

論文

[2195] 鋼管と RC 部材の接合部を鋼管鉄筋コンクリートとした構造の耐力と変形性能

鷹野 秀明*1・鎌田 則夫*2・金子 達哉*3

1. はじめに

コンクリート充填鋼管柱は、引張り領域での強度と塑性変形性能に優れている鋼と、圧縮に対して有利なコンクリートを合成することにより、優れた耐力と変形性能を有する合理的な構造体である。しかし、コンクリート充填鋼管柱と鉄筋コンクリート（以下RCという）の接合部において、設計上の未解決な点があるというのが現実である。今回の実験は、鋼管とコンクリートの接合部を施工が容易である鋼管RCで接合した場合の耐力と変形性能を確認するものである。

2. 実験概要

2.1 供試体形状及び諸元

供試体形状を図-1に、供試体諸元を表-1に示す。供試体寸法は、実構造物の1/2モデルにできるだけ近づくように決定した。供試体は、軸力と付着力が耐力や変形性能に影響すると考え、ノーマルな鋼管（シリーズA）・リブ付き鋼管（鋼管内にφ6mmの鉄筋を10cmピッチで溶接：シリーズB）

・付着力なしの鋼管（鋼管内にグリースを塗り鋼管とコンクリートの縁を切ったもの：シリーズC）の3タイプに分けそれぞれ軸力ありとなしで静的交番載荷試験を行った。鋼管の寸法や配筋は、実構造物から決定した。

2.2 載荷方法

載荷方法を図-2に示す。供試体は、鉛直に設置し載荷することとし、フーチング部分をPC鋼棒で固定した。水平力の載荷位置はフーチングから1050mmの高さとし、鉛直荷重をジャッキにより一定軸力8tfを鋼管のみに載荷した。軸力8tfは、実構造物のホーム連絡通路鉛直荷重の面積比である。水平荷重は、反力フレームに設置したアクチュエータにより鉄筋が降伏すると仮定した

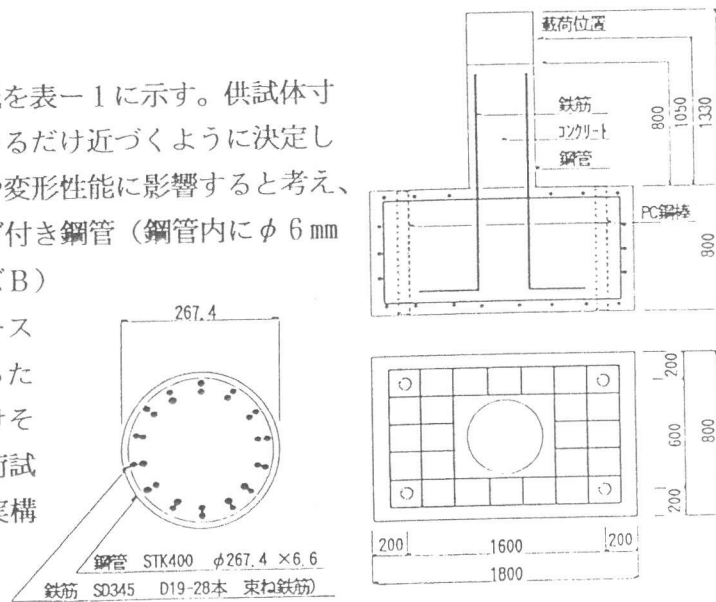


図-1 供試体形状

表-1 供試体諸元

シリーズ	供試体	鋼管の種類	軸力	鉄筋		コンクリート
				降伏強度 σ_{sy} (kgf/cm ²)	引張強度 σ_{su} (kgf/cm ²)	圧縮強度 σ_{cu} (kgf/cm ²)
A	A-1	普通	あり	3700	5270	364
	A-2	普通	なし			374
B	B-1	リブ付き	あり			286
	B-2	リブ付き	なし			347
C	C-1	付着力なし	あり			380
	C-2	付着力なし	なし			399

*1 東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所工事管理室 (正会員)
 *2 東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所工事管理室 (正会員)
 *3 東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所工事管理室

