

樹脂注入による鋼材の疲労き裂進展抑制に関する実験的研究

名古屋大学 学生会員 ○北河 一喜
 名古屋大学 学生会員 吉嶺 建史
 名古屋大学 正会員 館石 和雄
 日本道路公団 正会員 鈴木 永之
 明星大学 正会員 鈴木 博之

1. まえがき

現在、鋼橋に発生した疲労き裂に対する応急処置的な進展抑制方法として、一般的にストップホールが用いられている。しかし、この方法はドリルを用いてき裂先端に穴をあけるため、部材が複雑に組み合わさった場所や溶接線上のき裂に対しては適用できない。そこで本研究ではより適用範囲の広い応急処置法として、き裂に樹脂を注入することによる疲労き裂進展抑制法を提案した。

疲労き裂は繰り返し荷重を受けることにより開閉を繰り返しながら進展していく。そこで本手法では、静的な荷重を受けて開口状態にあるき裂に、樹脂を注入することでき裂の開閉を抑制し、き裂進展を遅延させることを試みた。初期き裂を導入した試験体に、市販のエポキシ樹脂を注入した疲労試験を行い、樹脂注入による進展抑制効果を実験的に明らかにした。

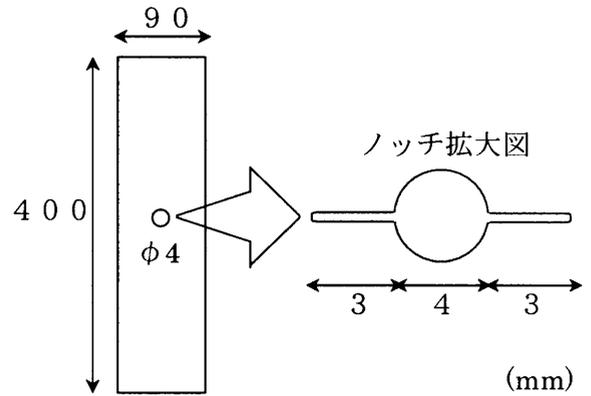


図-1 試験体

表-1 樹脂の物性値

	項目	単位	物性値
未硬化物	粘度	mPa·s	400
	収縮率	%	1.4
硬化物	圧縮強度	MPa	20 *
	引張強度	MPa	12 *
	引張せん断強度 (鋼材相互)	MPa	15 *

* いずれも7日間養生時の値

2. 試験体及び樹脂の概要

試験体には中央に直径 4mm の円孔を有する、板厚 16mm の SS400 鋼材を用いた。円孔の両側から糸鋸を用いて各 3mm のノッチを導入した。試験体の形状を図-1 に示す。また、樹脂は市販のエポキシ樹脂(アルファテック 380)を用いた。これはコンクリートのひび割れ補修に用いられる樹脂であり、ひび割れ表面にローラー等で塗布する事により、0.04mm 程度の微小なき裂にも浸透するよう設計されている。樹脂の主な物性値を表-1 に示す。

3. 疲労試験

疲労試験は動的能力±300kN の電気油圧式疲労試験機を用いて行った。繰返し速度を 7Hz とし、0~100MPa と 0~150MPa の 2 種類の応力範囲について 1 体ずつ試験を行なった。各応力範囲でき裂を約 30mm まで進展させ初期き裂を導入した後、それぞれ 100MPa と 150MPa の応力を静的載荷し、き裂を開口させた状態で樹脂を塗布し、浸透させた。静的に載荷した状態で樹脂が硬化するまで 1 日養生させ、再び同じ応力範囲でそれぞれ疲労試験を行った。この間、適当な繰返し数ごとに倍率 50 倍の読み取り顕微鏡を用いてき裂長を測定した。

4. 疲労試験結果

試験結果を図-2, 3 に示す。縦軸にき裂長を、横軸に繰返し数を取った。図中の○印は初期き裂導入までの計

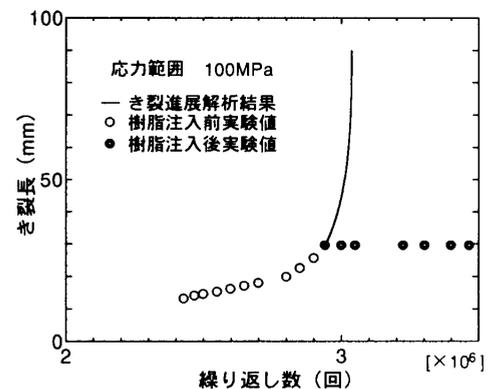


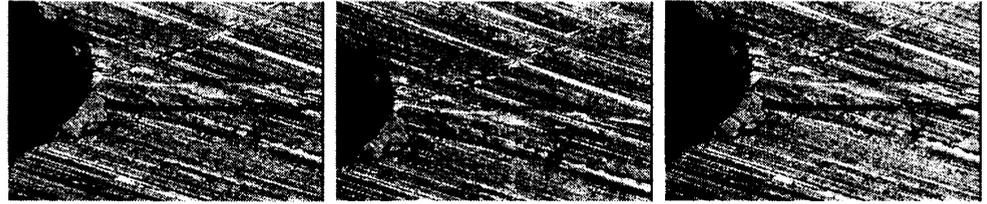
図-2 100MPa 実験結果

キーワード 疲労き裂, き裂進展抑制, 樹脂

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院環境学研究科

測値であり、◎印が樹脂注入後の計測値である。また、樹脂を注入しない場合のき裂進展速度との比較を行うため、き裂進展解析の結果も実線で示した。樹脂注入後、応力範囲 100MPa のもので約 50 万回、150MPa のもので約 30 万回それぞれ繰り返し繰り返し載荷したが、いずれの場合でも樹脂注入後き裂の進展は見られず、き裂の進展を完全に止めることができた。

