

き裂に対する当て板補修設計法に関する解析的検討

長崎大学 学生会員 ○川添優人

同上 正会員 中村聖三, 奥松俊博, 西川貴文

1. はじめに

近年, 高度経済成長期に建設された橋の老朽化により疲労き裂が発生, 進展すると, 橋梁の安全性が損なわれる事態が生じうる. 疲労き裂に対する補修方法として, 当て板補修があげられるが, 使用する当て板のサイズや板厚, ボルトの本数の明確な設計法は確立されていない. そこで, 本研究では有限要素解析を用いて, 当て板補修における当て板の板厚, ボルトの本数, 配置などのパラメータが, 当て板の荷重伝達率やき裂近傍の母材応力に及ぼす影響を検討し, き裂に対する当て板補修設計法の確立を行う.

2. 解析モデル

解析モデルを図 1 に示す. 解析モデルはすべてソリッド要素を用い, 対称性を考慮した 1/8 モデルとした. 弾性係数は 206GPa, ポアソン比は 0.3 とし, 降伏応力は高力ボルトで 900MPa, 当て板及び母材は 250MPa とした. 境界条件は図 1 に示すように固定を行い, 各部材の境界を接触面として定義した.

3. 解析方法

解析ソルバーは, MSC Nastran2019 であり, 境界非線形性 (接触) を考慮した静的弾塑性有限変位解析を行った. ボルト軸力の平均値 165kN をボルト頭部への強制変位によって与えた. 次に, 当て板の端部を固定し, 母材の端部に引張の強制変位を与えることで, 引張試験時の状態を再現した. 接触面及び接触する可能性のある面には試験で得られている摩擦係数 0.68 を導入した. 座金と母材の摩擦係数は母材と当て板の滑りに影響しないように 0.005 とした.

解析パラメータを表 1 に示す. 解析パラメータは当て板板厚, き裂長さ, ボルト行数・列数とした.

4. 解析モデルの妥当性の検討

既往研究¹⁾で行われた, 摩擦接合接手の試験片における荷重 - 開口変位関係との実験結果と, 解析結果との比較を図 2 に示す. 実験結果と今回作成した解析モデルによる解析結果はほぼ一致している.

これにより境界条件及びモデルは妥当であると判断し, これらの条件を用いて, 当て板補修のパラメトリック解析を行うこととした.

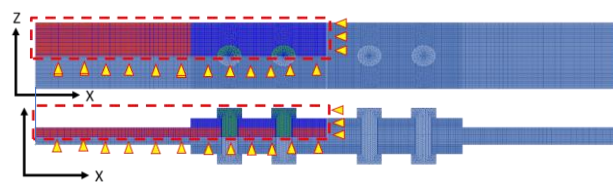


図 1 当て板モデル

表 1 解析パラメータ

母材板厚(mm)	24	母材幅(mm)	100,310		
試験体	ボルト列数	ボルト行数	当て板板厚(mm)	当て板幅(mm)	亀裂長さ(mm)
B1-1	1	1	6,9,12	100	25,50,75
B1-2	1	2	3,6,9,12,15,18	100	25,50,75
B1-3	1	3	6,9,12	100	25,50,75
B2-2	2	2	6,9,12	170	25,50,75
B2-4	2	4	12	170	25,50,75
B3-3	3	3	12	240	25,50,75
B3-6	3	6	12	240	25,50,75
B4-4	4	4	12	310	25,50,75

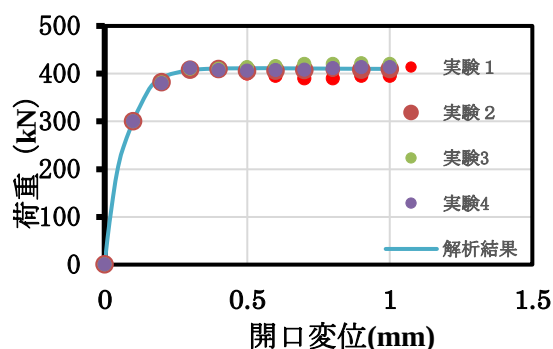


図 2 荷重変位曲線

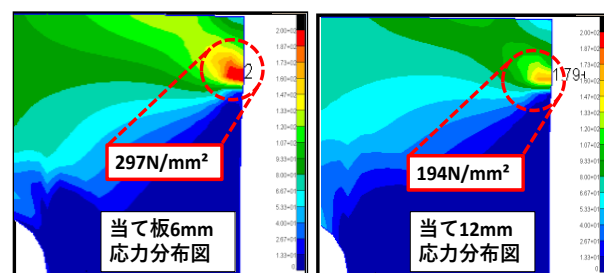
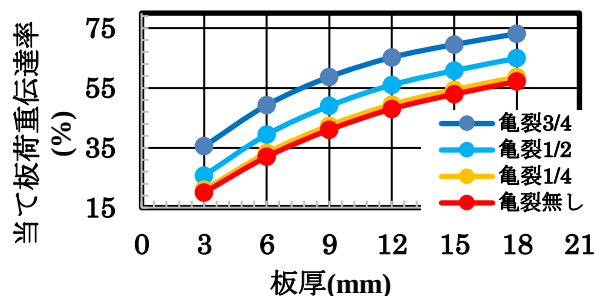


