

鋼管接合構造の軸剛性に関する基礎的検討

東日本旅客鉄道（株）JR 東日本研究開発センター 正会員 ○ 伊藤 隼人
 東日本旅客鉄道（株）JR 東日本研究開発センター 正会員 小林 寿子
 東日本旅客鉄道（株）JR 東日本研究開発センター フェロー会員 小林 薫

1. はじめに

新幹線高架橋の PRC 桁の一部で新幹線の通過による加振の周期と桁の固有周期が一致した場合に共振状態を示すことが報告¹⁾²⁾されている。また、近年の列車の高速化に伴い、その通過速度によっては共振傾向の発生の可能性が指摘される。今回、このような動的挙動を低減する方法として、主桁間に鋼管を配置する補強構造を考えた。本検討では、上記構造中のうち鋼管接合部に着目し、鋼管接合構造の模型試験体による一軸引張試験および模型試験の静的 3 次元 FEM 解析による基礎的検討を実施したので報告する。

2. 補強構造および鋼管接合部概要

図-1 に補強構造案を示す。動的挙動を低減する方法として、主桁間に鋼管を配置する方法を考えた。補強鋼管と横桁の接合部には、PC 鋼棒先端にテーパ型に加工したナットを取り付けて先端定着体としたあと施工アンカー³⁾を用いてプレストレスを付加することを考えた。図-2 に鋼管接合部略図を示す。補強鋼管同士を直接接合することは、施工上困難となる。施工性を考慮した鋼管の接合法として、鋼管端部にフランジを設け、半割の外鋼管によって覆い、ボルトにより接合して内部にグラウトを充填する構造を考えた。本構造は、列車走行による曲げモーメントが作用した際、補強鋼管に発生する軸引張力が補強鋼管端部のフランジから、内部の充填グラウトへ圧縮力として作用し、応力を伝達する。また、外鋼管がフランジ付補強鋼管と同等以上の鋼材断面積を有することで、曲げ剛性が確保されるよう配慮した。

3. 鋼管接合部の模型試験体による一軸引張試験概要

鋼管接合部の軸剛性への影響を確認するため、鋼管接合部の模型試験体を製作し、万能試験機により一軸引張試験を実施した。図-3 に模型試験体形状を、表-1 に試験体に用いた材料強度試験結果を、写真-1 に試験状況を示す。Type1 を鋼管単体の基本試験体とし、 $\square 350 \times 350 \text{ mm}$, $t=22 \text{ mm}$, $l=1586 \text{ mm}$ の角型鋼管 (BCR295) に $t=32 \text{ mm}$ のフランジを設けた。また、Type2 は、Type1 の角型鋼管を 2 分

