

(VI-21) 鋼管・H 形鋼・補強板からなるパイプビーム合成構造部材の曲げ試験

鉄建建設(株) 技術研究所 正会員 西脇 敬一
JR 東日本 上信越工事事務所 山口 力
JR 東日本 上信越工事事務所 後藤 嘉永
JR 東日本 上信越工事事務所 正会員 並木 高志

1. はじめに

高崎線宮原・上尾間今羽 Bv 工事におけるパイプビーム工では、土被りが小さく、水平パイプビームの鋼管径が $\phi 609.6\text{mm}$ に制限され、標準的な肉厚の鋼管だけでは設計耐力を確保できないため、鋼管の中に H 形鋼と補強板を挿入、中詰めに充てん材を注入し、合成構造とすることにした。しかしながら、このような合成構造の施工実績は少なく、一体構造として所定の機能を発揮できるかどうか懸念された。そこで、実大規模の試験体を製作し、パイプビーム合成構造の充てん性や曲げ・変形性能の検証を行ったので報告する。

2. 試験概要

(1)試験体および使用材料 試験体は、実大を模擬して、図 1 に示すように鋼管、H 形鋼および補強板で構成し、長さを 15m とした。試験体は、充てん性試験用に 1 体、曲げ試験用に 1 体の計 2 体である。

使用材料を表 1 に示す。充てん材は、発泡剤を添加したセメントミルクとし、コンクリート標準示方書プレパックドコンクリート用注入モルタルおよび PC グラウトの基準に準じて、表 2 に示す要求性能を設定した。充てん材の配合は、試験体の製作前に、これらの性能を満足する配合を土木学会の試験方法により確認し、表 3 に示すものとした。

(2)試験方法 試験は、充てん状況の確認を行う充てん性試験およびパイプビームが所要の曲げ・変形性能を有しているかの検証を行う曲げ試験を実施した。

充てん性試験では、モルタルポンプにより片側から充てん材を注入し、硬化後に流動距離が 4.2m、7.5m および 10.8m となる 3 断面で試験体を切断し、充てん状況を目視で観察した。

曲げ試験は、2 点単調荷重により行い、計測は荷重重と図 2 に示す位置で鉛直変位とひずみの測定を行った。

3. 試験結果および考察

(1)充てん性試験 充てん材は、練混ぜから 20 時間以上経過した時点で、ブリーディングは全く認められず、最終膨張率は平均で 2.31%、材齢 28 日における圧縮強度は 39.2N/mm^2 であり、いずれも所要の性能を有するものであった。

試験体の中央位置(流動距離 7.5m)における充てん状況を写真 1 に示す。H 形鋼と補強板の間、H 形鋼のフ

キーワード：パイプビーム工、合成構造、曲げ試験、曲げ剛性

連絡先：住所 千葉県成田市新泉 9-1 TEL 0476-36-2354 FAX 0476-36-2380

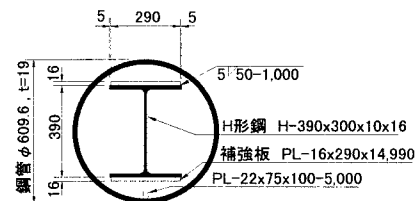


図1 パイプビーム合成構造の断面図

表1 使用材料

区分	緒元	規格および物性
鋼管	$\phi 609.6$	STK400
H形鋼	H-390x300x10x16	SS400
補強板	PL-290-16	SS400
充てん材	セメントミルク	セメント:普通ポルトランドセメント 比重3.16 AE減水剤:リグニルスルホン酸化合物 発泡剤:アルミ粉 見かけ密度 0.340g/cm^3

表2 充てん材の要求性能および試験方法

項目	要求性能	試験方法
ブリーディング率	3%以下	JSCE-F521
膨張率	10%以下、ブリーディング率の2倍以上	JSCE-F521
圧縮強度	20N/mm^2 以上	JSCE-G505

表3 充てん材の配合

W/C (%)	単位量(kg/m^3)			
	W	C	AE減水剤	発泡剤
42.0	570	1357	3.4	0.095

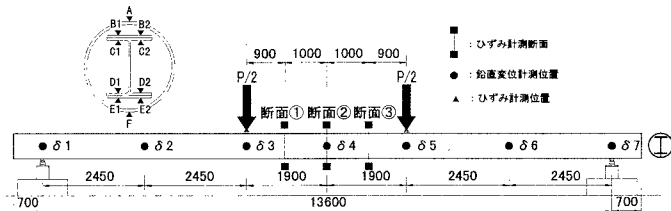


図2 曲げ試験の概要および計測位置

ランジ内部に密実に充てんされており、鋼管、H 形鋼および補強板が完全に密着していることが確認された。また、流動距離が 4.2m および 10.8m の断面においても、同様に密実に充てんされており、計画した配合と施工方法により密実な充てんが可能であると判断された。

