

接合部降伏型の角形鋼管柱ラーメン骨組の弾塑性挙動に関する実験的研究

(その1 実験)

正会員 (渡辺純仁^{*1} 同 山成 實^{*2}
同 小川厚治^{*3} 同 黒羽啓明^{*4}

1 序

現在、ラーメン構造に角形鋼管柱・H形鋼はりを使う例が増えている。しかし角形鋼管を柱材に使う場合、柱はり接合部の形態が問題となってくる。接合部は大別して外ダイアフラム接合部、通しダイアフラム接合部の二者が考えられる。外ダイアフラム接合部では、図-1に示すように接合部パネルのせん断変形だけでなく、はり端曲げモーメントによって柱管壁に局部変形が生じる。

接合部の変形もしくは崩壊に着目した実験的研究はこれまでおもにH形鋼柱はり骨組を対象としてきた。一方、角形鋼管柱・H形鋼はり骨組に関する研究は、接合部耐力に関する研究はなされているものの、接合部の変形能力、エネルギー吸収能力についての研究は緒についたところである^[1]。本研究では比較的接合部が弱い2スパン骨組の上下柱の反曲点位置から取り出した試験体の交番繰返し加力実験を行い、接合部変形が骨組全体の弾塑性挙動に及ぼす影響を調べ、合理的な耐震設計の確立のための基礎資料を得ることを目的とする。

2 試験体形状

試験体の形状及び接合部詳細を図-2に、諸寸法を表-1に示す。試験体は外柱に□-200x200x6 (STKR41)、内柱に□-200x200x8 (STKR41)、はりにH-250x125x6x9 (SS41)を用いた。柱はり接合部はダイアフラムを厚さ12mmの鋼板 (SS41) からアイトレーサーで切り出し、図-2 (b)に示す溶接詳細で製作された。

試験体は2体製作し、それぞれをFR1、FR2と呼ぶ。表-1に示すようにFR1は接合部局部破壊型、FR2は接合部パネルのせん断降伏型試験体である。外ダイアフラム補剛量 h_D は応力集中部にあり、局部変形剛性に比較的大きな影響を与えるパラメータである。試験体FR1とFR2の相違点は h_D だけである。試験体は文献[2]、[3]を参考にして内柱接合部で接合部パネル降伏、外柱で接合部局部破壊となるようにパネル厚を変えてある。

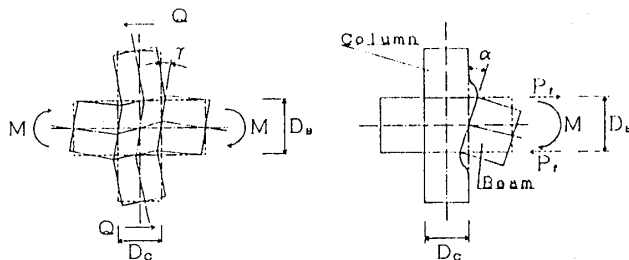
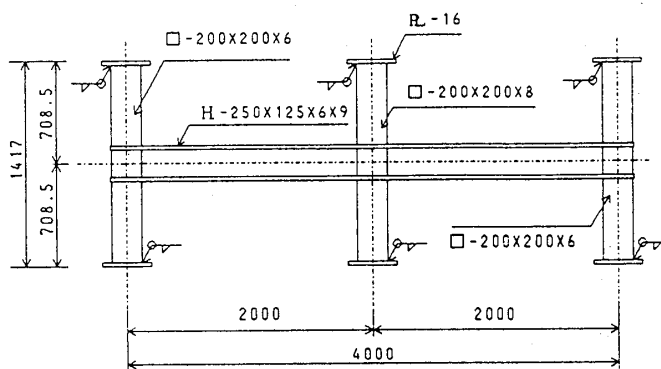
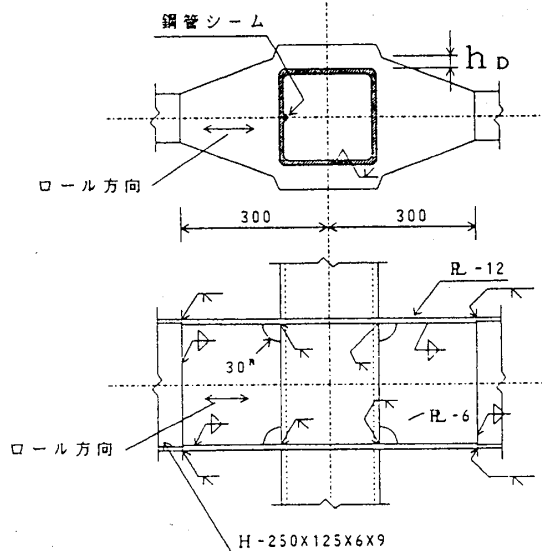


