

第 I 部門

鋼桁端切欠部の疲労損傷に対するより効果的な補強方法の提案

関西大学 学生員 ○松本 健太郎 学生員 高橋 宏和 正会員 坂野 昌弘
京橋工業 正会員 並木 宏徳

1. はじめに

桁端切欠部の疲労損傷事例は多数報告されており、それらに対してはリブ付補強板による当板補強¹⁾が行われている。しかしながら、実橋では、様々な制約条件により十分な補強板の寸法が確保できなかったり、あるいは補強板とウェブとの間で、十分な摩擦接合が期待できないおそれもあることから、必ずしも従来の補強方法が万全なものとは言い切れず、また実際に補強後に亀裂が再進展した事例も報告されている²⁾。

本研究では、桁端切欠部に対して、従来の補強方法に比べて小型の補強板を用いた当板補強、さらに溶接部に生じた疲労亀裂がウェブへの進展防止を狙って切欠部周辺に圧縮応力を導入する鋼板プレストレス補強を適用し、ここでは、無補強試験体の疲労試験と補強効果を検証するために実施した桁端切欠部の静的載荷実験について報告する。

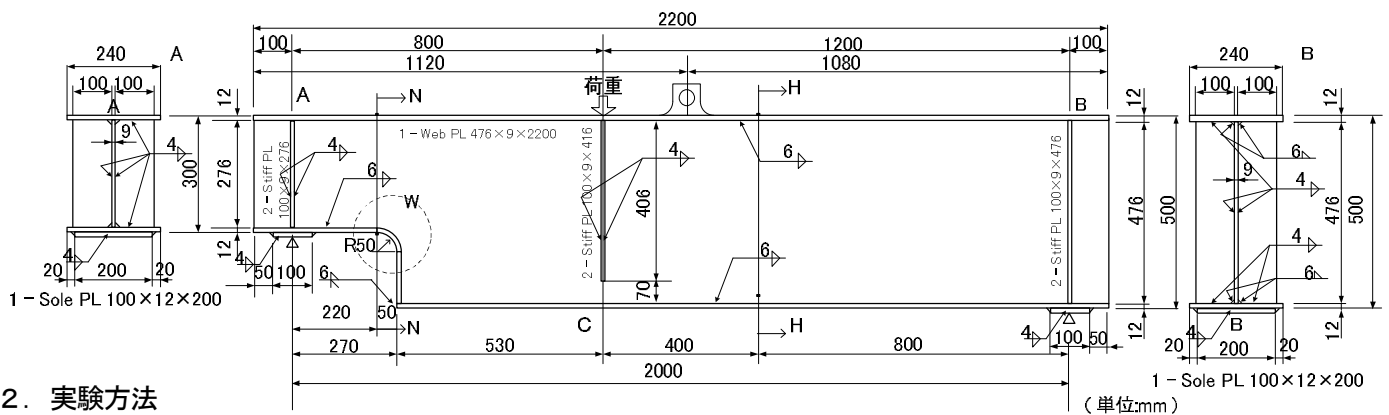


図-1 試験体の形状と寸法

2. 実験方法

2. 1 試験体

既報³⁾では、破壊モードが実橋と異なったため、試験体を再製作した。図-1に、桁端切欠試験体の形状と寸法を示す。試験体は、実橋の桁端切欠部の切欠残存比や曲げせん断応力比を同比率とし、応力分布を忠実に再現し、スパン 2m、桁高は大断面が 50cm、小断面 30cm、半径 50mm の切欠部としている。鋼材は SM400 を用いた。載荷方法は、切欠部に十分なせん断力と曲げモーメントが働くように、両端支持でスパン 2/5 点一点載荷とし、荷重範囲を載荷点直下の下フランジが静的許容応力範囲内に入るように $P_{max}=300kN$ とした。

2. 2 補強方法

写真-1に示すように、補強板は試験体の切欠部に高力ボルトによって取付ける。補強板として90×90×700の山形鋼を用い、ウェブの両側からはさみ込んで、切欠部の支点側の小断面の下フランジと載荷点側の大断面のウェブに固定する。当板補強効果としては、小断面下フランジ応力を大断面ウェブに伝達することによる切欠き部の応力集中の低減であり、それによって疲労寿命向上が期待される。