2000マイクロに達するまで荷重制御により行い、その時の荷重を降伏荷重 P 、とし、載荷点の水平変位を降伏変位 δ 、とした。その後、変位制御により δ 、の整数倍を3サイクルずつ交番載荷した。鉄筋の定着長は、計算式〔1〕により算出して750mm(約40 ϕ)とした。コンクリートは、それに50mmのかぶりをみて800mmとした。

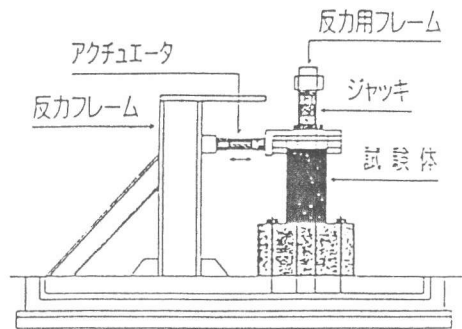


図-2 載荷方法

3. 実験の結果及び考察

3.1 初期ひびわれ発生状況

ひびわれ発生状況を図-3に示す。初期ひびわれは、全部の供試体で鉄筋が降伏する前にフーチング上面に発生し、載荷方向の左右に入った。その後、シリーズA・Bは直線的に伸びたが、シリーズCは円周状に入っていた。降伏時のひびわれは、全部の供試体で載荷時引張鉄筋となる側のフーチング上面に長さ20cm程度のひびわれが3~5箇所入った。

3.2 終局ひびわれ状況

終局時のひびわれは、全部の供試体でフーチング側面にも発生し、フーチング上面では鋼管柱の周りに円円形状のひびわれが発生し、それがフーチング本体と剝離して浮き上がった。シリーズCではこの現象が早く起こった。C-1の圧縮側圧縮側鋼管接合部には、局部座屈による変形がみられた。実験終了後、鋼管を剥がしコンクリートを観察した結果、コンクリートが剝離していたのは接合部から高さ5~7cm程度だった。

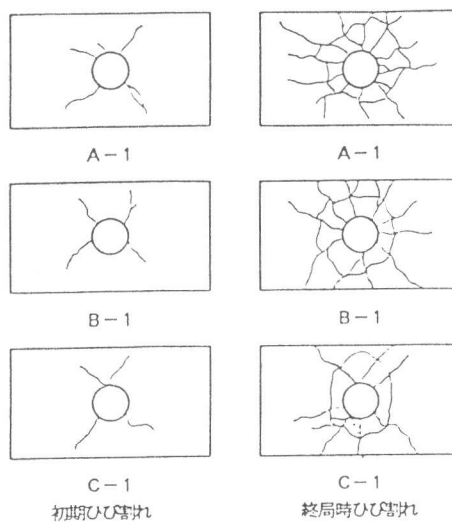


図-3 ひびわれ発生状況

3.3 鋼管と鉄筋の降伏時の応力分布

鋼管と鉄筋の δ 、時の応力分布を図-4に示す。応力度は、鋼管と鉄筋に付けたひずみゲージから鋼管と鉄筋のヤング係数を 2.1×10^6 kgf/cm²として算出した。接合部からの距離で引張り側450mm、圧縮側300mm付近において、全供試体で鋼管と鉄筋の応力度が同等となった。これは軸力の有無に係わらず同じであった。鋼管の応力度が最大となるのは接合部からの距離でA-1

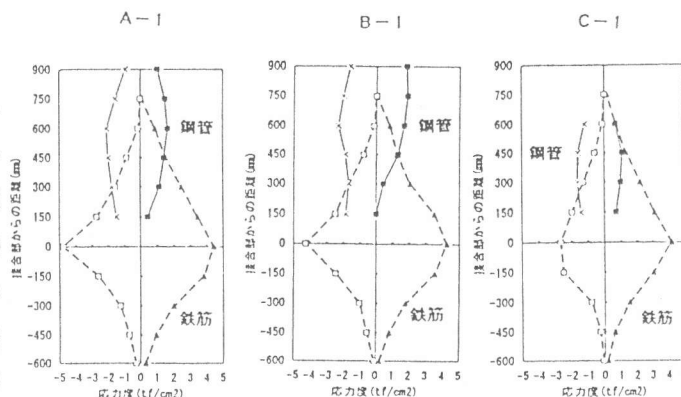
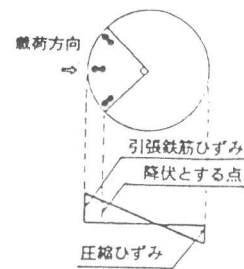


