

B-47

長周期地震動を受ける超高層 RC 造建物の最下層中柱を対象とした多数回繰り返し載荷実験
(その1 超高層 RC 造建物の統計的分析)

Cyclic Loading Test of Middle column of Bottom in RC High-Rise Building under Long-Period Earthquake Ground Motion
(Part 1. Statistical Analysis of RC High-rise Buildings)

○安武 悠¹, 古谷 章², 北嶋 圭二³, 楠 浩一⁴, 田才 晃⁴, 中西 三和³, 安達 洋³

*Yu Yasutake¹, Akira Furuya², Keiji Kitajima³, Koichi Kusunoki⁴, Akira Tasai⁴, Mitsukazu Nakanishi³, Hiromi Adachi³

The purpose of this study is to investigate the response and performance of columns in RC High-rise buildings under a Long-period Earthquake. The static and dynamic tests RC columns are performed in this study. In this paper, Statistical Analysis of RC High-rise Buildings is presented.

1. はじめに

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震により観測された長周期地震動で、首都圏のみならず遠方の関西圏においても超高層 RC 造建物が、長時間かつ大変形の揺れを経験した。

独立行政法人建築研究所の大川による「東日本大震災最終報告をふまえて一長周期地震動の評価について」¹⁾では、今後高い確率で発生が危惧されている東海・東南海・南海地震の巨大3連動地震動の改良評価式を用いたシミュレーションを行っており、超高層建物の応答値が現行設計クライテリアである層間変形角1/100を超える可能性があるとしている。

そこで本研究では、Lv.2の現行設計クライテリアを超える危険性、及び継続時間の長い揺れを経験する超高層 RC 造建物の最下層柱の軸力支持能力を検証することを目的とし、試験体に定軸力を負荷した状態で、部材角 1/100 付近の変形において静的及び動的多数回繰り返し水平載荷実験を行った。

なお実験に先立ち、超高層 RC の一般的な構造計画、構造特性の把握・分析を行うために、(財)日本建築センター発行「ビルディングレター」²⁾の超高層建築物性能評価・評定シートよりデータベースを作成した。次に、それに基づく超高層 RC 試設計案(以下、プロトタイプ)を提案し立体弾塑性地震応答解析を行うことで、長周期地震動時の挙動を確認し、試験体形状及び加力スケジュールを決定した。本報(その1)では、超高層 RC 造建物の統計的分析について述べる。

