

高層マンションの直下地震対策のための予備調査 —2005年福岡県西方沖地震からの教訓—

○瀬尾 和大¹⁾, 元木 健太郎²⁾, 上田 遼³⁾, 馬淵 ゆみ⁴⁾

- 1) 東京工業大学 総合理工学研究科 人間環境システム専攻, seo@enveng.titech.ac.jp
- 2) 東京工業大学 総合理工学研究科 人間環境システム専攻, kmoto@enveng.titech.ac.jp
- 3) 東京工業大学 総合理工学研究科 人間環境システム専攻, uedaryo@enveng.titech.ac.jp
- 4) 東京工業大学 総合理工学研究科 人間環境システム専攻, mabuchi@enveng.titech.ac.jp

1 はじめに

2005年3月20日の福岡県西方沖地震(M7)は、わが国でも地震活動度が著しく低い地域の被害地震であり、福岡市街地直下に位置する警固断層との関係が注目されるなど、大きな問題を含んでいるが、関東圏ではすでに忘れ去られている感がある。震源に最も近い玄界島の被害は当然ながら当初は注目されたが、地震から2年後の現在、被災地は解体作業から復興事業へと移行しつつあり、復興計画によれば、約200世帯の被災住宅は宅地ごと福岡市が買い上げ、あと1年をかけて補強整備した宅地や復興住宅は改めて被災者に分譲されることである。実はその外にも、福岡市の市街地において高層マンションの非構造部材に無視しがたい被害が発生しており、都市地震防災上の問題が数多く提起されている^{[2],[3]}のでここに報告しようと考えた次第である。本報では、この高層マンションの問題にもつばら着目して、地震から2年後の状況を報告しようとするものである。

震源分布図(図中の右上の= (数字)は、表示した地震の総数を表す)
記号の大きさが地震のマグニチュードを、形が震源の深さを示す

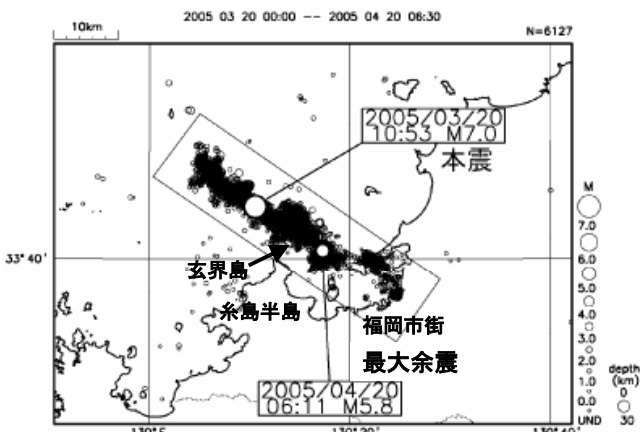


Fig.1 Distribution of main shock and aftershocks of the 2005 Fukuoka-Oki earthquake (after a quick report by JMA).

2 警固断層付近の地下構造と地震動強さ

今回の地震災害が契機となり、福岡市の中心部をほぼ南北に貫通する警固断層の存在が一般にも知られるようになってきた。この警固断層のごく近傍では、断層運動によって形成された地下構造の局地的差異によって、ごく限られた地域のみ堆積層が厚く分布し、地震動を数倍に増幅して、中高層建物の地震動による応答を著しく大きくしているようである^[6]。

このことを確認するために、図2に示すごとく、地域で唯一のK-NET(FK0006)を起点として警固断層を横切る

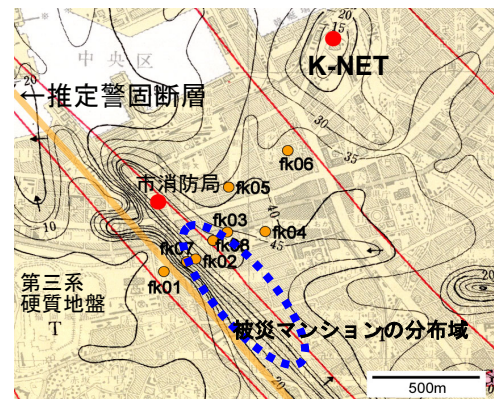


Fig.2 Discontinuity of soft soil sedimentation due to Kego fault^[1] and stations for aftershocks (fk01~fk08).