図-4 鋼管と鉄筋の降伏時の応力分布

が600mm、B-1が750mm、C-1が450mm付近となっている。鉄筋はどれも接合部で最大となっている。鋼管内に定着している鉄筋の引張り応力度は、ほぼ直線的に高さ750mmで0に向かっている。C-1において圧縮応力度が小さいのは、鋼管とコンクリートの付着が切れている影響で、応力の伝達できなかったためと思われる。

3. 4 鉄筋降伏時の定義

実験結果を考察するために降伏時の定義を図-5に示す。鋼管とフーチングとの接合部付近のひずみから平面保持の法則が成り立つとして、断面の1/4以上の鉄筋が降伏した時の荷重を降伏耐力とする。図-6に荷重方向先端の鉄筋に付けたひずみゲージで、荷重-ひずみ曲線を示す。ひずみが2000マイクロ以上でも荷重が上がっていて、1/4以上の鉄筋が降伏した位置付近に降伏点があると思われる。このことから荷重方向を中心に90°開いた箇所(断面の1/4)の鉄筋のひずみが2000マイクロに達した時の降伏荷重を P_{y1} とし、このときの変位を降伏変位 δ_{y1} とする。図-5



鉄筋降伏時の定義

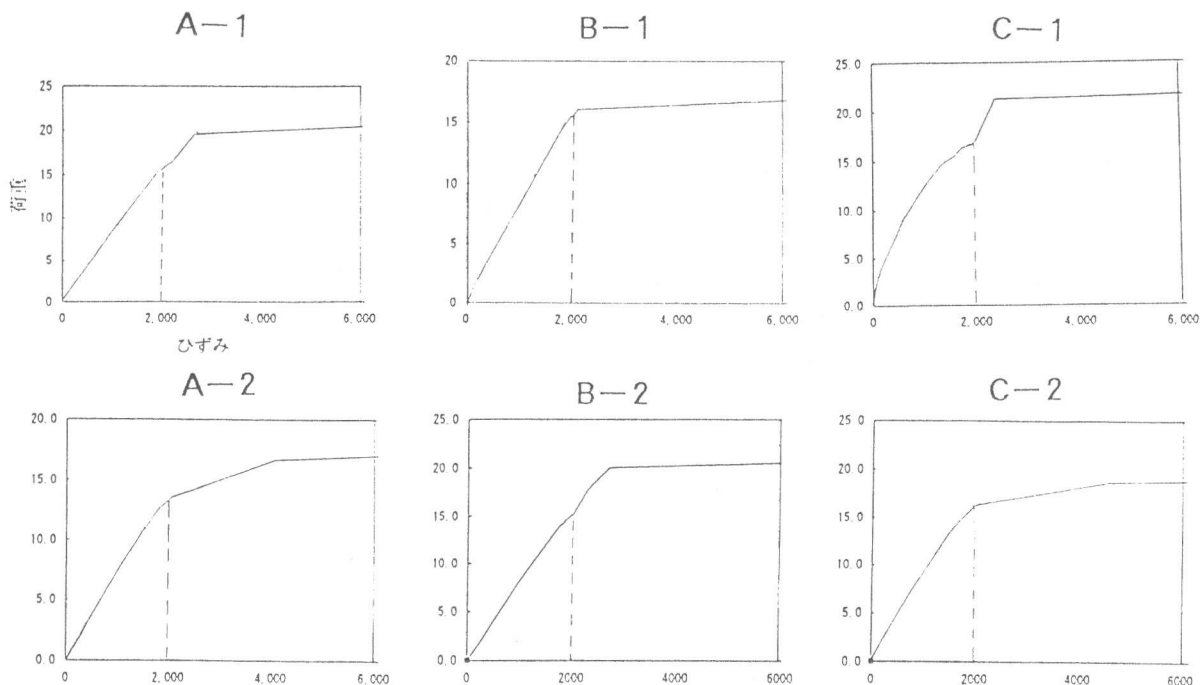


図-6 荷重-ひずみ曲線

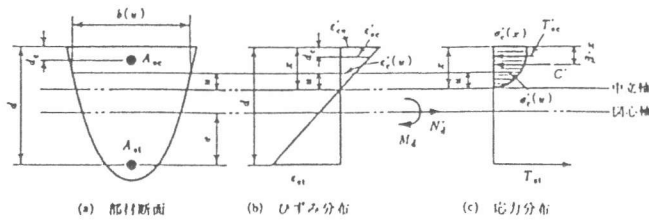
3. 5 フーチングからの鉄筋抜け出し量

主鉄筋の抜け出しによる回転変位 δ_2 を実験から得られた変位 δ_1 から差し引き供試体の変位 δ_0 を求め耐力・じん性率の評価に使うものとする。抜け出しによる回転変位 δ_1 はフーチング内の主鉄筋ひずみ分布の積分による抜け出す量 $\Delta \ell_1$ と圧縮量 $\Delta \ell_2$ から回転角 θ を求め荷重点高さにかけることから算出した。また、実験では、ひずみゲージの値が25000マイクロを超えるとデータが測定できなくなるが、終局近くになると全体の変位に対する回転変位 δ_2 の割合が小さくなる〔2〕ことから、その後の引張りひずみは25000マイクロと一定にした。

3. 6 鋼管RCの降伏耐力及び終局耐力 表-2 鋼管RCの降伏耐力及び終局耐力

降伏耐力及び終局耐力の実験値と計算値を表-2に示す。各供試体とも軸力が耐力に影響しているが、付着力による影響は現れなかった。計算値〔1〕の算出式を図-7で示す。

シリーズ	供試体	降伏荷重 (tf) P_y	降伏耐力 M_y (tfm)			最大荷重 (tf) P_{max}	終局耐力 M_u (tfm)		
			計算値 M_{yp}	実験値 M_{ye}	強度比 M_{ye}/M_{yp}		計算値 M_{up}	実験値 M_{ue}	強度比 M_{ue}/M_{up}
