

緩衝型のワイヤロープ式防護柵の開発と実用化

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 ひらさわ まさゆき
平澤 匡介

1. はじめに

郊外部幹線道路や高規格道路の往復非分離の暫定2車線区間では、対向車線への車両逸脱による正面衝突事故が起きるなど、交通安全上の課題があり、対策技術を開発することが急務であった。ガードレール等の中央分離施設では、拡幅を伴うため費用が高額になり、設置が限られていた。狭幅員でも中央分離施設を設置している例として、スウェーデンで普及している2+1車線道路のワイヤロープ式防護柵がある（写真-1）。

ワイヤロープ式防護柵は支柱が細く、車両が衝突した時の衝撃を緩和し、設置のための必要幅員も少ない。しかし、調査の結果、大型車の衝突に対応していないので、日本の防護柵設置基準に適合したワイヤロープ式防護柵の開発が必要となった。本稿では、緩衝機能を有するワイヤロープ式防護柵を2車線道路の中央分離施設として開発するために行った性能確認試験や、暫定2車線区間



写真-1 暫定2車線道路（左：紀勢道）と2+1車線道路（右：スウェーデン）

に適した仕様の検討、試験設置として実用化された結果を報告するものである。

2. ワイヤロープ式防護柵について

ワイヤロープ式防護柵は、たわみ性防護柵のうち、ケーブル型防護柵に分類される。日本国内で普及しているケーブル型防護柵（ガードケーブル）と大きく異なる点は、中間支柱が細く、車両が衝突した時に中間支柱が変形し、衝撃をワイヤロープが受け止め、車両への衝撃を緩和することである。

ガードレール等の既存防護柵よりも低廉な設置費用に加え、設置必要幅が9 cm と少ないので、道路拡幅費用も削減する。約200 mごとに配置されている張力調整金具は人力で外すことができ、ワイヤロープの張力がなくなると、支柱も抜くことが可能となるので、事故等の緊急時に開口部をどこでも設置することができる。通常の車両接触等による破損は支柱のみ交換となるので、短時間で補修が完了する（写真-2）。



写真-2 ワイヤロープ式防護柵と開口部設置

3. ワイヤロープ式防護柵の開発

我が国では、ワイヤロープ式防護柵の施工実績がないため、鋼製防護柵協会と共同研究を締結し、新たな防護柵の開発に着手した。ワイヤロープ式防護柵を日本国内に導入するためには、「防護柵の設置基準・同解説」¹⁾に示される強度性能、変形性能、車両の誘導性能、構成部材の飛散防止性能を有しなければならない。これらの性能のうち、ワイヤロープ式防護柵は、支柱が変形し、ワイヤロープの張力で衝撃を緩和する特性上、変形性能の基準値をクリアすることが課題となる。

変形性能の基準値である最大進入行程は、車両が防護柵に衝突する時に、前輪または後輪の内側が防護柵の柵面の原位置より路外方向に踏み出る距離の最大値である（表－1）。高速道路の場合はA種：1.5m、一般国道の場合はB種：1.1mが適用される¹⁾。

開発には、鋼製防護柵協会が所有するCGシミュレーションを活用しながら、防護柵の仕様を検

討した。支柱の形状は、施工性と二輪車の衝突を勘案して円柱とし、防護柵の支柱の材質、板厚、設置間隔の他、ワイヤロープの本数、高さ、バンド数、張力等の数値を変えて、性能確認試験のシミュレーションや苫小牧寒地試験道路において大型車の実車衝突実験を行い、最終仕様を決定した。


その結果、支柱は長さ143cmのうち、スリーブに40cm挿入され、支柱高さは103cm、スリーブの埋め込み深さは70cmとした。ワイヤロープは5段とし、地表からの高さは、最上段が97cm、最下段が53cmに位置する（図－1）。

支柱には、樹脂製の間隔保持材を設けた。端基礎は、できるだけ設置する幅員が小さくなるように、ワイヤ端部を道路の縦断方向に沿って1列に配置した。また、B種用の防護柵はA種用に開発した仕様を基に、材料費と施工費の低減のために支柱間隔を3mから4mに広げた仕様とした。

