

超高層鉄筋コンクリート建物の耐震設計法に関する研究（その2）

——柱はり接合部試験体の繰返し加力実験——

武田 寿一 多田 利正

Study on Aseismic Design of High-rise Reinforced Concrete Buildings (Part 2)

——Experiments on Beam-Column Joint Subassemblages Subjected to Seismic Loading——

Toshikazu Takeda Toshimasa Tada

Abstract

This paper describes an experimental study concerning reinforced concrete beam-column joint subassemblages subjected to seismic loading. For realization of moment-resisting reinforced concrete high-rise buildings to withstand catastrophic earthquakes, it is necessary to obtain ductile members for the frame. With regard to beam-column joints, it is necessary to prevent shear failure of the joints and bond slip of beam reinforcement through the joints to guarantee ductile beam-end plastic hinges having sufficient energy absorbing capacities. Seven specimens were tested under repeated reversible loading. A number of these specimens were provided with threaded bar beam reinforcement, ring plates in joints, and horizontal haunches around joints. Through these experiments, joint details showing good performance against repeated loading were obtained.

概要

超高層鉄筋コンクリート造靱性骨組用接合部の開発を目的として、接合部域の配筋・補強法を工夫した柱はり接合部試験体の繰返し加力実験を行なった。試験体は、30層の高層集合住宅建物を試設計し、その下層部分接合部の1/2縮尺モデルとした。接合部配筋詳細は、接合部のせん断補強にリングプレート进行、四隅はり主筋にネジ鉄筋を用いて、リングプレート内側においてナット固定し、内側はり主筋は、接合部を通過してはり端ヒンジゾーンで45°折曲げ定着し、ヒンジのせん断補強を兼ねさせたもの、および水平ハンチを設け、リングプレートで補強して、はり主筋の定着長を確保したもの、などである。実験の結果、通常を通し配筋の場合に見られる復元力特性の欠点が改良され、超高層靱性骨組の耐震要素として十分な性能を保持した接合部ディテールが得られた。

1. 序

超高層靱性骨組用接合部の開発を目的として、配筋・補強法を工夫した接合部試験体の実験を行なった。

2. 試験体および使用材料

図一1に試験体の形状を、図一2に各試験体の接合部域配筋詳細を示す。試験体は30層超高層集合住宅建物を試設計¹⁾し、その下層部接合部の1/2縮尺モデルとした。No. 1は比較のための通常を通し配筋試験体で接合部のせん断補強は柱と同じとした。No. 2は内側はり主筋を接合部内で90°折り曲げ定着し、接合部をリングプレート補強したものである。No. 3は四隅はり主筋はネ

ジ鉄筋を用いてリングプレート内側においてナット固定し、内側はり主筋は接合部を通過してはり端ヒンジゾーンで45°折曲げ定着とし、ヒンジのせん断補強を兼ねさせたものである。No. 4は中央リングプレートをNo. 3の1/2としたもの。No. 5は、通常を通し配筋であるが、リングプレートで補強した水平ハンチを設けてはり主筋の定着長を増したもの。No. 6は、水平ハンチを設け、さらに内側はり主筋をヒンジ域で45°折曲げ定着したものである。No. 7は隅柱試験体で、はり主筋90°折り曲げ定着、リングプレート補強とした。なお、接合部の補強量は、No. 2, 3, 5, 6, 7のリングプレートがNo. 1のspiralのほぼ2倍に相当する。

使用材料の性質は表一1に示す。試験体は水平にして

コンクリートを打設し、2週後に脱型、打設後3週間は散水養生し、材令4~11週において実験を行なった。

3. 実験方法

載荷装置を図-3に示す。柱上下端をピン・ローラー支持し、柱に一定軸力を加えた状態で、はり端に繰返し加力したものである。No. 1, 2, 3, 5, 6 は柱軸力 160 ton ($\sigma_0=100 \text{ kg/cm}^2$), No. 4 は 80 ton ($\sigma_0=50 \text{ kg/cm}^2$) 一定とし、No. 7 は 160 ton を加え、はり端荷重による変

