

鉄道 RC ラーメン高架橋の動的応答に荷重移動速度が及ぼす影響の検討

法政大学 学生会員 ○山口大地  
 法政大学 正会員 藤山知加子

1. 研究の目的

本研究の目的は、新幹線等の高速列車の繰返し走行が、鉄道構造物の疲労損傷に与える影響を3次元非線形 FEM 解析により明らかにすることである。既往の研究<sup>1)</sup>では、列車走行がラーメン高架橋の振動に与える影響などの検討が行われている。そこで、本研究では鉄道 RC ラーメン高架橋のたわみや応力振幅など、動的応答に列車の走行速度が与える影響について検討を行った。

2. 解析モデル

2.1 概要

本研究で用いる鉄道 RC ラーメン高架橋は、「鉄道構造物等設計標準・同解説 照査例 RC ラーメン高架橋」<sup>2)</sup>を基に3径間のハーフモデルとしてモデル化した(図-1)。これに加え、列車の走行を模擬するためスラブ上面に軌道およびレールをモデル化した。

2.2 物性値および拘束条件

文献<sup>2)</sup>に基づきコンクリートの圧縮強度  $27\text{N/mm}^2$ 、鉄筋およびスタラップの降伏強度を  $345\text{N/mm}^2$  とした。拘束条件は橋脚底面の全節点を橋軸方向、橋軸直角方向、鉛直方向にそれぞれ拘束した。また、橋軸直角方向をハーフモデルとして再現したため、橋軸直角方向の断面を全点拘束した。

3. 静的解析

変形挙動、破壊形態の確認を行った。荷重条件は変位制御とし、60秒ごとに0.1cmずつ、計20cmの鉛直方向変位を与えた。解析で得られた耐力-変位関係を図-2に示す。また、解析で得られた主ひずみ分布を図-3に示す。

まず、変位0.3cm・耐力1680kN時に桁中央底面にひずみの集中が見られた。ひずみの値が  $400\mu$  に達しているため、コンクリートにひび割れが発生したと考えられる。次に図-2で剛性の低下が見られた変位1.3cm・耐力4824kN時において、ひずみの値は  $2200\mu$  となっており、剛性の低下はコンクリートのひび割れ幅が増した影響によるものと考えられる。また、スラブ上面や橋脚部においても  $1200\mu$  程度のひずみの集中が見られた。これは、桁の変形によって表れたものだと考えられる。最大耐力7021kNに達した変位12.8cmでは、ひずみの値は大きく上昇していた。これに加えて載荷位置周辺で新たなひずみの集中が顕著となった。これは、変位制御を用いて解析を行ったため、強制的な変形が生じたためであると考えられる。

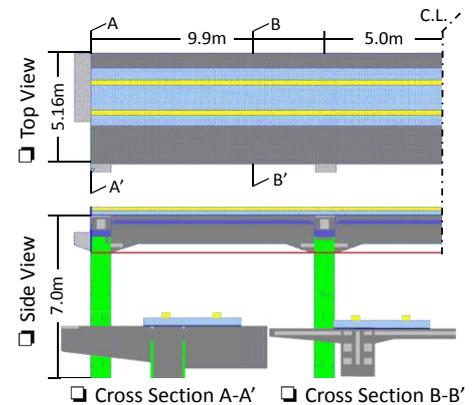


図-1 解析モデル

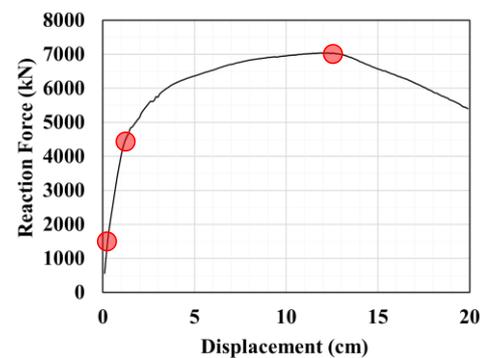


図-2 耐力-変位関係

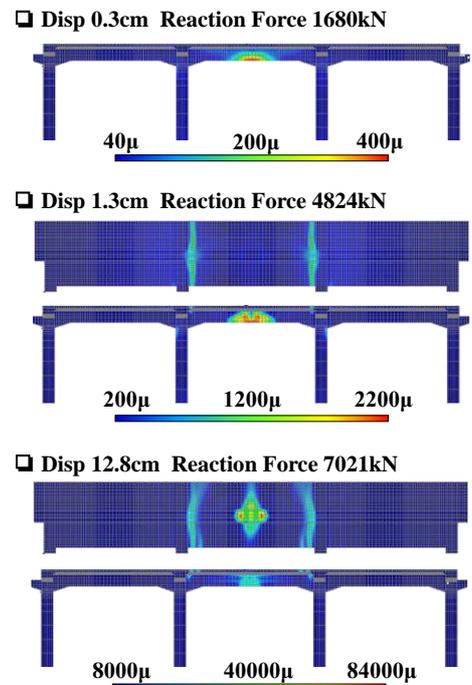


図-3 主ひずみ分布

キーワード FEM 解析 鉄道 RC ラーメン高架橋 動的応答 たわみ 応力振幅 疲労寿命

連絡先 〒162-0843 東京都新宿区田町 2-33 TEL 050-3136-4675

4. 動的解析

4.1 荷重条件

荷重は各レールに 80kN ずつ、合計で新幹線の軸重である 160kN になるように載荷した。その際、輪荷重走行試験を模擬した載荷を行うことで列車の走行荷重を再現した。

