

阪神高速道路公団

正員 袴田文雄

同上

吉川 紀

同上

石崎 浩

東京エンジニアリング㈱

田中忠夫

1. まえがき

鋼管柱にコンクリートを充てんした柱(以下合成柱と称す。)は ①鋼管とコンクリートの合成効果 ②鋼管によるコンクリートの拘束効果 ③コンクリートによる鋼管の局部座屈防止効果により靱性に富んだ、高い耐荷力を有する部材となることが知られている。建築構造物では「鋼管コンクリート構造計算規準」日本建築学会昭和55年 により実際の構造物に合成柱が適用されている。しかし土木構造物に合成柱が適用された例は少く鋼製橋脚の柱基部には車両の衝突による変形防止等のためにコンクリートが充てんされている場合もあるが設計には考慮されていない。この充てんコンクリートの効果を適正に評価することにより、従来行なわれてきた極めて複雑な補剛構造の単純化が計れると共に、靱性の向上、耐荷力の増加を有効に利用できる可能性が高い。ここでは阪神高速道路公団が行った鋼製橋脚柱基部の載荷実験の概要を報告する。

2. 載荷実験

実験に用いた試験体の形状、寸法、材料強度等を表-1に示す。試験体は円形断面(A)角形断面(B)の2断面で、各々につき鋼管(-1)、コンクリート充てん(-2)、コンクリート充てん-スタッド付き(-3)、の合計6体とした。円形試験体はφ400mm、角形試験体は357mm×357mm、板厚及びびれ質はいずれも5.6mm、SM50である。スタッドはφ5mm、長さ30mmゲージ50mm、ピッチ70mmで配置した。

実験装置を図-1に示す。荷重は鉛直荷重と水平荷重を100t油圧ジャッキを用いて載荷した。軸力による応力度と曲げによる応力度の比は阪神高速道路公団が54年度に実施した「鋼製橋脚の実績調査」にもとづいて設定し

弾性範囲内の実験 $\sigma_w/\sigma_M = 0.7/0.3, 0.17/0.83$ の2種類

破壊試験 $\sigma_w/\sigma_M = 0.17/0.83$ の1種類とした。

測定は鋼管のみずみ及びびれ変位、コンクリート台のみずみについて行い鋼管のみずみは軸方向、円周方向の2方向をストレインゲージで、コンクリート台は鉛直方向のみずみをモールドゲージを用いて計測した。変位は変位計を用いて試験体の軸方向及び軸直角方向の2方向について計測した。

3. 実験結果と考察

破壊試験($\sigma_w/\sigma_M = 0.17/0.83$)の実験結果と、理論値との比較を

表-1 試験体一覧表

試験体	寸法 (mm)	A_s (cm ²)	A_c (cm ²)	I (cm ⁴)	σ_{ck} (%)	σ_y (%)
A-1	φ400 (φ56)	67.9	—	13494	—	4200
A-2	〃	〃	1187	20972	400	〃
A-3	〃	〃	〃	〃	〃	〃
B-1	357×357 (φ56)	73.9	—	17922	—	〃
B-2	〃	〃	1160	25574	400	〃
B-3	〃	〃	〃	〃	〃	〃

A_s ; 鋼管断面積 A_c ; コンクリート断面積
 I; 合成断面2次モーメント σ_{ck} ; コンクリートのシリンドラ
 ン; 鋼材の降伏応力度 強度

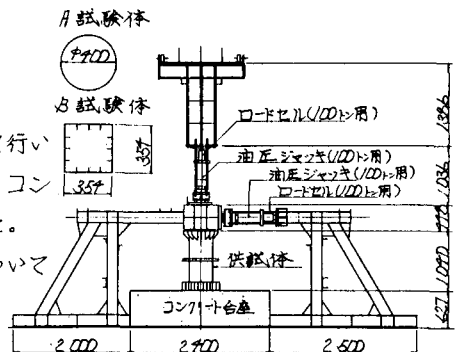


図-1 実験装置図

表-2に示す。理論値は鋼とコンクリートの一軸応力状態での応力度-ひずみ度関係を用いた曲げモーメント曲率関係を使用した。ここでコンクリートの応力度-ひずみ度関係は

$$\frac{r_c}{0.86c_k} = \frac{2 \cdot (\frac{\epsilon_m}{\epsilon_m})}{1 + (\frac{\epsilon_m}{\epsilon_m})} \quad \epsilon_m = 0.00243$$

を用いた。その他の仮定は鉄筋コンクリート断面の解析に用いるものと同じで

- (i). 鋼とコンクリートの間にはすべりが無い。
 - (ii). 断面内のひずみは中立軸からの距離に比例する。
 - (iii). コンクリートは引張応力を負担しない。
- 等である。計算はC, D, C法によった。

