

第4章 付属物のデザイン

第4章 付属物のデザイン

目次

4.1 はじめに	148
4.2 落橋防止構造のデザイン	150
4.2.1 落橋防止システムとは	
4.2.2 景観上の問題点の整理	
4.2.3 デザイン上の留意点	
4.2.4 景観に配慮した落橋防止構造のデザイン提案	
4.2.5 まとめ	
4.2.6 事例集	
4.3 壁高欄のデザイン	164
4.3.1 壁高欄・車両用防護柵とは	
4.3.2 景観上の問題点の整理	
4.3.3 デザイン上の留意点	
4.3.4 景観に配慮した壁高欄のデザイン提案	
4.3.5 橋台端部処理に関するデザイン提案	
4.3.6 まとめ	
4.3.7 事例集	
4.4 発表論文	179
4.4.1 「落橋防止構造のデザイン性について」(第58回 土木学会年次講演会)	
4.4.2 「壁高欄のデザイン性について」(第59回 土木学会年次講演会)	
4.5 おわりに	184
参考文献	184

4.1 はじめに

橋梁には、様々な付属物が装着される。高欄、排水装置、支承、伸縮装置といった従来からあるものに加え、平成8年道路橋示方書改訂に伴い追加された落橋防止システムなどがある。付属物は、橋梁本体構造に対して脇役的存在として見られることが多いものの、デザインに対する配慮不足は指摘されており、これまでに本研究会においても付属物に対する議論は方々で展開されてきてはいる。今回、本ワーキンググループでは、これまで見落とされてきた部分、本体構造との連携プレーが出来そうなもの、議論がやや浅いところとして、以下に示す『落橋防止構造』および『鋼橋における壁高欄』をターゲットに対し、本部会のメインテーマである“3E”を新たな切り口に、その景観上の問題点を整理し、デザインの方向性を示すことを目的として検討を行うこととした。

4.1.1 落橋防止構造のデザインについて

阪神大震災以後、既存の橋梁に対して多くの耐震補強設計がなされてきた。その多くは、当初設計に携わった設計者の意図が継承されない、マニュアル的かつ画一的な設計であった。無論、耐震補強の緊急性、対象橋梁の多さからすれば、そのことを全面的に否定するものではない。しかし、土木設計における第一義的な機能にとどまらず、作り出される景観をも美しくすることが社会基盤整備の目的の一つとして認知されつつある現在、景観的な配慮も無しにこれらの設計が行われていくことはまことに残念である。新設橋の場合、設計段階から落橋防止システムは主桁内側など比較的目につにくい箇所への設置が計画されることが多い。しかし、既設橋の耐震補強で設置される落橋防止システムは、設置可能なスペースが限定されるため、主桁側面に計画されることが少なくない。さらに落橋防止システム自体、デザイン面での議論があまりなされず、機能重視、あるいは標準設計をそのまま設置される傾向が強い。特に落橋防止構造（桁連結タイプ）では、主桁側面に露出された状況で設置される（図 4.1.1）ことも多く、景観性の議論が必要であると考えられる。

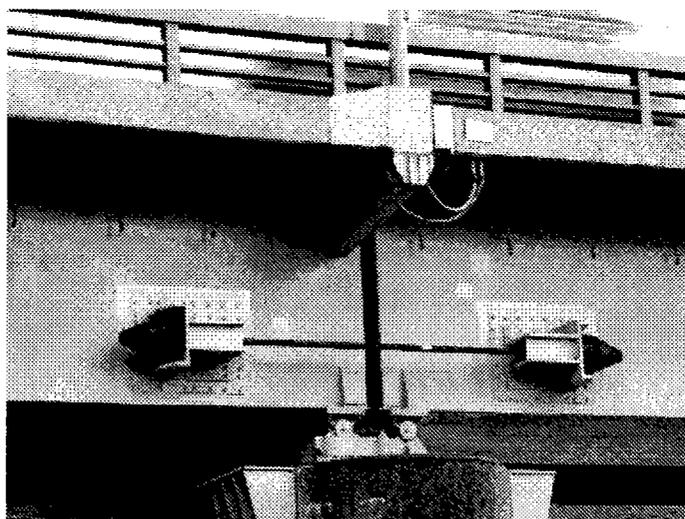


図 4.1.1 落橋防止構造（PC ケーブルタイプ：後付け）の例

4.1.2 鋼桁橋における壁高欄のデザインについて

これまで、橋梁のデザイン性については方々で議論が重ねられているものの、壁高欄に着目した議論はあまりなされていなかった。これは壁高欄がデザイン性の追及に比べ経済性、施工性および事故などの損傷に対する修復性をあまりにも重視してきたことに他ならない。しかしながら、図 4.1.2 に示すとおり、上部工総構造高の 1/2~1/3 にもなる壁高欄は、橋梁を側面から見た時のイメージ形成に大きく寄与する部位である。

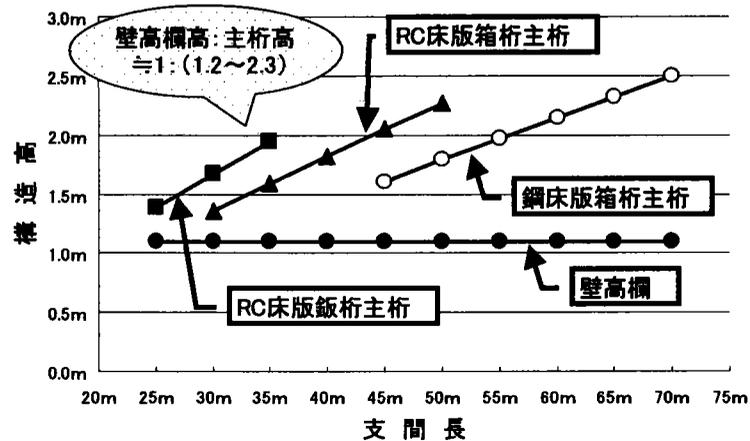


図 4.1.2 壁高欄と橋種毎桁高の構造高比率

さらに事例調査を重ねていくと、桁と高欄が一体で打設されるコンクリート桁橋については桁と一体感をもって景観性に配慮されている事例（図 4.1.3 参照）も見受けられるが、鋼桁橋については配慮されていない事例が数多いことに気づく。このため、特に鋼橋のコンクリート製壁高欄に着目し、その景観上の問題点を整理し、デザインの方向性を示すこととした。

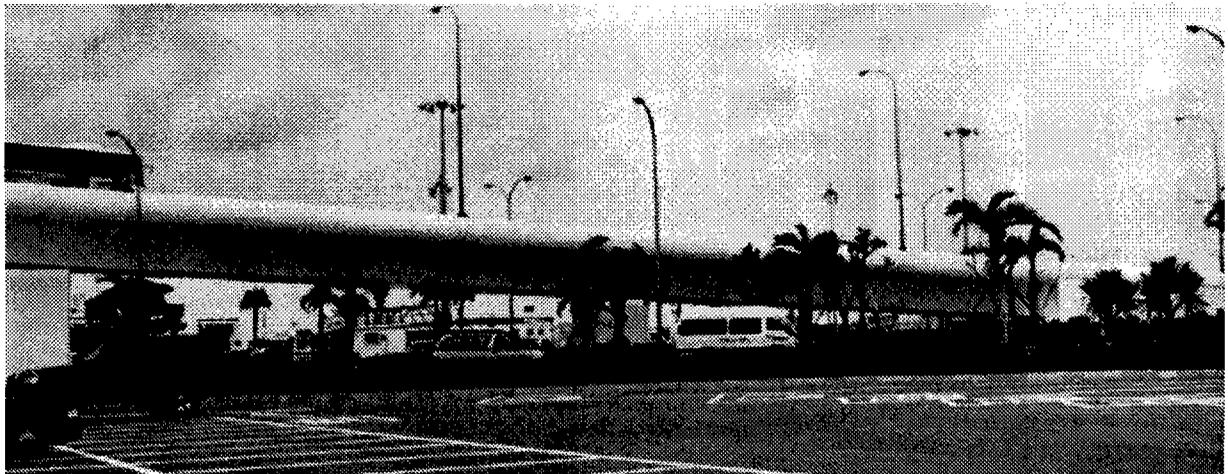


図 4.1.3 コンクリート桁橋の壁高欄の事例

4.2 落橋防止構造のデザイン

4.2.1 落橋防止システムとは

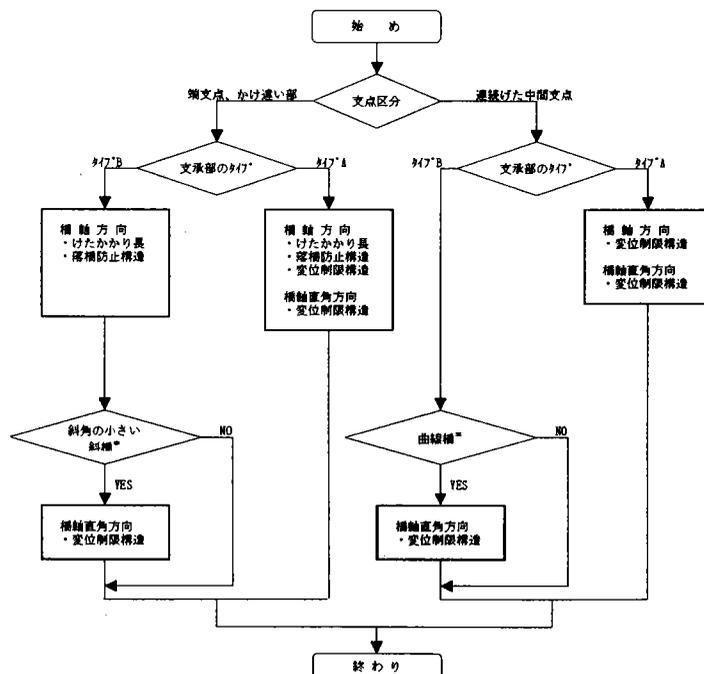
落橋防止システムのデザインを議論する上では、まず落橋防止システムがどのような目的でどのような機能を持った構造なのかを理解することが重要であると考え、以下に落橋防止システムの概要を整理した。

(1) 落橋防止システムの概要

落橋防止システムとは、その名称とおり落橋を防止するための機構であり、4つの要素から構成されている。実際の構造物においては、設計では想定されない地震動が作用したり、周辺地盤の破壊や構造部材の予期しない複雑な振動が生じ、想定を超える地震動や変位が橋に生じる場合がある。このような場合でも、落橋という不測の事態を防止するためのフェイルセーフ機構としての役割を担っているのが落橋防止システムである。落橋防止構造の構成要素は4つあり、対象となる橋梁が置かれている条件によって適切に組み合わせて設置することが必要とされる。

(2) 落橋防止システムの構成要素

平成7年の兵庫県南部地震によって落橋防止構造にもいろいろな被害を受けた経験から、従来のけたかかり長、落橋防止装置、および可動支承の移動制限装置で構成されていた落橋防止構造を再整理し、平成8年に改訂された道路橋示方書において、変位制限構造・落橋防止構造・けたかかり長・段差防止構造の4要素からなる落橋防止システムを新たに規定した。また、各要素の役割を明確にし、その選定の考え方を規定している。図4.2.1に落橋防止システムの選定フローを、表4.2.1には構成要素の役割とパターン図を示す。



*斜角が小さい、あるいは曲線橋で上部構造の幾何学条件から、上部構造が隣接げたや橋台パラペットの拘束を受けずに回転する可能性のある橋梁

図 4.2.1 落橋防止システム選定フロー (出典) 道路橋示方書・同解説 (平成14年3月)

表 4.2.1 落橋防止システムの構成要素

① 変位制限構造	
概要	タイプA ¹⁾ と補完し合っている ²⁾ 地震動 ²⁾ に対する慣性力に抵抗することを目的としたもので、支承が損傷した後、上下部構造間の相対変位が大きくなるようにするための装置である。
本構造が機能する状況	支承が損傷した後
構造の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ・上部工～上部工又は下部工を連結 ・上部工又は下部工にスッパ-（突起）をつける
(パターン図)	
② けたかかり長	
概要	変位制限構造が損傷した場合でも、上下部構造間の相対変位がけたかかり長を超えないようにするための装置である。
本構造が機能する状況	支承が損傷し、変位制限構造も損傷した後（けたかかり長と共に機能）
構造の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ・上部工～上部工又は下部工を連結 ・上部工又は下部工にスッパ-（突起）をつける
(パターン図)	
③ けたかかり長	
概要	上下部構造間に予期しない相対変位が生じた場合にも、桁が杓座から逸脱して落橋するのを防止するために、杓座面にスペースを確保する。
本構造が機能する状況	支承が損傷し、変位制限構造も損傷した後（落橋防止構造と共に機能）
構造の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ・いかなる場合でも桁が杓座から逸脱しないためのスペースを確保する。 ・けたかかり長が不足する場合は、鋼製あるいはRC製のブラケットを設置
(パターン図)	
④ 段差防止構造	
概要	支承高さの高い支承部が損傷した場合に、緊急車両の交通が困難となる路面段差が発生することを防止するための装置である。
本構造が機能する状況	支承が損傷し、変位制限構造も損傷した後
構造の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的には支承前面に台座を構築（設置）する。
(パターン図)	

(3) 落橋防止システムが機能する順番

(2)で示した4つの構成要素が地震時どのように機能するか、ステップ毎に表4.2.2にまとめる。

表 4.2.2 落橋防止システム機能フロー

<p>STEP1 常時</p> <p>温度変化、桁の回転などにより支承が可動機能する。</p>	
<p>STEP2 中規模地震時</p> <p>支承の移動制限装置が機能する。</p>	
<p>STEP3 大規模地震</p> <p>支承の移動制限装置等が破壊し、変位制限構造が機能する。</p>	
<p>STEP4 落橋防止構造作用時</p> <p>変位制限構造が破壊し、落橋防止構造及びけたかかり長が機能する。 また、上部構造が支承から外れた場合には段差防止構造が機能する。</p>	

(参考資料) 既設橋梁落橋防止システム強化要領 (案) 平成10年3月 (東京都建設局)

4.2.2 景観上の問題点の整理

平成8年の道路橋示方書改訂によって、桁かかり長、落橋防止構造、変位制限構造および段差防止構造から構成される落橋防止システムを設置することが規定された。このうち、特に目に付きやすい構造のひとつが、外桁腹板面に設置される落橋防止構造（図4.2.2）である。

