

V-428

鋼管・コンクリート複合構造橋脚模型の繰返し曲げ載荷試験

(株)大林組技術研究所 正会員 田中浩一
同上 正会員 大内 一

1. はじめに

橋脚断面内に複数の鋼管を有し、帯筋の替わりにスパイラル状にPCストランドを巻付けた鋼管・コンクリート複合構造橋脚は省力化・急速施工を目指し開発されてきたが、構造的にも大きな耐震性が期待できる [1]。しかしながら、複数の鋼管を有するものについてはこれまで試験の例がない。そこで塑性変形能と合成度に着目して、梁型試験体の繰返し曲げ載荷試験を行なった。本論文は試験結果の第1報である。

2. 試験内容

試験体の形状寸法を図2.1に、また試験体一覧を表2.1に示す。試設計橋脚をもとにいずれの試験体も曲げ耐力がほぼ等しくなるよう配筋した。また、帯鉄筋としてPCストランドをスパイラル状に配筋した。これは鉄筋 (SD345) を用いた場合の帯鉄筋比 (P_w) = 0.2% に相当する (P_w) $_{pc} = (3500/17400) \times 0.002$ の量を配筋した。パラメーターは鋼管の本数、鋼管径とした。鋼管の内部には座屈を防ぐため、グラウト材で充填した。

梁側面から打設打設を行うが、ブリージングによるコンクリートと鋼管との付着を低下させないよう、増粘剤と高性能AE減水剤を添加した逆打ち用高流動コンクリートとした。コンクリートのフロー値は平均して63cm、またブリージング率は3時間で0%であった。コンクリートの配合を表2.2に示す。またコンクリートおよびグラウト材の圧縮試験結果、そして鉄筋、鋼管、PCストランドの引張試験結果をそれぞれ表2.3～2.4に示す。

載荷方法は、図2.1に示すような2点集中正負繰返し載荷とした。載荷は部材角 $R=1/200, 1/100, \dots, 5/100$ においてそれぞれ2サイクルずつとした。その後、正荷重側でジャッキストロークで決まる $R=8/100$ まで載荷した。

3. 試験結果

荷重一変位関係と破壊経過：図3.1～図3.3に得られた荷重一変位関係を、表3.1には破壊経過と諸荷重一覧を示す。図中に参考を示す強度理論値のうち、RC理論値とは鋼管も鉄筋とみなし、モーメントー曲率計算から決定した値である。一方累加強度理論値とは、圧縮および引張側の鋼管にそれぞれ全塑性圧縮および全塑性引張を仮定し、断面中心回りで求めた全塑性モーメントによる耐力をRC耐力に加えたものである。実験最大荷重は表3.1に示す降伏荷重も含め、RC理論値とよく一致する。 $R=2/100$ の変位レベルの第2サイクル以降荷重低下が観られる。以後変位の増大に従い耐力は回復するものの最大荷重にまでは至らない。しかしながら、ジャッキストロークで決まる最終変位時でも、最大荷重の74～86%の耐力を保持しており、最小でも8以上の靱性率を保有する。なお鋼管量の少ないNo.3試験体では、上記荷重低下の

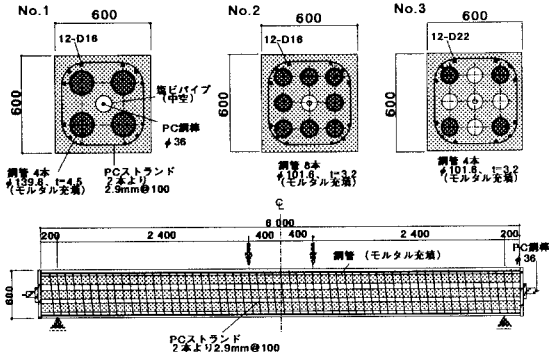


図2.1 試験体形状寸法

表2.1 試験体一覧表

試験体	鋼 管				主 鉄 筋			帯 筋
	直径 (mm)	厚さ (mm)	本数	鋼管比 (%)	鉄筋径	本数	鉄筋比 (%)	
No.1	139.8	4.5	4	2.13	D16	12	0.66	PCストランド 2本より 2.9mm φ100
No.2	101.6	3.2	8	2.20	D16	12	0.66	
No.3	101.6	3.2	4	1.10	D22	12	1.29	

表2.2 逆打ち用高流動コンクリート配合

水 W (kg)	セメント C (kg)	水セメント比 W/C (%)	細骨材比 S/a (%)	細骨材 S (kg)	粗骨材 G (kg)
175	300	58.3	48.9	878	924

空 気 量 : 4.5%
増 粘 剤 : 0.51 kg/m³
高性能AE減水剤 : C×3.0%

表2.3 コンクリート、グラウト材の
圧縮試験結果

	試験体 No.1	試験体 No.2	試験体 No.3
コンクリート (kgf/cm ²)	367	375	343
グラウト材 (kgf/cm ²)	307	390	355

表2.4 鋼材の引張試験結果

	鉄筋(SD345)		鋼管(SS400)		PCストランド
	D16	D22	φ139.8	φ101.6	2本より2.9mm
降伏応力度 (kgf/cm ²)	3830	3930	2970	3740	19100
引張強度 (kgf/cm ²)	4980	5000	4250	4600	20590