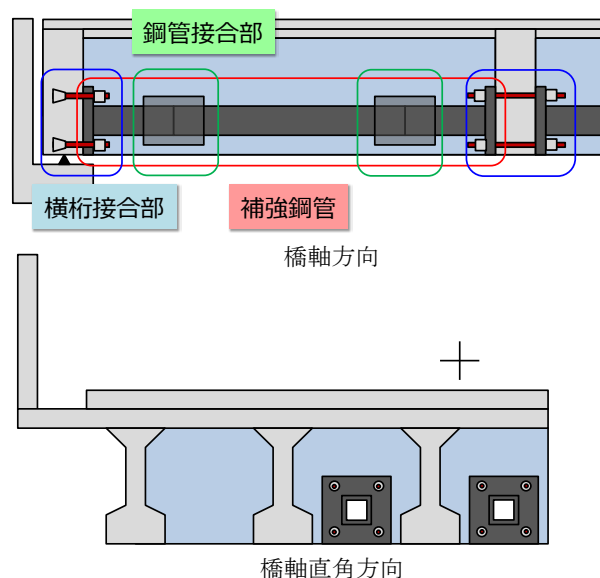


図-1 補強構造案

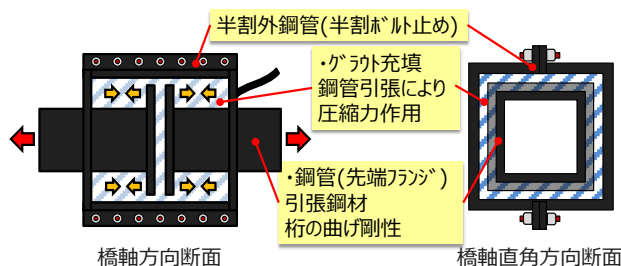
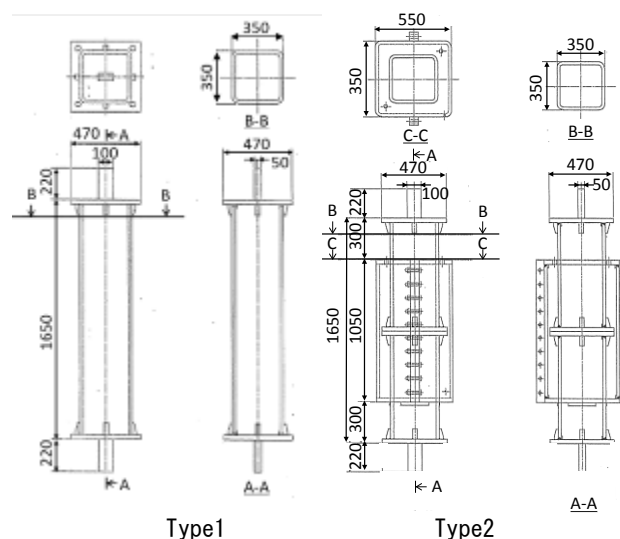


図-2 鋼管接合部略図



Type1

Type2

図-3 模型試験体形状

キーワード 接合構造, 剛性向上

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-479 JR 東日本研究開発センターフロンティアサービス研究所 TEL048-651-2552

割し、 $t=32$ mmのフランジを設け、 $\square 550 \times 550$ mm, $t22$ mm, $l=1050$ mmの半割角型鋼管をボルト止めにより接合して覆い、内部に充填グラウトを注入し接合した。フランジには 100 mm $\times$ 50 mm $\times$ 220 mmの掘み代を設け、万能試験機のチャックを噛ませて、一軸引張試験を実施した。Type1 の変位は、鋼材各段面のひずみから区分求積法により算出した。また、Type2 の変位は、鋼材各段面のひずみによる区分求積法+グラウトの弾性圧縮分を加味して算出した。

4. 静的3次元 FEM 解析概要

模型試験を再現した 静的3次元 FEM 解析を実施した。モデル形状は、模型試験体と同一とし、外鋼管のボルト接合部については省略した。材料特性は表-2 のとおりとした。また、鋼材-鋼材間の摩擦、グラウト-鋼材間の摩擦係数はともに 0.6 とした。

5. 試験結果および解析結果

図-4 に静的3次元 FEM 解析の部材端の強制変位が 2.4 mm となった際のミーゼス応力図を示す。Type1, Type2 とともに端部フランジ部が変形し、その周辺の部材端の応力が卓越している。また Type2 においては、鋼管接合部内のフランジを介して、グラウトに圧縮力が作用していることが確認できる。

図-5 に実験及び解析の荷重-変位関係を示す。解析値は、Type1 は、実験値の 1.13 倍、Type2 は 1.36 倍程度の剛性となった。また、Type1, Type2 の実験値を比較すると、接合部を設けた場合には、約 5 割軸剛性が低下することが確認された。

6. まとめ

- (1) 静的3次元 FEM 解析を実施した結果、鋼管接合部内のフランジを介してグラウトに圧縮力が作用し応力が伝達することを確認した。
- (2) 本検討の範囲内において、解析値は、Type1 は実験値の 1.13 倍、Type2 は 1.36 倍程度の剛性となった。また、実験より、接合部を設けた場合には、鋼管単体の場合と比較して約 5 割剛性が低下することが確認された。

