

2005年福岡西方沖地震による福岡市内の RC構造物の被害調査報告

木村祥裕*・天本朱美**・修行稔*

Report of Damage to RC Building Structures Cause by Fukuoka Seihouoki Earthquake in 2005

by

Yoshihiro KIMURA*, Akemi AMAMOTO** and Minoru SHUGYO*

The Fukuoka Seihouoki Earthquake, magnitude 7.0, occurred at 10:53 A.M. on March 20th 2005. Its hypocenter lay 9km beneath the about 40km northwest offing of Fukuoka. In Fukuoka, it recorded seismic intensity a little less than 6 at the maximum. Severe structural damage was primarily observed in old RC structures. New RC structures were damaged to non-structures such as windows and faced walls. In reclaimed land such as Hakata port wharf, the damage by liquefaction was seen. This report investigates the damage situation for RC structures and Hakata port in Fukuoka.

Key words : *Fukuoka Seihouoki Earthquake, acceleration reply spectrum, new earthquake proofing design method, liquefaction*

1. はじめに

2005年3月20日午前10時53分、九州北部でマグニチュード7.0の地震が発生した。震源地は福岡市北西約40km沖、震源の深さは9kmである。福岡市中央区及び東区、前原市、佐賀県みやき町では震度6弱を記録し、福岡市西区及び早良区、久留米市等では震度5強を記録した。消防庁の記録によると、4月6日8時30分現在、住宅被害は全壊453棟、半壊1028棟、一部破損3835棟となり、人的被害は死者1名、負傷者775名となっている¹⁾。

本報は福岡市内のRC構造物及び博多港の被害状況の調査報告である。調査地域は図1.1の●で示す福岡市中央区大名付近、今泉付近、及び博多港埠頭である。



図1.1 福岡市被害調査地域

平成17年6月24日受理

* 構造工学科 (Department of Structural Engineering)

** 生産科学研究科環境システム工学専攻 (Faculty of Science and Technology Department of Environmental Systems Engineering)

2. 福岡市観測点における福岡西方沖地震波の特性

2.1 加速度時刻歴

図 2.1, 2.2 に 3 月 20 日に発生した地震動の NS 方向, EW 方向の加速度を時刻歴で表したものである²⁾。横軸は継続時間(sec), 縦軸は加速度(gal)である。地震動の継続時間は 200 秒程度であるが, ここでは地震発生から 60 秒までの加速度を示している。最大加速度は NS 方向で 275gal, EW 方向で 212gal である。

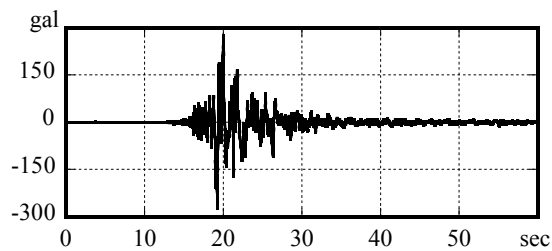


図 2.1 加速度時刻歴(NS 方向)

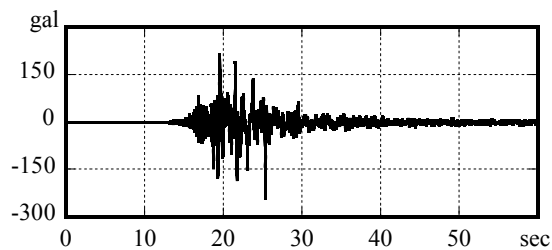


図 2.2 加速度時刻歴(EW 方向)

2.2 一質点系弾性加速度応答スペクトル

図 2.3, 2.4 に NS 方向, EW 方向の一質点系弾性加速度応答スペクトルを示している。横軸は一質点系の固有周期 $T(\text{sec})$, 縦軸は応答加速度(gal)である。図中の縦線はそれぞれ大きな被害を受けた大名地区の 5 階建て RC 構造物と今泉地区の 12~15 階建て RC 構造物の固有周期 $T=0.225, 0.6(\text{sec})$ を示している。建物の階高 3m とすると, 5 階建て RC 構造物は高さ $H=15\text{m}$, 12~15 階建て RC 構造物は概ね高さ $H=40\text{m}$ となり, RC 構造物の固有周期 T は次のように近似できる³⁾。

$$T=0.015H(\text{sec}) \quad (1)$$

ここで, H : RC 構造物の高さ(m)である。また, 減衰定数は構造物の高さ H に反比例する次式で示される³⁾。

$$h=0.999/H \quad (2)$$

5 階建ての場合, $h=0.067$, 12~15 階建ての場合, $h=0.025$ 程度となり, 加速度応答スペクトルは図中の各線に示す通りとなる。 $T=0.225(\text{sec})$ では NS 方向, EW 方向で

