

C. 鋼床版設計の現状と諸問題

成 果 報 告 書

「鋼床版設計の現状と諸問題」

成果報告書

平成3年4月

鋼橋技術研究会設計部会

W/G Cグループ

(目 次)

1. はじめに	2
2. 鋼床版に関する文献	4
3. 鋼床版に関する公団・公社等基準類比較	10
4. 鋼床版の特殊な構造ディテールの処理例	20
5. 鋼床版設計上の問題点の抽出・文献検討	24
(1) 舗装熱による影響	25
(2) 現場溶接による影響	30
(3) 疲労による影響	36
(4) 縦リブの配置	58
(5) 横桁間の横リブ剛度を格子分配に考慮した場合の検討	62
(6) 分離型横桁	65
(7) 横桁の有効幅	69
(8) スリットのある横リブの設計	72
(9) 縦リブの添接計算	80
6. ま と め	87

以 上

1. はじめに

鋼床版構造は、長径間の吊橋・斜張橋のみならず近年都市高速道路高架橋の床版に多用されRC床版に較べ死荷重が軽い事、これにより下部工への負担が軽減される事、工期が短い事、構造高を低く抑える事が可能となる等のメリットが知られている。

しかし、鋼床版構造の設計・施工にあっては舗装を介して直接輪荷重を繰り返し受ける構造からくる疲労損傷、直交異方性板としての複雑な挙動、現場溶接・舗装による熱応力と版変形、舗装の変形能等に関する種々の問題が存在する。

Cグループでは、「鋼床版設計の現状と諸問題」のテーマでこれら鋼床版に関する諸問題の内、設計実務担当者が計画・設計計算・構造ディテールの決定等の上で度々問題となる項目について有益な資料となる文献を調査し検討を加えるとともに、この基準となる各公団・公社の設計基準の比較一覧を行った。

鋼床版設計の問題に関しては、本部会の前身である国内設計基準研究分科会の第14回のテーマとして取り上げられ討議されている。又、土木学会鋼構造委員会鋼構造進歩調査小委員会 橋床構造の進歩調査分科会 による鋼床版の断面諸元に関するアンケート調査にもとづく「鋼床版の発展と現況」報告論文（土木学会誌1982・9）が種々の問題点について総括を行っている。

鋼床版の疲労損傷に関する問題については、同上の鋼床版の疲労小委員会により構造ディテールに踏み込んで調査研究が行われ「鋼床版の疲労」論文（土木学会論文集第410号1989・10）として発表され、土木学会の鋼構造シリーズ4「鋼床版の疲労」として1990・6に刊行された。

これらの研究成果・動向を指針として、文献調査を主としての成果報告を纏めている。

尚、近年コンクリート床版の維持補修の面から合成鋼床版・鋼床版への張替等の新工法に対する研究、又 鋼床版舗装の轍掘れ・耐久性に関わる舗装材料・施工法の実験研究が盛んに行われており、これに関する文献も多いが本グループの検討課題としては、一般的な鋼床版そのものに限定し取り上げない事とした。

2. 鋼床版に関する文献

鋼床版に関する文献としては、大別して各公団・公社・協会等の公的機関による基準・指針と実績調査報告、及び研究発表論文に区分される。

以下に主要な文献類を記す。

2-1 各公団・公社・協会等の公的機関による基準・指針

道路橋示方書Ⅱ鋼橋編	日本道路協会	H 2. 2
鋼構造物設計基準	首都高速道路公団	S56. 9
構造物設計基準第Ⅰ編	阪神高速道路公団	H 2. 6
鋼床版設計指針	阪神高速道路公団	H 1. 2
鋼構造物設計基準	名古屋高速道路公社	S59. 4
鋼床版設計要領	本州四国連絡橋公団	1989 4
鋼床版設計要領(案)	首都高速道路公団第三建設部	H 1. 7
北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針	北海道土木技術会	H 1.11
鋼道路橋設計便覧	日本道路協会	S54. 2

2-2 実績調査報告

橋建協「鋼床版の現場継手調査および検討」 S.48.3

- (1) 縦リブの形状および横リブとの交差構造
- (2) 縦リブおよびデッキプレートの継手構造
- (3) 鋼床版と縦桁との関係
- (4) デッキプレートの分割と継手位置

渡辺・大島「鋼床版設計実例の全国調査と鋼床版の経済設計」橋梁と基礎 76-9

- (1) 鋼床版断面諸元一覧表
- (2) 鋼床版実施設計資料の分析
 - ① デッキプレート厚
 - ② 縦リブ・横リブの断面諸元
 - ③ 縦リブ鋼重
 - ④ 横リブ鋼重
 - ⑤ 総鋼重

(3) 鋼床版の経済設計

- ① 鋼床版の構造特性
- ② 閉じ縦リブの断面寸法および適用スパン

海上大型橋梁鋼構造研究委員会

「長大箱桁橋の実績調査と文献調査」 建設コンサルタンツ協会近畿支部 S.54.7

(鋼床版調査項目)

- ① 鋼床版形式と橋梁の平面形状との関係
- ② 舗装厚さと鋼床版デッキの継手の構造の関係
- ③ 鋼床版デッキの板厚
- ④ 開リブウエブの板厚
- ⑤ 閉リブウエブの板厚
- ⑥ 縦リブ高さと縦リブ支間の関係
- ⑦ 縦リブの単位当たりの剛度と縦リブ支間の関係
- ⑧ 横リブウエブ高さと横リブ支間の関係
- ⑨ 横リブの単位当たりの剛度と横リブ支間の関係
- ⑩ 横リブウエブの板厚
- ⑪ 縦リブと横リブの相対剛比
- ⑫ デッキプレートと縦リブの相対剛比
- ⑬ 縦リブと横リブの交差部の切欠形状

橋建協 「鋼橋現場溶接の現況と今後の課題」 S.61.3

- (1) 鋼床版施工年度別、発注先別、施工方法別工事件数・橋面積
- (2) 継手構造別縦リブ形状構成比率
- (3) 縦リブ継手方法比率
- (4) 継手構造別施工結果問題点発生比率
- (5) 鋼床版現場溶接工法
 - ① 現場継手の配置
 - ② 変形防止対策
 - ③ デッキプレートの溶接
 - ④ Uリブの現場接合

鋼構造進歩調査小委員会「鋼床版の発展と現況」 土木学会誌 1982.9

- (1) 鋼床版の断面諸元に関する調査
 - ① 縦リブ形式の変遷
 - ② 縦リブスパン
 - ③ 横リブスパンと腹板高
 - ④ 鋼床版重量
- (2) 継手
 - ① 鋼床版のパネル分割
 - ② デッキプレートの継手
 - ③ 縦リブ

(3) 理論解析

- ① 鋼床版解析理論の使用頻度
- ② 鋼床版の主構造との合成

(4) 舗装

- ① 鋼床版上舗装の現状
- ② 舗装と鋼床版の変形特性

中井・北田・鈴木・古田「トラフリブを有する鋼床版の実績調査」橋梁と基礎 1990.10

(1) 橋梁諸元

- ① トラフリブ配置と方向
- ② 鋼床版橋形式別完成年度
- ③ 適用スパン

(2) デッキプレート

- ① 厚さ・材質
- ② デッキプレートと縦リブとの材質の関係

(3) 各補剛材

- ① 縦リブ・横リブ・横桁・縦桁補剛形式
- ② トラフリブ間隔・本数・使用断面
- ③ 横リブ・横桁・縦桁材質
- ④ 縦リブ・横リブ・横桁・縦桁断面積比

(4) 鋼重

(5) 座屈に関するパラメーター

- ① アスペクト比
- ② 板パネルの幅厚比・幅厚比パラメーター
- ③ 板パネルの柱としての弾性座屈応力度
- ④ 各補剛材の必要最小剛比
- ⑤ 有効補剛材の弾性座屈応力度
- ⑥ 補剛板としての弾性座屈応力度

2-3 研究発表論文

鋼構造シリーズ4「鋼床版の疲労」土木学会 H 2. 6 において鋼床版関係参考文献
タイトル集として内外の文献が以下の項目分類で集約されている。

- A 鋼床版の理論
 - ・ 鋼床版一般
 - ・ 鋼床版の解析
 - ・ 鋼床版の疲労設計
- B 疲労損傷例
- C 鋼床版の試験
 - ・ 静的試験
 - ・ 疲労試験
 - ・ 現場載荷試験
- D 鋼床版の製作
 - ・ 設計・製作基準
 - ・ 現場溶接基準
 - ・ 現場溶接方法
 - ・ 施工例
 - ・ 収縮・変形調査
- E 舗装
- F 検査
 - ・ 非破壊検査一般
 - ・ 鋼床版の検査
 - ・ 自動超音波探傷試験
 - ・ 供用下での疲労亀裂検出

次頁は日本科学技術情報センターJICSTオンライン検索システム(JOIS)によるキーワード「鋼床版」で検索した1981年～1990年間の国内の論文発表年度別の鋼床版文献頻出度数調査一覧表である。(1990年の後半分は未登録である)

但し、合成鋼床版・鋼床版張替え等の新工法及び舗装に関する文献と工事報告類については計上していない。

この表より、特徴的な事として以下があげられる。

- ① 鋼床版橋が積極的に採用される様になってから十数年たっていることから疲労損傷に関する研究がここ数年多く行われている。
- ② 近年鋼床版に現場溶接が採用される様になってきたことからこれに伴う問題が研究対象になってきた。

尚、JOISはJICSTが収集した主要50余か国の逐次刊行物約1.6万種、技術レポート・会議資料などに掲載された、科学的・技術的に優れた文献、年間約62万件を収録している。又、国や地方自治体、またはそれに準ずる機関、公益法人などが作成する不定期刊行物(研究報告、調査報告、審議会報告、行政報告など)も含まれる。

C. 8

		件	1981年	1982年	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年
その他	鋼床版橋の振動	3								■	■■	
	鋼床版面の防錆・防水・接着	10			■■■		■	■	■	■	■	■■
	舗装熱による鋼床版の変形・熱応力解析	10				■			■■■	■■■	■■■	
現場溶接	鋼床版現場溶接による塗膜への熱影響	1						■				
	鋼床版現場溶接施工法・検査	6				■	■	■	■		■■	
	鋼床版現場溶接による変形	4	■								■■■	
	縦リブ現場溶接欠陥・疲労強度・施工法	6	■■		■			■			■■	
疲労	主桁ウェブ垂直補剛材上端溶接部の疲労	3								■■	■	
	主桁と横リブとの溶接部の疲労	2							■	■		
	横リブの耐荷力・応力集中・弾塑性解析	14							■■■■	■■■■■	■■■■■	
	縦リブと横リブの交差部の疲労	13						■	■	■■■■■	■■■■■	■
	Uリブとデッキプレートとの溶接部の局部応力・疲労	2							■	■		
設計	Uリブの局部変形・極限強度	2							■	■		
	鋼床版の版剛度	1							■			
	縦リブ配置・コーナープレート	3			■■						■	
	衝撃荷重・係数	6							■■■	■■	■	
	有効幅	3							■	■	■	
	鋼床版の最適設計・設計照査	4				■		■■			■	
	鋼床版の耐荷力・解析法・応力解析	21	■■■■	■	■		■	■■	■■■■	■■■	■■■	■■
項目	件	1981年	1982年	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	

3. 鋼床版に関する公団・公社等基準類比較

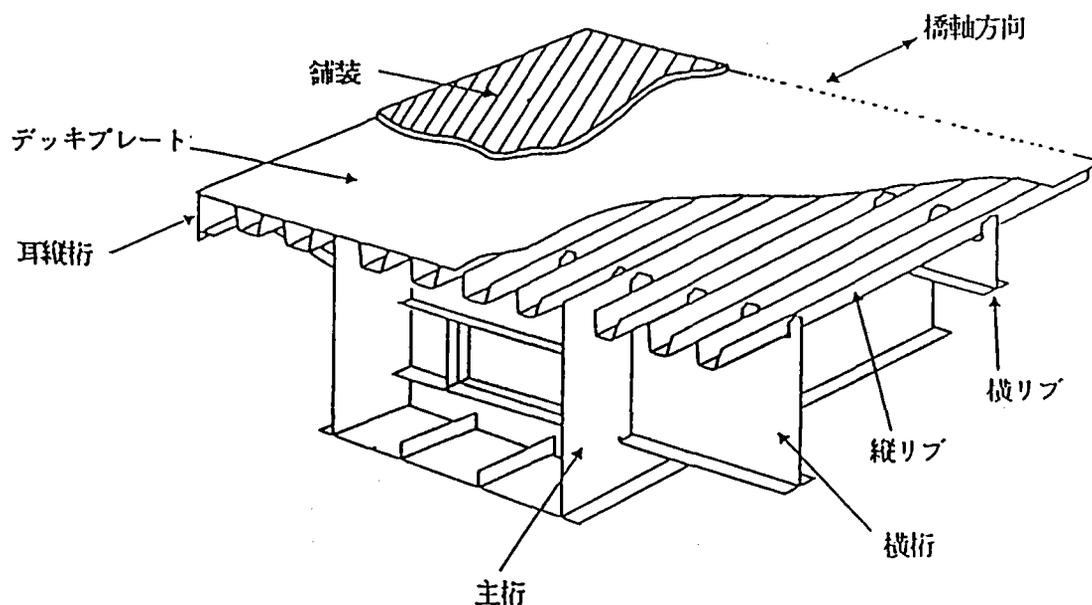
鋼床版に関する公団・公社等基準類の内、主として設計に関連する基準類に限定して「鋼床版設計基準比較」の一覧表を作成した。

対象とした基準は、以下の基準・指針とした。

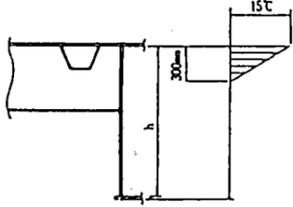
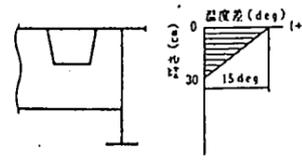
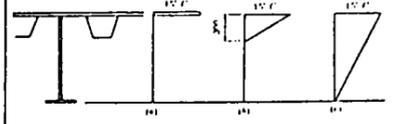
日本道路協会	「道路橋示方書Ⅱ鋼橋編」	H2. 2
阪神高速道路公団	「鋼床版設計指針」	H1. 2
本州四国連絡橋公団	「鋼床版設計要領」	1989. 4
名古屋高速道路公団	「鋼構造物設計基準」	S59. 4
首都高速道路公団第三建設部	「鋼床版設計要領（案）」	H1. 7
北海道土木技術会	「北海道鋼道路橋設計施工指針」	H1. 11

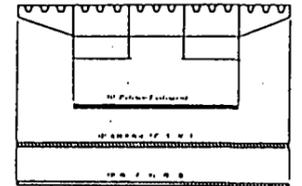
各分類項目は、阪神高速道路公団の「鋼床版設計指針」の項目分けに準拠しこれに追加を加えている。

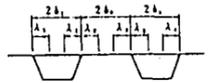
鋼 床 版 設 計 基 準 上 七 中 文

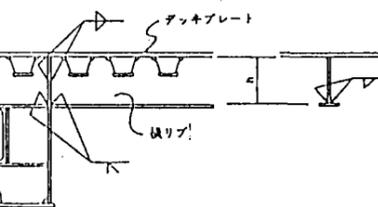
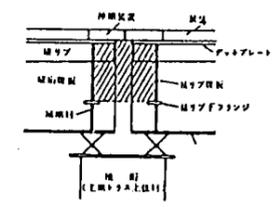
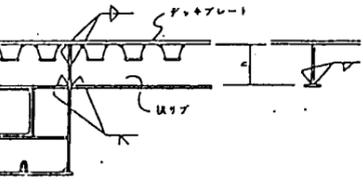
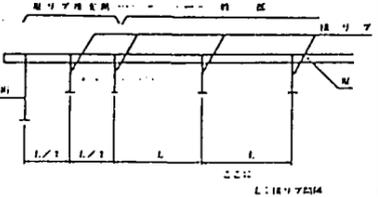
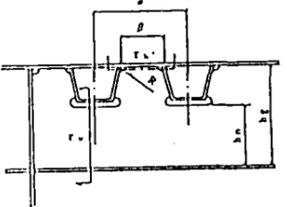
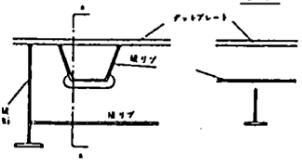
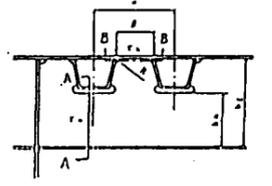
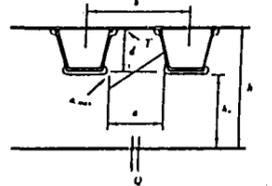


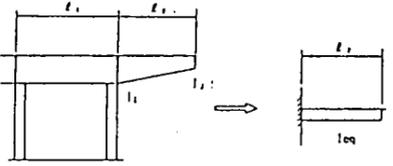
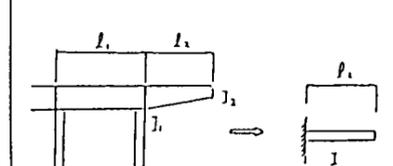
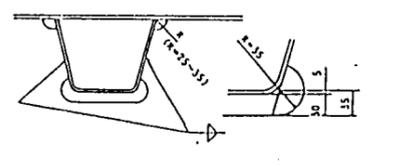
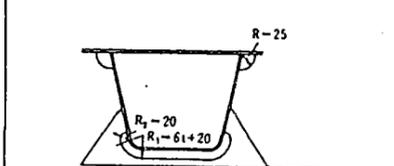
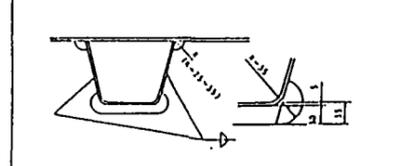
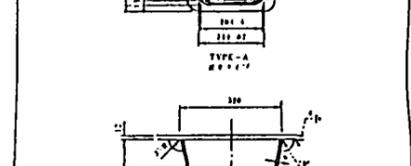
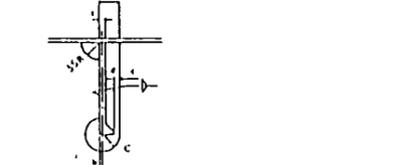
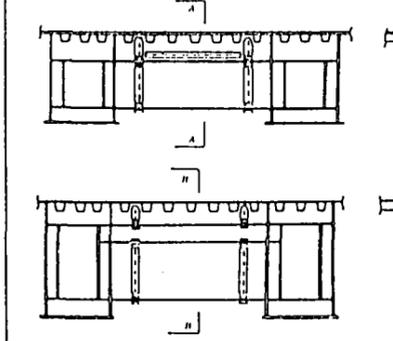
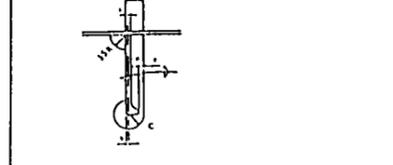
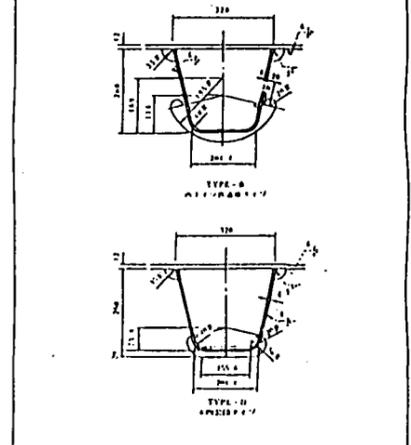
鋼 橋 技 術 研 究 会 設 計 部 会 W / G

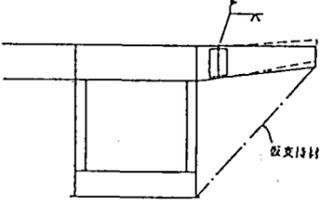
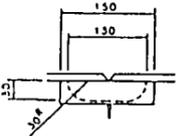
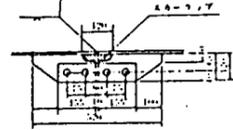
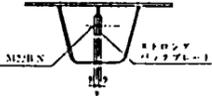
項目	日本道路協会 道路橋示方書Ⅱ鋼橋編 H2.2	阪神高速道路公団 鋼床版設計指針 H1.2	本州四国連絡橋公団 鋼床版設計要領 1989.4	名古屋高速道路公社 鋼構造物設計基準 S59.4	首都高速道路公団第三建設部 鋼床版設計要領(案) H1.7	北海道土木技術会 北海道鋼道路橋設計施工指針 H1.11
1. 適用範囲	縦横リブで補剛し舗装を施した鋼床版	主桁部材の一部とした鋼床版	車道部分の鋼床版の床作用の設計 主桁に合成されない鋼床版の縦桁の設計	縦横リブで補剛し舗装を施した鋼床版	首都高速12号線の主桁に合成された鋼床版	北海道における鋼道路橋
2. 荷重						
2.1 荷重の種類	I 共通編 2.1.1 による	構造物設計基準第1編による	D, L, I, T, SD(T), SD(L), SD(W), ER SD(T): 温度変化による主桁変位 SD(L): 活荷重による主桁変位 SD(W): 風荷重による主桁橋直変位	道路橋示方書 I 共通編による	主桁の一部として作用 → 構造物設計基準3-1 による 床版として作用 → D, L, I, T, ER	道路橋示方書 I 共通編による
2.2 死荷重	I 共通編 2.1.2 による	構造物設計基準第1編及び 道路橋示方書 I 共通編による	上部構造設計基準による		鋼構造物設計基準3-2 による	
2.3 活荷重	I 共通編 2.1.3(1) による 舗装による荷重分布は考慮しない	T-20, L-20, TT-43 縦リブの疲労検算はT-20, 1台 舗装による荷重分布は考慮しない	T-20, L-20, TT-43 縦リブの疲労検算はT-20, 1台 舗装による荷重分布は考慮しない		T-20, L-20, TT-43 縦リブの疲労検算はT-20, 1台 舗装による荷重分布は考慮しない	
2.4 衝撃	縦リブ $l=0.4$ 横リブ $l=20/(50+L)$	縦リブ $l=0.4$ 主桁, 横リブ, 縦桁 $l=20/(50+L)$ 縦リブの疲労検算は $l=0$	デッキプレート, 縦リブ $l=0.4$ 横リブ, 縦桁 $l=20/(50+L)$ 縦リブの疲労検算は $l=0$		縦リブ $l=0.4$ 主桁, 横リブ, 縦桁 $l=20/(50+L)$ デッキプレート, 縦リブの疲労検算は $l=0$	
2.5 温度差の影響	I 共通編 2.1.12 部材間・部材各部の相対的溫度差は15℃とする	デッキプレート 上面で15℃, 高さ 300mmで 0℃の三角分布	デッキプレート 上面で15℃(ゲースタット舗装時 100℃), 高さ 300mmで 0℃の三角分布	① デッキプレートのみ15℃ ② デッキプレート上面で15℃, 高さ 300mmで 0℃の三角分布 ③ デッキプレート上面で15℃, 下フランジ下面で 0℃の三角分布 いずれかにて計算	デッキプレート 上面で15℃, 高さ 300mmで 0℃の三角分布	
						
