

これからの鋼床版

～新しい構造の提案～

Streamlining of the Orthotropic Steel Deck

勝俣 盛

Mori KATSUMATA

川田工業㈱技術開発本部技術研究室

藤田 敏明

Toshiaki FUJITA

川田工業㈱生産本部溶接研究室

町田 文孝

Fumitaka MACHIDA

川田工業㈱技術開発本部技術研究室主幹

一井 延朗

Nobuaki ICHII

川田工業㈱生産本部四国工場製造部
製造一課係長

吉家 賢吾

Kengo YOSHIIE

川田工業㈱生産本部溶接研究室

川瀬 篤志

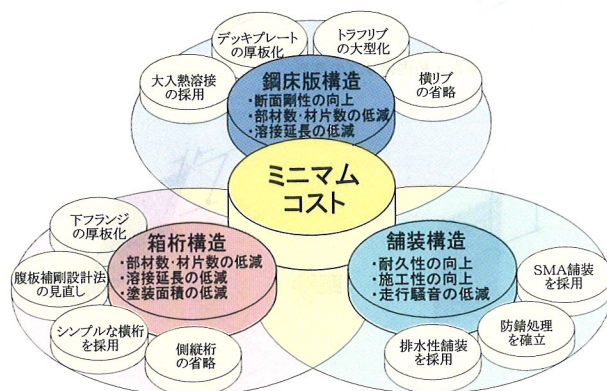
Atsushi KAWASE

川田工業㈱技術開発本部技術研究室

近年、各分野で公共工事のコスト削減をテーマにした研究が行われており、弊社も鋼橋上部工の合理的かつ経済的な構造形式の研究開発に取り組んでいます。代表的な例としてホロナイ川橋に見られるような少数主桁橋があげられますが、この形式の優位性が認められるのは、支間長が80m程度までの連続桁に止まります。そこで、80m以上の連続桁として合理化鋼床版箱桁橋を提案します。

合理化鋼床版箱桁橋とは、部材を厚板化または大型化することによって構造の簡略化を推進し、部材数・材片数ならびに溶接延長の低減を図ることを主目的にした形式のことで、コストを削減することができます。しかも、鋼重は、ほとんど変化しません。

鋼床版構造、箱桁構造および舗装構造を合理化するための手法と期待される効果を右図に示します。これに従い、従来型構造から合理化構造へ改良してみると下の断面図から見て取れるように、非常にシンプルな構造となることが分かります。支間長を80mとした場合、合理化構造は従来型構造と同程度の鋼重で部材数を50～60%、溶接延長を60%程度に低減することができ、試算によれば総工費として15～25%のコスト削減になると予想され

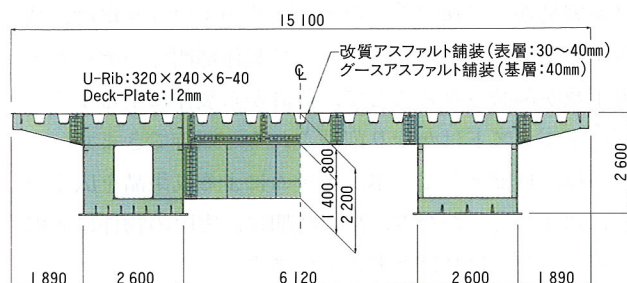


各構造の合理化手法とその効果

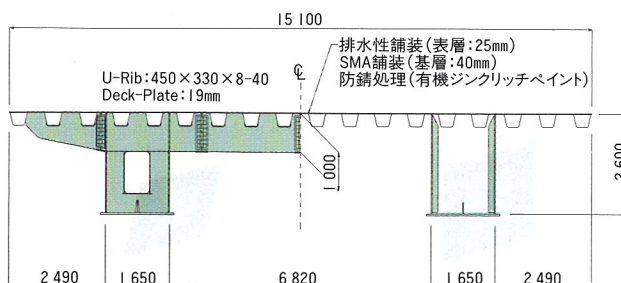
ます。

一般に、鋼床版はPC床版に比べ、疲労損傷や舗装われなどが生じやすいと言われています。しかし、構造を見直し改良することで、これらのデメリットを抑制することができれば、より合理的な構造になるとともに、耐久性に優れた構造になるものと考えられます。

