

I-47 合理化に対応した鋼床版構造の提案

(株)日本製鋼所	正会員	佐藤 和則
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	熱海 明彦

1. はじめに

将来予想される建設業の問題には、労働者の不足、熟練技能工の高齢化と後継者不足、労働環境改善の要求や建設工事費の抑制などがある。この中で最近クローズアップされているものに建設工事費の抑制の対応があり、各研究機関において、合理化・省力化を指向した橋梁の開発が積極的に行われている。鋼桁橋では、既に建設されたものがあり、箱桁橋においても現在種々の提案がなされている状況である。このような動向の中、鋼床版橋においてもその構造を単純化し省力化することが要求されていくと考えられる。

そこで本研究では、鋼床版橋において従来設計では4主桁構造となる幅員構成を持つ橋梁を2主桁構造とする合理化橋梁を考え、デッキプレート厚、横リブ間隔をパラメーターとし支間長を変化させて設計計算を行い、鋼重、部材数、溶接延長について比較を行い合理化に有効となる項目について検討した。さらに、従来型橋梁との比較を同様の項目について試みた。ここに、その設計計算の結果と考察について報告する。

2. 鋼床版橋の設計概要

2. 1 設計条件

今回提案する橋梁の設計条件は以下のとおりである。

- ①橋梁形式 : 単純鋼床版鋼桁橋
- ②支間長 : 30.0 m, 40.0 m, 50.0 m
- ③幅員構成 : 総幅員 9.7 m, 車道幅員 8.5 m (幹線道路、地域区分D、車道部2車線)
- ④設計活荷重 : B活荷重
- ⑤主桁間隔 : 合理化橋梁 7.7 m、従来型橋梁 3 @ 2.6 m

図1に合理化橋梁と従来型橋梁の断面図を示す。

2. 2 設計方法

設計は、道路橋示方書より、主桁作用と床版作用の二つの作用に対してそれぞれ照査し、足し合せを行った場合も照査した。各々の照査に使用したプログラムは、

- ①主桁作用 : 鋼床版鋼桁設計プログラム (弊社開発 : 1-0法、主桁断面、縦リブ断面の自動計算)
- ②床版作用 : 鋼床版の自動設計プログラム (日本電子計算 : 帯板要素法)

である。

2. 3 設計手順

設計手順としては、支間長、横リブ間隔並びにデッキプレート厚をパラメーターとして断面決定を行った。パラメーターとしては、

- ①支間長 : 30.0 m, 40.0 m, 50.0 m
- ②横リブ間隔 : 4.0 m, 6.0 m, 10.0 m
- ③デッキプレート厚 : 12 mm, 14 mm, 16 mm, 20 mm