表 3.1 破壊経過と諸荷重（正荷重時）

試験体	ひびわれ荷重 ⁽²⁾ P _{or(t)}			鉄筋降伏荷重 ⁽¹⁾ P _{yt(t)}			鋼管降伏荷重 ⁽¹⁾ P _{yt(t)}			最大荷重 P _{u(t)}			圧縮開始部材角 R	降伏変位 ⁽³⁾ y ₀ (mm)	終局変位 ⁽⁴⁾ δ _u (mm)	最大塑性率 P _u /δ _u
	実 ⁽⁵⁾	計 ⁽⁵⁾	実/計	実	計 ⁽⁵⁾	実/計	実	計 ⁽⁵⁾	実/計	実	計 ⁽⁵⁾	実/計				
No.1	8.0	5.9	1.36	23.9	25.6	0.93	23.2	20.6	1.13	33.4	31.7	1.05	5/100 (-1)	16.0	>206.6	>12.9
No.2	7.0	6.3	1.11	27.6	28.5	0.97	2.64	25.4	1.04	39.1	36.8	1.06	4/100 (-1)	17.5	153	8.8
No.3	7.0	7.2	0.97	27.3	29.2	0.94	26.4	25.0	1.06	36.5	34.0	1.07	4/100 (-1)	16.9	>190.6	>11.3

傾向は少なく、大変位域での耐力回復も大きい。またいずれの試験体も PC ストランドの拘束による主筋の屈伏防止効果は大きく、最終時でも顕著な耐力低下を招かない。また、最終変位時の耐力はいずれの試験体も累加強度理論値以上となっている。

鋼管の挙動：図 3.4 に鋼管の負担モーメント M_T の全モーメントに対する比率と変位の関係例を示す。ここに、モーメント M_T は鋼管の上下面に貼付した軸方向ひずみゲージより線形ひずみ分布を仮定し、バイリニア・応力-ひずみ履歴特性を考慮して求めた応力度に断面中心までの距離をかけ、積分したものである。図中の理論値は、上述と同様に鋼管の全塑性軸力を仮定した鋼管負担モーメントを累加強度理論値で除した値を、また RC 理論での鋼管負担モーメントを最大曲げモーメントで除した値を示す。実験から得られる鋼管のモーメント負担率は約 30～40% 程度である。鋼管の少ない No.3 試験体では最も負担率が小さく、同じ鋼管量でも鋼管が外側に配置されている No.2 試験体の方がわずかながら No.1 試験体よりも負担率は大きかった。

エネルギー・吸収性能：図 3.5 に荷重-変位履歴曲線が囲む面積で定義されるエネルギー吸収量と部材角の関係を示す。No.3 試験体に観られるように、鋼管量が少なく RC 構造に近いほど大きなエネルギー吸収を与える傾向にあるが、いずれの試験体も安定した増加を示し、大きな違いは見受けられない。

4. あとがき

最大荷重はいずれの試験体も RC 計算による値とほぼ同様であった。繰返し荷重により同一変位レベルで耐力低下が観察される。鋼管の付着ずれによると予想されるが、変位の増大にともない耐力は次第に回復する。即ち PC ストランドの拘束で主筋屈伏は抑えられ、いずれの試験体とも 8 以上の変位靱性率を示した。また、大変形時の残存耐力は鋼管の全塑性軸力に基づく負担強度と RC のそれを単純累加した値で安全側に評価できる。

本研究は東京大学工学部岡村甫教授にご指導を賜り、ここに記して深謝いたします。

5. 参考文献

[1] 水田、馬淵、大内：鋼管・コンクリート複合構造高橋脚の開発（その 2）、第 49 回土木学会年講概要集第 5 部、平成 6 年 9 月、pp1012-1013

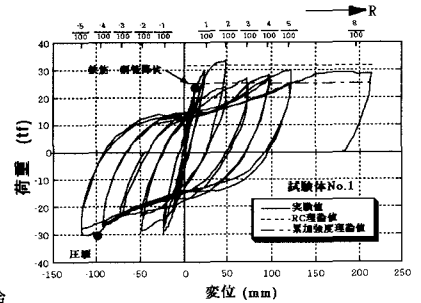


図 3.1 荷重～変位関係（試験体 No.1）

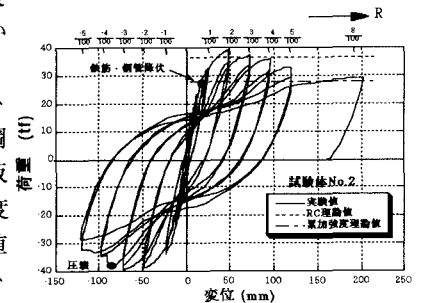


図 3.2 荷重～変位関係（試験体 No.2）

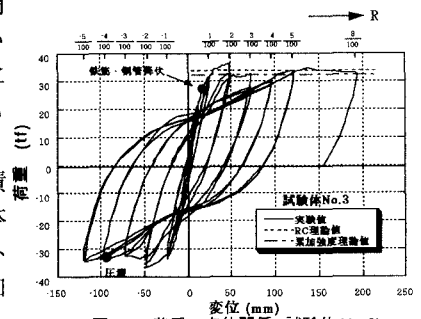


図 3.3 荷重～変位関係（試験体 No.3）

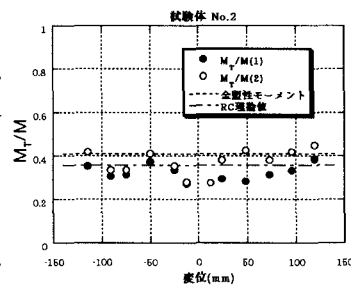


図 3.4 M_T/M （試験体 No.2）

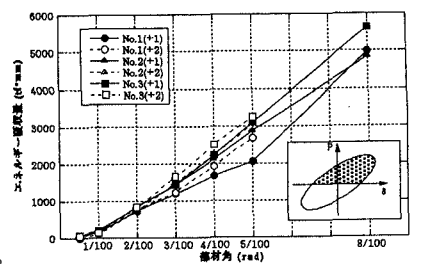


図 3.5 エネルギー吸収量と部材角