

第2章 橋面上に主構造のある橋梁デザイン

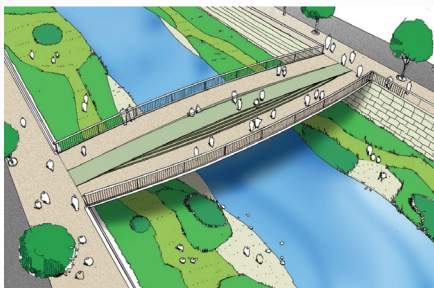
はじめに

小さい頃、橋と言えばいわゆる“鉄橋”であった。そしてそのイメージは、下路式の鉄道トラス橋。あまり深く考えてはいないまでも、線材で構成されるその幾何学的な形態は、子供心に焼きついて離れない。そして今、改めて人々に橋のイメージを尋ねると、その大半は明石大橋や横浜ベイブリッジ、レインボーブリッジといった、これまた華やかな下路式の橋梁。下路式の橋梁は、今も昔も一般の人にとっての“橋”なのである。

ところが、現在 13 万橋とも言われる国内の道路橋*、そのほとんどがいわゆる上路式の橋である。上路式の橋は、橋梁を計画する上で非常に都合がいい。主桁の間隔に比較的自由度があり、橋面計画もやり易い。しかし、最も大切にしなければならない橋のユーザー、つまり橋を利用する人、言い換えれば橋を渡る人にとっては上路橋ほど物足りないものはない。はたしてそれでいいのだろうか？

では、下路橋か？ 先にも述べたとおり、下路橋には華がある。橋面上にそそり立つタワー、柔らかな曲線を描くアーチリブ。そしてそのほとんどが長支間橋梁であるが故に、ダイナミックな印象で、橋を見る人だけでなく、渡る人にも強く印象付けられる。ただし、長大支間とする必然性のない場所に、下路式の橋梁をもってくると高くつく。最も多く占めるスパンレンジである 20～70m 程度の橋、いわゆる桁橋の範囲において、アーチ橋や斜張橋の計画は非常に厳しい。それ故に、渡る人にはなんの楽しみもない、画一的な橋が多く作られてきたのである。

ところで、下路式の桁橋があることを忘れてはいまいか？ 下路式桁橋の代表格は鉄道橋であろう。歩道橋においても、下路式の桁橋の事例はいくつかある。かといって、道路橋の桁橋で下路橋の例がないわけではない。アーチ橋や斜張橋ほどの華やかさはないが、上路橋ほど味気ない橋とはならないこの形式に少し着目して、下路式の桁橋=橋面上に主構造のある橋の魅力に迫っていきたいと思う。



○ WG-2 メンバー

齊藤 展生 パシフィックコンサルタンツ株式会社

熱海 晋 株式会社宮地鐵工所

井上 信夫 開発虎ノ門コンサルタント株式会社

木本 智美 JFE 技研株式会社

久保田善明 京都大学大学院

(* 橋長 15m以上の道路橋 出典：土研資料 第 3506 号)

第2章 橋面上に主構造のある橋梁デザイン

目 次

2.1 研究の目的	2- 1
2.1.1 検討のターゲット	2- 1
2.2 橋面上に主構造のある橋梁の実績調査	2- 4
2.2.1 上路橋以外の橋の比率	2- 4
2.2.2 上路橋以外の橋の橋種別内訳	2- 4
2.2.3 中路・下路式桁橋の使用目的別内訳	2- 5
2.2.4 まとめ	2- 5
2.2.5 橋面上に主構造のある橋梁の事例写真集	2- 7
2.3 橋面上に主構造のある橋梁のデザインの課題	2-10
2.3.1 現地調査報告	2-10
2.3.2 橋面上に主構造のあるデザインアイデア	2-16
2.3.3 デザインアイデアの考察・課題	2-18
2.3.4 橋面上に主構造のある橋梁のデザインに関連した技術項目	2-32
2.4 橋面上に主構造のある橋梁のデザインの提案	2-35
2.4.1 デザイン改善の方向性	2-35
2.4.2 主桁デザインの改善	2-36
2.4.3 床版構造の提案	2-43
2.4.4 新しい橋面上に主構造のある橋梁の実現に向けて	2-44

2.1 研究の目的

橋のデザインでは利用者の視点で橋面上のデザインを積極的に検討することが重要である。そこで筆者らは、最も需要の多い桁橋を、あえて下路式として計画した道路橋に着目した。下路式の道路橋は、橋面上に主構造が露出するため、橋を渡る者に対して視覚的なデザインのアプローチを試みやすい。本文では、橋面上に露出する主構造を積極的にデザインに取り込み、橋の利用者に橋を渡る楽しみを感じてもらえるための下路式桁橋のデザインの方向性を論じた。

我が国で13万橋以上とも言われる道路橋の多くは中小支間に対応する上路形式の桁橋である。しかし、橋を利用する者にとって、上路橋ほど味気ないものはない。そこで、筆者らは橋面上に主構造が露出する下路式の桁橋に着目した。下路式の桁橋は橋面上の利用効率の悪さから、適用が控えられる傾向にある形式であるが、下路式の特徴である床版面が低く抑えられる効果を考えれば、適用されるべきフィールドはもっと広いはずである。そこで、橋面上に主構造が露出する効率の悪さを、主構造のデザインを整えて橋の利用者に橋を渡る楽しみを与えることで補い、下路式の桁橋＝橋面上に主構造のある橋梁の存在意義を改めて見直すことを目的として研究を行った。

2.1.1 検討のターゲット

本WGのテーマである”橋面上に主構造のある橋梁”の最大の特徴は、構造高、特に橋面から下の部分の構造高を抑えることができることである。したがって、この特徴を最大限に生かす架橋条件を整理し、”橋面上に主構造のある橋梁”を適用するステージをイメージすることとする。

(1) 構造高を抑えることを求められる状況を考える

たとえば、河川にかかる橋梁を例にとってみる。一般的な橋梁と河川堤防との取り合いイメージは図2.1.1のとおりとなる。

渡河橋の桁下高は、河川構造令によって計画高水位（HWL）から桁下余裕高を確保した位置以上に計画しなければならない。一般的に計画高水位から桁下余裕高を確保した高さは、堤防天端高と同じであるから、上部工の構造高（橋面～主桁下面）の分だけ堤防を嵩上げすることになる。また、堤防上の嵩下げのために堤防法勾配を延長することから、取付道路の中心ラインがオフセットされることになる（堤防上に擁壁を構築する場合もある）。つまり、上部工の構造高が堤防近傍の土地利用計画に大きく影響を与えるのである。

このような渡河橋だけでなく、橋梁の取付部近傍に交差道路がある架橋条件の場合、さらに堤防すれすれに民家があるなどの場合などでは特に、橋梁計画によって堤防道路の嵩上げ、アプローチ長の延長、あるいは民家の盤上げなどが伴い、近隣への影響が顕著に現れる。

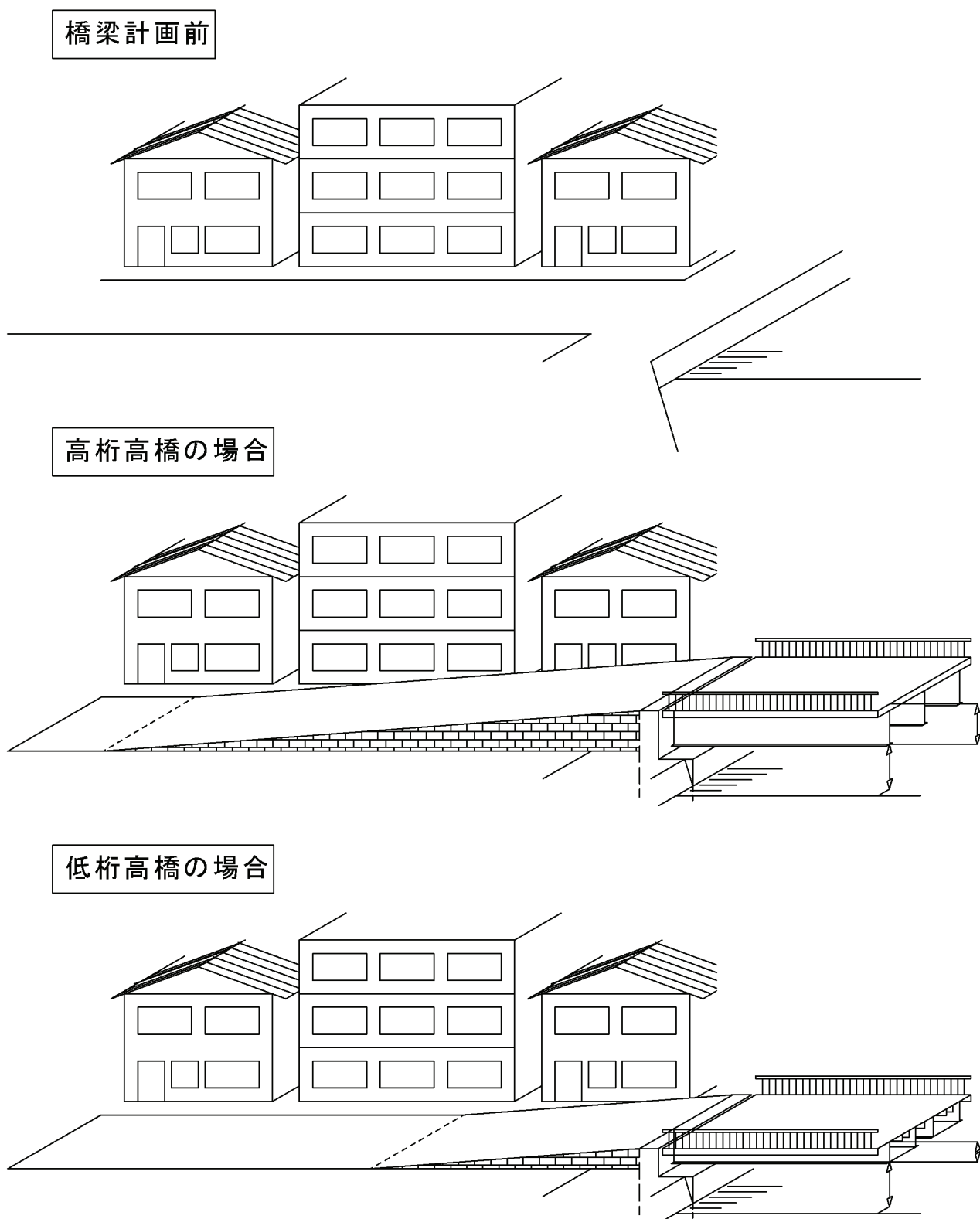


図 2.1.1 渡河橋の橋梁と河川堤防の取り合い

(2) 他橋種で類似する構造特性を有する橋種を考える

上部工の構造高（橋面～主桁下面）は、既往の実績によればハッ山橋で最小約 1.0m、前田橋で約 0.5m である。両橋の桁高支間比（ h/l ）（ h は橋面～桁下面）を計算すると、ハッ山橋で $1/37$ 前

田橋で 1/62 である。一般的に適用の多い主な橋種の桁高支間比と比較して非常に小さい値であることがわかる（下表参照）。

表 2.1.1 主な橋種の桁高支間比と一般的な適用支間長

橋 種	h/l	適用支間長	橋 種	h/l	適用支間長
RC 床版非合成版桁橋	1/15	30～60m	PC ポステン T 桁橋	1/17	20～35m
RC 床版非合成箱桁橋	1/21	40～80m	PC バイプレ桁橋	1/32	20～45m
鋼床版箱桁橋	1/28	30～150m	プレビーム桁橋	1/35	20～45m
合成床版橋	1/40	15～70m	ハッ山橋	1/37	44.8m
PC プレテンホロー桁橋	1/23	8～25m	前田橋	1/62	30.2m

参考：社)日本橋梁建設協会：Design Data Book、2001.9.

社)プレストレスト・コンクリート建設業協会：PC 道路橋計画マニュアル、1997.3.

<http://www.prebeam.jp/index.html>：プレビーム振興会

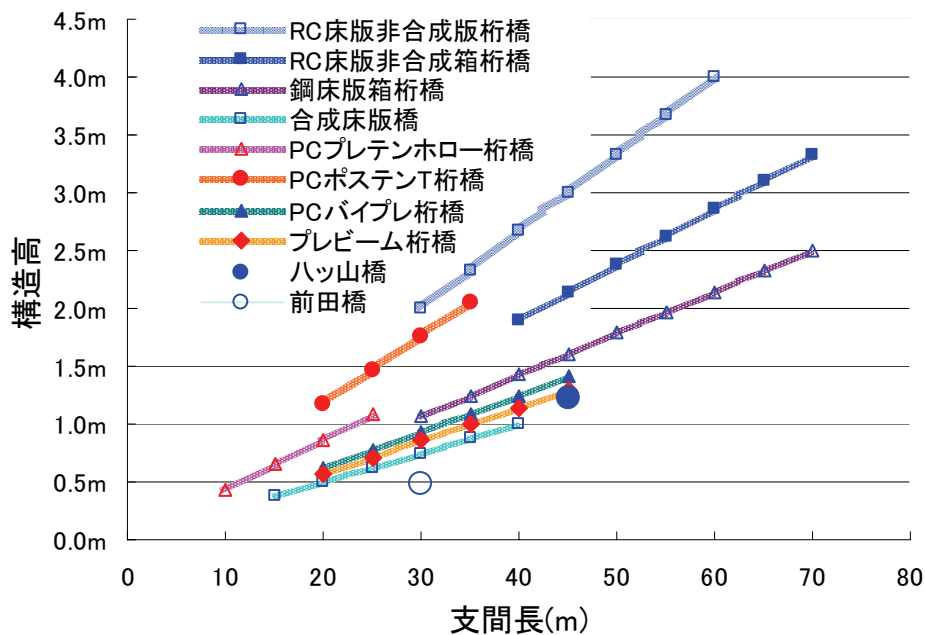


図 2.1.2 主な橋種の桁高（橋面～桁下面）と一般的な適用支間長の関係

上図によれば、橋面上に主構造のある橋梁の仮想ターゲットは合成床版橋であり、既往の実績から 30～40m 程度の支間長レンジを当座の目標としたい。

(3) ”橋面上に主構造のある橋梁”の意味を考える

橋面上に取って主構造を露出させることは、前述したとおり橋面から主桁下面の構造高を低く抑え、近隣への影響を最小限に抑えることが最大の理由である。さらに、主構造が橋面上に露出するということは、橋の利用者、すなわち橋を渡る者に対して視覚的なアプローチの可能性を醸し出す。この可能性を有効的に使うならば、できれば橋上を、時間をかけて利用する歩行者の利用を想定すると同時に、運転者に対しては主構造の露出する部分が目障りにならないように配慮する必要があると考えられる。

