

曲げを受ける断面欠損鋼板の片面当て板接着補修に関する基礎的研究

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○坂野 亮太 京都大学大学院工学研究科 正会員 石川 敏之
 京都大学大学院工学研究科 正会員 服部 篤史 京都大学大学院工学研究科 正会員 河野 広隆
 阪神高速道路(株) 正会員 青木 康素

1. はじめに

近年、鋼床版のデッキプレート上面において、図1のような腐食の発生が報告されている。このような腐食があると、デッキプレートの断面減少や孔食による応力集中によりデッキプレートに生じる応力が大きくなり、疲労き裂が発生しやすくなる可能性がある。デッキプレートの腐食は舗装取替工事の際に発見されるが、舗装取替工事での道路規制時間内では補修に時間がとれないのが現状である。しかし、当て板接着補修のような数時間で施工できる補修方法であれば、新たな道路規制をすることなくその場で補修できる可能性がある。本研究では、デッキプレートの片面当て板接着補修の基礎的研究として、断面欠損を有する鋼板の片面に当て板鋼板を接着し、曲げ試験とFEM解析を行い、曲げを受ける当て板接着鋼板に生じる応力を明らかにする。

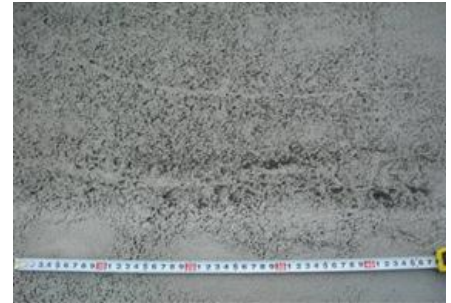


図1 デッキプレートの腐食例

2. 実験および解析概要

本実験では $50 \times 12 \times 600\text{mm}$ の鋼板(SM490Y)を使用した。試験体の中心に腐食を模擬した深さ 4mm の断面欠損を設けた。この鋼板の中心に $50 \times 4.5 \times 300\text{mm}$ の鋼板(SS400)を圧縮弾性係数 2GPa のエポキシ樹脂によって貼り付けた。実験装置の概略図を試験結果および解析結果と合わせて図2, 3に示している。図2, 3はそれぞれ欠損長さ 5mm , 40mm の試験体の結果を示しており、図中に示すように、当て板が曲げの引張を受けるように設置し、鋼板が降伏するまで荷重を载荷した。解析も同様のモデルとし、2次元弾性線形解析を行った。

3. 鋼板に生じる応力

本実験では、母材が降伏するまで当て板のはく離は起こらなかった。図2, 3に実験およびFEM解析から得られた試験体の母材下面の応力分布を示す。図には、構造力学から計算される理論値も示されている。解析値は载荷点からの距離 $x=400\text{mm}$ の位置の母材下面に生じる応力 σ_{L400} の理論値で除して無次元化した値を示している。実験結果も荷重 0.3kN 载荷した際の応力を σ_{L400} で除した値を示している。これらの図から分かるように、実験値と解析値はほぼ一致している。しかし、当て板接着端近傍において鋼板下面の応力は理論値まで低下していない。これは、母材の断面力が接着剤を介して当て板に伝達される際に接着剤層において断面力が十分に伝達されない現象が生じるためであり、この範囲は有効長さに含めずに設計する必要がある。また、図2の断面欠損が短い場合、断面欠損中央に生じる応力が理論値まで低下していない。一方、図3の断面欠損が長い場合、健全部と断面欠損部の境界で応力が理論値まで低下していない。

