

コーナープレート端部切欠き部の疲労耐久性とピーニングによる延命効果

名古屋大学 正会員 ○清水 優, フェロー会員 舘石 和雄, 正会員 判治 剛
阪神高速道路(株) 正会員 藤林美早, 阪神高速技術(株) 岡本亮二
内外構造(株) 正会員 西芝 貴光

1. はじめに

鋼箱桁橋のウェブとフランジの交差部では、組立時の形状保持等の目的でコーナープレートが設置されることがある。コーナープレートは腹板、フランジ、横リブに対して片面のみから溶接されるため、未溶着部が疲労き裂の起点となる可能性がある。既往の文献¹⁾では、コーナープレートと横リブの溶接部において数多くの疲労き裂が発見されており、その予防的措置として図-1に示すように同溶接部を切断しコーナープレート端部を切欠く対策が取られている。しかし、コーナープレート端部に露出した未溶着部を起点に新たなき裂が発生している。本研究では、未溶着部が露出した縦方向溶接継手の疲労強度評価とピーニングによる延命効果の検討を行った。

2. 試験体

本研究では図-2に示すようなコーナープレートとフランジの溶接部を模した試験体を用いた。試験体の寸法は文献¹⁾で示される実橋の寸法をもとに決定した。付加板端部にはガス切断およびディスクグラインダーにより切欠きを設けた。試験体の種類を表-1に示す。付加板端部の角度の影響を検討するため、端部の角度が60°および20°となる試験体を製作した。また、付加板端部の角度が20°の試験体を用いてピーニング処理効果の検討を行った。ピーニングにはICR²⁾処理の機器を用い、処理方法は次に示す3ケースとした。D20-P1では、図-3(a)に示すように、未溶着部近傍を1方向に横断するように数パス打撃したのち、付加板端部を回すように打撃した。D20-P2では、図-3(b)に示すように、未溶着部からコバ面に沿って20mm程度打撃したのち、D20-P1と同様の打撃を行った。D20-P3では実際の施工環境を想定し、試験体の周囲に腹板や横リブを模した邪魔板を配置した状態でピーニングを施工した。

3. 試験方法

板曲げ振動疲労試験機を用いて繰返し曲げ荷重下で疲労試験を行った。試験体には図-2に示す位置にひずみゲージを貼付し、溶接止端から12mm、87mm離れた位置の応力範囲から

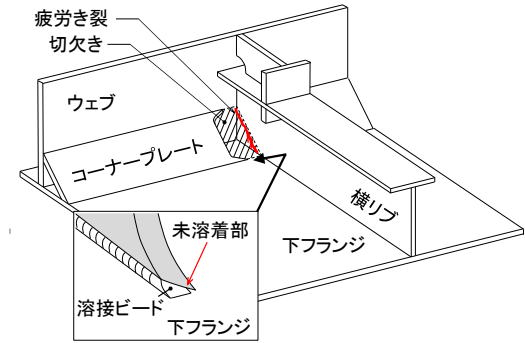


図-1 コーナープレート端部の切欠き

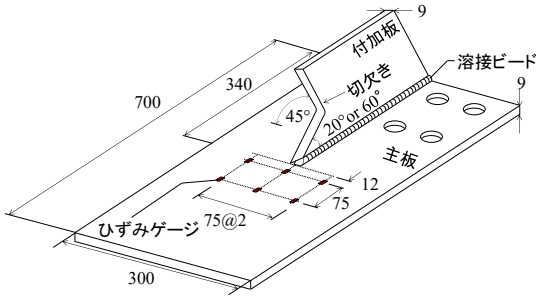
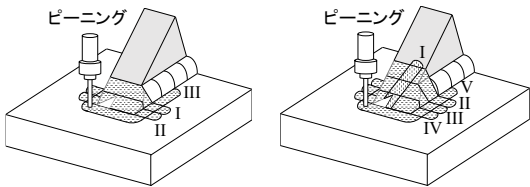


図-2 試験体 (単位 : mm)

表-1 試験体の種類

試験体	端部の角度 [°]	ピーニング	試験体数
D60	60	無し	3
D20	30	無し	3
D20-P1	20	処理方法 1	1
D20-P2	20	処理方法 2	2
D20-P3	20	邪魔板を配置して施工	4



(a) 処理方法 1 (b) 処理方法 2

図-3 ピーニングの方法

キーワード コーナープレート, 切欠き, 疲労, き裂, ピーニング, ICR

連絡先 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町

名古屋大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL 052-789-4514

止端位置に直線外挿した値を公称応力範囲とした。公称応力範囲は $50 \sim 120 \text{ N/mm}^2$ の範囲で変化させた。全ての試験体で応力比は 0 とした。