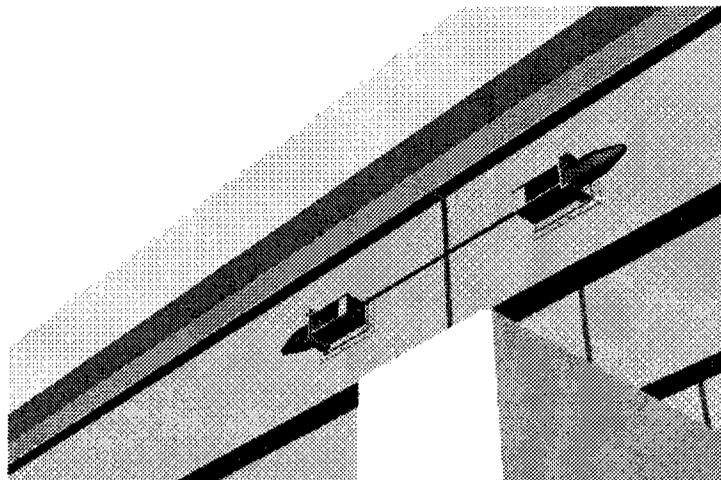


図 4.2.2 落橋防止構造（PC ケーブルタイプ：後付け）の例

この一般的に見られることの多い桁橋の耳げた側面に設置される落橋防止構造について、景観的な観点からみた際の問題点を以下に示す。

（1） 一体感の欠如

一般に落橋防止構造は製品色の黒色であることが多く、主桁塗装色と調和しないことが多い。また、素材の差も異物感を助長させている。

（2） 連続感の欠如

腹板の面的な水平方向の流れの中で、線的な落橋防止構造が視覚的円滑性を阻害する“突起”として認識される。

（3） 煩雑感

PC ケーブル定着用ブラケット構造（以下ブラケットと言う。）が製作性、経済性を重視して組み合わされているため、凹凸感が強調されている上に、ボルトの多さが部材の煩雑感を助長させている。

（4） 機能の表現

ブラケットの形状及び複雑な組合せから、力の流れがイメージしにくく、構造上の必要性を明確に表現できずにいる。

4.2.3 デザイン上の留意点

一般に、桁橋は水平方向の連続性を確保することにより、橋梁景観を美しくすることができる。このことから、落橋防止構造の設置を計画する上では、水平方向の連続性を阻害しがちなブラケット構造の突出感を極力抑えることが、最も考慮すべき留意点であると言える。その他、

落橋防止構造を計画する上での留意点を具体的な方策例も含めて表 4.2.3 に整理する。

表 4.2.3 落橋防止構造を計画する上での留意点

デザイン上の留意点	狙い	具体的方策例
主桁との一体感	<ul style="list-style-type: none"> ・形の違和感の解消 ・色彩の違和感の解消 	<ul style="list-style-type: none"> ・面取り ・着色等、色彩の調和
連続性の表現	<ul style="list-style-type: none"> ・主桁面外方向の突出感の解消 	<ul style="list-style-type: none"> ・形状の縦横比の改善 ・突出量の減少
煩雑感の解消	<ul style="list-style-type: none"> ・スッキリ感を表現 	<ul style="list-style-type: none"> ・部材の単純化 ・カバー部材の追加
機能の表現	<ul style="list-style-type: none"> ・構造存在意義の主張 	<ul style="list-style-type: none"> ・曲線、曲面を取り入れたデザイン

4.2.4 景観に配慮した落橋防止構造のデザイン提案

落橋防止構造は、いくつかの部材が複雑に組み合わせられて構成されている。落橋防止構造の形状を考える上で、まずこれらの部材が持つ機能を理解することが、新しい形状を思い付き易いと考えアイデア発想を補助するためにVEの考え方を取り入れることとした。

(1) VE概説

VE (Value Engineering) とは、製品やサービスの「価値」を、それが果たすべき「機能」と、そのためにかける「コスト」との関係 (式①) で把握し、システム化された手順によって「価値」の向上をはかる手法である。

$$\text{Value (価値)} = \frac{\text{Function (機能：得られた効用の大きさ)}}{\text{Cost (コスト：支払った費用の大きさ)}} \quad \text{---①}$$

式-①をもとに、製品を生み出す側からVEの狙いを整理すれば、価値向上には次の4つのパターンがあることが判る。

- ・ Type-A : $V \nearrow = \frac{F}{C} \rightarrow$...コスト低減による価値向上
- ・ Type-B : $V \nearrow = \frac{F}{C} \rightarrow$...機能向上による価値向上
- ・ Type-C : $V \nearrow = \frac{F}{C} \rightarrow$...コスト縮減と機能向上による価値向上
- ・ Type-D : $V \nearrow = \frac{F}{C} \rightarrow$...若干のコスト増と大なる機能向上による価値向上

図 4.2.3 価値向上のための3つのパターン

なお、実際のVEを行う上では、図 4.2.4 に示すような「5つのステップ」と「7つの質問」に沿って行われることになる。本ワーキンググループでは時間制約のため、これらのステップを多少割愛しながらも、落橋防止構造本来の機能に着目した上で、同等以上の機能をもつ新しい形を発想していくこととした。

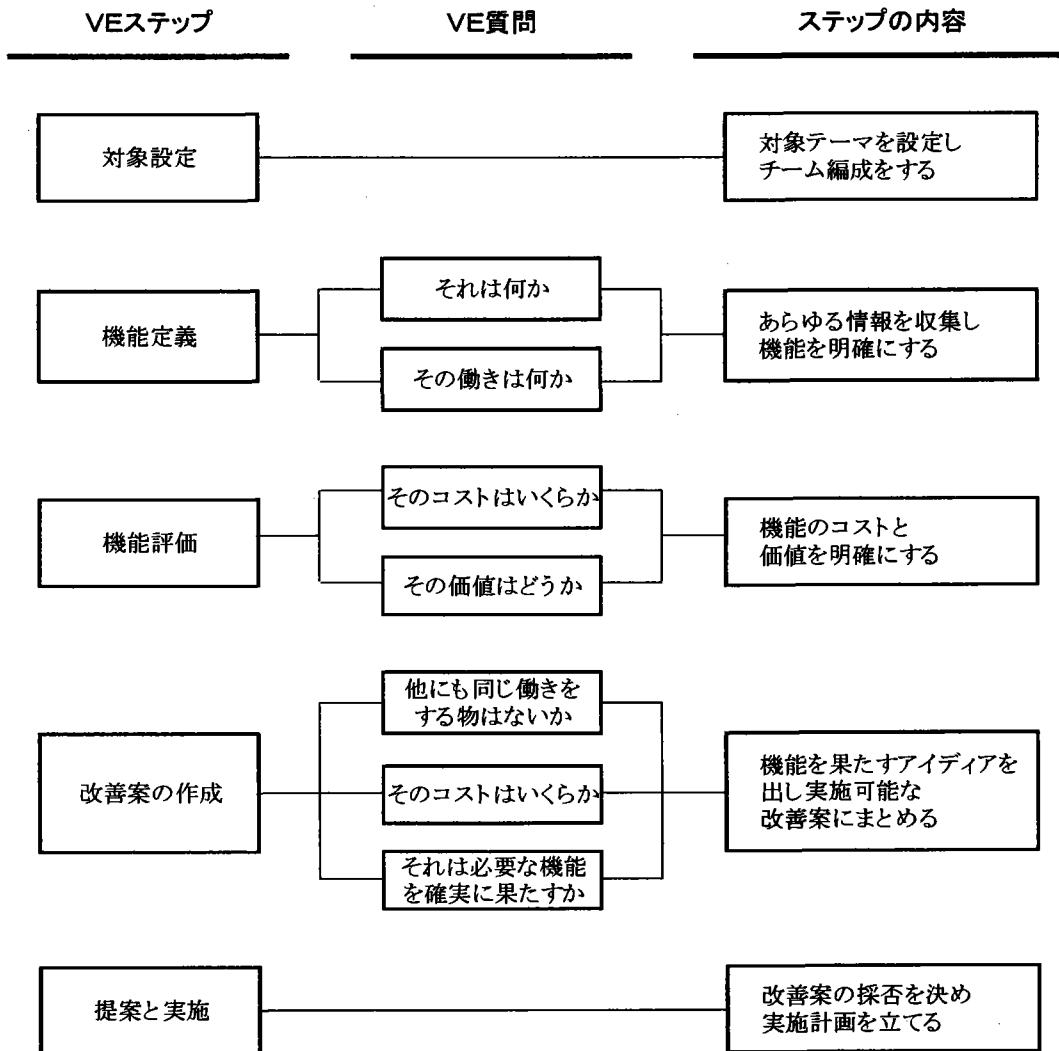


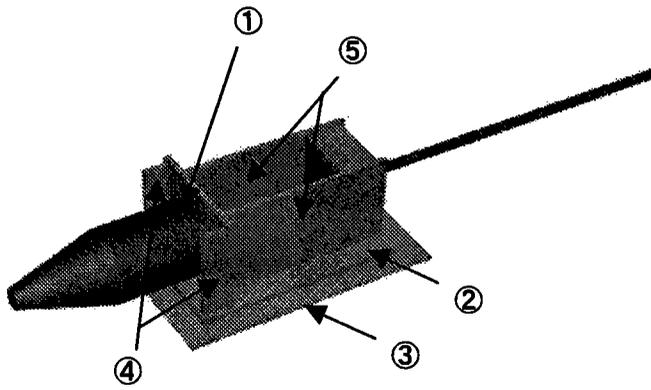
図 4.2.4 VE活動における「5つのステップ」と「7つの質問」

(2) VE手法を参考とした落橋防止構造ブラケットの提案

VE手法を参考にして、落橋防止構造の機能を整理した。

Step-1 対象整理

対象とする構造は、図 4.2.5 に示すような、ごく一般的な落橋防止構造の鋼製ブラケットとした。本構造は図 4.2.5 に整理したとおり、6種類の鋼板部材と橋体に装着するためのボルトによって構成されている。



その他
 ⑥ ブラケット内水平リブ
 ⑦ ボルト

図 4.2.5 落橋防止構造の鋼製ブラケットに関する機能整理

Step-2 機能定義

Step-1 で整理した各部材に対して、それ自体が何のために存在するのかを、どんな働きをするための部材なのかを整理した。整理した内容を表 4.2.4~6 に示す。

表 4.2.4 落橋防止構造を構成する各部材の機能

①	・緩衝具を付ける ・せん断に抵抗する	・力を伝える	・ケーブル位置を決める	・曲げに抵抗する
②	・力を伝える	・摩擦を発生させる	・ボルトを配置する	・ブラケットを取付ける
③	・ウェブを補強する ・Base-PL を付ける	・ボルトを配置する	・摩擦を発生させる	・母材を補強する
④	・①を補強する	・曲げに抵抗する	・せん断に抵抗する	
⑤	・せん断に抵抗する	・偏向具を付ける	・曲げに抵抗する	・離隔を確保する
⑥	・形状を保持する	・曲げに抵抗する	・せん断に抵抗する	
⑦	・板を密着させる	・板を防錆する	・引張りに抵抗する	

表 4.2.5 落橋防止構造を構成する各部材と機能の関係

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
緩衝具をとり付ける	●						
力を伝える (曲げ、せん断に抵抗する)	●			●	●		
ケーブルの位置を決める	●						
キャップを付ける	●						
偏向具をつける					●		
形状を保持する						●	
離隔を確保する					●	●	
摩擦力を発生させる		●	●				
ボルトを配置する		●	●				
母材を補強する			●				
ブラケットを取付ける		●	●				
板を密着させる							●
板を防錆する							●
引張りに抵抗する							●

以上を整理すると、それぞれの部材グループとして求められる機能が表 4.2.6 のように整理できる。本内容をもって、それぞれの部材形状の洗練を行っていく事とした。

表 4.2.6 落橋防止構造に求められる機能のグルーピング

部材グループ	落橋防止構造に求められる機能
Aグループ (①, ④, ⑤, ⑥)	形状を保持し、力を伝える機能 緩衝具、偏向具、キャップなどを取付ける機能 ケーブル位置、離隔を決定する機能
Bグループ (②, ③)	ブラケット、ボルトを配置するスペースを確保する機能 母材を補強する機能 摩擦力を発生する機能 (=ある程度の摩擦発生面積が必要)
Cグループ (⑦)	板と母材を接合する 引張りに抵抗する機能

Step-3 機能評価

本来、VE 活動においては対象とする要素部材それぞれの機能評価（現状での価値およびそれに掛かるコスト）を整理する。しかし、落橋防止構造今回はスケジュールの都合上割愛した。

Step-4 改善案の作成

これまでのステップで落橋防止構造の鋼製ブラケット各部材の機能が明確になった。これらの情報を元に、新しい形のアイデア発想を行った。アイデア発想を行う上では、「他に同じ働きをするものはないか」という質問に答える形で行った。この答えを得るためには、より多くのアイデアを生み出す必要がある。つまり「アイデアの量が質を生む」という考え方である。

本ワーキンググループでは、アイデア発想はブレイン・ストーミング法に習って行った。ブレイン・ストーミング法は、何人かの人が集まり、集団の効果を生かして、アイデアの連鎖反応を巻き起こし、自由奔放にアイデアを発想する方法である。普通の会議と根本的に異なる点は、①他人のアイデアは批判厳禁、②自由奔放な発想をする、③アイデアの量を求める、④アイデアの改善結合をするという「四つの原則」にある。これによって、多くのアイデアを生み出すことができる方法である。

今回、本ワーキンググループがアイデア発想によって生み出した落橋防止構造の鋼製ブラケットのデザイン案を発想の連鎖関係とともに整理して図 4.2.6 に示した。また、その中で主なデザイン案について表 4.2.7 でその内容を整理した。