Proposal of a Rationalized Steel Bridge with Steel Floor Deck

by Kazunori SATOH, Toshiyuki OHSHIMA, Tomoyuki YAMAZAKI and Akihiko ATSUMI

を用い、各々の条件を組み合わせる全36ケースについて設計計算を行った。

従来型橋梁については、支間長50.0m、横リブ間隔4.0m、デッキプレート厚12mmの組み合わせ1ケースを取り上げ、比較に用いた。

また、縦リブは、横リブ間隔に自由度をもたせるために板リブ形状として計算を行った。

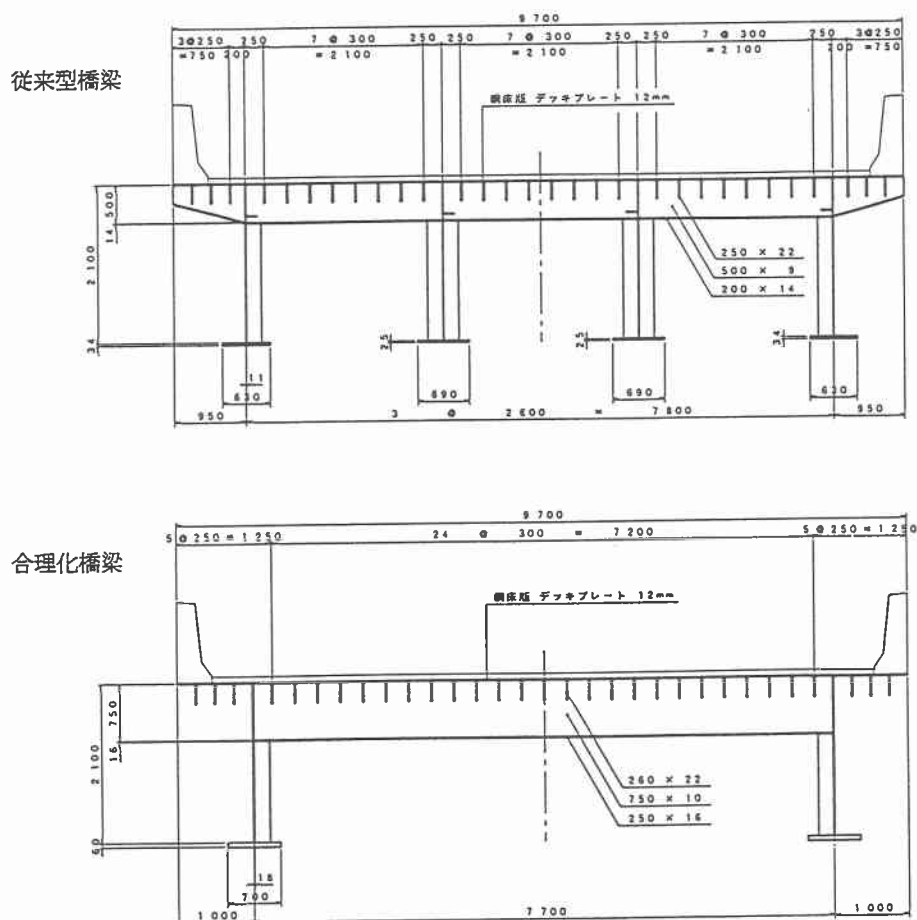


図1 従来型橋梁と合理化橋梁の断面図

3. 計算結果及び考察

3.1 断面形状の決定

設計計算で求められる鋼重より経済的と考えられる断面形状を各ケースごとにまとめたものを表1に示す。

この結果より縦リブ断面は支間長に関わらず横リブ間隔に大きく影響を受け、主桁断面は支間長に大きく影響を受けていることが分かる。

3.2 主桁作用と床版作用の足し合わせ応力度

支間長50mの場合の主桁作用と床版作用の二つの作用を足し合わせたデッキ部の応力度を比較したものを、図2示す。これより、①デッキ厚を厚くすると応力度に余裕があり、②横リブ間隔を大きくすると応力度に余裕があることが分かる。これは、①については、デッキ自身の剛性が大きくなること、②については、横リブ間隔を大きくすると縦リブの必要剛度が大きくなることで応力度に余裕ができると考えられる。

表 1 各ケースの断面形状

支間長	横リブ間隔	デッキ厚 (SS400)	縦リブ間隔	縦リブ断面 (SM400)	横リブ断面 (SM400)		主桁断面 (SM520)		
					板幅(mm)	下フランジ(mm)	腹板(mm)	下フランジ(mm)	
(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)					
30.0	4.0	12	300	22×260	10×750	16×250	13×1600	42×530	
		14	350	22×260	10×750	16×250	13×1600	42×530	
		16	400	22×260	10×750	16×250	13×1600	42×530	
		20	500	22×270	10×750	16×250	13×1600	41×530	
	6.0	12	300	25×280	10×760	16×250	13×1600	43×530	
		14	350	28×290	10×750	16×250	13×1600	42×530	
		16	400	28×300	10×750	16×250	13×1600	42×530	
		20	500	28×330	10×750	16×250	13×1600	41×530	
	10.0	12	300	32×420	10×790	16×250	13×1600	42×530	
		14	350	35×430	10×780	16×250	13×1600	42×530	
		16	400	35×450	10×770	16×250	13×1600	41×530	
		20	500	38×470	10×750	16×250	13×1600	40×530	
	40.0	4.0	12	300	22×260	10×750	16×250	16×1950	45×650
			14	350	22×260	10×750	16×250	16×1950	45×650
			16	400	22×260	10×750	16×250	16×1950	44×650
			20	500	22×270	10×750	16×250	16×1950	44×650
6.0		12	300	25×280	10×760	16×250	16×1950	45×650	
		14	350	28×290	10×750	16×250	16×1950	45×650	
		16	400	28×300	10×750	16×250	16×1950	44×650	
		20	500	28×330	10×750	16×250	16×1950	44×650	
10.0		12	300	32×420	10×790	16×250	16×1950	45×650	
		14	350	35×430	10×780	16×250	16×1950	45×650	
		16	400	35×450	10×770	16×250	16×1950	45×650	
		20	500	38×470	10×750	16×250	16×1950	44×650	
4.0		12	300	22×260	10×750	16×250	18×2100	59×700	
		14	350	22×260	10×750	16×250	18×2100	59×700	
		16	400	22×260	10×750	16×250	18×2100	58×700	
		20	500	22×270	10×750	16×250	18×2100	58×700	
	12	300	25×280	10×760	16×250	18×2100	59×700		
	14	350	28×290	10×750	16×250	18×2100	59×700		
	16	400	28×300	10×750	16×250	18×2100	59×700		
	20	500	28×330	10×750	16×250	18×2100	58×700		
50.0	6.0	12	300	32×420	10×790	16×250	18×2100	60×700	
		14	350	35×430	10×780	16×250	18×2100	60×700	
		16	400	35×450	10×770	16×250	18×2100	59×700	
		20	500	38×470	10×750	16×250	18×2100	58×700	
	10.0	12	300	32×420	10×790	16×250	18×2100	58×700	
		14	350	35×430	10×780	16×250	18×2100	60×700	
		16	400	35×450	10×770	16×250	18×2100	59×700	
		20	500	38×470	10×750	16×250	18×2100	58×700	