図-1 接合部パネルのせん断変形概念図 柱はり仕口の局部変形概念図



(a) 試験体形状



(b) 柱はり接合部詳細

図-2 試験体形状及び接合部詳細

表-1 試験体諸寸法

試験体名	柱	はり	接合部付近	補剛量 h_D (mm)	崩壊モード
FR1	外柱 □-200x200x6 内柱 □-200x200x8	H-250x125x6x9	ク ¹ 4775A PL-12 ク ² 7 PL-6	$h_D = 10$	接合部 局部破壊
FR2	外柱 □-200x200x6 内柱 □-200x200x8	H-250x125x6x9	ク ¹ 4775A PL-12 ク ² 7 PL-6	$h_D = 20$	接合部 パネル降伏

*1熊本大学大学院生、*2同助手・工修、*3同助教授・工博、*4同教授・工博

試験体に使用された鋼材の機械的性質を表-2に示す。これらの値はJIS1号試験片による引張試験から得られたものであり、降伏応力度は0.2%OFF-SET値である。

3 実験装置
 実験装置を図-3に示す。試験体は上下柱ともピン支持されていて、十分剛性が高い加力ばりを載せ100ton複動油圧ジャッキにより載荷をした。加力ばりには横倒れ止め治具を取り付け試験体の構面外変位および断面のねじれを拘束した。

4 載荷方法

載荷プログラムを図-4に示す。加力は静的両振り載荷である。試験体の変形角(R)は試験体上下に配したピンの相対変位(δ)をそれらの距離(L_c)で除したものとす。載荷は弾性範囲で1回繰返した後、変形角1/100、1/50、1/25でそれぞれ2回ずつ繰返して変形角を増加させた。さらにジャッキストロークの許す限りの変位で破壊が起こるまで繰返した。加力方向は反力壁から試験体を押す方向を正とする。

5 測定方法

加力ばりに加えるジャッキ荷重の測定にはロードセルを用いた。柱のせん断力を得るために、ピン治具と試験体の間にせん断力測定装置を設置した。この装置は2枚の板パネと上下のベースプレートからなり、板パネに貼付したひずみゲージの値から柱のせん断力が得られる。また変形角は上下のピン位置に設置した変位計により求めた。

次に接合部のせん断変形量を測定する方法を示す。図-5に示すような測定治具(以後測定ボックスと呼

ぶ)を製作し柱はり接合部に対角に配置した。接合部の上側に取り付く固定針と下側のパネ付き針が接合部の対角に常に位置し、対角方向の長さの変化を測定した。また測定ボックス同士の相対変位を把握するためにボックス端部間の距離も測定した。

接合部パネルの中央に直交3軸型ロゼットゲージを、柱、はり部材には単軸ゲージを貼付した。

表-2 機械的性質

	t(mm)	$\sigma_v(t/cm^2)$	$\sigma_u(t/cm^2)$	σ_v/σ_u	E(t/cm ²)	$\epsilon_u(\%)$
柱	8	4.098	4.787	0.86	2164	26.7
	6	3.413	4.328	0.79	2122	29.8
はり フジ ウレ	9	3.064	4.374	0.70	2159	27.8
	6	3.643	4.646	0.78	2122	21.3
ダイアフラム	12	2.706	4.231	0.64	2129	29.8
PI-6	6	2.819	4.363	0.65	2119	29.8

