

日本道路公団 正会員 中村正人
石井孝男
曾田信雄

1. まえがき

地震力を受ける鉄筋コンクリート(RC)あるいは鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)橋脚を合理的に設計するための資料を得る目的で、大学、土木研究所、およびその他の研究機関で実施した模型実験等のデータは、蓄積されつつある。その結果、耐震性を有する橋脚を設計するためには、強度ばかりではなく地震時に変形性能を持たせることが指摘され、曲げ破壊の前にせん断破壊を生じさせないような靱性率あるいはエネルギー吸収量等の指標が提案されている。それ等の指標の基となった実験モデルは、ほとんど中空断面を対象としている。

本実験では、中空断面橋脚と中空断面橋脚との耐震性の差異はあるかどうか、また、通常の橋脚の軸力力の倍程度の軸力を与えた場合の強度および破壊モードの確認を目的として、SRC橋脚モデル5体について静的正負交番実験を実施した。RC橋脚モデルもSRC橋脚モデルとの対比のため1体について実験を実施し、橋脚の耐震性に関する基礎資料を得たものである。

2. 実験概要

供試体の形状および寸法は図-1のとおりである。供試体の主鉄材量、鉄骨鉄筋比、斜引張鋼材量、および軸力は表-1のとおりである。載荷は、供試体のフーチング部をPC鋼棒で反力床に固定し、供試体が一定の軸方向圧縮力を受けながら水平荷重による水平移動が自由に生じるようなローラー支承を利用した載荷装置を用いて、せん断スパン比5の位置で行った。

載荷パターンは、変位制御の漸増交番載荷として各ステップでの繰り返し回数1回とした。

測定は、主鉄筋、主鉄骨、および斜引張鋼材のひずみ、コンクリートの縁ひずみ、載荷荷重、およびコンクリートのクラックについて行った。

供試体は、最大粗骨材寸法10mm、設計基準強度24.0MPaのLデーミクストコンクリートを使用し、主鉄材はSM50とSD30、帯鉄筋はSD30、水平材・斜材はSS41を使用した。主鉄骨はR126×6を冷間プレスによる曲げ加工を行い、L形状にしたものである。

3. 実験結果

(1) ひびわれおよび破壊状況

各供試体とも、変位制御に入る前の荷重6t載荷時に曲げひびわれが発生し、斜めひびわれは変位10~15mmで発生した。No.1、2、5、6の供試体は柱下部から40cm付近までのかぶりコンクリートが圧縮側鉄筋の座屈により剥落した。No.3の供試体は圧縮鋼材に沿った大きなひびわれが柱下部から1m付近まで進展し、側面部のかぶりコンクリートも大きく剥落した。No.4のRC供試体は帯筋のコンクリート拘束効果が大きくコンクリート剥離は柱下部の20cmに限定された。

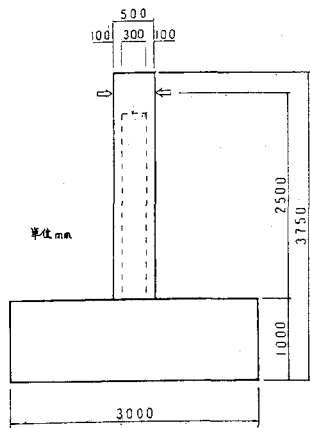


図-1 供試体の形状・寸法

表-1 供試体の諸元

供試体	断面	主鉄筋		主鉄骨		斜引張鋼材		軸力 (t)
		鉄筋 SD30	鉄骨 SM50	鉄骨 SM50	鉄骨 SM50	鉄骨 SM50	鉄骨 SM50	
N0.1	中空SRC	016-15 31.78 cm	4R 126×6	30.24 cm	62.02 cm	2.48 100-20 %	R45×13 58.5 mm	25
N0.2	中空SRC	—	—	—	—	3.88 —	—	16
N0.3	中空SRC	—	—	—	—	—	R45×28 126 mm	16
N0.4	中空RC	022-16 61.94	—	—	61.94	3.87 10-20 cm	—	16
N0.5	中空SRC	016-15 31.78 cm	4R 126×6	30.24	62.02	3.88 —	— R45×13 58.5 mm	16
N0.6	中空SRC	—	—	—	—	010-20 R45×13 58.5 mm	R45×13 58.5 mm	32

②. 荷重-変位曲線

各供試体の荷重変位履歴曲線からスケルトンカーブを求め比較したものを図-2に示す。

No. 1, 2, 6のように、帯鉄筋、水平材、および斜材がバランス良く配置されているSRC供試体は急激な破壊には至らなかったが、No. 3, No. 5のように斜材のみあるいは水平材のみで帯鉄筋のないSRC供試体は急激に破壊に至る傾向が見られた。

中実モデル (No. 1) と中空モデル (No. 2) を比較すると、変位 100 mm までは大差なく、それ以上の大変形では中空モデルの方が早く耐力の低下をきたしている。

