

[2146] 斜め方向水平力を受ける RC 造隅柱・基礎梁接合部に関する実験的研究

野村設郎\*1・宮本 守\*2・衣笠秀行\*3

■はじめに■

筆者らは、コンクリート強度差が高強度コンクリートを用いた1階柱・基礎梁接合部に及ぼす影響を明らかにするため、まず基礎的性状を求めることを目的として一連の実験および解析的研究を行って来た<sup>1) 2) 3) 4)</sup>。本報の特徴は、これまでの実験で基礎梁をべた基礎として扱ったものをより現実的なモデルとし、さらに標準的な基礎梁を持つ試験体モデルを採用したこと、及び、隅柱・基礎梁接合部に対する一方向および二方向水平加力実験とその比較を行ったことである。

■実験概要■

1. 試験体及び材料

試験体形状を図-1に、試験体一覧を表-1に示す。1階柱・基礎梁接合部の曲げ圧縮実験を簡単な形で行うために試験体の形状を図に示すような片持形式とし、せん断破壊に対しては十分安全なように補強した。柱部分には高強度材料を使用し、杭及びフーチングを考慮した1階柱・基礎梁接合部を切り出す形となっている。実験パラメーターは、①基礎梁の平面形状(+形、L形、張り出しL形)、②載荷方向(0度、45度)、③コンクリートの強度分布(強度差あり、なし)の3つであり、試験体は計6体計画した。シャースパン比(M/QD)は4.0とし、柱断面は15cm×15cmである。代表的試験体の寸法及び配筋図を図-2に、使用材料の力学的特性を表-2、表-3に示す。

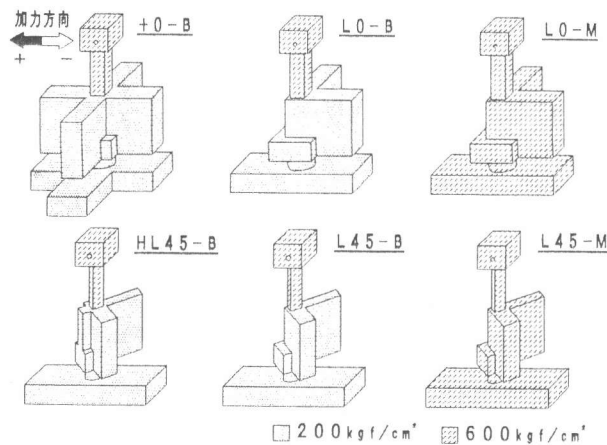


図-1 試験体形状

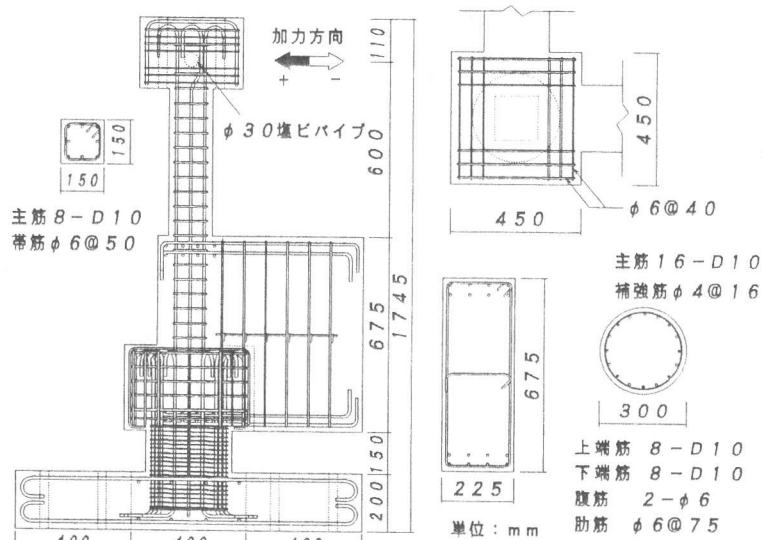


図-2 配筋図 (基礎梁の平面形状がL形)

\*1 東京理科大学 教授 理工学部建築学科、工博 (正会員)

