

SBHS500 を用いた鋼製橋脚隅角部の疲労耐久性に関する実験的検討（その2）

○川田工業(株) 正会員 井口建斗 川田工業(株) 田淵航

川田工業(株) 正会員 段下義典 芝浦工業大学 正会員 穴見健吾

名古屋大学 正会員 判治剛 名古屋高速道路公社 正会員 瀬谷千恵

1. はじめに

フィレットを有する鋼製橋脚隅角部の疲労耐久性について、従来鋼では既往研究¹⁾にて確認されているが、事例は少ない。本研究では、平成29年道路橋示方書より規定化されたSBHS500鋼材を隅角部に使用することを想定し、疲労実験を実施した。なお、着目箇所に圧縮応力を作用させた既往研究では、疲労き裂の発生に至らず、本研究では主に疲労上厳しい条件の引張応力を作用させる実験を実施した。本研究では4体の試験体で疲労実験を実施し、既報²⁾および別稿³⁾にてNo.1, 4試験体の疲労実験結果について報告している。本稿では、隅角部に引張応力を作用させたNo.2, 3試験体について、疲労実験結果を報告する。

2. 疲労実験の概要および結果

2.1 疲労実験概要

実験の概要を図1に示す。試験体の詳細な仕様については既報²⁾のとおりである。本稿で報告するNo.2, 3試験体は、図1のように鉛直上向きの繰返し載荷を行い、フィレット部に引張応力を発生させた。これは都市部における複雑な橋脚形状においては、フィレット部が引張作用を受けるケースがあり、その条件での疲労耐久性を確認するものである。表1に各試験体の実験条件を示す。No.2は、図2の応力参照点にて、200万回載荷時点で既往研究¹⁾と同程度の疲労ダメージとなるよう、応力範囲を引張領域で70N/mm²とした。ここで、疲労ダメージとは、本研究で便宜的に定義したものであり、継手の疲労設計曲線の傾きを $m=3$ とし、載荷回数 N と応力範囲 $\Delta\sigma$ の m 乗に比例すると仮定したものである。また、No.3は、No.2より小さい応力範囲での疲労耐久性を確認するため、応力範囲を50N/mm²とした。No.0は比較対象とした既往研究¹⁾の条件である。

2.2 No.2 引張1試験体

160万回載荷した時点で、図3に示す右フィレット柱先端部にき裂が確認された。その後、ビーチマーク載荷を実施しながらき裂を進展させ、178万回載荷時点で疲労実験を終了した。試験後の観察にて、左側フィレット梁先端部にもき裂が確認された。周辺のひずみゲージの値の変化から、右側と同時期の160万回程度の載荷にて発生したものと考えられる。また、き裂発生位置と、き裂が無い状態でのフィレットに発生する応力の関係を図4に示す。図中の点は実験により得られたフィレットの応力、実線は試験をモデル化したFEMによって得られた応力である。左右フィレットとも最大応力位置と異なる位置でき裂が発生していることがわかる。この原因は、き裂発生位置がフィレットとフランジの溶接部に近接していることから、溶接の残留応力の影響などが考えられる。なお、残留応力の調査結果については別稿⁴⁾にて示されている。右フィレットに発生した、フランジ・ウェブ面それぞれの方向のき裂長さと載荷回数の関係を図5に示す。図より、き裂の進展速度は、載荷回数の増加とともに増大する傾向であることがわかる。