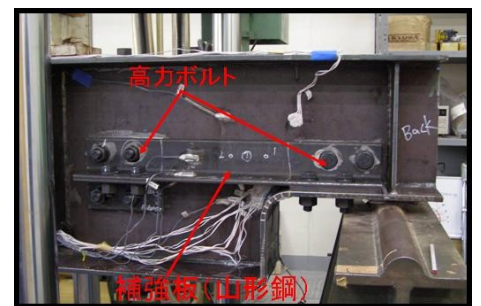


写真-1 桁端切欠部補強

鋼板プレストレス補強は、補強板の加熱冷却によって切欠部に圧縮のプレストレスを導入するものであり、補強板による応力集中低減効果に加えて、さらに溶接部に亀裂が生じた場合でも圧縮プレストレスによりウェブへの進展を防止する効果を期待できる。

3. 実験結果

3. 1 無補強試験体

図-2に亀裂進展状況と最大荷重時と繰返荷重時の切欠部の主応力分布を示す。繰返し回数 70 万回で切欠部コーナ部のウェブとフランジ間のすみ肉溶接にトウ亀裂を発見した。その後、溶接部から発生した疲労亀裂は、ウェブに進展後、

鉛直方向に急速に進展し、100 万回でウェブを破断させた。切欠コーナ部中央では、ほぼ水平方向に 130MPa 程度の最大主応力が生じている。また、切欠コーナ付近の主応力のほとんどが引張り応力となっている。ウェブ内の亀裂の進展方向は、最大主応力方向とほぼ直交している。

図-3 に、応力範囲と疲労寿命の関係を示す。無補強状態では、トウ破壊（●印）ルート破壊（▲印）ともに、破壊寿命に対してはE等級を満足している。

3. 2 補強効果

(1) 当板補強後の主応力分布

図-4 に、繰返荷重時の当板補強試験体の切欠部の主応力分布を示す。図-2 の無補強試験体に比べ、最大主応力は全体的に 70～80%程度低減し、切欠コーナ中央部の最大主応力範囲は、約 90MPa (70%)に低減されている。応力範囲が減った分だけ $(1/0.7)^3 = 3$ 倍程度の疲労寿命延長効果が期待できる。

(2) 鋼板プレストレス補強後の主応力分布

図-5 に、最大荷重時の鋼板プレストレス補強試験体の切欠部の主応力分布を示す。鋼板プレストレス補強時は、導入された圧縮プレストレスによって、ウェブへの疲労亀裂進展への原因となっていた水平方向の最大主応力が圧縮となっている。これによって、溶接部から発生した疲労亀裂が、ウェブに進展し、鉛直方向に進展することを防止できると期待される。

4. まとめ

鋼板プレストレス補強により、切欠部の応力集中を低減でき、さらに、切欠部のウェブに圧縮プレストレスを導入できることが確認された。

【参考文献】

- 1) 日本道路協会：鋼橋の疲労, 1997.
- 2) 石丸他：鋼橋の橋脚隅角部・桁端切欠き部・支承受台部の疲労損傷に対する大規模対策, 土木学会第 58 回年次学術講演会, I-545, 2003
- 3) 松本他：桁端切欠部の疲労損傷に対するポストテンション補強, 土木学会第 59 回年次学術講演会, I-535, 2004.

