側には歩道が添架されている。地震により、橋台取付け盛土に約５cmの沈下が生じ、橋台との間で段差が生じた。これにより、地震後に交通規制が行われたが、**写真G7.1**に示すように沈下部においてアスファルトの盛付けによる補修により機能回復が行われた。また、写真７．１は、歩道部の桁の可動支承部を示したものであるが、ここには移動の形跡を表わすこすれ跡は確認できなかった。一方、**写真7.2**に示すように高欄可動部に１cm程度の比較的新しいこすれ跡が確認された。**写真7.3**は橋台を橋側から撮影したものである。本橋部のRCボックスラーメン構造と歩道部の橋台コンクリートの継目部にひびわれが確認されたが、ひびわれは変色しており、今回の地震によるものかどうか確認できなか

った。なお、この損傷に関しては、構造的に影響のある損傷ではなかった。また、本橋の橋脚は、**写真7.4**に示すような高さ約20mの壁式橋脚であるが、橋脚基部周辺において地震によるひびわれ等も一切確認できなかった。

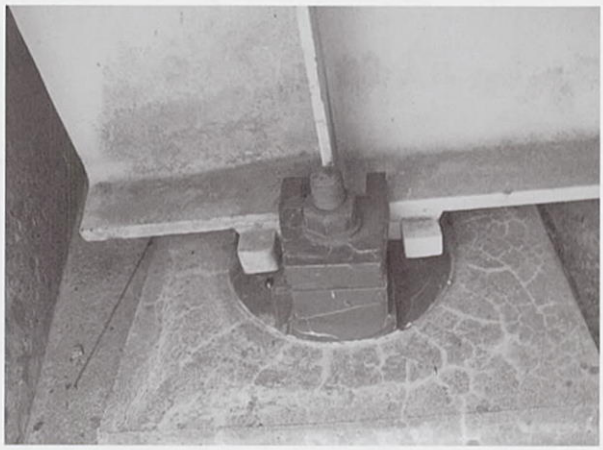


写真7.1 国道45号白木沢橋(岩手県大船渡市三陸町吉浜、添架歩道部の桁の可動支承部、移動形跡なし)



写真7.2 国道45号白木沢橋(岩手県大船渡市三陸町吉浜、高欄部のこすれ後、1cm程度の移動量)



写真7.3 国道45号白木沢橋(岩手県大船渡市三陸町吉浜、橋台部の本橋と添架歩道部のコンクリート継目のひびわれ、変色のため地震以外の影響の可能性もあり、構造的な影響はないと推定)



写真7.4 国道45号白木沢橋（岩手県大船渡市三陸町吉浜、高さ約20mの橋脚、ひびわれ等の変状なし）

(2)船渡橋（岩手県宮守村（震度5強））

岩手県宮守村の船渡橋は、**写真7.5**に示すように3径間連続＋単純＋3径間連続構造を有する7径間鋼鈑桁橋である。下部構造は、**写真7.6**に示すように円形断面を有する鉄筋コンクリート橋脚である。1967年に竣工した2等橋である。**写真7.7**及び**写真7.8**は、橋脚上の支承部を示したものである。可動支承においては、移動が生じた形跡が見られるが、固定支承部については特に変状は生じていない。可動支承部の移動に関しても、地震によるものかどうかは確認できなかった。また、鉄筋コンクリート橋脚においても基部周辺においてひびわれ等の変状は確認できなかった。損傷は、桁端部の橋台の固定支承部において生じており、**写真7.9**及び**写真G7.2**に示すように、1本アンカー形式の線支承のアンカーボルトが橋軸直角方向に変形した。本橋は構造的には対称構造となっているが、反対側の橋台においては支承部の損傷は生じていなかった。支承が損傷した橋台側では、支承のアンカーボルトを埋め込んでいたコンクリートに劣化等と思われる状況も確認され、損傷がここだけに生じたのはこれが影響した可能性も考えられる。



写真7.5 村道船渡線船渡橋（岩手県宮守村上鱒沢）



写真7.6 村道船渡線船渡橋（RC橋脚）

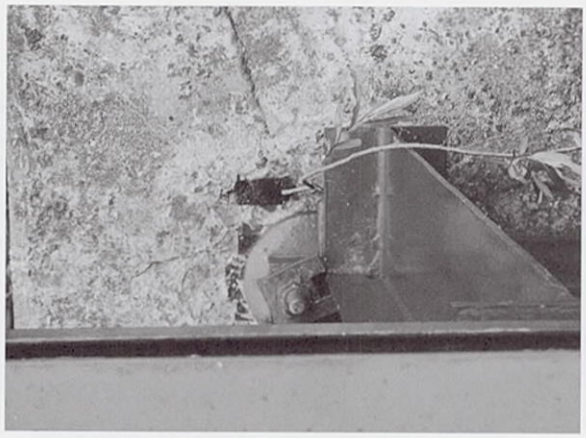


写真 7.7 村道船渡線船渡橋
（可動支承部の移動形跡）

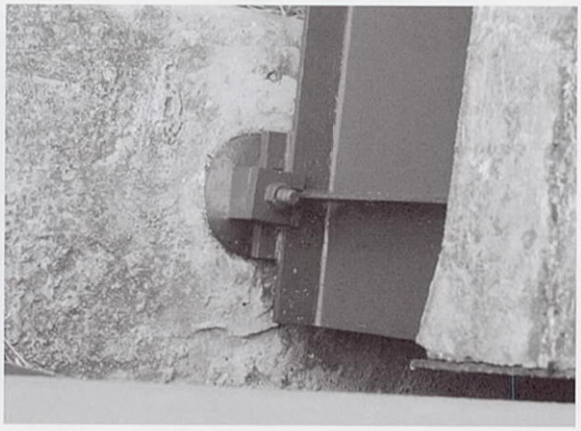


写真 7.8 村道船渡線船渡橋
（固定支承部、移動形跡なし）

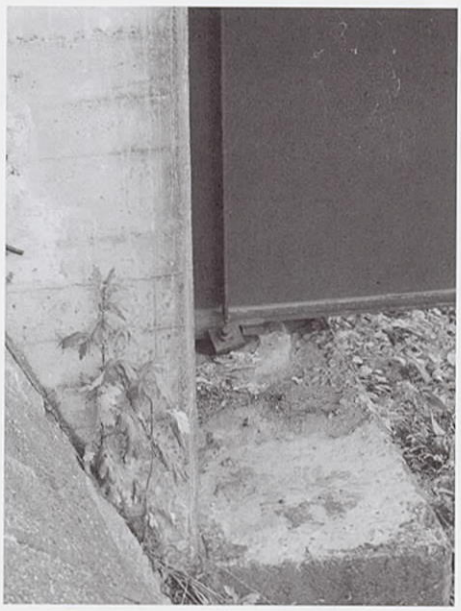


写真 7.9 村道船渡線船渡橋（固定支承部、線支承のアンカーボルトの変形）

(3)丸木橋大橋（国道340号、岩手県九戸郡九戸村（震度4））

丸木橋大橋は、**写真7.10**に示すように橋長93mの3径間連続PC箱桁橋である。本橋は、**写真7.11**に示す鉛プラグ入り積層ゴム支承が用いられた免震橋であり、平成4年8月に完成している。曲線半径が250mの曲線橋であることから、橋軸方向及び橋軸直角方向の2方向に対して免震設計がなされている。

本橋においても、橋が地震により挙動した形跡は確認できなかった。**写真7.12**は伸縮装置を示したものであるが、移動痕跡は確認できなかった。なお、この地域の震度について、震度4であったことから地震動自体も大きくはなかった。



写真 7.10 丸木橋大橋(国道 340 号、免震橋)



写真 7.11 丸木橋大橋 (鉛プラグ入積層ゴム支承)

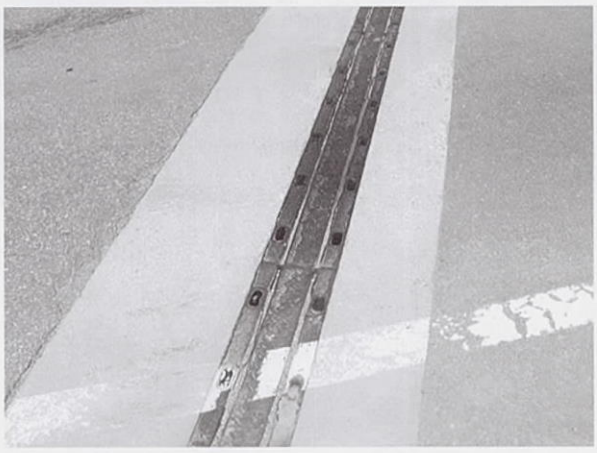


写真 7.12 丸木橋大橋 (伸縮装置部、変状なし)

(4)その他の橋梁

写真 7.13 は、岩手県一関市内(震度5強)の県道 19 号東大橋を示したものである。本橋においても、**写真 7.14** に示すように可動支承部において移動した形跡が確認できなかった。本橋に隣接して、**写真 7.15** に示すように新橋が建設中であり、下部構造が完成し、上部構造の床版コンクリートを打設する段階であった。本橋では、**写真 7.16** に示すようにゴム支承が採用されており、橋台部において橋軸直角方向に対するストッパーとの間で4cm 程度のこすれ跡が確認された。しかしながら、隣接する既設橋の可動支承部で変位の痕跡が確認できなかったこと、顕著なこすれ跡が一方向のみで確認されていることなどから、地震によるものかどうかは確認できなかった。一方向のみのこすれ跡が生じる場合としては、温度変化あるいは支承の予備せん断変形の可能性もある。なお、橋脚基部にはひびわれ等の変状は確認できなかった。

写真 7.17 は、岩手県陸前高田市内(震度5強)の国道 45 号気仙大橋を示したものである。**写真 7.18** に示すように、本橋の可動支承部において1cm 程度の移動形跡が確認された。しかしながら、これについても、地震によるものかあるいは温度変化によ

るものかは確認できなかった。なお、橋脚基部ではひびわれ等の変状は確認できなかった。

写真 7.19 は、岩手県大東町(震度5弱)の国道 343 号笹の田大橋を示したものである。本橋は、高さ 50m程度の高橋脚を有するループ橋である。本橋においても支承部を調査したが、**写真 7.20** に示すように変状は確認できなかった。橋脚においてもひびわれ等の変状は確認できなかった。



写真 7.13 県道19号東大橋(岩手県一関市)



写真 7.14 県道19号東大橋(可動支承部、移動形跡なし)

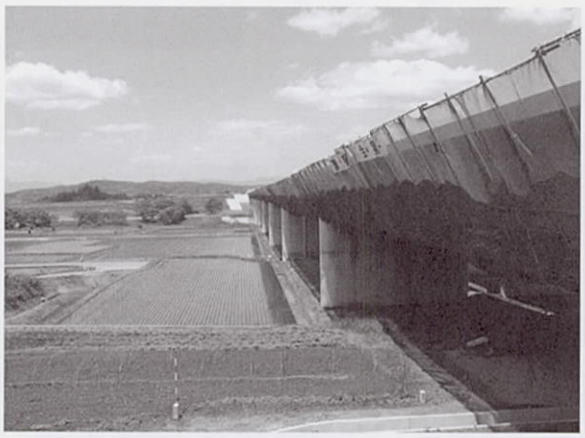


写真 7.15 県道19号東大橋(隣接して新設橋を建設中)

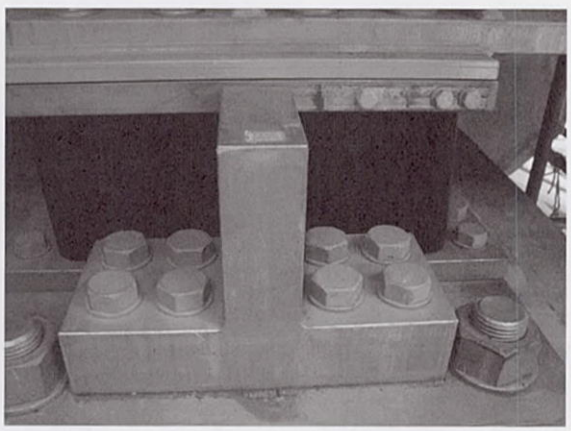


写真 7.16 県道19号東大橋(新設橋、ゴム支承部で4cm程度のこすれ跡)



写真 7.17 国道45号気仙大橋
（岩手県陸前高田市）

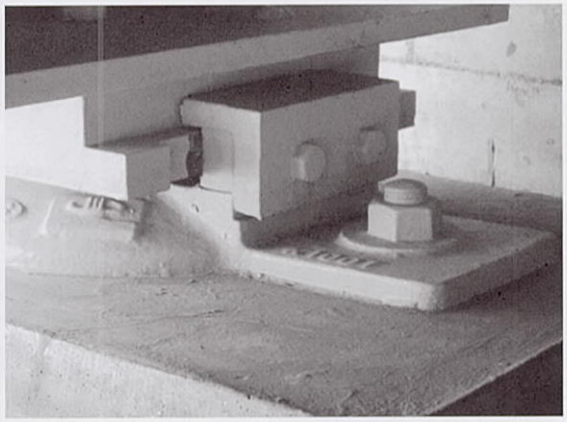


写真 7.18 国道45号気仙大橋
（支承部の1cm程度の移動形跡、温度変化の影響の可能性もあり）



写真 7.19 国道343号笹の田大橋
（岩手県大東町、ハイピア50m程度、ループ橋）

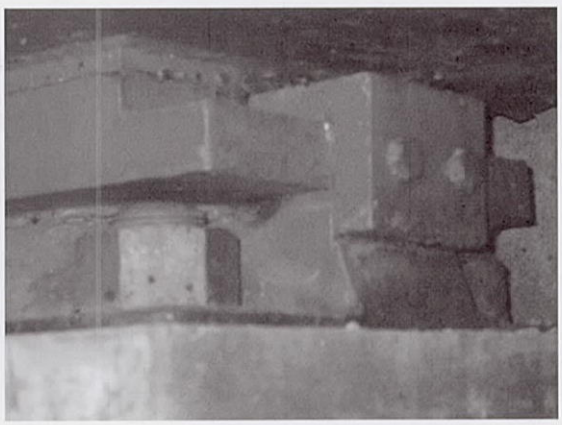


写真 7.20 国道343号笹の田大橋
（橋台固定支承、移動形跡なし）

7．4 分析・考察

上記のように、道路橋では、支承の損傷、橋台取付け盛土の沈下以外には、構造的に影響のある被害は確認できなかった。今回の地震では、最大加速度が500galを超える地震記録が広い範囲の地点で観測されているが、地震動記録の分析によれば、短周期成分(0.3秒程度以下)が卓越する地震動特性であったため、基本的には構造物に影響を及ぼすような周期帯域(一般に0.5～1秒程度)の地震動強度が必ずしも強くなかったということができる。これは、今回の地震による住家被害も全壊2棟、半壊21棟程度[3)]と少なく、また、強い地震動が観測された強震計が設置された地点周辺でも顕著な家屋倒壊などの被害も確認できなかったことからも推定される。

