

## 16.5 郊外部における車線逸脱防止対策技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：寒地道路研究グループ（寒地交通）

研究担当者：石田樹、高橋尚人、平澤匡介、高田哲哉

### 【要旨】

近年、我が国の交通事故死者数は減少傾向ではあるが、交通安全対策の推進は引き続き重要な課題であり、積雪寒冷地においても冬期の交通事故に有効な対策技術の向上が、地域にとって非常に重要な課題の一つである。特に、交通事故死者数を更に削減するためには、致死率の高い郊外部における正面衝突事故など車線逸脱事故防止対策を一層推進する必要がある。

本研究では、郊外部における道路交通の安全性を維持・向上させ、死亡事故に至る割合の高い車線逸脱事故防止に資するため、ワイヤロープ式防護柵の各道路区分に対応した性能、仕様の検討、施工・維持管理技術の検討や路肩への適用性検証、効果の測定などを行い、ワイヤロープ式防護柵の開発を行った。また、工作物衝突事故対策箇所の選定技術、対策技術等について検討し、工作物衝突事故対策技術の提案を行った。

キーワード：交通安全、正面衝突、工作物衝突、事故対策、ワイヤロープ式防護柵

### 1. はじめに

北海道の交通事故対策は、交通管理者との連携のもと、必要な道路整備を進めてきた結果、平成 14 年度まで 11 年間続いた都道府県別交通事故死者数ワースト 1 を、平成 15 年から平成 24 年まで返上することができた。しかしながら、致死率は全国平均の約 2.0 倍と未だに深刻な状況が続いている。平成 23 年の北海道における交通死亡事故のうち、最も多い事故類型は正面衝突であり、全体の 22% を占めており、その割合は全国に比べ 2.4 倍に及ぶ（図 1）。また、工作物衝突事故と路外逸脱事故は全国的にも多く、交通事故死者数の更に削減するためには、致死率の高い郊外部における正面衝突事故など車線逸脱事故防止対策を一層推進する必要がある。

大きな正面衝突事故防止効果があることが確認されたが、山間部の縦断勾配や平面線形などの道路線形が厳しい区間では、その効果が減少することが明らかになった。そのような区間では、物理的に車線逸脱を防ぐことが求められるが、従来タイプの中央分離帯では、拡幅等を伴うため費用が高額になることから、設置箇所は限定される。



写真1 ランブルストリップス（左：R237、右：R275）

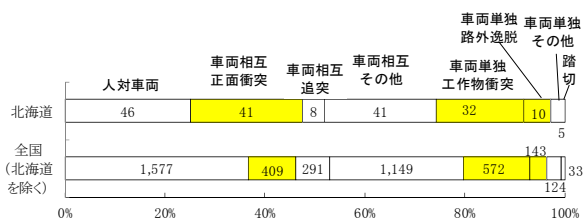


図1 北海道と全国の事故類型別死亡事故件数(平成23年)

（独）土木研究所寒地土木研究所では、新たな正面衝突事故対策手法として、2車線道路のセンターライン上に切削溝を配置するランブルストリップス（写真1）の開発及び実用化を行った。ランブルストリップスは、

本研究では、郊外部における道路交通の安全性を維持・向上させ、死亡事故に至る割合の高い車線逸脱事故防止に資するため、ワイヤロープ式防護柵の各道路区分に対応した性能、仕様の検討、施工・維持管理技術の検討や路肩への適用性検証、効果の測定などを行い、ワイヤロープ式防護柵の開発を行った。また、工作物衝突事故対策箇所の選定技術、対策技術等について検討し、工作物衝突事故対策技術の提案を行った。

## 2. 研究実施内容

平成23年度は、ワイヤロープ式防護柵の開発として、CGシミュレーションによる検討、テストドライバー運転による大型貨物車実車衝突実験、分離帯用Am種（高速道路）の性能確認試験を行った。工作物衝突事故対策手法の提案として、事故多発区間を抽出し、事故対策を実施した場合の効果の試算を行った。

平成24年度は、ワイヤロープ式防護柵の開発として、CGシミュレーションによるB種仕様の検討、苫小牧寒地試験道路における走行評価試験、ワイヤロープ式防護柵用のデリネーターの開発、導入箇所における効果を測定した。工作物衝突事故対策手法の提案として、大型車対応のランブルストリップスの規格検討と試験施工、評価試験を行った。

平成25年度は、ワイヤロープ式防護柵の開発として、テストドライバー運転による大型貨物車実車衝突実験、分離帯用Bm種（一般道路）の性能確認試験を行った。その他、大型車同士のすれ違い試験を行い、暫定2車線区間への導入可能性を検討した。工作物衝突事故対策手法の提案として、大型車対応のランブルストリップスの評価試験を行った。

平成26年度は、ワイヤロープ式防護柵の開発として、張力低下時における性能向上対策のために連結材を開発し、テストドライバーによる実車衝突実験を行った。工作物衝突事故対策手法の提案として、道路管理者と交通管理者による大型車対応のランブルストリップスの評価試験、推奨規格の検討を行った。

平成27年度は、ワイヤロープ式防護柵の開発として連結材の最適な仕様を検討するために大型貨物車実車実験を行い、連結材を使った防護柵の性能確認試験を行った。また、ワイヤロープ式防護柵の整備ガイドライン（案）を策定した。工作物衝突事故対策手法の提案として、工作物事故分析、多発箇所の抽出及び現地調査、対策箇所選定手法の検証、対策マニュアル（案）を策定した。

## 3. ワイヤロープ式防護柵の開発

### 3.1 道路区分に対応した性能・仕様検討

平成23年度は、分離帯用Am種（高速道路）のワイヤロープ式防護柵を開発するために、鋼製防護柵協会と共同研究協定を締結し、CGシミュレーションにより、防護柵の仕様検討を行った（図2）。CGシミュレーションでは、防護柵の支柱の材質、板厚の他、ワイヤロープの本数、高さ等の数値を変えて、乗用車と大型貨物車の性能確認試験と同じ条件でシミュレーションを行い、離

脱速度、離脱角度、最大進入行程等の結果を得た。分離帯用Am種（高速道路）の基準を満足すると思われる仕様を2種類選択し、苫小牧寒地試験道路における実車衝突実験により最終仕様を決定することとした。試作した2種類は、板厚が4.2mmと3.2mm以外、全て同じ仕様である（表1）。

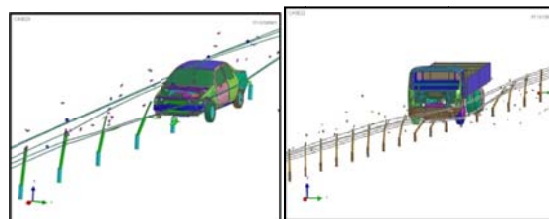


図2 CGシミュレーション  
(左：乗用車、右：大型貨物車)