	降伏点 (kg/mm ²)	引張り強度 (kg/mm ²)
D 16 (S D 40)	43.4	63.0
D 19 (S D 35) ネジ鉄筋	36.5	54.8
D 13 (S D 30)	32.5	50.0
D 10 (S D 40)	46.7	63.0
R. 9 (S S 41)	28.3	44.2
コンクリート (普通) 材令6週	$F_c=378 \text{ kg/cm}^2$ $F_t=34.3 \text{ kg/cm}^2$ $E_c=2.4 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ ($\frac{1}{3}F_c$ の割線)	

表-1 使用材料の性質

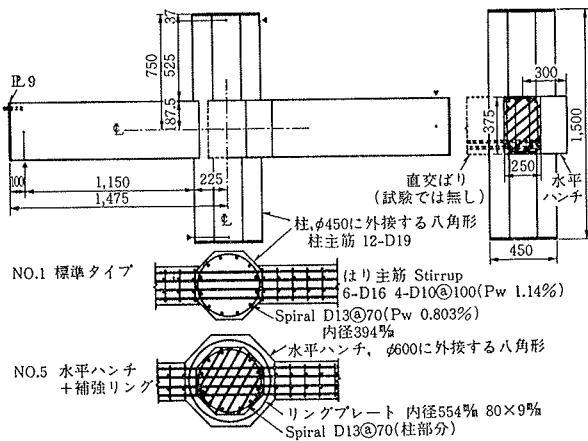


図-1 試験体の形状

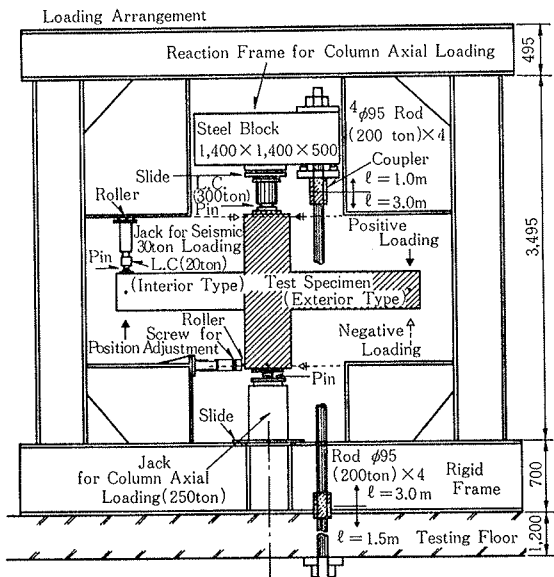


図-3 載荷装置

