

# 1) 住宅・建築関連先導技術開発助成事業

## 1) - 1 長周期地震動を受ける既存 RC 造超高層建築物の構造部材性能評価・向上技術の開発

### Structural Performance Evaluation and Improvements of Reinforced Concrete High-rise Buildings under Long Period Seismic Ground Motion

(研究期間 平成 19～21 年度)

構造研究グループ	飯場正紀	福山 洋	森田高市
Dept. of Structural Engineering	Masanori Iiba	Hiroshi Fukuyama	Koichi Morita
国際地震工学センター		齊藤大樹	向井智久
International Institute of Seismology and Earthquake Engineering		Taiki Saito	Tomohisa Mukai

It is known that high-rise buildings suffer long time shaking by long-period ground motions generated in large plains such as Kanto Plain. To ensure the safety of high-rise buildings against long-period ground motions, it is necessary to evaluate nonlinear performance of structural members under cyclic loadings. This study focus on the safety of reinforced concrete high-rise buildings and conducted structural tests for beam, column and connection members under large number of cyclic loadings to find out the degradation of structural performance. Also, structural tests were done for retrofitted members to see the improvement of performance and a mathematical model is proposed for earthquake response analysis.

#### [研究目的及び経過]

近年、2003 年十勝沖地震を機に長周期地震動がクローズアップされている。特に超高層建築物の構造部材はこれまで想定していた以上の多数回繰り返し振動を受けることが指摘されており、構造部材の多数回繰り返し加力に対する性能を評価・確認・確保することが重要である。長周期地震動の影響や大地震後の修復再利用を考慮すると、超高層建築物、特に超高層集合住宅に使用されている高強度 RC 造構造部材の多数回繰り返し振動に対する構造性能および累積損傷の評価を行なう必要がある。また必要な構造性能確保のための既存超高層建築物に対する構造性能向上技術の開発も必要である。

本研究では、長周期地震動による多数回繰り返し振動を受ける RC 造超高層集合住宅の構造部材の有する構造性能の把握、累積損傷やエネルギー吸収能力の評価、および構造性能の向上に関する技術開発を行なうことを目的としている。

本研究においては、最初に、標準的な RC 造超高層集合住宅の柱・梁・接合部部材を取り出し、多数回繰り返し実験を行い、その結果から多数回繰り返しが耐力や変形能、エネルギー吸収性能に及ぼす影響を分析した。さらに構造性能の向上のための補強実験を行い、その効果を確認した。さらに、実験結果を元に累積損傷を考慮できる部材の復元力モデルを提案し、建物全体の地震応答解析を行い、長周期地震動の影響を明らかにした。

#### [研究内容]

##### 1. 高強度 RC 造構造部材の多数回繰り返し実験

①加力方法：繰り返し数は、いずれの実験においても標準では 2 回、長周期では 5 倍の 10 回を基本とした。

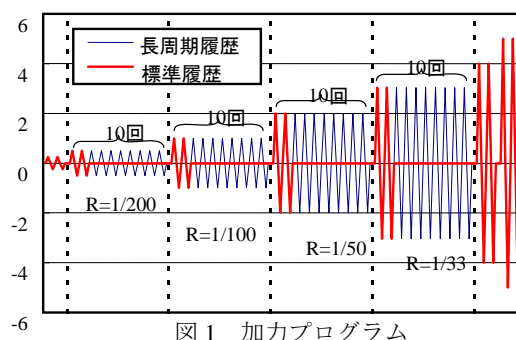


図 1 加力プログラム

②柱試験体：多数回繰り返しの復元力特性への影響は、最大耐力に達するまではほとんど無く、最大耐力以降において繰り返しによる耐力低下と変形能力の低下をもたらすものであった。最大耐力時変形の次の変形において繰り返し数による影響が見られ、端部コンクリートの圧壊の進展とともに生じていた。

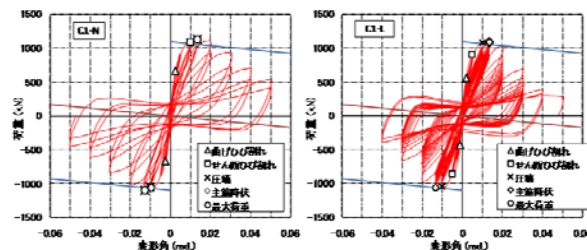


図 2 繰り返し载荷を受ける柱の荷重変形関係

②梁試験体：スラブ付き試験体の各サイクルピーク時せん断力の推移を示す（図 3）。なお、負荷荷時のせん断力は絶対値で示した。R=1/100 以降では上下主筋量の違いによる曲げ強度の差が表れている。N（標準）と L（長周期）履歴の耐力推移は R=1/33 まで差はほとんど同じであるが、それ以降では差が表れている。10 回の繰返しによる影響を見ると、スラブ圧縮の正載荷では繰返し 2~3 回目で耐力低下が止まり、また計算値曲げ強度を下回ることもなかった。一方、梁下端圧縮の負載荷は繰返しにより徐々に耐力が低下しており、R=1/50 の途中からは計算値曲げ強度を下回っており、多数回繰返しによる影響が確認できた。