本年度は、鋼床版構造を対象に疲労特性と厚板デッキプレートの現場溶接施工性を把握するため、実物大の試験体を用いた確認実験を実施していますので、その概要



従来型構造の例



合理化構造の例

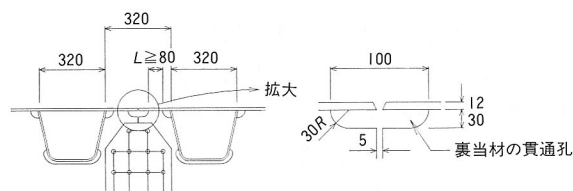
を紹介します。

構造詳細の改良点

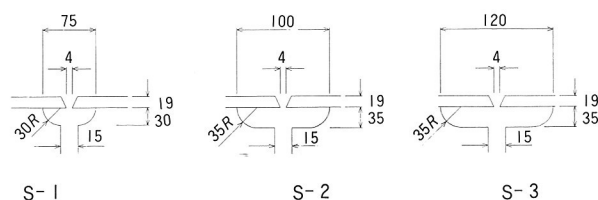
この構造変更に伴い、問題となるのが疲労強度の低下と舗装われの発生です。従来構造では、以下の①～⑤の部位における疲労損傷の事例が数多く報告されています。そのため、合理化構造は下記のように構造詳細の改良を図り、静的載荷試験、疲労試験およびFEM解析によって、その有効性を確認します。

① デッキプレートの溶接のために設けられるスカラップ部

横桁やトラフリブの添接部は、デッキプレートの突き合せ溶接用の裏当材を通すためにスカラップが設けられます。一般に、スカラップ部のまわし溶接ビード止端部の応力集中は、スカラップ半径とデッキプレート厚の比に比例して小さくなることが知られています。そのため、スカラップ半径を極力小さくすることが望ましいのですが、作業性を考慮するとなるべくスカラップを大きくしたいものです。一方、合理化構造では、デッキプレートを増厚しているため、疲労強度は向上しているものと考えられます。そこで、どの程度までスカラップを大きくできるかS-1～3を比較します。



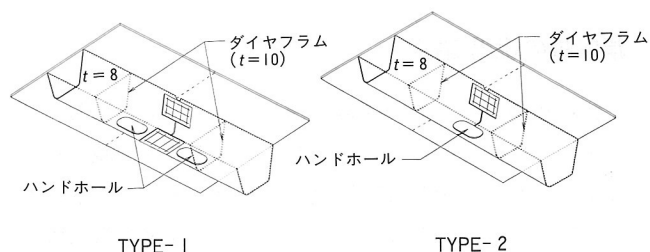
従来構造のスカラップ



合理化構造のスカラップ

② トラフリブの現場継手部

合理化構造のトラフリブの現場継手は、トラフリブの板厚を8mmとし断面剛性を上げ、また曲げモーメントが小さいところに継手位置を配することで、疲労上弱点となる断面アップのための裏当て金付きの突き合せ溶接を省略した高力ボルト継手を採用します。しかしながら、従来構造のような底板に添接板を用いない場合、応力を腹板のみで伝達しなければなりません。そこで、TYPE-1に示すように底板に添接板を用い、腹板の負担を軽減する構造と、従来構造のように腹板のみを添接するTYPE-2を比較します。



TYPE-1

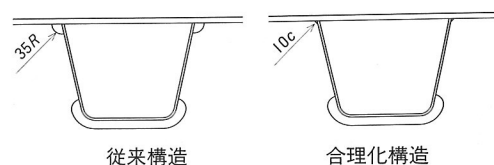
TYPE-2

③ トラフリブの縦方向溶接部

合理化構造では、トラフリブの間隔が広がるため、輪荷重の載荷によって、デッキプレートが大きく変形することが予想されます。これを防ぐため、デッキプレートの厚板化を図りますが、トラフリブとデッキプレートの縦方向溶接部には曲げモーメントが作用し、疲労亀裂が発生する可能性があります。そこで、縦方向溶接として、脚長6mmと8mmの2種類のすみ肉溶接および75%の溶け込みを図った部分溶け込み溶接の計3種類について比較します。

