

点検時に適用可能な疲労き裂進展性診断装置の開発

阪神高速技術(株) 正会員 ○塚本 成昭 正会員 勝島 龍郎
 (株)共和電業 正会員 津田 仁 (株)ニューテック 非会員 藤田 成敏
 九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信

1. はじめに 近年, 都市高速道路を主として鋼床版の疲労き裂が多数確認されているが, それらは年々増加傾向にある. 鋼床版の疲労き裂の一部については, 車両の走行安全性に影響を及ぼすため, 早急な対応が求められる. 一方, 補修の予算や人員などの資源には限りがあるため, 補修の優先度を合理的に評価することが求められている. 従来の補修優先度は, き裂発生部位や発見時のき裂長さに基づき評価されていたため, き裂の進展性が考慮されていないことが課題であった. そこで, 著者らはき裂先端の応力拡大係数 K (以下, K 値) を直接計測できる K 値ゲージを用いたき裂進展性の予測手法について検討してきた¹⁾. 本研究ではき裂発見時に点検効率を大幅に低下させない疲労き裂の進展性診断を実現可能とするシステム構築を目的とした. そのために, 計測時間を 10 分程度に短縮することや, 接着剤を用いず K 値ゲージを設置する手法を課題とした. 本稿では, き裂進展性の評価手法, およびそのシステムについて報告する.

2. K 値ゲージを用いたき裂進展予測手法 近藤らにより考案されたき裂先端に対する K 値ゲージ²⁾を図-1に示す. このゲージは, き裂先端がゲージ中央の円中心に位置するように貼付することで, 円周上に配置された 4 つのゲージグリッドから得られたひずみから, 開口モードである K_I と面内せん断モードである K_{II} を式(1)により算出できる. なお, 面外せん断モードである K_{III} については算出できない.

$$\left. \begin{aligned} K_I &= C_1 (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) \\ K_{II} &= -C_2 (\varepsilon_3 - \varepsilon_4) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

※ C_1, C_2 : き裂長さに応じた係数

著者らは, 先行研究¹⁾で実際の鋼床版の疲労き裂に対して, K 値ゲージによる 7 日間の連続計測から予測したき裂進展性の予測結果が応急対策の必要の有無をスクリーニングする上で十分な精度を有していることを確認している.

本検討では K 値の算出過程で圧縮域を無視すると共に, 等価 K 値 (以下, K_{eq}) を式(2)に示す混合モードで評価することとした.

$$\Delta K_{eq(I+II)} = \sqrt{\Delta K_{eq(I)}^2 + \Delta K_{eq(II)}^2} \quad (2)$$

3. 計測時間の影響 K 値を把握するためには, 一般的な応力頻度測定と同様に, K 値ゲージよりき裂先端の

キーワード 鋼床版, 疲労き裂, 進展速度, K 値, 補修優先度

連絡先 〒160-0004 大阪市西区西本町 1-4-1 オリックス本町ビル TEL:06-6110-7200

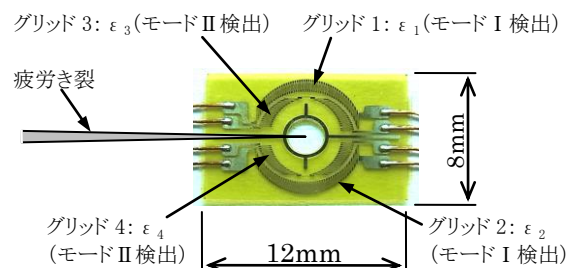


図-1 K 値ゲージ

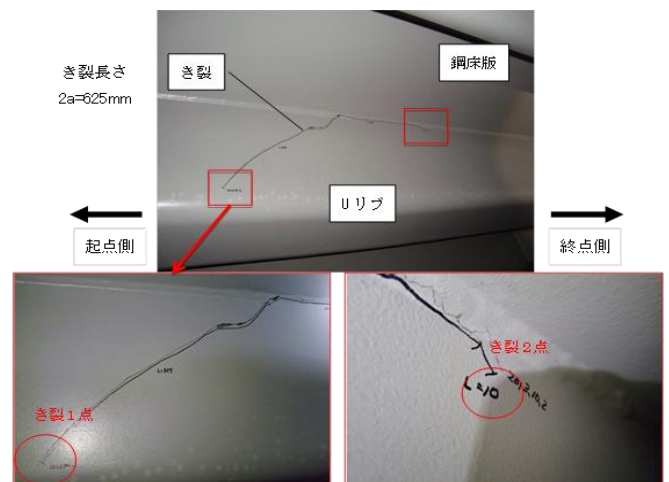


図-2 K 値の計測箇所 (SI 橋)

