

コンクリートを部分的に充填した鋼管柱の耐荷力(その2)

—ひずみの測定結果について—

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 〇岩城 達思

1. はじめに

橋梁の橋脚には十分な耐震性が要求されるが、耐震性を向上させる一つの方法として耐荷力とねばり強さを向上させる方法がある。文献¹⁾において地震時に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、部分充填柱という)について載荷試験を行い、最大耐荷力およびねばり強さが向上することを確認した。本文は、その載荷試験の際に鋼管柱表面およびコンクリート内部で測定したひずみとともに、応力の分布および計算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に供試体10体のパラメータおよび二軸載荷試験(鉛直荷重と水平荷重)の際の鉛直荷重を示した。パラメータの設定理由等は文献¹⁾に示している。二軸載荷試験の載荷方法は表-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。なお、供試体IV~Xについては、二軸載荷試験を行う前に400tfまでの鉛直荷重載荷試験も行った。

3. 鉛直荷重載荷試験結果

図-2に鉛直荷重載荷試験の結果得られた鋼管表面およびコンクリート内部で測定された鉛直方向のひずみ分布を、コンクリート充填高さによる違いがわかる供試体IV, Vについて示した。図に①鋼管のみとした場合の理論値(破線)および②コンクリートの引張強度を無視した場合の理論値(以下、RCとした場合の理論値という)(実線)を示した。なお、RCとした場合の理論値を算出する際の鋼とコンクリートのヤング係数比は15としている。図をみると、充填部の鋼管のひずみは無充填部のひずみと比べて小さくなっておりコンクリートを充填した効果がみられるが、鋼管のみの理論値とRCとした場合の理論値との間となっており完全には平面保持していないと考えられる。

図-3は各供試体の充填部のひずみおよび応力を比較するために鋼管の荷重分担率に着目した図で、横軸にRCとした場合の鋼管の荷重分担率の理論値、縦軸にその実測値をとって関係を示したものである。この図は実測値が1.0に近ければ鋼管のみの理論値に近く、図中の実線に近ければRCとした場合の理論値(1:1の線)に近いことを示す。なお、鋼管の荷重分担率の実測値は $(\epsilon_s \text{の実測値} \times E_s \times A_s) / (P_v)$ として求めた。こ

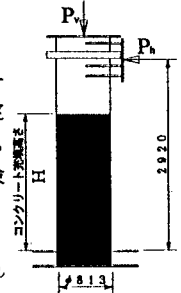


図-1 供試体

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 充填高さ H(m)	ダイヤフラム 有 無	鋼材 (SS400) 降伏点 σ_y (kgf/cm ²)	コンクリート 設計基準強度 σ_{ck} (kgf/cm ²)	鉛直荷重: P _v (tf)			
		43 (9.5)	51 (7.9)	64 (6.4)					0	150	200	350
I	☆				0.0	☆	3800	☆	☆			
II	☆				1.5	☆		☆				
III	☆				1.5	☆	3650	☆	☆			
IV	☆		☆		1.5	☆	3550	☆			☆	
V	☆		☆		2.1	☆		☆			☆	
VI			☆		1.5	☆	4190	☆		☆		
VII			☆		2.0	☆厚		☆		☆		
VIII			☆		2.5	☆		☆				☆
IX	☆		☆		2.0	☆厚+ス	3390	☆		☆		
X			☆		2.0	☆		☆			☆	

※ダイヤフラムの項について
 分厚: 板厚の厚いもの ($t=1.6\text{mm}$) 使用
 厚+ス: 板厚の厚いもの ($t=1.6\text{mm}$) 使用+合成部分にスタッドをうつ

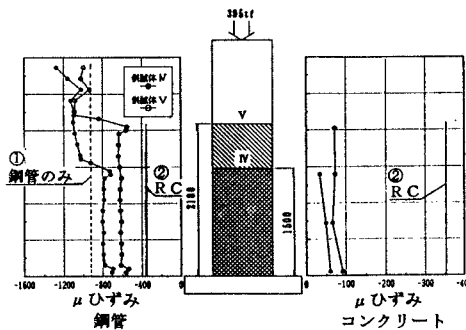


図-2 ひずみ分布図(供試体IV, V)

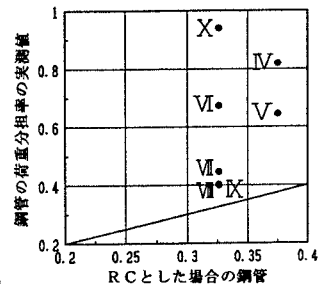


図-3 鋼管の荷重分担率の実測値と理論値

は実測値が1.0に近ければ鋼管のみの理論値に近く、図中の実線に近ければRCとした場合の理論値(1:1の線)に近いことを示す。なお、鋼管の荷重分担率の実測値は $(\epsilon_s \text{の実測値} \times E_s \times A_s) / (P_v)$ として求めた。こ

