

鋼製車両用橋梁用防護柵のデザインと開発

Development of Aesthetic Steel and Iron-cast Barriers(Bridge Rail Type)

伊藤 登¹・天野 光一²・横山 公一³・山口 智⁴・柴田 康博⁵

¹正会員 工修 (株) プランニングネットワーク (〒114-0012 東京都北区田端新町 3 丁目 14-6)
E-mail: itoh@pn-planet. co. jp

²正会員 工博 日本大学理工学部社会交通工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7 丁目 24-1)
E-mail: amano@trpt. cst. nihon-u. ac. jp

³非会員 工修 (株) プランニングネットワーク (〒114-0012 東京都北区田端新町 3 丁目 14-6)
E-mail: yokoyama@pn-planet. co. jp

⁴非会員 工修 昭和鉄工 (株) (〒812-8587 福岡県福岡市東区箱崎埠頭 3 丁目 1-35)
E-mail: s_yamag@showa. co. jp

⁵非会員 工修 積水樹脂 (株) (〒530-8565 大阪府大阪市北区西天満 2 丁目 4-4)
E-mail: shibatay@sekisuijushi. co. jp

The Ministry of Land, Infrastructure and Transport drew up “The guideline for aesthetic barriers” in March, 2004. Scope of this study is the development of the standardized aesthetic steel and cast-iron barriers based on the guideline under the performance-based regulation of barriers. The objectives of this development are to create and maintain a good landscape of road with the barriers. Through the results of the static tests and the aesthetic evaluation of the trial manufacture, this development of the barriers was successful, and the effectiveness of these aesthetic barriers was confirmed.

Key Words : landscape, barrier, design

1. はじめに

現在、道路橋に設置されている橋梁用車両用防護柵の 6 割程度が、鋳鉄並びに一般鋼材を素材とする防護柵である。また道路橋に設置される防護柵は、当該橋梁のために意匠された防護柵と防護柵メーカーがそれぞれ開発した機能重視の防護柵に二分される。

このような中、平成 16 年 3 月に国土交通省が監修、出版された「景観に配慮した防護柵の整備ガイドライン」では、より低コストで美しい車両用防護柵の必要性がうたわれ、標準品ではあるがデザイン的な質の高さが防護柵に求められるようになった。

全国高欄協会は上記ガイドラインに基づいた鋼製の新たな橋梁用防護柵の開発を実施し、著者らはそのデザイン、開発メンバーとして参画した。本報告は、その経緯についてとりまとめたものである。

2. 既存橋梁用防護柵の景観的課題

既存の鋳鉄並びに一般鋼材の標準的な橋梁用防護柵は、

防護柵としての機能を第一に考えた形態であり、表-1 や図-1 に示すような多くの景観的課題を有している。中でも、座屈を誘発するための屈曲部は、歩行者には理解しにくい形態である。

表-1 既存防護柵の景観的課題

- ・H 断面型支柱は、全体に武骨な印象である
- ・H 断面型支柱は、その縁辺部が図として浮かび上がり、より煩雑な形に見える
- ・H 断面型支柱にみられる屈曲部は、歩行者に理解しにくい形態である
- ・歩行者側が防護柵の裏面である印象が強い
- ・ビーム接合部が煩雑な印象となる
- ・ボルト・ナット類が露出し、不快感があり、安全上も好ましくない

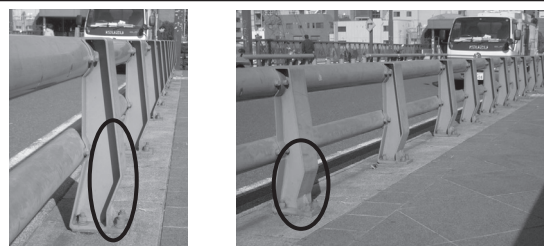


図-1 座屈を誘発するための屈曲部が特徴的な機能重視の防護柵

3. 開発における機能的条件

開発対象とした防護柵は、B種及びC種の橋梁用ビーム型防護柵であり、本稿ではそのうち3本ビームタイプ（H=850mm）を取り上げた。橋梁用車両用防護柵については、「防護柵の設置基準・同解説、2004」において、必要な強度、寸法等についての規定があり、これらを満足させることを静荷重試験により実証することが求められている。表－2は、今回開発対象とする防護柵に対して求められる機能をとりとまとめたものである。

表－2 求められる機能的条件

種別	ブロックアウト量(mm) *1		横梁の極限曲げモーメント(kN・m) *2		支柱間隔(m)	各部高さ(cm)	
	主要横梁	下段横梁	横梁合計	主要横梁		主要横梁上端高さ(路面から)	下段横梁中心高さ(地覆面から)
B種	45以上	30以上	26以上	17以上	2.0以下	90以上、100以下	25以上、60以下
C種	40以上	25以上	23以上	17以上			

