

論文 圧縮力を受ける T 字形鉄骨を内蔵する SRC 柱の曲げ破壊性状

松田 聖一^{*1}・筒井 茂行^{*2}・馬場 望^{*3}・西村 泰志^{*4}

要旨：本研究は、非対称鉄骨断面を内蔵する SRC 柱の曲げ破壊性状を明らかにするために、T 字形鉄骨を内蔵する SRC 柱に着目して、内蔵される鉄骨に対する荷重方向の相違によって、破壊性状がどのような影響を受けるのか実験的に検討した。その結果、内蔵される鉄骨断面の荷重方向によって、最大耐力はほとんど影響されないこと、また、柱脚部にはほぼ断面せいの区間で塑性ヒンジが形成されて変形することが明らかにされた。

キーワード：SRC 柱，T 字形鉄骨，圧縮力，終局曲げ耐力，変形状

1. 序

本研究は、既報¹⁾に引き続き、圧縮力を受ける T 字形鉄骨を内蔵する SRC 柱について、内蔵される鉄骨に対する荷重方向の相違によって、曲げ破壊性状にどのような影響を及ぼすかを実験的に検討する。

2. 実験

2.1 実験計画

図-1 に試験体の形状寸法、断面および配筋詳細を示す。柱の長さは 1000mm、断面は 250mm × 250mm の正方形断面である。内蔵された鉄骨は、H-175 × 60 × 6 × 9 に、フランジ、ウェブを同

