ISSN 1346-7328
国総研資料　第 481 号
ISSN 0286-4630
建築研究資料　第 114 号
平成 20 年 10 月

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management
No.481　　October 2008

建築研究資料
Building Research Data
No.114　　October 2008

平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震建築物被害調査報告

Report of the Building Damage by the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake

平成 20 年 7 月 24 日岩手県沿岸北部の地震建築物被害調査報告

Report of the Building Damage by the 2008 Iwate-Ken Engan-Hokubu Earthquake

平成 20 年 10 月

国土交通省　国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

独立行政法人　建築研究所
Building Research Institute
Incorporated Administrative Agency, Japan

はしがき

平成 20 年（2008 年）6 月 14 日 8 時 43 分頃、岩手県内陸南部を震源とするマグニチュード（M）7.2（暫定値）の地震が発生し、岩手県、宮城県、福島県で、土砂崩れを中心とする被害がもたらされた。この地震による最大震度は、岩手県奥州市及び宮城県栗原市で観測された震度 6 強である。

気象庁は地震発生当日にこの地震を「平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震」と命名した。

気象庁情報（8 月 11 日 13:00 現在）によれば、最大震度 5 弱を観測した余震が 6 月 14 日 9 時 20 分（M5.7）に発生している。また、消防庁調べ（8 月 8 日 17:30 現在）によれば、地震による死者は 13 名（岩手県 2 名、宮城県 10 名、福島県 1 名）、行方不明者は 10 人、負傷者は 450 名、住家被害は、全壊 28 棟、半壊 112 棟、一部破損 1,693 棟とされ、死者の多くは、土砂崩れに伴う生き埋め、車両埋没、落石によるものである。

本地震による建築物および工作物を中心とした被害から教訓を学び取り、今後の地震対策に生かすため、国土交通省国土技術政策総合研究所及び独立行政法人建築研究所では連携して、地震発生当日から 8 月 1 日までの間に延べ 28 人の職員を順次現地に派遣し、初動調査、余震及び微動観測調査、非構造部材被害調査、並びに、免震建築物調査等を実施した。なお、初動調査は、国土交通省緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）の一貫として実施したものである。

岩手・宮城内陸地震の約 1 か月後、平成 20 年（2008 年）7 月 24 日 0 時 26 分頃、岩手県沿岸北部（北緯 39 度 43.9 分、東経 141 度 38.1 分）で震源の深さ 108km とするマグニチュード（M）6.8（暫定値）の地震が発生し、青森県、岩手県、宮城県において建築物被害等がもたらされた。この地震による最大震度は、岩手県野田村、青森県八戸市などで観測された震度 6 弱[1]である。

気象庁情報（9 月 9 日 13:00 現在）によれば、最大震度 3 を観測した余震が 7 月 25 日 16 時 00 分（M4.8）に震度 1 以上を観測した余震としては 1 回のみ発生している。また、消防庁調べ（9 月 9 日 13:30 現在）によれば、地震による死者は福島県で 1 名、負傷者は 209 名、建築物被害は、全壊 1 棟、一部破損 318 棟、建物火災 1 棟とされている。

本地震についても岩手・宮城内陸地震と同様に、国土交通省国土技術政策総合研究所及び独立行政法人建築研究所では連携して、地震発生翌日から 8 月 1 日までの間に延べ 10 人の職員を現地に派遣し、非構造部材被害調査、並びに、免震建築物調査等を実施した。

---

[1] 気象庁報道発表資料（平成 20 年 10 月 29 日）「岩手県洋野町大野の震度データについて　－ 本年 7 月の岩手県沿岸北部の地震の最大震度を 6 強から 6 弱に修正 －」により、岩手県洋野町（報道発表資料では「岩手県大野震度計」と呼ばれている）の観測震度を不明として取り扱うこととされたため、本地震における最大震度は震度 6 強から震度 6 弱に変更されている。

本報告では、上記の各調査結果及び調査時に現地で収集した資料の分析結果をまとめている。この内容は今後の地震対策の参考となるものと考えている。

最後に、これらの地震で亡くなられた方及びそのご遺族に対し深く哀悼の意を表するとともに、被災された方々に心からお見舞い申し上げます。また、現地調査に当たって調査にご協力いただいた方々、資料を提供して頂いた方々に厚く御礼申し上げます。

平成 20 年 10 月

国土交通省国土技術政策総合研究所
所　長　　布村　明彦
独 立 行 政 法 人 建 築 研 究 所
理事長　　村上　周三

平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震建築物被害調査報告

平成20年7月24日岩手県沿岸北部の地震建築物被害調査報告

目次

はしがき

第I編　平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震建築物被害調査報告

執筆分担

第Ⅰ編　平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震建築物被害調査報告

第 1 章　調査の概要

国土技術政策総合研究所
建築研究所

第 2 章　被害一般及び初動調査概要

井上波彦　国土技術政策総合研究所建築研究部主任研究官
河合直人　建築研究所構造研究グループ上席研究員

第 3 章　地震及び地震動

大川出　　建築研究所構造研究グループ主席研究監
新井洋　　建築研究所構造研究グループ主任研究員
小山信　　建築研究所国際地震工学センター上席研究員
鹿嶋俊英　建築研究所国際地震工学センター主任研究員

第 4 章　非構造部材

西田和生　国土技術政策総合研究所建築研究部主任研究官
森田高市　建築研究所構造研究グループ主任研究員
脇山善夫　建築研究所建築生産研究グループ研究員

第 5 章　免震建築物

小豆畑達哉　国土技術政策総合研究所建築研究部室長
井上波彦　国土技術政策総合研究所建築研究部主任研究官
飯場正紀　建築研究所構造研究グループ長

第 6 章　観測地震動の特徴と各種地震応答解析による検討

石原直　　国土技術政策総合研究所建築研究部主任研究官
大川出　　建築研究所構造研究グループ主席研究監
河合直人　建築研究所構造研究グループ上席研究員

おわりに

飯場正紀　建築研究所構造研究グループ長

第Ⅱ編　平成 20 年 7 月 24 日岩手県沿岸北部の地震建築物被害調査報告

第 1 章　調査の概要

国土技術政策総合研究所
建築研究所

第 2 章　被害一般

井上波彦　国土技術政策総合研究所建築研究部主任研究官

第 3 章　地震及び地震動

大川出　建築研究所構造研究グループ主席研究監
新井洋　建築研究所構造研究グループ主任研究員
小山信　建築研究所国際地震工学センター上席研究員
鹿嶋俊英　建築研究所国際地震工学センター主任研究員

第 4 章　非構造部材

石原直　国土技術政策総合研究所建築研究部主任研究官
脇山善夫　建築研究所建築生産研究グループ研究員

第 5 章　免震建築物

小豆畑達哉　国土技術政策総合研究所建築研究部室長
井上波彦　国土技術政策総合研究所建築研究部主任研究官
飯場正紀　建築研究所構造研究グループ長

おわりに

飯場正紀　建築研究所構造研究グループ長

第Ⅰ編

平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震建築物被害調査報告

１．調査の概要

平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震にあたって、国土交通省国土技術政策総合研究所及び独立行政法人建築研究所の連携により、地震発生（平成 20 年 6 月 14 日 08 時 43 分頃）当日から 8 月 1 日までの間に実施した現地調査の概要は以下の通りである。

なお、各調査では両研究所職員以外の協力者等と実施している場合があるが、それら協力者等の氏名、所属等は各章で記述する。

(1) 初動調査（TEC-FORCE 先遣班調査）

地震発生当日に現地入りし、被害状況の概況調査を行った。

日　時：平成 20 年 6 月 14 日（土）～15 日（日）
場　所：宮城県栗原市、大崎市
体　制：国土技術政策総合研究所
　　建築研究部　基準認証システム研究室主任研究官　井上波彦
　　独立行政法人建築研究所
　　構造研究グループ上席研究員　河合直人

注）TEC-FORCE：国土交通省防災業務計画に基づき派遣される緊急災害対策派遣隊

(2) 地震動調査（一次）

余震観測用の強震計の設置（観測期間は栗原市で 6 月 17 日～8 月 7 日、大崎市で 6 月 18 日～7 月 18 日）と地震動関係情報の収集を実施した。

日　時：平成 20 年 6 月 17 日（火）～18 日（水）
場　所：宮城県栗原市、大崎市
体　制：独立行政法人建築研究所
　　国際地震工学センター上席研究員　小山信
　　国際地震工学センター主任研究員　鹿嶋俊英
　　構造研究グループ主任研究員　新井洋

(3) 免震建築物調査（一次）

免震建築物の被害状況の概況調査を行った。

日　時：平成 20 年 6 月 17 日（火）
場　所：宮城県栗原市、大崎市、岩手県一関市
体　制：国土技術政策総合研究所
　　建築研究部　基準認証システム研究室主任研究官　井上波彦

(4) 非構造部材調査

学校体育館等の非構造部材の調査を行った。

日　時：平成 20 年 6 月 23 日（月）
場　所：宮城県仙台市、栗原市
体　制：国土技術政策総合研究所
　　建築研究部　構造基準研究室主任研究官　西田和生
　独立行政法人建築研究所
　　構造研究グループ主任研究員　森田高市
　　建築生産研究グループ研究員　脇山善夫

(5) 地震動調査（二次）

余震観測用の強震計のデータ収集と地震動関係情報の収集を実施した。

日　時：平成 20 年 7 月 1 日（火）～2 日（水）
場　所：宮城県栗原市、大崎市、岩手県一関市、奥州市
体　制：独立行政法人建築研究所
　　構造研究グループ主席研究監　大川出
　　国際地震工学センター上席研究員　小山信

(6) 免震建築物調査（二次）

免震建築物の被害状況の詳細調査を行った。

日　時：平成 20 年 7 月 3 日（木）～4 日（金）
場　所：宮城県栗原市、大崎市、岩手県一関市
体　制：国土技術政策総合研究所
　　建築研究部　基準認証システム研究室主任研究官　井上波彦
　独立行政法人建築研究所
　　構造研究グループ長　飯場正紀

(7) 免震建築物調査（三次）

免震建築物の被害状況の詳細調査を行った。

日　時：平成 20 年 7 月 31 日（木）～８月１日（金）
場　所：岩手県一関市
体　制：国土技術政策総合研究所
　　建築研究部　構造基準研究室長　小豆畑達哉
　　建築研究部　基準認証システム研究室主任研究官　井上波彦
　独立行政法人建築研究所
　　構造研究グループ長　飯場正紀

２．被害一般及び初動調査概要

2.1 はじめに

今回の地震では、大規模な土砂災害・土木構造物の被害が報告されたが、建築物についても、６月１４日の本震直後から情報収集に当たるとともに、国土交通省緊急災害対策派遣隊（ＴＥＣ－ＦＯＲＣＥ）先遣班への協力を通じて建築物関係の被害概況を把握し、その後の対応方策を検討する目的で初動調査を実施した。

ここでは、まず地震及び地震被害のうち、主として建築・住宅に関するものの概況を示し、さらに、初動調査によって把握した被害の概要について報告する。

2.2 被害一般

2.2.1　各地の震度等の状況

(1) 本震[2.1)]

６月14日の本震について、気象庁が発表した諸元を表-2.2.1に、本震で観測された各地の震度分布（震度５強以上）を表-2.2.2に示す。表中＊印は気象庁以外の観測点（自治体による震度情報ネットワーク又は防災科学技術研究所K-NET）の数値である。

表-2.2.1　本震の概要

発震時		2008年６月14日８時43分
震央地名		岩手県内陸南部
マグニチュード		7.2（暫定値）
震源	深さ	８km
	北緯	39度01.7分
	東経	140度52.8分
最大震度		６強

表-2.2.2　本震による各地の震度（５強以上）

震度	計測地点
６強	奥州市衣川区*、栗原市一迫*
６弱	奥州市胆沢区*、栗原市栗駒、栗原市築館*、栗原市高清水*、栗原市鶯沢*、栗原市金成*、栗原市志波姫*、栗原市花山*、大崎市古川三日町、大崎市鳴子*、大崎市古川北町*、大崎市田尻*
５強	北上市二子町*、一関市山目*、金ケ崎町西根*、平泉町平泉*、奥州市水沢区大鐘町、奥州市江刺区*、奥州市前沢区*、宮城加美町中新田*、涌谷町新町、栗原市若柳*、登米市迫町*、登米市南方町*、宮城美里町北浦*、宮城美里町木間塚*、大崎市松山*、大崎市岩出山*、名取市増田*、仙台宮城野区苦竹*、仙台若林区遠見塚*、利府町利府*、湯沢市川連町*、東成瀬村椿川*、東成瀬村田子内*

(2) 余震[2.1)]

本震発生以降１週間（６月２０日まで）に、震度１以上を記録した余震は406回に上っている。この

うち、本震同日（６月１４日）午前の最大余震に関して気象庁が発表した諸元を表-2.2.3に、各地の震度分布（震度４以上）表-2.2.4に示す。また、表-2.2.5には本震後の震度１以上を確認した地震の日別回数を示す。なお、７月１０日には、「余震は順調に減衰しており、震度４～５弱となるような地震の発生の可能性は、ほとんどなくなりました。」として、気象庁による余震発生確率の発表が終了[2.2)]しているため、その時点までの表とした。

表-2.2.3　余震の概要

発震時		2008年６月14日９時20分
震央地名		宮城県北部
マグニチュード		5.7（暫定値）
震源	深さ	６㎞
	北緯	38度52.8分
	東経	140度40.6分
最大震度		５弱

表-2.2.4　最大余震による各地の震度（４以上）

震度	計測地点
５弱	大崎市鳴子＊
４	奥州市衣川区＊、栗原市栗駒、栗原市築館＊、栗原市高清水＊、栗原市一迫＊、栗原市鶯沢＊、栗原市金成＊、栗原市志波姫＊、栗原市花山＊、登米市迫町＊、登米市南方町＊、宮城美里町北浦＊、大崎市田尻＊

表-2.2.5　震度１以上を観測した地震の日別回数表

（2008年６月14日８時～７月10日）

期間	最大震度別回数					震度１以上の地震回数	
	1	2	3	4	５弱	回数	累計
6/14 08:00～24:00	117	62	25	9	1	214	214
6/15	55	14	6			75	189
6/16	32	9	2	1		44	333
6/17	19	11	3			33	366
6/18	10	2	2			14	380
6/19	8	2				10	390
6/20	14	2				16	406
6/21	3	1				4	410
6/22	5	2				7	417
6/23	4	1				5	422
6/24	8	3				11	433
6/25	5		1			6	439
6/26	4	1	3			8	447
6/27	7	2	3			12	459
6/28～7/ 4	28	4	3			35	494
7/ 5～7/10	6	4	1			11	505

2.2.2　各種災害法令等の適用

(1) 災害救助法の適用[2.3)]

厚生労働省から、６月14日を法適用日として、岩手県は一関市、奥州市、北上市、金ヶ崎町及び平泉町に、宮城県は栗原市及び大崎市に災害救助法（昭和22年法律第118号）を適用することが公示され、避難所や応急仮設住宅の設置、災害にかかった者の救出等の対応が行われている。

(2) 被災者生活再建支援法の適用[2.4)]

宮城県は、栗原市に被災者生活再建支援法に基づく支援金支給制度を適用（適用日：６月14日）することとした。

(3) 激甚災害の指定[2.5)]

「平成20年岩手・宮城内陸地震による岩手県奥州市等の区域に係る災害」は、局地激甚災害に指定され、岩手県奥州市、一関市及び宮城県栗原市（一部は旧市町村のみ）について、「公共土木施設」及び「農地等」の災害復旧事業等に係る補助の特別措置等を適用することとされた。（７月４日閣議決定、７月９日公布）

(4) 警戒区域の指定

災害対策基本法（昭和36年法律第223号）に基づき、岩手県一関市厳美町地内が警戒区域に指定（６月20日17時00分設定）された。その後、７月19日５時00分には指定が解除されている。

2.2.3　人的被害

(1) 死傷者[2.6)]

平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震により、岩手県、宮城県、福島県でそれぞれ死者がでた。さらに、宮城県と秋田県においては、行方不明者（８名）も出ている。自治体ごとの内訳を表-2.2.6に示す。

なお、死者数13の内訳は以下の通り。建築物の被害を直接の原因とする死者は報告されていない。

- 地震に驚き道路に飛び出し、交通事故死したもの（一関市）
- 胆沢ダム建設工事現場の落石で、救出時ＣＰＡ状態の傷病者の死亡確認（奥州市）
- 岩場で釣りをしていたところ、地震の落石で海へ転落したもので、死亡確認（いわき市）
- 花山地区で治山工事中の作業員が土砂崩れにより生埋め、３名の死亡確認（栗原市）
- 湯浜温泉で車両埋没、死亡確認（栗原市）
- 駒ノ湯温泉で生き埋め、５名の死亡確認（栗原市）
- 当日の地震により、書籍が崩れ、その中に埋もれることによって生じた呼吸困難、つまり体位性窒息による死亡。（仙台市）

表-2.2.6　平成20年岩手・宮城内陸地震による死傷者・不明者数

都道府県名	市町村名	人的被害			
		死者	行方不明	重傷	軽傷
岩手県	花巻市			1	
	一関市	1			2
	奥州市	1		7	25
	平泉町			1	
	藤沢町				1
	合計	2		9	28
宮城県	仙台市	1		3	23
	塩釜市				1
	気仙沼市			1	
	名取市			1	29
	角田市			1	
	登米市			1	7
	栗原市	9	8	39	166
	東松島市				1
	大崎市			8	72
	利府町				1
	色麻町				1
	加美町			2	5
	涌谷町				1
	美里町			8	18
	合計	10	8	64	325
秋田県	秋田市			1	2
	横手市			2	8
	湯沢市		2	2	5
	羽後町				1
	合計		2	5	16
山形県	新庄市			1	
福島県	福島市			1	1
	いわき市	1			
	合計	1		1	1
計		13	10	80	370

（消防庁発表、8/8現在）

(2) 避難者[2.6)]

平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震により、岩手県は一関市及び奥州市に、宮城県は大崎市及び栗原市に、それぞれ本震当日から避難者が発生した。避難指示は６月16日から20日にかけて栗原市の57世帯139人に、避難勧告は６月14日から７月５日にかけて一関市、奥州市、大崎市及び栗原市の118世帯346人に対して発令された。避難指示及び避難勧告の発令状況を表-2.2.7に示す。８月８日時点で半数程度が解除されている。なお、７月30日時点で、岩手県及び宮城県には７避難所に計80人の避難者がおり、他に73戸の応急仮設住宅（うち８戸は予定）が建設されている。

表-2.2.7　平成20年岩手・宮城内陸地震による避難指示・避難勧告発令状況

	都道府県	市町村	対象世帯	対象人数	指示／勧告日時	解除日時
1万θ	宮城県	栗原市	3	7	６月16日18:00	
			52	124	６月17日18:00	
			1	2	６月20日14:00	７月11日09:00
			1	6	６月20日14:00	７月３日09:00
		合計	57	139		
1万XT	岩手県	一関市	22	67	６月14日15:30	
			1	2	６月16日20:10	
			1	2	６月18日12:45	
		奥州市	3	5	６月23日22:00	
	宮城県	大崎市	2	12	６月15日18:30	７月25日15:00
			1	4	６月15日18:30	７月２日12:00
		栗原市	16	46	６月22日10:00	
			4	16	６月22日10:00	７月８日09:00
			10	40	６月22日10:00	７月６日09:00
			58	152	７月５日09:00	
		合計	118	346		

（消防庁発表、8/8現在）

2.2.4　建築・住宅に係る被害

(1) 住家の被害状況[2.6)]

平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震による住家の被害状況として、消防庁発表によるものを表-2.2.8に示す。表中岩手県及び宮城県については、各市町村の規模を把握する際の参考として、各市町村の世帯数[2.7), 2.8)]を併記した（岩手県は７月、宮城県は６月現在のデータを使用）。宮城県栗原市の被害が多い。地震によるとされる火災は、建物火災が４件で、危険物及びその他の火災は報告されていない。

表-2.2.8　平成20年岩手・宮城内陸地震による住家の被害

県	市町村	世帯数	住家被害			
			全壊	半壊	一部破損	建物火災
岩手県	花巻市	35,521			3	
	北上市	33,610			3	
	一関市	42,230	1	2	145	
	奥州市	43,118		2	204	2
	金ヶ崎町	5,506			25	
	平泉町	2,608			7	
	西和賀町	2,511			6	
	合計		1	4	393	2
宮城県	仙台市	446,217			10	1
	石巻市	60.152			1	
	登米市	26,428			8	
	栗原市	24,709	26	90	886	
	大崎市	46,588	1	1	54	
	美里町	8,363		2	17	
	合計		27	93	976	1
秋田県	横手市				1	
	湯沢市			1	8	1
	大仙市				1	
	合計			1	10	1
山形県	山形市				1	
合計			28	98	1380	4

(2) 被災建築物の応急危険度判定の状況[2.9)]

平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震による被害状況の把握の一環として、岩手県及び宮城県においては、国土交通省地方整備局（東北、関東、北陸）の支援を受け、県・市の各自治体及び建築関係団体の判定士による応急危険度判定が実施された。６月14日から20日までに調査対象となった4043棟の判定結果を表-2.2.9に示す。表-2.2.8と同様に、世帯数を併記している。

表-2.2.9　平成20年岩手・宮城内陸地震における被災建築物の応急危険度判定実施結果

県	市町村	世帯数	判定棟数	危険（赤）	要注意（黄）	調査済（緑）
岩手県	奥州市	43,118	1106	45	249	812
	西和賀町	2,511	2	0	2	0
	一関市	42,230	53	9	22	22
	合計		1161	54	273	834
宮城県	栗原市	24,709	2880	190	517	2173
	美里町	8,363	2	1	1	0
	合計		2882	191	518	2173
合計			4043	245	791	3007

(3) 被災宅地危険度判定の状況[2.9)]

平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震による被害状況の把握の一環として、岩手県及び宮城県においては、被災宅地危険度判定を実施した。国土交通省は、被災状況調査の支援として、現地に職員１名を派遣している。６月18日から20日までに調査対象となった378棟の判定結果を表-2.2.10に示す。表-2.2.8と同様に、世帯数を併記している。

表-2.2.10　平成20年岩手・宮城内陸地震における被災宅地の危険度判定実施結果

県	市町村	世帯数	判定数	危険（赤）	要注意（黄）	調査済（青）
岩手県	奥州市	43,118	293	8	37	248
	西和賀町	2,511	2	0	1	1
	合計		295	8	38	249
宮城県	栗原市	24,709	83	31	21	31
合計			378	39	59	280

2.3 初動調査概要

（本節の内容は、既報[2.10] を再構成したものである。）

2.3.1　初動調査の目的

2.1節で触れたとおり、国土技術政策総合研究所及び独立行政法人建築研究所は、国土交通省緊急災害対策派遣隊（ＴＥＣ－ＦＯＲＣＥ）先遣班への協力を通じて建築物関係の被害概況を把握し、その後の対応方策を検討する目的で初動調査を実施[2.11), 2.12)]した。

2.3.2　調査行程

行程の概略を表-2.3.1にまとめた。なお、建築物の名称をＡ建築物～Ｊ小学校として記号化しているが、この記号は本章内で独立して用いているものである。

表-2.3.1　調査行程

	建物記号・名称等	所在地
６月14日	東北地方整備局（打合せ実施）	仙台市
６月15日	Ａ建築物（打合せ実施＋調査）	栗原市築館
	Ｂ小学校	栗原市栗駒片子沢
	Ｃ小学校	栗原市栗駒稲屋敷
	Ｄ建築物	栗原市栗駒岩ヶ崎
	Ｅ小学校	栗原市栗駒松倉
	栗駒松倉・沼倉地区（Ｆ建築物ほか）	栗原市栗駒松倉･沼倉
	Ｇ工業高校及び鶯沢地区	栗原市鶯沢
	花山地区	栗原市花山
	Ｈ小学校及び岩出山下一栗地区	大崎市岩出山
	鳴子地区及び鬼首強震観測点	大崎市鳴子
	三日町強震観測点	大崎市古川
	Ｉ中学校及びＪ小学校	大崎市古川

2.3.3　調査メンバー及び随行員

(1) 調査メンバー

杉藤　崇　　国土交通省住宅局建築指導課建築安全調査室長
井上波彦　　国土交通省国土技術政策総合研究所　主任研究官
河合直人　　独立行政法人建築研究所　上席研究員

(2) 随行員

穴村範夫　　国土交通省東北地方整備局建政部住宅調査官
近藤信一　　宮城県土木部建築住宅課技術補佐

2.3.4　被害概況

学校関係では、栗原市の小学校体育館において、外装ALCパネルの落下、軒天の落下、窓の破損又は落下が見られる等、二次部材の被害が中心であったが、敷地（校庭）周辺地盤の法面の被害（斜面の崩壊又は擁壁の倒壊等）も見られた。大崎市の小学校校舎（鉄筋コンクリート造、昭和38年）では柱のせん断破壊、同体育館（鉄骨造、昭和51年）ではブレースの座屈とブレース端部接合部の破断が確認された。

調査範囲における戸建て木造住宅の振動的被害は、瓦のずれ、窓ガラスの破損、仕上げモルタルの剥落等の軽微な被害であった。その他、ブロック塀の倒壊や傾斜が散見され、また川沿いの住宅敷地

における擁壁の損傷等があった。なお、建築物の名称をＡ建築物～Ｊ小学校として記号化しているが、この記号は本章内で独立して定め、用いているものである。

2.3.5　各建築物における被害状況

(1) Ａ建築物

栗原市築館のＡ建築物では、建築物周囲の間隙（５㎝程度）、内外の柱仕上げ材（タイル）の落下、内装亀裂等の軽微な被害が確認された（図-2.3.1）。

(a) Ａ建築物外観

(b) 建築物脚部の地盤との隙間

(c) 外装タイルの剥落

(d) 内部柱の仕上げタイル剥落

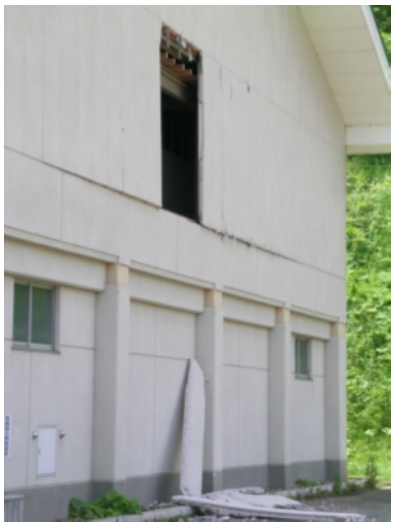
図-2.3.1　Ａ建築物被害状況

(2) Ｂ小学校

栗原市栗駒のＢ小学校では、体育館の妻面の外装ＡＬＣパネルの落下、法面の崩壊による校庭の亀裂が確認された。体育館は応急危険度判定で危険とされている。

体育館は平成４年に建てられた下部鉄筋コンクリート造、上部鉄骨造の体育館で、西側妻面のＡＬＣパネル４枚が落下し、隣接するパネルも下部が外側にずれて危険な状態にある（図-2.3.2）。ＡＬＣパネルは、縦壁挿入筋工法により、上部で鉄骨から金物を用いて止めつけられており、下部では鉄筋コンクリート外壁上に乗り、縦筋は鉄筋コンクリート壁上のアングルに対して簡易な溶接がなされていたようである。

校庭の南側で法面の崩壊があり、校庭に亀裂が生じていた（図-2.3.3）。また、体育館の西側に隣接する木造建物の２階東側部分のサッシに脱落が生じていた（図-2.3.4）。



(a) 西側妻面の外装ＡＬＣパネルの落下　　(b) ＡＬＣパネル下部詳細

図-2.3.2　Ｂ小学校体育館被害状況

図-2.3.3　Ｂ小学校校庭南側の法面崩壊

図-2.3.4　Ｂ小学校に隣接する木造建物の２階サッシの落下

(3) Ｃ小学校

栗原市栗駒稲屋敷にあるＣ小学校（図-2.3.5）では、体育館（１階ＲＣ造、２階鉄骨造）において、窓ガラスの破損、軒天のケイ酸カルシウム板の落下、吊照明の基部のゆがみ等の被害があった（図-2.3.6)。体育館は応急危険度判定では危険と判定されている。

窓ガラスの破損及び軒天の外装材の落下は、南北両面で同様に発生している。３年前の地震（平成17年宮城県南部地震と思われる）においても同様の被害があったとのこと。サッシの上部は、軒のＨ形鋼には直接取り付けられておらず、軒先に設けた軽量鉄骨下地の垂れ壁につながっており、当該部分の面外剛性の不足によりサッシ上部が面外に振動したり、軒裏の金具が大きく変形した結果、これらの被害につながったと推定される。

図-2.3.5　Ｃ小学校体育館南側全景

(a) 南側被害状況

(b) 同内部

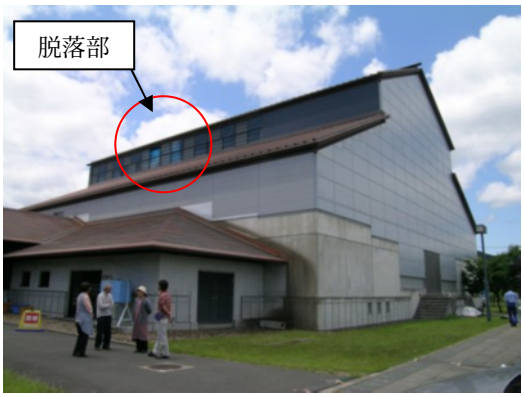
(c) 北側被害状況

(d) 同詳細

図-2.3.6　Ｃ小学校体育館の被害状況

(4) Ｄ建築物

栗原市栗駒岩ヶ崎にあるＤ建築物において、南側高窓のサッシの脱落の被害があった（図-2.3.7）。応急危険度判定では要注意の判定である。Ｄ建築物は体育館（練武場）として利用されており、高窓が設けられた部分を鉄骨トラスとして張り間方向に大きなスパンを飛ばしており、振動による変形があったものと推定される。構造的に対称に高窓が設けられている北面ではサッシの脱落等の被害は確認されなかった（図-2.3.8）。



(a) Ｄ建築物外観及び南側脱落部

(b) 高窓部分内部鉄骨トラス

図-2.3.7　Ｄ建築物被害状況

図-2.3.8　Ｄ建築物北面（高窓に被害なし）

(5) Ｅ小学校

栗原市栗駒松倉にあるＥ小学校において、コミュニティホール及び体育館の被害があった。応急危険度判定でコミュニティホールは要注意、体育館は危険と判定されている。

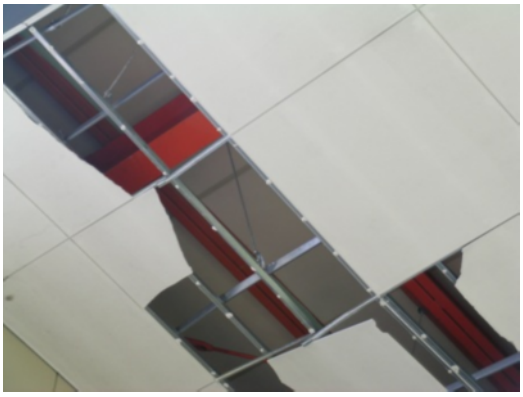
コミュニティホールは、下部が鉄筋コンクリート造で小屋組は木造である。木造小屋組部分に設けられた高窓の１か所でサッシの脱落（図-2.3.9）があった。体育館は鉄骨造で、けた行方向端部には比較的大きな軒の出があり、４隅のうち一か所で軒天のケイ酸カルシウム板の落下があった。また、天井２か所に取り付けられたバスケットゴールのフレームを構成する斜材の接合部が破壊して、一台では斜材１本が脱落、もう１台では斜材１本が垂れ下がる被害があった（図-2.3.10）。

(a) コミュニティホール外観

(b) 高窓サッシ脱落部の内部小屋組

図-2.3.9　E小学校コミュニティホール被害状況

(a) 軒天外装材落下



(b) 軒天外装材落下部分詳細

(c) バスケットゴール損傷（斜材が垂れ下る）

図-2.3.10　E小学校体育館被害状況

(6) 栗駒松倉、栗駒沼倉両地区の住宅

栗駒松倉、栗駒沼倉の両地区では、道路から見る限り住宅の被害が軽微であるが、窓ガラスの損傷、外壁仕上げの剥落（図-2.3.11)、屋根瓦のずれなどが散見された。

栗駒沼倉上滝の原にあるＦ建築物では窓サッシの脱落があり、その向かいの２階建て木造住宅で窓の損傷がありシートが張られていた（図-2.3.12)。また、これと隣接する伝統的構法の住宅では、サッシの脱落、土壁の剥落等の被害があったが、残留変形は小さく、木造躯体の損傷は確認されなかった（図-2.3.13(a)～(c))。また、同敷地内で礎石の上に土台を流した小屋で、壁量が多いこともあり、土台から上が滑動したのみで上部構造の被害がほとんどない建物もあった（同図(d))。また、その近隣では、補強鉄筋の入っていないと見られるブロック塀の倒壊（図-2.3.14）や、石碑の基部を囲む擁壁の崩壊、水路際の地盤の沈下（２～３㎝程度）（図-2.3.15）が確認された。

図-2.3.11　栗駒松倉地区の住家被害（妻壁仕上げ剥落）

(a) 建築物Ｆ（窓サッシ脱落）

(b) 住宅の窓の損傷

図-2.3.12　栗駒沼倉地区の住家被害（１）

(a) 外壁損傷及びサッシの脱落

(b) 同住宅牛小屋の土壁剥落

(c) 同住宅内部（特に躯体損傷なし）

(d) 隣接する小屋（滑動してほぼ無被害）

図-2.3.13　栗駒沼倉地区の住家被害（２）

(a) ブロック塀の倒壊

(b) 同詳細　鉄筋は見当たらない

図-2.3.14　栗駒沼倉地区の住家周辺の被害（ブロック塀）

(a) 石碑基部の崩壊

(b) 水路際の地盤の沈下

図-2.3.15　栗駒沼倉地区の住家周辺の被害（その他）

(7) Ｇ工業高校

栗原市鶯沢のＧ工業高校では、敷地南側斜面の盛土擁壁で大規模な崩壊があり、擁壁上部の敷地で地盤に幅10cm程度の亀裂が１メートルほどの間隔で２箇所発生し、建物基礎下に隙間ができる状態となった（図-2.3.16(a)(b)）。敷地は切土・盛土によって４段に造成され、それぞれ盛土端部で軽微な地割れが見られた。また、最上段の擁壁頂部には、はらみ出しを生じていた（同図(c)）。体育館では妻面（西側）の窓ガラス１か所及び北面の窓ガラス１か所の破損、ステージ脇の２階天井板の一部落下があった（図-2.3.17）。

(a) 南側斜面擁壁の崩壊

(b) 南側斜面擁壁上部の建物（基礎下に地割れ）

(c) 北側最上段の擁壁頂部のはらみ出し

図-2.3.16　Ｇ工業高校敷地周辺の被害

(a) 体育館妻面の窓ガラス破損

(b) ステージ脇２階天井板の落下

図-2.3.17　G工業高校体育館の被害

(8) 鶯沢地区の住宅

鶯沢南郷の鉛川沿いの住宅で、川側の地盤の擁壁に亀裂が入り、応急危険度判定で要注意とされた例があった（図-2.3.18(a)）。川を挟んだ向かい側（西側）の町営住宅の敷地にも亀裂が認められた。道路対面（北側）の店舗併用住宅も要注意の判定であるが、外観上損傷等はなく、詳細は不明である（同図(b)）。

(a) 擁壁の亀裂があった住宅

(b) 向かいの店舗併用住宅（要注意判定）

図-2.3.18　鶯沢地区の住家被害

(9) 花山地区の住宅

花山地区において、湖畔の座主及び御堂の両地区の住宅を道路から観察した。その限りでは、目立った被害は確認されなかった。応急危険度判定の結果が貼られている住宅では、判定結果はほとんど「調査済」であった。

(10) 岩出山下一栗地区の住宅等

H小学校近くの下一栗地区において、住宅の棟瓦の落下、神社の石造鳥居の倒壊（図-2.3.19）を確認した。

(a) 住宅の棟瓦の落下

(b) 石造鳥居の倒壊

図-2.3.19　岩出山下一栗地区の住家及び周辺被害

(11) H小学校

大崎市岩出山のH小学校では、新旧２棟の校舎のうち旧校舎において柱のせん断破壊等の構造的被害が、また、体育館においてブレースの座屈とブレース端部接合部の破断、窓ガラスの破損、軒天の落下等の被害が確認された。新校舎には被害は無かった。また、敷地南西のプールで、西側斜面に向かう地盤の沈下が確認された。

旧校舎は昭和38年に建てられた鉄筋コンクリート造の校舎で、南面外部に面した１階柱11本中、少なくとも７本において、せん断ひび割れが確認された。内部では、階段周り、及び２階の柱にも損傷が認められた（図-2.3.20)。

また、体育館は昭和51年に建てられた下部鉄筋コンクリート造、上部鉄骨造の体育館で、鉄骨造部分について、桁行方向に関してはブレースを両端部の架構のみに配置する設計であったが、これらのブレースが、すべての位置（計４箇所）において、座屈及び端部接合部の破壊を生じていた。また、両けた面（南面、北面）での窓ガラスの破損、北面の一部で内装面材の剥離、北側（２か所）及び西側（１か所）の一部軒天の落下等の被害が、確認された（図-2.3.21)。

(a) 旧校舎外観

(b) １階柱のせん断破壊

(c) １階出入口脇の柱の損傷

(d) １階階段上部の損傷

図-2.3.20　H小学校旧校舎の被害状況

(a) 体育館外観及びブレース配置

(b) 軒天落下及びブレース座屈

(c) ブレース座屈（内部より）

(d) ブレース端部接合部の破壊

図-2.3.21　H小学校体育館の被害状況

(12) 鳴子地区の住宅

鳴子温泉の周辺では、道路から見る限り、住宅に目立った被害は生じていなかった。

(13) 鬼首強震観測点及び住宅

本震直後に公開された被災地域の加速度記録を用いた解析では、ごく短周期を除き、基準法の要求レベルを下回る応答であったが、独立行政法人防災科学技術研究所の強震観測網K-NETの観測点のうち、鳴子（MYG005）の記録については、周期２秒～４秒までで基準法の２倍（最大）程度の応答を示していた。そこで、MYG005観測点（鬼首地区）の設置状況確認を行った。観測点は旧中学校敷地南のプール脇にあり（図-2.3.22(a)(b)）、観測点のさらに南側に10m程度離れた位置からは、南西方向に下り坂となる傾斜地となっている。

観測点の同一敷地内にある旧中学校の校舎は木造平家建てであり、外観上、特段の被害は見られなかった。また、旧中学校の北東側に木造住宅が数件あるが、いずれも特段の被害は見られなかった（図-2.3.22(c)(d)）。

(a) K-net鳴子観測点（鬼首）左は傾斜地となる

(b) プール北西側にある木造校舎

(c) 付近の住宅（無被害）

(d) 付近の住宅（無被害）

図-2.3.22　鳴子地区の状況

(14) 大崎市役所及び強震観測点

本震では、大崎市役所で震度６弱を示す大きな記録が得られたが、強震計は市役所から南に400m離れた三日町公園の地盤上に設置されていた（図-2.3.23)。市役所の構造躯体及び強震計付近の市街地には被害建築物は見られなかった（図-2.3.24)。

また、市役所西側の水路際の高さ１m程度の石積み擁壁にはらみ出し、モルタルのはがれが見られた（図-2.3.25。今回の地震によるものか不明)。

図-2.3.23　強震計設置状況（三日町公園）

(a) 三日町公園西側市街（無被害）

(b) 大崎市役所（無被害）

図-2.3.24　強震計付近の状況

(a) 擁壁はらみ出し

(b) 擁壁モルタルはがれ

図-2.3.25　市役所西側住戸の被害

(15) Ｉ中学校

大崎市古川のＩ中学校においては、ＲＣ造３階建ての新校舎（築年不明）の東側妻壁脚部にごく軽微な破損が見られた（図-2.3.26、図-2.3.27(a)）。また、現在は使用されていない木造２階建ての旧校舎（築年不明）の棟瓦の落下が見られた（図-2.3.27(b)）。

図-2.3.26　Ｉ中学校新校舎外観

(a) 新校舎東側妻壁脚部の破損

(b) 旧校舎の棟瓦落下

図-2.3.27　Ｉ中学校及び周辺被害の状況

(16) Ｊ小学校

大崎市古川のＪ小学校は、旧校舎として築80年程度の２階建て木造校舎が２棟建設されている。うち南側の校舎（昭和６年）は木造の補強壁を外構面に張り出して設置する耐震補強が行われており、現在も使用されているが、無補強の北側の校舎（昭和４年築）を含め、いずれも外観上の被害は見られなかった（図-2.3.28、図-2.3.29）。

図-2.3.28　Ｊ小学校旧校舎（北校舎）の外観（無被害）

(a) 妻面

(b) 外構面補強

図-2.3.29　Ｊ小学校旧校舎（南校舎）の外観（無被害）

参考文献・参照サイト

2.1) 気象庁：「平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震」の特集,
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2008_06_14_iwate-miyagi/index.html

2.2) 気象庁：「平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震」について（第 10 報）」,
http://www.jma.go.jp/jma/press/0807/10a/h20iwate-miyagi-10.html

2.3) 厚生労働省：「平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震にかかる災害救助法の適用について（第１報）」, http://www.mhlw.go.jp/houdou/2008/06/h0614-4.html

2.4) 宮城県：「『平成２０年６月１４日岩手・宮城内陸地震』の被害及び県の対応について」,
http://www.pref.miyagi.jp/kikitaisaku/saigai/h20/0614/

2.5) 内閣府：「『平成二十年岩手・宮城内陸地震による岩手県奥州市等の区域に係る災害についての激甚災害及びこれに対し適用すべき措置の指定に関する政令』について」,
http://www.bousai.go.jp/oshirase/h20oshirase.html （７月９日公表資料）

2.6) 消防庁：「平成２０年（２００８年）岩手・宮城内陸地震（第７３報）」,
http://www.fdma.go.jp/detail/811.html

2.7) 岩手県：「岩手の統計情報（最新）」,
http://www3.pref.iwate.jp/webdb/view/outside/s14Tokei/top.html

2.8) 宮城県：「住民基本台帳人口及び世帯数（月報）」,
http://www.pref.miyagi.jp/toukei/toukeidata/zinkou/jinkou/juki_tsuki/juki_tsuki.htm

2.9) 国土交通省：「平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震　第 40 報（2008/07/30 13:00 現在）」,
http://www.mlit.go.jp/saigai/saigai_080614.html

2.10) （独）建築研究所：「平成２０年岩手・宮城内陸地震 建築物関係調査速報」,
http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/activities/other/disaster/jishin/2008iwate/houkokusho/20080728/index.pdf

2.11) 国土交通省：「平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震に関する緊急災害対策派遣隊 TEC-FORCE（緊急調査団）の調査結果について」,
http://www.mlit.go.jp/report/press/river03_hh_000046.html

2.12) 田村他：「平成 20 年岩手・宮城内陸地震の緊急調査速報」, 土木技術資料（2008.08）

３．地震及び地震動

3.1 地震の概要と特徴

3.1.1 地震諸元

気象庁が決定した平成 20 年(2008 年)岩手・宮城内陸地震の本震の諸元は表-3.1 の通りである[3.1)]。

表-3.1　地震諸元

発震時	緯度	経度	深さ	M_{JMA}	震央地名
2008/06/14 08:43	39°01.7’N	140°52.8’E	8 km	7.2	岩手県内陸南部

M_{JMA}: 気象庁マグニチュード

本震の震央位置を余震分布とともに図-3.1 に示す[3.1)]。気象庁の分析によれば、この地震の発震機構は西北西-東南東に圧縮軸を持つ逆断層型とされている[3.2)]。断層面は西北西傾斜で、主要な破壊は震源より南南西方向へ進行した[3.3)]。余震は北北東から南南西に延びる長さ約 45 km、幅約 15 km の範囲に分布しており、断層の破壊領域と対応している。

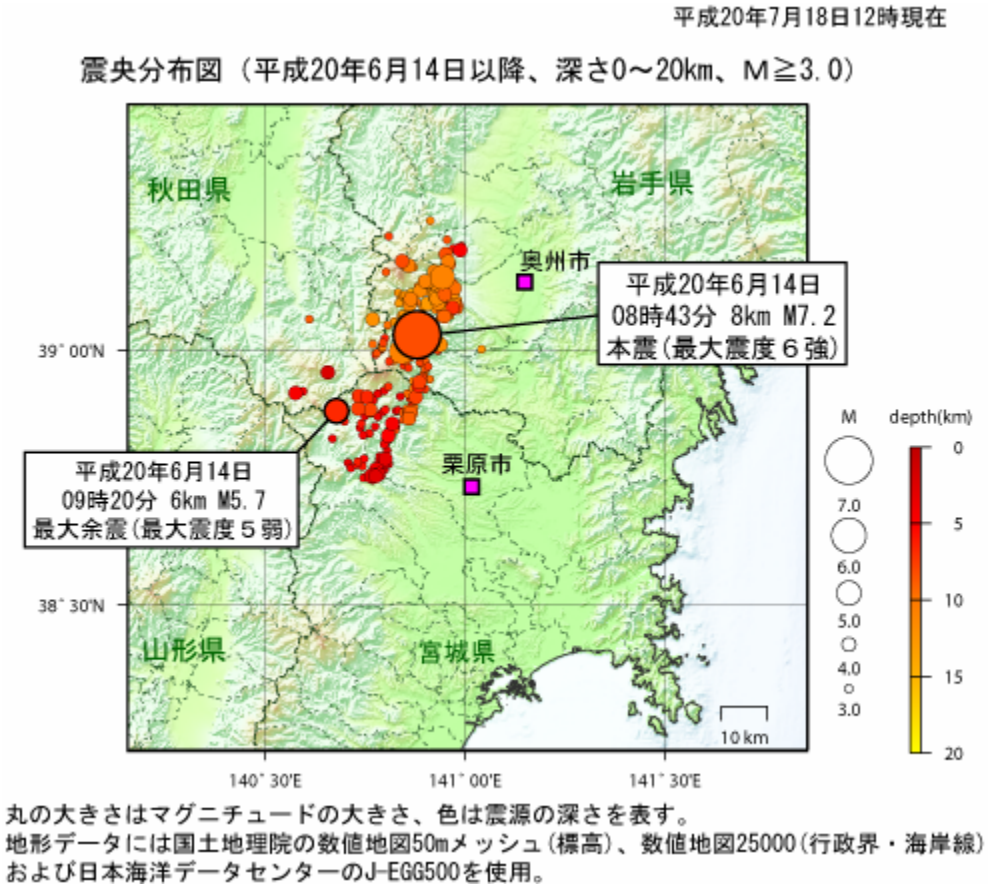


図-3.1　本震の震央位置と余震分布(気象庁[3.1)])

3.1.2 震度分布

この地震によって観測された各地の震度を表-3.2 に示す[3.1)]。表中の*印は岩手県、秋田県及び

宮城県の震度情報ネットワークまたは防災科学技術研究所強震ネットワーク(K-NET)[3.4)]の観測地点を表し、印のないものは気象庁の震度観測地点である。各地点の震度を地図上にプロットしたものが図-3.2である。この図には、表-3.2に含まれていない防災科学技術研究所基盤強震観測網(KiK-net)[3.5)]の観測地点の値も示している。

表-3.2　各地の震度(震度5弱以上)[3.1)]

震度	観測地点
6強	奥州市衣川区*、栗原市一迫*
6弱	奥州市胆沢区*、栗原市栗駒、栗原市築館*、栗原市高清水*、栗原市鶯沢*、栗原市金成*、栗原市志波姫*、栗原市花山*、大崎市古川三日町、大崎市鳴子*、大崎市古川北町*、大崎市田尻*
5強	北上市二子町*、一関市山目*、金ケ崎町西根*、平泉町平泉*、奥州市水沢区大鐘町、奥州市江刺区*、奥州市前沢区*、宮城加美町中新田*、涌谷町新町、栗原市若柳*、登米市迫町*、登米市南方町*、宮城美里町北浦*、宮城美里町木間塚*、大崎市松山*、大崎市岩出山*、名取市増田*、仙台宮城野区苦竹*、仙台若林区遠見塚*、利府町利府*、湯沢市川連町*、東成瀬村椿川*、東成瀬村田子内*
5弱	北上市柳原町、遠野市宮守町*、一関市舞川、一関市花泉町*、一関市千厩町*、一関市室根町*、藤沢町藤沢*、西和賀町川尻*、奥州市水沢区佐倉河*、宮城加美町小野田*、宮城加美町宮崎*、色麻町四竈*、栗原市瀬峰*、登米市中田町、登米市米山町*、大崎市三本木*、大崎市鹿島台*、仙台空港、角田市 角田*、岩沼市桜*、蔵王町円田*、大河原町新南*、宮城川崎町前川*、仙台青葉区大倉、仙台青葉区作並*、仙台青葉区雨宮*、仙台宮城野区五輪、仙台泉 区将監*、石巻市前谷地*、石巻市桃生町*、大衡村大衡*、横手市安田柳堤地内*、横手市中央町*、横手市増田町増田*、横手市平鹿町浅舞*、横手市大森町*、横手市十文字町*、横手市山内土渕*、横手市大雄*、湯沢市沖鶴、湯沢市横堀*、湯沢市皆瀬*、羽後町西馬音内*、秋田美郷町土崎*、大仙市大曲花園町*、大仙市高梨*、最上町向町*、新地町谷地小屋

注) *:岩手県、秋田県及び宮城県の震度情報ネットワークまたは防災科学技術研究所K-NET

なお、本表は、表-2.2.2の内容と一部重複している。

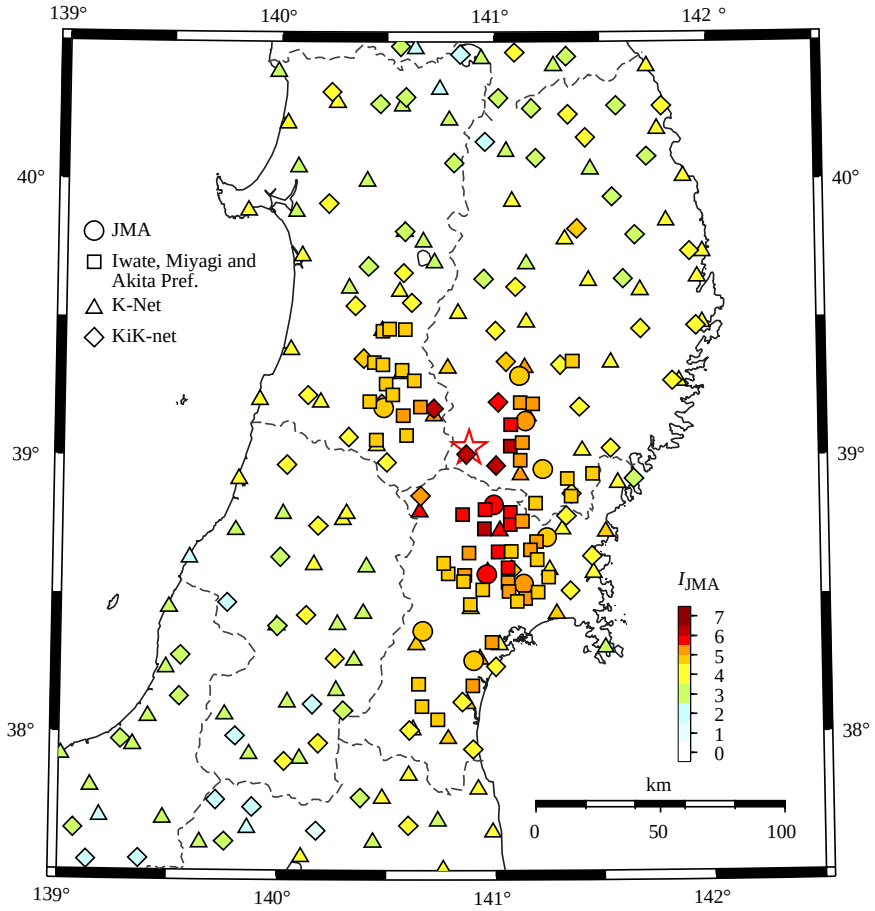


図-3.2　各地の震度。☆は本震の震央を表し、○は気象庁、□は各県の震度情報ネットワーク、△は K-NET、◇は KiK-net の観測地点を示す

3.2 被災地の地形及び地質

2008 年岩手・宮城内陸地震が発生した岩手県南部・宮城県北部は、東北地方の中央部に位置する。図-3.3 に、東北地方の地形略図を示す。

東北地方は、ほぼ南北方向に地形が配列している。高地帯は、太平洋側に北上山地・阿武隈山地が南北に雁行し、その西側に奥羽山脈と出羽山地が平行しており、これらの高地帯に挟まれて北上川・阿武隈川流域の低地帯、奥羽山脈と出羽山地のあいだの山間盆地群がある[3.6)、3.7)]。

表層地質は、先第三系が北上・阿武隈・太平・朝日・飯豊の各山地に集中するほか、奥羽山脈にも小分布が散在し、奥羽山脈および出羽山地はおもにグリーンタフからなる新第三系の火山噴出物が広く分布している[3.7)]。奥羽山脈の頂部には、第四紀の火山が南北に配列し、これらの第四紀火山には、大型のカルデラを伴うのが特徴である[3.6)]。北上川・阿武隈川に代表される主要河川沿いには、扇状地・河岸段丘および沖積平野が広がっている[3.6)]。

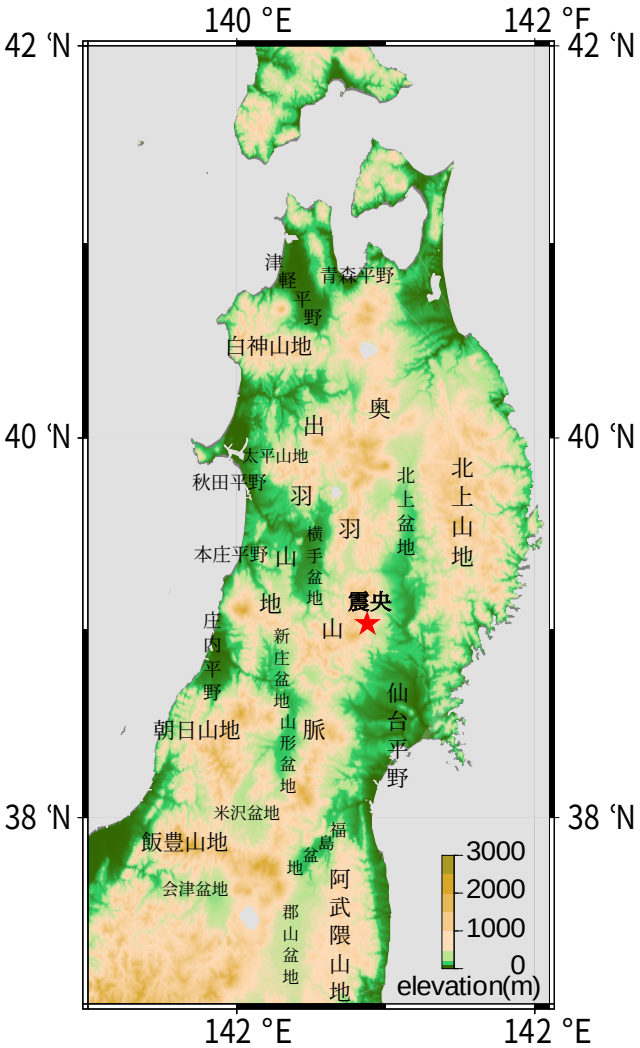


図-3.3　東北地方地形略図(星印は、震央)

3.3 本震の地震動特性

2008 年岩手・宮城内陸地震の強震記録は、防災科学技術研究所強震ネットワーク(K-NET)及び基盤強震観測網(KiK-net)の記録 [3.4), 3.5)]、気象庁の震度計及び宮城県、秋田県などの自治体の震度情報ネットワークの震度計の記録 [3.1)]が入手できる。このうち、計測震度に換算して 5.5(震度 6 弱)以上の記録の最大加速度と最大速度を表-3.3 に示す。また、震源近傍の観測地点の最大加速度の分布を図-3.4 に示す。なお、図-3.4 の最大加速度は 3 成分の合成値を採っている。

表-3.3　強震観測記録一覧(震度 6 弱以上のもの)

記号	観測地点	Δ (km)	I_{JMA}	*PGA* (cm/s^2)			*PGV* (cm/s)			備考
				NS	EW	UD	NS	EW	UD	
IWTH25	KiK-net 一関西	3	6.4	1143	1435	3866	71.9	62.4	88.7	図-3.5
AKTH04	KiK-net 東成瀬	21	6.4	1318	2446	1094	53.8	73.8	32.9	図-3.6
IWTH26	KiK-net 一関東	13	6.1	891	1056	928	57.1	44.1	28.1	図-3.7
JMA-8A6	JMA 栗駒	25	5.9	415	689	281	43.1	49.0	17.1	図-3.8
MYG004	K-NET 築館	36	5.7	740	678	224	45.6	39.5	15.1	図-3.9
MYG006	K-NET 古川	50	5.6	238	233	104	35.1	40.8	15.5	図-3.10
JMA-4B9	JMA 古川	51	5.6	232	312	130	33.4	46.0	12.6	図-3.11
IWTH24	KiK-net 金ヶ崎	22	5.5	503	435	342	36.9	27.4	16.6	図-3.12
MYG005	K-NET 鳴子	32	5.5	440	521	666	69.9	33.0	20.0	図-3.13

Δ: 震央距離，I_{JMA}: 計測震度，*PGA*: 最大加速度，*PGV*: 最大速度

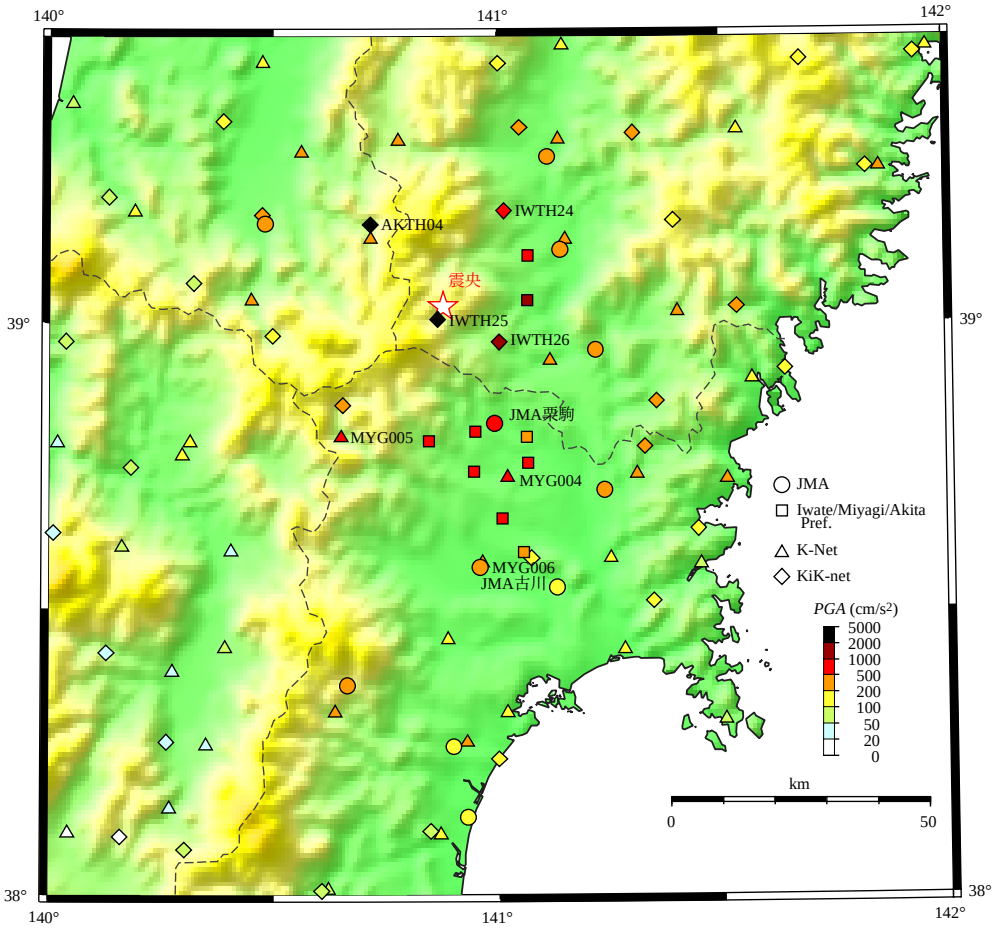


図-3.4　最大加速度の分布。☆は本震の震央、○は気象庁、□は各県の震度情報ネットワーク△は K-NET、◇は KiK-net の観測地点を示す

3.3.1 KiK-net 一関西(IWTH25)の記録

KiK-net 一関西(IWTH25)の観測地点は岩手県一関市の西側の山間に位置し、標高は 385 mとなっている。震央距離は 3 km と近く、震源断層の直上と見做せる。KiK-net のウェブサイトで公開されているボーリング柱状図によれば、厚さ 1 mの表土(Vs = 430 m/s)、厚さ 33 mの段丘堆積物(Vs = 530 m/s)の下に凝灰岩(Vs = 680 m/s)が表れる。この観測地点は断層域の直上に位置し、上下(ＵＤ)成分で 3866 cm/s^2 と、極めて大きな加速度が得られている。KiK-net 一関西で得られた記録の加速度波形と減衰定数 5%の擬似速度応答スペクトルを図-3.5 に示す。なお、以下に示す記録は擬似速度応答スペクトルの最大値は全て 500 cm/s に揃えてあるが、加速度振幅は記録によって適宜変わっていることに留意されたい。

加速度記録波形を見ると、1000 cm/s^2 を超える激しい揺れが 10 秒強続いている。これは震源の破壊時間を反映したものと考えられる[例えば 3.8)]。応答スペクトルに着目すると、2 秒以下の短周期成分が主体となっており、長周期成分は相対的に小さい。

青井はこの記録を積分することによって、東方向、北方向、上方向にそれぞれ 28 cm、60 cm、112 cm の永久変位を推定している[3.9)]。また KiK-net 一関西の観測施設内では、軽量ラックの跳躍が報告されている[3.10)]。

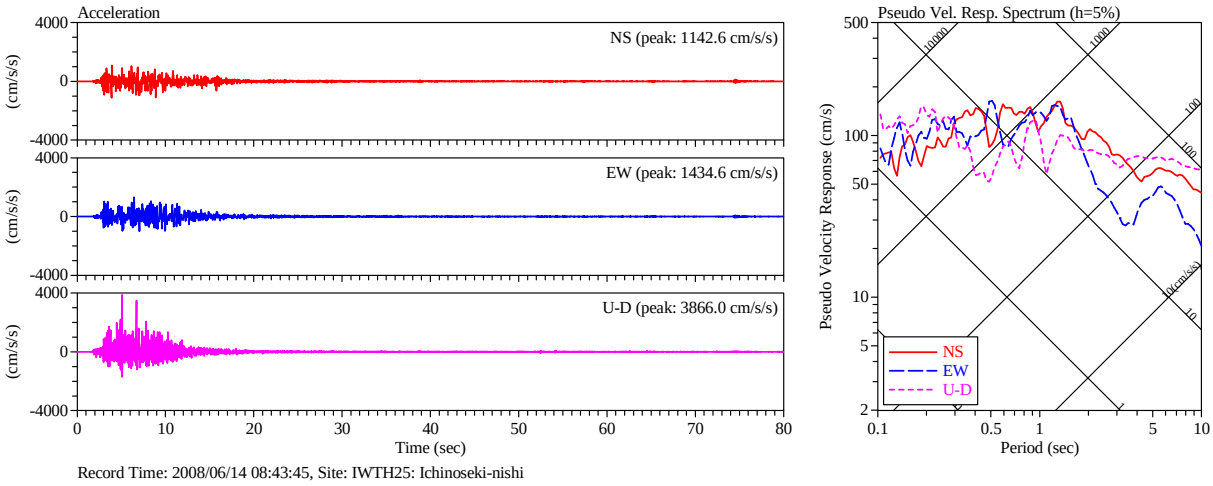


図-3.5　KiK-net 一関西(IWTH25)の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.3.2 KiK-net 東成瀬(AKTH04)の記録

KiK-net 東成瀬(AKTH04)の観測地点は、震央から北西に 21 km の距離の秋田県雄勝郡東成瀬村の山間部に位置し、標高は 280 mとなっている。KiK-net のボーリング柱状図によれば、礫岩が露頭し、深さ 20 mまでのせん断波速度は Vs = 430 m/s、以深のせん断波速度は Vs = 1000 m/s 前後となっている。震央距離は 21 km と若干離れているものの、東西(EW)成分で 2446 cm/s^2 に及ぶ最大加速度が記録されている。KiK-net 東成瀬で得られた加速度記録と減衰定数 5%の擬似速度応答スペクトルを図-3.6 に示す。

加速度記録波形を見ると、継続時間はやはり 10 秒程度で後続波はほとんど認められない。水平成分の応答スペクトルは、0.32 秒に鋭いピークを有し、応答値は EW 成分で 300 cm/s を超えている。対照的に 1 秒を超える長周期成分の応答は 50 cm/s 以下と小さくなっている。

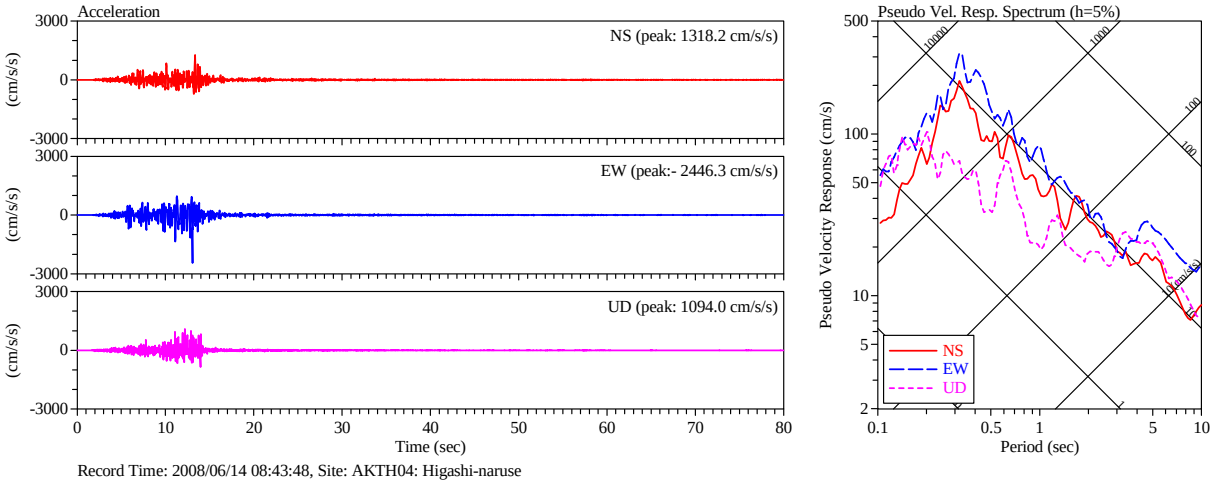


図-3.6　KiK-net 東成瀬(AKTH04)の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.3.3 KiK-net 一関東(IWTH26)の記録

KiK-net 一関東(IWTH26)の観測地点は岩手県一関市厳美町に位置し、標高は 125 mとなっている。KiK-net のボーリング柱状図によれば、厚さ 2 mの礫(Vs = 130 m/s)の下に凝灰岩(Vs = 460 m/s から 680 m/s)が表れる。KiK-net 一関東で得られた記録の加速度波形と減衰定数 5%の擬似速度応答スペクトルを図-3.7 に示す。応答スペクトルは、全般に 1 秒以下の短周期成分が優勢となっている。

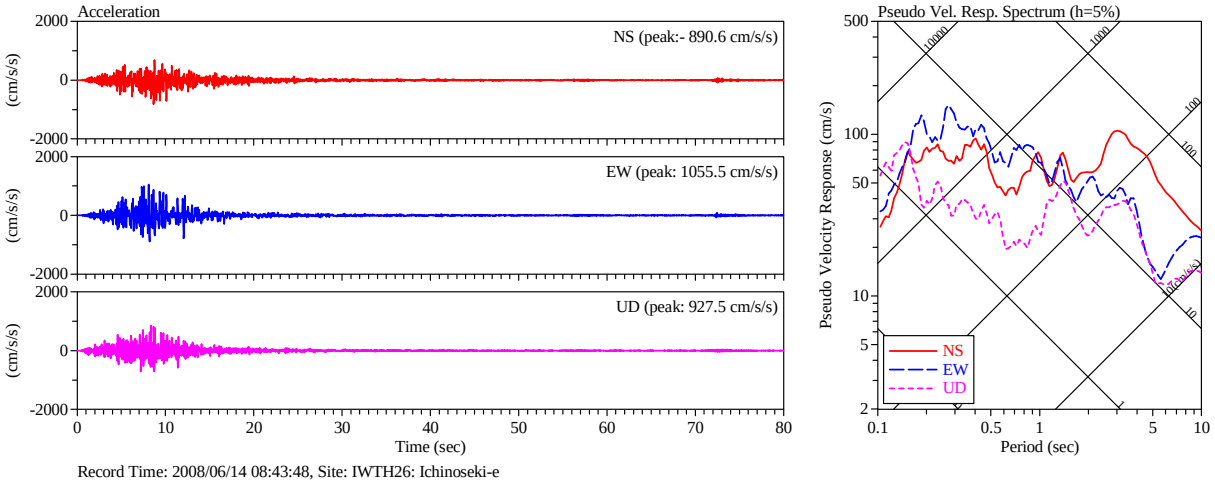


図-3.6　KiK-net 一関東(IWTH26)の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.3.4 気象庁(JMA)栗駒の記録

気象庁の栗駒震度観測地点(JMA 栗駒)で観測された加速度波形と擬似速度応答スペクトルを図-3.8 に示す。最大加速度は NS 成分 415 cm/s^2、EW 成分 689 cm/s^2 と大きな値を示し、激しい揺れが 15 秒程続いている。NS 成分の応答スペクトルは 0.4 秒から 4 秒の周期領域で、EW 成分は 0.3 秒から 2 秒の周期領域で、応答速度が 100 cm/s 程度となっている。

