

ISSN 1346-7328
国総研資料 第 636 号
ISSN 0286-4630
建築研究資料 第 132 号
平成 23 年 5 月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE

National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 636

May 2011

建築研究資料

Building Research Data

No. 132

May 2011

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震調査研究（速報）

（東日本大震災）

Quick Report of the Field Survey and Research on
“The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake”

(the Great East Japan Earthquake)

平成 23 年 5 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 23 年（2011 年）3 月 11 日 14 時 46 分頃、三陸沖を震源とするマグニチュード（M）9.0（暫定値）の地震が発生し、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県など東日本の太平洋沿岸の各県を中心に広い地域で、地震動や津波により、数多くの建築物・家屋の他、工作物に倒壊や流失などの被害をもたらしました。この地震による最大震度は、宮城県北部（栗原市）で観測された震度 7 です。

気象庁は地震発生当日にこの地震を「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」と命名しました。一方、政府は 4 月 1 日の持ち回り閣議で、今回の大地震の災害を「東日本大震災」と命名することを決めました。

4 月 20 日現在、気象庁情報（報道発表資料平成 23 年 4 月 18 日 17 時 15 分気象庁、「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」について（第 39 報））によれば、M7.0 以上の余震が 5 回（3 月 11 日に 3 回、4 月 7 日に 1 回、4 月 11 日に 1 回）発生しています。また、警察庁情報（平成 23 年 4 月 14 日 10：00 現在）によれば、地震（津波を含む）による死者は 13,439 人（宮城県 8,227 人、岩手県 3,867 人、福島県 1,282 人など）、行方不明は 14,867 人、重軽傷は 4,900 人、全壊・流失 61,414 戸、半壊 13,096 戸、浸水 4,066 戸に上っています。

このような未曾有の大災害における建築物等被害から教訓を学び取り、今後の地震や津波対策に生かすため、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、地震発生翌日から 4 月 16 日までの間に延べ 150 人日の職員を順次広範な被災地に派遣し、木造被害調査、鉄骨造被害調査、RC 造被害調査、宅地・地盤被害調査、非構造部材被害調査、津波被害調査、そして火災被害調査などを実施しました。また、地震や津波の理学的研究や国内各地で実施している強震観測の記録の検討などを実施しました。

本報告書では、上記の各調査結果及び研究成果などを速報としてまとめています。この内容は今後の地震や津波対策の参考となるものと考えています。今後、より詳細な検討も計画しており、それらの結果がまとまりしだいホームページ等で公表する予定としています。

最後に、本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被災地の困難な状況にもかかわらず、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 23 年 5 月

国土交通省国土技術政策総合研究所
副所長 高井 憲司
独立行政法人建築研究所
理事長 村上 周三

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震調査研究（速報）目次

（東日本大震災）

はしがき

第 1 章 はじめに	(1-1～1-2)	
第 2 章 調査研究の概要	(2-1～2-8)	
2.1 関連研究の概要	・・・・・・・・・・・・・・・・	2-1
2.2 被害調査の概要	・・・・・・・・・・・・・・・・	2-2
第 3 章 被害一般	(3-1～3-20)	
3.1 地震の概況	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-1
3.2 災害関連法の適用	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-4
3.2.1 災害救助法等	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-4
3.2.2 激甚災害の指定	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-4
3.2.3 特定非常災害の指定	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-4
3.2.4 建築制限	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-4
3.3 人的被害	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-6
3.3.1 死傷者	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-6
3.3.2 避難状況	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-6
3.4 建築・住宅等に係る被害	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-7
3.4.1 住宅等の全半壊・火災被害等	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-7
3.4.2 火災発生件数	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-7
3.5 危険度判定の状況	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-8
3.5.1 被災建築物応急危険度判定	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-8
3.5.2 被災宅地危険度判定	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-12
3.6 ライフラインの被害	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-13
3.7 応急仮設住宅等の確保状況等	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-15
3.7.1 応急仮設住宅の建設	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-15
3.7.2 公営住宅等の活用	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-15
3.8 エレベーターの閉じ込め	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-16
3.9 津波浸水範囲の状況	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-17
3.9.1 津波浸水範囲の面積等	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-17
3.9.2 津波浸水範囲の人口等	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-18
3.9.3 津波浸水範囲における土地利用規制の関係	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-19

第4章 地震および地震動、津波	(4-1～4-47)	
4.1 地震の概要と特徴		4-1
4.1.1 地震諸元		4-1
4.1.2 震度分布		4-1
4.1.3 津波波高		4-3
4.1.4 震源モデル		4-5
4.1.4.1 本震・前震・余震の震源再決定と主要地震の断層面の特定		4-5
4.1.4.2 遠地P波の高周波震動継続時間とそれに基づくマグニチュード		4-8
4.1.4.3 震源モデル		4-10
4.2 被災地域の地形および地質		4-11
4.3 本震および主要な余震の地震動特性		4-12
4.4 建築研究所強震観測ネットワークなどの強震記録		4-18
4.4.1 建築研究所強震観測ネットワークの記録（建物基礎と地盤）		4-18
4.4.2 建築研究所強震観測ネットワークの記録（長周期地震動）		4-25
4.4.3 建築研究所強震観測ネットワークの記録（建物の地震応答）		4-31
4.4.4 その他の長周期建物の強震記録		4-34
4.4.5 余震の強震記録		4-37
4.5 津波の波源モデルと最大津波波高（シミュレーション）		4-43
4.6 まとめ		4-46
参考文献/ウェブサイト		

第5章 地震動による建築物等の被害		
5.1 建築物等の地震被害調査の方針	(5.1-1～5.1-1)	
5.2 木造建築物の被害	(5.2-1～5.2-50)	
5.2.1 調査の目的と概要		5.2-1
5.2.2 調査結果		5.2-1
(a) 宮城県栗原市		5.2-1
(b) 宮城県大崎市		5.2-6
(c) 宮城県遠田郡美里町		5.2-13
(d) 宮城県石巻市		5.2-18
(e) 宮城県仙台市		5.2-21
(f) 福島県須賀川市		5.2-26
(g) 栃木県那須郡那須町		5.2-32
(h) 栃木県矢板市		5.2-38

(i) 茨城県常陸太田市	5.2-41
(j) 茨城県那珂市	5.2-42
(k) 茨城県水戸市	5.2-44
(l) 茨城県常総市	5.2-46
(m) 茨城県龍ヶ崎市	5.2-48
5.2.3 まとめ	5.2-50
引用文献／ウェブサイト	

5.3 鉄骨造建築物の被害	(5.3-1～5.3-20)
5.3.1 はじめに	5.3-1
5.3.2 調査概要	5.3-1
5.3.3 一般的な鉄骨造建築物の被害調査結果	5.3-2
5.3.4 茨城県内の高等学校体育館等の被害調査結果	5.3-5
5.3.5 水戸市の小、中学校体育館等の被害調査結果	5.3-8
5.3.6 体育館の被害分類と特徴	5.3-11
5.3.7 まとめ	5.3-19
参考文献	

5.4 鉄筋コンクリート造等建築物の被害	(5.4-1～5.4-55)
5.4.1 はじめに	5.4-1
5.4.2 調査内容	5.4-1
5.4.3 調査結果	5.4-3
(a) 岩手県遠野市	5.4-3
(b) 宮城県仙台市青葉区	5.4-5
(c) 宮城県仙台市若林区・宮城野区	5.4-13
(d) 福島県福島市	5.4-20
(e) 福島県二本松市	5.4-25
(f) 福島県郡山市	5.4-26
(g) 福島県三春町	5.4-32
(h) 福島県須賀川市	5.4-33
(i) 福島県白河市	5.4-40
(j) 茨城県日立市	5.4-44
(k) 茨城県笠間市	5.4-47
(l) 茨城県鉾田市	5.4-50
5.4.4 被害の特徴と分類	5.4-52
5.4.5 まとめ	5.4-54
参考文献	

5.5 宅地地盤・基礎の被害	(5.5-1～5.5-41)	
5.5.1 調査概要	.....	5.5-1
5.5.2 調査結果	.....	5.5-1
5.5.2.1 利根川流域（茨城・千葉県境）の液状化被害	.....	5.5-1
5.5.2.2 東京湾岸区域（千葉県浦安市）の液状化被害	.....	5.5-16
5.5.2.3 宮城・福島・栃木における造成宅地等の被害	.....	5.5-25
5.5.3 まとめ	.....	5.5-41
参考文献		

5.6 非構造部材の被害	(5.6-1～5.6-20)	
5.6.1 調査概要	.....	5.6-1
5.6.2 宮城県内で見られた非構造部材の被害	.....	5.6-1
5.6.3 福島県内で見られた非構造部材の被害	.....	5.6-3
5.6.4 茨城県内で見られた非構造部材の被害	.....	5.6-6
5.6.5 まとめ	.....	5.6-20
参考文献		

第6章 津波による建築物の被害（6-1～6-150、6付録-1～6付録-117）

6.1 はじめに	.....	6-1
6.2 調査内容	.....	6-3
6.2.1 現地調査	.....	6-3
6.2.1.1 調査地域の概要	.....	6-3
6.2.1.2 調査対象建築物の特定	.....	6-6
6.2.1.3 津波に関する用語	.....	6-8
6.2.1.4 津波の作用方向・浸水深の推定方法	.....	6-9
6.2.2 津波に関する文献・映像等調査	.....	6-14
6.2.2.1 津波避難ビルに関する我が国のガイドライン	.....	6-14
6.2.2.2 津波荷重に関する米国FEMAのガイドライン概要	.....	6-18
6.2.2.3 ASCEが定める浸水荷重の概要	.....	6-25
6.2.2.4 津波映像からの流速推定	.....	6-28
6.3 現地調査	.....	6-29
6.3.1 岩手県山田町	.....	6-30
6.3.2 岩手県大槌町	.....	6-33
6.3.3 岩手県釜石市	.....	6-36
6.3.4 岩手県大船渡市	.....	6-40
6.3.5 岩手県陸前高田市	.....	6-44
6.3.6 宮城県気仙沼市	.....	6-58
6.3.7 宮城県南三陸町	.....	6-61
6.3.8 宮城県女川町	.....	6-65
6.3.9 宮城県石巻市	.....	6-72

6.3.10 宮城県仙台市若林区、宮城野区	6-75
6.3.11 宮城県名取市	6-87
6.3.12 宮城県岩沼市	6-102
6.3.13 宮城県亶理町	6-105
6.3.14 宮城県山元町	6-114
6.4 被害形態の分類と考察	6-117
6.4.1 RC造建築物	6-117
6.4.2 S造建築物	6-121
6.4.3 木造	6-127
6.5 調査建築物の耐力および津波波力の検討	6-132
6.5.1 RC造建築物	6-133
6.5.1.1 1階の破壊に関する検討	6-133
6.5.1.2 転倒に関する検討	6-139
6.5.2 S造建築物	6-145
6.6 まとめ	6-149
付録：調査建築物データベース	(6付録-1～6付録-117)

第7章 火災による建築物被害 (7-1～7-20)

7.1 火災の概要	7-1
7.1.1 火災の発生状況	7-1
7.1.2 津波火災の発生状況	7-3
7.1.3 地震火災の発生状況	7-3
7.2 調査内容	7-5
7.3 現地調査結果	7-7

第8章 おわりに (8-1～8-2)

執筆分担

第1章 はじめに

西山 功 国土技術政策総合研究所 建築研究部長

第2章 調査研究の概要

長崎 卓 建築研究所 企画部長

第3章 被害一般

大竹 亮 国土技術政策総合研究所 住宅研究部長

柴田好之 国土技術政策総合研究所 都市研究部長

森 正志 国土技術政策総合研究所住宅研究部 住宅計画研究室長

有川 智 国土技術政策総合研究所住宅研究部 住宅生産研究室長

竹谷修一 国土技術政策総合研究所総合技術政策研究センター

建設経済研究室長

阪田知彦 国土技術政策総合研究所都市研究部 主任研究官

石井儀光 建築研究所住宅・都市研究グループ 主任研究員

第4章 地震および地震動、津波

小豆畑達哉 国土技術政策総合研究所建築研究部 構造基準研究室長

古川信雄 建築研究所 研究専門役

小山 信 建築研究所構造研究グループ 上席研究員

原 辰彦 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

石原 直 建築研究所国際地震工学センター 主任研究員

藤井雄士郎 建築研究所国際地震工学センター 主任研究員

第5章 地震動による建築物等の被害

西山 功 国土技術政策総合研究所 建築研究部長

植本敬大 国土技術政策総合研究所総合技術政策研究センター

評価システム研究室長

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

新井 洋 国土技術政策総合研究所建築研究部 主任研究官

岩田善裕 国土技術政策総合研究所建築研究部 主任研究官

諏訪田晴彦 国土技術政策総合研究所建築研究部 研究官

飯場正紀 建築研究所 構造研究グループ長

福山 洋 建築研究所構造研究グループ 上席研究員

森田高市 建築研究所国際地震工学センター 上席研究員

加藤博人 建築研究所構造研究グループ 主任研究員

平出 務 建築研究所構造研究グループ 主任研究員

長谷川隆 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 主任研究員
石原 直 建築研究所国際地震工学センター 主任研究員
壁谷澤寿一 建築研究所構造研究グループ 研究員
谷 昌典 建築研究所構造研究グループ 研究員
中島史郎 建築研究所建築生産研究グループ 上席研究員
山口修由 建築研究所材料研究グループ 主任研究員
中川貴文 建築研究所材料研究グループ 主任研究員
荒木康弘 建築研究所構造研究グループ 研究員
津田千尋 一般社団法人建築性能基準推進協会
杉本健一 森林総合研究所構造利用研究領域 木質構造居住環境研究室長
青木謙治 森林総合研究所構造利用研究領域 主任研究員

第6章 津波による建築物の被害

港以知郎 国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター
建築災害対策研究官
竹谷修一 国土技術政策総合研究所総合技術政策研究センター
建設経済研究室長
植本敬大 国土技術政策総合研究所総合技術政策研究センター
評価システム研究室長
喜々津仁密 国土技術政策総合研究所総合技術政策研究センター 主任研究官
宮村雅史 国土技術政策総合研究所建築研究部 主任研究官
五條 渉 建築研究所 住宅・都市研究グループ長
福山 洋 建築研究所構造研究グループ 上席研究員
奥田泰雄 建築研究所構造研究グループ 上席研究員
斉藤大樹 建築研究所国際地震工学センター 上席研究員
加藤博人 建築研究所構造研究グループ 主任研究員
石原 直 建築研究所国際地震工学センター 主任研究員
石井儀光 建築研究所住宅・都市研究グループ 主任研究員
中川貴文 建築研究所材料研究グループ 主任研究員
壁谷澤寿一 建築研究所構造研究グループ 研究員
荒木康弘 建築研究所構造研究グループ 研究員
津田千尋 一般社団法人建築性能基準推進協会

第7章 火災による建築物の被害

岩見達也 国土技術政策総合研究所総合技術政策研究センター 主任研究官
鍵屋浩司 国土技術政策総合研究所都市研究部 主任研究官
吉岡英樹 国土技術政策総合研究所都市研究部 研究官
萩原一郎 建築研究所防火研究グループ 上席研究員
林 吉彦 建築研究所防火研究グループ 上席研究員
鈴木淳一 建築研究所防火研究グループ 研究員

第8章 おわりに

西山 功 国土技術政策総合研究所 建築研究部長
砺波 匡 国土技術政策総合研究所企画部 基準研究官
深井敦夫 国土技術政策総合研究所 基準認証システム研究室長
飯場正紀 建築研究所 構造研究グループ長

※所属は執筆時点（平成23年4月20日）のもの。異動の理由により本文中の3月時点の調査の記述とは一致していない場合がある。

1. はじめに

平成 23 年（2011 年）3 月 11 日 14 時 46 分頃、三陸沖を震源とするマグニチュード（M）9.0（暫定値）の地震が発生し、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県など東日本の太平洋側各県を中心に広い地域で、地震動や津波により、数多くの建築物・家屋の他、工作物に倒壊や流出などの被害をもたらした。この地震による最大震度は、宮城県北部（栗原市）で観測された震度 7 で、気象庁は地震発生当日にこの地震を「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震（本報告書においては、「東北地方太平洋沖地震」と表記する）」と命名し、また、政府は 4 月 1 日の持ち回り閣議で、今回の大地震の災害を「東日本大震災」と命名した。

この地震では、国土交通省国土技術政策総合研究所（以下、「国土技術政策総合研究所」という）（立原庁舎）や独立行政法人建築研究所（以下、「建築研究所」という）のある茨城県つくば市においてもこれまでにない揺れを経験し、建物内に設置された加速度計で震度 5 強が記録され、各研究室では数多くのキャビネットや本棚が転倒した他、資料が散乱し、研究室内に閉じ込められた職員もいた。また、研究所本館には各所にひび割れなどが発生したが、幸い、怪我をした職員はいなかった。在所職員の安否確認後、在所職員による情報収集を直ちに開始した。東京への出張等に出ていた職員は、交通機関が不通となったため、その後 2 日～3 日間ほど職場に出勤できない状況であった。研究所内ではメールの送受信も不安定となり、国土交通省の有するマイクロ回線を通じて東京・霞ヶ関の国土交通省本省（以下、「本省」という）との間で情報交換を行うという事態となり、広く情報収集も出来ない状況であった。つくば市内は一部停電となり交通信号も点灯しない状況であったが、本省等との連絡や、情報収集のため一部職員は残留するとともに、その他の職員は翌日以後の対応に備えて自宅でそれぞれ情報収集に努めるため、日没前に帰宅することとなった。

翌 3 月 12 日（土）は、朝 9 時から、国土技術政策総合研究所と建築研究所が合同で、今回の地震により被災した地域への支援要請に備えるとともに、建築物を中心とした被害状況の把握により今後の地震や津波対策に生かすため、「国土技術政策総合研究所・建築研究所合同建築物震災対応検討会議¹（以下、「合同検討会議」という）」を立ち上げ、現地調査も含めた活動を開始した。

発災から 2 週間程の間は、主に本省等の要請に基づいて、地震および地震による建築物等の地震動被害を中心に調査等の支援に対応した。続いて、合同の自主調査として、建築物の地震動被害の全体像を捉えるために、東北地方や関東地方のほぼ全域で調査を行うとともに、津波発生地域における建

¹ 合同検討会議のメンバーは、国土技術政策総合研究所からは、高井憲司、砺波匡、西山功、深井敦夫、高木智子、港以知郎、柴田好之、楠田勝彦、西山正倫、渡辺春彦、棚野博之、小林由二、新井洋、井上波彦、向井昭義、小豆畑達哉、喜々津仁密、槌本敬大、岩田善裕、諏訪田晴彦、成瀬友宏、鍵屋浩司、岩見達也、吉岡英樹、大竹亮、高橋暁、森正志、長谷川洋、西田和生、有川智、竹谷修一、木内望、阪田知彦の 33 名、建築研究所からは、伊藤弘、水流潤太郎、長崎卓、村上晴信、岩崎章、笹亮介、川崎成人、長谷川正晃、大高茂則、郷修一、柄沢一彦、田崎浩之、宮澤邦彦、内藤善一、安藤尚一、澤地孝男、長谷川直司、古川信雄、大川出、鹿嶋俊英、小山信、横井俊明、芝崎文一郎、原辰彦、石原直、平出務、飯場正紀、福山洋、加藤博人、長谷川隆、荒木康弘、壁谷澤寿一、犬飼瑞郎、森田高市、谷昌典、山口修由、中島史郎、中川貴文、脇山善夫、斉藤大樹、向井智久、奥田泰雄、藤井雄士郎、萩原一郎、林吉彦、鈴木淳一、石井儀光、五條渉の 48 名、計 81 名である。

建築物の被害状況の把握のための調査等を進めた。

本報告書は、地震発生から約 6 週間の間に実施した、調査及び研究の概要を 4 月 20 日時点でまとめた²ものである。その間、合同検討会議を計 24 回開催し、調査結果と今後の調査内容について議論を続けてきている。今回の地震は地震の規模が大きだけでなく、その災害名、東日本大震災が示すように東北地方から関東地方にかけて広い地域で建築物等に被害をもたらしており、必ずしも被害の全容を把握しきれたものではない点を申し添える。

² 国土技術政策総合研究所 (<http://www.nilim.go.jp>) や建築研究所 (<http://www.kenken.go.jp>) のホームページには、東北地方太平洋沖地震に関する調査報告や取り組みに関する情報を掲載した特設ページが設けられ、そこには、本報告書に速報をまとめた元となる個別の調査や研究の速報などが載せられている。また、本報告書の最終校正段階で、より新たな情報が得られた場合には可能な範囲で速報に反映しているが、その場合には、4 月 20 日時点ではないことを明記している。

2. 調査研究の概要

東北地方太平洋沖地震に関連し、3月11日の地震発生から4月20日までの間に、国土技術政策総合研究所及び建築研究所が共同で実施した調査研究等の概要は以下の通りである。

なお、調査研究の実施にあたって、両研究所職員以外の協力者と連携している場合があるが、それら協力者については第3章以降の各章で記述する。また、調査研究の成果の一部は、国土技術政策総合研究所又は建築研究所のホームページ (<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h23tohoku/index.html> 又は <http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/20110311/index.html>) において、この報告書に先だって速報を掲載している。

2.1 関連研究の概要

東北地方太平洋沖地震発生以降、気象庁、独立行政法人防災科学技術研究所をはじめ国内外の研究機関等が公表している観測データ、建築研究所が独自に設置している強震観測ネットワークから得られた強震記録等に基づき、地震及び津波の概要と特徴の把握を行った。

2.1.1 震源モデル

公開された各種の観測データに基づき、震源の再決定と断層面の特定を行うとともに、震動継続時間等からマグニチュードを計算し、東北地方太平洋沖地震の震源モデルを構築した。

担当者：建築研究所

研究専門役 古川信雄

国際地震工学センター 上席研究員 原 辰彦

2.1.2 地震動特性

建築研究所の強震観測ネットワークの記録及びその他の強震観測記録に基づき、東北地方太平洋沖地震及び主要な余震の地震動特性を明らかにした。

担当者：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 主任研究員 石原 直

(現・建築研究所 国際地震工学センター 主任研究員)

建築研究部 構造基準研究室長 小豆畑達哉

建築研究所

国際地震工学センター 上席研究員 小山 信

(現・構造研究グループ 上席研究員)

国際地震工学センター 主任研究員 鹿嶋俊英

2.1.3 津波波源の推定と津波シミュレーション

各所に配置された津波計、水位計等から得られる津波波形の公開データに基づき、インバージョンにより津波波源を推定するとともに、推定した断層モデルを用いた津波シミュレーションを作成した。

担当者：建築研究所

国際地震工学センター 主任研究員 藤井雄士郎

2.2 被害調査の概要

東北地方太平洋沖地震発生の翌日、平成23年3月12日から4月16日の間に、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、栃木県及び千葉県において、以下、派遣順に記載する通り、延べ150人日の職員を被災地に派遣し、被害調査を実施した。(調査実施市町の位置を図2.2-1に掲載)

2.2.1 地震動による建築物等の被害調査(その1)

国土交通省住宅局の要請により、茨城空港ターミナルビルにおける地震動による天井落下被害の概要を調査した。

日時：平成23年3月12日(土)12時から13時30分頃

場所：茨城県小美玉市

担当者：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

(現・建築研究所 国際地震工学センター 主任研究員)

建築研究所

構造研究グループ 上席研究員 奥田泰雄

2.2.2 地震動による建築物等の被害調査(その2)

国土交通省関東地方整備局の要請により、同整備局による調査に同行する形で、茨城県営住宅(木造)における地盤の液状化による被害状況を調査し、復旧方針の検討を支援した。

日時：平成23年3月14日(月)

場所：茨城県潮来市

担当者：建築研究所

材料研究グループ 主任研究員 山口修由

2.2.3 地震動による建築物等の被害調査(その3)

国土交通省住宅局の要請により、宮城県内の震度7を記録した地域等において、木造住宅を中心に地震動による建築物等の被害の概要を調査した。

日時：平成23年3月14日(月)から3月16日(水)

場所：岩手県北上市、平泉町、宮城県仙台市、栗原市

担当者：国土技術政策総合研究所

総合技術政策研究センター 評価システム研究室長 榎本敬大

建築研究所

構造研究グループ 上席研究員 河合直人(現・工学院大学)

構造研究グループ 研究員 荒木康広

材料研究グループ 主任研究員 中川貴文

2.2.4 地震動による建築物等の被害調査(その4)

国土交通省住宅局の要請により、福島県内において、鉄筋コンクリート造、鉄骨造及び非構造部材を中心に地震動による建築物等の被害の概要を調査した。

日時：平成23年3月14日(月)から3月15日(火)

場 所：福島県福島市、郡山市、二本松市、三春町

担当者：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

(現・建築研究所 国際地震工学センター 主任研究員)

総合技術政策研究センター評価システム研究室 主任研究官 喜々津仁密

建築研究所

構造研究グループ 主任研究員 加藤博人

構造研究グループ 研究員 壁谷澤寿一

2.2.5 地震動による建築物等の被害調査（その5）

国土交通省住宅局の要請により、茨城県内において震度6強を記録した地域を対象に、地震動による建築物等の被害の概要を調査した。

日 時：平成23年3月15日（火）及び3月16日（水）

場 所：茨城県日立市、鉾田市、笠間市

担当者：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長 深井敦夫（16日）

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（15日）

建築研究所

構造研究グループ 上席研究員 福山 洋（16日）

構造研究グループ 主任研究員 長谷川隆（15日）

構造研究グループ 主任研究員 岩田善裕（16日）

(現・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)

構造研究グループ 研究員 諏訪田晴彦（15日、16日）

(現・国土技術政策総合研究所 建築研究部構造基準研究室 研究官)

2.2.6 地震動による建築物等の被害調査（その6）

国土交通省住宅局の要請により、茨城県内において、木造住宅を中心に地震動による建築物等の被害の概要を調査した。

日 時：平成23年3月23日（水）

場 所：茨城県龍ヶ崎市、常総市

担当者：国土技術政策総合研究所

総合技術政策研究センター 評価システム研究室長 槌本敬大

建築研究所

構造研究グループ 研究員 荒木康広

材料研究グループ 主任研究員 中川貴文

2.2.7 地震動による建築物等の被害調査（その7）

国土交通省住宅局の要請により、福島県内において、鉄筋コンクリート造、鉄骨造及び非構造部材を中心に、地震動による建築物等の被害の概要を調査した。

日 時：平成23年3月24日（木）から3月26日（土）

場 所：宮城県仙台市、福島県白河市、須賀川市

担当者：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長 深井敦夫

建築研究部基準認証システム研究室 主任研究官 石原 直

(現・建築研究所 国際地震工学センター 主任研究員)

建築研究所

構造研究グループ 上席研究員 福山 洋

構造研究グループ 研究員 諏訪田晴彦 (現・国土技術政策総合研究所)

構造研究グループ 研究員 壁谷澤寿一

2.2.8 地震動による建築物等の被害調査 (その8)

国土交通省住宅局の要請により、福島県及び栃木県内において、木造住宅を中心に地震動による建築物等の被害の概要を調査した。

日 時：平成23年3月24日(木) から3月25日(金)

場 所：福島県須賀川市、栃木県矢板市、那須町

担当者：国土技術政策総合研究所

総合技術政策研究センター 評価システム研究室長 樋本敬大

建築研究所

構造研究グループ 研究員 荒木康広

2.2.9 地震動による建築物等の被害調査 (その9)

国土交通省住宅局の要請により、茨城県及び千葉県内において、地盤を中心に、地震動による建築物等の被害の概要を調査した。

日 時：平成23年3月24日(木)

場 所：茨城県稲敷市、潮来市、神栖市、鹿嶋市、千葉県栄町

担当者：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

建築研究所

構造研究グループ長 飯場正紀

構造研究グループ 主任研究員 平出 務

2.2.10 地震動による建築物等の被害調査 (その10)

国土交通省住宅局の要請により、茨城県内において、木造住宅を中心に地震動による建築物等の被害の概要を調査した。

日 時：平成23年3月25日(金)

場 所：茨城県水戸市、那珂市、常陸太田市

担当者：建築研究所

材料研究グループ 主任研究員 山口修由

材料研究グループ 主任研究員 中川貴文

建築生産研究グループ 上席研究員 中島史郎

構造研究グループ 交流研究員 松本英樹

2.2.11 地震動による建築物等の被害調査（その11）

茨城県内において、学校体育館を中心に、地震動による建築物等の被害の概要を調査した。

日 時：平成23年3月30日（水）及び3月31日（木）

場 所：茨城県日立市、大洗町、城里町、筑西市、笠間市、鉾田市、土浦市（以上、第1班）
水戸市、那珂市、ひたちなか市、坂東市、古河市、下妻市、常総市（以上、第2班）

担当者：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 主任研究員 石原 直（第1班）

（現・建築研究所 国際地震工学センター 主任研究員）

建築研究所

企画部 国際研究協力参事（構造研究グループ併任）森田高市（第1班）

構造研究グループ 主任研究員 長谷川隆（第2班）

構造研究グループ 主任研究員 岩田善裕（第2班）

（現・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 主任研究員）

建築生産研究グループ 主任研究員 脇山善夫（第2班）

2.2.12 津波による建築物の被害調査（その1）

岩手県及び宮城県内において、津波による建築物の被害の概要を調査した。

日 時：平成23年3月30日（水）から4月2日（土）

場 所：岩手県陸前高田市、宮城県気仙沼市、石巻市、名取市、南三陸町、女川町

担当者：国土技術政策総合研究所

総合技術政策研究センター評価システム研究室 主任研究員 喜々津仁密

危機管理技術研究センター 建築災害対策研究員 港以知郎

建築研究所

構造研究グループ 上席研究員 奥田泰雄

構造研究グループ 主任研究員 加藤博人

国際地震工学センター 上席研究員 斉藤大樹

2.2.13 地震動による建築物等の被害調査（その12）

国土交通省関東地方整備局の要請により、同整備局による調査に同行する形で、千葉県浦安市における地盤の液状化による一般住宅の被害状況を調査し、復旧方針の検討を支援した。

日 時：平成23年3月31日（木）

場 所：千葉県浦安市

担当者：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 主任研究員 井上波彦

建築研究所

構造研究グループ 主任研究員 平出 務

2.2.14 被災状況把握等調査

国土交通省（本省）による被災状況把握及び緊急復旧のための現地調査団に参加した。

日 時：平成23年3月31日（木）から4月3日（日）

場 所：岩手県宮古市、釜石市、大船渡市、陸前高田市、山田町、大槌町、
宮城県仙台市、気仙沼市、石巻市、名取市、山元町、亘理町 ほか

担当者：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長 深井敦夫

2.2.15 津波による建築物の被害調査（その2）

岩手県及び宮城県内において、津波等による建築物の被害の概要を調査した。

日 時：平成23年4月6日（水）から4月9日（土）

場 所：岩手県陸前高田市、大船渡市、釜石市、遠野市、大槌町、山田町、
宮城県仙台市、女川町

担当者：国土技術政策総合研究所

危機管理技術研究センター 建築災害対策研究官 港以知郎
建築研究所

構造研究グループ 上席研究員 奥田泰雄

構造研究グループ 上席研究員 福山 洋

構造研究グループ 研究員 壁谷澤寿一

国際地震工学センター 主任研究員 石原 直

2.2.16 津波による建築物の被害調査（その3）

宮城県内において、木造住宅を中心に津波による建築物の被害の概要を調査した。

日 時：平成23年4月6日（水）から4月8日（金）

場 所：宮城県仙台市、名取市、岩沼市、亘理町、山元町

担当者：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 宮村雅史

総合技術政策研究センター 評価システム研究室長 槌本敬大

総合技術政策研究センター評価システム研究室 主任研究官 喜々津仁密

建築研究所

構造研究グループ 研究員 荒木康弘

構造研究グループ 研究員 谷 昌典

材料研究グループ 主任研究員 中川貴文

2.2.17 火災による建築物の被害調査（その1）

宮城県内において、地震による大規模火災の状況と建物の火災被害の概要を調査した。

日 時：平成23年4月8日（金）から4月10日（日）

場 所：宮城県多賀城市、塩竈市、気仙沼市、東松島市、岩沼市、松島町、七ヶ浜町、南三陸町、
亘理町、

担当者：建築研究所

防火研究グループ 上席研究員 萩原一郎

2.2.18 地震動による建築物等の被害調査（その13）

茨城県水戸市内の比較的小規模な学校体育館を中心に、地震動による建築物等の被害の概要を調査した。

日 時：平成23年4月11日（水）及び4月12日（木）

場 所：茨城県水戸市

担当者：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 岩田善裕（第1班）

建築研究所

構造研究グループ 主任研究員 長谷川隆（第1班）

建築生産研究グループ 主任研究員 脇山善夫（第1班）

国際地震工学センター 上席研究員 森田高市（第2班／4月12日のみ）

国際地震工学センター 主任研究員 石原 直（第2班／4月12日のみ）

2.2.19 地震動による建築物等の被害調査（その14）

宮城県内及び福島県内において、地震動による大規模造成団地の地盤及び擁壁の被害の概要を調査した。

日 時：平成23年4月15日（金）から4月16日（土）

場 所：宮城県仙台市、白石市、福島県福島市

担当者：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

建築研究部構造基準研究室 主任研究官 新井 洋

建築研究所

構造研究グループ 主任研究員 平出 務

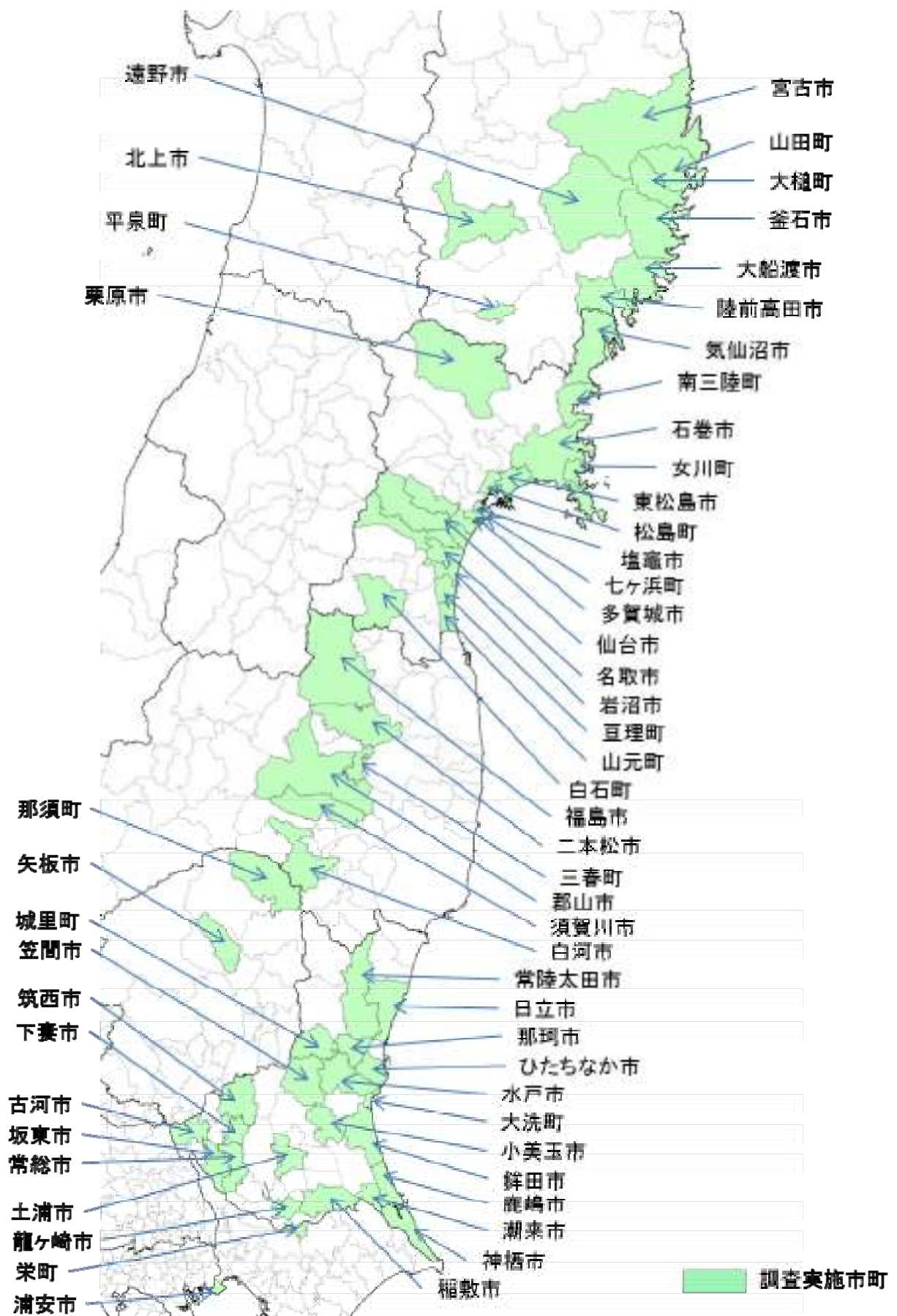


図 2.2-1 調査実施市町の位置

3. 被害一般

今回の地震では、3月11日の本震以来、震度5を上回る大きな余震が度重なり、津波の発生と相まって東北地方および関東地方の太平洋沿岸を中心に、広範な地域に被害が発生した。人的被害または住宅等被害が報告された地域は20都道府県にわたっている。(本震および直後の余震(3月11日)のほか、宮城県沖を震源とする地震(4月7日)、福島県浜通りを震源とする地震(4月11日)及び同(4月12日)による被害を含む。)

本章では、主として建築・住宅に係る被害の概況を官公庁の公表資料等からとりまとめた。なお、使用したデータ等は概ね4月20日までのものであり、被害の状況はその後も変化していることに注意が必要である。

3.1 地震の概況

3月11日の本震において、震度5弱以上を観測した市区町村を以下に示す。

なお、同一市区町村内において複数の震度観測点がある場合は、最大の震度を当該市区町村の震度とした。また、震度5弱以上を観測した可能性が考えられるものの、地震時のデータが不足しているなどの理由により気象庁での精査が終わっていない観測点は除外した。

表 3.1-1 本震において観測された震度（震度5弱以上が観測された市区町村のみ）

震度	都道府県	市区町村名
7	宮城県	栗原市
6強	宮城県	登米市 大崎市 涌谷町 仙台市宮城野区 塩竈市 東松島市 大衡村 名取市 蔵王町 川崎町 山元町
	福島県	白河市 須賀川市 二本松市 鏡石町 檜葉町 富岡町 大熊町 双葉町 浪江町 新地町
	茨城県	日立市 高萩市 笠間市 常陸大宮市 那珂市 小美玉市 筑西市 鉾田市
	栃木県	大田原市 宇都宮市 真岡市 市貝町 高根沢町
6弱	岩手県	大船渡市 釜石市 滝沢村 矢巾町 花巻市 一関市 奥州市
	宮城県	気仙沼市 南三陸町 仙台市青葉区 仙台市若林区 石巻市 松島町 利府町 大和町 富谷町 角田市 岩沼市 大河原町 亘理町
	福島県	郡山市 田村市 伊達市 桑折町 川俣町 西郷村 中島村 矢吹町 棚倉町 玉川村 浅川町 小野町 いわき市 相馬市 南相馬市 広野町 川内村 飯館村 猪苗代町
	茨城県	水戸市 常陸太田市 北茨城市 ひたちなか市 茨城町 城里町 東海村 土浦市 石岡市 常総市 取手市 つくば市 鹿嶋市 潮来市 坂東市 稲敷市 かすみがうら市 桜川市 行方市 つくばみらい市 美浦村
	栃木県	那須塩原市 那須町 那須烏山市 芳賀町 那珂川町
	群馬県	桐生市
	埼玉県	宮代町
	千葉県	成田市 印西市

(以下、次ページに続く。)

表 3.1-1 (前ページより続き)

5強	青森県	八戸市 東北町 おいらせ町 五戸町 階上町 東通村
	岩手県	宮古市 普代村 盛岡市 八幡平市 北上市 遠野市 金ヶ崎町 平泉町
	宮城県	色麻町 加美町 仙台市太白区 七ヶ浜町 柴田町 丸森町
	秋田県	秋田市 大仙市
	山形県	上山市 尾花沢市 中山町 米沢市
	福島県	福島市 本宮市 大玉村 泉崎村 矢祭町 石川町 平田村 古殿町 三春町 葛尾村 会津若松市 喜多方市 磐梯町 会津坂下町 湯川村 会津美里町
	茨城県	大洗町 大子町 古河市 結城市 龍ヶ崎市 下妻市 牛久市 守谷市 神栖市 阿見町 河内町 八千代町 五霞町 境町
	栃木県	日光市 矢板市 足利市 栃木市 佐野市 鹿沼市 小山市 さくら市 下野市 上三川町 益子町 茂木町 岩舟町
	群馬県	沼田市 前橋市 高崎市 太田市 渋川市 明和町 千代田町 大泉町 邑楽町
	埼玉県	熊谷市 行田市 加須市 東松山市 羽生市 鴻巣市 深谷市 久喜市 吉見町 さいたま市大宮区 さいたま市中央区 川口市 春日部市 草加市 戸田市 三郷市 幸手市 吉川市 川島町 白岡町 杉戸町
	千葉県	銚子市 東金市 旭市 香取市 山武市 神崎町 多古町 白子町 千葉市中央区 千葉市花見川区 千葉市若葉区 千葉市美浜区 野田市 佐倉市 習志野市 柏市 八千代市 浦安市 白井市 栄町 鋸南町
	東京都	千代田区 江東区 中野区 板橋区 江戸川区 新島村
	神奈川県	横浜市神奈川区 横浜市西区 横浜市中区 横浜市港北区 川崎市川崎区 寒川町 二宮町 小田原市
	山梨県	忍野村 中央市
	5弱	青森県	十和田市 野辺地町 七戸町 六戸町 三戸町 南部町
岩手県		久慈市 山田町 野田村 二戸市 雫石町 葛巻町 岩手町 紫波町
秋田県		井川町 由利本荘市 横手市
山形県		鶴岡市 酒田市 三川町 庄内町 遊佐町 新庄市 最上町 舟形町 大蔵村 戸沢村 村山市 天童市 東根市 山辺町 河北町 大石田町 南陽市 高島町 川西町 白鷹町
福島県		塙町 鮫川村 下郷町 南会津町 西会津町 柳津町
茨城県		利根町
栃木県		塩谷町 西方町 壬生町 野木町
群馬県		中之条町 伊勢崎市 館林市 安中市 みどり市 吉岡町 板倉町
埼玉県		本庄市 嵐山町 美里町 上里町 さいたま市浦和区 さいたま市岩槻区 川越市 所沢市 狭山市 上尾市 越谷市 蕨市 鳩ヶ谷市 朝霞市 志木市 和光市 新座市 桶川市 北本市 八潮市 富士見市 蓮田市 坂戸市 鶴ヶ島市 伊奈町 三芳町 毛呂山町 松伏町 秩父市 横瀬町
千葉県		茂原市 匝瑳市 東庄町 大網白里町 九十九里町 芝山町 横芝光町 睦沢町 長生村 千葉市稲毛区 千葉市緑区 市川市 船橋市 松戸市 市原市 流山市 我孫子市 鎌ヶ谷市 四街道市 八街市 富里市 酒々井町 館山市 木更津市 君津市 南房総市 いすみ市
東京都		中央区 新宿区 文京区 台東区 墨田区 品川区 目黒区 大田区 世田谷区 渋谷区 杉並区 豊島区 荒川区 練馬区 足立区 葛飾区 八王子市 武蔵野市 三鷹市 府中市 調布市 町田市 小金井市 小平市 日野市 東村山市 国分寺市 狛江市 東大和市 清瀬市 多摩市 稲城市 西東京市
神奈川県		横浜市南区 横浜市保土ヶ谷区 横浜市戸塚区 横浜市港南区 横浜市旭区 横浜市緑区 横浜市瀬谷区 横浜市泉区 横浜市青葉区 横浜市都筑区 川崎市幸区 川崎市中原区 川崎市宮前区 平塚市 茅ヶ崎市 大和市 海老名市 座間市 綾瀬市 相模原市 厚木市 伊勢原市 南足柄市 中井町 大井町 松田町
新潟県		南魚沼市 刈羽村
山梨県		山中湖村 富士河口湖町 甲府市 南アルプス市 北杜市 笛吹市 甲州市 市川三郷町 富士川町
長野県		佐久市 南牧村
静岡県	御殿場市	

注1：本表は、3月30日気象庁報道発表資料（「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」により各地で観測された震度について）をもとに作成したものであり、その後、4月25日に気象庁が発表した「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」及び同地震以降の地震により各地で観測された震度等について（第2報）」における震度とは一部の市区町村において異なる場合がある。

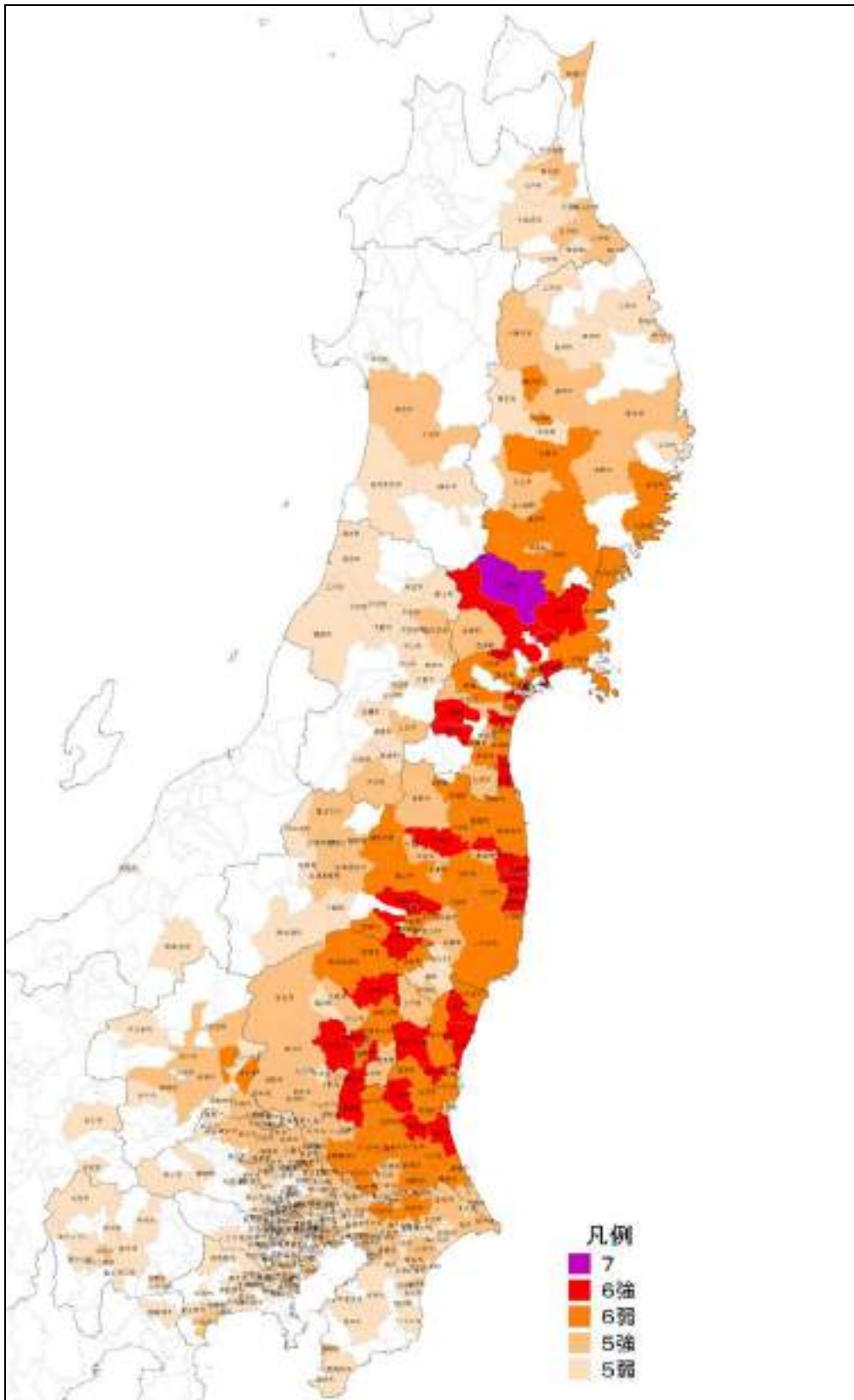


図 3.1-1 本震時の震度分布（震度 5 弱以上が観測された市区町村のみ）

注 1：本図は 3 月 30 日気象庁報道発表資料（「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」により各地で観測された震度について）をもとに作成したものであり、その後、4 月 25 日に気象庁が発表した「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」及び同地震以降の地震により各地で観測された震度等について（第 2 報）」における震度とは一部の市区町村において異なる場合がある。

3.2 災害関連法の適用

3.2.1 災害救助法等

(1) 災害救助法

- ・適用対象市区町村：岩手県、宮城県、東京都、福島県、青森県、茨城県、栃木県及び千葉県の8都県内の、表3.2-1に掲げる市区町村に適用となっている。
- ・適用年月日：平成23年3月11日

(2) 被災者生活再建支援法

適用地域：岩手県全域、福島県全域、青森県全域、宮城県全域、茨城県全域、千葉県全域、栃木県全域

適用年月日：平成23年3月11日

3.2.2 激甚災害の指定

平成23年3月13日付で、平成23年3月11日発生の「平成23年東北地方太平洋沖地震」による災害が「激甚災害に対処するための特別の財政援助等に関する法律」の適用となる災害として指定を行う政令が公布・施行された。

3.2.3 特定非常災害の指定

平成23年3月13日付で、「特定非常災害の被害者の権利利益の保全等を図るための特別措置に関する法律」に基づき、平成23年東北地方太平洋沖地震による災害を特定非常災害として指定を行う政令が公布・施行され、法第3条から第5条について適用された。

3.2.4 建築制限

(1) 建築基準法に基づく建築制限

宮城県及び石巻市は、被災地域における建築物の無秩序な建築を防止するため、建築基準法第84条の規定に基づき、4月8日に建築制限区域等を指定し、建築物の建築の制限を実施し、4月12日に期限を5月11日までに延長した。指定区域は、石巻市、気仙沼市、名取市、東松島市、女川町、南三陸町の4市2町である。

(2) 建築制限に関する新法の制定

被災地において災害発生の日から最長8ヶ月間建築制限を行えることとする「東日本大震災により甚大な被害を受けた市街地における建築制限の特例に関する法律」が4月28日に成立し、同29日に公布・施行された。

宮城県及び石巻市は、上記特例法の規定に基づき、5月11日に建築制限区域等を指定し、建築物の建築の制限を5月12日から9月11日まで実施している。

表 3.2-1 災害救助法適用市区町村

都県名	市区町村名
岩手県	宮古市、大船渡市、久慈市、陸前高田市、釜石市、上閉伊郡大槌町、下閉伊郡山田町、同岩泉町、同田野畑村、同普代村、九戸郡野田村、同洋野町、盛岡市、花巻市、北上市、遠野市、一関市、二戸市、八幡平市、奥州市、岩手郡雫石町、同葛巻町、同岩手町、同滝沢村、紫波郡紫波町、同矢巾町、和賀郡西和賀町、胆沢郡金ヶ崎町、西磐井郡平泉町、東磐井郡藤沢町、気仙郡住田町、九戸郡軽米町、同九戸村、二戸郡一戸町
宮城県	仙台市、石巻市、塩竈市、気仙沼市、白石市、名取市、角田市、多賀城市、岩沼市、登米市、栗原市、東松島市、大崎市、刈田郡蔵王町、柴田郡大河原町、同川崎町、亶理郡亶理町、同山元町、宮城郡松島町、同七ヶ浜町、同利府町、黒川郡大和町、同富谷町、同大衡村、遠田郡涌谷町、牡鹿郡女川町、本吉郡南三陸町、刈田郡七ヶ宿町、柴田郡村田町、同柴田町、伊具郡丸森町、黒川郡大郷町、加美郡色麻町、同加美町、遠田郡美里町
東京都	千代田区、中央区、港区、新宿区、文京区、台東区、墨田区、江東区、品川区、目黒区、大田区、世田谷区、渋谷区、中野区、杉並区、豊島区、北区、荒川区、板橋区、練馬区、足立区、葛飾区、江戸川区、八王子市、立川市、三鷹市、青梅市、府中市、昭島市、調布市、町田市、小金井市、小平市、日野市、東村山市、国分寺市、国立市、福生市、東大和市、清瀬市、多摩市、稲城市、羽村市、あきる野市、西東京市、西多摩郡瑞穂町、武蔵野市
福島県	福島市、会津若松市、郡山市、いわき市、白河市、須賀川市、喜多方市、相馬市、二本松市、田村市、南相馬市、伊達市、本宮市、伊達郡桑折町、同国見町、同川俣町、安達郡大玉村、岩瀬郡鏡石町、同天栄村、耶麻郡磐梯町、同猪苗代町、河沼郡会津坂下町、同湯川村、大沼郡会津美里町、西白河郡西郷村、同泉崎村、同中島村、同矢吹町、東白河郡棚倉町、同矢祭町、石川郡石川町、同玉川村、同平田村、同浅川町、同古殿町、田村郡三春町、同小野町、双葉郡広野町、同檜葉町、同富岡町、同川内村、同大熊町、同双葉町、同浪江町、同葛尾村、相馬郡新地町、同飯館村、南会津郡下郷町、同南会津町、同桧枝岐村、同只見町、耶麻郡北塩原村、同西会津町、川沼郡柳津町、大沼郡三島町、同金山町、同昭和村、東白河郡塙町、同鮫川村
青森県	八戸市、上北郡おいらせ町
茨城県	水戸市、日立市、土浦市、石岡市、龍ヶ崎市、下妻市、常総市、常陸太田市、高萩市、北茨城市、笠間市、取手市、牛久市、つくば市、ひたちなか市、鹿嶋市、潮来市、常陸大宮市、かすみがうら市、桜川市、神栖市、行方市、鉾田市、つくばみらい市、小美玉市、東茨城郡茨城町、同大洗町、同城里町、那珂郡東海村、久慈郡大子町、稲敷郡阿見町、那珂市、稲敷郡美浦村、同河内町、筑西市、稲敷市、北相馬郡利根町
栃木県	宇都宮市、小山市、真岡市、大田原市、矢板市、那須烏山市、さくら市、那須塩原市、芳賀郡益子町、同茂木町、同市貝町、同芳賀町、塩谷郡高根沢町、那須郡那須町、同那珂川町
千葉県	旭市、香取市、山武市、山武郡九十九里町、千葉市美浜区、習志野市、我孫子市、浦安市

注1：適用の根拠となる被害の状況は次のⅠ～Ⅲ。

- Ⅰ： 3月11日の地震発生後、余震が続いており、岩手県、宮城県、福島県、青森県、茨城県、栃木県及び千葉県において、多数の者が生命又は身体に危害を受け、又は受けるおそれが生じ、避難して継続的に救助を必要としている。
- Ⅱ： 東京都においては、大量の帰宅困難者が発生し、避難所において食品等の給与を行う必要が生じている。
- Ⅲ： 千葉県においては、千葉市美浜区、習志野市、我孫子市及び浦安市において多数の住家に被害が生じている。

注2：厚生労働省発表資料「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震にかかる災害救助法の適用について」(3月24日付)による(記載順とも)。

3.3 人的被害

3.3.1 死傷者

一連の地震による死者、行方不明者、負傷者の状況は表 3.3-1 のとおり。

3.3.2 避難状況

避難所及び避難者の状況を表 3.3-1 に示す。震災発生後 1 カ月以上を経過し、4 月 20 日時点では減少傾向にあるが、なお、18 都県で合計 133,656 人が避難している。

表 3.3-1 人的被害及び避難の状況

都道県名	人的被害			避難状況		
	死者	行方不明	負傷者	避難所	避難者	備考
北海道	1		3	361	1,041	岩手県、宮城県、福島県等からの避難者
青森県	3	1	61	313	879	岩手県、宮城県、福島県からの避難者を含む
岩手県	4,047	3,822	165	373	43,295	
宮城県	8,505	7,884	3,436	415	42,570	福島県からの避難者を含む
秋田県			12	97	539	岩手県、宮城県、福島県からの避難者
山形県	2		29	43	1,452	宮城県、福島県からの避難者
福島県	1,412	2,044	227	193	25,962	
東京都	7		90	26	942	岩手県、宮城県、福島県等からの避難者
茨城県	23	1	693	44	643	宮城県、福島県からの避難者を含む
栃木県	4		135	25	888	宮城県、福島県からの避難者を含む
群馬県	1		35	59	2,929	岩手県、宮城県、福島県等からの避難者
埼玉県			42	48	3,625	岩手県、宮城県、福島県等からの避難者
千葉県	18	2	224	64	1,257	福島県からの避難者を含む
神奈川県	4		139	72	697	宮城県、福島県等からの避難者
新潟県			3	54	4,383	岩手県、宮城県、福島県等からの避難者
山梨県			2	135	842	宮城県、福島県等からの避難者
長野県				130	957	岩手県、宮城県、福島県等からの避難者
静岡県			4	43	755	宮城県、福島県等からの避難者
その他			2			
計	14,027	13,754	5,302	2,491	133,656	

注 1：警察庁公表資料「平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置」(4 月 20 日付)より作成

注 2：人的被害の集計には、宮城県沖を震源とする地震(4/7・死者 4 名・負傷者多数)、福島県浜通りを震源とする地震(4/11・死者 5 名・負傷者 12 名)、同(4/12・負傷者 5 名)による被害を含む。

注 3：現在も行方不明者多数であり、全容把握に至っていない。

注 4：表中、都道県名の「その他」は、三重県、高知県の 2 県。

3.4 建築・住宅等に係る被害

3.4.1 住宅等の全半壊・火災被害等

住宅及び住宅以外の建物に関する被害は表 3.4-1 のとおり。なお、警察庁の集計では、ここに掲げた以外に床上・床下浸水等の被害も含まれているが、ここでは省略した。

3.4.2 火災発生件数

建築・住宅火災以外の火災を含む発生件数を表 3.4-1 の右欄に記した。(4月20日付消防庁資料)

表 3.4-1 住宅等の被害戸数(全半壊・火災による被害等)

都道県名	住宅等の被害					火災発生件数 (住宅等以外の火災を含む)※	
	全・半壊		火災被害		一部破損		非住家
	全壊	半壊	全焼	半焼			
北海道					5	473	
青森県	281	1,019			77	1,223	5
岩手県	20,937	2,716	15		1,604	1,534	26
宮城県	69,224	25,284	119		32,467	15,943	194
秋田県					3	3	1
山形県	37	80					
福島県	14,496	18,857	77	3	57,277	975	11
東京都		11	3		257	20	35
茨城県	1,752	10,290	37		117,973	6,757	37
栃木県	237	1,766			49,305	295	
群馬県		1			15,428	195	2
埼玉県		5	1	1	1,800	33	13
千葉県	732	2,813	5		20,989	369	14
神奈川県					8		6
その他					13	16	1
合計	107,696	62,842	261		297,206	27,836	345

注1: 警察庁公表資料「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置」(5月30日付)より作成(※欄を除く(注5))

注2: 宮城県沖を震源とする地震(4/7)、福島県浜通りを震源とする地震(4/11)、同(4/12)による被害を含む。

注3: 未確認情報を含む。なお、「全壊」には津波による流失戸数も含まれる。(同庁の4月20日時点の集計表では津波による流失戸数が別欄で計上されていたが、その後この形に統一されている。)

注4: 表中、都道県名の「その他」は、新潟県、静岡県、三重県、徳島県、高知県の5県。

注5: ※欄の火災発生件数は、消防庁公表資料「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)について(第109報)」(4月20日付)による。

3.5 危険度判定の状況

3.5.1 被災建築物応急危険度判定

10都県、144市町村において、延べ7,382人の応急危険度判定士により81,830件の判定が実施され、10,276件について危険(赤)と判定されている(4月20日10:00現在)。判定結果(速報)は表3.5.1-1、表3.5.1-1のとおりである。

宮城県に対しては、4月14日より北海道、青森県、山形県及び新潟県が延べ292人の判定士による応援を実施した。

表3.5.1-1 都県別被災建築物応急危険度判定の実施状況及び判定結果

	判定件数 (件)	判定結果(件)			「危険」 の割合 (%)	「要注意」 の割合 (%)	延べ班 (班)	延べ人員 (名)	
		危険 (赤)	要注意 (黄)	調査済 (緑)					
全 体	81830	10276	19832	51722	12.6	24.2	4182	8762	
都 県 別	岩 手 県	1000	153	414	433	15.3	41.4	102	197
	宮 城 県	39390	4124	5656	29610	10.5	14.4	1119	2257
	福 島 県	13895	3002	5355	5538	21.6	38.5	835	1696
	茨 城 県	15863	1561	4684	9618	9.8	29.5	450	929
	栃 木 県	4943	656	1777	2510	13.3	35.9	368	832
	群 馬 県	110	30	61	19	27.3	55.5	43	120
	埼 玉 県	125	0	42	83	0.0	33.6	14	38
	千 葉 県	5515	677	1625	3213	12.3	29.5	229	601
	東 京 都	448	59	137	252	13.2	30.6	157	351
	神 奈 川 県	541	14	81	446	2.6	15.0	166	361

注1: 国土交通省公表資料「東日本大震災・住宅局の対応状況」(4月20日付)より作成

注2: 「危険」の割合(%)及び「要注意」の割合(%)は、地方公共団体が判定を実施した件数に対するものであり、各地域に存する建物全数に対するものではない。

表 3.5.1-2 被災建築物応急危険度判定の実施状況及び判定結果(市区町村別)

	危険 (赤)	要注意 (黄)	調査済 (緑)	計	延べ班	延べ人員
岩手県	153 件	414 件	433 件	1,000 件	102 班	197 人
北上市	11 件	16 件	6 件	33 件	14 班	16 人
一関市	98 件	305 件	281 件	684 件	68 班	140 人
奥州市	44 件	93 件	146 件	283 件	20 班	41 人
宮城県	4,124 件	5,656 件	29,610 件	39,390 件	1,119 班	2,257 人
仙台市	1,299 件	2,286 件	4,476 件	8,061 件	557 班	1,087 人
石巻市	221 件	104 件	9,074 件	9,399 件	31 班	72 人
塩竈市	132 件	196 件	4,411 件	4,739 件	33 班	36 人
白石市	234 件	448 件	1,857 件	2,539 件	53 班	108 人
名取市	67 件	192 件	3,070 件	3,329 件	26 班	58 人
角田市	13 件	19 件	16 件	48 件	3 班	6 人
岩沼市	204 件	261 件	1,383 件	1,848 件	32 班	51 人
登米市	334 件	150 件	434 件	918 件	34 班	73 人
栗原市	221 件	308 件	587 件	1,116 件	48 班	115 人
大崎市	338 件	396 件	1,876 件	2,610 件	88 班	187 人
蔵王町	47 件	56 件	40 件	143 件	11 班	22 人
大河原町	6 件	9 件	7 件	22 件	3 班	9 人
村田町	18 件	26 件	3 件	47 件	4 班	12 人
柴田町	149 件	62 件	4 件	215 件	19 班	44 人
丸森町	8 件	20 件	11 件	39 件	11 班	22 人
亘理町	472 件	209 件	240 件	921 件	27 班	61 人
山元町	56 件	78 件	557 件	691 件	9 班	25 人
松島町	45 件	56 件	9 件	110 件	14 班	33 人
七ヶ浜町	64 件	278 件	614 件	956 件	28 班	69 人
利府町	2 件	6 件	36 件	44 件	2 班	2 人
大和町	25 件	95 件	25 件	145 件	8 班	16 人
大郷町	35 件	104 件	56 件	195 件	7 班	22 人
富谷町	11 件	56 件	40 件	107 件	22 班	44 人
加美町	15 件	40 件	39 件	94 件	17 班	34 人
涌谷町	96 件	192 件	736 件	1,024 件	28 班	40 人
美里町	12 件	9 件	9 件	30 件	4 班	9 人
福島県	3,002 件	5,355 件	5,538 件	13,895 件	835 班	1,696 人
福島市	114 件	238 件	156 件	508 件	42 班	84 人
郡山市	702 件	899 件	1,714 件	3,315 件	245 班	493 人
いわき市	201 件	1,083 件	156 件	1,440 件	102 班	206 人
白河市	259 件	486 件	275 件	1,020 件	89 班	144 人
須賀川市	321 件	375 件	588 件	1,284 件	48 班	102 人
相馬市	8 件	12 件	0 件	20 件	2 班	4 人
田村市	6 件	4 件	0 件	10 件	2 班	4 人
伊達市	74 件	49 件	30 件	153 件	19 班	50 人
本宮市	34 件	194 件	114 件	342 件	17 班	34 人
桑折町	35 件	36 件	12 件	83 件	4 班	8 人
国見町	159 件	194 件	130 件	483 件	15 班	45 人
川俣町	5 件	18 件	9 件	32 件	2 班	4 人
鏡石町	207 件	416 件	730 件	1,353 件	36 班	72 人
天栄村	102 件	141 件	79 件	322 件	10 班	23 人
磐梯町	0 件	0 件	2 件	2 件	2 班	4 人
猪苗代町	63 件	45 件	0 件	108 件	14 班	28 人
会津坂下町	12 件	15 件	2 件	29 件	2 班	4 人
湯川村	11 件	0 件	0 件	11 件	1 班	4 人
会津美里町	0 件	1 件	0 件	1 件	1 班	3 人
西郷村	74 件	89 件	60 件	223 件	13 班	26 人
泉崎村	114 件	182 件	157 件	453 件	17 班	36 人
中島村	87 件	205 件	466 件	758 件	44 班	95 人
矢吹町	243 件	255 件	86 件	584 件	35 班	73 人
棚倉町	4 件	4 件	22 件	30 件	8 班	16 人
鮫川村	4 件	3 件	0 件	7 件	2 班	4 人
石川町	3 件	43 件	100 件	146 件	11 班	25 人
古殿町	4 件	6 件	3 件	13 件	1 班	2 人
小野町	9 件	2 件	11 件	22 件	3 班	6 人
新地町	147 件	360 件	636 件	1,143 件	48 班	97 人

(以下、次ページに続く。)

表 3.5.1-2 (前ページより続き)

茨城県	1,561 件	4,684 件	9,618 件	15,863 件	450 班	929 人
水戸市	95 件	387 件	853 件	1,335 件	48 班	96 人
日立市	53 件	233 件	62 件	348 件	17 班	34 人
土浦市	125 件	467 件	1,565 件	2,157 件	54 班	111 人
石岡市	69 件	301 件	486 件	856 件	34 班	65 人
結城市	8 件	3 件	8 件	19 件	3 班	6 人
常総市	5 件	8 件	5 件	18 件	1 班	4 人
常陸太田市	215 件	570 件	648 件	1,433 件	46 班	93 人
高萩市	208 件	337 件	654 件	1,199 件	20 班	49 人
北茨城市	11 件	30 件	35 件	76 件	6 班	12 人
笠間市	12 件	31 件	67 件	110 件	8 班	17 人
つくば市	11 件	219 件	2,043 件	2,273 件	22 班	45 人
ひたちなか市	118 件	216 件	583 件	917 件	30 班	60 人
潮来市	23 件	113 件	491 件	627 件	20 班	40 人
常陸大宮市	18 件	72 件	60 件	150 件	6 班	9 人
那珂市	89 件	164 件	119 件	372 件	15 班	30 人
板東市	10 件	23 件	180 件	213 件	8 班	20 人
稲敷市	42 件	105 件	90 件	237 件	8 班	21 人
桜川市	178 件	736 件	977 件	1,891 件	46 班	95 人
神栖市	25 件	234 件	148 件	407 件	16 班	35 人
行方市	28 件	53 件	26 件	107 件	3 班	6 人
鉾田市	91 件	237 件	411 件	739 件	17 班	34 人
小美玉市	19 件	24 件	21 件	64 件	4 班	8 人
茨城町	83 件	40 件	0 件	123 件	8 班	19 人
大洗町	12 件	28 件	28 件	68 件	3 班	6 人
美浦村	1 件	2 件	2 件	5 件	1 班	2 人
阿見町	0 件	5 件	13 件	18 件	2 班	4 人
河内町	11 件	31 件	28 件	70 件	2 班	4 人
利根町	1 件	15 件	15 件	31 件	2 班	4 人
栃木県	656 件	1,777 件	2,510 件	4,943 件	368 班	832 人
宇都宮市	270 件	928 件	1,681 件	2,879 件	150 班	393 人
栃木市	0 件	11 件	8 件	19 件	14 班	29 人
佐野市	0 件	2 件	9 件	11 件	4 班	11 人
鹿沼市	2 件	6 件	7 件	15 件	10 班	20 人
日光市	0 件	1 件	0 件	1 件	1 班	2 人
真岡市	7 件	81 件	8 件	96 件	18 班	36 人
大田原市	12 件	35 件	12 件	59 件	23 班	39 人
矢板市	53 件	55 件	32 件	140 件	11 班	22 人
那須塩原市	25 件	33 件	15 件	73 件	20 班	45 人
さくら市	25 件	35 件	64 件	124 件	17 班	34 人
那須烏山市	44 件	105 件	198 件	347 件	22 班	41 人
益子町	31 件	66 件	29 件	126 件	7 班	14 人
市貝町	28 件	17 件	18 件	63 件	4 班	8 人
芳賀町	63 件	70 件	42 件	175 件	13 班	30 人
高根沢町	91 件	322 件	373 件	786 件	44 班	94 人
那珂川町	5 件	10 件	14 件	29 件	10 班	14 人
群馬県	30 件	61 件	19 件	110 件	43 班	120 人
桐生市	28 件	54 件	12 件	94 件	34 班	96 人
太田市	0 件	3 件	6 件	9 件	5 班	11 人
渋川市	2 件	2 件	1 件	5 件	3 班	10 人
邑楽町	0 件	2 件	0 件	2 件	1 班	3 人
埼玉県	0 件	42 件	83 件	125 件	14 班	38 人
久喜市	0 件	42 件	83 件	125 件	14 班	38 人
千葉県	677 件	1,625 件	3,213 件	5,515 件	229 班	601 人
成田市	26 件	62 件	42 件	130 件	54 班	110 人
佐倉市	6 件	64 件	92 件	162 件	19 班	38 人
旭市	248 件	535 件	1,577 件	2,360 件	77 班	185 人
習志野市	12 件	197 件	824 件	1,033 件	45 班	90 人
印西市	6 件	7 件	11 件	24 件	10 班	21 人
香取市	357 件	725 件	616 件	1,698 件	15 班	138 人
栄町	15 件	27 件	47 件	89 件	7 班	15 人
東庄町	7 件	8 件	4 件	19 件	2 班	4 人

(以下、次ページに続く。)

表 3.5.1-2 (前ページより続き)

東京都		59 件	137 件	252 件	448 件	157 班	351 人
	墨田区	15 件	42 件	30 件	87 件	19 班	43 人
	江東区	1 件	0 件	0 件	1 件	1 班	2 人
	目黒区	0 件	1 件	0 件	1 件	1 班	2 人
	渋谷区	1 件	13 件	22 件	36 件	14 班	47 人
	板橋区	4 件	9 件	8 件	21 件	8 班	24 人
	練馬区	1 件	0 件	0 件	1 件	1 班	2 人
	足立区	23 件	57 件	158 件	238 件	80 班	163 人
	葛飾区	4 件	3 件	4 件	11 件	11 班	22 人
	江戸川区	10 件	10 件	21 件	41 件	14 班	29 人
	武蔵野市	0 件	0 件	2 件	2 件	1 班	2 人
	三鷹市	0 件	0 件	1 件	1 件	1 班	2 人
	府中市	0 件	0 件	1 件	1 件	1 班	2 人
	東久留米市	0 件	0 件	2 件	2 件	2 班	4 人
	多摩市	0 件	1 件	3 件	4 件	2 班	4 人
	西東京市	0 件	1 件	0 件	1 件	1 班	3 人
神奈川県		14 件	81 件	446 件	541 件	166 班	361 人
	横浜市	6 件	49 件	76 件	131 件	33 班	71 人
	川崎市	2 件	14 件	37 件	53 件	30 班	59 人
	鎌倉市	3 件	1 件	8 件	12 件	5 班	11 人
	藤沢市	0 件	0 件	167 件	167 件	30 班	87 人
	小田原市	0 件	0 件	27 件	27 件	8 班	16 人
	茅ヶ崎市	0 件	0 件	81 件	81 件	20 班	38 人
	秦野市	2 件	16 件	10 件	28 件	21 班	43 人
	厚木市	0 件	0 件	32 件	32 件	12 班	20 人
	座間市	0 件	0 件	1 件	1 件	1 班	4 人
	綾瀬市	0 件	0 件	2 件	2 件	2 班	4 人
	葉山町	0 件	0 件	1 件	1 件	1 班	2 人
	寒川町	1 件	1 件	3 件	5 件	2 班	4 人
	愛川町	0 件	0 件	1 件	1 件	1 班	2 人
合計		10,276 件	19,832 件	51,722 件	81,830 件	3,483 班	7,382 人

注 1:国土交通省公表資料「東日本大震災(第 51 報) (平成 23 年 4 月 20 日 10:00 作成)」による

3.5.2 被災宅地危険度判定

被災宅地危険度判定については、以下の9県35市町村について調査を行い、3,339箇所(調査箇所中、695件が「危険」、1,210件が「要注意」と判定された。4月20日までの判定結果(速報)は表3.5.2-1のとおりである。

仙台市に対しては、3月23日～4月3日の期間で39公共団体から広域支援を実施(のべ589名を派遣)、さらに、4月19日～4月22日の期間で20公共団体1法人から第二次広域支援を実施中(のべ122名を派遣)。

表3.5.2-1 被災宅地危険度判定の実施状況及び判定結果(市町村別)

	危険 (赤)	要注意 (黄)	調査済 (青)	計
岩手県	51件	58件	65件	174件
二戸市	1件	2件	0件	3件
一関市	42件	48件	13件	103件
奥州市	8件	8件	52件	68件
宮城県	471件	833件	1,107件	2,411件
仙台市	391件	701件	1,060件	2,152件
加美町	10件	6件	4件	20件
亘理町	3件	4件	2件	9件
松島町	49件	71件	10件	130件
利府町	5件	20件	21件	46件
角田市	0件	3件	0件	3件
岩沼市	7件	27件	6件	40件
大和町	5件	1件	4件	10件
川崎町	1件	0件	0件	1件
福島県	10件	4件	3件	17件
桑折町	9件	1件	1件	11件
大玉村	1件	3件	2件	6件
茨城県	30件	62件	42件	134件
ひたちなか市	21件	33件	26件	80件
土浦市	6件	13件	14件	33件
小美玉市	2件	11件	1件	14件
結城市	0件	1件	0件	1件
牛久市	1件	4件	1件	6件
栃木県	85件	199件	99件	383件
宇都宮市	13件	23件	0件	36件
鹿沼市	0件	6件	2件	8件
日光市	0件	1件	4件	5件
真岡市	7件	71件	8件	86件
大田原市	2件	11件	0件	13件
矢板市	33件	38件	31件	102件
さくら市	4件	3件	2件	9件
高根沢町	12件	8件	8件	28件
那須烏山市	11件	34件	43件	88件
益子町	3件	4件	1件	8件
群馬県	24件	9件	6件	39件
桐生市	21件	3件	5件	29件
渋川市	3件	6件	1件	10件
埼玉県	0件	27件	104件	131件
久喜市	0件	27件	104件	131件
千葉県	10件	18件	8件	36件
成田市	6件	12件	4件	22件
香取市	4件	6件	4件	14件
新潟県	14件	0件	0件	14件
津南町	14件	0件	0件	14件
合計	695件	1,210件	1,434件	3,339件

注1:国土交通省「東日本大震災(第52報)(4月21日10:00作成)」による。

3.6 ライフラインの被害

電力、ガス、上下水道など、ライフラインの被害状況を表 3.6-1～3.6-5 に示す。

表 3.6-1 電力関係の被害状況（停電）

	3月11日	4月20日
東北電力管内	約 4,400,000 戸	145,700 戸
東京電力管内	約 4,050,000 戸	0 戸

注:両社発表資料による

表 3.6-2 ガス関係の被害状況（供給停止等）

	供給停止戸数	復旧対象戸数	残りの復旧対象戸数 (4月20日現在)
青森県	1,236 戸	1,236 戸	0 戸
岩手県	7,000 戸	6,342 戸	0 戸
宮城県	384,617 戸	328,687 戸	4,188 戸
福島県	18,586 戸	18,655 戸	0 戸
茨城県	37,597 戸	37,597 戸	0 戸
埼玉県	150 戸	150 戸	0 戸
千葉県	8,889 戸	8,889 戸	0 戸
神奈川県	420 戸	420 戸	0 戸
計	458,495 戸	401,976 戸	4,188 戸

注1：一般社団法人 日本ガス協会発表資料による

注2：「供給停止戸数」は、3月23日現在の数字にその後の修正を反映させている。

注3：『復旧対象戸数』とは、供給停止戸数から、地震・津波による家屋倒壊等が確認された戸数を差し引いたもの」とされている。

注4：残りの復旧対象戸数はすべて石巻ガス(株)に係るものである。

表 3.6-3 水道関係の被害状況（断水）

	3月15日	4月20日
青森県	40戸	0戸
岩手県	約110,000戸	約25,000戸
宮城県	約320,000戸	約52,000戸
福島県	約320,000戸	約6,600戸
秋田県	約1,400戸	0戸
山形県	約6,600戸	0戸
茨城県	約670,000戸	約8,300戸
栃木県	約10,000戸	約430戸
千葉県	約230,000戸	0戸
新潟県	約2,700戸	0戸
長野県	約800戸	0戸
岐阜県	30戸	0戸
計	約1,700,000戸	約90,000戸

注1:厚生労働省発表資料による

注2:3月15日は、資料における全国の断水戸数の数字が最大となった日である。

表 3.6-4 通信関係の被害状況（不通）

	3月12日	4月20日
加入電話	約879,500回線	約30,300回線
ISDN	約122,900回線	約5,400回線
フレッツ光	約398,900回線	約12,700回線

注1:NTT東日本発表資料による

注2:3月12日は、資料における不通回線数の数字が最大となった日である。

表 3.6-5 下水道関係の被害状況

		震災当初	4月20日
処理施設	稼働停止・施設損傷等	109	61
ポンプ施設	稼働停止・施設損傷等	107	71
管渠	被害延長	917km	
マンホール	被害マンホール数	21,534箇所	

注1:国土交通省発表資料による。

注2:稼働停止・施設損傷等には不明を含む。

注3:管渠、マンホールの数字は、4月20日現在で被害の確認された131市町村のものである。

3.7 応急仮設住宅等の確保状況等

被災者のための応急的な住宅確保等のために、被災地での応急仮設住宅の建設、全国の公営住宅等の提供などが進められている。

3.7.1 応急仮設住宅の建設

応急仮設住宅の4月20日時点における各県の必要戸数と着工・完成状況は表3.7.1-1のとおりである。

応急仮設住宅の早期確保に向け、国土交通大臣より（社）住宅生産団体連合会に対し、おおむねか月で少なくとも約3万戸供給できるよう要請（3月14日）し、さらにその後の3ヶ月で3万戸程度の供給が行えるよう、供給の主力となる（社）住宅生産団体連合会に対し要請（4月5日）している。

表 3.7.1-1 応急仮設住宅の必要戸数と着工・完成状況(4月20日時点)

県名	必要戸数 (※は当面の必要戸数)	着工予定		着工済み		
		地区数	戸数	地区数	戸数	着工済みのうち 完成戸数
岩手県	※18,000戸	28地区	1,918戸	48地区	3,843戸	226戸
宮城県	※30,000戸	13地区	1,160戸	49地区	5,370戸	—
福島県	※24,000戸	4地区	503戸	40地区	3,159戸	229戸
栃木県	20戸	—	—	1地区	20戸	—
千葉県	230戸	—	—	3地区	230戸	—
長野県	40戸	—	—	2地区	40戸	—
合計	72,290戸	45地区	3,581戸	143地区	12,662戸	455戸

注1：国土交通省公表資料「東日本大震災・住宅局の対応状況」（4月20日付）、「応急仮設住宅着工状況」（4月20日12時現在）より作成

3.7.2 公営住宅等の活用

被災者のための当面の住まいとして、全国の公営住宅等、UR賃貸住宅の提供が行われている。4月20日時点での提供状況は表3.7.2-1のとおりである。国土交通省では3月22日に「被災者向け公営住宅等情報センター」を設置し、広域的に確保されている公営住宅等の情報を一元的に提供している。その後、国家公務員宿舎及び雇用促進住宅の情報も対象に追加した。

上記のほか、民間賃貸住宅を活用するため、国土交通省は、賃貸住宅・不動産業関係団体に協力を要請するとともに、上記の「情報センター」での情報提供を実施している。

表 3.7.2-1 提供可能な空き室等の状況

	全国	(うち東北地方)	うち入居決定
公営住宅等	約22,000戸	約1,600戸	約3,700戸
UR賃貸住宅	約5,100戸	約130戸	約660戸

注1：国土交通省公表資料「東日本大震災・住宅局の対応状況」（4月20日付）より作成

3.8 エレベーターの閉じ込め

3月11日に発生した地震等によるエレベーターの閉じ込めの発生状況については表3.8-1のとおりである。

表 3.8-1 エレベーターの閉じ込め発生状況

地震	閉じ込め発生台数	発生都道県
3月11日に発生した地震	207台	北海道、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、群馬県、埼玉県、千葉県、秋田県、山形県、東京都、神奈川県、山梨県、静岡県、愛知県
4月7日に発生した宮城県沖を震源とする地震	16台	青森県、岩手県、宮城県、山形県
4月11日に発生した福島県浜通りを震源とする地震	31台	宮城県、福島県、茨城県、栃木県、東京都
4月12日に発生した福島県浜通りを震源とする地震	3台	福島県、茨城県
4月16日に発生した栃木県南部を震源とする地震	6台	栃木県、埼玉県、千葉県、東京都

注1：国土交通省公表資料「東日本大震災・住宅局の対応状況」（4月20日付）より作成

注2：上記は大手5社(※)が保守を行っているエレベーターについての集計である。

(※)大手5社：三菱電機ビルテクノサービス(株)、(株)日立ビルシステム、東芝エレベータ(株)、日本オーチス・エレベータ(株)、フジテック(株)

3.9 津波浸水範囲の状況

3.9.1 津波浸水範囲の面積等

国土地理院が空中写真及び衛星画像から判読した津波による浸水範囲の面積(概略値)は、青森県、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県との6県合計で561km²である。また、市区町村別にみたものが表3.9.1-1である。

表 3.9.1-1 市区町村別津波浸水範囲面積(概略値)

県	市区町村	浸水面積 (km ²)	市区町村面積 (km ²)
青森県		24	844
	八戸市	9	305
	三沢市	6	120
	六ヶ所村	5	253
	おいらせ町	3	72
	階上町	0.5	94
岩手県		58	4,946
	宮古市	10	1,260
	大船渡市	8	323
	久慈市	4	623
	陸前高田市	13	232
	釜石市	7	441
	大槌町	4	201
	山田町	5	263
	岩泉町	1	993
	田野畑村	1	156
	普代村	1	70
	野田村	2	81
洋野町	1	303	
宮城県		327	2,003
	仙台市宮城野区	20	58
	仙台市若林区	29	48
	仙台市太白区	3	228
	石巻市	73	556
	塩竈市	6	18
	気仙沼市	18	333
	名取市	27	100
	多賀城市	6	20
	岩沼市	29	61
	東松島市	37	102
	亘理町	35	73
	山元町	24	64
	松島町	2	54
	七ヶ浜町	5	13
	利府町	0.5	45
	女川町	3	66
南三陸町	10	164	
福島県		112	2,456
	いわき市	15	1,231
	相馬市	29	198
	南相馬市	39	399
	広野町	2	58
	楡葉町	3	103
	富岡町	1	68
	大熊町	2	79
	双葉町	3	51
	浪江町	6	223
	新地町	11	46
茨城県		23	1,444
	水戸市	1	217
	日立市	4	226
	高萩市	1	194
	北茨城市	3	187
	ひたちなか市	3	99
	鹿嶋市	3	106
	神栖市	3	147
	鉾田市	2	208
	大洗町	2	23
東海村	3	37	
千葉県		17	689
	銚子市	1	84
	旭市	3	130
	匝瑳市	1	102
	山武市	6	146
	大網白里町	0.5	58
	九十九里町	2	24
	横芝光町	1	67
	一宮町	1	23
	長生村	1	28
	白子町	1	27
合計		561	12,382

注1: 国土地理院「津波による浸水範囲の面積(概略値)について(第5報)」(4月18日付)をもとに作成。

注2: 浸水面積が0.5km²未満の場合は0.5とし、それ以上は1km²単位で四捨五入していることから、市区町村別の浸水面積の合計と県および全体の「合計」欄の値は一致するとは限らない。

3.9.2 津波浸水範囲の人口等

津波浸水範囲における人口、世帯数については、国土地理院が航空写真・衛星画像等を基に解析し作成した浸水範囲概況を用いて、総務省統計局が平成22年国勢調査の速報人口を基本単位区別に集計した結果が公表されている（表3.9.2-1）

表3.9.2-1 浸水範囲概況にかかる人口・世帯数（平成22年国勢調査人口速報集計結果による）

県	市区町村	浸水範囲概況にかかる人口及び世帯数(a)		当該市区町村の人口及び世帯数(b)		浸水範囲概況の割合(%) (a)÷(b)×100	
		人口	世帯数	人口	世帯数	人口	世帯数
青森県		15,838	5,375	335,968	129,666	4.7	4.1
	八戸市	5,229	1,760	237,473	91,925	2.2	1.9
	三沢市	1,924	589	41,260	16,246	4.7	3.6
	六ヶ所村	3,453	1,349	11,092	4,751	31.1	28.4
	おいらせ町	3,820	1,203	24,188	8,329	15.8	14.4
	東通村	223	81	7,253	2,710	3.1	3.0
	階上町	1,189	393	14,702	5,705	8.1	6.9
岩手県		107,503	39,673	274,114	101,900	39.2	38.9
	宮古市	18,378	7,209	59,442	22,504	30.9	32.0
	大船渡市	19,073	6,957	40,738	14,814	46.8	47.0
	久慈市	7,171	2,553	36,875	14,015	19.4	18.2
	陸前高田市	16,640	5,592	23,302	7,794	71.4	71.7
	釜石市	13,164	5,235	39,578	16,095	33.3	32.5
	大槌町	11,915	4,614	15,277	5,674	78.0	81.3
	山田町	11,418	4,175	18,625	6,605	61.3	63.2
	岩泉町	1,137	431	10,804	4,355	10.5	9.9
	田野畑村	1,582	526	3,843	1,309	41.2	40.2
	普代村	1,115	380	3,088	1,042	36.1	36.5
	野田村	3,177	1,069	4,632	1,576	68.6	67.8
	洋野町	2,733	932	17,910	6,117	15.3	15.2
宮城県		331,902	116,758	1,205,851	466,356	27.5	25.0
	仙台市宮城野区	17,375	6,551	190,485	85,790	9.1	7.6
	仙台市若林区	9,386	2,698	132,191	58,891	7.1	4.6
	仙台市太白区	3,201	1,136	220,715	91,585	1.5	1.2
	石巻市	112,276	42,157	160,704	57,812	69.9	72.9
	塩竈市	18,718	6,973	56,490	20,314	33.1	34.3
	気仙沼市	40,331	13,974	73,494	25,464	54.9	54.9
	名取市	12,155	3,974	73,140	25,150	16.6	15.8
	多賀城市	17,144	6,648	62,979	24,047	27.2	27.6
	岩沼市	8,051	2,337	44,198	15,530	18.2	15.0
	東松島市	34,014	11,251	42,908	13,995	79.3	80.4
	亘理町	14,080	4,196	34,846	10,899	40.4	38.5
	山元町	8,990	2,913	16,711	5,233	53.8	55.7
	松島町	4,053	1,477	15,089	5,149	26.9	28.7
	七ヶ浜町	9,149	2,751	20,419	6,415	44.8	42.9
	利府町	542	192	34,000	10,819	1.6	1.8
	女川町	8,048	3,155	10,051	3,968	80.1	79.5
	南三陸町	14,389	4,375	17,431	5,295	82.5	82.6
	福島県		71,292	22,847	527,573	191,906	13.5	11.9
いわき市		32,520	11,345	342,198	128,516	9.5	8.8
相馬市		10,436	3,076	37,796	13,240	27.6	23.2
南相馬市		13,377	3,720	70,895	23,643	18.9	15.7
広野町		1,385	444	5,418	1,810	25.6	24.5
檜葉町		1,746	543	7,701	2,576	22.7	21.1

	富岡町	1,401	552	15,996	6,141	8.8	9.0
	大熊町	1,127	359	11,511	3,955	9.8	9.1
	双葉町	1,278	402	6,932	2,393	18.4	16.8
	浪江町	3,356	1,006	20,908	7,171	16.1	14.0
	新地町	4,666	1,400	8,218	2,461	56.8	56.9
茨城県		40,134	14,283	963,774	377,878	4.2	3.8
	水戸市	1,209	379	268,818	111,992	0.4	0.3
	日立市	7,211	2,791	193,129	77,932	3.7	3.6
	高萩市	1,519	596	31,014	11,656	4.9	5.1
	北茨城市	7,212	2,725	47,026	16,965	15.3	16.1
	ひたちなか市	5,616	2,049	157,012	60,276	3.6	3.4
	鹿嶋市	3,794	1,163	66,030	25,222	5.7	4.6
	神栖市	3,752	1,190	94,823	35,760	4.0	3.3
	鉾田市	3,667	1,160	50,161	16,946	7.3	6.8
	大洗町	3,982	1,482	18,331	7,020	21.7	21.1
	東海村	2,172	748	37,430	14,109	5.8	5.3
千葉県		35,531	12,490	366,965	128,986	9.7	9.7
	銚子市	2,088	856	70,225	26,948	3.0	3.2
	旭市	8,303	2,844	69,074	23,121	12.0	12.3
	匝瑳市	2,892	909	39,826	12,869	7.3	7.1
	山武市	5,358	1,719	56,086	19,297	9.6	8.9
	大網白里町	922	330	50,122	18,117	1.8	1.8
	九十九里町	7,766	2,937	18,009	6,617	43.1	44.4
	横芝光町	1,813	615	24,679	8,278	7.3	7.4
	一宮町	2,293	851	12,042	4,452	19.0	19.1
	長生村	378	126	14,751	5,030	2.6	2.5
	白子町	3,718	1,303	12,151	4,257	30.6	30.6
	合計	602,200	211,426	3,674,245	1,396,692	16.4	15.1

注1：この集計値は、平成22年10月1日現在の速報人口に基づいて、津波の浸水による直接的な被害の規模を推し量る目安となることを目的としたものであり、実際の被害や被災者数、避難者数を表すものではない。

注2：浸水範囲概況は、国土地理院提供によるデータ(4月18日公開)を使用している。航空写真・衛星画像等から推定したものであり、現地踏査で確認したものでないため、実際とは異なる場合がある。

出典：総務省「浸水範囲概況にかかる人口・世帯数(平成22年国勢調査人口速報集計による)」(4月25日付)

3.9.3 津波浸水範囲における土地利用規制の関係

国土地理院が航空写真・衛星画像等を基に解析し作成した浸水範囲概況データと、国土交通省土地利用調整課が整備している「土地利用調整総合支援ネットワークシステム(LUCKY: Land Use Control bacK-up sYstem)」の土地利用規制データを重ね合わせて、宮城県、福島県、茨城県について津波浸水範囲と都市地域、市街化区域、市街化調整区域が重なる範囲の面積を計測した(図3.9.3-1)。

「土地利用調整総合支援ネットワークシステム」は、国土利用計画法第9条に基づき、都道府県が策定する土地利用基本計画図を電子化し、WEB上で公開しているデータである。このデータは、基本的には、同条に定められている都市地域、農業地域、森林地域、自然公園地域、自然保全地域について、都道府県が定めた土地利用基本計画図を電子化している。今回の計測では平成23年4月時点で公表されているデータを用いた。

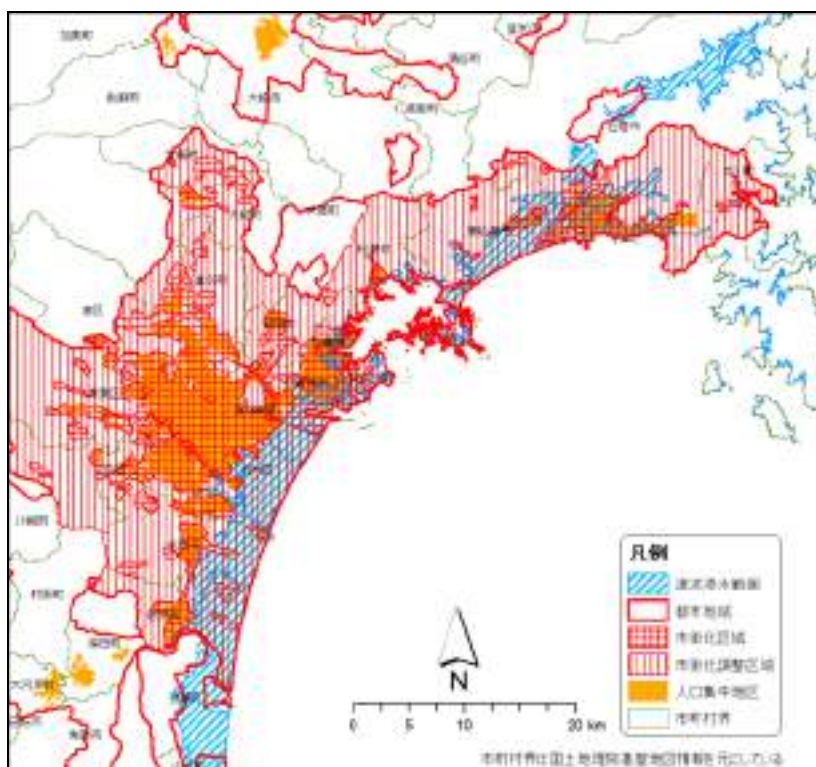


図 3.9.3-1 GIS 上での津波浸水範囲概況データと土地利用規制データの重ね合わせ

表 3.9.3-1 津波浸水範囲における土地利用規制の状況

県名	浸水範囲面積 (ha) (国土地理院データより GIS 上で面積計測)	浸水範囲とのオーバーラップ (上段：オーバーラップ面積 (ha)、下段：浸水範囲に対する割合)			
		都市地域 (国土利用計画法)	参考値		
			市街化区域 (都市計画法) ※1	市街化調整区域 (同左) ※1	人口集中地区 ※2
宮城県	32750.1	24373.7	5745.0	14609.3	3847.3
		74.4%	17.5%	44.6%	11.7%
福島県	11157.1	10494.5	764.6	701.5	421.4
		94.1%	6.9%	6.3%	3.8%
茨城県	2346.3	2283.3	846.9	948.9	389.8
		97.3%	36.1%	40.4%	16.6%
3 県合計	46253.4	37151.5	7356.6	16259.7	4658.6
		80.3%	15.9%	35.2%	10.1%

注 1：市街化区域、市街化調整区域については、LUCKY 上で参考表示されている各データを元にしたものであるため、各数値は参考値として掲載。

注 2：人口集中地区は、平成 17 年国勢調査を元にしたものであり（国土交通省国土数値情報 Web サイトよりダウンロード）、数値は参考値として掲載。

注 3：いずれの数値も、国土技術政策総合研究所での計測値であり、今後の精査により増減がありえる。

4. 地震および地震動、津波

地震および地震動、津波に関する調査・研究活動は次の3点である。1) 建築研究所強震観測ネットワークなどによる本震と主要余震の強震記録の取得および解析と、2) 地震動特性に関する解析、3) 地震と津波に関する解析的研究である。以下にこれらの概要を示す。

4.1 地震の概要と特徴

4.1.1 地震諸元

表 4-1 に、平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震の本震と、マグニチュード (M) 7.0 以上の前震と余震の地震諸元を示す。本震の M 9.0 は日本の観測史上最大で、米国地質調査所 (USGS) によれば、1900 年以降世界で 4 番目の規模となる⁴⁻¹⁾。また M 7.0 以上の余震は本震の発生から 1 時間以内に 3 回、4 月に入って 2 回の計 5 回発生している。最大の余震は、本震の約 30 分後に発生した茨城県沖を震源とする M 7.7 の地震であった。なお、本震の 2 日前に M 7.3 の前震が本震近くで発生していた。

表 4-1 本震とマグニチュード (M) 7.0 以上の余震

	日時	震央	深さ	M
前震	3 月 09 日 11 時 45 分 12.9 秒	三陸沖 (38°19.7'N, 143°16.7'E)	8 km	Mj 7.3
本震	3 月 11 日 14 時 46 分 18.1 秒	三陸沖 (38°06.2'N, 142°51.6'E)	24 km	Mw 9.0
余震	3 月 11 日 15 時 08 分 53.5 秒	岩手県沖 (39°50.3'N, 142°46.8'E)	32 km	Mj 7.4
	3 月 11 日 15 時 15 分 34.4 秒	茨城県沖 (36°06.5'N, 141°15.9'E)	43 km	Mj 7.7
	3 月 11 日 15 時 25 分 44.4 秒	三陸沖 (37°50.2'N, 144°53.6'E)	34 km	Mj 7.5
	4 月 07 日 23 時 32 分 43.4 秒	宮城県沖 (38°12.2'N, 141°55.2'E)	66 km	Mj 7.1
	4 月 11 日 17 時 16 分 12 秒	福島県浜通り (36°56.7'N, 140°40.3'E)	6 km	Mj 7.0

Mj: 気象庁マグニチュード、Mw: モーメントマグニチュード

4.1.2 震度分布

本震で観測された震度の分布を図 4-1 に示す。赤い星(★)は震央の位置を表す。なお、この図の震度は、気象庁によって精査された震度を反映したものである⁴⁻²⁾。宮城県栗原市で震度 7 を観測したほか、宮城県、福島県、茨城県、及び栃木県に及ぶ広い範囲で震度 6 強を観測した。震度 6 弱の範囲はこれに加え、岩手県、群馬県、埼玉県、及び千葉県に広がる。

表 4-1 に示した余震のうち、3 月 11 日 15 時 15 分、4 月 7 日 23 時 32 分、及び 4 月 11 日 17 時 16 分の地震の震度分布を図 4-2 から図 4-4 に示す。なお 3 月 11 日 15 時 15 分の余震では、本震の影響で障害が発生した震度計のデータが欠落している。3 月 11 日 15 時 15 分の余震の最大震度は茨城県銚田市の 6 弱、4 月 7 日 23 時 32 分の余震の最大震度は宮城県栗原市と仙台宮城野区の 6 強、4 月 11 日 17 時 16 分の余震の最大震度は福島県中島村、古殿町、いわき市及び茨城県銚田市の 6 弱であった。いずれの余震でも震央の近傍で、震度 6 弱以上の激しい揺れを観測した。

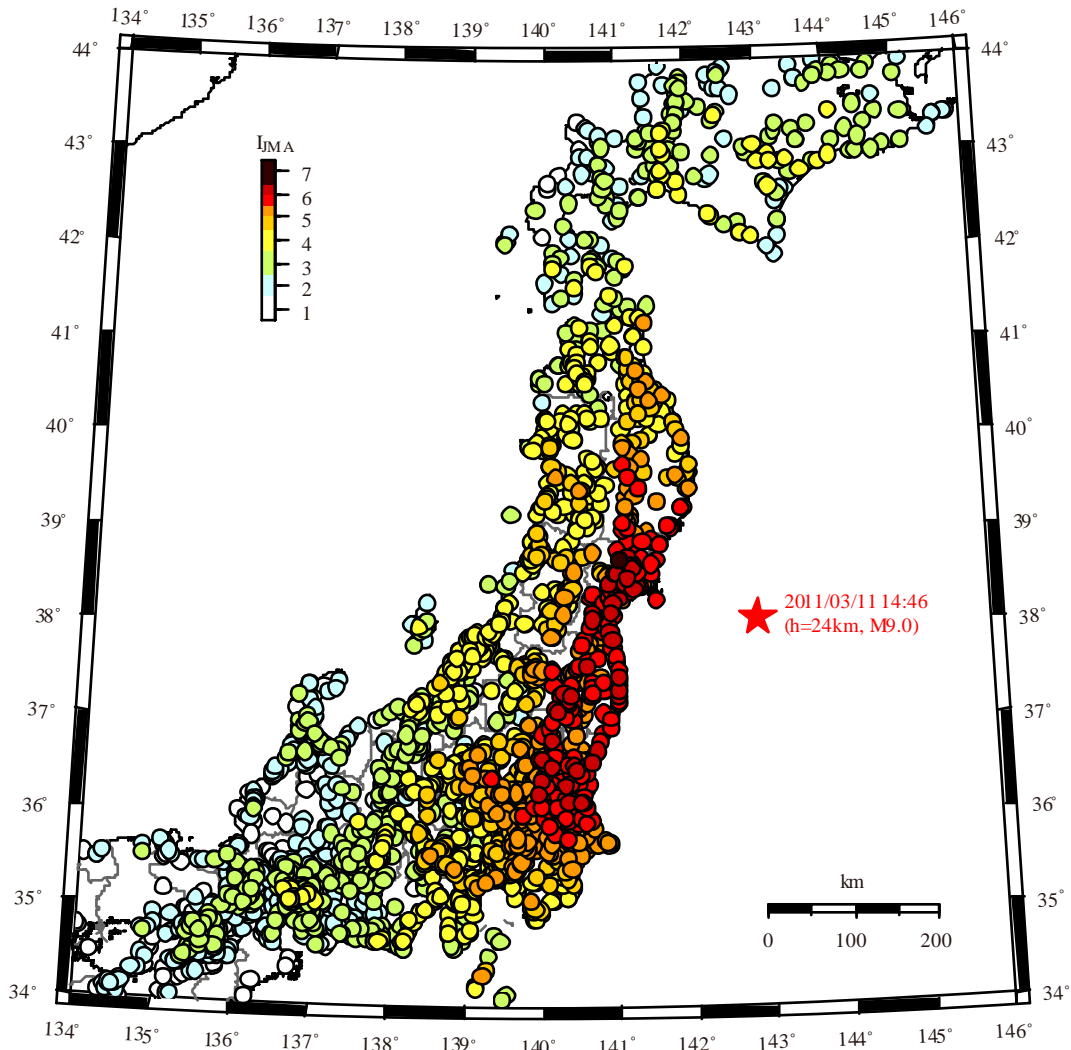


図 4-1 東北地方太平洋沖地震の震度分布

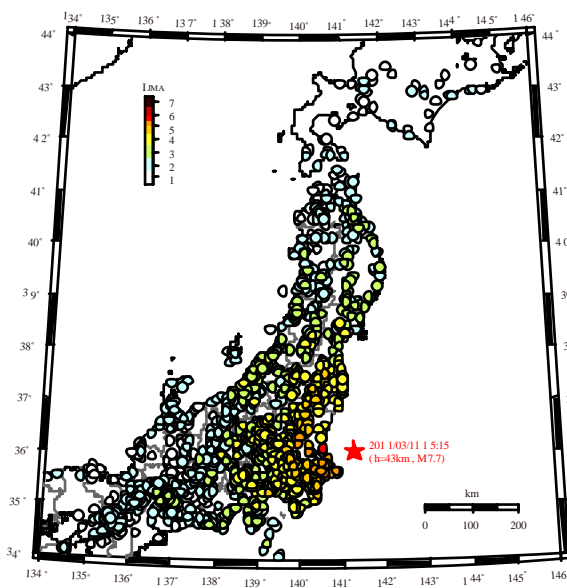


図 4-2 3月11日15時15分の余震の震度分布

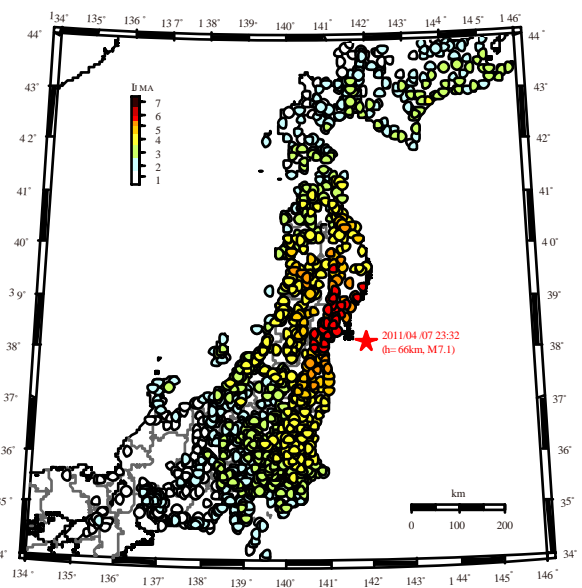


図 4-3 4月7日23時32分の余震の震度分布

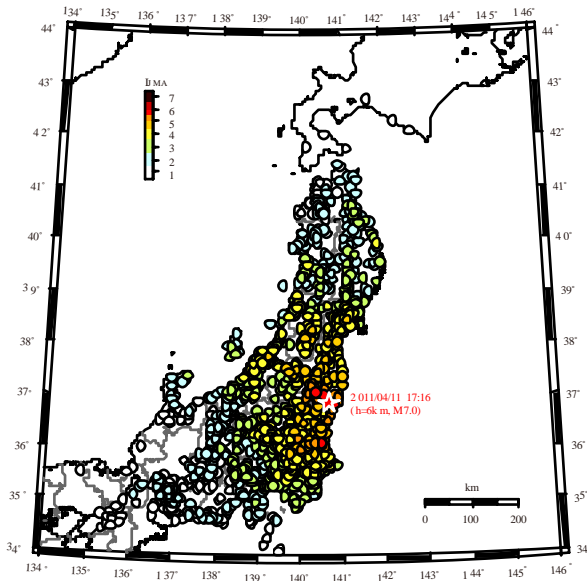


図 4-4 4 月 11 日 17 時 16 分の余震の震度分布

4. 1. 3 津波波高

東北地方太平洋沖地震による津波は 4.5 節の解析に使用された津波波形データにもあるように、大きく分けて次の 4 種類の観測機器で記録された。海の深いところから浅い所にかけて、海底津波計、GPS 波浪計、海象計（波高計）、検潮所である。気象庁⁴⁻³⁾では、沿岸部に設置された検潮所で観測された津波高をまとめている（図 4-5）。同庁によると北海道から青森県で 3m 弱、岩手県から福島県で 4 m 以上の津波が観測された。ただし、東北地方の太平洋沿岸では観測施設が被害を受けるなどして、観測データが欠測した検潮所がある。その後、気象庁は現地データ回収により、宮古で 8.5 m 以上、大船渡で 8.0 m 以上、石巻市鮎川で 7.6 m 以上、相馬で 9.3 m 以上の津波が観測されたと発表した。

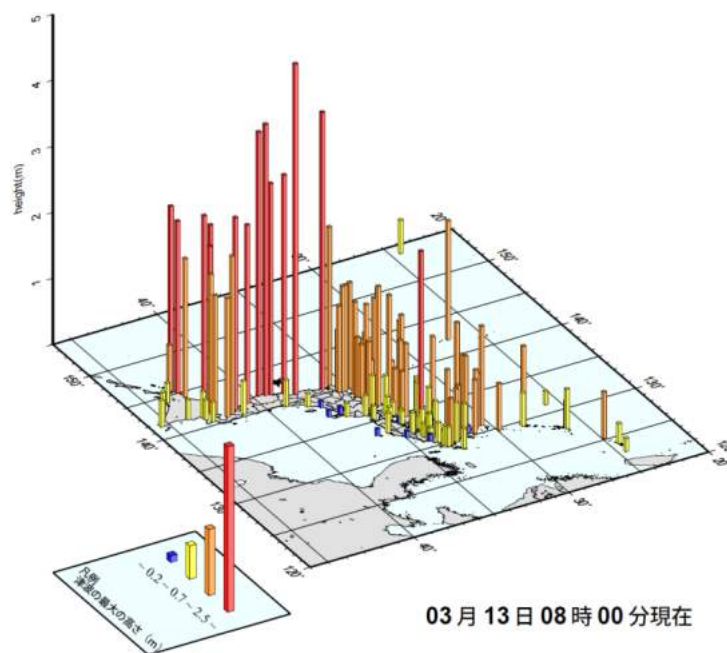


図 4-5 検潮所で観測された津波の高さ⁴⁻³⁾。

観測機器による津波波高記録の他に、現地調査による津波波高測定が、大学や研究機関の津波関係者による合同調査によって、北海道から沖縄の主に太平洋沿岸の広範囲で実施されている。現地調査結果等の情報はホームページに集約され適宜更新されている⁴⁻⁴⁾。北海道の太平洋沿岸では5 m程度、青森県から千葉県沿岸では最大10 m、岩手県三陸海岸で場所によっては30 mを越える標高まで津波が到達した痕跡（遡上高）や浸水高が報告されている（図4-6、2011年4月25日現在）。

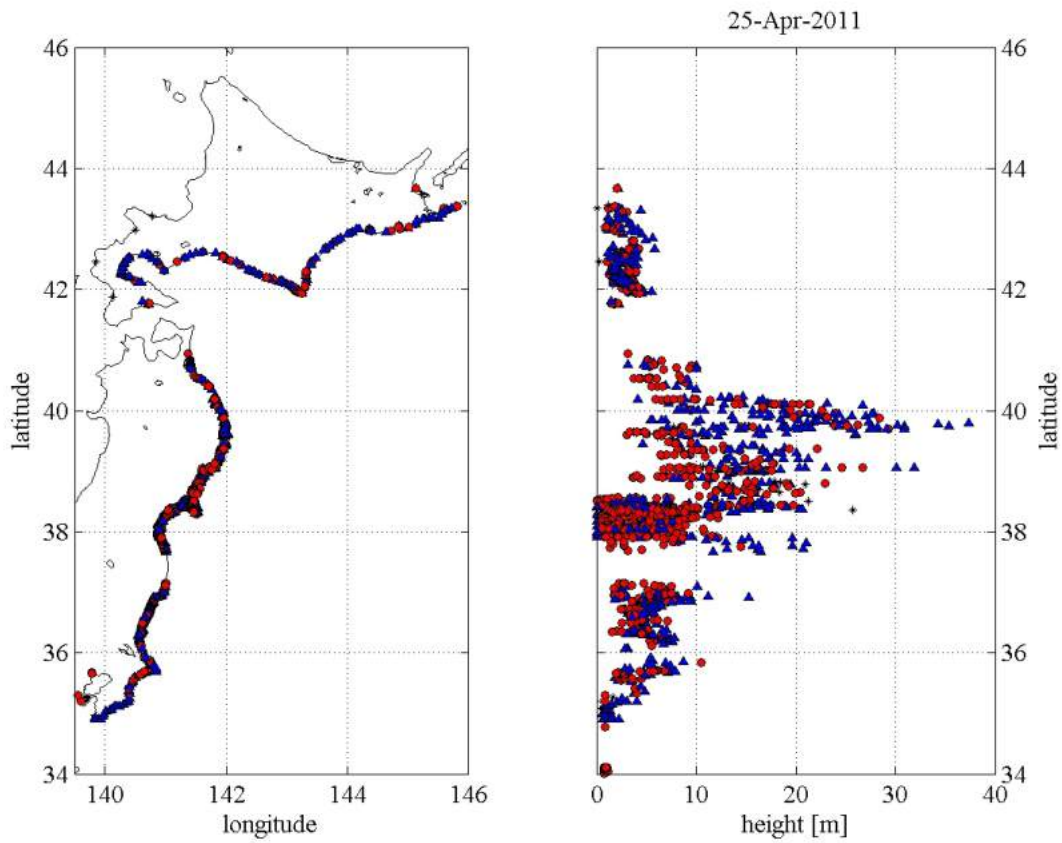


図 4-6 現地調査による津波波高分布⁴⁻⁴⁾。赤丸は浸水高、青三角は遡上高。

4.1.4 震源モデル

建築研究所は東北地方太平洋沖地震に関して3種類の独自の地震学的解析を行った。それらは、1) 本震・前震・余震の震源再決定と主要地震の断層面の特定と2) 遠地P波の高周波震動継続時間とそれに基づくマグニチュード、3) 津波の波源モデルと最大津波波高(シミュレーション)である。ここでは、それら研究成果の概要と他機関が実施した解析結果の一例を示す。なお、3) 津波の波源モデルと最大津波波高(シミュレーション)については、4.5節で紹介する。

4.1.4.1 本震・前震・余震の震源再決定と主要地震の断層面の特定

気象庁(JMA)と米国地質調査所(USGS)は前震と余震も含めて東北地方太平洋沖地震の震源を公表している。気象庁データの特徴は、国内の密な地震観測網データを用いて、小さな地震まで震源決定していることである。また、内陸に近い地震の震源決定精度は非常に高いが、地震観測点から遠く離れた日本海溝付近の震源精度が悪いことである。一方、USGSデータの特徴は、全世界の地震観測点を使っているために、日本海溝付近の地震についてもある程度の精度があることである。

余震の震源分布は地震の断層面を決める有力な手法の一つである。これは、余震が主として本震の断層面上で発生する性質を利用している。しかし、一般に海域に発生した地震の震源の深さは精度が悪く、余震分布から主要地震の断層面を特定できない場合がある。

そこで、東北地方太平洋沖地震(本震)とそれに伴った前震と余震の震源を、改良連携震源決定法⁴⁵⁾を用いて精度よく決定し、主要4地震(Mw \geq 7.0の本震と前震、2余震)の断層面を特定する。なお、本節で用いるマグニチュードは、地震の大きさを最も適切に表していると考えられ、地震学で最もよく引用されている、グローバルCMT解⁴⁶⁾のMw(モーメント・マグニチュード)である。

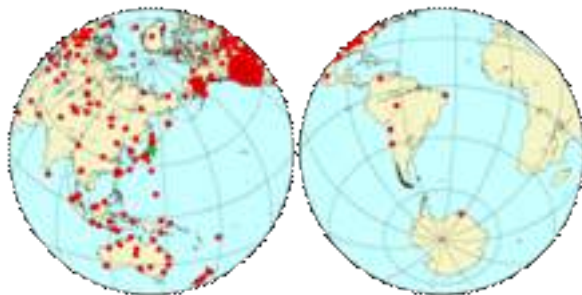
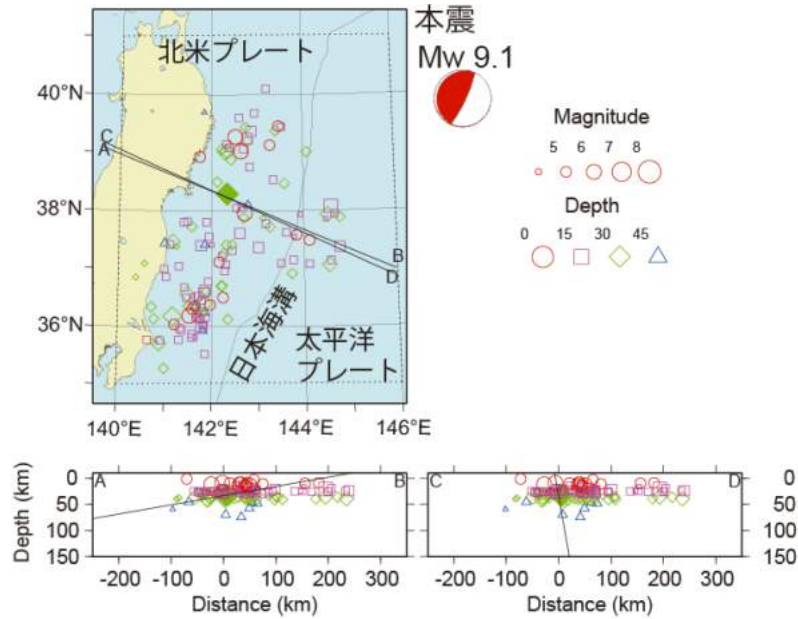


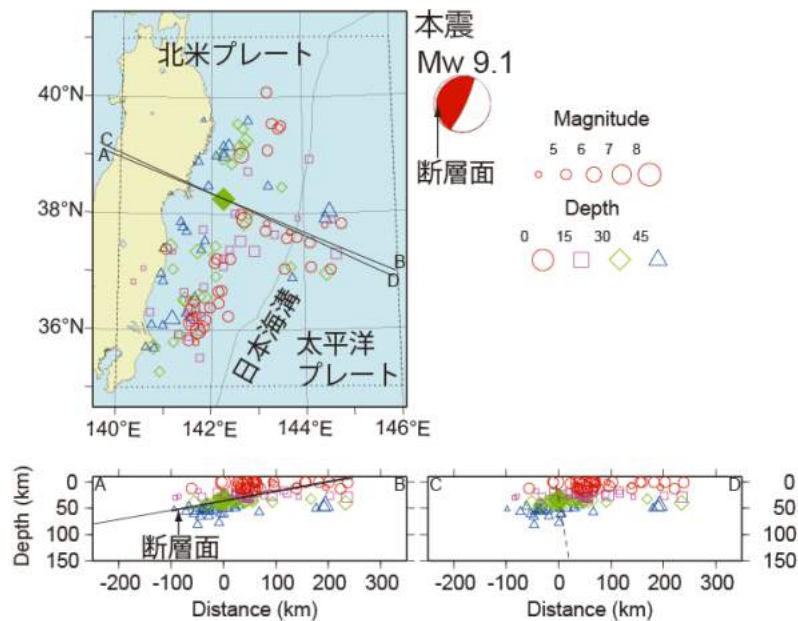
図 4-7 震源再決定に用いた地震観測点。

用いたデータは、USGSが地震直後から公開している、全世界の地震観測点におけるP波の到着時刻である。用いた地震は、本震の前後1週間以内(世界標準時で3月4日から18日まで)に、北緯35.0°-41.0°、東経140.0°-146.0°の範囲で発生した地震である。走時残差(観測走時と理論走時の差)2秒以内の読取値のみを用いた。その結果、363観測点(図4-7)を用いて459地震の震源を決定した。その内、420地震の震源を精度よく決定した。