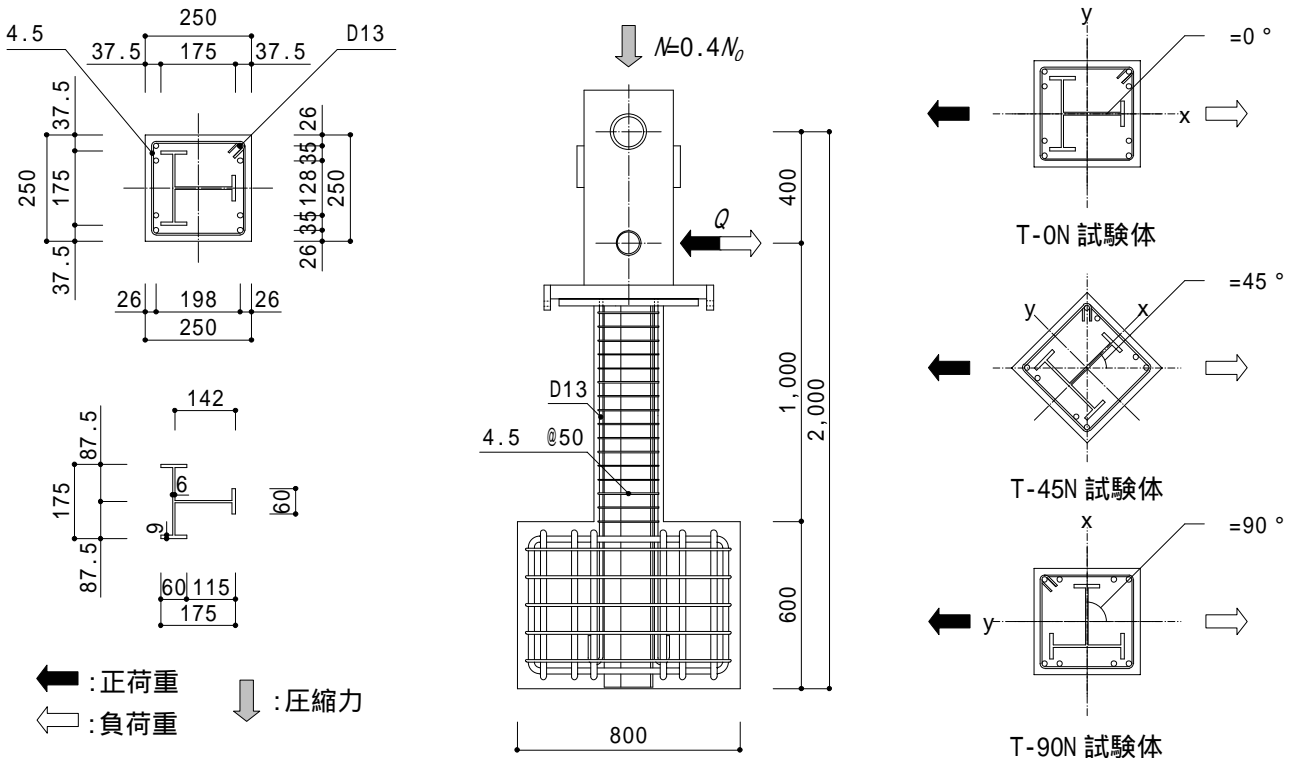


図-1 試験体詳細図

*1 大阪工業大学大学院 博士前期課程 (正会員)

*2 (株)日本設計 システム企画室 (正会員)

*3 大阪工業大学 工学部建築学科講師 工博 (正会員)

*4 大阪工業大学 工学部建築学科教授 工博 (正会員)

じ寸法とした、せい 142mm のT形鋼を溶接したものである。主筋はD13を隅角部に8本、せん断補強筋は、 4.5ϕ を 50mm 間隔で配筋した。せん断補強筋比は 0.25% である。実験変数は載荷方向で、載荷方向を 0 度、 45 度、 90 度とする計3体の試験体が計画された。各試験体とも柱の配筋は同じである。なお、表-1に使用材料の力学的特性を示す。

2.2 載荷方法

載荷方法は、図-1に示すように、一定の圧縮力 ($n=N/N_0=0.4$, N :圧縮軸力($N=1483\text{kN}$), N_0 :断面の圧縮耐力)を載荷した後に、層間変形角 $1/100$, $1/50$, $1/33\text{rad}$.で正負1回の漸増繰り返し載荷を行う。なお、図-2に実験装置の概要を示す。

2.3 測定方法

図-2に示すように、試験体柱頭に載荷された

水平荷重および作用軸力は、載荷荷重用油圧ジャッキ先端に設置されたロードセルによって測定した。また、図-3に示すように、柱脚部には、柱せいの $0.5D$ および $1.0D$ の高さ位置の変形量を測定するために変位計を設置した。柱頭ピン位置には、水平および鉛直方向の変位を測定するために変位計を設置した。また、ピン治具下面位置には、面外方向の変位を測定するために変位計を設置した。

3. 実験結果と考察

3.1 ひび割れおよび破壊状況

写真-1に層間変形角 0.01rad .および最終破壊時のひび割れ状況を示す。写真-1は負載荷時の引張面を示している。層間変形角 0.01rad .時では、T-0N試験体には、曲げひび割れおよび柱脚部コ