2.6 架設時荷重	I 共通編 2.1.18 による	架設方法と架設中の状態とを考慮し決定	架設方法と架設中の状態とを考慮し決定		架設方法と架設中の状態とを考慮し決定・中間床版部落とし込みタイプは分配に注意	
3. 材料	I 共通編 3.1 による	構造物設計基準第1編による	上部構造設計基準による		道路橋示方書Ⅱ鋼橋編による	道路橋示方書Ⅱ鋼橋編による

項目	日本道路協会 道路橋示方書Ⅱ鋼橋編 H2.2	阪神高速道路公団 鋼床版設計指針 H1.2	本州四国連絡橋公団 鋼床版設計要領 1989.4	名古屋高速道路公社 鋼構造物設計基準 S59.4	首都高速道路公団第三建設部 鋼床版設計要領(案) H1.7	北海道土木技術会 北海道鋼道路橋設計施工指針 H1.11																																																																																																																		
4. 設計計算 4.1 設計一般	<p>安全照査 (1)①床版及び床組としての作用 (大型車1日1方向1000台以上) 〔設計断面力を求める係数〕</p> <table border="1"> <tr><th>係数</th><th>適用支間</th></tr> <tr><td>1.2</td><td>$l \leq 4 \text{ m}$</td></tr> <tr><td>$1.2-(l-4)/30$</td><td>$4 < l \leq 10 \text{ m}$</td></tr> <tr><td>1.0</td><td>$l > 10 \text{ m}$</td></tr> </table> <p>②主桁の一部としての作用 (2)①と②を同時に考慮した場合 疲労照査 T荷重1台による縦リブ応力度照査 衝撃考慮せず</p> <p>表-6.2.1 上げた作用と床版および床組作用を同時に考慮した場合の許容応力度</p> <table border="1"> <tr><th>鋼種</th><th>許容応力度 (kg/cm²)</th></tr> <tr><td>SS41, SM41, SMA41W</td><td>2,000</td></tr> <tr><td>SM50</td><td>2,700</td></tr> <tr><td>SM50Y, SM53, SMA50W</td><td>3,000</td></tr> <tr><td>SM58, SMA58W</td><td>3,700</td></tr> </table> <p>表-6.2.2 T荷重1台縦リブに対する縦リブの許容引張力・圧縮応力度 (kg/cm²)</p> <table border="1"> <tr><th rowspan="2">リブ種</th><th rowspan="2">鋼種</th><th>SS41</th><th>SM41</th><th>SM50</th><th>SM50Y</th><th>SM53</th><th>SM58</th></tr> <tr><th>SMA41W</th><th>SMA41W</th><th>SMA50W</th><th>SMA50W</th><th>SMA50W</th><th>SMA58W</th></tr> <tr><td>母</td><td>母</td><td>1,400</td><td>1,600</td><td>1,600</td><td>1,600</td><td>1,600</td><td>1,600</td></tr> <tr><td rowspan="2">C</td><td>仕上げした全断面溶込み グループ溶接部</td><td>1,400</td><td>1,600</td><td>1,600</td><td>1,600</td><td>1,600</td><td>1,600</td></tr> <tr><td>仕上げしない全断面溶込み グループ溶接部</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td></tr> <tr><td rowspan="2">R</td><td>リブ上端すみ肉溶接部¹⁾</td><td>900</td><td>900</td><td>900</td><td>900</td><td>900</td><td>900</td></tr> <tr><td>溶接部すみ肉溶接部²⁾</td><td>1,100</td><td>1,100</td><td>1,100</td><td>1,100</td><td>1,100</td><td>1,100</td></tr> </table> <p>1) 応力方向に連続した母目上にある、応力方向に直角なすみ肉溶接 2) 応力方向に連続したすみ肉溶接</p>	係数	適用支間	1.2	$l \leq 4 \text{ m}$	$1.2-(l-4)/30$	$4 < l \leq 10 \text{ m}$	1.0	$l > 10 \text{ m}$	鋼種	許容応力度 (kg/cm ²)	SS41, SM41, SMA41W	2,000	SM50	2,700	SM50Y, SM53, SMA50W	3,000	SM58, SMA58W	3,700	リブ種	鋼種	SS41	SM41	SM50	SM50Y	SM53	SM58	SMA41W	SMA41W	SMA50W	SMA50W	SMA50W	SMA58W	母	母	1,400	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	C	仕上げした全断面溶込み グループ溶接部	1,400	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	仕上げしない全断面溶込み グループ溶接部	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	R	リブ上端すみ肉溶接部 ¹⁾	900	900	900	900	900	900	溶接部すみ肉溶接部 ²⁾	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	<p>安全照査 (1)①主桁の一部としての作用 ②床版及び床組としての作用 〔設計断面力を求める係数〕</p> <table border="1"> <tr><th>係数</th><th>適用支間</th></tr> <tr><td>1.2</td><td>$l \leq 4 \text{ m}$</td></tr> <tr><td>$1.2-(l-4)/30$</td><td>$4 < l \leq 10 \text{ m}$</td></tr> <tr><td>1.0</td><td>$l > 10 \text{ m}$</td></tr> </table> <p>②縦桁の一部としての作用 (2)①と②を同時に考慮した場合 (3)疲労照査 断面力割増無し、衝撃考慮せず</p>	係数	適用支間	1.2	$l \leq 4 \text{ m}$	$1.2-(l-4)/30$	$4 < l \leq 10 \text{ m}$	1.0	$l > 10 \text{ m}$	<p>安全照査 (1)①床版としての作用 〔設計断面力を求める係数〕</p> <table border="1"> <tr><th>係数</th><th>適用支間</th></tr> <tr><td>1.2</td><td>$l \leq 4 \text{ m}$</td></tr> <tr><td>$1.2-(l-4)/30$</td><td>$4 < l \leq 10 \text{ m}$</td></tr> <tr><td>1.0</td><td>$l > 10 \text{ m}$</td></tr> </table> <p>②縦桁の一部としての作用 (2)①と②を同時に考慮した場合 疲労照査 断面力割増無し、衝撃考慮せず 疲労許容応力度</p> <table border="1"> <tr><td>母材</td><td>1400kg/cm²</td></tr> <tr><td>応力直角仕上げ有り 突合せ</td><td>1400kg/cm²</td></tr> <tr><td>応力直角仕上げ無し 裏当無し突合せ</td><td>1100kg/cm²</td></tr> <tr><td>応力直角仕上げ無し 裏当有り突合せ</td><td>900kg/cm²</td></tr> <tr><td>リブ十字</td><td>900kg/cm²</td></tr> <tr><td>連続隅肉</td><td>900kg/cm²</td></tr> </table>	係数	適用支間	1.2	$l \leq 4 \text{ m}$	$1.2-(l-4)/30$	$4 < l \leq 10 \text{ m}$	1.0	$l > 10 \text{ m}$	母材	1400kg/cm ²	応力直角仕上げ有り 突合せ	1400kg/cm ²	応力直角仕上げ無し 裏当無し突合せ	1100kg/cm ²	応力直角仕上げ無し 裏当有り突合せ	900kg/cm ²	リブ十字	900kg/cm ²	連続隅肉	900kg/cm ²	<p>安全照査 (1)①床版及び床組としての作用 〔設計断面力を求める係数〕</p> <table border="1"> <tr><th>係数</th><th>適用支間</th></tr> <tr><td>1.2</td><td>$l \leq 4 \text{ m}$</td></tr> <tr><td>$1.2-(l-4)/30$</td><td>$4 < l \leq 10 \text{ m}$</td></tr> <tr><td>1.0</td><td>$l > 10 \text{ m}$</td></tr> </table> <p>②主桁の一部としての作用 (2)①と②を同時に考慮した場合 架設工法 工法による有効断面の差異に応じ設計する</p>	係数	適用支間	1.2	$l \leq 4 \text{ m}$	$1.2-(l-4)/30$	$4 < l \leq 10 \text{ m}$	1.0	$l > 10 \text{ m}$	<p>安全照査 (1)①主桁の一部としての作用 ②床版及び床組としての作用 〔設計断面力を求める係数〕</p> <table border="1"> <tr><th>係数</th><th>適用支間</th></tr> <tr><td>1.2</td><td>$l \leq 4 \text{ m}$</td></tr> <tr><td>$1.2-(l-4)/30$</td><td>$4 < l \leq 10 \text{ m}$</td></tr> <tr><td>1.0</td><td>$l > 10 \text{ m}$</td></tr> </table> <p>(2)①と②を同時に考慮した場合 (3)疲労照査 T荷重1台による縦リブ応力度照査 断面力割増無し、衝撃考慮せず</p>	係数	適用支間	1.2	$l \leq 4 \text{ m}$	$1.2-(l-4)/30$	$4 < l \leq 10 \text{ m}$	1.0	$l > 10 \text{ m}$	<p>安全照査 (1)①主桁の一部としての作用 ②床版及び床組としての作用 (2)①と②を同時に考慮した場合 架設工法 工法による有効断面の差異に応じ設計する</p>
係数	適用支間																																																																																																																							
1.2	$l \leq 4 \text{ m}$																																																																																																																							
$1.2-(l-4)/30$	$4 < l \leq 10 \text{ m}$																																																																																																																							
1.0	$l > 10 \text{ m}$																																																																																																																							
鋼種	許容応力度 (kg/cm ²)																																																																																																																							
SS41, SM41, SMA41W	2,000																																																																																																																							
SM50	2,700																																																																																																																							
SM50Y, SM53, SMA50W	3,000																																																																																																																							
SM58, SMA58W	3,700																																																																																																																							
リブ種	鋼種	SS41	SM41	SM50	SM50Y	SM53	SM58																																																																																																																	
		SMA41W	SMA41W	SMA50W	SMA50W	SMA50W	SMA58W																																																																																																																	
母	母	1,400	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600																																																																																																																	
C	仕上げした全断面溶込み グループ溶接部	1,400	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600																																																																																																																	
	仕上げしない全断面溶込み グループ溶接部	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000																																																																																																																	
R	リブ上端すみ肉溶接部 ¹⁾	900	900	900	900	900	900																																																																																																																	
	溶接部すみ肉溶接部 ²⁾	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100																																																																																																																	
係数	適用支間																																																																																																																							
1.2	$l \leq 4 \text{ m}$																																																																																																																							
$1.2-(l-4)/30$	$4 < l \leq 10 \text{ m}$																																																																																																																							
1.0	$l > 10 \text{ m}$																																																																																																																							
係数	適用支間																																																																																																																							
1.2	$l \leq 4 \text{ m}$																																																																																																																							
$1.2-(l-4)/30$	$4 < l \leq 10 \text{ m}$																																																																																																																							
1.0	$l > 10 \text{ m}$																																																																																																																							
母材	1400kg/cm ²																																																																																																																							
応力直角仕上げ有り 突合せ	1400kg/cm ²																																																																																																																							
応力直角仕上げ無し 裏当無し突合せ	1100kg/cm ²																																																																																																																							
応力直角仕上げ無し 裏当有り突合せ	900kg/cm ²																																																																																																																							
リブ十字	900kg/cm ²																																																																																																																							
連続隅肉	900kg/cm ²																																																																																																																							
係数	適用支間																																																																																																																							
1.2	$l \leq 4 \text{ m}$																																																																																																																							
$1.2-(l-4)/30$	$4 < l \leq 10 \text{ m}$																																																																																																																							
1.0	$l > 10 \text{ m}$																																																																																																																							
係数	適用支間																																																																																																																							
1.2	$l \leq 4 \text{ m}$																																																																																																																							
$1.2-(l-4)/30$	$4 < l \leq 10 \text{ m}$																																																																																																																							
1.0	$l > 10 \text{ m}$																																																																																																																							
4.2 計算方法	版格子構造または直交異方性版と考え設計する	境界条件、支持条件等構造形式に適合したものを選択し使用	鋼床版縦リブ Pelikan-Esslinger法 又は有限帯板法(F.S.M) 横リブ縦桁 格子桁理論	Pelikan-Esslinger 法 有限帯板法(F.S.M) 格子桁理論	有限帯板法(F.S.M)による 設計手順 主構造骨組⇒横リブ間隔⇒縦リブ間隔 主桁作用out ⇒DKPL材質UP 合成作用out ⇒縦リブ材質UP	縦リブ、横リブ⇒直交異方性版理論 主桁、横桁⇒格子桁理論																																																																																																																		
5. 許容応力度	表-6.2.1, 表-6.2.2	構造物設計基準第2編による	道路橋示方書Ⅱ鋼橋編による		道路橋示方書Ⅱ鋼橋編による	道路橋示方書Ⅱ鋼橋編による																																																																																																																		

項目	日本道路協会 道路橋示方書Ⅱ鋼橋編 H2.2	阪神高速道路公団 鋼床版設計指針 H1.2	本州四国連絡橋公団 鋼床版設計要領 1989.4	名古屋高速道路公社 鋼構造物設計基準 S59.4	首都高速道路公団第三建設部 鋼床版設計要領(案) H1.7	北海道土木技術会 北海道鋼道路橋設計施工指針 H1.11
6. デッキプレート 6.1 デッキプレートの板厚・材質	車道部分 $t=0.035 \times b$ $t \geq 12\text{mm}$ 主桁作用の有る歩道部 $t=0.025 \times b$ $t \geq 10\text{mm}$	12mm以上 SS41, SM50, SM50Y, SM58	12mm 厚 SS41, SMA41	最小板厚 12mm	12mm以上 SS41, SM50Y, SM58	車道部分 $t=0.035 \times b$ $t \geq 12\text{mm}$ 主桁作用の有る歩道部 $t=0.025 \times b$ $t \geq 10\text{mm}$
6.2 デッキプレートの有効幅	条文 6.2.4 $\lambda = b$ ($\frac{b}{l} \leq 0.02$) $\lambda = (1.06 - 3.2(\frac{b}{l}) + 4.5(\frac{b}{l})^2) b$ ($0.02 < \frac{b}{l} < 0.30$) $\lambda = 0.15l$ ($0.30 \leq \frac{b}{l}$)	道路橋示方書Ⅱ鋼橋編による	道路橋示方書Ⅱ鋼橋編による		道路橋示方書Ⅱ鋼橋編による	SM41, SMA41
6.3 デッキプレートの現場継手		原則高力ボルト、現場条件・架設工法により現場溶接を採用可	現場溶接 橋軸方向溶接線は車輪常時走行位置を避ける	高力ボルトか現場溶接かは施工性・構造及び経済性より決定 現場溶接はT字、十字方式何れでも可	橋軸方向は現場溶接 橋軸直角方向は高力ボルト 橋軸方向溶接線は車輪常時走行位置を避ける	現場溶接 橋軸・橋軸直角方向は直交させる 橋軸方向溶接線は車輪常時走行位置を避ける
6.4 デッキプレートの現場継手のボルト作用力		せん断応力度と垂直応力度を照査 この合成作用に対しても照査		橋軸方向と橋軸直角方向の力を考慮し設計する	現場溶接許容応力度100%	
7. 縦リブ 7.1 縦リブの断面	最小板厚 8mm 閉断面リブ最小板厚 6mm	閉断面リブが原則 曲線半径が小さい($R=300\text{m}$ 程度) 場合 又は特殊な平面線形には開断面リブ	閉断面リブが原則 $280 \leq a \leq 340$ $b = a - 2h/4.5$ $6 \leq l \leq 8$ $r \geq 5l$	原則閉断面リブ 曲線半径が小さい($R=300\text{m}$ 程度以下) 線形上止むおえない場合開断面リブの併用可	閉断面リブが原則 標準 $l=6\text{mm}$ 曲線半径が小さい場合($R=300\text{m}$)又は特殊な平面線形には開断面リブ	閉断面リブが原則 $l=6\text{mm}$ 曲線半径 $R \leq 100\text{m}$ は開断面リブ可
7.2 縦リブの構造	縦リブは横リブ腹板を通し連続させるのが望ましい	縦リブとデッキプレートは隅肉溶接とし脚長5mm以上 縦リブは横リブを貫通させる	縦リブとデッキプレートは隅肉溶接とし脚長5mm以上、板厚8mm以上は部分開先 縦リブは横リブを貫通させる		縦リブとデッキプレートは隅肉溶接とし脚長5mm以上・自然開先、板厚が8mm以上は部分開先 縦リブは横リブを貫通させる	縦リブとデッキプレートは隅肉溶接とし脚長5mm以上・開先加工なし 縦リブは横リブを貫通させる

項目	日本道路協会 道路橋示方書Ⅱ鋼橋編 H2.2	阪神高速道路公団 鋼床版設計指針 H1.2	本州四国連絡橋公団 鋼床版設計要領(案) S58.3	名古屋高速道路公社 鋼構造物設計基準 S59.4	首都高速道路公団第三建設部 鋼床版設計要領(案) H1.7	北海道土木技術会 北海道鋼道路橋設計施工指針 H1.11
8. 横リブ 8.1 横リブの構造		<p>横リブ腹板は主桁に隅肉溶接で、横リブ下フランジは主桁に全断面溶込みガール溶接で取付ける 横リブ腹板高は支間長の1/10~1/25が目安</p> 	<p>横リブ腹板は縦桁に隅肉溶接で、横リブ下フランジは縦桁に全断面溶込みガール溶接で取付ける 横リブはデッキプレートに垂直に取付ける 端支点上横リブは剛性を高め且つ維持管理を容易とする高さとする</p> 		<p>横リブ腹板は主桁に隅肉溶接で、横リブ下フランジは主桁に全断面溶込みガール溶接で取付ける 横リブ腹板高は縦リブ高の2倍程度</p> 	<p>横リブ高さ $h = 2.3 \sqrt{L}$ L: 主桁間隔</p>
8.2 横リブの配置		<p>横リブ支間は縦リブ支間の倍以上が多い、 横リブ支間 ≤ 縦リブ支間は良くない</p>	<p>横リブ配置間隔は 2.0 mとする 端支間の横リブ間隔は1/2とする</p>	<p>閉断面縦リブの場合 1.3 ~ 2.0 m 閉断面縦リブの場合 2.5 ~ 4.5 m</p> 	<p>閉断面縦リブの場合 2.0 m 以下 閉断面縦リブの場合 2.0 m 以上</p>	
8.3 横リブの断面性能		<p>計算に用いる横リブの断面二次モーメントは縦リブ貫通の有無にかかわらず全断面有効とする 横リブせん断応力度は下式で照査 $\tau_v = hg/hn \times \tau_m$ $\tau_h = \alpha / (\beta - 2XR) \times \tau_m$ $\tau_m: \text{総高有効の場合のせん断応力度 } \text{kg/cm}^2$ $hg: \text{総高 } hn: \text{純高}$ $\alpha: \text{縦リブ中心間隔}$ $\beta: \text{縦リブ取付け間隔}$ $R: \text{スカリフ半径}$</p> 	<p>計算に用いる横リブの断面二次モーメントは縦リブ貫通の有無にかかわらず全断面有効とする 応力度算定には貫通部を除いた断面を使用する 横リブせん断応力度の計算には腹板純断面積を使用する</p> 	<p>計算に用いる横リブの断面二次モーメントは縦リブ貫通の有無にかかわらず全断面有効とする 横リブせん断応力度は下式で照査 $\tau_v = hg/hn \times \tau_m$ $\tau_h = \alpha / (\beta - 2XR) \times \tau_m$ $\tau_m: \text{総高有効の場合のせん断応力度 } \text{kg/cm}^2$ $hg: \text{総高 } hn: \text{純高}$ $\alpha: \text{縦リブ中心間隔}$ $\beta: \text{縦リブ取付け間隔}$ $R: \text{スカリフ半径}$</p> 	<p>計算に用いる横リブの断面二次モーメントは縦リブ貫通の有無にかかわらず全断面有効とする 横リブ腹板スカリフ 局部応力 $\sigma_{max} = 6bd / (a^2 h l_w) \cdot Q$ $b: \text{縦リブ間隔}$ $d: \text{縦リブ高}$ $a: \text{スカリフ 純間隔}$ $h: \text{横リブ高}$ $l_w: \text{横リブ腹板厚}$ $Q: \text{横リブせん断力}$</p> 	

項目	日本道路協会 道路橋示方書Ⅱ鋼橋編 H12.2	阪神高速道路公団 鋼床版設計指針 H11.2	本州四国連絡橋公団 鋼床版設計要領(案) S58.3	名古屋高速道路公社 鋼構造物設計基準 S59.4	首都高速道路公団第三建設部 鋼床版設計要領(案) H11.7	北海道土木技術会 北海道鋼道路橋設計施工指針 H11.11
8.4 張出部の横リブの 断面性能		変断面腹板の横リブは等断面に置換して 良い $I_{eq} = l_1 / (l_1 + l_2) \times (I_1 + I_2) / 2$ 			変断面腹板の横リブは等断面に置換 して良い $I_{eq} = l_1 / (l_1 + l_2) \times (I_1 + I_2) / 2$ 	
8.5 横リブ及び分配横桁 のデッキルトの有効幅	条文 6.2.4	横リブ作用の時は、主桁腹板位置を支点 とする連続梁とし等価支間を計算し、 主桁分配作用の時は、等価支間を主桁 骨組中心間隔の 0.4 を採用する				
8.6 横リブの現場継手		高力ボルトとする デッキルトの有効幅を考慮した横リブの有 効断面にて連結する	高力ボルトとする	横リブ腹板継手部隙間 5mm 1列目ボルト上面より100mm位置	高力ボルトとする デッキルトの有効幅を考慮した横リブ の有効断面にて連結する デッキルト縦継手に応力負担可	
8.7 縦リブとの溶接	溶接接合とする					
9. 横桁 9.1 横桁間隔 9.2 横桁構造				6 ~ 12 m を標準とする 製作・輸送・架設を考慮し決定 支点部は一体構造とする 		

