

## 長期の強震観測に基づく中低層建物の応答性状に関する研究

## (その1) 最大応答値と応答性状

正会員 ○豊部 立\*1 同 小島 宏章\*2  
同 飛田 潤\*3 同 福和 伸夫\*4

強震観測 中低層建物 東北地方太平洋沖地震  
地震動特性 入力損失 最大応答値

## 1. はじめに

筆者らは 1996 年以来、名古屋大学内の多様な建物で長期の強震観測を継続しており、多数の中小地震記録を蓄積・分析してきた<sup>1)</sup>。2011 年 3 月の東北地方太平洋沖地震では、名古屋で震度 4 を記録し、学内でも多くの建物で強震観測記録が得られている<sup>2)</sup>。特に本論で対象とする 10 階建 S 造建物は最大で 100gal を超え、継続時間の長い応答を示した。

本研究では蓄積した地震記録を基に、東北地方太平洋沖地震での影響を踏まえながら、中低層建物の地震時応答性状について検討を行う。

## 2. 対象建物概要

表 1 及び写真 1, 2 に示す 4 棟の建物を対象とする。4 棟は 5, 7, 10 階建てで、それぞれ構造種別も異なる。

ここでは、純ラーメン構造の S 造 10 階建て建物<sup>3)</sup>（以後、A 棟）を中心に分析を行い、他 3 棟<sup>3), 4)</sup>と比較を行う。なお、A 棟、B 棟、C 棟は隣接して立地している。

## 3. 観測地震と建物応答

ここでは名古屋地方気象台で震度 1 以上を観測した地震を対象に分析を行う。A 棟の地表観測点での観測記録数を震度別に表 2 に示す。図 1 に観測波形の一例を、図 2 に減衰定数 5% の擬似速度応答スペクトルを示す。

図 1a)の、隣接して立地する 3 棟での東北地方太平洋沖地震時の加速度波形に着目すると、建物毎に応答の大きさは異なる。B 棟、C 棟に比べて、A 棟では応答が大きく増幅しており揺



表1 建物概要

建物名	A棟	B棟	C棟	D棟
延床面積	10,525m <sup>2</sup>	3,322m <sup>2</sup>	7,440m <sup>2</sup>	5956m <sup>2</sup>
階数	地上 10階 地下 1階	7階 —	5階 1階	7階 1階
軒高	41.1m	31.34m	21.95m	29.7m
構造種別	地上 S造 地下 SRC造	柱：SRC造, 梁：S造	RC造	PCaPC造
骨組形式	長辺 ラーメン構造 短辺 ラーメン構造	耐震壁付き ラーメン構造	ラーメン構造 耐震壁付き	ラーメン構造 耐震壁付き
根入深さ	GL-7.5m	GL-3.75m	(一部) GL-6.6m, 10.4m	GL-4.1m, -7.3m
基礎種別	杭基礎 杭長 41.7m	場所打ち杭 杭長 23m	PHC杭 16 - 24m	PHC杭 杭基礎 PHC杭 36m, 32m
固有振動数	長辺 0.98Hz 短辺 0.91Hz	2.7Hz 2.9Hz	3.6Hz 4.1Hz	2.7Hz 2.3Hz

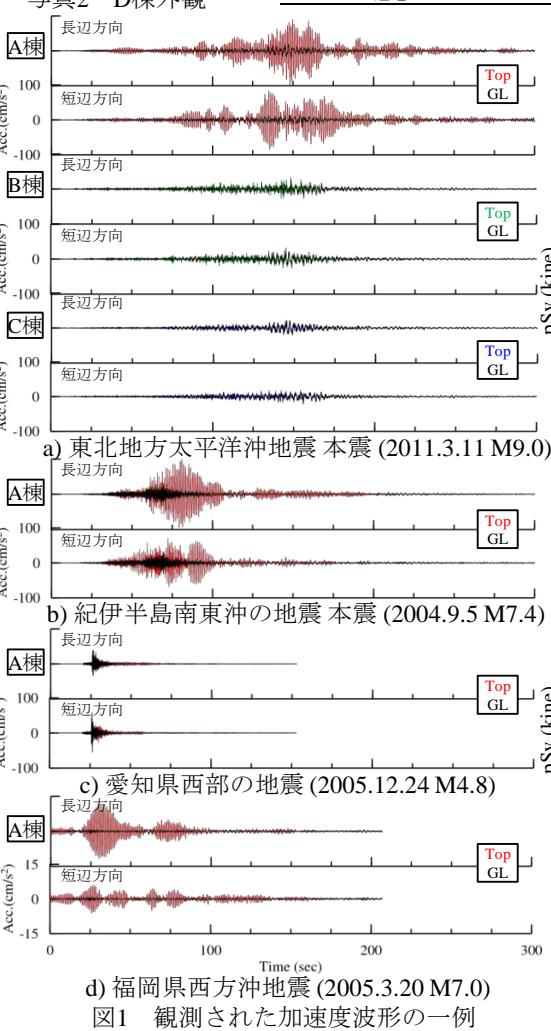


図1 観測された加速度波形の一例

表2 震度別観測記録数  
(2004年7月~)

