

# 2003年5月26日宮城県沖の地震における地震動と建築物の被害

源 栄 正人<sup>1)</sup>

1) 正会員 東北大学大学院工学研究科災害制御研究センター 教授 工博

e-mail: motosaka@struct.archi.tohoku.ac.jp

## 要 約

高い確率でプレート境界の地震の発生が予測されている宮城県沖で2003年5月26日、マグニチュード7.0の地震が発生し、宮城県北部と岩手県南部で震度6弱を記録した。今回の地震は太平洋プレート内で発生したスラブ内地震であり、地震動は短周期成分が卓越する特徴を持ち、加速度の大きさと震度のわりに重大な建物被害は少なかった。被害は少ないながらも、旧耐震基準で設計された建物に柱のせん断破壊を起こした鉄筋コンクリート造建物があった。また、鉄骨造では新しい体育館においても被害が目立ち、ブレースの座屈などの構造被害ばかりでなく、天井・外壁など仕上げ材の剥落も多く発生した。

キーワード：宮城県沖の地震、スラブ内地震、地震動、短周期成分、建物被害

## 1. はじめに

2003年5月26日に宮城県沖でマグニチュード7.0の地震が発生した。宮城県北部と岩手県南部で震度6弱を記録した。震度5の地域も広範囲にわたり、宮城県域では1978年宮城県沖地震以来の大きな地震であった。この地震に対し、日本建築災害委員会幹事の一人である報告者が小谷俊介委員長と連絡をとり、建築学会東北支部が災害調査を行うことにし、東北支部災害調査連絡委員会（委員長：田中礼治）の地震災害調査WGが対応に当たった。この地震に関するホームページ<sup>1)</sup>を直ちに立ち上げるとともに、米国地震工学会（EERI）等海外からの問い合わせに対応するために英文ホームページ<sup>2)</sup>も立ち上げた。

ここでは、日本建築学会東北支部災害調査委員会がこれまでに行った調査内容（速報会資料参照<sup>3)</sup>）に基づき、地震動特性と建築物の被害についてその概要を報告する。

## 2. 地震概要

気象庁発表の地震諸元を表1に、震央位置と震度の値を図1<sup>4)</sup>に示す。震央は宮城県気仙沼市沖で、

宮城県石巻市、岩手県大船渡市、江刺市などで震度 6 弱を観測するなど、北海道から近畿地方にかけて有感となった。震源が深く、この地震による津波は観測されなかった。

表 1 地震概要

発生時刻	2003年5月26日18時24分	
震源位置	宮城県沖（北緯38° 48.3'、東経141° 40.9'、深さ71km）	
マグニチュード	気象庁マグニチュード $M_J=7.0$ 、モーメントマグニチュード $M_w=7.0$	
各地の震度		
震度 6 弱	岩手県	大船渡市、衣川村、平泉町、室根村、江刺市
	宮城県	高清水町、桃生町、石巻市、涌谷町、栗駒町、金成町
震度 5 強	青森県	階上町
	岩手県	大野村、矢巾町、金ヶ崎町、一関市、藤沢町、陸前高田市、釜石市、大迫町、東和町、宮守村、住田町、胆沢町、川崎村、二戸市、玉山村、花巻市
	宮城県	気仙沼市、南郷町、志波姫町、米山町、鹿島台町、一迫町、登米町、中田町、田尻町、若柳町、瀬峰町、迫町、河南町、唐桑町、加美町、色麻町、松山町、花山村、志津川町、古川市、岩出山町、鷲沢町、矢本町

今回の地震は 1978 年 6 月の宮城県沖のようなプレート境界の地震ではなく、太平洋プレート内で起こったやや深発地震で、震源メカニズムは高傾斜の逆断層であった。破壊は概して北側に向かっていること、すべりの大きな領域が 2 つ推定されている。

このような沈み込む海洋プレート（スラブと呼ばれる）内のやや深い地震の例としては、1993 年釧路沖地震（ $M8.0$ 、深さ 101km）や、2001 年芸予地震（ $M6.7$ 、深さ 51km）があげられる。

図 2 は今回の地震を含む最近の主な地震の分布を示したものである<sup>5)</sup>。今回の地震の震央は 1978 年宮城県沖地震で主にすべった領域（コンターで囲われた部分）の北側に外れた場所で、地震調査委員会による次の宮城県沖地震の想定震源域とも異なる領域に位置している。この図に、今回の地震よりもやや東側で 1978 年 2 月にも同じく太平洋プレート内の地震が発生している。また 2002 年秋ごろから 1978 年宮城県沖地震の震源域の周辺で地震活動が活発になっている。