表1 防護柵諸元

項目	Am種
支柱サイズ	φ89.1×4.2 (STK400)
支柱ピッチ	3.0m
ワイヤロープ	3×7φ18、5段
地表からワイヤロープまでの高さ	1段：970mm
	2段：860mm
	3段：750mm
	4段：640mm
	5段：530mm
支柱の高さ	1030mm
スリーブ	φ114.3×4.5 (STK400)
スリーブ土中埋め込み長	710mm (支柱はスリーブに400mm埋込み)
ブロックアウト量	0mm

苫小牧寒地試験道路における実車衝突実験は、テストドライバーが大型貨物車を運転し、「防護柵設置基準・同解説」のAm種に対応した防護柵性能確認試験と同じ衝突条件Aとした。実車衝突実験の結果、板厚4.2mmのタイプでは下3段、板厚3.2mmのタイプでは下2段のワイヤロープが車輪の回転により引き下げられ、最大進入行程(1.5m以下)、離脱速度(衝突速度の6割以上)、離脱角度(衝突角度の6割以下)の項目で基準を満足した。実験結果は大差なかったが、衝突後の車両軌跡を解析した結果、板厚4.2mmのタイプの方が車両の向きを素早く変えていることから、車両の誘導性能上有利であると判断し、この仕様で性能確認試験を行った。

「防護柵設置基準・同解説」に定める分離帯用Am種の性能確認試験は、国総研衝突実験施設（つくば市）において行った（表2、写真3、写真4）。実験の結果、車両の逸脱防止性能は、大型貨物車の衝突に対して、防護柵を突破されない強度を有しており、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95.2m/s<sup>2</sup>/10msと小さく、規定値の150m/s<sup>2</sup>/10msを満足

しており、緩衝能力が確認された。防護柵の変形性能においても、最大進入行程は大型貨物車：1.48m、乗用車：1.02mと基準の1.5m以下という値を満足した。車両の誘導性能においては、離脱速度が衝突速度の6割以上（大型貨物車83.1%：43.4km/h/52.2km/h、乗用車66.1%：66.5km/h/100.6km/h）、離脱角度が衝突角度の6割以下（大型貨物車0%：0度/14.9度、乗用車35.7%：7.4度/20.7度）となり規定値を満足した。その結果、「防護柵設置基準・同解説」に定めるAm種の試験項目に対し、全て基準値を満足したことが明らかになった。

表2 試験条件

衝突条件A				
＜試験日 平成24年1月18日(水)＞				
試験車両 質量(t)	衝突速度 (km/h)	衝突角度 (度)	衝撃度 (KJ)	車両重心 高さ(m)
20.0 (20.1)	52.0 (52.3)	15.0 (14.9)	140.0 (140.0)	1.4 (車両総重量時)

衝突条件B		
＜試験日 平成24年1月12日(木)＞		
試験車両 質量(t)	衝突速度 (km/h)	衝突角度 (度)
1.0 (1.06)	100.0 (100.6)	20.0 (20.7)

※( )内の数値は試験結果を示す。

・地盤条件：標準地盤上  
 (表層はアスファルト舗装：150mm)  
 ・支柱基礎：土中埋込み  
 (支柱を土中のサヤ管に埋込み)  
 ・供試体長：69.0m  
 ・施工方法：北海道開発局 道路・  
 河川工事仕様書に準拠



写真2 防護柵設置状況



写真3 車両衝突時の状況

平成24年度は、ワイヤロープ式防護柵の開発として、CGシミュレーションによるB種仕様の検討、苫小牧寒地試験道路における走行評価試験、ワイヤロープ式防護柵用のデリネーターの開発を行った。シミュレーションでは、防護柵の支柱の材質、板厚の他、ワイヤロープの本数、高さ等の数値を変え、乗用車と大型貨物車の衝突実験をシミュレートした結果、最大進入行程、離脱速度、離脱角度等の結果を得た(表3)。その中からAm種と同じ構造ながら、支柱間隔を4mに拡大した仕様とワイヤロープの本数を4段に削減した仕様の2種類の案を分離帯用Bm種(一般国道)の仕様候補として選定し、試作した。

表3 CGシミュレーション結果の一例(大型車)

B種 仕様案	構造概要			シミュレーション結果			
	ロープ 本数	上段ロープ 高さ(mm)	支柱間 隔(m)	初期張 力(KN)	最大進入 行程(m)	離脱速度 (km/h)	離脱角 度(度)
案①	5段	970	4	20	0.37	27	0.39
案②	4段	860	3	20	0.83	26.6	0.84

苫小牧寒地試験道路における走行評価試験は、冬期間の暫定2車線区間において故障車が発生した状況を再現し、一般道路利用者の実走行による駐車車両(大型車)とのすれ違い時の走行速度、通過位置の測定、及び、走行後のアンケート調査を行った(写真4)。試験コースには、路側にコンクリート擁壁、道路中央にワイヤロープ式防護柵(延長約70m)とラバーポールと縁石の区間(延長70m)を設置し、両側に堆雪状況を再現した。走行試験の結果、ラバーポールの区間に比べ、ワイヤロープ式防護柵の区間では、大型車、乗用車のいずれも走行速度は、わずかに低く、通過位置は中央に近い値となった(図3、図4)。ワイヤロープ式防護柵の区間において、大型車同士のすれ違いには、側方余裕がほとんどなかったが、ぶつかることなく、通過することができた。また、走行後のアンケートにおいては、「設置すべき」と「設置しても良い」をあわせて、約8割の方が好意的な回答であった。



写真4 大型車同士のすれ違い状況(左：ワイヤロープ式防護柵区間、右：ラバーポール区間)

