

き裂を有する鋼床版の当て板補強に関する解析的検討

日立造船 正会員 ○松下裕明 石川島播磨重工 正会員 齊藤 史朗
 (独) 土木研究所 正会員 村越 潤 (独) 土木研究所 正会員 有馬 敬育

1. はじめに

近年、大型車の交通条件の厳しい鋼床版を有する道路橋において、各部に疲労損傷が報告されている。これらの損傷には、デッキプレートーUリブ溶接部から発生し、デッキプレート（以下、デッキと呼ぶ）表面に貫通するき裂等も発見されており、このようなき裂に対する補修補強対策が求められている。そこで本文では、比較的施工が容易で、かつ、道路陥没等を直接防止できるデッキ上面からの鋼板設置（当て板）による補強工法を検討対象とし、補強による応力低減効果、および当て板設置に伴う周辺部への影響を明らかにすることを目的として実施した FEM 解析結果の一部について報告する。なお、本研究は(独)土木研究所と民間8社による「鋼床版の疲労耐久性向上技術に関する共同研究（その1）」の一環として実施したものである。

2. 解析モデルおよび荷重ケース

図1に解析モデルを示す。解析モデルは文献1)で示された実大試験体を対象に、着目部となるデッキ、Uリブおよびその溶接部をソリッド要素（最小要素寸法 0.25mm）、その他をシェル要素でモデル化した。なお、主要部の応力については文献1)の荷重試験結果との比較により妥当性を確認している。き裂損傷位置に対し、輪荷重位置が橋軸直角方向に大きく外れる頻度は比較的小さいとの考えから、当て板の幅は図2に示す様にき裂損傷を想定したUリブを含み、隣接するUリブウェブまでとした。また、その長さは輪荷重の橋軸方向幅（200mm）に余裕を考慮してき裂先端からの縁端距離を 300mm とした。荷重荷重は大型車後輪ダブルタイヤを想定し、き裂を跨ぐ CASE1～5 を基本に参考として橋軸直角方向に外れるまれなケースとして CASE6～8 も考慮した。当て板とデッキは支圧接合を想定し、ボルト位置で板厚中心間をバネ要素（鉛直方向 EA/h (E:ヤング率, A:ボルト断面

