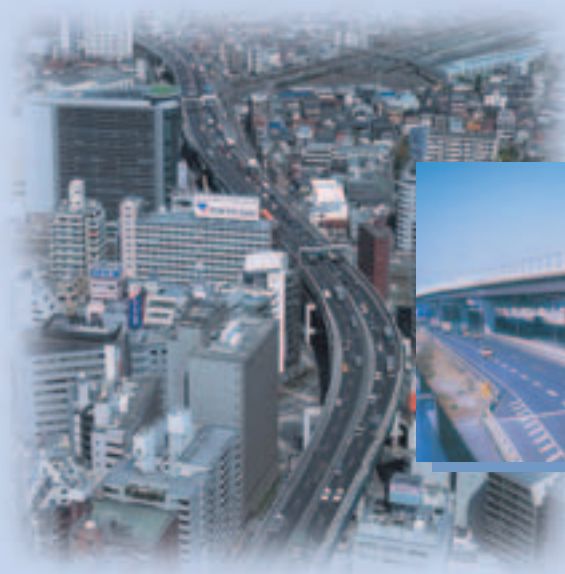


新しい鋼橋の誕生



改訂版

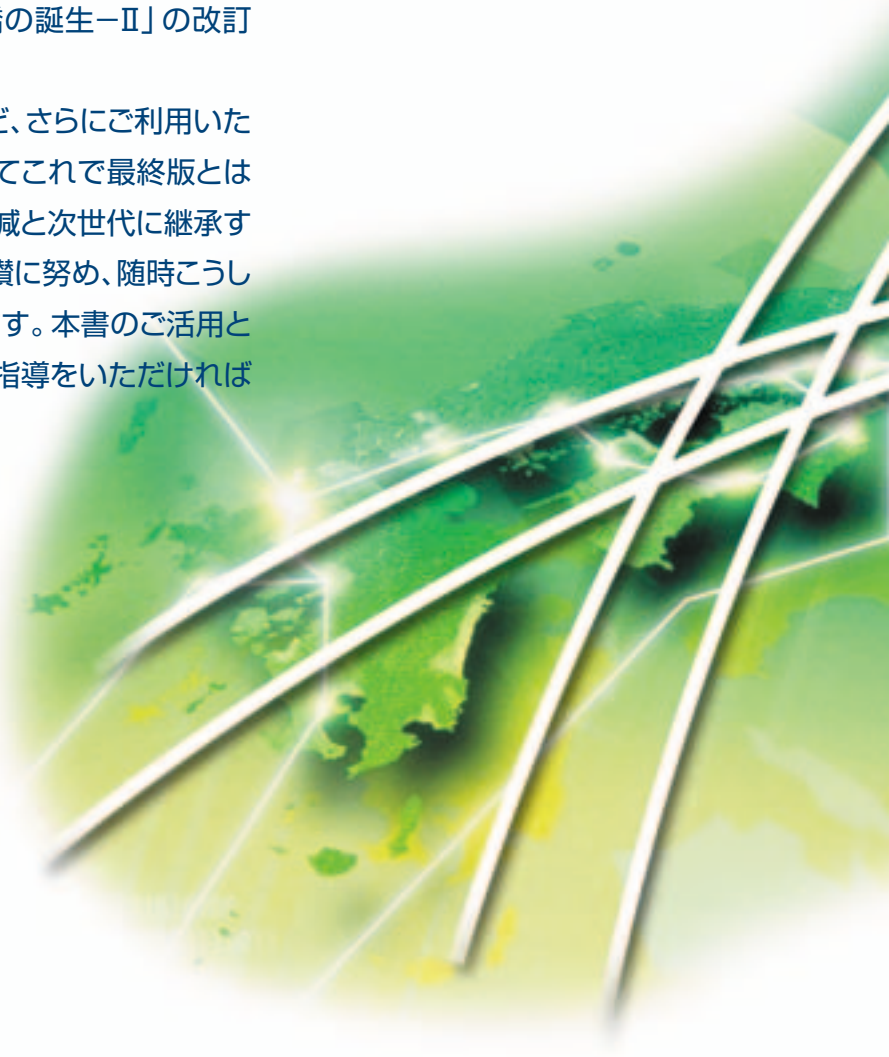


社団法人 日本橋梁建設協会

経済性、耐久性、安全性・・・ いま、公共工事に求められる 合理化された橋梁建設の 最新モデルがここに 있습니다。

社団法人 日本橋梁建設協会が「新しい鋼橋の誕生-Ⅱ」を発行して1年半になります。その間、各形式の実績も益々増え、各種合理化構造をご採用いただく範囲も一層広がりを見せております。つきましてはこうした実績を踏まえ、新しい形式のご提案も含めて、小冊子「新しい鋼橋の誕生-Ⅱ」の改訂版をお届けすることといたしました。

新しい鋼橋の選定フローを一新するなど、さらにご利用いただきやすい内容にいたしました。決してこれで最終版とは考えておりません。公共投資のコスト縮減と次世代に継承する社会資本の品質確保のために日々研鑽に努め、随時こうした改訂版を発行していく所存でございます。本書のご活用と併せて、是非とも忌憚のないご意見とご指導をいただければ幸甚です。



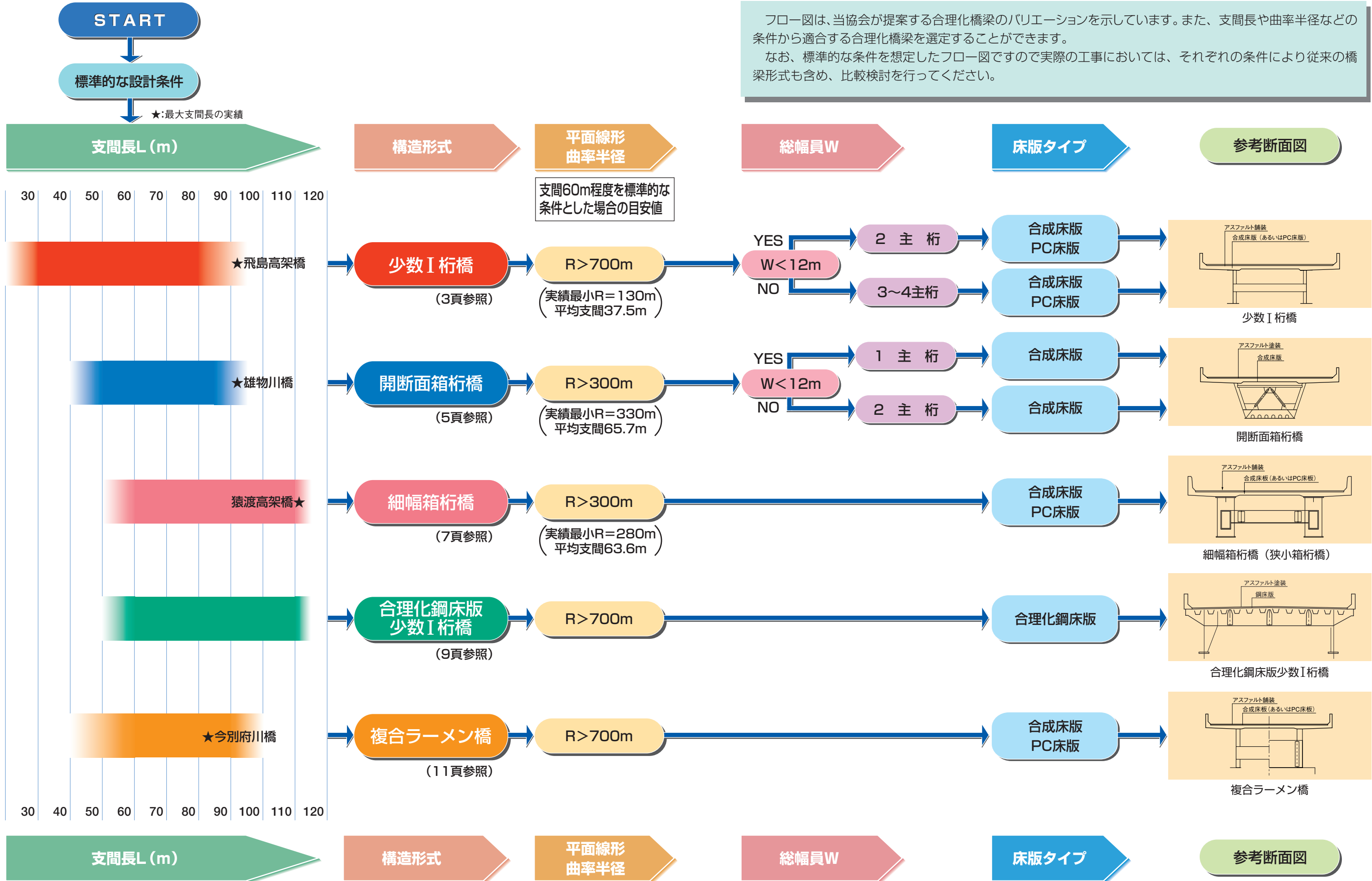


C O N T E N T S

1	新しい鋼橋の選定フロー	1
2	新しい主桁形式	3
	2-1 少数I桁橋	3
	2-2 開断面箱桁橋	5
	2-3 細幅箱桁橋	7
	2-4 合理化鋼床版少数I桁橋	9
	2-5 複合ラーメン橋	11
	2-6 合理化トラス橋・複合構造	13
3	新しい鋼橋の床版と防水	15
	3-1 鋼・コンクリート合成床版	16
	3-2 PC床版	19
	3-3 合理化鋼床版	23
	3-4 床版防水工	27
4	新しい支承	29
5	新しい製作技術	31
	5-1 製作情報のIT化	31
	5-2 組立精度の管理	32
6	新しい防錆、防食	33
	6-1 新しい耐候性鋼材使用橋梁	33
	6-2 亜鉛、アルミニウム溶射	35
7	新しい鋼橋の架設	37
	7-1 新しい鋼橋の架設事例	37
	7-2 特殊架設工法の事例	39

1 新しい鋼橋の選定フロー

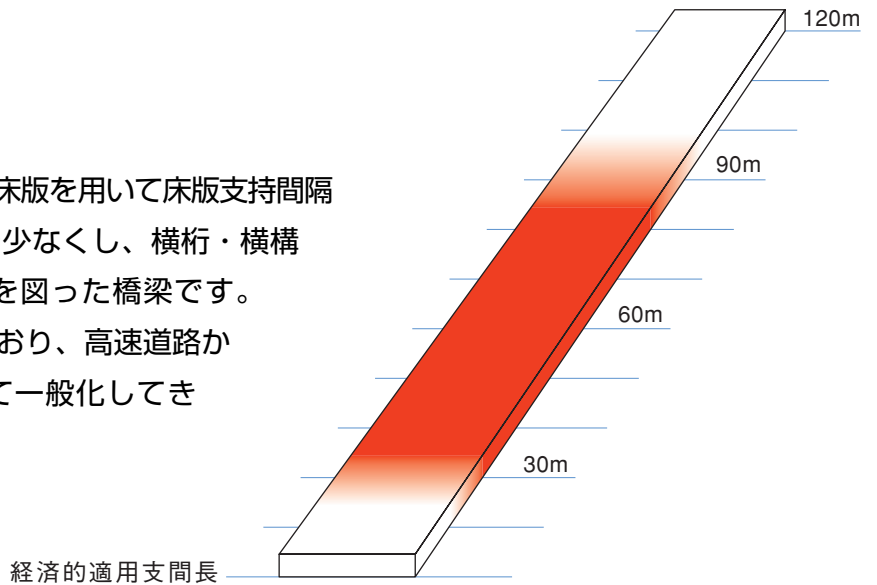
フロー図は、当協会が提案する合理化橋梁のバリエーションを示しています。また、支間長や曲率半径などの条件から適合する合理化橋梁を選定することができます。
 なお、標準的な条件を想定したフロー図ですので実際の工事においては、それぞれの条件により従来の橋梁形式も含め、比較検討を行ってください。



2 新しい主桁形式

2-1 少数I桁橋

少数I桁橋とは、合成床版またはPC床版を用いて床版支持間隔を大きくすることにより、主桁本数を少なくし、横桁・横構などを単純化または省略して合理化を図った橋梁です。近年この新形式橋梁の採用が広がっており、高速道路から一般道路まで、鋼橋の一形式として一般化してきています。



少数I桁橋の特長

◇製作・架設費の低減と工期短縮

■合成床版・PC床版の採用

- 合成床版またはPC床版を採用し床版支間を拡大します。
- 合成床版は底鋼板が型枠を兼ねるので現場の作業を省力化できます。
- PC床版は場所打ち床版またはプレキャスト床版のいずれにも対応できます。

■主桁構造・横桁構造の合理化、横構の省略

- 床版支間の拡大により主桁本数を削減できます。
- 横桁間隔を10m程度まで拡大し、形鋼の使用など横桁構造を簡略化します。
- 横荷重に対しては床版で抵抗する設計とし、横構を省略します。

◇維持管理費の低減

- 部材数の減少にともない塗装面積が減り、維持管理費の低減が図れます。
- 合成床版、PC床版の採用により床版の耐久性が飛躍的に向上し、維持管理費の低減が図れます。

◇架設作業時の安全性向上

- 合成床版では床版の型枠工ならびに桁下安全設備など桁下の作業が省かれ、安全性が大きく向上します。

◇景観

- 部材数の減少により、シンプルな外観になります。

◇耐風安定性

- 一部の強風地域を除き、支間70m程度までについては、耐風安定性は確保できます。さらに支間が大きくなった場合には耐風検討が必要ですが、発散振動については、横構を設けてねじれ剛性をあげることによって耐風性能を改善できます。



