

B-26

長周期地震動を受ける高層 RC 造建物の柱部材の軸力支持能力に関する動的検証実験
(その1 実験概要および実験結果)

Failure properties of Columns in High-rise RC Buildings Subjected to Long-period Earthquake Ground Motion
(Part1. Experimental Summary and Experimental Result)

○安武悠¹, 坂東大輔¹, 幡中伸彦², 安達洋³, 中西三和³, 田才晃⁴

*Yu Yasutake¹, Daisuke Bando¹, Nobuhiko Hatanaka², Hiromi Adachi³, Mitsukazu Nakanishi³, Akira Tasai⁴

The purpose of this study is to investigate the dynamic behavior of columns in High-rise buildings and a Long-period Earthquake. The static and dynamic tests RC columns are performed in this study. In this paper, outline and final failure patterns of specimens.

1. はじめに

2003年に起きた十勝沖地震では長周期地震動が構造物に大きな被害を与えることが明らかになった。2011年3月11日に起きた東北地方太平洋沖地震では、首都圏においても長周期成分が卓越した地震動により、高層 RC 建物が継続時間の長い大きなゆれを経験し、天井や間仕切り壁等の2次部材に被害を生じた。また、地震調査推進本部により、今後も Mw8.0クラスの東海、東南海、南海地震等巨大地震の発生が危惧されている。

現行の高層 RC 建物の設計では時刻歴応答解析を行い地震時の変形などが基準以下であることが要求されているが、その際に用いられる地震波は長周期地震動をそれほど重視して作られたものではなく、固有周期が長い超高層 RC 造建物は、長周期地震動と周期が一致した場合、大変形により重大な損傷を受ける可能性がある。

そこで本研究では、超高層 RC 造建物の柱を想定した試験体に定軸力を負荷した状態で静的及び動的載荷試験を行い、崩壊過程を確認した。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

試験体諸元を Table.1, 試験体概要を Fig.1, 鉄筋の材料試験結果およびコンクリートの材料試験結果をそれぞれ Table.2, Table.3 に示す。本研究では超高層 RC 造柱の最下層部柱を想定した実寸の約 1/4 の試験体を 6 体作製した。全試験体共通として、柱断面 200×200(mm²), コンクリート設計基準強度 Fc=42N/mm², 配筋は、主筋 12-D10(SD390), 横補強筋は異形 PC 鋼棒ウルボン U7.1 を用いた。パラメータは載荷方法, シアスパン比, 軸力比である。実建物の一般階柱を想定した柱内法高さ=600(mm)の試験体を基準とした。また、実建物における最下層柱の反曲点高比 y がおよそ 0.7 であるのに対し、実験では 0.5 と異

Table.1 Outline of Specimens

試験体名称	幅×せい b×D(mm)	内法スパン L(mm)	主筋	せん断補強筋	軸力比 η	載荷方法	せん断余裕度
B-S-1.5-0.3	200×200	600	12-D10 (SD390) Pg: 2.13% Pt: 1.06%	U7.1@40 Pw: 0.99%	0.3	静的	1.02
B-D-1.5-0.3						動的	
B-S-2.0-0.3		800			0.3	静的	1.27
B-D-2.0-0.3						動的	
B-S-2.0-0.6		800			0.6	静的	1.89
B-D-2.0-0.6						動的	

Table.2 Reinforcement Testing

鉄筋種	降伏強度 (N/mm ²)	降伏歪 (μ)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)
D10	390	2323	540	1.68
U7.1	1399	7120	1414	1.96

試験体名称説明

Table.3 Concrete Testing

試験体名称	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 × 10 ⁴ (N/mm ²)
B-S-1.5-0.3	53.2	4.62
B-D-1.5-0.3	58.8	3.34
B-S-2.0-0.3	47.0	3.5
B-D-2.0-0.3	58.8	3.34
B-S-2.0-0.6	52.3	3.42
B-D-2.0-0.6	58.8	3.34