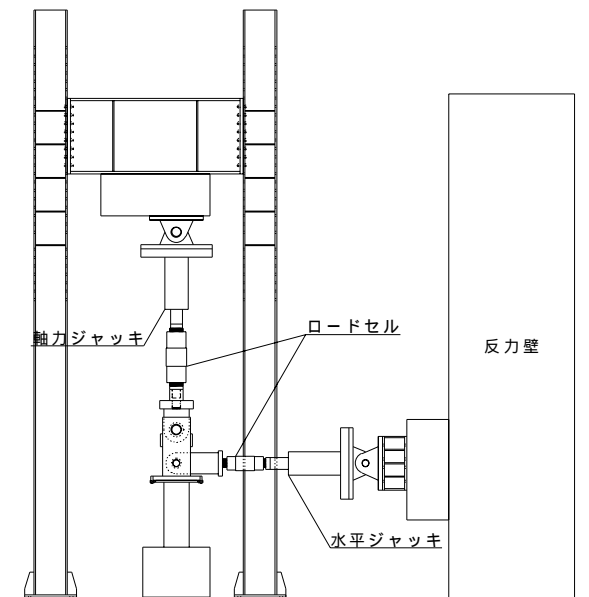


図-2 実験装置

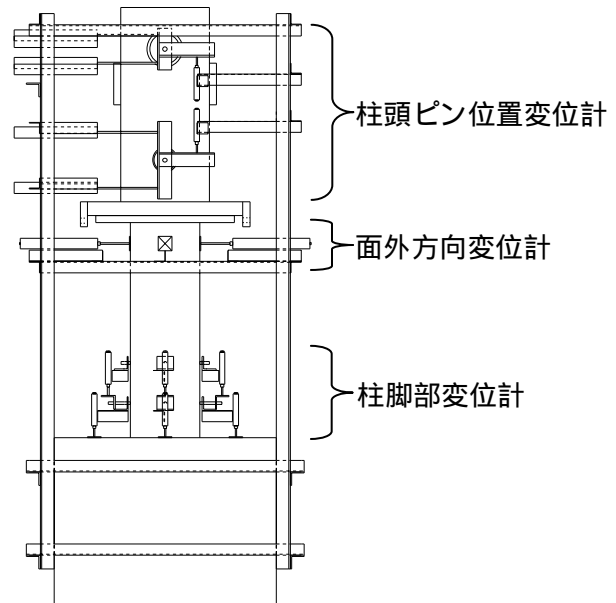


図-3 変位測定位置

表-1 使用材料の力学的特性

			降伏応力度 σ_y (N/mm^2)	引張強度 σ_u (N/mm^2)	ヤング係数 E_s (N/mm^2)
鉄筋	主筋	D13	354	497	1.85×10^5
	せん断補強筋	4.5ϕ	470	518	1.88×10^5
鉄骨	フランジ	PL-9	337	528	2.01×10^5
	ウェブ	PL-6	475	610	2.06×10^5
			圧縮強度 F_c (N/mm^2)	割裂強度 F_t (N/mm^2)	ヤング係数 E_c (N/mm^2)
コンクリート			33.3	3.32	2.75×10^4

表-2 ひび割れ発生荷重

		T-0N試験体		T-45N試験体		T-90N試験体	
		曲げひび割れ	柱脚部圧壊	曲げひび割れ	柱脚部圧壊	曲げひび割れ	柱脚部圧壊
正 荷 重	M (kN・m)	108.9	128.4	93.4	116.7	93.5	121.3
	R (rad.)	0.005	0.007	0.003	0.004	0.006	0.010
負 荷 重	M (kN・m)	101.6	135.9	85.0	115.1	85.8	110.4
	R (rad.)	0.004	0.008	0.003	0.004	0.003	0.006

ンクリートの圧壊が観察された。T-45N および T-90N 試験体には、曲げひび割れ、柱脚部コンクリートの圧壊および若干の剥離が観察された。層間変形角 0.02rad.時では、T-0N 試験体は、曲げひび割れの開きや新たな曲げひび割れの発生、そしてしい圧壊および剥離が生じ、破壊に至った。それに対し、T-45N および T-90N 試験体は、曲げひび割れの開きや新たな曲げひび割れの発生、柱脚部コンクリートの圧壊が著しく進展したが、柱脚部コンクリートの剥離はほとんど

生じなかった。層間変形角 0.03rad.時では、T-45N および T-90N 試験体には、柱脚部コンクリートに著しい剥離が生じ、破壊に至った。また、いずれの試験体も、柱の隅角部で局所的な圧壊が見られた。なお、ひび割れおよびコンクリートの圧壊・剥離は、いずれの試験体も柱の断面せいの区間で生じている。

表-2 にひび割れ発生荷重を示す。各試験体のひび割れ発生荷重を比較してみると、曲げひび割れ発生荷重は、T-45N および T-90N 試験体はほぼ同じ値を示しているが、T-0N 試験体においては他の試験体と比べ大きくなっている。これは、

