

鋼床版の主桁腹板上におけるアスファルト舗装のひび割れに関する解析的検討

法政大学 正会員 内田 大介

1. はじめに 鋼床版は輪荷重によりデッキプレート（以下、デッキ）に局部的な変形が生じるため、主桁や縦リブ腹板上においてアスファルト舗装の橋軸方向ひび割れに対する配慮が必要となる。このため、道路橋示方書（以下、道示）では舗装に影響を及ぼさない輪荷重によるたわみ値に対して縦リブ間隔を考慮したデッキの最小板厚を規定するとともに、車道部の主桁や縦桁上の舗装のひび割れの抑制に配慮することが求められている。アスファルト舗装のひび割れ抑制に関しては、旧本州四国連絡橋の橋面舗装基準（案）¹⁾（以下、本四基準）に、デッキの最小曲率半径を 20m、縦リブ腹板間の局部たわみを 0.4mm 以上という規定がある。この基準の策

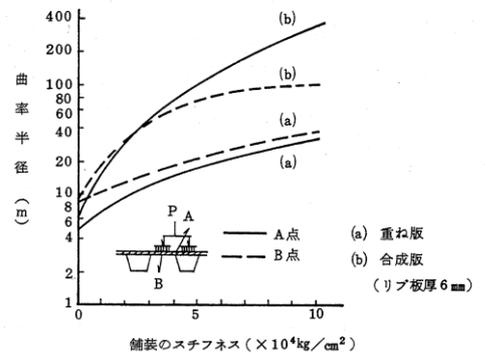


図1 デッキの曲率半径と舗装剛性

定にあたっては、アスファルト舗装を弾性体として舗装をデッキとの合成版あるいは重ね版とした FSM 解析が実施され、図1に示す縦リブ腹板上のデッキの曲率半径と舗装剛性の関係が得られている。そして、アスファルト舗装は低温下で舗装が硬くなると割れやすくなる一方で、温度が上昇すると剛性が小さくなり変形が大きくなることを勘案した 20,000kg/cm²の剛性とデッキと舗装が完全に合成しない可能性から、規定値が決定されている^{1),2),3)}。また、このような検討で規定された本四基準により設計施工された鋼床版舗装は約 10 年を経た時点でも健全であったとの記述もある²⁾。道示では主桁腹板上ひびわれ抑制について、輪荷重の常時走行位置を腹板直上と一致させないことに加えて、腹板と隣接する縦リブの間隔、縦リブの支間及び剛性に配慮すると良いとし、その一例として文献2)で示された縦リブの剛性と縦リブ支間長の関係が示されている。文献2)に示される関係は、種々の構造上の仮定により手計算レベル算出することが可能となっているが、安全側ということで合成効果や荷重分散効果が期待できる舗装自体を考慮しない一方で、デッキの変形に対して厳しくなると考えられる主桁腹板直上への荷重は考慮せず、隣接する縦リブ直上への荷重が採用されている。しかし、種々の仮定については検証結果が示されておらず、荷重についても桁の断面寸法やレーンマーク位置等の制約により主桁腹板直上荷重が避けられない場合も考えられる。本研究では、FEM 解析を用い、道示が望ましいとする本四基準と同様の舗装の合成効果（弾性係数 $2 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ ）を考慮した上で、デッキの曲率半径を 20m 以上となるような鋼床版構造の設計法について検討することを目的としている。ここでは、第一段階として実施したデッキの曲率半径を算出するための解析モデルの構築と実橋を想定したモデルで確認した舗装考慮の有無やデッキ厚が主桁腹板上のデッキの曲率半径に及ぼす影響について報告する。