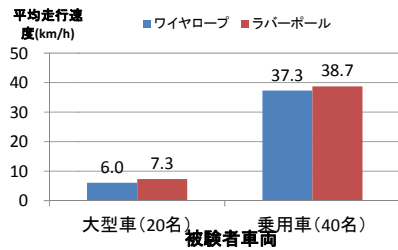


図3 すれ違い時の走行速度

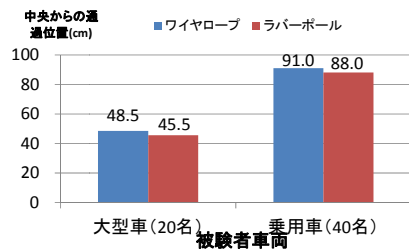


図4 すれ違い時の通過位置

ワイヤロープ式防護柵における視線誘導のあり方を検討するために、苫小牧寒地試験道路のワイヤロープ式防護柵に規制標識、支柱の反射テープ、視線誘導標を設置し、その種類や設置数を変えた状況下で、夜間走行による視認性評価試験を行った。評価試験は、道路管理者（国交省北海道開発局、ネクスコ東日本：計 22 名）の参加によるアンケート方式とした。その結果、防護柵手前には、縮小サイズの指定方向外禁止標識、注意喚起反射板、ラバーポールの設置、及び、支柱には反射シート、視線誘導標の設置、さらに、視線誘導標については、現行基準通りの 40m 間隔、丸型の形状、さらに、反射シートと組み合わせることに対して支持率が高かった。

ワイヤロープ式防護柵に設置される視線誘導標には、軽量であること（金属製の部材は極力使用しない）、飛散しないこと、飛散した場合でも、第三者に被害を及ぼすことがないことが求められる。これらを満足する視線誘導標として弾性体に富む合成ゴムのデリネーターを開発した（写真 5）。飛散防止のためにデリネーターの下部には、2つの貫通孔を設け、帯状のバンドを最上段のケーブルに固定する構造とした。一般国道 275 号音威子府村天北峠には、開発したゴム製デリネーターの設置に加え、視認性評価試験の結果に基づき、支柱キャップに反射シートが貼られた。



写真 5 ゴム製デリネーター（一般国道 275 号）

平成 25 年度は、ワイヤロープ式防護柵の開発として、テストドライバー運転による大型貨物車実車衝突実験、分離帯用 Bm 種（一般道路）の性能確認試験を行った。

Bm 種の開発は CG シミュレーションを使って仕様を検討し、最終的に 2 種類（表 4）を試作し、苫小牧寒地試験道路に施工した。実車衝突実験は、テストドライバーが大型貨物車両を運転し、設置基準に定められた防護柵性能確認試験 Bm 種と同じ条件で行った。

表 4 試作防護柵構造概要

項目	仕様1	仕様2
支柱ピッチ	4.0m	3.0m
ワイヤロープ	3×7φ18, 5段	3×7φ18, 4段
地表からワイヤロープまでの高さ	1段：970mm 2段：860mm 3段：750mm 4段：640mm 5段：530mm	1段：860mm 2段：750mm 3段：640mm 4段：530mm
支柱の高さ	1030mm	920mm

実車衝突実験は仕様 1 で 1 回、仕様 2 は 2 種類のロープ張力（20kN、10kN）で 2 回行った。3 回の実験全てにおいて実験条件の衝撃度は規定値よりわずかに低い値であったが、懸念された最大進入行程はいずれも設置基準を満足する結果となった（表 5）。どの仕様でも設置基準を概ね満足する結果となるが、仕様 1 の構成部材は A 種向けの仕様と同じなので、共通化により製造コストを抑えることができることから、仕様 1 で性能確認試験を行うこととした。

表 5 実車衝突実験結果一覧

項目	仕様・実施年月		
	仕様1 平成25年9月	仕様2・1回目 平成25年10月	仕様2・2回目 平成25年11月
ロープ張力 (kN)	20	20	10
車両重量 (t)	20.49	20.45	20.36
衝突速度 (km/h)	33.1	33.3	35.3
衝突角度 (度)	15	14.1	13
衝撃度 (kJ) ※1	58.02	51.90	49.45
最大進入行程 (m) ※2	0.670	0.502	0.797
離脱速度 (km/h) ※3	19.7	23.6	23.3
(%) ※3	59.5	70.9	66.1
離脱角度 (度) ※4	0	5.24	0
(%) ※4	0	37.2	0

防護柵設置基準規定値：※1 60kJ以上、※2 1.1m以下、※3 60%以上、※4 60%以下  
赤字は設置基準規定値以下

一般道向けの B 種の性能確認試験を国土交通省国土技術政策総合研究所内の衝突試験施設で行った（写真 6、表 6）。



写真 6 防護柵設置状況

表 6 性能確認試験の衝突条件 (Bm 種)

衝突条件A				
<試験日 平成26年3月12日(水)>				
試験車両	衝突速度	衝突角度	衝撃度	車両重心
質量(t)	(km/h)	(度)	(KJ)	高さ(m)
20.0 (20.65)	35.0 (35.0)	15.0 (14.6)	60以上 (62)	1.4 (車両総重量時)

衝突条件B				
<試験日 平成26年3月6日(木)>				
試験車両	衝突速度	衝突角度	地盤条件：標準地盤上 (表層はアスファルト舗装：120mm)	
質量(t)	(km/h)	(度)	支柱基礎：土中埋込み (支柱を土中のサヤ管に埋込み)	
1.0 (1.04)	60.0 (60.3)	20.0 (20.4)	供試体長：68.0m 施工方法：北海道開発局 道路・ 河川工事仕様書に準拠	

※( )内の数値は試験結果を示す。

性能確認試験の結果、車両の逸脱防止性能は、大型車の衝突に対して、防護柵を突破されない強度を有しており、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た（写真 7）。車両損傷は前部が破損しているが、車室が保存され、最大加速度も規定値の 90m/s<sup>2</sup>10ms を満足しており、緩衝能力が確認された。防護柵の変形性能においても、最大進入行程は大型貨物車：0.65m と基準の 1.1m 以下という値を満足した。車両の誘導性能においては、離脱速度が衝突速度の 6 割以上（大型貨物

車 66.9%、乗用車 62.7%)、離脱角度が衝突角度の 6 割以下 (大型貨物車 0%、乗用車 23.5%) と規定を満足した。その結果、「防護柵設置基準・同解説」に定める B m 種の試験項目に対し、全て基準値を満足したことが明らかになった。



写真7 車両衝突時の状況

平成 26 年度は、張力低下時における性能向上対策のために連結材を開発し、テストドライバーによる実車衝突実験を行った。ワイヤロープ式防護柵は、金属ロープの特性上、気温が上がると張力が低下し、気温が下がると張力が上がる。道央自動車道大沼公園 IC～森 IC 間に設置されたワイヤロープ式防護柵の張力が 1 年間に 17.9kN の変動があることを確認した<sup>2)</sup>。幅員の狭い 2 車線道路の分離構造として使うためには、張力低下時においても車両衝突時の進入行程 (対向車線へのはみ出し量) が少ないことが望ましい。そこで張力低下時における最大進入行程を小さくする手法の開発に着手することとした。