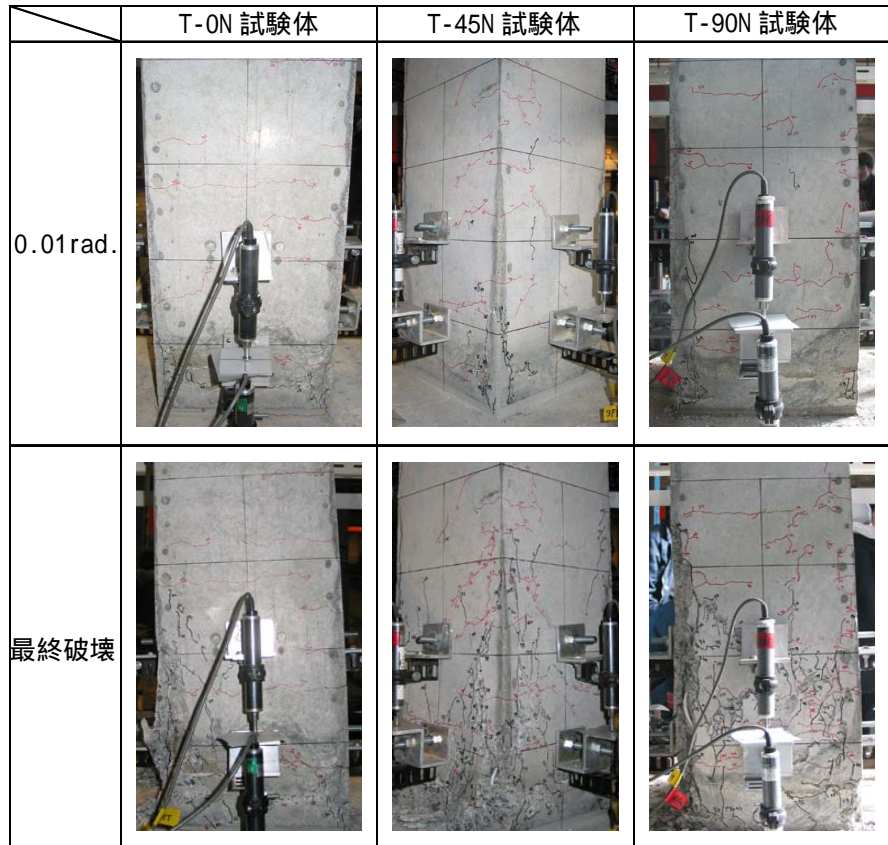


写真-1 ひび割れおよび最終破壊状況

T-0N 試験体が、他の試験体と比べ曲げに抵抗する鋼材量が多いためである。柱脚部圧壊荷重は、T-45N 試験体が他の試験体と比べ小さい値を示している。これは、T-45N 試験体が他の試験体と比べ、断面せいが大きく、最外縁で生じるひずみが大きくなるためであると考えられる。

3.2 履歴曲線

図-4 に各試験体の履歴曲線を示す。縦軸は固定部の曲げモーメント M 、横軸は層間変形角 R である。ここで、曲げモーメント M は、図-5 に示すように軸力による転倒モーメントの影響を考慮し、

$$M = Q \cdot h_1 + N \sin \theta \cdot h_2 + N \cos \theta \cdot \delta$$

とした。ここで、

Q : 水平力

N : 圧縮力

h_1 : 固定部から下端ピン位置までの高さ

h_2 : 固定部から上端ピン位置までの高さ

h_3 : 軸力ジャッキ端部のピンと上端ピンとの距離

$\theta \cdot \tan^{-1} \delta / h_3$

δ : 上端ピン位置での水平変位

また、図中の点線は、終局強度式によって算定した終局曲げ耐力である。図-4の履歴曲線を見ると、いずれの試験体もエネルギー吸収能力の大きい紡錘形を示している。いずれの試験体も最大耐力は、正載荷時の層間変形角 0.02rad. 振幅時に発揮していることがわかる。T-0N 試験体においては、負載荷時の層間変形角 0.02rad. 振幅時に破壊に至っている。それに対し、T-45N および T-90N 試験体は、正載荷時の層間変形角 0.03rad. 振幅時に破壊に至っている。これは、3.1のひび割れおよび破壊状況からもわかるように、T-0N 試験体が他の試験体と比べ、柱脚部コンクリートに圧壊および剥離が最も顕著に生じたためである。また、終局強度式によって算定した終局曲げ耐力と実験による最大耐力を比較すると、実験値は、終局強度式による終局曲げ耐力より大きくなる傾向にある。