### 3. 地震観測記録と地震動特性

#### (1) 観測記録の最大加速度と最大速度

今回の地震では、気象庁 95 型や防災科研の K-NET、KiK-net など各機関により広い範囲で記録が得られている。各機関の観測記録のうち、主な記録の諸元を計測震度が大きな順に表 2 に示す。計測震度・最大加速度・最大速度とも最も大きいのは K-NET 牡鹿である。最大加速度が次に大きいのは JMA95 大船渡、最大速度が大きいのは JMA95 涌谷町であった。

図 3 は、過去の代表的な被害地震の記録と今回の地震の K-NET 記録について、最大加速度  $A$  と最大速度  $V$  の関係をこれらの比（ $A/V$  比）として示したものである。この図から、兵庫県南部地震や鳥取県西部地震のような内陸浅発地震は  $A/V$  比が 10 以下であり、加速度の割に速度が大きいこと、一方、

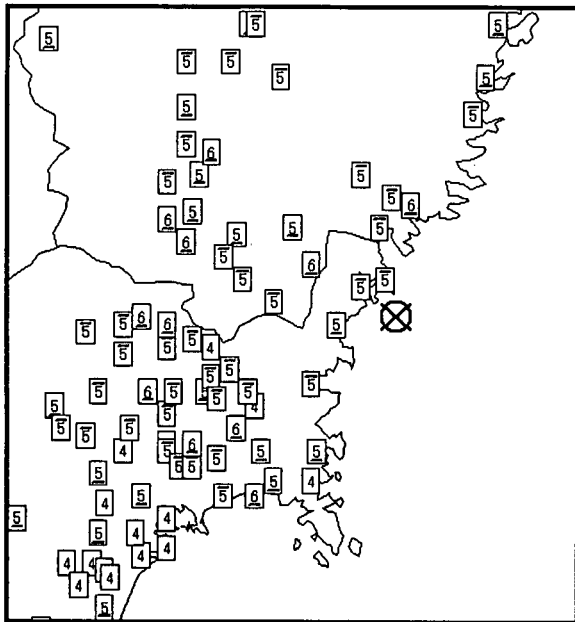
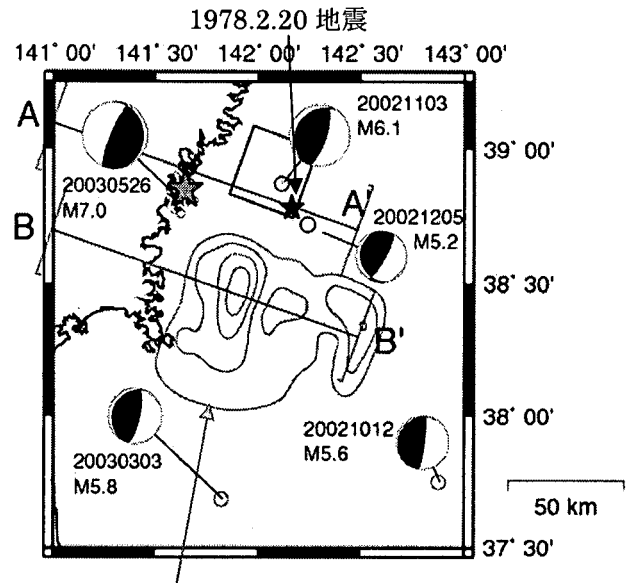


図1 気象庁による震度分布<sup>4)</sup>



1978.2.20 地震  
141° 00' 141° 30' 142° 00' 142° 30' 143° 00'  
39° 00'  
38° 30'  
38° 00'  
37° 30'  
50 km  
1978.6.20宮城県沖地震(M7.4)の主要すべり域で次の地震で滑るとされる領域

図2 最近の宮城県沖の地震活動(文献5)に加筆)

表2 主な記録の概要

観測網	観測点	震源距離 (km)	計測 震度	PGA (Gal)	PGV (cm/s)
K-NET	牡鹿	92	6.2	1112	51
KiK-net	住田	86	5.9	730	32
JMA95	大船渡	76	5.8	1106	35
宮城県	桃生町	85	5.7	324	40
KiK-net	玉山	135	5.6	796	19
JMA95	石巻市	89	5.6	943	28
JMA95	涌谷町	91	5.6	443	43