図4-8に本震(Mw9.1、日本時間14時46分)と本震後24時間以内に発生した余震の震源を示す。図4-8(a)のUSGS震源では、深さが一様であり、空間依存性は示さない。一方、図4-8(b)の再決定震源では、震源の深さが西北西方向に向かって徐々に深くなっており、本地震が本当に北米プレートと太平洋プレートの境界面で発生した低角逆断層型地震であることがよくわかる。なお、断面図に示した直線は、震源メカニズムの2節面を表す。2節面の内、一つが断層面であるが、震源メカニズムからはどちらの節面が断層面であるかはわからない。本解析結果から、余震がA-B断面に示された節面上に分布することから、西北西に10度の傾きで傾斜するこの節面が断層面であることが確認できた。同様に、本震の2日前(3月9日)に宮城県沖で発生した最大前震(Mw7.5)と、本震の29分後(日本時間15時15分)に茨城県沖で発生した最大余震(Mw7.9)(いずれも本震同様の低角逆断層型地震)の断層面もそれらの地震の余震分布からプレート境界面であることがわかった。



(a) 米国地質調査所 (USGS) 震源。



(b) 本研究による再決定震源。

図 4-8 本震と 24 時間以内の余震の震源分布図。震央分布図と A-B と C-D に沿った深さ断面図を示す。震源メカニズムは Dziewonski (1981)⁴⁻⁶⁾ とその後の更新結果 (グローバル CMT 解) による。2 方向 A-B と C-D は本震のグローバル CMT 解の 2 節面に垂直な方向である。図 (b) の A-B 断面図の太い実線が断層面に対応する。

一方、本震の 39 分後 (日本時間 15 時 25 分) に三陸沖の日本海溝の東側のアウターライズと呼ばれる場所で発生した 2 番目に大きな余震 (Mw 7.6) は本震等とは全く震源メカニズムが異なる正断層型地震であった。図 4-9(a) の USGS 震源では深さ精度が悪くて断層面はわからないが、図 4-9(b) の再決定震源から西側に 45 度の傾きで傾斜する節面が断層面であり、破壊が断層深部から始まったことが

わかる。また、この断層よりも東側では地震は全く発生していない。この地震は、本震により太平洋プレートが北米プレートの下に沈み込み、そのために日本海溝下の太平洋プレート上部に生じた東西張力により生じた。応力解放だけを見れば、断層面はどちらの節面であってもよいが、プレート沈み込みを考えれば、断層面の西側が落ちるこの節面が断層面でなければならない。今回の解析結果はこの考え方を支持する。

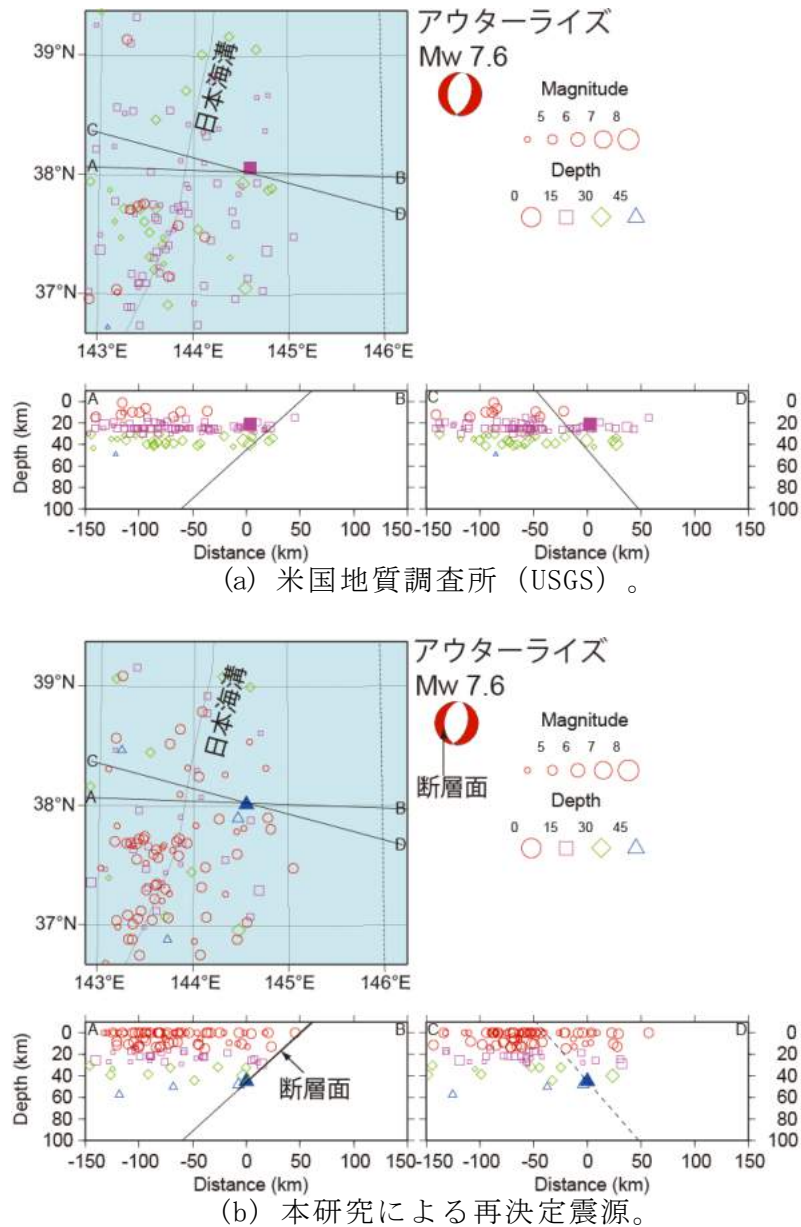


図 4-9 海溝東アウターライズの Mw 7.6 余震。シンボル等は図 4-8 と同じ。注) この地震の余震以外の地震（本震に直接関連する余震）も、この地震の西側で多数発生している。

なお、気象庁によれば表 4-1 に示したように、本震の 22 分後（日本時間 15 時 8 分）に M 7.4 の地震が岩手沖で発生しているが、USGS とグローバル CMT 解のリストにはこの地震は載っていない。理由は、本震の後続波に邪魔されて、この地震が検出されなかったためだと思われる。

4.1.4.2 遠地P波の高周波震動継続時間とそれに基づくマグニチュード

遠地で観測されるP波の高周波成分の震動継続時間は、地震の震源時間（断層面上の滑りが始まってから終わるまでの時間）とよい相関を示し、震源時間の目安になる⁴⁻⁷⁾。全球的に設置された広帯域地震観測網（Global Seismographic Network）で記録された東北地方太平洋沖地震の遠地P波の上下動波形データを IRIS（Incorporated Research Institutions for Seismology、米国の大学コンソーシアム）のデータセンターから取得し、高周波震動継続時間を測定した（観測点数は54）。図4-10に測定例を示す。測定値の中央値は170.5秒と求められ、震源時間が3分程度であったと考えられる。この値は4.1.4.3節に挙げられた震源モデルと調和的である。

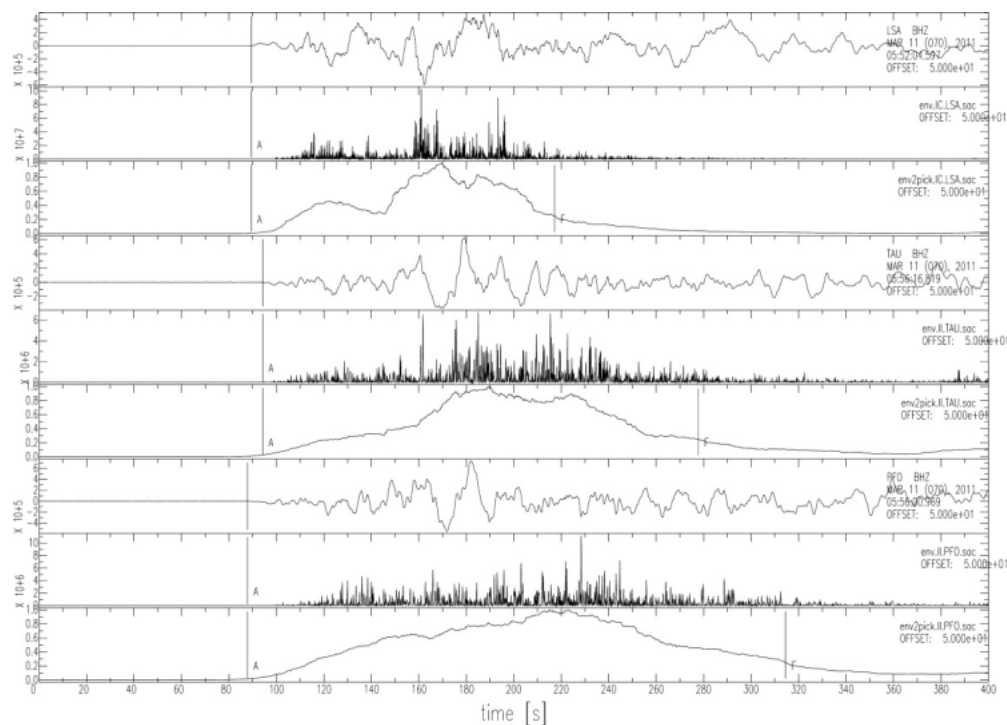


図4-10 遠地P波の高周波震動継続時間の測定例。観測点はチベット、オーストラリアのタスマニア、米国カリフォルニアに設置された広帯域地震観測点（観測点コードはそれぞれ LSA、TAU、PFO）。震源から観測点までの距離、方位角はそれぞれ 4767km、274度、9010km、176度、8636 km、57度。LSA、TAU、PFO各観測点に対して、上から観測波形（上下動）、2-4Hzのハイバンドパスフィルターを掛けた時系列、フィルタをかけた時系列を平滑化した結果を示した。「A」、「F」はそれぞれ地震の到着時刻、高周波震動の終わりを表している。

次に、方位角±30度の幅で高周波震動継続時間の移動平均を取った結果を図4-11に示す。方位角が100度周辺で長く、240-260度付近で短くなる方位角依存性が得られた。この依存性は高周波成分を大きく励起した断層運動が南西に進んだことを示唆する。

Hara (2007)⁴⁻⁷⁾は高周波震動継続時間を使って地震のマグニチュードを計算する次式を求めた：

$$M = 0.79 \log A + 0.83 \log \Delta + 0.69 \log t + 6.47$$

ここで、 M はマグニチュード、 A はP波の最大変位振幅（m）、 Δ は震央距離（km）、 t は高周波震動継続時間（秒）である。この式を使って東北地方太平洋沖地震のマグニチュードを求めると8.96となった。この値は気象庁及び米国地質調査所のモーメントマグニチュード9.0とよく一致しており、超

巨大地震に対するこの手法の有効性が確認できた。

上の式の右辺第1項（振幅の寄与）と第2項（距離補正）の和を横軸に、第3項（高周波震動継続時間の寄与）を縦軸にとって、1994年以降に発生したマグニチュード8以上の全ての地震を図4-12に表示した。マグニチュードが東北地方太平洋沖地震と同程度である2004年12月26日に発生したスマトラ地震と比べると、東北地方太平洋沖地震は高周波震動継続時間が短く、最大変位が大きい。高周波震動継続時間は震源時間及び断層の長さに関係し、東北地方太平洋沖地震とスマトラ地震の断層長がそれぞれ約450km（4.1.4.3項参照）と900km程度（例えば、Fujii and Satake, 2007⁴⁻⁸⁾）と推定されていることと調和的である。一方、最大変位は断層面上のすべり量に関係し、東北地方太平洋沖地震とスマトラ地震の最大滑り量がそれぞれ30m（あるいはそれ以上。4.5節参照）と約25m（例えば、Fujii and Satake, 2007⁴⁻⁸⁾）と推定されていることと調和的である。

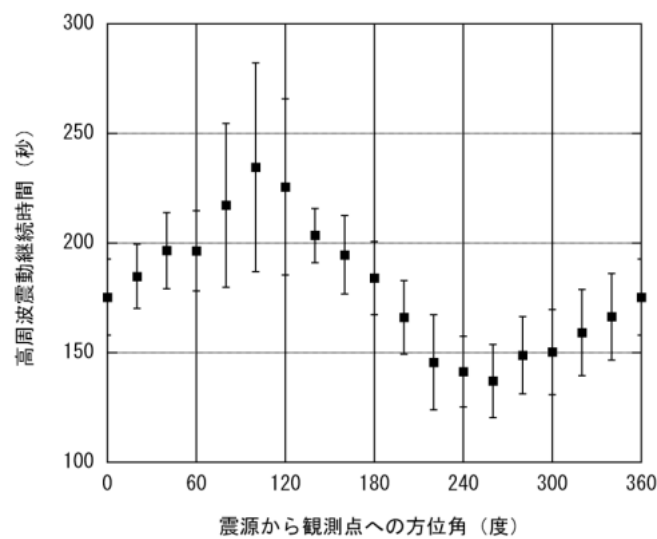


図4-11 高周波震動継続時間について、方位角±30度で移動平均を取った結果。

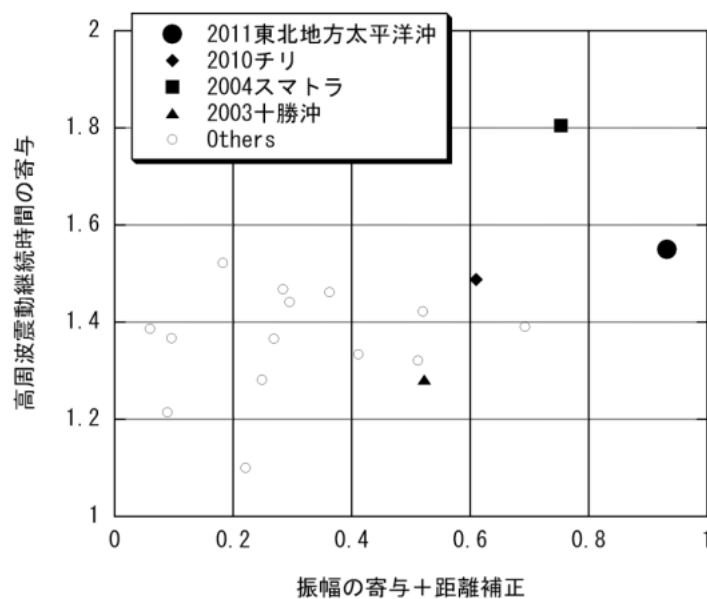


図4-12 Hara (2007)⁴⁻⁷⁾のマグニチュードの式における振幅の寄与（と距離補正を含む）と高周波震動継続時間の寄与。1994年以降に発生したマグニチュード8以上の全ての地震を表示。

4.1.4.3 震源モデル

多くの機関と研究者が種々の地球物理データを解析して、震源モデル（震源断層の位置・大きさ、断層面上のすべり量分布等）を提案している。データとしては、余震の震源分布、短周期地震波、長周期地震波、津波、GPS、合成開口レーダー等がある。

ここでは、4月11日の地震調査研究推進本部地震調査委員会に提出された、各地の強震動に密接に結び付く近地強震波形を用いた気象庁気象研究所のモデル⁴⁻⁹⁾を紹介する（図4-13）。主な解析結果は以下に示すとおりである。1) すべりの大きな領域は、破壊開始点の東から北東側（震源よりも浅い部分）にあり、最大すべり量は約30m。2) 主な断層の長さは約450km、幅は約150kmで、Mwは9.0。3) 断層の破壊は、破壊開始点付近で徐々に拡大した後（0～60秒）、南北方向に分かれて進行。4) 破壊継続時間は約170秒間。5) 大きくすべった領域の周辺で余震が多発。

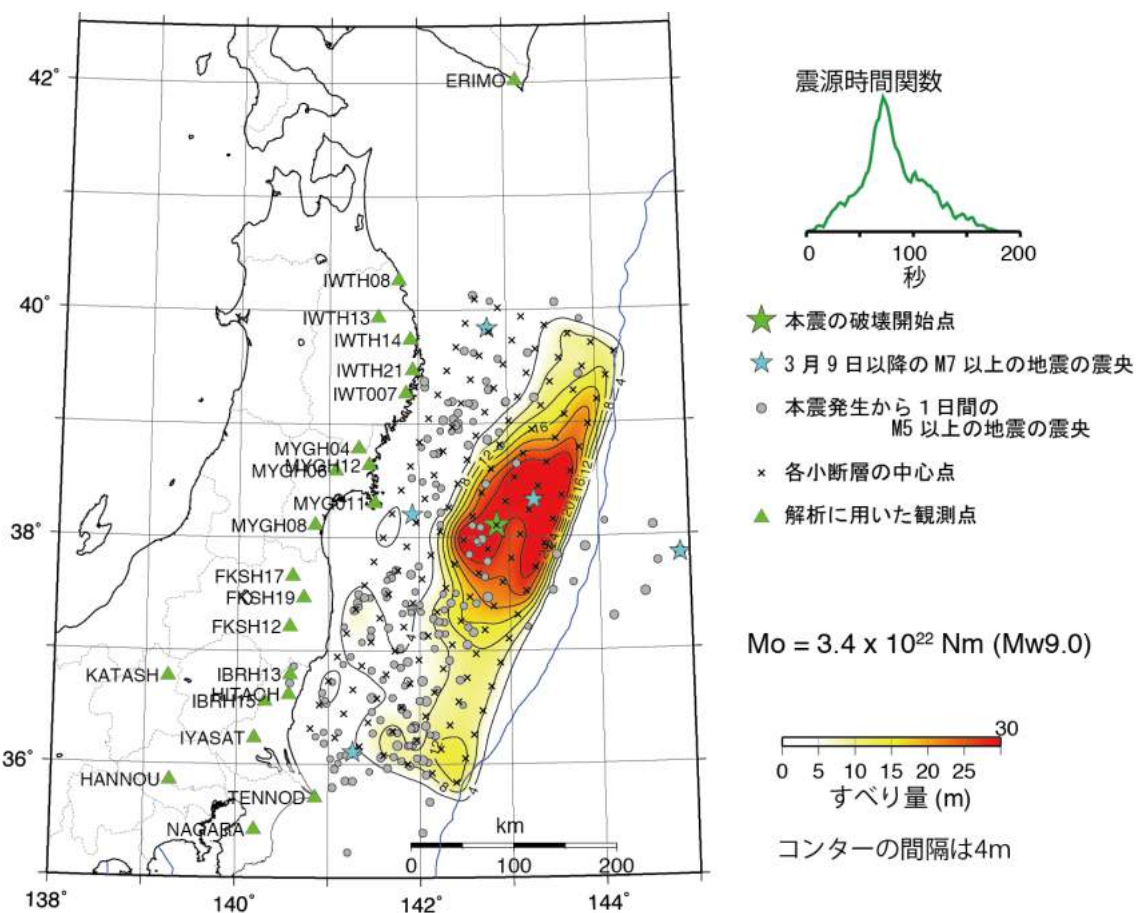


図4-13 震源モデルの一例⁴⁻⁹⁾

余震活動域も含めて、多くの他のデータを用いた震源モデルは、図4-13の震源モデルと整合的である。但し、短周期地震波動を多く生成した領域と長周期地震波動を多く生成した領域あるいは、津波を多く生成した領域には多少違いがあり、今後の研究課題である。

なお、各種データで求められた震源モデルはホームページで数多く紹介されている^{4-10~4-14)}。

4.2 被災地域の地形および地質

東北地方太平洋沖地震の被災地域は、広く東日本に及ぶ。主な被災地域である東北地方、関東地方東部の略図を、図4-14に示す。青森県尻屋崎(①)から千葉県野島崎(②)は、直線距離で約740 kmである。

東北地方の地形は、太平洋側に北上山地(③)・阿武隈山地(④)が南北に雁行し、その西側に奥羽脊梁山脈と出羽丘陵が平行している。これらに挟まれて北上川・阿武隈川流域の低地帯、奥羽脊梁山脈と出羽丘陵のあいだの山間盆地群がある^{4-15,4-16}。北上山地の東側を縁どる三陸海岸は、北部は海食台が続き、宮古(⑤)より南ではリアス海岸が発達する^{4-16,4-17}。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。また、久慈湾、宮古湾、大船渡湾、広田湾、気仙沼湾など、北上山地東斜面から流れ出る比較的流域面積の広い河川が流入する湾奥部には小規模な沖積平野が発達する⁴⁻¹⁷。

関東地方東部は、阿武隈山地南端が茨城県日立まで連なり、その西側に八溝山地(⑥)が100 kmにわたって連なる⁴⁻¹⁸。阿武隈・八溝山地南端より南側は関東平野となり、丘陵(上総丘陵(⑦)、安房丘陵、等)、台地(東茨城台地、下総台地(⑧)、等)、関東平野を流れる河川や沿岸部に分布する低地(那珂川涸沼低地、鹿島低地、利根川下流低地(⑨)、九十九里浜低地(⑩)、等)が広がる^{4-18,4-19}。

東北地方の表層地質は、先新第三系が北上山地・阿武隈山地と出羽丘陵の太平(⑪)・朝日(⑫)・飯豊(⑬)の各山地に集中するほか、奥羽脊梁山脈にも小分布が散在している⁴⁻¹⁶。新第三系・第四系は、先新第三系の分布域と重複して、これらの起伏を埋積して山地帯や低地帯に広く分布する⁴⁻¹⁶。また東北地方には50近い火山があり、その多くは第四紀に形成され、奥羽脊梁山脈の頂部を占めてほぼ南北に配列するほか、出羽丘陵にある^{4-15,4-16}。

関東地方東部の表層地質は、中・古生界が阿武隈山地、八溝山地、那珂湊、銚子に、新第三系は房総半島南部に分布する⁴⁻¹⁸。その他は、第四系の丘陵、台地、低地が広く分布し、低地は沖積層で構成されている⁴⁻¹⁸。

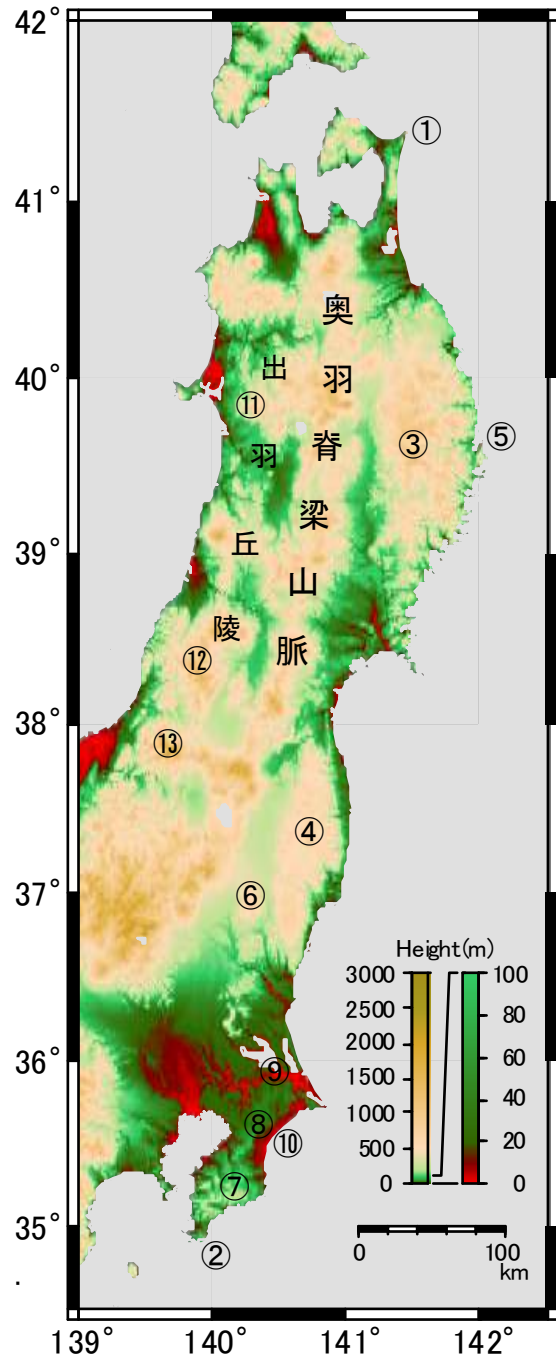


図4-14 東北地方、関東地方東部の地形略図

4.3 本震および主要な余震の地震動特性

本節では建築物への影響を念頭において東北地方太平洋沖地震の本震及び主要な余震による各地の揺れの程度を把握するため、公開された(独)防災科学技術研究所 K-NET の観測記録から求めた応答スペクトルをまとめて示す。また、応答スペクトルの特徴等を把握する上で参考とするため、建築物の被害調査の際に確認したいくつかの K-NET 観測点の状況等を簡単に示す。

(1) 本震の地震動特性

図 4-15 に本震(3月11日14時46分頃)の擬似速度応答スペクトル pSv (cm/s) を示す。いずれも減衰定数 5% とし、各周期の 2 次元等方性単振子(水平面内)の最大変位を擬似速度^{注1)}で表示したものである。図中の黒色の破線と点線は建築基準法の第 2 種及び第 3 種地盤に対応する応答スペクトル^{注2)}であり、灰色の点線(右上がりの直線)は擬似加速度^{注1)}が 500, 1000, 1500 (cm/s/s)、灰色の破線(右下がりの曲線)は変位が 25, 50, 75 (cm)であることを示す。

注 1) 固有円振動数 ω の系の最大変位 Sd に対して、擬似加速度は $pSa = \omega^2 Sd$ 、擬似速度は $pSv = \omega Sd$ である⁴⁻²⁰⁾。

注 2) 限界耐力計算(建築基準法施行令第 82 条の 5)で安全限界の検証(同条第五号)に用いられる地震力に相当する。ここで、地域係数 Z は 1.0 とし、表層地盤による加速度の増幅率 G_s はいわゆる略算(平成 12 年建設省告示第 1457 号第 10 第 1 項)とした。

図 4-15(a-1)及び(a-2)には最大加速度が特に大きい 6 地点の応答スペクトルを示す。震度 7 とされた宮城県栗原市の築館は、周期 0.25 秒程度に極めて大きなピークがあるものの、0.5 秒以上になると建築基準法のレベルを下回っている。宮城県の塩竈、茨城県の日立、栃木県の今市でも同様で、0.3 秒前後に鋭いピークを持っているが、0.5 秒以上になるとスペクトルは小さくなっている。宮城県の仙台では周期 1.5 秒程度まで、茨城県の鉾田では 0.8 秒程度までの短周期領域で建築基準法の 2 種地盤の値を上回っている。

図 4-15(b-1)～(b-6)には震度が大きかった岩手県、宮城県、福島県、茨城県、栃木県の観測点における応答スペクトルを示している。なお、図 4-15(a-1)及び(a-2)で既出の地点は除いている。岩手県では北上や一関のスペクトルが比較的大きい。宮城県の石巻、古川、岩沼、角田では周期 1～2 秒の範囲でも建築基準法と同等かそれ以上となっている。福島県の相馬、会津若松、白河、須賀川などでは 1 秒以下の短周期成分が比較的大きくなっている。相馬、須賀川、いわきでは周期 2 秒程度に、また湖畔にある猪苗代や郡山市湖南町中野では 1.5 秒前後や 2.8 秒程度にスペクトルの山が見られる。茨城県では高萩の記録が周期 1～1.5 秒程度の範囲で建築基準法と同等かそれ以上となっており、つくばでは 1.3 秒程度に顕著なピークが見られる。内陸の栃木県では茂木の記録が 0.4 秒程度に極めて大きなピークを持ち、前出の図 4-15(a-2)に示した今市や茨城県の日立と類似のスペクトルとなっている。また那須郡那珂川町小川の記録は周期 1～2 秒の範囲で建築基準法を大きく超えている。

多数の観測点で非常に大きな地動加速度が観測されているが、応答スペクトルで見ると主に短周期成分が卓越していた地点が多いことが分かる。倒壊等の構造的な被害に関連すると言われていた周期 1～2 秒程度に着目して、建築基準法の 2 種地盤(図の黒の破線)を上回る地点を示すと、宮城県の仙台、古川、石巻、角田、岩沼、福島県の中野、茨城県の高萩、つくば、栃木県の小川が挙げられる。

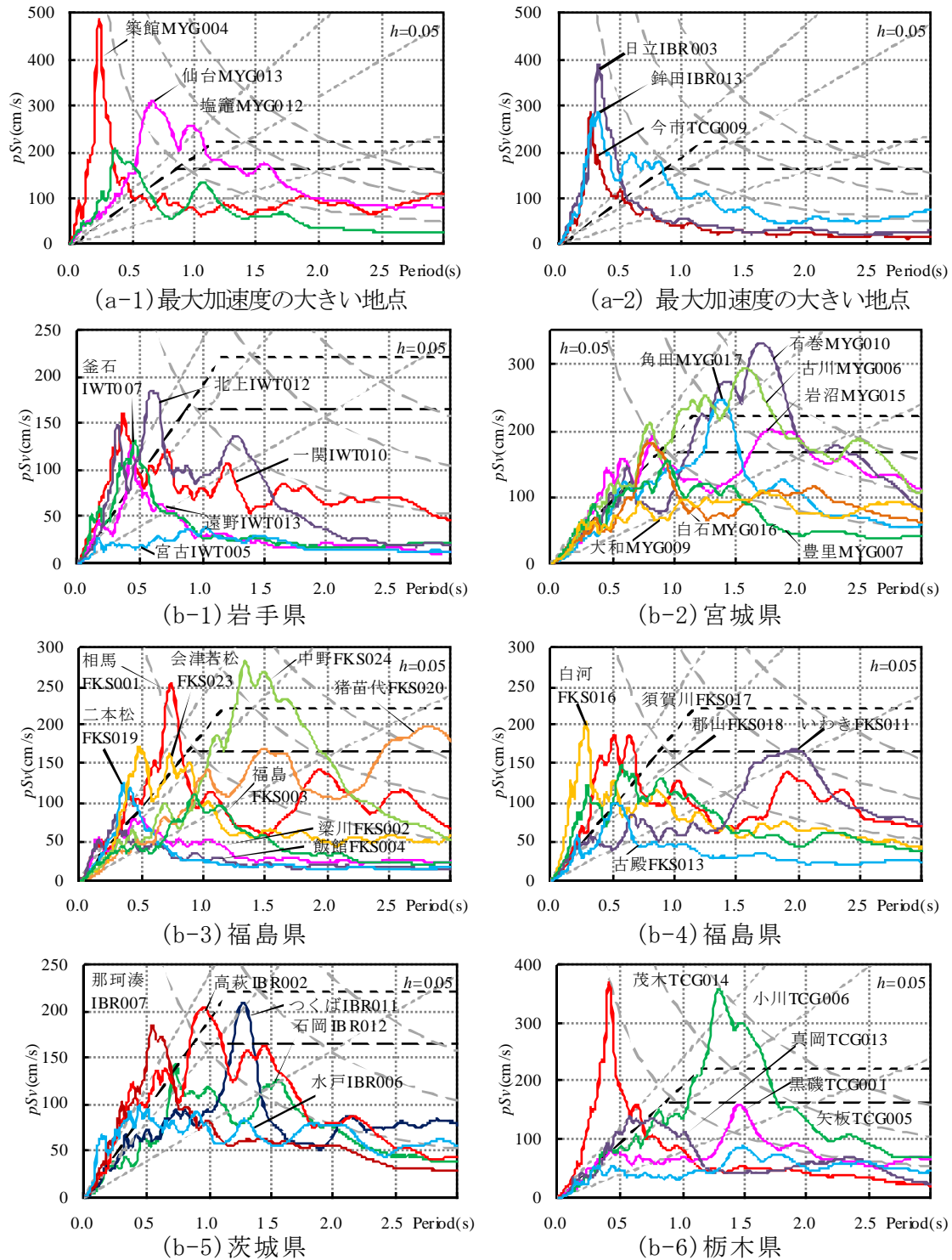


図 4-15 本震の擬似速度応答スペクトル ($h=0.05$)

図 4-16 には仙台、石巻、小川の記録による応答スペクトルを過去の強震記録と比較して示している。仙台の記録は 1995 年兵庫県南部地震の際の JMA 神戸の記録とスペクトルの大きさや形状がほぼ等しくなっている。甚大な被害をもたらした JR 鷹取駅や川口の強震記録と比較すれば、今回の地震動はさほど大きくはない。

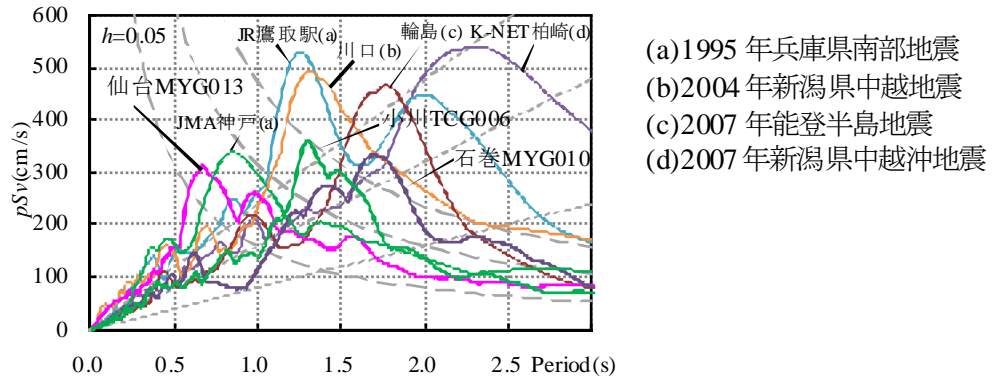


図 4-16 擬似速度応答スペクトル ($h=0.05$) : 本震と過去の強震記録との比較

図 4-17 には、東京都の新宿と東雲、神奈川県横浜について、周期の範囲を 10 秒までとした応答スペクトルを示している。東雲では周期 2.5～3 秒程度にピークが見られ、新宿でも 2.5 秒と 5 秒程度に小さなピークがある。長周期領域に顕著なピークが見られないのは、公開されたデータが 300 秒間（5 分間）であり、地震動が十分収束しないうちにデータが終わってしまっているためである。よって、今回の K-NET の記録では長周期地震動を十分に検討することはできなかった。

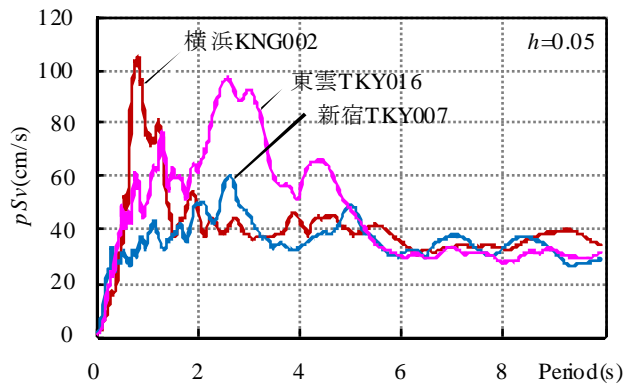


図 4-17 本震の擬似速度応答スペクトル ($h=0.05$) : 東京都と神奈川県の例

(2) 主要な余震の地震動特性

K-NET の公開データや地震のマグニチュード (M) や各地の震度から判断し、4 月 7 日 23 時 32 分頃に発生した余震（震源は宮城県沖、M7.1）と、4 月 11 日 17 時 16 分頃に発生した余震（震源は福島県浜通り、M7.0）の 2 つの余震による記録を、本震の記録と比較する。図 4-18 に 18 地点での本震と余震の応答スペクトルを示す。図 4-18(a-1)～(a-4) の岩手県では、4 月 7 日の余震は本震とほぼ等しい。図 4-18(b-1)～(b-4) の宮城県では、築館と仙台では 4 月 7 日の余震が本震と同程度であるが、南にある岩沼や角田では本震に比べてかなり小さい。図 4-18(c-1)～(c-4) の福島県では本震より余震の方が小さい場合が多いが、古殿では本震よりも 4 月 11 日の余震の方が大きくなっている。2 つの余震を比べると、福島県浜通りを震源とする 4 月 11 日の余震の方が 4 月 7 日の余震より大きい。図 4-18(d-1)～(d-4) に示した茨城県や、図 4-18(e-1)～(e-2) の栃木県では、4 月 11 日の余震の方が震源からの距離が近いが、本震よりもかなり小さいスペクトルとなっている。

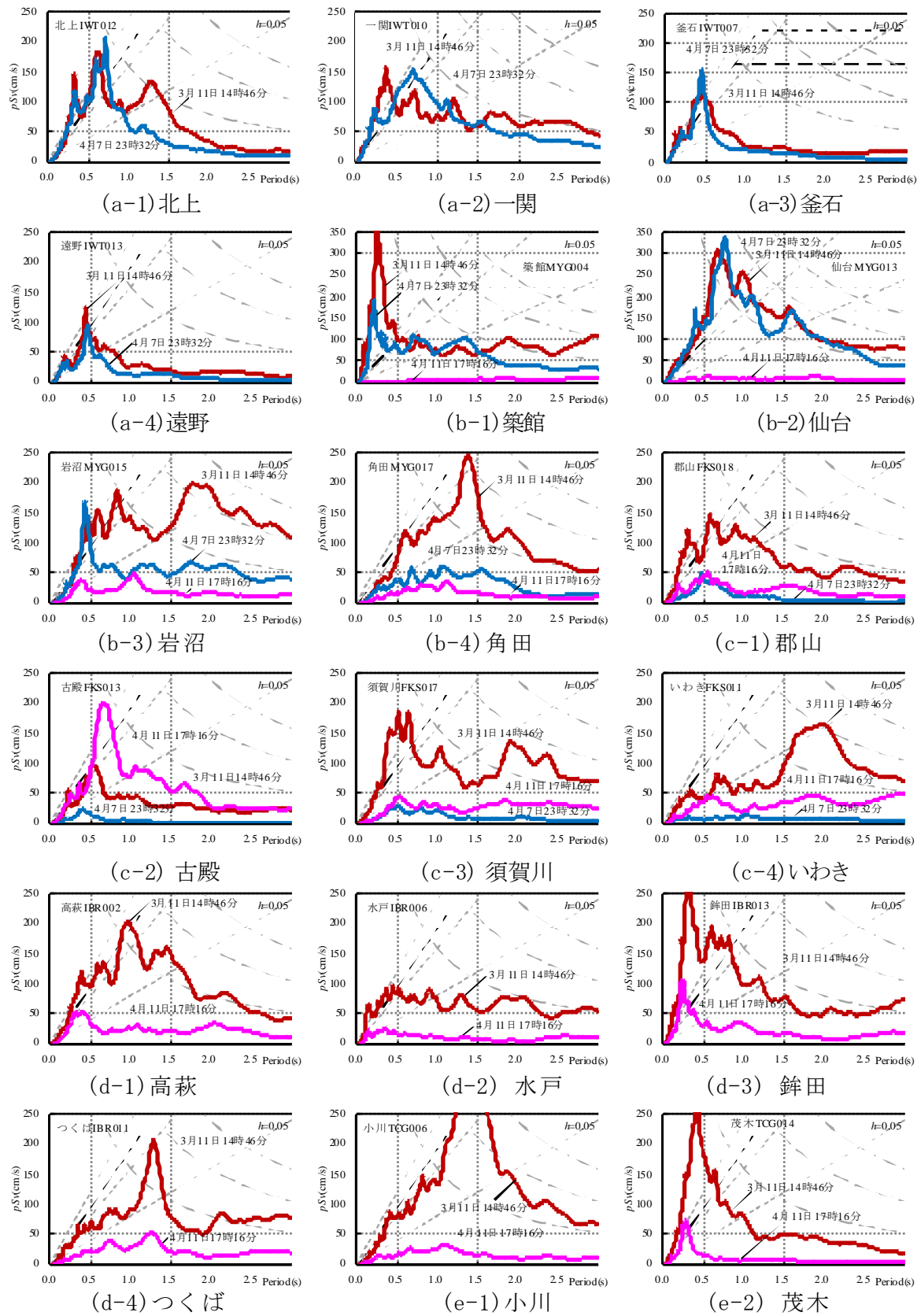


図 4-18 擬似速度応答スペクトル ($h=0.05$) : 本震と余震の比較

(3) K-NET 観測点の状況

本節の最後に、観測記録の特徴等を把握する上で参考とするため、いくつかの K-NET 観測点の状況等を簡単に示す。

a) K-NET 築館 (写真 4-1)

K-NET 築館の観測点は、栗原文化会館の南側駐車場の南、高さ約 3m の段差の上に、段差から約 5m 南に設置されている (高さ、距離は目視による)。状況から判断すると、地形による加速度の増幅も考えられる。



(a) 設置場所 (写真中央段差上の林の中)

(b) 地震計 (左側に約 3m の段差あり)

写真 4-1 K-NET 築館

b) K-NET 仙台 (写真 4-2)

K-NET 仙台の地震計は、仙台市宮城野消防署の駐車場内に設置されている。周辺には段差や斜面はなく、地震計は平坦な場所にある。駐車場や地震計周辺には亀裂が見られ、液状化による噴砂の跡のようなものがあった。一部の建物では仕上げの軽微な損傷があったが、周辺の大多数の建物には特に被害がないように見えた。



(a) 地震計 (噴砂の跡)

(b) 駐車場の亀裂と噴砂の跡

写真 4-2 K-NET 仙台

c) K-NET 郡山 (写真 4-3)

郡山市内、開成山総合運動公園に設置されている。脇の道路よりも低い位置で、周囲には小屋や樹木、電柱などがある。



写真 4-3 K-NET 郡山



写真 4-4 K-NET 須賀川

e) K-NET 銚田 (写真 4-5)

銚田総合公園内に設置されている。地震計の前面には花壇があり、後ろ側には段差がある。

なお、気象庁は、震度観測点「銚田市当間」として使われている本 K-NET 銚田の観測点について、「震度が周辺に比べ過大に観測されていると判断された観測点」として、「震度計の設置状況には異常が認められないため、震度観測自体は正常に行われている」が、「地域代表性という観点から、(中略)地震情報への活用を停止」した⁴⁻²¹⁾。



(a) 前面



(b) 背面

写真 4-5 K-NET 銚田

謝辞 本 4.3 節では(独)防災科学技術研究所の K-NET の観測記録等を使用させていただきました。関係各位に謝意を表します。

4.4 建築研究所強震観測ネットワークなどの強震記録

4.4.1 建築研究所強震観測ネットワークの記録(建物基礎と地盤)

建築研究所では、主に建物を対象とした強震観測ネットワークを全国に展開している。東北地方太平洋沖地震の本震では、北海道から関西にかけての54の観測地点で強震記録が得られている。得られた強震記録の最大加速度を、震央から近い順に表4-2に、観測地点の位置を図4-19及び図4-20に示す。表4-2の計測震度は、地盤上に加速度計があればその記録を、ない場合は地盤に最も近い加速度計の記録から算出している。ここで、地盤上の加速度記録以外で算出した値については、アンダーラインを付して区別している。なお、本節では代表的な地点の波形を提示しているが、その他も、前震と余震も含めてウェブ⁴⁻²²⁾で参照できる

ここでは、仙台第2合同庁舎地下2階、東北大学人間環境系建物1階、宮古市庁舎地表、いわき市庁舎地下1階、及び建築研究所地表で得られた加速度波形と減衰定数5%の疑似速度応答スペクトルを図4-21から図4-25に示す。

図4-21の仙台第2合同庁舎は仙台市青葉区にあり、ここで紹介する建築研究所の強震観測地点の中では震源から最も近い。地下1階の最大加速度は 259 cm/s^2 で、加速度波形には50秒ほどの時間差で到来するふたつの大きな波群が表れている。疑似速度応答スペクトルをみると、水平の 074° 方向(北から東まわりに 074° の方位方向)と直交する 164° 方向で違いがみられ、0.8秒より短い周期成分では 164° 方向が、2.5秒より長い周期成分では 074° 方向の応答が大きく、特に 074° 方向の3秒のピークの応答値は 100 cm/s に達している。

図4-22の東北大学人間環境系建物は、東北大学の青葉山キャンパスにあり、仙台第2合同庁舎の3kmほど西方になる。加速度波形の包絡形などの特徴は仙台第2合同庁舎のものと共通しているが、最大加速度は 333 cm/s^2 とこの建物で得られた記録の方が大きい。疑似速度応答スペクトルに着目すると、1秒前後のピークが特徴的で、応答速度は 170 cm/s を超えている。また 282° 方向の周期3秒のピークは、仙台第2合同庁舎と共通の特徴である。

図4-23の宮古市庁舎は、宮古湾に流れ込む閉伊川の川沿い、河口から1kmほどの位置にある。東北地方太平洋沖地震では、津波により建物2階まで浸水した。加速度記録の最大値は 174 cm/s^2 、計測震度で4.8と地震動としては相対的に小さい。疑似速度応答スペクトルは1.2秒前後に 70 cm/s を超える山があるが、他の周期領域の応答は大きくはない。

図4-24のいわき市庁舎は、JR常磐線いわき駅の南西約1kmに位置する。地下1階で得られた記録の最大加速度は 176 cm/s^2 と宮古市庁舎と大差ないが、計測震度は5.3と大きくなっている。疑似速度応答スペクトルは、0.8秒から3秒にかけての広い周期領域で、 80 cm/s から 100 cm/s の速度応答値を示している。

図4-25の建築研究所は、茨城県つくば市の北部に位置する。地表の記録の最大加速度は 279 cm/s^2 、計測震度は5.3となっている。疑似速度応答スペクトルの形状は比較的起伏があり、0.5秒から0.6秒、1.3秒、そして3秒にピークを有する。

表 4-2 強震記録一覧(1/4)

記号	観測地点	Δ (km)	I_{JMA}	設置 方位	位置	最大加速度 (cm/s ²)			備考
						H1	H2	V	
SND	仙台第2合同庁舎	175	5.2	074°	B2F*	163	259	147	
					15F	361	346	543	
THU	東北大学人間環境系建物	177	5.6	192°	01F*	333	330	257	
					09F	908	728	640	
MYK	宮古市庁舎	188	4.8	167°	01F	138	122	277	
					07F	246	197	359	
					GL*	174	174	240	
IWK	いわき市庁舎	210	5.3	180°	B1F*	175	176	147	
					09F	579	449	260	
TRO	鶴岡合同庁舎	275	3.9	182°	01F*	34	36	14	
					04F	37	39	15	
HCN2	八戸市庁舎別館(免震)	292	5.2	164°	GL*	286	210	61	
					G30	86	89	49	地中 30 m
					G105	36	46	32	地中 105 m
					10F	120	123	206	
					01F	91	122	73	
					B1F	100	104	58	
HCN	八戸市庁舎本館	292	4.6	164°	B1F*	97	110	55	
					06F	348	335	78	
AKT	秋田県庁	299	4.3	087°	08F	175	192	44	
					B1F*	50	47	24	
ANX	建築研究所	330	5.3	180°	A01*	279	227	248	地表
					A89	142	153	102	地中 89 m
					BFE	194	191	136	新館
					8FE	597	506	344	新館
					MBC	203	206	152	研究本館
					M8C	682	585	311	研究本館
BRI	建築研究所地震観測研修棟	330	5.4	180°	01F*	281	273	165	
TKC	つくば市庁舎(免震)	334	5.2	004°	B1F*	327	233	122	
					01F	92	76	198	
					06F	126	91	243	
NIG	新潟市庁舎分館	335	3.9	061°	B1F*	28	40	14	
					07F	39	55	14	
HRH	弘前法務合同庁舎	346	3.4	195°	01F*	28	25	15	
TUS	東京理科大学野田キャンパス	357	5.1	000°	01F*	269	263	151	
YCY	八千代市庁舎新館	361	5.3	302°	B1F	140	135	92	
					GL*	312	306	171	
					07F	486	359	145	
NIT	日本工業大学	362	5.1	288°	GL*	230	197	79	
					01F	150	119	63	
					06F	283	322	131	

注) Δ : 震央距離, I_{JMA} : 計測震度(*印のセンサーの3成分の加速度記録から気象庁の方法で算出。なお、地盤上の記録からの算定でない場合はアンダーラインを付している。), 設置方位: 北から東回りに測った方位, H1, H2, V: 水平1(設置方位), 水平2(設置方位に直交)及び鉛直方向の最大加速度

表 4-2 強震記録一覧(2/4)

記号	観測地点	Δ (km)	I_{JMA}	設置 方位	位置	最大加速度 (cm/s ²)			備考
						H1	H2	V	
MST	三郷市庁舎	367	4.9	258°	01F	72	104	71	
					GL*	130	127	73	
					07F	219	190	106	
FNB	船橋市総合教育センター	368	4.7	357°	01F	144	147	63	
					GL*	133	145	105	
					08F	359	339	141	
CHB	千葉第二地方合同庁舎	369	4.9	346°	B1F	152	122	51	
					08F	375	283	117	
					GL*	168	175	100	
ICK	市川市行徳図書館	375	5.2	321°	01F*	164	163	71	
					02F	178	186	80	
					05F	240	300	104	
EDG	江戸川区庁舎	377	4.8	003°	01F*	112	112	69	
					05F	256	299	77	
ADC	足立地方合同庁舎	377	4.8	012°	01F*	118	103	71	
					04F	266	146	95	
SIT2	さいたま新都心合同庁舎 2号館(超高層)	378	4.4	340°	B3F*	74	63	42	
					10FS	119	138	62	
					27FS	248	503	107	
SITA	さいたま新都心合同庁舎 厚生棟	378	4.5	313°	01F*	90	105	47	
TDS	戸田市庁舎	380	5.0	354°	GL*	203	206	53	
					B1F	140	173	65	
					08F	425	531	160	
AKB	北区赤羽会館	380	4.6	354°	B1F*	85	139	59	
					06F	180	250	86	
SMD	墨田区庁舎(超高層)	380	4.3	000°	20F	385	290	81	
					08F	263	197	46	
					B1F*	69	66	34	
NMW	国立西洋美術館(免震)	382	4.8	218°	GL*	265	194	150	
					B1FW	100	79	84	
					01FW	76	89	87	
					04F	100	77	90	
UTK	東京大学工学部 11号館	383	4.7	348°	7FN	181	212	58	
					7FS	201	360	160	
					01F	73	151	49	
					GL*	197	218	79	
TKD	コーシャタワー佃(超高層)	385	4.4	180°	01F*	87	98	41	
					18F	118	141	64	
					37F	162	198	108	

注) Δ : 震央距離, I_{JMA} : 計測震度(*印のセンサーの3成分の加速度記録から気象庁の方法で算出。なお、地盤上の記録からの算定でない場合はアンダーラインを付している。), 設置方位: 北から東回りに測った方位, H1, H2, V: 水平1(設置方位), 水平2(設置方位に直交)及び鉛直方向の最大加速度

表 4-2 強震記録一覧(3/4)

記号	観測地点	Δ (km)	I_{JMA}	設置 方位	位置	最大加速度 (cm/s ²)			備考
						H1	H2	V	
CGC	中央合同庁舎 6号館(超 高層)	386	4.4	208°	01F*	90	86	45	
					20B	208	148	173	B棟 20F
					19C	179	133	130	C棟 19F
CG2	中央合同庁舎 2号館(超 高層)	386	4.2	208°	B4F*	75	71	49	
					13F	137	113	72	
					21F	121	131	104	
CG3	中央合同庁舎 3号館(免 震)	386	4.5	208°	B2F*	104	91	58	
					B1F	55	41	62	
					12F	94	82	104	
NDLA	国立国会図書館新館	387	4.5	354°	B8F	61	88	53	
					B4F	68	101	56	
					01F*	76	104	84	
					04F	125	192	94	
NDLG	国立国会図書館地盤	387	5.0	354°	G35	72	71	51	
					G24	95	116	54	
					GL*	224	201	93	
NDLM	国立国会図書館本館	387	4.5	354°	01S*	70	94	60	
					17S	458	489	111	
NKN	東京法務局中野出張所	390	4.8	359°	06F	172	375	56	
					01F*	126	158	54	
TUF	東京海洋大学品川国際 交流会館	390	5.0	000°	01F	174	169	60	
					GL*	181	189	71	
					07F	316	223	66	
KDI	国土交通大学校	401	4.6	090°	03F	129	329	55	
					01F	110	136	53	
					GL*	167	143	50	
KWS	川崎南労働基準監督署	401	4.7	045°	01F*	107	77	30	
					02F	133	123	49	
					07F	366	304	76	
NGN	長野県庁	444	2.7	157°	B1F*	8	7	8	
					11F	35	27	9	
HKD	北海道開発局函館開発 建設部	447	3.5	180°	GL*	25	28	13	
HRO	広尾町役場	466	2.7	140°	01F*	17	20	8	
YMN	山梨県庁(免震)	468	3.9	006°	B1F	47	39	18	
					GL*	51	44	20	
					01F	37	52	20	
					08F	41	51	25	
SMS	静岡県下田総合庁舎	517	2.9	225°	GL*	12	19	10	
SMZ	清水合同庁舎	520	4.2	165°	01F*	28	40	15	
					11F	81	56	18	

注) Δ : 震央距離, I_{JMA} : 計測震度(*印のセンサーの3成分の加速度記録から気象庁の方法で算出。なお、地盤上の記録からの算定でない場合はアンダーラインを付している。), 設置方位: 北から東回りに測った方位, H1, H2, V: 水平1(設置方位), 水平2(設置方位に直交)及び鉛直方向の最大加速度

表 4-2 強震記録一覧(4/4)

記号	観測地点	Δ (km)	I_{JMA}	設置 方位	位置	最大加速度 (cm/s ²)			備考
						H1	H2	V	
KSO	長野県木曾合同庁舎	524	2.6	292°	B1F*	9	10	8	
					6F	32	31	10	
KGC	釧路合同庁舎(免震)	558	2.6	167°	GL*	12	14	6	
					G10	10	10	4	
					G34	5	5	3	
					B1F	8	12	4	
					01F	10	16	6	
					09F	16	19	12	
HKU	北海道大学工学部	567	2.7	172°	GL*	10	9	5	
NGY	名古屋合同庁舎1号館	623	3.1 [#]	174°	GL*	8	15	-	
					B2F	9	14	7	
					12F	25	46	7	
MTS	三重県松阪庁舎	688	2.3	216°	07F	16	8	4	
					01F*	6	5	3	
MIZ	舞鶴市庁舎	726	0.9	085°	01F	1	2	2	
					05F*	1	1	2	
OSK	大阪合同庁舎3号館(超高層)	759	2.9	189°	18F	65	38	7	
					B3F*	11	9	5	
SKS	大阪府咲洲庁舎(超高層)	770	3.0	229°	01F*	35	33	80	
					18F	41	38	61	
					38F	85	57	18	
					52FN	127	88	13	
					52FS	129	85	12	

注) Δ : 震央距離, I_{JMA} : 計測震度(*印のセンサーの3成分の加速度記録から気象庁の方法で算出。なお、地盤上の記録からの算定でない場合はアンダーラインを付している。), 設置方位: 北から東回りに測った方位, H1, H2, V: 水平1(設置方位), 水平2(設置方位に直交)及び鉛直方向の最大加速度

上下(V)成分のセンサー異常(無信号)のため、水平2成分の加速度記録から算出

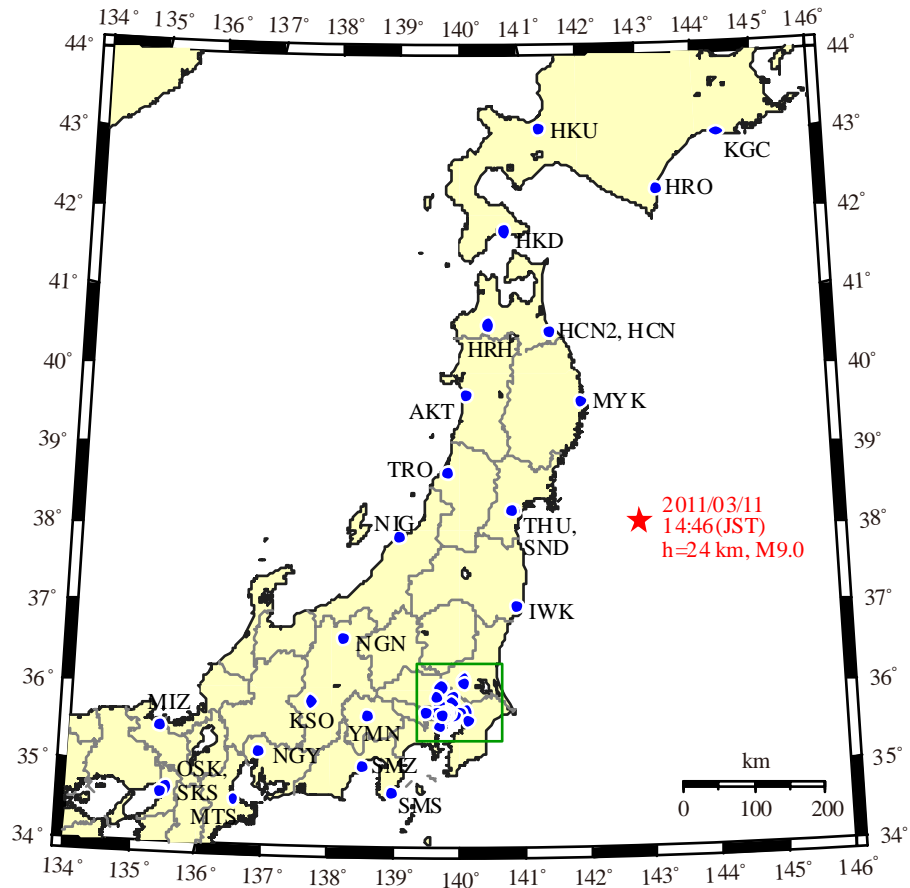


図 4-19 震央位置(★)と記録が得られた強震観測地点(●)

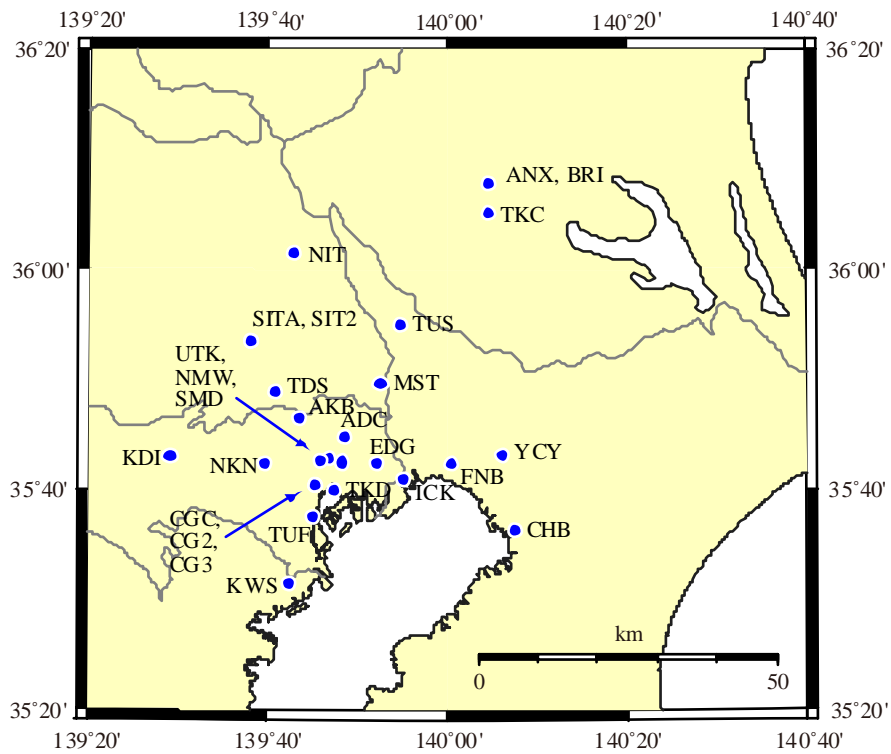


図 4-20 関東地方の観測地点(図 4-19 の緑色の四角の部分)

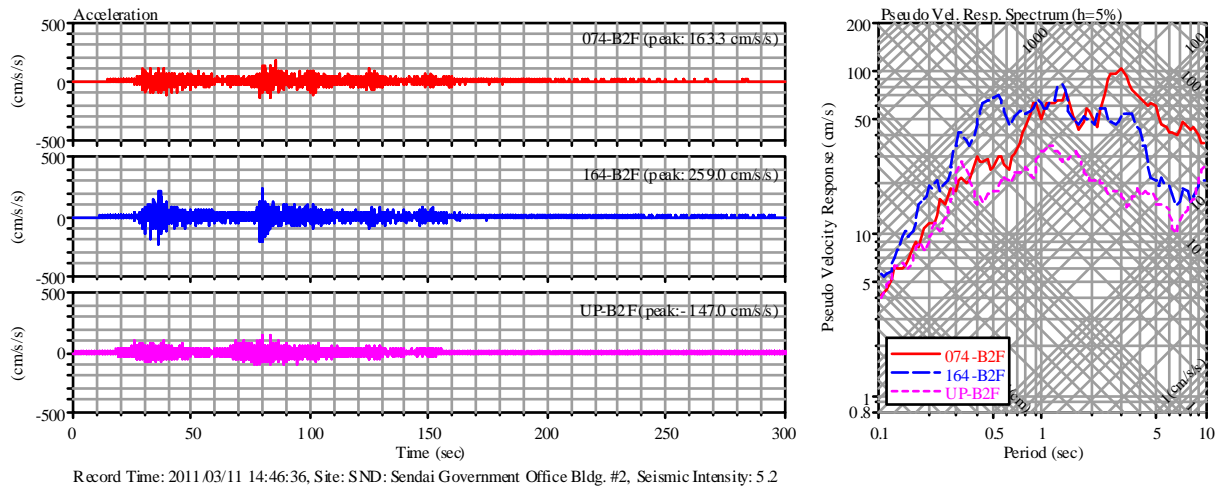


図 4-21 仙台第 2 合同庁舎 (SND) 地下 2 階 (B2F) の強震記録

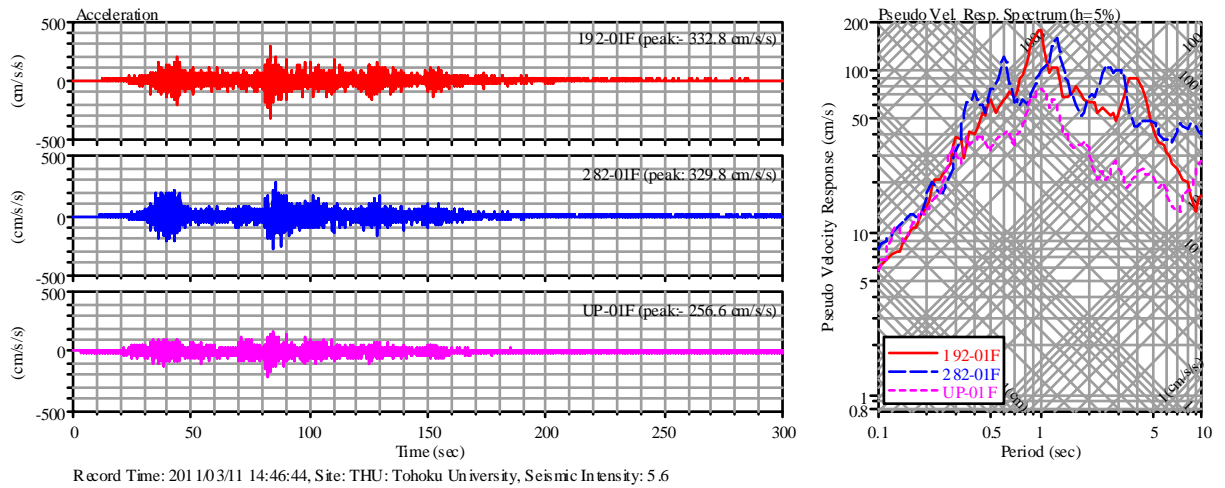


図 4-22 東北大学工学部人間環境系建物 (THU) 1 階 (01F) の強震記録

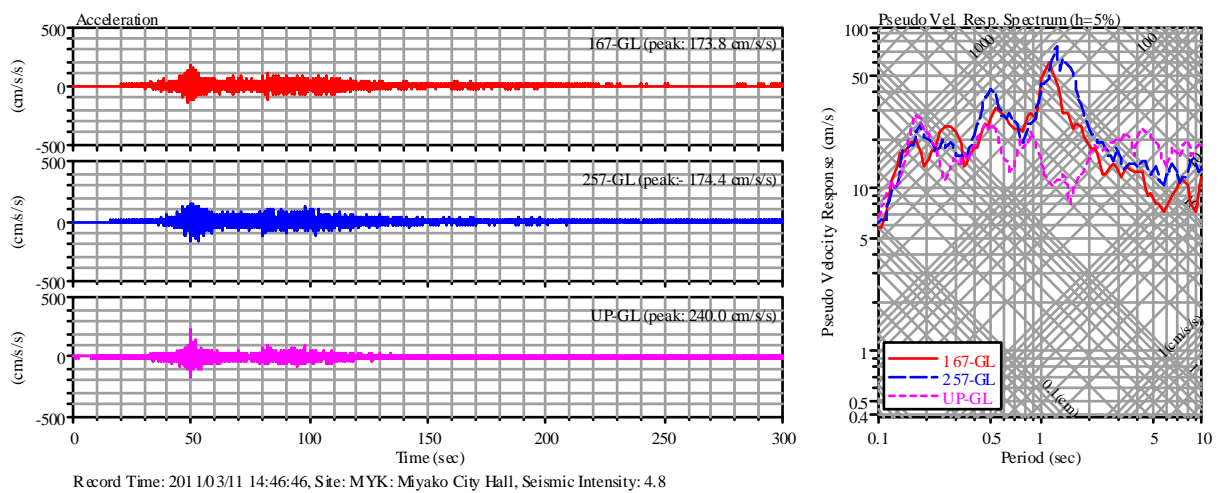


図 4-23 宮古市庁舎 (MYK) 地表 (GL) の強震記録

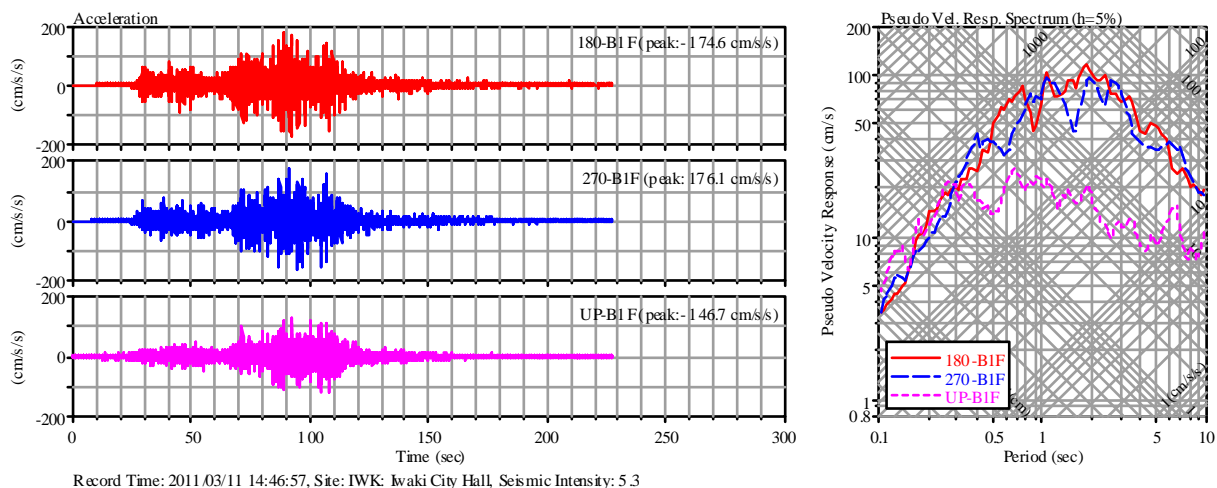


図 4-24 いわき市庁舎 (IWK) 地下 1 階 (B1F) の強震記録

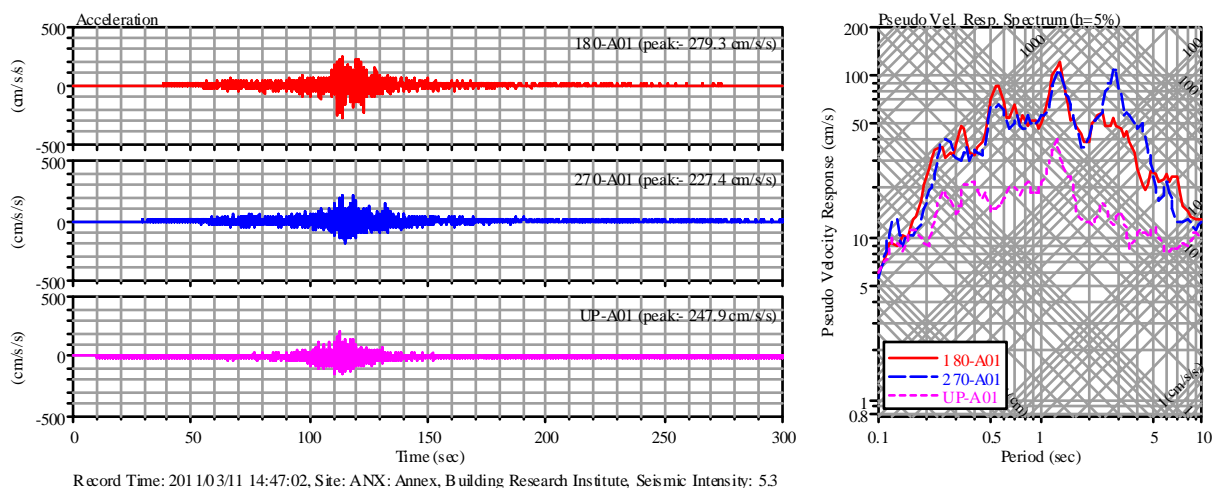


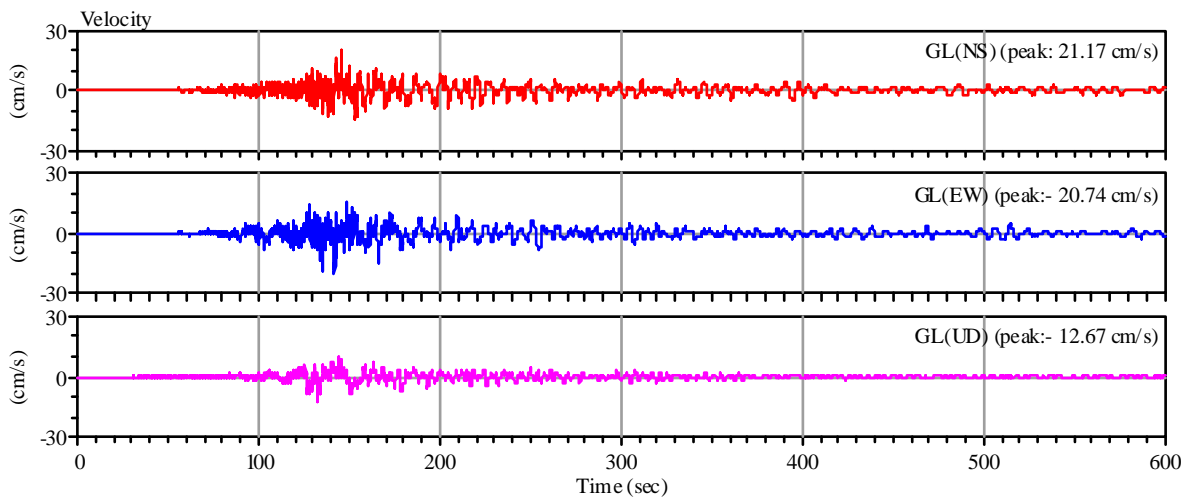
図 4-25 建築研究所 (ANX) 地表 (A01) の強震記録

4.4.2 建築研究所強震観測ネットワークの記録(長周期地震動)

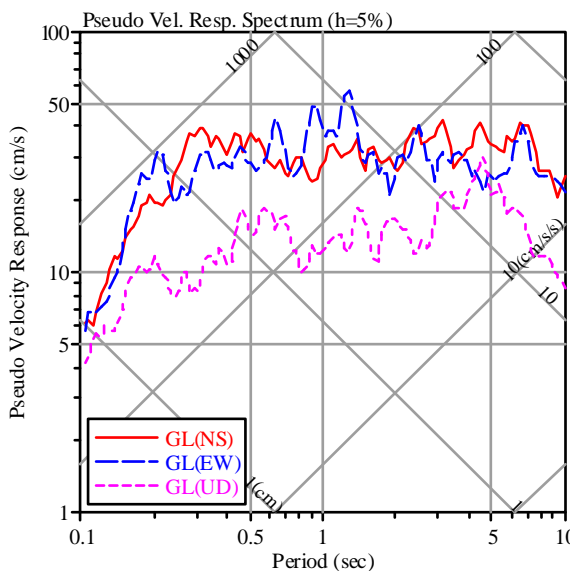
東京などの大規模な沖積平野では、長周期地震動の増幅が大きな問題となる。ここでは建築研究所強震観測ネットワークの記録から、長周期地震動について考察する。

(1) 国立国会図書館地盤の強震記録

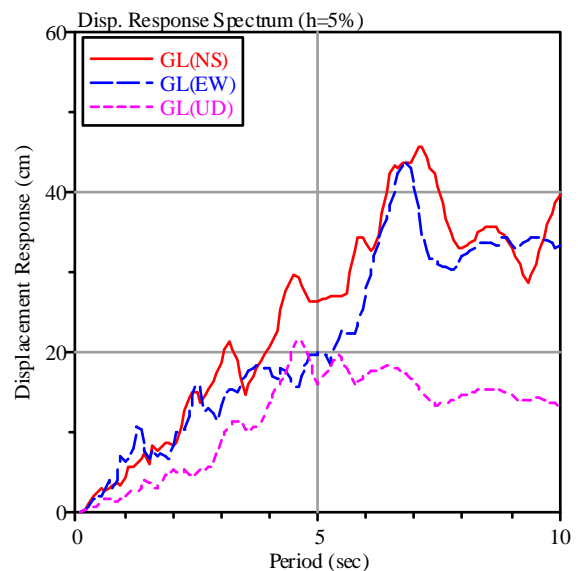
国立国会図書館は東京都千代田区永田町にあり、建築研究所は本館建物、新館建物、及び敷地地盤上の3系列の強震観測を行っている。このうち、地表で得られた加速度記録を積分して得られた速度記録と、減衰定数5%の疑似速度応答スペクトル及び変位応答スペクトルを図4-26に示す。なお、加速度記録から速度への変換は、カットオフ振動数0.1Hzのハイパスフィルターと高速フーリエ変換を用いた積分による。また、強震計の設置方位は、観測対象の建物の軸に合わせてあるため観測地点ごとに異なるが、ここではNS方向とEW方向に変換して示している。図4-26の速度波形をみると、激しい揺れが100秒ほど続き、その後長周期成分を主体とした地震波が到来し、600秒以上揺れが継続している。疑似速度応答スペクトルは、1.2秒辺りに卓越があるものの、0.5秒から8秒の周期領域で概ね平坦な形状をしている。変位応答スペクトルは、長周期構造物の応答変位を知る上で有用であり、この場合、7秒程度の固有周期をもつ構造物の変位応答が特に大きかったと考えられる。



(a) 速度波形



(b) 疑似速度応答スペクトル (h=5%)

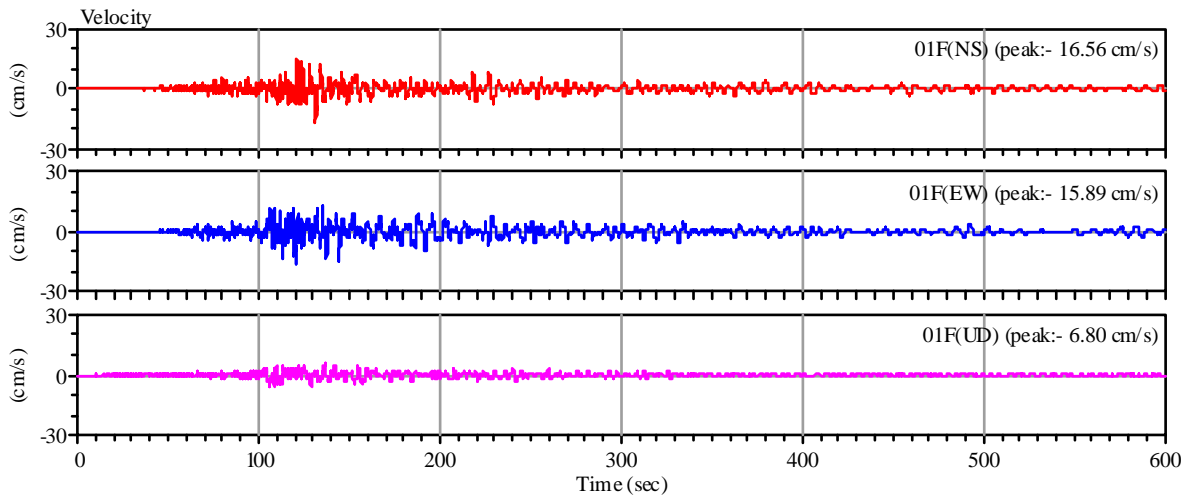


(c) 変位応答スペクトル (h=5%)

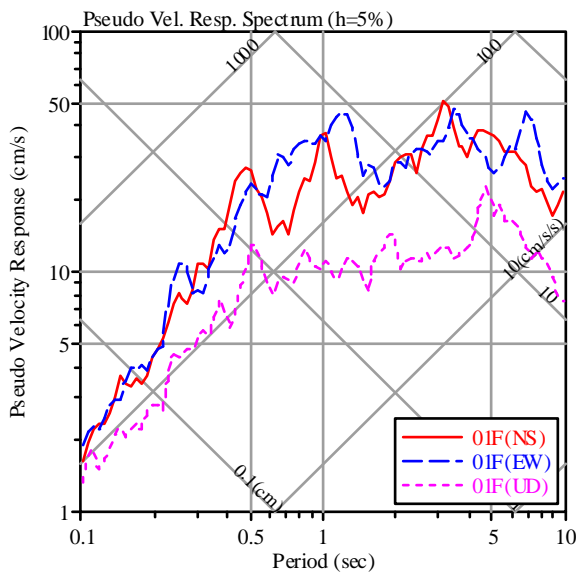
図 4-26 国立国会図書館地盤 (NDLG) 地表 (GL) の速度記録と応答スペクトル

(2) コーシャタワー佃の強震記録

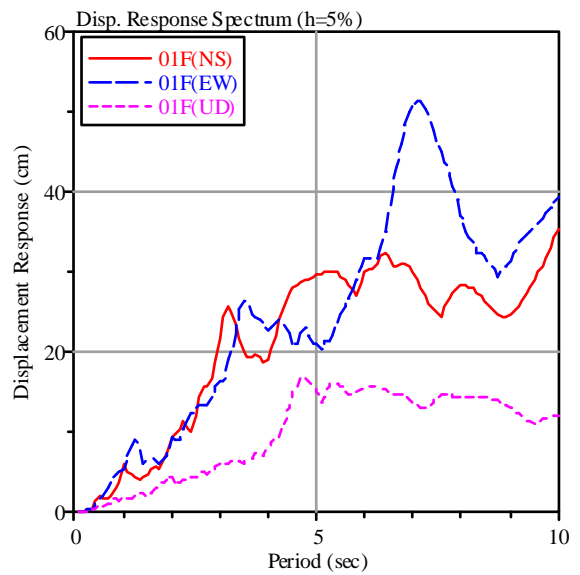
もう一例、東京湾岸の観測事例として、東京都中央区にあるコーシャタワー佃の1階で得られた速度波形と応答スペクトルを図 4-27 に示す。速度波形の特徴は、国立国会図書館の速度波形と共通しており、長周期地震動が長く継続している。疑似速度応答スペクトルは、やはり比較的平坦な形状であるが、1秒から1.2秒、2.5秒から3秒、そして7秒辺りにピークが表れる。変位応答スペクトルをみると、同様に7秒に大きな応答が表れているが、EW方向だけであり、長周期地震動に強い方向性が表れていると考えられる。



(a) 速度波形



(b) 疑似速度応答スペクトル (h=5%)

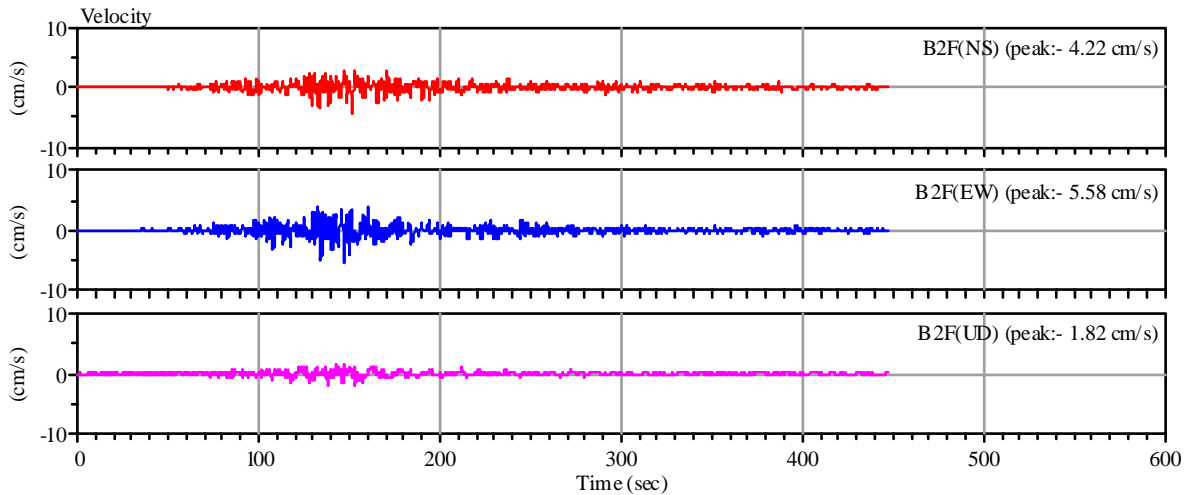


(c) 変位応答スペクトル (h=5%)

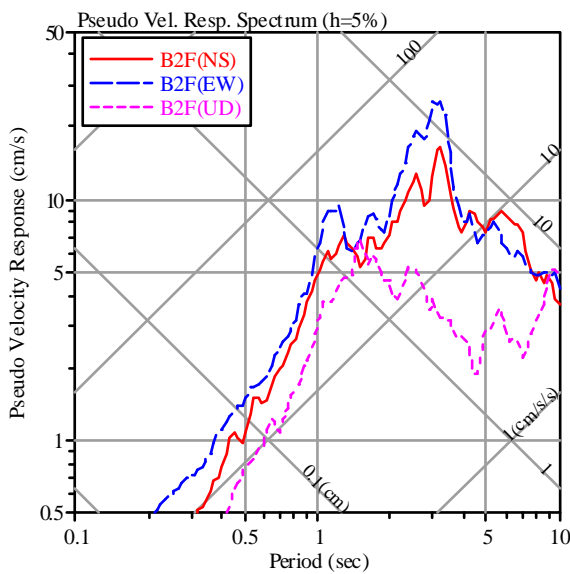
図 4-27 コーシャタワー佃 (TKD) 1階 (01F) の速度記録と応答スペクトル

(3) 名古屋合同庁舎1号館の強震記録

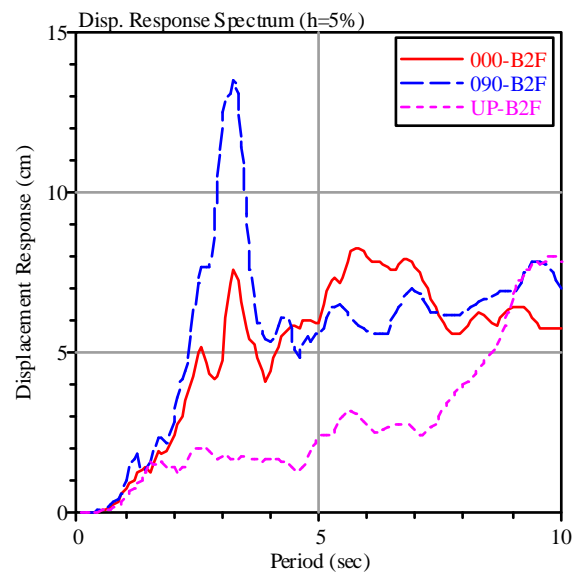
名古屋合同庁舎1号館は、名古屋市中区の官庁街に立地する。名古屋合同庁舎1号館では地表にも加速度計が設置されているが、現在上下成分が不調であるため地下2階の記録をみる。図4-28にここで得られた強震記録の速度波形と応答スペクトルを示す。速度波形上には、大きな振幅の長周期地震動は明瞭には観察できない。疑似速度応答スペクトルや変位応答スペクトルをみると、3秒に大きなピークを有する形状となっており、深い地下構造の影響が表れているが、応答振幅は小さい。



(a) 速度波形



(b) 疑似速度応答スペクトル (h=5%)

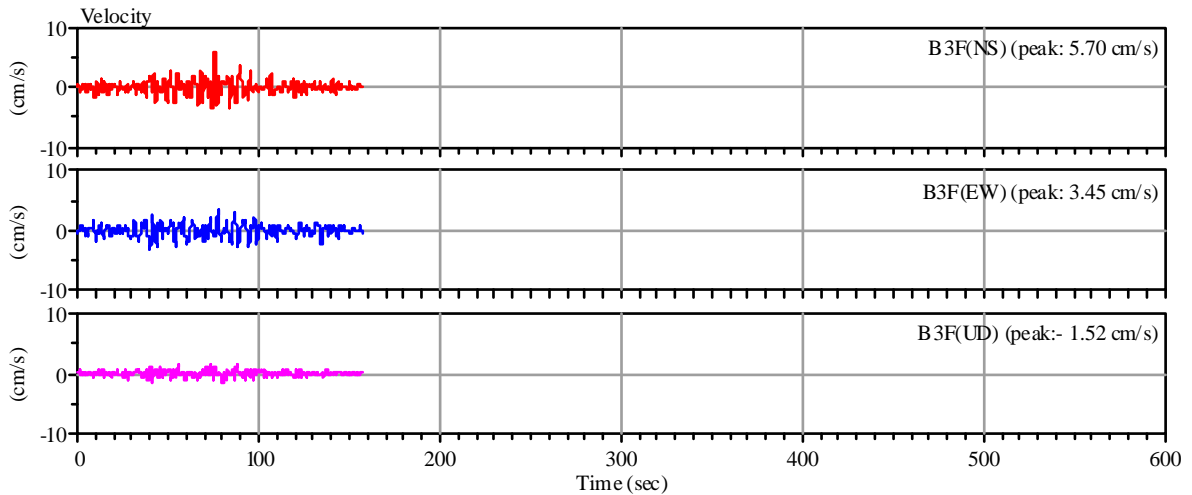


(c) 変位応答スペクトル (h=5%)

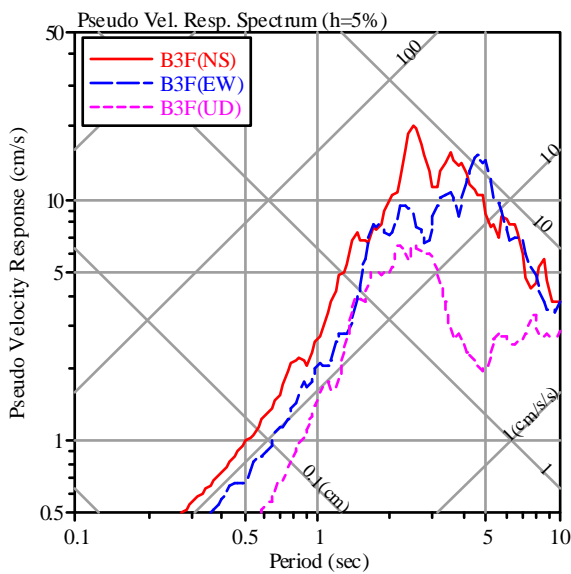
図 4.28 名古屋合同庁舎1号館 (NGY) 地下2階 (B2F) の速度記録と応答スペクトル

(4) 大阪合同庁舎 3 号館の強震記録

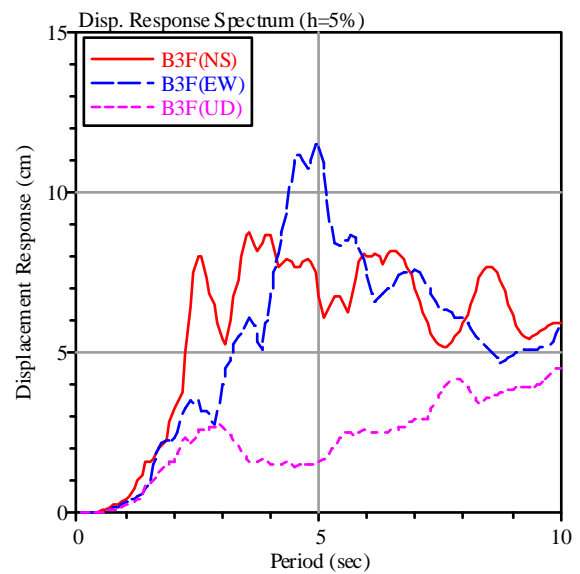
大阪市中央区に建つ大阪合同庁舎 3 号館の地下 3 階で観測された強震記録の速度波形と応答スペクトルを図 4-29 に示す。強震計の制約で十分な記録時間が確保できていないが、応答スペクトルから地震動の周期特性を検討する。NS 方向で 2.5 秒と 3.6 秒辺りに卓越があり、また EW 方向では 4.5 秒から 5 秒に大きな応答が観察できる。



(a) 速度波形



(b) 疑似速度応答スペクトル (h=5%)

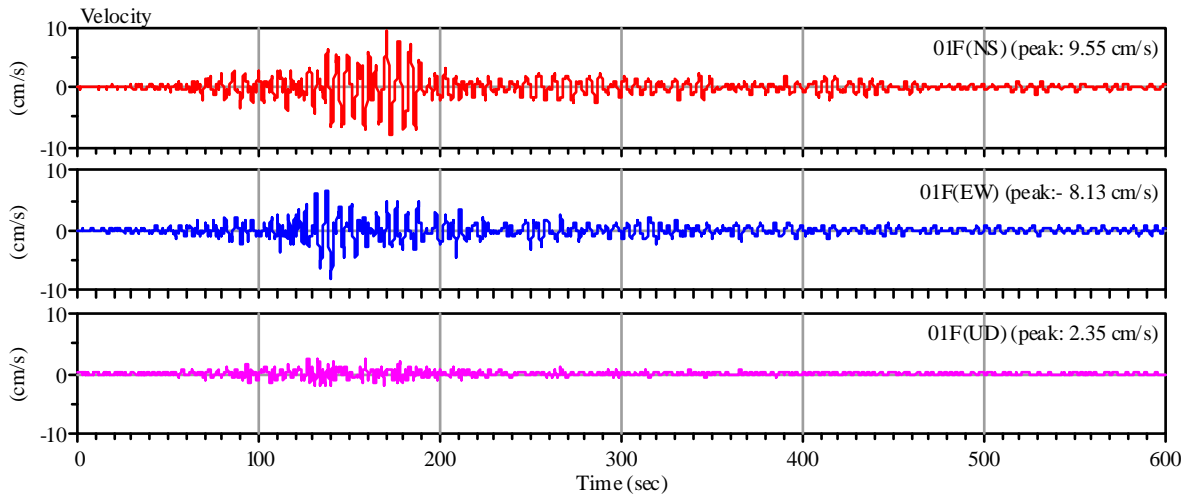


(c) 変位応答スペクトル (h=5%)

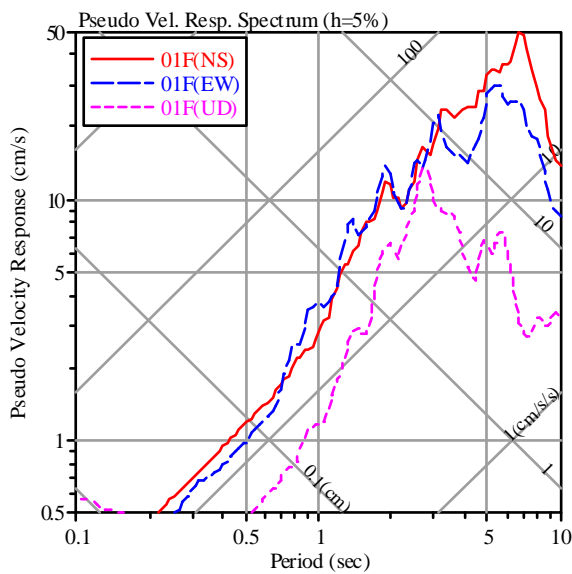
図 4-29 大阪合同庁舎 3 号館 (OSK) 地下 3 階 (B3F) の速度記録と応答スペクトル

(5) 大阪府咲洲庁舎の強震記録

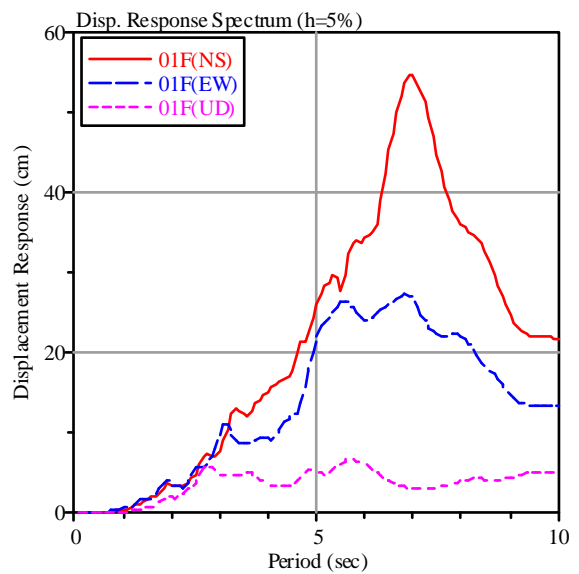
大阪市住之江区にある大阪府咲洲庁舎で得られた強震記録の速度波形と応答スペクトルを図 4-30 に示す。最大 10 cm/s ほどの比較的大きな揺れが 80 秒ほど続き、その後も長周期の地震動が 400 秒以上にわたって継続している。疑似速度応答スペクトルや変位応答スペクトルをみると、NS 方向の 7 秒の応答が際立っており、東京湾岸と大差ない応答値となっている。



(a) 速度波形



(b) 疑似速度応答スペクトル (h=5%)



(c) 変位応答スペクトル (h=5%)

図 4-30 大阪府咲洲庁舎 (SKS) 1 階 (01F) の速度記録と応答スペクトル

4.4.3 建築研究所強震観測ネットワークの記録(建物の地震応答)

建築研究所の強震観測ネットワークでは、46の建物の地震時の挙動が観測された。このうち、6棟が免震建物、7棟が超高層建物である。また、4棟の建物は今回の地震で、強震記録から判別できるほどの損傷を受けている。以下に特徴的な観測事例を紹介する。

(1) 東北大学人間環境系建物の強震記録

建物が損傷を受け、建物の動特性が変化した例として、東北大学の人間環境系建物を取り上げる。この建物は、東北大学青葉山キャンパスにあり、1978年より建物の1階と9階で強震観測を行っている。1978年宮城県沖地震で得られた著名な東北大学の記録もこの建物で観測されたものである。東北地方太平洋沖地震で得られた、(a) N192° E方向の加速度記録、(b) N282° E方向の加速度記録、(c) N192° E方向の建物変位(9階の1階に対する相対変位)、(d) N282° E方向の建物変位、及び(e) 10秒ごとに算出した建物の1次固有振動数⁴⁻²³⁾を、図4-31に示す。N192° E方向は北から東回りに192°の方位を表し、建物の短辺方向に対応する。

図4-31(a)及び(b)は濃い太線が1階(01F)の、明るい細線が9階(09F)の加速度を表し、1階の最大加速度は両方向とも330 cm/s²を超えている。また9階の最大加速度は1階の2~3倍となり、N192° E方向では900 cm/s²を超えている。加速度波形には、40秒辺りと80秒過ぎに振幅の大きなふたつの波群がみられ、ふたつ目の波群の応答加速度がより大きくなっている。図4-31(e)の1次固有振動数の変化をみると、N192° E方向、N282° E方向共、地震動の初期の時間では1.5 Hz程度の値を示しているが、40秒から50秒にかけての最初の波群で1.0 Hz位に低下し、80秒から100秒のふたつめ目の波群で更に0.7 Hzから0.8 Hz程度に落ちている。

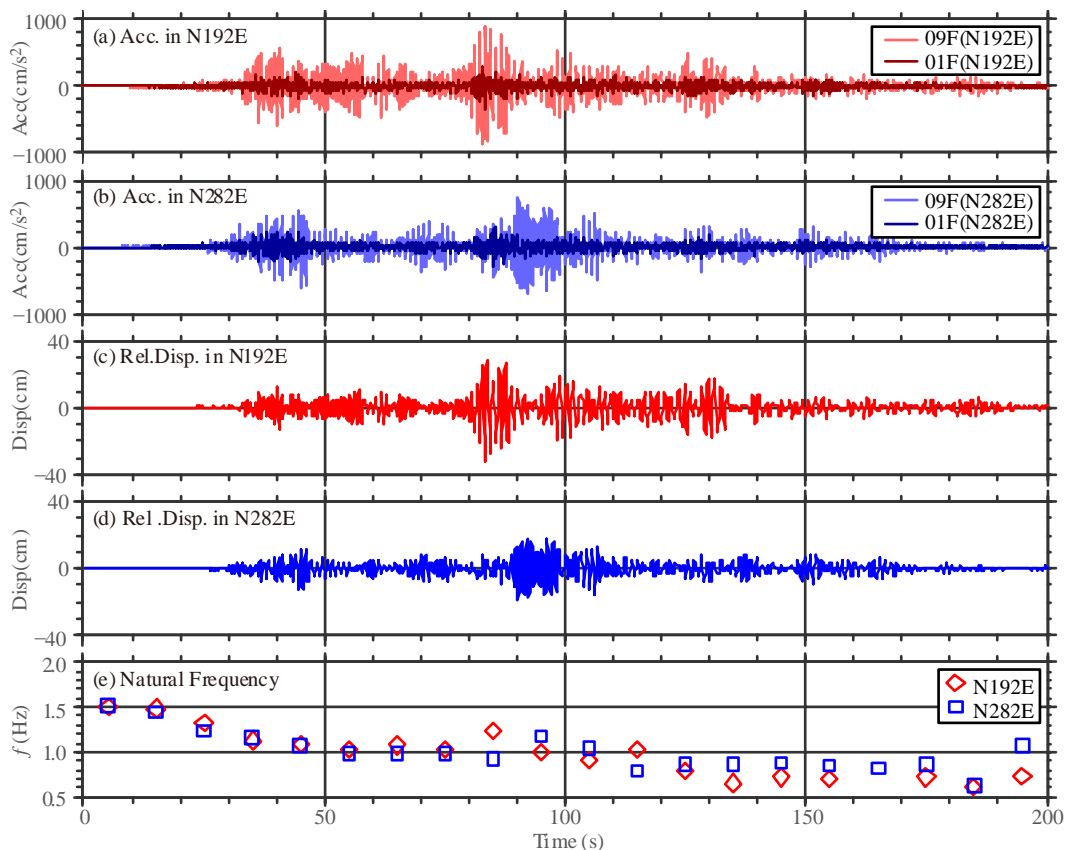
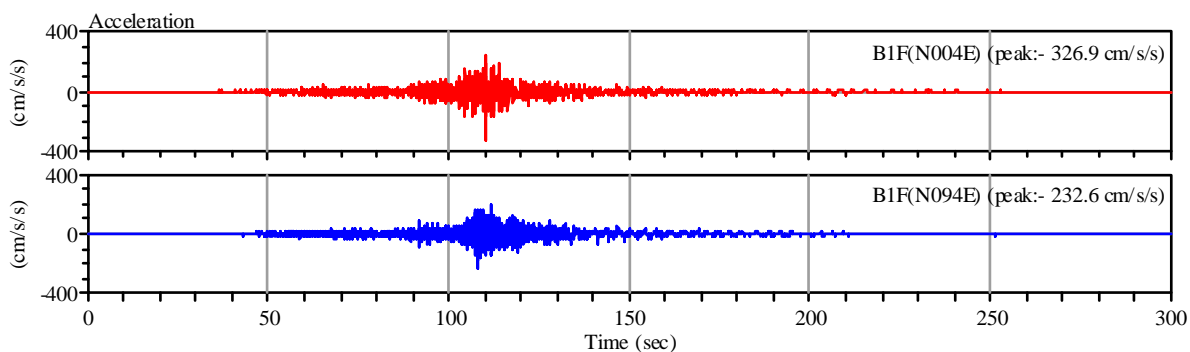


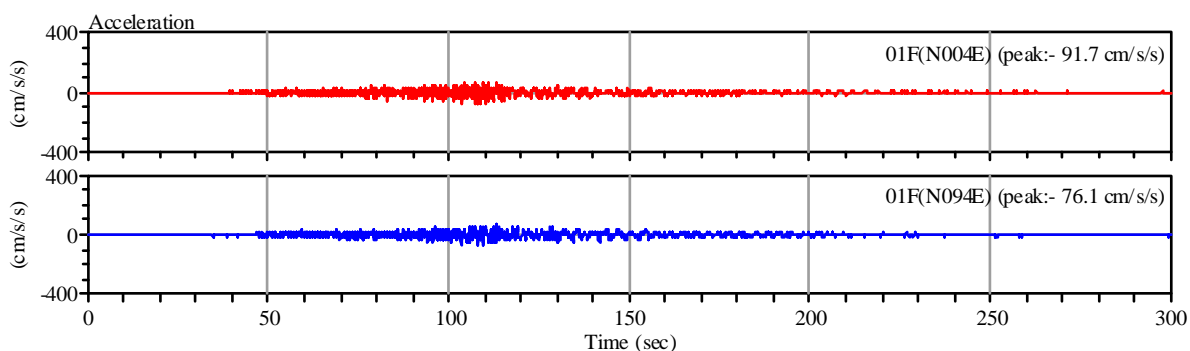
図 4-31 東北大学人間環境系建物(THU)の加速度記録、建物変位と固有振動数の同定結果

(2) つくば市庁舎の強震記録

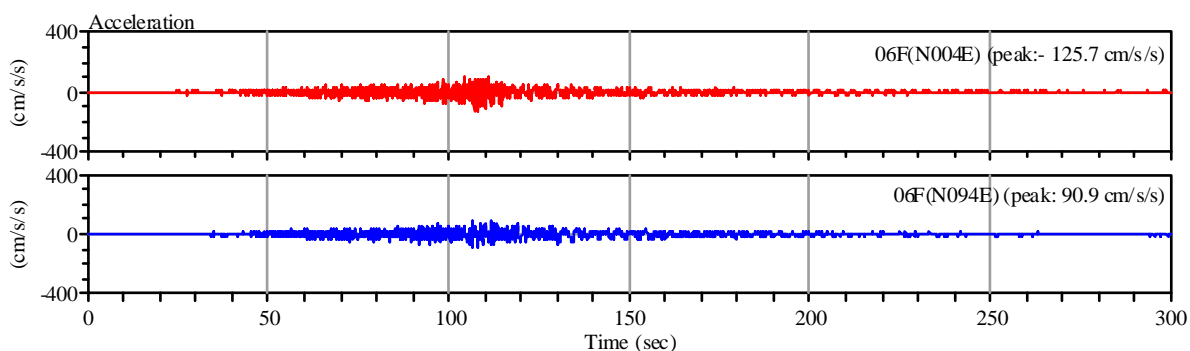
つくば市庁舎は 2010 年 3 月に竣工した、7 階建の免震建物である。図 4-32 につくば市庁舎で得られた加速度記録を示す。上段 (a) が免震ピット内 (B1F)、中段 (b) が 1 階、下段 (c) が 6 階で得られた水平 2 成分の加速度記録である。免震ピットで 233 cm/s^2 から 327 cm/s^2 であった最大加速度は免震層の直上に当たる 1 階では 76 cm/s^2 から 92 cm/s^2 と 3 割以下に低減され、建物内の増幅も小さく抑えられている。免震装置の効果が強震記録に明瞭にあらわれていると指摘できる。



(a) 免震ピット (B1F)



(b) 1 階 (01F)



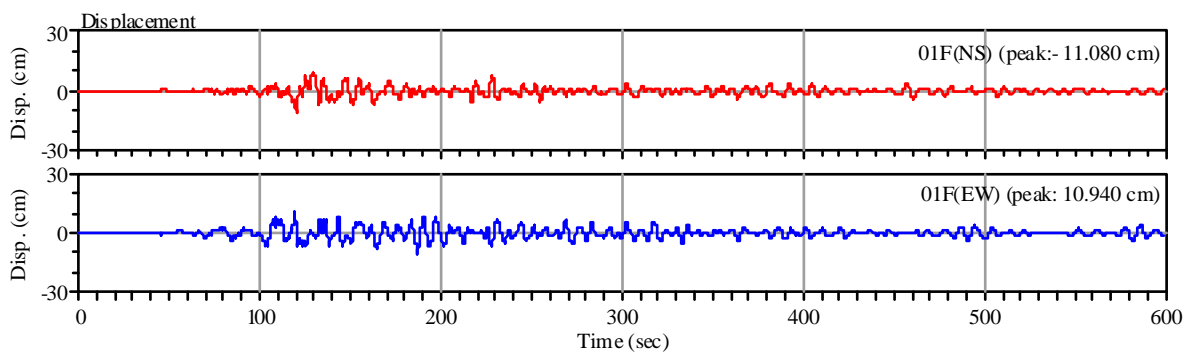
(c) 6 階 (06F)

図 4-32 つくば市庁舎 (TKC) の加速度記録

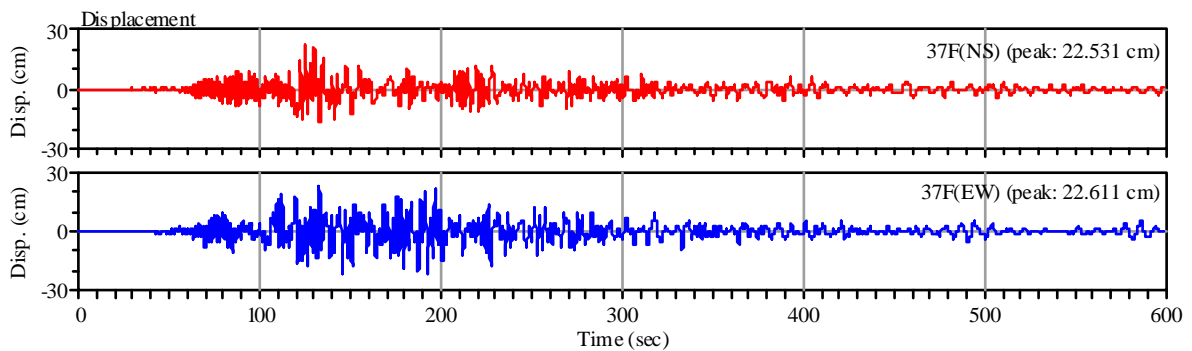
(3) コーシャタワー佃の強震記録

前節で述べた東京湾岸に建つコーシャタワー佃の地震時の応答をみる。コーシャタワー佃は 37 階建ての集合住宅であり、建物の 1 階、18 階、及び 37 階に加速度計が設置されている。この 1 階 (01F) と 37 階 (37F) で得られた強震記録を積分して得られた変位波形と、37 階の変位から 1 階の変位を引いた建物変位を図 4-33 に示す。加速度から変位への変換方法は、前節の速度への変換と同様である。

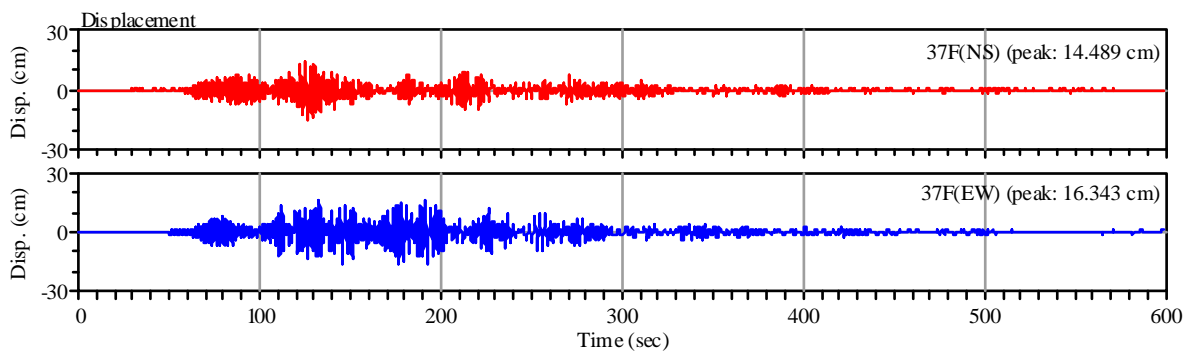
建物頂部 (37 階) の最大変位は 23 cm ほどになり、1 階の最大変位の 2 倍となっている。10 cm を超えるような大きな揺れは 100 秒以上続き、振幅は小さくなって 600 秒以上揺れ続けていることが変位波形からはよくわかる。ただし、後半の揺れは地震動自体の変位によるもので、図 4-33 (c) からわかるように、建物の応答はほぼ収まっている。建物変位の最大値は、16 cm ほどであった。



(a) 1 階 (01F) の変位



(b) 37 階 (37F) の変位



(c) 建物変位 (37F の 01F に対する相対変位)

図 4-33 コーシャタワー佃 (TKD) の変位波形

4.4.4 その他の長周期建物の強震記録

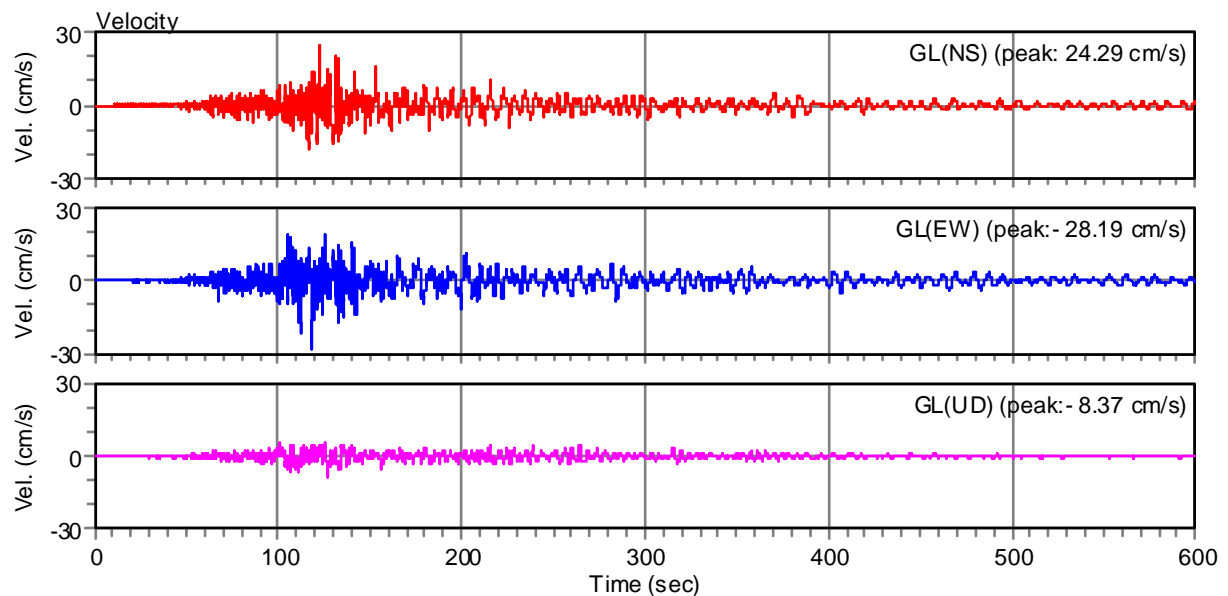
国土交通省による建築基準整備促進補助事業の一環として、平成22年度より超高層建物4棟及び免震建物2棟の強震観測が実施されている。ここでは建物への有効入力評価と長周期地震動入力下における長周期建物の地震応答性状の把握を主な目的としている。これら6棟の建物で得られた強震記録の最大加速度を表4-3に示す。いずれの建物においても、地盤上GLと建物最下階での同時観測を実施している。ただし、鉄骨造のNHSKでは敷地の制約から地盤上に地震計を設置することが困難であったため、超高層建物とは基礎が独立した隣接する低層建物の最下階を地盤上に代わる観測点としている。また、東京都においては、中央区及び江東区の比較的近接した範囲において、それぞれ構造の異なる建物3棟(NHRS, NHST及びNBSN)を観測建物として選定している。表に示される通り、これら3棟においては、最下階の位置すなわち基礎構造が異なることにも着目したい。なお、免震建物NBSNは、4F直下のM4Fに免震材料が配置された中間階免震であり、NBOSは、B1Fの柱頭に免震材料が配置されたレトロフィット免震である。

表4-3 強震観測記録一覧(建築基準整備促進補助事業)

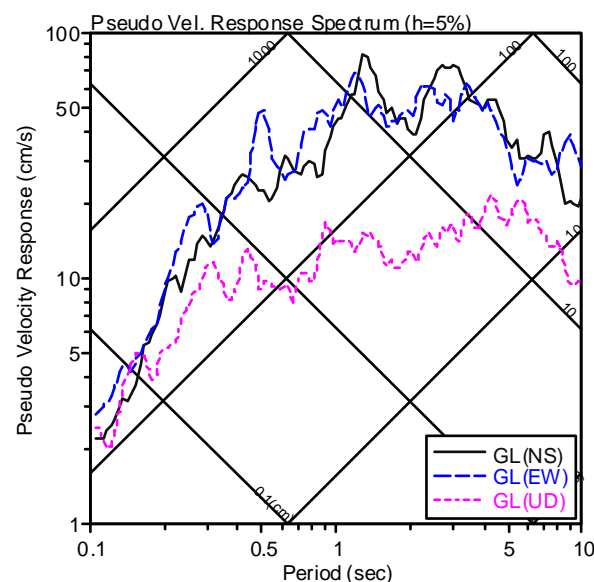
記号	観測地点	構造	設置方位	位置	最大加速度 (cm/s ²)		
					H1	H2	V
NHRS	東京都江東区	RC造	352°	32F	249	283	193
				B1F	63	69	39
				000°	GL	113	134	85
NHRH	名古屋市千種区	RC造	000°	25F	41	49	7
				1F	15	15	7
				GL	15	16	8
NHSK	東京都千代田区	鉄骨造	290°	32F	191	179	90
				16F	141	117	63
				B2F	67	52	58
				1F(低層棟)	76	63	80
NHST	東京都中央区	鉄骨造	050°	33F	163	146	107
				15F	130	161	80
				B4F	53	50	52
				GL	146	149	82
NBSN	東京都江東区	免震	039°	36F	92	116	95
				4F	75	100	47
				M4F	109	129	43
				1F	85	114	40
				GL	173	177	153
NBOS	大阪市中心区	免震	000°	8F	13	11	4
				1F	13	10	4
				B1F	11	9	4
				GL	11	10	5

6棟の建物のうち、最も大きな加速度が観測されたのは、NHRS(RC造)の32Fにおいてである。本建物は、表4-2中のコーシャタワー佃と同様の鉄筋コンクリート造の集合住宅であり、また建設地も近いが、図4-27との比較のため、地表面上での速度記録と応答スペクトルを図4-34に示す。

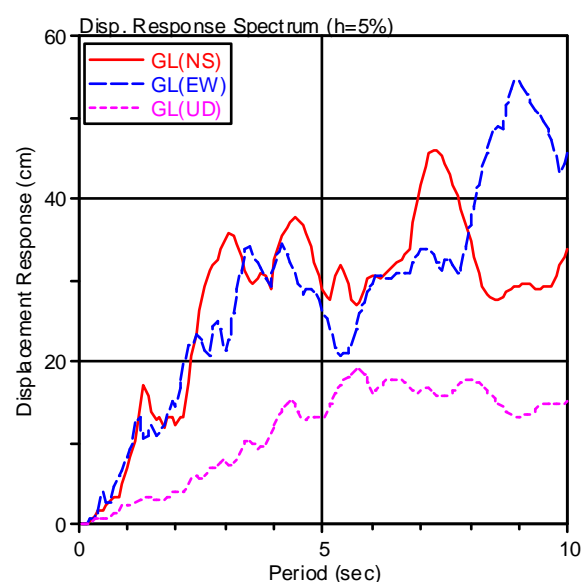
速度波形の特徴として、図4-27と同様に、長周期地震動が長く継続している様相が見て取れる。擬似速度応答スペクトルにおいては、1秒強及び3秒前後のところで、ピークがより顕著に現れているようである。変位応答スペクトルについてはNS方向において約7秒のところでピークが現れているが、EW方向では、9秒付近でピークが現れている。