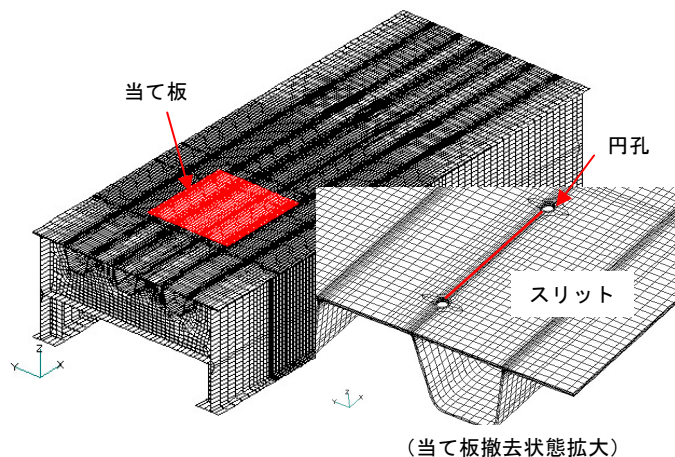


図1 解析モデル

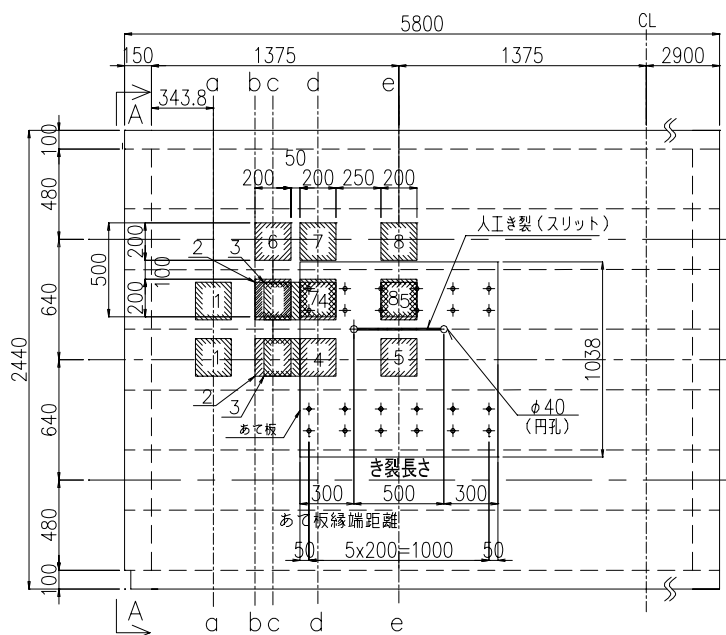


図2 当て板と荷重載荷位置

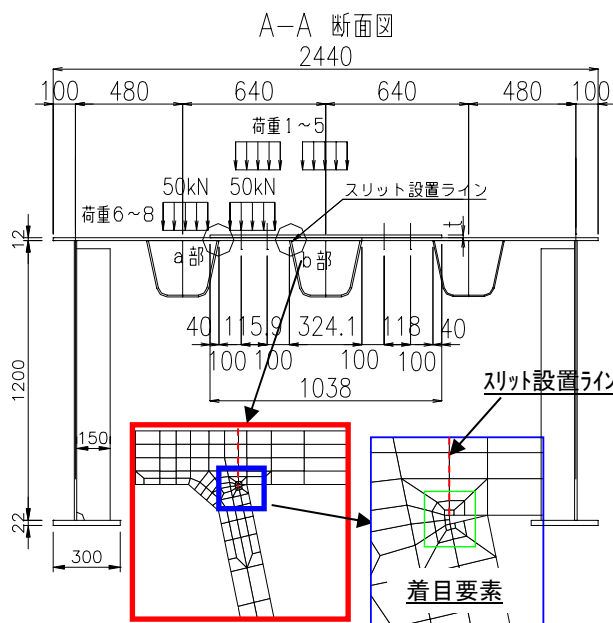


図3 荷重載荷位置と着目位置

キーワード：鋼床版、疲労、き裂、当て板、FEM 解析

〒592-8331 大阪府堺市西区築港新町1町5番1 TEL 072-243-6815 FAX 072-243-6816

積, h : 板厚中心間隔), 水平 2 方向 GA/h (G :せん断弾性係数)) で結合し, ボルト位置以外は圧縮方向内部拘束, 水平面内フリー (摩擦無し) とした. 当て板長さ方向のボルト間隔は輪荷重幅の 200mm を基本とし, 幅方向は施工性を考慮してウリブ内にボルトを設置していない. 境界条件として主桁下フランジ下面全節点の 3 方向変位を拘束している. 当て板の板厚は 12mm である. また, 図 3 においてウリブとデッキの未溶着部をモデル化しているが, 変形に伴う未溶着部のウリブとデッキ下面の接触は考慮していない (解析上は貫通することとなる). なお, 解析モデルは人工亀裂 (スリット) + 亀裂先端の円孔 + 当て板を有する「当て板補強モデル」と, 損傷発生前を想定した「無損傷モデル」の 2 モデルとした. 輪荷重は 1 輪あたり 50kN で計 100kN とした.

3. 解析結果と考察

1) 当て板の補強効果

既往の研究²⁾と同様, 無損傷モデルおよび当て板補強モデルともに荷重直下の溶接ルート部に高い応力が発生した. (ただし, CASE5 はスリットがあるため高い応力が発生しない.) そこで, 当て板の補強効果を確認するため, CASE1~5 に対し図 2 の d-d 断面に着目し, 図 3 の b 部未溶着部近傍要素における最大および最小主応力の最も高かった荷重ケースでの主応力分布とその方向を抽出し, 図 4 および図 5 に示す. 図に示すように, いずれもデッキ下面の要素 I で最も高く, その方向は橋軸直角方向が支配的であった. なお, 図 4 と図 5 の比較から, CASE1~5 への輪荷重の移動によって, d-d 断面の要素 I には高い最小主応力が発生し, 最大主応力はその 1/6 程度と低いことが分かる. 無損傷モデルにおいても同様の応力分布, 方向を示した. 無損傷モデルとの比較では, 当て板範囲外の荷重ケースであり発生応力も小さかった図 4 の荷重ケースでは補強前後の応力低減効果はほとんど見られなかったが, 当て板直上荷重で発生応力が大きかった図 5 の荷重ケースでは 50~60% の応力低減効果が得られた. 参考として, 図 5 に代表的な要素の最小主応力の比 (当て板補強モデル/無損傷モデル) を併記する.