プレート境界地震(北海道南西沖、三陸はるか沖)やスラブ内地震(釧路沖、北海道東方沖、芸予)はA/V比が10以上であり、40を越えるところもある。内陸地震と比べて同じ加速度でも速度が小さいことが分かる。今回の地震はこれらのプレート境界やスラブ内の被害地震と比べてもさらにA/V比が大きい記録が多く、特に短周期が卓越した地震だったと考えられる。

## (2) 地盤構造とスペクトル特性

今回の地震による観測記録は、地盤構造の推定・検証のために貴重な情報を提供している。

図4は、地盤構造の異なる3地点(K-NETの牡鹿、石巻、古川)における擬似速度応答スペクトルを比較して示したものである。石巻と古川では堆積層による卓越周期の存在が見て取れる。石巻は第3紀層以深の深部地盤構造は厚くなく、第4紀層による卓越と思われる卓越周期が1.2秒付近に顕著に見ら

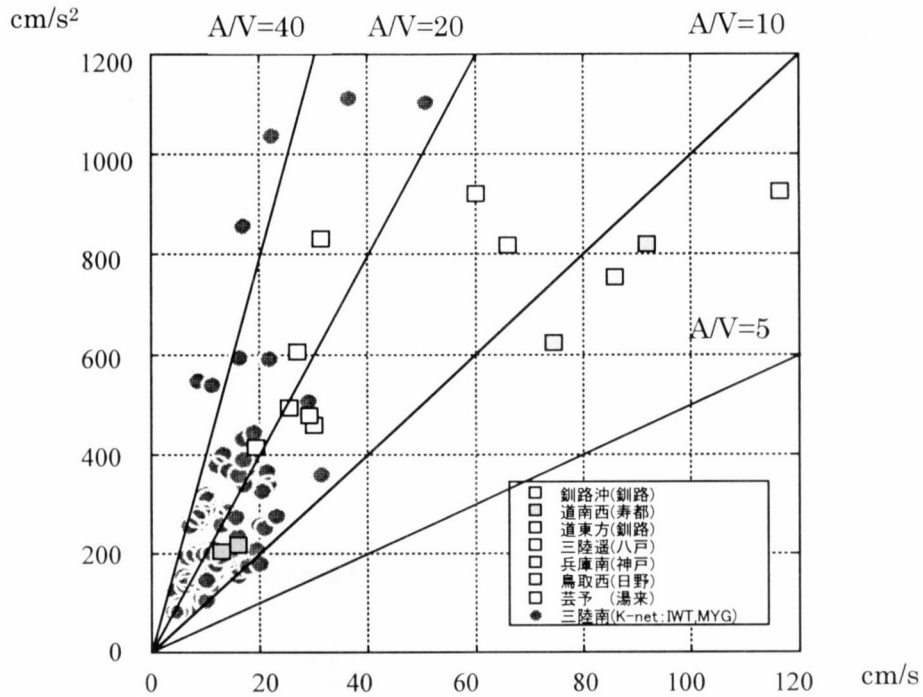


図3 観測記録のA/V比

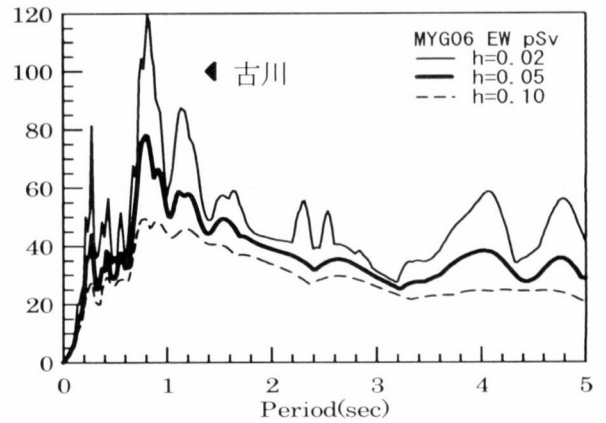
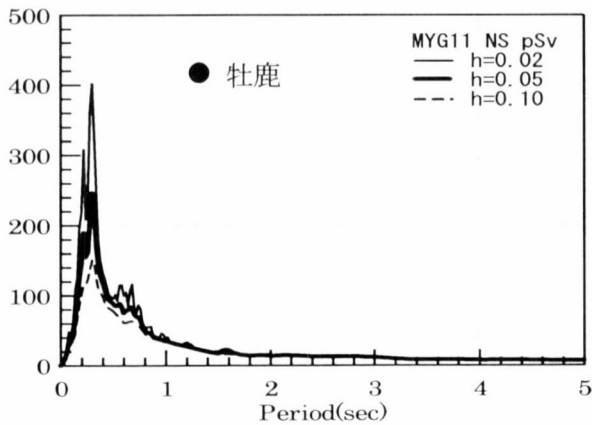
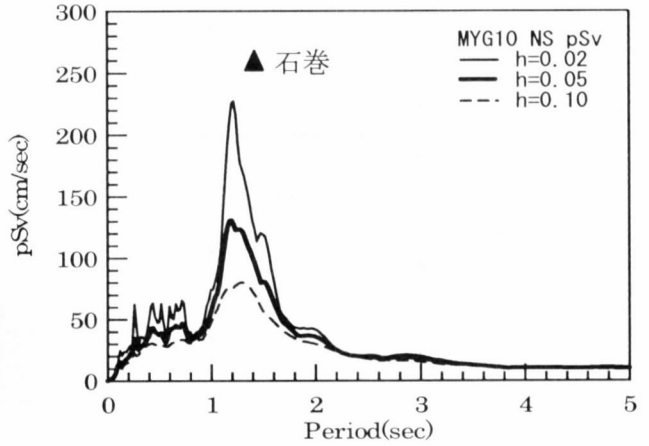
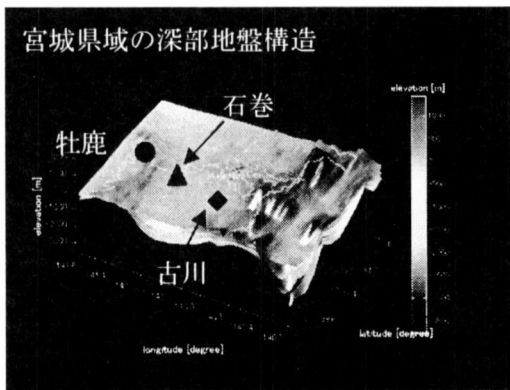


図4 地盤構造によって異なるスペクトル特性

れる。古川では深部地盤構造によると思われる4秒程度の長周期成分の卓越周期が見て取れる。これらの地域で大きな被害がなかったのは、岩盤に入射した地震波の主成分が、牡鹿のスペクトルで分かるように短周期成分のみであったことによると思われる。