図-6に各試験体の正載荷および負載荷時の包絡線を示す。縦軸は曲げモーメント M 、横軸は層間変形角 R である。図中の実線は正載荷時、点線は負載荷時を示している。各試験体の正および負載荷時の耐力を見ると、いずれの試験体とも耐力差

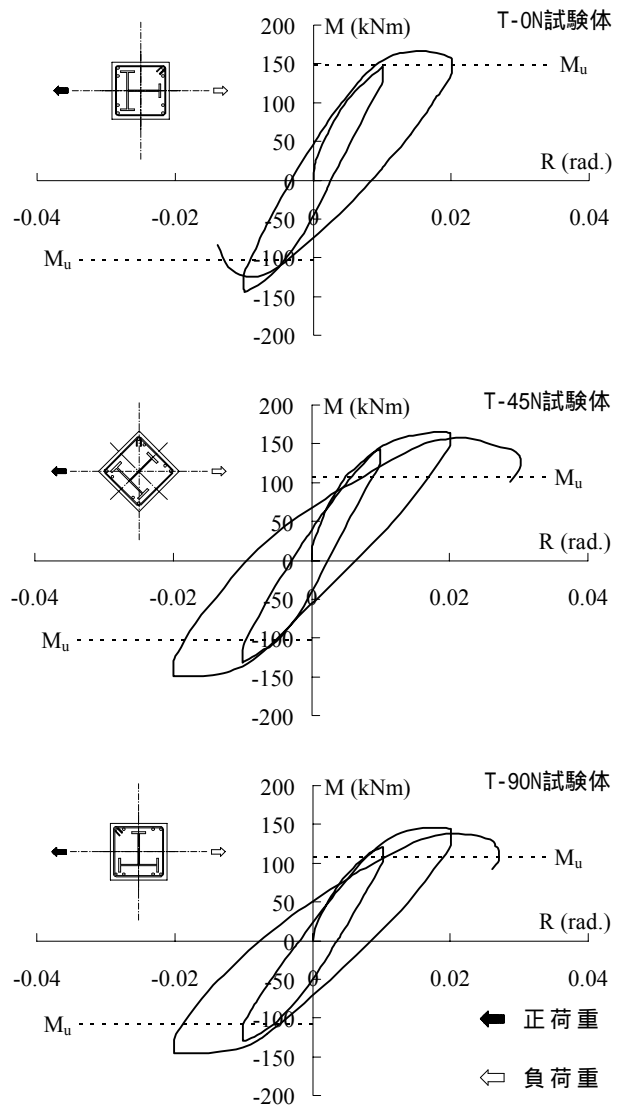


図-4 履歴曲線

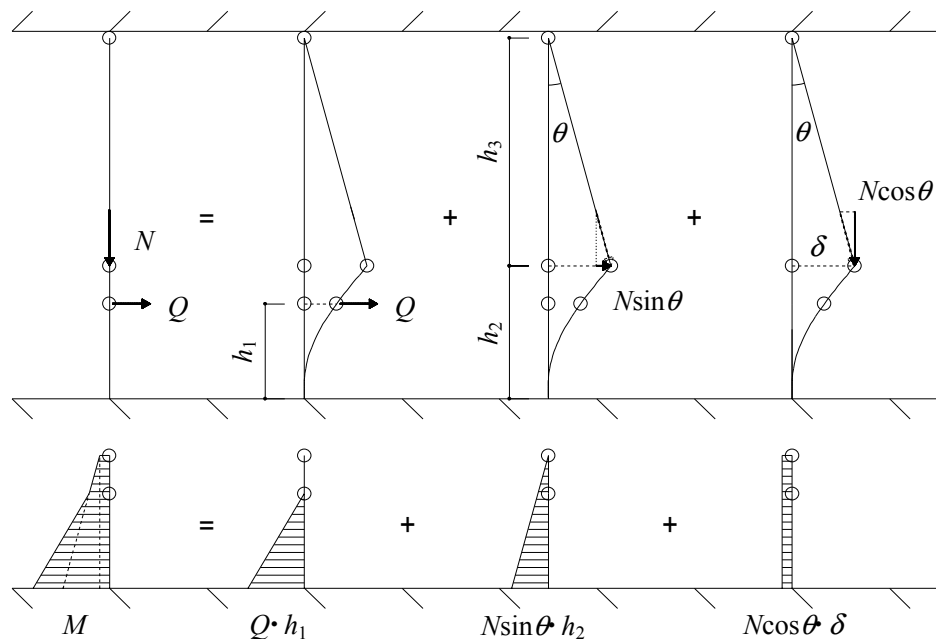


図-5 軸力による転倒モーメントの影響

