

改良Uリブ鋼床版桁橋の応力分布と長寿命化の検討

北見工業大学 学生会員 高橋 宏司 北見工業大学 フェロー会員 大島 俊之
北見工業大学 正会員 山崎 智之 (株)日本製鋼所 正会員 村井 正光
(株)日本製鋼所 正会員 熱海 明彦 (株)日本製鋼所 正会員 佐藤 和則

1 まえがき

鋼床版は、死荷重の影響が小さいため長大橋に有利な構造である。しかし、比較的薄い鋼板を用い溶接で組立てた構造のため、各部に生じる応力は複雑である。さらに、疲労損傷は活荷重により生じる応力変動に起因する現象であり、自動車荷重を直接支える構造上、繰り返し応力が発生し疲労損傷を生じやすい。また、道路橋示方書¹⁾では、疲労に関して縦リブ溶接継手のみ着目しているが、土木学会「鋼床版の疲労」²⁾によると縦リブ溶接継手以外にも様々な疲労損傷箇所が報告されている。そのうち、縦リブと横リブ・横桁交差部での疲労損傷が多く報告されている。その原因は、車輪が横リブ・横桁上を通過することにより横リブ・横桁が面外方向に変形を受け、溶接部に応力集中が生じたためであると考えられる。

最近の建設事業の傾向に建設工事費の抑制があり、これを受け橋梁の研究・開発も合理化・省力化をめざしている。そして、既に鋼桁橋では合理化・省力化橋として建設されたものもある。この動向の中、鋼床版桁橋も構造の合理化・省力化を行う必要があると考えられる。

そこで本研究は、鋼床版桁橋を合理化・省力化した改良Uリブ鋼床版を設計し、さらに長寿命化も考慮した橋梁を開発することを目的とする。そのためFEM解析により改良鋼床版桁橋梁の全体モデルと、疲労損傷の起こりやすい縦リブ・横桁交差部の応力分布を求め、応力集中箇所を調べた。その後、荷重載荷位置による影響による応力変動と、応力集中の低減を目的として横桁板厚増加を行った。

2 改良Uリブ鋼床版の概要

2.1 従来橋の設計

表1のような設計条件のもとに従来橋の設計を行った。設計形状を表2に示す。

2.2 改良鋼床版桁橋

改良鋼床版桁橋とは従来型橋梁を合理化したもので、今回は表1の設計条件で4主桁構造となる従来型橋梁を2主桁構造として解析を行った。以前の報告³⁾で、

この2つのコスト比較を行っているが、改良鋼床版桁橋梁にすることで、従来橋梁の67%合理化・省力化できる。今回は、縦リブ形状を変えているが同等の結果を得られると考えられる。改良鋼床版桁橋の設計形状は表2に、断面図は図1に示す。

3 解析概要

3.1 モデル橋梁および要素分割

改良鋼床版桁橋の解析モデルおよび要素分割は、2.2をもとに図2のようにモデル化した。このモデルは、改良鋼床版桁橋全体の1/4としたものである。要素タイプは4辺形厚肉シェル要素で、これは1節点につき6自由度である。この1/4モデルの総節点数は6168、総要素数6363である。また、図3は横桁の拡大図

表1 設計条件

橋梁形式	単純鋼床版鋼桁橋
支間長	30.0m
幅員構成	総幅員 9.7m
	車道幅員 8.5m
	幹線道路
	地域区分 D
設計活荷重	車道部2車線
	B活荷重

表2 設計形状

	従来型橋梁	改良鋼床版桁橋
デッキ厚	12mm	20mm
主桁本数	4本	2本
主桁間隔	3@2.6m	7.7m
主桁腹板高	1600mm	1600mm
主桁腹板厚	9mm	13mm
横リブ間隔	200mm	400mm
縦リブ間隔	300mm	670mm