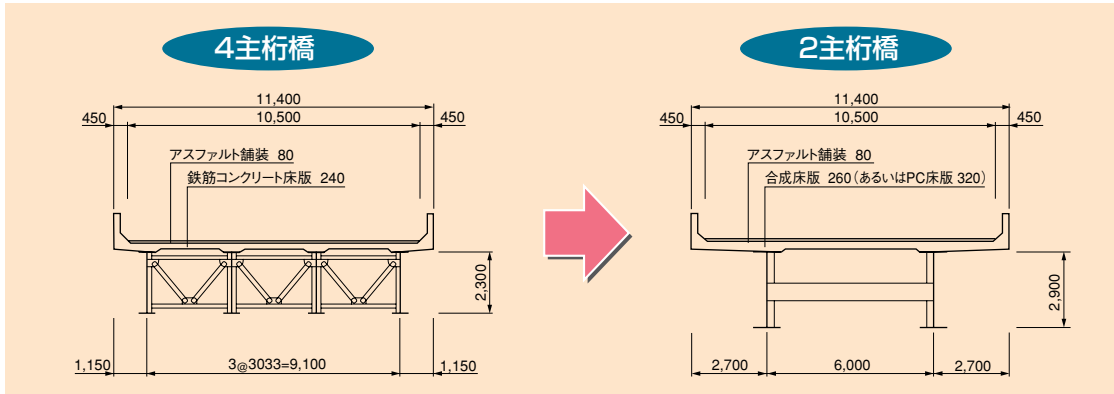
千鳥の沢橋（2主桁）



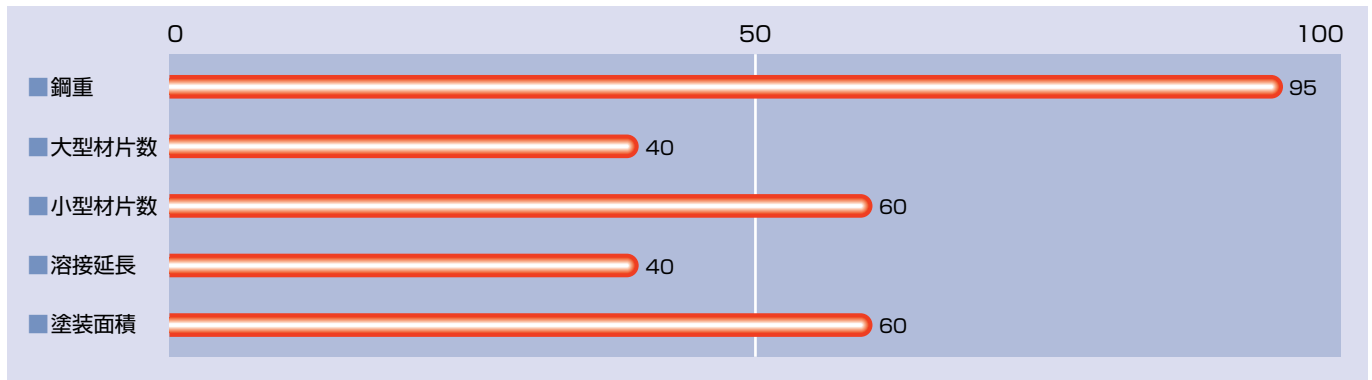
東海大府高架橋（3主桁×上下線2連）

従来設計との比較

従来設計の多主桁橋と少数I桁橋（2主I桁橋）との比較を以下に示します。



従来設計の多主桁橋を100とした場合の2主I桁橋の各項目比



さらなる技術開発

■長支間PC床版の開発

- 広幅員の2主I桁橋における床版支間10m程度の長支間場所打ちPC床版について、当協会は各種解析と実物大実験を実施し、その設計施工方法を確立しています。

■連続合成桁の採用や合成床版（底鋼板）の有効活用

- 高耐久性床版の採用にともない、床版を有効活用した連続合成桁が採用され始めています。
- 合成床版の底鋼板を主桁の一部として考慮することにより主桁鋼重を低減する合理的な設計法の検討が行われています。



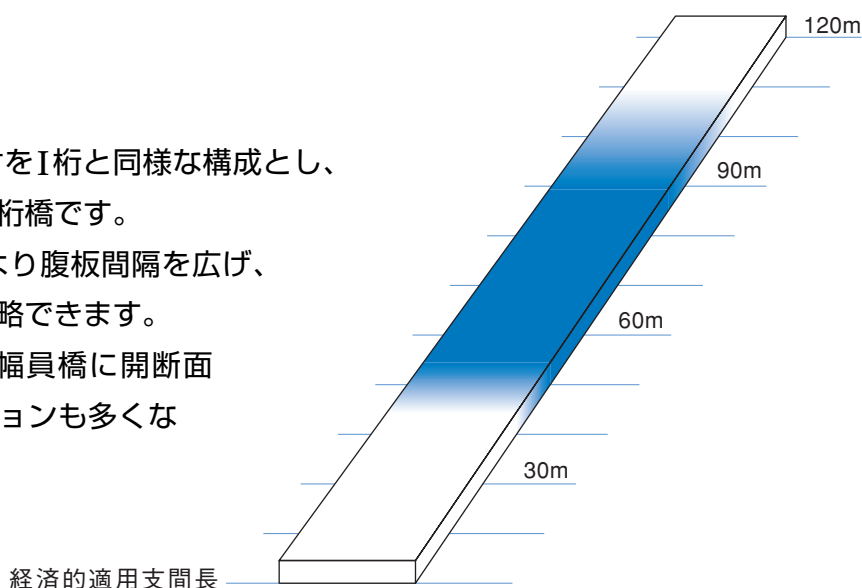
藁科川橋（床版支間11m）

2-2 開断面箱桁橋

開断面箱桁橋とは、上フランジ部材をI桁と同様な構成とし、床版と合成させ、閉断面を形成する箱桁橋です。

床版は合成床版を使用することにより腹板間隔を広げ、縦桁・横桁などの床組構造を大幅に省略できます。

近年、採用実績がふえており、広幅員橋に開断面2主桁桁橋を採用するなどバリエーションも多くなっています。



開断面箱桁橋の特長

◇製作・架設費の低減と工期短縮

■主桁構造の合理化

- 主桁は床版との合成断面として鋼断面を小さくでき経済的です。
- 主桁断面形状は、矩形または逆台形のどちらも採用できます。

■合成床版の採用

- 合成床版を採用することにより、床版支間を拡大することができます。
- 縦桁、横桁、ブラケットなどの床組や横構を省略できます。
- 型枠および床版施工用足場を省略することができ、現場作業を大幅に省力化でき、安全性も向上します。
- 底鋼板が補強材として機能しますので、架設時（送り出し架設時の全体座屈防止など）の安全性が向上します。

■ダイヤフラムの合理化

- 充腹構造をトラス構造とし、形鋼を使用します。

◇耐風安定性

- 従来の箱桁橋と変わりません。



雄物川橋



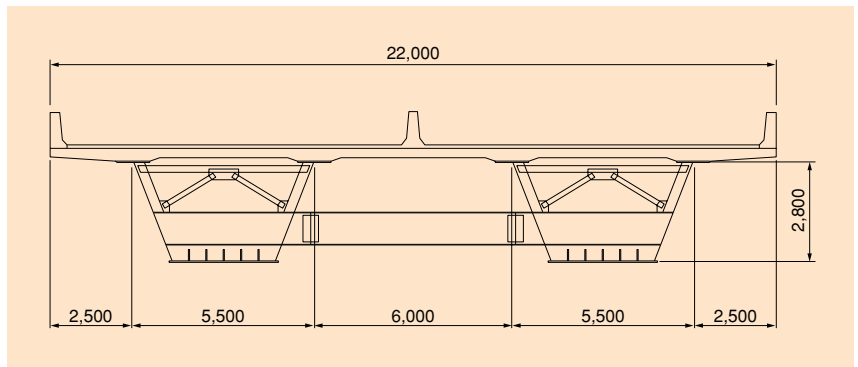
福岡高速5号線

■パネル工法の採用

- ウェブ・フランジパネルを工場で製作し、現場にて箱断面に組み立てるパネル工法も採用されています。

■開断面2主箱桁橋の採用

- 広い幅員の橋梁に対して、開断面の2主箱桁橋を採用することが出来ます。



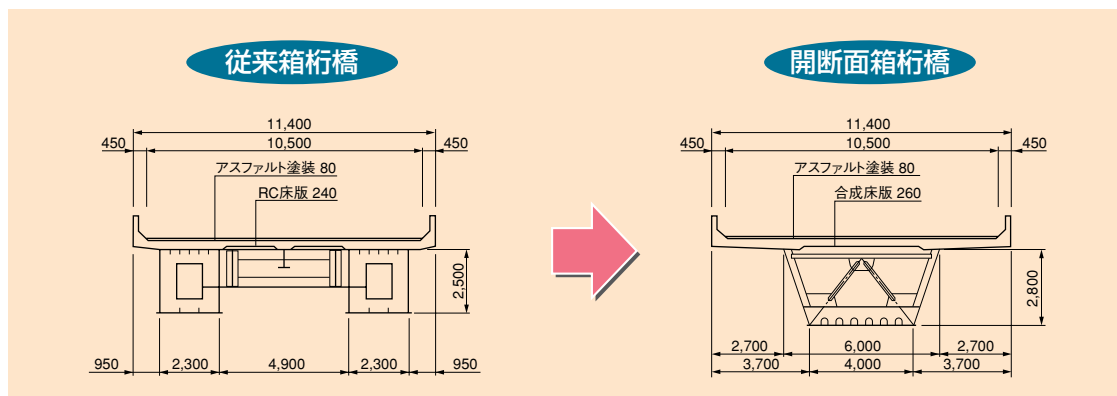
開断面2主箱桁橋

◇維持管理費の低減

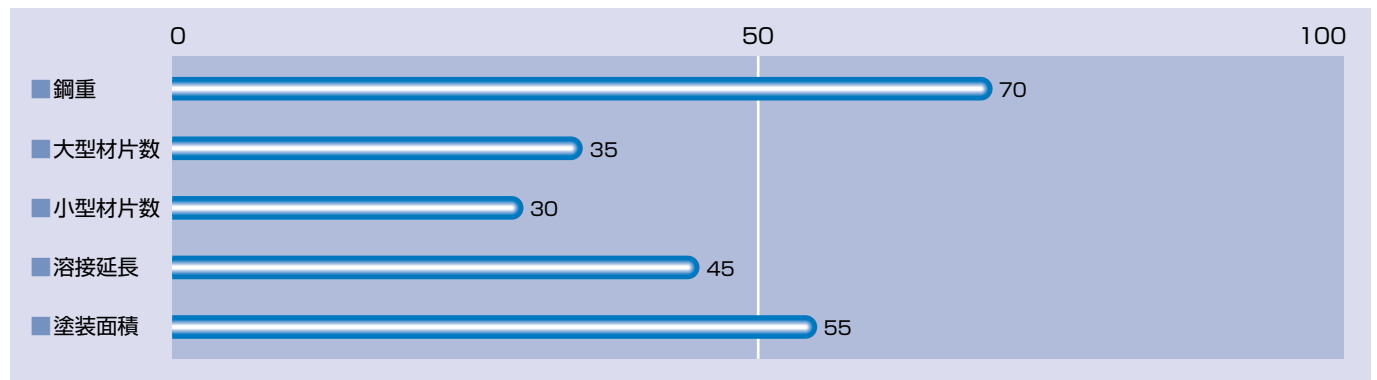
- 部材数の減少にともない塗装面積が減り、維持管理費の低減が図れます。
- 合成床版の採用により床版の耐久性が飛躍的に向上し、維持管理費の低減が図れます。

■従来設計との比較

従来設計の2主箱桁橋と開断面箱桁橋との比較を以下に示します。



従来設計の2主箱桁橋を100とした場合の開断面箱桁橋の各項目比

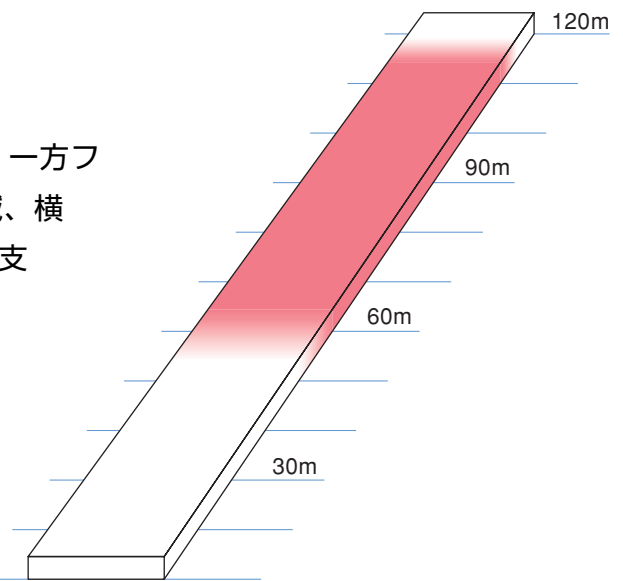


2-3 細幅箱桁橋

細幅箱桁橋とは、箱断面の幅を従来箱桁より狭くし、一方フランジを厚くして箱内構造を簡略化（縦リブ本数を低減、横リブを省略）し、また合成床版、PC床版を用いて床版支間を大きくすることにより床組構造を省略して合理化を図った箱桁橋です。

長支間橋に採用する場合は、フランジ断面が厚板化するため、比較的広幅の断面としても、箱内構造を簡略化することができます。

経済的適用支間長



細幅箱桁橋の特長

◇製作・架設費の低減と工期短縮

■主桁構造の合理化

- 箱断面の細幅化により、縦リブ本数を大幅に低減し、また横リブを省略することができます。
- 長支間の場合は、箱断面幅を比較的広くしても、箱内構造を簡略化することが可能です。右の員弁川橋は、最大支間長97.6m、桁高（3.1m）×ウェブ間隔（2.5m）ですが、縦リブは1本で横リブは設けていません。

■合成床版・PC床版の採用

- 合成床版またはPC床版を採用することにより、床版支間を拡大する事ができます。
- 合成床版は型枠および床版施工用足場を省略する事ができます。
- 床版支間が3m程度以下の場合はRC床版を採用することもでき初期建設コストを低減できます。ただし、ライフサイクルコストは高くなることに注意が必要です。

