

高性能万力を用いた疲労き裂の応急補修技術開発

京都大学大学院 正会員 杉浦 邦征
 京都大学大学院 正会員 橋本国太郎

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
 京都大学大学院 学生員 ○穴太 聖哉

1. 研究背景および目的

現在供用中の橋梁は、多くが高度成長期に建設されており、橋梁の老朽化が進んでいる。これに伴い、1980年頃から鋼橋の溶接部などの応力の集中した箇所において疲労損傷が顕在化し始め、事例数・種類とも増加している。しかしこのような疲労き裂が発見されても、すぐに本格的な補修を実施できないことが多い。したがって、本格的な補修が行われるまでの緊急・応急補修技術が必要と考えられている。そこで簡易で、様々なき裂に適用が可能であり、橋梁に傷をつけない万力を用いた応急補修法が考えられている。¹⁾

本研究で提案する高性能万力の概要を図-1に、また、補修方法を図-2に示す。図-1に示すように、高性能万力は、①本体部分(SCM440H)、②M22 全ネジボルト(F10T 相当)、③すべり止めナットおよびボルト(SCM440H)、④ソケット(SCM440H)、⑤ピン・ヒンジ(SCM440H) および⑥緊張材(PC 鋼棒)で構成される。本研究では、この高性能万力を用いて、図-2に示すようなプレストレス補修法および当て板補修法を提案する。

プレストレス補修法では、万力本体を橋梁本体に取り付けた後、緊張材をネジで締めつけ軸力を導入することで、き裂先端に圧縮力が作用し、き裂を開口させる引張応力を緩和させることでき裂進展速度を低減させる手法である。この方法では、ピン・ヒンジおよびソケットを使用することで、緊張材に対し、3 次元的に緊張力を与えることができるようにしており、どの

ようなき裂方向にも対応した補修ができる。

当て板補修法では、連結板をき裂を跨ぐように設置し、万力本体を全ネジボルトで締め付けることで、き裂近傍に発生している引張力を連結板に逃がし、き裂進展速度を抑制する方法である。²⁾ ボルトと当て板との接合部でのすべりを防止するため、図-1中に示すように、接触面に機械加工を施したすべり止めナットおよびボルトを使用している。プレストレス補修では、導入軸力量やき裂に対する補修方向が、また、当て板補修でも、導入軸力量や当て板の板厚がどの程度き裂進展速度を抑制することができるかを検討する必要があるため、本研究では、これらの補修法について疲労き裂進展実験によって検討した。

2. 中央き裂試験体による疲労き裂進展実験

2.1 実験概要

実験供試体の形状および種類を図-3、表1に示す。実験供試体には SS400 材を使用し、文献 3) (以下、ASTM) の MT 試験体を参考に、中央に切り欠きを入れた。

表-1より、補修無の3ケース(RN タイプ)、当て板補修の2ケース(RS タイプ)、プレストレス補修の2ケース(RP タイプ)の合計7ケースの疲労き裂進展実験を行った。当て板補修とプレストレス補修の実験供試体の写真を図-4に示す。

補修を施していない RN タイプにおける K 値の計算は、ASTM³⁾ による以下の計算式を用いた。

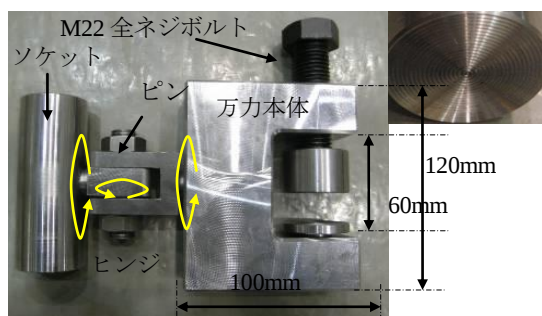


図-1 高性能万力概要図

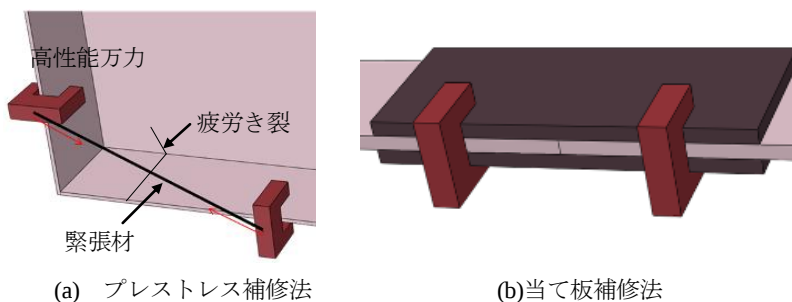


図-2 補修法の概要

キーワード 疲労き裂, 応急補修, 高性能万力

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 工学研究科社旗基盤工学専攻 TEL075-383-3164