(a) 速度波形



(b) 擬似速度応答スペクトル(h=5%)



(c) 変位応答スペクトル(h=5%)

図4-34 NHRS(RC造)地盤上(GL)の速度記録と応答スペクトル

図4-35は、図4-33(c)と対応させて、建物変位(32FのBIFに対する相対変位)を示している。コー

シャタワー佃と比較し、最大変位はNS方向、EW方向とも2倍以上となっている。本建物には、より大きな地震力が作用したと推定される。

東京都以外の強震観測記録として、図 4-28(c)及び図 4-29(c)と対応させて、NHRH及びNBOSの地盤上の記録による変位応答スペクトルを、それぞれ、図 4-36及び図 4-37に示す。図 4-36は名古屋市千種区の記録であるが、名古屋市中区の記録による図 4-28(c)と同様の形状となっており、周期 3 秒のところに、特徴的なピークが現れている。図 4-37は大阪市中央区の記録であるが、大阪合同庁舎 3号館とは同一地区であるため、図 4-29 とほとんど同じ形状となっている。すなわち、NS 方向で 2.5 秒と 3.6 秒辺りに、EW 方向で、4.5 秒から 5 秒にピークが現れている。

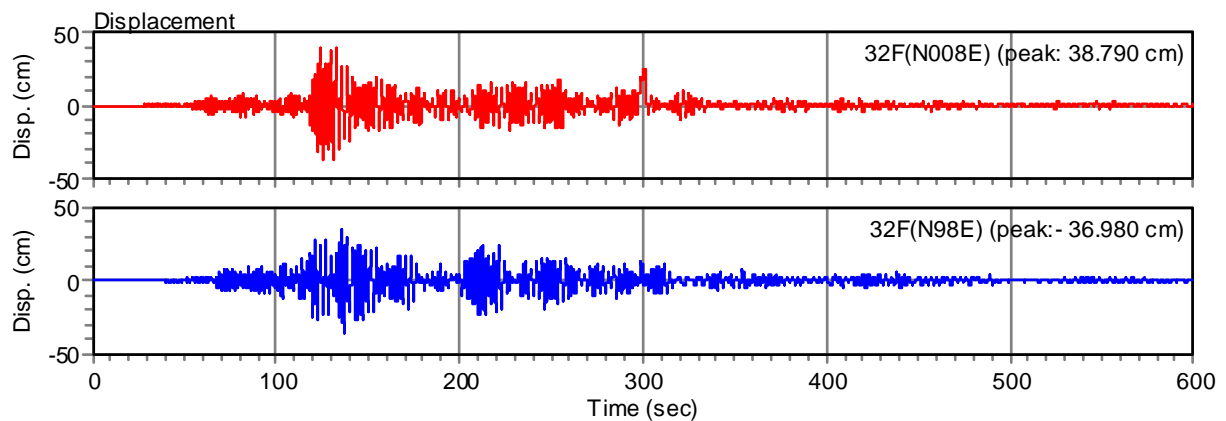


図 4-35 NHRH (RC 造) の建物変位 (32F の B1F に対する相対変位)

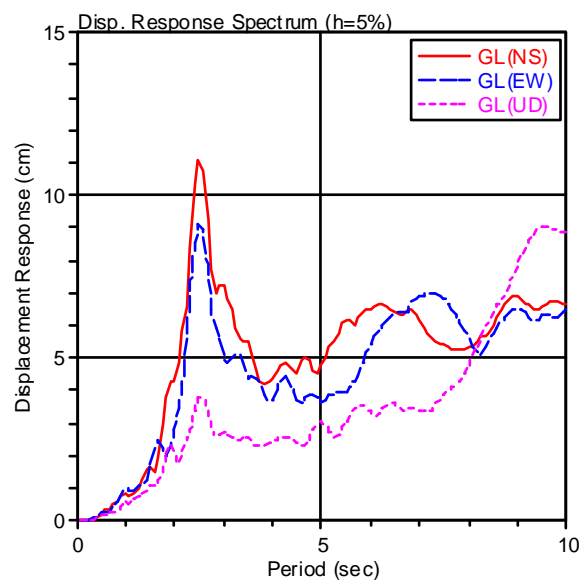


図 4-36 NHRH(名古屋)の変位応答スペクトル

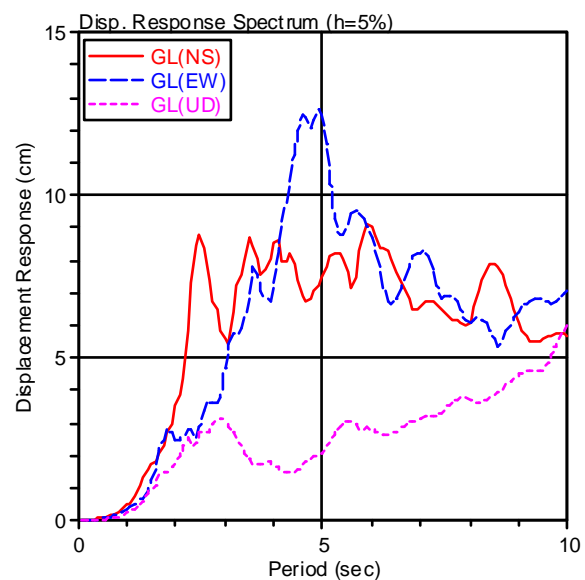


図 4-37 NBOS(大阪)の変位応答スペクトル

4.4.5 余震の強震記録

4.1.1 節で述べたように、東北地方太平洋沖地震では、大きな余震がいくつか発生している。建築研究所の強震観測ネットワークでは、それらの余震でも強震記録が得られている。ここでは余震で得られた強震記録を紹介する。取り上げる余震は表4-4に示す3つの地震である。

表 4-4 余震一覧

日時	震央	深さ	規模
2011年03月11日15時15分	茨城県沖	43 km	Mj 7.7
2011年04月07日23時32分	宮城県沖	66 km	Mj 7.1
2011年04月11日17時16分	福島県浜通り	6 km	Mj 7.0

(1) 3月11日15時15分茨城県沖の地震

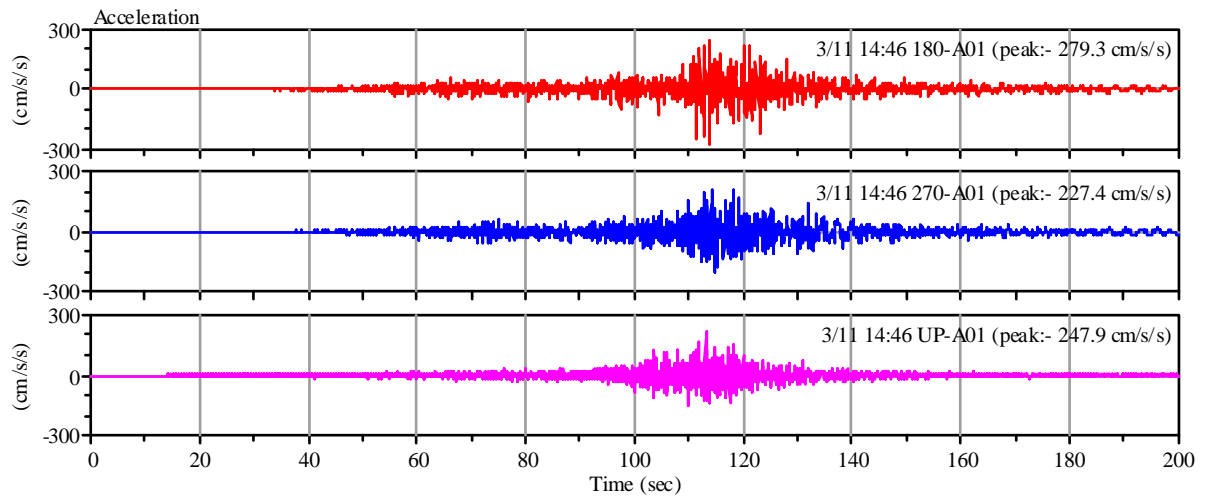
3月11日15時15分茨城県沖で発生した余震で得られた強震記録のうち、地表、あるいは建物の基礎部で震度5弱(計測震度4.5)以上のものを表4-5に示す。この余震は、本震の後30分足らずで発生し、余震発生領域の南部で発生したため、関東地方に大きな揺れをもたらした。

図4-38に建築研究所の地表(A01)で得られた加速度記録を、本震と比較して示す。(a)が本震の記録、(b)が茨城県沖の余震の記録、(c)が減衰定数5%の疑似速度応答スペクトルで、太線が本震、細線が余震を表す。余震の強震記録の最大加速度は本震の記録の1/4から2/3である。疑似速度応答スペクトルをみると、本震と余震は多峰型の似た形状を示しており、余震の応答スペクトルは本震の半分程度の値である。ただし、周期1秒辺りのN270°E方向のように、本震の応答スペクトルと同等の応答を示す周期帯域もあり、建物によっては本震と大差ない応答を示した可能性がある。

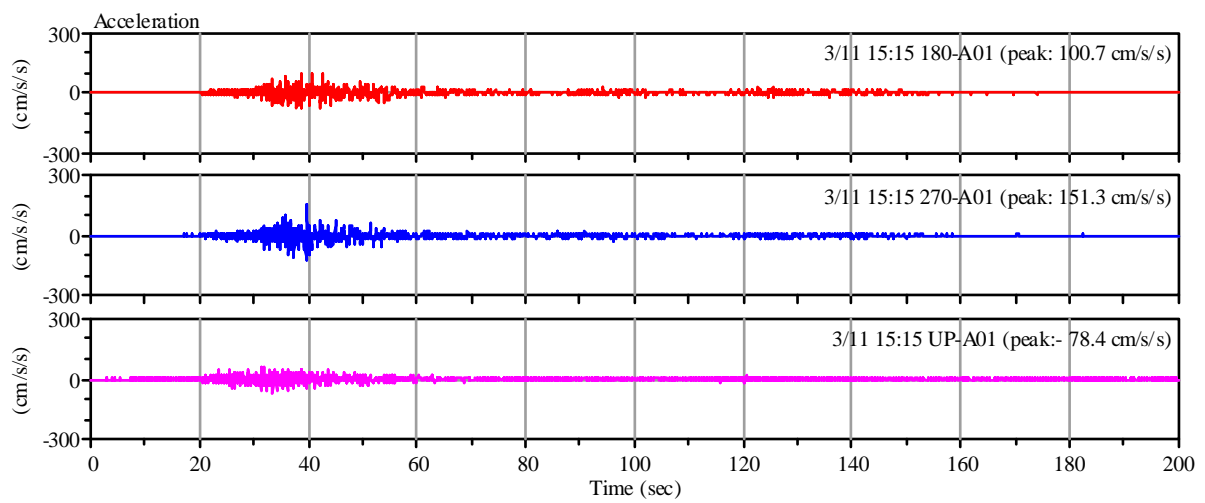
表 4-5 震度5弱以上の強震記録

記号	観測地点	Δ (km)	I_{JMA}	設置 方位	位置	最大加速度 (cm/s ²)			備考
						H1	H2	V	
BRI	建築研究所地震観測研修棟	107	4.7	180°	01F*	98	148	71	
ANX	建築研究所	107	4.7	180°	A01*	101	151	78	地表
					A89	57	70	37	地中 89 m
					BFE	75	122	53	新館
					8FE	284	570	150	新館
					MBC	82	119	69	研究本館
					M8C	447	479	106	研究本館
MST	三郷市庁舎	129	4.6	258°	01F	62	78	23	
					GL*	72	89	37	
					07F	100	104	31	
ICK	市川市行徳図書館	130	4.5	321°	01F*	82	73	28	
					02F	92	73	29	
					05F	133	127	35	

注) Δ : 震央距離, I_{JMA} : 計測震度(*印のセンサーの3成分の加速度記録から気象庁の方法で算出), 設置方位: 北から東回りに測った方位, H1, H2, V: 水平1(設置方位), 水平2(設置方位に直交)及び鉛直方向の最大加速度

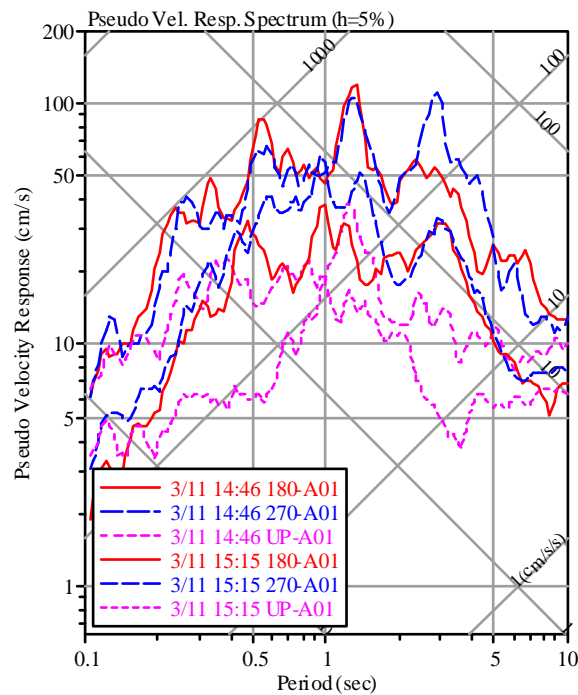


(a) 2011/03/11 14:46 本震



(b) 2011/03/11 15:15 余震

(c)



(c) 疑似速度応答スペクトル (h=5%)

図 4-38 建築研究所地表 (A01) の強震記録

(2) 4月7日23時32分宮城県沖の地震

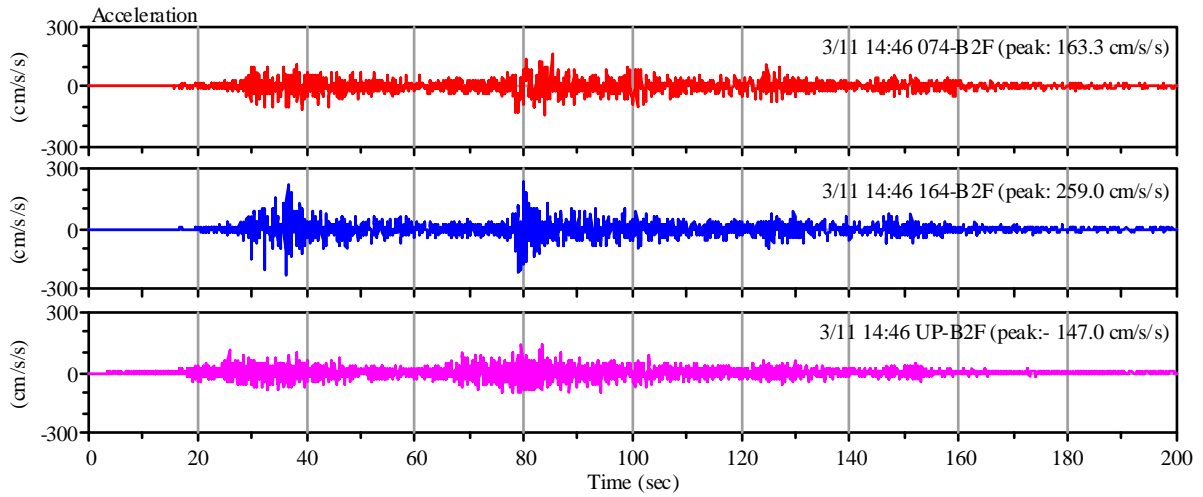
4月7日23時32分宮城県沖で発生した余震で得られた強震記録のうち、地表、あるいは建物の基礎部で震度5弱(計測震度4.5)以上のものを表4-6に示す。この余震は、宮城県を中心に大きな揺れをもたらした。

図4-39に仙台第2合同庁舎地下2階(B2F)で得られた加速度記録を、本震と比較して示す。(a)が本震の記録、(b)が宮城県沖の余震の記録、(c)が減衰定数5%の疑似速度応答スペクトルで、太線が本震、細線が余震を表す。余震の強震記録の最大加速度は、N074°E方向では本震と大差ないが、N164°E方向では3/4程度となっている。疑似速度応答スペクトルをみると、0.5秒前後の短周期領域では、余震の記録の応答が本震の記録を上回っているが、全般に本震の記録の応答が大きく、特に2秒以上の長周期成分では、大きな差が認められる。

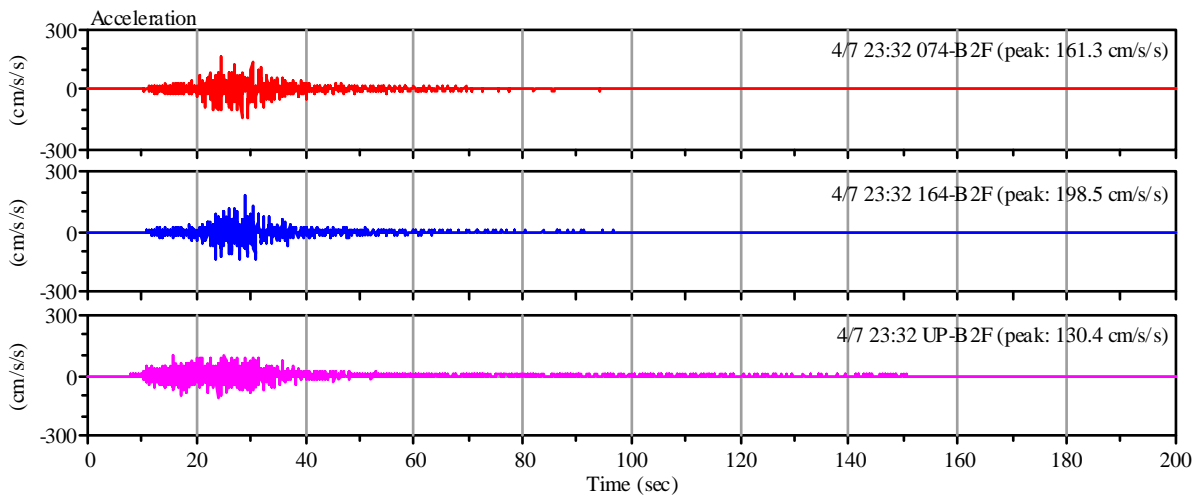
表4-6 震度5弱以上の強震記録

記号	観測地点	Δ (km)	I_{JMA}	設置 方位	位置	最大加速度 (cm/s ²)			備考
						H1	H2	V	
SND	仙台第2合同庁舎	92	4.9	074°	B2F*	161	199	130	
					15F	309	270	380	
HCN2	八戸市庁舎新館	259	4.6	164°	GL*	97	114	47	
					G30	45	48	26	
					G105	20	19	15	
					10F	77	87	109	
					01F	69	69	40	
B1F	73	56	51						

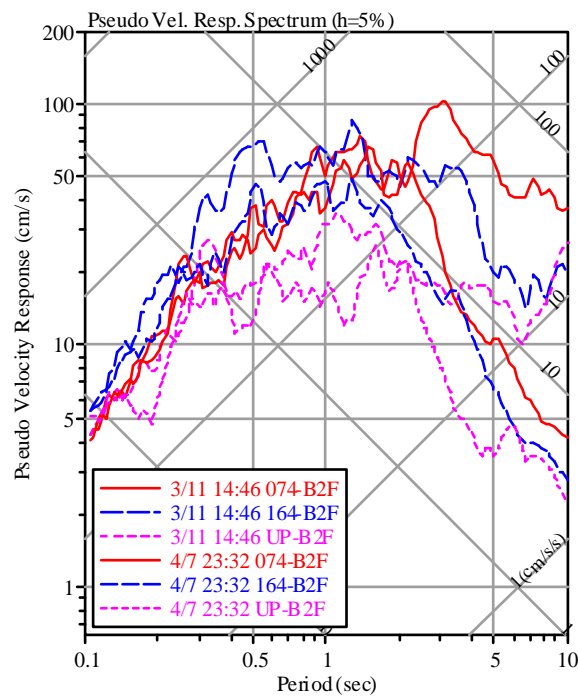
注) Δ : 震央距離, I_{JMA} : 計測震度(*印のセンサーの3成分の加速度記録から気象庁の方法で算出), 設置方位: 北から東回りに測った方位, H1, H2, V: 水平1(設置方位), 水平2(設置方位に直交)及び鉛直方向の最大加速度



(a) 2011/03/11 14:46 本震



(b) 2011/04/07 23:32 余震



(c) 疑似速度応答スペクトル (h=5%)

図 4-39 仙台第 2 合同庁舎地下 2 階 (B2F) の強震記録

(3) 4月11日17時16分福島県浜通りの地震

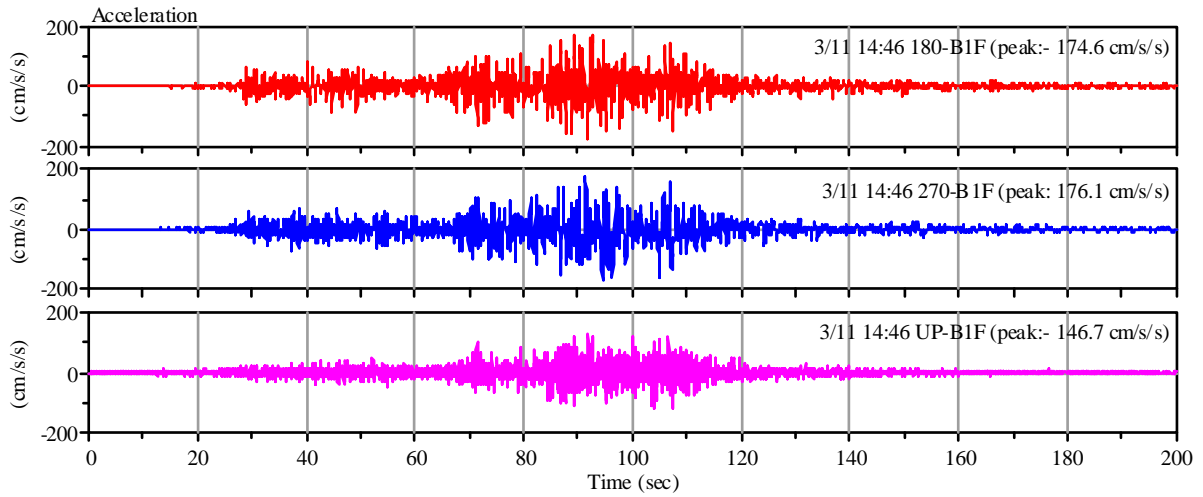
4月11日17時16分福島県浜通りで発生した余震で得られた強震記録のうち、地表、あるいは建物の基礎部で震度5弱(計測震度4.5)以上のものを表4-7に示す。この余震は、内陸部で発生したマグニチュード7.0の地震であり、周辺に大きな揺れをもたらした。

図4-40にいわき市庁舎地下1階(B1F)で得られた加速度記録を、本震と比較して示す。図4-40(a)が本震の記録、図4-40(b)が福島県浜通りの余震の記録、図4-40(c)が減衰定数5%の疑似速度応答スペクトルで、太線が本震、細線が余震を表す。余震の強震記録の最大加速度は、本震の記録と比べて1割から2割程度小さいだけである。疑似速度応答スペクトルをみると、N270°E方向の余震の記録の応答スペクトルは本震より応答は少なめではあるが、よく似た形状を示している。一方、N180°E方向では1秒から3秒の周期領域で応答スペクトルが落ち込んでおり、本震の記録との顕著な違いとなっている。

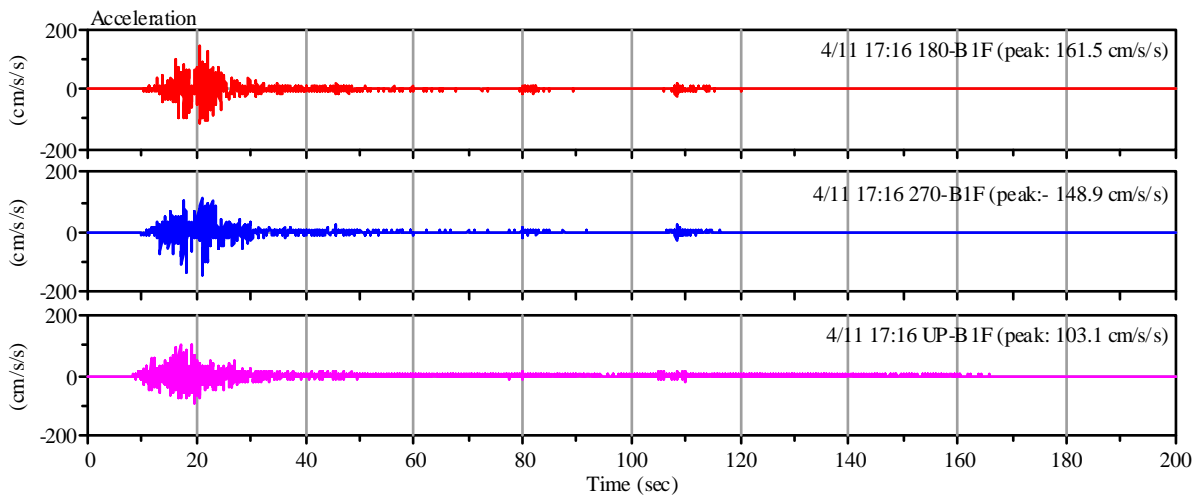
表4-7 震度5弱以上の強震記録

記号	観測地点	Δ (km)	I_{JMA}	設置 方位	位置	最大加速度 (cm/s ²)			備考
						H1	H2	V	
IWK	いわき市庁舎	23	5.0	180°	B1F*	162	149	103	
					09F	447	395	174	
ANX	建築研究所	105	4.6	180°	A01*	118	90	59	地表
					A89	55	55	25	地中 89 m
					BFE	95	69	41	新館
					8FE	274	207	96	新館
					MBC	84	76	50	研究本館
					M8C	283	344	111	研究本館

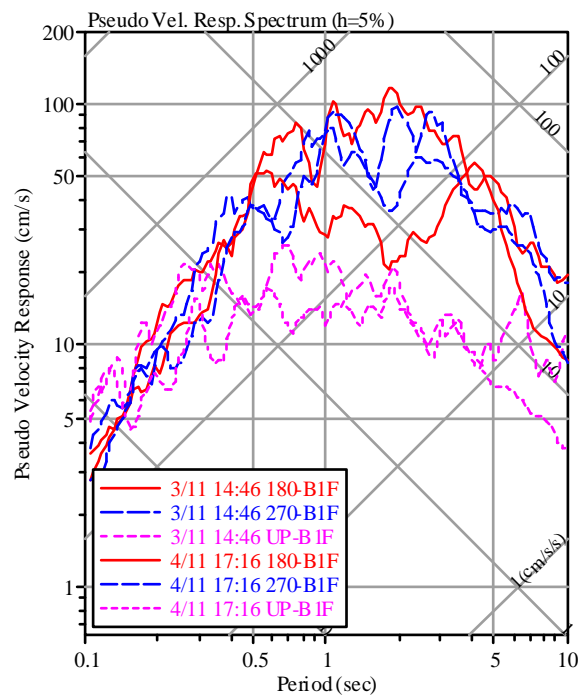
注) Δ : 震央距離, I_{JMA} : 計測震度(*印のセンサーの3成分の加速度記録から気象庁の方法で算出), 設置方位: 北から東回りに測った方位, H1, H2, V: 水平1(設置方位), 水平2(設置方位に直交)及び鉛直方向の最大加速度



(a) 2011/03/11 14:46 本震



(b) 2011/04/11 17:16 余震



(c) 疑似速度応答スペクトル (h=5%)

図 4-40 いわき市庁舎地下 1 階 (B1F) の強震記録

4.5 津波の波源モデルと最大津波波高（シミュレーション）

東北地方太平洋沖地震の津波波形インバージョンを実施し、津波波源を推定した (Fujii et al., 2011)⁴⁻²⁴⁾。使用した津波波形記録は、DART と呼ばれる米国大気海洋局 (NOAA) が深海底に設置している津波計、海洋研究開発機構 (JAMSTEC) と東京大学地震研究所 (ERI) による日本沿岸のケーブル式海底津波計、国土交通省港湾局による GPS 波浪計と海象計 (NAWPHAS) 及び検潮所で観測された水位記録である (図 4-41)。

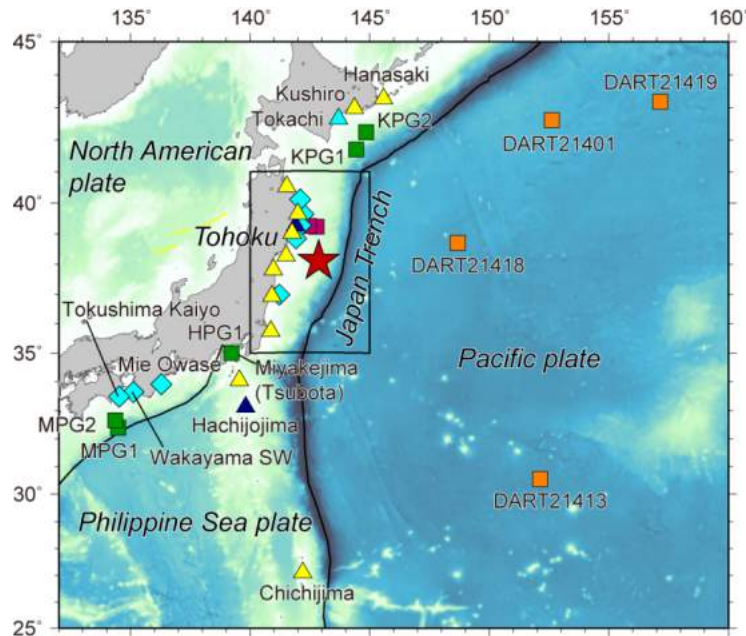


図 4-41 インバージョンに使用した観測点分布。四角は海底津波計、菱形は GPS 波浪計、三角は検潮所と海象計を示す。観測点の色は各機関に対応する (橙：米国大気海洋局、黄色：気象庁、緑：海洋研究開発機構、青：海上保安庁、水色：国交省港湾局、紫：東大地震研)。四角の領域は図 D の領域を示す。

断層モデルとして、米国地質調査所 (USGS) の W phase インバージョン解析によるモーメントテンソル解 (震源メカニズム：走向 193°、傾斜 14°、すべり方向 81°) を参照して 40 枚の小断層面を設定した (図 4-42 参照)。各小断層の大きさは 50 km × 50 km で、断層面上端の深さは海溝軸から陸地方向の順に 0 km、12.1 km、24.2 km、36.3 km と仮定した。断層面上において、破壊が震央から同心円状に 2.0 km/s の速度で伝播するモデルとした。

各小断層から観測点までのグリーン関数を計算する際の津波の初期条件として、設定した小断層による海底地形の静的変位を Okada (1985)⁴⁻²⁵⁾ の式で計算した。津波伝播を計算するため、線形長波の式を差分法で数値的に解いた (Satake, 1995)⁴⁻²⁶⁾。海底地形データとして、外洋では GEBCO_08 を 2 分間隔で再サンプリングしたデータ、日本周辺は JTOP030 の 30 秒グリッドデータを使用した。

インバージョンの結果 (図 4-42 左)、最も海溝側で 30 m 以上の大きなすべりが求められた。これにより推定される海底の隆起量は約 8 m である。震源付近の三陸沖南部海溝寄りと宮城沖では 10 m を超えるすべりが、福島沖では約 4 m、茨城沖では約 2 m のすべりが推定された。三陸沖北部については、部分的に数 m のすべりが推定されている。モーメントマグニチュードは 8.9 と推定され、地震波解析等による値と調和的である。各観測点で観測された津波波形と計算波形の比較を図 4-43 に示す。

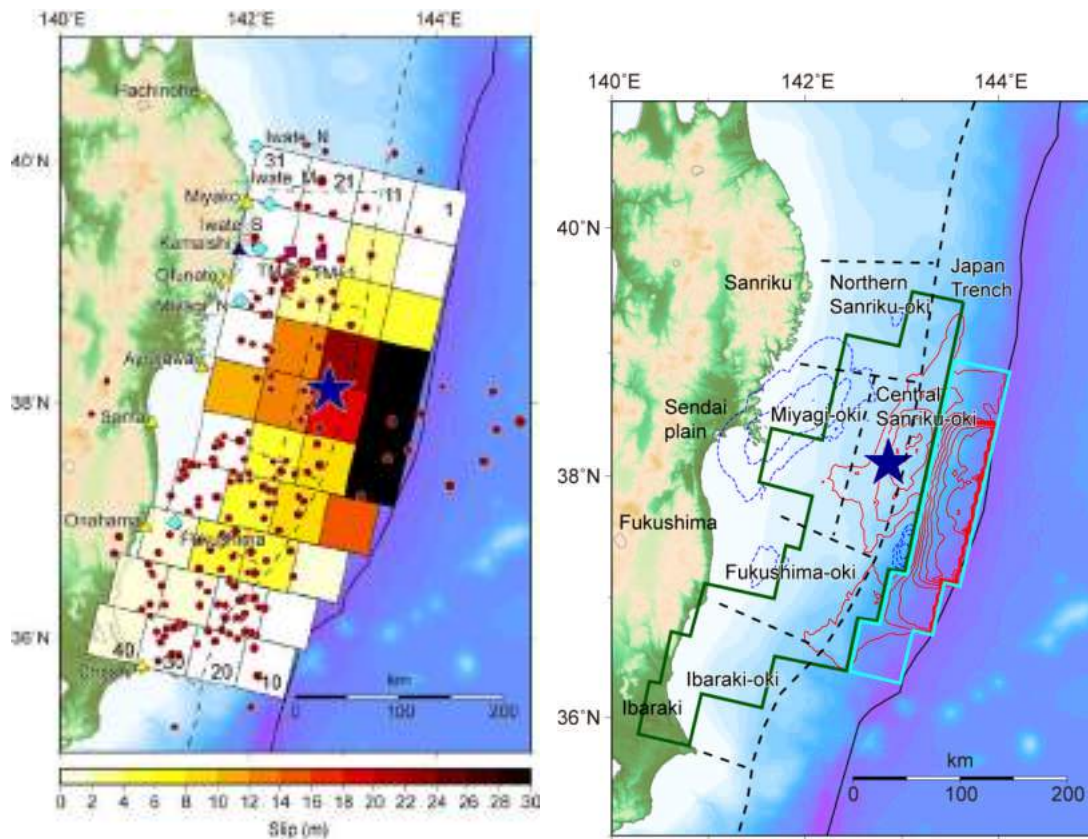


図 4-42 (左) 津波波形インバージョンで求めた断層面上のすべり分布。青星は震源、赤丸は本震後約1日間に発生した余震を示す(気象庁より)。(右) 計算した海底地殻変動。赤の実線は隆起(等高線間隔1 m)、青の破線は沈降(0.5 m 間隔)を示す。

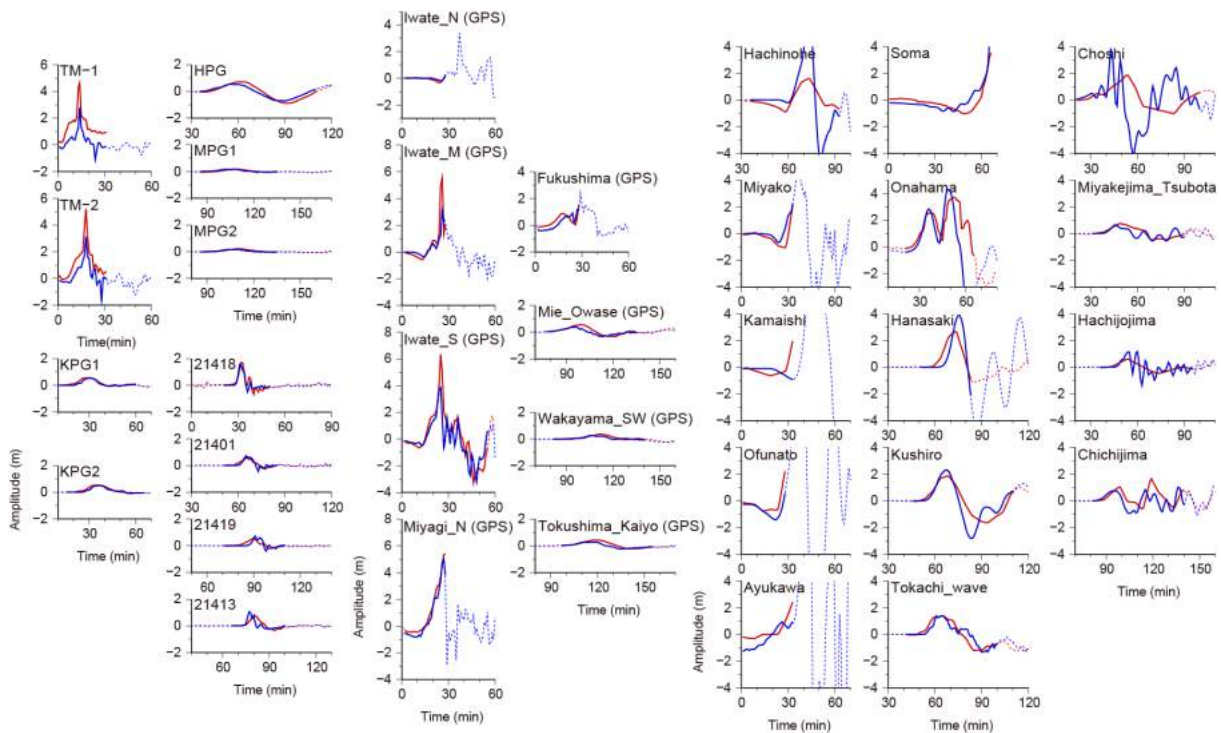


図 4-43 観測津波波形(赤)と理論波形(青)の比較。実線はインバージョンに使用した区間を示す。

上記の断層モデルを入力モデルとして非線形長波の式 (Satake, 1995) ⁴⁻²⁶⁾による津波シミュレーションを実施し、沿岸部での津波の高さを推定した (図 4-44)。岩手県南部から福島県沿岸で予測された津波の高さは概ね5 m から 10 m で、場所によって10 m 以上の所もある。

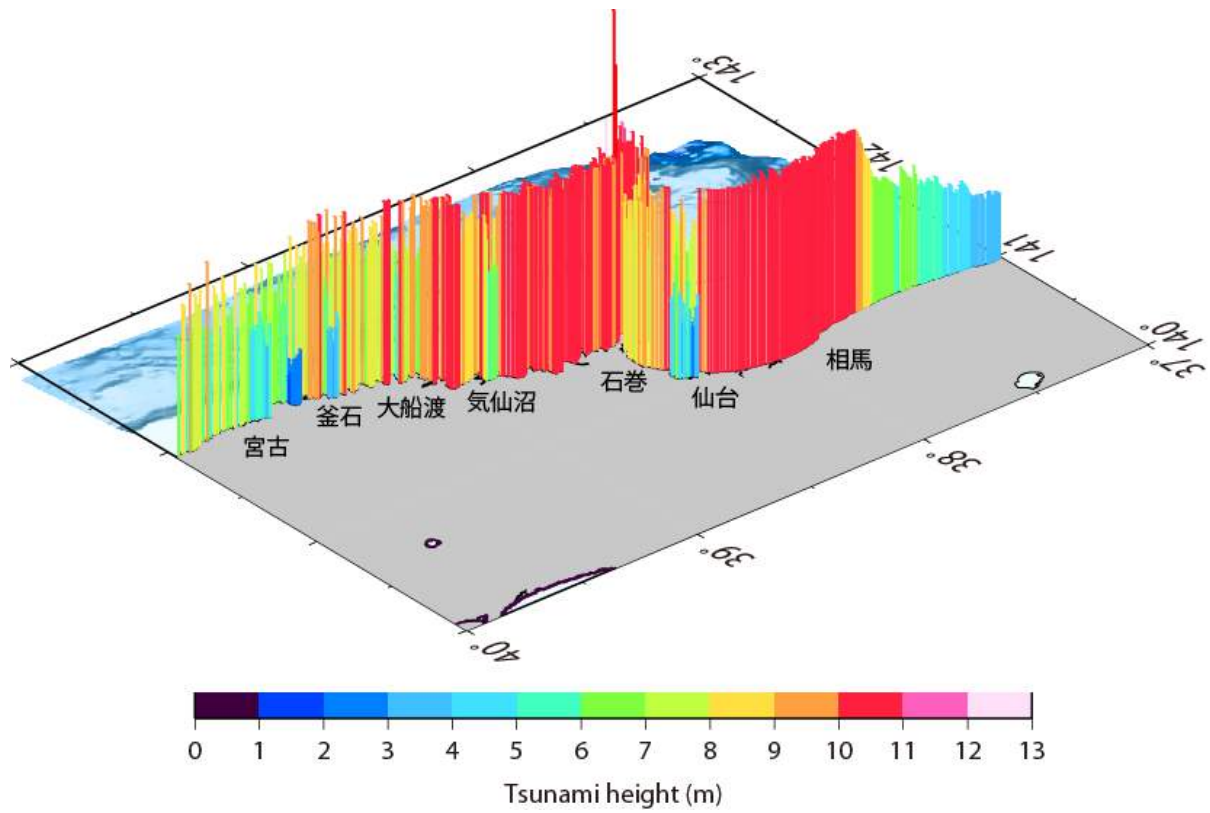


図 4-44 シミュレーションで推定された沿岸での津波の最大波高分布 (岩手県南部から福島県沿岸)。

4.6 まとめ

東北地方太平洋沖地震はマグニチュード (M) 9 の巨大地震で、日本国内のみならず全世界で多くの観測データが得られており、多くの解析が行われている。それらの結果を総合すると、この地震は北米プレートと太平洋プレートの境界で発生した低角逆断層型地震である。地震断層面の大きさは 450 km x 200 km 程度であり、断層のすべり量は最大 20 m 以上である。また、どの解析からもマグニチュードは 8.9 - 9.1 がえられている。

この地震により、岩手県から千葉県にかけての広い範囲で、震度 6 弱以上の強震動が観測された。最大は宮城県栗原市の震度 7 であった。建築研究所強震観測ネットワークで観測した強震動は仙台市内の建物 1 階で最大 333 ガルで計測震度 6 弱に相当し、同一建物の 9 階では 908 ガルであった。また、この地震により大津波が生成され、東北地方から関東地方にかけて甚大な津波被害をもたらした。気象庁が観測した最大津波は三陸地方では 9 m 以上である。津波波高シミュレーションによれば、三陸地方の多くの地点で 10 m 以上の津波が押し寄せたと推定されている。この結果は、地震・津波後の現地調査による測定結果に整合的である。

参考文献/ウェブサイト

- 4-1 Historic World Earthquakes, Earthquake Hazards Program, U.S. Geological Survey (USGS), <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/historical.php>
- 4-2 気象庁: 「平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震」により各地で観測された震度について、<http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/30d/201103301800.html>
- 4-3 気象庁、報道発表資料「平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震」について (第 14 報)、<http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/13a/kaisetsu201103130900.pdf>、2011.
- 4-4 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ、海岸工学委員会東北地方太平洋沖地震津波情報、<http://www.coastal.jp/ttjt/>、2011.
- 4-5 古川信雄、井元政二郎、関東地方におけるフィリピン海・太平洋プレートの地下境界の微細構造、地震、**43**, 413-429, 1990.
- 4-6 Dzierwonski, A. M., T-A. Chou, and J. Woodhouse, Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity. *J. Geophys. Res.* **86**, 2825-2852, 1981.
- 4-7 Hara, T., Measurement of duration of high-frequency energy radiation and its application to determination of magnitudes of large shallow earthquakes, *Earth Planets Space*, **59**, 227-231, 2007.
- 4-8 Fujii Y. and K. Satake, Tsunami Source of the 2004 Sumatra-Andaman Earthquake Inferred from Tide Gauge and Satellite Data, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **97**, S192-S207, doi:10.1785/0120050613, 2007.
- 4-9 気象庁気象研究所、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の断層すべり分布の推定— 近地強震波形を用いた解析 —
<http://www.mri-jma.go.jp/Dep/sv/2011tohokutaiheiyo/source-process.pdf>、2011.
- 4-10 GPS (国土地理院): <http://www.gsi.go.jp/common/000060176.pdf>
- 4-11 長周期地震波形 (筑波大学) <http://www.geol.tsukuba.ac.jp/~yagi-y/EQ/Tohoku/>
- 4-12 強震記録 (国立防災科学技術研究所)
http://www.bosai.go.jp/news/oshirase/20110315_01.pdf

- 4-13 短周期地震波動 (ハーバード大学) http://www.seismology.harvard.edu/research_japan.html
- 4-14 その他 : <http://supersites.earthobservations.org/sendai.php#Tue5>
- 4-15 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.
- 4-16 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.
- 4-17 小池一之、田村俊和、鎮西清高、宮城豊彦、日本の地形3 東北、東京大学出版会、2005.
- 4-18 日本の地質「関東地方」編集委員会編、日本の地質3 関東地方、共立出版、1986.
- 4-19 貝塚爽平、小池一之、遠藤邦彦、山崎晴雄、鈴木毅彦、日本の地形4 関東。伊豆小笠原、東京大学出版会、2000.
- 4-20 例えば、A. K. Chopra 著、渡部丹、石山祐二 監訳：チョプラ 構造物の動的解析 ～その基礎から応用まで～、改訂2版、pp.270-275、科学技術出版、2002.
- 4-21 気象庁：震度観測点の地震情報への活用停止等について、2011年4月21日
<http://www.jma.go.jp/jma/press/1104/21a/201104211500.html>.
- 4-22 建築研究所の強震観測、<http://smo.kenken.go.jp/ja>
- 4-23 鹿嶋俊英、他：強震観測記録から推定した建物の振動特性の特徴、日本建築学会技術報告集、No. 22, pp.163-166, 2005.
- 4-24 Fujii, Y., K. Satake, S. Sakai, M. Shinohara and T. Kanazawa, Tsunami source of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku, Japan earthquake, EPS special issue, 投稿中, 2011.
- 4-25 Okada, Y., Surface Deformation Due to Shear and Tensile Faults in a Half-Space, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 75, 1135-1154, 1985.
- 4-26 Satake, K., Linear and Nonlinear Computations of the 1992 Nicaragua Earthquake Tsunami, *Pure and Appl. Geophys.*, 144, 455-470, 1995.

5. 地震動による建築物等の被害

5.1 建築物等の地震被害調査の方針

東北地方太平洋沖地震では、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県など東日本の太平洋沿岸の各県を中心に広い地域で建築物等の地震被害が発生した。

この地震の震源域は、東日本の太平洋岸とほぼ並行であり長さ約 450km、幅約 150km となっており、上記の各県から断層面までの距離は概ね同じであり、第 4 章で示すように観測された地震動も震央に近い仙台市とかなり離れた例えばつくば市でもそれ程は違ってない。

このような事情から、木造建築物の被害調査に関しては、震度 7 を観測した宮城県北部（栗原市）の他、内陸でも比較的被害が大きいとされた栃木県を含めて、北は宮城県から南は茨城県まで、第一次調査として幅広く調査を実施することとし、建物プランや耐力壁配置などより詳細な調査については、第一次調査から対象地域を絞って、第二次調査として実施する予定とした。

鉄骨造建築物の被害調査に関しては、震度も比較的大きく、大都市で鉄骨造建築物ストックが多い仙台市の他、福島県、茨城県において、主として外観による第一次調査を行うこととした。後述するように、構造部分の顕著な被害は外観から見る限り限定的である一方で、外装材の落下など非構造部材の被害はかなり多いことがわかった。そこで、調査実施が難しい民間建築物ではなく建物内部調査も可能な学校体育館を対象を絞り、かつ、多くの被害が報告されている茨城県内の学校体育館を対象を絞って第一次調査を継続することとした。なお、学校体育館は工場や倉庫などの類型と見ることができる。今後、外観では被害が見えないが、建物内部の構造被害が明らかとなってくれば、その時点で、学校体育館以外の建築物についても第二次調査を検討することとした。

鉄筋コンクリート造建築物の被害調査に関しては、倒壊報道された建物調査の他、木造建築物の被害調査と同様、北から南まで幅広く、市役所庁舎など公的建築物を中心に被害状況の概略把握と、従来の地震被害と異なる被害パターンの有無について第一次調査を実施することとした。技術基準に反映すべき特徴的な被害パターンなどがあれば、その時点で、第二次調査を検討することとした。

宅地地盤・基礎の被害に関しては、関東地方において液状化被害が激しく、また、行政支援としての調査への同行などを依頼された茨城県潮来市の他、千葉県浦安市およびその周辺地域について第一次調査を実施することとした。また、1978年宮城県沖地震において被害がみられた地域が再度被災するなどの状況も見られたことから、こうした造成宅地を中心とした調査を、宮城県、福島県、栃木県の一部において第一次調査を実施することとした。

非構造部材の被害に関しては、行政支援としての調査を依頼された茨城空港ビルの天井落下の調査の他、鉄骨造や鉄筋コンクリート造の被害調査に同行して、被害状況の第一次調査を行うこととした。

5.2 木造建築物の被害

5.2.1 調査の目的と概要

2011年東北地方太平洋沖地震発生に伴い、木造建築物にも多数の被害が発生した。国土交通省国土技術政策総合研究所と独立行政法人建築研究所は、地震発生の3日後にあたる3月14日から木造建築物の被害概況を把握する目的で、第一次調査を行った。今回の地震による震災は広範囲にわたったため、この第一次調査は複数回にわたって実施したが、被害の全容を把握し切れていない。

本節では、これらの調査によって得られた調査結果について、被害原因に関する考察を与えるための今後の調査計画を策定するための基礎資料としてとりまとめたものである。

5.2.2 調査結果

(a) 宮城県栗原市

① 栗原市役所での被害情報

栗原市役所建設部建築住宅課によると、3月15日時点での応急危険度判定対象住宅は次の通り。なお、各地域の位置関係は図5.2.1-1に示す通り。

若柳 川北	139 棟	(実施済)
若柳 川南	246 棟	(実施済)
若柳 福岡	80 棟	(実施済)
瀬峰 瀬峰	187 棟	(実施中)
栗駒 桜田	70 棟	(実施中)

以上のうち、600棟について応急危険度判定を実施済みであるが、そのうち木造は590棟で、いずれも住宅のみで倉庫等は含んでいないとのことであった。

倒壊は若柳川北に1棟のみ。危険18%、要注意29%、調査済み54%。全壊またはそれに近いものが42棟。栗原市内の死者行方不明者はないとのことである。

若柳および桜田は、迫川（はさまがわ）の堆積層で支持層までの深さが30m程度ある軟弱地盤である。住宅の築年数は、若柳の川北、川南は築30～40年が多く、福岡はやや新しい。桜田、瀬峰も築30年くらいが多いと思われる。市役所付近は支持層まで10m程度で地盤としては良好で、市庁舎に構造的被害はほとんどない。

② K-NET 築館 (MYG004 : 計測震度 6.6) の設置状況

栗原文化会館の南側駐車場の南、高さ約3mの段差の上、段差から約5m南に設置してある(高さ、距離は目視による)。地形による加速度の増幅も考えられる。(写真5.2.1-1、5.2.1-2)



図 5.2.1-1 栗原市における調査地等

③ 栗原市若柳の被害状況

栗原市若柳の川北、川南、福岡の地区において木造住宅を中心とした被害概要調査を実施した。この地区は地盤が悪いという情報があり、砂地盤の液状化によると見られる噴砂跡が認められた(写真 5.2.1-3)。地盤変状に伴って住宅が大きく損壊した例(写真 5.2.1-4)もあった。また、町屋形式、もしくは店舗併用の住宅で大きな残留変形を示しているものが多く見られた(写真 5.2.1-5~7)。木造住宅の一部が倒壊した例(写真 5.2.1-8)も確認された。こうした木造住宅の被害例の中には、明らかに老朽化している木造住宅の被害例(写真 5.2.1-9)もある。

一方、大規模な木造建築物もあり、古い映画館を工場として使用しているもので、大きく損

壊した例（写真 5.2.1-10、5.2.1-11）があった。木造の商店建築物（老朽化したものを含む）の被害例（写真 5.2.1-12、5.2.1-13）、鉄骨造の商店建築物の被害例もあった。

若柳地区の 3 カ所で墓石の転倒状況を調べたところ、少ないところで 1～2 割、多くて 4 割程度の転倒率と思われる（写真 5.2.1-14）。墓石の転倒の方向はまちまちであるが、南北方向の転倒がやや多いように思われた。

④ 栗原市栗駒桜田における住宅等被害

栗原市栗駒桜田においても被害が多いとの情報に基づき、同地区の住宅等の被害概要調査を行った。作業小屋等の倒壊（写真 5.2.1-15、5.2.1-16）、長屋門の土塗り壁の剥落（写真 5.2.1-17）、大きく損壊した土蔵（写真 5.2.1-18）などの被害が認められた。住宅の著しい被害は確認されなかった。

栗駒の地震計（震度 6 弱）が「みちのく伝創館」の西側駐車場に設置されていることを確認した。敷地周辺の水田よりやや上がったところに計測小屋があった（写真 5.2.1-19）。「みちのく伝創館」は外観上の被害は認められず、北側にある栗駒支所（木造・集成材建築物）には、内部も含めて構造的被害は認められなかった（写真 5.2.1-20）。

⑤ 栗原市瀬峰における住宅等被害

栗原市瀬峰においても被害が多いとの情報に基づき、栗駒市瀬峰の住宅等の被害概要調査を行った。開口の大きな店舗併用住宅（写真 5.2.1-21、5.2.1-22）が大きく損壊する被害例があった。戸建て住宅の被害は比較的軽微と思われる。また、古い鉄骨造の建築物で外壁が大きく損傷しているなどの被害があった。

瀬峰の震度計（震度 6 弱）は瀬峰支所に設置されていることを確認した（写真 5.2.1-23）。瀬峰支所の建物には、外壁仕上げの損傷等が認められ、パラペットの立ち上がり部の根元が損傷してパラペットが傾斜しているように見える部分があった。



写真 5.2.1-1 K-NET 栗原築館
設置場所（写真中央段差上の林の中）



写真 5.2.1-2 K-NET 栗原築館
設置状況（左側に約 3m の段差あり）



写真 5.2.1-3 液状化による噴砂痕



写真 5.2.1-4 地盤変状によると見られる被害



写真 5.2.1-5 町屋形式の住宅の被害



写真 5.2.1-6 町屋形式の住宅の被害



写真 5.2.1-7 町屋形式の住宅の被害



写真 5.2.1-8 倒壊家屋



写真 5.2.1-9 老朽化した家屋の倒壊



写真 5.2.1-10 古い映画館を改装した工場



写真 5.2.1-11 写真 5.2.1-10 の内部



写真 5.2.1-12 老朽化した商店建築物の被害



写真 5.2.1-13 商店建築物の被害



写真 5.2.1-14 墓石の転倒



写真 5.2.1-15 作業小屋の倒壊
(栗原市栗駒桜田)



写真 5.2.1-16 木材小屋の倒壊
(栗原市栗駒桜田)



写真 5.2.1-17 長屋門の土塗り壁剥落
(栗原市栗駒桜田)



写真 5.2.1-18 大きく損壊した土蔵
(栗原市栗駒桜田)



写真 5.2.1-19 栗駒の地震計設置状況



写真 5.2.1-20 木造で無被害の栗駒支所



写真 5.2.1-21 店舗併用住宅の被害
(栗原市瀬峰)



写真 5.2.1-22 店舗併用住宅の被害
(栗原市瀬峰)



写真 5.2.1-23 瀬峰の震度計設置状況

(b) 宮城県大崎市

①大崎市役所による被害情報

大崎市によれば、被害は市役所周辺、及び JR 貨物古川駅北西側付近 (図 5.2.2-1) に集中しているとのことであった。他では、古川荒谷の旧街道沿いなどにも被害があるが、鳴子地区を含む山間部には建築物の被害は報告されていないとのこと。応急危険度判定は、面的に実施する分は終了しているが、散発的に依頼があるものに対して実施しているとのことであった。

②大崎市役所南東部の被害状況

大崎市役所から JR 貨物古川駅に向かう地域 (古川三日町、同七日町、同川端など) において、倒壊を含む大きな被害が数多く見られた。他機関による既報^{5.2-1)} の倒壊家屋以外にも、大きく傾斜した住宅、店舗併用住宅、部分的に崩壊したとみられる住宅などが確認された。

例えば、店舗やギャラリーとして改装された土蔵は、いずれも程度の大小こそあれ、被害を受けていた (写真 5.2.2-1)。なかには瓦屋根が崩落しているもの (写真 5.2.2-2) があった。これらの土蔵群の一角には店舗として利用されていて、営業中である伝統構法の民家 (写真 5.2.2-3) があり、残留変形が大きいものと見受けられた。この建物の向かい側には外壁モルタルが大きく剥落し、残留変形が認められる店舗併用住宅 (写真 5.2.2-4) があり、換気扇の掃き出し口付近のモルタル下地に部分的な腐朽・蟻害 (写真 5.2.2-5) が認められた。さらに、モルタル外壁が剥落し、筋かいの断面が無くなるほど生物劣化が激しい木造家屋 (写真 5.2.2-6) や、残留変形が大きな倉庫 (写真 5.2.2-7) など確認された。一部を除いて、これらの被害のほとんどが小さな河川沿いであり、地震動が増幅されている可能性が考えられた。



図 5.2.2-1 大崎市における調査地等

③JR 貨物古川駅北西側の被害

震度6強を記録した JMA 古川の地震計 (写真 5.2.2-8) は、三日町公園の北東の角に設置してあった。この近傍では、古い学校建築と思われる建物群があり、ほぼ無被害のものや屋根瓦や外壁モルタルが大きく被害を受けたものの、残留変形は認められないもの (写真 5.2.2-9) がある一方で、2階のみが崩壊した希少な被害例 (写真 5.2.2-10) も確認された。これに対し

て、大崎市役所の西側の小学校の木造校舎（写真 5.2.2-11）は外観上被害軽微に見えた。

以上のほかに、1階の残留変形が大きい店舗併用住宅（写真 5.2.2-12、5.2.2-13）、2階の残留変形が大きい店舗併用住宅（写真 5.2.2-14）、地盤の液状化によって大きく傾いた平屋建ての住宅（写真 5.2.2-15、5.2.2-16）などが確認された。

JR 貨物古川駅北西側では、倒壊した鉄骨造建築物や、地盤変状に伴って、大きく傾いた RC 造の集合住宅、大きく傾斜した寺社建築（写真 5.2.2-17）などが確認された。また、居住者の了解が得られた木造住宅4棟について詳細調査を実施した。



写真 5.2.2-1 大小の被害を受けた土蔵群



写真 5.2.2-2 屋根が崩落した土蔵



写真 5.2.2-3 店舗として活用されている伝統的構法による民家の被災例



写真 5.2.2-4 残留変形がある店舗併用住宅



写真 5.2.2-5 写真 5.2.2-4 の南側における生物劣化



写真 5.2.2-6 外壁モルタルが剥落して、筋かいの生物劣化が顕著



写真 5.2.2-7 残留変形が大きな倉庫



写真 5.2.2-8 JMA 古川 (震度6強)



写真 5.2.2-9 屋根瓦と外壁に被害を受けた学校建築



写真 5.2.2-10 2階が崩壊した学校建築



写真 5.2.2-11 外観上被害軽微に見えた学校



写真 5.2.2-12 残留変形が大きい店舗併用住宅



写真 5.2.2-13 残留変形が大きい店舗併用住宅



写真 5.2.2-14 2階の方が1階より残留変形が大きい店舗併用住宅



写真 5.2.2-15 大きく傾いた平屋建て住宅



写真 5.2.2-16 写真 5.2.2-15 の液状化した敷地



写真 5.2.2-17 大きく傾斜した寺社建築

④大崎市古川荒谷・古川台町の被害

4月27日に大崎市役所から得た情報で、比較的被害が大きかったとされる古川荒谷と、工学院大学河合直人教授^{5.2-2)}と木材学会^{5.2-3)}の両調査報告で被害が大きかったとされる古川台町において、調査を実施した。

古川荒谷は国道4号線沿いの旧街道で、道路を挟んで両側に住家、店舗併用住宅が並ぶ地域。道路沿いに地盤変状により傾斜した木造住宅(写真5.2.2-18)、外壁が一部剥落し、傾斜した木造住宅(写真5.2.2-19)等が散見された。地震被害を受けて、道路側の建物の一部(店舗か倉庫と推測される部分)が取り壊された建物の痕跡が数軒確認された(写真5.2.2-20～5.2.2-22)。

古川荒谷から、古川台町への移動の途中、国道4号沿いの江合川を渡る橋の北側(古川江合寿町)において、著しい地盤変状による道路の起伏があり、周辺の店舗で被害が確認された(写真5.2.2-23)。近隣に集成材構造の木造店舗があったが、建物周辺では地盤の起伏、亀裂が確認されたものの、構造部自体は外観から見た限りでは無被害であった(写真5.2.2-24)。

同じく移動の途中、古川北町では地震により傾斜した土蔵と倉庫が3棟確認され(写真5.2.2-25)、周辺で外壁ラスモルタルに亀裂の入った倉庫(写真5.2.2-26、5.2.2-27:剥落部で土台の腐朽を確認)、傾斜した木造住宅(写真5.2.2-28)が確認された。

古川台町～古川七日町は、大崎市から石巻に向かう石巻別街道を挟んで両側に位置し、店舗併用住宅や大型店舗が並ぶ地域。道路に面した側に大開口がある店舗併用住宅(主に木造・軽量鉄骨造の2階建て)の被害が数多く確認された。写真5.2.2-29、5.2.2-30は地震により傾斜した木造の店舗併用住宅。写真5.2.2-31は、くの字に傾斜し、外壁のラスモルタルに亀裂が入った木造店舗併用住宅。写真5.2.2-32は工学院大学、木材学会の被害調査報告の時点では、著しい傾斜が確認された木造の店舗併用住宅であったが、4月28日の調査時点では前面部分が解

体されていた。その他に地震被害を受けて解体工事が進められている建物が数軒（写真5.2.2-33、5.2.2-34）確認された。



写真 5.2.2-18 地盤変状により傾斜した平屋の住宅



写真 5.2.2-19 外壁が剥落し、傾斜した木造住宅



写真 5.2.2-20 前面部分が解体済みの木造



写真 5.2.2-21 前面部分が解体済みの木造



写真 5.2.2-22 前面部分が解体済みの木造



写真 5.2.2-23 地盤変状に伴い傾斜した店舗



写真 5.2.2-24 集成材構造の店舗(無被害)



写真 5.2.2-25 傾斜した土蔵、倉庫



写真 5.2.2-26 外壁モルタルが剥落した倉庫



写真 5.2.2-27 写真 5.2.2-26 の剥落部の
土台の腐朽



写真 5.2.2-28 傾斜した木造住宅



写真 5.2.2-29 傾斜した店舗併用住宅 3 棟



写真 5.2.2-30 傾斜した店舗併用住宅



写真 5.2.2-31 く の字に変形した店舗併用住宅



写真 5.2.2-32 取り壊された店舗併用住宅



参考 Google ストリートビュー



写真 5.2.2-33 解体工事中の木造住宅



写真 5.2.2-34 解体工事中の木造住宅

(c) 宮城県遠田郡美里町

① 美里町役場による被害情報

美里町は旧小牛田町と旧南郷町が合併してできた町であり、旧南郷村の規模に対して、旧小牛田町は約 2～3 倍の規模とのこと。建築物の被害数は表 5.2.3-1 の通りで、担当者としては旧小牛田町の被害が多いという印象があるが、旧南郷町の被害が必ずしも少ないわけではなく、被害の集計が進んでいない可能性もあるとのこと。

建築物の被害は特定の箇所に集中しているわけではなく、倒壊を含む大きな被害が町全体にわたってほぼまんべんなく存在すること。強いて被害の多い地域をあげるとすれば、中埠（なかぞね）地区や平針地区などであるが、平針地区全壊 10 件、南小牛田（JR 小牛田駅より南方）で 4 件、北浦～国道 108 号バイパスの辺りで 21 件とのことであった。同町の震度計（写真 5.2.3-1、気象庁精査中、未公表）は庁舎北東に設置してあった。



図 5.2.3-1 美里町（旧小牛田町）における調査地

表 5.2.3-1 宮城県遠田郡美里町の被害建築物の状況（4月28日現在）

被害		旧小牛田町地域の 被害（棟）	旧南郷町地域の 被害（棟）	合計（棟）
住 家	全壊	60	17	77
	半壊	243	70	313
	一部損壊	1,577	307	1,884
非住家被害		1,193	232	1,425

②美里町中淬地区、平針地区の被害状況

美里町役場から得た情報に基づいて、全壊家屋の割合が多い地区（中淬、平針）について被害概要調査を実施した。（美里町の震度計は庁舎の北東に設置（写真 5.2.3-1）してあるのを確認）

中淬地区では、全壊家屋とされていた住宅のうち番地が特定できた4件を調査したが、1件を除き重機を使った撤去中もしくは撤去済みであった。

次に、JR 陸羽東線に平行して流れる江合川の北岸に位置する平針地区の概要調査を行った。この地区では、川に沿うように東西方向に大きな残留変形のある住宅（写真 5.2.3-2）が多く見られた。なかには、ブロック塀に載っていて、そのブロック塀がなければ倒壊していたであろうと推測される家屋（写真 5.2.3-3）も確認された。平針地区内にある共葬墓地の墓石は東西方向に転倒しているものが多かった（写真 5.2.3-4）。さらに、倒壊した茅葺き屋根の倒壊、2階を増築したと思われる家屋に残留変形がある例（写真 5.2.3-5）、残留変形のある平屋建て住宅（写真 5.2.3-6）なども確認された。



写真 5.2.3-1 美里町の震度計の設置状況



写真 5.2.3-2 残留変形の大きな住宅



写真 5.2.3-3 ほぼ倒壊相当の住宅
（ブロック塀に載っている）



写真 5.2.3-4 平針共葬墓地



写真 5.2.3-5 2階増築と思われる建物の
残留変形



写真 5.2.3-6 残留変形が認められる住宅

③美里町北浦地区の被害状況

国道 108 号線を移動しているときに、道路沿いに被害が散見されたので、その概要を調査した。江合川の南岸に位置する美里町北浦には、外観上無被害のログハウス (写真 5.2.3-7)、1階に大きな残留変形がある住宅 (写真 5.2.3-8)、残留変形が認められる寺社建築 (写真 5.2.3-9)、納屋の倒壊 (写真 5.2.3-10) などが確認された。



写真 5.2.3-7 外観無被害のログハウス
店舗



写真 5.2.3-8 1階が大きな残留変形の
住宅



写真 5.2.3-9 残留変形が認められる神社



写真 5.2.3-10 倒壊した納屋

④美里町南郷地区の被害状況

美里町南郷地区（旧 遠田郡南郷町）は、鳴瀬川に沿って南北に集落が発展している。美里町役場における聞き取り調査において、南郷地区は鳴瀬川に沿った地域に数件の全壊家屋があると聞いていたため、図 5.2.3-2 に示す県道 150 号線沿線地域について被害状況を調査した。

美里町役場南郷支所では地盤変状が確認されたが（写真 5.2.3-11）、住宅の被害はほとんど確認できず、かろうじて倒壊を免れたと言ってよいほど残留変形が極めて大きい軸組構法住宅の家屋が 1 件（写真 5.2.3-12、5.2.3-13）、同じく軸組構法住宅で残留変形が認められるものが 1 件（写真 5.2.3-14）、外壁の一部が剥落し壁内の筋かいが露出している店舗併用住宅が 1 件（写真 5.2.3-15）確認されただけである。なお、この店舗併用住宅の露出した隅角部の柱は腐朽していた（写真 5.2.3-16）。変形方向はほぼ東西方向（鳴瀬川に直交する方向）であった。それ以外に、瓦の落下など屋根の被害が数件確認されたが、いずれも老朽化した住宅でセメント瓦葺きであった。

全体的な印象として、この地域は比較的新しい住宅の割合が多く、外観上は全く被害を受けていないものが圧倒的に多かった。この地域は 2003 年の宮城県北部連続地震においてもある程度の被害を受けており、当時も同様の調査範囲で応急危険度判定結果の割合等の外観調査を行っている。当時の記録^{5.2-4)}では、全体の約 3 割が何らかの被害を受けていて、瓦の落下や外壁剥落、躯体傾斜、ブロック塀の転倒等が確認されている。よって、当時被害を受けた住宅を新たに建て替えたり、何らかの補強工事を行ったりして、耐震性の高い住宅が増えていた可能性がある。



図 5.2.3-2 美里町（旧南郷町地区）の調査地域



写真 5.2.3-11 南郷支所の地盤変状



写真 5.2.3-12 残留変形が極めて大きい軸組構法住宅



写真 5.2.3-13 写真 5.2.3-12 の詳細



写真 5.2.3-14 残留変形が認められる軸組構法住宅



写真 5.2.3-15 外壁の一部が剥落した店舗併用住宅



写真 5.2.3-16 写真 5.2.3-15 の隅角部の柱の腐朽

(d) 宮城県石巻市

① 日和が丘、泉町の被害状況

旧北上川の西側、市役所の南側の高台（標高は最大 56.4m）に位置し、石巻合同庁舎（石巻特別地域気象観測所を含む）や石巻高校などの公共施設がある他は、大半が住宅地（写真 5.2.4-1）である。木造建築物の被害は、屋根瓦の被害（ブルーシート掛け）を受けた木造住宅（写真 5.2.4-2）が散見された程度で、大きな被害を受けた木造建築物は確認できなかった。

南側に隣接する門脇町や南浜町は、津波により壊滅的な被害を受けていたが、これらの地域は高台にあるために津波および浸水の被害は受けていない。

② 石巻市田道町、清水町の被害状況

石巻市田道町、清水町は日和が丘の北側に位置し、国土地理院の情報^{5.2-5)}によると、津波による浸水のあった地域(図 5.2.4-1)である。JR 石巻駅の西側、石巻街道と石巻別街道を結ぶ道路の両側に位置する。道路沿いには開口の大きい、低層の店舗併用住宅が多く並ぶ。図 5.2.4-2 に津波の痕跡から推測した浸水深と、地図情報による地盤面の海拔を示したが、浸水深は約 80cm~150 cm であった。石巻別街道は北西~南東の方角に通っているが、北西の JR 仙石線に近い地点の方が海拔は低くなっていて、浸水深が深くなっている。近隣の住人のヒアリングによる情報では、海拔の低い方は旧北上川の洪水による浸水が過去にあった地域であり、3月11日の津波の際には流速はほとんど無く、洪水のように浸水深が増加したとのこと。建物の被害は津波よりも、地震動が主要要因と推測される。

道路の両側では、地震により倒壊した木造住宅(写真 5.2.4-3)や、傾斜した店舗併用木造住宅(写真 5.2.4-4~5.2.4-6)、外壁が剥落した木造住宅(写真 5.2.4-7)、大きく傾斜した木造住宅(写真 5.2.4-8)、外壁に亀裂が入り、補修した木造住宅(写真 5.2.4-9)が確認された。道路に沿った方向に 1F の耐震要素が少ない店舗併用住宅が多いため、被害が大きかったことが推測される。

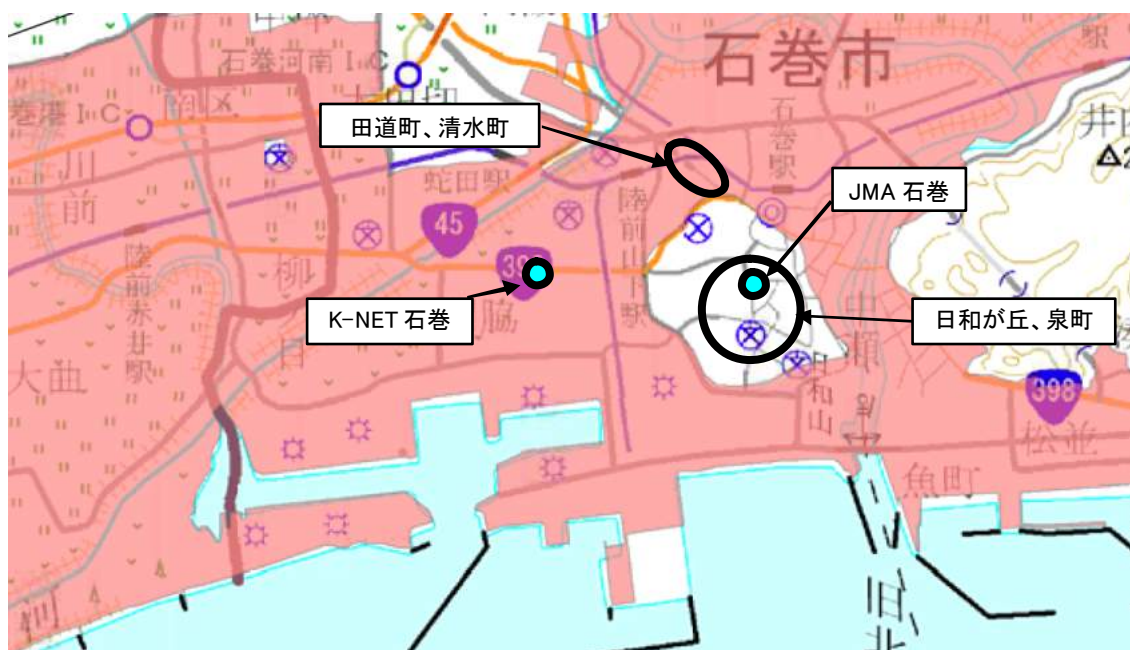


図 5.2.4-1 石巻市田道町、清水町周辺の浸水範囲(国土地理院 浸水範囲概況図^{5.2-5)}より)



図 5. 2. 4-2 石巻市清水町、田道町の調査建物の位置
(海拔は地盤面の高さ：Mapion 地図データの情報による)



写真 5. 2. 4-1 泉町の市街状況



写真 5. 2. 4-2 日和が丘 屋根の被害



写真 5. 2. 4-3 倒壊した木造住宅



写真 5. 2. 4-4 傾斜した店舗併用木造住宅



写真 5.2.4-5 傾斜した店舗併用木造住宅



写真 5.2.4-6 傾斜した店舗併用木造住宅



写真 5.2.4-7 外壁が剥落した店舗併用木造住宅



写真 5.2.4-8 大きく傾斜した木造住宅



写真 5.2.4-9 外壁に亀裂の入った木造住宅

(e) 宮城県仙台市

① 東北地方整備局建政部、仙台市青葉区役所での被害情報

東北地方整備局建政部及び仙台市青葉区役所によると、被害が報告され、応急危険度判定の対象となっている地区は次の通り（括弧は判定対象棟数：3月14日時点）。なお、各地域の位置関係は図 5.2.5-1 に示す通り。

- 青葉区 旭ヶ丘1～4丁目（2,250棟）
- 折立4～6丁目（470棟）
- 貝ヶ森1丁目（400棟）
- 西花苑1～2丁目（540棟）

泉区 東黒松
黒松1丁目、3丁目

これらの地区の被害は擁壁の破壊、土砂崩れ、及びそれに伴う住宅の損壊とのこと。仙台市郊外では昭和30年代から60年代にかけて、宅地開発が行われたとのこと。

また、北根3丁目にて9階建てマンションが傾いているとの情報があったとのこと。

調査者は、上の地区のうち、被害が最も激しいと伝えられた折立（おりたて）4～6丁目、及び隣接する西花苑1～2丁目において被害概要調査を行った。

② 仙台市青葉区折立地区の被害状況

折立6丁目では、擁壁破壊に伴う住宅被害が散見され、被害が甚大なもの1件（写真5.2.5-1）が認められた。折立5丁目では、折立小学校の南西側一帯で、連続した地盤変状と擁壁破壊があり、10棟を超える住宅が大きく損壊している状況が認められた（写真5.2.5-2～5.2.5-6）。なお、少なくとも写真5.2.5-2および写真5.2.5-6については、既に応急危険度判定が実施され、“危険”の判定がなされていた。



図 5.2.5-1 仙台市における調査地等 (○：調査地 ☒：未調査)



写真 5.2.5-1 擁壁破壊と住宅被害
(青葉区折立 6 丁目)



写真 5.2.5-2 擁壁破壊と住宅被害
(青葉区折立 5 丁目)



写真 5.2.5-3 写真 5.2.5-4 の住宅、
基礎が 90 cm 程度沈下
(青葉区折立 5 丁目)



写真 5.2.5-4 道路の路面破壊
(青葉区折立 5 丁目)



写真 5.2.5-5 地盤変状に伴う住宅被害
(青葉区折立 5 丁目)



写真 5.2.5-6 地盤変状に伴う住宅被害
(青葉区折立 5 丁目)

③ 仙台市青葉区貝ヶ森における住宅等被害概要

東北地方整備局建政部、仙台市青葉区役所により得られた情報に基づき、仙台市青葉区貝ヶ森において住宅等の被害概要調査を行った。傾斜地であるが擁壁そのものの被害は少なく、木造住宅の外壁の損傷などが確認された（写真 5.2.5-7）。

④ 仙台市青葉区小松島における住宅等被害概要

仙台市青葉区旭が丘に向かう途中、小松島において店舗併用住宅の外壁剥落を生じた被害があった（写真 5.2.5-8）。外壁モルタルの内側の木材（被害により露出した部分）には、腐

朽および蟻害が認められた（写真 5.2.5-9）。また、1階に大きな残留変形を有する木造建築物の被害があった（写真 5.2.5-10）。

⑤ 仙台市青葉区旭ヶ丘における住宅等被害概要

東北地方整備局建政部、仙台市青葉区役所により得られた情報に基づき、仙台市青葉区旭ヶ丘において住宅等の被害概要調査を行った。傾斜地であるが擁壁そのものの被害は少なく、棟瓦の落下、コンクリートブロックと思われる塀の倒壊等が認められた（写真 5.2.5-11）。



写真 5.2.5-7 モルタル外壁の損傷
（仙台市青葉区貝ヶ森）



写真 5.2.5-8 モルタル外壁の剥落
（仙台市青葉区小松島）



写真 5.2.5-9 同詳細
（仙台市青葉区貝ヶ森）



写真 5.2.5-10 残留変形の大きな木造
（仙台市青葉区小松島）



写真 5.2.5-11 棟瓦落下および塀の倒壊
（仙台市青葉区旭ヶ丘）

⑥ 仙台市太白区の崩壊した旅館とその周辺の被害

仙台市太白区向山の旅館が倒壊したとの情報に基づき、被害状況の調査を行った。傾斜地に建つ木造旅館で土塗り壁を用いた比較的年代が古いと思われる建築物であり、一部が崩壊して道路に落下していた（写真 5.2.5-12）。裏山の神社から状況を確認したところ、背後の裏山の土石が崩落して（写真 5.2.5-13）建築物の一部が押し倒したものと想像された。周辺の建物には、地震動による被害は特に認められなかった。



写真 5.2.5-12 旅館の倒壊現場
(仙台市太白区向山)



写真 5.2.5-13 崩壊した旅館の裏山

(f) 福島県須賀川市

① 須賀川市役所における被害情報

須賀川市災害対策本部によると、応急危険度判定は3月16日から実施し、3月24日で終了、被害の大きい市役所周辺を中心に1,284件を実施しているとのこと。被害は市役所周辺に集中し、特に八幡町、加治町、南町、南上町の被害が大きい。応急危険度判定実施結果を表5.2.6-1に示す。南上町では造成地の地盤変状（50 cm程度北から南に地滑り）により木造住宅数棟が被害を受けているが、その他の地域については建築年代の古い建物がRC造、S造、木造いずれも大きな被害を受けている。市東部では大きな被害はほとんどなく、市西部では岩淵・植松地域で宅地造成地での地盤変状による住宅被害（2~3棟）が報告されている。また須賀川市は商人の町であったため土蔵が多く残っているが、その多くに大きな被害が出ており、築30年程度と考えられる石造りの倉にも大きな被害が出ている。

各地の位置関係を示すと図5.2.6-1の通りとなる。

表 5.2.6-1 須賀川市の応急危険度判定実施結果（3月24日時点）

構造種別	調査数	危険	要注意	調査済
木造	1,023	245	315	463
鉄骨造	188	51	44	93
RC造	73	25	16	32
合計	1,284	321	375	588
割合	100%	25.0%	29.2%	45.8%

②須賀川市中心部の被害状況

本町の倒壊した RC 造の通りを挟んで反対側の加治町付近に、木造家屋の被害が多数確認された。例えば、店舗に改装した土蔵が大きく損壊したもの（写真 5.2.6-1）、店舗併用住宅の 2 階部分のモルタルが大きく崩落したもの（写真 5.2.6-2、5.2.6-3）が確認された。剥落した外壁モルタルの下地や構造躯体の一部には、腐朽およびヤマトシロアリによる蟻害（写真 5.2.6-4～5.2.6-7）が複数確認された。モルタル外壁が剥がれて、落下しそうな危険な状態にあるもの（写真 5.2.6-8、5.2.6-9）も確認された。また、これらの近傍では、コンクリートブロック造と見られる建築物が倒壊していたが、これに隣接する木造住宅は、階段室部分が一部崩壊（写真 5.2.6-10）していた。

窓ガラスが破損したホテルの近傍では土蔵が大きく損壊し、残留変形（写真 5.2.6-11）があった。土蔵の被害では、屋根だけが崩壊する被害例も確認された（写真 5.2.6-12）。なお、他にも大きく損壊したと思われる店舗併用住宅（写真 5.2.6-13）があったが、解体撤去作業（写真 5.2.6-14）が始まっていた。

その他、屋根瓦の被害（写真 5.2.6-15）も多数確認された。一部損傷が見られたり、建物全体が傾斜している RC 造も確認された。この付近では、鳥居が落下し（写真 5.2.6-16）、残留変形が認められる木造（写真 5.2.6-17）もあった。

寺社建築では、山門の屋根瓦に被害（写真 5.2.6-18）があるものの、本堂はほぼ無被害（写真 5.2.6-19）に見えた。鉄骨造の最上階の壁が落下する被害例が複数確認された。

③須賀川市南町の被害状況

ところどころに液状化による噴砂痕が確認された。屋根瓦の被害（写真 5.2.6-20）が散見された。市役所のホームページ（http://www.city.sukagawa.fukushima.jp/20110321_hisai_jyoyukyuu.html）では南町内に倒壊した木造家屋（写真 5.2.6-21：市役所ホームページより）があるとのことであったが、同一のものは確認できなかった。別の建物が倒壊しているのが確認された（写真 5.2.6-22）が、倒壊した建物からは木材や石などが確認されたが、構造種別は不明である。その他、全壊に近い被害を受けたと想像される家屋（写真 5.2.6-23）もあったが、既に解体撤去作業が進んでいたため、どの程度の被害を受けたかは不明である。南町から東側一帯を見た概況（写真 5.2.6-24）としては、屋根瓦に被害を受け、ブルーシートで応急措置を行った住宅の割合は、比較的多いという印象をもった。

市役所で中心部、南町以外で被害が多いために応急危険度判定を実施した造成宅地である南上町の遠景（写真 5.2.6-25）からは、大きく傾斜した建物などは認められなかった。

④須賀川市岩瀬支所における被害情報および震度計設置状況の確認

須賀川市役所からの約 10 km 西の岩瀬支所へ行く途中で、信号機の傾倒（写真 5.2.6-26）やコンクリートブロック造と見られる建物の崩壊（写真 5.2.6-27）が確認された。岩瀬支所管内には約 1,400 世帯あるが、住民の通報等に基づいて 147 棟についての被災状況を目視確認した結果、3月24日 18:00 の時点で 11 棟が全壊、40 棟が半壊、96 棟が一部損壊であった。震度計は支所庁舎の裏手にあり、須賀川市役所本所とほぼ同様の設置状況（写真 5.2.6-28）であった。



図 5.2.6-1 須賀川市の調査地等 (○：調査地、○：未調査)



写真 5.2.6-1 土蔵を利用した店舗の被害



写真 5.2.6-2 ほぼ全面に渡り外壁モルタルが剥落した店舗併用住宅



写真 5.2.6-3 店舗併用住宅の被害



写真 5.2.6-4 大きく損壊した店舗併用住宅



写真 5.2.6-5 写真 5.2.6-4 の柱の生物劣化



写真 5.2.6-6 外壁モルタルが剥落した住宅



写真 5.2.6-7 写真 5.2.6-6 の柱・下地の生物劣化



写真 5.2.6-8 外壁モルタルが剥落した住宅



写真 5.2.6-9 写真 5.2.6-8 で外壁モルタル



写真 5.2.6-10 階段室部分が崩壊した木造
が落下する危険性のある状態



写真 5.2.6-11 大きく損壊して残留変形
がある土蔵



写真 5.2.6-12 屋根だけが崩壊した土蔵



写真 5.2.6-13 大被害と推測される木造



写真 5.2.6-14 写真 5.2.6-13 の解体撤去作業



写真 5.2.6-15 屋根瓦の被害



写真 5.2.6-16 鳥居の崩壊



写真 5.2.6-17 残留変形が残る木造住宅



写真 5.2.6-18 被害軽微の山門



写真 5.2.6-19 ほぼ無被害の本堂



写真 5.2.6-20 屋根瓦の被害



写真 5.2.6-21 南町の倒壊家屋 (須賀川市役所ホームページより)



写真 5.2.6-22 倒壊家屋 (構造種別不明)



写真 5.2.6-23 解体撤去作業中の被災建築物



写真 5.2.6-24 南町から東側一帯の概況（ブルーシートをかぶせた屋根が多い）



写真 5.2.6-25 南上町の遠景



写真 5.2.6-26 傾倒した信号機



写真 5.2.6-27 倒壊した建築物



写真 5.2.6-28 震度計設置状況

(g) 栃木県那須郡那須町

① 那須町役場での被害情報

那須町災害対策本部によると、応急危険度判定は実施していないが、発災翌日から町職員が外観目視で1次調査を行い、全壊32棟と判断されている。3月24日時点で2次調査中であり、り災証明に必要な判定基準に基づいて全半壊、一部損壊の判定を行っている。

被害は役場付近の西大久保地区に集中しているが、倒壊した家屋は無い。国道4号線以西のいわゆる那須高原にはほとんど被害がないが、同町北部の豊原乙の別荘地には被害が多い。住民からの情報提供に基づいているため、不在居宅の多い別荘地では被害が拡大する可能性もある。以上の他、全壊した居宅が存在する地区は、塩阿久津、茶臼、法師畑、秋山沢、逃室、矢ノ目、東岩崎、沼野井、本郷、西坂、石住、室野井などとなっており、ほとんどが造成した宅地である。古くからの市街地は、役場のある黒田原のほか、芦野、伊王野（昭和29年に合併して那須町になった）であり、いずれも地盤は良くないとのこと。また、那須地域

で碎石され、大谷石に似て軽い芦野石による石倉の被害も比較的多い。

昭和 59 年建築の RC 造である役場庁舎は、内装タイルの剥落のほか、2 階部分では一部に鉄筋が露出した構造躯体の破損も見られた。

震度計（震度 6 弱）は役場庁舎の西に隣接して設置されていたが、50 cm 程度地盤面から盛り土した植え込みの中にあつた（写真 5.2.7-1）。

町役場周辺の鉄骨造建物で外壁の脱落が数棟認められた。また、石造りの蔵が大きく損壊（写真 5.2.7-2）していた。石造りの外壁を有する旧郵便局庁舎の外壁が剥落した（写真 5.2.7-3）部位から柱材及び土台の生物劣化（写真 5.2.7-4）が確認された。

以上の位置関係を図 5.2.7-1 に示す。

②那須町豊原乙の別荘地の被害状況

那須町中心の北部に位置する豊原乙の別荘地の目視被害調査を行った。小高い山中に別荘地があり、多くの木造の別荘が存在している。

被害としては、敷地の傾斜や盛り土部分の地盤変状が原因と推測される建築物の被害（写真 5.2.7-5）やウッドデッキの損壊や移動（写真 5.2.7-6）、外構（低い石積み擁壁）の石の崩落（写真 5.2.7-7）が多かったが、構造躯体の地震動被害が支配的と考えられる木造住宅も認められた（写真 5.2.7-8）。被害の大きい建物の柱脚接合部金物には山形プレート、筋かい端部には短冊金物が設置（写真 5.2.7-9）されていることが確認された。その他の被害としては、基礎のひび割れ（写真 5.2.7-10）、外壁仕上げ材（サイディング及びモルタル）のひび割れと剥落（写真 5.2.7-11）や窓ガラスの割れ（写真 5.2.7-12）、軒裏天井の落下（写真 5.2.7-13）などが確認された。

③西大久保地区における住宅被害

西大久保地区富岡において、1 階外壁の大部分が剥落している住宅が数棟認められた（例えば、写真 5.2.7-14、5.2.7-15）。写真 5.2.7-14 の住宅の接合部仕様を確認すると、柱-横架材端部、筋かい端部ともにかすがい 2 本のみで固定されている状況であった（写真 5.2.7-16）。また、残留変形が大きな住宅（写真 5.2.7-17）や、地盤変状により大きく損壊している住宅（写真 5.2.7-18）も認められた。

④塩阿久津上地区における住宅被害

盛土の上に立地する木造平屋建ての住宅が、地震による盛土部分の地盤変状により大きく傾いていた（写真 5.2.7-19、5.2.7-20）。1 階柱脚接合部に金物は認められず（写真 5.2.7-21）、また基礎も無筋基礎であった（写真 5.2.7-22）。

⑤茶臼地区における住宅被害

木造 2 階建住宅が大きく損壊しているのが確認された（写真 5.2.7-23）。柱-横架材端部はかすがいで固定されており（写真 5.2.7-24）。また基礎は無筋基礎であった（写真 5.2.7-25）。浴室部分のブロック積上部の木材には蟻害が確認された（写真 5.2.7-26）。



図 5.2.7-1 那須町における調査地



写真 5.2.7-1 那須町震度計設置状況



写真 5.2.7-2 石倉の被害



写真5.2.7-3 旧郵便局庁舎の被害



写真5.2.7-4 写真5.2.7-3柱脚部の生物劣化



写真 5.2.7-5 那須町豊原乙の別荘地の地盤変状



写真 5.2.7-6 ウッドデッキの損壊
(豊原乙地区)



写真 5.2.7-7 外構の石の崩壊
(豊原乙地区)



写真 5.2.7-8 大きく損壊した建物
(豊原乙地区)



写真 5.2.7-9 写真 5.2.7-8 の柱脚及び筋かい端部



写真 5.2.7-10 高基礎部分のひび割れ (豊原乙地区)



写真 5.2.7-11 サイディングの剥落 (豊原乙地区)



写真 5.2.7-12 窓ガラスの割れ (豊原乙地区)



写真 5.2.7-13 軒裏天井の落下 (豊原乙地区)



写真 5.2.7-14 住宅の外壁の剥落 (西大久保地区)



写真 5.2.7-15 住宅の外壁の剥落 (西大久保地区)



写真 5.2.7-16 写真 5.2.7-14 の柱脚、筋かい端部接合部



写真 5.2.7-17 残留変形が大きい家屋
(西大久保地区)



写真 5.2.7-18 地盤変状に伴う住宅被害
(西大久保地区)



写真 5.2.7-19 地盤変状に伴う木造の
被害 (塩阿久津上地区)



写真 5.2.7-20 写真 5.2.7-19 の立地
(擁壁上部)



写真 5.2.7-21 写真 5.2.7-19 の柱脚接合部
仕様



写真 5.2.7-22 写真 5.2.7-19 の無筋基礎の
ひび割れ



写真 5.2.7-23 大きく損壊した木造住宅
(茶臼地区)



写真 5.2.7-24 写真 5.2.7-23 の柱脚接合部
及び生物劣化



写真 5. 2. 7-25 写真 5. 2. 7-23 の基礎の被害 写真 5. 2. 7-26 写真 5. 2. 7-23 の浴室上部の生物劣化

(h) 栃木県矢板市

① 矢板市役所での被害情報

矢板市経済建設部建設課及び総務部総務課によると、応急危険度判定は地盤変状による避難勧告発令地区全戸と住民の要請があった建物に限定して3月15日から137棟を目標に市職員2名で実施し、3月23日までに108棟を判定している。判定結果は、危険40、要注意42、調査済23のほか、石倉などで判定できなかったものが3件あった。応急危険度判定で“危険”と判定された建物のうち、隣接宅地や隣接建築物の影響による“危険”判定を除いたものを暫定的に全壊棟数として県に報告している。3月21日までで、20棟であった全壊が、3月24日時点までに調査が進み、35棟に増えている。

避難勧告が出ているのはロビンシティの東側であり、地盤の変状が激しいために発令された。その他被害が集中している地区は、成田ハッピーハイランド北東部、荒井地区（市営荒井団地の南側）、針生地区（JR東北本線と国道4号線に囲まれた地区、および日拓分譲宅地）、越畑地区などであり、いずれも斜面を削って沢などを埋め立てて作った造成宅地とのこと。

矢板市の震度計（5強）は、矢板市庁舎東側、地下階のドライエリア（写真5.2.8-2）に隣接した位置に設置されていた（写真5.2.8-1）。

② 矢板市の被害状況

造成宅地であるロビンシティ（写真5.2.8-3）では、地震動被害よりも、地盤の変状（写真5.2.8-4）による塀や擁壁のひび割れ（写真5.2.8-5、写真5.2.8-6）、路盤の陥没（写真5.2.8-7）、宅地地盤の浮沈（写真5.2.8-8）、建物の基礎の割れ（写真5.2.8-9）などが多数確認された。他に、屋根瓦（特に棟瓦）の被害が多数見受けられ、盛土部分の地盤変状による階段の傾斜（写真5.2.8-10）や塀の崩壊も確認された。

ロビンシティの北方に位置する成田ハッピータウンも造成宅地であり、地盤変状による被害が中心であった。地盤変状により、約1/10 rad.程度傾いた住宅が1棟確認された（写真5.2.8-11）。調査地の位置関係は図5.2.8-1のとおりである。



図 5.2.8-1 矢板市における調査地



写真 5.2.8-1 矢板市の震度計設置状況



写真 5.2.8-2 震度計の裏のドライエリア



写真 5.2.8-3 ロビンシティ地区の
無被害住宅



写真 5.2.8-4 地盤のひび割れとすべり



写真 5.2.8-5 塀のひび割れ



写真 5.2.8-6 擁壁のひび割れ



写真 5.2.8-7 路盤の陥没



写真 5.2.8-8 宅地地盤の浮沈



写真 5.2.8-9 住宅基礎の割れ



写真 5.2.8-10 階段の傾斜



写真 5.2.8-11 地盤変状により大きく傾いた住宅

(i) 茨城県常陸太田市

①常陸太田市役所での被害情報

応急危険度判定では、市全体で“危険”が199棟、“要注意”が549棟、“調査済”が574棟であった。このうち、松栄町で“危険”が87棟、“要注意”が235棟、“調査済”が97棟であった。久慈川流域の金砂郷地区（松栄町、中野）で被害が多い。なお、常陸太田市では海溝型地震を想定した地震マップ（想定被災度予測マップ）を作成しており、久慈川およびその支流域では震度5強から震度6弱を想定していた。

②常陸太田市松栄町における住宅等被害

大谷石と見られる石を使った塀の被害が多い。農家型の住家が倒壊するなどの被害（写真5.2.9-1、5.2.9-2）が見られた。道路に埋設されたマンホールが大きく浮き上がっていた（写真5.2.9-3）。水田を埋め立てた敷地に建つ住宅で、モルタル外装仕上げが落下する被害（写真5.2.9-4）が見られた。



写真 5.2.9-1 1階が完全に崩壊した住宅



写真 5.2.9-2 住宅の玄関部分の崩壊



写真 5.2.9-3 道路の地盤変状
(写真 5.2.9-2 の前面道路)



写真 5.2.9-4 モルタル外壁の剥落

(j) 茨城県那珂市

① 那珂市役所での被害情報

那珂市は、那珂川と久慈川に挟まれており、中央部は台地となっている。被害は北部の久慈川流域に多い。3月25日現在で把握されている全壊住家は、門部下河原で4棟、本米崎で1棟である。応急危険度判定では、危険が88棟。被害は門部壊と瓜連でも報告されている。

② 那珂市門部における住宅等被害

下河原地区で、納屋の倒壊が多く見られた(写真 5.2.10-1)。大型の納屋である長屋門も大きく損壊していた(写真 5.2.10-2)。店舗併用住宅(写真 5.2.10-3)、空家と想像される住家(写真 5.2.10-4)など、複数の家屋が大きな被害を受けていた。その他、門部壊地区でも、納屋の倒壊が多く見られた。



写真 5.2.10-1 倒壊した納屋
(那珂市門部)



写真 5.2.10-2 大きく傾斜した納屋
(那珂市門部)



写真 5.2.10-3 店舗併用住宅の被害
(那珂市門部)



写真 5.2.10-4 下屋の被害 (那珂市門部)

③ 那珂市瓜連における住宅等被害

瓜連の市街地で、2階建てモルタル外装の住家が、道路側に完全に倒壊していた（写真 5.2.10-5）。ただし、空家であったと想像される。周辺の商店で一部モルタル外装仕上げが落下しており、内部の木材に劣化が見られた。（写真 5.2.10-6）



写真 5.2.10-5 倒壊した住宅
(那珂市瓜連)



写真 5.2.10-6 モルタルの剥落 (那珂市瓜連)

④ 那珂市 A 小学校の木造校舎、木造体育館の被害調査

昭和 60 年代に建設された木造体育館（湾曲集成材：写真 5.2.10-7, 5.2.10-8）で、鋼製ブレースの伸び・座屈、ブレース定着部の基礎コンクリートの破損、ひび割れが見られた（写真 5.2.10-9）。木造校舎（写真 5.2.10-10）では、木製の筋かいのはずれ（写真 5.2.10-11）、RC 造の階段室との衝突による金属製屋根板・木質床材・内装材の変形が見られた。木製ベランダの手摺り支柱の破損・はずれが見られた。隣接する那珂市役所支所に設置された震度計の設置状況（写真 5.2.10-12）を確認した。



写真 5.2.10-7 集成材構造の木造体育館



写真 5.2.10-8 体育館内部



写真 5.2.10-9 基礎コンクリートの破損



写真 5.2.10-10 木造校舎



写真5.2.10-11 写真5.2.10-10の筋かいのはずれ



写真5.2.10-12 震度計設置状況(瓜連支所)

(k) 茨城県水戸市

①水戸市役所での被害情報

3月25日現在の被害把握状況：

全壊34棟（住家2棟，非住家32棟）

半壊66棟（住家34棟，非住家32棟）

非住家は，主に農家の納屋（倉庫）等。

建物の被害が多いのは、市役所周辺，本町，吉沼町，青柳町，柳河町，上河内町，田谷町，城東，三の丸など。被害の内容としては、非住家の倒壊と住家・非住家の半壊がほとんどを占める。住家の倒壊は本町で2棟あるのみ。

②水戸市本町、城東、三の丸、柳河町における住宅等被害

駅南周辺では、地盤の沈下が見られ、ビルと地盤面の間に段差が生じていた。この地域は、かつては千波湖の一部であり、昭和40年代に市街化された。

市役所（昭和40年代建築）も地盤の沈下が見られ（写真5.2.11-1）、市役所へ市民が入ることは制限（職員は可）されていた。市役所の一部部局（建築指導課を含む）は、隣接する市民会館に移されていた。

市街地の本町では、住宅の被害が2棟報告されていた。1棟は全体が除却されていた。他の1棟も、損壊部分が除却されていた（写真5.2.11-2）。

那珂川沿いの田園地帯にある下大野から東大野にかけては、地盤の沈下や液状化の跡が見られた。また、農家の納屋の被害が散見される。吉沼町では、長屋門1棟が倒壊していた（写真5.2.11-3）。

水戸駅東側の被害を受けた診療所は、撤去工事中であった。水戸駅東側の城東では、住宅地の塀（大谷石と見られるものが多い）の倒壊や損傷が見られ、一部商店の被害が見られた。

水戸駅に隣接する三の丸では、やや古い鉄骨造の商店が被害を受けていた。金町では、水戸地方気象台の地震計の設置状況（写真5.2.11-4）を確認した。

那珂川を渡った青柳町では、納屋の被害（写真5.2.11-5、5.2.11-6）が発生していた。那珂川沿いの柳河町、田谷町でも、納屋の被害が発生していた。

被害が報告されていた上国井町、下国井町、飯富町へは時間の制約から、調査はしていない。

水戸市内の被害は人口に比べると、限定的と思われる。農家の納屋等の被害は、那珂川流域に沿って発生している。納屋は内外装材がないか、簡単な仕様である場合が多く、倉庫や車庫の用途に使用されるために間口の開口が大きい。このために、耐震性に劣る場合が多いと考えられる。

大洗町に近い大野地区では、高速道路の橋脚で地盤との段差が見られ、液状化による噴砂の痕（写真5.2.11-7）が見られた。水戸市および周辺地域では、住宅の塀に大谷石と見られる石が使われているケースが多かった。



写真 5.2.11-1 市役所周辺の地盤変状



写真 5.2.11-2 損壊部が撤去された住宅
(水戸市本町)



写真 5.2.11-3 大きく損壊した長屋門
(水戸市吉沼町)



写真 5.2.11-4 JMA 水戸市金町震度計設置
状況



写真 5.2.11-5 納屋の被害
(水戸市青柳町)



写真 5.2.11-6 納屋の被害 (水戸市青柳町)



写真 5.2.11-7 道路沿いの地盤変状 (水戸市大野地区)

(I) 茨城県常総市

①常総市役所石下支所での被害情報

常総市建築課によれば、住家の被害はほとんどない。発災当初報じられていた家屋の全壊は、上蛇町の小貝川の旧流である三日月湖の円弧内側にあるレストハウス(写真 5.2.12-1)のことであろうとのこと。木造家屋の大きな被害といえば、小貝川の旧流である三日月湖の円弧外側の住宅が地盤の液状化により傾斜が生じたのが最大の被害と考えられる。

小貝川沿いとなる国道 294 号および関東鉄道常総線沿いの市街地はいずれも低地で地盤が悪いが、西側の丘の上は地盤が良いとのこと。よって、地盤が悪い地区での被害が、同市に

おける最大の被害と考えられた。

②常総市上蛇町付近の被害状況

前述の三日月湖の円弧内側へ通じる道路の損傷が激しく、道路の補修工事中でアクセスできなかったが、常総市建築課にレストハウスの被害状況の写真をご提供頂いた。レストハウス近辺の地盤の損傷（写真 5.2.12-2）は激しく、レストハウスも著しく傾斜した（写真 5.2.12-1）ことが分かる。

また、前述の液状化によって傾いた住宅を発見することはできなかったが、屋根瓦の被害（写真 5.2.12-3）は多く見られ、その割合は比較的高いと感じられた。

一方、これらの付近では地盤の液状化によると見られる噴砂痕（写真 5.2.12-4）が多く確認された。なお、常総市関連の調査地の位置関係を図 5.2.12-1 に示す。



図 5.2.12-1 常総市における調査地



写真 5.2.12-1 大きく損壊したレストハウス（常総市上蛇町、常総市提供）



写真 5.2.12-2 レストハウス近辺の地盤の損傷（常総市提供）



写真 5.2.12-3 常総市上蛇町の屋根瓦の被害



写真 5.2.12-4 液状化による噴砂痕

(m) 茨城県龍ヶ崎市

① 龍ヶ崎市役所での被害情報

龍ヶ崎市都市整備部によれば、住家の倒壊はない。発災当初報じられていた家屋の倒壊は、高須町の物置であろうとのこと。人的被害は外壁落下による死者が1名あり、これが報道に結びついてしまったと考えられた。

応急危険度判定は、住民から要望があれば個別に実施しているだけで、面的に実施しているわけではないが、3月13日から22日にかけて、のべ26名によって58件の判定を行い、危険は12件、要注意は29件であるが、多くは屋根瓦、外壁の被害であり、構造躯体が傾斜するような被害は無い。全壊した建物は前述の物置のみであり、半壊した建物は住宅が6棟、物置が1棟であり、特定の地域に集中していることもない。半壊した住宅は川原代町に2棟あるが、それ以外は須藤堀町、馴馬町ほかに散在しているとのこと。

なお、古い市街地は市役所周辺と JR 佐貫駅周辺であり、いずれも低地に位置し、地盤が悪く道路の被害が多い。これに対して、東西2つのニュータウンは丘の上であり、地盤は良い方である。震度計（写真 5.2.13-1）は庁舎の北側の角に設置されていた。

② 龍ヶ崎市街地の被害状況

調査者の見るところ、高須町、川原代町（図 5.2.13-1 参照）の被害はかなり軽微で、和瓦、特に棟瓦の滑落が散見される程度（写真 5.2.13-2）である。重そうな和瓦でも落下していな

い建物も平屋建てを中心に相当数存在する。高須町では一部に液状化による噴砂痕が確認された。



図 5.2.13-1 龍ヶ崎市の調査位置等



写真 5.2.13-1 龍ヶ崎市震度計設置状況



写真 5.2.13-2 屋根瓦の落下
(龍ヶ崎市高須町)

5.2.3 まとめ

木造建築物の地震動による被害を、宮城県栗原市、大崎市、遠田郡美里町、石巻市、仙台市、福島県須賀川市、栃木県那須郡那須町、矢板市、茨城県常陸太田市、那珂市、水戸市、常総市、龍ヶ崎市などで調査した結果、以下のことが得られた。

- 1) 木造建築物の地震動による被害は宮城県大崎市、福島県須賀川市、栃木県那須郡那須町、茨城県常陸太田市、那珂市などで多く確認された。
- 2) 宮城県栗原市では、震度7を記録したにもかかわらず、被害はさほど大きくないという印象がある。
- 3) 造成宅地の地盤変状による被害は、宮城県仙台市、栃木県矢板市などで大きく、被害棟数もそれなりに多い。
- 4) 屋根瓦の被害などは、地震が頻繁に発生する宮城県よりも、むしろ福島県、茨城県の方が多という印象がある。
- 5) 低湿地や水田を埋め立てたなどの宅地では、地盤変状が発生しなくても地震動が増幅した可能性があることが、宮城県栗原市、大崎市、栃木県那須町、茨城県常陸太田市、那珂市、常総市、龍ヶ崎市などで看取された。
- 6) 宮城県大崎市では、2階の残留変形が1階よりも大きい希有な被害例が複数確認された。

以上の木造建築物の被害概況の調査結果に基づいて、今後は個別の物件等を詳細に調査し、それぞれの被害原因等を検討する予定である。

引用文献／ウェブサイト

5.2-1 源栄正人：2011年東北地方太平洋沖地震－地震被害調査速報－

<http://japonism.org/wp-content/uploads/2011/04/motosaka-report.pdf>

5.2-2 河合直人：平成23年東北地方太平洋沖地震建築物被害調査・工学院大学木造班調査速報 2011年4月11日調査分：大崎市、一関市における被害概要調査（途中稿）（非公表資料）

5.2-3 日本木材学会（非公表資料）

5.2-4 国土交通省国土技術政策総合研究所、独立行政法人建築研究所：宮城県北部連続地震による建築物の被害に関する現地調査結果（速報）

<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h15miyagi/chousa.pdf>

5.2-5 国土地理院：浸水範囲概況図

<http://www.gsi.go.jp/common/000059847.pdf>

5.3 鉄骨造建築物の被害

5.3.1 はじめに

東北地方太平洋沖地震に対する鉄骨造建築物の地震被害調査は、茨城県から宮城県にわたる広範囲な地域における事務所ビル等の一般的な鉄骨造建築物について主に外観により被害概要調査を行った。その結果によれば、これら一般的な鉄骨造建築物では構造躯体が内外装材等の仕上材に覆われており、速報段階の調査では、残留変形を生じているごく一部の建築物を除いて、柱、梁等の構造躯体の損傷については、把握は困難であった。その一方で、自走式駐車場、倉庫等のように構造躯体が露出している鉄骨造建築物では柱脚の損傷やブレースの座屈などを確認することができた。

そこで、このような構造躯体が露出している鉄骨造建築物の代表とも言え、また、倉庫や工場等の鉄骨造建築物の類型とも言える学校体育館を対象として重点的に被害調査を実施することとした。2004年新潟県中越地震の際にも学校体育館の調査を実施しており、その際には、鉛直ブレースが破断する等の大きな被害が比較的多く観察^{5.3-1) ~5.3-3)}され、その際の調査結果との比較検討なども行うことができるためでもある。なお、学校体育館の調査地域としては茨城県とした。これは、茨城県内でも震度6程度の揺れが観測されていること、強震記録などから他県を含め、地震動の特徴として短周期成分が卓越している地点が多く、地震動が同程度であれば他県の被害状況も概ね同様と考えられること、による。

5.3.2 調査概要

(1) 一般的な鉄骨造建築物の被害調査の概要

宮城県、福島県、茨城県について、主に、外観調査によって事務所、店舗、駐車場等の鉄骨造建築物について、以下の地域について被害調査を行った。なお、これらの調査は、RC造、S造、非構造等の一般的な建物被害調査として実施したものである。

- 1) 二本松市、郡山市、福島市の被害調査
- 2) 日立市の被害調査
- 3) 銚田市、笠間市の被害調査
- 4) 白河市、須賀川市、仙台市の被害調査

(2) 茨城県内の高等学校体育館等の被害調査の概要

2004年新潟県中越地震では、1981年6月以前の耐震基準（以下、旧耐震基準と呼ぶ）で設計された体育館で大きな被害が観察され、1981年6月以降の現行耐震基準の体育館では、ブレース破断等の被害がほとんど観察されなかった^{5.3-1) ~5.3-3)}。そのため、今回の調査では、旧耐震基準の体育館を中心として調査を行うこととした。被害調査は、茨城県内の震度6強及び6弱程度の地震が観測された広範囲の地域について、被害の地域的な分布を把握することも念頭において、以下の各地区について、高等学校等の体育館、格技場、合計44棟について調査を行った。

- ・大洗町、城里町、日立市、水戸市、那珂市、ひたちなか市
- ・筑西市、笠間市、銚田市、土浦市、坂東市、古河市、下妻市、筑西市、常総市

(3) 水戸市の小、中学校体育館等の被害調査の概要

茨城県内の高等学校体育館等の被害調査の結果、水戸市で比較的被害が大きいことが判明したため、対象地域を水戸市に絞った上で、高校よりも規模が小さい小学校、中学校体育館の被害調査を行った。水戸市の小、中学校体育館等の調査については、旧耐震基準の体育館、武道場を中心として、合計22棟について調査を行った。

5.3.3 一般的な鉄骨造建築物の被害調査結果

事務所、店舗、駐車場等の一般的な鉄骨造建築物について、主に外観調査によって観察された被害例をまとめて示す。(1)～(4)は構造的な被害であり、(5)は非構造部材の被害である。

(1) 自走式駐車場の柱脚の破壊及びブレースの座屈

鉄骨造 2 階建自走式駐車場の 1 階で柱脚部ベースプレート下のコンクリートの破壊及びブレース (□-100) の座屈が見られた (写真 5.3-1)。



(a) 柱脚の損傷 (b) ブレース (□-100) の座屈

写真 5.3-1 S 造 2 階建て自走式駐車場の被害 (仙台市青葉区市街地)

(2) ブレース付き間柱接合部の変形

外装材が脱落していた倉庫と思われる 2 階建 S 造建築物で、ターンバックルによるブレース材が取り付く間柱の接合部が大きく変形しているものがあった (写真 5.3-2)。



写真 5.3-2 S 造のブレース付き間柱接合部の変形 (仙台市若林区)

(3) ショッピングセンタースロープのブレースの座屈

ショッピングセンターの駐車場へのスロープのブレース材 (山形鋼ダブル) の座屈が観察された。また、梁端部で塗装の剥がれが観察された (写真 5.3-3)。



(a) ブレース（山形鋼ダブル）の座屈



(b) 梁端部塗装の剥がれ

写真 5.3-3 ショッピングセンタースロープの被害（水戸市）

(4) 残留変形

2階建てのS造と思われる建築物で、1階に比較的大きな残留変形が見られるものがあつた（写真5.3-4）。仕上げが同じことやエキスパンションジョイントと思われる部材があつたことから、写真中央の建築物は写真左側の建築物と一体となつていた増築部分と考えられる。地震時の振動によって両者が衝突し、写真左側の部分の剛性が高かつたことなどにより、増築部分が右側へと押し出されるように変形したのではないかと推察される。



写真 5.3-4 1階の残留変形（仙台市若林区）

(5) 外装材の脱落

ALCパネル等の外装材が脱落している被害例が各地で散見された（写真5.3-5～12）。たとえ3階建て程度であっても高所から重量の大きいALCパネル等の外装材が落下することは極めて危険性が高いため、耐震的な配慮や落下防止（フェールセーフ）の措置を講じることが望まれる。



写真 5.3-5 外装材の脱落 (二本松市)



写真 5.3-6 外装材の剥離、腐食した隅柱の破断 (郡山市)



写真 5.3-7 4階建て最上階の外装材等の被害 (須賀川市)



写真 5.3-8 ラスモルタル仕上げの剥落 (須賀川市)



写真 5.3-9 外装材の脱落、ガラス破損 (須賀川市)



写真 5.3-10 ALCパネルの脱落 (白河市)



写真 5.3-11 駐車場の外装材の脱落（水戸市）



写真 5.3-12 事務所の外装材の脱落（水戸市）

5.3.4 茨城県内の高等学校体育館等の被害調査結果

調査対象とした体育館は、茨城県が所有する体育館施設のうち、旧耐震基準で、かつ、耐震診断を実施したもの（または実施予定のもの）の中から、今回の地震で震度6強、6弱及び5強程度の地震動が観測された地域の体育館等を選択している。高等学校では、学校1校で、体育館や格技場を合計2～3棟程度所有している場合があり、結果として、調査先で、調査目的の体育館以外に体育館や格技場があった場合には、それらの被害調査も実施している。そのため、現行耐震基準の体育館等もいくつか調査が行われている。なお、個々の体育館等の被害状況の写真等は、国土技術政策総合研究所 (<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h23tohoku/index.html>) 又は建築研究所のホームページ (<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/20110311/index.html>) を参照されたい。

(1) 調査した体育館の構造概要

調査した茨城県内の高等学校の体育館等の被害調査の結果を一覧にまとめたものを表5.3-1に示す。調査した体育館、格技場は、合計44棟である。調査地域は、大洗町、城里町、日立市、水戸市、那珂市、ひたちなか市、筑西市、笠間市、鉾田市、土浦市、坂東市、古河市、下妻市、常総市である。表中の建築年は、現地で学校関係者にヒアリングしたものを記載しているが、その時点であいまいなケースもあったので、現時点で、建築年は確定ではない。これらのうち、旧耐震基準と思われる体育館、格技場は41棟である。階数は、2階建ての体育館が4棟であり、その他は、1階建てである。

体育館の構造形式は、大きく以下の5種類に分類される。1) 下部RC造でギャラリーから上部S造（桁行きブレース構造）、2) 下部RC造でギャラリーから上部S造（両方向ともラーメン構造）、3) 純S造（桁行きブレース構造）、4) 純S造（両方向ラーメン構造）、5) RC造で屋根のみがS造。これら棟数と割合は、それぞれ、15棟（34%）、5棟（11%）、7棟（16%）、8棟（18%）、6棟（14%）、不明3棟（7%）である。これらの構造形式を、新潟県中越地震で被害調査を行った体育館^{5.3-1)～5.3-3)}構造形式と比べると、下部RC造でギャラリーから上部S造の構造の割合は少なく、ラーメン構造の割合は高くなっている。また、RC造で屋根のみがS造の構造の割合も高くなっている。

(2) 構造的な被害と特徴

構造的な被害としては、1) 鉛直ブレース材の座屈と接合部の破断、2) ラチス柱の斜材の座屈、3) RC造柱と屋根の接続部（支承部）の損傷、4) 屋根面水平ブレースのたわみ、座屈、破断、5) 柱脚コンクリートのひび割れ、等が観察されている。

これらのうち構造的に大きな被害と考えられる鉛直ブレース部材または接合部の破断の被害は、NAK-1とHKT-2の2棟である。新潟県中越地震での旧耐震基準の体育館の被災度IV^{s5.3-4)}以上の大きな

被害の割合が3割程度であった^{5.3-1) ~5.3-3)} ことと比較すると、今回の地震では、このような大きな被害の割合は少ないと言えるが、調査対象地域の地震動の大きさについても考慮する必要がある。また、HTC-4では、いくつかのラチス柱で斜材の座屈の被害が観察された。

一方、新潟県中越地震では、RC造柱と屋根の接続部（支承部）のコンクリートの損傷の被害は、ほとんど観察されていなかったが、このような被害が比較的多く観察されているのは、今回の調査対象の体育館では、「RC造で屋根のみS造」の構造形式の割合が高かったことが影響していると思われる。また、柱脚や支承部分のコンクリートに損傷は見られているが、RC構造部分の部材及び接合部には、ほとんど損傷は見られなかった。このことは、新潟県中越地震等の過去の地震でも同様であった。その他、張間方向の山形ラーメンやアーチ梁の頂部付近で梁材の塗装の剥がれが観察されているが、これらが地震動による降伏であるかどうかについては^{5.3-4)}、必ずしも明らかではなく、今後、解析的な検討が必要であろう。地域的には、水戸市、銚田市、那珂市で、他の地域よりも比較的大きな構造被害が観察された。

