

I - 361

コンクリートを部分的に充填した鋼管柱の耐力

建設省土木研究所 正員 西川 和廣
建設省土木研究所 正員 山本 悟司
建設省土木研究所 正員 岩城 達思

1. はじめに

我国は地震が多く、橋梁の橋脚には十分な耐震性が要求される。コンクリート橋脚については地震時保有水平耐力の照査が導入され、大地震に対しても十分な耐力とねばり強さ（以下、じん性という）が確保されるようになった。一方、鋼製橋脚については、その地震時保有水平耐力に関する研究が近年盛んに行われている段階である。鋼製橋脚の耐力およびじん性を向上させる手段のひとつとして、コンクリートを充填する方法が考えられる。本文は、地震時において最も厳しい状態となる基部に部分的にコンクリートを充填した鋼管柱（以下、部分合成柱という）について載荷実験を行い、そのじん性を確認するとともに、最大耐力および最適な充填範囲の評価方法について検討した結果を示すものである。

2. 実験概要

図-1に実験供試体の基本的な寸法および形状を示す。表-1は、10体の供試体の諸元、使用した材料特性値および載荷試験の際に軸力として一定載荷した鉛直荷重を示したものである。10体の主なパラメータは、最適な充填高さを検討するためのコンクリートの

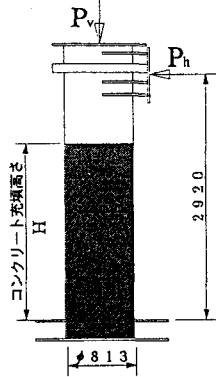


図-1 供試体

表-1 供試体諸元および使用材料特性値

	径厚比: 直径R/板厚t (板厚mm)			コンクリート 設計基準強度 σ _{ck} (kgf/cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)	鉛直荷重: P _V (tf)	0	150	200	350
	43 (9.5)	51 (7.9)	64 (6.4)							
供試体	径厚比	径厚比	径厚比	降伏点: σ _y (kgf/cm ²)	引張強さ (kgf/cm ²)	208	239	367		
I	☆			3800	4900		☆			
II	☆			3650	4920		☆			
III	☆			3550	4870		☆			
IV		☆		4190	4980		☆			
V			☆	3390	4770		☆			
VI			☆				☆			
VII			☆				☆			
VIII			☆				☆			
IX			☆				☆			
X			☆				☆			

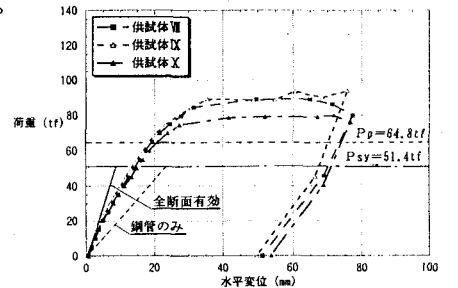
※ダイヤフラムの項について

☆厚: 板厚の厚いもの (t = 16mm) 使用
厚+ス: 板厚の厚いもの (t = 16mm) 使用+合成部分にスタッドをうつ

載荷方法は表-1に示す鉛直荷重一定のもとで、水平荷重を載荷していく方法とした。

3. 耐力

図-2は、全塑性モーメントに相当する荷重P_pが同一で、コンクリート充填部天端のダイヤフラムの有無およびスタッドの有無による違いを把握できる供試体VII, IX, Xの3体について、水平荷重P_hと載荷位置における水平変位の関係を示したものである。これらの供試体の荷重はいずれもP_pを超え、最大荷重P_{max}に近づき変位の進行が大きくなってもP_{max}付近の荷重を維持している。コンクリート充填部天端にダイヤフラムを設けていない供試体XのP_{max}は、設けている供試体VIIの90%程度であるが、P_pを超えていることから耐力の向上に効果があると考えられる。また、スタッドを設けた供試体IXのP_{max}は、



P_p: 全塑性モーメントに相当する荷重

P_{sy}: RCとして計算した場合に鋼管圧縮線が降伏に達する荷重

図-2 荷重変位曲線 (VII, IX, X)

設けていない供試体Ⅶの5%増程度となつて表-2 最大荷重 P_{max} と全塑性モーメントに相当する荷重 P_p

の関係を示す。表より全供試体において、 P_{max} が P_p 以上となることがわかる。また、荷重-変位曲線も図-2と同様であり、変位の進行が大きくなっても荷重は P_{max} 付近を維持することがわかった。このことから、部分合成柱は全塑性モーメントを超える耐荷力を有しており、さらにじん性も優れていることが確認できた。

