鋼製橋脚隅角部の残留応力試験

首都高速道路株式会社　正員　山本　泰幹
（社）日本橋梁建設協会　正員　○土生　修二，　大前　暢
綿谷　剛，藤平　正一郎

１．はじめに

鋼製橋脚隅角部の疲労亀裂の発生には溶接時の残留応力の影響が関係すると考えられているが [1)]，溶接線が交差する厚板隅角部の継手等に関する残留応力試験のデータは報告されていない．本文では，鋼製橋脚隅角部を対象にした残留応力の計測結果に関する基礎的データについて報告する．

２．実験方法

本実験で用いた供試材料は，SM490YB 材（降伏点；420MPa，引張強さ；540MPa），板厚 40mm とした．試験体形状および溶接手順を図 1 に示す．試験体は WW 板組みを想定し，840mm 角のウェブに対して，柱フランジが貫通し，ダイヤフラムと梁下フランジから構成される十字継手部を有する模擬試験体を作成した．半自動炭酸ガスアークの溶接条件は，電流 300～320A，速度 15～35cm／min として，完全溶込み溶接（表側 7 パス仕上げ，裏はつり側 5 パス仕上げ）で行った．溶接手順については，Ⅰ～Ⅳで柱とウェブとの溶接を先行して行い，次にⅤおよびⅥでダイヤフラムおよび梁下フランジのコーナー部を含む表側溶接を行った．最後にⅦ（ダイヤフラム側）およびⅧ（梁下フランジ側）で裏面溶接を行った．溶接ワイヤは，市販の JISZ3312，YGW11（490MPa 級）を使用した．図 2 に試験体外観および十字継手溶接部のマクロ断面例を示す．

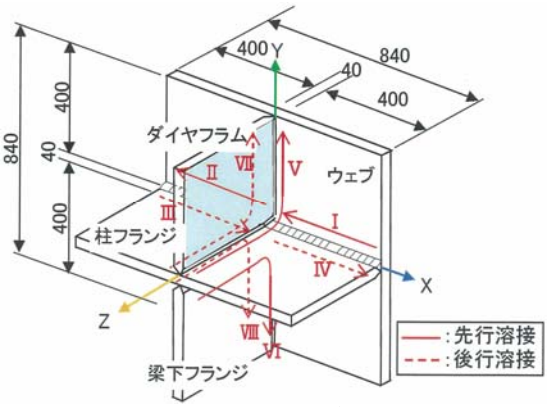

図 1　試験体形状および溶接手順

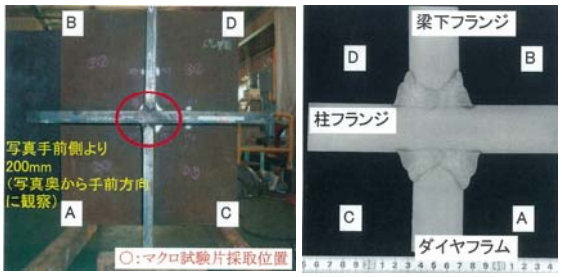

図 2　試験体外観および
十字継手溶接部のマクロ断面

残留応力の測定は，応力解放による歪ゲージ法で行い，応力開放時の試験片最小切断寸法は，L10mm×W10mm×t3mm とした．図 3 に残留応力の測定位置を示すが，各測定点は，溶接止端部（以後，FL と呼ぶ）より 5mm の位置とした．一部，FL からの距離に対する残留応力の分布を測定するため，FL より 5.0, 17.5, および 30.0mm の位置での測定も行った．歪ゲージは 3 軸ゲージ（ゲージ長；1mm，ベース寸法；5mmφ）とし，測定は静歪計（TC-31K，東京測器製）を用いて行った．歪ゲージによる試験体の測定点数は，距離分布の測定も含めて，計 42 点とした．

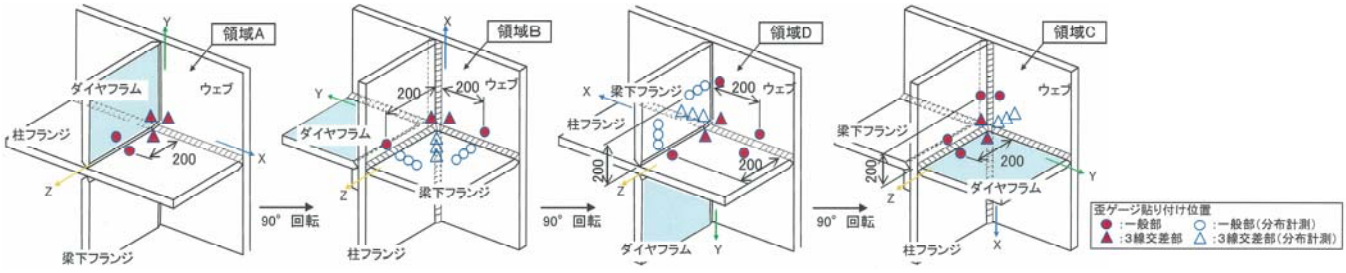

図 3　残留応力測定位置

キーワード　鋼製橋脚隅角部，疲労亀裂，残留応力，溶接手順，3 線交差部

連絡先：〒104-0061 東京都中央区銀座 2 丁目 2 番 18 号，（社）日本橋梁建設協会，TEL；03-3561-5225，FAX；03-3161-5235

