

アルミニウム合金製橋梁用防護柵の デザインと開発

伊藤 登¹・天野 光一²・三上 聡³

¹正会員 工修 伊藤 登 (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 天野 光一 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 三上 聡 (株) 住軽日軽エンジニアリング (〒136-0071 東京都江東区亀戸2丁
目35-13, E-mail: satoshi-mikami@sne.co.jp)

本報告は、「景観に配慮した防護柵の整備ガイドライン (2004年3月)」を受けて行ったアルミニウム合金製橋梁用防護柵の開発経緯を記述したものである。本開発は、アルミニウム合金の特長を活かした軽快な形態を目指すのみならず、当然のことではあるが防護柵としての機能を満足し、かつ低コスト化も強く意識したところに特徴がある。その結果、本開発で出来上がったアルミニウム合金製橋梁用防護柵は、(社)日本アルミニウム協会の標準品として採用されることとなった。本製品が標準品として各所に整備されることの道路景観に対する好影響は小さくはないと考える。

キーワード: 景観、防護柵、デザイン。

1. はじめに

道路整備においては、走行時に眺められる周辺景観への眺望 (内部景観) や、道路外から眺めた場合の周辺景観とおさまり (外部景観) に対しての景観的な配慮が重要となる。このような背景から、国土交通省では、平成16年3月に「景観に配慮した防護柵の整備ガイドライン」を発行するとともに、防護柵設置基準を改定し、これまで原則「白色」としていた色彩から地域にふさわしい色あるいは推奨色3色と改めた。さらに平成16年12月には景観法が施行され、平成17年4月には道路デザイン指針 (案) が出され、道路デザインの方向性が示されるに至った。このような状況の中、(社)日本アルミニウム協会は上記ガイドラインに基づいたアルミニウム合金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

既存のアルミニウム合金製の橋梁用防護柵は、丸ビームと角ビームの2つのタイプ (図-1, 2) に大別される。これらは、いずれも防護柵としての機能を第一に考えた形態であり、表-1 に示すような多くの景観的課題を有している。

表-1 既存防護柵の景観的課題

[丸ビーム・角ビーム共通]
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 全体に武骨な印象である
[丸ビーム型]
鋳物製のH断面支柱は、その縁辺部が図として浮かびあがり、より煩雑な形に見える 鋳物支柱にみられる座屈形状は歩行者に理解しにくい形態である
[角ビーム型]
角ばった形状の防護柵は、歩行者に馴染みにくい印象を与える 上段レールと下段レールとの大きさのバランスが悪い



図-1 既存丸ビーム防護柵



図-2 既存角ビーム防護柵

3. 開発対象と開発方針

開発対象とした防護柵は、B種橋梁用ビーム型防護柵のうち、3本ビームタイプ(H=850mm)及び2本ビームタイプ(H=750mm)である。開発にあたり、上記ガイドラインに示された景観的配慮の基本理念に基づいて、以下の開発方針を定めた。

- ①鋼製防護柵との差別化を図るために、アルミニウムの素材特性を活かした構造、形態とする。
- ②歩行者の視点に立ち、歩道側から見たときにも裏面と感じさせない形態とする。
- ③ビーム、支柱とも、強度やコスト面、施工性についても勘案しながら、全体に軽快なバランスとなるように、部材の形状・寸法を検討する。
- ④道路縦断方向に連続的に設置されるビームは、全体的に柔らかな印象を与え、歩行者にも馴染みやすい曲面等で構成される形態とする。
- ⑤ボルト・ナット類は、数を少なくする工夫をすると同時に位置や色彩などに配慮して目立たないようにし、すっきりとした印象とする。

4. デザイン検討

防護柵の構成要素は、支柱、横梁に大別され、横梁はさらに主要横梁と下段横梁に細分化される。また、橋梁用防護柵については、「防護柵設置基準」において、ブロックアウト量や横梁の高さについての寸法規定が存在する。アルミニウムの素材特性を活かした構造、形態とすることを考慮すると、可能な限りアルミニウムならではの加工方法である押出成形を採用することが肝要である。デザイン検討にあたっては、「防護柵設置基準」を遵守し、主要構成部材である支柱と横梁を押出成形部材とすることを念頭に、実物大のスタディ模型で概略検討、

