

モノレール合理化軌道桁横桁連結部の疲労強度に関する研究

琉球大学 正会員 矢吹 哲哉 琉球大学 正会員 有住 康則
 ○日立造船(株) 正会員 芦田 史史 日立造船(株) 正会員 松下 裕明
 日立造船(株) 石原 照久 日立造船(株) 飛田 仁

1. はじめに モノレール軌道桁の合理化を目的に現在検討が進められており、その項目のひとつとして横桁本数の大幅削減（中間横桁 7 本を 2 本に削減）が検討されている。この場合中間横桁に作用する断面力が大きくなるため、主桁と横桁の連結部における疲労強度が検討課題となる。

そこで、想定される断面力に対して十分な疲労寿命を持つ連結部構造を策定すべく検討を行った。

2. ニーブレース構造案 まず、ボルト添接構造を含む各種構造案を F E M 解析を用いて比較検討し、図 1 に示すニーブレース構造案を選択した。本構造案の特徴としては、(1) 横桁ウェブおよび主桁ダイヤフラムと同一断面上に大きなアールを持つニーブレースを 1 枚設ける。(2) ニーブレースの上端は安定面構造より上まで伸ばす。(3) 横桁位置のダイヤフラム板厚、横桁ウェブ板厚を上げる。(4) 横桁断面の前後 500 mm ずつ、計 1000 mm の間の安定面はボルトで取り付ける構造。(5) マンホール下部形状は応力集中を緩和する楕円形状 などがある。

上記の内、(2)は検査性への配慮である。また(4)は、(2)の結果安定面の溶接部が横桁断面で終端となり、高応力が懸念されることへの配慮である。

3. 応力条件、疲労強度 本構造案を適用した場合の疲労にかかわる応力条件を、橋長 44 m の直線単純桁および同橋長で曲線半径 500 m の曲線桁について格子解析および F E M 解析によって求めた。

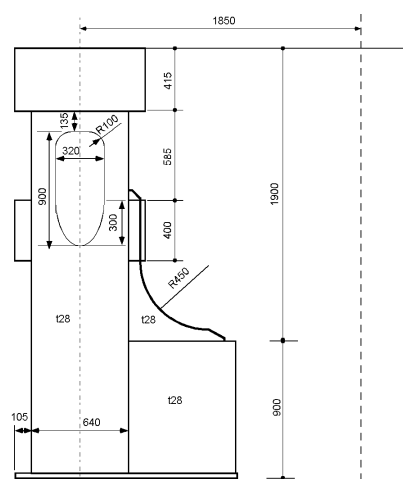


図 1 ニーブレース構造案

表 1 曲線桁の疲労設計荷重条件での各部の応力（単位：MPa）
（荷重変動範囲：594 kN・m）

位置	ns	nb	ny	da	db	c	al
応力範囲 $\Delta \sigma$ (MPa)	72.4	35.7	13.1	21.4	34.6	34.8	27.6

表 1 に曲線桁の条件下で比較的高応力が算出された箇所の応力範囲を示す。同図中の位置を示す記号はそれぞれ図 2 に示したとおりである。

表 1 に示した各箇所の疲労強度について、「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」¹⁾ にもとづいて検討した結果、今回の構造については図 2 の位置 ns（上記指針に、相当する継ぎ手形式が規定されていない）を除いて疲労強度的に問題はないと判定された。

4. 実物大疲労試験 解析による各部の応力が実構造における応力を再現していることと上記 ns における疲労強度を確認する目的で、主桁 - 横桁連結部の実物大供試体を用いた疲労試験を行った。

4.1 供試体 写真 1 に実物大供試体の外観を示す。図 2 に示した注目箇所については次のような配慮を行った。(1) ns：すみ肉溶接の主桁ウェブ側脚長を止端近傍で 2 倍（16mm）に伸ばし、主桁ウェブ側の止端については TIG 処理を施す。(2) nb, db（ダイヤフラム - 主桁ウェブ交差部）：横桁フランジ面から 500mm までの範囲