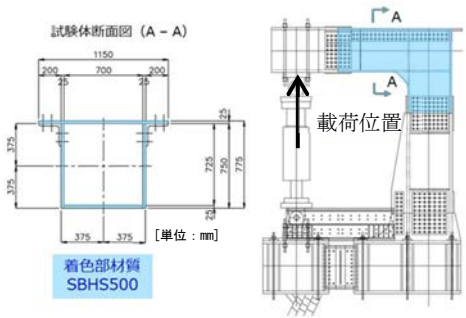


図1 実験概要図

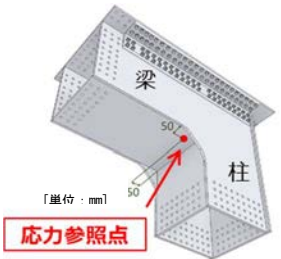


図2 応力参照

表1 各試験体の実験条件および結果

試験体 No.	名称	鋼種	載荷条件		
			載荷方向	応力範囲 (結果: 載荷回数)	備考
0	既往実験	SM490	圧縮 (鉛直下方向)	1) 40 N/mm ² (200万回) 2) 64 N/mm ² (200万回)	比較対象
1	圧縮	SBHS500	圧縮 (鉛直下方向)	1) 70 N/mm ² (600万回)	別途報告
2	引張1	SBHS500	引張 (鉛直上方向)	1) 70 N/mm ² (178万回) 1) 50 N/mm ² (628万回)	本稿にて報告
3	引張2	SBHS500	引張 (鉛直上方向)	2) 70 N/mm ² (98万回)	本稿にて報告
4	きず補修	SBHS500	引張 (鉛直上方向)	1) 70 N/mm ² (385.8万回)	別途報告

キーワード：SBHS500, 疲労耐久性, 鋼製橋脚隅角部, フィレット, 疲労実験

連絡先：〒114-8562 東京都北区滝野川 1-3-11 川田工業株式会社 (TEL) 03-3915-3411

2. 3 No.3 引張2試験体

参照点の応力範囲を 50N/mm^2 として 628 万回載荷したが、き裂は確認されなかった。その後、No.2 試験体と同様の 70N/mm^2 まで応力範囲を増加し 98 万回載荷したが、き裂は発見されず載荷を終了した。

3 載荷終了後の調査

No.2 で発生した左右フィレットのき裂について、き裂部を切り出し、き裂面を強制的に破断させ破面観察を行った。左右のき裂の破面をそれぞれ図 6, 7 に示す。図 6 より、右フィレットに発生したき裂はウェブ鋼板の角部から発生しており、フランジ、ウェブの両方向に同程度の速度で進展していることがわかる。図 7 より、左フィレットのき裂の起点は鋼板と溶接金属の境界部付近だと考えられる。起点付近には 2mm 程度の融合不良と考えられる変状が確認された。応力集中するフィレット部では、引張の大きな応力範囲が生じる荷重条件にて、サイズの小さい変状がき裂発生の一因となると考えられる。溶接欠陥である場合、この箇所が溶接始末端であった可能性があり、それを避ける製作要領を検討予定である。

4. まとめ

本研究では、鋼製橋脚の隅角部に SBHS500 を使用した際の疲労耐久性を実験的に確認した。No.2 試験体では、SM490 を用い、圧縮を作用させた既往研究¹⁾と 200 万回載荷時点で同条件となるよう、載荷荷重を応力参照点で 70N/mm^2 の引張にて疲労実験を実施したところ、160 万回でき裂が確認された。既往研究¹⁾に比べ、No.2 試験体は 0.8 倍の疲労ダメージでき裂が発生したことになる。これは、残留応力分布にも影響を受けるが、一般に圧縮より引張の方がき裂が発生・進展しやすい条件であるためと考えられる。No.3 試験体では既往研究¹⁾に比べ、1.7 倍のダメージを与えたが、疲労き裂は確認されなかった。本実験の応力範囲は既往研究を基に決定しており、詳細は別稿²⁾にて報告されているが、実橋の供用に対しては、2 体とも十分な疲労耐久性を有している実験結果であると考えられる。これらのことから、適切な構造詳細の決定と製作品質の確保を前提に、SBHS500 を鋼製橋脚隅角部に適用することについて、疲労耐久性の観点では可能であると考ええる。