(3) 非構造部材の被害

非構造部材の被害としては、天井、外壁の脱落、窓ガラスの破損などの被害が観察されている。これらの被害は、過去の地震においても体育等で観察されているものである。調査した体育館のうち、天井材が広範囲にわたって脱落したのとして、HTC-4、MIT-5、MIT-7、MIT-8などが挙げられる。また、窓ガラスが比較的多く割れた体育館として、OAI-1、SSM-1、HTC-4、MIT-6、HKT-2が挙げられる。今回の地震によるこれらの天井材の脱落や窓ガラスの破損等の被害状況（被害率）と過去の地震による同様の被害の比較等については、今後、分析を行う予定である。地域的には、日立市、水戸市、銚田市、等で、他の地域よりも比較的大きな非構造部材の被害が観察された。

(4) 耐震改修した建物の被害状況

調査を行った体育館のうち耐震改修を実施したものが5棟あった。これらのうち、HTN-1は、周辺で比較的大きな構造被害が観察された地域に建設されていたものであるが、今回の地震では、構造、非構造に関してほぼ無被害であった。

表 5.3-1 茨城県内の高等学校の体育館等の被害調査の結果一覧

建物記号	市町村名	建築年	階数	構造形式	被害概要	HP速報の名称	備考
OAI-1	大洗町	1976年頃	1	下部RC造, 上部S造, 両方向ラーメン	構造被害: S造柱脚部の仕上げモルタルに軽微なひび割れが見られた。 非構造被害: S造柱とギャラリーの壁が接する部分でコンクリートが剥落した。7枚のガラスが割れたが、既に復旧していた。天井照明のずれ、天井板の垂れや損傷が見られたが落下していない。	A校体育館	
OAI-2	〃	1974年頃	1	S造, 両方向ラーメン	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	A校格技場	
OAI-3	〃	1971年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: S造柱脚部のモルタルに軽微なひび割れ、ガセットプレートの塗装にはがれが見られた。 非構造被害: ガラスが3枚割れたが復旧済みであった。	B校体育館	
OAI-4	〃	1981年頃	1	S造, 両方向ラーメン	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	B校格技場	
SSM-1	城里町	1980年頃	1	下部RC造, 上部S造, 両方向ラーメン	構造被害: S造柱脚部の仕上げモルタルに軽微なひび割れが見られた。 非構造被害: S造柱とギャラリーの壁が接する部分でコンクリートが剥落した。天井は特に棟位置で隙間が目立つ。照明の傘がずれたり外れたりしているが、落下してはいない。はめ殺し窓のガラスが塗震でも割れた。硬化性バテではなく、グレイジングガセットでガラスが固定されていることを確認した。	C校体育館	

SSM-2	"	1962年頃	1	S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 妻面のラスモルタル外壁が落下していた。	C校 格技場	昭和46年頃に増築
HTC-1	日立市	1970年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: ブレースとの取り付け部分の天井材や舞台脇上部の点検口に部分的な損傷。	D校 体育館	
HTC-2	"	1970年頃	1	S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	D校 格技場	
HTC-3	"	1963年頃	1	S造, 両方向ラーメン	構造被害: 無し。 非構造被害: シャッターにひずみが生じた。	E校 実習棟	
HTC-4	"	1967年頃	1	下部RC造, 上部S造, 両方向ラーメン	構造被害: フラス柱の斜材で座屈が観察された。 非構造被害: 周辺部を残して天井の大部分が照明とともに脱落した。天井下地は木製である。軒天の一部も落下し、サッシが外れ、窓ガラスが33枚割れた。	F校 体育館	
HTC-5	"		1	下部RC造, 上部S造, 両方向ラーメン	構造被害: 柱脚部のコンクリートにひび割れが生じ、モルタルが若干浮いている。 非構造被害: 隅角部のガラス1枚が割れた。	F校 小体育館	
HTC-6	"	1981年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: ガラスが5枚割れた。	G校 体育館	
HTC-7	"	1981年頃	1	S造, 両方向ラーメン	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	G校 格技場	
MIT-1	水戸市	1981年頃	2	RC造, 屋根S造	構造被害: RC造柱とS造屋根が接続する部分で、コンクリートの剥落、ホールインアンカーボルトの多数の抜け出しが観察された。 非構造被害: 天井裏の振れ止めが多数外れていた。システム天井のガラスウール板が5枚外れていた。天井照明のずれが幾つか見られた。	H校 体育館	天井の改修工事済み
MIT-2	"	1993年頃	1	RC造, 屋根S造	構造被害: 無し。 非構造被害: 天井のガラスウール板が1枚外れていた。	I校 体育館	
MIT-3	"	1990年頃	2	RC造, 屋根S造	構造被害: RC造柱とS造屋根が接続する支承部分で、コンクリートの剥落が観察された。 非構造被害: 内壁仕上材がRC造梁との取り付け箇所ですり落ちていた。	J校 運動施設 体育館	
MIT-4	"	1965年頃	1	S造, 両方向ラーメン	構造被害: 無し。 非構造被害: 舞台上の葡萄棚脇の内壁仕上げでコンクリートが剥落していた。天井中央部に少しふくらみが見られた。外壁仕上材が部分的に脱落していた。	K校 体育館	
MIT-5	"	1965年頃	1	S造, 両方向ラーメン	構造被害: 無し。 非構造被害: 天井がほぼ全面で脱落していた。ラスモルタル外壁が脱落していた。窓ガラスの割れ、サッシの脱落が見られた。	K校 卓球場	
MIT-6	"	1970年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: アーチ状の梁中央部に塗装の剥れがあった(地震以前はこれほどの塗装の剥れは見られなかったとの情報があった)。 非構造被害: 天井が外れかけていたので、一部撤去したとの情報があった。窓ガラスが数十枚割れていた。体育館周辺で地盤の割れや沈下が確認された。	L校 体育館	
MIT-7	"	1965年頃	2	RC造, 屋根S造	構造被害: 屋根面水平ブレースが多数破断していた。 非構造被害: 舞台上部の内壁がはらみだし仕上材が脱落していた。天井の約2/3が脱落していた。天井材の水平部分には折板、傾斜部分にはせっこうボードが使用されていた。	M校 体育館	
MIT-8	"	1997年頃	2	RC造, 屋根S造	構造被害: RC造柱とS造屋根が接続する部分にコンクリートの剥落があった。 非構造被害: 天井のガラスウール板が多数脱落していた。Tバーの脱落は見られなかった。	N校 体育館	
MIT-9	"	1965年頃	1	S造, 両方向ラーメン	構造被害: 無し。 非構造被害: 妻面との取り付け部で天井板が一部外れていた。	N校 格技場	
MIT-10	"	1965年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: ブレースの座屈、ガセットプレートの変形、ボルトの滑りが見られた。 非構造被害: 窓ガラスが3枚割れたとの情報があった(修復済み)。	O校 体育館	
NAK-1	那珂市	1965年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 桁行の構面に大きな被害が見られた。ブレースのホルド欠損部の破断や座屈が多数見られた。ブレースは4構面のうち3構面に破断が生じていた。 非構造被害: 天井の木毛セメント板が3枚脱落していた。窓サッシが2箇所ですり落ちていた。	P校 体育館	
HTN-1	ひたちなか市	1965年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 照明が天井裏に外れた。	Q校 体育館	H22年耐震補強済

TKS-1	筑西市	1961年頃	1	S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 照明が傾いたり、シャッターがひずんだりした。	R校 実習棟	
TKS-2	〃	1978年	1	下部RC造, 上部S造, 両方向ラーメン	構造被害: 無し。 非構造被害: 天井の棟の部分で大きな隙間が生じていた。硬化性パテで取り付けられたガラスが22枚割れていた。照明が幾つか外れ交換したとの情報があった。	β校 体育館	
KSM-1	笠間市	1971年頃	1	RC造, 屋根S造	構造被害: 多数の屋根ブレースが垂れ下がった状態であったが、床面までは落下していない。屋根ブレース端部のボルトの破断によると思われる。屋根支承部にも損傷が見られた。 非構造被害: 妻面で外壁仕上げが落下した。はめ殺しの窓のガラスの割れも見られた。	S校 体育館	
HKT-1	鉾田市	1971年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 柱脚部のコンクリートにひび割れが見られた。 非構造被害: 軒天が部分的に2か所で脱落した。照明の笠が回転するなどして点灯しないものがあった。天井にも浮きが見られる。	T校 体育館	
HKT-2	〃	1972年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 確認できた範囲の全てのブレースが接合部で破断していた。柱脚部に大きなひび割れが見られた。 非構造被害: 鉄製枠のサッシに硬化性パテで留められたガラスは、大半が割れて落下・散乱しており、調査当日は工事業者による片付けが行われていた。内壁、外壁、軒の仕上材や、軒天の一部も落下していた。	U校 体育館	
TCU-1	土浦市	1977年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 天井と妻面との取り付け部にやや大きな隙間が見られる。	V校 体育館	H18 頃 耐震改修済み
BND-1	坂東市	1980年	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	W校 体育館1	H19 耐 震改修 済み
BND-2	〃	1955年頃	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	W校 体育館2	
BND-3	〃	1981年	1	S造	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	W校 格技場	
BND-4	〃	1974年	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	X校 体育館	十数年 前耐震 改修済 み
BND-5	〃	1974年	1	S造	構造被害: 無し。 非構造被害: 妻面との取り付け部で天井に部分的な損傷が見られた。	X校 格技場	
KOG-1	古河市	1971年	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	Y校 体育館	
KOG-2	〃	1974年	1	S造, 桁行ブレース	構造被害: 外観上、腐食が目立つ。柱脚のコンクリート、ベースプレートにわずかに損傷が見られた。 非構造被害: 無し。	Y校 格技場	
KOG-3	〃	1970年	1	S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	Z校 実習棟	
SMZ-1	下妻市	1978年	1	下部RC造, 上部S造	構造被害: 無し。 非構造被害: 天井に部分的な損傷が見られた。天井板のねじ止め部での外れが多数見られた。照明の外れが数箇所見られた。	α校 体育館1	
SMZ-2	〃	1958年	1	S造, 両方向ラーメン	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	α校 体育館2	
JSO-1	常総市	1971年	1	下部RC造, 上部S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	γ校 体育館	H22 耐 震改修 済み
JSO-2	〃	1971年	1	S造, 桁行ブレース	構造被害: 無し。 非構造被害: 無し。	γ校 武道館	
JSO-3	〃	1972年	1	S造, 桁行ブレース	構造被害: 妻面の間柱に取り付くブレース端部で1箇所ボルトが破断していた。 非構造被害: 無し。	γ校 卓球場	

5.3.5 水戸市の小、中学校体育館等の被害調査結果

前節の茨城県内の高等学校の体育館等の被害調査の結果、水戸市周辺の地域では他の地域に比べて、比較的大きな構造被害が観察されたことから、水戸市について、体育館規模が高校に比べて小さいと

考えられる小学校、中学校の体育館等の調査を行った。なお、個々の体育館等の被害状況の写真等は、国土技術政策総合研究所(<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h23tohoku/index.html>)又は建築研究所のホームページ(<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/20110311/index.html>)を参照されたい。

(1) 調査した体育館の構造概要

調査した水戸市内の小、中学校の体育館等の被害調査の結果を一覧にまとめたものを表 5.3-2 に示す。前項の高校体育館調査と同様に、旧耐震基準の体育館等（武道場を含む。以下同じ）を対象として被害調査を行った。水戸市内の旧耐震基準の体育館を有する小・中学校は合計 19 校であり、それらの学校の体育館等について調査を行った。結果として、調査した体育館等は 22 棟であり、そのうち旧耐震基準のものは 20 棟であり、これらは全て耐震補強されていない。

調査した体育館の階数は、全て 1 階建てである。構造形式は、高校体育館と同様に、基本的には以下の 5 つに分類される。1) 下部 RC 造でギャラリーから上部 S 造（桁行きブレース構造）、2) 下部 RC 造でギャラリーから上部 S 造（両方向ともラーメン構造）、3) 純 S 造（桁行きブレース構造）、4) 純 S 造（両方向ラーメン構造）、5) RC 造で屋根のみが S 造。これらの棟数（割合）は、それぞれ、3 棟（14%）、1 棟（5%）、1 棟（5%）、6 棟（27%）、9 棟（41%）、その他 2 棟（10%）である。「RC 造で屋根のみが S 造」の割合が高く、新潟県中越地震の際に被害調査を行った体育館の構造形式はこの割合が小さく、異なる傾向となっている。

(2) 構造的な被害と特徴

調査した体育館等のうち構造的に大きな被害と考えられる「鉛直ブレース材の座屈と接合部の破断」の被害が観察されたのは、MIT-12 の 1 棟だけであり、高等学校の体育館の調査結果と同様に、新潟県中越地震の被害率に比べれば、小さいと考えられる。被害形態としては、高校体育館の調査で示した 4 つの分類の被害が、小、中学校体育館でも同様に観察された。ただし、それらの被害は比較的軽微なものであり、高等学校の体育館の構造被害に比べると、被害程度は小さいと思われる。

(3) 非構造部材の被害

高等学校の体育館の調査で観察されたような、天井部材が広範囲に渡って脱落するような大きな被害は見られなかった。しかしながら、22 棟中、20 棟の体育館等で軽微なものも含めて何らかの非構造被害が生じていた。全体的な印象として、高等学校の体育館での非構造部材の被害に比べると、被害程度は小さいと思われる。

表 5.3-2 水戸市内の小、中学校の体育館等の被害調査の結果一覧

建物記号	市町村名	建築年	階数	構造形式	被害概要	HP 速報の名称	備考
MIT-11	水戸市	1972年	1	S 造, 両方向ラーメン	構造被害：根巻柱脚のコンクリートにひび割れが見られた。張間方向の山形頂部付近の梁ウェブに塗装の剥がれがあった。 非構造被害：外壁にコンクリートのひび割れ及び剥落、金属サイディングの外れが見られた。舞台の内壁にコンクリートのひび割れが見られた。硬化性パテで取り付けられた窓ガラスが 4 枚割れていた。	A 校体育館	
MIT-12	〃	1965年	1	下部 RC 造, 上部 S 造, 桁行きブレース	構造被害：ブレースの交差部および端部でのボルト破断、ブレースの座屈、接合部でのボルトの滑りや柱脚部でのコンクリートの剥離が見られた。 非構造被害：ラスモルタル外壁のモルタル部分および仕上げボードが脱落していた。舞台の天井が 3 枚脱落していた。アリーナの天井に僅かな浮きが見られた。	B 校体育館	

MIT-13	"	1978年	1	S造,両方向ラーメン	構造被害:柱脚にコンクリートのひび割れが見られた。 非構造被害:窓ガラスが4枚割れたとの情報があった(復旧済み)。外壁タイルの剥落、コンクリートブロック壁のひび割れが見られた。	B校 武道場	
MIT-14	"	1971年	1	S造,両方向ラーメン	構造被害:無し。 非構造被害:妻壁が外側へ傾斜し、天井と妻壁の取り合い部に隙間が見られた。	C校 体育館	
MIT-15	"	1979年	1	RC造,屋根S造	構造被害:屋根面水平ブレースの2箇所 boltsが破断したとの情報があった。 非構造被害:窓ガラスが2枚割れたとの情報があった。	D校 体育館	
MIT-16	"	1989年	1	S造,両方向ラーメン	構造被害:無し。 非構造被害:照明の枠が9箇所落下、照明が6箇所で垂れ下がったとの情報があった。	D校 武道場	
MIT-17	"	1979年	1	RC造,屋根S造	構造被害:屋根面水平ブレースにたわみが数箇所見られた。屋根支承部にコンクリートの亀裂が見られた。 非構造被害:照明のカバーが1箇所脱落したとの情報があった(復旧済み)。	E校 体育館	
MIT-18	"	1977年	1	RC造,屋根S造	構造被害:屋根面コーナーの水平ブレースに若干のたわみが見られた。 非構造被害:窓ガラスが数枚割れたとの情報があった(復旧済み)。	F校 体育館	
MIT-19	"	1982年	1	下部RC造,上部S造,桁行ブレース	構造被害:柱脚部のコンクリートに僅かな亀裂が見られた。 非構造被害:妻壁等との取り合い部に天井の損傷が多数見られた。天井(せっこうボード直張り)が部分的に脱落していた。	G校 体育館	
MIT-20	"	1977年	1	RC造,屋根S造	構造被害:無し。 非構造被害:妻面の内壁が一部破損したとの情報があった(復旧済み)。	H校 体育館	
MIT-21	"	1981年	1	RC造,屋根S造	構造被害:無し。 非構造被害:構造体との取り合い部で天井の損傷が見られた。せっこうボード片と合板片が脱落していた。天井の回り縁が脱落していた。窓ガラスが1枚割れたとの情報があった(復旧済み)。	I校 体育館	
MIT-22	"	1973年	1	S造,桁行ブレース	構造被害:柱脚部にコンクリートの亀裂が見られた。張間山形ラーメン頂部付近の梁ウェブに塗装の剥がれがあった。 非構造被害:アリーナの内壁が少し傾斜していた。	J校 体育館	
MIT-23	"	1972年	1	S造,両方向ラーメン	構造被害:無し。 非構造被害:窓ガラスが26枚割れていた。妻面の内壁にひび割れが見られた。	K校 体育館	
MIT-24	"	1990年	1	S造,両方向ラーメン	構造被害:無し。 非構造被害:無し。	K校 武道場	
MIT-25	"	1977年	1	RC造,屋根S造	構造被害:屋根支承部にコンクリートの剥落が見られた。屋根面水平ブレースがほぼ全箇所大きくたわんでおり、1箇所破断していた。 非構造被害:はめ殺し窓のガラスの破損が12箇所で見られた。	L校 体育館	
MIT-26	"	1981年	1	RC造,屋根プレキャスト版	構造被害:本震の際、モルタル片が落下した。調査時には片付けられていたが、屋根支承部付近のモルタルの剥離によると考えられる。妻壁部分での外部の屋根支承部ではアンカーが露出していた。柱には桁行方向の曲げによるわずかなひび割れが見られた。 非構造被害:無し。	M校 体育館	
MIT-27	"	1976年	1	RC造,屋根S造	構造被害:屋根の梁の塗装が床面に落ちており、梁の振動・変形が比較的大きかったものと推察された。屋根の水平ブレースはほぼ全てがたわんだ状態であり、屋根支承部が損傷して、仕上げモルタルが落下した。 非構造被害:軒先のモルタル製の仕上材が落下した。内部ではボルトが20本以上落下した。	N校 体育館	
MIT-28	"	1976年	1	RC造,屋根S造	構造被害:柱頭の屋根支承部の仕上げモルタルが剥落したが、調査時点では修復済みであった。また地震によるものか不明だが、アリーナを支える束が転倒していた。 非構造被害:本震の際にはガラスが7枚破損し、4/11の余震でさらにガラス1枚が割れたとのことであった。	O校 体育館	
MIT-29	"	1975年	1	RC造,屋根S造	構造被害:今回の地震によるものか定かではないが、柱には軽微な曲げひび割れが見られ、舞台裏の妻壁には換気口から斜めにひび割れが生じていた。校舎や体育館まわりの地盤の変状が目立ち、通路や犬走り等が破損していた。 非構造被害:無し。	P校 体育館	
MIT-30	"	1981年	1	下部RC造,上部S造,両方向ラーメン	構造被害:柱脚部のモルタルが割れたが、修復済みであった。 非構造被害:ガラスが28枚割れ、水銀灯にずれが生じた。また舞台上の電球が落下した。外部では外装材のパネル1枚が落下した。	Q校 体育館	
MIT-31	"	1966年	1	S造,桁行ブレース+コンクリートブロック	構造被害:構造躯体としてのS造骨組みに被害は見られなかったが、CB製の自立壁が内側に傾いてブレースに寄りかかった状態となり、壁の脚部に損傷が見られた。 非構造被害:サッシ枠が外側に開いた。	R校 体育館	

MIT-32	〃	1966年	1	下部 RC 造 上部 S 造, 桁行ブレース	構造被害: : 構造躯体としての S 造骨組みに被害は見られなかったが、CB 壁にひび割れが見られた。 非構造被害: サッシが1つ外れかけているのを針金で留めているとのことであった。またサッシュ上部の幕板が落下していた。	S校 体育館	
--------	---	-------	---	------------------------	---	-----------	--

5.3.6 体育館の被害分類と特徴

今回の地震において調査を行った体育館の被害は、おおむね(1)～(7)のように分類される。このうち、(1)～(6)は構造的な被害を分類したものであり、(7)は非構造部材の被害である。

- (1)鉛直ブレース材の座屈と接合部の破断
- (2)ラチス柱の斜材の座屈
- (3)RC造柱と屋根の接続部(支承部)の損傷
- (4)屋根面水平ブレースのたわみ、座屈、破断
- (5)柱脚コンクリートのひび割れ
- (6)その他(床束の転倒等)
- (7)天井や外壁の脱落、窓ガラスの破損等の被害

以下、分類ごとに例を示す。写真のタイトルに続けて括弧書きで表 5.3-1 及び 2 の記号を示し、表に掲載していない被害例の場合は記号の代わりに市町村名を示している。

(1) 鉛直ブレース材の座屈と接合部の破断

鉛直ブレース材の座屈(写真 5.3-13)や接合部の破断(写真 5.3-14～17)が見られた。ブレース材としては山形鋼が多いが、円形鋼管のもの(写真 5.3-14)もあった。破断した箇所は鋼管に差し込んだ鋼板、ボルト、ブレース材端部の孔欠損部などである。



写真 5.3-13 座屈(MIT-10)



(a) 柱頭部



(b) 交差部

写真 5.3-14 接合部の破断(HKT-2)



(a) 交差部



(b) 柱脚部

写真 5.3-15 接合部のボルトの破断 (MIT-12)



(a) 接合部の破断



(b) 座屈と接合部の破断

写真 5.3-16 鉛直ブレースの座屈と接合部の破断 (NAK-1)



写真 5.3-17 ボルトの破断 (JS0-3)

(2) ラチス柱の斜材の座屈

今回調査した体育館の中の1棟で、いくつかのラチス柱で、斜材の座屈の被害が観察された (写真 5.3-18)。



(a) ラチス柱全景



(b) 座屈した斜材

写真 5.3-18 ラチス柱の斜材の座屈 (HTC-4)

(3) RC 造柱と屋根の接続部（支承部）の損傷

今回調査した体育館は屋根のみS造のものも多かった。コンクリートが剥落してアンカーボルトが露出しているもの（写真 5.3-19～20）、屋根の支承部でRC造柱の仕上げモルタルが剥落したもの（写真 5.3-21～22）、ホールインアンカーが抜け出したもの（写真 5.3-23）があった。また屋外の支承部でもコンクリートの剥落が見られた（写真 5.3-24）。



写真 5.3-19 コンクリートの剥落とアンカーボルトの曲げ (MIT-3)



写真 5.3-20 コンクリートの剥落 (MIT-8)



写真 5.3-21 仕上げモルタルの剥落 (MIT-25)



写真 5.3-22 仕上げモルタルの剥落 (MIT-27)



写真 5.3-23 ホールインアンカーの抜け出し跡 (MIT-1)



写真 5.3-24 外部の屋根支承部(MIT-26)

(4) 屋根面水平ブレースのたわみ、座屈、破断

茨城県内の表5.3-1では34棟のうちMIT-7、KSM-1の2棟、水戸市内の小中学校の表5.3-2ではMIT-15、MIT-17、MIT-18、MIT-25、MIT-27の5棟で見られた。ターンバックルを用いたブレースで、明らかなたわみを生じているもの(写真5.3-25~27)や、ターンバックル胴のネジ部や端部で破断しているもの(写真5.3-28~29)があった。



写真 5.3-25 ターンバックルのたわみ (二本松市)



写真 5.3-26 ターンバックルのたわみ (MIT-27)



写真 5.3-27 ターンバックルのたわみ(MIT-25)



写真 5.3-28 ターンバックルの破断(MIT-25)



写真 5.3-29 ターンバックルの端部破断による垂れ下がり (KSM-1)

(5) 柱脚コンクリートのひび割れ

上部 S 造下部 RC 造で、ギャラリーにある柱脚部分のコンクリートやモルタルにひび割れが生じる被害が見られた (写真 5.3-30~32)。また、1 層 S 造のグランドレベルにある柱脚でもひび割れや亀裂が見られた (写真 5.3-33~34)。



写真 5.3-30 モルタルの損傷 (栗原市)



写真 5.3-31 柱脚部のひび割れ (HKT-1)



写真 5.3-32 ひび割れ (HKT-2)



写真 5.3-33 ひび割れ (MIT-13)



写真 5.3-34 亀裂 (MIT-22)

(6) その他

その他の構造的な被害として、(a)床束の転倒、(b)コンクリートブロック (CB) 造の自立壁の傾斜、があった。また、構造的な被害かどうかは明確でないが、張間方向の山形ラーメン梁やアーチ梁の頂部付近で(c)梁材の塗装の剥がれがいくつかの体育館で観察された。

(a)床束の転倒

地震による被害か定かではないが、アリーナを支える束が転倒していた事例が1つあった(写真5.3-35)。その体育館では柱頭の屋根支承部等に受けた被害については調査時点で修復が済んでいたが、束は転倒したままだった。使用時に床の損傷が生じやすくなっていると考えられるため、地震後の再使用に当たっては床下の点検なども重要と考えられる。



写真 5.3-35 束の転倒 (MIT-28)

(b)CB造の自立壁の傾斜

構造躯体としてのS造骨組に被害は見られなかったが、CB造の自立壁が内側に傾いてブレースに寄りかかった状態となっており、壁の脚部に損傷が見られた(写真5.3-36)。被害を受けた体育館は、四隅の4スパンにCB造の自立壁の補強材を昨年設置したところだったが、補強材を設けていない自立壁が今回の地震で被害を受けた。



(a) 内部 (b)外部 (c)壁の脚部の損傷

写真 5.3-36 S造柱とCB造の傾いた自立壁(MIT-31)

(c)梁材の塗装の剥がれ

張間方向の山形ラーメン梁やアーチ梁の頂部付近で(c)梁材の塗装の剥がれがいくつかの体育館で観察された(写真 5.3-37~39)。これらが、単に、この部位での大きな震動によるものか、または、多少の降伏等が生じたかは、明らかでない。文献 5.3-4)では、部材の塗装の剥離状況と歪みの関係が掲載されている。これらを参考にして、周辺での地震動記録を考慮した解析等により、梁材の降伏の可能性について今後検討する必要がある。



写真 5.3-37 アーチ状の梁中央部塗装の剥がれ(MIT-6)



写真 5.3-38 塗装の剥がれ(MIT-27)
(梁に沿って床面に跡)



写真 5.3-39 梁ウェブの塗装の剥がれ (MIT-22)

(7)天井や外壁の脱落、窓ガラスの破損等の被害

体育館の非構造部材の被害として、天井、照明の脱落(写真5.3-40~44)、外壁の脱落(写真5.3-45~47)、内壁の脱落(写真5.3-48)、軒天の脱落(写真5.3-49)、窓ガラスの破損(写真5.3-50)など、比較的大きな被害が観察された。特に、小、中学校の体育館に比べ、高等学校の体育館では、天井面の広範囲での脱落等、大きな被害が観察された。



写真 5.3-40 天井材脱落 (HTC-4)



写真 5.3-41 落下した天井と照明 (HTC-4)



写真 5.3-42 天井材脱落 (MIT-5)



写真 5.3-43 天井材脱落 (MIT-7)

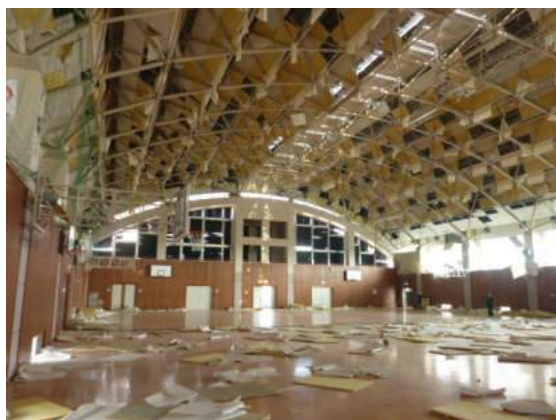


写真 5.3-44 天井材落下 (MIT-8)



写真 5.3-45 外装仕上げの落下 (SSM-2)



写真 5.3-46 外装仕上げの落下 (MIT-5)



写真 5.3-47 外装仕上げの落下 (MIT-12)



写真 5.3-48 内装仕上げの落下 (HKT-2)



写真 5.3-49 軒天の落下 (HKT-2)



写真 5.3-50 ガラス窓の破損 (HKT-2)

5.3.7 まとめ

東北地方太平洋沖地震に対する鉄骨造建築物の地震被害調査として、宮城県、福島県、茨城県等の広範囲の地域の一般的な鉄骨造建築物の外観による被害概要調査を行うとともに、茨城県内の震度 6 程度の地域の旧耐震基準の学校体育館等を中心として、体育館内部も含めた被害調査を実施した。

一般的な鉄骨造建築物の被害調査の結果、駐車場、倉庫、ショッピングセンター等のブレース構造建物において、ブレース材の座屈やその接合部分の損傷等の被害がいくつか観察された。また、駐車

場の露出柱脚にも被害が観察された。一方、今回の調査範囲では、鉄骨造建物の柱、梁等の主要な構造部材に、座屈や破断等の大きな構造被害は観察されなかった。また、事務所、店舗、駐車場等の建物について、ALCパネル等の外装材が脱落している被害例が、各地で散見された。

茨城県内の学校体育館等の被害調査結果の概要を以下にまとめて示す。

a) 体育館の構造被害について

- 1) 体育館の構造的な被害は、以下の6つに分類される。(1)鉛直ブレース材の座屈と接合部の破断、(2)ラチス柱の斜材の座屈、(3)RC造柱と屋根の接続部(支承部)の損傷、(4)屋根面水平ブレースのたわみ、座屈、破断、(5)柱脚コンクリートのひび割れ、(6)その他(床束の転倒等)。
- 2) 構造的に大きな被害と考えられる、鉛直ブレース材の破断または接合部の破断が観察されたのは、調査対象66棟中、3棟であり、2004年新潟県中越地震での同様の調査結果に比べると、構造の被害率は小さいと考えられる。
- 3) 地域的には、水戸市、銚田市、那珂市で、他の地域よりも比較的大きな構造被害が観察された。

b) 体育館の非構造部材の被害について

- 1) 非構造部材の被害としては、天井の脱落、外壁、内壁の脱落、軒天の落下、窓ガラスの破損などの被害が観察された。これらの被害は、過去の地震においても観察されているものである。
- 2) 調査した体育館のうち、天井材が広範囲にわたって脱落したものが4棟程度あった。これらは非構造部材の被害としては、大きな被害である。また、窓ガラスが多数破損した体育館も数棟見られた。
- 3) 地域的には、日立市、水戸市、銚田市、等で、他の地域よりも比較的大きな非構造部材の被害が観察された。
- 4) 高等学校の体育館の被害は、小、中学校の体育館の被害に比べて、構造被害、非構造被害ともに、やや大きかった。体育館の規模や構造形式と被害の関係等について、今後、分析が必要と思われる。

参考文献

- 5.3-1 平成16年新潟県中越地震建築物被害調査、国土交通省国土技術政策総合研究所、独立行政法人建築研究所、pp.305-353、平成18年10月
- 5.3-2 長谷川隆、向井昭義、西田和生、石原直：新潟県中越地震における鉄骨造体育館被害調査 その1 構造被害の分析、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅱ、pp.569-570、2005年9月
- 5.3-3 西田和生、向井昭義、長谷川隆、石原直：新潟県中越地震における鉄骨造体育館被害調査 その2 非構造部材の被害状況の分析、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅱ、pp.571-572、2005年9月
- 5.3-4 震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針、(財)日本建築防災協会、2002年8月

5.4 鉄筋コンクリート造等建築物の被害

5.4.1 はじめに

東北地方太平洋沖地震による鉄筋コンクリート造や鉄骨鉄筋コンクリート造建築物等の地震動被害の概要と特徴を把握するために、岩手県、宮城県、福島県、茨城県において被害調査を行った。本節ではその結果と、今回の地震動被害の特徴や分類をまとめて示す。

5.4.2 調査内容

東北地方太平洋沖地震の被害は広範囲に及んでいることに鑑み、できるだけ早期に被害の概要と特徴を把握するために、表 5.4-1 に示す震度 6 弱以上が観測された地点の都市部を主体に調査を行うこととした。今回は、限られた地域の調査となるが、ほとんどの観測点の加速度応答スペクトルが、短周期側で応答加速度が大きくなる特徴を有する（4.3 節参照）ことから、被害調査を行った地点以外においても、類似した加速度応答スペクトルが得られた地点であれば、被害状況が大きく異なることはないと想定し、調査地を決定した。調査を行った地域は、岩手県遠野市、宮城県仙台市青葉区・若林区・宮城野区、福島県福島市・二本松市・郡山市・三春町・須賀川市・白河市、茨城県日立市・笠間市・鉾田市であり、これらの地域の地震動被害について調べた。

表 5.4-1 東北地方太平洋沖地震により震度 6 弱以上を記録した観測点 ^{5.4-1)}

岩手県	6 弱	奥州市衣川区*、奥州市胆沢区*、奥州市前沢区*、一関市室根町*、一関市千厩町*、一関市花泉町*、一関市山目*、花巻市大迫町、矢巾町南矢幅*、滝沢村鶴飼*、釜石市中妻町*、大船渡市猪川町、大船渡市大船渡町
	7	栗原市築館*
	6 強	大衡村大衡*、東松島市矢本*、塩竈市旭町*、 仙台宮城野区 苦竹*、山元町浅生原*、宮城川崎町前川*、蔵王町円田*、名取市増田*、大崎市鹿島台*、大崎市古川北町*、大崎市古川三日町、登米市南方町*、登米市米山町*、栗原市若柳*、涌谷町新町
宮城県	6 弱	富谷町富谷*、大和町吉岡*、利府町利府*、松島町高城、東松島市小野*、石巻市鮎川浜*、石巻市北上町*、石巻市門脇*、石巻市泉町、 仙台若林区 遠見塚*、 仙台宮城野区 五輪、 仙台青葉区 落合*、 仙台青葉区 雨宮*、 仙台青葉区 作並*、 仙台青葉区 大倉、亘理町下小路*、大河原町新南*、岩沼市桜*、角田市角田*、仙台空港、南三陸町歌津*、南三陸町志津川、登米市迫町*、登米市豊里町*、登米市東和町*、登米市中田町、栗原市栗駒、気仙沼市赤岩
	6 強	新地町谷地小屋*、浪江町幾世橋、双葉町新山*、大熊町下野上*、富岡町本岡*、楡葉町北田*、鏡石町不時沼*、 二本松市 針道*、 須賀川市 八幡町*、 須賀川市 岩瀬支所*、 白河市 新白河*
福島県	6 弱	猪苗代町千代田*、南相馬市小高区*、南相馬市鹿島区*、飯館村伊丹沢*、川内村上川内早渡*、川内村上川内小山平*、福島広野町下北迫大谷地原*、相馬市中村*、いわき市平梅本*、いわき市錦町*、いわき市三和町、いわき市小名浜、福島伊達市前川原*、田村市滝根町*、田村市都路町*、田村市常葉町*、田村市大越町*、小野町小野新町*、小野町中通*、浅川町浅川*、玉川村小高*、棚倉町棚倉中居野、矢吹町一本木*、中島村滑津*、西郷村熊倉*、川俣町五百田*、桑折町東大隅*、 二本松市 油井*、 二本松市 金色*、 須賀川市 長沼支所*、 須賀川市 八幡山*、 白河市 表郷*、 郡山市 湖南町*、 郡山市 開成*、 郡山市 朝日
	6 強	高根沢町石末*、市貝町市塙*、真岡市石島*、宇都宮市白沢町*、大田原市湯津上*
栃木県	6 弱	栃木那珂川町小川*、栃木那珂川町馬頭*、那須烏山市大金*、那須烏山市中央、芳賀町祖母井*、真岡市荒町*、真岡市田町*、那須塩原市あたご町*、那須塩原市鍋掛*、那須町寺子*、大田原市本町*
	6 強	鉾田市 当間*、筑西市舟生、小美玉市上玉里*、那珂市瓜連*、常陸大宮市北町*、 笠間市 中央*、高萩市本町*、 日立市 十王町友部*、 日立市 助川小学校*
茨城県	6 弱	つくばみらい市加藤*、常総市新石下*、鉾田市汲上*、 鉾田市 造谷*、 鉾田市 鉾田、桜川市真壁*、桜川市岩瀬*、行方市玉造*、行方市山田*、行方市麻生*、かすみがうら市上土田*、筑西市門井*、稲敷市結佐*、稲敷市役所*、坂東市山*、美浦村受領*、潮来市辻*、茨城鹿嶋市宮中*、茨城鹿嶋市鉢形、つくば市苜間*、つくば市天王台*、取手市井野*、石岡市石岡*、石岡市柿岡、土浦市下高津*、土浦市常名、小美玉市堅倉*、小美玉市小川*、城里町阿波山*、城里町石塚*、那珂市福田*、常陸大宮市山方*、常陸大宮市野口*、常陸大宮市中富町、東海村東海*、茨城町小堤*、ひたちなか市東石川*、ひたちなか市南神敷台*、 笠間市 下郷*、 笠間市 石井*、北茨城市磯原町*、高萩市安良川*、常陸太田市高柿町*、常陸太田市金井町*、 日立市 役所*、水戸市内原町*、水戸市中央*、水戸市千波町*、水戸市金町
群馬県	6 弱	桐生市元宿町*
埼玉県	6 弱	宮代町笠原*
千葉県	6 弱	印西市笠神*、印西市大森*、成田市花崎町

*のついている地点は、地方公共団体または防災科学技術研究所の震度観測点を表す。赤色で示した市は今回調査を行った市を示す。

5.4.3 調査結果

調査を行った地域における、鉄筋コンクリート造及び鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の地震動被害を以下に示す。

(a) 岩手県遠野市（最大震度 5 強）

1) 遠野市役所

遠野市役所庁舎中央館は昭和 38 年に竣工された 3 階建て鉄筋コンクリート造建築物 ($I_s=0.30$) である。平面は 3×6 スパンで梁間中央 2 構面は一部柱抜けしている。遠野市は東北地方太平洋沖地震において震度 5 強を記録しており、K-NET 遠野の最大加速度が 469gal である。柱は $600\text{mm} \times 500\text{mm}$ 及び $500\text{mm} \times 500\text{mm}$ の二種類であり、柱主筋は $\phi 19$ 、せん断補強筋は $\phi 9@250\text{mm}$ である。トイレ部分 3 本の柱が極脆性柱 ($h_0/D=1.2$)、北側構面柱はすべて腰壁付き短柱 ($h_0/D=2.6$) となっている。

本建築物は 2003 年三陸南地震 (気象庁震度 遠野市 6 弱、K-NET 遠野 最大加速度 434gal において被災しており、日本建築学会 東北支部地震災害調査 WG 速報会において独立行政法人建築研究所及び国土技術政策総合研究所の調査グループは初動調査の概要を報告している ([http://www.disaster.archi.tohoku.ac.jp/Saigai/tohoku/SWG2-2\(saito\).pdf](http://www.disaster.archi.tohoku.ac.jp/Saigai/tohoku/SWG2-2(saito).pdf))。そこでは極短柱 2 本のせん断破壊、北側構面せん断柱 1 本の打継ぎ部分の破壊、耐震壁のせん断ひび割れ (ひび割れ幅 2mm 程度) が報告されている。地震被災後にせん断ひび割れの入った柱においてかぶりコンクリートの打ち直し、鉄骨柱 (H 形鋼を柱に外付けする) による応急的な補強を実施している。また、東北地方太平洋沖地震での被害調査結果より再びせん断破壊したトイレ部分の柱のせん断補強筋間隔は $\phi 9@125\text{mm}$ となっていた。

被災度区分判定結果を図 5.4-1 に示す。東北地方太平洋沖地震により 1 階においてトイレ部分の極脆性柱 2 本、北側構面せん断柱 4 本、内部耐震壁 1 枚がせん断破壊していた。その他に片側に腰壁剛域を有する短柱、南側構面長柱の一部にせん断ひび割れが見られた。鉄骨柱による応急補強は極脆性柱では 2003 年三陸南地震と同様の被害を被ったため、明確な効果があったとは言えないが、北側構面のせん断柱では鉄骨柱を柱両脇にも付帯させており、周りの短柱に比べて被災度小さくなった。ただ、柱両脇の鉄骨柱をアンカーしている柱脚部分のコンクリートが破壊していた。架構内部の長柱及び西側の耐震壁 2 枚にはひび割れが見られなかった。また、南側構面 2 階の腰壁付き短柱にも大きなせん断ひび割れが観察されている。被災度区分判定はせん断柱が大きく被災している桁行方向に行った。調査部材数はせん断柱 10 本 (V:6 本、IV:1 本、III:2 本、0:1 本)、曲げ柱 8 本 (IV:1 本、II:2 本、0:5 本)、両側柱付き壁 3 枚 (V:1 枚、0:2 枚) であり、大破と判定される (耐震性能残存率 R は 57.8%)。

図 5.4-2 に 2003 年三陸南地震及び東北地方太平洋沖地震における K-NET 遠野の加速度応答スペクトルの比較を示す。K-NET 遠野観測点は市役所から 1km 程度北東に位置している。本建築物の略算弾性周期 ($T=0.02H$ (s)、 H : 建築物高さ (m)) は 0.2 秒であり、同じ周期で比較した場合、 0.2 秒までの短周期領域ではほぼ同じレベルであるが、 0.2 秒以降の周期帯では東北地方太平洋沖地震で応答加速度が大きい。本建築物では今回より大きな被害が見られたことから、周期がある程度延びていたものと考えられる。



(a) 南側構面



(b) 北側構面

写真 5. 4-1 遠野市役所 外観



(a) 南側構面



(b) 北側構面

写真 5. 4-2 応急補強した柱の被害状況



(a) 耐震壁のせん断破壊



(b) 短柱せん断破壊



(c) 長柱せん断ひび割れ

写真 5. 4-3 柱及び耐震壁の被害状況

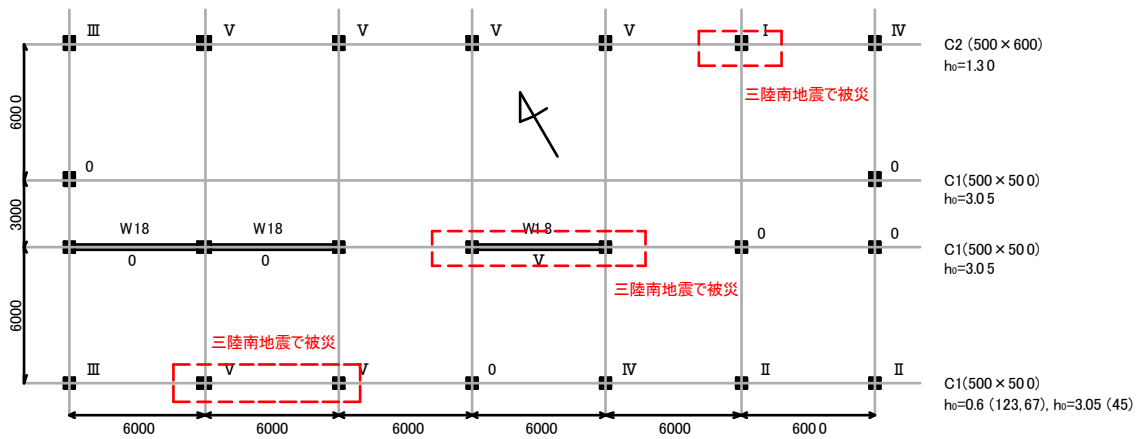


図 5.4-1 遠野市役所 被災度区分判定

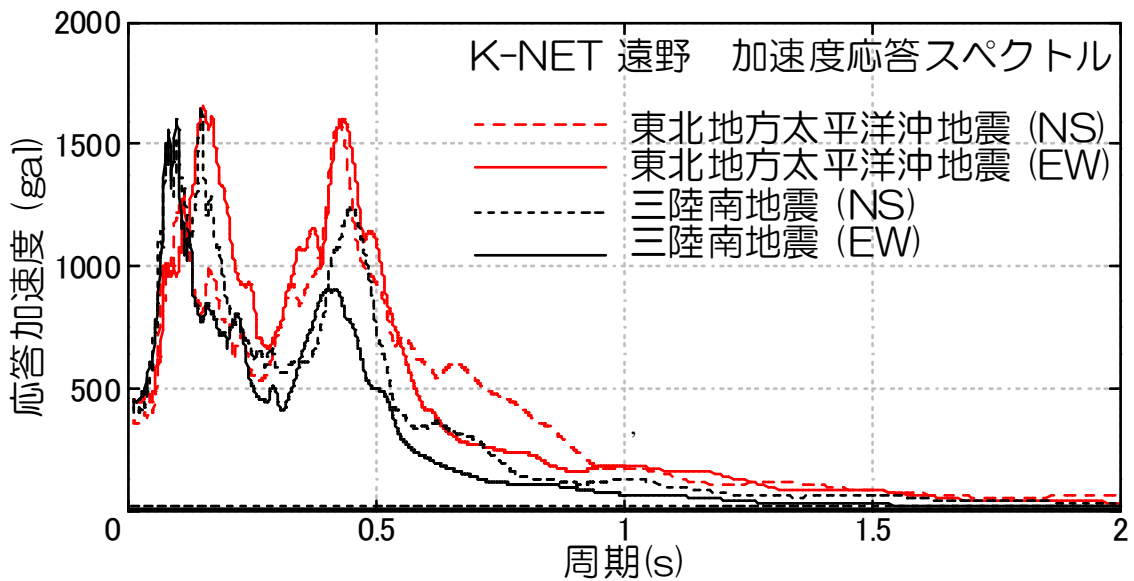


図 5.4-2 K-NET 遠野における加速度応答スペクトル

(b) 宮城県仙台市青葉区 (最大震度 6 弱)

青葉区役所建設部街並み形成課にて、建築物の被害概要及び個々の建築物の被害について情報収集を行った。応急危険度判定は日本建築構造技術者協会の支援を受けて実施され、3月23日までの結果は、「危険 (赤)」が RC 造で 18 棟、S 造で 34 棟ある。そのほとんどが外装材等の落下の危険性が存在するというものであった。なお、応急危険度判定は、10 階建て以下かつ 30m 以下のものに限って行われている。また、集合住宅の玄関回りの非構造壁の被害が多く見られるとの情報や、10 階建て集合住宅の室内にある電気温水器が、内壁を突き破って飛び出し転倒した事例があるという情報も得られた。

(1) 青葉区内市街地での建築物被害調査

応急危険度の「危険 (赤)」の判定を受けた建築物を中心に、区役所から仙台駅の間の中心市街地の全体的な被害の概要について調査した。

1) RC 柱のせん断ひび割れと非構造壁のせん断ひび割れ

写真 5.4-4 の左側の RC 造の柱は、せん断ひび割れが生じ、かぶりコンクリートが剥落してせん断補強筋が露出している。また、右側の方立て壁はせん断破壊している。



写真 5.4-4 RC 造柱及び非構造壁の損傷

2) 外装材の脱落

8 階建て建築物の上層階の ALC パネルの脱落が見られた (写真 5.4-5、5.4-6)。他の部分にも落下の危険性が残っているらしく、建築物の周囲は立ち入りが規制されていた。



写真 5.4-5 外装材の脱落



写真 5.4-6 落下したALC パネル

3) タイルの剥落

外壁のタイルの剥落が生じた建築物が多数見られた (写真 5.4-7、5.4-8)。



写真 5.4-7 外壁タイルの剥落



写真 5.4-8 外壁タイルの剥落

4) ガラスの割れ及び落下

エレベータ回りのガラスの落下 (写真 5.4-9) や店舗のガラスの割れ (写真 5.4-10) など、ガラス

の損傷が多数見られた。



写真 5.4-9 エレベータ回りのガラスの落下



写真 5.4-10 ガラスの割れ

5) RC 造壁のかぶりの剥落

RC 造建築物の鉄骨造外階段の手すりとの接続部において、手すりをアンカーした部分のかぶりコンクリートが損傷し剥落している（写真 5.4-11）。



写真 5.4-11 鉄骨造外階段手すりとの接続部の損傷

6) 屋上施設等の被害

ペントハウスが損傷し、傾斜した建築物が複数見られた（写真 5.4-12）。



写真 5.4-12 ペントハウスの傾斜

7) 地盤変状

地盤変状による道路や歩道の通行への影響も多く見られた（写真 5.4-13）。



写真 5.4-13 地盤変状

(2) 青葉区内の集合住宅の建築物被害調査

青葉区内の6棟の集合住宅について、被害の概要調査を行った。

1) 集合住宅C1（RC造8階建て、1972年竣工、応急危険度判定結果 調査済み）

1972年に建設された8階建てのRC造板状集合住宅で、張り間方向は1スパン、桁行き方向は8スパンである（写真 5.4-14）。低層階から高層階にいたるまで、玄関回りの非構造壁（方立て壁）にせん断破壊が確認された（写真 5.4-15）。1階の張り間方向は、9構面のうち中央部の5構面が連続して下階壁抜けとなるピロティ構造であるが、大きな損傷はなく、桁行き方向の梁端に曲げひび割れが見られるという状況であった。



写真 5.4-14 建築物外観



写真 5.4-15 非構造壁のせん断破壊

2) 集合住宅C2（SRC造12階建て、1981年竣工）

1981年に建設された12階建てSRC造板状集合住宅である（写真 5.4-16）。短スパンとなった間柱にせん断破壊が確認された（写真 5.4-17）。また、タイルの剥落も多く見られた。



写真 5.4-16 建築物外観



写真 5.4-17 短スパンの間柱のせん断破壊

3) 集合住宅 C3 (SRC 造 10 階建て、1975 年竣工、応急危険度判定結果 要注意)

1975 年に建設された口の字の平面形を有する 10 階建て SRC 造集合住宅である (写真 5.4-18)。2 階から 9 階まで玄関ドア回りの非構造壁に開口隅角部を結ぶ大きなせん断ひび割れ等の損傷が確認された (写真 5.4-19)。玄関が開かなくなり避難に支障を来したとのことであった。また、短スパン梁のせん断ひび割れも確認された (写真 5.4-20)。



写真 5.4-18 建築物外観



写真 5.4-19 非構造壁のせん断ひび割れ



写真 5.4-20 短スパン梁に生じたせん断ひび割れ

4) 集合住宅 C4 (SRC 造 10 建て及び 15 階建て、1986 年竣工)

1986 年に建設された、くの字形の平面を有する 10 階建てと、それに直交する板状の 15 階建ての 2 棟をエキスパンションジョイントで接続した SRC 造集合住宅である (写真 5.4-21)。低層階から高層

階までの多くの非構造壁にせん断破壊が確認された（写真 5.4-22）。また、エキスパンションジョイント部にも損傷が見られた（写真 5.4-23）。



写真 5.4-21 建築物外観



写真 5.4-22 非構造壁のせん断破壊
（損傷部分が養生されている）



写真 5.4-23 エキスパンションジョイントの損傷

5) 集合住宅 C5（RC 造 8 階建て、1988 年建設、応急危険度判定結果 調査済み）

1988 年に建設された雁行型の平面形を有する 8 階建て RC 造集合住宅である（写真 5.4-24）。低層階の玄関ドア回りの非構造壁にせん断破壊が生じている（写真 5.4-25）。なお、外観調査のみのため高層階については確認できていない。



写真 5.4-24 建築物外観

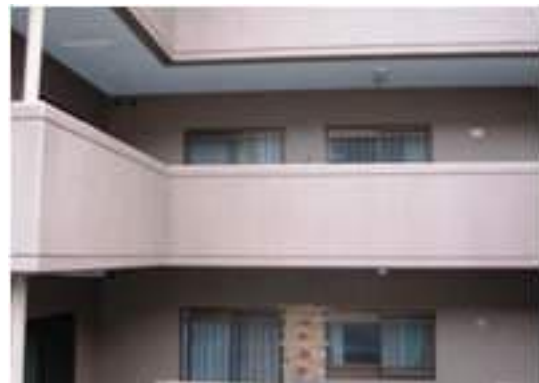


写真 5.4-25 非構造壁のせん断破壊

6) 集合住宅 C6 (SRC 造 10 階建て、1996 年竣工、応急危険度判定結果 要注意)

1996 年に建設された 10 階建ての SRC 造板状集合住宅である (写真 5.4-26)。低層階から最上階にいたるまで玄関ドア回りの非構造壁にせん断破壊等の損傷が確認され、玄関ドアが変形しているものも見られた (写真 5.4-27)。また、低層部の一部ではバルコニー側の方立て壁にもせん断ひび割れが確認された。



写真 5.4-26 建築物外観



写真 5.4-27 非構造壁のせん断破壊

(3) 青葉区の学校建築物の被害調査

下記 3 棟の学校建築物について被害の概要調査を行った。

1) 建築物 D1 (SRC 造 9 階建て)

9 階建ての高層棟 (SRC 造) と 2 階建ての低層棟 (RC 造) で構成される建築物である (写真 5.4-28)。本建築物は、1978 年宮城県沖地震を経験し、その後耐震補強が施されている。

高層棟では妻側の連層耐力壁が 3 階床位置で曲げ破壊しており、3 階の側柱脚部には圧壊と主筋の座屈が確認された (写真 5.4-29)。また、低層棟では、耐震壁にせん断ひび割れが確認された (写真 5.4-30)。



写真 5.4-28 建築物外観



写真 5.4-29 高層棟 3F 側柱脚部の圧壊



写真 5. 4-30 低層棟 1 階耐震壁のせん断ひび割れ

2) 建築物 D2 (8 階建て RC 造)

矩形の平面形状を有する 8 階建て RC 造建築物であり、妻側は並列する 2 つの連層耐力壁を境界梁で接合する構造形式である (写真 5. 4-31)。この、境界梁には中央部に近接して 2 つの開口が設けられているが (写真 5. 4-32)、その境界梁に低層階から高層階までせん断破壊もしくは付着割裂破壊が生じている (写真 5. 4-33)。



写真 5. 4-31 建築物外観



写真 5. 4-32 開口付き境界梁の損傷



写真 5. 4-33 開口付き境界梁の付着割裂破壊 (上階) とせん断破壊 (下階)

3) 建築物 D3 (2 階建て RC 造)

矩形の平面形状を有する 2 階建て RC 造建築物である (写真 5.4-34)。1 階の柱にせん断破壊が確認された (写真 5.4-35)。なお、3 月 11 日の本震では無損傷であった柱の中に、その後の余震でせん断破壊が生じたものがあり (写真 5.4-36)、本建築物の被災度は余震により大きくなっていることが確認された。



写真 5.4-34 建築物外観



写真 5.4-35 1 階柱のせん断破壊



写真 5.4-36 余震でせん断破壊した柱

(4) まとめ (仙台市青葉区の被害概要)

仙台市青葉区の市街地において、応急危険度判定で「危険 (赤)」と判定された建築物とその周辺の建築物を対象に被害の概要調査を行った。「危険 (赤)」の判定の多くは外装材の落下危険に起因するもので、構造躯体の損傷はほとんど見られなかった。周辺の建築物においては、ALC パネルの脱落、タイルの剥落、RC 非構造部材のひび割れ、地盤変状などは多数確認された。青葉区は震度 6 弱であるが、構造部材の被害は全体的に少なく、震度に対して被害の程度は大きくはないように感じられた。

しかしながら、一部の建築物には、柱の圧壊や梁のせん断破壊などの重大な損傷が構造部材に生じており、また、複数の集合住宅では玄関回りの非構造壁に大きな損傷が生じている。

(c) 宮城県仙台市若林区・宮城野区 (最大震度 6 強)

若林区では 3 月 23 日までに 828 棟の応急危険度判定が行われ、「危険 (赤)」と判定された建築物は RC 造 39 棟 (調査数 401)、S 造 80 棟 (調査数 243) と非木造建築物の被害が他地区に比べ高かった。そこで、本調査では若林区を中心とし、震度 6 強を記録した宮城野区も含めて被害概要の調査を行った。

(1) 若林区

1) E1 ビル (RC 造 3 階建て、応急危険度判定結果 要注意)

L 字型平面を有する 3 階建て事務所ビル (セットバックがあり一部 2 階建て) であり (写真 5.4-37)、3 階建て部分 1 階の内法長さの短い垂壁・腰壁付き短柱及び非構造壁がせん断破壊していた (写真 5.4-38)。1 階端部隅柱は袖壁付き柱となっており、曲げせん断ひび割れのみ確認された。また、1 階部分のガラス窓及びガラスブロックが破損していた。



写真 5.4-37 建築物外観



写真 5.4-38 腰壁付き短柱のせん断破壊

2) E2 ビル (RC 造 3 階建て (階段部分のみ PH)、応急危険度判定結果 危険)

矩形平面を有する事務所ビルであり (写真 5.4-39)、桁行方向の 1 階 3 本の垂壁・腰壁付き短柱がせん断破壊し、軸変形 (主筋座屈・帯筋破断) している (写真 5.4-40)。写真 5.4-40 では見えない裏側で損傷の少ない梁間構面は有開口耐力壁となっており、これらの柱は建築物の捩れ応答性状により大きな損傷を受けたと考えられる。また、壁主筋及びせん断補強筋ともに丸鋼を使用していた。



写真 5.4-39 建築物外観



写真 5.4-40 腰壁付き短柱の軸崩壊

3) E3 ビル (RC 造 3 階建て、応急危険度判定結果 危険)

矩形平面を有する事務所ビルであり (写真 5.4-41)、桁行方向 1 階 4 本の腰壁付き短柱のうち袖壁が取り付く 1 本がせん断破壊している (写真 5.4-42)。その他の腰壁付き柱には曲げ及び曲げせん断ひび割れが見られた。



写真 5.4-41 建築物外観



写真 5.4-42 袖壁付き短柱のせん断破壊

4) E5 ビル (RC 造 2 階建て、1975 年頃竣工、応急危険度判定結果 危険)

矩形平面を有する事務所ビルであり (写真 5.4-43)、梁間方向 3 本の長柱のうち建築物内部の中央柱のみがせん断破壊し、軸変形が生じ主筋が座屈している (写真 5.4-44)。中央柱に接続する梁部材には大きな梁せいやハンチが確認された。柱主筋及びせん断補強筋は丸鋼であった。なお、本建築物は 1978 年宮城県沖地震の際には、特段の損傷はなかったとのことである。



写真 5.4-43 建築物外観



写真 5.4-44 長柱のせん断破壊

5) E6 ビル (RC 造 2 階建て、応急危険度判定結果 危険)

矩形平面を有する事務所ビルであり、1 階が完全層崩壊している (写真 5.4-45)。また、2 階柱もせん断破壊して軸変形が生じ、主筋の座屈や帯筋の破断が確認された (写真 5.4-46)。柱主筋は異形棒鋼であり、せん断補強筋は丸鋼であった。桁行方向の壁が面外方向に転倒している。



写真 5.4-45 建築物外観



写真 5.4-46 腰壁付き短柱の軸崩壊

6) E7 ビル (RC 造 2 階建て、応急危険度判定結果 危険)

矩形平面を有する事務所ビルであり (写真 5.4-47)、1 階の袖壁付き短柱がせん断破壊していた (写真 5.4-48)。また、1 階の別の袖壁付き短柱では袖壁と柱部分に隙間が見られ、柱頭で曲げ破壊が生じている (写真 5.4-49)。柱主筋及びせん断補強筋ともに丸鋼であった。



写真 5.4-47 建築物外観



写真 5.4-48 せん断破壊



写真 5.4-49 曲げ破壊

7) E8 ビル (RC 造 3 階建て、1974 年竣工、応急危険度判定結果 危険)

矩形平面を有する事務所ビルであり、中間階 (2 階) において部分層崩壊が生じ、建築物が傾斜している (写真 5.4-50)。写真 5.4-50 の左側の妻壁には 2 階にだけ開口があることから、そこに変形が集中し、垂れ壁・腰壁が取り付け短柱となった柱がせん断破壊したものと考えられる (写真 5.4-51)。また 2 階層崩壊の影響と思われるが、3 階の長柱にもせん断破壊が確認された (写真 5.4-52)。1 階の柱梁に損傷は見られず、片側袖壁及び非構造壁にせん断ひび割れが見られた。なお、柱主筋は異形棒鋼であり、せん断補強筋は丸鋼であった。



写真 5.4-50 建築物外観



写真 5.4-51 2階柱の破壊



写真 5.4-52 3階柱の破壊

(2) 宮城野区

1) E9 ビル (RC造 14階建て、集合住宅 2棟、1975年竣工、応急危険度判定結果 要注意)

矩形平面の集合住宅 2棟がエキスパンションジョイントを介してL字型に隣接する集合住宅であり (写真 5.4-53)、うち 1棟は建築物が沈下し全体傾斜している。構造物の傾斜角度は約 $1/70$ (rad)である (写真 5.4-54)。また、2棟とも全層にわたって非構造壁にせん断ひび割れが生じている (写真 5.4-55)。一部では、ベランダ側の方立て壁にも損傷が生じている (写真 5.4-56)。柱主筋、せん断補強筋ともに異形棒鋼である。非構造壁の縦横筋は丸鋼であるが、一部の非構造壁内には異形棒鋼を用いた斜め開口補強筋が確認された。本建築物は 1978 年宮城県沖地震により、傾斜していない棟の 1階から 6階部分にかけて非構造壁にせん断ひび割れが生じた。被災後に損傷した非構造壁をはつり、新たにコンクリートを打ち直し、壁の厚さを少し増す補修が施されているが、その部分にも損傷が生じている。



写真 5.4-53 建築物外観



写真 5.4-54 屋上床の傾斜 (パラペットの天端が遠方建築物の床の水平ラインから傾いている)



写真 5.4-55 玄関回りの非構造壁の損傷 写真 5.4-56 ベランダ側方立て壁の損傷

2) E10 ビル (RC 造 3 階建て、1985 年竣工)

矩形平面の RC 造建築物 2 棟がエキスパンションジョイントを介して接続する事務所ビルである (写真 5.4-57)。このうち 1 棟の桁行端部が沈下しており、エキスパンションジョイントに衝突の痕跡、周辺コンクリートにひび割れが生じている (写真 5.4-58)。また、エキスパンションジョイント近傍で窓ガラスに損傷が見られた (写真 5.4-57)。



写真 5.4-57 建築物外観
(写真右端で隣棟と接続)



写真 5.4-58 エキスパンション
ジョイントの被害

3) E11 ビル (RC 造 3 階建て、2005 年竣工)

RC 造建築物 2 棟を繋ぐ渡り廊下部分であり、両端部がエキスパンションジョイントで建築物と切り離されているため、柱 4 本で構成される架構である。その 2 階にはせいの大きな梁と無開口の壁があることから、ピロティ構造のような特徴を有している (写真 5.4-59)。各柱には、柱頭柱脚で曲げ破壊が生じている (写真 5.4-60)。桁行方向の梁せいが直交方向の梁せいより大きく、柱頭のコンクリート破壊領域が桁行方向梁の下面より高い位置まで進展している (写真 5.4-60)。柱主筋及びせん断補強筋は異形棒鋼であった。



写真 5.4-59 建築物外観



写真 5.4-60 柱頭での曲げ破壊

(3) K-NET 仙台 観測点

K-NET 仙台の地震計は、仙台市宮城野消防署の駐車場内に設置されている（写真 5.4-61）。周辺には段差や斜面はなく、地震計は平坦な場所にあるが、駐車場や地震計周辺には亀裂が見られ、液状化による噴砂の跡のようなものがあった（写真 5.4-62）。一部の建築物では仕上げの軽微な損傷があったが、周辺の大多数の建築物には特に被害は見られなかった（写真 5.4-63）。



写真 5.4-61 K-NET 仙台観測点



写真 5.4-62 地盤の変状の跡



写真 5.4-63 K-NET 仙台周辺の建築物

(4) まとめ（仙台市若林区・宮城野区の被害概要）

仙台市若林区・宮城野区の鉄筋コンクリート造の建築物及び非構造部材を中心に調査した結果、若林地区卸町周辺では低層建築物に構造的な被害が見られ、特に垂壁・腰壁付き短柱のせん断破壊に起

因する被害が多かった。今回甚大な被害を受けた建築物には、1978年宮城県沖地震以前に建設されたものが多く含まれていた。また、本地域での建築物被害は仙台市街中心地（青葉区）より大きい。この地域は、以前は田んぼであったことが確認されたが、このような地盤条件の違いも被害の程度に影響する一つの要因と推測される。一方、宮城野区でも構造物の傾斜を伴う被害が見られたほか、K-NET周辺での液状化現象など地盤性状に起因する地震被害が見られた。

(d) 福島県福島市（最大震度5強）

福島県建築指導課で、県内の建築物の被害状況について情報収集を行った。海岸部（浜通り）の津波による被害を除けば、中通り南部（須賀川市、白河市）での建築物被害が大きい。福島空港の建築物は、ガラスの破損は見られたが大きな被害は発生していない。福島市内では、木造住宅の瓦の落下やガラスの破損は起きているが、一部の建築物を除いて大きな被害は発生していない。

1) 福島県庁東分庁舎一号館

RC造6階建て、1968年に竣工した建築物である（写真5.4-64）。当初、福島県立医大の校舎として建設されたが、大学移転に伴い改装され、県庁舎として使用されている。写真5.4-64に示すように、建築物の長手方向中央部で雁行する平面形である。県の資料によると、耐震性能はDクラス（ I_s 値0.3未満）となっているが、耐震補強は未実施である。3階以下の柱及び方立て壁にせん断ひび割れが認められた（写真5.4-65）。また、エントランス脇の外壁仕上げが剥落していた（写真5.4-66）。

ガラスの被害としては、エントランスにて、隅部4枚のガラスにひび割れや破損の被害が生じているが、それ以外のガラスに被害はない（図5.4-3、写真5.4-67）。また、エントランス以外のガラスに関しては、5階隅部の1箇所カーテンが外になびいており破損した可能性があるが、それ以外の箇所では地上からの目視で被害は認められなかった。

庁舎内部では、事務室内で多数の書類ロッカーが転倒したほか、食堂のメニュー陳列棚等が移動する等の被害がみられた（写真5.4-68）。



（南面）

（北面）

写真 5.4-64 県庁東分庁舎一号館の外観



写真 5.4-65 柱と方立て壁のせん断ひび割れ



写真 5.4-66 エントランス脇の外壁仕上げの剥落



図 5.4-3 東分庁舎一号館エントランスのガラス被害分布



写真 5.4-67 ガラスの破損



6階（食堂のメニュー陳列棚の移動）



5階（ロッカーの転倒）



4階（ロッカーの転倒と書類の散乱）



3階（コピー機の移動）



2階



1階

写真 5.4-68 庁舎内部の各階での被害状況

2) 福島県庁本庁舎

RC造5階建ての事務所ビルで、2階以上を1954年に増築したとのことである(写真5.4-69)。県の資料によると、耐震性能はDクラス(I_s 値0.3未満)で、耐震補強は未実施である。本庁舎建築物には大きな構造的被害は見られず、調査時点でも一部の部屋は使用されていたが、本庁舎に接して同時期に建設された時計塔の脚部の損傷が激しかった(写真5.4-70)。また、外装仕上げ材に関する被害として、ガラスブロックの破損が認められた(写真5.4-71)。



写真 5.4-69 県庁本庁舎及び時計塔の外観

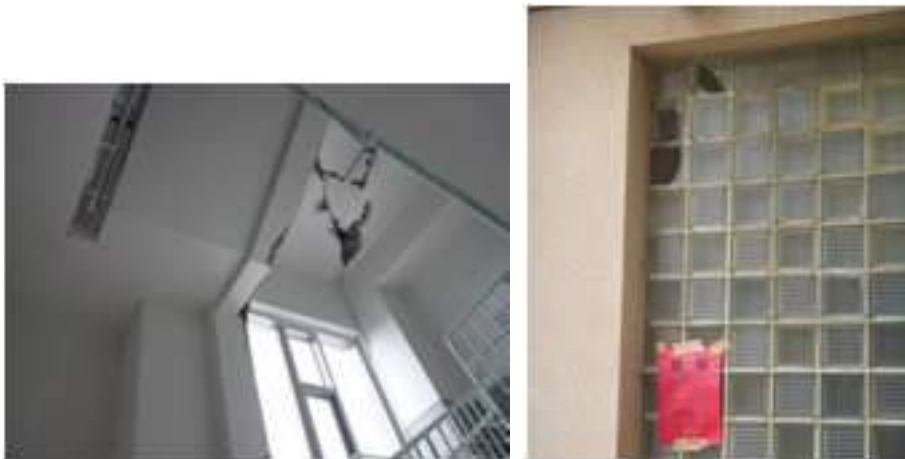


写真 5.4-70 時計塔内部の損傷状況 写真 5.4-71 ガラスブロックの破損

3) 福島県庁内のその他の被害

東分庁舎敷地内にある体育館の外壁が剥落するとともに、窓ガラスが破損していた(写真5.4-72)。また、県庁に隣接する知事公館の石塀が崩壊していた(写真5.4-73)。



写真 5.4-72 体育館の外装被害



写真 5.4-73 知事公館の石塀の崩壊

4) D 大学

D 大学敷地内の本館（RC 造 3 階建て、1966 年）は、図 5.4-4 に示すように Y 字形の平面形をしている。この建築物は耐震診断の結果、 I_s 値が 1 階で 0.441、2 階で 0.458、3 階で 0.874 と、1、2 階で構造耐震判定指標 I_{S0} を下回っていたため、補強を計画している段階だった。2 階が層崩壊しているほか、3 階の一部も大破している（写真 5.4-74～5.4-78）。また、1 階柱にもせん断破壊を生じている（写真 5.4-79）。柱の主筋は異形鉄筋（D29 程度、一部丸鋼）、帯筋は丸鋼であった。

本館に隣接する学生課等が入る校舎では、屋根瓦、外壁や開口部は損傷しておらず、目視では被害が認められなかった。また敷地内の体育館も同様に、外観上被害は認められなかった（写真 5.4-80、5.4-81）。大学関係者の話では、地震発生時に校舎 2 階に 3 名いたが無事に救出され、地震による学生・職員の人的被害はないとのことである。

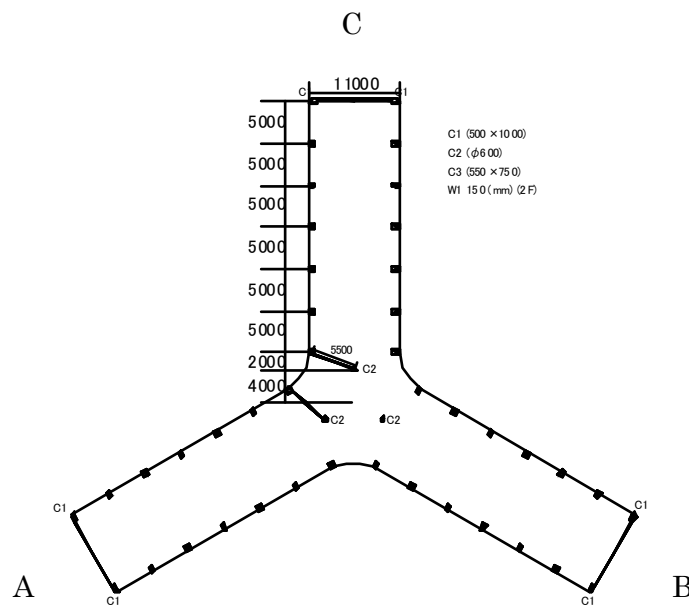


図 5.4-4 本館平面形状



写真 5.4-74 本館 A



写真 5.4-75 本館 B



写真 5.4-76 本館 C



写真 5.4-77 本館中央部
(エキスパンション・ジョイントの
存在は確認できない)



写真 5.4-78 2階層崩壊部



写真 5.4-79 1階柱のせん断破壊



写真 5.4-80 本館（丸印）に隣接する校舎



写真 5.4-81 体育館

(e) 福島県二本松市（最大震度 6 強）

1) 二本松市役所

市庁舎（地上 6 階地下 1 階、1991 年）は、天井下がり壁（アクリル製）のひび割れ、敷地の一部に段差が認められたが、建築物はほぼ無被害であった（写真 5.4-82）。市役所担当者からの情報では、古い木造建築物の半壊が数件あるが、その他の被害としては、屋根瓦のずれやガラスの破損が報告されているとのことである。また、道路で隆起しているところもある。



写真 5.4-82 二本松市役所の外観

2) B 高等学校

B 高等学校の南校舎（RC 造 3 階、1968、70 年）には、外観上損傷は見られなかった（写真 5.4-83）。福島県の資料によると、耐震性能は C クラス（ I_s 値 0.3 以上 0.6 未満）となっている。



写真 5.4-83 B 高等学校南校舎の外観

3) C 小学校

C 小学校の校舎（RC 造 3 階、1971 年）及び屋内運動場（鉄骨造 1 階、1966 年）は、いずれも 2009 年に耐震補強工事が行われており（二本松市の公表資料による）、外観上損傷は見られなかった（写真 5.4-84、5.4-85）。



写真 5.4-84 C 小学校校舎外観



写真 5.4-85 屋内運動場外観

(f) 福島県郡山市（最大震度 6 弱）

1) 郡山市庁舎

郡山市本庁舎は RC 造 5 階建て、屋上階にペントハウス（展望室）がある建築物である。屋上のペントハウス部は柱が損壊し傾斜していた（写真 5.4-86、5.4-87）。外観調査しか行っていないが、各階の窓ガラスが割れており、破損箇所には応急的な養生が行われていた。また、天井が落下しているという情報を得た。



写真 5.4-86 郡山市本庁舎の外観



写真 5.4-87 ペントハウス部の損傷

2) 集合住宅 A

RC 造 10 階建ての 2 つの住棟が並列して建つ建築物である（写真 5.4-88）。各棟の各階には 2 世帯の居住エリアがあり、北側中央部には外部階段がある。住民からの情報によると、建築後 10 年程度経過しているとのことである。外観調査しか行っていないが、2 階柱、各階梁及び非構造壁にせん断ひび割れが見られた（写真 5.4-89、5.4-90）。



(長辺方向)



(短辺方向)

写真 5.4-88 集合住宅 A の外観



写真 5.4-89 非構造外壁の損傷



写真 5.4-90 軽微なせん断ひび割れ(梁及び柱)

3) 事務所ビル A

RC造 4階建て(ベントハウス有り)の事務所ビルである。外観調査しか行っていないが、3階隅柱の柱頭部分でかぶりコンクリートの剥落が見られたが、その他の被害は認められなかった(写真 5.4-91、5.4-92)。



写真 5.4-91 事務所ビル A の外観
(丸印が剥落箇所)



写真 5.4-92 かぶりコンクリートの剥落状況

4) 集合住宅B

鉄骨鉄筋コンクリート造 9階建て、1991年竣工の集合住宅である（写真 5.4-93、5.4.94）。1階隅柱及び連層壁脚部で鉄筋の座屈及びコンクリートの圧縮破壊を起こしており（写真 5.4-95）、1階柱にはせん断ひび割れ、及び付着割裂ひび割れも見られた（写真 5.4-96、5.4-97）。桁行方向の非構造外壁コンクリートに大きなせん断ひび割れが発生しており、玄関ドアが面外に変形して開閉不能なところもあった。また、壊れた壁に取り付くサッシも著しく変形していた（写真 5.4-98、5.4-99）。

設計図面から、内蔵された鉄骨柱は基礎梁上端から 50mm 上がった位置の鉄板に定着され、柱脚部モーメントには鉄筋のみで抵抗する構造詳細となっていることを確認した。また図面では、1階非構造壁の構造スリットは部分的に設けられている。



写真 5.4-93 集合住宅Bの外観



写真 5.4-94 非構造外壁の損傷



写真 5.4-95 1階柱脚部の破壊状況



写真 5.4-96 1階柱のせん断ひび割れ 写真 5.4-97 1階柱の付着割裂ひび割れ

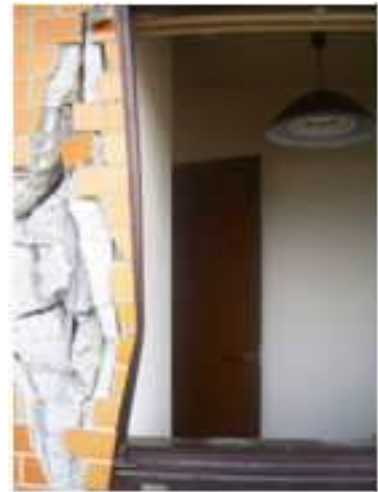


写真 5.4-98 玄関ドアの変形

写真 5.4-99 サッシの変形

5) 総合体育館

大小2棟のRC造体育館である。いずれも外観上で躯体の被害は認められないが、壁面のガラスが破損し、多数の破片が地上に落下していた(写真5.4-100、5.4.101)。



写真 5.4-100 大体育館のガラス破損状況 写真 5.4-101 小体育館のガラス破損状況

6) 集合住宅C

RC造14階建て（一部セットバック）の集合住宅である（写真5.4-102）。外観上、損傷はほとんど認められないが、非構造壁及び階段室部分にわずかなひび割れが見られた（写真5.4-103）。



写真 5.4-102 集合住宅Cの外観



写真 5.4-103 非構造壁の損傷（ひび割れ）

7) 店舗

RC造2階建ての店舗（写真5.4-104）で、道路側の1階柱がせん断破壊している（写真5.4-105、5.4-106）。非構造壁、及び階段室部分に僅かなひび割れが見られた。



写真 5.4-104 店舗の外観（写真左上は看板、右上はペントハウス）



写真 5.4-105 1階柱のせん断破壊



写真 5.4-106 1階入隅部の柱と天井の破壊

8) 店舗併用型集合住宅

RC造4階建て（ピロティ構造）の店舗併用型集合住宅（写真5.4-107、5.4-108）で、1階柱にせん断破壊を生じており捩れ変形を伴っている（写真5.4-109、5.4-110）。主筋はφ20（丸鋼）、帯筋はφ10

であった。1階の耐力壁頂部では、壁筋及び柱筋が座屈し、面外方向に倒壊している（写真5.4-111）。



写真 5.4-107 店舗併用型集合住宅の外観



写真 5.4-108 店舗併用型集合住宅の外観



写真 5.4-109 ピロティ部の柱の破壊



写真 5.4-110 1階柱頭・柱脚の曲げ破壊



写真 5.4-111 1階耐力壁頂部の曲げ破壊

9) 住宅のコンクリートブロック塀

住宅に関する被害としては、コンクリートブロック塀が一体となって転倒した事例がみられた（写真5.4-112、5.4-113）。写真5.4-112の縦筋間隔は、概ね800mmであった。両事例とも、控え壁の存在は確認できなかった。



写真 5.4-112 コンクリートブロック塀の転倒 写真 5.4-113 コンクリートブロック塀の転倒

(g) 福島県三春町（最大震度 5 強）

1) 三春町役場

三春町役場（RC 造 4 階建て、竣工時期は昭和 40 年代）は、建築物本体に大きな被害はなく、窓ガラスの数枚が破損していた。町役場担当者等からの情報では、三春町内で屋根瓦のずれ、ガラスの破損等の損傷は見られるが、倒壊被害は報告されていない。また、応急危険度判定も実施されていない。



写真 5.4-114 三春町役場の外観 写真 5.4-115 窓ガラスの破損箇所



写真 5.4-116 三春町役場の周辺 写真 5.4-117 三春町役場向かい側の神社
（崖の上にあるが外観上無被害）

(h) 福島県須賀川市（最大震度 6 強）

震度 6 強を観測した、須賀川市中心部の被害概要の調査を行った。震度計は須賀川市役所の構内（の独立基礎の上）に設置されている（写真 5.4-118）ことから、市役所の近辺を調査地域とした。なお、須賀川市の応急危険度判定の結果「危険（赤）」と判定されたものは、RC 造で 25 棟、鉄骨造で 51 棟である。

(1) 須賀川市役所

RC 造 4 階建て、1970 年竣工の建築物で、耐震補強は行なわれていない（写真 5.4-119）。本建築物では、2 か所に存在するコア壁が水平力の多くを負担しているようで、その部分の損傷が大きい。特に 2 階のコア壁には、張り間、桁行きの両方向にせん断破壊が見られ（写真 5.4-120）、耐力壁の側柱の主筋も大きく座屈していた（写真 5.4-121）。1 階にはコア壁の他に壁に囲まれた金庫室があることから、1 階よりも 2 階の方がコア壁の損傷が大きくなったと思われる。

また、1 階の腰壁が取り付け柱 1 本が写真 5.4-122 のように大きくせん断破壊し軸方向に縮んでいる。柱主筋は丸鋼で、外側からの見つけ面では基礎から 8 本立ち上がっているが、そのうち 3 本は柱の中央部より柱せい程度上がったところで 180 度フックにより定着されている。この部分を起点にせん断ひび割れが生じており（写真 5.4-123）、いわゆる段落とし部に起因するせん断破壊であると思われる。また、上階の柱にも顕著なせん断ひび割れ（写真 5.4-124）が確認されたほか、非構造壁も大きく損傷（写真 5.4-125）している。さらに、写真 5.4-122 の柱のそばにある渡り廊下にも損傷が見られる（写真 5.4-126）。地震により構造躯体等に大きな損傷が生じたため、現在は立ち入り禁止の措置が取られ、市役所機能は隣接する体育館に移転されていた。



写真 5.4-118 震度計の設置状況



写真 5.4-119 市役所外観



写真 5.4-120 コア壁のせん断破壊



写真 5.4-121 耐震壁側柱の主筋の座屈



写真 5.4-122 1階柱のせん断破壊



写真 5.4-123 主筋段落とし部を起点としたせん断破壊の状況



写真 5.4-124 2階柱のせん断ひびわれ



写真 5.4-125 非構造壁の損傷



写真 5.4-126 渡り廊下の損傷

(2) 須賀川市役所周辺の被害概要

須賀川市役所周辺の建築物を対象に、地震動による被害の概要を調査した。この地域は、須賀川市の中でも特に被害が集中しているが、昔、須賀川城の堀があった地域と一致している(写真5.4-127)。城跡には二階堂神社が祭られている^{5.4-2)}が、石碑が倒壊し、土塁が一部崩壊している(写真5.4-128)。



写真 5.4-127 須賀川城と今回の調査範囲



写真 5.4-128 須賀川城址の二階堂神社

1) B1 ビル

3階建てのRC造建築物で、1階柱頭の曲げひび割れ、柱脚のかぶりコンクリートの剥落、非構造壁

のひび割れなどが見られた（写真 5.4-129、5.4-130）。



写真 5.4-129 建築物外観



写真 5.4-130 柱脚部の損傷

2) B2 ビル

3階建てのRC造建築物で、1階は店舗のため道路側は壁が少なく2階以上は壁が多い（写真5.4-131）。また、1階の背面側は壁が多い構造となっている。交差点側の隅柱が大きく破壊し（写真5.4-132）、軸力支持能力を失って2階以上が落階している。



写真 5.4-131 1階の層崩壊



写真 5.4-132 隅柱の崩壊

3) B3 ビル

8階建てのRC造ホテル建築物（写真5.4-133）。非構造壁に窓開口隅角部を結ぶせん断ひび割れが生じている（写真5.4-134）。



写真 5.4-133 建築物外観



写真 5.4-134 非構造壁のせん断ひび割れ

4) B4 ビル

10階建てのRC造建築物で、妻面の1、2階は壁が抜けている構造である(写真5.4-135、5.4-136)。その連層壁の3階部分に曲げせん断ひび割れが、また桁行き方向の非構造壁にせん断ひび割れが生じている(写真5.4-137)



写真 5.4-135 建築物外観 1
(3階壁にせん断ひび割れ)



写真 5.4-136 建築物外観 2



写真 5.4-137 非構造壁の
せん断ひび割れ

5) B5 ビル

5階建てのRC造建築物。外壁が損傷し、コンクリート片やタイルが落下する危険性があるため、応急危険度判定で危険と判定されている(写真5.4-138)。また、1階ではガラスの割れも見られる。



写真 5.4-138 外壁の損傷、タイルの落下

6) B6 ビル

4階建てのRC造建築物(写真5.4-139)。1階の柱が中央部で大きく破壊し、主筋が座屈している。この柱の主筋は丸鋼で、基礎から立ち上がった主筋の過半が柱の中央部付近で180度フックにより定着されている。この段落とし部が起点となり、せん断破壊したものと考えられる(写真5.4-140、5.4-141)。また、2階の垂れ壁と腰壁が取り付け短柱がせん断破壊し、軸方向に縮んでいる(写真5.4-142)。



写真 5.4-139 建築物外観



写真 5.4-140 1階柱のせん断破壊



写真 5.4-141 柱段落とし部詳細



写真 5.4-142 2階の短柱のせん断破壊

7) B7 ビル

3階建てのRC造建築物（写真 5.4-143）。腰壁、垂れ壁が取り付く1階の袖壁付き柱がせん断破壊している。また、ドア開口横の非構造壁にもせん断ひび割れが発生している（写真 5.4-144）。



写真 5.4-143 建築物外観



写真 5.4-144 袖壁付き短柱のせん断破壊
及び非構造壁のせん断ひび割れ

8) 集合住宅 B8

7階建てのRC造集合住宅（写真5.4-145）。1階の玄関横の非構造壁にせん断ひび割れが、また妻側の連層壁にもせん断ひび割れが生じている（写真5.4-146）。



写真 5.4-145 建築物外観



写真 5.4-146 玄関横の非構造壁のせん断ひび割れ

9) B9 ビル

2007年竣工の5階建てRC造建築物（写真5.4-147）。縦開口を有する階段室の連層壁に、開口隅角部を結ぶ大きなせん断ひび割れが生じている（写真5.4-148）。また、1階の袖壁脚部のコンクリートが剥落し、壁縦筋が座屈している（写真5.4-149）。2階の袖壁脚部にも損傷が見られ、そこから打ち継ぎ部に沿って水平のひび割れが生じている（写真5.4-150）。



写真 5.4-147 建築物外観



写真 5.4-148 壁の縦開口隅角部を結ぶせん断ひびわれ



写真 5.4-149 1階袖壁脚部のコンクリートの剥落と壁筋の座屈



写真 5.4-150 2階袖壁脚部の損傷と打ち継ぎ部の水平ひび割れ

10) B10 ビル

2階建てのコンクリートブロック造建築物で、1階が層崩壊している（写真 5.4-151、5.4-152）。



写真 5.4-151 建築物外観



写真 5.4-152 崩壊部分

11) その他

コンクリートブロック塀の倒壊（写真 5.4-153）や、道路の地盤変状（写真 5.4-154）が多数確認された。



写真 5.4-153 コンクリートブロック塀の倒壊



写真 5.4-154 道路の地盤変状

12) K-NET 地震計の設置確認

K-NET 須賀川の地震計は、市役所から約 500m 離れた須賀川市八幡山の斎場付近に設置されていることを確認した。なお、この周辺の建築物には大きな構造的被害は確認されなかった。

(3) まとめ (須賀川市の被害概要)

須賀川市役所周辺の RC 造建築物及び非構造部材を中心に調査を行った。その結果、柱のせん断破壊や非構造壁のせん断ひび割れが多く見られた。須賀川市役所周辺の被害は、他の市の市街地や須賀川市の他の地域と比べて大きく、集中しているように感じられた。この地域はちょうど須賀川城の本丸を囲む堀があったところであり、比較的軟弱な地盤であることがその理由として考えられる。

(i) 福島県白河市 (最大震度 6 強)

白河市役所にて被害状況を聴取した。3月20日時点で住家の全壊は22棟、非住家の全壊は34棟であった。3月14日から応急危険度判定を実施し、「危険(赤)」の判定は155棟に上る。特に造成地で、擁壁がくずれ等の被害が大きいとのことであった。鉄筋コンクリート造(RC造)壁式構造4階建ての集合住宅A1では2棟が若干傾き、その内1棟は立ち入り禁止としているとの情報も得た。

(1) 市役所周辺の被害

市役所周辺の被害状況を徒歩で調査した。この地域では建築物に設置された煙突が多く、亀裂やひび割れが生じたものがあつた(写真 5.4-155、5.4-156)。また土蔵も多く見られ、壁面等がくずれているものがあつた(写真 5.4-157、5.4-158)。周辺の住宅等には大きな被害はないようであつたが、被災したため解体中のブロック塀(写真 5.4-159)や倒壊したままの石塀(写真 5.4-160)が確認された。また鉄骨造の渡り廊下で、仕上げのモルタル壁が剥落しているものがあつた(写真 5.4-161)。近くの墓地では石灯籠や石でできた柵が転倒していたが、墓石(写真 5.4-162)の転倒はほとんど確認できなかった。



写真 5.4-155 亀裂の入った煙突の上部を解体中



写真 5.4-156 煙突の曲げひび割れ



写真 5.4-157 土蔵の被害



写真 5.4-158 土蔵の被害



写真 5.4-159 被災したブロック塀（解体中）



写真 5.4-160 石塀の倒壊



写真 5.4-161 鉄骨造渡り廊下のモルタル壁の剥落



写真 5.4-162 墓石（転倒はほとんど見られない）

(2) その他の地域の被害

1) 集合住宅 A1

6棟からなる集合住宅 A1 は、応急危険度判定で a 棟が危険と判定されていた。a 棟は全体が沈み込んでおり、桁行き方向に傾きが見られた（写真 5.4-163、5.4-164）。沈み込みの大きい妻面では 1 階のベランダが地面と接する状態となっていた（写真 5.4-165）。沈下のない別の棟で地面から 1 階ベランダ下端までの高さを測ると 77cm 程度であった。a 棟の北側を走る道路でも、歩道に著しい沈下が確認された（写真 5.4-166）。b 棟ではまだ応急危険度判定がされていないが、周辺地盤が沈み込み、張間方向に若干の傾きが生じていた（写真 5.4-167、5.4-168）。



写真 5.4-163 a 棟外観



写真 5.4-164 a 棟外観 (沈み込みの小さい妻面側から見る)



写真 5.4-165 a 棟 (沈み込みの大きい妻面)



写真 5.4-166 歩道の沈下



写真 5.4-167 b 棟



写真 5.4-168 b 棟

2) ホテル A2

移動の経路に被害の目立つホテルがあったため、調査を行った。白河市役所から西に 1km ほど離れたところにある、RC 造 (一部鉄骨鉄筋コンクリート造 (SRC 造)) と鉄骨造の 2 棟からなるホテルである (写真 5.4-169、5.4-170)。ホテルとして営業はしていないが、一部の店舗は使われているように見受けられた。RC 造の棟ではエントランス部で壁や SRC 造の柱脚の損傷 (写真 5.4-171、5.4-172)、天井の落下 (写真 5.4-173) 等が生じていた。鉄骨造の棟では外壁仕上げの落下 (写真 5.4-174、5.4-175) 等が見られた。なお、SRC 造の柱脚部は露出柱脚で、ベースプレートのアンカーボルトが抜け出している (写真 5.4-172)。そのため、ベースプレートの断面にひずみが集中し主筋が大きく伸ばされ、軸方向の繰り返し荷重により座屈したものと考えられる。ホテルの周辺では、隣接する建築物で ALC パネルの落下が見られたほか、倒壊したブロック塀や石塀も確認された (写真 5.4-176、5.4-177)。



写真 5.4-169 RC造（一部SRC）の棟



写真 5.4-170 鉄骨造の棟



写真 5.4-171 壁及びSRC柱脚の損傷



写真 5.4-172 SRC柱脚部の損傷



写真 5.4-173 天井の落下



写真 5.4-174 外壁仕上げの落下



写真 5.4-175 落下した外壁の仕上げ



写真 5.4-176 ブロック塀の倒壊



写真 5.4-177 石塀の倒壊

(3) まとめ

気象庁の発表によれば、東北地方太平洋沖地震による白河市の震度は市役所の西方約 2km 弱の新白河（K-NET 観測点）で震度 6 強、市役所のある八幡小路で震度 5 強であった。現地調査により、市役所周辺での土蔵等の被害、造成地の地盤の影響と考えられる集合住宅の沈下・傾斜、RC 造（一部 SRC 造）の壁及び柱脚の損傷等を確認したが、震度の大きさに比べて建築物の構造的な被害は全般的に少ない印象であった。

(j) 茨城県日立市（最大震度 6 強）

1) 日立市内の A 中学校

外観からの確認では、RC 造の校舎に構造的な被害は見られなかった。外装材の被害として、3 階教室のガラスが 1 箇所脱落していた（写真 5.4-178、5.4-179）。

また、校舎裏敷地外でブロック塀の倒壊が見られた（写真 5.4-180）。

別棟の体育館は、鉄骨造の屋根を RC の柱で支える形式の構造と思われるが、避難場所として供用されていた（写真 5.4-181）。避難者の方にヒアリングしたところ、体育館内部に目立った被害はないとのことであった。



写真 5.4-178 A 中学校の校舎外観



写真 5.4-179 ガラス窓の脱落
（写真 5.4-178 の○印内）



写真 5.4-180 校舎裏のブロック塀の被害



写真 5.4-181 体育館（無被害と思われる）

2) 日立市内

上記で調査した A 中学校から周辺の市内の状況を車内から目視調査した(写真 5.4-182、5.4-183)。瓦屋根の被害(棟瓦の落下)等によってブルーシートのかけられた建築物が見られた(写真 5.4-184、5.4-185)。このような被害を受けた建築物は少なく、通り沿いでは、いくつか散見される程度であった。敷地外周の塀(目視では無筋・組積造)の崩落、斜面に設けられた墓地での墓石の転倒などが数か所で見られた(写真5.4-186~5.4-188)。



写真 5.4-182 市内の状況 1



写真 5.4-183 市内の状況 2



写真 5.4-184 瓦屋根の被害



写真 5.4-185 拡大図(写真 5.4-181 の○印内)



写真 5.4-186 倒壊した塀 1



写真 5.4-187 倒壊した塀 2



写真 5. 4-188 墓石の転倒

3) 日立市役所

震度 6 強を観測した K-NET 日立から北北東に約 1km に位置する日立市役所の外観を調査した。

構造的な被害は、渡り廊下部分を除き、見られなかった。渡り廊下は、廊下両端に接続する建築物からの短い張り出し部分（支持部分とみられる）の損傷によって危険（通行禁止）と判断されたものと思われる（写真 5. 4-189、5. 4-190）。



写真 5. 4-189 使用禁止の渡り廊下



写真 5. 4-190 支持部分の損傷
（写真 5. 4-189 の○印内）

なお、震度 6 強を観測した K-NET 日立は、日立市立助川小学校の外周北西部（図 5. 4-5）に設置されているとのことであったが、設置状況の確認はできなかった。表 5. 4-2 は K-NET 日立の観測記録の概要である。



図 5.4-5 K-NET 日立の設置位置

(図中央○印、航空写真は「電子国土」より 1984～86 年撮影のもの。
 (設置位置は、<http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/db/> による。)

表 5.4-2 K-NET 日立の観測記録 (本震) の概要

名称	日時	震央距離	震源距離	計測震度 I_s	スペクトル 強度 SI	最大加速度	最大速度
IBR003	03/11 14:47	258.0 km	259.2 km	6.4	40.1	1843.4 gal	72.92 kine

(k) 茨城県笠間市 (最大震度 6 強)

1) 地方自治体設置による震度計の設置状況

笠間市役所内に設置されている震度計の設置状況は写真 5.4-191 のとおりである。観測記録は 4 月 20 日時点で未詳である。



写真 5.4-191 笠間市役所に設置されている震度計

2) 笠間市役所 (本所) の周辺の被害状況

震度計設置位置周辺を徒歩で調査したところ、付近の建築物で天井の脱落による被害が見られた (写真 5.4-192、5.4-193)。C 中学校については、地震発生前に鉄骨ブレースで耐震補強されていた模様で、外観からは特段の被害は見られなかった (写真 5.4-194)。そのほか、地盤変状による家屋の被

害（写真 5.4-195、5.4-196）、木造住宅が大きく傾斜した被害（写真 5.4-197）、鉄骨造建築物の外壁仕上げの剥落による被害（写真 5.4-198）などが見られた。



写真 5.4-192 付近の建築物の天井被害 1 写真 5.4-193 付近の建築物の天井被害 2



写真 5.4-194 C 中学校の外観



写真 5.4-195 地盤変状の被害



写真 5.4-196 写真 5.4-195 の拡大



写真 5. 4-197 木造住宅の被害



写真 5. 4-198 鉄骨造建築物の外壁仕上げの剥落

なお、地盤変状に起因する被害や、瓦屋根の損傷、組積造の塀の転倒、及び外装材の脱落などの被害は比較的多く見られたが、全壊などの大きな被害はほとんど見られなかった。

境教授（筑波大学）の調査では、震度計から半径 200m にある全ての建築物について、全壊・大破した建築物の件数が調査された。その結果によれば、笠間市役所に設置されている震度計周辺では、「建物は 93 棟ある。屋根瓦に被害が見られる木造建物が 19 棟と非常に多い。外装材の被害、ブロック塀の崩壊などがあるものの、大きな被害を受けた建物はない（全壊・大破率 0%）」であった^{5.4-3)}。

3) 笠間市役所笠間支所周辺の D 事務所ビルの被害

現地で笠間支所周辺に大きな被害を受けた建築物があるとの情報を得たので、その調査を行った。本建築物は笠間市役所から北西へ約 7km の場所に位置する。現地の方からの情報によると、建設年は昭和 40 年頃とのことであった。写真 5. 4-199 の建築物の被害の外観からもわかるように、建築物の 1 階部分の RC 造の構造体に大きな損傷が生じていた。垂壁・腰壁（スリット無し）の影響による極短柱のせん断破壊（写真 5. 4-200）、開口部付き耐力壁の破壊（写真 5. 4-201）などが見られた。また、外柱の多くは写真 5. 4-202 のようにせん断破壊していた。



写真 5. 4-199 建築物の被害の外観



写真 5. 4-200 極短柱のせん断破壊



写真 5.4-201 開口部付き耐力壁の破壊



写真 5.4-202 外柱のせん断破壊

(I) 茨城県鉾田市（最大震度 6 強）

1) K-NET 鉾田の設置状況

鉾田総合公園内にある K-NET 鉾田の設置状況を写真 5.4-203、5.4-204 に示す。観測点裏側には 1m 程度の段差が見られた。K-NET 鉾田の観測記録の概要を表 5.4-3 に示す。



写真 5.4-203 K-NET 鉾田の設置状況(1)



写真 5.4-204 K-NET 鉾田の設置状況(2)

表 5.4-3 K-NET 鉾田の観測記録（本震）の概要

名称	日時	震央距離	震源距離	計測震度 Is	スペクトル 強度 SI	最大加速度	最大速度
IBR013	03/11 14:47	301.5 km	302.5 km	6.3	71.7	1761.6 gal	70.60 kine

2) K-NET 鉾田に近い B 体育館

現地で K-NET 鉾田に近い体育館の天井に被害があるとの情報を得て、B 体育館内部の調査を行った。天井の脱落の状況は写真 5.4-206～5.4.209 のとおりである。B 体育館は、鉄骨の屋根を RC の柱で支える形式の構造で、構造体に大きな被害はない模様であった。



写真 5.4-205 B 体育館の外観



写真 5.4-206 天井の脱落1



写真 5.4-207 天井の脱落2



写真 5.4-208 脱落部分の拡大1



写真 5.4-209 脱落部分の拡大2

3) K-NET 銚田の周辺の被害状況

K-NET 銚田周辺を徒歩で調査したところ、上記の B 体育館の天井被害のほかは、建築物に目立った大きな被害は見られなかった。また、銚田市内を車で移動中、市内の建築物被害状況を車内から目視調査を行った。瓦の被害によってブルーシートのかけられた木造住宅が散見されたが(写真 5.4-210)、外観上、構造体に大きな被害は見られなかった。これ以外に、墓石の転倒やブロック塀の被害が見られた(写真 5.4-211、5.4-212)。墓石は半数程度が倒れており、ブロック塀の被害は数箇所で見られた。現地の方からの情報によると、周辺では全壊などの大きな被害はほとんどなく、多くは内壁の被害程度であるとのことであった。



写真 5.4-210 木造住宅の瓦の被害



写真 5.4-211 墓石の転倒



写真 5.4-212 ブロック塀の被害

境教授（筑波大学）の調査では、K-NET 銚田から半径 200m にある全ての建築物について、全壊・大破した建築物の件数が調査された。その結果によれば、銚田総合公園に設置された K-NET 銚田周辺（半径 200m）では、「建物は 22 棟ある。屋根瓦に被害が見られる木造建物が 2 棟あり、体育館の天井材の落下があるものの、大きな被害を受けた建物はない（全壊・大破率 0%）」であった^{5.4-3)}。

5.4.4 被害の特徴と分類

(1) 被害の特徴

5.4.3 の被害調査結果を踏まえると、鉄筋コンクリート造や鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の被害の特徴は下記のようにまとめられる。

- 1) 新耐震基準により設計された鉄筋コンクリート造や鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の構造被害はほとんど見られていない。
- 2) 旧耐震基準により設計された建築物の構造被害の程度は、概して震度の割には大きくない。ただし、大破や層崩壊などの被害も一部に見られた。その主たる要因は短柱のせん断破壊である。
- 3) 防災拠点として機能すべき公共建築物（低層、中層）の中にも、大きな構造被害が見られるものがある。民間の建築物では、低層のものには構造被害が見られたが、中層建築物にはあまり顕著には見られていない。
- 4) 耐震補強された建築物の構造被害が、一部の建築物に見られた。
- 5) 非構造部材の被害は多い。特に、外装材の損傷等が多く見られた。また、マンションの玄関回りの非構造壁の損傷も比較的多く見られた。

(2) 被害の分類

被害調査で見られた被害のパターンを、構造部材の被害と非構造部材の被害に分けて分類し下記に示す。

1) 構造部材の被害

下記のような被害が、主として旧耐震基準により設計された建築物に見られた。なお、⑤の被害は 1981 年以降のいわゆる新耐震基準により設計された建築物にも見られた。新耐震基準により設計された建築物にはこの他にも、柱梁接合部のせん断ひび割れやコンクリート打ち継ぎ部の水平ひび割れなどの損傷が見られた。

① 1 階の層崩壊

2 階以上に壁を有し 1 階で壁が抜けるいわゆるピロティ形式の建築物で、1 階に地震エネルギーが集中することに加え、さらに偏心の影響があり、捩れ変形によって隅柱がせん断破壊し落階するという被害が見られた。また、ピロティ形式ではない建築物でも、1 階柱のせん断破壊により層崩壊した被害が見られた。

② 中間階の層崩壊

柱のせん断破壊により、3 階建ての 2 階部分の層崩壊が見られた。当該建築物においては、1 階の柱もせん断破壊しており、平面形状も各階ほぼ同一であることから、層崩壊した層のみが極端に強度や剛性が低かったわけではなさそうである。この他にも、3 階建てで 2 階のみ短柱を有する建築物で 2 階の層崩壊が見られた。

③ 柱のせん断破壊

従来から指摘されている通り、腰壁や袖壁が取り付くことによりクリアスパンが短くなった短柱のせん断破壊が散見された。また、一部のせん断補強筋の少ない既存不適格の建築物では長柱のせん断破壊も見られた。さらに、1 階柱の基礎から立ち上がった主筋の多くを段落とした部分を起点とする柱のせん断破壊も見られた。

④ RC 柱脚部や連層耐力壁側柱脚部の曲げ破壊

柱の脚部や連層耐力壁の脚部の曲げ破壊により、コンクリートの圧壊、主筋の座屈及び破断といった被害が見られた。

⑤ SRC 露出柱脚のアンカーボルトの抜けだしや主筋の座屈

鉄骨鉄筋コンクリート造の露出柱脚において、アンカーボルトの抜け出しや主筋の座屈等の被害が見られた。これは、ベースプレート直下の断面にひずみが集中し、アンカーボルトが抜け出し、鉄筋も引張降伏し、その後の圧縮により座屈したものと推測される。この状態でさらに引張が作用すると、鉄筋の破断が生じる可能性も高い。この被害は、1995 年兵庫県南部地震の際と同様に、旧耐震基準により設計された建築物だけでなく、現行基準による設計の建築物にも見られた。

⑥ 境界梁のせん断破壊や付着割裂破壊

並列する連層耐力壁を連結する境界梁に、せん断破壊や付着割裂破壊の被害が見られた。この境界梁には、中央部に近接する 2 つの開口が設けられていた。

⑦ 建築物の傾斜

4 階建て及び 14 階建て建築物に傾斜の被害が見られた。その原因としては、地盤変状や杭の損傷等が考えられるが、より詳細な調査が必要であろう。

⑧ 塔屋の損傷・傾斜

塔屋の一部の損傷・破壊や、それによる傾斜の被害が見られた。

⑨ 耐震補強された建築物の損傷

桁行き方向に耐震補強された建築物の張り間方向に曲げ破壊による損傷が生じた事例が見られた。

2) 非構造部材の被害

⑩ 袖壁付き柱の袖壁脚部の曲げ破壊

袖壁付き柱の袖壁脚部の端部圧壊が見られた。この袖壁部分は、設計上は非構造部材として構造耐力上は無視していた可能性が高いため、ここでは非構造部材の被害に分類した。ただし、今後、袖壁付き柱を積極的に構造部材として考慮するような場合には、このような被害が生じる可能性についても考えておく必要がある。

⑪ 集合住宅の非構造壁の損傷

マンション等の都市型集合住宅の玄関回りの非構造壁やベランダ側の方立て壁などに、せん断ひび割れやせん断破壊の被害が見られた。この被害は、旧耐震基準による設計や新耐震基準による設計に関わらず、何れの年代の建築物にも比較的多く見られた。一部の建築物においては、玄関ドアの開閉ができなくなっており避難上の支障が生じた上に、無理矢理こじ開けた後は締まらなくなり防犯上の問題も生じている。

⑫ 外装材の損傷・落下

構造部材の被害が生じていない建築物においても、仕上げモルタルやタイル等の外装材の損傷や落下の被害が多く見られた。これらの被害も、旧耐震基準による設計や新耐震基準による設計に関わらず、何れの年代の建築物にも多く見られた。

⑬ 屋上突出物の傾斜や脱落

看板や屋上水槽などの屋上突出物に傾斜や脱落などの被害が見られた。

⑭ ブロック塀・石積み塀の倒壊

石積み塀やコンクリートブロック塀の倒壊が、非常に多くの地域で見られた。

3) 1995年兵庫県南部地震の際の構造被害との比較

今回の地震動被害調査で鉄筋コンクリート造等建築物に見られた上記の被害は、1995年兵庫県南部地震の際にも見られた。一方、1995年兵庫県南部地震の際に見られた下記のような構造被害は今回の地震被害では今のところ確認されていない。

- ・ 新耐震基準により設計された建築物のピロティ層の崩壊
- ・ 中高層建築物の中間階崩壊
- ・ 転倒
- ・ 新耐震基準により設計された建築物の柱梁接合部の破壊
- ・ 鉄筋圧接部の破断
- ・ 体育館におけるプレキャスト屋根の落下

5.4.5 まとめ

震度が大きな地域における鉄筋コンクリート造等建築物の地震動による被害概要を把握するために、岩手県、宮城県、福島県及び茨城県において調査を行った。その結果、各地の地震動による被害は、

観測された震度に比べると大きくはなく、総じて構造部材の被害はそれほど顕著ではなかった。ただし、限定的ではあるが、低層建築物の中間層崩壊、ピロティ構造の1階の層崩壊、柱のせん断破壊による軸力支持能力の喪失といった重大な被害もさまざまな地域で確認された。なお、仙台市若林区や須賀川市では、構造部材の被害が比較的集中して見られた。これらの地域は、以前は田んぼや堀であったことが分かっており、被害が集中した理由としてこのような地盤条件が関わっている可能性が考えられる。

一方、石積み塀やコンクリートブロック塀の転倒、外装材の損傷・落下、ガラスの破損等の非構造部材の被害は、非常に多くの地域において見られた。特に、都市部においては、集合住宅の玄関回りの非構造壁のせん断破壊等の大きな損傷が多く見られた。

地震動被害の調査結果より、被害形式の分類を行い被害の特徴を取りまとめた。今回見られた構造被害の形式は、そのほとんどがこれまでの地震被害において見られたものであった。被害が生じた建築物のほとんどは旧耐震基準で設計された建築物であるが、現行基準により設計された鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の一部に、1995年兵庫県南部地震の際にも見られた柱脚ベースプレート付近の主筋の座屈が見られた。

なお、地震動による重大な構造被害が比較的少ない中において、市役所などの公共建築物が使用できなくなるほど大きな被害を被った事例が散見された。これらの建築物は、被災時にも機能することが求められるため、耐震改修を急ぐ必要性が改めて明確となった。なお、これらの建築物が機能を喪失した主たる原因は、短柱のせん断破壊による軸力支持能力の喪失であることから、このような短柱にスリットを設けるかせん断補強を施す改修を先行させることにより、役所建築物等の機能喪失を防ぐことも、極めて重要な対策であると思われる。

参考文献

5.4-1

http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/shindo_db/db_map/201103/11/A20110311144618120026038062100560142516600870237429590J84D5117002064_table.html

5.4-2 http://www.geocities.jp/link_castle/cas_fuku.html

5.4-3 筑波大学境教授HP (<http://www.kz.tsukuba.ac.jp/~sakai/113.htm>) の被害調査速報

謝辞

本5.4節では(独)防災科学技術研究所のK-NETの観測記録等を使用させて頂きました。関係各位に謝意を表します。

5.5 宅地地盤・基礎の被害

5.5.1 調査概要

東北地方太平洋沖地震における宅地地盤及び基礎の被害としては、地震直後より関東地方の湾岸地域を中心とした液状化被害が大きく報道されてきたが、本章の各種構造（上部構造）の研究者による一次調査の結果等から、宮城県、福島県、栃木県などの造成宅地についても、大きな変状に伴う建築物被害が認められ、調査を実施したところである。

本節では、第一次調査の結果を以下の通り取りまとめて報告する。

- ・ 利根川流域（茨城・千葉県境）の液状化被害
- ・ 東京湾岸区域（千葉県浦安市）の液状化被害
- ・ 宮城・福島・栃木における造成宅地等の被害

5.5.2 調査結果

5.5.2.1 利根川流域（茨城・千葉県境）の液状化被害

今回調査した対象は、茨城県と千葉県との県境となる利根川及びその周辺地域である。調査範囲を図 5.5.2.1-1 に示す。



図 5.5.2.1-1 調査範囲（電子国土）囲み(a)～(e)は各調査地域に対応

(a) 千葉県印旛郡栄町

千葉県印旛郡栄町は、「千葉栄町安食台」における本震時の震度が5強と報告されている。今回の調査においては、栄町役場より西方約500mに位置する安食ト杭新田地区、同じく南方約1kmに位置する前新田地区の現地調査を行った。

これらのほか、栄町のHP (http://www.town.sakae.chiba.jp/kurashi/iza/saigai_taisaku.html)では、出津地区における液状化に伴う電柱の傾斜が報告されている。当該地区の調査はできなかったが、周辺の県道68号沿いにおいて、電柱の傾斜、路盤の亀裂等を確認した（写真5.5.2.1-1、写真5.5.2.1-2）。



写真 5.5.2.1-1 電柱の傾斜（復旧中）



写真 5.5.2.1-2 路盤の亀裂

・ 安食ト杭新田地区

地盤の液状化によると見られる噴砂や、それに伴う建築物の沈下、傾斜等の被害が発生していた。平面 15m×30m 程度の保健センターは全体に 20cm 程度沈下していた。周囲の電柱に沈み・傾斜が見られ、電柱が建物に寄りかかる状態で、「危険」と判定されていた。（写真 5.5.2.1-3、写真 5.5.2.1-4）。

保健センターに隣接する民家2棟では沈下による傾斜や土間コンクリートの破損（盤ぶくれ）、ブロック塀の段差の被害（写真 5.5.2.1-5、写真 5.5.2.1-6）、近接する公園では地割れ等の変状が見られた。

この地区の他の棟については、外観上被害は見られなかった。付近住民の方へのヒアリングによると、被害のあった一帯は、低地の沼を埋め立てた地域であるとのことであった。



写真 5.5.2.1-3 保健センター入口付近の状況



写真 5.5.2.1-4 応急危険度判定結果



写真 5.5.2.1-5 周囲の住宅被害
(土間コンクリート破損)



写真 5.5.2.1-6 ブロック塀の段差

安食ト杭新田地区の地歴について調査した。昭和 34 年 (1959) 発行の地図^{5.5-1)} (図 5.5.2.1-2) では、低地であり池等を示す記入があったが、昭和 49 年 (1974) ~昭和 53 年 (1978) の間には上記の建築物等の建設が行われていた (図 5.5.2.1-3)。



図 5.5.2.1-2 昭和 34 年時点
(国土地理院発行^{5.5-1)})



図 5.5.2.1-3 昭和 49 年~53 年時点
(○が今回調査した区域)

・ 前新田地区

前新田地区のうち、長門川に近接する堤防沿いの一角で、戸建て住宅約 20 棟が建設されている区域において、堤防頂部の路面の地割れ・陥没や地盤の液状化によると見られる噴砂、それに伴う建築物の沈下、傾斜等の被害が発生していた。調査した住宅では、約 10cm~20cm の沈下や地盤の水平移動に伴うと思われる、基礎周辺の地盤上の補強板の約 15cm~20cm の離間、地割れなどが見られた (写真 5.5.2.1-7~写真 5.5.2.1-9、赤の△と矢印は傾斜方向 (以下同じ))。他にも、同一敷地内の木造の物置では、緊結されていない柱脚部が引き抜け、20cm 以上移動していた (写真 5.5.2.1-10)。

また、隣棟は築 2 年程度で、小口径の杭と見られる支持部材を用いた基礎 (支持層深さは不明) を採用した住宅であり、地盤沈下にともない、小口径の杭頭が確認できる状態となっていた。(写真 5.5.2.1-11、写真 5.5.2.1-12)。

これら 2 棟の建築物は、同じ空地に隣接して建てられていたが、空地内には噴砂がみられ、敷地地盤が当該空地に向かって沈下・移動しているように思われる。付近住民の方へのヒアリングによると、被害のあった一帯は、低地の沼を埋め立てた部分であるとのことであった。

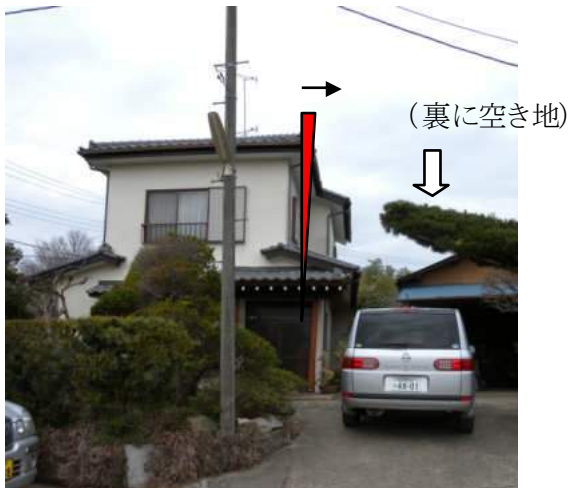


写真 5.5.2.1-7 傾斜4/100程度の建築物

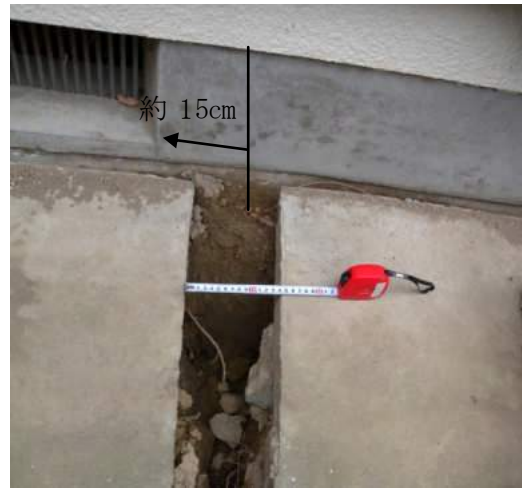


写真 5.5.2.1-8 離間(基礎は外観上ひび割れ等なし)



写真 5.5.2.1-9 入口付近の沈下



写真 5.5.2.1-10 物置柱脚の移動

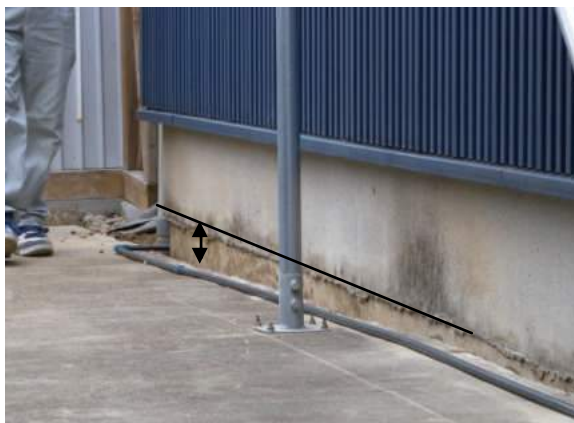


写真 5.5.2.1-11 敷地の沈下(端部で最大約13cm)



写真 5.5.2.1-12 建物角部の支持構造物

前新田地区の地歴について調査した。昭和 34 年 (1959) 発行の地図^{5.5-2)} (図 5.5.2.1-4) では、低地であり池等を示す記入があったが、昭和 49 年 (1974) 時点では上記の住宅等の建設が行われていた (図 5.5.2.1-5)。