図-4 はノッチ先端部のき裂を 175 倍の顕微鏡を用いて撮影したものであるが、樹脂注入によるき裂の閉口抑制をはっきりと確認することができる。樹脂注入時のノッチ先端付近のき裂開口幅は、100MPa 載荷で 0.02mm、150MPa 載荷で 0.04mm 程度の非常に小さなものであった。き裂の進展抑制に十分な効果を得るためには、特にき裂先端付近での閉口抑制が重要であると考えられるが、市販の樹脂を用いた今回の実験においても樹脂はき裂先端付近までよく浸透しており、高い進展抑制効果を得ることができた。



(a)150MPa 載荷

(b)樹脂注入前 除荷時

(c)樹脂注入後 除荷時

図-4 ノッチ先端付近のき裂

いずれの試験でもき裂の進展がなかったため、応力範囲をそれぞれ 0～120MPa と 0～170MPa に上げて追加試験を行った。結果を図-5,6 に示す。■印がその計測値であり、実線がそれぞれの応力範囲におけるき裂進展解析結果を示している。ただし、繰り返し数は前試験を考慮せず、初期き裂導入時からカウントした。図から、破断まで 120MPa で 51000 回、170MPa で 23000 回程度の寿命の伸びが確認できる。しかし、前試験ではき裂の進展を完全に抑制できたのに比べて、樹脂注入時以上の応力が作用する場合には、進展抑制効果は非常に小さくなってしまふ。これは今回実験に用いた樹脂では鋼材との付着強度が小さく、注入時以上のき裂の開口に対して抑制効果が得られないためと考えられる。それによりき裂が樹脂注入時より進展してしまうと、き裂先端部は樹脂の入っていない状態になってしまふ、抑制効果はさらに小さくなってしまふ。

5. まとめ

本研究により以下の結論を得た。

- 1)樹脂はき裂の先端付近までよく浸透し、き裂の閉口抑制に対して十分な効果が得られた。その結果、注入時の応力を超えない応力範囲であればき裂の進展を完全に止めることが可能であった。
- 2)樹脂注入時の応力を超えるような応力範囲でも、き裂進展抑制効果は期待できる。しかしその効果は 1)に比べて非常に小さく、また、ある程度き裂が進展してしまうと、進展抑制効果はほとんど作用しなくなってしまう。

謝辞

本研究で用いた樹脂はアルファ工業株式会社、鯨井辰弥氏より提供していただきました。ここに記して感謝の意を表します。

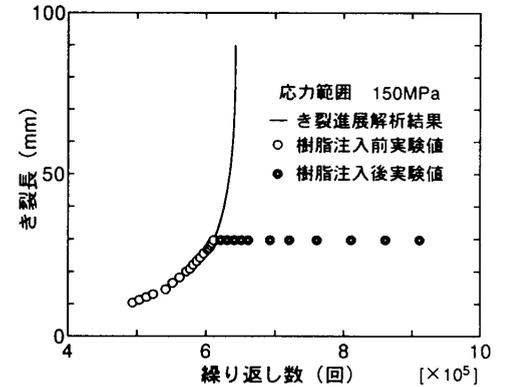


図-3 150MPa 実験結果

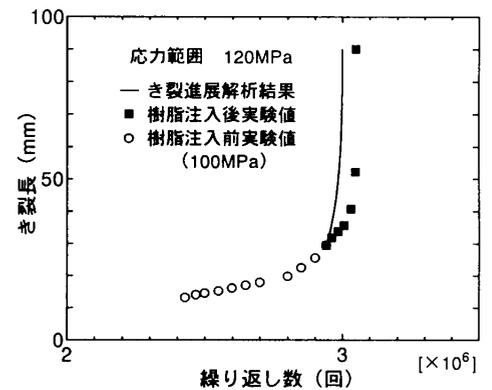


図-5 120MPa 実験結果

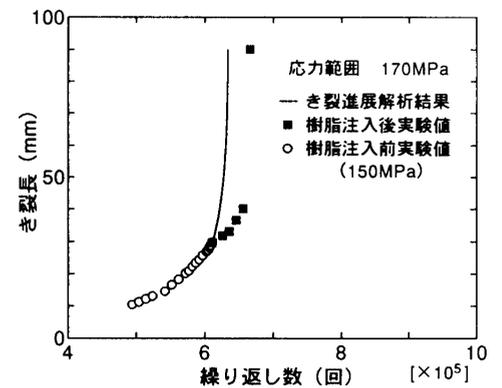


図-6 170MPa 実験結果