実素材での試作確認によって、その形状・寸法の検討を行った。

表-2 防護柵設置基準による寸法規定

種別	ブロックアウト量(mm)		支柱間隔(m)	各部高さ(cm)	
	主要横梁	下段横梁		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	20以下	90以上 100以下	25以上 60以下

(1) 支柱

歩行者の視点の存在を考慮すると、支柱は細くすっきりと見える方が好ましいことは言うまでもない。丸パイプは実寸よりも膨張して見え、角パイプでは柔らかな印象を得にくく、また楕円形状ではビームとの取合いに難がある。そこで、従来はやや複雑な形状については鋳物の利用が多かった支柱に対し、実寸よりも比較的細く見え、歩道側からはより細く見える押出成形の半楕円形状(135×90mm)を採用することとした。

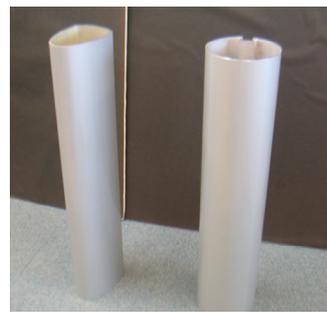


図-3 支柱形状の比較

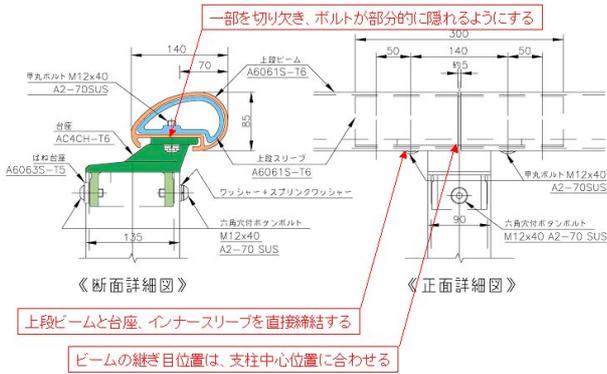
(左：半楕円 135×90mm、右：円形 130mm)

(2) 横梁

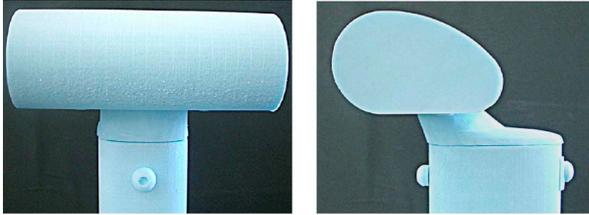
B種従来製品の主要横梁は、丸ビームタイプでΦ130mm、角ビームタイプでは幅165×高さ120mmと、支柱に比べてかなり大きく感じられ、アンバランスな印象であった。そこで、さまざまな形態について検討を行い、見かけが小さく、柔らかな印象となる卵型の形状(幅140×高さ85mm)を採用することとした。

また、下段横梁は、主要横梁、支柱との形態的なバランス、ビーム下部の陰影等を考慮し、80×60mm(2段ビームでは、90×67mm)のやや扁平な半円形状を採用することとした。

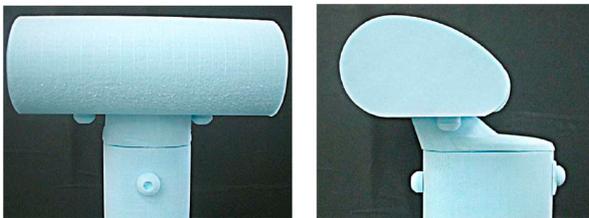
部材を締結するボルト、ナットについては、歩行者の存在を考慮し、可能な限り目立たないほうが好ましい。そこで、押出成形加工の利点を活用し、横梁については、ボルト類を収納できるスペースをその断面形状の中に取り込み、煩雑感を一掃しかつ全体としてスリムに見えるようにした。