震度	0	1	2	3	4	5以上
記録数	8	46	17	5	1	0

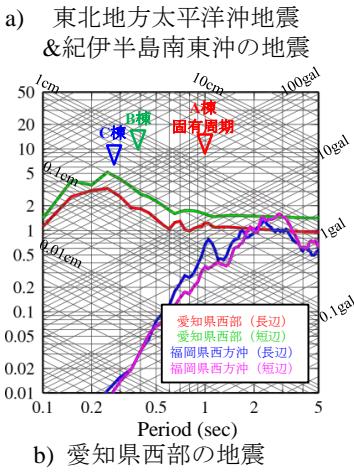
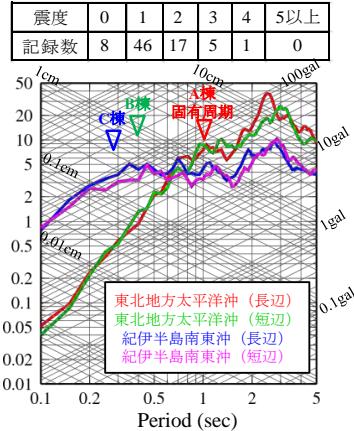


図2 擬似速度応答スペクトル

れの継続時間も長い。

また、A 棟は地震動の特性によって建物の応答性状が大きく異なる。震源距離が近く長周期成分が相対的に少ない継続時間の短い地震動 c)では、最大加速度は大きいが、揺れの増幅は小さい。

これに対して図 1 c)以外の地震では、応答の増幅が大きく継続時間が長い。波形にはうなりが生じており、特に図 1d)においては短辺と長辺で最大応答値が大きく異なる。この原因として、S 造純ラーメン構造で減衰が小さく、建物の周期が比較的長いこと、水平 2 方向の建物固有振動数が近接し連成の影響があること、入力の違いによる影響が考えられる。

#### 4. 応答増幅効果の検討

基礎と最上階での最大応答値の比 (PRA/PBA, PRV/PBV) から建物での応答増幅を地震動特性とあわせて検討する。地震動の等価卓越振動数は、地表での最大応答値 (PGA, PGV, PGD) を用いて、 $\text{PGA}/\text{PGV}/2\pi$  (以後、 $f_1$ ) 及び  $\text{PGV}/\text{PGD}/2\pi$  (以後、 $f_2$ ) として推定する。

なお、 $f_1$  での PGV は PGA 発生時刻の前後 2 秒間での最大速度を用い、 $f_2$  での PGD は PGV 発生時刻の前後 2 秒間での最大変位を用いている。

地震動の等価振動数と加速度増幅との関係を図 3 に、速度増幅との関係を図 4 に示す。4 棟全てにおいて、地震動の等価卓越振動数と建物固有振動数が接近するほど増幅が大きくなる傾向があり、 $f_1$  及び  $f_2$  を用いることで地震動の周期特性を概ね評価できると考えられる。

ただし、地震動の卓越振動数が同程度であっても増幅が大きく異なる場合もある。特に A 棟においては建物固有振動数 0.9Hz 前後で増幅が 3 倍~10 倍とばらついており、福岡県西方沖地震では加速度で約 12 倍の増幅がみられた。これは深部地盤や工学的基盤での卓越振動数と建物固有振動数の近接が影響していると考えられる。A 棟では固有振動数より低振動数範囲の地震動では 3 倍以上の応答増幅が見られ、東北地方太平洋沖地震についてもその傾向に沿うことが確認できる。また、建物固有振動数付近の地震動により 7 階

建ての B 棟、D 棟では 3~5 倍程度、5 階建ての C 棟では 3 倍程度の増幅がみられる。

#### 5. 入力損失

図 5, 6 に基盤と地表の最大加速度比 (PBA/PGA) 及び最大速度比 (PBV/PGV) を地震動の等価卓越振動数とあわせて示す。この図より、既往の研究<sup>5)</sup>と同程度の入力損失が確認され、地震動の等価卓越振動数が高いほどその効果は大きい。また、東北地方太平洋沖地震の本震を始めとする比較的振幅の大きい長周期成分の卓越する地震においても、過去に蓄積された他の中小地震記録と同様の傾向を示すことが確認できる。