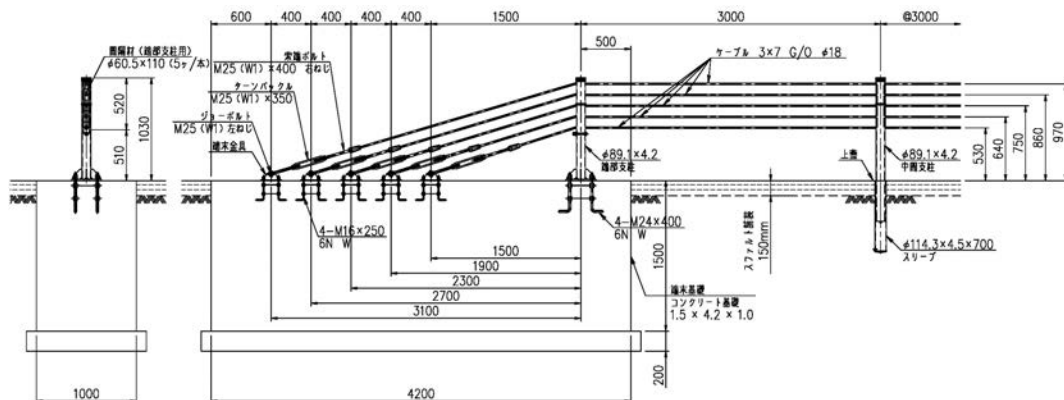
日本国内で防護柵として設置するためには、車両用防護柵性能確認試験を実施し、防護柵設置基準に示される各性能規定を満足しなければならない。性能確認試験は、国土交通省国土技術政策総合研究所内の衝突試験施設において、平成24年1月に高速道路用A種、平成26年3月に一般道路用B種の条件で行った。試験に用いた防護柵の諸元を表－2に示す。

性能確認試験は防護柵に大型車と乗用車を衝突させ、強度性能、変形性能、車両の誘導性能、構成部材の飛散防止性能を確認する。性能確認試験の結果を写真－3、表－3に示す。

表－1 分離帯用防護柵の許容最大進入行程¹⁾



種別	支柱を土中に埋め込む場合の最大進入行程
C, B	1.1 m 以下
A, SC, SB, SA, SS	1.5 m 以下



図－1 ワイヤロープ式防護柵 標準図（端末）

表-2 防護柵諸元表

項目	高速道路用 A 種 平成 24 年 1 月試験 実施	一般道路用 B 種 平成 26 年 3 月試験 実施
支柱サイズ (材質)	φ 89.1 × 4.2 (STK400)	φ 89.1 × 4.2 (STK400)
支柱板厚	4.2 mm	4.2 mm
支柱間隔	3.0 m	4.0 m
ワイヤロープ	3 × 7 φ 18, 5 段	3 × 7 φ 18, 5 段
地表から ワイヤロープ までの高さ	1 段 : 970 mm 2 段 : 860 mm 3 段 : 750 mm 4 段 : 640 mm 5 段 : 530 mm	1 段 : 970 mm 2 段 : 860 mm 3 段 : 750 mm 4 段 : 640 mm 5 段 : 530 mm
ストラップの位置	3 段 ~ 4 段	4 段 ~ 5 段
支柱の高さ	1,030 mm	1,030 mm
スリーブ (材質)	φ 114.3 × 4.5 (STK400)	φ 114.3 × 4.5 (STK400)
スリーブ土中 埋め込み長	700 mm (支柱はス リーブに 400 mm 埋 込み)	700 mm (支柱はス リーブに 400 mm 埋 込み)
地盤条件	標準地盤 (アスフ ァルト舗装 15 cm)	標準地盤 (アスフ ァルト舗装 12 cm)

A 種と B 種の性能確認試験において、防護柵設置基準に定められた項目の性能規定を満足した。車両の逸脱防止性能は、大型貨物車が防護柵を突破されない強度を有しており、防護柵の変形性能においても、最大進入行程（大型車）は、A 種：1.48 m、B 種：0.65 m とそれぞれ基準の 1.5 m 以下、1.1 m 以下という値を満足した。乗員の安全性能は、乗用車が横転・転覆することなく誘導され、車両損傷は前部が破損しているが、車室が保存され、最大加速度も小さく、規定値を満足しており、緩衝能力が確認された。車両の誘



