

日射によるモノレール合成鋼軌道桁 RC 床版の熱応力

日立造船 正会員○数藤久幸 日立造船 正会員 安田和宏
松尾橋梁 西村 剛 日本橋梁 正会員 森田浩隆

1. はじめに

跨座型モノレール合成鋼軌道桁は、上部のタイヤ走行部分を RC 床版とし、鋼桁とスタッドジベルで一体化させている。この RC 床版は、道路橋の RC 床版と異なり、コンクリートの断面が鋼桁に比べて小さくなっている。そのため、直射日光によって鋼桁の温度が RC 床版よりも高くなると熱応力によって RC 床版の内部および底面には軸方向変位および縦曲げ変形によって引張応力が発生する。また、軌道桁が東西に設置された場合には、日射の偏りによって軌道桁の南北において温度差が生じ、軌道桁の横曲げ変形から RC 床版の側面に引張応力が発生する問題が考えられる。

そこで、大阪モノレール合理化軌道桁研究会では、実物大試験体を用いた熱応力の確認試験を行った。ここでは、試験体による温度分布および内部応力の測定の結果について報告するとともに FEM 解析を用いて測定結果の検証を行ったので報告する。

2. 実験モデル

写真1に示すように実大のモノレール合成鋼軌道桁を支間長 44m 箱桁寸法 850mm×2425mm、RC 床版断面 850mm×403mm の模型を製作し、模型は屋外の直射日光を受けやすいように東西方向に、また、地面のふく射熱の影響を受けないよう高さ 2m の支持台の上に設置した。RC 床版のコンクリートの設計基準強度は 50N/mm² で、実大実験前に予備実験を実施²⁾してひびわれ抑制に効果的であった膨張材を添加した早強コンクリートを実大実験の RC 床版に使用した。1年後の圧縮強度は 73.0N/mm²、引張割裂強度は 3.53N/mm² である。温度の計測位置は、桁の両端、桁の中央とし、各位置の RC 床版表面、内部、鋼桁ウェブ上部、中央部、下部の南面、北面に熱電対を取り付けた。

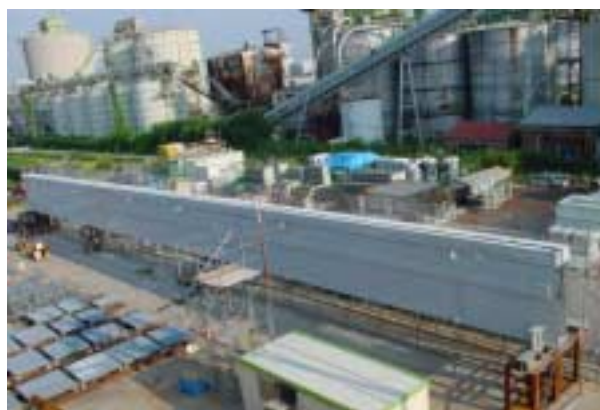


写真1 屋外モノレール実大模型実験状況

3. 計測結果

長期計測は平成12年9月から平成13年10月までの13カ月間実施した。この間における外気温の最高は41℃、最低は-1℃、鋼桁温度の最高は45℃、最低は-2℃、RC床版温度の最高は48℃、最低は0℃であった。鋼桁とRC床版の桁中央部の温度を図1示す。RC床版より鋼桁の温度が高いケースは、平成12年12月9日12時で、鋼桁ウェブ中央部の温度がRC床版表面の温度より19℃高くなっている。

逆に RC 床版の温度が鋼桁より高くなるケースは、平成13年8月1日12時の桁中央部で、

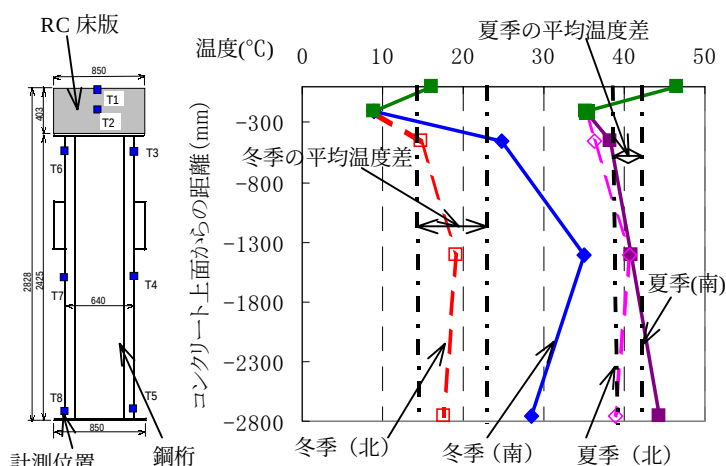


図1 模型実験による RC 床版と鋼桁の最大温度分布

キーワード：合成鋼軌道桁、温度計測、熱応力、熱応力解析、モノレール、日射

連絡先：〒559-8559 大阪市住之江区南港北1丁目7番89号 TEL06-6569-0104 sudoh_h@hitachizosen.co.jp

RC 床版表面が鋼桁上部より 11℃高くなっている。また、太陽の高度によって桁の南北面では、冬では 15℃と大きな温度差があり、夏では温度差はほとんどない。鋼桁と RC 床版の温度差は、鋼桁の温度分布の平均値と RC 床版の温度分布の平均値として比較すると、鋼桁のほうが高いケースで 8℃程度、RC 床版の温度の方が高いケースで 3℃程度であるため、道路橋示方書の温度差 10℃よりも小さい。なお、この間、RC 床版には特にひび割れは確認されていない。