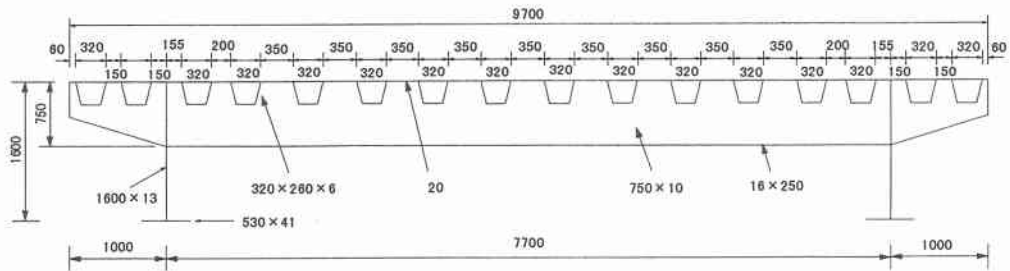


図1 改良Uリブ鋼床板橋断面図 (mm)

である。横桁のみの節点数は2096,要素数は1840である。

3. 2 荷重および着目点

図4は荷重位置および着目交差部で、荷重はB活荷重を適用し、道路橋示方書¹⁾の通りT荷重(載荷面 $200 \times 500 \text{ mm}$ に10tf)を2カ所に載荷した(斜線部分)。また、荷重移動を想定し200,500,2000mmの位置にも載荷した。

着目交差部は、荷重下で中央から4番目の交差部である。また、着目点は各スカラップの全ての節点で、図5のような番号をつけた。今後はこの番号で示す。

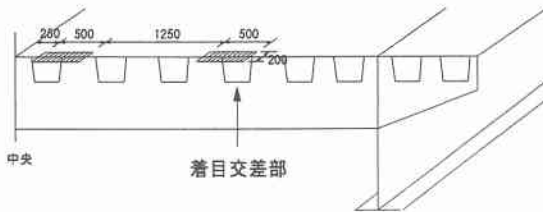


図4 荷重位置

4 解析結果

4. 1 応力分布の全体図

図6は横桁全体の橋軸直角方向応力の分布図である(荷重位置:横桁直上)。表示の応力値は、横桁を全体的に見たときのもので、局部的(下スカラップ周辺の応力集中部)にはこの表示より大きな値(最大値:引張 1553 kgf/cm^2 、圧縮 1132 kgf/cm^2)をとっている。

分布は横桁中央下の部分が大きな引張応力(572 kgf/cm^2)となり、ここから床版や主桁に向かって徐々に小さくなり横桁下フランジと主桁の交差部で、最大圧縮 107 kgf/cm^2 となっている。

縦リブ・横リブ交差部では、変形などの影響により縦リブの左側が圧縮応力、右側が引張応力となっている。そのため、下スカラップでは左側が圧縮、右側が引張の応力集中が起こっている。

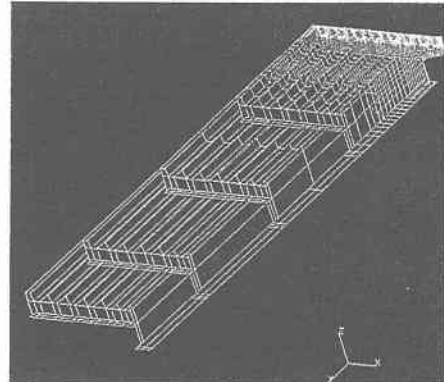


図2 モデル橋梁

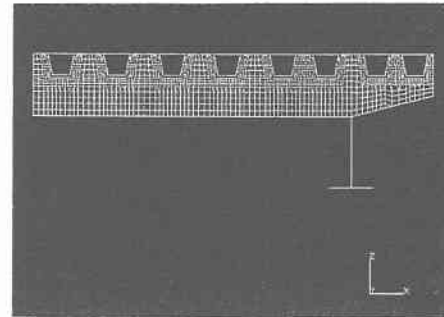


図3 横桁拡大図

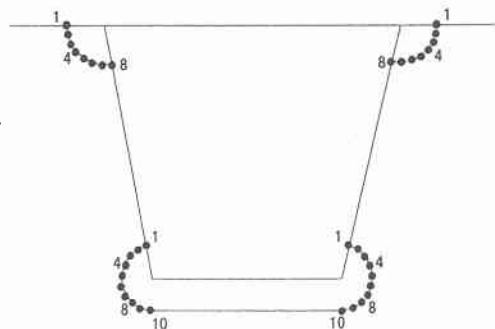


図5 着目点

また、スカラップを省略したモデルと比較をした。横桁中央下の最大引張応力が 571kgf/cm^2 、横桁下フランジと主桁の交差部で、最大圧縮が 97kgf/cm^2 となっている。従って、横桁全体での応力分布状態、応力値はほとんど変わらない。しかし、交差部での応力集中の大きさはかなり小さくなっている。