#### 4. 地震動特性と被害の関係

被害には変形に敏感な被害と加速度に敏感な被害がある。変形能力のある建物の構造被害は地震動のSa-Sdスペクトル<sup>6)</sup>と等価1自由度系の耐力曲線を重ね合わせることにより評価できる。

図5は過去の被害地震(宮城県沖、兵庫県南部、鳥取県西部)の代表的な記録と今回の地震のK-NET記録について、加速度-変位応答(Sa-Sd)スペクトル(減衰5%)を示したものである。図中には兵庫県南部地震における木造建物の年代別被害率曲線から推定される建築年代別の木造建物耐力分布<sup>7)</sup>に基づき、木造建物の精密耐震診断における水平抵抗力(評点D×E)の地域分布<sup>8)</sup>を用いて東北地方用に補正した耐力曲線(2階建て木造建物、等価高さ4m相当)を示している。過去の被害地震ではSa、Sdとも損傷限界を大幅に上回っているのに対し、今回の地震では最も大きなK-NET牡鹿でさえも損傷限界に達しておらず、Saの割にSdが小さい、変形能力が小さい地震動であったことが分かる。

一方、加速度に敏感な被害としては、脆性的な構造被害(鉄骨造のブレースの被害やRC造の「短柱」せん断破壊)、内外装の落下、瓦屋根の被害、石垣、歴史的建造物の土壁、本棚の木の落下などの被害が考えられ、後述のように、今回の地震で多く見られた<sup>3)</sup>。特に、一関市や水沢市などの体育館のブレースの被害<sup>4)</sup>は1978年の宮城県沖地震ではあまりみられなかった被害として特筆される。RC造では遠野市市役所の「短柱」被害が見られ、これらの被害を受けた地点での加速度は1978年の宮城県沖地震を上回るものであったと推定される。