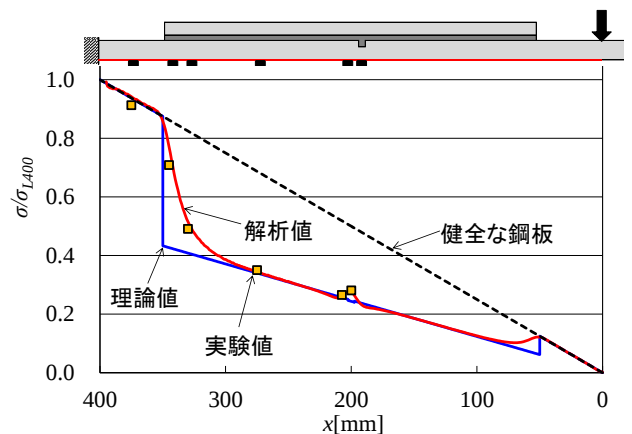


図2 鋼板下面の応力分布(欠損長さ 5mm)

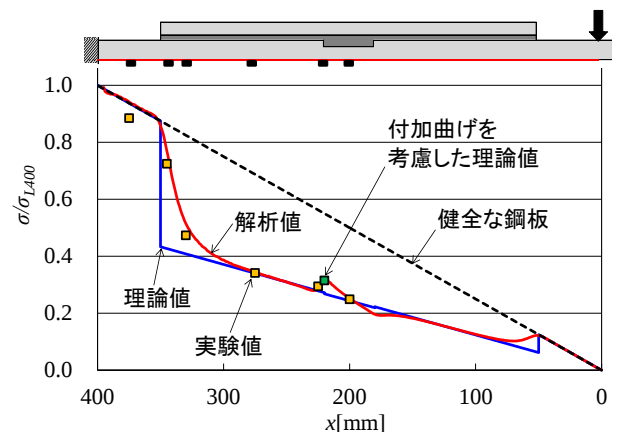


図3 鋼板下面の応力分布(欠損長さ 40mm)

キーワード 当て板, 接着補修, 鋼板接着, デッキプレート, 腐食

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京大桂C クラスターC1 棟 構造物マネジメント工学講座 TEL075-383-3321

4. 断面欠損部に生じる応力の推定

まず断面欠損が短い場合に応力が理論値まで低下しない理由を明らかにする．図4に、欠損長さ5mmの場合の当て板厚さ t_p を変化させた際の断面欠損部中央の母材下面に生じる応力と当て板厚さの関係を示す．構造力学により与えられる理論値も σ_{b0} として示している．図から分かるように、当て板が厚い場合、解析値と理論値は一致しているが、当て板が薄い場合、解析値は理論値まで低下していない．

当て板が接着された鋼板では、当て板と母材の断面力の伝達は接着剤を介して行われるため、微小な区間の急激な断面変化が生じた位置では断面力の分配が完全に行われないと考えられる．そこで本研究では図5に示す微小な断面欠損部に作用する軸力が、構造力学で算出される健全部と断面欠損部に生じる軸力の間の値になると仮定する．つまり分担断面力の観点から、断面欠損部の当て板および母材がそれぞれ分担する軸力 $N_{p\alpha}$ 、 $N_{b\alpha}$ を次式で仮定する．

$$N_{p\alpha} = \alpha N_{h1} + (1 - \alpha) N_{d1} = -N_{b\alpha} \quad (1) \quad N_{h1} = -A_p a_{h1} M / I_{hv} \quad (2) \quad N_{d1} = -A_p a_{d1} M / I_{dv} \quad (3)$$

M ：作用曲げモーメント， A_p ：当て板の断面積，

I_{hv} ， I_{dv} ：それぞれ健全部および断面欠損部の合成断面の断面二次モーメント．

これらの式と作用曲げモーメント M を用いて、断面欠損部の当て板および母材がそれぞれ分担する曲げモーメント M_{d1} ， M_{d2} が次式で与えられる．

$$M_{d1} = \{M + N_{p\alpha}(a_{d1} + a_{d2})\} I_p / (I_p + I_{d2}) \quad (4) \quad M_{d2} = \{M + N_{p\alpha}(a_{d1} + a_{d2})\} I_{d2} / (I_p + I_{d2}) \quad (5)$$