また、調査した範囲では、北上川を始め比較的規模の大きい河川を渡河する大規模な橋梁も多かったが、これらは両端に橋台を有する構造であり、また、橋脚も小判型、ラーメン型、壁式など比較的断面の大きいものが採用されていたことも影響しているこ

とも考えられる。

７．５まとめ

今回の地震後の調査結果によれば、調査した約100橋の道路橋において構造的に影響のある被害は確認できなかった。地震被害に関しては、地震動特性との関係が最も重要であることから、今後、強い加速度が観測されている一方で被害がなかったことについての検証を行うために、道路橋で観測されている強震記録の分析を行い、今後の耐震設計に反映すべき事項の検討を行う予定である。

参考文献

1) 建設省土木研究所：1978年宮城県沖地震災害調査報告、土木研究所報告第159号、1983

2) 河田周、佐藤照美、田中隆：丸木橋大橋の設計－我が国初のPC免震橋梁－、橋梁と基礎、92-9、pp.9-14、1992

3) 消防庁：宮城県沖を震源とする地震（第26報）、消防庁ホームページ、http://www.fdma.go.jp/html/infor/030526Miyagi.PDF、2003

8．斜面の被害状況

8．1　斜面に関する被害の状況

5月30日7時時点における国土交通省の発表によると、今回の地震により、宮城県から岩手県にかけて、がけ崩れ5件（岩手県2箇所、宮城県3箇所）、地すべり1件（宮城県1箇所）の発生が報告されていた。また、国道では、4路線で落石により通行規制（283号1箇所、397号2箇所、398号1箇所、340号2箇所）が行われていた。斜面災害による人的被害は、岩手県で負傷者1名であった。

8．2　調査の概要

斜面の調査は、被害報告のあった急傾斜地崩壊危険箇所及び道路斜面を対象として実施した。急傾斜地崩壊危険箇所の調査は、国土技術政策総合研究所及び土木研究所の職員3名が5月29～30日に宮城県牡鹿町1箇所、石巻市2箇所、気仙沼市2箇所、築館町1箇所で行った。道路斜面（切土斜面）の調査は、土木研究所の職員4名が6月3～4日に岩手県内の国道397号、県道38号、167号を調査した。調査はいずれも、主に斜面下部からの目視による現地概査および移動中の目視観察により実施した。

今回現地概査を実施した箇所は次の9箇所であり、そのうち主な箇所について報告する。



図8.1　調査位置図

（1）急傾斜地崩壊危険箇所

宮城県牡鹿町　前浜の2地区

宮城県石巻市　鹿妻地区、井内の3地区

宮城県気仙沼市　太田2丁目地区、魚町3丁目地区

（2）道路斜面

岩手県住田町世田米子飼沢（国道397号）

釜石市甲子町（その1）（県道167号　釜石住田線）

釜石市甲子町（その2）（県道167号　釜石住田線）

陸前高田市広田町山田（県道38号　大船渡広田陸前高田線）

（3）地すべり

宮城県築館町館下地区

８．３　調査結果

８．３．１　急傾斜地崩壊危険箇所

（１）宮城県牡鹿町前浜の２地区

本地区は、海岸に面した標高 0m から標高 80m 程度までの、広さ 300m×300m 程度の集落のほぼ全域が一つの急傾斜地崩壊危険区域となっている。人家はこの中にひな段状に立地している。本地区では、はく離（浮石）型落石、表層土砂の崩落、のり肩部のき裂が認められた。

写真 G8.1 に示す箇所では、のり肩部から約 1m 程度の位置に長さ 30m程度の連続的なき裂が確認された。亀裂の開口幅は 1cm から 3cm 程度であった。また、斜面直下の道路脇に設置された土留めコンクリートの一部にき裂が認められた。斜面高さは直下の道路（人道）まで約 7m、勾配は約 50° であった（**図 8.2**）。

写真 8.1 に示す斜面では、家屋裏の斜面においてはく離（浮石）型落石が発生していた。斜面高さは 6～7m、勾配は約 70° であった。家屋の外壁が破損し窓ガラスが割れる被害があった。斜面に露頭する岩の節理方向が斜面中央部で変化しており、変化している部分は地形上の凹部となり露頭している泥質岩は著しく風化していた。

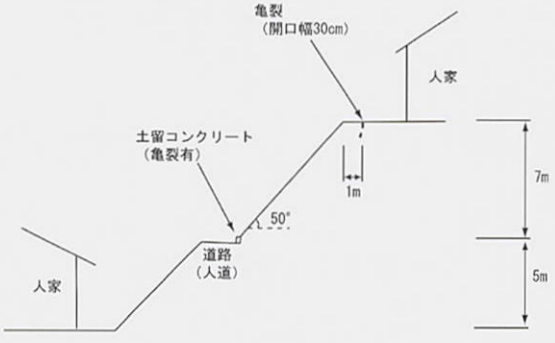


図 8.2　のり肩部亀裂発生箇所　断面図



写真 8.1　落石が発生した岩盤斜面

（２）宮城県石巻市鹿妻（かづま）地区

泥質岩からなる高さ 25～50m、勾配 80° 以上の斜面（採石跡地の人工がけ）の一部で、大きさ約１～2m のはく離（浮石）型落石を生じていた（**写真 8.2**）。地震による落石の多くは斜面下にある待ち受け擁壁（土地所有者による施工：H=1.7m、フェンス H=1.3m、繊維系ネット H=5m）で停止していたが、一部は擁壁上部に設置されている繊維系ネットを突き抜けた（**図 8.3**）。落石は斜面の土地所有者が市の指導により施工した覆式落石防護網工の未施工箇所から発生していた。擁壁から水平距離で 11m 離れた位置にアパートがあるが、今後の余震等により落石等の被害を受ける可能性があるため、石巻市の勧告により調査時点では住民は避難していた。



写真 8.2　鹿妻地区　落石箇所全景

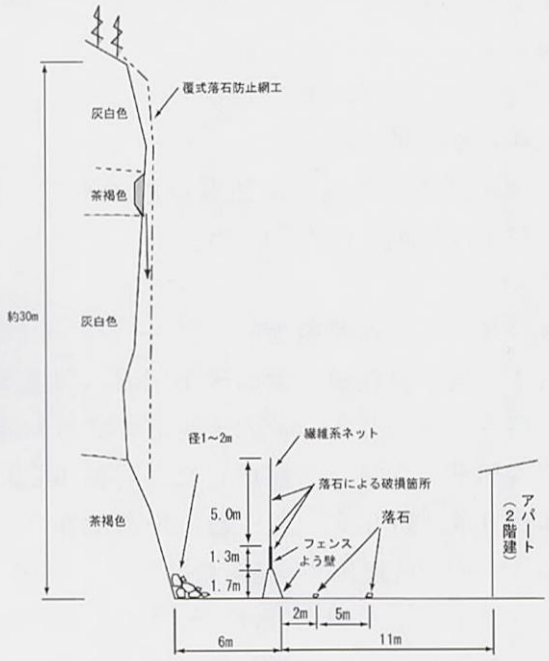


図 8.3　鹿妻地区　断面図

（3）宮城県気仙沼市魚町３丁目地区

勾配約 70～80° の泥質岩からなる岩盤斜面（高さ約 10～25m）で節理に沿ってはく離（浮石）型落石及びくさび型岩盤崩壊が生じていた。はく離（浮石）型落石及びくさび型岩盤崩壊は計３箇所で発生していた。1 箇所は長径約 2～3m の落石が覆式落石防護網工の金網を破断させた後、斜面から約 6m 離れて設置された待ち受け擁壁のポケット部に堆積していた（図 8.4）。擁壁背後には民家が近接しており、この民家には気仙沼市から避難勧告が発令されていた。

他２箇所では対策施設が未施工である。切り通しの両側の斜面（高さ 7～8m）からの長径 1～2m の崩落岩塊と落石が道路に堆積し、山側斜面からはくさび型の岩

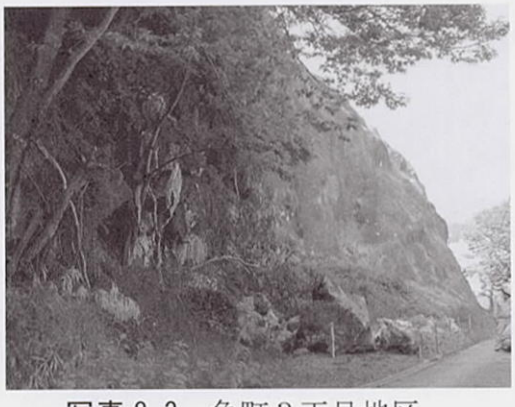


写真 8.3　魚町３丁目地区
崩落岩盤の堆積状況

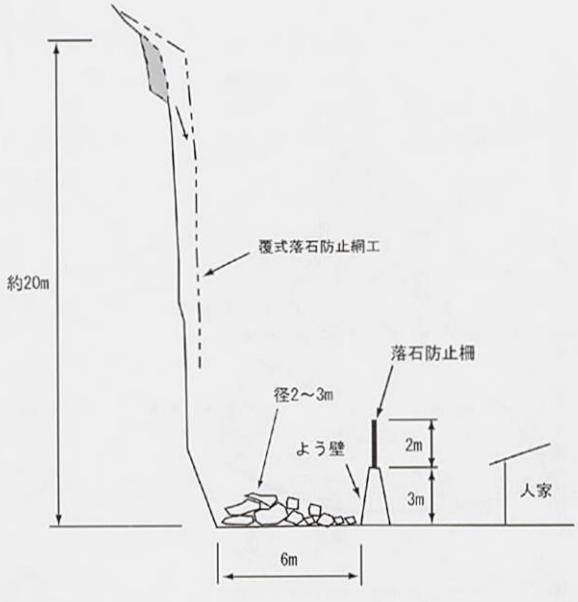


図 8.4　仙沼市魚町３丁目地区　断面図

盤崩壊が生じていた。山側の１箇所では斜面直下に駐車中の自動車に被害を及ぼした（**写真 8.3**）。

（４）その他

今回調査した箇所周辺及び移動途中に目視観察した山腹斜面等においては表層崩壊等の発生は認められなかった。

８．３．２　道路斜面

（１）岩手県住田町世田米子飼沢（国道 397 号）

高さ 18m、幅 23.5m のモルタル吹付斜面の頂部がくさび状に崩壊した（**写真 G8.3**、**写真 8.4**、**図 8.5**、**図 8.6**）。崩落は高さ約 5m×幅約 10m 程度で、崩壊量約 80m^3 である。ロックネットが備え付けられていたが、崩壊した岩片により破損した。また、吹付モルタルの一部にもはく落やき裂が見られた。

地質は古生代ペルム紀の泥岩で、その走向傾斜は N12° W60° E の流れ盤であった。崩落は泥岩の層理面や片理面に沿い発生したはく離（浮石）型の落石であると推定される。崩落した岩塊はハンマーによる打撃で金属音を発するが、層理や片理表面は茶



写真 8.4　世田米子飼沢地区　落石状況

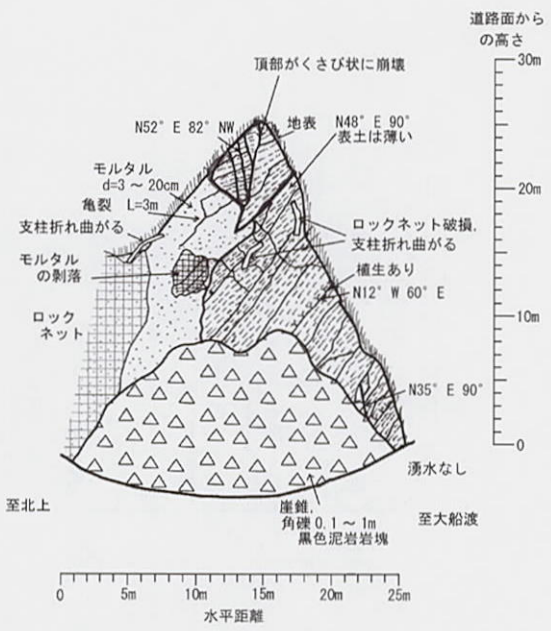


図 8.5　世田米子飼沢地区　露頭スケッチ

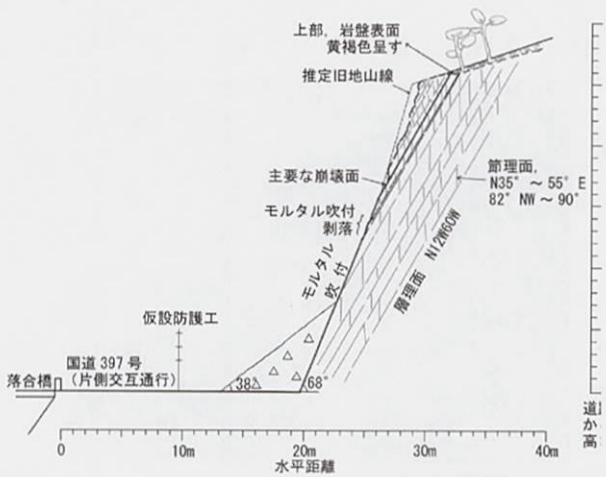


図 8.6　世田米子飼沢地区　模式断面図

色に風化し、10cm～１ｍのブロック状に分離していた。

（２）釜石市甲子町（その１）（県道 167 号　釜石住田線）

モルタル吹きつけ斜面のオーバーハング部分が、高さ 3.9m の位置から崩落したはく離（浮石）型の落石である（**写真 G8.4、写真 8.5、図 8.7、図 8.8**）。はく落は幅約 7.5m×高さ約 8m で、岩塊の体積は約 25 m^3 である。

地質は古生代石炭紀の泥岩と砂岩で、その走向傾斜は N60° E52° S の流れ盤である。層理や片理沿いにき裂が発達し、茶褐色～黒褐色に風化し、崩落した岩塊は 10cm～50cm のブロック状に分離していた。浮石が一部斜面に残存している。