■床組構造の省略

- 床版支間の拡大にともない、縦桁、ブラケットなどの床組構造を省略することができます。

◇耐風安定性

- 従来の箱桁橋と変わりませんが、ウェブ高に比べフランジ幅がとくに小さい場合の耐風性は、少数I桁橋と同様です。

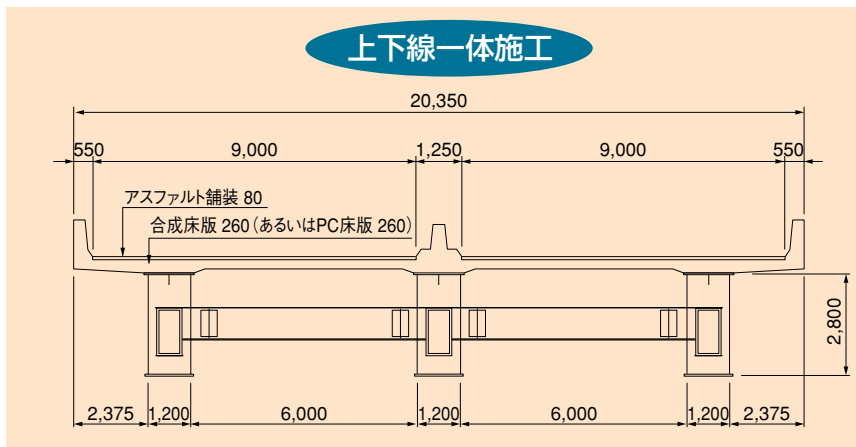


員弁川橋



引佐ジャンクションランプ橋（90m～）

- 上下線を一体施工することにより、さらなるコスト削減を図ることができます。

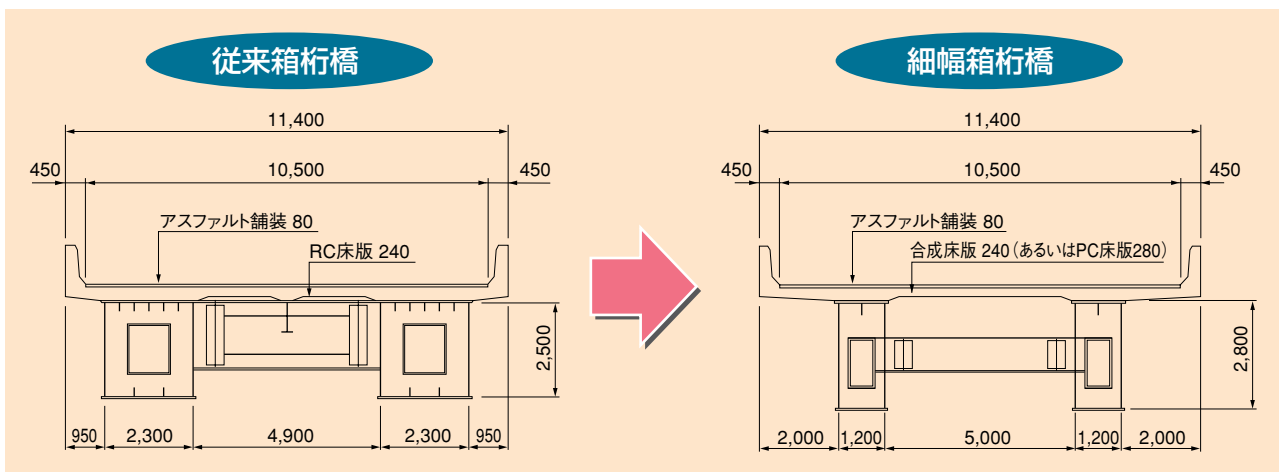


◇維持管理費の低減

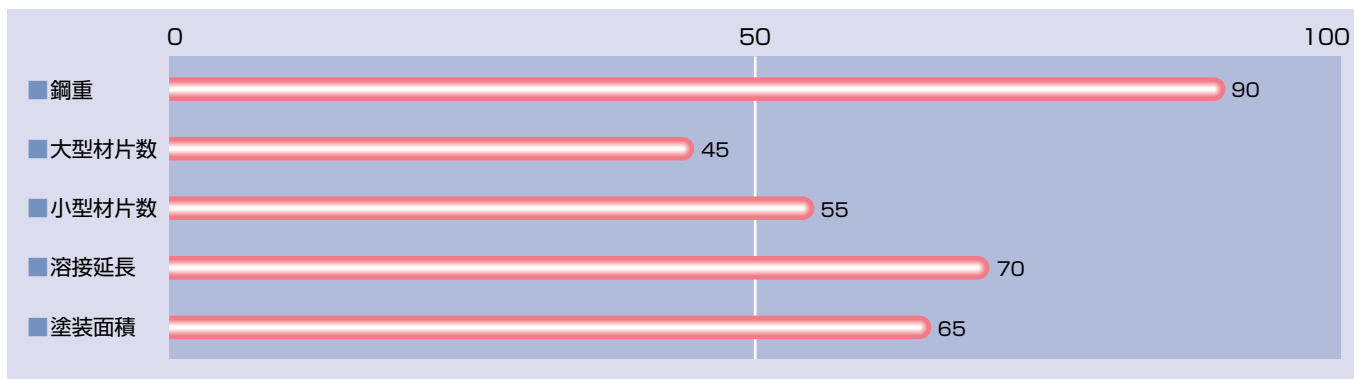
- 部材数の低減にとまない塗装面積が減り、維持管理費の低減が図れます。
- 合成床版、PC床版の採用により床版の耐久性が飛躍的に向上し、維持管理費の低減が図れます。

従来設計との比較

従来設計の2主箱桁橋と細幅箱桁橋との比較を以下に示します。

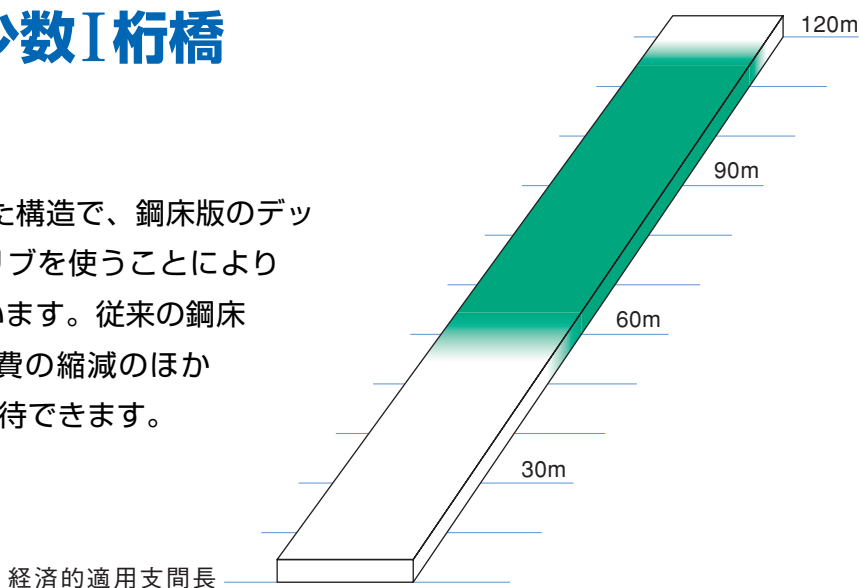


従来設計の2主箱桁橋を100とした場合の細幅箱桁橋の各項目比



2-4 合理化鋼床版少数I桁橋

合理化鋼床版少数I桁橋とは
 合理化鋼床版と少数I桁を組み合わせた構造で、鋼床版のデッキプレート厚を上げ、かつ大断面Uリブを使うことにより工場製作の省力化を図ったものをいいます。従来の鋼床版に比べて、鋼重はやや減少し、工費の縮減のほか耐久性が向上するなどのメリットが期待できます。

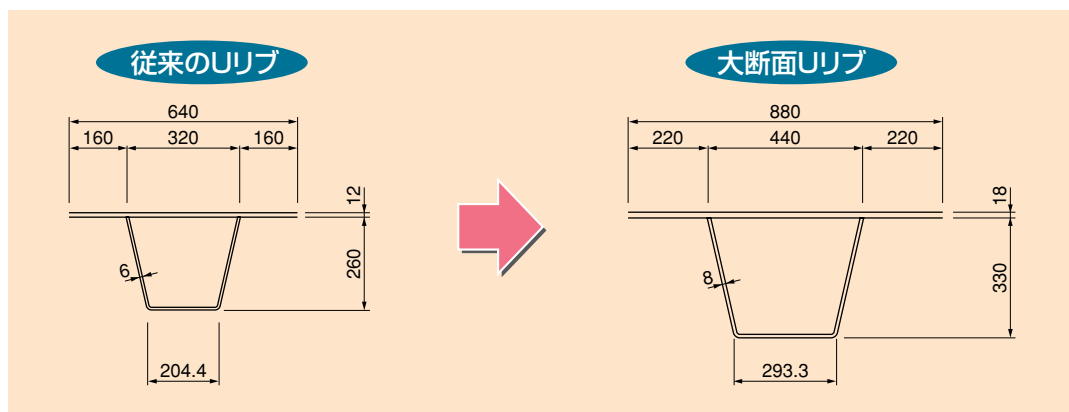


合理化鋼床版少数I桁橋の特長

◇製作・架設費の低減と工期短縮

■鋼床版の合理化

- 大断面Uリブの使用により、リブ本数・溶接線数が減少します。
- デッキプレートの増厚により耐久性が向上します。



■2主I桁との組合せ

- 厚板下フランジの採用と現場溶接技術の向上により、2主桁化が可能です。
- デッキプレートの増厚と大断面Uリブの採用により床組構造の簡素化ができます。

■現場床版工が不要

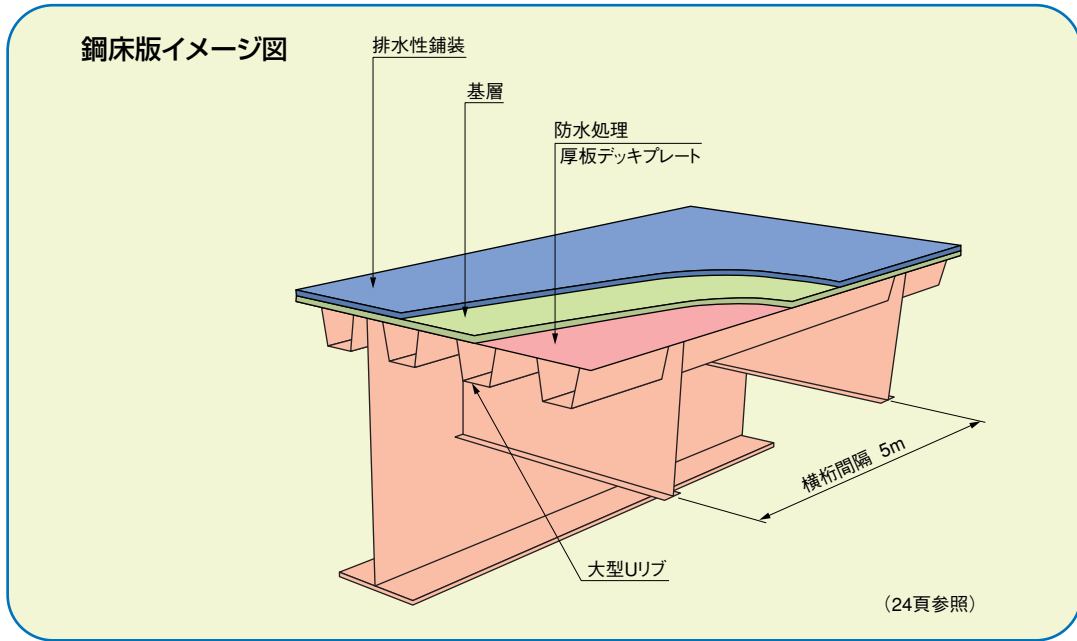
- 現場でのコンクリート打設が不要で、工期を大幅に短縮できます。

◇下部工への荷重負担の軽減

- 上部工の重量が低減でき、下部工への負担が減り、特に耐震性に優れます。

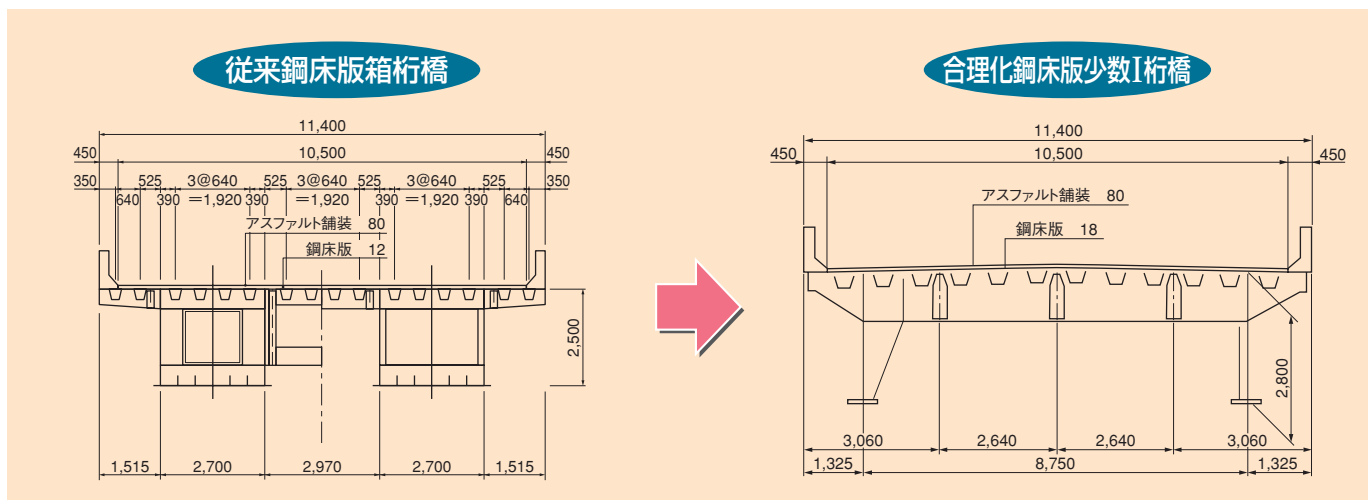
◇耐風安定性

- 耐風性は、少数I桁橋と変わりません。

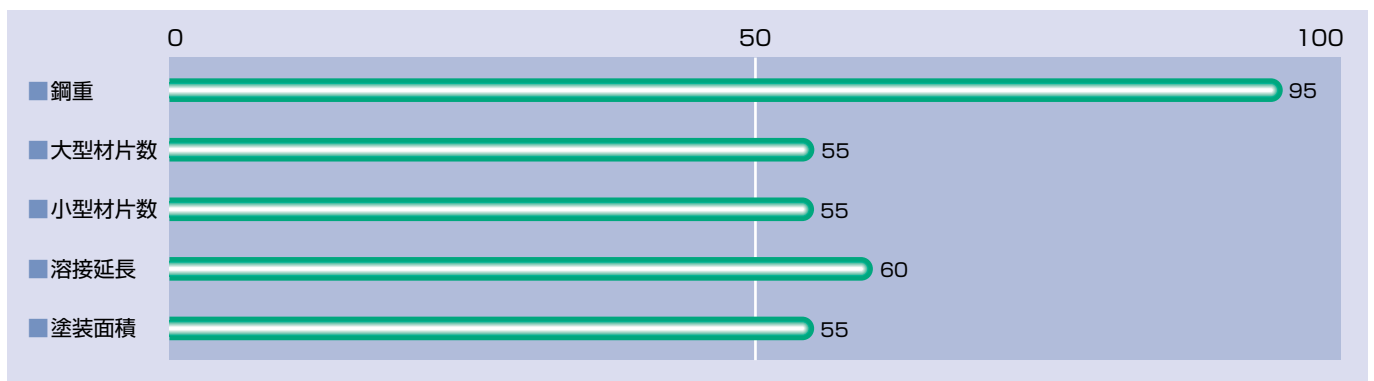


従来設計との比較

従来設計の鋼床版2主箱桁橋と合理化鋼床版少数I桁橋との比較を以下に示します。



従来設計の鋼床版2主箱桁橋を100とした場合の合理化鋼床版少数I桁橋の各項目比



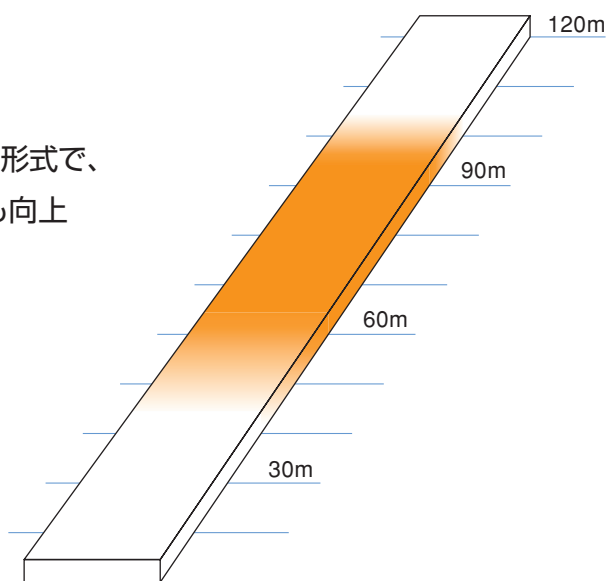
曲率半径が小さい ($R < 700\text{m}$ 程度) 場合は箱桁形式とする。