図 5.5.2.1-4 昭和 34 年時点^{5.5-2)}
(国土地理院発行)



図 5.5.2.1-5 昭和 49 年～53 年時点
(○が今回調査した区域)

(b) 茨城県稲敷市西代地区

国道 51 号とその東側の横利根川を挟む約 500m 四方の区域において、大規模・広範囲な被害が発生していた。被害の激しい域内の県道 11 号が通行止めとなり、通り沿いを中心として、地盤の液状化に伴う噴砂や、それによると見られる路面の大きな隆起、激しい地割れが見られた(写真 5.5.2.1-13)。地盤の移動量は、沈下で最大 40cm 程度、水平移動は最大 1m 程度であった。また、地盤変状の影響による建築物の沈下・傾斜被害が多く見られた(写真 5.5.2.1-14～写真 5.5.2.1-18)。

さらに、周辺の住宅では、自家用車のタイヤの高さの半分程度まで土砂で埋まっており、液状化による噴砂量がかなり多かったと判断される(写真 5.5.2.1-19)。



写真 5.5.2.1-13 駐車場路面の変状
(左側が県道 11 号)



写真 5.5.2.1-14 片側が不同沈下した建築物(同)



写真 5.5.2.1-15 沈下・傾斜した事務所ビル (同) (長辺方向 5.6/100、短辺方向 1.2/100)



写真 5.5.2.1-16 写真 5.5.2.1-15 の周囲の変状 (右側が県道 11 号)



写真 5.5.2.1-17 中央が不同沈下した建築物 (手前側が県道 11 号)



写真 5.5.2.1-18 約 25cm のずれを生じた土台 (手前側が県道 11 号)



写真 5.5.2.1-19 タイヤの半分程度を埋める土砂

また、県道 11 号沿いには大規模な商業施設があり、建物周辺の歩道の仕上げ (インターロッキングブロック) が大きく被害を受け、散乱していた (写真 5.5.2.1-20、写真 5.5.2.1-21)。周囲の地盤は、40cm 程度沈下していたが、施設自体の沈下は軽微であり、傾斜は長辺方向で約 0.7/100 であった。地

盤の沈下によって周囲に生じた地割れの間から目視したところ、建築物の基礎形式は、杭基礎であることが確認された(写真 5.5.2.1-22、写真 5.5.2.1-23)。杭仕様等は、以下のとおりと推測される。

- ・ 杭の種類：既製コンクリート杭 (PHC)
- ・ 杭周固定液：有り
- ・ 杭周固定液の外径：約900mm (杭径：700~800mm 程度であると想定される。)



写真 5.5.2.1-20 建築物外観



写真 5.5.2.1-21 建築物周囲地盤の状況



写真 5.5.2.1-22 杭頭部の露出状況



写真 5.5.2.1-23 杭周固定液の内部

県道 11 号の周囲の宅地でも、地盤の液状化による噴砂が道路や敷地の随所で見られた。特に傾斜が大きい住宅(写真 5.5.2.1-24 の一番左：築4年)は、盛土が行われていることが住民へのヒアリングにより確認された。傾斜角は、5.0/100 であり、噴砂とともに、隣接する倉庫の方向(及び、住民によれば、背面の擁壁側の方向)に傾斜していた(写真 5.5.2.1-25)。2棟が近接し、荷重が集中した部分で液状化が発生し、その方向に傾斜しているものと考えられる。

建物背面の擁壁の高さは1m程度であったことから、盛土高さも同程度と想定される。



写真 5.5.2.1-24 建物外観



写真 5.5.2.1-25 傾斜した住宅
(写真 5.5.2.1-24 の左端)

西代地区は、図 5.5.2.1-6 に示す通り、千葉県東方沖地震（1987.12.17）の際に液状化被害の報告された地域（251）^{5.5-3)}の北に位置している。地歴については、1980年代中期（新水郷大橋建設直後）には周囲は水田であり、現在は、南部を中心として商業化が進んでいる（図 5.5.2.1-7、図 5.5.2.1-8）。



図 5.5.2.1-6 液状化履歴^{5.5-3)}



図 5.5.2.1-7 昭和 59年
～61年時点



図 5.5.2.1-8 現在(Google Earth
による。○が今回調査した区域)

(c) 茨城県潮来市日の出地区

日の出地区は、潮来市南部の常陸利根川に面した区域である。当該区域のうち、川に近い約 200m 四方の一角において、大規模な被害が発生していた。地盤の液状化に伴う噴砂、埋設物の浮き上がり、電柱の沈下や傾斜などが、道路や敷地の随所で見られた（写真 5.5.2.1-27、写真 5.5.2.1-28）。道路に面した多くの建築物が、前面歩道より約 20cm～30cm の沈下を生じていた（写真 5.5.2.1-29、写真 5.5.2.1-30）。噴砂により隠された部分も多かったが、外観より目視した範囲では、基礎に割れや段差等は生じていなかった（写真 5.5.2.1-31、写真 5.5.2.1-32）。



写真 5.5.2.1-27 歩道部分の沈下に伴う塀の被害 写真 5.5.2.1-28 歩道脇の埋設配管の浮き上がり



写真 5.5.2.1-29 住宅玄関付近の沈下



写真 5.5.2.1-30 空気を挟んだ2棟の沈下



写真 5.5.2.1-31 基礎部分の外観（1）



写真 5.5.2.1-32 基礎部分の外観（2）

なお、日の出区6丁目集会所付近に建つ住宅のうち、周囲は液状化による変状が確認されたにもかかわらず、外観からは変状などの被害が確認されなかった住宅があった（写真 5.5.2.1-33）。その住宅は、1m程度盛土され周囲を擁壁で囲まれていた。盛土の押さえ効果により、この住宅の敷地内については液状化が発生しなかった可能性がある。手前の更地には、液状化の痕が散見された（写真 5.5.2.1-34）。



写真 5.5.2.1-33 液状化の発生していない住宅



写真 5.5.2.1-34 周囲の噴砂の状況

日の出地区の地歴としては、昭和46年（1971）発行の地図^{5.5-4}（図 5.5.2.1-9）においては水田であり、その後昭和49年（1974）～昭和53年（1978）の間には宅地としての造成が始まったようである（図 5.5.2.1-10）。また、(b)茨城県稲敷市西代地区同様に、千葉県東方沖地震（1987.12.17）において液状化の発生も報告されている（図 5.5.2.1-11、166 の各箇所の一つ）^{5.5-3}。



図 5.5.2.1-9 昭和46年時点^{5.5-4}
（国土地理院発行）



図 5.5.2.1-10 昭和49年～53年時点
（○が今回調査した区域）



図 5.5.2.1-11 液状化履歴^{5.5-3}

(d) 茨城県神栖市

茨城県神栖市においては、事前に市役所で情報収集し、被害が大きいとの報告を受けた横瀬小周辺、筒井地区、堀割地区、深芝地区の調査を行った。

市役所の担当者からの情報では、神栖市のうちでは、旧神栖町部分の被害の方が大きいとのことである。

・横瀬小学校周辺

神栖市役所の北東約 3km に位置する横瀬小学校の南側の建築物で、周囲に液状化に伴う噴砂が見られ、地盤の沈下によって外周で約 15cm、外側スロープ部分で最大 40cm 程度の段差を生じていた（写真 5.5.2.1-35、写真 5.5.2.1-36）。建築物本体は杭基礎であり、隣接する戸建て住宅部分等、周囲のその他の構造物は直接基礎のため、接続された部分に不同沈下に伴う障害（壁パネルの変形、ずれ及び扉の開閉の支障）が生じたとのことであった。

住民へのヒアリングでは、地震直後は、駐車場表面に水があふれており舗装が見えないほどであったとのことである。



写真 5.5.2.1-35 スロープ部の段差



写真 5.5.2.1-36 接続部分の損傷及び駐車場

横瀬小学校付近の土地条件図^{5.5-5}を図 5.5.2.1-12 に示す。調査区域は砂（礫）堆・州と盛土地とが混在した区域の一角であった。

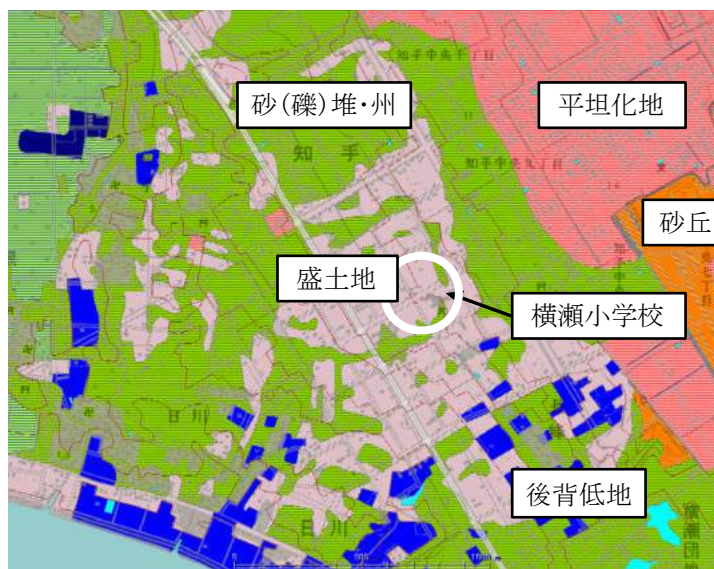


図 5.5.2.1-12 土地条件図^{5.5-5} (Oが今回調査した区域)

・筒井地区

神栖市の西部、外浪逆浦に近い約 300m 四方の区域において、地盤の液状化に伴う噴砂、埋設物の浮き上がり、路面の段差、電柱の傾斜等の被害が発生していた。敷地内に激しい地割れを生じ、周囲地盤より 15cm 程度の沈下、30cm 程度の離間を生じている建築物もあった。外観上は基礎部分にひび割れや亀裂などは見られなかった（写真 5.5.2.1-37、写真 5.5.2.1-38）。



写真 5.5.2.1-37 敷地内の地割れ



写真 5.5.2.1-38 基礎部分外観

筒井地区の地歴については、昭和 48 年（1973）発行の地図（図 5.5.2.1-13）^{5.5-6)}においては水田であり、その後昭和 54 年（1979）～昭和 58 年（1983）の間には宅地としての造成が始まったようである（図 5.5.2.1-14、図 5.5.2.1-15）。



図 5.5.2.1-13 昭和 48 年時点^{5.5-6)}
(国土地理院発行)



図 5.5.2.1-14 昭和 49 年
～53 年時点



図 5.5.2.1-15 昭和 54 年～58 年
時点 (○が今回調査した区域)

・堀割地区

神栖市の西部、国道 124 号線沿いの約 500m 四方の区域において、地盤の液状化に伴う噴砂、路面の隆起、敷地地盤の沈下に伴う段差等の被害が広域に生じていた。中央のやや広い通り沿いでは、歩道の隆起あるいは建築物敷地地盤の沈下によって、25cm～30cm 程度の段差を生じていたほか、建物周辺の側溝にも被害が確認された。（写真 5.5.2.1-39～写真 5.5.2.1-41）。また、建築物は沈下せず、周囲地盤が 15cm 程度沈下したのものもあった。隣接する地区のほぼ同様の仕様と見られる歩道の下部は暗渠状の水路になっており、浮き上がり等による被害を受けていたと考えられることから（写真 5.5.2.1-42）、前面道路と建築物敷地との段差の要因として、このような道路の構造の影響も考えられる。



写真 5.5.2.1-39 外周部塀と前面道路との段差



写真 5.5.2.1-40 側溝の被害



写真 5.5.2.1-41 建築物入口付近の段差



写真 5.5.2.1-42 周辺歩道部分の被害(段差約40cm)

堀割地区の地歴については、昭和 52 年（1977）発行の地図（図 5.5.2.1-16）^{5.5-7)}においてはすでに造成等が行われていたようである。その後昭和 54 年（1979）～昭和 58 年（1983）の間には住宅が建設されている（図 5.5.2.1-17）。



図 5.5.2.1-16 昭和 52 年時点^{5.5-7)}
(国土地理院発行)



図 5.5.2.1-17 昭和 54～58 年時点
(○が今回調査した区域)

・ 深芝地区

この地域は、周辺の状況の観察から、以前は水田として利用されていた土地を宅地に転用したものと想像される。外観目視による踏査の結果、図 5.5.2.1-18 に示す赤破線でハッチした範囲において、液状化による地盤および宅地盛土の変状に伴う住宅の被害が多く見られた。住宅の被害形態は、上部構造や基礎に構造的な損傷のないまま移動・沈下・傾斜した場合はほとんどのように見えた(写真 5.5.2.1-43～49)。なお、図 5.5.2.1-18 に示す墓地 A において、修復した痕跡の見られない墓石の転倒率を調べたところ、標準的なサイズ(30cm×30cm×70cm 程度)の竿石 140 基のうち、転倒は 1 基(転倒率 1%未満)であった。この地域の地震動に 1 秒以下の短周期成分が卓越したとすれば、墓石転倒率は最大地動速度 PGV と関連付けられ、その値は大きくても 20-30cm/s 程度以下と推察される。



図 5.5.2.1-18 液状化による被害の見られた範囲(茨城県神栖市深芝付近)



写真 5.5.2.1-43 液状化による宅地盛土および戸建て住宅の沈下・傾斜と盛土擁壁の破壊



写真 5.5.2.1-44 写真 5.5.2.1-43 の戸建て住宅を反対側より臨む



写真 5.5.2.1-45 液状化による宅地盛土および小型集合住宅の沈下・傾斜



写真 5.5.2.1-46 液状化により傾斜した戸建て住宅群



写真 5.5.2.1-47 液状化により傾斜した戸建て住宅群



写真 5.5.2.1-48 液状化により傾斜した戸建て住宅群



写真 5.5.2.1-49 液状化により傾斜した戸建て住宅群（手前の1棟は火災による被害か）



写真 5.5.2.1-50 墓地Aの様子(墓石転倒率1%未満)

5.5.2.2 東京湾岸区域（千葉県浦安市）の液状化被害

今回の地震では、東京湾岸埋立区域の広範囲において、液状化が発生した。ここでは、浦安市の調査結果について報告する。

(a) 浦安市の埋立事業概略と地盤概要

図 5.5.2.2-1 に現在の浦安市の全景を示す。市内の南側は海中の砂を用いた埋立事業により造成された地域であり、現在の市総面積の 3/4 を埋立て造成地が占めている。埋立事業の経緯を図 5.5.2.2-2 に示した。埋立ては、二期に分かれて造成されており、第一期の A 地区（海楽、美浜、入船地区）は 1971 年に、B 地区（東野、富岡、今川、弁天、鉄鋼通り地区）は 1968 年に、C 地区（舞浜地区）は 1975 年に竣工している。また、第二期の D 地区（日の出、明海地区）は 1978 年に、E 地区（高洲、港地区）は 1980 年に、F 地区（千鳥地区）は 1980 年に竣工後、現在に至っている。なお、D 地区は、旧住宅・



図 5.5.2.2-1 浦安市の全景



図 5.5.2.2-2 浦安市の埋立事業の経緯 ^{5.5-8)}

都市整備公団によりプレロードによる沈下対策が実施されている (5.5-9)。

図 5.5.2.2-3 に防災科学技術研究所強震観測網 K-NET の浦安観測点 (以下、K-NET 浦安) の土質柱状図を、図 5.5.2.2-4 に図-5.5.2.2-1 の断面 A 位置の柱状図を示す。地盤は概略、上層より、埋立土、沖積砂質土、沖積粘性土で構成され、40m 程まで軟弱層が続く構成となっている。

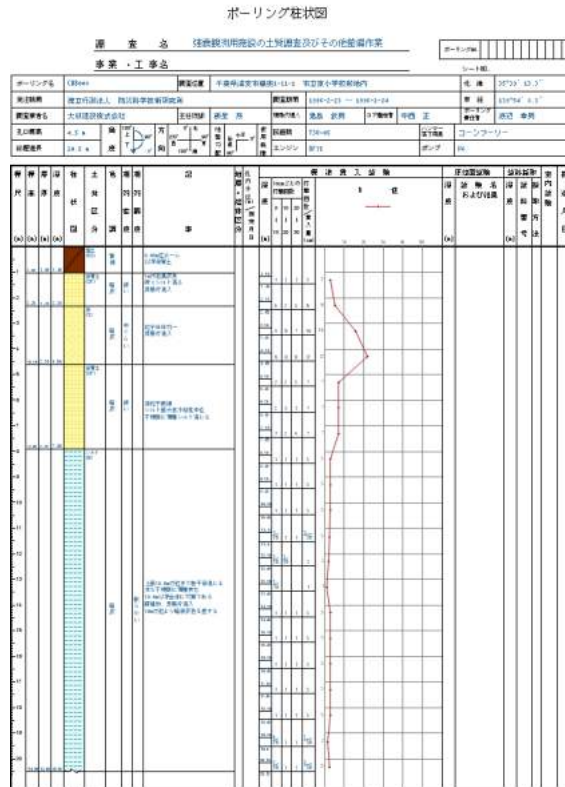


図 5.5.2.2-3 土質柱状図の一例 (K-NET 浦安)

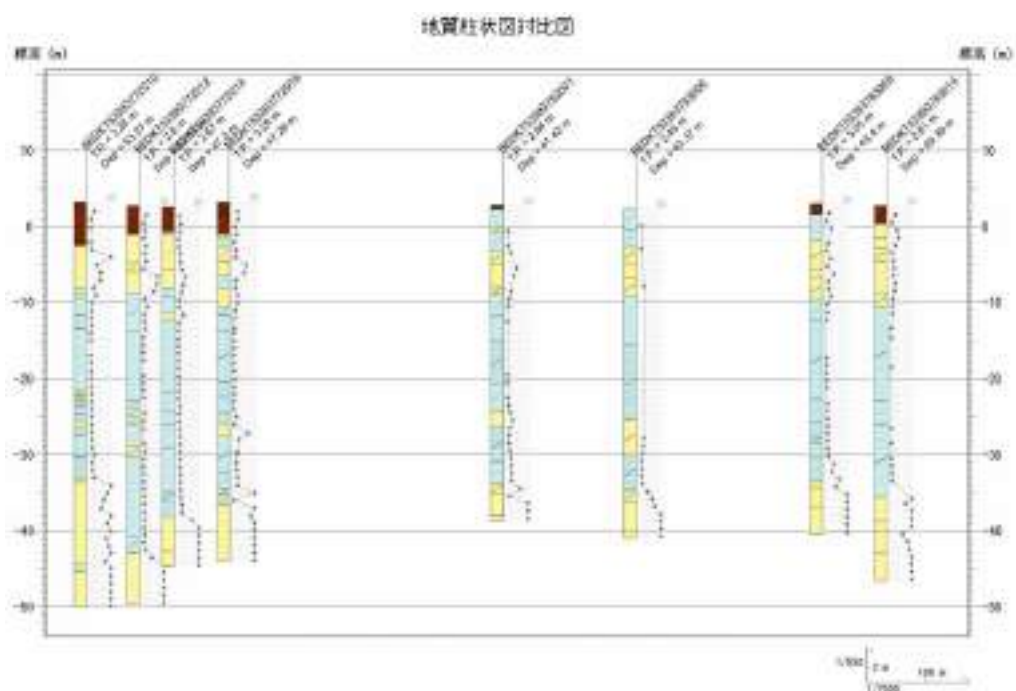


図 5.5.2.2-4 断面 A の柱状図

図 5.5.2.2-5 に浦安市内の地質断面線位置図を、図 5.5.2.2-6 及び図 5.5.2.2-7 に B-B、D-D における地質想定断面図を示す。埋設谷が確認されており、場所によって、構成される層厚が異なることが判る。

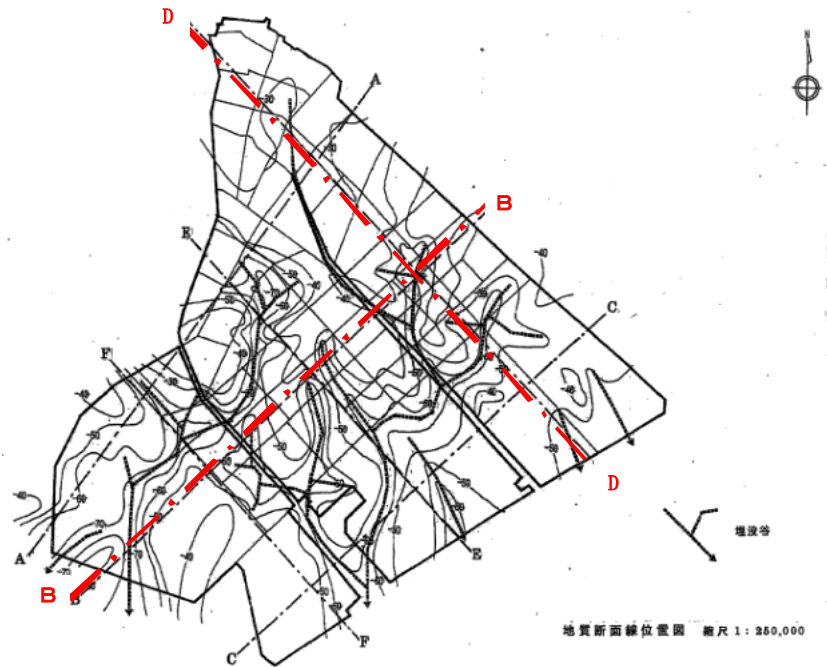


図 5.5.2.2-5 地質断面線位置図 5.5-8)

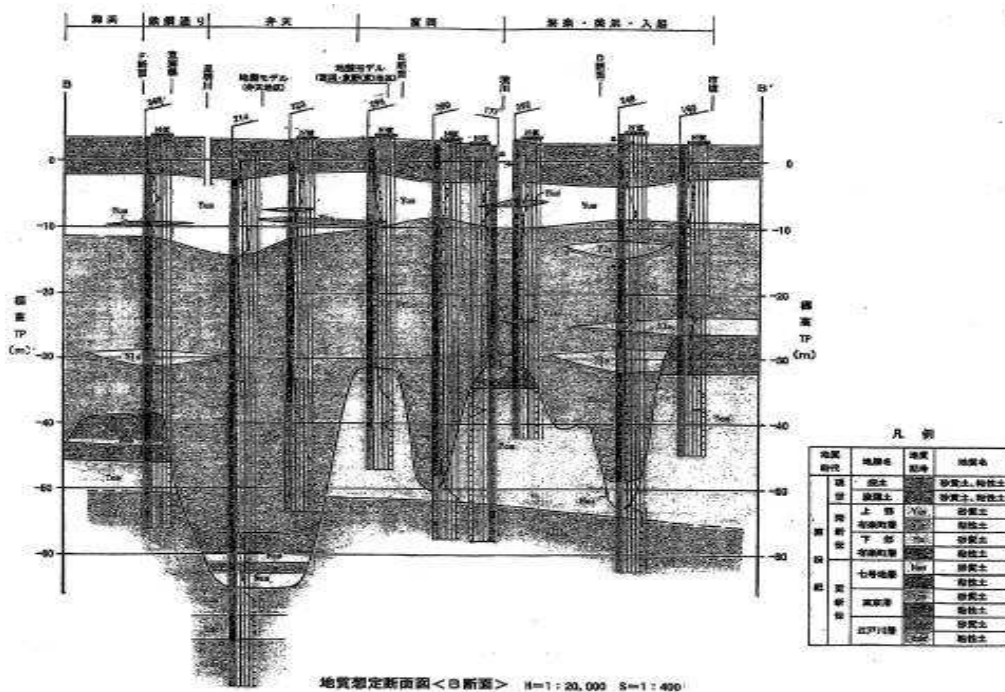


図 5.5.2.2-6 地質想定断面図 (B-B) 5.5-8)

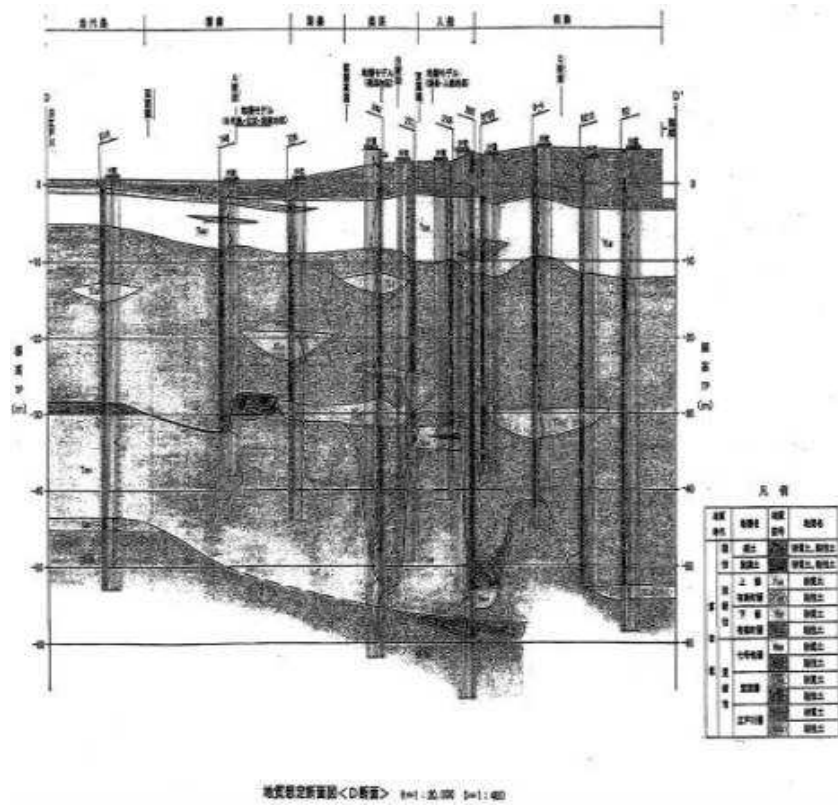


図 5.5.2.2-7 地質想定断面図 (D-D) 5.5-8)

図 5.5.2.2-8 に浦安市の液状化履歴図を示すが、1987 年の千葉県東方沖地震において、液状化発生が確認されている (図中番号の 1~4 及び 243, 244)。

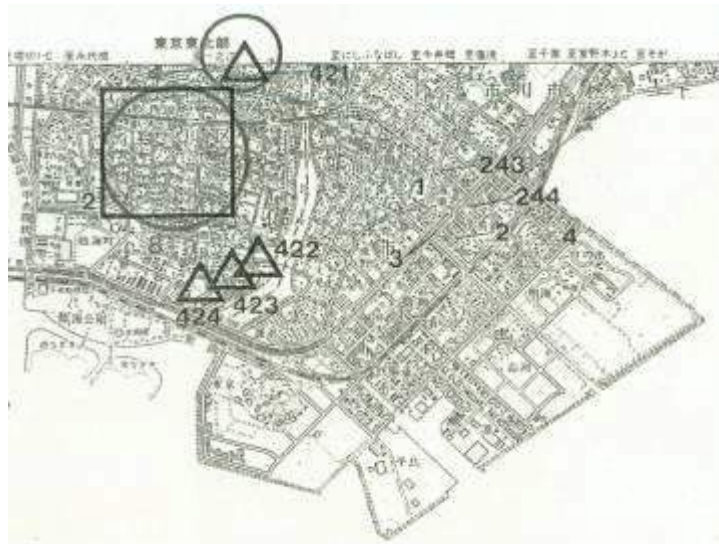


図 5.5.2.2-8 浦安市の液状化履歴 5.5-3)

(b) 被害概況

・ 美浜地区



写真 5.5.2.2-1 傾斜した住宅



写真 5.5.2.2-2 変形したフェンス



写真 5.5.2.2-3 沈下と敷地内噴砂の状況



写真 5.5.2.2-4 移動したカーポート

美浜地区においては、地下室のドライエリアを有する住宅で液状化に伴う沈下・傾斜が見られた(写真 5.5.2.2-1)。住宅の傾斜角度は約3度で、地下室が配置された部分が浮き上がり、他の部分が沈下して、傾斜したものと考えられる。この住宅の周囲では、側溝部分からの沈下や押されて基礎が変形したフェンス(写真 5.5.2.2-2)が見られた。また、液状化時に発生した噴砂が敷地内にそのままの住宅(写真 5.5.2.2-3)では、敷地内全体に噴砂に覆われていた。

液状化によりカーポートが破断した移動した建物も見られた(写真 5.5.2.2-4)。一体であったものが分断され約 50cm 移動しており、液状化に伴い地盤が移動したことによると考えられる。

・ 弁天地区



写真 5.5.2.2-5 沈下・傾斜した住宅

約2°傾斜した住宅



カーポートの噴砂

写真 5.5.2.2-6 沈下・傾斜した住宅と噴砂状況
(写真 5.5.2.2-5 の道路を挟んで向かい側の住宅)

約3°傾斜した住宅



写真 5.5.2.2-7 傾斜住宅の裏側の沈下状況
(写真 5.5.2.2-5 の被害住宅の裏側)

道路面との段差が著しい

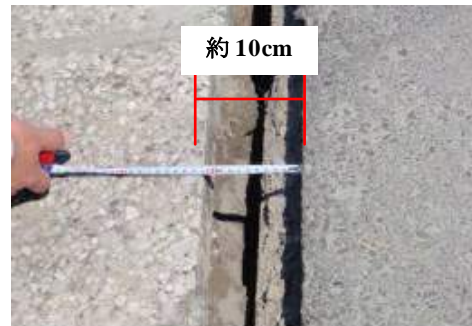


写真 5.5.2.2-8 道路と側溝の隙間

約10cm

弁天地区では、液状化による住宅の傾斜・沈下等が著しい区域が見られた(写真 5.5.2.2-5~写真 5.5.2.2-7)。また、液状化により地盤が沈下し、道路面が波打った状態や側溝と 10cm の隙間が発生しているところもあった(写真 5.5.2.2-8)。これらの被害は、傾斜した住宅の敷地境界を中心とした延長線上に集中していた。なお、住民からのヒアリングでは、被害の集中した直線上には過去に川が流れていたとのことである。

・ 舞浜地区



写真 5.5.2.2-9 バルコニー基礎部の被害



写真 5.5.2.2-10 傾斜した住宅

舞浜地区では、調査範囲において大きく傾斜した住宅は、見受けられなかったが、電柱の傾斜、地盤の沈下や噴砂跡が見られ、広域に渡って液状化が発生したものと推測される。(写真 5.5.2.2-9、10)

・ 今川地区



写真 5.5.2.2-11 右側に傾斜した道路



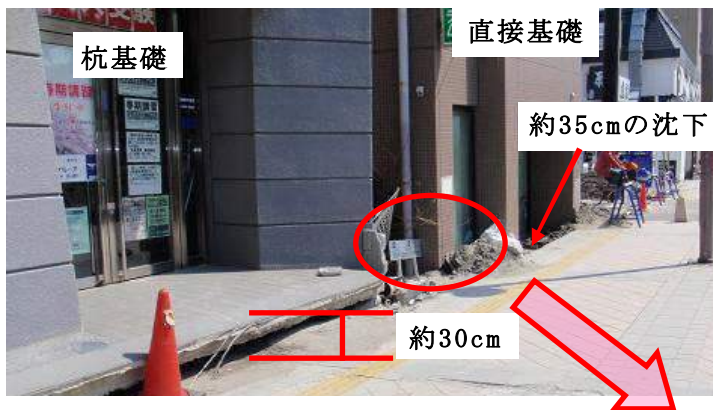
写真 5.5.2.2-12 破断した道路面



写真 5.5.2.2-13 左側が沈下・傾斜した住宅

今川地区では、液状化による地盤の沈下、地割れ、電柱の傾斜など地盤の変状に伴う現象が多く見られたが、調査範囲においては、住宅では軽微な沈下・傾斜が見られた程度であった。(写真 5.5.2.2-11～13)

・ 入船地区



杭基礎建物の側面

写真 5.5.2.2-14 支持機構による被害状況の違い



写真 5.5.2.2-15 沈下・傾斜した建物



建物間の状況

入船地区では、隣接して建設された直接基礎と杭基礎の建物で沈下状況の違いが見られた。直接基礎建物では前面の歩道面より約 35cm の沈下、杭基礎建物では 約 30cm の抜け上がりが確認された（写真 5.5.2.2-14）。その他にも、沈下・傾斜した建物が点在していた（写真 5.5.2.2-15）。

・ 日の出地区



写真 5.5.2.2-16 周辺地盤が沈下した建物



写真 5.5.2.2-17 設備配管の修復状況



写真 5.5.2.2-18 傾斜した住宅

日の出地区では、建物周囲の地盤が液状化により沈下し、抜け上がった建物が見られた（写真 5.5.2.2-16）。杭支持建物と考えられ、建物と地盤との相対沈下量は約 50cm であった。写真 5.5.2.1-17 に設備配管の修復状況を示すが、地盤が沈下、移動しているものと考えられる。また、この建物の周辺では、傾斜した住宅も見られた（写真 5.5.2.1-18）。

5.5.2.3 宮城・福島・栃木における造成宅地等の被害

(a) 宮城県仙台市青葉区折立5丁目付近

この地域は、北～北東向きの斜面地を開発して造成された大規模宅地の一角にある。外観目視による踏査の結果、図5.5.2.3-1に示す赤破線でハッチした範囲において、宅地盛土の斜面方向への滑動による地盤の変状と、それに伴う擁壁の損傷が多く見られた（写真5.5.2.3-1～8）。宅地に建つ住宅には、構造的な損傷が見られず移動・沈下・傾斜した場合（写真5.5.2.3-1, 3, 4）、構造的な大変形が見られた場合（写真5.5.2.3-5, 6）、基礎が破壊された場合（写真5.5.2.3-7, 8）など、いくつか異なる被災パターンが認められた。

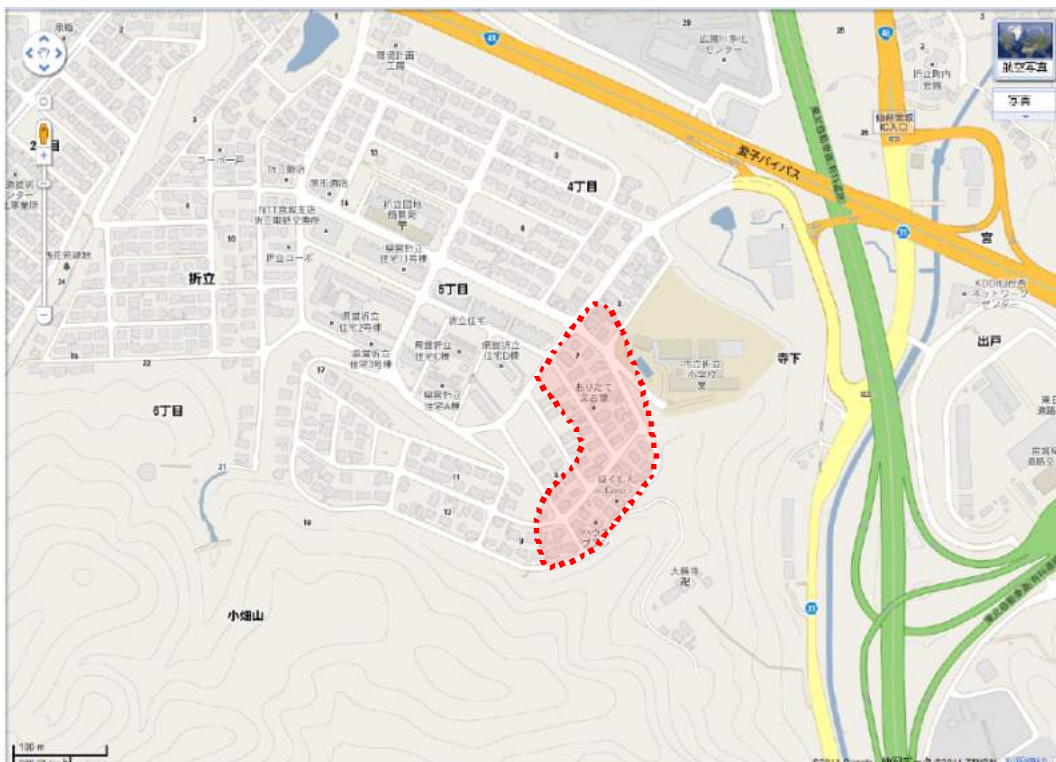


図 5.5.2.3-1 大きな被害の見られた範囲（宮城県仙台市青葉区折立5丁目付近）



写真 5.5.2.3-1 宅地盛土の滑動・地盤変状による擁壁の損傷と住宅の移動・傾斜



写真 5.5.2.3-2 宅地盛土の滑動・地盤変状の差異により生じた門柱の傾斜



写真 5.5.2.3-3 宅地盛土の滑動・地盤変状による住宅の移動・沈下・傾斜



写真 5.5.2.3-4 写真 5.5.2.3-3 の住宅と前面道路との間に生じた隙間



写真 5.5.2.3-5 宅地盛土の滑動・地盤変状による住宅の大変形



写真 5.5.2.3-6 宅地盛土の滑動・地盤変状による住宅（平屋）の大変形



写真 5.5.2.3-7 宅地盛土の滑動・地盤変状により被災した住宅（全景）



写真 5.5.2.3-8 写真 5.5.2.3-7 の住宅の宅地盛土の滑動・地盤変状による基礎の破壊

(b) 宮城県仙台市太白区青山2丁目および緑ヶ丘4丁目付近

この地域は、起伏のある丘陵地を開発して造成された大規模宅地の一角にある。外観目視による踏査の結果、図 5.5.2.3-2 に示す赤破線でハッチした範囲において、宅地盛土の斜面方向への滑动による地盤の変状と、それに伴う擁壁の損傷が多く見られた（写真 5.5.2.3-9～14）。緑ヶ丘4丁目の被災範囲は、1978年の宮城県沖地震時のそれと、ほぼ同じである。地形の起伏は、緑ヶ丘4丁目付近に比べて青山2丁目付近で大きく、青山2丁目付近では、盛土の大規模な滑动が生じた場所があった（写真 5.5.2.3-9）。ここでは、宅地に建つ住宅の上部構造・基礎とも、大きな変形・損傷が見られた。それ以外に盛土の滑动が生じた場所では、住宅の上部構造には変形・損傷が見られたが、基礎には顕著な被害が少ないように見えた（写真 5.5.2.3-10, 12）。また、青山2丁目付近では、高さが5mを超えるような宅地擁壁の損傷が見られた（写真 5.5.2.3-11, 13, 14）。



図 5.5.2.3-2 大きな被害の見られた範囲（宮城県仙台市太白区青山2丁目および緑ヶ丘4丁目付近）



写真 5.5.2.3-9 宅地盛土の滑动・地盤変状により被災した住宅群（青山2丁目付近）



写真 5.5.2.3-10 宅地盛土の滑动・地盤変状による住宅の変形（青山2丁目付近）



写真 5.5.2.3-11 写真 5.5.2.3-10の住宅の斜面側に位置する擁壁の損傷（青山2丁目付近）



写真 5.5.2.3-12 宅地盛土の滑動・地盤変状により被災した住宅（緑ヶ丘4丁目付近）



写真 5.5.2.3-13 宅地盛土の滑動・地盤変状による宅地擁壁の損傷（青山2丁目付近）



写真 5.5.2.3-14 宅地盛土の滑動・地盤変状による宅地擁壁の損傷（青山2丁目付近）

(c) 宮城県仙台市青葉区双葉ヶ丘1丁目付近

この地域は、東向きの斜面地を開発して造成された大規模宅地の一角にある。外観目視による踏査の結果、図 5.5.2.3-3 に示す赤破線でハッチした範囲において、宅地盛土の斜面方向への滑動による地盤の変状が見られた（写真 5.5.2.3-15～18）。宅地に建つ住宅には、構造的な大変形の見られた場合（写真 5.5.2.3-15、16）が比較的多かったが、構造的な損傷の見られなかった場合も散見された。また、周辺地盤の沈下・変状による住宅基礎とのギャップおよびライフラインの損傷が見られた（写真 5.5.2.3-17、18）。一方で、宅地の擁壁自体の損傷はほとんど見られなかったが、その上部に設置された（土留め）ブロック塀等の剥落・転落の痕跡が散見された（写真 5.5.2.3-19、20）。

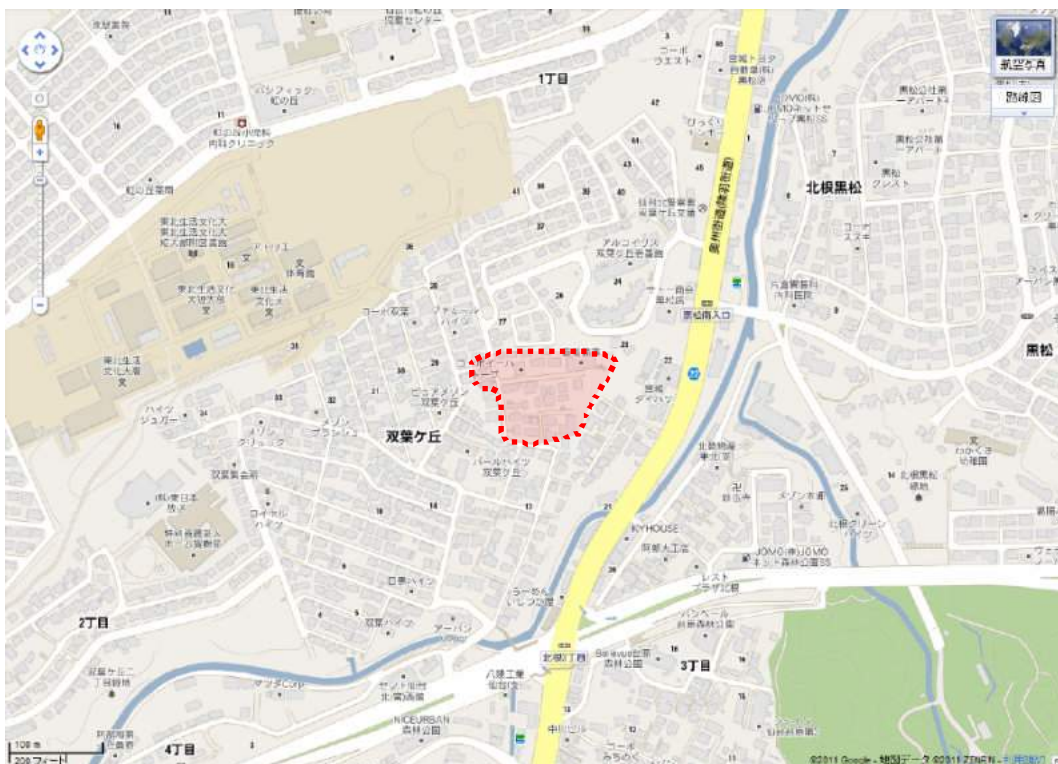


図 5.5.2.3-3 大きな被害の見られた範囲（宮城県仙台市青葉区双葉ヶ丘1丁目付近）



写真 5.5.2.3-15 宅地盛土の滑動・地盤変状による住宅の大変形



写真 5.5.2.3-16 宅地盛土の滑動・地盤変状による住宅の大変形



写真 5.5.2.3-17 周辺地盤の沈下・変状による住宅基礎とのギャップ



写真 5.5.2.3-18 周辺地盤の沈下・変状によるライフラインの損傷



写真 5.5.2.3-19 擁壁の上部に設置された土留めブロック塀の剥落の痕跡



写真 5.5.2.3-20 擁壁の上部に設置されたブロック塀の転落の痕跡

(d) 宮城県仙台市宮城野区高砂 2 丁目付近

この地域は、平野部に位置しており、造成宅地ではないが、外観目視による踏査の結果、図 5.5.2.3-4 に示す赤破線でハッチした範囲において、建物に対する地盤の相対沈下（数 cm~20cm 程度）が見られた（写真 5.5.2.3-21, 22, 24, 25）。この範囲内に位置する 14 階建て R/C 造集合住宅（L 字型に連結された 2 棟、ともに杭基礎：以下、建物 A）の 1 棟に、建物全体としての傾斜が見られた（写真 5.5.2.3-23、25, 26）。この傾斜の原因は、おそらく、杭に何らかの損傷が生じたためと推察される。この傾斜によって、建物 A の傾斜側の地表面に盤ぶくれが生じている（写真 5.5.2.3-27）。なお、建物 A の傾斜していない棟の 1 階では、非構造壁の損傷が見られた（写真 5.5.2.3-28）。

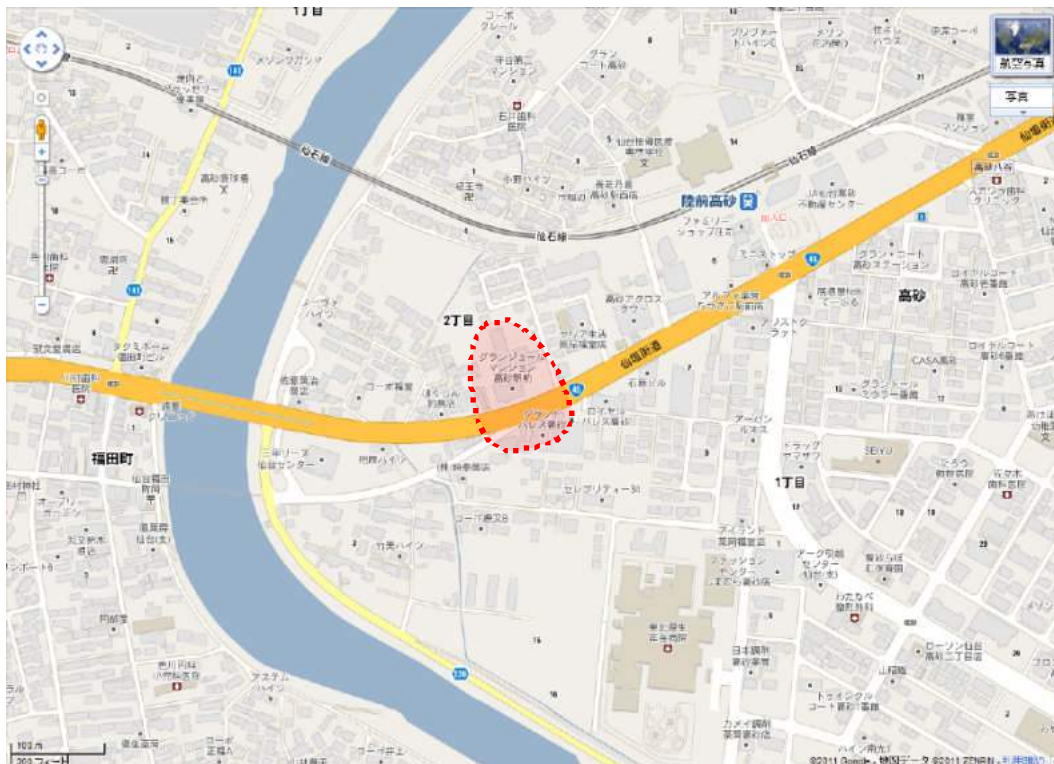


図 5.5.2.3-4 建物に対する地盤の相対沈下が見られた範囲（宮城県仙台市宮城野区高砂 2 丁目付近）



写真 5.5.2.3-21 建物に対する地盤の相対沈下（仙塩街道の南側）



写真 5.5.2.3-22 建物に対する地盤の相対沈下（仙塩街道の北側）



写真 5.5.2.3-23 建物 A の全景 (左側の棟が紙面左奥方向に傾斜)



写真 5.5.2.3-24 建物 A の傾斜していない棟に対する地盤の相対沈下



写真 5.5.2.3-25 建物 A の L 字型連結部に生じた隙間 (右側の棟が紙面右方向に傾斜)



写真 5.5.2.3-26 写真 5.5.2.3-25 の 1 階部分における 2 棟の隙間および地盤の相対沈下



写真 5.5.2.3-27 建物 A の傾斜側の地表面に生じた盤ぶくれ



写真 5.5.2.3-28 建物 A の傾斜していない棟の 1 階における非構造壁の損傷

(e) 宮城県白石市緑ヶ丘1-2丁目付近

この地域は、丘陵地を開発して造成された宅地である。外観目視による踏査の結果、図 5.5.2.3-5 に示す赤破線でハッチした範囲において、丘陵の斜面地および頂部付近での地割れ、宅地盛土の変状による住宅基礎および擁壁の損傷が見られた（写真 5.5.2.3-29～36）。このうち、緑ヶ丘1丁目の斜面地①は、1978年宮城県沖地震において大規模崩壊が生じた場所であるが、その時の地盤変状に比べれば、今回のそれは規模が小さい（写真 5.5.2.3-29, 30, 32）。また、丘陵の頂部付近③では、宅地盛土の変状によって、盛土擁壁の破壊（写真 5.5.2.3-31）、住宅基礎の損傷（写真 5.5.2.3-33～35）、盛土擁壁のはらみ出し（写真 5.5.2.3-36）などが生じた。



図 5.5.2.3-5 大きな被害の見られた範囲（宮城県白石市緑ヶ丘1-2丁目付近）



写真 5.5.2.3-29 緑ヶ丘1丁目の斜面地①および頂部に生じた地割れ（一部ブルーシート掛け）



写真 5.5.2.3-30 緑ヶ丘1丁目の斜面地①および頂部に生じた地割れ（一部ブルーシート掛け）



写真 5.5.2.3-31 写真 5.5.2.3-30 の住宅の盛土擁壁の破壊



写真 5.5.2.3-32 斜面地②の滑動・地盤変状による道路の陥没



写真 5.5.2.3-33 丘陵地の頂部付近③で宅地盛土の変状により被災した住宅



写真 5.5.2.3-34 写真 5.5.2.3-33 の住宅の基礎の損傷と盛土の変状



写真 5.5.2.3-35 写真 5.5.2.3-33 の住宅の基礎の損傷と盛土の変状



写真 5.5.2.3-36 写真 5.5.2.3-33 の住宅に隣接する盛土擁壁のはらみ出し

(f) 宮城県亶理郡山元町浅生原下宮前付近

この地域は、高台を開発して造成された宅地である。外観目視による踏査の結果、図 5.5.2.3-6 に示す赤破線でハッチした範囲において、高台の端部斜面の地すべり、およびそれに関連すると思われる地盤の変状が見られた(写真 5.5.2.3-37~42)。この地盤変状による住宅の被害は、写真 5.5.2.3-38~41 に示すごとく甚大で、数棟の住宅が斜面を滑り落ちかけている。一方で、地盤変状の見られない高台平地部の住宅の被害としては、振動によって、1 階の窓に取り付けられた障子が破れる程度であった(写真 5.5.2.3-43)。なお、この地域の陸前浜街道を隔てた北東側(海側)の地域では、津波によるとと思われる漂流物が地表面の広範囲に見られた(写真 5.5.2.3-44)。

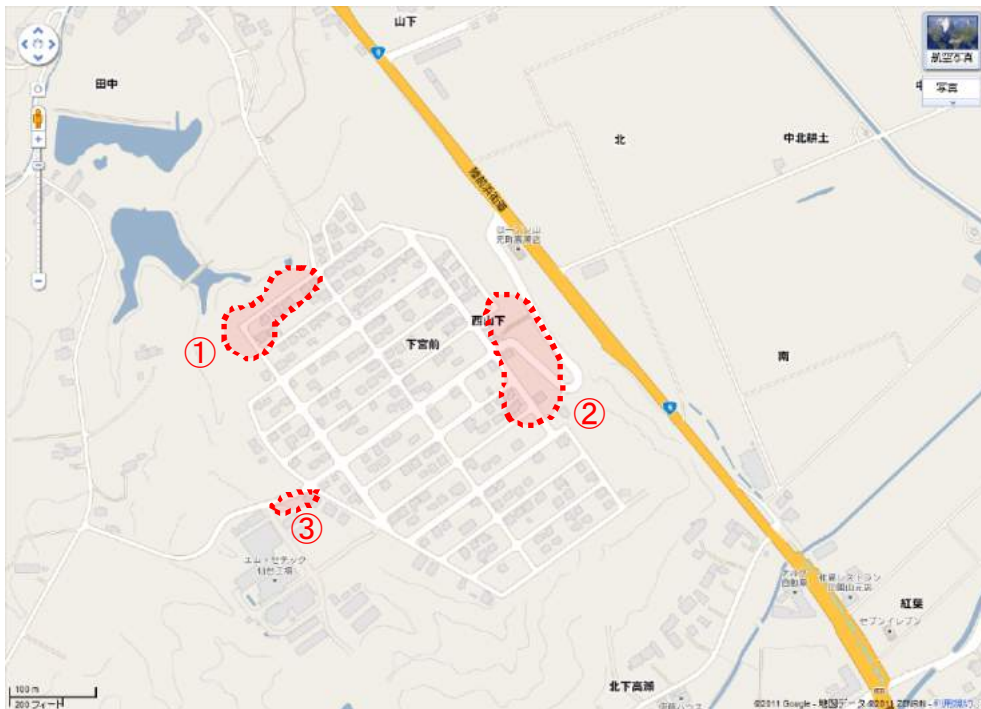


図 5.5.2.3-6 大きな被害の見られた範囲(宮城県亶理郡山元町浅生原下宮前付近)



写真 5.5.2.3-37 高台の端部斜面①の地すべり(ボーリング調査が行われている)



写真 5.5.2.3-38 写真 5.5.2.3-37 の地すべりに伴う地盤変状により被災した住宅



写真 5.5.2.3-39 高台の端部斜面①の地すべりによる盛土擁壁の破壊と住宅の傾斜



写真 5.5.2.3-40 写真 5.5.2.3-39 の盛土破壊（沈下）により露出した住宅基礎



写真 5.5.2.3-41 高台の端部斜面②の地すべりに関連すると思しき地盤変状による宅地被害



写真 5.5.2.3-42 地盤変状③により押し潰された道路の側溝



写真 5.5.2.3-43 高台平地部の住宅の被害（障子の破れ）



写真 5.5.2.3-44 陸前浜街道（手前の道路）を隔てて北東側（海側）の地域を高台より臨む

(g) 福島県福島市伏拝沼ノ上付近

この地域は、丘陵地を開発して造成された大規模宅地の一角にある。外観目視による踏査の結果、図 5.5.2.3-7 に示す赤破線でハッチした範囲において、丘陵の斜面地の地すべりによる地盤の変状が見られた（写真 5.5.2.3-45～49）。この地盤変状による住宅の被害は、写真 5.5.2.3-45～49 に示すごとく甚大で、多くの住宅が斜面を滑り落ちかけている。一方で、丘陵の頂部付近の住宅の被害としては、宅地盛土の若干の変状に伴う程度のものであった（写真 5.5.2.3-50）。

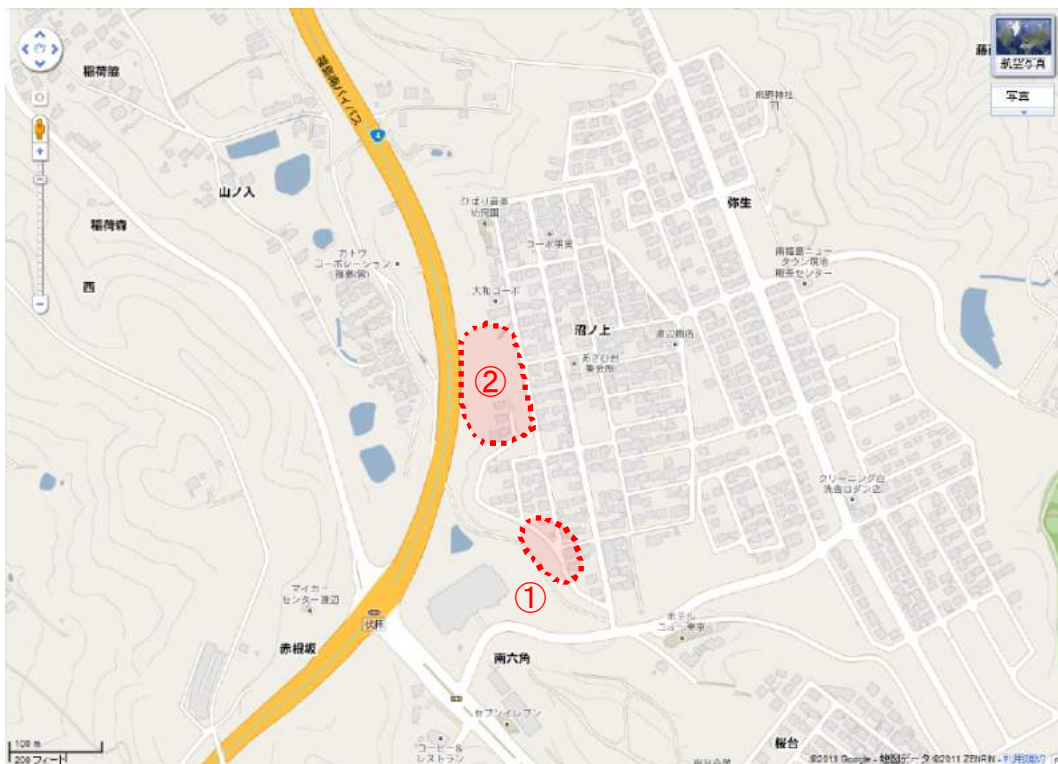


図 5.5.2.3-7 大きな被害の見られた範囲（福島県福島市伏拝沼ノ上付近）



写真 5.5.2.3-45 丘陵の南西側の斜面地①の地すべりとそれによる住宅の被害



写真 5.5.2.3-46 丘陵の南西側の斜面地①の地すべりと滑り落ちかけた住宅



写真 5.5.2.3-47 丘陵の西側の斜面地②の大規模地すべりの全景



写真 5.5.2.3-48 写真 5.5.2.3-47 の地すべりの頂部を臨む



写真 5.5.2.3-49 写真 5.5.2.3-47 の地すべりで滑り落ちかけた住宅



写真 5.5.2.3-50 丘陵の頂部付近の宅地盛土の変状による被害

(h) 栃木県矢板市中付近

この地域は、周辺の地形から推察するのは容易でないが、おそらく、平地から沼地にかけての一部を開発して造成された宅地と想像される。外観目視による踏査の結果、図 5.5.2.3-8 に示す赤破線でハッチした範囲において、宅地盛土の沼地側への滑動による地盤の変状が見られた(写真 5.5.2.3-51、53～56)。この地盤変状による住宅の被害は、写真 5.5.2.3-52～56 に示すごとく、他の(a)-(g)の地域に比べて、軽微であるように見えた。

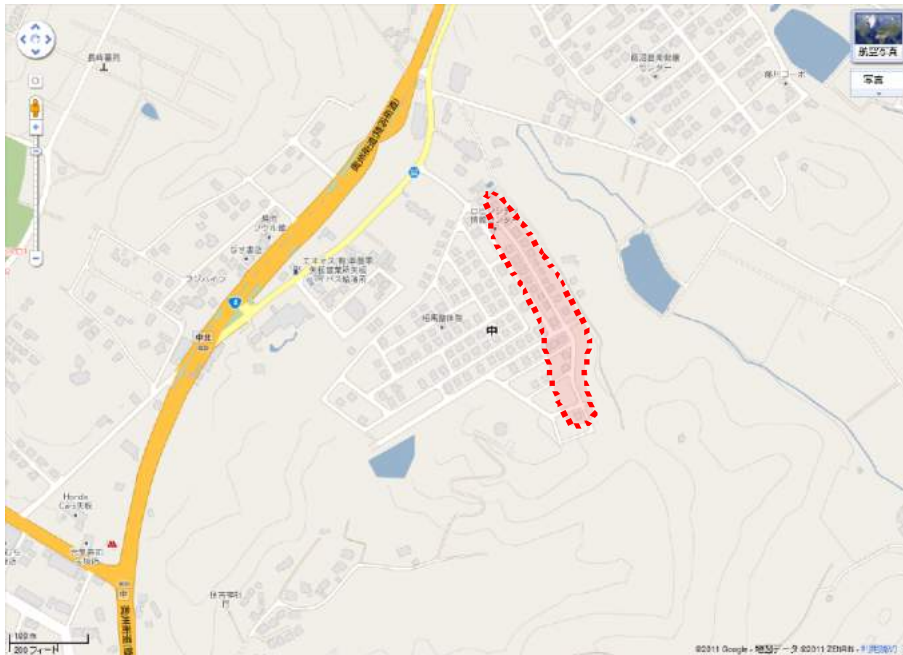


図 5.5.2.3-8 被害の見られた範囲（栃木県矢板市中付近）



写真 5.5.2.3-51 宅地盛土の沼地側（紙面の右側）への滑動による地盤の変状と、それに伴う擁壁の被害（ブルーシート掛け）



写真 5.5.2.3-52 写真 5.5.2.3-51 の住宅（沼地側（紙面の右側）に傾斜している）



写真 5.5.2.3-53 写真 5.5.2.3-52 の住宅の地盤の変状



写真 5.5.2.3-54 住宅に対する地盤の相対沈下



写真 5.5.2.3-55 宅地地盤の変状による損傷



写真 5.5.2.3-56 地割れの痕跡

5.5.3 まとめ

東北地方太平洋沖地震における宅地地盤及び基礎の被害に関して、液状化の被害（利根川流域及び東京湾岸区域）、造成宅地等の被害（宮城、福島、栃木）について、外観目視を中心とした調査を実施した。調査範囲の被害状況の概要は以下のとおりであった。

- ・ 液状化被害について：

利根川流域及び東京湾岸区域においては、液状化に伴う噴砂や地盤変状などの広域的な被害の発生を確認した。傾斜の大きな建築物も見られたが、その場合でも基礎部分に関しては、調査した範囲では外観上は基礎のひび割れ、亀裂等は見られなかった。

今回の地震において発生した広域的な被害（建築物（構造体）以外の道路や下水道などインフラ関連の被害も含む）に関しては、液状化メカニズムの検討（特に地震動の継続時間や液状化層の判定）が必要であると考えられる。また、液状化発生地域であっても極端に周囲と比べて被害の大小に差が生じた場合もあることから、個々の宅地における液状化判定や対策の選定手法についても、検討が必要である。

- ・ 宅地地盤被害について：

高台となる造成宅地（とくに辺縁部）を中心に、地盤の滑り出し等の変状を伴う大きな被害が見られた。また、過去に被害を生じた造成地で、再び変状が発生した地域も見られた。

大規模な被害を受けた宅地で、基礎下の地盤が崩落していた状態でも、基礎の一体性が確保されていたものがあり、地盤変状のメカニズムの検討以外に、被災地域における基礎仕様の実態についての調査が必要であると思われる。

参考文献

- 5.5-1 国土地理院、2万5千分の1旧版地形図（竜ヶ崎）、昭和34年1月30日
- 5.5-2 国土地理院、2万5千分の1旧版地形図（小林）、昭和34年1月30日
- 5.5-3 若松加寿江、日本の地盤液状化履歴図、東海大学出版会
- 5.5-4 国土地理院、2万5千分の1旧版地形図（潮来）、昭和46年6月30日
- 5.5-5 国土地理院、数値地図25000（土地条件）東日本（図名：潮来）、平成18年3月1日
- 5.5-6 国土地理院、2万5千分の1旧版地形図（佐原東部）、昭和48年11月30日
- 5.5-7 国土地理院、2万5千分の1旧版地形図（常陸鹿島）、昭和52年10月30日
- 5.5-8 浦安市史
- 5.5-9 神保廣光、木村孝範、宅地造成（臨海部）における地盤改良工法→浦安東地区、みなとみらい21地区-、土木技術、pp.56、1994年4月

5.6 非構造部材の被害

5.6.1 調査概要

東北地方太平洋沖地震発生後に国土技術政策総合研究所および建築研究所が行った地震動による建築物の被害に関する調査は、2.2 節に示す通りである。非構造部材の被害の概要調査は、各地域における建築物の地震動による被害の概要調査（2.2.3、2.2.4、2.2.5、2.2.7 項）、茨城県内の学校体育館を中心とした地震動による建築物等の被害の概要調査（2.2.11 項）、茨城県水戸市内の比較的小規模な学校体育館を中心とした地震動による建築物等の被害の概要調査（2.2.18 項）および地震動による建築物等の被害調査（2.2.1 項）の際に実施している。その他、木造住宅を中心とした建築物の地震動による被害調査（2.2.3、2.2.8 項）においても一部、非構造部材の被害の概要調査を実施している。

本節では、宮城県、福島県、茨城県の3県において概要調査を実施した建築物の内、層崩壊などの被害を生じていない建築物を主な対象として、外装材・帳壁、開口部、その他の非構造部材について被害概要を記述する。茨城県については特に、体育館における非構造部材の被害と、茨城空港ターミナルビルにおける非構造部材の被害について、合わせて記述する。

5.6.2 宮城県内で見られた非構造部材の被害

外装材・帳壁

外装材・帳壁の被害としては、外壁タイルの脱落被害、ラスモルタル外壁の損傷・脱落被害、ALCパネルの損傷・脱落被害などが多く確認された。

写真 5.6-1 は8階建ての建物の低層部で見られた外壁タイルの脱落被害であり、落下による被害を防止するためのネットが掛けられていた。写真 5.6-2 は建物エントランス上部の庇に相当する箇所にある円筒状のRC造外壁に張られていた外壁タイルが脱落しており（写真の赤点線円内）、前述した被害同様、落下による被害を防止するためのネットが掛けられていた。



写真 5.6-1 外壁タイルの脱落被害



写真 5.6-2 外壁タイルの脱落被害

写真 5.6-3、4 は、ラスモルタル外壁の脱落被害である。写真 5.6-3 は2階建ての建物で表通り側のラスモルタル外壁が脱落した被害である。写真 5.6-4 は2階建ての建物で隣地に面したラスモルタル外壁が脱落した被害であり、外壁の下に張られた板材が部分的に脱落せずに残っていた。



写真 5. 6-3 ラスモルタル外壁の脱落被害



写真 5. 6-4 ラスモルタル外壁の脱落被害

写真 5. 6-5～9 は ALC パネルによる外壁の被害である。写真 5. 6-5 は 3 階建ての建物で ALC パネルの接合箇所にはひび割れが見られ (赤点線楕円内)、脱落の危険性がある。写真 5. 6-6 と写真 5. 6-7 はそれぞれ 2 階建てと 3 階建ての建物の ALC パネルの脱落被害であり、脱落した ALC パネルの詳細より、挿入筋構法によるものであることが確認された。写真 5. 6-8 は 8 階建ての百貨店の高層部からの外装材の脱落であり、ALC パネルとその上部の外装材が脱落している。写真 5. 6-9 は 2 階建ての駐車場の看板部分の ALC パネルの脱落である。



写真 5. 6-5 ALC パネルの損傷被害



写真 5. 6-6 (左) 写真 5. 6-7 (右) ALC パネルの脱落被害



写真 5. 6-8 ALC パネルの脱落被害



写真 5. 6-9 ALC パネルの脱落被害

開口部

開口部の被害としては、各所でガラスの破損が多く見られた。

写真 5.6-10 は5階建ての建物の低層部分にある風除室上部におけるガラス破損の被害であり、同じ建物の側面部において外壁タイルの脱落などが確認されている。写真 5.6-11 では8階建ての建物において塔屋がある箇所のエレベーター周りのガラスが最上部で破損・脱落している。



写真 5.6-10 建物の低層部のガラスの破損



写真 5.6-11 エレベーター周りのガラス被害

その他

写真 5.6-12 は10階建てと15階建ての住棟が接続する集合住宅のエキスパンションジョイント部での被害であり、これらの建物では多くの非構造 RC 壁にせん断破壊が確認されている。写真 5.6-13 はガソリンスタンドの天井の被害である。天井板が脱落しており、天井に設置されていた照明も一緒に脱落している。



写真 5.6-12 エキスパンションジョイント部での被害



写真 5.6-13 ガソリンスタンドの天井の被害

5.6.3 福島県内で見られた非構造部材の被害

外装材・帳壁

外装材・帳壁の被害としては、外壁タイルの脱落被害、ラスモルタル外壁の損傷・脱落被害、ALCパネルの損傷・脱落被害などが多く確認された。

写真 5.6-14 は10階建てのRC造建築物の中低層部分で見られた外壁タイルの脱落被害である。連層壁の3階部分に曲げせん断ひび割れが、また桁行き方向の非構造壁にせん断ひび割れが生じているの

が確認されている。

写真 5.6-15～17 はラスモルタル外壁の脱落被害である。写真 5.6-15 は4階建て建物の1階部分のラスモルタル外壁の脱落被害である。窓サッシ、ALC パネルによりその他の外壁箇所が構成されており、ALC パネルの隅部やジョイント部でひび割れなどの被害が見られる。写真 5.6-16 は3階建ての建物のラスモルタル外壁の脱落被害である。写真右側に見える窓サッシによる開口部はL字型平面となっており、窓ガラスには被害は見られないものの、パラペット部分においても外壁のラスモルタルが脱落している。写真 5.6-17 は3階建ての建物2棟を繋ぐ、鉄骨造による渡り廊下におけるラスモルタル外壁の脱落である。



写真 5.6-14 外壁タイルの脱落被害



写真 5.6-15 ラスモルタル外壁の脱落被害



写真 5.6-16 ラスモルタル外壁の脱落被害



写真 5.6-17 ラスモルタル外壁の脱落被害

写真 5.6-18～21 はALC パネルによる外壁の脱落被害である。写真 5.6-18 は3階建ての建物での被害であり、外壁各面のALC パネルが接合部でひび割れを生じたりパネルが外れたりしており、写真に示した塔屋がある箇所ではパネルが多く脱落している。建物前面ではガラスが割れるなどの被害を生じている。写真 5.6-19 は3階建ての建物での被害であり、外壁各面のALC パネルの接合部でひび割れを生じるなどしており、写真に示す面ではALC パネルが全面的に脱落している。窓サッシで構成されているガラス開口部もあり、こちらについては被害を生じていない。写真 5.6-20 は3階建ての建物での被害であり、外壁各面のALC パネルにおいて、接合部のひび割れ、パネルの外れ、外部階段との取り合い箇所での脱落などが確認された。写真に示したものはパラペット部分でのパネルの脱落であり、脱落箇所の下にあるガラスにも被害を生じている。写真 5.6-21 は5階建ての建物の最上階の外壁におけるALC パネルの脱落である。これら4つの建物の被害については、損傷した箇所の詳細より、挿入

筋構法によるものであることが確認された。



写真 5.6-18 ALC パネル外壁の脱落被害



写真 5.6-19 ALC パネル外壁の脱落被害



写真 5.6-20 ALC パネル外壁の脱落被害



写真 5.6-21 ALC パネル外壁の脱落被害

開口部

写真 5.6-22 は6階建ての建物エントランスの風除室で欄間のはめ殺し窓に生じたガラスの被害であり（ひび割れの状況を黄色破線で示している）、隅部分の4枚のガラスが損傷している。写真 5.6-23 は運動施設で見られた大小2つの体育館のはめ殺し窓のガラス被害のうち、小体育館の被害である。いずれも外観上で躯体の被害は認められないが、ガラスが破損し、多数の破片が地上に落下していた。



写真 5.6-22 建物入口のガラスの被害



写真 5.6-23 体育館の窓ガラスの被害

その他

写真 5.6-24 は9階建ての集合住宅で見られた非構造 RC 造壁に隣接する玄関ドアが面外に変形した被害である。建物内では開閉不能な玄関ドアもあり、壊れた壁に取り付く窓サッシも著しい変形を受けるなどしていた。

写真 5.6-25 は4階建ての建物の1階テラス部分で見られた軒天井の脱落被害である。建物に向かって野縁が突き当たるような配置となっており、建物との取り合い付近において、野縁が折れ曲がるとともに、天井板が脱落している。



写真 5.6-24 玄関ドアの被害



写真 5.6-25 軒天井の被害

5.6.4 茨城県内で見られた非構造部材の被害

茨城県内で見られた非構造部材の被害については、宮城県、福島県と同じく部位毎に被害の概要を記述するとともに、体育館における非構造部材の被害と、茨城空港ターミナルビルにおける非構造部材の被害について、特に取り上げて記述する。

外装材・帳壁

写真 5.6-26 は11階建ての建物の中層部分において見られた外壁タイルの脱落被害である。反対側の外壁には開口部は少なく、同様の被害は確認されなかった。写真 5.6-27 は8階建ての建物の3～6階に見られた外壁タイルの被害であり、補修の跡が見られた。



写真 5.6-26 外壁タイルの被害



写真 5.6-27 外壁タイルの被害

写真 5.6-28 は 2 階建ての建物のラスモルタル外壁の脱落被害である。写真 5.6-29 は 4 階建ての建物の 3 階と 4 階の間のラスモルタル外壁の脱落被害である。建物の 2 階は窓ガラスが破損しており、開口部が板で覆われていた。



写真 5.6-28 ラスモルタル外壁の脱落被害



写真 5.6-29 ラスモルタル外壁の脱落被害

写真 5.6-30 は 3 階建ての建物の外壁の被害である。ALC パネルの上にタイルを張った外壁であり、外壁各面においてタイルの脱落やパネル隅部の欠けが見られ、写真に写っている面の右側面の外壁では ALC パネルが脱落している。写真の丸破線内では ALC パネルが破損して軽量気泡コンクリートが脱落し、パネル補強材である内部の鉄線が見えている。写真 5.6-31 は 6 階建ての自走式駐車場の外壁の被害であり、詳細から挿入筋構法による ALC パネルの外壁であることが確認された。



写真 5.6-30 ALC パネル外壁の被害



写真 5.6-31 ALC パネル外壁の被害

開口部

写真 5.6-32 は 3 階建ての学校校舎の 3 階における窓ガラスの被害である。写真 5.6-33 は体育館に附属する入口部分のガラス被害であり、硬化性パテによりとめつけられていた。写真 5.6-34 は 3 階建ての建物の 2 階部分でのガラス被害である。写真 5.6-35 は 6 階建ての建物の 1 階部分のガラス開口部被害である。ガラススクリーン工法による開口部であり、写真の赤破線円内において、ガラス方立が破損していた（ガラス破損部に隣接してある単管パイプは工事用仮設であり、地震後に設置されたものである）。



写真 5. 6-32 窓ガラスの被害



写真 5. 6-33 窓ガラスの被害



写真 5. 6-34 窓ガラスの被害



写真 5. 6-35 ガラススクリーンの被害

内装材

写真 5. 6-36 は天井の被害である。天井面の下に設けられた間仕切りの上部での被害であり、野縁の曲げ、天井板の破損や脱落が確認された。写真 5. 6-37 は、4階建ての建物と2階建ての建物を接続する箇所における天井の被害であり、天井下地材はそのまま残っていた。



写真 5. 6-36 間仕切り上部での天井の被害



写真 5. 6-37 建物接続箇所での天井の被害

体育館等における非構造部材の被害

茨城県内の体育館等の被害調査で見られた非構造部材の被害について、部位別に概要を記述する。

調査した体育館等は格技場、小学校の体育館、中学校の体育館、高等学校の体育館など、規模の小さいものから大きなものまであり、天井の工法は、木下地によるもの（写真 5.6-38）、在来工法によるもの（写真 5.6-39～46）、システム天井（写真 5.6-47）によるものなど様々で、下から見上げた際に見える天井材の種類も、穴あき合板（写真 5.6-38、41、46）、吸音せつこうボード（写真 5.6-40 の勾配箇所、写真 5.6-42、44）、ロックウール吸音板（写真 5.6-39）、グラスウール板（写真 5.6-47）、波形の鋼板（写真 5.6-40 の天井中央部分の平坦な部分）など様々であった。被害の程度も部分的な損傷（写真 5.6-42～45）から全面的な脱落（写真 5.6-38～40）まで様々であった。

(a) 天井

写真 5.6-41 は天井板の脱落等の顕著な被害は外観からは確認されていないものの、写真の点線楕円部分について天井面が下に垂れ下がっており、天井裏での天井下地材の外れなどが考えられる。写真 5.6-42 の体育館では、天井が妻壁と取り合う端部で損傷しており、野縁の曲がりや天井板の破損・脱落が見られた。写真 5.6-44 は天井の面積は狭いものの、天井端部で破損・垂れ下がりなどの被害が見られた。写真 5.6-45 は、構造体の耐震補強を行った体育館の天井被害であり、天井端部と周囲の壁の間に 5 cm 程度の隙間を設けて、取り合い部カバーで納めていたものであり、地震によってカバーの部材が脱落していた。写真 5.6-47 の屋根を構成する立体トラスは支承部のコンクリートが剥落していた。



写真 5.6-38 木下地による天井の脱落被害



写真 5.6-39 在来工法による天井の脱落被害



写真 5.6-40 在来工法による天井等の脱落被害



写真 5.6-41 在来工法による天井の天井面の異状



写真 5. 6-42 在来工法による天井の端部での被害

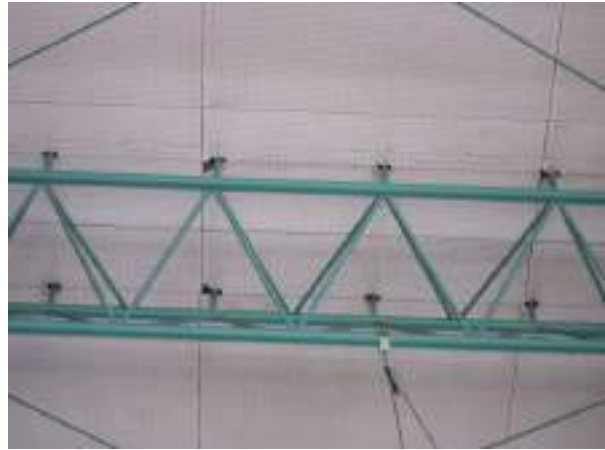


写真 5. 6-43 在来工法による天井の取り付け部の損傷



写真 5. 6-44 在来工法による天井の周辺部の被害



写真 5. 6-45 在来工法による天井の周辺部の被害



写真 5. 6-46 天井板のとめつけ箇所での浮き



写真 5. 6-47 グラスウール板の脱落

軒天井における被害も幾つか見られた。写真 5. 6-48 は体育館の在来工法による軒天井の被害であり、天井板が破損・脱落している。写真 5. 6-49 は格技場の軒天井の被害であり、軒天井を構成するラスモルタルのモルタル部分が脱落している。



写真 5. 6-48 在来工法による軒天井の被害



写真 5. 6-49 ラスモルタルによる軒天井の被害

(b) 内壁

内壁の被害が幾つかの体育館で確認された。写真 5. 6-50 の被害では舞台上部の内壁が支持部から外れてアリーナの方に傾いてきている。写真 5. 6-51 では舞台上部の内壁からモルタル塗りの壁が脱落している。写真 5. 6-52 の被害では、アリーナの内壁に設置されているバスケットゴール3箇所の中の2箇所、支持部周辺で内壁がはらみだしてロープで応急の支持がなされていた。写真 5. 6-53 では、アリーナの内壁の内装板について、釘によるとめつけ部が浮いていた。



写真 5. 6-50 舞台上部の内壁での被害



写真 5. 6-51 舞台上部の内壁の脱落被害



写真 5. 6-52 バスケットゴール周辺の内壁の被害



写真 5. 6-53 アリーナ内壁の浮き

(c) 開口部

開口部のガラスは硬化性パテどめによるガラスの被害が多く見られた。被害が見られたものは、硬化性パテどめのガラス (写真 5.6-54)、グレイジングガスケットを用いたはめ殺し窓のガラス (写真 5.6-55)、グレイジングガスケットを用いた引違い窓の網入りガラス (写真 5.6-56)、グレイジングガスケットを用いた両開きドアのガラス (写真 5.6-57 の点線円内)、硬化性パテを用いた鋼製サッシによる大開口のはめ殺し窓のガラス (写真 5.6-58) と、サッシ種類、ガラス種類、とめつけ方法など様々であった。



写真 5.6-54 硬化性パテどめによるガラスの被害



写真 5.6-55 はめ殺し窓のガラスの被害



写真 5.6-56 引違い窓の網入りガラスの被害



写真 5.6-57 両開きドアのガラスの被害



写真 5.6-58 鋼製サッシによる窓のガラスの被害

開口部の窓サッシ自体の被害も見られた。写真 5.6-59 では窓サッシが上部で外れ、外側に向かって倒れている。桁行方向の開口部の両側とも、桁行長さの中央付近について同様の被害が生じている。写真 5.6-60 では窓サッシの方立カバーが脱落しており、他 1 箇所の方立カバーが外れかかっていた。

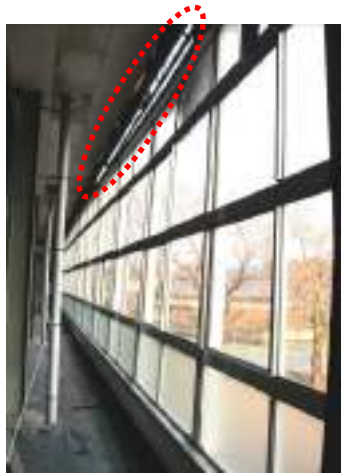


写真 5. 6-59 窓サッシの外側への倒れ

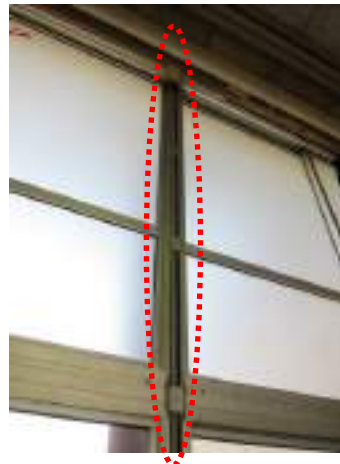


写真 5. 6-60 窓サッシの方立カバーの脱落

(d) 外装材

外装材の被害を写真 5. 6-61～64 に示す。写真 5. 6-61 では外装板が破損・脱落している。写真 5. 6-62、63 ではラスモルタル外壁の脱落が見られた。ラスモルタル外壁の脱落は、体育館等以外の建物の外装の地震被害でも多く確認されている。写真 5. 6-63 では、ラスモルタル外壁の上に木製胴縁をとめつけ、その上に外装板を張っており、地震により、ラスモルタル外壁、外装板ともに脱落している。写真 5. 6-64 では金属サイディングが部分的に外れている。



写真 5. 6-61 外装板の破損・脱落



写真 5. 6-62 ラスモルタル外壁の被害



写真 5. 6-63 外装板とラスモルタル外壁の被害



写真 5. 6-64 外壁の金属サイディングの外れ

茨城空港ターミナルビルにおける天井の被害

茨城空港（茨城県小美玉市）のターミナルビル（写真 5.6-65, 66）は鉄骨造 2 階建て（一部 3 階建て）であり、平成 22 年 3 月に竣工した（空港の概要は 5.6-1 および 5.6-2 を参照）。平面模式図を図 5.6-1 に示す。建物の平面形状は矩形に近く、その長辺が概ね南北方向を向いている。西側にある 1 階の入口から入るとすぐ出発ロビーとなっており、その上部が吹き抜けになっている。

東北地方太平洋沖地震では、茨城空港のある小美玉市では気象庁発表によると震度 6 強が記録されており、同市西の石岡市では同じく震度 6 弱、同市東の鉾田市では震度 6 強が記録されている。この地震により茨城空港ターミナルビルの吹き抜けロビーで天井脱落等の被害が発生した。地震時に停電が発生したが、空港の基本施設が使用可能であったため成田空港ほかからの航空機の着陸のために夕方まで営業したものの、天井落下と停電により地震翌日の 3 月 12 日からターミナルビルの営業ができなくなり全便欠航となった。地震翌日の現地調査により、以下のような被害が確認された。



写真 5.6-65 茨城空港ターミナルビル外観



写真 5.6-66 出発ロビー（黄点線が脱落箇所）

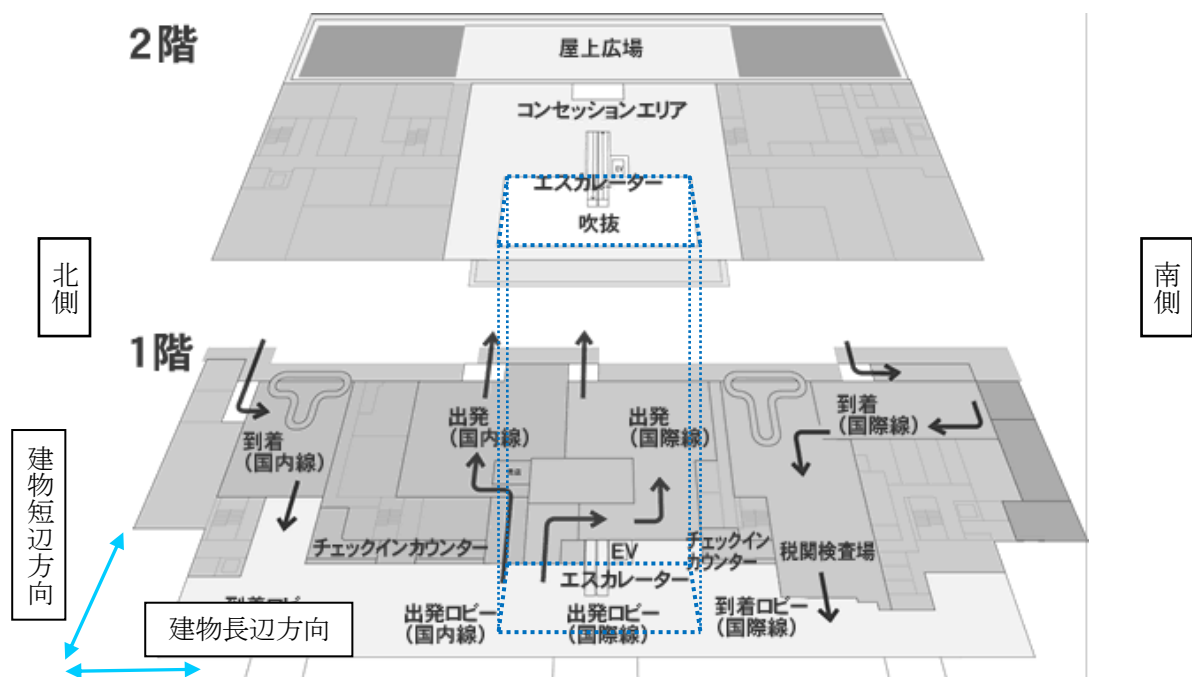


図 5.6-1 茨城空港ターミナルビル平面模式図（青点線箇所が出発ロビーの吹き抜け部） 5.6-2)

□出発ロビー吹き抜けの天井の概要

ターミナルビル吹き抜け部分2階の天井伏図の概要を図5.6-2に示す。図5.6-2で、一点鎖線は鉄骨大梁の通りを、天井A～Gは天井が張られた箇所を、網掛け部分は天井がなく照明等が設置された箇所を、それぞれ示している。

天井A～Gは天井用鋼製下地材を用いた在来工法の天井である。それぞれ長さは約11mであり、幅は、天井AおよびGが約1.5m、天井B～Fが約3mである。調査当日の実測によれば、ターミナルビルの床から天井面まで約8.3m、床から吊り元まで約9.9mであった。これから、天井の吊り長さ（懐の深さ）は約1.6mとなる。

天井の構成について、在来工法による天井の一般的な構成を図5.6-3に、脱落した天井Bの概要を図5.6-4に示し、その詳細について記述する。

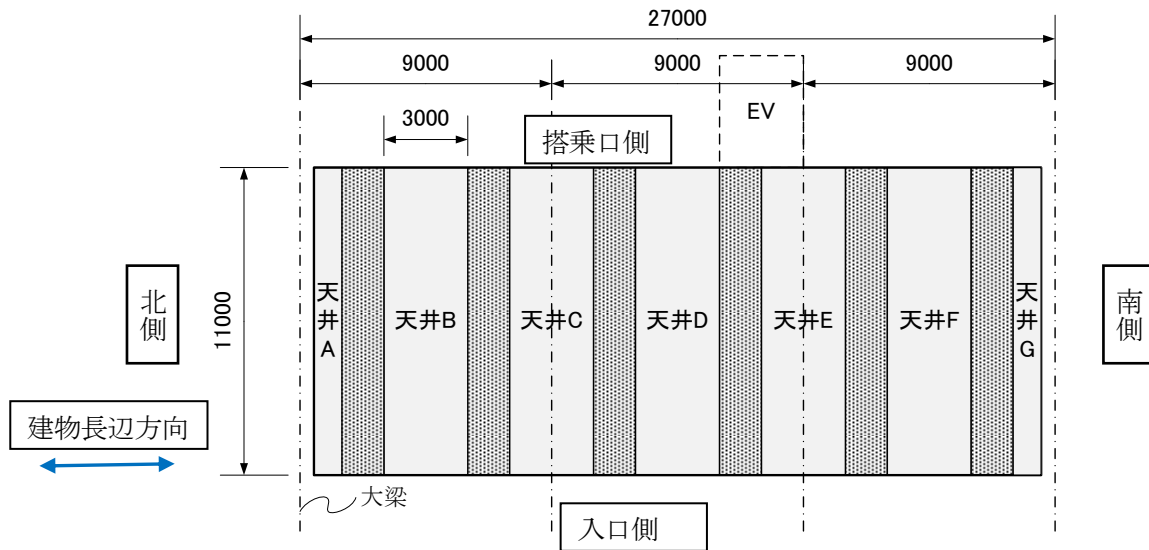


図5.6-2 吹き抜け部分の2階天井伏図（網掛け部分に天井はない。）

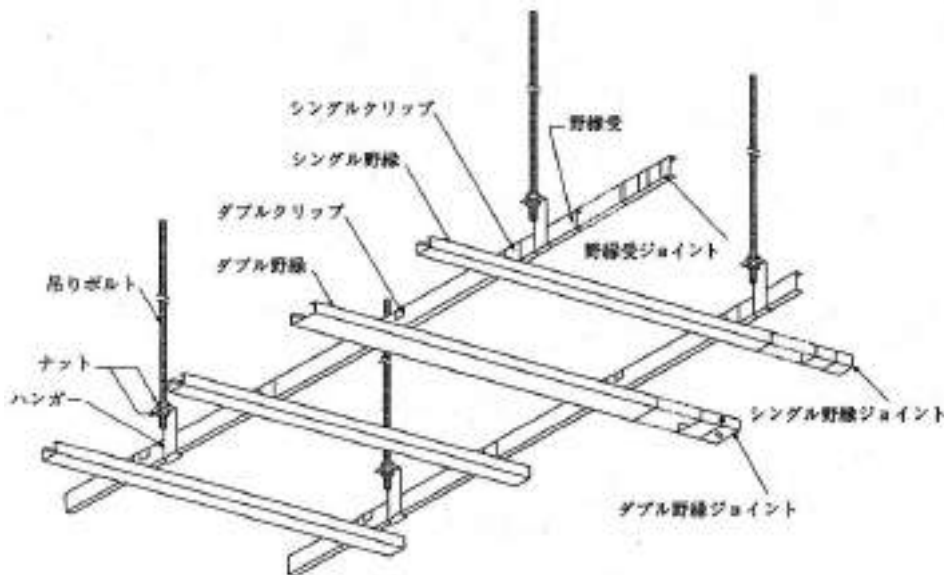


図5.6-3 天井用構成下地材を用いた在来工法による吊り天井の構成図（一般的な場合。下から見上げた図）

※参考文献5.6-3より

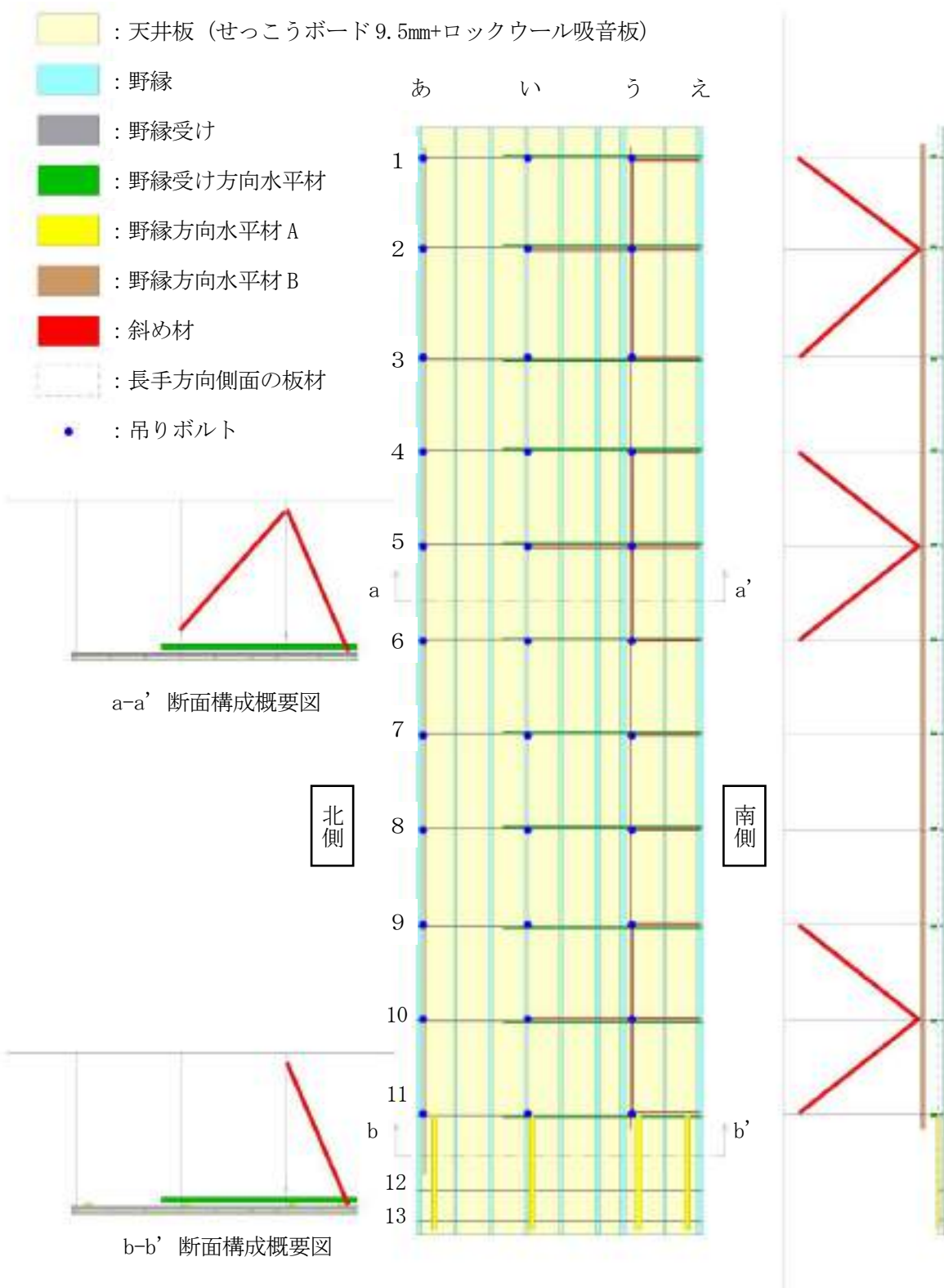


図 5.6-4 天井 B の構成概要図 (左 : 各断面構成、中 : 平面構成、右列 : 南側側面構成)

図 5.6-3 に示す在来工法による天井の一般的な構成は、以下の通りである。

- ①屋根や母屋あるいは床スラブに設置した「インサート」から「吊りボルト」を下げる。
- ②吊りボルトの先端近傍において「ナット」を用いて取り付けられた「ハンガー」に「野縁(のぶち)受け」を取り付ける。
- ③野縁受けに「クリップ」を用いて「野縁」を取り付ける。天井面材の継ぎ目や、壁に平行する天井の端部等では「ダブル野縁」を用い、その際には野縁受けへの取付けに「ダブルクリップ」が用いられる。
- ④野縁あるいはダブル野縁に、天井面材の下地板を「タッピングねじ」で取り付け、仕上材を接着剤と釘またはステーブルを用いて張る。

脱落した天井Bについては、現地調査および写真により、詳細を以下のように確認した。図 5.6-4 を参照しながら記述する。屋根面に残された天井用鋼製下地材を写真 5.6-67～69 に示している。

[吊りボルト]

- ・鋼板製屋根の折板から金物（インサート）を介して、ほぼ鉛直方向に下がっている。
- ・設置間隔は、天井面長辺方向、天井面短辺方向ともに概ね 900mm 程度であるが、間隔が不均等に見える箇所もある。
- ・天井面長辺方向には 10 スパン 11 本配置されている。入り口側の 1.2m 程度（図中 11～13 段）の天井裏には天井面短辺方向にダクトが走っており、この部分には現地調査の際には天井の吊りボルトが設置されていた形跡が見られない。後から写真で確認したところ、入り口側の端部にも 1 本だけ吊りボルトが設置されているように見えるものもあった。
- ・天井面短辺方向の吊りボルトは図 5.6-4 に示すように北側から 3 本配置されている。片持ちとなる天井面箇所（図中う～え列）は、図中の断面構成概要図に示すように、野縁受け方向水平材及び隣接する吊りボルトから下ろした斜め材とを組み合わせたもので支持されるような形になっている。

[野縁受け、野縁]

- ・天井面長辺方向に野縁、天井面短辺方向に野縁受けをそれぞれ配置している。

[天井面材]

- ・捨て張りはせっこうボード 9.5mm、仕上げはロックウール吸音板である。

[補剛材等]

- ・斜め材が天井面長辺方向（図中う列）に V 字型で 3 組、不均等の間隔で配置されている。
- ・斜め材が天井面短辺方向に、2 種類配置されている。1 つは天井面短辺方向について天井面中程の吊りボルト間（図中い～う列）に配置されているもので、上記の V 字型の斜め材が取り付く吊りボルト（図中 2、5、10 段）に片流れで配置されている。もう 1 つは、天井面南部分で天井面短辺方向に配置されているもので、後述する天井面短辺方向の水平材（野縁受け方向水平材）と組み合わせて、片持ちとなる天井面を支持するような形で設置されている。
- ・水平材が天井長辺方向に関して、入り口側端部 1.2m 程度の箇所（図中 11～13 段）について設置されている。材はリップみぞ形鋼（断面 60mm×120mm 程度）であり、野縁受け上辺に溶接されている。
- ・水平材が短辺方向に関して、片持ちになる天井面を支持するような形で配置されている。材はリップみぞ形鋼（断面 60mm×120mm 程度）であり、ハンガー上端に溶接で取り付けられているように見える（吊りボルトへの溶接跡は見られない）。



写真 5.6-67 天井Bの残った下地の様子（出発ロビーからの見上げ）

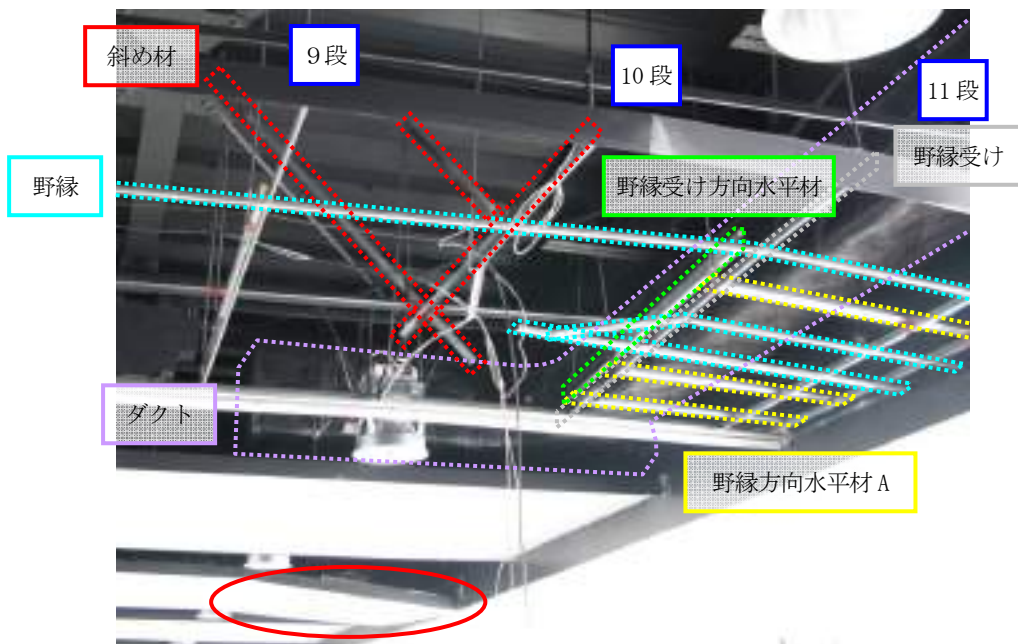


写真 5.6-68 天井Bの残った下地の様子（入口側）

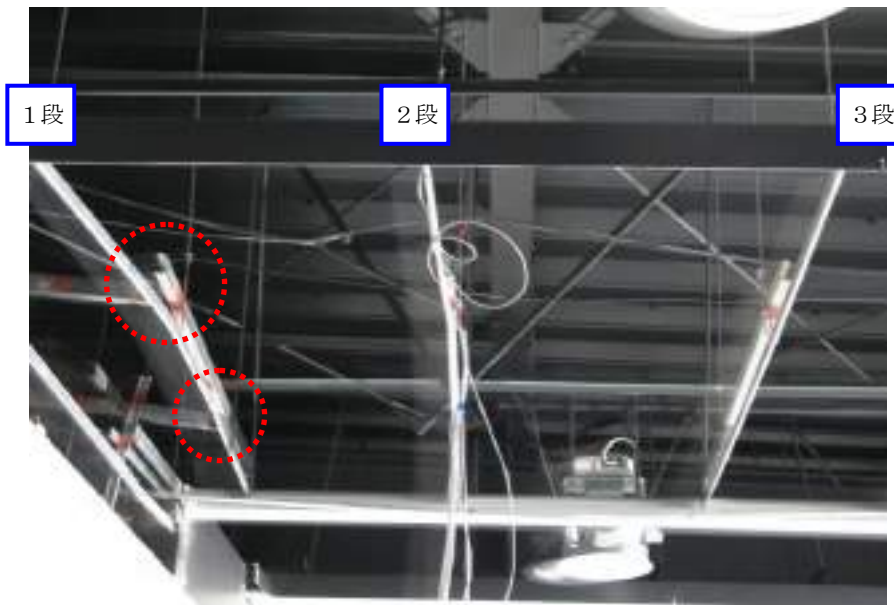


写真 5.6-69 天井Bの残った下地の様子（搭乗口側）

天井C～Fの天井面長辺方向の吊りボルト間隔は天井B同様である。天井面短辺方向の片持ちについて斜め材の有無より確認したところ、天井C及びDは両側片持ち、天井Eは片持ちなし、と確認できた。天井Fについては北側が片持ちであることのみ確認できた。

天井面端部が取り合う壁（幕板）について、天井面との衝突によって破損した箇所の目視及び撮影写真（写真5.6-70）により、以下のように確認した。

- ・幕板の下地は主に天井用構成下地材を用いて構成されている。
- ・吹き抜けロビー天井の野縁は幕板面を突き抜けるような形になっている。
- ・下地材のねじ止め跡の有無より、下から見えない幕板面には壁材を張っていないと思われる。

天井面と幕板の取り合い箇所は、上記のように入り組んでいる。天井Bについては、い列1段において、幕板面の向こうから出ている水平材（リップみぞ形鋼。断面60mm×120mm程度）が、野縁受け方向水平材の腹に対して垂直に突き当たる形で隣接している（写真5.6-69の赤点線円内）。



写真 5.6-70 搭乗口側の幕板の状況

□出発ロビー吹き抜けの天井の地震被害の概要

天井Bでは、クリップから下の天井材が入り口側の端部の一部を除いてほとんど総て脱落しており、落ちていない野縁ではせっこうボードのビス抜けを生じていた。その他、斜め材の座屈（う列10～11段）、野縁受けの曲がり（あ～い列1段、あ～い列2段、あ～い列6段、い～う列10段）、ハンガーの開き（い列6段、い列10段、う列10段）が生じていた。天井Dについては、入り口側の天井面の垂れ下がりが生じていたものの脱落には至っていない（写真5.6-68の赤実線楕円内）。天井Eでは天井

面材への穴あきを生じていた。その他、天井面と取り合う幕板の破損・脱落、サインボードの化粧板 1 枚の落下などを生じた。これらの被害に伴う負傷者はいない。調査時点までには、落下すると危険なもの（スピーカーなど）は外されていた。

5.6.5 まとめ

地震後に行った調査により確認された非構造部材の被害概要について記述した。外装材・帳壁については損傷した RC 造壁の外壁タイルの剥落、ラスモルタル外壁の脱落、挿入筋構法による ALC パネル外壁の脱落等が多く確認された。開口部のガラスについては、体育館も含め、はめ殺し窓の硬化性パテどめによるガラスの破損が確認されるとともに、グレイジングガセットを用いたガラスの破損や、ガラススクリーン工法の被害も確認された。体育館等で被害を受けた天井は在来工法やシステム天井によるものの他、木下地によるもの、波板の鋼板を天井とするものなど様々で、端部が破損する程度のものから全面的に脱落するものまで確認された。茨城空港ターミナルビルの天井については、天井下地の配置が不均等であったり入り組んだりしているのを確認した。内装材の破損・脱落については、体育館等のアリーナ部の内壁や舞台上部の内壁について確認された。

非構造部材の被害では、比較的古い構法によるものが多く被害を受けているのが確認された。また、比較的高所における非構造部材の破損・落下も確認された。

参考文献

- 5.6-1 (財)茨城県開発公社 ウェブサイト (平成 23 年 4 月現在)
- 5.6-2 茨城空港利用促進等協議会 ウェブサイト (平成 23 年 4 月現在)
- 5.6-3 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修, 建築工事監理指針 平成 22 年版 (下巻), (社)公共建築協会

6. 津波による建築物の被害

6.1 はじめに

本章では東北地方太平洋沖地震に伴って東北地方及び関東地方沿岸部に発生した大津波による建築物被害について、国土交通省国土技術政策総合研究所と独立行政法人建築研究所が実施した現地調査や事前調査等の概要を報告する。

本章は、津波による建築物の被害事例を収集すること、構造種別毎に被害形態を分類すること、建築物に作用する津波波力と建築物の耐力を計算し比較検討すること等により、津波による建築物被害の全体像を把握し、建築物の被害発生メカニズムを考察するための基礎的資料を提供するとともに、津波避難ビル等の建築物の津波荷重や耐津波設計等に資することを目的とする。

第1章に記されているように、発災当初は国土技術政策総合研究所と建築研究所は、国土交通省の要請に基づき、主に地震動による建築物被害の調査を実施してきた。しかし、この大震災の全容を把握するには津波被害の実態も把握することが必要であること、復興時に津波避難ビルの構造的要件・位置的要件・機能的要件等に関する情報が必要になること、などの理由により、国土技術政策総合研究所と建築研究所の合同の自主調査という位置付けで総勢27名の津波被害調査班[†]を構成し、平成23年3月17日に第1回津波被害調査検討会議を開催した。その後10回以上の津波被害調査検討会議を開催し、津波避難ビルや津波荷重に関する国内外の基規準の収集、調査対象地域の絞り込み、残存建築物を中心とした調査対象建築物リストの作成等を行った。それらの情報を踏まえて6.3に示す3回の現地調査を実施した。現地調査の開始に当たっては、現地の行方不明者の捜索状況、津波の痕跡の消滅、被災建築物の除去・取り壊し状況等を勘案して、津波被害の発災後約3週間が経過した平成23年3月30日から現地調査（第1班）を開始した。

本章は本節をはじめ、6.2 調査内容、6.3 現地調査、6.4 被害形態の分類と考察、6.5 調査建築物の耐力および津波波力の検討、で構成されている。6.2 では事前調査として津波荷重や耐津波設計に関する海外基規準の収集、調査対象建築物の特定を行い、本章での津波に関する用語の定義や浸水深等の推定方法も示した。6.3 の現地調査およびその結果は各現地調査班の日報を中心に調査地域別に纏めたものであり、調査建築物は6.2 で当初予定していた調査対象建築物以外のものも数多く含まれ、合計で約80棟の建築物や工作物等の調査を実施した。これは当初調査対象建築物を衛星写真や航空写真等から残存建築物を中心に選定していたが、現地に行って新たに建築物の耐力や津波波力が容易に推定できると思われる建築物や工作物等が加えられたためである。現地調査ではこれらの調査建築物の地理情報や被害状況の記録、建築物及び構造躯体等の採寸、浸水深の計測等を行い、その調査結果を本章の付録 調査建築物データベースに纏めて掲載した。6.4 では6.3 の現地調査およびその結果に基づいて被害形態の分類を行い、建築物の移動や転倒といった津波被害特有の被害発生メカニズムについても考察を加えた。6.5 では6.3 の現地調査およびその結果から数例を選んで、浸水深から推定される津波波力と建築物の構造躯体等の採寸結果から推定される建築物の耐力とを比較検討し、平成17年に内閣府から出された「津波避難ビル等に係るガイドライン」⁶⁻¹⁾の設計手法を考察した。

† 津波被害調査班

国土技術政策総合研究所（8名）：西山 功・向井昭義・港以知郎・深井敦夫・竹谷修一・喜々津仁密・新井 洋・阪田知彦

独立行政法人建築研究所（19名）：水流潤太郎・古川信雄・飯場正紀・安藤尚一・五條 渉・福山 洋・奥田泰雄・斎藤大樹・芝崎文一郎・森田高市・加藤博人・平出 務・長谷川隆・石原 直・石井儀光・藤井雄士郎・諏訪田晴彦・荒木康弘・壁谷溼寿一

本章は、東北地方太平洋沖地震に伴って東北地方及び関東地方沿岸部に発生した大津波による建築物の被害事例を、国土技術政策総合研究所と建築研究所が実施した現地調査によって収集した基礎的資料であり、今後、津波避難ビル等の建築物の津波荷重や耐津波設計の提案等に役立てられることを期待する。

6.2 調査内容

6.2.1 現地調査

6.2.1.1 調査地域の概要

調査地域は図6.2.1-1及び表6.2.1-1に示す岩手県から宮城県の沿岸部の14市町である。表6.2.1-1の市町村の人口は各市町村関連のWebsiteから収集し、被害の状況は消防庁Website（平成23年4月20日）から入手したものである。津波被害の甚大さや福島第1原子力発電所の事故のために、被災後1ヶ月以上経過した時点でも調査中や不明となっている項目が多く、正確な数字ではない項目も含まれている。

調査対象地域は津波被災地域が非常に広範囲であることから、現地調査（第1班）では都市の規模、地形や津波の高さや浸水深等の情報、地図情報の準備状況等を考慮して、当初は岩手県陸前高田市、宮城県南三陸町、同石巻市および同名取市及び複数のRC造建築物の転倒が報道されていた宮城県女川町の5地域に絞っていた。しかし現地調査を実施すると建築物の被害に地域差があることが分かり、被害の全体像を把握するためにできる限り広範囲な地域について現地調査を実施することになった。そこで現地調査（第2班）は岩手県陸前高田市以北の地域、現地調査（第3班）は宮城県名取市以南の地域を中心に調査を実施することになり、6.3 現地調査は岩手県山田町から宮城県山元町に至る14市町に及ぶ地域における報告となっている。しかしながら、これらの現地調査は比較的短期間の調査であることから、これらの調査では市町村毎の悉皆調査ではなく代表的な被害事例の収集を心掛けた。また、立ち入り規制等で調査ができなかった地域、落橋等で現地に到達できなかった地域などもあり、調査地域によっては不十分な情報しか提供できない地域もある。なお、本章では津波浸水域内で発生した津波による建築物の被害を対象としているが、これらの建築物の地震被害と津波被害を区別することが困難な場合も含まれている。



图 6.2.1-1 調査地域地図

表 6. 2. 1-1 調査地域

		人口	死者	行方不明	負傷者	全壊	半壊	一部損壊	火災	
		(人)	(人)	(人)	(人)	(棟)	(棟)	(棟)	(棟)	
青森県	八戸市	237,212	1	1	17	217	910		2	
	階上町	14,699				12	8	1		
岩手県	洋野町	17,868				26				
	久慈市	36,600	2	2	8	238				
	野田村	4,633	38		17	200			1	
	普代村	3,077		1	1	172				
	田野畑村	3,831	14	24	8	209	29	18		
	宮古市	59,012	402	682	33	3,669	1,006		6	
	山田町	18,688	535	378	調査中	2,513			2	
	大槌町	15,256	647	1,007	調査中	多数			2	
	釜石市	39,174	735	593	調査中	3,188	535			
	大船渡市	40,753	294	194	調査中	3,629			2	
陸前高田市	23,197	1,308	1,117	調査中	3,600					
宮城県	気仙沼市	73,343	765	1,266	調査中	調査中			23	
	南三陸町	17,393	473	647	調査中	3,877	調査中		2	
	女川町	9,980	434	1,035	2	3,021	46	86	4	
	石巻市	160,496	2,806	2,770	調査中	28,000	調査中		16	
	東松島市	42,861	964	776	調査中	2,133	4,190	調査中	0	
	松島町	15,035	2	7	64	46	59	15	2	
	利府町	34,180	1	2	1	調査中		70		
	塩竈市	56,383	21	2	10	358	1,390	325	6	
	七ヶ浜町	20,396	61	12	調査中	調査中			2	
	多賀城市	62,938	182	9	調査中	300	3,500	調査中	15	
	仙台市	宮城野区	190,827	613	210	2,240	3,190	調査中		66
		若林区	132,121							
	名取市	73,520	882	1,000	調査中	調査中			27	
	岩沼市	44,170	170	14	調査中	調査中			2	
亘理町	34,794	246	36	44	1,000	1,000	調査中	3		
山元町	16,651	641	131	90	1,158	375	5	2		
福島県	新地町	8,182	91	27	3	501				
	相馬市	37,720	388	99	71	4				
	南相馬市	70,877	477	997	48	1,800				
	浪江町	20,872	3	183						
	双葉町	6,889	17	16	1	58	5			
	大熊町	11,578	16	8	不明	30				
	富岡町	15,970	3	8						
	檜葉町	7,689	4	10	5	50				
	広野町	5,397	2	1		90				
	いわき市	341,853	296	82	4	33			3	
茨城県	北茨城市	47,074	5	1	188	160	742	2,224	3	
	高萩市	30,992	1		19	62	345	2,068		
	日立市	192,353			166	118	684	1,689	4	
	東海村	37,381	4		5	1			2	
	ひたちなか市	156,854	2		26	83	310	1,057	1	
	大洗町	18,356	1		6	1	14	814		
	鉾田市	50,098			15	9		5,397	3	
	鹿嶋市	66,186	1			46	115	2,567	4	
神栖市	94,710			6	103	61	245	3		
千葉県	銚子市	69,253			7	9	17	2,020		

* 被害の状況は平成 23 年 4 月 20 日消防庁調べ
網掛の地域が調査地域

6.2.1.2 調査対象建築物の特定

3月11日の地震により発生した津波は岩手県、宮城県、福島県の太平洋沿岸を襲い、海に面した多くの市街地が壊滅的な被害を受けた。被災地域が広範囲に及ぶことや被災直後には現地の状況を把握することが極めて困難であることから、津波の来襲時の報道映像や被災後の衛星写真、航空写真等を予め収集し、それらをもとに調査対象地域を絞り込む作業を行った。とくに、津波避難ビルの検討が重要であることから、津波によりほとんどの住宅が流失した地域を対象に、残存している建築物や津波避難ビルとして指定されている建築物の情報を収集した。これらの情報は、最初の現地調査の計画を立てる際に極めて役に立った。

① 画像情報に基づく残存建築物の特定作業

津波被災地に残存する建築物の同定には、インターネットで入手可能な衛星写真や航空写真を利用した。以下に、国土地理院のWebサイトにおいて公開された「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による被災地の空中写真」を使用した例を示す。国土地理院では、表6.2.1-2に示す地区について、被災前後を比較した航空写真を掲載している。これらの写真から残存していると考えられる建築物を特定し、さらに地図情報や報道情報等から建築物の名称、構造諸元、被災時の状況などを整理する作業を行った。宮城県南三陸町周辺を例に、作業手順をまとめたものを図6.2.1-2に示す。

表 6.2.1-2 国土地理院から公開された被災状況（新旧画像）の地区リスト

岩手県	宮城県	福島県
<ul style="list-style-type: none"> ・宮古市田老地区周辺 ・宮古市周辺 ・大船渡市三陸町綾里周辺 ・大船渡周辺 ・陸前高田市大野湾周辺 ・陸前高田周辺 ・釜石市箱崎白浜周辺 ・釜石港地区周辺 ・山田町周辺 ・田野畑村平井賀周辺 	<ul style="list-style-type: none"> ・仙台市若林区荒浜周辺 ・石巻市石巻駅周辺 ・石巻市南浜町周辺 ・塩竈市港町周辺 ・気仙沼市周辺 ・仙台空港周辺 ・東松島市野蒜海岸周辺 ・南三陸町周辺 	<ul style="list-style-type: none"> ・相馬市周辺

② 被災地における津波避難ビルのリスト

津波により被災した地域の自治体の多くでは、予め津波避難ビルを指定して、実際に運用を行っている。それらのほとんどが、既存の施設（民間施設、公共施設）を津波避難ビルとして指定したものである。津波避難ビルの住所、建物名、構造諸元等の情報は、

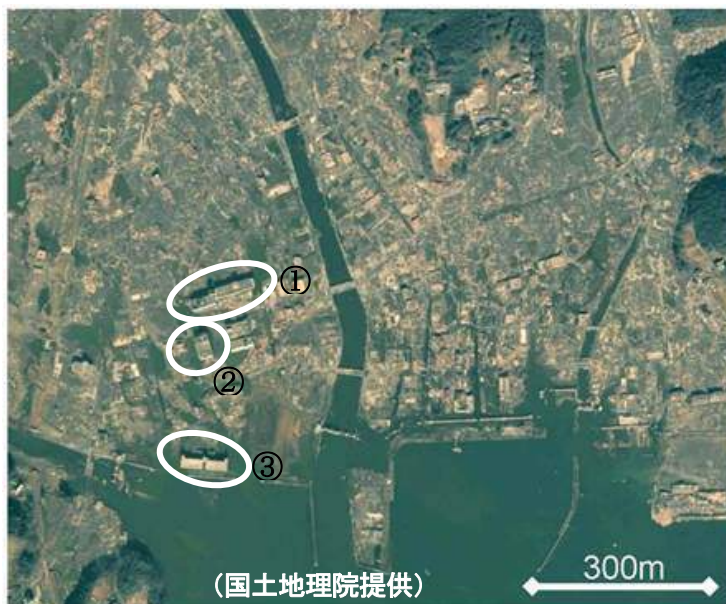
- ・自治体のホームページの防災情報
 - ・「津波避難ビル等に係るガイドライン」（内閣府、2005年6月）の巻末資料
 - ・「災害に強い漁業地域づくりガイドライン」（水産庁、2005年3月）の巻末資料
- などから入手した。なお、役所等が被災したために、自治体のホームページに接続できないケースもあった。

作業1) 被災後の画像情報の収集



作業2) 残存建築物の特定

作業3) 残存建築物の情報整理



- ① 公立志津川病院
 - ・ 鉄筋コンクリート造、5階建て
 - ・ 東棟は昭和49年度に建築、平成17年度に耐震補強
 - ・ 津波の際には職員を含め220名が避難との報道あり
- ② 結婚式場
 - ・ 鉄筋コンクリート造、4階建て
 - ・ 津波の際には440名が避難との報道あり
- ③ 町営住宅
- ④ ...