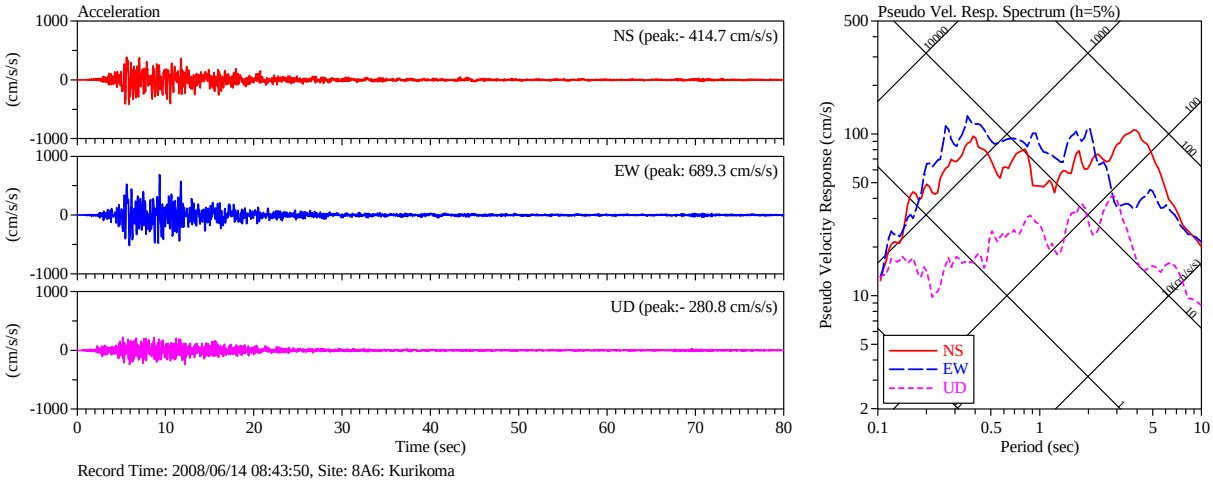


図-3.8　JMA 栗駒(JMA-8A6)の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.3.5 K-NET 築館(MYG004)の記録

K-NET 築館(MYG004)の観測地点は、栗原市庁舎(旧築館町役場)の南東に位置する栗原文化会館南側駐車場の端に設置されている。ここで観測された加速度波形と擬似速度応答スペクトルを図-3.9 に示す。加速度波形は短周期成分が優勢で、若干の後続波が認められる。水平成分の応答スペクトルは、0.2 秒辺りと 4 秒前後にピークを有している。

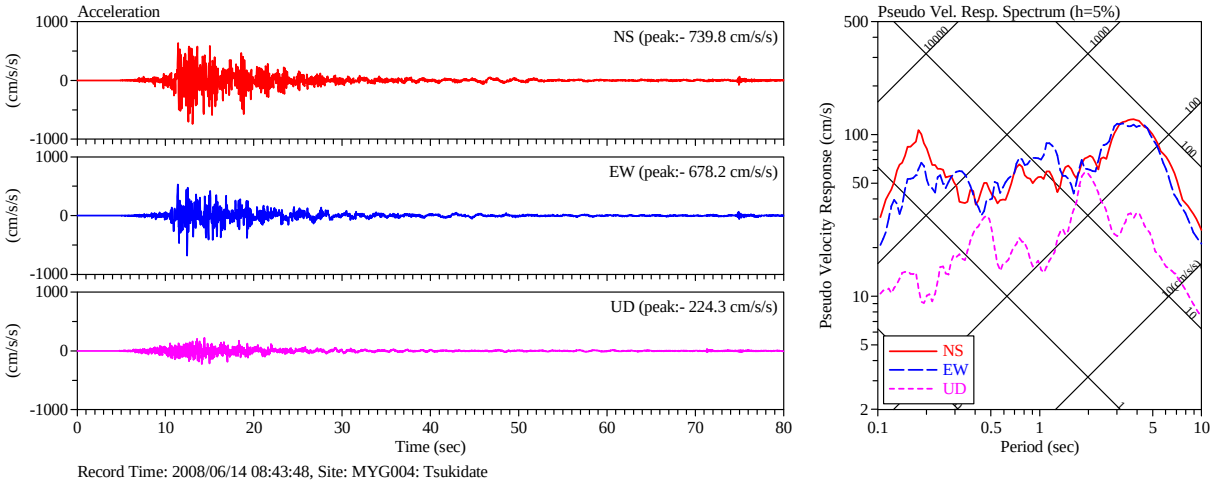


図-3.9　K-NET 築館(MYG004) の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.3.6 K-NET 古川(MYG006)及び JMA 古川の記録

大崎市旧古川市内には K-NET 古川(MYG006)及び JMA 古川の 2 点の強震観測地点がある。K-NET 古川は古川北町の古川消防署敷地内に、JMA 古川は古川三日町の公園内に観測地点があり、両者の距離は 1 km 程である。K-NET 古川及び JMA 古川で観測された加速度波形と擬似速度応答スペクトルを図-3.10 及び図-3.11 に示す。両者の加速度波形はよく似ており、表面波と見られる後続波が観察できる。応答スペクトルの形状も共通しており、1 秒前後の周期領域と 5 秒前後の周期領域の応答が卓越している。

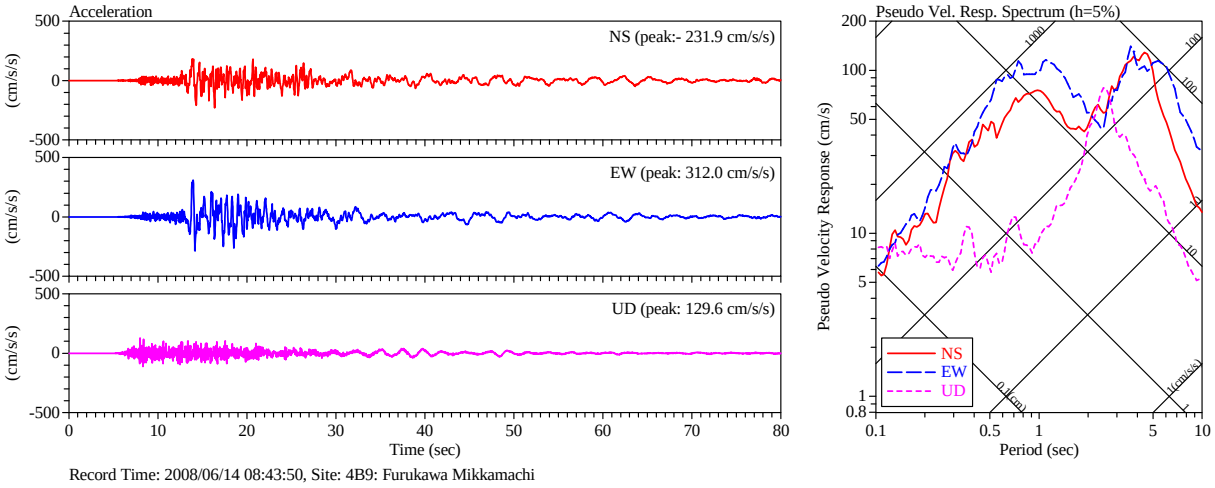


図-3.10　K-NET 古川(MYG006)の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

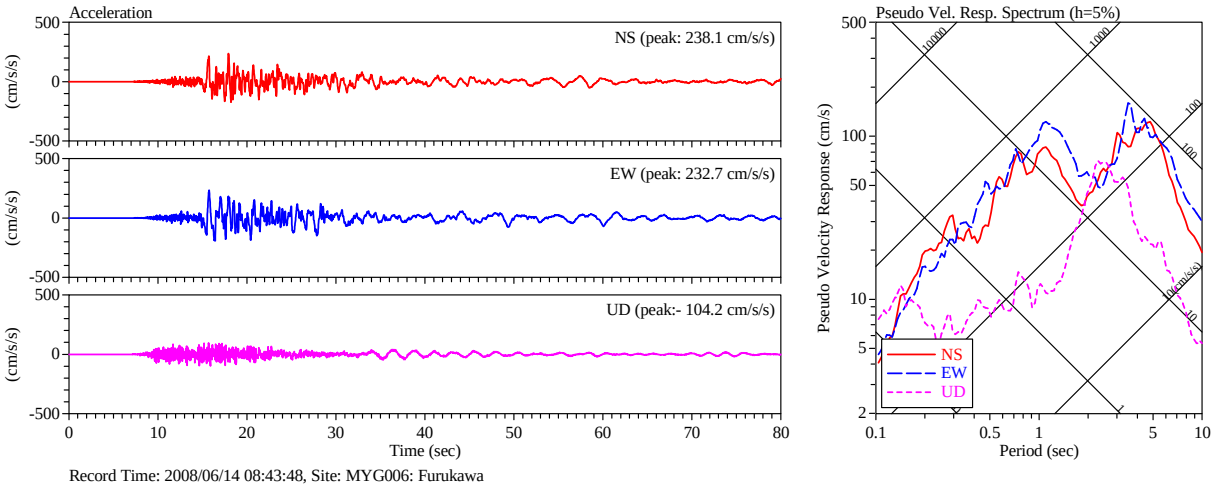


図-3.11　JMA 古川(JMA-4B9)の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.3.7 KiK-net 金ヶ崎(IWTH24)の記録

KiK-net 金ヶ崎(IWTH24)の観測地点は岩手県胆沢郡金ヶ崎町にあり、標高は 200 m となっている。KiK-net 金ヶ崎で観測された加速度波形と擬似速度応答スペクトルを図-3.12 に示す。応答スペクトルの水平成分に着目すると、3 秒から 4 秒の周期成分が優勢で、応答速度は 100 cm/s 前後となっている。

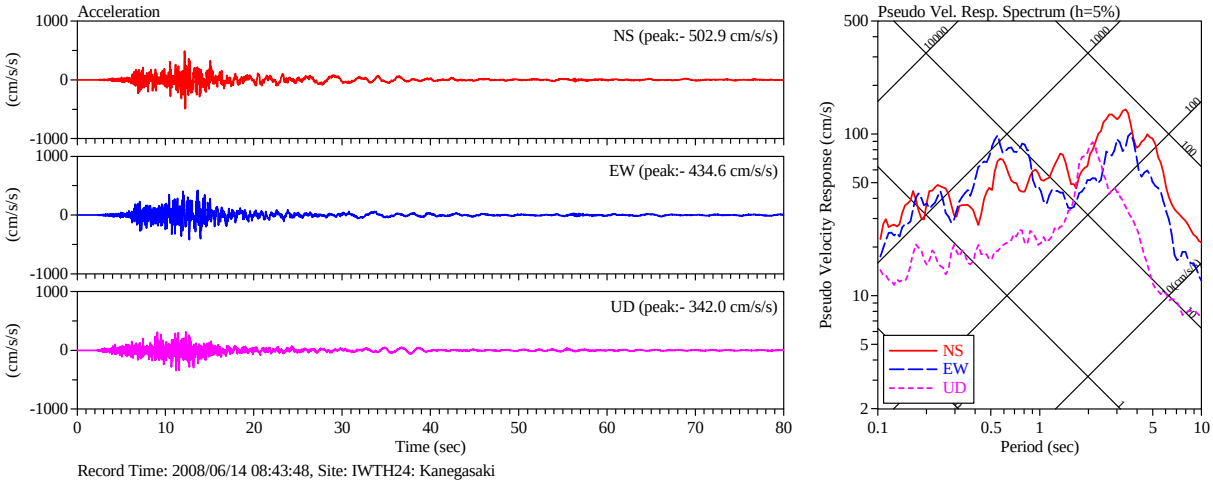


図-3.12　KiK-net 金ヶ崎(IWTH24)の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.3.8 K-NET 鳴子(MYG005)の記録

K-NET 鳴子(MYG005)の観測地点は、宮城県大崎市鳴子温泉鬼首(おにこうべ)の旧鬼首中学校の敷地内に設置されている。K-NET 鳴子で観測された加速度波形と擬似速度応答スペクトルを図-3.13 に示す。最大加速度は 666 cm/s^2 と突出したものではないが、特に NS 成分の記録に見られる 3 秒から 4 秒の長周期成分の重畳が特徴的である。この長周期成分の生成要因については、カルデラ地形の影響が指摘されている [3.11), 3.12)]。

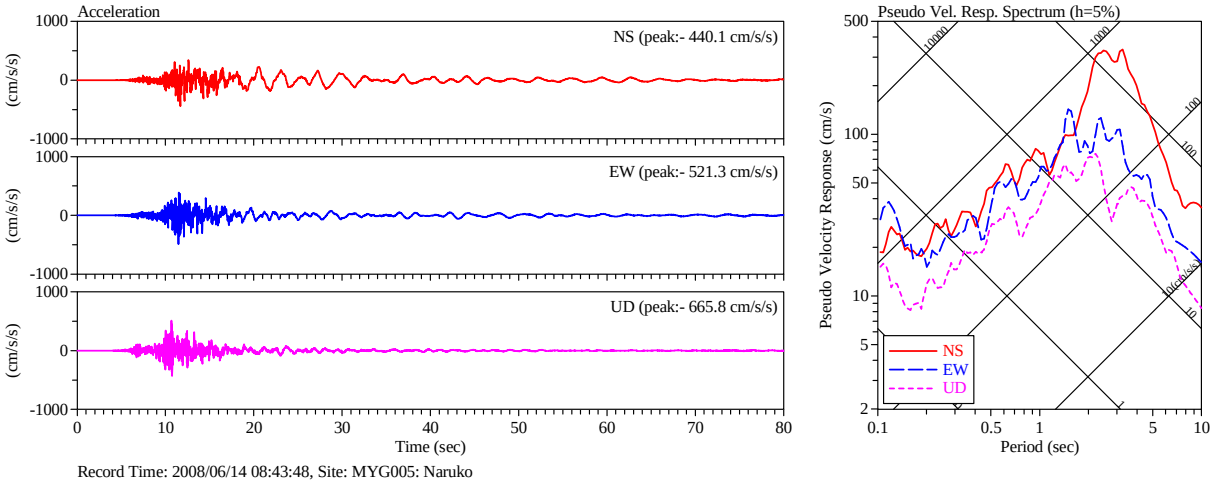


図-3.13　K-NET 鳴子(MYG005)の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.4 建築研究所強震観測ネットワークの強震記録

建築研究所の強震観測網では、東北地方を中心に 33 の観測地点で強震記録が得られた。表-3.4 に観測記録の一覧を、図-3.14 に観測地点位置を示す。このうち震度 4 以上であった仙台第 2 合同庁舎(SND)、東北大学人間・環境系研究棟(THU)、秋田県庁(AKT)、宮古市庁舎(MYK)及び建築研究所新館(ANX)の記録について次項以降に述べる。

表-3.4　建築研究所の強震記録(1/3)

記号	観測地点	距離 (km)	計測震度	設置方位	設置位置	最大加速度 (cm/s²)			備考
						H1	H2	V	
SND	仙台第 2 合同庁舎	85	4.3	074 °	B2F*	86	73	54	図-3.15
					15F	104	98	144	図-3.16
					G40	77	74	-	図-3.17
THU	東北大学人間・環境系研究棟	86	4.6	202 °	01F*	87	69	49	図-3.18
					09F	437	310	148	図-3.19
AKT	秋田県庁	101	3.5	087 °	B1F*	26	28	18	図-3.20
					08F	102	116	44	図-3.21
MYK	宮古市庁舎	115	3.8	180 °	01F	52	48	37	図-3.22
					07F	63	65	53	図-3.23
					GL*	63	71	37	図-3.24
HCN	八戸市庁舎本館	173	3.1	164 °	B1F*	19	21	9	
					06F	61	88	15	
HRH	弘前法務合同庁舎	178	3.0	195 °	01F*	18	18	9	
IWK	いわき市庁舎	220	3.2	180 °	B1F*	18	20	10	
					09F	80	53	10	
HKD	函館開発建設部	306	2.0	180 °	GL*	3	4	2	
ANX	建築研究所新館	330	3.5	180 °	GL*	19	26	9	図-3.25
					B1F	19	23	9	図-3.26
					08F	90	95	12	図-3.27
NIT	日本工業大学	350	2.6	288 °	GL*	8	10	2	
					01F	8	7	2	
					06F	11	10	2	
NOD	東京理科大学野田校舎	356	2.7	90 °	1F*	9	9	4	
AGO	上尾市役所	358	1.9	227 °	B1F	4	3	2	
					7F1	6	12	3	
					7F2	5	13	2	
KSG	さいたま地方法務越谷支局	361	2.9	150 °	1F*	9	10	2	
MST	三郷市役所	367	3.1	258 °	GL	9	13	5	
					1F	11	14	2	
					7F	15	18	2	
TDS	戸田市役所	372	2.3	34 °	GL	7	6	2	
				354 °	1F	5	6	2	
					8F	14	18	3	
YCY	八千代市役所	374	2.3	302 °	GL	6	7	2	
					B1F	5	6	2	
					7F	17	12	3	
AKB	北区赤羽会館	376	2.0	354 °	1F*	4	4	2	
					6F	6	7	2	

表-3.4　建築研究所の強震記録(2/3)

記号	観測地点	距離 (km)	計測震度	設置方位	設置位置	最大加速度 (cm/s^2)			備考
						H1	H2	V	
ADC	足立地方合同庁舎	377	2.7	12 °	1F*	9	8	2	
					4F	11	9	3	
FNB	船橋市総合教育センター	377	2.3	357 °	GL	5	6	2	
					1F	5	5	2	
					9F	16	13	2	
EDG	江戸川区役所	380	2.7	3 °	1F	8	9	2	
					5F	9	11	2	
NMW	国立西洋美術館	381	2.0	218 °	GL*	5	5	2	
					B1FW	5	3	2	
					B1FE	5	4	2	
					01FW	7	7	2	
					01FE	7	8	2	
					04F	9	8	2	
ICK	市川行徳図書館	381	2.8	321 °	1F	8	9	3	
					2F	9	10	3	
					5F	13	13	3	
SMD	墨田区役所	381	1.9	0 °	B1F	4	3	2	
					8F	15	13	2	
					20F	30	20	2	
UTK	東京大学工学部 11 号館	382	1.9	348 °	GL	4	4	2	
					1F	3	4	2	
					7F1	9	8	2	
					7F2	9	11	3	
NKN	東京法務局中野出張所	384	1.9	0 °	1F*	3	4	2	
					6F	5	6	2	
MNM	南砂住宅 3 号棟	385	2.5	180 °	15F	14	22	2	
					01F*	7	6	1	
CG3	中央合同庁舎 3 号館	386	1.8	208 °	B2F*	3	3	2	
					B1F	4	4	2	
					12F	10	9	2	
CG2	中央合同庁舎 2 号館	386	1.7	208 °	B4F*	2	3	2	
					13F	12	9	3	
					21F	19	14	3	
TKD	コーシャタワー佃	386	2.1	180 °	01F*	4	4	2	
					18F	8	14	2	
					37F	16	25	2	
CHB	千葉第二地方合同庁舎	386	2.1	346 °	GL	5	5	2	
					B1F	5	5	2	
					8F	18	12	2	
YYG	国立オリンピック記念青少年総合センター	387	2.0	355 °	GL	4	4	2	
					1F	4	4	2	
					4F	4	9	2	

表-3.4　建築研究所の強震記録(3/3)

記号	観測地点	距離(km)	計測震度	設置方位	設置位置	最大加速度 (cm/s^2) H1	H2	V	備考
KDI	国土交通大学校	388	1.8	90 °	GL	4	3	1	
					1F	3	3	1	
					3F	4	5	1	
TUF	東京海洋大学国際交流会館	391	2.1	0 °	1F	5	7	2	
					7F	12	8	2	

計測震度は*印の位置で算出。最大加速度の H1 は設置方位成分、H2 は直交する水平成分、V は鉛直成分。

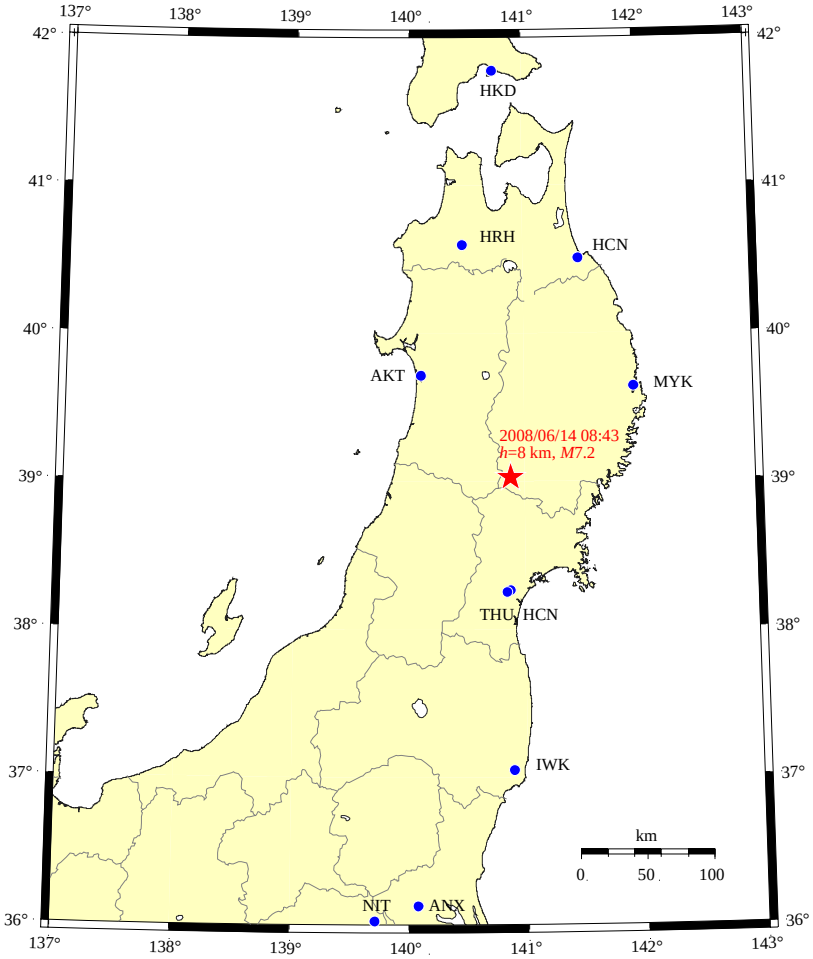


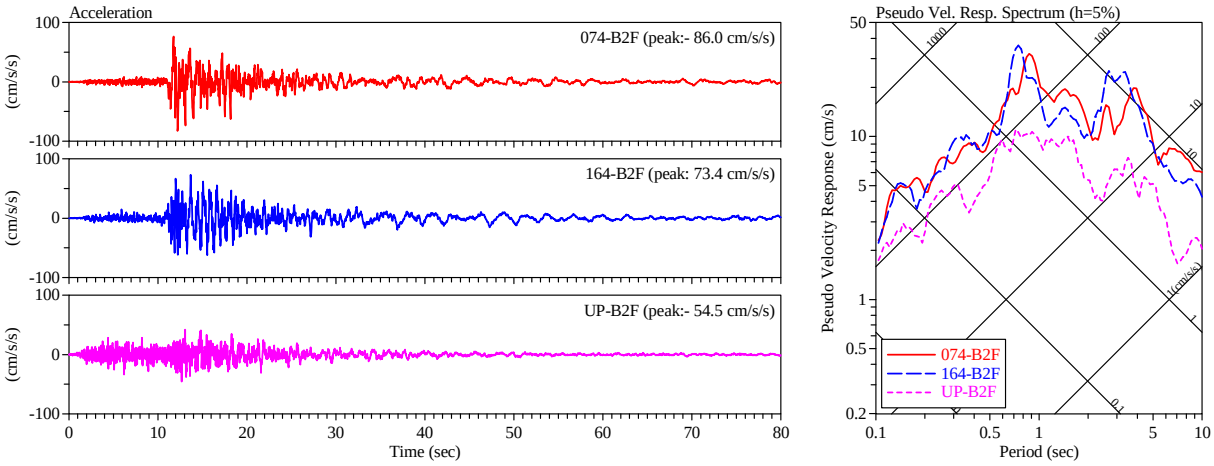
図-3.14　震央(★)と建築研究所の強震観測地点(●)の位置。記号は表-3.4 を参照

3.4.1 仙台第 2 合同庁舎(SND)の強震記録

仙台第 2 合同庁舎(SND)は仙台市青葉区本町にある鉄骨造 15 階建ての庁舎建物である。加速度計は塔屋 1 階(15F)、地下 2 階(B2F)及び地中深さ 40 m(G40)に設置されている。仙台第 2 合同庁舎で観測された加速度記録と減衰定数 5%の擬似速度応答スペクトルを図-3.15 から図-3.17 に示す。建物への入力と考えられる地下 2 階(B2F)の記録から算出した計測震度は 4.3 であった。なお、加速度計の設置方位は建物の軸に合わせてあり、波形成分のラベルの数字は方位(例えば 074 は北から時計回りに 74 °)を表す。

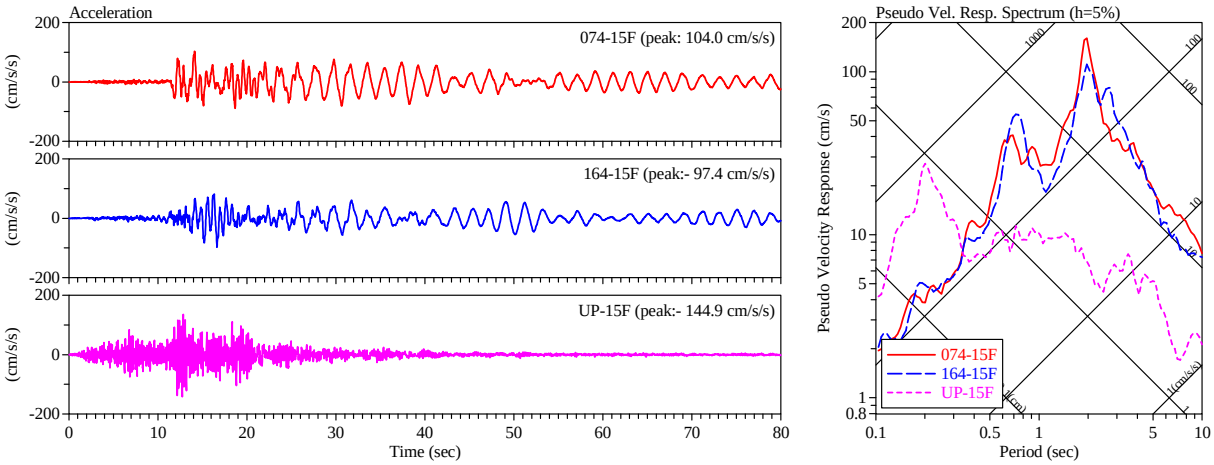
B2F の記録の応答スペクトルに着目すると、水平成分では 0.8 秒付近と 3 秒から 4 秒の周期領域の卓越が観察できる。地中 40 m(G40)の記録にも同様のピークがあり、より深い地盤構造の影

響を反映したものと考えられる。建物 15 階(15F)の記録を見ると、地震動の後続部分で建物の揺れが長く継続した様子が表れており、建物の固有周期は両方向とも約 2 秒であった。なお G40 の加速度計の上下成分が不調であり、ここでは除外している。



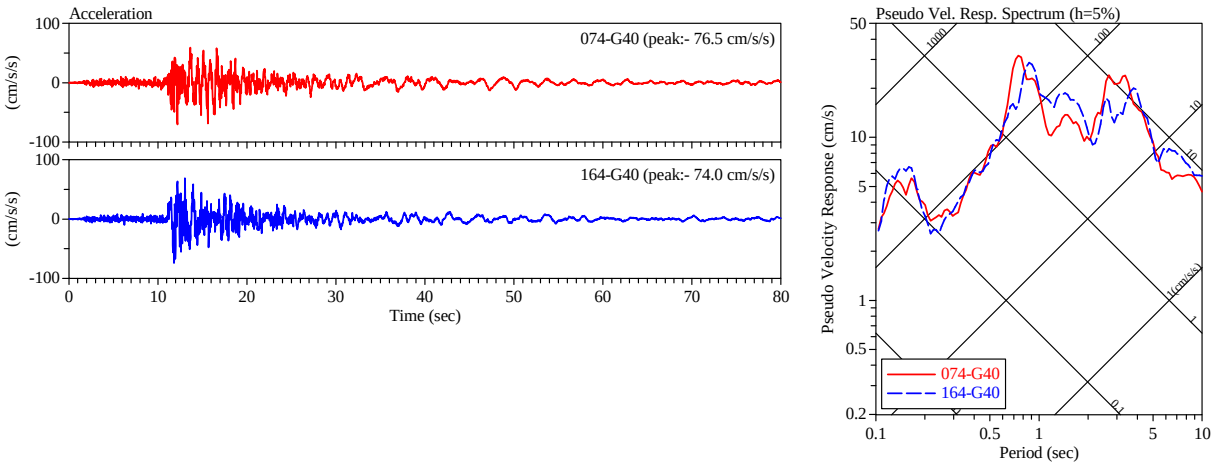
Record Time: 2008/06/14 08:44:00, Site: SND: Sendai Government Office Bldg. #2

図-3.15　仙台第 2 合同庁舎 B2F の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル



Record Time: 2008/06/14 08:44:00, Site: SND: Sendai Government Office Bldg. #2

図-3.16　仙台第 2 合同庁舎 15F の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル



Record Time: 2008/06/14 08:44:00, Site: SND: Sendai Government Office Bldg. #2

図-3.17　仙台第 2 合同庁舎 G40 の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.4.2 東北大学人間・環境系研究棟(THU)の強震記録

東北大学人間・環境系研究棟(THU)は仙台市青葉区の東北大学青葉山キャンパスにある SRC 造 9 階建ての校舎建物である(建物の呼称は現在異なるようだがここでは旧来の呼称を用いる)。加速度計は校舎 1 階及び 9 階に設置されている。東北大学人間・環境系研究棟で観測された加速度記録と減衰定数 5%の擬似速度応答スペクトルを図-3.18 及び図-3.19 に示す。建物 1 階(01F)の記録から算出した計測震度は 4.6 であった。

01F の記録の応答スペクトルを見ると、水平成分には 0.7 秒から 0.9 秒と 4 秒前後の 2 つのピークが見られ、仙台第 2 合同庁舎 B2F の記録と傾向は類似している。09F の記録の水平成分の応答スペクトルには 0.8 秒及び 0.9 秒に明瞭なピークが表れ、建物の 1 次固有周期に対応すると考えられる。

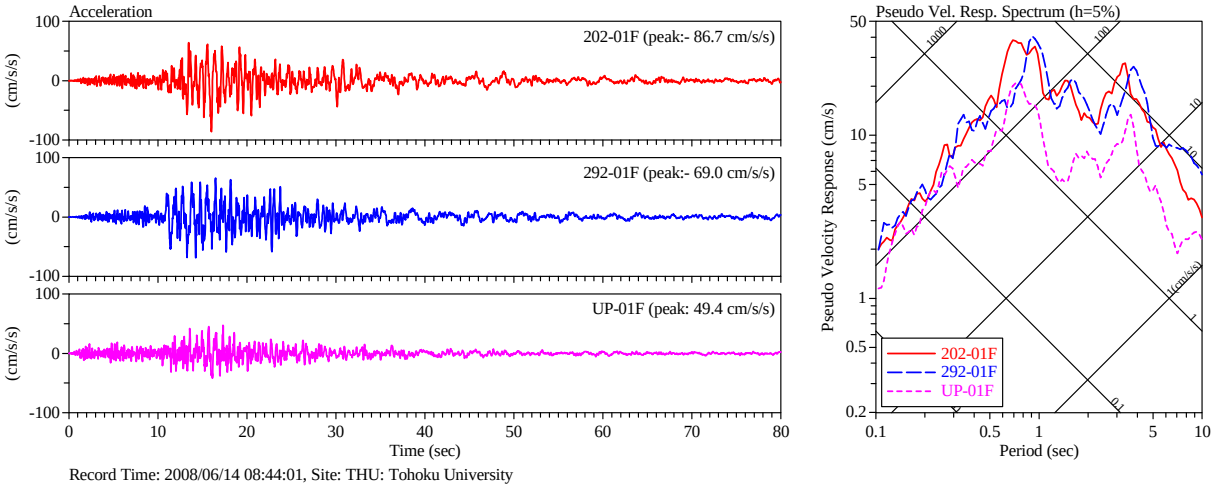


図-3.18　東北大学人間・環境系研究棟 01F の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

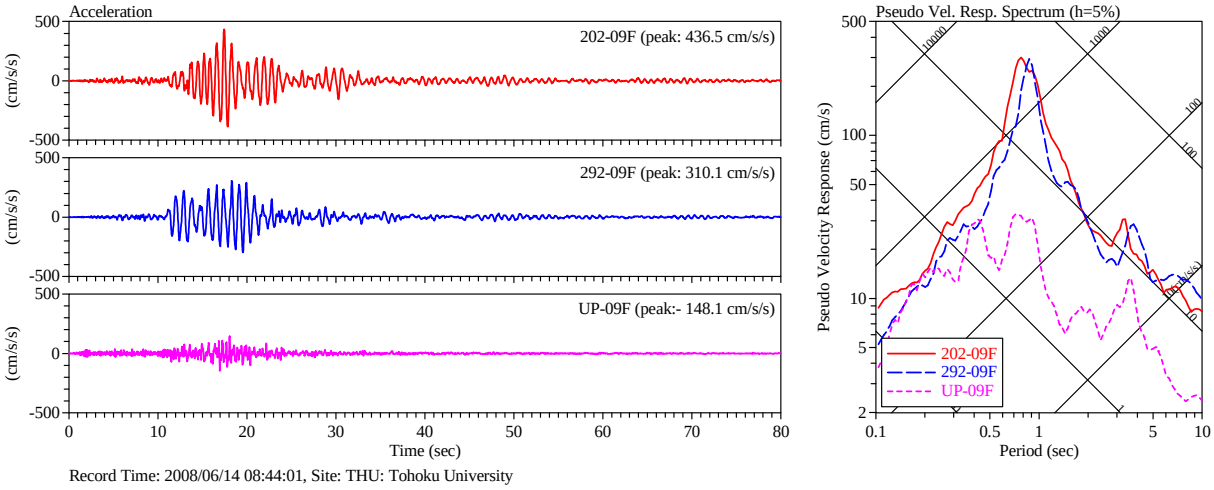


図-3.19　東北大学人間・環境系研究棟 09F の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.4.3 秋田県庁(AKT)の強震記録

秋田県庁(AKT)は秋田市山王に建つ RC 造 6 階建ての庁舎建物である。加速度計は庁舎地下 1 階(B1F)及び塔屋 2 階(08F)階に設置されている。秋田県庁で観測された加速度記録と減衰定数 5%の擬似速度応答スペクトルを図-3.20 及び図-3.21 に示す。地下 1 階(B1F)の記録から算出した計測震度は 3.5 であった。

B1F の加速度記録には後続の長周期成分が明瞭に表れている。応答スペクトルを見ると、この周期が 3.5 秒から 4.8 秒であることがわかる。08F の記録の水平成分の応答スペクトルから、建物の 1 次固有周期は 0.7 秒及び 0.6 秒と推察される。

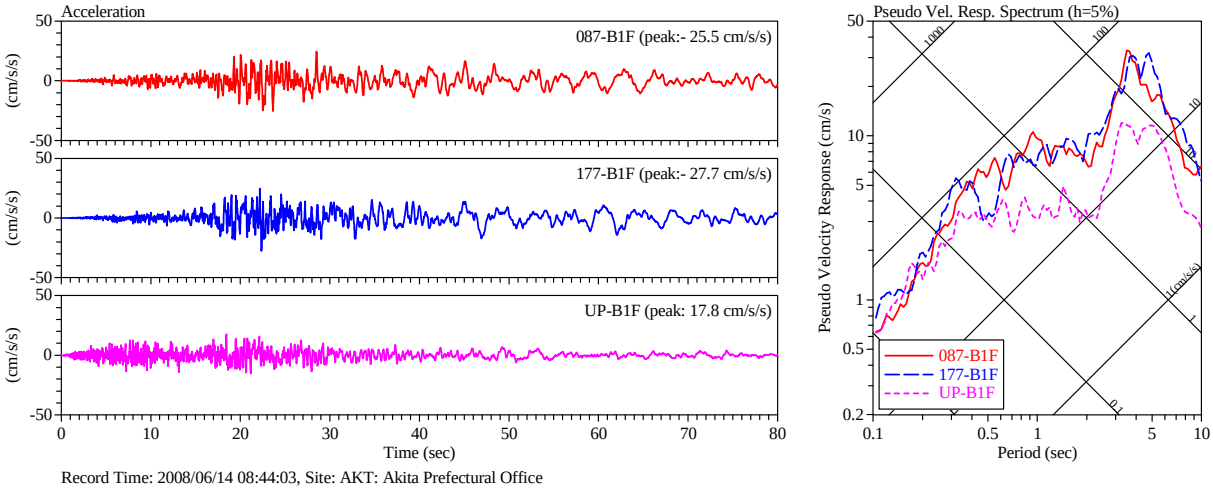


図-3.20　秋田県庁 B1F の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

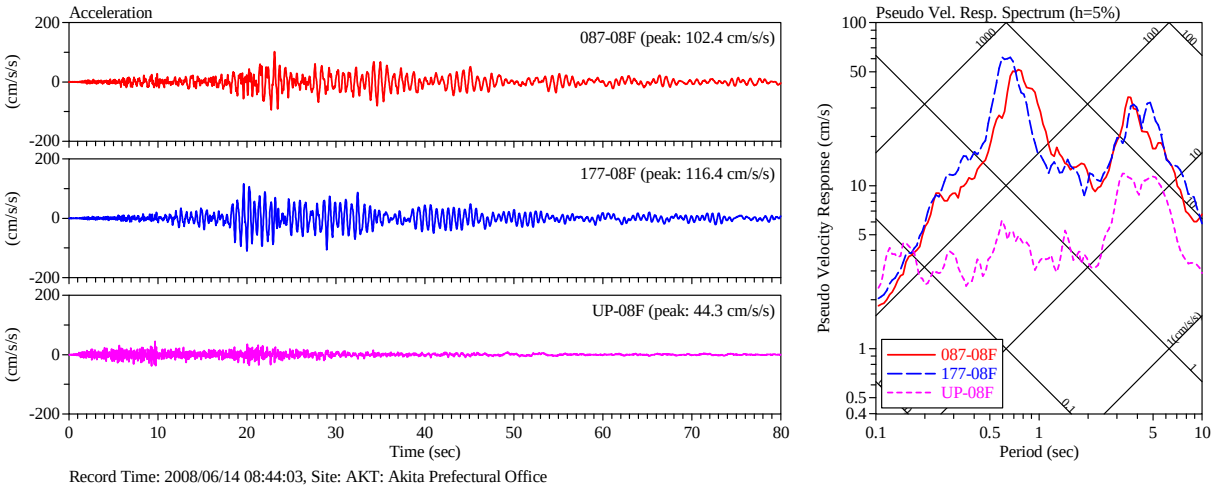
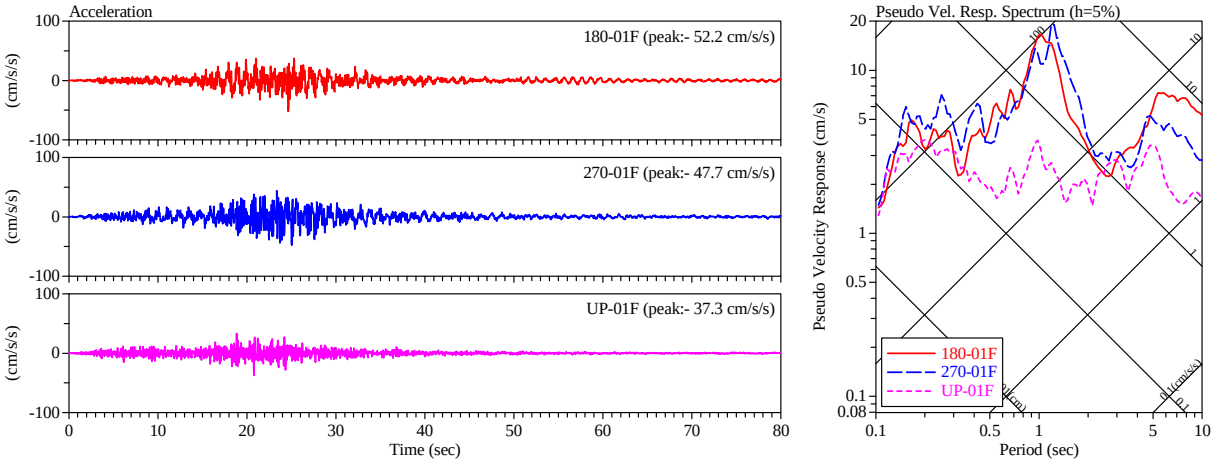


図-3.21　秋田県庁 08F の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.4.4 宮古市庁舎(MYK)の強震記録

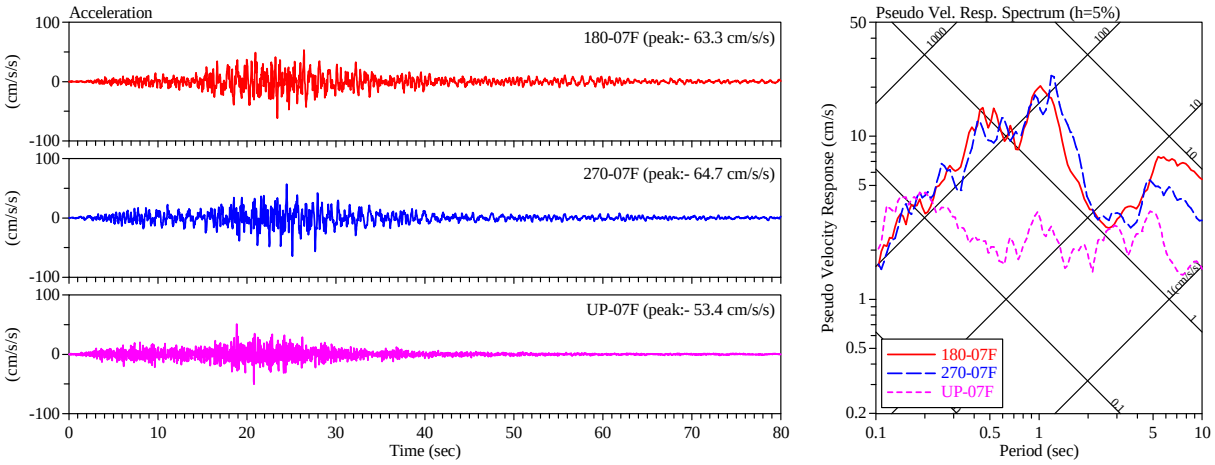
宮古市庁舎(MYK)は岩手県宮古市新川町に建つ RC 造 7 階建ての庁舎建物である。加速度計は庁舎 1 階(01F)、7 階(07F)及び地表(GL)に設置されている。宮古市庁舎で観測された加速度記録と減衰定数 5%の擬似速度応答スペクトルを図-3.22 から図-3.24 に示す。地表(GL)の記録から算出した計測震度は 3.8 であった。

01F と GL の加速度波形や応答スペクトルはよく似ており、応答スペクトルは周期 1 秒に卓越が認められる。07F の波形や応答スペクトルには建物の 1 次固有振動が明瞭には表れていないが、フーリエスペクトル解析からは建物の 1 次固有周期は 0.4 秒及び 0.5 秒と見られ、01F と 07F の応答スペクトルもこの周期領域で違いが見られる。



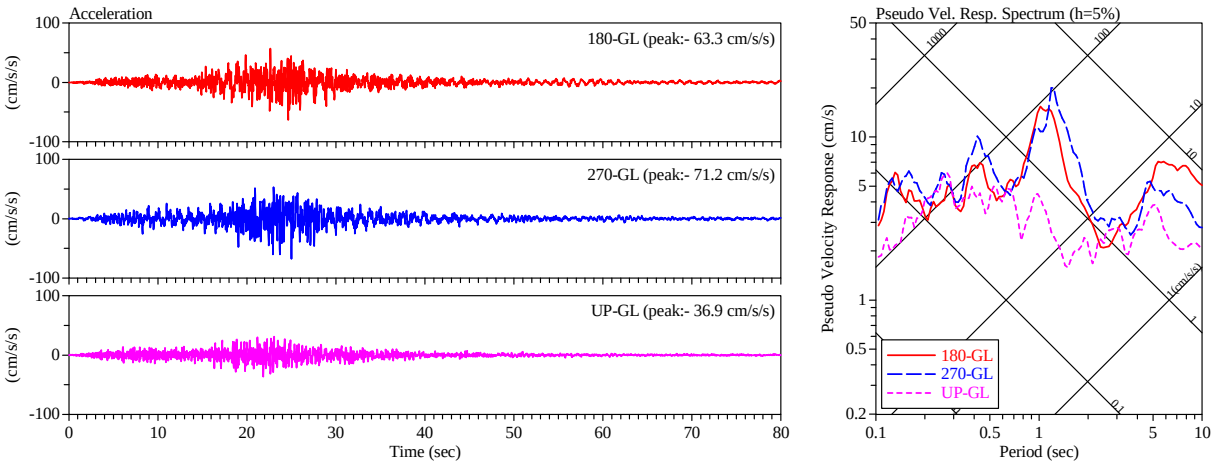
Record Time: 2008/06/14 08:45:59, Site: MYK: Miyako City Hall, Seismic Intensity: 3.7

図-3.22　宮古市庁舎 01F の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル



Record Time: 2008/06/14 08:45:59, Site: MYK: Miyako City Hall, Seismic Intensity: 3.7

図-3.23　宮古市庁舎 07F の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル



Record Time: 2008/06/14 08:45:59, Site: MYK: Miyako City Hall, Seismic Intensity: 3.7

図-3.24　宮古市庁舎 GL の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.4.5 建築研究所新館(ANX)の強震記録

建築研究所新館(ANX)は茨城県つくば市に建つ SRC 造 8 階建ての建物である。この建物では、周

辺地盤と隣接建物を含めて 22 台の加速度計を配した高密度の強震観測を行っている[3.13)]。ここではそのうち地表(A01)、建物地下 1 階(B1F)及び 8 階(08F)で得られた加速度記録と減衰定数 5%の擬似速度応答スペクトルを図-3.25 から図-3.27 に示す。地表(A01)の記録から算出した計測震度は 3.5 であった。地表の記録を見ると 2 分以上にわたって揺れが継続しており、応答スペクトルには 1 秒付近のピークが特徴的である。また建物 8 階の応答速度は 100 cm/s 近くに達している。震央から 330 km と離れているが、相当大きな揺れであったと言える。

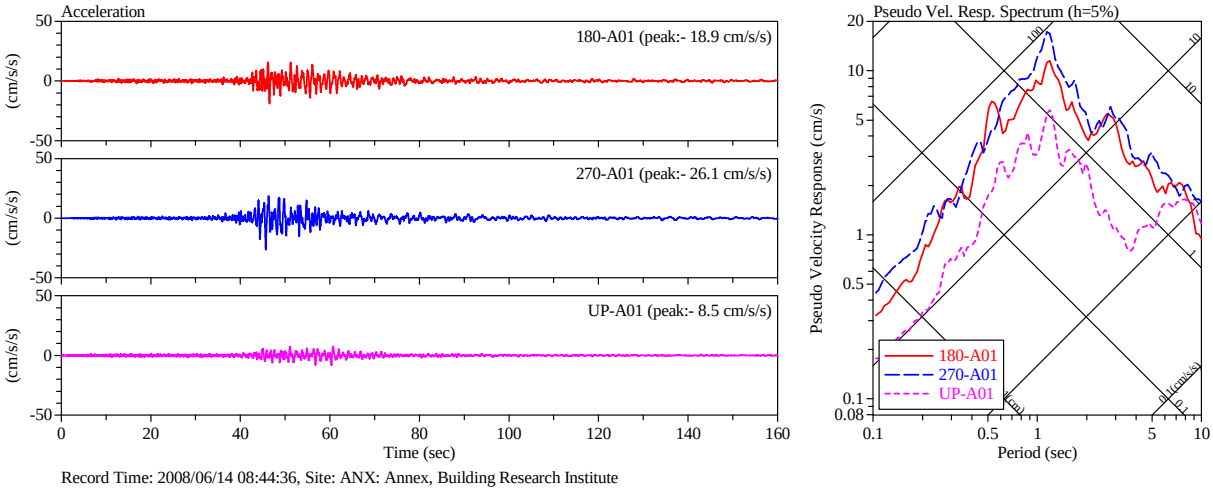


図-3.25　建築研究所新館(A01)の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

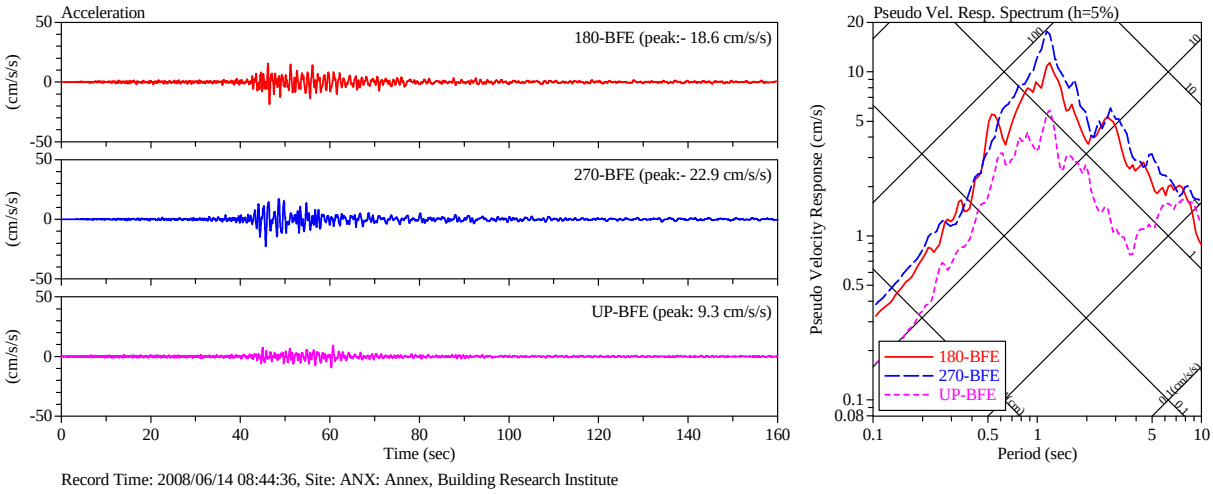


図-3.26　建築研究所新館 B1F(BFE)の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

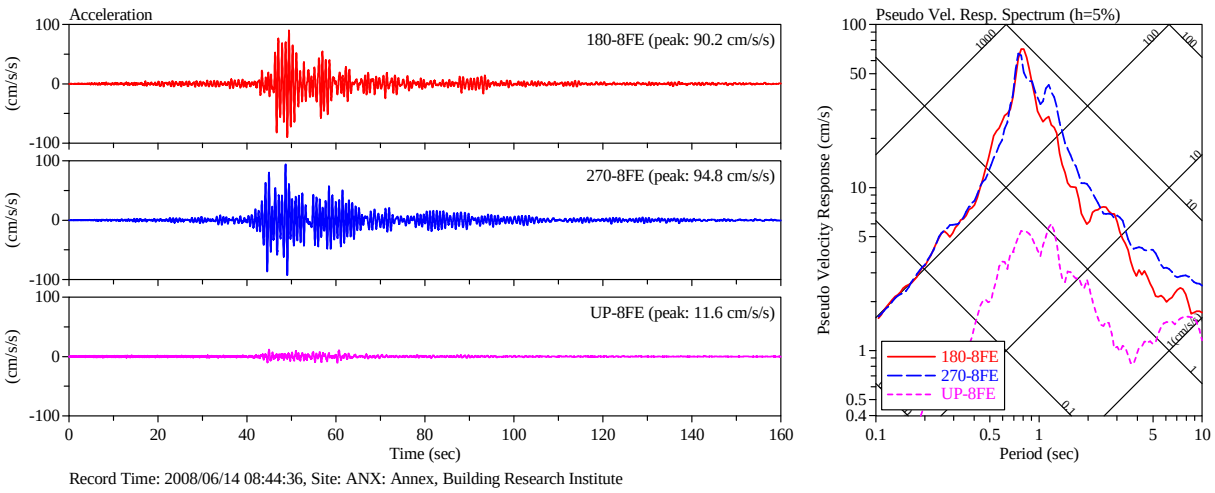


図-3.27　建築研究所新館 08F(8FE)の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.5 余震観測調査

2008 年岩手・宮城内陸地震における建物への入力地震動や建物応答の検討に資するため、被災地での余震観測を行った。余震観測の対象は、震央に近い市街地の公的建物として栗原文化会館を、長周期地震動が観測された K-NET 鳴子観測地点の近傍として大崎市鬼首(おにこうべ)出張所周辺地盤を選定した。なお、本節で述べる余震観測調査の担当者と日程は以下の通りである。

担当者

独立行政法人建築研究所 国際地震工学センター　小山信、鹿嶋俊英

日程

2008 年 6 月 17 日～18 日: 強震計設置(17 日栗原文化会館、18 日鬼首出張所)

2008 年 7 月 18 日: 記録回収、鬼首強震計撤収

2008 年 8 月 7 日: 築館強震計撤収

3.5.1 栗原文化会館の観測の概要

栗原文化会館は旧築館町の中心部に位置し、震央距離は約 36 km である。前述したように、栗原文化会館の南側約 200 m の地点に設置された K-NET 築館観測地点では、最大加速度 740 cm/s^2、計測震度 5.7 の強震記録が得られている。このため K-NET の記録と比較することにより、地形の効果や建物への入力地震動に関する知見を得ることができると考え、栗原文化会館を余震観測の対象とした。

栗原文化会館は、事務所や集会室からなる RC2 階建ての低層棟と 1000 人収容のホール棟で構成されており、余震観測の対象は低層棟とした。強震計は 3 台の Kinemetrics 社 Etna を用い、建物の地下 1 階、2 階、及び地盤上に設置した。地盤上にも強震計を設置したのは、前述のように K-NET 築館は文化会館と 200 m ほど離れている上に、数 m の高低差があり、入力が同一と見なせるか確認するためである。観測期間は 2008 年 6 月 17 日より 8 月 7 日までである。

栗原文化会館の強震計の配置を図-3.28 に、低層棟の外観を写真-3.1 に、各強震計の設置状況を写真-3.2 から写真-3.4 に示す。

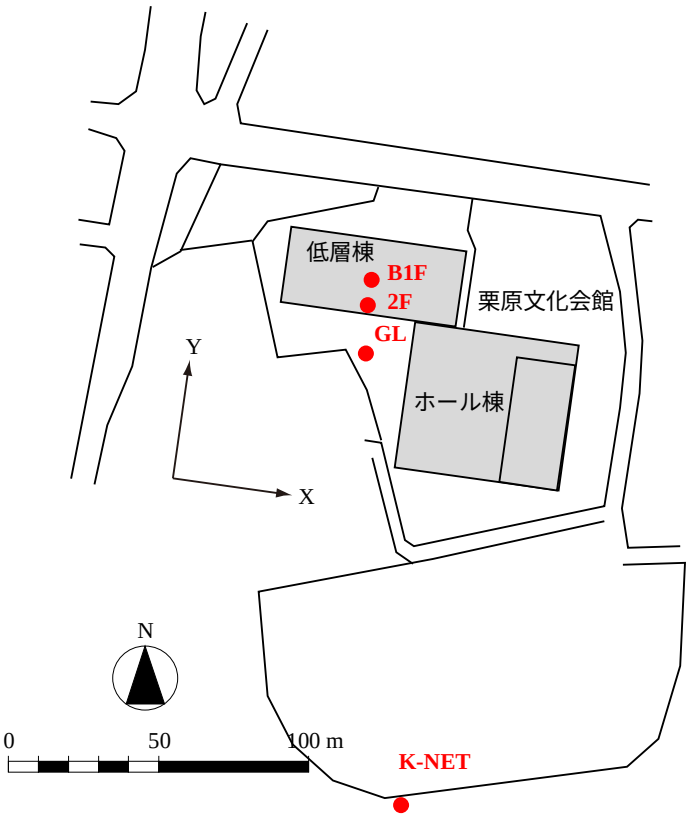


図-3.28　観測地点の配置。B1F 及び 2F は建物内の地下 1 階及び 2 階

写真-3.1　栗原文化会館外観

写真-3.2　栗原文化会館 B1F 強震計

写真-3.3　栗原文化会館 2F 強震計

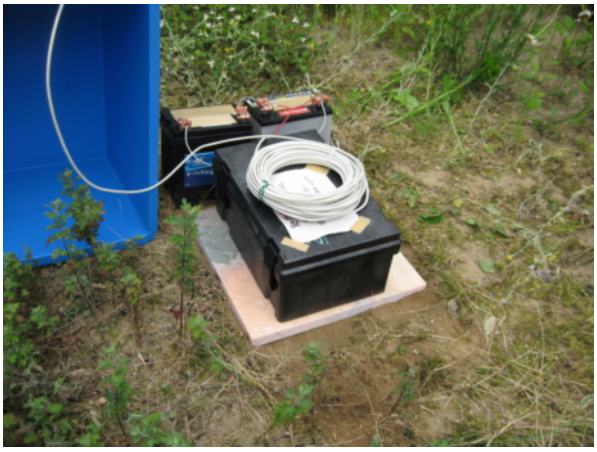


写真-3.4　栗原文化会館 GL 強震計

3.5.2 鬼首出張所の余震観測の概要

K-NET 鳴子観測地点は大崎市鬼首中学校(現在は廃校)校庭の端に設置され、本震の地震動は NS 成分に 3 秒の大きな卓越が見られる特徴的なものであった。この強震記録の特性の要因を検討するために K-NET 鳴子観測地点周辺に 3 台の強震計を設置した。設置位置を図-3.29 に示す。1 台は、K-NET 観測地点から北西に約 400 m 離れた大崎市鳴子総合支所鬼首出張所の裏庭に設置した。この建物は規模の大きな木造 2 階建てで、今回の地震では目立った被害を受けていない。建物の外観を写真-3.5 に、強震計の設置状況を写真-3.6 に示す。

もう 2 台の強震計は、鬼首出張所と K-NET 鳴子の間を補間するため、鬼首出張所の裏のゲートボール場及び旧鬼首中学校後者裏に設置した。設置状況を写真-3.7 及び写真-3.8 に示す。観測期間は 2008 年 6 月 18 日より 7 月 18 日までである。

図-3.29　大崎市鬼首出張所の強震計設置位置(国土地理院 2 万 5 千分 1 地形図に加筆)

写真-3.5　鬼首出張所外観

写真-3.6　鬼首出張所強震計設置状況

写真-3.7　ゲートボール場強震計設置状況

写真-3.8　鬼首中学校強震計設置状況

3.5.3 栗原文化会館の強震記録

栗原文化会館では、岩手・宮城内陸地震の余震に加え、東北地方で発生した他の地震の記録も得ることができた。主な地震の諸元と栗原文化会館の地表(GL)で得られた記録の計測震度及び最大加速度を表-3.5 に示す。EQ1 及び EQ4 は岩手・宮城内陸地震の余震である。EQ2 は福島県沖を震源地する地震、EQ3 は岩手県沿岸北部を震源地する地震である。特に 2008 年 7 月 24 日 00 時 26 分に岩手県沿岸北部で発生した EQ3 では、計測震度に換算して 5.0 の大きな地震動記録が得られた。この地震の震源深さは 108 km、気象庁マグニチュードは 6.8、栗原文化会館からの震央距離は 123 km であった。なお、X 及び Y は図-3.28 に示した方向、Z は上下方向である。

表-3.5　栗原文化会館における主な観測記録(計測震度と最大加速度は GL の値)

#	日時	震央	h (km)	M	Δ (km)	I_{JMA}	最大加速度 (cm/s^2)		
							NS	EW	UD
EQ1	2008/06/17 21:30	岩手県内陸南部	11	4.1	43	1.2	5	7	3
EQ2	2008/07/19 11:39	福島県沖	32	6.9	173	3.3	28	32	13
EQ3	2008/07/24 00:26	岩手県沿岸北部	108	6.8	123	5.0	159	228	65
EQ4	2008/07/30 10:15	宮城県北部	5	3.6	20	1.9	9	24	10

h: 震源深さ，M: 気象庁マグニチュード，Δ: 震央距離，I_{JMA}: 計測震度

EQ3 について、各観測点の計測震度と最大加速度を表-3.6 に示す。表中には参考として、K-NET 築館(MYG004)で得られた強震記録の値 [3.4] も示している。K-NET の最大加速度の方位は X が東西(EW)成分、Y が北南(NS)に対応している。

表-3.6　2008 年 7 月 24 日岩手県沿岸北部の地震の記録の計測震度と最大加速度

記号	観測地点	Δ (km)	設置位置	I_{JMA}	最大加速度 (cm/s^2)			観測機器
					NS	EW	UD	
KRH	栗原文化会館	123	GL	5.0	228	159	65	Etna
			B1F	4.7	136	107	50	Etna
			2F	5.0	211	178	59	Etna
MYG004	K-NET 築館	123	GL	4.7	231	169	80	K-NET02

h: 震源深さ，M: 気象庁マグニチュード，Δ: 震央距離，I_{JMA}: 計測震度，K-NET の最大加速度は X: EW，Y: NS，Z: UD

(1) 栗原文化会館地表の記録と K-NET 築館の記録の比較

EQ3 の地震時に、栗原文化会館の地表(GL)で得られた加速度記録と K-NET 築館で得られた加速度記録を図-3.30 に示す。上段が文化会館の地表、下段が K-NET 築館で、それぞれ北南(NS)成分、東西(EW)成分、上下(UD)成分の順で並んでいる。なお図-3.28 に示したように、文化会館の強震計は建物軸に合わせて設置してあり、X が N098°E(北から東回りに 98 度)、Y が N008°E となっているが、ここでは地表(GL)の記録を K-NET に合わせて NS 及び EW 成分に変換しており、その最大加速度は表-3.6 の値とは異なっている。

加速度記録を見ると、EW 成分及び UD 成分で K-NET の方が若干大きな最大加速度を記録しているものの、両者の包絡形はいずれの成分でも概ね共通している。

図-3.31 に両者の加速度記録のフーリエスペクトル(幅 0.2 Hz の Parzen Window で平滑化)を、図-3.32 に K-NET 築館の栗原文化会館地表に対するフーリエスペクトル比(K-NET/GL)を示す。フーリエスペクトルからは、0.5 秒及び 1 秒付近に山が認められ、全般的にこれらの周期を中心とした中周期成分が卓越した地震動の特性となっている。またフーリエスペクトル比からは、1 秒以上の長周期では両者の特性はほぼ一致しているが、0.3 秒から 0.7 秒の周期成分では栗原文化会館の地震動が、0.2 秒以下の短周期成分では K-NET 築館の地震動がより優勢となっている。

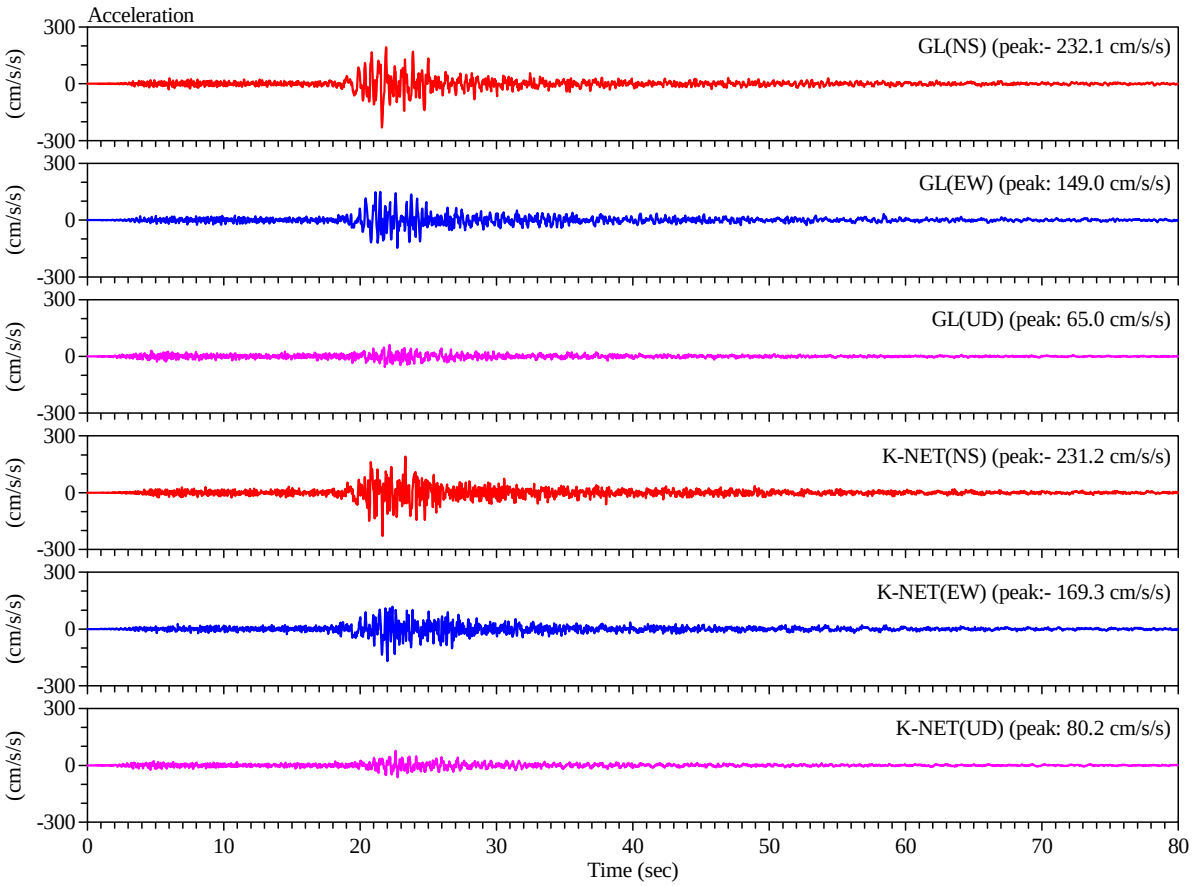


図-3.30　栗原文化会館地表(GL)と K-NET 築館(K-NET)の加速度記録。それぞれ北南(NS)成分、東西(EW) 成分、上下(UD) 成分の順で並ぶ

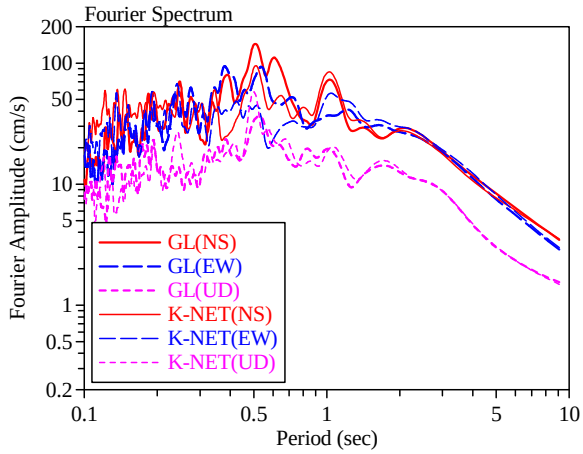


図-3.31　栗原文化会館 GL と K-NET 築館の加速度記録のフーリエスペクトル

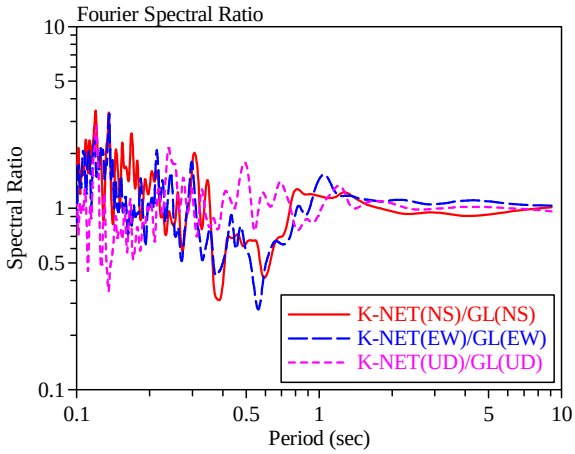


図-3.32　K-NET 築館の栗原文化会館 GL に対するフーリエスペクトル比

(2) 栗原文化会館の振動特性

EQ3 の地震時に、栗原文化会館の地表(GL)、地下 1 階(B1F)及び 2 階(02F)で得られた加速度記録を図-3.33 に示す。上段が地表(GL)、中段が地下 1 階(B1F)、下段が 2 階(02F)の記録で、それぞれ X 成分(建物長辺方向)、Y 成分(建物短辺方向)、Z 成分(上下方向)の順で並んでいる。

地下 1 階(B1F)の水平成分の最大加速度は、地表(GL)に比べ 2/3 程度に低下しており、2 階(02F)

