

## 鋼床版ビード貫通き裂の発生起点に関する解析的検討

日本橋梁建設協会 正会員 ○松下裕明 平山繁幸 内田大介  
 ヤ サムオル 小笠原照夫  
 阪神高速道路 正会員 杉山裕樹

**1. はじめに：**鋼床版のデッキプレートとUリブ溶接線の溶接ルート部から数多くの疲労き裂が発生している。このき裂には、デッキプレートの板厚方向に進展するもの（以下、デッキ貫通き裂）と溶接ビードが切断される方向に進展するもの（以下、ビード貫通き裂）がある。阪神高速道路では重交通路線においてビード貫通き裂が数多く確認されており、その発生原因の解明と損傷対策の確立が求められている。本報では、ビード貫通き裂が確認された橋梁を対象に FEM 解析を行い、これらのき裂の発生・進展について検討した結果を報告する。

**2. 解析モデルおよび方法：**解析対象は 1996 年に供用が開始された支間長 34.25m の単純鋼床版鉸桁橋である。

解析では、デッキプレートの局所的な変形による溶接ルート部の応力に着目していることから、主桁と横リブで囲まれたパネルをモデル化し、荷重範囲（着目断面内パネルおよびその隣接パネル）を考慮して図-1 に示す解析モデルとした。また、対象橋梁の損傷が主に U リブ支間部で発生していることから、着目断面は図に示す支間中央断面とした。デッキプレート、U リブおよび舗装はソリッド要素、その他はシェル要素でモデル化し、着目する溶接線の溶接形状は、現地調査結果や過年度報告書を基に設定（溶接脚長：デッキプレート側 8.5 mm, U リブ側 6.5 mm, 溶込み量 2.2 mm）した。また、本解析では溶接ルート部およびその近傍の発生応力の比較検討が目的であるため、便宜上、図-2 に示すように溶接ルート部をモデル化した。溶接ルート部の角部には半径 0.1mm の R を設けている。

アスファルト舗装の弾性係数は温度依存性があるが、ルート部応力に最も厳しい条件として夏期を想定した弾性係数（500MPa）を用いた。荷重は、大型車のダブルタイヤ（輪重 100kN）を、橋軸方向に 125~500mm ピッチで 20 ケース、橋軸直角方向には走行位置のばらつきを考慮して 5 ケース（図-3）、計 100 ケースを載荷した。なお、図-3 中の CASE1 は大型車が車線中央を走行した際の車輪の位置であり、本解析では基準走行位置としている。

**3. ビード貫通き裂の発生起点：**デッキ側（図-2 の要素 1~3）および U リブ側（図-2 の要素 4~6）の各要素に着目し、各載荷ケースでの応力を比較した。例として、CASE1 の発生応力の比較を表-1 に示す。表中の着目応力は、各要素における橋軸方向に載荷した 20 ケースの中の最大および最小の主応力値である。最大応力範囲は、他の 19 ケースの結果をこれらの主応力方向に座標変換