(2)曲げ試験 荷重とスパン中央点の変位 $\delta 4$ の関係を図 3 に示す。図中には、充てん材の剛性を考慮した場合としない場合の計算による荷重－変位関係を併記した。変位は、荷重 250kN 程度まで、荷重の増加に比例して増大し、充てん材の剛性を考慮した場合の変形特性にほぼ一致する挙動を示した。その後、荷重増分に対する変位が増加し始め、荷重 650kN 以降は、充てん材の剛性を考慮しない場合の計算値よりも、変位が大きくなる傾向が認められた。なお、載荷点である $\delta 3$ と $\delta 5$ の変形特性も、 $\delta 4$ と同様の変形挙動を示した。

荷重とスパン中央点の断面②におけるひずみの関係を図 4 に示す。荷重 200kN 程度からひずみが増大する傾向が認められることから、充てん材にひび割れが生じ、引張側の剛性が低下しているものと推察される。これは、前述の荷重と変位の関係において、荷重 250kN 程度までは、充てん材の剛性を考慮した計算変位と一致し、その後は徐々に変位増分が増大していく変形挙動からも伺える。

断面②における最大荷重までのひずみ分布を図 5 に示す。いずれの荷重レベルにおいても、鋼管、H 形鋼および補強板のひずみは、ほぼ一直線上に分布し平面保持状態が保たれていた。これより、鋼管と H 形鋼・補強板が充てん材を介して一体となって挙動していることが確認された。

設計モーメントは 985kN・m であり、これに相当する荷重 400kN 程度までの曲げ剛性を、スパン中央点の荷重－変位の関係から逆算した結果を表 3 に示す。平均の曲げ剛性は、 $5.15 \times 10^{10} \text{N} \cdot \text{mm}^2$ であり、いずれの荷重レベルにおいても、設計で用いる充てん材を考慮しない場合の曲げ剛性 $4.74 \times 10^{10} \text{N} \cdot \text{mm}^2$ よりも、大きな曲げ剛性を有していることが確認された。

なお、曲げ試験後に鋼管を溶断し、試験体の内部状況の観察を行った結果、曲げスパン内の充てん材に、微細なひび割れが確認されたものの、H 形鋼と補強板の溶接部は、特に大きな変状も認められず、完全に接合されていることが観察された。

4. まとめ

鋼管、H 形鋼および補強板により合成構造としたパイプビームの充てん性試験と曲げ試験を行った結果、本充てん材および施工方法により、鋼管や H 形鋼の上下部に密実な充てんが可能であること、および想定される設計荷重の範囲内において、設計を上回る良好な変形性能や大きな曲げ剛性を有していることを確認できた。

- 【参考文献】 1)平成 8 年版土木学会コンクリート標準示方書施工編, 1996.3.
2)鉄道構造物等設計標準・同解説－鋼・合成構造物, 鉄道総合技術研究所編, 1992.10.

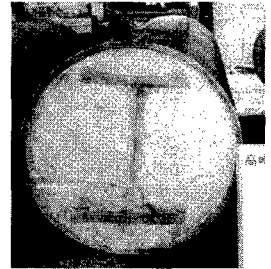


写真 1 充てん状況

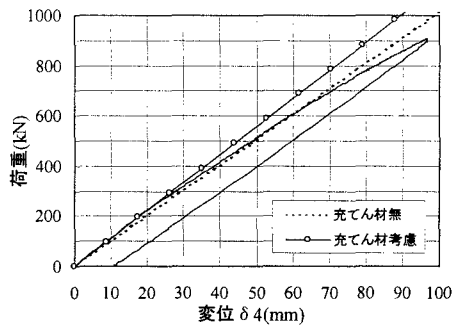


図 3 荷重と変位 $\delta 4$ の関係

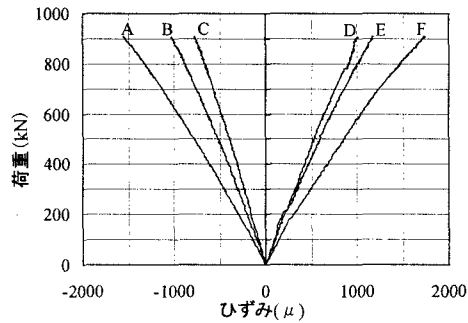


図 4 断面②の荷重とひずみの関係

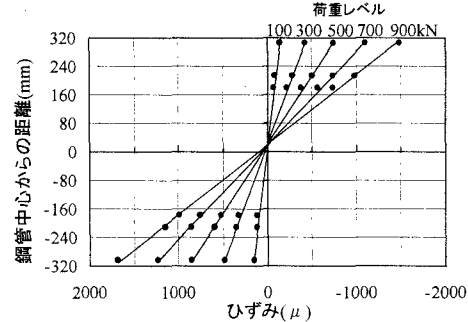


図 5 断面②のひずみ分布

表 3 曲げ剛性

	荷重 (kN)	変位 (mm)	曲げ剛性EI ($\text{N} \cdot \text{mm}^2$)	平均EI ($\text{N} \cdot \text{mm}^2$)
実測値	103	8.94	5.374×10^{10}	5.15×10^{10}
	198	17.62	5.270×10^{10}	
	293	27.26	5.034×10^{10}	
	392	37.29	4.922×10^{10}	
計算値	充てん材無			4.74×10^{10}
	充てん材考慮			5.23×10^{10}

*荷重－変位の関係から逆算