写真 8.5　甲子町（その１）地区　落石状況

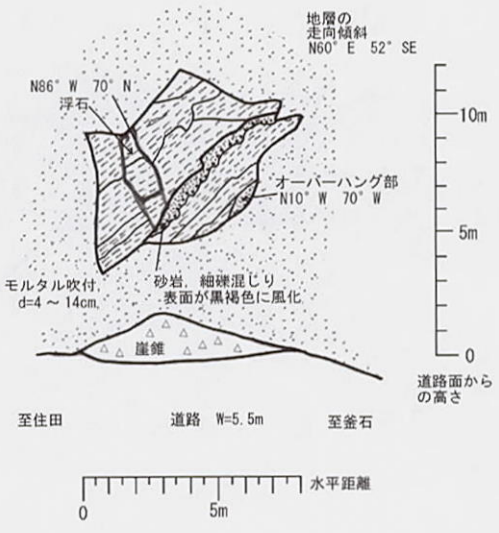


図 8.7　甲子町（その１）地区　露頭スケッチ

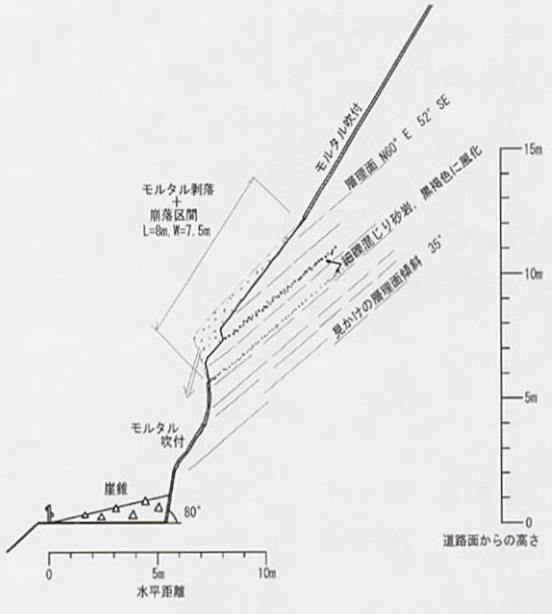


図 8.8　甲子町（その１）地区　模式断面図

（３）釜石市甲子町（その２）（県道 167 号　釜石住田線）

はく落した部分は、高さ約 10m ×幅約５m で、崩壊量は約 10 m^3 程度と推定される（**写真 8.6**、**図 8.9**、**図 8.10**）。吹付の内側は古生代石炭紀の泥岩と砂岩である。貫入岩を伴い、ホルンフェルス化しているものの、著しく風化していた。モルタル吹付斜面の表面が風化部とともにはく落したはく離（浮石）型の落石である。



写真 8.6　甲子町（その２）地区　落石状況

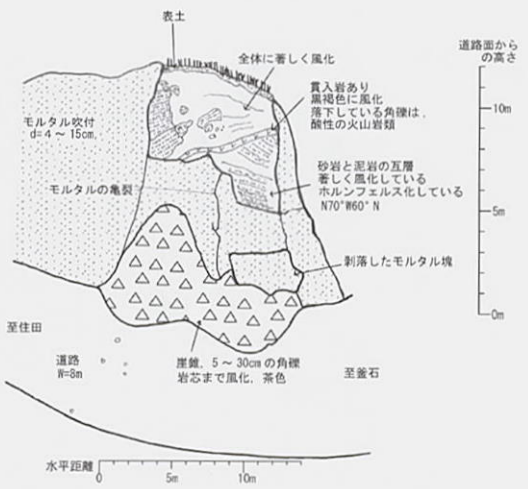


図 8.9　甲子町（その２）地区　露頭スケッチ

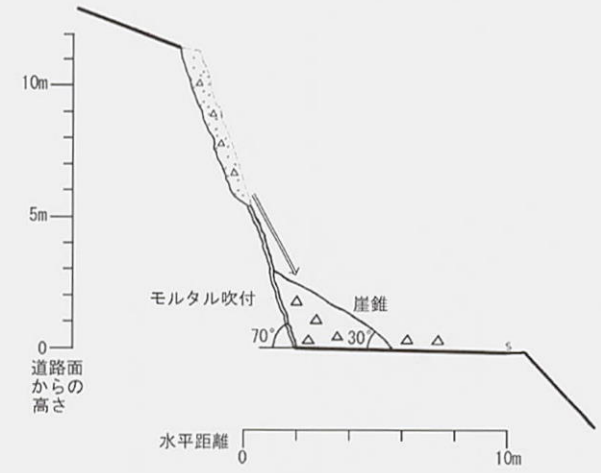


図 8.10　甲子町（その２）地区　模式断面図

（４）陸前高田市広田町山田（県道 38 号　大船渡広田陸前高田線）

高さ約 10m、幅約 5m の切土斜面から 30～50cm 大の岩塊が落下した(**写真 8.7**、**図 8.11**、**図 8.12**)。地質は花崗閃緑岩で、大部分がマサ化しているが、局所的に風化していない岩塊が残存している。今回の落石は、風化していない岩塊の一部が抜け落ちた、抜け落ち(転石）型の落石であると推定される。



写真 8.7　山田地区　落石状況
（岩手県大船渡地方振興局土木部提供）

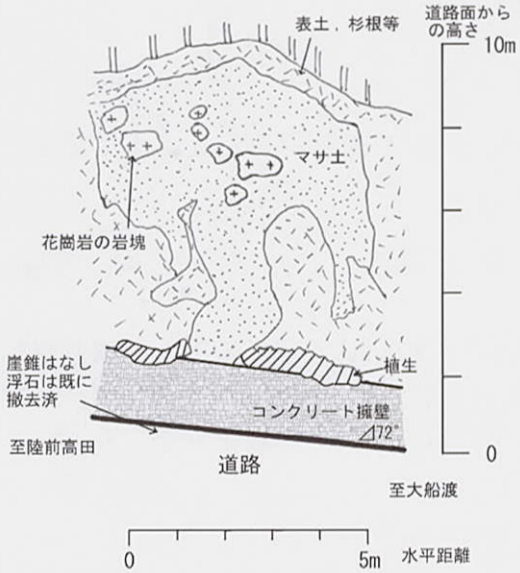


図 8.11　山田地区　露頭スケッチ

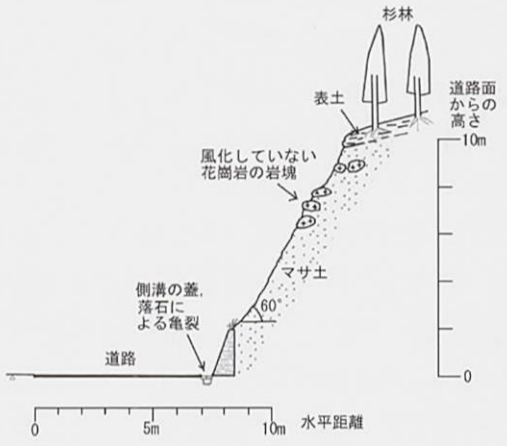


図 8.12　山田地区　模式断面図

８．３．３　地すべり

（１）館下地区

今回の地震により築館町の１箇所で地すべりが発生した（**写真 G8.2**)。発生した地すべりは、最大幅約 30m、長さ約 65m（移動土砂量約 4,800m^3）の斜面が移動したもので、発生域の元斜面勾配は約 11～12° であった。移動した土塊は人家及び町道付近の斜面（流下・堆積域）と水田（堆積域）に堆積（**図 8.13**）しており、堆積末端から滑落崖を見通した角度は 8° 程度と緩い勾配であった。流下・堆積域では、幅約 20～50m、長さ約 45m の範囲に

堆積し、堆積土砂量は約2,350m³と推定される。堆積域（水田）の地すべり前の元勾配は1°以下であった。地すべり後、厚さ約0.7m、勾配約2°で最大幅約55m、長さ約65mの範囲に薄く広がって移動土塊が堆積していた（堆積土砂量約2,500m³）。地すべりの発生により人家の一部が損壊したが、人的被害はなかった。

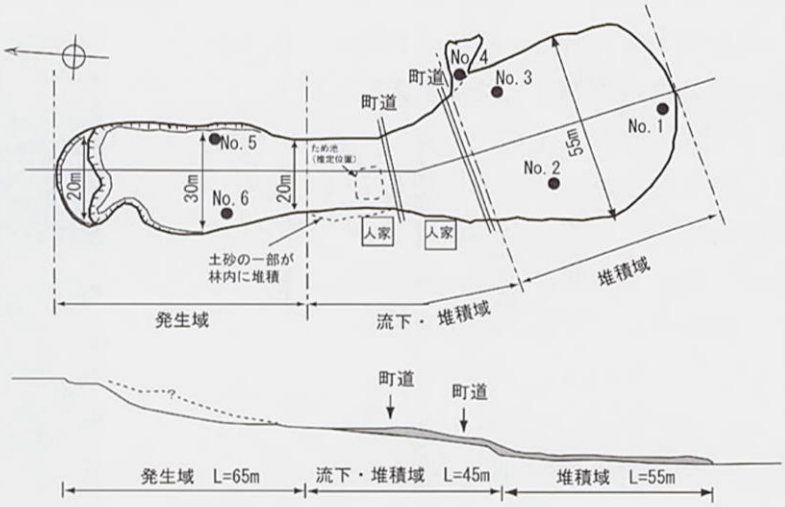


図8.13　館下地区で発生した地すべりの概要（スケッチ）

現地はシートで覆われていたため詳細な観察は出来なかったが、図8.13に示したNo.5付近の土質を確認したところ、最大径3cm程度の軽石を含む火山灰質砂質土からなっていた。勾配の緩い中腹部においては、少量ではあるがシート上面に地下水の浸出が認められた。また、中腹部は歩行が困難なほどぬかるんでおり、水分を多量に含んでいると推察された。

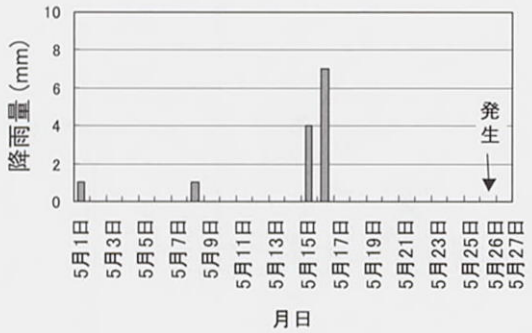


図8.14　地震発生前の降雨量（宮城県築館観測所）

館下地区の5月の降雨量（築館観測所、当地区より約8kmの地点にある宮城県観測雨量計）は図8.14のとおりであり、地震発生以前約1ヶ月間で大きな降雨量を記録していない。土木事務所職員の話によると人家付近にあったため池が湧水で涵養されていたということや、今回移動した斜面の上部は地すべり発生斜面に向かってゆるやかな集水地形をなしていることから当該斜面の地下水は周辺と比較して多かったと思われる。

8．4　分析・考察

8．4．1　崩壊

（1）崩壊の特徴

調査範囲で見られた主な崩壊等の現象は次のとおりで、山腹斜面の表層崩壊などは見られなかった。

①落石

片理の発達した中古生層（泥質岩）の斜面（60～80°程度）では、片理や層理面に沿った形ではく離型（浮石型）落石を起こし、一部では長径2.5m程度のくさび型にはく離した箇所も見られた。一方、花崗岩がマサ化している斜面では、抜け落ち型（転

石型）落石が見られた。

②表層土砂の崩落

人家裏の切土斜面ののり肩部付近の表層土砂が厚さ数 10cm、土砂量 2～3m^{3}程度の規模で崩落した箇所が若干見られた。

③のり肩のき裂

主に盛土部分ののり肩において、連続性のあるき裂が多く確認された。そのほとんどは、のり肩から 1～2m 程度の位置に発生していた。

（２）崩壊土砂の堆積状況

崩壊土砂は斜面直下に堆積していた。人家に近接して堆積していたものも見られたが、全半壊等家屋に大きな被害を与えたケースは見られなかった。

（３）急傾斜地崩壊防止施設等の被害

今回調査した斜面ではのり枠工、待ち受け擁壁等の施工箇所があった。魚町３丁目地区で覆式落石防護網工の金網の破断があったが、それ以外の箇所では急傾斜地崩壊防止施設の被害は見られなかった。

鹿妻地区では、落石によって土地所有者の施工した待ち受け擁壁工上部のフェンスが破損していた。

８．４．２　地すべり

（１）地すべりの特徴

館下地区で発生した地すべりには次のような特徴が認められた。

①発生斜面の勾配は平均で約 11～12°、堆積末端から滑落崖を見通した角度は 8° 程度と緩い勾配であった。

②堆積土砂は、水田に長さ約 65m、最大幅約 55m、厚さ約 0.7m と薄く緩勾配で広がっており、調査時点でも水を豊富に含んでいる部分があった。

これらから、多量の水分を含んだ土層が、地震を誘因として流動化して上層とともに移動したものと考えられる。

（２）土質試験結果

図 13 に示す地すべり発生域 2 箇所及び流下・堆積域 4 箇所において、最大径 3cm 程度の軽石を含む火山灰質砂質土の攪乱資料を採取し、土粒子の密度試験、土の粒度試験、液性限界試験、塑性限界試験を実施した。

土粒子の密度試験結果は、**表 8.1** に示すとおり 2.44～2.50g/cm^3 であり、沖積砂質土、洪積砂質土の 2.6～2.8 g/cm^3 [1)] より小さい値となっている。また、No.1 と No.4 は細粒分質礫質砂(SFG)、それ以外は細粒分質礫質砂(SFG)に分類される。

粒度試験結果を図 8.15 に示す。図 8.15 によれば、どの位置で採取した試料も粒度分布が良く、ほぼ同じ分布をしている。本地区の粒度分布は、ほぼ「港湾施設の技術上の基準・同解説」よる「液状化の可能性有り」の粒度範囲[2]にある。

表 8.1 に示すとおり、細粒分含有率は No.4 を除いて 35%以下となっている。No4 は細粒分含有率が 35%以上ではあるが、塑性指数が 15 以下となっている。また、平均粒径(D50)が 10mm 以下、10%粒径(D10)も 1mm 以下の値となっており、道路橋示方書で規定されている「砂質土層の液状化の判定を行う必要がある地盤」[3]に該当する土質であった。

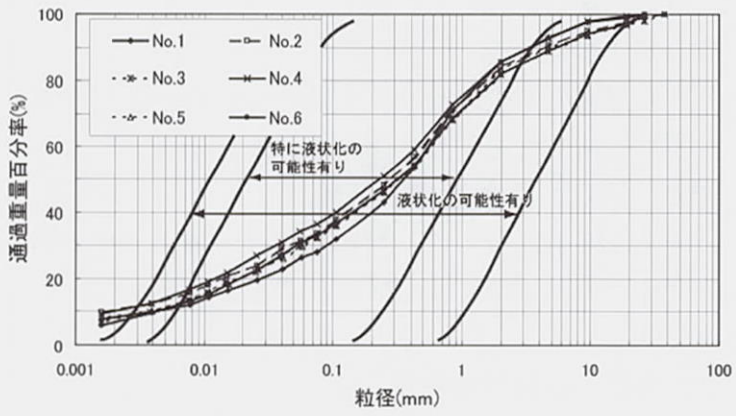


図 8.15　粒度分布試験結果

(「特に液状化の可能性有り」、「液状化の可能性有り」の範囲は、「港湾施設の技術上の基準・同解説」[2]より図示)

表 8.1　土質試験結果

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
土粒子の密度（g/cm）	2.488	2.496	2.453	2.452	2.437	2.443
細粒分含有率（%）	27.9	33.8	32.4	36.5	32.0	33.0
液性限界(%)	NP	40.4	NP	39.8	NP	NP
塑性限界(%)	NP	27	NP	27.4	NP	NP
塑性指数	NP	13.4	NP	12.4	NP	NP
平均粒径(D50)（mm）	0.35500	0.28000	0.32600	0.23300	0.32100	0.31700
10%粒径(D10)（mm）	0.00415	0.00166	0.00394	0.00199	0.00361	0.00439
均等係数	132	298	144	222	155	127
土質分類	礫まじり細粒分質砂 (SF-G)	細粒分質礫質砂 (SFG)	細粒分質礫質砂 (SFG)	礫まじり細粒分質砂 (SF-G)	細粒分質礫質砂 (SFG)	細粒分質礫質砂 (SFG)