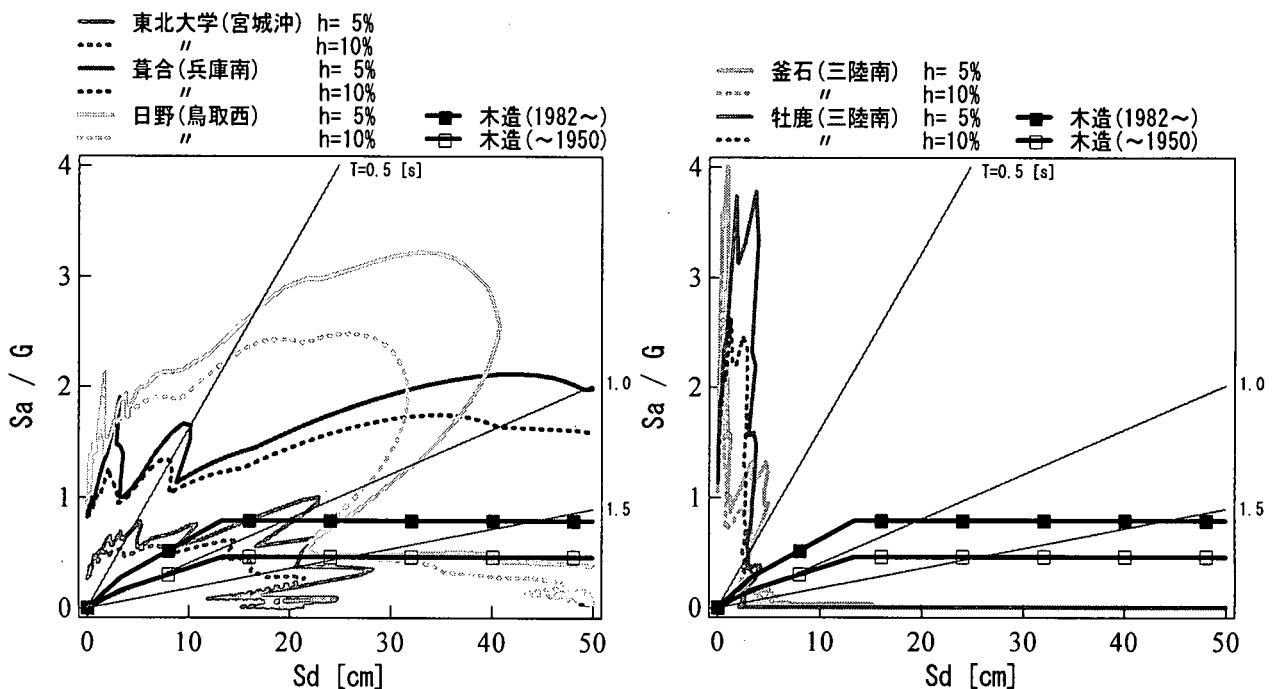


図5 過去の被害地震(a)と今回の地震(b)のSa-Sdスペクトル

## 5. 建築構造物の被害と挙動

### (1) 建築物の被害概要

岩手県と宮城県を中心に建築物の被害の被害が生じている。岩手県と宮城県による建築物の被害をまとめると、住家被害については、岩手県で全壊、半壊、一部損壊がそれぞれ、2、10、1、183 棟であり、宮城県では全壊がなく、半壊、一部損壊がそれぞれ、11、1、033 棟と報告されている。福島県と山形県で一部損壊がそれぞれ 124、2 であった。非住家被害は岩手県で 236 棟、宮城県では 246 棟であった。非住家被害のうち、鉄筋コンクリート造の被害としては旧耐震基準で設計された遠野市役所での柱のせん断破壊、盛岡市の小学校での方立壁のせん断破壊など比較的震源から遠いところでも見られた。低層建物の柱にせん断破壊、方立壁のせん断破壊がみられた。鉄骨造では岩手県の水沢市、一関市、東磐井郡川崎町、東山町、千厩町、大東町、室根村、宮城県北部と岩手県南部において、体育館の被害が多く発生した。

### (2) 住家被害

木造住家の被害では岩手県大船渡市の隣接する個人住宅 2 棟が全壊した（写真 1）、そのうちの 1 棟は、平屋の伝統木造受託で、土壁が破壊され、骨組のみが残った。もう 1 棟は築 12 年の軽量鉄骨造 2 階建ての住宅で基礎のアンカーボルト部が破壊し（写真 2）、室内の取り付け家具の落下、転倒する被害を受けた。周囲の住宅の被害が軽微であることから、丘の先端という地形効果による地震動の増幅が全壊につながったと報告されている。

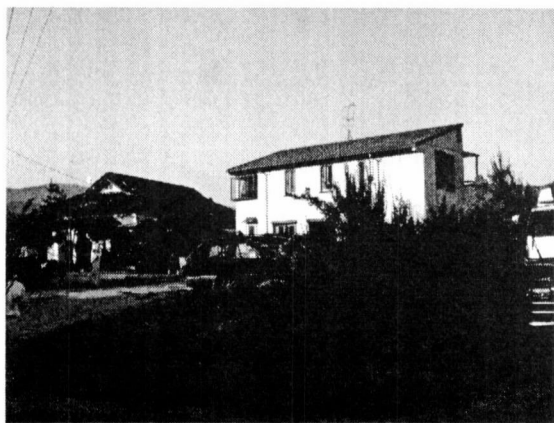


写真 1 岩手県大船渡市の全壊住家 2 棟  
(国土交通省調査団資料より抜粋)



