

鉄道用単純 PRCT 形 15 主桁橋の桁間に補強鋼管と TMD 設置によるたわみ低減効果の検討

JR 東日本 研究開発センター 正会員 ○小林 薫, 伊藤 隼人

1. はじめに 本検討では、駅構内に位置し、4 線分の線路が配置されたことで桁の幅員が 20.1m となり、主桁本数も 15 本と比較的多くなったスパン 26.9m の単純 PRC 桁を取り上げる。桁高が 1.4m で、桁高スパン比が 1/19.2 の比較的桁高が低い構造となっている。(図-1)本桁構造の列車走行解析結果から、列車速度が 330km/h の高速域で共振現象の発生が予測¹⁾ されている。

共振速度の向上とたわみ量の低減を目的に、桁間に補強鋼管と TMD を設置する工法の検討を行った。本報告では、補強効果を 3 次元モデルによる列車走行解析による検討を行った。

2. 検討対象 PRC15 主桁の補強構造概要 図-2 は、桁間に補強鋼管を配置する補強構造の断面略図を示したものである。補強鋼管は、桁高内で納められ、端横桁と中間横桁にあと施工アンカーで固定される。補強鋼管の中間部には接合部が設けられる。補強鋼管は、引張ストラットとして機能し、支点部のたわみ角を抑制することでスパン中央のたわみ量を低減することを目的としている。TMD は、広幅員の桁であることから、ねじれによるスパン中央位置での各主桁のたわみ分布をできるだけ平均化することを目的としている。TMD の設置個所は、下り線側、上り線側の最外縁部の桁間とした。

3. 簡易列車走行解析による補強効果の検討概要²⁾

本補強方法について、簡易な列車走行解析から補強効果の検討を行った。簡易な列車走行解析は、走行列車を移動荷重とし、コンクリート桁の構造モデル上を移動させる方法で行う。列車、構造物間の動的相互作用の影響を考慮するため、サブストラクチャー法による移動荷重解析を行うものである。

本検討に用いた桁の解析モデルを図-3 に示す。桁は、全ての主桁を板要素により 3 次元でモデル化した。補強鋼管は棒部材 (Beam 要素) でモデル化した。TMD は、バネとダッシュポットでモデル化した。本解析で使用した列車モデルは、車体と台車そして車軸をモデル化した節点および梁要素と、車体・台車間、台車・車軸間の振動特性と減衰特性をそれぞれモデル化したバネ要素、ダンパー要素で構成した。各車両間は上下方向のバネ要素、ダンパー要素で結んだ。列車モデルの諸元は、代表的な新幹線車両から定めた。

キーワード 列車走行解析, PRC 桁, 共振速度, 補強, TMD

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

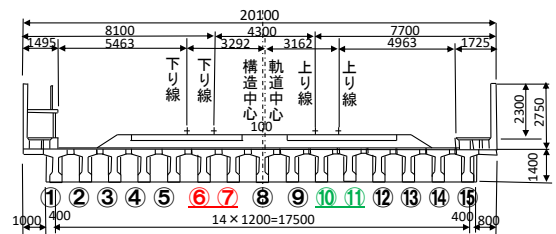
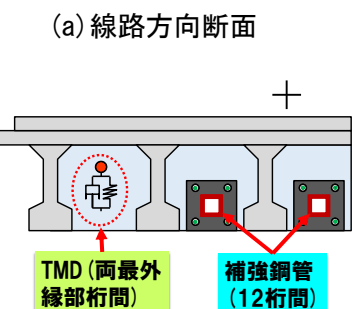
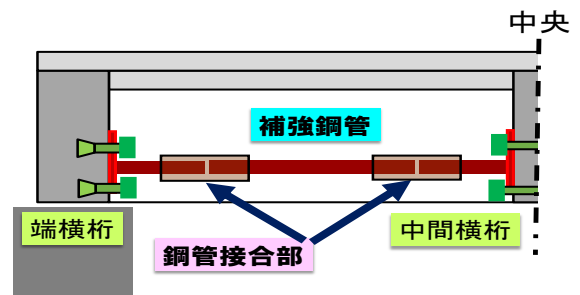


図-1 検討対象 PRC 1 型 5 主桁の断面形状



(a) 線路方向断面

(b) 線路直角方向断面

図-2 補強構造の概要

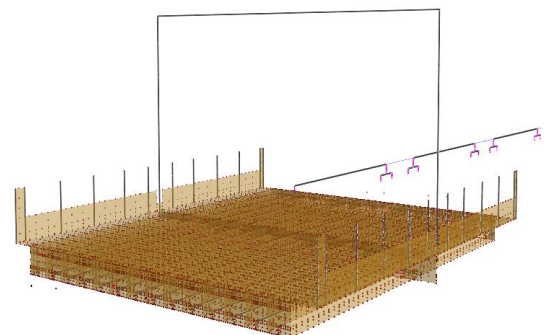


図-3 検討対象 PRC 型 15 主桁の解析モデル

4. 解析結果の概要

(1)固有値解析 図-4 に、補強後の固有値解析結果を示す。主桁の1次モードは面外方向の変形で固有振動数は3.69Hz、2次モードはねじりで5.30Hzであった。補強前の1次固有振動数の実測値は、列車走行時のたわみ測定時による列車通過後の自由振動波形のFFT解析から3.78Hzで、補強前の解析モデルの1次固有振動数は3.79Hzである。補強によって、若干、1次固有振動数が低下する結果となった。