の最大加速度は地下１階(B1F)の 1.5 倍程度の値となっている。一方、各観測点の上下成分の最大加速度の差は、水平成分に比べて小さい。

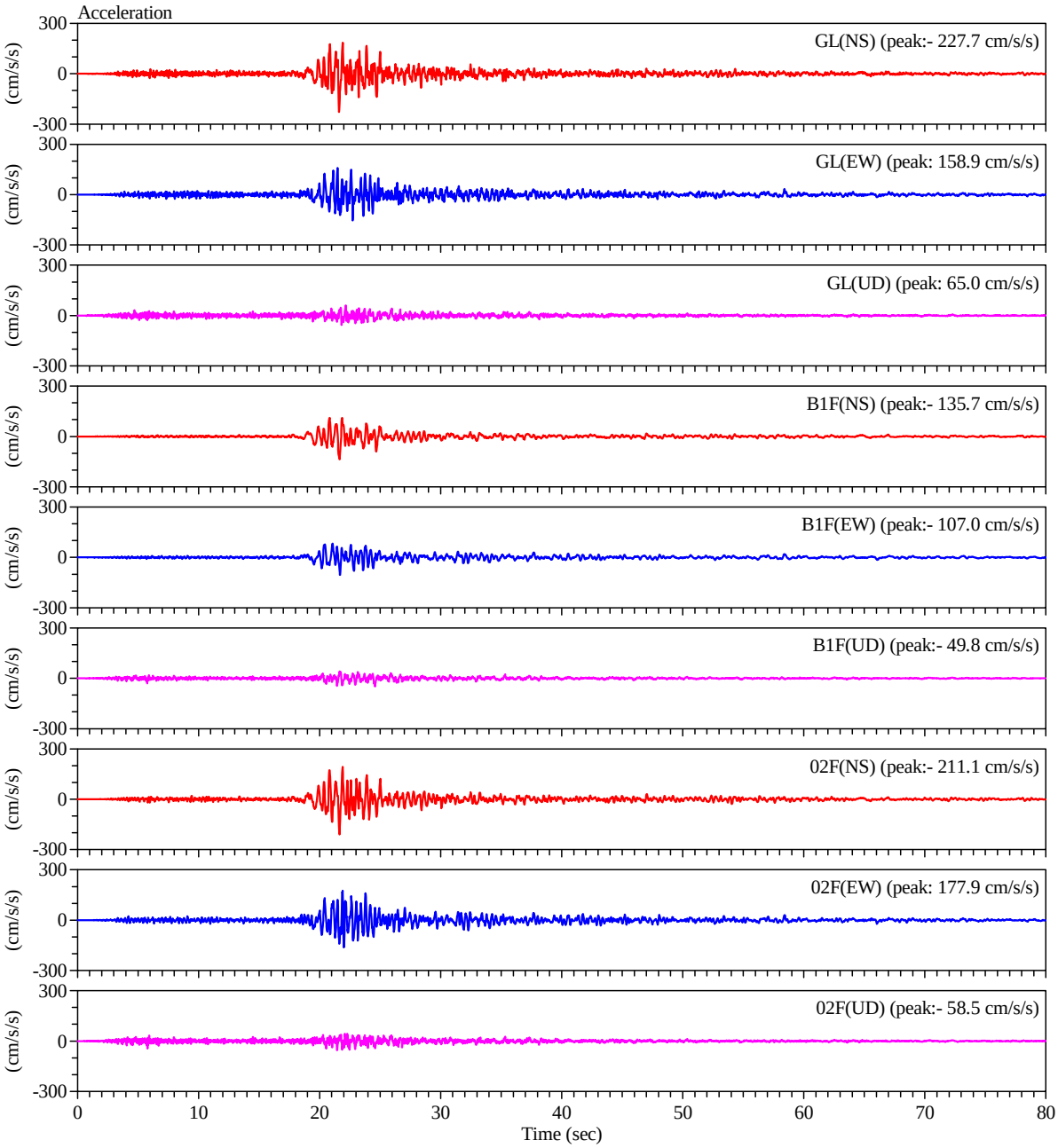


図-3.33　栗原文化会館地表(GL)、地下１階(B1F)及び２階(02F)の加速度記録。それぞれ X 成分(建物長辺方向)、Y 成分(建物短辺方向)、Z 成分(上下方向)の順で並ぶ

地下 1 階の地表に対するフーリエスペクトル比(B1F/GL)を図-3.34 に示す。いずれの成分も、0.3 秒以下の周期領域でスペクトル比は大きく低下し、地震入力の低減が認められる。建物 2 階の地下１階に対するスペクトル比(02F/B1F)を図-3.35 に示す。X 成分では 0.24 秒、Y 成分では 0.22 秒にピークが認められ、建物の固有周期と考えられる。図-3.36 に建物 2 階の地表に対するスペクトル比(02F/GL)を示す。これは地盤と建物の相互作用を含んだ系の特性を表すものだが、建物による増幅が入力低減効果と相殺されて、ピークは不明瞭である。

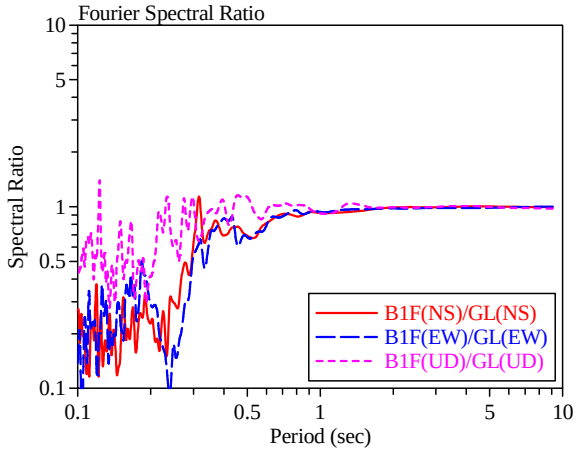


図-3.34　栗原文化会館 B1F/GL のフーリエスペクトル比

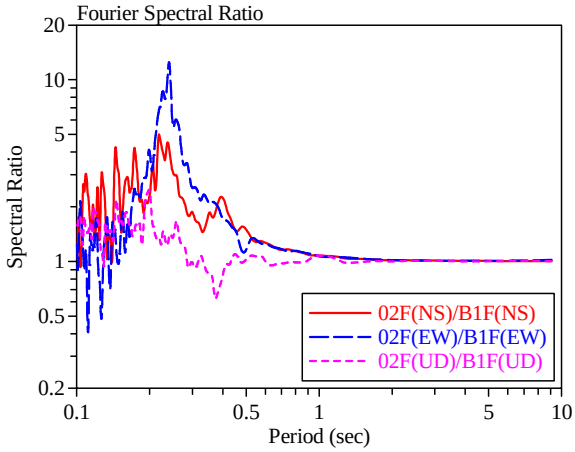


図-3.35　栗原文化会館 02F/B1F のフーリエスペクトル比

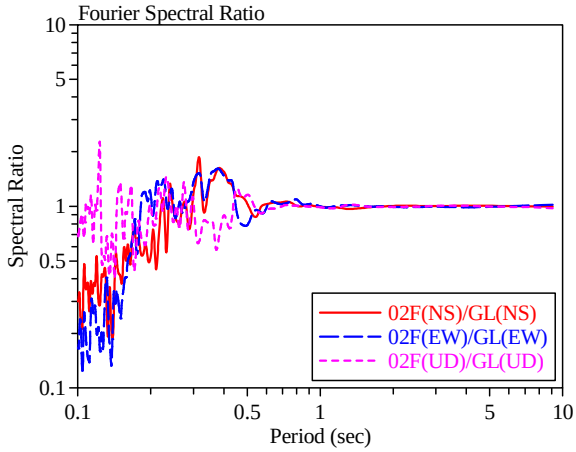


図-3.36　栗原文化会館 02F/GL のフーリエスペクトル比

3.5.4 鬼首出張所の余震記録

鬼首の余震観測では、150 を超える観測記録を得ることができたが、このうち K-NET 鳴子でも記録が得られ、比較分析できるものは 15 地震であった。このうち 2008 年 2008 年 6 月 26 日 23 時 33 分に宮城県北部で発生した地震では K-NET 鳴子で余震観測期間中最大の計測震度 3.4 を記録した。この地震で得られた各地点の記録の計測震度と最大加速度を表-3.7 に示す。

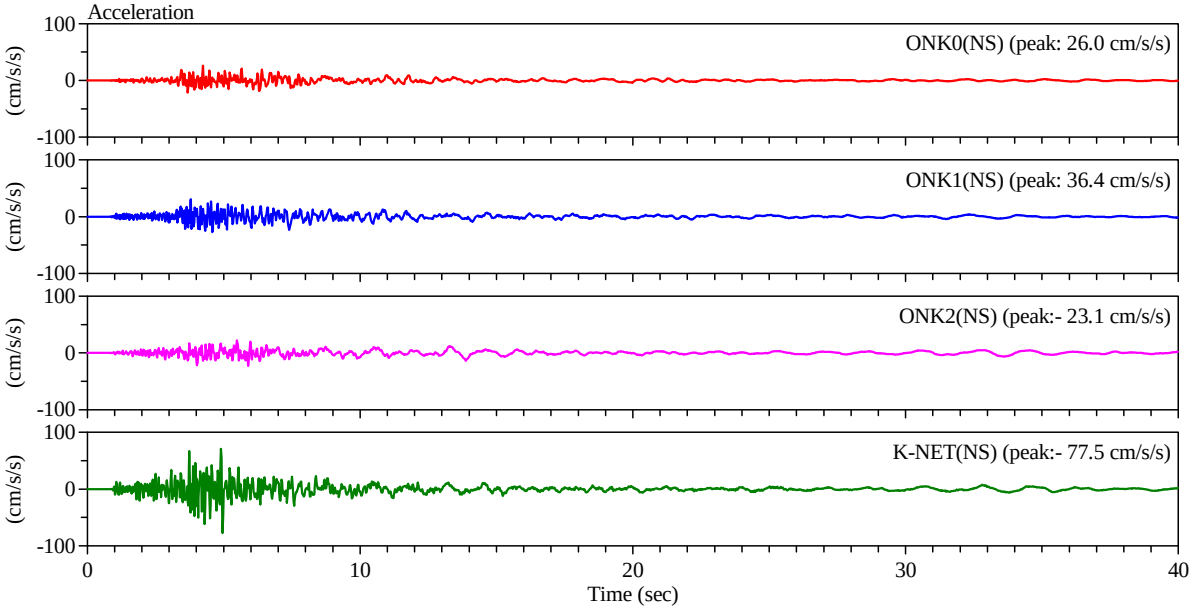
表-3.7　2008 年 6 月 26 日 23 時 33 分宮城県北部の地震の記録の計測震度と最大加速度

記号	観測地点	Δ (km)	設置位置	I_{JMA}	最大加速度 (cm/s^2)			観測機器
					NS	EW	UD	
ONK0	鬼首出張所	12	GL	3.0	26	32	27	Etna
ONK1	ゲートボール場	12	GL	3.1	36	39	22	SMAR-6A3P
ONK2	旧鬼首中学校	12	GL	3.2	23	29	20	SMAR-6A3P
MYG005	K-NET 鳴子	12	GL	3.4	78	80	46	K-NET02

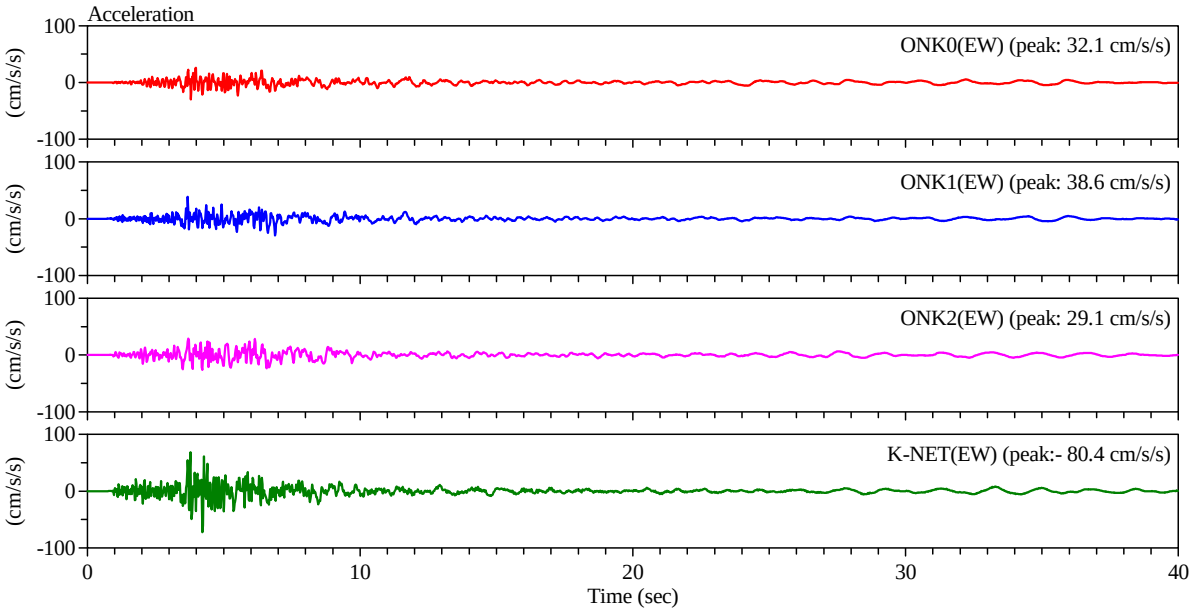
h: 震源深さ，M: 気象庁マグニチュード，Δ: 震央距離，I_{JMA}: 計測震度

この地震で、各観測地点で得られた水平成分の加速度記録を図-3.37 に示す。上段は NS 成分、下段は EW 成分を表し、各成分の上から大崎市鬼首出張所(ONK0)、ゲートボール場(ONK1)、旧鬼首

中学校裏(ONK2)、及び K-NET 鳴子(K-NET)の加速度記録が並んでいる。観測地点の両端である ONK0 と K-NET の距離は 400 m 程度であるが、加速度波形には明らかな差異が表れている。



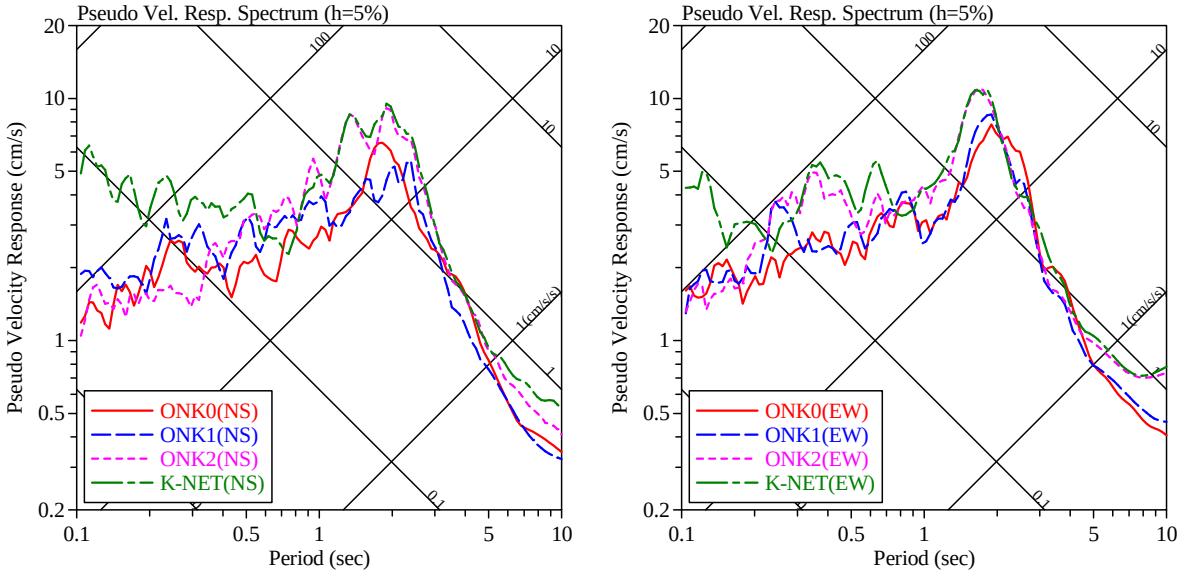
(a) NS 成分



(b) EW 成分

図-3.37 鬼首で得られた余震記録。上段 NS 成分、下段 EW 成分。それぞれ上から大崎市鬼首出張所(ONK0)、ゲートボール場(ONK1)、旧鬼首中学校裏(ONK2)、及び K-NET 鳴子(K-NET)

図-3.37 に示した加速度記録の減衰定数 5%の擬似速度応答スペクトルを図-3.38 に示す。左側が NS 成分、右側が EW 成分で、実線が大崎市鬼首出張所(ONK0)、破線がゲートボール場(ONK1)、点線が旧鬼首中学校裏(ONK2)、一点鎖線が K-NET 鳴子(K-NET)を表す。0.3 秒以下の短周期領域では K-NET の応答が他に比べ大きくなっている。0.5 秒以上の周期領域では、ONK1 は ONK0 と、ONK2 は K-NET とそれぞれ似た特性を示している。また、2 秒辺りの卓越は各観測地点共通の特徴となっている。



(a) NS 成分　　(b) EW 成分

図-3.38　鬼首で得られた余震記録の 5%擬似速度応答スペクトル。左側 NS 成分、右側 EW 成分。

3.6 微動観測調査

余震観測を実施する地盤および建物の振動特性に関する基礎的情報を得るため、図-3.39 および 図-3.40 に示す地盤上および建物内(栗原文化会館の地下 1 階、2 階ならびに大崎市鳴子総合支所鬼首出張所の 2 階)の各点において、微動の移動 1 点観測を以下の日程で行った。

担当者

独立行政法人建築研究所 構造研究グループ　　新井洋

日程

2008 年 6 月 17 日～18 日: 微動測定

地盤上および建物内での微動観測の例を写真-3.9 および写真-3.10 に示す。観測では、固有周期5秒の3成分速度計((株)物探サービス製GEONET1-5S3D, 水平直交2成分＋鉛直1成分)を用い、その水平成分の方向は、地盤上の観測点ではコンパスによる NS・EW 方向、建物内の観測点では建屋の向き(概ね NS・EW 方向)とした。観測波形は増幅後、サンプリング周波数 100Hz (ローパスフィルタのカットオフ周波数 12.5Hz)で A/D 変換(24bit)し、ノートパソコンに記録した。

各観測点において、記録波形が定常性を保っていると考えられる区間を選び、地盤上および栗原文化会館 B1F の観測点では各成分 40.96 秒、それ以外の建物 2F の観測点では各成分 10.24 秒のデータを 8-16 セット程度作成して、FFT およびブロック平均法[3.14)]によりフーリエスペクトルを求めた(バンド幅 0.2Hz の Parzen Window で平滑化)。さらに、地盤上および栗原文化会館 B1F の観測点では、得られた各成分のフーリエスペクトルから、H/V スペクトル[3.15), 3.16)]を算定した。この際、水平動のスペクトルは、NS, EW あるいは両成分の 2 乗和平方根の 3 とおりとした。各観測点で得られた微動のフーリエスペクトルを図-3.39 および図-3.40 に、H/V スペクトルを図-3.41 および図-3.42 に、それぞれ示す。なお、図では、観測で用いたセンサの性能や FFT データ長から有効と判断される周期帯を示している。

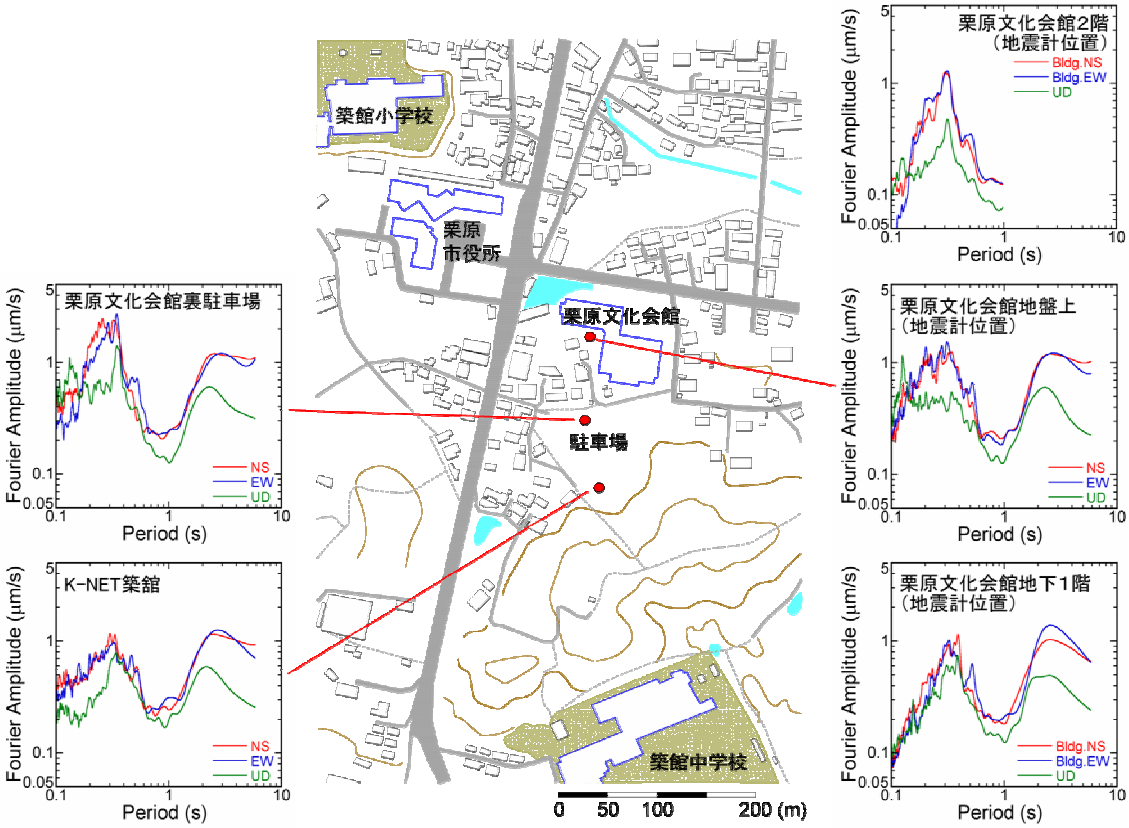


図-3.39　微動の観測点およびフーリエスペクトルの分布(栗原文化会館周辺)

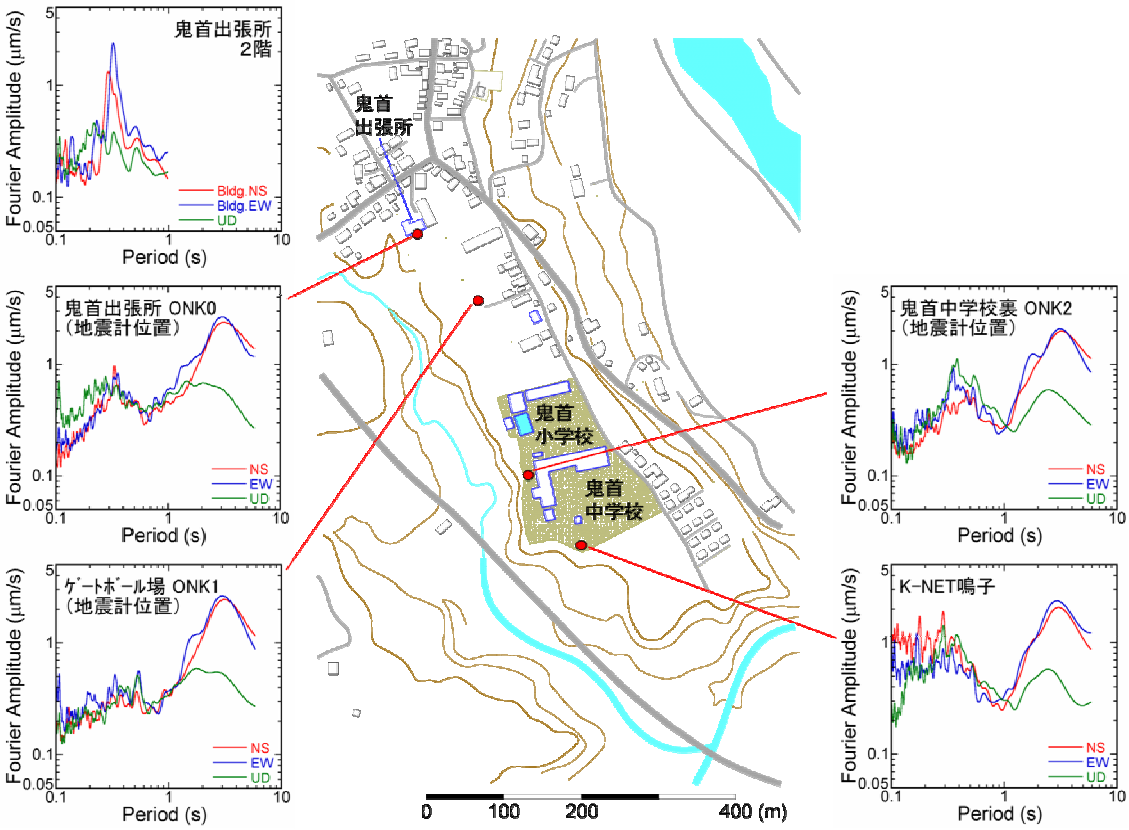


図-3.40　微動の観測点およびフーリエスペクトルの分布(大崎市鳴子総合支所鬼首出張所周辺)

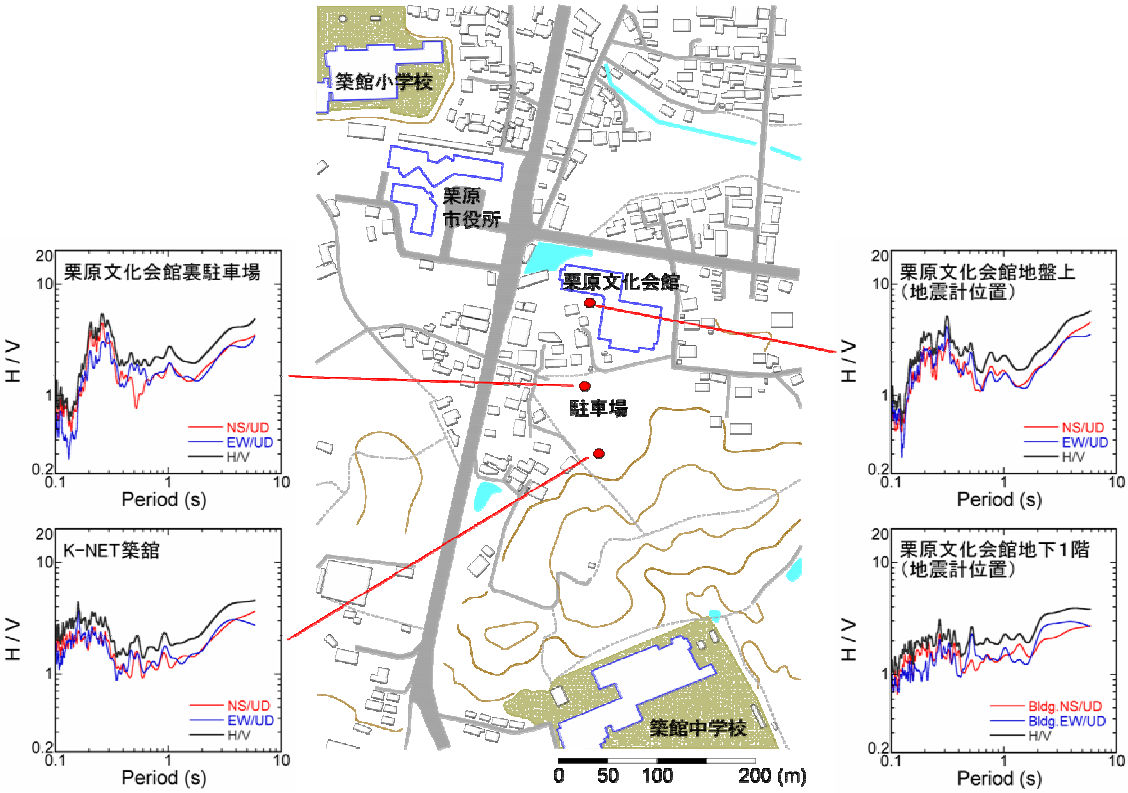


図-3.41　微動 H/V スペクトルの分布(栗原文化会館周辺)

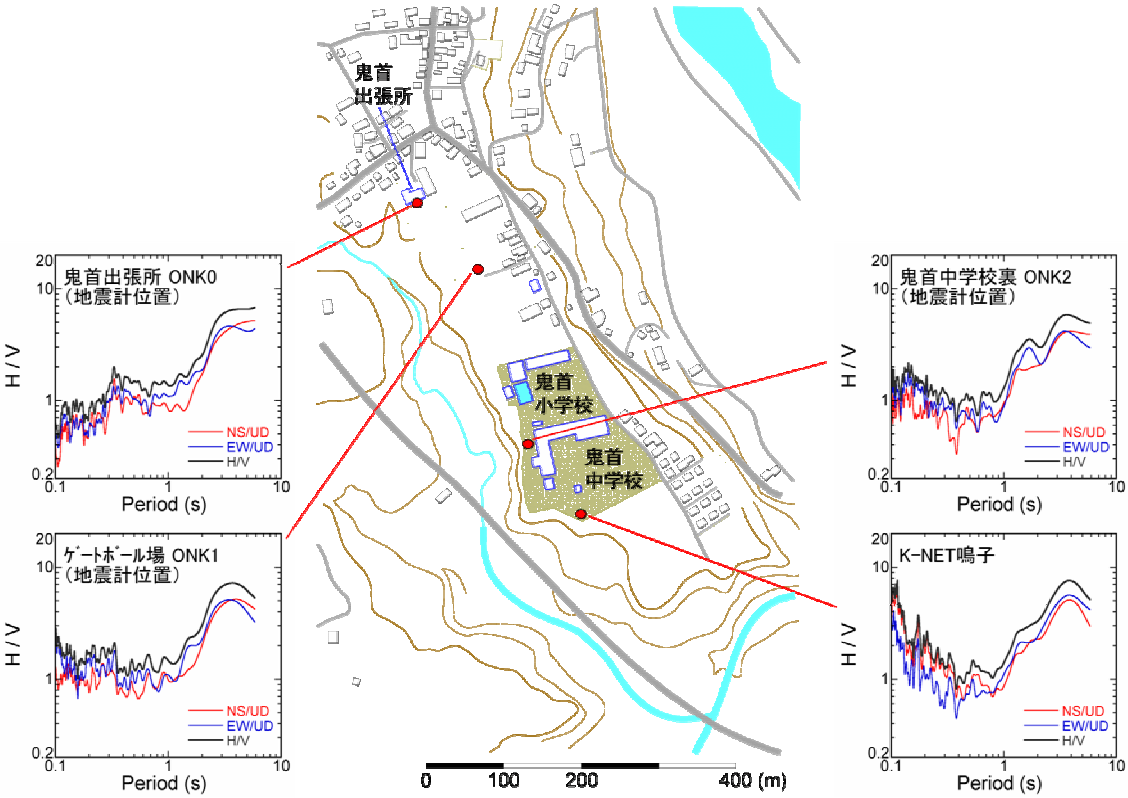


図-3.42　微動 H/V スペクトルの分布(大崎市鳴子総合支所鬼首出張所周辺)

写真-3.9　K-NET 鳴子での微動観測

写真-3.10 栗原文化会館 B1F での微動観測

図-3.39 から図-3.42 より、観測事実として、以下の点が指摘される。

【栗原文化会館周辺】

・地盤上の H/V の周期特性は、不明瞭な場合が多い。ただし、周期 3 秒程度にピークが存在するように見える場合もある。
・文化会館裏駐車場の H/V の周期 0.2-0.3 秒程度のピークは、おそらく盛土の影響と思われる。
・K-NET 築舘と文化会館 B1F の H/V は、周期 0.3 秒程度以上で、比較的良く似ている。

【鬼首出張所周辺】

・地盤上の H/V の周期特性は、周期 3 秒程度に比較的明瞭なピークが見られる場合が多い。これは、佐藤ら[3.12)]や野津ら[3.17)]が指摘しているように、カルデラ構造に起因するサイト特性を反映したものと思われる。

【共通】

・どの観測点でも、NS/UD と EW/UD のスペクトル特性に違いはほとんど見られない。
・地震計を設置した建物 2F の水平動スペクトルのピーク周期は、いずれも 0.3 秒程度で、建物の特性ではなく、入力(地盤の微動)の特性を見ている可能性がある。

3.7 まとめ

2008 年岩手・宮城内陸地震の震源は西北西-東南東に圧縮軸を持つ逆断層型で、西北西傾斜の断層面を有し、主要な破壊は震源より南南西方向へ進行した。

気象庁、岩手県、宮城県、秋田県などの自治体の震度情報ネットワーク、及び K-NET の観測地点では、奥州市衣川区と栗原市一迫の 2 箇所で震度 6 強を、他の 13 地点で震度 6 弱を観測した。加えて震源近傍の KiK-net の 3 観測地点で震度 6 強相当の揺れが観測された。

気象庁、K-NET、KiK-net の多くの観測地点で強震記録が得られ、特に震源断層直上の KiK-net 一関西では上下成分で 3866cm/s^2 もの大きな最大加速度が記録された。一方、震度 6 弱以上の強震記録を分析したところ、短周期成分が主体の記録が多く、また KiK-net 東成瀬を除いて擬似速度応答値は大きくとも 100 cm/s 前後であった。

建築研究所の強震観測網では、東北地方を中心に 33 の観測地点で観測記録が得られた。仙台市や秋田市の市街地では 3 秒から 5 秒の長周期成分の卓越が観測された。

建築研究所は地震発生の 2 日後より栗原文化会館と、大崎市鬼首出張所近傍で 6 台の強震計を用いて余震を行った。栗原文化会館では 2008 年 7 月 24 日 00 時 26 分に岩手県沿岸北部で発生した地震を始めとしていくつかの強震記録が得られ、近傍の K-NET 築館の記録との比較や文化会館の建物の振動特性の検討を行った。

余震観測と並行して、栗原文化会館と大崎市鬼首出張所近傍において、地盤および建物の微動の移動 1 点観測を行った。栗原文化会館周辺では、地盤上の H/V スペクトルの周期特性は、3 秒程度にピークが存在するように見える場合もあるが、不明瞭な場合が多い。一方、鬼首出張所周辺では、地盤上の H/V スペクトルに、周期 3 秒程度の比較的明瞭なピークが見られる場合が多い。これは、カルデラ構造に起因するサイト特性を反映したものと思われる。

謝辞

余震観測調査に当たっては、栗原市栗原文化会館佐藤氏及び大崎市鬼首地区公民館大沼氏を始めとして関係諸氏にご協力を頂いた。ここに記して深く感謝の意を表す。

また、特記なき地図類の描画には Paul Wessel 氏と Walter H. F. Smith 氏が作成した GMT[3.18] を用いていることを付記する。

参考文献/参照サイト

3.1) 気象庁: 「平成 20 年(2008 年) 岩手・宮城内陸地震」の特集,
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2008_06_14_iwate-miyagi/index.html
3.2) 気象庁: 「平成 20 年(2008 年)岩手・宮城内陸地震」について(第 4 報),
http://www.jma.go.jp/jma/press/0806/14d/h20iwate-miyagi-4.html
3.3) 地震調査推進本部: 平成 20 年(2008 年)岩手・宮城内陸地震の評価,
http://www.jishin.go.jp/main/chousa/08jun_iwate_miyagi2/index.htm
3.4) 防災科学技術研究所強震ネットワーク K-NET: http://www.k-net.bosai.go.jp/
3.5) 防災科学技術研究所基盤強震観測網 KiK-net: http://www.kik.bosai.go.jp/
3.6) 東北地方土木地質図編纂委員会:東北地方土木地質図解説書, 1988.
3.7) 日本の地質「東北地方」編集委員会編、日本の地質２　東北地方、共立出版、1991.

3.8) 八木勇治: 2008 年 6 月 14 日岩手・宮城内陸地震(暫定),
http://www.geo.tsukuba.ac.jp/press_HP/yagi/EQ/20080613/
3.9) 青井真: 平成 20 年(2008 年)岩手・宮城内陸地震にともなう断層直上の強震動記録による永久変位の推定,
http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/topics/Iwatemiyaginairiku_080614/IWT_displacement/
3.10) 防災科学技術研究所: Hi-net/KiK-net 一関西観測点(IWTH25)において軽量棚が飛んだ形跡について,
http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/topics/Iwatemiyaginairiku_080614/IWTH25_shelf.pdf
3.11) 山中浩明, 瀬尾和大: 宮城県北部に発生した 1996 年 8 月 11 日の地震について その 2 強震記録と地盤について, 地震工学研究レポート, 60, pp.33-42, 1996
3.12) 佐藤智美他: 1996 年 8 月秋田・宮城県境付近の地震群の K-NET 強震記録から推定した震源・伝播・サイト特性, 地震第 2 輯, 第 50 巻, pp.415-429, 1998
3.13) 鹿嶋俊英他: 8 層 SRC 建物と周辺地盤におけるアレー観測, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), B-2, pp.213-214, 1998
3.14) Capon, J.: High-Resolution Frequency-Wave Number Spectrum Analysis, *Geophysics*, Vol. 34, No. 1, pp. 21-38, 1969
3.15) 中村豊, 上野真: 地表面震動の上下成分と水平成分を利用した表層地盤特性推定の試み, 第 7 回日本地震工学シンポジウム, pp. 265-270, 1986
3.16) 時松孝次, 新井洋: レイリー波とラブ波の振幅比が微動の水平鉛直スペクトル比に与える影響, 日本建築学会構造系論文集, No. 511, pp. 69-75, 1998
3.17) 野津厚, 長尾毅: スペクトルインバージョンに基づく全国の港湾等におけるサイト特性, 港湾空港技術研究所資料, No. 1112, 56pp, 2005
3.18) GMT - The Generic Mapping Tools: http://gmt.soest.hawaii.edu/

４．非構造部材

4.1 調査概要

4.1.1 調査内容

初動調査により被害報告のあった建物を主対象に、非構造部材の被害状況の把握を行った。

4.1.2 調査者

国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部　主任研究官　西田和生
独立行政法人建築研究所構造研究グループ　主任研究員　森田高市
独立行政法人建築研究所建築生産研究グループ　研究員　脇山善夫

4.1.3 調査日程

6 月 23 日　宮城県仙台市、同 栗原市

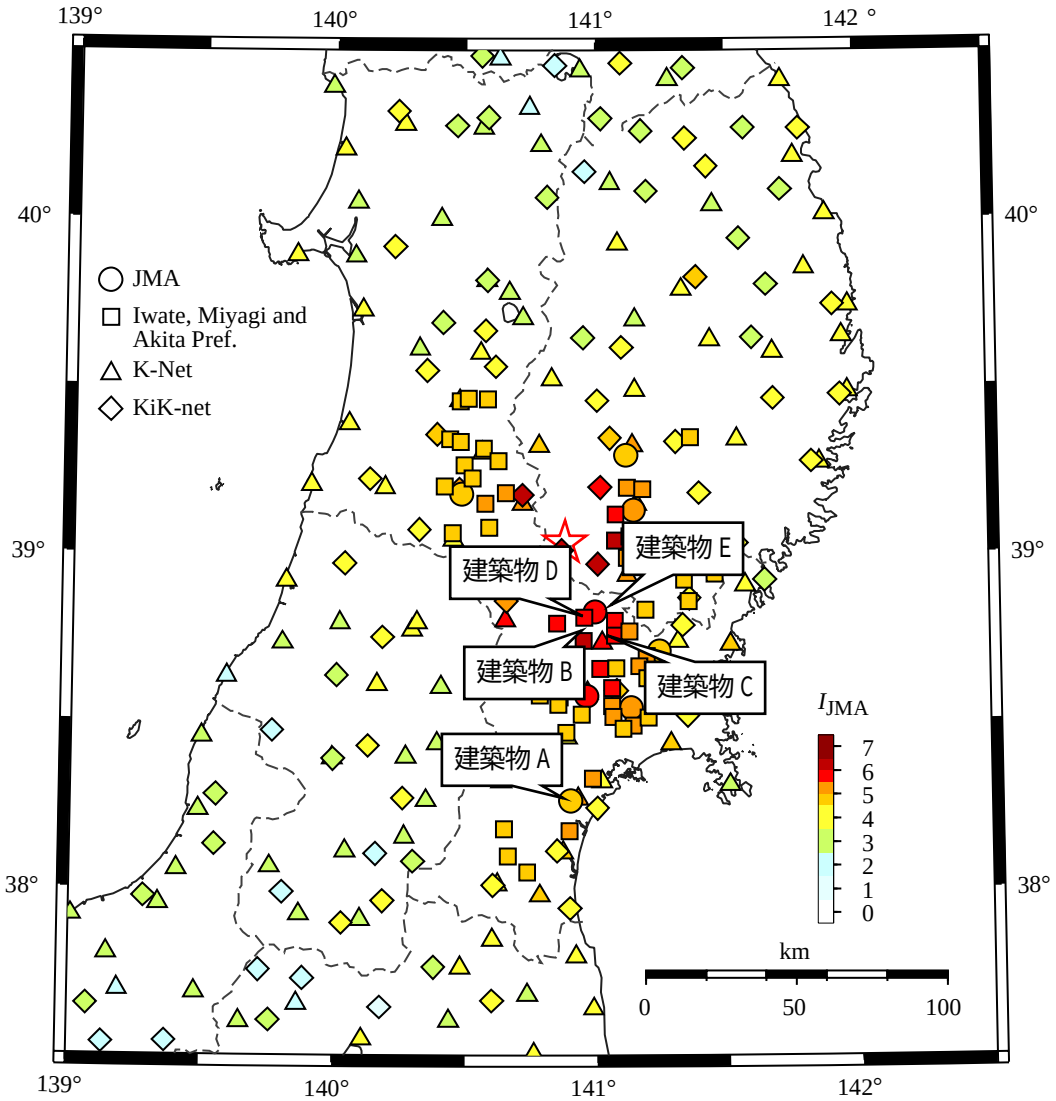


図-4.1　調査対象建物の位置（図の凡例等は図-3.2 の通り）

4.2 被害調査結果

本章で用いる建築物の名称は、Ａ建築物～Ｅ建築物として記号化しているが、この記号は本章内で独立して定め用いている。

4.2.1 Ａ建築物（宮城県仙台市）

・昭和 39 年竣工のホテル。SRC 造。地下 2 階、地上 9 階。東西方向に延びる大通りにホテルの正面北側が面している。

・表通りに面する開口部はアルミサッシに複層ガラスを硬化性パテでとめたもの。硬化性パテの上にはシーリングが施されている。バックヤード側のサッシはスチールサッシとのこと。

・昭和 60 年に建物を増築した。平成 9 年には耐震改修を行って 3 階と塔屋階を補強したとのこと。

・今回の地震による被害は、窓ガラスの破損、内装間仕切り RC 壁のひび割れ、エキスパンションジョイントの被害、タイルの剥落等である。避難階段周辺以外は構造体は仕上材で覆われており、確認した範囲では構造体のひび割れ等は見られなかった。

・破損落下のあった窓ガラスは、現地調査時にはガラスを取り外して開口を合板で塞いであった。被害としては、はめころし窓に硬化性パテでとめたガラスが 2 階で 3 枚（図-4.3)、4 階で 1 枚割れたとのことであり、全体でガラスを 28 枚取替えたとのこと。平成 9 年の耐震改修の際に補強を行った 3 階はガラスの破損は見られなかった。

・過去の地震被害については、1978 年の地震で窓ガラスが割れ、2003 年の地震で窓ガラス 1 枚にひびが入ったとのことであり、2005 年の地震では窓ガラスに被害が出た記憶はないとのこと。今回被害のあった窓ガラスは竣工時からのものであり、ガラスを取り外した際、ガラスをとめていたパテは非常に硬化していたとのこと。

・4 階の内装間仕切り RC 壁（東西方向）は、仕上げ材の損傷状態からひび割れが生じていることが見て取れた（図-4.4)。東西方向である桁行き方向の壁に大きな亀裂が生じたと考えられる。

・タイルの剥落は、3 階の洗面所と地下階への階段脇の壁で見られた。洗面所のタイルの剥落箇所では下地コンクリート壁にひび割れが生じていた。地下階への階段脇の剥落箇所では、既存タイルの上に改修施工したタイルが剥落しており（図-4.5)、剥落箇所以外でもタイルの浮きが確認された。

・建物関係者によると、地震後の室内の物の落下状況から、1978 年の地震は南北方向に揺れ、今回の地震は南西・北東方向に揺れたような印象とのこと。

図-4.2　Ａ建築物外観

図-4.3 2 階窓ガラスの被害状況（仙台市提供）

図-4.4 4階の内壁RC壁に見られた亀裂

図-4.5 地下1階への階段で剥落したタイル

4.2.2 B建築物（宮城県栗原市）

・竣工年不詳。中学校の体育館。

・ほぼ南北方向の桁行方向に7スパン、東西の張間方向6スパンのS造体育館。主屋西側に下屋がある。L形鋼によるブレースが桁行方向の両隅2スパンと真ん中1スパンの計3スパンに入っている。

・応急危険度判定で「危険」と判定されており、現地調査時には立入禁止であった。

・今回の地震による被害は、柱脚部コンクリートの亀裂、引き違い窓や出入り口ドアのガラスの破損等が見られた。被害は下屋のない東側桁行構面に集中していた。

・下屋がない側の桁行方向のブレースが全て座屈していた（図-4.8）。下屋側の桁行方向のブレースには座屈は見られなかった。

図-4.6 B建築物外観（北西方向より）

図-4.7 ブレースが座屈した東側桁行構面

図-4.8 座屈したブレースと破損した窓ガラス

図-4.9 かぶりコンクリートが剥落した鉄骨柱脚

4.2.3 C建築物（宮城県栗原市）

・平成4年竣工の小学校体育館。1階はRC造、2階はS造。規模は、桁行方向は6スパン33.6m、張間方向は4スパン20.2m。ブレースは張間方向、桁行方向とも両端のスパンに入っている。
・外壁はALCパネル縦壁挿入筋工法。妻壁は、西面は無開口、東面は中央部及び両端に開口がある。
・今回の地震の被害としては、外壁のALCパネルの脱落等が見られた。
・西面の妻壁中央部のALCパネルが4枚脱落した（図-4.10～12）。パネル下端の挿入筋と下地鉄骨の溶接部分が損傷していた。建物内ではアリーナの RC 部に軽微なひび割れが見られ（図-4.14）、ブレースには損傷は見られなかった。

図-4.10 C建築物のALCパネル脱落状況

図-4.11 脱落したALCパネル

図-4.12 ALCパネルの上部取付け部

図-4.13 溶接跡の見られるALCパネル下端部

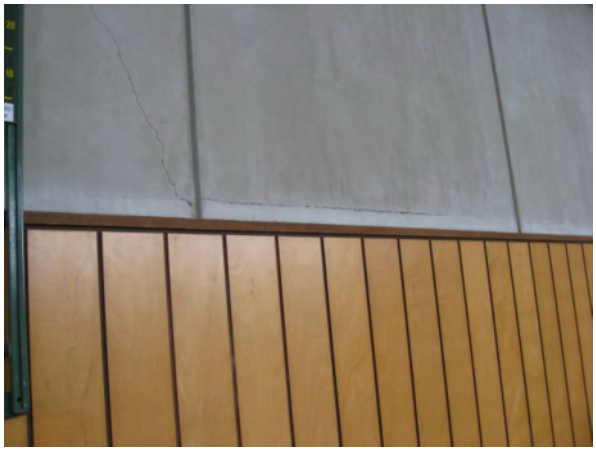


図-4.14 アリーナRC壁の軽微なひび割れ

図-4.15 脱落部と反対側妻面のALCパネル

4.2.4 D建築物（宮城県栗原市）

・昭和60年設計の小学校体育館。1階はRC造、2階はS造。アリーナ部分と諸室部分からなる。アリーナ部分は、桁行方向は6スパン32.2m、張間方向は5スパン25m。ブレースは桁行方向の両端のスパンに入っている。

・ギャラリー桁行方向の開口は、RC造の腰壁の上に連窓の引き違い窓が2段になっている。上段の窓サッシ20箇所の内3箇所はサッシ枠の内側に窓サッシが設置された形になっている。

・今回の地震の被害としては、窓ガラスの破損・脱落、サッシ障子の脱落、ギャラリー箇所の柱脚部や手すり脚部の破損・脱落、軒天井の破損等が見られた。柱や屋根などの構造体には大きな被害は見られなかった。

・ギャラリー桁行方向の開口の上段の引き違い窓のサッシ障子が外れて落下するなどしていた（図-4.17）。学校関係者によると、ガラスが割れただけのものもあったとのことである。割れたガラスの破片を実測したところ、厚さは2.75㎜であった。

・現地調査の時点でサッシ障子がなかったりガラスが割れたりするなどしていたサッシは、元からのサッシのみの箇所で17箇所中の14箇所、元からのサッシ枠の内側に新たに窓サッシを施工した箇所で3箇所中の1箇所あった。

・ギャラリーにある柱の脚部にひび割れが見られた。

・ギャラリー桁行方向の開口の下にあるRC造の腰壁に補修の跡が多数見られた。

・ギャラリーの手すりの脚部が破損しており、箇所によっては以前に補修したような跡が見られた（図-4.18）。

・軒天井が桁行方向の中程で損傷し、繊維強化セメント板が一部脱落していた（図-4.20）。軒天井は建設時の設計図書によると、軽量鉄骨下地に繊維強化セメント板をとめ付けてアクリル樹脂エナメル塗りで仕上げたものである（図-4.21）。軒天全体では、ねじ止め箇所が分からないように塗装で仕上げられている箇所と、天井板を丸ねじで固定しているのが見て取れる箇所があり、後者は地震以前に行われた改修によると考えられる。今回軒天が破損・脱落した箇所は後者の天井箇所である。

・妻面のセメント系ボードによる外装材の端部が破損していた。

図-4.16 D建築物外観

図-4.17 同内観

図-4.18 ギャラリー手すりの脚部の損傷

図-4.19 以前に改修したと思われる窓サッシ

図-4.20 桁行方向の中程で損傷した軒天井

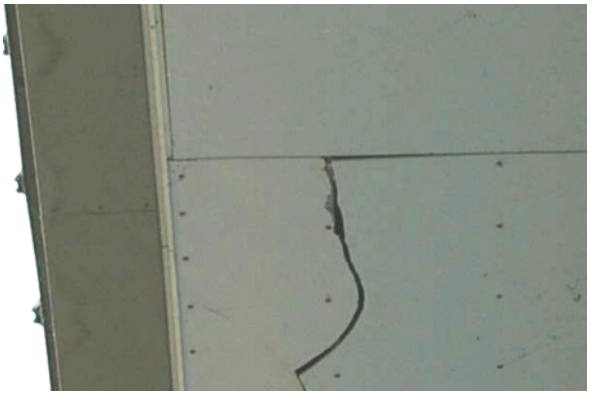


図-4.21 軒天の破損状況ととめ付け状況

4.2.5 E建築物（宮城県栗原市）

・平成9年竣工の体育施設。施設内に体育館と屋内プールがある。

・今回の地震で、体育館、プールともに、柱などの構造体に被害は見られなかった。

図-4.22 E建築物外観（左が体育館、右が屋内プール棟）

・体育館は屋根はS造、それ以外はRC造である。桁行方向7スパン42m、張間方向9スパン45mである。アリーナ上部は棟部分にトップライトが設けられており、それ以外の箇所は在来工法の天井が扁平なドーム状に張られている。天井下地の向きは、桁行方向が野縁方向、張間方向が野縁受け方向である。

・体育館の天井が、トップライト隣接部で細長い形に3箇所（図-4.24)、外周柱近傍（柱から1m程度

離れた部分）で板状に 2 箇所脱落していた（図-4.23）。

・トップライト隣接部については、脱落箇所の状況から、野縁と天井板が脱落したとみられる。

・外周柱近傍では天井板とクリップ、ハンガーが脱落していたものの、野縁や野縁受けは脱落していない（図-4.27、28）。天井板が脱落した箇所の天井裏の野縁を見ると、外周の柱などに衝突して座屈したような形状になっていた（図-4.26）。

・張間方向の天井端部が外周の取り合い部で損傷していたものの、脱落した部分はなかった（図-4.25）。

・施設関係者によると以前の地震で天井が破損した隅部は補修時にクリアランスを設けたとのことであり、今回は大きな被害は見られなかった。

図-4.23 アリーナ内観（パノラマ合成による像の歪み等あり）

図-4.24 トップライト近傍での天井損傷状況

図-4.25 妻面との取り合う天井損傷状況

図-4.26 天井板脱落箇所と下地材損傷状況

図-4.27 脱落した天井板

図-4.28 桁行方向の取り合いでの天井損傷状況

図-4.29 天井板脱落箇所

・屋内プールは屋根はＳ造、それ以外はRC造である。桁行方向７スパン34m、張間方向５スパン25mである。プール上部は棟部分にトップライトが設けられており、それ以外の箇所ははめ込み式の天井が水平方向に張られている。
・天井は、天井下地材に専用の金属下地材を取付け、そこに孔あきアルミパネルにグラスウールを裏打ちしたパネルをはめ込んだり、ねじでとめ付けたりしている（竣工図面には“天井アルミ吸音パネル張り”と表記されている）。トップライト下部の立ち上がり壁は天井と同じパネルで張られている。
・プールの天井のパネルが妻面近くで多く外れており、トップライトに続く立ち上がり壁のパネルが外れていた（図-4.30）。
・落ちかけているパネル（図-4.31）やプールサイドに積み重ねられていたパネルを見たところ（図-4.33）、専用の金属下地材への取付けは、ねじ止めによると思われる箇所もあるものの、はめ込みのみの箇所が多かった。パネルが脱落した箇所の天井裏を見たところ（図-4.32）、天井下地材に斜めの振れ止めが設置されていた。

図-4.30 屋内プールの被害状況

図-4.31 落ちかけている天井パネル

図-4.32 天井裏の状況

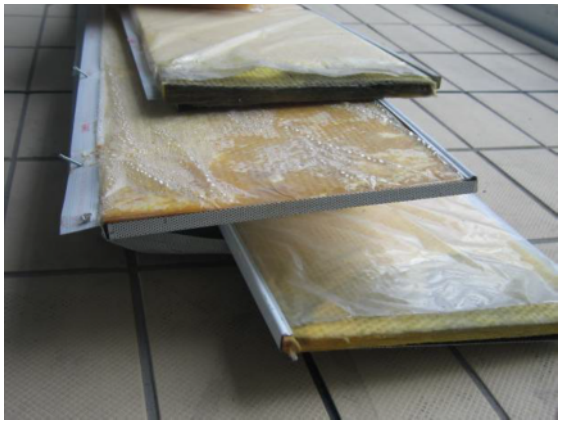


図-4.33 プールサイドに重ねられたパネル

4.3 まとめ

岩手・宮城内陸地震による非構造部材の被害調査を、主に初動調査で被害報告のあった建物について行った。建物の構造体の被害報告がほとんどない中、非構造部材について、窓ガラス、外壁、軒天井、屋内天井などの被害を確認した。

被害を受けた建物の中には、以前の地震被害後に非構造部材箇所のみ補修して今回の地震でも同様の被害を生じた、と見られるものもあった。また、同じ建物の中でも構造体に耐震補強を行った階で非構造部材の被害が見られなかったり、構造体との取り合い箇所付近で非構造部材に被害が見られたりしたものもあった。非構造部材の耐震対策については、被害のあった当該部位に関する耐震性の検討を行うとともに、必要に応じて、構造体の挙動を含めた建物全体の耐震性を踏まえて検討することも考えられる。

謝辞

調査に際しては、国土交通省東北地方整備局、仙台市のご協力を頂き、それぞれの建物の被害調査では復旧で忙しい中に関係各位にご対応を頂きました。ここに記すとともに謝意を表します。

５．免震建築物

5.1 はじめに

免震建築物は、1980年代から国内で建設が始められ、現在に至るまで大臣認定（時刻歴応答解析）のほか、平成12年以降は告示（平12建告第1446号、同第2009号）に基づく安全確認が行われていることもあり、広く普及しつつある。本震発生直後より被災地に建設された免震建築物の情報を収集[5.1)]し、現地調査を行った。その目的は、免震挙動の形跡を目視で確認するとともに、建物使用者へのヒアリングや観測記録の入手・分析等を行うことで、地震時の免震建築物の安全性確保が適切に行われていることを確かめることである。

5.2 調査行程

図-5.2.1に調査建築物位置を示す。最北の１つ（C）のみ岩手県内に、他はすべて宮城県内に存している。また、表-5.2.1の調査行程に示すとおり現地調査は３回（計７棟）に分けて実施した。なお、建築物の名称をＡ建築物～Ｇ建築物として記号化しているが、この記号は本章内で独立して定め、用いているものである。

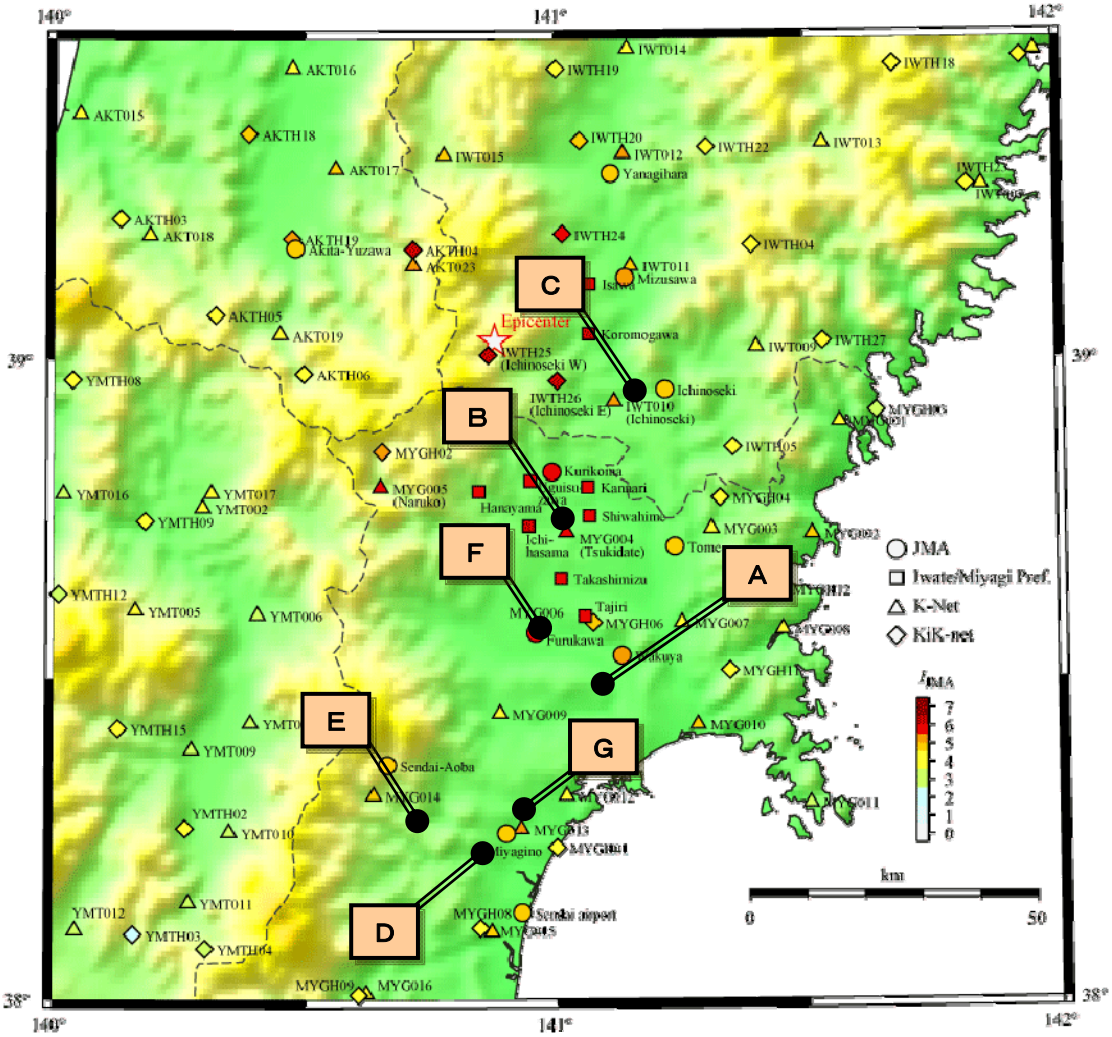


図-5.2.1　免震建築物位置（記号は表-5.2.1に対応）

表-5.2.1　調査行程及び免震建築物概要

	記号	建物用途	上部構造形式と階数	最寄りの 気象庁震度
一次調査 6/17	Ａ建築物	病院	ＲＣ造４Ｆ	５強
	Ｂ建築物	病院	ＲＣ造５Ｆ＋ＰＨ１Ｆ	６弱
	Ｃ建築物	病院	Ｉ棟：Ｓ造５Ｆ＋ＳＲＣ造Ｂ１Ｆ Ｎ棟：ＲＣ造３Ｆ＋Ｂ１Ｆ	５弱
二次調査 7/3～7/4	Ｄ建築物	救急施設	ＲＣ造６Ｆ	５強
	Ｅ建築物	病院	ＲＣ造４Ｆ	５弱
	Ｆ建築物	宿泊施設	ＲＣ造１２Ｆ	６弱
	Ｃ建築物	病院	（前出）	
	Ｂ建築物	病院	（前出）	
	Ｇ建築物	住宅	木造２Ｆ	５弱
三次調査 7/31～8/1	Ｃ建築物	病院	（前出）	

5.3 調査体制

調査は次の体制で実施した。（カッコ内にそれぞれ参加した調査を示す）

飯場　正紀　独立行政法人建築研究所　構造研究グループ長（二次調査・三次調査）

小豆畑達哉　国土交通省国土技術政策総合研究所　構造基準研究室長（三次調査）

井上　波彦　国土交通省国土技術政策総合研究所　基準認証システム研究室　主任研究官
（一次調査・二次調査・三次調査）

5.4 被害調査結果

5.4.1　Ａ建築物

(1) 建築物概要

Ａ建築物は、宮城県大崎市鹿島台において、平成17年に建設された鉄筋コンクリート造４階建ての免震建築物（病院）である（図-5.4.1)。もともと耐震構造の病院として建てられていた（昭和40年ごろ築）が、平成15年の宮城県北部連続地震で構造躯体が損傷したため、免震構造を採用して全面改築されたものである。

図-5.4.1　Ａ建築物（ＲＣ造４階建て）

建築物の平面形状はおおよそ南北約30ｍ×東西約45ｍの矩形となっており、下記の免震装置が設置されている。

- ○　天然ゴム系積層ゴム支承材…８基（φ600×４、φ650×４）
- ○　鉛プラグ挿入型積層ゴム支承材…12基（φ600×５、φ650×５、φ700×２）
- ○　弾性すべり支承…13基（φ500×12、φ300×１）
- ○　オイルダンパー…４台（Ｘ方向×２、Ｙ方向×２）

(2) 被害等の状況

建設地周辺の本震による震度は５弱とされている。

職員へのヒアリングを行い、次のような証言が得られた。

a)　本震時、病院にはスタッフ20名、患者60名程度が在所していた。

b)　免震挙動中は、めまいがするような感覚で、歩くことは可能だったがまっすぐには歩けなかった。

c)　免震建築物内部では転倒・落下等の被害はなかったが、隣接する非免震棟の事務所では、書棚の内容物が落下する被害があった。

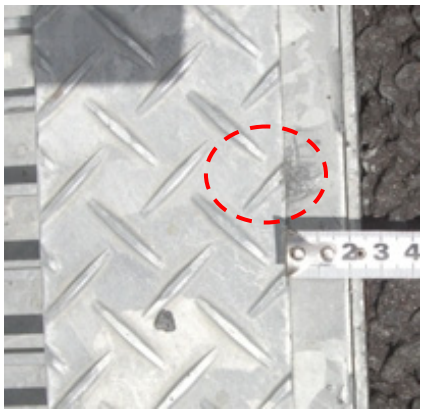
d)　本震直後（09:20）の点検においては南西方向に１cm程度の残留変形が見られた。

目視調査の結果、図-5.4.2及び図-5.4.3に示すとおり、エキスパンションジョイント（通路）床面内装には東西方向に1.5cm程度のずれが、免震建築物周囲のクリアランス保護用の蓋には、１cm程度の傷がみられた。さらに、入口ポーチの先端部の支承において、すべり跡と考えられる３～４cm程度のほこりの除去が見られた。免震層内の変位計は、単に免震層にグリッドの描かれた板を設置し、板の表面に接しないように上部構造から指示棒が固定されたもので、ヒアリングにあるような最大変位は確認できず、調査時の残留変位は、南西に２mm程度であった。本震直後の計測以降、余震で徐々に免震層が原点復帰したと考えられる。また、上部構造の外周部には、免震建築物のクリアランスに近づけないよう侵入防止柵が設けられていたが、免震部分と非免震部分との両方に脚部が緊結されており、

ゆがみを生じていた。

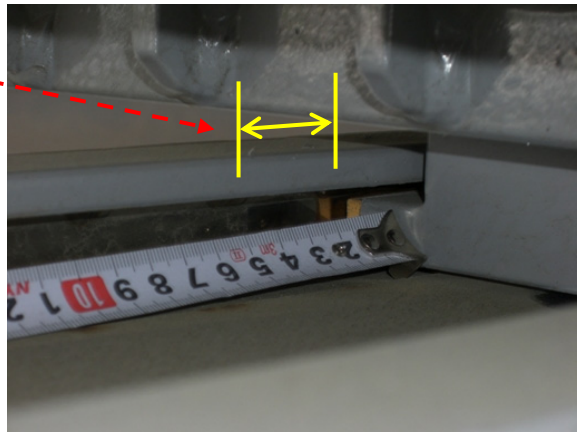
(a) 変位計（非けがき）

(b) 廊下内装のずれ
（東西約1.5cm）



(c) クリアランス部蓋の傷
（東西約１cm）

(d) 入口ポーチ支柱



(e) 支柱内部すべり跡（南北約３～４cm）

図-5.4.2　免震挙動の形跡等

(a) 落下のあった書棚（非免震棟）

(b)侵入防止柵のゆがみ

図-5.4.3　その他の被害状況

5.4.2　Ｂ建築物

(1) 建築物概要

Ｂ建築物は、宮城県栗原市築館において、平成14年に建設された鉄筋コンクリート造５階建て＋棟屋１階の免震建築物（病院）である（図-5.4.4）。

図-5.4.4　Ｂ建築物（ＲＣ造５階建て）

建築物の平面形状はおおよそ南北約60ｍ×東西約120ｍの矩形となっており、下記の免震装置が設置されている。

○　鉛プラグ挿入型積層ゴム支承材…20基（φ750）

○　天然ゴム系積層ゴム支承材…163基（φ650×61、φ750×102）

○　オイルダンパー…70基（980.7kN型）

なお、断面図や免震層のクリアランスの処理などの図面は入手できず詳細不明である。

(2) 被害等の状況

建設地周辺の本震による震度は６弱とされている。

職員へのヒアリングを行い、次のような証言が得られた。

a)　本震時は休診日であったが、機器等の点検が行われており、20名程度の作業者がいた。

b)　病院は10分停電した後復電した。

c)　屋内では立ち上がるには不安があり、普通に歩くことは困難だった。本震時に外を見たところ他の建築物は細かく激しく揺れているのが見えた。

d)　建屋内に構造・非構造を含め被害はなく、５階西側ＥＶ前の一箇所のみ、天井に取り付けられた誘導灯（はめ込み式）の落下があった（図-5.4.5）。

図-5.4.5　落下した誘導灯

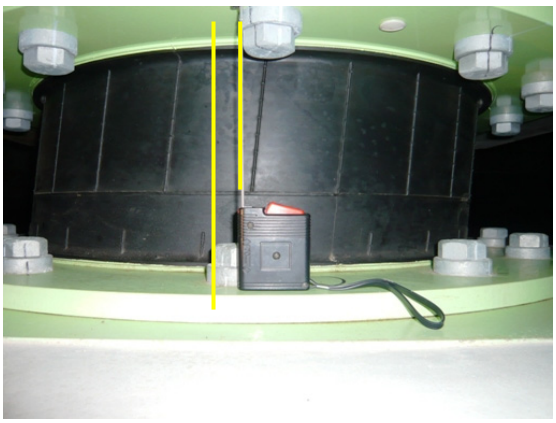
病院を含め一帯はもと水田であったとの情報もあり、実際に敷地内のやや広い範囲で若干の沈下（舗装表面で約５cm）が見られたが、周辺一帯での噴砂や建築物の傾斜被害等の形跡は見られなかった。

目視調査の結果、図-5.4.6に示すとおり、免震層内において、積層ゴムの残留変位、犬走りの鉛直クリアランスのシール材と免震層周囲の擁壁の間のずれが確認された。このずれは南北方向については北側に1.5～２cm程度と見られ、免震建築物周辺では、図-5.4.7に示すシール材と躯体との縁切り用と見られるフィルム状のシートのはみ出しも見られたが、免震層中央付近では残留変位が見られない部材もある（図-5.4.8）等、躯体コンクリートの乾燥収縮による変形など他の要因である可能性も考慮すべきである。なお、スタッフによれば、本震時のゆれは東西方向に卓越していたとのことであり、フィルム状のシートのはみ出しは東側外周で大きく、南側では若干、他の部分ではほとんど見られなかった。ただし、当該建築物に関しては「岩手・宮城内陸地震：震度６弱の揺れを半減、宮城県栗原市内の病院で免震効果実証」[5.2)]において、地震時の免震層の変形量は東西方向と南北方向それぞれ100mm前後と推定されている。

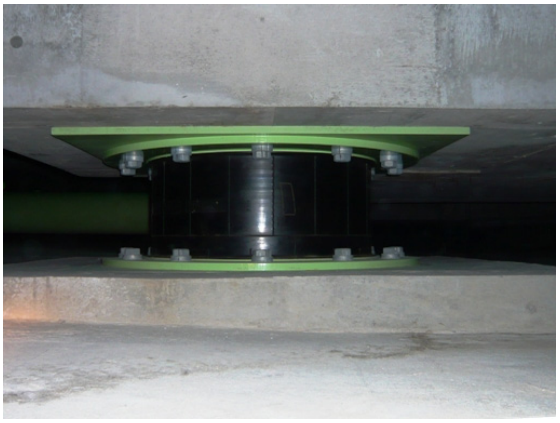
その他クリアランス周りにおいて、犬走り下面シール材によると見られる破損（図-5.4.9）や、躯体から外につながる配管の基部カバーの損傷・脱落（図-5.4.10）、周囲地盤の沈下及びそれによると見られる舗装ブロックの変状（図-5.4.11）があった。また、エキスパンション部周辺では、カバーの衝突等によるものと見られる損傷や金属柵の傾斜の被害（図-5.4.12）が見られた。

図-5.4.6　シール材（スチレンボード：水色）と免震層周囲の擁壁とのずれ（北に1.5～２cm程度）

図-5.4.7　フィルム状シートのはみ出し（東側外周部）



(a) 外周部（約2.5cm）



(b) 中央部（ほぼゼロ）

図-5.4.8　積層ゴムの残留変位

図-5.4.9　免震層犬走り（茶色タイル部）の破損（５～10cm程度）

(a) 接続状況

(b) 屈曲部カバーの損傷・脱落落下

図-5.4.10　配管部の被害

(a) タイルの乱れ

(b) 立上り部の露出（最大５cm程度）

図-5.4.11　地盤変状による被害

(a) 金属柵の傾斜

(b) 舗装の損傷（補修済み）

図-5.4.12　入口エキスパンション周辺部被害

5.4.3　C建築物

(1) 建築物概要

C建築物は、岩手県内において平成18年に建設された、それぞれ鉄骨造５階＋鉄骨鉄筋コンクリート造地下１階（Ｉ棟）及び鉄筋コンクリート造３階＋同地下１階（N棟）の免震建築物（病院）である（図-5.4.13）。もとは別々の場所に建つ病院であったものを移転し、免震層を共有する１棟の免震建築物にしたものである。