写真 2 平屋の伝統木造住宅（写真 1 左）  
(国土交通省調査団資料より抜粋)

### (3) 鉄筋コンクリート造被害

RC 造の主な被害として、ここでは遠野市役所では本館（昭和 39 年建設、RC 造 3 階建て）の被害を示す。この建物では短柱 2 本のせん断破壊（1 本中破、1 本小破）コンクリートのジャンカなど施工上欠陥のある柱 1 本の損傷、および内部の耐震壁や梁にひび割れが見られた（写真 3-4）。



写真3 岩手県遠野市市役所本館  
(国土交通省調査団資料より抜粋)



写真4 本館裏側の柱のせん断破壊  
(国土交通省調査団資料より抜粋)

#### (4) 鉄骨造被害

S造の被害としては、S造体育館の被害がかなり見られた。ここでは、岩手県一関市の市立一関中学校の被害例を示す。写真5に示すS造体育館はギャラリーを介して上下にパイプ鋼管のK型ブレースが配置されているが、そのうち1階のブレース端部のガセットプレートがすべて面外座屈した(写真6)。高力ボルトによる一面摩擦接合で、偏心接合であった。

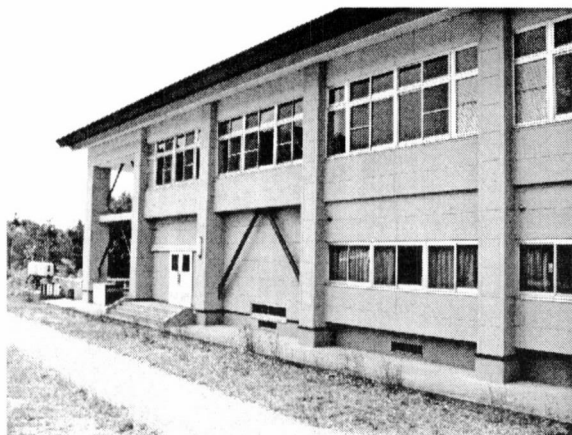


写真5 岩手県一関市の体育館  
(日本建築学会東北支部災害調査委員会)

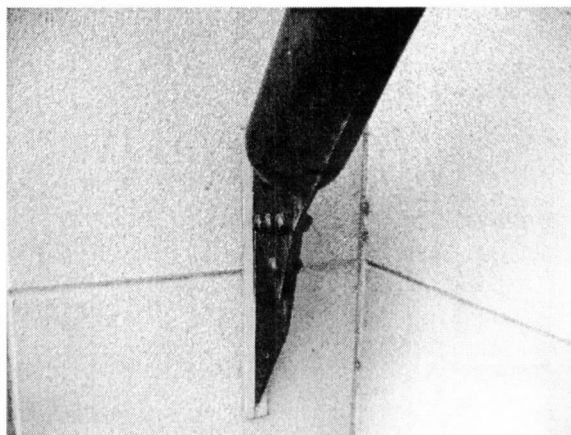


写真6 ブレース端部の座屈  
(日本建築学会東北支部災害調査委員会)

#### (5) 内外装の被害

構造的被害ではないが、平成13年竣工の体育館(岩手県東磐井郡東山新町民体育館)で、照明用ランプの90%以上が破損落下した。ランプのネック部分が照明器具のフードに衝突してランプ自体が割れるという珍しい被害を呈した(写真7)。フードの変形、落下はごく少数であることから、大きな上下振動によるのではないかと報告されている。岩手県東磐井郡室根の室根村きらめきパーク体育館では天井が全面石膏ボード張り、全体が移動し、ずれていて留め金具位置において引き裂かれた状況を呈した被害が報告されている(写真8)。

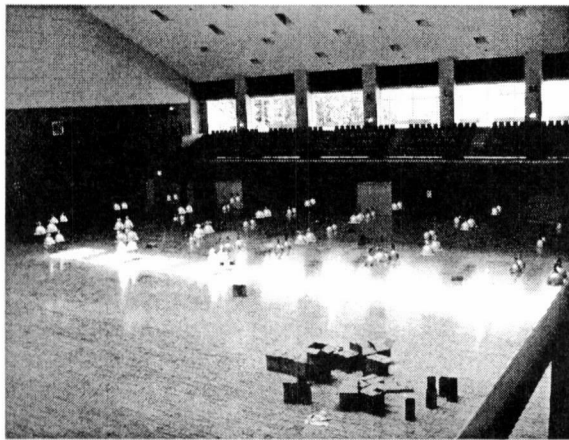


写真7 体育館の照明器具の落下  
 (日本建築学会東北支部災害調査委員会)



