



福岡県西方沖地震における 建築構造物の被害と地震時挙動

松田泰治1・入江達雄2・スマヤ アラン 3・松本英敏4

 ¹熊本大学工学部環境システム工学科 教授 (〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2-39-1) E-mail:mazda@kumamoto-u.ac.jp
 ²(株)建設技術研究所九州支社道路・交通部 部長
 (〒810-0041 福岡市中央区大名2-4-12 CTI福岡ビル) E-mail:.irie@ctie.co.jp
 ³(株)建設技術研究所九州支社道路・交通部
 (〒810-0041 福岡市中央区大名2-4-12 CTI福岡ビル) E-mail:allan@ctie.co.jp
 ⁴熊本大学工学部技術部 (〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2-39-1) E-mail: matsu@tech.eng.kumamoto-u.ac.jp

2005年3月20日10時53分頃,福岡県西方沖(北緯33.7度,東経130.2度,福岡市の北西約 40km)を震源とするマグニチュード(M)7.0の地震が発生した.この地震により,福岡市では 震度6弱を記録し,震源に近い玄界島,志賀島,糸島半島北端と警固断層沿いの大名・今泉で 多数の構造物の被害が発生した.ここでは福岡県西方沖地震における建築構造物被害の概要と,典型 的な被害事例の考察結果や免震建物の挙動評価結果について示す.

Key Words : building structure, seismically isolated structure, west off Fukuoka prefecture earthquake, damage, earthquake response

1.はじめに

2005 年 3 月 20 日 10 時 53 分頃,福岡県西方沖 (北緯 33.7 度,東経 130.2 度,福岡市の北西約 40km)を震源とするマグニチュード(M)7.0 の地 震が発生した.震源の深さは9kmである.この地 震により,福岡市では震度6弱を記録し,震源に近 い玄界島,志賀島,糸島半島北端と警固断層沿いの 大名・今泉で多数の構造物の被害が発生した.ここ では被害が甚大であったこれらの地区の建築構造物 の被災状況とそれらの地震時挙動に関して述べる.

消防庁災害対策本部より出された福岡県西方沖を 震源とする地震(第34報)によれば,5月12日8時 30分現在の九州・山口地方の住家被害の概要は表-1に示すとおりである.

表-1 に示すように福岡県及び近県の全壊建物は 133 棟,半壊建物は 244 棟,一部損壊は 8,620 棟であ る.被害は震源に近かった福岡県の福岡市に集中し ている.

表-1 九州・山口地方の住家被害¹⁾

	住家被害					
	全壊	半壊	一部損壊			
福岡	132	243	8,474			
佐賀	0	1	130			
長崎	1	0	13			
山口	0	0	1			
大分	0	0) 2			
合計	133	244	8,620			

福岡市災害対策本部²⁾によれば木造やプレハブの 戸建て系家屋の被害数は西区が最も多く,次いで東 区,早良区,中央区,博多区の順となっている.南 区と城南区は被害が少ない.非木造の共同住宅系家 屋の被害数は中央区が最も多く,次いで博多区,東 区,西区の順になっている.南区と城南区は殆ど被 害が無い.福岡市内の各地の震度は東区と中央区が 震度6弱,西区と早良区が震度5強,博多区と城南 区は震度5弱であるが,震源に近い西区の玄界島や 西浦,宮浦地区と東区の志賀島に特に被害が集中し ている.また,震度6弱を記録した中央区の舞鶴か ら大名,警固,薬院の警固断層沿いにも被害が認め られる.

2.建築構造物被害の概要

(1)中央区の舞鶴,大名,警固,薬院の被害

このエリアは福岡市の中心である天神地区に隣接 しており、飲食店、オフィスビル、マンション等が 混在するエリアである.この地区の直下には警固断 層が南北に走り、断層の西側で基盤が浅く、東側で は基盤が深くなっており, 東側には厚い堆積層が存 在する.大名にある免震建物の基礎上で観測された 地震記録によれば加速度はNS方向で最大489galとな っており,ここのエリアでは地震動が大きく増幅さ れたものと考えられる.代表的な被害事例を図-1~ 図-6に示す.図-1~図-4は今泉2丁目にある1998年 竣工のSRC造14階建てのマンションである.外見上 は外壁の剥離程度の損傷しか認められないが, 内部 では大きな被害が生じている.1階は駐車場であり 地面との境界部に段差等は認められるが,一階の柱 には損傷は認められない.しかしエレベータホール に入ると壁には明瞭なせん断亀裂が認められた.2 階以上は住居部分であるが目視確認を行った総ての 階で二次壁にせん断亀裂が認められた.また,二次 壁の損傷が大きな階では扉部分は面外方向に変形し ていた.住民からの聞き取り調査によれば,地震時 には非常に大きなゆれに見舞われ, 部屋の内部は本 棚,食器棚などが倒れガラスの破片等が散乱したと のこと.部屋によっては扉の変形により地震後の避 難に支障を来たしたため,隣人の助けを借りて窓を 破壊して脱出したとのことであった.