項 目	日本道路協会 道路橋示方書Ⅱ鋼橋編 H2.2	阪神高速道路公団 鋼床版設計指針 H1.2	本州四国連絡橋公団 鋼床版設計要領(案) S58.3	名古屋高速道路公社 鋼構造物設計基準 S59.4	首都高速道路公団第三建設部 鋼床版設計要領(案) H1.7	北海道土木技術会 北海道鋼道路橋設計施工指針 III.11
13. 日照による変形 13.1 架設時の変形 13.2 縦桁の変形		現場施工に際し十分考慮する 主桁と合成されない鋼床版の支承移動量・伸縮継手間隙算定時温度差は10℃とする	①主桁と合成されない鋼床版の支承移動量・伸縮継手間隙算定時温度差は10℃とする ②支点変位の影響 温度変化による主桁の鉛直変位 活荷重による主桁の鉛直変位 風荷重による主桁の橋直方向変位			
14. 製作そり	条文 8.9 条文 15.4.6	鋼床版橋には製作ソリをつける架設工法を充分考慮する 現場溶接による変形を考慮する 収缩量 橋直 2mm 橋軸 1.5mm 		上越しキャンパー法が一般	現場溶接による収縮の影響を検討し、対策を施す	
15. 現場溶接		現場溶接施工要領 S60.4 による (1) ティンプレートと鋼床版の突合せ 可撓性裏当て材を用いる片面からの全断面溶込みガウルフ溶接 (2) 閉断面ワグの突合せ 鋼製裏当て材を用いる全断面溶込みガウルフ溶接 (3) ティンプレートと閉断面ワグ 隅肉溶接  <small>ティンプレート現場溶接加工断面の切欠き形状</small>	現場溶接施工要領(案) S54.31による	ティンプレートの現場溶接部には、開先間隔保持器具(ストロガガ)設ける  	現場溶接施工管理要領 S63.1による (1) ティンプレートとティンプレート 可撓性裏当て材を用いる片面からの全断面溶込みガウルフ溶接 (2) 閉断面ワグと閉断面ワグ 鋼製裏当て材を用いる全断面溶込みガウルフ溶接 (3) ティンプレートと閉断面ワグ 隅肉溶接	現場溶接の品質・作業管理に準ずる
16. 鋼床版塗装						外面 C (無機珪酸 + 有機珪酸 + 有機珪酸 又はふっ素) 内面 D-4 (無機珪酸 + 有機珪酸)

4. 鋼床版の特殊な構造ディテールの処理例

鋼床版の構造ディテールは、各公団・公社において標準図の形で明らかにされているが、路面線形の制約や構造系の特殊性から標準図のディテールでは対処が困難な場合に遭遇する事が生じる。

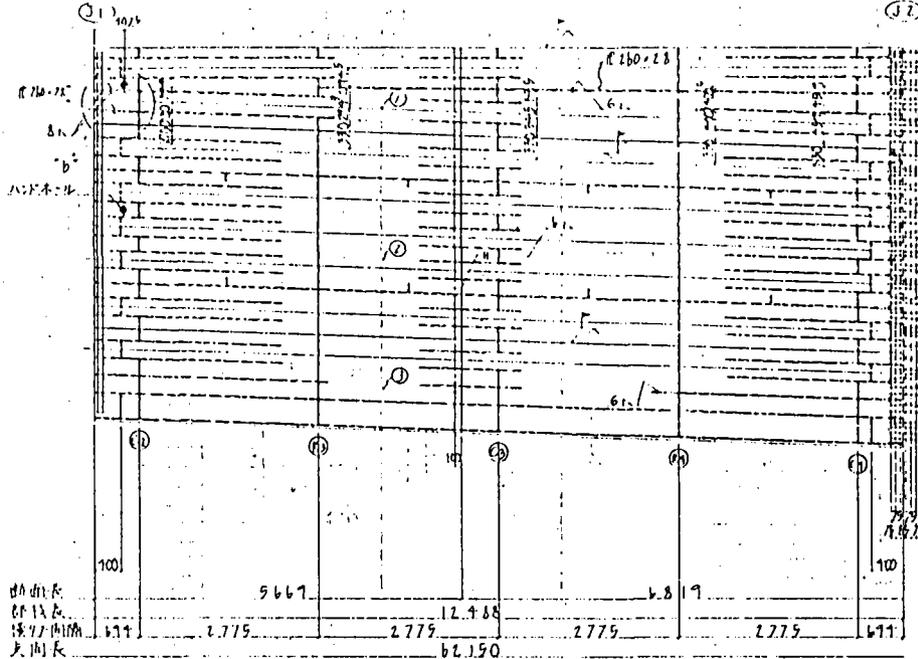
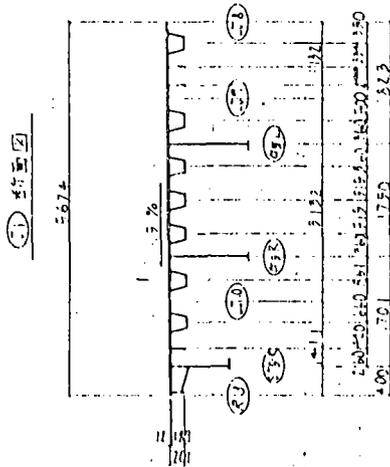
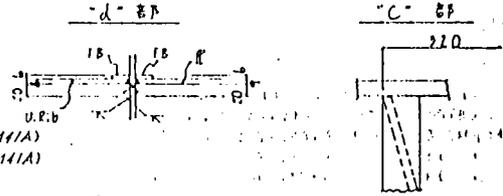
このような場合の実施例として

- ① 主桁腹板近傍に折れ角軽減プレートを用いた例
- ② Uリブからバルブプレートへの変化部詳細例
- ③ 幅員が変化する場合の開リブと閉リブとの併用使用例

を次頁に載せる。

木 線 鋼 板 版 (その6) : S = 1/40

- 1- Deck 1350・12・5672
- 1- Deck 1611・12・6823 (SM50YA)
- 1- U.R.b 320・740・8・40・407
- 1- U.R.b 320・740・8・40・5181
- 1- U.R.b 320・740・8・40・6531 (SM50YA)
- 1- U.R.b 320・740・8・40・407 ()
- 1- U.R.b 320・740・8・40・4700
- 1- U.R.b 320・240・6・10・6517 (SM50YA)
- 1- U.R.b 320・240・8・10・417 ()
- 2- R.b 260・78・703 (SM41A)
- 3- Dia 234・16・308
- 2- FB 50・L・682
- 1- R.b 260・28・2110 (SM41A)
- 1- R.b 260・28・673 (SM41A)

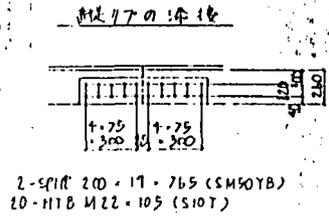


- 1- Spic 1316・7・419 (SM50YA)
- 1- Spic 3084・7・485 ()
- 1- Spic 1507・7・485 ()
- 1- Spic 924・10・485 ()
- 2- Spic 201・10・485 ()
- 1- Spic 281・10・485 ()
- 5- Spic 101・10・485 ()
- 4- Spic 176・10・485 ()
- 1- Spic 251・10・485 ()
- 14- HTB M12・75 (FOIT)
- 18- HTB M12・70 (SIOT)

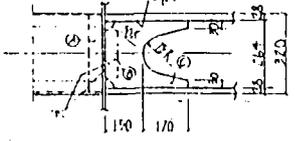
C. 30

- 1- Deck 3131・12・5676
- 1- Deck 3131・12・6828 (SM50YA)
- 5- U.R.b 320・240・8・10・417
- 5- U.R.b 320・240・8・10・5177
- 5- U.R.b 320・240・6・10・6518 (SM50YA)
- 5- U.R.b 320・240・8・10・417 ()
- 10- Dia 234・16・308
- 5- FB 50・L・682

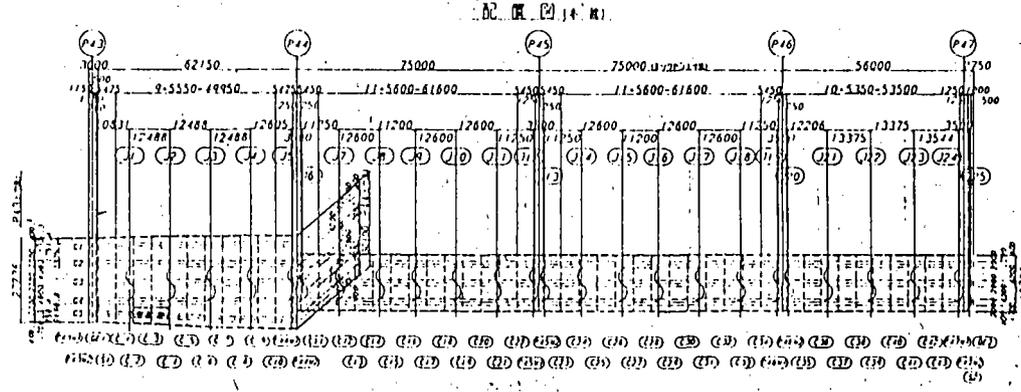
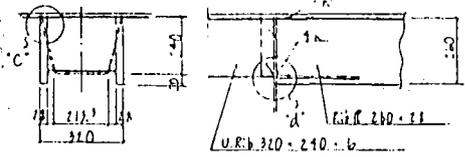
- 1- Deck 1411・12・5676
- 1- Deck 1411・12・6828 (SM50YA)
- 1- U.R.b 320・240・8・10・417
- 1- U.R.b 320・240・6・10・5177
- 1- U.R.b 320・240・6・10・6518 (SM50YA)
- 1- U.R.b 320・240・8・10・417 ()
- 1- R.b 220・72・5984
- 1- R.b 220・22・6736 (SM50YB)
- 2- Dia 234・16・308
- 1- FB 50・L・682



"b" 部 詳 細



- ① 1-FB 50・L・682
- ② 1-FB 50・L・204
- ③ 1-R 310・7・264



5. 鋼床版設計上の問題点の抽出・文献検討

設計実務者が鋼床版を設計する上で問題となる種々の検討課題の内、下記項目について問題点を明らかにし、既出の文献を調査しその要約を纏めて検討を加える。

- (1) 舗装熱による影響
- (2) 現場溶接による影響
- (3) 疲労による影響
- (4) 縦リブの配置
- (5) 横桁間の横リブ剛度を格子分配に考慮した場合の検討
- (6) 分離型横桁
- (7) 横桁の有効幅
- (8) スリットのある横リブの設計
- (9) 縦リブの添接計算

(1) . 舗装熱による影響

鋼床版の舗装は、一般に基層としてグースアスファルト舗装が用いられる。このグース材は、初期温度が 230°C と高熱であるため、舗設時、鋼床版に大きな変形を与える。しかし、温度の降下に伴い、その変形は、完全になくなるものと考えられていた。ところが、近年、舗装後のタワミ量が計算値を上回るものが報告され、その原因、あるいは解析手法が、後に示す文献等に発表されている。

文献によると、その原因は、グースアスファルト舗設時の鋼床版部応力が〔温度差応力+死荷重応力+溶接残留応力〕の重ね合わせにより、局部的に弾性域を超える場合があり、塑性ひずみが残留するためであるとのことである。この現象は、鋼床版桁の耐荷力に影響するものではないとのことではあるが、桁全体の出来形に影響を与える。

この残留ひずみ量は、舗設施工方法（舗設幅、舗設速度、温度、・・・）、橋梁の形式（支間割、幅員、単純桁、連続桁、・・・）等により一定ではなく、その量を把握しようとする場合、それぞれの橋梁に対してそれぞれの条件により検討を行う必要がある。

鋼床版桁の設計にあたっては、あらかじめ必要な検討を行い、残留ひずみをできるだけ小さくするような舗設施工条件を設定する等、配慮が必要と思われる。

文献：

- 1) 舗装熱による鋼床版のたわみ挙動について 大阪市 1984年
- 2) グース舗装熱の鋼床版桁に与える影響 三菱技報 1987年
- 3) グース舗装時における鋼床版の挙動 本四技報 1988年
- 4) グース舗装の熱が鋼床版桁に与える影響 横河技報 1989年

文献1-1	舗装熱による鋼床版のたわみ挙動について
1984年	大阪市土木局 (加藤, 日種, 中西, 石田)
<p>1. はじめに、</p> <ul style="list-style-type: none"> • 舗装完了後のたわみ量が設計計算値より大きくなる。 • 実橋で、測定した。 <p>2. 橋梁概要</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3径間、鋼床版箱桁 • 62.980m+97.000m+62.980m <p>3. 測定</p> <ul style="list-style-type: none"> • グースアスファルト温度210~215° C 鋼床版 最高温度161~167° C • たわみ <p style="margin-left: 40px;">グースによるたわみは、計算値より4~5mm大きい。</p> <p style="margin-left: 80px;">(計算値の約1.3倍)</p> <p>4. 原因</p> <ul style="list-style-type: none"> • グース熱により、塑性ひずみが生じた。 	

文献 1-2	グース舗装熱の鋼床版桁に与える影響
1987年	三菱重工技報 (勝野, 渡辺, 熊谷, 中島)
<p>1. まえがき</p> <p>グース熱による鋼床版桁の挙動を実験と解析によって把握。</p> <p>2. 実験</p> <ul style="list-style-type: none"> • 供試体 …………… 鋼床版桁 (2主桁) • 残留たわみ 6mm (G2側のみ) • 温度 120°C、熱応力 1200 kg/cm² <p>3. 数値解析</p> <p>最大熱応力を与える式</p> $\sigma_{x \max} = E \alpha (T - T_0) K$ <p>たわみ解析結果</p> <p>残留たわみは、全分布荷重によるたわみ量の 3.8%</p> <p>——→キャンバーへの影響はほとんどない。</p> <p>4. まとめ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 鋼床版温度 120°C、非打設部への熱伝動は無視できる。 2) 橋軸直角方向曲げによる応力は無視できる。 3) 圧縮熱応力 1200~1300 kg/cm² 4) 1回の施工幅は広いほうがよい。 5) 塑性変形による残留たわみは生じるが、キャンバーに影響するほどではない。 	

文献1-3	グースアスファルト舗装時における鋼床版の挙動
1988年	本四技報 (奥田)
<p>1. まえがき</p> <p>南備の鋼床版に損傷を発見し、補修した。</p> <p>2. 経過</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 鋼床版伸縮装置のフィンガーが接触し、塗装損傷。 2) 桁端のグレーチング受梁と鋼床版取り合い部のボルトに滑り。 3) ラテラルのボルトに滑り。 <p>3. 原因</p> <p>舗装熱による変形</p> <p>4. 計算による確認</p> <p>5. 結論と対策</p> <p>舗装による鋼床版損傷は、構造形式を変更しない限りは解決方法がない。</p> <p>6. おわりに</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 舗装時の温度応力にグース熱240°Cを必ず考慮。 2) 鋼床版は上下線分離する。 3) グレーチングの固定は舗装後に行う。 4) 舗装のパターンを考えた鋼床版変形計算を詳細設計で行う。 	

文献1-4	グース舗装の熱が鋼床版桁に与える影響
1989年	横河橋梁技報 (寺尾, 寺田, 松本, 谷川)
<p>1. まえがき</p> <ul style="list-style-type: none"> • グース舗設時の変位置、温度、ひずみ、を実橋で計測。 • 熱影響により発生する応力および変位置の簡易計算手法を提案。 <p>2. 実測変化</p> <p>2-1. A橋 (3径間連続鋼床版1箱桁、95m + 122.4m + 95m)</p> <p>(1) 日照による影響</p> <p>(2) 舗設による影響</p> <ul style="list-style-type: none"> • 鋼床版最高温度 130°C • 応力 -1800 kg/cm² • 「温度差+死荷重+溶接残留」で弾性域を超える。 • たわみ 中央径間で16mm <p>2-2. B橋 (2径間連続鋼床版2箱桁103.55m + 103.33m)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 鋼床版最高温度 115°C • たわみ 40mm <p>3. 温度差以外の要因</p> <p>4. 温度差応力による変位置の計算手法と仮定</p> <p>5. 簡易計算手法による計算結果</p> <p>6. まとめ</p> <ul style="list-style-type: none"> • 溶接残留応力の開放であり、耐荷力上の問題はない。 • 簡易計算と実測値とは、よい近似を示す。 • 舗設幅→大、舗装温度→小、舗設温度→小、日照温度→小、舗設車重量→小になるほど鉛直変位が小さくなる。 	

(2) 現場溶接による影響

近年、溶接継手に対する信頼性の向上、舗装厚の低減、継手部からの漏水防止、鋼重の軽減などの理由から、鋼床版の現場継手には溶接継手が採用されることが多くなってきている。

しかし、高力ボルト継手と比べると現場溶接継手には次のような問題がある。

- ① 溶接收縮による変形が生じやすい。
- ② 拘束が大きいため、溶接による残留応力は高くなる。
- ③ 疲労に対して弱点となりやすい。
- ④ 近傍の塗膜へ熱影響をおよぼす。
- ⑤ 架設工法選定の自由度が少なくなる。
- ⑥ 気象条件、溶接姿勢の制約のため、現場における溶接作業効率が低い。
- ⑦ 工期が長くなる。
- ⑧ 現場工費が高くなる。

すなわち、現場溶接は高力ボルトと比べると、特有の問題がある。特に鋼床版橋梁はデッキプレートの上は舗装厚のみであるため、路面の最終形状を満足させるよう、現場溶接によるキャンバーの変化等についてあらかじめ配慮しておく必要がある。これらの観点から鋼床版の現場溶接による影響について文献調査を行った。

現場溶接は景観等への配慮もあり今後益々多く採用されるものと思われるが、採用に当たっては溶接による影響を把握し、設計時点での十分な配慮を行っておかなければならない。

文献：

- 1) 橋梁の現場溶接と溶接変形について (1984年 第14回日本道路会議論文集)
- 2) 鋼床版溶接継手の平行収縮型組立工法 (1985年 橋梁と基礎)
- 3) 千鳥大橋鋼床版現場溶接 (1977年 橋梁と基礎)
- 4) 鋼床版箱桁現場溶接継手の変形実物モデル試験 (1984年 橋梁と基礎)
- 5) 鋼床版の溶接による塗膜への熱影響について (1986年 大阪市土木局業務論文報告集)

文献 2-1	橋梁の現場溶接と溶接変形について
1984年	第14回日本道路会議論文集(深井、樋川)

1. 概要

実際の鋼橋架設工事において、現場溶接によって生じた溶接変形の発生状況について調査し、施工性について検討した。

2. 測定結果

2.1 デッキの収縮とルートギャップ

ルートギャップの量と溶接による収縮量との間には明確な相関関係は認められなかった。

2.2 添接部における収縮

ウェブの高力ボルトの締め方3種類について、デッキの溶接によるウェブの収縮量を計測した結果、普通ボルト及びドリフトピンの併用した場合が最も収縮量が小さい。

2.3 デッキの面外変形

デッキの面外変形は鋼床版については0~0.5mm程度、張出し部のはね上がり量は4~6mm程度であった。

2.4 ウェブの面外変形

製作時の初期歪がやや助長される傾向にある。

2.5 主桁の転び

主桁の上側が互いに引きよせられる状況となっている。

2.6 キャンバーの変化

1継手で2mmの収縮予定に対してほぼ妥当な結果となった。

3. まとめ

- 1) 鋼床版の面内収縮はルートギャップが適正であれば1~2mm程度である。
- 2) ウェブ上端の収縮はデッキ収縮の80%程度でありウェブ間の拘束条件に影響される。
- 3) デッキの面外変形、ウェブの面外変形はあまり問題とならない。

まえがき

鋼床版デッキプレートの現場溶接継手は変形と残留応力を伴う。これらの少ない施工方法を提案し、モデル実験により検討を行った。

1. 平行収縮型組立工法

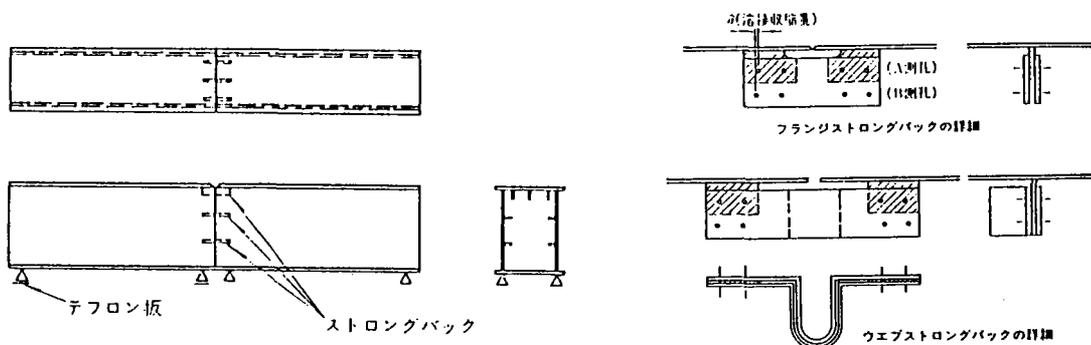
平行収縮型組立工法とはデッキプレートの溶接による収縮はできるだけフリーとし、桁の角折れを発生させないようにストロングバック等に工夫をこらし、溶接する工法である。

2. 実験と考察

小供試体モデル (6 供試体) による予備実験と実橋大ブロックによる本実験を行った。実験ではデッキ面及びウェブ面の収縮量、及び供試体の鉛直変形量の計測した。その結果予備供試体実験の収縮量は、無拘束収縮試験の 0.7~0.9 であった。また本供試体実験の収縮量は 0.6~0.65 でありストロングバックの剛性に大きく依存している。

3. 平行収縮型組立工法の施工に関する留意点

鋼床版の板厚が厚く二層盛りの溶接で一方向から施工した場合は水平変形がしやすい。本工法は鉛直方向変位量と回転量をコントロールすることが可能であり、また従来工法より残留応力を小さくすることが出来る。