上段ビームを卵型として車道側に卵型底面を配置したパターン

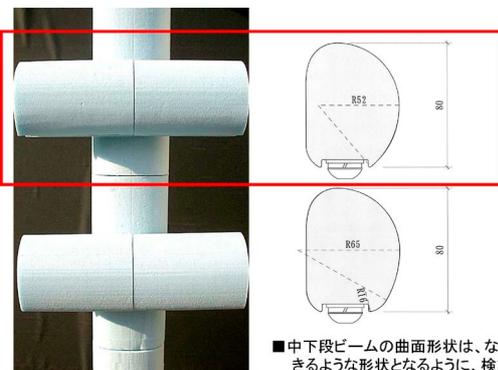
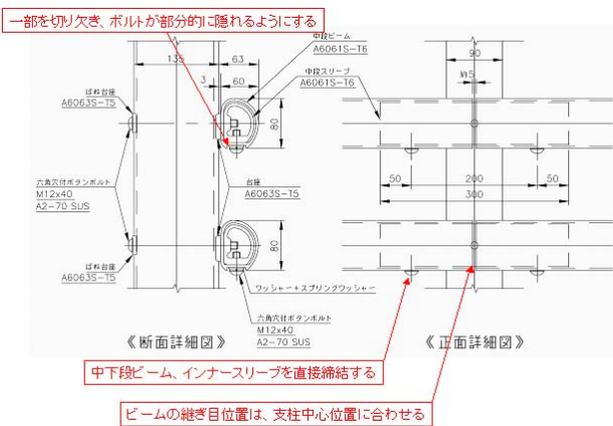


■ 横梁下部に、ボルトの格納スペースを設けた場合



■ 横梁下部にボルトの格納スペースを設けない場合ボルト類が目立つ

図-4 ボルト収容スペースも考慮した主要横梁の形状検討



■ 中下段ビームの曲面形状は、なるべく陰影ができるような形状となるように、検討を行なった。上のビームのほうが下のビームに比べて、ビーム下面に陰影が付くことにより、表情が生まれる。

図-5 ボルト収容スペースも考慮した下段横梁の形状検討

(3) ブラケット

先のガイドラインでは、主要横梁が防護柵の上端部を覆うように設置されることにより、防護柵の表裏の表情の違いが緩和されると指摘している。そこで、主要横梁を防護柵上端部に設置するためのブラケットの検討を行った。そこで支柱上に軽快に浮いて見える形態を検討、採用することとした。なおブラケットは、その形態からアルミニウム合金製鋳物を採用した。



図-6 模型によるブラケットの形状検討

(4) バネ台座

支柱と横梁との締結はボルトを用いて行うこととなるが、ボルトの締め付けを確実にするために、スプリングワッシャー（厚み 3mm程度）が一般に用いられる。また、スプリングワッシャーを用いる際には、スプリングワッシャーが支柱表面を傷つけること防ぐために、ワッシャー（厚み 2mm程度）も同時に使用することとなる。このため、ボルトが支柱からかなり突き出た印象（支柱表面からの突出量 12mm）となる上に、曲面の支柱と平面のワッシャーの間に隙間が生じ、雑な印象の仕上がりとなる。

そこで、アルミの押出成形によって、支柱の曲率よりも若干きつい曲率の曲面を持ったバネ台座を製作することとした。これによりスプリングワッシャーを省略して、ボルトが支柱からかなり突き出た印象を低減し（支柱表面からの突出量 9mm）、さらに締結によって支柱とバネ台座をフィットさせることができるようにした。

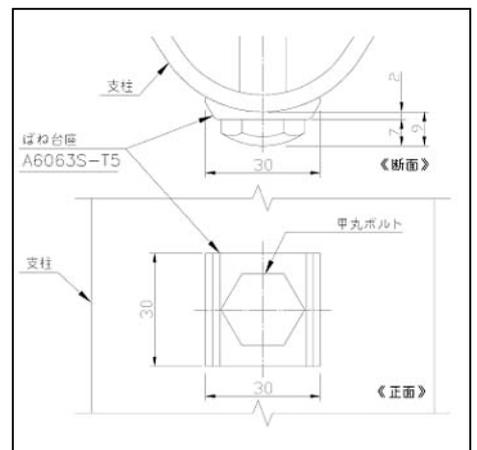


図-7 バネ台座検討図

(5) 色彩

色彩については、アルミニウム独自の陽極酸化皮膜法によって、先のガイドラインで示されているダークブラウン、グレーベージュ、ダークグレーの3色の近似色を出せるようにしたことで、アルミニウムならではの高級感が感じられるようにした。