2. 曲率半径の算出方法 解析は線形弾性 FEM 解析とし、着目部近傍については溶接等もモデル化が可能である SOLID 要素を用いることとした。解析には Simcenter Nastran2019-1 を用いた。解析手法の構築にあたっては、図1に示された合成版の結果のうち、縦リブ腹板の直上におけるデッキの曲率半径 20m を再現することとした。具体的には、文献3)に示された閉断面リブを有する鋼床版 5 パネルのモデルを用い、図1から読み取ったデッキの曲率半径 20m の際の舗装の弾性係数 $E=1300 \text{N/mm}^2$ とした解析を行い、局部的な曲率半径を求める際のデータ抽出範囲について検討を行った。図2に解析モデルを示す。荷重は当時の T-20 荷重の 80kN の後輪をダブルタイヤとし、衝撃係数 1.4 を考慮して要素への圧力荷重で与えた。なお、本四基準の FSM 解析では舗装による荷重分散効果を未考慮としていたが、本モデルでは考慮することとなる。拘束条件は輪荷重による局所変形の影響範囲は小さいため、解析モデルは対称性を考慮した 1/4 モデルとし、主桁は単純支持とした。縦リブ腹板直上のデッキの要素分割は橋軸直角方向に $\pm 1000 \text{mm}$ の区間を 0.5mm とし、板厚方向と橋軸方向のサイズは 2mm, 25mm と解析容量の関係もあり、やや大きめとしている。鋼材のヤング係数とポアソン比は $2 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ と 0.3、アスファルト舗装のポアソン比は 0.35 と

キーワード 鋼床版, アスファルト舗装, ひび割れ, FEM 解析
連絡先 〒162-0843 東京都新宿区市ヶ谷田町 2-33 TEL 03-5228-1453

した。曲率半径は解析より得られたデッキ表面の節点の橋軸直角方向と鉛直方向の変位を用い、最小二乗法を用いて近似円の半径を算出した。変形を抽出する節点の範囲を縦リブ腹板直上から $\pm 300, 200, 100, 50\text{mm}$ とした結果、半径は $56.3, 33.1, 19.7, 15.5\text{m}$ となったため、 $\pm 100\text{mm}$ の範囲の変位を抽出した場合の近似円の半径をデッキの局所的な曲率半径とすることとした。

3. 実橋モデルの解析 解析対象は都市高速などの橋梁を参考とした2箱桁の縦リブ支間 2500mm の閉断面リブ鋼床版を11パネル分モデル化した。解析モデルは図3に示す橋軸方向の対称性を考慮した1/2モデルであり、着目する主桁直上近傍の要素分割は前章に示したモデルと同じである。解析モデルは弾性係数 $2 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ で厚さ 80mm の舗装の有無とデッキ厚 12mm と 16mm の2種類を組み合わせた4種類である。载荷ケースはダブルタイヤが主桁を跨ぐCase1と左右の隣接するリブに载荷されるCase2,3,文献2)のダブルタイヤを1輪として隣接するリブに载荷するCase4,5である(図4)。荷重の大きさはT荷重の1輪に衝撃係数1.4を考慮した 140kN を圧力荷重で与えた。拘束条件は主桁下フランジ下面を橋軸方向に渡ってすべてを完全拘束した。なお、デッキの局部曲げに対する主桁系の変形の影響が小さいことは、図3のモデルを単純支持した結果と比較することにより確認している。

表1に解析結果より求めたデッキの曲率半径の一覧を示す。ダブルタイヤが主桁を跨ぐCase1の曲率半径が最も小さくなり、隣接リブの载荷ではダブルタイヤで载荷する方が1輪で载荷するよりも曲率半径が小さくなるのがわかる。また、舗装を考慮すること、デッキ厚を厚くすることに曲率半径を大きくする効果があり、主桁ウェブから主桁腹板と隣接する縦リブの間隔が小さい方が、曲率半径が小さくなる。なお、文献2)の方法で算出される最大縦リブ支間はデッキ 12mm では 2126mm 、 16mm では 2494mm であり、舗装なしの荷重Case4の解析結果と比較すると厳しい評価となっていることが確認できる。