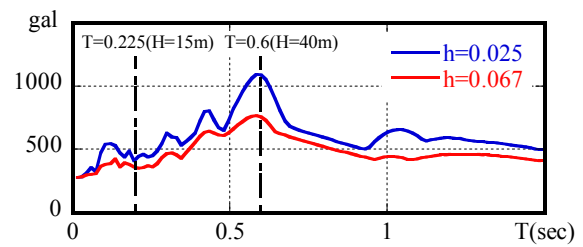


図 2.3 弾性加速度応答スペクトル(NS 方向)

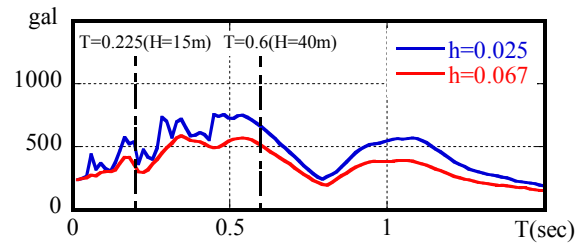


図 2.4 弾性加速度応答スペクトル(EW 方向)

応答加速度が 500gal 程度, $T=0.6(\text{sec})$ では NS 方向で 1100gal 程度でピークとなっており, EW 方向で 700gal 程度となっている。また, 大名地区の 22 階建ての RC 構造物ではほぼ無被害であった。これは, (1)式より固有周期 $T=1.0(\text{sec})$ 程度となり, 加速度応答値は $h=0.02$ で 500~600gal 程度となることから, 12~15 階建て RC 構造物に比べて値がかなり小さくなっているためと思われる。

3. RC 構造物の被害状況

図 3.1, 3.2 はそれぞれ, 調査を行なった福岡市中央区大名, 今泉の拡大図である。図中の一は各写真の撮影方向である。各地点における被害状況は以下に示す通りである。



図 3.1 大名付近の被害調査場所



図 3.2 今泉付近の被害調査場所

3.1 中低層 RC 建造物の被害状況

写真 3.1, 3.2 は福岡市中央区大名付近の建物の構造被害状況である。写真 3.1, 3.2 は 5 階建て RC 建造物(建物 A)である。写真 3.2 は写真 3.1 の○で囲んだ部分を拡大したものである。この建物は 1 階部分のピロティ柱が NS 方向にせん断破壊している。また、4 階建て RC 建造物(建物 B)の柱も同様のせん断破壊を生じている。なお、この 2 つの建物は 3 月 22 日現在、福岡市の調査による結果(被災建築物応急危険度判定結果)、危険と判断された⁴⁾。

これらの RC 建造物は 1981 年の新耐震設計法施行以前の建造物であると思われる、今回の地震動に対して相対的に強度が不十分であったことが構造的被害の原因であると考えられる。また、建物 A はピロティ形式であることから 1 階部分の剛性・耐力が他の階に比べて相対的に弱いために損傷が集中したものと考えられる。



写真 3.1 1 階ピロティ柱のせん断破壊
写真 3.2 せん断破壊部分の拡大

3.2 高層 RC 建造物の被害状況

写真 3.3 は福岡市中央区今泉付近の建物の被害状況である。写真 3.3 は 12 階建ての RC 建造物(建物 C)で、外壁にせん断ひび割れが見られる。

写真 3.4~3.7 は 15 階建て RC 建造物(建物 D)の被害



写真 3.3 外壁のせん断ひび割れ



写真 3.4 エキスパンションジョイントの被害



図 3.5 外壁の剥落

状況である。写真 3.4 のエキスパンションジョイント部分の内側付近では写真 3.5 のように、外壁のコンクリートが剥落し、鉄筋が曲げ変形している。写真 3.6, 3.7 はこの RC 建造物の 1 階駐車場部分であり、非構造壁や天井の一部分が剥落している。このように、この建物では非構造体の被害は多数見られたが、構造体の被害は見られなかった。

写真 3.8~3.12 は 14 階建て RC 建造物(建物 E)の被害状況である。写真 3.8 の○で囲んだ部分を内側から見ると、写真 3.9 のような状態であった。構造体に被害