σ_v :降伏点 σ_u :引張強さ E:ヤング係数 ϵ_u :伸び

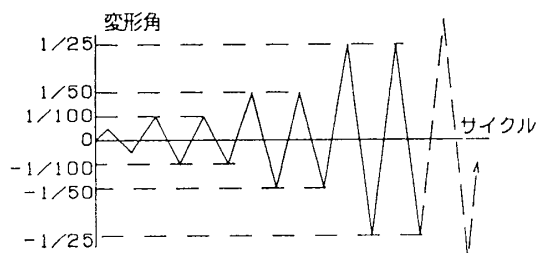


図-4 載荷プログラム

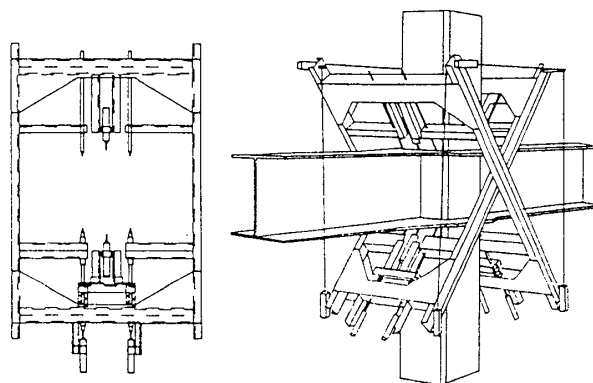


図-5 測定ボックス及び設置概要

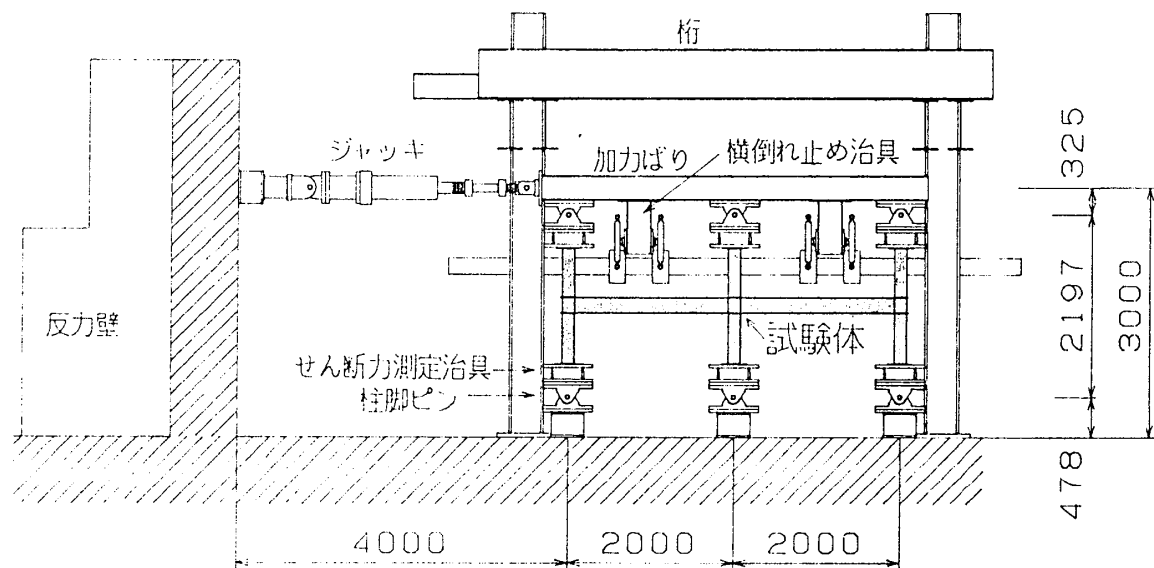


図-3 実験装置

接合部パネルせん断ひずみ度は接合部パネル中央に
 貼付した直交3軸型ロゼットゲージにより、接合部変
 形量は測定ボックスの変位計測値により得ることが
 できる。

実験では変形の発生及び進行状況を把握するために、
 目視による観察も常時行った。

6. 実験結果

試験体FR1、FR2の荷重-変形角関係図をそれ
 ぞれ図-6と図-7に示す。縦軸のPおよび横軸のδ
 は図中の挿絵で定義される。

また図中に記入した記号のCは亀裂、Lは柱管壁の
 局部変形、Sは接合部パネルのせん断変形の発生ある
 いは確認を意味する。これらの文字に続く数字は接合
 部の番号で、-に続く数字はその挙動の順序を示して
 いる。

6-1 試験体FR1

図-6は試験体FR1のジャッキ荷重-変形角関係
 である。接合部1では下側ダイアフラム溶接部が損傷
 を受けた。まずC1-1で柱コーナー部の柱側止端部
 に亀裂が入り、C1-2で柱コーナー部で溶接継目を
 横切るように亀裂が進んだ。C1-3で一方の外ダイ

アフラム入隅部に亀裂が入り、C1-4でもう一方の
 入隅部に亀裂が入り、溶接継目の方向に沿って亀裂が
 進展した。

接合部3では上側ダイアフラム溶接部が損傷を受け
 た。まずC3-1で柱コーナー部の柱側止端部に亀裂
 が入り、C3-2で外ダイアフラムの入隅部に亀裂が
 入り、溶接継目の方向に進展した。

柱管壁の局部変形は変形角が1/50を超える頃から目
 立ち始め、1/25でははっきりと確認できた。実験後の
 残留局部変形量は接合部1と接合部3ではほぼ管厚の2
 倍程度であり、接合部2では殆ど見られなかった。局
 部変形に伴い圧縮側ダイアフラムの局部座屈も発生し
 た。

写真-1に実験後のFR1の接合部局部変形を示す。



写真-1 接合部局部変形 (FR1)

