

現場溶接でも疲労に強い

～鋼 桁橋のノンスカラップ全断面現場溶接工法～

Fatigue Strength of Non-coped Hole Detail on Field Welding of Butt Welded Joint of Plate Girder Bridge

藤田 敏明
Toshiaki FUJITA

川田工業(株)生産本部
溶接研究室

町田 文孝
Fumitaka MACHIDA

川田工業(株)技術開発本部
技術研究室主幹

吉家 賢吾
Kengo YOSHIIE

川田工業(株)技術開発本部
構造物試験室係長

一般に鋼 桁橋の全断面現場溶接継手は、フランジとウェブ溶接線の交差の回避、およびフランジ溶接の施工性を考慮してウェブにスカラップを設けていますが、このスカラップを設けた縦方向溶接継手は、日本鋼構造協会「鋼構造物の疲労設計指針および同解説」¹⁾(以下、JSSC疲労設計指針)においてG等級(50 MPaで200万回)の疲労強度等級に分類され、低い強度等級となっています。また、この構造は、曲げモーメントとせん断力が同時に作用することにより、更に疲労強度が低下することが報告されています^{2),3)}。このため、継手の性能としてG等級を超える疲労強度が要求された場合、高い疲労強度を有する継手構造が必要になります。

通常、疲労の観点から優れた現場溶接継手構造は、構造上不連続となるスカラップを排除したノンスカラップ構造^{4),5)}が考えられますが、この構造は溶接施工箇所の増加をとらなうため、疲労強度は施工状態に左右されることが予想されます。そこで、ノンスカラップ構造の疲労特性を確認することを目的として疲労試験を実施しました。疲労試験では、フランジとウェブの溶接線の交差を避け、溶接線を150 mm程度シフトさせた継手を試作し、継手構造の疲労強度の把握を 桁梁模型を用いて行いました。

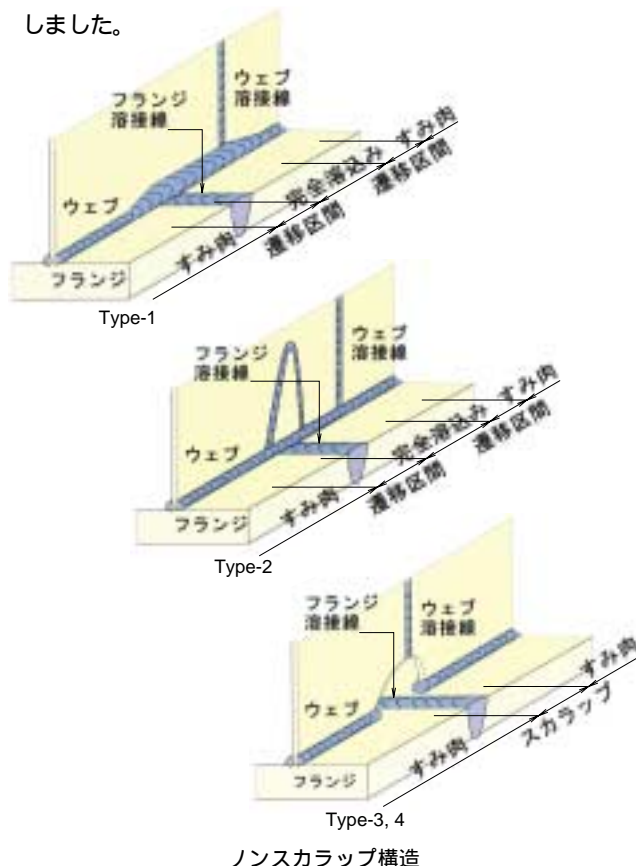
ノンスカラップ構造

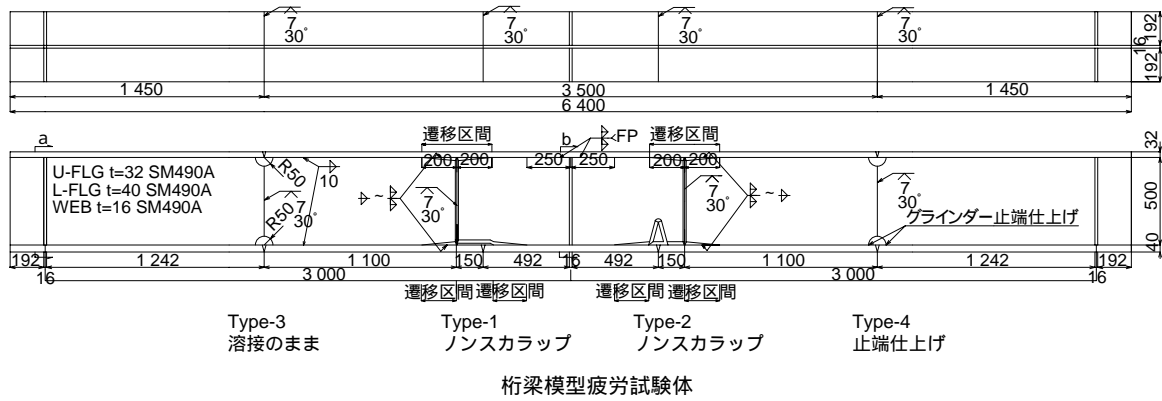
本検討のノンスカラップ構造は、Type-1とType-2に示す2種類を用い、Type-1は埋め戻し溶接の施工性を考慮してスカラップを極力狭くした構造ですが、下フランジ溶接時にはウェブ直下の溶接作業が困難となることから、この部位の溶接には溶接作業員2名をウェブの左右に配し、アークを互いに引き継ぐリレーアークにて溶接を行いました。また、Type-2は下フランジ溶接の施工性を優先させて大きめのスカラップを設けた構造で、下フランジおよびウェブの溶接完了後、パッチ材を用いて埋め戻し溶接を行いました。なお、いずれの構造も埋め戻