(a) 建築物外観（Ｉ棟）

(b) 免震であることの表示（最大変位65cm）

図-5.4.13　C建築物（S造５階建て及びRC造３階建て）

免震層は「J」を横に引き伸ばしたような形状（図-5.4.14：職員によれば「夢」をイメージしているとのことである）で、斜面地に建設されており、GL－9.5mとGL－4.1mとの段差のある支持層による直接基礎が採用されている。南側のＩ棟はおおよそX80m×Y120m、北側のN棟はおおよそX120m×Y100m程度であり、下記の免震装置が設置されている。

- ○　天然ゴム系積層ゴム支承材…142基（φ800×104、φ800U字ダンパーつき×38）
- ○　鉛プラグ挿入型積層ゴム支承材…32基（φ800）
- ○　U字ダンパー…８基（型番U45）
- ○　十字型転がり支承…179基（600kN×８、800kN×１、972kN×３、1304kN×21、2451kN×113、3775kN×33）

本建築物においては、さらに、Ｉ棟及びN棟のそれぞれ基礎底盤及び上部構造（免震層直上及び最上階）で図-5.4.15～図-5.4.17に示すとおり地震観測が行われており、本震時を含め多数の観測記録が得られている。観測記録については、デジタルデータを入手し、解析を実施した。詳細は5.5節を参照されたい。

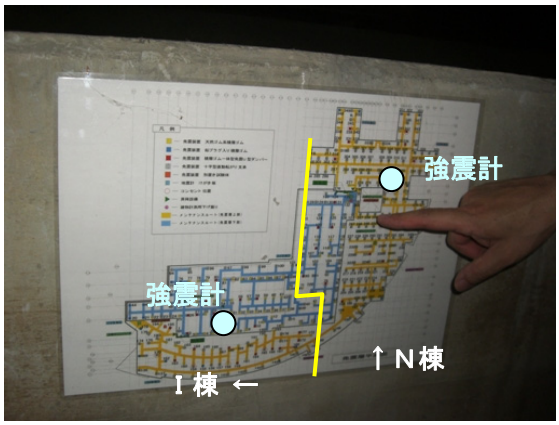
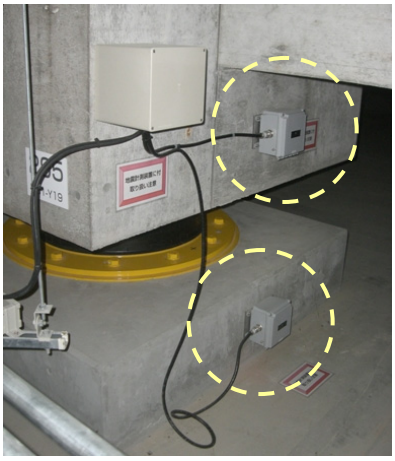


図-5.4.14　C建築物平面計画及び強震計位置

(a)　３階ＥＰＳ内



(b)　免震層内

図-5.4.15　強震計設置状況（Ｉ棟）

(a)　５階ＥＰＳ内

(b)　免震層内

図-5.4.16　強震計設置状況（Ｎ棟）

(a)　外観

(b)　管理画面

図-5.4.17　収録装置（Akashi製SMAC-CG、Ｉ棟Ｂ１Ｆ中央監視室）

(2) 被害等の状況

表-5.5.1に示すとおり、免震基礎の観測記録による計測震度は５弱であった。

職員へのヒアリングを行い、次のような証言が得られた。

a)　本震時の構造・非構造被害は特になかったが、防火戸が閉塞し、エレベータも停止した。

b)　施設内の状況については、パソコンのモニタの転倒が１台（他の多数の同じようなモニタは無被害であったらしく、そのモニタの設置状況の問題と考えられる。)、スプリンクラーのカバーの脱落、防火戸の閉鎖などがあった。

c)　体感としては小刻みな揺れも感じ、震度５程度と感じた。（２Ｆ勤務）

d)　本敷地は、周辺に比べて、震度が小さいようである。他の場所（おそらくＪＭＡによる周辺の公表値）と比較して、地震計の記録開始のトリガーが作動しないことがあった。（なお、今回の本震についても、一関山目（やまのめ）で震度５強と公表されているが、観測記録による計測震度は５弱にとどまっている。）

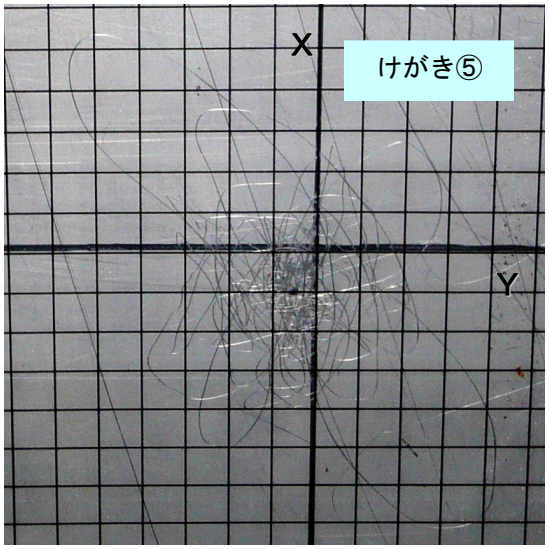
e)　免震層内（５箇所）において、相対変位の軌跡を計測するためのけがき変位計が設けられており、本震直後の目視点検では、最大変位は北西方向に37㎜であった。

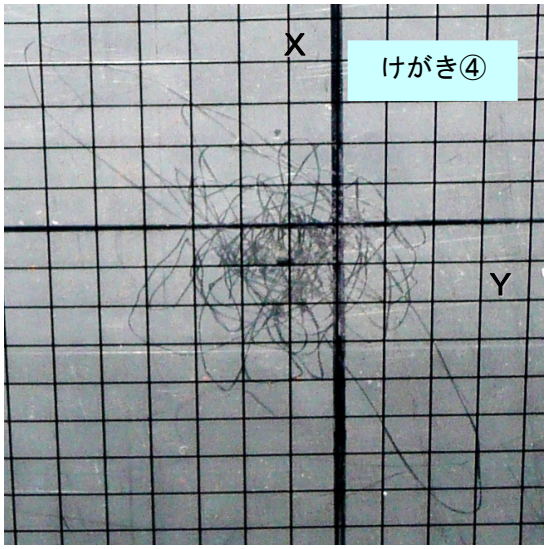
免震層の目視調査により、上記e)のけがき変位計による軌跡を確認した（図-5.4.18)。免震層内の位置によってそれぞれ軌跡の形状が異なっていたが、主要な変位の方向はすべて東西方向であると考えられる。その他の免震層の移動跡としては、図-5.4.19に示すとおり十字型転がり支承の下側レールのカバーが、支承コマ部から北西（Ｘ）及び北東（Ｙ）方向に、それぞれ３cm程度離間していた。

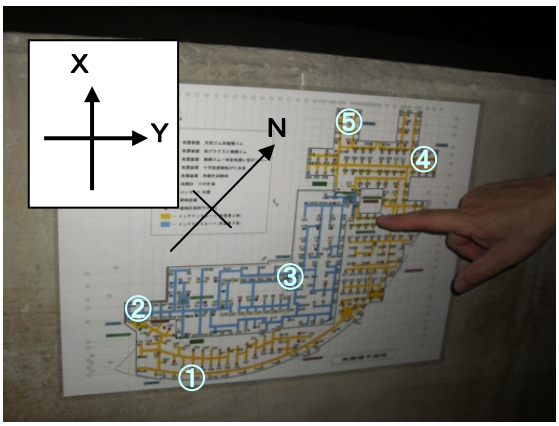
けがき変位計の本震直後（一次調査時）の残留変位は、けがき板の原点から５㎜程度であった。また、図-5.4.20に示す積層ゴムの残留変位（２cm程度）も確認した。しかしながら、躯体のコンクリートの施工後の乾燥収縮その他の経年変化等により、けがき変位計の設置後から本震直前までの間に原点位置が変化していた可能性もある。

建築物の周囲には、図-5.4.21及び図-5.4.22に示すとおり、エキスパンション部を含め変状は見られなかった。

病院近くの薬局（非免震・１階建て）でも聞き取り調査を実施した。本震直後の状況としては、構造躯体に被害はなく、商品棚の最上段の商品や、調剤室の薬剤用プラスチックボトル、紙箱等の軽いもの（図-5.4.23、図-5.4.24）を中心に落下していたとのことであった。

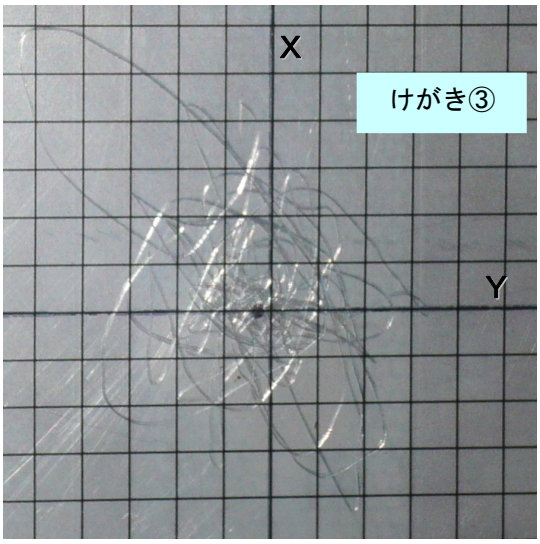


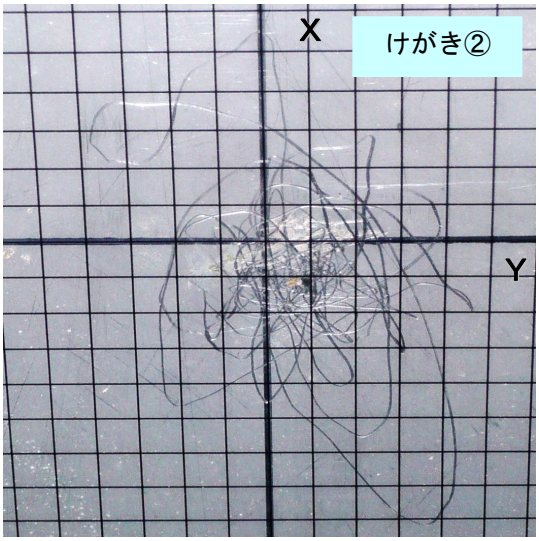




けがき変位計位置

（免震層内５ヶ所）





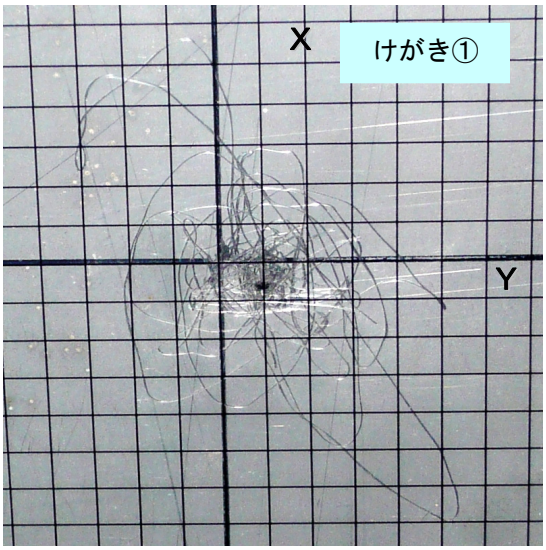
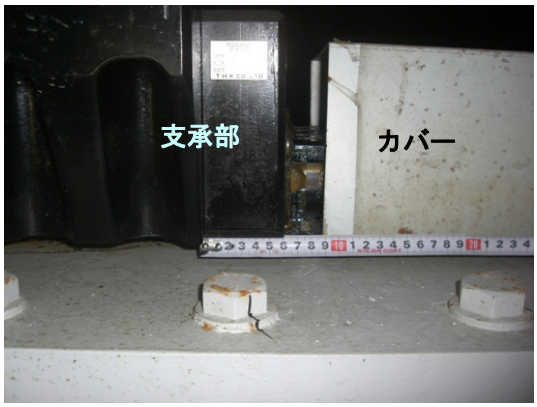
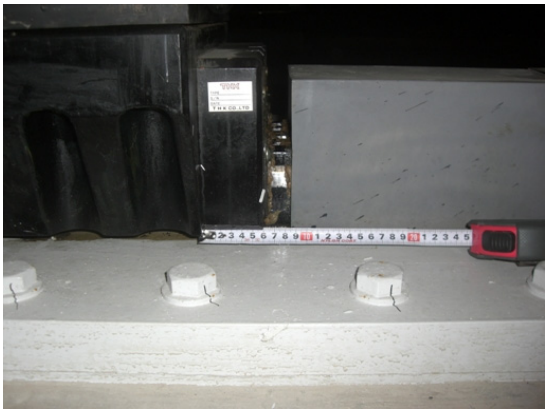


図-5.4.18　けがき変位計による本震の応答変位オービット（５㎜グリッドを重ねて撮影）



(a) Ｘ方向：北西



(b) Ｙ方向：北東

図-5.4.19　転がり支承カバーの離間

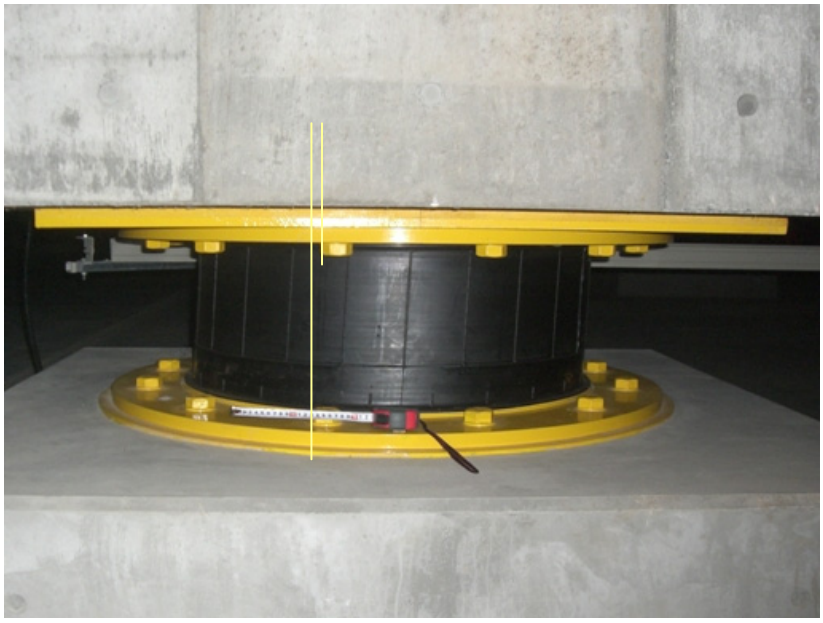
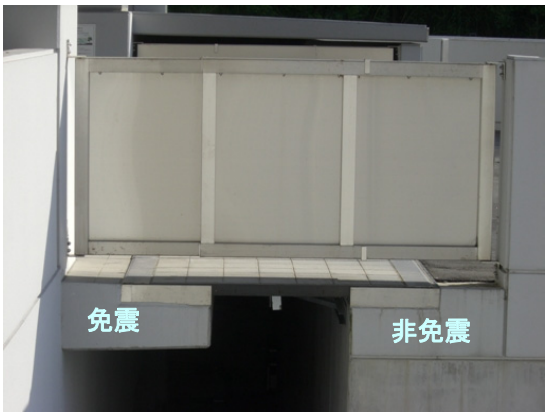


図-5.4.20　積層ゴム残留変位（Ｘ方向、２cm程度）

(a) 地下エキスパンション



(b) １Ｆエキスパンション

図-5.4.21　エキスパンション（無被害）

図-5.4.22　Ⅰ棟南東側出入口エキスパンション（無被害）

図-5.4.23　付近の薬局における被害箇所（最上段の商品が落下。調査時は復旧）

(a) 落下した紙箱

(b) 落下したプラスチックボトル

図-5.4.24　付近の薬局における被害箇所２（調剤室。調査時は復旧）

5.4.4　Ｄ建築物

(1) 建築物概要

Ｄ建築物は、宮城県仙台市若林区において、平成13年に建設された鉄筋コンクリート造６階（最高部）＋地下１階の免震建築物（救急施設）である（図-5.4.25）。なお、地下階は駐車場として利用されており、地上部分のみが免震構造となっている。広瀬川より北東100m程度に位置しているが地盤は良好でＧＬ－８ｍを支持層（長期25t/m2、短期50t/m2）とする直接基礎が採用されている。

図-5.4.25　Ｄ建築物（ＲＣ造６階建て）

建築物の平面形状はおおよそ東西55ｍ×南北35ｍで一部の欠けた矩形となっており、下記の免震装置（図-5.4.28）が設置されている。

○　鉛プラグ挿入型積層ゴム支承材…34基（φ800×２、φ850×17、φ900×５、φ950×10）

○　弾性すべり支承…４基（φ450）

(2) 被害等の状況

建設地周辺の本震による震度は５強（若林遠見塚）とされている。

職員へのヒアリングを行い、次のような証言が得られた。

a)　当該施設は夜間救急医療に使用されており、本震時、建築物内にはスタッフ１名、守衛所に当直の警備員１名（調査時は不在）がいるのみであった。

b)　地震直後にスタッフが到着した段階では、什器等を含め被害はなかった。

c)　市内で体感した揺れ方としては、2005年の宮城県沖地震の方が今回の地震よりも激しかった。

d)　他の地震での経験によると、この建築物は小さい地震ではかえって周りの非免震建物よりもよく揺れている印象がある。

目視調査の結果、設置された下げ振り（図-5.4.26）が数ミリ原点から移動していたが、本震以前の状況は記録されておらず、今回の地震によるものか不明である。また、建築物の周辺でエキスパンションカバー付近において１cm程度の移動跡と見られる痕跡（図-5.4.27、東方向）が確認できた。

なお、周囲のクリアランスは55cm程度とられていたが、表示板等は見当たらず、設計限界変位は不明である。設計・施工者による免震層の点検は調査時において計画中であった。

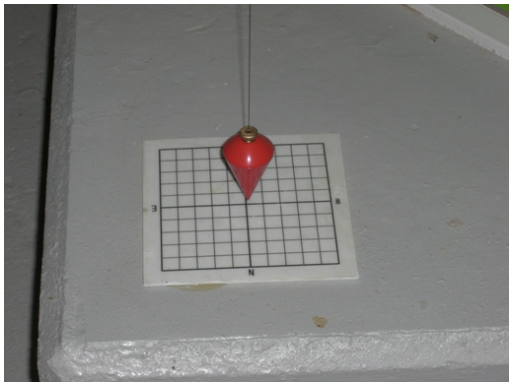
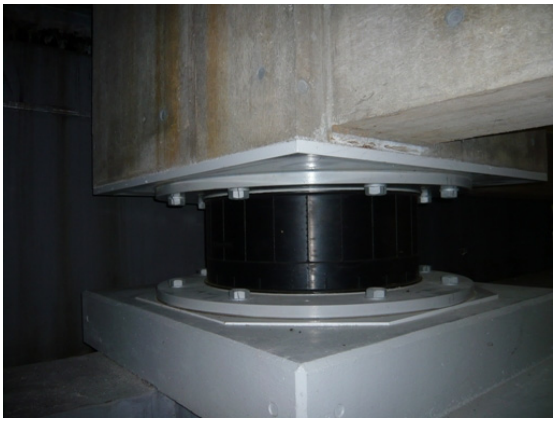


図-5.4.26　下げ振り設置状況（積層ゴム台座部分）

図-5.4.27　東側エキスパンションの移動跡（東西約１cm）



(a) 鉛プラグ挿入型積層ゴム支承材

(b) 弾性すべり支承

図-5.4.28　使用免震部材

5.4.5　Ｅ建築物

(1) 建築物概要

Ｅ建築物は、宮城県仙台市青葉区において、平成15年に建設された鉄筋コンクリート造４階建ての免震建築物（病院）である（図-5.4.29）。ＧＬ－４ｍの砂礫層（一部盛土）を支持層とする直接基礎が採用されている。

(a) 建築物外観

(b) 免震表示（最大変位60㎝）

図-5.4.29　Ｄ建築物（ＲＣ造４階建て）

建築物の平面形状は複雑（矩形の１辺から＞形に張り出した部分を有するような形状）であり、東西85ｍ×南北約100ｍである。下記の免震装置（図-5.4.31、図-5.4.32）が設置されている。

- ○　天然ゴム系積層ゴム支承材…96基（φ700×86、φ800×10）
- ○　鉛プラグ挿入型積層ゴム支承材…14基（φ700）
- ○　弾性すべり支承…50基（φ400×24、φ600×26）
- ○　鋼棒ダンパー…32基

(2) 被害等の状況

建設地周辺の本震による震度は５弱とされている。

職員へのヒアリングを行い、次のような証言が得られた。

a)　本震時、ホールで午前９時開始の研修会の準備をしていたが、あまり揺れを感じなかった（５弱とは思わなかった）ので、そのまま研修会を実施した。自宅が泉区にあり、そちらは花瓶が落下・転倒する被害があった。（院長、１Ｆ）

b)　1978年の宮城県沖地震を、石巻の病院で執刀中に経験したことから、10年前のこども病院建設の作業部会長時に免震にすることを提案し、話し合いでそのように決めた。2005年8月の地震も大学の医学部での勤務時に非免震の建物で体験した。今回の免震建築物での体験と比較していずれも揺れが非常に大きかったことから、効果を経験できてよかった。（院長、１Ｆ）

c)　水とエレベータは停止し、10～20分後に水が復旧した。

d)　本震時には患者100名程度、職員50～60名（うち看護士40名）程度、他に父母等の付き添いや研修会参加者15名程度が院内におり免震挙動を経験した。

e)　舟に乗ったような感じがし、20秒程度は揺れていたようである。周りの被害は何もなかった。病棟も大丈夫であった。過去の中・小地震でも、カーテンが揺れていることでわかる程度で、揺れに気づかない場合もあるなど、免震挙動・効果は経験していることから、慣れている。2005年8月の宮城県沖地震の方が大きい揺れだった。2005年には、停電しパソコンの画面が突然切れたが、今回は停電しなかったので、あわてることもなかった。気持ち悪いと訴える人はいなかっ

た。入院中の児童も余裕があり、逆に外部からは、あわてて駆けつける方もいた。(看護師、１階救急外来)

f)　開けておいたドアが、地震の揺れにより、自然に閉じた。(看護師、４階)

目視調査を行ったが、図-5.4.30に示すように弾性すべり支承のすべり面がビニール製のカバーで覆われている（等、免震層の内外で免震挙動の痕跡は確認できなかった。

図-5.4.30　弾性すべり支承のカバー

図-5.4.31　積層ゴム支承（ＲＢ／ＬＲＢの別は不明）

図-5.4.32　鋼棒ダンパー

5.4.6　Ｆ建築物

(1) 建築物概要

Ｆ建築物は、宮城県大崎市古川において平成10年に建設された、鉄筋コンクリート造12階の免震建築物である（図-5.4.33）。ホームページで免震の説明をする等、免震構造を採用していることを積極的に開示している。

図-5.4.33　Ｆ建築物（ＲＣ造12階建て）

建築物の平面形状はおおよそ東西約15m×南北約13mの矩形となっており、下記の免震装置が設置されている。

○　天然ゴム系積層ゴム支承材…８基（φ650）

○　鉛ダンパー…８基（型番U180）

○　鋼棒ダンパー…２基（φ70）

(2) 被害等の状況

建設地周辺の本震による震度は６弱とされた地域である。

本震時に４名の職員が１Ｆ事務所付近に勤務していた。うち２名へのヒアリングを行い、次のような証言が得られた。

a)　地震の最初は、「どかん」ときたようである。その後だんだんゆっくりとした揺れになってきた。めまいと勘違いもした。１階より上階の方の揺れが大きく感じられるようである。

b)　落下物等の被害はなかった。近隣にある従業員の自宅では、棚のものが落下した。

c)　このホテルでは停電、断水、エレベータ停止等の被害はなかったが、周囲の他の宿泊施設ではエレベータが停まり、排水の逆流などの被害が見られたようである。

d)　駐車場付近ほか建屋の内外を防犯カメラ（図-5.4.34）で撮影しており、それによると約１分半ほどは揺れていたようである。（フロントやエレベータ付近の宿泊客の映像も記録されていたが、地震時に驚いたりした様子は見られなかった。）

目視調査の結果、免震層において鉛ダンパーの表面の変状（図-5.4.35(a)(b)、屈曲部付近で、ささくれ状のしわが主に断面の南北方向の表面に生じている）や鋼材ダンパーの塗料のはがれ（同図(c)）が確認できた。これらは、前回の地震で同様に変状があった跡をきれいにした部分であり、今回の地震で生じたものであるとの説明があった。また、犬走り部のゴムによるカバーも乱されていた（今回の地震によるものか不明）。なお、残留変位は確認できなかった。また、免震表示はなかったが、クリ

アランスは実測で45cm程度であった。

現在免震層を管理している施工者にもヒアリングを行い、次のような証言が得られた。

a)　地震直後の目視点検で積層ゴムのゴムカバーの脱落（図-5.4.35(d)）が見られた。現在はカバーを付け直している。

b)　鋼材ダンパーの取り付け部分ががたついており、ボルト増し締め等の措置を講ずる予定である。

c)　大臣認定の建築物であり、性能評価時の条件（一定以上の震度を経験した場合）に該当するため、免震部材メーカーが点検を実施した。鉛ダンパーについては部材特性の変化（エネルギー吸収性能の低下）の可能性があるが、メーカー撤退により代替品の調達が難しく、最終的に交換が必要かどうかについては、特性の変化を想定した上で改めて解析を行う等、免震建築物としての性能をトータルで評価した上で判断してもらいたい、と言われた。今後、学識経験者へ相談したいと考えている。

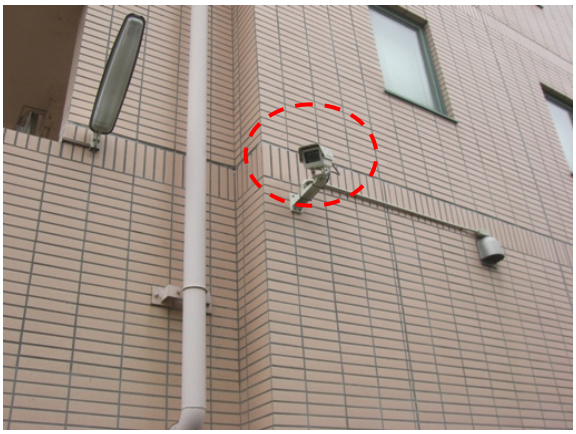
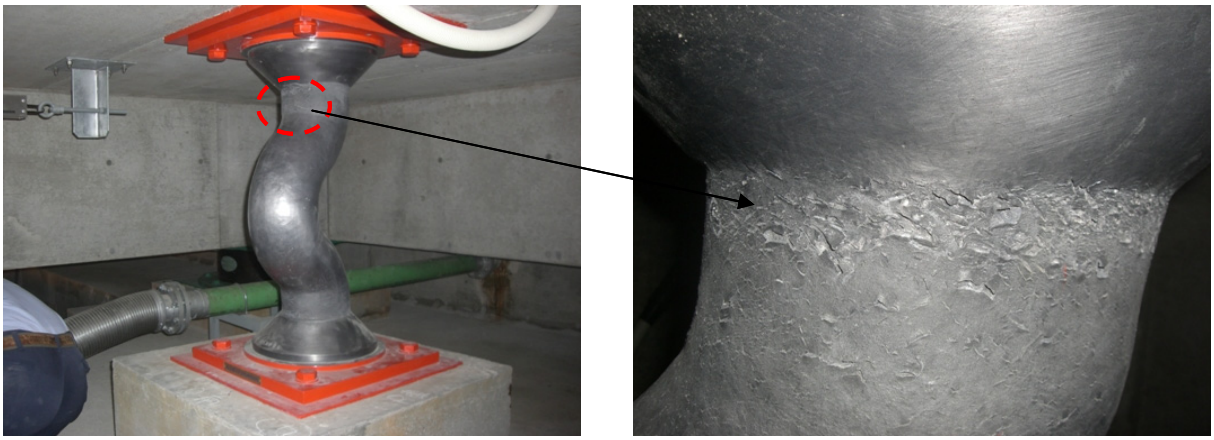


図-5.4.34　防犯カメラ（免震部分に固定され、周囲敷地を撮影する１台）



(a) 鉛ダンパー外観　　(b) 鉛ダンパー屈曲部のささくれ状の変状

(c) 鋼材ダンパー及び塗料のはがれ　　(d) 積層ゴム支承及びカバー脱落
(本震直後の点検時の状況を再現したもの)

図-5.4.35　免震部材の状況

5.4.7　G建築物

(1) 建築物概要

G建築物は、宮城県仙台市宮城野区において平成18年10月に建設された、木造２階建て（＋鋼製土台を使用）の戸建て免震住宅である（図-5.4.36）。免震材料の特性や配置等に関する資料は未入手である。

(2) 被害等の状況

建設地周辺の本震による震度は５弱とされた地域である。

本震時に室内にいた住人にヒアリングを行い、次のような証言が得られた。

a)　1978年の宮城県沖地震の際には、小学３年生であり、福田町（水田の埋め立て地であった模様）の住居で室内のすべてのものの転倒・落下、サイドボードのガラス破損、停電、断水などを経験した。2005年の８月の地震の際には、田子（たご）のアパートの１階で、食器棚の食器の破損、地震後のテレビの移動（40cm程度）、お風呂（あるいは洗面所）のシャンプーがリビングまで飛んでいるのを体験した。周囲には液状化が発生し、道路が水浸しになった。

b)　本震時、地響きがした。地震が来ると考えたが、揺れ始めた直後に「カチッ」と言う音が聞こえた。（この音は、雨樋のフレックス部分の強制変形（５mm程度変形したことで金属音が出た）が原因とハウスメーカー担当者）そのあと免震挙動に移行したようである。朝食時であり牛乳とトマトジュースをグラス一杯についであったが、こぼれなかった。花瓶も全く何ともなかった。

c)　大きくゆったり揺れたが、以前に体験施設で免震住宅の揺れを経験していたので、全く恐怖心はなかった。揺れている最中に窓から外を見たところ、庭の石が動いているように見えたことで、建物がゆっくり揺れていることを確認した。南北方向の動きが大きかったようである。9:20頃の余震は感じなかった。

d)　本震直後の残留変位は２～３cm程度だった。最大変位は確認していない。

目視調査では、免震挙動の痕跡は認められなかった。調査時には残留変位は見られず、余震等によって原点に復帰したものと考えられる。

なお、本免震住宅を含め、一帯に停電・断水等の被害はなかった。

(a) 玄関付近（変状なし）

(b) 免震表示及び雨どいのフレックス部分

図-5.4.36　G建築物の周囲状況

5.5 観測地震記録に基づく免震建築物の振動特性等の調査

Ｃ建築物では、図-5.5.1に示すとおり、Ｉ棟及びＮ棟のそれぞれ基礎（免震層直下（地下１階））、１階（免震層直上）及び最上階（Ｉ棟は５階、Ｎ棟は３階）で地震観測が行われており、本震時を含め多数の観測記録が得られている。ここでは、建物所有者より提供いただいた本震時の加速度記録を用いて、免震建築物の振動特性及び免震効果に関する検討を実施し、さらに、免震層の地震時の応答について、けがき変位計の記録との比較により実挙動との対応を確かめたので、その結果を示す。

図-5.5.1に示すとおり、水平方向に関する記号については建築物の方向に対応させ、Ｘ、Ｙ方向は、それぞれ北に対して－45度及び＋45度回転させた方向に対応する。Ｚ方向は鉛直方向を意味する。

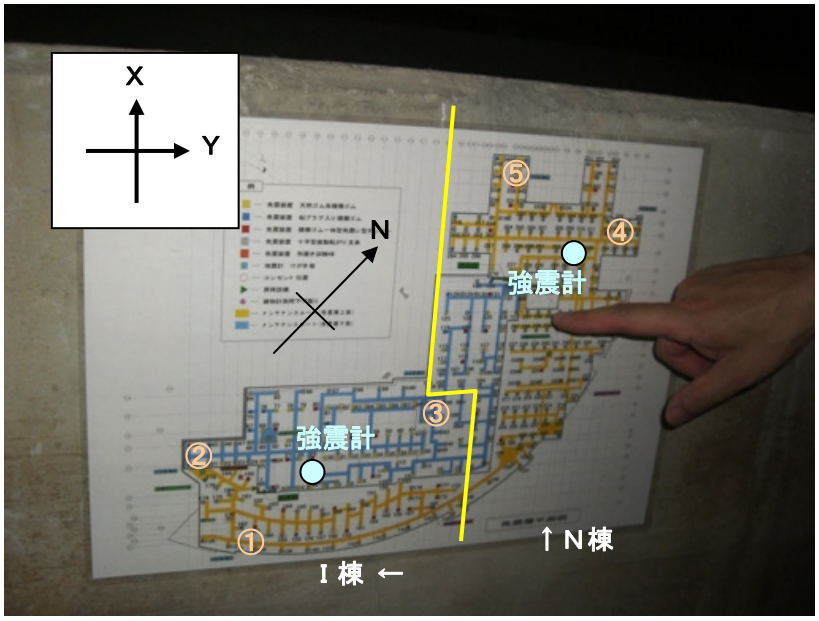
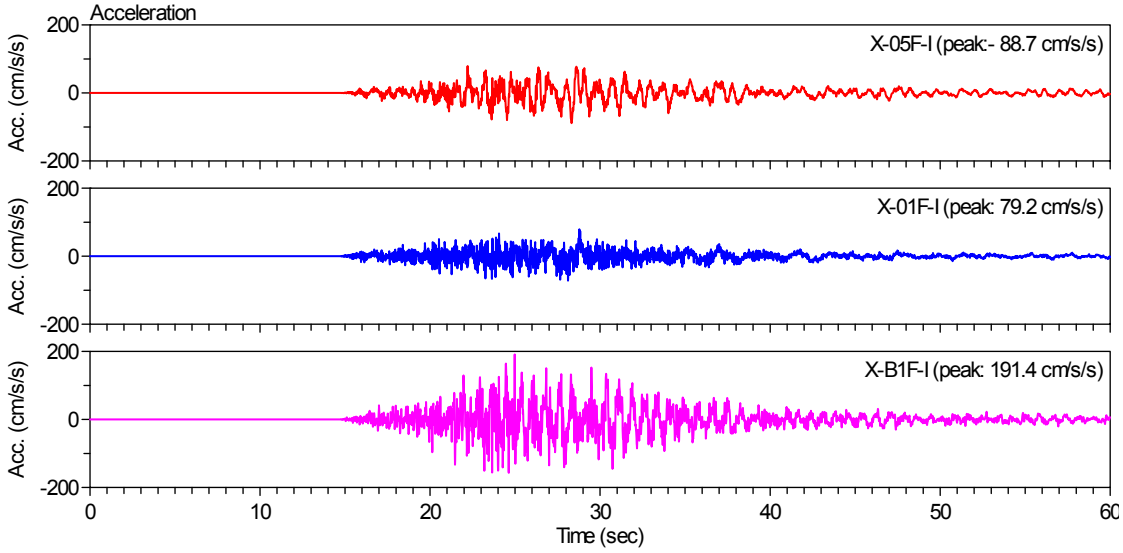
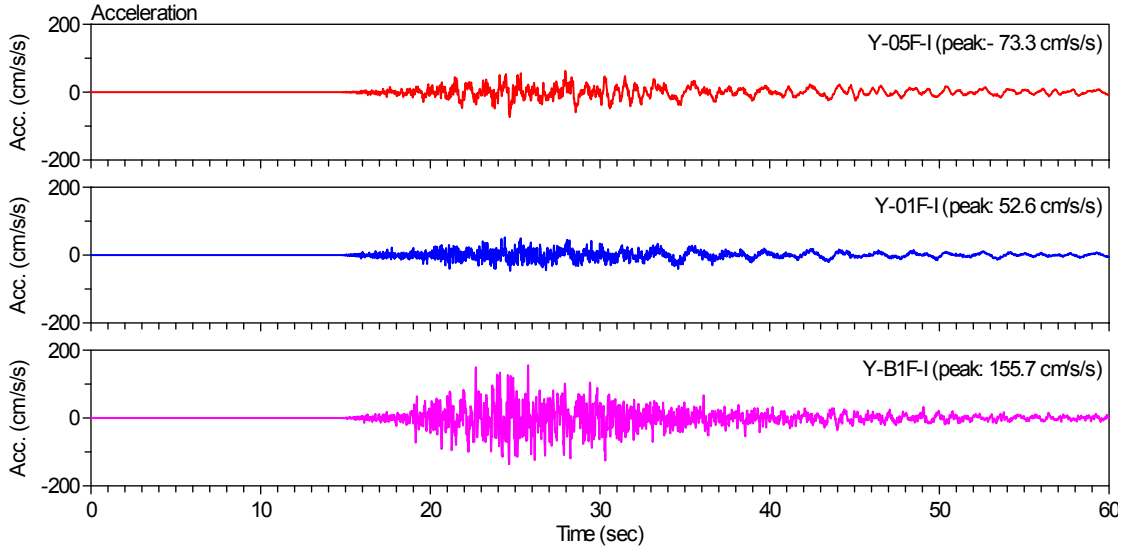


図-5.5.1　強震計設置位置・方向及びけがき変位計（①～⑤）位置

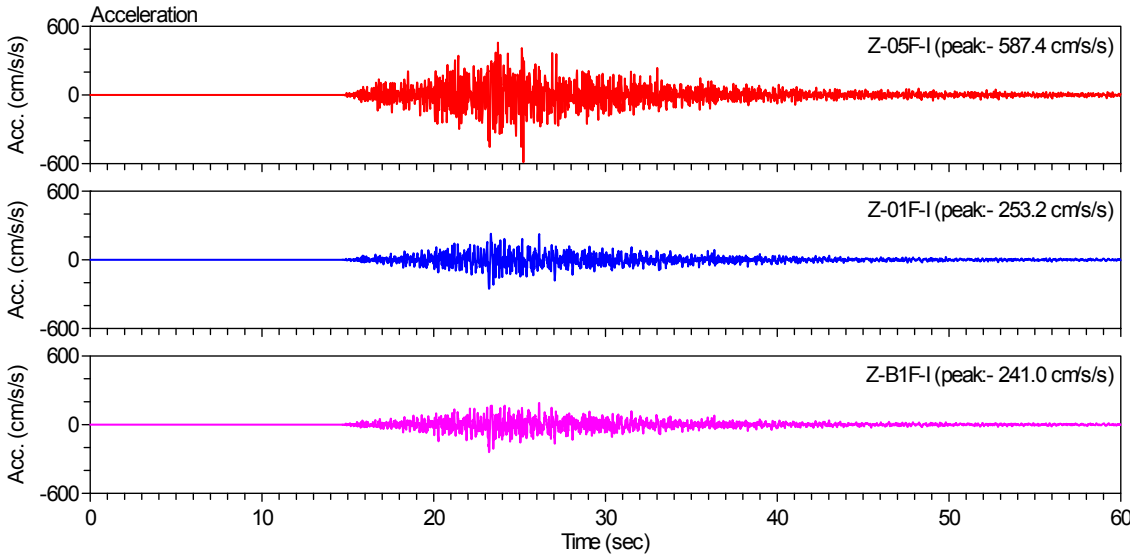
図-5.5.2(a)～(c)に、Ｉ棟の水平２方向（Ｘ，Ｙ）と鉛直方向（Ｚ）、それぞれの方向における地下１階、１階及び最上階の加速度波形を並べた。また、図-5.5.3(a)～(c)に、Ｎ棟の加速度波形を示す。これらの最大値について比較して表-5.5.1にまとめた。水平方向の１階最大加速度は、地下１階のそれに比べて1/2～1/3程度に低減されている一方で、鉛直動については、１階では大きく増幅しないが、最上階では、地下１階の1.5～２倍程度の増幅が観測されている。



(a)　Ⅰ棟X方向

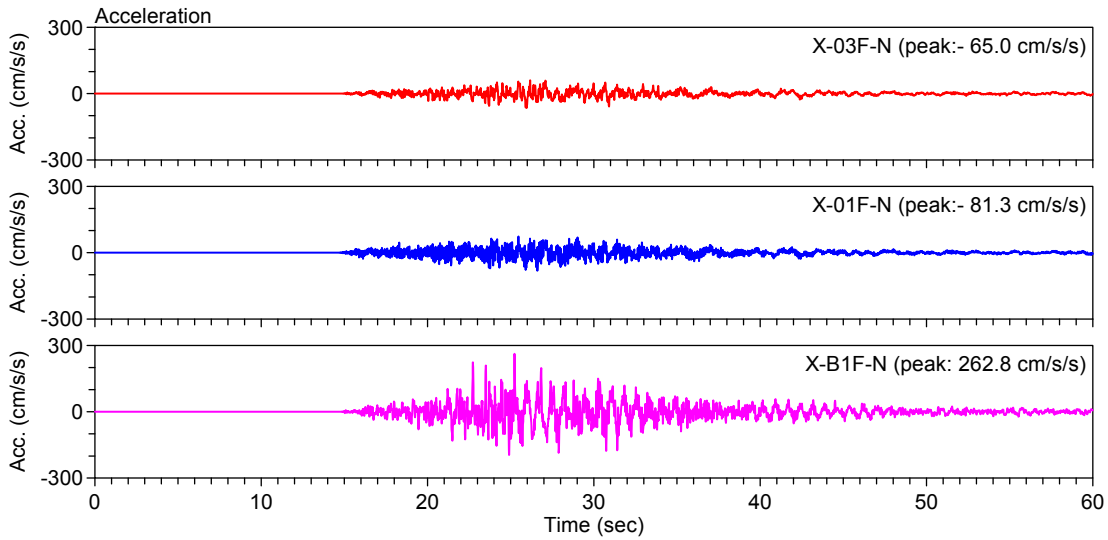


(b)　Ⅰ棟Y方向

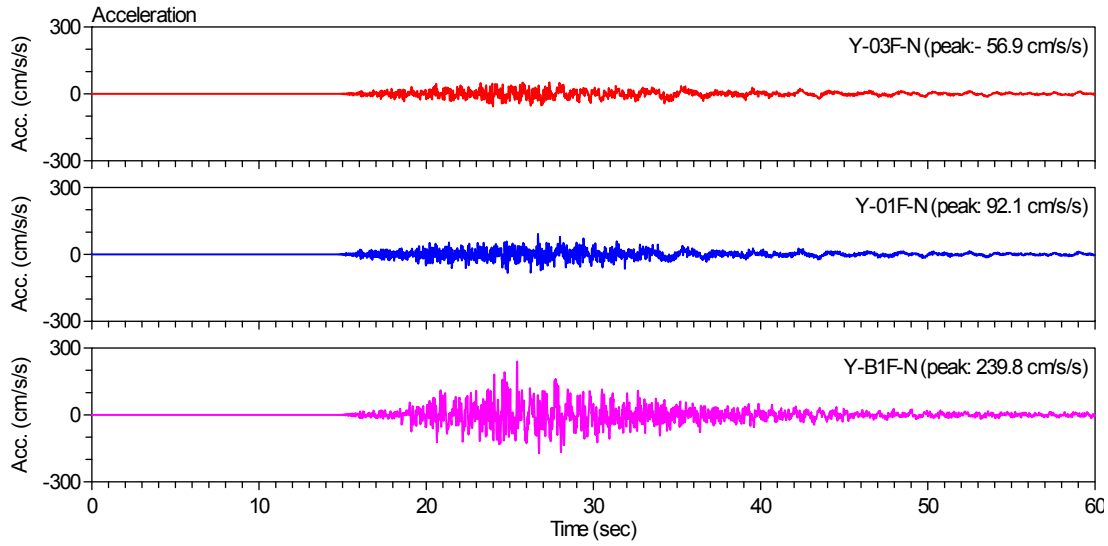


(c)　Ⅰ棟Z方向

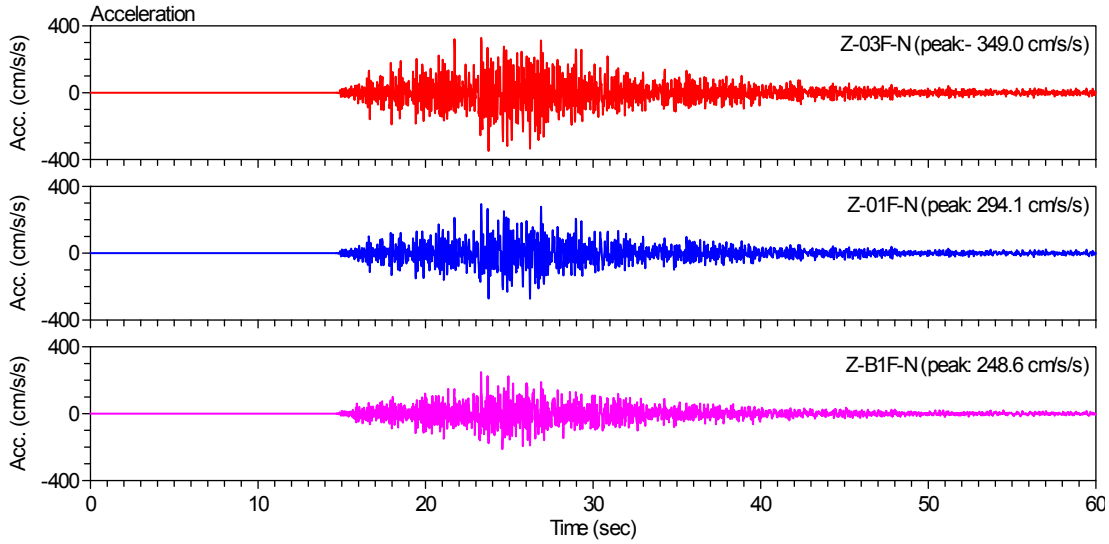
図-5.5.2　加速度波形（Ⅰ棟）



(a) N棟X方向



(b) N棟Y方向



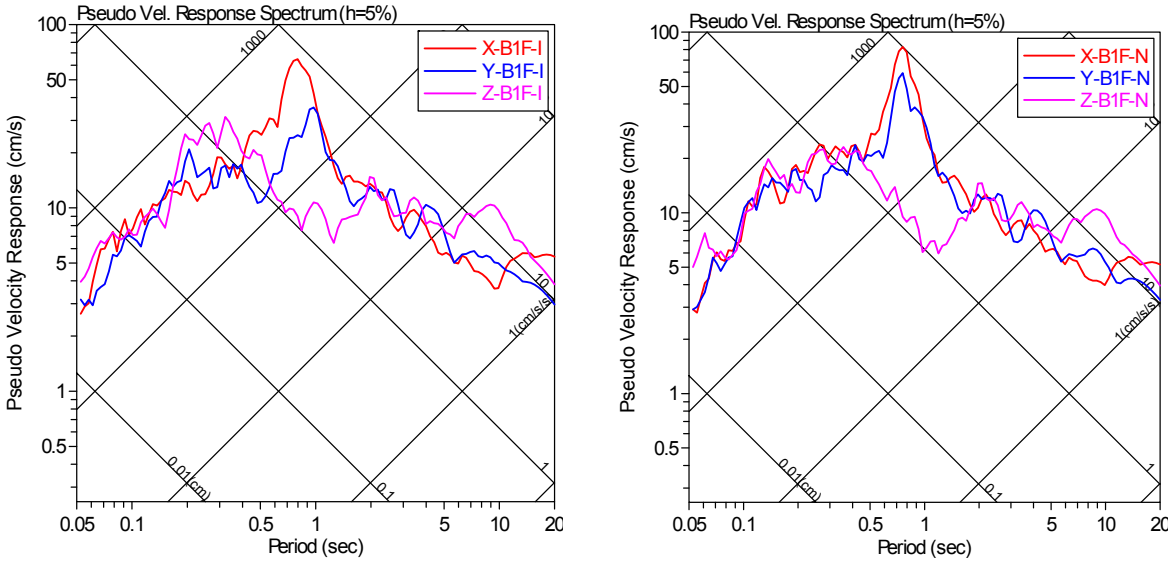
(c) N棟Z方向

図-5.5.3 加速度波形（N棟）

表-5.5.1　Ｃ建築物における本震時の観測記録の最大値

棟	位置	最大加速度（絶対値）［gal］			計測震度
		X	Y	Z	
Ｉ棟（南側）	５Ｆ	88.7	73.3	587.4	5.0
	免震上部	79.2	52.6	253.2	4.5
	免震基礎	191.4	155.7	241.0	4.8
Ｎ棟（北側）	３Ｆ	65.0	56.9	349.0	4.8
	免震上部	81.3	92.1	294.1	4.7
	免震基礎	262.8	239.9	248.6	5.0

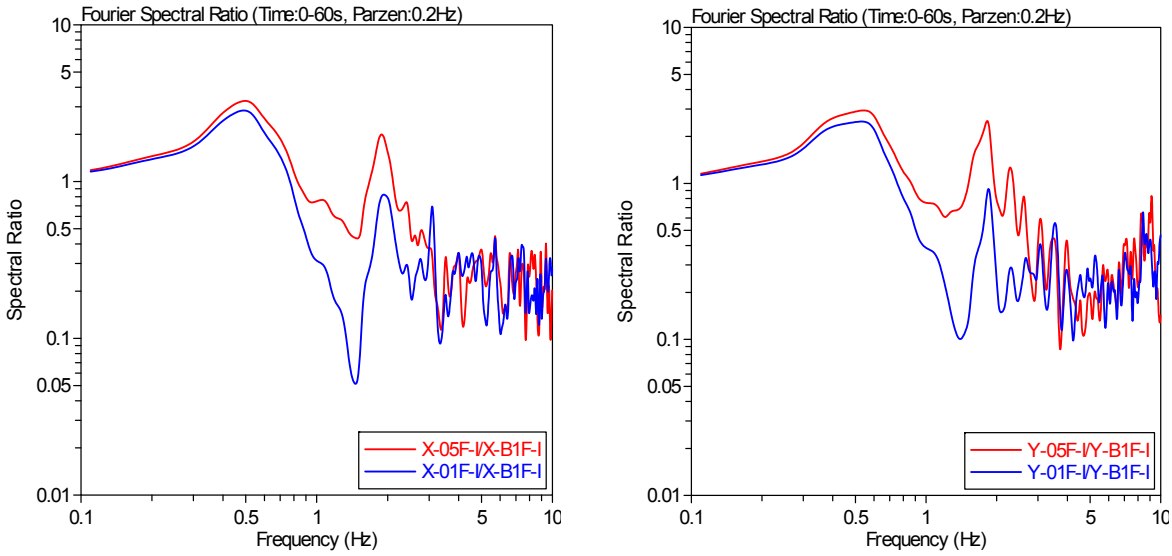
図-5.5.4に、Ｉ棟及びＮ棟の地下１階の記録を用いて計算した擬似速度応答スペクトル（減衰定数５％）を示す。地下１階の水平方向の擬似速度応答スペクトルは、0.8～1.0秒にピークを示す特性を有する。鉛直方向の擬似速度応答スペクトルは、より短周期域（0.2～0.5秒）で大きくなる。



(a)　Ｉ棟　　(b)　Ｎ棟

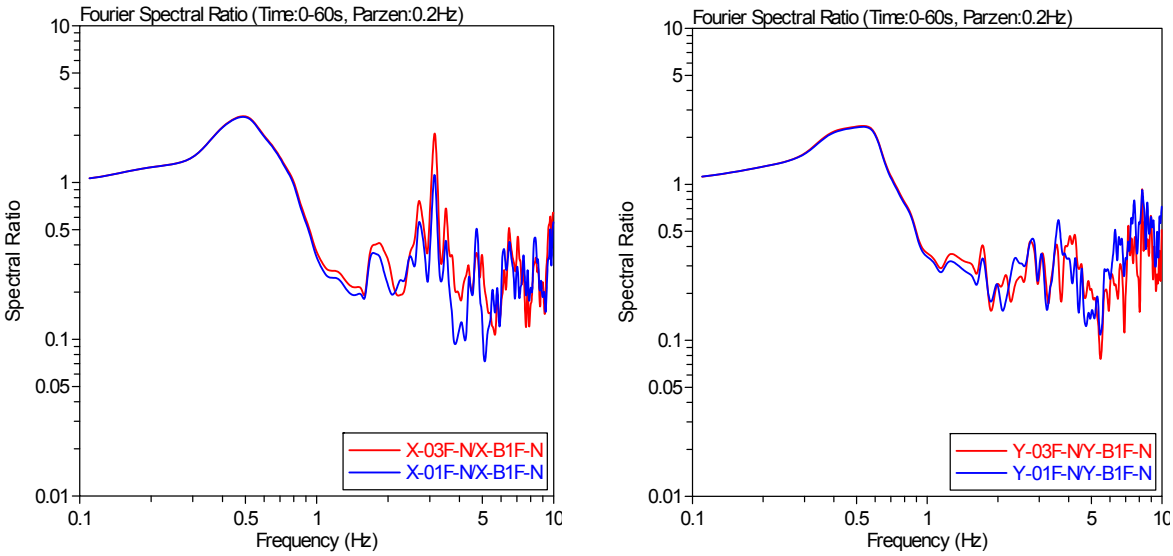
図-5.5.4　地下１階における擬似速度応答スペクトル（減衰定数５％）

図-5.5.5と図-5.5.6に、Ｉ棟及びＮ棟における、地下１階に対する１階及び最上階の加速度波形（水平方向）のフーリエスペクトル比を示す。地下１階に対する１階及び最上階のフーリエスペクトル比における１次の卓越振動数は、0.5Hz（２秒）付近にあり、免震層を含めた建物の卓越振動数と考えることができる。



（a） Ｘ方向　　（b） Ｙ方向

図-5.5.5　地下１階に対する１階及び最上階のフーリエスペクトル比
（水平方向、Ｉ棟）

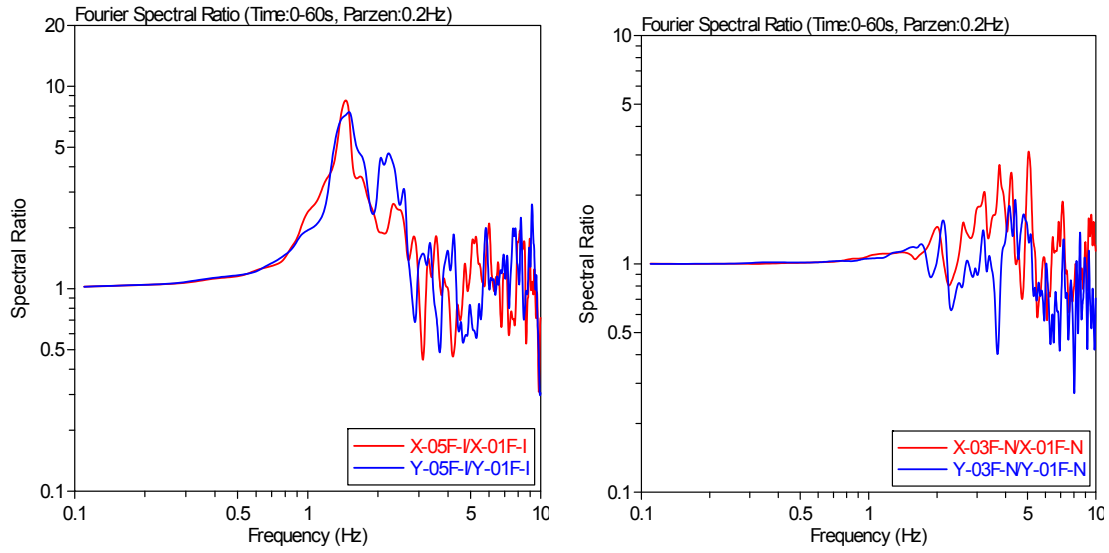


（a） Ｘ方向　　（b） Ｙ方向

図-5.5.6　地下１階に対する１階及び最上階のフーリエスペクトル比
（水平方向、Ｎ棟）

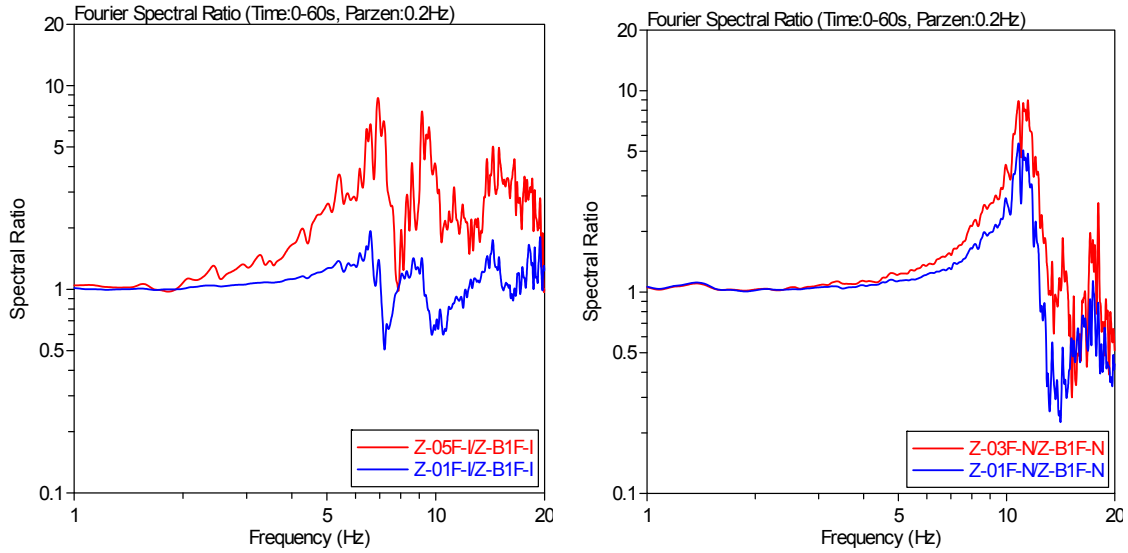
図-5.5.7に、Ｉ棟及びＮ棟における、１階に対する最上階の加速度波形（水平方向）のフーリエスペクトル比を示す。Ｉ棟の上部構造の卓越振動数は、Ｘ、Ｙ方向とも約1.5Hzである。一方、Ｎ棟の上部構造の卓越振動数は、Ｘ方向で約３～４Hz付近と考えられるが、Ｙ方向は明確でない。

図-5.5.8に、Ｉ棟及びＮ棟における、地下１階に対する１階及び最上階の加速度波形（鉛直方向）のフーリエスペクトル比を示す。Ｉ棟の鉛直方向における上部構造の卓越振動数は、７Hzより高くなる一方、Ｎ棟のそれは、10Hzを超え、免震建築物の上下方向の卓越振動数は、水平方向に比べて非常に高くなる特性を示す。



（a） Ｉ棟　　（b） Ｎ棟

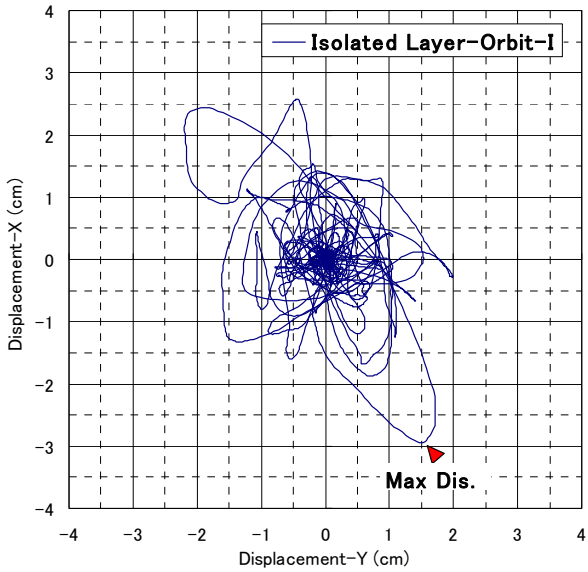
図-5.5.7　１階に対する最上階のフーリエスペクトル比（水平方向）

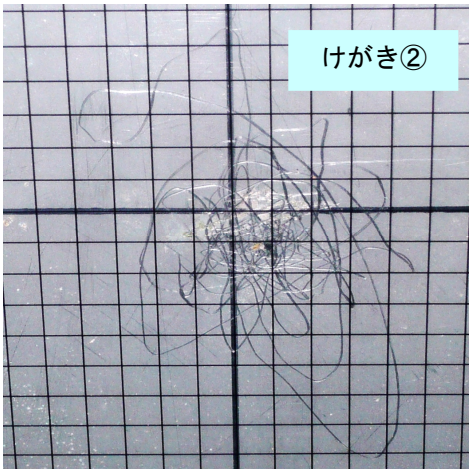


（a） Ｉ棟　　（b） Ｎ棟

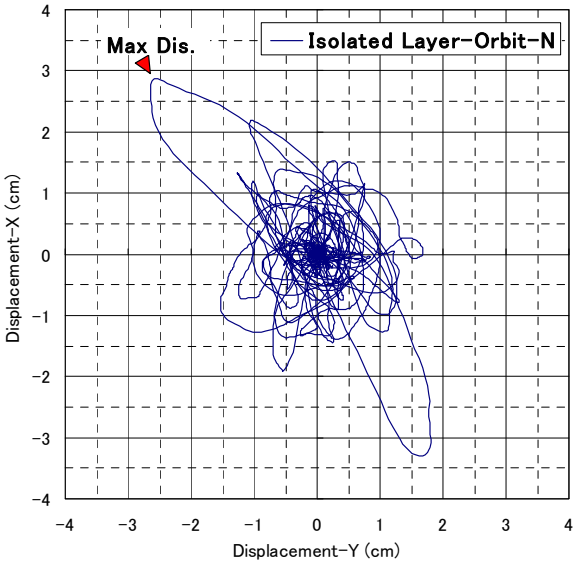
図-5.5.8　地下１階に対する１階及び最上階のフーリエスペクトル比（鉛直方向）

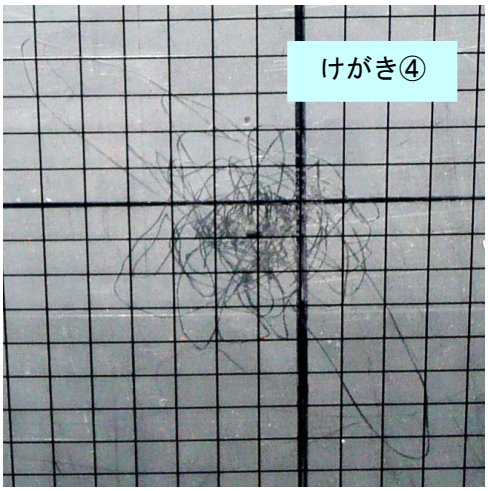
図-5.5.9に、Ｉ棟及びN棟における免震層の水平変位の軌跡を示す。免震層の変位は、１階（免震層の直上）と地下１階（免震層の直下）の加速度波形を、それぞれフーリエ変換するとともに0.1Hzのハイパスフィルター処理し、各振動数成分(f)ごとに$(2\pi f)^2$で除した後フーリエ逆変換することによって変位波形を計算した上で、その差として求めた。免震層の最大変位は、Ｉ棟及びN棟で、それぞれ原点より約3.3cm、約3.8cm（図中「Max Dis.」で示した位置）となる。図-5.5.1に示すとおり、Ｉ棟の加速度計の設置位置は、けがき変位計の①または②の設置位置に、N棟の加速度計の設置位置は、けがき変位計の④の設置位置に近いことから、それぞれ両者の結果を比較すると、比較的良く対応した変位軌跡を描いている。





(a) Ｉ棟（左図：解析値・右図：５mmグリッドによる実測値）





(b) N棟（左図：解析値・右図：５mmグリッドによる実測値）

図-5.5.9 免震層の水平変位の軌跡

5.6 免震挙動に関するアンケート調査

5.6.1　調査の目的

Ｃ建築物は病院であり、本震時には建築物内に多数の職員が勤務中であった。また、当該建築物の建つ岩手県南部は、昭和53年（1978年）６月の宮城県沖地震以降、たびたび被害地震が生じたことから、これらの職員の多くは一定以上の大きさの地震に遭遇した体験が比較的豊富であると考えられる。そこで、Ｃ建築物の職員を対象として、免震建築物の地震時挙動とその感じ方を耐震構造と比較するためのアンケート調査を実施した。調査は、Ｃ建築物の管理者に調査票の配布と回収を依頼して実施した。調査期間及び回答数を表-5.6.1に示す。

表-5.6.1　アンケート調査概要

調査期間	2008年８月１日より約３週間
回答数	23回答（うち１回答は無効）

5.6.2　調査項目

調査項目を図-5.6.1～図-5.6.3に示す。各項目については、平成16年（2004年）新潟県中越地震の被災地で行った同種のアンケート[5.3)]の調査票を参考とした。ただし、5.4.3項の現地調査報告の末尾に示したとおり、Ｃ建築物の周辺における一般の建築物の被害が少なく、本震時の免震建築物と一般建築物との被害状況の比較では差が出ないことが想定されたことから、本震（免震建築物内で経験）と過去の被害地震（非免震として経験）との地震動の「感じ方」の比較を行うことを目的として、修正を加えている。

Ｉ．記入者情報

１．性別

a.男　　b.女

２．年齢

a.20代未満　b.20代　c.30代　d.40代　e.50代　f.60以上

３．地震時（６月14日８時43分ころ）の建物周辺（一関市山目）の震度は５強と発表されています。過去にある程度大きな地震を経験された方は、その地震の名称の記号に丸をつけてください。また、そのうち最も大きな揺れを体感したと思われる地震の記号をご記入ください。

(1) 経験した地震の名称

a.昭和53年（1978年）６月12日　宮城県沖地震
b.平成10年（1998年）９月３日　岩手県内陸北部地震
c.平成10年（1998年）９月15日　宮城県南部地震
d.平成15年（2003年）５月26日　三陸南地震
e.平成15年（2003年）７月26日　宮城県北部地震（宮城県連続地震）
f.平成17年（2005年）８月16日　宮城県南部地震
g.平成20年（2008年）７月24日　岩手県沿岸北部の地震
h.その他（　　年　　月　　）地震

(2) うち最も大きな揺れを体感したと思われる地震（a～hでお答えください）

（　　）

図-5.6.1　アンケート記入票１（記入者情報）

Ⅱ．地震時の様子

４．免震建物の中のどこにいましたか。

階：(　　)

場所：a.居室　b.事務室　c.病室　d.教室　e.廊下　f.その他(　　)

５．この建物が免震構造であることをご存知でしたか。

a.はい　b.いいえ

６．地震時の行動をお答え下さい。（複数回答可）

a.作業をそのまま続行した　b.作業を中断して様子を見た　c.ガス栓等の火の元の始末を行なった　d.外に飛び出した　e.机、テーブルの下に潜る等の避難行動を行なった

f.その他（　　）

７．揺れの感じ方についてお答え下さい。

(1) 震度にした場合

a.震度1～3程度　b.震度4　c.震度5　d.震度6　e.震度7　f.不明

(2) 恐怖感

a.かなりあった　b.すこしあった　c.あまりなかった　d.まったくなかった

(3) 不快感

a.かなりあった　b.すこしあった　c.あまりなかった　d.まったくなかった

８．地震の最中での室内の揺れや地震後のライフラインの状況についてお答え下さい。

(1) 吊下げ物

a.落下した　b.大きく揺れた　c.わずかに揺れた　d.揺れなかった　e.その他

(2) 食器類やその他の棚、机の上のもの

a.かなり落ちた　b.一部落ちた　c.音を立てたが落ちなかった

d.落ちないし音もしない　e.その他

(3) 家具の転倒

a.かなりあった　b.すこしあった　c.なかった　d.その他

(4) ライフラインの被害

a.被害があり、復旧に時間がかかった　b.被害があったが、直後に復旧した　c.なかった

d.その他

被害があった場合は、どのようなものかご記入ください。（　　）

図-5.6.2　アンケート記入票２（地震時の様子）

Ⅲ．免震建物について

９．免震建物の有効性を実感できましたか。

a. 一般の建物と比較して耐震性に優れている　　b. 一般の建物と比較してあまり変わらない

c. 今回の地震だけではよく分からない

（できれば、上記回答の理由をお聞かせ下さい）　理由：

１０．免震建物の内部で大きな地震を経験された回数をご記入ください。また、６月14日の岩手・宮城内陸地震の本震との揺れの感じ方の違いなどについて記述してください。

(1) 回数：（　　回）

(2) 揺れの感じ方の違いなど：（　　）

１１．免震構造に関する意見、感想(揺れ方の印象など)、期待などを、お聞かせ下さい。

図-5.6.3　アンケート調査票３（免震建築物について）

Ⅳ．過去の地震時の様子

１２．過去の地震時にあなたのいた場所をお答えください。

(1) 分類

a. 個人住宅　b. 共同住宅　c. 店舗　d. 事務所　e. 病院　f. その他の建物　g. 建物の外

住所（　　）※差し支えない範囲でご記入ください。

(2) 建物の構造

a. 木造　　b. 鉄筋コンクリート造　　c. 鉄骨造　　d. その他　　e. 不明

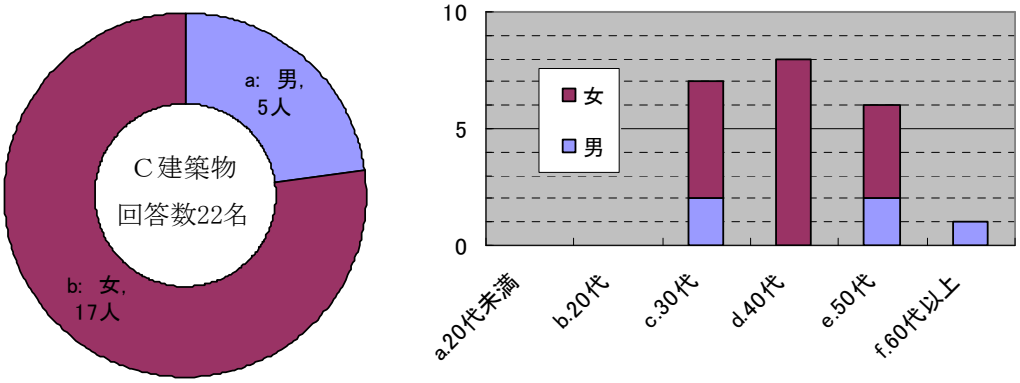
１３～１５．略（図-5.6.2の質問６～８と同じ）

図-5.6.4　アンケート調査票４（過去の地震時の様子）

5.6.3　アンケート調査結果

(1) 回答者の構成等（設問１・設問２）

回答数22名の性別・年齢の内訳を図-5.6.5に示す。約3/4が女性という結果であったが、本震発生が診療日外の土曜日であり、時刻も８時43分ごろと比較的早い時間帯であったことから、回答者の多くは看護士等のスタッフであった（図-5.6.7参照）と考えられる。20代以下の回答はなく、60代以上の一名（監視スタッフ）を除き、30代～50代にほぼ均等に分布している。