文献 2-3	千鳥大橋鋼床版現場溶接
1977年	橋梁と基礎 (吉沢、深津、山中、池田)
<p>1. はじめに</p> <p>これまでの鋼床版の現場溶接の施工実績から、溶接の収縮、とくに横収縮により橋軸方向ではキャンバーの下降現象が、橋軸直角方向では両端部のはね上がり現象が見られる。これらの現象は桁の架設と溶接の施工手順、桁の支持方法、溶接部の拘束状況、溶接施工方法などの問題がからんで複雑であるが、架設時にあらかじめ橋軸方向に対してはキャンバーの上げ越しを、橋軸直角方向に対しては張出部を下げておくような施工法が必要となる。千鳥大橋の施工においては製作段階でこれらを考慮して製作し、データの追跡調査と計算値との比較検討を行った。</p> <p>2. 現場工事の概要</p> <p>本橋は支間65+80+65の三径間連続鋼床版箱桁で、側径間の架設はトラッククレーンベント工法、中央径間はフローティングクレーンによる箱桁一括架設を行った。</p> <p>3. 溶接収縮によるキャンバー上げ越しの検討</p> <p>溶接変形には横収縮、縦収縮、回転変形、角変形に分類されるが鋼床版の現場溶接で特に問題となるのは変形は横収縮である。横収縮量をSpararagen式を用いて1箇所当たり2mmと仮定し、幾何学的検討結果によりキャンバーの上げ越し量を決定した。</p> <p>4. 溶接施工法</p> <p>溶接による横収縮はルートギャップと開先形状によって最も大きな影響を受けるが、継手部分の拘束状態、溶接施工法によっても影響をうける。</p> <p>5. 収縮および変形</p> <p>ルートギャップの収縮量に与える影響は大きいので、工場製作時点で出来るだけ小さくしておくのが良い。鋼床版面の横収縮量を測定の結果、平均ルートギャップ6mmで横収縮は1.7mmであった。ウェブの収縮は上部1/3の範囲が大きい。溶接によるキャンバーの変化は計算値によく一致していた。</p>	

文献 2-4	鋼床版箱桁現場溶接継手の変形実物モデル実験
1984年	橋梁と基礎 (佐藤、前野、成宮、三宅)
<p>まえがき</p> <p>名古屋高速市道1号運河工区の5径間連続鋼床版箱桁の現場溶接施工にあたり、現場溶接による上げ越しキャンパー量の妥当性を確認するため、本橋製作中のブロックを用いて実物モデルの室内試験を行った。</p> <p>1. 工事概要</p> <p>上部工は最大支間129mの5径間連続鋼床版箱桁で、架設工法は橋脚脇で主桁を組立て、これを横引きする工法である。</p> <p>2. 実物モデル試験</p> <p>実施した試験は(1)試験片による自由収縮量測定試験、(2)実物モデルによる拘束度試験(3)実物モデルによる本溶接試験の3種類である。</p> <p>自由収縮量測定試験は本橋の上げ越しキャンパーで採用した横収縮量の検証を行うためと実物モデル試験の横収縮量との相関性を知るためのものである。</p> <p>実物モデル試験は上フランジを少し長めに製作した本ブロックを用いて行い、試験完了後、本来の製作寸法に切断した。</p> <p>3. 上げ越しキャンパー量の誤差の影響</p> <p>上げ越しキャンパー量に推定誤差が生じた場合は本体に曲げモーメントが付加されることになる。</p> <p>4. 考察</p> <p>自由収縮量はSpraragenn-Ettingerの提案式とよく一致する。本溶接試験の横収縮量と自由収縮量との比αはほぼ0.7~0.8の間にある。また溶接横収縮によるキャンパー変化量を横収縮量と幾何的変形状態から推定するのは妥当な方法である。</p> <p>あとがき</p> <p>溶接変形量を把握ため製作中のブロックを利用することによって実物モデル試験を行い自由収縮量と実物モデルの横収縮量の関係、そして横収縮量とキャンパー変化量の関係を明らかにすることができた。</p>	

文献 2-5	鋼床版の溶接による塗膜への熱影響について
1986年	大阪市土木局業務論文報告集(亀井、松野、西尾、芦原)
<p>1. まえがき</p> <p>北港連絡橋の補剛桁は工程の都合から塗装を施したあと鋼床版を溶接することとした。そこで、溶接施工試験実施する際に塗膜の健全性確認試験をあわせて行った。</p> <p>2. 試験</p> <p>溶接施工試験を行う供試体に、溶接線の両側100mmを残し工場塗装を行い、サブマージーク溶接を行った。</p> <p>溶接時および溶接後の試験項目は</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 溶接熱による鋼板の温度測定 2) 塗膜外観状態の観察 3) 常温放冷後の付着テスト 4) 塗り重ね後の付着テスト <p>である。</p> <p>3. 考察</p> <p>温度測定の結果は溶接線より100mm離れた位置で最高温度は176℃、150mmの位置ではそれよりも60~70℃低い。塗膜外観状態は100~130mm範囲でフクレの発生したものがあつた。付着性試験の結果は塗料によつては付着性のやや劣るものもあつたが、150mmまでサンディングすれば支障はない。</p> <p>4. あとがき</p> <p>試験結果により鋼床版突き合わせ溶接部の塗装施工は次のような対策を施した。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 開先部から100mmの塗り残し幅をとる。 2) 溶接後、溶接線から150mmの位置までペーパーサンディングを実施する。 	

(3) 疲労による影響

鋼床版の疲労に関しては、近年の交通量の増大に伴って、無視できない問題となっている。最近の疲労損傷事例の報告をみると、その原因は、①大型車の通行が著しく多く、かつ過積載車の割合が大きいこと、②鋼床版の設計における構造詳細に十分な留意が払われていないこと等が競合して生じたものと考えられる。一方、設計実務者は、その手順としてFSM（有限帯板法）による鋼床版の解析を行って縦リブや横リブの配置や断面を決定し、道示における疲労の照査を行い、構造詳細は各公団公社の標準図を用いて設計する場合が通常である。この手順の中でもっと疲労に関する認識を高めた設計手法や構造詳細を考える必要があると思われる。そこで、ここでは鋼床版の疲労に関する文献を15件調査し、その要約をとりまとめた。文献を内容別に分類すると以下となる。

疲労設計法	3編
Uリブの現場継手部の疲労	3編
縦リブー横リブの交差部の疲労	5編
主桁腹板の垂直補剛材部の疲労	2編
Uリブー鋼床版の溶接部の疲労	1編
鋼床版の現場溶接部の疲労	1編

さて、現時点で鋼床版の疲労の問題を総合的に記述したものとして、土木学会鋼構造委員会の鋼床版の疲労小委員会より「鋼床版の疲労」が、1990年9月に刊行されている。この書籍では、疲労設計、荷重、舗装、溶接、構造ディテール、非破壊検査等、鋼床版の疲労に関する全般的な内容がとりまとめてある。そこで、この書籍よりいくつかの話題を取りあげる。

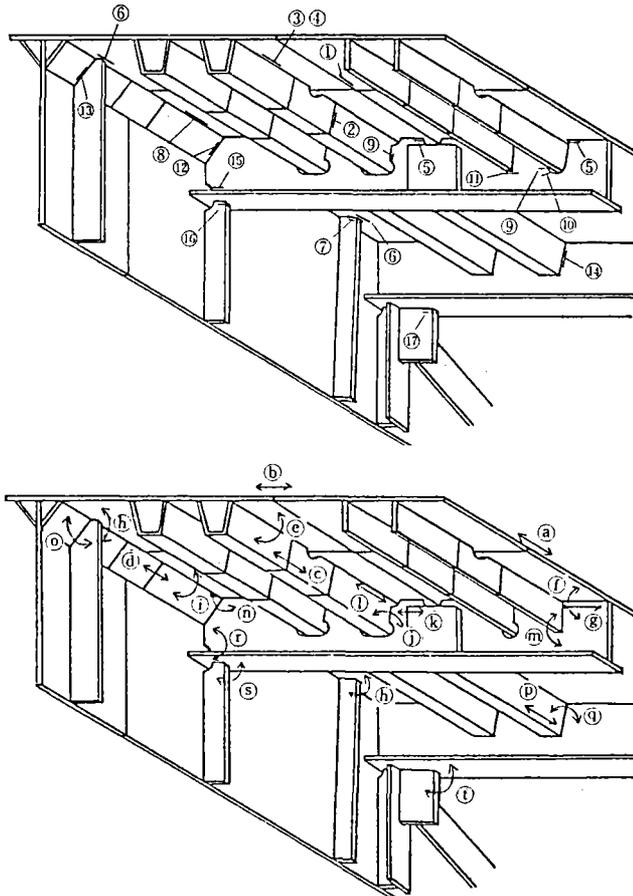
「6. 鋼床版の疲労設計」の中で、表6-1 鋼床版の応力計算という表がある。この表では、これまでに報告されている損傷事例と応力計算の有無についてまとめられたもので、その多くは、現状の設計の中では応力計算をしない箇所で疲労損傷が起きていることがわかる。また、図2-10では、その疲労損傷事例と荷重の種類について図で示してあり、図2-11では、その疲労損傷例の原因について述べてある。

表6-1 鋼床版の応力計算

溶接継手	亀裂有無	計算有無(注1)	照査の可能性
デッキプレートの現場突合せ溶接			↑
橋軸直角方向継手	ビード方向 × ビード直角方向 ×	×(注2) ○	
橋軸方向継手	ビード方向 ○ ビード直角方向 ×	×(注2) ×(注2)	
縦リブの現場突合せ溶接	ビード直角方向	○	
コーナプレートとの現場突合せ溶接		×	×(注2)
デッキプレートと縦リブのすみ肉溶接			
デッキプレート側止端部	×	×	
縦リブ側止端部	△	×	
ルート	△	×	
デッキプレートと横リブのすみ肉溶接			
デッキプレート側止端部	×	×	
横リブ側止端部	○	○	
ルート	×	×(注2)	
デッキプレートと鉛直スティフナのすみ肉溶接			
デッキプレート側止端部	○	×	FEM解析を行うよって局部力がかかる(注3)
鉛直スティフナ側止端部	○	×	
ルート	×	×	
デッキプレートとコーナプレートのすみ肉溶接			
デッキプレート側止端部	×	×	
コーナプレート側止端部	×	×	
ルート	○	×	
横リブと縦リブの交差部のすみ肉溶接			
横リブ側止端部	○	×	
縦リブ側止端部	×	×	
ルート	×	×	
スカラップ母材部	○	×(注2)	
リブ埋戻し部の横リブ側止端部	○	×	
横リブとコーナプレートの突合せ溶接	○	×	
鉛直スティフナとコーナプレートの突合せ溶接	○	×	
端横桁と縦リブのすみ肉溶接	○	×	
横リブのフランジとウェブのすみ肉溶接	○	×	
横リブフランジと鉛直スティフナのすみ肉溶接			
スティフナ側止端部	○	×	
箱内対傾構ガセットのガセット側止端部	○	×	↓

○：損傷事例有り
△：外国での損傷事例有り
×：損傷事例なし

注1：実用計算における算出の有無をいう。
注2：構造細部の工夫によって設計に考慮する場合もあるが通常しない
注3：モデル化によって結果が大きく異なる場合がある。また、非常に高価なものになる。



溶接継手	有無	図中 番号	両重の 種類
デッキプレートの現場突合せ溶接 横軸直角方向継手	×	1	a b a
ビード直角方向	×		
横軸方向継手	×		
縦リブの現場突合せ溶接	○	2	c
コーナプレートの現場突合せ溶接	×		d
デッキプレートと縦リブのすみ肉溶接	×	3	e (b)
デッキプレート 閉止端部			
縦リブ 閉止端部	△	4	e
デッキプレートと横リブのすみ肉溶接	×	5	f (a) g (f) g
デッキプレート 閉止端部			
横リブ 閉止端部	×		
デッキプレートと鉛直スティフナのすみ肉溶接	○	6	h (b)
デッキプレート 閉止端部			
鉛直スティフナ 閉止端部	×	7	h
デッキプレートとコーナプレートのすみ肉溶接	×	8	i (b)
デッキプレート 閉止端部			
コーナプレート 閉止端部	×		i
縦リブと横リブの交差部のすみ肉溶接	○	9	j (k)
横リブ 閉止端部			
縦リブ 閉止端部	×	10	k
リブ埋戻し部の横リブ閉止端部	○	11	m
スカラップ母材部	○		
横リブとコーナプレートの突合せ溶接	○	12	n
鉛直スティフナとコーナプレートの突合せ溶接	○	13	o (d)
端横桁と縦リブのすみ肉溶接	○	14	p q
横リブのフランジとウェブのすみ肉溶接	○	15	r
横リブフランジと鉛直スティフナのすみ肉溶接	○	16	s
スティフナ閉止端部			
箱内対横橋ガセットのガセット閉止端部	○	17	t

○：損傷事例有り
△：外国での損傷事例有り
×：損傷事例無し

図2-10 国内外で疲労損傷事例の報告されている箇所

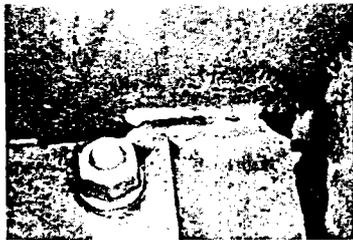
デッキプレート突き合わせ溶接部。工場溶接では施工性がよく溶接欠陥も発生しにくい。現場溶接の場合溶接欠陥が発生することがある。

縦リブの現場溶接部。溶接時の溶け込み不良、作業空間が狭いことによる施工不良が起りやすい箇所である。

縦リブ工場溶接部。トラフリブの場合はトラフリブに開先加工をしないことが多く溶け込み不足を生じやすい。

施工性が悪く溶接欠陥が発生しやすい箇所である。

鉛直スティフナーとデッキプレートとの溶接部。直上を輪荷重が通過することによる鋼床版の面外変形により発生したと考えられる。



縦リブと横リブ交差部、デッキプレートと横リブ溶接部。車輪が横リブ、横桁上を通過することにより鋼床版の剛性が少ないことから横リブ、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発生したクラックと思われる。溶接施工性が悪く溶接欠陥が発生しやすい箇所である。

縦リブと横桁、横リブの交差部。通常は縦リブの板を貫通させるが桁端部などで貫通させずに全周溶接している。損傷原因は①②と同様と考えられる。



図2-11 国内の橋梁の鋼床版の疲労損傷例

図 2-11 から疲労損傷の原因についてそのキーワードをまとめると、以下となる。

- ① 施工に関する原因 ----- 溶接欠陥、溶け込み不良、施工不良、溶け込み不足
- ② 変形に関する原因 ----- 鋼床版の面外変形（剛性が少ない）
横リブ、横桁の面外方向変形

次に、表 6-1 の中で、亀裂発生位置と荷重の関係を個々に考えてみる。

- (1) . デッキプレートの現場突合せ溶接、橋軸方向継手、ビード方向

荷重：図 2-10 の (b) 橋軸直角方向応力

この位置での亀裂は、現場溶接による溶接欠陥が直接の原因であり、工場溶接時は、問題ないと考えられる。

- (2) . 縦リブの現場突合せ溶接、ビード直角方向

荷重：図 2-10 の (c) 縦リブの橋軸方向応力

この位置は、現場での溶接が最も難しく施工性が悪くなりやすい箇所である。従って、溶接欠陥が生じにくい構造ディテールを考えるとともに、縦リブの応力の小さい所で継ぐのが好ましいと考えられる。

- (3) . デッキプレートと横リブのすみ肉溶接、横リブ側止端部

荷重：図 2-10 の (g)、(f) 鋼床版の曲げ変形

この位置の亀裂は、鋼床版の曲げ変形を拘束する横リブの変形により生じている。

- (4) . デッキプレートと鉛直スティフナのすみ肉溶接、デッキプレート側止端部、鉛直スティフナ側止端部

荷重：図 2-10 の (h) 鋼床版の面外変形

この位置の亀裂は、鋼床版が面外変形をした場合に、垂直補剛材の剛性によって応力集中が生じたためである。

- (5) . デッキプレートとコーナプレートすみ肉溶接、ルート

荷重：図 2-10 の (i) 鋼床版の面外変形

この位置は片側からのすみ肉溶接で、施工性が悪く溶接欠陥が生じやすい箇所である。また、鋼床版の面外変形に関しても、拘束する位置となり、高い応力集中が発生しやすい。

(6) . 横リブと縦リブの交差部のすみ肉溶接、横リブ側止端部、スカップ母材部、リブ埋戻し部の横リブ側止端部

荷重：図2-10の(j)、(k)、(m) 縦リブ、横リブの面外変形、面内変形
この位置は、鋼床版の変形に伴って、横リブが面外変形を生じ、亀裂が発生する箇所である。また、溶接施工性も悪く、溶接欠陥が発生しやすい箇所である。

(7) . 横リブとコーナプレートとの突合せ溶接、鉛直スティフナとコーナプレートの突合せ溶接

荷重：図2-10の(n)、(o)、(d) 鋼床版の面外変形

この位置は、コーナプレートが、横リブやスティフナに溶接された箇所、片側からのすみ肉溶接で、施工性も悪い。

(8) . 端横桁と縦リブのすみ肉溶接

荷重：図2-10の(p)、(q) 縦リブの橋軸方向応力、横桁の面外変形

この位置は、縦リブの変形を横桁のウェブで拘束することとなり、応力集中が生じやすい箇所である。

(9) . 横リブのフランジとウェブのすみ肉溶接、横リブフランジと鉛直スティフナのすみ肉溶接スティフナ側止端部、箱内対傾構ガセットのガセット側止端部

荷重：図2-10の(r)、(s)、(t) 横リブフランジの変形

この位置は、フランジの変形を補剛材部のみで拘束する位置で応力集中の生じやすい箇所である。

以上のように、疲労亀裂が、溶接施工性に支配されている面と、鋼床版の面外変形を拘束する位置での応力集中に起因しているものが考えられる。今後は、施工性のよい構造ディテールを検討することと、面外変形に対しての処理方法について検討する必要があると考えられる。

文献・論文名	著者・発行者	発行年月
1. 「鋼床版縦リブ現場溶接継手の施工条件と疲労強度」 (土木技術資料 23- 8)	佐伯, 西川, 滝沢, 新田	1981
2. 「鋼床版現場継手部の疲労試験」 (第14回日本道路会議論文集)	新田, 西川	S.56
3. 「鋼床版閉断面縦リブ現場溶接継手の疲労強度」 (土木学会論文報告集 第 340号)	近藤, 山田, 青木, 菊池	1983. 12
4. 「閉断面縦リブを有する鋼床版の疲労実験」 (川崎重工技報・92号)	国広, 迫田, 公江, 仁瓶	1986. 4
5. 「実働荷重を考慮した道路橋鋼床版の疲労照査」 (土木学会第42回年次学術講演会)	平林, 山田, 石崎	S62. 9
6. 「鋼床版Uトラフの局部強度」 (三菱重工技報 Vol.24 No.4)	鈴木, 神野藤, 山内, 亀井, 山本	1987
7. 「鋼床版デッキプレートおよび局部の応力検討」 (土木学会第43回年次学術講演会)	寺田, 石崎, 堀江, 岩崎	S63. 10
8. 「鋼床版縦リブ-横リブ交差部の疲労強度」 (土木学会第43回年次学術講演会)	三木, 森, 酒井, 田中	S63. 10
9. 「閉断面縦リブを有する鋼床版の疲労照査」 (土木学会第43回年次学術講演会)	長谷川, 山田, 石崎	S63. 10
10. 「実橋測定による鋼床版主桁ウェブ垂直補剛材上端部の疲労検討」 (土木学会第43回年次学術講演会)	岩崎, 狩生, 西	S63. 10
11. 「鋼床版縦リブと横リブの交差部の疲労強度に関する検討」 (土木学会第43回年次学術講演会)	藤原, 村越, 小田, 滝沢	S63. 10
12. 「鋼床版Uリブ横リブ接合部の疲労劣化と 切欠き部の応力集中に関する載荷模型実験について」 (北海道開発局技術研究発表会講演概要集 Vol.32nd)	小野, 本名, 黒田	1988
13. 「鋼床版横げた切欠き部の応力性状に関する載荷模型実験」 (北海道開発局開発土木研究所月報 No.426)	黒田, 小野, 本名	1988
14. 「面外変形を有するトラフリブの力学的挙動」 (宮地技報 No. 4)	杵掛, 鬼頭, 佐藤	1988
15. 「箱桁橋鋼床版の疲労照査」 (構造工学論文集 Vol.35A)	長谷川 近藤 山田 石崎	1989. 3

1981年

土木技術資料 23-8 (佐伯彰一, 西川和廣, 滝沢晃, 新田篤志)

まえがき

トラフリブの現場施工条件と継手品質の関係、各種溶接欠陥が継手の疲労強度に及ぼす影響について、述べたもの。

1. 検討の対象と溶接条件

- 1.1 開先形状
- 1.2 縦げた一リブ間隔
- 1.3 目違い量
- 1.4 溶接工の技量

2. 施工試験

- 2.1 現場施工条件の再現
- 2.2 試験結果
- 2.3 横げたの影響

3. 疲労試験

- 3.1 試験方法
- 3.2 試験結果

4. まとめ

以上の試験を通じ、現場で施工される鋼床版トラフリブの溶接継手の品質は、工場溶接の水準に比べてかなり低いものであることが明らかになった。また、ほとんどの溶接欠陥は疲労強度にはあまり影響しないが、ルート部周辺に発生する溶接欠陥とビード表面余盛止端部の仕上り状態はかなり疲労強度を左右することがわかった。これらの点に注目し、望ましい溶接条件について述べると次のとおりである。

- 1) 縦げた一リブ間隔 l は、確実な施工をするためには少なくとも 300mm 以上とするのが望ましく、それによる効果はほかの条件を改善することよりも大きい。
- 2) 開先は l を 300mm 以上確保できるならば B の片

開先で十分であるが、開先加工を省略する C 開先は避けるべきである。

- 3) 目違い量については溶接量が増えること以外大きな問題はない。
- 4) 溶接作業者については、所定の資格を有する者であれば問題ないが、特にルート部の溶込みに注意して施工するよう指導する必要がある。

昭和56年

第14回日本道路会議論文集(新田 他)

1. まえがき

トラフリブの現場溶接継手部の疲労強度について、その溶接条件を考慮し、溶接施工試験及び疲労試験を実施し、検討を加えている。

2. 溶接条件

- ①開先形状 … 4種類を対象
- ②縦桁-リブ間隔… 3 " (150, 200, 300)
- ③目違い量 … 3 " (0, 1.6, 3.2 mm)
- ④溶接工の技量 … 3人を対象(上, 中, 初級)

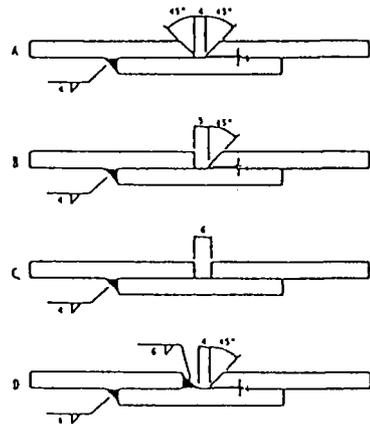


図-1 開先の形状、寸法

3. 試験の結果

1) 施工試験

- 突合わせ継手はX線検査の結果、全てJIS 4級であり、工場溶接に比して劣る。
- 縦桁-リブ間隔の影響は顕著である。

2) 疲労試験

- 溶接内部のきれつ発生原因となったものはルートフェースに沿った不溶着部、ルート部のスラブ巻き込み、ブローホールである。
- 不溶着部を生じた3体については全て5万回以内に破断しており、不溶着部を生じさせないことの重要性が確認された。

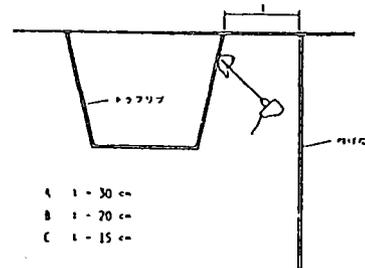


図-2 縦桁-リブ間隔

1983年12月

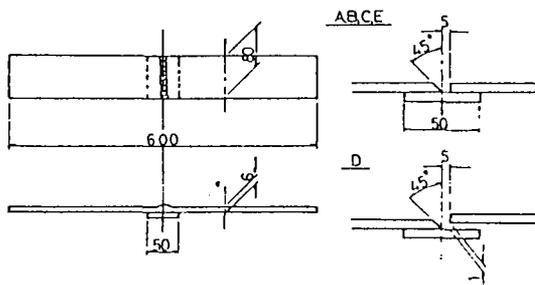
土木学会論文集報告集 (近藤 他)

1. まえがき

トラフリブの現場溶接継手の疲労強度を実験的に検討している。

- 引張疲れ試験
- 曲げ疲れ試験

2. 引張疲れ試験



Specimens	Characteristic
A	Specimens cut out from the side of full scale trough rib (Welded in vertical position)
B	Specimens cut out from the bottom of full scale trough rib (Welded in overhead position)
C	Control specimens welded in flat position
D	Specimens with out-of-straitness welded in overhead position. Rusted backing strip is used.
E	Specimens welded in overhead position with stop and re-start weld at the middle

Fig. 2 Tensile fatigue specimens simulating a part of field-welded trough rib joint.

