

単純 PRCT 型 15 主桁の列車高速走行時の動的挙動解析

JR 東日本 研究開発センター フェロー会員 ○小林 薫, 正会員 伊藤 隼人

1. はじめに 駅近傍に設置される桁構造には、広幅員の場合もある。さらに、桁下空頭確保のため、多主桁で設計、施工された PRC 桁も存在する。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単純 PRC 桁を取り上げる。本報告では、3 次元モデルによる列車走行解析を基本に、広幅員の単純 PRCT 型 15 主桁上を列車が高速走行する場合の動的挙動に着目した検討を実施した。

2. 検討対象 PRC15 主桁の構造概要 検討対象 PRCT 型 15 主桁の一般形状を図-1 に示す。本 PRC 桁のスパンは 26.9m、桁高 1.4m、桁の幅員が 20.1m で、右 70 度の斜角桁となっている。本 PRC 桁は、駅構内に近接し、上下線の本線と引き込み線の副本線を有し、4 線分の軌道が配置されている。新幹線の一般的な複線 PC 桁の幅員が 11m 程度に対して、本検討の対象桁は広幅員となっている。スパン中央には、列車に電力を供給するためのトロリー線を支持するための門型ラチス構造の電力設備が設置されている。

3. 簡易列車走行解析による検討概要¹⁾

解析は新幹線車両の荷重列モデルを移動荷重として、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。

- ・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の概念図を示す。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、全ての主桁を板要素により 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, 共振速度

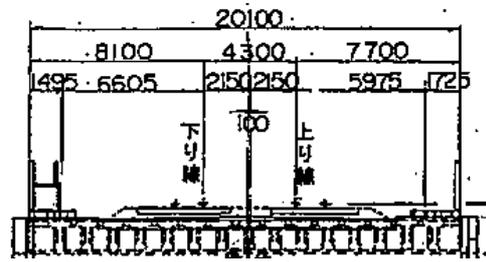


図-1 検討対象 PRCT 型 15 主桁の断面形状

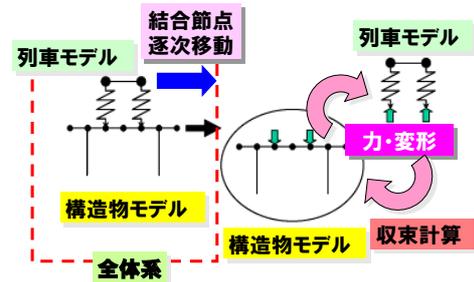


図-2 サブストラクチャー法の概念図

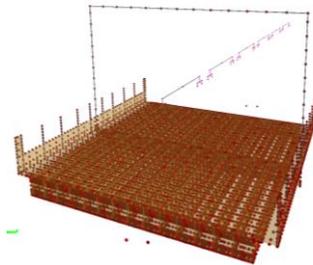


図-3 検討対象 PRCT 型 15 主桁の解析モデル

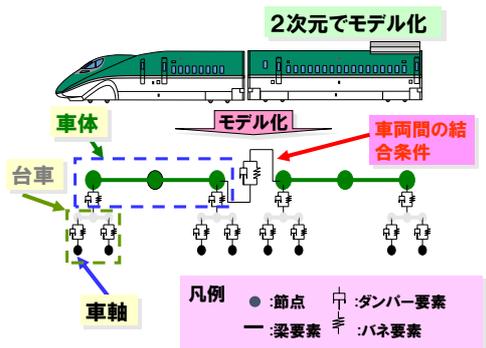


図-4 検討に用いた列車モデル

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。

4. 解析結果の概要

(1) 固有値解析

図-5 に，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 3.786Hz，2次モードはねじりで 5.285Hz，3次モードは橋軸直角方向の面外方向が卓越する変形挙動で 10.068Hz であった。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 3.784Hz であった。解析結果の1次モードは精度よく実測値を表現していた。