(a) 性別内訳　　(b) 年齢内訳

図-5.6.5　回答者構成（総回答数22）

(2) 過去の被害地震の経験について（設問３）

図-5.6.6に、回答者が過去に経験した被害地震（複数回答可）と、そのうち最大と感じたものの内訳を示す。すべての回答者がいずれかの被害地震を経験しており、最大と感じた地震としては、昭和53年（1978年）の宮城県沖地震を挙げる回答者が多かった。

その他の２件については、「平成６年12月八戸沖」が１、空欄が１であった。

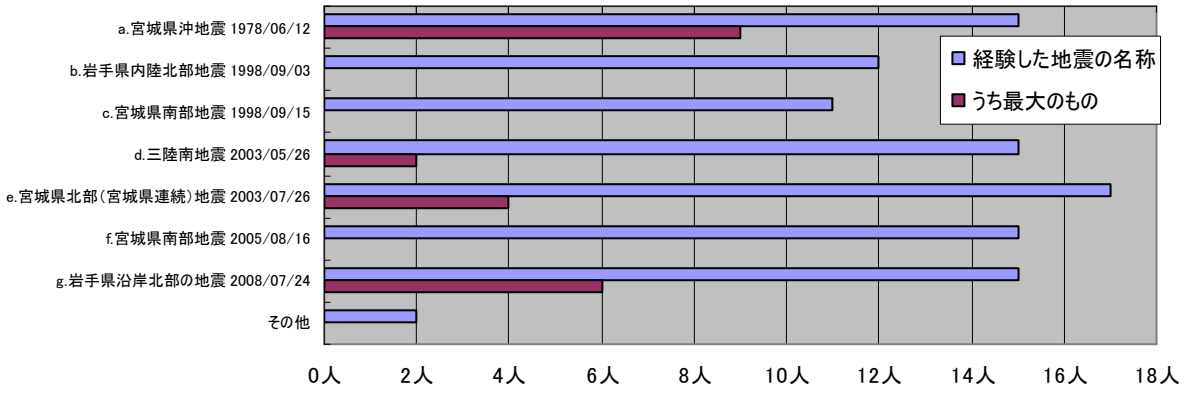


図-5.6.6　過去に経験した被害地震

(3) 本震時の所在について（設問４）

本震時の回答者の所在（階数別）を図-5.6.7に示す。回答のうち多く（17名、77%）がアンケート記入票では「f.その他」とされていた項目で、その大半は「ナースステーション」または「スタッフステーション」と記入されていた。これらは回答者の職種で呼び分けられているが室としては同じであったことから、別立ての項目（ステーション）としてまとめて示した。それ以外の「f.その他」の内訳は「調理室・救急外来処置室・救急処置室・病棟内・新生児室・厨房内」（各１）であり、「e.廊下」と回答した３名を除きほとんどの職員は室内作業中であったと考えられる。

なお、選択肢中「a.居室」「d.教室」は、調査対象が病院であり、該当する室がなかった。「c.病室」については回答数０であったが、調査対象が入院患者等でなく職員であったためと考えられる。

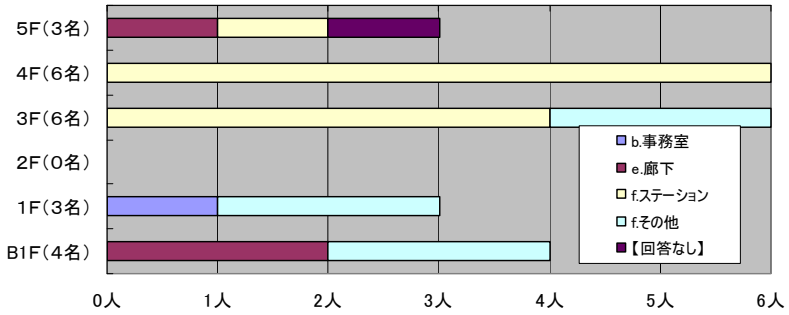


図-5.6.7　本震時の職員の所在

(4) 地震時の行動について（過去の地震（非免震）との比較）（設問５・設問12・設問13）

本震時及び過去の地震時の職員の行動を比較して図-5.6.8に示す。ここで「今回の地震」「過去の地震」とあるのは、それぞれ本震時（設問５：免震建築物内）及び(2)で示した過去に経験した最大の地震（設問13）を表している。今回の地震時の行動については、ほとんどの回答者が「a.作業をそのまま続行した」や「b.作業を中断して様子を見た」等の比較的余裕のある行動をとったのに対し、過去の地震においては「d.外に飛び出した」や「e.机、テーブルの下に潜る等の非難行動を行った」などの行動も多かった。今回の行動に余裕があったことは、「f.その他」の記入事項（表-5.6.2）にも現れていると考えられる。

過去の地震時の回答者の所在（設問12）について図-5.6.9に示す。過去地震時の所在として最も多かったのは「g.建物の外」である。建物としては、個人住宅（木造）と病院が多かった。

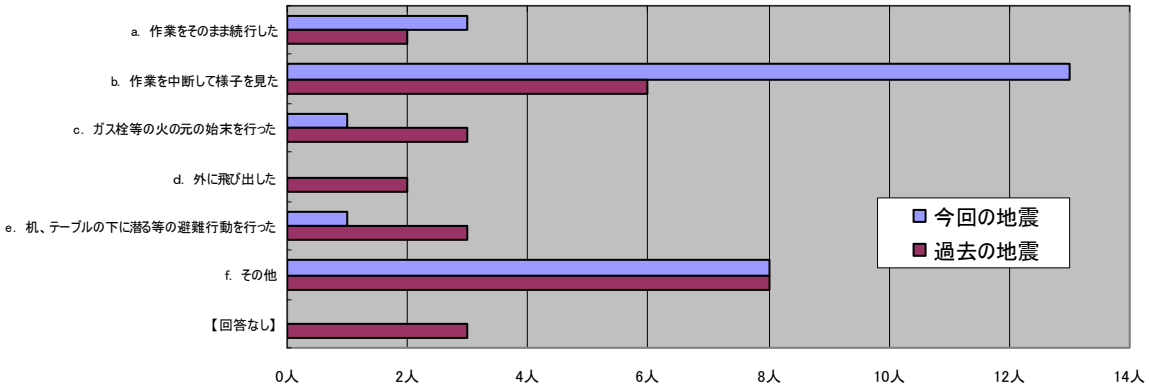


図-5.6.8　地震時の行動

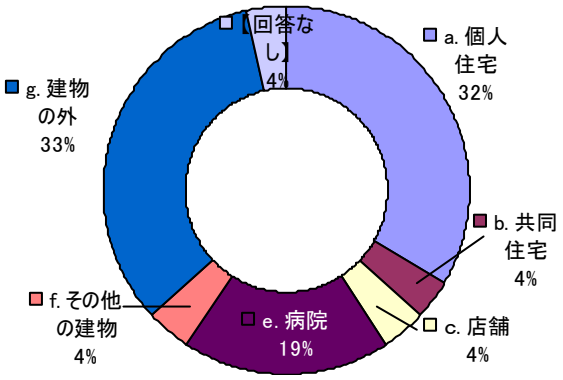


図-5.6.9　過去の地震時の所在

表-5.6.2　「f.その他」の記入例

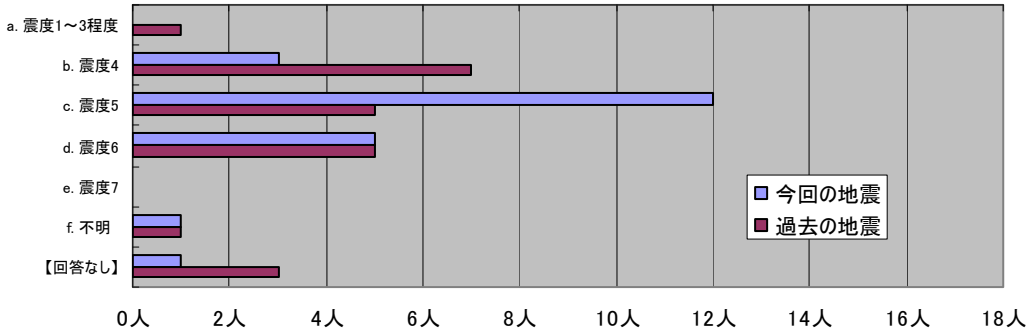
地震	記入例
今回の地震	患者の見回り。 病室（特に重傷患者）を見回った。 すぐ動かずに、落ち着いた時点で病室ラウンドを始めた。 スタッフの安全確認。
過去の地震	その場にしゃがんだ 地面にすわりこんでしまった 倒れそうな棚を押さえていた。 ３階のベランダに出た。 その場を動かず、落ち着いてから行動した。

(5) 揺れの感じ方について（過去の地震（非免震）との比較）（設問７・設問14）

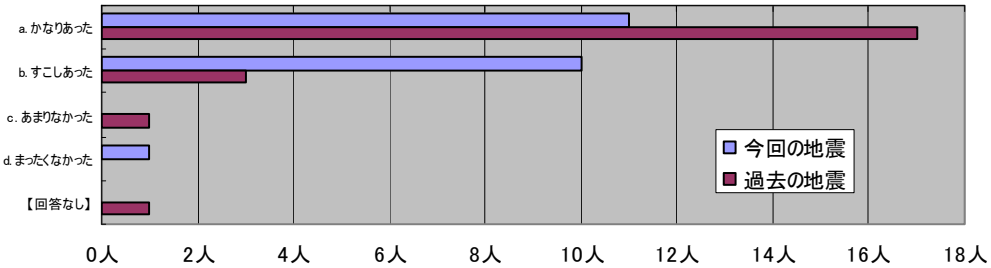
地震時の揺れの感じ方についても、今回の地震（設問７）と過去の地震（設問14）とを比較して図-5.6.10に示す。比較した項目は「震度」「恐怖感」及び「不快感」である。

今回の地震の震度（体感値）として最も多かったのは震度５であった。ただし、気象庁の報道等による公表震度の数値の影響も考えられる。過去の地震については、震度４が最も多かった。なお、現在は震度５及び６はそれぞれ強弱２段階で表示することになっているが、過去の地震との比較の都合上、設問ではそうした区分は設けなかった。

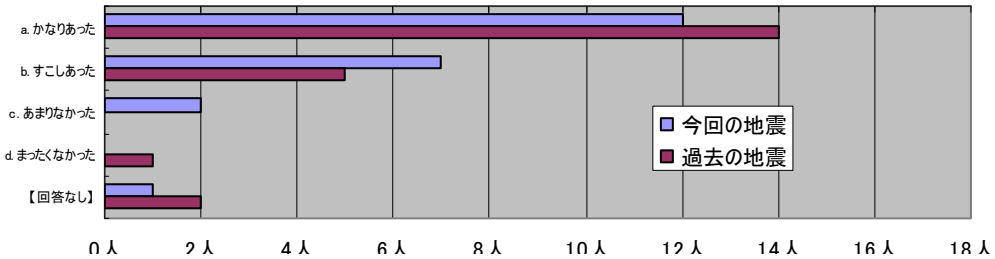
恐怖感について「a.かなりあった」「b.すこしあった」の数値を比較した場合、前述の通り今回の地震の方が震度に関しては大きなゆれを体感しているが、過去の地震についてはより多くの職員が「a.かなりあった」と回答している。不快感についても同様の傾向を示しているが、恐怖感との比較では、a.とb.との差は小さくなっている。恐怖感の方により顕著な差が見られた背景として、回答したすべての職員がＣ建築物について免震構造を採用していることを知っていたこと（設問５）が挙げられる。



(a) 震度



(b) 恐怖感



(c) 不快感

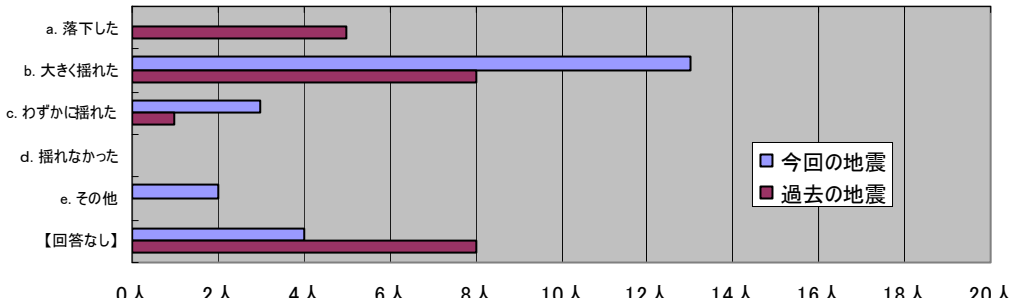
図-5.6.10 揺れの感じ方

(6) 地震時の被害状況について（過去の地震（非免震）との比較）（設問８・設問15）

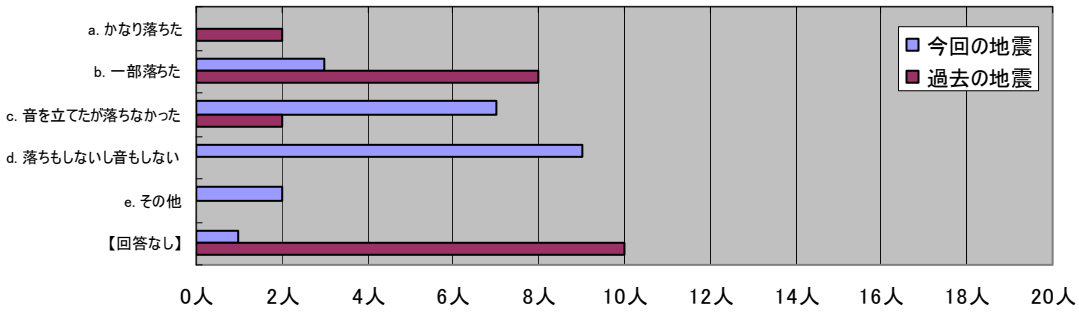
地震時の建築物内外の被害状況について、今回の地震（設問８）と過去の地震（設問15）とを比較して図-5.6.11に示す。調査項目は「吊り下げ物」「食器類」「家具」及び「ライフライン」である。

吊り下げ物に関しては、今回の地震では「b.大きく揺れた」「c.わずかに揺れた」が多かったが、ただし過去の地震のような落下被害はなかった。食器類及びライフラインに関しては、いずれも過去の地震の方が被害が大きい結果となった。特に食器類に関しては、今回の地震（免震建築物）では、「d.落ちもしないし音もしない」という回答が最も多く、免震構造の効果が発揮されたと考えられる。

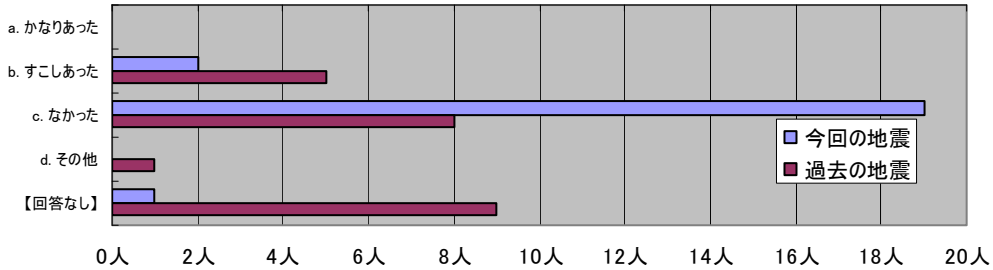
家具の被害に関しても、今回の地震では「c.なかった」とした回答者がほとんどであった。



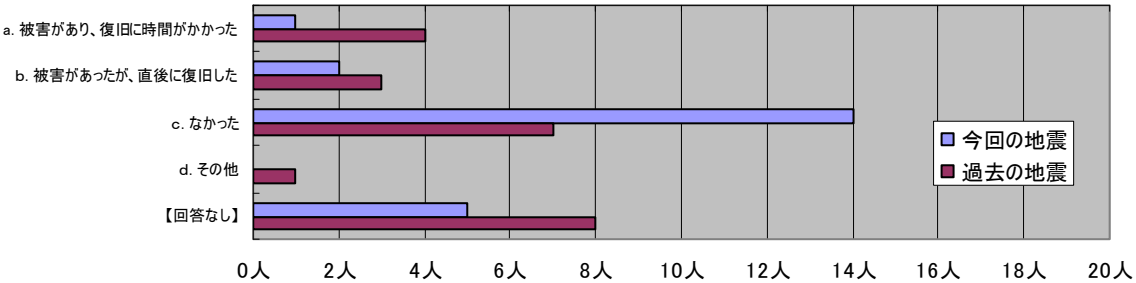
(a) 吊り下げ物



(b) 食器類



(c) 家具



(d) ライフライン

図-5.6.11 地震時の被害状況

ライフラインの項目については、状況を記入する欄を設けたところ、それぞれ表-5.6.3のような記入があった。

表-5.6.3　ライフライン被害状況

地震	記入例
今回の地震	エレベーター地震管制作動　防災ドア作動 エレベーターが動かなくなった。 エレベーターが止まり、透析の患者をすぐに１階に降ろせなかったこと。
過去の地震	プロパンガスや給湯器の安全装置がはたらいた。 ガスが止まった。

(7) 免震建築物の有効性について（設問９～設問11）

設問９～設問11として、今回の地震の経験を踏まえた免震構造の有効性について調査した。

設問９の免震構造の有効性については、図-5.6.12に示すとおり、半数以上の回答者が「a.一般の建物と比較して耐震性に優れている」としている。一方で41％の回答者が「c.今回の地震だけではよくわからない」としたが、その理由（自由記入）としては「同じ震度で、免震と免震でない建物との揺れの違いが分からない」「免震の有効性はあるのだろうが、揺れがいつまでも残っている感じがした」等の記入があった。この内容については、5.5節で示したとおり今回の地震でも免震構造は一定の効果を発揮したと考えられるが、その挙動の印象によっては有効性を感じられない場合があることを示しており、免震建築物の普及に当たっては、このような「揺れ方」の有効な表示手法についても検討する必要があると考えられる。

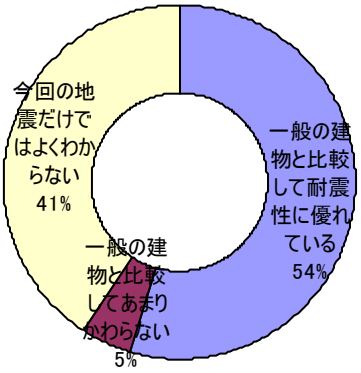


図-5.6.12　免震構造の有効性

なお、Ｃ建築物の１階床での加速度は、今回の地震においては5.5節に示した通り50～90gal程度であった。一方、2004年新潟県中越沖地震では、免震建築物の１階床での加速度は200gal程度で、周囲の木造建物の多くには、大きな被害が生じていた。2004年新潟県中越沖地震での同様の調査[5.3)]において、「a.一般の建物と比較して耐震性に優れている」とした回答は６割を超えており、今回よりは、免震建築物の有効性が、使用者により実感されたことを示す結果となっている。すなわち、免震構造の性能は地震動の入力レベルが大きくなるほど、より有効に発揮されていくものと考えられる。

設問10に関しては、免震挙動を経験した回数等を記入するものである。設問の目的は、余震（本震よりレベルの小さな地震動であることが予想される）に対する免震挙動の印象を通して中規模以下の地震に対する性能を把握しようとするものであったが、本震時と比較して揺れが長時間継続したとする記入があった。表-5.6.4に免震挙動の経験回数と揺れの感じ方の違い（自由記入）についてまとめた。

表-5.6.4　免震挙動の経験回数と本震との揺れの違い

回数	人数	揺れの感じ方の違い
３回	1	今回より弱く感じた
２回	3	6月14日　大きな揺れ20秒くらい／7月24日　大きな揺れが長かった。30～40秒続いたように感じた。 6/14も仕事中だったが揺れは同じように感じた。 二戸でも経験したが、落下物の被害が少ないように感じた。
１回	8	揺れが長く続く感じがした。 地震の時の条件（いた場所）が異なるのでよくわからない。
０回	5	（記入者なし）
回答なし	5	（記入者なし）

設問11として、免震構造に関する意見等の自由記入欄を設けたところ、次のような記入があった。構造被害等に対する耐震性能としては高い性能を有することを理解しているものの、その地震時挙動としては、揺れが大きく不安であるとする意見もあった。

- 縦揺れを感じなかったので、これが免震なのかなあと感じていた。
  揺れが長いのも、実際の建物の外の揺れより長いのかなあ、と思っていた。
- よくわからない。
- 震度5強で揺れはあるが設備には問題が少ない。
- 免震構造だという安心感はあった。
  かなりの揺れを感じ地鳴りのような音とシャッターのカタカタ鳴る音に恐怖感もあった。
  一般の建物だったら、落ち着いて行動できるか不明。
- 揺れはばがゆっくりしていて揺れが少ないように感じる
- 横の揺れる感じが、大きいような気がしました。その後の余震でも、３階のためか横に動く感じが大きいと思いました。
- 物が倒れないよう揺れが吸収されている感じが伝わる。反対にいつまでも揺れているので不快。
- ゆっくり大きく横に揺れたように感じた。４階にいたが、最初に感じた揺れでも、衝撃が吸収されていると実感できた。
- 免震構造で安心なのかもしれないが、体感的にはすごく不安な感覚がした。　　いつまでも揺れる感じが残っているようでした。

5.7 まとめ

2008年岩手・宮城内陸地震における免震建築物の実態調査を行った。

a) 本震の最大震度６弱と発表された地域に免震建築物（Ｂ建築物、Ｆ建築物）が建てられていたが、免震建築物周囲の状況や免震層周辺の目視調査の結果などを踏まえても、大きな応答変位は生じておらず、設計用地震力（地震動）より入力はかなり小さかったと考えられる。今回調査した他の免震建築物についてもすべて被害はなく同様の状況であったが、ヒアリング調査によると、これまでの他の地震も含め、免震挙動を経験した使用者の多くは、あまり揺れを感じなかった・地震そのものに気づかなかった（Ｄ建築物）、落下・破損等の被害がなかった（Ａ建築物、Ｄ建築物、Ｆ建築物、Ｇ建築物）など、その有効性を実感しているようである。しかしながら、小さな地震に対しては却ってよく揺れる（Ｄ建築物）、歩くことは可能だがまっすぐ歩けない（Ａ建築物、Ｂ建築物）といった問題点も指摘されている。

　なお、免震建築物は大地震時に大きく変形することから、建物使用者に対して注意喚起を行う表示板を設置する規定が義務付けられているが、調査時には表示が発見できないものがあった。また、非構造部材で免震挙動に影響ないと考えられるが、地震時の変形に伴い損傷を生じているもの（手すり、エキスパンションジョイント等）も見られた。

b) 免震建築物の挙動を明らかにするために、建築物の本震時の加速度記録の解析を行った。地下１階（免震層直下）に対する１階（免震層直上）の水平方向の最大加速度は、1/2～1/3程度に低減し、免震効果が確認された。一方、鉛直動については、地下１階に対する最上階の最大加速度は、１．５～２倍程度の増幅が観測された。また本建物の５箇所に、けがき変位計が設置されており、その軌跡より主要な水平変位の方向はすべて東西方向であること、さらに免震層内の位置により、それぞれの軌跡の形状がやや異なることが確認された。加速度記録を積分して得られた免震層の水平変位の軌跡は、加速度計に近い位置にあるけがき変位計の軌跡と良い対応を示した。

c) 本震時に一定以上の使用者が免震挙動を経験したと考えられる免震建築物の使用者（職員）に対してアンケートを行い、免震構造の有効性について確認した。過去の被害地震とも比較し、体感した揺れ方の印象と比較して被害については小さいことが確認できたが、免震挙動については揺れが長時間継続することについて恐怖感・不安感も指摘されており、設計に当たって留意すべき事項であると考えられる。

　また、建物内での使用者の反応を、2004年新潟県中越沖地震での同様の調査と比較した。免震構造の性能は、免震建築物周辺の建築物等被害の大きさとの対比も関係し、地震動の入力レベルが大きくなるほど有効に発揮されることを示した。このようなアンケート結果は、今後、一般の居住者の視点に立ち、免震構造の性能及び特徴を広く周知することを検討する上で、有益な資料になり得ると考えるが、評価に当たっては床加速度等のフロアレスポンスを適切に把握した上で行うことが重要であると考えられる。

謝辞

各建築物の現地調査に当たっては、地震直後の混乱した状況にもかかわらず、建築物図面の提供や免震層の目視調査へご協力いただきました。また、解析に当たっては、けがき変位計の記録及び地震観測のデジタルデータの提供、さらにそれらの公開について快く許可をいただきました。それぞれご担当いただいた方々に深く感謝いたします。

図-5.2.1はPaul Wessel氏とWalter H. F. Smith氏が作成したＧＭＴ[3.18]を用いて作成したものです。

参考文献及び参照サイト

5.1) (社)日本免震構造協会：国内の免震建物一覧表、MENSHIN、No.28(2000.5)、No.33(2001.8)、No.60(2008.5)

5.2) 日経BP記事 (http://www.nikkeibp.co.jp/news/const08q3/578479/)

5.3) 小豆畑達哉、飯場正紀、井上波彦、緑川光正：2004年新潟県中越地震における免震建築物の対地震性能に関する建築物利用者へのアンケート調査、日本地震工学論文集第６巻第４号、pp.19-37、2006.11

６．観測地震動の特徴と各種地震応答解析による検討

6.1 地震動の特徴

強震動特性の３つの決定要因、すなわち、震源・伝播経路・サイト増幅について、それぞれの観測地点の強震記録から分析することは、強震動予測の観点から重要であり、ここでは過去の強震記録について観測地点毎に比較を行った。

図-6.1.1 に近傍で過去に発生した主要な地震の震源を示す。今回の地震は、内陸地殻内の浅い地震であったが、この地域には、同様タイプの地震と、海溝型と呼ばれるプレート境界域(やや深い)に起こる地震がある。

以下に示す主要観測点での地震動の応答スペクトルについて、海溝型地震と内陸地殻内地震とに区別できるように表示した。

図-6.1.2 に示す K-NET 築館観測点（MYG004）では、地盤条件が地表１mの粘性土の下部は、岩盤層がでている。ボーリング資料を見る限り、第１種地盤あるいはそれに近いとみられる。築館地点では、周期約４秒の卓越が各地震共通に見られる。ただし、今回の地震の場合はその卓越が顕著である。

図-6.1.3 には、K-NET 鳴子（MYG005）における最近の主な地震における擬似応答スペクトル（減衰定数５％）の比較を示した。過去の地震でも周期２～３秒の顕著な卓越が共通に見られる。周期 0.1 秒前後にも共通のピークが見られる。本観測地点は、鳴子鬼首地区のカルデラ地形の中にあり、3 秒あたりのピークも、カルデラ内の当観測地点周辺のローカルな地盤条件によるものと見られる。

地盤は、地表部にシルト層が２，３mで、その下部は１０m程度の硬い礫質土があり、その下部にはやや硬質の N 値２０程度の粘性土層が見られる。火山性の堆積物が厚く堆積しているものとみられる。

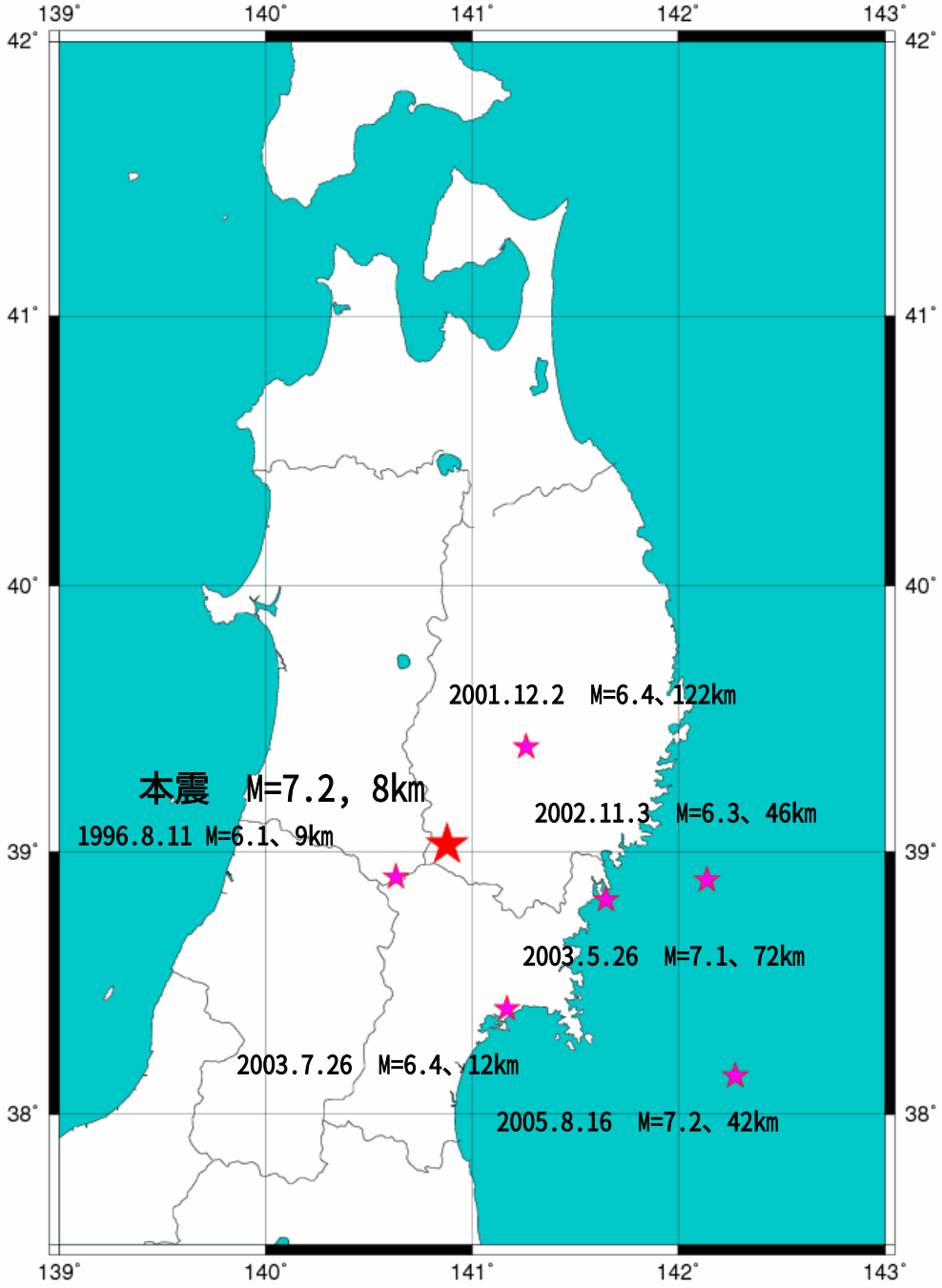


図-6.1.1　被災地近傍で過去に発生した主要な地震の震源

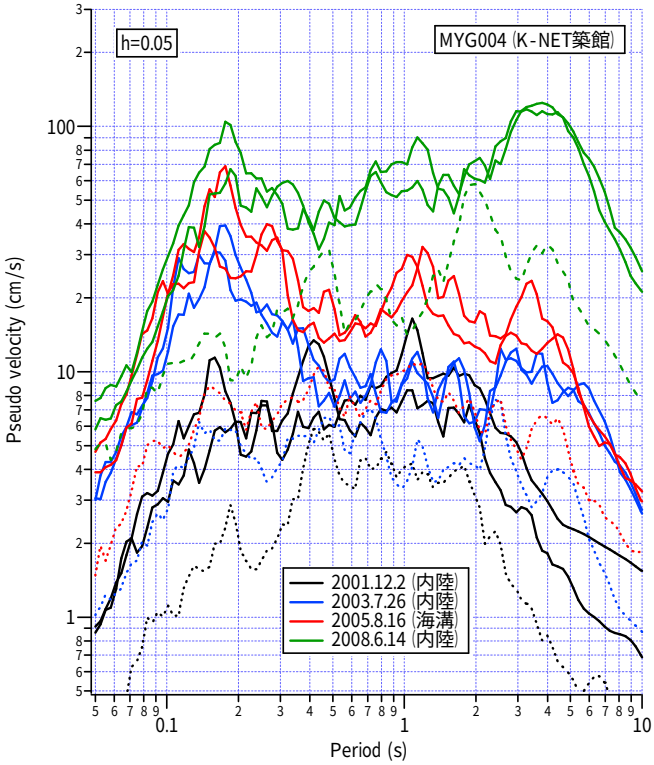


図-6.1.2　K-NET 築館（MYG004）における今回の地震を含む、最近の主要地震における擬似応答スペクトル（減衰定数 5%）の比較。実線は水平動、破線は上下動。

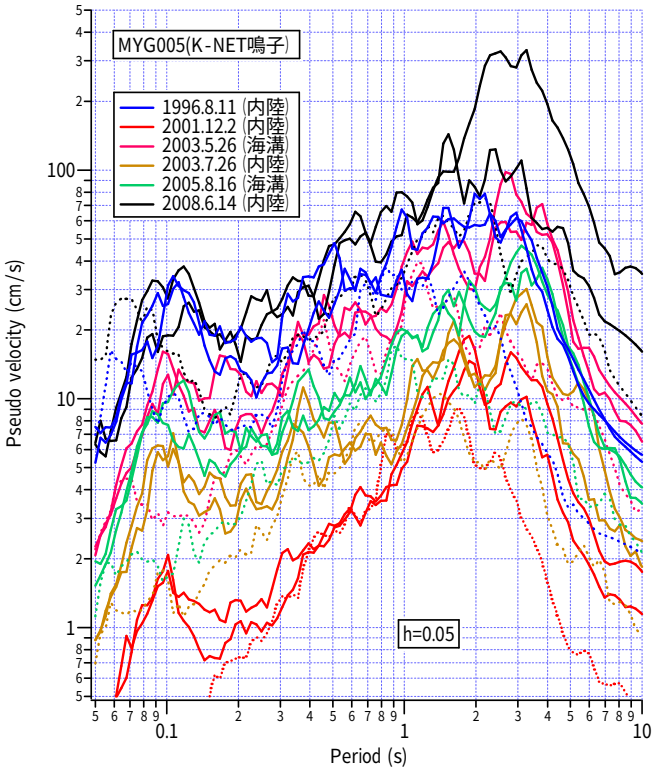


図-6.1.3　K-NET 鳴子（MYG005）における今回の地震を含む、最近の主要地震における擬似応答スペクトル（減衰定数 5%）の比較。実線は水平動、破線は上下動。

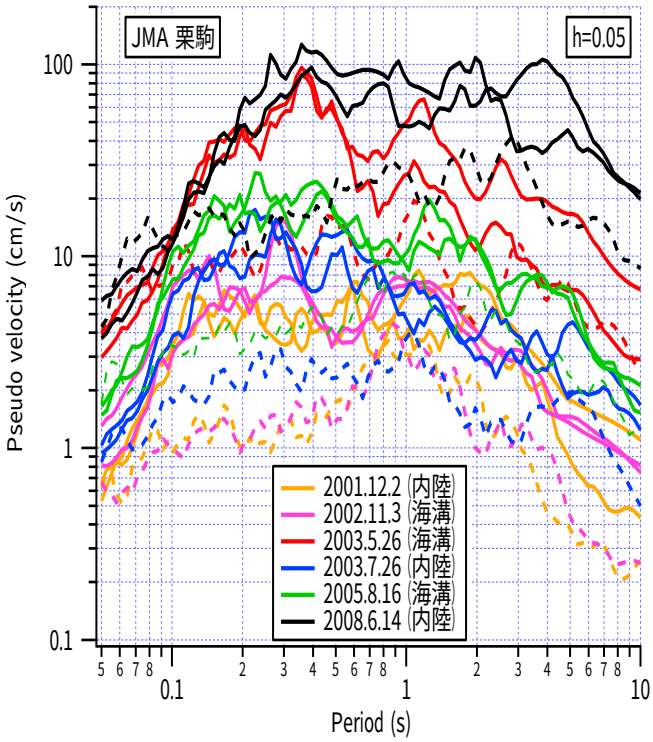


図-6.1.4　気象庁・栗駒強震観測地点（8A6）における今回の地震における擬似速度応答スペクトル(減衰定数 5%)の比較。実線は水平動、破線は上下動。

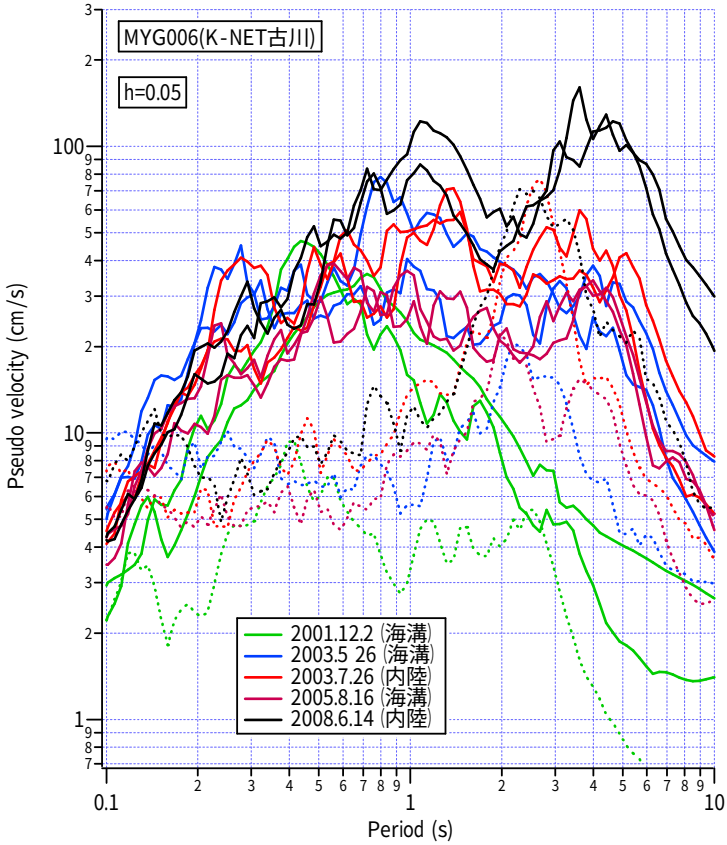


図-6.1.5　K-NET 古川（MYG006）における今回の地震における擬似速度応答スペクトル(減衰定数 5%)の比較。実線は水平動、破線は上下動。

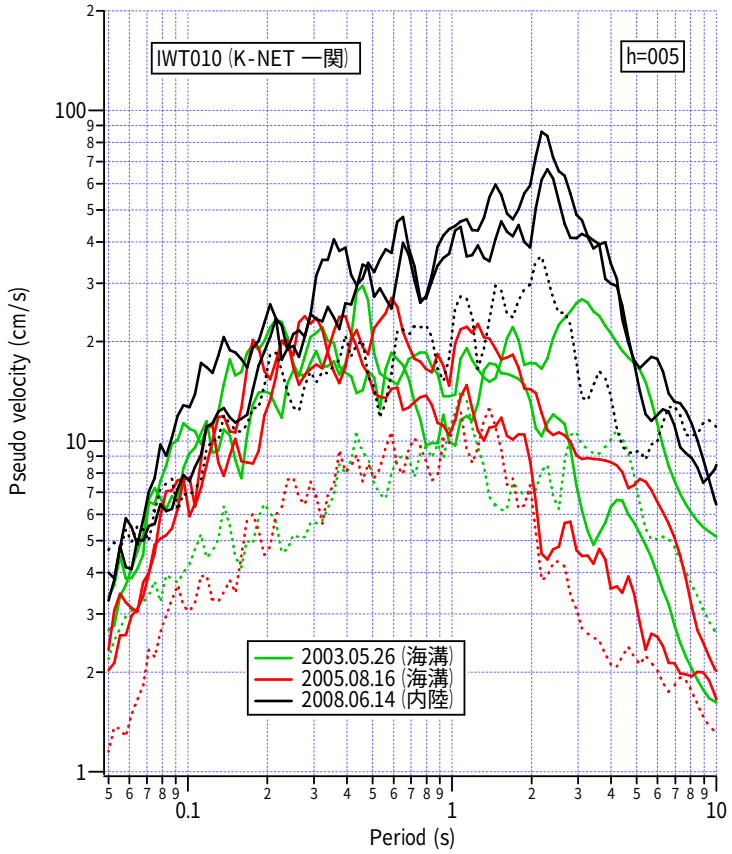


図-6.1.6　K-NET 一関強震観測地点（IWT010）における今回の地震における擬似速度応答スペクトル(減衰定数 5%)の比較。実線は水平動、破線は上下動。

図-6.1.4 には、今回の地震における最大の被災地に最も近い気象庁強震観測地点、栗駒(8A6)地点での観測記録について示した。地表面上の記録ではあるが、広い周期範囲で 100cm/s 程度のレベルを有する記録である。周期 4 秒で高レベルを保持しているが、過去の地震では、この周期帯域での顕著な卓越は見られない。

図-6.1.5 には、K-NET 古川（古川消防署、MYG006）での記録を示した。今回は周期 3～5 秒の卓越が見られるが、過去の地震時にも周期 2，3 秒の卓越が見られる。

観測地点の地盤は、N 値が 5 から 10（深さ 4m あたりに N 値 20 程度の薄い砂質土層）が見られる。工学的基盤としては、約 17m 深さの礫質土となっている。

図-6.1.6 には、K-NET 一関（一関消防署、IWT010）における最近の主な地震における擬似応答スペクトル（減衰定数５％）の比較を示した。今回は周期 2 秒の卓越が見られる。今回だけなく過去の地震でも周期 2～3 秒の卓越が見られる。

図-6.1.7 には、K-NET 水沢（水沢図書館、IWT011）における最近の主な地震における擬似応答スペクトル（減衰定数５％）の比較を示した。今回は周期 2～3 秒の成分の卓越が見られる。過去の地震でも同様の周期帯域での卓越が見られる。

図-6.1.8 には、KiK-net 鳴子（MYGH02）での地震動スペクトルを比較した。K-NET 鳴子に近いが、スペクトルレベルの差は非常に大きい。今回の地震と、その余震についてのみ描いたが、両者の長周期におけるレベル差は大きい。地震規模、観測点の地盤、地質等の差異が反映しているものと考えられる。

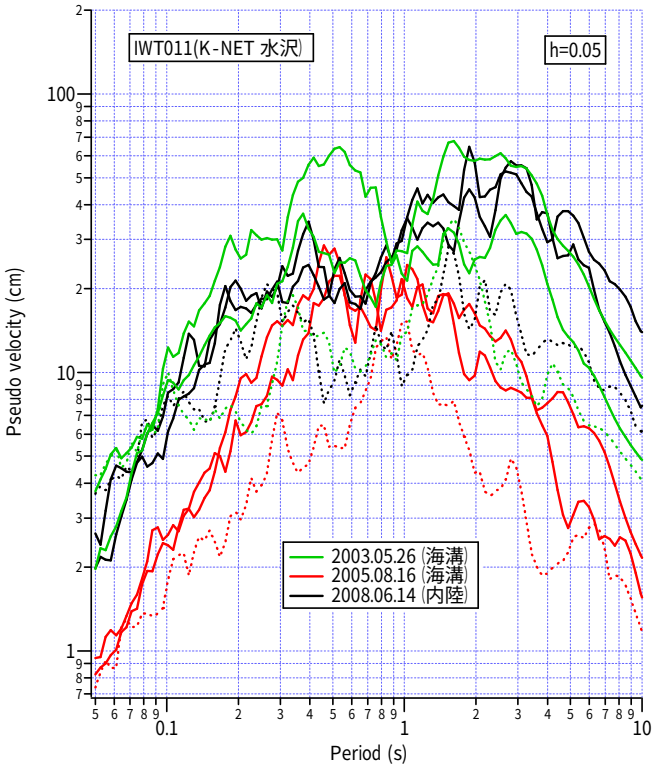


図-6.1.7　K-NET 水沢観測地点（水沢図書館、IWT011）における擬似速度応答スペクトル(減衰定数 5%)の比較。実線は水平動、破線は上下動。

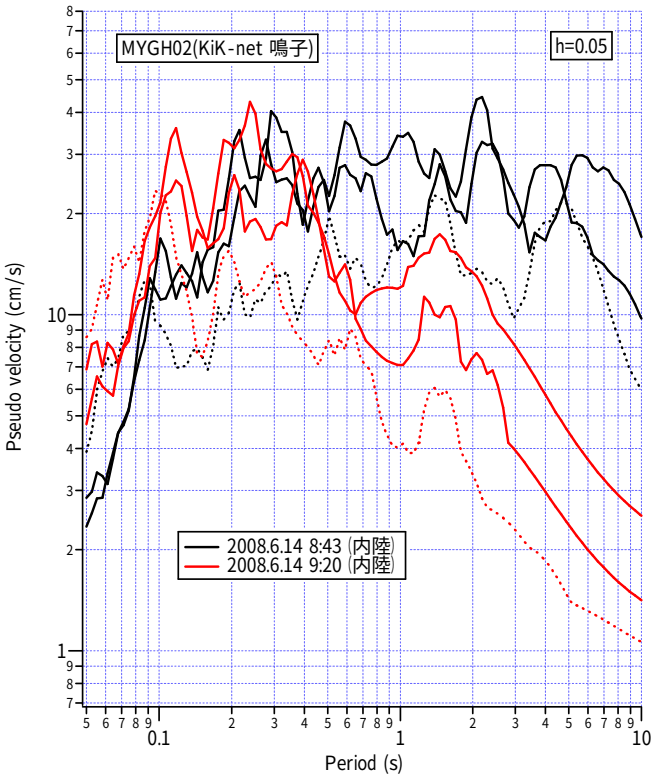


図-6.1.8　KiK-net 鳴子観測点（MYGH02）での今回の本震・余震における擬似応答スペクトル（減衰定数５%）の比較。実線は水平動、破線は上下動。

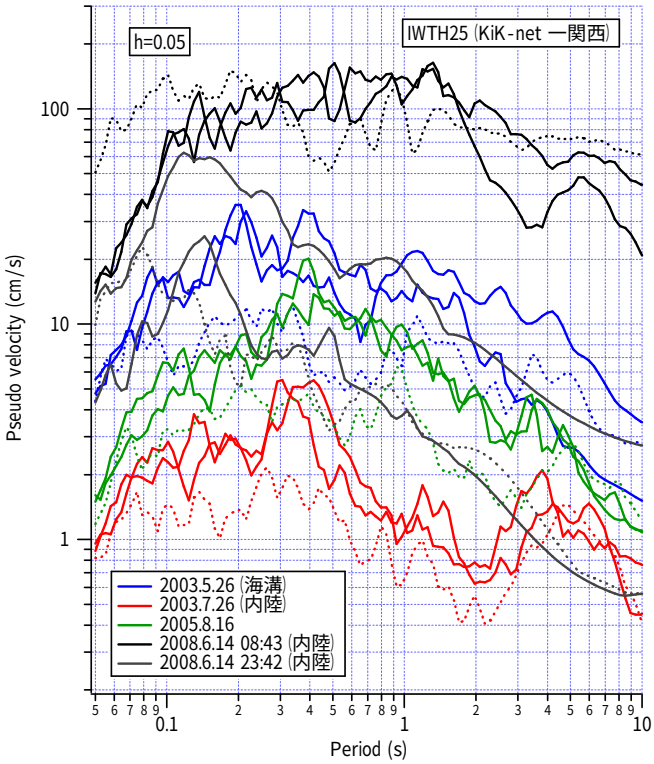


図-6.1.9　KiK-net 一関西観測点（IWTH25）での擬似応答スペクトル（減衰定数５％）の比較。
今回の本震で 4G レベルの上下動が記録された。

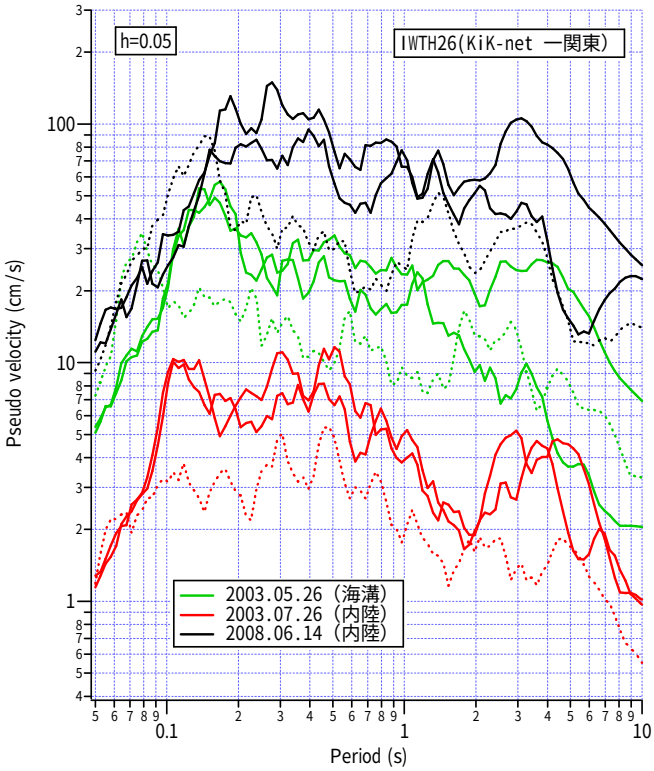


図-6.1.10　KiK-net 一関東観測点（IWTH26）での擬似応答スペクトル（減衰定数５％）の比較。

図-6.1.9 には、KiK-net 一関西における最近の主な地震における擬似応答スペクトル（減衰定数５％）の比較を示した。本観測地点では、今回上下動で４G 相当の記録が観測されている。周期１秒前後でも相当なレベルにある。震源（破壊の中心）直上の地点である。

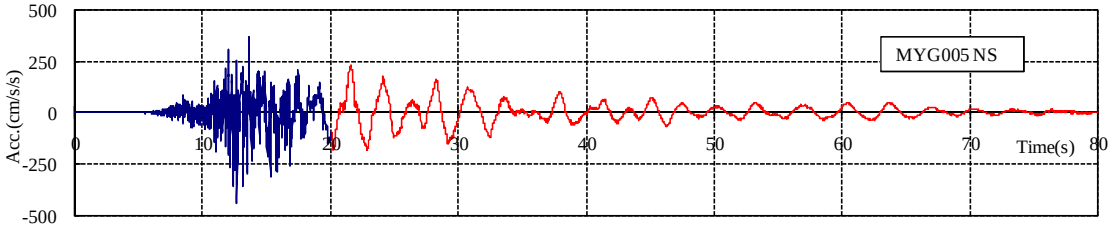
図-6.1.10 には、KiK-net 一関東（IWTH26）における最近の主な地震における擬似応答スペクトル（減衰定数５％）を比較した。今回の本震では 3 成分共に最大加速度が１G レベルを記録している。周期 2 秒以上で、強い方向性が見られる。過去の地震でも周期 3～5 秒の成分の卓越は見られる。

多くの観測点で、周期 2, 3 秒以上の長周期成分の卓越が見られる。海溝型地震、内陸地殻内地震の両方について、長周期の卓越はみられる。これらは、震源特性に地域の深い構造が関係していると見られる。

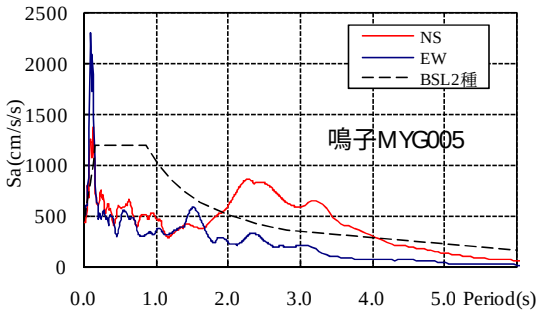
今回の地震での地震動について、各観測点毎にその応答スペクトル特性について過去の地震におけるものと比較した。今回の地震は、過去に起こった地震よりもその規模が大きく、より多くの長周期成分を生成した可能性がある。また、震源が浅かったため、強い表面波の伝播が伴ったことから、多くの地点でやや長周期成分地震動の卓越を見たものと考えられる。

6.2　1 自由度系の地震応答解析

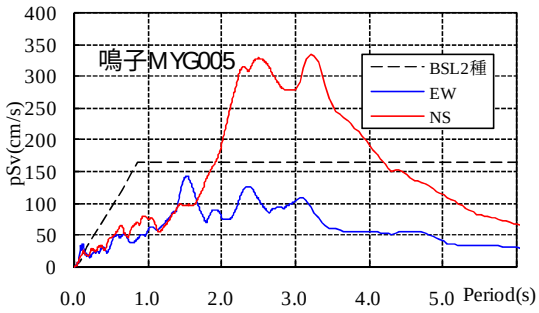
構造物への影響を推測するため、2～3 秒程度の周期成分に特徴の見られた K-NET 鳴子(MYG005)の観測記録を用いて、1 自由度系の弾塑性地震応答解析を行った。



(a) 地動加速度 NS 成分 80 秒間



(b) 加速度応答スペクトル(h=0.05)



(c) 擬似速度応答スペクトル(h=0.05)

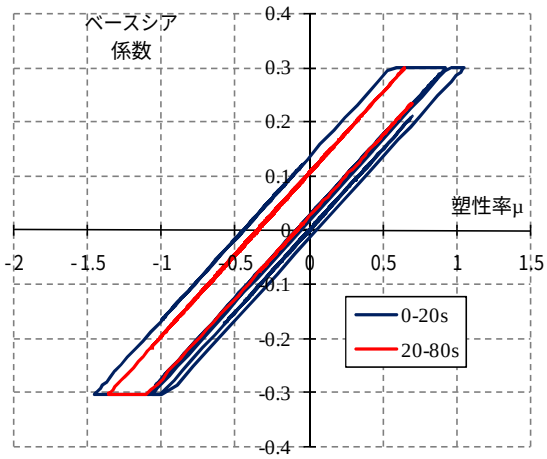
図-6.2.1　K-NET 鳴子(MYG005)の記録

6.2.1 中低層想定

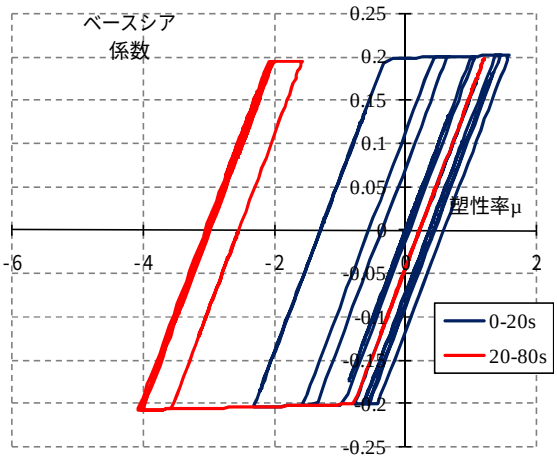
中低層建築物を想定し、初期周期を 0.7 秒とする。減衰は初期剛性比例減衰で 5%、降伏耐力はベースシア係数(Cy とする)で 0.2 と 0.3 の 2 種類とした。復元力特性は(a)バイリニア、(b)剛性・降伏耐力の比を同じとしたバイリニアとスリップとの組み合わせ、(c)RC を想定した復元力の 3 種類である。降伏後の 2 次勾配は初期勾配の 1/100 とした。時刻歴応答計算には平均加速度法を用い、時間刻みは 1/100 秒とした。

図-6.2.2 に縦軸をベースシア係数、横軸を塑性率とした履歴を示す。図 6.1(a)と同じく、短周期成分を多く含む 0～20 秒と（やや）長周期成分が顕著な 20～80 秒とを色分けして示している。Cy=0.3 程度の耐力があれば、塑性率は 2.5 程度であり、建築物に一定の靭性が期待できることを前提とすれば、大破や倒壊といった大きな構造的被害には至らなかったと予想される。

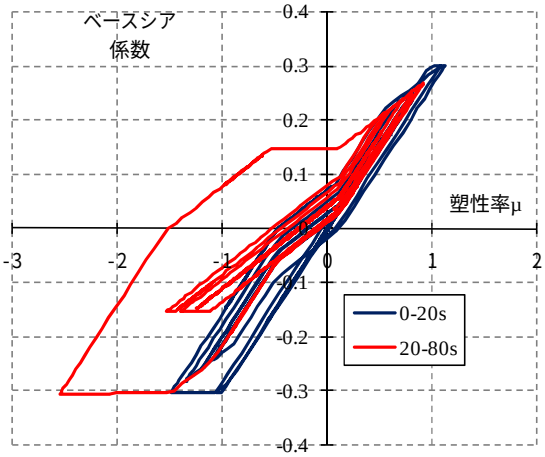
図 6.3 には相対速度応答（単位 cm/s）と各半サイクルでの応答周期の時刻歴を示している。バイリニアではさほど変化しないが、RC 想定のデグレーディング型の復元力では、塑性化により応答周期が伸びていることが分かる。



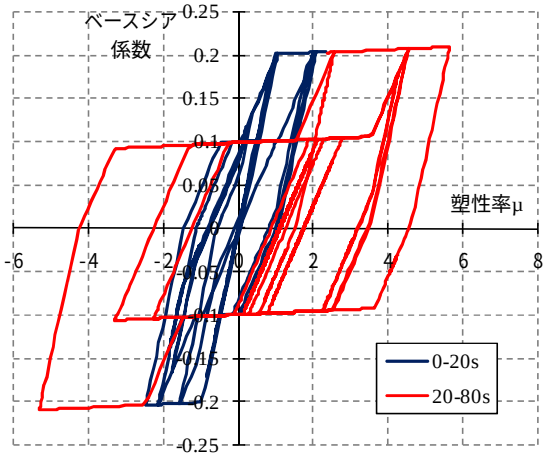
(a-1) Cy=0.3、バイリニア



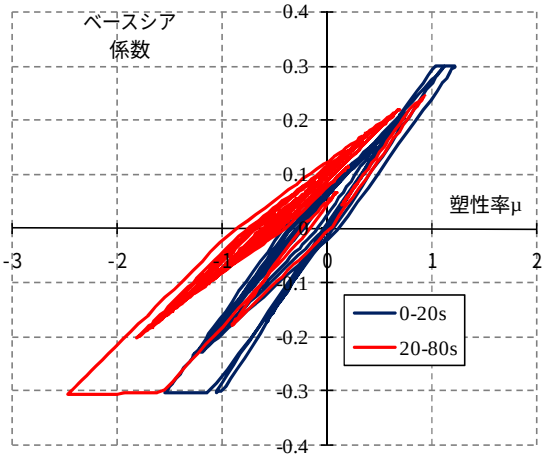
(a-2) Cy=0.2、バイリニア



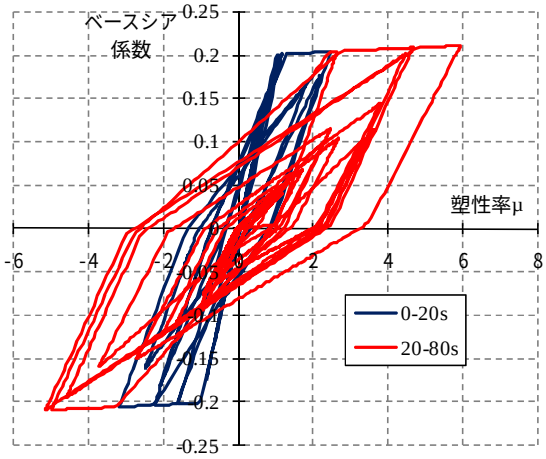
(b-1) Cy=0.3、バイリニア＋スリップ



(b-2) Cy=0.2、バイリニア＋スリップ

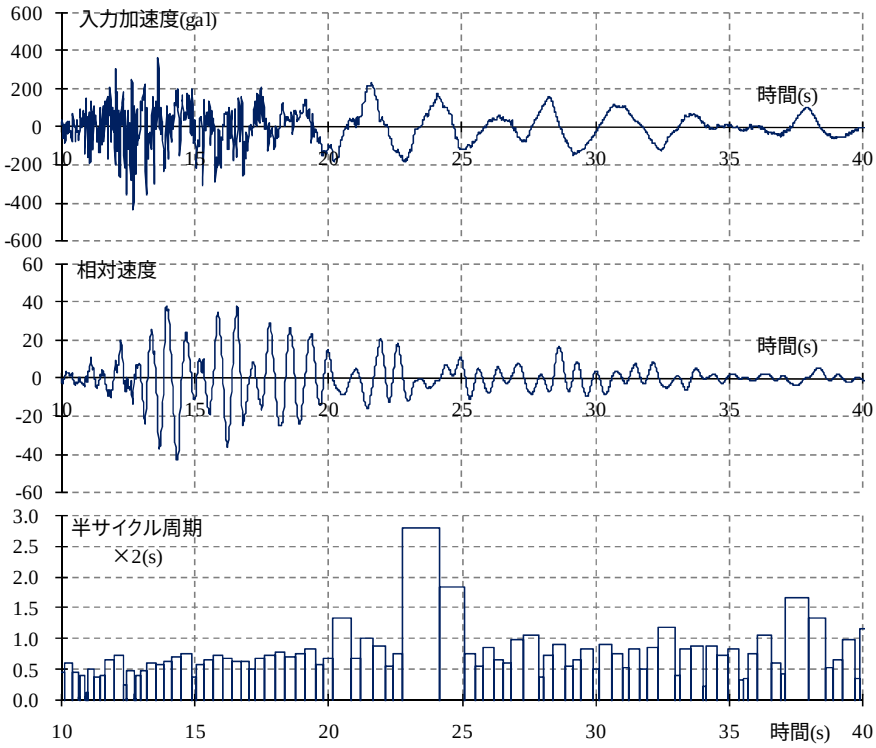


(c-1) Cy=0.3、RC　　想定

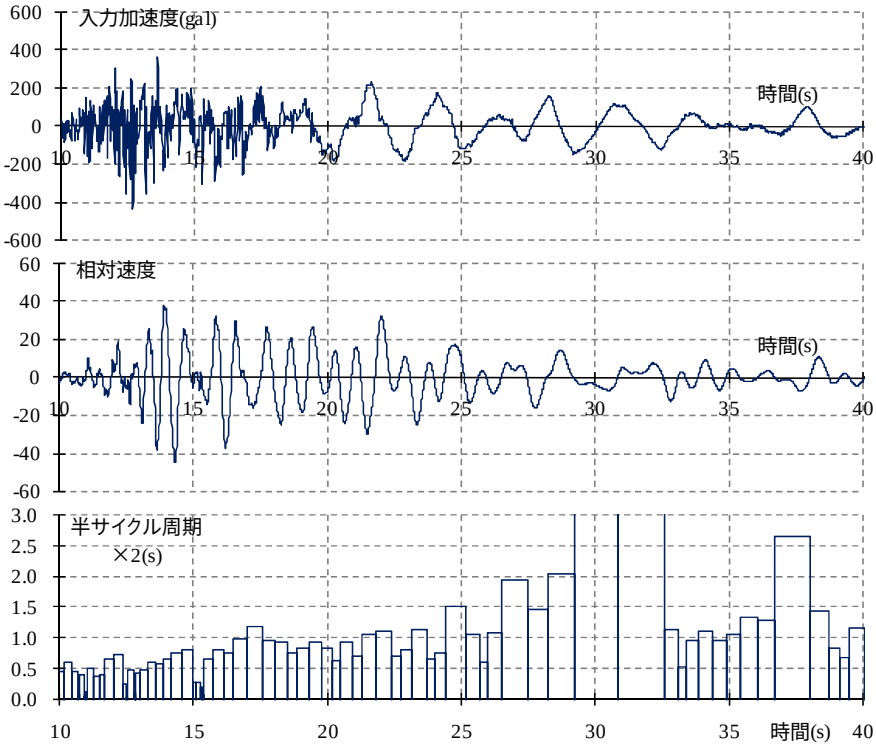


(c-2) Cy=0.2、RC 想定

図-6.2.2　荷重変位関係



(a) Cy=0.3、バイリニア



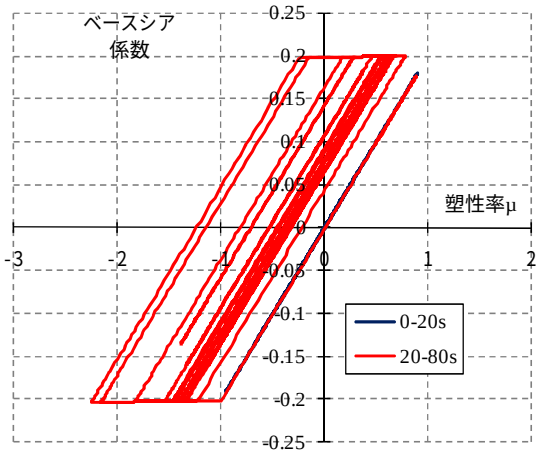
(b) Cy=0.3, RC 想定

図-6.2.3　相対速度応答と各半サイクルでの応答周期の時刻歴

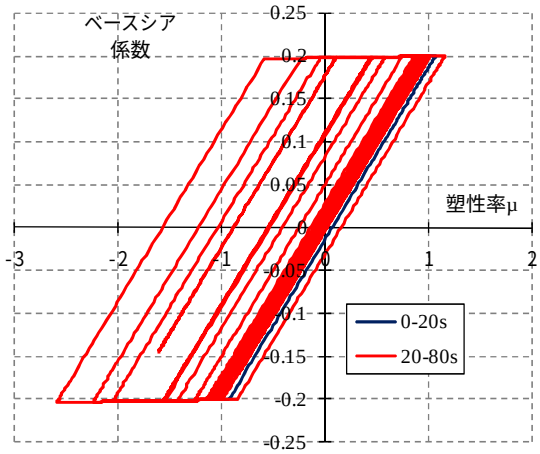
6.2.2 超高層想定

超高層建築物を想定し、初期周期を 3.0 秒とした 1 自由度系の応答計算を行う。減衰は初期剛性比例減衰で 5,3,2%の 3 種類、降伏耐力はベースシア係数で 0.2 とした。復元力特性は(a)バイリニア、(b)RC を想定した復元力の 2 種類である。降伏後の 2 次勾配、応答計算の方法は(1)と同じである。

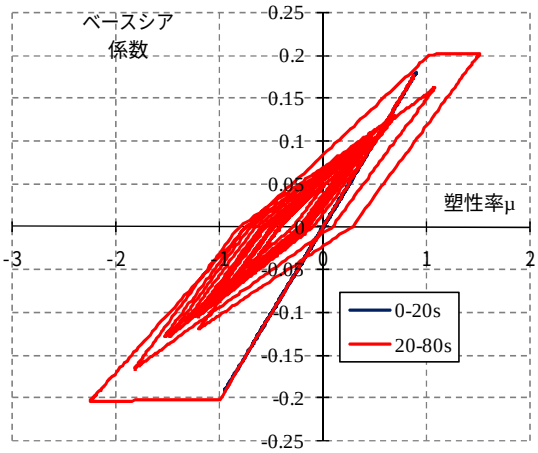
図-6.2.4 に縦軸をベースシア係数とし横軸を塑性率とした履歴を、図-6.2.5 には相対変位、相対速度応答及び各半サイクルでの応答周期の時刻歴を示す。地震動に長周期成分が現れる 20～30 秒付近で応答変位が最大となっており、塑性率で 2.5 程度となっている。RC 想定の復元力を持つ場合の応答周期に着目すると、中低層（初期周期 0.7 秒、図-6.2.3(b)）では 20 秒以降で塑性化による周期の伸びが顕著であるが、超高層（初期周期 3.0 秒、図-6.2.5(b)）では初期周期を若干上回る程度である。これは、図-6.2.1 に示したとおり、3 秒を超える周期領域では地震動にあまりパワーがないためと考えられる。