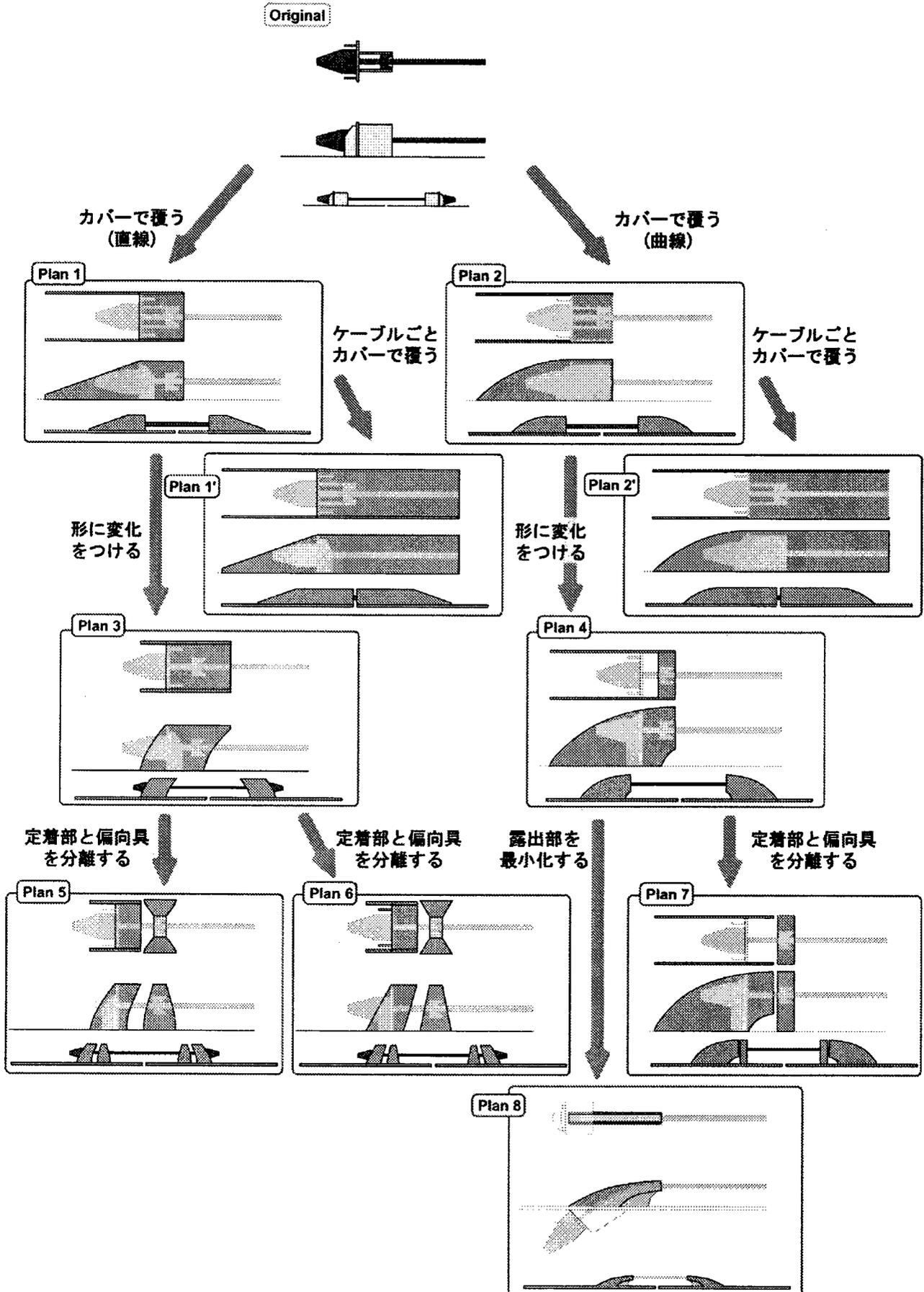
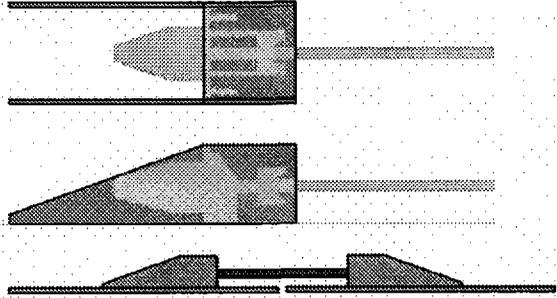
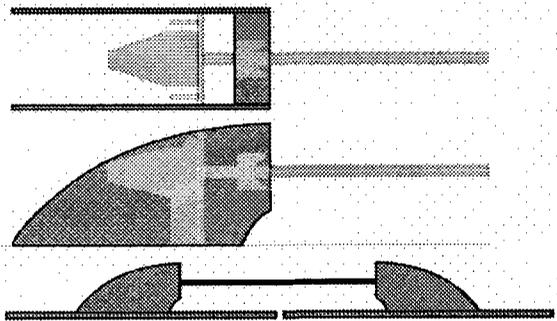
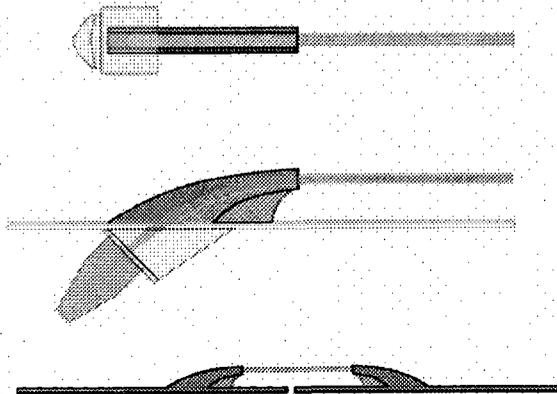


図 4.2.6 落橋防止構造の鋼製ブラケットデザインのアイデア発想

表 4.2.7 主な落橋防止構造の構成ブラケットデザイン案の例

<p>Plan1</p> 	<p>部材全体をカバーするように板を配置し凸凹感の軽減を狙った案。</p> <p>橋軸方向の流れを壊さないよう両側には傾斜をつけて流れを維持する。</p>
<p>Plan4</p> 	<p>偏向具の下に切り欠きをつけることで『引っ張っている』形状を表現する事を狙った案。</p> <p>2つの部材を対称に向き合わせる事で2個で1組であることを明確にする。</p>
<p>Plan8</p> 	<p>露出する部分を最小限にとどめた案。</p> <p>構造的な課題が残るが、ブラケットとケーブルの形の連続性が高く、橋軸方向の流れを極力維持している。</p>

これらのアイデアを元に、さらにデザインを洗練し、提案していくこととする。

前項までで整理したデザイン案に対して、落橋防止構造のデザインの洗練を試みた。なお、以下の案は構造計算による断面照査を行っていないため、実際には多少の形状寸法の調整が必要になることを断っておく。

(1) ブラケット形状の洗練

落橋防止構造は、設計上は後付けの付属物であるため、主桁面と完全な一体化は不可能である。また、コンパクトな構造の中に複数の機能を盛り込む必要があることから、機構上ある程度の煩雑感が生じてしまうのはやむを得ないところである。しかし、ブラケットを構成する板形状を一工夫するだけで、構造の持つ景観性が大きく洗練されるものである。図 4.2.7 に示すようにブラケットのスプリング・緩衝具等を収納しているキャップから偏向具まで、側面鋼板を伸びやかに延長し、かつ主桁への流れを明確にするような曲線を入れてみる。ボルトは上下段 1 列に押さえるような形状とし、あえて露出させることで適度な視線誘導効果をもたせる。このような工夫だけで、斜め下から見た際の印象は大きく改善されることがわかる。

さらに、直接的な手法ではあるが、図 4.2.8 に示すように、ブラケットの一部分のみに、主桁と同色塗装仕上げを施した鋼製のカバープレートを設置することも効果的である。カバープレートの面が突出感を和らげ、より一体感が得られる。



図 4.2.7 側面鋼板延長案

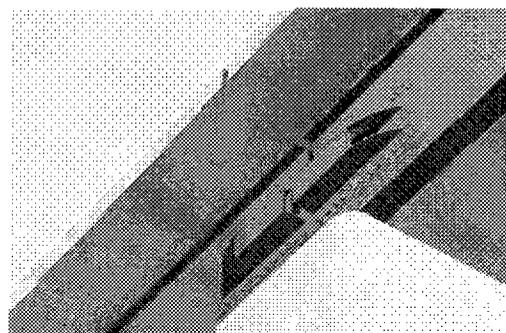


図 4.2.8 カバープレート案

(2) ケーブルの複数本化

通常、落橋防止構造の計画では、1本のケーブルによる構造を考えることが多い。これは、同じ反力であれば大径のケーブル1本で計画した方が一般的に経済的であるためである。しかし、ここではあえて図 4.2.9 に示すような小径のケーブルを複数本設置するタイプを提案する。このようにケーブルを複数化すると、1本タイプの場合に比べてブラケット高さやキャップを小さくできる。このため、主桁面外方向の突出量が抑えられるのに加え、部材の縦横比の改善により、カバープレートを設置しなくとも、斜め下から見た際の主桁との一体感がより効果的に印象づけられ、水平方向の連続性を損なうこともない。また、主桁の面とケーブル群による擬似的な面とが機能の同種性を表現し、違和感のない落橋防止構造となる効果もある。参考までに、本案に前項と同様にカバーを付けた案を図 4.2.10 に示す。

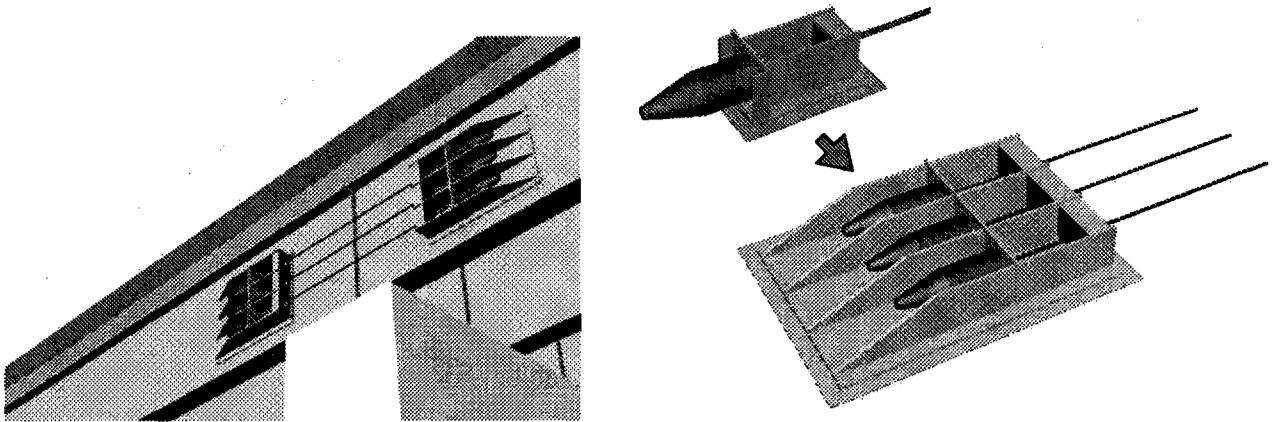


図 4.2.9 ケーブル複数本化案

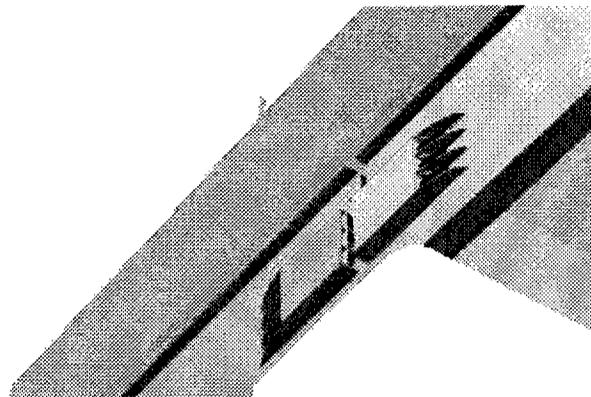


図 4.2.10 (参考) カバー付ケーブル複数本化案

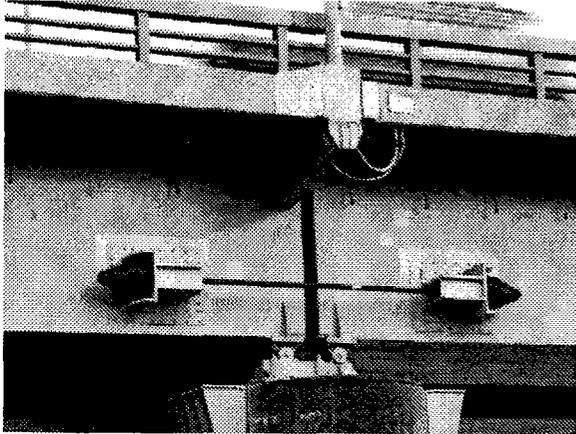
4.2.5 まとめ

本論では、外桁腹板側面に装着される落橋防止構造の計画時に配慮すべきポイントおよび、デザインの一例を示した。しかし、やや短絡的ではあるが、落橋防止構造を腹板面に装着すること自体が問題であろう。主桁間のスペースに隠してしまうのが原則である。しかし、実情では主桁間には端横桁、端対傾構等の2次部材、添加物などにより、落橋防止構造自体の設置が困難であり、止むなく腹板側面に設置せざるを得ないケースも多い。施工性や維持管理性の観点から見ても、外桁外面に設置することは優位な面もあることから、一概にこれを否定するものでもない。ただし、後付付属物であることを理由に、景観性への配慮もなく画一的に落橋防止構造を計画していくことに対して、常に問題意識を持つべきである。

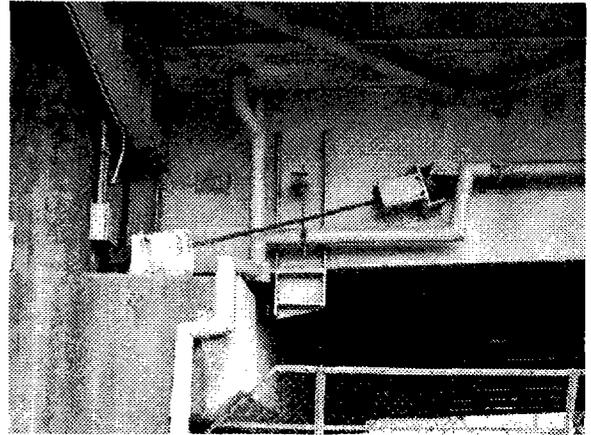
4.2.6 事例集（落橋防止構造）

(1) PCケーブルを用いたタイプ

① 上部工～上部工の連結

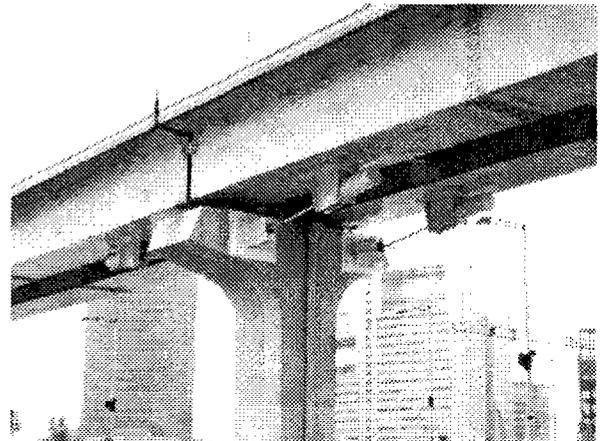
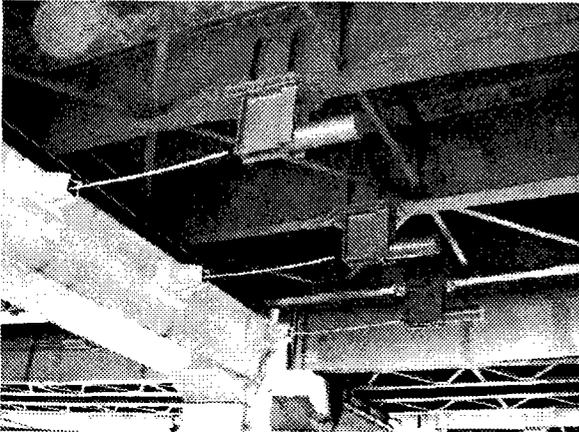