最初に、Am 種と同じ仕様で張力を 15kN に変更して、平成 26 年 9 月 30 日に苫小牧寒地試験道路で大型貨物車の衝突実験を行った結果、最大進入行程は 1.18m を記録した。平成 23 年に行った同じ仕様 (張力 20kN) の衝突実験の最大進入行程 1.18m と同じ値になった<sup>3)</sup>。最大進入行程や離脱速度等の実験結果は、20kN の衝突実験と概ね同様であったが、端末から 8 番目と 9 番目の支柱が破断するという問題が生じた (写真 8)。衝突時の映像を詳細に分析した結果、張力が低いので、タイヤがロープを下げる動作が速く、引き下げられたロープにより支柱を破断した可能性が高いことが明らかになった。



写真8 衝突時の状況 (左) と破断した支柱 (右)

共同研究者の鋼製防護柵協会と対応策について協議した結果、大型貨物車が衝突したときに、車両下にワイヤ

ロープが巻き込まれることを防ぐ仕組みが必要と判断した。既存技術ではガードレールに使用されている間隔保持材がある (写真 9)。間隔保持材は各ロープの間隔を固定することにより、車両衝突時にロープがバラバラに動くのを防ぎ、衝突車両に対して面として働き、反対側へのはみ出し量を低下させる。しかしながら、ワイヤロープ式防護柵では車両衝突時に中間支柱が折れてしまう構造のため、間隔保持材を用いた場合、下段のロープと同時に上段のロープも車両下に巻き込まれ、防護柵としての機能が発揮されないことが予想される。そこで、大型貨物車両衝突時に最上段のロープが車体にくい込むことを利用し、下段のロープが下げられる力に対して、上段のロープと連結して抵抗するための部材を考案した (写真 9)。この部材は連結材と命名され、既製品の巻付グリップを活用し、一方を最上段のワイヤロープに固定し、もう一方を最下段のワイヤロープの下を通した後に再び最上段のワイヤロープに固定する (写真 10)。巻付グリップとはスパイラル状に成形した鋼線を数本撚り合わせ、内側に摩擦力を増加するため、グリッド材が塗布されたものである。連結材が間隔保持材と違う点は、車両衝突時点で最上段のロープが他のロープと連動せず、車体にくい込む時間があることである。なお、連結材は最大進入行程を小さくすることと張力低下時においても性能を確保することの他に、ワイヤロープ式防護柵の特徴でもある緊急時の開放区間の設置の際に容易に取り外せることや既に設置している区間に容易に後付ができることも考慮されている。連結材の取り付けは支柱間に 1 カ所、1 カ所当たりの取り付け時間は約 1 分であった。



写真9 間隔保持材 (左) と連結材 (右)



写真10 連結材の取り付け

連結材を使用した衝突実験は 3 回行われ、各回終了後に実験結果を検証し、より性能を向上させるための改良を加えた。3 回行った大型貨物車衝突実験の防護柵諸元を表 7 に示す。

表7 大型貨物車衝突実験の連結材仕様と防護柵諸元

連結材仕様	連結材 Xcm Ycm		初期張力 (kN)	ロープ段数	最上段ロープ高さ (mm)	支柱間隔 (m)	支柱径 (mm)	支柱板厚 (mm)
	X(cm)	Y(cm)						
CASE1	30	62	20	5	970	3	φ89.1	4.2
CASE2	30	46	20	5	970	3	φ89.1	4.2
CASE3	50	46	12	5	970	3	φ89.1	4.2

実験結果を表8に示す。CASE1では、ワイヤロープが車体下に巻き込まれることなく離脱し、最大進入行程は0.69mとなり、A種の大型貨物車衝突実験で過去最低値を記録した。しかし、7番目の支柱のスリット左部分が破断し、飛散した。CASE2では、最大進入行程が0.96mとなり、CASE1よりも大きな値となったが、支柱の破断は無かった(写真11)。全ての項目で防護柵設置基準を満足した。CASE3では張力を12kNに変更して実験を行った結果、最大進入行程が1.50mとなり、CASE2よりもさらに大きな値となった。張力が低いことの影響から、全てのロープが車両下に巻き込まれた。連結材無使用の張力15kNの実験では最大進入行程が1.18mであったのに対して、大きな値となった。3回の実験から、連結材の使用は最大進入行程を大きく低下させる可能性があるが、張力低下時においては、増加させる可能性もあることが明らかになった。

表8 連結材を活用した大型貨物車衝突実験結果

項目	仕様・実施年月		
	CASE1 平成26年10月	CASE2 平成26年11月	CASE3 平成26年11月
ロープ張力 (kN)	20	20	12
車両重量 (t)	20.27	20.28	20.26
衝突速度 (km/h)	50.9	51.5	50.2
衝突角度 (度)	15.1	14.92	15.52
衝撃度 (kJ) ※1	137.5	137.6	141.0
最大進入行程 (m) ※2	0.67	0.96	1.50
離脱速度 (km/h)	38.1	44.0	39.0
(%) ※3	74.9	85.4	77.7
離脱角度 (度)	0.2	0	0
(%) ※4	1.3	0	0

防護柵設置基準規定値: ※1 130kJ以上、※2 1.5m以下、※3 60%以上、※4 60%以下



写真11 CASE2 (左: 連結材、右: 衝突時の状況)

平成27年度は、ワイヤロープ式防護柵の開発として連結材の最適な仕様を検討するために大型貨物車実車実験を行い、連結材を使った防護柵の性能確認試験を行った。

大型貨物車衝突実験は、結果が良好な連結材の仕様のCASE1とCASE2について、再度、標準張力20kNと

低下時の張力12kNで実験を行った(表9)。連結材の仕様CASE1、張力12kNの結果は、最大進入行程が1.47mとなり、20kN(平成26年10月)の最大進入行程0.67mの約2倍となった。連結材の仕様CASE2では、張力20kNの最大進入行程が0.92m、張力12kNの最大進入行程が0.95mとなり、ほぼ同じ値となった。これらの結果から標準張力20kNで最大進入行程が小さいCASE1より、標準張力20kNと張力低下時の12kNで最大進入行程が変わらないCASE2を連結材の仕様として採用することにした。

表9 2種類の連結材仕様の大型貨物車衝突実験結果

項目	仕様・実施年月		
	CASE1 平成27年7月	CASE2 平成27年8月	CASE2 平成27年11月
ロープ張力 (kN)	12	20	12
車両重量 (t)	20.18	20.32	20.58
衝突速度 (km/h)	53.7	51.3	52.8
衝突角度 (度)	16.6	14.9	13.9
衝撃度 (kJ) ※1	183.2	136.4	127.7
最大進入行程 (m) ※2	1.47	0.92	0.95
離脱速度 (km/h)	45.1	38.6	41.3
(%) ※3	84.1	75.2	78.2
離脱角度 (度)	0	3.2	0
(%) ※4	0	21.5	0

