

主応力方向が変化する主桁・横桁交差部の疲労き裂進展性状

東京鐵骨橋梁 正会員 ○平山繁幸
東京鐵骨橋梁 七戸信行
法政大学 正会員 森 猛

1. はじめに：横桁フランジが取り付けられた主桁ウェブ溶接部では，直上を車両が通過するとせん断応力が反転するため，車両が通過するたびに主応力の方向が変化する．このような状況下では，疲労き裂が主応力方向と直交して進展するとすれば，き裂はジグザグに進展すると予想される．しかし，主応力の方向が変化する応力場での疲労き裂の発生・進展性状は明らかとなっていない．著者らは小型試験体を用いた疲労試験により面外ガセット溶接継手の疲労強度に対する主応力方向の変化の影響について検討を行い，主応力方向の変化の影響は主応力範囲 $\Delta \sigma_p$ （最大主応力とその方向の最小応力の差）で整理できることを示した¹⁾．

本稿では，面外ガセットを取り付けた桁試験体の疲労試験と FEM 解析により主応力方向の変化が疲労き裂の進展性状に及ぼす影響について検討した結果を報告する．

2. 試験体：疲労試験には支間長 6.5m，

ウェブ高 400mm の桁試験体を用いた（図-1）．ウェブには両面に 7 個のガセットを取り付けており，W 側から WG1 ～WG7 と呼ぶ．供試鋼材は，板厚 9mm の SM490YA（ウェブ材）と板厚 12mm の SM490YB（フランジ材）である．試験体はできる限り主応力方向の変化幅が大きくなるように設計した．

3. FEM解析：ガセットを取り付けた場合の主応力の方向は，単純な梁理論から計算される主応力方向と異なることも考えられるため，ガセットの有無の影響について桁試験体を対象とした 3 次元弾性 FEM 解析により検討した．

解析モデルには，着目部である面外ガセット溶接部とその周辺をソリッド要素，その他をシェル要素で作成するハイブリッドモデルを使用した．溶接部は，形状の測定結果を基に，母板側の脚長を 14mm，止端半径を 0.75mm，開き角を 130 度，付加板側の脚長を 8mm，開き角を 130 度でモデル化した．溶接止端近傍の要素寸法は 0.2mm である．解析モデルの要素分割図を図-2 に示す．

図-3 は，WG5 の W 側のまわし溶接部に着目し，ガセット有の場合とない場合の最大主応力を比較したものである．主応力の大きさ（矢印の長さ）は応力集中源であるガセットのある場合の方が大きいものの，方向に顕著な差は認められない．

4. 疲労試験：試験体の設置状況を図-4 に示す．疲労試験開始前に，アクチュエータ W あるいはアクチュエータ E 載荷時に，まわし溶接部中央の主応

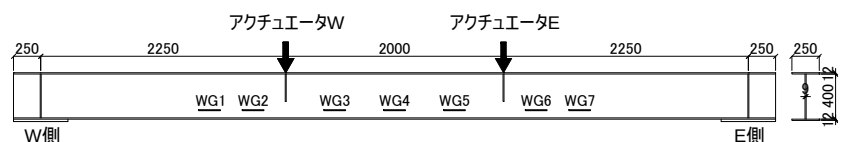


図-1 試験体形状

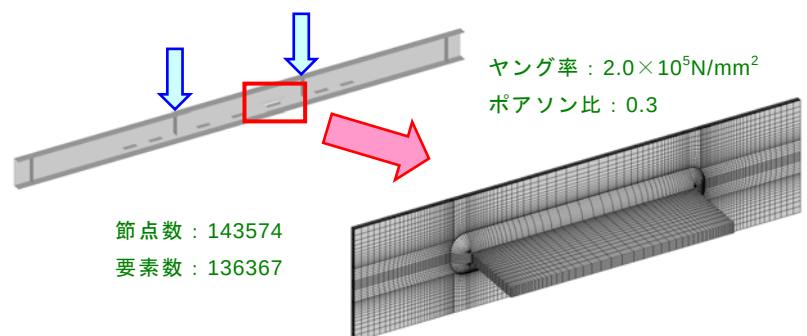


図-2 要素分割図

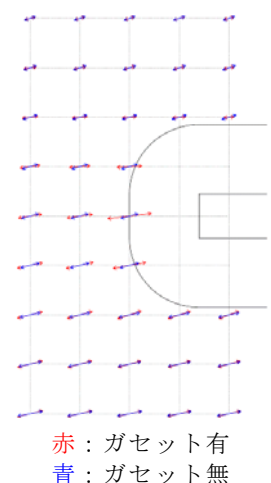


図-3 主応力方向の変化

キーワード：主桁・横桁交差部，主応力方向，疲労き裂

連絡先：〒108-0023 東京都港区芝浦 4-18-32 TEL：03-3451-1144 FAX：03-5232-3335

力方向の大きさと方向を計測した．計測には3軸のひずみゲージ（ゲージ長 3mm）を使用し，まわし溶接止端から 5mm 離れた位置に貼り付けた．図-5(a)は主応力方向が変化しない WG1，図-5(b)は主応力方向が変化する WG4 での主応力図を示している．WG1 では主応力の大きさは異なるものの，主応力方向は一致している．一方，WG4 の W 側では，アクチュエータ W 载荷時に試験体長手方向に対して-6.9 度，アクチュエータ E 载荷時に 8.8 度傾いており，主応力方向の変動幅は 15.7 度である．