8．5　まとめ

今回の地震（M7.1、がけ崩れ 5 箇所）は、近年の同規模の地震（鳥取西部地震（M7.3、がけ崩れ 27 箇所）、芸予地震（M6.7、がけ崩れ 52 箇所））と比較すると被害が少ないと言える。これには、震源の深さ・位置、周期等地震動の特性、地形・地質、地震発生前の降雨状況など複数の要因が影響しているものと思われ、今後の検討課題としてあげられる。

引用・参考文献

1)　(社) 地盤工学会：土質試験の方法と解説（第一回改訂版），pp58，2001

2)　(社) 日本港湾協会：港湾施設の技術上の基準・同解説，pp282，1999

3)　(社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説　Ⅴ耐震設計編，pp121-125，2002

9．　港湾施設の被害状況

9．1　調査行程および体制

地震発生直後の2003年5月26日18:30すぎから、独立行政法人港湾空港技術研究所地盤・構造部構造振動研究室と国土技術政策総合研究所沿岸海洋研究部沿岸防災研究室が、情報の収集を開始した。気象庁発表の計測震度が「6弱」、港湾地域強震観測網[1)]における宮古港で440 Galという最大加速度、K-Net等による重力加速度を上回る最大加速度などから、甚大な被害を想定、調査・技術支援のための現地入りの準備を開始した。

報道情報などから陸路でのアクセスが可能と判断し、車両による調査のためレンタカーの予約を入れ、携帯自転車等の装備は持ち込まないこととした。行程は仙台まで東北新幹線を使い、仙台駅からレンタカーにて沿岸部を北上した。

現地調査担当者は**表2.1**に示す4名である。調査本部として、国土技術政策総合研究所：諸星一信沿岸防災研究室長が、国土交通省港湾局、国土交通省東北地方整備局港湾空港部、国土交通省仙台港湾空港技術調査事務所ならびに現地事務所等との連絡調整を担当した。また、(独)港湾空港技術研究所：野津厚主任研究官(地盤・構造部)、一井康二主任研究官(地盤・構造部)が、港湾地域強震観測網による強震記録の収集、一次処理を実施し、現地事務所・現地調査担当者への強震観測データ情報提供を行った。さらに、当該地震に関する関連学・協会・研究機関等の情報収集を担当し、得られた成果を逐次現地調査担当者へ伝達した。

9．2　港湾地域強震観測網[1)]による強震記録

2003年5月26日18:24に宮城県沖で発生したマグニチュード7.1の地震による各港湾の最大加速度を**図 9.1**に示す。**図 9.1**には補正最大加速度、SMAC-B2相当最大加速度を併記した。過去の被災地震における港湾施設の被災程度とSMAC-B2相当最大加速度に相関[2)]があることから併記している。補正最大加速度とは、原記録に対して、ゼロ線補正と計器特性を取り除くための補正を施した波形(補正加速度波形)の最大値であり、SMAC-B2相当最大加速度とは、強震観測地点にSMAC-B2型強震計が設置され



図 9.1　港湾地域強震観測網による最大加速度分布

ていたと仮定した場合に観測される波形と等価になるように周波数成分を調整した波形(SMAC-B2 相当加速度波形)の最大値のことである。図 9.1 において補正最大加速度は、宮古-G では 420Gal と非常に大きな値を示している。一方、SMAC-B2 相当最大加速度の値は、一番大きかった宮古-G でも 222Gal であり、数値が下がる。補正加速度波形から SMAC-B2 相当加速度波形への換算は図 9.2 に示すようなフィルターを作用させて行う。このフィルターは1Hz 以下の周波数帯は比較的フラットな特性であるが、1Hz を越えると急激に周波数特性が落ちる特性である。 よって高周波成分を多く含む記録ほど、フィルターにより削除される部分が大きいことになる。今回震源付近で得られた記録の補正最大加速度が大きかったにもかかわらず SMAC-B2 相当最大加速度がさほど大きくなかったのは、記録に含まれる高周波成分の割合が大きかったためである。記録に含まれる高周波成分の割合が大きかった理由については、今後詳細な解析が行われるものと考えられるが、現時点では次の理由が考えられる。

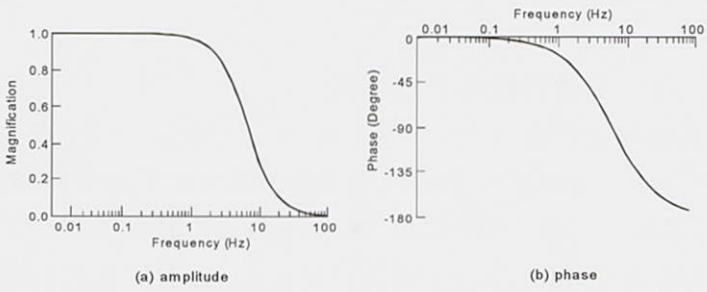


図 9.2 SMAC-B2 相当波への変換のためのフィルター

① 震源がスラブ内地震であったためストレスドロップが大きく高周波成分が効率的に発生した。1993 年釧路沖地震はそのような地震の例であると考えられている[3)]。

② 三陸地域のリアス地形の岩盤上に薄い表層地盤の載った地盤条件の場所が多く、地表近くまで地震波が減衰せずに到達した。

9．3 港湾施設被害概要

今回の地震においては、気象庁発表の計測震度「6弱」の地域が岩手県・宮城県に広く分布したことから、大規模な施設被害が想定されたが、幸い被害の程度は軽微であり、船舶の接岸・係留・荷役作業に支障の出た施設は無かった。本調査では、仙台港から大船渡港へ北上踏査している。しかし、被害は軽微であることから、本報告では報道等で大きく取り上げられた大船渡港野々田地区の液状化現象を

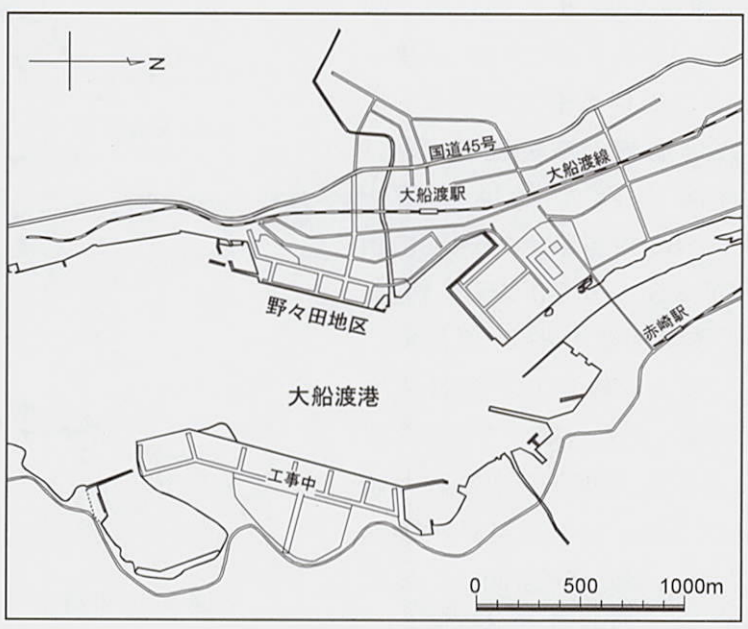


図 9.3 大船渡港平面図

取り上げる。

９．３．１　大船渡港概要

大船渡港は年間 406 万トン(平成 13 年)の取扱い貨物量をほこる、岩手県の中枢港である。取扱い貨物品目の主なものは、輸出:水産品 1 千トン、輸入:651 千トン(石炭、石油製品、原木等)、移出:2613 千トン(セメント、砂利等)、移入:800 千トン(非金属鉱物等)である。

９．３．２　被災概要

野々田地区(**図 9.3**)においては、この地震における唯一の比較的規模の大きな液状化現象が見られた。岸壁の諸元は下記に示すとおりである。

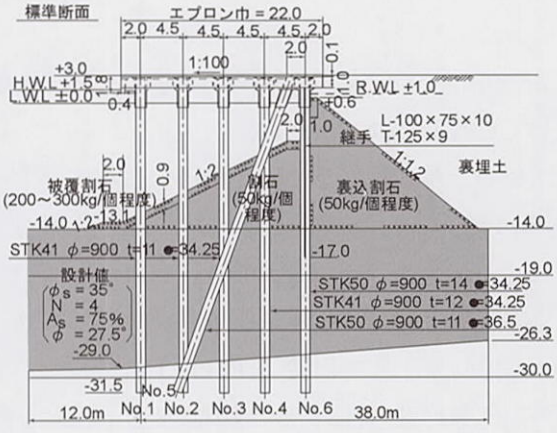


図 9.4　−13m岸壁標準断面図

桟橋式岸壁、設計震度k＝0.15
−13m岸壁:直杭 5 列、斜杭1列(陸側土留は鋼管矢板)、延長 270m、平成元年度竣工
−7.5m 岸壁:直杭3列(陸側土留はL型擁壁)、延長 260m、昭和 63 年度竣工

−13m岸壁の標準断面は**図 9.4** に示す構造であり、桟橋の陸側杭が鋼管矢板として土留を兼ねた構造となっている。

噴砂の痕跡は桟橋土留直背後と岸壁法線より約 60m陸側に残っており、特に陸側部においては、粒径約 5cm 程度の大きな礫(**写真 9.1**)も残っていた。地震時にここで作業をしていた人からのヒヤリングでは、「地震の強い揺れが終わって少し経ってから埠頭用地のコンクリート板の打ち継ぎ目から水が出始め、だんだんとその勢いが強くなり、最大で約 1m の高さまで泥水が吹き上がった。」との情報を得ている。また、桟橋上部工直背後の埠頭用地コンクリート舗装との境界部からも、じわじわと泥水がにじみ出ていたとの目撃情報もある。この部分では、粒径の大きな噴出物はなく、**写真**



写真 9.1　噴砂痕(岸壁法線から陸側 60m付近)



写真 9.2　岸壁背後のシルトの堆積

9.2 に示すように粒径の細かいシルトが堆積していた。噴出した砂・水はコンクリート舗装が岸壁へ向かって傾斜していることから、分級しながら堆積しており最終到達域である桟橋上部工直背後の部分にはシルトが堆積したものと思われ、当該位置からの噴出分との区別は付きにくい。

野々田地区における埠頭用地コンクリート舗装の沈下量は約 15～20cm であり、不同沈下は生じていなかった。ただし、この沈下量には、地震前の 5cm 程度の経年変化による沈下も含まれていると考えられるため、地震による沈下は 10～15cm 程度と考えられる。ここでの埋立土の層厚は最大で 14m 程度であり、これと比較すると沈下量は層厚の約 1%程度であるため、液状化による沈下としては比較的小さいと考えられる。

本岸壁建設前の深浅図を基に旧海底面を岸壁断面図と合わせてみると、岸壁法線から 60m 陸側の地点で旧海底面は-11m となっており、陸側へ行く程浅くなっている。**図 9.5** に示すように旧海底地盤はシルト質粘性土層（N=4 程度）が、岸壁法線位置で-30m まで堆積しており、岸壁法線から 50m 陸側では-20m まで堆積している。さらにその下は、ゆるい砂層を数メートル挟んで、N 値 50 以上の砂礫層となっている。

桟橋法線の出入りはほとんど無く、地震後においても船の接岸・係留は可能であり、またコンクリート舗装の不同沈下も無かったため、地震の翌日には埠頭用地内における作業（**写真 9.3**）が行われていた。一般に、液状化が発生した岸壁においては、液状化による岸壁法線の海側への移動、過剰間隙水圧の消散に伴う沈下が目に見える被害となるが、さらに土留矢板に損傷が発生した場合、背後地盤の埋立砂が海中へ流失する「吸い出し」現象が懸念される。特にコンクリート舗装が堅固である場合にはコンクリート版と地盤の間に空洞が生じ、重機等が走行した際に陥没する恐れがある。本岸壁においては海中への砂の流出が確認されていない。桟橋本体直背後の段差（**写真 9.4**）はそれほど大きくなく、当該施設で使用する荷役機械や車両が大型であることからアスファルト等によるスリツケで補修は十分であると考えられる。埠頭用地では、コンクリート打ち継ぎ目が最大で 10cm 弱開いたが、不同沈下は無く、コンクリート舗装に亀裂も生じなかった。

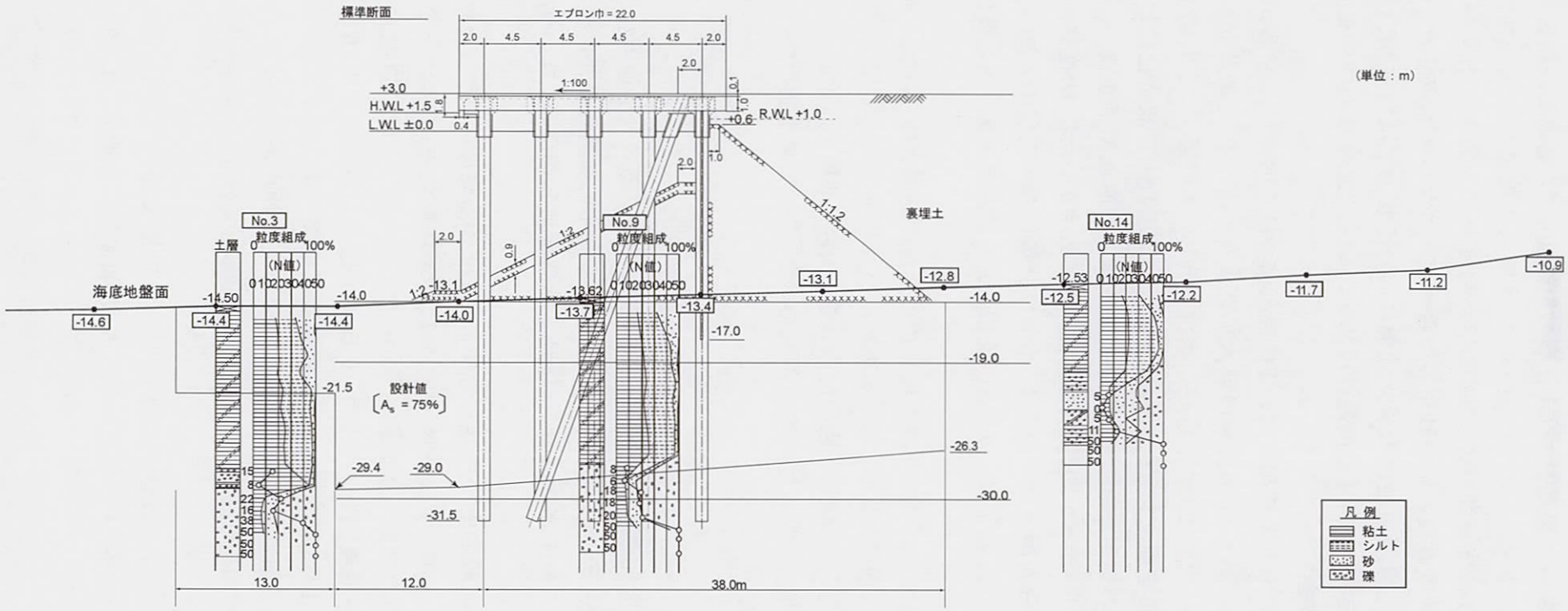


写真 9.3 岸壁法線および木材の野積み状況



写真 9.4 岸壁背後の段差

地震の翌日から港湾作業を再開できた理由として、大量の砂と水が噴出した現場において、冷静に現象を把握し当該施設の使用の可否を的確に判断できたことが考えられる。このような判断を下すには、対象施設の設計・構造に精通