防護柵設置基準規定値: ※1 130kJ以上、※2 1.5m以下、※3 60%以上、※4 60%以下

連結材を使ったワイヤロープ式防護柵の性能確認試験は平成28年3月に苫小牧寒地試験道路で行った。防護柵はAm種の仕様(表1)にCASE2の連結材を取り付けた(写真12)。試験車両の乗用車は脱着可能なRTK-GPS制御ロボットによる完全自動無人走行(写真13)、大型貨物車はテストドライバーによる操舵で性能確認試験を行った(写真14)。

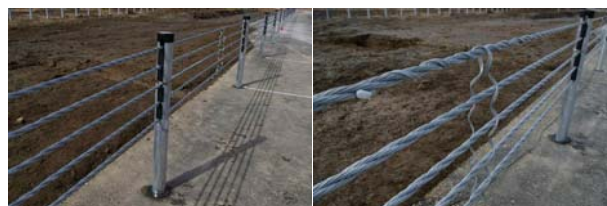


写真12 防護柵 (左: 中間支柱、右: 連結材)



写真13 試験車両 (左: RTK-GPS、右: 自動操舵ロボ)



写真14 衝突状況 (左: 乗用車、右: 大型貨物車)

実験の結果、車両の逸脱防止性能は、大型貨物車の衝突に対して、防護柵を突破されない強度を有しており、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  $79.0\text{m/s}^2/10\text{ms}$  と小さく、規定値の  $150\text{m/s}^2/10\text{ms}$  を満足しており、緩衝能力が確認された。防護柵の変形性能においても、最大進入行程は大型貨物車：0.945m、乗用車：0.935m と基準の 1.5m 以下という値を満足した。車両の誘導性能においては、離脱速度が衝突速度の 6 割以上（大型貨物車 65.7%：34.6km/h / 52.7km/h、乗用車 69.6%：70.6km/h / 101.4km/h）、離脱角度が衝突角度の 6 割以下（大型貨物車 10.1%：1.5度 / 14.9 度、乗用車 25.5%：5.1 度 / 20.0 度）となり規定値を満足した。飛散防止性能においては、乗用車衝突時に主要部材の飛散が無かったが、大型貨物車衝突時に 7 本目の支柱がスリーブから引き抜かれ、飛散防止性能を満足しなかった。

連結材の効果については、乗用車衝突状況を H23 年度性能確認試験と比較すると、上段ワイヤ(1~2 段目)の 2 本が乗用車のルーフに乗り上げたが、27 年度の試験では連結材が上段ワイヤの押し上げ防止に効果を発揮し、5 本のワイヤが有効に働くことで、車両の最大進入行程を 1.02m から 0.935m に低下させたと考えられる(写真 15)。

大型貨物車衝突状況では、23 年度の試験で、下段ワイヤ(3~5 段目)の 3 本が前輪タイヤに押し下げられ、前輪タイヤの内側に入り、上段ワイヤ(1~2 段目)の 2 本みで車両を誘導していたが、27 年度の試験では最下段(5 段目)の 1 本が押し下げられたものの、1~4 段目のワイヤ 4 本が有効に働き、車両を誘導し、連結材が前輪タイヤの押し下げ防止に有効に働き、車両の最大進入行程を 1.48m から 0.945m に低下させた(写真 16)。



写真 15 乗用車衝突状況 (左: H23 試験、右: H27 試験)



写真 16 大型車衝突状況 (左: H23 試験、右: H27 試験)

連結材を使った防護柵の性能確認試験ではほとんどの

項目において 23 年度試験より性能向上が確認されたので、連結材の仕様は CASE2 が最適であると判断した。なお、平成 28 年度に防護柵、連結材の仕様は極力変更しない条件で、支柱引き抜き防止策を講じ、再試験を行う予定である。

### 3.2 施工・維持管理技術の開発

平成 23 年度は効率的な施工方法を確立するために、スリーブ打ち込み治具を作成し、試験施工を行った。打ち込み治具は、施工の正確性、効率性、治具の耐久性を向上させるために、鉄材を削り出し、製作した(写真 17)。また、支柱基礎の施工時間短縮とアスファルト舗装をひび割れさせないために、アスファルト舗装のコア抜きを行った。アスファルト舗装のコア抜きは、1 箇所当たり平均約 2 分 30 秒、次の削孔位置に移動準備を含めると、約 4 分を要した。さや管打ち込みは、1 本当たり平均で約 4 分であった。移動準備を含めると、約 7 分を要した。コア抜きを行わず、アスファルト舗装にさや管を直接打ち込んだ場合は、約 10 分を要した。いずれも、アスファルト舗装への損傷は見られなかった。



写真 17 打ち込み治具装着 (左) と打ち込み状況 (右)

高速道路の 2 車線道路中央分離帯にワイヤロープ式防護柵を設置した場合、張力管理には交通規制が必要になることが考えられる。そのため、ワイヤロープの張力低下を防止することが重要になるため、一度高張力を掛けてから「防護柵設置基準・同解説」に定める初期張力 22kN (冬期間) に戻すプレストレッチ法を試行した。高張力を掛ける時間の有効性も確認するために、ワイヤロープの上から 1 段目はプレストレッチなし、2 段目は 1 時間、3 段目は 2 時間、4 段目は 3 時間、5 段目は 18 時間の高張力を掛けた。プレストレッチの張力は人力で掛けることができた約 33kN とした。初期張力 22kN に戻してから張力を測定した結果、気温低下により張力が変動するが、プレストレッチにおいてもワイヤロープの張力低下を防止する効果が確認された。また、時間はわずか 1 時間であっても、その有効性が確認できた(図 5)。除雪作業で雪を押しつけた時の影響と除雪後の堆雪状況を確認するため、苫小牧寒地試験道路で試験を行った。

除雪作業後、防護柵の支柱に影響は無かったが、最下段または下から2段目のワイヤロープの高さまで雪が残ることを確認した(写真18)。

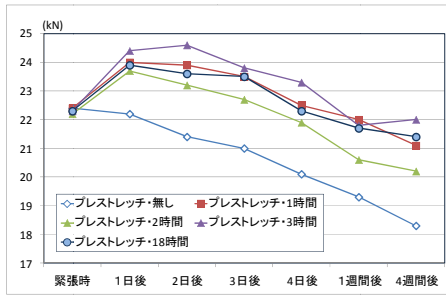


図5 ワイヤロープの張力推移



写真18 除雪試験(左)と除雪作業後の堆雪状況(右)

