

首都圏に建つ超高層キャンパスと地域連携による地震防災に関する研究（その4） 超高層ビルの地震応答特性の評価

正会員 ○島村 賢太* 同 山下 哲郎**
同 久田 嘉章** 同 鱒沢 曜***
同 星 幸男*

超高層建築 立体フレームモデル
固有周期 地震応答解析

1. はじめに

本報では、その3で報告した大学棟の地震応答特性の評価について報告する。大学棟の質点系モデルは2006年度の研究によりモデル化されている。せん断モデルは構造計算書を基に、曲げせん断モデルはせん断モデル及び2006年度微動観測記録を基に作成されている。しかし、質点系モデルの解析結果と大学棟の強震観測システムによる強震観測記録を比較すると明確な一致が見られなかった¹⁾。そこで、立体フレームモデルによる弾性範囲内における地震応答解析を行い、地震応答特性を評価する。なお、使用する解析ソフトは、質点系モデルと同様、構造システムの任意形状立体フレーム弾塑性解析プログラムSNAP Ver.3を用いる。

2. 解析モデル概要

対象建物は、超高層建築物である大学棟である。構造計算書及び架構図を基に立体モデルを作成した。図1、図2に伏図及び軸組図を、表1~3に各部材の材料特性及び主要部材の断面寸法を示す。作成した立体モデル架構図を図3に示す。

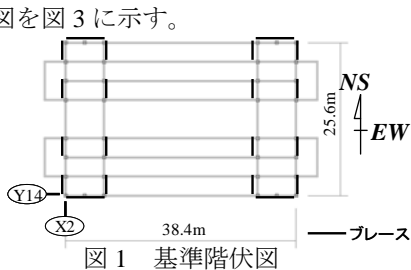


図1 基準階伏図

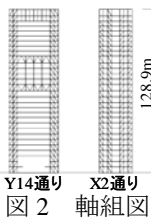


図2 軸組図

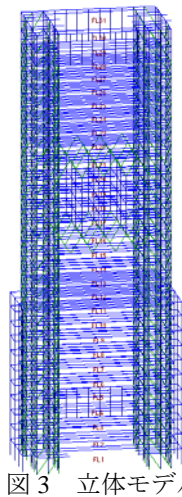


図3 立体モデル

表1 鋼材の材料特性

	SS400	SM490
単位容積重量 (kN/m ³)	76.98	76.98
ヤング係数 (N/mm ²)	205939	205939

表2 柱 (BOX 材) の断面

(mm)	幅	幅	厚さ
1階	600	600	75
4階	560	560	55
10階	544	544	47
16階	560	560	55
23階	500	500	25
最上階	488	488	19

表3 ブレースと大梁 (H型鋼) の断面寸法 (mm)

部材	梁せい	梁幅	ウェブ	フランジ
ブレース	300	300	12	22
	250	250	9	14
大梁	600	250	19	25
大スパン梁	1000	450	19	40

質量の評価として、構造計算書及び構造図より、床(積載、固定)、壁、小梁の質量を拾い、SNAPの機能である面荷重を用いて作成した。部材の質量は、部材断面を入力することにより自動計算される。図4は構造計算書と立体モデルの各階の質量を比較したものである。

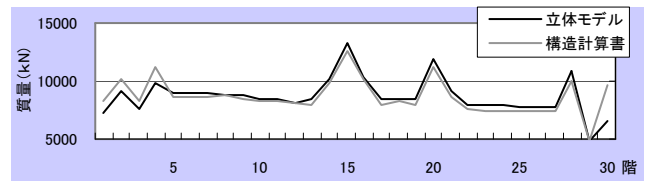


図4 各階質量の比較

解析条件は、基礎固定、剛床を仮定し、その3より減衰は初期剛性比例型で減衰定数は1%とする。また、柱梁接合部を剛域と評価し、床スラブの剛性を考慮している。

3. 固有値解析結果

表4に各解析モデルの固有値解析結果を示す。立体モデルの固有値解析結果が、1次固有周期NS方向で2.75秒、EW方向で2.71秒となりその3で報告した微動観測記録に近いことが確認できる。

