

角柱橋脚隅角部の固有内在きずの発生状況と超音波垂直探傷結果について

首都高速道路技術センター 正会員 ○柳沼 安俊 首都高速道路公団 正会員 下里 哲弘
首都高速道路技術センター 正会員 町田 文孝 東京工業大学 フェロー 三木 千壽

1. はじめに

近年、首都高速道路の既設鋼製橋脚隅角部に疲労損傷が発見され、現在、補修・補強工事が鋭意進められている。詳細調査によれば、これらの損傷原因は、隅角コーナー部に内在する空洞状のきず（以下 Δ ゾーン）が主因であることが判明された¹⁾。 Δ ゾーンの発生部位や特徴は隅角部の板組に依存し、コーナー部に集成する部材で溶接の連続性が分断されることによって生じる（図-1）。本稿では、角柱橋脚隅角部の代表的な3つの板組（WW：柱梁ともウェブ勝ち、WF：柱のみウェブ勝ち、FF：柱梁ともフランジ勝ち）に対して小型の試験体を製作し、断面マクロにより Δ ゾーンの発生状況を確認したので、その概要について報告する。また、WWの板組についてウェブの外面から超音波垂直探傷試験を行うことにより、かど溶接および Δ ゾーンの未溶着部を非破壊的に確認したので、その検査結果について報告する。

2. 板組別小型試験体における Δ ゾーンの断面マクロ

角型鋼製橋脚隅角部を模した小型試験体（ $t=25\text{mm}$ ）を板組別に3体製作した。供用年数が30年以上経過した既設橋脚隅角部の溶接継手は、完全溶込み溶接の指示が明確ではなく、部分溶込み溶接で施工されているものが多い。したがって、当時の溶接状態を再現することを目的として、試験体は、被覆アーク溶接を用いた部分溶込み溶接（開先形状 十字継手： 45° K型開先，開先深さ8mm，かど継手： 45° レ型開先，開先深さ8mm）で施工した。

溶接完了後、隅角部の3溶接線交差部をウェブ外面から内面に向かって1.0～5.0mmピッチで切削し、 Δ ゾーンの発生状況をマクロ試験により観察した。代表的な断面マクロを写真-1に示す。各試験体の隅角コーナー部に内在するきずの特徴は以下のとおりである。

(1)板組WWでは、梁フランジの板こば、柱フランジかど溶接の開先面およびウェブ内面に囲まれた空間が Δ ゾーンとして内在する。写真-1(a)はウェブを完全に切削した状態を示すが、 Δ ゾーンには、溶接の始末端が集中するため複雑な溶着金属が形成される。

(2)板組WFでは、①梁フランジの開先面とウェブの板こばに囲まれる

空間、および②梁フランジの板こば、柱フランジの板こば、柱フランジかど溶接の開先面およびウェブ内面に囲まれた空間の2箇所に Δ ゾーンが形成される。また、ウェブの板こばと梁フランジの板こ

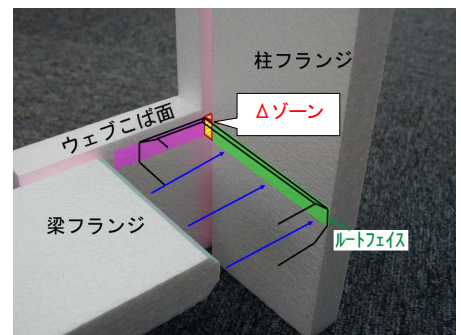
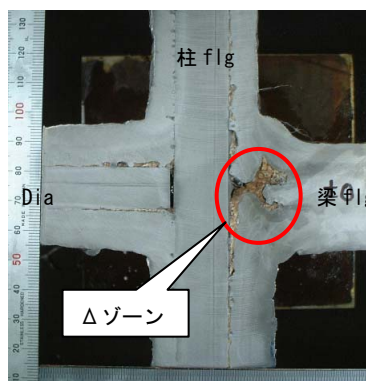
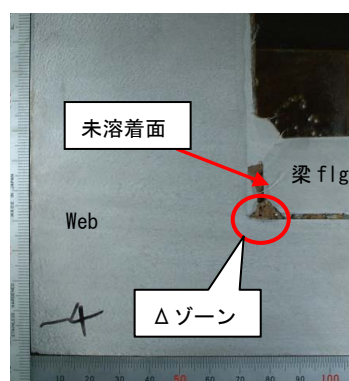


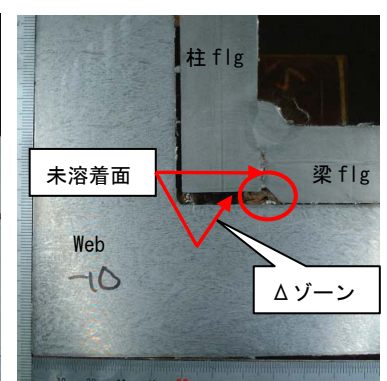
図-1 角柱橋脚隅角部の固有内在きず



(a) WW試験体



(b) WF試験体



(c) FF試験体

写真-1 角型鋼製橋脚隅角コーナー部の板組別断面マクロ

キーワード 隅角部，板組，内在きず，超音波探傷試験

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-10-11 虎ノ門 PF ビル (財)首都高速道路技術センター TEL:03-3578-5757