平成24年度は様々な道路条件に適応した構造や設置方法を検討するために、サグ・クレスト・曲線区間における試験施工を行った。サグ・クレスト区間ではワイヤロープの張力により、キャップの浮き上がりや間隔保持材の破損、支柱の沈下等の課題があり、また、曲線区間では支柱の傾き、支柱スリットの開き等の課題がある。防護柵設置の限界値を計算上、縦断曲線半径は2,100m、平面曲線半径は100mと設定し、苫小牧寒地試験道路において試験施工を行った(写真19)。



写真19 試験施工(左:サグ区間、右:曲線区間)

効率的な施工方法を確立するために、スリーブ(支柱基礎)打ち込み治具を製作し、道央道の施工に活用したが、50~70本程度の打ち込みで折損した。打ち込み治具の形状が細長く、断面変化点の強度が低いと推察され、打ち込み治具を短くする改良を行った(写真20)。改良された打ち込み治具を使って、苫小牧寒地試験道路の試験施工を行った結果、163本のスリーブ打ち込みに要した平均時間は、施工機械の移動を含め1本当たり2分30秒であった。



写真20 折損した打ち込み治具と改良した打ち込み治具

平成25年度は実道への導入に向け、道路条件に適した設置方法・構造等について検討した。橋梁やBOXカルバート上に設置するために11種類の支柱基礎形式と12種類の支柱を試作し、70tクレーンで2.7tのコンクリート製重錘を高さ3mから落下させ、支柱衝突実験を実施した(写真21)。



写真21 支柱衝突実験状況  
(左:支柱と重錘、右:重錘吊り上げ状況)

防護柵のスリーブ(支柱基礎)を土中に建て込む場合、スリーブを根巻きコンクリートブロックで補強し、スリーブ変位量と支柱変形量を測定した。衝突実験の結果、30cm×50cm×15cmの根巻きコンクリートブロックであれば、スリーブ変量が少なく、コンクリートブロックの損傷も小さかった。同様にBOXカルバート上に設置するためにスリーブ長を40cmに短縮し、スリーブを根巻きコンクリートブロックで補強した結果、30cm×50cm×15cmの根巻きコンクリートブロックが最も損傷が少なかった。スリーブ内への雨水進入防止のために、スリーブを1cm、3cm、5cm突出させて実験を行った結果、5cm突出させた場合が最も損傷が少なかった。橋梁等の構造部箇所に設置するためにベースプレートタイプの最適な形状の検証を行った。ベースプレートに内リブや外筒等、8種類の支柱形状を試作し、衝突実験を行った。実験結果から橋梁用支柱の仕様として外筒タイプを決定した(写真22)。橋梁上の中央にガードレール等のたわみ性防護柵を設置する場合、通常は高さ25cm程度のマウントアップされた分離帯が設置される。分離帯に車両が衝突した場合、車両がジャンプする可能性があり、ワイヤロープ式防護柵の車両逸脱性能や誘導性能が上手く機能しない懸念が生じたことから、平成26年度は車



道舗装面と同じ高さで、支柱を設置する図6に示すように橋梁上の舗装厚と同じ高さのコンクリート部分に、支柱基礎が収まる形状を考案した。



写真22 支衝突後のベースプレートタイプの損傷状況 (左: 内リブタイプ、右: 外筒タイプ)

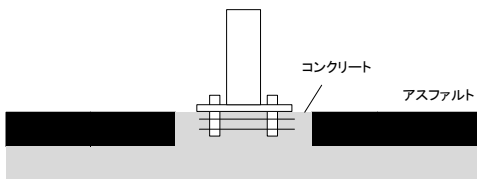


図6 橋梁用支柱の基礎形状

ベースプレート式支柱基礎のコンクリート厚 80mm として、強度計算を行った結果、アンカーボルトを固定するプレートの板厚、大きさを変更して対応することになった。開発されたベースプレート式中間支柱は、平成27年3月に開通した帯広広尾自動車道の忠類IC～忠類大樹IC間の3箇所の複合構造函渠工で採用された(写真23)。なお、当該区間には延長1,668mのワイヤロープ式防護柵が設置された。この方式により、橋梁等の構造物箇所においてもマウントアップ無しにワイヤロープ式防護柵を設置することが可能となった。



写真23 帯広広尾自動車道の複合構造函渠工に設置されたベースプレート式中間支柱

### 3.3 効果の測定

ワイヤロープ式防護柵を北海道内に導入展開していくには、防護柵の特性に適し、かつ事故対策としても緊急度の高い箇所を抽出し、重点的に取り組んでいくことが必要と考えられ、北海道内一般国道における設置候補区間の抽出の考え方を整理し、具体的な候補箇所の選定を行った。

ワイヤロープ型防護柵の導入すべき区間として正面衝突による死亡事故が発生している区間の抽出を行った。抽出は事故分析システムにより平成10年～平成19年の10年間の正面衝突事故による死亡事故発生区間(1km単位での事故集計による)のうち、市街地(DID及びその他市街地)を除いた平地部・山地部とした結果、168区間(約168km)が抽出された。死亡事故発生区間が連続していない場合は、近傍の発生箇所まで連続した整備区間と考慮し、整備候補区間93区間(約259km)を抽出した。抽出された259kmに対して、全道平均値の2倍以上、かつ、致死率が急増する曲線半径 $R < 280m$ と縦断勾配 $i \geq 4.0$ の箇所がそれぞれ存在する区間で絞り込みを行うと図7のようになり、ワイヤロープ式防護柵が効果的な対策として、136kmの区間を絞り込むことができた。

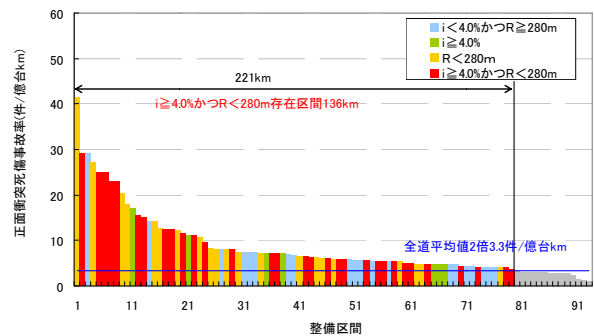


図7 正面衝突事故率による優先度曲線

ワイヤロープ式防護柵の効果測定のために、導入箇所において客観的評価・主観的評価を行った。客観的評価は、施工箇所において画像撮影を行い、車両通過位置等を計測した(写真24)。主観的評価は、道央道大沼公園・IC～森IC間の開通直後に、一般ドライバーを対象にアンケート調査を実施した。ワイヤロープ式防護柵設置区間の通過位置は、ラバーポール設置区間に比べ、通過位置(道路中央から離れ)は0.6～1.2m程度大きく、片側0.75mの中央帯幅員を考慮しても、対向車との離れが大きくなる場合が多く、効果が確認された(表10)。



