

I-367

鉄骨鉄筋コンクリート柱の曲げおよびせん断耐力試験

鉄道総合技術研究所 正員 〇川井 治 鉄道総合技術研究所 正員 穴見源八
 鉄道総合技術研究所 正員 村田清満 新日本製鐵 正員 木下雅敬

1. はじめに

現在、鉄骨鉄筋コンクリート(以下SRCという)部材の設計手法は、許容応力度法によっているのが主流であり、限界状態設計法を設計手法として取り入れるに際しては、部材の終局耐力について明らかにすることが重要である。ここでは、SRC部材をモデル化した柱供試体の載荷実験を行い、SRC部材の耐力について検討をおこなった。

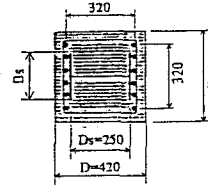


図1 供試体断面

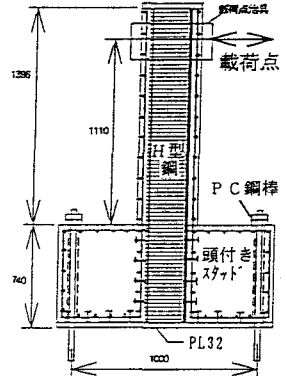


図2 供試体概略形状

2. 供試体形状および諸元

供試体の断面形状は、正方形断面(42cm x 42cm)とし、11体製作した。

供試体断面を図1に、また供試体

形状および諸元を図2、表2に示す。Ar:鉄筋断面積、Ast:鉄骨断面積、A:全断面積(=BxD)

本実験のパラメータは、表1のとおりである。

表2 実験ケースの供試体諸元

ケース	供試体断面諸元				※圧縮強度 kgf/cm ²	試験パラメータ							変化 率(%)
	Bs	Ds	tw	tf		軸力 tf	σ_0 kgf/cm ²	Pw (%)	Ps (%)	Pt (%)	Ast/Ar 比	鉄骨鉄筋比 (Pt)	
A-1	250x250x10x10	6-D13	—	—	301	52.9	30	0.00	5.00	0.49	4.80	せん断鉄筋比(Pw)	
A-2	250x250x10x10	6-D13	D10@226	—	306	52.9	30	0.15	5.00	0.49	4.80		
A-3	250x250x10x10	6-D13	D10@113	—	318	52.9	30	0.30	5.00	0.49	4.80		
B-1	—	—	6-D25	D16@120	312	52.9	30	0.79	3.45	1.96	0.00	RCとの比較	
C-1	250x126x 6x 6	6-D13	D10@226	—	299	52.9	30	0.15	2.53	0.49	1.93	鋼材比(Ps)	
D-1	250x250x10x10	6-D13	D10@226	—	310	8.8	5	0.15	5.00	0.49	4.80	軸力(σ_0)	
D-2	250x250x10x10	6-D13	D10@226	—	304	105.8	60	0.15	5.00	0.49	4.80		
E-1	250x250x10x10	6-D10	D10@226	—	286	52.9	30	0.15	4.62	0.28	8.53	引張鉄筋比(Pt)	
E-2	250x250x10x10	3-D29 2-D25	D10@226	—	301	52.9	30	0.15	7.47	1.89	1.24		
F-1	250x126x 6x 6	3-D29 2-D25	D10@226	—	310	52.9	30	0.15	5.00	1.89	0.50	鉄骨鉄筋比(Ast/Ar)	
F-2	250x126x 6x 6	3-D29 2-D25	D10@226	—	308	105.8	60	0.15	5.00	1.89	0.50	(軸力 σ_0)	

※コンクリートの材料試験結果(現場養生・試験当日)

のいずれかが、材料試験から得られた降伏値に達した時を供試体の降伏と仮定しその時の荷重を降伏荷重Py、載荷点の水平変位を降伏変位 δy とする。降伏後は、図3のように δy の2倍3倍4倍...と変位制御で3サイクルずつ交番載荷して、最大となる荷重Pmaxを求めた。