写真-3 性能確認試験（左：衝突時，右：破損状況）

表-3 性能確認試験結果

性能確認項目	性能規定	A 種性能確認試験結果 大型車：平成 24 年 1 月 18 日 乗用車：平成 24 年 1 月 12 日	B 種性能確認試験結果 大型車：平成 26 年 3 月 12 日 乗用車：平成 26 年 3 月 6 日
車両の 逸脱防止性能	(1) 強度性能 大型貨物車が突破しない強度を有すること	部材の切断等はなく、ケーブル、支柱などにより防護柵が連続保持された	部材の切断等はなく、ケーブル、支柱などにより防護柵が連続保持された
	(2) 変形性能 大型車の最大進入行程 A 種：1.5 m 以下 B 種：1.1 m 以下	大型車：1.48 m	大型車：0.65 m
乗員の 安全性能	乗用車が受ける重心加速度 A 種：150 m/s ² /10 ms 未満 B 種：90 m/s ² /10 ms 未満	防護柵縦軸方向：66.9 m/s ² /10 ms 防護柵横軸方向：95.2 m/s ² /10 ms	防護柵縦軸方向：82.0 m/s ² /10 ms 防護柵横軸方向：44.6 m/s ² /10 ms
車両の 誘導性能	車両は防護柵に衝突後、横転などを生じないこと	乗用車は横転・転覆することなく誘導された。大型車は防護柵から離れなかったが、離脱の方向に進行しており、横転・転覆することなく安定した姿勢で誘導された	乗用車は横転・転覆することなく誘導された。大型車は防護柵から離れなかったが、離脱の方向に進行しており、横転・転覆することなく安定した姿勢で誘導された
	離脱速度 衝突速度の 6 割以上	大型車：43.4 km/h (衝突速度 52.2 km/h の 83.1%) 乗用車：66.5 km/h (衝突速度 100.6 km/h の 66.1%)	大型車：23.4 km/h (衝突速度 35.0 km/h の 66.9%) 乗用車：37.8 km/h (衝突速度 60.3 km/h の 62.7%)
	離脱角度 衝突角度の 6 割以下	大型車：0 度 (衝突角度 14.9 度の 0%) 乗用車：7.4 度 (衝突角度 20.7 度の 35.7%)	大型車：0 度 (衝突角度 14.6 度の 0%) 乗用車：4.8 度 (衝突角度 20.4 度の 23.5%)
構成部材の飛散 防止性能	車両衝突時に防護柵構成部材が大きく飛散しないこと	付属品が飛散したが、主要部材ではなく、飛散防止性能を満足している	付属品が飛散したが、主要部材ではなく、飛散防止性能を満足している

導性能においては、離脱速度が衝突速度の6割以上、離脱角度が衝突角度の6割以下と規定を満足した。

4. 暫定2車線区間に適した仕様の検討

正面衝突事故は、過失のない車両の乗員が事故に巻き込まれるので、抑止に対する社会的意義は高く、平成27年11月に会計検査院から、暫定2車線の高速道路で死傷事故が多発していることに対して、国土交通省や高速道路各社に分離帯設置など安全対策検討の提言が出された。

国土交通省は平成28年12月に、高速道路暫定2車線区間の正面衝突事故対策として、ラバーポールに代えてワイヤロープを試行設置し、安全対策の検証を行うと発表した。平成28年から、鋼製防護柵協会に(株)高速道路総合技術研究所を加えた3者で共同研究を締結し、東・中・西日本高速道路(株)の3社の協力の下、暫定2車線区間でワイヤロープ式防護柵をレーンディバイダーとして試行設置するための研究開発を開始した。

暫定2車線区間に適したワイヤロープの仕様を検討するために、防護柵設置基準に定められた性能確認試験のA種衝突条件を見直した。性能確認試験の衝突角度は、片側2車線道路の追越車線中央を走行する車両が路肩防護柵に衝突する条件で大型車15度、小型車20度と定められている。暫定2車線区間に限定して、80km/hで走行する車両が中央分離柵に衝突する時の衝突角度を算出した結果、大型車6度、小型車8度となった²⁾。