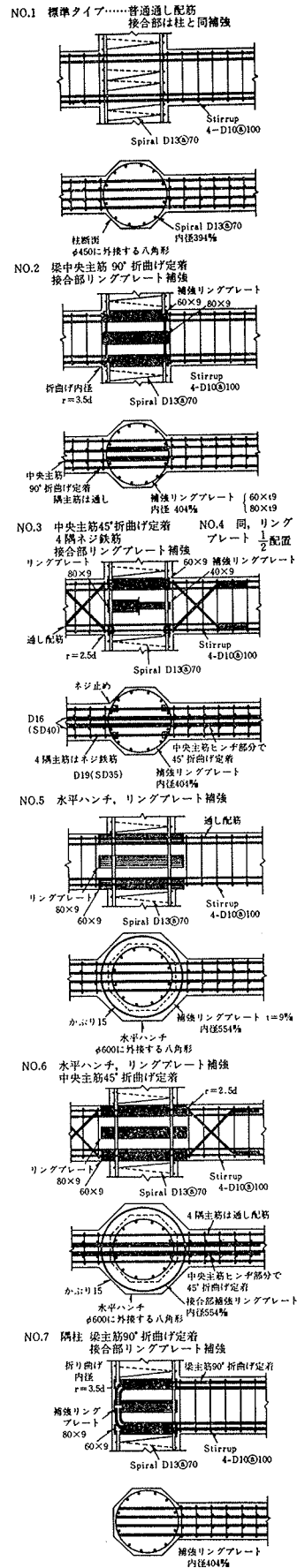
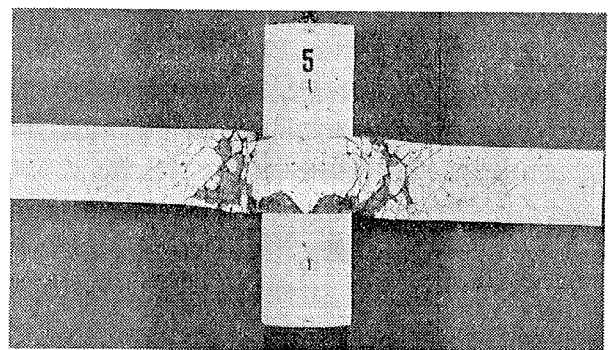
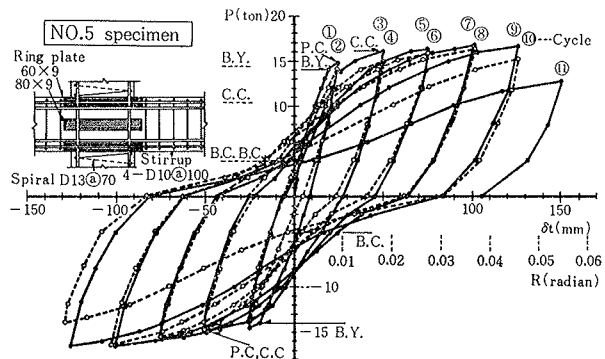
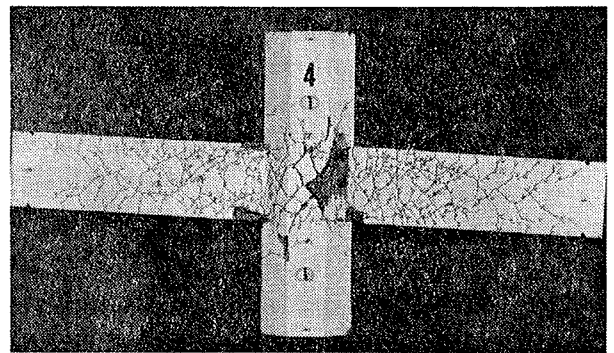
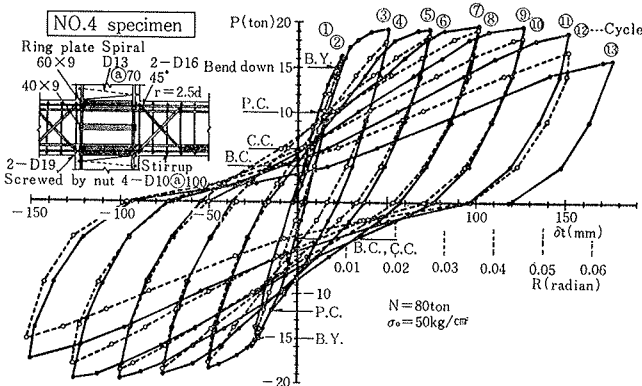
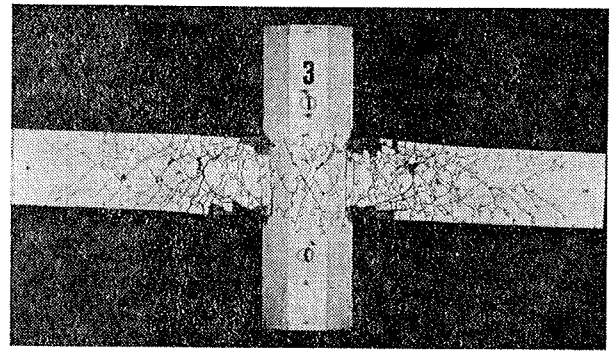
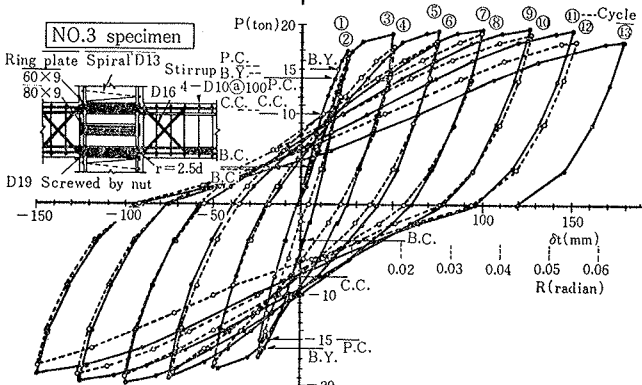
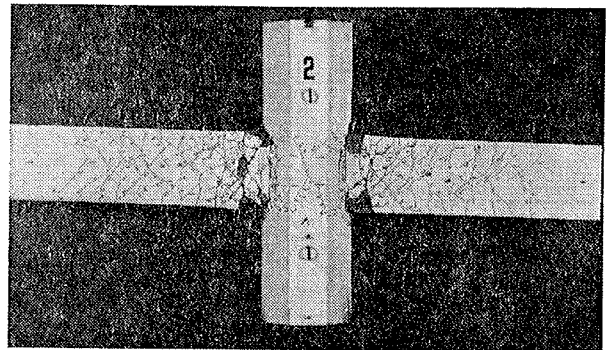
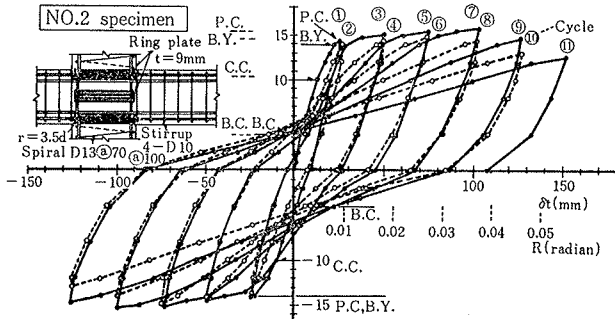
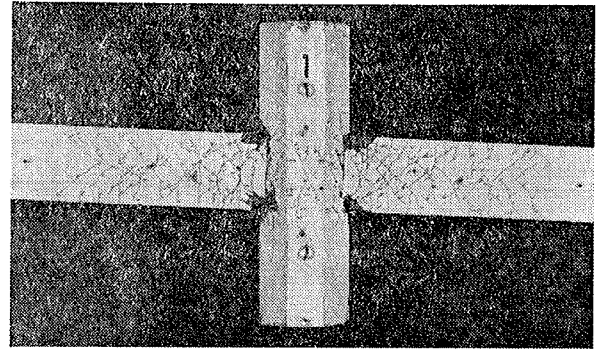
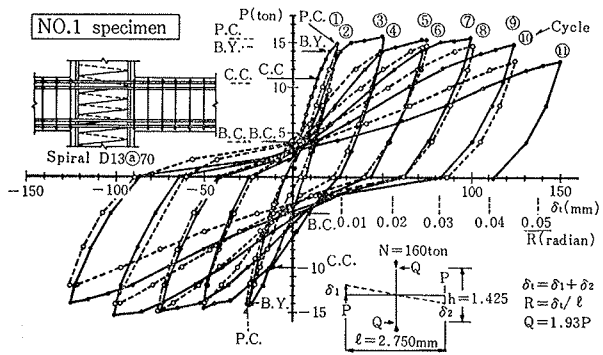