3. 曲げ疲れ試験

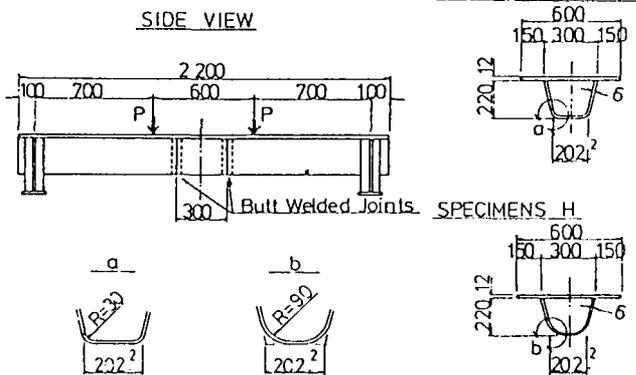


Fig. 6 Bending fatigue specimens of decks with trapezoidal trough ribs.

4. まとめ

- (1) 引張疲れ試験結果によると、約 1mm の目違いを設けて上向き溶接を行った試験体Dの疲労強度が最も低い。
- (2) 放射線透過試験および疲労破面観察から、溶接内部欠陥が疲労強度に及ぼす影響は小さい。これは疲れ亀裂が、溶接止端部および溶接ルート部から発生していることと対応する。
- (3) トラフリブ突合せ溶接部のリブ方向の残留応力分布は、溶接順序に大きく左右される。トラフリブ底面を先に溶接した場合、リブ底面には約 100 MPa の圧縮残留応力が生じ、リブ側面を先に溶接した場合には、リブ底面に約 50 MPa の引張残留応力が生ずる。また、曲げ加工部には溶接順序にかかわらず、大きな圧縮残留応力が生じている。

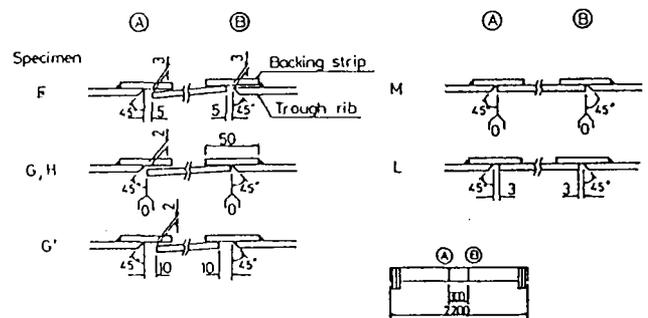
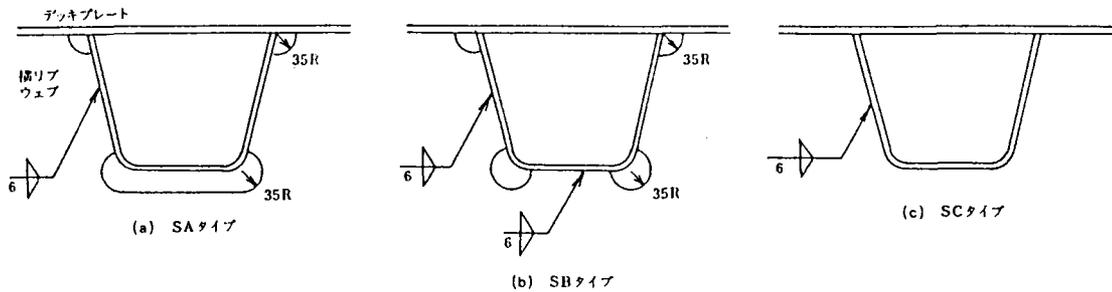


Fig. 7 Details of butt-weld joints.

- (4) ルート間隔を 0 mm とすると不溶着部を生じ、200 万回疲労強度は、不溶着部がない場合に比べて約 45% 低下した (試験体 FG' と試験体 G)。
- (5) 圧縮残留応力は疲労強度を向上させる効果をもつ。リブ底部に約 100 MPa の圧縮残留応力が存在すると、200 万回疲労強度は約 50% 上昇する (試験体 FG' と試験体 L)。
- (6) 現行設計基準等による疲労強度の照査を行うと、許容応力度を満足するのは試験体 FG' だけである。このことは、裏当て金を用いた鋼床版トラフリブの現場溶接継手の施工は、十分なルート間隔を得ることが必要である。言い換えれば、綿密な施工管理と溶接工の訓練を十分行って、不溶着部を生じないような溶接を行わないと許容応力度を満足する溶接継手とならない。

まえがき

下記の3タイプについて解析と疲労実験。



1. 応力解析

(1) 解析方法

(2) 解析結果

2. 疲労実験

(1) 実験方法

(2) 実験結果

(3) 亀裂の進展

(4) 疲労寿命

(5) 廻し溶接部の改善

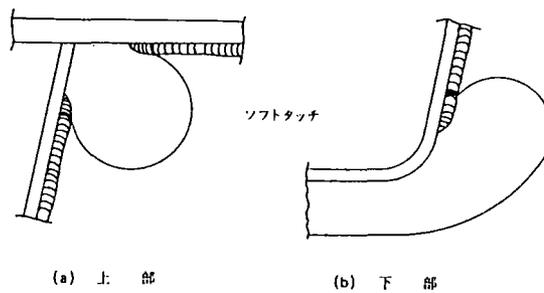


図13 廻し溶接部の改善要領

3. まとめ

数少ない実験結果ではあるが本研究の範囲内から得られた結論を記すと以下の通りである。

- ① 交差部構造としてスカラップを設けないSCタイプはスカラップを設けるSAタイプおよびSBタイプよりも基本的に(すなわち製作誤差等が少なければ)疲労強度が高い。
- ② スカラップを有するSAタイプとSBタイプとは最初の疲労クラック発生位置は異なるもののほぼ同程度の疲労強度を有する。また、その疲労強度は主としてスカラップ部の廻し溶接部の疲労強度によって支配される。
- ③ SAタイプでは概して上部スカラップ廻りの廻し溶接部が疲労上の弱点となる。逆にSBタイプでは概して下部スカラップ廻りの廻し溶接部が疲労上の弱点となる。

④ 閉断面U形縦リブを用いた鋼床版構造では荷重分配効果の関係から、輪荷重直下の縦リブ近傍のみならず隣接縦リブ近傍の交差部廻りも疲労上問題となる箇所となる。

⑤ 鋼床版構造の耐疲労性を更に高めるためには、特に交差部スカラップ部の廻し溶接部の施工改善や構造改善の工夫が望まれる。

なお、本実験では特に横リブウェブ側の箇所に発生する疲労損傷を対象として疲労実験を実施した。これ以外の部位、例えばU形縦リブとデッキプレートとの縦方向片側すみ肉溶接部などには本実験ではクラックが発生しなかったことを付記しておく。

昭和62年 9月

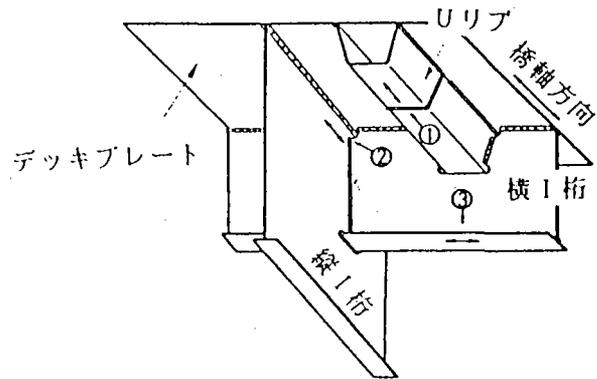
土木学会第42回年次学術講演会(平林 他)

1. はじめに

上, 下3車線の鋼床版が補剛トラスに合成された形式の斜張橋を対象とし、鋼床版の疲労について安全性を検討している。

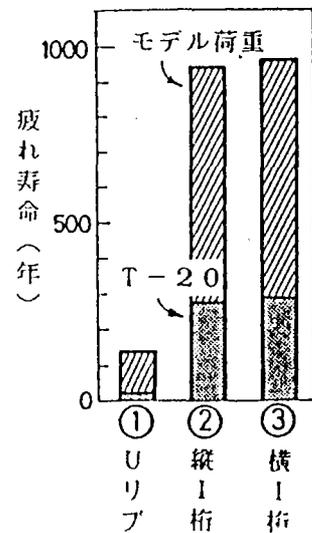
2. 疲労照査

- 右図の溶接部に着目している。
- 自動車荷重…阪高のデータをベースとしている。疲労の照査は10,000台/日、大型車14.2%を仮定して行っている。



3. 結果

- 疲れ寿命に対する照査結果は右図の通り
- 着目点②, ③は特に問題なし。①については仮定した走行台数が更に大きくなった場合には疲労上問題となりうる。
- T-20の場合(一日 1420台/車線)の疲労寿命推定も右図に示している。



4. まとめ

Uリブの現場溶接継手部については今後疲労に対して検討が必要となろう。

1987年

三 菱 重 工 技 報 (亀 井 他)

1. まえがき

Uトラフリブとデッキプレートとの接合部を対象に、発生応力の検討を行い、疲労寿命の推定を試みている。

2. FEMによる(3次元)影響線解析

- a) 鋼床版ゲルバー桁橋を対象とし解析を実施
- b) 解析結果

- Uリブの橋直方向の影響値は輪荷重位置に対し、極めて敏感である。
- 橋軸方向の輪荷重位置に対しては着目点からほぼ700 mm以内が影響範囲となっている。
- Uリブの橋直方向応力は曲げ応力が支配的であり、Uリブとデッキプレートとの溶接部付近にピークを生ずる。

3. 交通流シミュレーション解析と疲労寿命推定

- 交通流シミュレーション解析を行い、実橋測定結果とを比較し、シミュレーション解析手法の妥当性を確認した。
- また疲労寿命の推定結果についても右図のようなS-N曲線を得ている。

4. まとめ

Uリブ形式鋼床版の橋直方向曲げ応力の特性の検討、Uリブすみ肉溶接部の疲労損傷に対する試算を行ったが、海外からの損傷事例によれば、そのほとんどがすみ肉溶接部からの疲労きれつであることから、今後はこの箇所についての詳細な疲労評価が望まれる。

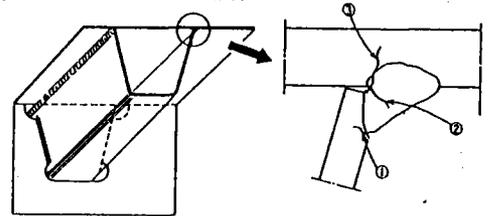


図1 Uトラフすみ肉溶接部の損傷パターン 英国セバーン橋におけるUトラフ鋼床版のクラック発生事例。 Example of cracks observed in the trough rib

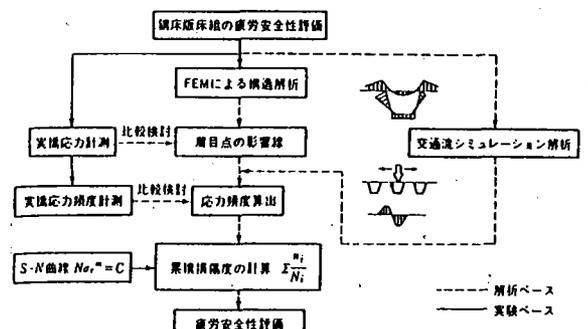


図2 実働荷重下の疲労評価の方法 実働荷重下における橋梁各部の疲労強度評価を行うための方法論を示した流れ図。 Method of estimation of fatigue damage under actual traffic conditions

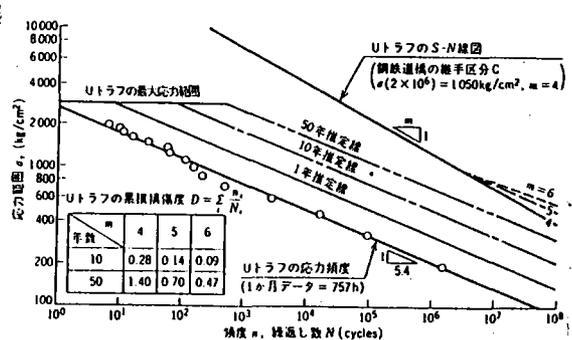
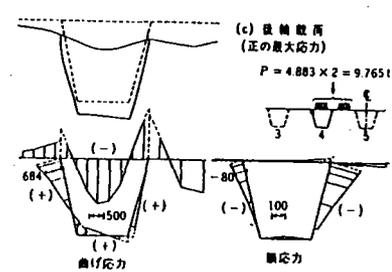


図17 Uトラフ溶接止端部の応力頻度分布とS-N曲線 Uトラフ溶接止端部の応力頻度を1, 10, 50年に対して推定し、鋼床版の脆性区分CのS-N線図と比較して示す。

1988年10月 土木学会第43回年次学術講演会 (寺田博昌, 石崎浩, 堀江佳平, 岩崎雅紀)

1. 前書き

鋼床版で今後疲労損傷が心配される部位のFEM解析。

2. 検討対象部

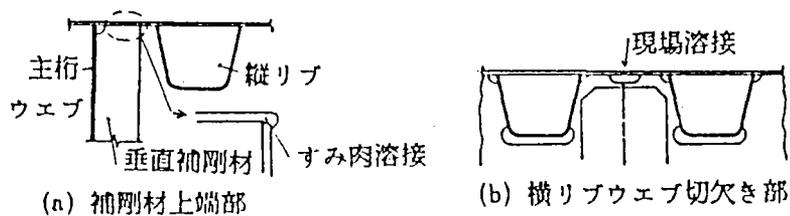


図-1 検討対象部

3. 解析結果

4. まとめ

両部位とも局所的な応力集中が認められ、疲労に対する注意が必要である。

1. はじめに

鋼床版の縦リブと横リブの交差部は疲労強度上の弱点となりやすい。
 交差部で想定される各種の変形モード下で疲労実験を実施。

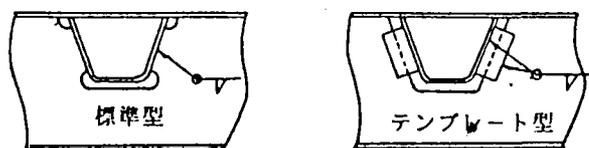


図-1 縦リブ-横リブ交差部の構造

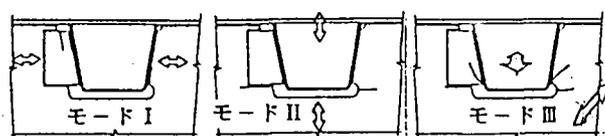


図-2 変形モード

2. 試験体と試験方法

3. 実験結果

モードⅡの場合はテンプレート型交差構造は適さない。

1988年10月

土木学会第43回年次学術講演会 (長谷川和正, 山田健太郎, 石崎浩)

1. はじめに

閉断面縦リブを有する鋼床版の計算による疲労照査。

2. 照査方法

3. 鋼床版の疲労照査

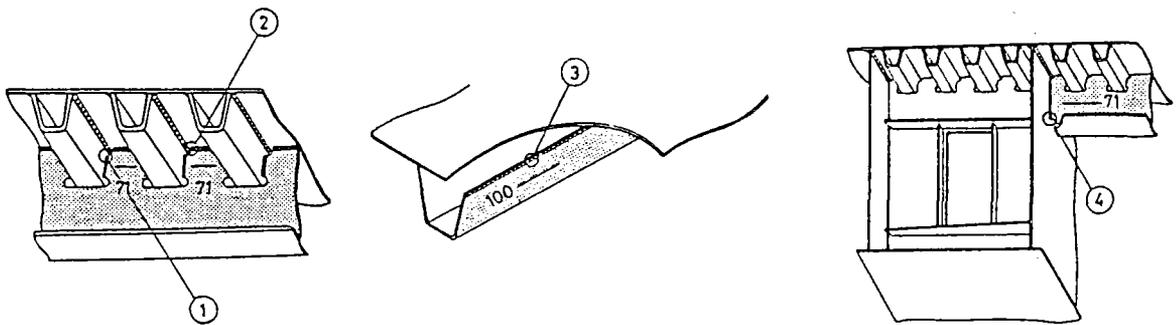


図3 対象継手の形状

表1 各継手の疲労損傷度

継手 番号	疲労損傷度 (50年間)			等価荷重 (ton)
	実測モデル A	T-20 荷重 B	A/B × 100 (%)	
①	2.4×10^{-3}	6.0×10^{-3}	40.0	14.7
②	2.4×10^{-3}	6.0×10^{-3}	40.0	14.7
③	9.6×10^{-6}	55.7×10^{-6}	17.2	11.1
④	0.64	2.31^{**} ~~~~~>1.0	27.7	13.0
備考: 日交通量 : 30,000 台/日/車線 大型車混入率: 14.2 %				

継手④で疲労き裂が発生する可能性あり。

昭和63年10月

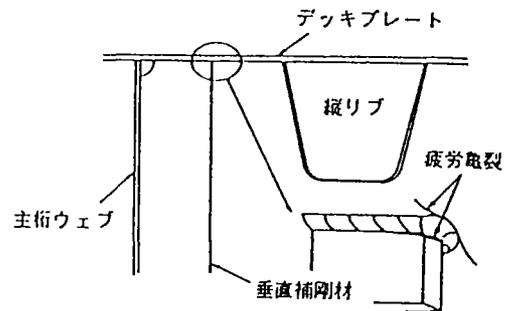
土木学会第43回年次学術講演会(岩崎 他)

1. まえがき

○主桁ウェブ垂直補剛材とデッキプレートの溶接部の応力集中に着目し、実橋2橋の応力測定を行い、この部分の疲労について検討している。

2. 載荷試験

- A橋(一般的構造)及びB橋(コーナプレートあり)について数ケースの載荷条件について、応力、たわみ測定を実施。
- 垂直補剛材によりたわみが拘束されるため、応力集中が発生している。



3. 疲労検討

年間 9,000,000台/1車線を想定し疲労寿命を推定

表-1. 200万回換算疲労強度と疲労寿命(年)

橋梁区分	測定部位	200万回換算疲労強度 (kg/cm ²)			
		1530	1270	1050	800
A橋	垂直補剛材	30.5	14.5	6.8	2.3
		21.8	10.4	4.8	1.6
	デッキプレート	58.2	27.6	12.9	4.4
B橋	デッキプレート	151.8	72.0	33.7	11.3

4. おわりに

垂直補剛材上端部は輪荷重位置によって大きな応力集中が発生する場合があります、交通量の多い鋼床版橋では比較的短期間で疲労損傷が発生する可能性が高いことが明らかとなった。

昭和63年10月

土木学会第43回年次学術講演会（藤原 他）

1. まえがき

- a) トラフリブと横リブの交差部、特にトラフリブのスリットR部周辺の応力状態に着目し、部分供試体による静的载荷試験及び疲労試験を実施している。
- b) また供用下の実橋について、実応力を測定し、上記実験との整合性を確認している。

2. 载荷試験

a) 静的試験

横リブの腹板高を変化…3体、载荷位置…5ケース

b) 疲労試験

静的試験に於いてスリットR部に最も大きな応力の生じたケースにて実施。

c) 結 果

- 静的試験…スリット部の応力集中は横リブの腹板高を高くすることでかなり軽減されうる。
- 疲労試験…国鉄建造物設計標準における継手区分A（仕上げした全断面溶込みグループ溶接継手）と比較してみると、スリットR部の疲労強度は同等以上であった。

3. 実橋における応力度測定

- A橋（約2万台/日、大型車20%）、B橋（約3000台/日、8%）で実施。
- スリットR部疲労寿命…A橋 37年、B橋 212年と推定。
（ただしかなり安全側の基準値採用）

4. 結 論

- ①鋼床版で疲労が問題となるのは、主桁近傍のリブのスリット周辺である。
- ②スリット周辺の応力軽減には、横リブ腹板に余裕を持たせることが有効。
- ③スリットR部等の疲労強度は継手区分Aと同程度もしくはそれ以上である。

