

2009年インドネシア・スマトラ島西部地震により被災したRC建物の被害分析 (その1) 被災建物の概要および微動測定結果

正会員 ○崔 琥*1 同 真田 靖士*2 同 朝長 拓也*3
同 Maidiawati*3 同 Yulia Hayati*3 Jafril Tanjung*4
同 倉本 洋*2 同 中埜 良昭*1

鉄筋コンクリート 地震被災建物 被害調査
微動測定 モード形状

1. はじめに

2009年9月30日にインドネシア・スマトラ島西部のインド洋沖(南緯0.72度, 東経99.86度, 深さ81km)において M_w 7.5(USGS)の地震が発生した。この地震により, 震源に近いPadang市において比較的規模が大きいRC造建物に数多く被害が発生したため, 筆者らは2回にわたって現地調査を実施した(1回目:2009年12月13日~20日, 2回目:2011年8月26日~29日)。本調査では, 典型的なRC造5階建て建物について被害調査¹⁾および微動測定を行った。本稿では, 調査対象建物の概要¹⁾および微動測定結果について報告する。

2. 調査対象建物の概要¹⁾

調査対象建物であるBPKP(Badan Pengawasan Keuangan Dan Pembangunan)²⁾はPadang市内中心部に所在する2003年に建設されたRC造5階建て公共建物(会計検査院)である。写真1に被災前後の外観を, 図1に被害が最も大きかった3階の平面図を部材の損傷度(青:桁行, 赤:梁間)と併せて示す。本建物では構造図面の内, 柱断面リストのみ入手できなかったため, 目視観察や鉄筋探査, シュミットハンマー試験(コンクリート強度:42MPa)により情報を収集した。表1に柱断面リストを示す。

被害が最も大きかった3階の損傷については, 図1に示すように西側構面の方が大きく, 特に構面④, ⑤の数箇所の柱頭部において主筋の座屈, 帯筋の破断が観察された(写真2)。構面②, ③においても主筋が露出した柱が多数見られた(写真3)。また, 文献3)に従って現地で行った被災度区分判定の結果を表2に示す。3階の梁間方向が大破と判定され, それ以外は小破または軽微であった。



(a) 被災前²⁾ (b) 被災後
写真1 調査対象建物の被災前後の外観

3. 微動測定

3.1 測定方法および測定位置

測定方法については, 測定機器に収録器(GEODAS-15-HS)およびピックアップ(ムービングコイル型速度計CR4.5-2型)を使用し, サンプリング周波数を100Hz, 収録時間を300秒間とした。全7ケースの計測ケースの内, 本稿の検討に用いた2ケースの測定位置を図2に示す。また, 測定時の様子を写真4および写真5に示す。

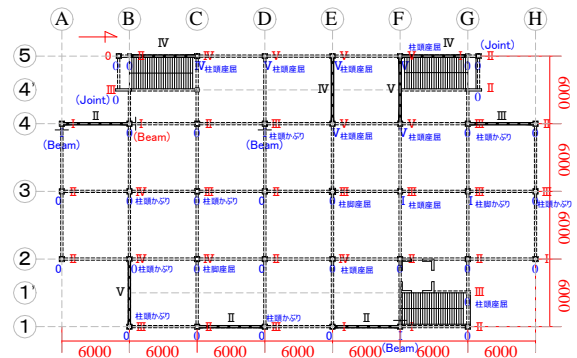


図1 3階平面図と損傷度判定結果

表1 柱断面リスト

1階, 2階 柱断面	3階, 4階 柱断面	5階 柱断面	壁柱断面
550×550	400×400	450×450	350×350
16D19(22)	8D19	12D19	8D19
		450×450	300×300
		12D19	8D19
			250×550
			8D19



写真2 損傷度Vの柱 写真3 損傷度IVの柱

表2 被災度区分判定結果

階数	桁行のR値	桁行の被災度	梁間のR値	梁間の被災度
1F	100.0	軽微	94.5	小破
2F	85.9	小破	89.4	小破
3F	85.0	小破	54.1	大破
4F	100.0	軽微	96.7	軽微
5F	98.6	軽微	99.3	軽微

3.2 測定結果

(1) 建物の卓越周期

図 2 に示す 2 つの計測ケースにおける 1 階に対する各階の常時微動水平成分のフーリエスペクトル比を図 3 に示す。各階/1 階の伝達関数による 1 次固有周期は、桁行方向について計測ケース 1 では 0.60 秒、計測ケース 2 では 0.89 秒で、梁間方向では両計測ケースともに 1.14 秒付近であった。損傷が大きい梁間方向の周期が桁行方向より大きく、実際の損傷状況と対応する結果となった。

(2) 建物高さ方向のモード形状

図 4 に建物高さ方向の 1 次および 2 次モード形状を示す。ここで、各周期における振幅スペクトル比が最大となる測定点を基準点とし (図 3 参照)、同じ周期におけるその他の測定点と基準点との位相差をフーリエ位相スペクトル値の差 $\Delta\theta$ として求め、振幅スペクトル値に余弦 $\cos\Delta\theta$ を乗じたものがモード形状を模擬すると仮定した。図 4 より、いずれの結果も同様のモード形状を示した。特に、2 次モード形状は 3 階柱頭部の損傷が大きかった実態をよく表している。