なお、速度の設定は新幹線の最高営業速度である 320km/h とその10分の1の速度である 32km/h の2速度を基本とし、100km/h、160km/h、176km/h、220km/h を加えた合計6速度で動的解析を行った。

4.2 1回走行時のたわみによる分析

1回走行時における桁中央底面のたわみ履歴を図-4に示す。全6速度の中でも特に差が見られた(a)32km/h、(b)320km/hについて示す。走行速度が上昇するとたわみの波形に乱れが生じていることが分かる。

また、(a)32km/h に対して、(b)320km/h ではたわみの振幅が 17.2%の増加が見られた。これは、走行速度が上昇することによって高架橋に与える衝撃力が増加した影響によるものと考えられる。

4.3 1回走行時の着目材料の応力による分析

1回走行時の着目要素の応力履歴を図-5に示す。着目した要素は桁中央底面のRC要素である。(a)32km/h に対して(b)320km/h では、応力振幅が 10.5%の増加した。たわみの増加割合より小さいものとなった。

また、図-6に示す速度別増加割合より 220km/h を除く4速度で応力振幅の増加割合がたわみ振幅の増加割合を上回る傾向が見られた。

1回走行時における材料の応力振幅より、図-7に示す速度-疲労寿命関係を算定した。特に 160km/h を境に大きく低下していることが分かる。しかし、すべての速度において 10<sup>15</sup> 回を大きく上回る結果となり、速度が上昇すると疲労寿命が短くなることが示唆されたが、実際の供用に大きな影響を与えないと考えられる範囲であった。

5. 結論

本研究の結論を以下に示す。

- (1) 静的解析において、桁中央底面でひずみの集中が見られた。また、載荷荷重が増加すると、スラブ上面でもひずみの集中が見られた。
- (2) 走行速度が高速になるにつれ、たわみの振幅に乱れが生じた。また、32km/h に対して 320km/h ではたわみの振幅は 17.2%、応力の振幅は 10.5% 増加した。
- (3) 走行速度が高速になると疲労寿命が短くなった。しかし、全ての走行速度において 10<sup>15</sup> 回を上回り、実際の供用において大きな影響はないと考えられる。

引き続き、疲労解析による上記の知見の検証を行っていく。

参考文献

- 1) 小林薫, 杉崎向秀: 高速列車走行時における RC 単純梁の疲労に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.3, pp7-12, 2007
- 2) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物 照査例 RC ラーメン高架橋, 2008

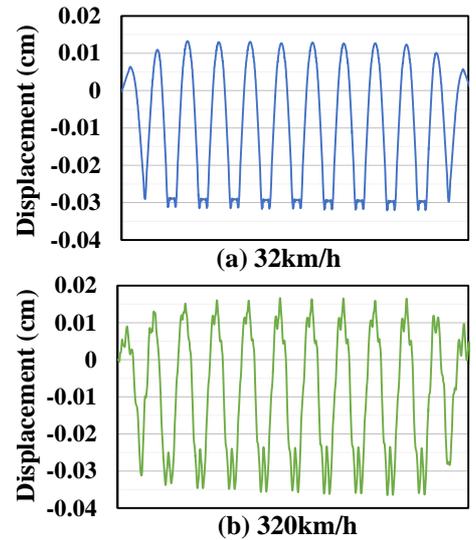


図-4 1回走行時のたわみ履歴

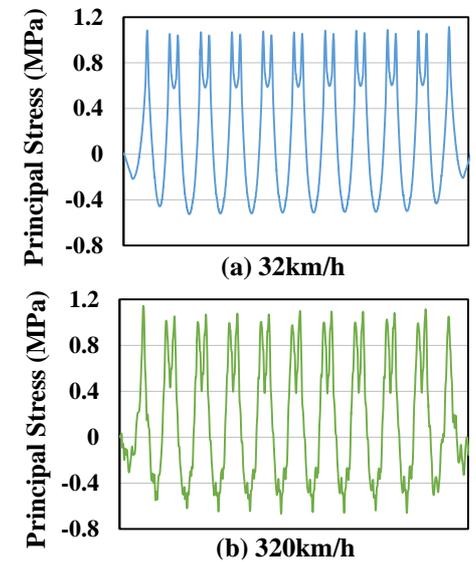


図-5 1回走行時の応力履歴

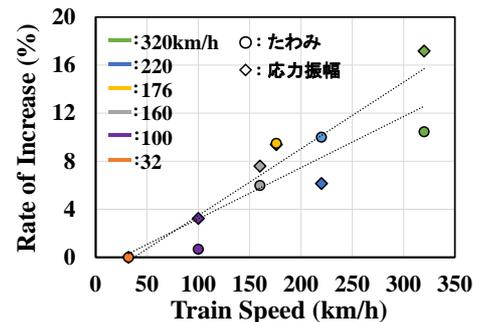


図-6 速度別増加割合

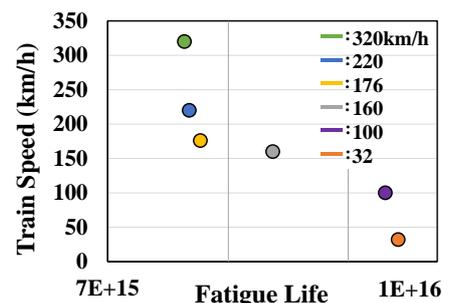


図-7 速度-疲労寿命関係