３．残留応力の計測結果および考案

図４はＴ継手部（ウェブ面－柱フランジ又は梁下フランジ面）の残留応力値（以後,σ_R値と呼ぶ）について，溶接手順に対して整理した結果の１例である．溶接線に直角方向のσ_R値（疲労亀裂の発生方向に関係する）を比較したものである．溶接手順ⅡおよびⅢはそれぞれ柱とウェブの表裏溶接に，手順ⅥおよびⅧはウェブと梁下フランジの表裏溶接に相当する．一般のＴ継手部では，各測定部位ともに溶接手順が後になる程，σ_R値が高くなる傾向が見られた．この例におけるσ_Rの最大値は，約 320MPa に相当した．他の十字継手部および 3 線交差部のσ_R値の測定でも，これらと同様な傾向が見られた．先溶接による変形に対する拘束の程度が，溶接手順が後になる程大きくなったことに起因したものと考えられる．

図 5 は，3 線交差部における最大主応力[2]のσ_R値を，FL からの距離で整理したものである．そのσ_R値は，供試材の降伏点レベルに近い高い値（420MPa 強）が確認された．他の一般部のＴおよび十字継手の場合では，σ_R値が FL からの距離に対して直線的に低下する傾向が見られた．3 線交差部ではこの傾向が顕著でなく，特に手順Ⅷのコーナー部ではσ_R値の低下が見られなかった．溶接線の重畳により，交差部での変形拘束が大となり，距離変化に対する依存性が少なくなったものと考えられる．なお，3 線交差部のσ_R値は降伏点レベルに達していたが，Ｔおよび十字継手の一部においても 400MPa 程度（FL より 5mm の位置）の高いσ_R値を示すことがあった．図 6 は，最大主応力σ_R値の分布を示したものである．最終の溶接手順（ⅦおよびⅧ）となる部位では，高い残留応力が発生していることがわかった．

４．まとめ

鋼製橋脚隅角部を対象とした模擬試験体を作成し，残留応力（σ_R値）の測定を行ったが，一般に溶接手順が遅い程，σ_R値が大となる傾向を示した．3 線交差部の残留応力は溶接止端部からの距離に対して低下が顕著でなく，大きな変形拘束の影響が見られた．σ_Rの最大値は，一般部および 3 線交差部共に供試材の降伏点（420MPa）レベルに相当する高い値を示した．

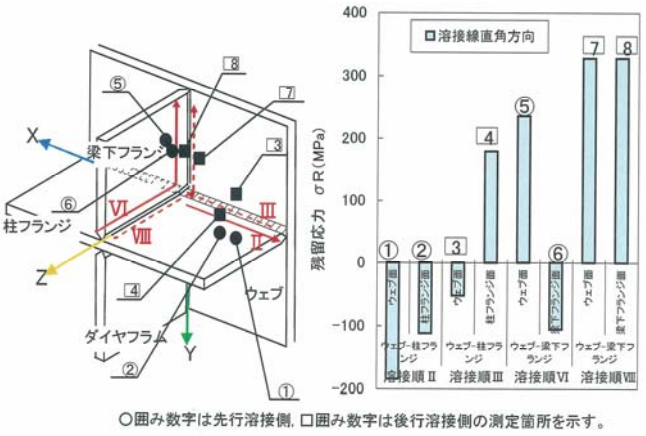

図４　Ｔ継手における溶接手順による残留応力測定結果（溶接線直角方向）

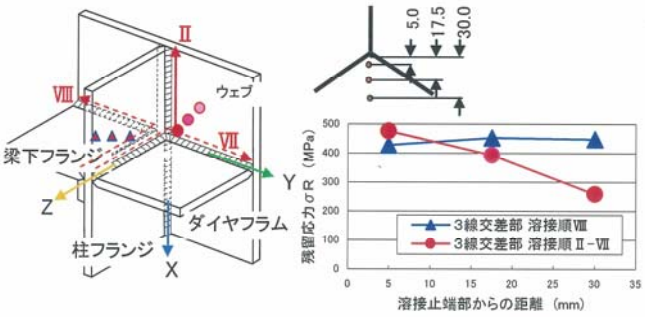

図５　3 線交差部における残留応力値と溶接部からの距離依存性

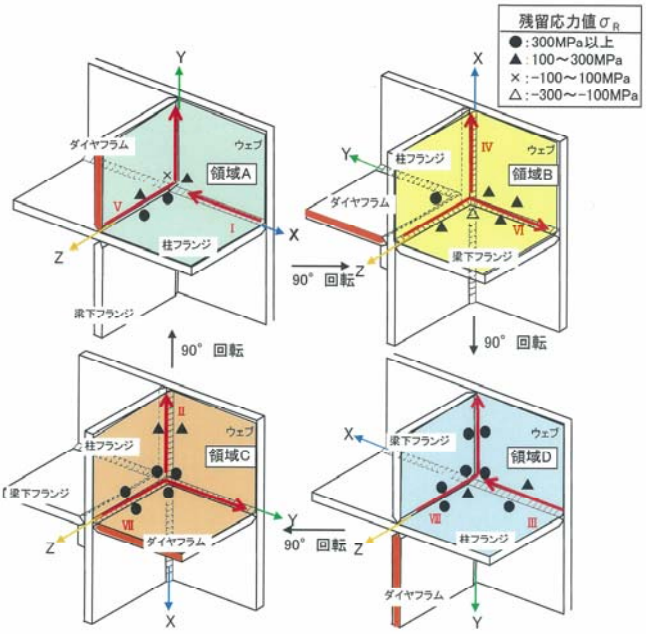

図６　各領域における最大主応力分布

参考文献

１）佐藤邦彦編，溶接強度ハンドブック，理工学社，1988.4
２）渡辺正紀，佐藤邦彦，“溶接力学とその応用”，（株）朝倉書店，昭和 42 年