1988年

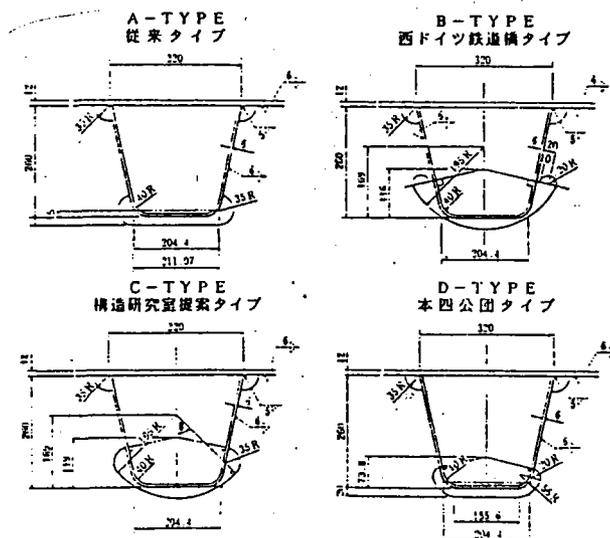
北海道開発局技術研究発表会講演概要集(小野 他)

1. まえがき

Uリブと横リブの交差部における切り欠き部の応力集中と疲労劣化に対して模型実験を行っている。(白鳥大橋を対象)

2. 供試体

スカラップ形状は下図の如く4タイプとし、静的・疲労試験を実施。



スカラップ形状

3. 結果のまとめ

- 1) いずれのタイプも、スカラップ回りの応力集中度は、疲労を考慮した許容応力度以下であり安全である。
- 2) その中でもCタイプが他に対してスカラップ回りの応力集中値が小さかった。
- 3) 疲労劣化も各タイプとも見られなかった。
- 4) 破壊試験では各タイプの耐荷力は十分大きく問題なかった。

文献 3-13	鋼床版横桁切り欠き部の応力性状に関する載荷模型実験
1988年11月	北海道開発局開発土木研究所月報(黒田 他)
<p>これは、鋼床版Vリブ横リブ接合部の疲労劣化と切り欠き部の応力集中に関する載荷模型実験について(1988年 北海道開発局技術研究発表会講演概要集 小野他)の報告を研究所月報用に整理したもので内容的には全く同様である。</p>	

1. まえがき

トラフリブ鋼床版の溶接はずみの矯正（トラフリブ側が凸となる縦まがり）に対しては、トラフの底板側を加熱矯正する方法がとられている。この加熱矯正によるトラフリブの局部変形が鋼床版の強度に与える影響を実験により検討している。

2. 試験

静的载荷試験と疲労試験を実施。供試体形状は下記の通り。

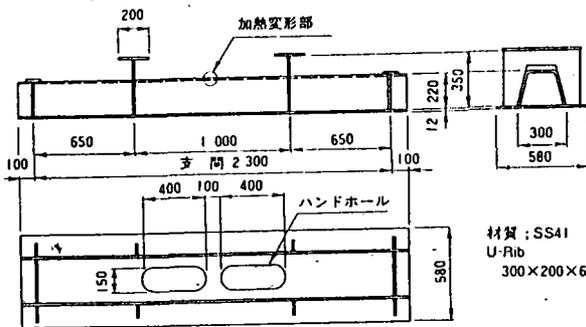


図-1 静的試験の供試体形状

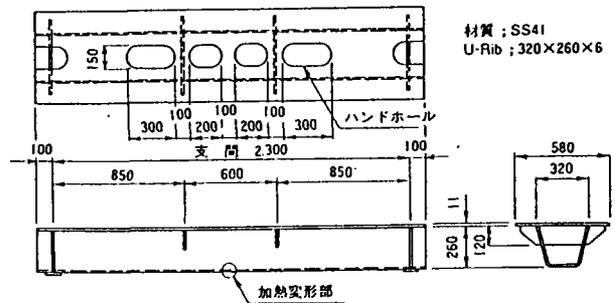


図-2 疲労試験の供試体形状

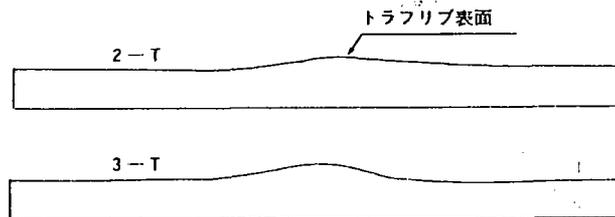


図-4 局部変形の形状 (シリコンゴムを使用)

3. まとめ

(1) 局部変形直上の応力は局部変形に大きく左右される。即ち、鋼床版の横リブ付近に生ずる負の曲げモーメントは局部変形を助長し、正の曲げモーメントは局部変形を低減させる。このとき、板の面外方向に局所的な曲げモーメントが作用することになり、これによって生ずる応力は平均応力からは推定できないほど大きい。また、この局所的な面外曲げモーメントによる応力は平均応力が引張のときの方がより大きく生ずる。

(2) 局部変形があるとたわみがやや大きくなり、したがって梁の曲げ剛性が若干減少する。しかし、局部変形部がいわゆる塑性ヒンジとなって梁が折れ曲るようなことはなかった。

(3) 極限荷重は局部変形の有無にかかわらずほぼ等しかった。極限荷重は負の曲げモーメントに対してはトラフリブ底板の座屈、正の曲げモーメントに対してはデッキプレート座屈もしくはトラフリブ底板の全体的な降伏によって決まると言える。

(4) やむを得ず加熱矯正せざるを得ない場合は、負の曲げモーメントが作用する範囲内で、1箇所に集中せず分散して施工した方がよい。

この実験で、加熱矯正によるトラフリブの局部変形は静的にも疲労上も鋼床版の機能には特に問題がないことを確認した。しかし、局部変形上には大きな応力が発生するので、局部変形を与えることはできるだけ避けなければならない。

1989年3月

構造工学論文集Vol. 35 A (長谷川和正, 近藤明雅, 山田健太郎, 石崎浩)

1. まえがき

溶接継手部の累積疲労損傷度を求めて鋼床版の疲労に対する安全性を検討。

2. 鋼床版の疲労設計

- (1). 道路橋示方書の疲労に関する規定を用いる方法
- (2). 疲労照査用の荷重による照査
- (3). 荷重毎に発生応力と頻度を計算する方法
- (4). 実測の応力頻度分布の計測結果を用いる方法

3. 箱桁橋鋼床版の疲労照査

- (1). 疲労照査の概要
- (2). 箱桁橋鋼床版の構造解析
- (3). 疲労照査を行った溶接継手
- (4). 応力波形の計算假定
- (5). 設計 S - N 線図

4. 設計活荷重 (T-20, TT-43) による疲労照査

- (1). 応力波形
- (2). 疲労損傷度

5. 実働荷重による疲労照査

- (1). 実働荷重のモデル化
- (2). 疲労損傷度
- (3). モデル荷重

6. 日交通量、大型車混入率による疲労損傷度

7. まとめ

ケーススタディとして、鋼床版箱桁橋をモデル化して格子桁解析を行い、その部材力の影響面を求め、各種の継手の疲労照査を行った。照査の対象としたのは、阪神高速道路公団の「鋼床版箱げた標準設計・図面」に示される、支間 72m の 2 主桁橋である。この橋梁の上に道路橋示方書の設計活荷重および阪神高速道路公団による実測荷重をモデル化した平均荷重を走行させ、各着目点における応力波形を求めた。得られた応力波形からレインフロー法により、応力範囲およびその繰り返し数を算出した。さらに修正マイナー則等に基づき疲労損傷度を求め、疲労照査を行った。得られた結果をまとめると次のようである。

1. 解析の対象とした鋼床版箱桁橋では、箱桁上にある走行車線より両箱桁の中間に位置する追越し車線を走行した場合に鋼床版の疲労損傷度が大きい。
 2. 主桁腹板と横リブ下フランジとの溶接接合部では、設計寿命期間内に疲労き裂が発生する可能性がある。このように主桁内部にダイヤフラムを有し剛性の高いところに比較的剛性の低い部材を溶接するような場合には疲労に対して十分な対策を施す必要がある。
 3. 阪神高速道路での実測荷重をモデルした平均荷重による疲労照査では、T-20 および TT-43 による照査で設計寿命期間内に疲労損傷度が 1.0 以上となった個所でも損傷度は 1.0 をこえなかった。しかし、日交通量及び大型車混入率が今後増加する場合には、疲労き裂が発生する可能性がある。
 4. TT-43 の方が T-20 の 2~2.5 倍の疲労損傷度を与える。これは、発生する応力の大きさは両者とも大差はないが、着目する部材の曲げモーメントの影響線長と車軸間隔との関係から、TT-43 による応力範囲の繰り返し回数あるいは応力範囲の大きさが T-20 の場合より増大するためである。
- 実働荷重と T-20 による疲労損傷度の比は 0.16~0.40 であり、モデル荷重として T-20 荷重の車両重量を 110~145kN と考えて照査すると実働荷重を用いて算定した疲労損傷度と同程度となる。

(4) 縦リブの配置

鋼床版の縦リブの配置の決定は、鋼床版桁の設計における重要な課題の1つと言える。縦リブの配置の主な決定要因は下記のとおりである。

〈縦リブの配置の主な決定要因〉

① 使用する縦リブの種類（Uリブ，Iリブ，バルブプレート）

② 主桁間隔

Uリブを使用する場合は、主桁間隔により配置の自由度は少ない。

③ 示方書に示されるデッキプレートの最小板厚

（例） $t_D = 12 \text{ mm}$ を使用した場合

最大縦リブ間隔 $b_{\max} = 12 / 0.035 = 342.9 \text{ mm}$

④ デッキプレートの局所応力

文献にも示される様に、主桁と隣接する縦リブとの間隔は出来るだけ狭くすることが望ましい。

⑤ デッキプレートの変形と舗装劣化の問題

主桁と隣接する縦リブとの間隔は、舗装の劣化に大きく影響する。

縦リブの配置決定では、他の条件を考慮した上でこの間隔を出来る限り狭くすることが望ましい。

⑥ 橋軸方向の現場継手位置

⑦ 製作・施工上から決定される最小間隔

- ・ デッキプレートと主桁及び主桁隣接の縦リブとの溶接スペース
- ・ 現場継手部の主桁隣接の縦リブとボルト締め付けスペース及び現場溶接スペース。主桁腹板のボルト締め付けスペース。
- ・ 縦リブ間に設ける換気孔，ハンドホールのスペース

このように多くの要因により縦リブ配置は決定されるが、一方では広くまた一方では狭くと主張があり、特に主桁と隣接する縦リブとの間隔の決定では苦勞することも少なくない。ここではその対処ひとつとしてコーナープレートを取り上げた。

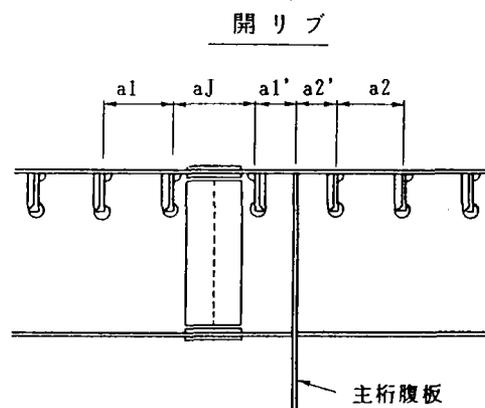
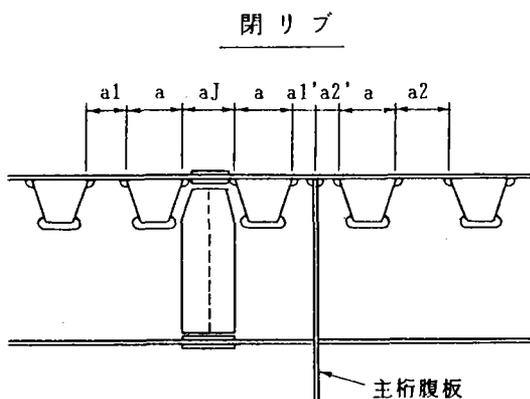
文献によると、コーナープレートの設置により主桁と隣接縦リブの間隔を広げることによる応力的な問題は解消できるとされている。

しかしながら、コーナープレートの溶接部では疲労クラックの発生も報告されており設置にあたってはこの点を考慮しておく必要がある。

また、参考として各公団・公社の縦リブ間隔の規定を次頁に示す。

● 各公団、公社にみる縦リブ間隔の規定

	箇所	閉断面	開断面	備考
首都高速	一般部	$300 \leq a_1, a_2 \leq 340$	$300 \leq a_1, a_2 \leq 340$	
	主桁隣接	$170 \leq a_1', a_2' \leq 250$	$170 \leq a_1', a_2' \leq 250$	
	継手部	$300 \leq a_J \leq 340$	$300 \leq a_J \leq 340$	現場継手は溶接を考えている。
阪神高速	一般部	$300 \leq a_1, a_2 \leq 340$	$300 \leq a_1, a_2 \leq 340$	
	主桁隣接	$150 \leq a_1', a_2' \leq 250$ (365)	$150 \leq a_1', a_2' \leq 250$ (365)	
	継手部	$300 \leq a_J \leq 340$	$300 \leq a_J \leq 340$	()内は現場継手をボルトとした場合
本四公団	一般部	$a_1 \cong a_2 \cong a$		原則的に閉断面を使用する。
	主桁隣接	$150 \leq a_1', a_2' \leq 200$		
名古屋公社	一般部	$a_1, a_2 \leq t/0.035$		原則的に閉断面を使用する。 tは鋼床版板厚
	主桁隣接	$150 \leq a_1', a_2' \leq t/0.035$		



● 文献

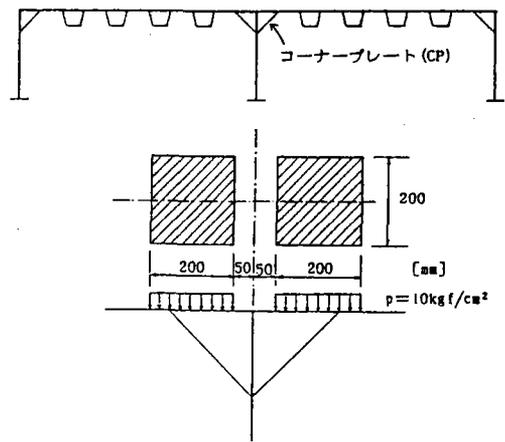
- 1) 鋼床版の縦リブの断面配置とコーナープレート取付について
(第39回土木学会年次学術講演会講演概要集)
- 2) 鋼床版におけるコーナープレート取付けの影響と効果
(土木学会北海道支部論文報告集)

1. 概要

主桁または縦桁とデッキプレートの隅角部にコーナプレートを設けない場合と設けた場合の車輪荷重作用による主桁(縦桁)近傍の局部応力を解析し、コーナプレートの影響とコーナプレート内部の応力状態を明らかにしている。

2. 解析

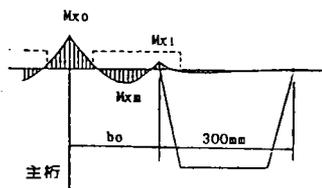
解析は、面内と面外の両変形を考慮した折板理論を用いて(図-1)に示すモデルで行った。鋼床版の支間は横リブ間2500mmとし単純支持とし、橋直方向に対してはD P, CPとも固定としている。



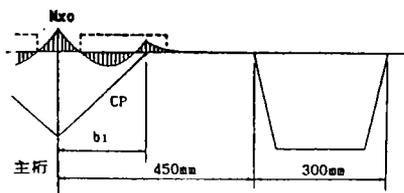
(図-1) 解析モデル, 載荷荷重

解析結果を(図-2, 3, 4)に示す。

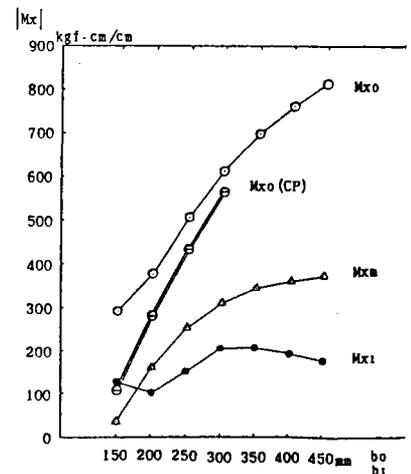
- ①コーナプレートなしの場合の結果から縦リブ間 b_0 の変化に関わらず主桁上の値が他の箇所比べて大きい。
- ② $b_1 = b_0$ としてコーナプレートを設けた場合、コーナプレートなしに比べて主桁上の曲げモーメント M_{X0} は小さな値となる。



(図-2) コーナプレート無の応力分布



(図-3) コーナプレート有の応力分布



(図-4) M_x の値の比較

3. まとめ

通常の鋼床版に比べて、コーナプレートを設けた場合では、輪荷重による局部応力を小さく抑えられ力学的に有利であり、縦リブ配置の決定も容易になる。

さらに施工面では縦リブの溶接スペースを広くとることが出来る。

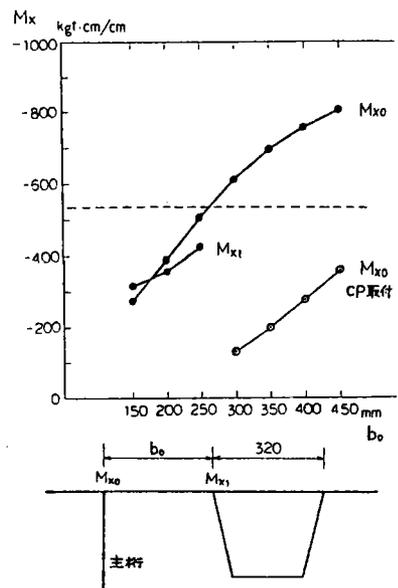
1. 概要

車輪荷重の作用により鋼床版には局所変形とそれに伴う局所応力が生じる。デッキプレートに作用する主桁上及び隣接の縦リブ上の橋軸直角方向の負の曲げモーメント (M_{x0}, M_{x1}) は、車輪荷重の中心が着目点と一致した場合に最大となる。

ここでは主桁または縦桁とデッキプレートの隅角部にコーナプレートを設けた場合の鋼床版におけるコーナプレートの取付の影響と効果を解析的に検討している。また、この報告の一連で文献 4-2 に示す報告もある。

2. 解析条件

デッキプレートの板厚：12mm、縦リブ：320mm * 40mm * 6mm、主桁ウェブ：933mm * 9mm、主桁下フランジ：200mm * 14mm、横リブ間隔 (スパン L)：2500mm、車輪荷重：(200mm * 200mm) の範囲に分布複輪荷重で合計 $P = 8t$ (文献 4-2 参照)。また、コーナプレートは板厚 6mm、角度 45° とし取付位置は基本的に b_0 の中央としている。

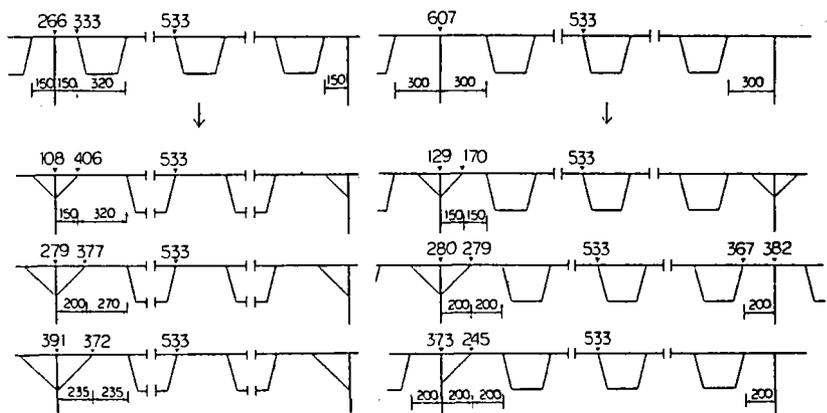


(図-1) b_0 と M_x

3. まとめ

解析結果を (図-1, 2) に示す。

(図-1) の破線は中間縦リブ上の負の M_x であるが、 $b_0 = 250$ の以上になると M_{x0} がこの値を超えている。



(図-2) 各接合部に生じる負の曲げモーメント

また、コーナプレートの取付により M_{x0} を低く抑えることができることがわかる。一般的には b_0 は 150 ~ 200mm 程度が理想とされているが、主桁間隔によっては不可能な場合もあり、コーナプレートによる処理が有効である。

(5) 横桁間の横リブ剛度を格子分配に考慮した場合の検討

1) 現状と問題点

一般に橋梁における構造解析は、主桁、横桁で構成された骨組み部材として解析されている。しかし鋼床版を有する橋梁の場合、横桁間に横リブ（1.0～3.0 m 間隔）が設けられており、この横リブも骨組み部材として解析することにより合理的設計ができるのではないかと考えられる。

2) まとめ

- ・ 格子分配は支間長にもよるが、5本程度の横桁を用いれば十分である。
- ・ 横リブは一般に1～3 m間隔で配置される。これらを格子分配に考慮しようとするれば、格子解析において単純に計算しても2～5倍の格点数の増加となり、その割りには分配効果が上がりず合理的な設計とは云えない。

3) 文献の調査

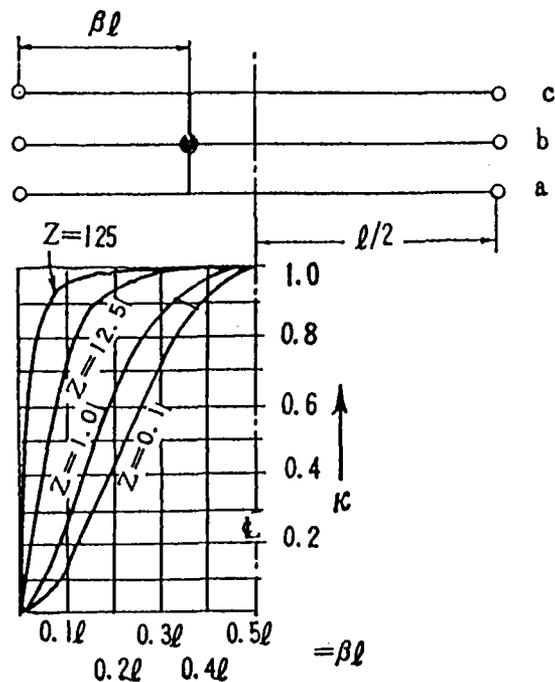
文献①：道路橋の横分配実用計算法（前編、後編） 高島 春生 著

前編 Page 10〔4〕 “横桁数と分配” の概要

横分配を有効にさせるためには横桁数が多い方がよく、また横剛性も大きい方がよい。しかし実際の橋梁構造では経済性と合理性より、横桁の配置と本数が決まってくる。通常の場合中央に配置して横桁本数 1, 3, 5 本程度を等間隔に配置して使用するのが有効である。

