

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	2041 性能評定シートによる既存超高層鋼構造建物の耐震性能評価：その1 年代・地区に着目した既存建物の耐震性能分析(構造)
Title	
著者(和文)	助村 浩太郎, 佐藤 大樹, 大下 優作, 北村春幸, 長江拓也, 佐野剛志
Authors	daiki sato, Haruyuki Kitamura, TUYOSHI SANO
出典 / Citation	日本建築学会関東支部研究報告集, Vol. 81, No. 0,
Citation(English)	, Vol. 81, No. 0,
発行日 / Pub. date	2011, 2
rights	日本建築学会
rights	本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである
relation	isVersionOf: http://ci.nii.ac.jp/naid/110008730281

性能評価シートによる既存超高層鋼構造建物の耐震性能評価

その1 年代・地区に着目した既存建物の耐震性能分析

構造—振動

高層建物 長周期地震動 耐震性能
性能評価シート 鋼構造

準会員	○ 助村浩太郎 ^{*1}	正会員	佐藤大樹 ^{*1}
	〃 大下優作 ^{*1}		〃 北村春幸 ^{*1}
	〃 長江拓也 ^{*2}		〃 佐野剛志 ^{*3}

1. はじめに

近年、東海・東南海・南海地震等に代表される海溝型巨大地震の発生が高い確率で予測されている。その際に発生する、継続時間の長く長周期成分に力を有する長周期地震動が発生によって、固有周期の長い超高層建物は大きな被害を受ける可能性があるとして指摘されている^{1),2)}。超高層建物は大都市部を中心に数多く建設されており、現在では社会機能の中核を担っているものが多い。これらの超高層建物が長周期地震動の被害を受けることは、社会全体に甚大な影響を与える。そのため、既存の超高層建物が長周期地震動を受けた場合の損傷を事前に把握しておくことは、大変重要である。

このような背景のもと、長周期地震動を受ける鋼構造超高層建物の耐震性に関して、地震応答解析^{3),4)}、柱梁接合部実験⁵⁾などの検討がされ、多くの知見が得られてきている。2008年3月にE-ディフェンスにおいて、超高層鋼構造建物を模擬した実架構実験⁶⁾ではこの実験において、柱梁接合部が早期に破断するなどの損傷が発生し、既存超高層建物の耐震性能向上の必要性が確認された。既存建物の耐震性能を把握するために、年代や地区に着目した分析を行い、既存建物の全体像や傾向を捉える必要がある。さらに、分析を基に年代や地区を代表する解析モデルを作成し、長周期地震動に対する応答性状から、既存建物の耐震性能を検討する必要がある。

本報その1では、解析モデルを作成するために、基礎的資料の整理・情報の取得を目的とし、日本建築センターの性能評価シートを用いて、既存超高層鋼構造建物の耐震性能分析を行う。本報その2では、主体構造である柱梁接合部に着目し、その情報整理・傾向把握を目的とし、性能評価シートを用いた調査・分析を行う。

2. 分析概要

本研究は、東京理科大学寺本研究室が作成した日本建築センターのビルディングレターに基づく高層建物データベース⁷⁾を使用する。その中で1966年~2007年8月の間に評定を取得した鋼構造建物を対象とする。分析対象建物を1981年新耐震設計法、1995年兵庫県南部地震、2001年建築基準法改正を境に、表1の様に期間を分類する。

なお、表1より、年代-5では他の年代に比べ大幅に棟数が減少していることが分かる。これは、2001年建築基準法改正にともない、評定業務が民間に開放され、いくつかの指定性能評定期間が設立し、日本建築センターへの申請が減少したためである⁸⁾。よって本報では、年代-5に関する分析は、傾向把握の精度を保つ上で困難と判断したため、年代-1から年代-4の範囲で分析を行うこととする。

表1 年代別建物分類

	年代-1	年代-2	年代-3	年代-4	年代-5
年代	1966年1月 5 1981年5月	1981年6月 5 1989年12月	1990年1月 5 1994年12月	1995年1月 5 2001年5月	2001年6月 5 2007年8月
対象棟数	173	110	293	205	49