（4）”橋面上に主構造のある橋梁”を適用するステージのイメージ

以上のことから、橋面上に主構造のある橋梁を適用するステージは、以下を想定することとした。

～橋面上に主構造のある橋梁を適用するステージ

橋梁近傍に交差道路があり、周辺には民家が隣接する、
支間長 30～40m程度の橋梁計画
（仮想ターゲットは、合成床版橋）

2.2 橋面上に主構造のある橋梁の実績調査

平成7年度版から平成16年度版の橋梁年鑑に掲載されている、過去10年間の全橋梁について、橋種別にデータを整理した。なお、調査母数は5,166橋である。

2.2.1 上路橋以外の橋の比率

図2.2.1にあるように、現在建設されている橋梁の大半が上路橋形式を採用していることが改めて示された。なお、便宜上斜張橋・吊橋については上路橋として集計している。

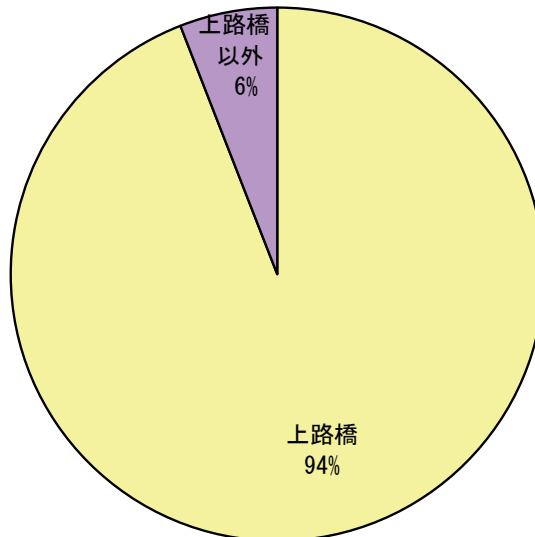


図 2.2.1 全橋梁における上路橋の比率

2.2.2 上路橋以外の橋の橋種別内訳

2.2.1で上路橋以外に分類された橋梁を、さらに橋梁形式別に集計して図2.2.2に示す。トラス橋およびアーチ橋で約85%を占め、比較的支間長の大きい橋梁形式に中路・下路橋の採用が多いことが判る。その中でも桁橋を主とした中路・下路橋（その他）が15%程度（全体比率で0.9%）あることが判った。

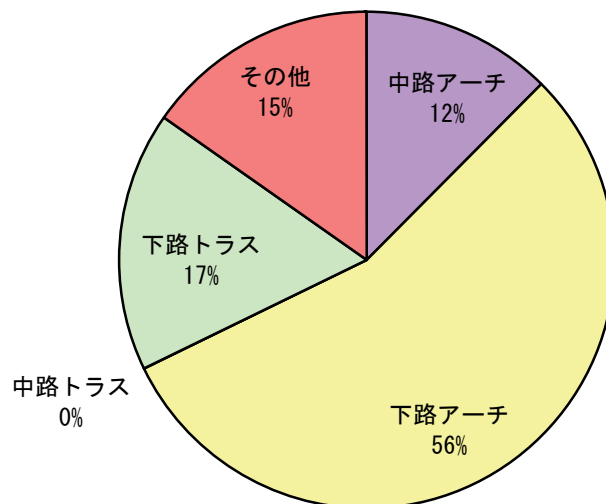


図 2.2.2 上路橋以外の橋種別集計結果

2.2.3 中路・下路式桁橋の使用目的別内訳

中路・下路式の桁橋を、使用目的別に集計して図 2.2.3 に示す。鉄道橋（新交通システムを含む）での適用がもっとも多く約 72%を占め、歩道橋と歩車道橋の比率は同程度であった。

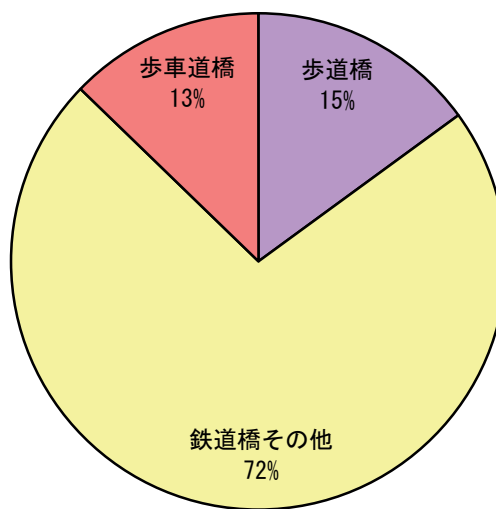


図 2.2.3 中路・下路式桁橋の使用目的別集計結果

2.2.4 まとめ

データ集計結果を表 2.2.1 に示す。予想通りではあるが、上路橋の適用事例が圧倒的に多い。これは、上路橋が、橋面を最も有効的に利用することができるなど、橋としての効率性が高いことを定量的に示していると考えられる。

上路橋以外であれば、トラス橋あるいはアーチ橋の適用事例が増える。その内訳は下路アーチ橋がもっとも多く、次いで下路トラス橋であり、どちらかと言うと下路式橋梁の適用事例が多いことが判る。アーチ橋やトラス橋などは、一般的に適用される支間長が長く、それ自体の構造高が必然的に大きくなる状況にある。その構造として必要スペースを最大限有効に利用するためには、下路橋の方が効率面で

都合がいいことを示している。

なお中路橋としてまず頭に思い浮かぶ中路アーチ橋は 12.5%（全体比率 0.7%）程度であり、桁橋の中路の適用事例よりやや少ないことが判った。

桁橋の中路橋の使用目的として最も多かったのは鉄道橋であった。これは、鉄道は原則として車道橋でいうところのレーン間移動がないことから、比較的橋面上に主構造を露出しやすい状況下にあることが原因と思われる。歩車道橋としての中路桁橋は全体比率で 0.1%しかなく適用事例は極端に少ないが、逆にこれまであまり真剣に考えられてこなかった表れとも言える。

表 2.2.1 平成 7 年～平成 16 年における国内の鋼橋の架橋事例

		Rank-1			Rank-2				Rank-3				
		大 分 類		全体に対 する割合	中 分 類		大分類に対 する割合	全体に対 する割合	小 分 類		中分類に対 する割合	全体に対 する割合	
全体	5,166	上路橋		4,859	94.1								
		上路橋以外	307	5.9	中路アーチ		38	12.4	0.7				
					下路アーチ		170	55.4	3.3				
					中路トラス		0	0.0	0.0				
					下路トラス		52	16.9	1.0				
					その他	47	15.3	0.9	歩道橋		7	14.9	0.1
									鉄道橋その他		34	72.3	0.7
									歩車道橋		6	12.8	0.1

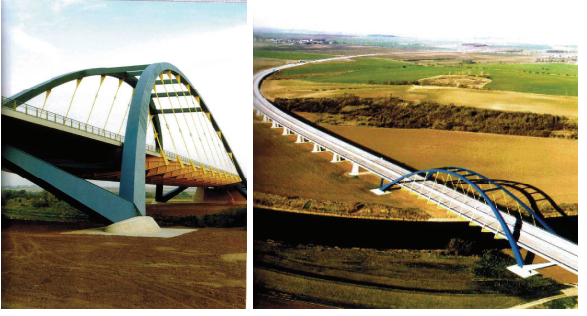
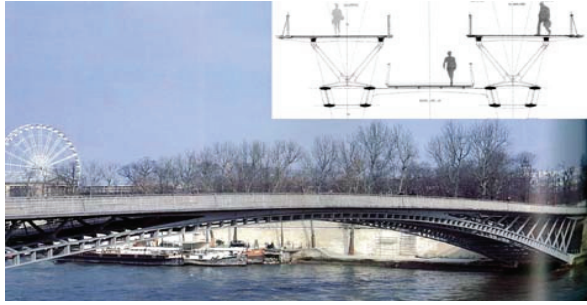
2.2.5 橋面上に主構造のある橋梁の事例写真集

(1) 国内事例

1	橋梁名	舞鶴由良川大橋	
	支間長	64.4+200+64.4	
	幅員	21.6m	
	横断構成	9.25+9.25	
	使用材料	SM570	
	構造形式	中路式アーチ	
	使用目的		
	交差物件	由良川	
	所在地	京都府舞鶴市	
	完成年	1997年	
2	橋梁名	港大橋	
	支間長		
	幅員	17.6m	
	横断構成		
	使用材料		
	構造形式	3径間ゲルバートラス	
	使用目的	車道橋	
	交差物件	航路（海）	
	所在地	大阪市	
	完成年	1974年9月	
3	橋梁名	夢舞大橋	
	支間長	65+280+65	
	幅員	28.5m	
	横断構成	4.0m+2x10.5m+4.0m	
	使用材料		
	構造形式	ローゼ旋回式浮体橋	
	使用目的	車道橋	
	交差物件	航路	
	所在地	大阪市	
	完成年	1999年	
4	橋梁名	第一新田川橋	
	支間長	48.8m	
	幅員		
	横断構成		
	使用材料		
	構造形式	鋼・コンクリート合成アーチ橋	
	使用目的	渡河	
	交差物件	新田川	
	所在地	青森県青森市	
	完成年	2001年	
5	橋梁名	中丸川橋梁	
	支間長	45.0m	
	幅員	450m	
	横断構成	鋼直結軌道式	
	使用材料	SM400	
	構造形式	下路鉸桁	
	使用目的	鉄道橋	
	交差物件	河川	
	所在地	茨城県	
	完成年	2000年	

6	橋梁名	荷川取公園橋	
	支間長	50m	
	幅員	3.8m	
	横断構成	3.8m	
	使用材料	STK490	
	構造形式	中路式パイプトラスアーチ	
	使用目的	公園内	
	交差物件	河川	
	所在地	沖縄県平良市荷川取地先	
	完成年	2002年	
7	橋梁名	新港サークルウォーク	
	支間長	(64.1+48.627) *2	
	幅員	4m	
	横断構成		
	使用材料	SM490Y	
	構造形式	鋼ループトラス橋	
	使用目的		
	交差物件	交差点	
	所在地	横浜市中区新港地区	
	完成年	1999年	
8	橋梁名	萱場橋	
	支間長	31.2m	
	幅員	6m	
	横断構成	6m	
	使用材料		
	構造形式	単純鉸桁	
	使用目的	渡河	
	交差物件	合瀬川	
	所在地	愛知県小牧市新町	
	完成年	1987年	
9	橋梁名	前田橋	
	支間長	30.1m	
	幅員	3.0m+7.8m+3.0m	
	横断構成	両側歩道付車道	
	使用材料	SM490Y	
	構造形式	下路式単純箱桁橋	
	使用目的	道路橋	
	交差物件	河川（運河）	
	所在地	神奈川県横浜市中区	
	完成年	1983年	
10	橋梁名	八ッ山橋	
	支間長	44.8m	
	幅員	2.5m+10.75m+2.5m	
	横断構成	両側歩道付車道	
	使用材料	SM490Y, SM400	
	構造形式	下路式単純箱桁橋	
	使用目的	道路橋	
	交差物件	鉄道	
	所在地	東京都品川区	
	完成年	1984年	

(2) 海外事例

1	橋梁名	フォース鉄道橋	
	支間長	メイン 2 x 521m	
	幅員	521m	
	横断構成		
	使用材料		
	構造形式	カンチレバートラス	
	使用目的	鉄道橋	
	交差物件	海	
	所在地	Edinburgh, England	
	完成年	1890年	
2	橋梁名	Saale Bridge	
	支間長	180m	
	幅員		
	横断構成	2@2車線	
	使用材料	SM570	
	構造形式	中路式アーチ(ローゼ)	
	使用目的	高速道路	
	交差物件	Saale Valley	
	所在地	Beesedau, Germany	
	完成年	2000年	
3	橋梁名	ソルフェリーノ橋	
	支間長		
	幅員		
	横断構成	歩道	
	使用材料		
	構造形式	アーチ	
	使用目的	歩道橋	
	交差物件	河川	
	所在地	フランス パリ	
	完成年	1999年	
4	橋梁名	ミレニアムブリッジ	
	支間長	100+144+81	
	幅員	4m	
	横断構成	歩道	
	使用材料		
	構造形式	吊り形式	
	使用目的	人道橋	
	交差物件	河川	
	所在地	英国 ロンドン	
	完成年	2000年	
5	橋梁名	Butterfly Bridge	
	支間長	30m	
	幅員	約2.5m	
	横断構成	約2.5m	
	使用材料	鋼(材質不明)	
	構造形式	中路式アーチ(バタフライ型)	
	使用目的	歩道橋	
	交差物件	River Great Ouse	
	所在地	Bedford, England	
	完成年		

2.3 橋面上に主構造のある橋梁のデザインの課題

前述の調査により橋面上に主構造のある橋梁の実績が極端に少ないことがわかった。この章では、現地調査を通して橋面上に主構造のある橋梁のメリット、デメリットをからデザイン課題とそこから抽出されたデザインアイデアを整理する。