ばの合わせ面には、未溶着面が内在する。写真-1(b)は、ウェブの板厚を 4mm 残して切削した際のマクロ写真である。①の Δ ゾーンと板こば同士の未溶着面が確認できる。②の Δ ゾーンはこのさらに奥に存在する。

(3)板組F Fでは、梁フランジの開先面とウェブの板こばおよび柱フランジ外面に囲まれる空間に Δ ゾーンが内在する。未溶着面は、①梁フランジの切り欠き部とウェブの板こばの合わせ面、および②柱フランジ外面と梁フランジの板こばの合わせ面の2箇所内在する。写真-1(c)は、ウェブの板厚を 10mm 残して切削した際のマクロ写真であり、1つの Δ ゾーンと2つの未溶着面が確認できる。

3. 板組WWの超音波垂直探傷試験結果

板組WFおよび板組F Fについては、それぞれ梁フランジおよび柱梁フランジの板こばが外面に露出している。したがって、外面からのマクロ試験で溶接状態を観察することにより、溶接パス数や溶接長あるいはクレーターの存在など、当時の製作にかかわる情報を比較的多く得ることができる。これらの情報から、 Δ ゾーンの状態についてもある程度推定することが可能である。

一方、板組WWについては、柱梁フランジの板こばがウェブ内面に隠れてしまうため、 Δ ゾーンを中心とした隅角コーナー部の溶接状態を把握することは難しい。そこで、本州四国連絡橋トラス弦材のかど溶接の溶込み量の確認手法として用いられた集束型垂直探触子を用いた自動探傷装置を準用し、 Δ ゾーンを含めた柱梁かど溶接部の探傷を行った。

図-2 は、柱梁かど溶接および Δ ゾーンの溶込み状態の異なる板組WWの試験体に対して隅角コーナー部をウェブ外面から探傷し、エコーの反射強度に準じて色調表示したものである。使用した集束型探触子は、試験周波数：4.7MHz、振動子径：10 ϕ 、集束範囲：8～35mm であり、探傷ピッチは縦・横方向ともに 1mm である。探傷画像としての着目領域は、ウェブの内面から ± 3 mm の範囲である。赤い着色部は着目領域からの反射強度が高い部位、つまり、ウェブの底面エコーが明瞭に現われる領域であり、未溶着の存在を示すものである。青い着色部は、超音波が通過しエコーが戻らない溶接範囲を示す。図-2(a)は、柱梁のかど溶接を部分溶込み溶接で施工した試験体の探傷結果であり、かど溶接部の未溶着部と Δ ゾーンを連続した十字形状の未溶着面が形成されていることがわかる。図-2(b)は、コーナー部はガウジングを行わず意図的に未溶着面を残した試験体の探傷結果である。施工条件と同様にコーナー部に大きな未溶着面が表現されている。図-2(c)は、かど溶接およびコーナー部ともに完全溶込み溶接で施工した試験体の探傷結果である。かど溶接部は全て青色で着色されており、未溶着面がないことを示している。ただし、コーナー部においては、黄色の着色部が数箇所表示されており、きずが内在していることを示している。

4. まとめ

溶接状態の詳細調査は、損傷の原因推定および今後の補強対策を立案する上で不可欠である。本稿では、角柱橋脚隅角部を模した板組の異なる3つの小型試験体を切削し、各断面についてマクロ試験を行うことによって、隅角コーナー部に内在するきず（ Δ ゾーン、未溶着面）の発生状況を明らかにした。さらにWWの板組を有する隅角部については、ウェブ外面からの垂直探傷により Δ ゾーンを含めた3溶接線交差部の溶接状態を比較的高い精度で観察できることを明らかにした。

参考文献

1)三木他：鋼製箱形断面ラーメン橋脚隅角部の疲労特性，土木学会論文集，No.710/I-60，361-371，2002.7

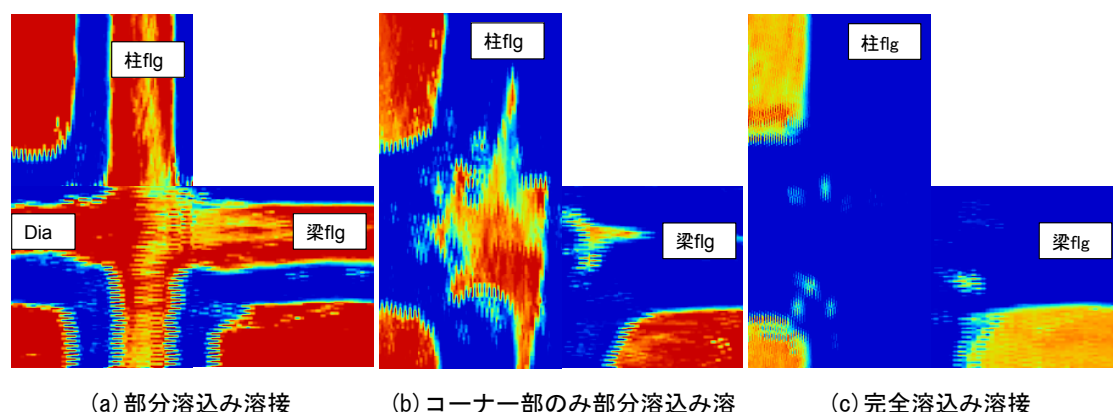


図-2 隅角コーナー部（板組WW）におけるウェブ外面からの垂直探傷結果