軸力の影響を No. 2 と No. 6 モデルと比較すると、軸力の大きい方が予想どおり耐力も変形性能も多少大きめであった。

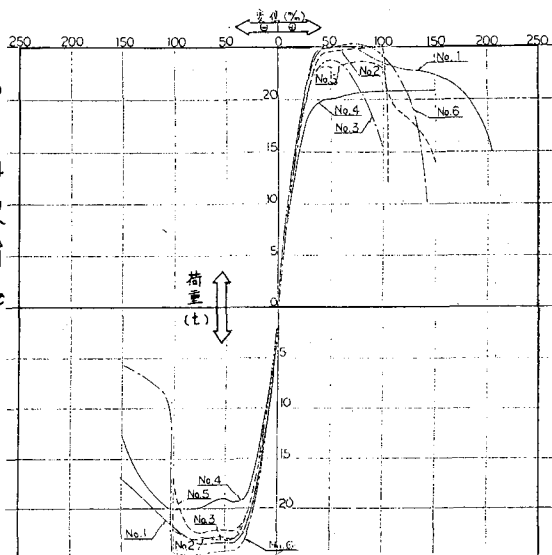


図-2 荷重-変位抱絡線

③. 最大耐力

実験による最大耐力と計算によるものを比較したものを表-2に示す。計算による耐力は図-3に示すような応力ひずみ曲線を仮定して求めたものである。鋼材の降伏後の二次勾配は0と仮定するのが一般的であるが、今回、正負交番実験であることからBausinger効果を考慮して鉄骨1/10、鉄筋1/100の勾配としたところ実験値とよく一致した。

表-2 最大耐力

	鉄筋断面面積 mm ²	鋼材の2次勾配	供 試 体							
			鉄筋	鉄骨	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
R	1756	公称	0	0	20.33	19.73	19.73	20.80	19.73	20.73
C	752	・	・	・	21.08	20.53	20.53	21.45	20.53	21.47
方	832	測定	・	・	21.86	21.31	21.31	21.47	21.31	22.23
式	・	・	・	・	24.79	24.38	24.38	・	24.38	24.95
算	・	・	・	・	21.13	20.38	20.38	・	20.38	21.62
加	方式									
実 験 値	正 方 向				24.7	24.5	23.5	20.7	23.4	25.0
	負 方 向				23.4	23.1	23.0	19.0	22.0	24.8
	平 均				24.1	23.8	23.3	19.9	22.7	24.9

④. 靱性率

靱性率は、終局変位を降伏変位で除したものと定義される。降伏変位の決め方によっては、靱性率は大きく異なる。

本実験では、鉄筋ひずみ 1810 μm の時を降伏点とすると、靱性率は、中実断面 No. 1 が一番大きく、次いで RC 断面 No. 4 と軸力の大きい No. 6 が続き、さらに標準断面 No. 2 と水平材のみ No. 5 と続き、斜材のみ No. 3 が最も小さかった。

⑤. エネルギー吸収量

各荷重変位履歴曲線のループ面積を加算したエネルギー吸収量は、表-3のとおりである。大きい順に No. 1, 6, 4, 2, 5, 3 となり靱性率とほぼ同様の結果であった。

4. まとめ

今回の実験で得られた結果をまとめると以下のとおりである。

1. SRC構造の橋脚を設計する場合、帯筋、水平材、および斜材等の斜引張鋼材をバランスよく配置することが、耐震性を有するために必要である。
2. 中空断面橋脚の最大耐力および変形性能は、中実断面と比較して、遜色なく確保されている。
3. コンクリート断面の軸力を現設計の倍程度に上げることにより、最大耐力および変形性能も多少上がるこことが確認できた。

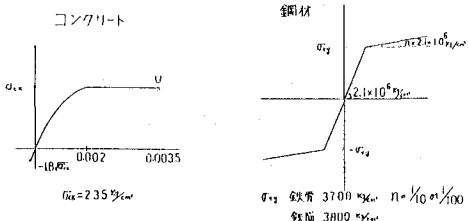


図-3 応力-ひずみ図

表-3 エネルギー吸収量 (t・mm)

変位 (mm)	No. 1	2	3	4	5	6
10	100.5	10.39	90.8	8.78	101.4	99.4
20	433.3	45.90	38.56	36.10	39.32	41.23
30	1092.5	114.35	96.81	94.91	101.33	109.15
40	1878.3	189.38	166.50	169.08	175.76	189.34
50	3127.1	305.61	277.12	285.27	287.36	314.34
75	5824.0	568.41	525.61	520.74	528.71	588.44
100	7767.8	760.92	672.33	689.15	699.64	786.86
100 +	992.69	979.61		881.97	890.04	1013.52
150	12956.9	1280.61		1159.78	1057.44	1312.96
150 +	1615.79			1488.09		1641.16
200	1980.23			1615.03		