4. 2 スカラップ周辺の応力分布

図7は、着目交差部の橋軸直角方向の応力分布図である。スカラップ使用の場合、上スカラップでは溶接部が最大圧縮応力となり左が 261kgf/cm^2 、右が 564kgf/cm^2 である。

下スカラップでは、左が最大圧縮 864kgf/cm^2 、右が最大引張 1298kgf/cm^2 と、大きな応力集を起こしている。

スカラップ省略の場合、隅肉部の応力値は左上で圧縮 91kgf/cm^2 、左下で圧縮 471kgf/cm^2 、右下で引張 583kgf/cm^2 、右上で引張 314kgf/cm^2 となっており、スカラップの有無による応力値の比較を行うと、スカラップの省略は応力集中を低減できるといえる。しかし、過去の文献⁴⁾を見ると、溶接形状や溶け込み状態により局部応力に違いが生じるため、今後の課題として、溶接部の詳細解析が必要である。

4. 3 荷重載荷位置による影響

図8は各スカラップの荷重移動による応力変動

のグラフである。これを見ると、三木らの発表と同様に、荷重は横桁直上より少し離れた位置が応力最大となり、これは面外曲げ応力によるものだと考えられる。

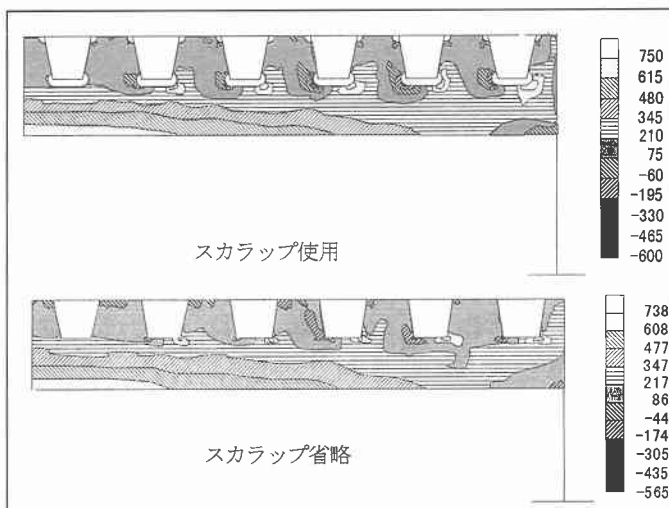


図6 横桁応力分布図

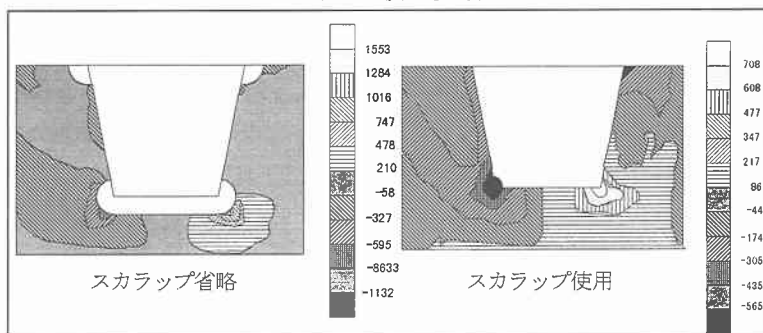


図7 着目交差部の応力分布

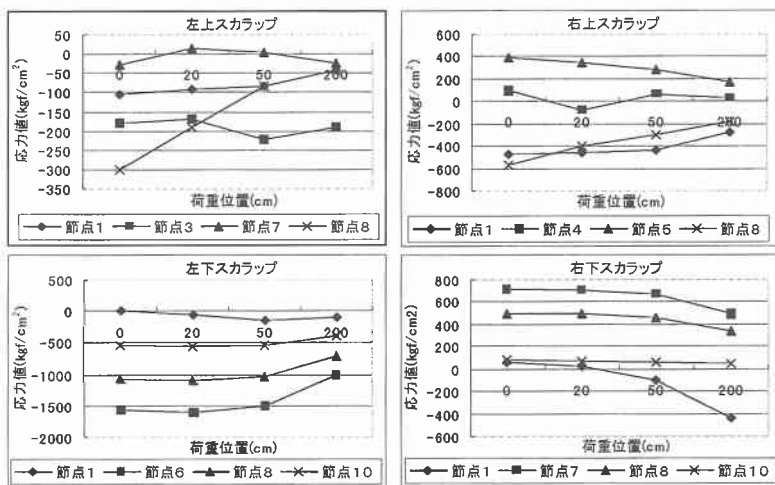


図8 荷重移動による応力値の変動

また、疲労を考えるとときには応力変動幅が重要になる。その応力変動幅が大きい箇所は、上スカラップでは溶接部の最大 258kgf/cm^2 、下スカラップでは、応力集中箇所の最大 559kgf/cm^2 となっている。この応力変動幅とその繰り返し回数によりおおまかな疲労寿命が算定できるが、今回は疲労試験を行えなかったため今後の課題とする。

4. 4 横桁板厚増加の効果