A	A-1	19.63	21.49	20.61	0.959	26.92	28.25	28.26	1.000
	A-2	16.70	21.07	17.54	0.834	25.96	28.41	27.28	0.960
B	B-1	20.52	20.88	21.54	1.032	27.99	26.57	29.40	1.106
	B-2	18.16	20.86	19.07	0.914	25.85	27.86	27.14	0.974
C	C-1	20.74	21.61	21.78	1.007	28.31	28.58	29.72	1.050
	C-2	17.62	21.23	18.50	0.871	26.44	28.82	27.76	0.963



$M_u = \text{曲げ耐力}$

$$M_u = C' \cdot (d - e - \beta \cdot x) + T'_{sc} \cdot (d - e - d_c) + T_{st} \cdot e$$

$$\beta \cdot x = x - \frac{\int_n^x \sigma'_c(u) \cdot b(u) \cdot u \cdot du}{C'}$$

図-7 曲げ耐力算出方法

3.7 鋼管RCのじん性率

じん性の評価は、降伏時変位を δ_{y1} 、降伏時荷重を P_{y1} した時、荷重-変位曲線の包絡線が P_{y1} を下回る時の変位を δ_u として、 $\mu = \delta_u / \delta_{y1}$ で行うものとした。鋼管RCのじん性率を表-3に示し、荷重-変位曲線を図-8に示す。鉄筋の抜け出しを考慮する前のじん性率を μ 、考慮した後のじん性率を μ_0 とした。

表-3 鋼管RCのじん性率

シリアル No	供試体	降伏変位(mm)			終局変位(mm)			じん性率	
		δ_{y1}	δ_{y0}	δ_{y2}	δ_{u1}	δ_{u0}	δ_{u2}	μ	μ_0
A	A-1	15.32	6.21	9.11	115.17	99.50	15.67	↑ 7.36	↑ 16.02
	A-2	14.64	6.79	6.85	127.41	99.04	28.37	↑ 6.76	↑ 14.59
B	B-1	23.63	7.65	15.97	111.08	82.71	28.37	↑ 5.00	↑ 10.81
	B-2	15.77	8.11	7.66	126.17	98.17	28.14	8.00	12.10
C	C-1	14.14	7.88	6.25	103.09	88.82	14.27	7.29	11.27
	C-2	13.19	6.86	6.33	150.77	111.93	38.84	11.43	16.32