(2) 列車高速走行時の動的挙動

検討対象桁を列車が高速走行する場合の挙動検討を行う。列車走行は，単線時と複線時を考慮し，列車走行時の走行速度を 250km/h までは 50km/h 毎に，250km/h 以上は 10km/h 毎に速度を向上させ 400km/h までの解析を行った。以下に，解析結果を述べる。

a) 複線走行

検討対象桁は，複線時の荷重条件で構造が決定されている。図-6 に，複線時の走行速度と桁中央位置のたわみの最大値を示す。複線時の本桁のたわみ挙動は，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 程度で最大になることから，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，衝撃係数に差が生じている。

b) 単線走行

図-7 に，上り線走行時の桁中央位置のたわみ挙動を示す。速度 50km/h では，列車載荷位置付近の桁たわみが最大となる。列車の走行速度が大きくなり，共振速度付近になると，列車走行位置より一番遠い桁のたわみが大きくなる。これは，桁幅員が大きいので，共振速度付近になると，桁のねじり挙動とたわみ挙動の連成が主要因であると考えられる

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，1次モードが桁のたわみ振動，2次モードがねじり振動，3次モードが中間横桁中央位置が面外にたわむような振動形態であった。
- (2)本検討桁の1次共振速度が約 330km/h であった。列車走行解析では，特に単線時に共振速度に近づくにつれて，列車走行路と反対位置の桁が大きく振動する挙動を示すことがわかった。

参考文献

1)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

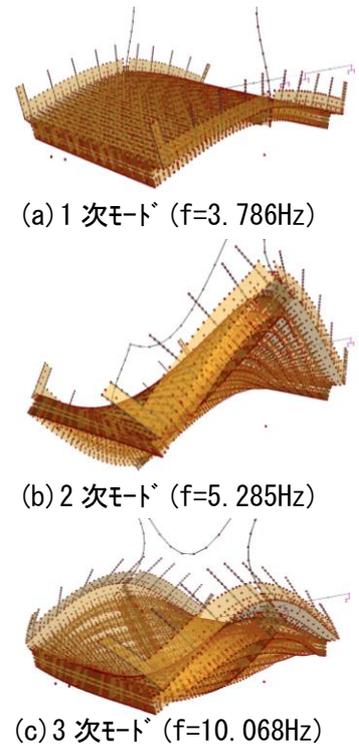
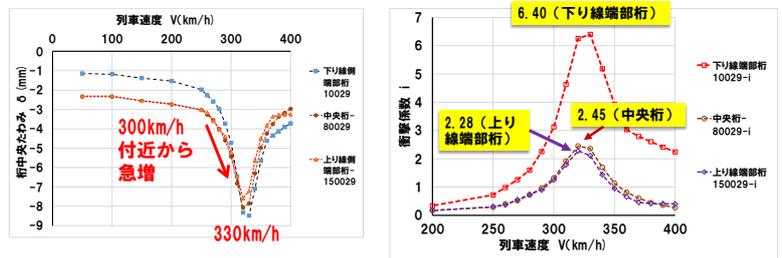


図-5 固有値解析結果



(a) 列車速度-桁中央たわみ (b) 列車速度-衝撃係数

図-6 複線時の列車走行解析結果

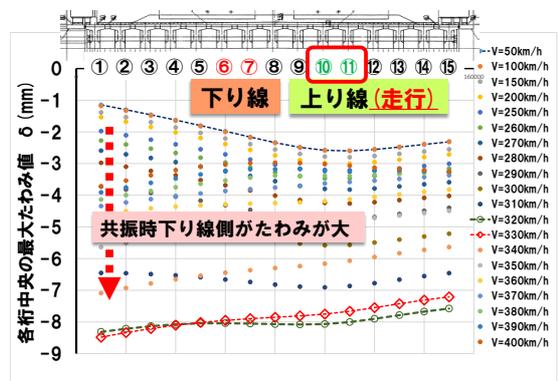


図-7 単線時の列車走行解析結果(直角方向のたわみ分布)