*1：支柱の最前面から横梁最前面までの距離
*2：支点間隔 2mの静荷重試験値
*3：1本あたり

4. 開発方針とデザイン方針

開発主体である全国高欄協会は、前述したガイドラインを受けて、以下の3つの開発方針を筆者らに示した。

- ・どのような場所でも無難に設置可能な景観的に優れた標準品とすること
 - ・従来品と同程度の価格帯で提供すること
 - ・協会参加企業が鋳鉄加工と一般鋼材加工のメーカーに分かれることから、協会ブランド製品として、二つの素材の製品を同一コンセプトのもとに作り出すこと
- この3つの開発方針を受け、以下の設計方針を定めた。

[主として景観的に優れた標準品のために]

- ①現状の重く無骨な印象を和らげ、“スリムな印象”の形状とする。
- ②歩行者の視点に立ち、歩道側から見た場合にも裏面と感ぜさせない形状とする。
- ③形態的に煩雑であり、歩行者にとっても形態的な意味があまり感じられない支柱下部の「屈曲部」については、支柱に切れ込まない形状について検討する(図－1参照)。

[主として低コスト化のために]

- ④横梁は標準品(一般鋼材の丸鋼管で、防護柵部材としての検証は既に済んでいるもの)を使用し、支柱形状により他製品との差別化を図る。

主要横梁(最上段のビーム)：φ114.3mm，t=4.5mm

下段横梁(中・下段のビーム)：φ76.3mm，t=2.8mm

- ⑤部材点数を極力減らすとともに構造上必要最小限の寸法とすることなどで、コストを低く抑えられる形状と

する。

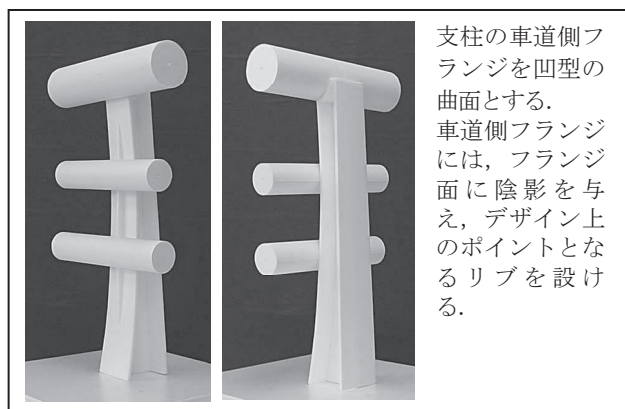
[鋳鉄と一般鋼材における共通イメージ製品のために]

- ⑥鋳鉄および一般鋼材、どちらの材質にも対応できるH型断面を基本とする。H型断面を採用した理由は、両素材ともに構造的な実績があること、鋳物においては型抜きしやすい形状であること、一般鋼材においては溶接部が部材の外側だけに存在する形状であることによる。