図-2, 図-3より、合成柱は鋼管とコンクリートとの合成効果、拘束効果により鋼管柱より高い剛度を有しており、鋼管柱と比較して、円形断面では1.55, 角形断面では1.73倍となっている。これより鋼とコンクリートの弾性係数比は弾性範囲内で10~15程度となる。耐荷力についても鋼管柱と比較して円形断面では1.84, 角形断面では1.55倍となっている。角形断面については表-2, 注2, に示したように最大耐荷力に至る前に実験を終了しているため耐荷力の増加率が低いものと考えられる。

スタッドは鋼管の局部屈曲防止に効果があるものとするが、本実験結果を見るかぎり耐荷力に関しては、スタッドの効果は明確に現れていない。

図-4よりコンクリート台内部のひずみ分布は鋼管性、合成柱ではほぼ同様な分布となっており合成柱にした場合、鋼管の内側リブを省略できることを示している。また本実験は $\sigma_N/\sigma_M = 0.13/0.87$ と曲げ応力が卓越した状態でも合成柱としての効果が存在することを明らかにした。

図-1よりコンクリート台内部のひずみ分布は鋼管性、合成柱ではほぼ同様な分布となっており合成柱にした場合、鋼管の内側リブを省略できることを示している。また本実験は $\sigma_N/\sigma_M = 0.13/0.87$ と曲げ応力が卓越した状態でも合成柱としての効果が存在することを明らかにした。

チ. あとがき

鋼製橋脚の柱にコンクリートを充てんすることにより、柱基部の鋼管内部の補剛は単純化されると共に、靱性、耐荷力、剛度の面でも有効で適用範囲の広いことが示される。今後は偏心圧縮力が作用するIntermediate Columnやくり返し載荷性能についての検討が必要であろう。

表-2 実験結果と理論値

試験体	実験値		理論値		①/③	②/④
	① δ_H (mm)	② 耐荷力 (ton)	③ δ_H (mm)	④ 耐荷力 (ton)		
A-1	9.5	76	10.8	52	0.88	0.88
A-2	5.7	85	6.5	70	0.88	1.21
A-3	5.5	85	6.5	70	0.85	1.21
B-1	7.7	63	8.5	70	0.91	0.90
B-2	7.6	78 ^{注2)}	5.0	91	0.92	1.08
B-3	5.7	100 ^{注2)}	5.0	91	1.18	1.10

注) 1. δ_H は $PV=90^\circ$ の場合の試験体上端の水平変位である。
2. 耐荷力は増加する傾向にあるが載荷能力が限界に達したので実験を終了した

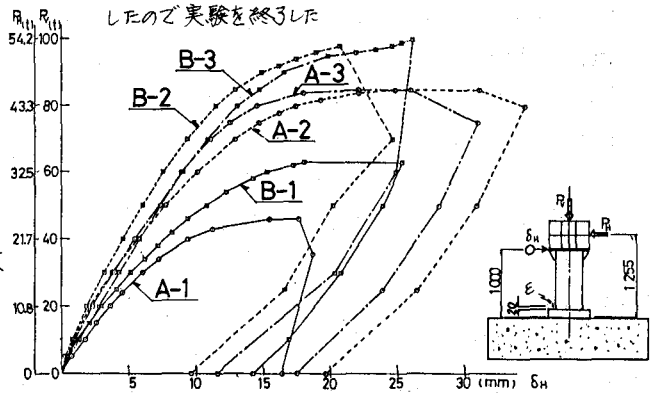


図-2 荷重(P)-水平変位(δ_H)

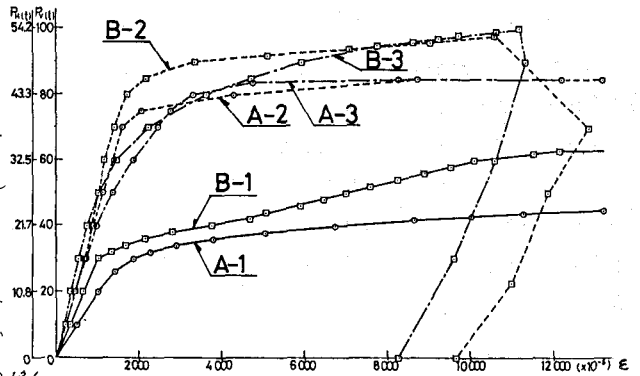


図-3 荷重(P)-圧縮ひずみ(ϵ)

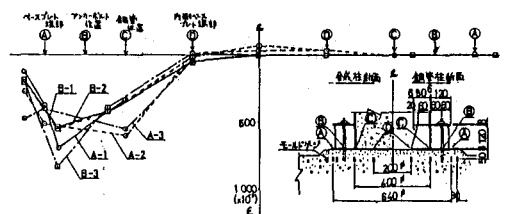


図-4 コンクリート台の垂直ひずみ分布