

鋼鉄道橋の横桁ウェブ貫通型縦桁横桁連結部の疲労試験

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○高橋 和也
東京工業大学 フェロー 三木 千壽

財団法人鉄道総合技術研究所 フェロー 市川 篤司

1. はじめに

東海道新幹線をはじめとする溶接鋼鉄道トラス橋などの縦桁横桁連結部において、縦桁フランジのモーメントプレート（以下、連結板という。）が横桁ウェブに設けたスリットを貫通する構造が採用された（図-1）。これまで、鋼鉄道橋では横桁ウェブ貫通型縦桁横桁連結部の貫通部から疲労き裂が発見され、き裂発生箇所に対して補修・補強などの対策が実施されている。今後、鋼鉄道橋の縦桁横桁連結部の延命化を図るためには、貫通部の事前補強の必要性を検討することは重要であり、そのためには貫通部の疲労強度を把握することが必要となる。本研究では、東海道新幹線の鋼橋で採用されている横桁ウェブ貫通型縦桁横桁連結部の貫通部を対象として、その疲労強度を明らかにすることを目的に、疲労試験を実施した。

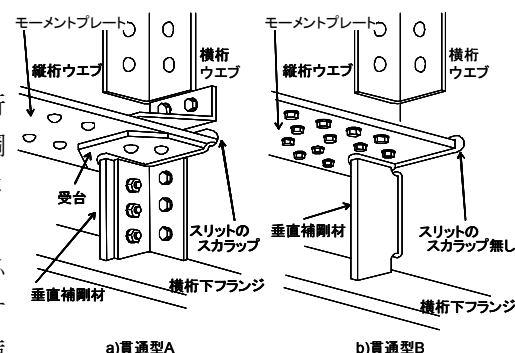


図-1 鋼鉄道橋の横桁ウェブ貫通型の縦桁横桁連結部

2. 試験方法

試験体（3体）の寸法を図-2に示す。試験に用いた貫通型構造は図-1に示す貫通型AおよびBの2種類である。貫通型Aについては、設計が標準化されていたものの橋梁数が多く、実橋で様々な使用状況が想定できたことから、止端仕上げの有無、溶接脚長およびスリット両側と連結板との間の隙間をパラメータとした構造ディテールを用意するとともに、さらにスリット幅の寸法効果の影響を確認するために試験体に実物大の貫通部も組み込んだ。貫通部の構造ディテールの特徴を以下に述べる（図-3）。なお、試験体のType番号は図-1の貫通型構造の分類番号と対応している。

①Type-A-1、A-2、A-3、A-4およびB-1のスリットの幅は200mmである。Type-A-1はスリット端部の寸法が本線区のトラス橋の標準設計図面である。連結板とスリットの接合も標準設計図面どおり6mmの等脚のすみ肉でまわし溶接し、止端部をグラインダーで仕上げている。②Type-A-2はスリット端部の寸法が標準設計図面であり、まわし溶接を溶接ままにしている。③Type-A-3はスリット端部の寸法が標準設計図面であり、連結板とスリットの接合を6×12mmの不等脚のすみ肉でまわし溶接にしている。④Type-A-4はスリット端部の寸法が曲線区間にあるトラス橋の設計図面である。標準設計図面と比べて、スリット端部と連結板の隙間を小さくするため、連結板の幅が若干大きい。⑤Type-A-5はスリット端部の寸法が標準設計図面であり、まわし溶接を溶接ままにしている