2.3.1 現地調査報告

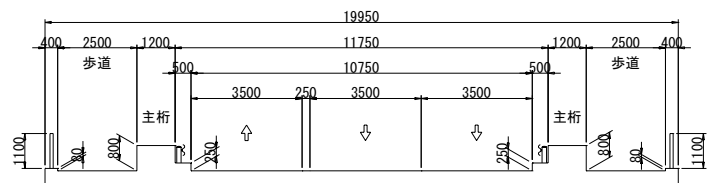
(1) 調査対象

橋梁年間を用い近郊の中路橋を調べた結果、以下の2橋を調査対象とした。

① ハツ山橋



断面構成



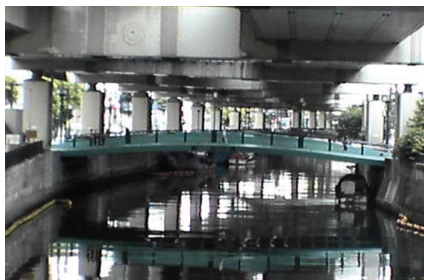
支間長：44.8m

構造形式：下路式単純箱桁橋

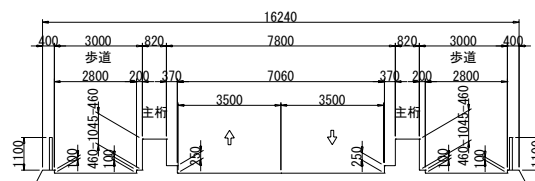
交差物件：鉄道

所在地：東京都品川区

② 前田橋



断面構成



支間長：30.1m

構造形式：下路式単純箱桁橋

交差物件：運河

所在地：横浜市中区

(2) 調査結果

調査結果を3E (Efficiency, Economy, Elegance) に分類し、メリット・デメリットに細分した。またメリット・デメリットにかかわらず現地調査によって得られた所見をその他橋面上に主構造のある橋梁の特徴としてまとめた。

縦断線形を抑えることができるなど、当初予想していたメリットを確認することができた。しかしその一方で橋面上に主構造のある橋梁の利用効率の悪さや、ボルト部の錆汁が露見するなど橋面上に主構造のある橋梁に特質的なデメリットが数多く見つかった。

1) efficiency

①項目

	メリット	デメリット
現地調査前予想	1) 上部構造の重心位置が下がり、下部構造の耐震上有利になる 2) 主構造に兼ねさせることで防護柵・高欄が不要になる ⇒ 衝突に対する配慮が必要	3) 主構造に車両などが衝突する恐れがある ⇒ 衝突に対する配慮 4) 検査路を設置できない 5) 積雪地域では除雪作業が困難 6) 車両のレーンチェンジにより主桁配置に制限があるため道路橋には適合性が低い 7) 主桁本数が少ないため桁高が上がる 8) 路面の線形が曲線の場合には曲線橋（曲線桁）にしなければならない ⇒ 製作管理がしづらい？ 9) 歩行者が主構造によじ登る（主構の幅が広いと特に顕著）
現地調査結果	10) 桁の両端は照明柱により夜間の視認性がよい 11) 縦断線形（アプローチを含む）を抑えることが出来る 12) 路面縦断を気にすることなく、桁高をあげることが出来る 13) 歩車道境界に主構造があるため、明確に分離できる 14) 主構が目につきやすい高さにあるため、発錆状況が見やすい	15) 擦り傷が付き、塗装の劣化が目立つ 16) 中型車クラスで振動を感じる。→剛性が小さい（新八山橋） 17) 主桁幅が広く、主桁の上フランジに帯水しやすい

②写真

10)夜間の視認性がよい



13)歩車道境界に主構造があるため、明確に分離できる



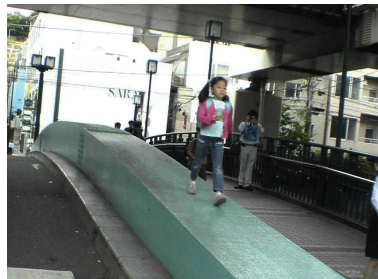
14)主構が目につきやすい高さにあるため、発錆状況が見やすい



3)主構造に車両などが衝突する恐れがある



9)歩行者が主構造によじ登る



15)擦り傷が付き、塗装の劣化が目立つ



2) Economy

①項目

	メリット	デメリット
現地調査前予想	1) 計画縦断を抑えることができる ⇒ 橋梁前後の用地取得の減	2) 主構造の分幅員が広がる ⇒ 用地取得の増 3) 支承間隔が広がり、下部構造幅が大きくなる 4) 床版支間のとりかたによって横桁本数が増加する ⇒ 横桁の負荷が大きい広幅員に対応しづらい
現地調査結果	－	－

②写真

1) 縦断線形を抑えることが出来る



1) 橋梁前後の用地取得の減



2) 主構造の分幅員が広がる



4) 横桁本数が増加する



3) Elegance

①項目

	メリット	デメリット
現地調査前予想	1) デザインの主張ができる	2) 主構造の端部を路面から視認される場合、処理方法に工夫が必要
現地調査結果	3) 桁の両端の照明柱がシンボリックな存在となり橋の存在を強調できる 4) 張出部の側面が細いので桁自体が薄い印象となる(形状を工夫すると更に強調される)	5) 高力ボルトが目につきやすい位置にあるため接続部の印象が悪い(特に上フランジは閉断面のため、ナット側が見える) 6) 添接部から錆が流れ出し、汚れが目立つ 7) 擦り傷が付き、塗装の劣化が目立つ 8) 主構が歩道路面に突出しているため張り紙、落書きをされやすい 9) 主桁幅が広く、圧迫感を感じやすい 10) 板継ぎをする場合に板厚の逃げ方向に配慮が必要

②写真

3)照明柱により橋がシンボリックな存在になる



4)張出部の側面が細いので桁自体が薄い印象となる



4)形状を工夫すると薄い印象が更に強調される



6)高力ボルトが目につきやすい位置にあるため接続部の印象が悪い



7)添接部から錆が流れ出、汚れが目立つ



10)主桁幅が広く、圧迫感を感じやすい



4) その他橋面上に主構造のある橋梁の特徴

①項目

良い点	1) 交差点と踏切に挟まれているため運転速度は自然と遅くなり、ドライバーにとってそれほど運転の支障にはならない。（新八山橋） 2) 主構の桁端部を低くする事で進入時の圧迫感を軽減できる 3) 主構造の延長部分に植樹帯を設けることで、歩行導線及び視線誘導がスムーズになる（新八山橋） 4) フランジとウェブの溶接部を仕上げている→見栄えが良い（工程が増える）
悪い点	5) 桁の端部の前面に中途半端なスペースができる
疑問点	6) ガードレール・防護柵は必要か？（八山橋ではガードレールを設置しているが、前田橋では設置無し。中詰めコンクリートも無い）
その他	7) 路面に露出している主構の端部の形状や、スペースの使い方にデザインのポイントがありそうだ 8) ガードレールがないと車道の地覆幅をわずかに狭くできる

②写真

- 1) 速度が遅くなるのでドライバーにとって負担となりにくい 2) 進入時の圧迫感を軽減できる 3) 植樹帯を設けることで視線誘導がスムーズになる



- 4) フランジとウェブの溶接部を仕上げている （ボルトの向きの工夫）



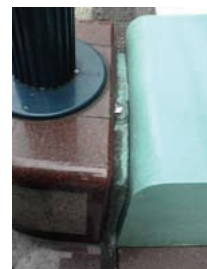
- 5) 桁の端部の前面に中途半端な（横断歩道が有れば少し状況が変わる・中学生休憩中） 信号待ちスペース
スペースができる



- 6) ガードレール・防護柵は必要か



- 7) 路面に露出している主構の端部の形状や、スペースの使い方にデザインのポイントがありそうだ



- 8) ガードレールがないと車道の地覆幅をわずかに狭くできる



2.3.2 橋面上に主構造のある橋梁のデザインアイデア

(1) デザインの着眼点

これまでに収集した資料および現地の視察の結果から得られた橋面上に主構造のある橋梁のメリット・デメリットそれぞれに対して、橋梁部位のどこに関係するかを整理し、それを今後のデザインの着眼点とした。整理した表を以下に示す。

a. 主桁構造に対するデザインの着眼点	
☐ Efficiency に関するもの	・衝突に対し配慮した上で防護柵を主構造に兼用させたい ・除雪作業が容易にしたい ・視距を確保できる構造としたい ・車両のレーンチェンジが可能となる主桁配置としたい ・主桁高を下げて、受風面積を縮小したい ・曲線桁橋においても製作管理上問題を軽減したい ・歩行者が主桁上に登らない構造としたい ・縦断線形を抑えたい ・桁高設定において路面縦断に影響されないようにしたい ・主桁構造の腐食状況の確認を容易にしたい ・擦り傷による塗装の劣化を防ぎたい ・橋体の剛性をあげて通過車両に起因する振動を抑えたい ・主桁の上フランジの帯水を防ぎたい
☐ Economy に関するもの	・必要用地幅を抑えたい ・下部工の構造幅を抑えたい
☐ Elegance に関するもの	・橋上の眺望性を確保したい。 ・主桁端部の妻部デザインに配慮したい ・主桁の添接ボルトの処理に配慮したい ・添接部から錆汁を抑えたい ・擦り傷による塗装の劣化を防ぎたい ・主構造への張り紙、落書きを防止したい ・主桁の圧迫感を軽減したい ・板厚変化による表面段差を解消したい
☐ その他	・橋梁進入時のドライバーに対する圧迫感を軽減したい ・歩行者の動線及び視線誘導効果を向上させたい ・板継ぎ部の見栄えに配慮したい

b. 横桁構造に対するデザインの着眼点	
☐ Efficiency に関するもの	・縦断線形を抑えたい ・下部工の構造幅を抑えたい ・横桁の負荷を軽減し、広幅員に対応したい
☐ Economy に関するもの	
☐ Elegance に関するもの	

c. 床版構造に対するデザインの着眼点

☐ Efficiency に関するもの	・上部構造の重心を下げたい ・橋梁検査を容易にしたい ・車両のレーンチェンジが可能となる主桁配置としたい ・縦断線形を抑えたい
☐ Economy に関するもの	・縦断線形を抑えたい ・横桁の負荷を軽減し、広幅員に対応したい
☐ Elegance に関するもの	

d. 添接に対するデザインの着眼点

☐ Efficiency に関するもの	
☐ Economy に関するもの	
☐ Elegance に関するもの	・主桁の添接ボルトの処理に配慮したい ・添接部から錆汁を抑えたい

e. 橋面に対するデザインの着眼点

☐ Efficiency に関するもの	・除雪作業が容易にしたい ・視距を確保できる構造としたい ・車両のレーンチェンジが可能となる主桁配置としたい ・主桁高を下げて、受風面積を縮小したい ・夜間の視認性を向上させたい ・歩車道分離により歩行者の安全性を確保したい
☐ Economy に関するもの	・必要用地幅を抑えたい
☐ Elegance に関するもの	・主桁端部の妻部デザインに配慮したい ・橋梁にシンボル性を持たせたい ・擦り傷による塗装の劣化を防ぎたい ・歩行者の動線及び視線誘導効果を向上させたい

f. 地覆に対するデザインの着眼点

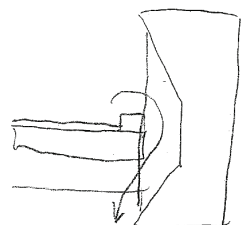
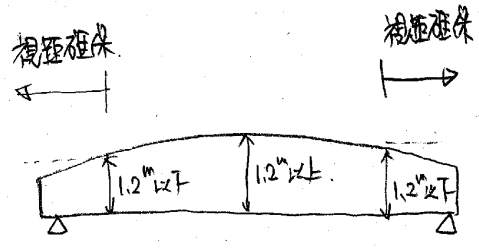
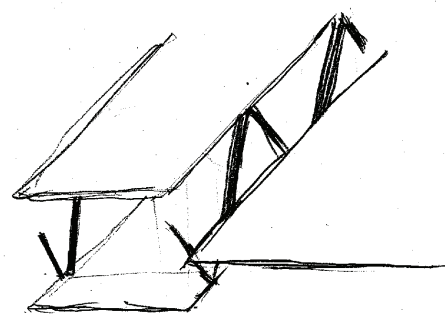
☐ Efficiency に関するもの	
☐ Economy に関するもの	
☐ Elegance に関するもの	・主桁の薄さを強調したい

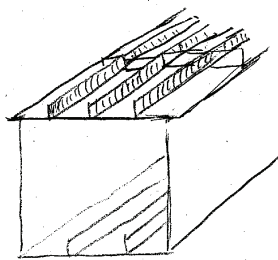
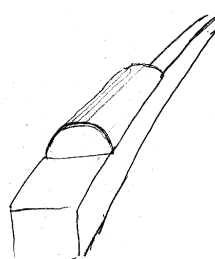
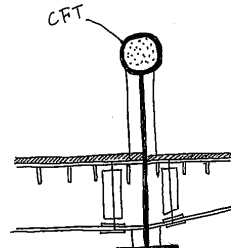
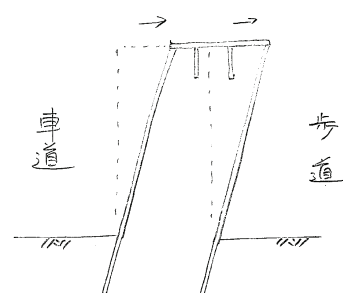
2.3.3 デザインアイデアの考察・課題

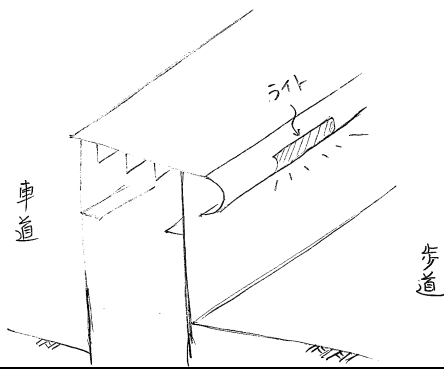
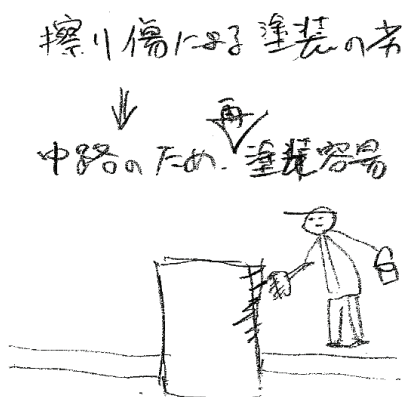
(1) 主構造に関するデザインの着眼点

