

B-27

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2 実験結果)

Failure Properties of Columns in High-rise RC Buildings Subjected to Long-period Earthquake Ground Motion
(Part2. Experimental Result of the Capacity of Horizontal Loaded RC Column under Dynamic and Static Loading)

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, test result presented of experiment.

1. はじめに

前報に述べた曲げ破壊型 RC 造柱を対象として実施した静的および動的載荷実験結果について述べる。

2. 実験結果

2. 1 水平荷重—水平変形関係

水平荷重—水平変形関係を Fig.1 に示す。

試験体 B-S-1.5-0.3 : 部材角 R=1.21%で最大荷重 217.69kN に達し, 急激な耐力低下を示した. R=0.5%で主筋が圧縮降伏し, 部材角 R=0.7%で発生した付着割裂によるかぶりコンクリートの剥落が進行したが, 最後まで定軸力を保持した. 最終破壊状況は, 付着割裂破壊である.

試験体 B-D-1.5-0.3 : 部材角 R=0.70%で最大荷重 -248.88kN に達し, 急激な耐力低下を示した. R=0.4%で主筋が圧縮降伏した. 付着割裂が発生し, かぶりコンクリートの剥落が進行し, 軸力支持能力を喪失した. 最終破壊状況は, 付着割裂破壊である.

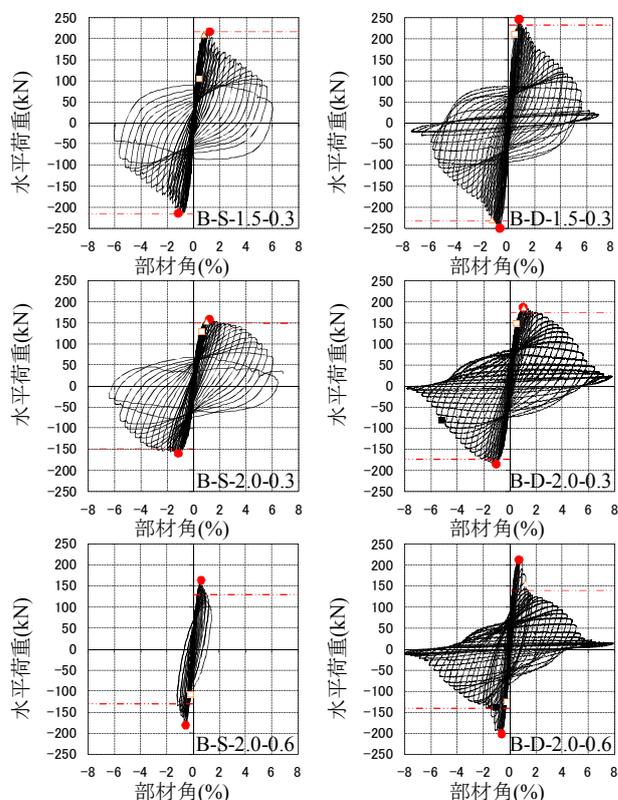
試験体 B-S-2.0-0.3 : 部材角 R=1.20%で最大荷重 -159.55kN に達し, 徐々に耐力低下を示した. R=0.1%で柱頭柱脚に曲げひび割れが発生し, その後, 曲げひび割れが進行した. また, R=0.6%で主筋の圧縮降伏が発生し, 部材角 R=1.2%で柱頭柱脚で圧壊した. 部材角 R=3.6%で柱頭柱脚のかぶりコンクリートが剥落したが, 最後まで定軸力を保持した. 最終破壊状況は, 曲げ破壊である.

試験体 B-D-2.0-0.3 : 部材角 R=0.98%で最大荷重 187.74kN に達し, 徐々に耐力低下を示した. R=0.6%で主筋の圧縮降伏が, R=1.0%で主筋の引張降伏が発生した. また, 部材角 R=5.0%付近で急激な軸耐力の低下, 軸変形が進行し, 軸力支持能力を喪失した. 最終破壊状況は, 曲げ破壊である.

試験体 B-S-2.0-0.6 : 部材角 R=0.59%で最大荷重 -179.88kN に達し, 急激な耐力低下を示した. R=0.1%

で柱頭柱脚に曲げひび割れが発生し, R=0.3%で主筋が圧縮降伏した. また, 部材角 R=0.7%では柱脚部の圧壊が顕著であり, その後, 付着割裂のひび割れから, かぶりコンクリートの剥落が進行した. 部材角 R=1.4%で, 試験体が面外方向に傾いた為, 実験を終了した. 最終破壊状況は, 付着割裂破壊である.