図 3 当て板板厚と荷重伝達率の関係

5. パラメトリック解析結果

当て板厚による荷重伝達率の変化と、き裂近傍における応力分布図を図 3 に示す。母材端部に強制変位をかけ、母材端部にかかる反力が 200kN 時の解析結果である。なお、図中の応力分布については、母材の公称応力が 100N/mm^2 になるよう調整している。図 4 も同様である。

どのき裂長さでも同じような傾向が見られ、6-12mm にかけて 18% 程増加しているのに対して 12-18mm では 7% 程しか増加していないことがわかる。また応力分布図よりき裂端部への応力集中は 6-12mm にかけて 35% ほど低減されている。

次に、ボルト行数と荷重伝達率との関係とき裂近傍における応力分布図を図 4 に示す。どのき裂長さでも同じような傾向がみられ、1-2 行にかけては 9% 程増加しているのに対して、2 本目以降ではほとんど変化が見られない。また応力分布図よりき裂端部への応力集中は 1-3 行を比較すると 32% 程低減されている。

最後に、ボルト列方向変化における検討については、母材の幅を固定してき裂長さを 75mm とし、当て板の幅のみ変化させた。ボルト列数とそのときき裂端部にかかる応力との関係とボルト 2-3 列を比較した応力分布図を図 5、図 6 に示す。ボルト 1-2 列ではき裂端部にかかる応力は低減されているが 2-3 列では増加している。応力分布図を比較するとボルト軸上では応力が低くなる傾向があり、き裂端部がボルト軸上の 2 列のときは応力集中もボルト軸上にならず 3 列の場合と比べ 26% 程低減されることがわかる。

これにより列数変化は、き裂とボルトの配置の位置関係によりき裂への影響も異なることがわかる。

6. まとめ

本研究により得られた知見を以下に示す。

- ・当て板の板厚増加は荷重伝達率を上昇させるが、板厚が 18mm 以降ではあまり増加が見られない。
- ・ボルト行方向変化については、2 本目以降では荷重伝達率の変化が見られなかった。
- ・ボルト列方向変化についてはボルトの配置により亀裂端部への影響が異なり、ボルト軸線上では応力集中が低減される。

今後の課題と展望としては、各パラメータからき裂に対しての応力集中程度についての検討を行い、安全、施工性、経済性を考慮した設計法を検討し、実験的検証により、解析モデルの精度を上げることである。

参考文献

- (1) 網谷岳夫ら：摩擦接合重ね継手のすべり耐力と降伏耐力に関する解析的検討，2017.12

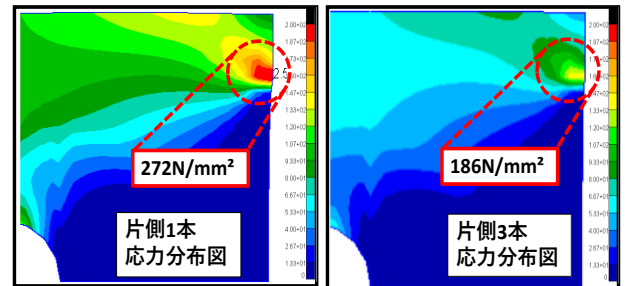
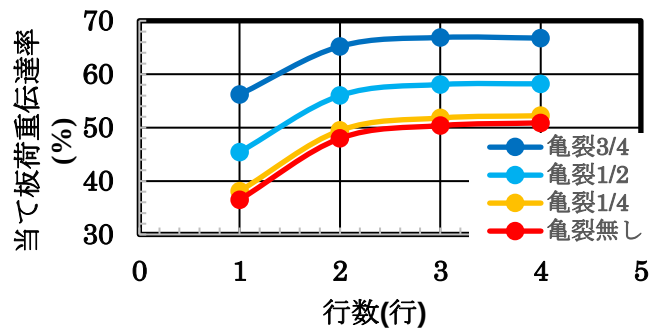


図 4 ボルト行数と荷重伝達率の関係

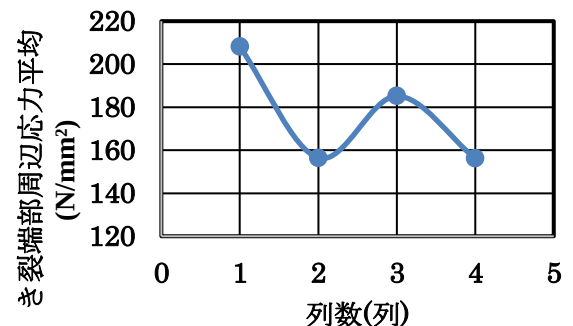


図 5 ボルト列数と亀裂端部にかかる応力

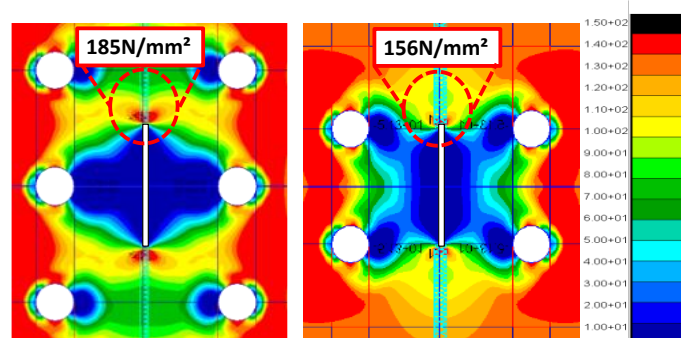


図 6 ボルト列方向変化時の応力分布図