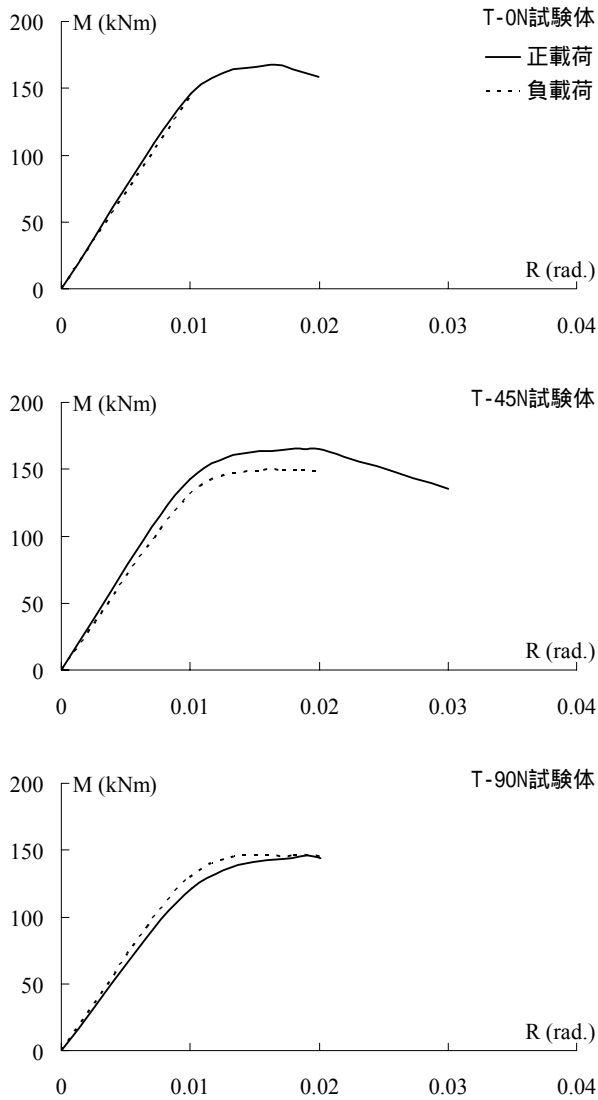


図-6 包絡線

はほとんど見られない。また、各試験体について正および負載荷時の耐力を見ると、正載荷時には、T-0N および T-45N 試験体はほとんど同じ値を示しているのに対し、T-90N 試験体は他の試験体に比べ小さくなっている。一方、負載荷時には、いずれの試験体もほぼ同じ値を示している。以上のことから、作用軸力比が $n=0.4$ の場合、内蔵される鉄骨が非対称断面で、載荷方向に相違があっても正および負載荷時の耐力差はほとんどないことがわかる。