ひずみを一定時間計測し、頻度分析する必要がある。本検討では、先行研究¹⁾(SA橋), および図-2に示すSI橋を対象としてき裂進展をモニタリングした。

SA橋とSI橋に発生したき裂に対する K_{eq} およびそれに基づき予測したき裂進展長さを実際のき裂進展長さを表-1に示す。なお、き裂長さは先行研究で実施した長時間計測から、10分間のデータを抜き出して算出した。その結果、計測時間が K_{eq} に与える影響は、0.9~1.25倍程度であった。また、き裂進展の予測長さは、実進展長と比較して4~93%程度と大きく差異があるが、き裂の進展の有無を判断する上で十分な精度を有していると考えられる。

4. き裂進展性診断システムの概要 き裂発見時に迅速に計測するためには、計測時間に加え、ゲージ設置時間の短縮も必要とされる。そこで、図-3に示す磁力によりK値ゲージを固定する治具およびK値ゲージベース部を用いた。K値ゲージの設置と測定・評価手順は、1)ゲージベース部の円孔中心にき裂先端が位置するようにゲージを設置し、2)球状の磁石により、き裂先端部に仮固定し、3)固定治具を用いて、き裂先端部にゲージ面を加圧固定する。その後、4)ゲージからのリード線を専用のロガーに接続して計測を行い、5)計測データをタブレットPCを用いて解析することで、き裂の進展性(安全・要注意・危険)を評価する。本検討ではゲージベース部により、感度が異なるが、校正係数を適用することで、精度の高い計測が実現できた。

5. まとめ 疲労き裂の発見時に、点検全体の効率に配慮して、そのき裂の進展性を評価可能とする疲労き裂進展性診断装置を開発した。今後、き裂先端の確認精度とゲージの貼付精度が進展性の評価結果に及ぼす影響を定量的に明らかにする。また、補修優先度をさらに合理的な判定にするために、交通量や点検頻度を考慮した等価応力拡大係数の閾値を検討する。

これらの検討結果に基づき、本装置を鋼床版の疲労き裂の点検時に適用していくことで、実用性とき裂進展性の評価精度をさらに向上させる予定である。

表-1 K値の算出結果、き裂進展長さの予測値と実測値

SA橋			計測期間	算出K値		予測長さ mm/4ヵ月	実進展長 mm/4ヵ月
				$K_{eq}(I+II)$ N/mm ^{3/2}	168hrに 対する比		
H22.11.22	16:30~	き裂3	168hr	266.6	-	4.1	20
		き裂4		0.0	-	0.0	0
H22.11.23	0:00~	き裂3	10min	252.9	0.95	0.7	-
		き裂4		0.0	-	0.0	-
H22.11.23	6:00~	き裂3	10min	248.4	0.93	1.5	-
		き裂4		0.0	-	0.0	-
H22.11.23	12:00~	き裂3	10min	260.0	0.98	2.2	-
		き裂4		0.0	-	0.0	-
H22.11.23	18:00~	き裂3	10min	251.3	0.94	1.6	-
		き裂4		0.0	-	0.0	-

SI橋			計測期間	算出K値		予測長さ mm/4ヵ月	実進展長 mm/4ヵ月
				$K_{eq}(I+II)$ N/mm ^{3/2}	72hrに 対する比		
H25.11.19	72hr	き裂1	72hr	240.6	-	3.5	15
		き裂2		170.2	-	0.3	0
H25.11.19	11/20 5:00~	き裂1	10min	220.4	0.92	1.9	-
		き裂2		153.3	0.90	0.1	-
H25.11.19	11/20 12:00~	き裂1	10min	240.6	1.00	6.2	-
		き裂2		165.1	0.97	0.5	-
H25.11.19	11/21 14:00~	き裂1	10min	294.1	1.22	14.0	-
		き裂2		212.8	1.25	2.3	-

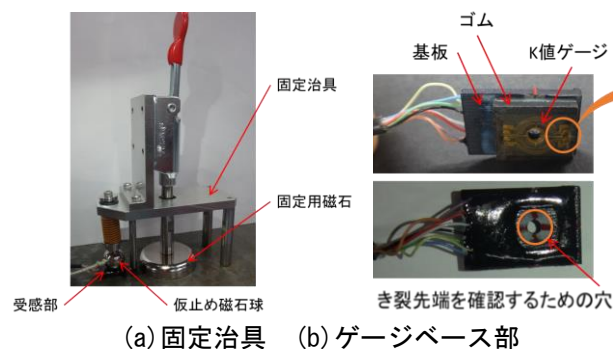


図-3 K値ゲージ固定用治具およびゲージベース



図-4 K値計測および進展性診断装置

参考文献 1) 塚本成昭, 山上哲示, 上杉太郎, 藤田成敏, 神野藤保夫: K値ゲージを用いた鋼床版疲労き裂の進展予測の試み, 鋼構造年次論文集, 第20巻, pp.551-556, 2012.11. 2) 近藤良之: 構造物に発生したき裂のK値計測用ゲージの開発, 日本機械学会論文集, A編53巻495号, pp.1977-1982, 1987.11.