凡例
 横リブ間隔4m
 横リブ間隔6m
 横リブ間隔10m

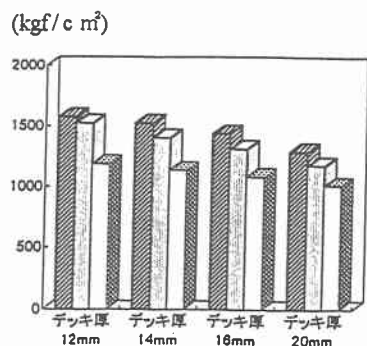


図 2 足し合わせ応力度

3. 3 鋼重、部材数、溶接延長

3. 2と同様に支間長50mにおいて、鋼重、部材数、溶接延長（脚長6mm隅肉溶接換算）を比較したものを図3～図5に示す。

(1) 鋼重

①デッキ厚による変化は5%程度の増減に止まっており、あまり影響を受けていない。これは、デッキ厚を厚くするとデッキ自身の鋼重は大きくなるが、縦リブ本数が減るため相殺されて全体的には差がなくなる。

②横リブ間隔を大きくすると鋼重が大きくなる。これは、横リブ間隔を大きくすると縦リブ断面が大きくなり鋼重が大きくなるのが理由として考えられる。

(2) 部材数

①デッキ厚を厚くすると部材数が少なくなる。これは、デッキ厚を厚くすると縦リブ本数が減るためである。

②横リブ間隔を大きくすると部材数が少なくなる。これは、横リブ間隔を大きくすると横リブ本数が減るためである。

(3) 溶接延長

- ①デッキ厚を厚くすると溶接延長は短くなる。これは、デッキ厚を厚くすると縦リブ本数が減ることにより溶接延長が短くなるためである。
- ②横リブ間隔を大きくすると溶接延長は長くなる。これは、横リブ本数は減るが、縦リブ断面が大きくなり6mm隅肉溶接換算をすると結果的に溶接延長が長くなるためである。
- 支間長30m、40mの場合においても同様な傾向がみられる。(図6～図11参照)

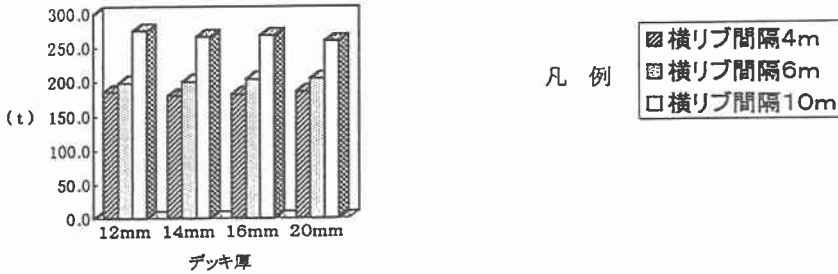


図3 鋼重 (支間長 50 m)