（単位：m）

図 9.5 原地盤ボーリング柱状図

していることに加え、地震時に想定される被災形態を熟知している必要がある。港湾の場合、設計業務を直接実施していることに加え、平成7年兵庫県南部地震直後に神戸港等の復旧のために、全国から多数の技術者が数ヶ月から半年程度交代で震災復旧業務を手がけた経験を有していたことが、地震直後の施設利用の可否判定につながったものと考えられる。

当該施設においては、埠頭用地内の埋立地盤において液状化は発生したものの、桟橋本体や埠頭用地内の舗装などの構造に問題はほとんど無かった。岸壁の機能を低下させるような被害は無く、軽微な被害であったと言える。

この地区における埋立土の性質等については現段階では不明であり、被害が軽微であった理由もはっきりとはしていない。強震記録の最大加速度を考慮すると、液状化の程度がもっと大きいものと想定したが、埋立土(建設当時の状況に詳しい人の話では、大船渡中学校の移転に伴う造成の際の山砂を埋立材として用いたとのことである)として液状化に対して強い材料が入っていること、現地の地形から陸側へ向かって急峻に旧海底盤面が浅くなっていることが考えられ液状化層厚が小さかったことなどにより沈下量が小さかったものと推察される。

液状化した砂の粒度分布調査については、噴砂は分級していて、その正確な分布を把握できないことが考えられるため、地中部のサンプルを取得して調査を実施する必要があると考えている。

大船渡港内の他の施設には明瞭な液状化発生の痕跡が発見されていない。野々田地区のみで液状化が生じていた理由に関しては、当該施設が大船渡港内の施設としては弱齢(昭和63 年度、平成元年度竣工)であり、今回の地震までに大きな地震を経験していないことも関係していると思われる。今後は、埋立材料や地震波形のより詳細な調査を行い、これらの理由を明らかにする必要がある。

９．４　まとめ

気象庁発表の計測震度「6 弱」、K-NET などによる1G を超える最大加速度などの情報から、甚大な被害を想定したが、幸いにも、港湾施設において致命的な被災は無かった。この理由として入力地震動において高周波数成分が卓越し、港湾構造物が応答しなかったことが考えられる。

また、リアス地形という比較的堅い岩盤が急峻に立ち上がる地形における施設整備であるため大規模な埋立地盤を有する施設が限られていたこと、比較的古くから港湾整備が進められてきており、過去に地震を経験した施設が多かったことが考えられる。東北地方は、過去に1952 年 3 月 4 日十勝沖地震、1964 年 6 月 16 日新潟地震、1968 年 5 月 16 日十勝沖地震、1978 年宮城県沖地震、1983 年 5 月 26 日日本海中部地震、1993 年 1 月 15 日釧路沖地震、1993 年 7 月 12 日北海道南西沖地震、1994 年北海道東方沖地震、1994 年 12 月 28 日三陸はるか沖地震が発生しており、施設整備後に地震を経験していることが被災の少なさと関係があるものと考えられる。

高周波成分が卓越していたとは言え、SMAC-B2 相当最大加速度においても、設計震度を越えた地震力が作用したと考えられる施設が宮古・大船渡港に多数存在し、無被災であった。従来の地震被災調査においては、被災施設の被災メカニズムの解明に主眼が置かれていた

が、今回の地震においては、何故被災しなかったのかという視点での調査・解析が必要と考えている。

宮城県沖地震、南関東地震、東海地震、南海地震、東南海地震の発生確率が高まっている現状において、施設の耐震性向上が急務である。平成7年兵庫県南部地震においては、陸上輸送がほぼ麻痺状態に陥ったため、復旧活動には海上輸送、ヘリコプターなどによる空路輸送、人力(徒歩、自転車)およびバイクによる輸送などの活用が、多数報告されている。大地震に見舞われると陸上交通は重大な被害を受けることが想定されるのに対し、港湾施設は震災直後の海上交通の安定性を活かした緊急物資輸送等の実施及び避難場所の提供による市民の安全の確保に加え、震災後も被災地の復旧・復興の支援といった重要な役割を担うこととなる。

このため、地震直後に、現場において、施設の供用が可能であるか否かの判定を迅速に実施する必要があるものと考える。今回の地震においては、現場において、迅速かつ冷静な技術的判断のもと、供用再開の判断が下された。今後も、施設の設計・構造等を十分理解し、万一の地震時の被災形態を想定した危機管理体制の維持が望まれる。

謝辞

本調査に際して、国土交通省港湾局環境・技術課、国土交通省東北地方整備局港湾空港部、国土交通省東北地方整備局仙台技術調査事務所、国土交通省東北地方整備局釜石港湾事務所、岩手県大船渡地方振興局、大船渡市商工観光部港湾振興推進室には、現地調査のアレンジや資料提供等でお世話になりました。

また、土木学会・地盤工学会「三陸南地震合同調査団」(団長:神山眞東北工業大学教授)のメンバーの方々には、メーリングリストを通じて逐次現地の被災情報・調査情報を提供いただきました。

大船渡市長には、現場調査直後に意見交換の場を設けていただき、地元の立場やユーザーの立場からの貴重なご意見をいただきました。

以上、記して謝意を表します。

参考文献

1) 深澤清尊・野津厚・佐藤陽子・菅野高弘:港湾地域強震観測地点における地震動の卓越周期、港湾空港技術研究所資料、 No.1057、2003.
2) 野田節男・上部達生・千葉忠樹:重力式岸壁の震度と地盤加速度、港湾技術研究所報告、14巻、4号、1976.
3) Ide, S. and Takeo, M.: The dynamic rupture process of the 1993 Kushiro-oki earthquake, Journal of Geophysical Research, Vol.101, 5661-5675, 1996.

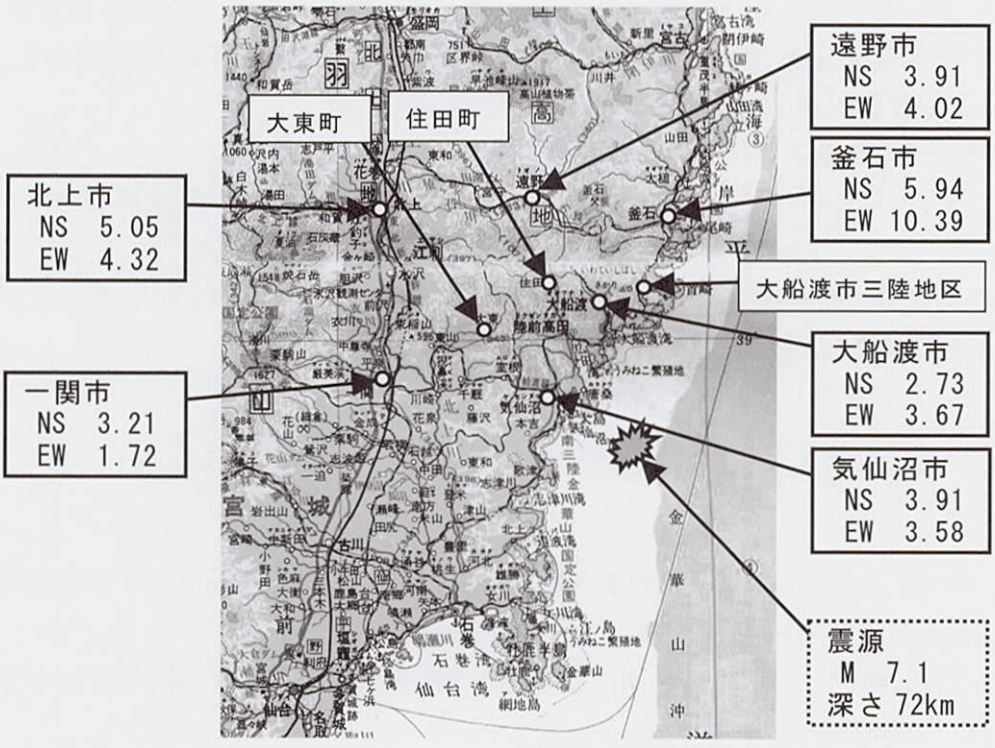
10. 建築物の被害状況

10. 1 調査目的・調査地域

平成 15 年 5 月 26 日 18 時 24 分に宮城県沖を震源とする地震が発生した。この地震により岩手県沿岸南部と内陸南部および宮城県北部で震度６弱、その周辺で震度５強が観測された。地元の行政庁等の関係機関より地震被害状況が報告されたが、その被害規模は、通常、震度６弱の震度から想定される規模に比較して小さいものであった。そこで今回の調査では建築物被害の概要把握を主目的としたが、さらに地震動と建築物の被害を関係づけるため地震動の得られている地点での被害調査も目的とした。

建築物の被害調査は国土技術政策総合研究所と建築研究所が共同で平成15年5月29日から30日に実施した。調査した地域は、岩手県の北上市、遠野市、釜石市、大船渡市、一関市、住田町および大東町、そして宮城県気仙沼市である。調査地域を震源およびK-NET観測点で得られた地震動加速度とともに図10.1に示す。

住田町および大東町を除く各市町では、市役所等でのヒアリングにより調査する建築物を決めるとともに、地震動の得られている独立行政法人防災科学研究所のK-NET観測点付近の建築物の被害を調査した。また住田町および大東町では、特に木造住宅の被害に着目して調査を行った。



（帝国書院新詳高等社会科地図より）

図 10.1 調査した市町、震源および K-NET 観測点で得られた地震動加速度（単位 m/sec^2）

10. 2 地震動とその特性

10. 2. 1 K-NET観測点による観測記録の特性

地震動特性の検討は建築物被害調査を行った K-NET 観測点の観測記録を主な対象とする。K-NET 観測記録に関するデータは K-NET のホームページ[1)]より引用している。

表 10.1 に、K-NET 観測点における観測加速度記録の最大値とその記録を積分して求めた速度波形の最大値を示す。検討した地点は今回調査した地点と石鳥谷町および牡鹿町である。加速度記録の最大値が重力加速度(9.8m/sec^2)を上回る観測点が存在する。計算速度波形の最大値は牡鹿町で 0.5m/sec を超える値となっており、また北上市で 0.3m/sec を超えている。それ以外は 0.2m/sec 程度以下である。

表 10.1 K-NET 観測点の加速度と計算速度の最大値

K-NET 観測点	計測震度	最大加速度(m/sec^2)			計算最大速度(m/sec)		
		NS	EW	UD	NS	EW	UD
北上市(IWT012)	5.4	5.05	4.32	1.57	0.326	0.171	0.062
遠野市(IWT013)	5.2	3.91	4.02	2.66	0.168	0.120	0.057
釜石市(IWT007)	5.4	5.94	10.39	5.92	0.164	0.246	0.065
大船渡市(IWT008)	5.1	2.73	3.67	1.55	0.087	0.215	0.041
気仙沼市(MYG001)	5.3	3.91	3.58	3.44	0.168	0.150	0.095
一関市(IWT010)	4.6	3.21	1.72	1.13	0.110	0.155	0.060
石鳥谷町(IWT014)	5.0	2.60	1.97	1.30	0.222	0.156	0.083
牡鹿町(MYG011)	6.1	11.01	11.14	8.25	0.518	0.361	0.209

図10.2に、K-NET観測点における観測加速度記録の加速度応答スペクトル(減衰定数5%)を示す。すべての水平成分の加速度応答スペクトルにおいて、0.1～0.2秒の応答値が大きくなり、短周期成分の大きな地震動である。また上下加速度応答スペクトルの場合、0.04～0.1秒の短周期成分が卓越する。気仙沼あるいは遠野の水平成分の加速度応答スペクトルには、それぞれ0.3、0.4秒程度の成分も多く含まれている。

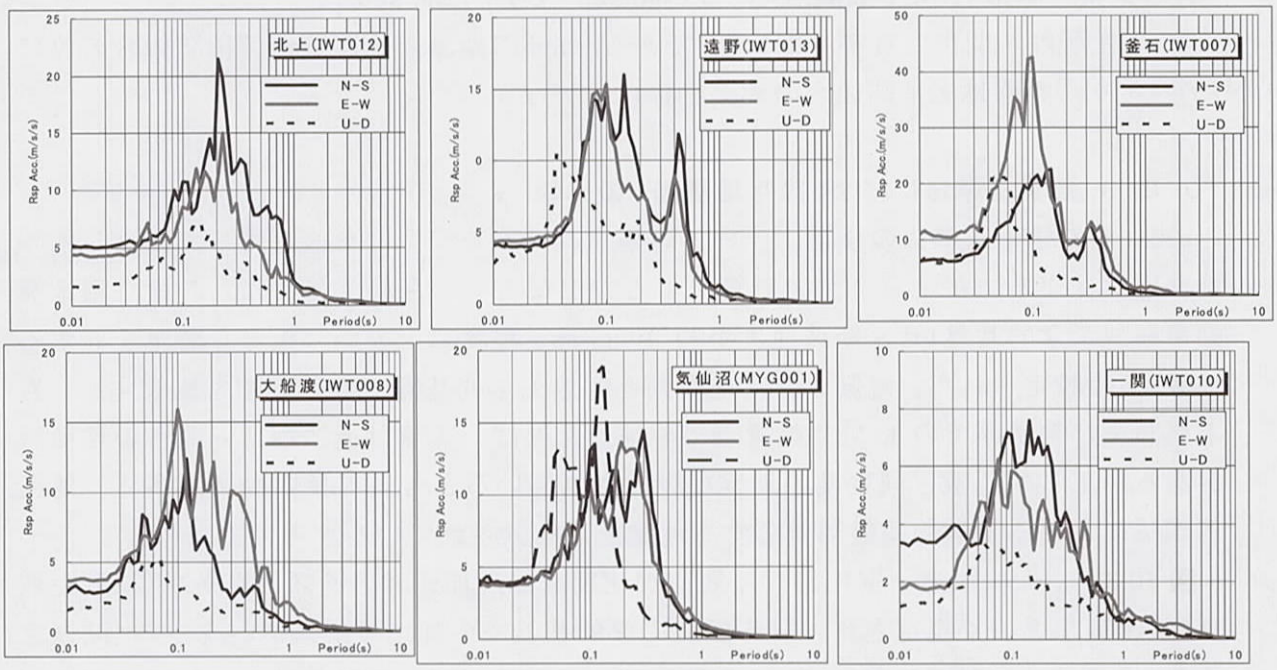


図 10.2 K-NET 観測点における観測加速度記録の加速度応答スペクトル(減衰定数 5%)

