

鋼製橋脚隅角部を模した試験体フィレット部における溶接残留応力の測定

○名古屋高速道路公社 正会員 阪野崇人
 大阪大学 正会員 廣畑幹人
 川田工業（株） 正会員 段下義典

名古屋高速道路公社
 パルステック工業（株）
 川田工業（株）

鶴飼堯
 柴田浄志
 石川一成

1. はじめに

鋼製橋脚隅角部では、応力伝達機構が非常に複雑であり、活荷重による応力集中に起因した疲労損傷が生じることが報告されている。この対策として、隅角部の応力低減に効果のある図1のフィレット構造が採用されている。一方、疲労き裂の発生には、応力集中の他にも溶接に伴う残留応力が影響を及ぼすが、フィレットを有する鋼製橋脚隅角部に関する残留応力の特徴については不明な点が多い。本稿では、鋼製橋脚隅角部を模した試験体フィレット部における溶接残留応力の測定結果を報告する。

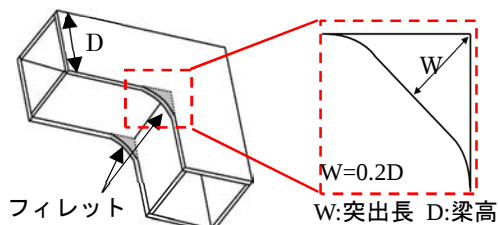
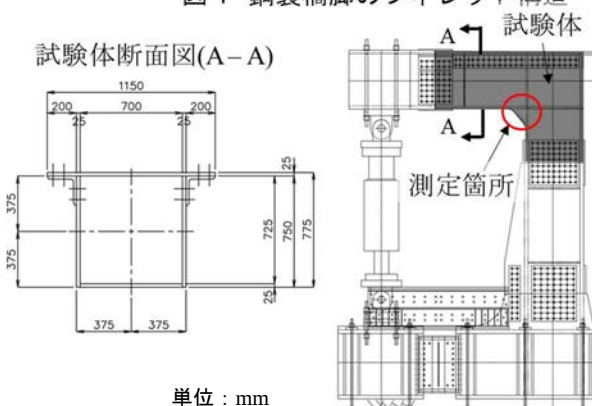


図1 鋼製橋脚のフィレット構造



単位：mm

図2 測定に用いた試験体



図4 測定箇所及び補修溶接範囲

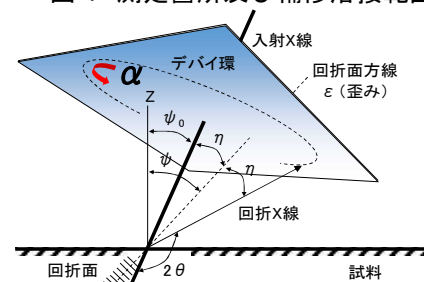


図5 測定方法のイメージ

2. 測定の概要

測定対象とした試験体は、既往実験¹⁾にて用いた図2に示すとおりとし、鋼種はSBHS500、梁及び柱の断面寸法は750mm×750mm、板厚は $t=25\text{mm}$ である。フィレット寸法は梁高の20%、梁・柱の板組は、隅角部の施工性と溶接品質確保の観点から望ましいとされる、フランジをウェブで挟む構造とした。溶接ビードの仕上げ形状や範囲は、鋼道路橋設計便覧²⁾の例に従った。

測定に際し着目した事項は、左右のフィレットにおける残留応力の傾向の違い、図3に示すフィレット板厚内の外側・板厚中心・内側の残留応力分布とした。また、供用下での作用応力が大きいフィレット部において、製作施工の過程における不慮のきず

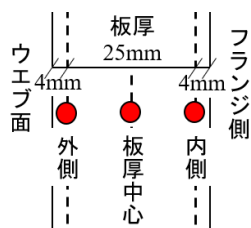


図3 板厚内計測位置

や、供用期間における疲労き裂に対して、溶接補修することの妥当性を確認する目的で、肉盛り補修溶接の有無による残留応力分布についても測定を行った。測定箇所及び補修溶接範囲を図4に示す。

測定機器は、X線回折法による可搬型残留応力測定装置 μ -X360s（パルステック工業社）を使用した。

3. X線回折法による残留応力測定方法

X線による応力測定では、等方均質多結晶体を前提としたX線回折を利用して回折（デバイ）環を測定し、解析することで応力を測定する。これは応力によって、結晶の格子間隔が伸縮することに着目した技術³⁾である（図5参照）。測定方法としては、0次元検出器や1次元検出器を用いた代表的な手法として $\sin^2\psi$ 法があるが、今回は2次元検出器を用いた測定法の一つである $\cos\alpha$ 法を採用した。

