

高力ボルトによりプレストレスを導入する疲労亀裂当板補強工法に関する基礎的研究

(株)JFE エンジニアリング 正会員 ○小松 資典
 大阪市立大学大学院 正会員 北田 俊行
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

1. はじめに

日本国内の鋼橋において、近年、主桁横構ガセットやソールプレートなどの、溶接部近傍に疲労き裂が発見され注目されている。鋼製橋脚はリダンダンシーが低く、疲労き裂がある程度進展すると脆性破断もしくは延性破断に移行して橋梁全体の崩壊につながる恐れがある。また、既設鋼橋の既存の補強方法として、ストップホール、当板補強などがあげられる。しかし、ストップホールはあくまで応急処置であり、当板補強に関しても、疲労き裂が再度進展した事例もあり、より恒久的な補強の確立が望まれている。

本研究では、より効果的な補強方法の提案を目的とし、鋼板プレストレスによる当板補強法に関して、疲労実験および FEM 解析による補強効果の検証を行った。

2. プレストレスを導入した当板補強

図-1 のように当板補強のボルト孔を母材および当板補強板においてずらし、ボルトを締めることによりき裂閉口方向へのプレストレスを導入する。通常の高力ボルトを用いるため、特殊形状のボルトを用いたプレストレス工法よりコストを抑えることができ、施工も容易な点が本工法の特徴である。

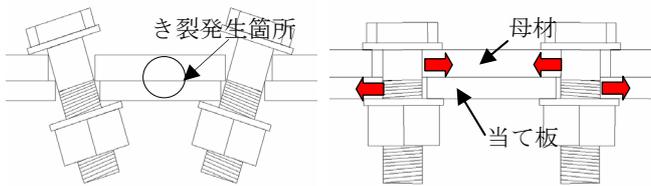


図-1 ボルト締付力によるプレストレス導入方法

表-1 供試体一覧

名称	補強法
NR	無補強
PR	当て板補強 (プレストレス無)
PR-P	当て板補強 (プレストレス有)

表-2 実験条件

最大荷重(kN)	30
最小荷重(kN)	6
平均荷重(kN)	18
応力比 R	0.2
繰返し速度(Hz)	5

3. 疲労実験

各種補強法の疲労寿命向上効果を確認するために、補強を行った供試体を用いて疲労実験を行った。図-2 には供試体形状、表-1 には供試体一覧をそれぞれ示す。各供試体および当板の鋼種は SS400 である。なお、補強供試体には、予き裂を約 4mm あらかじめ導入している。当板寸法は 100×36×4.5 (mm) であり、F10T 高力ボルトで摩擦接合した。接合面の表面状態は、黒皮である。実験条件を表-2 に示す。各供試体同条件で疲労実験を行った。繰返し荷重は、引張片振りで、供試体は上下にあけた孔に冶具を通してセットした。

図-3 および図-4 には実験結果を示す。ここで、き裂長さはスリット幅と繰返し荷重により進展した疲労き裂長さの和としている。図より NR と比較して、PR は 105%、PR-P は 160%の疲労寿命向上効果が確認された。また、PR と PR-P において、 2.0×10^5 (cycle) 付近でき裂長さに差が生じ始めた。これは、PR において、き裂進展に伴い当板補強が摩擦接合から支圧接合に移行し、開口変位が増大したためと考えられる。なお、PR-P に関しては、プレストレス導入の際に、ボルト孔に損傷が生じた。繰返し荷重が加わると、この箇所から新たな疲労き裂が発生する恐れがあるため、実構造に用いる際、ボルト孔損傷に関する対策が必要である。

4. 破面の状況

表-3 に計 3 体の供試体の破断時の、き裂長さ、および繰返し回数、写真-1 は各供試体の破断面を示す。

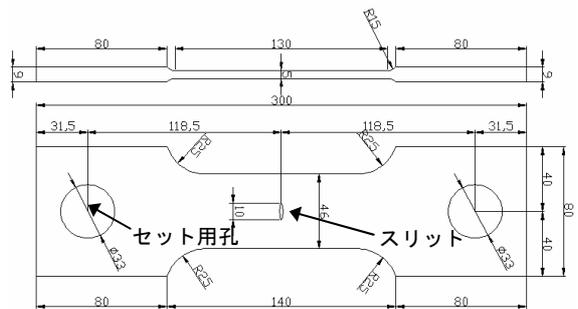
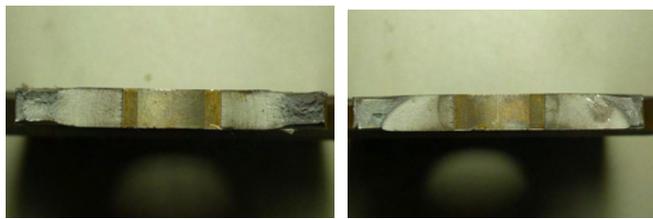