写真 3.6 非構造体の被害



写真 3.7 天井の剥落



写真 3.8 1階駐車場



写真 3.9 雑壁のせん断破壊



写真 3.10 1階ホール壁の剥落

はないものの、雑壁に応力が集中し、著しい損傷を生じている。1階ホールでは写真 3.10 のように壁タイルが剥落し、コンクリート壁はせん断破壊を生じている。また、この建物の裏側では写真 3.11 のように廊下と階段の接合部に応力が集中し、局所的にコンクリートが剥落している。写真 3.12 は写真 3.11 の○で囲んだ部分を拡大したものである。この建物は最上階から 12 階までの被害は小さかったが、これより下の階になるに従い被害は大きくなっていくことが報告されている⁵⁾。

写真 3.13、3.14 は 14 階建て RC 構造物(建物 F)の被害状況である。1 階部分では壁の一部が剥落し、ベランダと壁の接合部にひび割れが生じている。この建物でも非構造体の被害は多数見られたが、構造体の被害はなかった。

このように、この付近の新耐震設計法以降の建築基準法による建物では、構造体に被害は見られなかったものの、12～15 階建ての RC 構造物の非構造体に被害が集中していた。12～15 階建て RC 構造物は十分な保有耐力を有していたものの、これらの固有周期が NS 方向の応答スペクトルのピークであった。そのため、構造物の塑性変形に伴い、構造部材に取り付けていた雑壁やベランダ等の非構造部材が主架構の水平変形に追従できずに応力集中が生じ損傷を受けたものと思われる。一方、建物 C の正面にある 22 階建ての RC 構造物は弾性加速度応答スペクトルの絶対値が小さかったために構造体だけでなく非構造体にも被害は生じていなかった。



写真 3.11 接合部の応力集中によるコンクリートの剥離



写真 3.12 破壊箇所の拡大



写真 3.13 非構造壁のコンクリート剥落



写真 3.14 ベランダ接合部の破壊

4. 博多港埠頭の液状化現象及び周辺の建造物の被害状況

写真 3.15, 3.16 は地震後の博多港埠頭の液状化現象の様子である。液状化とは間隙水圧が上昇して有効応力が減少する結果、飽和砂質土がせん断強さを失う現象である。液状化に伴い土砂が流出したため、写真 3.15 のようにアスファルトには多くのひび割れが生じ、陥没している部分も見られた。また、写真 3.16 のように地盤は岸壁と比べて約 130cm 沈下していた。しかし、博多港埠頭の建造物に被害は見られなかった。



写真 3.15 博多港埠頭アスファルトのひび割れ



写真 3.16 博多港埠頭での液状化による地盤の沈下

5. まとめ

福岡西方沖地震の RC 建造物と博多港埠頭の被害調査結果をまとめると次のようになる。

- 1) 高さ 15m 程度の 5 階建て RC 建造物は、NS 方向及び EW 方向で弾性応答加速度が 500gal 程度と小さかった。しかし、1981 年の新耐震設計法以前の建築基準法で設計された建物は、構造体に著しい被害を受けた。特に 1 階ピロティ部分の柱はせん断破壊を生じた。
- 2) 高さ 40m 程度の 12～15 階建て RC 建造物は、NS 方向の弾性応答加速度が 1100gal でピークになったことから、多くの被害を生じた。新耐震設計法以降の建築基準法で設計された建物は、構造躯体に被害は見られなかったものの、非構造体に多くの被害が見られた。
- 3) 博多港埠頭などの埋立地では、建造物に被害は見られなかったものの、液状化により土砂が流出し、地盤が陥没するといった被害が見られた。

参考文献

- 1) 総務省消防庁：福岡西方沖を震源とする地震 (<http://www.fdma.go.jp/detail/575.html>), 2005.4.6
- 2) 独立行政法人 防災科学技術研究所：強震観測網 (K-net) データ (<http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>)
- 3) 日本建築学会：建築物の減衰「5.2 建築物の減衰 RC 系建物」pp.137～143, 2000
- 4) 国土技術政策総合研究所 建築研究部, 建築研究所 構造研究グループ：福岡西方沖地震 現地被害調査報告, 2005.3.25
- 5) 瀬尾和大：2005 年 3 月 20 日福岡県西方沖地震調査速報(第 5 報), 2005.5.10