* ↑は終局変位が計測範囲を超えたことを示す
* δ_{y1} ・ δ_{y0} ・ δ_{y2} はそれぞれ降伏時の変位、く体変位、回転変位を示し、 δ_{u1} ・ δ_{u0} ・ δ_{u2} は終局時における同様のものを示す

すべて5以上であり十分な変形性能を有している。

4. まとめ

鋼管とRC部材の接合部を鋼管RCとした構造の耐力と変形性能の評価は、降伏とする点の定義により大きく変わる。今回の実験では、降伏を断面の1/4の鉄筋が降伏したとして考察を行った。耐力は、計算値と変わらないが、変

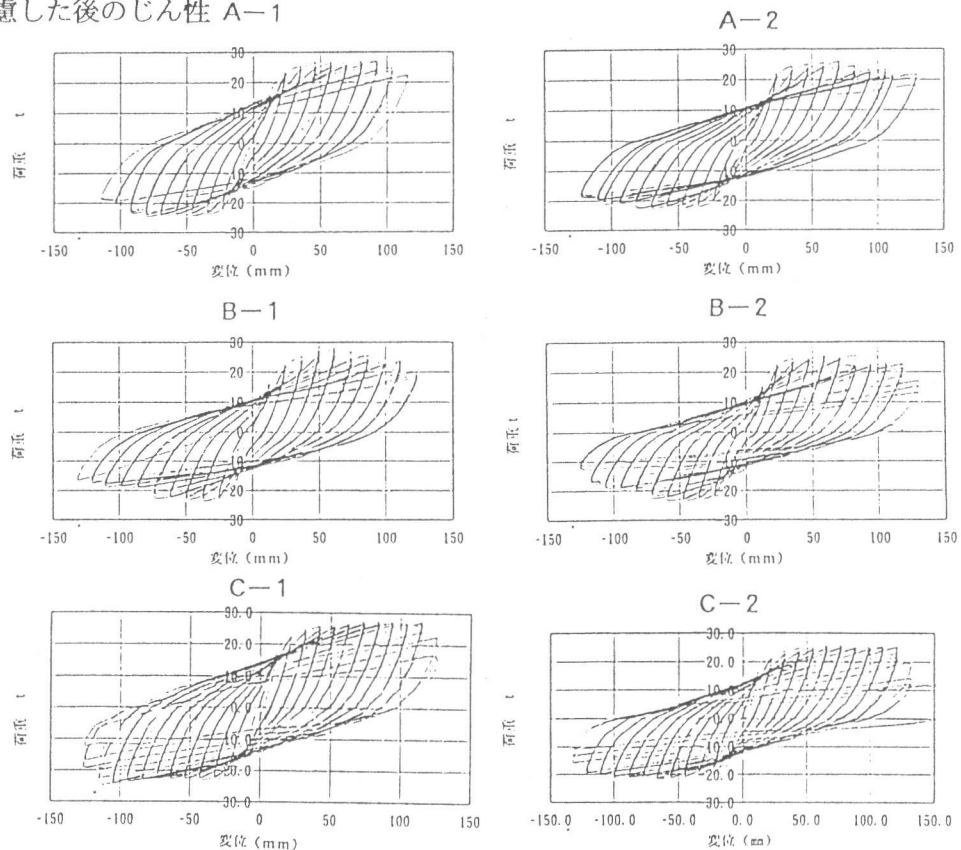


図-8 鋼管RCの荷重-変位曲線

形性能が十分あり、全体的に穏やかな包絡線を描いて急激な荷重降下はなかったので、有効な接合方法であると言える。付着力の有無による違いは、ひびわれ発生状況や応力分布に現れたが、付着力の無い場合の応力伝達は、鋼管の圧縮側に負担がかかるように思われる。〔参考文献〕

- 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物 鉄道総合研究所 pp322-325
- 2) 石橋、吉野：鉄筋コンクリート橋脚の地震時変形能力に関する研究 土木学会論文集 390号1982.2