② 上部工～下部工の連結



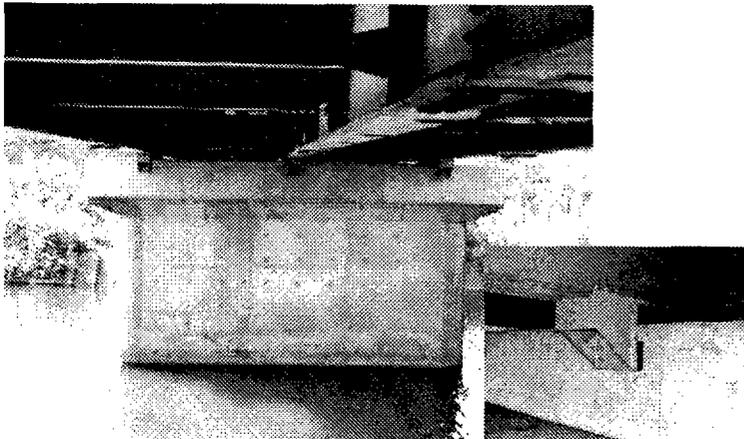
桁ウェブ、沓座面にブラケットを設置

③ 上部工～下部工の連結（桁下、下部工前面にブラケット設置）



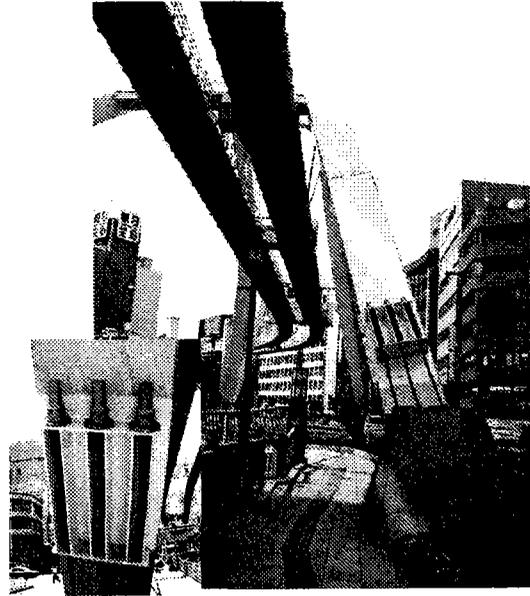
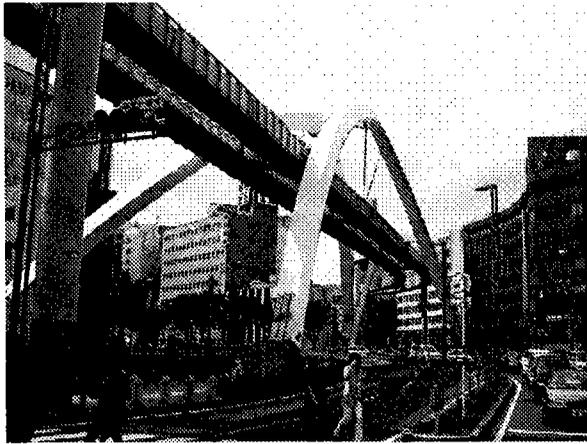
東京臨海新交通ゆりかもめ

(2) 鋼製ブラケットを用いたタイプ

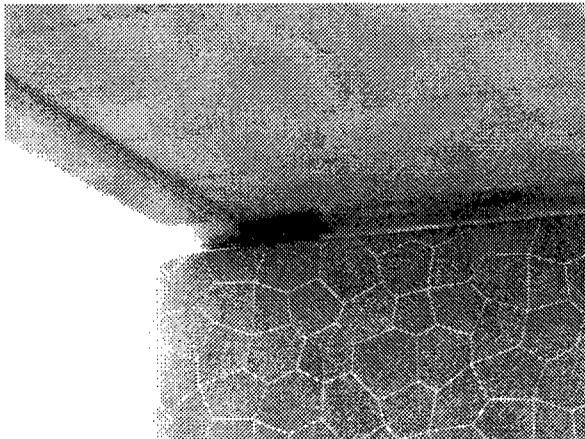


(3) その他

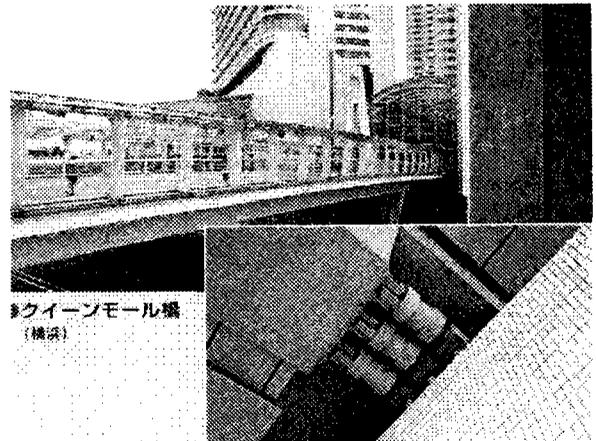
① 千葉都市モノレール栄橋横断橋



② 沖縄 FRP 橋



③ クイーンモール橋 (横浜)



4.3 壁高欄のデザイン

4.3.1 壁高欄・車両用防護柵とは

そもそも壁高欄と何であるか？ 壁高欄は車両用防護柵の一種である。では、橋梁上でどのような役割を担っているのか？ デザイン提案を行う前に、まずは「壁高欄とは？」から整理することとした。

(1) 車両用防護柵の定義

防護柵の設置基準・同解説によれば、車両防護柵の定義は、「主として進行方向を誤った車両が路外、対向車線又は歩道等に逸脱するのを防ぐとともに、車両乗員の傷害および車両の破損を最小限にとどめて、車両を正常な進行方向に復元させることを目的とし、副次的に運転者の視線を誘導するなどの目的を備えた施設をいう。」とされている。(出典：防護柵の設置基準・同解説 平成10年11月)

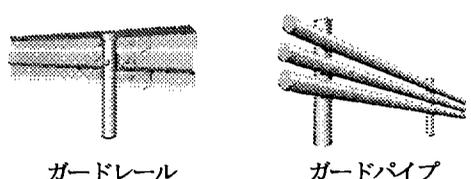
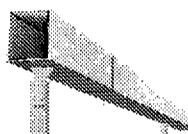
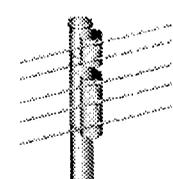
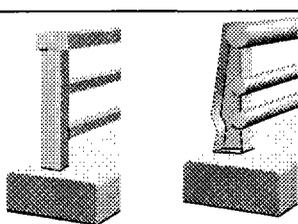
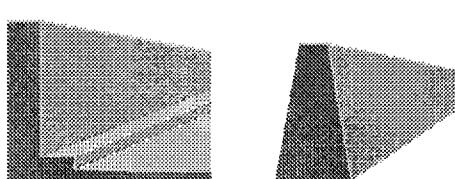
したがって、車両用防護柵（以下、防護柵という）の主目的は進行方向を誤った車両が路外へ逸脱するのを防止し、運転者の人的被害・車両の物的損害・第三者への人的被害そして道路施設等への物的損害等の発生を防止するものである。また、衝突車両の跳ね返りによる後続車への影響を考え、当該車両の被害を最小限にとどめ、正常な進行方向へ復元させることも重要な目的である。

国土交通省ではこれら、防護柵の必要性能である ①車両の防止性能 ②乗員の安全性能 ③車両の誘導性能 ④構成部材の飛散防止性能を規定し、性能確認には原則として実車による衝突実験を行うこととしている。

(2) 種類及び形式

防護柵は大別するとたわみ性防護柵と剛性防護柵（以下、壁高柵という）に分けられる。（表4.3.1 参照）原則としては、緩衝性に優れるたわみ性防護柵を用いることとなっている。街中でよく見受けられるガードレール等がこれに該当する。しかし、橋梁・高架などの構造物上、幅員の狭い分離帯などに防護柵を設置する場合には、防護柵の変形量が特に制限される。また交通量の多い区間では、その修繕に際して交通規制を伴い、交通の支障が生じる恐れがある。このような場合には変形のない剛性防護柵が選定される。この他、橋梁・高架部では道路上のランドマーク的要素もあるため、美観上の配慮が強く求められる場合がある。このような場合には橋梁特有のたわみ性防護柵が用いられることが多い。

表 4.3.1 防護柵の種類及び形式

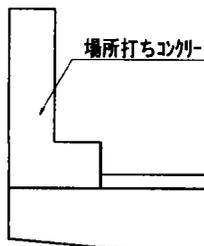
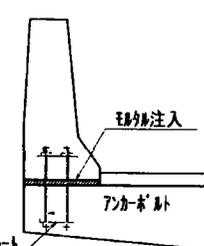
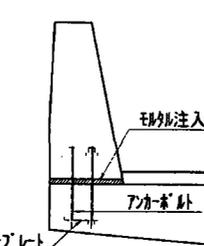
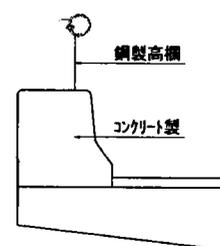
種類	形式	凡 例
たわみ性 防護柵	<p>1. ビーム型防護柵</p> <p>① ガードレール 連結された波形断面のビームを支柱で支えた構造。</p> <p>② ガードパイプ 連結された複数のパイプを支柱で支えた構造。</p> <p>③ ボックスビーム 連結された角型パイプを支えた構造。</p>	 <p>ガードレール ガードパイプ</p>  <p>ボックスビーム</p>
	<p>2. ケーブル型防護柵</p> <p>① ガードケーブル 初張力を与えたロープを支柱で支えた構造</p>	
	<p>3. 橋梁用ビーム型防護柵</p> <p>橋梁・高架などの構造物上に設置される防護柵で、丸、または角型の閉断面を有する複数の連結されたビームを支柱で支えた構造。</p>	
剛 性 防 護 柵	<p>コンクリート製壁型防護柵</p> <p>柵前面が塑性変形しないコンクリート製の垂直面または傾斜面の構造を有する。</p>	 <p>直壁型 単スロープ型</p>

(参考)防護柵の設置基準・同解説 平成10年11月

(3) 壁高欄の種類

防護柵形式・形状は国土交通省から標準仕様が通知されており、これを用いることが通常とされている。「車両用防護柵標準仕様・同解説」では、壁高欄は表 4.3.2 に示すような形式・形状が示されている。一般的にコンクリート製が用いられ、場所打ち製又はプレキャスト製品の 2 種類に分けられる。また、近年では日本道路公団にて、より良い走行内景観、展望性を確保する目的で「金属・コンクリート複合型防護柵」が開発された。

表 4.3.2 壁高欄の形式・形状

① コンクリート場所打ち型		
フロリダ型	単スロープ型	直壁型
		
② コンクリートプレキャスト製品		③ 複合型防護柵
フロリダ型	単スロープ型	
		

4.3.2 景観上の問題点の整理

事例を観察していくと、桁と高欄が一体で打設されるコンクリート桁橋については景観性に配慮されている事例は見受けられるが、図 4.3.1 に鋼桁における壁高欄の一例が示すように鋼桁橋においては配慮されていない事例が数多い。そこで本論は、特に鋼桁橋のコンクリート製壁高欄に着目し、その景観上の問題点を整理し、デザインの方角性を探ることとした。

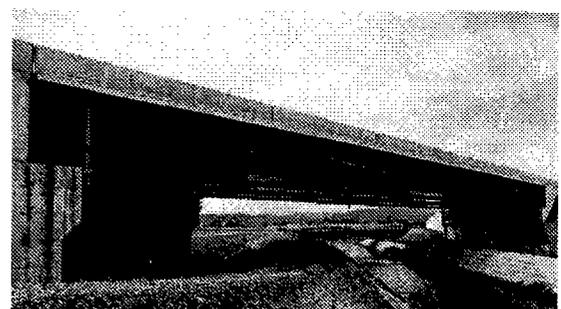


図 4.3.1 一般的な鋼桁における壁高欄

既存事例を踏まえ、橋梁景観における壁高欄の問題点を以下のとおり整理した。

(1) フェイシアラインの創意工夫が欠如している点

一般に橋梁側面景観において、壁高欄+床版厚で構成されるコンクリート面（以下、フェイシアラインと呼ぶ）は、上部工構造高全体の1/2～1/3程度を占める（図4.3.2）。このことから、壁高欄が景観上重要な役割を担っていることが分かる。しかし、現状では画一的な処理がなされている事例が数多くを占め、創意工夫がなされていないのはやはり問題である。鋼桁橋でもブラケットが橋梁側面の表情を豊かにすることと同じように、フェイシアラインについても表情を工夫すると景観性の向上に寄与すると推測した。

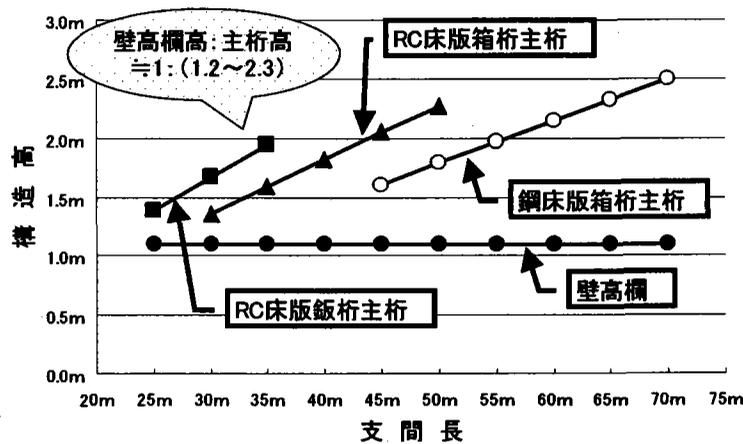


図 4.3.2 壁高欄と橋種毎桁高の構造高比率

(2) 質感の相違

鋼橋の場合、主たる構造物が鋼製であるのに対し壁高欄はコンクリート製が用いられていることがほとんどである。当然の事ながら両者は異素材の集合体であることに対して、どのように相互の整合性を図るかが景観上の課題となる。しかしながら、一般的にはこれらの景観性への配慮が不足しているため、上部工形式の差異に関わらず、無味乾燥なコンクリート鉛直面が露出しているにとどまっているのが現状である。そこで、壁高欄の高さと桁高とのバランスを考え、整理することで壁高欄デザインの新たな方向性が見えてくるのではないかと推測した。

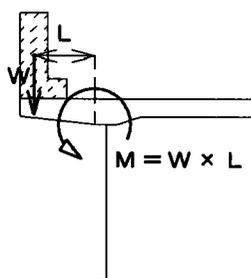
(3) 構造上の不合理

橋梁の壁高欄にはコンクリート製を用いられているのが一般的である。実際には鋼製の壁高欄も存在するが、採用事例は一部にとどまっている。鋼製高欄は、コンクリート製壁高欄に対してその工事費が高いことはよく知られているところであるが、逆にコンクリート製の壁高欄は鋼製高欄に比べ約8～14倍の重量を有している。壁高欄は床版張出し部の先端に配置されるため、構造力学的に言えば、重い重量を片持ち構造の先端に配置することは不合理である。このコンクリート製壁高欄を鋼製高欄に変えた場合では床版厚を4cm程度低減出来る可能性があり、おのずと工事費削減へとつながる。昨今の社会情勢においてコスト削減は重要課題と思われる。この点について、壁高欄と構成高欄の荷重差が橋梁側面景観にどのように影響するのか