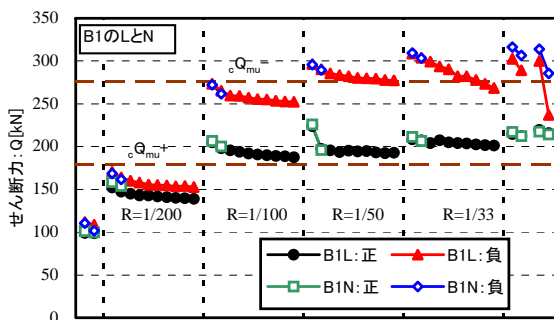


図 3 繰返しによるせん断力の推移

③接合部試験体：試験体は、スラブのない柱・梁および接合部からなる十字型試験体を基本とした。パラメータは、接合部せん断余裕度、梁主筋接合部内通し配筋の付着、直交梁の有無等である。2 体の試験体について層せん断力-層間変形角関係を図 4 に示す。いずれの試験体も梁の曲げ降伏により定まる層せん断力を確保されている。従来の加力履歴を与えた試験体（図中破線）は、層間変形角が 1/50 を超えた繰返しで、最大耐力が確保できなくなったが、各変位レベルで 10 回の繰返し履歴を与えた試験体（図中実線）は、層間変形角 1/50 の繰返しにより、3~4 割の耐力低下を示した。これは接合部内の梁主筋の付着劣化が主な原因と考えられる。

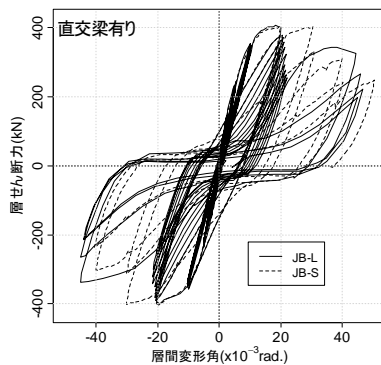


図 4 柱・梁接合部の荷重変形関係

## 2. R/C造柱-梁接合部の耐震補強実験

①試験体：試験体はスラブ付き梁であり、補強方法による効果の確認を目的に計画した（表 1）。補強方法は炭素繊維補強、鋼板補強とした。

表 1 実験ケース一覧

試験体名	補強		固定ボルト (PC鋼棒, C種)		面外拘束 アンカー (ケミカル)	側面イメージ図 (●:固定用, ○:面外拘束用)
	種類	厚さ (mm)	量	導入張力 (kN/本)		
BRC1	炭素繊維シート	0.167	4-φ13 @110	114.7	---	
BRS1	鋼板	0.8	3-φ13 @140	114.7	8-M8 (D10, SD295A)	
BRS2		3.2	4-φ23 @100	359	---	

無補強試験体と炭素繊維シートによる補強試験体の比較を示す（図 5）。部材角 3/100rad.までは正負とも顕著な差が見られないが、それ以降はいずれの試験体も梁端部補強による負側の靱性改善が認められる。

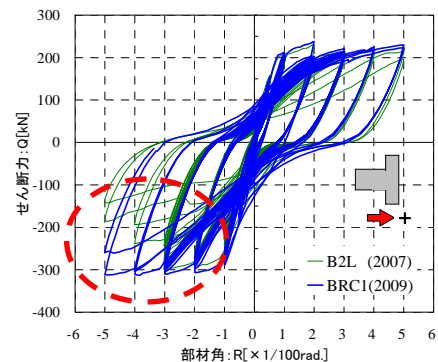


図 5 柱・梁接合部の荷重変形関係

## 3. 累積損傷を考慮できる部材の復元力モデル

梁部材の繰返し曲げ荷重によるスリップ性状、耐力劣化性状を考慮できる復元力モデルを開発した。

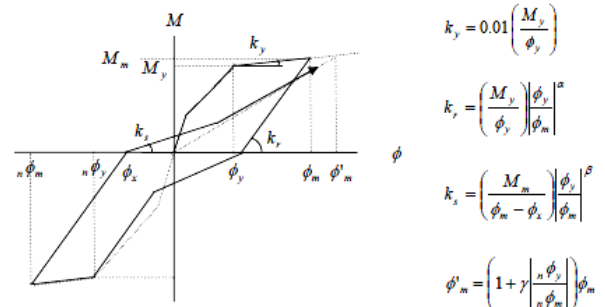


図 6 繰返し劣化を含む曲げ復元力特性モデル