\*2 東京理科大学大学院 理工学研究科建築学専攻 (正会員)

\*3 東京理科大学 講師 理工学部建築学科、工博 (正会員)

表-1 試験体一覧

柱	b × D (mm)	150 × 150
	主筋	8-D10 (HSB70)
	p <sub>t</sub> (%)	1.92
	帯筋	2-φ6 (SR235) @ 50
	p <sub>w</sub> (%)	0.67
基礎梁	b × D (mm)	225 × 675
	主筋	16-D10 (SD295)
	p <sub>t</sub> (%)	2.88
	肋筋	2-φ6 (SR235) @ 75
	p <sub>w</sub> (%)	0.30
杭	D (mm)	300
	主筋	16-D10 (SD295)
	p <sub>v</sub> (%)	1.68
	せん断補強筋	2-φ4 @ 16
	p <sub>w</sub> (%)	0.58
シャースパン比		4.0
軸力比 η		0.2

表-2 コンクリートの力学的特性

試験体	部位	圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )		ヤング係数 E <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν
		σ <sub>B</sub>	柱/基礎梁		
+0-B	柱	564	2.32	3.17 × 10 <sup>5</sup>	0.20
	基礎梁	243		2.36 × 10 <sup>5</sup>	0.20
L0-B	柱	548	2.15	3.42 × 10 <sup>5</sup>	0.20
	基礎梁	255		2.31 × 10 <sup>5</sup>	0.20
L0-M	柱	654	1.00	3.45 × 10 <sup>5</sup>	0.21
	基礎梁				
L45-B	柱	560	2.24	3.17 × 10 <sup>5</sup>	0.22
	基礎梁	250		2.20 × 10 <sup>5</sup>	0.19
L45-M	柱	619	1.00	3.52 × 10 <sup>5</sup>	0.23
	基礎梁				
HL45-B	柱	536	2.09	3.25 × 10 <sup>5</sup>	0.21
	基礎梁	257		2.30 × 10 <sup>5</sup>	0.20

表-3 鉄筋の力学的特性

呼称	規格	降伏強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	引張強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	ヤング係数 E <sub>s</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	断面積 (cm <sup>2</sup> )
D10	SD295	4750	6770	2.28 × 10 <sup>6</sup>	0.513
D10	HSB70	9880	11570	2.32 × 10 <sup>6</sup>	0.530
φ6	SR235	3540	4990	2.28 × 10 <sup>6</sup>	0.249
φ4	----	3480	4540	1.78 × 10 <sup>6</sup>	0.115

コンクリート強度分布は、基礎梁上端より上部の柱部分を600kgf/cm<sup>2</sup>、基礎梁上端より下部部分を200kgf/cm<sup>2</sup>とし

た試験体と両部分を600kgf/cm<sup>2</sup>として一体打設した試験体の2種類である。実際の高層RC造にはこのような大きな強度差はないが、これは基礎梁部分の破壊を目的としたためである。また、全試験体共通して柱主筋のみ高強度鉄筋を使用し、コンクリートのヤング係数は1/3割線弾性係数とする。

2. 載荷方法

載荷方法は図-3に示す建研式載荷装置により、試験体柱上部スタブに軸力比 η (=N/bDσ<sub>R</sub>)=0.2の定軸方向力を加え、変位制御による静的正負繰り返し載荷を行った。載荷履歴は部材変形角 R (柱頭の水平相対変位を試験体のシャースパン (=600mm) で除した値) で 10/1000rad、20/1000rad を各1サイクル載荷し、その後、試験体の最大耐力を求めると及び破壊モードを判別することを主な目的として60~75/1000rad. まで一方向加力とした。L形、張り出しL形では、梁のない側が圧縮になる加力を最終加力方向 (正方向) とした。載荷方向が45度の試験体の実験では、斜め方向加力の変位履歴を 0度方向の変位履歴と等しくした。

0度方向の試験体は加力方向の基礎梁端にローラー治具を取り付けローラー支持としたが直交する基礎梁端はフリーとした。45度方向の試験体は両基礎梁端をローラー支持とした。基礎梁にφ16の全ネジ棒を12本35cm埋め込み、ローラー治具を取り付けた。また、杭端は全試験体共通で固定とした。