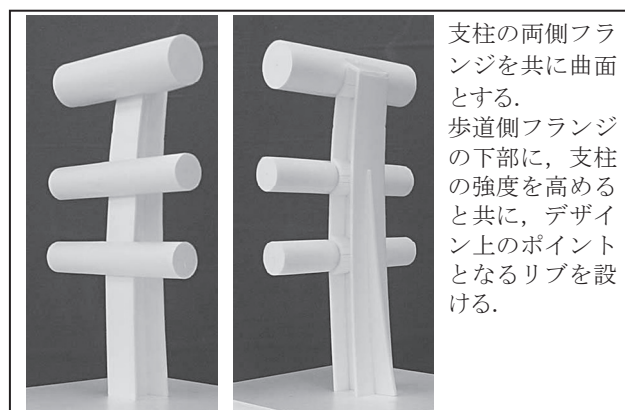
5. 基本デザイン案の比較検討と選定

4. に示した方針を踏まえ、支柱の基本デザイン案として、下記のデザイン上の共通事項を有する4案(A～D案)を検討し、スタディ模型を作成した。

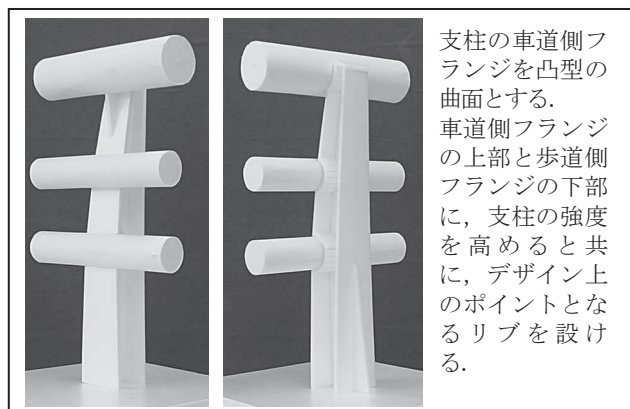
- 既存製品にみられる「屈曲部」のない、すっきりとした形状とする。
- 支柱形状に曲線を用いることで、やさしくやわらかい印象の形状とする。
- 支柱上部が下部よりも細い形状とすることで、軽快な印象の形状とする。
- 部材点数を極力減らし、構造上、必要最小限の寸法とすることによって、支柱自体をスリム化する。



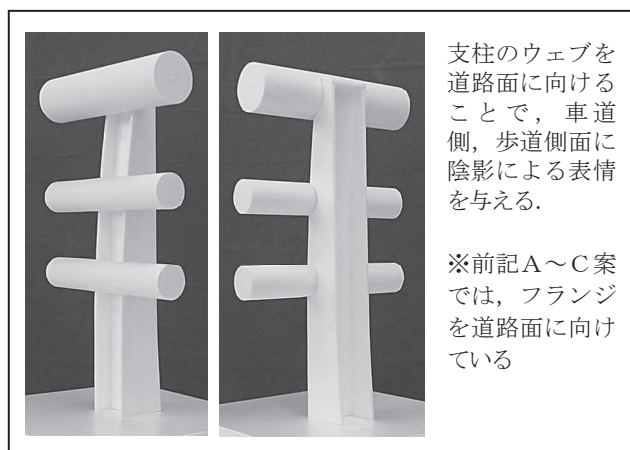
図－2 基本デザインA案



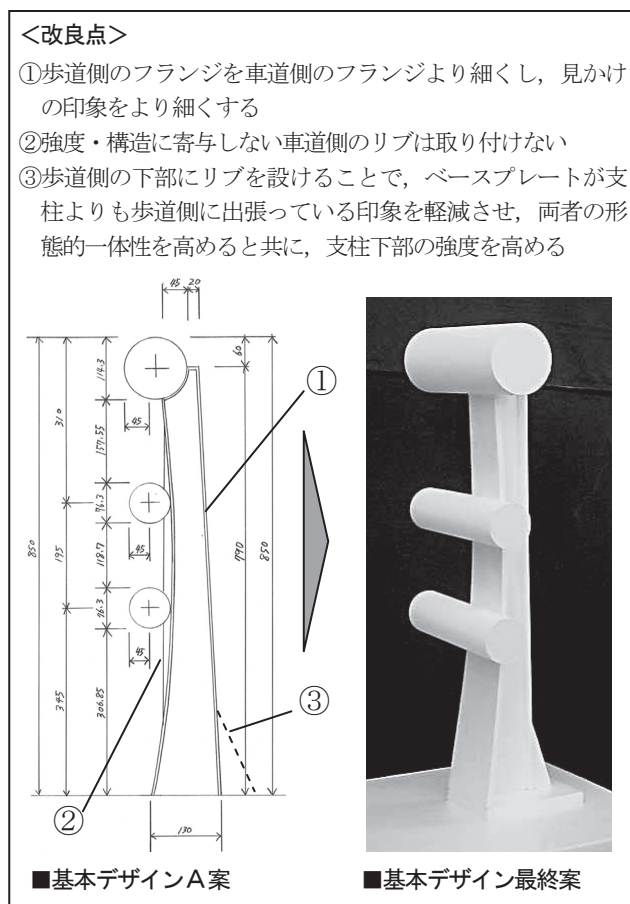
図－3 基本デザインB案



図－４ 基本デザインC案



図－５ 基本デザインD案



図－６ 基本デザインの洗練

前記、支柱の基本デザイン案(比較4案)について、模型を用いた比較検討を行った(図－2～5参照)。その結果、下段横梁を支柱に固定するための半円形のくぼみがなく、輪郭線形状が最もすっきりとしているA案(図－2参照)を、基本デザイン案として選定した。