10. 2. 2 K-NET 観測点付近の被害概要

(1)岩手県北上市 K-NET 観測点(NS 5.05m/sec² EW 4.32m/sec²)

住所は岩手県北上市二子町鳥喰214-1である。K-NET観測点は、住宅と田んぼのある田園風景の中にある。近くの二子公民館（鉄骨造、昭和60年建設）では天井と壁の間に隙間が発生していた。付属の体育館では屋根鉄骨梁と壁外装の間に隙間が生じていた。地震時には棚のものが少し落ちた程度である。

(2)岩手県遠野市K-NET観測点(NS 3.91m/sec² EW 3.58m/sec²)

住所は遠野市松崎町白岩16-31-2である。K-NET観測点は、市街地内の消防団本部のすぐ脇にあった。遠野消防団本部（鉄筋コンクリート造２階建て)では、玄関部非構造壁および玄関脇の柱に細いひび割れが発生している。その他、ガラス破損があったが、家具等の転倒はなかった。

(3)岩手県釜石市 K-NET 観測点(NS 5.94m/sec² EW 10.39m/sec²)

住所は釜石市中妻町3丁目11-1である。K-NET観測点は、住宅と公園の中にある。すぐ近くに３階建て鉄筋コンクリート造壁式構造のアパートがあったが、上部構造にも基礎周辺にも被害は見られなかった。

(4)岩手県大船渡市 K-NET 観測点(NS 2.73m/sec² EW 3.67m/sec²)

住所は大船渡市盛町字宇津野沢15である。K-NET観測点は、小高い丘の上の大船渡市役所の脇にある。大船渡市役所（鉄筋コンクリート造）では、構造的被害はほとんどなく、建築物上の受水槽の水道管損傷およびガラス破損があった。

(5)宮城県気仙沼市 K-NET 観測点(NS 3.91m/sec² EW 3.58m/sec²)

住所は気仙沼市笹が陣3-1である。近くの気仙沼小学校では、ガラスのひび割れ程度の被害で、構造的な被害はほとんどない。

(6)岩手県一関市 K-NET 観測点(NS 3.21m/sec² EW 1.72m/sec²)

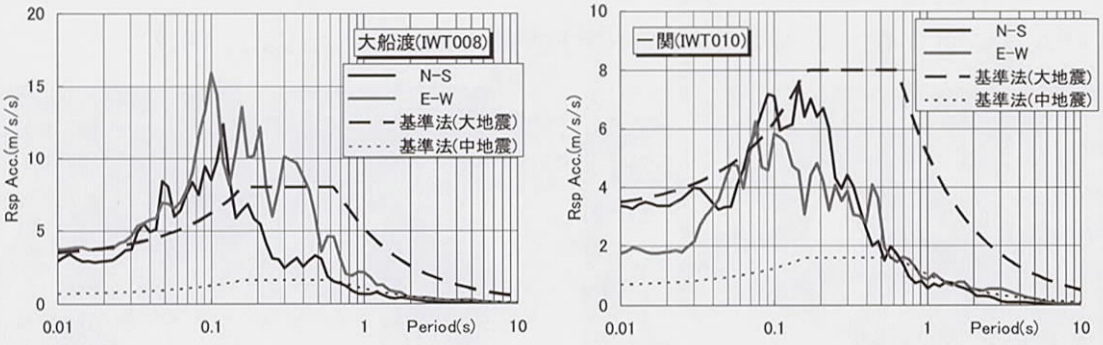
住所は一関市山目字中野140-3である。K-NET観測点は両磐地区消防組合の脇にあり、両磐地区消防組合の建築物には被害なかった。

10. 2. 3 建築基準法における設定地震動との比較

1998 年の建築基準法の改定に伴い、建築物の地震時安全性を検証する方法として時刻歴応答による方法や限界耐力計算による方法などが示された。これらの検証用地震動が解放工学的基盤(せん断波速度が約 400m/sec 程度以上でかつ相当な層厚を有する地層)面で設定された。観測された地震動と解放工学的基盤での地震動を比較する。岩手県および宮城県での K-NET 設置点での地盤条件は、表層付近に極薄い厚さの堆積層があるが工学的基盤と同程度の地盤に設置されていると考えて良い場合が多く、建築基準法における工学的基盤に対応する地盤上に設置されていると考えて良い。

図 10.3 に、大船渡と一関における観測加速度記録の加速度応答スペクトル(減衰定数 5%)と建築基準法で規定されている開放工学的基盤での加速度応答スペクトル(減衰定数 5%)を示す。大船渡において、0.4 秒以下の周期範囲では建築基準法の加速度応答スペクトル(大地震時)を上回っている。しかし 0.4 秒以上の周期範囲になると、それを

下回り、周期が長くなるとともに成分が少なくなる。一方、一関においては、0.1秒以下の周期範囲では建築基準法の加速度応答スペクトル(大地震時)とほぼ同程度であり、0.5秒以上の周期範囲になると、それを下回り、建築基準法の加速度応答スペクトル(中地震時)と同程度となる。



a)大船渡(IWT008)　　b)一関(IWT010)

図10.3 大船渡と一関におけるK-NET観測加速度記録と建築基準法における解放工学的基盤での加速度応答スペクトル(減衰定数5%)の比較

10.3 建築物の被害調査結果

10.3.1 岩手県、宮城県での被害状況と被害内容

岩手県、宮城県における人的被害の被害程度と人数および住家の被害程度と棟数を表10.2に示す。両県併せて、重傷者20名、軽傷者135名と人的被害は少ない。住家被害においては、大船渡市で全壊と判定される2棟の住宅があったものの、半壊住家は全体で21棟と少なかった。表10.3に、遠野地方振興局における一部損壊での被害状況とその棟数をまとめた。特に屋根瓦の落下の被害が非常に多く、壁の落下、壁の亀裂の被害が多い。

表10.2 岩手県、宮城県における人的被害および住家被害
(岩手県県土整備部建築住宅課および宮城県土木部建築宅地課)

場所	人的被害(人)		住家被害(棟)			
	重傷者	軽傷者	全壊	半壊	一部破損	床下浸水
岩手県						
盛岡地方振興局	1	5	0	0	40	0
花巻地方振興局	1	6	0	0	0	0
北上地方振興局	4	12	0	0	3	0
水沢地方振興局	1	17	0	0	131	0
一関地方振興局	0	1	0	0	14	0
千厩地方振興局	2	5	0	0	65	0
大船渡地方振興局	1	23	2	9	492	1
遠野地方振興局	0	1	0	0	232	0
釜石地方振興局	0	2	0	1	145	0
宮古地方振興局	0	8	0	0	59	0
久慈地方振興局	0	1	0	0	2	0
二戸地方振興局	0	0	0	0	0	0
岩手県全体	10	81	2	10	1,183	1
宮城県						
大河原地方支部	0	1	0	0	0	0
仙台地方支部	1	11	0	0	45	0
古川地方支部	2	16	0	0	30	0
築館地方支部	1	7	0	1	94	0
迫地方支部	3	1	0	0	202	0
石巻地方支部	2	8	0	0	150	0
気仙沼地方支部	1	10	0	10	512	0
宮城県全体	10	54	0	11	1,033	0

表10.3 遠野地方振興局における一部損壊での被害状況と棟数
(岩手県県土整備部建築住宅課)

被害状況	棟数
屋根瓦の落下	119
壁落下	40
壁の亀裂	26
建物傾斜	1
ガス漏れ	1
窓ガラス破損	13
天井等の落下	3
階段のひび割れ	2
その他	27
計	232

10. 3. 2 個別被害調査結果

(1)北上市

1) 北上市庁舎

北上市庁舎は、昭和 47 年 12 月の建設で、低層部２階建て、高層部６階建ての鉄筋コンクリート造建築物である(**写真 10.1**)。特に構造的な被害は確認できなかった。低層部の入口に面するガラスに斜め方向のひび割れが見られた(**写真 10.2**)。



写真10.1 北上市庁舎

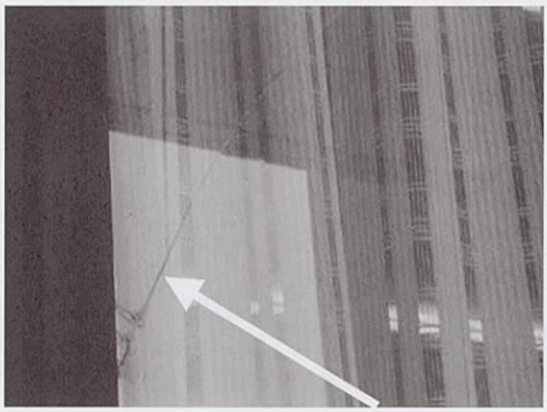


写真10.2 ガラスのひび割れ

(2)遠野市

1) 遠野風の丘(道の駅)

国道283号線沿いの遠野風の丘内に、大断面木材を用いた建築物が建設されている。建築物は大断面材のトラス構造であり、トラスを立体に組み立てている(**写真10.3**)。構造的な被害は少なかったが、建築物の管理者から地震により非常に多くの屋根瓦が移動したことが報告された。調査時には既に屋根瓦の修理が始まっていた(**写真10.4**)。建築物の裏側は傾斜地になっており、建築物周辺部と地盤の間には5cm程度の剥離が生じていた。また崖の近傍の地表面には崖線と平行に地盤にひび割れも発生していた。屋根瓦の被害の原因は、トラス構造の大断面材の軸方向力が屋根に作用し、屋根面が短周期で振動したためと考えられる。



写真10.3 大断面材を用いたトラス構造



写真10.4 屋根瓦の修理工事

2) 遠野市役所

遠野市役所では、本館（昭和 39 年建設、鉄筋コンクリート造３階建て）において、短柱２本のせん断破壊（１本中破、１本小破、**写真 10.5**）とコンクリートのジャンカのある柱１本の損傷（**写真 10.6**）、および内部の耐震壁や梁にひび割れが見られた。別館（昭和 32 年建設、鉄筋コンクリート造２階建て）の内壁にもひび割れが見られたが、本館に比べて被害は軽微であった。



写真 10.5 玄関脇の柱のせん断ひび割れ



写真 10.6 本館裏の柱の損傷

(3)釜石市

1) 小佐野小学校

釜石市立小佐野小学校では、旧校舎（昭和 48 年建設、鉄筋コンクリート造３階建て）北側の外壁面および桁行き方向の方立て壁に広い範囲でせん断破壊（**写真 10.7**）が見られた。一方、柱および梁間方向の構造壁にはほとんど損傷は見られなかった。この他、玄関の天井パネルの落下（**写真 10.8**）や、新校舎（昭和 62 年建設）のホール天井部のパネルの損傷が見られた。新校舎の建築物構造躯体には被害は見られなかった。

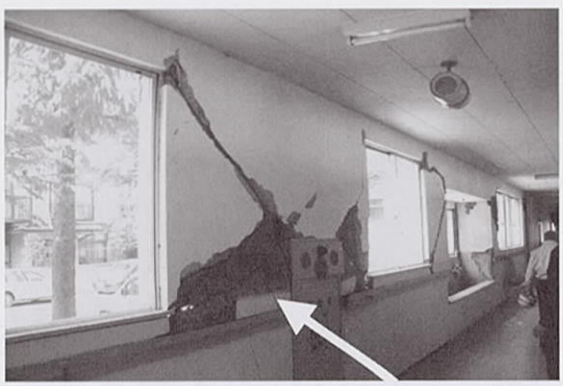


写真 10.7 旧校舎1階廊下の方立壁の被害



写真 10.8 正面玄関の天井パネル落下

(4)大船渡市

1) 大船渡高校

大船渡高校旧校舎（昭和 38 年建設、鉄筋コンクリート造３階建て、**写真 10.9**）では、２階北側の外柱がせん断破壊（**写真 10.10**）しており、また３階の北側外柱にも

せん断ひび割れが見られた。エキスパンジョン・ジョイント部にも損傷が見られた。１階には教室以外の小部屋があり、２階および３階に比べて壁の量が多いため、被害は２階以上に発生したものと思われる。



写真 10.9 大船渡高校

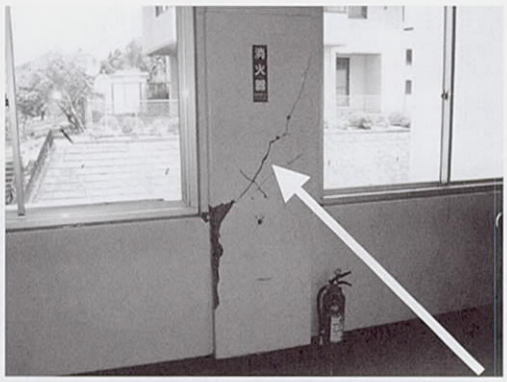


写真 10.10 旧校舎2階の柱のせん断ひび割れ

2） 住宅

今回の地震でもっとも被害が大きいと報道されたのが、大船渡市の住宅であり、大船渡市の調査によれば、全壊2棟、半壊9棟とされている。全壊2棟は、大船渡港に面する眺めの良い高台の造成地に立ち並んでいる（**写真10.11**）。確認しうる限りで、その周辺の住宅で瓦の落下、ブロック塀のブロックの落下、及び擁壁の亀裂が見られた。

全壊建築物は、伝統的な平屋の軸組木造住宅と築12 年２階建ての軽量鉄骨プレハブ住宅であった。平屋木造住宅では、残留変形は小さかったが、土塗り壁が落ち、竹小舞が見えた（**写真10.12**、**写真10.13**）。また、土塗り壁が落ちたことで一部鉄筋ブレースが使用されていることが確認できた。瓦の落下、建築物の傾きによるサッシの損傷がみられ、擁壁の北側の一部にコンクリートの破損がみられた。

その横に立つ全壊の軽量鉄骨プレハブ住宅の残留変形も同様に小さく、外観からは大きな被害とは感じないが、内部は激しい被害を受けていた。外観からは擁壁側の基礎付近に地割れ、基礎アンカーボルト周辺のコンクリートの破損（**写真 10.14**）、外装サイディングの外れ、及びサッシの損傷が見られた。建築物内部では建付のキッチン収納や玄関収納が転倒落下した（**写真 10.15**）。殆どの内壁に目地切れが発生し、一部内装石膏ボードの落下もみられるなど、建築物が激しい振動を受けたことが想像できる。この地点に於ける地震動は、傾斜地であったために振動が増幅されたのか土留め擁壁の破損により振動が増幅されたのか定かではないが、平地での地震動とは異なるものであったことも考えられる。

このほかの場所では、木造住宅において瓦の落下、傾斜によるサッシュ枠の変形、外壁モルタルのひび割れ及び落下、犬走りと基礎のひび割れが見られた。赤崎町では築 33 年のコンクリートブロック造において、ブロック自体の破壊、目地の破壊によって半壊の判定を受けた建築物もあった（**写真 10.16**）。