測線fk01~fk08による余震観測を実施し、例えば図3に示すような余震記録が多数得られている(fk07,08は盛り換え用の観測点であるため図3では記録は観測されていない)。

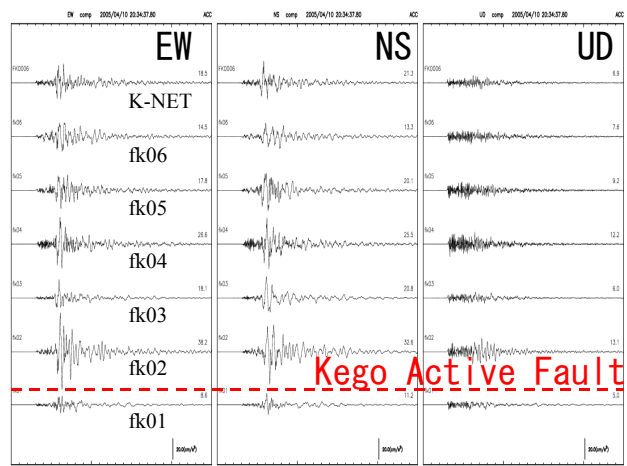


Fig.3 Wave form in velocity for an aftershock (Apr10, 2005)

一般に K-NET 地点から警固断層に向かって地震動は大きくなり、警固断層を横切ると直ちに地震動は小さくなる。このような傾向は図4の応答スペクトルで見るとより鮮明であり、図5に示すように、常時微動測定によっても全く同様の結果を得ることができる。また、このように警固断層を挟んだ東西で地震動特性が極端に異なる傾向は、写真1に見られるように墓石転倒率の大きな差異にもよく現れている。すなわち、警固断層を挟んだ西側の

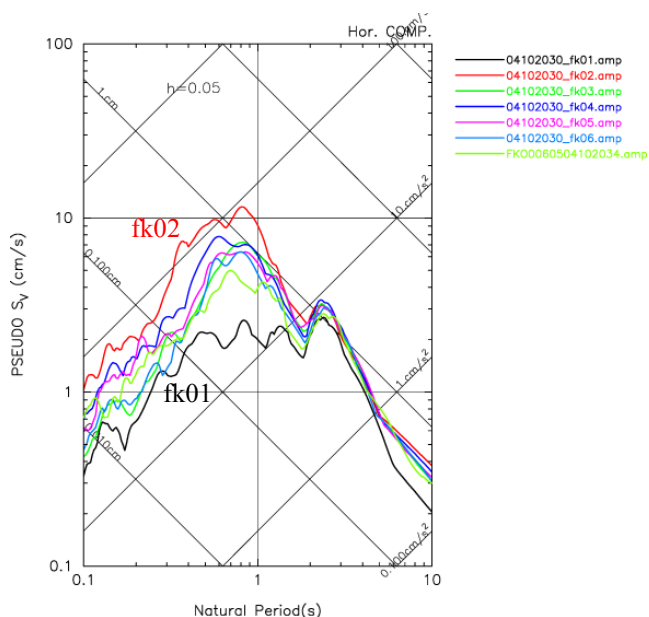


Fig.4 Response velocity spectra ($h=0.05$) of the aftershock motions in Fig.3 (NS component).

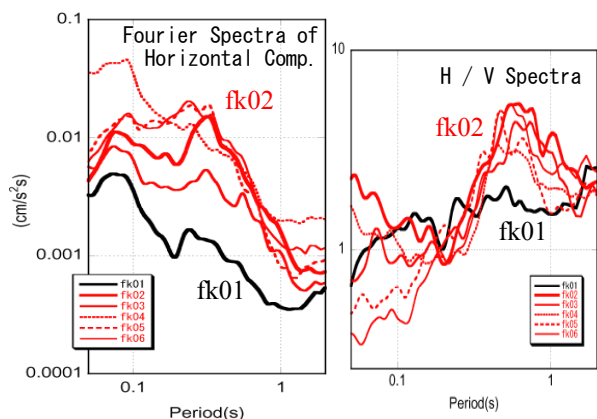


Fig.5 Fourier spectra of microtremors (the left: horizontal component) and H/V ratios of microtremors (the right), those were measured at the stations for aftershocks. Quite similar spectral shape could be seen between aftershocks and H/V ratios of microtremors.



Photo.1 Different overturning ratios of tomb stones showing different strong ground motions during the quake. Just eastern side from the Kego fault showed very high overturning ratio of 20 through 30 % (the left), although the western side from the fault showed only a few percent (the right).