5. 試作品によるデザイン確認

実寸のスタディモデルによる検討の後、アルミニウムを用いた試作品を製作し、形状、細部のおさまり、色彩についての検証を実施し、当初のデザインコンセプトが実現できていることを確認した。また、この段階で通常の塗装となるアルミニウム合金鋳物の色彩検討を行い、陽極酸化皮膜法による色彩との色の違いを確認し、同色を追求するのではなく、ブラケット部がアクセントとなる色彩を決定した。



図-8 防護柵裏面の表情

6. 性能確認

橋梁用ビーム型防護柵については、「防護柵の設置基準」において、静荷重試験を行い所定の性能を満足することが求められている。

そこで、支柱、主要横梁、下段横梁について静荷重試験を行ったところ、B種橋梁用ビーム型防護柵に求められる性能を、全て満足する結果を得た。

試験内容、およびその結果の詳細を以降に示す。

(1) 支柱

支柱の静荷重試験をブラケットを取り付けた状態で2回実施した。支柱は 300mmの変形に破断無く耐え、支柱の極限支持力は P_w が小さい値である試験結果を採用することが防護柵設置基準・同解説において規定さ

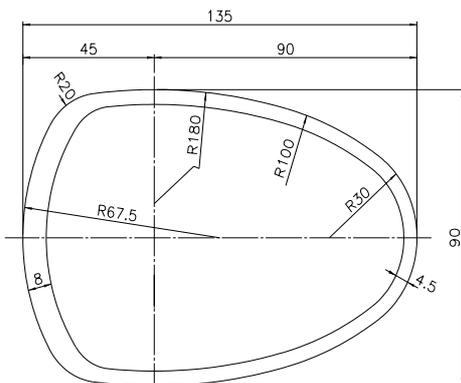


図-9 支柱供試体の断面図

れている。

静荷重試験の結果、2回とも支柱は 300mmの変形に耐え、支柱の極限支持力は $P_w = 24.4\text{kN}$ となった。

なお、使用した材質は、アルミニウム合金押出材材 A6061S-T6 である。

表-3 支柱の静荷重試験結果

供試体 No.	極限支持力 P_w kN	最大支持力 P_{max} kN
No. 1	24.4	31.1
No. 2	25.6	31.6



図-10 静荷重試験の状況

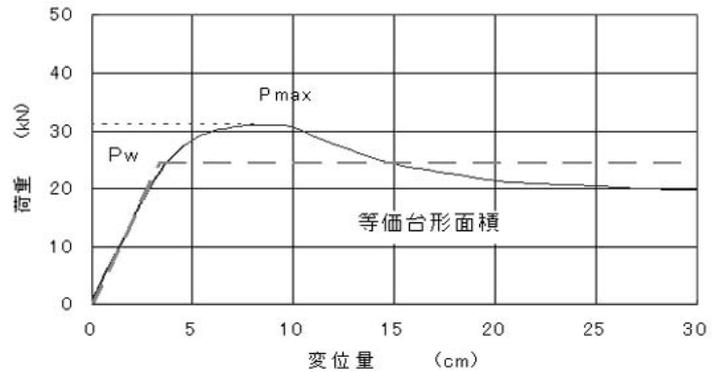


図-11 荷重～変位曲線 No.1 $P_w=24.4\text{kN}$ $P_{max}=31.1$

(2) 主要横梁

横梁は、主要横梁と下段横梁について、「防護柵設置基準」によって、表-4に示す必要な極限曲げモーメントが定められている。

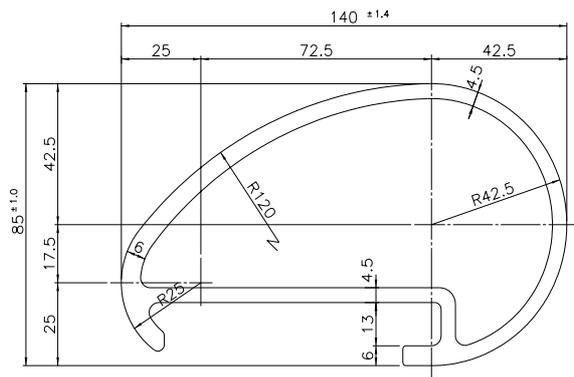
表-4 横梁に求められる強度

種別	横梁の極限曲げモーメント(kN・m)			
	横梁合計	主要横梁	下段横梁	
			1本使用時の単体	複数本使用時の単体
B種	26 以上	17 以上	9 以上	4.5 以上