図-1 被害の大きかった今泉2丁目のマンション

図-5 は大名 1 丁目の鉄筋コンクリート造の 4 階建 てのビルで1 階の柱2本が大破して内部の鉄筋がむ き出しとなり折れ曲がった.廊下の壁にも亀裂が認 められ,応急危険度判定士が「危険」と判定した. 倒壊の恐れがあるため避難勧告がビル周辺部を含め て出された.図-6 は舞鶴2 丁目の材木店のビルで 同様に倒壊の恐れがあるため避難勧告がビル周辺部 を含めて出された.



図-2 エレベータホールの壁のせん断亀裂



図-3 住居部分の壁のせん断亀裂



図-4 面外変形した扉



図-5 倒壊の恐れがあるため周辺まで避難 勧告が出されたビル



図-6 倒壊の恐れがあるため周辺まで避難 勧告が出された材木店

図-7 の破線は大名地区にある免震建物の基礎部 で観測された NS 方向の地震動の加速度記録である. 最大加速度は 489gal を記録している.実線は免震 建物建設時の資料に基づき表層地盤を表-2 のよう にモデル化して SHAKE による解析を行った結果であ る.応答の位相はほぼ一致しているが,振幅に関し ては差異も認められる.この原因として地盤の不整 形の影響も考えられる.図-8 は大名地区で観測さ れた地震動の 5%減衰の加速度応答スペクトルであ る.0.4 秒から 0.7 秒付近が卓越しているのがわか る.大名地区の近傍では中層のマンション等の被害 が多数見受けられたが,一般に建物の固有周期(T) と高さ(Hm)の関係として次式がある.

> T=0.02H(S造) T=0.015H(SRC造, RC造)

階高を 3~4 mと仮定すれば, 階数 N に対して次 式ができる.

> T=0.06 N~0.08 N (S 造) T=0.045 N~0.06 N (SRC 造,RC 造)

上記の式でSRC造の14階建ての固有周期を概算す ると0.63~0.84秒となり先の加速度応答スペクトル の卓越周期ともほぼ一致する.したがって,大名地 区の中層のマンションは地盤の卓越周期に対して共振した可能性も考えられる.



図-7 大名地区で観測された地震動(免震基礎部 NS 成分)

表-2 SHAKE による解析に用いた地盤データ

	深さ(m)	せん断波速度(m/s)	単位体積重量(tf/m³)		
	6.0	160	1.80		
	12.0	209	1.80		
	13.0	249	1.80		
	14.5	361	1.80		
	23.5	228	1.70		
	31.0	353	1.90		
	34.0	289	1.75		
	38.3	323	1.90		
	41.0	277	1.75		
	45.0	408	1.90		
49.2		362	1.80		
	60.5	508	1.95		



図-8 大名地区の地震動の加速度応答スペクトル

(2)玄界島の被害

玄界島は,糸島半島から海上を北に3km ほど隔て て浮かぶ,周囲 4km,標高 218m(遠見山),面積 117 k mの小島である.島の人口はおよそ 800 人ほ どで,大半は漁業を営んでいる.家屋のほとんどが 南東部の斜面に建てられていて,迷路のように入り 組んだ石段が島の人々の生活道路である. 玄界島は 今回の福岡県西方沖地震の震源からは約8kmで,家 屋のほとんどが斜面建てられていたこともあり,擁 壁の被害とあいまって多数の家屋に大きな被害が発 生した.代表的な被害事例を図-9~図-11 に示す. 目立った被害としては老朽化した木造家屋の倒壊や 屋根の被害,および擁壁の崩壊に伴う連鎖的な家屋 の被害である.表-3 に示すように 2 階建以下の木 造住宅は建設年の旧い物ほど壁の量が少ないため地 震に対して脆弱であり,被害が大きい結果となって いる.新しい住宅は斜面に建っているものも含め, 殆ど被害は認められなかった。