ここで、 ε_s は鋼管のひずみ、 E_s は鋼のヤング係数($2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$)、 P_v は荷重鉛直荷重である。図をみると、各供試体の実測値は鋼管のみの理論値とRCとした場合の理論値の間でばらついており、供試体IV, V, VI, Xでは鋼管のみの理論値とRCとした場合の理論値の間から鋼管のみとした場合の理論値に近い方に分布している。従って、部分充填柱の軸力に対する鋼管部の応力については鋼管部のみで抵抗するとして計算を行うことが実用上望ましいと考えられる。

4. 二軸載荷試験結果

図-4に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、二軸載荷試験における水平荷重50tfの際の鋼管表面で測定された圧縮側および引張側の鉛直方向の応力分布を示す。応力はひずみの実測値に鋼のヤング係数 $2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ を乗じて算出した。図に理論値として①鋼管のみとした場合、②全断面有効とした場合、③RCとした場合および④軸力に対しては鋼管のみ、曲げに対してはRCとした場合の4つを示す。ただし、理論値③、④のRCとした場合を計算する際のヤング係数比は15とした。図よりわかることを以下に挙げる。

- (1) 引張側、圧縮側ともに理論値④が実測値に最も近い。また、実測値の方が小さめとなっていることから、設計値として利用する場合には安全側となる。
- (2) 理論値③は、圧縮側では理論値に近いものの、引張側では実測値よりも大きな値となってしまう。また、理論値③を設計値として利用した場合には、基部において圧縮側より引張側の方が応力が大きくなるため、引張側で断面が決定されることになるが、実測値の応力は圧縮側の方が大きいため整合性がとれなくなる。
- (3) 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の応力は、設けている供試体VIIより大きくなっており、圧縮側においては理論値③、④より大きくなっている。そのためダイヤフラムを設けずに応力計算の際にコンクリートを考慮するにはさらに十分な検討が必要となる。
- (4) スタッドを設けた供試体IXの鋼管圧縮側の応力は、充填部天端を除く全範囲で設けていない供試体VIIの80%~90%程度となっており効果がみられる。

図-5に、全供試体についてコンクリート充填部中間位置の応力に着目し、実測値を各理論値で除した値を示す。この図は値が1に近いほどその理論値が実測値に近いことを示す。この図から上記(1)、(2)については全供試体で当てはまることわかる。従って、コンクリート充填部にダイヤフラムを設けた部分充填柱の応力計算は、軸力に対しては鋼管のみ曲げに対してはRCとして計算することが実用上望ましいと考えられる。

5. まとめ

本文は、コンクリートを部分的に充填した充填柱の載荷試験により測定された鋼管表面およびコンクリートのひずみから、部分充填柱の応力計算の方法を提案したものである。この検討が、今後の充填柱の適用を検討する場合の一資料となれば幸いである。

1) 西川和廣, 山本悟司, 岩城達思: コンクリートを部分的に充填した鋼管柱の耐力: 第49回年次学術講演会講演概要集, 平成6年9月

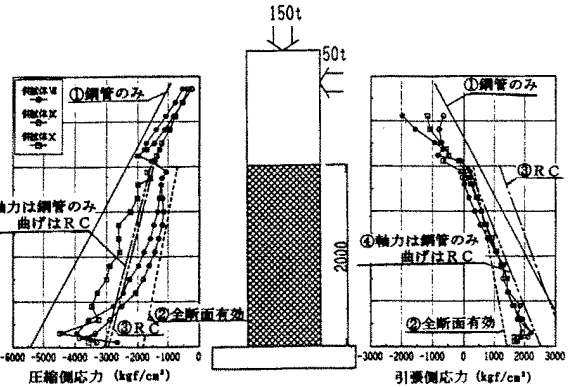


図-4 鋼管応力分布図(供試体VII, IX, X、水平荷重50tf)

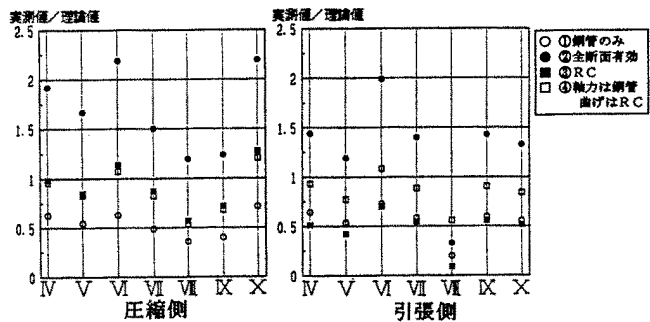


図-5 コンクリート充填部中間位置の応力の実測値/理論値が1に近づくほどその理論値が実測値に近い