3. 年代別における分析

図1(a)~(f)に年代別の分析を示す。図1の各図に関して、棟数の折れ線と左Y軸の棟数が対応し、各年代の占める割合積み上げグラフと右Y軸の割合が対応する。建物高さ H と建物棟数の関係を図1(a)に示す。図より、高さが150m未満の建物が全棟数の89%(693棟)を占める。年代-1の80m以下の棟数は、年代-1全体の棟数の57%と多く、年代-4の100m以上の棟数は、年代-4全体の棟数の52%を占めている。図1(b)に延べ床面積と建物棟数の関係を示す。図より、1万 m^2 以上5万 m^2 未満の範囲で棟数が最も多い。20万 m^2 以上の範囲において年代3の建物が占める割合は52%となっている。図1(c)に基準階階高と建物棟数の関係を示す。図より、3.5m以上4m未満の範囲で棟数が最も多く、次いで、4m以上4.5m未満の範囲が多い。年代-1は3m未満の範囲における建物の割合が80%を占めている。年代-4の4m以上の棟数は、年代-4全体の棟数の68%を占めている。図1(d)に1次固有周期 T_1 と建物棟数の関係を示す。 $T_1=2s$ 以上3s未満の範囲で棟数が最も多く、次いで $T_1=1s$ 以上2s未満の範囲が多い。 $T_1=1s$ 未満の範囲から $T_1=3s$ 以上4s未満の範囲に向かって、年代-1の割合は減少し、年代-4の割合は増加している。図1(e)に $T_1 \cdot C_b$ (T_1 :1次固有周期と C_b :ベースシア係数)と建物棟数の関係を示す。図より、 $T_1 \cdot C_b=0.25$ 以上0.3未満で棟数が最も多く、次いで、 $T_1 \cdot C_b=0.3$ 以上0.35未満が多い。