図-2 供試体(寸法単位: mm)

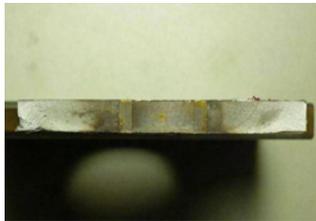
キーワード: 疲労き裂, プレストレス, 当て板補強

連絡先: 〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本 3-3-138 TEL(FAX) 06-6605-2765



(a)NR

(b)PR



(c)PR-P

写真-1 供試体破断面



(a)NR



(b)PR



(c)PR-P

写真-2 供試体の破断状況

表-3 より、無補強の NR と比較して、当板補強を施した PR は延性破断領域が縮小されることがわかる。また、プレストレスを導入した PR-P に関しては全断面が疲労破断した。つまり、疲労き裂先端が当板補強領域を通過した後も、断面減少(板厚方向の絞り)を伴い急速に破断する延性破断を防止できることが確認された。なお、写真-1 の(b)PR および(c)PR-P を観察すると、片面の当板補強のため曲げが作用していることがわかる。

また、写真-2 には、各供試体の破断後の状況を示す。NR および PR に関しては、延性的な破断形式で大きく開口して破断した。しかし、PR-P においては、延性的な破断はみられず、また、破断後も大きく開口することなく原形をとどめた。

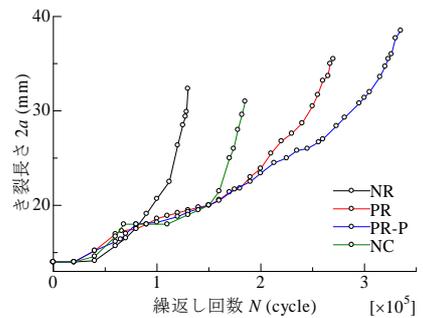


図-3 き裂長さ-繰返し回数関係

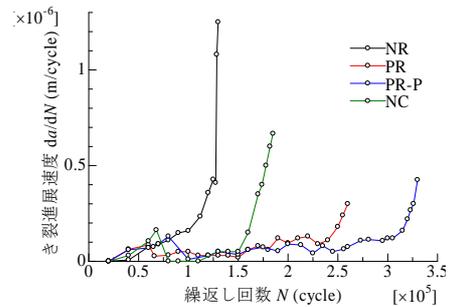


図-4 き裂進展速度-繰返し回数関係

表-3 疲労寿命および疲労き裂長さの比較

供試体	破断繰返し回数(Cycle)	疲労き裂長さ(mm)
NR	1.29×10^5	29.3
PR	2.65×10^5	34.9
PR-P	3.35×10^5	46.0

7. まとめ

本研究で得られた、主な成果および今後の課題を以下に示す。

- 1)プレストレス当板補強により、無補強と比較して約 160%、当板補強のみの場合と比較して約 30% 程度の疲労寿命向上効果が確認された。
- 2)疲労実験において、プレストレスを導入した場合、疲労寿命向上のみではなく、供試体破断まで延性破壊に移行することを防止できた。
- 3)本実験において、ボルトおよび母材のボルト接触部には締付による損傷が発生した。特に、母材に関しては、その損傷部より新たな疲労損傷が発生する可能性がある。したがって、本補強法を用いる場合、母材のボルト孔接触部は疲労損傷に対して注意すべき部位といえる。

参考文献

- 1)三木千壽, 平林泰明: 施工の不具合を原因とする疲労損傷, 土木学会論文集 A, Vol.63, No.3, pp.518-632, 2007.
- 2)山本邦彦, 沼田 克, 山田岳史: 熱プレストレスを活用した橋梁補強工法, 神戸製鋼技報, Vol.53, No.1, pp.43-46, 2003.4