	P_{max}	P_p	(単位:tf・m)
I	64	80	
II	109	98	
III	109	98	
IV	104*	87	
V	121	87	
VI	87*	82	
VII	90	65	
VIII	106	66	
IX	94	65	
X	80	65	

*無充填部で耐荷力を失う

図-3は最大耐荷力 M_{max} (合成柱の基部が耐え得る最大曲げモーメント)を評価するために、横軸に全塑性モーメント時の有効断面における鋼管の荷重分担率 γ と無次元化された細長比 λ の積を、縦軸に最大耐荷力 M_{max} の全塑性モーメント M_p に対する比をとり、この両者の相関を示したものである。図中の本実験結果は、コンクリートを全範囲に充填した他の実験結果と同じ直線上に分布していることから、後述する必要充填高さを満たしていれば、部分合成柱の最大耐荷力は全体に充填したときと変わらないと考えられる。また、この図の関係より、部分合成柱の断面および材料の諸元がわかれば M_{max} を求めることができる。

4. コンクリート必要充填高さについて

本研究では、部分的にコンクリートを充填し、その充填高さについて着目した。橋脚のじん性を向上させるためには、基部において耐荷力を失う以前に無充填部において耐荷力を失うことは望ましくない。したがって、コンクリートの充填は基部と無充填部が同時に耐荷力を失う高さ以上としなければならない。この関係を式に表現すると次のようになる。

$$\text{必要充填高さ} \geq L \left(1 - \frac{M_{max}}{M_{max}} \right) \quad \begin{array}{l} M_{max}: \text{鋼管部最大耐荷力} \\ M_{max}: \text{合成柱の最大耐荷力} \\ L: \text{脚柱高} \end{array}$$

M_{max} は3.で述べたことから評価できる。また、 M_{max} は鋼管圧縮縁の応力がDonnellの式により算出した局部座屈応力度⁴⁾に達する曲げモーメントとした。表-3は、上式をもとに計算した必要充填高さ、および無充填部における最大ひずみと降伏ひずみを示したものである。計算による必要充填高さを満たしていない供試体Ⅳ、Ⅵは、無充填部の最大ひずみがかなり大きくこの位置で耐荷力を失っており、一方、必要充填高さに対して供試体の充填高さに余裕がある供試体Ⅴ、Ⅶ～Ⅹについては無充填部の最大ひずみが小さくなっている。このことから、提案式は実験結果と整合していることが確認できた。

5. まとめ

本研究では、コンクリートを部分的に充填した合成柱の載荷実験を行い、今回提案したコンクリートの必要充填高さを満足していれば、全範囲に充填した合成柱と同様に、耐荷力およびじん性に優れていることが確認された。今回の検討が、今後の合成柱の適用あるいは鋼製橋脚の補強等を検討する場合の一資料となれば幸いである。

参考文献: 1) 中井博, 吉川紀: コンクリートを充填した鋼製橋脚の耐荷性に関する実験的研究; 土木学会論文集, 第344号; 1984.4

2) 中井博, 吉川紀, 富田隆, 由井洋三: 軸方向圧縮力と曲げモーメントを受ける合成柱の耐荷力; 橋梁と基礎, Vol. 18, NO. 4, 1984

3) 富沢修次, 中本浩志, 高橋泰彦, 小島省三: コンクリート充填合成柱の実験(その1) -円形合成柱の耐荷力について-; 土木学会第42年次学術講演会; 昭和62年9月

4) 金井道夫, 大塚俊雄: コンクリート充填鋼管の耐荷力(その1); 土木研究所資料第1728号; 昭和56年8月

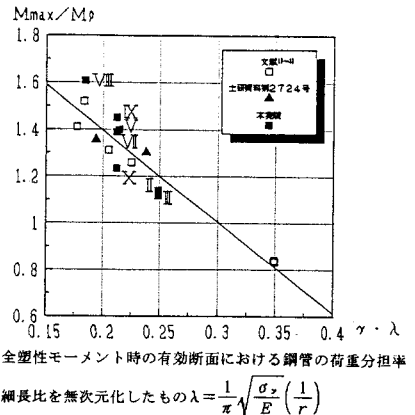


図-3 最大耐荷力/全塑性モーメント

表-3 コンクリート充填高さとおよび無充填部最大ひずみ

	コンクリート 充填高さ: m	計算による 必要充填高さ: m	無充填部における最大 ひずみ(圧縮側): μ	鋼管降伏 ひずみ: μ
II	1.5	1.5	5692	1800
III	1.5	1.5	5913	1740
IV	1.5	1.8	15478	1890
V	2.1		2439	1690
VI	1.5	1.9	46357	2090
VII	2.0	1.7	1793	1610
VIII	2.5	1.9	3138	1610
IX	2.0		1180	1610
X	2.0	1.7	1848	1610