I_p ， I_{d2} ：それぞれ当て板および断面欠損部の母材の断面二次モーメント．

したがって、断面欠損部の当て板および母材に生じる応力 $\sigma_{p\alpha}$ ， $\sigma_{b\alpha}$ はそれぞれ次式で与えられる．

$$\sigma_{p\alpha} = N_{p\alpha} / A_p + M_{d1} y_{d1} / I_p \quad (6) \quad \sigma_{b\alpha} = N_{b\alpha} / A_{d2} + M_{d2} y_{d2} / I_{d2} \quad (7)$$

y_{d1} ， y_{d2} ：それぞれ断面欠損部の当て板中央と母材中央からの距離， A_{d2} ：断面欠損部の母材の断面積．

この式では、 $\alpha=0$ の場合、理論値 σ_{b0} と一致し、 $\alpha=1$ の場合、軸力の分配が健全部と同じ状態 σ_{b1} になる．つまり、図4からFEM解析結果は α が0~1の間の値になる．本解析の断面欠損深さ4mm、欠損長さ5mmの解析結果から、 α を推定すると $\alpha=0.4$ になり、式(7)より与えられる母材下面の断面欠損部に生じる応力 $\sigma_{b0.4}$ を図4に示すと、解析値とほぼ一致していることが分かる．

次に、断面欠損が長くなった場合、健全部と断面欠損部の境界の鋼板下面の応力が理論値まで低下しない理由として、健全部と断面欠損部の母材の図心位置が異なるので、それらの境界において付加曲げモーメント M_a が生じると考えた．付加曲げモーメント M_a は母材の分担軸力と図心位置の差を用いて次式で推定する．図3に示すように、健全部と断面欠損部の境界の断面欠損部の応力へ、 M_a から算出される応力を加えると、解析値とほぼ一致していることが分かる．

$$M_a = N_{d2}(t_h - t_d) / 2 \quad (8)$$

5. まとめ

片面に当て板を接着した断面欠損を有する鋼板の曲げ試験とFEM解析を行い、鋼板に生じる応力を明らかにした．さらに、断面欠損部に生じる応力の推定式を、軸力の分担関係および付加曲げモーメントを考慮することで与えた．

謝辞：本研究を実施するにあたり、コニシ(株)堀井久一氏に試験体の製作にご協力頂いた．ここに記して謝意を示します．

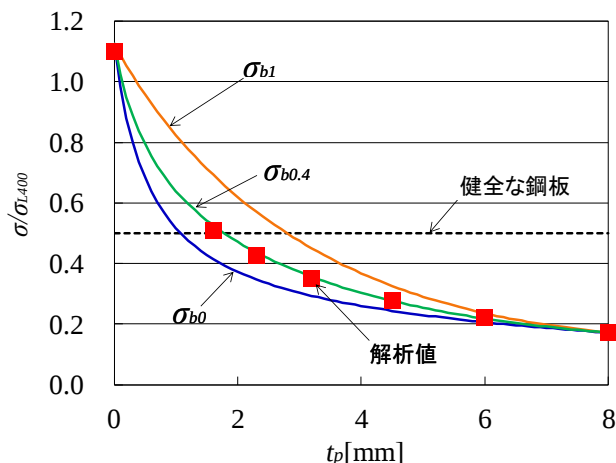


図4 断面欠損部の応力と当て板厚さの関係

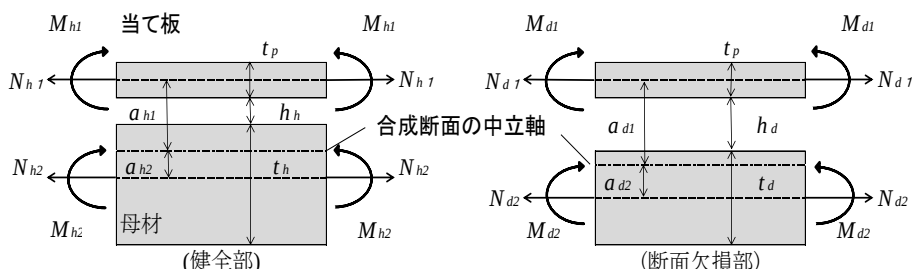


図5 当て板と母材の水平力のつり合い