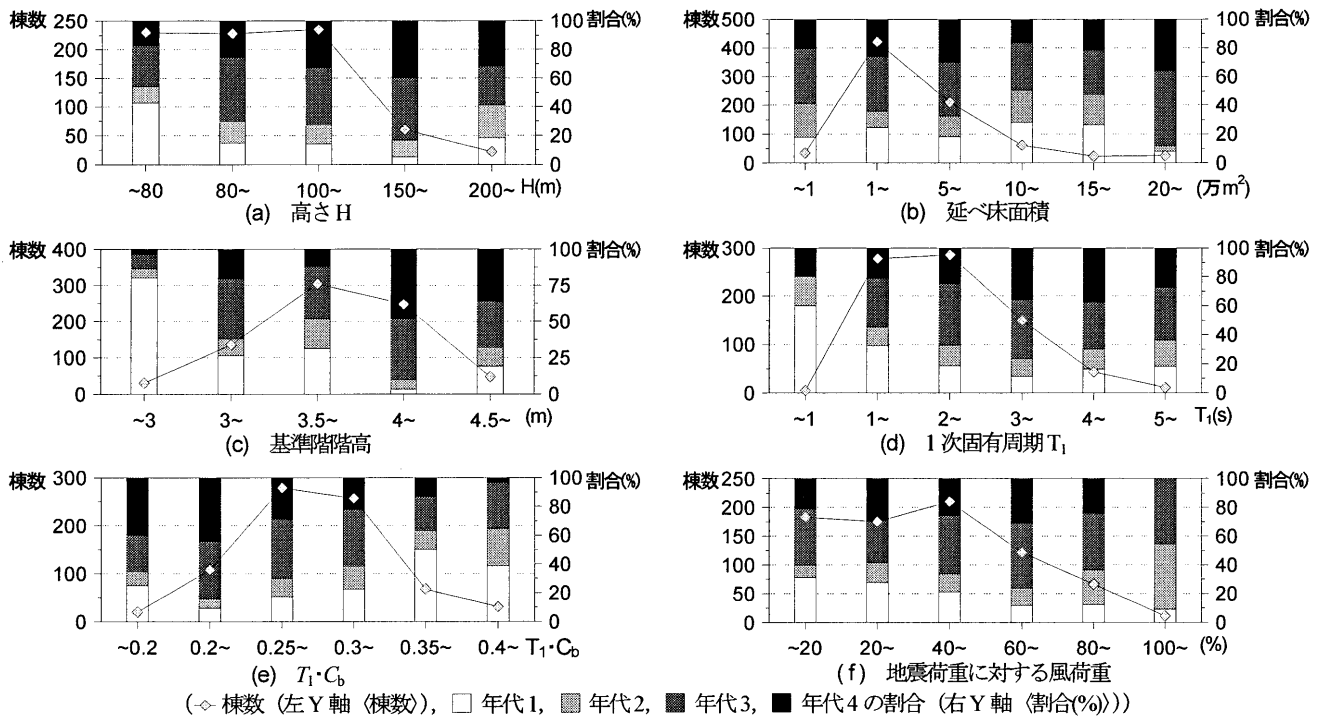


図1 年代別の分析

$T_1 \cdot C_b = 0.2$ 以上から 0.4 未満の X 軸方向に向かつて、年代-1 の割合は増加し、年代-4 の割合は減少している。建物全体の 93% が $T_1 \cdot C_b = 0.2$ 以上 0.4 未満の範囲で分布している。地震荷重に対する風荷重の割合(%)と建物棟数の関係を図 1(f) に示す。風荷重の割合は 40% 以上 60% 未満の範囲で棟数が最も多く、風荷重の割合が 60% 以降で棟数は減少していく。風荷重の割合が 100% 以上の範囲において、年代-4 の建物はない。

4. 地区別における分析

都道府県別の既存建物棟数を図 2 に示す。年代-1 から年代-4 の対象建物棟数は全 781 棟 (全体棟数に対する割合(%)を示す) であり、図 2 より東京都は 350 棟 (45%) を占めている。次いで大阪府は 118 棟 (15%)、神奈川県は 49 棟 (6%)、愛知県は 31 棟 (4%)、兵庫県は 30 棟 (3%) を占めており、既存超高層鋼造建物が上記の主要都市部に集中して分布している。したがって、以降の分析を東京地区 (東京、神奈川、千葉、埼玉) 443 棟 (57%)、名古屋地区 (愛知、三重、岐阜) 35 棟 (5%)、大阪地区 (大阪、兵庫) 151 棟 (19%) の 3 地区 629 棟 (80%) に着目して行う。

地区別の分析結果を図 3(a)~(f) に示す。各図に関して、棟数の折れ線と左 Y 軸の棟数が対応し、各地区の占める割合積み上げグラフと右 Y 軸の割合が対応する。建物高さ H と建物棟数の関係を図 3(a) に示す。図より、高さが 150 m 未満の建物が建物全体の 89% を占める。図 3(b) に延べ床面積と建物棟数の関係を示す。図より、1 万

m^2 以上 10 万 m^2 未満の範囲で全体の 80% を占める。、名古屋地区の占める割合は 1 万 m^2 未満の範囲で最も多く、25% を占める。図 3(c) に基準階階高と建物棟数の関係を示す。図より、3.5 m 以上 4.5 m 未満の範囲で全体の 76% を占める。図 3(d) に 1 次固有周期 T_1 と建物棟数の関係を示す。 $T_1 = 1s$ 以上 3s 未満の範囲で全体の 71% を占める。 $T_1 = 1s$ 未満の範囲においては、東京地区のみである。図 3(e) に $T_1 \cdot C_b$ と建物棟数の関係を示す。図より、 $T_1 \cdot C_b = 0.25$ 以上 0.3 未満で棟数が最も多い。建物の 95% の建物が $T_1 \cdot C_b = 0.2$ 以上 0.4 未満の範囲で分布している。図 2(f) に地震荷重に対する風荷重の割合(%)と棟数の関係を示す。風荷重の割合が 60% 未満の範囲において全体の 71.8% を占め、60% 以降棟数は徐々に減少していく。図 3 の各図より、地区ごとの割合において大きな増減は少なく、3 地区で同様の傾向を示しているといえる。

5. 周期帯を限定した分析

5.1 周期帯の限定について

本研究では、超高層建物の超周期地震動に対する耐震性能に着目している。長周期地震動は限られた周期帯にピークを要する「特定の周期帯」^{2),9)} の存在が知られている。この周期帯については研究段階ではあるが、本研究では文献(2),10),11)より、東京地区は 4 秒以上、名古屋地区は 2~5 秒、大阪地区は 4 秒以上と仮定した。以降その周期帯での、特に用途が事務所としている建物に着目した分析を行う。