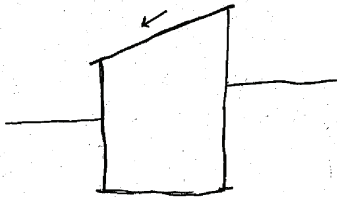
デザインの着眼点であげられた項目に対するデザインの考案、問題点・課題点の抽出をブレインストーミング形式でおこなった。デザイン案を考案する際にはラフスケッチを用い、抽象的なアイデアをより具体的なイメージに近づけた。

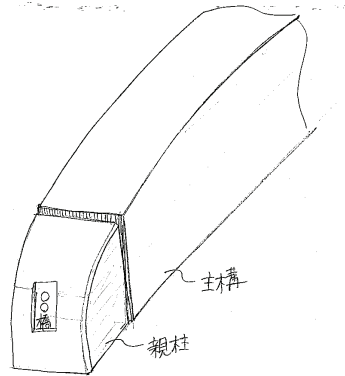
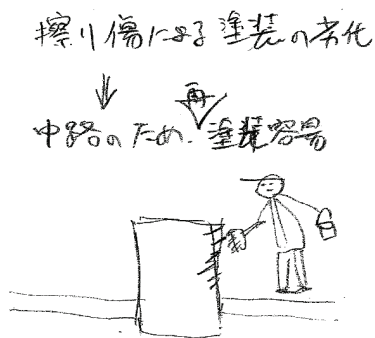
デザインの着眼点	デザインの考案	問題点・課題	評価
Efficiency に関するもの			
衝突に配慮した上で防護柵を主構造に兼用させたい			
主桁内に、荷重分散構造を設置した上で、ウェブ面に直接ビームを設置する。	1) 主桁ウェブに一時的にも衝突荷重を伝達するのは、構造上問題ではないか？ → 防護柵のビーム支持材は、ウェブに孔明、貫通させ、箱桁内あるいは反対側で支持柱を設置することではどうか？デザインのにも優位である。 2) 実証実験が必要。 3) モノレール桁が参考にならないか？	△	
地覆を高くして車輪が乗り上がらなければ直接的に衝突しない？	1) どの程度まで地覆を高くすれば効果が得られるか？ 2) 結果的に壁高欄と同じになる 3) 形状によっては道路構造令による建築限界を犯す可能性がある。	×	
フロリダ型の様な地覆にして衝突荷重を緩和する	1) 主桁への衝突荷重は緩和されるが、どの程度緩和されるかは不明	○	
歩道側にはすり傷防止の柵をつける		△	

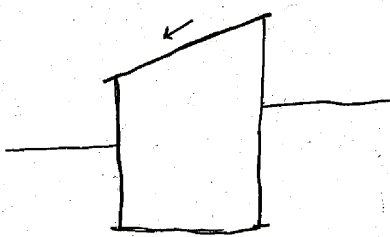
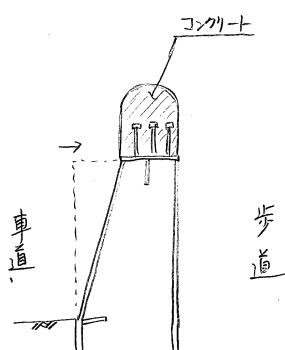
デザインの着眼点	デザインの考案	問題点・課題	評価
Efficiency に関するもの			
除雪作業を容易にしたい			
地覆の外側に隙間を設ける。 	1) スノープラウで除雪する場合、桁下に落とす必要性は少ない。 2) 実際に落雪できるかどうか疑問である。		
視距を確保できる構造としたい			
変断面構造として、桁端部の桁高を抑える。 	1) 視距確保区間は割り込みフランジ形状を用いて、上フランジ面を橋軸方向にフラットとする、あるいは中央部だけ曲線で盛り上がる形状などの工夫も考えられる。	○	
レーンチェンジが可能となる主桁配置としたい			
スパン 30m～40m の橋の場合、レーンチェンジの必要性は少ない。	1) 特に無し	○	
主桁高を下げて、受風面積を縮小したい			
ウェブをトラス構造とする。 	1) 車道側の横桁とトラスの接合構造に工夫が必要。 2) トラスのスケールに対して、ガセットプレートが大きくなり過ぎないように注意が必要(十分な主構高が必要)。 3) 格点部については、前回部会の WG-3 報告書が参考になる。 4) トラス桁内を歩道とする場合は、かなり大規模になることに注意	△	
曲線桁橋においても製作管理上の問題を軽減したい			
中路橋独自の問題ではない。 製作が著しく困難というわけではなく、現在の製作技術で十分対応可能。	1) 特になし。	○	

デザインの着眼点	デザインの考案	問題点・課題	評価
Efficiency に関するもの			
歩行者が主桁上に登らない構造としたい			
上フランジのリップを敢えて外面に設置する。(ライトアップなどで演出、デザインが必要)		1) リップの間にゴミが溜まる。 2) 排水用のスカーラップが必要であるが、それでも水みちが汚れる可能性は高い。 3) 上面に強化ガラスを貼り、リップ間に照明を取り付けるという演出方法も考えられるが、その場合、主桁上に歩行者を登らせないという意図に反する(登りやすくなる)。	
かまぼこ状の防止構造を設置する。(アーチリップの場合)		1) カバーと主桁の取り合い部にゴミが溜まりやすい。 2) 単なる取付け材であることから、コスト増になることは明白。 →形状アイディアの例として考えていきたい。	○
単純桁の上フランジをコンクリート充填鋼管とする		1) コンクリートの充填確認ができるような工夫が必要。 2) CFTの重量が大きいため、CFTとウェブの接合部には一定間隔で補強リップが必要となる可能性がある。	△
歩道側ウェブを傾斜させる。		1) 主桁作用による桁の変形が過大とならないように、適切な間隔で桁内にダイヤフラムが必要。 2) 主桁の全体横倒れ座屈が懸念される →車道側のウェブは直立させてはどうか？ →上フランジだけ突出させてV-Stiffで支持させたらどうか	△

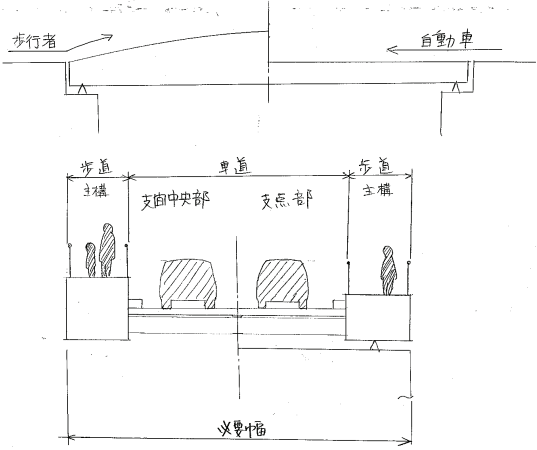
デザインの着眼点	デザインの考案	問題点・課題	評価
Efficiency に関するもの			
歩行者が主桁上に登らない構造としたい			
歩道側ウェブを主桁内側に入れてフランジ耳部にライトを設置する。 	1) 上フランジが突出するため、歩道幅員確保のため全体幅員を拡幅させる必要がある。 → 必要フランジ幅を保持したまま、歩道側のウェブを内側に押し込む場合は歩道幅員が縮小されることはない。	○	
縦断線形を抑えたい			
下路橋に近づけることで可能。	1) 特になし。		○
桁高設定において路面縦断に影響されないようにしたい			
下路橋に近づけることで可能。	1) 特になし。		○
主桁構造の腐食状況の確認を容易にしたい			
	1) 鏡面上は点検容易であるが、桁下の点検は桁下に入る必要がある。 2) 橋梁点検車の使用が考えられるが、主桁および歩道が張り出しの障害となるため、大型タイプが必要となってくる。	△	
擦り傷による塗装の劣化を防ぎたい			
橋面上のメンテナンスは容易であるため、その都度再塗装する。 擦り傷による塗装の劣化 ↓ 中略のため、塗装容易 	1) 特になし。	○	

デザインの着眼点	デザインの考案	問題点・課題	評価
Efficiency に関するもの			
橋体の剛性をあげて通過車両に起因する振動を抑えたい			
ポータルラーメン構造を中路橋に適用。	1) 多主 I 桁橋に比べて、主桁剛結部に作用する断面力が大きくなるため、コンクリートとの結合方法に注意が必要。 (後述 2.3.4(3) 参照)	△	
主桁の上フランジの帯水を防ぎたい			
雨水の滞水をふせぎ、主桁上に登りにくくさせる。 	1) ウェブの高い側のフランジ応力で上フランジの断面が決定されるため、勾配の低い側では上フランジに応力的な余裕が生じる。 2) 上フランジの勾配はどの程度がいいのか検証する必要がある。 →歩行者の目線との関係がありそう (後述 2.4.2(1) 参照)	○	
Economy に関するもの			
必要用地幅を抑えたい			
歩道部を主桁から張り出すことにより、主桁間隔を狭めることができ、下部工幅も低減できる。	1) 下部工幅が狭くできるが、用地幅は総幅員で考えるため、用地幅の低減にはならない。	○	
下部工の構造幅を抑えたい			
歩道部を主桁から張り出すことにより、主桁間隔を狭めることができ、下部工幅も低減できる。	1) 用地幅の低減にはならないが、下部工幅の低減には貢献できる。	○	
Elegance に関するもの			
橋上の眺望性を確保したい			
主桁の上に登れる構造とする。	1) 転落等に対する安全性への配慮が必要。 2) 階段一体型構造が参考になる	△	

デザインの着眼点	デザインの考案	問題点・課題	評価
Elegance に関するもの			
主桁端部の妻部デザインに配慮したい			○
親柱を工夫する。		1) 特になし。	
主桁の添接ボルトの処理に配慮したい			
可能な限り現場溶接を採用する。	1) 特になし。 (後述 2.3.4(2) 参照)		○
添接部から錆汁を押さえたい			
可能な限り現場溶接を採用し、溶接後にグラインダー仕上げを行う。	1) 特になし。		○
擦り傷による塗装の劣化を防ぎたい			
橋面上のメンテナンスは容易であるため、その都度再塗装する。	1) 特になし。		
擦り傷による塗装の劣化 ↓ 中略のため、再塗装容易 			○
主構造への貼り紙、落書きを防止したい			
貼り紙防止塗料などによる表面処理。	1) 貼り紙防止塗料の耐久性について確認が必要。		○

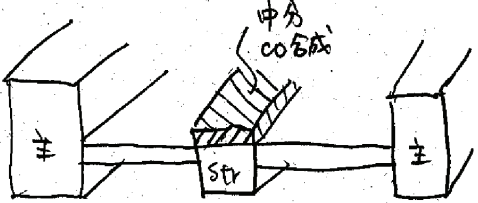
デザインの着眼点	デザインの考案	問題点・課題	評価
Elegance に関するもの			
主桁の圧迫感を軽減したい			
上フランジにテーパをつける。 	1) ウェブの高い側のフランジ応力で上フランジの断面が決定されるため、勾配の低い側では上フランジに応力的な余裕が生じる。 2) フランジの勾配はどの程度がいいのか検証する必要がある。 →歩行者の目線との関係がありそう →別資料参照	○	
板厚変化による表面段差を解消したい			
上フランジ内逃げの板組みとする。	1) 特になし。	○	
その他			
橋梁進入時のドライバーに対する圧迫感を軽減したい			
道路側ウェブを傾斜させる。上フランジ幅が狭くなるためコンクリートと合成させる。 	1) 通常の合成桁に比べてコンクリートの断面が小さいため、合成桁ほどには合成効果が期待できない。 2) コンクリートの損傷が、直接主桁の耐力低下につながる。	×	
歩行者の動線及び視線誘導効果を向上させたい			
主桁上に上られる構造とする場合には、安全性に十分配慮する。手摺りや高欄照明などで視線誘導効果を図る。	1) 特になし。	○	
板継ぎ部の見栄えに配慮したい			
板継ぎ溶接後にグラインダー仕上げを行う。	1) 特になし。	○	

(2) 横桁構造に対するデザインの着眼点

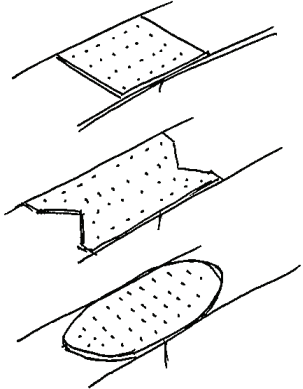
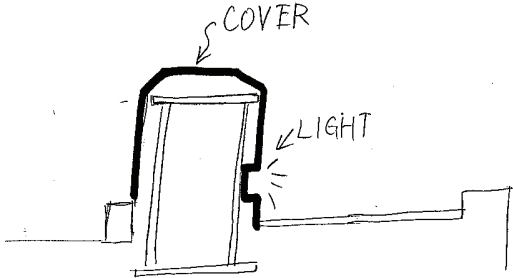
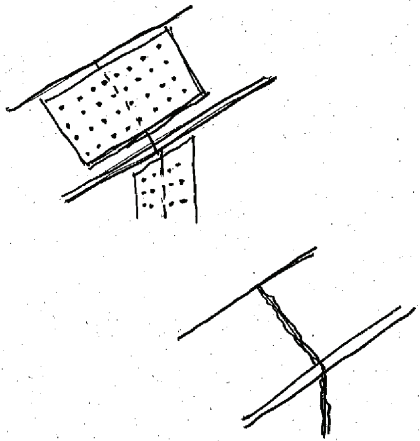
デザインの着眼点	デザインの考案	問題点・課題	評価
Economy に関するもの			
縦断線形を抑えたい			
下路橋に近づけることで可能。	1) 特になし。		○
下部工の構造幅をおさえたい			
主構造の上に歩道を設けることで下部構造の幅を広げる必要がなくなる。 	1) 歩道側の縦断勾配が車道側よりも大きくなるが、バリアフリーに対応可能な勾配の範囲内で計画する必要がある。		○
横桁の負荷を軽減し、広幅員に対応したい			
H 鋼を敷き並べたような横桁構造とする。	1) 主桁側に多数の横桁仕口を設ける必要がある。		△

