

σ 形切欠きによるデッキプレートと垂直補剛材の溶接部のき裂対策

名古屋高速道路公社 学 生 会 員 ○長谷川秀也 名古屋高速道路公社 末次 宏基
名古屋大学 フェロー会員 館石 和雄 名古屋大学 正会員 清水 優

1. はじめに

デッキプレート（以下、デッキという）と垂直補剛材の溶接部に発生したき裂がデッキに進展し貫通すると、箱桁内への漏水による腐食の発生、耐荷性・耐久性の低下の可能性があることから、き裂発生・進展抑制のための対策が必要である。これまで、垂直補剛材上端へ半円孔を施工する対策が用いられてきたが、一部の橋梁でき裂の発生・進展が確認されている。そこで、新たに「σ 形切欠き」を考案し、応力範囲の低減効果及びき裂の進展抑制効果について検討を行った。

2. FEM によるき裂発生抑制効果の検証

垂直補剛材回し溶接部からき裂が発生している鋼床版の寸法を参考に、対象条件を用いて横リブスパンの1/2 をモデル化し、FEM を行った。図 1 に解析モデルを示す。着目する垂直補剛材周辺を 20mm、それ以外を 50mm で要素分割し、板厚方向にはデッキを 6 分割、U リブを 3 分割とした。着目する垂直補剛材回し溶接部周辺ではサブモデリング解析を行い、デッキと垂直補剛材の溶接部周辺は全方向に 1mm の要素分割とした。着目位置はデッキと垂直補剛材の回し溶接部のデッキ側止端から 1mm の位置とした。载荷条件は H29 道示Ⅱ¹⁾ の F 荷重 100kN のダブルタイヤがレーンマークから想定される平均的な位置を走行した場合を想定し、図 2 に示すようにダブルタイヤの中心が着目する垂直補剛材直近の U リブ中心となる位置とした。解析ケースは図 3 に示すように溶接まま、半円孔、σ 形切欠きの 3 ケースとした。FEM より求めた着目位置の応力範囲を表 1 に示す。溶接ままの応力範囲と比較し、半円孔では 33.7%の低減、σ 形切欠きでは 98.0%の低減となった。

3. FEM によるき裂進展抑制効果の検証

き裂の進展速度と応力拡大係数範囲の間には式(1)の関係があることから、FEM により応力拡大係数範囲 ΔK を求めることでき裂進展抑制効果の検証を行った。

$$da/dN=C(\Delta K^m-\Delta K_{th}^m)$$

(1)

キーワード 鋼床版, 垂直補剛材, 疲労き裂, 応力拡大係数, ひずみ計測

連絡先 〒453-0804 名古屋市中村区黄金通 7-28-1 TEL：052-461-4408

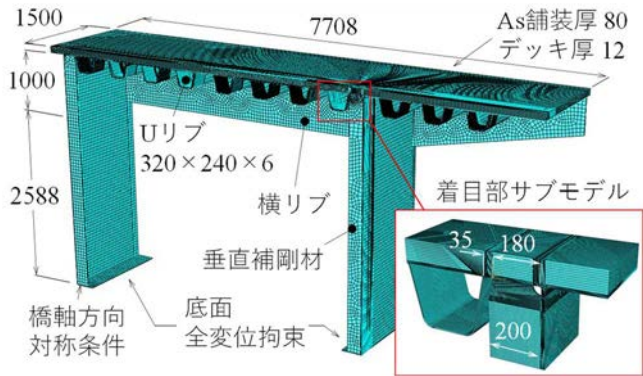


図 1 解析モデル（単位：mm）

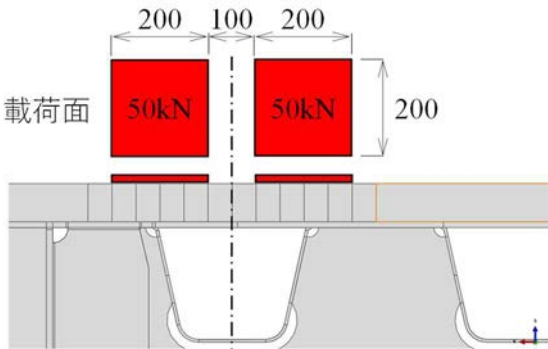


図 2 载荷条件（単位：mm）

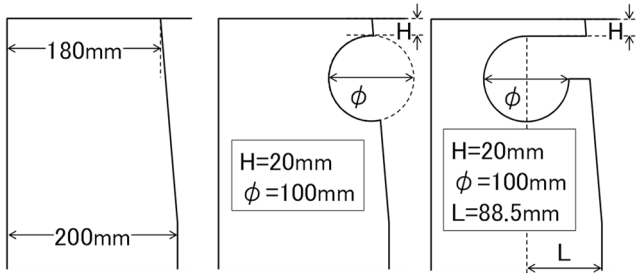


図 3 解析ケース

表 1 回し溶接部から 1mm 位置の応力範囲

	溶接まま	半円孔	σ形切欠き
応力範囲 (N/mm ²)	288.4	191.2	5.7
溶接ままに対する 低減率 (%)	—	33.7	98.0

ここに、 a ：き裂長（mm）、 N ：载荷回数（回）、 $\angle K_{th}$ ：下限応力拡大係数範囲（ $\text{N/mm}^{3/2}$ ）、 C 、 m ：材料定数．解析モデル、荷重条件、解析ケースは2章と同様とし、デッキと垂直補剛材の回し溶接部には図4に示すような半楕円形のき裂を導入した．き裂の深さと半幅は式(2)に従うように決定した²⁾．

$$a/b=1/\{1+(b/t)\}$$

(2)