$$\Delta K = \frac{\Delta P}{B} \sqrt{\frac{\pi \alpha}{2W} \sec \frac{\pi \alpha}{2}} \text{ (kN/mm}^2 \cdot \sqrt{\text{mm}}) \tag{1}$$

$$\alpha = 2a/W \tag{2}$$

ここに、 ΔP ：荷重振幅(kN)、 B ：板厚(mm)、 W ：板幅(mm)、 a ：き裂長さ(mm)である。

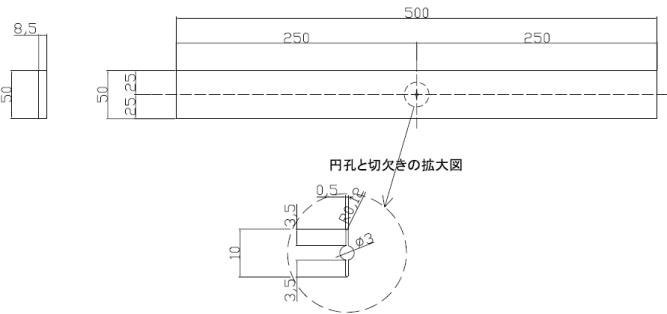


図-3 実験供試体形状，切り欠き詳細

表-1 実験供試体の種類

実験 供試体名	補修方法	荷重振 幅(kN)	備考
RN-30	なし	30	$\Delta\sigma=88.2\text{MPa}$
RN-40	なし	40	$\Delta\sigma=117.6\text{MPa}$
RN-50	なし	50	$\Delta\sigma=147.1\text{MPa}$
RS-45	当て板	50	当て板板厚 4.5mm
RS-90	当て板	50	当て板板厚 9.0mm
RP-10	プレストレス	50	導入軸力 10kN
RP-20	プレストレス	50	導入軸力 20kN

表-2 最終破断サイクル数

実験 供試体名	最終破断 サイクル数
RN-30	1,460,907
RN-40	307,592
RN-50	105,049
RS-45	1,220,596
RS-90	2,000,000 以上
RP-10	198,286
RP-20	356,563

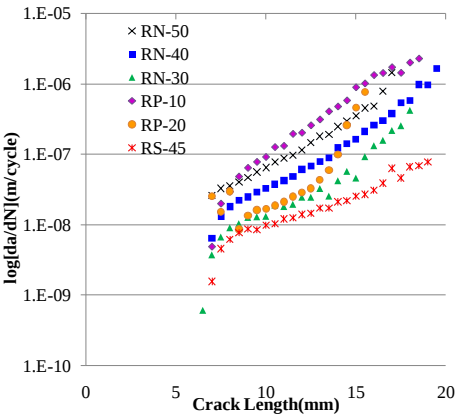


図-4 き裂進展速度-き裂長さ関係

2.2 実験結果および考察

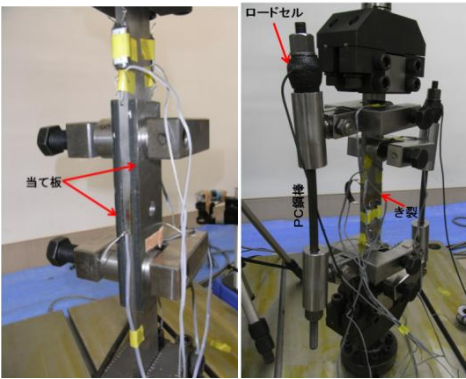
実験で得られた各実験供試体の最終破断サイクル数を表-2 に、き裂進展速度とき裂長さの関係を図-5 に示す。なお、 K 値は一般的な単位である $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ に変換して表している。表-2 より RN-50 と比較して RP-10 では 1.9 倍、RP-20 では 3.4 倍、RS-45 では 11.6 倍最終破断までサイクル数が増加し、RS-90 では 200 万回の载荷に対してき裂進展は見られなかった。また、き裂進展速度においても低減する効果はあると考えられ、特に当て板補修法において大きく効果があった。

3. まとめおよび今後の課題

本研究では、鋼橋に発生・進展する疲労き裂を簡易にかつ応急的に補修するという目的で、新たに万力を改良した応急補修用高性能万力を開発し、その補修効果を疲労き裂進展実験によって検討した。結果、補修による効果は特に当て板補修において大きいことがわかった。また、本実験の FEM 解析による結果の検討は割愛した。今後は、小型の桁実験に対しき裂進展実験を行い、補修効果を検討する。

参考文献

- 1) 日本道路協会：鋼橋の疲労，1997.5.
- 2) 橋本国太郎，山口隆司，北田俊行，鈴木康夫，山本 剛：橋梁の応急的な補修を想定した万力摩擦接合の基礎的実験，土木学会，構造工学論文集，Vol.54A，pp.575-581，2008.3.
- 3) American Society for Testing and Materials: Standard Test Method for Measurement of Fatigue Crack Growth Rates, E647-08, 2008.5.



(a)当て板補修 (b)プレストレス補修

図-5 実験概要