写真 10.11　全壊住宅2棟



写真 10.12　木造平屋建て外壁の被害



写真 10.13　木造平屋内壁の被害



写真 10.14　軽量鉄骨プレハブ住宅の被害



写真 10.15　台所収納の落下



写真 10.16　コンクリートブロック造の被害

(5)気仙沼市

1)　階上(はしがみ)小学校

階上小学校（昭和 60 年建設、鉄筋コンクリート造３階建て）では、屋上の鉄骨造塔屋（２層、**写真 10.17**）の基礎アンカーの破断や抜出し（**写真 10.18**）が生じていた。また、校舎内の壁、柱に軽微なひび割れが見られたほか、鉄骨造体育館の窓ガラスの破損やブレースたわみが観察された。



写真 10.17 屋上鉄骨造塔屋の被害



写真 10.18 塔屋の基礎アンカーの破断

10．4 地震動と建築物の被害性状の関係

10．4．1 対象とする地震記録

対象とする地震記録は、K-NET で観測された地震記録の中で、観測点付近の被害調査を実施した釜石（IWT007）、大船渡（IWT008）、北上（IWT012）、気仙沼（MYG001）に加えて、10m/sec^2 を超える比較的大きな記録の観測された牡鹿（MYG011）、更に JR 鉄道橋の被害が確認された地点に近い石鳥谷（IWT014）の 6 箇所である。釜石および牡鹿では東西方向が卓越し、上下方向も非常に大きな加速度が記録されている。

「10．4．2」および「10．4．3」では、加速度記録の基線ずれを除去するために K-NET で公開されている加速度記録のデータから全時間の平均値を引いたものを用いた。

10．4．2 加速度応答スペクトルによる検討

図 10.4 に 6 波の東西および南北成分の加速度応答スペクトルを示す。図中には、第二種地盤での Rt（建築物の固有周期と地盤の種類によって算出される値）曲線を併せて示す。Rt 曲線は建築基準法で地震時に建築物が弾性応答にとどまるために必要とされている建築物のベースシアー（Co=1.0）を表す。例えば通常の設計では建築物の塑性化によるエネルギー吸収を考慮してこの Rt 曲線を構造特性係数（Ds）で低減する。

さらに加速度応答スペクトルの比較的大きかった釜石 EW、牡鹿 NS、石鳥谷 NS、北上 NS および兵庫県南部地震の際に神戸海洋気象台と神戸ポートアイランドで観測された地震波（NS 成分）の加速度応答スペクトルを**図 10.5** に示す。図中には第一種～第三種地盤における Rt 曲線をあわせて示している。釜石、牡鹿および北上の記録では建築物周期が 0.5sec 程度までは広い範囲で Rt 曲線を上回っていることが分かる。しかし釜石の記録では周期 0.5sec を超えると急激に応答加速度が低下する。それに対して、牡鹿および北上の記録では、0.75sec 程度までは比較的応答も大きい。構造特性係数（Ds）を 0.5 程度とすると、牡鹿 NS 成分で約 0.75sec 程度までは建築物に何らかの損傷を生ずる可能性のある記録といえる。つまり、Ds=0.5、弾性固有周期 0.4sec 程度の建築物に対しては、等価周期 0.75sec 程度まで損傷により伸びることが考えられる。これは塑性率で見ると 3.5 程度に達する。しかし、実被害ではそれほどの被害が殆ど

見受けられなかった。この原因としては、①牡鹿 K-net 観測点周辺にその震動特性に影響を受けやすい建物がなかった、②地盤と建築物の相互作用により、多くの建築物の実際の弾性固有周期が 0.5sec 程度以上あった、③微小な地盤変状等の影響で地震動の主要動が建築物に入力しなかった、④建築物から地盤への逸散減衰の影響により、実建築物の応答が基礎固定条件での応答に比べて小さくなった、等が考えられる。今後、原因を究明するためには、フリーフィールドで記録された地震動だけでは不十分であり、建築物自体の強震観測網の整備が望まれる。

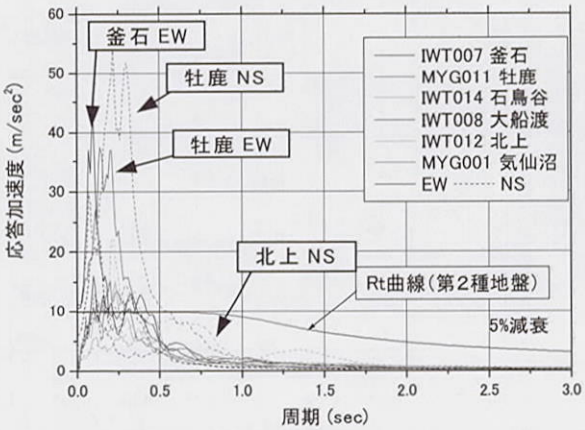


図 10.4 水平方向記録の加速度応答スペクトル

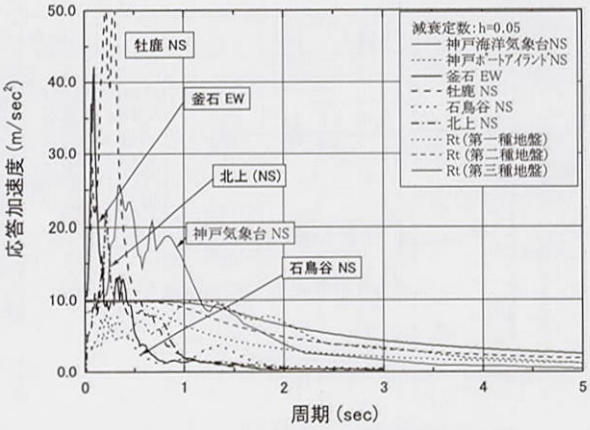


図 10.5 主要記録と兵庫県南部地震での加速度応答スペクトル

10. 4. 3 要求曲線による検討

建築基準法の限界耐力計算で規定される要求曲線を用いて地震動と被害の関係を検討する。**図 10.6** に 5%減衰での各方向各地震波の要求曲線を示す。図中には第 2 種地盤での要求曲線を併せて示す。図中の上横軸は、建築物の階高を 3m、等価高さを建築物高さの 1/2 と仮定したときの建築物全体の変形角を示している。実際の変形角は横軸の値/100N（N:建築物階数）である。図から、Sa（縦軸）自体は限界耐力で規定されるものに比べて観測波は非常に大きいが、Sd（横軸）は非常に小さいことがわかる。よって、限界耐力計算で規定されている要求曲線を用いた場合に比べて、建築物の応答は非常に小さい変形で止まることが予想される。

図 10.7 および**図 10.8** に減衰 5、10%での釜石 EW、牡鹿 NS、石鳥谷 NS および北上 NS 波の要求曲線を示す。図中には弾性周期 0.3sec、Ds=0.5 での建築物の復元力曲線を併せて示している。さらにヘアークラック等による初期の剛性低下を考慮して、剛性低下率 50%での剛性を示している。

履歴減衰の影響を無視しても（5%減衰）、牡鹿 NS 成分および北上 NS 成分を除いて塑性率は 2 以下で、建築物に甚大な影響を与えるとは考えにくい。しかし、牡鹿 NS 成分および北上 NS 成分は、履歴減衰の影響を考慮しても（10%減衰）塑性率は 4 程度生じることが予測される。その際の建築物の変形角は N を階数とすると 4/(100N)、4 階建てで 1/100 程度である。しかし、この牡鹿 NS 成分および北上 NS 成分による建築物の実被害が余り報告されなかった理由を究明するためには、観測点周囲の建築物の有

無や特性を検討するとともに、「10．4．2」でも述べたとおり、建築物内外の強震観測網の整備が望まれる。

減衰定数 10%での兵庫県南部地震の際の神戸海洋気象台 NS 波との比較を図 10.9 に示す。図から、今回の地震での Sd（横軸）の値が、神戸海洋気象台の記録に比べて小さく、被害の大小と一致している。

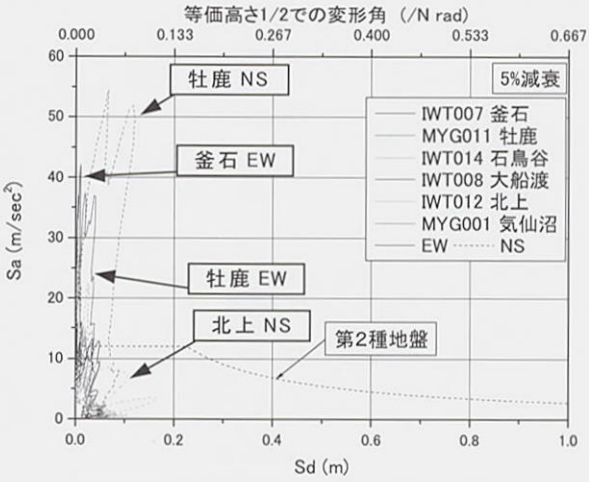


図 10.6 観測波の要求曲線（5%減衰）

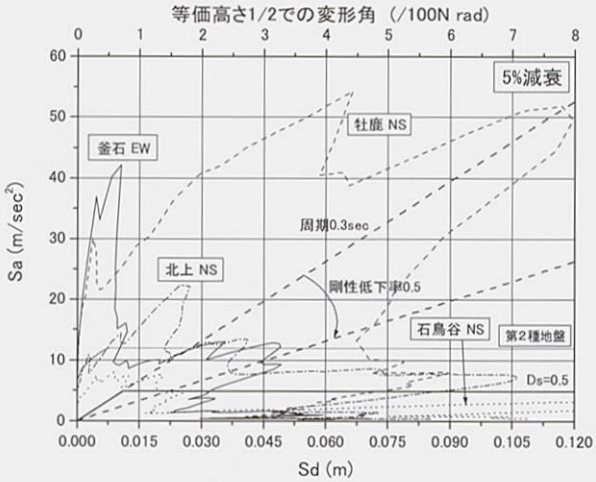


図 10.7 観測波の要求曲線
（5%減衰：主要4波）

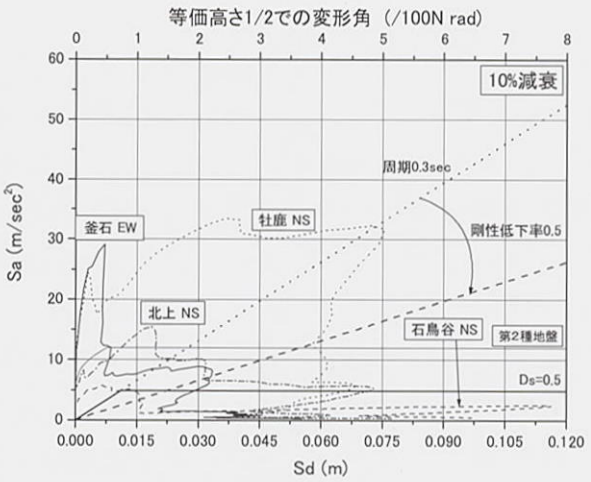


図 10.8 観測波の要求曲線
（10%減衰：主要4波）

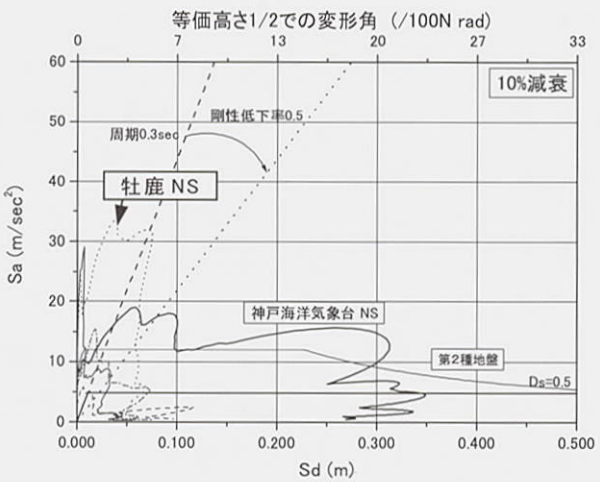


図 10.9 観測波の要求曲線
（10%減衰：主要4波と神戸海洋気象台 NS 波）

10．5 まとめ

まず、地震動に関するまとめを以下に示す。

（1）大船渡における観測加速度記録の加速度応答スペクトル（減衰定数 5%）は、0.4 秒以下の周期範囲では、建築基準法の開放工学的基盤での加速度応答スペクトル（大地震時）を上回っている。しかし 0.4 秒以上の周期範囲になると、それを下回り、周期が長くなるとともに、成分が少なくなる。一方、一関においては、0.1 秒以下の周期範囲では、建築基準法の加速度応答スペクトル（大地震時）とほぼ同

程度であり、0.5秒以上の周期範囲になると、それを下回り、建築基準法の加速度応答スペクトル(中地震時)と同程度となる。

（2）加速度応答スペクトルからは、建築基準法のRt曲線と比較して概ね周期0.5sec以下の建築物に対して大きな応答が生じるが、建築物の周期が0.5secを超えると急激に入力が低下する。

（3）要求曲線からは、比較的応答が卓越している周期0.3sec程度の建築物では、牡鹿NS波および北上NS波に対しては塑性率4程度の被害を生じると予測されるが、その他の波形に対しては、さほど大きな被害が生じないと予測される。また、兵庫県南部地震の記録と比較すると、今回の地震記録のSd（横軸）は兵庫県南部地震に比べて非常に小さくなった。

次に、建築物の被害に関するまとめを示す。

（1）概して、建築物の被害は少なかった。

（2）全壊と判断された個人住宅は岩手県大船渡市の2棟だけであり、丘の先端という地形効果による地震動の増幅が全壊につながったと考えられる。

（3）鉄筋コンクリート造の建築物では、遠野市市庁舎、釜石市小佐野小学校校舎および大船渡高校校舎で構造的被害がみられたが、その他の建築物には大きな被害はなかった。

（4）鉄骨造の建築物では、外壁やガラスの損傷が見られるものがあったが、構造的な被害は少なかった。ただし、気仙沼市階上小学校の鉄骨造体育館では鉛直ブレースや屋根の水平ブレースのたわみが観察され、鉄筋コンクリート造3階建て校舎上の鉄骨造塔屋（2層)では、基礎アンカーの破断や抜出しが生じていた。

（5）住宅においては外壁の落下や屋根瓦の被害も、一部には見受けられたが、概して少ないと思われた。

（6）強震動の得られた地点（K-NET観測点）周辺の建築物の構造的被害は、ほとんどなかった。

以上のように、今回の調査では、建築物に大きな被害は少なかった。しかしながら調査を連携して行った日本建築学会東北支部の報告会[2)]では、構造の目立った被害として、体育館等のブレース部材の破断・座屈、トラス材の座屈、屋根トラスのアンカー部分の損傷が報告されている。さらに、外装材・内装材・天井材の落下、防煙ガラスの損傷・落下、空調ダクトの落下、図書の落下等が報告されており、機能喪失や人的被害につながる可能性のある被害が発生している。

最後に、観測された地震動からは建築物にある程度の被害が推定されるが、実際には大きな被害は殆ど見受けられなかった。この現象を究明するためには、フリーフィールドでの地震動の観測だけでなく、建築物自体の強震観測網の整備が必要と考えられる。

