

# 主桁間に補強鋼管を有する PRC 桁の剛性向上と鋼管接合部に関する実験的検討

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  
フェロー会員 小林 薫

## 1. はじめに

近年の列車の高速化に伴い、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ほぼ一致した場合、鉄道構造物の動的応答が増大することが報告<sup>1) 2)</sup> されている。今回、曲げ剛性を向上させることで、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、①PRC 単純 T 型桁を想定した縮小模型試験体での曲げ載荷試験、②実施工を勘案した鋼管の接合部の引張試験を実施したので報告する。

## 2. 鋼管補強構造概要

図-1 に鋼管補強構造案を示す。曲げ剛性を向上させることで、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。スラブと補強鋼管を連結する鋼管を設け、変形適合部材とした。補強鋼管を施工する場合、鋼管を分割して施工するため、鋼管同士の継手が必要となる。そのため、図-2 に示す鋼管接合を考えた。半割角型鋼管をソケットとして扱い、ボルトにより接合して内部に充填モルタルを注入する構造とした。

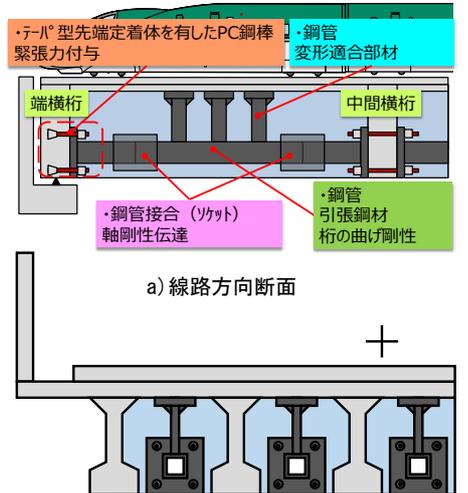


図-1 鋼管補強構造案

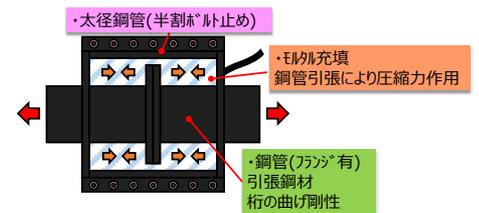


図-2 鋼管接合部詳細

## 3. 静的 2 点曲げ載荷試験

### 3. 1 試験体形状、試験概要

図-3 に静的 2 点曲げ載荷試験体形状を示す。試験体は Type1 を基本の試験体とし、フランジ断面を 1250 mm×125 mm、ウェブ断面を 125 mm×575 mm の 2 主桁、せん断スパンを 2660 mm とした。また、PC 鋼棒 φ17-B 種 1 号を上面から 230 mm の位置に 2 本配置し、100kN/本のプレストレスを与えた。

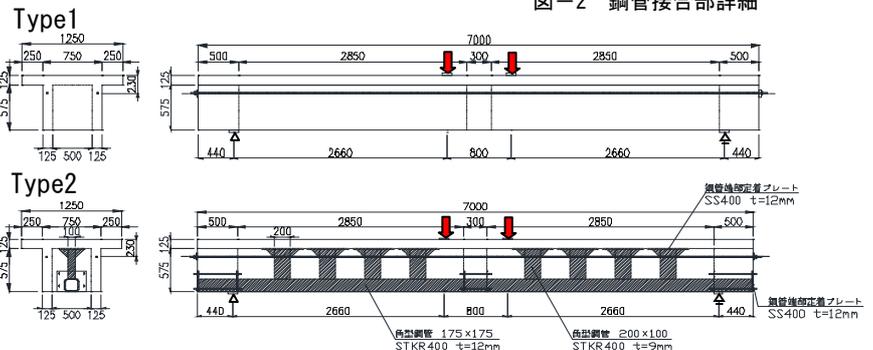


図-3 静的 2 点曲げ載荷試験体形状

Type3 は Type1 試験体に、補強鋼材として、主桁間に 175×175 mm、t=12 mm

の角型鋼管 (STKR400) を主桁下面に合わせて配置し、スラブと補強鋼管間の変形適合部材として 200mm×100mm、t=9mm の角型鋼管を 8 本配置した。上記した試験体に対し、鋼管補強による曲げ剛性の向上を確認するため、鉛直ジャッキ (1,500kN) により、載荷点間 800 mm の静的 2 点曲げ載荷試験を実施し、破壊に至るまで載荷を行った。

### 3. 2 試験結果

図-4 に荷重変位関係を示す。Type1 は、84kN、2.3 mm で載荷点付近の主桁下面にからひび割れが発生した。その後、154kN、8.2 mm で主筋が降伏、