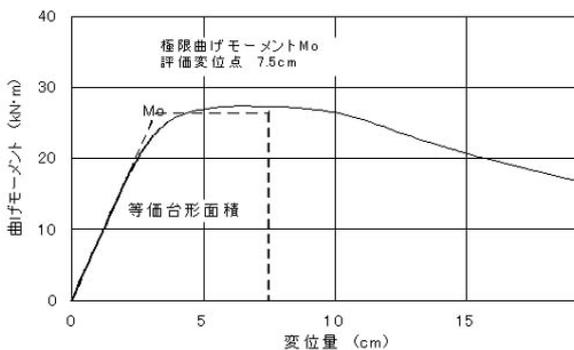
主要横梁については、静荷重試験を2回実施し、200 mmの変形に耐え、 M_o の小さい値を与える試験結果を採用することが規定されている。（防護柵設置基準・同解説）

静荷重試験の結果、2回とも主要横梁は200mmの変形に耐え、横梁の極限支持力は $M_o = 26.3$ (kN・m)となった。

なお、使用した材質は、アルミニウム合金押出型材 A6061S-T6 である。



図—1 2 主要横梁供試体の断面図



図—1 3 曲げモーメント変位曲線

No. 1 $M_o = 26.3$ kN・m

表—5 主要横梁の静荷重試験結果

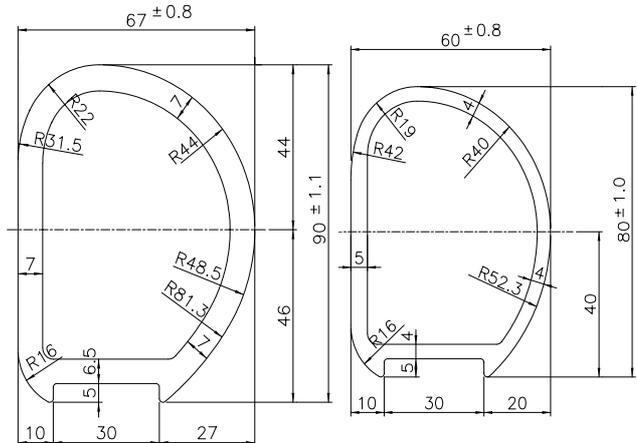
項目 供試体 No	極限支持力 M_o (kN・m)	規定荷重 kN・m	合否
No1	26.3	17 以上	OK
No2	26.3		OK

(3) 下段横梁

下段横梁（防護柵 2 段タイプ用並びに防護柵 3 段タイプ用）についても、主要横梁と同等の静荷重試験を実施した。使用した材質は、アルミニウム合金押出型材 A6061S-T6 である。

静荷重試験の結果、2回とも主要横梁は 200mmの変

形に耐え、横梁の極限曲げモーメントは、2 段タイプで $M_o = 11.0$ kN・m（表—6）、3 段タイプで $M_o = 5.7$ kN・m（表—7）となった。



図—1 4 下段横梁供試体の断面図
(左 2 段タイプ、右 3 段タイプ)

表—6 2 段タイプ下段横梁の静荷重試験結果

項目 供試体 No	極限支持力 M_o (kN・m)	規定荷重 kN・m	合否
No1	11.0	9 以上	OK
No2	11.0		OK

表—7 3 段タイプ下段横梁の静荷重試験結果

項目 供試体 No	極限支持力 M_o (kN・m)	規定荷重 kN・m	合否
No1	5.8	4.5 以上/ 本	OK
No2	5.7	下段 2 本 タイプ	OK