参考文献

- 1) 藤江幸人, 井口重信, 松田芳範, 小林薫: 報告 新幹線の走行に伴う PRC 単純桁の振動について, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.3, pp1081-1086, 2008
- 2) 隈部佳, 原田悟, 岩田道敏, 大久保孝昭: 報告 高橋脚を有する橋梁の新幹線走行に伴う振動について, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.2, pp919-924, 2012
- 3) 小林薫, 鈴木雄大, 平林雅也, 伊藤隼人: 報告 テーバ型ナットを PC 鋼棒定着体としたあと施工アンカー工法に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol38, Type2, pp1609-1614, 2016

表-1 材料強度試験結果

試験体	鋼管接合部グラウト(無収縮モルタル)				
	圧縮強度 (N/mm ²)		弾性係数 (kN/mm ²)		
Type2	55.8		19.7		
部材	鋼材種別	降伏応力度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	降伏ひずみ (μ)
鋼管	BCR295t22	423.0	465.6	203.4	2080
フランジ	SM490t22	315.0	523.2	200.2	1574

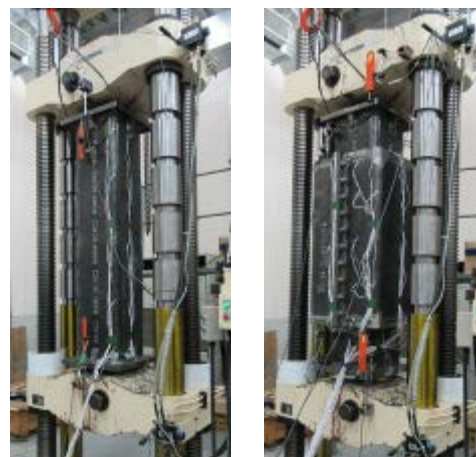


写真-1 試験状況

表-2 材料特性

部材	特性	弾性係数 (kN/mm ²)	ポアソン比
グラウト	線形弾性	19.7	0.2
鋼管	線形弾性	203.4	0.3
フランジ	線形弾性	200.2	0.3

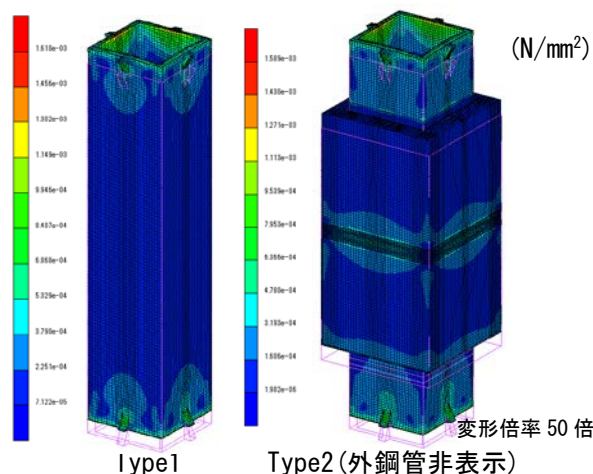


図-4 ミーゼス応力図 (変位 2.4 mm時)

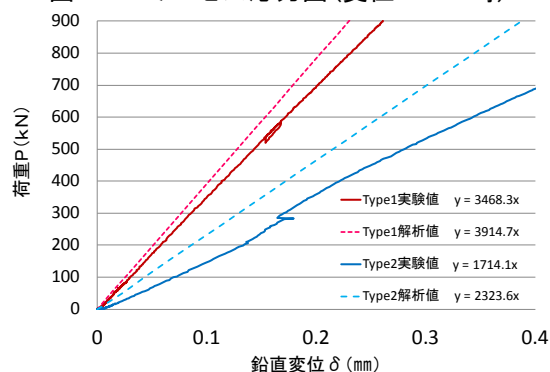


図-5 荷重-変位関係