硬質地盤上の観測点 fk01 と断層のすぐ東側に位置する堆積地盤の fk02 とでは、周期 0.5~1.0 秒付近のスペクトル振幅に 3 倍以上の違いが見られ、本震の際も同様であったろうと考えられている^[6]。

3 中高層マンションの被災状況

地震直後は玄界島の陰に隠れて殆ど知られていなかったが、福岡市中央区の中高層マンションに大きな被害が発生しているとの情報は、地震から 1 ヶ月ほど経過してからマスコミを通して伝えられるようになった^[4]。その多くは、今泉 2 丁目から薬院 3 丁目に至る地域の、前述の余震観測点 fk02 のように警固断層のすぐ東側の堆積層の厚い地域に建設されていたものばかりであった。しかも鉄筋コンクリート造 14, 15 階建ての新築あるいは建設後 5 年以内という新しいマンションに被害が多かったことも、今回の特色の一つである。

例えば今泉 2 丁目のあるマンション(以下ではマンション A と称する)では、14 階から 12 階までの上層階では非常に軽微な被害(壁にヘアークラックが認められる程度)であったが、それ以下の階では下階にゆくに従って、建物長辺方向の非構造壁のせん断被害が大きくなり、同じ面内にある玄関ドアを押さえつけ、ドア本体に大きな面外変形を生じさせるほどであった(写真 2)。被害が生じたのは建物の長辺方向のみで、その直交方向には被害が発生していない。これまで建築構造の世界では、このような非構造壁の被害事例について、災害時にはやむを得ないものと考えられてきたが、被災した居住者にしてみればそのように簡単に割り切れるものではない。特に、このために玄関ドアが変形拘束され、地震時の緊急避難ができなかったことに対して、建築関係者は事態を真摯に受け止める必要があるものと考えられる^{[5], [7], [8]}。



Photo.2 Residential building "A" suffered quite a heavy damage on non-structural walls. One serious problem was that the failure of such walls pushed the neighboring entrance doors and disturbed evacuation activities of residential people (2-chome, Ima-izumi, Chuo-ku, Fukuoka city).



Photo.3 Residential building "B" showed pounding and suffered non-structural damage such as collapses of side-walls (the right upper) and permanent gap between two parts (the right lower). (3-chome, Yaku-in, Chuo-ku, Fukuoka city)

警固断層に沿ってさらに南方の薬院地区では、2 棟から成る 15 階建てマンション(以下ではマンション B と称する)がエキスパンションジョイント部分で衝突を起こし

ており、その結果、重量 500kg もある手摺り壁のコンクリート塊を 10 階から地上の玄関脇に落下させたり、弱い方の棟の非構造部材に亀裂が発生したり、2 棟間に相対的な残留変形を残すなどの間接被害を発生させている(写真 3)。

4 中高層マンションの振動特性調査

これらのいくつかのマンションでは、微動を用いたごく簡便な振動測定を実施する機会があった。当面、知ることができたのは、建物各方向の微振動レベルでの固有周期のみであるが、結果には非常に興味深いものがあるので以下に述べてみたい。

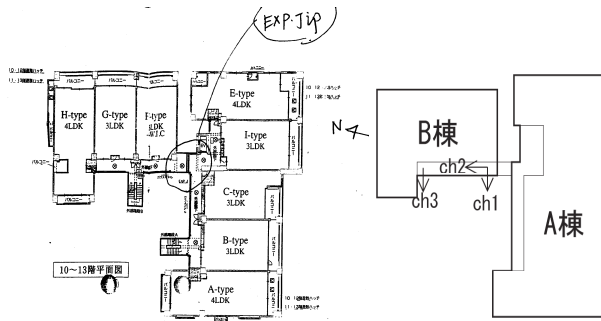


Fig.6 Plan of residential building “B” with an EXP.J and the arrangement for a measurement of ambient motions.

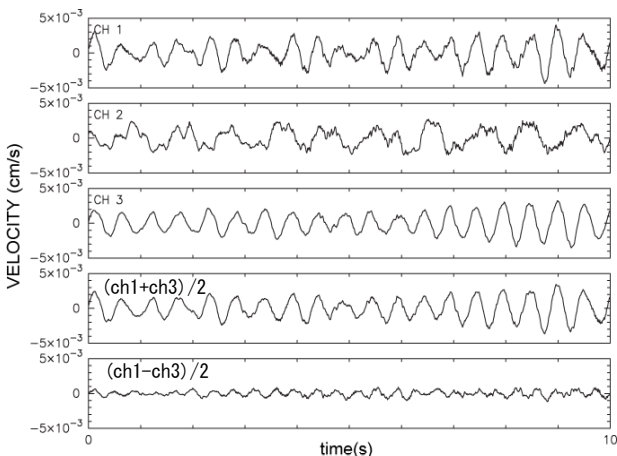


Fig.7 An example of measured ambient motions. Three components from CH1 to CH3 were used just showing as Fig.6 (the right). Components of sway and torsion were identified using CH1 and CH3 as the bottom figures, respectively.