2-5 複合ラーメン橋

複合ラーメン橋とは、少数I桁橋とRC橋脚とを剛結した形式で、少数I桁橋に比べて長支間に対応できるとともに耐震性も向上します。

特に山岳部においては、トラベリングエレクションガントリークレーン（TEGクレーン）やトラベラークレーンを用いた張り出し架設工法を行うことにより、現場条件に左右されない合理的な架設が可能となります。

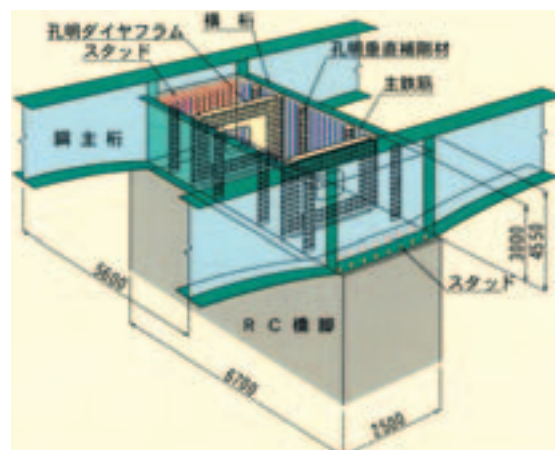
経済的適用支間長



複合ラーメン橋の特長

◇構造特性

- 鋼桁とRC橋脚とを剛結合したラーメン橋は剛性が高く、耐震性に優れています。
- 床版には、合成床版またはPC床版を採用し、合成桁として設計することで経済化が図れます。
- 剛結部の構造は、今別府川橋形式とすることで合理化が図れ、施工性も向上します。
- 上下横構を設けることで、架設時の座屈耐力が向上します。横ねじれ座屈解析で確認しています。



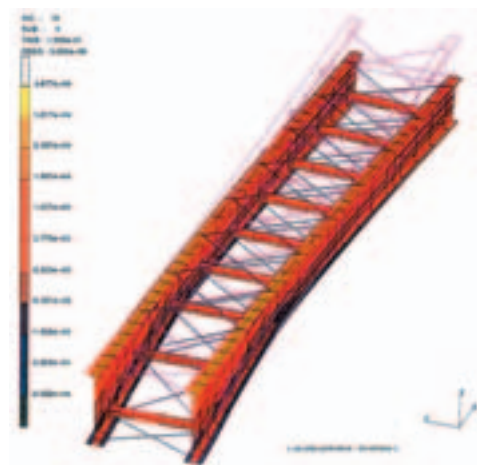
剛結部の概略図

◇構造の合理化と経済性

- 少数I桁橋における経済性と複合ラーメン橋としての合理性が融合した構造です。
- 中間橋脚における支承を省略できるので経済性が図れ、維持管理費も低減できます。

◇耐風安定性

- 架設時の座屈耐力向上のため横構を設けるので、耐風安定性は向上します。



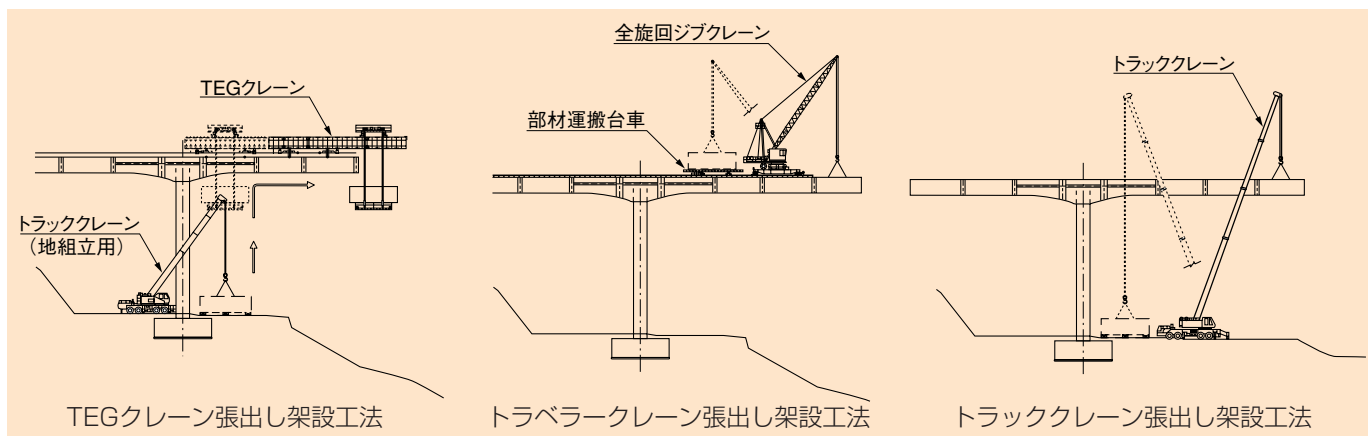
架設時の横ねじれ座屈解析例



今別府川橋

◇安全で経済的な架設工法

- RC橋脚と剛結することで、ベント設備なしで鋼桁を張出し架設できます。
- 現場条件に合わせて種々の架設工法が採用できます。



■ その他の剛結構造

- 少数I桁橋だけでなく、箱桁とRC橋脚とを剛結合した形式も可能です。



横浜青葉IC



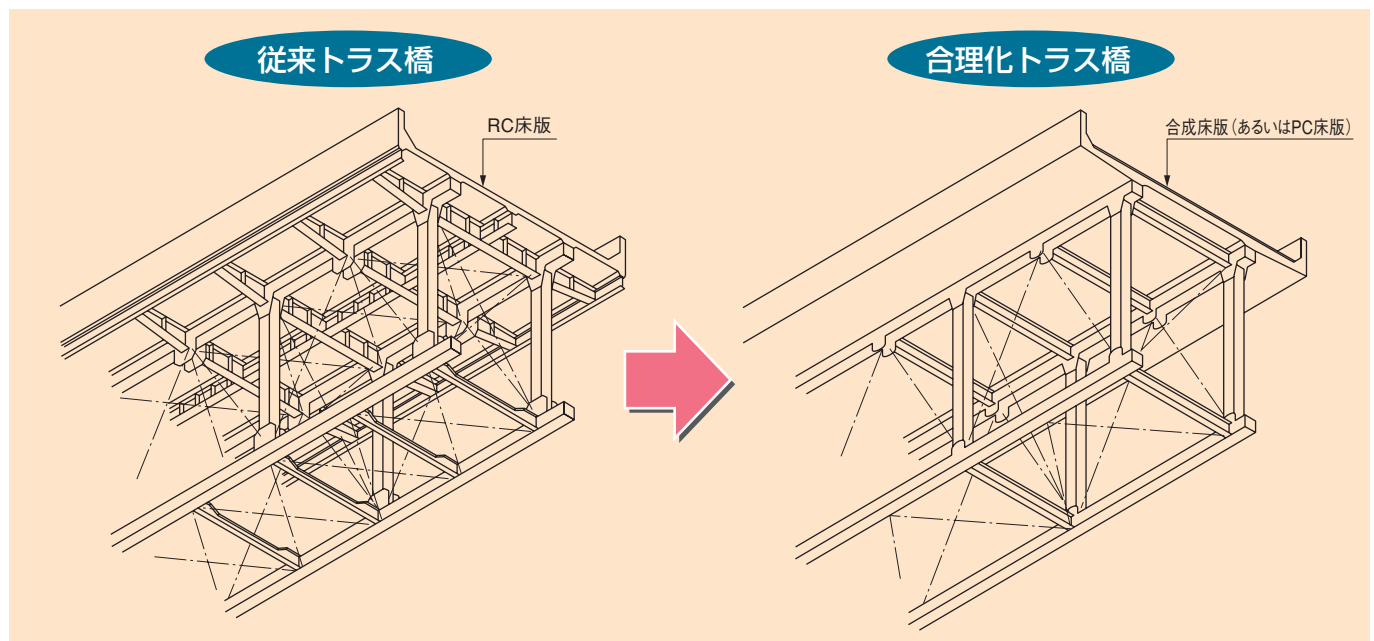
下浜鮎川橋

2-6 合理化トラス橋・複合構造

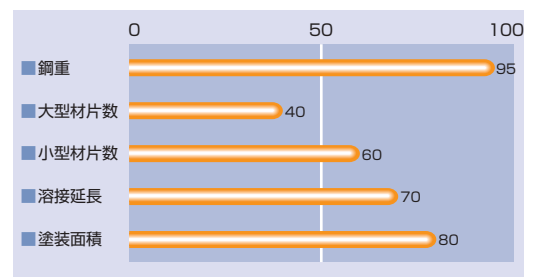
合理化トラス橋

合理化トラス橋とは、従来床版を支持していた縦桁やブラケットなどの床組構造を、合成床版またはPC床版を用いて支持桁間隔を大きくすることにより、省略・簡素化した橋梁です。

さらに横荷重に対しては床版で抵抗するので、上横構を省略し、また材片数や溶接延長を減らすことができます。



板橋川橋梁 (合成床版)



従来設計のトラス橋を100とした場合の合理化トラス橋の各項目比



合理化トラス橋 (板橋川橋梁)

複合構造

複合構造とは鋼とコンクリートとを結合し、単独では得られない優れた特性を作り出した構造物です。古くから鋼桁とコンクリート床版を一体化した合成桁がありますが、これも複合構造のひとつです。

土木学会では、複合構造を合成構造(部材の断面が異種材料で組み合わせられた構造)と混合構造(異種部材を継手によって接合した構造)に大別しています。近年、コスト縮減および構造の合理化をめざした複合構造橋が開発されています。

鋼桁とコンクリート桁の混合構造

ひとつの橋梁の中で、鋼桁(軽くて高強度)とコンクリート桁(重くて圧縮に強い)を橋軸方向に接合し、その特性を有効に活用した橋梁です。

- 新川橋 側径間が中央径間に比べて短いため、側径間にコンクリート桁、中央径間に鋼桁を使用しバランスさせています。



新川橋



松山高架橋

- 多々羅大橋 側径間にコンクリート桁を使用し、負反力が発生しないように配慮しています。

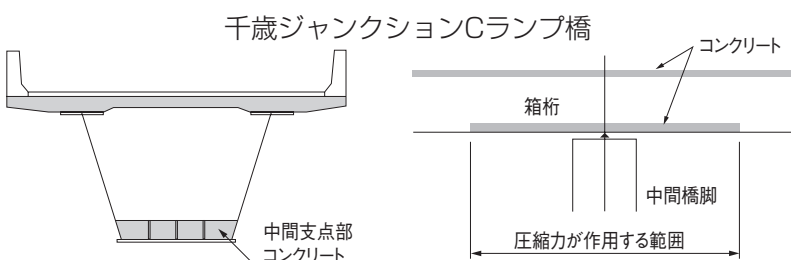


- 木曾川・揖斐川橋梁 支間部に軽量の鋼桁を使用して死荷重を低減し、橋梁全体としての合理化を図っています。



二重合成橋梁

鋼桁の上下フランジがともにコンクリートスラブと一体化した橋梁で、合成構造のひとつです。写真の橋梁は、中間支点部の圧縮力が作用する範囲の下フランジのコンクリートを打設し、合成させた連続箱桁橋です。



3 新しい鋼橋の床版と防水

床版は輪荷重を直接支持する主要な部材です。このため、活荷重等の影響に対して安全で、疲労耐久性の高い床版の選定が望まれます。さらに施工条件・橋梁形式・各床版の構造特性を勘案した上で、最も合理的な床版形式を選定する必要があります。

各種条件における床版形式の比較表

安全で疲労耐久性の高い 床版の適用性比較		① 反力条件	② 構造（線形） 条件	③ 工期	④ 搬入・架設の 容易性	⑤ 床版の施工条件	⑥ 小規模工事への 適用性
鋼・コンクリート合成床版		○	○	○	◎	◎	◎
場所打ちPC床版	移動型枠	○	△	△	◎	○	○
	固定型枠	○	◎	△	◎	△	◎
プレキャストPC床版		○	△	○	○	◎	△
合理化鋼床版		◎	○	◎	○	○	◎

- ① 反力条件…………… 下部工からの条件により上部工を軽量化させる必要性
- ② 構造（線形）条件…………… 複雑な線形（幅員、縦横断勾配）への適応性
- ③ 工期…………… 工事期間などの制約から施工期間を短縮させることへの対応性
- ④ 搬入・架設の容易性…………… 架設地点における部材などの搬入・架設の容易性
- ⑤ 床版の施工条件…………… 桁下利用制限、足場確保などの制約への対応性
- ⑥ 小規模工事への適用性… 施工規模による床版の適用性（橋長100m程度迄の中小橋梁を目安とする）

以上の条件の他、経済性や維持管理性を考慮し、最適な床版形式を選定する必要があります。

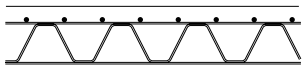
3-1 鋼・コンクリート合成床版

鋼・コンクリート合成床版とは

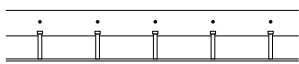
- 耐久性、施工性、経済性に優れた床版であり、複雑な道路線形にも対応できます。
- 最近、注目を集めている床版で、平成14年3月改訂の道路橋示方書にも記述され、施工実績が多くなっています。
- 底鋼板とコンクリートとをすれ止めで一体化した床版で、鋼部材が型枠・支保工の役割を果たすため、現地施工の安全性の確保とともに工期の短縮が図れます。
- 詳細は「橋建協標準合成床版」および「合成床版設計・施工マニュアル」を参照ください。

鋼・コンクリート合成床版の適用例

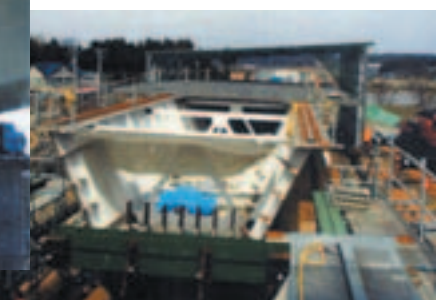
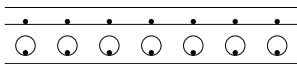
- 箱桁橋への適用（トラス型ジベル合成床版を用いた大ブロック架設の例）