疲労試験では下限荷重 0kN，上限荷重 220kN の正弦波をアクチュエータ W とアクチュエータ E で交互に载荷した（図-6）．2つのアクチュエータの载荷を4秒で1サイクルとしているため，それぞれのアクチュエータの繰返し速度は 0.5Hz となる．荷重は，支間中央のガセット（WG4）において，公称応力範囲が 90N/mm^2 程度となるように設定した．試験は，WG3～WG5 の全てのまわし溶接部においてガセットからき裂先端までの長さが 50mm に達するまで行った．

疲労き裂の観察結果を図-7 および図-8 に示す．これらの写真は磁粉探傷試験を行った際の状況を示している．図-7 は主応力方向が変化する箇所，図-8 は主応力方向が変化しない箇所の疲労き裂である．いずれの場合にも，疲労き裂はガセットのまわし溶接部止端から発生している．図中の点線は，主応力直角方向に進展する場合のき裂進展予想方向を示している．なお，白の点線は主応力が大きい方の载荷持の予想進展方向，赤の点線は主応力が小さい方の载荷持の予想進展方向を示している．主応力方向が変化しない箇所では，疲労き裂は主応力方向と直交して進展している．しかし，主応力方向が変化する箇所では，疲労き裂はジグザグに進展しており，またその方向も主応力方向と直角ではない．

5. まとめ：本稿で得られた結果をまとめると以下の通りとなる．1) 主応力方向が変化しない応力場では，疲労き裂は主応力と直交する方向に進展する．2) 主応力方向が変化する場合，疲労き裂はジグザグに進展し，その方向は主応力直角方向と一致しない．主応力方向が変化する応力場での疲労き裂の進展性状については，詳細な観察，解析等による更なる検討が必要である．

参考文献：1)平山ら：主応力方向が変化するウェブガセット溶接継手部の疲労強度評価，構造工学論文集，Vol.51A，2005．

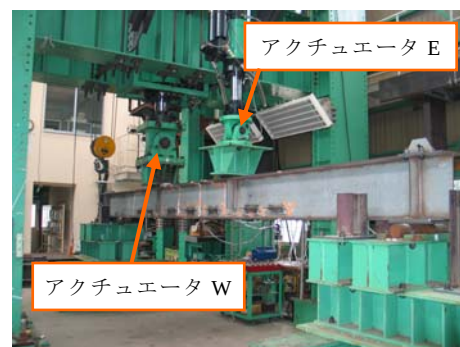


図-4 試験状況

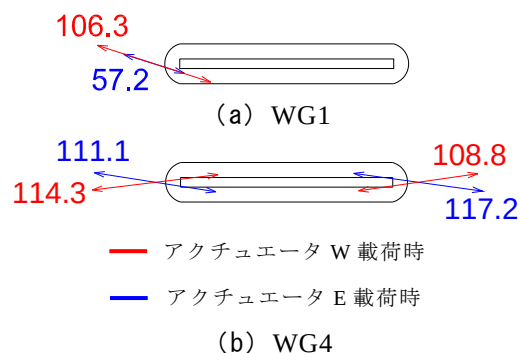


図-5 静的载荷時の主応力図

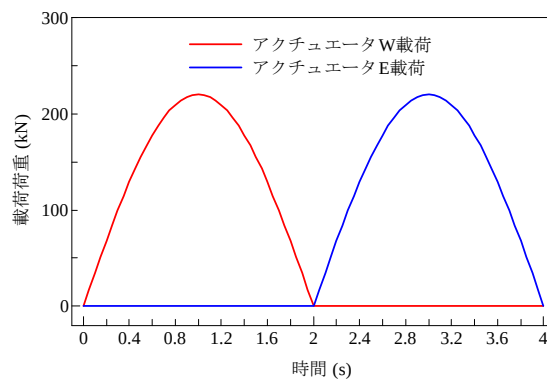


図-6 荷重入力波形

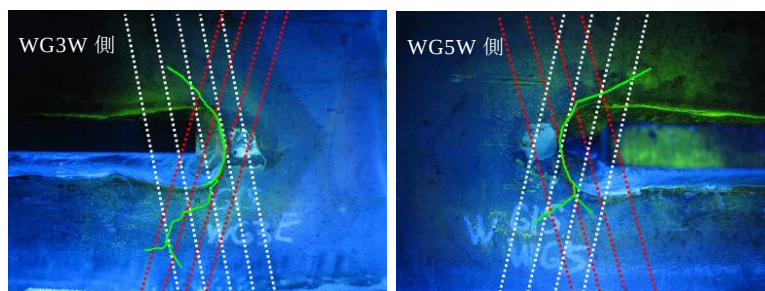


図-7 き裂進展性状（主応力方向変化部）



図-8 き裂進展性状（主応力方向一定部）