

PRC 単純 T 桁の固有振動数に対するひび割れの影響

東日本旅客鉄道株式会社	正会員	○ 内田 雅人
東日本旅客鉄道株式会社	正会員	築嶋 大輔
東京大学	正会員	水谷 司
東京大学	正会員	中須賀 淳貴

1 . はじめに

新幹線の橋りょうにおいて、共振に伴う桁のたわみが確認された。この橋りょうは、複線4主桁PRC単純T桁で、支間長29.2mである。図1に橋りょうの一般図を示す。この橋りょう付近には、同じ構造のものが24橋あるが、共振に伴うたわみが確認されているのは、そのうち5橋のみである。

共振が発生している橋りょうを対象に、その発生原因について検討を行ったので報告する。

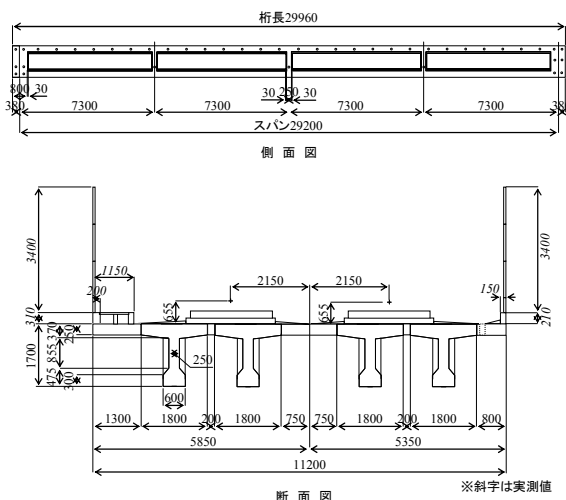


図1 橋りょう一般図

2. 固有振動数の理論値

桁の固有振動数の理論値は，ベルヌーイ・オイラー梁の弾性理論式により求められる．

$$n = \frac{\pi}{2L^2} \cdot \sqrt{\frac{EI \cdot g}{D_1 + D_2}} \quad (\text{式1})$$

ここに, n : 桁の固有振動数(Hz)

EI : 桁の曲げ剛性(kN・m²)

g : 重力加速度(m/sec^2)

D_l : 単位長さあたりの固定死荷重(kN/m)

D_2 : 単位長さあたりの付加死荷重(kN/m)

式 1 より，共振している橋りょうに付加荷重(D2)として保守用車(重量 31t)を載荷した時の値は 2.9Hz となる。

キーワード PRC 単純 T 桁, 固有振動数, ひび割れ

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 東日本旅客鉄道株式会社 TEL03-6276-1251

3. 衝撃応答試験による桁の固有振動数

衝撃応答試験により、保守用車を載荷した状態と載荷しない状態の固有振動数を測定した。試験状況を図2に示す。保守用車を下り線のスパン中央に配置した時の固有振動数は2.7Hzであり、理論値とは0.2Hzの差があった。また、配置しない時の値は3.0Hzであった。

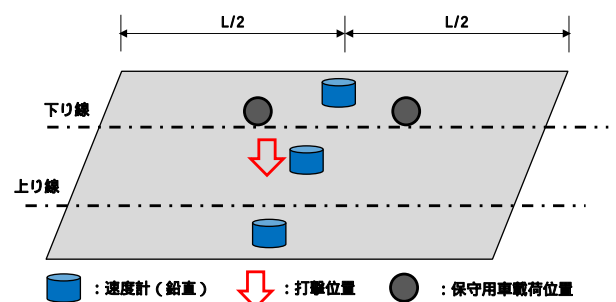


図 2 試験状況

4. 加振振動数から推定する桁の固有振動数

列車走行時の強制振動による桁の卓越振動数は、列車による加振振動数と考えられる。そのため、卓越振動数 f は、車軸の間隔ある軸距を $L(m)$ 、列車速度を $v(km)$ とおくと、式 2 で求めることができる。

$$f = v / 3.6L \quad (\text{式 } 2)$$

図 3 に列車通過時のたわみ量と列車速度の関係を示した。たわみ量は列車速度が 230km/h 程度でピークとなる。この速度の卓越振動数は式 2 から 2.6Hz となり、列車走行時の桁の固有振動数は 2.6Hz と推定される。