図 6.2.1-2 残存建築物の特定作業手順の概要

6.2.1.3 津波に関する用語

津波に関する用語について文献調査を行い、本章で用いる用語を以下のように定義し、できるかぎり統一するように心がけた。

① 浸水深

地面や建築物等が水に覆われている状態を浸水といい、地表面から水面までの高さを浸水深と呼ぶ。津波被害の現地調査では、建築物等に残された津波の痕跡から推定される津波水面の地表面からの高さ。なお、「〇〇深」とは地表面からの高さであり、「〇〇高」とは基準面（一般に津波がない時の潮位）からの高さである。

② 最大浸水深

現地調査では1つの調査建築物の周辺で複数の浸水深を計測する場合があります、計測された浸水深の最大値をいう。6.3-6.5 および付録では、建築物等に作用する津波波圧をこの最大浸水深の静水圧分布で与えた。なお、津波避難ビルのガイドラインでは、設計用浸水深を敷地に想定される設計用の津波の深さと定義しており、最大浸水深と設計用浸水深との関係は6.5に示した。

③ 津波の作用方向

建築物等については津波の作用方向とし、寄せ波の作用方向、引き波の作用方向と使う。なお、津波の入射方向は一般に海岸に対して用いられている。

④ 津波荷重

津波波圧、津波波力、浮力、漂流物の衝突力等の総称。

⑤ 津波波圧

建築物等の表面に作用する津波の圧力。

⑥ 津波波力

建築物等に作用する津波の力。

⑦ 浮力

建築物に作用する鉛直上向きの力。建築物の室内が浸水し天井下等に空気溜りがある場合、アルキメデスの原理より空気溜りの体積と同じ水の重量に相当する浮力が、建築物の自重を打ち消す方向に建築物に作用する。

⑧ 漂流物

津波によって流されたもの。津波の被害では漂流物が建築物に衝突することで、外壁に大きな開口が生じることや構造躯体に大きな損傷を与えることがある。

*痕跡高は浸水高と遡上高を含めた総称なので、本報告では用いないようにした。

6.2.1.4 津波の作用方向・浸水深の推定方法

現地調査においては、対象とする建築物に対して想定される津波の作用方向を把握するとともに、当該建築物やその周辺での浸水深をその痕跡や損傷状況等から適切に推定することが求められる。

(1) 津波の作用方向の推定方法

通常の場合、津波は海側から作用すると考えればよいが、特に入江がある場合等の海岸線が複雑な場合は適切に作用方向を確認する必要がある。その場合は、対象とする建築物付近にある電柱その他の棒状の工作物や樹木の折損方向から推定した（写真 6.2.1-1～6.2.1-2）。これらの工作物や樹木がない場合は、対象とする建築物等の破損状況や漂流物の残存状況から推定している（写真 6.2.1-3～6.2.1-4）。また、引き波の作用が損傷や破壊に及ぼす影響を無視できない場合は、陸側から海側に向かって損傷や変形したと思われる状況についても必要に応じて確認した（写真 6.2.1-5）。

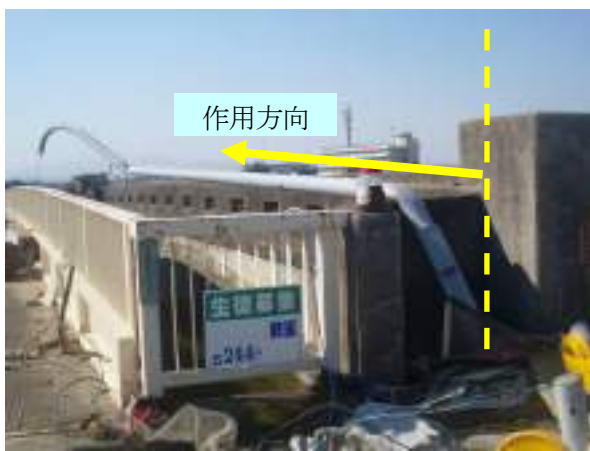


写真 6.2.1-1 棒状の工作物の津波による折損状況



写真 6.2.1-2 手すりの津波による折損状況



写真 6.2.1-3 漂流物（バス）の残存状況



写真 6. 2. 1-4 漂流物の残存状況



写真 6. 2. 1-5 引き波の作用によると思われる海側への傾斜

(2) 調査建築物における浸水深の推定

各々の建築物において浸水深を推定する際に、海水が達した高さでみられる痕跡（線）があれば地上から当該痕跡高さまでを浸水深とした（写真 6. 2. 1-6）。しかし、必ずしも全ての建築物でそのような痕跡があるとは限らず、その場合は建築物各部の損傷状況から概ねの浸水深を推定した。表 6. 2. 1-3 に、代表的な損傷状況とそれに対応した浸水深の推定の考え方をまとめる。ただし、この場合は写真 6. 2. 1-6 のように線状に明確に高さが判るわけではないので、推定値に幅があることに留意が必要である。



写真 6. 2. 1-6 海水が達した高さでみられる痕跡の例

表 6.2.1-3 調査建築物における浸水深の推定方法の例

被害箇所等	被害の状況	浸水深の推定方法
(1) 開口部等		<p>ベランダ手すりと開口部が1階で著しく損壊しており、2階でも一部損壊している。3階以上では外観上被害は認められない。</p> <p>この場合の浸水深は、<u>2階の天井高さ相当</u>と推定した。</p>
(2) 外装材		<p>2階の窓ガラスに破損は認められないが、窓サッシの下枠まで外装材が損傷している(1階の外装材は流失)。</p> <p>この場合の浸水深は、<u>2階窓サッシの下枠高さ相当</u>と推定した。</p>
(3) 内外装材		<p>屋上の手すりやペントハウスの窓は破損しているが、ペントハウスの壁に取り付くアンテナやペントハウス屋内の天井仕上げは外観上損傷が認められなかった。</p> <p>この場合の浸水深は、<u>ペントハウスの窓の上枠高さ相当</u>と推定した。</p>

<p>(4) 外壁等と漂流物</p>		<p>1階の外壁と開口部が破壊・流失している。屋根の破風に外観上被害は認められないが、屋根上に漂流した構成部材が残存している。 この場合の浸水深は、<u>屋根上での漂流物の残存高さ相当</u>と推定した。</p>
<p>(5) 開口部等と漂流物</p>		<p>3階までの開口部が破壊しており、屋根スラブ上には漂流した乗用車が残存している。 この場合の浸水深は、<u>屋根スラブ高さ以上</u>と推定した。</p>
<p>(6) 漂流物</p>		<p>水門自体に外見上損傷は認められないが、階段踊り場の海側の手すりに水草と思われる漂流物が引っ掛かっている。 この場合の浸水深は、<u>漂流物の残存高さ以上</u>と推定した。(この例の場合は、陸側の地面からの高さh_1と海水面からの高さh_2の2通りを測定した)</p>

また、同一の建築物のなかでも推定した浸水深が場所によって異なる場合があり、その場合は両浸水深を記録した。写真 6. 2. 1-7 の例は、海側の浸水深 $h_1=9.5\text{m}$ 、陸側の浸水深 $h_2=4\text{m}$ となり、両数値の比率 $h_1/h_2=2.4$ である。



写真 6. 2. 1-7 同一の建築物のなかで浸水深が異なる場合の例

(3) 調査建築物の周辺における浸水深の推定

現地調査の際には、調査建築物だけでなく、その付近にある工作物に残った痕跡や損傷状況から浸水深が推定できる場合がある（写真 6. 2. 1-8～6. 2. 1-9）。



写真 6. 2. 1-8 広告塔の支柱に残った痕跡



写真 6. 2. 1-9 広告塔の損傷状況

6.2.2 津波に関する文献・映像等調査

6.2.2.1 津波避難ビルに関する我が国のガイドライン

2004年スマトラ沖地震によるインド洋大津波の被害を受けて、2005年6月に内閣府から「津波避難ビル等に係るガイドライン」⁶⁻¹⁾が公開された。ガイドラインは、津波からの避難が困難な地域における津波避難ビル等の普及を促進すべく、津波避難ビル等が満たすべき構造的要件、位置的要件、指定や運用にあたっての留意点等を取りまとめたものである。とくに技術的な検討結果は、日本建築センターのビルディングレター（2004年10月、11月）および同センターの報告書「平成17年度 津波避難ビルの技術的検討結果」（2006年3月）に詳しくまとめられている。

以下、内閣府のガイドラインにおける津波波力の計算法を抜粋する。

① 津波波圧算定式

設計に用いる津波波圧分布は設計用浸水深の3倍の高さに達する静水圧分布とする。3倍という数値は護岸に近い構造物を想定した水理模型実験結果⁶⁻⁵⁾から得られた値である。このとき、進行方向の津波波圧は、下式により算定する。

$$q_z = \rho g(3h - z) \quad (6.2.2-1)$$

ここに、 q_z ：構造設計用の進行方向の津波波圧 (kN/m²)

ρ ：水の単位体積質量 (t/m³)

g ：重力加速度 (m/s²)

h ：設計用浸水深 (m)

z ：当該部分の地盤面からの高さ ($0 \leq z \leq 3h$) (m)

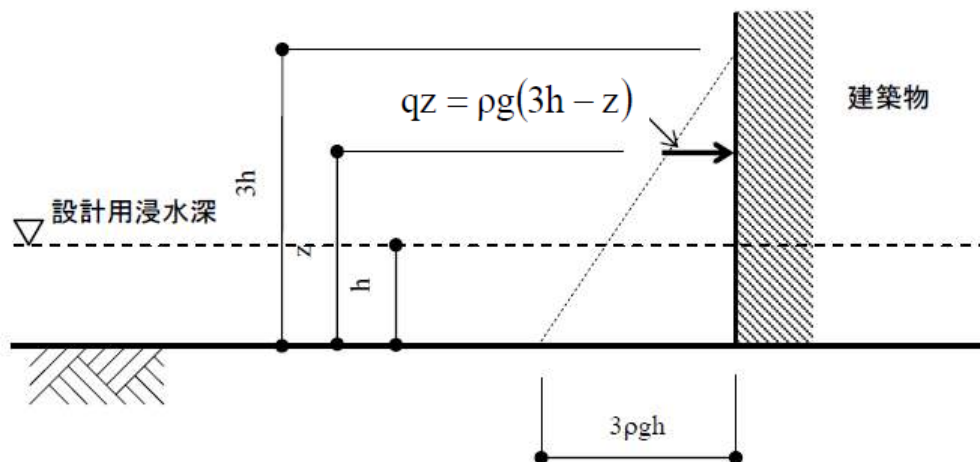


図 6.2.2-1 津波波圧の算定式（内閣府ガイドライン⁶⁻¹⁾より）

② 津波波力算定式

進行方向の津波波力は、(6.2.2-1)式で規定した三角形分布の津波の圧力が構造物に働くと仮定して、受圧面の面積で積分した次式の値とする。

$$Q_z = B \int_{z_1}^{z_2} q_z dz = \rho g B \int_{z_1}^{z_2} (3h - z) dz = \frac{1}{2} \rho g B \{ (6\eta z_2 - z_2^2) - (6\eta z_1 - z_1^2) \} \quad (6.2.2-2)$$

ここに、 Q_z ：構造設計用の進行方向の津波波力 (kN)

B ：当該部分の幅 (m)

z_1 ：受圧面の最小高さ ($0 \leq z_1 \leq z_2$) (m)

z_2 : 受圧面の最高高さ ($z_1 \leq z_2 \leq 3h$) (m)

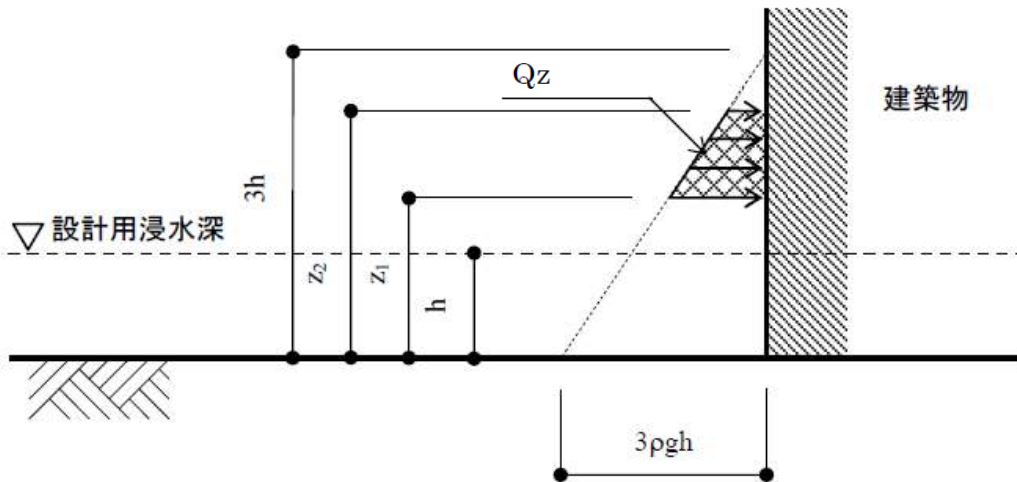


図 6. 2. 2-2 津波波力の算定式 (内閣府ガイドライン⁶⁻¹⁾より)

津波荷重 (津波波圧、津波波力) は、遡上域における障害物の状況に応じて低減できる。また、津波荷重は構造物に対して全ての方向から作用することを想定する。ただし、津波の進行方向が想定できる場合にはこの限りではない。さらに、実状に応じて引き波を考慮するとされている。

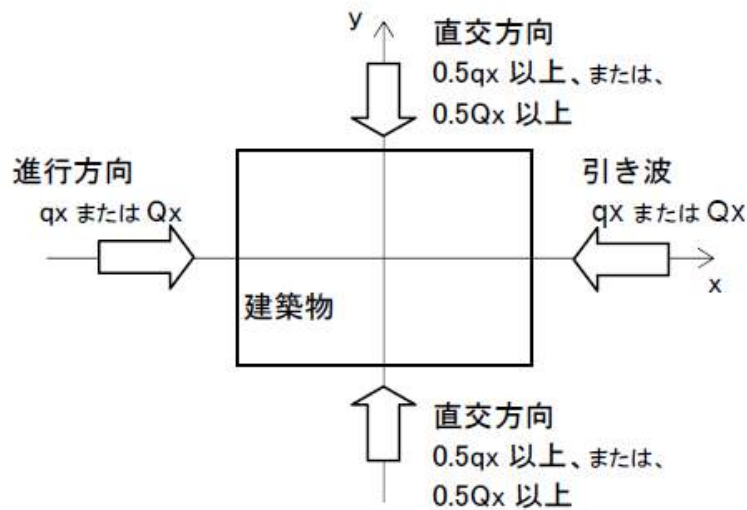


図 6. 2. 2-3 津波荷重の方向 (内閣府ガイドライン⁶⁻¹⁾より)

なお、津波荷重は受圧面に作用するため、受圧面の形状によって波圧の作用の仕方は異なってくる。建物の形状をいくつか想定し、それぞれの津波荷重の考え方を図 6. 2. 2-4 に示す。

実際の建物では、受圧面に窓等の開口部があると波力は建物内に抜けてしまうと考えられる。しかし、このような面に作用する津波波力に関して検討を行った例は少ない。窓ガラスの平均破壊強度を w_n としたときの等価な波圧分布は図 6. 2. 2-5 のように与えるものとする。

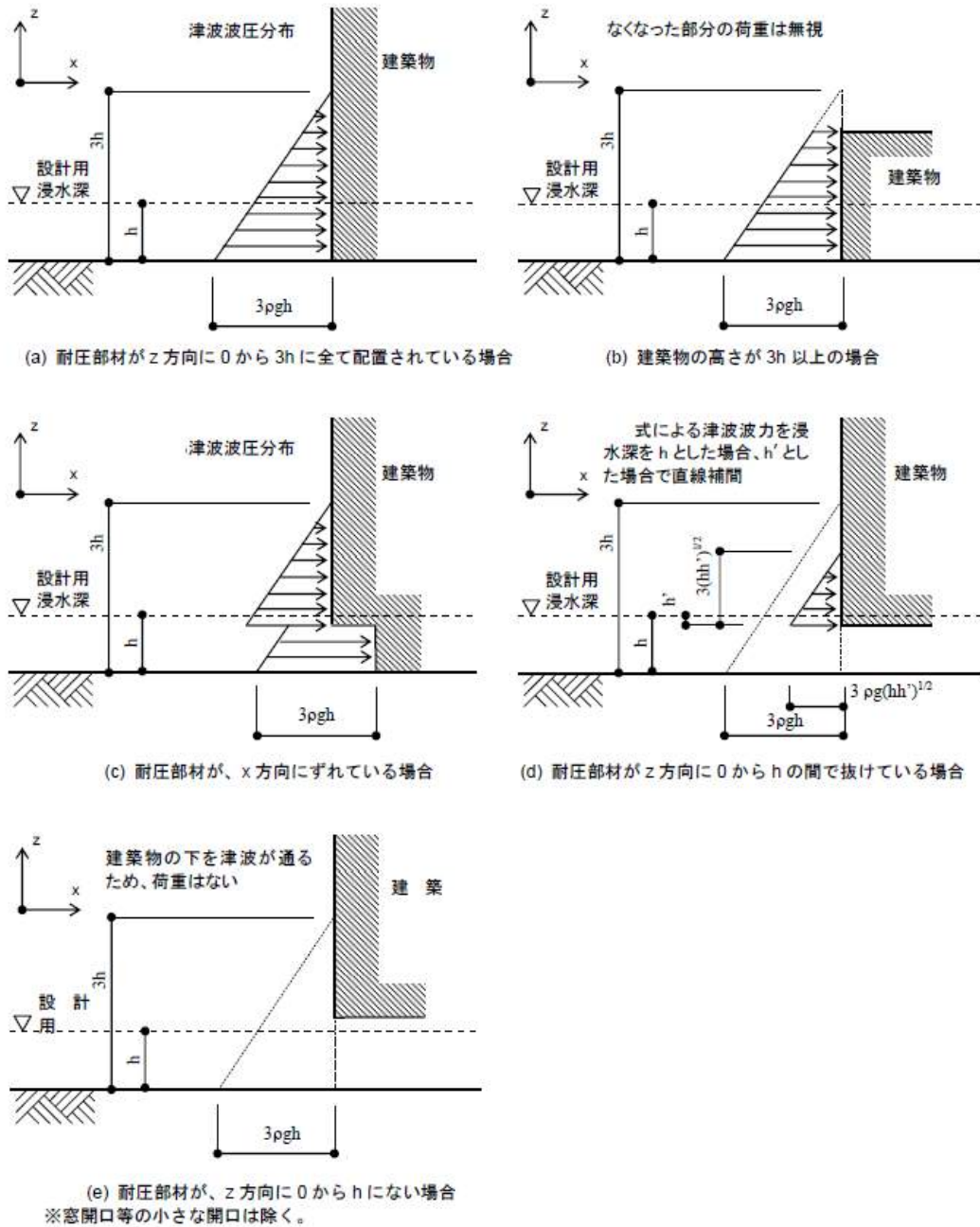


図 6.2.2-4 建物形状による津波波圧分布 (内閣府ガイドライン⁶⁻¹より)

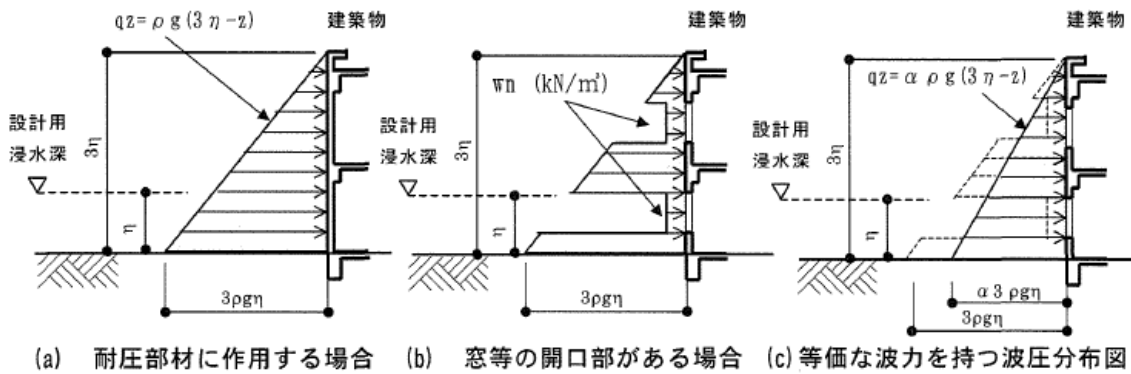


図 6.2.2-5 窓等の開口部がある場合の等価な波力分布算定の概念図 (内閣府ガイドライン⁶⁻¹より)

③浮力算定式

津波によって生じる浮力は、次式により算定する。

$$Q_v = \rho g V \quad (6.2.2-3)$$

ここに、 Q_v : 浮力 (kN)

V : 津波に浸かった建築物の体積 (m³)

④構造骨組の設計

津波荷重に対して、各方向、各階において、構造骨組の保有水平耐力が津波の水平荷重以上であることを次式により確かめる。

$$Q_{ui} = Q_i \quad (6.2.2-4)$$

ここに、 Q_{ui} : i 層の津波の水平荷重に対する保有水平耐力 (kN)

Q_i : i 層に生じる津波の水平荷重 (kN)

このほか、ガイドラインには以下のような項目が規定されている。

- ・ 津波荷重と地震荷重の組み合わせは考慮せず、固定荷重と組み合わせて考慮する。
- ・ 全ての受圧面を耐圧部材として設計するのは技術的・経済的に困難であることから、設計では耐圧部材と非耐圧部材（たとえば窓ガラスが外装材など）に明確に区分する。
- ・ 耐圧部材は、津波荷重に対して終局強度以内とし、確実に構造骨組に力を伝達できるようにする。非耐圧部材は構造骨組に損傷を与えることなく壊れることを容認する。なお、浸水に対して建築物の機能を損なわないように配慮する。
- ・ 建築物が津波荷重によって転倒や滑動しないことを確かめる

6.2.2.2 津波荷重に関する米国 FEMA のガイドライン概要

アメリカ合衆国連邦緊急事態管理庁 (Federal Emergency Management Agency of the United States、略称：FEMA) では、2004 年 12 月のスマトラ島沖地震により発生した大津波を契機に、津波防災に関わるガイドライン「津波からの避難のための構造物の設計ガイドライン (Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis) (FEMA P646)⁶⁻²⁾」を 2008 年 6 月に発行した。本章では、ガイドラインの第 6 章「荷重の決定と構造設計クライテリア (Load Determination and Structural Design Criteria)」から、建築構造物に働く津波荷重について概要をまとめる。

① 静水力学による荷重 (Hydrostatic Force)

ゆっくりとした水の流れが構造物に当たる場合に働く荷重で、構造物の反対側と水の高さが大きく異なる場合に作用する。水がすぐに回り込むような小さい構造物には該当しない。

このとき、構造物に働く荷重は次式により与える。

$$F_h = \rho_c A_w = \frac{1}{2} \rho_s g b h_{\max}^2 \quad (6.2.2-5)$$

ここに、 ρ_c : 静水圧、 A_w : 水を受ける壁面積、 ρ_s : 堆積物を含んだ流体の比重 (1, 200kg/m³)、 g : 重力加速度、 b : 壁の幅、 h_{\max} : 壁に当たる部分の津波高さである。

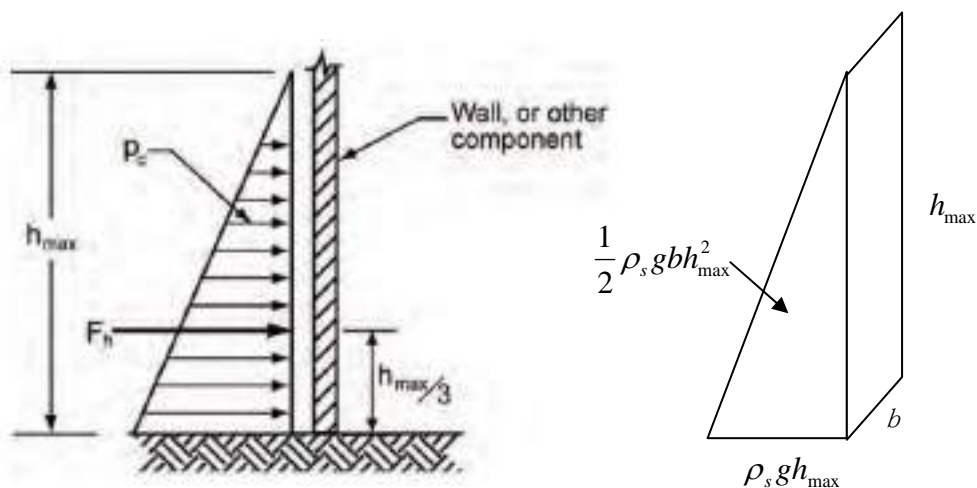


図 6.2.2-6 静水力学による荷重(FEMA P646⁶⁻²⁾より)

津波高さが壁の高さ h_w を超える場合には、台形分布の水圧を考えることになり、荷重は

$$F_h = \rho_c A_w = \rho_s g \left(h_{\max} - \frac{h_w}{2} \right) b h_{\max} \quad (6.2.2-6)$$

となる。津波高さは、津波の遡上高さ R と壁位置の標高 z_w との差であり、次式で与える。

$$h_{\max} = 1.3R^* - z_w = R - z_w \quad (6.2.2-7)$$

ここに、 R^* は数値シミュレーションや津波浸水マップ等から求められる最大浸水深である。

② 浮力による荷重 (Buoyant Force)

津波の際に、構造物の一部または全体が水に沈んでいる場合に、構造物が押しやった水の体積分の浮力が働く。とくに、自重の軽い木造建物やタンク等に対して考慮すべき荷重である。

このとき、浮力は次式により与える。

$$F_b = \rho_s g V \quad (6.2.2-8)$$

ここに、 V : 構造物が押しやった水の体積である。

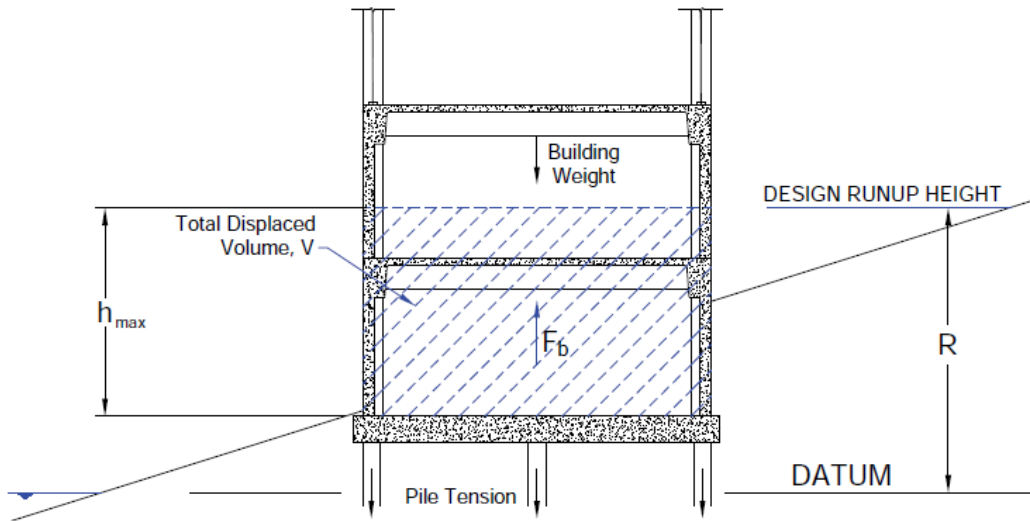


図 6.2.2-7 浮力による荷重(FEMA P646⁶⁻²⁾より)

③ 流体力学による荷重 (Hydrodynamic Force)

比較的早い水の流れが構造物に当たる際に働く荷重であり、水による圧力と構造物側との摩擦による抗力 (drag force) からなる。たとえば構造物が円柱のような場合には、抗力が小さくなる。

このとき、構造物に働く荷重は次式により与える。

$$F_d = \frac{1}{2} \rho_s C_d B (hu^2)_{\max} \quad (6.2.2-9)$$

ここに、 C_d : 抗力係数 ($C_d = 2.0$ が推奨される)、 B : 流れが当たる部分の構造物の幅、 h : 流れの高さ、 u : 流れ速度、 (hu^2) は流束運動量 (momentum flux) である。なお、 $(hu^2)_{\max}$ は $(h_{\max} u_{\max}^2)$ とは違うことに注意する。つまり、津波高さの最大値と速度の最大値は同時には生じない。数値シミュレーション等から求められるものであるが、近似的に次式を用いることができる。

$$(hu^2)_{\max} = gR^2 \left(0.125 - 0.235 \frac{z}{R} + 0.11 \left(\frac{z}{R} \right)^2 \right) \quad (6.2.2-10)$$

ここに、 R : 津波の遡上高さ、 z : 建物がある地面の高さ (海拔) である。先に述べたように、 R は津波の最大浸水高さ (R^*) の 1.3 倍と考えてよい。 R^* は浸水マップ等から求めることができる。

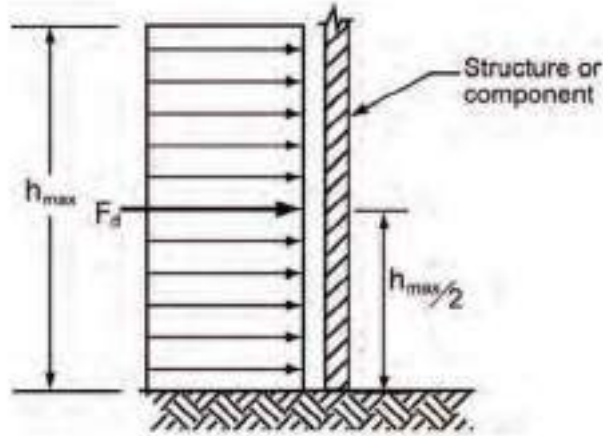


図 6. 2. 2-8 流体力学による荷重(FEMA P646⁶⁻²⁾より)

④ 衝撃による荷重 (Impulse Force)

波の先端が構造物にぶつかることによる力である。実験によれば、最大の荷重は定常な流れによる荷重 F_d の 1.5 倍程度であることが分かっている。従って、安全側の評価として、衝撃による荷重を次式で与える。

$$F_s = 1.5F_d \quad (6. 2. 2-11)$$

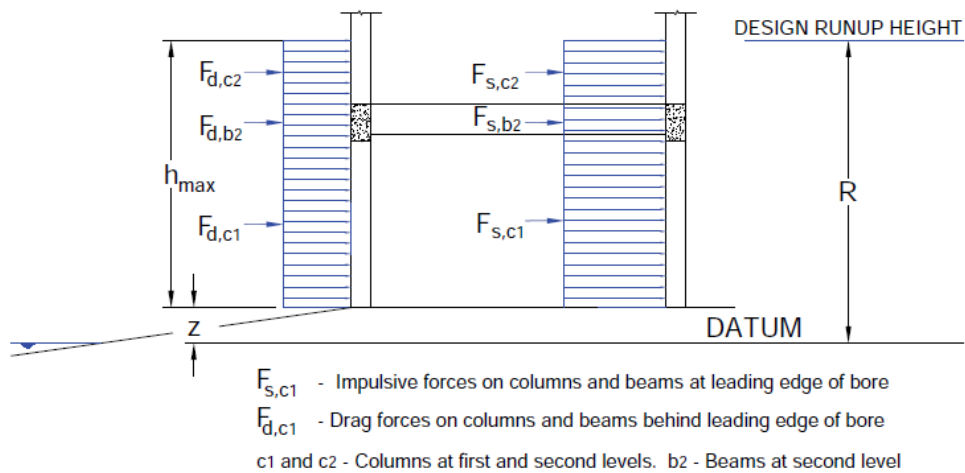


図 6. 2. 2-9 衝撃による荷重(FEMA P646⁶⁻²⁾より)

⑤ 漂流物による衝撃力 (Debris Impact Force)

漂流物 (丸太、船舶など) が構造物に衝突する力で、損傷を与える主要な原因になるが、正確に求めることは難しい。他の荷重と異なり、構造物に衝突する部分にのみ作用する。

漂流物による衝撃力は、次式により与える。

$$F_i = C_m u_{\max} \sqrt{km} \quad (6. 2. 2-12)$$

ここに、 C_m : 付加荷重係数 ($C_m = 2.0$ が推奨される)、 u_{\max} : 漂流物の速度、 m 、 k : 漂流物の質量と有効剛性である。

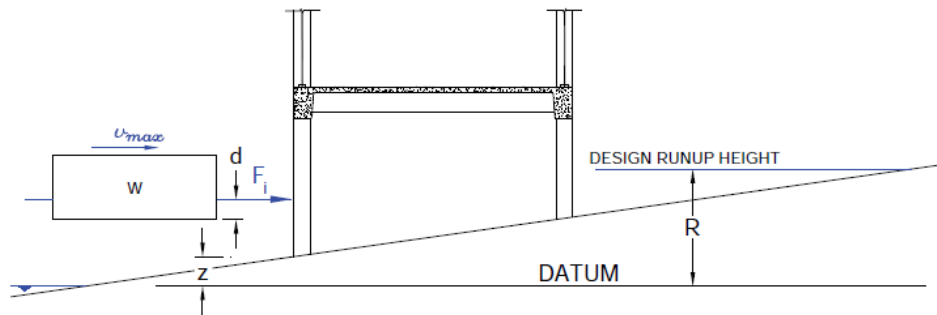


図 6. 2. 2-10 漂流物による衝撃力(FEMA P646⁶⁻²)より)

FEMA P646 では、例として漂流物の質量と有効剛性を以下の表で与えている。

表 6. 2. 2-1 漂流物の質量と有効剛性の例(FEMA P646⁶⁻²)より)

Mass and Stiffness Properties of Common Waterborne Debris		
Location of Source	Mass (m) in kg	Effective stiffness (k) in N/m
Lumber or Wood Log	450	2.4×10^6
40-ft Standard Shipping Container	3800 (empty)	6.5×10^8
20-ft Standard Shipping Container	2200 (empty)	1.5×10^9
20-ft Heavy Shipping Container	2400 (empty)	1.7×10^9

漂流物の速度 u_{\max} は、一様傾斜の場合、近似的に次式で与えられる。

$$u_{\max} = \sqrt{2gR \left(1 - \frac{z}{R}\right)} \quad (6. 2. 2-13)$$

- ⑥ 漂流物が構造物でせき止められて働く力 (Daming of Waterborne Debris)
流体力学による荷重として次式で与える。

$$F_d = \frac{1}{2} \rho_s C_d B_d (hu^2)_{\max} \quad (6. 2. 2-14)$$

ただし、 B_d : 流れが当たる部分の漂流物の幅である。

- ⑦ 床スラブに作用する浮力 (Uplift Forces on Elevated Floors)

建物内において床の水のレベルが外部よりも下にある場合に、床スラブには局所的に浮力が働く。このときの浮力は次式で与えられる。

$$F_b = \rho_s g A_f h_b \quad (6.2.2-15)$$

ここに、 A_f : 床面積、 h_b : 床部分から外部の水面までの高さである。

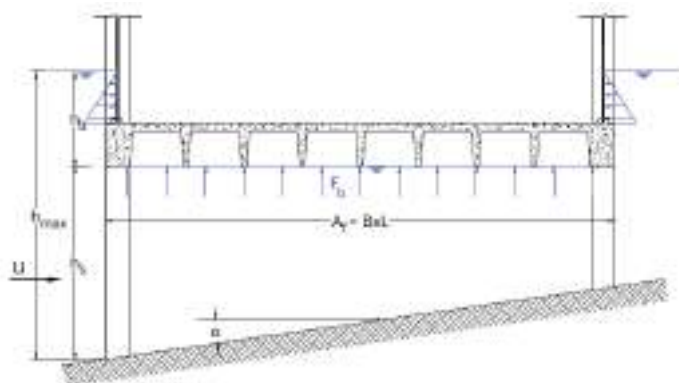


図 6.2.2-11 床スラブに作用する浮力(FEMA P646⁶⁻²⁾より)

なお、壁や柱によって妨げられた水の流れによって、床スラブを持ち上げる力が働くことが分かっている。この力は近似的に次式で与える。

$$F_u = \frac{1}{2} C_u \rho_s A_f u_v^2 \quad (6.2.2-16)$$

ここに、係数 C_u は3.0とする。また、 u_v は水が上昇する鉛直方向の速度である。

⑧貯まった水による床荷重の増加 (Additional Gravity Loads on Elevated Floors)

床に貯まった水による鉛直荷重の増加を次式により考慮する。

$$F_r = \rho_s g A_f h_r \quad (6.2.2-17)$$

ここに、 h_r : 床に貯まっている水の深さである。

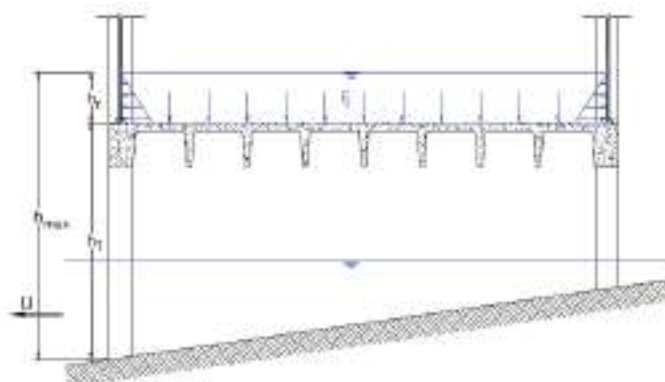


図 6.2.2-12 貯まった水による床荷重の増加(FEMA P646⁶⁻²⁾より)

例題 津波避難ビル設計

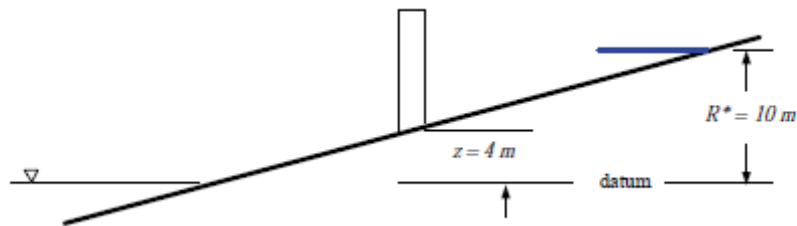


図 6.2.2-13 例題(FEMA P646⁶⁻²)より

- 1) 津波避難ビルの位置：海から 200m の位置に、幅 10m の津波避難ビルを建設する。土地の勾配を 1/50 とすると、建物位置では 4m の海抜高さとなる。
- 2) 津波の最大遡上高さ(the maximum runup elevation)：津浪浸水マップより、海から 500m の位置で $R^* = 10\text{m}$ とする。
- 3) 漂流物： 長さ 8.53m、直径 0.35m、重さ 450kg の丸太
長さ 12.2m、幅 2.44m、高さ 2.59m、重さ 30tom の船

1) 避難場所の高さの計算

設計遡上高さ R は、マップから求まる最大遡上高さ R^* の 1.3 倍より、

$$R = 13\text{m}$$

したがって、建物位置での地面からの津波の高さは 9m となる。

避難のため 3m の余裕をもたせて避難場所の高さは 12m とすると、4 階建てビルの屋上に相当する。

2) 静水圧 (Hydrostatic Force) による荷重

1 階部分の幅 $b=4\text{m}$ 、高さ $h_w=3\text{m}$ の壁に働く静水圧は、壁の地面からの高さを $\Delta z=0.5\text{m}$ とすると、(6.2.2-6)式より

$$\begin{aligned} F_b &= \rho_s g \left(R - (z + \Delta z) - \frac{h_w}{2} \right) h_w b \\ &= (1200 \text{ kg/m}^3) (9.81 \text{ m/sec}^2) \left(1.3 \times 10 \text{ m} - (4 \text{ m} + 0.5 \text{ m}) - \frac{3 \text{ m}}{2} \right) (3 \text{ m}) (4 \text{ m}) \\ &= 989 \text{ kN} \end{aligned}$$

3) 流体力学 (Hydrodynamic Force) による荷重

建物全体で考える。

まず、流束運動量 (momentum flux) は、(6.2.2-10)式より、

$$(hu^2)_{\max} = gR^2 \left(0.125 - 0.235 \frac{z}{R} + 0.11 \left(\frac{z}{R} \right)^2 \right) = 105 \text{ m}^3/\text{sec}^2$$

従って、荷重は

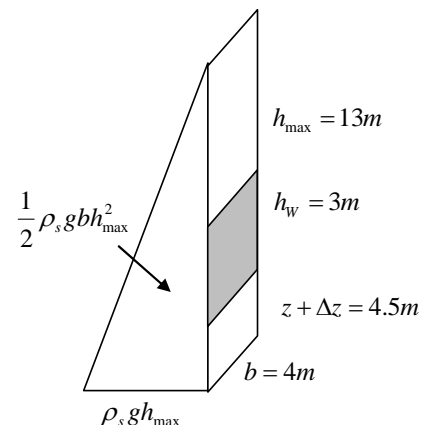


図 6.2.2-14 静水圧による荷重

$$\begin{aligned}
 F_d &= \frac{1}{2} \rho_s C_d (hu^2)_{\max} \\
 &= \frac{1}{2} (1200 \text{ kg/m}^3) (2.0) (10 \text{ m}) (105 \text{ m}^3/\text{sec}^2) \\
 &= 1260 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

波の先端がぶつかる衝撃力を加味しても、

$$F_s = 1.5 F_d = 1890 \text{ kN}$$

4) 漂流物による衝撃力 (Debris Impact Force)

丸太の場合

(6.2.2-13)式より、最大流速 u_{\max} および衝撃力 F_t は、

$$\begin{aligned}
 u_{\max} &= \sqrt{2gR\left(1 - \frac{z}{R}\right)} \\
 &= \sqrt{2g(13 \text{ m})\left(1 - \frac{4 \text{ m}}{13 \text{ m}}\right)} = 13.3 \text{ m/sec.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_t &= C_m u_{\max} \sqrt{km} \\
 &= 2.0 (13.3 \text{ m/sec}) \sqrt{(2.4 \times 10^6 \text{ N/m})(450 \text{ kg})} \\
 &= 874 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

流体力学による荷重と足し合わせると、

$$F_t \text{ (衝撃荷重)} + F_d \text{ (流体力学による荷重)} = 874 + 1260 = 2134 \text{ kN}$$

船の場合

細かい計算は省略 衝撃力 $F_t = 1290 \text{ kN}$ 、流体力学による荷重と足し合わせると、

$$F_t + F_d = 1290 + 1260 = 2550 \text{ kN}$$

6.2.2.3 ASCE が定める浸水荷重の概要

米国土木学会 (American Society of Civil Engineering, 略称:ASCE) の定める Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE 7-05, 2006 年) では、第 5 章に浸水荷重 Flood Loads⁶⁻³⁾ が規定されている。本規定は浸水ハザードマップに定められている浸水危険区域での建築物その他の構造物に適用されるものであり、前節で紹介した「津波からの避難のための構造物の設計ガイドライン (Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis) (FEMA P646)⁶⁻²⁾」のなかでも引用されている。なお、ここで浸水の要因となる事象としては、津波だけでなく潮汐や高潮等も対象としている。

本節では ASCE-7 の浸水荷重に係る規定の概要をまとめる。

(1) 用語の定義

第 5 章 5.2 節では、浸水荷重に係る一連の用語が定義されている。以下に主な用語をまとめる。

Base Flood (基本浸水) : 所与の期間中で超過確率が 1% の浸水。

Base Flood Elevation (BFE) (基本浸水高さ) : 所与の期間中で超過確率が 1% の浸水の高さ (波高も含む)。

Breakaway Wall (分離壁) : 浸水の作用を直接受ける壁のうち、非耐力壁に相当するもの (not required to provide structural support)。基本浸水又はそれ以下の浸水のもとで、水の流れを妨げないように、かつ、上部構造や基礎に損傷を与えないように壊れるよう設計施工された壁をさす。

Coastal A-Zone (湾岸 A 区域) : 特別浸水危険区域内のうち、V 区域の内陸側又は開けた湾の内陸側をさす。A 区域に指定されるためには浸水の発生源が潮汐、高潮、入江での静振、津波であることが必要で、想定される波高が基本浸水時に 0.46m (1.5ft) 以上であること。

Coastal High Hazard Area (V-Zone) (湾岸高危険区域 (V 区域)) : 特別浸水危険区域内のうち、沖合から砂浜の範囲、さらに暴風や地震によって引き起こされる速い速度の波の作用を直接受ける区域をさす。この区域は浸水保険料率マップ (Flood Insurance Rate Maps) で V, VE, V0, V1-30 と指定されている。

Design Flood (設計浸水) : 以下の 2 つの浸水事象のうち大きい方。(1) 浸水保険料率マップ上で指定された区域での基本浸水、(2) 当該地域の浸水危険区域として指定された区域での浸水。

Design Flood Elevation (DFE) (設計浸水高さ) : 設計浸水の高さ (波高 wave height を含む) を表し、地域の浸水危険度マップのデータに対応する。

Flood Hazard Area (浸水危険区域) : 基本浸水時に浸水の危険性のある区域。

Flood Hazard Map (浸水危険度マップ) : 行政が採用した浸水危険区域を表すマップ。

Flood Insurance Rate Map (FIRM) (浸水保険料率マップ) : 連邦保険減災本部 (Federal Insurance and Mitigation Administration) が特別浸水危険区域とリスク割増地区とした範囲の公式マップ。

Special Flood Hazard Area (特別浸水危険区域) : 所与の期間中で浸水を受ける確率が 1% 以上の区域。この区域は浸水保険料率マップで A 区域又は V 区域として定められている。

(2) 設計要件

浸水時を想定した設計に当たっては、5.3.2 節で浸水事象によって地面が浸食される影響 (GL の減少) や局部的に洗掘される影響を荷重算定時に考慮することとされている。

また分離壁 Breakaway Wall は、構造体との接合部も含めた壁が浸水作用時に分離するよう、以下の

荷重の最大値を用いて設計しなければならない (5.3.3 節)。

1. ASCE7 の第 6 章に定める風荷重
2. ASCE7 の第 9 章に定める地震荷重
3. 0.48kN/m^2

(3) 浸水荷重の算定

浸水危険区域での建築物の構造設計は設計用浸水に基づくこととされており、5.4 節で浸水時の荷重算定の方法が定められている。以下にその概要をまとめる。

1) 静水力学による荷重 Hydrostatic Loads (5.4.2 節)

DFE レベルまでに達する水深による静水圧は全面で考慮すること。引抜き力や水平力の低減は、浸水の出入りがある場合のみ適用される。

2) 流体力学による荷重 Hydrodynamic Loads (5.4.3 節)

水流の動的効果は流体力学に基づく解析を通して検討すること。ただし、速度が 3.05m/s 以下の場合は、次式に示す等価割増し深さ d_h を上流側の壁での DFE に加えることによって、静水力学による荷重と等価な荷重とすることができる。

$$d_h = \frac{aV^2}{2g} \quad (6.2.2-18)$$

ここで、 V : 平均流速、 a : 抗力係数 (>1.25)。ここで得た等価荷重は、水の流れる方向に直交する壁に対して高さ方向に一様に分布させる。一方、水の流れる方向に並行する壁に対しては DFE までの高さの静水力学による荷重を分布させる。

3) 波浪荷重 Wave Load (5.4.4 節)

波浪荷重は以下のいずれかの方法で計算しなければならない。

- (1) 本節に定める方法
- (2) 数値解析 (数値モデル)
- (3) 実験 (物理モデル)

波浪荷重は波が水面を伝播して構造物に当たることによって生ずるもの。波浪荷重を受ける建築物の設計に当たっては、建築物各部での砕波 (breaking wave)、浅瀬での揚力、建築物各部への遡上波、抗力や慣性力、摩擦力を考慮しなければならない。波浪荷重は V 区域と A 区域で考慮され、V 区域での波高は 0.91m 以上、V 区域より陸側での波高は 0.91m 未満とする。

砕波以外の波浪又は砕けた後の波浪は、5.4.2~5.4.3 節に定める静水力学又は流体力学による荷重を用いて計算すること。砕波による荷重は 5.4.4.1~5.4.4.4 節に定める手順によって計算し、砕波高は (6.2.2-19)~(6.2.2-20) 式によって計算すること。

$$H_b = 0.78d_s \quad (6.2.2-19)$$

ここで、 H_b : 砕波高、 d_s : 局所的な静水深 local still water depth である。

局所的な静水深はより高度な解析や実験によるほか、(6.2.2-20) 式で計算すること。

$$d_s = 0.65(BFE - G) \quad (6.2.2-20)$$

ここで、 BFE : 基本浸水高さ、 G : 地上レベルである。

4) 鉛直な壁に作用する砕波荷重 Breaking Wave Loads (5.4.4.2 節)

鉛直な壁に作用する最大波圧及び最大波力は次式で算出すること。

$$P_{max} = C_p \gamma_w d_s + 1.2 \gamma_w d_s \quad (6.2.2-21)$$

$$F_t = 1.1 C_p \gamma_w d_s^2 + 2.4 \gamma_w d_s^2 \quad (6.2.2-22)$$

ここで、 P_{max} : 動的な波圧 $C_p \gamma_w d_s$ と静的な波圧 $1.2 \gamma_w d_s$ との和の最大値 (shock pressure とも言う)、

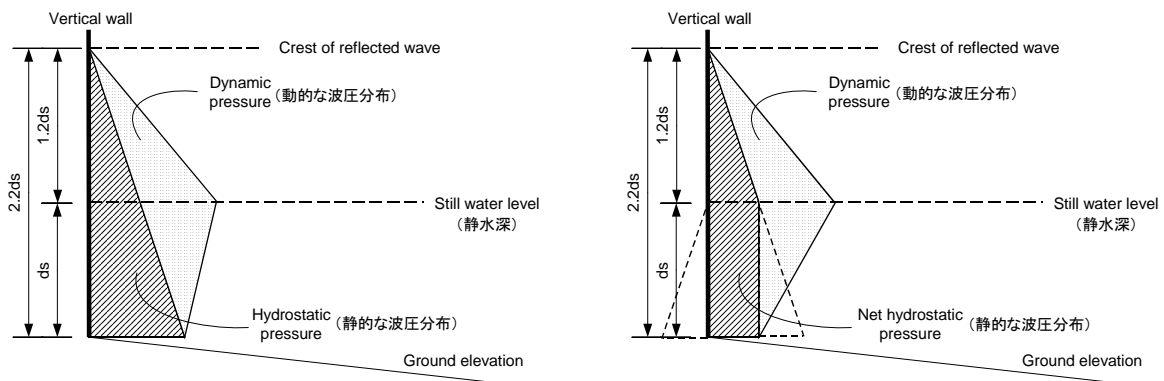
F_t : 静水深付近で作用する単位長さ当たりの波力 (shock, impulse, or wave impact force とも言う)、

C_p : 動圧係数 dynamic pressure coefficient ($1.6 < C_p < 3.5$)、 γ_w : 水の単位重量、 d_s : 砕波地点での静水深である。

この方法は、壁の前面で波が反射又は波立ち、その際に静水深レベルから $1.2d_s$ の高さまで波頭が達することを想定したものである。したがって壁に対する波圧分布は図 6.2.2-15(a) のようになる。

さらにこの方法は、壁の背面では水が回り込まないこととしている。したがって、壁の背面に自由流れがある場合は、同図(b)のように壁の前後で静水圧がキャンセルされるので波力は次式で算出される。

$$F_t = 1.1 C_p \gamma_w d_s^2 + 1.9 \gamma_w d_s^2 \quad (6.2.2-23)$$



(a) 壁の背面に浸水しない場合

(b) 壁の背面にも浸水する場合

図 6.2.2-15 鉛直な壁に作用する砕波荷重

5) 衝撃荷重 Impact Loads (5.4.5 節)

衝撃荷重は、漂流物が建築物に衝突する際の荷重である。衝撃荷重は適切な方法によって、DFE 以下の高さの最もクリティカルな箇所での「集中荷重」として算出しなければならない。

6.2.2.4 津波映像からの流速推定

津波による建築物の被害を検討する上で、陸に遡上してからの津波の流速は重要な要素の一つとなり得る。そこで津波時のビデオ映像をもとに、陸域での津波の流速計測を試みた。計測にあたっては、具体的な場所及び目印となる建築物・道路等を特定する必要があるため、計測に利用出来るビデオ映像は限定される。

以下、現時点で測定出来た宮城県の名取川左岸地区での事例について示す。

(1) 対象地区と計測方法

NHKで放送されたビデオ映像のうち、場所や目印となる建築物・道路等を航空写真と照合することが出来た名取川上空からのビデオ映像を用いた。

津波の流速を計測した箇所は名取川左岸地区（仙台市若林区藤塚周辺）であり、海岸線から約 1km ほど内陸での計測を試みた（図 6.2.2-16）。

計測方法は、ビデオ映像から津波の位置が特定出来る 2つの計測点（概ね津波の進行方向上と平行）を目視で抽出した上で、距離及び時間を下記により求めて速度を計測した。

距離：2点間の距離をGIS上で計測

時間：海側の計測点に津波が到達した時刻を 0 秒とし、陸側の計測点に津波が到達した時刻をビデオのタイムカウンタから取得



図 6.2.2-16 津波の流速を計測した地区

(2) 計測結果

海岸線から約 1km 陸側での名取川左岸地区での津波の流速は、計測点間の距離が約 268m、海側の計測点から陸側の計測点に津波が到達に要した時間は約 38.5 秒であることから、 $268\text{m} / 38.5 \text{秒} = \text{約 } 7\text{m} / \text{秒}$ （約 $25\text{km} / \text{時}$ ）と推定された（写真 6.2.2-1）。

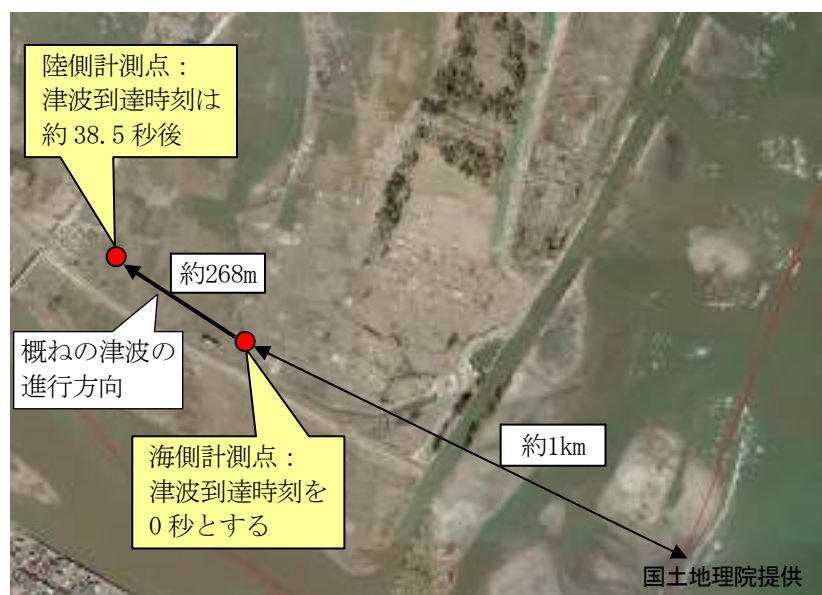


写真 6.2.2-1 名取川左岸地区での津波の流速計測

6.3 現地調査

以下の日程で現地調査を行った。

①平成 23 年 3 月 30 日（水）～4 月 2 日（土）

調査地：岩手県陸前高田市

宮城県気仙沼市、南三陸町、女川町、石巻市、名取市

調査者：国土技術政策総合研究所

総合技術政策研究センター 評価システム研究室 主任研究官 喜々津仁密

危機管理技術研究センター 建築災害対策研究官 港以知郎

建築研究所

構造研究グループ 上席研究員 奥田泰雄

主任研究員 加藤博人

国際地震工学研究センター 上席研究員 斉藤大樹

②平成 23 年 4 月 6 日（水）～4 月 9 日（土）

調査地：岩手県山田町、大槌町、釜石市、大船渡市、陸前高田市

宮城県女川町

調査者：国土技術政策総合研究所

危機管理技術研究センター 建築災害対策研究官 港以知郎

建築研究所

構造研究グループ 上席研究員 奥田泰雄

上席研究員 福山洋

研究員 壁谷澤寿一

国際地震工学センター 主任研究員 石原直

調査協力者：独立行政法人港湾空港技術研究所

アジア・太平洋沿岸防災研究センター 主任研究官 有川太郎

③平成 23 年 4 月 6 日（水）～4 月 8 日（金）

調査地：宮城県仙台市若林区、名取市、岩沼市、亘理町、山元町

調査者：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 宮村雅史

総合技術政策研究センター 評価システム研究室長 榎本敬大

評価システム研究室 主任研究官 喜々津仁密

独立行政法人建築研究所

構造研究グループ 研究員 荒木康弘

研究員 谷昌典

材料研究グループ 主任研究員 中川貴文

（同行者 一般社団法人建築性能基準推進協会 津田千尋）

調査の結果は下記のとおりである。

6.3.1 岩手県山田町

調査日：平成23年4月8日（金）

調査位置



図 6.3.1-1 山田町 被害調査位置図

(1) YM-01 (倉庫)

構造種別: コンクリートブロック造 (壁式構造)

形状: 2階建て、11×5.6(m)、階高. 5.7(m)

- ・ 山田町船越付近、近傍に桁行方向に沿って川が流れている
- ・ 川反対構面が着座、川側は コンクリートブロック壁(400×200×200)が面外方向にはらみだしている
- ・ 1階平面がコ型形状であったため、引き波により倒壊したと考えられる
- ・ 津波外力は梁間方向に作用している
- ・ 最大浸水深 6.0(m)



(2) YM-02 (堤防)

構造種別: RC 構造

形状: 桁行長さ 15.1(m), 高さ 4.5(m)

- ・ 陸前山田駅周辺の堤防
- ・ 面外方向に転倒し、津波により流され、100(m)程度離れた場所で発見した
- ・ 壁厚 1000(mm)と 800(mm)の箇所がある。主筋は 2D16@250
- ・ 最大浸水深 6.0(m)



(3) YM-03 (商店)

構造種別: RC 造 (ラーメン構造)

形状: 2階建て

- ・ 陸前山田駅堤防の周辺
- ・ 2×2 スパンであり 1 構面が洗掘により海側に向かって大きく沈下している。
- ・ 構造物は開口の少ない非構造壁を有する RC 建物
- ・ 沈下した基礎周辺にはおおきな水溜りができている。
- ・ 最大浸水深 6.2(m)



6.3.2 岩手県大槌町

調査日：平成 23 年 4 月 8 日（金）

調査位置



図 6.3.2-1 大槌町 被害調査位置図

(1) OT-01 (戸建住宅)

構造種別: 鉄骨構造 (ラーメン構造)

形状: 3階建て、6.5×10.0(m)、高さ9(m)

- ・ 大槌町新町
- ・ 3×3 スパンの階段型平面を有する建物
- ・ 桁行1構面1階柱部分が失われ、梁間方向に大きく転倒・傾斜している。
- ・ 2階以上高い部分の外壁パネルは残存している。
- ・ 最大浸水深7.30(m)、押し波に流されて漂流した模様
- ・ 鉄骨柱□-175、アンカー孔4φ20



(2) OT-02 (橋脚)

構造種別: RC柱

形状: φ2000(mm)、階高8.3(m)

- ・ 大槌町新港町 中央分離帯
- ・ 津波押し波方向(北西 327°)に柱脚が曲げ破壊し、転倒している
- ・ 円形断面、主筋 36φ22
- ・ 最大浸水深は9.5(m)



(3) OT-03 (集合住宅)

構造種別: コンクリートブロック造 (壁式構造)

形状: 2階建て、24.2×5.7(m)、高さ 5.7(m)

- ・ 大槌町内新港町
- ・ コンクリートブロック壁(200×400×150)、木床、基礎・屋根面(w=240mm)のみ RC
- ・ 9棟の集合住宅のうち、小さい2棟が流され、3棟が転倒、4棟が残存している
- ・ 屋根面が脱落している住棟のみ切妻屋根となっている。



6.3.3 岩手県釜石市

調査日：平成23年4月7日（木）、4月8日（金）

調査位置



图 6.3.3-1 釜石市中心部 被害調査位置図



图 6.3.3-2 釜石市北部 被害調査位置図

(1) KM-01 (釜石港湾合同庁舎)

構造種別: RC 造 (耐震壁付きラーメン構造)

形状: 4階建て、桁行3.4(m)、梁間スパン5.0(m)、高さ16.0(m)

- ・ 桁行方向すぐ脇に堤防および海
- ・ 堤防と建物間に外階段が配置されている
- ・ 2×5 スパン, PH を有している
- ・ 柱幅700(mm)、1階部分のみ壁が入っている構面が比較的多かった
- ・ 躯体には損傷が見られなかった
- ・ 津波外力は桁行方向に作用している
- ・ 最大浸水深6.2(m)



(2) KM-02 (事務所ビル)

構造種別: RC ラーメン +コンクリートブロック壁

形状: 4階建て建物、桁行33.2(m)、梁間スパン9.0(m)、高さ15.6(m)

- ・ 合同庁舎周辺建物、梁間方向すぐ脇に堤防および海(距離20(m)、堤防高さ2(m))
- ・ 2×8 スパン, 中廊下形式(桁行2スパンは2階かつ梁間1構面(ピロティー))
- ・ 外柱幅600(mm)、内柱幅650(mm)
- ・ 躯体には損傷が見られなかった
- ・ 津波外力は梁間方向に作用しているが、開口部分が非常に大きい
- ・ 漂流物は2階の天井付近まで確認され、ピロティー部分の基礎は激しく洗掘されている



(3) KI-03 (商店)

構造種別: 鉄骨造 (ラーメン構造)

形状: 2階建て、桁行 15(m), 梁間スパン 15(m)、階高 5.0(m)

- ・ 建物に沿って堤防および川
- ・ 2×2 スパン, L型平面 (中二階床平面を有する)
- ・ 外側柱 □-250, 内部柱 6本 ○-320(アンカーボルト 4M20)、梁 350×175×10(mm)
- ・ 津波外力が作用している方向に 1/100(rad)程度傾斜している



(4) KI-04 (ホテル)

構造種別: RC造 (ラーメン構造)

形状: 2階建て、桁行 19.2(m), 梁間スパン 16(m)、階高 4.6(m) (2Fセットバック部分のみ計測)

- ・ 建物桁行方向に沿って 13.6(m)離れたところに堤防(2m)
- ・ ホテル(6F)に併設されているセットバック部分(2F)
- ・ 非構造壁 壁厚 13cm, D10@150 千鳥, 壁幅 16(m), 柱型なし, 端部補強筋として 4D13
- ・ 非構造壁から 2.6(m)内部に柱 5本(柱幅 700mm)が存在している
- ・ 津波外力が梁間方向に作用し、非構造壁が面外方向に曲げ破壊している(壁縦筋破断)
- ・ 壁縦筋が座屈している壁頭高さは 6.8(m)程度
- ・ 最大浸水深は 7.6(m)



(5) KI-05 (商店)

構造種別: コンクリートブロック壁+鉄骨フレーム

形状: 平屋、18.7×9.4(m)、階高3(m)

- ・ 釜石市両石付近
- ・ 決壊した堤防近傍のコンクリートブロック壁(柱・梁が鉄骨)で作られた建物
- ・ 躯体には損傷が見られなかった
- ・ 梁間方向に津波外力が作用している。最大遡上高さ20(m)
- ・ 桁行構面の無開口コンクリートブロック壁は無被害、屋根面が一部損傷している。
- ・ 桁行方向にのみブレースが設置されている。
- ・ 洗掘の痕跡はあるが、架構の移動転倒は見られなかった。



(6) KI-06 (事務所ビル)

構造種別: 鉄骨造(張間ラーメン、桁行ブレース構造)

形状: 2階建て、張間スパン11m、桁行き柱間隔は4.0m、軒高4.0(m)

- ・ (4)のホテルの近傍
- ・ L字形の平面形状で、写真の右側部分は柱はH400x200x?x12。梁も柱と同一断面と史料。
- ・ ブレースの破断、外装材の流失、一部の屋根版の流失



6.3.4 岩手県大船渡市

調査日：平成23年4月7日（木）

調査位置



図 6.3.4-1 大船渡市 被害調査位置図

(1) OF-01(大船渡商工会議所)

構造種別: RC造(ラーメン構造)

形状: 3階建て、20.6×29(m)、階高4.8(m)(1F)、3.600(m)(2F)

- ・ 2階部分まで漂流物(流木など)が衝突している。
- ・ 5×3スパン、ホール部分は3本柱抜けしている。
- ・ 梁間方向に津波が作用している。
- ・ 構造躯体には損傷が見られなかった
- ・ 柱幅750(mm)



(2) OF-02(大船渡土木事務所港務所)

構造種別: RC造(壁式構造)

形状: 2階建て、11.3×5.4(m)、階高3.4(m)

- ・ 堤防近傍の二階建て
- ・ 壁量(壁厚200mm)が多く、隅端に2本の柱(450mm)
- ・ 躯体に損傷が見られない
- ・ 階部分まで漂流物(流木など)が衝突している。
- ・ 最大浸水深は6.8(m)



(3) 0F-03 (作業室)

構造種別: RC 造 (壁式構造)

形状: 平屋、9.5×5.3(m)、階高 4.1(m)

- ・ 堤防近傍の平屋
- ・ 壁量(壁厚 200mm)、隅端部に 4 本柱(柱幅 700mm)
- ・ 前面開口は 120×220 のドア型開口のみ
- ・ 背面開口は 900×100 の開口が 3 つ、側面にはシャッター扉(2000×1600(mm))開口のみ
- ・ 躯体に損傷が見られない
- ・ 津波外力は梁間方向に作用している
- ・ 最大浸水深は 6.8(m)



(4) 0F-04 (倉庫)

構造種別: コンクリートブロック造 (壁式構造、屋根面なし)

形状: 平屋、11.2×5.3(m)、階高 2.6(m)

- ・ (1)の周辺
- ・ コンクリートブロック壁(200×400×150, 境界部分 D10、横筋 D10 600(mm)間隔)
- ・ 桁行方向の 2 開口(2200×2300)の端部に RC 間柱(150×250)が 4 本配置されている
- ・ 津波作用面(梁間構面)および桁行 1 構面のコンクリートブロック壁が面外に転倒
- ・ コンクリートブロック壁上部には RC 梁(L 型 180×370、4 本 D13, 2 本 D13)が囲われている



(5) 0F-05 (鉄塔)

構造種別：鉄骨造（屋根有り、H形鋼2本柱による門型フレーム）

形状： 2階建て、スパン7(m)、階高4.8(m)（屋根面までの距離5.4(m)）

- ・ 面外方向脇に堤防および海
- ・ H形鋼350×350×19，根巻きコンクリート800(mm)立方体
- ・ 根巻きコンクリートが架構面外方向に曲げ破壊している（主筋4D22）
- ・ 津波外力は面外方向に作用している。
- ・ 傾斜角は1/15程度
- ・ 最大浸水深6.9(m)



(6) 0F-06 (戸建住宅)

構造種別：鉄骨造（ラーメン構造，木床・下地材）

形状： 2階建て、桁行スパン3.4(m)，梁間スパン5.0(m)、階高3.0(m)

- ・ 面外方向やや進んだ所に堤防および海
- ・ 1×4スパン，ホール部分は3本柱抜けしている。
- ・ 柱H形鋼175×145×?×11，梁H形鋼300×150、屋根天井面に水平ブレースが見られた。
- ・ 津波外力は梁間方向に作用し、構造物が若干傾斜している（測定できず）
- ・ 梁間構面バルコニー部分の非構造材(柱)が座屈している
- ・ 最大浸水深8.0(m)



6.3.5 岩手県陸前高田市

調査日：平成23年3月30日（水）、4月6日（水）

調査位置



図 6.3.5-1 陸前高田市 被害調査位置図

(1) RT-01 (大船渡警察署高田幹部交番)

構造種別：RC造（ラーメン構造）

形状：2階建て、高さ約7m、桁行12m、梁間9.5m

被害状況：構造躯体の被害は見られない。窓はすべて破壊されており、非構造部材も損傷している。建物周囲や内部には、多くの漂流物が堆積していた。

その他：建物全体が完全に水没。周辺地盤に液状化等は見られない。開口部が壊れて水が入ったことにより、津波の力が軽減されたと思われる。



(2) RT-02 (陸前高田市役所)

構造種別：RC造（ラーメン構造）。3棟が渡り廊下やエキスパンジョン・ジョイントで接続している。

形状：3階建（一部4階）、高さ約16m

被害状況：地震による躯体の被害は見当たらない。漂流物の衝突等による損傷は見られた。建物内部の被害は3階まで甚大であるが、3階の蛍光灯は残存しているものもあり、天井仕上げ材の損壊は軽微。5階の内部被害は軽微だが、一部浸入の痕跡がみられた。

その他：周辺地盤に液状化等はない。





(3) RT-03 (陸前高田市民会館)

構造種別：RC造（ラーメン構造）

形状：3階建て（階段室4階）、高さ約13m

被害状況：ホールの壁が津波の作用方向に崩壊していた。非構造部材は、3階の天井仕上げ材まで全面的に破損していた。



(4) RT-04 (転倒建築物)

構造種別：RC造（ラーメン構造）

形状：2階建て

被害状況：市役所近くで、独立基礎を上に向けて完全に引っ繰り返っていた。原位置から35～40m程度移動した可能性がある。



(5) RT-05 (陸前高田市民体育館)

構造種別：RC造（ラーメン構造）、屋根は鉄骨造

形状：1階建、高さ約11m

被害状況：アリーナのステージ背後の外壁が津波によって構面外（津波の作用方向）に転倒しており、それに伴って屋根の鉄骨フレームも著しく変形していた。アリーナ隣のS造平屋の柔剣道場は、柱脚部で破断し完全に流失していた。

その他：塔屋のガラス破損有無の中間部を最大浸水高さとするれば、地上約12mとなった。



(6) RT-06（移動した事務所建築物）

構造種別：RC造

形状：2階建と推測

被害状況：建築物全体（独立基礎も含む）が道路の中央付近まで移動していた。原位置から約80m移動と推測。



(7) RT-08 (ホテル)

構造種別：RC造

形状：2階建て、高さ約16m、

被害状況：建物は海に正対して建っており、津波の作用方向に並行する外壁が両側とも構面外（外側）にはらみ出し損傷していた。

その他：壁のガラス破損有無の階の境界を最大浸水高さともなせば、地上約12.6mとなった。なお、当該ホテル近くの広告塔の損傷上限を浸水高さともなせば、地上約11mである。





(8) RT-09 (高田病院)

構造種別：RC造（ラーメン構造）

形状：4階建て

被害状況：漂流物の衝突痕を除き、構造躯体には外観上被害はない。非構造部材等の被害としては、窓ガラスは3階まで全損していた。4階窓ガラスには無損傷の箇所もあった。

その他：4階ベランダの手すりを最大浸水高さとみなせば、地上約9.5mとなった。地表面に著しい洗掘があり、杭が露出していた。



(9) RT-12 (診療所)

構造種別：鉄骨造（ラーメン構造）

形状：：3階建て、高さ9.2m、桁行22.5m、梁間8.3m、鉄骨柱は□-300×300mm

被害状況：鉄骨柱には漂流物の衝突跡が見られる他、建物全体の在留変形が生じている。外壁材

の大半が流失していた。



(10) RT-13 (残存している木造建築物)

地盤が高い山側に立地する建築物を除き、海側では残存している木造建築物は確認できなかった。



(11) RT-14 (事務所ビル)

構造種別: RC造ラーメン構造+コンクリートブロック壁

形状: 2階建て、7000×5500(mm)、階高 3500(mm)

- ・ 陸前高田市役所周辺
- ・ RC架構は4本柱により支持されている。
- ・ 1階部分が層崩壊している。
- ・ 柱幅 400(mm), 主筋 8φ12



(12) RT-15 (不明)

構造種別: コンクリートブロック造 (壁式構造)

形状: 2階建て、4400×8900(mm)、階高 3000(mm)

- 陸前高田市役所周辺
- コンクリートブロック壁式構造
- 1階部分が層崩壊している。



(13) RT-16 (事務所ビル)

構造種別: RC造ラーメン構造+コンクリートブロック壁

形状: 2階建て、11700×6200(mm)、階高3200(mm)

- ・ 1×2スパン、梁間方向に津波荷重を受けている。
- ・ 1階部分が層崩壊している。
- ・ 柱幅450(mm)、主筋4φ19、帯筋φ8



(14) RT-17 (不明)

構造種別: RC造ラーメン構造+コンクリートブロック壁

形状: 2階建て、9000×9000(mm)、階高3100(mm)

- ・ 1×2スパン、梁間桁行斜め方向に津波荷重を受けている。
- ・ 1階部分が層崩壊している。
- ・ 柱幅450(mm)、主筋8φ20



(15) RT-18 (事務所ビル)

構造種別: RC造ラーメン構造+コンクリートブロック壁

形状: 3階建て、12800×6300(mm)、階高 3200(mm)

- ・ 2×2 スパン、中央部分柱抜け
- ・ 柱幅は外柱 600(mm)、内部柱 450(mm)、内部にも非構造壁
- ・ 躯体には損傷が見られない
- ・ 推定最大浸水深 9.2(m)



(16) RT-19 (店舗)

構造種別: RC造ラーメン構造+コンクリートブロック壁

形状: 3階建て、13200×10000(mm)、階高 3200(mm)

- ・ 3×2 スパン、中央部分柱抜け
- ・ 柱幅 700(mm)、主筋 8φ20
- ・ 躯体には損傷が見られない
- ・ 推定最大浸水深 9.2(m)



(17) RT-20 (戸建住宅)

構造種別: RC造ラーメン構造+コンクリートブロック壁

形状: 平屋、5400×8800(mm)、階高 3000(mm)

- ・ 片側構面の柱が軸崩壊し、反対側の構面の柱頭が曲げ破壊している
- ・ 1×2 スパン、柱幅 450×400(mm)、主筋 12φ22
- ・ コの字型にコンクリートブロック壁が存在した形跡有り



(18) RT-21 (店舗)

構造種別: RC 造ラーメン構造+コンクリートブロック壁

形状: 2階建て、6400×7600(mm)、階高 3000(mm)

- ・ 1×2 スパン、柱幅 400(mm)、主筋 8φ20
- ・ 1階部分が層崩壊している。
- ・ コの字型にコンクリートブロック壁が存在している



(19) RT-22 (ポンプ場)

構造種別: RC ラーメン構造+RC 壁(桁行)+ALC&RC 壁(梁間)

形状: 2階建て、21400×12500(mm)、軒高 10.4(m)、棟高 12.8(m)

- ・ 1×6 スパン、1階+中2階、柱幅 750(mm)、壁厚 220(mm)
- ・ 太い柱、厚い RC 壁で構成された架構
- ・ 躯体に損傷は見られなかった
- ・ 梁間構面のガラスおよび ALC パネルが脱落している



(20) RT-23 (集合住宅 1号棟、2号棟)

構造種別: RC造 (壁式構造)

形状: 5階建て、72000×6700(mm)、階高2.7(m)

- ・ 1棟8戸の集合住宅、壁厚220(mm)
- ・ 1号棟と2号棟の間隔は30(m)
- ・ 躯体に損傷は見られなかった
- ・ 津波は梁間方向に作用している
- ・ 両棟の最大浸水深は9.3(m)でほぼ変わらない



(21) RT-24 (事務所ビル)

構造種別: RC造ラーメン構造+梁間1構面のみRC壁

形状: 平屋、122000×6800(mm)、階高3.8(m)

- ・ (20)の集合住宅脇の建物
- ・ 2×1スパン、柱幅500(mm)
- ・ 躯体に損傷は見られなかった
- ・ 津波は梁間方向に作用している



(22) RT-25 (事務所ビル)

構造種別: RC造ラーメン構造+コンクリートブロック壁

形状: 2階建て、9000×6000(mm)、階高2.8(m)

- ・ 2×2スパン、柱幅400(mm)、主筋D22、帯筋φ12
- ・ コンクリートブロック壁にも大きな開口が見られた
- ・ 躯体に損傷は見られなかった
- ・ 津波は桁行方向に作用している
- ・ 1, 2階ともに柱梁架構以外の雑壁が少なく抵抗力が小さかったと考えられる



(23) RT-26 (事務所ビル)

構造種別: RC造ラーメン構造+RC非構造壁

形状: 3階建て、94000×9000(mm)、階高3.2(m)

- ・ 3×2スパン、3F+PH、所々柱抜け、セットバックしている。柱幅500(mm)
- ・ 躯体に損傷は見られなかった
- ・ 津波は梁間方向に作用している。推定最大浸水深は9.1(m)
- ・ 2面に非構造壁が配置されている(津波の方向とは直交している)



6.3.6 宮城県気仙沼市

調査日：平成 23 年 3 月 31 日（木）

調査位置



図 6.3.6-1 気仙沼市 被害調査位置図

(1) KS-01 (気仙沼市魚市場)

構造種別：鉄骨造

形状：1階建て、高さ約10m。気仙沼市のWebサイトによると、全長およそ700mに及ぶ巨大な建築物。屋上（駐車場）は、「津波避難ビル」に指定されている。

被害状況：外観上、躯体の被害は観察されなかったが、建物から岸壁までの舗装面には沈下等の変状が見られた。屋上の照明灯や鉢植え植物に変状はなく、津波は屋上まで達しなかったと推測される。



(2) KS-02 (遊戯施設 (気仙沼市松崎地区))

構造種別：鉄骨造

形状：2階建て、高さ約7.7m、桁行き32m、梁間20m

被害状況：構造躯体の被害は見られない。1、2階とも一部のALCパネルが損傷し、脱落している。

その他：津波浸水深は約6m。建物周囲に津波被害が見られるが、少し地盤が高い場所に建っている木造住宅では、さほど大きな被害はなく残存している。





(3) KS-03 (本吉町沿岸部 (気仙沼市本吉町沖の田))

本吉町沖の田地区では、損傷した木造住宅が数棟残っている以外は全て流失している。河口近くにあった建物（発電所）が引き波によって転倒し、水門に乗り上げていた。



6.3.7 宮城県南三陸町

調査日：平成 23 年 3 月 31 日（木）

調査位置

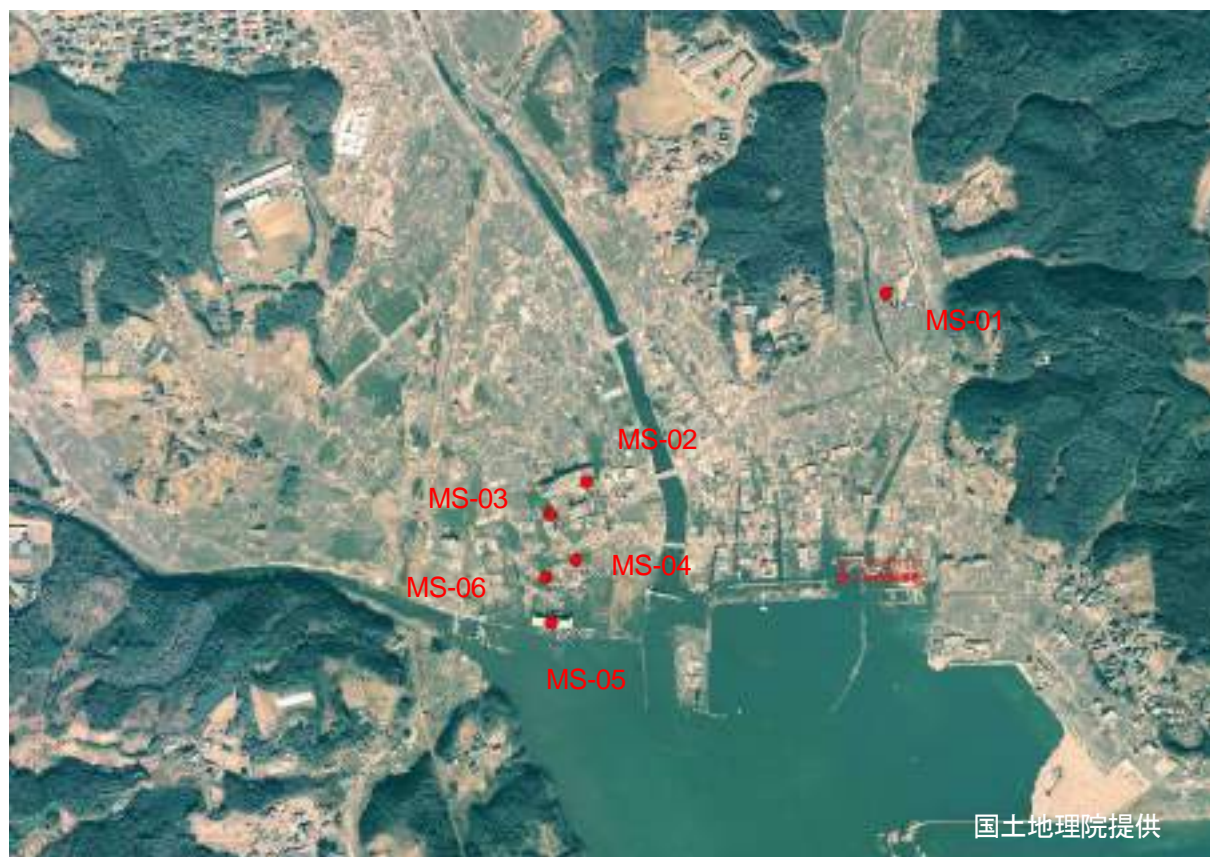


図 6.3.7-1 南三陸町 被害調査位置図

(1) MS-01 (集合住宅)

構造種別：RC造 (壁式構造)

形状：3階建て、高さ約10m、桁行28m、梁間7m、壁厚15cm

被害状況：構造躯体の被害は見られない。非構造部材は、3階の天井仕上げ材まで全面的に破損していた。

その他：屋上に自動車に乗っており、津波浸水深は建物高さ(約10m)以上だったと推測される。



(2) MS-02 (志津川病院 (津波避難ビル指定))

構造種別：RC造 (ラーメン構造)、耐震補強済み

形状：4階建て、高さ約14m (階高3.2m)、桁行60m、梁間14m、隣の新館は5階建て

被害状況：構造躯体の被害は見られない。4階の天井下まで浸水の痕跡があり、非構造部材は全面的に破損していた。

その他：津波の際には一部の入院患者や職員は屋上に避難し、その後救出された。



(3) MS-03 (結婚式場 (津波避難ビル指定))

構造種別：RC造 (ラーメン構造)

形状：4階建て、ペントハウスあり、高さ約19m

被害状況：構造躯体の被害は見られない。3階の窓ガラスまで全て損傷している。それらの状況から、浸水深は13m程度と判断される。



(4) MS-04 (志津川公民館)

構造種別：RC造 (ラーメン構造)、屋根は鉄骨トラス造 (と思われる)、耐震補強済み

形状：3階建て、階高3.3m、桁行17m、梁間13m

被害状況：3階部分が崩壊 (津波によるものと推測)。体育館部分は完全に流失していた。



(5) MS-05 (町営住宅 (津波避難ビル指定))

構造種別：RC造 (ラーメン構造)

形状：4階建て、階高3m、桁行32m、梁間13m（1棟当たり）、2棟の建物が中央のエレベータ部に設けられたエキスパション・ジョイント部で接している。

被害状況：構造躯体の被害は見られない。4階の床まで浸水している。建物の周辺地盤には、沈降・洗堀があり、一部の基礎が露出していた。

その他：津波の際、屋上は避難場所として機能していた。



(6) MS-06（汐見町集会場）

構造種別：RC造（ラーメン構造）

形状：2階建て、高さ7m（1階3m、2階4m）、桁行15.5m、梁間（壁部分）6m

被害状況：1階梁間方向の壁（配筋：9φ、25cm間隔）が構面外に変形、破壊していた。1階内部のコンクリートブロック壁が崩壊していた。



6.3.8 宮城県女川町

調査日：平成 23 年 4 月 1 日（金）、4 月 9 日（土）

調査位置



図 6.3.8-1 女川町 被害調査位置図

(1) 女川町立病院駐車場

・町内を遠望できる高台にある駐車場であるが、乗用車が被災しており、手すり等も流失していた。



駐車場から見た町内の様子

(2) OG-01 (旅館1)

構造種別：RC造（耐力壁付きラーメン構造）

形状：4階建て、高さ12m、桁行6m、梁間（壁部分）4m

被害状況：上部構造が転倒していた。元々、旅館2の隣にあった建築物で、推定移動距離は約70m。

その間の道路には建物が引きずられた痕跡は認められなかった。

その他：杭の外径300mm、7φ×6本のPC鋼材。



(3) OG-02 (旅館2)

構造種別：RC造（桁行方向：ラーメン構造、張間方向：壁式構造）

形状：5階建て、高さ18m、桁行13m、梁間（壁部分）5m

被害状況：4階以下の窓ガラスは全損、5階の窓ガラスは一部残存。浸水深は16m。



(4) OG-03 (水産加工場)

- ・ RC 造 (耐力壁付きラーメン構造)
- ・ 壁が面外にはらみ出している。



(5) OG-04 (冷凍工場)

- ・ RC 造 (耐力壁付きラーメン構造)
- ・ 高さ 6.5m
- ・ 津波の作用方向に海側の壁が倒壊し、山側の壁もはらみ出している。山側の柱も 1 本折損している。



(6) OG-05 (冷凍庫施設)

- ・ RC 造 (ラーメン構造)

- ・地上2階 22m×8.5m 高さ9m
- ・上部構造が転倒している。隣接する建築物の壁の一部（高さ1.9m）が残存しており、それを乗り越えて転倒したものと推定される。



(7) 鉄骨造建築物

- ・鉄骨造3階
- ・外装仕上げ材や内部の什器等は流失しており、柱が海側に向かってやや傾斜している（引き波の作用方向）。



(8) OG-06（マリンパル女川）

- ・RC造
- ・海辺に面した建築物である。上部構造2棟自体は倒壊しておらず、周辺の建築物と比較して構造躯体の損傷は軽微である。また、1階の窓ガラスには破損していないものもあった。なお、2階部分の連結通路は流失していると思われる。



(9) OG-07 (S 造転倒建築物)

- ・鉄骨造 (ラーメン構造)
- ・上部構造が転倒。
- ・PC 杭 (径 300mm)。転倒に伴って杭の一部が引き抜かれており、その部分の長さは 7m 程度であった。
- ・外壁 ALC パネルが流失している。
- ・推定移動距離は約 10m



(10) OG-08 (転倒物件)

- ・RC 造 (ラーメン構造)
- ・地上 3 階 6m×9m 高さ 9m
- ・海に向かって上部構造が転倒している (引き波の作用方向)



(11) OG-09 (女川交番)

- ・ RC 造 (ラーメン構造)
- ・ 地上 2 階 高さ 6.5m
- ・ 上部構造が転倒している。基礎梁に杭 (径 300mm) が残存。



(12) OG-10 (ホテル)

- ・ RC 造 (ラーメン構造)
- ・ 地上 3 階 ペントハウスあり
- ・ ペントハウスの天井まで破損が認められた → 推定浸水深 約 15m



(13) OG-11 (店舗)

構造種別: RC造 (耐震壁付きフレーム構造)

形状: 2階建て、11.3×8.8(m)、高さ7.2(m)

- ・ 堤防近傍のRC2階建物
- ・ 津波外力が作用している方向の開口面積が大きい
- ・ 躯体に損傷は見られなかった
- ・ 梁下高さまで浸水の痕跡が見られた



(14) OG-12 (事務所ビル)

構造種別: RC造 (耐震壁付きフレーム構造)

形状: 4階建て、10.6×17.2(m)、高さ13.6(m)

- ・ 転倒した4階建物周辺
- ・ 4×3スパン、津波荷重を受けている開口面積は非常に小さい
- ・ 津波外力は梁間方向に作用している。
- ・ 躯体に損傷は見られなかった
- ・ 梁下高さは35cm(1F), 55cm(2F以上)
- ・ 最大浸水深は14.6(m)



6.3.9 宮城県石巻市

調査日：平成 23 年 4 月 1 日（金）

調査位置



図 6.3.9-1 石巻市 被害調査位置図

(1) 集合住宅

- ・ RC 造
- ・ 地上 4 階 高さ 12m
- ・ 構造躯体の被害は認められない。
- ・ 3 階の窓ガラスの破損はほとんどなく、2 階天井付近を推定浸水深とすると約 6m。



(2) 石巻市立病院

- ・ 構造躯体の被害と 2 階以上の窓ガラスの被害は外観上認められない。漂流物の衝突も多く、1 階の窓ガラスの被害は甚大。



(3) 石巻市立病院看護宿舎

- ・ 2 階の天井付近の高さでの壁に浸水痕が認められた。→浸水深は約 6m



(4) 市営南浜町住宅

- ・1～2階の窓ガラスが全損するとともに、ベランダ手すりも流失している。



(5) 海に面した倉庫群

- ・外装仕上げ材が流失しており、海からの漂流物（コンクリート塊や道路の舗装アスファルト）が衝突したためと思われる柱の曲げ等の被害も認められた。



6.3.10 宮城県仙台市若林区、宮城野区

(a) 若林区

(1) 被害概要

調査建物の位置を図 6.3.10-1 に示す。仙台市若林区荒浜の木造建物のほとんどは津波にさらわれ壊滅的な被害であったが、RC 造等の建物と共に流失を免れた木造住宅もあった。

浸水深について、海岸付近から荒浜小学校の辺りで 5~6m 程度、荒浜地区より 3km ほど南西の二木地区で 2m 程度であったと推定される。

(2) 荒浜地区の被害

1) 木造を中心とした被害

海岸付近には上部構造が無く、基礎下部の地盤だけがさらわれたか、べた基礎だけが流されて漂着したと想像される例（写真 6.3.10-1）が確認された。上部構造が流され、基礎と土台だけが残された被害例が多数確認された（写真 6.3.10-2）が、ホールダウン金物のラグスクリーが柱から抜けて残っていた（写真 6.3.10-3）。写真 6.3.10-4 (①) のスチールハウスは、漂流してきた木造家屋が衝突し、1 階部分が層崩壊しているにもかかわらず残存していた。

その他、土台と基礎のみが残されている物件で、土台が割裂した例（写真 6.3.10-5）、軽量コンクリートブロック造（以下、「CB 造」と称する）の立ち上がり部分に囲われた浴室部分（写真 6.3.10-6）なども確認された。また、布基礎だけが残っている例（写真 6.3.10-7）も見られたが、残っている布基礎にはアンカーボルト、もしくはその設置痕が確認されなかった。

2) RC 造等を中心とした被害

海岸から約 250m に立地する 2 階建 RC 造建物 2 棟は流失せず残存していた（写真 6.3.10-8 : ②、写真 6.3.10-9 : ③）。外観調査の結果、構造躯体には津波による被害は見られなかった。ともに 2 階窓ガラスに著しい破損が確認され、屋上に漂流物が残存していたことから、浸水深は 7.5m（建物高さ）以上と推定される。一方、残存する RC 造建物の 1 棟に隣接して建つ 2 階建 CB 造とみられる住宅では、地盤が著しく洗掘されて上部構造が傾斜していた（写真 6.3.10-10、11 : ④）。また、2 階天井の蛍光灯が流失しているのが確認された。

RC 造 2 階建（1990 年建設）の荒浜コミュニティセンター（写真 6.3.10-12、13 : ⑤）は、2 階手摺が破損していたが、2 階の窓には損傷が見られず、この付近での浸水深は 6m と推定される。外観からは構造躯体の損傷は確認されなかった。

RC 造 4 階建ての荒浜小学校校舎（写真 6.3.10-14~16 : ⑥）は、東面（海側）では 3 階手摺に破損が見られたことから、浸水深は 6.5m と推定される。一方、南北面では、2 階の窓に損傷は無いものの、外廊下に漂流物が残存しており、また浸水痕も確認できたことから、浸水深は 2 階の腰壁相当と考えられ、約 4m と推定される。津波により建物内部にも大量の瓦礫が流入していたが、構造躯体に大きな被害は確認されなかった。隣接する鉄骨造 1 階建ての荒浜小学校体育館（写真 6.3.10-17、18 : ⑦）では、金属製サイディング材が面外に著しく変形していたが、鉄骨の柱には外観上損傷は認められなかった。



図 6.3.10-1 仙台市若林区荒浜の調査建物



写真 6.3.10-1 漂着したか地盤が
さらわれたべた基礎



写真 6.3.10-2 基礎と土台が残る被害例



写真 6.3.10-3 写真 6.3.10-2に残る
ホールダウン金物



写真 6.3.10-4 1階が層崩壊しても残存している
スチールハウス (①)



写真 6.3.10-5 土台が割裂した例



写真 6.3.10-6 残存したCB造の浴室の立上り部分



写真 6.3.10-7 土台も流失した例



写真 6.3.10-8 住宅の外観 (②)



写真 6. 3. 10-9 残存する RC 造住宅 (③)



写真 6. 3. 10-10 残存する CB 造とみられる住宅 (④)



写真 6. 3. 10-11 写真 6. 3. 10-10 の地盤の洗掘状況



写真 6. 3. 10-12 コミュニティセンター外観 (⑤)



写真 6. 3. 10-13 写真 6. 3. 10-12 の 2 階手摺の破損



写真 6. 3. 10-14 荒浜小学校校舎外観 (⑥)



写真 6. 3. 10-15 東側妻面の破損状況 (3 階手摺に損傷が認められる)



写真 6. 3. 10-16 1 階教室の状況



写真 6. 3. 10-17 荒浜小学校体育館外観 (㉞)



写真 6. 3. 10-18 外壁材の面外変形

(3) 仙台市若林区荒浜新の被害

荒浜地区の海岸線から約 1.5km のエリアは、低層の住宅はほとんどが流失していたが、10 号線沿いの荒浜新 1、2 丁目において残存する低層の住宅が数十軒程度確認され、概要調査を行った。

写真 6.3.10-19 は、最近立てられたと推測されるハウスメーカー製の金物構法（ホゾパイプ等を用いた工法）による木造住宅で、主たる耐震要素は筋かい耐力壁であり、周辺の建物が流失されている中、孤立して残存していた。海岸側の 2F のオーバーハング状態となった部分は、支持する柱と壁が損壊していた（写真 6.3.10-20）。波の高さは建物の GL から 2.8m 程度と推定される。写真 6.3.10-21 も、孤立して残存している軸組構法の木造住宅であった。海岸側の構造躯体の損傷は激しかった。構造用合板が主たる耐震要素で、通常より密な 100mm ピッチでの釘打ちであった。これらの周辺の流失した木造住宅は、基礎＋土台だけが残っているものや、基礎だけが残っているものがあり、工法は軸組構法や、2×4 工法など様々であった（写真 6.3.10-22）。

荒浜コミュニティセンター隣の木造 2 階建て住宅（写真 6.3.10-23）について、構造躯体の被害は外観上軽微であったが、建物内部については、1 階部分が漂流物で室内が充満している状態であった。浸水程度は、浸水痕から 5m 程度と考えられる。電柱および標識の転倒方向から、津波の作用方向がコミュニティセンターの方向であったために、直撃を免れた可能性がある（写真 6.3.10-24）。

荒浜 2 丁目の一角に、残存する建物が数軒まとまって存在するエリアがあった。海岸側には、国有林の松林（防風林と推測される）があった。写真 6.3.10-25 は筋かいを主な耐震要素とする軸組構法の木造住宅で、2F の窓下まで浸水したと推測される。写真 6.3.10-26 はハウスメーカー製の軽量鉄骨造住宅。写真 6.3.10-27～6.3.10-34 は同じブロックに集中して存在した流失を免れた建物である。写真 37 の建物は松の大木が衝突して、激しく損傷したと推測される。

2 丁目 11 号に残存する建物群は、一番東が軽量鉄骨造（2 階建）であり、その西隣に木造が 5 棟（平屋 1 棟、その他 2 階建）並ぶ（写真 6.3.10-35～39）。現場にいた建物所有者から築年数が確認でき、築 25 年や築 1 年以内のもの、また建設中のものもあった。

軽量鉄骨造の躯体の被害は、津波と漂流物による被害と推測される。木造建物は主に漂流物による被害と推察される。所有者の情報によると、近隣流失家屋の衝突により柱を喪失する大きな被害をうけたとのこと。内部被害について、ほとんどが漂流物で室内が充満している状態であった。

浸水程度について、1 階下屋部分の屋根上残存漂流物及び外壁の浸水痕からこの地区では、最大浸水深さは 4～5m 程度と考えられる。

電柱および標識の転倒方向から、一番東の軽量鉄骨造建物に津波が作用したこと、地区の東側に防風林（高さ十数 m 程度）があったことが木造住宅の残存に関係した可能性がある。

若林区荒浜 2 丁目 9、10 号の軽量鉄骨造と木造建物も残存していた（写真 6.3.10-40～43）。多くは漂流物により構造躯体に大きな被害が生じていると推察される。浸水痕から最大浸水深さは 4～5m 程度と考えられる。



写真 6. 3. 10-19 残存した木造住宅 (⑧)



写真 6. 3. 10-20 写真 6. 3. 10-19 の海岸側



写真 6. 3. 10-21 残存した木造住宅 (⑨)



写真 6. 3. 10-22 流失した2×4工法住宅



写真 6. 3. 10-23 コミュニティーセンターに隣接する木造住宅の被害 (⑩)



写真 6. 3. 10-24 荒浜コミュニティセンターとの位置関係 (南から撮影)



写真 6. 3. 10-25 残存する木造住宅 (⑪)



写真 6. 3. 10-26 残存する軽量鉄骨造住宅 (⑫)



写真 6. 3. 10-27 残存する RC 造住宅 (13)



写真 6. 3. 10-28 1F の損傷の激しい木造



写真 6. 3. 10-29 1F の損傷の激しい木造 (14)



写真 6. 3. 10-30 残存する RC 造 (パネル) 住宅 (15)



写真 6. 3. 10-31 損傷の激しい木造



写真 6. 3. 10-32 残存する木造住宅



写真 6. 3. 10-33 損傷の激しい木造



写真 6. 3. 10-34 全壊状態の H 形鋼梁を有する
木造住宅(16)



写真 6.3.10-35 新荒浜 2 丁目 11 南側外観



写真 6.3.10-36 残存する軽量鉄骨造建物(⑰)



写真 6.3.10-37 建設途中の木造建物



写真 6.3.10-38 築一年未満の木造建物



写真 6.3.10-39 築 25 年程度の木造建物(⑱)



写真 6.3.10-40 残存する木造建物(㉑)



写真 6.3.10-41 残存する木造建物



写真 6.3.10-42 残存する木造建物



写真 6.3.10-43 残存する木造建物(㊟)

(b) 宮城野区（調査日：平成 23 年 4 月 9 日（土））

宮城野区における調査建物の位置を図 6.3.10-2 に示す。

南蒲生浄化センター（SD-01）は RC 造（耐力壁付きラーメン構造）3 階建てで、高さは約 13.5m、建物の幅は 20m であった。津波の作用方向（梁間方向）には幅が狭く、開口は少ない。最大浸水深は 9m 程度であったと推定される。被害としては、2 階床を有していない 1、2 階連層耐力壁（4 スパン、間隔 2.5m）が面外変形したほか、壁境界部分では 1 階柱脚および 3 階梁下端が曲げ破壊した。2 階部分を有している区画では耐力壁の面外変形はみられなかった。なお、壁厚 300mm、壁縦横筋は D13@200 ダブル、柱は 750 mm×850mm であった。



図 6.3.10-2 仙台市宮城野区南蒲生の調査建物



写真 6. 3. 10-44 第3 ポンプ室 外観



写真 6. 3. 10-45 第3 ポンプ室 内部



写真 6. 3. 10-46 センター内での非構造壁脱落

6.3.11 宮城県名取市

(1) 名取市閑上地区の被害

名取市閑上地区の航空写真（3/13時点）と調査物件の位置を図6.3.11-1に示す。

1) 木造を中心とした被害

名取川近くで基礎ごと流れて移動した木造住宅（写真 6.3.11-1：①）が確認された。当初位置を調査したところ、鋼管杭が残存（写真 6.3.11-2）していた。閑上地区のほとんどが砂地盤であり、地耐力向上を企図して杭基礎としたと想像されるが、津波の水圧までは耐えられなかったと考えられる。

この住宅の近辺では、寺社建築（写真 6.3.11-3：②）と鉄骨造建築物（写真 6.3.11-4：③）が、大きく損傷するものの、流されずに残ったため、津波による水平力が多少軽減されたためか、流失を免れた木造店舗併用住宅（写真 6.3.11-5：④）が確認された。RC造建築物の下流に位置して水圧による外力が低減される可能性があることは、木造等の小規模建築物でも入力低減効果がある可能性が示唆されたと言える。また、基礎ごと流れて移動した住宅の位置関係を考慮すると、閑上地区における津波の作用方向は東から、もしくは多少東北東に寄った方向からのものと考えられる。

以上のように、閑上地区に残存する木造建物は、RC造、鉄骨造もしくは他の建築物の下流に位置する木造建築物等に限られているが、例外的に流失を免れた木造家屋があった。

閑上地区の広浦橋より南側（閑上5丁目）の東岸には胸高直径20cm程度が平均的な太さであるマツの保安林（防風林、もしくは飛砂防止林、写真 6.3.11-6：⑤）があった。漂流物の付着状況などから、この地区の浸水深は約5～6mと推定されたが、この保安林の建築物の耐津波挙動に与える影響について調べた。この保安林の一部は根こそぎ倒れており、倒れた部分の下流に位置すると推測された木造家屋は、基礎・土台などを残して上部構造はほぼ全て流失（写真 6.3.11-7：⑥）していた。これに対して、残存する保安林の下流に位置したと推測される建物は、選択的に流されており、残存した木造家屋（写真 6.3.11-8：⑦）があった。なお、残存した保安林（⑤）の東対岸にも保安林が部分的に残存していた（写真 6.3.11-9）。国土地理院の精密基盤標高地図によれば、東対岸で残存していた保安林のさらに東側に約300m×約40m（標高10m程度）の盛り土が存在することが現地調査後に判明しており、盛り土の下流側における津波の波圧が緩和された可能性も考えられるが、断定するには至っていない。

一方、保安林がなぎ倒された場所で、津波が作用した方向に他の建築物が残存しない木造家屋（写真 6.3.11-10：⑧）があった。その他、比較的築年数が新しく（おそらく築数年）、津波が作用した方向に残存する建築物等が存在しない木造軸組構法住宅（写真 6.3.11-11、12：⑨）と枠組壁工法住宅（写真 6.3.11-13、14：⑩）があった。津波作用方向から見て前者の反対側に位置すると想像される部分には、もう1棟残存する軸組構法住宅（写真 6.3.11-15：⑪）が確認された。なお、これらが建つ位置の浸水深は約3.5m程度であった。

なお、鉄骨造、もしくは鉄骨造と推測される工場建築物の津波作用方向から見た反対側に位置して流失を免れた複数の木造住宅（例えば写真 6.3.11-16：⑫）が確認されたが、作用方向から見た当該工場社屋の反対側に位置する木造住宅が全て流失を免れたわけではなく、比較的築年数が新しく、壁量や部材の接合方法などもしっかりしている住宅が残っている。一方、北西から南東へ延びるRC造の集合住宅の津波作用方向から見た反対側に位置して流失を免れた木造家屋群（写真 6.3.11-17：⑬）のなかには、築年数が新しいものだけでなく、比較的古くて壁量や接合方法が不完全であると推測される住宅も含まれている。その他、単独で残る木造家屋（写真 6.3.11-18：⑭、写真 6.3.11-19、20）などが確認されたが、それらはいずれも比較的築年数が新しく、壁量や部材の接合方法などもしっかり

りしているのではなかと推測される住宅であった。

岸から 50m 程内陸部に位置する 2 階建鉄骨造 2 棟は、外装材は津波および漂流物により損傷しているが、構造体は健全な状態であった（写真 6.3.11-21、22：⑮）。外壁面に残った浸水痕はともに 3～3.5m 程度であった。2 棟のうち 1 棟は 1 階建の低層棟を併設するが、低層棟は津波により柱梁材が大きく変形し、倒壊していた（写真 6.3.11-23、24）。

2) RC 造等を中心とした被害

壁式プレキャスト RC 造 2 階建の市営団地 A では、東端の 1 戸が完全に崩壊した（写真 6.3.11-25）ほか、写真 6.3.11-26 のような 2F 妻壁の大きな損傷も確認された。また、建物の一部では、写真 6.3.11-27 のような周辺地盤の洗掘も確認された。屋上に漂流物が残存し、屋上に設置されたアンテナが変形していたことから、浸水深は 5m（建物高さ）以上と推定される。なお、平面は最も大きい棟で桁行 30m×梁間 6.5m で、壁厚さは 150mm であった。

壁式プレキャスト RC 造 2 階建（低層棟）6 棟と、耐力壁付ラーメン構造の RC 造 3 階建（中層棟）2 棟で構成される市営団地 B では、低層棟において、周辺地盤の洗掘により建物が大きく傾斜していた（写真 6.3.11-28）ほか、写真 6.3.11-29 のような漂流物の衝突によるとみられる 2 階部分の損傷が確認された。一方、中層棟（写真 6.3.11-30）では構造躯体に大きな損傷は確認できなかった。高さ 5m の低層棟の屋上に漂流物が残存しており、中層棟の妻面（津波の作用面）では屋上パラペットの破損が確認されたことから浸水深は 7.5m（中層棟高さ相当）と推定される。ただし、中層棟の内部では、2 階内装に確認された浸水痕から、浸水深は 4.5m であったとみられる。なお、低層棟は最も大きい棟で桁行 19m×梁間 5.2m で、中層棟は桁行 60m（航空写真による推定）×梁間 6m、1 階柱寸法は 450mm×450mm であった。

写真 6.3.11-31 に示す市営団地 C は、RC 造 3 階建（ラーメン構造と推定されるが柱型確認できず）で、外観からは構造躯体に大きな損傷は見られなかった。北東側の桁行面（津波の作用面）では、窓ガラスの破損状況や設備機器の破損状況から浸水深は 5.5m と推定されたのに対して、南西側の桁行面では外壁に確認できた浸水痕及び住戸間の仕切り壁の破損状況（写真 6.3.11-32）から、浸水深は 4.5m であったとみられる。なお、3 階妻面（東側隅角部の高さ 6.5m）の一部が欠けた痕がみられるが、漂流物が衝突したものと断定するには至らなかった。なお、桁行 75m×梁間 7.5m、高さは 9.5m であった。

写真 6.3.11-33 に示す名取市閑上公民館は、RC 造 2 階建（ラーメン構造）で、1 階は天井仕上げ材まで著しく破損しており（写真 6.3.11-34）、2 階の窓ガラスの被害は外観上認められないことから、浸水深は 2 階の腰壁高さ相当と考えられ、5m と推定される。なお、平面は 48m×12.5m で、高さは 12m であった。

写真 6.3.11-35 に示す鉄骨造 2 階建（ラーメン構造）の店舗では、外壁材が広範囲に流失していた（写真 6.3.11-36）ものの、2 階の天井仕上げ材には外観上損傷は認められず、外壁被害の上端を浸水深とみなせば、浸水深は 5.5m と推定される。なお、平面は 4.5m×6.5m、高さは 6.5m であった。

写真 6.3.11-37 に示す RC 造 3 階建ビルは、本建物に隣接する店舗の激突により、1 階部分の柱が折れていた。1 階内部の被害は甚大で、2 階の外壁の痕跡（写真 6.3.11-38）から、浸水深は 6m と推定される。なお、平面は 15m×12m で、高さは 13m であった。

写真 6.3.11-39 は、1 階 RC 造、2 階木造の店舗で、津波の作用方向に傾斜し、1 階の RC 柱に曲げ破壊が確認された（写真 6.3.11-40）。また、写真 6.3.11-41 は写真 6.3.11-39 と同様の構造形式を有する住宅で、RC 造の人工地盤上にある木造 2 階建てである。建物北面 2、3 階の木造壁が漂流物によっ

て破壊され、柱も折損していた（写真 6.3.11-42）。ただし、反対側の桁行面は外観上被害が軽微であった。多数の漂流物が妻面側に堆積している。木造 1 階部分の窓の下端を浸水深とみなせば、浸水深は約 4m と推定される。なお、平面は 22.5m×5m、高さは約 8m で、人工地盤の高さは約 2.3m であった。

RC 造 1 階建（ラーメン構造）の魚市場では、写真 6.3.11-43 に示すように外壁が面外にはらみ出ししており、地盤の洗掘も見られた（写真 6.3.11-44）。展望台の衝突痕（海側部屋根の衝突と推定される：写真 6.3.11-45）を浸水深とみなせば、約 8.5m と推定される。なお、平面は 75m×6m で、展望台を除いた高さは 4m であった。

写真 6.3.11-46 に示す大学のクラブハウスは、鉄骨造 2 階建（ペントハウスあり）、高さ 10m である。写真 6.3.11-47 に示すように内外装材に著しい被害が確認された。ペントハウス内の天井仕上げ材は外観上無損傷と思われ、ペントハウスの窓ガラスの中央高さを浸水深とみなせば約 12m と推定される。

写真 6.3.11-48 に示す店舗併用住宅は、壁式構造の RC 造 2 階建（一部 CB 造）である。開口部はほぼ全損しており、周辺地盤の洗掘（写真 6.3.11-49）も見られた。津波が作用した側では屋根軒先が損傷しており、漂流物の衝突痕とみなせば浸水深は 5.5m と推定される。一方、反対側の 2 階の居室では蛍光灯が無損傷であることから天井まで津波が達していないと思われ、2 階窓の中間高さを浸水深とみなせば浸水深は 4.4m と推定される。なお、平面は 8m×13m であった。

RC 造（ラーメン構造）の閑上中学校校舎では、1 階のエキスパンションジョイントに接する壁、外階段の壁にひび割れが確認された（写真 6.3.11-50）。窓ガラスの破損はほとんどなく、1 階の窓ガラスの痕跡（写真 6.3.11-51）から、浸水深は 1.9m と推定される。



図 6.3.11-1 関上地区の航空写真（3/13 時点）と各調査建築物の位置



写真 6. 3. 11-1 基礎ごと流された木造 (①)



写真 6. 3. 11-2 写真 6. 3. 11-2 の当初位置に残る杭



写真 6. 3. 11-3 大きく損壊した寺社建築 (②)



写真 6. 3. 11-4 大きく損傷したものの残存した鉄骨造住宅 (③)



写真 6. 3. 11-5 津波作用方向から見て残存建物の反対側で流失を免れた木造店舗併用住宅 (④)



写真 6. 3. 11-6 関上 5 丁目付近の保安林 (⑤)



写真 6.3.11-7 なぎ倒された保安林と流失家屋の基礎、土台および1階床 (⑥)



写真 6.3.11-8 残存する保安林と木造家屋 (⑦)



写真 6.3.11-9 ⑤の位置から見た東対岸の状況



写真 6.3.11-10 残存した木造家屋 (⑧)



写真 6.3.11-11 単独で残存する木造軸組構法住宅 (⑨)



写真 6.3.11-12 写真 6.3.11-11 の南側外観



写真 6.3.11-13 単独で残存する枠組壁工法 (⑩) 住宅



写真 6.3.11-14 写真 6.3.11-13 の北側外観



写真 6.3.11-15 写真 6.3.11-11 の津波作用方向から見て反対方向(西)に位置する残存建物 (⑪)



写真 6.3.11-16 津波作用方向から見た工場建築物の反対側で流失を免れた木造家屋 (⑫)



写真 6.3.11-17 津波作用方向から見た RC 造集合住宅の反対側で流失を免れた木造家屋群 (⑬)



写真 6.3.11-18 単独で残る木造家屋 (⑭)



写真 6.3.11-19 単独で残る木造家屋



写真 6.3.11-20 単独で残る木造家屋



写真 6.3.11-21 外装材は損傷しているが構造体は健全な鉄骨造(1)



写真 6.3.11-22 外装材は損傷しているが
構造体は健全な鉄骨造(2) (15)



写真 6.3.11-23 写真 6.3.11-22 柱材が大きく変形
した低層棟部分



写真 6.3.11-24 写真 6.3.11-23 の露出柱脚



写真 6.3.11-25 建物東端 1戸分の崩壊 (16)



写真 6.3.11-26 2階妻壁の損傷



写真 6.3.11-27 周辺地盤の洗掘



写真 6.3.11-28 周辺地盤の洗掘による建物傾斜
(17)



写真 6. 3. 11-29 漂流物の衝突による
2階部分の損傷



写真 6. 3. 11-30 建物外観



写真 6. 3. 11-31 建物外観 (18)



写真 6. 3. 11-32 住戸間の仕切りの破損状況
(2階)



写真 6. 3. 11-33 建物外観



写真 6. 3. 11-34 1F 天井仕上げ材の破損



写真 6. 3. 11-35 建物外観



写真 6. 3. 11-36 外装材の流失



写真 6. 3. 11-37 建物外観



写真 6. 3. 11-38 2F の浸水痕



写真 6. 3. 11-39 建物外観



写真 6. 3. 11-40 1F 柱頭の損傷



写真 6. 3. 11-41 建物外観



写真 6. 3. 11-42 壁及び柱の破損



写真 6. 3. 11-43 外壁の面外へのはらみ出し



写真 6. 3. 11-44 周辺地盤の洗掘



写真 6. 3. 11-45 展望台の衝突痕



写真 6. 3. 11-46 建物外観



写真 6. 3. 11-47 内外装の破損



写真 6. 3. 11-48 建物外観



写真 6. 3. 11-49 周辺地盤の洗掘



写真 6.3.11-50 壁のひび割れ



写真 6.3.11-51 1F 窓ガラスの浸水痕

(2) 名取市下増田地区の被害状況

仙台空港の東側（海岸側）に位置する名取市下増田字屋敷の概要調査を行った。図 6. 3. 11-2 に残存する建物の概要を示す。



図 6. 3. 11-2 名取市下増田字屋敷の調査建物の概要

1) 木造を中心とした被害

東側にある松林と、西側の貞山堀に挟まれた地区で、多くの建物が流失していたが、残存した松林の東側の一帯には、住宅が十数軒残存していた。津波の高さは高台に残存した RC 造住宅の外壁の津波の痕跡から 3m 弱と推定される。写真 6. 3. 11-52 (①) は残存した木造の中では最も海岸側に位置する建物で、筋かいを主な耐震要素とする軸組構法の比較的築年数の浅い建物であった。津波の被害を受けて残存した木造によく見られる特徴であるが、海岸側に開口がある場合に、1F の柱と壁が津波によって崩壊していた（写真 6. 3. 11-53）。近隣の木造 2 棟は流失して基礎のみが残されていた（写真 6. 3. 11-54 : ②）。基礎の外観・仕様、アンカーの状況などから築年の古い木造住宅であったことが予測される。写真 6. 3. 11-55 (③) は筋かいを主な耐震要素とする軸組構法の比較的築年数の浅い建物で、海岸側の 1F はほぼ全壊状態であった。写真 6. 3. 11-56～6. 3. 11-60 (④、⑤、⑥) は带状に連なって残存した住宅で、築年はどれも比較的新しいと推測される。写真 6. 3. 11-60 (⑥) の平屋 2 棟は築年の古い建物と推測される。写真 6. 3. 11-61、62 (⑦、⑧) はいずれも孤立して残存した軸組構法の木造住宅であるが、海岸側はどちらも津波により崩壊していた。