暫定2車線区間に適したワイヤロープの仕様として、低コストや維持管理の容易さを考慮し、支

柱間隔拡大と施工張力減少を検討した。仕様の検討に車両衝突シミュレーションを使用した結果、支柱間隔4m、張力10kNであっても最大進入行程は0.393mと小さく、幅員が狭い暫定2車線区間であっても飛び出し事故が起きる可能性は低いと考え、大型車を使った性能確認試験を苫小牧寒地試験道路で行った(写真-4、5)。

最大進入行程はシミュレーションよりも低い0.350mを記録し、離脱速度は42.9km/hで進入速度の81.1%、離脱角度は3.8度で進入角度の63.3%となり、A種性能確認試験に比べ、良い結果となった。車両衝突時に車体下に巻き込まれるロープが1本で、4本のロープが車体を捕捉できたことが、最大進入行程を小さくした要因と思われる。衝突後の車両損傷も小さく、車両は自走可能であった。この結果、暫定2車線区間に設置するワイヤロープはA種の仕様を支柱間隔4m、張力10kNに変更した。

5. 実道への試行設置

ワイヤロープ式防護柵は、防護柵設置基準におけるA種の性能を有していることが明らかになった結果、北海道では、平成24年11月に開通した道央自動車道大沼公園ICから森IC間で設置延長約1.6km、平成24年12月に一般国道275号音威子府村天北峠で設置延長320mの試行設置となった(写真-6)。さらに、磐越自動車道、紀勢自動車道、帯広尾自動車道に試行設置された。

東・中・西日本高速道路の3社は、関係機関等と協議した結果、平成29年4月から8月までに12路線で約113kmの暫定2車線区間にラバーポ



写真-4 性能確認試験(左:試験前,右:試験後)



写真-5 車両衝突時の状況

ールをワイヤロープに代えて、試行設置を行った(写真-7)。

平成30年5月に国土交通省で「高速道路の正面衝突事故防止対策に関する技術検討委員会」が開催され、ワイヤロープ試行設置113kmの効果検証結果が報告された³⁾。

事故防止効果として、対向車線への飛び出しが平成28年に45件あったものが、設置後1年で1件になったこと、死亡事故は7件が0件、負傷事故は6件が0件になったことが報告され、正面衝突事故防止効果が確認された。

その一方でワイヤロープに接触した件数が238件発生し、今後の課題となった。また、設置したカメラで正面衝突事故防止事例が確認できた(写真-8)³⁾。



写真-6 道央自動車道(左)とR275天北峠(右)



写真-7 浜田自動車道(左)と東九州自動車道(右)



写真-8 正面衝突事故防止事例³⁾

6. おわりに

郊外部幹線道路や高規格道路は往復非分離の2車線道路は、正面衝突事故が起きると、死亡事故等の重大事故になりやすい。中央に防護柵を設置することは、地形的な制約や予算の確保が難しいため、限定的であった。正面衝突事故は、過失のない車両の乗員が事故に巻き込まれるので、抑止に対する社会的意義は高く、会計検査院から、暫定2車線の高速道路で死傷事故が多発していることに対して、国土交通省や高速道路各社に分離帯設置など安全対策検討の提言が出された。ワイヤロープ式防護柵は従来の中央分離施設よりも少ない幅員で設置でき、整備コスト縮減と安全性の向上が期待できる。試行設置の結果、正面衝突事故防止効果が確認され、今後整備される高速道路の暫定2車線区間の中央分離柵にワイヤロープが設置されることが期待される。

今後は、普及に向けて、設置条件(道路線形、構造物箇所等)に適した細部構造や効率的な施工方法や維持管理方法を検討し、整備ガイドライン(案)の策定・配布を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 防護柵の設置基準・同解説, (公社)日本道路協会, 平成28年12月.
- 2) 村松忠久, 平澤匡介, 佐藤義悟, 田中潤一: ワイヤロープの非分離暫定2車線への適用について, 第32回日本道路会議, 2017.
- 3) 国土交通省 HP「高速道路の正面衝突事故防止対策に関する技術検討委員会」: <http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/front_accident/index.html>