を明らかにし、3Eの観点からの評価を試みた。

(4) 構造上の不合理改善提案

張り出し先端に重い重量を配置する壁高欄に対し、軽量化を図ることの出来る鋼製高欄との比較において「張り出し量」「床版厚」について精査した。その結果、「張り出し量：5cm」「床版厚：4cm」の低減にとどまり、Elegance（美観）については、内部景観として見通しが良くなることに加え、張り出し量や床版厚の低減にも効果があることが確認できた。しかし、Economy（経済性）については圧倒的に評価が低く、Efficiency（効率性）についても改善がみられず、壁高欄に対して、鋼製高欄の経済性の劣勢を覆す Elegance（美観）、Efficiency（効率性）の優位性となるものは、残念ながら抽出するには至らなかった。表 4.3.3～4.3.5 にその検討結果を示した。



（傾向としては、壁高欄荷重が大きいと、張り出し長を短く、床版厚を厚く、（張り出し側の付け根厚）－（床版ハンチ高）＝（主桁間床版厚）となるため、主桁間隔を短くする必要がある。）

図 4.3.2 張り出し床版構造における壁高欄荷重の影響

床版の張り出し量および配置鉄筋量を一定にし、壁高欄構造のみ変更して試算した場合、鉄筋の発生応力度としては、約 13%程度軽減される（表 4.3.3）。この余裕量を床版張り出し長に置き換えると、約 5cm 程度に相当する（表 4.3.4）。5cm 程度の張り出し長の増加は橋梁全体景観への影響はほとんどない。逆に、床版張り出し長を一定にしたまま、床版厚の軽減を図ると、4cm 程度の効果を得ることが分かった（表 4.3.5）。景観上の効果は少ないものの、橋梁構造上、好ましい方向にあると言える。

表 4.3.3 壁高欄と鋼製高欄の影響度比較（その1）～必要鉄筋への影響～

	壁高欄 (8.44kN/m)	鋼製高欄 (0.5kN/m)
床版張り出し長	1.0m	1.0m
張り出し付根厚	35cm (床版厚 25cm + ハンチ高 10cm)	35cm (床版厚 25cm + ハンチ高 10cm)
配置鉄筋	D19@150	D19@150
σ_s	96.6kN/mm ² < 120kN/mm ²	84.4kN/mm ² < 120kN/mm ²

表 4.3.4 壁高欄と鋼製高欄の影響度比較（その2）～張出し長への影響～

	壁高欄(8.44kN/m)	鋼製高欄(0.5t/m)
床版張出し長	1.0m	1.05m(+5cm)
張出し付根厚	35cm(床版厚 25cm+ハンチ高 10cm)	35cm(床版厚 25cm+ハンチ高 10cm)
配置鉄筋	D19@150	D19@150
σ_s	96.6kN/mm ² <120kN/mm ²	99.0kN/mm ² <120kN/mm ²

表 4.3.5 壁高欄と鋼製高欄の影響度比較（その3）～床版厚への影響～

	壁高欄(8.44kN/m)	鋼製高欄(0.5t/m)
床版張出し長	1.1m	1.1m
張出し付根厚	35cm(床版厚 25cm+ハンチ高 10cm)	31cm(床版厚 21cm(-4cm)+ハンチ高 10cm)
配置鉄筋	D19@150	D19@150
σ_s	96.6kN/mm ² <120kN/mm ²	97.5kN/mm ² <120kN/mm ²

4.3.3 デザイン上の留意点

（1） フェイシアラインと桁高のバランスに関する検討

壁高欄・鋼製高欄が橋梁側面景観でどのように見えるのか、また陰影効果を用いることで見え方がどのように変化するかを、以下の5タイプにて検討を行った。

- ① 壁高欄 一般タイプ
- ② 鋼製高欄 一般タイプ
- ③ 壁高欄 下側 300mm 斜めカット
- ④ 鋼製高欄 下側 500mm 打ち増し
- ⑤ 壁高欄 下側 500mm 打ち増し

以上の5パターンについて、桁高を1.5m、2.0m、2.5mの3パターンについて視覚化し、デザイン上の留意点を把握することを試みた。考察結果を表4.3.6及び4.3.7にまとめる。

この検討の結果から、壁高欄の見え方はフェイシアラインと桁高によってデザインの方向性が違うことが見えてきた。桁高が比較的低い場合に壁高欄を「線」として見せるデザイン、もうひとつ桁高が比較的高い場合に「面」として見せるデザインの2方向であることがわかった。

1) 線として見せる壁高欄

図4.3.3は1.5mの桁高に対し、壁高欄下側を面取りし、フェイスラインを明暗部分に分割することで壁高欄の面をより細く見せている。無味乾燥だったコンクリート面を分割することで、陰影効果を活用し、壁高欄をスリムな「線」として見せることが出来る。桁橋本来が有すべき水平方向の連続性を際立たせることに成功している。桁高が比較的 low、壁高欄の重厚感・圧迫感が懸念される場面で効果的であろう。

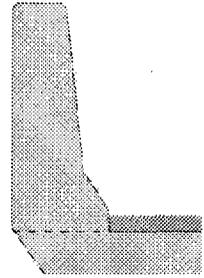


図4.3.3

2) 面として見せる壁高欄

図4.3.4は、2.5mの桁高に対し、壁高欄を水切りとして下側へ500mm打ち増した案である。壁高欄を強調することで「面」として捉えることが出来る。床版の張り出しを大きく確保することと同様に桁に影を大きく落とす効果がある。面を強調させることで桁の圧迫感が低減され、全体のバランスが良好となっている。桁高が比較的高く、上部工全体の圧迫感が懸念される場面で効果的であろう。

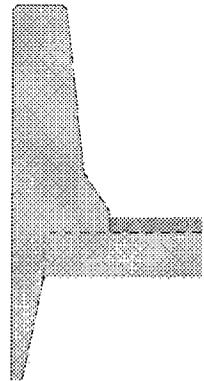


図4.3.4

表 4.3.6 桁高とフェイスラインのバランスに関する考察 その1 (斜め下からの見え方)

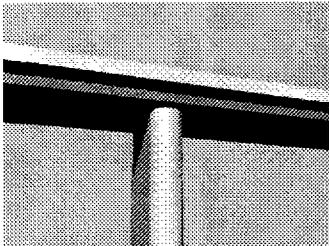
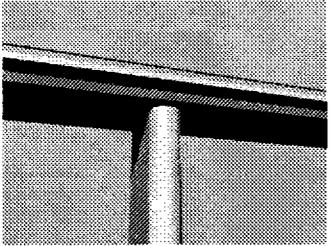
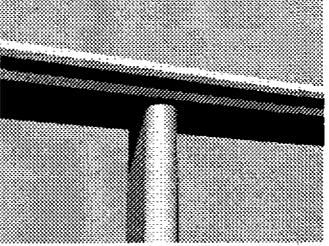
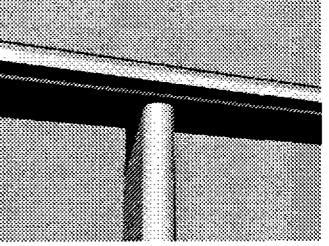
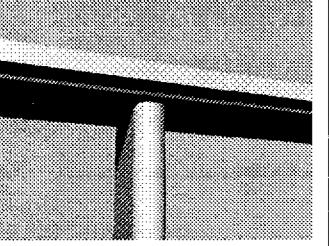
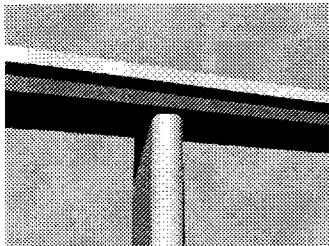
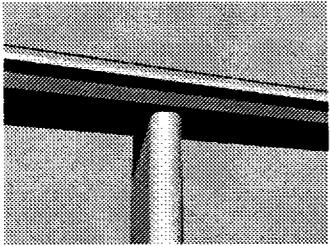
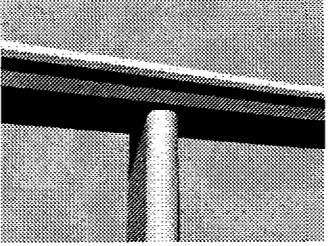
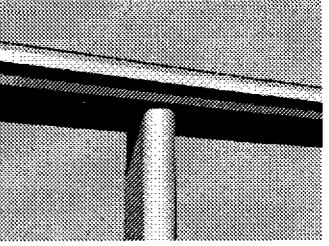
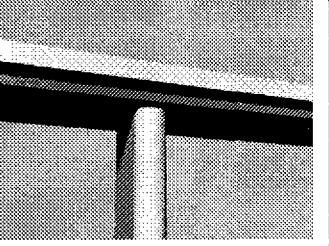
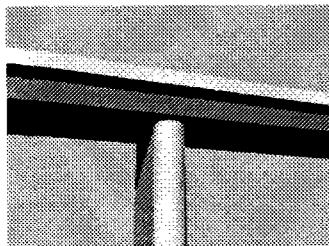
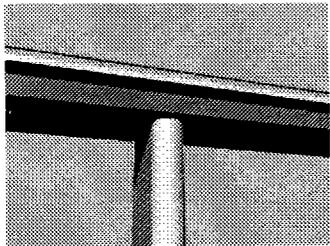
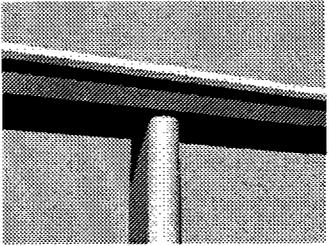
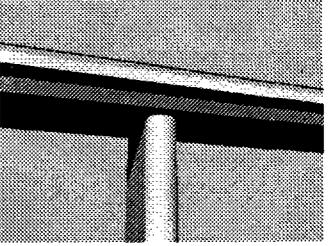
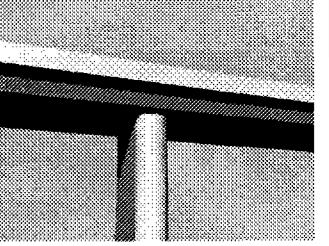
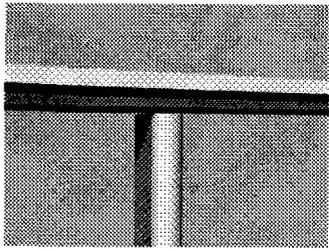
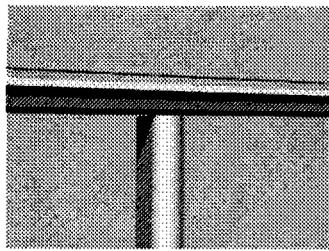
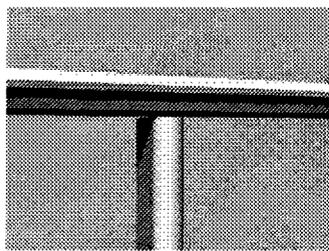
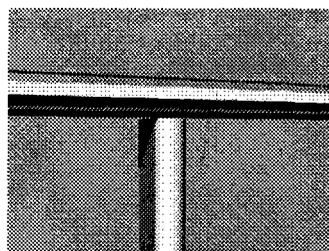
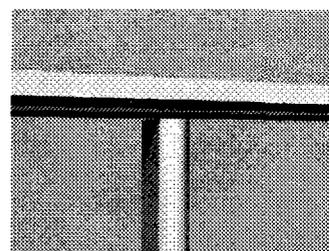
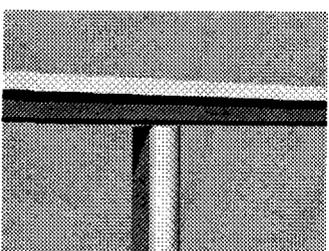
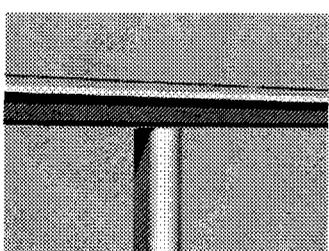
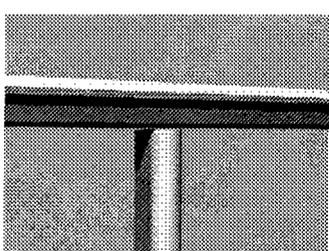
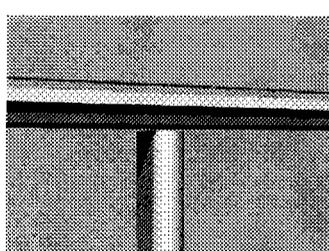
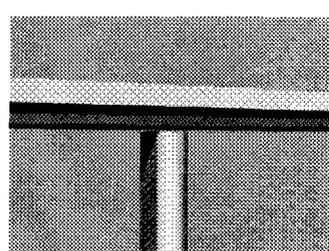
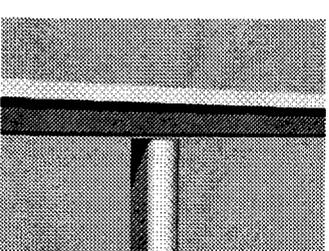
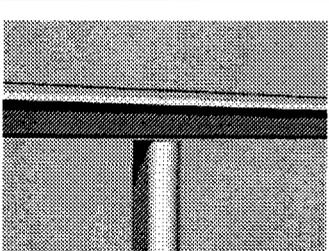
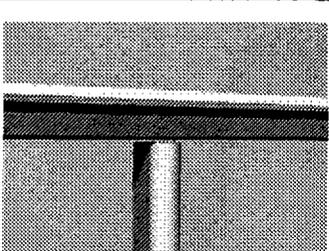
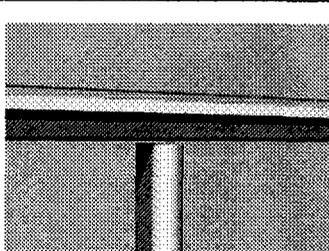
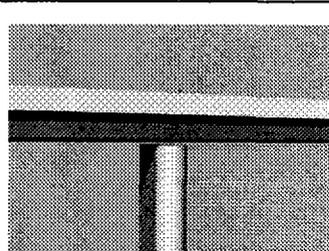
	壁高欄 一般タイプ	鋼製高欄 一般タイプ	壁高欄 下 300mm 斜めカット	鋼製高欄+下 500mm 打増し	壁高欄+下 500mm 打増し
桁高 1.5m					
桁高 2.0m					
桁高 2.5m					
評価	<p>鋼桁橋+RC 壁高欄の最もポピュラーな形。桁とフェイスラインが異素材であるため、一体感が創出されていないと同時に、桁高が高くないときには、壁高欄が重く感じる。この点に着目して、アイデア展開を図ることとした。</p>	<p>鋼桁橋+鋼製高欄のタイプ。フェイスラインによる圧迫感などはどの桁高をとっても改善された感がある。しかし、桁高が高くなるにつれ、桁部がより高く感じられた。壁高欄でバランスを確保するデザインの必要性を感じた。</p>	<p>壁高欄+床版で作られるフェイスラインのうち、床版部に当たる部分について、斜めカットした案。陰影効果により、フェイスラインを明るい部分と暗い部分とで面を分割することでフェイスラインの圧迫感の低減を試みた。</p>	<p>桁高の高い場合へのデザイン案として、床版下部に打増しを試みた案。下に打ち増すことで桁側面に影となる面を大きくとることで、桁高がスリムに見えることを確認した。このことからフェイスラインと鋼桁のバランスが鋼桁の壁高欄デザインのポイントではないかと推測した。</p>	<p>壁高欄で下方に打増しを試みた案。フェイスラインの印象が強く重たい印象あることを確認した。しかしながら、鋼桁から受ける圧迫感は改善されていることから、コンクリート部のデザイン如何でよくなる可能性があるとも感じた。</p>