2) RC 造等を中心とした被害

写真 6. 3. 11-63 (⑨) は、海岸から約 250m に位置する RC 造（ラーメン構造）2 階建住宅で、周辺地盤から 2m 高い位置に立地しており、津波による構造的な損傷は確認できなかった。外壁と窓ガラスの室内側とで浸水痕の高さが異なり（写真 6. 3. 11-64）、外壁は地面から 95cm、窓ガラスの室内側は地面から 170cm の位置であった。なお、平面は桁行 11m × 梁間 8.5m、2 階軒下までの高さは 6m で、1 階柱寸法は 450mm × 450mm であった。



写真 6. 3. 11-52 残存した木造住宅 (①)



写真 6. 3. 11-53 海岸側



写真 6. 3. 11-54 残存した木造住宅 (②)



写真 6. 3. 11-55 残存した木造住宅 (③)



写真 6. 3. 11-56 残存した木造と鉄骨造住宅
(④)



写真 6. 3. 11-57 残存した木造住宅



写真 6. 3. 11-58 残存した木造と鉄骨造住宅



写真 6. 3. 11-59 残存した木造住宅 (⑤)



写真 6. 3. 11-60 残存した木造2棟 (⑥)



写真 6. 3. 11-61 残存した木造住宅 (⑦)



写真 6. 3. 11-62 残存した木造住宅 (⑧)



写真 6. 3. 11-63 建物外観 (⑨)



写真 6. 3. 11-64 1階の浸水痕

6.3.12 宮城県岩沼市

1) 木造を中心とした被害

宮城県岩沼市南東部の押分字須加原と寺島周辺における木造建築物等の津波被災調査を行った。太平洋沿岸より約 1km 内陸側付近にまでも津波は到達し、周辺地域のインフラ及び建築物等に甚大な被害をもたらしていた。県道岩沼海浜緑地線付近では、写真 6.3.12-1 のように、当初建っていた敷地から住宅の上部構造が大きく移動したり、写真 6.3.12-2 のように転倒した住宅が数多く確認できた。写真 6.3.12-3 や写真 6.3.12-4 のような建物の敷地から移動していない木造住宅も数棟あったが、津波方向の壁面及びその壁面側の躯体は大きくえぐられ、被災前の健全な状態をとどめていない住宅が殆どであった。

字須加原から寺島地区の道路沿線でも、電柱や塀の殆どは写真 6.3.12-5 のように倒壊して散乱し、写真 6.3.12-6 や写真 6.3.12-7 に示すような住宅の全壊または壊滅及び躯体の大半が損失した住宅等がその地域の被災状況の大半を占め、震災前の状態をとどめていなかった。また、壁を失い、なんとか倒壊を逃れていた寺院等も確認できた（写真 6.3.12-8）。

寺島南部の沿岸地区の住宅地では、建物の大半は津波により壊滅し、写真 6.3.12-9 のように土台や基礎などの下部構造のみが残され、上部構造は完全に失われていた。しかし、この被災状況においても写真 6.3.12-10 のように上部構造を敷地に現存させ、倒壊もしていない木造住宅も幾つか散見できた。

今回の調査を通して、押分地区、寺島地区の木造住宅の建築年は新旧共に混在していたことが確認できたが、どちらかといえば、築年数が浅く、浸水深度以下の階の存在壁量及び保有しているせん断力係数が大きく、接合部仕様のしっかりした住宅等が多く残存しているようであった。加えて、津波の方向と建物の配置、周辺環境、宅地状況、周辺建物と対称建物の配置状態等は建物の残存に大きく左右しているようであった。

岩沼市寺島の南浜中央病院の西側に神社の社の屋根（写真 6.3.12-11）が流れ着いていたが、神明神社の社であることが分かった。北部の元にあった位置から約 1km 程度南南西に移動していた。

2) RC を中心とした被害

海岸から約 200m に立地する岩沼市名亙浄化センター（写真 6.3.12-12）について、津波が作用した方向とみられる東面では、写真 6.3.12-13 に示すような屋根及び 2 階窓ガラスの損傷が見られたことから、浸水深は 9.5m と推定される。一方、西面では 2 階窓ガラスの損傷は確認できず、浸水深は外壁の浸水痕から 4m と推定される。



写真 6. 3. 12-1 住宅の移動及び転倒 (押分)



写真 6. 3. 12-2 転倒した住宅 (押分)



写真 6. 3. 12-3 隅角部や壁面側躯体を失った住宅 (押分)



写真 6. 3. 12-4 隅角部や壁面側躯体を失った住宅 (押分)



写真 6. 3. 12-5 電柱や塀の倒壊と沿線周辺 (押分、寺島地区)



写真 6. 3. 12-6 1階部分を失った住宅等 (押分、寺島地区)



写真 6. 3. 12-7 1階の大半の躯体を失った住宅 (寺島地区)



写真 6. 3. 12-8 寺院の被害例 (寺島地区)



写真 6.3.12-9 基礎と土台のみが残った住宅地
(寺島地区南部)



写真 6.3.12-10 敷地に残存していた住宅
(寺島地区南部)



写真 6.3.12-11 流れ着いた社の屋根



写真 6.3.12-12 建物外観



写真 6.3.12-13 屋根及び窓ガラスの損傷

6.3.13 宮城県亶理町

1) 木造を中心とした被害

図 6.3.13-1 に残存する建物の概要を示す。亶理町荒浜地区は、海岸に隣接した地域である。特に海岸側は東側の太平洋と西側の荒浜港に挟まれている地区であり、木造建物の多くが津波により流失し、基礎だけが残っているものが数多く見受けられた（写真 6.3.13-1）。浸水深は、海岸付近から荒浜中学校までは、内外装材等についての浸水痕から約 3m 程度と考えられる（写真 6.3.13-2）。建物被害について、残存している建物の多くでは、押し波の方角（東→西）の躯体の一部や外装材が損傷、流失していた（写真 6.3.13-3）。

甚大な被害が発生している海岸側で残存していた木造建物が数棟あった。一つは L 字型の平面を持つ木造建物で、押し波の方角に対して長辺方向の建物部分は流失したが、短辺方向の建物部分は、外装材は流失したものの残存していた（写真 6.3.13-4）。内部を確認したところ、1 階部分をガレージとしていたと考えられる。また接合部金物が確認できたが、2000 年以降の建築と考えられる（写真 6.3.13-5）。残存する木造建物の南に 100m 程に位置する 1 階 RC（ピロティー形式）2 階木造の混構造建物も残存していた（写真 6.3.13-6）。

桁行方向面格子壁、梁間方向を集成材ラーメンとする平屋建のデイサービスセンター（写真 6.3.13-7～9）は、建物としては残存するものの、室内には漂流物や部材が充満していた（写真 6.3.13-10）。荒浜中学校の近くには、制振壁を使用したスキップフロアタイプの 3 階建て木造住宅が残存しているのも確認された（写真 6.3.13-11, 12）。

入江の東側の海岸に近い住宅地では、ほとんどの住宅が流失していたが、入江の北側の荒浜港の西側一帯では、多くの住宅が残存していた（写真 6.3.13-13）。入江の西側の 1 階 RC 造、2, 3 階木造の混構造住宅の浸水深が約 4m（本項2 参照）、入江の北側の RC 造建物の浸水深が約 6m（本項2 参照）であった。

入り江の西側では、残存する軽量鉄骨造の柱と思われる残骸が南西方向に傾倒していた（写真 6.3.13-14）ので、北東方向からの波が主たる外力と考えられた。その上で、上流にほぼ障害物が無く津波が押し寄せたと思われるが、残存している木造家屋が複数あった。一つは比較的新しい住宅（写真 6.3.13-15）で、漂流物等の衝撃も多かったと想像されるが、内外装の損傷も一定の範囲（写真 6.3.13-16）に収まり、応急危険度判定結果も“要注意”であった。もう一つは比較的新しく、2 隻の船舶が衝突しているにもかかわらず、残存していた（写真 6.3.13-17）。この住宅の筋かい端部には箱形金物が設置されており、また南側の開口も大きく、海水の流れ道（逃げ道）が明確であったため建物にはさほど水平力が作用しなかった（写真 6.3.13-18）ことも考えられる。一方、浸水深が 330 cm 程度あり、比較的古い住宅であるにもかかわらず残存している例（写真 6.3.13-19）があった。この住宅は筋かいが設置されているものの、著しい腐朽が見られた（写真 6.3.13-20）。柱脚の接合部は、かすがい 2 本留めであった（写真 6.3.13-21）。前述の混構造住宅の北隣では家屋が基礎を残して流失している（写真 6.3.13-22）が、下流方向では店舗併用住宅（写真 6.3.13-23）のみならず、比較的構造仕様が劣るのではないかと推測される住宅（写真 6.3.13-24）も残存していたが、その北側では家屋が流失（写真 6.3.13-25）していた。なお、この敷地での金属製の柵の支柱が西へ倒れていることから、この位置での主たる水圧は東から作用したと推測される。一方、船舶は海岸沿いからを超えて押し流されており（写真 6.3.13-26）、衝突された家屋は損傷したものの、残存していた。なお、その南側では公営住宅と見られる長屋（写真 6.3.13-27）が残っており、その西側の浸水深は約 300cm 程度であった。その南側の鉄骨造建築物は損傷しているものの、残存していた（写真 6.3.13-28）。

写真 6. 3. 13-29 は最も海岸側に孤立して残存する木造軸組構法住宅で、津波を受けた部分の 1、2F が大きく損傷していた。写真 6. 3. 13-30 は孤立して残存するハウスメーカー製の木造軸組構法住宅で、下屋の部分が損傷していた。写真 6. 3. 13-31 は田圃の中に孤立して残存するハウスメーカー製の軽量鉄骨造住宅である。写真 6. 3. 13-32 は残存する鉄骨造の店舗で、1F の壁が流失していたが構造躯体は残存していた。近辺の住宅地の中では比較的大規模な建物である。写真 6. 3. 13-33 は集団で残存する木造住宅の軽量鉄骨造住宅で、木造は下屋の部分が全壊状態であった。写真 6. 3. 13-34 は木造軸組構法の住宅で、1F の南東の壁面が全壊状態であった。写真 6. 3. 13-35 は住宅の密集する路地であったが、近辺の木造住宅が全て流失していた。写真 6. 3. 13-36 は築年が新しいと推測される 2F 建の軸組構法木造住宅であるが、土台から上の部分が全て流失していた。

2) RC 造等を中心とした被害

写真 6. 3. 13-31 は荒浜漁港に面して立地する 3 階建住宅で、1 階は RC 造、2 階及び 3 階は木造である。海に面した妻面に、写真 6. 3. 13-32 に示すような大きな開口（1 階：幅 4.1m×高さ 2.2m、2 階：幅 5.3m×高さ 2.15m）を有している。2 階の窓ガラス及び室内に浸水痕（写真 6. 3. 13-33）が確認でき、浸水深は 4m と推定される。陸側の妻面の開口部（玄関ドア等）には損傷は見られず、住民の話では 2 階の海側の開口部から浸入した海水はテーブル等の家具とともに海側に押し戻されたとのことである。2 階外壁に漂流物（住民の話では船）が衝突したことによる破損（写真 6. 3. 13-34）が数か所存在したが、構造的な大きな損傷は見られなかった。平面は桁行 13m×梁間 10m、高さは 3 階軒下で 8m、1 階壁厚さは 250mm で、住民の話によると基礎は杭基礎とのことである。

宮城県漁業協同組合亘理支所（写真 6. 3. 13-35）は、荒浜漁港の北側に位置する鉄骨造 2 階建で、金属製の外装材は 1 階部分が津波によって流失したとみられ、2 階部分も窓枠の下まで損傷を受けている（写真 6. 3. 13-36）ことから、浸水深は 6m と推定される。当該建物近くのポールが北西方向に折損していたことから、津波の作用方向は南東であったと考えられる。なお、柱は角型鋼管 300mm×300mm、梁は H 型鋼 300mm×600mm であった。

亘理町立荒浜中学校（写真 6. 3. 13-37）は RC 造フレーム 3 階建（一部 2 階建）の校舎で、構造的な損傷は確認されなかった。窓ガラス破損状況や漂流物の残存状況から、浸水深は北側の桁行面で 3m、南側の桁行面で 4m であったと推定される。周辺の電柱の転倒方向から、津波の作用方向はほぼ真東であったと考えられる。また、校舎内部からの堆積物等の流失によると思われる開口部のアルミフレームの面外変形もみられた（写真 6. 3. 13-38）。なお、桁行 60m×梁間 17.5m、高さ 13m（3 階部分）で、1 階柱寸法は 600mm×600mm であった。



図 6.3.13-1 亙理町荒浜地区の調査建物位置



写真6.3.13-1 巨理町荒浜地区の状況



写真6.3.13-2 建物外装材に残る浸水痕



写真6.3.13-3 躯体及び外装材の流失した木造住宅 (①)



写真6.3.13-4 残存する木造住宅木造住宅



写真 6.3.13-5 写真 6.3.13-4 の接合部金物



写真 6.3.13-6 残存する立面混構造建物 (②)



写真 6.3.13-7 海岸近くのデイサービスセンター (③)



写真 6.3.13-8 写真 6.3.13-7 の桁行方向 (面格子壁)



写真 6. 3. 13-9 写真 6. 3. 13-7 の梁間方向
(集成材フレーム構造)



写真 6. 3. 13-10 写真 6. 3. 13-7 の建物内部



写真 6. 3. 13-11 残存する 3 階建木造住宅 (④)



写真 6. 3. 13-12 写真 6. 3. 13-11 の室内の状況



写真 6. 3. 13-13 比較的新しい残存木造 (⑤)



写真 6. 3. 13-14 2 隻の船舶が衝突した木造 (⑥)



写真 6. 3. 13-13 残存した比較的古い木造 (㉗)



写真 6. 3. 13-14 写真 6. 3. 13-13 の筋かいの生物劣化



写真 6. 3. 13-15 写真 6. 3. 13-14 の接合部仕様



写真 6. 3. 13-16 混構造の北隣りの家屋流失 (㉘)



写真 6. 3. 13-17 津波作用方向から見た混構造の反対側で残った店舗併用住宅 (㉙)



写真 6. 3. 13-18 津波作用方向から見た混構造の反対側で残った構造仕様が劣る住宅 (㉚)



写真 6. 3. 13-19 写真 6. 3. 13-18 の北側で流失した家屋 (㉛)



写真 6. 3. 13-20 海岸から 2 本目の通りまで流れた船舶 (㉜)



写真 6. 3. 13-21 残存した長屋 (13)



写真 6. 3. 13-22 残存した鉄骨造建築物 (14)



写真 6. 3. 13-23 残存する木造住宅 (15)



写真 6. 3. 13-24 残存する木造住宅 (16)



写真 6. 3. 13-25 残存する軽量鉄骨造住宅 (17)



写真 6. 3. 13-26 残存する鉄骨造店舗 (18)



写真 6. 3. 13-27 残存する木造と鉄骨造住宅 (19)



写真 6. 3. 13-28 残存する木造住宅 (20)



写真6.3.13-29 流失した木造住宅群 (㉑)



写真6.3.13-30 流失した木造住宅群 (㉒)



写真 6.3.13-31 建物外観 (㉓)



写真 6.3.13-32 海側の開口部



写真 6.3.13-33 2階窓ガラスの浸水痕



写真 6.3.13-34 2階外壁の衝突痕



写真 6.3.13-35 建物外観 (㉔)



写真 6.3.13-36 2階外壁の破損状況



写真 6. 3. 13-37 荒浜中学校建物外観 (㊸)



写真 6. 3. 13-3 玄関開口部のアルミフレームの面外変形

6.3.14 宮城県山元町

1) 木造を中心とした被害

山元町の山下駅の東側の海岸沿いに位置する高瀬地区(図 6.3.13-1)において、被害調査を行った。この地区は、百棟余りの住宅が存在していたが、津波により数棟を残して流失していた(図 3.2 の航空写真参照)。東側の海岸沿いに松林があり、西側の国道を挟んで田園となっている。山下駅前の RC 造建物の浸水深は 2.3m、山下二小と、調査地域の RC 造建物の浸水深は 4m(本項 2) 参照)であった。

最も海岸線に近い道路に立つ建物は全て流失しており、写真 6.3.14-1 の RC 造が、残存する最も海岸線沿いの建物であった(詳細は 2) 参照)。写真 6.3.14-2 は最も海岸線沿いで残存する木造住宅で、筋かいを主な耐震要素とする築年が新しいと推測される軸組構法で、柱脚等の金物は耐震性に配慮された施工であった。これまでの被害パターンと同様、海岸側が大きな損傷を受けていた。写真 6.3.14-3 は 1F が津波により激しく損壊した軸組構法住宅で、この建物も金物等は耐震性に配慮されたものであった。写真 6.3.14-4 は下見板張りの軸組構法木造住宅で、1F 部分が崩壊し、2F 部のみ残存していた。写真 6.3.14-5、写真 6.3.14-6 の木造軸組構法は、どちらも海岸側の下屋部分が損壊していた。写真 6.3.14-7 は写真 6.3.14-1 の RC 造よりも海岸側に存在し、基礎と土台を残して流失した軸組構法木造住宅であるが、杭による地盤改良がされており、ホールダウン金物の跡が確認され、耐震性に十分配慮された建物と予測される。

2) RC 造等を中心とした被害

写真 6.3.14-8 は高瀬地区の海岸近くに残存する 2 階建の壁式 RC 造住宅である。1 階の陸屋根上に漂流物が残存しており、2 階室内にも浸水によるとみられる汚損が確認できたことから、浸水深は 4m と推定される。写真 6.3.14-9 のような周辺地盤の洗掘も確認された。

高瀬地区の北側に建つ山下第二小学校校舎(写真 6.3.14-10) は、1987 年に建設された RC 造ラーメン構造 2 階建で、構造的な損傷は確認されなかった。1 階室内に浸水痕が確認でき(写真 6.3.14-11)、周辺地盤を基準とした浸水深は 4m であったと推定される。桁行 95m×梁間 35m(航空写真で確認)である。



図 6.3.14-1 山元町高瀬地区の調査建物位置



写真 6.3.14-1 残存する RC 造建物 (①)



写真 6.3.14-2 残存する木造住宅 (②)



写真 6.3.14-3 残存する木造住宅 (③)



写真 6.3.14-4 残存する木造住宅 (④)



写真 6. 3. 14-5 残存する木造住宅 (⑤)



写真 6. 3. 14-6 残存する木造住宅 (⑥)



写真 6. 3. 14-7 流失した木造住宅の
地盤改良の痕跡 (⑦)



写真 6. 3. 14-8 建物外観 (①)



写真 6. 3. 14-9 周辺地盤の洗掘



写真 6. 3. 14-10 校舎建物外観 (⑧)



写真 6. 3. 14-11 室内の浸水痕

6.4 被害形態の分類と考察

6.4.1 RC 造建築物

津波による RC 造建築物の被害の形態は、下記のように分類される。

(1) 1階の崩壊

建築物の1階の柱が柱頭・柱脚で曲げ破壊し、層崩壊した事例が2階建ての建築物に見られた(写真 6.4.1-1)。これらの建築物は柱梁フレーム構造であるが、1階は比較的壁が少なく、2階はコンクリートブロックの壁が多く設けられている。1階が商店、2階が住居として使用されていたものと推測され、構造的には1階の強度や剛性が低いという特徴を有すると思われる。これらの建築物では、2階の開口が大きいため、2階部分で大きな津波波圧を受け、1階に作用するせん断力が1階の保有水平耐力を上回り倒壊したものと考えられる。

なお、これまでの調査では、3階建て以上の建築物では1階の層崩壊は確認されていない(写真 6.4.1-2)。一般的には3階建ての建築物では1階に RC 造の壁が用いられていることが多く、1階の耐力が大きかったものと考えられ、3階建て以上の1階が柱のみの建築物においては層崩壊の可能性が無いとは言い切れないと思われる。



写真 6.4.1-1 2階建て建築物の層崩壊



写真 6.4.1-2 残存する3階建て建築物

(2) 転倒

建築物の転倒の被害が、4階建てまでの建築物において見られた。転倒した建築物においては、何れも最大浸水深が建築物の高さを上回っている。転倒は横倒しのもの(写真 6.4.1-3)に加えて、完全に上下が逆になった建築物(写真 6.4.1-4)も見られた。転倒した建築物は直接基礎のものが多いが、中には杭基礎のもので杭が引き抜かれているものも見られた(写真 6.4.1-5)。また、転倒した建築物は比較的開口が少ないものが多く、同程度の規模の建築物でも開口が大きい場合には転倒が生じていないことから、外壁の開口の大きさが転倒に大きく影響したものと考えられる。なお、最大浸水深が建築物の高さよりも高い2階建て建築物の内部において、2階の開口上端の高さまで津波の水の汚れの痕跡(写真 6.4.1-6)があり、それより上の天井までの部分は空気が溜まっていた事例があった。従って、各階の開口の上端から天井までの長さが長い建築物ほど大きな浮力が働き、転倒が生じやすくなると思われる。転倒は、建築物の自重(必要に応じて浮力の影響も考慮)による転倒耐力よりも津波の波圧による転倒モーメントの方が大きい場合に生じると考えられるが、浮力が自重よりも大きくなるような場合には、わずかな水平力でも転倒の可能性はある。



写真 6.4.1-3 3階建て建築物の転倒



写真 6.4.1-4 上下逆さまになった2階建て建築物



写真 6.4.1-5 4階建て杭基礎建築物の転倒



写真 6.4.1-6 建物内部の水の汚れの痕跡

(3) 移動・流失

転倒した建築物ではほとんどの建築物で原位置からの移動を伴っており、大きな浮力が働いていたと推定される。実際に、移動して転倒した建築物では、地面などに引きずった跡が無く、2m程度のコンクリートブロック塀を壊さずに乗り越えたと思われる事例(写真 6.4.1-7)もあることから、浮力により浮き上がったものもあると思われる。一方で、複数の2階建て集合住宅が転倒した調査地域(写真 6.4.1-8)では、同じ形状の一部の建築物は流失してしまい移動先が分からなくなった事例があった。この場合は、浮力に加えて非常に大きな水平力が作用したと思われる。



写真 6.4.1-7 塀を乗り越えた2階建て建築物



写真 6.4.1-8 集合住宅の転倒(CB造)

(4) 洗掘による傾斜

津波が作用した際に、建築物の隅角部に強い水流が作用し、洗掘による大きな穴がかけられた跡が

多く見られた(写真 6.4.1-9)。その中の一部の直接基礎の建築物では、洗掘による穴に建築物が倒れ込み大きく傾斜したのが見られた(写真 6.4.1-10)。



写真 6.4.1-9 洗掘による基礎露出



写真 6.4.1-10 洗掘による2階建て建築物の傾斜

(5) 壁の破壊 (開口部の破壊)

建築物の津波の作用面の開口よりも、反対側の水流が抜ける側の開口が小さい場合、小さい開口に水流が一気に集中し、その周辺の RC 造非構造壁に大きな圧力を作用させ、コンクリートにひび割れが生じて壁が外側に大きくはらみ、壁端部のシングル配筋の壁筋が破断する事例が見られた(写真 6.4.1-11)。このような壁筋が破断する被害は、ダブル配筋された耐震壁には見られていないが、2階の床が無く支持スパンが10mを超える厚さ300mmの耐震壁が外側からの津波波圧により内側に大きく湾曲している事例があった(写真 6.4.1-12 左側)。ただし、同一の建築物でも2階に床があり支持スパンが大きい部分では、耐震壁が湾曲する被害は見られなかった(写真 6.4.1-12 右側)。

建築物に作用する津波波力は、津波の作用面となる建築物の面の開口が大きい程低減されると考えられるが、作用面だけでなく水流の出口となる側の開口の大きさも影響を及ぼすと思われる。出口側の開口が小さい場合には、壁を破壊させるほどの水圧が壁に作用することから、開口から入った水をスムーズに流失させるために必要な開口の大きさにも配慮が必要である。



写真 6.4.1-11 非構造壁の面外破壊



写真 6.4.1-12 床を持たない連層壁の面外破壊

(6) 漂流物の衝突

漂流物の衝突による被害は窓ガラスや天井材など非構造部材の脱落を引き起こしたものがほとんどだった。躯体に対する明確な被害は多くは見られなかったが、集合住宅の連層壁において衝突により生じたと思われる開口や脱落が見られた(写真 6.4.1-14)



写真 6.4.1-13 衝突による非構造部材の損傷



写真 6.4.1-14 漂流物の衝突による壁脱落

6.4.2 S造建築物

津波によるS造建築物の被害の形態は、下記のように分類される。1)～5)は人命を失う可能性が大きい被害であるが、6)～8)は津波の浸水深よりも高さのある建築物の場合には上層階に避難することで人命をかるうじて保護する可能性のある例である。1)と2)は建築物の行方が不明となるほど大きな移動を伴う被害であり、3)以降は基礎上又はその周辺に留まる被害である。

(1) 露出型柱脚の破壊による移動・流失

典型的な被害例としてまず挙げられるのは、S造の露出型柱脚部においてアンカーボルト、ベースプレート、柱とベースプレートと溶接部の破断により、建築物が移動・流失する被害である(写真6.4.2-1)。敷地には基礎と柱脚部の一部が残されているが、建築物自体は敷地外へ移動して行方が分からないような状態のものが多い(写真6.4.2-2)。



写真 6.4.2-1 柱脚部の破断(陸前高田市) 写真 6.4.2-2 柱脚部アンカーボルトの破断により移動したと考えられる建築物(釜石市)

(2) 柱頭接合部の破壊による移動・流失

比較的多くの事例が見られた被害例として、1階(又は2階)の柱頭接合部での破壊により建築物が移動・流失したものが挙げられる。根巻き式や埋め込み式柱脚などで柱脚部の耐力が大きい場合にこのタイプの破壊になると考えられる。敷地には基礎と1階(又は2階まで)の複数の柱が残されており、建築物の行方を示すかのように同じ方向へとなびいている。下フランジが取り付けダイアフラムと1階柱との溶接部で破壊することで柱の断面が露わになっていたものが多いが、2階床レベルの梁であるH形鋼のフランジが引き裂かれていたもの等もあった。2階(又は3階)床以上の部分が移動・流失した後に、津波の流れの勢いで1階柱が傾いたことも考えられるが、1階柱の柱脚付近の変形状態等からすると、残された柱の傾きと同程度まで1階が大きく傾いた後に、1階柱に引張力が作用するようになって、1階柱頭接合部で破壊が生じたと考えられる被害例もある。



写真 6.4.2-3 根巻柱脚の1階柱の残存 (陸前高田市)



写真 6.4.2-4 1階柱の残存 (陸前高田市)



写真 6.4.2-5 引き裂かれた梁フランジ (陸前高田市)



写真 6.4.2-6 1階柱の残存 (大槌町)



写真 6.4.2-7 1階及び2階柱の残存 (女川町)

(3) 転倒

転倒した被害例には、(a)基礎が一体のまま生じた建築物全体の転倒と、(b)1階の部分的な崩壊を伴う転倒があった。

(a)は一例のみであったが、女川町で被害例が見られた。外装材の ALC 版はほとんどが残されている。上階の床スラブと開口部の上端との距離は 80cm 程度であった。建築物全体が津波に飲み込まれて浸水した状態を想定し、床スラブの下に空間に空気が溜まっていたとすれば、平米当たり 0.8tf 程度の S 造では浮力によって上部構造の重量がほぼキャンセルされることになるため、基礎の重量と杭の抵抗は残るものの、転倒しやすい状態になっていたものと想像される。

(b)としては、1階柱脚部の引き抜け及び1階柱の座屈によって大きく傾斜し転倒したと考えられる被害例が見られた。



写真 6.4.2-8 3階建てS造の転倒（女川町） 写真 6.4.2-9 3階建てS造の1階の崩壊（大槌町）

（4）崩壊

構造躯体が崩壊した被害例としては、(a)1階の層崩壊、(b)部分的な崩壊、があった。

(a)は2階建てS造の1階部分が層崩壊したと考えられるものが見られた。

(b)は沿岸にある倉庫で、部分的に崩壊しているものがあった。



写真 6.4.2-10 2階建てS造の1階の崩壊（大船渡市） 写真 6.4.2-11 部分的な崩壊（釜石市）

（5）大きな残留変形

構造躯体のみが残存するS造では若干の傾斜が確認されるものも多い。特に山形ラーメン架構では大きな残留変形を生じながらも倒壊には至らなかった例が見られた。



写真 6.4.2-12 傾斜した重層建築物（女川町）



写真 6.4.2-13 傾斜した山形ラーメン架構
(大船渡～釜石間)



写真 6.4.2-14 傾斜した山形ラーメン架構
(海岸沿い、山田町)

(6) 全面的な内外装材の破壊・流失

ALC 版等の外装材がほぼ全面的に破壊され、流失しているが、構造躯体としての S 造骨組みが残存している例が多く見られた。津波来襲時に早期に外装材が流失することで、構造躯体に作用する外力が小さくなったことが残存の要因としてあげられる。残存している構造躯体には若干の傾斜や津波作用面での部材の変形、漂流物の衝突によると思われる局所的な損傷なども見られた。



写真 6.4.2-15 残存する 3 階建て S 造
(陸前高田市)



写真 6.4.2-16 海岸沿いにある建築物 (陸前高田市)



写真 6.4.2-17 残存する S 造 (大船渡市) (露出柱脚、1 階途中から日の字断面、2 階床は木製)



写真 6.4.2-18 残存するS造（釜石市）



写真 6.4.2-19 残存するS造（釜石市）
（ブレース破断）



写真 6.4.2-20 残存するS造（釜石市両石）
（洗掘を受けて基礎杭まで見える。）



写真 6.4.2-21 残存するS造（山田町船越）
（洗掘を受けて基礎が見える。）



写真 6.4.2-22 残存するS造（女川町）



写真 6.4.2-23 残存するS造（女川町）

（7）開口部回りの損傷・破壊

建築物の内部に津波が侵入し、作用面側と反対側の開口部や妻面が水流の流出口となったために大きく損傷・破壊したと考えられる被害例があった。



写真 6.4.2-24 倉庫（大船渡市）
（津波の流出口として妻壁及び開口部が外側に変形）

（8）波圧や漂流物の衝突による構造躯体及び非構造部材の局所的な変形
津波の波圧や漂流物の衝突によると考えられる柱等の構造躯体及び非構造部材の大きな変形が見られた。



写真 6.4.2-25 柱の変形（石巻市）
（コンクリート塊や道路の舗装アスファルト等の漂流物によると考えられる）



写真 6.4.2-26 柱脚部の移動（石巻市）



写真 6.4.2-27 間柱等の非構造部材の変形（釜石市）

6.4.3 木造

被害調査結果から、木造建築物の津波による被害形態は最大浸水深と大きく関係していると考えられる。そこで、調査範囲で確認された最大浸水深と木造建築物との被害形態の関係について以下にまとめる。

最大浸水深が2階軒高さ以上となる場合、平屋もしくは2階建木造建築物で残存している例は少なかった。被害形態としては基礎と土台のみを残し上部構造が流失する、あるいは土台も流失し基礎のみ残る例などが多数確認された（写真 6.4.3-1～6.4.3-2）。さらに、基礎ごと流失した例も確認された。



写真 6.4.3-1 上部構造が流失し土台が残った例



写真 6.4.3-2 上部構造と土台も流失した例

一方、最大浸水深が1階腰壁高さ程度以下の場合、ほとんどの木造建築物が残存していた（写真6.4.3-3）。

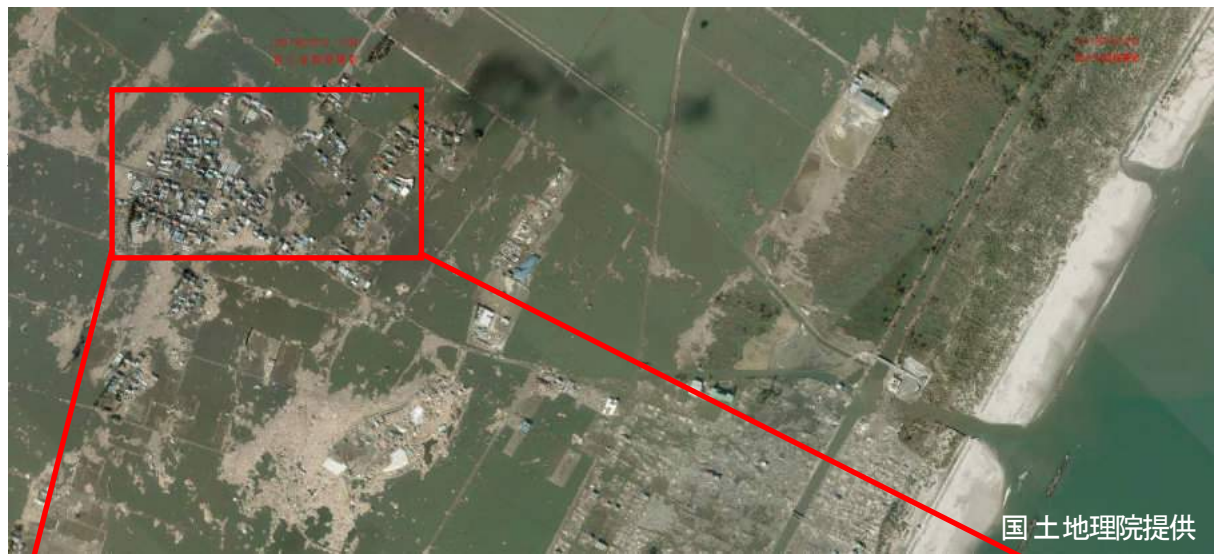


写真 6.4.3-3 最大浸水深が低いため、残存している事例（仙台市若林区荒浜地区）

最大浸水深が1階腰壁高さから2階軒高さ程度の間では、一部の木造建築物で残存している事例が少数ながら確認された。残存している木造建築物では、以下の(1)～(2)に掲げる特徴が見られた。

(1) 大規模な建築物が残存した場合、その後方に建つ木造建築物では構造仕様に関係なく残存する事例が見られた(写真6.4.3-4)。一方、小規模な建築物が残存した場合、その後方に建つ木造建築物では構造仕様が優れたものが残存する事例が見られた。残存する建築物により、その後方に建つ木造建築物に作用する津波波力が軽減されたためと考えられる。



国土地理院提供



推定される津波
の作用方向

国土地理院提供

写真 6.4.3-4 津波の作用方向の前面に建つ建築物により津波波力が軽減し、残存したと考えられる例(名取市閑上地区)

(2) 津波波力を軽減する建築物がない場合でも、残存した木造建築物が複数確認された。残存した木造建築物の特徴を以下にまとめる。

1) 津波の作用方向に対し平面全体を通して開口が多い場合（写真 6. 4. 3-5）、あるいは津波の作用方向に面する建築物の隅部の柱および外壁面を流失しつつも残存する事例（写真 6. 4. 3-6）が複数見られた。

2) 1階を RC 造等とした立面混構造建築物では、残存している事例が複数みられた（写真 6. 4. 3-7 ~ 6. 4. 3-8）。この場合の 1 階の RC 造は、ラーメン構造によるピロティー形式や津波の作用方向に対し開口を有する壁式構造などが確認された。

その他の例として、鋼管くい上に施工されたべた基礎ごと建設地から移動して残存した木造建築物も見られた（写真 6. 4. 3-9）。



写真 6. 4. 3-5 津波の作用方向に開口が多く残存したと考えられる事例



写真 6. 4. 3-6 建築物隅部を流失しつつも残存した事例(1)



写真 6. 4. 3-6 建築物隅部を流失しつつも残存する事例 (2)



写真 6. 4. 3-7 1階 RCピロティー構造の事例



写真 6.4.3-8 1階 RC の事例



写真 6.4.3-9 べた基礎ごと建設地から移動し残存した例

6.5 調査建築物の耐力および津波波力の検討

本節では、平成 17 年に内閣府から出された「津波避難ビル等に係るガイドライン」⁶⁻¹⁾による津波荷重と、現地調査結果に基づいた概算による建築物の耐力とを比較する。

当該ガイドラインでは設計用浸水深が η の場合、高さが 3η の津波波圧⁶⁻¹⁾（津波による水平方向の圧力）を設定する。一方、現地調査では最大浸水深 h を確認している。

本節の津波波圧⁶⁻¹⁾の算定では、これらが何れも、津波による波圧が作用する最大の高さを表しているものと考え、

$$3\eta = h$$

すなわち、

$$(3 \text{ 倍の設計用浸水深}) = (\text{最大浸水深})$$

とみなして当該ガイドラインを適用することとしている。

また浮力（津波による鉛直方向上向きの力）については、開口の影響を適宜考慮して算定する。

6.5.1 RC造建築物

6.5.1.1 1階の破壊に関する検討

(1) 無開口の低層鉄筋コンクリート建物における津波荷重の検討

- ・ 陸前高田市 市役所周辺 最大浸水深 h 14(m)
- ・ 津波荷重を受けて桁行方向に1階部分が層崩壊している
2階部分には躯体に損傷が見られず、コンクリートブロック壁が残存している
津波荷重を大きく受けている梁間構面には開口が見られない
- ・ 2階建て、平面 ($W \times B$) 7.0×5.5 (m)、階高 H 3.5(m)、1×1 スパン
- ・ 構造形式 (鉄筋コンクリート柱梁フレーム+コンクリートブロック壁)
- ・ 柱部材幅は 400(mm)、柱主筋 8Φ22 (SR235, $\sigma_y=295$ (N/mm²))
- ・ ピロティ形式の建物崩壊形であるため、2階に作用する波圧を津波荷重とする
- ・ 浮力を受ける垂壁長さは推定 950(cm)として、建物の単位面積重量は 35 (kN/m²)とする
- ・ ペントハウスは残存しているが、1面を残して崩壊しているため考慮しない

$$4 \times (2M_u / H) \leq \alpha \times (0.50 \rho g h + 0.75 \rho g h) / 2 \times H \times B$$

$$M_u = 0.8 a_t \sigma_y D + 0.5 N D (1 - (N / b D F_c)) = 150.2 \text{ (kN m)}$$

$$\alpha > 0.207$$

ここで、 H :階高(m)、 ρ :水密度(ton/m³)、 g :重力加速度(m/s²)、 B :建物幅(m)

M_u :柱曲げ耐力(kNm)、 a_t :引張鉄筋断面(m²)、 D :柱幅(m)、 α :静水圧に対する低減係数

N :柱軸力(kN)、 F_c :コンクリート強度(24(N/mm²))、 b :柱せい(m)

観測された最大浸水深の静水圧が掛かると仮定して算定した波力に対する
構造物の耐力は 21 (%)であった

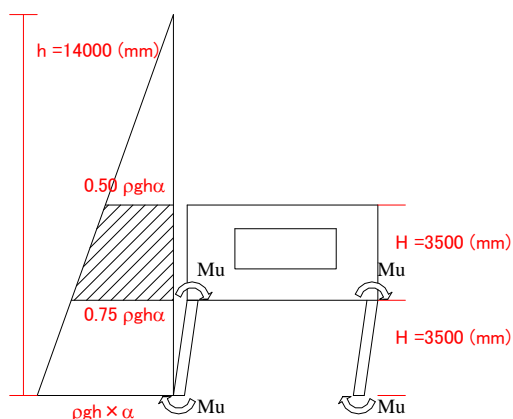


図 6.5.1-1 低層鉄筋コンクリート建物 (陸前高田市)

(2) 開口を有する低層鉄筋コンクリート建物における津波荷重の検討

- ・ 陸前高田市 市役所周辺 最大浸水深 h 14 (m)
- ・ 津波荷重を受けて梁間方向に1階部分が層崩壊している
2階にも柱かぶり部分の剥落などの損傷が見られたがコンクリートブロック壁は残存している
(1)の建物と異なり、津波荷重を大きく受けている梁間構面には大きな開口が見られる
- ・ 2階建て、平面 (W×B) 6.2×11.7 (m)、階高 H 3.2 (m)、1×3 スパン
- ・ 構造形式 (鉄筋コンクリート柱梁フレーム+コンクリートブロック壁)
- ・ 柱部材幅は 450 (mm)、柱引張鉄筋 $4\Phi 19$ (SR235, $\sigma_y=295$ (N/mm²))
- ・ ピロティ形式の建物崩壊形であるため、2階に作用する波圧を津波荷重とする
- ・ 見付け面における推定開口率は 25%
- ・ 浮力を受ける垂壁長さは推定 90 (cm) として、建物の単位面積重量は 4 (kN/m²) とする

$$8 \times (2M_u / H) \leq \alpha \times (0.54\rho gh + 0.77\rho gh) / 2 \times H \times B \times 0.75$$

$$M_u = 0.8a_t \sigma_y D + 0.5ND(1 - (N / bDFc)) = 128.54 \text{ (kNm)}$$

$$\alpha > 0.255$$

観測された最大浸水深の静水圧が掛かると仮定して算定した波力に対する
構造物の耐力は 26 (%) であった

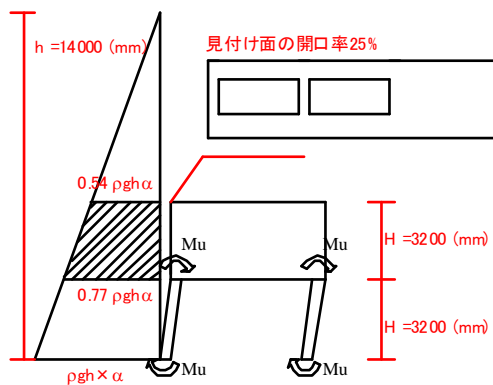


図 6.5.1-2 低層鉄筋コンクリート建物 (陸前高田市)

(3) 開口を有する低層鉄筋コンクリート建物における津波荷重の検討

- ・ 陸前高田市 市役所周辺 最大浸水深 h 14 (m)
- ・ 津波荷重を受けて梁間方向に1階部分が層崩壊している
2階にも柱かぶり部分の剥落などの損傷が見られたがコンクリートブロック壁は残存している
- ・ 2階建て、平面 (W×B) 9.0×9.0 (m)、階高 H 3.1(m)、1×2 スパン
- ・ 構造形式 (鉄筋コンクリート柱梁フレーム+コンクリートブロック壁)
- ・ 柱部材幅は 450 (mm)、柱引張鉄筋 $8\Phi 20$ (SR235, $\sigma_y=295$ (N/mm²))
- ・ ピロティー形式の建物崩壊形であるため、2階に作用する波圧を津波荷重とする
- ・ 見付け面における推定開口率は 27%
- ・ 浮力を受ける垂壁長さは推定 90 (cm) として、建物の単位面積重量は 4 (kN/m²) とする

$$6 \times (2M_u / H) \leq \alpha \times (0.56\rho gh + 0.78\rho gh) / 2 \times H \times B \times 0.73$$

$$M_u = 0.8a_t \sigma_y D + 0.5ND(1 - (N / bDFc)) = 145.47 \text{ (kNm)}$$

$$\alpha > 0.300$$

観測された最大浸水深の静水圧が掛かると仮定して算定した波力に対する
構造物の耐力は 30 (%) であった

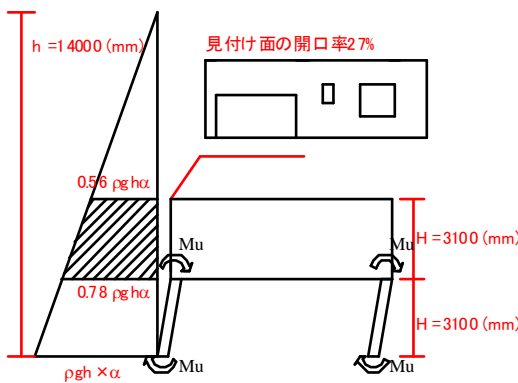


図 6.5.1-3 低層鉄筋コンクリート建物 (陸前高田市)

(4) 残存した低層鉄筋コンクリート建物における津波荷重の検討

- ・ 陸前高田市 沿岸部 最大浸水深 h 14(m)
- ・ 津波荷重を受け、非構造壁が脱落したものの架構は残存している
1 階にも柱かぶり部分の剥落などの損傷が見られたがコンクリートブロック壁は残存している
津波を受けた前面には大きな開口が見られ、内部面にはコンクリートブロック壁が存在する
- ・ 2 階建て、平面 (W×B) 9.0×6.0 (m)、階高 H 2.7 (m)、2×2 スパン
- ・ 構造形式 (鉄筋コンクリート柱梁フレーム+コンクリートブロック壁)
- ・ 柱部材幅は 450(mm)、柱引張鉄筋 (3)D22 (SD295, $\sigma_y=345$ (N/mm²))
- ・ ピロティ形式の建物崩壊形を想定し、2 階に作用する波圧を津波荷重とする
- ・ 見付け面における推定開口率は 64%(前面)、26%(内部)

※ 柱鉄筋本数は推定、浮力は考慮しない

$$9 \times (2M_u / H) \geq \alpha \times (0.61\rho gh + 0.81\rho gh) / 2 \times H \times B \times 0.36 \text{ or } 0.74$$

$$M_u = 0.8a_t \sigma_y D + 0.5ND(1 - (N/bDFc)) = 177.1 \text{ (kNm)}$$

$$\alpha \leq 2.07 \text{ or } 1.01$$

観測された最大浸水深の静水圧が掛かると仮定して算定した波力に対する
 構造物の耐力は 207 (%)であった(前面の開口率を仮定した場合)
 構造物の耐力は 101 (%)であった(内部の開口率を仮定した場合)
 この時の各柱に作用する平均せん断応力度は
 0.31 (N/mm²) (前面の開口率を仮定した場合)
 0.64 (N/mm²) (内部の開口率を仮定した場合)

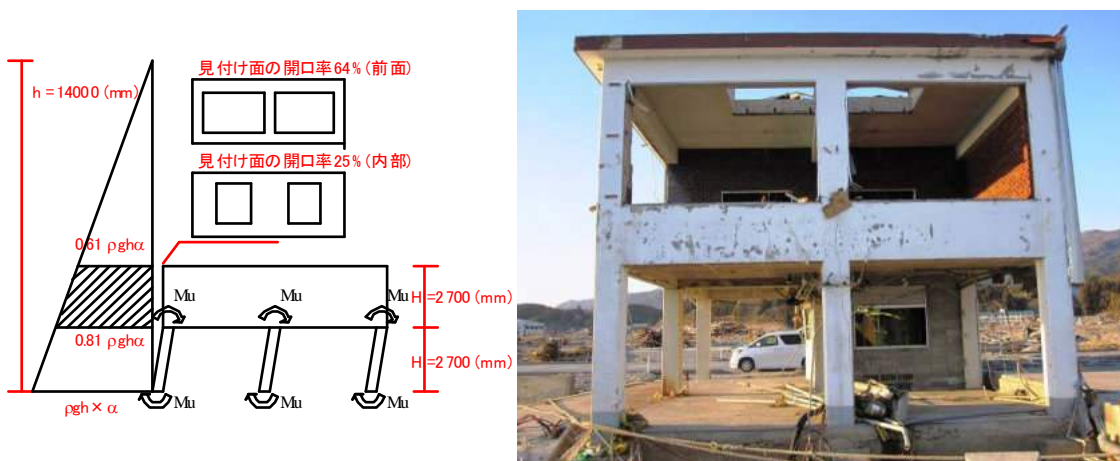


図 6.5.1-4 低層鉄筋コンクリート建物 (陸前高田市)

(5) 単体鉄筋コンクリート柱における津波荷重の検討

- ・ 大槌町 集合住宅周辺 最大浸水深 h 9.5 (m)
- ・ 津波荷重を受けて倒壊している
柱頭・柱中央部分に損傷は見られない
柱脚が曲げ破壊し、柱主筋が露出している
すべての鉄筋コンクリート柱が倒壊しているわけではなくいくつかは残存している
- ・ 柱直径 D 2000 (mm), 高さ H 8.3 (m)
- ・ 柱主筋 36 ϕ 22 (SR235, $\sigma_y=295$ (N/mm²))
柱終局曲げモーメント $M_u = 3118$ (kN m)
- ・ 柱頭の支承部分は鉄筋コンクリート柱が受圧しない方向に倒壊しているため考慮しない

$$M_u \leq \int_0^H (\alpha \times \rho g (h-x)x \times D) dx$$

$$\alpha > 1.16$$

観測された最大浸水深の静水圧が掛かると仮定して算定した波力に対する
単体鉄筋コンクリート柱の耐力は 116 (%)であった

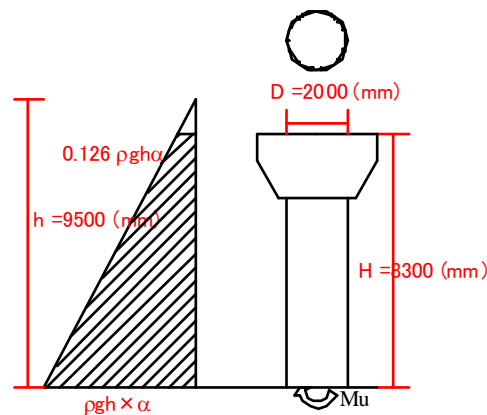


図 6.5.1-5 単体鉄筋コンクリート柱 (大槌町)

(6) 壁状鉄筋コンクリート造における津波荷重の検討

- ・ 陸前山田駅周辺 最大浸水深 6.0(m)程度
- ・ 津波荷重を受けて倒壊し、100(m)程度 移動した場所で確認している
壁脚鉄筋が全て破断している

- ・ 壁高さ H 4500 (mm)
- ・ 壁幅 D 1000 (mm) (壁筋間隔 800(mm))

壁縦筋 D16@250 (SD295, $\sigma_u=384$ (N/mm²)) (鉄筋破断荷重は規格降伏点強度の 1.3 倍と仮定)
壁終局曲げモーメント $M_u = 74.30$ (kN m) (壁幅 250 (mm) 当り)

$$M_u \leq \int_0^H (\alpha \times \rho g (h-x)x \times B) dx$$

$$\alpha > 1.00$$

ここで, B:壁幅 (250(mm))

観測された最大浸水深の静水圧が掛かると仮定して算定した波力に対する
壁状鉄筋コンクリート造の耐力は 100 (%)であった

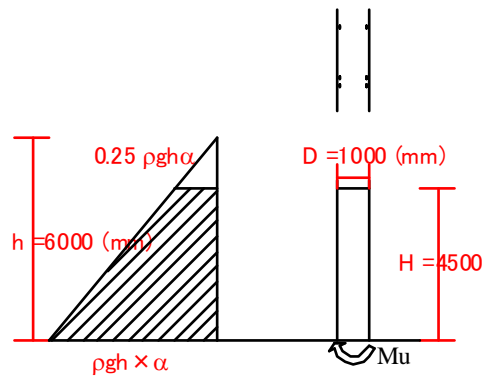


図 6.5.1-6 壁状鉄筋コンクリート造 (山田町)

6.5.1.2 転倒に関する検討

(1) OG-01 (旅館1、女川町)

- RC造耐力壁付きラーメン構造、4階建
- 原位置から70m程度移動して転倒
- 建物形状：1階平面B×D=6.0×4.0m、建物高さH=12m(階高3m)
- 基礎部高さ：0.5m(既成PC杭があるが、計算では考慮しない)
- 建物重量：上部躯体 $W=13\text{kN/m}^2 \times 6\text{m} \times 4\text{m} \times 4\text{階}=1248\text{kN}$ (建物重量を 13kN/m^2 と仮定)
基礎部 $W_f=13\text{kN/m}^2 \times 6\text{m} \times 4\text{m}=312\text{kN}$
- 浮力： $W_b=0.9\text{m} \times 7\text{m} \times 4\text{m} \times 4\text{階} \times 9.8=846.7\text{kN}$
(垂れ壁より上の部分(0.9m)が空気溜まりとなって浮力が働くと仮定)
- 杭：PC杭($\phi 300$)が使われていることを現地調査で確認しているので、次の仮定の下に杭の引抜き抵抗 R_{TC} を算定する。
杭周長 $\phi=0.94\text{m}$
杭長さ $L_s=7.0\text{m}$ (本建物の近くで転倒したS造建物の杭長計測値と同じとする)
杭自重 $W_p=8.06\text{kN}$

日本建築学会「基礎構造設計指針」の杭の最大引抜き抵抗力算定式(6.4.1)式より、

$$R_{TC} = \left(\sum \tau_{st} L_s + \sum \tau_{ct} L_c \right) \phi + W_p$$

τ_{st} ：砂質土の杭引き抜き時の最大周面摩擦力度(kN/m^2)

同指針表6.3.1より、 $\tau_{st}=2.0N$ (打込み杭、砂質土)とする。N：杭周面地盤の平均N値
 τ_{ct} 、 L_c は粘性土に関する項目なので、本検討ではいずれも0とする。

$$N=10 \text{ とすると } R_{TC}=20 \times 7 \times 0.94 + 8.06 = 139.7\text{kN}$$

$$N=20 \text{ とすると } R_{TC}=40 \times 7 \times 0.94 + 8.06 = 271.3\text{kN}$$

- 津波外力 M_w
浸水深 $h=15\text{m}$ 、開口率0.103として

$$M_w = \int_0^H (\alpha \times \rho g (h-x) x \times B) dx = 26582 \times \alpha \quad \text{kNm}$$

ここに、H：階高(m)、 ρ ：水密度(ton/m^3)、g：重力加速度(m/s^2)、B：建物幅(m)、 α ：静水圧に対する低減係数

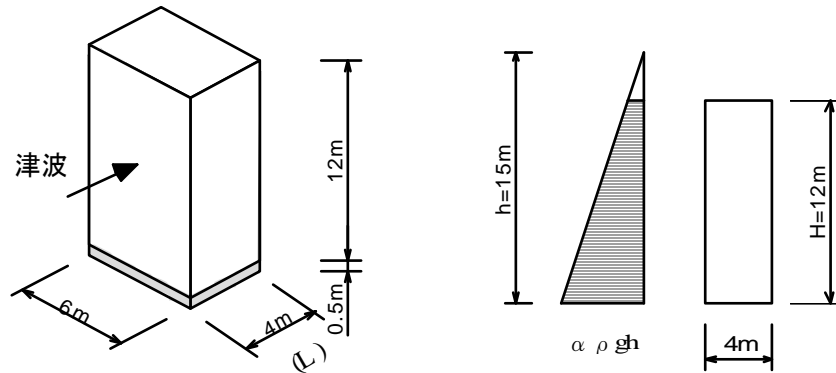


図 6.5.1-7 鉄筋コンクリート造の旅館(女川町)

- 建物転倒耐力 M_r :

杭の引抜き抵抗 R_{TC} を考慮しない場合

$$M_r = (W + W_F - W_b) \times L / 2$$

浮力なし $M_{r1} = (W + W_F) \times L / 2 = (1248 + 312) \times 4m / 2 = 3120kNm$

浮力あり $M_{r2} = (W + W_F - W_b) \times L / 2 = (1248 + 312 - 846.7) \times 4m / 2 = 1426.6kNm$

杭の引抜き抵抗 R_{TC} を考慮する場合 (浮力ありについて検討)

杭が 12 本あり、支点から杭までの距離を 3.5m とする。

$N=10$ とすると $M_{r2-1'} = M_{r2} + 139.7kN \times 12 \text{本} \times 3.5m = 7294kNm$

$N=20$ とすると $M_{r2-2'} = M_{r2} + 271.3kN \times 12 \text{本} \times 3.5m = 12821.2kNm$

- 建物転倒耐力と津波が外力を比較して、静水圧に対する低減係数 α を計算 (M_r または $M_{r'}$) $\leq M_w$ なので、低減係数 α は下表となる

	杭の引抜き抵抗無視	杭の引抜き抵抗考慮	
		N=10	N=20
浮力なし	$0.117 < \alpha$	—	—
浮力あり	$0.054 < \alpha$	$0.274 < \alpha$	$0.482 < \alpha$

(2) 0G-02 (旅館2、女川町)

- RC 造耐力壁付きラーメン構造、5階建
- 原位置に残存 (0G-01 の隣接建物)
- 建物形状： 1階平面 $B \times D = 13.0 \times 5.0\text{m}$ 、建物高さ $H = 17.5\text{m}$ (階高 3.5m)
- 基礎部： 既成 PC 杭があると推測される (計算では考慮しない)
- 建物重量： 上部躯体 $W = 13\text{kN/m}^2 \times 13\text{m} \times 5\text{m} \times 4 \text{階} + (13\text{kN/m}^2 \times 8\text{m} \times 5\text{m}) = 3900\text{kN}$
(建物重量を 13kN/m^2 と仮定。5階はセットバック)

基礎部 $W_f = 13\text{kN/m}^2 \times 13\text{m} \times 5\text{m} = 845\text{kN}$

- 浮力： $W_b = 0.9\text{m} \times 13\text{m} \times 5\text{m} \times 3 \text{階} \times 9.8 = 1720\text{kN}$
(5階中間まで浸水。垂れ壁より上の部分 (0.9m) が空気溜まりとなって浮力が働く と仮定(3層分))
- 杭：本建物は原位置に残存しており杭の状態は未確認であるが、0G-01 と同じ杭が柱の下部に 4本ずつ (合計 16本) 打設されていると仮定して杭の引抜き抵抗 R_{TC} を算定する。

$N = 10$ とすると $R_{TC} = 20 \times 7 \times 0.94 + 8.06 = 139.7\text{kN}$

$N = 20$ とすると $R_{TC} = 40 \times 7 \times 0.94 + 8.06 = 271.3\text{kN}$

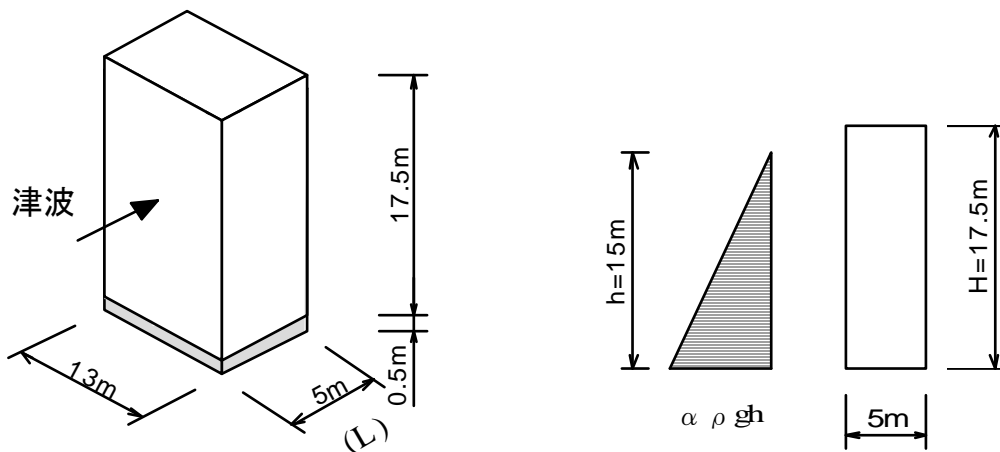


図 6.5.1-8 鉄筋コンクリート造の旅館(女川町)

- 津波外力 M_w
浸水深 $h=15\text{m}$ 、建物壁面の開口率 0.114 として

$$M_w = \int_0^H (\alpha \times \rho g (h-x) x \times B) dx = 63492 \times \alpha \quad \text{kNm}$$

記号は、前項と同じ

- 建物転倒耐力 M_r :
杭の引抜き抵抗 R_{TC} を考慮しない場合

$$M_r = (W + W_F - W_b) \times L / 2$$

浮力なし $M_{r1} = (W + W_F) \times L / 2 = (3900 + 845) \times 5\text{m} / 2 = 11862.5\text{kNm}$

浮力あり $M_{r2} = (W + W_F - W_b) \times L / 2 = (3900 + 845 - 1720) \times 5\text{m} / 2 = 7562.5\text{kNm}$

杭の引抜き抵抗 R_{TC} を考慮する場合

杭が 16 本あり、支点から杭までの距離を 4m とする。

浮力なし、 $N=10$ とすると $M_{r1-1'} = M_{r1} + 139.7\text{kN} \times 16\text{本} \times 4\text{m} = 20803.3\text{kNm}$

浮力なし、 $N=20$ とすると $M_{r1-2'} = M_{r1} + 271.3\text{kN} \times 16\text{本} \times 4\text{m} = 29340.9\text{kNm}$

浮力あり、 $N=10$ とすると $M_{r2-1'} = M_{r2} + 139.7\text{kN} \times 16\text{本} \times 4\text{m} = 16503.3\text{kNm}$

浮力あり、 $N=20$ とすると $M_{r2-2'} = M_{r2} + 271.3\text{kN} \times 16\text{本} \times 4\text{m} = 25040.9\text{kNm}$

- 建物転倒耐力と津波が外力を比較して、静水圧に対する低減係数 α を計算 (M_r または $M_{r'}$) $\leq M_w$ なので、低減係数 α は下表となる

	杭の引抜き抵抗無視	杭の引抜き抵抗考慮	
		N=10	N=20
浮力なし	$0.187 < \alpha$	$0.328 < \alpha$	$0.462 < \alpha$
浮力あり	$0.119 < \alpha$	$0.260 < \alpha$	$0.394 < \alpha$

本建物の場合、建物と海岸の間に 2 棟の建物が残っており（1 棟は転倒）、津波外力が低減された可能性もある。

(3) 0G-08 (RC 造転倒建物、女川町)

- RC 造ラーメン構造、3 階建
- 漁港岸壁近くで海側に転倒
- 建物形状： 1 階平面 B×D=9.0×6.0m、建物高さ H=9m (階高 3m)
- 基礎部高さ： 0.7m (直接基礎)
- 建物重量： 上部躯体 W=13kN/m²×9m×6m×3 階=2106kN

(建物重量を 13kN/m² と仮定)

基礎部 $W_f = 13\text{kN/m}^2 \times 9\text{m} \times 6\text{m} = 702\text{kN}$

- 浮力： $W_b = 0.9\text{m} \times 9\text{m} \times 6\text{m} \times 3 \text{階} \times 9.8 = 1428.8\text{kN}$

(垂れ壁より上の部分 (0.9m) が空気溜まりとなって浮力が働くと仮定)

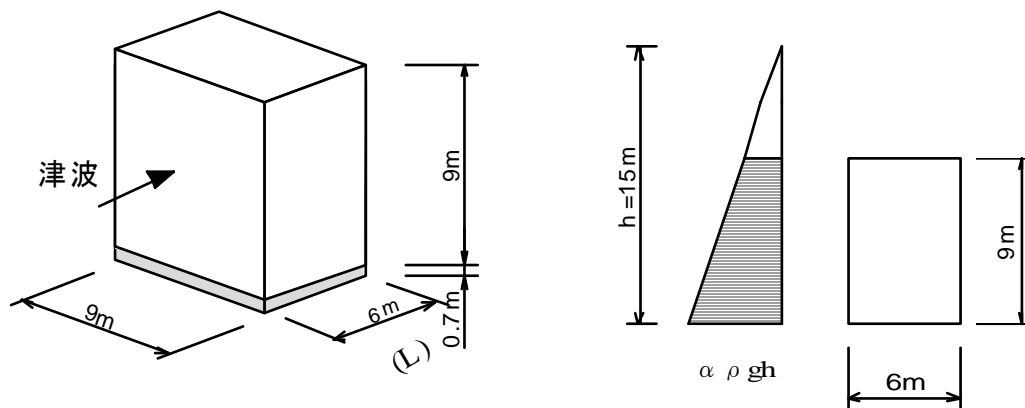


図 6.5.1-9 鉄筋コンクリート造の店舗(女川町)

- 津波外力
浸水深 $h=15\text{m}$ と仮定。本建物は津波方向 (写真の上面) に開口が少ないので、開口率による低減は行わない

$$M_w = \int_0^H (\alpha \times \rho g (h-x) x \times B) dx = 32149 \times \alpha \quad \text{kNm}$$

記号は、前項と同じ

- 転倒耐力： $M_r = (W + W_f - W_b) \times L / 2$
浮力なし $M_r = (2106 + 702) \times 6\text{m} / 2 = 8424\text{kNm}$

浮力あり $M_r = (2106 + 702 - 1428.8) \times 6m / 2 = 4137.6 \text{ kNm}$

- 建物転倒耐力と津波が外力を比較して、静水圧に対する低減係数 α を計算 (M_r または M_r') $\leq M_w$ なので、低減係数 α は下表となる

浮力なし	$0.26 < \alpha$
浮力あり	$0.129 < \alpha$

6.5.2 S造建築物

残存するS造骨組について、浸水深に対応する静水圧を津波波圧として考え、津波荷重を算定する。また、内外装材が全面的に流失している場合には、津波荷重の下限値として、2階床以上の梁のみにその高さの静水圧が作用すると仮定した津波荷重も算定する。

一方で、崩壊機構を仮定した単純な塑性解析を行うことで建築物の耐力を算定する。ここで取り上げる残存S造骨組にはさほど大きな残留変形等が見受けられないので、塑性解析による耐力は実際に作用した津波荷重の上限値になると考えられる。

静水圧による津波荷重とその下限値、耐力から推定される上限値を比較することで、実際の津波荷重を推測する。奥行きが大きいほど建築物の耐力の絶対値は増すため、水平2方向のうち小さい方の耐力と比較するよう、建築物の短辺方向（張間方向）を検討の対象とする。架構が規則的に配置されたS造骨組を取り上げ、津波荷重及び耐力は1フレーム当たりの値として算定する。

塑性解析を行う上での仮定は次のとおりである。

- ・部材断面は現地調査時の計測結果から、ほぼ同等と思われる断面を仮定する。
- ・降伏応力度 σ_y は一律に 300N/mm^2 と仮定する。
- ・露出柱脚、根巻き柱脚等の種類に応じた柱脚部の剛性・耐力を設定することはせず、ピン支持又は剛接合と仮定する。また根巻き柱脚のコンクリート部分の立ち上がり高さは無視する。

津波荷重を算定する際には、水の質量を ρ 、重力加速度を g とし、 $\rho g=10\text{kN}$ とする。張間の1フレーム当たりが負担する建築物の幅を B とする。

本項では1階建て、2階建て、3階建ての1スパンラーメン構造を取り上げている。転倒に対する検討はRC造と同様に行えるため、本項では扱わない。

(1) 1階建てS造

平面形状はL字形であるが、写真6.5.2-1の右側にある部分で、紙面奥行き方向の1スパンのラーメン構造を対象とする。桁行き方向の柱間隔が4.0(m)であることから、 $B=4.0\text{(m)}$ とする。浸水深は周囲の状況から7(m)とする。

津波荷重と耐力算定のための崩壊機構を図6.5.2-1に示す。柱はH形鋼で、せいが400mm、幅が200mm、フランジ厚が12mmであり、梁も同一断面と見られる。なお、H形鋼のウェブ厚は現地では計測できない(以下同様)。1階建てであるが、スパンが大きいために比較的大きな部材断面が使用されていると思われる。

a) 津波荷重

浸水深に対応した静水圧による津波荷重は、

$$\rho g \times \frac{1}{2} \times (7\text{(m)} + 3\text{(m)}) \times 4\text{(m)} \times B = 800\text{(kN)} \quad (1)$$

下限値として、軒位置の静水圧が梁せい分の高さ(400mm)だけ作用するとして、図6.5.2-1(a)の網掛け部分の荷重を算定すると、

$$\rho g \times 3\text{(m)} \times 0.4\text{(m)} \times B = 48\text{(kN)} \quad (2)$$

b) 耐力

柱梁断面を2フランジモデルとして略算すれば、塑性断面係数は $Z_p=960\text{(cm}^3\text{)}$ である。図6.5.2-1(c)の崩壊機構を仮定し、柱梁の全塑性モーメント $M_p=Z_p\sigma_y$ を用いて仮想仕事を考えると、

$$P \times 400(\text{cm}) \times \theta = 4 \times M_p \times \theta \quad \rightarrow \quad P = 290(\text{kN}) \quad (3)$$

津波荷重の上限値と考えられる建築物の耐力 (式(3)) は、静水圧の津波荷重 (式(1)) に対して 36% に過ぎない。また津波荷重の下限値 (式(2)) は建築物の耐力の 1/6 程度と十分小さく、骨組みが残存したと整合する。



写真 6.5.2-1 残存 S 造骨組み

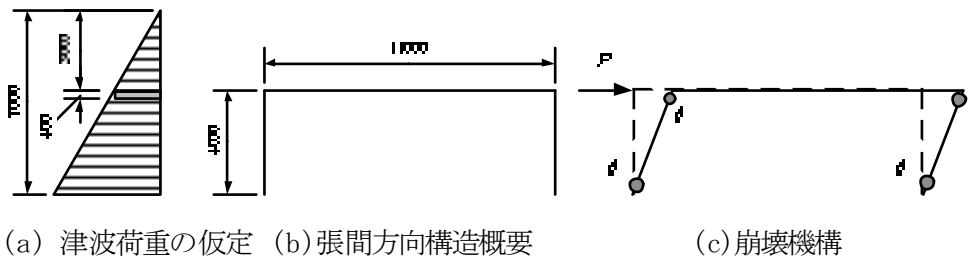


図 6.5.2-1 津波荷重と耐力算定のための崩壊機構

(2) 2 階建て S 造

写真 6.5.2-2 に示すような整形な 2 階建て S 造である。1 フレームが負担する幅を $B=2.7(\text{m})$ とする。浸水深は周囲の状況から $8(\text{m})$ とする。

津波荷重と耐力算定のための崩壊機構を図 6.5.2-2 に示す。柱は H 形鋼で、せいが 175mm 、幅が 145mm 、フランジ厚が 11mm であり、1 階中央から上で日の字断面となっている。梁せいは $300(\text{mm})$ である。剛性・耐力の低いタイプの露出柱脚であるため、柱脚はピンとする。

a) 津波荷重

浸水深に対応した静水圧による津波荷重は、

$$\rho g \times \frac{1}{2} \times (8(\text{m}) + 2(\text{m})) \times 6(\text{m}) \times B = 810(\text{kN}) \quad (4)$$

下限値として、梁の上端位置の静水圧が梁せい分の高さ (300mm) だけ作用するとして、図 6.5.2-2(a) の網掛け部分の荷重を算定すると、

$$\rho g \times (2(\text{m}) + 5(\text{m})) \times 0.3(\text{m}) \times B = 57(\text{kN}) \quad (5)$$

b) 耐力

柱断面を 2 フランジモデルとして略算すれば、塑性断面係数は $Z_p=280(\text{cm}^3)$ である。図 6.5.2-2(c) の荷重分布と崩壊機構を仮定し、柱の全塑性モーメント $M_p=Z_p\sigma_y$ を用いて仮想仕事を考えると、

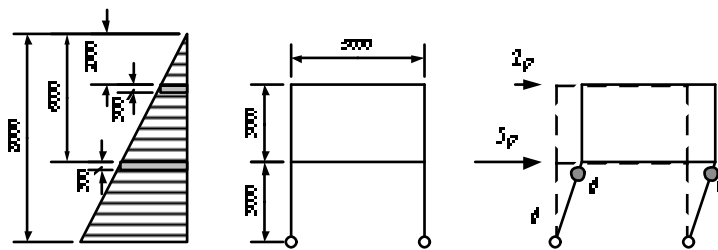
$$(2p + 5p) \times 300(\text{cm}) \times \theta = 2 \times M_p \times \theta \quad \rightarrow \quad P \equiv 7p = 56(\text{kN}) \quad (6)$$

津波荷重の上限値と考えられる建築物の耐力 (式(6)) は、静水圧の津波荷重 (式(4)) に対して 7% に

過ぎない。一方、津波荷重の下限値 (式 (5)) は建築物の耐力と同程度である。なお、ここでは計算の簡略化のため、柱脚をピンと仮定したことや柱断面を 2 フランジモデルに仮定していることから、建築物の耐力は低めに算定されていることに注意されたい。



写真 6.5.2-2 残存 S 造骨組み



(a) 津波荷重の仮定 (b) 張間方向構造概要 (c) 荷重分布と崩壊機構

図 6.5.2-2 津波荷重と耐力算定のための崩壊機構

(3) 3 階建て S 造

写真 6.5.2-3 に示すような整形な 3 階建て S 造である。1 フレームが負担する幅を $B=3.5(\text{m})$ とする。浸水深は周囲の状況から $9(\text{m})$ とする。

津波荷重と耐力算定のための崩壊機構を図 6.5.2-3 に示す。柱は角形鋼管で $\square-300 \times 12$ (厚みは仮定)、梁は梁断面 : $H-400 \times 200 \times 7 \times 11$ (ウェブ、フランジ厚は仮定) とする。根巻き柱脚だが、基礎まで柱断面が続いていると仮定する。

a) 津波荷重

浸水深に対応した静水圧による津波荷重は、

$$\rho g \times \frac{1}{2} \times (9(\text{m}))^2 \times B = 1420(\text{kN}) \quad (7)$$

下限値として、梁の上端位置の静水圧が梁せい分の高さ (400mm) だけ作用するとして、図 6.5.2-3(a) の網掛け部分の荷重を算定すると、

$$\rho g \times (2(\text{m}) + 5.5(\text{m})) \times 0.4(\text{m}) \times B = 105(\text{kN}) \quad (8)$$

b) 耐力

柱の塑性断面係数は $Z_{pc}=1440(\text{cm}^3)$ 、梁の塑性断面係数は $Z_{pb}=1110(\text{cm}^3)$ である。図 6.5.2-3(c) の荷重分布と崩壊機構を仮定し、柱梁の全塑性モーメント $M_{pc}=Z_{pc}\sigma_y$ 及び $M_{pb}=Z_{pb}\sigma_y$ を用いて仮想仕事を考えると、

$$(2p \times 700(\text{cm}) + 5.5p \times 350(\text{cm})) \times \theta = (4 \times M_{pc} + 2 \times M_{pb}) \times \theta \quad (9)$$

$$\rightarrow P \equiv 7.5p = 540(\text{kN})$$

津波荷重の上限値と考えられる建築物の耐力（式(9)）は、静水圧の津波荷重（式(7)）に対して 38% に過ぎない。また津波荷重の下限値（式(8)）は建築物の耐力の 1/5 程度と十分小さく、骨組みが残存したと整合する。

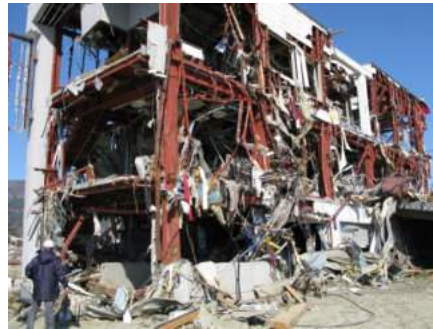
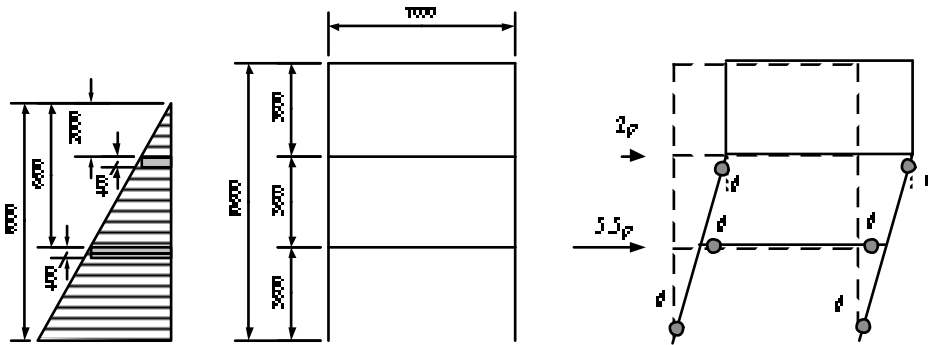


写真 6.5.2-3 残存 S 造骨組み



(a) 津波荷重の仮定 (b) 張間方向構造概要 (c) 荷重分布と崩壊機構

図 6.5.2-3 津波荷重と耐力算定のための崩壊機構

以上の3つの具体例からすると、全面的に静水圧が作用すると仮定した津波荷重は建築物の耐力を大きく上回っており、実際に残存していたことと矛盾する。一方で、梁のみに静水圧がかかると仮定した津波荷重の下限値は建築物の耐力と同程度かそれ以下で、骨組みが残存したと整合する。よって、仕上げ材が流失しやすいS造骨組に関しては、静水圧が全面的に作用すると仮定した津波荷重は過大であると言える。開口や仕上げ材の流失を考慮して津波荷重を合理的に低減できる可能性があると考えられるが、構造躯体が流失してしまったS造骨組みについては検討していないことや、仕上げ材がほとんど残ったまま全体の転倒を生じたS造建築物があったことなどを考えると、ここで示した下限値まで低減できるとは言い切れず、今後さらに検討する必要がある。

6.6 まとめ

本章では、東北地方太平洋沖地震によって東北地方および関東地方に発生した大津波による建築物被害に関して調査を実施し、その概要をまとめた。

6.2 では、現地調査を実施する前に事前調査として、国土地理院の被災後の航空写真や報道等の画像情報をもとに調査地域を絞り、調査対象建築物の特定等を行った。また、本章で用いる津波に関する用語を決めて誤解や混乱のないように注意した。現地調査で用いた津波の作用方向や浸水深の推定方法についても記載した。さらに、津波荷重や耐津波設計に関する国内および海外基規準等を収集した。日本では建築基準法第 20 条に「建築物は、自重、積載荷重、積雪荷重、風圧、土圧及び水圧並びに地震その他の震動及び衝撃に対して安全な構造のものとしなければならない」と定めているが、建築物に対して津波荷重を明確に考慮してはいなかった⁶⁻⁴⁾。2005 年に内閣府が「津波避難ビル等に係るガイドライン」を制定し、津波避難ビルの構造的要件や位置的要件を纏めた。ガイドラインの巻末資料「構造的要件の基本的考え方」では、建築分野でははじめて建築物に作用する津波荷重を設定し、設計用浸水深の 3 倍の静水圧とした。これは津波の流速も考慮し安全側の値^{6-4,5)}としたが、今後の研究成果によって更新されることが望まれる⁶⁻⁴⁾としている。一方、米国では 3 年後の 2008 年に連邦危機管理局 (FEMA) が「津波からの (鉛直方向) 避難のための構造物の設計ガイドライン」を定め、静水圧、動水圧、浮力、衝撃荷重、漂流物の衝突等の津波荷重を設定しているが、ここでは静水圧は設計用浸水深の 1.3 倍としている。ただし、津波の流速の効果は動水圧として別途考慮している。また、今回の大津波の映像からの流速推定も 1 例だけではあるが試みた。今後調査建築物付近の映像が入手できれば流速の推定を試みる予定である。

6.3 では、現地調査を実施した 14 地域について、調査建築物の位置を国土地理院提供の被災後の航空写真上に示し、各調査建築物の構造種別、形状、被害状況等を纏めた。津波によって倒壊、移動、流失した建築物と残存建築物を列記した。今後、これらの情報を纏めて浸水深等から推定される津波荷重と建築物の被害状況との関連付けを検討する予定である。

6.4 では、構造種別毎に被害形態を分類し、被害発生の要因について考察した。RC 造建築物では、1 階の崩壊、転倒、移動・流失、洗掘による傾斜、壁や開口部の破壊、漂流物の衝突等の被害形態が見られた。今回調査した範囲では、転倒や移動した RC 造建築物は 4 階建てまでであり、外壁の開口が比較的少ないものが多かった。S 造建築物では、移動・流失 (柱脚破壊・柱頭破壊)、転倒、崩壊、残留変形、内外装材の破壊・流失、開口部の損傷、漂流物の衝突等の被害形態が見られた。木造建築物については、浸水深によって凡その被害形態の分類を行った。また、RC 造建築物の蔭にあった木造建築物や 1 階が RC 造、2・3 階が木造のような立面混構造の建築物が残存していた事例があった。今後 6.3 の被害事例を基に被害発生メカニズムの解明を行う必要がある。さらに、6.4 で提示した被害形態以外の被害がないのかどうか、残存建築物がどのような理由で残ったのかなどについて、新たな現地調査の実施、残存建築物の設計図書の収集などにより検討する必要がある。

6.5 において、いくつかの調査事例を基に、平成 17 年に内閣府から出された「津波避難ビル等に係るガイドライン」の設計手法を当てはめてみた結果、ある程度の妥当性が確認された。しかしながら、この検討にはいくつかの仮定が設けられており必ずしも精緻なものではないことから、今後できるだけ多くの事例について検討を継続することが望まれる。また、建築物の開口の影響や浮力の影響を詳細に考慮する方法などについても、さらに検討が望まれる。

以上、本章は調査を開始し約 1 ヶ月が経過した段階での速報であり、上記のように実施すべき課題が多く残されている。今後は本章の調査結果を踏まえてそれらの課題について検討を行う予定である。

謝辞

本章の津波による建築物被害を調査するにあたり、ご協力いただいた独立行政法人港湾空港技術研究所 有川太郎主任研究員並びに関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 6-1 内閣府：津波避難ビル等に係るガイドライン、2005.6
http://www.bousai.go.jp/oshirase/h17/tsunami_hinan.html
- 6-2 FEMA P646、2008.6、<http://www.fema.gov/library/viewRecord.do?id=3463>
- 6-3 Flood Loads, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structure, ASCE7-05, 2006
- 6-4 (財)日本建築センター「平成17年度 津波避難ビルの技術的検討調査報告書」平成18年3月
- 6-5 朝倉ら：護岸を越流した津波による波力に関する実験的研究、海岸工学論文集第47巻 pp.911-915、土木学会、2000

第6章 付録：調査建築物データベース

岩手県山田町



山田町調査建物位置

建物番号	YD-01		調査日	2011年4月7日		
名称						
所在地	下閉伊郡山田町織笠			建設年	不明	
用途	倉庫			津波避難ビル	指定なし	
構造種別	CB造 (壁式構造)					
建物規模	階数	1階 (地下階)		高さ:	5.7 m	
	平面寸法	11 m × 5.6 m				
建物位置	河川からの距離	約200 m	標高	0 m (GPS)		
	立地条件	県道45号線沿い, 河口付近				
最大浸水深	6 m		周辺建物側面に痕跡			
津波後の状況	建物の状態	移動・転倒	1構面の層崩壊し, 構造物傾斜			
	躯体の被害	被害あり	コンクリートブロック壁の面外方向はらみ出し			
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラスの脱落			
備考						

- ・ 建築物周辺に河川があり、原位置から流され移動している
- ・ 津波の作用方向(梁間方向)に転倒・傾斜している
- ・ コンクリートブロック壁が津波の作用面の反対側にはらみ出しており、引き波により1階前面および側面のコンクリートブロック壁が喪失し、転倒したと推定される
- ・ コンクリートブロックは400×200×200であった



写真1 建物外観(1)



写真2 建物外観(2)



写真3 建物外観(3)



写真4 コンクリートブロック壁のはらみ出し

建物番号	YD-02	調査日	2011年4月7日
名称			
所在地	下閉伊郡山田町川向町	建設年	不明
用途	水門	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 (壁式構造)		
建物規模	階数	階 (地下階)	高さ: 4.5 m
	平面寸法	15 m × 1 m	
建物位置	海岸からの距離	約70 m	標高 -2 m (GPS)
	立地条件	陸中山田駅前周辺, 県道45号線沿い	
最大浸水深	6 m	周辺建物側面に痕跡	
津波後の状況	建物の状態	移動・転倒	壁筋が破断し, 100(m)程度離れた場所で見つかっている
	躯体の被害	被害あり	主筋破断, 面外方向への転倒
	非構造部材の被害	被害なし	
備考			

- ・ 陸中山田駅前周辺に位置する水門であり、津波荷重により面外方向に転倒・移動している
- ・ 8.5m の範囲では壁厚 1000mm、壁縦筋 2D16@250, 間隔 800mm であった
- ・ 6.5m の範囲では壁厚 800mm、壁縦筋 2D16@250, 間隔 600mm であった
- ・ 壁高さはいずれも 4.5m であった
- ・ 津波が作用した方向に約 100m 離れた位置で水門を確認している



写真1 水門外観(1)



写真2 破断した壁筋



写真3 水門周辺



写真4 移動した水門

建物番号	YD-03	調査日	2011年4月7日
名称			
所在地	下閉伊郡山田町川向町	建設年	不明
用途	商業施設・店舗	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)		
建物規模	階数	2階 (地下階)	高さ: m
	平面寸法	m × m	
建物位置	海岸からの距離	約100 m	標高 -2 m (GPS)
	立地条件	陸中山田駅前周辺, 県道45号線沿い	
最大浸水深	6 m	周辺建物側面に痕跡	
津波後の状況	建物の状態	転倒	2×2スパン, 躯体が傾斜している
	躯体の被害	被害あり	洗掘による傾斜, 躯体に損傷なし
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス・天井材の脱落
備考			

- ・ 水門近傍に位置する開口の少ないRC2階建て
- ・ 基礎が洗掘され構造物が傾斜・転倒している
- ・ 地盤の液状化により傾斜した1階部分の約半分が浸水している



写真1 建物外観(1)



写真2 建物外観(2)



写真3 基礎の転倒



写真4 決壊した水門と建物の位置関係

岩手県大槌町



大槌町調査建物位置

建物番号	OT-01	調査日	2011年4月7日
名称			
所在地	上閉伊郡大槌町新町	建設年	不明
用途	商業施設・店舗	津波避難ビル	指定なし
構造種別	S造 (ラーメン構造)		
建物規模	階数	3階 (地下階)	高さ: 9m
	平面寸法	10m × 6.5m	
建物位置	海岸からの距離	約300m	標高 11m (GPS)
	立地条件	釜石市両石町沿岸部 県道45号線沿い	
最大浸水深	7.3m	周辺の建物側面に痕跡	
津波後の状況	建物の状態	移動・転倒	3×3スパン, 柱脚が拔出し, 躯体が移動転倒している
	躯体の被害	被害あり	アンカーボルト破断, 柱部材の座屈
	非構造部材の被害	被害あり	1階のALCパネルの脱落
備考			

- ・ 柱脚アンカーボルトの拔出しにより流され梁間方向に転倒している
- ・ 転倒により柱材は大きく座屈している
- ・ 外装材は2階以上の部分で大半が残存している
- ・ 柱材は□-175、アンカーボルトは4M18(梁間間隔100mm、桁行間隔270mm)であった



写真1 建物外観(1)



写真2 建物外観(2)



写真3 建物外観(3)



写真4 柱脚ベースプレート

建物番号	OT-03	調査日	2011年4月7日
名称			
所在地	上閉伊郡大槌町新港町	建設年	不明
用途	共同住宅	津波避難ビル	指定なし
構造種別	CB造 (壁式構造)		
建物規模	階数	2階 (地下階)	高さ: 5.7 m
	平面寸法	24.2 m × 6.4 m	
建物位置	河川からの距離	約30 m	標高 7 m (GPS)
	立地条件	県道231号線沿い, 中央分離帯	
最大浸水深	9.5 m	周辺建物側面に痕跡	
津波後の状況	建物の状態	移動・転倒	CB壁式構造 9棟のうち, 小規模な2棟が流出し, 3棟が転倒, 4棟が残存している
	躯体の被害	被害あり	コンクリートブロック壁の崩落
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス・天井材・屋根面の脱落
備考			

- ・ 6戸1棟形式のコンクリート壁式集合住宅
- ・ 集合住宅 9棟のうち、河川に最も近い小規模な 2棟(1,2号棟)が流失し、3棟(3,6,7号棟)が転倒、4棟(4,5,8,9号棟)が残存している。3および7号棟は1階コンクリート壁部分が破壊しており、6号棟は基礎が残存した状態で転倒している。また残存した5号棟は切妻屋根および区画の一部が損傷し流失している
- ・ 屋上床は張出し幅650mmで厚さは240mm、2階は木床となっている
- ・ 基礎梁および布基礎は鉄筋コンクリート造であった



写真1 残存した集合住宅棟



写真2 転倒した集合住宅棟



写真3 転倒した基礎断面



写真4 建物内部

大槌町の集合住宅について

CB造2階建て集合住宅の9棟のうち、2棟が残存、1棟が一部破損、3棟が移動・転倒、2棟が流失した。津波が、海側にある防潮堤と横の川側の防潮堤を乗り越え、非常に大きな流速の水圧が建築物に作用したものと考えられる。



写真1 大槌町の集合住宅全景



写真2 残存した住棟



写真3 残存した住棟



写真4 一住戸分が損壊した住棟



写真5 損壊した住戸の部分



写真6 CB造の壁



写真7 剛床ではない

(写真5~7より、コンクリートブロック造と木床で構成される構造であることがわかる)



写真 8 移動し転倒した住棟 2 棟



写真 9 移動し転倒した住棟 1



写真 10 移動し転倒した住棟 2
(橋脚に倒れかかっている)



写真 11 移動し転倒した住棟 3
(上下逆になっている)



写真 12 移動し転倒した住棟 3
(1階部分は破損し流失している)



写真 13 川沿いの防潮堤のすぐ横に位置する



写真 14 破壊された近所の防潮堤

岩手県釜石市



釜石市中心部調査建物位置



釜石市北部調査建物位置

建物番号	KI-01	調査日	2011年4月7日
名称	釜石湾合同庁舎		
所在地	釜石市只越町	建設年	不明
用途	公共施設	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)		
建物規模	階数	4階 (地下階)	高さ: 16 m
	平面寸法	30 m × 15 m	
建物位置	海岸からの距離	約10 m	標高 19 m (GPS)
	立地条件	釜石市 沿岸部 県道4号線	
最大浸水深	6.5 m	周辺建物側面に痕跡	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	2×5スパン 基礎が洗掘されている
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス・天井材が脱落している
備考			

- ・ 埠頭脇に直交して位置する建築物
- ・ 基礎が洗掘されている
- ・ 津波が作用する構面手前に外階段が隣接している
- ・ 1階の柱幅は700mmであった
- ・ 梁間構面のALCパネルが脱落している
- ・ 4階建ての2階部分まで窓ガラスが割れている



写真1 建物外観(1)



写真2 建物外観(2)



写真3 洗掘された基礎



写真4 隣接する外階段

建物番号	KI-02	調査日	2011年4月7日
名称			
所在地	釜石市只越町	建設年	不明
用途	事務所	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)		
建物規模	階数	4階 (地下階)	高さ: 15.6 m
	平面寸法	33.2 m × 9 m	
建物位置	海岸からの距離	約10 m	標高 11 m (GPS)
	立地条件	釜石市 沿岸部 県道4号線	
最大浸水深	6.5 m	周辺建物側面に痕跡	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	2×6スパン, 基礎が洗掘され, 基礎梁が面外に曲げ破壊している
	躯体の被害	被害なし	基礎の洗掘および基礎梁の曲げ破壊
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラスが脱落している
備考			

- ・埠頭から 20m 程度離れて並行して位置する建築物
- ・セットバックしている2階部分の基礎が洗掘され、基礎梁が面外方向に曲げ破壊している
- ・4階建ての2階の天井付近まで浸水している
- ・梁間方向内部にはコンクリートブロック壁を有している
- ・桁行外側構面の柱幅は600mm、内部構面の柱幅は650mmであった
- ・セットバックしている部分は2×2スパン、柱幅は600×700mmであった



写真1 建物外観(1)



写真2 建物外観(2)



写真3 建物外観(3)



写真4 洗掘された基礎

建物番号	KI-03	調査日	2011年4月7日
名称			
所在地	釜石市港町	建設年	不明
用途	商業施設・店舗	津波避難ビル	指定なし
構造種別	S造 (ラーメン構造)		
建物規模	階数	2階 (地下階)	高さ: 5m
	平面寸法	15.3 m × 12.7 m	
建物位置	海岸からの距離	約10 m	標高 13 m (GPS)
	立地条件	釜石市 沿岸部 釜石バイパス沿い	
最大浸水深	6.5 m	周辺建物側面に痕跡	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	2×2スパンのL字型平面を有している 1×2スパン部分には中二階を有する
	躯体の被害	被害あり	鉄骨架構の傾斜
	非構造部材の被害	被害あり	外装材が脱落している
備考			

- ・ 架構全体が 1/120(rad) 程度傾斜している
- ・ 柱は□-250 および○-320、梁はH-350×175×10 であった
- ・ 柱脚のアンカーボルトは4-M20 であった
- ・ 2階の天井付近まで浸水している



写真 1 建物外観(1)



写真 2 建物外観(2)



写真 3 損傷した ALC パネル



写真 4 座屈した耐震二次要素

建物番号	KI-04	調査日	2011年4月7日
名称			
所在地	釜石市港町	建設年	不明
用途	旅館・ホテル	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)		
建物規模	階数	2階 (地下階)	高さ: 8.3 m
	平面寸法	19.2 m × 16 m	
建物位置	海岸からの距離	約15 m	標高 14 m (GPS)
	立地条件	釜石市 沿岸部 釜石バイパス沿い	
最大浸水深	7.6 m	周辺建物側面に痕跡	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	非構造壁が損傷している区画は1×4スパン
	躯体の被害	被害あり	非構造壁の面外方向に曲げ破壊
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス・天井材が脱落している
備考			

- ・ 堤防(高さ 2m)から 15m程度離れた位置に並列する建築物
- ・ 損傷した非構造壁(8.3m×16m)は壁厚 130mm、配筋は縦横D10@150 千鳥
- ・ 隅角部には柱型はないが端部補強筋は4D13であった
- ・ 壁筋が露出している高さは約 7m程度であった
- ・ 4階建ての2階の天井付近まで浸水している



写真 1 建物外観 (1)

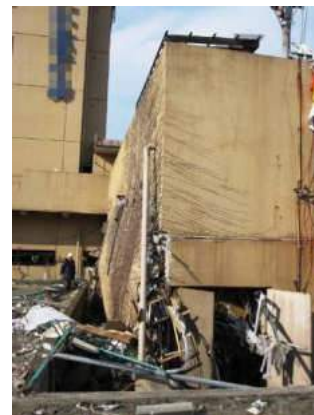


写真 2 建物外観 (2)



写真 3 建物内部



写真 4 主筋が破断した壁脚部

建物番号	KI-05	調査日	2011年4月7日
名称			
所在地	釜石市港町	建設年	不明
用途	商業施設・店舗	津波避難ビル	指定なし
構造種別	S造 (梁間：ラーメン構造、桁行：ブレース構造)		
建物規模	階数	1階 (地下階)	高さ：(軒高)4m
	平面寸法	? m × ? m	
建物位置	海岸からの距離	約50m	標高 2m (GPS)
	立地条件	釜石市沿岸部 釜石バイパス沿い KI-04北側	
最大浸水深	m	KI-04と同程度か	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	L型の平面
	躯体の被害	被害あり	桁行方向ブレースの破断
	非構造部材の被害	被害あり	外装材の流失、一部の屋根版の流失
備考			

- ・ 堤防(高さ2m)から釜石バイパスの陸橋をくぐり50m程度離れた位置にある建築物
- ・ L字形の平面形状で、写真2の右側部分は柱がH-400x200x8x13で奥行き方向がラーメン構造(スパンは外法で11m)、直交方向がブレース構造(柱間隔は4.0m)。この部分の梁も柱と同一断面と史料。



写真1 建物外観(1) (上は釜石バイパス)



写真2 建物外観(2)



写真3 ブレースの破断と屋根版の流失



写真4 柱脚部

建物番号	KI-06	調査日	2011年4月7日
名称			
所在地	釜石市両石町	建設年	不明
用途	商業施設・店舗	津波避難ビル	指定なし
構造種別	CB造+S (ブレース構造)		
建物規模	階数	1階 (地下 階)	高さ: 3 m
	平面寸法	18.7 m × 9.4 m	
建物位置	海岸からの距離	約70 m	標高 15 m (GPS)
	立地条件	釜石市両石町沿岸部 県道45号線沿い	
最大浸水深	20 m	当該建物側面に痕跡	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	屋根面一部が脱落している CB壁および鉄骨フレームは損傷なし
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラスの脱落
備考			

- ・ 津波作用方向は梁間方向であるが、ブレースは桁行方向にのみ設置されている
- ・ 津波が作用した反対側の桁行構面のコンクリートブロックに被害はみられなかった
- ・ 屋根面の一部が破損し、基礎に洗掘の痕跡が見られる
- ・ 近傍で堤防が決壊している



写真1 建物外観



写真2 損傷した屋根部分



写真3 内部のコンクリートブロック壁



写真4 近傍で決壊した堤防

岩手県大船渡市



大船渡市調査建物位置

建物番号	OF-01	調査日	2011年4月7日
名称	大船渡商工会議所		
所在地	大船渡市大船渡町	建設年	不明
用途	公共施設	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)		
建物規模	階数	3階 (地下階)	高さ: 15.5 m
	平面寸法	29 m × 20 m	
建物位置	海岸からの距離	約500 m	標高 6 m (GPS)
	立地条件	大船渡 沿岸部	
最大浸水深	8.2 m	当該建物側面に痕跡	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	3×5スパン, 非構造部材の被害のみが見られた
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス・天井材の脱落
備考			

- ・ 津波の作用方向は梁間方向で、2階部分まで漂流物が見られた
- ・ 外周には開口付き RC 非構造壁、内部には桁行方向にコンクリートブロック壁が見られた
- ・ 1階中央ホールでは柱抜けしている
- ・ 1階の柱幅750mmであった



写真 1 建物外観 (1)



写真 2 建物外観 (2)



写真 3 建物外観 (3)



写真 4 建物内部

建物番号	OF-02	調査日	2011年4月7日
名称	大船渡土木事務所・港務所		
所在地	大船渡市大船渡町	建設年	不明
用途	公共施設	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 (壁式構造)		
建物規模	階数	2階 (地下階)	高さ: 6m
	平面寸法	11.3 m × 5.4 m	
建物位置	海岸からの距離	約100 m	標高 6 m (GPS)
	立地条件	大船渡 沿岸部	
最大浸水深	8.2 m	周辺建物側面に痕跡	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	非構造部材の被害のみが見られた
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラスの脱落
備考			

- ・ 沿岸に立地する建築物
- ・ 津波が作用した桁行構面は開口付き RC 非構造壁であり、窓ガラスが破損している
- ・ 桁行片側端部のみ RC 柱を有しており、柱幅 450mm であった
- ・ 壁厚さは 200mm であった



写真 1 建物外観(1)



写真 2 建物外観(2)



写真 3 建物外観(3)



写真 4 建物内部

建物番号	OF-03	調査日	2011年4月7日
名称	大船渡画像中継処理室		
所在地	大船渡市大船渡町	建設年	不明
用途	公共施設	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)		
建物規模	階数	1階 (地下階)	高さ: 4.1 m
	平面寸法	9.5 m × 5.3 m	
建物位置	海岸からの距離	約100 m	標高 6 m (GPS)
	立地条件	大船渡 沿岸部	
最大浸水深	8.2 m	周辺建物側面に痕跡	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	1×1スパン, 内部什器に被害が見られた 基礎が洗掘されているが傾斜はなかった
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス・シャッターの脱落
備考			

- ・ 沿岸に立地する壁開口の非常に小さい平屋建築物
- ・ 基礎は洗掘されているが躯体の傾斜は見られなかった
- ・ 柱幅は700mm、壁厚は200mmであった



写真1 建物外観(1)



写真2 建物外観(2)



写真3 洗掘した基礎



写真4 建物内部

建物番号	OF-04	調査日	2011年4月7日
名称			
所在地	大船渡市大船渡町	建設年	不明
用途	倉庫	津波避難ビル	指定なし
構造種別	CB造 (壁式構造)		
建物規模	階数	1階 (地下階)	高さ: 2.2 m
	平面寸法	11.2 m × 5.3 m	
建物位置	海岸からの距離	約200 m	標高 12 m (GPS)
	立地条件	大船渡 沿岸部	
最大浸水深	8.2 m	周辺建物側面に痕跡	
津波後の状況	建物の状態	転倒	
	躯体の被害	被害あり	コンクリートブロック壁が、津波荷重が作用した面外方向に崩落している
	非構造部材の被害	被害あり	コンクリートブロック壁の倒壊
備考			

- ・ 四周をコンクリートブロック壁で囲われた屋根のない倉庫 (ゴミ置き場)
- ・ 津波作用方向は桁行方向であり、桁行方向の壁が面外に転倒している
- ・ コンクリートブロックは150×200×400mm、ブロック境界縦筋はD10、横補強筋はD10@600
- ・ 壁上部には逆L字型のRC梁(梁せい400(幅180)mm×梁幅370(幅120)mm)が配されている
- ・ 梁主筋は梁幅方向には4D13、梁せい方向には3D13であった
- ・ ドア型開口を有している周囲にのみRC柱を有している



写真1 建物外観



写真2 転倒したコンクリートブロック壁(1)



写真3 転倒したコンクリートブロック壁(1)



写真4 ブロック壁を挟むRC柱

建物番号	OF-05	調査日	2011年4月7日
名称			
所在地	大船渡市大船渡町	建設年	不明
用途	鉄塔	津波避難ビル	指定なし
構造種別	S造 (ラーメン構造)		
建物規模	階数	1階 (地下階)	高さ: 4.8 m
	平面寸法	4.8 m × 2.7 m	
建物位置	海岸からの距離	約5 m	標高 13 m (GPS)
	立地条件	大船渡沿岸部 県道 230号線 沿い	
最大浸水深	6.9 m	周辺建物側面に痕跡	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	1×1スパン, 架構が面外方向に傾斜している
	躯体の被害	被害あり	基礎コンクリートの曲げ破壊, 面外に傾斜
	非構造部材の被害	被害なし	
備考			

- ・ 埠頭に平行な鉄骨平面架構
- ・ 鉄骨柱はH-350x350x12x19
- ・ 柱は基礎コンクリートの破壊により約 1/15(rad)傾斜している
- ・ 基礎コンクリートは800mm であり、縦筋 4D22 となっている
- ・ 屋根面幅は 2.7m、最大高さは 5.4m、棟上高さは 4.8m であった

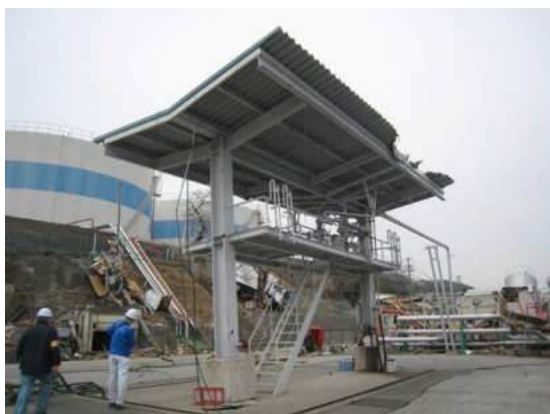


写真 1 建物外観(1)



写真 2 建物外観(2)



写真 3 曲げ破壊した基礎



写真 4 周辺に打ち上げられたトラック

建物番号	OF-06	調査日	2011年4月7日
名称			
所在地	大船渡市大船渡町	建設年	不明
用途	戸建住宅	津波避難ビル	指定なし
構造種別	S造 (ラーメン構造)		
建物規模	階数	2階 (地下 階)	高さ: 6 m
	平面寸法	13.6 m × 5 m	
建物位置	海岸からの距離	約250 m	標高 15 m (GPS)
	立地条件	大船渡沿岸部 県道 230号線 沿い	
最大浸水深	8 m	周辺建物側面に痕跡	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	1×4スパン, 架構全体が梁間方向に傾斜している
	躯体の被害	被害あり	柱部材の座屈, 架構の傾斜
	非構造部材の被害	被害あり	ALCパネルがほぼすべて脱落している
備考			

- ・埠頭からやや離れた場所に位置し、並列する建築物
- ・架構全体が梁間方向に傾斜している
- ・鉄骨柱はBH-175x145x11、鉄骨梁はH-300x150x6.5x9であった
- ・屋根・床面が木下地であり、屋根天井面には水平ブレースを有している
- ・梁間構面の耐震二次要素(柱)が座屈している
- ・柱脚アンカーボルトは4M18であった



写真1 建物外観(1)



写真2 コンクリートブロック壁の区画



写真3 建物外観(2)



写真4 建物外観(3)

岩手県陸前高田市



陸前高田市調査建物位置

建物番号	RT-01	調査日	2011年3月30日
名称	大船渡警察署 高田幹部交番		
所在地	陸前高田市高田町館の沖	津波避難ビル	指定なし
用途	公共施設	建設年	不明
構造種別	RC造 (ラーメン構造)		
建物規模	階数	2階 (地下 階)	高さ: 7 m
	平面寸法	9.5 m × 12 m	
建物位置	海岸からの距離	約1100 m	標高 4 m
	立地・周辺状況	平坦地	
最大浸水深	— m	非構造部材の被害状況から、浸水深は建物高さを超えていると推測	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	1～2階の窓ガラス・天井仕上げ材の破損
備考			



(西から見る)



(南東から見る)

写真1 建物の外観



写真2 1階内部の状況



写真3 1階天井仕上げ材の被害状況

建物番号	RT-02		調査日	2011年3月30日	
名称	陸前高田市役所				
所在地	陸前高田市高田町館の沖		津波避難ビル	指定なし	
用途	公共施設		建設年	不明	
構造種別	RC造 (ラーメン構造) 一部鉄骨造				
建物規模	階数	3階 (地下 階)		高さ:	16 m
	平面寸法	19.3 m × m			
建物位置	海岸からの距離	約1200 m	標高	6 m	
	立地・周辺状況	平坦地			
最大浸水深	14 m 以上		ガラスの破損状況から4階腰壁相当とみなす。		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存		一部地盤に洗掘がみられる。	
	躯体の被害	被害なし			
	非構造部材の被害	被害あり		3階までの窓ガラスは全損、4階の窓ガラスは一部残存している。2階の間仕切り壁が面外に破壊している。 鉄骨造部分の外壁(ALCパネル)の脱落。	
備考					



写真1 建物の外観 (南から見る)



写真2 間仕切り壁の破壊

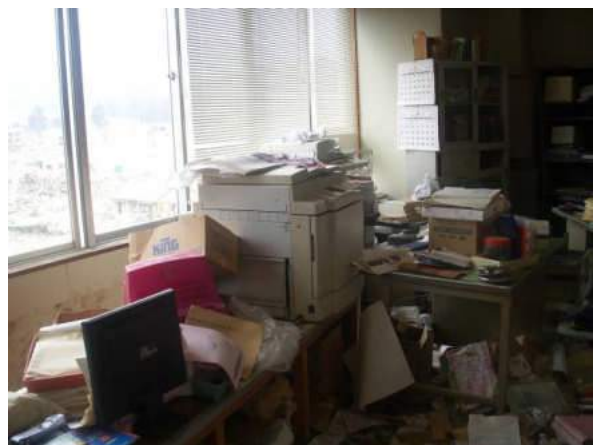


写真3 4階内部の状況
(4階の備品類等は流失していない)

建物番号	RT-03		調査日	2011年3月30日	
名称	市民会館				
所在地	陸前高田市高田町館の沖			津波避難ビル	指定なし
用途	公共施設			建設年	不明
構造種別	RC造 (ラーメン構造) 階段室は鉄骨造				
建物規模	階数	3階(地下 階)		高さ:	13 m
	平面寸法	m × m 未計測			
建物位置	海岸からの距離	約1200 m	標高	6 m	
	立地・周辺状況	平坦地			
最大浸水深	m 以上				
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害あり	耐力壁が倒壊		
	非構造部材の被害	被害あり	3階の窓ガラスと天井仕上げ材まで破損している。		
備考					



写真1 建物の外観



写真2 開口部と内装材の損壊



写真3 耐力壁の倒壊

建物番号	RT-04	調査日	2011年3月30日
名称			
所在地	陸前高田市高田町館の沖	津波避難ビル	指定なし
用途	不明	建設年	不明
構造種別	RC造 (ラーメン構造)		
建物規模	階数	3階(地下階)	高さ: m
	平面寸法	m × m	
建物位置	海岸からの距離	約1100 m	標高 5 m
	立地・周辺状況	平坦地	
最大浸水深	m 以上		
津波後の状況	建物の状態	移動・転倒	
	躯体の被害	被害あり	
	非構造部材の被害	被害あり	
備考	35~40m離れた地点に当該建物と同一と思われる損壊した外壁が残存していたことから、元の位置から移動した可能性がある。		



写真1 建物の外観

建物番号	RT-05	調査日	2011年3月30日
名称	陸前高田市市民体育館		
所在地	陸前高田市高田町字砂畑	津波避難ビル	指定なし
用途	公共施設	建設年	不明
構造種別	RC造 (ラーメン構造) 屋根は鉄骨造		
建物規模	階数	2階 (地下 階)	高さ: 11 m
	平面寸法	m × m 未計測	
建物位置	海岸からの距離	約1000 m	標高 5 m
	立地・周辺状況	平坦地	
最大浸水深	12 m 以上		時計台の窓ガラスの損傷状況より推定
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	地盤が一部洗掘されている。
	躯体の被害	被害あり	北面の耐力壁が面外に転倒し、それに伴って屋根の鉄骨部材も著しく変形。
	非構造部材の被害	被害あり	多数の窓ガラスが破損。
備考	(周囲の地物の浸水深) 隣接する消防署のペントハウスの窓ガラスの損傷状況から、浸水深は約11m		



写真1 建物の外観



写真2 浸水深の推定



写真3 体育館内部の状況



写真4 隣接する消防署の浸水深の推定 写真5 隣接する消防署の開口部の被害状況

建物番号	RT-06	調査日	2011年3月30日
名称			
所在地	陸前高田市高田町字砂畑	津波避難ビル	指定なし
用途	事務所	建設年	不明
構造種別	RC造		
建物規模	階数	2階（地下 階）	高さ： m
	平面寸法	m × m	
建物位置	海岸からの距離	約850 m	標高 4 m
	立地・周辺状況	陸前高田市立博物館南東の平坦な住宅地	
最大浸水深	m 以上		
津波後の状況	建物の状態	移動	原位置から80m程度移動したと推測
	躯体の被害	被害あり	
	非構造部材の被害	被害あり	
備考			

- ・ 直接基礎のフーチングが露出している。



写真1 津波で建物が道路上に移動



写真2 被害状況



写真3 被害状況



写真4 被害状況

建物番号	RT-07		調査日	2011年3月30日	
名称	鋼製柱				
所在地	陸前高田市高田町曲松		津波避難ビル	指定なし	
用途	工作物		建設年	不明	
構造種別	鋼製				
建物規模	階数	一階（地下階）		高さ：	11 m
	平面寸法	m × m			
建物位置	海岸からの距離	約600 m	標高	4 m	
	立地・周辺状況	海岸沿い			
最大浸水深	m 以上				
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害あり	西～北西方向に折損。		
	非構造部材の被害	—			
備考					

- ・ 柱外径 500mm、長さ 14m。
- ・ 柱脚部の根巻きコンクリートは、900×900×600（高さ）mm



写真1 鋼製柱の折損状況



写真2 柱脚部のコンクリートの状況

建物番号	RT-08		調査日	2011年3月30日	
名称	ホテル				
所在地	陸前高田市高田町曲松		津波避難ビル	指定なし	
用途	旅館・ホテル		建設年	不明	
構造種別	RC造 (ラーメン構造)				
建物規模	階数	7階 (地下 階)		高さ:	? m
	平面寸法	m × m		未計測	
建物位置	海岸からの距離	500 m	標高	3 m	
	立地・周辺状況	海岸近く			
最大浸水深	12.6 m		壁面の窓ガラスの損傷状況から推定		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存		地盤の著しい洗掘がある。	
	躯体の被害	被害あり		建物両側面の壁が面外方向に破壊している。	
	非構造部材の被害	被害あり		窓ガラスの破損。ホテルロビー等の内装被害。	
備考					

- ・ 周辺の浸水深は、建物の北西にある広告塔の破損状況から約11mと推定



写真1 ホテルの外観



写真2 外壁の面外変形



写真3 1階エントランスの被害状況

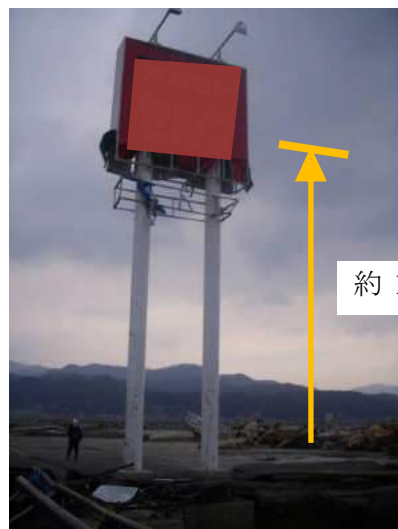


写真4 付近の広告塔での浸水深の推定

建物番号	RT-09	調査日	2011年3月30日
名称	高田病院		
所在地	陸前高田市気仙町中堰	津波避難ビル	指定なし
用途	病院・診療所	建設年	不明
構造種別	RC造 (ラーメン構造)		
建物規模	階数	4階(地下 階)	高さ: ? m
	平面寸法	m × m 未計測	
建物位置	海岸からの距離	約1100 m	標高 4 m
	立地・周辺状況	建物と海岸の間は水田	
最大浸水深	9.5 m 以上		4階ベランダの手すりの損傷箇所から推定
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	地盤の著しい洗掘がある。
	躯体の被害	被害なし	外観上躯体の著しい被害は認められなかった。
	非構造部材の被害	被害あり	3階までの窓ガラスは全損。4階の窓ガラスには無損傷のものもある。 地上から2階への外部スロープの手すりが倒壊している。
備考			



写真1 病院の外観

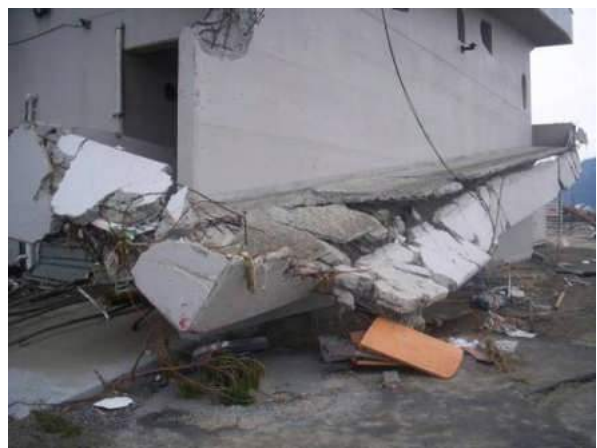


写真2 外部スロープ手すりの倒壊状況



写真3 地盤の洗掘状況



写真4 窓ガラスの破損状況

建物番号	RT-10		調査日	2011年3月30日	
名称	高田病院合同公舎				
所在地	陸前高田市気仙町中堰		津波避難ビル	指定なし	
用途	共同住宅		建設年	不明	
構造種別	RC造 (ラーメン構造)				
建物規模	階数	3階 (地下 階)		高さ:	9 m
	平面寸法	m × m		未計測	
建物位置	海岸からの距離	約1100 m	標高	4 m	
	立地・周辺状況	建物と海との間は水田			
最大浸水深	9.5 m 以上		RT-09と同等と推測		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	地盤の著しい洗掘がある。		
	躯体の被害	被害なし	外観工躯体の著しい被害は認められなかった。		
	非構造部材の被害	被害あり	3階までの窓ガラスが破損している。		
備考					



写真1 合同公舎の外観



写真2 地盤の洗掘状況



写真3 漂流物 (樹木) の残存



写真4 3階外廊下の被害状況

建物番号	RT-11	調査日	2011年3月30日
名称	銀行		
所在地	陸前高田市高田町馬場前	津波避難ビル	指定なし
用途	商業施設・店舗	建設年	不明
構造種別	不明		
建物規模	階数	2階(地下階)	高さ: 約10 m
	平面寸法	m × m	未計測
建物位置	海岸からの距離	約1400 m	標高 6 m
	立地・周辺状況	平坦な市街地	
最大浸水深	15 m 以上	屋上広告塔の損傷高さから推定	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害なし	外観工躯体の著しい被害は認められなかった。
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラスが破損している。
備考			



写真1 浸水深の推定

建物番号	RT-12	調査日	2011年4月6日
名称	診療所		
所在地	陸前高田市高田町馬場前	建設年	不明
用途	病院・診療所	津波避難ビル	指定なし
構造種別	S造 (ラーメン構造)		
建物規模	階数	3階 (地下階)	高さ: 9.6 m
	平面寸法	21.5 m × 7 m	
建物位置	海岸からの距離	約1200 m	標高 5 m (GPS)
	立地条件	陸前高田駅前交差点近く。平坦な市街地	
最大浸水深	9 m	周辺建物の痕跡より	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	1×5スパン、外装材が脱落しているが躯体に損傷は見られない
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	外装材の脱落
備考			

- ・ 外装材は、ほぼ全て剥落している
- ・ 1階柱□-300x300、桁行梁H-300x150x6.5x9、梁間梁H-396x199x7x11
- ・ 津波作用面の反対側に隣接するRC造2階建て躯体の被害は軽微であった



写真1 建物外観



写真2 建物内部



写真3 建物の柱梁部材



写真4 隣接するRC建物

建物番号	RT-13	調査日	2011年3月30日
名称	複数の住宅		
所在地	陸前高田市高田町本丸	津波避難ビル	指定なし
用途	戸建住宅	建設年	不明
構造種別	木造		
建物規模	階数	2階（地下 階）	高さ： m
	平面寸法	m × m	未計測
建物位置	海岸からの距離	約1800 m	標高 m
	立地・周辺状況	市街地の北側に位置する山際	
最大浸水深	m 以上		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害あり	
	非構造部材の被害	被害あり	
備考			