4. 試験結果

D20 のき裂発生状況を図-4 に示す。き裂は未溶着部から発生し、付加板の端面に沿って上部に数ミリ程度進展したのち、曲げ応力とほぼ直交する方向に進展して破断に至った。これは全ての試験体で同様であった。き裂が付加板端面から離れ、母材へと進展し始めるときの繰返し回数と応力範囲の関係を図-5 に示す。D60 と D20 の試験結果はいずれも JSSC-H 等級³⁾を下限にプロットされており、本試験方法では付加板端部の角度が疲労強度に及ぼす影響は小さかった。ピーニングを行った試験体では、ある程度のばらつきはあるが、概ね 1 等級以上の向上効果が見られた。また、D20-P2 と D20-P3 ではそれぞれ 102 N/mm^2 , 59 N/mm^2 の公称応力範囲で 1,000 万回载荷してもき裂が発生せず疲労限の向上が見られた。実橋計測¹⁾では下フランジに生じる最大応力と最小応力の差が 50 N/mm^2 程度であり、ピーニングを実施した試験体の疲労限はそれよりも高かった。

5. 有限要素解析

有限要素解析により、実橋と試験体のコーナープレート未溶着部周辺の応力集中係数を比較した。解析モデルを図-6 に示す。

実橋の解析モデルの寸法は文献 1) をもとにウェブ高の下半分のみをモデル化し、端部に一様な引張応力を負荷した。試験体の解析モデルは疲労試験と同じ境界条件および载荷方法とした。着目するコーナープレート端面の未溶着部付近は約 0.25 mm で要素分割した。コーナープレート端面の未溶着部に沿った方向の応力集中係数を図-7 に示す。応力集中係数は最大主応力を公称応力で除した値である。実橋モデルと試験体モデルの応力集中係数の分布はほぼ一致しており、本実験結果を用いて実橋の疲労強度を評価できるといえる。

6. まとめ

コーナープレート端部切欠き部を模した試験体の疲労強度等級は JSSC-H 等級程度であった。ピーニングを行うことで疲労強度等級が 1 等級以上向上し、疲労限は 59 N/mm^2 以上となった。

参考文献

1) 藤林ら, 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会講演概要集, VI-710, 2020. 2) 山田ら, 土木学会論文集 A, Vol.65, No.4, PP961-965, 2009. 3) 日本鋼構造協会, 鋼構造物の疲労設計指針・同解説, 2012.

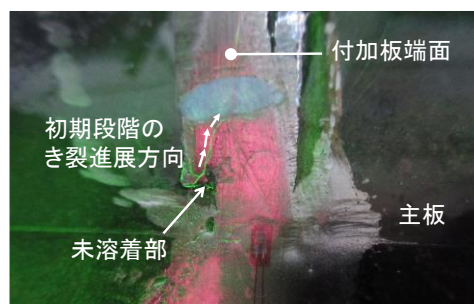


図-4 き裂の進展経路 (D20)

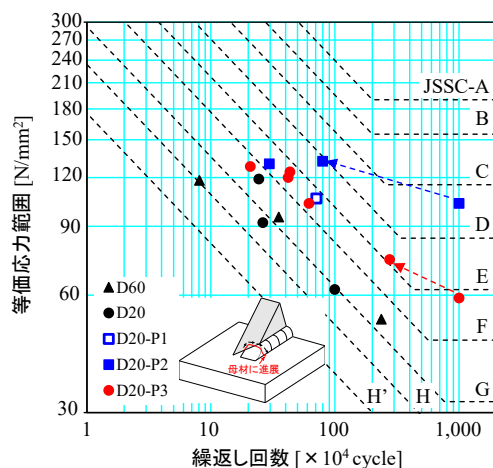


図-5 SN線図

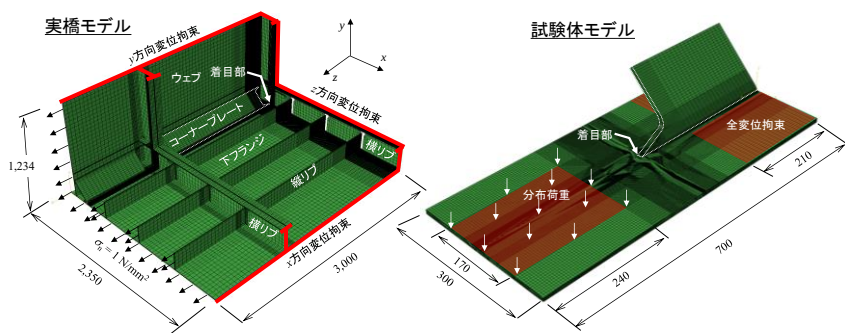


図-6 解析モデル (単位: mm)

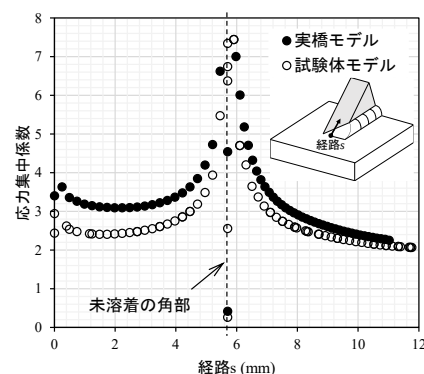


図-7 応力集中係数の比較