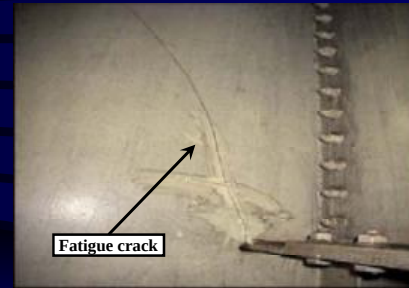


第17回 JICE 研究開発助成金報告会
2017/05/09

CDスタッド溶接による疲労き裂の 簡易補修法に関する研究

崎野 良比呂
近畿大学 工学部

社会資本ストックの疲労き裂問題



特に、大型鋼構造物に予想を遙かに超えた数と長さのき裂が見つかり、補修・補強による疲労強度強化の重要性が広く認識されてきている。

疲労に対する予防保全技術

- 溶接止端部のグラインダー処理ー（応力集中の緩和）
- ショットピーニング処理ー（残留応力のコントロール）
- TIG処理ー（応力集中の緩和）
- ハンマーピーニング処理ー（残留応力のコントロール、応力集中の緩和）
- 超音波ピーニング処理ー（残留応力のコントロール、応力集中の緩和）
- 炭素繊維やガラス繊維シート接着工法ー（発生応力の低減）
- 耐疲労鋼ー（き裂進展速度の抑制）
- 低変態温度溶接材料の適用ー（残留応力のコントロール）
- レーザーピーニングー（残留応力のコントロール）

参考：土木学会：鋼橋の疲労対策（[[鋼構造シリーズ22. 土木学会 鋼構造委員会]，2013）

疲労に対する補修技術

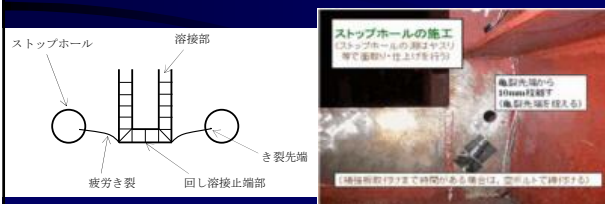
- ストップホール工法
- き裂部位への当て板施工
- 炭素繊維シート貼付施工

参考：土木学会：鋼橋の疲労対策（[[鋼構造シリーズ22. 土木学会 鋼構造委員会]，2013）

ストップホール工法

疲労き裂先端に円孔を設けることにより、先端部での高い応力集中を軽減し、き裂の進展を遅延・停止させる機能を有する。

孔を空けるため断面欠損を新たに作ってしまい、耐力低下に繋がる危険が否定できない。



研究背景

現在の疲労き裂進展の遅延法の多くは
ストップホール工法が多い。



ストップホール工法は、誰もが簡単に行える
わけではなく欠点も多い。



スタッド溶接で誰でも簡単に疲労き裂進展の
遅延ができないか。

スタッド溶接

- スタッドと呼ばれるピンを専用ガンに取り付けて、母材に押し当ててスイッチを入れると、短時間の放電と圧接で確実に、自動的に溶接が行われる溶接方法。
- 一瞬で溶接ができるので熱影響が非常に少なく済む。
- 溶接棒や溶接ワイヤーを用いず、スタッドそのものが溶接材となる。



スタッド溶接による簡易補修法

き裂進展の遅延・補修にスタッド溶接を用いる。

特殊な業者を呼ぶことなく点検者がその場で簡易補修を行うことができるようになる。これにより本補修までの余裕が生まれるので、予算や人的資源に応じた戦略的維持管理に寄与することが出来る。



研究目的

CDスタッド溶接を用いた新たな疲労き裂の簡易補修法を提案し、その有効性について検討を行う。

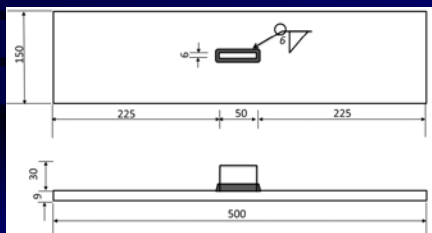
実施内容

1. パイロット試験
2. 溶接試験体による効果確認試験
3. スタッドの施工法による効果の違い

溶接試験体による効果確認試験

実験概要

- 試験体は、板厚9mm、板幅150mmベースプレートに6mmのリブを780キロ鋼ソリッドワイヤで回し溶接したもの。
- 疲労試験機に供し、試験体に初期疲労き裂を入れる。



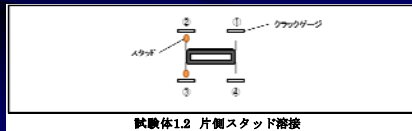
実験概要

- 浸透探傷試験によってき裂先端を推定し、6mmスタッドを施工する。
- スタッドを施工した後、再度疲労試験に供し、き裂の進展をスタッドの有無により比較する。



試験体1, 2

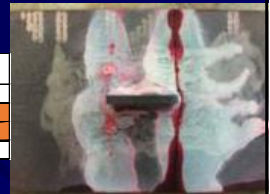
- 試験体1, 2では、片側をき裂先端にスタッドを施工し、比較するため反対側のき裂にはスタッドを施工しない。
- クラックゲージを最もき裂進展が進んでいるき裂の先端より5mmの位置に貼り、他のき裂のクラックゲージもリブからの位置が同じ位置になるよう貼りつける。よって、き裂先端からクラックゲージまでの距離がき裂毎に異なっている。