キーワード：残留応力、 $\cos\alpha$ 法、鋼製橋脚隅角部、フィレット、SBHS500、溶接

連絡先：〒453-0804 愛知県名古屋市中村区黄金通7丁目28-1 名古屋高速道路公社（TEL）052-756-5966

4. 残留応力測定結果

残留応力の計測結果を図6, 7, 8に示す。縦軸に残留応力, 横軸は図4に示す測点0からの距離(単位:mm, 測点名)とした。

図6より, 図4に示すフランジとフィレットの擦り付け溶接部では, 引張残留応力が生じる傾向であった。測点0では369MPaと公称降伏応力の74%に達している。フィレット中央部(測点0からの距離145mm~255mm)では圧縮残留応力が生じ, 測点145の位置では-335MPaであった。測点45の板厚外側を除き, 各測点において外側・板厚中心・内側で応力傾向に顕著な差はなかった。

また, 右フィレット板厚中心で測定した応力値は省略するが, 左フィレットと同傾向であった。

図4に示す補修溶接箇所が生じる残留応力について, 図7に示す。フィレット擦り付け部及び熱影響部で引張残留応力が生じるのは補修溶接無し試験体と同傾向であった。補修溶接有り試験体では, 測点45・90・310・355の板厚外側・中心に引張残留応力を確認した。測点90の板厚外側においては435MPaと公称降伏応力の87%であった。板厚内側では測点90・310でそれぞれ-314MPa, -211MPaの圧縮残留応力が生じている。測点0における引張残留応力は外側より内側に向かって387MPa, 214MPa, 25MPaと減少していた。

測点45, 板厚外側の補修溶接箇所の引張残留応力が96MPaと低い, 図8に示す測定値の標準偏差は80MPaであり, 異常値の可能性を示唆していると考えられる。2mm内側の残留応力は212MPa(標準偏差37MPa)であった。

標準偏差が大きい箇所は, 概して熱影響部あるいは溶接金属部であると考えられる。補修溶接無しの場合では, 熱影響部における測定結果の標準偏差が26~38MPaであった。今回の測定法では等方正多結晶を前提としており, 熱影響部が粗大結晶粒であるために測定精度が低下する可能性があることが確認された。

5. まとめ

隅角部を模擬した試験体のフィレットに着目して残留応力を測定した。測定の結果, 溶接金属部や熱影響部ではばらつきが大きいものの, 熱影響部には降伏点に近い引張の残留応力が生じ, フィレット中央部には, 圧縮の残留応力が生じることが判明した。今後, ウェブとフランジの擦り付け溶接残留応力に及ぼす影響を明らかにするため, フィレットに生じる残留応力の発生メカニズムについて, 解析的検討を継続していく予定である。

参考文献

- 1) 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
- 2) (社)日本道路協会: 鋼道路橋設計便覧, p.565, 2020.9
- 3) (社)日本材料学会: $\cos \alpha$ 法によるX線応力測定標準—フェライト系鉄鋼編—, 2020.2

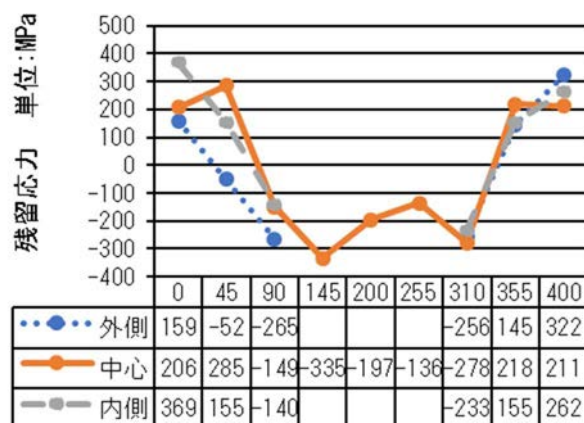


図6 残留応力 補修溶接無し 左フィレット

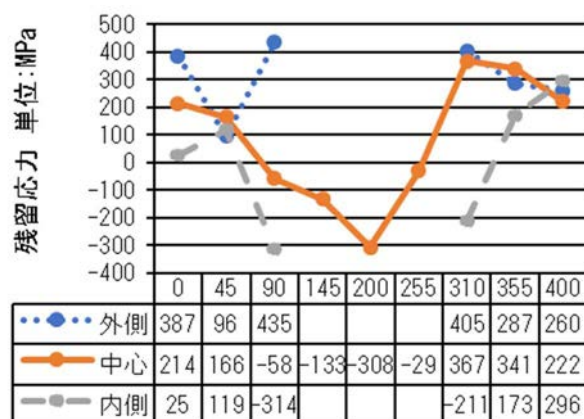


図7 残留応力 補修溶接有り 左フィレット

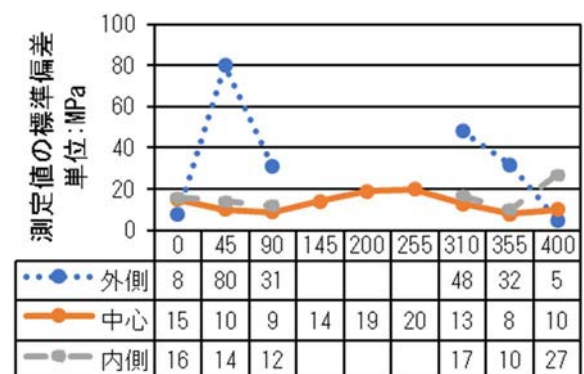


図8 測定値の標準偏差

補修溶接有り 左フィレット