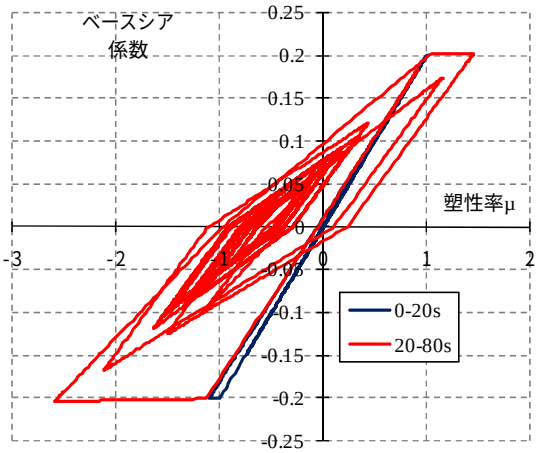
(a-1) Cy=0.2、バイリニア、h=0.05



(a-2) Cy=0.2、バイリニア、h=0.02

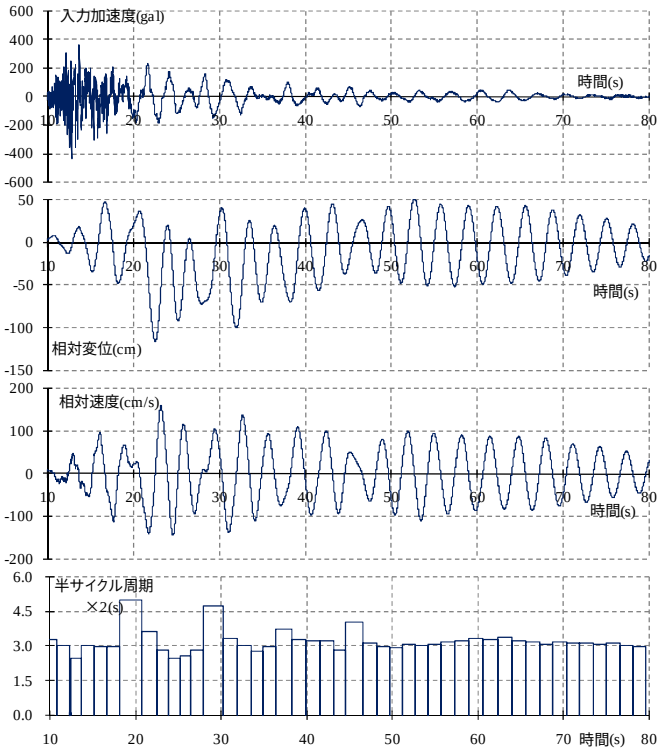


(b-1) Cy=0.2、RC 想定、h=0.05

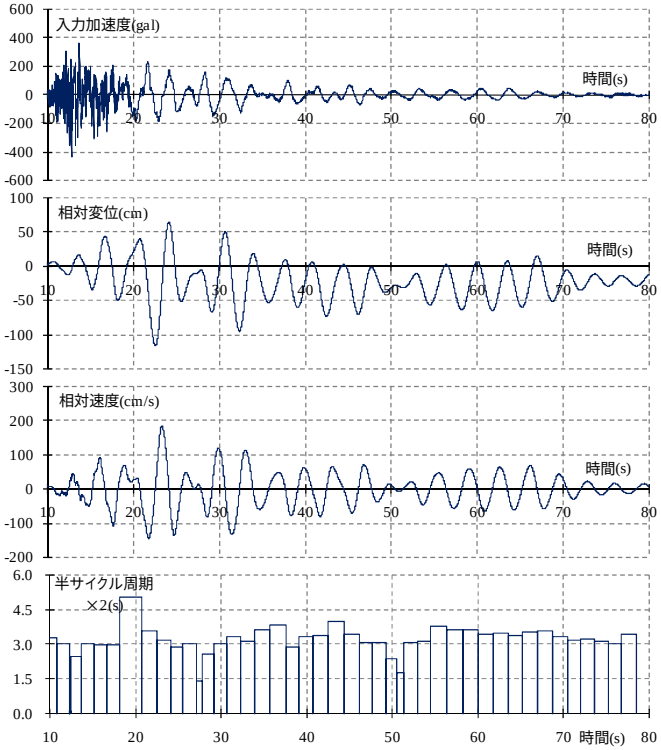


(b-2) Cy=0.2、RC 想定、h=0.03

図-6.2.4　荷重変位関係



(a) Cy=0.2、バイリニア、h=0.02



(b) Cy=0.2、RC 想定、h=0.03

図-6.2.5　相対変位、相対速度応答及び各半サイクルでの応答周期の時刻歴

6.2.3 まとめ

2～3 秒の周期成分が大きいという特徴をもつ K-NET 鳴子(MYG005)の観測記録を用いて、1 自由度系の弾塑性地震応答解析を行った結果、中低層や超高層建築物を想定した初期周期 0.7 秒及び 3.0 秒のモデルについて塑性率は 2.5 程度であった。実際の構造躯体の被害がほとんどなかったことからすると、やや大きい応答となる解析結果になっていると考えられるが、中低層建築物については少なくとも大破・倒壊といった大きな被害を及ぼすような地震動ではなかったことが確かめられた。

6.2 付録　同じ最大加速度を持つ人工地震波に対する応答

今回の地震では最大加速度の大きい観測記録が得られた一方で、建築物への被害は限定的であった。倒壊・崩壊といった被害と相関が高いのは地震動の周期 1～2 秒前後の成分と言われており[例えば 1)]、観測記録の最大加速度は必ずしも直接的に被害と対応しないとされている。

ここでは、同じ加速度を持つ簡単な人工地震波を用いた 1 自由度系の弾塑性応答解析を行うことにより、地震動の卓越周期と構造物の周期との関係を確かめておくこととする。

解析モデルは 6.2 節と同じく、初期周期 0.7 秒、初期剛性比例減衰 5%の 1 自由度系とする。降伏耐力はベースシア係数で 0.3、復元力特性はバイリニア、降伏後の 2 次勾配は初期勾配の 1/100 とする。

入力波は図-6.2A.1 に示すような震源近傍の地震波（の一部）を模擬する数学モデル[2)]から作った人工波で、最大加速度を 1500gal とし、卓越周期 Tp を 0.3、0.7、1.1 秒とした 3 波形とする。3 波形の最大値等を表-6.2A.1 に、応答スペクトルを図-6.2A.2 に示す。

時刻歴応答計算は平均加速度法で時間刻みは 1/100 秒とした。

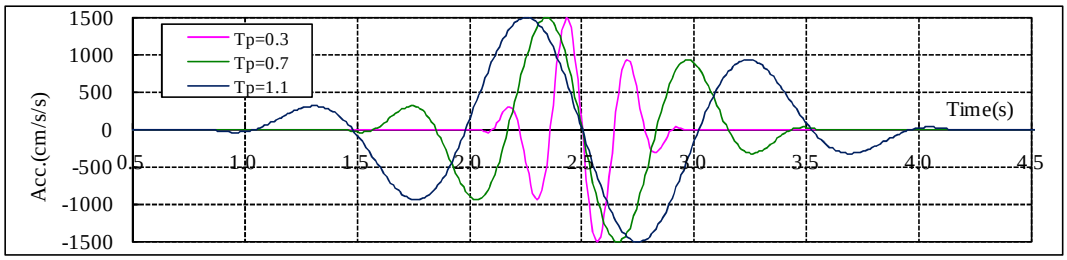
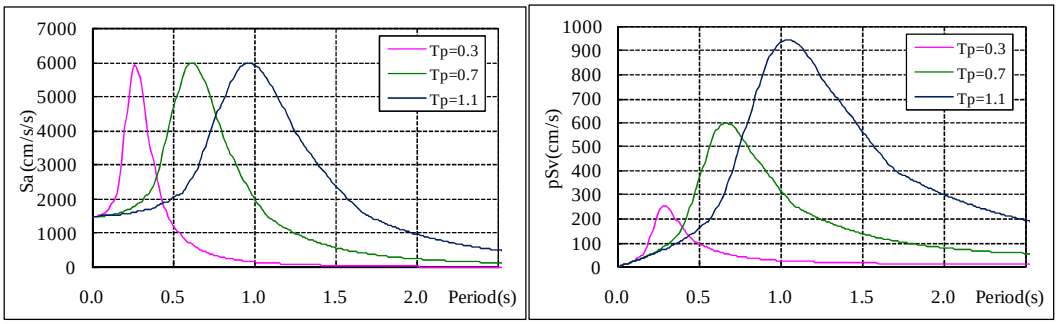


図-6.2A.1　入力波（最大加速度 1500gal）

表-6.2A.1　最大加速度、最大速度

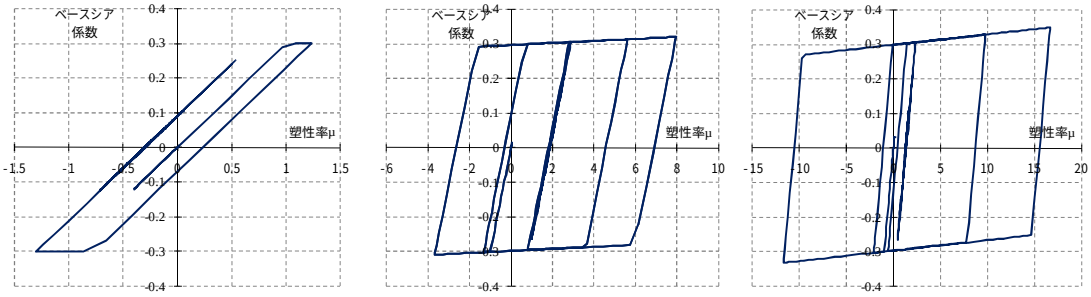
卓越周期 Tp(s)	最大加速度 a(cm/s/s)	最大速度 v(cm/s)	参考： a/ω= Tp a/(2π)
0.3	1500	75.8	71.6
0.7	1500	176.7	167.1
1.1	1500	277.7	262.6



(a) 加速度応答スペクトル　　(b) 擬似速度応答スペクトル

図-6.2A.2　スペクトル(h=0.05)

図-6.2A.3 に応答履歴を示す。最大塑性率（最大変形）は Tp が長くなるほど大きくなっている。ベースシア係数 0.3 は加速度換算で 0.3×980=294cm/s/s であり、入力波の最大加速度 1500cm/s/s とすれば、当然大きく塑性化するように予想されるかもしれないが、構造物の固有周期 0.7 秒よりも入力波の卓越周期 Tp が短い Tp=0.3 の場合には、塑性化はわずかで塑性率で 1.3 となっている。Tp=0.7 は構造物の固有周期と入力波の卓越周期が一致する場合であり、塑性率で 8 となっている。Tp=1.1 は構造物の固有周期よりも入力波の卓越周期が長い場合であり、周期が一致する Tp=0.7 よりも塑性化はさらに進み、塑性率は 17 程度に達している。



(a) Tp=0.3　　(b) Tp=0.7　　(c) Tp=1.1

図-6.2A.3　応答履歴

以上から、次のことが指摘できる。

(ｉ) 構造物の周期よりも入力波の卓越周期が短い場合には、最大加速度が非常に大きな値であったとしても、構造物に与える影響は小さい（塑性率はわずかである）。

(ii)構造物の（初期）固有周期と同一の卓越周期を持つ入力波よりも、長めの卓越周期を持つ方が構造物に与えるダメージは大きい（塑性率は大きくなる）。

6.2 節 参考文献

1) 境有紀、ほか：建物被害率の予測を目的とした地震動の破壊力指標の提案、日本建築学会構造系論文集、第 555 号、pp.85-91、2002.5

2) Mavroeidis, G.P., and Papageorgiou, A.S. 2003. A mathematical representation of near-fault ground motions, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 93(1), 1099-1131

6.3 木造住宅の地震応答計算

6.3.1 目的と概要

今回の地震では、木造住宅の建つ被災地において強震記録が得られており、場所によっては極めて大きな最大加速度が得られている。一方、木造住宅の被害調査等から被害の程度がおよそ把握されているが、概して被害は軽微である。ここでは、木造住宅の被害原因の定量的考察に資することを目的として、4 か所の強震記録の水平 1 方向成分、合計 4 つの記録地震波を用い、２階建て木造住宅に対して、各階の壁量及び１、２階の床面積比をパラメータとして行った地震応答計算の結果について述べる。

6.3.2 計算の方法

計算に用いた入力地震波は、K-NET 築館（MYG004）（地表）NS 成分、K-NET 鳴子（MYG005）（地表）NS 成分、KiK-net 一関西（IWTH25）地表 EW 成分、KiK-net 東成瀬（AKTH04）地表 EW 成分の合計 4 波である。各地震波の観測地点、最大加速度等を表-6.3.1 に示す。

表-6.3.1　計算に用いた地震波

観測地点	観測点コード	成分	震央距離 (km)	最大加速度 (cm/s^2)
K-NET 築館	MYG004	（地表）NS	32	739.9
K-NET 鳴子	MYG005	（地表）NS	31	440.3
KiK-net 一関西	IWTH25	地表 EW	3	1433.8
KiK-net 東成瀬	AKTH04	地表 EW	25	2448.1

計算の対象とした建物は、以下の２種類である。

・２階建て木造　総２階

・２階建て木造　部分２階（床面積比は１階：２階＝1：0.7 と仮定）

建物の重量は、重い屋根を想定した。被災地においては、屋根を鉄板葺きとしているものも多いが、建築基準法における必要壁量は屋根重量に応じて定められているため、どちらを想定しても、壁量充足率（必要壁量に対する存在壁量の比）で整理すれば、結果に大きな差はないと考えられる。固定荷重及び積載荷重の具体的な想定値は、単位床面積当たりの質量として表-6.3.2 に示す値を用いて計算した。これらの値は、住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）における性能表示制度の評価方法基準で、耐震等級２以上における必要壁量の根拠とされる値である。

地震応答計算は、上記の２種類の建物について、それぞれ各階の壁量をパラメータとして、後述の構造用合板耐力壁の倍率を 2.5 として、建築基準法施行令第 46 条に規定する必要壁量に対し、各階の壁量充足率が各階独立に 0.6 から 1.6 の間、0.2 きざみで変化するように、各階の剛性耐力を変動させて行った。一つの地震波に対して 1、2 階の壁量充足率の組み合わせで 36 種類の計算を行ったことになる。なお、耐力壁以外の寄与を考慮し、耐力壁の耐力の 50%が耐力壁以外の部分で負担されるものと仮定して、耐力壁による荷重変形関係を 1.5 倍して層の荷重変形関係とした。

表-6.3.2　各部の質量の想定（床面積１㎡当たり kg）

	重い屋根の場合
屋根の質量　　G1	130
各階の外壁の質量 G2	120
各階の内壁の質量 G3	20
各階の床の質量　G4	60
床の積載の質量　P1	61

用いた荷重変形関係及び履歴性状は、構造用合板耐力壁の実験結果をトレースする形でバイリニア＋スリップにモデル化したものである。図-6.3.1 に履歴モデルを、表-6.3.3 に構造用合板耐力壁長さ１m当たりの荷重変形履歴モデルに対応するパラメータの値を示す。

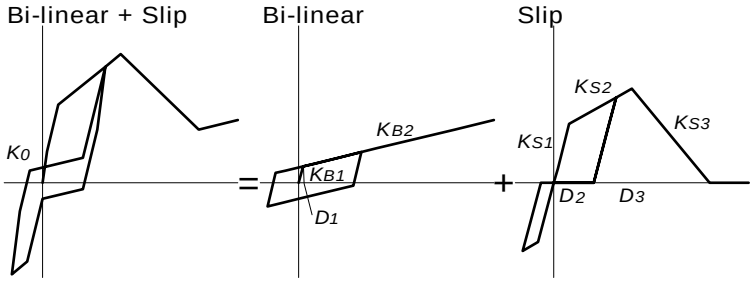


図-6.3.1　計算に用いた荷重変形の履歴特性（バイリニア＋スリップ）

表-6.3.3　構造用合板耐力壁１mに対するパラメータの値（記号は図-6.3.1 に対応）

初期剛性 (N/mm)	剛性 (N/mm)					剛性変化点の変位 （mm）		
K_0	K_{B1}	K_{B2}	K_{S1}	K_{S2}	K_{S3}	D_1	D_2	D_3
478.6	$0.53K_0$	$0.03K_0$	$0.47K_0$	$0.07K_0$	$-0.11K_0$	4.5	18	90

建築基準法上は、木造に対して単位床面積当たりの必要壁量が与えられているが、倍率１の壁で長さ１m当たりの基準耐力は 1.96（kN）である。このことから、２種類の建物を対象に壁量充足率が１の場合の１階について、非耐力部分の寄与も考慮して許容せん断耐力を算出し、層の許容せん断耐力を支持する重量で除した値、すなわち充足率１の想定モデルについて許容せん断耐力に対応する地震層せん断力係数を算出すると、総２階の場合で 0.215、部分２階の場合で 0.259 となる。これを見ると、セットバックした住宅の場合には上階の重量が小さくなるために、いくらか余裕のある想定となっていることがわかる。

応答計算は、線形加速度法を用い、強震記録 100 秒間（KiK-net 一関西及び KiK-net 東成瀬については 30 秒間）に対する応答計算を行った。計算の１ステップの時間きざみは強震記録の 0.01 秒の 50 分の１として行った。減衰は初期剛性比例型で１次モードに対する減衰定数２％の減衰を仮定している。

6.3.3 計算結果

計算結果の荷重変形関係の例を図-6.3.2 に、2 種類の建物について入力地震波 4 種類、壁量の充足率 36 通りの組み合わせで行った地震応答計算の結果を、各階の層間変位の最大応答値として、図-6.3.3 から図-6.3.6 に示す。ただし、層間変位が 30cm を超える部分については、倒壊と見なしてプロットを省略している。

図-6.3.3 から図-6.3.6 により、地震波による応答の違いについて述べれば次の通りである。

まず、計算に用いた 4 つの地震動記録のうち、最も大きな最大応答変位を示したのは K-NET 鳴子（MYG005）NS である。壁量充足率 0.8 を切るあたりから、急激に応答変位が増大し、計算上、倒壊に至るという結果である。次に大きな最大応答変位を示すのが、KiK-net 一関東（IWTH25）NS である。逆断層の上盤直上に位置し、上下動も含めた 3 方向成分の和で最大の加速度を示したと言われている。しかしながら、水平方向成分がそれほど大きくはないこともあり、本計算では、壁量充足率が 0.6 であっても、1 階で 15cm、2 階で 20cm 以下の応答変位（層間変位）に収まっている。20cm の応答変位は、設計上の安全限界を超えてはいるが、現実には倒壊を免れる値である。

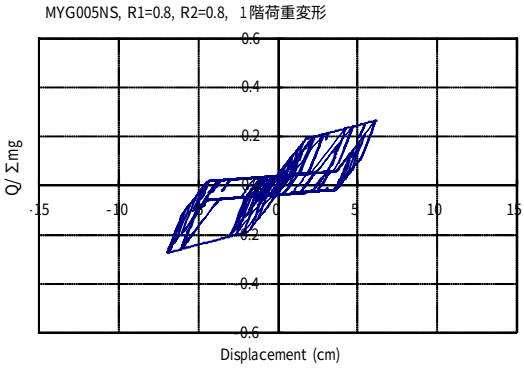
これに対し、K-NET 築館（MYG004）NS、KiK-net 東成瀬（AKTH04）地表 EW に対する応答は、1、2 階とも、最大応答変位（層間変位）でおおむね 10cm 以下であり、ほぼ設計上の安全限界以下の応答変位に収まっている。KiK-net 東成瀬（AKTH04）EW は、最大加速度が 2448cm/s^2 という大きな値であるが、木造住宅の被害にはつながりにくい波形であることが、本計算によっても示されたと言えよう。

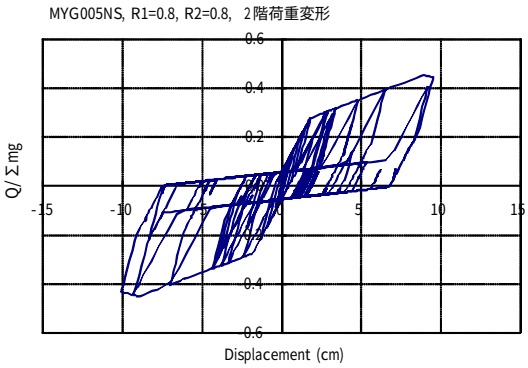
比較のため、同一の条件で計算した、平成 19 年新潟県中越沖地震での地震動記録に対する応答計算結果を図-6.3.7 に示す。K-NET 柏崎 NS に対しては壁量充足率 1.2、刈羽村割町新田 NS に対しては 1.4 を切ると急激に応答変位が増大し、計算上、倒壊に至るという結果である。この結果と比べると、今回記録された地震動は、これらの新潟県中越沖地震での記録に比べれば、木造住宅に対して被害を及ぼす程度が小さい地震動であったと言えよう。

なお、これらの計算結果と実際の被害との関係については、現実の応答変位は、計算による応答変位より小さく収まる傾向にあることが、これまでの地震被害における詳細調査と応答計算の経験からわかっている。

(1) 総２階建て、壁量充足率１階 R1=0.8、２階 R2=0.8、入力地震動 K-net 鳴子(MYG005)NS

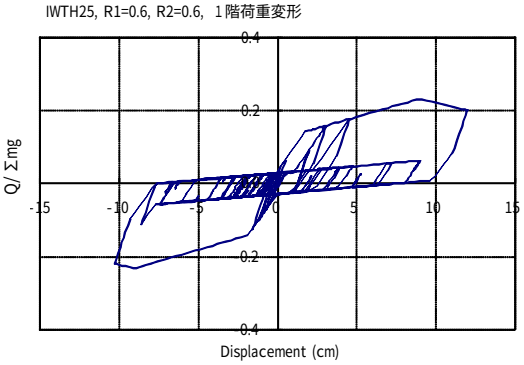
１階　　２階





(2) 総２階建て、壁量充足率１階 R1=0.6、２階 R2=0.6、入力地震動 KiK-net 一関東(IWTH25)NS

１階　　２階



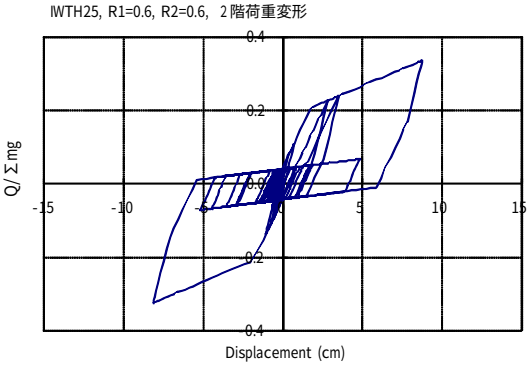
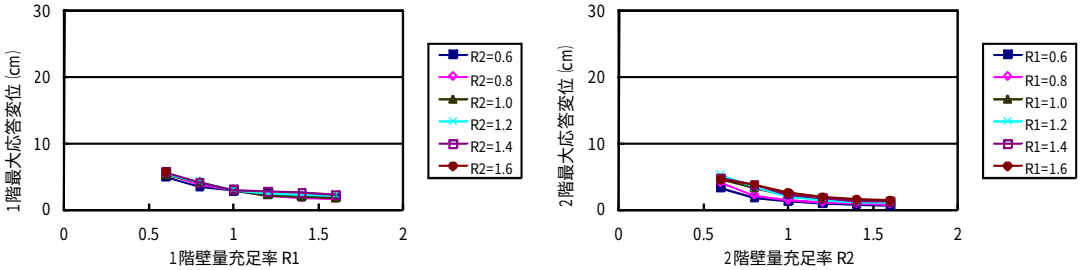


図-6.3.2　応答計算結果の荷重変形関係の例

(1) K-NET 築館（MYG004）NS 成分、総２階建て（左：１階、右：２階）



(2) K-NET 築館（MYG004）NS 成分、部分２階建て（左：１階、右：２階）

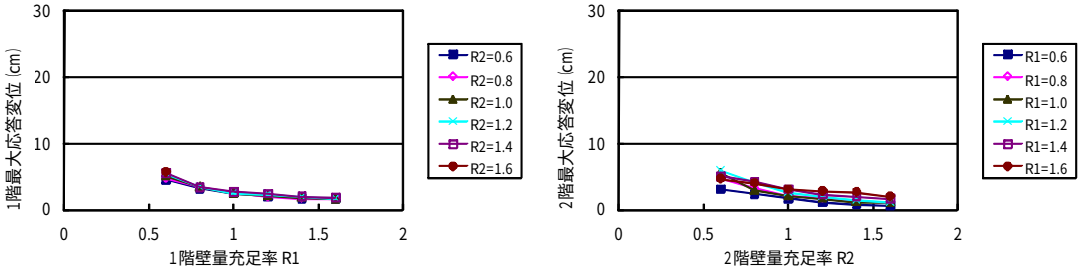
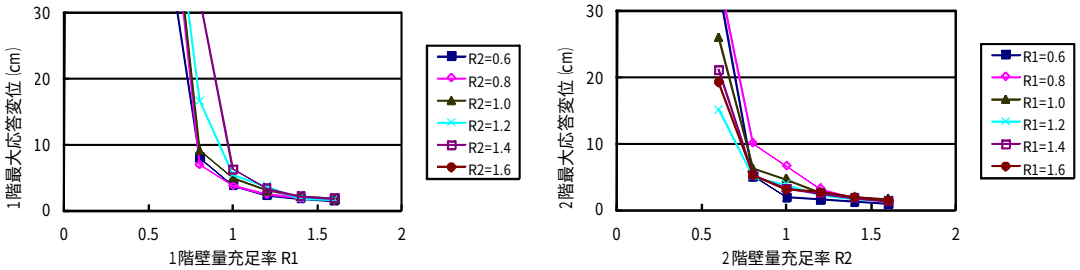


図-6.3.3　最大応答変位の計算結果１　K-NET 築館（MYG004）NS 成分に対する応答

(1) K-NET 鳴子（MYG005）NS 成分、総２階建て（左：１階、右：２階）



(2) K-NET 鳴子（MYG005）NS 成分、部分２階建て（左：１階、右：２階）

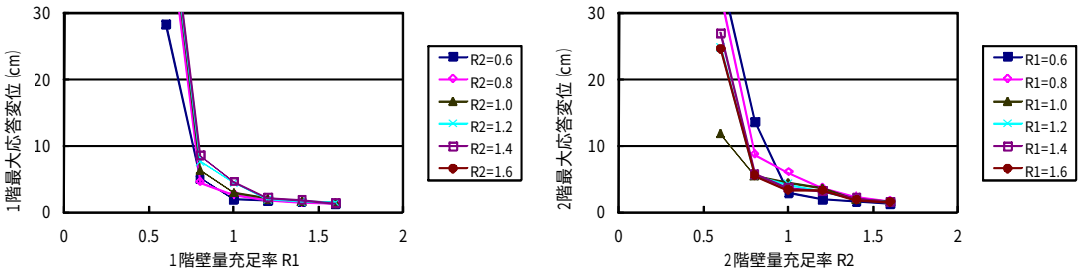
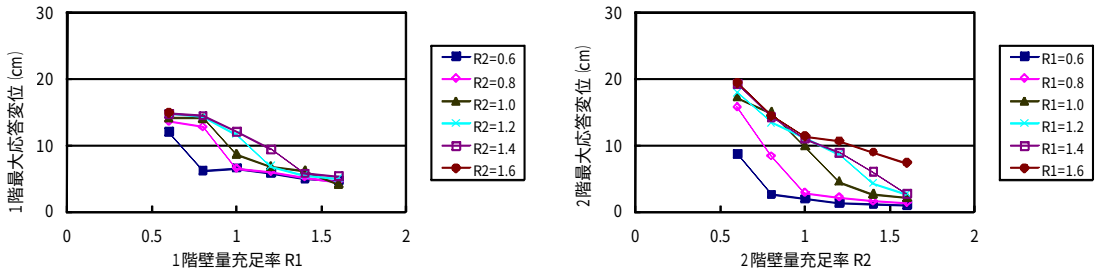


図-6.3.4　最大応答変位の計算結果２　K-NET 鳴子（MYG005）NS 成分に対する応答

(1) KiK-net 一関西（IWTH25）地表 EW 成分、総２階建て（左：１階、右：２階）



(2) KiK-net 一関西（IWTH25）地表 EW 成分、部分２階建て（左：１階、右：２階）

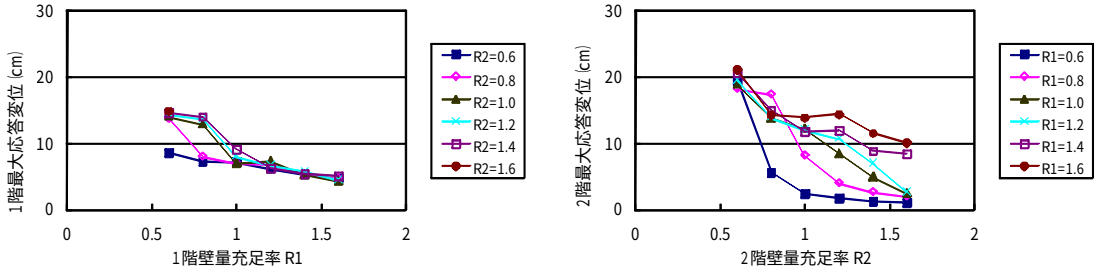
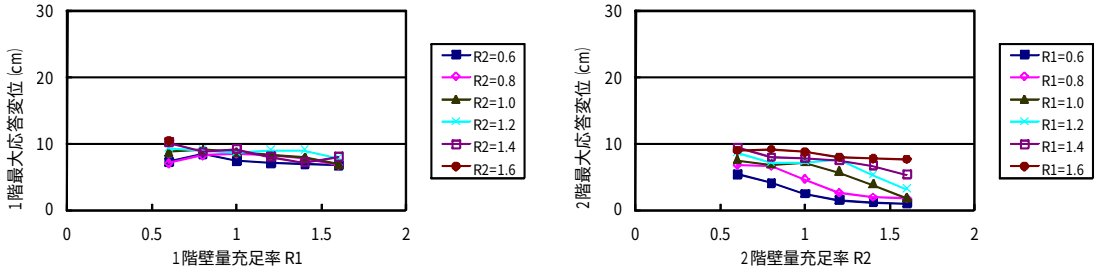


図-6.3.5　最大応答変位の計算結果３　KiK-net 一関西（IWTH25）EW 成分に対する応答

(1) KiK-net 東成瀬（AKTH04）地表 EW 成分、総２階建て（左：１階、右：２階）



(2) KiK-net 東成瀬（AKTH04）地表 EW 成分、部分２階建て（左：１階、右：２階）

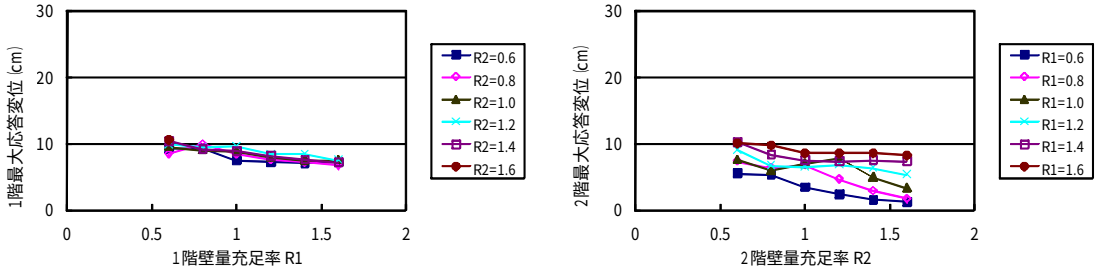
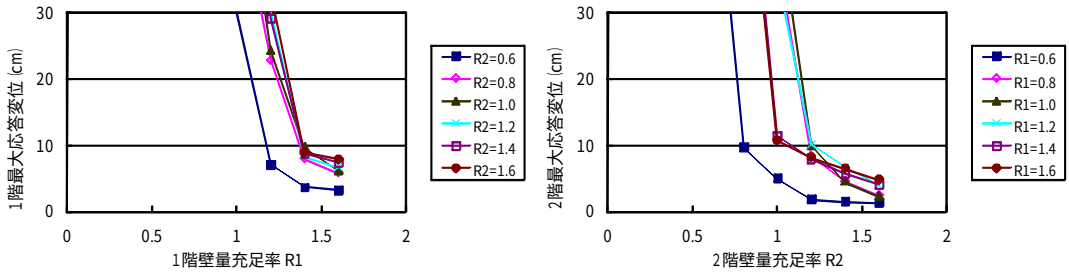


図-6.3.6　最大応答変位の計算結果４　KiK-net 東成瀬（AKTH04）EW 成分に対する応答

(1) K-NET 柏崎 NS 成分、総２階建て（左：１階、右：２階）



(2) 刈羽村割町新田 NS 成分、総２階建て（左：１階、右：２階）

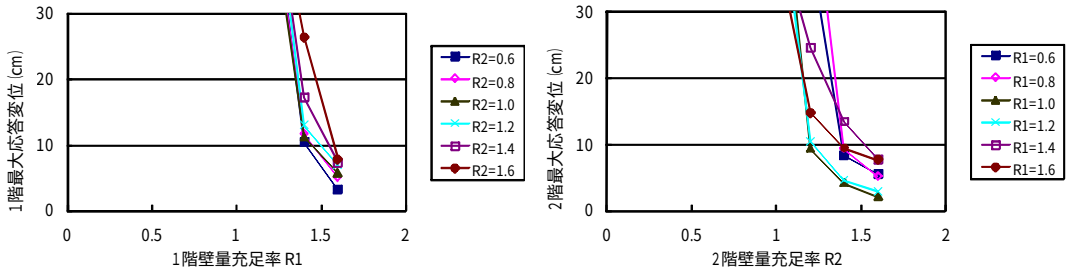


図-6.3.7　中越沖地震の地震動に対する最大応答変位の計算結果（例）

6.3 節 謝辞

時刻歴応答計算に用いた強震記録は、K-NET、KiK-net については独立行政法人防災科学技術研究所より、中越沖地震の刈羽村割町新田の強震記録については、当時の気象庁地震火山部管理課地震調査連絡係長を通じて入手したものである。関係諸氏に謝意を表する。

6.4　まとめ

今回の地震では、気象庁、防災科技研、自治体などにより、被災地周辺で加速度振幅レベルが高い強震記録が得られている。それらの記録については、第３章に波形、スペクトル特性の特徴を示した。また、本章前節では、これらの観測記録の建築物への影響度について、木造建築物、超高層建築物などを対象に簡略的なモデルを用いて、被害の検証を行っている。それらの検討によると、観測地震動は加速度振幅は大きかったものの、いずれの構造種別でも大きな損傷、被害には至っておらず、実際の建築物被害の程度とも整合している。

第３章で示したが、建築研究所は全国の主要都市の建築物に強震計を設置している。今回の地震では、仙台、秋田、八戸等で強震記録を得ている。ただし、現時点までに公表されている主要被災地付近の強震記録はすべて地盤上に設置された強震計によるものであり、それらが必ずしも建築物の基部に作用した地震動とは限らないことである。主要被災地域では、残念ながら建築物に強震計が設置されておらず、建築物への入力地震動、あるいはこのような強い地震動に建築物がどのように応答したかを示す定量的なデータが得られていない。

地震後に公表された、震度 6 強を含む高い震度分布の情報から想定される構造被害の程度とは多少乖離している印象がある。この件に関しては、種々の建築物の耐震性能の定量的な検証の観点から、今後地盤だけでなく建築物の上部構造への強震計の設置を進めていく必要がある。

一般的に、地震動は震源、伝播経路、観測点直下のいわゆるサイトの各特性によって特徴付けられるといわれる。今回の観測された地震動の特徴は、加速度振幅が大きかったことだけでなく、周期 2 秒以上のいわゆるやや長周期地震動が卓越した記録が多く見られたことである。

やや長周期帯域の地震動については、近い将来に起こる可能性が大きいとされる東海地震や南海・東南海地震など大規模地震による、超高層建築物への影響などについて、各分野で検討され、現在関心が高い話題であるが、今回の地震はそれら海溝型の地震とは異なる内陸地殻内地震ではあるものの、マグニチュードが 7.2 と相対的に大きく、浅い震源においても長周期成分が多く生成され、又岩手県から宮城県北部地域にいたる震源から被災地の間の地下構造と組み合わさって、場所によっては周期 3 秒以上の成分が大きく卓越している。幸いにも被災地周辺には、これらの周期成分に大きく反応する可能性がある建築物がなかったが、超高層ビルなどの固有周期の長い建築物が多数存在する大都市圏に対して、内陸地殻内地震による表面波などによる長周期地震動の影響についても今後注意すべきである。

今回の地震では、建築物については大きな構造被害を生じていない。地震動特性から判断すると、その理由は、概略以下のように推察される。

図-6.4.1 は、今回の地震での主要被災地域での観測記録と、被害地震の代表的なものとして、1995 年兵庫県南部地震における JMA 神戸と JR 鷹取の記録を応答スペクトルで比較したものである。

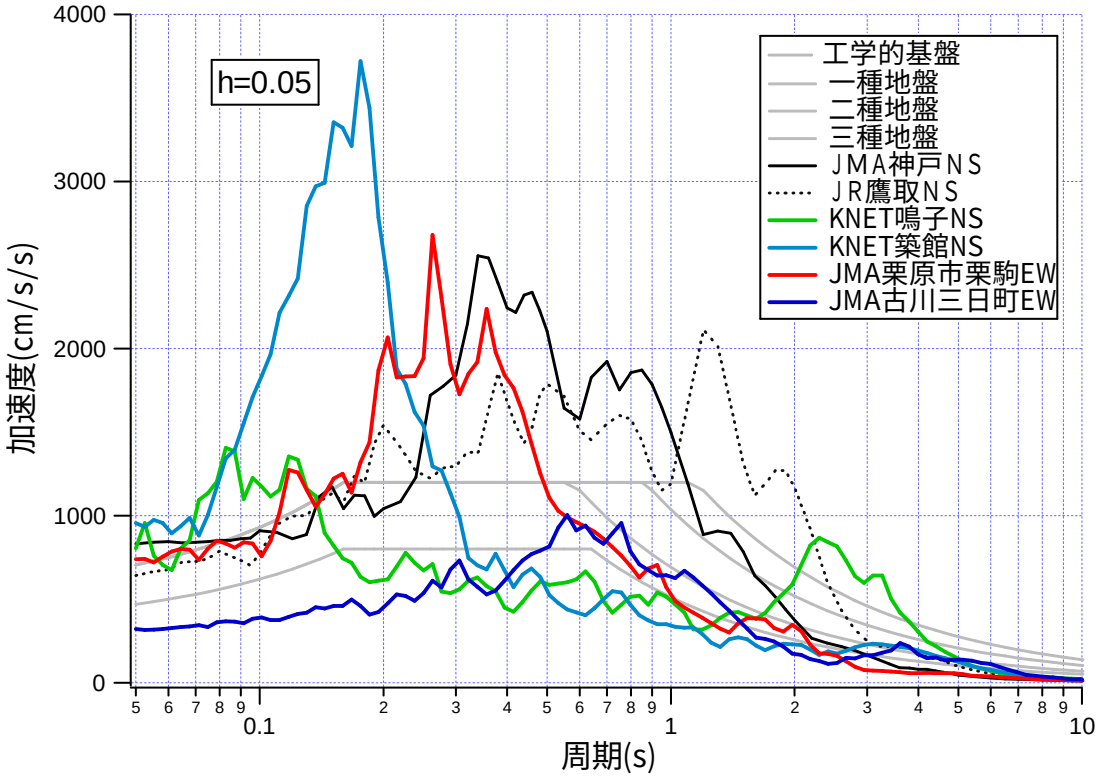


図-6.4.1　今回の地震による被災地の地震動と、過去の大地震動との比較

この図から、今回の被災地域での地震記録で最大の応答スペクトルレベルを示した K-NET 鳴子、K-NET 築館、JMA 栗駒、JMA 古川の各記録を減衰定数５％の擬似速度応答スペクトルは、周期 0.5 秒～2 秒間では、JMA 神戸、JR 鷹取よりも小さく、この周期帯域の差が顕著であることがわかる。K-NET 鳴子のやや長周期成分の卓越については、観測地点のローカルな地盤条件によるものと見られている。その他の地点での同周期帯域地震動については卓越はしていたものの、大きなレベルには達しておらず、またその周期帯域に固有周期を持つ高層建物などがこの地域にはほとんどなかった。

木造建築物や低層建築物などの応答に大きな影響を与えると考えられる周期 1 秒前後の地震動成分は、広い地域に構造被害をもたらすほど大きなレベルではなかった。

以上のことを要因として、建築物には大きな被害が生じなかったものと考えられる。

ただし、今後留意すべきこととして、次の項目が挙げられる。

（1）　浅い内陸地殻内地震でも規模が比較的大きければ、やや長周期の地震動を励起する。

（2）　さらに、地域の深い地盤構造によって、あまり減衰せずに遠くまで地震動が伝播する。

（3）　地域の震源位置と地震規模、地下構造等にも配慮して耐震対策を進める必要がある。

おわりに

平成20年（2008年）6月14日08時43分発生した地震による、岩手県と宮城県における建築物の被害性状及び地震動の特徴を把握する目的で、国土交通省国土技術政策総合研究所及び独立行政法人建築研究所が連携し、平成20年6月14日から8月7日まで、宮城県栗原市、大崎市および仙台市、岩手県一関市等において、被害調査や余震観測等を行った。本編は、調査結果を整理し、まとめたものである。

今回の地震は、岩手県、宮城県及び秋田県の県境付近を震源とする、気象庁マグニチュード7.2、震源深さ8kmである。奥州市衣川区、栗原市一迫で震度６強、奥州市、栗原市及び大崎市の各所で震度６弱が観測された。さらに、公開された強震動記録から、震源近傍のKiK-netの3観測地点で震度6強相当の揺れが観測された。KiK-net東成瀬の観測地点では、東西(EW)成分で2446 cm/s^{2}となる、KiK-net一関西の観測地点では、上下成分で3866cm/s^{2}となる非常に大きな最大加速度が記録された。一方、震度6弱以上の強震記録を分析したところ、短周期成分が主体の記録が多く、またKiK-net東成瀬を除いて擬似速度応答値は大きくとも100 cm/s前後であった。建築研究所の強震観測網では、仙台市や秋田市の市街地では3秒から5秒の長周期成分の卓越が観測された。

地震発生の2日後より栗原文化会館と、大崎市鬼首出張所近傍で余震観測を行い、近傍のK-NET築館の記録との比較や文化会館の建物の振動特性の検討を行った。余震観測と並行して、大崎市鬼首出張所近傍において、地盤および建物の微動観測を行った。鬼首出張所周辺では、地盤上のH/Vスペクトルに、周期3秒程度の比較的明瞭なピークが見られ、カルデラ構造に起因するサイト特性を反映したものと思われる。

本地震において、RC造、鉄骨造及び木造建築物の構造的被害はほとんど無かった。一部の建築物に、柱のせん断破壊等の構造的被害や体育館におけるブレースの座屈とブレース端部接合部の破断などの、被害が確認された。木造建築物では、屋根瓦のずれや土壁の剥落等の被害が見られた。

基礎・地盤部分では、建築物周囲の間隙、法面・擁壁の崩壊による地割れの発生や補強鉄筋の入っていないと見られるブロック塀の倒壊などが確認された。

非構造部材について、窓ガラス、外壁、軒天井、屋内天井などの被害が確認された。外装ＡＬＣパネルの落下、仕上げ材の落下、内装亀裂等の軽微な被害が確認された。また、窓ガラスの破損、窓サッシの脱落、軒天のケイ酸カルシウム板の落下、吊照明の基部のゆがみ等の被害があった。同じ建物でも構造体の耐震補強が行われている階で、非構造部材の被害が見られないこと、また構造体との取り合い付近で非構造部材に被害が見られ、非構造部材の検討にあたっては、被害部位の耐震性とともに、必要に応じて、構造体の挙動を含めた建物全体の耐震性の検討が必要である。

震度６弱と発表された地域に免震建築物が２棟建てられていたが、免震建築物周囲の状況や免震層周辺の目視調査の結果などを踏まえても、大きな応答変位は生じておらず、設計用地震力（地震動）より入力はかなり小さかったと考えられる。今回調査した他の免震建築物は、すべて被害はない状況であった。ヒアリング調査によると、これまでの他の地震も含め、免震挙動を経験した方の多くは、「あまり揺れを感じなかった。」、「地震そのものに気づかなかった」、「落下・破損等の被害がなかった。」など、その有効性を実感しているようである。免震建築物は大地震時に大きく変形することから、注意喚起のための表示板を設置する規定が義務付けられているが、調査時には表示が発見できないものがあった。また、地震時の免震層の変形に追随せず、損傷を生じている手すりが見られた。

免震建築物の挙動を明らかにするために、建築物の地震時の加速度記録を入手し、その解析を行った。免震層直下階に対する免震層直上階の水平方向の最大加速度は、1/2～1/3 程度に低減し、免震効果が確認された。一方、鉛直動については、地下１階に対する最上階の最大加速度は、1.5～2 倍程度の増幅が観測された。また本建物の５箇所に、けがき変位計が設置されており、その軌跡より主要な水平変位の方向はすべて東西方向であること、さらに免震層内の位置により、それぞれの軌跡の形状がやや異なることが確認された。加速度記録を積分して得られた免震層の水平変位の軌跡は、加速度計に近い位置にあるけがき変位計の軌跡と良い対応を示していた。

今回の観測された地震動の特徴は、加速度振幅が大きかったことだけでなく、周期 2 秒以上のいわゆるやや長周期地震動が卓越した記録が多く見られたことである。今回の地震での主要被災地域での観測記録と被害地震の代表的なものとして、1995 年兵庫県南部地震における JMA 神戸と JR 鷹取の記録を応答スペクトルで比較すると、K-NET 鳴子、K-NET 築館、JMA 栗駒、JMA 古川の各記録の擬似速度応答スペクトルは、周期 0.5 秒～2 秒間では、1995 年兵庫県南部地震における JMA 神戸、JR 鷹取よりも小さく、この周期帯域の差が顕著であることがわかった。

木造建築物の地震応答計算結果から、1、2 階とも、最大層間変位でおおむね 10cm 以下であり、ほぼ設計上の安全限界以下の応答変位に収まっている。KiK-net 東成瀬（EW）の波形の最大加速度が 2446cm/s^2 という大きな値であるが、木造住宅の被害にはつながりにくいことが確認された。2007 年新潟県中越沖地震での地震動記録に対する地震応答計算から、K-NET 柏崎（NS）に対しては壁量充足率が 1.2 を、刈羽村割町新田（NS）に対しては 1.4 を切ると急激に応答変位が増大し、計算上、倒壊に至るという結果が得られたが、この結果と比べると、今回記録された地震動の場合、より壁量充足率の低い住宅においても、倒壊に至らないことが確認され、木造住宅に対して被害を及ぼす程度が小さい地震動であったと言える。

また、最大加速度がほぼ等しい 3 種の地震動を用いて、標準的な層せん断力と相関変位の関係を有する１自由度系モデルにおける地震応答計算の結果、建築物の１次周期よりも地震動の卓越周期が短い場合には、地震動の最大加速度が大きな値であったとしても、構造物に与える影響（塑性率）は小さく、一方、建築物の１次周期に対して長めの卓越周期を有する地震動の方が建築物に与える損傷は大きくなることが確認できた。

現時点までに公表されている被災地付近の強震記録はすべて地盤上に設置された強震計によって観測されたものであり、建築物の基礎部分に作用した地震動では、加速度振幅が低減していると考えられる。主要な被災地域では、残念ながら建築物に強震計が設置されておらず、建築物への入力地震動、あるいは建築物がどのように応答したかを示す定量的なデータが得られていない。種々の建築物の耐震性能の定量的な検証の観点から、地盤だけでなく建築物の上部構造への強震計の設置を進めていく必要がある。

本調査の実施、資料の収集及び調査結果の整理にあたっては、多くの方々のご協力、ご支援をいただきました。ここに改めて感謝申し上げます。

第Ⅱ編

平成 20 年 7 月 24 日岩手県沿岸北部の地震建築物被害調査報告

１．調査の概要

平成 20 年（2008 年）7 月 24 日に発生した岩手県沿岸北部の地震にあたって、国土交通省国土技術政策総合研究所及び独立行政法人建築研究所の連携により、地震発生（平成 20 年 7 月 24 日 00 時 26 分頃）翌日から 8 月 1 日までの間に実施した現地調査の概要は以下の通りである。

なお、各調査では両研究所職員以外の協力者等と実施している場合があるが、それら協力者等の氏名、所属等は各章で記述する。

(1) 非構造部材調査

学校体育館等の非構造部材の調査を行った。

日　時：平成 20 年 7 月 25 日（金）～26 日（土）
場　所：岩手県八戸市、洋野町、軽米町
体　制：国土技術政策総合研究所
　　建築研究部　基準認証システム研究室主任研究官　石原　直
　独立行政法人建築研究所
　　建築生産研究グループ研究員　脇山善夫

(2) 免震建築物調査

免震建築物の被害状況の詳細調査を行った。

日　時：平成 20 年 7 月 31 日（木）～8 月 1 日（金）
場　所：岩手県二戸市、一関市、青森県八戸市
体　制：国土技術政策総合研究所
　　建築研究部　構造基準研究室長　小豆畑達哉
　　建築研究部　基準認証システム研究室主任研究官　井上波彦
　独立行政法人建築研究所
　　構造研究グループ長　飯場正紀

２．被害一般

2.1 はじめに

平成20年（2008年）７月24日に発生した岩手県沿岸北部の地震（正式な命名が行われなかったため、気象庁が報道発表資料等で用いている名称をここでも用いた）について、その被害の概要を示す。

2.2 被害一般

2.2.1　各地の震度等の状況

(1) 本震[2.1)]

７月24日の本震について、気象庁が発表した諸元を表-2.2.1に、本震で観測された各地の震度分布（震度５強以上）を表-2.2.2に示す。表中＊印は気象庁以外の観測点（自治体による震度情報ネットワーク又は防災科学技術研究所K-NET）の数値である。

表-2.2.1　本震の概要

発震時		2008年７月24日00時26分
震央地名		岩手県沿岸北部
マグニチュード		6.8（暫定値）
震源	深さ	108km
	北緯	39度43.9分
	東経	141度38.1分
最大震度		６強

表-2.2.2　本震による各地の震度（５強以上）

震度	計測地点
６弱	岩手県野田村野田＊ 青森県八戸市内丸＊、八戸市南郷区＊、五戸町古舘、階上町道仏＊
５強	岩手県宮古市田老＊、宮古市茂市＊、久慈市川崎町、山田町大沢＊、普代村銅屋＊、岩手洋野町種市、大船渡市大船渡町、大船渡市猪川町、釜石市中妻町＊、大槌町新町＊、二戸市福岡、一戸町高善寺＊、八幡平市田頭＊、八幡平市野駄＊、軽米町軽米＊、北上市二子町＊、遠野市宮守町＊、一関市花泉町＊、一関市千厩町＊、一関市室根町＊、平泉町平泉＊、奥州市江刺区＊、奥州市前沢区＊ 青森県八戸市湊町、東北町上北南＊、青森南部町平＊、東通村小田野沢＊ 宮城県気仙沼市唐桑町＊、涌谷町新町、栗原市若柳＊、栗原市一迫＊、栗原市志波姫＊、宮城美里町木間塚＊、大崎市古川三日町、大崎市古川北町＊、大崎市松山＊、石巻市桃生町＊

(注)岩手県洋野町大野の観測点については、地震後に臨時の震度計が設置された[2.2)]が、従前の震度計が揺れやすい場所にあったとの指摘等があるためと考えられる[2.3)]。臨時の震度計による観測結果をうけて、平成20年10月29日付の気象庁報道発表資料により、岩手県洋野町大野の観測震度は不明として取り扱うこととされたため、本表には記載していない。

(2) 余震[2.2)]

余震活動は活発ではなく、最大余震は７月24日11時28分頃の震度３（M5.0）の地震となっており、７月25日16時30分の報道資料ですでに「震度３～４となるような余震の発生の可能性は、ほとんど無くなりました。」とされている。この最大余震の概要を表-2.2.3に示す。

表-2.2.3　余震の概要

発震時		2008年７月24日11時27分
震央地名		岩手県沿岸北部
マグニチュード		4.8（暫定値）
震源	深さ	112km
	北緯	39度37.2分
	東経	141度31.3分
最大震度		３

2.2.2　各種災害法令等の適用

厚生労働省[2.4)]等が各種の支援を行っているが、岩手県沿岸北部の地震では、各種災害法令等の適用は行われていない。

2.2.3　人的被害

(1) 死傷者[2.5)]

岩手県沿岸北部の地震により、福島県で死者１名がでた。ただし、これは建築物の被害を直接の原因とするものではなく、本震直後の避難行動中にベッドから転落し重傷となった患者（64歳女性）が後日死亡したものである。行方不明者はなかった。自治体ごとに表-2.2.4に示す。

表-2.2.4　岩手県沿岸北部の地震による死傷者数

都道府県	市町村	人的被害		
		死者	重傷	軽傷
北海道	函館市		1	
青森県	青森市			4
	八戸市		2	71
	三沢市		1	2
	七戸町			1
	おいらせ町		1	
	三戸町			1
	五戸町		1	7
	南部町			3
	小計		5	89
岩手県	盛岡市		1	5
	宮古市		5	13
	大船渡市		1	4
	花巻市			5
	北上市		4	2
	久慈市		3	10
	遠野市			5
	一関市		2	1

	陸前高田市		1	
	釜石市			2
	二戸市		1	
	奥州市		1	5
	雫石町			1
	葛巻町		1	
	西和賀町		1	
	金ヶ崎町			1
	大槌町			2
	山田町			3
	田野畑村		1	
	岩泉町			2
	普代村			1
	川井村			2
	軽米町			1
	洋野町		2	1
	小計		24	66
宮城県	仙台市		1	
	石巻市			6
	岩沼市		1	
	登米市			3
	栗原市			1
	大崎市			1
	桶谷町			2
	美里町			2
	小計		2	15
秋田県	横手市			2
	仙北市			1
	にかほ市			1
	小計			4
山形県	山形市		1	
	庄内町		1	
	小計		2	
福島県	いわき市	1		
千葉県	印西市			1
計		1	34	175

（消防庁発表、7/29現在）

(2) 避難者[2.5)]

岩手県沿岸北部の地震により、岩手県の洋野町で避難勧告が出されたが、すでに解除されている。発令状況を表-2.2.5に示す。

表-2.2.5　岩手県沿岸北部の地震による避難勧告発令状況

都道府県	市町村	対象世帯	対象人数	勧告日時	解除日時
岩手県	洋野町	3	10	７月28日16:00	７月28日22:19
	合計	3	10		

（消防庁発表、7/29現在）

2.2.4　建築・住宅に係る被害

(1) 住家の被害状況[2.5)]

岩手県沿岸北部の地震による住家の被害状況として、消防庁発表によるものを表-2.2.6に示す。表中には、各市町村の規模を把握する際の参考として、各市町村の世帯数[2.6), 2.7), 2.8)]を併記した（青森県及び岩手県は７月、宮城県は６月現在のデータを使用）。地震によるとされる火災は、建物火災及びその他の火災（分類上「その他」とされており詳細不明）がそれぞれ１件で、危険物によるものは報告されていない。

表-2.2.6　岩手県沿岸北部の地震による住家の被害

県	市町村	世帯数	住家被害			火災	
			全壊	半壊	一部破損	建物	その他
青森県	八戸市	117,862	1		147	1	
	三沢市	21,107			5		
	外ヶ浜町	3,865			1		
	六戸町	3,711			1		
	階上町	5,581			7		
	小計		1		161	1	
岩手県	盛岡市	123,706			3		
	宮古市	23,110			13		
	大船渡市	14,633			10		
	北上市	33,610			2		
	久慈市	15,061			40		
	遠野市	10,753			8		
	一関市	42,230			7		
	陸前高田市	8,133			2		
	釜石市	17,795			9		
	平泉町	2,608			2		
	大槌町	6,323			5		
	田野畑村	1,453			1		
	野田村	1,671			1		
	洋野町	6,753			13		
	小計				116		
宮城県	石巻市	60,152			2		
	気仙沼市	23,135			1		
	登米市	26,428			9		
	柴田町	14,438			1		
	桶谷町	5,799			1		

	本吉町	3,500					1
	小計				14		1
計			1		291	1	1

(2) 被災建築物の応急危険度判定の状況[2.9)]

岩手県沿岸北部の地震の発生を受け、国土交通省は青森県及び岩手県に対し、被害状況の把握及び被災建築物応急危険度判定の実施準備を指示した。青森県においては、県及び市町職員７班14名の先遣隊を八戸市、五戸町及び階上町に、岩手県においては、県及び市職員14班23名の先遣隊を震度５以上を観測した市町村にそれぞれ派遣したが、両県とも、現地調査の結果、応急危険度判定は必要ないと判断されたため、判定は実施されなかった。

(3) 被災宅地危険度判定の状況[2.9)]

青森県で震度６弱を観測した八戸市、五戸（ごのへ）町、階上（はしかみ）町において、岩手県で震度５以上を観測した地域において被災状況を調査した結果、両県とも、被災宅地危険度判定は現時点で必要ないと判断されたため、判定は実施されなかった。

参考文献・参照サイト

2.1) 気象庁：震度データベース検索, http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/shindo_db/shindo_index.html

2.2) 気象庁：「2008 年 7 月 24 日 00 時 26 分の岩手県沿岸北部の地震について（第４報）」, http://www.jma.go.jp/jma/press/0807/25b/200807251630.html

2.3) 朝日新聞、2008 年 7 月 29 日朝刊

2.4) 厚生労働省：「岩手県沿岸北部を震源とする地震の被害状況及び対応について（第 10 報）」, http://www.mhlw.go.jp/houdou/2008/07/h0730-4.html

2.5) 消防庁：「岩手県沿岸北部を震源とする地震(第２２報)」, http://www.fdma.go.jp/detail/822.html

2.6) 青森県：「主な統計情報 分野別（人口・世帯＞住民基本台帳人口」, http://www.pref.aomori.lg.jp/kensei/tokei/major_data.html#jinko-setai

2.7) 岩手県：「岩手の統計情報（最新）」, http://www3.pref.iwate.jp/webdb/view/outside/s14Tokei/top.html

2.8) 宮城県：「住民基本台帳人口及び世帯数（月報）」, http://www.pref.miyagi.jp/toukei/toukeidata/zinkou/jinkou/juki_tsuki/juki_tsuki.htm

2.9) 国土交通省：「岩手県沿岸北部を震源とする地震について　第 10 報（2008/07/30 14:30 現在）」, http://www.mlit.go.jp/saigai/saigai_080724.html

3．地震及び地震動

3.1 地震の概要と特徴

3.1.1 地震諸元

気象庁が決定した岩手県沿岸北部の地震の諸元は表-3.1 の通りである[3.1)]。

表-3.1　地震諸元

発震時	緯度	経度	深さ	M_{JMA}	震央地名
2008/07/24 00:26	39° 43.9’ N	141° 38.1’ E	108 km	6.8	岩手県沿岸北部

M_{JMA}: 気象庁マグニチュード

本震の震央位置を図-3.1 に示す[3.1)]。気象庁の分析によれば、太平洋プレート内部の二重地震面の下面側で発生した地震で、太平洋プレートの沈みこむ方向に張力軸を持つ正断層型の地震であり、西側が落ち込む垂直に近い断層面である可能性が高いと考えられる[3.2)]。この地震の余震活動は低調で、有感地震は同日 11 時 27 分に 1 度しか発生していない。

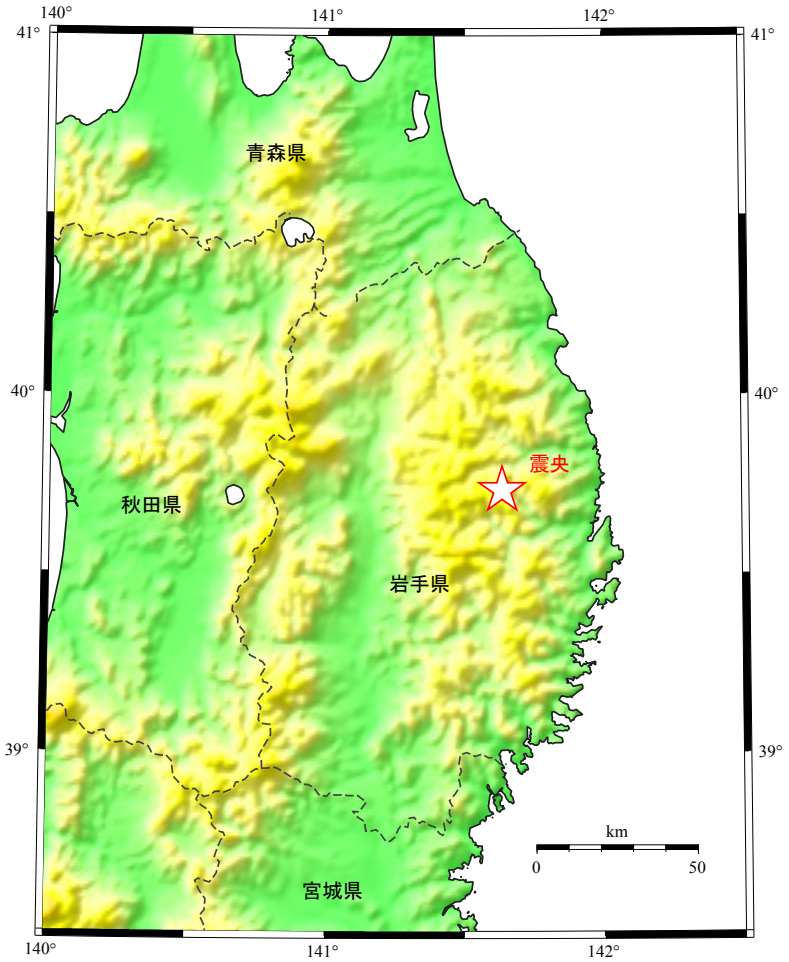


図-3.1　2008 年 7 月 24 日岩手県沿岸北部の地震の震央位置

3.1.2 震度分布

この地震によって観測された各地の震度を表-3.2に示す[3.1)]。表中の*印は岩手県、青森県及び宮城県の震度情報ネットワークまたは防災科学技術研究所強震ネットワーク(K-NET)[3.3)]の観測地点を表し、印のないものは気象庁の震度観測地点である。各地点の震度を地図上にプロットしたものが図-3.2である。この図には、表-3.2に含まれていない防災科学技術研究所基盤強震観測網(KiK-net)[3.4)]の観測地点の震度も示している。

表-3.2　各地の震度(震度5弱以上)[3.1)]

震度	観測地点
6弱	野田村野田*、八戸市内丸*、八戸市南郷区*、五戸町古舘、階上町道仏
5強	宮古市田老*、宮古市茂市*、久慈市川崎町、山田町大沢*、普代村銅屋*、岩手洋野町種市、大船渡市大船渡町、大船渡市猪川町、釜石市中妻町*、大槌町新町*、二戸市福岡、一戸町高善寺*、八幡平市田頭*、八幡平市野駄*、軽米町軽米*、北上市二子町*、遠野市宮守町*、一関市花泉町*、一関市千厩町*、 一関市室根町*、平泉町平泉*、奥州市江刺区*、奥州市前沢区*、八戸市湊町、東北町上北南*、青森南部町平*、東通村小田野沢*、気仙沼市唐桑町*、涌谷町新町、栗原市若柳*、栗原市一迫*、栗原市志波姫*、宮城美里町木間塚*、大崎市古川三日町、大崎市古川北町*、大崎市松山*、石巻市桃生町*
5弱	宮古市長沢、宮古市五月町*、久慈市長内町*、山田町八幡町、岩泉町岩泉*、田野畑村田野畑、田野畑村役場*、川井村川井*、川井村田代*、陸前高田市高田町*、釜石市只越町、住田町世田米*、盛岡市山王町、盛岡市玉山区藪川*、盛岡市玉山区渋民*、二戸市石切所*、二戸市浄法寺町*、葛巻町消防分署*、葛巻町役場*、滝沢村鵜飼*、八幡平市大更、八幡平市叺田*、九戸村伊保内*、矢巾町南矢幅*、紫波町日詰*、花巻市大迫町、花巻市石鳥谷町*、花巻市材木町*、花巻市東和町*、遠野市松崎町*、一関市山目*、金ケ崎町西根*、藤沢町藤沢*、奥州市水沢区大鐘町、奥州市水沢区佐倉河*、奥州市胆沢区*、奥州市衣川区*、八戸市島守、十和田市西二番町*、十和田市西十二番町*、三沢市桜町*、野辺地町田狭沢*、七戸町森ノ上*、五戸町倉石中市*、青森南部町苫米地*、おいらせ町中下田*、東通村砂子又*、気仙沼市赤岩、気仙沼市笹が陣*、色麻町四竈*、栗原市栗駒、栗原市築館*、栗原市金成*、登米市中田町、登米市豊里町*、登米市迫町*、登米市米山町 *、登米市石越町*、登米市南方町*、南三陸町志津川、南三陸町歌津*、宮城美里町北浦*、大崎市鹿島台*、大崎市田尻*、岩沼市桜*、亘理町下小路*、 石巻市門脇*、石巻市相野谷*、石巻市前谷地*、東松島市矢本*

注1) *:岩手県、青森県及び宮城県の震度情報ネットワークまたは防災科学技術研究所K-NET
注2) 震度6強を観測した「岩手県洋野町大野」の震度観測点については、設置台と地面との間に僅かな隙間が見られたため、地震後に臨時の震度計が設置されている[3.5)]。臨時の震度計による観測結果をうけて、平成20年10月29日付の気象庁報道発表資料により、岩手県洋野町大野の観測震度は不明として取り扱うこととされたため、本表には記載していない。
なお、本表は、表-2.2.2の内容と一部重複している。

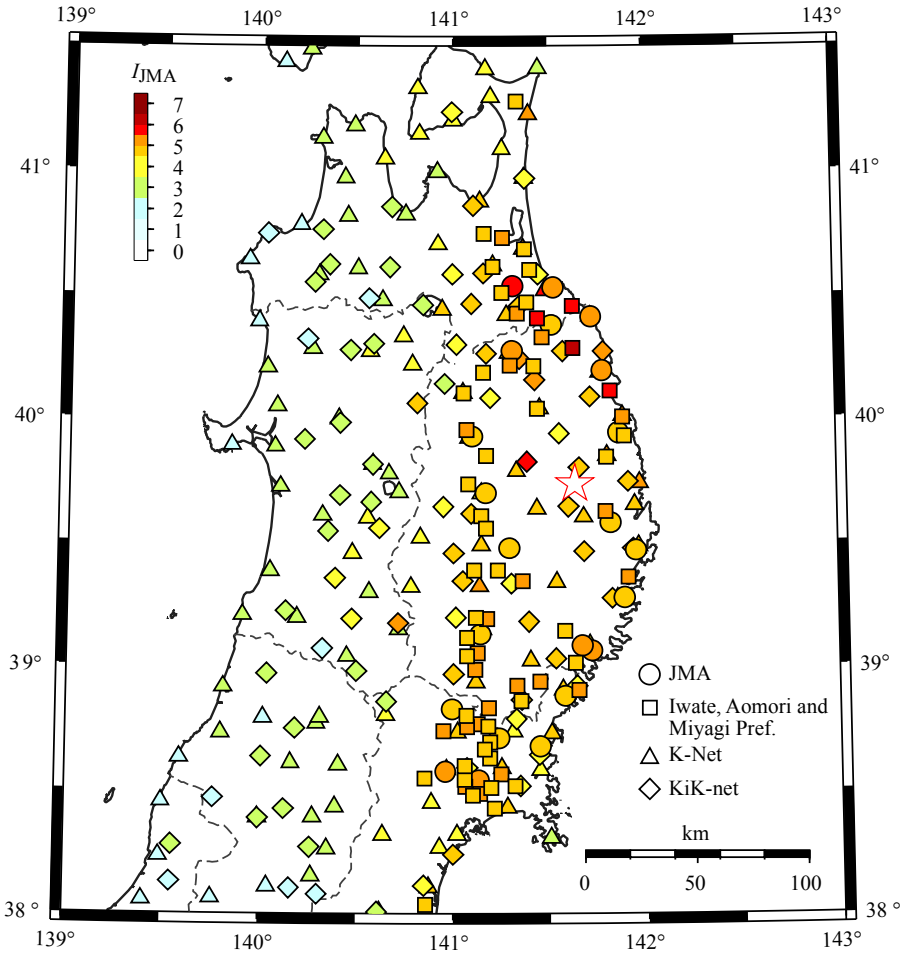


図-3.2　各地の震度。☆は本震の震央を表し、○は気象庁、□は各県の震度情報ネットワーク、△はK-NET、◇はKiK-netの観測地点を示す

3.2 被災地の地形及び地質

岩手県沿岸北部の地震が発生した岩手県は、東北地方の中央東部に位置する。図-3.3 に、東北地方の地形略図を示す。

東北地方は、ほぼ南北方向に地形が配列している。高地帯は、太平洋側に北上山地・阿武隈山地が南北に雁行し、その西側に奥羽山脈と出羽山地が平行しており、これらの高地帯に挟まれて北上川・阿武隈川流域の低地帯、奥羽山脈と出羽山地のあいだの山間盆地群がある[3.6)、3.7)]。

地震が発生した北上山地は、青森県南東端・岩手県東半部・宮城県東北部をふくむ、東西約 75km・南北約 260km の紡錘形の山地である。最高峰の早池峰山(標高 1,914m)を含む早池峰連峰以外は、標高が 1,400m 以下の比較的なだらかな山地となっており、地質は先シルル紀の基盤岩類、シルル系から下部白亜系の堆積岩類、これらを貫く前期白亜系花こう岩類などの中生代・古生代の堅固な岩層でおもに構成されている[3.7)]。

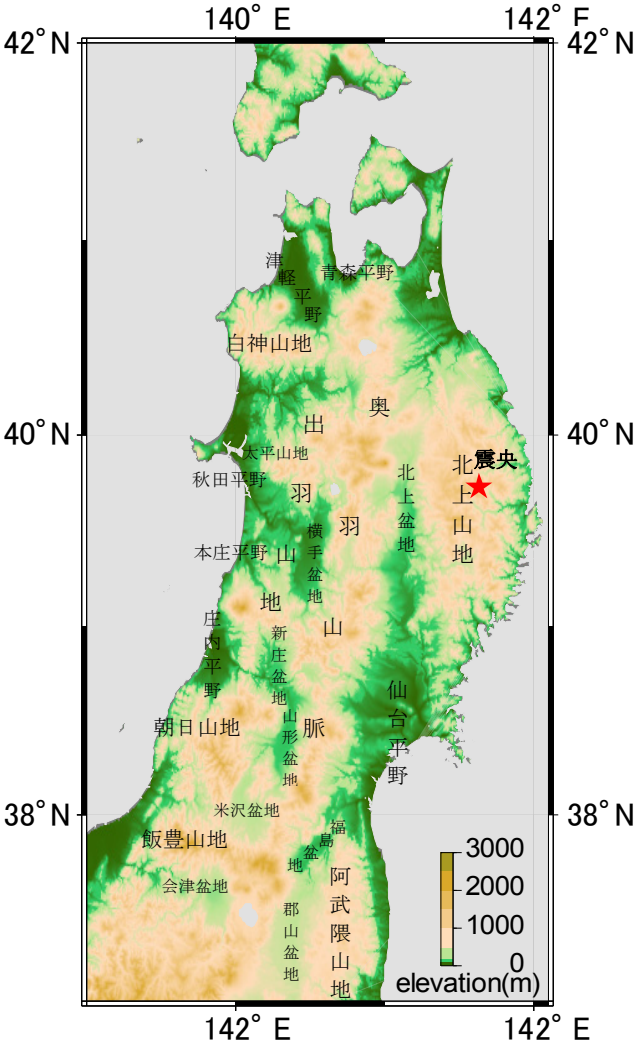


図-3.3　東北地方地形略図(星印は、震央)

