

鋼 I 桁橋のノンスカラップ全断面現場溶接の疲労特性

日本道路公団	加藤照己	川田工業(株)	正会員	藤田敏明
日本道路公団	砂金克明	川田工業(株)	正会員	町田文孝
日本道路公団	藤田真実	川田工業(株)		吉家賢吾

1. はじめに

一般に鋼 I 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る。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(50MPa 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る。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る²⁾。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る。通常、現場溶接継手構造として疲労の観点から優れた構造は、ノンスカラップ工法³⁾が考えられるが、疲労強度は施工状態に左右されることが予想される。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 150mm 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梁模型を用いて行った。

2. ノンスカラップ構造

本検討では、図 - 1, 2 に示す 2 種類のノンスカラップ構造を用いた。図 - 1 に示す構造は、埋め戻し溶接の確保のためスカラップを極力狭くし、下フランジ溶接時はウェブ直下の溶接作業が困難となることから、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する構造である。また、図 - 2 に示す構造は、下フランジ溶接の施工性を優先させ、大きめのスカラップ形状を設け、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する構造である。なお、いずれの構造も埋め戻し部の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た。

3. 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図 - 3 に示す I 桁梁模型を用い、動的載荷能力 $\pm 980\text{kN}$ を有する電気油圧式サボ型疲労試験機による 3 点曲げにて行った。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 50MPa、ノンスカラップ継手で 100MPa になるよう配置した。載荷条件は、周波数 0.8Hz、応力比 $R = 0$ の正弦波とした。なお、繰り返し載荷は、全ての着目部において疲労亀裂が発生するように亀裂の補修を実施しながら行った。疲労亀裂の確認は、載荷回数 10 万回毎に着目部に貼付したひずみゲージ値の確認および磁粉探傷試験により行った。

試験体の着目部位の溶接品質は、フランジの突合せ溶接部および埋

キワード 疲労, Z 継手, ノンスカラップ, 現場溶接継手

連絡先 〒764-8520 香川県仲多度郡多度津町西港町 17 川田工業(株) TEL.0877-32-5115 FAX.0877-32-5847

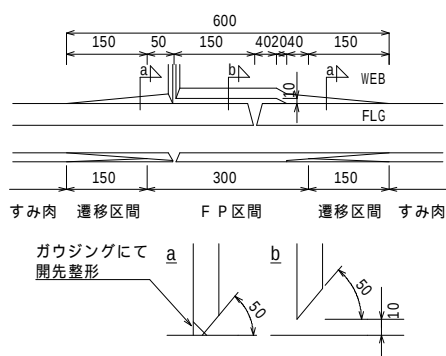


図 - 1 ノンスカラップ形状(Type-1)

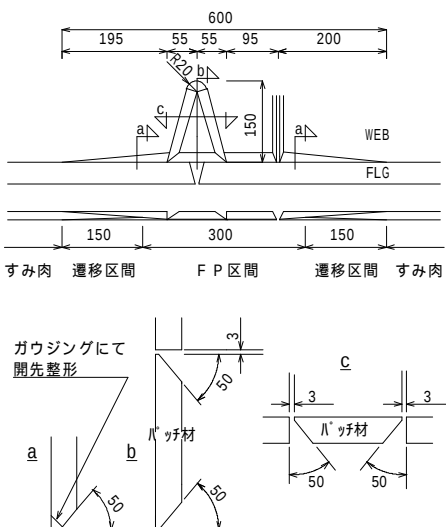


図 - 2 ノンスカラップ形状(Type-2)

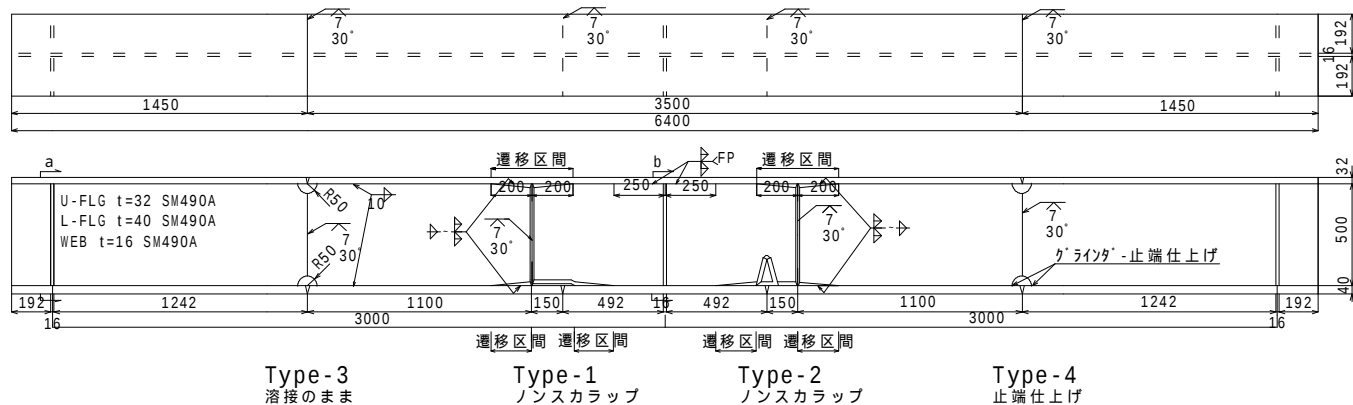


図 - 3 I 桁梁模型疲労試験体

め戻し溶接部ともに、超音波探傷（UT）試験 JIS Z3060 を適用して、合格きずは有するが、欠陥は存在しないことを確認した。ただし、フランジとウェブの溶接線の非破壊検査に関しては、エコーの散乱などにより十分な保証を有する探傷結果ではなかった。

4. 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 ～ 40mm に達したときを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図 - 4 に示す。なお、载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た。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った。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る²⁾。止端仕上げを行った Type-4 の継手は止端部の応力集中が緩和され、止端からではなくルート部から疲労亀裂が発生したが、規定の G 等級を満足した。これらに対し、ノンスカラップ構造の疲労強度等級は、2 種類ともに 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（写真

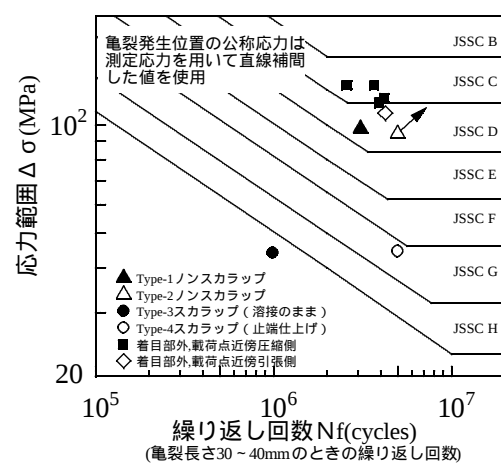


図 - 4 試験結果および疲労設計曲線



写真 - 1 疲労破面

- 1))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た。なお、この部位の管理については、UT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為されるよう施工条件の管理が重要であるとする。

最後に、本研究を実施するにあたり東京工業大学 三木千壽教授ならびに日本道路公団 芦塚憲一郎氏には貴重なご助言を頂き、ここに深く感謝の意を表します。

【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) 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，1-A190, pp.380-381, 1999.9