試験体 B-D-2.0-0.6 : 部材角 R=0.67%で最大荷重 213.06kN に達し, 急激な耐力低下を示した. R=1.2%で主筋が引張降伏した. 柱中央部で付着割裂が発生し, かぶりコンクリートの剥落が進展し, 軸力支持能力を喪失した. 最終破壊状況は, 付着割裂破壊である.



● 正負側最大荷重 - - - 曲げ終局時せん断力
□ 主筋圧縮降伏 △ 主筋引張降伏 ■ 軸力支持能力喪失
Fig.1 Horizontal Load—Horizontal Displacement curves

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

2 : (株)エスシー・プレコン・設計部 SC Precon

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

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

2. 2 繰り返し載荷による水平荷重の推移

シアスパン比 1.5 の試験体ではシアスパン比 2.0 の試験体に比べ、動的載荷、静的載荷共に最大耐力以降の荷重の低下が顕著であった。高軸力を負荷した軸力比 $\eta=0.6$ の試験体では、静的および動的載荷ともに部材角 $R=0.8\%$ 付近で水平荷重が急激に低下した。

2. 3 軸耐力-軸変形関係

動的載荷を行った試験体の軸耐力-軸変形関係を Fig.2 に示す。静的載荷を行った全試験体においては、水平載荷終了後まで定軸力を保持したのに対し、動的載荷を行った試験体では、軸変形の発生直後に鉛直加力用ジャッキが追従できないほどの軸耐力の低下を起こした。ここではこの現象を軸力支持能力を喪失と定義した。また、軸力比 $\eta=0.6$ の試験体では、早期に軸変形・軸耐力の低下がみられた。

3. 最大荷重に及ぼす歪速度の影響

動的材料強度計算値を Table.1 に、動的効果を考慮したせん断余裕度上昇倍率を Table.2 に示す。最大耐力に影響を及ぼす歪速度は、最大水平荷重時の歪速度であると仮定した、なお、鉄筋とコンクリートが完全付着の状態、コンクリートの歪速度と鉄筋の圧縮歪速度が等しいと仮定し、文献^[1]より鉄筋の材料強度推定式に式(1)を、コンクリートの材料強度推定式に式(2)を用いた。なお、主筋の強度上昇推定式には最大荷重時の圧縮側主筋の歪速度の最大値を用いた。式の適用範囲は歪速度が $10^{-3} \sim 10^{-1}(1/sec)$ 、鉄筋の降伏点強度が $410(N/mm^2)$ 、コンクリートの圧縮強度が $45(N/mm^2)$ 以下である。また横補強筋に関しては歪速度が小さく適用範囲外であった。

$$\frac{D f_y}{s f_y} = 1.20 + 0.05 \log \left| \frac{\dot{\epsilon}}{\epsilon} \right| \quad (1)$$

$s f_y$: 鉄筋の静的降伏強度, $D f_y$: 鉄筋の動的降伏強度, $\dot{\epsilon}$: 歪速度

$$\frac{D F_y}{s F_y} = 1.38 + 0.08 \log \left| \frac{\dot{\epsilon}_D}{\epsilon_D} \right| \quad (2)$$

$s F_y$: コンクリートの静的圧縮強度, $D F_y$: コンクリートの動的圧縮強度, $\dot{\epsilon}_D$: 歪速度

静的載荷では材料試験結果を、動的載荷では歪速度を考慮した値より終局強度を求めた。そのうえで静的載荷と動的載荷のせん断余裕度を比較したところ、軸力比 $\eta=0.3$ の試験体では、せん断余裕度の低下があまりみられなかったのに対し、軸力比 $\eta=0.6$ の試験体では、低下が顕著であった。