表 4.3.7 桁高とフェイスラインのバランスに関する考察 その2 (真横からの見え方)

	壁高欄 一般タイプ	鋼製高欄 一般タイプ	壁高欄 下 300mm 斜めカット	鋼製高欄+下 500mm 打増し	壁高欄+下 500mm 打増し
桁高 1.5m					
桁高 2.0m					
桁高 2.5m					
評価	鋼桁橋+RC 壁高欄の最もポピュラーな形。桁とフェイスラインが異素材であるため、一体感が創出されていないと同時に、桁高が高くないときには、壁高欄が重く感じる。この点に着目して、アイデア展開を図ることとした。	鋼桁橋+鋼製高欄のタイプ。フェイスラインによる圧迫感などはどの桁高をとっても改善された感がある。しかし、桁高が高くなるにつれ、桁部がより高く感じられた。壁高欄でバランスを確保するデザインの必要性を感じた。	壁高欄+床版で作られるフェイスラインのうち、床版部に当たる部分について、斜めカットした案。陰影効果により、フェイスラインを明るい部分と暗い部分とで面を分割することでフェイスラインの圧迫感の低減を試みた。	桁高の高い場合へのデザイン案として、床版下部に打増しを試みた案。下に打ち増すことで桁側面に影となる面を大きくとることで、桁高がスリムに見えることを確認した。このことからフェイスラインと鋼桁のバランスが鋼桁の壁高欄デザインのポイントではないかと推測した。	壁高欄で下方に打増しを試みた案。フェイスラインの印象が強く重たい印象あることを確認した。しかしながら、鋼桁から受ける圧迫感は改善されていることから、コンクリート部のデザイン如何でよくなる可能性があるとも感じた。

4.3.4 景観に配慮した壁高欄のデザイン提案

4.5.4の検討結果から壁高欄を「線」としてみせるデザイン、そして「面」として見せるデザインを考察した。それぞれの壁高欄デザインを、表4.3.8、4.3.9にまとめる。

表4.3.8 「線」として見せる壁高欄デザイン

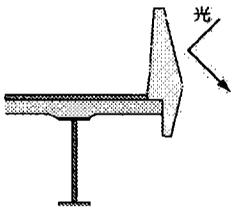
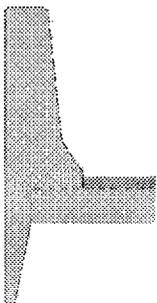
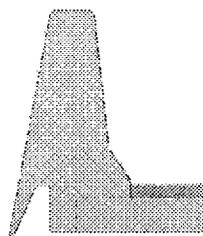
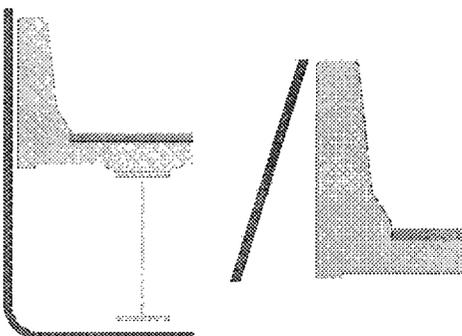
「線」として見せる壁高欄	
<p>① 斜めカット案</p> <p>壁高欄下側をカットすることで陰影効果により、フェイスラインを明るい部分と暗い部分に分割することで壁高欄面の圧迫感を低減させ壁高欄をラインとして表現することが可能である。</p>	
<p>② 溝ライン案</p> <p>壁高欄の様な面に溝を設けラインを強調することによってシャープさを表現することが出来る。また、橋梁景観特有の水平方向の流れを表現することが可能である。</p>	
<p>③ 打ち増し案</p> <p>外壁をおることで、光の反射を利用してラインを強調させることが出来る。</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>上向きの面に光があたり白くラインができる。</p> <p>下向きの面は影になり暗いラインができる。</p> <p>↓</p> <p>フェイスラインが薄く見え、圧迫感を低減させることが出来る。</p> </div> </div>	
<p>④ 発展案</p> <p>通常の壁高欄は場所打ちコンクリートであるが、ここではプレキャスト部材を想定して、継ぎ目の縦のラインのデザインに取り込んだものである。パネルの長さ、断面形状を変化させることで様々な表情を表現することが可能である。またパネル間に間隔を設けるなど、さらには間隔を広げ高欄の支柱として使用することも可能である。</p>	

表 4.3.9 「面」として見せる壁高欄デザイン

「面」として見せる壁高欄	
<p>① 打ち増し案</p> <p>壁高欄を下側へ打ち増すことにより、陰影効果を利用して桁高を低く見せることが出来る。また、コンクリート面を強調することにより、鋼とコンクリートの異質感が強かったものを質感の融和を図るが出来る。</p>	
<p>② 斜め面案</p> <p>①の改良タイプで、高欄外面に角度を設けたタイプである。光の反射効果によりフェイスラインを薄く見せ圧迫感を低減することが出来る。また、端部を①案に比べ外側へ設けられるので陰影効果がより期待出来る。</p>	
<p>③ 化粧版案</p> <p>間接的な壁高欄のデザインと言えるが、コンクリート面を露出させると重厚感が出るため鋼製の化粧版を設けることで軽快感が表現される。桁と同質素材を用いることで質感の整合を図ることが可能である。また、市街地などで設けられている桁下化粧版を壁高欄まで覆うことで高欄の圧迫感を低減出来ると共に一体性をはかることが可能である。</p>	

4.3.5 橋台端部処理に関するデザイン提案

上部工又は下部工本体にて、幾ら景観性を向上させても、この双方の接続部分において景観性に配慮されていないならば、橋梁全体としての景観性は保たれない。この点については、既に橋台デザインの定石として、側面景観にて伸びやかな印象となるよう、デザインされた壁高欄を連続させる配慮が必要であることが明らかとなっている。

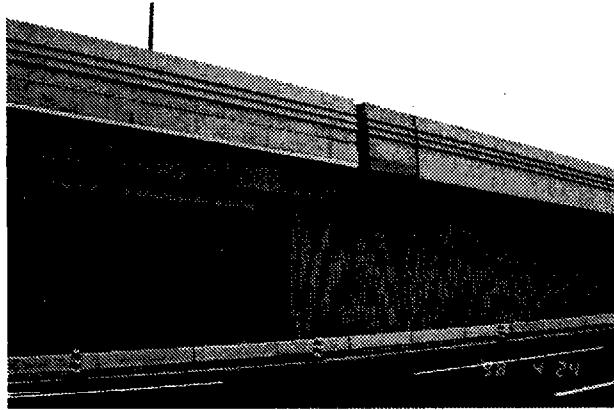


図 4.3.5 壁高欄を橋台背面まで延長した例

つまり橋台周りの“収まり”での着眼点は橋軸方向の流れを維持することにある。この橋軸方向の流れを阻害する原因要素としては、a. 沓座面上の桁側面の無駄と思える空間 b. 上部工形状による橋軸方向の視線の流れに正対する橋台縦壁の橋軸直角方向の面、の2点が考えられる。

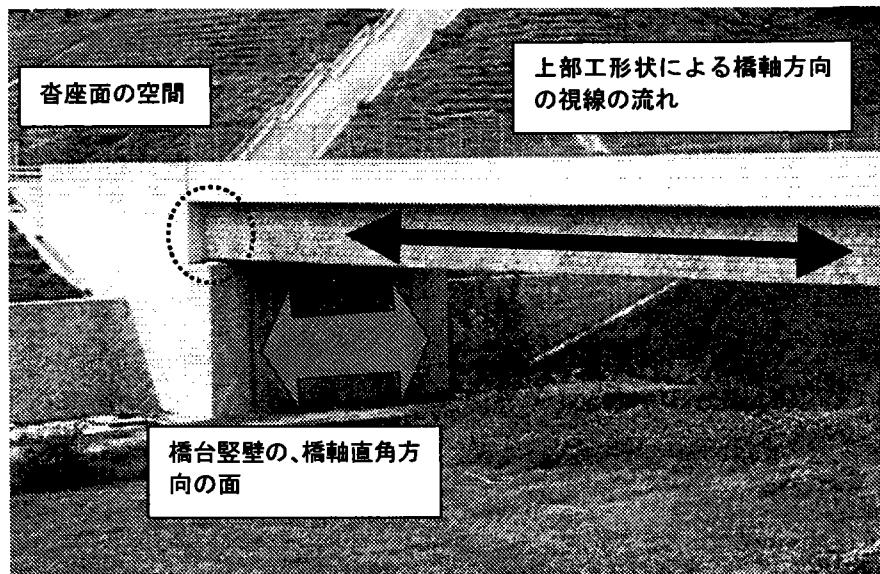
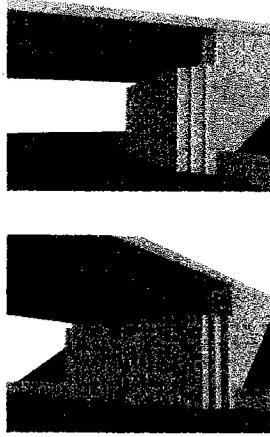
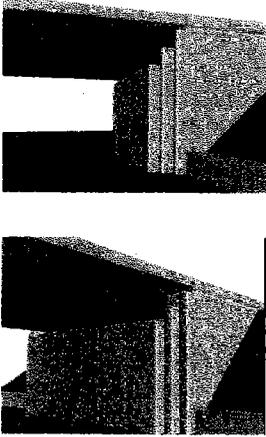
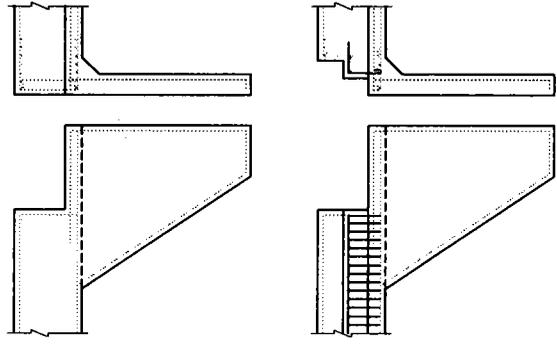
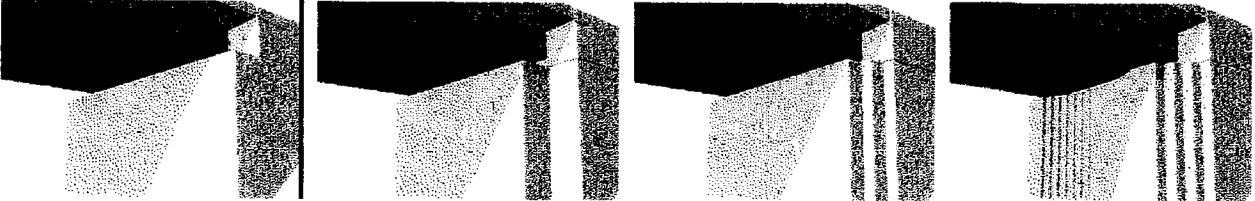


図 4.3.6 橋台部の収まりについて

本稿では、これまでの既存研究結果とは違う新たな視点でのデザイン提案を試みたので、参考程度とはなるが表 4.3.10 にまとめた。

表 4.3.10 橋台端部のデザイン提案

① たて壁切欠き案	
<p><概要> 橋軸方向の流れを出すために、たて壁を切り欠き、ジグザグを作ることによって巨大な壁面と見えていたたて壁前面に奥行き方法の流れ表現出来る。また、側面に高さ変化をもたらす事で、側景観での上部工の橋軸方向の伸びやかな印象を表現出来る。</p>	
<p><概略図></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>a. 高さ統一</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>b. 高さ変化</p>  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p>・橋台の標準的な配筋と比べ、切欠き部での鉄筋加工、型枠等の手間は生じる。しかし工事費自体は双方差はない。</p>	
② パネル並列案	
<p><概要> プレキャスト板等のパネルを並べることで橋台を構成する。パネルの目地ラインが本棚に本が並んでいるイメージを作り出し橋軸方向（奥行き方向）の流れを表現する。また、沓座に影響ない部分はパネルを自由にずらすことが出来るため、たて壁にあらゆる表情を作り出すことが出来る。</p>	
<p><概略図></p> 	

4.3.6 まとめ

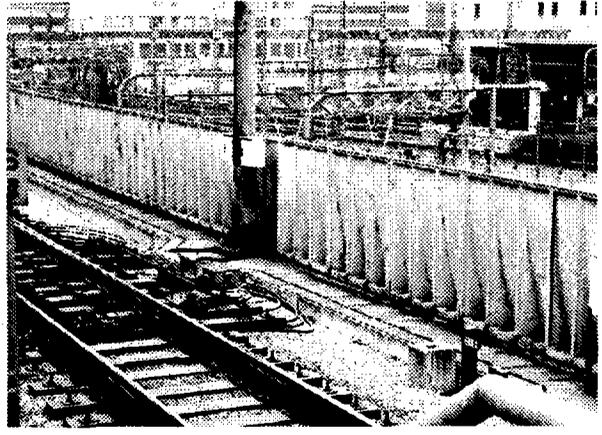
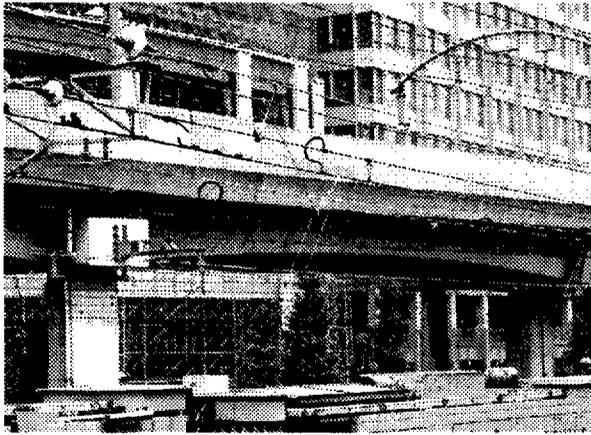
以上の結果から、これまでの問題点を整理し、「水平方向の連続性の確保=伸びやかな桁橋景観の創出」という観点からデザインの一例を示すことが出来た。

