

樹脂注入による溶接継手の疲労き裂補修法に関する研究

名古屋大学 学生会員 ○服部 真未子 名古屋大学 正会員 判治 剛 名古屋大学 フェロー会員 館石 和雄

1. はじめに

鋼橋の疲労き裂に対する簡易な補修法として、き裂内部に樹脂を注入し、くさび効果を利用してき裂の進展を遅延させる手法が提案されている¹⁾。本研究では、圧縮の繰返し荷重下で発生したき裂に対する樹脂注入法の有効性を実験および解析により検討した。

2. 疲労試験

試験体は面外ガセット溶接継手であり、その形状および寸法を図-1に示す。疲労試験は、板曲げ振動疲労試験機²⁾による面外曲げ荷重下で行った。応力比は -1 とし、止端部の公称応力範囲は 80N/mm^2 とした。き裂長 45mm の時点で樹脂を注入し、その後、き裂長が 90mm に達したときを疲労寿命として試験を終了した。

樹脂には粘性や硬化時間の異なる3種類の樹脂A, B, Cを用いた。その仕様の規格値を表-1に示す。また、樹脂に鉄粉を適量混ぜたものも用意した。鉄粉入り樹脂は、樹脂Cと鉄粉を1:1もしくは1:2の割合で混ぜ合わせたものとし、それぞれをC', C''と呼ぶこととする。樹脂の注入は、室温 21°C 、湿度90%前後に保たれた恒温室内で、上向きまたは下向きで行った。なお試験体名は、樹脂注入を行わなかったものを「N」とし、樹脂を入れたものは樹脂名(A~C, C', C'')と上向き(1)または下向き(2)の組み合わせで表している。

3. 疲労試験結果

破面の例を図-2に示す。樹脂のみの場合は、注入向きや樹脂の種類によらず、き裂深さの約9割以上まで充填されていた。その一方で、鉄粉入り樹脂の場合は、き裂表面で鉄粉が停留し、樹脂の浸透を阻害してしまったため、浸透量はき裂深さの約3割程度であった。

樹脂注入以降のき裂長と繰返し数の関係を図-3に示す。横軸は樹脂注入後の载荷回数である。ただし、樹脂を注入していない試験体については、き裂長が約 45mm の時点での繰返し数をゼロとした。図-3(a)より、上向きで注入した場合は、少なくとも20~40万回程度まではき裂の進展が遅延していると考えられ、特にC-1試験体では、80万回程度までき裂が停留している。また図-3(b)より、下向き注入の場合も、全ての試験体で20~40万回程度まではき裂の進展が若干遅くなっている。よって、き裂進展遅

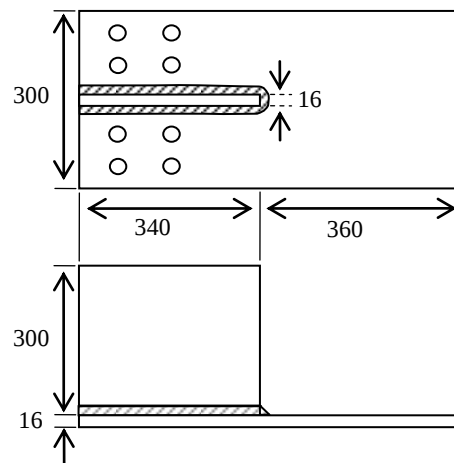


図-1 試験体 (単位: mm)

表-1 樹脂の仕様の規格値

樹脂	粘度 (mPa・s)	硬化養生時間
A	300 (5°C)	25 分 (15°C)
B	30	—
C	450±100 (20°C)	24 時間程度

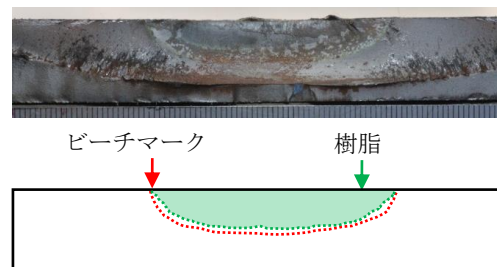
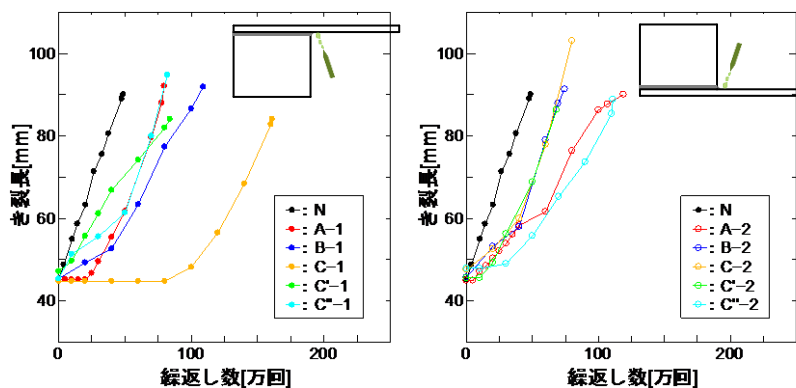


図-2 破面の例 (C'-1)



(a) 上向き注入

(b) 下向き注入

図-3 き裂長の推移

キーワード 樹脂注入, 溶接継手, 疲労き裂, 応力拡大係数, 疲労試験

連絡先 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院 工学研究科 TEL: 052-789-4620