4. まとめ

曲げ破壊を想定した RC 造柱に対して静的及び動的載荷試験を行い以下の知見を得た。

1)同一パラメータの試験体において静的載荷時に比べ動的載荷時は水平荷重が上昇した。

2) 静的載荷を行った試験体は実験終了まで定軸力を保持したのに対し、動的載荷を行った試験体では急激な軸耐力の低下を起こした。

3) 高軸力負荷時においては、早期に軸縮み・軸力低下がみられた。また、水平載荷が進行するにつれ急激な水平荷重の低下がみられた。

4) 動的載荷では静的載荷に比べ、せん断余裕度の低下が顕著であった。

5) 柱内法高さの高い試験体は低い試験体と比べ、最大耐力は大きかったが直後の耐力低下は急激に進行した。また、静的載荷、動的載荷共に同じ傾向を示した。

【参考文献】

- [1] 小川勤, 中西三和: 動的載荷時における鉄筋コンクリート形柱梁接合部の力学的性状に関する研究(その 1~2), 学術講演梗概集. C-2, 2006, pp.55-56
- [2] 日本建築学会: 長周期地震動と建築物の耐震性, 2007,12

【謝辞】

本研究は、平成 22 年度文科省科学研究費補助金(基盤研究 B)「鉄筋コンクリート造柱の地震時軸耐力喪失過程と建物の倒壊リスクに関する動的検証」の一環として行ったものである。また、本実験を遂行するにあたり、本学 大型構造物試験センターの菊池靖彦技手に多大なご協力を頂き、横浜国立大学の楠浩一准教授にご指導を頂いた。ここに記して深く感謝の意を表す。

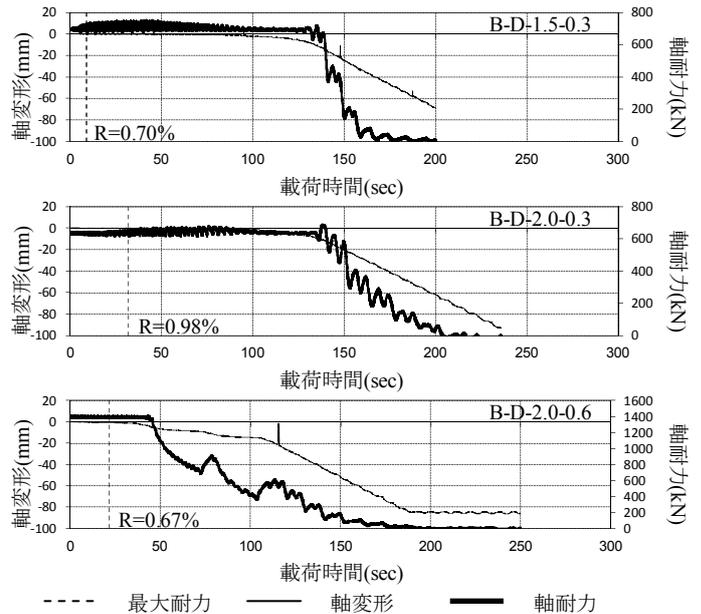


Fig.2 Axial Displacement - Process of Axial Tension curves

Table.1 Calculation value of Dynamic Material Strength

試験体名称	材料	歪速度 (1/sec)	静的材料強度 (N/mm ²)	動的材料強度 (N/mm ²)	上昇倍率
B-D-1.5-0.3	主筋	0.00103	389.6	444.6	1.14
	コンクリート	0.01321	58.8	65.0	1.11
B-D-2.0-0.3	主筋	0.04324	389.6	440.9	1.13
	コンクリート	0.02336	58.8	65.8	1.12
B-D-2.0-0.6	主筋	0.00263	389.6	417.3	1.07
	コンクリート	0.00564	58.8	70.6	1.20

Table.2 Appreciation rate of Qsu/Qmu

試験体名称	実験値 Qmax (kN)	計算値(静的)			計算値(動的)			Qsu/Qmu 上昇倍率
		Qmu (kN)	Qsu (kN)	Qsu/Qmu	Qmu (kN)	Qsu (kN)	Qsu/Qmu	
B-S-1.5-0.3	217.69	216.57	209.87	0.97	-	-	-	0.99
B-D-1.5-0.3	248.88	-	-	-	239.64	229.45	0.96	
B-S-2.0-0.3	159.55	149.33	183.94	1.23	-	-	-	0.96
B-D-2.0-0.3	187.74	-	-	-	182.92	216.13	1.18	
B-S-2.0-0.6	179.88	129.80	241.63	1.86	-	-	-	0.74
B-D-2.0-0.6	213.06	-	-	-	198.69	272.61	1.37	