(3) 床版構造に対するデザインの着眼点

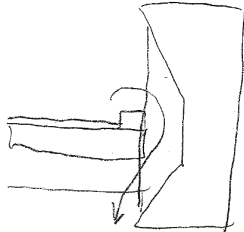
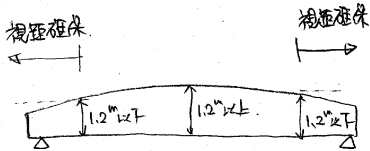
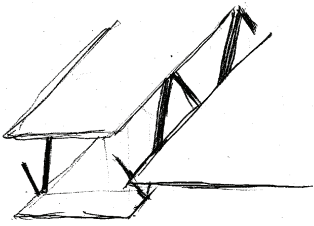
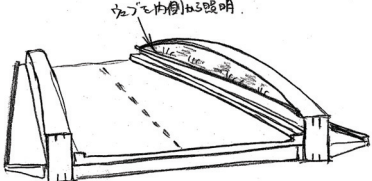
デザインの着眼点	デザインの考案	問題点・課題	評価
Efficiency に関するもの			
上部構造の重心を下げたい			
下路橋に近づけ、かつ、コンクリート床版とする。	1) 特になし。		○
橋梁検査を容易にしたい			
	1) 橋面上は点検容易であるが、桁下の点検は桁下に入る必要がある。 2) 橋梁点検車の使用が考えられるが、主桁および歩道が張り出しの障害となるため、大型タイプが必要となってくる。		△
車両のレーンチェンジが可能となる主桁配置としたい			
スパン 30m～40m の橋の場合、レーンチェンジの必要性は少ない。	1) 特になし。		○

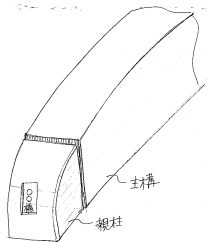
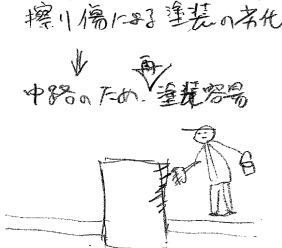
デザインの着眼点	デザインの考案	問題点・課題	評価
Economy に関するもの			
縦断線形を抑えたい			
下路橋に近づけることで可能。	1) 特になし。		○
横桁の負荷を軽減し、広幅員に対応したい			
H 鋼を敷き並べたような横桁構造とする。	1) 主桁側に多数の横桁仕口を設ける必要がある。		△
縦桁を設置して床版支間を短くしたい			
4車線以上で中央分離帯を設ける道路で、中央分離帯を兼ねた縦桁とする。 	1) 主桁の中立軸よりも中分コンクリートが低い位置にある場合、中分コンクリートが引張領域に入ることになるため、合成效果が見込めない可能性がある。		×

(4) 添接に対するデザインの着眼点

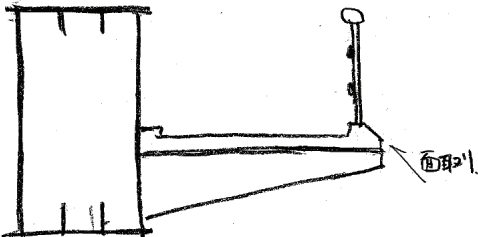
デザインの着眼点	デザインの考案	問題点・課題	評価
Elegance に関するもの			
添接版の形状にデザイン的要素を加えたい			
		1) トータルのボルト本数が同じでも、ウェブ近傍のボルト列数を少なくすることはフランジの応力分布に反しており、各ボルトの負担する応力に大きな格差が生じる可能性があるため注意が必要。	△
主桁添接部から錆汁をおさえたい			
	桁全体を化粧版で覆う。 	1) 化粧版のコストが高い。	△
現場溶接としたい			
	余計な凹凸をなくしてすっきりした印象を与える。 	1) ボルトと溶接の併用継手などの方法も考えられる。	○

(5) 橋面に対するデザインの着眼点

デザインの着眼点	デザインの考案	問題点・課題	評価
Efficiency に関するもの			
除雪作業を容易にしたい			
地覆の外側に隙間を設ける。 	1) スノープラウで除雪する場合、桁下に落とす必要性は少ない。 2) 実際に落雪できるかどうか疑問である。		×
視距を確保できる構造としたい			
変断面構造として、桁端部の桁高を抑える。 	1) 視距確保区間は割り込みフランジ形状を用いて、上フランジ面を橋軸方向にフラットとする、あるいは中央部だけ曲線で盛り上がる形状などの工夫も考えられる。		○
車両のレーンチェンジが可能となる主桁配置としたい			
スパン 30m～40m の橋の場合、レーンチェンジの必要性は少ない。	1) 特になし。		○
主桁高を下げて、受風面積を縮小したい			
ウェブをトラス構造とする。 	1) 車道側の横桁とトラスの接合構造に工夫が必要。 2) トラスのスケールに対して、ガセットプレートが大きくなり過ぎないように注意が必要(十分な主構高が必要)。 3) 格点部については、前回部会の WG-3 報告書が参考になる。 4) トラス桁内を歩道とする場合は、かなり大規模になることに注意		△
夜間の視認性を向上させたい			
車道側のウェブを照明する。 	1) 車両衝突時の損傷対策が必要		△

デザインの着眼点	デザインの考案	問題点・課題	評価
Efficiency に関するもの			
歩車道分離により歩行者の安全性を確保したい			
	歩道部を主桁の外側に設ける。	1) 特になし。	○
Economy に関するもの			
必要用地幅を抑えたい			
	歩道部を主桁から張り出すことにより、主桁間隔を狭めることができ、下部工幅も低減できる。	1) 下部工幅が狭できるが、用地幅は総幅員で考えるため、用地幅の低減にはならない。	△
Elegance に関するもの			
主桁端部の妻部デザインに配慮したい			
	親柱を工夫する。 	1) 特になし。	○
橋梁にシンボル性を持たせたい			
	中路橋であることを強調するデザインとする。	1) 特になし。	○
擦り傷による塗装の劣化を防ぎたい			
	橋面上のメンテナンスは容易であるため、その都度再塗装する。 擦り傷による塗装の劣化 ↓ 中路のため、再塗装容易 	1) 特になし。	○
歩行者の動線及び視線誘導効果を向上させたい			
	主桁上に上げられる構造とする場合には、安全性に十分配慮する。手摺りや高欄照明などで視線誘導効果を図る。		○

(6) 地覆に対するデザインの着眼点

デザインの着眼点	デザインの考案	問題点・課題	評価
Elegance に関するもの			
桁の見た目の薄さを強調したい			
地覆が厚く見えないように、面取りなどの処理を行う。	1) 特に無し		○
			

2.3.4 橋面上に主構造のある橋梁のデザインに関連した技術項目

(1) ニーブレース

1) ニーブレースとは

幅員がせまく、支間長の大きい下路橋プレートガーター橋では、写真 2.3.1，図 2.3.1 のようなニーブレースと呼ばれる部材を設置する。このニーブレースは、主桁の横倒れ座屈を防ぐために設置するものである。通常、上路橋では床版などにより複数の主桁上フランジが拘束されているが、下路橋ではこのような機構が構築できないため設置される、下路橋特有の構造対策である。ただし、主桁自体に座屈に対する安全性が確保できている場合（下路箱桁橋など）には設置する必要はない。

このニーブレースを 3E の観点から分析すると、ニーブレースを設置することで構造的には安定するが（Efficiency）、設置スペースの問題から橋梁幅員にロスが生じ(un-Economy)、デザイン的な制限も発生する(un-Elegance)と言える。

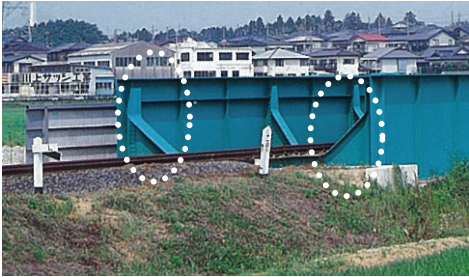
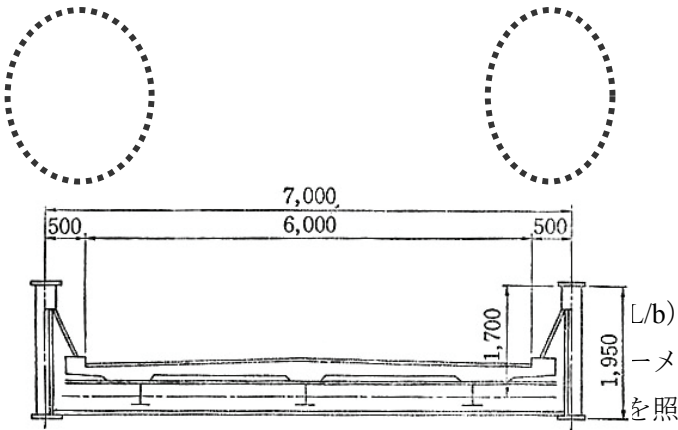


写真 2.3.1 ニーブレース構造の例

2) ニーブレースの設計

鋼道路橋設計便覧（日本道路協会，昭和 18 より大きい構造ではこの座屈の照準を含むいくつかのパラメーターで照査することになっている。残りの 2E も成立させるために、このニーブレースの幅を上フランジ幅程度におさえたい。C 及び C' を決定するパラメーターは下表の通りである。



	パラメータ	記号	影響要因	設計の自由度
C	桁高	h	荷重・支間長・主桁断面積	○
	V.stiff の断面二次モーメント	I_1	ニーブレース断面積	○
	横桁の断面二次モーメント	I_2	横桁の高さ	△
	主桁間隔（U フレーム幅）	B	道路幅員	設計条件
C'	格間長さ（U フレーム間隔）	λ	自由度は比較的大きい	○
	有効長さ係数（通常 1）	k	定数	-
	上フランジ圧縮力	N	荷重・支間長・桁高	△
	座屈安全率（通常 2.0）	ν	定数	-
	格間数	n	橋長	設計条件

特に影響の大きいパラメーターは上フランジの圧縮応力と予想され、主に荷重・支間長・桁高が関係する。しかし、自由度の大きいパラメーターもあり、これを調整することで Efficiency のみならず、Economy, Elegance も達成できると思われる。

(2) ボルト継手・現場溶接の工費比較

下路橋では橋面上に露出する主桁添接部のボルトが橋面上の煩雑さを生む。ボルトによる添接方法は国内では一般的であるが、欧米の橋梁には溶接による継手構造を採用している例が多い。国内においても一部現場溶接継手を採用している事例が見受けられるが、ほとんどがボルト継手構造を採用している。この理由を整理するために、鋼橋技術研究会施工部会ボルト WG の検討資料を参照し、ボルト継手と現場溶接の経済性を比較し、表 2.3.1 に整理した。

検討の結果、現場溶接の工費が若干安い結果となっている。それでもボルト継手が主流なのは、現場溶接が工期全体に及ぼす影響や、品質管理の難しさなど、経済性以外での理由によりボルト添接が多く採用されているものと思われる。

表 2.3.1 ボルト添接と、現場溶接の経済性比較

	項目	ボルト	現場溶接	摘要
工場	工場原価	9,541,771	0	材料費(鋼板・ボルト)、製作費、など
現場	HTB本締工	902,880	0	ボルト本数×単価
	現場溶接費	0	6,141,134	労務費・機械損料・溶接材料など
	共通仮設費	195,383	1,328,941	直工費×係数
	現場溶接試験費	0	768,180	溶接延長×試験費用
	架設原価	1,385,239	10,390,911	純工事費、現場管理費
合計	工事価格	12,402,156	11,864,342	(工場原価+架設原価)+一般管理費

(3) インテグラルアバット

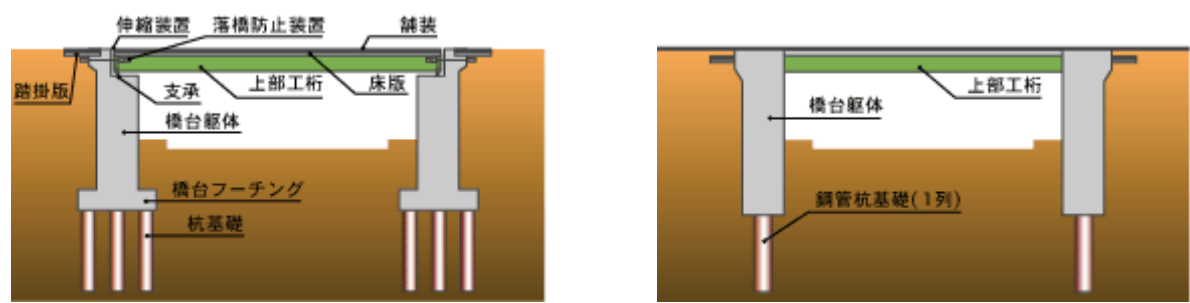
1) インテグラルアバットとは

インテグラル (Integral) とは、直訳すれば『全体』であり、橋梁分野では『複合的一体的に考える』ことを意味する。インテグラルアバット橋とは、橋台部を剛結 (Rigid) し、盛土上にフレキシブルな単列杭によって支えられている切り株状 (Stub) の構造としたものを指す。

「インテグラル橋の計画ガイドライン(案) (鋼桁編)」(平成 16 年, (財)土木研究センター・新日本製鐵(株)) では、インテグラル橋を以下のように定義している。

インテグラル橋の定義

- (1) 本ガイドライン(案)において扱うインテグラル橋は、桁端部において桁と橋台とを剛結し、桁端に支承および伸縮装置を設けない構造とする。



出典：新日本製鐵(<http://www.civil-eye.com/nsc2/next/>)

インテグラルアバット橋の実績は英国・米国で多く、英国では支間 60m 以下、斜角 60 度より大きい橋梁では原則としてインテグラルアバット橋を計画するように規定されている。米国では連続化によって生じるコンクリートのひびわれよりも伸縮装置の維持補修の問題が重視されており、インテグラルアバット橋を積極的に採用している背景にはノージョイント化の後押しが大きい。

2) インテグラルアバットの特徴メリット

インテグラルアバット橋のメリットとして...