図-2 接合部の配筋詳細



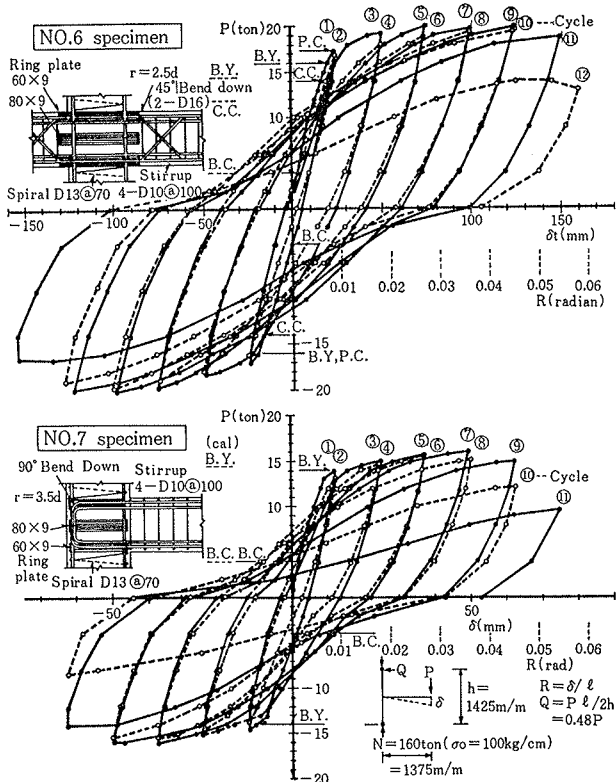


図-4 各試験体の荷重～変形曲線

動は考慮せず、荷重0時点で柱軸力を一定とした。はり端で全体変形を測定し、他に、ヒンジの回転角、接合部のせん断変形、鉄筋・接合部コンクリートのひずみ、などを測定した。