写真24 通過位置の測定状況

表 10 導入箇所の車両通過位置 (平均値)

調査日	ワイヤロープ		ラバーボール	
	上り	下り	上り	下り
H25.1.19	2.5	2.1	1.5	1.3
H25.1.22	2.3	1.9	1.4	1.3
H25.2. 8	2.4	2.1	1.5	1.4
H25.3. 1	2.5	2.4	1.3	1.3

※車両通過位置は車道中央から右タイヤ側面までの距離(単位:m)

アンケート調査は、道央道・八雲 PA にて、1,000 部を配布し、郵送で 338 部を回収した。その内、155 名の方がワイヤロープ式防護柵を見たときと回答し、さらに、155 名中 132 名の方が、「片側 1 車線の区間ではワイヤロープ式防護柵を設置してほしい」と回答があり、高い支持率が得られた (図 8)

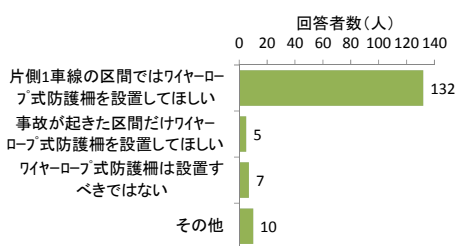


図 8 アンケート結果 (防護柵を見た印象)

### 3.4 整備ガイドライン (案) の検討

ワイヤロープ式防護柵の設置マニュアルとして、基本的な仕様、施工方法や維持管理方法等を検討し、整備ガイドライン (案) として取りまとめた。主な項目は、ガイドライン案の位置付け、ワイヤロープ式防護柵の概要、設計、施工方法、維持管理である。

ワイヤロープ式防護柵の維持管理として、重要な位置づけである張力管理方法を検討した。張力管理方法を検討するために、米国テキサス州センターケーブルバリア保守マニュアル<sup>4)</sup>に記載されている海外メーカー各社の張力管理表とネクスコ東日本北海道支社が道央道に設置したワイヤロープ式防護柵の張力と気温の測定値から得た近似式<sup>5)</sup>を参照した。海外メーカー各社の張力管理表からは、それぞれ回帰式を計算し、-15℃~45℃まで 5℃刻みで張力を計算した。海外メーカー各社の回帰式とネクスコ東日本の近似式から傾きを-0.31 に設定し、気温 20℃の時に 20kN を設定すると切片 26.2kN を得るので、管理張力は以下の式となった (図 9)。

$$\text{管理張力(kN)} = -0.31 \times \text{気温 (}^\circ\text{C)} + 26.2\text{kN}$$

得られた式から張力管理表を作成した (表 11)。

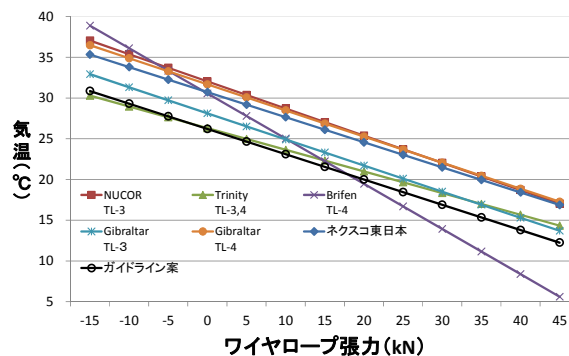


図 9 ワイヤロープ張力と気温の関係

表 11 ワイヤロープ張力管理表

気温 (°C)	管理張力 (kN)
-10	29
-5	28
0	26
5	25
10	23
15	22
20	20
25	18
30	17
35	15

## 4. 工作物衝突事故対策技術の提案

### 4.1 対策箇所の選定技術の検討

平成 23 年度は、対策箇所の選定技術の検討として、平成 12 年~平成 21 年の 10 年間に北海道の一般国道で発生した車線逸脱事故 (正面衝突、工作物衝突、路外逸脱) を分析し、事故多発区間を抽出し、車線逸脱事故多発区間における道路条件、交通特性、事故発生状況を整理した。平成 12 年から平成 21 年に北海道内の一般国道で発生した交通事故データ交通事故 66,178 件のうち、分析に使用する車線逸脱事故 (正面衝突 4,933 件、工作物衝突 1,855 件、路外逸脱 678 件) 計 7,466 件を抽出した (図 10)。

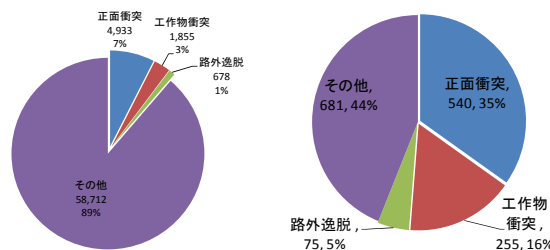


図 10 平成 12 年~平成 21 年に北海道内の一般国道で発生した交通事故件数 (左) と死亡事故件数 (右)

車線逸脱事故件数は年々減少傾向にあり、平成 12 年の 1,110 件から平成 21 年は 370 件まで約 1/3 に減少し、死亡事故件数は平成 12 年の 137 件から平成 21 年の 46

件まで、約 1/3 に減少している。抽出した車線逸脱事故多発区間は、建設部毎に事故発生状況、道路条件、交通特性を整理した。

対策箇所の選定手法を検討した結果、橋梁・トンネルへの衝突事故は、死亡事故割合が高いので、優先的に対策を行う位置づけとし、その他の工作物については、死亡事故に至りやすい特徴を検討し、縦断勾配、曲線半径、車道幅員、昼夜率、大型車交通量、平均旅行速度の指標を抽出した。これらの指標に対して得点化により重みを付ける方法を用いることとした。それぞれの特徴を得点化するにあたり、「道路構造令の解説と運用」の設計速度別の規定値、特例値を閾値とし、昼夜率、大型車交通量、平均旅行速度は、死亡事故割合が高くなった変化点の値を閾値とした(表 12)。以上の検討から、工作物衝突事故対策箇所の優先順位を 13 段階に分類した(図 11)。

表 12 指標の閾値 (設計速度 60km/h の箇所の場合)