また、選定したA案を基に、さらに構造面・意匠面からの検討を加え、そのデザインの洗練を図り、基本デザイン最終案とした(図－6参照)。

6. 基本デザイン案に基づく供試体の作成

基本デザイン最終案をもとに、鋳鉄と一般鋼材という材料特性の違いを考慮して、表－3、図－7(次頁参照)に示す支柱の供試体を作成し、静荷重試験を実施することとした。

表－3 供試体の主要寸法

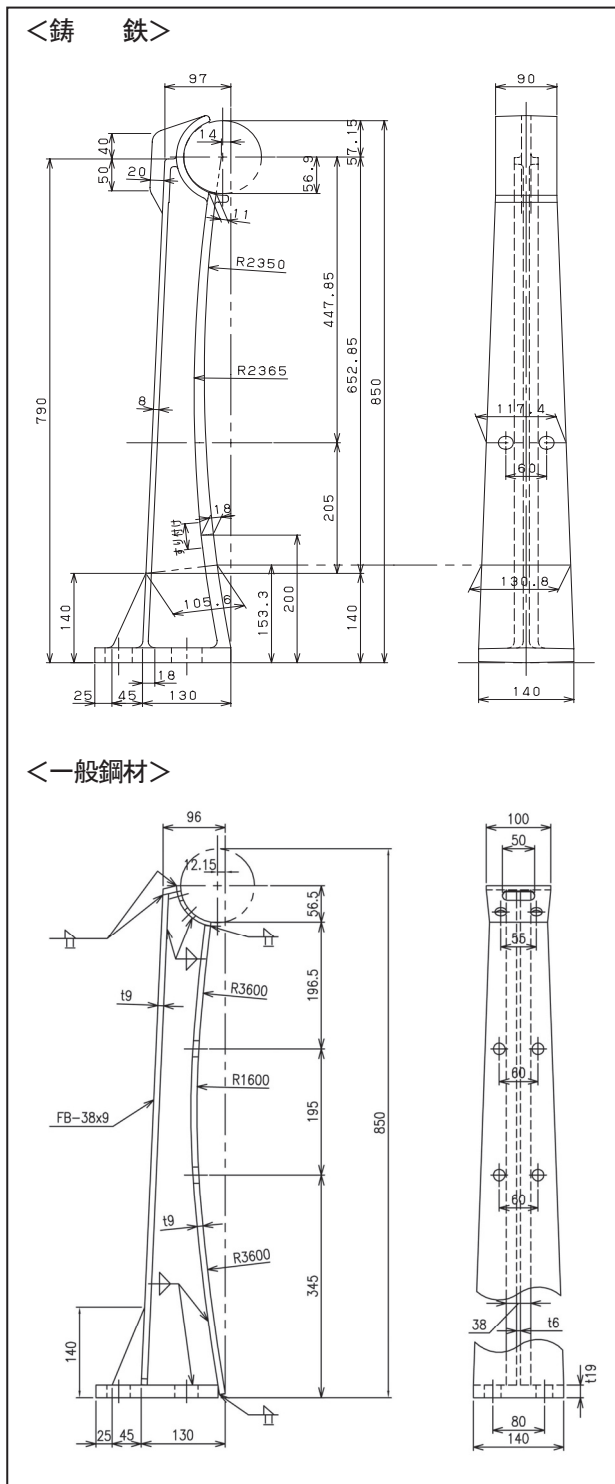
	前板(フランジ)		中板(ウェブ)厚	背板(フランジ)	
	厚	幅		厚	幅
鋳 鉄	18mm	90～140	6mm	8mm	35mm
一般鋼材	9mm	mm		9mm	38mm

7. 静荷重試験を踏まえた変更必要点

静荷重試験の結果を表－4に示す。支柱の静荷重試験では、300mmの変形に破断無く耐えることが求められる。また P_{max} (支柱の最大支持力)値は2回の試験値の小さい方を採用するとされている(ただし、今回は予備試験であることから一般鋼材については1回の試験とした)。さらに、支柱の最小設置間隔との関係、部材重量との関係(コストに関係)からは、必要以上に強すぎないことが求められ、B種の場合、これまでの開発経験から P_{max} で30～36程度となることが求められる。

表－4、図－8に示したように、一般鋼材については性能的に問題がないものの、鋳鉄については支柱が破断する結果となった。

この試験結果について、構造的な観点から分析したところ、破断の原因は前板厚が18mmであるのに対して、それと接続する中板厚が6mmと薄く、その境界部に力がかかり破断に至ったものとの仮説を立てた。その結果、鋳鉄については、座屈ポイントが必ずしも一定しないことから、支柱全体でしなる構造となるように最下段横梁部背からリブ上端部までの応力がほぼ一定(応力差5%未満)になるように、板幅を変化させること、また前板と中板の接続部付近の強度を上げることが必要であるとの結論に至った。