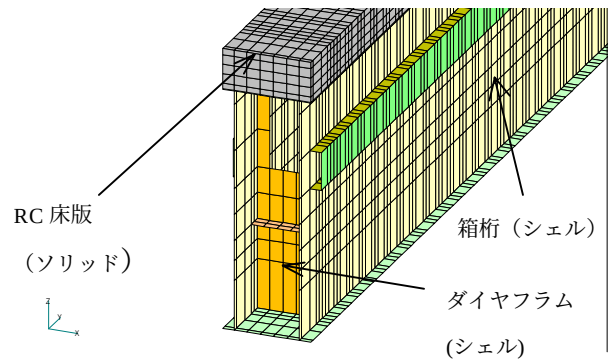


図2 熱応力 FEM 解析モデル

4. 熱応力 FEM 解析

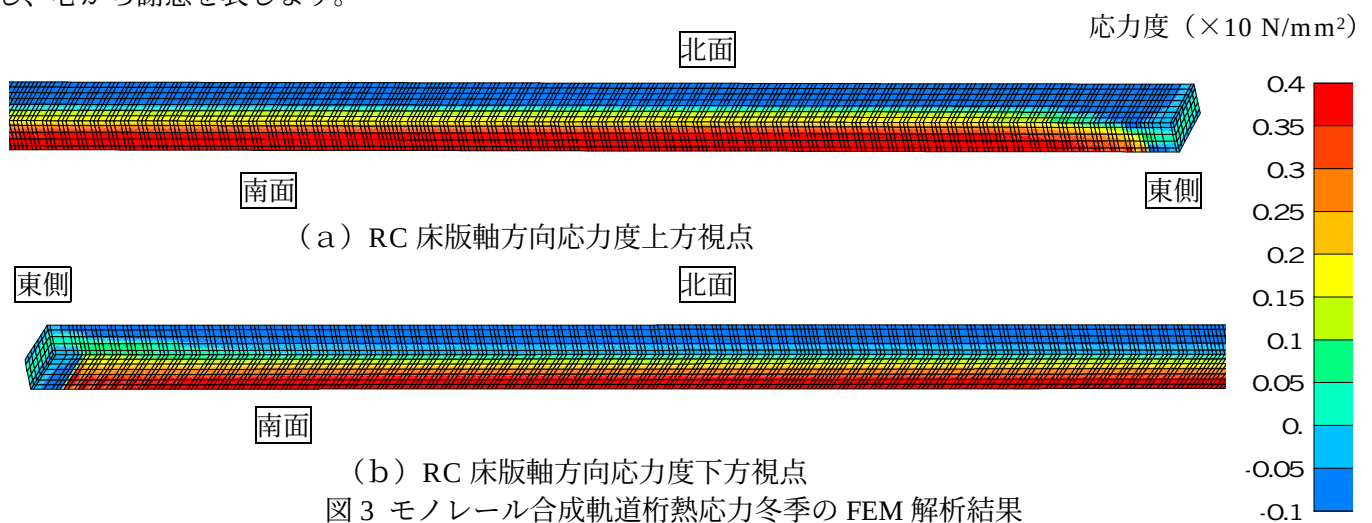
以上の計測データを用いて合成鋼軌道桁の熱応力 FEM 解析により、熱応力による RC 床版および鋼桁の熱応力分布の検証を行った。ここで、RC 床版をソリッド要素、鋼箱桁をシェル要素、RC 床版内の鉄筋およびスタッドジベルをはり要素としてモデル化した。モデル化を図2に示す。熱応力 FEM 解析は RC 床版と鋼桁の温度の計測値を用いた。前述の計測地点のない箇所は直線補間して与えた。

RC 床版の引張応力の大きい冬季について図3に示す。RC 床版内部の計測結果では、冬季に 2.7N/mm^2 の引張応力度が発生した。解析値では、南北面の温度差による RC 床版面外への曲げ変形によって、RC 床版南面上面 1.7N/mm^2 、南面下面 3.7N/mm^2 の引張応力度が発生した。これは、道路橋示方書合成桁の温度差 10℃での計算で求まる RC 床版引張応力度の 1.8N/mm^2 よりかなり大きい値である。ただし、実験では初期にコンクリートの膨張効果がひずみ量で $120\sim 160\mu$ 計測され、この値から RC 床版にはケミカルプレストレスが -1.2N/mm^2 程度導入されていると推定され、RC 床版にひび割れは発生しなかったと考えられる。

5. まとめ

モノレール合成鋼軌道桁の模型実験により合成桁全体の温度分布を把握でき、その温度差は RC 床版と鋼桁との温度分布を平均すると、最大で 8℃程度であり道路橋示方書の温度差 10℃以下である。ただし、日射による鋼桁南面と北面の温度差が大きくなることによって、RC 床版に面外への曲げ変形によって大きな引張応力が発生する可能性があり、モノレール合成鋼軌道桁の設計では考慮する必要があると考えられる。

謝辞 この実験を計画・実施するにあたり、大阪大学大学院西村宣男教授からご指導を頂きましたことを記し、心から謝意を表します。



参考文献

- 1) 日本道路協会編：道路橋示方書・同解説 I 共通編, II 鋼橋編, 丸善, 1996-12.
- 2) 数藤他：モノレール合成鋼軌道桁の RC 床版のひびわれ制御に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.1, 2001