④ デッキプレートとトラフリブおよび横桁の交差部

合理化構造では、この部位におけるスカラップのまわし溶接ビード止端部からの疲労亀裂の発生を抑制するため、スカラップを埋め戻します。しかし、トラフリブの縦方向溶接の溶接溶け込み量が不十分であると、縦ビードのルート部から疲労亀裂が発生し、デッキプレートに伸展する危険があります。また、この疲労亀裂を発見することは困難であり、その補修方法も大掛かりなものとなることから、発生を確実に防止できるか確認します。

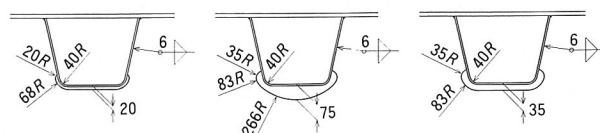


従来構造

合理化構造

⑤ トラフリブと横桁の交差部に設けられた切欠き部

この部位に発生する疲労亀裂は、横桁・横リブが面内または面外変形することによって、まわし溶接止端から発生するものとコバ面に応力集中が生じ、細かな傷を起点として発生するものに分類できます。そこで、切欠きの大きさと形状をC-1～3のように断面ごとに適用し、どの形状が最も疲労強度を有するか比較します。



C-1

C-2

C-3

鋼床版の現場溶接

合理化構造のための構造詳細の改良は、部材数および溶接線の低減を図ることができ、製作工数の削減となります。しかし、板厚は厚板化となりデッキプレートにおいては、19～22mmと設計変更されます。従来の鋼床版の溶接は、シングルサブマージ溶接を用いた片面裏波1パス溶接方法で16mmまでが1パス溶接可能であり、それを超える場合については、施工方法として高温割れ防止の観点から、初層、2層目にCO₂溶接ビードを下盛り溶接し、その後にシングルサブマージ溶接を行うマルチパス溶接方法が適用されます。このため従来の施工法を用いたデッキプレートの溶接施工では、合理化構造によって溶接工数が多くなり、非能率的になります。

そこで、板厚19～22mmの1パス溶接が可能なタンデムサブマージを用いた片面裏波1パス溶接を検討し、本試験体のデッキプレートの溶接部に適用しました。

(1) 溶接材料および開先形状

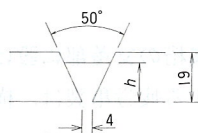
本試験体を使用した溶接材料および開先形状を下記に示します。

タンデムサブマージを用いた施工は、大入熱溶接となるため、溶着金属の靱性が劣化することが考えられます。このためフラックスは、従来の熔融型フラックスではなく、ボンドフラックスを使用しています。

開先形状は、従来の施工法であるシングルサブマージと同様の形状を用い、開先角度50°、ルート間隔4mmを標準形状としています。

溶接材料

ワイヤ	フラックス	カットワイヤ	裏当て材
L:US-36 φ4.8 T:US-36 φ4.8	PFI-52E	YK-C	SB-51



h: カットワイヤ散布長さ

開先形状

(2) 溶接条件

溶接条件は、高温割れの防止、1パスで仕上がる溶着量の確保およびビード外観の適正化から検討を行いました。特に問題となったのは、先行極の条件で従来のシングルサブマージ溶接に比べて電流を200Aほど高くしないと裏波が出ない結果を得たことです。これは、焼結型のボンドフラックスを用いたためだと考えられます。次表に溶接条件を示します。また、機械的性質については、大入熱施工方法でありHAZ靱性の確保が懸念されましたが、HAZ部で51～55Jと基準 ($vE_0 \geq 27J$) を確保して

溶接条件 (板厚 19mm)