また建築物の構造には被害がなくとも機能喪失や人的被害につながる可能性のある

非構造部材の被害についても、建築物の地震応答（応答加速度や応答変形）を考慮してその取り付け方法を検討する必要があると考えられる。

調査においては、国土交通省東北地方整備局および岩手県県土整備部に多大な支援をいただいた。さらに調査を行った地方の行政庁防災関係機関には地震直後の対応に忙しい中、貴重な情報提供等の協力をいただいた。ここに謝意を表します。また日本建築学会東北支部災害調査連絡会とは情報交換等の連携を取りながらこの調査を実施した。

この報告書をまとめるにあたっては、**表 10.4** の調査団員に加え、国土技術政策総合研究所建築研究部主任研究官小山信、建築研究所国際地震工学センター主任研究員鹿嶋俊英および構造研究グループ主任研究員楠浩一も解析等を担当した。

表 10.4 調査団の構成

国土技術政策総合研究所 危機管理技術研究センター	建築災害対策研究官	上之薗隆志
国土技術政策総合研究所　建築研究部	建築新技術研究官	飯場　正紀
独立行政法人建築研究所　構造研究グループ	上席研究員	斉藤　大樹
独立行政法人建築研究所　構造研究グループ	主任研究員	五十田　博

参考文献

1）独立行政法人防災科学研究所強震ネットワークホームページ
http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/

2）（社）日本建築学会東北支部、日本建築学会東北支部災害調査連絡会：2003 年 5 月 26 日宮城県沖の地震災害調査速報、pp18～42、2003 年 7 月 5 日

１１．震後対応

１１．１　調査の目的と調査範囲

地震に備え、地域の防災性能を向上させるために、ハードの対策の重要性は揺るぎない。しかし、ハード対策は時間を要するものであり、予算にも限りがある。したがって現在の社会環境下で地震が発生した場合に、被害を軽減するために鍵となるのは、地震直後に適切な初動の対応をとることである。

この観点より、国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター地震防災研究室では、今後地震が発生した際の危機管理上能力の向上を最終的な目的として、これに資する情報の収集として震後対応を調査した。調査は６月３日、４日の二日間にわたって実施し、東北地方整備局の協力を得て地方整備局（以下本局という）の３つの部（企画、河川、道路）および３つの事務所（北上川下流河川、岩手河川国道、三陸国道）、それぞれの防災を担当する計７部署（岩手河川国道は河川部門と道路部門それぞれ）に対してヒアリングを行った。

１１．２　調査項目

調査項目は**表11.1の**とおりである。体制構築、初動段階での被害の把握、他機関との連携の実態、マスコミ・一般への対応など地震直後の対応に属するもの、および地震に備える平常時からの準備状況、その他について防災担当者へのヒアリングを実施した。

本報告ではヒアリングの回答を直接示すのではなく、ヒアリング結果を整理し、そこから抽出された課題について示す。

１１．３　調査結果を踏まえた課題の基礎整理

今回の地震では発生時刻、規模等の要因も寄与したが、参集、体制構築、FAX 等による情報伝達・集約等は全般的に適切な対応がなされていた。特に以下の点は全般的に円滑であったといえる。

・マニュアルに規定された事項について参照せずとも行動をとることができた。
・マスコミ対応を専門に行う職員・部署を設け、円滑に情報提供がなされた。

しかし、今回の対応が好ましかった場合でも、今後改善すべき事項、改善の方策を考える上で参考となる回答がヒアリングによって得られた。以下はそのようなものも含め基礎的整理を行ったものであり、ここに示された課題が、今回対応がうまくゆかなかったものとは限らない。なお、今回の地震への時系列的な体制の推移は**表11.2に**示すとおりである。

表11.1　調査項目

調査項目	調査事項の例
1）参集、体制構築、体制解除	①震後対応上の混乱 ②防災エキスパート等外部支援の利用 ③体制下の職員交代等
2）初動、施設点検、被害報告、状況把握関係	①津波発生の想定 ②地震発生が日没間際であったことによる点検上の問題 ③現地からの連絡手段 ④渋滞等による点検を進める上での支障 ⑤道路セーフステーション（コンビニ店員からの情報収集制度）の活用 ⑥ ITV、CCTV による被害・状況把握 ⑦住民からの災害情報の連絡
3）情報収集、上位機関・自治体等との連絡	①他部署・他機関との情報連絡 ②電話、FAX による情報連絡の不便、限界 ③情報の時点更新 ④上位機関への報告、事務所・県からの報告取りまとめ上の負荷 ⑤局、事務所レベルでの情報集約 ⑥市町村の情報の入手手段
4）締結していた協定の実施	①自衛隊 ②外部業者による施設点検 ③防災エキスパート、一般（道路モニタなど）
5）マスコミ・問い合わせ対応	①公表情報、問い合わせに対する苦情 ②住民対応、マスコミ対応の負荷度合い ③住民、マスコミからの問い合わせ ④直轄以外に関する問い合わせ
6）事前の準備（防災訓練、点検・対応要領・情報システムの整備）	①防災訓練の効果 ②災害情報システム ③日頃からの準備、事前の取り決めでの不足事項 ④マニュアルの利用
7）その他	①宮城県沖地震等今回より規模の大きい地震への懸念事項

表11.2　地方整備局における地震対応体制の推移

月日	時刻	体制等
5月26日	18:24頃 18:27	地震発生 非常体制発令
27日	15:30 17:50	警戒体制へ移行 注意体制へ移行
28日		
29日	17:20	体制解除

（1）体制構築・立ち上げ

1）体制構築

イ．地震発生時に幹部が揃って出張等で不在というケースは本局、事務所で十分に想定されるが、このような場合には体制構築上の支障となる。

ロ．体制下、班編制が明らかでも、班内での各人の所掌が明確化されず対応上混乱が生じる可能性がある。

ハ．深夜、休日に地震が発生した際には職員がどの程度参集できるかという懸念がある。

2）津波への対応

イ．今後発生が予想されている宮城県沖地震では津波の発生が予想されるが、来襲迄に短時間しか確保できない津波発生時に、気象庁の情報発表の前に適切な初動の対応を取らねば対応が後手に回り間に合わない恐れがある。

ロ．水門操作等具体的方針が必ずしも整備されていない。

（2）被害情報等収集・集約・連絡

1）通信手段の確保

イ．施設点検委託業者、道路モニター等外部の業務支援時の通信は携帯電話及び一般回線が使用されており、このような支援制度を整備していても輻輳によりそのメリットを生かせないケースが生じる。

ロ．地上系マイクロ回線の被災により通信手段が全く存在しない状況が起こりえる。

ハ．災害時優先電話については、どの電話機が該当するか明示されていなかったなど、効果的に活用するための知識が十分に整理されていない。

2）震後の施設点検

イ．広域的に点検が必要な地震時において効率的な施設点検を実施するために水害時とは異なる方法の検討が必要。

3）ITV、CCTV 画像の利用

イ．設置箇所が管理区間全体を網羅しているわけでなく、細部の被災を確認出来るほどのズームアップが不可能、夜間では見えない、という理由で活用に限界がある。

ロ．画像の本省への伝送リクエストが本省各局から本局各部を通じ、担当する電気通信課にばらばらに来ると、電気通信課での対応が混乱する。

4）情報集約等

イ．被害箇所数が多くなると、FAX 送受信量が増大するため受信資料の整理が困難になる恐れがあり、また、ホワイトボード上も混乱する。

ロ．出張所の報告に事務所コメントを追記して本局へ報告しても、次の時点での報告では、追記した事項について様式へ書き込む等しなければ、先の事務所コメントが脱落したものが本局へ報告される。

ハ．情報技術の活用にあたっては、複数のシステムへ同じ災害情報を入力する必要が生じている場合があったり、システムダウン等信頼性が懸念される等、解決すべき課題がある。

5）安否確認

イ．職員及びその家族の安否確認が一般電話の輻輳により困難になることが予想される。今回は、TV 報道で住宅被害があまりないことから安否を心配しなかったが、安否が確認できない不安により職務への集中に支障が生じる。

6）上位機関からの指示に関する負荷

イ．不要不急の指示、規定された指示系統によらない指示は現場を混乱させる。

（3）その他

1）庁舎の耐震性向上、本部設置を想定していた庁舎の被災時のバックアップ

イ．マイクロ設備が敷設され災害対策本部が設置される本局や事務所の庁舎が被災した場合、専用回線の不通、本部立ち上げスペース・機器の不足等混乱が懸念される（例えば、鳥取県西部地震では、災害対策本部設置を予定していた町役場庁舎が被災し特に初動期に混乱が生じた）。

2）部局固有の課題

イ．マイクロ回線が出先機関との間にない部局では連絡手段が無くなるケースがある。

ロ．施設耐震性判断などにおいて、職員資格保有者が少ないと被害判定に時間を要する。

１１．４　参考となる個別事例

上の課題に総括したものの他に、個別事例として今後参考となる興味深い回答が今回の調査で得られた。以下に列挙する。なお、項目は**表11.1**に対応している。

（１）参集、体制構築、体制解除

１）外部支援の利用

イ．地震後の点検、応急対応について外部からの助言を求めるような支援では、昭和53年の宮城県沖地震を経験している等、事務所から個人名を指定して要請したため、被災個所の調査手法等について有益な助言を得ることができた。

ロ．施設点検委託業者の支援は受けた。ほとんどの業者が事務所からの連絡を受ける前に自発的に点検作業を行った。

（２）初動、施設点検、被害報告、状況把握関係

１）施設点検

イ．まず大被害（例　堤防天端が波打っていないか？）の有無を確認した。

ロ．明るいとかえって色々見えてしまい（小さな被災箇所に関わりすぎて）もっと時間を要する可能性がある。

ハ．初期においては、重大な被災個所を見落とさないこと、多くの被災個所の中から早急に対応をとるべきものを選別すること、緊急性が低いものは思い切って棄てることも重要である。

２）現地からの連絡手段

イ．施設点検委託業者は携帯電話しか持たなかったため、連絡が困難になった。

ロ．出張所管理係長が災害時優先携帯電話をもっていたため、その携帯から委託業者へ連絡をとり、点検結果を取得した。

（３）情報収集、上位機関・自治体との連絡

１）他部署・他機関との情報連絡

イ．自衛隊に情報を送った。自衛隊からは役に立ったとの反応があった。

２）電話、FAXによる情報連絡の不便、限界

イ．お互いに混み合っていて伝わらなかった。受信にタイムラグ（30分程度の）が生じることがあった。相手によっては着信確認が困難であった。

ロ．一般家庭に設置されている灯油のホームタンクの倒壊（水質事故）が発生した。震災対応とは別の水質事故対応の連絡網での連絡（30機関に一斉FAX）が必要になった。どちらを優先すべきか迷った。

ハ．一斉FAXを行ったため、出張所からの被害報告FAX受信が一時不可能になった。

3）本局・事務所レベルでの情報集約

イ．各出張所で被災個所の写真をＬＡＮ上に被災個所毎にフォルダを作成し入力し事務所で閲覧できるようにした。

ロ．事務所独自に掲示板機能を有するソフトウェアを導入し、事務所出張所間の情報交換を掲示板を用いて行ったために情報が整理された。また、出張所間の情報共有ができた。

ハ．デジカメの画像を現場からは送信できないため、出張所に戻った後の 23 ～ 24 時頃（地震発生当日）から画像が出張所から送られてくるようになった。

（4）事前の準備（防災訓練、点検・対応要領・情報システムの整備）

イ．４月に異動があり、その後の全体の組織作りが問題である。異動直後の時点で各部防災ラインが顔をあわせるべきだった。

ロ．班員への仕事の配分など、実際に動かしてみないと問題を認識できないことが分かった。

ハ．災害時優先電話の確認をしておくべきだった。

ニ．情報管理のために支部で使う様式を、予め模造紙等で用意しておくべきだった。

１１．５　まとめ

以上、今回の調査によって、まだ災害対応についての防災担当者の記憶が新しいうちに、震後対応の実情および問題意識など貴重な情報を得ることができた。とはいえ限られた時間での調査であり、調査対象も限られていたため、現在ヒアリング対象を広げるための追加アンケートを実施中である。

とりあえずは、今回抽出した課題に留意して危機管理時の対応を工夫する事も可能だが、抜本的に危機管理能力を向上させるためには、重点的に取り組むべきテーマを設定し、課題解決のための体系的・組織的な方策を研究する必要があると考える。

最後に、ヒアリング調査にあたり東北地方整備局の関係各位からは、地震発生後間もない多忙な時期にもかかわらず、本調査に対し多大なご支援とご協力を賜った。ここに深甚なる謝意を示す。

１２．あとがき

今回の地震は当該地域にとっては、1978年宮城県沖地震以来の強い地震であった。また、奇しくも1983年日本海中部地震からちょうど20年後の同じ日に発生したものであった。宮城県沖を震源とする、被害をもたらす規模の地震はこれまでおおよそ40年周期で発生しており、地震調査研究推進本部の発表によれば、「来るべき宮城県沖地震」が今後30年間に発生する確率は98%ときわめて高いものとなっている[1)]。（なお、同本部の地震調査委員会は地震後の27日に、今回の地震が、過去に数十年おきに繰り返し起きてきた「宮城県沖地震」の次の発生に直ちに結びつくとは言えない、との見解を発表している[1)]。）

今回の地震はそれだけに、当該地域の住民にとっても、また地震防災関係者にとっても、大いなる警鐘であった。少なからざる被害が生じたが、人命にかかわる犠牲者が生じなかったのは不幸中の幸いであった。

本報告書は緊急調査の結果と若干の検討を含めて速報的にまとめたものであるが、今回の地震および地震災害の特徴について、現時点で気付く点を列記しておくこととする。

1) 地表面最大加速度が1000galを超える記録があったように、加速度レベルで見ると強い地震動であったが、卓越周期が短いものであったために、最大速度やSI値などで見ると1995年兵庫県南部地震の際に記録された地震動の半分あるいはそれ以下であった。

2) このことが、地震動の強さの割に構造物等の被害が比較的軽微であったことの主因の一つであろうと考えられる。なぜ被災が少なかったのかという観点からの調査解析も必要であろう。

3) 構造物等の被害で比較的目立ったものは、東北新幹線の橋脚の被害、宮城県築舘町の斜面崩壊などであった。

4) 従来の災害時と同様に、地震後に一般加入電話や携帯電話が輻輳し、地域住民の安否確認等の通信連絡や防災関係機関の震後対応等に一部支障が生じた。

今回の地震の経験を今後の地震防災性向上の糧とするために、今回の地震により生じた諸現象や観測データなどを精査していくことが大切である。

参考文献

1) 地震調査研究推進本部ホームページ：http://www.jishin.go.jp/main/choukihyouka/ichiran.htm

謝辞

宮城県沖を震源とする地震被害の現地調査及び報告書の執筆にあたり、国土交通省本省各局、国土交通省東北地方整備局、東北農政局、岩手県、宮城県その他関係市町村、土地改良区等のダム管理担当各位、土木学会・地盤工学会「三陸南地震合同調査団」(団長:神山眞東北工業大学教授)のメンバーの方々に多大なるご協力をいただきました。ここに記して深甚なる謝意を示します。