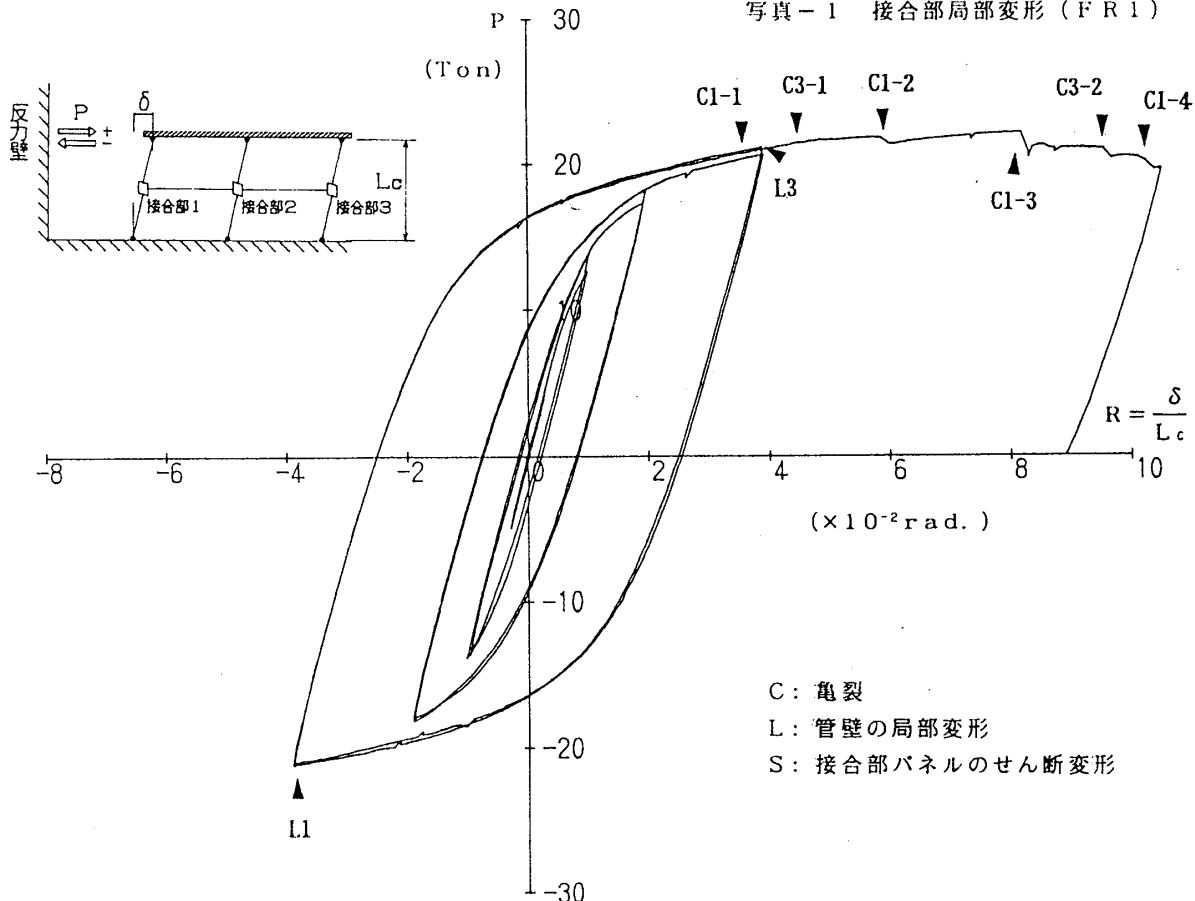


図-6 FR1のジャッキ荷重-変形角関係

6-2 試験体FR2

図-7は試験体FR2のジャッキ荷重-変形角関係である。接合部1では上側ダイアフラム溶接部が損傷を受けた。まずC1-1で柱コーナー部の柱側止端部に亀裂が入り、C1-2でダイアフラム入隅部に亀裂が入った。C1-3で入隅部から入った亀裂がダイアフラム側止端部溶接継目に沿って進展し、C1-4では入隅部からの亀裂が溶接継目を横切って柱管壁に入った。

接合部3では上側のダイアフラム溶接部が著しい損傷を受けた。まずC3-1で柱コーナー部の柱側止端部に亀裂が生じ、C3-2で一方の外ダイアフラム入隅部に亀裂が入り、C3-3でもう一方の入隅部に亀裂が入った。そしてC3-4で入隅部からの亀裂がダイアフラム側止端部において溶接継目の方向に柱幅の1/3に広がった。C3-5で柱中央部から柱側止端部に亀裂が入り、管厚方向に進展した。

