

# 強震観測記録に基づく 鉄骨造超高層建築物の振動特性の推定に関する検討

国際地震工学センター 主任研究員 中川 博人

## I はじめに

建築研究所では、建物の地震時挙動の把握に資するため、国内において強震観測を実施している。ここでは、建築研究所の強震観測網の中から4棟の鉄骨造超高層建物を対象とし、それらの振動特性（固有周期および減衰定数）について振幅依存性に着目した検討例を紹介する。対象建物の振動特性は既に Kashima<sup>2)</sup>や池田ら<sup>3)</sup>によって評価されているが、本検討はこれら既往の検討とは異なる推定手法を用い、小振幅の記録も含めて同建物の振動特性を再評価したものである。

## II 対象建物の概要と強震観測記録

図1に検討対象建物の概要と地震計設置位置<sup>2)</sup>を示す。建物Aは仙台市にある1973年竣工の建物である。建物Bは東京都千代田区にある1994年竣工の建物である。基礎及び低層部を共有するツインタワー型の建物であるが、本検討では文献<sup>2)</sup>と同様にタワーCのみを対象とした。建物Cは建物Bと同じく東京都千代田区にある2000年竣工の建物である。極軟鋼制振壁と粘性体制振壁による制振壁を有している。建物Dは横浜市にある1995年竣工の建物である。

分析対象とした強震観測記録は、建物Aで1989年6月～2021年10月の286イベント、建物Bで1994年10月～2021

年10月の180イベント、建物Cで2003年5月～2021年10月の784イベント、建物Dで1995年3月～2020年11月の373イベントである。

## III 建物振動特性の推定方法

強震観測記録から建物振動特性について検討するため、既報<sup>4)</sup>と同様に、以下の手順により1次の固有周期と減衰定数を推定する。4棟の検討対象建物のL方向（長辺方向）およびT方向（短辺方向）のそれぞれについて、頂部と基部で観測された加速度波形から算出した2点間のフーリエスペクトル比を確認し、1次モードを抽出するように観測波形にバンドパスフィルターを施す。具体的にはL・Tの両方向とも0.3Hzから0.8Hzのバンドパスフィルターをかける。次に、フィルター処理した加速度波形に対し、部分空間法（本検討ではMOESP法）による同定<sup>5)</sup>を行う。MOESP法の設定は、入力を基部、出力を頂部（中間階の観測記録がある場合はそれも出力に含める）、システム次数を2とした。また同定に用いる波形の時間については、頂部と基部の2点間の相対変位が最大となる時間から40秒間を使用した。ブロックハンケル行列のブロック行数は試行的に100としている。なお、同定の際にはL方向とT方向をそれぞれ個別に取り扱っている。