加えて新たな方向性として、面としてボリュームを見せていくデザインについても一例を示すことが出来た。すなわち、異素材による不釣り合いを塗装等表面上の問題としてではなく、全体のシルエット（バランス）の問題として解決したことも成果の一つではないかと考える。さらに、表層的なデザインに偏らず、大胆な形態操作でもなく、簡易な形態操作で表情を豊かにすることも提示することができた。

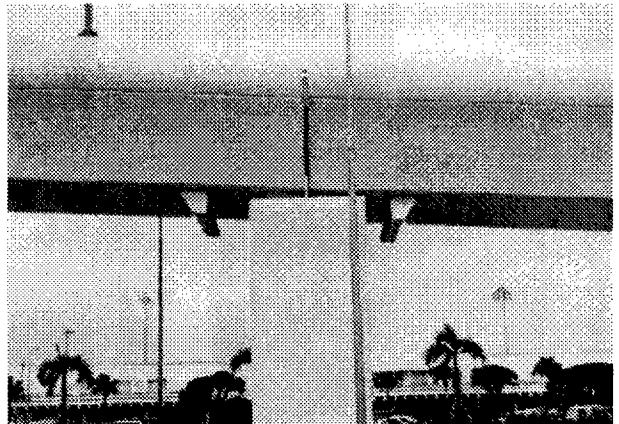
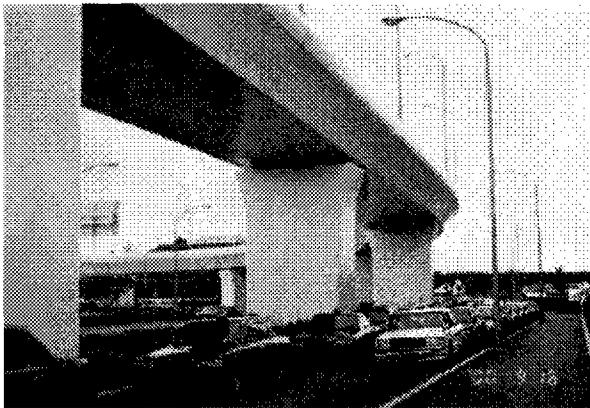
4.3.7 事例集（壁高欄）

(1) コンクリート製壁高欄

① J R 中央線 東京駅構内高架橋

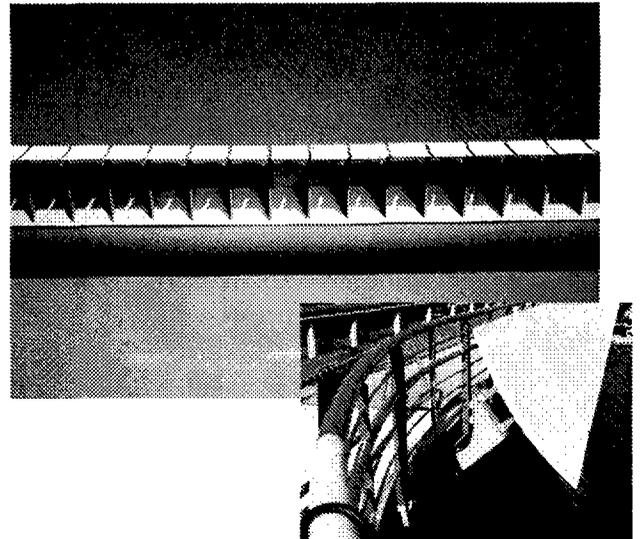
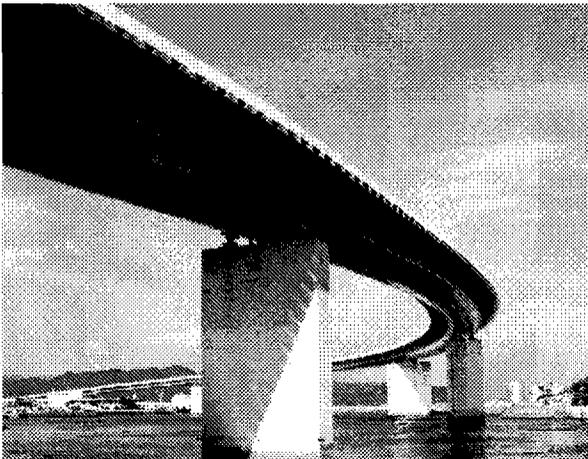


② 那覇空港ターミナル高架橋



(2) 化粧版を用いた事例

① 牛深ハイヤ橋

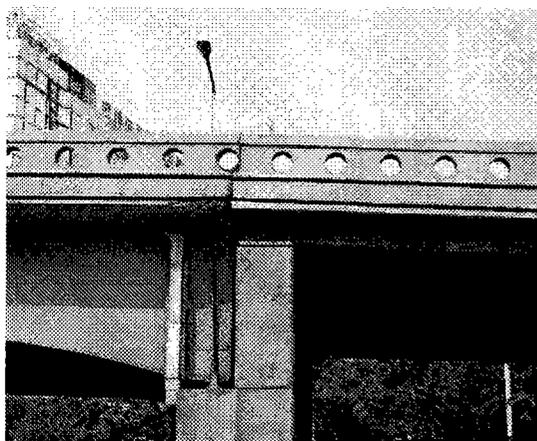


② 東京 六本木付近

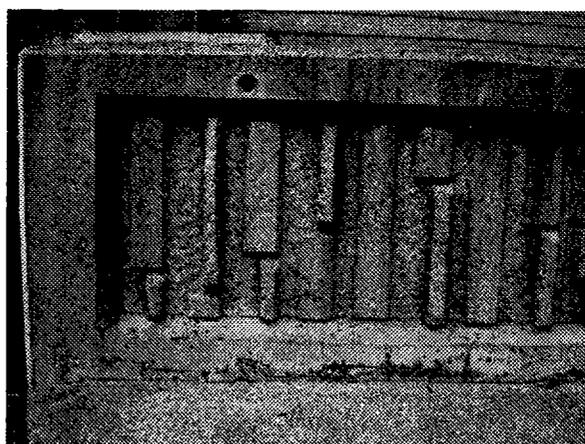
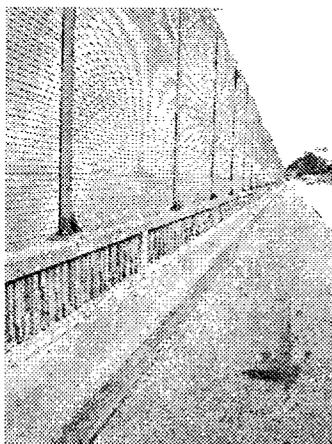


(3) 海外の事例

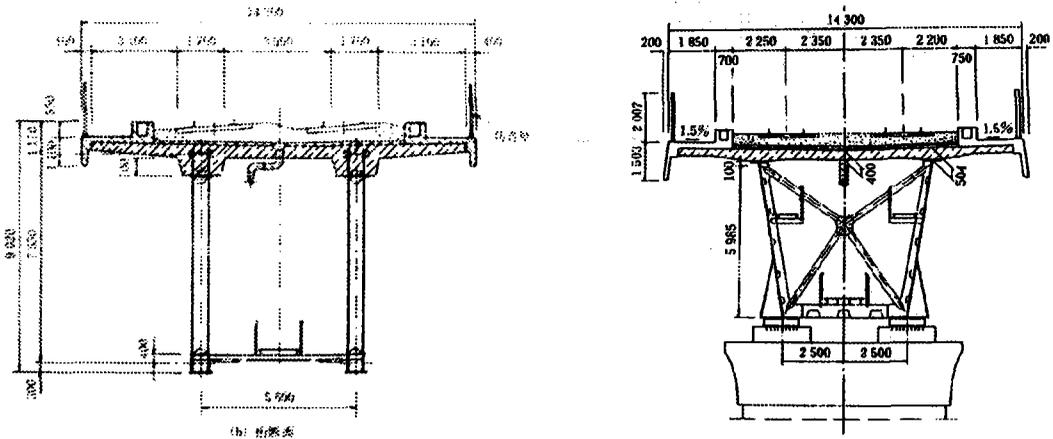
① 韓国高架橋 (その1)



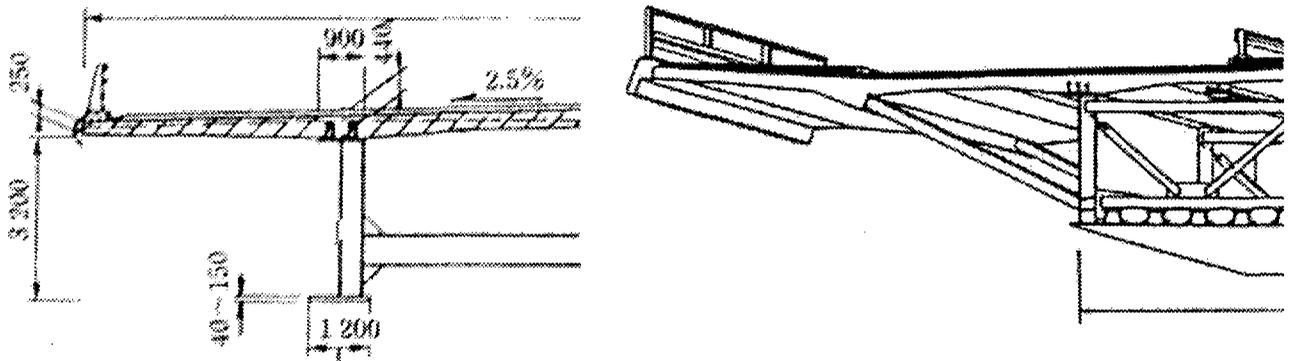
② 韓国高架橋 (その2)



③ ドイツ国鉄の高架橋



④ フランス高架橋



4.4 発表論文

本ワーキンググループでの研究成果を、第58回、第59回の土木学会年次講演会で発表した。

- ・齊藤展生，黒島直一，熱海晋，杉山和雄：落橋防止構造のデザイン性について，第58回土木学会年次講演会論文集。
- ・黒島直一，齊藤展生，藤井剛直，熱海晋：壁高欄のデザイン性について，第59回土木学会年次講演会論文集

落橋防止構造のデザイン性について

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 ○齊藤 展生
 大日本コンサルタント(株) 正会員 黒島 直一
 (株)宮地鐵鋼所 正会員 熱海 晋
 千葉大学大学院 正会員 杉山 和雄

新規設計における落橋防止システムは、当初から設置自体を計画に盛り込むことから、比較的景観性を損なうものは少ない。しかし、既設橋の耐震補強事業の一環で取り込まれるものは、その緊急性、対象橋梁の多さ、さらには設置スペース等の問題から、景観性への配慮が欠落しているものが多く見受けられる。本論は、既設橋における後付けの落橋防止構造に着目し、計画段階で配慮すべきポイントについて提言するものである。

1. はじめに

阪神大震災以後、既存の橋梁に対して多くの耐震補強設計がなされてきた。その多くは、当初設計に携わった設計者の意図が継承されない、マニュアル的かつ画一的な設計であった。無論、耐震補強の緊急性、対象橋梁の多さからすれば、そのことを全面的に否定するものではない。しかし、土木設計における第一義的な機能にとどまらず、作り出される景観をも美しくすることが社会基盤整備の目的の一つとして認知されつつある現在、景観的な配慮も無しにこれらの設計が行われていくことはまことに残念である。このような背景の元、筆者らは、落橋防止システムの中で最も目に付きやすい、耳桁に設置される落橋防止構造に着目して検討を行った。

2. 落橋防止構造の景観上の問題点と留意点

2.1 問題点の整理

平成8年の道路橋示方書改訂によって、桁かかり長、落橋防止構造、変位制限構造および段差防止構造から構成される落橋防止システムを設置することが規定された。このうち、特に目に付きやすいのが、耳桁腹板面に設置される落橋防止構造（写真-1）である。この一般的な桁橋に設置される落橋防止構造について、景観的な観点からみた際の問題点を以下に示す。

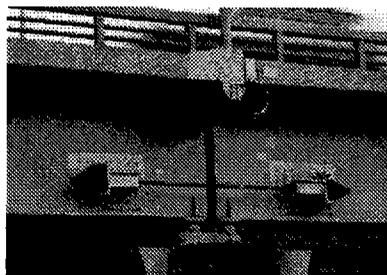


写真-1 一般的な落橋防止構造の例

(1) 一体感の欠如 一般に落橋防止構造は製品色の黒色であることが多く、主桁塗装色と調和しないことが多い。また、素材の差も異物感を助長させている。

(2) 連続感の欠如 腹板の面的な水平方向の流れの中で、線的な落橋防止構造が視覚的円滑性を阻害する“突起”として認識される。

(3) 煩雑感 PC ケーブル定着用ブラケット構造（以下ブラケットと言う。）が製作性、経済性を重視して組合わされているため、凹凸感が強調されている上に、ボルトの多さが部材の煩雑感を助長させている。

(4) 機能の表現 ブラケットの形状及び複雑な組合せから、力の流れがイメージしにくく、構造上の必要性を明確に表現できずにいる。

2.2 デザイン上の留意点

一般に、桁橋は水平方向の連続性を確保することにより、橋梁景観を美しくすることができる。このことから、落橋防止構造を計画する上では、水平方向の連続性を阻害しがちなブラケット構造の突出感を極力抑えることが考慮すべき留意点であると言える。その他、落橋防止構造を計画する上での留意点を具体的な方策例も含めて表-1に整理する。

表-1 落橋防止構造を計画する上での留意点

デザイン上の留意点	狙い	具体的方策例
主桁との一体感	・形の違和感の解消 ・色彩の違和感の解消	・面取り ・着色等、色彩の調和
連続性の表現	・主桁面外方向の突出感の解消	・形状の縦横比の改善 ・突出量の減少
煩雑感の解消	・スッキリ感を表現	・部材の単純化 ・カバー部材の追加
機能の表現	・構造存在意義の主張	・曲線、曲面を取り入れたデザイン

キーワード 景観、耐震補強、落橋防止システム、桁連結装置

連絡先 〒163-0730 東京都新宿区西新宿 2-7-1 パシフィックコンサルタンツ(株) 構造部 TEL 03-3344-1303

3. 景観に配慮した落橋防止構造の一提案

前項で述べたデザイン上の留意点を考慮して、落橋防止構造のデザインを試みた。なお、以下の案は構造計算による断面照査を行っていないため、実際には多少の形状寸法の調整が必要になることを断っておく。

3.1 ブラケット形状の洗練

落橋防止構造は、設計上は後付けの付属物であるため、主桁面と完全な一体化は不可能である。また、コンパクトな構造の中に複数の機能を盛り込む必要があることから、機構上ある程度の煩雑感が生じてしまうのはやむを得ないところである。しかし、ブラケットを構成する板形状を一工夫するだけで、構造の持つ景観性が大きく洗練されるものである。