マンションAにおいて、非構造壁の被害が著しかったのは長辺方向であり、短辺方向には殆ど損傷らしいものは認められていない。上記の振動測定を実施したのは 2005 年 7 月であったので、建物は地震直後の状態に保たれていた。図 8 上段や表 1 から判るように、マンションAでは、短辺方向に比して長辺方向の固有周期が 1.64 倍も長く、このことは長辺方向の水平剛性が短辺方向に対して 0.37 倍でしかないことに対応している。ここで問題は、非構造部材に被害が発生したためにこのような結果になったのか、あるいは、このような剛性の違いが存在していたために長辺方向のみに被害が発生したのかであるが、結果は恐らく後者の方であろうと推察される。このことを確認するためには地震に遭遇する以前の測定結果との対比が必要であるが、今となっては、修復が完了した後に再度、振動測定を実施するしか方法は残されていない。

マンションBでは、A・B 両棟の振動特性の差異が気になるところであり、特に B 棟長辺方向が極端に軟らかい

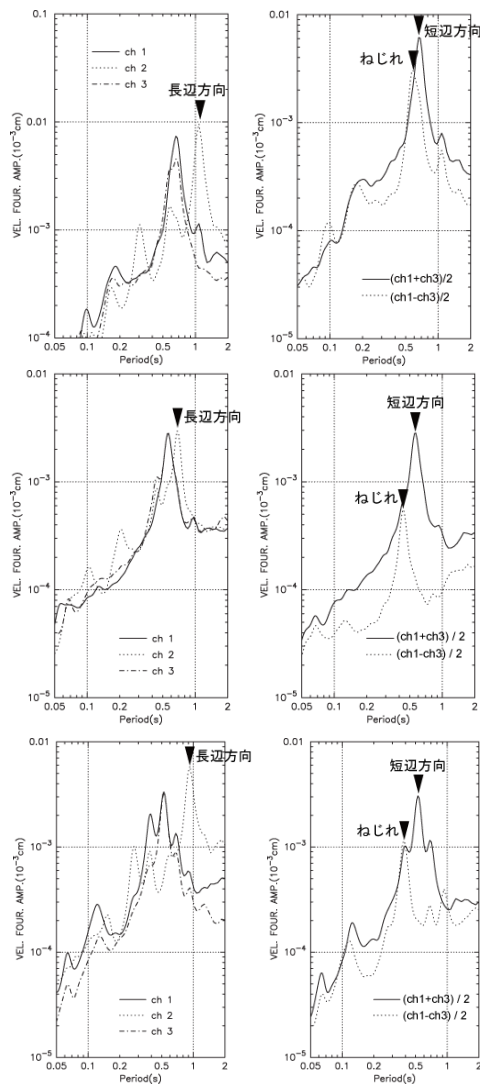


Fig.8 Dynamic characteristics for individual residential buildings observed by ambient motion measurements. (the left: Fourier spectra for measured three components, the right: the components of sway and torsion, the top: Bldg. “A”, the middle: Part A of Bldg. “B”, the bottom: Part B of Bldg. “B”)

Table 1 Natural periods in seconds for individual directions of each building.

	Long side	Short side	Torsion
Bldg. “A”	1.08s	0.66s	0.59s
Bldg. “B” (Part A)	0.68s	0.57s	0.44s
Bldg. “B” (Part B)	0.93s	0.53s	0.39s

ことがエキスパンション・ジョイントでの衝突に関係していることは確かである。しかしこの場合にも、衝突によって周期が伸びたのか、固有周期が長かったのが衝突を起こしたのかは、本当のところ定かではなく、恐らく後者であったろうと推察するのみである。

5 2005 年福岡県西方沖地震の問題点

このような被害状況を総合してみると、建築物本体の構造被害と同様に、非構造部材の被害も軽視すべきではないとの結論に到達せざるを得ない。すでに述べさせていただいた中高層マンションの非構造壁の破壊による玄関ドアの変形拘束の問題、エキスパンション・ジョイン