試験体1 実験結果

- ①, ②を比べるとスタッド溶接をした②のき裂の方が、クラックゲージへのき裂の開始が30万回程度遅かった。最終的に①, ④のき裂が端部まで達して破断した。初期き裂が長い②, ③のき裂が端部まで達する前に短い①, ④のき裂が端部に達した事からもスタッドによって疲労き裂が遅延されたと考えられる。

	クラックゲージへのき裂 開始回数(回)	平均進展速度(mm/回)
き裂①	1011600	6.66×10^{-6}
き裂②	1325700	7.04×10^{-6}
き裂③		
き裂④		

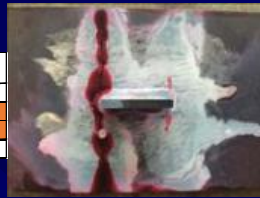


試験体2 実験結果

スタッドを打ったき裂②, ③がさきにき裂が進展し破断に至った。

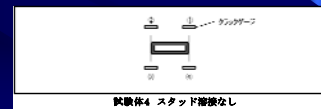
き裂①, ④に関しては、クラックゲージまでき裂が達していなかった。

	クラックゲージへのき裂 開始回数(回)	平均進展速度(mm/回)
き裂①		
き裂②	338100	44.79×10^{-6}
き裂③	329400	43.57×10^{-6}
き裂④		



試験体3, 4

- 試験体3ではき裂先端全箇所にスタッドを施工し、スタッドを施工しない試験体4と比較する。
- き裂先端から5mmの位置がスタッドの中心になるように施工した。また、クラックゲージの位置をそれぞれのき裂先端より10mmの位置とする。



試験体3 実験結果

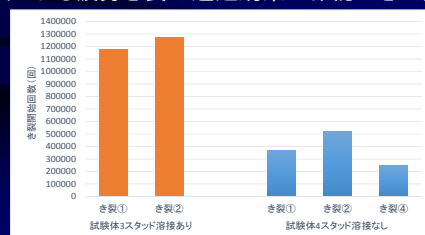
- き裂①, ②のき裂が進展して破断に至った。
- き裂③, ④はき裂が停止していた

	クラックゲージへのき裂 開始回数(回)	平均進展速度(mm/回)
き裂①	1180200	5.38×10^{-6}
き裂②	1275300	4.76×10^{-6}
き裂③	き裂停止	
き裂④	き裂停止	



試験体3, 4 の比較

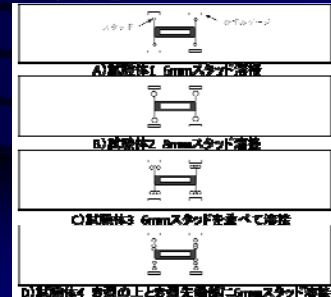
- スタッドにより繰返し回数は約3倍になっている。
- さらに、き裂①と②はき裂が停止していたことから、3倍以上の効果があると推定される。
- 本手法による疲労き裂の遅延効果が確認できた。



スタッドの施工法による効果の違い

実験概要

- スタッドの径や打つ位置、打つ本数を変えることによって効果が変わる可能性がある。そこで、より効果的な施工方法を探るための実験を行った。

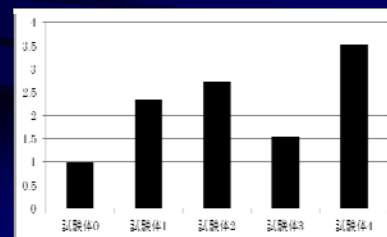


スタッドの施工後の溶接部

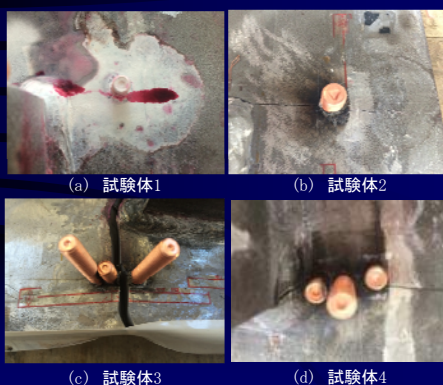


実験結果

- スタッドの径を大きくすること、き裂の上にスタッド溶接を行うことは効果的。
- スタッドをき裂先端部に並べて溶接することはき裂進展を速めてしまう可能性があり効果的ではない。



実験後の溶接部



結論

- スタッド溶接をき裂前方に施工することにより、疲労が迂回する。これにより、疲労き裂の進展を遅延させることが可能である。
- より直径の大きいスタッドを溶接することで進展の遅延効果は大きくなる。
- スタッドをき裂先端部に並べて溶接することはき裂進展を速めてしまう可能性があり効果的ではない。
- き裂の上にスタッド溶接を行うことは、き裂先端部の応力を分散させるので効果的である。

結論

よって、直径の大きいスタッドを使いき裂の上にスタッドを打ちき裂先端の応力を分散させる方法が効果的でありこの方法を提案する。

今回の試験は、試験体数が少なく、スタッドの打つ位置により効果が得られない場合もあった。また、今回は応力振幅が大きい場合の実験のみ行ったが、実際に作用しているような応力振幅ではより効果が期待できると考えられる。今後、さらなる検討を続けていく予定である。