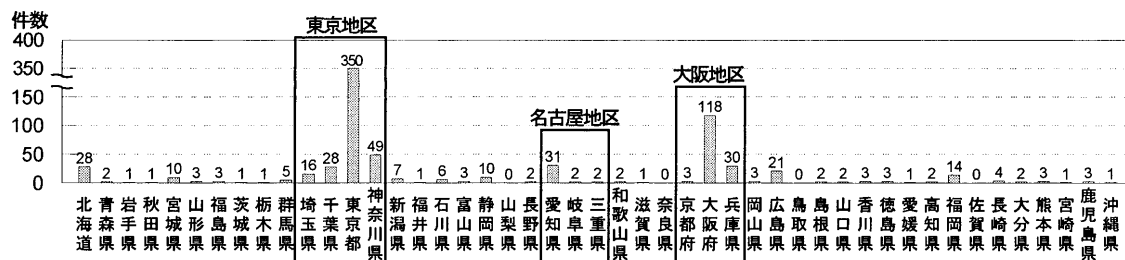


図2 都道府県別既存建物件数

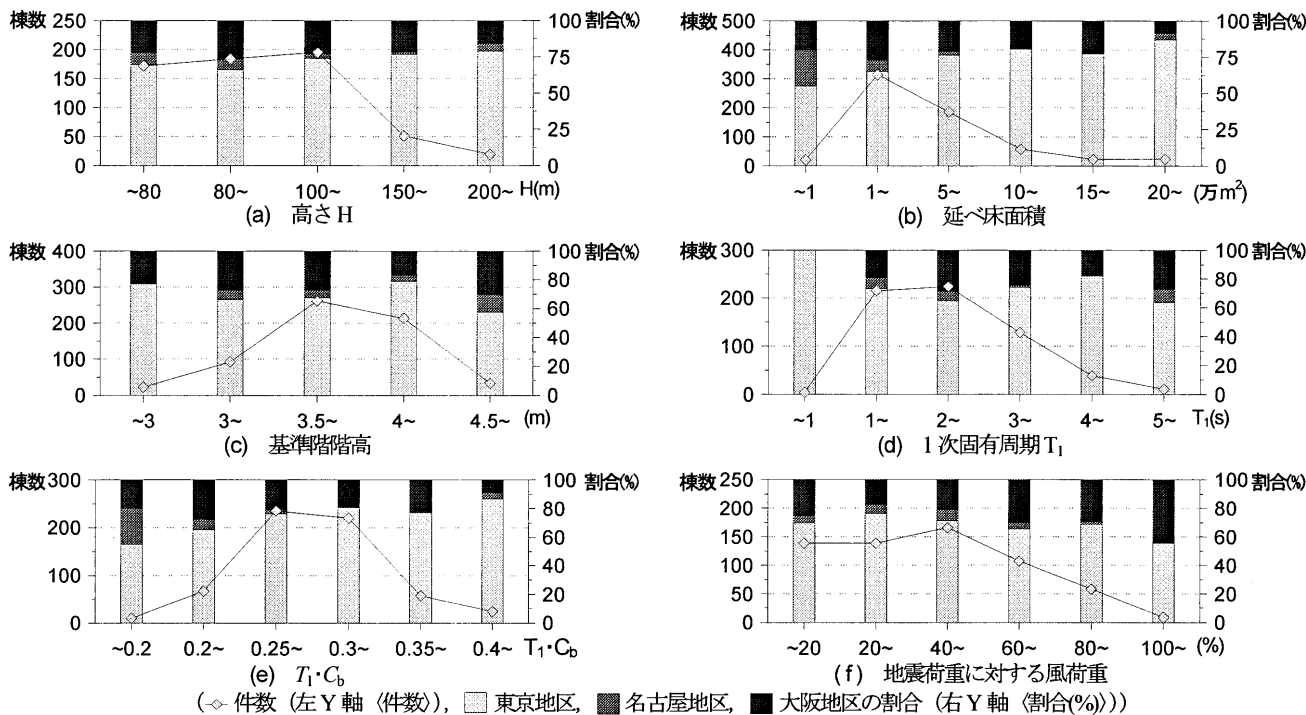


図3 地区別の分析

上記で仮定した周期帯を基に、事務用途の建物に関して、各地区における周期別の総延べ床面積を図4に示す。図4は、東京地区、名古屋地区、大阪地区に関して、周期毎に該当する建物の延べ床面積を合計した、総延べ床面積を算出し示している。また、枠で囲まれた延べ床面積は、各地区において上記で仮定した周期帯に該当する総延べ床面積を合計したものである。図4より、東京地区における枠に囲まれた延べ床面積(497.7万 m^2)は、全体の総延べ床面積(1852.9万 m^2)の26.9%を占める。名古屋地区における枠に囲まれた延べ床面積(23.3万 m^2)は、全体の総延べ床面積(44.2万 m^2)の52.7%を占める。大阪地区における枠に囲まれた延べ床面積(51.1万 m^2)は、全体の総延べ床面積(354.4万 m^2)の14.4%を占める。ここで、勤労者1人当たりの必要床面積を $10m^{2(12),13)}$ 、延べ床面積に対する貸室面積の割合を80%^(12),13)と仮定し、各地区の枠に囲まれた面積に該当する全建物が長周期地震動による何らかの被害を受けた場合、東京地区では39.8万人、名古屋地区では1.9万人、大阪地区では4.1万人に影響を