- 山際のやや地盤面が高い位置の戸建住宅の中には、損壊箇所が見られるが上部構造全体が流失せずに残存した事例があった。



写真 原位置に残存した戸建住宅

建物番号	RT-14	調査日	2011年4月6日
名称			
所在地	陸前高田市高田町馬場前	建設年	不明
用途	商業施設・店舗	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 CB壁付きラーメン構造		
建物規模	階数	2階 (地下階)	高さ: 7m
	平面寸法	5.5m × 7m	
建物位置	海岸からの距離	約750m	標高 14m (GPS)
	立地条件	市役所周辺 道路際	
最大浸水深	14m	市役所窓ガラスに痕跡	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	1×1スパン、1階が桁行方向に層崩壊している
	躯体の被害	被害あり	柱頭柱脚が曲げ破壊し崩壊
	非構造部材の被害	被害あり	コンクリートブロック壁の崩落
備考			

- ・ 梁間方向に層崩壊している
- ・ 2階梁間構面は無開口となっている
- ・ 高さ1.5m程度のペントハウスが半壊している
- ・ 1階柱幅は400mm、柱主筋は8φ22



写真1 建物外観(1)



写真2 建物外観(2)



写真3 建物外観(3)



写真4 建物周辺

建物番号	RT-15	調査日	2011年4月6日
名称			
所在地	陸前高田市高田町馬場前	建設年	不明
用途	商業施設・店舗	津波避難ビル	指定なし
構造種別	CB壁式構造 (壁式構造)		
建物規模	階数	2階 (地下階)	高さ: 6m
	平面寸法	4.9m × 8.9m	
建物位置	海岸からの距離	約800m	標高 10m (GPS)
	立地条件	特定公共賃貸住宅周辺 奥まった敷地	
最大浸水深	14m	市役所窓ガラスに痕跡	
津波後の状況	建物の状態	移動・転倒	1階部分が層崩壊している
	躯体の被害	被害あり	1階コンクリートブロック壁が喪失している
	非構造部材の被害	被害あり	天井材の脱落・パラペットの崩落
備考			

- ・ 斜め方向にスライドして層崩壊している
- ・ 2階梁間1構面のみ無開口となっている



写真1 建物外観(1)



写真2 建物外観(2)



写真3 建物内部



写真4 建物原位置と思われる場所

建物番号	RT-16	調査日	2011年4月6日
名称			
所在地	陸前高田市高田町馬場前	建設年	不明
用途	商業施設・店舗	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 CB壁付き ラーメン構造		
建物規模	階数	2階 (地下 階)	高さ: 6.4 m
	平面寸法	6.2 m × 11.7 m	
建物位置	海岸からの距離	約830 m	標高 9 m (GPS)
	立地条件	特定公共賃貸住宅周辺 道路沿い	
最大浸水深	14 m	市役所窓ガラスに痕跡	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	1×3スパン, 1階部分が梁間方向に層崩壊している
	躯体の被害	被害あり	1階柱頭柱脚の曲げ破壊
	非構造部材の被害	被害あり	コンクリートブロック壁の崩落
備考			

- ・ 梁間方向に層崩壊している
- ・ 2階梁間構面のコンクリートブロック壁が面外方向に崩落している
- ・ 1階柱幅は450mm、引張鉄筋4φ19、せん断補強筋 φ9



写真1 建物外観(1)



写真2 建物外観(2)



写真3 建物外観(3)



写真4 損傷したコンクリートブロック壁

建物番号	RT-17	調査日	2011年4月6日
名称			
所在地	陸前高田市高田町馬場前	建設年	不明
用途	商業施設・店舗	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 CB壁付きラーメン構造		
建物規模	階数	2階 (地下階)	高さ: 6.2 m
	平面寸法	9 m × 9 m	
建物位置	海岸からの距離	約750 m	標高 9 m (GPS)
	立地条件	特定公共賃貸住宅周辺 道路沿い	
最大浸水深	14 m	市役所窓ガラスに痕跡	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	1×2スパン、1階部分が梁間方向に層崩壊している
	躯体の被害	被害あり	1階の柱頭柱脚が曲げ破壊している
	非構造部材の被害	被害あり	コンクリートブロック壁の崩落
備考			

- ・ 梁間方向に層崩壊している
- ・ 桁行構面前面には大きな開口を有している
- ・ 1階柱幅は450mm、引張鉄筋 3φ19



写真1 建物外観(1)



写真2 建物外観(2)

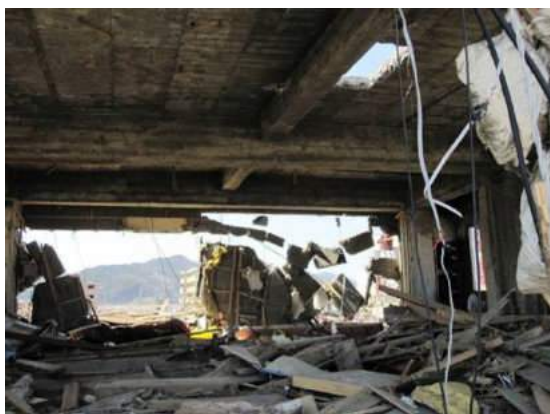


写真3 建物内部(3)



写真4 損傷した2階RC柱部分

建物番号	RT-18	調査日	2011年4月6日
名称			
所在地	陸前高田市高田町馬場前	建設年	不明
用途	商業施設・店舗	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)		
建物規模	階数	3階 (地下階)	高さ: 9.6 m
	平面寸法	12.8 m × 6.3 m	
建物位置	海岸からの距離	約700 m	標高 9 m (GPS)
	立地条件	特定公共賃貸住宅周辺 道路沿い	
最大浸水深	9.2 m	同建物の窓ガラスに痕跡	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	2×2スパン、非構造部材は脱落しているものの躯体に損傷は見られない
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	天井材・窓ガラスの脱落
備考			

- ・ 桁行構面前面には大きな開口を有している
- ・ 1階柱幅は梁間スパン中央では450mm、梁間端部では600mmである
- ・ 梁間中央構面内部では柱抜けしている
- ・ 梁間方向にRC耐震壁を有している



写真1 建物外観(1)



写真2 建物外観(2)



写真3 建物外観(3)



写真4 建物外観(4)

建物番号	RT-19	調査日	2011年4月6日
名称			
所在地	陸前高田市高田町並杉	建設年	不明
用途	商業施設・店舗	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)		
建物規模	階数	3階 (地下階)	高さ: 9.6 m
	平面寸法	13.2 m × 10 m	
建物位置	海岸からの距離	約750 m	標高 7 m (GPS)
	立地条件	陸前高田駅前 道路沿い	
最大浸水深	m		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	2×3スパン、非構造部材は脱落しているものの躯体に損傷は見られない
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	天井材・窓ガラスの脱落
備考			

- ・ 桁行・梁間方向の各1構面には大きな開口が見られる
- ・ 1階柱幅は700mm
- ・ 津波作用面(桁行構面)の隅柱下基礎において洗掘がみられた
- ・ 桁行および梁間方向にRC耐震壁を有している



写真1 建物外観(1)



写真2 建物外観(2)



写真3 建物外観(3)



写真4 建物内部

建物番号	RT-20	調査日	2011年4月6日
名称			
所在地	陸前高田市高田町馬場前	建設年	不明
用途	商業施設・店舗	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 CB壁付きラーメン構造		
建物規模	階数	1階 (地下階)	高さ: 3m
	平面寸法	8.8m × 5.4m	
建物位置	海岸からの距離	約800m	標高 5m (GPS)
	立地条件	陸前高田駅前交差点周辺	
最大浸水深	9m	周辺建物の痕跡より	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	1×2スパン、桁行構面の片側が着座している
	躯体の被害	被害あり	RC柱頭が曲げ破壊し、軸変形している
	非構造部材の被害	被害あり	コンクリートブロック壁の崩落
備考			

- ・ RT-12 に隣接する建築物
- ・ 津波が作用した桁行構面が着座している
- ・ 1階 柱 400×450mm、柱主筋 12φ22
- ・ RC 架構内にコ型にコンクリートブロック壁が充填されていた



写真1 建物外観

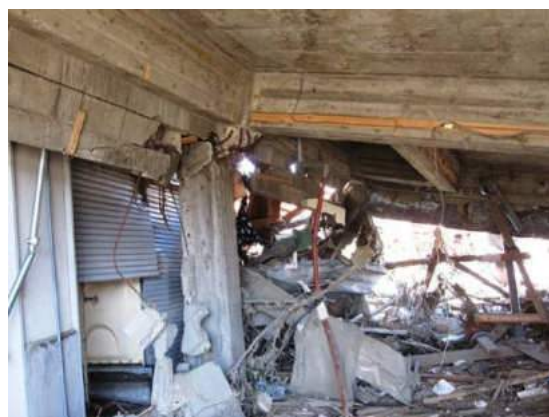


写真2 建物内部(1)



写真3 建物内部(2)



写真4 損傷した RC 柱頭

建物番号	RT-21	調査日	2011年4月6日
名称			
所在地	陸前高田市高田町馬場前	建設年	不明
用途	商業施設・店舗	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 CB壁付きラーメン構造		
建物規模	階数	2階 (地下 階)	高さ: 3 m
	平面寸法	7.6 m × 6.4 m	
建物位置	海岸からの距離	約800 m	標高 11 m (GPS)
	立地条件	陸前高田駅前交差点周辺	
最大浸水深	9 m	周辺建物の痕跡より	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	1×1スパン、1階部分が梁間方向に層崩壊している
	躯体の被害	被害あり	1階の柱頭柱脚が曲げ破壊している
	非構造部材の被害	被害あり	コンクリートブロック壁の崩落
備考			

- ・ 梁間方向に層崩壊している
- ・ 1階 柱幅 400mm、柱主筋 8φ19
- ・ RC 架構内にコ型にコンクリートブロック壁が充填されていた
- ・ 桁行構面のコンクリートブロック壁がはらみ出している



写真 1 建物外観 (1)



写真 2 建物外観 (2)



写真 3 コンクリートブロック壁



写真 4 1階柱頭の柱主筋

建物番号	RT-22	調査日	2011年4月6日
名称	高田ポンプ場		
所在地	陸前高田市高田町曲松	建設年	不明
用途	工場	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)		
建物規模	階数	2階 (地下階)	高さ: 10.4 m
	平面寸法	21.4 m × 12.5 m	
建物位置	海岸からの距離	約200 m	標高 8 m (GPS)
	立地条件	陸前高田沿岸部	
最大浸水深	9.9 m	当該建物側面の痕跡より	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	1×4スパン、非構造部材のみ被害が見られた。床が中二階になっている
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	ALCパネル、窓ガラス、シャッターの破損
備考			

- ・ 津波が作用した面で窓ガラスの破損が見られた
- ・ 津波が作用した反対側の構面で ALC パネルが脱落している
- ・ 桁行方向に RC 耐震壁を有している
- ・ 1階 柱幅 750mm、壁厚 220mm



写真 1 建物外観



写真 2 脱落した ALC パネル



写真 3 架構内部の RC 耐震壁



写真 4 天井材の剥落

建物番号	RT-23	調査日	2011年4月6日
名称	定住促進住宅(1号棟・2号棟)		
所在地	陸前高田市高田町曲松	建設年	不明
用途	共同住宅	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 (壁式構造)		
建物規模	階数	5階 (地下階)	高さ: 13.5 m
	平面寸法	72 m × 6.7 m	
建物位置	海岸からの距離	約200 m	標高 9 m (GPS)
	立地条件	陸前高田 沿岸部	
最大浸水深	9.3 m	当該建物側面の痕跡より	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	非構造部材のみ被害が見られた 基礎杭が洗掘されている
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラスの破損
備考			

- ・ 8戸の集合住宅2棟が梁間方向に2棟並列している(隣棟間隔は約30m)
- ・ 津波が作用した桁行構面では杭基礎の洗掘が見られ、4階部分まで漂流物が見られた
- ・ 2棟の浸水高さはほぼ同程度であった
- ・ 梁間方向にRC耐震壁を有している
- ・ 1階の壁厚220mmであった



写真1 建物外観(1)



写真2 建物外観(2)



写真3 洗掘した杭基礎(1)



写真4 洗掘した杭基礎(2)

建物番号	RT-24	調査日	2011年4月6日
名称	定住促進住宅管理事務所		
所在地	陸前高田市高田町曲松	建設年	不明
用途	事務所	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)		
建物規模	階数	1階 (地下階)	高さ: 3.8 m
	平面寸法	12.2 m × 6.8 m	
建物位置	海岸からの距離	約250 m	標高 9 m (GPS)
	立地条件	陸前高田沿岸部	
最大浸水深	9.3 m	周辺建物側面の痕跡より	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	2×4スパン、非構造部材のみ被害が見られた
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	天井材・窓ガラスの脱落
備考			

- ・ 8戸の集合住宅2棟が梁間方向に2棟並列している (隣棟間隔は約30m)
- ・ 津波が作用した桁行構面では杭基礎の洗掘が見られ、4階部分まで漂流物が見られた
- ・ 2棟の浸水高さはほぼ同程度であった
- ・ 梁間方向にRC耐震壁を有している
- ・ 1階の壁厚220mmであった



写真1 建物外観(1)



写真2 建物外観(2)



写真3 建物外観(3)



写真2 建物内部

建物番号	RT-25	調査日	2011年4月6日
名称			
所在地	陸前高田市高田町曲松	建設年	不明
用途	事務所	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 CB壁付きラーメン構造		
建物規模	階数	2階 (地下階)	高さ: 5.4 m
	平面寸法	9 m × 9 m	
建物位置	海岸からの距離	約250 m	標高 9 m (GPS)
	立地条件	陸前高田 沿岸部	
最大浸水深	14 m		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	2×2スパン、腰壁が脱落 内部のコンクリートブロック壁は残存
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	非構造壁(腰壁・垂壁)の脱落
備考			

- ・ 沿岸に立地する建築物
- ・ 津波が作用した桁行構面では腰壁が脱落している
- ・ 内部の桁行構面ではコンクリートブロック壁が残存している
- ・ 1階 柱幅 400mm、主筋 D22、せん断補強筋 φ12 であった
- ・ 梁間方向の梁せいは800mm であった



写真 1 建物外観(1)



写真 2 建物外観(2)



写真 3 建物外観(3)

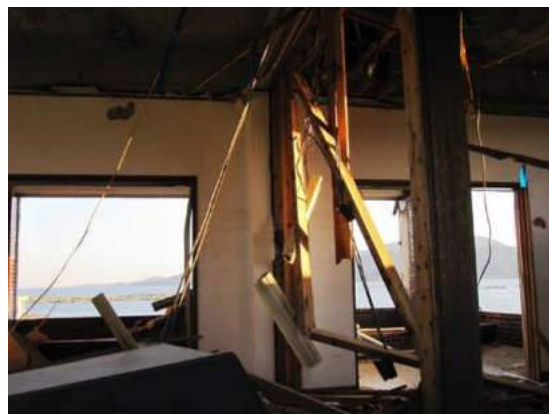


写真 4 建物内部

建物番号	RT-26	調査日	2011年4月6日
名称			
所在地	陸前高田市高田町馬場前	建設年	不明
用途	商業施設・店舗	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)		
建物規模	階数	3階 (地下階)	高さ: 9.6 m
	平面寸法	12 m × 9.4 m	
建物位置	海岸からの距離	約800 m	標高 4 m (GPS)
	立地条件	陸前高田市役所周辺	
最大浸水深	14 m	周辺建物の痕跡より	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	2×4スパン、非構造部材が脱落しているが、躯体に損傷は見られない
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	天井材・窓ガラスの脱落
備考			

- ・ 津波が作用した桁行構面では大きな開口を有している
- ・ 津波が作用した反対側の桁行構面ではほとんど開口が見られない
- ・ 梁間方向に RC 耐震壁を有している
- ・ 1階 柱幅 550mm であった



写真 1 建物外観(1)



写真 2 建物外観(2)



写真 3 建物内部



写真 4 建物基礎



気仙沼市調査建物位置

建物番号	KS-01	調査日	2011年3月31日
名称	気仙沼市魚市場		
所在地	気仙沼市魚市場前	津波避難ビル	指定あり
用途	公共施設	建設年	不明
構造種別	S造 (ラーメン構造) 全長およそ700mに及ぶ巨大な建築物		
建物規模	階数	1階(地下階)	高さ: 約10 m
	平面寸法	m × m	柱間隔 約24m
建物位置	海岸からの距離	15 m	標高 4 m
	立地・周辺状況	漁港の岸壁	
最大浸水深	m 以上		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害なし	
備考	屋上には浸水した痕跡は認められなかった。		

- ・ 鉄骨造躯体の被害は見られなかったが、岸壁舗装面には地盤変状が起きていた。



写真1 魚市場の外観



写真2 屋上の様子

建物番号	KS-02		調査日	2011年3月31日	
名称	遊戯施設				
所在地	気仙沼市松崎地区		津波避難ビル	指定なし	
用途	商業施設・店舗		建設年	不明	
構造種別	S造 (ラーメン構造)				
建物規模	階数	2階(地下階)		高さ:	m
	平面寸法	m × m			
建物位置	海岸からの距離	約400 m	標高	5 m	
	立地・周辺状況				
最大浸水深	6 m 以上		壁面の浸水痕より推定		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	地盤の一部が洗掘。		
	躯体の被害	被害なし			
	非構造部材の被害	被害あり	ALCパネルの脱落等		
備考	付近の広告塔の支柱の痕跡から推定した浸水深も約6m。				



写真1 店舗の外観



写真2 壁面に残った浸水痕



写真3 ALCパネルの脱落



写真4 地盤の洗掘

建物番号	KS-03	調査日	2011年3月31日
名称	複数の木造住宅		
所在地	気仙沼市本吉町沖の田	津波避難ビル	指定なし
用途	戸建住宅	建設年	不明
構造種別	木造 (在来軸組構造)		
建物規模	階数	2階(地下 階)	高さ: m
	平面寸法	m × m	
建物位置	海岸からの距離	約200 m	標高 7 m
	立地・周辺状況	海岸近くの農地	
最大浸水深	m 以上		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害あり	
	非構造部材の被害	被害あり	
備考			



写真1 原位置に残存した住宅



写真2 写真1の住宅と上部構造が流失した住宅

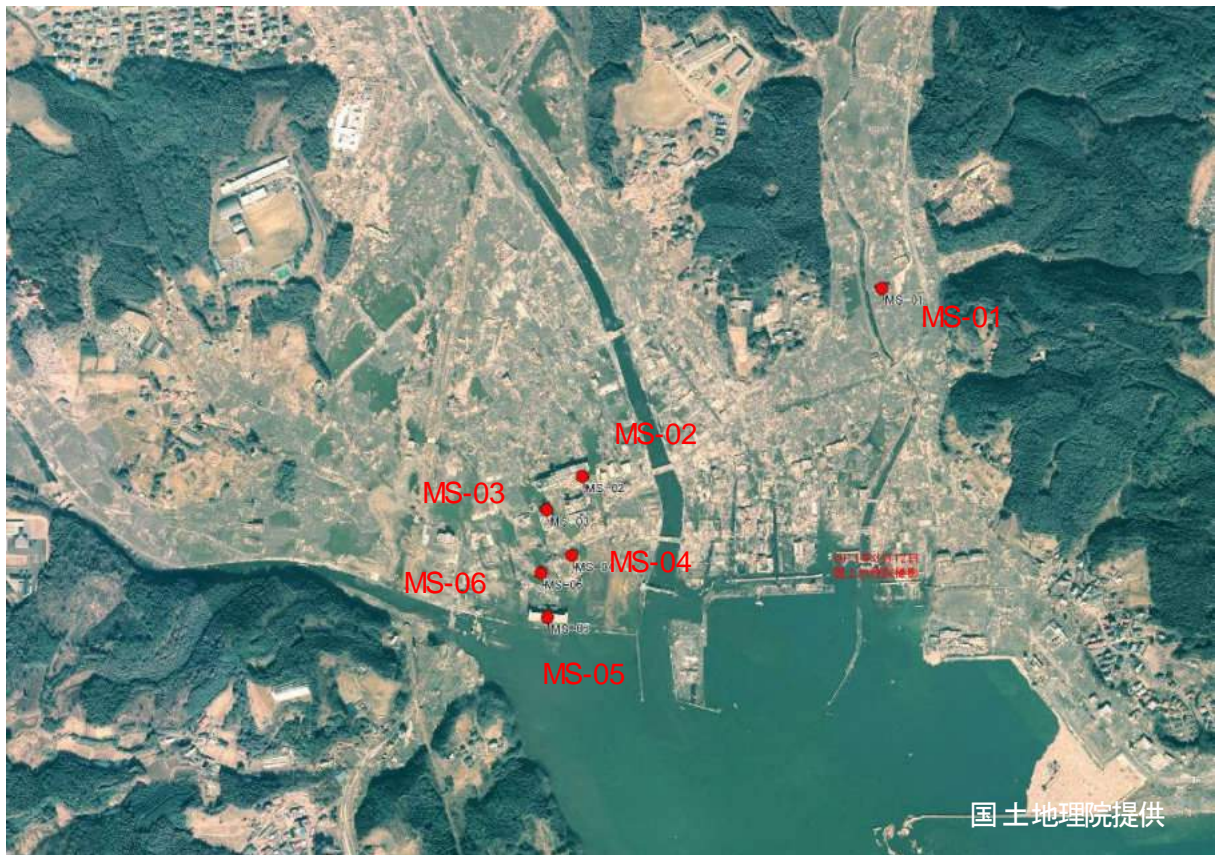


写真3 残存した住宅と上部構造が流失した住宅



写真4 基礎直下の地盤の洗掘状況 (上部構造も流失している)

宮城県南三陸町



南三陸町調査建物位置

建物番号	MS-01		調査日	2011年3月31日	
名称	集合住宅				
所在地	南三陸町志津川天王前		津波避難ビル	指定なし	
用途	共同住宅		建設年	不明	
構造種別	RC造				
建物規模	階数	3階（地下 階）		高さ：	約10 m
	平面寸法	28 m × 7 m			
建物位置	海岸からの距離	約600 m	標高	4 m	
	立地・周辺状況	川が海に注ぐ谷間の土地			
最大浸水深	10 m 以上		屋根に乗用車が残存していることから浸水深は建物高さ以上と推定される。		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害あり		屋根スラブが一部損壊。	
	非構造部材の被害	被害あり		3階までの開口部が損壊。	
備考					



写真1 集合住宅の外観



写真2 開口部の損壊と屋根に残存した乗用車



写真3 屋根スラブとベランダ手すりの損壊



写真4 地盤の洗掘状況

建物番号	MS-02		調査日	2011年3月31日	
名称	志津川病院				
所在地	南三陸町志津川汐見町		津波避難ビル	指定あり	
用途	病院・診療所		建設年	不明	
構造種別	RC造 (ラーメン構造)				
建物規模	階数	4階 (地下 階)		高さ: 約13 m	
	平面寸法	m × m			
建物位置	海岸からの距離	約300 m	標高	4 m	
	立地・周辺状況	建物の横150m程を川が流れている			
最大浸水深	約12 m 以上		4階天井仕上げ材付近の浸水痕から推定		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	地盤の一部が洗掘。		
	躯体の被害	被害なし	著しい躯体の被害は認められない。		
	非構造部材の被害	被害あり	4階までの開口部が破損している。		
備考	屋上には浸水痕は認められなかった。				



写真1 病院外観 (左は新館)



写真2 病院外観



写真3 新館開口部の被害状況
(4階までの窓ガラスに破損が認められる)



写真4 病院外観 (耐震補強済み)



写真5 屋上の様子（浸水の形跡は認められない）



写真6 妻面の状況



写真7 地盤の洗掘（妻面基礎部分）



写真8 内部の被害状況（3階）



写真9 内部の被害状況（3階）

建物番号	MS-03		調査日	2011年3月31日	
名称	結婚式場				
所在地	南三陸町志津川汐見町		津波避難ビル	指定あり	
用途	商業施設・店舗		建設年	不明	
構造種別	RC造 (ラーメン構造)				
建物規模	階数	4階(地下 階)		高さ:	約19 m
	平面寸法	m × m			
建物位置	海岸からの距離	約200 m	標高	3 m	
	立地・周辺状況	MS-02の海側			
最大浸水深	約13 m 以上		窓ガラスの破損境界から推定		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害なし	著しい躯体の被害は認められない。		
	非構造部材の被害	被害あり	3階までの窓ガラスが破損している。		
備考					



写真1 建築物の遠景 (海側から)



写真2 建築物外観 (東面)



写真3 建築物外観 (南東面)



写真4 窓ガラスの破損状況からの浸水深の推定

建物番号	MS-04		調査日	2011年3月31日	
名称	南三陸町志津川公民館				
所在地	南三陸町志津川汐見町		津波避難ビル	指定なし	
用途	商業施設・店舗		建設年	不明	
構造種別	RC造 (ラーメン構造) 屋根の梁間方向はS造トラス				
建物規模	階数	3階(地下 階)		高さ:	m
	平面寸法	m × m			
建物位置	海岸からの距離	約120 m	標高	4 m	
	立地・周辺状況	海との間は運動場			
最大浸水深	m 以上				
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	地盤に著しい洗掘がみられる		
	躯体の被害	被害あり	屋根等の倒壊		
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス等の破損		
備考	鉄骨ブレースによる耐震補強がなされていた				



写真1 建築物の遠景 (海側から)



写真2 建築物外観 (北面)



写真3 建築物外観 (東面)



写真4 被害状況



写真5 ホール側の被害状況



写真6 屋根の倒壊状況

建物番号	MS-05		調査日	2011年3月31日	
名称	町営住宅				
所在地	南三陸町志津川汐見町		津波避難ビル	指定あり	
用途	共同住宅		建設年	2006年	
構造種別	RC造 (ラーメン構造)				
建物規模	階数	4階(地下階)		高さ:	m
	平面寸法	m × m			
建物位置	海岸からの距離	約15 m	標高	3 m	
	立地・周辺状況	岸壁に建てられている			
最大浸水深	屋上1.5m程度		避難者の証言(報道による)		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	地盤に著しい洗掘がみられる		
	躯体の被害	被害なし	外観上著しい躯体被害は認められない		
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス等の破損		
備考					

- ・ 報道によると、津波が屋上に避難した人の胸の辺りまで来たが、全員救出された。



写真1 建築物の外観



写真2 建築物の外観



写真3 基礎周辺の洗掘の状況



写真4 屋上の状況

建物番号	MS-06	調査日	2011年3月31日
名称	汐見町集会場		
所在地	南三陸町志津川汐見町	津波避難ビル	指定なし
用途	公共施設	建設年	不明
構造種別	RC造 (ラーメン構造)		
建物規模	階数	2階(地下 階)	高さ: 約7 m
	平面寸法	m ×	m
建物位置	海岸からの距離	約100 m	標高 3 m
	立地・周辺状況	海岸近く	
最大浸水深	m 以上		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	地盤に著しい洗掘がみられる
	躯体の被害	被害あり	壁が面外にはらみ出している
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス等の破損
備考			



写真1 建築物の外観



写真2 建築物の外観



写真3 外壁の面外方向の変形



写真4 外壁の破壊状況

宮城県女川町



女川町調査建物位置

建物番号	OG-01	調査日	2011年4月1日
名称			
所在地	女川町女川浜	津波避難ビル	指定なし
用途	旅館・ホテル	建設年	不明
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)		
建物規模	階数	4階(地下階)	高さ: 12m
	平面寸法	4m × 4.5m	
建物位置	海岸からの距離	約200m	標高 約3m
	立地・周辺状況	原位置は国道398号道路際	
最大浸水深	約16m	OG-02の5階窓ガラスに津波の痕跡	
津波後の状況	建物の状態	移動・転倒	原位置から約70m移動。途中の道路に引きずった痕跡なし。
	躯体の被害	被害なし	基礎杭(既成PC杭)の破断
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス破損
備考	元々、OG-02の隣に建っていた建物		



写真1 移動・転倒した建物



写真2 基礎底面(杭の破断)
基礎スラブ厚500mm



写真3 基礎杭の状況(原位置)
既成PC杭(径300mm、PC鋼線6-φ7)

建物番号	OG-02	調査日	2011年4月1日
名称			
所在地	女川町女川浜	津波避難ビル	指定なし
用途	旅館・ホテル	建設年	不明
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)		
建物規模	階数	5階(地下 階)	高さ: 18 m
	平面寸法	13 m × 5 m	
建物位置	海岸からの距離	約170 m	標高 約0 m
	立地・周辺状況	建物周辺で数棟のRC造建物が残存	
最大浸水深	約16 m	5階窓ガラス中間の高さに津波の痕跡	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	4階以下の窓ガラスが全て破壊。5階の窓ガラスは一部残存。
備考			



写真1 建物西面



写真2 建物南面



写真3 建物東面



写真4 建物北面

建物番号	OG-03	調査日	2011年4月1日
名称			
所在地	女川町鷺神浜	津波避難ビル	指定なし
用途	倉庫	建設年	不明
構造種別	RC造 (ラーメン構造)		
建物規模	階数	1階(地下階)	高さ: 約7.9m
	平面寸法	18.8 m × 11.2 m	
建物位置	海岸からの距離	約200 m	標高 約0 m
	立地・周辺状況	周辺には建物は残っていない	
最大浸水深	m		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害あり	RC造壁が外側に向かって面外に破壊
	非構造部材の被害	被害あり	入口扉が破損
備考			



写真1 建物周辺



写真2 建物外観(北東側)



写真3 RC造壁の面外破壊



写真4 建物内部

建物番号	OG-04	調査日	2011年4月1日
名称			
所在地	女川町鷺神浜	津波避難ビル	指定なし
用途	倉庫	建設年	不明
構造種別	RC造 (ラーメン構造)		
建物規模	階数	1階(地下 階)	高さ: 6.5 m
	平面寸法	19.3 m × m	
建物位置	海岸からの距離	約200 m	標高 約7 m
	立地・周辺状況	建物の南西方向は緩やかに標高が高くなる住宅地	
最大浸水深	6.5 m 以上	屋上に漂流物残存	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害あり	壁の面外破壊、柱折損。
	非構造部材の被害	被害あり	
備考			



写真1 壁の面外破壊 (建物西面)



写真2 柱折損 (建物西面)



写真3 壁の破壊・脱落 (建物東面)



写真4 建物南面

建物番号	OG-05	調査日	2011年4月1日
名称			
所在地	女川町鷺神浜	津波避難ビル	指定なし
用途	倉庫	建設年	不明
構造種別	RC造 (ラーメン構造)		
建物規模	階数	2階(地下 階)	高さ: 9 m
	平面寸法	22 m × 8.5 m	
建物位置	海岸からの距離	約200 m	標高 約7 m
	立地・周辺状況	建物の南西方向は緩やかに標高が高くなる住宅地	
最大浸水深	6.5 m 以上	屋上に漂流物残存	
津波後の状況	建物の状態	移動・転倒	原位置から少し移動と推測
	躯体の被害	被害あり	2階妻壁の一部が破損
	非構造部材の被害		
備考			



写真1 建物の遠景 (北東側から)



写真2 建物底面



写真3 屋上面



写真4 建物側面

建物番号	OG-06	調査日	2011年4月1日
名称			
所在地	女川町鷺神浜	津波避難ビル	指定なし
用途	公共施設	観光施設	建設年
構造種別	RC造 (ラーメン構造)		
建物規模	階数	3階(地下階)	高さ: 9m
	平面寸法	m × m	
建物位置	海岸からの距離	約35m	標高 m
	立地・周辺状況	岸壁に位置する。建物周辺は沈下して、水に浸かっている。	
最大浸水深	m 以上		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害あり	I、II号館を繋ぐ2階渡り廊下が流失。 それ以外には、外観上の被害は見られない。
	非構造部材の被害	被害あり	
備考			



写真1 I号館全景

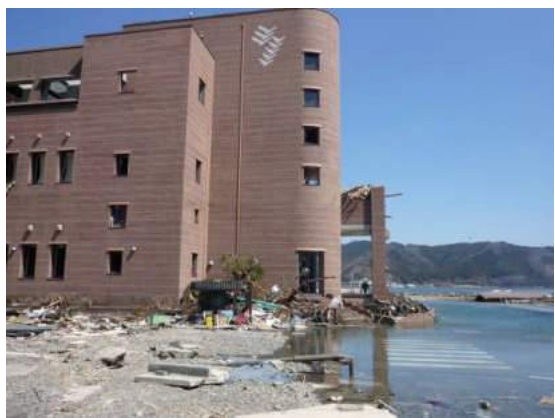


写真2 I号館周辺



写真3 II号館



写真4 I号館

建物番号	OG-07	調査日	2011年4月1日
名称			
所在地	女川町女川浜	津波避難ビル	指定なし
用途	商業施設・店舗	建設年	1994年
構造種別	S造 (ラーメン構造)		
建物規模	階数	3階 (地下 階)	高さ: 12 m
	平面寸法	13.5 m × 7 m	
建物位置	海岸からの距離	約200 m	標高 約2 m
	立地・周辺状況	周辺は、一部の建物を残して殆ど流失。	
最大浸水深	6.5 m 以上		
津波後の状況	建物の状態	移動・転倒	原位置から10m程度移動と推測。基礎部から転倒。
	躯体の被害	被害あり	PC杭の引き抜き、破断が見られた
	非構造部材の被害	被害あり	ALCパネル外壁が損壊
備考			



写真 1 転倒建物全景



写真 2 転倒建物 (北西側から)



写真 3 基礎部分 (垂れ下がった PC 杭)



写真 4 PC 杭と杭頭中詰め部

建物番号	OG-08	調査日	2011年4月1日
名称			
所在地	女川町女川浜	津波避難ビル	指定なし
用途	事務所	建設年	1994年
構造種別	RC造 (ラーメン構造)		
建物規模	階数	3階 (地下 階)	高さ: 9 m
	平面寸法	9 m × 6 m	
建物位置	海岸からの距離	約10 m	標高 約3 m
	立地・周辺状況	岸壁近く	
最大浸水深	m 以上		
津波後の状況	建物の状態	移動・転倒	海に向かって転倒している。原位置は不明。
	躯体の被害	被害あり	3階の一部が破損している
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラスは全て流失
備考			



写真 1 転倒建物 (丸印、海側に転倒)



写真 2 建物底面 (直接基礎)



写真 3 建物屋上面



写真 4 建物側面

建物番号	OG-09	調査日	2011年4月1日
名称	女川交番		
所在地	女川町女川浜	津波避難ビル	指定なし
用途	公共施設 警察	建設年	1994年
構造種別	RC造 (ラーメン構造)		
建物規模	階数	2階(地下 階)	高さ: 9 m
	平面寸法	9 m × 4 m	
建物位置	海岸からの距離	約90 m	標高 約4 m
	立地・周辺状況	すぐ隣で、RC造壁式3階建て集合住宅が反対向きに転倒	
最大浸水深	m 以上		
津波後の状況	建物の状態	転倒	
	躯体の被害	被害あり	杭の破損、引き抜け。開口部周辺のRC造外壁の破壊。
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラスは全て流失
備考			



写真1 女川交番

(右側建物、左側はRC造集合住宅(反対向きに転倒))



写真2 建物底面(杭の破損)



写真3 建物正面(有開口外壁の破壊)



写真4 隣で転倒した建物

建物番号	OG-10	調査日	2011年4月1日
名称			
所在地	女川町女川浜	津波避難ビル	指定なし
用途	旅館・ホテル	建設年	1994年
構造種別	RC造 (ラーメン構造)		
建物規模	階数	3階 (ペントハウス1階)	高さ: m
	平面寸法	m × m	
建物位置	海岸からの距離	約50 m	標高 約4 m
	立地・周辺状況	建物の梁間方向が、海の方を向いている	
最大浸水深	約15 m	ペントハウスの天井まで	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラスの破損
備考			



写真 1 建物北面



写真 2 建物南面



写真 3 建物東面 (海側)



写真 4 ペントハウス天井に痕跡

建物番号	OG-11	調査日	2011年4月9日
名称			
所在地	女川町女川浜女川	建設年	不明
用途	商業施設・店舗	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)		
建物規模	階数	2階 (地下階)	高さ: 7.2 m
	平面寸法	11.3 m × 9.4 m	
建物位置	海岸からの距離	約100 m	標高 15 m (GPS)
	立地条件	女川街道沿い	
最大浸水深	14 m	周辺建物側面に痕跡	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	1×2スパン, 非構造部材のみ被害が見られた
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス・天井材の脱落
備考			

- ・ 女川沿岸部に立地し残存していた RC2階建て
- ・ 津波の作用方向(梁間方向)に開口付き耐震壁を有し、桁行構面には大きな開口を有している
- ・ 内部には梁せい下まで浸水の痕跡が見られる
- ・ 柱断面は800×500mm、壁厚は180mmであった



写真1 建物外観(1)



写真2 建物外観(2)



写真3 建物1階の浸水痕



写真4 建物1階の浸水痕

建物番号	OG-12	調査日	2011年4月9日
名称			
所在地	女川町黄金町	建設年	不明
用途	商業施設・店舗	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)		
建物規模	階数	4階 (地下階)	高さ: 13.6 m
	平面寸法	17.2 m × 10.6 m	
建物位置	海岸からの距離	約100 m	標高 8 m (GPS)
	立地条件	女川街道沿い	
最大浸水深	14 m	周辺建物側面に痕跡	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	2×4スパン, 非構造部材のみ被害が見られた
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス・天井材の脱落
備考			

- ・ 女川沿岸部に立地し残存していた RC4階建て
- ・ 4階より高い部分にペントハウス部分を有している
- ・ 津波が作用した方向(梁間方向)は幅が狭く、開口が少ない
- ・ 梁せいが短く、スラブ下面から1階350mm、2階以上550mmであった



写真1 建物外観(1)



写真2 建物外観(2)



写真3 建物外観(3)



写真4 建物内部

宮城県石巻市



石巻市調査建物位置

建物番号	IM-01	調査日	2011年4月1日
名称	共同住宅		
所在地	石巻市南浜町	津波避難ビル	指定なし
用途	共同住宅	建設年	
構造種別	RC造		
建物規模	階数	4階	高さ：12 m
	平面寸法	m × m	
建物位置	海岸からの距離	約150 m	標高 約3 m
	立地・周辺状況	石巻港近くの住宅地	
最大浸水深	約6 m	階段室のガラス破損状況から2階天井近くまで浸水と判断	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラスの破損
備考			



写真1 建物全景（背面）



写真2 建物全景



写真3 窓ガラスの破損

建物番号	IM-02	調査日	2011年4月1日
名称	石巻市立病院		
所在地	石巻市南浜町	津波避難ビル	指定なし
用途	病院・診療所	建設年	1998年
構造種別	RC造		
建物規模	階数	4階	高さ：12 m
	平面寸法	m × m	
建物位置	海岸からの距離	約60 m	標高 約5 m
	立地・周辺状況	石巻港近くの住宅地	
最大浸水深	m		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラスの破損
備考			



写真1 建物（南面）



写真2 漂流物が堆積



写真3 建物（北面）

建物背面には数棟の木造住宅が残存



写真4 建物（東面、港側）

建物番号	IM-03		調査日	2011年4月1日	
名称	石巻市立病院看護師宿舎				
所在地	石巻市南浜町		津波避難ビル	指定なし	
用途	共同住宅		建設年	不明	
構造種別	RC造				
建物規模	階数	3階		高さ	12 m
	平面寸法	m × m			
建物位置	海岸からの距離	約120 m	標高	約1 m	
	立地・周辺状況	石巻港近くの住宅地			
最大浸水深	5.7 m		2階天井近くの壁の浸水痕から		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害なし			
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラスの破損		
備考					



写真1 建物全景



写真2 エントランス部

建物番号	IM-04	調査日	2011年4月1日
名称	市営住宅(4棟)		
所在地	石巻市南浜町	津波避難ビル	指定なし
用途	共同住宅	建設年	不明
構造種別	RC造 (壁式構造)		
建物規模	階数	4階	高さ: 12 m
	平面寸法	m × m	
建物位置	海岸からの距離	約200 m	標高 約1 m
	立地・周辺状況	石巻港近くの住宅地	
最大浸水深	m	※下記に示す	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラスの破損
備考			

浸水の痕跡： 1号棟（海側、松の植栽がある） 2階まで
 2号棟（1号棟の背面） 2階まで
 3号棟（4号棟の背面） 2階まで
 4号棟（海側、建物の前は駐車場） 3階まで



写真1 1号棟



写真2 2号棟



写真3 3号棟



写真4 4号棟

建物番号	IM-05	調査日	2011年4月1日
名称	倉庫群		
所在地	石巻市雲雀野町	津波避難ビル	指定なし
用途	倉庫	建設年	不明
構造種別	S造 梁間：ラーメン構造、桁行：ブレース構造		
建物規模	階数	1階	高さ： 6 m
	平面寸法	m × m	
建物位置	海岸からの距離	約15 m	標高 約3 m
	立地・周辺状況	岸壁	
最大浸水深	5.5 m	壁面の破損状況から	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害あり	
	非構造部材の被害	被害あり	外装材の破損
備考			

- ・ 岸壁に建つ建物で、梁間方向に津波が作用している。
- ・ 外装材の破損の他、柱の変形や柱脚の破損、胴縁の破断が見られる。
- ・ 津波によって舗装アスファルトが剥がされ、衝突したのも一因と推測される。



写真1 倉庫1

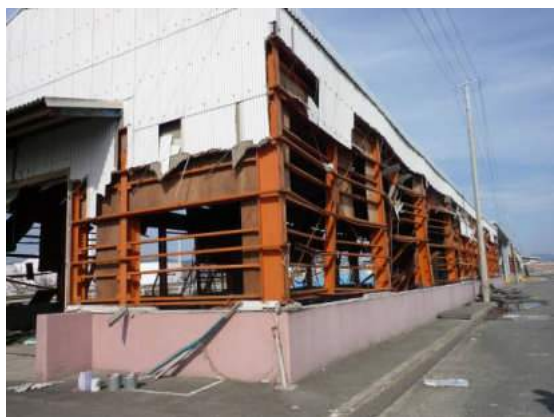


写真2 倉庫2



写真3 胴縁の損傷（倉庫2）



写真4 損傷状況（倉庫2、道路側）



写真 5 柱の変形（倉庫 2）



写真 6 柱脚アンカーボルト部分（倉庫 2）

宮城県仙台市宮城野区南蒲生



仙台市宮城野区南蒲生調査建物位置

建物番号	SD-01	調査日	2011年4月9日
名称	南蒲生浄化センター 第三ポンプ室		
所在地	仙台市宮城野区蒲生細川	建設年	不明
用途	公共施設	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)		
建物規模	階数	4階 (地下階)	高さ: 13.5 m
	平面寸法	20 m × m	
建物位置	海岸からの距離	約200 m	標高 6 m (GPS)
	立地条件	仙台塩釜港周辺, 県道10号線沿い	
最大浸水深	9 m	当該建物の痕跡から (明確ではない)	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	中間階に床面を有していない連層耐力壁が面外方向にたわんでいる
	躯体の被害	被害あり	耐力壁の面外変形
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラスの脱落
備考			

- ・ 仙台市沿岸部に立地している RC3 階建て
- ・ 津波が作用した方向(梁間方向)には幅が狭く、開口が少ない
- ・ 2階床を有していないため 1, 2階連層耐力壁(4 スパン, 間隔 2.5m)が面外変形している
- ・ 壁境界部分では 1階柱脚および 3階梁下端が曲げ破壊している
- ・ 壁厚 300mm、壁縦横筋は D13@200 ダブル、柱は 750×850mm であった
- ・ 最も耐力壁がはらんでいる部分は地上から 4.5m 程度の高さであった
- ・ 2階部分を有している区画では耐力壁の面外変形はみられなかった



写真 1 建物外観 (1)



写真 2 3階梁下端筋の降伏

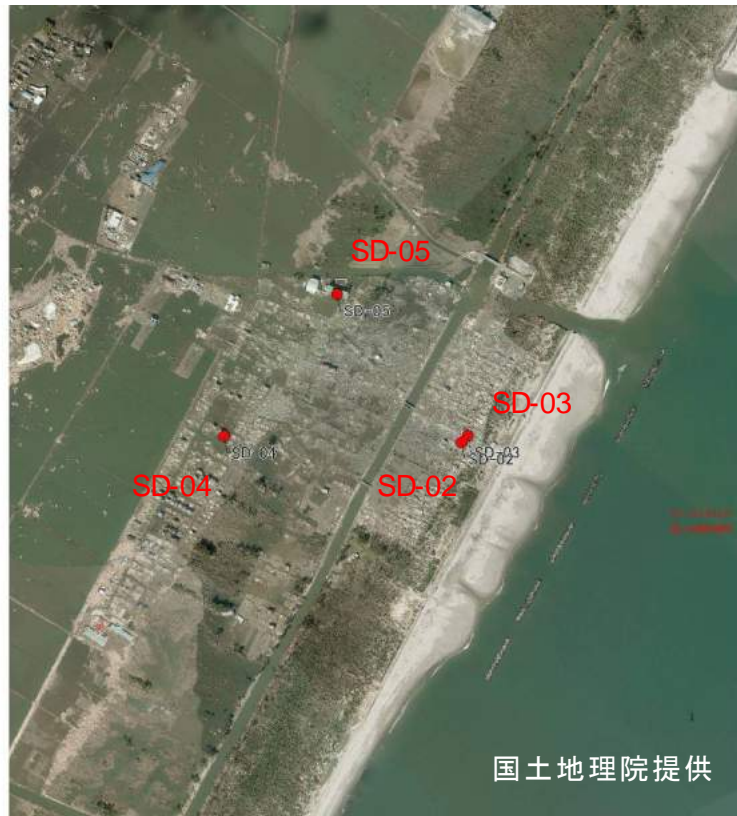


写真 3 耐力壁の面外変形



写真 4 2階床を有する棟の内部

宮城県仙台市若林区荒浜地区



仙台市若林区荒浜地区建物調査位置

建物番号	SD-02	調査日	2011年4月6日
名称	住宅①		
所在地	仙台市若林区荒浜	津波避難ビル	指定なし
用途	戸建住宅	建設年	不明
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)		
建物規模	階数	2階(地下 階)	高さ: 8m
	平面寸法	18 m × 14 m	
建物位置	海岸からの距離	約250 m	標高 m
	立地・周辺状況	道路際	
最大浸水深	8 m 以上	屋上に漂流物残存	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス破損
備考			

- ・ 1階柱断面：700mm×550mm、大梁断面：350mm×550mm（+スラブ厚）。
- ・ 東面（津波入射面）の大きな開口を塞ぐように漂流物が充満していた。



写真1 建物外観



写真2 建物内部

建物番号	SD-03		調査日	2011年4月6日	
名称	住宅②				
所在地	仙台市若林区荒浜		津波避難ビル	指定なし	
用途	戸建住宅		建設年	不明	
構造種別	RC造				
建物規模	階数	2階(地下階)		高さ: 7.5m	
	平面寸法	13 m × 9 m			
建物位置	海岸からの距離	約250 m	標高	m	
	立地・周辺状況	道路際			
最大浸水深	7.5 m 以上		屋上に漂流物残存		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害なし			
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス破損		
備考					

- ・ 梁及び天井はRC造と推定される。壁の構造形式は不明。
- ・ 北面地盤が洗掘されていた。



写真1 建物外観



写真2 北側地盤の洗掘

建物番号	SD-04		調査日	2011年4月6日	
名称	荒浜コミュニティセンター				
所在地	仙台市若林区荒浜		津波避難ビル	指定なし	
用途	公共施設	公民館	建設年	1990年(定礎)	
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)				
建物規模	階数	2階(地下階)		高さ	9.5 m
	平面寸法	27 m × 13 m			
建物位置	海岸からの距離	約800 m	標高	m	
	立地・周辺状況	道路際			
最大浸水深	6 m 以上		2階手摺に破損確認、2階窓は破損せず		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害なし			
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス破損		
備考					



写真1 建物外観



写真2 2階手摺の破損

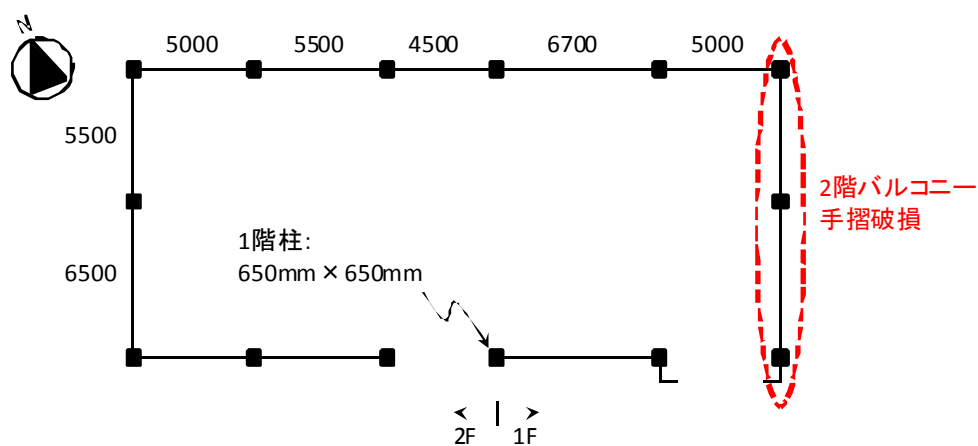


図1 平面図

建物番号	SD-05	調査日	2011年4月6日
名称	仙台市立荒浜小学校校舎		
所在地	仙台市若林区荒浜	津波避難ビル	指定なし
用途	学校 校舎	建設年	1979年(1989年増改築)
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)		
建物規模	階数	4階(地下階)	高さ: 14m
	平面寸法	50m × 19m	
建物位置	海岸からの距離	約700m	標高 m
	立地・周辺状況	道路際	
最大浸水深	6.5m	3階手摺に破損を確認	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス破損
備考	2003年に耐震補強工事済		

- ・ 1階柱断面：550mm×650mm（東西方向4500mm／スパン）。
- ・ 2003年に鉄骨ブレースによる耐震補強済。
- ・ 西側5スパンと東側6スパンが別棟となっており、エキスパンション・ジョイントで連結されている。
- ・ 東面（津波入射面）では3階手摺に破損が見られたことから浸水深は6.5mと推定される。一方、南北面では、2階窓に破損は無いものの、外廊下に漂流物が残存しており、浸水痕も確認できたことから、浸水深は2階の腰壁相当と考えられ、約4mと推定される。



写真1 校舎外観

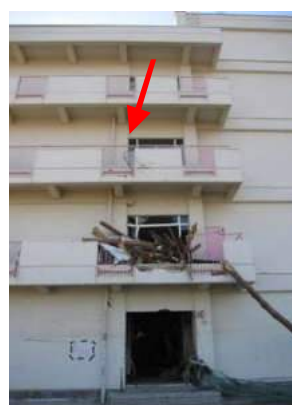


写真2 東側妻面の破損状況
(3階手摺に損傷)

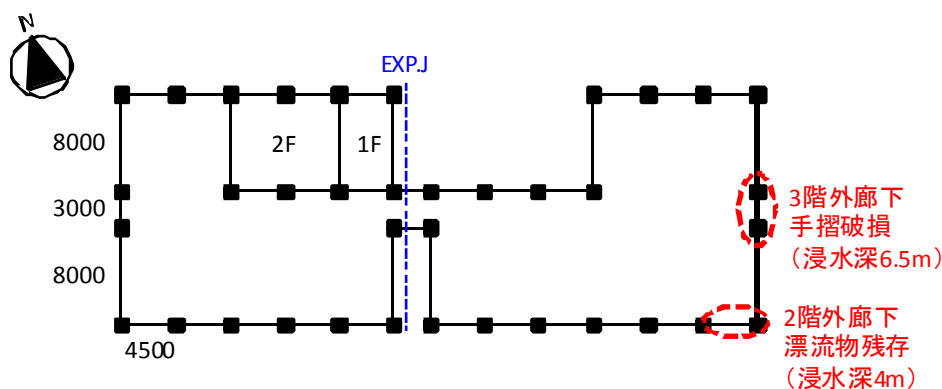
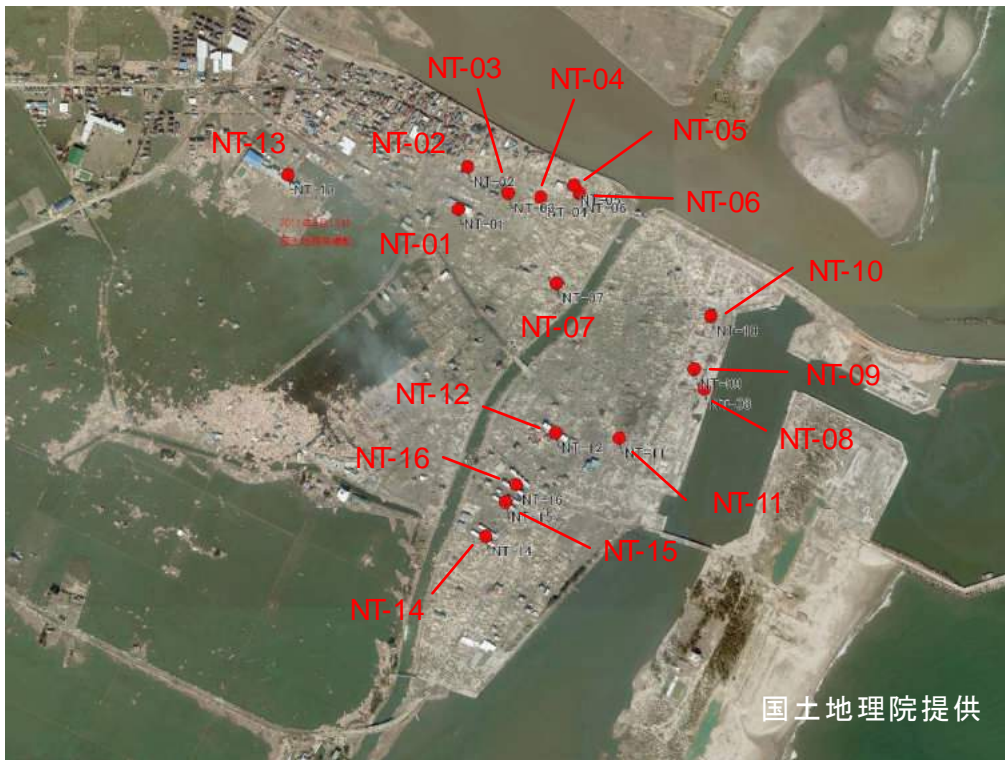


図1 平面図

宮城県名取市



名取市閑上地区調査建物位置



名取市下増田地区建物調査位置

建物番号	NT-01	調査日	2011年4月2日
名称	閑上公民館および働く婦人の家		
所在地	名取市閑上	津波避難ビル	指定なし
用途	公共施設 公民館	建設年	不明
構造種別	RC造 (ラーメン構造)		
建物規模	階数	2階(地下 階)	高さ: 8m
	平面寸法	48.5 m × 8 m (桁行方向は、3.5mの渡り廊下部を含む)	
建物位置	海岸からの距離	約700 m	標高 約2 m
	立地・周辺状況	平坦な住宅地と農地、名取川から約200m	
最大浸水深	約5 m	2階腰壁高さ相当	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	内装材および窓ガラスの破損
備考			



写真1 閑上公民館(左)と働く婦人の家(右)



写真2 閑上公民館



写真3 働く婦人の家



写真4 働く婦人の家(背面)

建物番号	NT-02	調査日	2011年4月2日
名称	木造住宅		
所在地	名取市関上	津波避難ビル	指定なし
用途	戸建住宅	建設年	不明
構造種別	木造		
建物規模	階数	2階(地下階)	高さ: m
	平面寸法	m × m	
建物位置	海岸からの距離	約700 m	標高 約2 m
	立地・周辺状況	公民館の北側に基礎ごと移動して残存	
最大浸水深	約5 m	公民館における計測値	
津波後の状況	建物の状態	移動	
	躯体の被害	被害あり	1階の一部が損壊
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラスの破損
備考			



写真1 木造住宅



写真2 基礎ごと移動



写真3 1階の一部が損壊



写真4 基礎部分

建物番号	NT-03	調査日	2011年4月2日
名称	寺院本堂		
所在地	名取市関上	津波避難ビル	指定なし
用途	寺院	建設年	不明
構造種別	木造		
建物規模	階数	2階(地下階)	高さ: 5.5m 軒先高さ
	平面寸法	m × m	
建物位置	海岸からの距離	約600m	標高 約2m
	立地・周辺状況	名取川から約120m	
最大浸水深	約6m	屋根上の堆積物より	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害あり	1階側面が流失
	非構造部材の被害	被害あり	
備考			



写真1 寺院の遠景



写真2 寺院本堂



写真3 側面が流失



写真4 寺院本堂(背面)

建物番号	NT-04		調査日	2011年4月2日	
名称	商店				
所在地	名取市閑上		津波避難ビル	指定なし	
用途	商業施設・店舗		建設年	不明	
構造種別	S造 (ラーメン構造)				
建物規模	階数	2階(地下 階)		高さ:	6.5 m
	平面寸法	6.5 m × 4.5 m			
建物位置	海岸からの距離	約530 m	標高	約2 m	
	立地・周辺状況	名取川から約100m			
最大浸水深	約5.5 m		外壁の痕跡より		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害なし			
	非構造部材の被害	被害あり	外壁が剥落		
備考	2階天井仕上げには損傷は見られない				



写真1 S造店舗



写真2 S造店舗



写真3 外壁が流失



写真4 2階天井

建物番号	NT-05		調査日	2011年4月2日	
名称	事務所ビル				
所在地	名取市閑上		津波避難ビル	指定なし	
用途	事務所		建設年	不明	
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)				
建物規模	階数	3階 (地下1階、半地下)		高さ:	13 m
	平面寸法	17.4 m × 12 m			
建物位置	海岸からの距離	約460 m	標高	約1 m	
	立地・周辺状況	名取川から約50m			
最大浸水深	約6 m		外壁の痕跡より		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害あり	隣の建物が倒れ掛かっていることによる妻壁の損傷		
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラスの被害		
備考					



写真1 事務所ビル (背面)



写真2 隣の建物が倒れ掛かっている



写真3 建物正面



写真4 妻壁の損傷

建物番号	NT-06	調査日	2011年4月2日
名称	店舗		
所在地	名取市関上	津波避難ビル	指定なし
用途	商業施設・店舗	建設年	不明
構造種別	混合構造 (RC造+木造) 1階はRC造ラーメン構造、2階部分は木造		
建物規模	階数	2階 (地下 階)	高さ: m
	平面寸法	12 m × 8 m	
建物位置	海岸からの距離	約460 m	標高 約1 m
	立地・周辺状況	名取川から約50m	
最大浸水深	約6 m	隣接建物外壁の痕跡より	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害あり	1階RC造部分が崩壊(コンクリートのジャンカ、鉄筋腐食あり)
	非構造部材の被害	被害あり	
備考			

柱形状：300×300mm、柱主筋 8-19φ、フープ 6φ@300mm



写真1 倒壊した混合構造建物



写真2 倒壊した建物 (正面)



写真3 1階 RC 造架構



写真4 コンクリートのジャンカと鉄筋腐食

建物番号	NT-07		調査日	2011年4月2日	
名称	住宅				
所在地	名取市関上		津波避難ビル	指定なし	
用途	戸建住宅		建設年	不明	
構造種別	混合構造 (RC造+木造) 1階はRC造ラーメン構造、2、3階部分は木造				
建物規模	階数	3階 (地下 階)		高さ: 4.8 m	
	平面寸法	22.5 m × 5 m			
建物位置	海岸からの距離	約430 m	標高	約2 m	
	立地・周辺状況	名取川から約270m、住宅地			
最大浸水深	約4 m		木造底下部の痕跡より		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害あり	2、3階に漂流物の衝突による被害がある。1階RC造部分は無被害。		
	非構造部材の被害	被害あり			
備考					

柱 (600×500mm) 10本で支持された人工地盤の上に、木造住宅が載っている。新しい建物。



写真1 混合構造建物



写真2 漂流物が堆積



写真3 漂流物の衝突による被害



写真4 1階RC造架構は無被害

建物番号	NT-08	調査日	2011年4月2日
名称	魚市場		
所在地	名取市関上	津波避難ビル	指定なし
用途	商業施設	建設年	不明
構造種別	RC造 独立柱 (独立柱が鉄骨造屋根を支える構造)		
建物規模	階数	1階 (地下 階)	高さ: 4 m
	平面寸法	75 m × 20 m	
建物位置	海岸からの距離	約10 m	標高 約1 m
	立地・周辺状況	漁港岸壁に位置している。地盤変状、洗堀がある。	
最大浸水深	約8.5 m	展望塔に残る漂流物より	
津波後の状況	建物の状態	流失	魚市場の一部(RC造)は残存
	躯体の被害	被害あり	RC造壁の面外破壊等
	非構造部材の被害	被害あり	
備考			

独立柱脚部は1000×900mm、主筋は12-D25、フープは丸鋼。



写真1 魚市場



写真2 RC造建物の被害



写真3 独立柱 (1本だけ残存、他は流失)



写真4 地盤変状、洗堀

建物番号	NT-09		調査日	2011年4月2日	
名称	漁業共同組合				
所在地	名取市閑上		津波避難ビル	指定なし	
用途	事務所		建設年	不明	
構造種別	RC造 (ラーメン構造)				
建物規模	階数	2階 (地下 階)		高さ:	m
	平面寸法	17 m × 7.5 m			
建物位置	海岸からの距離	約50 m	標高	約2 m	
	立地・周辺状況	漁市場の西側に位置している。			
最大浸水深	約8.5 m		魚市場での計測値		
津波後の状況	建物の状態	倒壊			
	躯体の被害	被害あり	RC造柱が全て、陸側になぎ倒されている		
	非構造部材の被害	被害あり			
備考					

柱寸法は400×400mm、主筋は8-16φ+4-19φ、フープは丸鋼。



写真1 倒壊した建物



写真2 倒壊したRC造柱



写真3 柱が同じ方向に倒壊

建物番号	NT-10		調査日	2011年4月2日	
名称	大学のクラブハウス				
所在地	名取市関上		津波避難ビル	指定なし	
用途	居室+倉庫		建設年	不明	
構造種別	S造 (ラーメン構造)				
建物規模	階数	2階 (地下 階)		高さ:	10m <small>ペントハウスを除く</small>
	平面寸法	18.7 m × 15.5 m			
建物位置	海岸からの距離	約50 m	標高	約1 m	
	立地・周辺状況				
最大浸水深	約12 m		ペントハウス窓ガラスの中央高さ		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害なし			
	非構造部材の被害	被害あり	外装材が破壊、脱落している		
備考					

柱は 300×300mm の角型鋼管



写真1 S造建物



写真2 外装材の被害



写真3 2階天井より下の外装材が流失



写真4 2階床の流失

建物番号	NT-11		調査日	2011年4月2日	
名称	店舗				
所在地	名取市閑上		津波避難ビル	指定なし	
用途	商業施設・店舗		建設年	不明	
構造種別	RC造 (壁式構造) 部分的にコンクリートブロック造の壁				
建物規模	階数	2階 (地下 階)		高さ:	10m <small>ペントハウスを除く</small>
	平面寸法	13 m × 8 m			
建物位置	海岸からの距離	約170 m	標高	約2 m	
	立地・周辺状況	基礎部の洗堀			
最大浸水深	約5.5 m		建物背面では約4.4m		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害あり	1階妻壁が破壊されている		
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス等が流失		
備考					



写真 1 RC 造壁式建物



写真 2 1階妻壁の被害



写真 3 破壊された壁部分

建物番号	NT-12		調査日	2011年4月7日	
名称	市営団地C				
所在地	名取市関上		津波避難ビル	指定なし	
用途	共同住宅		建設年	1979年	
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)				
建物規模	階数	3階(地下 階)		高さ:	9.5 m
	平面寸法	75 m × 7.5 m			
建物位置	海岸からの距離	約800 m	標高	m	
	立地・周辺状況	道路際			
地表面からの痕跡高さ	5.5 m		2階窓ガラス破損		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害なし			
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス破損		
備考					



写真1 建物外観



写真2 住戸間の仕切りの破損状況 (2階)



図1 間取り図 (名取市HPより、寸法は実測値を追記)

- ・ 耐力壁付ラーメン構造と推定されるが、柱型を確認できず。

北東側(入射側)では、窓ガラスの破損状況や設備機器の破損状況から浸水深は5.5mと推定された。一方、南西側の桁行面では外壁に確認できた浸水痕及び住戸間の仕切りの破損状況から浸水深は4.5mであったと推定される。なお、3階妻面(東側隅角部の高さ6.5m)の一部が欠けた痕が見られたが、漂流物が衝突したものと断定するには至らず。

建物番号	NT-13		調査日	2011年4月2日	
名称	閑上中学校				
所在地	名取市閑上		津波避難ビル	指定なし	
用途	学校		建設年	不明	
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)				
建物規模	階数	3階 (地下 階)		高さ:	m
	平面寸法	m × m			
建物位置	海岸からの距離	約1050 m	標高	約1 m	
	立地・周辺状況	名取川から380m			
最大浸水深	1.9 m		1階窓ガラスと廊下壁の痕跡		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害なし	エキスパンションジョイント横の袖壁、階段部の壁に軽微なひび割れ		
	非構造部材の被害	被害なし	窓ガラスの破損は殆どない		
備考					



写真 1 校舎南面



写真 2 校舎北面



写真 3 エクスパンション・ジョイント横の袖壁のひび割れ



写真 4 津波の痕跡

建物番号	NT-14		調査日	2011年4月7日	
名称	市営団地A				
所在地	名取市閑上		津波避難ビル	指定なし	
用途	共同住宅		建設年	1977～1979年	
構造種別	RC造 (壁式構造)				
建物規模	階数	2階(地下 階)		高さ: 5m	
	平面寸法	30 m × 6.5 m			
建物位置	海岸からの距離	約800 m	標高	m	
	立地・周辺状況	道路際			
最大浸水深	5 m以上		屋上に漂流物が残存		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害あり		東端の1戸分が完全に崩壊 漂流物の衝突による2階妻壁の破損	
	非構造部材の被害	被害あり		窓ガラス破損	
備考					



写真1 建物東端1戸分の崩壊



写真2 2階妻壁の損傷



写真3 周辺地盤の洗掘

建物番号	NT-14
------	-------

- ・ プレキャスト壁式RC 構造、壁厚さ 150mm。
- ・ 全 4 棟で、1 棟あたり 4~7 戸で構成。
- ・ 東端 1 戸の崩壊が、津波によるものか、周辺地盤の洗掘によるものかは不明。

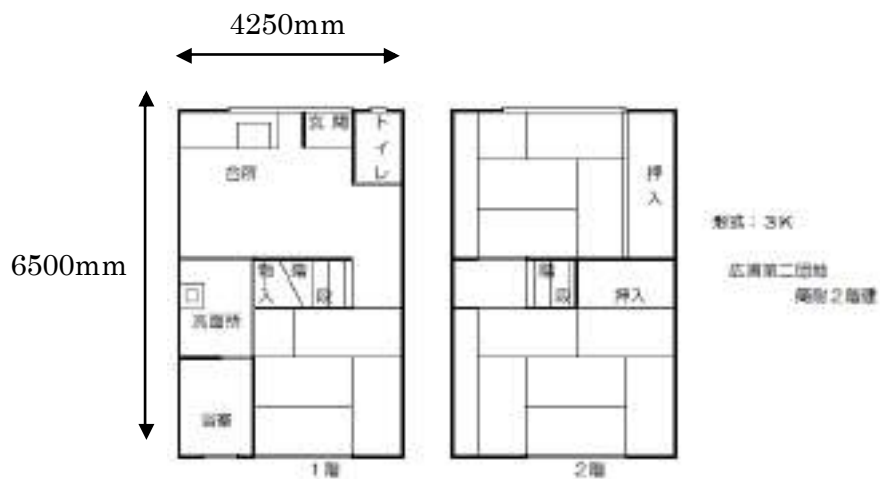


図 1 間取り図（名取市 HP より、寸法は実測値を追記）

建物番号	NT-15		調査日	2011年4月7日	
名称	市営団地B				
所在地	名取市関上		津波避難ビル	指定なし	
用途	共同住宅		建設年	1970年	
構造種別	RC造 (壁式構造)				
建物規模	階数	2階(地下 階)		高さ:	5m
	平面寸法	19 m × 5.2 m			
建物位置	海岸からの距離	約800 m	標高	m	
	立地・周辺状況	道路際			
最大浸水深	5 m以上		屋上に漂流物が残存		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害あり		周辺地盤の洗掘による傾斜 漂流物の衝突による2階妻壁の破損	
	非構造部材の被害	被害あり		窓ガラス破損	
備考					



写真1 周辺地盤の洗掘による建物傾斜



写真2 漂流物の衝突による2階部分の損傷

- ・ 全6棟で、1棟あたり3~5戸で構成。
- ・ 周辺地盤が洗掘された箇所で基礎厚さを計測したところ、捨てコン7cm、基礎22cm。

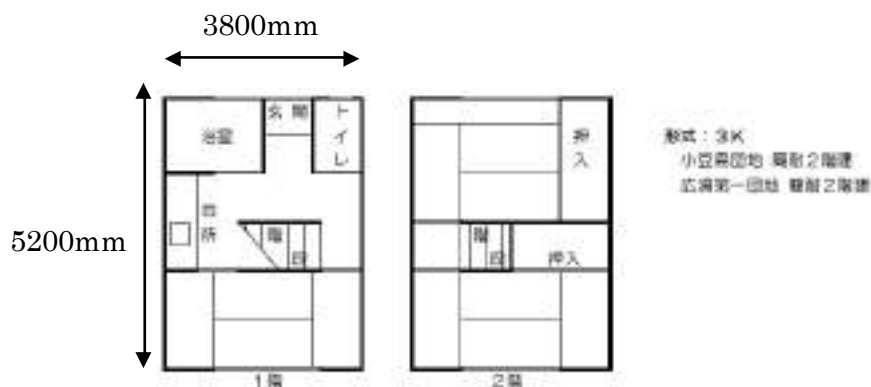


図1 間取り図 (名取市 HP より、寸法は実測値を追記)

建物番号	NT-16		調査日	2011年4月7日	
名称	市営団地C				
所在地	名取市関上		津波避難ビル	指定なし	
用途	共同住宅		建設年	1968～1969年	
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)				
建物規模	階数	3階(地下 階)		高さ:	7.5 m
	平面寸法	60 m × 6 m (長辺は航空写真による推定)			
建物位置	海岸からの距離	約800 m	標高	m	
	立地・周辺状況	道路際			
最大浸水深	7.5 m		屋上パラペットの破損を確認		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害なし			
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス破損		
備考					

- ・ 1階柱：450mm×450mm。
- ・ 妻面（津波入射面）では屋上パラペットの破損が確認されたことから浸水深は7.5mと推定されるが、内部では2階手洗いで確認された浸水痕から浸水深は4.5mと推定される。



写真1 建物外観



写真2 2階手洗いの浸水痕



写真3 パラペットの破損



図1 間取り図（名取市HPより）

建物番号	NT-17		調査日	2011年4月7日	
名称	住宅				
所在地	名取市下増田		津波避難ビル	指定なし	
用途	戸建住宅		建設年	不明	
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)				
建物規模	階数	2階(地下 階)		高さ:	6m(2階軒下)
	平面寸法	11 m × 8.5 m			
建物位置	海岸からの距離	約250 m	標高	m	
	立地・周辺状況	周辺より2m高い場所に立地			
最大浸水深	0.95 m		1階外壁に浸水痕を確認		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害なし			
	非構造部材の被害	被害なし			
備考					

- ・ 1階柱断面：450mm×450mm。
- ・ 室内側の浸水痕は地面から170cmで、外壁の浸水痕とは異なっていた。
- ・ 周辺地盤の洗掘を確認。



写真1 建物外観



写真2 1階の浸水痕



写真3 周辺地盤の洗掘

宮城県亶理町荒浜地区



亶理町荒浜地区建物調査位置

建物番号	WR-01		調査日	2011年4月7日	
名称	亘理町立荒浜中学校校舎				
所在地	亘理町荒浜		津波避難ビル	指定なし	
用途	学校	校舎	建設年	1983年	
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)				
建物規模	階数	3階(地下 階)		高さ:	13 m
	平面寸法	60 m × 17.5 m			
建物位置	海岸からの距離	約500 m	標高	m	
	立地・周辺状況	道路際			
最大浸水深	4 m		2階ベランダに漂流物が残存		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害なし			
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス破損		
備考					

- ・ 1階柱断面：600mm×600mm。
- ・ 南面は2階ベランダに漂流物が残存していたことから浸水深は4mと推定したが、北面は1階梁下に漂流物の残存があったことから浸水深は3mと推定した。



写真1 建物外観



写真2 玄関開口部のアルミフレームの面外変形

建物番号	WR-02	調査日	2011年4月8日
名称	住宅		
所在地	亘理町荒浜	津波避難ビル	指定なし
用途	戸建住宅	建設年	不明
構造種別	混合構造 (RC造+木造)		
建物規模	階数	3階(地下 階)	高さ: 8m(3階軒下)
	平面寸法	13 m × 10 m	
建物位置	海岸からの距離	約20 m	標高 m
	立地・周辺状況	海に面する	
最大浸水深	4 m	2階窓ガラス及び内装に浸水痕を確認	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス破損
備考			

- ・ 1階の壁厚は250mm。
- ・ 海側の開口は、1階が4.1m×2.2m、2階が5.3m×2.15m。
- ・ 陸側の妻面の開口部（玄関ドア等）には損傷は見られず、住民の話では2階の海側の開口部から浸入した海水はテーブル等の家具とともに海側に押し戻されたとのこと。
- ・ 2階外壁に漂流物（住民の話では船）が衝突したことによる破損が数か所存在したが、構造的な大きな損傷は見られなかった。



写真1 建物外観



写真2 海側の開口部



写真3 2階窓ガラスの浸水痕



写真4 2階外壁の衝突痕

宮城県山元町



山元町高瀬地区建物調査位置

建物番号	YM-01	調査日	2011年4月8日
名称	住宅		
所在地	山元町高瀬	津波避難ビル	指定なし
用途	戸建住宅	建設年	不明
構造種別	RC造 (壁式構造)		
建物規模	階数	2階(地下階)	高さ: 6.5 m
	平面寸法	13 m × 10 m	
建物位置	海岸からの距離	約400 m	標高 m
	立地・周辺状況	道路際	
最大浸水深	4 m	2階内装に浸水痕を確認	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス破損
備考			

- ・ 周辺地盤の洗掘を確認。
- ・ 2階バルコニーに漂流物が残存しており、2階内装にも浸水痕が確認された。



写真1 建物外観



写真2 周辺地盤の洗掘

建物番号	YM-02		調査日	2011年4月8日	
名称	山元町立山下第二小学校校舎				
所在地	山元町高瀬			津波避難ビル	指定なし
用途	学校	校舎	建設年	1987年	
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)				
建物規模	階数	2階(地下階)		高さ:	m
	平面寸法	95 m × 35 m			
建物位置	海岸からの距離	約450 m	標高	m	
	立地・周辺状況	周辺地盤より約1.5m高い場所に立地			
最大浸水深	2.4 m		1階内外装に浸水痕を確認		
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存			
	躯体の被害	被害なし			
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス破損		
備考					



写真1 建物外観



写真2 室内の浸水痕

7. 火災による建築物の被害

地震及び津波により多数の火災が発生し、建築物に大きな被害をもたらした。ここでは発生した火災の全体像を分析するとともに、大規模火災における延焼及び燃え止まりの状況、建物火災の被害状況などを把握するための調査を行った。

なお、本章では、4月20日以後の現地調査結果も含めて記載している。

7.1 火災の概要

7.1.1 火災の発生状況

総務省消防庁によれば、東日本大震災の被害の状況として345件の火災（建物火災以外も含む）が報告されている。火災が報告されている都道府県は表7.1-1に示すとおり、東日本の太平洋側を中心に非常に広範囲に分布している。今回の大震災では甚大な津波被害が発生しているが、火災についても津波被害地域において多数確認されており、今回の大震災における火災被害の大きな特徴となっている。

なお、この345件の火災の中には、3月11日14時46分の平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震（以下、「本震」という。）以降の余震等によると見られる火災も含まれている。

表 7.1-1 都道府県別の火災件数※

都道府県	火災件数
青森県	5
岩手県	26
宮城県	194
秋田県	1
福島県	11
茨城県	37
群馬県	2
埼玉県	13
千葉県	14
東京都	35
神奈川県	6
静岡県	1
計	345

※平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)について(第109報)、総務省消防庁災害対策本部、2011.4.20より作成

次に、震度と火災件数の関係を示す。震度は以下の2つの資料に基づいて市町村ごとの最大震度を求めて用いた。

- i) 「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」により各地で観測された震度について、気象庁、2011.3.30
- ii) 「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」及び同地震以降の地震により各地で観測された震

度等について（第2報）、気象庁、2011. 4. 25、

ここでの集計では、震度5弱以上が観測された都道府県下の市町村を対象とし、未調査や精査が終了していない等の理由により、震度が得られていない市町村は集計から除外した。

火災が1件以上報告された市町村のうち、震度が得られず集計から除外した市町村は、女川町（宮城県）、大郷町（宮城県）、村田町（宮城県）、多賀城市（宮城県）、白石市（宮城県）、大槌町（岩手県）であり、これらの市町で報告された火災は25件である。

なお、集計対象の都道府県は、表7.1-1に挙げた都道府県の他、山形県、栃木県、新潟県、山梨県、長野県を含めた計17都県である。

表 7.1-2 震度と火災件数及び出火率

震度	人口 [人]	世帯数 [世帯]	火災件数	10万人あたり 火災件数	1万世帯あたり 火災件数
2	45,055	15,424	0	0.000	0.000
3	2,146,822	787,168	1	0.047	0.013
4	11,156,088	4,225,871	12	0.108	0.028
5-	19,042,953	8,292,245	31	0.163	0.037
5+	20,092,544	8,381,820	56	0.279	0.067
6-	4,254,959	1,543,580	94	2.209	0.609
6+	3,115,586	1,213,129	126	4.044	1.039
7	74,938	23,441	0	0.000	0.000
計	59,928,945	24,482,678	320	0.534	0.131

※震度未調査・精査未了のため集計対象外した火災が25件報告されている。

※人口及び世帯数は、総務省統計局による平成22年国勢調査の人口速報集計結果による。

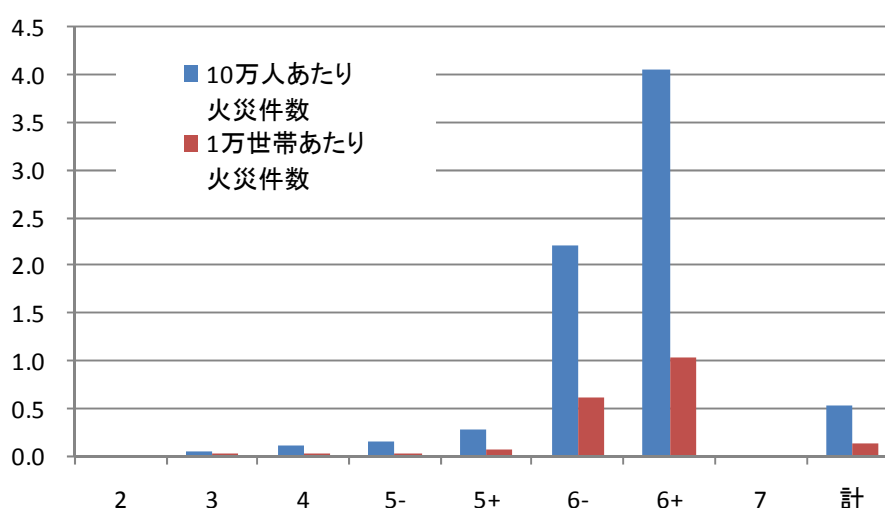


図 7.1-1 震度と出火率

震度7を観測した宮城県栗原市では火災は報告されていないが、震度6弱以下では、震度が大きいほど出火率が高くなる傾向を示している。近年震度7を記録した平成7年（1995年）兵庫県南部地震や平成16年（2004年）新潟県中越地震では、震度7の地域で1万世帯あたり2~6件程度の出火率を示していたが、今回の地震の出火率はそれよりは低くなっている。しかしながら、平成16年（2004

年)新潟県中越地震時の震度6強の地域では0.7程度(岩見達也、萩原一郎、成瀬友宏、伊藤彩子:2004年新潟県中越地震時の出火状況、日本火災学会研究発表会概要集、pp340-343、2005.5を元に算定)であり、今回の震度6強の地域における1.0という出火率は、これと同じかやや高い値と言える。その要因としては、先に述べた津波被害地域における多数の火災発生が挙げられる。

火災の発生状況を論じる際には、津波被害地域における火災(以下、「津波火災」という。)とそれ以外の地域の火災(以下、「地震火災」という。)を分けて行うことが適当であると考えられるが、現段階では火災発生場所の詳細な情報は得られておらず、報告されている345件の火災について、津波火災と地震火災の区別はできていない。以下では、津波の被害を受けたと考えられる市町村で報告された火災については、津波火災として、その他の市町村で報告された火災については、地震火災として、それぞれを区別して火災発生状況の特徴をみてみることにする。

7.1.2 津波火災の発生状況

表7.1-3は、津波火災発生状況を示したものである。津波浸水面積は、空中写真などを用いた判読によって求められた次の資料に掲載された値を用いた。

- ・津波による浸水範囲の面積(概略値)について(第5報)、国土地理院、2011.4.18

表 7.1-3 津波火災件数及び出火率

震度	人口 [人]	世帯数 [世帯]	津波浸水面積 [km ²]	火災件数	津波浸水面積 1km ² あたり 火災件数	10万人あたり 火災件数	1万世帯あたり 火災件数
4	86,147	32,875	14	0	0.000	0.000	0.000
5-	207,519	73,107	16.5	3	0.182	1.446	0.410
5+	680,002	252,323	44.5	13	0.292	1.912	0.515
6-	1,492,701	557,650	280.5	68	0.242	4.556	1.219
6+	1,580,722	660,780	179	108	0.603	6.832	1.634
未調査・ 精査未了	122,413	45,838	27	21	0.778	17.155	4.581
計	4,169,504	1,622,573	561.5	213	0.379	5.109	1.313

人口や世帯数及び火災件数は、津波被害があったと考えられる市町村全体の値であり、浸水地域のそれとは異なる。そのため、浸水地域における出火率とは言えないが、表7.1-2と比較すると高い出火率を示している。

7.1.3 地震火災の発生状況

表7.1-4及び図7.1-2は、地震火災発生状況を示したものである。

震度7を観測した栗原市で火災が報告されていない点は既に述べた。津波被害地域以外の地域でみた場合も、震度が大きいほど出火率が高くなる傾向を示している。出火率は、震度6強地域において1万世帯あたり0.3件程度である。この値は新潟県中越地震と比べて小さいと言える。

表 7.1-4 津波被害地域以外の地域の火災件数及び出火率

震度	人口 [人]	世帯数 [世帯]	火災件数	10万人あたり 火災件数	1万世帯あたり 火災件数
2	45,055	15,424	0	0.000	0.000
3	2,146,822	787,168	1	0.047	0.013
4	11,069,941	4,192,996	12	0.108	0.029
5-	18,835,434	8,219,138	28	0.149	0.034
5+	19,412,542	8,129,497	43	0.222	0.053
6-	2,762,258	985,930	26	0.941	0.264
6+	1,534,864	552,349	18	1.173	0.326
7	74,938	23,441	0	0.000	0.000
計	55,881,854	22,905,943	128	0.229	0.056

※震度未調査・精査未了のため集計対象外した火災が4件報告されている。

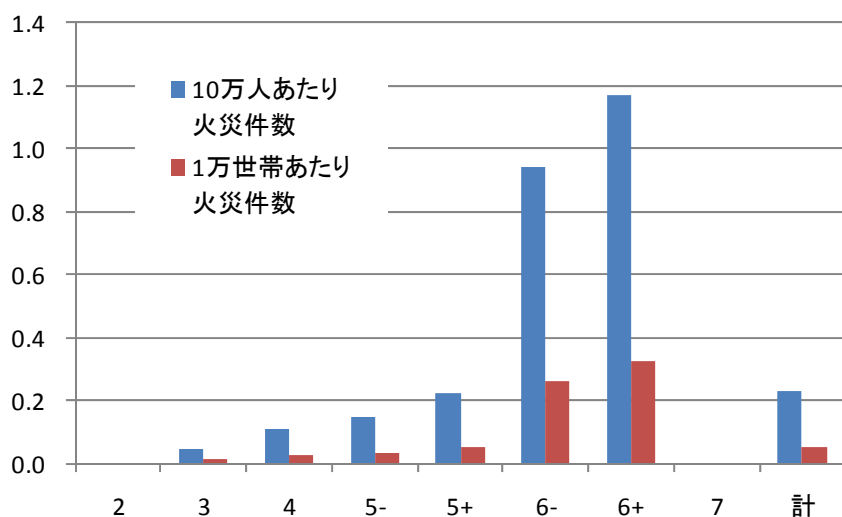


図 7.1-2 津波被害地域以外の地域における震度と出火率

図 7.1-3 は、火災の報告されている市町村について全壊率と火災件数の関係を示したものである。全壊率は、「1万世帯あたりの全壊棟数」として求めている。

全壊棟数は、前出の総務省消防庁による被害報（第109報）を用いた。4月20日時点でも報告される全壊棟数は毎日のように変化しており、全壊棟数の全数を把握するにはまだしばらく時間を要すると思われる。

データの制約はあるものの、家屋被害と火災発生との関係についての特徴として、以下の点が挙げられる。

- i) 全壊率と出火率の相関はあまり見られない。
- ii) 全壊棟数が報告されていない市町村においても火災が多く発生している。

以上の理由としては、全壊棟数の全数把握が完全にできていないということの他に、次節で概説する現地調査結果に見られるように、本震の揺れそのものによる直後の出火がそれほど多くなく、停電時に明かり取りのために使用したろうソクを火源とする出火などが多く確認されていることから、地震後の住民活動によって発生する火災が比較的多いことも大きな要因となっていると見られる。

火災の発生状況についても今後の詳細で網羅的な調査が待たれるところである。

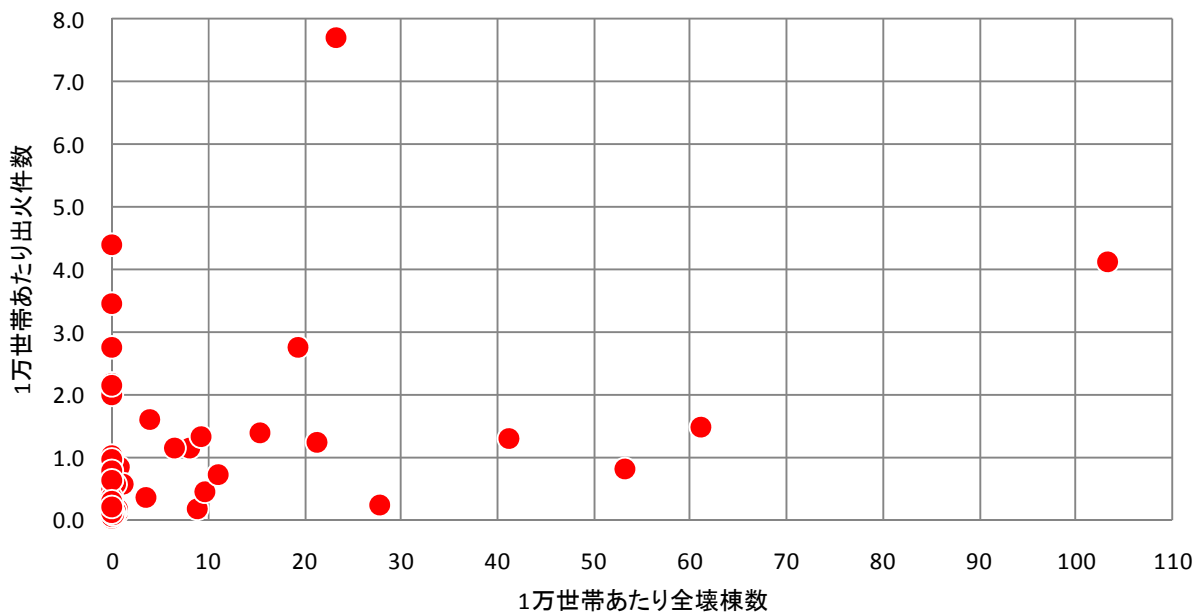


図 7.1-3 津波被害地域以外の地域における全壊率と出火率

7.2 調査内容

7.2.1 調査の方法

今回の大震災では火災の件数が多いだけでなく、東北地方を中心に関東地方の各県、静岡県にまで広範囲に発生している。表 7.1-1 のように市町村別の火災件数は公表されているものの、火災発生場所の住所などに関する情報は公表されていない。特に本震災後数週間は総務省消防庁により報告される火災件数が頻繁に増減し、地元消防機関においても火災に関する情報の整理が十分できていないことが予想された。そこで初期の調査においては、火災に関心のある研究機関や大学などと協力しながら火災情報を入手し、火災発生場所を確認していく方法とした。本震災後 1 ヶ月以上を経過してからは、被害が比較的軽微であったり、比較的火災情報の整理が進んでいると思われる地域を対象に、当該地域を管轄する消防本部に火災情報の提供を求め、得られた情報に基づいて火災発生場所を確認した。

7.2.2 初期の火災情報の収集

テレビや新聞といったメディアを通じて報道された火災映像などの情報を収集し、火災発生場所の特定に役立てた。また、ツイッターで発信された火災に関する情報も収集、整理した。

7.2.3 現地調査日程

4月 8日 (金) ~ 10日 (日)	宮城県 仙台市、南三陸町、登米市、亘理町、岩沼市
4月 20日 (水) ~ 22日 (金)	岩手県 奥州市、宮城県 登米市、大崎市、石巻市、
4月 24日 (日) ~ 26日 (火)	宮城県 仙台市
4月 26日 (火) ~ 27日 (水)	青森県 八戸市、岩手県 野田村

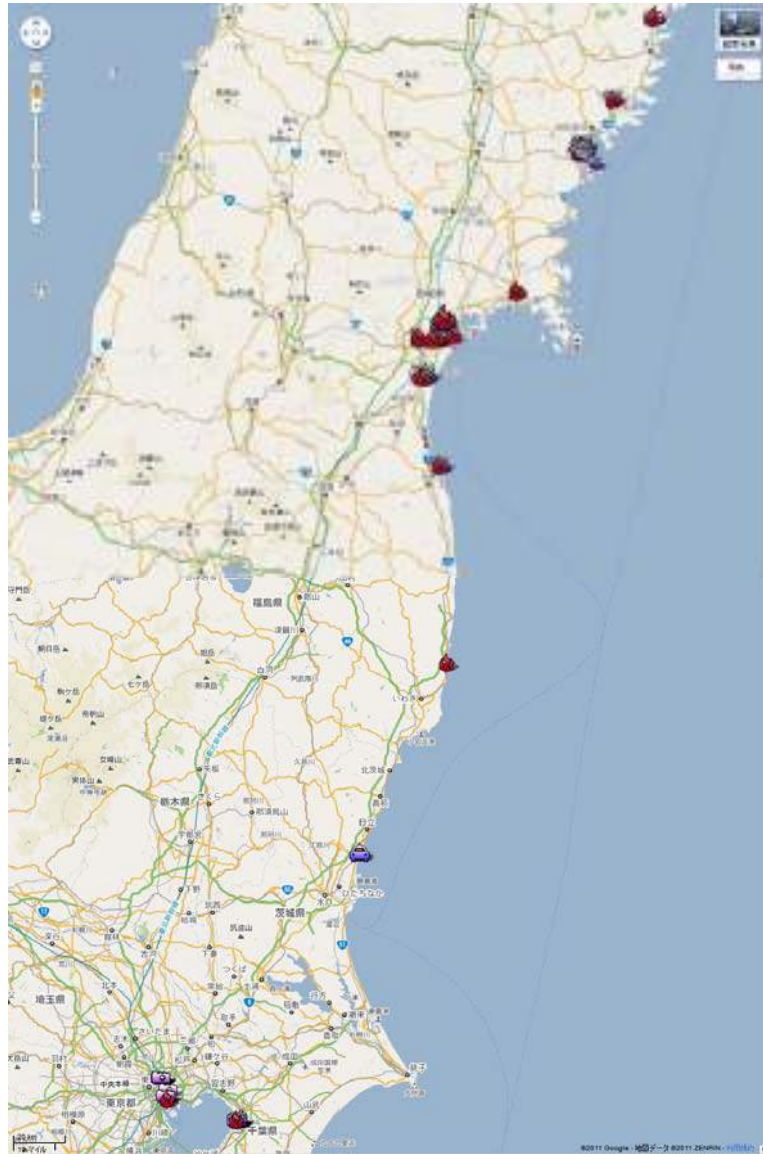


図 7.2-1 マスメディアで報道された火災の発生場所の分布

7.2.4 現地調査者

国土技術政策総合研究所

都市研究部都市開発研究室主任研究官 鍵屋浩司 (4/20-22、26-27)

都市研究部都市防災研究室研究官 吉岡英樹 (4/20-22)

総合技術政策研究センター建設経済研究室主任研究官 岩見達也 (4/20-22、26-27)

建築研究所

防火研究グループ上席研究員 萩原一郎 (4/8-10) *理科大と合同

防火研究グループ上席研究員 林 吉彦 (4/24-26)

防火研究グループ研究員 鈴木淳一 (4/24-26)

7.3 現地調査結果

津波火災についての結果を7.3.1～8項に、地震火災については7.3.9～25項にまとめた。

今回の震災で発生した火災による建築物の被害には大きく2つに分かれる。一つは津波被害地域に見られる火災であり、流されてきた瓦礫や自動車が出火原因にも延焼経路にもなっている。もう一つは、津波被害地域以外の地域に見られる、地震の揺れにより熱源が可燃物に接触して発生した火災や、停電から復電後に発生している電気火災、停電中の灯り取りのために使用したロウソクの転倒など従来から見られている火災である。マスメディアでは前者の火災が多く報道されているが、後者の火災の発生も少なくないことが調査から示された。

7.3.1 宮城県仙台塩釜港北側の倉庫地区

事前に仙台市消防局から入手した火災情報により倉庫地区で発生した4件の火災調査を行った。

最初の現場は、駐車場にとめられていた数百台の自動車が、津波により建物側に流されて集積したところから出火したものと考えられる。自動車の出火原因は不明であるが、海水による電気系統の問題や、車同士が激しく衝突したことでガソリントタンクが損傷したことなどが疑われる。

建物の屋内には延焼がなく、外壁のみが焼損している。



写真 7.3.1-1 仙台塩釜港北側の駐車場1の火災

2番目の現場は、従業員の話によると、敷地外部から津波により流されて来た乗用車が建物に流れ寄せられて火災が発生した。近くにあった配送用トラック2台などにも燃え移った。

荷物の搬入部分（屋外）は火熱を激しく受けた跡が認められる。屋内には延焼していないものと思われるが、開口部を通じて濃煙熱気が内部に流入している。



写真 7.3.1-2 仙台塩釜港北側の倉庫1の火災

3番目の現場は、津波により流されて来た乗用車が建物に流れ寄せられて、写真左側の荷捌き場で火災が発生した。建物の外壁を焦がし、開口部を通じて濃煙熱気が流入しているが、そこから内部には延焼していない。

これとは別に、倉庫内で何らかの原因により出火し、全焼しているものと思われる。従業員の話では、機械からの出火の疑いがある。

長時間燃え続けたためか、鉄骨の柱はりが大きく変形し、屋根や外壁上部が内側に倒れ込んでいる。



写真 7.3.1-3 仙台塩釜港北側の倉庫2の火災

4番目の現場は、駐車場にとめられていた自動車が、津波により建物側に流されて集積したところから出火したものと考えられる。駐車場に面した建物は外壁が焼損しているが、屋内には延焼が認められない。



写真 7.3.1-4 仙台塩釜港北側の駐車場2の火災

7.3.2 宮城県七ヶ浜町の住宅地

津波による被害が大きな地域で火災が発生していることから、仙台塩釜港北側工業地帯の近くにある住宅地について被害状況を調査した。多少の高低差により、津波で流出した住宅、流された瓦礫で損傷を受けた住宅、ほとんど無傷の住宅が混在している。

七ヶ浜町全体では1件の火災報告があるが、発見はできなかった。

しかし、もし、この地域で何らかの火源により出火した場合には、瓦礫で連続した住宅に延焼しても不思議ではない状況である。



写真 7.3.2 七ヶ浜町

7.3.3 宮城県東松島市の住宅地

東松島市全体では1件の火災報告があるが、発見はできなかった。

津波による破壊から免れた住宅の間に、木材の瓦礫が集積している様子が観察された。浸水範囲の端部では、このような状況が多く観察された。

もし、火災が発生した場合には、瓦礫が導火線となって容易に延焼することが考えられる。



写真 7.3.3 東松島市

7.3.4 宮城県南三陸町志津川字新井田

消防団員から津波による火災の情報を得て、現場確認と延焼範囲の調査を行った。

火災の現場は国道45号線沿い、気仙沼線と交差する南斜面にある。ほぼ浸水した領域の端部に位置する。火災による延焼範囲は図7.3.4-2の塗りつぶした約1.5haの範囲であり、まだら状に焼損の跡が認められる。

消防団員からの情報によれば、流れてきた時に既に燃えていた瓦礫や自動車などから火災が拡大したという。

延焼範囲は流れ着いた可燃物の堆積した状況及び東側と北側の崖という地形の影響で定まり、自然に鎮火したものと考えられる。



写真 7.3.4-1 南三陸町志津川の火災



図 7.3.4-2 南三陸町志津川の延焼範囲

7.3.5 宮城県亶理町

亶理消防署からの情報提供を受け、2件の火災現場の調査を行った。現場付近は亶理町長による通行規制区域のため、町役場にて通行許可証の交付を受けた。

荒浜の火災現場は海に近く、津波により1階部分はほぼ浸水している地域である。

消防の情報によれば、火災は3月12日に発生。同一敷地内の2棟のうち1棟（母家）が焼失している。2階部分の焼損が1階部分よりも激しく、浸水した高さとの関係が考えられる。

周囲の住宅の外壁が健全だったためか、周囲への延焼はしていない。周辺は新興住宅地であり、最近建てられたと思われる住宅が多い。



写真 7.3.5-1 亶理町荒浜の火災

吉田浜の火災現場も海に近く、津波により多くの住宅が流出している地域である。

消防の情報によれば、地震当日に出火し、住宅3戸が焼失。流されてきた自動車からの出火が疑われている。

火災現場は古くからの集落にあり、周囲にも多くの住宅が建っていたと思われるが、写真7.3.5-2に見られるようにほとんどが壊れたり、流出したりしている。塗りつぶした範囲が火災の延焼範囲であるが、流れてきた瓦礫がかろうじて建っていた住宅の周辺に集積していたと考えられる。同じく流されてきた自動車から出火した火が、瓦礫などに燃え移り延焼したのであろう。周囲の浸水が周囲への延焼を防いだことも考えられる。



写真 7.3.5-2 亶理町吉田浜の火災



図 7.3.5-3 亶理町吉田浜の延焼範囲

7.3.6 宮城県岩沼市空港南

岩沼市消防本部の情報提供を受け、火災現場の調査を行った。

消防の情報によれば、震災当日、倉庫の駐車場に津波によって流されて来た自動車 1 台から出火。会社の従業員が消火器で対応した。

車両は既に移動されており、出火場所は特定できなかったが、煤の跡も確認されず、建物への延焼はなかった。



写真 7.3.6 岩沼市空港南の火災

7.3.7 宮城県石巻市門脇地区

石巻市門脇地区では、大きな津波被害を受け、その一部で広範囲に渡る延焼火災が発生した。

火災発生状況についての情報は得られていないが、延焼範囲の特定を行った。

後背地が高台になっている小学校は、津波によって校庭に流入した建物のがれきや自動車等が集積して炎上した様子で、特に校舎の3階は、開口部から侵入した火炎によりほぼ全焼していた。地震時の一時避難場所のあり方に課題を投げかける事例であろう。



写真 7.3.7 石巻市門脇地区の火災

7.3.8 岩手県野田村

岩手県北東部の太平洋に面する野田村で発生した津波火災に関する現地調査を行った。

この地域を管轄する久慈広域連合消防本部と地元の久慈消防署野田分署で情報提供を受けた。

火災は駐車場と住宅や店舗、アパート等計8棟が立つ海岸沿いの敷地で発生した。野田村の職員が撮影したデジタルカメラの画像データの時刻と現地の消防職員の証言によると、15時34分頃に津波が到達し、15時56分頃に現場で煙や炎が上がっているのが見られた。その後、当日最後に撮影された17時30分頃の画像には火災が延焼して敷地全体が炎上している様子が見られる。



写真 7.3.8-1 火災現場付近

火災現場への経路は当時、浸水とがれきにより遮断されており、大津波警報が発令されていたため消火活動ができず、翌日 10 時 34 分に撮影された写真では白煙のみであったため、それまでに鎮火したと考えられている。

当該敷地内の建物と津波によって破壊されて流入した建物のがれき、駐車場に駐車していた数台の自動車などが炎上したと考えられるが、出火原因や何棟の建物が火災を生じたのかは不明である。



写真 7.3.8-2 火災現場付近



写真 7.3.8-3 火災現場付近

7.3.9 宮城県登米市東和町の住宅

登米市消防本部の情報提供を受け、現場確認を行った。

火災発生は3月12日18:40(地震の翌日)、住宅3棟が焼損(全焼1棟、部分焼2棟)した。出火原因は、ロウソクの転倒によると見られている。

火災現場は山に囲まれており、周囲の住宅からも離れていたため延焼は無い。既に燃えた住宅は撤去されていたが、背後の山林にも火炎が達し、樹木に焦げが確認された。



写真 7.3.9 登米市東和町の火災

7.3.10 宮城県登米市南方町の住宅

登米市消防本部の情報提供を受け、現場確認を行った。

火災発生は4月15日18:25、全焼3棟、部分焼3棟であった。出火原因は、4月7日の余震により風呂用灯油・薪併用ボイラーの煙突がずれ、接続不良に気づかず使用したことによって、隙間から出た火の粉や高温の排気によって出火したと見られている。

現場はすでに片付けられており、生け垣の変色が一部に見られるのみであった。



写真 7.3.10 登米市南方町の火災

7.3.11 宮城県大崎市古川福沼の住宅

大崎市消防本部の情報提供を受け、現場確認を行った。

火災発生は本震直後で、住宅1棟全焼とのことであった。

出火原因は、茶ダンスがガスコンロ上に倒れて点火スイッチが入ったことによると見られている。

1階居間(写真右下)が最も焼損が激しいが、南面開口部はペアガラスの内側の1枚のみ割れている。東側は一部開口部の脱落が見られる。周囲の建物への影響は確認できなかった。



写真 7.3.11 大崎市古川福沼の火災

7.3.12 宮城県仙台市太白区の住宅

3/13夜、通電後に木造2階建て建築物から出火した。2階部分の焼損が激しく屋根、外壁は燃え抜けている。火災時に住戸の裏山の樹木などに延焼した。右手側の隣棟間隔は約2mであったが、火勢が強かった部分の対向面に開口がなかったため延焼を免れたと思われる。隣棟の外壁（窯業系サイディング）の表面塗装は焼けており、雨樋などは融解して、地面に落下している。



写真 7.3.12-1 火災家屋



写真 7.3.12-2 火災家屋



写真 7.3.12-3 裏山



写真 7.3.12-4 火災家屋



写真 7.3.12-5 隣棟外壁

7.3.13 宮城県仙台市青葉区の集合住宅

3/12 夜、通電後に 17 階建て集合住宅（中廊下型）の 7 階の住戸から出火した。出火時、居住者は不在であったが、上層階の居住者が煙に気づき消防に通報、消火が行われた。開口上部に煤の付着があるが、上階、隣室等への延焼はない。また、住戸出入口、廊下側には煤の付着はみられない。



写真 7.3.13-1 外観



写真 7.3.13-2 煤の付着



写真 7.3.13-3 煤の付着



写真 7.3.13-4 廊下、出入口

7.3.14 宮城県仙台市泉区の事業所

本震直後に工場内部で火災発生し、大量の煙が屋外へ漏出した。火災により 3, 4 階の約 300m² が焼損したとされる。外観からの目視観察により、外壁の焼損や開口部、折半屋根およびガリ部分に煤が付着していることが確認できる。しかしながら、火災による外壁等の落下、屋根の燃え抜け、建物の部分崩壊までには至っていない。



写真 7.3.14-1 煤の付着



写真 7.3.14-2 煤の付着

7.3.15 宮城県仙台市青葉区の事業所 1

本震直後、8階建て建築物の7階薬品庫から出火した。在館者は廊下側の小窓から出火を確認したが、余震が継続していたため初期消火を行わず、即時避難した。外部避難階段へと通じる非常扉は、地震後に開放できず、2方向の避難経路をできない状況にあった。地震によって被害を受けたエキスパンションジョイント部分を介し、階段室へたどり着けた状況であった。屋外へ避難後、開口から煙が出ているのを確認したため消火に向かったが、6階まで煙が立ち込め、現場へたどり着くことができない状況であった。その際、階段室の防火扉は閉鎖されていた。また、排煙設備も設置されていたが、停電により作動していない。

室内には天井仕上げはなく、排気用の塩ビ管、CVケーブル・電源ケーブルラック、空調設備等がむき出しの状態であったが、塩ビ管・プラスチックの大半が軟化した状態で残っていることから、盛期火災に至らず燻焼状態が継続したと推定できる。室内は大量の煤の発生ですべて真っ黒だったとのこと。他室への延焼はなかった。



写真 7.3.15-1 外観



写真 7.3.15-2 火災室



写真 7.3.15-3 煤の付着



写真 7.3.15-4 天井配管

7.3.16 宮城県仙台市青葉区の事業所2

3/13 午後、通電後に RC 造 4 階建て建築物の 4 階備品庫から出火した。備品庫部分と木製間仕切り壁によって区切られた居室、廊下側に延焼した。火勢は激しく倉庫部分のサッシュは火災により落下した。また、廊下部分のガラスは軟化している。また、階段室部分は防火戸等による区画はなくペントハウス部分にも煙が充満したため、壁・天井には煤が付着している。天井仕上げ材は木製下地に不燃性の成形板、有孔ボードをステープルによって留め付けている。出火室の天井、出火室近傍の廊下の天井は焼け落ちているが、RC 壁を隔てた隣室の天井下地は火災室付近を除き炭化を免れている。RC 内壁、防火戸が設置された部分を超えた延焼には至っていないが、漏煙した。



写真 7.3.16-1 外観



写真 7.3.16-2 火災室（備品庫）



写真 7.3.16-3 居室側



写真 7.3.16-4 サッシュ



写真 7.3.16-5 廊下開口



写真 7.3.16-6 防火戸（非火災側）

7.3.17 青森県八戸市中居林

八戸地域広域市町村圏事務組合消防本部の情報提供を受け、現場確認を行った。

現場はすでに片付けられ整地されている。

出火原因は、余震によりロウソクが倒れたことによる出火と見られている。

生け垣の変色、車のカーブミラーの枠の溶融、変色が見られる。隣接する建物の熱変形等の被害は確認できなかった。



写真 7.3.17 八戸市仲居林の火災

7.3.18 岩手県奥州市江刺区岩谷堂の事業所 1

奥州金ヶ崎行政事務組合消防本部の情報提供を受け、現場確認を行った（以下、7.3.19までの奥州市内の火災も同じ）。

3月11日14:50出火。鉄骨3階建金属加工工場が1棟半焼。2階部分が最も激しく焼損している。

出火原因は、シンナーがこぼれたところに、天井の蛍光灯が落下して引火したと見られている。



写真 7.3.18 奥州市江刺区岩谷堂の事業所 1 の火災

7.3.19 岩手県奥州市江刺区岩谷堂の事業所 2

3月14日に増築工事中の鉄骨平屋建木材加工工場の増築現場から出火し当該建物1棟が部分焼したものであるが、出火時刻は不明である。

工事中に液体を入れたバケツにヒーターを入れて加熱していたところ、地震により停電したためそのまま工事を中断。停電復旧後に過熱したものである。

増築現場であったため、製品や材料の木材への延焼は無かった。



写真 7.3.19 奥州市江刺区岩谷堂の事業所 2 の火災

7.3.20 岩手県奥州市江刺区岩谷堂の事業所3

4月7日 23:45 出火。

清掃工場の焼却棟1棟が部分焼した。

4月7日 23:32に発生した余震の影響で、排気塔のダンパーが遮断したために、稼働中の燃焼炉からの高温の排気ガスが排出されずに滞留し、天井材に着火したものである。



写真 7.3.20 奥州市江刺区岩谷堂の事業所3の火災

7.3.21 岩手県奥州市胆沢区若柳の住宅

3月11日 22:00 出火。納屋併用住宅1棟が全焼。

出火原因は未確定ながら、薪・灯油兼用の風呂用ボイラーのL字型の煙突の接続不良により、隙間から火の粉や高温の排気による出火と見られている。

東側(写真手前)の納屋の部分が焼損が激しく、西側ほど残存部分が多くなっている。



写真 7.3.21 奥州市胆沢区若柳の火災

7.3.22 岩手県奥州市水沢区小石田の住宅

3月12日 20:00 出火。

住宅1棟及び非住宅1棟が全焼、3棟部分焼。

停電の最中に灯りを取るためのロウソクの火の不始末によると見られている。

死者が1人発生している。



写真 7.3.22 奥州市水沢区小石田の火災

7.3.23 岩手県奥州市水沢区黒石町の住宅

3月13日3:20出火。

併用住宅1棟が全焼。

7.3.14と同様、停電の最中に灯りを取るためのロウソクからの出火と見られている。

死者が2人発生している。

火災建物は写真7.3.15の手前側にあったと見られるが、完全に片付けられており、植え込み樹木の変色が残っている。

奥の家屋は雨樋の変形が一部見られた。



写真 7.3.23 奥州市水沢区黒石町の火災

7.3.24 岩手県奥州市水沢区羽田町の事業所

3月14日14:30出火。

鉄骨平屋建建物（南部鉄器）の着色業作業場1棟が部分焼した。

地震により煙突が破損し、その修理のための溶接火花が、煙突内にたまっていたうるしや第2石油類のスラッジ（沈殿物）に着火したものである。



写真 7.3.24 奥州市水沢区羽田町の火災

7.3.25 岩手県奥州市水沢区佐倉河の事業所

4月8日1:00出火。

店舗（家電量販店）の3階部分にある事務所が焼損して部分焼。

事務所の天井が落下し、天井についていた非常灯と一緒に落下した断熱材被覆に接触し出火したものである。

出火室と見られる室の開口部が脱落した模様であり、ベニヤ板が2面設置されている。



写真 7.3.25 奥州市水沢区佐倉河の火災

8. おわりに

東北地方太平洋沖地震から1月以上経過したが、未だ13万人余りの避難民が不自由な生活を送り、震災被害の正確な全貌がつかめないなどまさに未曾有の大災害であったと感じざるを得ない。我々の被害調査に関しても、原子力発電所の事故に配慮して活動範囲を定めるとともに、現地に派遣した職員が大規模な余震に遭遇しその安否を気遣いながら調査を進めたことは、かつてなかった経験である。

本報告書では、このような調査結果を速報としてまとめた。以下、各章毎の内容をまとめる。

第1章では、「はじめに」として、地震発生の後、どのようにして国土技術政策総合研究所及び建築研究所が連携して被災した地域への支援要請に備えるべく体制（国土技術政策総合研究所・建築研究所合同建築物震災対応検討会議）を整え、また、各種の調査研究を実施したかをごく簡単に記載した。

第2章では、「調査研究の概要」として、具体的に実施した調査研究について、その概要と担当者をまとめた。

第3章では、「被害一般」として、本報告書のとりまとめを行った4月20日時点における、主として公式発表資料等に基づく、東北地方太平洋沖地震の概況、災害関連法の適用状況、人的・物的被害の状況、応急仮設住宅などの確保状況ほかをまとめた。

第4章では、「地震および地震動、津波」として、地震諸元や震度分布、津波波高の他、被災地域の地形および地質、観測された地震動特性、建築研究所強震観測ネットワークなどの記録、そして、津波の波源モデルと最大津波波高などの研究成果などをまとめた。なお、地震発生直後は、独立行政法人防災科学技術研究所のネットワークが地震のため機能しないという状況もあり、上記の建築研究所強震観測ネットワークが各地の地震動の状況をいち早く発信する情報¹となり、海外からも参照された。

第5章では、「地震動による建築物等の被害」として、広範な被災地域における建築物等の地震被害調査の方針の他、木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造等、宅地地盤・基礎、非構造部材のそれぞれの被害調査の結果をまとめた。また、速報段階ではあるが、以下のように要約される。

1) 木造建築物では、上部構造の被害がいくつかの地域で確認されたが、震度7を記録した宮城県栗原市では、被害はさほど大きくないという印象がある。宮城県仙台市、栃木県矢板市などで造成宅地の地盤変状による上部構造の被害が多く確認された。屋根瓦の被害などは、1978年宮城県沖地震以来地震が頻繁に発生する宮城県よりも、むしろ福島県、茨城県の方が多という印象がある。なお、被害の態様は従来の被害地震によるものと概ね同様であると位置づけられる。

2) 鉄骨造建築物では、柱や梁などの主要な構造部材にはほとんど被害は見られなかった。学校等の体育館では、旧耐震基準の体育館では鉛直ブレースの破断等の被害が観察されたが、新潟県中越地震に比べて被害率は小さい。一方、天井の脱落などの非構造部材の被害は比較的多く観察された。

3) 鉄筋コンクリート造等建築物における構造被害のほとんどは旧耐震基準で設計された建築物に見られた。その数は震度に比して多くはないが、被害の形式はほぼこれまでの地震動被害で見られたものと同じであり、柱のせん断破壊による軸力支持能力の喪失などの重大な被害も見られた。

4) 宅地地盤・基礎では、過去の国内の地震では見られなかったような、広範囲な液状化被害が見

¹ 米国人からの3月17日付けのメールには、以下のコメントがある。I learned that the NIED servers were out, so the shaking must have been pretty bad. I was able to see the BRI ground motions and some reports on buildings. Very good and quick work.

られたことが特徴であり、そのメカニズム解明や、個々の建築物にとどまらず、道路や上下水のインフラも考慮した対策の検討が必要であろう。また、造成宅地においては、これまでの被害地震と同様に一部で地盤の崩落などの大きな被害が見られた。

6) 非構造部材では、比較的古い構法によるものが多く被害を受けているのが確認された。また、比較的高所における非構造部材の破損・落下も確認された。

第6章では、「津波による建築物の被害」として、既往の津波に対する建築物の設計法について各種のガイドラインなどの調査の他、北は岩手県山田町から南は宮城県山元町までの主要な津波被害地域において、残存や破損あるいは流失した建築物の調査を実施した。調査では、各建築物の被害状況や浸水深、建築物の保有水平耐力を算定するために必要となる各部分の諸元などを計測するなどした上で、既往のガイドラインの検証を実施し、ガイドラインをより合理的なものとする上で必要となる提言をまとめた。

第7章では、「火災による建築物の被害」として、津波被害地域に見られる火災と、津波被害地域以外の地域に見られる従来型の火災について、現地調査の結果をまとめ、その被害の特徴を明らかにした。津波被害地域の火災が多く報道され注目されているが、従来型の地震火災の発生も少なくないことが示された。

本報告書に記載した被害調査は、約150人日を費やし、かつ、可能な限り慎重に実施したが、被害地域が広域であることを考慮すると、必ずしも地震被害の全体を把握したとは言えない点を申し添えたい。今後、新たな被害実態が明らかとなれば、継続して検討を進めて参りたい。また、報告書の記載内容も慎重を期しているが、その内容の引用等においては、利用者の責任で行われることを願いたい。

冒頭に未だ被害の全貌がつかめずと書いたが、一方で復旧・復興に向けた動きも少しずつではあるが着実に進みつつある。政府全体では、4月20日に第1回震災復興会議が開催され6月頃に第1次提言が取りまとめられる予定である。国土交通省においても各種の検討会議が設けられている。建築分野においては、国土技術政策総合研究所における、建築物の構造基準原案を検討するための建築構造基準委員会(委員長 久保哲夫 東京大学教授)において、東日本大震災による建築被害を踏まえた建築物の安全確保対策が的確に推進されるよう、建築研究所と協力し、被害状況の分析、関連の技術的検討等を推進する予定としている。このため、同委員会において、4月21日及び22日に、建築被害状況等の現地調査を行った。現地調査は、既に行っていた国土技術政策総合研究所及び建築研究所による調査を踏まえ、津波による建築物の被害がみられる地区及び地震動による建築物の被害がみられる地区を対象として選定し、宮城県石巻市、同女川町、同南三陸町、同仙台市、同名取市及び福島県須賀川市において実施した。

本報告書および国土技術政策総合研究所、建築研究所の知見は、これらの場を通じて広く社会に役立てていく方針であり、今後とも関係各位のご協力をいただければ幸いである。

最後に、本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。

なお、現地調査に当たって被災地の困難な状況にもかかわらず、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ここで厚く御礼申し上げます。

本報告書は、平成 23 年 5 月 13 日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のホームページ上で「速報」として既に公表しています。

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of N I L I M

No. 636 May 2011

建築研究資料

Building Research Data

No.132 May 2011

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所
 ©独立行政法人建築研究所

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)