延効果の観点からみても、注入向きの影響や樹脂の違いによる差異はあまりみられないが、この結果からは本手法により明確な遅延が得られたとはいいいがたい。

4. 有限要素解析

き裂への樹脂の注入を模擬した解析を実施し、樹脂の弾性係数や浸透率がき裂先端の応力拡大係数に与える影響を検討した。ここで浸透率は、き裂深さに対する樹脂の浸透深さとする。解析対象は図-4に示す半楕円形表面き裂を有する平板(板厚 16mm)である。解析は次の手順で実施した。まず表面き裂を有するモデルに引張荷重を与え、き裂を開口させる(図-5(a))。次に、無荷重状態で、このときのき裂形状を有するモデルを作成し(図-5(b))、き裂部に樹脂に相当する要素を挿入する(図-5(c))。それに対して、圧縮の軸荷重または曲げ荷重を作用させて、き裂先端の応力拡大係数範囲を求める(図-5(d))。なお応力拡大係数の算出位置はき裂最深部(図-4 参照)である。応力拡大係数範囲は変位外挿法もしくは接続外挿法³⁾により算出した。

解析モデルは対称性を考慮して 1/4 モデルとし、8 節点ソリッド要素を用いた。き裂先端の要素サイズは $0.05 \times 0.05 \times 0.15 \text{ mm}$ とし、均一となるように分割した。鋼材のヤング率は 200 kN/mm^2 、ポアソン比は鋼材、樹脂ともに 0.3 とした。き裂部での公称応力が -80 N/mm^2 となるように荷重を与えて、そのときの応力拡大係数範囲を求めた。

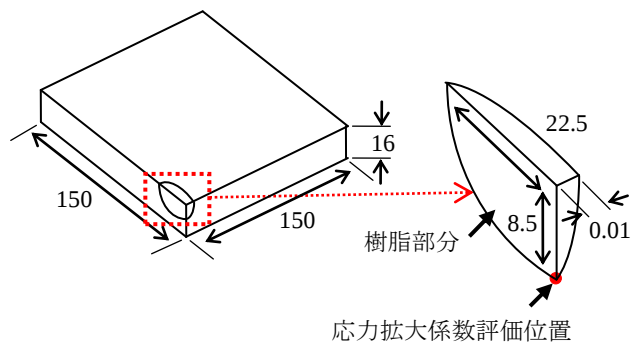


図-4 解析対象 (単位: mm)

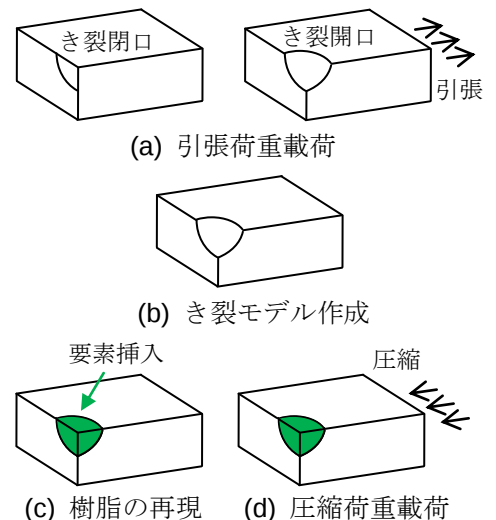


図-5 解析手順

5. 解析結果

図-6 に樹脂の浸透率が 100%とし、弾性係数を変化させたときの結果を示す。弾性係数が 0 N/mm^2 とは樹脂がないモデルである。どちらの荷重においても、弾性係数が減少しても応力拡大係数範囲は小さく、 0 N/mm^2 付近で急激に増加する。よって、樹脂が 100%浸透していれば、弾性係数が小さくても遅延効果は得られると考えられる。図-7 に樹脂の弾性係数を 2700 N/mm^2 で一定とし、浸透率を変化させたときの結果を示す。荷重の種類によらず、浸透率の増加とともに応力拡大係数範囲は小さくなり、特に浸透率 0~10%, 90~100%の間での応力拡大係数の減少が著しい。よって、樹脂注入によるき裂進展遅延効果は樹脂の浸透率に依存すると考えられる。

6. まとめ

本研究では、面外ガセット溶接継手を対象として、繰返し圧縮荷重により発生した疲労き裂に対する樹脂注入法の効果を検討した。その結果、樹脂の注入向きによらず、き裂への浸透量やき裂進展遅延効果は同程度であること、遅延効果は樹脂の浸透率に大きく依存する可能性があることが示された。

謝辞 本研究は国土交通省「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」(代表: 舘石和雄) によるものであり、ここに記して感謝いたします。

参考文献 1) 舘石ら: 土木学会論文集, No.808/I-74, pp.193-198, 2006. 2) 山田ら: 鋼構造論文集, Vol.14, No.55, pp.1-8, 2007. 3) 北川ら: 日本機械学会論文集 (A 編), Vol.50, No.450, pp.129-138, 1984.

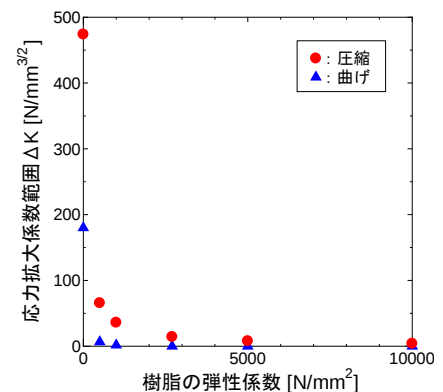


図-6 樹脂の弾性係数の影響

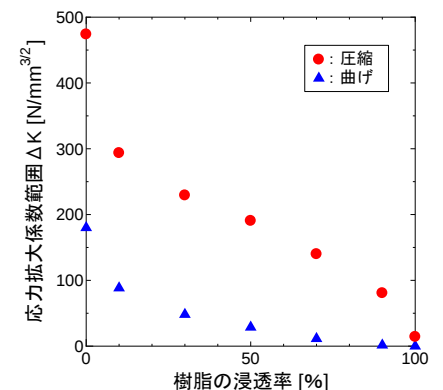


図-7 樹脂の浸透率の影響