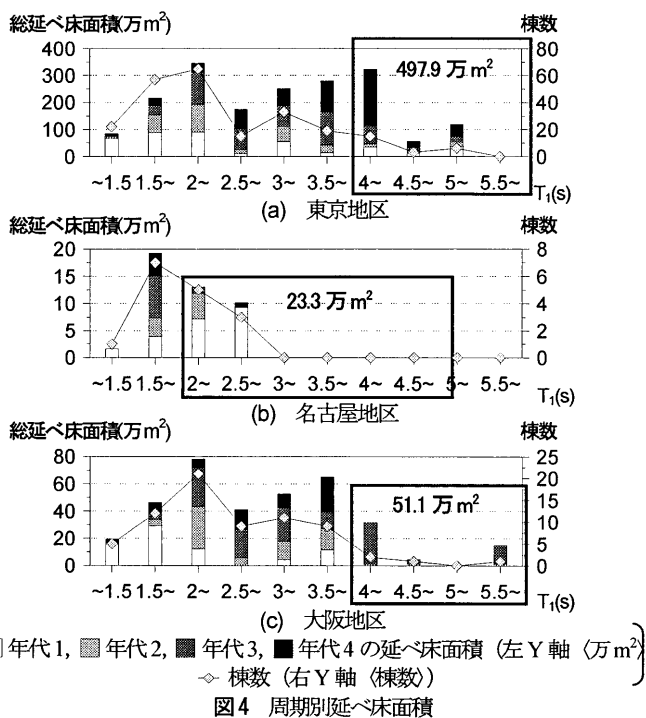


図4 周期別延べ床面積

受けることになる。また、事務所建物の3地区全体で332棟あり、枠に囲まれた建物は36棟ある。全体数に対する割合は11%である。

5.2 事務所建物における構造計画の分析

前節で仮定した周期帯を基に、 $T_1 \cdot C_b$ 、コア形式について分析を行う。 $T_1 \cdot C_b$ と建物棟数の関係を図6に示す。図6より、 $T_1 \cdot C_b=0.25$ 以上0.3未満の範囲が全体の41%を占める。代表的なコア形式^{12),13)}を図7に示す。コア形式と建物棟数の関係を図8に示す。図8よりセンターコアが全体の40%を占める。

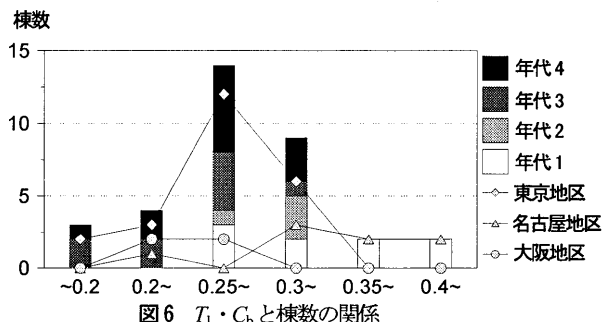


図6 $T_1 \cdot C_b$ と棟数の関係

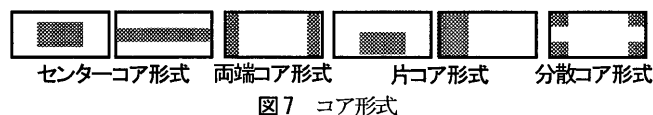


図7 コア形式

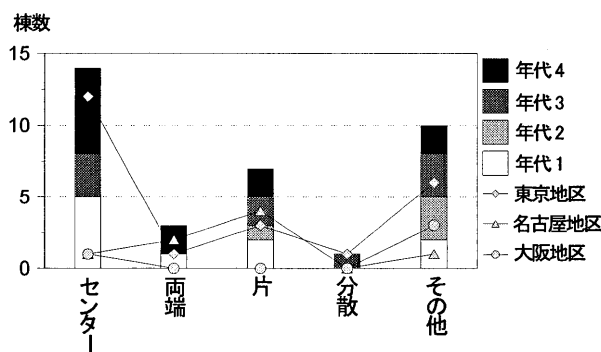


図8 コア形式と棟数の関係

6 まとめ

既存建物の耐震性能を検討する解析モデルを作成するために、基礎的資料の整理・取得を目的とし、既存超高層鋼構造建物の耐震性能分析を行った。それより、以下に示す知見を得た。