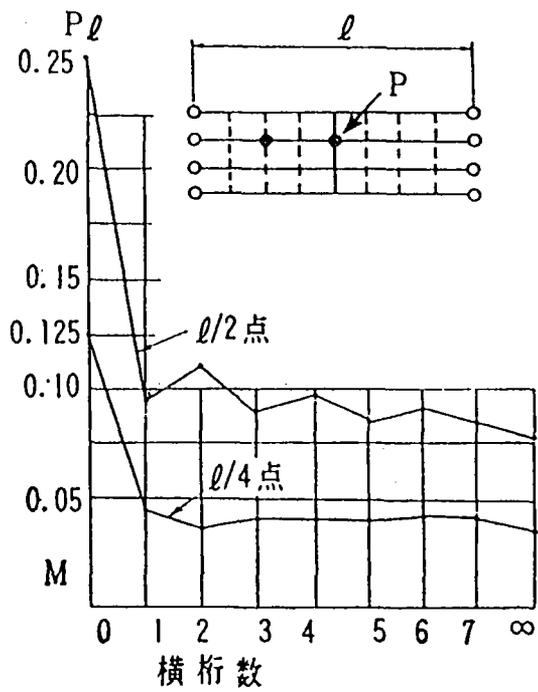
右図に1本の横桁の位置による分配係数の変化状態をしめす。

図より橋端近くの横桁は分配効果がなく、中央の横桁が最も有効であることがわかる、一般に用いられる Z 値 (1~10) 程度では $1/6$ 点で分配が半減される。従って横桁は 5 本程度 (支間の 6 等分) まで有効で、5 本以上使用しても有効とならない。また Z が比較的大きい場合は $\beta = 0.1$ の横桁でも、かなり分配に有効と考えられるので、5 本以上の配置とすることもある。



$$\text{荷量分配比} = \frac{\beta l \text{ の } k_{ab}}{l/2 \text{ の } k_{ab}} = K$$

横桁数によって主桁の曲げモーメントがいかに変化するかを見るために、1例とし4本主桁で $J=1$, $Z=10$ の場合について求めると次頁に示すようになり、1本横桁で非常に有効になり横桁を多くしてもあまり変わらないことがわかる。



(6) 分離型横桁

桁高の大きな横桁を必要とする鋼床版橋に採用される横桁の形状については、横リブ一体構造とするものと分離して横桁を設けるものとがある。

いずれを採用するかは決定要因としては、製作の容易さ・輸送可能寸法・架設方法があり、設計段階において構造上の特質を把握し、架設工法と一致させた構造系を採用する必要がある。

名古屋高速道路公社の図集では両方共採用されている。他方阪神高速道路公団の図集では一体構造のみとなっている。

一体構造の場合に対して分離構造の場合の応力伝達機構が不明確であり、これに関して鋼橋技術研究会昭和63年度成果報告書国内設計基準研究分科会第14回研究分科会資料にて理論的説明を行っている。

これに依れば、箱桁における横桁は主桁間のたわみ差による曲げ変形と箱桁の振り剛性による振りモーメント反力による曲げ変形が付加される。主桁間のたわみ差による曲げ変形は、セン断曲げであり横リブ・横桁は重ね梁として働く。

一方、振りモーメント反力による曲げ変形は、純曲げであり横リブ・横桁は一体梁として働く。

一般的には格子解析より求まる着目部材の断面力をその発生機構で分離する事は不可能であり、分離型横桁の断面決定に当たっては安全側となる重ね梁として取り扱う方法を採用する。

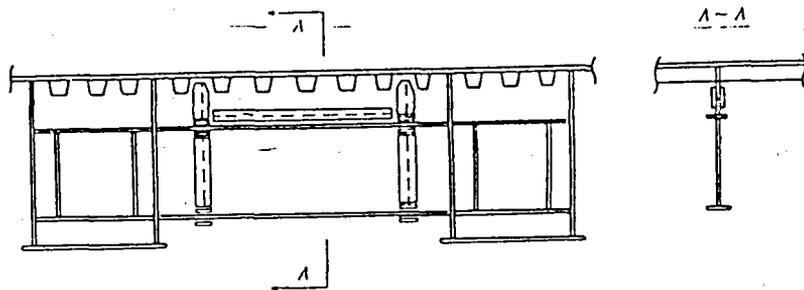
以上を踏まえて、桁高の大きな横桁を必要とする鋼床版橋に採用される横桁の形状について、横リブ一体構造と分離構造とでは現場での施工性を重視した場合に分離構造が採用されると考える。

文献：

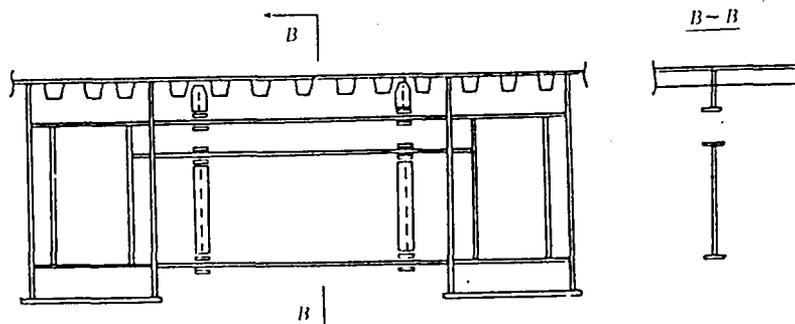
鋼橋技術研究会 昭和63年度成果報告書
国内設計基準研究分科会 第14回研究分科会資料 S62.3

構造例：

名古屋高速道路公社 鋼構造物標準図集 S62



一体構造の横断の例



分離構造の横断の例

1. 主桁作用による鋼床版横リブ・横桁の応力

- (1) 箱桁における横桁は、主桁間のたわみ差による曲げ変形の他に主桁の捩り剛性による捩りモーメント反力による曲げ変形が附加される。
- (2) 部材力は、主桁のたわみ差により発生するせん断力及び曲げモーメント（せん断曲げ）と主桁の捩り剛性に起因するせん断を伴わない曲げモーメント（純曲げ）に分解することができる。
- (3) 純曲げの場合、せん断力はゼロであり、曲げの曲率は一定で横リブ・横桁は一体として働く。
- (4) せん断曲げの場合、横リブ・横桁は互いにせん断力を伝えることができないため、重ね梁として働く。

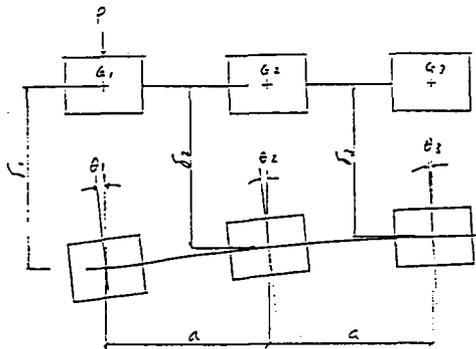


図1.1(a) 横桁の変形

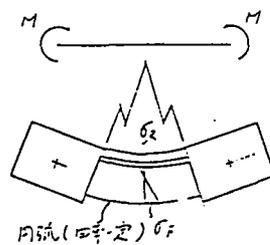


図1.2(a) 純曲げによる横桁・横リブの応力図

$$\sigma_2 = \frac{M}{I_0} \cdot \gamma_R$$

$$\sigma_F = \frac{M}{I_F} \cdot \gamma_F$$

I_0 : 横桁と横リブの
合成断面2次モーメント
 γ_R, γ_F : 中立軸から横桁
横リブまでの距離

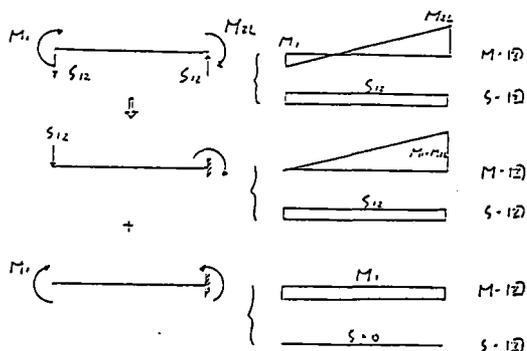


図1.1(b) 横桁部材力の分解

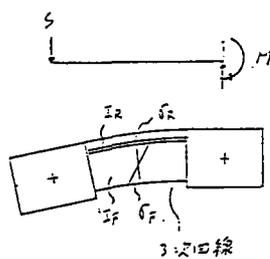


図1.2(b) せん断曲げによる横桁・横リブの応力図

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{I_R} \cdot \gamma$$

$$\sigma_F = \frac{M_F}{I_F} \cdot \gamma$$

$$M_2 = \frac{I_R}{I_R + I_F} M$$

$$M_F = \frac{I_F}{I_R + I_F} M$$

I_R : 横リブの断面2次モーメント
 I_F : 横桁の

2. 格子解析用の仮定剛度

(1) 格子解析のための横桁の換算仮定剛度は、一般に以下の式のうち何方かが用いられる。

純曲げが作用する場合の相関式

$$I_a = I_q (l_2 / l_1) \quad \Rightarrow \quad \text{名古屋高速道路公社}$$

セン断曲げが作用する場合の相関式

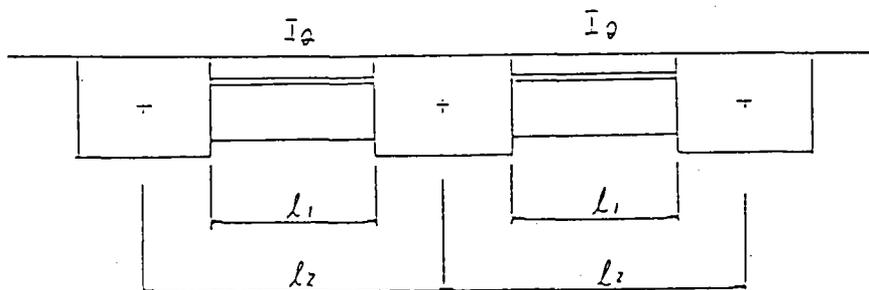
$$I_b = I_q (l_2 / l_1)^3 \quad \Rightarrow \quad \text{日本道路公団・首都高速道路公団}$$

(2) 横桁と横リブが分離している場合、重ね梁として働くときは①式、一体梁として働くときは②式が成り立つ。

① $I_a = I_q (l_2 / l_1)$

② $I_b = (I_r + I_f) (l_2 / l_1)^3$

(3) 以上より横桁の仮定剛度は、横桁が重ね梁として働くか、一体梁として働くかにより大きく異なる。

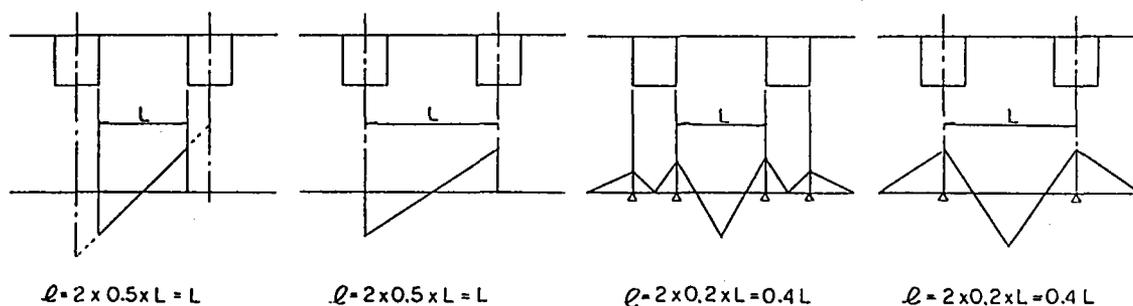


(7) 横桁の有効幅

○ 現 状

鋼床版橋の横桁を設計する場合、それが一体型タイプにおいてはデッキプレートが上フランジを兼ねているため、有効幅を求める必要がある。

この有効幅は「道示 8.3.4」により、モーメント形状から等価支間長を決めて求められる。しかるに、鋼床版の横桁の場合、モーメント形状が格子作用、床組作用などいくつか存在するため、また箱桁の剛域の取扱い方などにより、等価支間長の取り方が何通りか考えられる（下図参照）。



○ 問題点

この横桁有効幅は、格子計算に用いる剛度あるいは応力計算に用いる断面係数にかかわるものである。そして、その有効幅算出法が明確にされていないということは、この剛度や断面係数も明確でないということになる。

○ 文 献

この有効幅については、阪神公団の鋼床版設計指針（文献 7-1）に書かれているが、他の基準、文献等では見受けられない。

さて、“阪神指針”では、等価支間長の考え方を4タイプ示した上で、最終的には、安全側という考えにより張出梁の支点上と想定して求めている（指針のタイプ④）。

○ あとがき

安全側という考え方には十分納得できるが、設計断面力が格子作用から決まる場合などは、“阪神指針”のタイプ④にこだわらず、タイプ①および②を取っても良いのではないかと思われる。

文献 7 - 1

” 鋼床版設計指針 ”

平成元年 2 月

「 阪神高速道路公団 」

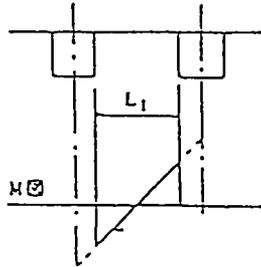
8. 5 横リブおよび分配横桁のデッキプレートの有効幅

(1) 鋼床版の横リブとしての作用を考える時は、各主桁腹板位置を支点とする連続梁としての等価支間長を計算し道示鋼橋標6.2.4 により求める。

(2) 主桁の荷重分配作用を考える場合は、主桁骨組中心間隔を l とした等価支間長 $l = 0.4l$ を採用する。

(2) 荷重分配作用を考える場合のデッキプレートの有効幅については有効幅算出時の等価支間長の考え方に何通りかの考え方があり実際の設計計算においては、数種類の等価支間長が採られている。(図-解 8.9 参照)

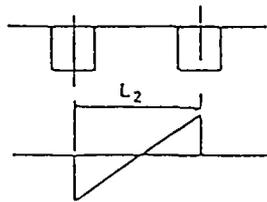
①



$$l = 2 \times 0.5 \times L_1 = L_1$$

腹板位置に着目したモーメント形状より

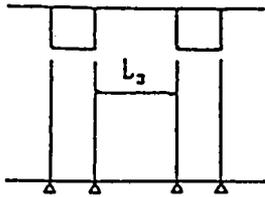
②



$$l = 2 \times 0.5 \times L_2 = L_2$$

分配横桁としてのモーメント形状より

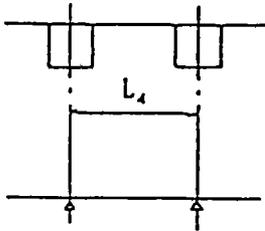
③



$$l = 2 \times 0.2 \times L_3 = 0.4 L_3$$

連続梁の中間支点上と考えて

④



$$l = 2 \times 0.2 \times L_4 = 0.4 L_4$$

張出梁の支点上と考えて

図一解 8.9 有効幅算出の等価支間長

以上のような、種々の考え方があるが、条文では断面に対して安全側である④の考え方を採用した。

(8) スリットのある横リブの設計

○ 現 状

最近鋼床版において、縦リブに構造特性を活かしたUリブの採用が増加している。通常Uリブを用いる場合、製作性向上から縦リブの支点となる横リブ腹板に大きなスリットを設け、縦リブを貫通させている。

しかしながらこの大きなスリットのため、横リブの腹板断面に発生する応力は、通常の梁理論とは異なった複雑な応力状態を示すことが実験、FEM等で確認されている。

このスリットのある横リブの設計については、いまだに明確な設計基準は確立されていない。

○ 問題点

横リブを梁理論のみで設計した場合、上記の複雑な応力状態を反映していないため、一般に剛性の小さな断面に決定してしまう場合が多い。その結果が疲労損傷などの一原因になっていると考えられる。

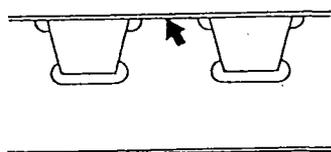
○ 文 献

・ 梁理論に加えて、横リブ腹板上端とデッキ下端との水平せん断力を考慮して設計する。その結果、梁理論に比べ腹板の板厚を厚くしたり、材質を上げる必要がある。(文献 8-1)

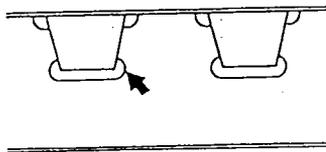
・ スリット下端の位置での局部応力の算出式が記載されている。これを適用した場合、梁理論に比べ断面を極端に大きくしたり、材質を上げる必要がある。(文献 8-2)

・ 横リブをフィーレンデル梁にモデル化して、ウェブ上下端とスリット下端の位置で2次応力まで考慮して設計する。その結果は(文献 8-2)に同じである。(文献 8-3)

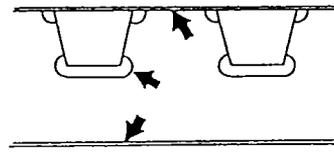
・ 横リブを片持ち梁にモデル化して、スリット下端の位置で2次応力まで考慮して設計する。その結果は(文献 8-2)に同じである。(文献 8-4)



(文献 8-1)



(文献 8-2, 8-4)



(文献 8-3)

○ あとがき

この横リブのスリット部は、疲労の問題ともあいからまって複雑な特性を含んでいる。

従って、応力のみで考えるのではなく、この疲労の問題、許容応力の取り方、スリットの形なども含めて、総合的に設計基準を確立する必要があると思われる。

- 参考文献：8-1 ” 鋼床版設計指針 ” 「阪神高速道路公団」平成元年2月
8-2 ” 北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針 ”
「北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会」平成元年11月
8-3 ” 特殊な形状を有する部材の応力度計算法 ”
「横河橋梁技報」尾下里治、1983年11月
8-4 ” 鋼床版横リブの設計手法と疲労試験 ”
「構造工学論文集」鈴木巖他、1991年3月

8.3 横リブの断面性能

- (1) 設計計算に用いる横リブの断面2次モーメントは横リブ腹板に縦リブの貫通孔の有無にかかわらず、図8.1に示す全断面を有効として算出してよい。
- (2) 横リブに作用するせん断力に対しては図8.1に示す断面の腹板のせん断応力度を(8.1)、(8.2)式により照査するものとする。

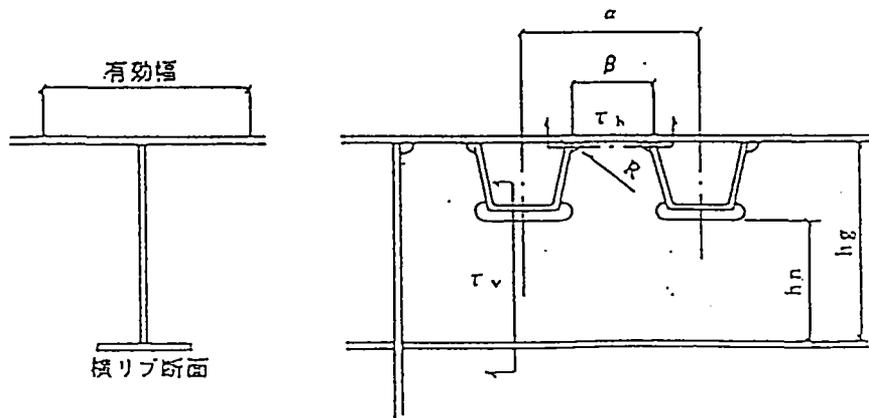


図8.1 横リブのせん断力照査断面

$$\tau_v = \frac{h_p}{h_n} \times \tau_n \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (8.1)$$

$$\tau_h = \frac{\alpha}{\beta - 2 \times R} \times \tau_n \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (8.2)$$

ここで、 τ_n は腹板高 h_g が総て有効とした時のせん断応力度

(2) 横リブのせん断応力度を計算する場合、主桁との接合での応力度よりも、縦リブ貫通部での応力度の方がきびしくなるので(8.1)式で照査することとした。

また、曲げに伴う水平せん断応力度は、腹板の欠損度の大きい閉リブの場合、

(8.1)式で計算される τ_v は平均せん断応力度 τ_m の2倍以上にも達することがある。(8.2)式は標準的なリブ配置を想定しているため、曲線桁等でリブの間隔がせまくなるような場合については閉リブの使用、または、縦リブのダイヤフラムの使用等を考慮するのが望ましい。

縦リブ形式に閉リブを採用する場合は、(8.2)式の適用は不要である。

条文には書かれていないが、解説にスリット下端の局部応力算出式が次のように記載されている。

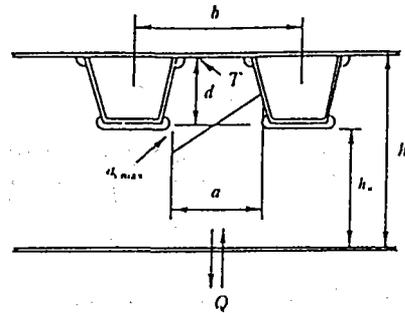


図-解 5.19

図-解 5.19 の $\sigma_{y \max}$ に注目する。

デッキプレートと横リブとの境界部に作用する水平せん断力 $T(\text{kg})$ は、

$$T = \frac{Q}{A_w} \cdot t_w \cdot b = \frac{b}{h} Q$$

ここで、 Q は横リブのせん断力 (kg), A_w は横リブ腹板の断面積 (cm), t_w は横リブ腹板厚 (cm) である。 T によって切欠部に生ずる付加モーメント M は、

$$M = T \cdot d = \frac{bd}{h} Q \text{ となり、局部応力 } \sigma_{y \max} \text{ は、 } \sigma_{y \max} = \frac{M}{I_w} \cdot \frac{a}{2}$$

ここで I_w は、 a における板の断面二次モーメントで、

$$I_w = \frac{t_w a^3}{12} \text{ であるから、}$$

$$\sigma_{y \max} = \frac{M}{I_w} \cdot \frac{a}{2} = \frac{6bd}{a^2 h t_w} Q \dots\dots\dots (\text{解 } 5.2)$$

となり、せん断力 Q が与えられれば、 $\sigma_{y \max}$ が近似的に求められ図-解 5.20 において、図-(a) のスカーラップの場合の距離 A は、図-(b) のスカーラップの場合の距離 C より、式 (解 5.2) における a が小さいので、 $\sigma_{y \max}$ は大きい。

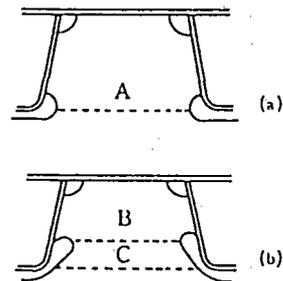


図-解 5.20

図-解 5.19 において、縦リブ位置の横リブ腹板部 h_w におけるせん断応力の値は、実験および三次元 FEM 解析などの結果によると非常に小さい。それは、横リブの欠損部分を縦リブ自身が補剛しているためである。したがって、特にこの h_w の部分を取りだしてせん断応力の照査を行う必要はない。