ト部分の衝突の問題、他にも本報では割愛させていただいたが10階建SRC造オフィスビルにおける外壁ガラスの大量落下の問題など、いずれもが大きな検討課題を含んでいることを再認識すべきではないかと思われる。

各被災マンションでは、居住者で組織する管理組合が復旧工事のために個別に(マンション毎に)自治体や施工業者と折衝を行っているが、非構造部材の被害は建築基準法に抵触するものではないとの理由によって、大きな壁に跳ね返されているのが実情のようである。このように被災者に精神的・経済的苦痛を強いるような建築基準法であるならば早急に改めるべきであろう。なぜならこのような法令は、その時々の技術レベルに応じて、いわば人間の都合(それも居住者ではなく、建築に携わる側の都合)によって定められたものに過ぎないからである。

また今回の地震では、犠牲者が1名のみと非常に少なかったが、これは地震がたまたま休日の午前中に発生したことによる偶然に過ぎない。犠牲者が少なれば大した災害ではないとの誤解を我々は数多く繰り返してきたが、もし同様の災害が別の時間帯に発生したとしたら、はたしてどれだけ犠牲者が増えていたのかを検証してみよう。必要を痛感しているところである。いずれにしても、今回の地震災害から将来の東京首都圏で発生が懸念されているM7級の地震災害に対して多くの教訓が得られるならば誠に幸いである。

6 おわりに

結局、震災から1年を経過した現在、被災マンションのうちあるものは補強工事を完了しているが、一方では、非構造部材の被害のために日常生活に重大な支障があったにも拘わらず、建築基準法に抵触している訳ではないとの理由から、行政からも建築主(売主)や施工業者からも冷たくあしらわれ、復旧工事の折衝に孤軍奮闘を強いられているところも未だ存在している。折しも耐震強度偽装事件が2005年11月に発生したことから、多少は話をきちんと聞いてくれるようになったとのマンション被災者の声も最近では聞こえている。建築基準法が保障するという最低の基準とは何かについて見直してみる良い機会ではないかと考えるが、如何なるものであろうか？

謝辞

今回の調査にご協力戴いた被災地の多くの方々へ心か

らのお見舞いとお礼を申し上げます。特に被災マンションの管理組合には、調査の機会および関係資料をご提供いただきました。また気象庁と防災科学技術研究所にはウェブページを通じて余震情報やK-NETの地震記録を参照させていただきました。余震と微動の観測は東京工業大学の山中浩明助教授、九州大学の川瀬博教授との共同研究として実施しているものです。現地調査に要した経費の一部は平成17年度科研費基盤研究(A)(No.14205081)ならびに平成17年度科研費特別研究促進費(研究代表者：川瀬博九大教授)^[9]、COEプログラム『都市地震工学の展開と体系化』(代表者：大町達夫東工大教授)、および首都圏プロジェクト『首都圏大震災軽減のための実践的都市地震工学研究の展開』(同上)を活用させていただきました。以上のご関係各位には深甚なる謝意を表す次第です。なお、本報告の内容は昨年11月に開催されました第12回日本地震工学シンポジウムでも発表させていただきました。

参考文献

- [1] 福岡市地盤図作成グループ：福岡市地盤図，九州地質調査業協会，1981
- [2] 西日本新聞：2005.3.21～(朝・夕刊)
- [3] 西日本新聞社：特別報道写真集 福岡沖地震，2005.4
- [4] 坂井浩和：深刻な壁被害なぜ多発，朝日新聞社 AERA, No.24, pp.96-97, 2005.5.2-9 合併増大号
- [5] 瀬尾和大：2005年3月20日福岡県西方沖地震の被害について，震災予防，No.203, pp.30-34, 2005.7
- [6] 山中浩明・元木健太郎・瀬尾和大・川瀬博：2005年3月20日の福岡県西方沖地震の余震観測速報—警固断層周辺での地震動特性の理解を目指して—，震災予防，No.203, pp.35-36, 2005.7
- [7] 瀬尾和大：福岡県西方沖地震と非構造部材・設備診断の重要性，BELCA Letter, Vol.13, pp.2-5, 2005.8
- [8] 日本建築学会：2005年福岡県西方沖地震災害調査報告，2005.9
- [9] 川瀬博(研究代表者)：福岡県西方沖の地震の強震動と構造物被害の関係に関する調査研究，平成17年度科学研究費補助金(特別研究促進費)研究成果，2005.12