

### モノレール鋼製軌道桁の疲労耐久性に関する検討

九州工業大学大学院 正会員 ○山口栄輝  
九州工業大学大学院 学生員 岐部正佳  
名古屋大学大学院 正会員 舘石和雄  
山九ロードエンジニアリング 野田博, 常松修一

#### 1. はじめに

北九州モノレールは1985年に開業し、市民活動を支える重要な役割を担っている。開業以来すでに約30年が経過し、今後とも安全安心に供用するため、2011年に「北九州モノレール長寿命化計画」<sup>1)</sup>が策定された。北九州モノレールの軌道桁は、PC桁と鋼桁からなる。鋼桁はスパンが長くなる道路との交差点で主に建設されている。鋼桁においては、疲労が耐久性を支配する要因のひとつであるが、建設時、特段の検討はなされなかったようである。これらのことを背景に、これまでに疲労損傷は見つかっていないものの、今般、鋼製軌道桁の疲労耐久性について検討を行った。ここではその検討結果を報告する。

#### 2. 検討対象

文献2)のモノレール鋼製軌道桁の疲労耐久性の検討では、横桁と軌道桁の連結部に疲労損傷が発生している。その対象桁は、北九州モノレールと構造上の類似点が多い。このことを踏まえ、本研究でも横桁と軌道桁の連結部に着目して検討を行った。具体的には、乗客数の多い区間の構造を参考に実験供試体を作成した。図-1にその概要を示している。横桁が連結された軌道桁近傍の部分モデルであるが、設計図面をもとに、溶接、寸法、鋼材等はすべて実際の軌道桁と同じである。載荷点は横桁の自由端であり、±49kNの繰り返し載荷で試験を行った。なお、疲労試験は上下を反転させて実施した。それに合わせ、図-1の概要も反転したものである。そのため、横桁上フランジは、図-1では下側に位置するフランジを指すことになる。

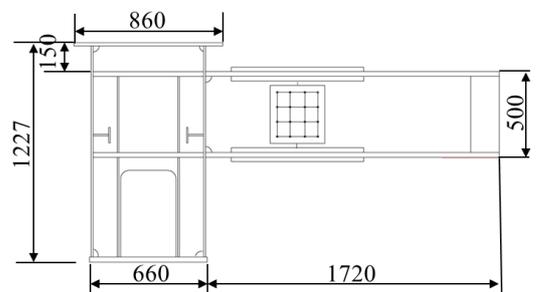


図-1 実験供試体

#### 3. 作用応力

まず静的載荷で、横桁フランジと軌道桁ウェブの溶接継手近傍に作用するひずみを測定した。軌道桁ウェブの測定点を、図-2に示している。中央の測定位置は、軌道桁ダイアフラムの位置である。

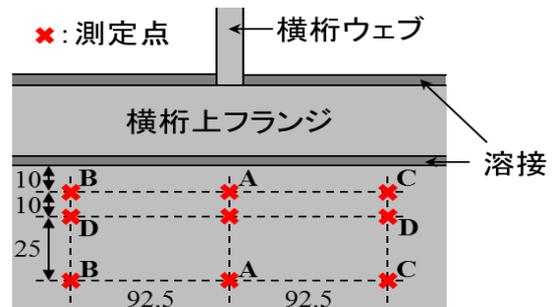


図-2 ひずみ測定点

併せて MSC NASTRAN<sup>3)</sup>により、3次元有限要素解析を行った。全体をシェル要素でモデル化した解析と、ひずみ測定点近傍にソリッド要素を用いた解析を行った。前者をモデル1、後者をモデル2と呼ぶ。要素数はモデル1が269,339個、モデル2が352,779個(シェル要素265,042個、ソリッド要素87,737個)である。

図-3に、49kN載荷時の実験結果と解析結果を示している。この図の直応力は溶接継手に直交する向き、すなわち鉛直方向の直応力である。ソリッド要素を用いたモデル2の解析結果の方が、実験結果とよく一致している。ソリッド要素を用いることで、より忠実な解析モデルが作成できるためと考えられる。

図-3からわかるように、溶接継手近傍での応力分布は複雑である。溶接継手に近づくにつれて急激に増加し、ダイアフラム位置近傍では大きく変化している。溶接止端部に近づく、ダイアフラム位置付近での応力の低下は見られなくなる。

キーワード モノレール, 疲労, 鋼製軌道桁, 横桁, 有限要素解析

連絡先 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町1-1 九州工業大学 TEL093-884-3110 FAX093-884-3100