3.3 本震の地震動特性

岩手県沿岸北部の地震の強震記録は、防災科学技術研究所強震ネットワーク(K-NET)及び基盤強震観測網(KiK-net)の記録[3.3), 3.4)]が入手できる。このうち、計測震度に換算して 5.5(震度 6 弱)以上の記録の最大加速度と最大速度を表-3.3 に示す。また、震源近傍の観測地点の最大加速度の分布を図-3.4 に示す。なお、図-3.4 の最大加速度は 3 成分の合成値を採っている。

表-3.3　強震観測記録一覧(震度 6 弱以上のもの)

記号	観測地点	Δ (km)	I_{JMA}	*PGA* (cm/s^2)			*PGV* (cm/s)			備考
				NS	EW	UD	NS	EW	UD	
IWTH02	KiK-net 玉山	24	5.8	1020	684	593	25.9	20.7	13.3	図-3.5
IWT001	K-NET 種市	76	5.7	827	650	275	27.5	29.4	7.6	図-3.6
AOM012	K-NET 八戸	88	5.6	446	534	230	19.7	22.3	7.3	図-3.7

Δ: 震央距離, I_{JMA}: 計測震度, *PGA*: 最大加速度, *PGV*: 最大速度

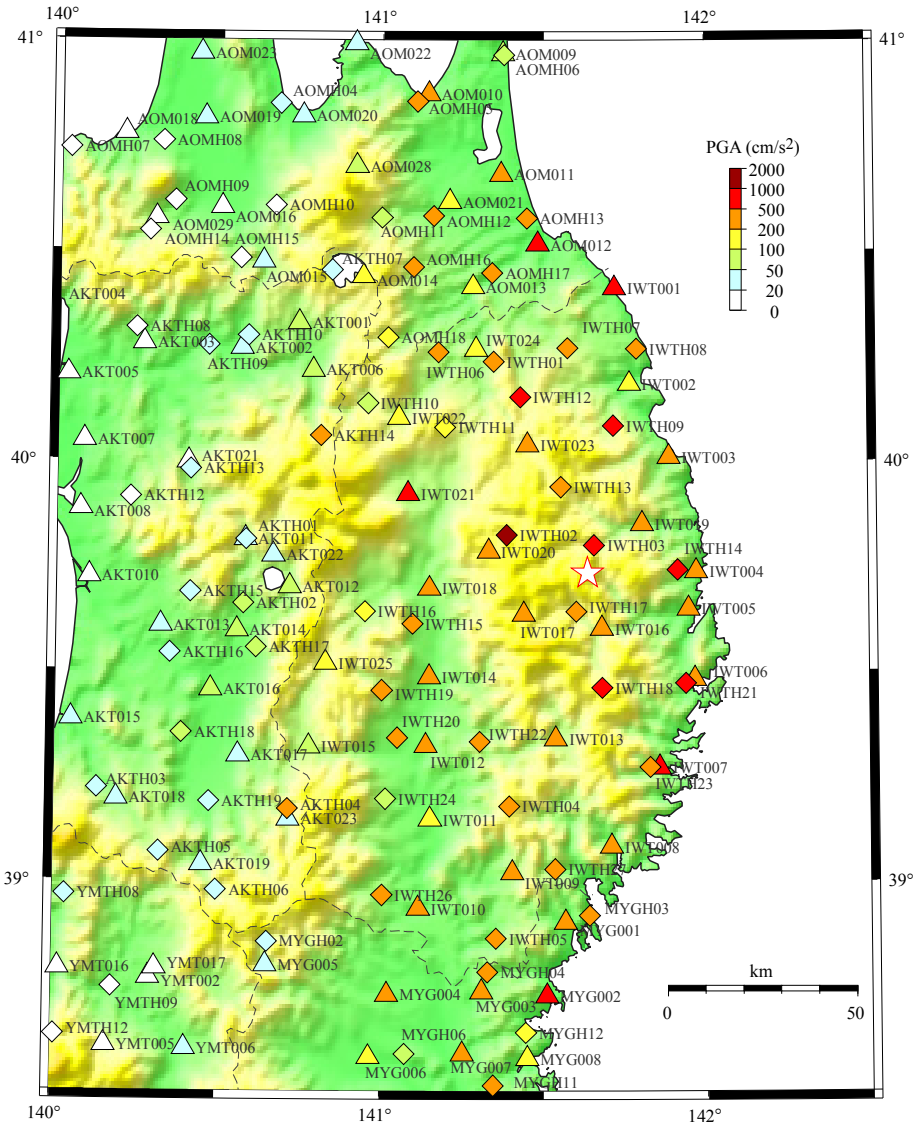


図-3.4　最大加速度の分布。☆は本震の震央、○は気象庁、□は各県の震度情報ネットワーク△は K-NET、◇は KiK-net の観測地点を示す

3.3.1 KiK-net 玉山(IWTH02)の記録

KiK-net 玉山(IWTH02)の観測地点は岩手県盛岡市玉山区(旧玉山村)の山間部に位置する。震央から西北西に 24 km と、強震記録が得られた観測地点の中では最も近い。KiK-net 玉山で得られた記録の加速度波形と減衰定数 5%の擬似速度応答スペクトルを図-3.5 に示す。

加速度記録波形を見ると、NS 成分で 1020 cm/s^2 の大きな最大加速度を記録しているが、大きなゆれの継続時間は 5 秒程度と短い。応答スペクトルに着目すると、0.2 秒前後に大きなピークを有するが、0.4 秒以上の周期成分は極めて少ない。

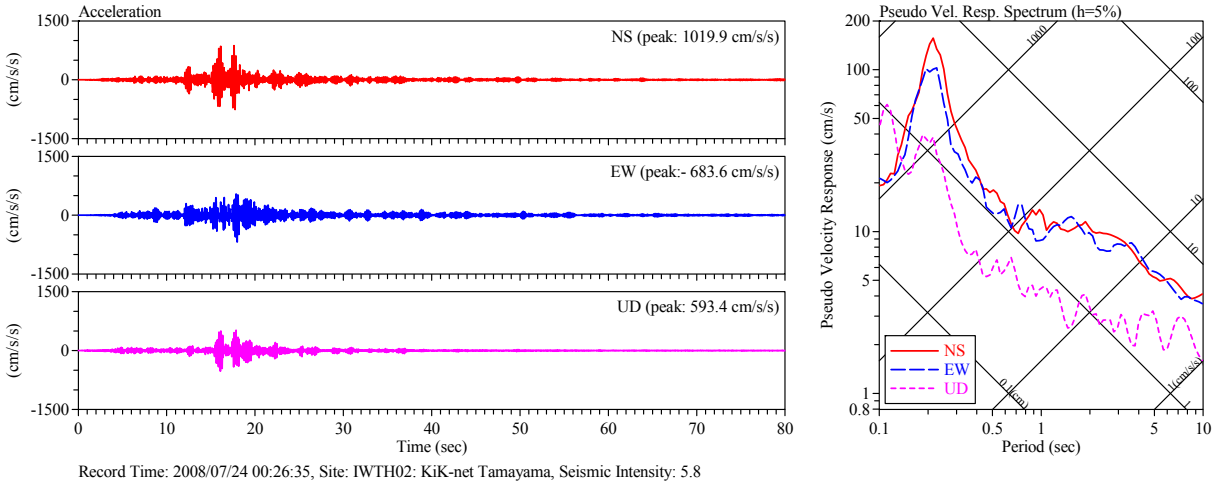


図-3.5　KiK-net 玉山(IWTH02)の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.3.2 K-NET 種市(IWT001)の記録

K-NET 種市(IWT001)は震央の北方 76 km、洋野町種市(旧種市町)に位置する。岩手県の最北端で太平洋に面している。K-NET の土質データによれば、深さ 6 m でせん断波速度 Vs = 320 m/s の岩盤が確認されている。

K-NET 種市で得られた加速度記録と減衰定数 5%の擬似速度応答スペクトルを図-3.6 に示す。加速度記録波形を見ると、激しい揺れの継続時間は 10 秒足らずであり、短周期成分が目立つ。水平成分の応答スペクトルは、0.25 秒に鋭いピークを有している。

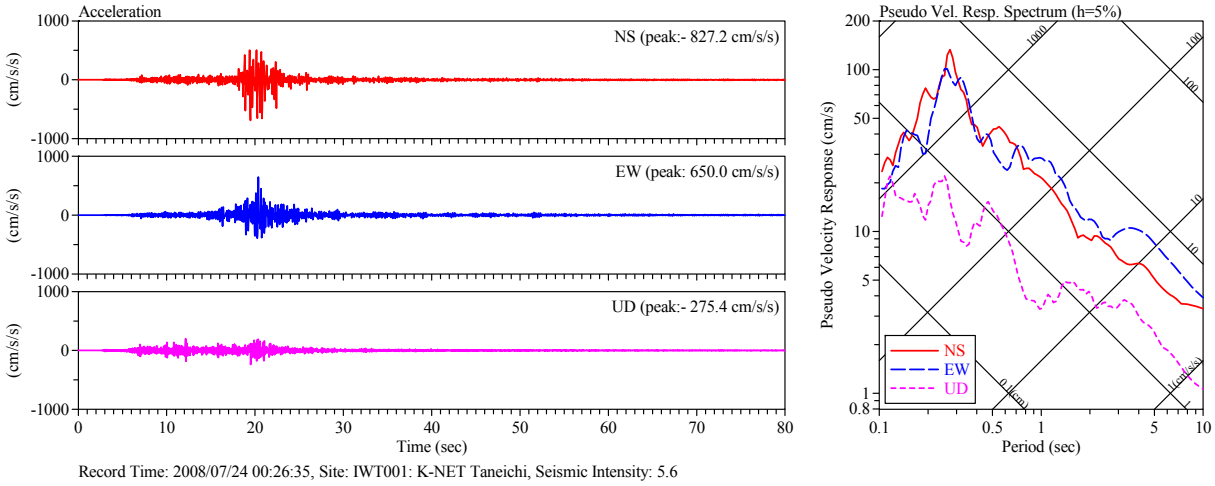


図-3.6　K-NET 種市(IWT001)の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.3.3 K-NET 八戸(AOM012)の記録

K-NET 八戸(AOM012)は、八戸市役所の敷地内、八戸公会堂の裏側に設置されている。K-NET 八戸で得られた加速度記録と減衰定数 5%の擬似速度応答スペクトルを図-3.7 に示す。波形からは短周期成分が優勢であることが窺え、水平成分の応答スペクトルには 0.4 秒付近に大きなピークが認められる。

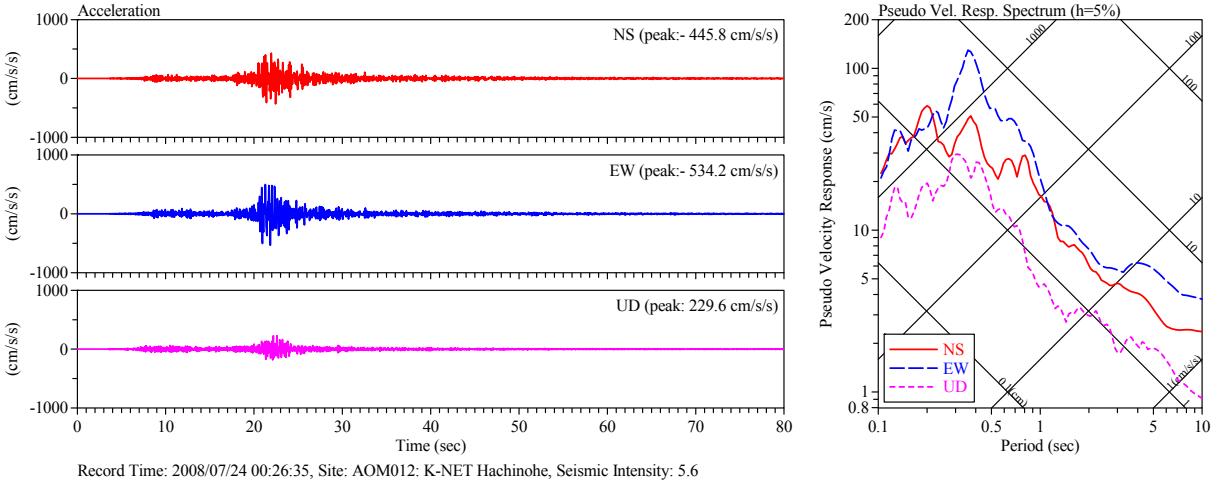


図-3.7　K-NET 八戸(AOM012)の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.3.4 震央周辺の地震動特性

震央周辺の地震動特性を概観するために、計測震度 5.0 以上の強震記録の減衰定数 5%の擬似速度応答スペクトルを図-3.8 に示す。主な特徴として以下の点が指摘できる。

- 全般に短周期成分が優勢で、極一部を除いて 0.2 秒から 0.5 秒に卓越周期を有している。
- 速度応答スペクトルの値は、大きくとも 100 cm/s 程度で、200 cm/s に達する例はない。
- K-NET 譜代(IWT003)や K-NET 田老(IWT004)など海岸沿いの一部の観測地点では NS 成分に比べて EW 成分の長周期領域での応答が大きくなっており、1 秒程度に卓越が認められる。

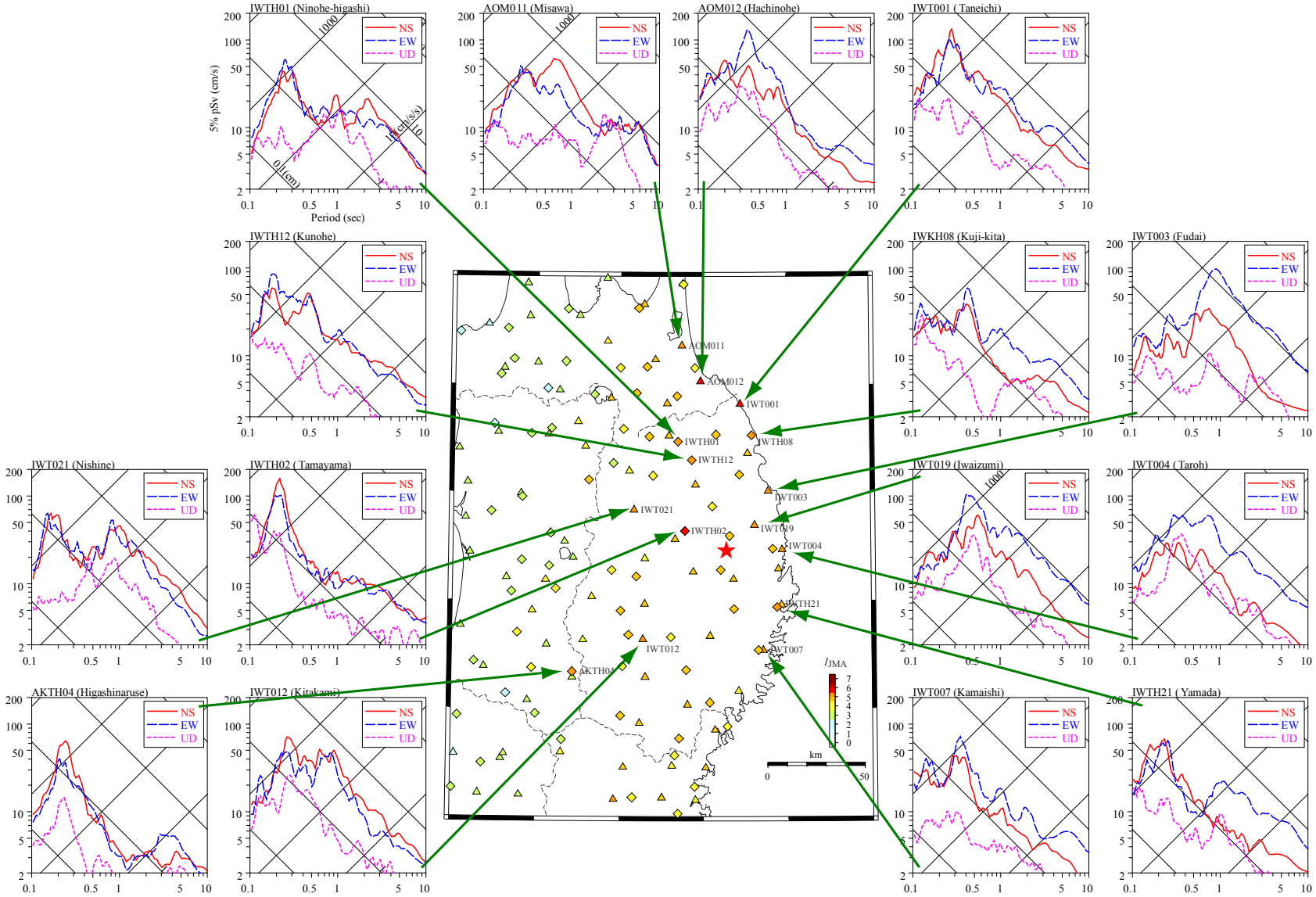


図-3.8　震央周辺の強震記録の 5%擬似速度応答スペクトル

3.4 建築研究所強震観測ネットワークの強震記録

建築研究所の強震観測網では、東北地方を中心に 17 の観測地点で強震記録が得られた。表-3.4 に観測記録の一覧を、図-3.9 に観測地点位置を示す。このうち震度 4 以上であった宮古市庁舎(MYK)、八戸市庁舎新館(HCN2)、八戸市庁舎本館(HCN)、仙台第 2 合同庁舎(SND)、及び東北大学人間・環境系研究棟(THU)の記録について次項以降に述べる。

表-3.4　建築研究所の強震記録(1/2)

記号	観測地点	距離 (km)	計測震度	設置方位	設置位置	最大加速度 (cm/s^2)			備考
						H1	H2	V	
MYK	宮古市庁舎	30	4.9	180°	01F	105	121	98	
					06F	145	159	140	
					GL*	153	152	112	
HCN2	八戸市庁舎新館(免震)	87	5.8	164°	GL*	332	763	212	
					G30	153	138	84	
					G105	79	167	85	
					10F	139	202	570	
					01F	137	167	137	
					B1F	207	228	234	
HCN	八戸市庁舎本館	87	4.9	164°	B1F*	159	198	127	
					06F	585	983**	356	
AKT	秋田県庁	131	2.8	087°	08F	44	60	19	
					B1F*	11	10	6	
HRH	弘前法務合同庁舎	139	2.8	195°	01F*	11	14	7	
SND	仙台第 2 合同庁舎	176	3.7	074°	B2F*	59	41	28	
					15F	68	52	82	
					G40	32	40	-	
THU	東北大学人間・環境系研究棟	178	4.3	202°	01F*	59	77	45	
					09F	275	367	143	
HKD	北海道開発局函館開発建設部	240	3.0	180°	GL*	27	23	10	
IWK	いわき市庁舎	305	3.3	180°	B1F*	15	17	12	
					09F	93	54	17	
HRO	広尾町役場	317	3.3	140°	01F*	38	35	11	
ANX	建築研究所新館	423	2.7	180°	GL*	17	17	10	
					B1F	11	9	8	
					08F	28	42	13	
NIT	日本工業大学	445	2.6	288°	GL*	13	14	5	
					01F	8	81	4	
					06F	19	17	6	
KSG	さいたま地方法務局越谷支局	456	2.5	150°	1F*	7	10	3	

表-3.4　建築研究所の強震記録(2/2)

記号	観測地点	距離 (km)	計測震度	設置方位	設置位置	最大加速度 (cm/s²) H1	H2	V	備考
NMW	国立西洋美術館(免震)	476	2.3	218°	GL*	15	13	8	
					B1FW	6	5	4	
					B1FE	6	7	6	
					01FW	8	10	4	
					01FE	8	7	6	
					04F	10	8	4	
TKD	コーシャタワー佃	481	2.2	180°	01F*	7	5	3	
					18F	9	13	4	
					37F	14	17	6	
CG3	中央合同庁舎3号館(免震)	481	1.9	208°	B2F*	7	6	3	
					B1F	7	5	4	
					12F	11	12	5	
CGC	中央合同庁舎6号館	481	1.8	208°	01F*	6	5	3	
					20B	14	9	11	
					19C	11	7	8	

計測震度は*印の位置で算出。最大加速度のH1は設置方位、H2は直交する水平、Vは鉛直成分。** 振り切れたため参考値。

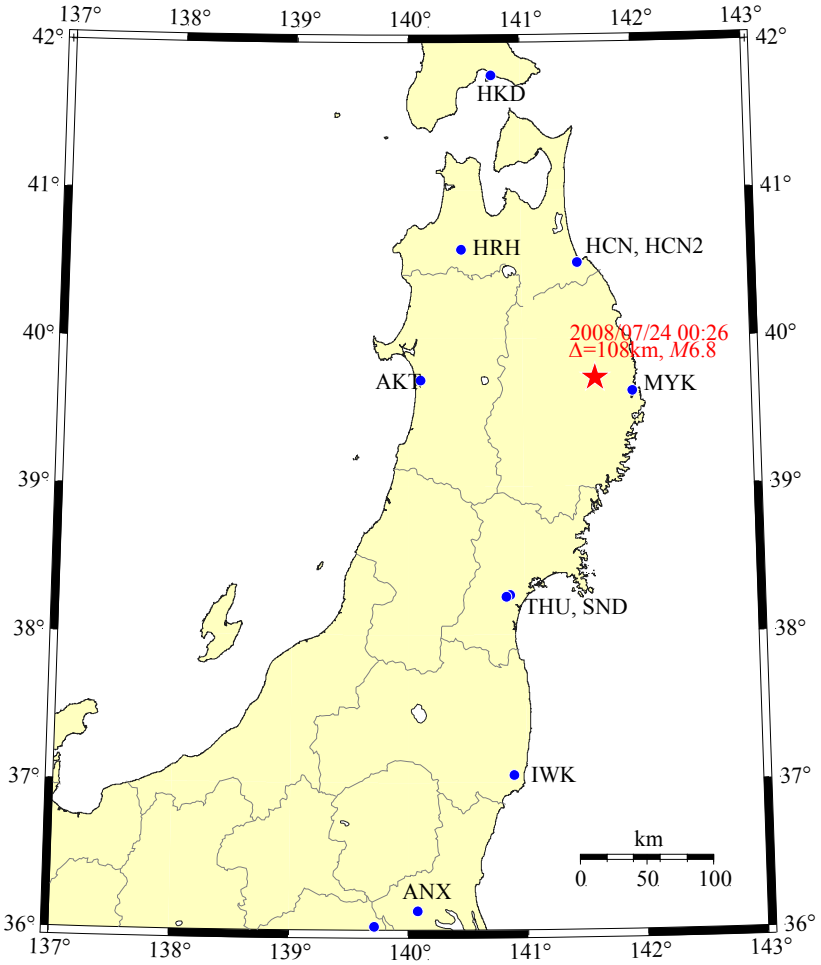


図-3.9　震央(★)と建築研究所の強震観測地点(●)の位置。記号は表-3.4を参照

3.4.1 宮古市庁舎(MYK)の強震記録

宮古市庁舎(MYK)は岩手県宮古市新川町に建つ RC 造 7 階建ての庁舎建物である。加速度計は庁舎 1 階(01F)、7 階(07F)及び地表(GL)に設置されている。宮古市庁舎で観測された加速度記録と減衰定数 5%の擬似速度応答スペクトルを図-3.10 から図-3.12 に示す。地表(GL)の記録から算出した計測震度は 4.9 であった。

01F と GL の加速度波形や応答スペクトルはよく似ており、応答スペクトルは周期 1 秒に卓越が認められる。また N180° E(南)成分に比べ N270° E(西)成分の応答スペクトルが 5 倍から 10 倍近く大きくなっているのが特徴的である。07F の波形や応答スペクトルには建物の 1 次固有振動が明瞭には表れていないが、フーリエスペクトル解析からは建物の 1 次固有周期は 0.4 秒及び 0.5 秒と見られ、01F と 07F の応答スペクトルもこの周期領域で違いが見られる。

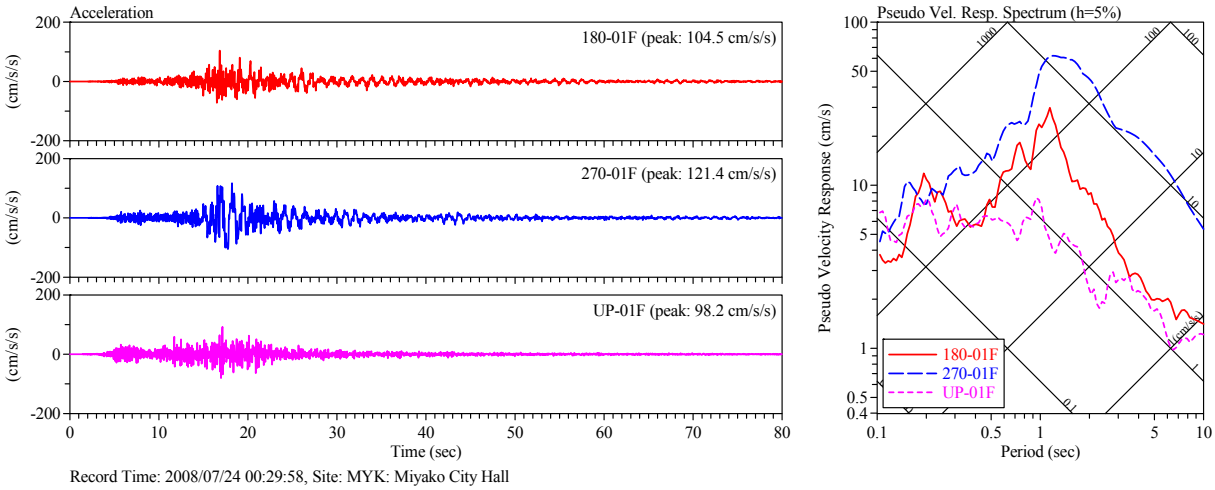


図-3.10　宮古市庁舎 01F の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

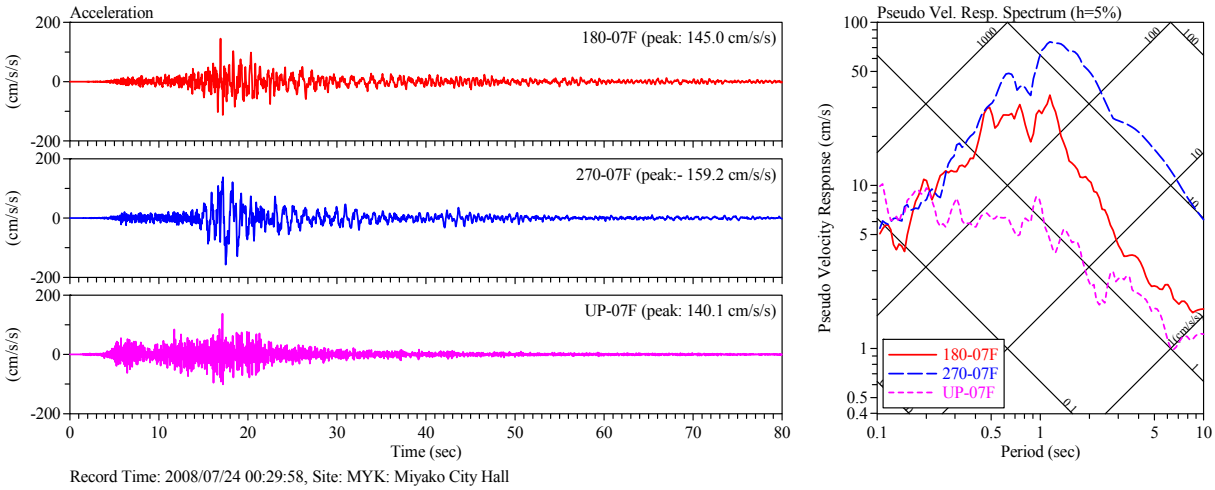


図-3.11　宮古市庁舎 07F の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

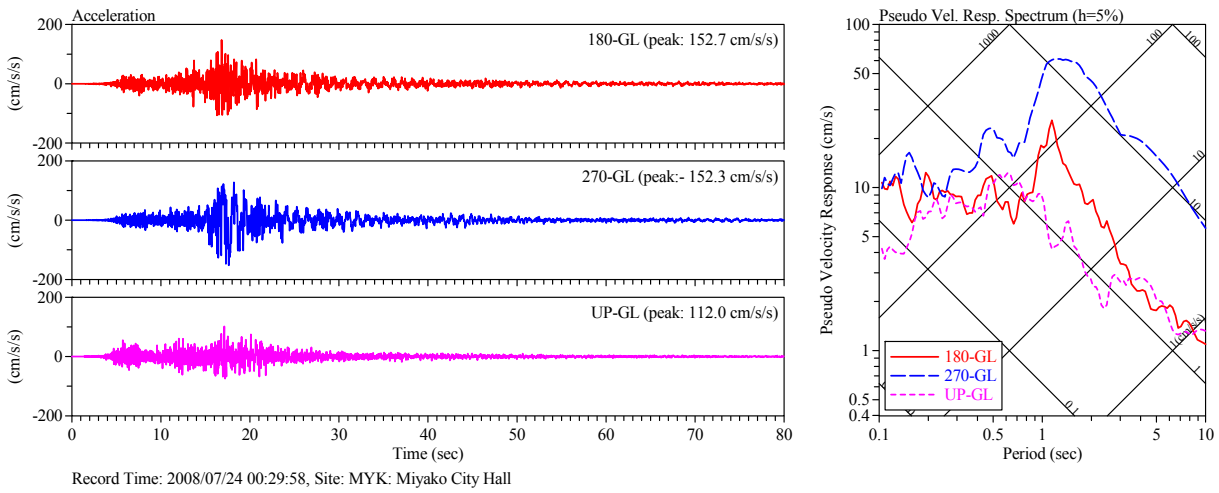


図-3.12 宮古市庁舎 GL の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.4.2 八戸市庁舎本館(HCN)及び新館(HCN2)の強震記録

八戸市庁舎は八戸市内丸に位置し、鉄筋コンクリート(RC)造 6 階建ての本館(HCN)と鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)造 10 階建て免震建物の新館(HCN2)から構成されている。建築研究所は本館の地下 1 階及び 6 階と、新館の近傍地盤と建物内に 6 台の加速度計を設置している。

新館(HCN2)の地表(GL)で観測された加速度記録と減衰定数 5%の擬似速度応答スペクトルを図-3.13 に示す。この記録から算出した計測震度は 5.8 であった。加速度波形を見ると、最大加速度は N254° E 成分で 763 cm/s^2 と大きな値であるが、激しい揺れの継続時間は 10 秒足らずと短い。応答スペクトルに着目すると、N164° E 成分と N254° E 成分の応答の大きさに違いが見られ、N254° E 成分の応答スペクトルは 0.39 秒で 170 cm/s を超える応答となっている。

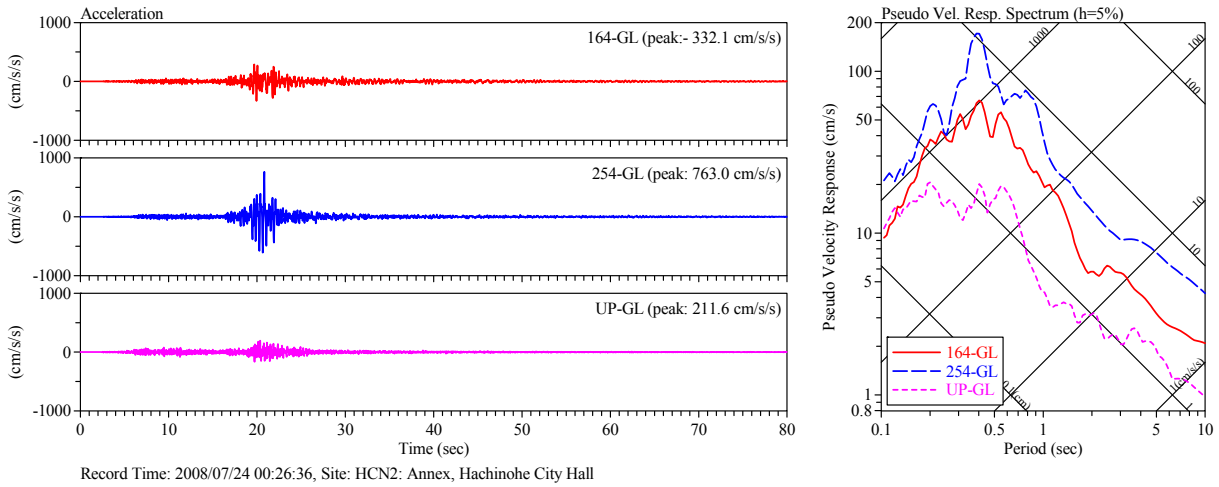


図-3.13 八戸市庁舎新館 GL の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

八戸市庁舎本館の 01F 及び 06F で得られた加速度記録と減衰定数 5%の擬似速度応答スペクトルを図-3.14 及び図-3.15 示す。近傍の地盤上で得られた記録(図-3.13)に比べ、地下 1 階の記録では水平成分の最大加速度は 1/2 から 1/4 になっている。B1F の応答スペクトル(図-3.14)を地表(GL)の応答スペクトル(図-3.13)と比較すると、全般的な傾向は変わらないものの B1F の応答振幅は全般的に小さく、GL の 0.4 倍から 0.8 倍の値となっている。

本館に設置してある強震計は測定範囲が 1G となっており、本館建物 6 階(06F)の N254° E 成分の加速度記録(図-3.15)はこの値を超えてしまい、振り切れている。06F の記録の応答スペクトルを見るとこの建物の固有周期である N164° E 成分 0.31 秒及び N254° E 成分 0.44 秒にピークが認められる。この地震では建物の N254° E 方向の固有周期に近い 0.4 秒から 0.5 秒の成分が地震動に多く含まれ、大きな応答を生じさせたものと思われる。

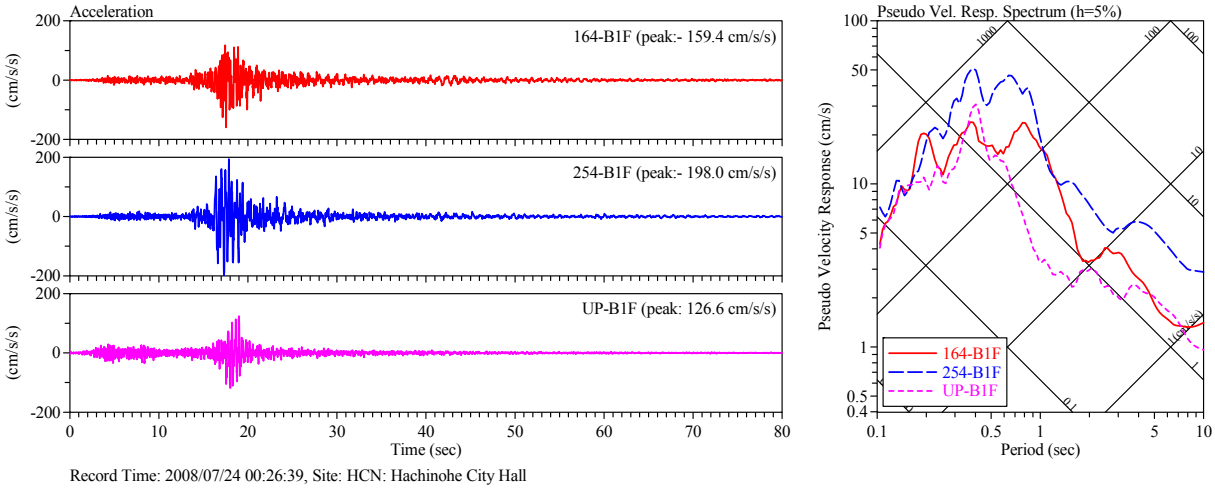


図-3.14 八戸市庁舎本館 B1F の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

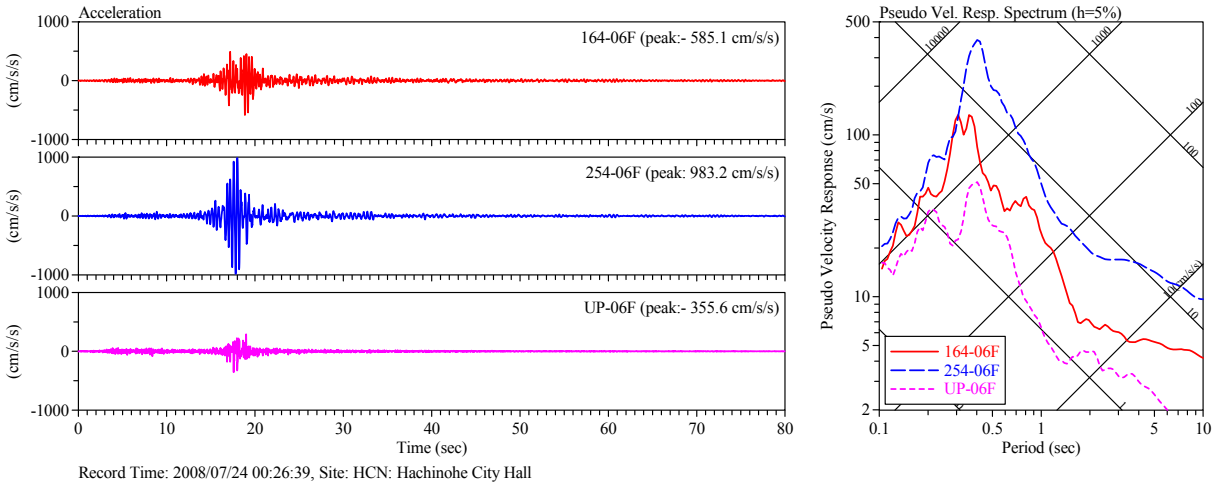


図-3.15 八戸市庁舎本館 06F の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.4.3 仙台第 2 合同庁舎(SND)の強震記録

仙台第 2 合同庁舎(SND)は仙台市青葉区本町にある鉄骨造 15 階建ての庁舎建物である。加速度計は塔屋 1 階(15F)、地下 2 階(B2F)及び地中深さ 40 m(G40)に設置されている。仙台第 2 合同庁舎で観測された加速度記録と減衰定数 5%の擬似速度応答スペクトルを図-3.16 から図-3.18 に示す。建物への入力と考えられる地下 2 階(B2F)の記録から算出した計測震度は 3.7 であった。

B2F の記録の応答スペクトルに着目すると、水平成分では 1 秒を中心とした周期成分が優勢となっている。地中 40 m(G40)の記録も同様の形状をしている。建物 15 階(15F)の記録を見ると、地震動の後続部分で建物の揺れが長く継続した様子が表れており、特に N074° E 成分で顕著である。建物の固有周期は両方向とも約 2 秒であった。なお G40 の加速度計の上下成分は不調であり、

ここでは除外している。

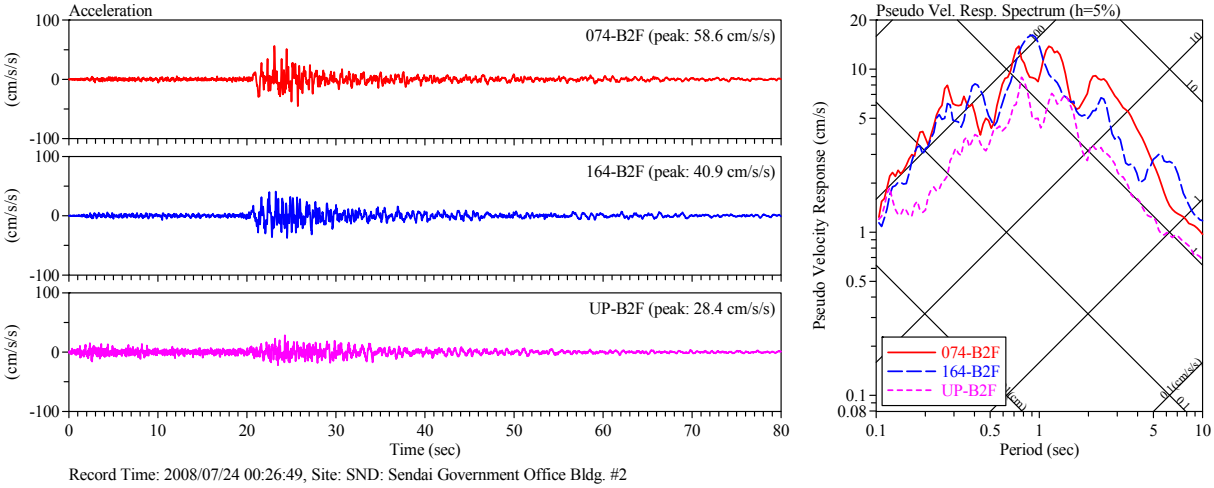


図-3.16 仙台第 2 合同庁舎 B2F の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

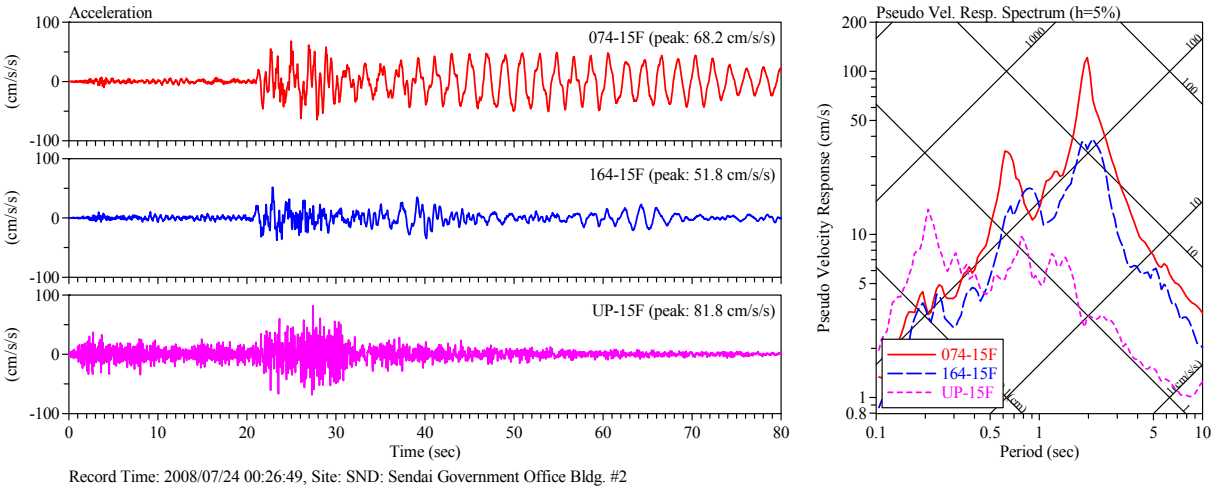


図-3.17 仙台第 2 合同庁舎 15F の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

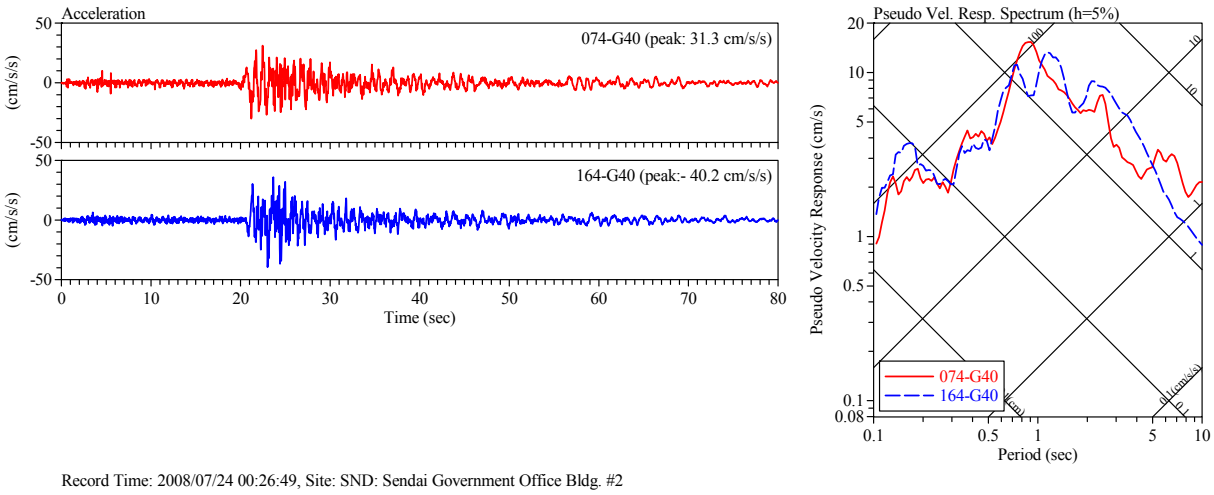


図-3.18 仙台第 2 合同庁舎 G40 の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.4.5 東北大学人間・環境系研究棟(THU)の強震記録

東北大学人間・環境系研究棟(THU)は仙台市青葉区の東北大学青葉山キャンパスにある SRC 造 9 階建ての校舎建物である。加速度計は校舎 1 階及び 9 階に設置されている。東北大学人間・環境系研究棟で観測された加速度記録と減衰定数 5%の擬似速度応答スペクトルを図-3.19 及び図-3.20 に示す。建物 1 階(01F)の記録から算出した計測震度は 4.3 であった。

01F の記録の応答スペクトルを見ると、水平成分は 1 秒を中心とした卓越が観察され、仙台第 2 合同庁舎 B2F の記録と傾向は類似している。09F の記録の水平成分の応答スペクトルには 0.8 秒及び 0.9 秒に明瞭なピークが表れ、建物の 1 次固有周期に対応すると考えられる。

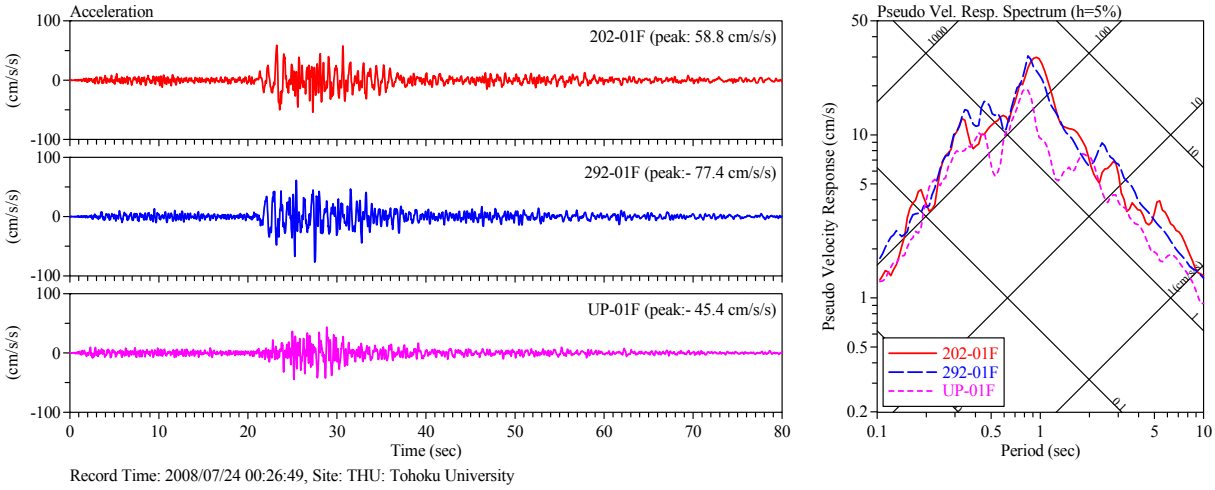


図-3.19 東北大学人間・環境系研究棟 01F の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

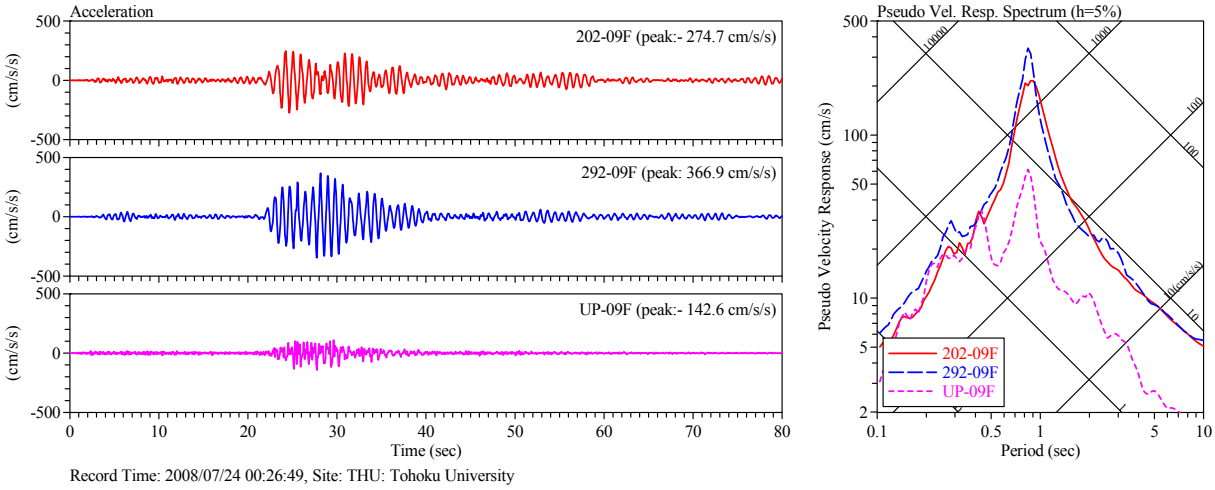


図-3.20 東北大学人間・環境系研究棟 09F の加速度記録と 5%擬似速度応答スペクトル

3.5 まとめ

2008 年 7 月 24 日 00 時 26 分に岩手県沿岸北部で発生した地震は東西方向に張力軸を持つ正断層型の地震であり、西側が落ち込む垂直に近い断層面を有する。この地震の余震活動は極めて低調であった。

気象庁、岩手県、青森県、宮城県などの自治体の震度情報ネットワーク、及び K-NET の観測地点では、岩手県及び青森県の 5 地点で震度 6 弱を観測した。また岩手県、青森県、宮城県の広い範囲で震度 5 弱以上の揺れを記録した。

K-NET と KiK-net の強震観測記録を分析すると、震央近傍では 0.2 秒から 0.5 秒の短周期成分が優勢であったことが指摘できる。各地点の記録の擬似速度応答値は大きくとも 100 cm/s 程度であった。

建築研究所の強震観測網では、東北地方を中心に 17 の観測地点で観測記録が得られた。八戸市庁舎の地盤上では計測震度に換算して 5.8 となる大きな地震動記録が得られた。また八戸市庁舎本館の 6 階では 1G を超える応答が観測された。

参考文献/参照サイト

3.1) 気象庁: 「2008 年 7 月 24 日 00 時 26 分の岩手県沿岸北部の地震について(第 2 報)」, http://www.jma.go.jp/jma/press/0807/24b/200807241100.html

3.2) 気象庁: 「2008 年 7 月 24 日 00 時 26 分の岩手県沿岸北部の地震について(第 3 報)」, http://www.jma.go.jp/jma/press/0807/24c/200807241630.html

3.3) 防災科学技術研究所強震ネットワーク K-NET: http://www.k-net.bosai.go.jp/

3.4) 防災科学技術研究所基盤強震観測網 KiK-net: http://www.kik.bosai.go.jp/

3.5) 気象庁: 「2008 年 7 月 24 日 00 時 26 分の岩手県沿岸北部の地震について(第 4 報)」, http://www.jma.go.jp/jma/press/0807/25b/200807251630.html

3.6) 東北地方土木地質図編纂委員会:東北地方土木地質図解説書, 1988.

3.7) 日本の地質「東北地方」編集委員会編, 日本の地質２　東北地方, 共立出版, 1991.

４．非構造部材

4.1 調査概要

4.1.1 調査内容

2008 年 7 月 24 日（木）午前 0 時 26 分頃に北緯 39 度 44 分、東経 141 度 38 分、深さ 108㎞でマグニチュード 6.8（推定）の地震が発生した。地震発生後より地震被害の報告があり、非構造部材について被害報告が多くあった震源以北の地域を中心に現地調査を実施した。

4.1.2 調査者

国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部基準認証システム研究室主任研究官 石原 直
独立行政法人建築研究所建築生産研究グループ研究員　脇山善夫

4.1.3 調査日程

7 月 25 日～7 月 26 日　青森県八戸市、岩手県洋野町、同 軽米町

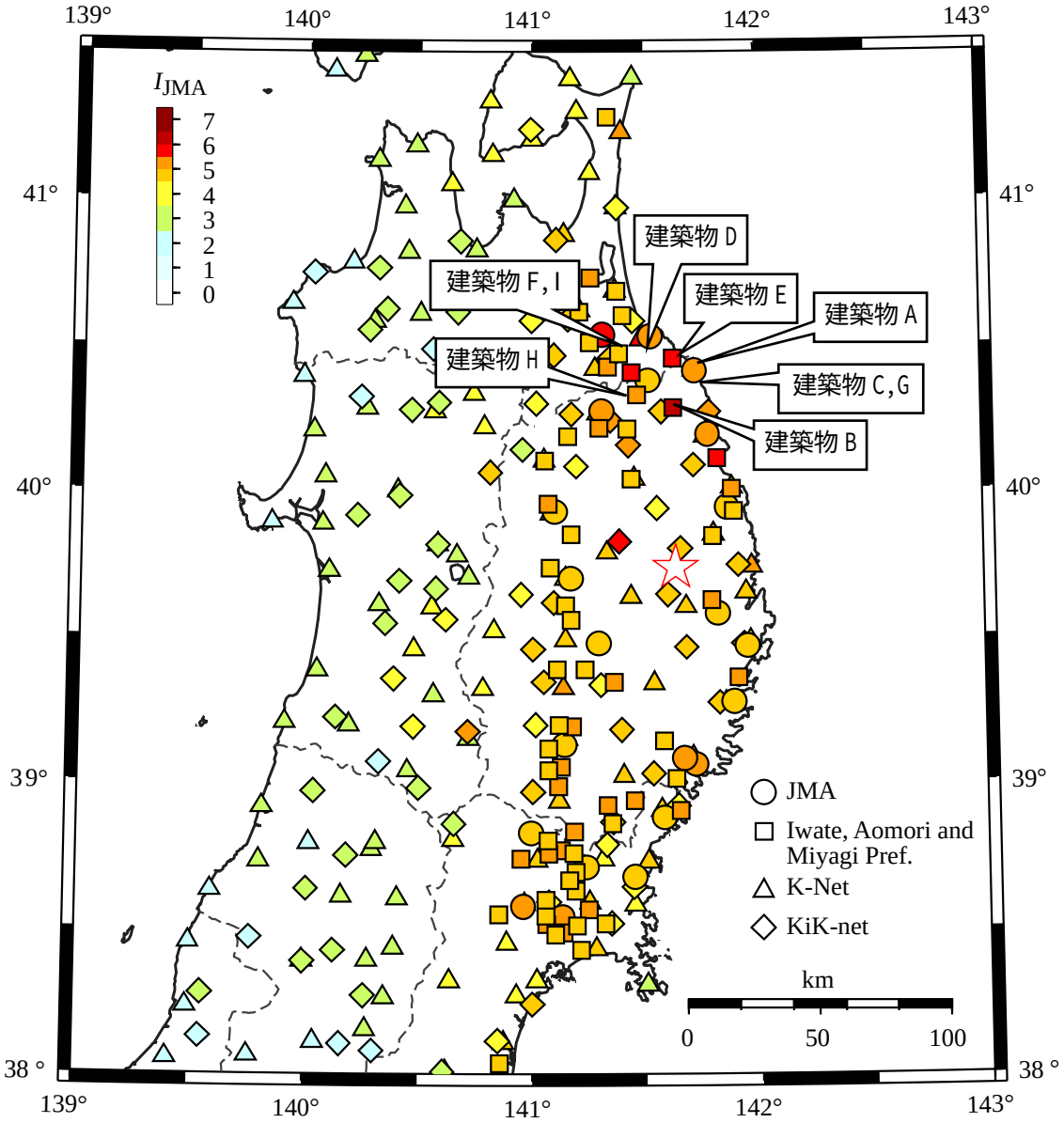


図-4.1　調査対象建物の位置（図の凡例等は図-3.2 の通り）

4.2 被害調査結果

本章で用いる建築物の名称は、A建築物～I建築物として記号化しているが、この記号は本章内で独立して定め用いている。

4.2.1 運動施設

(1) A建築物

・昭和52年竣工の学校柔剣道場。S造で山形屋根。内部は実測で張間は13.1m、桁行きは23.6m。窓は各面の上部に設けられており、ガラスは線入りガラス（実測で厚さ6.7m）である。

・引き違い窓2箇所のガラスが破損していた（図-4.3）。地震時には窓は施錠されていたとのこと。現地調査時には破損したガラスは取り外されており、開口はブルーシートで覆われていた。

・建物外部に設置されているブレースは手で動かすとよく振動する程度に緩い状態であった。当該ブレース上部で軒天井が部分的に破損していた（図-4.4）。

図-4.2 A建築物外観（赤楕円箇所が損傷箇所）

図-4.3 破損した窓ガラス（学校提供）

図-4.4 破損した軒天井

図-4.5 A建築物内観（パノラマ合成）

(2) B建築物

・竣工年不詳の学校体育館。学校保存の設計図書によると、学校校舎は数年度に分けて建設されている。現地で確認できた昭和56、57年度に整備された建物の設計図書に体育館は昭和58年の工事と記載されていた。

・体育館は傾斜地に建っている。体育館の規模は内法の実測で28.8m×39.2m、天井高さは最も高い所で11.3m。舞台はアリーナ北西側にある。

・構造はS造。ギャラリーレベルのX型ブレース（L-90x90x10単材,ガセットプレート厚さ9mm、仰角43°、スパン5.6～5.8m）6対はすべて下側で座屈していた。アリーナレベルのX型ブレースは屋外に設けられており、一部に座屈が見られた（図-4.9）。確認した範囲ではブレース接合部やガセットプレートの破断・損傷等は見られなかった。

・桁行構面のアルミサッシによる開口は3段構成で、下の1段は引き違い窓、上の2段分ははめこ

ろし窓である（最上段の最も舞台寄りは引き違い窓）。現地調査時には、南西側のサッシ障子の 4 枚が脱落して 3 枚が脱落しかけており、窓ガラスが南西側、北東側合わせて 9 枚破損していた（図-4.10）。

・舞台裏の外壁でセメント系の外装材が破損・脱落していた（図-4.11）。外装材の下地材は縦方向のチャンネルで支点間距離は長く、外装材をとめつける釘は下地材に残っていた（図-4.12）。

図-4.6 B建築物外観（東側より）

図-4.7 B建築物外観（北東側）

図-4.8 B建築物内観（パノラマ合成）

図-4.9 ブレースの座屈とガラスの破損

図-4.10 ガラスの破損、障子の脱落（南西側）

図-4.11 妻面（舞台裏）の外装材の損傷

図-4.12 外装材損傷箇所

(3)　C建築物

・昭和 48 年竣工の公共体育館。RC 造、ただし屋根は S 造ラチス。屋根形状は HP シェル。
・アリーナ部分は南北 39.7m×東西 27.6m、床面からアリーナ中央（HP の頂点）の梁下端までの高さは 15.5m。
・舞台がアリーナ東側にある。南、西、北の 3 方向の妻面は開口部である。
・北側妻面はほぼ全面が鋼製サッシによる開口であり、開口は幅 26m、高さは最も高い箇所で 8m 弱ある（図-4.15）。計 6 段のサッシは下側から、一段目と二段目は片開き窓、三段目ははめころし窓、四段目はウィンドウオペレーターで操作する突き出し窓（図-4.21）、五段目の真ん中は四段目と同様の突き出しで両側ははめころし窓、六段目ははめころし窓となっている。ガラスは鋼製サッシに硬化性パテでとめつけたものである。
・西側妻面は、サッシの最も高い箇所が約 5m であること、水平方向の真ん中に壁が入っていること以外は、北側の開口と似たような構成である。
・南側妻面は、構造体の RC 造柱に鋼材で接続された外壁とアルミサッシ窓で構成されており、窓ガラスは強化ガラスであった（図-4.16）。
・S 造の屋根の部材や北面の鋼製サッシは錆がかなり目立っている。
・北面妻面の突き出し窓のガラスが 9 枚割れ、最下段の東端のガラス 1 枚にひびが入っていた（図-4.20）。突き出し窓は地震時に開いたとのことである。西側妻面では、片開き窓のガラスが 1 枚割れ、はめころし窓のガラス 1 枚にひびが入っていた。南側妻面のガラスには被害は見られない（図-4.16）。
・屋根の支承のコンクリートが損傷しており、破片がアリーナ床面まで落下して床に傷痕が残っていた（図-4.17～19）。

図-4.13 C建築物外観（北西より）

図-4.14 C建築物内観（左側が北側妻面）

図-4.15 北側妻面

図-4.16 南側妻面

図-4.17 屋根支承部の損傷

図-4.18 屋根支承部の損傷

図-4.19 支承部コンクリート破片落下による床の傷痕

図-4.20 北側妻面の窓ガラスの損傷

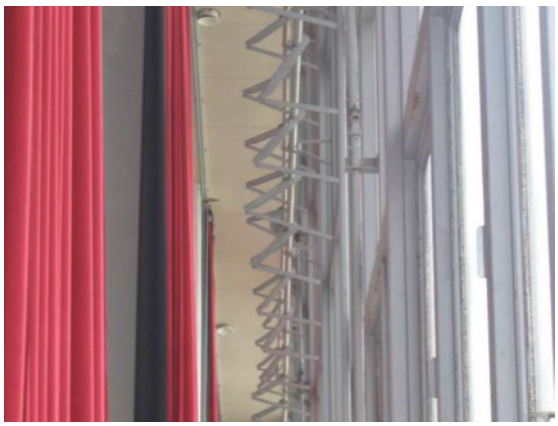


図-4.21 北側妻面のサッシ面を横側から通して見る

図-4.22 南側妻面のサッシ面を横側から通して見る

(4) D建築物

・1987 年竣工の公共体育館。下部構造は鉄骨鉄筋コンクリート造、屋根構造は形鋼による立体トラス。

・天井ははめ込み式の天井。メッシュと天井吸音板がはめ込まれている。

・天井吸音板が 2 枚脱落し、ずれているものが多数みられた。メッシュの脱落も数ヶ所見られた。柱付近でメッシュなどの天井材の変形が見られた。

・はめころし窓のガラス（4.8㎜ フロート板ガラス）が 1 枚破損（図-4.24)、非常口の網入りガラスが 1 枚破損（図-4.25)、屋内の防煙垂れ壁の線入りガラスが 1 枚破損していた。

・1994 年三陸はるか沖地震で、正面入り口上部のタイルの脱落、体育館天井板の全面的な脱落などの被害を受けている。

図-4.23 D建築物外観（右側に入口）

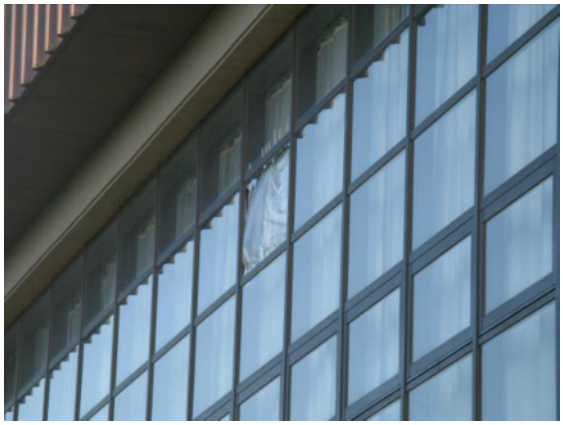


図-4.24 ガラスの破損

図-4.25 非常口の網入りガラスの破損

4.2.2 運動施設以外の公的施設

(1) E建築物

・昭和 53 年竣工の栽培漁業施設。建物内では海水によりアワビの飼育を行っている。

・建物は RC 造平屋で山形形状の屋根は S 造。規模は張間方向 29m×桁行方向 63.5m。桁行方向中央に 2 列の鉄骨柱がある(鉄骨柱が基礎まで通っており、足下の箇所は無筋コンクリートとのこと)。S 造屋根はスパン両端において RC 柱からの突出部に載せ掛け、ボルトにて固定している状態であり（図-4.29)、ピン支持に近い状態と考えられる。屋根面のブレースは桁行き方向の端部と中央部を除いて省略されている部分が多い。

・アワビの飼育に陽光が必要であり、屋根葺き材の大半を波板状の網入りガラス（厚さ約 6㎜、1 枚の大きさ約 0.9m×2.1m）にしている。

・10 年ほど前に建物の改修を行ったとのこと。
・屋根葺き材のガラス全510枚の内、地震後に121枚に何らかの損傷が見られたとのこと(図-4.28)。ガラス内の網の錆にともなう微細なひびが以前から確認されていたものもあるとのこと。ガラスの脱落があったものは 20 枚程度。
・屋根面ブレースには特段の損傷等は見られない。S 造部材の腐食が見られるが、構造耐力には影響しないと思われる。
・三陸はるか沖地震の際にも同様の被害が出たとのことであるが、今回の被害の方が大きいとのこと。被害のあった箇所のみの交換となるとその周辺部との取り合いが問題となるため、既存のものと同じようにガラスでやり直すとのこと。

図-4.26 E建築物外観

図-4.27 E建築物内観

図-4.28 破損したガラス

図-4.29 屋根大梁端部（突出部の鋼板は改修時のもの）

(2) F建築物
・1975 年竣工の公会堂。SRC 造。ただし屋根は S 造。公民館と一体的な建物になっている。ホールを様々な使い方に対応させられるよう、舞台のプロセニアムブリッジ、客席の天井に相当する箇所がともに可動になっている。
・舞台上部のプロセニアムブリッジと音響反射板は必要に応じて配置するようになっている。
・プロセニアムブリッジは、鋼製の立体的な骨組に、建築用鋼製下地材と天井板などで仕上げたもので、スピーカーが 2 基組み込まれている。骨組み上部の計 12 個の滑車を介してワイヤで吊られており、舞台奥では舞台開口部の上部にとばされている RC 造の構造体に設置された 4 本のガイドレールにガイドを介して取り付けられている。下面は曲面をなしており、幅は 22.1m 程度である。プロセニアムブリッジ下面の高さで舞台面から 7～9m の範囲で高さ方向に可動である。現地調査時に小屋裏で目測した所、最も高い位置から 1m 程度下がっており、骨組み上部の滑車から屋根へ

の吊り位置まで 8m 程度あった。

・脱落した部材の観察・実測等によると、プロセニアムブリッジの仕上げの構成は次の通り。鋼製の立体的な骨組みに、吊りボルトを溶接してハンガを取付ける（舞台奥端部ではこれらの箇所に鋼材が用いられている）。曲面の下り方向の下地となるように野縁受けをハンガに取り付け（鋼材に取り付ける箇所は溶接）、ダブルクリップでダブル野縁を野縁受けに取付ける。厚さ 6.5mm の下地板を頭径 7mm のねじで野縁に止め、更に幅 10cm 厚さ 8mm の板材をステープルを用いて止めている。ダブル野縁は 30cm 間隔、野縁受けは 120cm 間隔であり、ねじ止めは、下地板の継ぎ目は 1 箇所につき 2 列、そうでない部分は 1 列である。仕上材の外周部には鋼製の見切り材がまわっている。

・音響反射板は上下以外に舞台袖方向にも移動できるとのこと。小屋裏から詳細の構成を確認できなかった。

・客席上部の天井に相当するものは、一部分が舞台寄りの支点を中心に回転できるようになっている。通常は最も上でとめて天井としており、最も下に下げると 2 階席を隠すこともできる。

・屋根を支える S 造の梁は客席方向に向かって緩やかに下り、上に凸の曲線状であった。

図-4.30 F 建築物外観

図-4.31 F 建築物ホール内観（パノラマ合成）

・今回の地震による被害は、プロセニアムブリッジの仕上材の脱落、客席上部の仕上材の一部破損、客席上部のスプリンクラー配管の破損及びそれに伴う建物内の水損、エントランスホール防煙垂れ壁の部分的な作動などがあった。

・プロセニアムブリッジの仕上材が舞台奥側で連続して脱落しており（図-4.33、42）、右側で特に大きく脱落していた（図-4.32、38）。

・クリップが多数落下しており、下地板にねじが頭抜けした跡が多く見られた。

・プロセニアムブリッジの舞台奥側の見切り材が部分的に脱落していた（重さは 10kg 程度）。

・客席上部のスプリンクラーの配管が切れて水が漏れ、警備員等が地震発生後 10 分程度でバルブを閉めて水を止めたとのこと。下方の客席が水で濡れただけでなく、水は舞台奈落の底まで達しているとのこと。このため、水損に伴う二次災害を避けるために、音響反射板も含めて地震後に動作確認をしていない設備が多くあるとのこと。

・1994 年北海道東方沖地震（1994 年 10 月 4 日）で舞台に向かって左側のプロセニアムブリッジで仕上げが少し落ち、1994 年三陸はるか沖地震（1994 年 12 月 28 日）で客席上部の天井が部分的に損傷したとのこと。

図-4.32 客席から舞台方向を見る

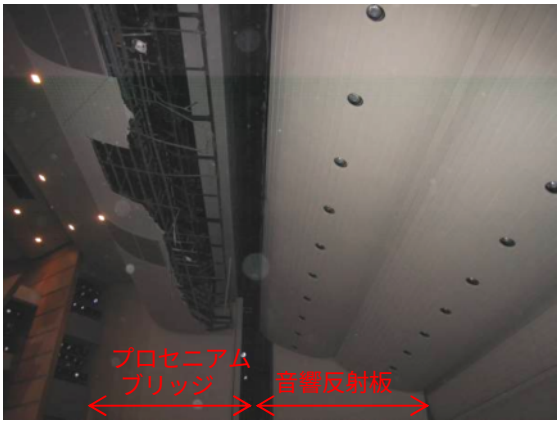


図-4.33 舞台上部

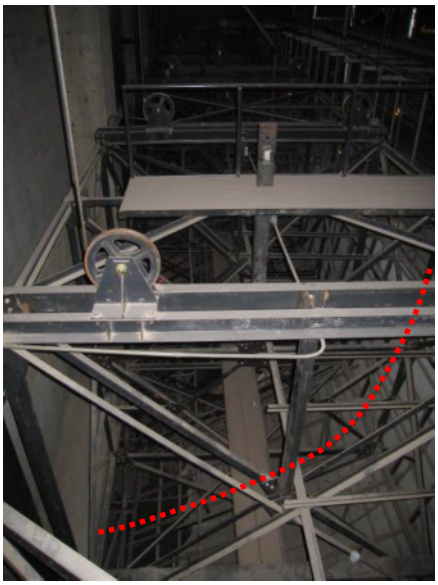


図-4.34 プロセニアムブリッジ上部（赤点線が断面形状）

図-4.35 同上部の吊り状況

図-4.36 同骨組みとガイドレール取り合い

図-4.37 同上部の屋根面

図-4.38 同部の舞台右側の損傷箇所

図-4.39 同部の舞台左側の損傷箇所

図-4.40 上部から曲面状仕上げ部分を見下げ

図-4.41 上部から曲面状仕上げ部分を見下げ

図-4.42 一体で脱落した天井板とダブル野縁

図-4.43 脱落した天井板とダブル野縁

図-4.44 脱落した天井板

図-4.45 脱落したダブル野縁

(3) Ｇ建築物

・Ｃ建築物の北側にある町役場庁舎。エントランス吹き抜け上部で、渡り廊下の網入りガラスにひびが入り、壁との取り合いで天井が部分的に破損していた。建物内部の吹き抜けの上はガラス屋根になっており、ガラス屋根の支承部の RC 躯体が破損していた。