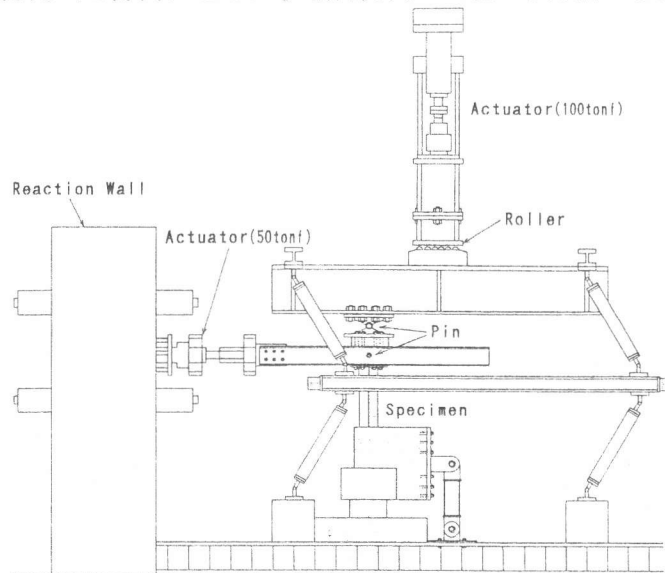


図-3 載荷装置

### 3. 測定方法

試験体の挙動を明らかにするために、ロードセルによる試験体に作用する荷重、電気式変位計による加力点の基礎梁に対する垂直変位と水平変位、歪ゲージによるコンクリートの歪度、箱歪ゲージによる鉄筋の歪度を測定した。

## ■実験結果■

### 1. 破壊経過及び破壊性状

試験体の柱部分には曲げひび割れ、曲げせん断ひび割れ、柱主筋の圧縮降伏および引張降伏、柱帯筋の降伏、柱かぶりコンクリートの圧壊と剥落を生じた。せん断破壊した試験体は無く、いずれも靱性に富む曲げ降伏先行型を示した。また、柱帯筋の破断は生じず主筋の座屈も見られなかった。各試験体の破壊現象の発生時期を図-4に示す水平荷重(Q)-柱変形角(R) 関係の包絡線上に併記し、最終破壊性状を図-5に示す。