図-9 倒壊した木造倉庫 玄界島



図-10 傾斜した木造家屋 玄界島



図-11 1階が倒壊寸前の住宅 玄界島

建築物	屋	根およ	び壁	屋根の軽い建			
の種類	の	重い建	築物	築物			
	ন্য	2 階建		2 階建		望	
	屋	1 階	2 階	屋	1 階	2 階	
昭和 25	1	16	10	0	10	0	
年改正	2	10	12	0	12	0	
昭和 34	1	24	24 15	10	21	10	
年改正	5		15	12	21	12	
昭和 56	1	33	22	21	11	20	15
年改正	5		21		29	15	

表-3 木造住宅における必要壁量の変遷(cm/m²)

(3)西浦・宮浦地区の被害

西浦・宮浦地区は福岡市西区の糸島半島北端にあ り,玄海島同様に福岡県西方沖地震の震源からは約 10kmの距離と近く大きな揺れで多数の被害が発生 した.住宅街は沿岸部の平地であり,玄界島のよう な急傾斜地は少なかった.被害の形態は玄界島と類 似しており老朽化した木造家屋の被害や屋根の被害 が多数見受けられたが,新しい住宅の被害は認めら れなかった.代表的な被害事例を図-12~図-13 に 示す.



図-12 木造住宅の屋根の被害 西浦



図-13 壁の大きな亀裂 西浦

(4) 弘,勝間,志賀地区の被害

弘,勝間,志賀地区は福岡市東区の北西端に位置 し,玄界島や西浦・宮浦地区と同様に福岡県西方沖 地震の震源からは約15kmの距離と近く大きな揺れで 多数の被害が発生した.住宅街は志賀島の沿岸部の 平地と丘陵部にあり,玄界島のような急傾斜地は少 ない.ここでの被害も玄界島や西浦・宮浦地区と同 様であった.老朽化した木造家屋の被害や屋根の被 害が多数見受けられるが,最近建設されたと思われ る住宅では構造的被害は全く見受けられない.代表 的な被害事例を図-14~図-15に示す.



図-14 屋根と外壁の被害 勝馬



3. 大名地区の免震建物の挙動^{3),4)}

(1)建物および免震装置概要

CTI 福岡ビルは,地上7階建て(高さ 29.2m)の鉄 筋コンクリート造・耐震壁併用ラーメン構造で,総重 量は約6800トンの免震建物である.免震装置には,高 減衰積層ゴムが使用されている.地下の免震ピットに,

750 (6mm×27 層)が 19 個, 900 (8mm×20 層) が 2 個の合計 21 個が設置されている.地震観測用の加 速度計は,地下 65m (Vs 500m/sの基盤上),免震基 礎部(地表面 - 1.80m),建物1階床上,及び7階の屋 上の4箇所に NS,EW,UDの各3成分が設置されている. 免震建物の構造概要を図-16 に示す.



図-16 免震建物の構造概要

(2)免震建物の地震時挙動

最も大きな加速度が免震基礎部で観測された N-S 成 分の応答加速度波形を図-17 に示す.

免震基礎部の入力加速度 489gal に対して,1 階床上 で 238gal,7 階屋上で 234gal となっており加速度は約 1/2 に低減され,免震効果が確認された.

EW 方向では免震基礎部の入力加速度 310gal に対して,1 階床上で140gal,7 階屋上で126gal となってお

り,同様に免震効果が確認された.地震発生時に7階 のフロアにいた職員によれば建物は大きくゆっくり, 長い時間揺れていたが,書棚の転倒や書類の落下など は殆ど無かったとの事である.



図-17 観測記録と解析結果の比較



図-18 解析モデル

(3)解析的検討

解析モデルは各階床と 7 階屋上に質量を集中させた 8 質点系のせん断ばねモデルとした.建物部分は各層 を設計時に用いたトリリニアモデルとした.免震装置 に関しては,まず免震基礎部と 1 階床上の加速度の差 より相対化速度を求め,2 回積分により相対変位を算 出した.最大値は NS 方向で約 19.5cm (ゴムせん断ひ ずみ 122%相当)となったので,この結果に基づき高 減衰積層ゴム支承の設計式より等価剛性及び等価減衰 定数を設定した.EW 方向に関しても同様の取り扱い を行った.図-18 に 8 質点振動系モデル示す.

