

列車高速化に伴う鋼箱けた腹板の面外振動に与える影響について

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○森 丈晴 正会員 長谷川 昌明

1.はじめに

東海道新幹線の鉄けたは、列車の安全安定輸送を支える重要な構造物として、昭和 39 年に供用を開始して以来 39 年が経過している。

車両の高性能化等による列車の高速化に伴ない、鉄けたに及ぼす影響を考えてみる。今回、将来に向けた疲労変状発生予測の足がかりとするため、鋼箱けた腹板の面外振動に着目して取り組んだのでその成果を報告する。

2.鋼箱けた腹板の振動測定

本研究では、車両性能向上に伴う列車速度の向上や車両の軽量化が鋼箱けたにどのような影響をもたらすのか把握するため実橋にて応力測定と加速度測定を行い、その影響を解析した。対象橋りょうは、桁構造、桁の健全度など過去の変状履歴や特徴を踏まえて A 橋りょう上路プレートガーダーボックス桁 (Gd) とする。高速区間にあり桁の腹板高が高く、スピードアップによる影響が最も顕著に出ると考えられまた、防音工が桁の腹板に一部取り付けられている箇所を選定した。

3.測定結果及び解析結果

測定は A 橋りょうの防音工未設置桁と防音工設置桁のそれぞれについて、図 - 1 に示す位置で 3 軸歪ゲージによる応力測定及び加速度計による加速度測定を行なった。

図 - 2 に示す応力測定値によると、面内水平方向の応力は、速度が向上しているにもかかわらず、車両の軽量化の影響により応力が 3 割ほど低減している。これは、車両重量の 1 編成あたり 100 系 925 t と 700 系 630 t の車重減少比率が関係している。しかし、面外曲げ応力については増加しており、この結果腹板に取り付く部材溶接継手部において、2 倍近い応力で疲労を受けていることが分かった。なお、面外曲げ応力とは、ここでは桁方向に対し腹板が直角方向に変形する時に発生する応力をいう。

次に応力測定値から、疲労損傷度予測手法を用いて解析した結果を図 - 3 に示す。速度帯を 2 つに分け速度 220 km/h 域と比較すると、270 km/h 域では疲労度が增加するが、オーダーが小さいため、疲労亀裂についてはすぐには問題とならないことが分かった。さらに、加速度測定値からスペクトル解析を行い、高周波の卓越周波数をまとめた結果を図 - 4 に示す。220 km/h 域では卓越周波数が 40 Hz であるのに対し、270 km/h 域では 88 Hz となる。卓越周波数は、速度 50 km/h の増加で約 1.5 倍となるところが、ここでは約 2 倍に増加していることになる。これ

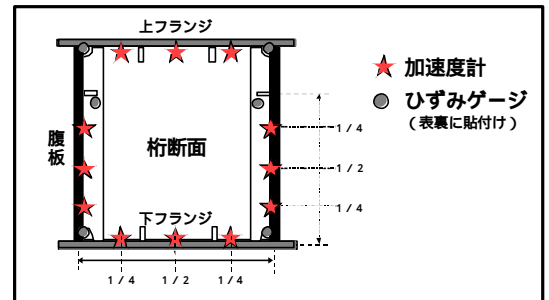


図-1 測定位置図

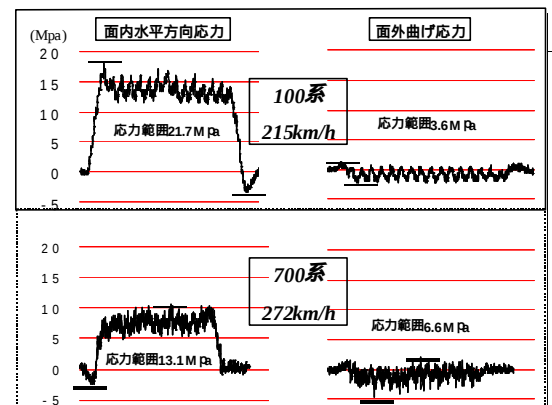


図-2 面内・面外応力の比較

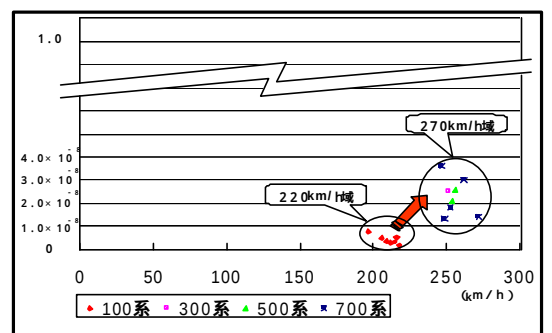


図-3 疲労損傷度予測手法による解析

連絡先：〒453-0013 名古屋市中村区亀島 2-3-2 JR 東海亀島ビル 2F 052-453-2782 fax052-453-2783

は、列車速度の増加に伴ない、桁に共振現象が発生していることが原因と推測される。この結果周波数が増加すると、腹板の振動周期が早くなり、腹板に取り付く部材の溶接部に疲労が蓄積し変状が発生する可能性が分かった。

