

京都大学工学部

学生員

○穴太 聖哉

京都大学大学院工学研究科

正会員

橋本国太郎

京都大学大学院工学研究科

正会員

杉浦 邦征

大阪市立大学大学院工学研究科

正会員

山口 隆司

1. はじめに

現在供用中の橋梁は、多くが高度成長期に建設されており、橋梁の老朽化が進んでいる。橋梁の老朽化に伴い、1980年頃から鋼橋の溶接部において、疲労損傷が顕在化し始め、事例数・種類とも増加している。しかし、このような疲労き裂が発見されても、すぐに本格的な補修を実施できないことが多い。したがって、本格的な補修が行われるまでの緊急・応急補修技術が必要と考えられている。応急的な補修方法としては、き裂先端に孔をあけるストップホール工法が一般的に多く用いられているが、孔あけ用の機材が必要であることや、き裂位置によっては孔をあけられない場合がある。そこで、より簡易に、また様々なき裂に適用が可能であり、橋梁に傷をつけない万力を用いた緊急・応急補修法が考えられている。¹⁾

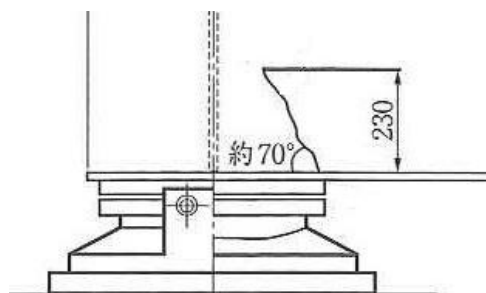


図1 支点付近の疲労き裂事例

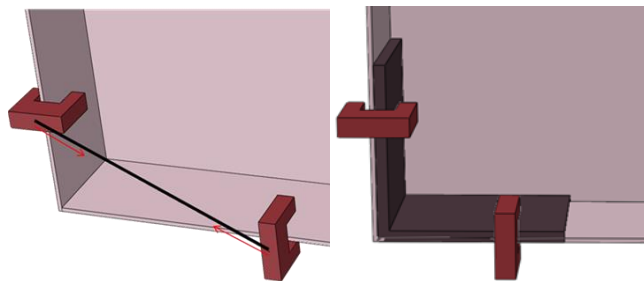


図2 (a)引張補修

(b)当て板補修

本研究では、緊急性を有する疲労き裂事例のうち、図1に示すI桁のソールプレート付近から発生・進展する疲労き裂事例に注目した。この事例では、まず、ソールプレートに沿って下フランジにき裂が発生し、さらに下フランジをき裂が貫通したのち、ウェブにまで進展する。き裂がウェブにまで進展した場合、き裂の進展に伴って急速に脆性破壊が起きる可能性があり、緊急性を要する疲労き裂であると考えられる。このI桁ソールプレート付近の疲労き裂の補修方法として、高性能万力を用いた引張接合による補修方法を提案する。これは、図2に示すように、2個の万力をフランジや補剛材などの張り出した部材に接合し、それらを特殊な治具およびPC鋼棒を用いて引っ張り合わせることで、き裂先端に圧縮力を与える方法である。本論では、この補修効果を解析的に検討した。

2. FEM 解析モデルの概要

汎用構造解析コードABAQUS²⁾を用いて、文献3)にある実構造レベルのI桁をモデル化した。作成した解析モデルに対し、き裂高さをパラメータとしき裂をモデル化した。さらに、そのき裂を導入したモデルに対し、解析上で補修を仮想的に実施し、その補修効果を検討する。解析モデルの要素分割状況を図3に示す。

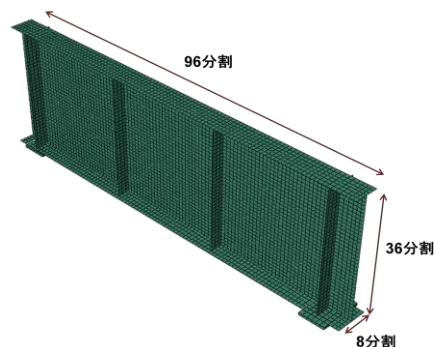


図3 要素分割状況

モデルの原型となったのは文献3)にある、幅員6.0m、支間20.0mの活荷重合成桁橋で、その主桁を3パネルモデル化した。解析モデルの寸法は、桁長3400mm、桁高1100mm、桁幅270mmである。