柱管壁の局部変形は変形角が1/50を超える頃から目立ち始め1/25辺りでははっきりと確認できた。実験後のFR2の残留局部変形量はFR1でのものに比べ半分ほどの値であった。局部変形に伴い圧縮側ダイア

ラムの局部座屈も発生した。

接合部パネルのせん断変形は1/50を越えるころから観察され始めた。

写真-2に実験後のFR2の接合部パネルせん断変形を示す。

表-3に2体の試験体の最大耐力を示す。

7 結論

接合部降伏型のラーメン骨組試験体の水平加力実験を行った。接合部降伏型の骨組でありながら2体の試験体の荷重-変形関係は安定した履歴曲線を描いた。

また外ダイアフラム補剛量 h_o の差だけにより表-3に示したように最大耐力に違いを生じた。

表-3 試験体の最大耐力

試験体	載荷方向	最大耐力(ton)
FR1	正	22.64
	負	21.63
FR2	正	26.36
	負	25.82

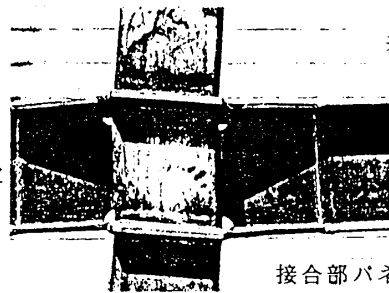


写真-2

接合部パネルのせん断変形 (FR2)