2. 超高層 RC の構造特性の分析

2. 1 対象建築物

本研究の構造特性の分析で使用する超高層 RC のデータはビルディングレターの2001年3月号から2011年11月号までに記載された免震構造を除いた軒高60m

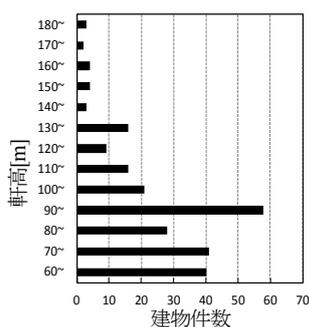


Fig.1 Eaves Height

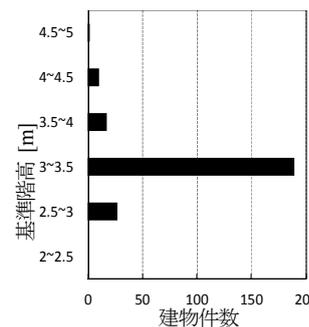


Fig.2 Standard Floor Height

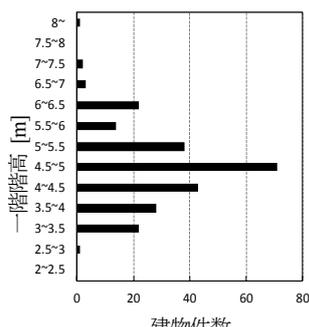


Fig.3 First Floor Height

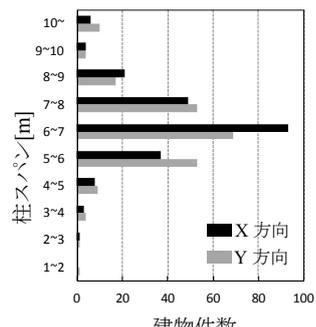


Fig.4 Span between the column

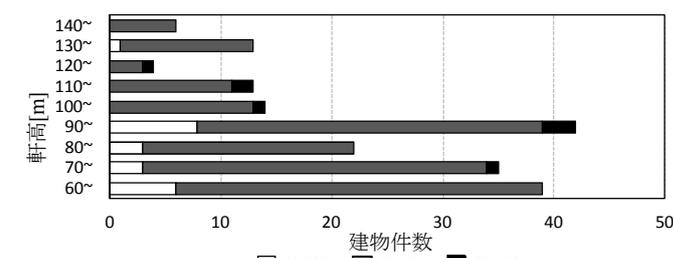


Fig.5 Types of Main Reinforcement

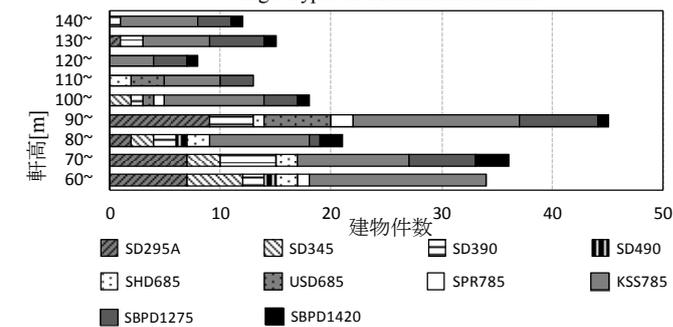


Fig.6 Types of Shear Reinforcement

1 : 日大理工・院 (前)・海建 Graduate Student, Nihon Univ.

3 : 日大理工・教員・海建 Prof. Nihon Univ. Dr. Eng.

2 : 日本 ERI 株式会社 JAPAN ERI CO.,LTD.

4 : 横浜国大・教員・建築 Prof. Yokohama National Univ. Dr. Eng.

以上の RC 造, 205 件を対象とした.

2. 2 対象建物の構造諸元

軒高, 基準階階高, 一階階高, 柱スパンの頻度分布をそれぞれFig.1~4に示す. 軒高は90~100m, 基準階階高は3.0~3.5m, 一階階高は4.5~5mが最も多い. 柱最大スパンは6.0~7.0mが最も多い.

2. 3 使用材料の分析

使用されている主筋の種類と建物件数の関係を軒高ごとにFig.5に示す. 同様にせん断補強筋種と使用コンクリート強度をそれぞれ, Fig.6, Fig.7に示す. また, 鉄筋の種類及び径と使用建物件数をTable.1に示す. なお, 主筋, せん断補強筋の強度及び使用鉄筋径, コンクリート強度については, 各評定建物の最大値とした. 主筋SD490が全体の64%と最も多く, せん断補強筋では高強度鉄筋であるKSS785が全体の40%と最も多く使用されていた. また, コンクリート強度は軒高90~100mでは60N/mm²が最も多く, 建物の高層化に伴い高強度化がみられた.

2. 4 一次固有周期

一次固有周期-軒高関係を Fig.8 に示す. 一次固有周期 T_1 は各建物の X, Y 方向の一次固有周期である. 建築基準法国土交通省告示第 597 号では, RC 造建物の一次固有周期 T_1 と建物高さ H は $T_1=0.02H$ の線形関係で表されるとしている. 本研究の対象建物においても, 一次固有周期と軒高の関係は概ねこの関係にあった.

2. 5 高層 RC の標準的な構造諸元

本研究では, 一次固有周期の分布が集中している 2 秒付近に着目し, 軒高 90~100m の範囲における各構造諸元の平均値を Table.2 に示す. Table.2 の値を参考にして次報での立体弾塑性地震応答解析に用いるプロトタイプ of 構造諸元を設定した.

3. 擬似速度応答スペクトル

日本建築学会「長周期地震動と建築物の耐震性」⁴⁾に記載されている関東地震, 東海/東南海地震, 南海地震を検討地震動として採用した. 地震動諸元を Table.3 に示す. 佐藤・檀が作成した東京・気象庁, みなとみらいを想定観測地点とした関東地震, 国土交通省中部地方整備局が作成した三の丸を想定地点とした東海/東南海地震, 釜江・入倉が作成した大阪区気象台, 西大阪を想定観測地点とした南海地震を使用した.

擬似速度応答スペクトルをFig.9に示す. 本研究対象となった超高層RCは, 2秒付近に一次固有周期が集中して分布しており, 特に, 東海/東南海地震を想定したC-SAN-EWと重なり共振することで大変形を生じることが懸念される. また, それにより建物が損傷し剛

性が低下することで周期が長くなり卓越周期付近に更に近付き, より甚大な損傷が生じる可能性があると考えられる.