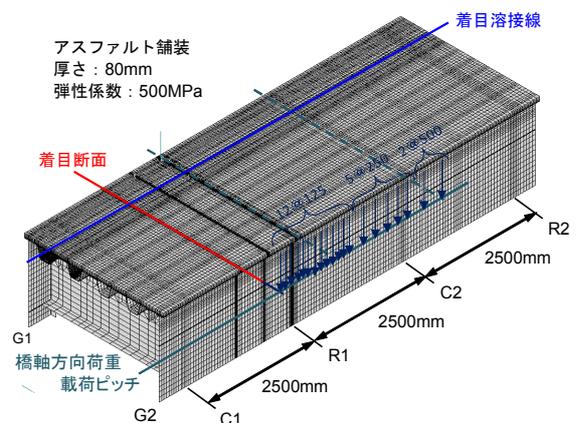


図-1 解析モデル

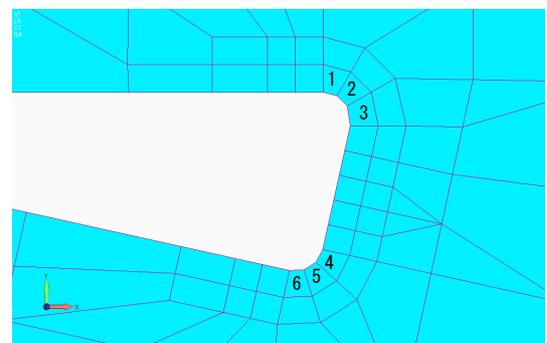


図-2 着目要素と要素番号

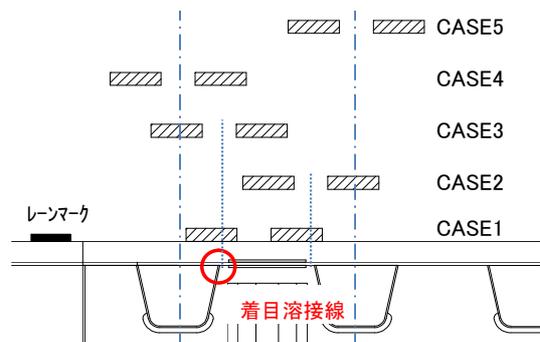


図-3 載荷ケース

キーワード：鋼床版，ビード貫通き裂，発生起点，FEM 解析

連絡先：(社)日本橋梁建設協会 鋼床版小委員会 〒105-0003 港区西新橋 1-6-11 TEL：03-3507-5225 FAX：03-3507-5235

して算出した値である。例えば、表-1において要素3の最大主応力は111MPaで、この時の主応力方向での最小値(表中他ケース応力値)が-282MPaとなったため、その応力範囲は394MPaとなる。他の4ケースについても同様の手法で応力範囲を算出し、最大応力範囲を整理したものを表-2に示す。

CASE2およびCASE5では、Uリブ側要素の応力範囲が高くなった。これは、荷重が着目溶接部から離れた位置にあるため、Uリブの板曲げの影響を受けたものと考えられる。一方、CASE1, 3, 4の様に着目溶接線直上に輪荷重が載荷された場合はデッキ側要素の応力範囲が高くなった。これは、着目溶接線上の荷重により板曲げの影響に比べ、直接荷重による軸力の影響が高くなったためと考えられる。また、この場合には応力範囲に対する圧縮応力の割合が高いのに対し、板曲げの影響が大きいCASE2, 5の場合には引張応力の占める割合が高くなっている。応力範囲の大きさで比較すれば、CASE3>CASE1>CASE4>CASE2>CASE5となっているものの、大型車の走行位置の分布<sup>1)</sup>を考慮すれば、解析対象橋梁では基本走行位置であるCASE1ではデッキ側ルート部がき裂の発生起点となる可能性が高い。

図-4は、CASE1とデッキ貫通き裂が発生しやすいとされるUリブウェブを跨ぐ様に載荷したCASE3の着目断面直上載荷時の主応力方向を比較したものである。すなわち、表-1における最小主応力着目時の結果を示している。図に示す通り、全体的な傾向は大差ないものの、ルート部周辺の要素に着目した場合、CASE1ではデッキ側ルート部で約60度の傾きを有し、ルート部に隣接する要素では鉛直方向に向きを変えた後、水平になっている。一方、CASE3では、デッキ側ルート部で45度方向に傾いているが、ルート部に隣接する要素からほぼ水平になっている。疲労き裂が主応力方向と直交して進展するとすれば、CASE1ではデッキ側ルート部から発生したき裂が斜め方向に進展した後ビード貫通き裂へ、CASE3ではデッキ貫通き裂になると推察される。