参考文献

- 1) 富田ら：鋼製橋脚隅角部の疲労強度向上策，橋梁と基礎，Vol. 41，No. 4，pp. 40-48，2007. 4
- 2) 瀬谷ら：SBHS500 を用いた鋼製橋脚隅角部の疲労耐久性に関する実験的検討，土木学会第 77 回年次学術講演会，I-81，2022. 9
- 3) 平野ら：SBHS500 を用いた鋼製橋脚隅角部の疲労耐久性に関する実験的検討（その 3）土木学会第 78 回年次学術講演会，2023.9
- 4) 阪野ら：鋼製橋脚隅角部を模擬した試験体フィレット部における溶接残留応力の測定，土木学会第 78 回年次学術講演会，2023. 9
- 5) 瀬谷ら：鋼製橋脚隅角部の疲労耐久性評価に関する一考察，土木学会第 78 回年次学術講演会，2023. 9

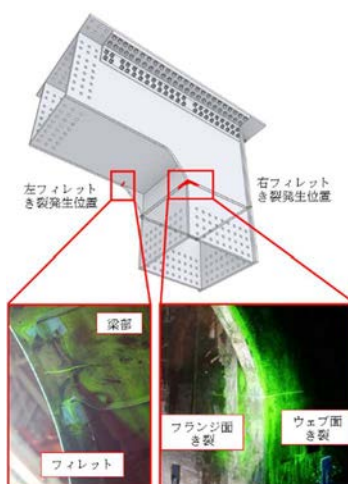


図 3 き裂発生位置

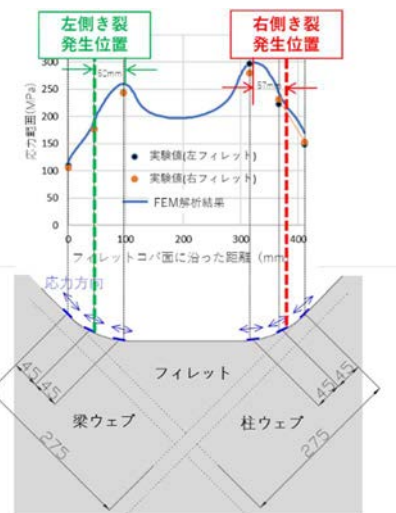


図 4 き裂位置と応力の関係

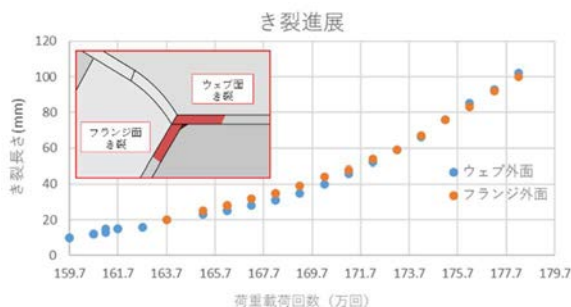


図 5 右フィレットき裂の進展速度

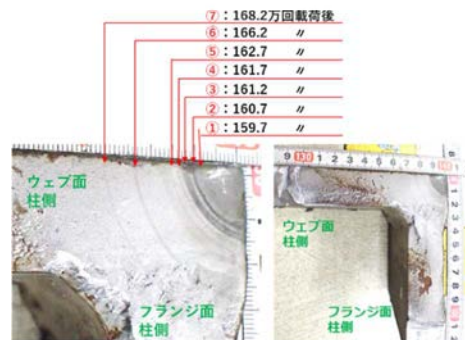


図 6 右フィレットき裂破面

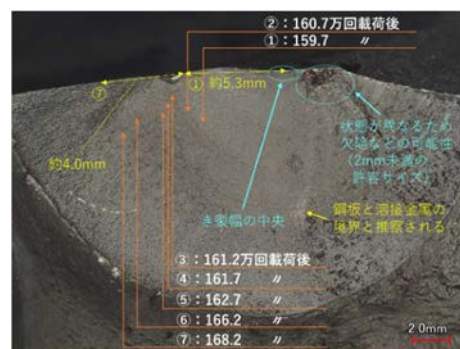


図 7 左フィレットき裂破面