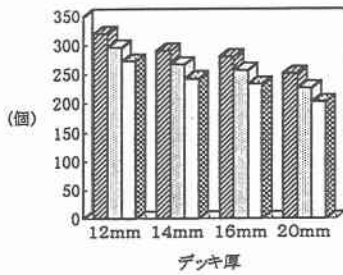


図4 部材数 (支間長 50 m)

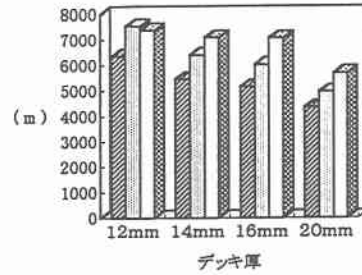


図5 溶接延長 (支間長 50 m)

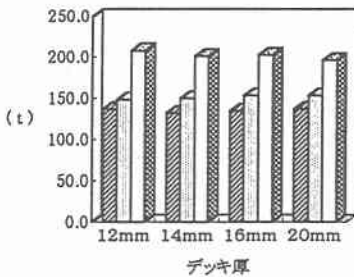


図6 鋼重 (支間長 40 m)

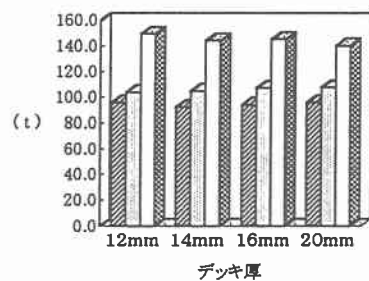


図7 鋼重 (支間長 30 m)

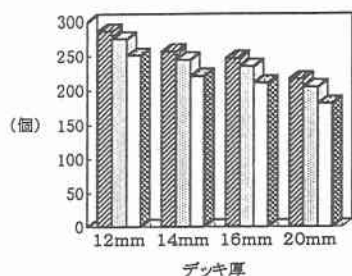


図8 部材数 (支間長 40 m)

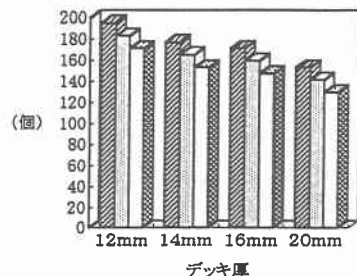


図9 部材数 (支間長 30 m)

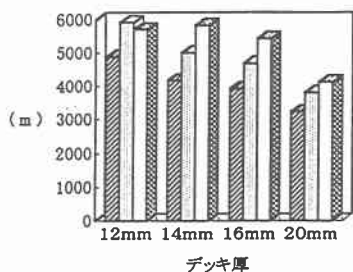


図10 溶接延長 (支間長 40 m)

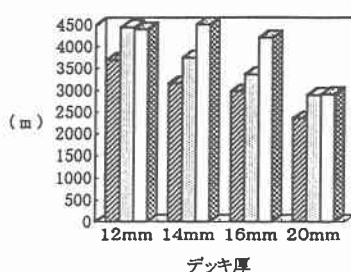


図11 溶接延長 (支間長 30 m)

3. 4 従来型橋梁との比較

今回提案する合理化橋梁と従来型橋梁とを比較する上での諸条件を表2に示す。表2の条件をもとに算出した鋼重、部材数、溶接延長（脚長6 mm隅肉溶接換算）の比較を図12～図14に示す。結果は鋼重が約3%増となるものの、部材数で約44%の減、溶接延長で約15%の減となり、工場製作において、野書・切断・組立溶接などの加工工数が低減されるため全体の合理化が図られると考えられる。

表2 従来型橋と合理化橋の設計条件

項目	従来型橋	合理化橋
支間長	50.0 m	50.0 m
デッキ厚	12 mm	12 mm
主桁本数	4本	2本
主桁間隔	3 @ 2.6 m	7.7 m
主桁腹板高	2100 mm	2100 mm
主桁腹板厚	11 mm	18 mm
水平補剛材	1段	0段
横リブ間隔	4.0 m	4.0 m
縦リブ間隔	300 mm	300 mm
デッキ材質	SS400	SS400
主桁材質	SM520	SM520
縦リブ材質	SM400	SM400