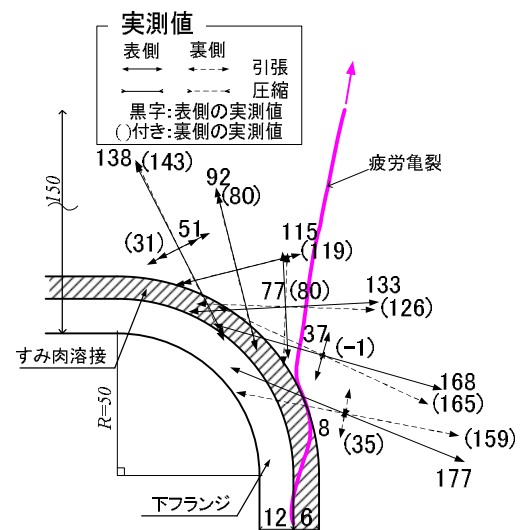


図-2 無補強時の主応力範囲 ($\angle P=280\text{kN}$)

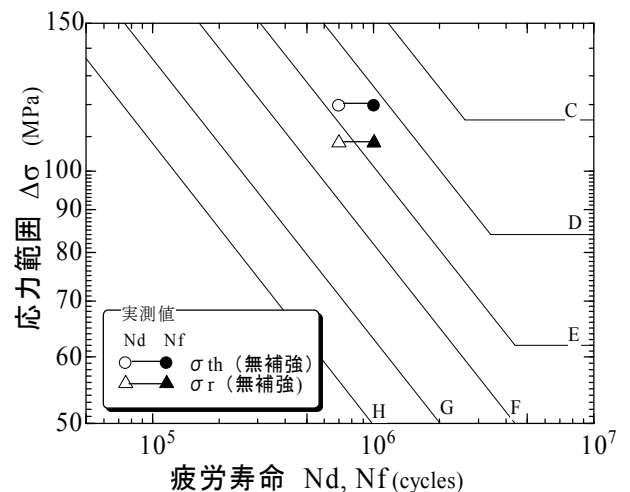


図-3 疲労寿命

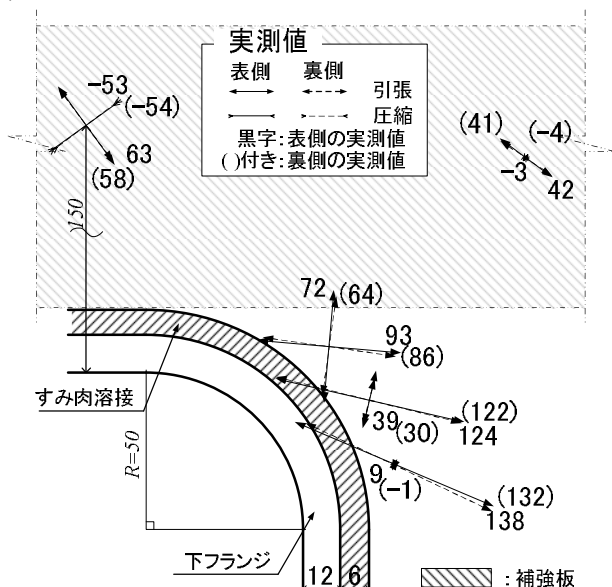


図-4 当板補強時の主応力分布図 ($\angle P=280\text{kN}$)

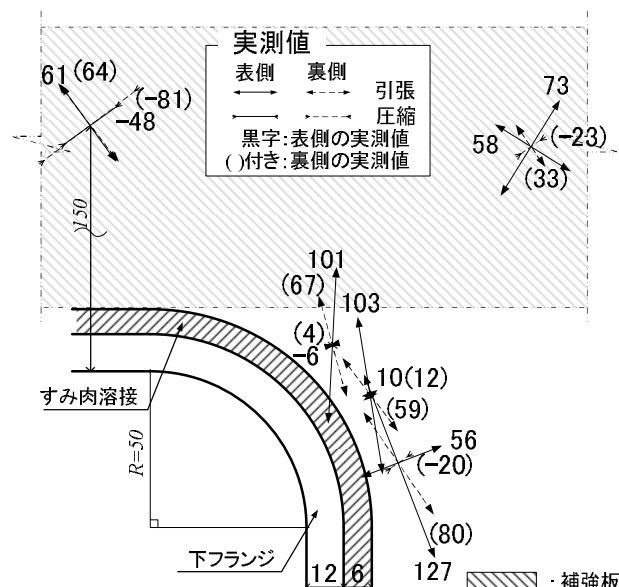


図-5 鋼板プレストレス補強時の主応力分布図 ($P_{\max}=300\text{kN}$)