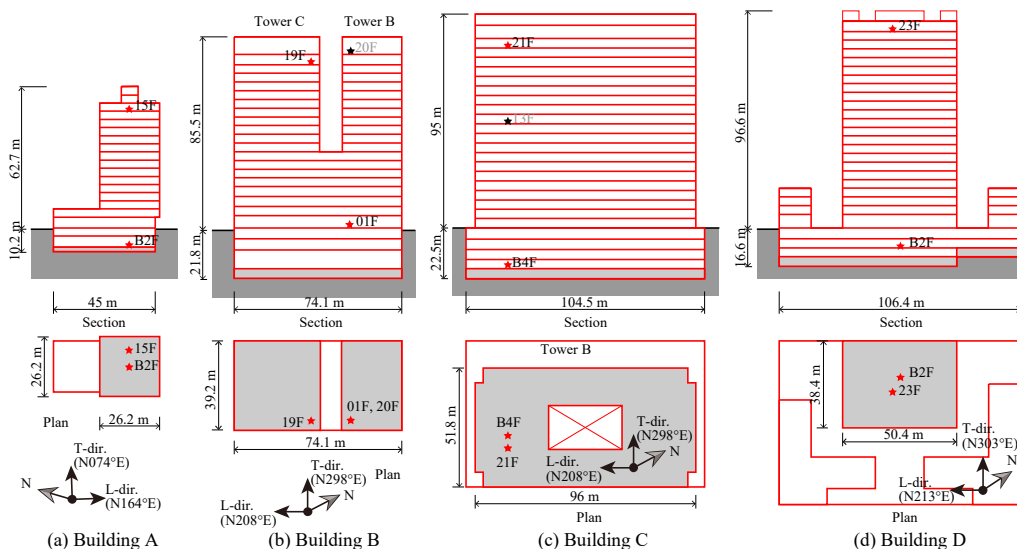


図1 検討対象建物の概要と地震計設置位置 (★)<sup>2)</sup>

#### IV 振幅依存性と 2011 年東北地方太平洋沖地震前後の差異

図 2～図 5 に各建物で推定された 1 次の固有周期と減衰定数を示す。各図とも 2011 年東北地方太平洋沖地震以前を●および■、以降を△および×で示しており、上段が固有周期、下段が減衰定数、また左列が L 方向（長辺方向）、右列が T 方向（短辺方向）である。振幅依存性に着目するため、全てのグラフの横軸を次式による最大変形角  $\theta_{max}$ <sup>6)</sup> としている。

$$\theta_{max} = |d_{Top}(t) - d_{Base}(t)|_{max} / H \quad (1)$$

ここに  $t$  は時間、 $d_{Top}(t)$  および  $d_{Base}(t)$  はそれぞれ建物頂部および基部の（前述のバンドパスフィルターを施した）変位時刻歴、 $H$  は 1 階床面から頂部の加速度計までの高さ<sup>2)</sup> である。

各図の上段に示した固有周期について見てみると、 $\theta_{max}$  が大きくなると固有周期が長くなる振幅依存性が認められる。また東北地方太平洋沖地震の前後の記録から推定した固有周期を比較すると、全ての建物において系統的な違いが見られ、東北地方太平洋沖地震の以前の記録から推定した固有周期（

●、■）に比べ、以降の記録から推定したそれ（△、×）の方が長いことがわかる。図中の破線は Kashima<sup>2)</sup> により評価された固有周期と最大変形角の関係であるが、どの建物においても本検討の評価結果とおおむね対応していることがわかる。一方で各図の下段に示した減衰定数については、ばらつきが大きく、最大変形角や地震前後での明瞭な傾向は見られない。

#### V まとめ

4 棟の鉄骨造超高層建物を対象に、長期間に渡って観測された強震観測記録に基づく建物振動特性の検討例を紹介した。部分空間法により推定された固有周期については振幅依存性が認められたが、減衰定数についてはばらつきが大きく明瞭な傾向は見られなかった。今後さらなる検討が必要である。

謝辞：強震観測の実施には建物管理者や関係者の方々にご理解・ご協力を戴いています。一部の図の作成に GMT<sup>7)</sup> を使用しました。記して謝意を表します。  
参考文献：1) 建築研究所の強震観測網：https://smo.kenken.go.jp/ja 2) Kashima：Procedia Eng., 199, 2017. 3) 池田・倉田：DPRI Annuals, (63B), 2020. 4) 中川・鹿嶋：AIJ 大会, 2021. 5) 肥田・永野：AIJ 論文集, 79(701), 2014. 6) 鹿嶋・北川：AIJ 技術報告集, 11(22), 2005. 7) Wessel & Smith：EOS Trans. AGU, 79(47), 1998.