4. 実験結果とその検討

図-4 および写真-1 に各試験体の荷重～ひずみ曲線と、最終破壊状況を示す。No. 1 は繰返し数、変位の増大に伴って通し配筋のスリップが生じ、ループの逆S化・エネルギー吸収能の劣化が顕著になった。No. 2～6 は、この傾向がそれぞれ改善され、特に No. 3, 4, 5, 6 は大変形に至るまで、紡錘形のループを描き、エネルギー吸収能力は大きく向上した。No. 7 は隅柱試験体であるが、隅柱の接合部については、せん断力の入力約1/2であること、鉄筋の定着についても、両側からの繰返し力を受ける内柱接合部の鉄筋よりも有利な状況にあることから、ループの劣化は顕著ではない。破壊性状の特徴は、No. 1 は鉄筋の抜け出しによる、はり端でのひびわれ開口の増大とコンクリートの圧壊。No. 2, 5, 7 は、はり端ヒンジのせん断破壊。No. 3, 6 はヒンジ外側におけるはりのせん断破壊。No. 4 では、はり降伏後の繰返し加力により接合部が漸進的にせん断破壊した。No. 2, 5, 7 の後半のサイクルにおけるループの偏平化は、はり端塑性ヒンジのせん断剛性の低下、あるいはせん断破壊による。この破壊は、鉄筋すべりの少ない場合に、正負両方向の曲げひびわれがはり断面を貫通する傾向となりコン

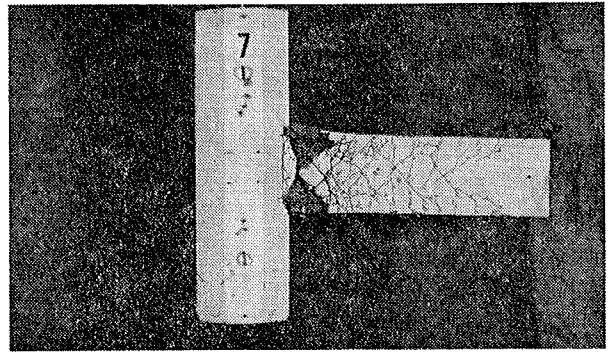
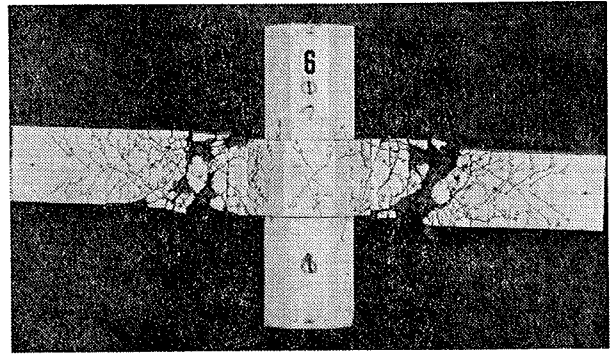


写真-1 各試験体の破壊状況

クリートの圧縮断面でのせん断力分担が減少することに起因し、通常のスーラップ補強では防ぎ得ないものである。また No. 4 の結果や接合部せん断耐力に関する不確定要素を考慮すれば、接合部のせん断耐力にはある程度の余裕が必要であり、ここで用いた、リングプレート、水平ハンチは、通常せん断補強では設計困難な接合部に対しても有効であろう。

5. 結び

試設計した30層超高層集合住宅建物の下層部接合部を対象として、これの1/2縮尺モデルの試験体を用いて、正負繰返し加力実験を行なった。試験体の接合部域には、ネジ鉄筋、リングプレート、水平ハンチ、などを用いて、配筋・補強法の工夫を施した。その結果、通常のはり通し配筋の場合に共通に見られる復元力特性の欠点が改善され、超高層RC靱性骨組の耐震要素として十分な性能を保持した接合部ディテールが得られた。

参考文献

- 1) 武田, 他: 超高層鉄筋コンクリート建物の耐震設計法に関する研究(その1)―耐震設計法と30層建物の設計―, 大林組技術研究所報, No. 30, (1985), pp. 48~55
- 2) 多田, 武田: RC柱はり接合部補強法に関する実験的研究(その8) 超高層靱性骨組用接合部の開発実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (昭和57.10), pp. 1649~1650