写真8 体育館の天井材(石膏ボード)の落下  
 (日本建築学会東北支部災害調査委員会)

仙台市の宮城県立図書館は200m×30mという大きな平面形状を有する地上4階、地下1階のS造・SRC造・RC造(写真9)であり、構造的被害はRC壁・柱に微細なひび割れが見られる程度であったが、天井に設置された防煙用板ガラスが数箇所割れて落下したり(写真9)、重さ100kgの換気抱くとのカバーも落下する被害があった。また、多くの書籍が書架台より落下した(写真10)。これらの被害に対する復旧作業に3週間程度かかり、その間臨時休館となった。



写真9 宮城県立図書館  
 (日本建築学会東北支部災害調査委員会)



写真10 書籍の落下と書架枠の外れ  
 (日本建築学会東北支部災害調査委員会)

#### (6) 歴史的建造物の被害

比較的震源に近い三陸海岸南部地域の文化財・歴史的建造物の被害はほとんどなかったが、被災地域は北は岩手県盛岡市・釜石市、秋田県角館町、西は秋田県仙北町・羽後町、南は宮城県角田市・蔵王町に囲まれた広い範囲に広がっているのが特徴であった。被害地域を地形との関係でみると、北上川流域平野部や仙台・名取平野、秋田県雄物川流域などである。

今回の地震による文化財・歴史的建造物の全半壊などの大きな構造被害は報告されていないが、近代建築、社寺、住宅や土蔵などの漆喰壁・土壁の剥離・落下・ひび割れの部分破壊・軽微な被害が広範囲



に広がっている。被害が報告されている文化財歴史的建造物の内訳は国宝2件、重要文化財5件、史跡8件、伝統的建造物群1件、登録文化財4件、県指定文化財5件、市町村指定文化財12件、歴史的建造物8件であった。

主な被害事例としては、近代建築は岩手銀行旧本店（旧盛岡銀行）、旧石巻ハリストス正教会などである。岩手銀行旧本店では床に軽微な亀裂と一部ガラスの破損があったが、ガラスの破損はコーキングの硬化によると推定されている。また、ハリストス正教会では漆喰壁の亀裂に加えて、塔上部の避雷針が破損した。寺院の主な被害としては国宝の瑞巖寺では漆喰壁に亀裂・剥離・落下が生じ、外壁や塀にも亀裂が生じた。

建造物以外では、仙台城の石垣の崩れ、伊達家墓所の転倒、釜石市橋野高炉跡の石組みの一部損壊などが主な被害である。

### (7) 免震・制震ビルの挙動

1978年の宮城県沖地震時にはなかった建物として、高層建築物、免震・制震などの建物で地震観測記録が得られており挙動の分析が行われている。免震建物としては、仙台MTビル（18階建）、泉P.T.桂パークハウス参番館（13階建）、東北大学免震実証建屋（3階建）などで、制振建物としては、粘弾性体でシールした乱流ダンパーを用いた東北工業大学10号館（8階建）、極低降伏点鋼制振壁を用いた東北電力本店ビルで地震記録が得られている。それぞれの建物において、免震・制震効果が報告されている。

図11は仙台市泉区の泉P.T.桂パークハウス参番館の断面図（短辺方向）と水平2方向の最大応答加速度を示したものであり、免震装置が有効に働いた加速度分布となっている。