- 少数I桁橋への適用（ロビンソン型合成床版を用いた送出し架設の例）



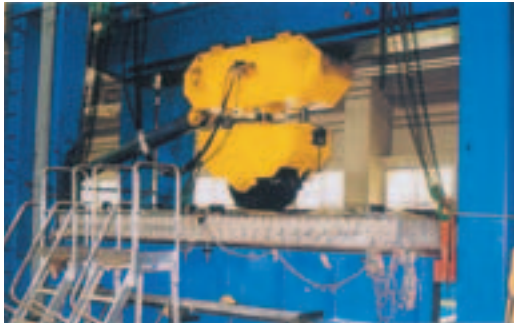
- 開断面箱桁橋への適用（帯板ジベル合成床版を用いた送出し架設の例）



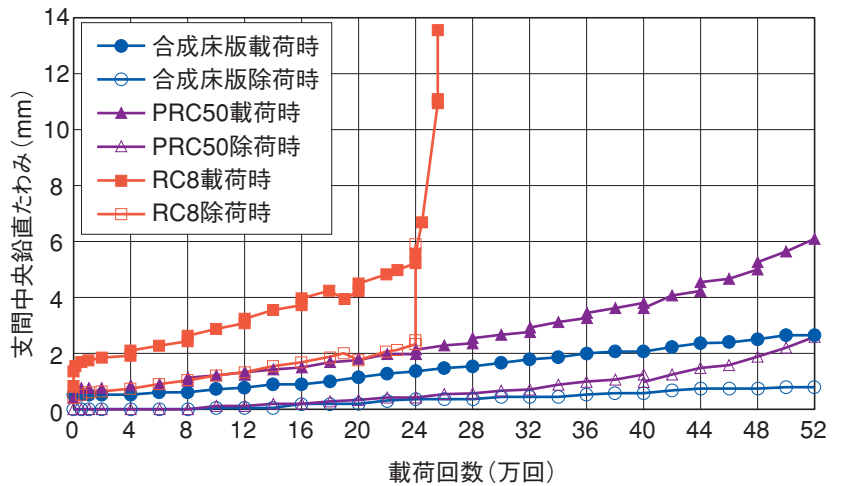
耐久性

鋼・コンクリート合成床版の疲労耐久性を、国土交通省が提案している階段状荷重漸増载荷による輪荷重走行試験を実施して、破壊に至らないことで確認しています。

輪荷重走行試験



鋼コンクリート合成床版のたわみの進展状況
平成8年道示RC床版、プレストレス量50%PC床版との比較



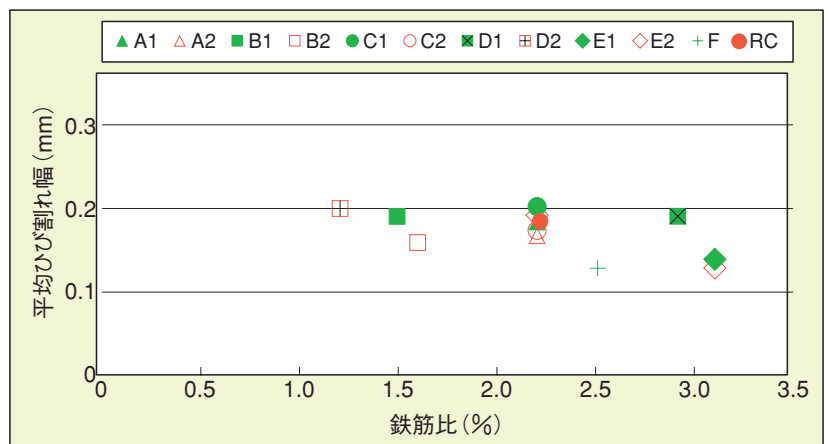
ひび割れ制御

連続桁中間支点付近ではコンクリートに作用する引張力によってひび割れが発生します。このため、桁と床版を一体化した負曲げ実験を行い、鉄筋応力度を制限することで有害なひび割れが発生せず、RC床版と同程度のひび割れ幅に制御できることを確認しています。

負曲げ実験



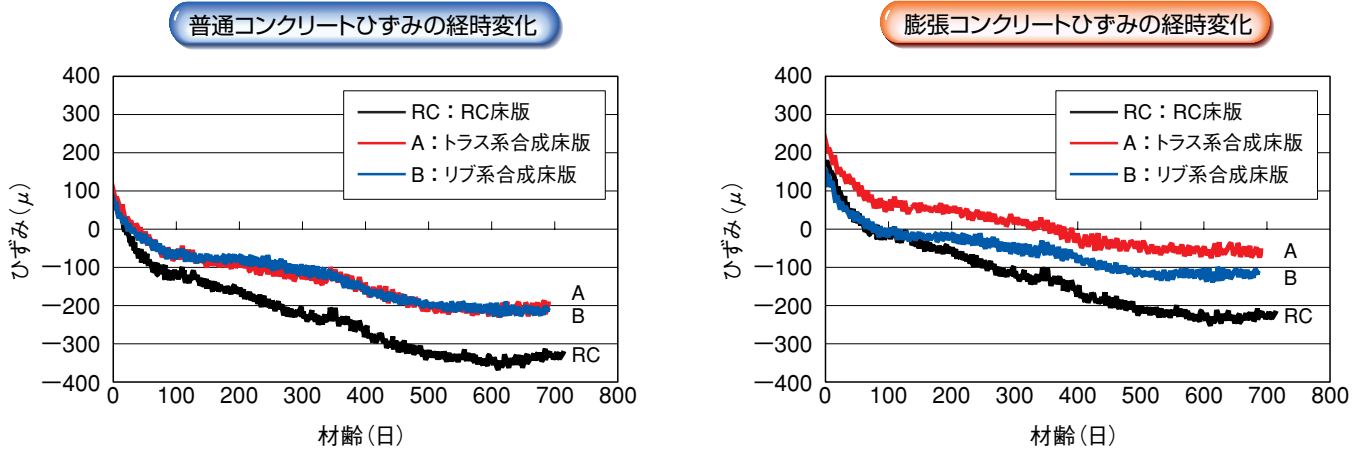
平均ひび割れ幅と鉄筋比との関係
(鉄筋公称応力度120N/mm²)



※▲A1～＋Fまでは合成床版の形式を示す。

膨張材の効果

コンクリートの乾燥収縮によるひび割れを防止するため、膨張材の使用を原則としています。膨張材の効果を、RC床版と比較した結果を下図に示しますが、膨張材を使用すると収縮ひずみを大幅に低減できることがわかります。



留意点と対策

留意点	対策
床版支間と張出し長との関係	・主桁間隔と床版張出し長との比率が0.45以下を標準とする
連続桁の中間支点付近のひび割れを制御	・所要の配力鉄筋の配置により、ひび割れの分散を図り、RC床版程度にひび割れ幅を制御する
コンクリート打設後の乾燥収縮によるひび割れ発生の防止	・膨張材を使用する
供用時のひび割れ部からの雨水浸入の防止	・膨張材の使用により、乾燥収縮による初期ひび割れを防止する ・適切な配筋により、ひび割れを分散させる ・防水層の敷設により、雨水浸入を防止する ・底鋼板にモニタリング孔を設け、異常の有無を監視する
鋼板パネルと鋼桁との結合	・架設時に桁のねじり剛性が必要な場合には、確実に結合すること ・この場合ハンチ部の高さ調整は行わない
防食方法	・塗装、耐候性鋼材、亜鉛、メッキ、溶射など

■グロス工程 (地覆・壁高欄を除く)

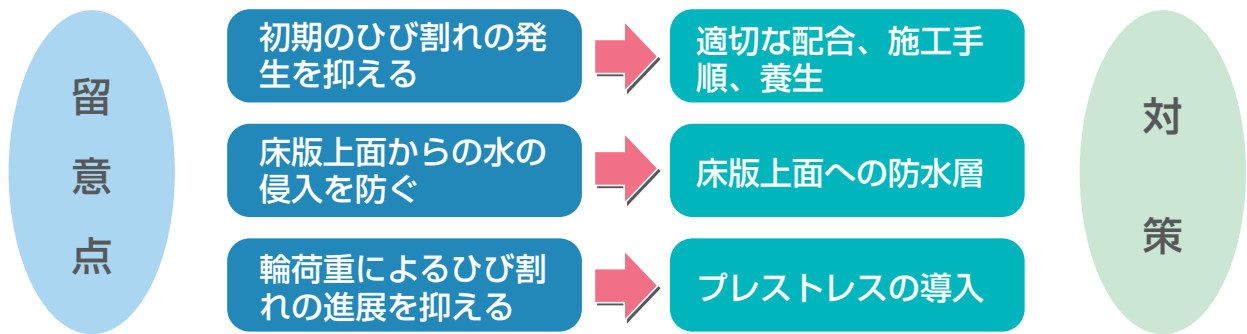
3径間連続桁
(3@60m=180m)
主桁間隔6m

工程	日数									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
パネル設置	■									
配筋			■							
コンクリート打設・養生					■					

3-2 PC床版

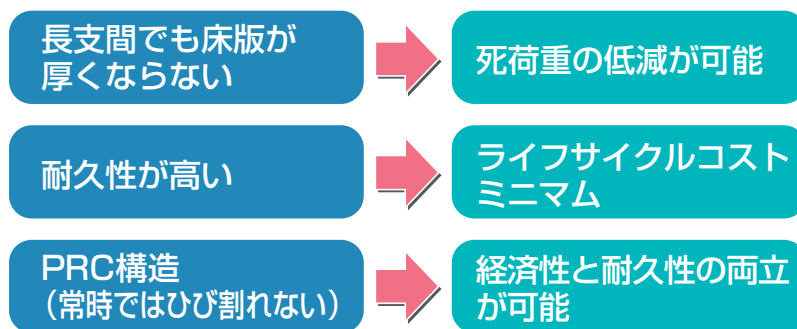
コンクリート系床版の疲労損傷メカニズムとPC床版

■鉄筋コンクリート床版（RC床版）の疲労損傷メカニズムは輪荷重走行試験により明らかにされており、以下の留意点と対策が重要と考えられています。



■プレストレストコンクリート床版（PC床版）は、橋軸直角方向にプレストレスを導入した床版で、輪荷重走行試験でも有効性が実証されています。さらに床版を長支間化し、2主桁等の少数主桁橋への適用が可能です。

■PC床版の特徴を以下に示します。



■長支間床版の取り扱い

床版支間6m以上では、大型車両が3台以上同時載荷される場合があり、断面力の算定では現実的な車両の配置等の検討が別途必要です。

施工面からは、床版厚の厚い場所打ち床版の場合は水和による発熱量が大きく、温度ひび割れに対する十分な対策が必要になります。

場所打ちPC床版

場所打ちPC床版の施工方法には、大別して移動型枠工法と固定型枠工法があります。

移動型枠工法

特長

- 平面線形R=1000m以上で対応可能です。施工延長が比較的長くなれば優れた経済性を発揮します。1m程度の幅員の変化も対応可能です。
- 幅員により1～2週間程度のサイクル施工となります。また、全天候型の施工が可能です。

留意点と対策

留意点	対策
床版施工順序の検討	移動型枠の自重を考慮し、必要に応じてジャッキアップ・ダウンなどにより、床版の応力を調整する
支保工構造の検討	剛性確保と軽量化を検討する
その他	拡幅部については部分的に固定型枠を用いて対応することもできる

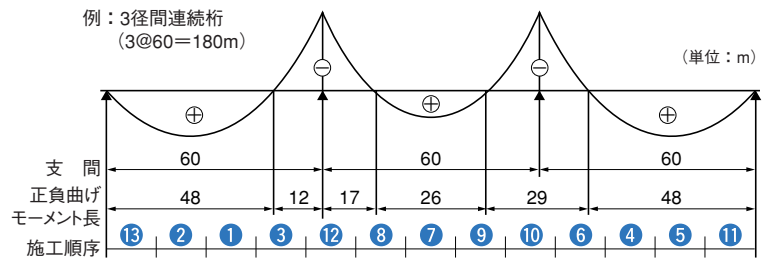


藁科川橋



佐分利川橋

打設順序の例



■グロス工程 (地覆・壁高欄を除く)

	主桁間隔6m
移動型枠の組立	20日
床版工	10(日)×13(回)=130日
移動型枠の解体	10日
合計日数(合計月数)	160日(5.3ヵ月)

(サイクルの施工延長15mの場合)

固定型枠工法

特長

- 平面線形が複雑な場合や施工延長が短い場合に有利な工法です。

留意点と対策

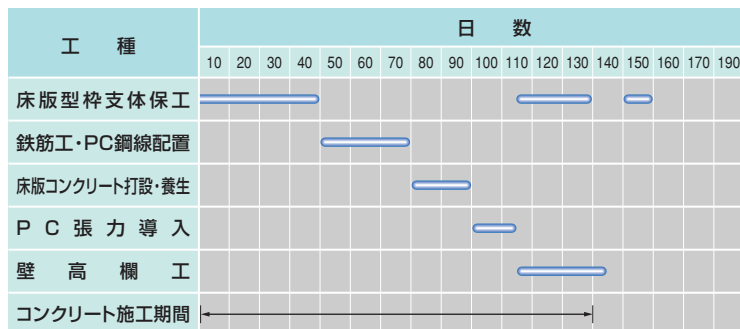
留意点	対策
床版施工順序の検討	床版施工中の床版引張応力を低減する
支保工構造の検討	支保工の剛性、設置間隔、設置・解体の施工性などを検討する



駒瀬川橋

■グロス工程（地覆・壁高欄を除く）

3径間連続桁（3@60=180m）、主桁間隔6m



場所打ちPC床版の施工確認実験

場所打ちPC床版は、施工時のひび割れ防止対策やPC鋼材の緊張管理など様々な留意事項があります。当協会では（社）プレストレスト・コンクリート建設業協会と共同で、移動型枠工法を想定した大がかりな施工確認実験を実施し、以下の対策案を得ました。

床版コンクリート施工時のひび割れ防止のための対策案

		対 策 案
温度応力によるひび割れ防止策		① 発熱量を抑えるための配合およびセメント種別の検討が必要です ② 膨張材*1の使用 ③ 所要の鉄筋量の確保
望ましい配合例 ($\sigma_{ck}=40$ N/mm ² のとき)	水セメント比	50%以下（膨張材を含む）
	スランプ	12cm程度
	単位水量	160kg/m ³ 以下*2
	単位セメント量	400kg/m ³ 以下（膨張材を含む）
コンクリートの養生		養生マットに散水した後、上面をシートで被い湿潤養生とする側面にも防風シートをかけて急激な温度変化と乾燥を防止する
打ち継ぎ目の処理		レイトランスの除去と骨材露出による良好な粗面仕上げが必要です

- * 1 膨張材を使用する理由として、水和反応熱による温度応力の緩和と長期的な乾燥収縮の低減を期待している。
- * 2 高性能AE減水剤の使用をすることで、単位水量の低減ができ、耐久性の高いコンクリートを造ることができる。



場所打ちPC床版施工確認実験

プレキャストPC床版

特長

- 床版工期が大幅に短縮できます。橋長180m（3@60m）の床版を施工する場合は、移動型枠工法と比較して2～3ヶ月程度の工期短縮が可能になります。
- 現場作業が省力化され、安全性も高くなります。
- 工場製品で安定した品質が得られます。また、場所打ち床版と比べて、施工後の乾燥収縮や鋼桁に起因する拘束力が減少します。