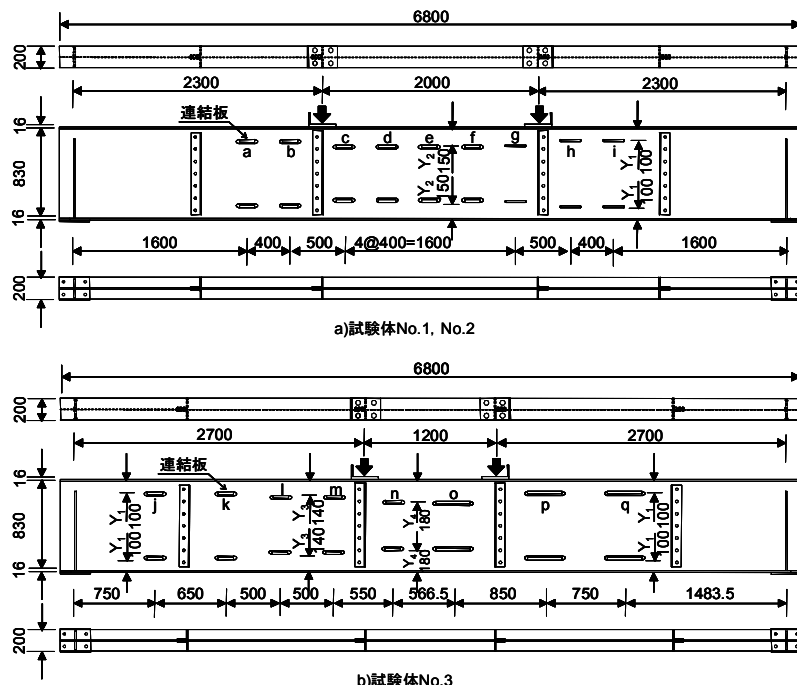


図-2 試験体の寸法

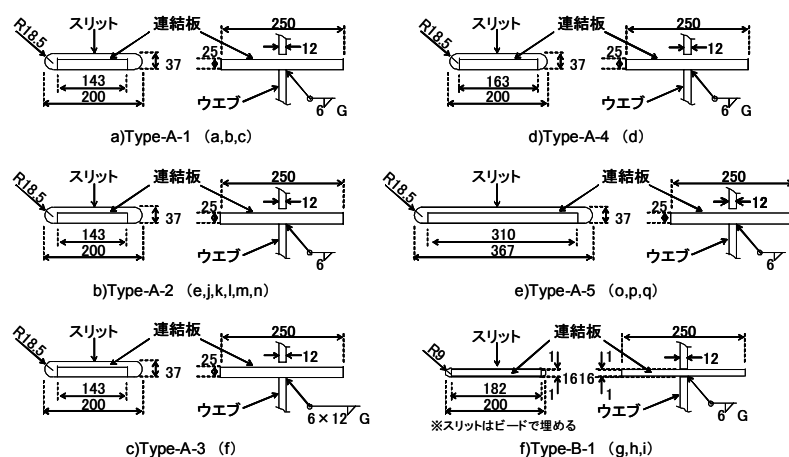


図-3 貫通部の構造ディテール

キーワード 鋼鉄道橋、縦桁横桁連結部、ウェブ貫通型、疲労強度、新幹線

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山1545-33 TEL 0568-47-5374

(Type-A-2と同じ状態)。また、スリット幅を標準設計図面どおり367mmにしている。⑥Type-B-1はスリット端部の寸法が貫通型Bのローゼ橋の設計図面である。連結板とスリットの接合も設計図面どおり6mmの等脚のすみ肉でまわし溶接し、止端部をグラインダーで仕上げている。スリット端部は連結板との間に半円状の隙間が生じるが、隙間は溶接で埋められている。

使用鋼材は山形鋼のみSS400材で、その他の部分はSM400材である。溶接方法は、溶接品質や形状が試験結果に大きな影響を与えることから、着目箇所である連結板とスリットの溶接については製作時の工事示方書に忠実に再現するために、イルミナイト系の軟鋼用被覆アーク溶接棒（JIS Z3211 D4301）で手溶接によるすみ肉溶接とした。

荷重方法は4点曲げ荷重とした（図-2）。これは、実橋における縦桁横桁連結部では縦桁および横桁の双方から力が作用しているが、貫通部の挙動は横桁の面内変形が支配的となっているためである¹⁾。荷重波形は正弦波とした。

3. 疲労試験結果

(1) 直応力で整理したS-N線図

貫通部の梁曲げによる直応力範囲ととき裂長20mm時点での荷重回数の関係を図-4に示す。図-4の中には鉄道構造物等設計標準²⁾の継手に対する強度等級と日本鋼構造協会の鋼構造物の疲労設計指針³⁾のH等級を示す。

疲労強度は、貫通型AについてはH等級を大きく下回り、貫通型BについてはH等級程度であった。貫通型AおよびBの疲労強度は、等曲げ区間に比べて曲げせん断区間（曲げとせん断力が作用する区間）で低くなっており、せん断力の影響を受けている。実橋における貫通部には、せん断力も作用することが考えられることから、貫通部の疲労強度はせん断力を考慮した合成応力あるいは主応力で整理したほうが良いと考えられる。

(2) 溶接部止端部近傍の主応力で整理したS-N線図

実橋での測定と同じ位置に設置した3軸ゲージ（図-5）より算出した貫通部まわし溶接部止端部近傍の最大主応力範囲（あるいは最小主応力範囲）ととき裂長20mm時点での荷重回数の関係を図-6に示す。図中には図-4と同じ疲労設計曲線を示す。疲労強度は、梁曲げによる直応力で整理した場合（図-4）と比べて、溶接部止端部近傍の主応力で整理することによりばらつきが小さくなっている。溶接部止端部近傍の主応力で整理した疲労強度についてまとめると、以下のとおりである。