横桁板厚増加による応力値（主応力）の変化を図9に示す。このグラフを見ると、それぞれのスカラップでは全体的に応力値は12mmの方が有利になっている。特に、応力集中箇所（下スカラップ）では 199kgf/cm^2 ほど応力を低減できている。しかし、溶接部での応力値はほとんど変化がない。この原因としては、横桁断面しか変化させなかったためではないかと考えられる。

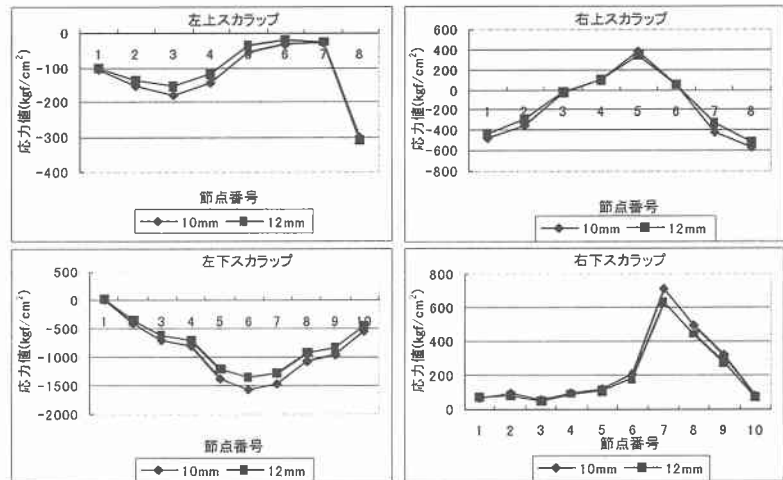


図9 各スカラップでの応力分布 (10mm,12mm)

5 結論

本研究の結論と今後の課題は以下のようである。

- 1) スカラップの有無では、横桁全体的には応力値に差はあまりないが、縦リブ・横桁交差部での局所的な応力には大きな差がある。
- 2) 今回の結果は、スカラップの省略は応力集中を低減できると言えるが、溶接形状や溶け込みなどを考慮した詳細解析が必要である。
- 3) 荷重位置の変化による横桁応力分布は、横桁直上より少し離れた位置で大きくなる。
- 4) 荷重移動による応力変動幅は解析によりわかったが、今回よりさらに離れた位置での載荷を行い、さらに疲労試験を行い疲労寿命を算定する必要がある。
- 5) 横桁板厚増加は、全体的には応力を低減できるが、溶接部などの部分では期待できない場合もあり、横桁板厚を厚くするだけでなく、他の断面を変化させる必要がある。

本研究を行う際に、北見工業大学工学部、三上修一助教授に多大なご指導をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（Ⅰ 共通編・Ⅱ 鋼橋編）、1996-12
- 2) 土木学会：鋼床版の疲労、鋼構造シリーズ4、1990-9
- 3) 大島、山崎、熱海、小枝、佐藤；合理化に対応した鋼床版構造の提案、鋼構造年次論文報告集 No.24、pp175-182、1997.11
- 4) 三木、舘石、奥川、藤井；鉚床板縦リブ・横リブ交差部の局部応力と疲労強度、土木学会論文集 No.556、I-32、pp127-137、1995.7