ここに、 a ：き裂深さ（mm）、 b ：き裂半幅（mm）、 t ：デッキ厚（mm）．き裂の先端の要素分割は全方向に0.1mmとした．

FEMより求めたき裂深さとき裂深さ方向先端の応力拡大係数範囲の関係を図5に示す．溶接まま、半円孔ではき裂深さが3mm～5mm程度になるまではき裂が深くなるにつれて応力拡大係数範囲が増加し、その後は減少している． σ 形切欠きではき裂深さによらず、鋼構造物の疲労設計指針・同解説³⁾で示される $\angle K_{th}=76\text{N/mm}^{3/2}$ を常に下回っているため、この切欠きを施工することですでに発生しているき裂についても停留させることができると考えられる．

4. 実橋での対策効果検証

σ 形切欠きについて、実橋での対策効果検証を行った．まず、き裂がある垂直補剛材、き裂がない垂直補剛材をそれぞれ1箇所ずつ選定し、ホールソー、ディスクサンダー等を用いて σ 形切欠きの施工を行った．施工後の状況を写真1に示す．

対策効果の検証は、 σ 形切欠きを施工した垂直補剛材付近を対象としたひずみ計測により行った．計測は施工の前後に1回ずつ、図2に示す位置に左側後輪が合うよう、交通規制下で散水車（輪荷重 73.5kN）を低速で走行させて行った．デッキと垂直補剛材の溶接部の垂直補剛材側止端、デッキ側止端からそれぞれ5mm離れた位置で行ったひずみ計測結果を表2に示す．いずれの場合においても、 σ 形切欠き施工後に大きなひずみ低減効果が得られた．

5. おわりに

本稿では、 σ 形切欠きを施工することにより、デッキと垂直補剛材の溶接部のき裂の発生・進展を抑制できる可能性があることを報告した．今後は、実橋での本格的な適用を目標に、更なる検討を進めていく予定である．なお、本稿のうち切欠き形状及びFEMに関する検討は、名古屋大学に委託した「令和3年度垂直補剛材とデッキプレートの溶接部に発生した疲労き裂への対

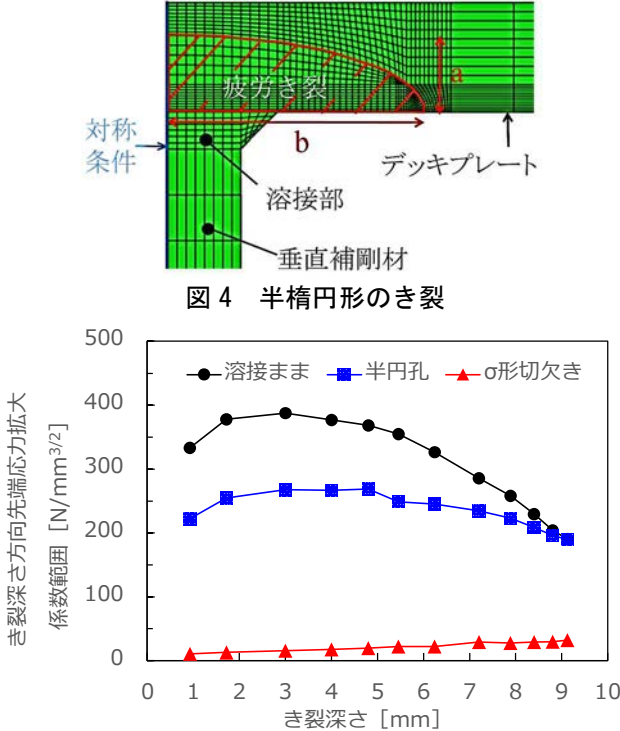


図5 き裂深さと応力拡大係数範囲の関係



写真1 施工後のσ形切欠き

表2 ひずみ計測結果

		ひずみ (μ)		低減率
		対策前	対策後	
き裂あり	補剛材側	-191.6	-1.8	99.1%
	デッキ側	75.7	17.4	77.0%
き裂なし	補剛材側	-258.6	-2.2	99.1%
	デッキ側	-113.1	-2.4	97.9%

策に関する研究業務委託（その3）」で実施したものである．

参考文献

1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋・鋼部材編，2017．
2) 川原正言，栗原正好：表面き裂の疲労による伝播成長過程に関する予備的考察，日本造船学会論文集，Vol.137，pp.297-306，1975．
3) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説一付・設計例-[2012改訂版]，2012．