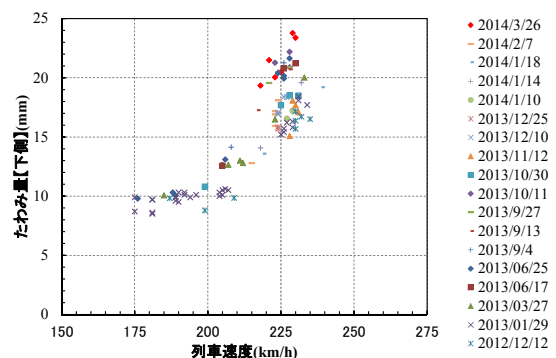


図3 列車速度とたわみ量

5. 桁の固有振動数とたわみ量との関係

理論式および現場試験から求めた固有振動数とその時のたわみ量を表 1 に示す。荷重がない状態における桁の固有振動数の実測値は 3.0Hz、保守用車荷重を静的に載荷した理論値は 2.9Hz、保守用車荷重を静的に載荷した実測値は 2.7Hz、列車荷重を動的に載荷した実測値は 2.6Hz となり、桁のたわみ量が大きくなるにつれて、固有振動数が低下していることが確認できる。

表 1 固有振動数とたわみ量

実測・計算	載荷有・無	載荷条件	固有振動数	最大たわみ量
衝撃振動試験実測値	無	—	3.0Hz	0mm
理論値	有	静的載荷	2.9Hz	—
衝撃振動試験実測値			2.7Hz	6mm
レーザードップラー計実測値		動的載荷	2.6Hz	23mm

6. ひび割れの影響

6.1 目視調査

桁の固有振動数は、式 1 で算出されることから、弾性係数 E 、断面 2 次モーメント I のどちらかに原因があると考えられる。列車荷重の有無による弾性係数の変化は考えにくいので、断面 2 次モーメントに着目し、目視により桁の状態を確認した。図 5 は、スパン中央部の桁側面の状況であり、下フランジから上フランジ付近まで連続した最大幅 0.2mm のひび割れが確認された。これは列車荷重が載荷されていない状態のものであり、列車荷重が載荷された場合には、さらに大きなひび割れが発生し、桁の断面 2 次モーメントが低下するものと考えられる。なお、設計曲げひび割れは 0.04mm となっている。



図 5 ひび割れ発生状況

6.2 固有振動数の振幅依存性

レーザードップラー振動計を用いて桁の変位量を測定した結果を図 6 に示す。また、自由振動波形部分を切り取って、1 サイクルの振幅とそのサイクルに要した時間の逆数（瞬間的な固有振動数）の関係を示したも

のを図 7 に示す。縦軸は桁の固有振動数、横軸は振幅の対数である。振幅が大きくなると固有振動数が低下しており、桁の固有振動数と振幅の対数との間に線形関係がみられる。また、決定係数は 0.9 程度であり、振幅と桁の固有振動数の間に強い負の相関があることが確認された。これは、列車荷重が載荷されたときに発生したひび割れが、列車が通過した後、徐々に閉じていき、それに伴い断面二次モーメントも徐々に載荷前の状態に回復したためであると考えられる。

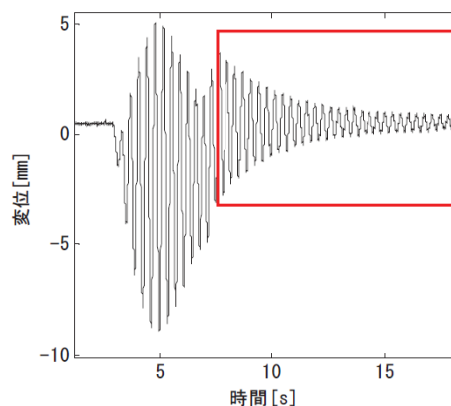


図 6 桁中央における鉛直方向変位

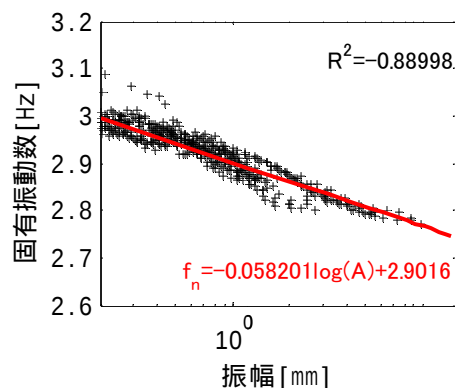


図 7 振幅と桁の固有振動数の相関分析

7. まとめ

調査の結果、振幅が大きくなるにつれて、桁の固有振動数が低下することが確認された。この原因としては、桁に発生したひび割れの影響であると推測される。今後、列車通過時のひび割れの挙動を確認することで、ひび割れの影響を検証する予定である。

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, p.1081-1086, 2008.