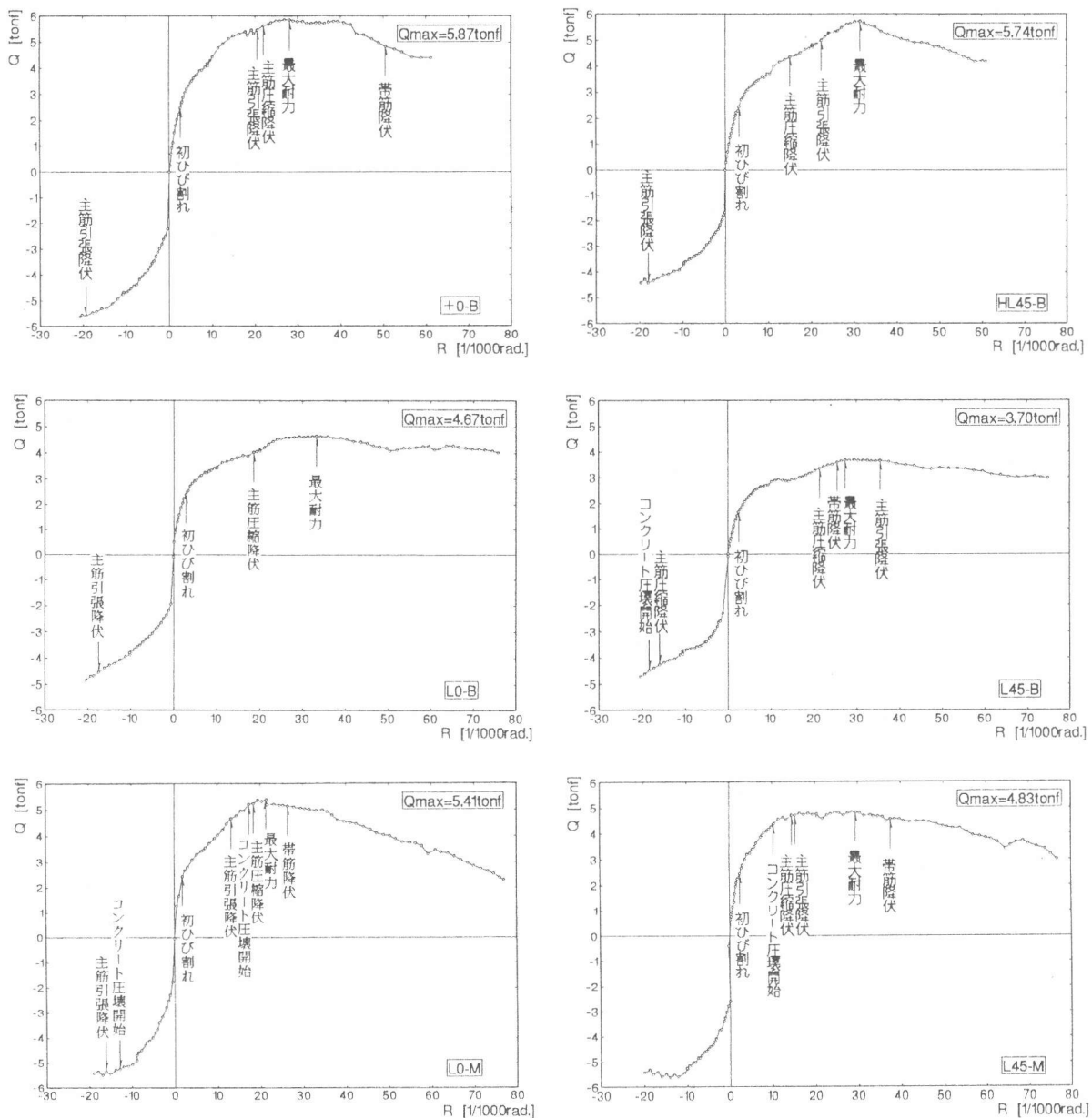


図-4 包絡線および破壊経過

内柱を想定した試験体+0-Bは柱の曲げ破壊を起こし最大耐力に達した。柱・基礎梁接合部には柱脚隅角部から基礎梁のコーナーに向かってひび割れが発生しコーナー部を鉛直に下方へ伸展した。

隅柱を想定した試験体L0-B、試験体L45-B（強度差あり）は柱に曲げひび割れが発生する以前に接合部に初ひび割れが発生し、接合部の破壊が起こり最大耐力に達した。最終的には、柱脚圧縮域は接合部に沈み込み柱脚引張域は接合部から浮き上がった。また、圧縮側柱脚近傍の基礎梁コンクリートが大きく剥落する手前で荷重を終了した。試験体L0-Bの基礎梁上面には剥裂応力によるひび割れが見られた。柱部分と基礎梁部分のコンクリート強度が同じ試験体L0-M、試験体L45-Mは接合部に縦ひび割れが多く発生したが、最終的には柱の曲げ破壊を起こし最大耐力に達した。この4体において荷重方向の違いによる破壊性状の大きな違いはなかった。

フーチングの幅まで基礎梁を張り出して補強した張り出し試験体HL45-Bは試験体+0-Bと同様、基礎梁のコーナーに沿ってひび割れが発生したが、柱の曲げ破壊で最大耐力に達した。