<謝辞> 本研究にあたっては、鹿島学術振興財団の研究助成を得た。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】 (その2)にまとめて示す。

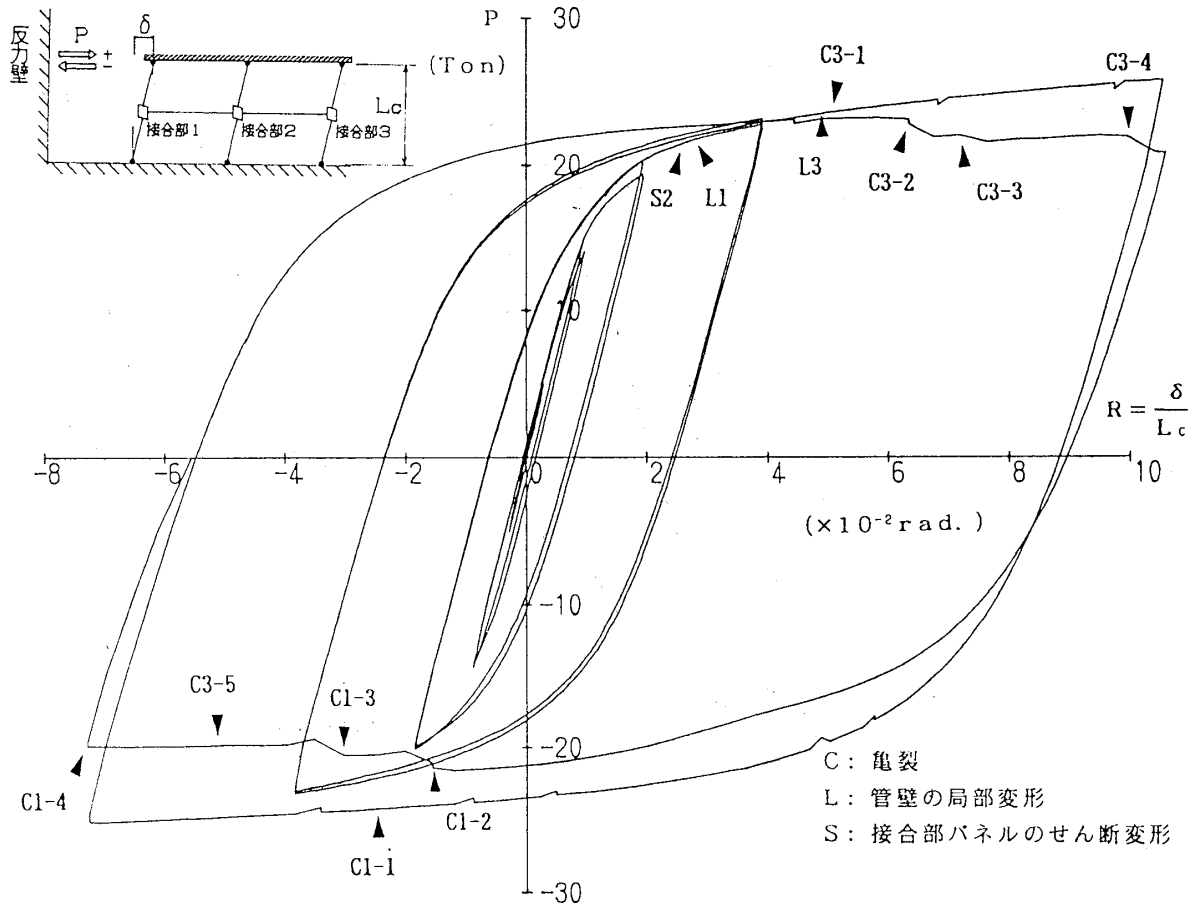


図-7 FR2のジャッキ荷重-変形角関係