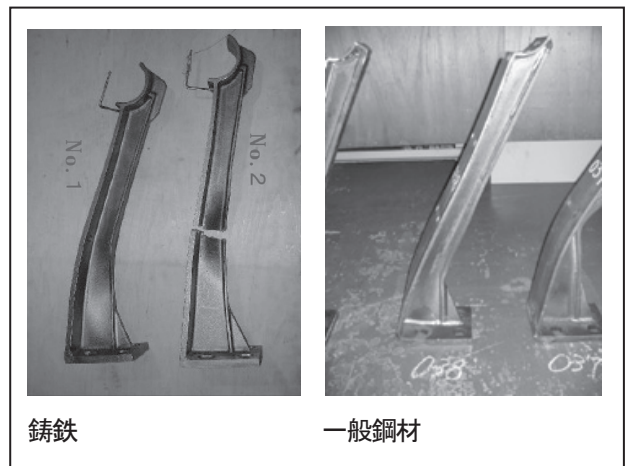


図－７ 基本デザイン案を基にした供試体一般図

表－４ 静荷重試験結果

		Pmax(kN)	Pw(kN)	判定結果	判定理由
鋳鉄	試験No.1	41.2	34.8*	不合格	亀裂発生
	試験No.2	38.9	破断	不合格	破断
	(参考) 既存防護柵	36.0	27.2		
一般鋼材		30.011	24.707	合格	

*亀裂発生のため参考値



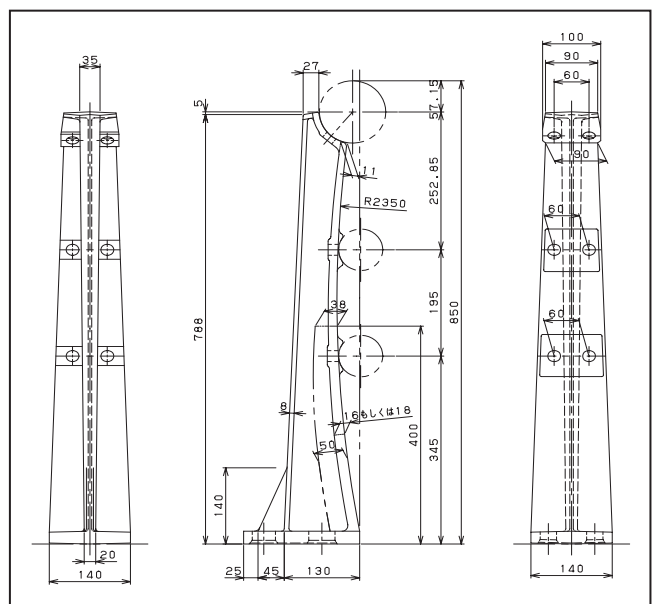
図－８ 静荷重試験の状況写真

８．構造（断面係数）を配慮した二次提案

７．で示した静荷重試験において亀裂・破断が生じた鋳鉄については、断面係数の計算等を行い、変形想定箇所での断面係数がどの部分でもほぼ一定となるように背板幅を上部で 35mm、下部で 20mmとし、さらに前板と接合する付近の中板厚を 6mmから 8mmへと厚みを増して強度を上げるとともに接続部の曲率を大きくすることでより大きな力に耐えられるように変更を加えた(表－５、図－９参照)．これによる支柱の断面性能は、先の試験の供試体の約 80%となり、Pmax 値も下がることが想定された．

表－５ 二次提案供試体(鋳鉄)の主要寸法(網掛けが変更箇所)

	前板(フランジ)		中板(ウェブ)厚	背板(フランジ)	
	厚	幅		厚	幅
鋳鉄	16mmと 18mm	90～140 mm	6(変形誘発部) ・8mm	8mm	35(上部)～ 20(下部)mm



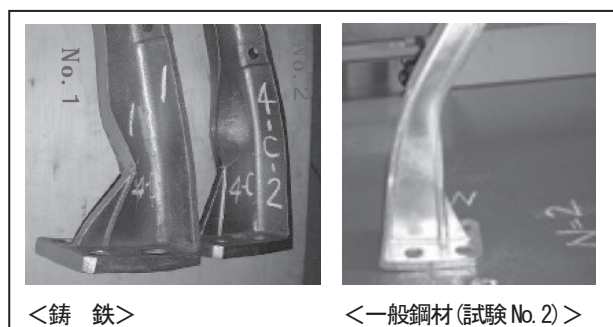
図－９ 二次提案供試体(鋳鉄)一般図

9. 静荷重試験による機能の確認

静荷重試験の結果は表－6、図－10、図－11 に示すとおりであり、鋳鉄、一般鋼材ともに性能基準を満足することができた(一般鋼材については、安定した性能が得られるかを確かめるために、6. で示したもの(図－7)と同じ寸法・形状の供試体で再度試験を行った)。なお、鋳鉄については前板と中板の強度差を小さくする観点から、前板厚については18mmのものに加えて、16mmと薄くしたものについても同時に試験を行い、どちらも性能を満足することができたため、支柱重量の小さい前板厚16mmのものを製品化することとした。