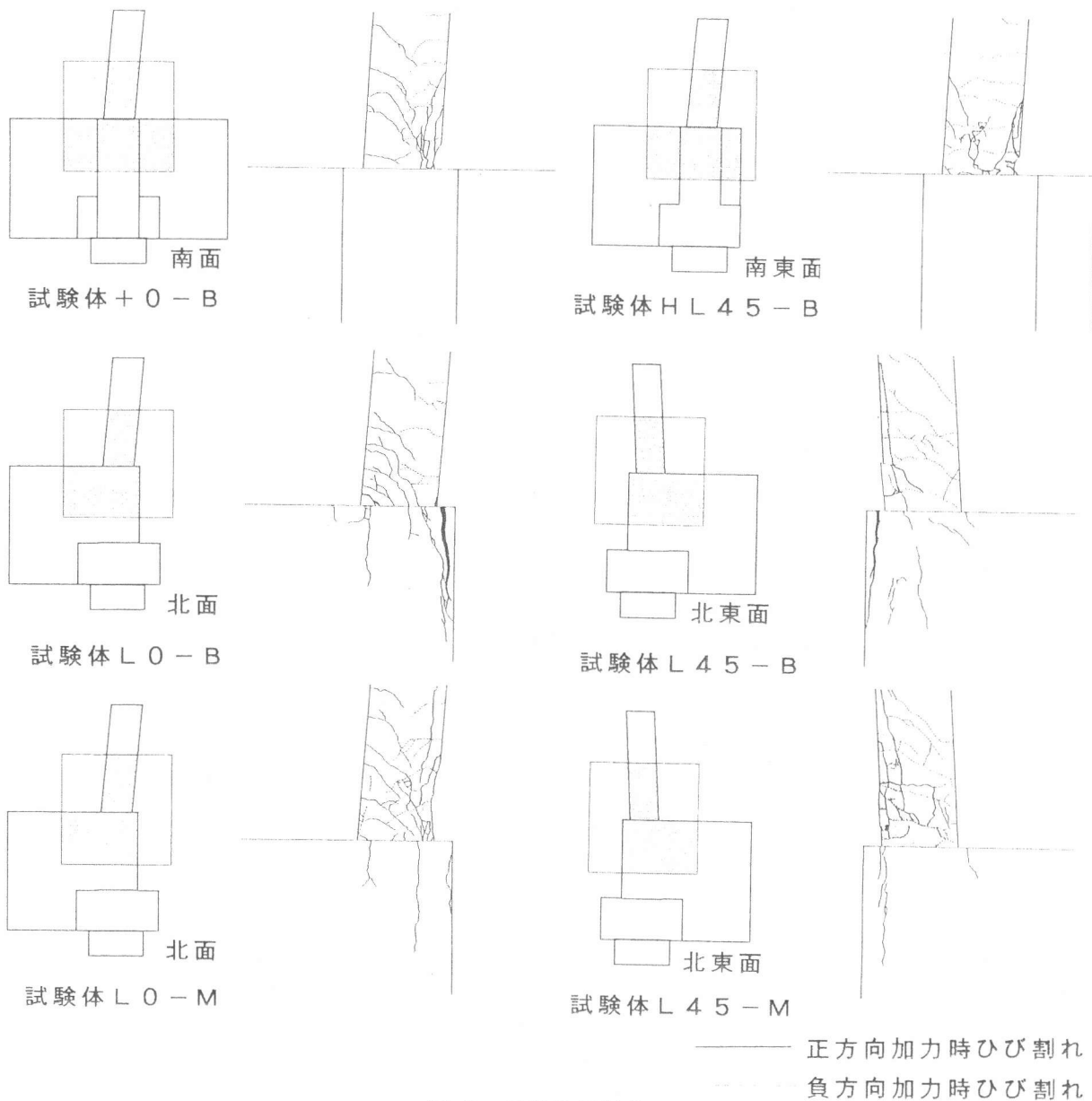


図-5 最終破壊性状

## 2. 荷重－変形曲線

各試験体の荷重－水平変形関係を図-6にまとめて示す。縦軸は柱頭に加えられた水平荷重を柱コンクリート強度のバラツキの影響を取り除くために無次元化してある。図中の直線は $P \cdot \delta$ 効果を表す。全試験体共通して履歴特性は逆S字型になった。

内柱を想定した試験体+0-Bは各サイクルピーク時の正負の耐力差は小さく、最大耐力後の負勾配は柱コンクリートの圧壊後に急になる。これと比較して隅柱の試験体L0-B、試験体L45-Bは各サイクルピーク時の正負の耐力差が大きくなり、基礎梁の破壊に伴い耐力低下が生じたが最大耐力後の負勾配は緩やかである。また、柱部分と基礎梁部分のコンクリート強度が同じ試験体L0-M、試験体L45-Mおよび張り出し部分を設けて補強した試験体HL45-Bは、各サイクルピーク時の正負の耐力差は小さいが柱コンクリートの圧壊に伴い耐力低下が生じ最大耐力後の負勾配は急である。