#### 6.まとめ

蓄積された多くの中小地震記録から、応答増幅及び入力損失の傾向を示した。また東北地方太平洋沖地震などの比較的振幅の大きい地震でも従来の傾向に沿うことを確認した。

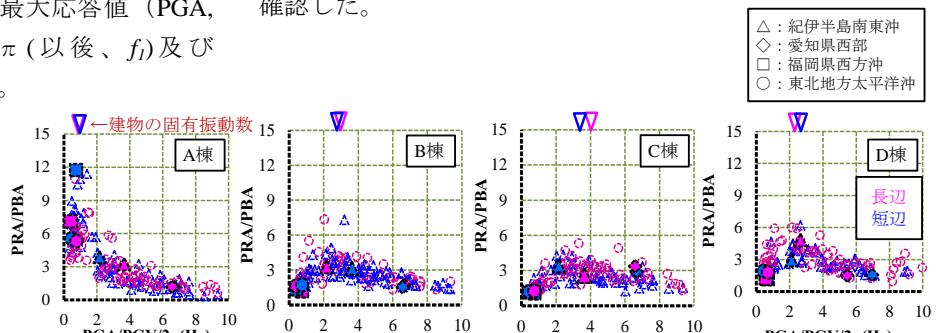


図3 基礎と最上階の最大加速度比 (PRA/PBA)

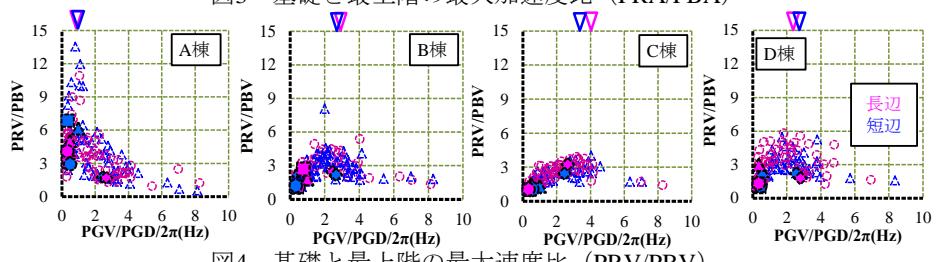


図4 基礎と最上階の最大速度比 (PRV/PBV)

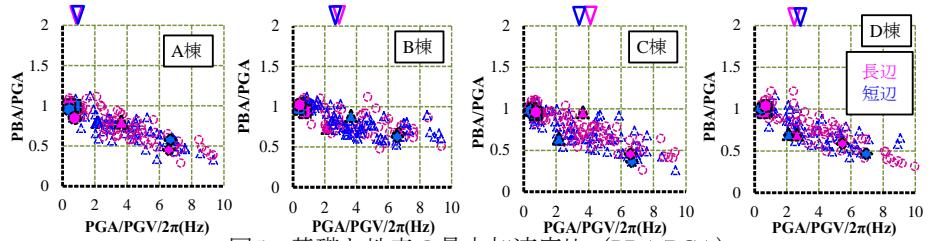


図5 基礎と地表の最大加速度比 (PBA/PGA)

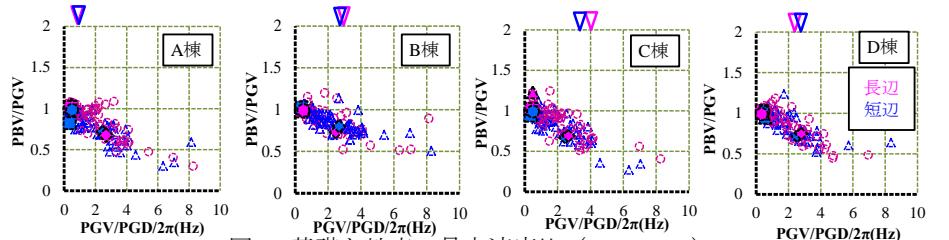


図6 基礎と地表の最大速度比 (PBV/PGV)

\*1 名古屋大学大学院環境学研究科・大学院生

\*2 名古屋大学大学院環境学研究科・助教・博士（工学）

\*3 名古屋大学災害対策室・教授・工博

\*4 名古屋大学減災連携研究センター・教授・工博

\*1 Grad. Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.

\*2 Assistant Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.

\*3 Prof., Disaster Management Office, Nagoya Univ., Dr. Eng.

\*4 Prof., Disaster Mitigation Research Center, Nagoya Univ., Dr. Eng.