表4 各解析モデルの固有値解析結果

	モデル種別	固有周期(秒)				ねじれ
		NS		EW		
構造計算書	せん断モデル	3.31	1.08	3.14	1.08	-
既往の研究	曲げせん断モデル	3.02	1.02	2.96	1.10	-
本研究	立体フレームモデル	2.75	0.89	2.71	0.94	1.99
微動観測記録	-	2.71	0.84	2.54	0.88	1.87

4. 地震応答解析

4. 1. 入力地震波

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震(M6.8)と、2005年7月23日に発生した千葉県北西部地震(M6.1)を入力地震波とし、地震応答解析を行う。入力地震波は大学棟の1階で観測された加速度波形を用い、NS・EW成分の2成分同時入力とする。

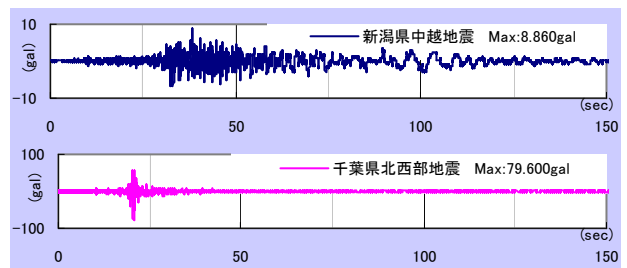


図5 入力地震波 (EW 方向)

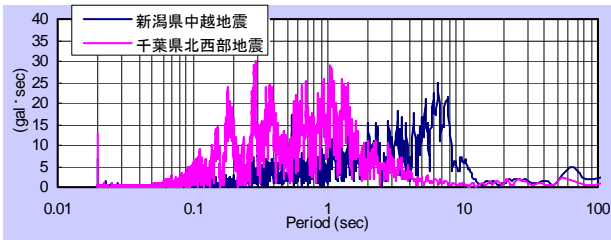


図6 入力地震波のフーリエスペクトル (EW方向)

入力地震動の特性を見るため、地震波のEW方向加速度波形を図5に、そのフーリエスペクトルを図6に示す。新潟県中越地震は長周期が卓越する地震動で、千葉県北西部地震は短周期が卓越する地震動であることが確認できる。2波を入力地震波とし、応答の精度を評価する。

4.2. 新潟県中越地震解析結果

図7は新潟県中越地震の29階EW方向の強震観測記録と解析結果を比較したものである。変位波形の観測記録は加速度波形を二回積分、かつノイズをフィルターによって処理したものである。なお、千葉県北西部地震も同様の作業をしている。比較のため、曲げせん断モデル及びせん断モデルについても同図に示す。波形で観測記録と各モデルの応答の最大値を比較すると、立体モデルが観測記録に最も近いが、若干の誤差が見られる。波形を見ると、立体モデルが最も観測記録に近い事が分かる。加速度波形のフーリエスペクトルを図8に示す。比較すると立体モデルが観測記録に近い事が確認できる。

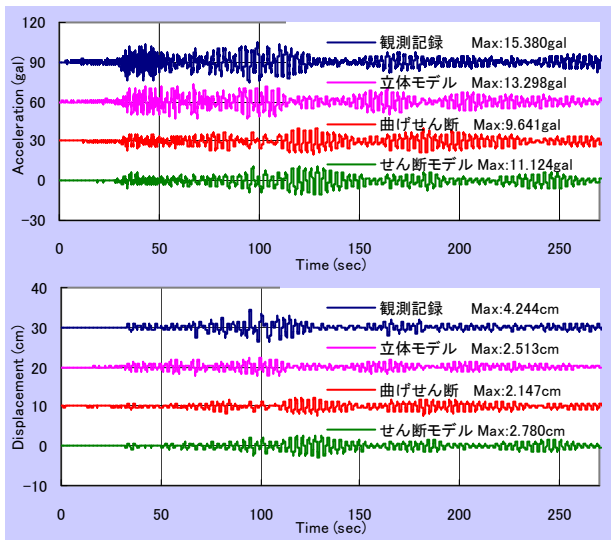


図7 新潟県中越地震解析結果 (29階EW方向)
上図：加速度波形比較 (基準線は各30gal異なる)
下図：変位波形比較 (基準線は各10cm異なる)