図-4.46 Ｇ建築物外観

4.2.3 その他

(1) Ｈ建築物

・竣工年不詳の自動車販売店。S 造平屋建。

・道路側の開口はガラススクリーン構法によるものである。道路側の 6 枚のガラスの内、道路側から見て右から 3 枚と左から 1 枚が破損・脱落していた（図-4.48）。ガラスの破片を計測した所、ガラスの厚さは 9.7㎜ であった。

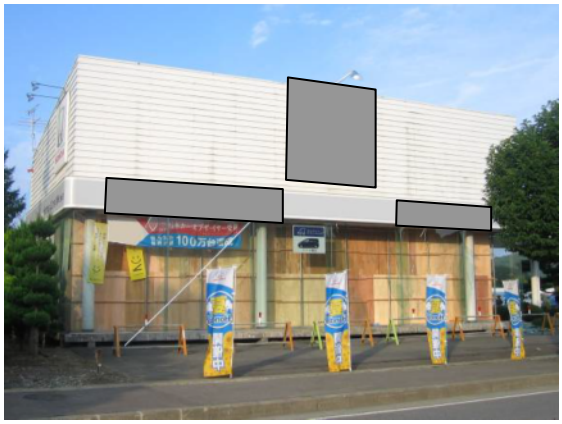


図-4.47 Ｈ建築物外観

図-4.48 被害のあったガラス箇所

(2) Ｉ建築物

・Ｆ建築物近くの建材ショールーム。2、3 階のガラスブロックが脱落したとのことであり、現地調査時にはブルーシートが掛けられていた（図-4.49）。脱落した箇所のガラスブロックは平面形状で半円状に設置されていた。同じ建物の反対側で平面形状で 4 分の 1 円状に設置されていたガラスブロックには被害は確認されなかった（図-4.50）。

図-4.49 ガラスブロックが脱落した箇所

図-4.50 脱落箇所と逆側の面

(3) K-NET 観測点

・K-NET 八戸。Ｆ建築物のすぐ裏手にあった。

図-4.51 K-NET 八戸（右側がＦ建築物）

・K-NET 種市はＣ建築物から北に 100m ほど行った病院の敷地内に設置されていた。観測点の向こう側はすぐ海岸線となっている。

図-4.52 K-NET 種市

4.3 まとめ

岩手県沿岸北部を震源とする地震による非構造部材の被害調査を、被害報告のあった建物を中心に行った。建物の構造体の被害報告がほとんどない中、非構造部材について、各種ガラス部位、内装仕上材、外装仕上材などの被害を確認した。

今回の地震では、これまでの地震被害と同様の被害を生じるものや、同じ建物の中でも、位置、形態、構工法の違いなどにより、同じ種類の非構造部材で被害程度に違いが生じているものも見られた。非構造部材の耐震対策を検討するにあたっては、非構造部材自体の耐震性を充分検討するとともに、建物内での非構造部材の設置状況やそれに伴う地震時の挙動を考慮することも重要である。

謝辞

今回の地震被害調査に際しては、復旧で忙しい中、それぞれの建物の被害調査について関係各位にご対応を頂きました。ここに記すとともに謝意を表します。

参考文献

・1994 年三陸はるか沖地震災害調査報告，日本建築学会，1996 年 10 月

５．免震建築物

5.1 はじめに

平成20年６月14日の岩手・宮城内陸地震に引き続き、７月24日に発生した岩手県沿岸北部の地震被害を受けた地域の免震建築物についても、本震発生直後より情報を収集[5.1)]し、現地調査を行った。

5.2 調査行程

図-5.2.1に調査建築物位置を示す。建築物の名称をH建築物～K建築物として記号化しているが、この記号は本章内で独立して定め、用いているものである。北側の２棟（J、K）が青森県内に、南側の２棟（H、Ｉ）は岩手県内に存している。また、岩手・宮城内陸地震の調査を行った１棟（C）についても調査を行ったことから、あわせて図に記入した。これらの調査は、表-5.2.1の調査行程に示すとおり１回で実施した。

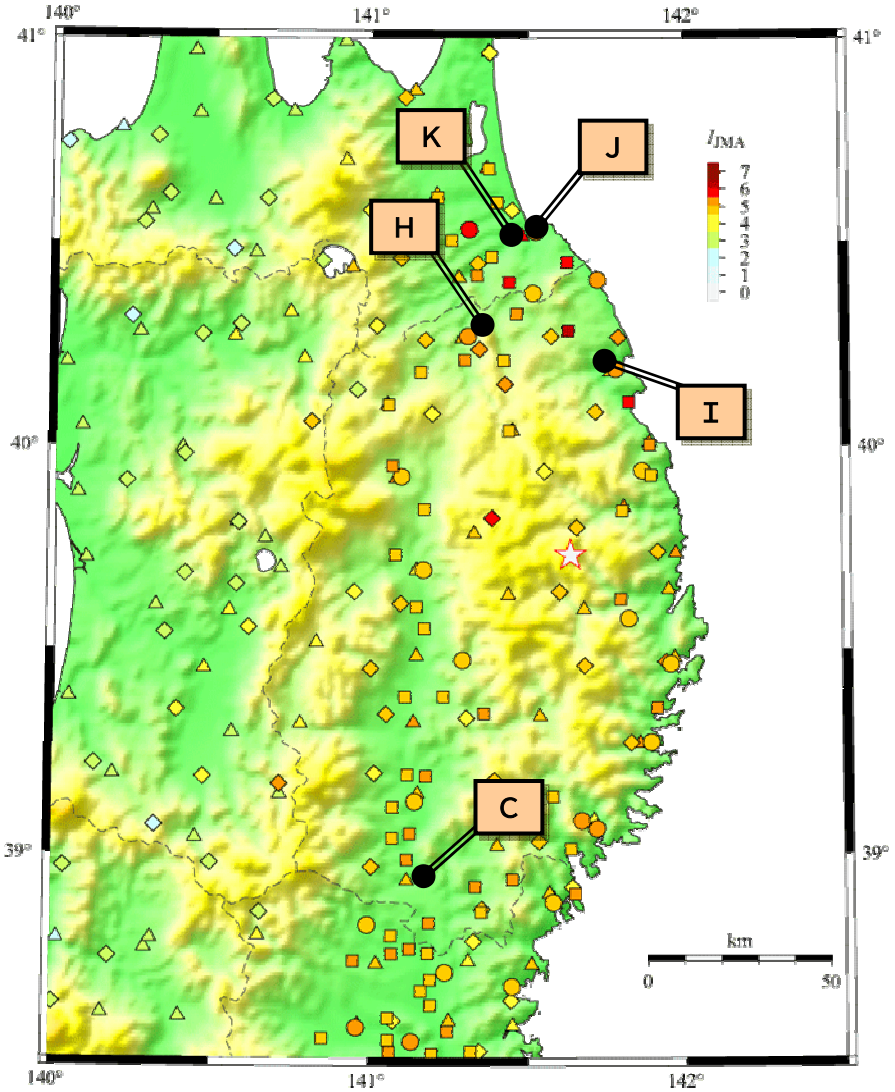


図-5.2.1　免震建築物位置（記号は表-5.2.1に対応）

表-5.2.1　調査行程及び免震建築物概要

	記号	建物用途	上部構造形式と階数	最寄りの 気象庁震度
一次調査 7/31～8/1	H建築物	病院	ＣＦＴ造４Ｆ＋Ｂ１Ｆ	５強
	Ｉ建築物	集合住宅	ＲＣ造８Ｆ	５強
	Ｊ建築物	事務所	ＳＲＣ造10Ｆ＋Ｂ１Ｆ	６弱
	K建築物	病院	ＲＣ造７Ｆ＋Ｂ１Ｆ	６弱
	Ｃ建築物	病院	Ｉ棟:Ｓ造５Ｆ＋ＳＲＣ造Ｂ１Ｆ N棟：ＲＣ造３Ｆ＋Ｂ１Ｆ	５弱

5.3 調査体制

調査は次の体制で実施した。

飯場　正紀　独立行政法人建築研究所　構造研究グループ長

小豆畑達哉　国土交通省国土技術政策総合研究所　構造基準研究室長

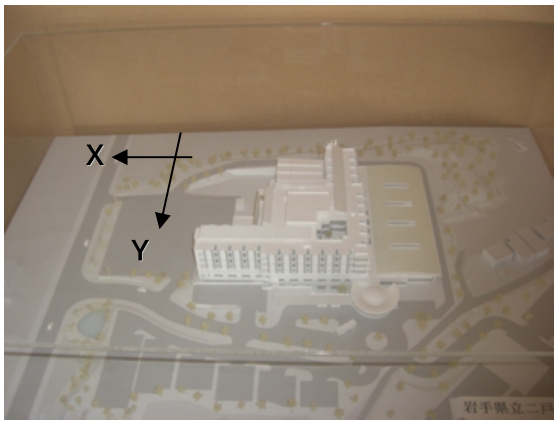
井上　波彦　国土交通省国土技術政策総合研究所　基準認証システム研究室　主任研究官

5.4 被害調査結果

5.4.1　Ｈ建築物

(1) 建築物概要

Ｈ建築物は、岩手県二戸市において、平成16年に建設されたＣＦＴ造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造）４階＋地下１階の免震建築物（病院）である（図-5.4.1)。図面によればＧＬ－８ｍ～10m程度を支持層とする直接基礎が採用されている。



(a) 建築物外観

(b) 免震であることの表示（最大変形量55㎝）

図-5.4.1　Ｈ建築物（ＣＦＴ造４階建て）

建築物の平面形状は、おおよそＸ方向80m×Ｙ方向80mの矩形の一部から25m程度の張り出し部分を設けたような形状をしており、次に示す免震装置が設置されている。

- ○　積層ゴム支承材…109基（φ700×75、φ800×32、φ900×２）
- ○　鉛ダンパー…22基（Ｘ方向×９、Ｙ方向×13）
- ○　ループ型ダンパー…10台（φ90）
- ○　Ｕ字型ダンパー…６基

本建築物においては、さらに建築物の中央付近の３箇所（基礎底盤、免震層直上及び屋上階）で地震観測が行われており（図-5.4.2)、本震を含めて観測記録が得られている。観測記録に関しては、デジタルデータを入手し、解析を実施した。詳細は5.5節を参照されたい。

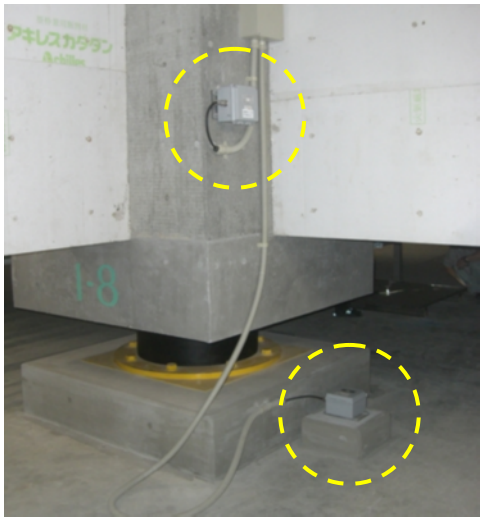


図-5.4.2　免震層内の強震計設置状況

(2) 被害等の状況

建設地周辺の本震による震度は５強とされている。ただし、基礎底盤上での観測記録を用いて計算した計測震度は3.9であり、敷地周辺での震度は公表値よりやや小さかったと考えられる。

職員へのヒアリングを行い、次のような証言が得られた。

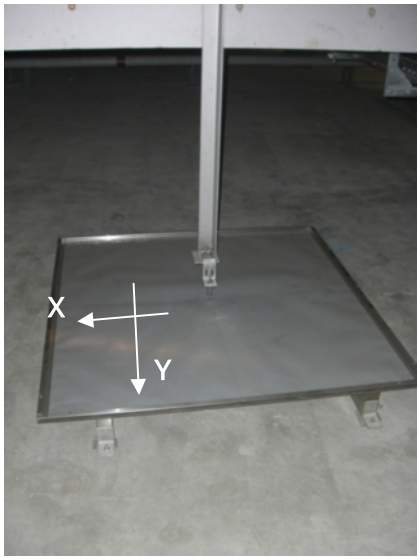
a)　本震時、入院患者220名に加えて、当直の医師５名程度及び各階にスタッフ３名以上、その他ガードマン等もいた。

b)　今回の地震による被害等は特に報告されていない。2008年岩手・宮城内陸地震も経験したことになるが、その際は地震そのものに気づかなかった。

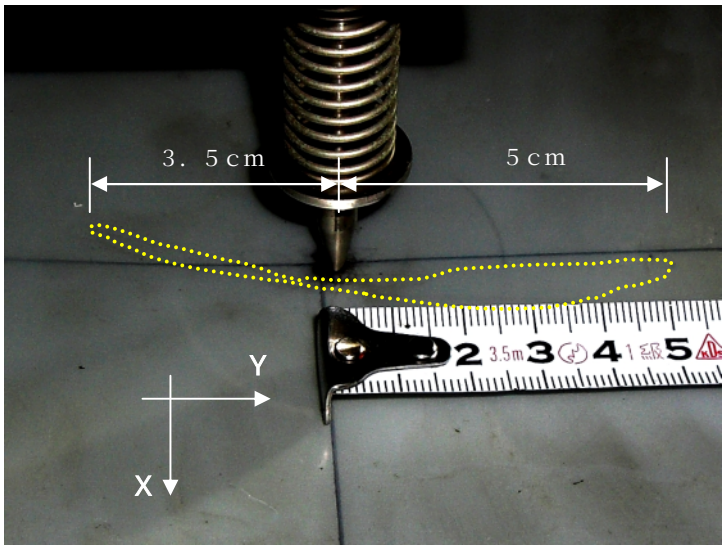
c)　免震挙動について、（今回の地震に限らず）あとからゆっくり揺れる印象がある。

免震層の目視調査により、加速度計の付近に設置されていたけがき変位計において、ほぼＹ軸に沿って北北東方向に＋5.0cm、－3.5cm程度のすべり軌跡が見られた（図-5.4.3）。その他、Ｆ建築物（第Ⅰ編5.4.6項参照）と同様に、変形方向の鉛ダンパー屈曲部の表面に軽微な変状がみられた（図-5.4.4、図-5.4.5）。

建物周辺のエキスパンションの手すり部分において、Ｙ方向にスライドすべき金具の基部に３cm程度のゆがみと汚れ跡の露出が見られた（図-5.4.6）。何らかの原因で金具部分がうまく挙動しなかったものと考えられる。



(a) 変位計設置状況



(b) けがき変位跡（点線）

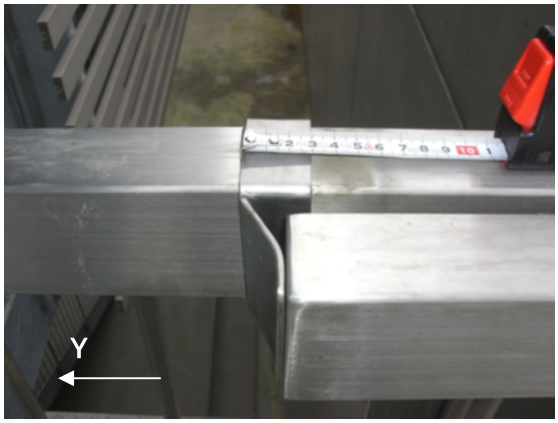
図-5.4.3　けがき変位計

(a) 外観　　(b) 表面の変状

図-5.4.4　Y方向鉛ダンパー

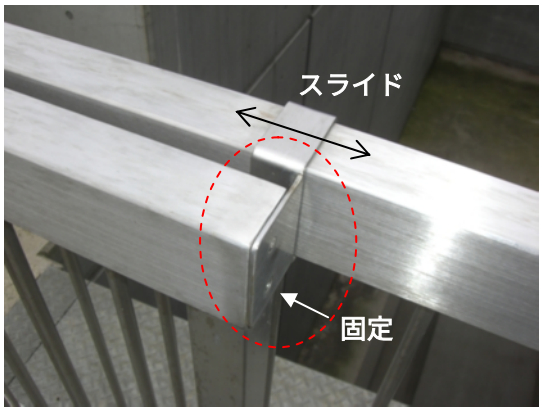
(a) 外観　　(b) 表面の変状

図-5.4.5　X方向鉛ダンパー



(a) 正側残留変位（約２cm）

(b) 負側残留変位（約2.5cm）



(c) スライド金具（正常な状態）

図-5.4.6　エキスパンション部スライド金具（Y方向）における変状

5.4.2　Ⅰ建築物

(1) 建築物概要

Ⅰ建築物は、岩手県久慈市において、平成11年に建設された鉄筋コンクリート造８階建ての免震建築物（共同住宅）である（図-5.4.7)。くい基礎が採用されており、ＧＬ－25.3mを支持層とするＳＣ杭で支持されているが、地盤が軟弱であることから、さらに敷地外周をソイルセメントコラム（改良長ＧＬ－３m～11m）で囲むように地盤改良を行っている。

(a) 建築物外観

(b) 免震であることの表示（最大変形量50㎝）

図-5.4.7　Ⅰ建築物（ＲＣ造８階建て）

建築物の平面形状はおおよそ南北15m×東西14mの矩形であり、以下の免震装置が設置されている。

- ○　積層ゴム支承材…６基（φ800）
- ○　鋼棒ダンパー…４基（φ90）
- ○　鉛ダンパー…６基（東西方向×２、南北方向×４）

(2) 被害等の状況

建設地周辺の本震による震度は５強とされている。

建物管理者へのヒアリングを行い、次のような証言が得られた。

a)　建築物内部には強震計が設置されており地震観測が行われていた（図-5.4.8）が、記憶容量の問題で本震時には正常動作せず、デジタルデータは取得できなかった。

b)　免震効果を把握するために、居住者を対象として、独自にアンケート調査を実施する予定である。

目視調査の結果、免震層の中央部及び外縁部の２箇所に設置されたけがき変位計において、いずれも東向きに20㎝、西向きに10㎝程度の変位が記録されていた（図-5.4.9)。その他、鋼材ダンパーの取り付けボルト部の塗料のはがれ及びボルトの緩み（マーキングのずれ)、可撓ゴム配管の移動跡が見られた（図-5.4.10)。

なお、図-5.4.11に示すとおり、敷地周辺を含め、付近の建築物等には被害は見られなかった。

(a) 収録装置（Akashi製SMAC-MDU）

(b) 地震計設置状況（免震層内）

図-5.4.8　地震観測状況

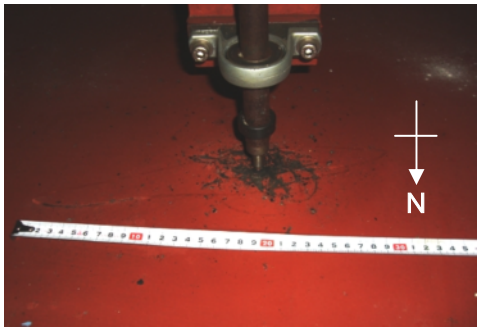
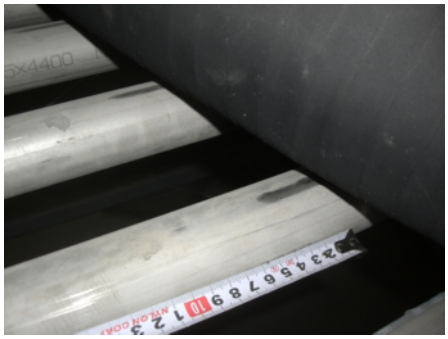


図-5.4.9　けがき変位計測状況

(a) 鋼材ダンパー取り付けボルト部



(b) 可撓ゴム配管部の移動跡

図-5.4.10　免震層内の変状

図-5.4.11　周辺の状況（被害なし）

5.4.3　Ｊ建築物

(1) 建築物概要

Ｊ建築物は、青森県八戸市において、平成10年に建設された鉄骨鉄筋コンクリート造10階建て＋地下１階の免震建築物（事務所）である。

建築研究所による強震観測を行っており、本震を含めて観測記録が得られている。観測記録に関しては、デジタルデータを入手し、解析を実施した。詳細は5.5節を参照されたい。

(2) 被害等の状況

本震の震度は６弱とされた地域である。

免震層の目視調査では特に変状は見られなかった（図-5.4.12）。ただし、免震層の壁の周辺に資材のダンボールが積み上げられており（これ自体は望ましくないが）、調査時に約1.5㎝程度の隙間が生じていた（図-5.4.13）ことから、その程度の変形量が生じた可能性がある。

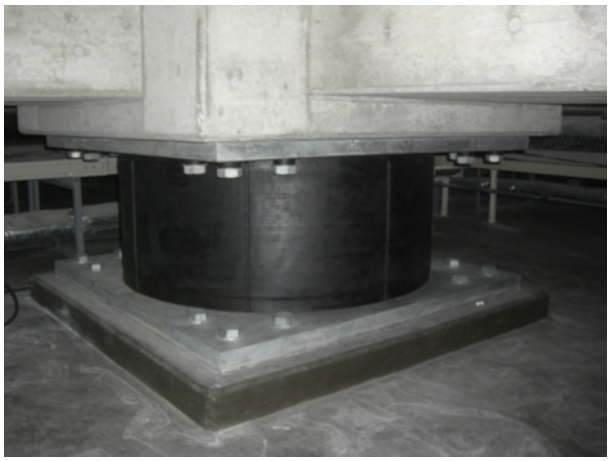


図-5.4.12　積層ゴム支承

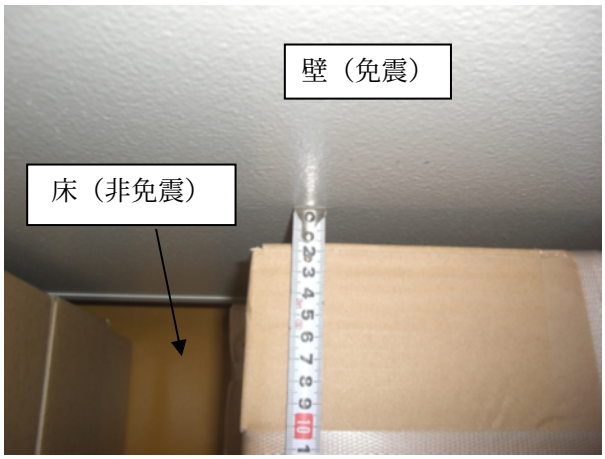


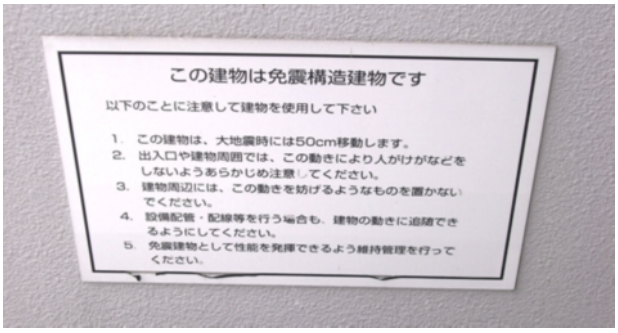
図-5.4.13　免震層の壁と資材との隙間

5.4.4　K建築物

(1) 建築物概要

K建築物は、青森県八戸市において、平成17年に竣工した鉄筋コンクリート造７階建て＋地下１階の免震建築物（病院）である（図-5.4.14)。馬渕川の100mほど南側に位置しており、ＧＬ－13m程度を支持層とする場所打ちコンクリート杭に、ＧＬ－２m～７m程度の地盤改良を併用する工法が採用されている。

(a) 建築物外観



(b) 免震であることの表示（最大変形量50㎝）

図-5.4.14　K建築物（ＲＣ７階＋地下１階）

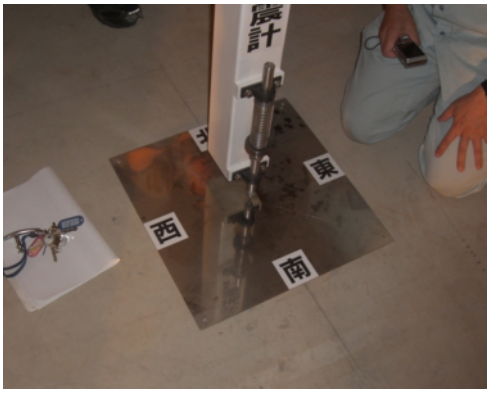
建築物の平面形状はおおよそ東西70m×南北80mの矩形のうち一つの角部を切り落としたようなやや複雑な形状であり、以下の免震装置が設置されている。

- ○　天然ゴム系積層ゴム支承材…47基（φ800）
- ○　鉛プラグ入り積層ゴム支承材…44基（φ800）
- ○　弾性すべり支承…36基

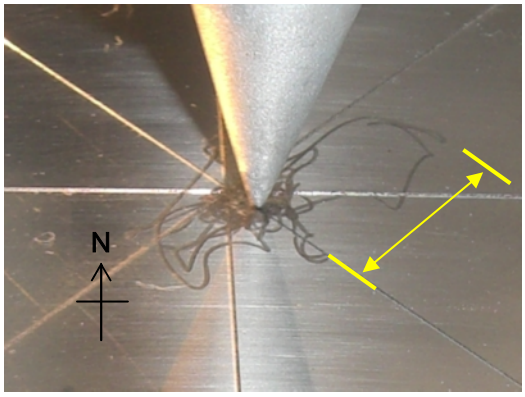
(2) 被害等の状況

建設地周辺の本震による震度は６弱とされている。

免震層の目視調査により、免震層に設置されたけがき変位計において、北東方向に最大２㎝程度の変形が記録されていた（図-5.4.15)。積層ゴムの残留変位等は見られなかった（図-5.4.16)。弾性すべり支承のゴムカバー上端の隙間周辺にほこりの除去されたような形跡があったが、本震時に生じたものか不明である（図-5.4.17)。その他、エキスパンション部を含め、建築物周囲に変状は見られなかった。



(a) 外観



(b) 変位オービット（北東方向、２㎝程度）

図-5.4.15　けがき変位計測状況

図-5.4.16　積層ゴム支承（ＲＢ／ＬＲＢの別は不明）

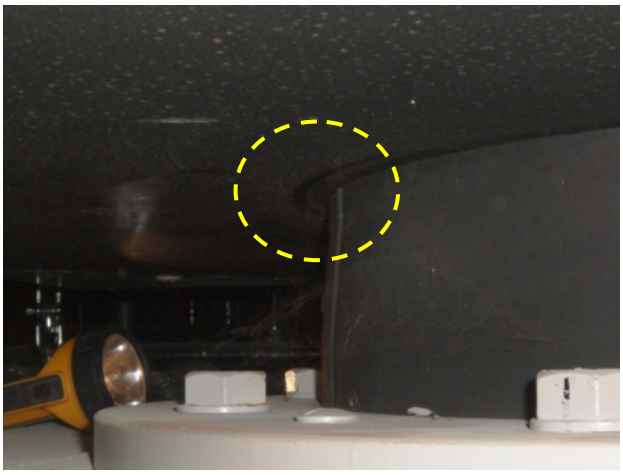


図-5.4.17　弾性すべり支承ゴムカバー周辺の変状

5.4.5　C建築物

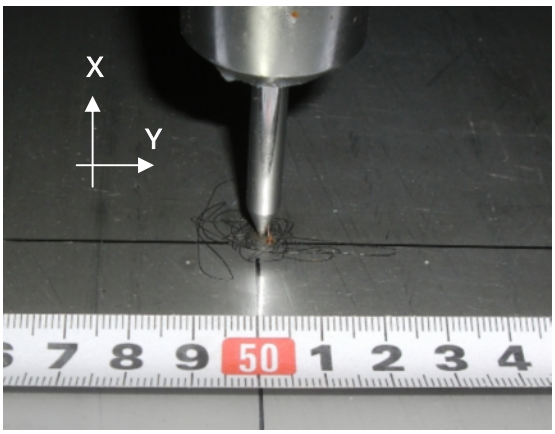
(1) 建築物概要

建築物概要については、第Ⅰ編5.4.3項を参照のこと。

(2) 被害等の状況

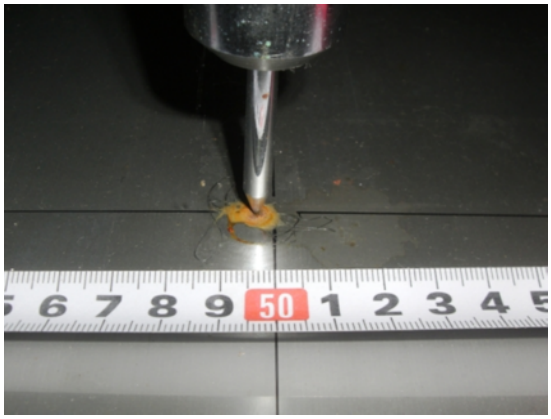
建設地周辺の本震による震度は５弱（一関市山目）とされている。

免震層の目視調査として、けがき変位計による軌跡を観察した。５箇所のいずれもほぼ「ト」形を示し、最大変位量は片側1.5cm～２cm程度であった（図-5.4.18)。その他の変状はみられなかった。

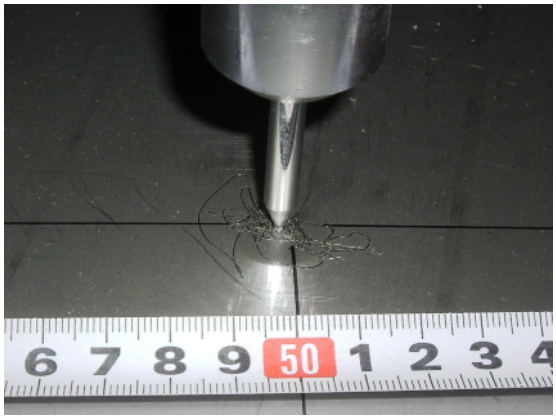


(a) けがき変位計⑤

(b) けがき変位計③



(c) けがき変位計②



(d) けがき変位計①

図-5.4.18　けがき変位計オービット（方向については第Ⅰ編と同じ）

5.5 観測地震記録に基づく免震建築物の振動特性等の調査

岩手県沿岸北部の地震の被災地においては、２棟の免震建築物（H建築物、Ｊ建築物）で地震観測が行われており、免震挙動が確認できた。本節では、これらについて、第Ｉ編の5.5節と同様に地震観測記録及び記録されたデジタルデータを用いて免震建築物の振動特性等に関する検討を実施したので、その結果を示す。

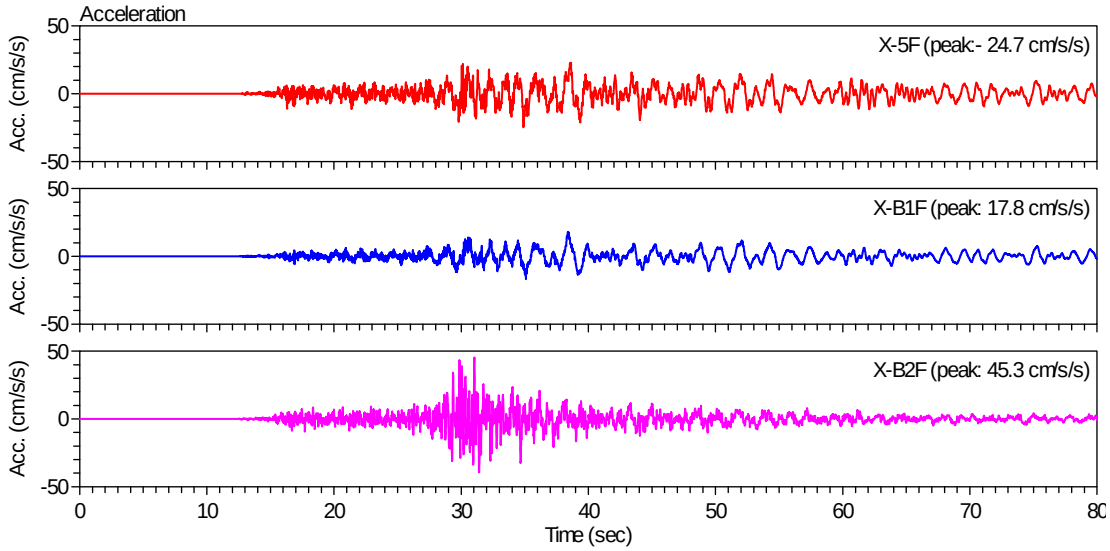
5.5.1　H建築物

H建築物では、基礎（免震層直下（地下２階と表示））及び地下部分（免震層直上（地下１階））及び屋上階（５階と表示）で地震観測が行われている。ここでは本震時の加速度記録から、地震動の特徴と免震建築物の挙動の概要を示す。水平方向に関する記号については、X、Y方向は、それぞれ北に対して124度、214度方向回転させた方向に対応する。Z方向は鉛直方向を意味する。

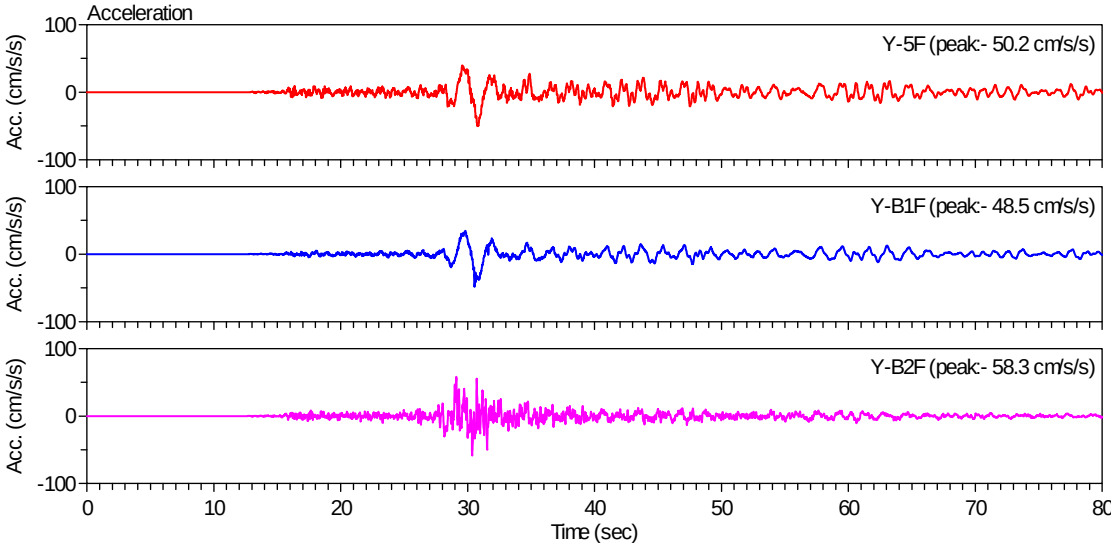
図-5.5.1(a)～(c)に、水平２方向（X，Y）と鉛直方向（Z）、それぞれの方向における地下２階、地下１階及び屋上階の加速度波形を並べた。これらの最大値について比較して表-5.5.1にまとめた。水平方向の地下１階の最大加速度は、地下２階のそれに比べて、X方向で約1/2.5、Y方向で約４／５に低減されている。一方で、鉛直動については、屋上階の最大加速度は、基礎のそれに比べて、３倍程度の増幅が見られる。

表-5.5.1　H建築物における本震時の観測記録の最大値

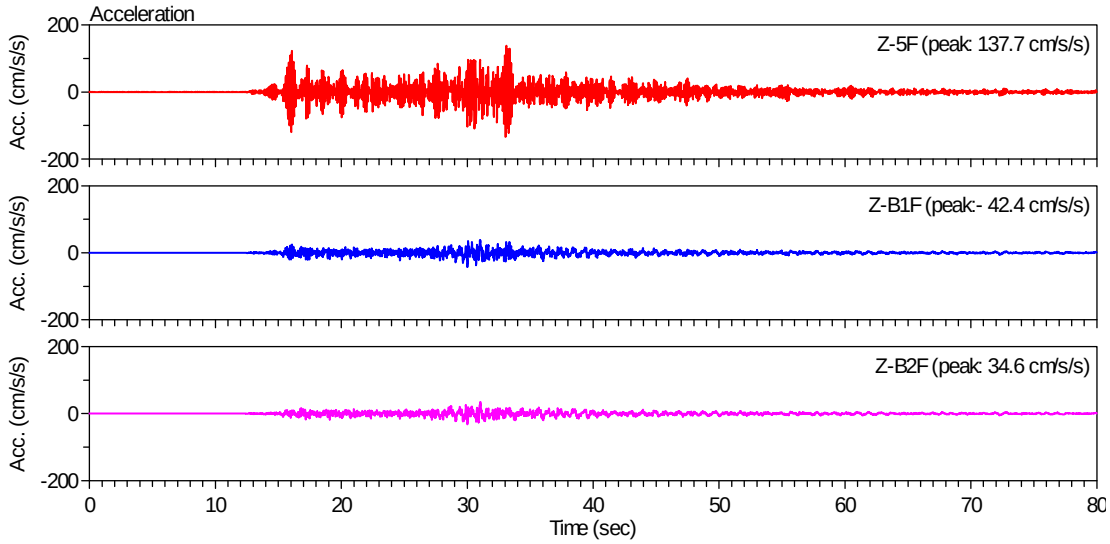
位置	X [gal]	Y [gal]	Z [gal]	計測震度
RF	24.69	50.17	137.68	4.2
B1	17.81	48.48	42.40	4.1
免震基礎	45.32	58.26	34.57	3.9



(a) X方向



(b) Y方向



(c) Z方向

図-5.5.1　加速度波形（H建築物）

図-5.5.2に、地下２階における擬似速度応答スペクトル（減衰定数５％）を示す。地下２階における水平方向の擬似速度応答スペクトルは、1.0～2.0秒にピークを示す特性を有し、Ｙ方向で大きい値を示す。鉛直方向の擬似速度応答スペクトルは、水平Ｘ方向のそれとよく似た形状を示す。

図-5.5.3に、地下２階に対する地下１階及び屋上階の加速度波形（水平方向）のフーリエスペクトル比を示す。地下２階に対する地下１階及び屋上階のフーリエスペクトル比における１次の卓越振動数は、0.5～0.8Hz（1.2～２秒）付近にあり、免震層を含めた建物の卓越振動数と考えることができる。

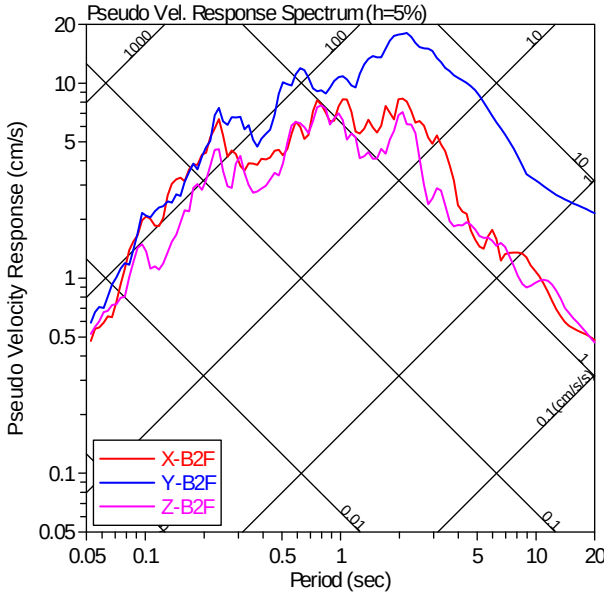
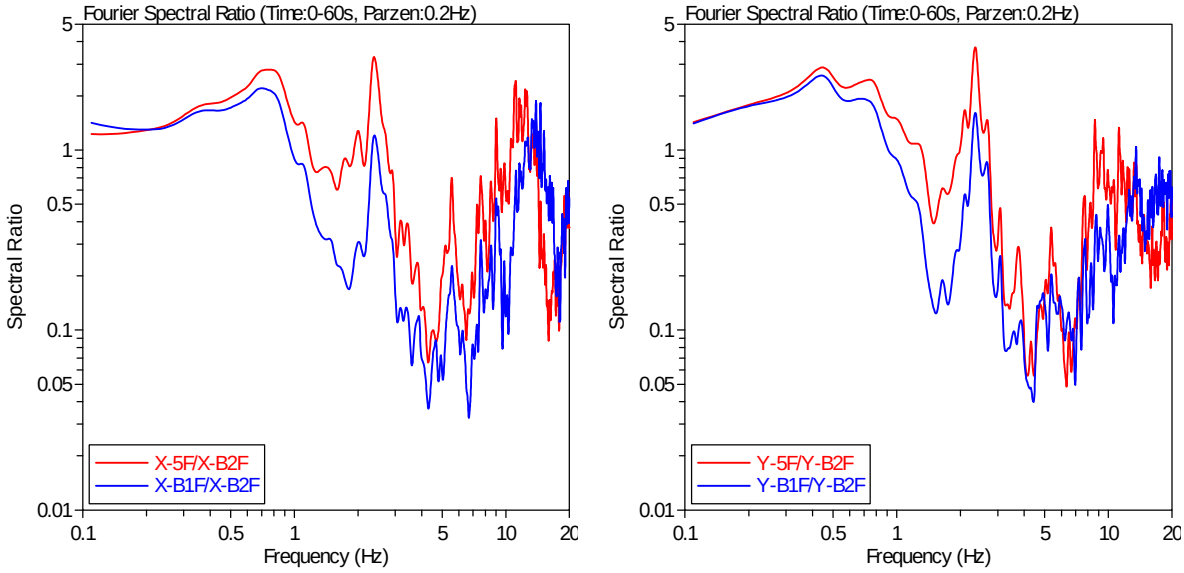


図-5.5.2　地下２階における擬似速度応答スペクトル（減衰定数５％）



(a)Ｘ方向　　(b)Ｙ方向

図-5.5.3　地下２階に対する地下１階及び屋上階のフーリエスペクトル比（水平方向）

図-5.5.4に、地下１階に対する屋上階の加速度波形のフーリエスペクトル比（水平方向）を示す。上部構造の卓越振動数は、Ｘ方向、Ｙ方向とも約２Hzである。

図-5.5.5に、地下２階に対する地下１階及び屋上階の加速度波形（鉛直方向）のフーリエスペクトル比を示す。鉛直方向における上部構造の卓越振動数は、8Hz付近にある。地下１階と屋上階の鉛直加速度は、同様な増幅特性を示す。

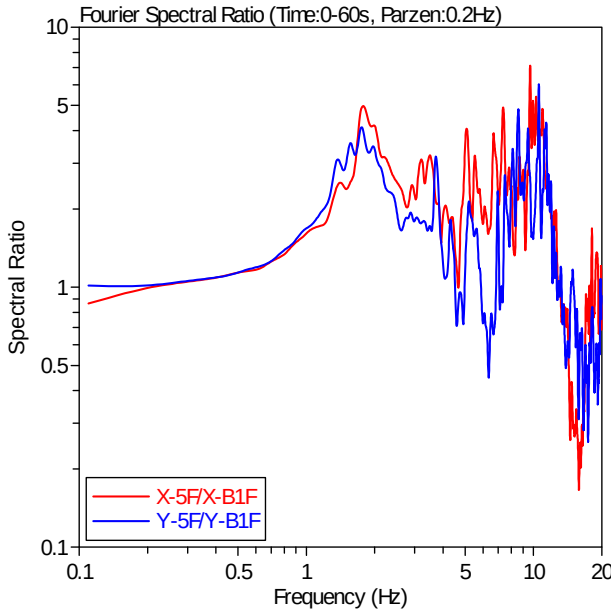


図-5.5.4　地下１階に対する屋上階のフーリエスペクトル比（水平方向）

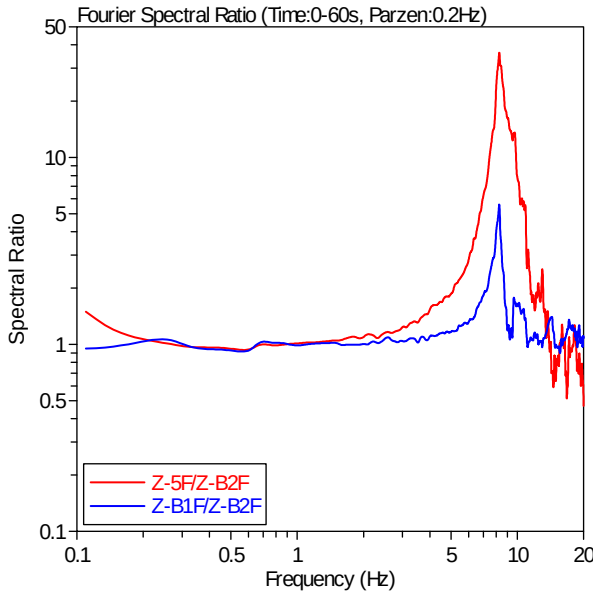
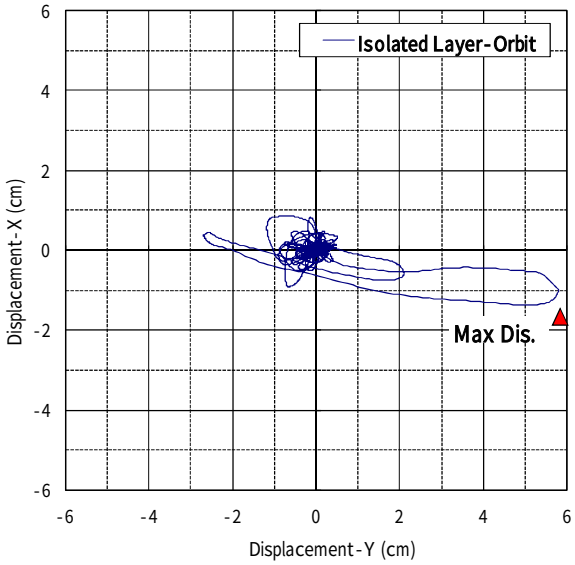
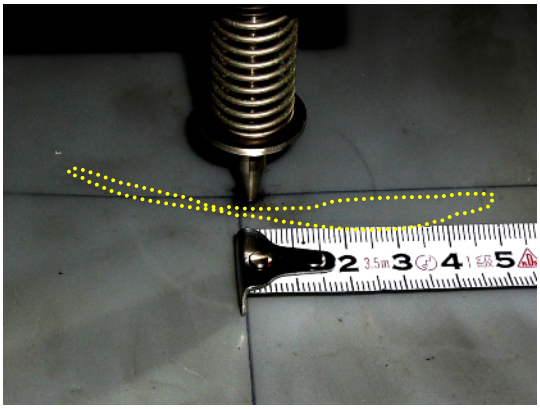


図-5.5.5　地下２階に対する地下１階及び屋上階のフーリエスペクトル比（鉛直方向）

図-5.5.6に、免震層の水平変位の軌跡を示す。免震層の変位は、地下１階（免震層の直上）と地下２階（免震層の直下）の加速度波形をそれぞれフーリエ変換するとともに0.1Hzのハイパスフィルター処理し、各振動数成分(f)ごとに$(2\pi f)^2$で除した後フーリエ逆変換することによって変位波形を計算した上で、その差として求めた。免震層の最大変位（図中「Max Dis.」で示した位置）は、原点より約5.87cmとなる。



(a) 解析値



(b) 実測値（画像不鮮明のため外形を補足的に示したもの）

図-5.5.6　免震層の水平変位の軌跡

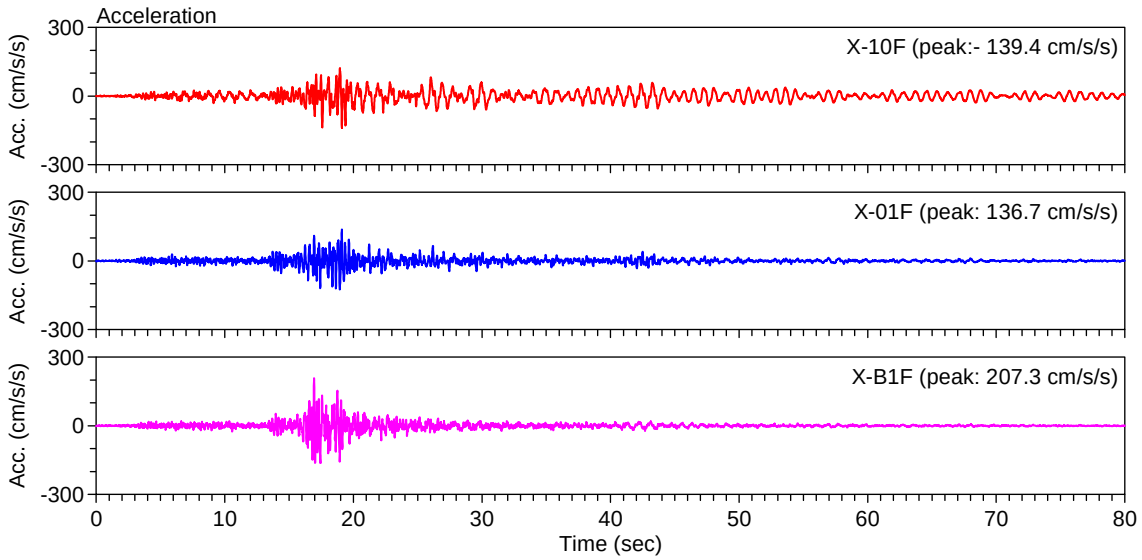
5.5.2　Ｊ建築物

Ｊ建築物では、地下１階（免震層直下）及び１階（免震層直上）及び最上階（10階と表示）で地震観測が行われている。ここでは本震時の加速度記録から、地震動の特徴と免震建築物の挙動の概要を示す。水平方向に関する記号については、Ｘ、Ｙ方向は、それぞれ北に対して164度、254度方向回転させた方向に対応する。Ｚ方向は鉛直方向を意味する。

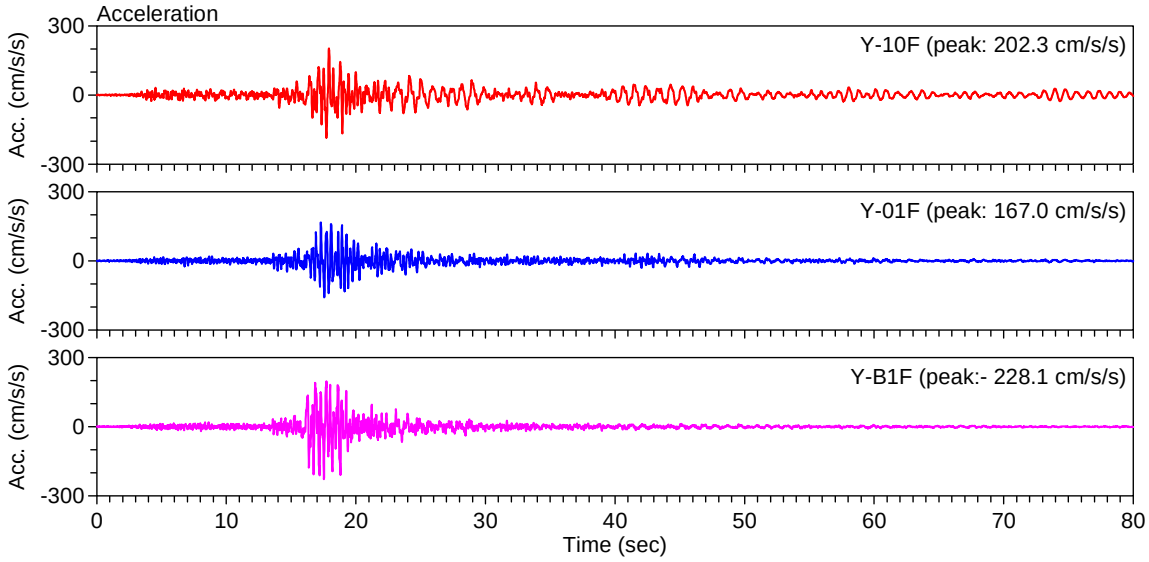
図-5.5.7(a)～(c)に、水平２方向（Ｘ，Ｙ）と鉛直方向（Ｚ）、それぞれの方向における地下１階、１階及び最上階の加速度波形を並べた。これらの最大値について比較して表-5.5.2にまとめた。水平方向の１階の最大加速度は、地下１階のそれに比べて、Ｘ方向で約0.6倍、Ｙ方向で約0.75倍に低減されている。一方で、鉛直動については、地下１階の最大加速度に比べて、１階で小さくなるが、屋上階ではまた増幅し、地下１階の最大加速度の2.4倍程度となる。

表-5.5.2　Ｊ建築物における本震時の観測記録の最大値

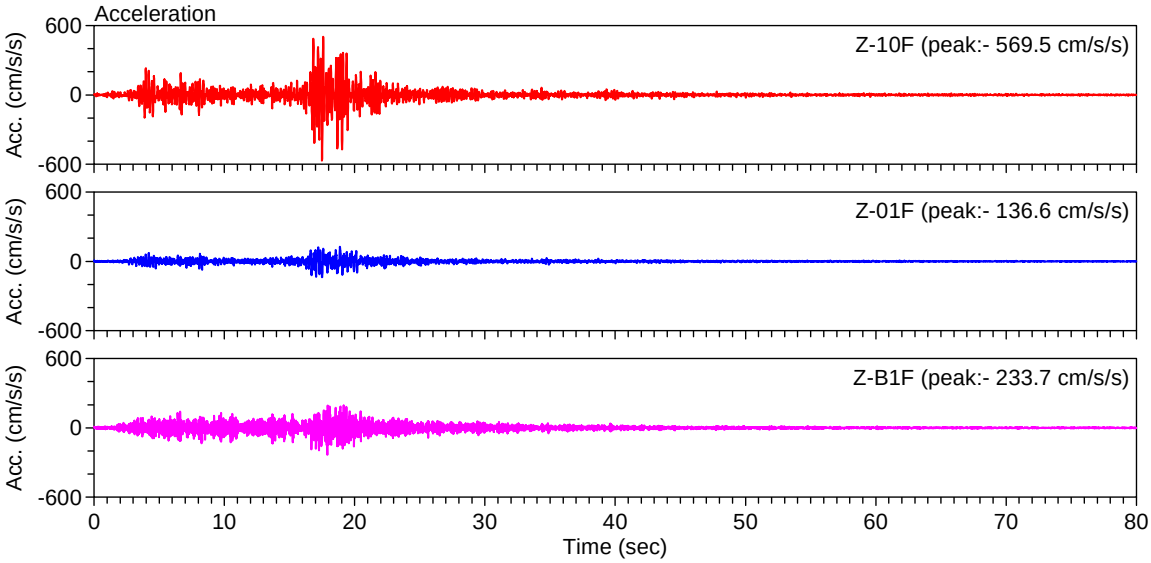
位置	Ｘ [gal]	Ｙ [gal]	Ｚ [gal]
10Ｆ	139.4	202.3	569.5
１Ｆ	136.7	167.0	136.6
免震基礎	207.3	228.1	233.7



(a) X方向



(b) Y方向



(c) Z方向

図-5.5.7　加速度波形(J建築物)

図-5.5.8に、地下１階における擬似速度応答スペクトル（減衰定数５％）を示す。地下１階における水平方向の擬似速度応答スペクトルは、Ｙ方向で大きく、0.3～0.8秒に大きな値を示す特性を有する。鉛直方向の擬似速度応答スペクトルは、水平Ｘ方向のそれと比べてかなり小さくなる。

図-5.5.9に、地下１階に対する最上階の加速度波形（水平方向）のフーリエスペクトル比を示す。地下１階に対する屋上階のフーリエスペクトル比における１次の卓越振動数は、1.0Hz（1.0秒）付近にある。地下１階に対する１階のフーリエスペクトル比における卓越振動数は、1.0Hzより低くなる。

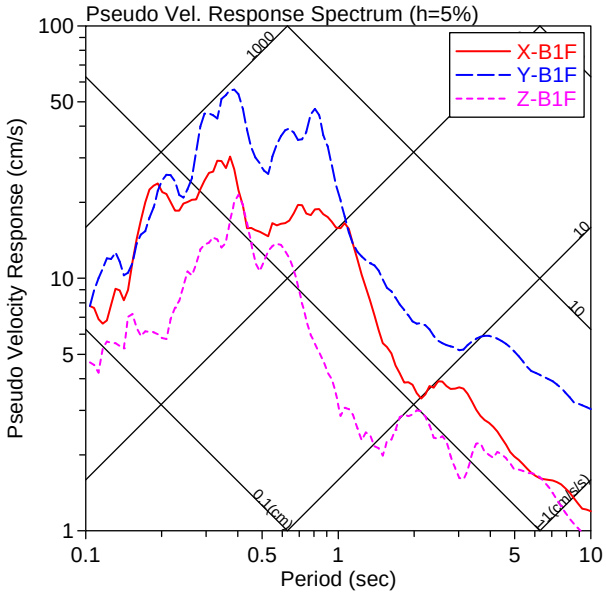
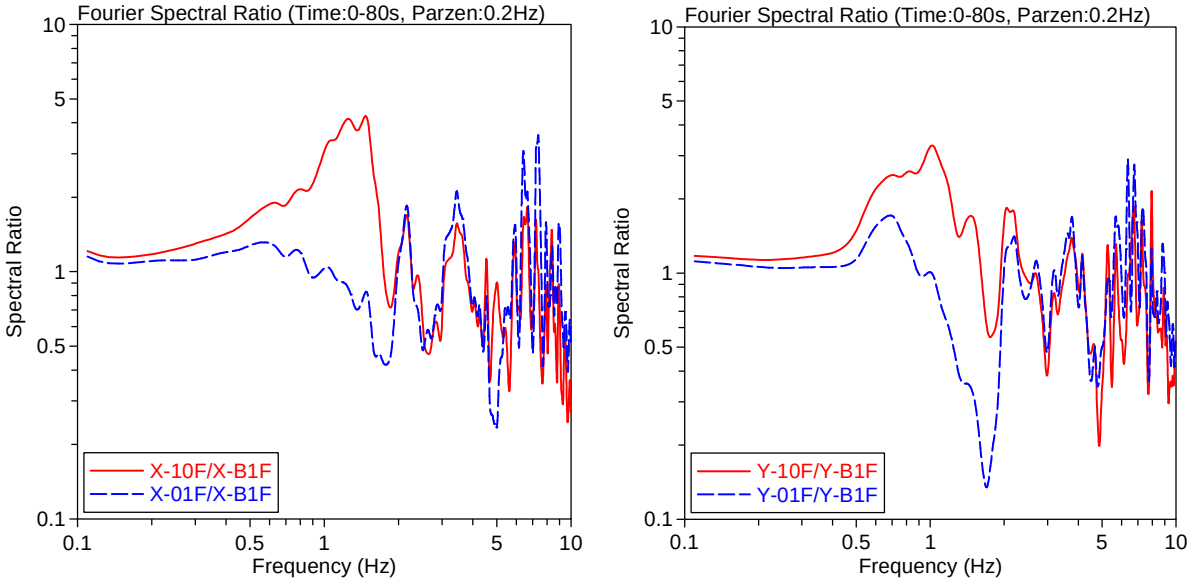


図-5.5.8　地下１階における擬似速度応答スペクトル（減衰定数５％）



(a)　Ｘ方向　　(b)　Ｙ方向

図-5.5.9　地下１階に対する１階及び最上階のフーリエスペクトル比（水平方向）

図-5.5.10に、１階に対する屋上階の加速度波形のフーリエスペクトル比（水平方向）を示す。上部構造の卓越振動数は、Ｘ、Ｙ方向とも約1.5Hzである。

図-5.5.11に、地下１階に対する１階及び最上階の加速度波形（鉛直方向）のフーリエスペクトル比を示す。鉛直方向における免震建築物の卓越振動数は、５Hz付近にある。

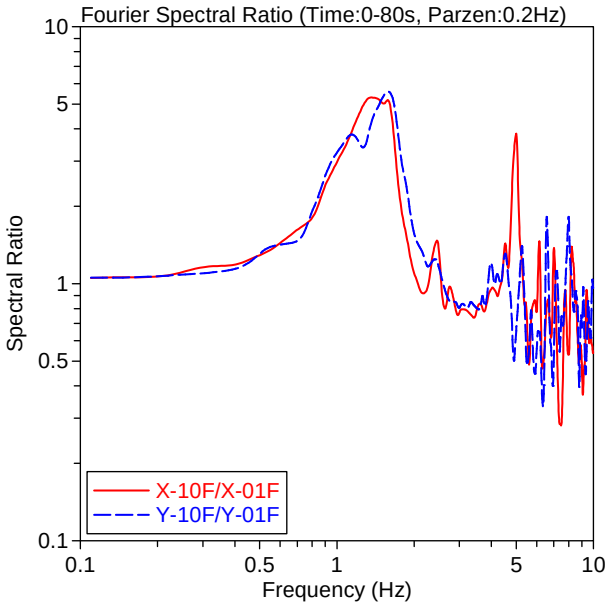


図-5.5.10　１階に対する屋上階のフーリエスペクトル比（水平方向）

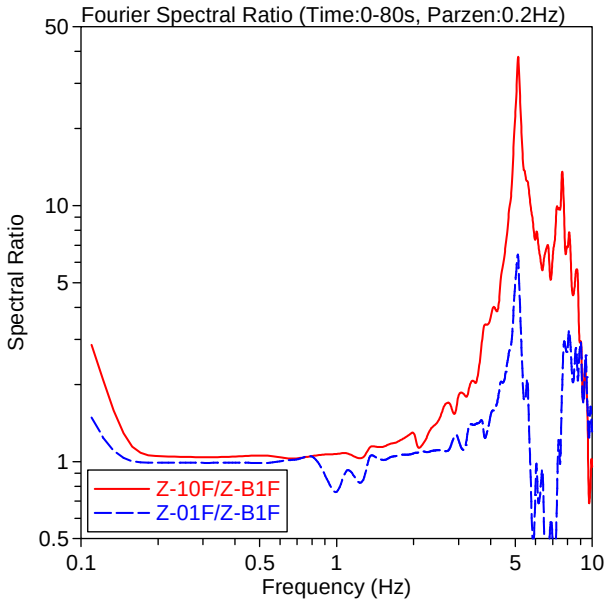


図-5.5.11　地下２階に対する地下１階及び屋上階のフーリエスペクトル比（鉛直方向）

図-5.5.12に、免震層の水平変位の軌跡を示す。免震層の変位は、H建築物（5.5.1項）と同様に、１階（免震層の直上）と地下１階（免震層の直下）の加速度波形を、それぞれフーリエ変換するとともに0.1Hzのハイパスフィルター処理し、各振動数成分(f)ごとに$(2\pi f)^2$で除した後フーリエ逆変換することによって変位波形を計算した上で、その差として求めた。免震層の最大変位は、Y方向で大きく、最大変位は約1.76cmとなる。

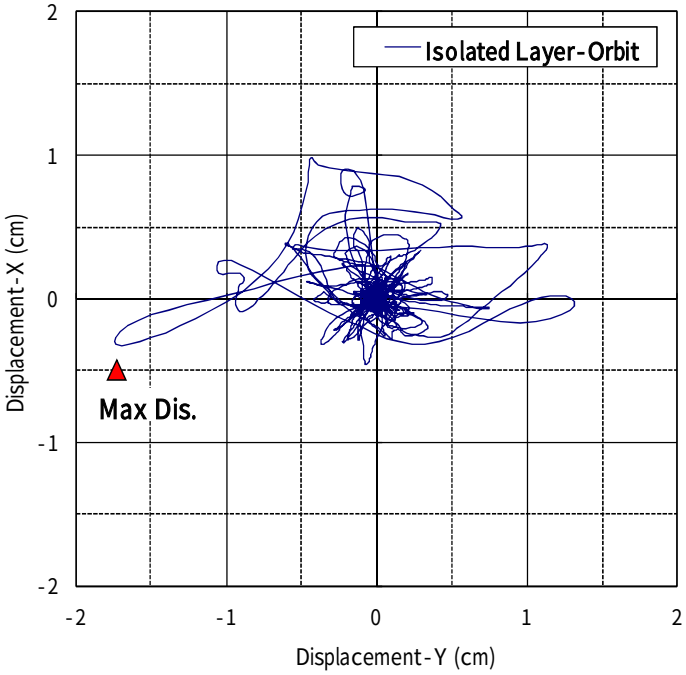


図-5.5.12　免震層の水平変位の軌跡

5.6 まとめ

2008年７月24日に発生した岩手県沿岸北部の地震における免震建築物の実態調査を行った。

a) 2008年岩手・宮城内陸地震の場合と同様に、本震の最大震度６弱と発表された地域にも免震建築物が建てられていたが、免震層周辺の目視調査の結果などを踏まえても、設計用地震力（地震動）と比較して入力はかなり小さかったと考えられる（Ｊ建築物、Ｋ建築物）。また、公表された付近の震度は免震建築物の設計用地震動で想定するものよりもかなり小さいと思われる５強であったが、けがき変位計で20cmに達する変位が記録されていた建築物（Ｉ建築物）があり、この建築物の本震時の免震挙動を今後評価する必要があると考えられる。

b) 免震建築物の挙動を明らかにするために、建築物の本震時の加速度記録を入手し、その解析を行った（Ｈ建築物、Ｊ建築物）。免震層直下階に対する免震層直上階の水平方向の最大加速度は、0.6～0.8倍程度に低減し、免震効果が確認された。地震観測を行っている２棟のうち１棟（Ｈ建築物）では、加速度の観測装置とほぼ同じ位置にけがき変位計が設置されており、その軌跡は建築物のＹ軸（北北東）方向に卓越し、加速度記録を積分して得られた免震層の水平変位の軌跡と良い対応を示した。

今後は、第Ｉ編と同様に、免震建築物の設計基準の高度化に資する検討を加える予定である。

謝辞

各建築物の現地調査に当たっては、地震直後の混乱した状況にもかかわらず、建築物図面の提供や免震層の目視調査へご協力いただきました。また、解析に当たっては、けがき変位計の記録及び地震観測のデジタルデータの提供、さらにそれらの公開について快く許可をいただきました。それぞれご担当いただいた方々に深く感謝いたします。

図-5.2.1はPaul Wessel氏とWalter H. F. Smith氏が作成したＧＭＴ[第Ｉ編3.18)]を用いて作成したものです。

参考文献及び参照サイト

5.1) (社)日本免震構造協会：国内の免震建物一覧表、MENSHIN、No.28(2000.5)、No.33(2001.8)、No.60(2008.5)

おわりに

平成20年（2008年）7月24日00時26分発生した岩手県沿岸北部地震による、岩手県、青森県等における建築物の被害性状及び地震動の特徴を把握する目的で、国土交通省国土技術政策総合研究所及び独立行政法人建築研究所が連携し、平成20年7月24日から8月1日まで、岩手県八戸市、二戸市、洋野町、軽米町、青森県八戸市等において、被害調査を行った。本編は、調査結果を整理し、まとめたものである。

今回の地震は、岩手県沿岸北部を震央とする、気象庁マグニチュード6.8、震源深さ108kmである。本地震の余震活動は低調で、有感地震は同日11時27分に1度しか発生していない。岩手県野田村野田、八戸市、五戸町古舘、階上町道仏で震度６弱が観測された。K-NETとKiK-netの強震観測記録の分析の結果、震央近傍では0.2秒から0.5秒の短周期成分が優勢であったこと、また各地点の記録の擬似速度応答値は大きくとも100 cm/s程度であった。

建築研究所の強震観測網では、八戸市庁舎の地盤上では計測震度に換算して5.8となる大きな地震動記録が得られた。また八戸市庁舎本館の6階では1Gを超える最大加速度応答が観測された。

本地震において、RC造、鉄骨造及び木造建築物の構造的被害はほとんど無かったため、主な調査対象を、建築物の非構造部材と免震建築物とした。

非構造部材の被害調査は、被害報告のあった建築物を中心に行った。非構造部材については、各種ガラス部位、内装仕上材、外装仕上材などの被害を確認した。今回の地震では、これまでの地震被害と同様の被害を生じるものや、同じ建物の中でも、位置、形態、構工法の違いなどにより、同じ種類の非構造部材で被害程度に違いが生じているものが見られ、建築物内での非構造部材の設置状況やそれに伴う地震時の挙動を考慮した非構造部材の耐震性を検討する必要がある。

地震時の最大震度６弱と発表された地域にも免震建築物が建てられていた。建物周辺のエキスパンションの手すり部分で、スライドすべき金具に変形が発生する不具合が見られたが、目視による免震層の不具合は発見できなかった。

免震建築物の挙動を明らかにするために、建築物の地震時の加速度記録を入手し、その解析を行った。免震層直下階に対する免震層直上階の水平方向の最大加速度は、0.6～0.8倍程度に低減し、免震効果が確認された。また公表された最寄りの気象庁震度が６弱または５強であった免震建築物免震層の最大水平変位（けがき変位計の実測値または地震記録による計算値）は、5cm 以下の場合が多かったが、けがき変位計で20cmに達する最大変位が記録されている建築物があり、今後地震時の挙動を検討する必要がある。

本調査の実施、資料の収集及び調査結果の整理にあたっては、多くの方々のご協力、ご支援をいただきました。ここに改めて感謝申し上げます。

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of ＮＩＬＩＭ
No. 481　　October 2008
建築研究資料
Building Research Data
No.114　　October 2008

本資料の転載・複写の問い合わせは

国土技術政策総合研究所企画部研究評価・推進課
〒305－0804　茨城県つくば市旭１番地　電話 029-864-2675
独立行政法人建築研究所企画部企画調査課
〒305-0802　茨城県つくば市立原１番地　電話(029) 864-2151（代）