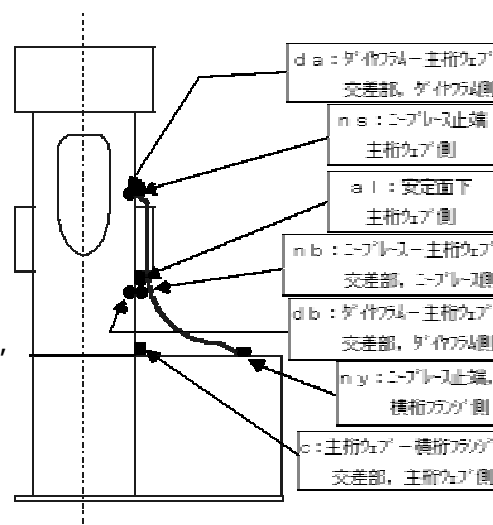


図 2 疲労に関する注目箇所

キーワード モノレール軌道桁，横桁連結部，疲労強度，実物大疲労実験

連絡先：〒551-0022 大阪市大正区船町 2-2-11 日立造船(株)技術研究所 TEL 06-6551-9692

を完全溶け込み溶接とする。(3) c : 完全溶け込み溶接とする。さらに主桁ウェブ側の止端についてはTIG処理を施す。(4) 横桁からの荷重が主に伝達される、横桁ウェブ - 横桁上フランジ - ニーブレース間の溶接部についても完全溶け込み溶接とする。3. で述べた判定はこれらの配慮を考慮した上での判定である。

4.2 静的載荷試験 疲労試験に先立って静的載荷試験を行い、実構造における応力の再現性を確認した。図3に解析値と計測値の対応の一例を示す。解析は連結部前後に約6mずつの主桁を含む大型モデルでシェル要素を用いて行った。図でわかるとおり、解析値と計測値とは良い一致を示した。

4.3 疲労試験条件 供試体には2箇所の横桁仕口部を設けており、それぞれの仕口部について次のような荷重条件とした。

(1) 疲労試験1 : 載荷モーメントの変動範囲 $594 \text{ kN}\cdot\text{m}$ (橋長 44 m で曲線半径 500 m の曲線桁相当)

(2) 疲労試験2 : 載荷モーメントの変動範囲 $831 \text{ kN}\cdot\text{m}$ (疲労試験1の1.4倍)

疲労実験2の条件を疲労設計条件の1.4倍としたのは、溶接継ぎ手の疲労強度のばらつきに配慮したものである。

いずれもモノレール桁の設計耐用年数の70年間に相当する281万サイクルだけ繰り返し負荷した。

荷重および主要なひずみは試験中継続的に計測し、意図した応力状態が安定して再現できていることを確認した。

4.4 疲労試験結果 疲労試験1, 2ともに疲労損傷は無く、281万サイクルを超える繰り返し負荷を完了した(疲労試験1 : 2,810,500 サイクル, 疲労試験2 : 2,812,000 サイクル)。

図4に疲労試験終了後のPT検査結果の例を示す。疲労試験1, 2ともに疲労き裂は発見されなかった。

5. おわりに 横桁本数の大幅削減に伴う断面力増加に対応するため、新しい横桁連結部構造を提案し疲労強度の検討を行った。その結果を簡略にまとめると以下のとおりである。

(1) 各部の応力値について解析値と計測値とはよい一致をしめし、解析的な検討が有効であること、また実物大モデルによる実験結果は実構造物に適用できることが確認できた。

(2) 設計疲労荷重下の実験(疲労実験1)でも、その1.4倍の荷重下の実験(疲労実験2)でも、モノレール桁の設計耐用年数の70年間に相当する281万サイクルの繰り返し負荷で横桁連結部に疲労損傷は生じなかった。したがって、今回の提案構造が疲労強度的に問題がないことが確認できた。

なお本研究は、大阪モノレール合理化軌道桁研究会との共同研究として実施されたものである。

参考文献 1) 日本鋼構造協会編, 「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」, 1993.4.25



写真1 実物大疲労試験供試体

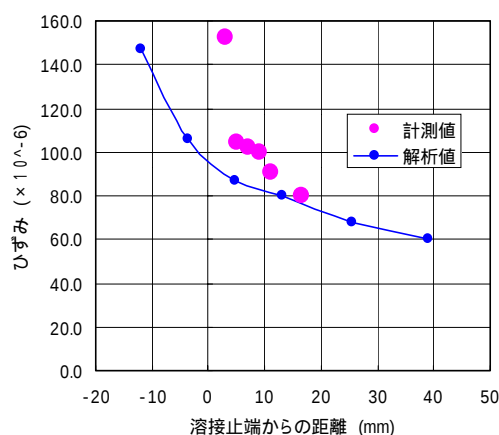


図3 静的載荷試験結果の一例 (n s)



図4 疲労試験後のPT結果例