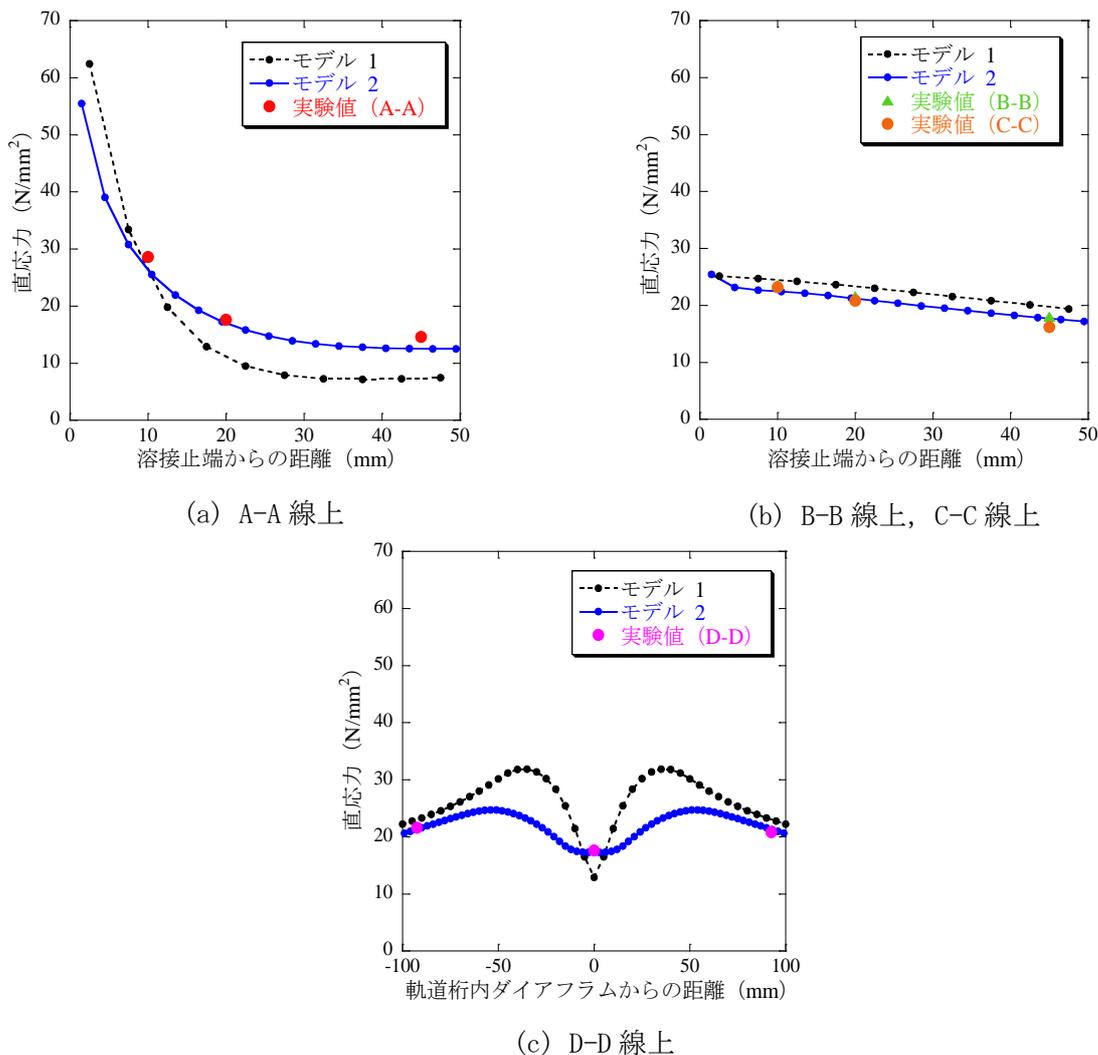


図-3 軌道桁ウェブ作用応力

4. 疲労試験結果

載荷繰返し数 123 万回で、軌道桁ウェブと横桁上フランジとの溶接継手中央部の軌道桁ウェブ側止端部に亀裂が確認された。この時点での亀裂長は 12mm であった。その後、亀裂は徐々に進展し、300 万回で 79mm に達した。試験終了後、破面解析を行った。その結果を図-4 に示す。破面は疲労亀裂の特徴を有しており、軌道桁ウェブを貫通していた。



図-4 破面

5. 疲労強度特性

モデル 2 の解析結果を用いて、1 点代表法<sup>4)</sup>で疲労亀裂発生箇所のホットスポット応力を求めた。これより疲労試験で生じる応力範囲は 79.6N/mm<sup>2</sup> と算出された。この解析結果と疲労試験結果から、本供試体の当該継手の疲労等級は、E または F と判断される。

謝辞：本研究は山九株式会社からの研究助成で行った。ここに記して感謝します。

参考文献

- 1) 北九州市 建築都市局 都市交通政策課：北九州モノレール長寿命化計画，  
<http://www.city.kitakyushu.lg.jp/ken-to/08000011.html>, 2111
- 2) 大倉一郎：鋼橋の疲労，東洋書店，1994.
- 3) MSC Visual Nastran, professional, 2003.
- 4) 日本鋼構造協会編：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，技報堂出版，2012.