

鑄鉄床版における補剛リブに関する検討

九州工業大学大学院 学生員 ○植村尚子, 正会員 山口栄輝
日之出水道機器 (株) 佐伯英一郎, 村山稔, 飛永浩伸

1. はじめに

近年, 社会基盤施設の経年劣化が問題になっている. 橋梁も例外でなく, 中でも RC 床版の老朽化が顕著であり, 高速道路の大規模更新でも RC 床版の取り替えが経費の多くを占める. 床版の取り替えにおいては, 経費はもちろん重要であるが, 工事に伴う交通規制が及ぼす経済活動への影響も無視できない. そのため, 工期についても配慮が必要となり, 工期短縮の観点から鋼床版への取り替えも選択肢となる. しかし, 既設鋼床版では多くの疲労亀裂が発見されていることから¹⁾, その克服が課題とされる. こうした背景のもと, 著者らは, 鑄鉄床版の開発を進めている. 鑄鉄は複雑形状の構造体の製作が可能であり, 疲労亀裂の起点となる溶接がない. さらに, 応力集中箇所の板厚を局所的に増すことも容易であるため, 鋼床版の利点を活かしつつ, 疲労亀裂を発生させない床版を開発できる可能性がある.

すでに, 鋼床版の設計で使用される有限帯板法を用いて, 床版が軽量となる補剛リブ間隔および断面の検討が行われている. それによれば, 主リブ (橋軸直角方向リブ) 間隔 700mm, 副リブ (橋軸方向リブ) 間隔 313mm, 主リブ高さ 180mm, 副リブ高さ 140mm の補剛リブ配置が軽量となる結果が得られている. また, 板厚は高さの 1/10.5 である²⁾. ただし, 製作過程から鑄鉄床版の補剛リブには高さ方向に 1°以上の勾配がつく点や, 補剛リブ交差部で生じる応力集中は考慮されていない.

そこで, 本研究では, 上記の補剛リブ間隔および断面を基本とし, 1°の勾配をつけた台形断面, さらに交差部に丸みをつけて応力集中を緩和させた補剛リブを対象として, その間隔および断面を検討する. この検討には MSC.Nastran³⁾を用いて, 3次元有限要素解析でより子細な応力状態を求める.

2. 検討対象

製作上の制約, 既設鋼橋の主桁間隔等を考慮し, ここでは, 幅 (橋軸直角方向) 2495mm, 長さ (橋軸方向) 1245mm を 1 パネルとする. このパネルを橋軸方向に 3 枚連結した床版を検討対象とする. 主リブ (橋軸直角方向リブ) の下縁端部を単純支持とし, 1 組の T 荷重を中央のパネルに作用させる. 衝撃係数には 0.4 を用いて, 載荷位置は図-1 に示す 4 通りである. 鑄鉄の材料定数は弾性係数 $1.7 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$, ポアソン比 0.28, 単位体積重量は 72 kN/m^3 とし, 許容値は 205 N/mm^2 である. 補剛リブの板厚は, 高さの 1/10.5 とする²⁾.

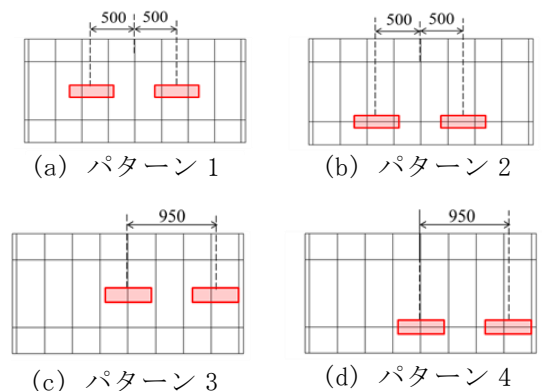


図-1 載荷位置

3. 補剛リブ間隔

上述した有限帯板法による検討結果と, 有限要素法による本研究での検討結果が大きく異なるとは考えられないため, 上述の検討結果の断面寸法を 20%大きくした矩形リブ断面と 20%小さくした矩形リブ断面を用いて, 検討対象とすべき補剛リブ間隔を絞り込む. すなわち, 20%大きくした断面でも許容値を満たさない補剛リブ間隔と, 20%小さくした断面でも許容値を満たす補剛リブ間隔は検討対象外とする. 主リブ間隔には 220, 260, 320, 420, 640, 700, 1245mm, 副リブ間隔には 200, 300, 400, 600, 800, 1200mm を用いる.

この検討では, 全パネルにシェル要素を用いて, 矩形断面の補剛リブ断面を有する床版をモデル化した. 要素の大きさは, 大きな応力が発生する箇所では一辺 10mm 程度, その他の部分では一辺 50mm 程度とした.