4. まとめ

本報では超高層RCの現状分析を行い, コンクリート強度, 主筋, せん断補強筋の高強度化と超高層RCの標準的な構造諸元を把握した.

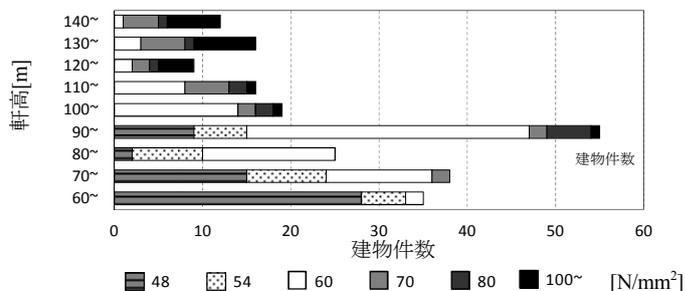


Fig.7 Types of Concrete Strength

	材料		径	
	材料	建物件数	径	建物件数
主筋	SD490	161	D41	206
	SD390	31	D38	12
	SD590	9	D35	12
			D32	6
			D29	5
			D25	4
せん断補強筋	KSS785	86	D16	47
	SBPD1275	32	S13	30
	SD295A	28	S16	30
	SD390	20	U12.6	24
	SBPD1420	14	D13	15
	SD345	12	U16	5
	USD685	10	U13	2
	SHD685	9		
	SPR785	4		
	SD490	2		

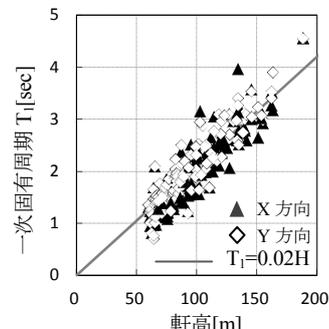


Fig.8 Natural Period- Eaves Height

Table.2 Standard Structure Specifications of RC High Rise Buildings

軒高 [m]	一階階高 [m]	基準階階高 [m]	柱スパン [m]	
			X方向	Y方向
96.53	4.84	3.25	6.6	6.6
主筋(径)	せん断補強筋(径)	コンクリート強度 F_c [N/mm ²]	一次固有周期 T_1 [sec]	
			X方向	Y方向
SD490(D41)	KSS785(D16)	60	2.00	2.05

Table.3 Examination Earthquake Vibration Specifications

地震波	地点	地震波名	最大加速度 [cm/s ²]	最大速度 [cm/s]	継続時間 [sec]
関東	東京・気象台	TS-TOK-NS	244.5	34.2	200
	みなとみらい	TS-YKL-NS	499.2	69.7	200
東海/東南海	三の丸	C-SAN-EW	185.9	50.5	327.75
	西大阪	KK-WOS-EW	68.3	69.3	297.9
南海	大阪管区気象台	KK-OSA-NS	69.3	28.3	440.05

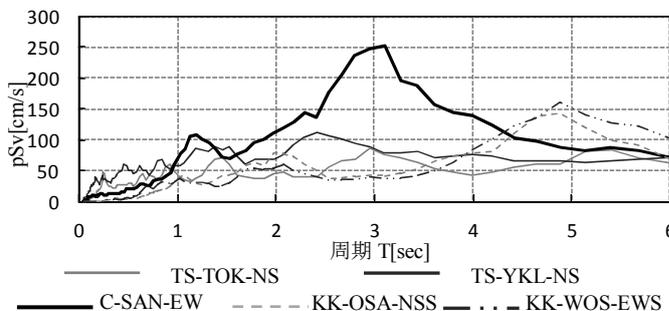


Fig.9 pseudo velocity response spectrum

【参考文献】

- 1) 独立行政法人建築研究所: 東日本大震災最終報告を踏まえて
- 2) (財) 日本建築センター: ビルディングレター, 2011年3月号-2011年11月号
- 3) 日本建築学会: 高層建築物構造設計指針, 1964
- 4) 日本建築学会: 長周期地震動と建築物の耐震性, 2007.12
- 5) 日本建築学会: 各種波形予測手法に基づいた海溝型巨大地震の予測強震動波形収集資料, 東海地震等巨大災害への対応特別調査委員会, 地震動小委員会, 2007.12