表－6 静荷重試験結果

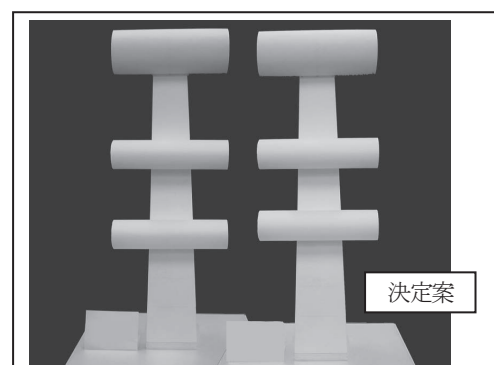
		Pmax(kN)	Pw(kN)	判定結果
鋳鉄	試験No.1	36.9	28.8	合格
	試験No.2	37.0	28.2	合格
一般鋼材	試験No.1	32.046	27.93	合格
	試験No.2	31.066	26.64	合格



図－10 静荷重試験の状況写真

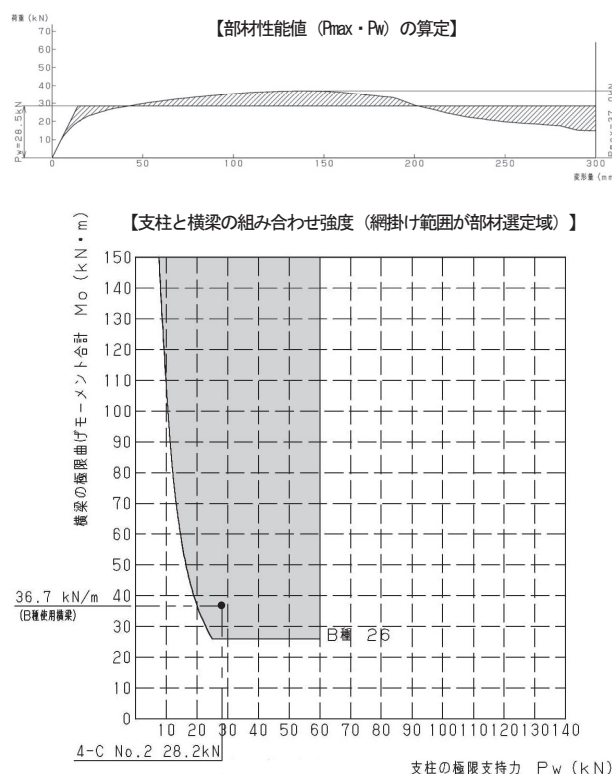
10. 下段横梁の高さ調整

主要横梁と2本の下段横梁の高さのバランスは、防護柵の印象を左右する。そこで、スタディ模型を用いて、下段横梁の配置高さの最終的な調整を行った(図－12 参照)。その結果、2本の下段横梁が一つの群として見えることを基本とし、地覆から下段横梁の中心までの高さをそれぞれ、360mm、550(360+190)mmとした。

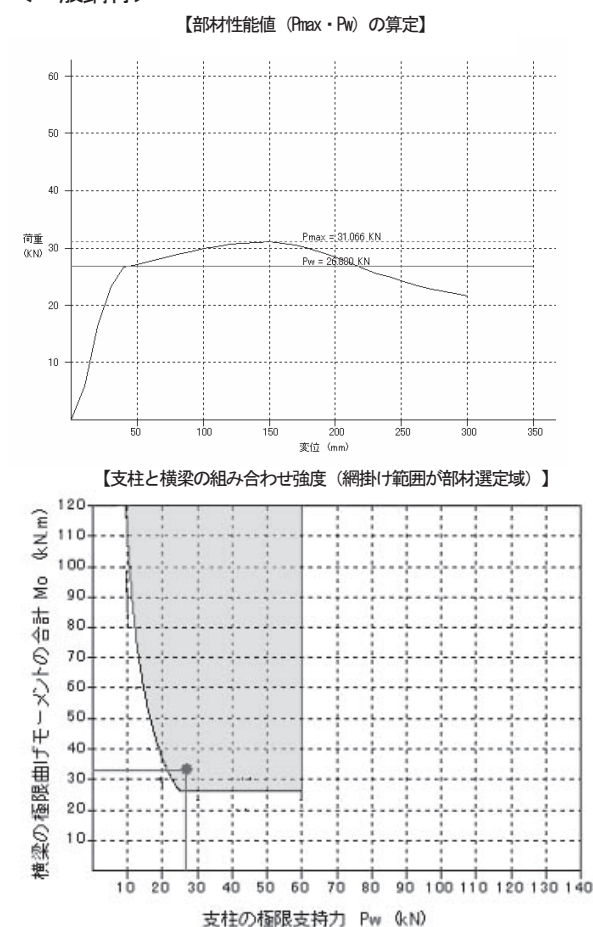


図－12 下段横梁の高さ調整の例(右が決定案)