- (1) 年代別の高さ分析において、高さが150 m未満の建物が全棟数の89% (693棟)を占めていた。特に、年代1の建物棟数の57%が80 m以下の範囲で分布していた。
- (2) 年代別の分析における1次固有周期 T_1 とベースシア係数 C_b を乗じた値による分析で、該当建物の93%の建物が $T_1 \cdot C_b=0.2$ 以上0.4未満の範囲で分布していた。
- (3) 地区別の分析において、既存建物が東京地区、名古屋地区、大阪地区の3地区に全体の80%あることが確認できた。また、地

区ごとの割合において大きな増減は少なく、3地区で同様の傾向を示していた。

- (4) 周期を限定した分析では、仮定に基づき、延べ床面積から既存鋼構造建物が長周期地震動による何らかの被害を受けた場合、東京地区では39.8万人、名古屋地区では1.9万人、大阪地区では4.1万人に影響を受けることになる結果を得た。今後、本報で行った分析を基にモデルを作成し、解析を行うことで既存高層鋼構造建物の耐震性能評価を行う。

謝辞

本研究は文部科学省が推進する「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」の一環として、(独)防災科学技術研究所が受託した「②都市施設の耐震性能評価・機能確保に関する研究」の成果の一部です。また、本研究で用いている既存建物データベースは東京理科大学寺本研究室から提供して頂いたものです。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 土木学会, 日本建築学会: 海溝型巨大地震による長周期地震動と土木・建築構造物の耐震性向上に関する共同提言, 2006.11
- 2) 日本建築学会: 長周期地震動と建築物の耐震性, 2007.12
- 3) 馬谷原伴恵, 北村春幸: 長周期地震動に対する鋼構造高層建物の耐震安全評価(その1 時刻歴応答解析による耐震安全性評価, その2 エネルギー法を用いた長周期地震動の評価), 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), 構造II B-2, pp.373-376, 2005.9
- 4) 吹田啓一郎, 北村有希子, 後藤友規, 岩田知孝, 釜江克宏: 高度成長期に建設された超高層建物の超周期地震動に対する応答特性—想定南海トラフ地震の関西地区における予測波を用いた検討—, 日本建築学会構造系論文集, 第611号, pp.55-61, 2007.1
- 5) 山田洋平, 吹田啓一郎, 北村有希子, 中島正愛: 初期超高層ビル柱梁接合部の実大実験による耐震性能の検証, 日本建築学会構造系論文集, 第623号, pp.119-128, 2008.1
- 6) 長江拓也, 鐘育霖, 島田侑, 福山國夫, 梶原浩一, 井上貴仁, 中島正愛, 斉藤大樹, 北村春幸, 福和伸夫, 日高桃子: 超高層建物の耐震性能を検証する大規模実験システムの構築—E-ディフェンス震動台実験—, 日本建築学会構造系論文集, 第640号, pp.1163-1171, 2009.6
- 7) 東京理科大学寺本研究室: ビルディングレターに基づく高層建築物のデータベース
- 8) 日本建築センター: 建築新技術レポート 性能評価・評定/審査証明 2000.6~2009.3, 2010.6
- 9) 日本建築学会・東海地震等巨大地震への対応特別調査委員会: 巨大災害による長周期地震動の予測と既存建築物の耐震性と今後の課題, 2006年日本建築学会大会研究協議会, 2006.9
- 10) 日本建築学会: 長周期地震動に関する公開検討集会, 2008.3, 2009.3, 2010.3
- 11) 大崎総合研究所, 日本構造技術者協会, 免震構造協会, 建築防災協会: 超高層建築物等の安全対策に関する検討 長周期地震動に対する検討報告書, 2010.3
- 12) 村尾成文, 浜田信義, 猪倉啓行, 関五郎, 村木信之: 新建築学大系 34巻, 1982.2
- 13) 日本建築学会 編: コンパクト建築設計資料集 第3版, 2005.3

*1 東京理科大学理工学部建築学科

*2 独立行政法人 防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター

*3 株式会社 大林組 技術研究所