4. 使用材料

使用材料は、鉄筋はSD295

を、鉄骨はSS400を用いた。

鉄骨・鉄筋の機械的性質を表3に、またコンクリートの圧縮強度を表2に、配合を表4に示す。試験の結果に示す耐力の計算値は、いずれも本表に基づいて計算を行ったものである。

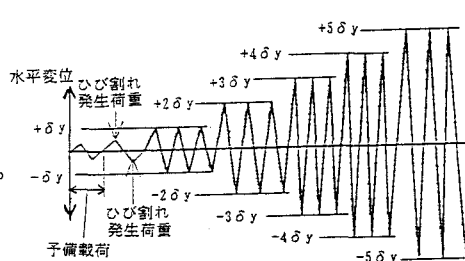


図3 載荷ステップ

表3 鋼材の機械的性質(kgf/cm²)

鉄骨	降伏点		引張強さ
	t=10 ⁻¹	t=10 ⁻²	
鉄	3100	3330	4410
骨	3330	3550	4480
	3470	3550	4480
鉄	D10	3670	5160
筋	D13	3450	4880
	D16	3800	5640
	D25	4020	6040
	D29	3900	5840

*1:A-1, 2, 3, D-1, 2, E-1使用

*2:E-2使用

*3:F-1, 2使用、*4:C-1使用

表4 コンクリートの配合

設計基準強度	240kgf/cm ²
スランプ	12±2.5 cm
空気量	4.5±1.5%
水セメント比	50.5%
粗骨材最大寸法	13mm

5. 試験の結果

供試体は大部分が曲げ破壊であったが、B-1、E-2、F-1、F-2においてはせん断ひび割れが卓越し、せん断破壊と曲げ破壊が混じり合った状態であった。いずれも鉄骨・鉄筋が降伏する前にせん断破壊がおきて載荷荷重が低下することはなかった。

最大荷重の実験値 P_{max} および耐力の計算値 P_c との比較を行い、その結果を表5に示す。ここで用いている計算値は、現在JR各社で用いている鉄骨鉄筋コンクリート構造物設計指針(以下「JR指針」という)、土木学会コンクリート標準示方書の鉄筋コンクリート部分の断面耐力と鉄骨部分の断面耐力の和とする「累加強度方式」、鉄骨を鉄筋に換算する「RC方式」の3種の方式によって行った。

表5 最大荷重(実験値)と曲げ耐力およびせん断耐力の計算値

供試体	曲げ耐力														せん断耐力								破壊性状
	最大荷重		J R 指針				累加強度方式				R C 方式				J R 指針		累加強度方式				R C 方式		
	P _{max} (実験値)	P _c (計算値)	P _{max} / P _c	P _{max} (計算値)	P _c (計算値)	P _{max} / P _c	P _{max} (計算値)	P _c (計算値)	P _{max} / P _c	P _{max} (計算値)	P _c (計算値)	P _{max} / P _c	P _{max} (計算値)	P _c (計算値)	P _{max} / P _c	P _{max} (計算値)	P _c (計算値)	P _{max} / P _c	P _{max} (計算値)	P _c (計算値)	P _{max} / P _c		
A-1	41.4	41.20	1.00	36.79	1.13	40.51	1.02	21.48	1.93	51.41	0.81	16.61	2.49	曲げ									
A-2	43.4	41.20	1.05	36.79	1.18	40.51	1.07	43.09	1.01	58.44	0.74	23.64	1.84	曲げ									
A-3	43.8	41.20	1.05	36.79	1.19	40.51	1.08	46.03	0.95	65.46	0.67	30.66	1.43	曲げ									
B-1	44.2	44.04	1.00	43.75	1.01	43.75	1.01	※	※	58.97	0.75	58.96	0.75	せん断									
C-1	29.8	28.22	1.06	24.75	1.20	27.84	1.07	28.38	1.05	46.20	0.65	20.34	1.47	曲げ									
D-1	40.2	36.89	1.09	30.42	1.32	36.38	1.11	43.09	0.93	57.81	0.70	22.62	1.78	曲げ									
D-2	49.2	45.03	1.09	43.21	1.14	44.69	1.10	43.09	1.14	59.07	0.83	24.67	1.99	曲げ									
E-1	40.6	38.17	1.06	33.78	1.20	37.48	1.08	42.15	0.96	57.16	0.71	23.61	1.72	曲げ									
E-2	64.8	68.35	0.95	63.55	1.02	67.47	0.96	25.33	2.56	67.67	0.96	26.80	2.42	せん断									
F-1	50.8	53.95	0.94	50.22	1.01	53.53	0.95	19.65	2.59	52.96	0.96	24.93	2.04	せん断									
F-2	58.0	58.44	0.99	56.83	1.02	57.86	1.00	19.65	2.95	53.74	1.08	25.77	2.25	せん断									
平均値(参考)			1.03		1.13		1.04		1.61		0.80		1.83										