キーワード 床版, 鑄鉄, 補剛リブ間隔, 補剛リブ断面

連絡先 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学 TEL:093-884-3110 FAX:093-884-3100

この解析結果から得られた、検討対象とすべき補剛リブ間隔の組み合わせを図-2に●で示す。

4. 補剛リブ断面

図-2に示す各検討対象補剛リブ間隔において、断面寸法を種々変化させ、各検討対象補剛リブ間隔で最小重量となる補剛リブの矩形断面を求める。床版のモデル化は、3章と同じである。

検討結果を表-1に示している。これより、最小重量となるのは、副リブ間隔 300mm，主リブ間隔 640，700mm の2ケースであることがわかる。なお、この2ケースでは、表-1に示す重量となる補剛リブ断面も同じである。そのため、以下では、主リブ間隔が 640mm の場合を検討対象とする。

5. 応力集中低減

3，4章でシェル要素を用いた検討の際に、部材の交差部で応力が急激に上昇する結果が得られた。これを応力集中として、発生箇所を図-3に示す。図中のC1での応力集中が特に大きいため、まずはC1に円弧状の丸みをつけて検討する。この丸みの大きさを曲率半径で表す。

この検討では、詳細な応力性状を把握するため、中央のパネルにのみソリッド要素を用いて補剛リブを台形断面とし、応力集中箇所における要素の大きさを一辺 1mm 程度、その他の部分では、3，4章と同様にモデル化した。

曲率半径を 10mm，20mm として解析を行ったが、20mm でも許容値を超える応力となった。丸みをつけることで重量は増加し、その増加量は曲率半径の大きさに伴い大きくなる。

そこで、表-1では重量が若干大きいものの、C1における応力集中が小さな、副リブ間隔 200mm，主リブ間隔 640mm のケースについて検討した。その結果、曲率半径 10mm でも応力は許容値を満足した。また、この丸みをつけた際の重量は、曲率半径 20mm の丸みをつけた副リブ間隔 300mm，主リブ間隔 640mm の重量を下回った。

以上の検討結果からは、副リブ間隔 200mm，主リブ間隔 640mm の補剛リブ配置が良好であると考えられる。残りの応力集中箇所 C2～C4 については、曲率半径 10mm で許容値を下回る応力になることが確認された。なお、このケースでの主リブ高さは 180mm，副リブ高さは 110mm である。1 パネルでの補剛リブ配置を図示すると図-4 のようである。

謝辞

本研究は、国土交通省「道路政策の質の向上に資する技術開発」の助成を受けて実施したものである。ここに記して感謝致します。

参考文献

- 1) 平林泰明，下里哲弘，若林登：首都高速道路の疲労損傷とその対策，橋梁と基礎，2005 年 11 月。
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（Ⅰ 共通編，Ⅱ 鋼橋編），丸善，2012。
- 3) MSC SOFTWARE：MSC.Nastran for Windows 2004 リリースガイド，2004。

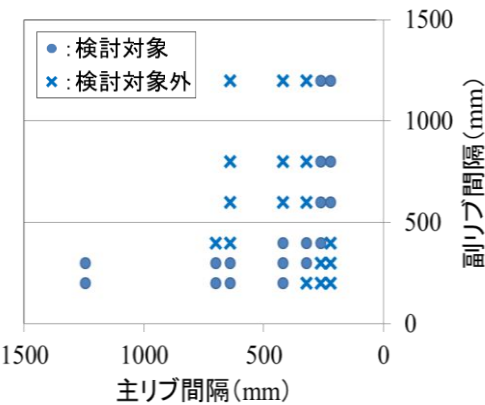


図-2 検討対象補剛リブ間隔

表-1 各検討対象補剛リブ間隔での最小重量

単位面積当たりの重量 (kgf/m ²)		主リブ間隔 (mm) 【本数】						
		1245 【1】	700 【2】	640 【2】	420 【3】	320 【4】	260 【5】	220 【6】
副リブ間隔 (mm) 【本数】	1200 【3】						266.1	197.8
	800 【4】						217.8	190.5
	600 【5】						186.6	180.5
	400 【7】				196.8	175.8	180.4	
	300 【9】	176.0	171.3	171.3	171.9	179.1		
	200 【13】	178.4	181.2	172.7	177.4			

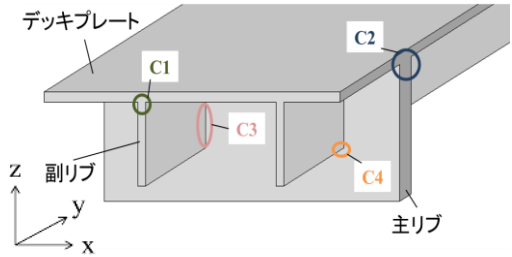


図-3 応力集中箇所

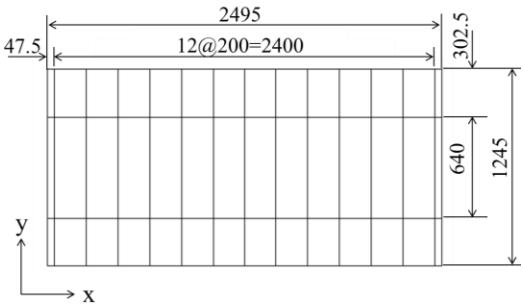


図-4 補剛リブ配置検討結果 (単位:mm)