(4) 静荷重試験のまとめ

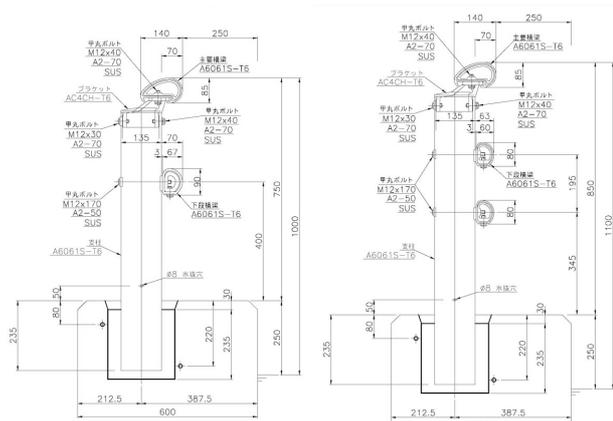
横梁については、主要横梁が 17 kN・m以上、下段横梁については横梁合計で 26kN・m以上の極限極限曲げモーメントが必要とされる。実施した静荷重試験の結果は表—8に示すとおりであり、橋梁用B種車両用防護柵としての必要な強度を満足することができた。

また、橋梁用防護柵の性能規定では、図—1 5、図—1 1 6 に示すように、横梁と支柱の静荷重試験値の交点 (P_w 値と M_o 値の交点) が、各種別の部材選定域にプロットされていることが必要となる。図に示すとおり、今回開発して橋梁用防護柵は、種別Bの強度を有している

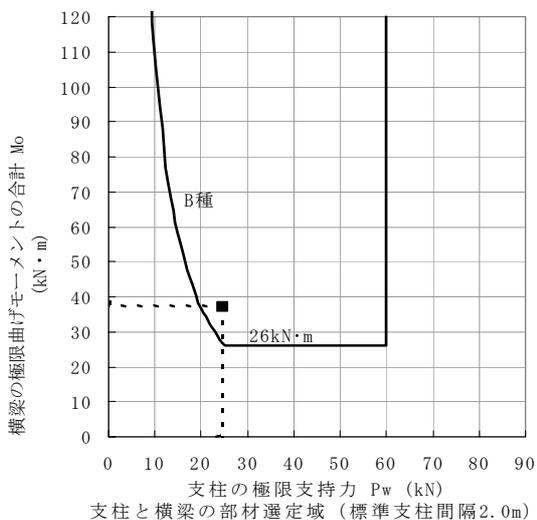
ことが確認された。

表—8 横梁の静荷重試験結果

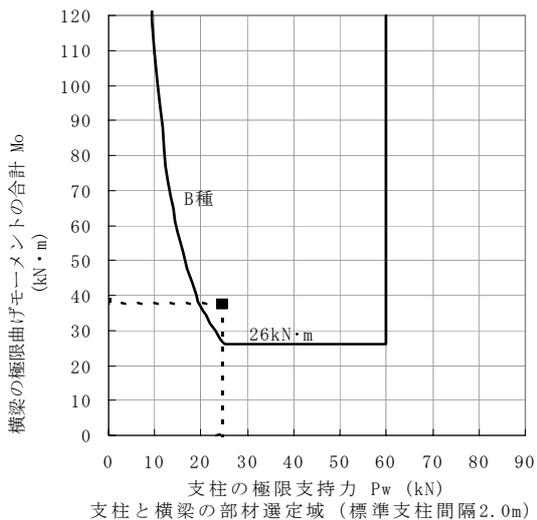
		B種2段タイプ	B種3段タイプ
横梁	主要横梁	Mo=26.3 kN・m	
	下段横梁	Mo=11.0 kN・m	Mo=11.4 kN・m (5.7 kN・m×2本)
	合計	ΣMo=37.3 kN・m	ΣMo=37.7 kN・m
支柱		Pw=24.4kN	



図—17 新型防護柵一般図
(左：2段タイプ、右：3段タイプ)



図—15 2段型防護柵の部材選定域



図—16 3段型防護柵の部材選定域

7. 総括

今回開発したアルミニウム合金製橋梁用B種防護柵は、2段型と3段型(図-17)であり、製品化に至った。

アルミニウムの素材特性を可能な限り引き出すことで、



図—18 2段タイプ



図—19 3段タイプ

柔らかかですっきりとした形態、防錆性、押出成形によるアルミ重量の低減など、従来より低コストで美しい製品の開発に成功した。その結果、本製品は(社)日本アルミニウム協会の標準品となった。本製品が標準品として整備されることによる道路景観に与える好影響は小さいものではないと考える。

謝辞：本製品の開発は、(社)日本アルミニウム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。

参考文献

- 1) (社)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, 2004