

中間弾性支点を有する単純 PRC4 主桁の列車高速走行時の動的挙動検討

JR 東日本コンサルタンツ(株)正会員 ○相田 悟
JR 東日本コンサルタンツ(株)非会員 尾木 和人

JR 東日本コンサルタンツ(株)フェロー会員 小林 薫
JR 東日本コンサルタンツ(株)非会員 倉持 直人

1. はじめに 新幹線のような高速列車が桁上を走行する場合、桁の固有振動数と走行列車の加振周期が一致、あるいは近接する場合、桁のたわみが車両通過ごとに大きくなるような挙動を示す場合¹⁾がある。これは、列車走行に伴う桁の共振現象である。単純 PC 桁において、防音壁を用いたたわみ低減対策の実施例²⁾がある。

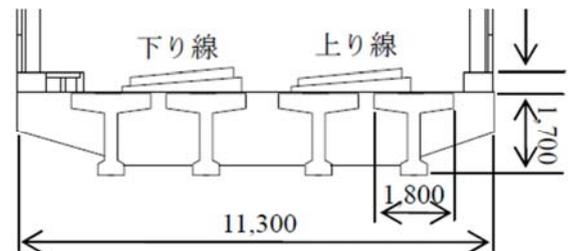


図-1 検討対象 PRC 主桁の断面形状(スパン中央)

本検討は、参考文献 1)での PRC 桁を対象に、桁下空間を利用して、桁を下から支え、たわみ低減方法に関するものである。下から桁を支える方法は、桁支点部付近に中間弾性支点を構築することを想定する。本検討では、簡易な列車走行解析手法を用いて、中間弾性支点の位置やバネ値による固有振動数の変化、列車走行時のたわみ値に着目して検討を行った。

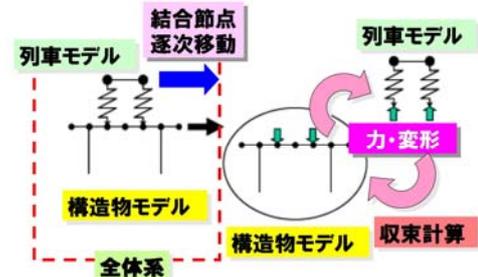


図-2 サブストラクチャー法概念図

2. 検討対象 PRC 桁の構造概要 検討対象 PRC4 主桁¹⁾の一般形状を図-1 に示す。検討対象 PRC 桁は、複線 4 主桁ポストテンション T 型 PRC 単純桁で、支間は 29.2m である。桁スパン中央には、直径 400mm、長さ 12.0m の鋼管製の電化柱が設置されている。

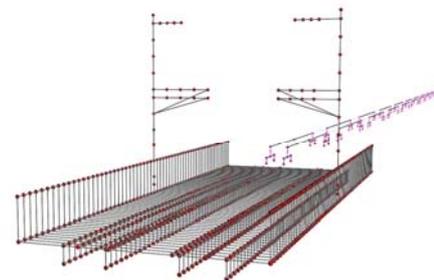


図-3 検討対象 PRC 桁の解析モデル

3. 簡易列車走行解析による検討概要³⁾
解析は列車の荷重列モデルを移動荷重として、コンクリート桁を模擬した構造モデル上を任意の速度で移動させる。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の解析を行うこととした。サブストラクチャー法の概要は次のとおりである。

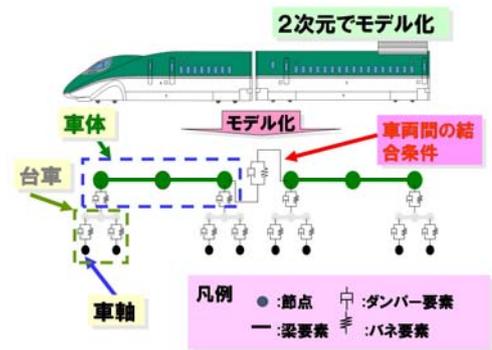


図-4 検討に用いた列車モデル

- ・列車系と構造物系を分離して各々の系を個別の運動方程式で定式化する。
- ・列車系と構造物系とは適合条件を元に自由度間の外力と強制変位加振で連結し、各々の系に対する相互作用として計算させる。図-2 にサブストラクチャー法概念図を示す。桁の解析モデル、列車モデルを下記に述べる。

(1) 桁の解析モデル

本検討に用いた解析モデルを図-3 に示す。解析モデルは、全ての主桁をビーム要素により 3次元でモデル化した。

(2) 列車モデル

本解析で使用した列車モデルの概念を図-4 に示す。各車両は、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、ダンパーキーワード 列車走行解析、PRC 桁、中間弾性支点