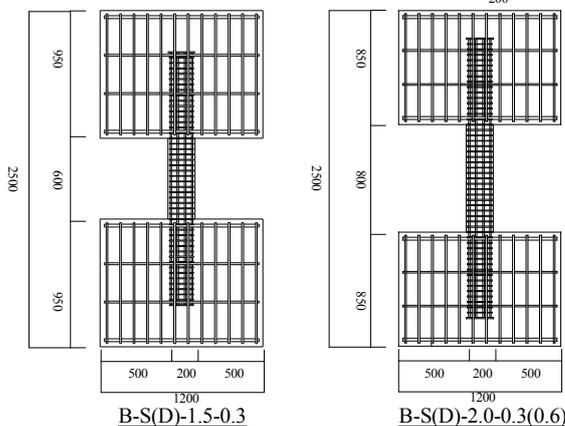
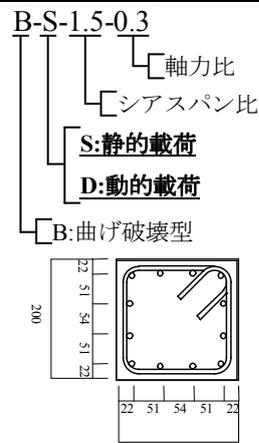


Fig.1 Specimens Detail

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

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

2 : (株)エスシー・プレコン・設計部 SC Precon

4 : 横国大工・教授・建築 Prof. Yokohama National Univ. Dr. Eng.

なることから、基準となる柱内法高さ=600(mm) を 1.33 倍した柱内法高さ=800(mm)試験体により、地震時の最下層柱脚部のモーメント及び挙動を再現した。柱内法高さ=600(mm)の試験体を軸力比 $\eta=0.3$ とし、柱内法高さ=800(mm)の試験体に対しては軸力比 $\eta=0.3$ の試験体と地震時の隅柱における軸力変動を考慮した $\eta=0.6$ の試験体を用意した。

動的効果を確認するために同一パラメータの静的載荷試験体(S), 動的載荷試験体(D)を 1 対とした。

2. 2 荷荷方法

荷荷装置図を Fig.2 に示す。実験は本学 大型構造物試験センター内テストフロアに設置した荷荷装置を用いて行った。試験体の上下は十分に剛なスタブを設け、そのスタブを反力床に固定したベッドと上部の加力 L 字ビームに PC 鋼棒で圧着した。L 字ビームはパンタグラフ機構で平行に維持されている。水平力は反力壁に取付けたアクチュエータを使用し、上下逆対称の変形を与えた状態で試験体に正負繰返し荷重を作用させた。軸力については鉛直加力用ジャッキ底面にスライド支承を設け、試験体の水平変位に追随し常に柱頭柱心に定軸力が作用するようにして荷重制御した。

2. 3 加力スケジュール

試験体 B-S-1.5-0.3, 試験体 B-D-1.5-0.3 の加力スケジュールを例として Fig.3 に示す。全試験体とも部材角 $\pm 1.0\%$ までは $\pm 0.1\%$ の増分変位を各 2 回、 $\pm 1.0\%$ から $\pm 2.0\%$ までは増分変位を $\pm 0.2\%$ として各 2 回の正負繰返し荷荷を行い、軸力支持能力を喪失するまでを目標として荷荷した。なお、部材角 $\pm 2.0\%$ 以降は増分変位を $\pm 0.4\%$ として各 1 回の荷荷とした。動的荷荷実験では、静的荷荷実験で得られた水平加力用アクチュエータの内部変位履歴を参考に同一の変位履歴となるような正弦波を作成した。各サイクルの最大速度は実建物の最下層部が受けると想定される速度から相似則を適用して 25(mm/sec)とし、水平変位制御用アクチュエータの波形の入力は専用のプログラムを用いて実施した。