観測記録と解析結果の応答加速度の比較を図-19 に 示す.解析結果は免震建物の挙動をほぼ模擬できたと 考えられるが,2次モードや評価等に関してはより詳 細な検討が必要と考えられる.



図-19 免震建物の地震時

(4) 窓ガラスの損傷

中央区天神の中心部にある天神交差点に面した福 岡ビルでは地震の際に窓ガラス 444 枚が割れて歩道

上に散乱し通行人が怪我をした,被害の状況を図-20~図-21 に示す.このビルは 1961 年に建てられ た SRC 造, 地上 10 階・地下 3 階, 建築面積 3500 m 2の店舗兼オフィスビルである.窓ガラスは大半が 開閉できないはめ込み式の窓であった.窓ガラス破 損の原因は窓ガラスを固定するシーリング材に硬化 性のパテを使用したため構造物の変形にガラスが追 従できなかったためである.1978年の宮城県沖地 震で同形式の窓で多くの同様の被害が出たことから, 同年建設省告示として屋外に面したはめころし窓の 施工に関しては硬化性シーリング材の使用を禁じて いる、5)福岡ビル以外でも周辺のいくつかのビルで 窓ガラス数枚の破損が認められた.また,福岡市東 区の福岡女子大や北九州市小倉北区の小倉拘置支所 でも 200 枚近くのガラスが割れたり , ひびが入るな どの被害が報告されている.



図-20 地震直後の福岡ビルの状況(その1)



図-21 地震直後の福岡ビルの状況(その2)

4.まとめ

土木学会地震被害調査団のメンバーとして地震発

生直後から建築構造物の被害を中心に被災地を調査 した結果を以下にまとめる.

- 建築構造物の被害は震源に近い玄界島,志賀島, 糸島半島北端部に集中していた.
- ・ 平屋および二階建ての木造家屋の被害は耐震基準の変遷が示すとおり,壁の少ない老朽化した家屋ほど被害が大きい結果となった。
- ・ 玄界島では南側斜面に家屋が集中していたため, 斜面崩壊が被害を増大させた。
- 大名地区では警固断層の東側で基盤が深く厚い 堆積層が存在するため,地盤の不整形の影響も 加わり地震動が増幅し,被害が増大したものと 考えられる.
- 大名地区では低層の建物に比べ中層の集合住宅の被害が大きい傾向が認められ,共振した可能性も考えられる.

福岡市は一世紀以上に渡って震度 5 以上の強い揺 れを経験していない.このため他の地域に比べて地 震に対して脆弱な構造物が数多く現存している.今 回の被災を契機に既存構造物の耐震性の確認を行う ことは重要と考えられる

謝辞:貴重な写真を御提供いただきました㈱建設技 術研究所 和泉大作氏にはここに記して謝意を表し ます.

参考文献

- 1) 福岡県西方沖を震源とする地震(第34報),消防庁 http://www.fdma.go.jp/bn/2005/index.html
- 2) 福岡県西方沖地震に関する情報,福岡市災害対策本部 http://www.city.fukuoka.jp/index.html
- 3)入江達男,松田泰治,スマヤアラン:福岡県西方沖地 震による免震構造ビルの免震効果の検証,土木学会年 次学術講演梗概集,2005年〔投稿中〕
- 4)入江達男,松田泰治:福岡県西方沖地震における大名 地区の免震建物の挙動,日本建築学会大会梗概集, 2005年〔投稿中〕

5)日本板硝子技術資料

(2003.6.16 受付)

Damage of building structures and their earthquake response at west off Fukuoka prefecture earthquake

Taiji MAZDA, Tatsuo IRIE, Allan D. Sumaya, Hidetoshi MATSUMOTO

West off Fukuoka prefecture earthquake with magnitude of 7.0 occurred at northwest part of Fukuoka city on March 20th 2005. Many building structures had heavy damages. This paper deals with the damage of building structures in Genkai Island, Shika Island, Itoshima Peninsula near the hypocenter and Daimyo area near Kego fault. Fortunately, A seismically isolated building was Daimyo area. Observed earthquake response of the building is analyzed and discussed in this paper.