ルート 間隔 (mm)	電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cpm)	カットワイヤ 散布量 (mm)	入熱量 (kJ/cm)
1.5～ 3.0	L:970	32	28	14	113.9
	T:650	34			
2.0～ 6.0	L:950	34	28	19	116.6
	T:650	34			
6.0～	L:950	34	25	19	130.6
	T:650	34			
ワイヤ突き出し長さ		L：25mm	T：30mm		
極間距離		60mm			
トーチ角度		L：前進角 5°		T：0°	

います。

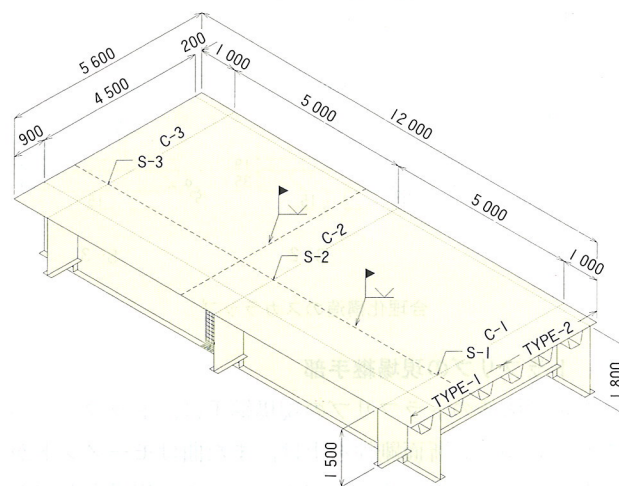
(3) 施工結果

板厚19～22mmの厚板鋼床版の現場溶接部については、タンデムサブマージを用いた片面裏波1パス溶接施工方法が可能ことが確認できました。しかし、施工上大入熱溶接であるため、溶接変形や溶接応力が従来法よりも大きくなり、今後の実施に向けて拘束溶接の方法、溶接順序等の施工方法について検討する必要があります。

確認実験の概要

(1) 試験体の概要

試験体は、前記した構造詳細の改良点①～⑤を盛り込み実構造の挙動に近づけるため、下図に示すとおり、縦12m、横5.6m、高さ1.8mの大規模なものとしています。また、荷重を載荷する際、横桁位置を支点とする連続梁の挙動を示すように設置します。



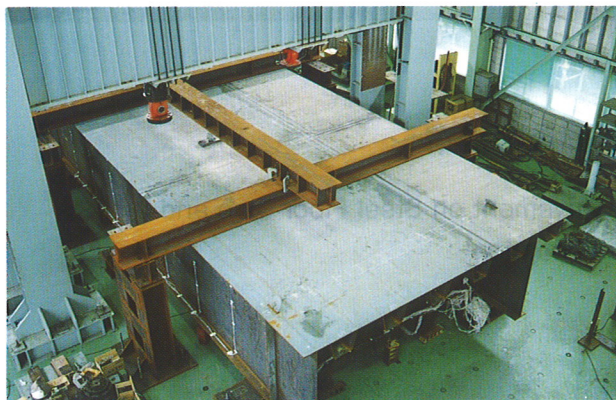
試験体の寸法

(2) 静的載荷試験

静的載荷試験では、デッキプレート上面のおよそ130ヵ所に荷重 (載荷面積: 200×500mm, 荷重強度: 10tf) を順次載荷し、前記した①～⑤の影響面を測定します。

(3) 疲労試験

疲労試験では、衝撃を考慮したB活荷重 (載荷面積: 200



静的載荷試験の状況



疲労試験 (CASE-3) の状況

×500mm×2ヵ所, 荷重振幅: 28tf, 載荷間隔: 175cm) を以下の4ケースについて200万回の繰返し載荷を実施し疲労損傷の有無を確認します。

- ・CASE-1: 横桁交差部に着目
- ・CASE-2: 変位誘起に着目
- ・CASE-3: トラフリブ縦方向溶接に着目
- ・CASE-4: トラフリブ現場継手に着目