<鋳鉄>



<一般鋼材>



図－11 試験結果グラフ(鋳鉄:試験No.1・一般鋼材:試験No.2)

1 1. 色彩およびディテールの検討

(1) 色彩について

支柱・横梁の色彩は、前述のガイドライン案において、「鋼製防護柵において基本とする色彩」として示された、ダークブラウン、グレーベージュ、ダークグレーの3色を標準色とした。但しガイドラインにあるように、景観計画等に基づいて発注者がこれ以外の色彩を求めてきた場合にはそれを拒むものではない。また、支柱と横梁を締結するためのボルト、支柱とアンカーを締結するためのボルトについては、ボルトが目立たないように、設置する支柱・横梁と同色の塗装を行うこととした。

(2) 支柱と横梁の締結用ボルトについて

支柱と横梁とを締結するためのボルトについては、歩行者の安全性等を考慮し、丸頭の六角ボルト(図-13 参照)を使用することとした。



図-13 歩行者の安全性に配慮した丸頭の六角ボルト

(3) 支柱とアンカーの締結方法について

支柱とアンカーの締結方法については、歩行者の安全性の確保等の観点から、高ナット(長ナット)を地覆に埋め込み、ベースプレートの上からボルト締め(六角ボルト)を行う方法を採用することとした(図-14 参照)。

(4) ベースプレートについて

歩行者の安全性を考慮して角部の面取り(15mm×15mm)を行うこととした(図-14 参照)。

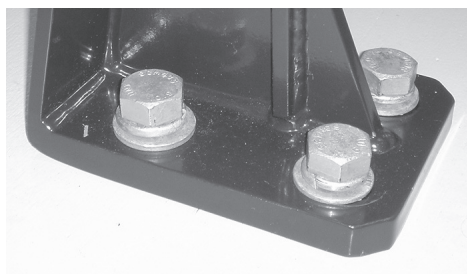


図-14 支柱とアンカーの締結方法と、ベースプレート角部の面取り

(5) 横梁端部のキャップについて

横梁端部については歩行者の安全性を考慮して、丸みを帯びたキャップ(各社所有の既製品)を用いることとし、全国高欄協会においてその使用について申し合わせを行った(図-15 参照)。



図-15 横梁端部のキャップの基本形

1 2. 開発製品の評価と技術的考察

今回開発を行った製品と従来製品との側面比較を図-16 に、今回開発を行った製品のプロトタイプを図-17 に示す。3つの開発方針と照らし合わせれば、1. 景観的に優れた標準品を、2. 従来品と同程度の価格で実現することができた(铸铁の部材重量は従来の約 2/3)。また、