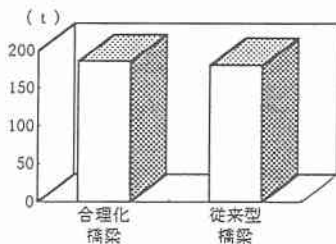


図12 鋼重

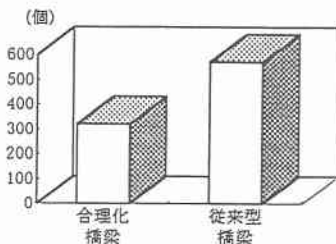


図13 部材数

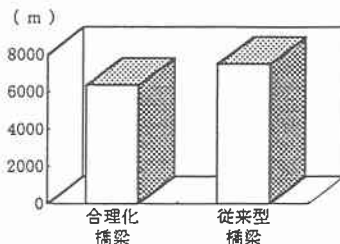


図14 溶接延長

4. まとめ

以上の結果より、合理化設計で有効となる項目には次のことがあると考えられる。

- ①鋼重は横リブ間隔が小さいほど少なく、影響は30%程度である。デッキ厚による影響はあまりない。
 - ②部材数はデッキ厚が厚いほど少なく、影響は20%程度である。横リブ間隔は大きいほど少なく、影響は15%程度である。
 - ③溶接延長はデッキ厚が厚いほど少なく、影響は30%程度である。横リブ間隔は小さいほど少なく、影響は15%程度である。
- ①～③をまとめると、本研究の実施ケースでは、横リブ間隔が小さいほど有効で4m、デッキ厚は厚いほど有効で20mmという結果となる。

合理化橋梁と従来型橋梁との比較では、合理化橋梁が鋼重で3%の増加となるが、部材数で44%の減、溶接延長で15%の減となるため省力化の効果は期待できると考えられる。

今後の実用に際しては、次のようなことが課題として考えられる。

- ①合理化橋梁は、本研究の表1よりデッキ厚が20mmと厚くなるため現場溶接の変形量の把握が必要。
 - ②同様に表1より主桁下フランジで58mm、縦リブで38mmの板厚となるため、隅肉溶接の脚長が大きくなるが、それと疲労損傷との関係を明確にする。
 - ③主桁断面に厚板を使用するため、ボルト接合や溶接接合など接合方法の適否を検討する。
 - ④今後の建設資本の増大によりメンテナンスフリーが求められ、長寿命橋梁が要求されると思われる。とくに、鋼床版は自重が軽く、自動車輪荷重を直接支持する構造のため繰り返し応力・回数が大きく、疲労に対する配慮が必要である。このため合理化鋼床版橋梁においても 10^7 回以上の疲労試験による安全性の確認が必要と考えられる。
 - ⑤疲労においては、格子理論による解析やFEM解析を行い、疲労試験結果と比較する。主な着目点としては、縦リブと横リブの交差点、主桁と横リブの結合部などである。
 - ⑥本研究では板リブで検討したが、Uリブを用いた場合の検討も必要。
 - ⑦従来型設計による橋梁では、舗装面に縦リブ方向の亀裂が生じる損傷例が報告されているため、合理化橋梁の場合での影響を検討する。
- 本研究では、合理化鋼床版構造の提案として設計の一部のパラメーターに着目して報告した。今後は、前述した課題に対処し、各種解析や試験を実施し、詳細な研究を進め、より実用的な提案をしていきたいと考える。

最後に、本研究の実施に際し、北大工学部渡辺昇名誉教授、北見工大工学部三上修一助教授をはじめ、多くの方々のご指導とご援助をいただき、記して謝意を表します。

(参考文献)

- 1) 日本道路協会；道路橋示方書・同解説（Ⅰ 共通編・Ⅱ 鋼橋編）、1994年
- 2) 岩立次郎・緒方紀夫・中須誠；鋼少主桁の適用性に関する研究、日本道路公団試験研究所報告、Vol.33 1996-11
- 3) 高橋昭一・志村勉・橘吉宏・小西哲司；PC床版2主桁橋「ホロナイ川橋」の設計および解析・試験検討、橋梁と基礎、96-2
- 4) 坂野昌弘・藤野陽三・長井正嗣・三上市蔵；300年耐用鋼道路橋の疲労設計法、鋼構造年次論文報告集、第2巻、1994