今回モデル化したき裂は下フランジ幅全幅にソールプレートに沿って進展し、さらにウェブに進展したき裂は、水平面から70°ソールプレート側に進展したものである。なお、図1に示すように、実際に発見された疲労き裂事例では、き裂高さ230mmまで進展している。

本解析で補修効果を評価する指標として応力拡大係数*K*値を用いた。評価する*K*値はモードI型き裂に対する*K_I*、モードII型き裂に対する*K_{II}*であり、モードIはき裂に対して引張応力が作用するときの負荷様式で、モードIIはき裂面内にせん断応力が作用するときの負荷様式である。*K_I*、*K_{II}*は次式のように引張応力、せん断応力にそれぞれ比例する。

$$K_I = \sigma \sqrt{\pi a} F \quad (\text{単位: } \text{MPa}\sqrt{\text{m}})$$

$$K_{II} = \tau \sqrt{\pi a} F$$

F : 形状によって決まる無次元定数

a : き裂長さ (m)

解析で使用した要素は、4辺形8節点2次シェル要素(S8R5)で、き裂先端周りの要素は、図4のようにき裂先端を囲むように分割し、先端部は4辺形の退化要素とした。これにより閉曲線積分において $1/\sqrt{r}$ の特異性を与えた。なお、本解析では、溶接による残留応力や初期たわみは考慮していない。

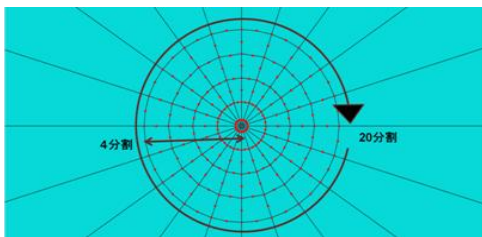


図4 き裂先端部要素分割状況

解析パラメータとしたのは、①き裂高さ、②補修の有無および補修のケースである。き裂高さは2mm、150mm、の2パターン作成した(以下、C2、C150とする)。

本解析で検討した補修方法は図2(a)に示す、き裂先端に圧縮力を与える引張補修法である。支点の境界条件は単純支持とした。引張補修のPC鋼棒に与える引張導入軸力は10kNで、片側補修をRep.A1、両側補修をRep.A2としてある。

3. 解析結果

補修による*K*値の変化を図5に示す。ここで、本解析において参考にした事例のように直線的に進展するき裂は*K_I*値の影響が大きいと考えられるため*K_I*値のみに注目した。

図5に示すように*K_I*値は補修により減少していることから、補修による効果があると考えられる。また、図5よりき裂長さによる補修効果の影響はないことがわかる。ただし、C150では*K_I*値は負値となっていることに注意が必要である。

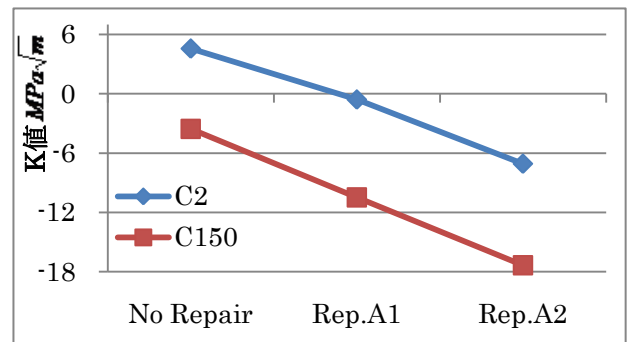


図5 補修方法別*K_I*値

4. まとめ

本研究において考案した高性能万力による引張補修は、解析上、効果があると考えられる。

引張補修治具の設置位置やPC鋼棒の導入軸力は引き続き解析的に検討する必要がある。

また、本解析で検討した引張補修を行う高性能万力の実験的検討は、既に行っているが、紙面の都合上ここでは報告を割愛する。別報で報告予定である。

謝辞

本研究は、国土交通省 建設技術研究開発助成制度により行われたことを付記し、ここに誠意を表わします。

参考文献

- 1) 橋本国太郎, 山口隆司, 北田俊行, 鈴木康夫, 山本剛: 橋梁の応急的な補修を想定した万力摩擦接合に関する基礎的実験, 構造工学論文集, Vol.54A, pp.575-581, 2008.3.
- 2) Dassult Systems Simulia : ABAQUS 6.8 User's Manual, 2008
- 3) (社)日本道路協会: 道路橋標準設計図集, 解説[2], 1963.11