2) 当て板周辺荷重時の応力

CASE3 および 6~8 の当て板周辺荷重時の各荷重ケースにおいて, それぞれ荷重直下断面の着目要素の中から最も高い最小主応力を抽出し表 1 に示す. すべての荷重ケースで最小主応力は要素 I で最も高く, その支配的な方向は橋軸直角方向であった. なお, 表中の値は無損傷モデルの最小主応力で除して無次元化している. いずれの荷重ケースも無損傷時の 90% 前後となり, 当て板周辺, あるいは部分的に当て板に輪荷重が荷重された場合でも無損傷モデルを超える応力は発生しないことが分かる.

3) 当て板本体およびボルトの発生応力

当て板本体に作用する最小主応力は, 無損傷モデルで要素 I に生じた最小主応力の 1/3 程度であり, 最大主応力はさらに小さかった. また, ボルトに作用する引張応力は最大の CASE6 の場合でも 10MPa と非常に小さく, せん断応力は最大の CASE7 で 85MPa となり, 許容せん断応力 192MPa の半分以下であった.

4. おわりに

本文では, デッキを貫通するき裂を有する鋼床版に対し, 当て板補強に対する解析的検討の結果の一例を示した. 今後は, 当て板の寸法諸元 (幅, 長さ, 板厚, ボルト配置等) を変化させた場合の補強効果などの検討を進める必要がある.

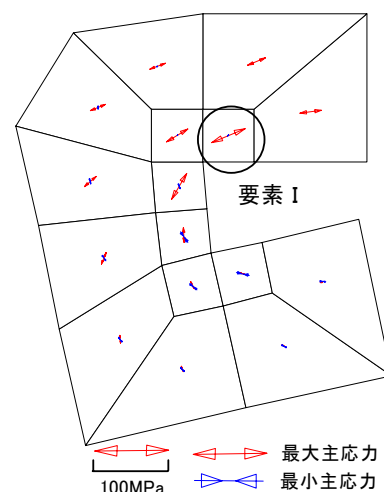


図 4 最大主応力が最も高かった CASE1 での主応力分布と方向

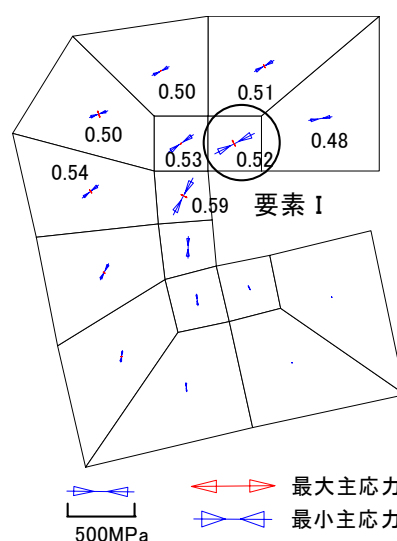


図 5 最小主応力が最も高かった CASE4 での主応力分布と方向

表 1 当て板周辺荷重時の最小主応力

荷重 ケース	最小主応力			着目位置
	発生位置	方向	無損傷との比	
3	要素 I	橋直	0.88	b 部
6	要素 I	橋直	0.90	a 部
7	要素 I	橋直	0.91	a 部
8	要素 I	橋直	0.91	a 部

参考文献 1) 栗原, 村越他: き裂を有する鋼床版の当て板補強に関する検討, 第 61 回土木学会年次学術講演会, 2006. 9

2) 三木, 菅沼他: 鋼床版箱桁橋のデッキプレート近傍に発生した疲労損傷の原因, 土木学会論文集, No. 780/I-70, 2005