3.3 柱の変形状

ここでは、曲げによる柱脚部の変形が、柱の変形にどのような影響を及ぼすかについて検討する。図-7 のように、固定部から柱せいの 0.5

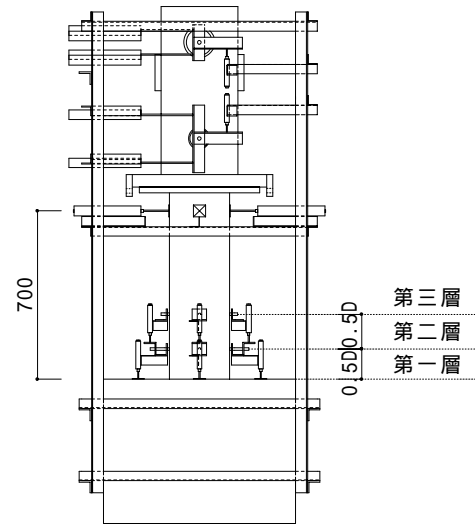


図-7 柱脚部の変形の測定位置

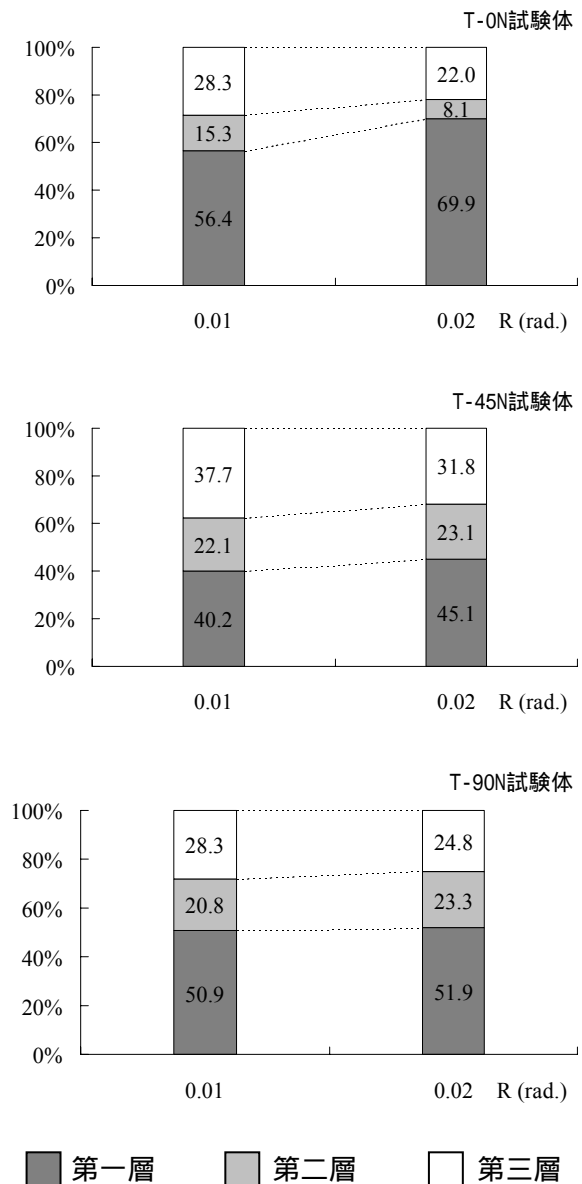


図-8 柱脚部の変形状

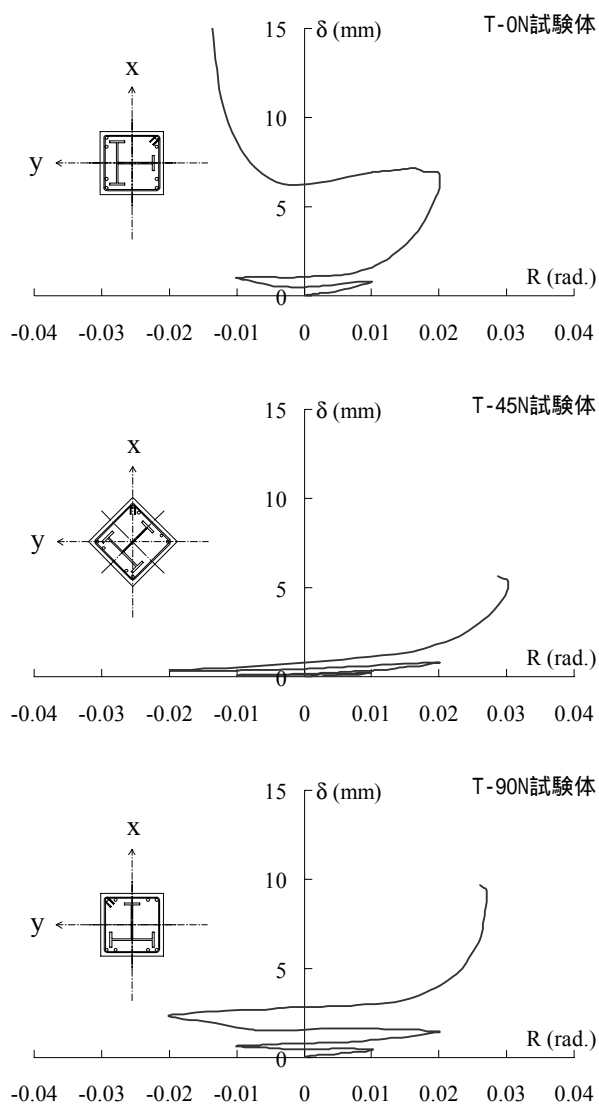


図-9 面外方向の変位

倍の高さ位置までを第一層、柱せいの0.5倍の高さ位置から柱せいの高さ位置までを第二層、残りの上層部を第三層とする。図-8に各試験体の層間変形角0.01rad.および0.02rad.について、柱頭の変形に対する柱脚部各層が変形することによって生じる柱頭の変形の割合を示す。柱頭の変形に対する柱脚部第一層の変形の割合を見ると、T-0N試験体は55%から70%、T-45N試験体は40%から45%、T-90N試験体は50%の割合を占めている。ここで、T-0N試験体は他の試験体と比べ大きな値を示しているが、これは、3.1のひび割れおよび破壊状況からもわかるように、T-0N試験体の柱脚部第一層でのコンクリートの圧壊および剥離が最も顕著に生じたためである。

次に柱頭の変形に対する柱脚部第二層の変形の割合を見ると、T-0N試験体は10%から15%、T-45NおよびT-90N試験体は20%の割合を占めている。これらのことから、いずれの試験体も曲げ変形は柱脚部での変形に大きく支配されていることがわかる。