- ・橋梁部材の中で更新頻度の高い支承・伸縮装置の省略
- ・下部工のコンパクト化や基礎の単列杭による初期建設費の抑制
- ・シンプルな形状による施工の省力化

インテグラルアバット橋の特徴は、温度変化による桁の押し込みに対してフレキシブルに挙動するため、背面の受働土圧の低減を目的とした裏込め土の非転圧によるクッション効果を持たせることにある。

変形による踏掛版の移動によってアスファルト舗装にクラックが生じるが、桁の温度変化は非常に緩いこと、走行車両による転圧によってクラックが閉じ、舗装割れは面的に広がらないことが確認されている。

3) インテグラルアバットの実績

我が国におけるインテグラル橋の適用例は以下の通りである。

名 称	橋 梁 形 式	橋 長 (m)	橋台部基礎形式
ナイベコシナイ川橋	3 径間連続 PC 箱桁橋	109.0m	鋼管杭基礎
オタモイ川橋	3 径間連続 PC 合成桁橋	101.5m	鋼管杭基礎
小鉾岸川橋	単純鋼・コンクリート複合ラーメン橋	42.0m	直接基礎
千歳 JCT A ランプ橋	PRC3 径間連続中空床版橋	84.0m	
十号沢橋	PRC3 径間連続ラーメン中空床版橋	81.4m	

シラリカ川橋 (<http://www.dps.co.jp/business/bridge/sirarika.html>)

2.4 橋面上に主構造のある橋梁のデザインの提案

2.4.1 デザイン改善の方向性

橋面上に主構造のある橋梁におけるデザイン的な課題は、橋面上に主構造が露出するために常に利用者の目に触れる存在であるという特徴に配慮した **Elegance**（優美）を兼ね備え、橋が与える印象として、利用者等に親しみが持てるものでなければならない。

また、当然ながら **Efficiency**（効率）と **Economy**（経済性）についても、合理性を欠かないものであることが求められる。

ここでは、前項までに抽出された橋面上に主構造のある橋梁に対するデザイン的な課題を整理し、本研究の成果として【下路式桁橋】を題材とした新しい形式を提案する。

(1) 検討のターゲット

検討すべき下路式桁橋の条件として、支間長が 30～40m程度を必要とする 1 スパンの渡河橋で、堤防に沿って民家等が近接しているため、道路計画高の上昇を極力抑えられることが要求される架橋条件下であることを想定した。

このような場合には、鋼床版桁橋やバイプレストレッシング P C 桁橋、プレビーム桁橋などの低桁高橋をもって計画されることが一般的に多いが、本研究ではこれらの特殊橋梁の中でも適用事例が少ない下路式桁橋をターゲットとしてとらえた。

下路式桁橋の適用上の課題として、非通行帯・施設帯として占有される主構造幅分の橋梁幅員が増加によるコストアップや I 形プレートガーダー特有の主桁の横倒れ座屈があるが、これらの解決策として、主桁に【細幅箱桁】を採用することによって対処した。

1) 主桁の横倒れ座屈

圧縮フランジに横構がない下路式桁橋では、主桁の横倒れ座屈対策としてニーブレスと呼ばれる部材を追加する。鉄道橋ではニーブレスを用いた下路式桁橋の適用事例が比較的多く見られるものの、道路橋では部材自体が橋面上の利用効率を低下させ、橋上景観性を悪化させる要因になりかねないため、提要事例は一般的に少ない。



写真 2.4.1 鉄道橋のニーブレス構造の例

そのため、支間長が 30～40m 程度では鈑桁橋がコストを含めた最適形式となる領域ではあるが、箱桁形式を採用することで橋上空間の有効利用やコスト縮減を目指した。また、箱桁形式では補剛材などの二次部材が桁内に配置されることから、鈑桁形式に比べて橋上空間をすっきり見せることができる利点もある。

2) 橋梁幅員の低減

従来の箱桁の合理化を目指して近年事例が増えつつある細幅箱桁は、フランジの厚板化と引張フランジ側の縦リブの省略による箱桁幅の減少や材片数の減少によって形状の合理化、低コストを図ったものであり、従来の箱桁に比べて 1/2 程度の主桁幅を実現した。



写真 2.4.2 従来型箱桁の例



写真 2.4.3 細幅箱桁の例

2.4.2 主桁デザインの改善

橋面上に主構造のある橋梁は、橋面上に露出する主たる部材として主桁や主桁を補剛する部材がその橋もしくは周囲の利用者から常に目につくため、これらが橋の特徴として捉えられて、橋全体の印象付けがされてしまうことがある。

そのため、下路桁橋の一番の課題は、橋面上に露出する主桁の処理であるといえる。露出する構造の規模によっては橋上からの眺望を阻害しかねないものであるため、その形状や添接部の処理などに特段の配慮が必要である。また、車道と隣接する部分は、車両の衝突にも配慮しなければならない。

そこで、現地調査を行った八ッ山橋と前田橋に見受けられた課題や問題点も含め、橋面上のデ

デザインの課題として挙げられた主桁と防護柵の検討結果を述べる。

(1) 主桁上フランジの処理

一般に箱桁の上フランジは、形状の単純化による構造上の力学的明快さや製作上の容易性から水平な面を有する部材であることが多い。しかし、下路桁橋の場合、主桁上面に床版構造を配さないため、上フランジは必ずしも水平である必要性はない。

そこで、主桁形状のデザイン改善として、上フランジの形状を工夫することを試みた。まずは、比較的シンプルな改善案として、車道側または歩道側に傾斜させた場合を対比させて見え方の違いを検証した。

表 2. 4. 1 上フランジの傾斜による見え方の違い

上図のように上フランジに傾斜をつけただけでも橋面上の印象は大きく変わることがわかったが、このいずれにおいても上フランジの傾斜の低い側は開放感が感じられるものの、反対の高い側は圧迫感が生じるのは当然である。

そこで、さらなる改善案として、図に示すように上フランジ面を曲面形状とすることを提案した。平面で傾斜させた場合のシャープな印象とは異なり、柔らかな印象となる景観を創造することができた。

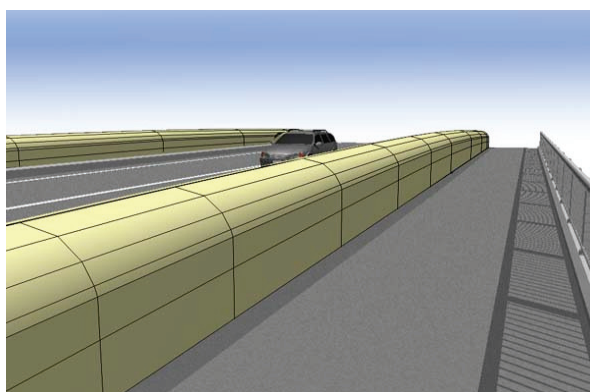


図 2.4.1 上フランジを曲面形状とした見え方

橋面上に主桁が露出する場合においては、降雨時の雨水が主桁上に滞水し易いため、特に添接部のボルト頭部の塗膜劣化とそれに伴う腐食が生じ、発錆によって美観を損なうことになりかねない。



写真 2.4.4 下路式主桁の腐食事例

これに対しては、露出する部材同士の添接は溶接処理とし、ボルト群によるフランジ面の視線阻害を避けることが望ましい。また、現地調査で確認された主桁上への児童によるよじ登りと、これに伴う転落事故を未然に防ぐ対策は別途考慮しなければならない。



写真 2.4.5 桁上への児童のよじ登り

(2) 車両用防護柵の改善

橋面上に主構造のある橋梁の場合、車両の衝突から主構造を防護するため、一般に下図のような車両用防護柵の設置が必要になる。



図 2.4.2 下路式桁橋への防護柵設置例



写真 2.4.6 前田橋(防護柵なし)



写真 2.4.7 ハッ山橋(防護柵あり)

この場合、車道側の景観が煩雑になるばかりでなく、車両用防護柵の設置用のスペースが必要となるため、橋梁幅員も必然的に大きくなってしまう。

そこで、あえて主桁構造で衝突力を受ける構造を提案した。この提案は地覆形状による衝撃緩和策を講じることとしたものの、主桁内の構造補強や実験による検証が不可欠ではあるが、実現することができれば、車道面の景観を大きく改善することができる。

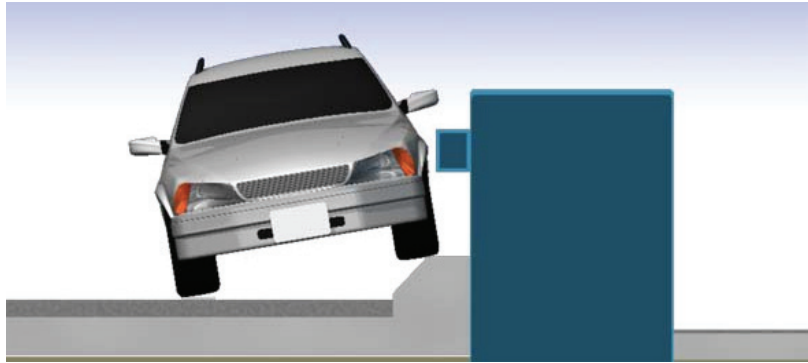


図 2.4.3 新しい防護構造の提案

（3）橋面景観のプロトデザイン

これまでに検討したデザインアイデアを用いて、“橋面上に主構造のある橋梁”のプロトデザインを検討している。具体的なデザインは、以下の2つの異なる方向性を持たせることを目指す。

- Plan-A: 比較的現実的なデザインとし、客先が気軽に採用できることをめざし、実用性に重きをおく。
- Plan-B: やや橋の存在を全面的にアピールするようなデザインとし、イベント性をも考慮する。

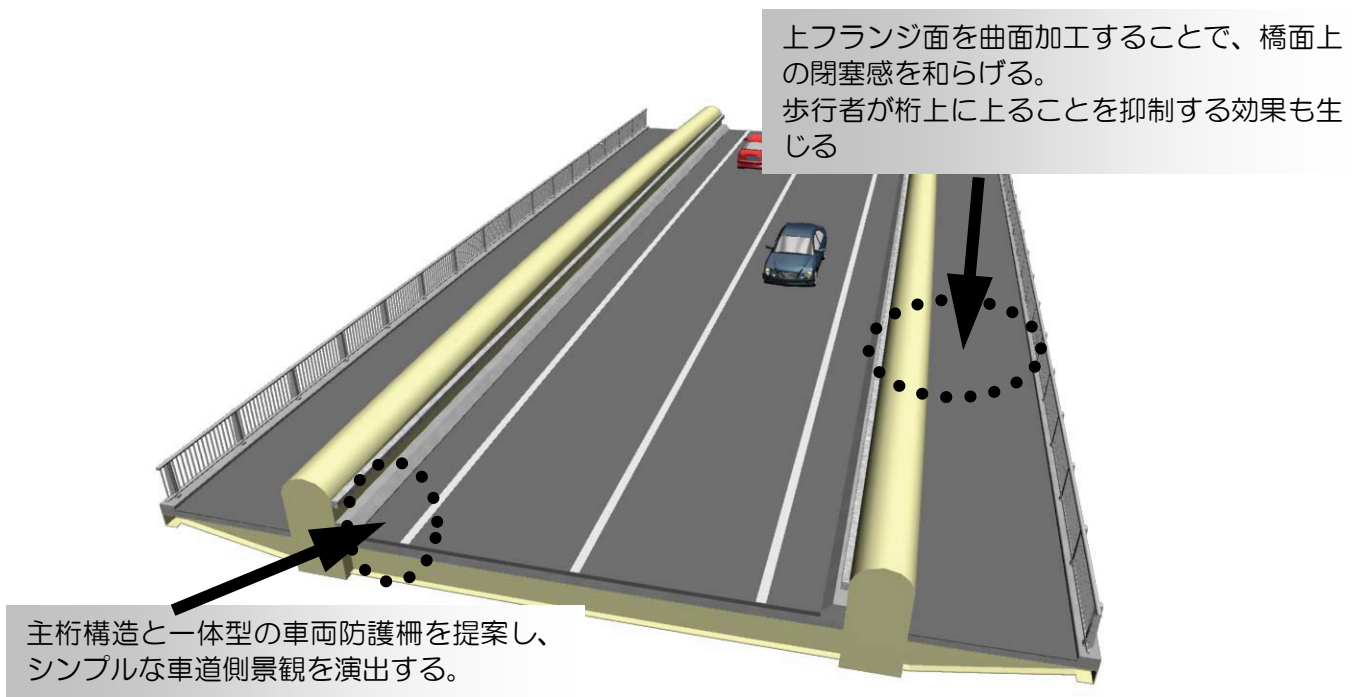


図 2.4.4 Plan-A の例（1）

連続橋の中間支点上の必要主桁断面（桁高）
を利用して、橋面景觀に変化をもたせる。

必要主桁断面（桁高）

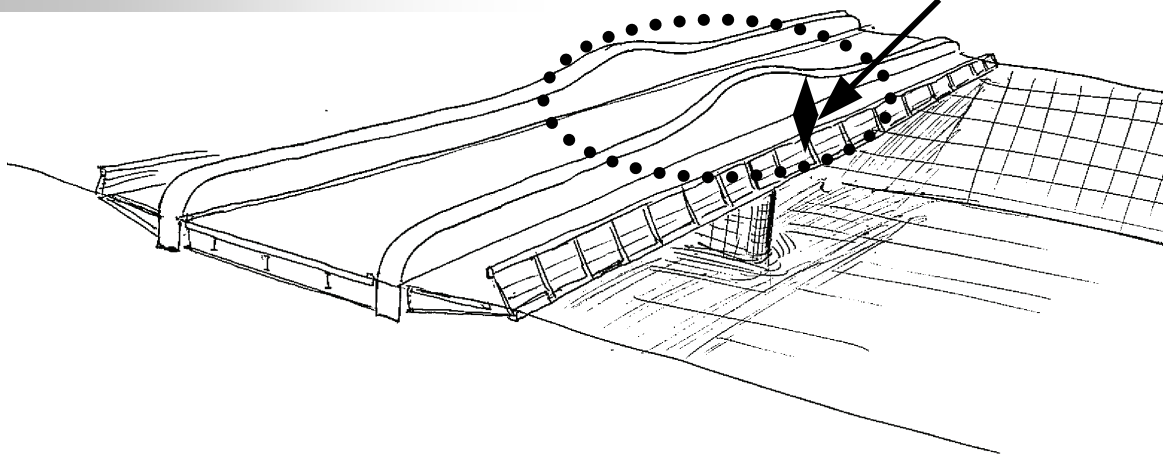
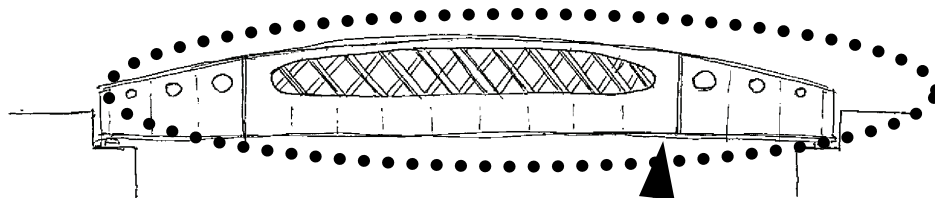