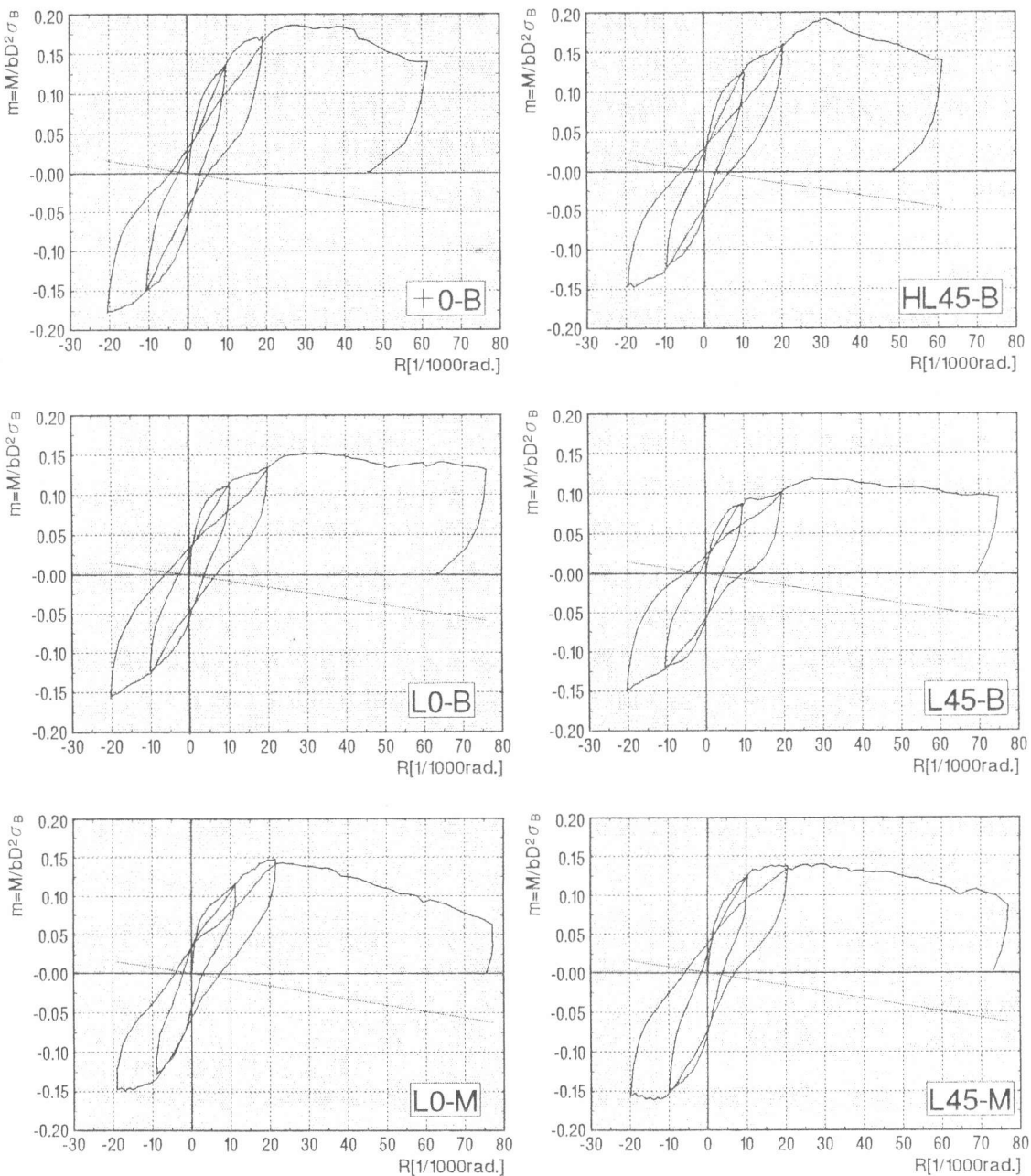


図-6 荷重－変形曲線

### 3. 最大耐力

表-4 実験結果

各試験体の実験における最大耐力を表-4に示す。カッコ内に示す柱コンクリート強度のバラツキの影響を取り除くため無次元化したもので比較すると、試験体L0-Bの最大耐力は試験体+0-Bの0.64倍と