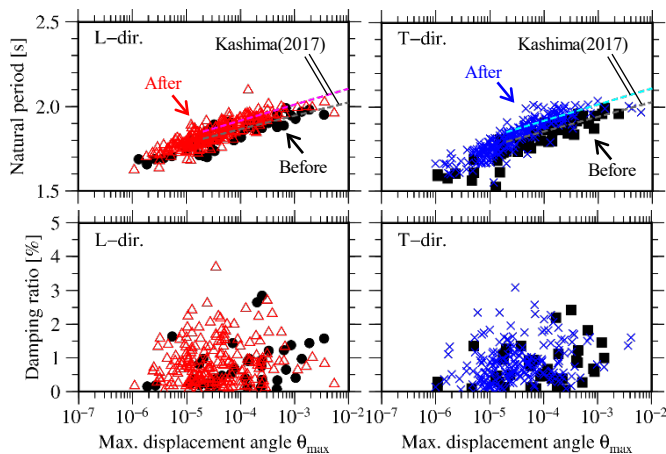


図 2 建物 A の固有周期・減衰定数と最大変形角の関係

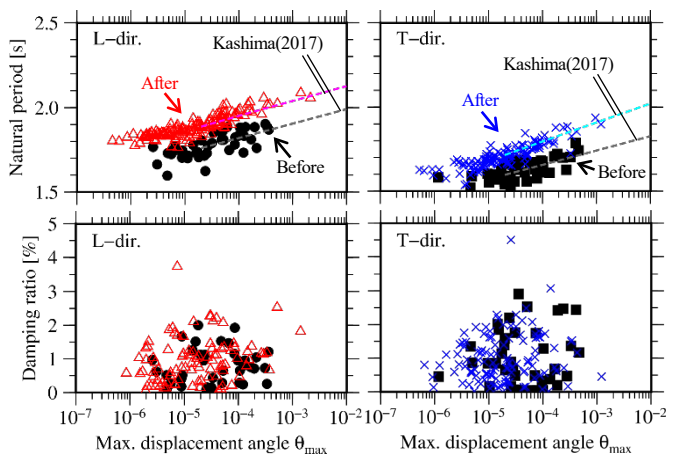


図 3 建物 B の固有周期・減衰定数と最大変形角の関係

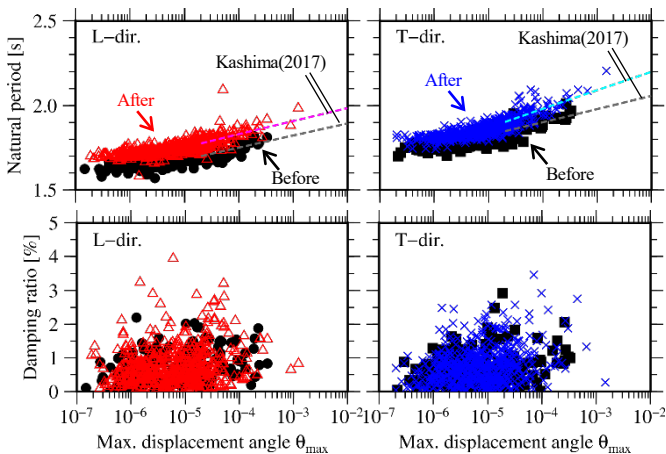


図 4 建物 C の固有周期・減衰定数と最大変形角の関係

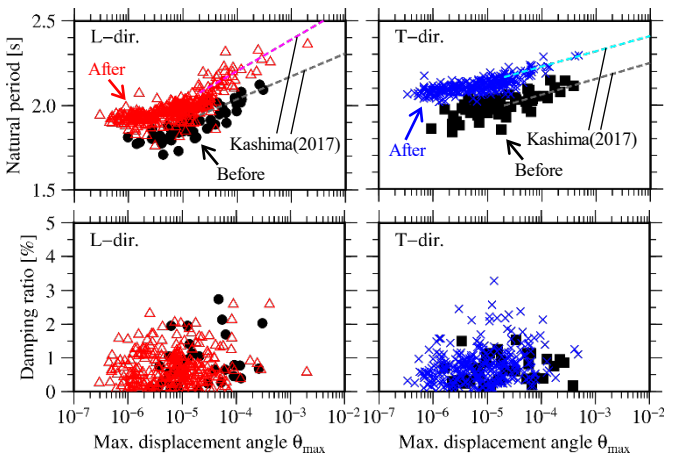


図 5 建物 D の固有周期・減衰定数と最大変形角の関係