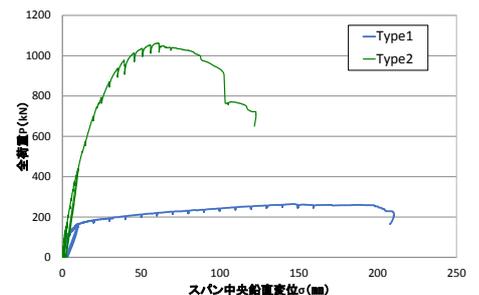
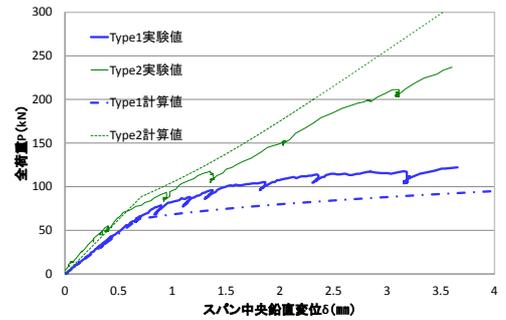


図-4 荷重変位関係

キーワード 共振, 振動, 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

264kN, 14.3 mmで最大荷重となり, 荷重点付近のひび割れが大きく開いた。さらに荷重を続けると 220kN, 211 mmで荷重点の付近の上フランジが圧壊し, 曲げ破壊となった。Type3 は, 118kN, 1.4 mmで等曲げ区間内の主桁下面からひび割れが発生し, その後, 401kN, 8.6 mmで主鉄筋が降伏, 1036kN, 50.5 mmで鋼管が降伏し, ひび割れが大きく開いて 1062kN, 60.2 mmで最大荷重に達した。さらに荷重を続けると荷重点の付近の上フランジが圧壊し, 曲げ破壊となった。鋼管補強を施すことで, 大幅に破壊耐力が増加した。図-5 に, ひび割れ発生前後の荷重変位関係を示す。計算値については, 曲げひび割れによる剛性低下を考慮し, 式(1)<sup>3)</sup>の Branson 式より求めており, 鋼材に関してはコンクリート換算断面として断面二次モーメントを算出している。実験値を比較すると全荷重は Type2 > Type1 となり, 鋼管補強により, 剛性が向上することが確認された。Type1 は, ひび割れ前後とも, 実験と計算値の勾配が概ね一致している。Type2 は, ひび割れ前の勾配は概ね計算値と一致するが, ひび割れ発生後は実験値の勾配が緩やかになり, 計算値が剛性を過大に評価している傾向が見られた。



$$I_e = \left( \frac{M_{crd}}{M_d} \right)^4 \cdot I_g + \left[ 1 - \left( \frac{M_{crd}}{M_d} \right)^4 \right] \cdot I_{cr} \leq I_g \quad (1)$$

ここに,

- $I_e$ : 曲げひび割れ部材の断面二次モーメント
- $M_{crd}$ : 曲げひび割れが発生する限界の曲げモーメント
- $M_d$ : 変位・変形量計算時の設計曲げモーメント
- $I_g$ : 全断面有効の断面二次モーメント
- $I_{cr}$ : 中立軸以下のコンクリート部分を除いた断面二次モーメント

図-5 荷重変位関係 (ひび割れ前後の剛性比較)

#### 4. 鋼管接合部軸剛性確認 1 軸引張試験

##### 4. 1 試験体形状, 試験概要

写真-1 に 1 軸引張試験状況を示す。Type3 を基本の試験体とし, □350×350 mm, t=22 mm, l=1586 mmの角型鋼管 (BCR295) に t=32mm のフランジを設けた。Type4 は, Type3 の角型鋼管を 2 分割し, t=32 のフランジを設け, □550×550 mm, t=22 mm, l=1050 mmの半割角型鋼管を, ボルト止めにより接合して内部に充填モルタルを注入したソケット構造とした。上記した試験体に対し, 接合部の軸剛性への影響を確認するため, 万能試験機により 900kN までの 1 軸引張試験を実施した。



写真-1 1 軸引張試験状況

##### 4. 2 試験結果

図-6 に荷重変位関係を示す。Type3, Type4 の試験結果は概ね一致し, 接合構造を設けた場合でも, 鋼管単体とほぼ同等の軸剛性を有していることがわかる。

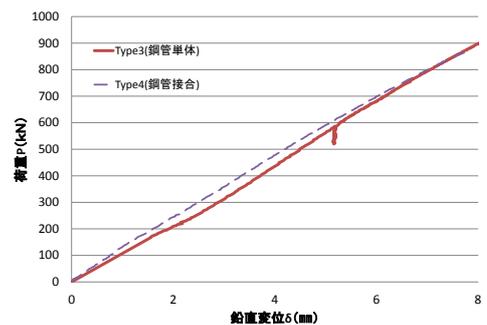


図-6 荷重変位関係 (ひび割れ前後の剛性比較)

#### 5. まとめ

- (1) 本実験の範囲内において, 変形適合部材を設けた鋼管補強により, 剛性および破壊耐力が向上することが確認された。鋼管補強を施した場合, Branson 式による計算値をやや下回る傾向が見られた。
- (2) 本実験の範囲内において, 提案した鋼管の接合構造により, 荷重 900kN までは, 鋼管単体の場合とほぼ同等の軸剛性を有することを確認した。

#### 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) 鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説 (コンクリート構造物), 丸善, 2004.4