図 2.4.5 Plan-A の例（2）



桁側面に丸穴やラチス構造など、透過性のあるデザインを採用することにより、橋面上から“覗く”楽しみを演出する

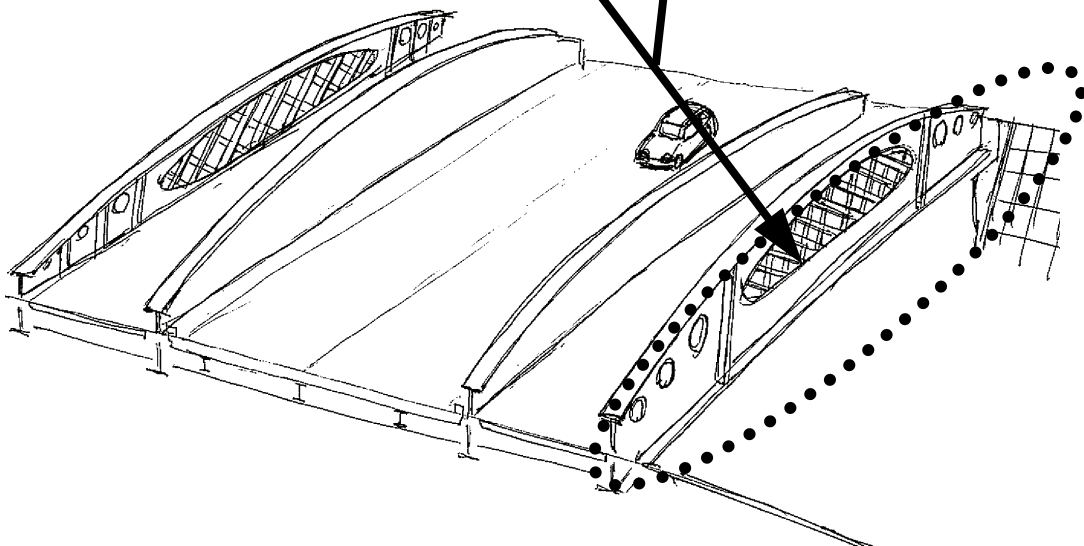
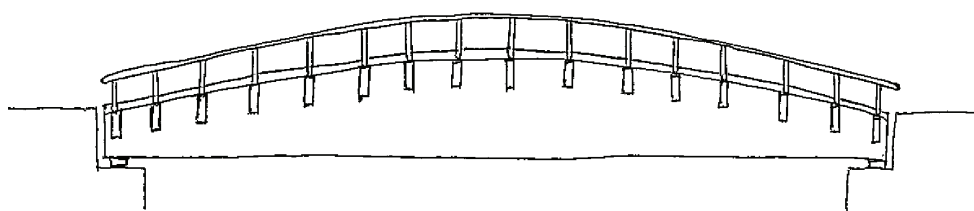


図 2.4.6 Plan-B の例（1）



主構造の上を歩道として利用し、高い眺望性を醸し出す。
主桁を無駄にサイズアップすること避け、ブラケットを併用し
て経済性を追及する。

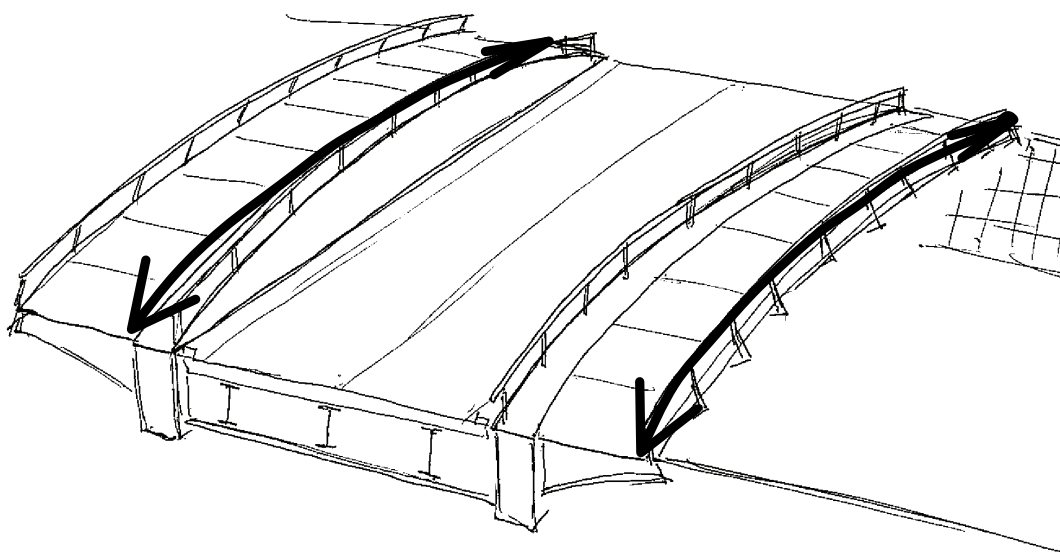


図 2.4.7 Plan-B の例（2）

- ・両側歩道は上下面を床版構造としたフィーレンディール形式とする。
- ・上床版はカバードブリッジのイメージを出す。
- ・下床版はPC床版で歩車道を一体化することで、構造的に無理をせず、しかしさりげない主張を忘れない橋のデザインとした。
- ・横剛性を高めるための部材はアーチ形状とし、合理的な構造性とともにゲート性をも演出する。
- ・柱の外側には連続した張出しデッキを設け、回廊のイメージを効果的に演出する。

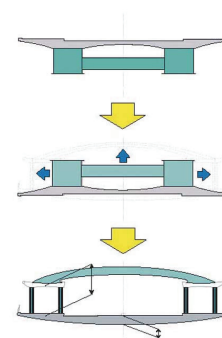
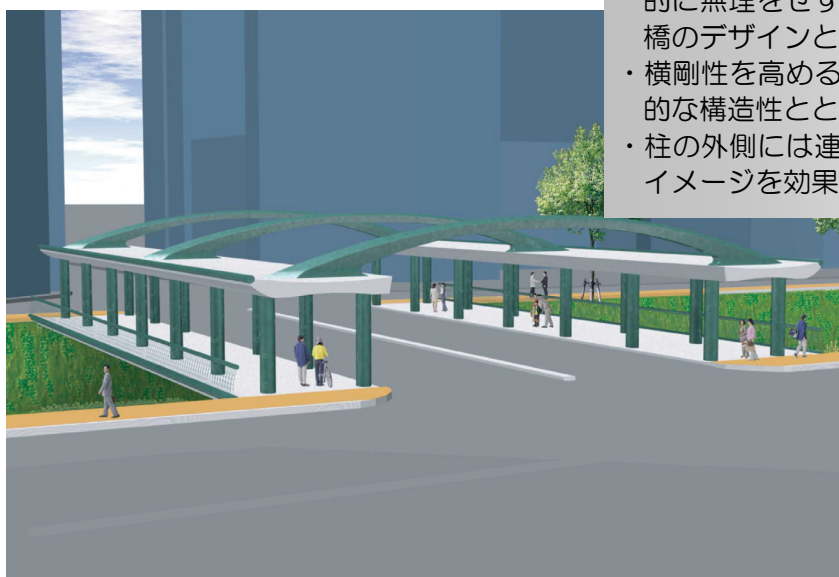


図 2.4.8 Plan-B の例（3）（清溪川橋梁デザインコンペ応募作品より，2003 年）

2.4.3 床版構造の提案

下路式桁橋は、主桁と主桁の間に車道部を配することから、主桁間隔が大きくなるため、床版は主桁間に渡す横桁上に支持させることになる。

横桁の桁長は、2車線の道路橋として計画したケースでは8 m程度の長さが必要になる。このとき、床版は弾性的に支持される構造となり、横桁に支持されている箇所においても床版は正曲げモーメントが卓越する傾向となるために、床版構造へは鋼床版を採用する事例が多く見受けられる。鋼床版構造の採用は橋梁工事費の増加につながりやすく、近年では合成床版の採用も検討されているが、この課題に対して発想を転換し、P Cプレテンションホロー桁（J I S桁）を用いた床版構造について検討した。

一般的な下路式桁橋の横桁が8 m以上となることに着目し、通常I桁を用いる本構造の代わりに図に示すような小支間用のP Cプレテンションホロー桁（以下、P Cプレテン桁という）を用いることを考えた。P Cプレテン桁はそのまま桁の上面を路面として使用することが可能となることから、横桁が床版構造を兼ねる利点がある。また、横桁の桁高は400mm程度であることから、計画路面高も通常に比べて低く抑えることもできる。

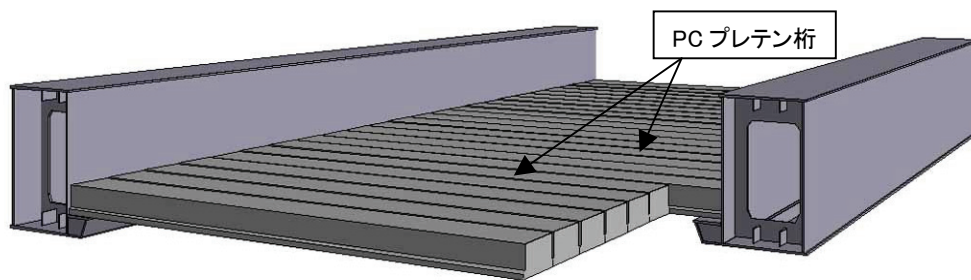


図 2.4.9 横桁にP Cプレテン桁を用いる案（A案）

しかし、橋梁全体にP Cプレテン桁を並べると死荷重の増加が大きく、主桁構造自体だけでなく、下部構造への影響も顕著になる。そこで、近年P C橋のコスト削減策として実績が多いP Cコンボ橋の構造を参考に、図のような改善案を考えてみた。

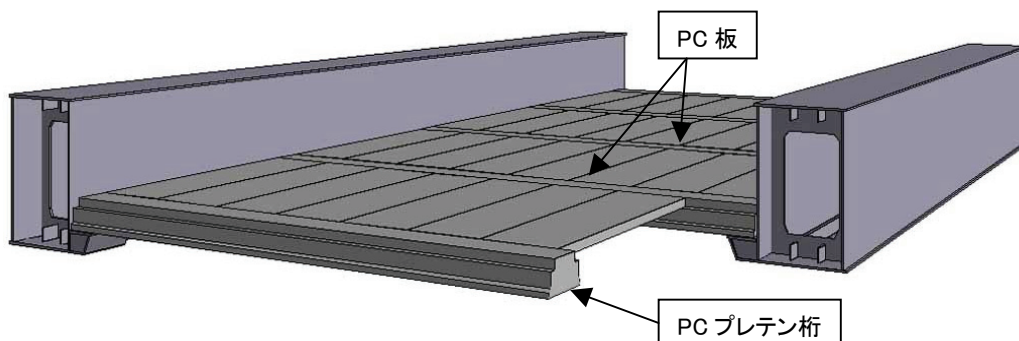


図 2.4.10 P Cコンボ橋による床版構造案（B案）

B案はA案に比べて横桁として用いるプレテン桁の構造高がやや高くなるが、支配的な問題とはならないと考えられる。しかし、A案、B案ともに主桁にブラケットなどの構造を付加して接

合するため、PCプレテン桁の重量を考慮すると、主桁に大きなねじりモーメントが生じるだけでなく、このブラケットの構造高で路面高が当初より高くなる。

そこで、さらに発想を変えて、通常の上路桁橋の上下を反転させた構造をイメージし、図に示すような横桁として用いるPCプレテン桁を直接主桁の下フランジに直接接合する案を考えた。

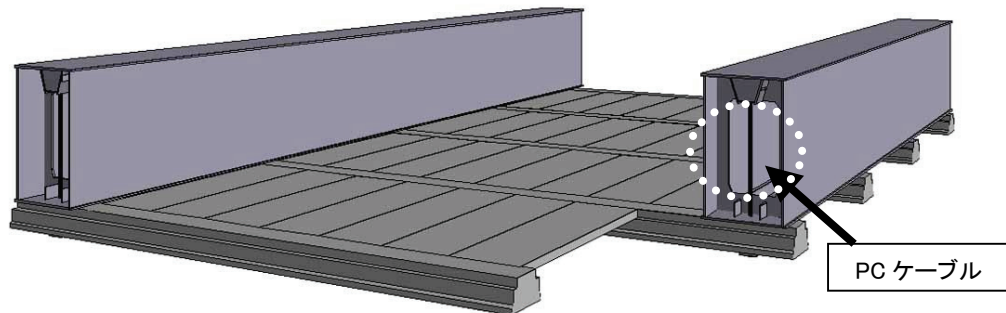


図 2.4.11 横桁を主桁下面に配置する案（C案）

C案の横桁は主桁を架設した後に設置するため、主桁下側から吊上げることになる。このような場合は、PC吊床版橋で用いられる懸垂架設工法が参考になると思われる。本案では、橋台位置で主桁下にプレテン桁を吊上げ、主桁上を軌条として計画位置まで移動し主桁に固定する。横桁の重量は吊床版より大きいので、実際に実現可能かどうかは今後の検討による。