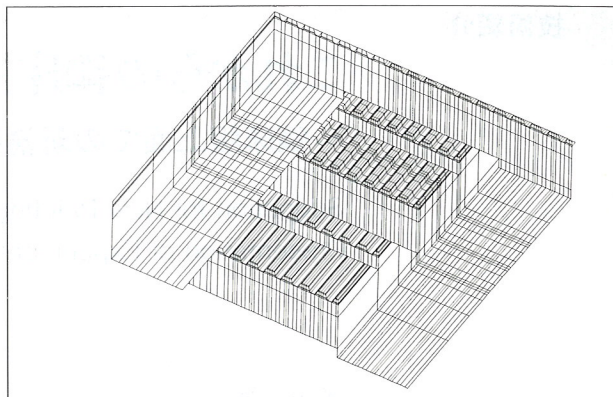
(4) FEM解析

FEM解析では、先に示した標準断面を対象として、張出し部を省略した長さ10m相当をモデル化した従来構造 (MODEL-1) と合理化構造 (MODEL-2) にB活荷重 (載荷面積: 200×500mm×2ヵ所, 荷重強度: 28tf, 載荷間隔: 175cm) を順次載荷させ、舗装われの一因とされるデッキプレートの曲率半径を算出し、変動量を比較します。

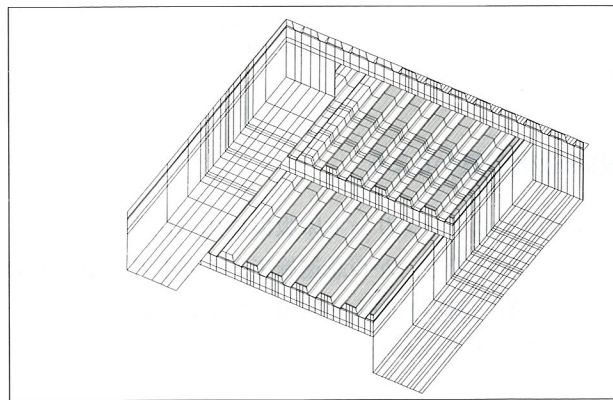
また、これらの結果と先の静的載荷試験で得られた結果を検討することによって、実橋での変形挙動を予測します。

あとがき

平成9年8月現在、静的載荷試験が終了し、疲労試験 (CASE-3) を継続していますが、いまだ疲労損傷の発生は認められません。試験結果の詳細は、後日報告します。



MODEL-1



MODEL-2

参考文献

- 1) 高橋・木村・志村・小西: PC床版2主桁橋「ホロナイ川橋」の現場施工, 橋梁と基礎, Vol.30, No. 3, 1996. 3.
- 2) 小笠原・辻角・橘: 少数主桁橋の腹板設計法に関する一考案, 土木学会第51回年次学術講演会概要集, I-A 277, 1996. 9.
- 3) 志村・井上・荒井・川西: 鋼床版の合理化構造と舗装に関する研究, 土木学会第52回年次学術講演会概要集, I-A294, 1997. 9.
- 4) 土木学会: 鋼床版の疲労, 鋼構造シリーズ, 1990. 9.
- 5) 日本道路協会: 鋼橋の疲労, 1997. 5.
- 6) 本州四国連絡橋公団: 鋼床版設計要領・同解説, 1989. 4.
- 7) 多田: 鋼床版舗装の設計と施工, 鹿島出版会, 1990. 3.
- 8) 日本鋼構造協会: 鋼構造物の疲労設計指針・同解説, 1993. 4.
- 9) 三木・館石・奥川・藤井: 鋼床版縦リブ・横リブ交差部の局部応力と疲労強度, 土木学会論文集, No.519/I-32, 1995. 7.
- 10) 大橋・藤井・村瀬: 鋼床版の疲労を考慮したディテールの改良, 橋梁と基礎, 1997. 4.
- 11) 大橋・藤井・三木・小野・村越: 鋼床版の現場継手部近傍の局部応力と変形挙動, 土木学会論文集, No.556/I-38, 1997. 1.