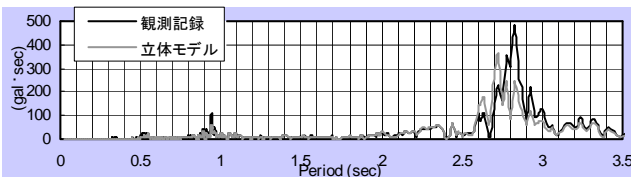


図8 新潟県中越地震の観測記録と立体モデル解析結果の加速度フーリエスペクトルの比較 (29階EW方向)

* 工学院大学大学院工学研究科
** 工学院大学建築学科
*** イー・アール・エス

4.3. 千葉県北西部地震解析結果

図9、図10は千葉県北西部地震の29階EW方向の観測記録と解析結果を比較したものである。解析結果を比較してみると、新潟県中越地震の比較結果と同様で、立体モデルは、ほぼ観測記録と等しい形状、最大値を示している事が確認できる。新潟県中越地震の解析結果と比較すると精度が高いことが確認できる。

5. まとめ

構造計算書及び架構図を基に立体フレームモデルを作成した。作成した立体モデルを用いて、新潟県中越地震と千葉県北西部地震を入力地震波として弾性範囲内における地震応答解析を行った。新潟県中越地震の長周期地震動に対する応答は、多少の位相のずれや最大応答の誤差が見られた。しかし、千葉県北西部地震解析結果は最大応答、波形ともに実際の応答をよく表現できており、短周期地震動に対する精度が高いことが確認できた。

今後は、弾塑性モデルの作成や、ねじれ応答や部材レベルの応答評価、大地震時の破壊モードの確認を行っていく。

【謝辞】 本研究は、文部科学省の学術フロンティア事業「工学院大学地震防災・環境研究センター」、および国土交通省の建設技術研究開発助成「首都圏震災時における帰宅困難者・ボランティアと地域住民・自治体との協働による減災研究」による研究助成により行われました。

【参考文献】 1)小菅美紗子他 首都圏にある超高層キャンパスの地震防災対策に関する研究 (その3)、日本建築学会大会学術講演概論集 B-2,p.617-618,2007

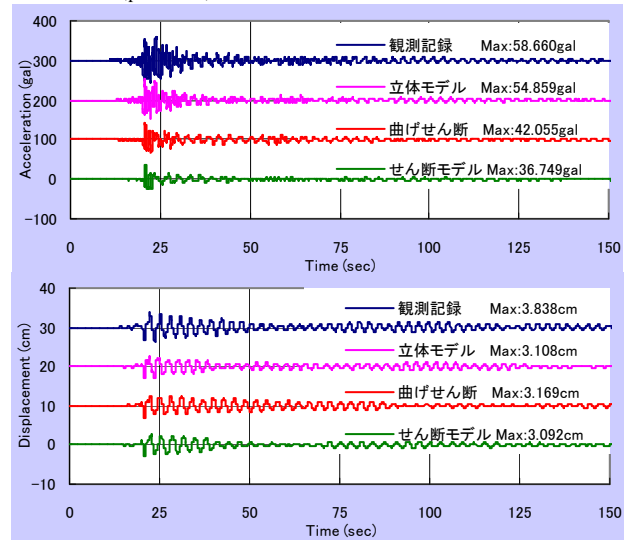


図9 千葉県北西部地震解析結果 (29階EW方向)
上図：加速度波形比較 (基準線は各100gal異なる)
下図：変位波形比較 (基準線は各10cm異なる)

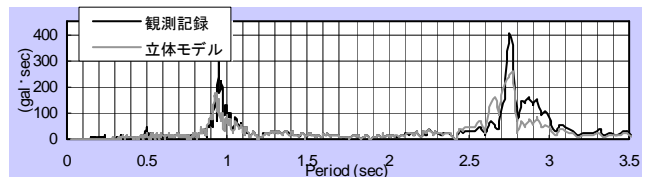


図10 千葉県北西部地震の観測記録と立体モデル解析結果の加速度フーリエスペクトルの比較 (29階EW方向)

* Graduate School of Engineering, Kogakuin University
** Department of Architecture, Kogakuin University
*** Engineering & Risk Services Corporation