(2)複線走行を考慮した列車走行解析結果 複線時の列車走行解析を行った。列車の走行速度は、50～250km/hまでは50km/h毎に、250～400km/hは10km/h毎に速度を向上させて解析を行った。以下に、解析結果を述べる。

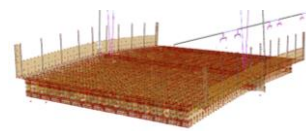
図-5(a)(b)は、無補強と提案補強による複線走行時の列車走行解析結果を示したものである。図-5(a)は列車速度と各桁中央位置のたわみの最大値との関係を示したものである。

無補強の場合²⁾では、300km/h以上の走行速度から急激にたわみが大きくなり、概ね330km/h程度で最大になり、1次共振速度であると考えられる。また、主桁の位置によって、たわみの最大値に差が生じている。提案補強時のたわみの最大値は、共振速度が350km/hに向上し、たわみの最大値も約30%程度低減している。図-5(b)の衝撃係数も3.86から2.93に低減した。図-6は、複線走行時の桁中央位置の線路直角方向の各桁たわみ最大値を示す。無補強時の共振速度時には、最外縁部の桁のたわみ差が約4mmであったのに対して、補強時では約2mmに低減している。このことから、提案補強によって両側最外縁部の桁のたわみ差低減にも効果を発揮している。

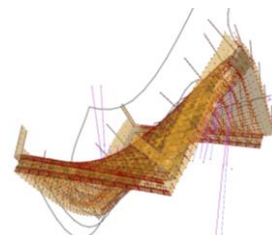
5. まとめ 本検討結果のまとめを以下に示す。

- (1)提案補強後の固有値解析結果は、補強前よりも1次モードの桁固有振動数が若干低下する結果となった。
- (2)提案補強によって、1次共振速度が約350km/hとなり、補強前よりも向上した。共振速度付近のたわみの最大値は、補強前に比べて約30%程度低減した。
- (3)共振速度時のスパン中央位置での両側最外縁の桁のたわみ差は、無補強時で約4mmであったが、提案補強によって約2mmに低減した。

参考文献 1)小林薫, 伊藤隼人: 単純PRCT型15主桁の列車高速走行時の動的挙動解析, 土木学会第72回年次学術講演会, 平成29年9月 2)金田淳, 小林薫: 高速列車走行時におけるコンクリート桁の動的挙動に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.2, 2006

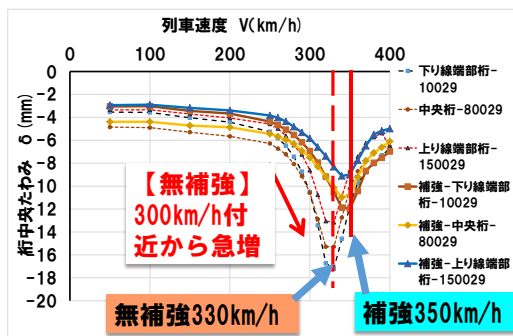


(a) 1次モード (f=3.69Hz)

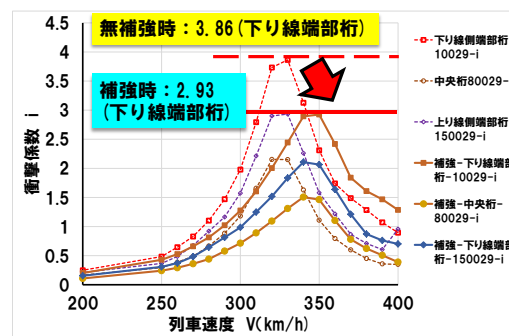


(b) 2次モード (f=5.30Hz)

図-4 固有値解析結果



(a) 列車速度-桁中央たわみ



(b) 列車速度-衝撃係数

図-5 複線走行時の列車走行解析結果

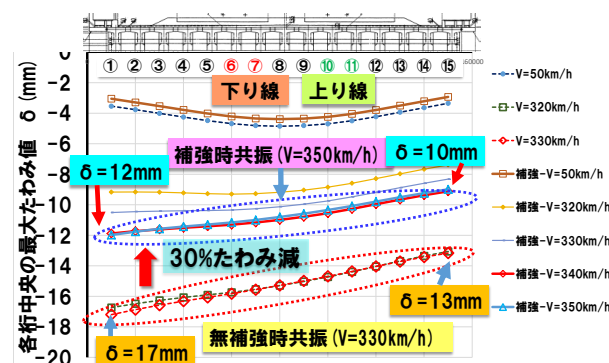


図-6 複線走行時の列車走行解析結果(直角方向のたわみ分布)