留意点と対策

留意点	対策
平面線形の制約	大幅な幅員変化や曲線（R=500m以下）では割高になる場合があり、施工法、工費について計画段階より検討する
輸送の制約	寸法、重量を考慮してパネル割りを行う
桁端部の構造	桁端部は伸縮装置や端横桁との関係から、場所打ち床版にする 場所打ち床版部の横締めの際に、既設プレキャスト版の拘束を考慮する
敷設時	ループ継手のアゴ部は欠け落ちし易いので慎重に取り扱う
施工規模	施工規模が小さい場合は割高となる場合がある



牧ノ里高架橋

■グロス工程（地覆・壁高欄を除く）

プレキャスト床版と場所打ち床版の施工日数（直接床版工事のみ）

3径間連続桁（3@60=180m）、主桁間隔6m

工種	日数														
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
プレキャスト床版の施工	プレキャスト床版の設置	■													
	調整モルタルの施工		■												
	継手部の施工			■											
	桁端部場所打ち部の施工				■										
移動型枠工法の床版工（20ページ）		■													

3-3 合理化鋼床版

合理化鋼床版構造とは

デッキプレート厚を厚くし、かつUリブの断面を大型化することにより鋼床版自体の剛性を上げた合理化鋼床版は、従来の鋼床版が有していた課題を可能な限り改善しています。また、部材の厚板化や大型化により、部材数や材片数および溶接延長が低減され、工場製作の経済性が高められています。

従来型鋼床版の特長と課題

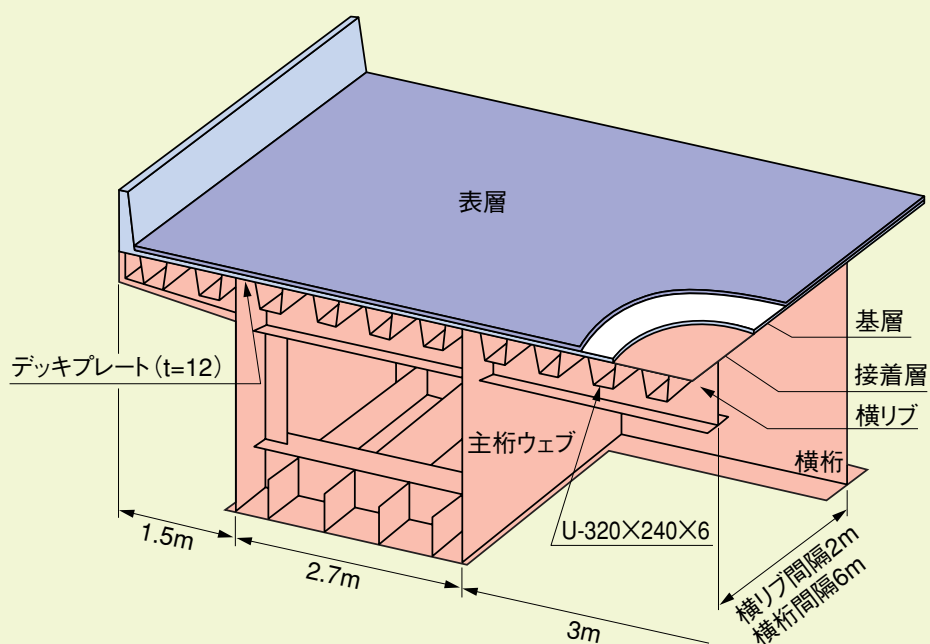
特長

- コンクリート系床版に比べ軽量ですので、下部工への負担を低減します。
- 全量工場製作のため高品質の部材を安定供給し、現地での工期を大幅に短縮します。

課題

- 多くの材片を組み合わせる構造のため製作工数が多くなります。
- 輪荷重を直接支持する構造のため、疲労被害を被りやすくなります。
- コンクリート系床版に比べたわみやすいため、アスファルト舗装に損傷が生じやすくなります。

従来型鋼床版



鋼床版構造への要求

- 構造の合理化や製作の省力化による経済性の向上が求められています。
- 疲労耐久性の向上が求められています。
- 舗装の耐久性の向上が求められています。
- 車両の走行安定性の向上および騒音の低減が求められています。
- 舗装の損傷によるデッキプレートの防食が求められています。

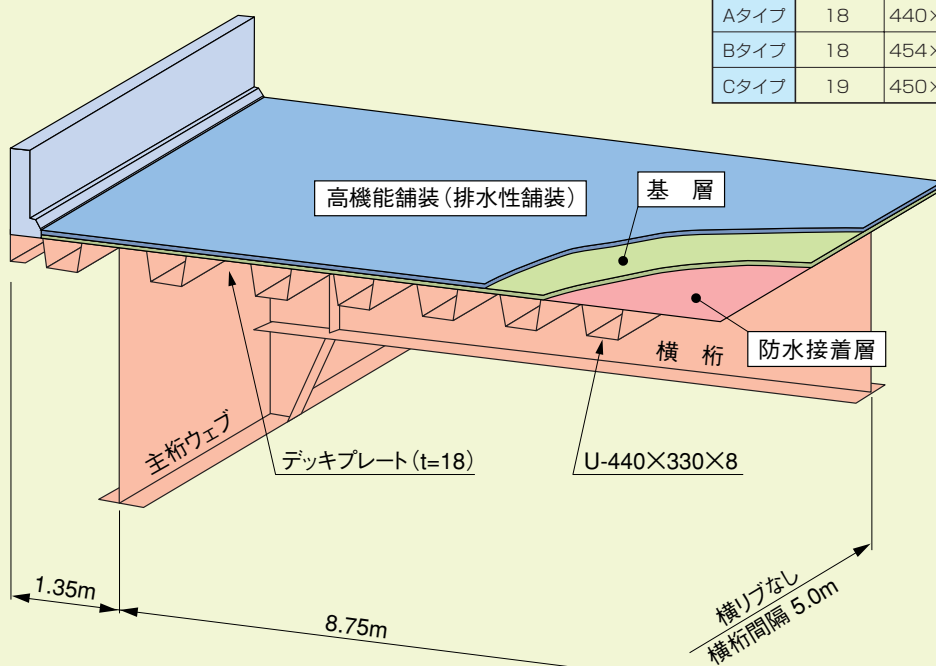
合理化鋼床版の特長

- デッキプレートの厚板化、Uリブの大型化および横リブの廃止により工場製作が省力化されます。
- 構造細部の改善により疲労強度が向上します。
- デッキプレートの厚板化により舗装のひび割れが抑制されます。
- 流動性の小さい舗装材の採用により轍掘れを抑制します。
- 表層に排水性舗装を採用した場合、車両走行性の向上および騒音の低減が図れます。
- デッキプレートの防錆処理として防水層（塗装など）を設けます。

合理化鋼床版

合理化鋼床版の部材構成例

	デッキ厚 (mm)	Uリブ形状	横桁間隔 (mm)
Aタイプ	18	440×330×8-40	5,000
Bタイプ	18	454×332×9-45	4,000
Cタイプ	19	450×330×8-40	5,000

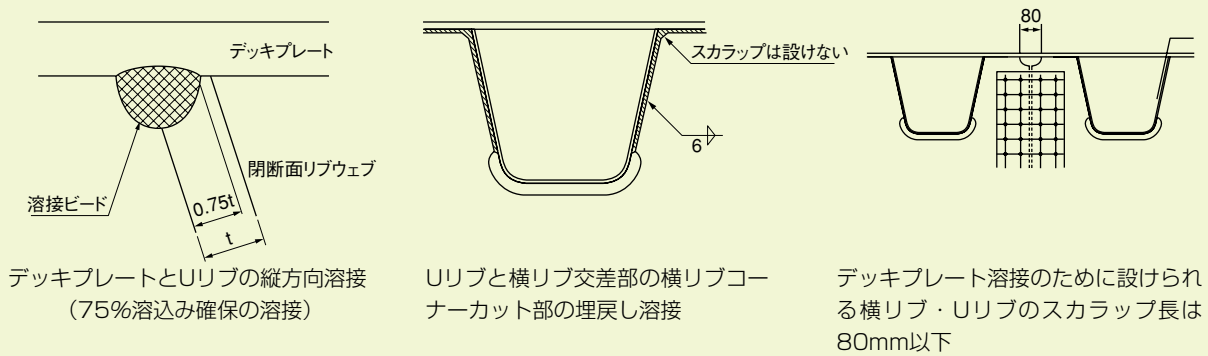


合理化鋼床版の細部構造

平成14年3月発行の道路橋示方書による細部構造の改善

鋼床版において検討課題とされていた疲労損傷が生じるという問題については平成14年3月発行の道路橋示方書、疲労設計指針によって細部構造の改善が図られました。

主な改善点



合理化鋼床版の細部構造

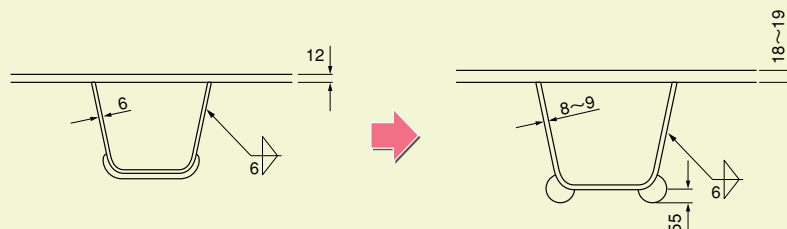
合理化鋼床版では上記の改善点を採用するとともに、以下の改善を考えています。

- ①Uリブの大型化やデッキプレートの厚板化により床組としての断面剛性を増加させることによる応力度の低減を図ります。
- ②細部構造の改良による局部応力の低減や疲労損傷を生じやすい細部構造の排除による耐久性の向上を図ります。

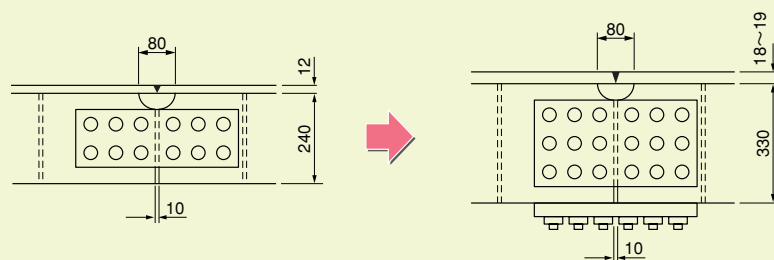
従来型構造

合理化構造

横桁とUリブ交差部のスカラップ



Uリブ継手部構造



合理化鋼床版の舗装

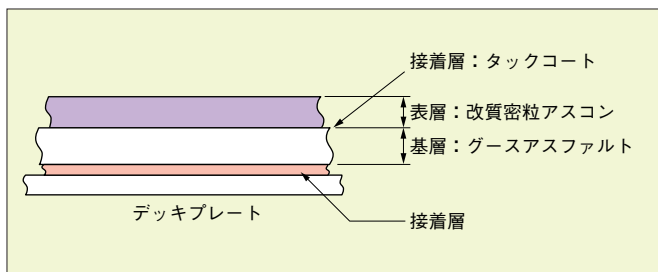
合理化鋼床版は構造特性の項で説明したように、従来構造に比べれば剛性も高く、舗装に対し優れた構造になっています。したがって、舗装については本四架橋等で実績のある仕様で実施すれば耐久性に問題はありませ

ん。さらに、より一層の走行安定性や騒音の低減を考慮して、排水性舗装を使用した構造が考えられます。

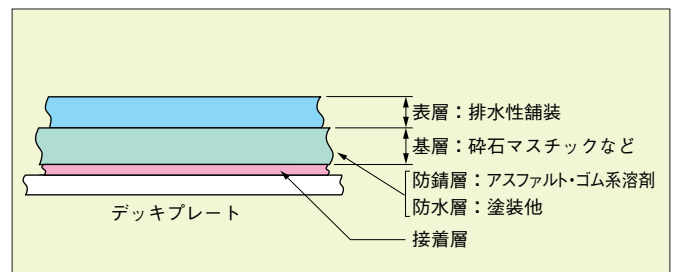
①表層は、走行安定性と騒音の低減効果が期待できる排水性舗装とします。

②基層は、従来から実績の多いグースアスファルトの他に、新しい材料として碎石マスチックアスファルトがあります。

従来舗装構造



新しい舗装構造



碎石マスチックアスファルトの特長

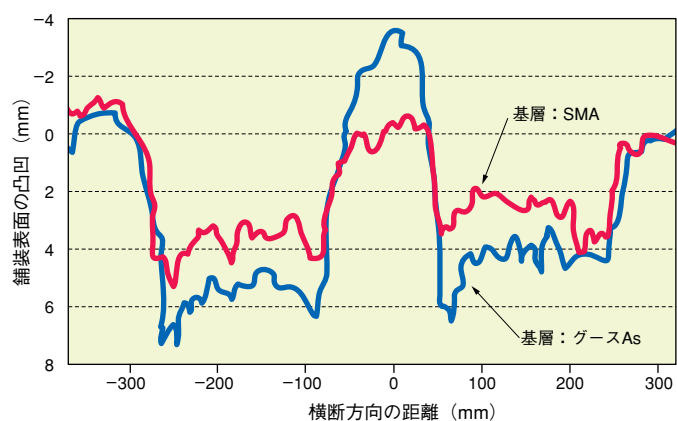
- 舗設時の温度が220℃と高いグースアスファルトに比べ、舗設時の温度が低く橋体や塗装への影響が少ない。
- 骨材の噛み合わせ効果により剛性が高く耐流動性に優れているため、わだち掘れや舗装表面のひび割れがでにくい。
- 通常の舗装機材にて施工が可能である。
- ブリスタリングの発生が少ないため、デッキプレートの研掃工の省力化や簡略化が可能である。
- 十分な転圧を行い水密性を確保すれば、防水層としての機能を確保できる。

合理化鋼床版構造を用いて、表層に排水性舗装、基層に碎石マスチックアスファルト（SMA）およびグースアスファルトを用いた輪荷重移動載荷試験を当協会独自で行いました。

輪荷重移動載荷試験とその結果



輪荷重移動載荷試験状況



舗装表面形状 (10万往復載荷後)

3-4 床版防水工

床版防水工の要求性能

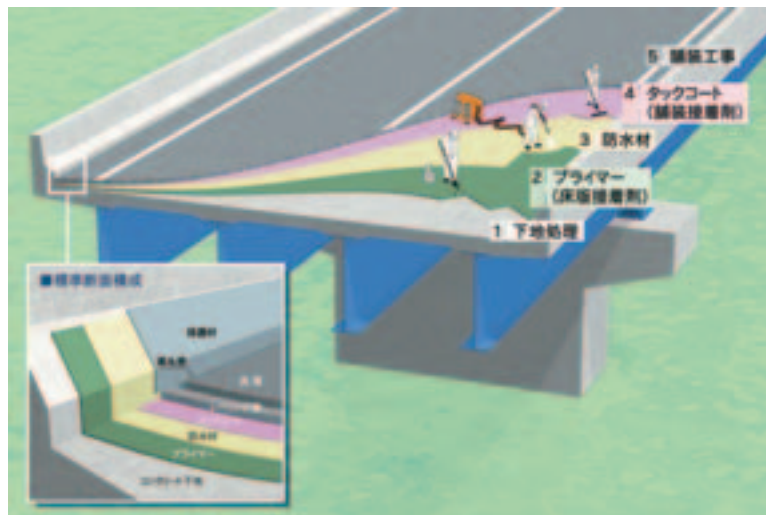
- 道路橋の防水工は、床版+防水層+舗装を一体としてとらえる必要があります。
- 当協会では、防水工に要求される性能ならびにその評価方法について、平成13年下期より、「道路橋床版用高性能防水システム研究委員会」に参画し、研究を進めています。
- 現在使用されている防水層の種類と保有性能を下記に示します。