3. 各試験体の設計耐力と最終破壊形状

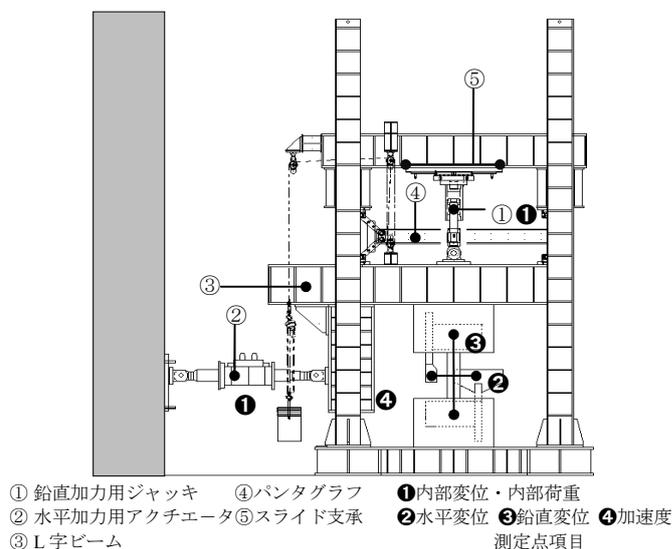
各試験体の設計耐力の一覧を Table.4 に、最終破壊形状を Fig.4 に示す。全試験体において、せん断終局強度^[1]に対し、曲げ終局時のせん断力^[1]の値が充分に小さいことから、曲げ破壊型の試験体となっている。しかし、本実験結果の最終破壊形状では、B-S(D)-2.0-0.3 試験体は曲げ破壊したのに対し、B-S(D)-1.5-0.3 および B-S(D)-2.0-0.6 試験体はいずれも付着割裂破壊した。

4. まとめ

各試験体のより詳細な破壊状況および破壊挙動については、次報(その 2 実験結果)で述べる。

【参考文献】

- [1] 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造 計算基準・同解説, 2010.2.20, pp.619-624
- [2] (財)国土開発技術センター：平成 4 年度 New RC 研究開発概要報告書, 1993.3



主要装置一覧
Fig.2 Outline of Loading Device and Measurement Method

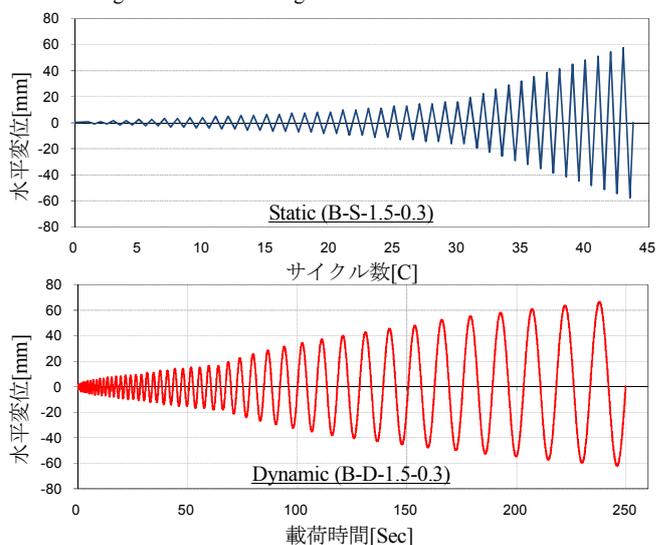


Fig.3 Loading Schedule
Table.4 Outline of Guaranteed Load

試験体名称	曲げ終局時せん断強度 $Q_{mu}(kN)$	せん断終局強度 $Q_{su}(kN)$	せん断余裕度 Q_{su}/Q_{mu}
B-S(D)-1.5-0.3	185.16	188.98	1.02
B-S(D)-2.0-0.3	138.87	175.77	1.27
B-S(D)-2.0-0.6	113.50	215.01	1.89



B-S-1.5-0.3 B-D-1.5-0.3 B-S-2.0-0.3 B-D-2.0-0.3 B-S-2.0-0.6 B-D-2.0-0.6
Fig.4 Destruction Figure after Horizontal