これらの結果から、解析対象とした橋梁では、本解析モデルの条件下では、デッキ貫通き裂よりも、ビード貫通き裂が発生しやすいと考えられる。

**4. まとめ:** ビード貫通き裂が発生した橋梁を対象としたFEM解析により、荷重載荷位置とき裂の発生起点について検討した。また、その主応力方向の検討と合わせて、本解析条件下において解析対象橋梁ではデッキ貫通き裂よりもビード貫通き裂の方が発生し易いことを確認した。今後は、本解析結果に基づき、ビード貫通き裂を再現するための疲労試験を実施する予定である。なお、本解析は、阪神高速道路と日本橋梁建設協会鋼床版小委員会との共同研究の一環として行ったものである。

参考文献: 1)高田ら:BWIMを応用した実働荷重と走行位置が鋼床版の疲労損傷に与える影響検討, 構造工学論文集, Vol.55A, pp.1456-1467, 2009.

表-1 CASE1の主応力とその応力範囲

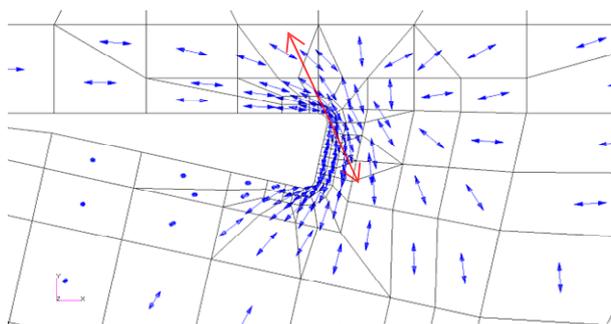
要素番号	着目主応力			他ケース 応力値	最大 応力範囲	応力比
	着目	応力値	応力方向			
1	最大	91.0	37.71	-220.8	311.8	-2.4
	最小	-247.0	32.85	21.3	268.4	-11.6
2	最大	110.0	54.33	-274.6	384.6	-2.5
	最小	-300.2	50.85	23.3	323.5	-12.9
3	最大	111.3	71.27	-282.1	393.5	-2.5
	最小	-298.3	67.60	44.7	342.9	-6.7
4	最大	126.1	54.32	-148.9	275.0	-1.2
	最小	-163.0	60.30	77.2	240.3	-2.1
5	最大	134.9	40.90	-119.6	254.4	-0.9
	最小	-142.6	49.39	28.9	171.5	-4.9
6	最大	114.1	28.50	-68.9	183.0	-0.6
	最小	-89.7	34.26	37.7	127.3	-2.4

(単位: 応力値および応力範囲はMpa, 応力方向は度)

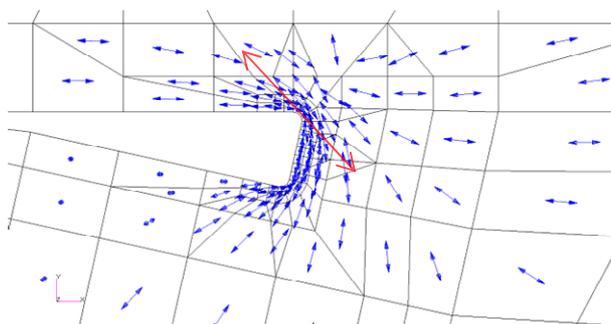
表-2 各載荷ケースの応力範囲と発生要素

載荷 ケース	着目主応力		他ケース 応力値	最大 応力範囲	応力比	発生 要素番号
	着目	応力値				
CASE1	最大	111.3	-282.1	393.5	-2.5	3
CASE2	最小	-23.9	120.6	144.5	-0.2	5
CASE3	最大	95.7	-340.8	436.5	-3.6	2
CASE4	最大	63.8	-296.5	360.3	-4.6	3
CASE5	最小	-20.5	102.0	122.5	-0.2	5

(単位: 応力値および応力範囲はMpa, 応力方向は度)



(a) CASE1



(b) CASE3

図-4 主応力方向図(方向のみ, 応力値と矢印長は無関係)