図-9に各試験体の柱の面外方向の変位を示す。測定位置は、固定部から高さ700mmの位置である。図に示すy方向の向きを正とする。縦軸は面外方向の変位 δ 、横軸は層間変形角 R である。図-9を見ると、T-0N試験体では、層間変形角0.01rad.時まではほとんど面外に変形していない。しかし、その後の変形の増大に伴って、面外方向の変位は極端に大きくなっている。T-45N試験体では、層間変形角0.02rad.時まではほとんど面外に変形していないが、層間変形角0.03rad.時になるにつれて徐々に面外への変形が大きくなっている。T-90N試験体では、T-45N試験体と同様に、層間変形角0.02rad.時まではそれほど面外に変形していないが、層間変形角0.02rad.から0.03rad.にかけて極端に大きくなっている。これは、3.1のひび割れおよび破壊状況からもわかるように、柱脚部コンクリートに顕著な圧壊および剥離が生じたためである。

4. 結語

圧縮力を受けるT字形鉄骨を内蔵するSRC柱の曲げ破壊性状を実験的に検討した結果、以下のような結論が得られた。

- 1) 圧縮力を受ける非対称断面のT字形鉄骨を内蔵するSRC柱の終局曲げ耐力は、載荷方向にほとんど影響されない。
- 2) 柱の変形は、柱脚部の変形に大きく支配される。

参考文献

- 1) 松田聖一, 筒井茂行, 馬場 望, 西村泰志: T字形鉄骨を内蔵するSRC柱の曲げ破壊性状(その2),(その3), 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), C-1 構造, pp1035-1038, 2003年9月