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。

(3) 中間弾性支点を考慮した解析モデル

桁下空間に中間支点構造を設置する場合として，桁下に弾性バネを設置し，簡易にモデル化を行った。

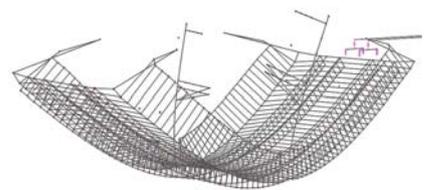


図-5 基本構造桁の1次モード
(2.84Hz)

4. 解析結果の概要

(1) 固有値解析

図-5に，基本構造における固有値解析結果を示す。主桁の1次モードは全体系の5次モードに出現し，面外方向の変形が卓越し，固有振動数は2.84Hzであった。桁下端に中間弾性バネを設置した例として，両側の支点から5mの位置に，1主桁に12.5 t/cmの弾性バネを設置した場合，桁の1次固有振動数は3.11Hzとなった。

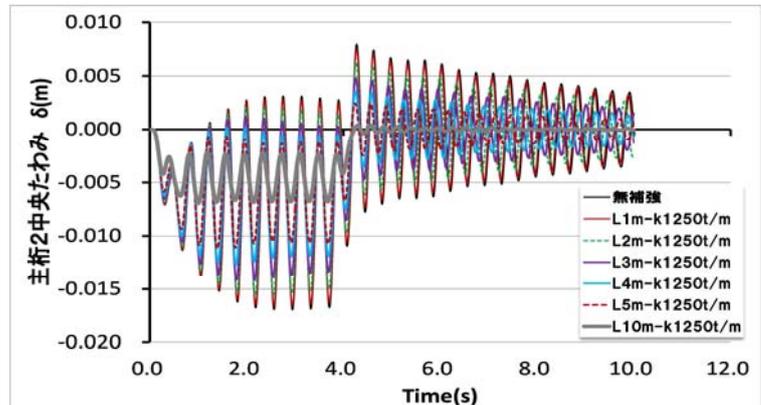


図-6 スパン中央でのたわみ挙動の解析結果

(2) 列車高速走行時の動的挙動

中間弾性支点を設置した場合の簡易な列車走行解析を実施した。列車モデルの走行速度は260km/hとした。中間弾性支点位置は，両側の支点位置から1~5mまでを1m毎に，少し極端な例として10m位置の6ケースの解析を行った。図-6に，列車モデル走行時のスパン中央位置のたわみ波形を示す。弾性中間支点がスパン中央に近づくにつれて，たわみの低減がみられる。

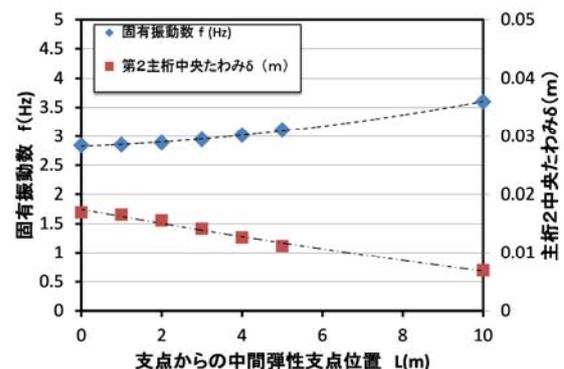


図-7 複線時の列車走行解析結果

(3) 固有振動数と桁中央のたわみ

図-7に，固有振動数と列車走行解析におけるたわみの最大値を示す。固有振動数の増加とともに，たわみの最大値が小さくなっている。固有振動数の向上は，桁構造を単独の系とし見れば，剛性の増加を意味しており，中間弾性支点が寄与している。桁の固有振動数は，質量と曲げ剛性，スパンの関数で表され，列車走行時の桁のたわみは列車荷重（速度の影響も含んで）と曲げ剛性，スパンの関数となる。中間弾性支点設置時のたわみを推定する場合，桁構造を限定し，中間弾性支点のバネ値による固有振動数とたわみの関係をあらかじめ求めておくことで，推定可能になると考えられ，今後の課題である。

5. まとめ

本検討結果のまとめを以下に示す。

(1) 固有値解析結果は，基本構造の桁の1次固有振動数は2.84Hzで，中間弾性支点の設置位置がスパン中央側になるほどに，固有振動数が大きくなる傾向を示した。

(2) 中間弾性支点の設置に伴い固有振動数が増加するが，固有振動数の増加とともに桁のたわみは低減する傾向を示した。

参考文献 1) 藤江幸人, 井口重信, 松田芳範, 小林薫: 新幹線走行に伴うP R C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, 2008 2) 池野 誠司, 小林 薫, 金田 淳: 防音壁を用いた既設PC桁のたわみ低減効果の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol. 30, No. 3, 2008 3) 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