試験体	$\sigma_B$ [kgf/cm <sup>2</sup> ]	最大耐力 [tonf]	最大耐力時部材角 [rad.]
+0-B	564	5.87(0.185)	28/1000
L0-B	548	4.67(0.152)	33/1000
L0-M	654	5.41(0.147)	22/1000
L45-B	560	3.70(0.118)	28/1000
L45-M	619	4.83(0.139)	30/1000
HL45-B	536	5.74(0.190)	32/1000

( )内の値は最大耐力の無次元化量  $m=M/bDD\sigma_B$

なり基礎梁平面形状の違いにより最大耐力が大きく低下することがわかる。また、試験体L45-Bは試験体L0-Bの0.78倍となり、同じく接合部が破壊していることを考慮すると二方向水平力を受ける隅柱・基礎梁接合部の耐力低下は大きいといえる。一方向載荷の試験体L0-Bは試験体L0-Mの1.03倍となりコンクリート強度差が耐力に与える影響は確認できないが、斜め方向載荷の試験体L45-Bは試験体L45-Mの0.85倍となりコンクリート強度差が大きいと耐力が低下するといえる。試験体HL45-Bは試験体L45-Bの1.16倍となり、基礎梁を張り出して+形にすることで大きな補強効果を得たといえる。また、試験体L45-Mは試験体L0-Mの0.95倍となりコンクリート強度差がない試験体は載荷方向の差違による耐力低下は小さいといえる。

#### ■まとめ■

1階柱・基礎梁接合部を想定した試験体に対して、一定軸力下で静的繰り返し加力実験を行い、基礎梁の平面形状、載荷方向およびコンクリート強度差の変数が接合部の構造性能に与える影響を実験的に検討した。本実験から得られた結果を以下に要約する。

- ①コンクリート強度差が大きいと柱脚近傍の基礎梁部分に初ひび割れが発生し、また、基礎梁の平面形状がL形であると基礎梁の損傷が大きい。
- ②内柱・基礎梁接合部は、本実験および関連実験の範囲では、基礎梁部分の $\sigma_B$ が柱部分の $\sigma_B$ の1/3程度でも柱が曲げ破壊を起こして最大耐力に達したことから、一般に内柱と基礎梁接合部の強度差については特に問題とならないと思われる。
- ③隅柱・基礎梁接合部は、コンクリート強度差が大きいと応力集中が大きくなり基礎梁の破壊で最大耐力に達し、特に二方向水平力を同時に受けると接合部耐力が大きく低下する。
- ④基礎梁部分の $\sigma_B$ を上げると、基礎梁に縦ひび割れは生じたが、柱の曲げ破壊で最大耐力に達し接合部耐力が上昇する。
- ⑤基礎梁の平面形状がL形の試験体に張り出し部分を設けることで、最大耐力・破壊状況において大きな補強効果を得た。

#### ■謝辞■

本研究は建設省New RC総合プロジェクト「鉄筋コンクリート造建築物の超軽量・超高層化技術の開発」の一環として行われた研究テーマの継続実験である。

#### ■参考文献■

- 1)宮本、野村、衣笠：高強度コンクリート1階柱に及ぼす基礎梁コンクリート強度の影響に関する研究、AIJ梗概、1992、pp. 621-622
- 2)野村、衣笠、宮本、古市：同上（その2 柱・基礎梁接合部の補強に関する実験）、AIJ梗概、1993、pp. 883-884
- 3)宮本、野村、佐藤：同上（その3 有限要素法による弾性解析）、AIJ梗概、1993、pp. 885-886
- 4)宮本、野村、衣笠：同上、JCI年次、1993、pp. 749-754