し部両端のフランジとウェブ溶接には、埋め戻し部の局部溶着による応力集中を避けるため、完全溶け込み溶接からすみ肉溶接への遷移区間を設けました。

疲労試験方法

疲労試験は、Type-1とType-2のノンスカラップ構造、Type-3およびType-4の既往のスカラップを有する構造の計4種類の継手構造を配した 桁梁模型を用い、電気油圧式サーボ型疲労試験機による3点曲げにて行いました。なお、各継手は、継手に作用する公称応力範囲が、スカラップを有する継手で50 MPa、ノンスカラップ継手で100 MPaになるよう配置しました。載荷条件は、周波数0.8 Hz、応力比R=0の正弦波としました。





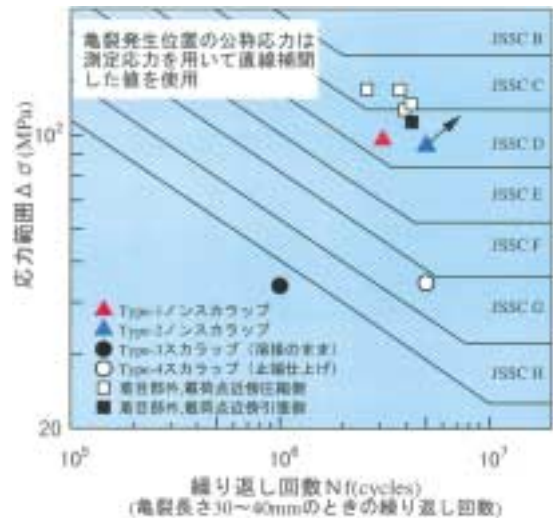
桁梁模型疲労試験体

疲労試験結果

試験体に貼付したひずみゲージから得られた着目部位の公称応力範囲と亀裂長さが30~40 mmに達したときの破壊寿命とした場合の繰返し回数の関係をJSSC疲労設計曲線とともに示します。なお、荷点近傍などでフランジとウェブの溶接に完全溶け込み溶接からすみ肉溶接に遷移する構造を採用していましたが、その箇所からも疲労亀裂が発生したことから、併せてその亀裂発生部位についても参考までに付しています。スカラップを有する溶接のままのType-3の継手は、まわし溶接止端部より亀裂が発生し、本継手構造に関するJSSCの疲労強度等級を下回りました。これは、曲げ応力とせん断応力との比が、ほぼ1.0と大きく、せん断力によるフランジの局所的変形に起因した大きな応力集中がまわし溶接止端部に生じたためと考えられます。止端仕上げを行ったType-4の継手は、止端からではなくルート部から疲労亀裂が発生しましたが、規定のG等級を満足していました。これらに対し、ノンスカラップ構造の疲労強度等級は、Type-1, Type-2ともにD等級を満足し、フランジとウェブのすみ肉縦方向溶接継手と同等の疲労強度を確保しました。また、本疲労試験において発生したノンスカラップ構造の疲労亀裂発生位置は、埋め戻し溶接による完全溶け込み部と遷移区間の境界に位置する余盛りに内在した欠陥であったことから、この位置についても管理が重要であることが認識されました。なお、この部位の管理については、超音波探傷試験では遷移区間のスリットや余盛りによる反射エコーにより欠陥判定が難しくなるため、溶接手順や溶接条件を事前に確認し、実際の溶接が同様に行われるよう施工条件の管理が重要であると考えています。

おわりに

最後に、本研究を実施するにあたり東京工業大学 三木千壽教授には貴重なご助言をいただき、また、日本道路公団の皆様には、ご指導、ご協力いただきました。誌面を借りてここに深く感謝の意を表します。



試験結果およびJSSC疲労設計曲線



ノンスカラップ構造部の疲労破面

参考文献

- 1) 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，1993.4.
- 2) 三木 館石，石原 梶本：溶接構造部材のスカラップディテールの疲労強度，土木学会論文集，No.483/1-26，pp.79-86，1994.1.
- 3) 町田，勝俣，川瀬，慶，吉家，岩崎：鋼少数主桁橋の現場溶接継手部に用いられるスカラップ構造の疲労特性，川田技報，Vol.16，1997.
- 4) 保坂，杉本：鋼鉄道橋におけるスカラップを設けない全断面現場溶接（1），土木学会第54回年次学術講演会概要集，1-A190，pp.380-381，1999.9.
- 5) 馬場，福岡，森，伊藤：PC床版連続合成2主桁橋「千鳥の沢川橋」の施工，橋梁と基礎，Vol.32，No.10，1998.