防水工法の種類 項目		シート系防水工法				塗膜系防水工法		
		加熱施工		常温施工		溶剤型	加熱溶融型	吹付型・塗装型
		流貼型	溶着型	ストタイプ(自着型)	全面(圧着型)	合成ゴム系	アスファルト系	合成樹脂(反応型)
性能	床版との接着	プライマーによる						
	舗装との接着	接着による						
	舗装合材への影響	なし	なし	なし	なし	あり	硬化型はない	
	ひび割れ追従性	○	○	○	○	△	ウレタン系◎	
	プリスタリングの発生	高い	なし	低い	低い	なし	なし	
	膨れの発生	高い	なし	低い	低い	低い	なし	
	貫通孔の発生	なし	なし	なし	なし	高い	なし	
	接合部信頼性	接合部からの漏れの可能性あり				シームレスの施工なので接合部が無い		
	舗設時の損傷	少ない	少ない	少ない	少ない	高い	少ない	
	舗設機械による損傷	舗設機械のスエグリにより損傷の可能性あり				少ない	常温時には可能性あり	なし
積雪寒冷地の適用性	シート材の特性によるが比較的良好		良好	不明	塗膜材の特性によるが比較的良好		比較的良好	
施工性	施工時間	普通		短い	短い	長い		短い
	養生時間	なし		なし	なし	長時間	短時間	短時間
	切削不陸の追従性	やや劣る 10mm程度まで		良好 (なだらかな不陸)	不明	良好 20mm程度まで		良好
	立上がり部、役物周り	シートでの対応不可 他の塗膜防水材との組み合わせ必要				役物、立上がり部への同時施工可能		
	経済性	普通		普通	普通	安価～普通		普通～やや高価
	施工実績	最多→少	少	最近増加	—	少	多い→少	最近増加

床版防水工の性能照査

- 床版防水工は、温度変化や輪荷重の繰り返し、舗設機械や舗設作業の影響などを考慮する必要があります。
- また、地覆や壁高欄部、伸縮装置部、排水装置まわりなどの施工方法が耐久性に影響します。
- 下図は、現在検討中の防水工の例です。当協会では、各種性能照査試験方法の提案や施工試験を通じてよりよい防水システムの確立をめざしています。

防水システムの例



各種性能照査試験



引張接着試験



せん断試験



防水性試験



ひび割れ追従試験 (財)建材試験センター提供



ホイールトラッキング試験



輪荷重走行試験

4 新しい支承

鋼橋における支承コスト削減

従来のタイプBゴム支承は、上部構造からの作用力を全て支承で伝達する機能一体型であったため、多数の部品で構成されています。今回提案する機能分離型支承は、水平力伝達機能を分離することにより支承を構成する部品を減らし簡素化を図り、維持管理とコスト削減に配慮した構造となっています。

さらに、近年多用されています反力分散支承についても構造の簡素化をめざした合理化支承を日本支承協会、ゴム支承協会と共同で研究中です。

4-1 機能分離型支承

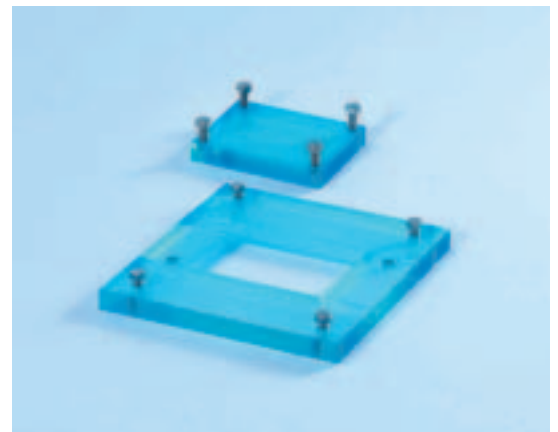
提案する機能分離型支承とは、上部構造からの作用力のうち鉛直力を支承で、水平力を鋼製ストッパーで下部構造に伝達する支承構造をいいます。

タイプBゴム支承と機能分離型支承の力伝達機構の違い

		鉛直力	水平力	上揚力
タイプB支承		○	○	○
機能分離型支承	ゴム支承	○	—	○
	鋼製ストッパー	—	○	—

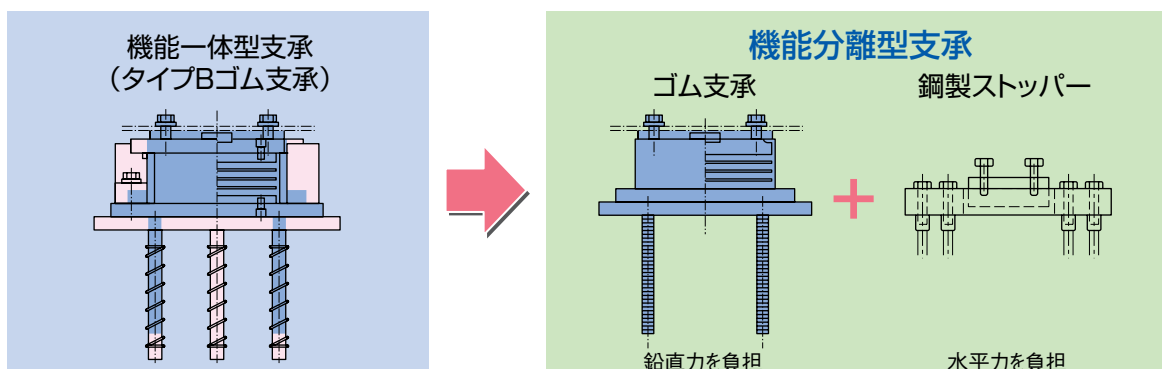


1/5模型



鋼製ストッパー拡大写真

機能分離型支承の特長



◇ 製作・架設費の低減

■簡易なゴム支承の採用

- ゴム支承構造をコンパクトにすることにより、製作費を低減しています。

◇ 容易な施工構造

■ゴム支承の施工

- ベース・アンカーボルトを先行据付後、支承をセットして現場溶接するため、施工誤差を容易に吸収できます。

■鋼製ストッパーの施工

- 鋼製ストッパーは桁と同じ精度で製作され、かつ横桁に仮ボルトで固定して施工するため、容易に遊間精度を確保できます。

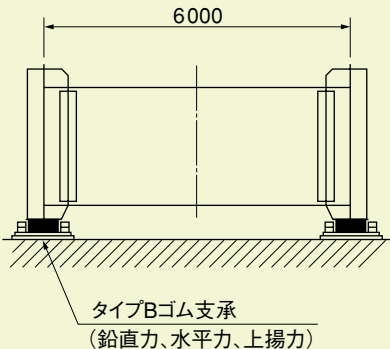
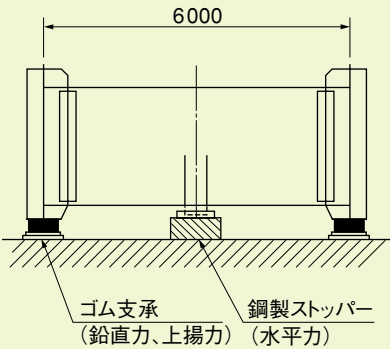
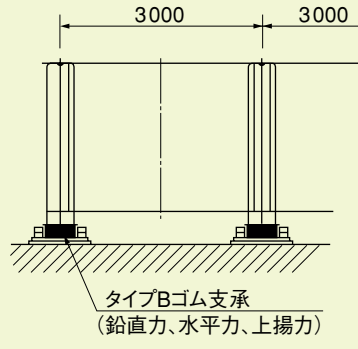
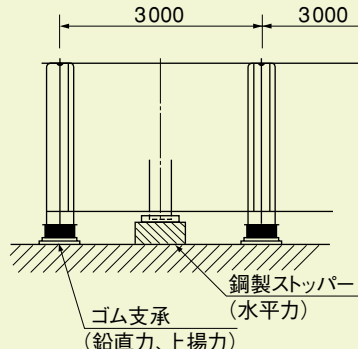
◇ 容易な維持管理構造

■取替え可能な構造

- 支承は台座コンクリートを削ることなく、ベースプレートの溶接部を除去するのみで取り替えできます。
- 鋼製ストッパーはセットボルトを取り外すのみで容易に取り替えできます。

従来設計との経済性比較

3径間連続鉄桁（3×40.0 = 120.0m）の場合を例に比較すると以下のとおりとなります。なお、コンクリート巻きたて横桁の場合も下記比較表と同様です。

		従来のタイプB ゴム支承	機能分離型支承
概略図	少数主桁橋		
	多主桁橋 (従来設計)		
コスト削減効果		従来型に対して ➡ 25%程度削減	

注) 機能分離型支承には、横桁補強、台座コンクリートを含めて比較しています。

5 新しい製作技術

5-1 製作情報のIT化

鋼橋の製作技術では製作情報のIT化、製作ラインの自動化が進んでおり、工期短縮、品質向上、作業環境の改善を図っています。また、建設CALS/EC*の導入により設計情報がデジタル化されると、設計情報や製作情報が一元化され、更なる合理化が期待できます。当協会においては、建設CALS/ECによる鋼橋のコスト低減に向けて取り組んでいます。

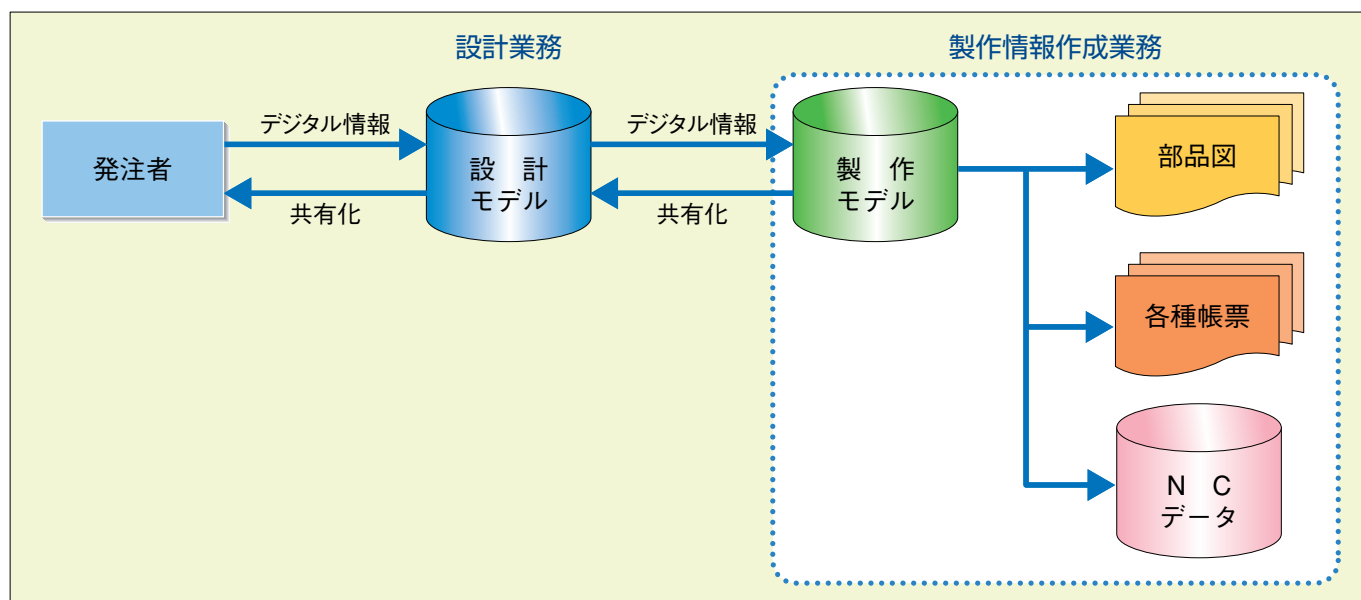
当協会における建設CALS/ECの取り組み

■デジタル情報による新しい図面情報交換の提案

- 設計図表現を統一された3次元CADデータにすることにより、発注者と橋梁建設会社、および橋梁建設会社内における迅速な情報交換と確実な情報伝達が実現できます。
- 鋼橋の生産に必要なデータが一元的にまとめられたデータベースに構築されることにより、製作情報の統合管理が実現できます。

■構造・部品の標準化推進

- 設計や製作の効率化、品質の安定化、また効果的なシステム開発を目的として構造や部品の標準化を推進します。



* : CALS/ECとは「企業内の各種事務処理を可能な限り電子化するとともに、企業外の取引でも、通信ネットワークを介した電子取引を行うこと」という意味の用語です。

5-2 組立精度の管理

現地架設における出来形精度を保証するため、従来は工場において仮組立を行っていました。しかしながら、製作技術の進歩により、一定の条件（比較的簡単な構造）を満たす鋼橋においては、部材精度を確実に保つことで仮組立を行わなくても架設完了後の出来形精度を保証することが可能となります。なお、現在この仮組立省略の可能な範囲の拡大について研究を進めています。また、仮組立には、実際に部材を組み立てる方法(実仮組立)と、部材計測を行った結果を用いて数値シミュレーションにより組み立てた状態を確認する方法(数値仮組立)があります。

出来形精度の管理手法

実仮組立

実際に部材を組み立てて、部材精度や組立精度を確認する手法



従来橋梁



2主I桁橋

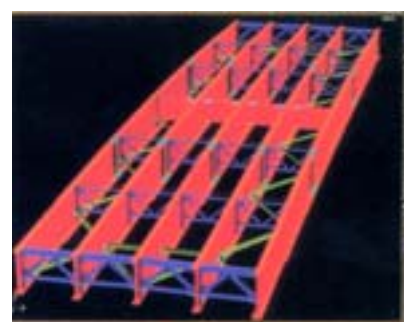
部材計測

部材完成時にその単品形状が所定の精度の範囲内に納まっていることを寸法計測により確認することで、精度を管理する手法



数値仮組立

単品部材の計測データをもとに机上で数値仮組立を行い、部材精度と組立精度を確認する手法



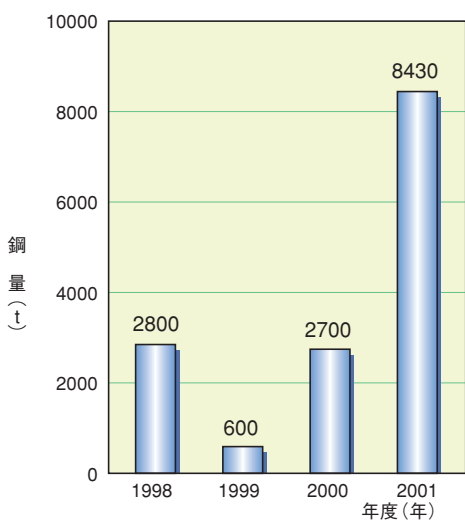
6 新しい防錆・防食

6-1 新しい耐候性鋼材使用橋梁

耐候性橋梁はミニマムメンテナンス橋梁として魅力ある橋梁です。現在使用しているJIS耐候性鋼材の適用環境は飛来塩分量 0.05mdd^* ($\text{mdd}:\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day}$)以下の架橋地点に制限されていますが、この耐塩分性を改善した耐候性鋼材 *2 (ニッケル系高耐候性鋼材)が開発され、注目されています。JIS耐候性鋼材に比較し優れた耐塩分性が示されています。