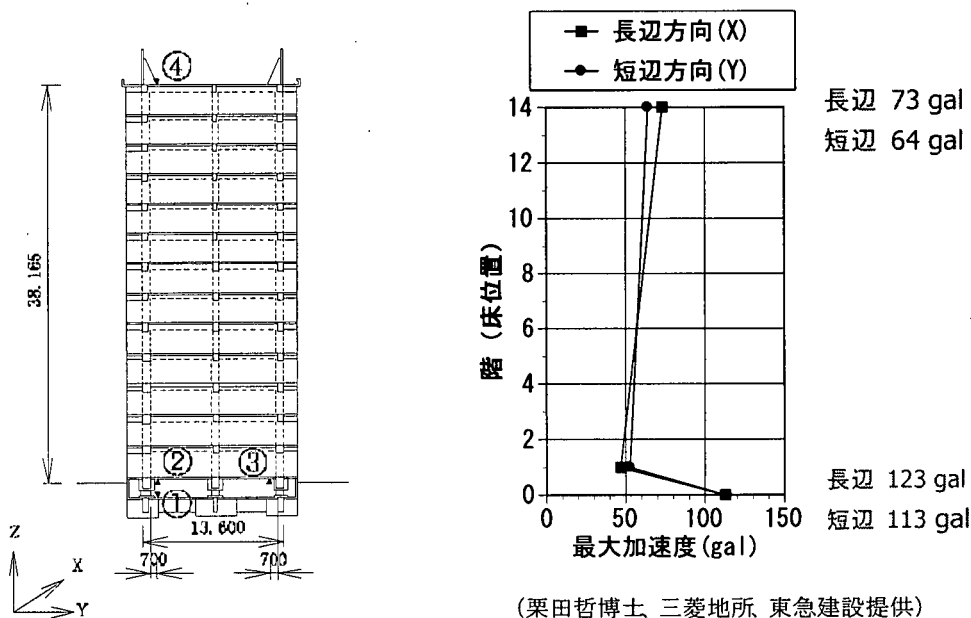


図6 仙台市内の免震建屋の地震観測記録の最大加速度

## 6. まとめ

2003年5月26日宮城県沖の地震に関して、日本建築学会（東北支部災害調査連絡会）が中心となり被害調査を行った。本報告は、速報であり調査未了の部分もあるが、これまでの地震動特性と建築構造物被害は以下のようにまとめることができる。

- 1) 今回の地震は太平洋プレート内で発生した地震であり、地震動は短周期が卓越する特徴を持つものであった。そのため、地震動の構造物を变形させるパワーが小さく、構造物の必要耐力も主要周期体では小さかったことが、加速度の大きさの割りに、建物の全半壊など重大な被害が小さかった理由と考えられる。
- 2) 今回の地震で得られた地震観測記録は、地盤構造の相違によるスペクトル形状等の地震動特性の相違を明瞭に示しており、地盤構造の検討のために有効活用できる。
- 3) 建築構造物の被害としては、鉄筋コンクリート造では旧耐震基準で設計された低層建物の柱のせん断破壊や方立壁のせん断破壊などが見られた。鉄骨造では体育館の被害が宮城県北部と岩手県南部において多く発生した。このような、多くの鉄骨造の被害は1978年の宮城県沖地震ではあまり見られなかった被害として特筆される。
- 4) 歴史的建造物についての調査では、全半壊などの重大被害はなかったが、岩手県、秋田県内陸部、宮城県と広範囲に被害が見られた。主な、被害は用途、構法に関わらず、漆喰壁、土壁の亀裂、剥離・崩落であった。
- 5) 1978年の宮城県沖地震時にはなかった建物として、高層建築物、免震・制震などの建物で地震観測記録が得られており挙動の分析が行われている。また、耐震補強した建物などについての調査も進められている。

## 謝辞

本報告は日本建築学会東北支部災害調査委員会のこれまでの調査を中心にまとめたものである。主査の東北工業大学の田中礼治教授、および各WGの主査、特に東北大学の井上範夫教授からは建物被害関連の資料を提供いただいた。地震動の分析には各機関の観測記録を用いた。また、地震被害調査に関わった多くの関係者の協力を得た。ここに、深く感謝致します。

## 参考文献

- 1) 日本建築学会災害委員会東北支部HP、<http://www.disaster.archi.tohoku.ac.jp/Saigai/tohoku/index.html>
- 2) 日本建築学会災害委員会東北支部HP、<http://www.disaster.archi.tohoku.ac.jp/eng/topicse/htm/030526e.htm>
- 3) 日本建築学会東北支部、2003年5月26日宮城県沖の地震災害調査速報、2003年7月5日
- 4) 仙台管区気象台：<http://www.sendai-jma.go.jp/>
- 5) 東北大学 地震・噴火予知研究観測センター三陸南地震：  
<http://aob-new.aob.geophys.tohoku.ac.jp/~okada/events/200305261824/>
- 6) Mahaney, G.R. et al., The Capacity Spectrum Method for Evaluating Structural Response During the Loma Prieta Earthquake, National Earthquake Conference, Memphis, 1983.
- 7) 仙台市：平成14年度仙台市地震被害想定調査報告書、2002.11
- 8) 小檜山雅之、山崎文雄：全国の耐震診断結果に基づく木造建物耐震性能指標の地域性分析、第11回日本地震工学シンポジウム、2002、2097-2102.