4. おわりに 本報ではSOLID要素を用いたFEMモデルを用いたデッキの曲率半径を算出方法の構築と、舗装の有無とデッキ厚の違いについて構築した方法と文献2)に示された方法の関係について取り纏めた。今後は縦リブの形状、主桁腹板と隣接する縦リブの間隔、縦リブ支間長等がデッキの曲率半径に及ぼす影響を確認する予定である。

謝辞 本研究を実施するにあたり、解析の一部について法政大学デザイン工学部の学生であった廣瀬愛子氏の協力を得た。ここに記して謝意を表す。

参考文献 1)本州四国連絡橋公団：橋面舗装基準(案)，1983.4.，2)多田宏行：橋面舗装の設計と施工，鹿島出版会，1996.3.，3)藤井治芳，沢井広之，福井幸夫：鋼床版の変形特性に関する調査，建設省技術研究会報告，Vol.30，pp.362-257，1977。

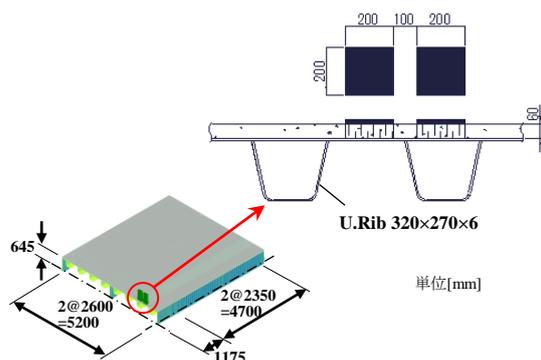


図2 鋼床版5パネルモデルモ

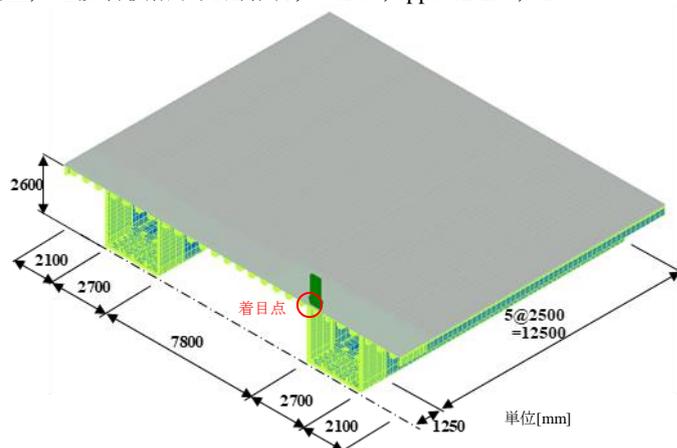


図3 実橋モデル

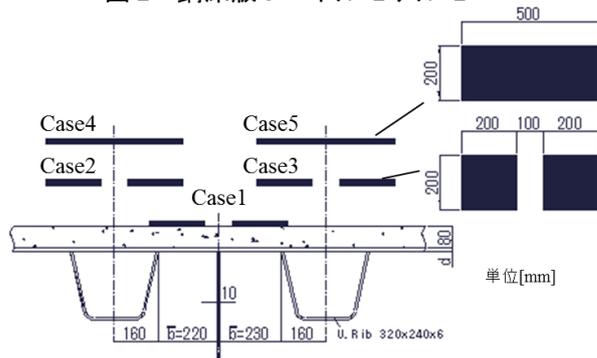


図4 実橋モデルの荷重ケース

表1 実橋モデルの解析結果一覧

モデル	荷重	曲率半径(m)	
		デッキ12mm	デッキ16mm
舗装なし	Case1	6.4	12.7
	Case2	21.9	30.9
	Case3	22.7	31.9
	Case4	26.4	33.6
	Case5	27.8	35.0
舗装あり ($E=2000$ N/mm^2)	Case1	18.9	28.1
	Case2	40.1	52.4
	Case3	41.6	54.0
	Case4	41.9	54.2
	Case5	43.4	56.0