ここでは、K. Kunert の考え方をUリブの場合に拡張し、一般化した近似計算法を示す。この方法を用い、横リブを設計しようとするとき、これまでの常識を越えたかなり不経済なものになるので、許容応力度の取り方やディテールを再考しなければならないと思われる。

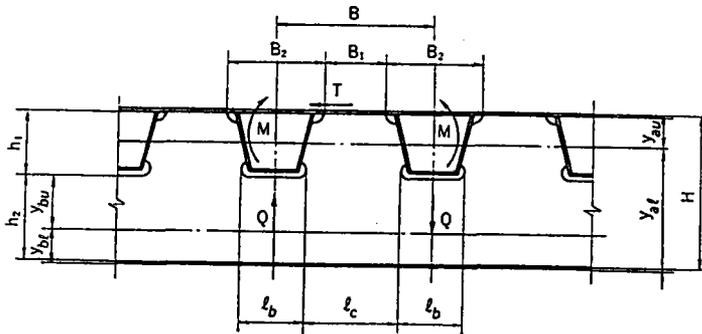


図-21 Uリブスリットを有する鋼床版横リブ

応力照査位置と照査式 (図-27)

照査点①

$$\tau_H = \frac{T}{B_1 t_w} \leq \tau_a \quad \dots\dots\dots (50)$$

$$\sigma_M = \frac{M}{I_a} y_{au} \leq \sigma_a \quad \dots\dots\dots (51)$$

合成応力度の照査

$$\left(\frac{\sigma_M}{\sigma_a}\right)^2 + \left(\frac{\tau_H}{\tau_a}\right)^2 \leq 1.2 \quad \dots\dots\dots (52)$$

すみ肉溶接の脚長 S

$$S \geq \frac{T}{\sqrt{2} B_1 \tau_a} \quad \dots\dots\dots (53)$$

ここで、 τ_a : 許容せん断応力度

σ_a : 許容引張応力度

照査点②

$$\sigma_{M+Q} = \frac{M}{I_a} y_{am} + \frac{Q l_b}{2 I_b} y_{bu} < \sigma_a \quad \dots\dots\dots (54)$$

$$\sigma_T = \frac{6 T h_1}{t_w l_c} < \sigma_a \quad \dots\dots\dots (55)$$

二軸応力状態の照査

$$\left(\frac{\sigma_{M+Q}}{\sigma_a}\right)^2 \pm \left(\frac{\sigma_{M+Q}}{\sigma_a}\right) \left(\frac{\sigma_T}{\sigma_a}\right) + \left(\frac{\sigma_T}{\sigma_a}\right)^2 \leq 1.2 \quad \dots\dots (56)$$

注) 自由辺であるので、せん断応力度 τ は 0 である。

照査点③

$$\sigma_{M+Q} = \frac{M}{I_a} y_{at} + \frac{Q I_b}{2 I_b} y_{bt} < \sigma_a \dots\dots\dots (57)$$

$$\tau_V = \frac{Q S_b}{t_w I_b} < \tau_a \dots\dots\dots (58)$$

ここで、 S_b : 断面 $b-b$ の中立軸に関する下フランジの断面一次モーメント

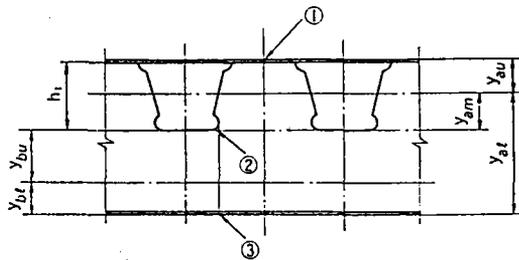


図-27 応力度照査位置

最後に、梁理論での設計と、本論文の2次応力を考慮した設計とを比較すると、腹板断面で以下のように極端に異なることが示されている。

- ・ 梁理論 550 x 10 (SS41)
- ・ 本論文 700 x 10 (SM50Y)

横リブを片持ち梁にモデル化して簡易的にスリット部の応力を求めると以下のようなになる。

スリット歯部に作用する水平力 T は、

$$T = \frac{Q \cdot S}{I_a} \cdot \alpha$$

S : 照査点より外側断面の中立軸に関する断面一次モーメント
 I_a : 図-1, Sec-Aの断面二次モーメント
 その他: 図-1 参照

スリット自由縁での鉛直方向垂直応力度 σT は、

$$\sigma T = 6 \cdot T \cdot h / t_w \cdot l_c$$

t_w, l_c : 図-1 参照
 h : スリット高さ

また、スリット自由縁に作用する水平方向垂直応力度 $\sigma M+Q$ は、

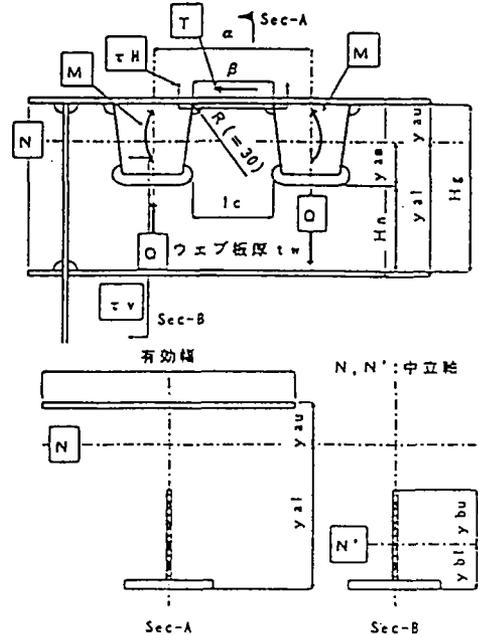
$$\sigma M+Q = \frac{M}{I_a} \cdot y_{am} + \frac{Q \cdot l_b}{2 \cdot I_b} \cdot y_{bu}$$

I_b : 図-1 Sec-Bの断面二次モーメント
 その他: 図-1 参照

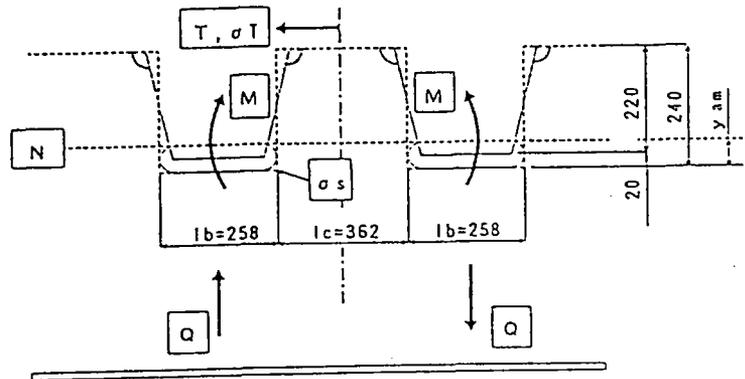
したがって、スリット自由縁での最大主応力 σ_s は、

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma M+Q^2 + \sigma T^2}$$

として求められる。



スリット部の記号



簡易計算モデル

この簡易計算を先の標準的な鋼床版橋について行くと $\sigma_s = 3222 \text{ kg/cm}^2$ となり、ウェブを SM50 Y, 16mm にすることが必要な結果となる。しかし、実橋では図-1 中に示したように追越車線相当部に 2 軸 (4 輪) 載荷されるのみであり、設計計算で行われるように T-20 後輪が 7 輪も満載されることはない。仮に図-1 に示した載荷状態であるとする $\sigma_s = 1852 \text{ kg/cm}^2$ となり、現行基準を満足する。

(9) 縦リブの添接計算

○ 現 状

鋼床版の縦リブの現場継手には、高力ボルト接合と溶接接合が考えられる。それぞれ長所短所があり、一概にどちらが良いとは言えない。ただ、開断面リブの場合には高力ボルト接合が一般である。

ここでは、この高力ボルト接合の添接計算について考える。

鋼床版の縦リブの場合、応力状態が床組作用、主桁作用、[床組+主桁]作用とそれぞれ存在し、その応力形状も異なる。この場合の設計断面力の取り方や、または孔引きの考え方、デッキとの応力分担など、設計者の判断にゆだねられるところが多い。

○ 問題点

設計例を調べてみると、以下のような点で違いが見られ、あるいは問題点が考えられる。設計法の違いにより、例えば添接板の板厚に2倍程度影響が出ている場合もある。(設計例をまとめたものを後ページに示す)

① 設計断面力の考え方

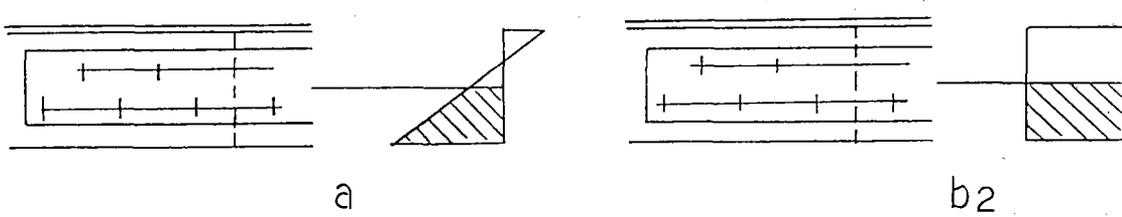
以下の3通りの方法に分けられる。

- a. 床組で設計 (床組が支配的だと考える)
- b. 床組、主桁、[床+主] 全てで設計
- c. 全強で設計

② ボルト本数の算出

大きくは以下の2通りの方法に分けられる。

- a. ウェブタイプで設計 (主に床組作用の場合)
- b. フランジタイプで設計 (主に主桁作用、全強の場合)
 - b1. 全ボルト本数を算出
 - b2. 一列毎にボルト本数を算出



(後ページに示す設計例の表内の a, b1, b2 は上記を示す)

③ 母材孔引きの照査

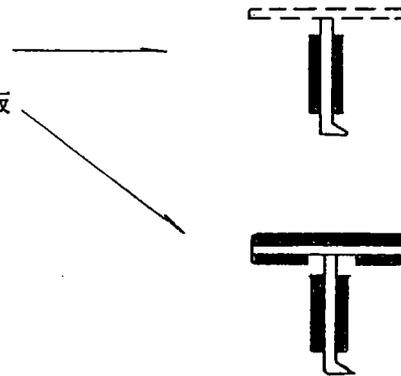
- a. ウェブタイプで設計する場合、孔引き照査は不要か
- b. 全強で設計する場合、トラフは母材アップが一般的であるが、バルブの孔引きをどのように考えるか

④ 添接板の設計

- a. 必要剛性（断面積、剛度）を照査する場合、次のどちらで行うのが妥当であるか

- ・縦リブのみの添接板
- ・縦リブとデッキの添接板

- b. 応力照査は必要か



○ 参考文献

阪神公団の鋼床版設計指針（文献 9-1）に、照査すべき応力状態が示されている。

また参考として、阪神公団と名古屋公社の標準図集からの抜粋を付ける（文献 9-2）。これからもバルブリブに取り付く添接板が、両者で大きく異なっていることがわかる。

○ あとがき

ここで結論付けるものではないが、一つの考えとして記する。

① 設計断面力の考え方について

基本的に、阪神公団の指針に示されている様に、床組、主桁、[床+主]の全てに対して照査すべきだと思う。しかし、[床+主]など応力レベルが明らかに低いと判断すれば、これを省略しても良いと思われる。

また全強で設計しても、ボルト本数、添接板が過大にならなければ問題はないと思う。

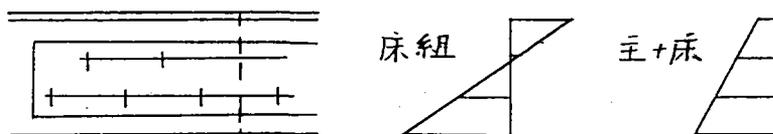
② ボルト本数の算出について

「道示」に従い、応力勾配のある床組作用に対してはウェブタイプ、応力勾配の少ない主桁作用、全強に対してはフランジタイプで設計しており、問題はないと思う。

③ ウェブタイプで設計する場合の母材孔引きの照査

床組作用の応力状態を見ると、ボルト位置では下図のように、応力レベルが低くなるのが一般的であり、孔引きの照査は不要と考える。

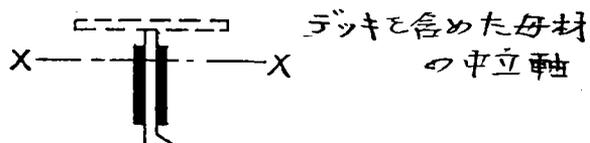
ただ、[床+主]作用の時は、全体としての応力レベルは低くても、ボルト位置で応力が急減するとは言えないため、注意する必要があると思う。



④ 添接板の剛性の算出について

縦リブとデッキの添接板を一緒に扱うと、どちらかの添接板の剛性を大きくして、片方を小さくしても、計算上OKとなり、これは問題である。

従って、縦リブのみ、すなわち各部材（板）に対して、添接板の剛性を確保する必要があると思う。ただしこの場合、剛性を算出する際の中立軸は、縦リブとデッキを一緒にした母材の中立軸とすべきだと考える。



文献 9 - 1	” 鋼床版設計指針 ”
平成元年 2 月	「 阪神高速道路公団 」

7. 5 高力ボルトによる縦リブの現場継手

- (1) 高力ボルトによる縦リブの現場継手はできるだけ応力レベルの小さい位置に設けるものとする。
- (2) 高力ボルトによる縦リブの現場継手は下記に示すすべての応力度に対してその安全性を照査しなければならない。
- a) 主桁作用による応力度
 - b) 床版および床組作用による応力度
 - c) 主桁作用と床版および床組としての作用とを同時に考慮した応力度
- なお、c) 項の応力度に対しては表 5. 2 に規定される許容応力度によるものとする。

(解説)

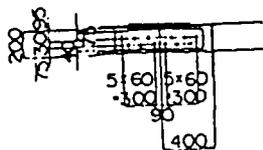
- (2) 主桁作用と床版および床組作用との合成応力に対する継手部の安全性の照査方法については道示でも明確に規定されておらず、種々の考え方があるのが実情である。指針では一応道示鋼橋編 6.2.2 の考え方に従い、継手の設計でも許容応力度の割増しを行ってもよいこととした。割増し率は高力ボルトおよび連結板とも 40% とする。
- なお、連結板の設計は道示 4.3.6 によるのを原則とするが、慣用的には主桁作用および床組作用に対して連結板のみによる断面性能が母材と同等以上になるようにすると良い。

昭和 6 3 年 「阪神高速道路公団」、昭和 6 2 年 「名古屋高速道路公社」

標準設計のボルト配置

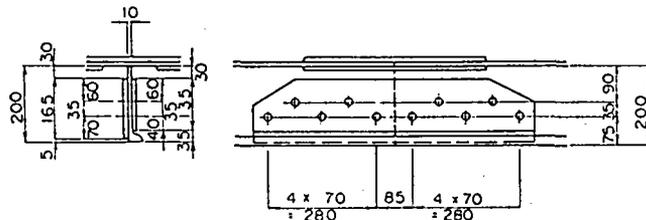
バルブリブの場合

[阪神公団]



2 - Spl. R. 145 x 18 x 770 (SM50YB)
12 - H.T. Bolt M22 x 80 (SIOT)

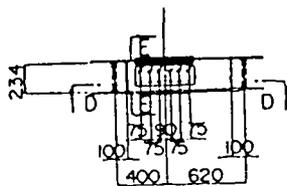
[名古屋公社]



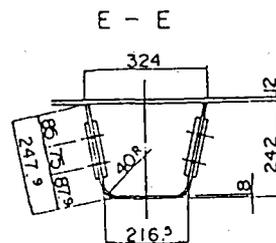
1 - Spl. PL 135 x 11 x 725 (材質)
1 - Spl. PL 165 x 9 x 725 (-)
10 - T C B M22 x 65 (SIOT)

トラフリブの場合

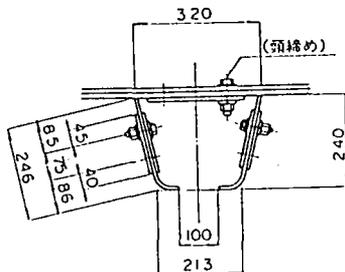
[阪神公団]



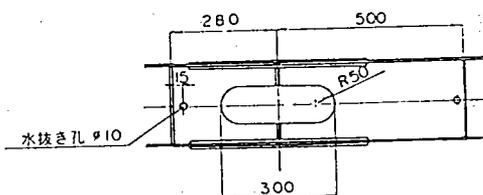
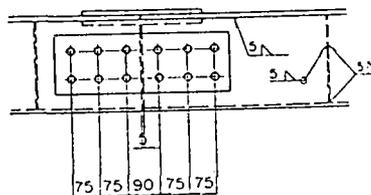
1 - U. Rib. R. 674 x 8 x 400 (SM50YA)
1 - U. Rib. R. 674 x 8 x 620 (SM50YA)
4 - Spl. R. 155 x 14 x 470 (SM50YA)
12 - H.T. Bolt M22 x 75 (FIOT)
12 - H.T. Bolt M22 x 70 (SIOT)

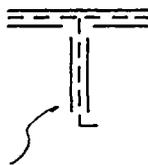
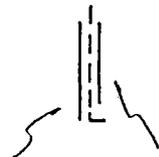
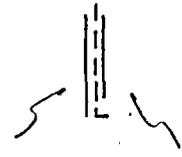


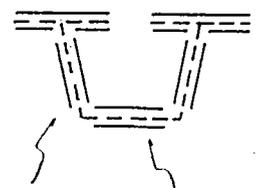
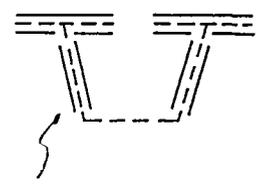
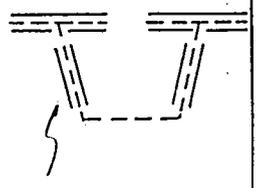
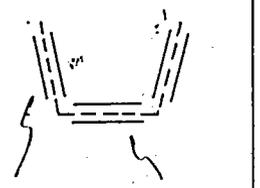
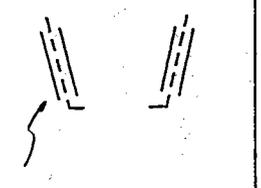
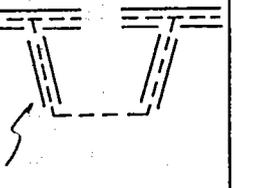
[名古屋公社]



4 - Spl. PL 160 x 13 x 470 (材質)
24 - H T B M22 x 75 (FIOT)



設計例		NO. 1	NO. 2	NO. 3	NO. 4	NO. 5	NO. 6
条件	リブ形状	バルブ 200*10	バルブ 200*10	バルブ 200*10	バルブ 230*11	バルブ 200*10	
	デッキ継手形式	溶接	?	HTB	HTB	?	
設計方法	設計の考え方	床組作用力で設計	主桁作用力?	床組で設計し、 主桁と(床+主) を照査	床組で設計し、 (床+主)を照査	?	
	ボルト本数の算出	?	フランジタイプ(b1) で設計	ウェブタイプ(a) で設計	ウェブタイプ(a) で設計	フランジタイプ(b1) で設計	
	母材の孔引き照査	?	照査あり	なし	なし	照査あり	
	添接板の設計	剛度照査 A, I 応力照査 σ  2-125*25	剛度照査 A  2-125*12	剛度照査 A, I 応力照査 σ  2-130*19	剛度照査 A, I 応力照査 σ  210*11 180*12	剛度照査 A  170*10 140*10	
	その他						

設計例		NO. 7	NO. 8	NO. 9	NO. 10	NO. 11	NO. 12
条件	リブ形状	トラフ 320*240*6 -> 8	トラフ 320*240*6 -> 8	トラフ 320*240*6 -> 8	トラフ 320*240*6 -> 8	トラフ 320*240*6 -> 8	トラフ 320*240*6 -> 8 (8->11)
	デッキ継手形式	HTB	HTB	HTB	HTB	?	HTB
設計 方法	設計の考え方	全強で設計	主桁作用で設計	全強で設計	?	(主桁+床組)で設計	床組、主桁で設計 (ボルト本数は 全強で算出)
	ボルト本数の算出	ウェブ(a)と下フランジ(b1)別々に設計	フランジタイプ(b1)で設計	フランジタイプ(b1)で設計	フランジタイプ(b1)で設計	フランジタイプ(b2)で設計	フランジタイプ(b2)で設計
	母材の孔引き照査	照査あり (ハントホール含む)	照査あり (ハントホール含む)	照査あり (ハントホール含む)	照査あり (ハントホールのみ) (ボルト孔?)	照査あり (ハントホール含む)	照査あり (ハントホール含む)
	添接板の設計	剛度照査 A, I  4-155*9 2-134*9	剛度照査 A, I  4-155*14	剛度照査 A, I  4-155*14	剛度照査 A, I  4-155*8 2-132*8	剛度照査 A, I  4-160*13	剛度照査 A, I  4-155*14 (16)
	その他						

6. ま と め

鋼床版に関する諸問題の中から設計実務者が日頃疑問を持ちながら検討を省略したり又は、問題の所在を見逃ごしたりする身近な点について文献調査を主として各グループメンバーの分担により成果報告書として纏めあげている。

鋼床版構造が抱える諸問題は多岐に渡るが、特に疲労損傷・局部応力集中に関わる問題はこれからの設計実務の上で見逃ごせない点である。

本成果報告書が鋼床版の個別の問題点を掘り下げてゆく為の文献調査の手引として活用されるものである事を期待したい。

ワーキンググループの会合は、月1回ずつ各メンバーの持ち回りで開催され文献調査から抽出された問題点について全員で討議を行った。

ワーキンググループのメンバーは下記の8名である。

川田工業 ^(株)	岩崎 祐次
高田機工 ^(株)	高橋 裕
日立造船 ^(株)	今井 孝義
^(株) 東京鉄骨橋梁製作所	入部 孝夫
駒井鉄工 ^(株)	稲村 和彦
^(株) 日本構造橋梁研究所	鎌田 瑞男
^(株) 横河技術情報	長崎 富彦
川鉄鉄構工業 ^(株)	小林 徳寿

各メンバーが多忙な設計業務の合間を縫って作成した成果品で、検討が不十分な点が多々残されているので部会員の方々の御指摘・御教示をお願い致します。

以 上