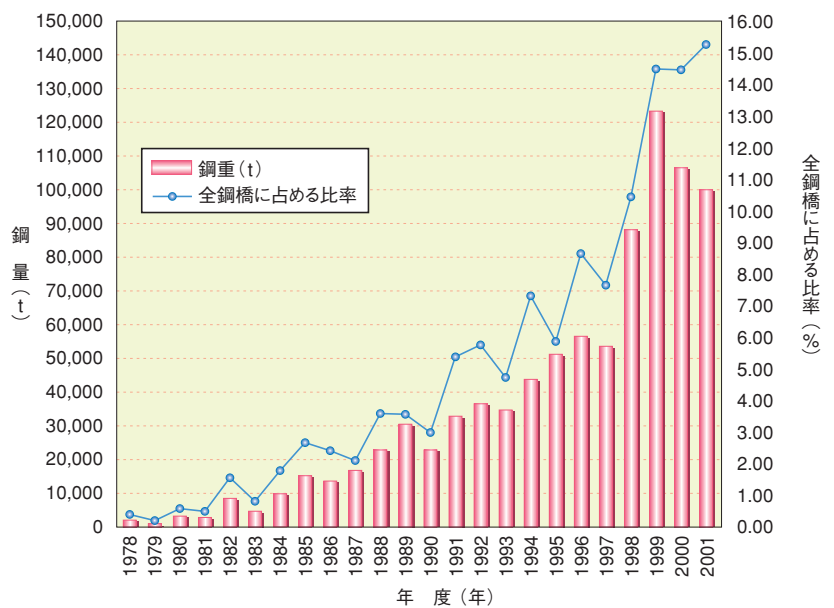
注) *1: 100cm^2 あたり1日に 0.05mg の飛来塩分量のこと。
*2: 海浜・海岸耐候性鋼材と一時的に呼んでいた。

新しい耐候性鋼材使用橋梁実績



資料提供：(社)日本鉄鋼連盟

JIS耐候性鋼材使用橋梁実績



奈半利川橋梁



北陸道架道橋 (架設時)



北陸道架道橋 (完成時)

ニッケル系高耐候性鋼材にさび安定化処理を施した例

新しい耐候性鋼材（ニッケル系高耐候性鋼材）の橋梁への適用

■新しい耐候性鋼材使用橋梁のねらい

- 今までより飛来塩分量が厳しい地域への適用拡大をめざします。
- 適用が可能であれば、他の防食に比較してライフサイクルコストが有利となります。

■今後の対応

- 飛来塩分量が0.5mddを超える架橋場所（通常の飛来塩分量管理値0.05mddの10倍を超える場所）に暴露試験片を設置するなどして、健全性の調査を実施しています。

■新しい耐候性鋼材使用橋梁を計画する上での留意点

- 飛来塩分量を調べた上で判断し、建設後にはさび状態を追跡する必要があります。
- 伸縮装置の漏水防止、排水装置位置の検討をより入念におこなう必要があります。
- 橋体および下部工天端に滞水が生じない構造詳細とする必要があります。

表面処理方法の新しい使い方の提案

- 表面処理方法はJIS耐候性鋼材はもちろんニッケル系高耐候性鋼材にも使えます。
- 景観を重視する場合には、景観仕様を提案いたします。

使用方法	表面処理	特徴・機能	保護性さびの生成	備考
裸使用	原板プラスト	<ul style="list-style-type: none"> ・黒皮の除去を原板プラストで行う。 ・工場製作時に付着した若干の汚れは残るが短期間に消える。 ・プラスト処理法による耐候性能上の差異はないので、安価なこの方法が採用されることが多い。 	標準 5~10年で	
	製品プラスト	<ul style="list-style-type: none"> ・黒皮の処理を工場出荷時に製品プラストで行う。 ・工場出荷時はさびムラのない状態が得られる。 		・原板プラストに比べ高価となる。
さび安定化処理	促進形	<ul style="list-style-type: none"> ・保護性さびを数年で促進生成する。 ・さび汁、さびムラの発生がある。 	早い ↑ ↓ 緩慢	・最後は裸仕様と同様の外観となる。
	熟成形	<ul style="list-style-type: none"> ・処理膜の下に、5~20年程度をかけて保護性さびが生成できる。 ・さび汁、さびムラを抑える外観調整が主な目的である。 ・仕上げ色は、さび色（暗褐色）に限定される。 		・最後は裸仕様と同様の外観となる。
	同上 (景観仕様)	<ul style="list-style-type: none"> ・仕上げ色は、任意に選ぶことが可能である。 ・仕上げ層の摩耗による色調の変化が生じるので、景観再生のため、再処理することが可能である。 		・再処理しなければ裸仕様と同様となるがその後も通常の耐候性橋梁として供用できる。



常磐新線 荒川橋梁（景観処理仕様の例）

6-2 亜鉛・アルミニウム溶射

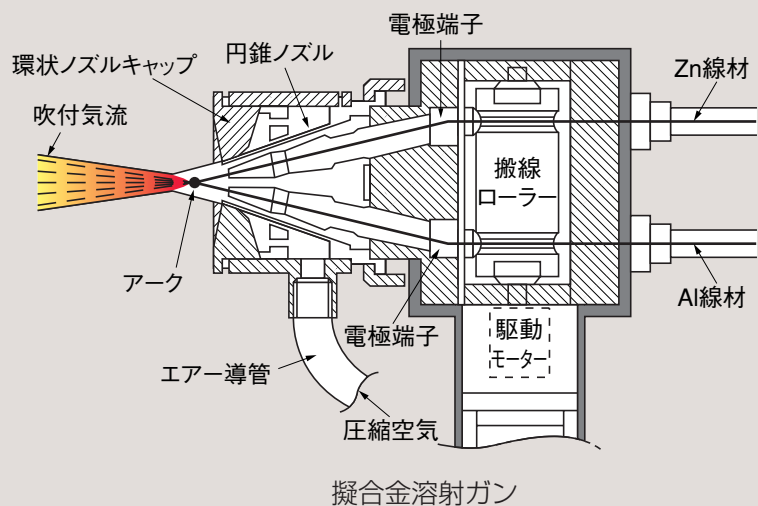
亜鉛・アルミニウム溶射の特徴

- 耐久年数が塗装に比べ長いので、ライフサイクルコストのミニマム化が期待できます。
- 大型の構造物にも適用できます。
- 現場施工が可能です。
- 鋼材の温度が高温とならないので変形等が生じません。
- 溶射皮膜の上に着色塗装が可能です。塗装することにより更に防食性能が向上します。

金属溶射方法および設備

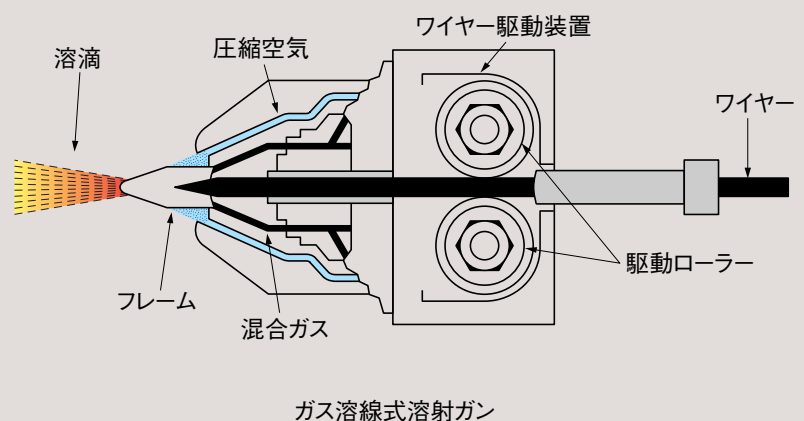
擬合金溶射 (アーク式溶射法)

溶射材料
亜鉛とアルミの別々の線材を電気的にアークを発生させ鋼材表面に吹き付ける



合金溶射 (ガスフレーム式溶射法)

溶射材料
亜鉛とアルミの合金線材を混合ガスの燃焼炎中に挿入し鋼材表面に吹き付ける



工程写真



(1) 下地処理 (製品プラストSa2以上)
(又は動力工具ケレン(St3以上))



(2) 粗面化处理



(3) 溶射施工



(4) 封孔処理

亜鉛・アルミニウム溶射の留意点

- 前処理である素地調整および粗面処理の品質は、溶射皮膜の密着性、防食性に影響を及ぼすため、十分な施工管理が必要です。
- 溶射作業における被溶射面との溶射距離は8～25cm、溶射角はできるだけ直角（45度以上）とする必要があります。スカラップ部、狭隘部等の溶射が困難と思われる部位は、重防食塗装を適用します。
- 現場添接部に、高力ボルトを採用する場合、摩擦面のすべり係数確保、添接板の間隙処理およびボルト頭等の狭隘な部位における施工方法の検討が必要です。

7 新しい鋼橋の架設

7-1 新しい鋼橋の架設事例

新しい鋼橋（新構造形式）の架設について事例を紹介します。



1. 少数I桁橋

少数I桁橋は合成床版を採用することにより、主体足場が不要になります。また肉厚構造で座屈に強い上、合成床版と組み合わせることにより、横剛性を高めて安定した送出し架設が実現できます。

紀勢大橋（大内山川橋）

2. 開断面箱桁橋

主桁構造の合理化により部材数が少なく、合成床版を採用することにより、底鋼板が補強材として機能するため、長支間の送出しが可能となります。



雄物川橋

3. 細幅箱桁橋

主構造の合理化に伴い、縦桁・ブラケットなどの床組構造を省略したため、架設工程の短縮が図れます。



町屋川橋（員弁川橋）



4. 合理化トラス橋

トラス上弦材と合成床版あるいはPC床版と合成し床版に主構としての機能を持たせることにより、従来のトラス橋で一般に採用されてきた上横構造や床組構造を省略して構造の簡素化・コスト縮減を図っています。

川平橋

5. 複合構造

鋼桁とコンクリート橋脚を剛結し上下部一体構造とし、耐震性および維持管理上優れた構造です。



三郷東高架橋



6. 箱桁橋と合成床版の一括架設

箱桁橋に合成床版を架設地点で一体化し架設することにより、吊足場が不要となり不安全な高所作業が減少します。また、工期の短縮が計れます。

豊田ジャンクション

7-2 特殊架設工法の事例

環境への影響を最小限に抑えるために次のような特殊架設工法も採用されています。

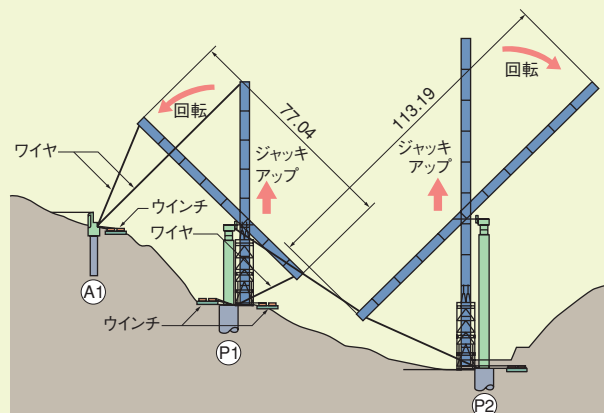
1. ジャッキアップ回転架設工法

橋脚に沿って鋼桁を塔状に組上げ、90度回転して架設した特殊架設の事例です。

工事概要

- ①橋脚に沿って鋼桁を鉛直に設置する。
- ②1ブロック分のジャッキアップを行う。
- ③次のブロックを挿入し連結する。
- ④①～③の作業を繰り返す。
- ④橋脚上に設置したピンを支点に、組み上がった鋼桁を縦から横に90度回転させる。

宿茂高架橋



2. 張出し架設工法を用いた 鋼2主桁複合ラーメン橋

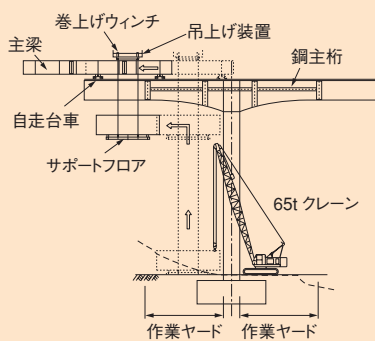
鋼桁とコンクリート橋脚を剛結した複合ラーメン橋に、特殊クレーンであるトラベリングエレクションガントリーを採用し施工した事例です。

今別府川橋

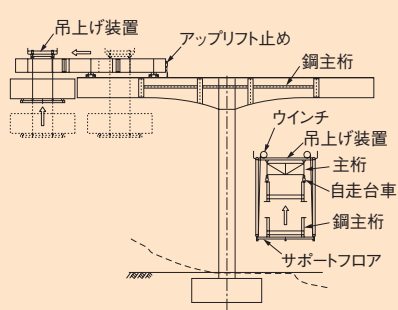


架設ステップ図

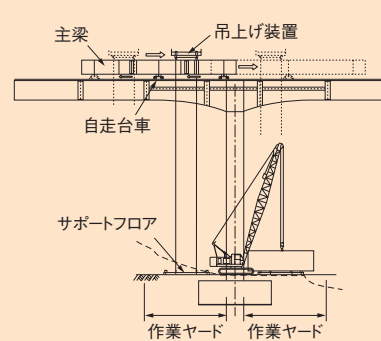
ステップ 1



ステップ 2



ステップ 3



橋脚周辺部だけの作業ヤードを用いて、部材の吊上げ・運搬・架設を1台のトラベリングエレクションガントリーで行った。

新しい鋼橋の誕生Ⅱ

初版発行 2003年5月

改訂版発行 2004年12月

発行人 野田 清人

発行所  日本橋梁建設協会

〒104-0061 東京都中央区銀座2-2-18
鉄骨橋梁会館1階

TEL. 03(3561)5225 FAX, 03(3561)5235
<http://www.jasbc.or.jp/>

※この資料の内容は当協会の各委員会の共同研究によるものです。

※この資料に記載の工事費は、仮想条件の設定とこれに基づく試設計による数量などにより算出したものです。実際工事においては、現実の諸条件を考慮して検討されるべきものです。