(3) 建物周囲地盤および Padang 周辺地盤の卓越周期

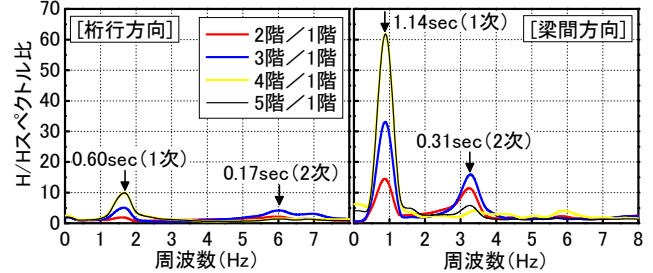
本測定では、建物敷地内の東側 (F-①柱 (図 1 参照) から東側に 15m) と南側 (A-④柱から南側に 10m)、また官庁区画内、中華街区画内および Andalas 大学 (それぞれ建物から北東方向に約 1km、南方向に約 2.5km、東方向に約 10km) で、それぞれ地盤の微動測定を行った。図 5 にその結果を示す。同図より、建物敷地内、官庁区画および中華街区画の地盤周期はそれぞれ 2.06 秒、1.61~1.65 秒および 1.75~1.79 秒と、やや長周期地盤であることがわかった。一方、山麓に位置する Andalas 大学は、H/V スペクトル比が 1.0 付近で分布していることから、岩盤に近い固い地盤であると考えられる。

4. まとめ

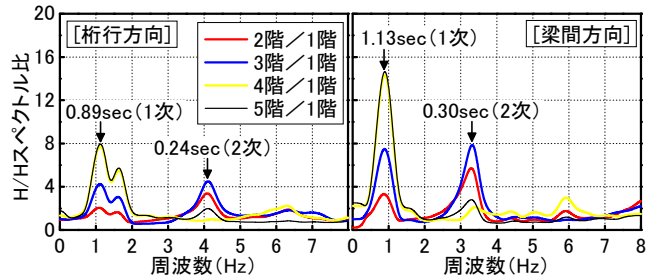
本稿では、主に調査対象建物の概要と微動測定結果について述べた。微動測定結果を用いた建物の周期およびモード形状は損傷実態とよく対応した。また、Padang 市内中心部の地盤はやや長周期であった。

参考文献

- 1) 倉本洋他：2009 年インドネシア・スマトラ島西部地震の調査速報、建築雑誌、Vol.125, No.1601, pp.55-62, 2010.3
- 2) ウェブサイト Panoramilio: BPKP Perwakilan Prov. Sumbar, <http://www.panoramio.com/photo/1470620>, 2009
- 3) 日本建築防災協会：震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針、2001.9

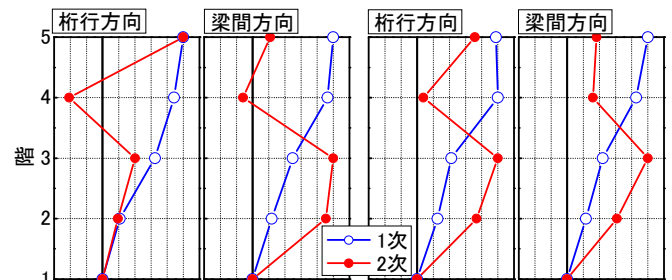


(a) 計測ケース 1 (D-⑤)



(b) 計測ケース 2 (D-②)

図 3 1 階に対する各階のスペクトル比



(a) 計測ケース 1 (D-⑤) (b) 計測ケース 2 (D-②)

図 4 建物高さ方向のモード形状

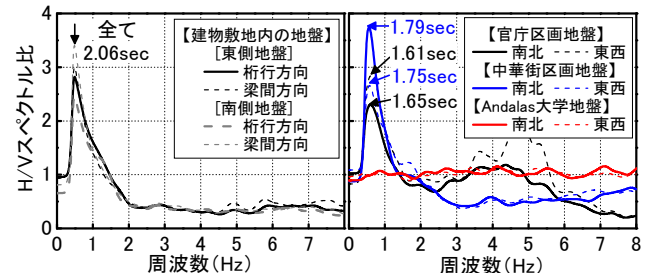


図 5 建物周囲地盤と Padang 周辺地盤の卓越周期

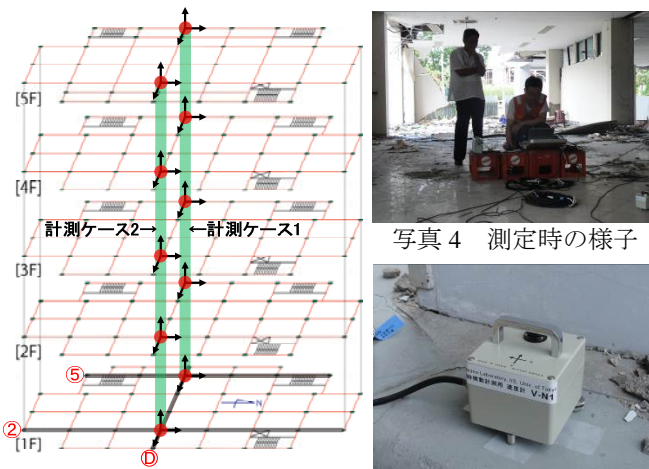


図 2 計測ケース

写真 5 ピックアップ

*1 東京大学
*2 大阪大学
*3 豊橋技術科学大学
*4 アンダラス大学

*1 The University of Tokyo
*2 Osaka University
*3 Toyoashi University of Technology
*4 Andalas University