2.4.4 新しい橋面上に主構造のある橋梁の実現に向けて

以上の検討内容を踏まえたプレテン桁を横桁に用いた下路式桁橋は、橋全体が非常に薄いイメージが前面に表れるデザインとすることができた。本橋は、下路式を採用しているため、その支間長にかかわらず、常に薄い橋のイメージを演出できるという大きな特徴を有している。また、耳桁を廃することで、横桁の木口面が橋梁側面の適度なアクセントとなり、橋上では重厚な主桁が橋の利用者に強く印象づけられ、橋の利用者に渡る楽しみを与えるデザインが演出できる。

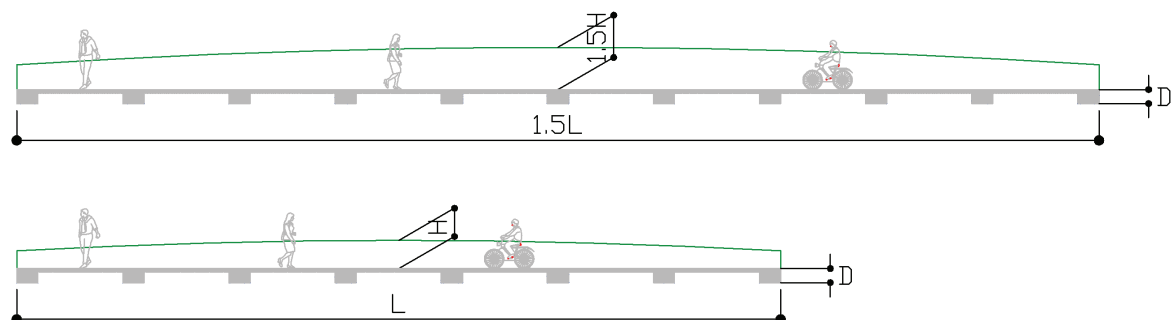
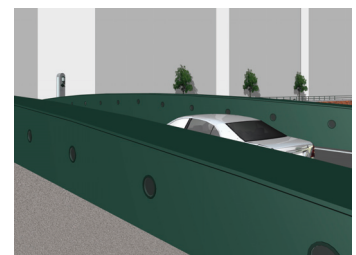
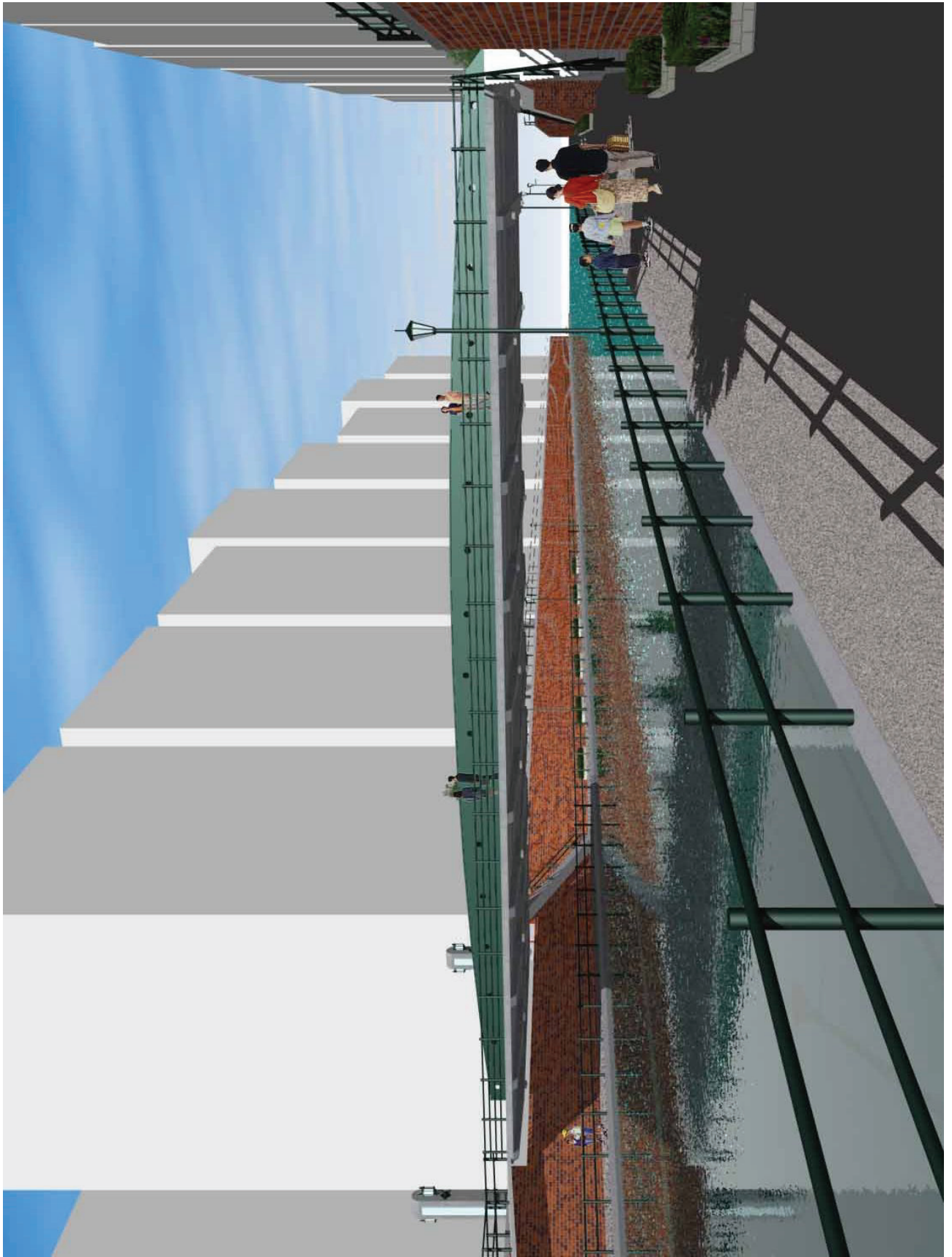


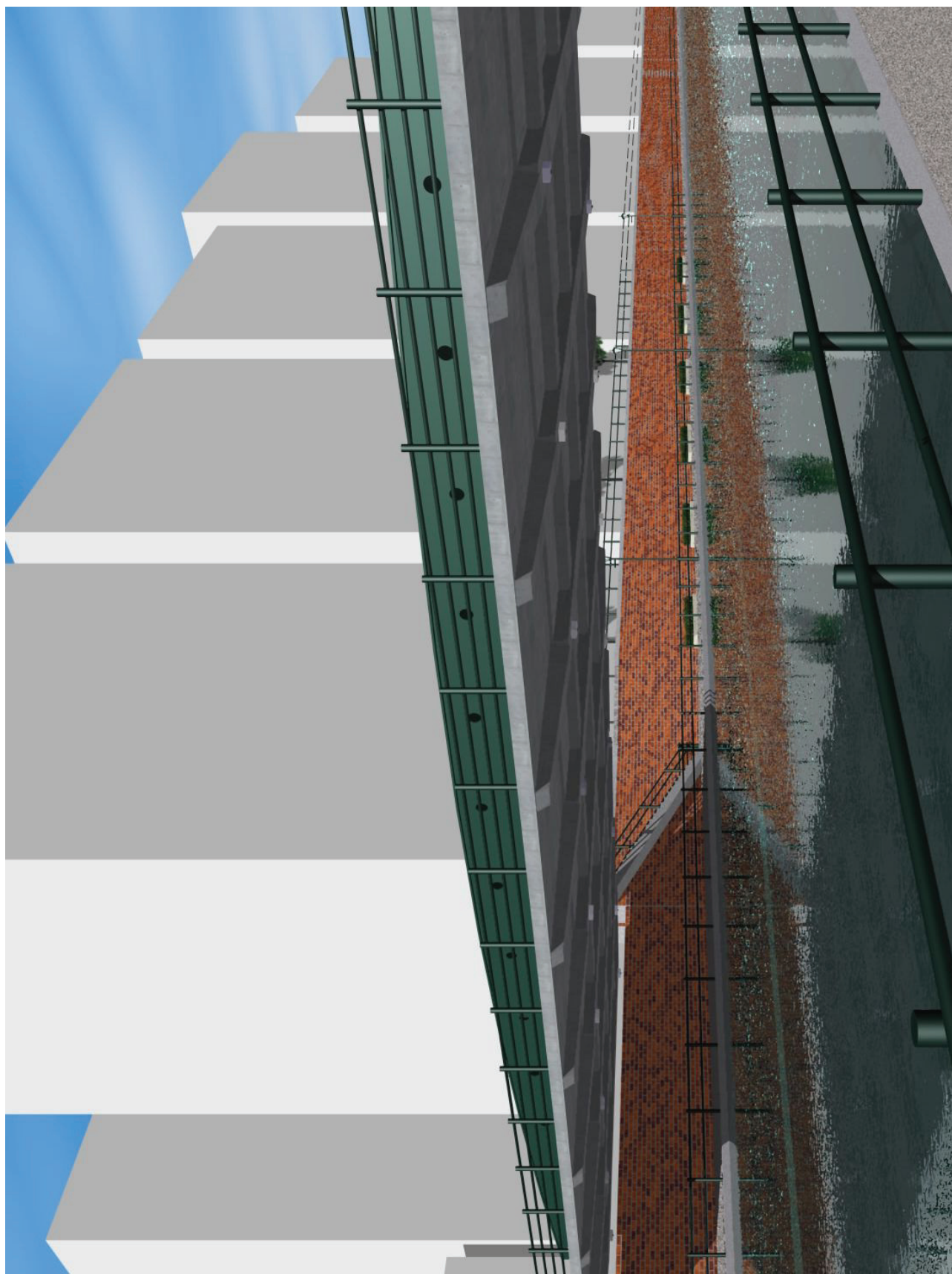
図 2.4.12 下路桁橋は支間長にかかわらず、スレンダーなイメージを演出できる

その他にも、利用者に対し、箱桁が橋を支える構造として積極的に意識させるため、主桁ウェブに円形の開口から箱桁内部の明かりを演出する工夫も付け加えた。これにより、箱桁内部のPCケーブルや補剛材をのぞき見る観ることができ、橋への関心が高まる効果があると思われ、桁側面のアクセントにもなる。











さらに、横桁に用いたPCプレテン桁にPCプレテン桁の代替形式として開発された角形鋼管を採用することで更なる死荷重軽減を図ることも期待できる。

推奨技術	ものづくり大賞	国土技術開発賞	建設技術審査証明※
技術名称	角太橋(角鋼管床版橋)		
登録No.	K1		
活用方式	フィールド提供型	事前審査	事後評価
施工実績件数※			
		国土交通省	その他公共機関
		0件	2件
			民間
			2件

上記※印の情報と以下の情報は申請者の申請に基づき掲載しております。	
副題	急速施工、低桁高、高耐久性の鋼製床版橋
分類1	橋梁上部工 - 鋼橋製作工

概要

①何について何をする技術なのか？

- ・支間16m以下に適用する床版橋工法

②従来はどのような技術で対応していたのか？

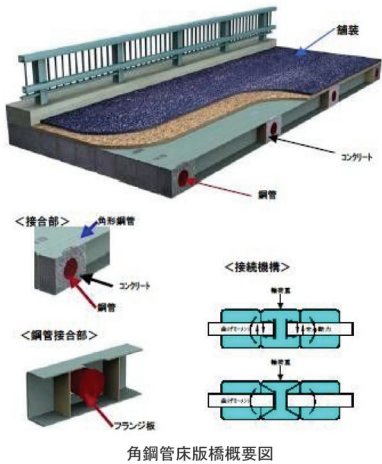
- ・H形鋼橋梁
- ・プレテンション方式PC床版橋

③公共工事のどこに適用できるのか？

- ・橋梁工事
- ・鋼橋架設工
- ・橋梁架替工事

④その他

- ・角形鋼管と横つなぎ鋼管部の格点構造は、図に示すように、角形鋼管の側面に開口部を設け、横つなぎ鋼管を挿入した後、コンクリートを打設して両者を一体化する。
- ・横つなぎ用鋼管の接続部は、横つなぎ用鋼管の端部にフランジ板を設け、これをコンクリート中に埋め込むことでアンカー効果により荷重伝達を行う。
- ・アスファルト舗装については、後述する載荷試験、疲労試験により、許容たわみ量(L/600、L:支間長)以内での角形鋼管相互のズレによるひび割れの発生はないことを確認している。



角鋼管床版橋概念図

新規性及び期待される効果

①どこに新規性があるのか？

- ・主部材として、溶接による鋼桁にかえて、中空構造で軽量、かつねじりに強い角形鋼管を使用
- ・主部材の接合に溶接ボルトを用いない簡単な方法を採用し、工場でプレハブ化した製品を現地で敷き並べ、コンクリートを充填するだけで橋体を完成させる

②期待される効果は？

- ・桁高が抑えられる
- ・角形鋼管の剛性が大きく、かつ250～550mm程度の中空断面の角形鋼管を用いるので軽量であり、一般の橋梁と比べて桁高を低く抑えることができる。
- ・死荷重が軽減できる
- ・主桁と床版を一体化した構造となっており、中空の角形鋼管を用いるため、死荷重が軽減できる。
- ・急速施工が可能
- ・現場での溶接接合、ボルト接合がなく、プレハブ化した床版橋パネルを簡易な継手構造で接合するため、急速施工が可能になる。また、床版橋パネル自体が高い剛性を有しているため、床版橋パネルを架設した直後から建設重機の通行も可能となる。
- ・狭隘地施工が可能
- ・現場での地組作業が不要であり、床版橋パネルを敷き並べるだけなので、少ない作業スペースでの架設工事が可能である。

角鋼管床版橋/構造概念図

おわりに

本論では下路桁橋に着目した改善デザインについて提案した。下路式の特徴である床版面が低く抑えられる効果、また、橋面上に主構造を露出し、橋の利用者に橋を渡る楽しみを与えることができることを考えれば、適用されるべきフィールドはもっと広いはずである。また、提案したデザインには実現に向けて更なる検討が必要であるが、このような課題をまずは投げかけることが、今後のさらなる展開につながるものと考えている。今後も検討を重ねていきたいと考えている。