図-1に示すようにブラケットのスプリング・緩衝具等を収納しているキャップから偏向具まで、側面鋼板を伸びやかに延長し、

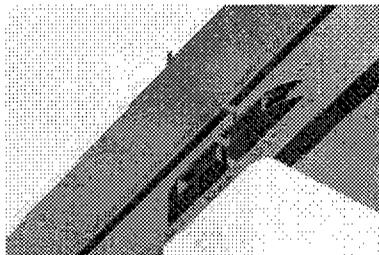


図-1 ブラケット形状の洗練の一例

かつ主桁への流れを明確にするような曲線を入れてみる。ボルトは上下段1列に押さえるような形状とし、あえて露出させることで適度な視線誘導効果をもたせる。このような工夫だけで、斜め下から見た際の印象は大きく改善されることがわかる。

さらに、直接的な手法ではあるが、図-2に示すように、ブラケットの一部分のみに、主桁と同色塗装仕上げを施した鋼製のカバープレートを設置することも効果的である。カバープレートの面が突出感を和らげ、より一体感が得られる。

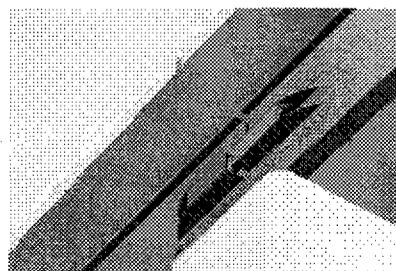


図-2 ブラケットカバーをつけた案

3.2 ケーブルの複数本化

通常、落橋防止構造の計画では、1本のケーブルによる構造を考へることが多い。これは、同じ反力であれば大径のケーブル1本で計画した方が一般的

に経済的であるためである。しかし、ここではあえて図-3に示すような小径のケーブルを複数本設置するタイプを

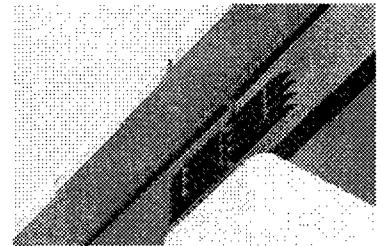


図-3 ケーブルの複数本化

提案する。このようにケーブルを複数化すると、1本タイプの場合に比べてブラケット高さやキャップを小さくできる。このため、主桁面外方向の突出量が抑えられるのに加え、部材の縦横比の改善により、カバープレートを設置しなくとも、斜め下から見た際の主桁との一体感がより効果的に印象づけられ、水平方向の連続性を損なうこともない。また、主桁の面とケーブル群による擬似的な面とが機能の同種性を表現し、違和感のない落橋防止構造となる効果もある。

4. おわりに

本論では、耳桁腹板側面に装着される落橋防止構造の計画時に配慮すべきポイントおよび、デザインの一例を示した。しかし、やや短絡的ではあるが、落橋防止構造を腹板面に装着すること自体が問題であろう。主桁間のスペースに隠してしまうのが原則である。しかし、実情では主桁間には端横桁、端対傾構等の2次部材、添加物などにより、落橋防止構造自体の設置が困難であり、止むなく腹板側面に設置せざるを得ないケースも多い。施工性や維持管理性の観点から見ても、耳桁外面に設置することは優位な面もあることから、一概にこれを否定するものでもない。ただし、後付け付属物であることを理由に、景観性への配慮もなく画一的に落橋防止構造を計画していくことに対して、常に問題意識を持つべきである。本論の内容が今後の落橋防止構造計画の一助になれば幸いである。

なお、本論の内容は、「鋼橋技術研究会 橋梁デザインにおける3Eに関する研究部会（部会長：杉山和雄千葉大大学院教授）」内の付属物検討WGにおいて検討されてきたものを中間的に取りまとめたものである。本WGでは、今後も付属物に着目して検討を進めていきたいと考えている。

参考文献

杉山和雄：橋の造形学，2001年3月。

壁高欄のデザイン性について

大日本コンサルタント株式会社 正会員 ○黒島 直一
パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 齊藤 展生
株式会社 構造技研 正会員 藤井 剛直
株式会社 宮地鐵工所 正会員 熱海 晋

本研究の目的は、これまで景観性への配慮に欠けていた高架橋に用いられる車両用剛性防護柵、すなわちコンクリート製壁高欄に着目し、その景観上の問題点を明らかにしたうえで、デザインの方向性を見いだすことである。さらに本論では抽出したデザインの方向性に沿って、具体的なデザインを検討し、壁高欄デザインのあるべき姿を模索した。

1. はじめに

これまで、橋梁のデザイン性については方々で議論が重ねられているものの、壁高欄に着目した議論はあまりなされていなかった。これは壁高欄がデザイン性の追及に比べ経済性、施工性および事故などの損傷に対する修復性をあまりにも重視してきたことに他ならない。しかしながら、上部工総構造高の1/2～1/3にもなる壁高欄は、橋梁を側面から見た時のイメージ形成に大きく寄与する部位である。さらに事例調査を重ねていくと、桁と高欄が一体で打設されるコンクリート桁橋については景観性に配慮されている事例も見受けられるが、鋼桁橋については配慮されていない事例が数多いことに気づく。本論は、特に鋼橋のコンクリート製壁高欄に着目し、その景観上の問題点を整理し、デザインの方向性を示したものである。

2. 景観上の問題点の整理

既存事例を観察し橋梁景観における壁高欄デザインの問題点を以下の2点に整理した。

(1) フェイシアラインの創意工夫の欠如している点

図-1に示すとおり壁高欄+床版厚で構成されるコンクリート面（以下、フェイシアラインと呼ぶ）は上部工構造高全体の1/2～1/3程度を占める。このことから、景観上重要な役割を担っていることが分かる。しかし、現状では画一的な処理がなされている事例が数多くを占め、創意工夫がなされてい

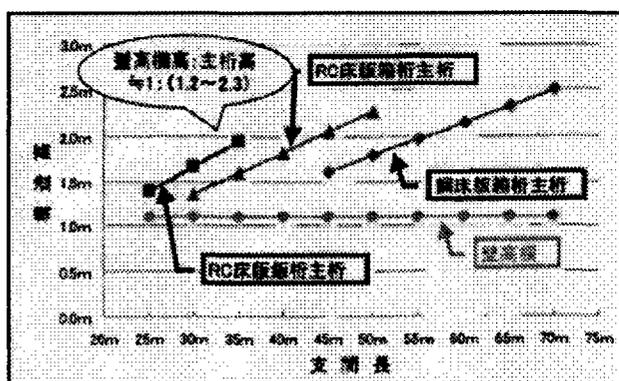


図-1 壁高欄と橋種ごとの桁高との比率

ないのはやはり問題である。鋼桁橋でもブラケットが橋梁側面の表情を豊かにすることと同じように、フェイシアラインについても表情を工夫すると景観性の向上に寄与すると推測した。

(2) 質感の相違がデメリットになっている点

鋼橋の場合、主たる構造物が鋼製であるのに対し壁高欄はコンクリート製が用いられている。当然の事ながら異素材の集合体に対して、どのように整合性を図るかが問題となる。しかし一般的に、景観性の配慮が不足しているため、上部工形式の差異に関わらず、無味乾燥なコンクリート鉛直面が露出しているにとどまっている。桁高とのバランスを考え、整理することで壁高欄デザインの新たな方向性が見えてくるのではないかと推測した。

3. 壁高欄デザインの方向性と具体案の提示

問題点を整理すると「フェイシアラインの表情の

キーワード：景観、車両用剛性防護柵、コンクリート製、鋼橋、デザイン

連絡先：〒170-0003 東京都豊島区駒込 3-23-1 大日本コンサルタント(株) 景観デザイン室 TEL 03-5394-7621

問題」「桁高とフェイスラインのバランスの問題」と捉え直すことが出来る。そこで桁高変化による壁高欄の見え方にどのように違いがあるのかについてスタディを試みた。その結果、壁高欄の見え方はフェイスラインと桁高によってデザインの方向性が違うことが見えてきた。桁高が比較的低い場合に壁高欄を「線」として見せるデザイン、もうひとつ桁高が比較的高い場合に「面」として見せるデザインの2方向であることがわかった。具体のデザイン例とともに考察を加える。

(1) 線として見せる壁高欄

図-2は1.5mの桁高に対し、壁高欄下側を面取りし、フェイスラインを明暗部分に分割することで壁高欄の面をより細く見せている。無味乾燥だったコンクリート面を分割することで、陰影効果を活用し、壁高欄をスリムな「線」として見せることが出来る。桁橋本来が有すべき水平方向の連続性を際立たせることに成功している。桁高が比較的低く、壁高欄の重厚感・圧迫感が懸念される場面で効果的であろう。

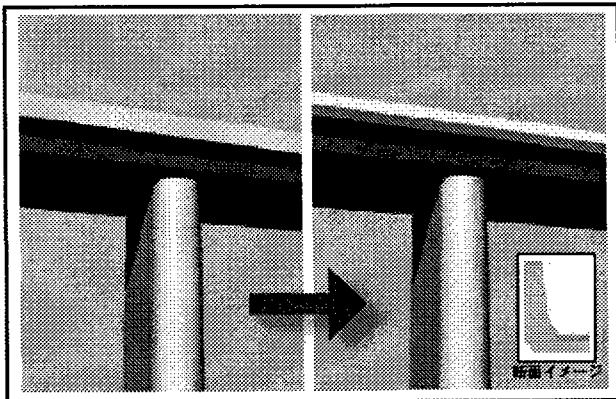


図-2 線として見せたい壁高欄デザインの一例

(2) 面として見せる壁高欄

図-3は、2.5mの桁高に対し、壁高欄を水切りとして下側へ500mm打ち増した案である。壁高欄を強調することで「面」として捉えることが出来る。床版の張り出しを大きく確保することと同様に桁に影を大きく落とす効果がある。面を強調させることで桁の圧迫感が低減され、全体のバランスが良好となっている。桁高が比較的高く、上部工全体の圧迫感が懸念される場面で効果的であろう。

4. おわりに

以上の結果から、これまでの問題点を整理し、「水

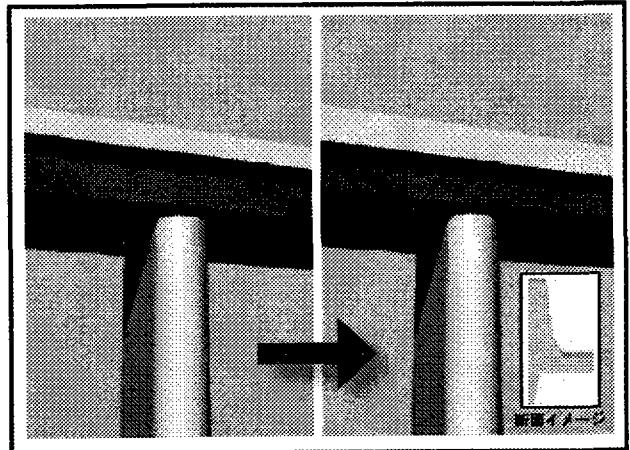


図-3 面として見せたい壁高欄デザインの一例

平方方向の連続性の確保＝伸びやかな桁橋景観の創出」という観点からデザインの一例を示すことが出来た。

加えて新たな方向性として、面としてボリュームを見せていくデザインについても一例を示すことが出来た。すなわち、異素材による不釣り合いを塗装等表面上の問題としてではなく、全体のシルエット(バランス)の問題として解決したことも成果の一つではないかと考える。さらに、大胆な形態操作ではなく、簡易な形態操作で表情を豊かにすることも提示することができた。

今後の課題としては、図-4に示すものなど、複合的なデザイン、新たな視点でのデザインを探ることがあげられる。

「身だしなみを整える作法のひとつ」として捉えていただき、本稿がよりよい景観創出の一助となれば幸いである。

なお、本論の内容は「鋼橋技術研究会 橋梁デザインにおける3Eに関する研究部会(部会長:杉山和雄千葉大学大学院教授)」内の付属物設計ワーキンググループにおいて検討したものを中間的にとりまとめたものである。

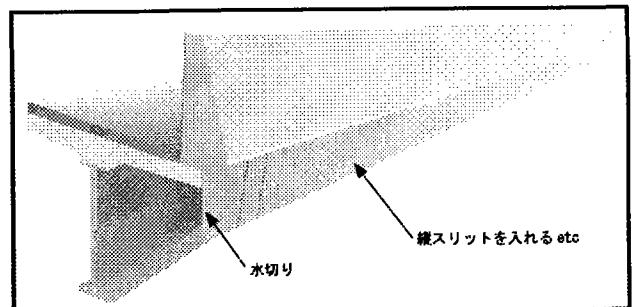


図-4 壁高欄デザインのその他のスタディ例

4.5 おわりに

本ワーキンググループでは、橋梁付属物の中でもとりわけ扱われてこなかった「落橋防止構造」「鋼橋における壁高欄」についてスポットを当て、現状の課題を整理し、3Eをキーワードにデザインの方向性・具体案の提案を行ってきた。

落橋防止構造のデザイン検討では、検討段階でVE的な手法を用いてデザイン発想を行った。構造物のデザイン検討を行う上でVE的な手法を用いることは、検討対象物の機能を明確にし、その本質を見極めることで、求められる機能を保持したまま新しい形を創造しやすい利点があったと思われる。また、検討結果である鋼製ブラケット形状は、一般的なものに比べてデザイン的に洗練され、今後の落橋防止構造の新しい形状の一助になるものと考えている。

壁高欄のデザイン検討においては、特にフェイスラインの有り方に着目し、鋼橋の画一的な側面景観を立体感あふれるデザインとすることができた。また、壁高欄そのものだけでなく、橋台端部の処理についても着目し、橋台堅壁のデザインすることで、高欄デザイン全体をひとつの橋梁デザインをして纏め上げることを試みた。

本ワーキンググループでは、3Eの観点から「優美性」「効率性」「経済性」の3要素の全てを満足する付属物デザインを検討してきた。検討成果として、「優美性」「効率性」についての提案あるいはデザインの方向性を示唆することはできたと考えているが、「経済性」については優位性を見いだすことができなかった。これら付属物の橋梁全体に占める工事費は決して大きくはなく、本報告書にあるデザインが、必ずしも「経済性」を大きく逸脱したものとは考えていないが、3Eの観点をよりバランスよく満たすデザインは今後の技術者の取組みに期待するとともに、本報告書としては課題として残すこととした。

本ワーキンググループでの検討結果を「橋梁の身だしなみを整える作法のひとつ」として捉えていただき、よりよい景観創出の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，平成14年3月。
- 2) (社) 日本道路協会：防護柵の設置基準・同解説，平成10年11月。
- 3) 土屋 裕：新・VEの基本，平成10年5月。
- 4) (社) 日本道路協会：車両用防護柵標準仕様・同解説，平成11年3月。