①貫通型Aについては、スリット幅は200mmで、スリット端部を設計図面どおり製作したType-A-1およびA-4は、F等級程度の疲労強度を満足する。しかし、まわし溶接部止端部の仕上げを溶接まま（Type-A-2）にすると、疲労強度がH等級程度まで低下する。なお、スリット端部をType-A-2と同じ溶接ままの状態、スリット幅を実物と同じ367mm（Type-A-5）にしても、疲労強度はType-A-2と同じH等級程度であり、スリット幅による寸法効果の影響は見られなかった。②貫通型Bについては、スリット幅が200mmで、スリット端部を設計図面どおり製作（Type-B-1）すると、F等級程度の疲労強度を満足する。Type-B-1の疲労き裂は不溶着部から発生していたため、当該溶接部に溶接欠陥がなければ疲労強度はさらに高くなる可能性がある。

4. おわりに

本研究により、溶接鋼鉄道橋の横桁ウェブ貫通型縦桁横桁連結部の貫通部の疲労強度が明らかとなった。この知見を日々の維持管理に活かし、列車の安全安定輸送の確保および鉄道構造物の延命化に繋げていきたい。

参考文献：1) 高橋和也，内藤繁：鋼鉄道トラス橋縦桁横桁連結部の疲労に関する検討，土木学会第62回年次学術講演会，pp. 77-78，2007。2) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編）鋼・合成構造物，丸善，2007。3) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，技報堂出版，1993。

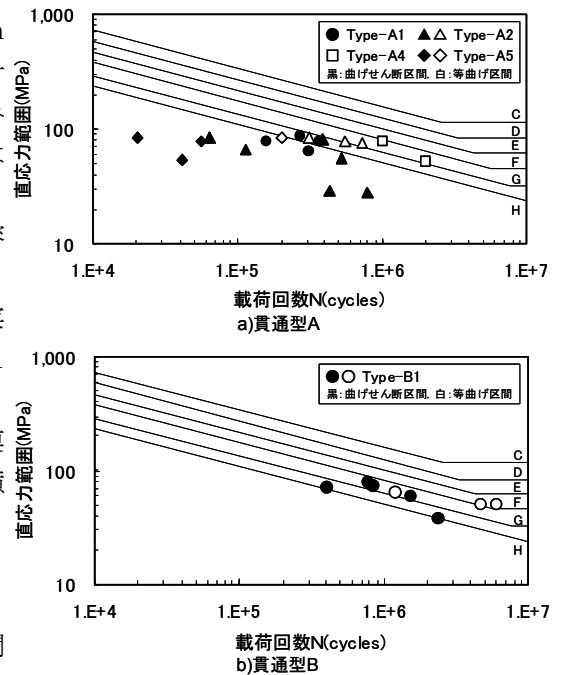


図-4 直応力で整理したS-N線図

(き裂長20mm時点)

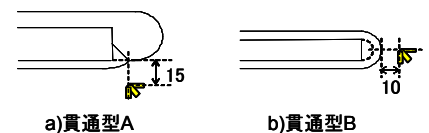


図-5 3軸ひずみゲージ貼付位置

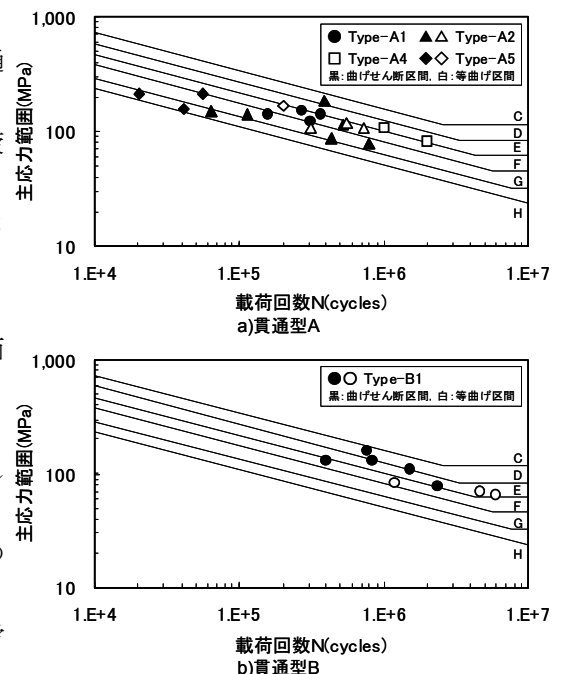


図-6 溶接部止端部近傍の主応力で整理したS-N線図 (き裂長20mm時点)