単位: tf P_{max} : 実験値 P_c : 計算値 P_{max}/P_c : 実験値と計算値との比 (せん断): せん断ひび割れが卓越した部材
※: JR指針でRC部材の計算は不可

曲げ耐力については、図4に示すとおり、3方式とも計算値とほぼ一致した。せん断ひび割れの卓越したE-2、F-1、F-2については最大荷重が曲げ耐力の計算値よりも下まわった。

最大荷重の実験値とせん断耐力の計算値の比について、図5に示す。理論的にはせん断耐力が曲げ耐力を下まわると、曲げ破壊が起こる前にせん断破壊することになる。曲げ耐力のJR指針の計算値がせん断耐力の累加強度方式の計算値を下まわる供試体は、E-2、F-1、F-2であり、これは概ね破壊性状と一致している。また、RC方式では供試体のせん断耐力を過小に算定している。これは、計算式において鉄骨を鉄筋と置き換えているため、腹板のせん断耐力を過小に評価しているためであると考えられる。

6. まとめ

曲げ耐力の算定については、3方式いずれを用いても大きな差異は認められず、実験結果を概ね安全側に評価できる結果となった。

せん断耐力の算定については、3方式のなかで累加強度方式が比較的実験結果に近い値となり、他の2方式は部材のせん断耐力を過小に算定する傾向がある。

【参考文献】

- 1) 土木学会: コンクリート標準示方書 設計編(平成3年版)、平成3年9月
- 2) 丸善: 鉄道総合技術研究所編 鉄道構造物等設計標準(コンクリート構造物)、平成4年10月
- 3) 鉄道総合技術研究所: 鉄骨鉄筋コンクリート構造物設計指針、昭和62年4月

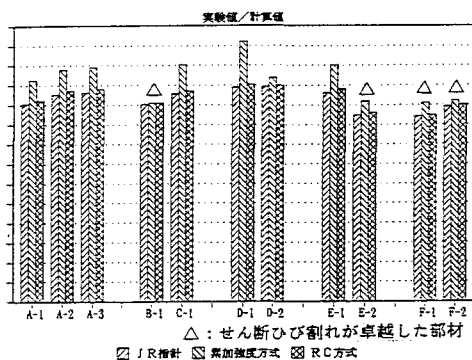


図4 実験値/計算値の比較(曲げ耐力)

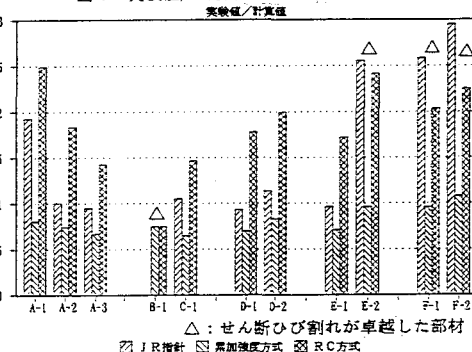


図5 実験値/計算値の比較(せん断耐力)