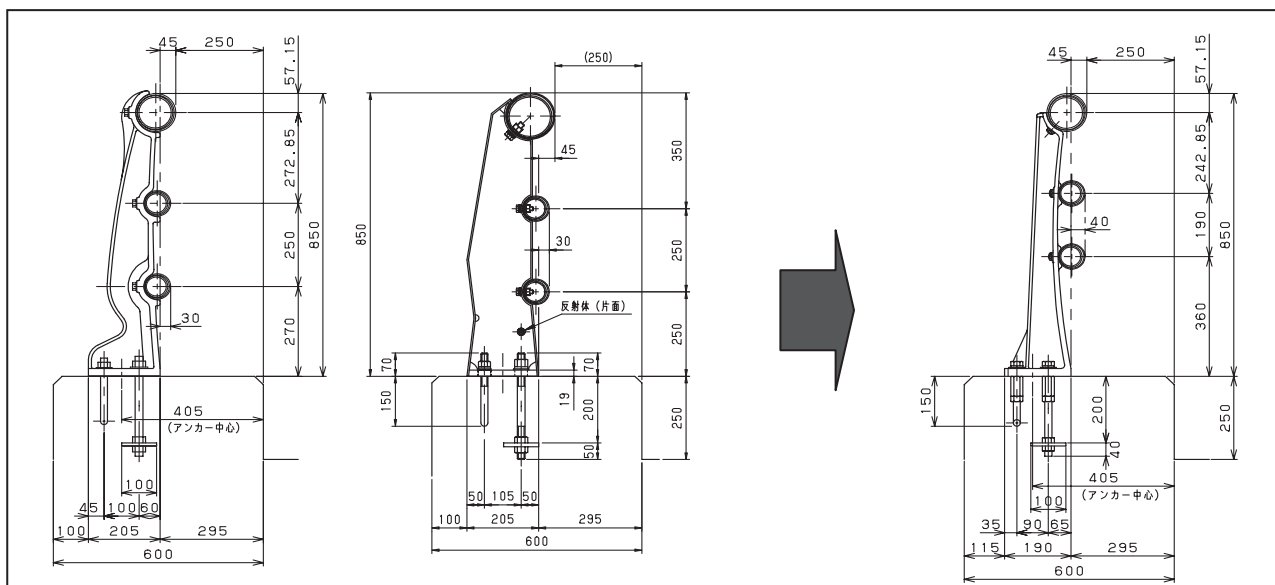


図-16 従来型防護柵(左側2点)と新型防護柵(右)との側面比較

3. 鋳鉄と一般鋼材でほぼ同一の形状の製品をつくることができ、開発方針を満足することができた。また、デザイン方針との照合においても、支柱形状を細くすることでスリムな印象を実現し、ボルトをはじめとするディテールに配慮することなどで歩行者が触れても支障のない形状とすることができた。技術的には、従来製品が座屈ポイントを支柱内側に設ける形状であったのに対して、支柱全体でしなる形状を採用して、諸機能を満足できたことは、橋梁用車両防護柵設計における技術的なブレークスルーとなった。なお、今回は開発主体である全国高欄協会の意向を尊重し、鋳鉄と一般鋼材ともに同様の形状とした。このため一般鋼材については、細い形状ゆえの溶接における製作上の課題も若干残った。今後は一般鋼材の特徴を活かし、改良型のデザインについて検討を行う必要があると考えられる。

謝辞：本開発は、全国高欄協会が行ったものであり、関係各位には多大なご協力を頂いた。厚く謝意を表する。

付録

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会：防護柵の設置基準・同解説，2004
- 2) 国土交通省道路局地方道・環境課監修：景観に配慮した防護柵の整備ガイドライン案，2004

(2006.4.8 受付)

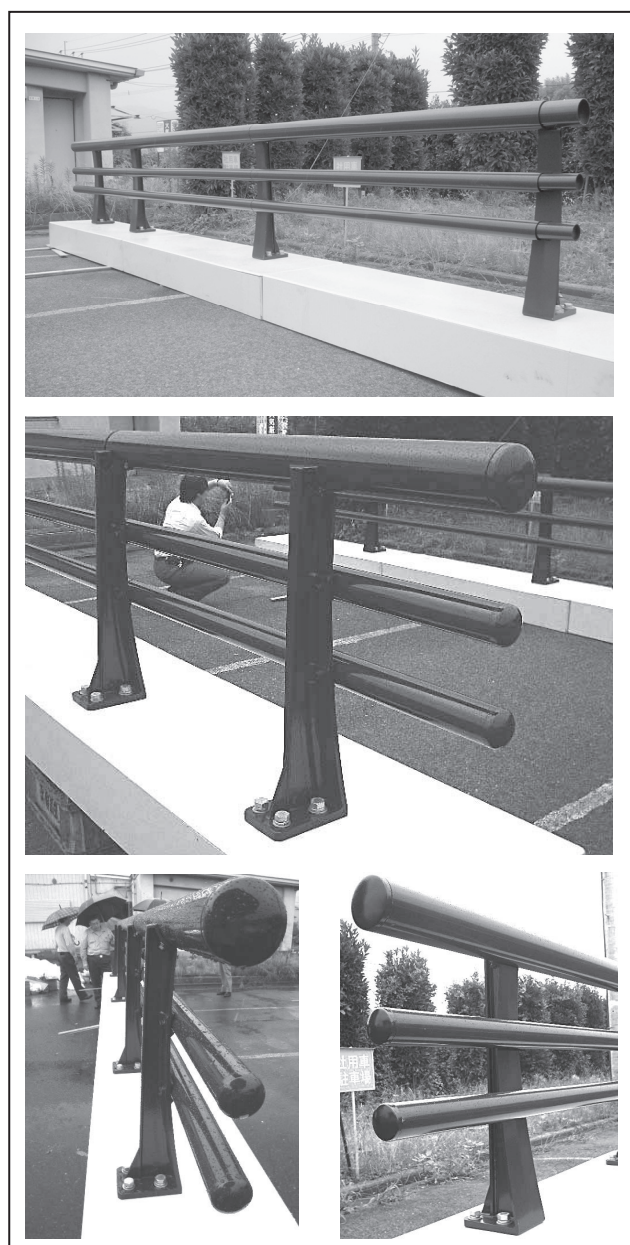


図-17 製品プロトタイプ(写真是一般鋼材)