さらに、防音工設置の有無による列車の影響の差を比較するため、桁部材の変位量を解析したグラフを図-5に示す。ここで、変位量は顕著な傾向を見るため2,000倍にしている。グラフから、防音工なしに比べ防音工ありの方が腹板の変位量が大きく、波形ピッチが広がっていることが分かる。これは、防音工と腹板が腕材を介して結合されており、防音工にかかる列車風圧が腹板に影響を与えているためである。この結果、防音工のある桁では、振幅量の増大と早い振動速度が原因で腹板に取り付く部材溶接継手部に応力が集中していることがわかった。

ここで、防音工にかかる列車風圧と列車速度との関係は UIC Code 779-1 式より求めたものを図-6に示す。風圧は、列車速度 220km/h の時に比べ 270km/h の時は約 1.5 倍になっていることが分かる。これによると、この 1.5 倍の列車風圧が、腹板の振動をさらに増幅させているとも考えられる。

これらの研究成果を裏付けるため、防音工が設置されている上路プレートガーダーボックス桁 (Gd) としてB橋りょうにおいて同種の測定を行なった。B橋りょうはA橋りょうに比べて腹板高さ桁長が短い等の違いがあるが、解析の結果、A橋りょうと同様の傾向があることがわかった。

4. 今後の検査着目箇所

以上の研究結果から速度 270km/h による鋼箱けたへの影響を下記のとおりまとめた。

- 1) 腹板の面外曲げ応力が 220km/h 時よりも増加する。
- 2) 腹板の卓越周波数が 220km/h 時より約 2倍に増加する。
- 3) 約 1.5 倍の列車風圧をうける防音工が腹板と連動して振動を増幅させる。

これらの要因により、振動の増幅が原因で腹板に取り付く部材の溶接部に応力が集中している可能性を示した。

以上のことから、高速化に伴ない着目する部位として、図-7に示す中間補剛材の下端溶接部があげられる。この箇所は、これまでも着目している箇所であり、今後は特にこの箇所を最重要着目箇所として検査していく必要がある。また、列車風圧をうける防音工については、腹板との取り付け箇所を中心に着目して検査する必要がある。

5. まとめ

本研究により、車両の軽量化・高速化により、鋼箱けた主要部材の最も影響が出るとされる部位を突きとめ、最重点着目箇所として絞り込むことができた。今後も引き続き、スピードアップに伴ない鉄けたへの影響・動向について、他の桁構造でもデータ取りを進め検証していく。

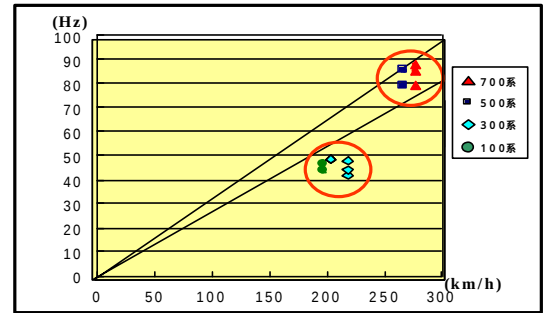


図-4 卓越周波数と速度の関係

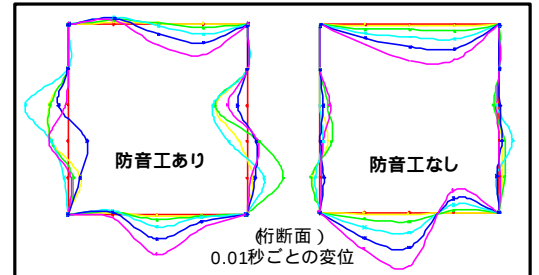


図-5 防音工の有無による変位量の比較

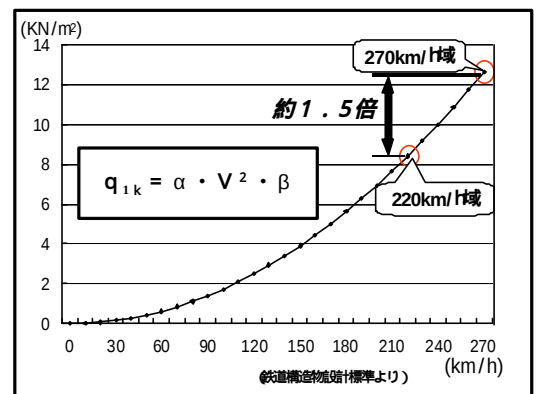


図-6 列車風圧と速度の関係

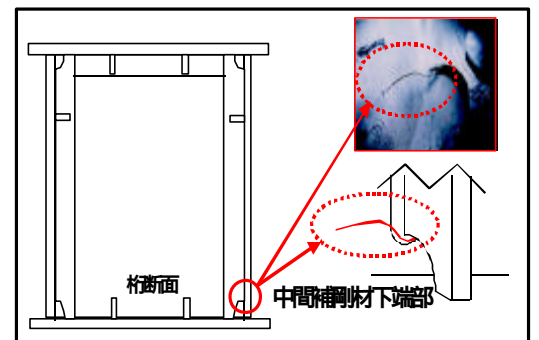


図-7 高速化に伴ない最重要着目箇所