	得点化の閾値		
	設計速度	2点	1点
縦断勾配(%)	60km/h	8%以上	5%以上
曲線半径(m)	60km/h	120m以下	150m以下
車道幅員(m)	60km/h	8.5m以下	9.5m以下
昼夜率(%)	-	1.45以上	1.20以上
大型車交通量(台)	-	1,500台以上	500台以上
平均旅行速度(km/h)	-	40km/h以上	30km/h以上

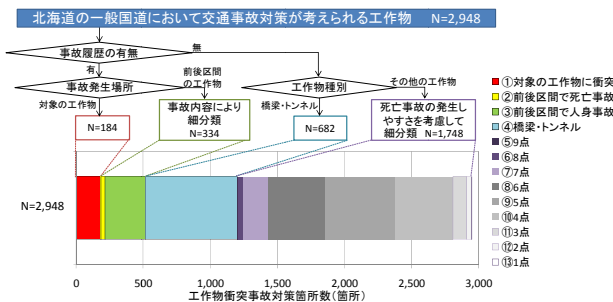


図 11 工作物衝突事故対策箇所の選定フローと箇所数

4.2 対策技術の検討

平成 24 年度は、平成 24 年 4 月、関越自動車道で起きた高速ツアーバスの防音壁衝突事故対策として、大型車対応のランブルストリップスの規格と施工方法の検討、及び、苫小牧寒地試験道路における試験施工、騒音計・振動計における客観的評価と一般道路利用者のアンケートによる主観的評価を行った。

現在、一般国道や高速道路に敷設されているランブルストリップスは、自転車や原付、自動二輪車などの軽車両への安全性を配慮しているため、切削溝が浅く、バス等の大型車への振動と音による注意喚起効果は低い。高速道路の路肩に限定して設置することを想定し、幅が大きく、深い切削溝を検討し、施工機械の開発を行った。

検討の結果、切削横幅は 350mm、500mm の 2 種類、切削深さは、15mm、18mm、21mm の 3 種類とし、計 6 種類の規格の試験施工を行った(表 13)。新しい規格のランブルストリップスを施工するために、円弧形状の突起物を鉄輪に装着させた突起型車輪を新たに開発した。切削ドラムについては突起型車輪の円弧形状の突起物の規格を調整することにより、既存の切削ドラムで所定の切削縦幅を確保した(写真 25)。

表 13 試験に用いたランブルストリップスの規格

	大型車両対応規格						現行規格	
							2条線	1条線
横幅 A	350		500				350	150
切削ピッチ B	530						300	300
縦幅 C	250	270	280	250	270	280	150	170
深さ t	15	18	21	15	18	21	12	15



写真 25 突起型車輪の形状および切削ドラム

主観的評価試験は、苫小牧寒地試験道路に 6 種類の規格を試験施工後、一般道路利用者(107 人)によるアンケート方式とした(写真 26)。評価方法は、バス、大型トラックの走行時における注意喚起効果と普通乗用車、軽自動車、自動二輪車の走行時における安全性の評価とした。その結果、大型車に対する注意喚起効果は、切削溝の横幅が大きく深い規格になるほど「効果あり」と評価する回答が多くなり、普通乗用車や軽自動車、自動二輪車への安全性の評価については、車両規格が軽量かつ切削溝の横幅が大きく深くなる規格となるに従い「危険」と回答する割合が高くなる傾向が見受けられた(図 12)。



写真 26 大型車対応規格のランブルストリップス(左)と主観的評価試験の様子(右)

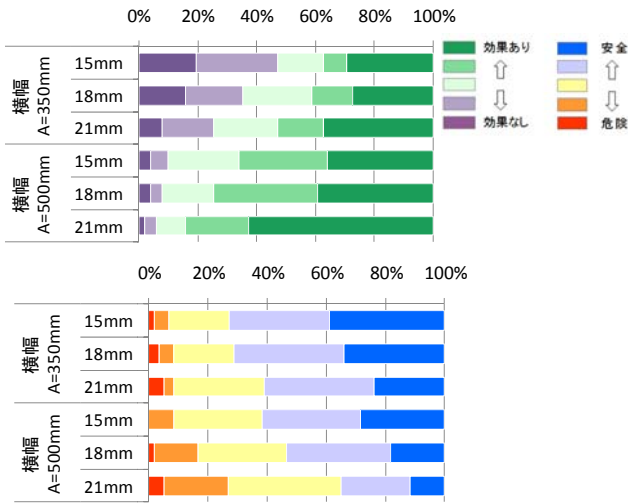


図12 アンケート結果（上：大型バス、下：軽自動車）

客観的評価は、騒音計による車内騒音、振動計による車内振動の測定を行った。測定は、試験施工の6種類の他に、現行規格の2種類の計8種類を対象とした。その結果、車内騒音は、舗装路面走行時の60~70dBから大型車対応規格で70~80dBと10dB程度高くなり、走行速度が増すと騒音レベルも高くなる傾向を示した（図13）。切削横幅や深さの違いによる騒音レベルの値については、特に大きな差は見受けられなかった。車内振動についても走行速度が増すに従って、振動レベルが高くなる傾向を示し、舗装路面走行時の90~100dBから大型車対応規格で105~120dBと15~20dB程度高くなった（図14）。車内振動においても切削幅や深さの違いによる大きな差は見受けられないが、深さ21mmの規格が他の規格よりもやや高い振動レベルの値を示した。現行規格のランブルストリップスとの比較では、5dB程度高い値の振動レベルを示した。

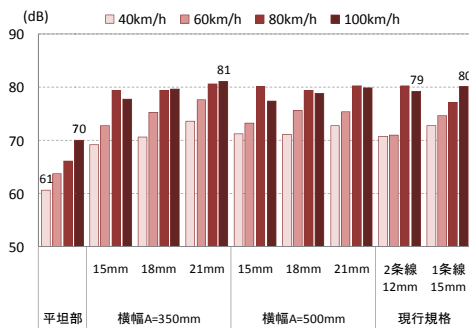


図13 大型バスにおける騒音測定結果

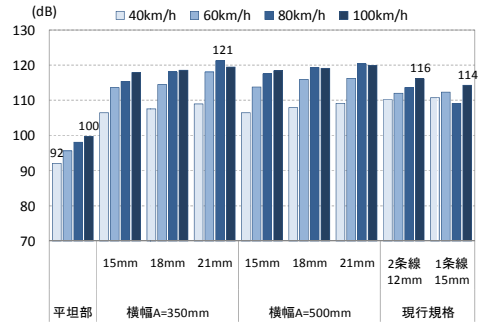


図14 大型バスにおける振動測定結果

平成25年度は、苫小牧寒地試験道路において冬期道路条件下で6種類のランブルストリップスを用いて、騒音計・振動計における客観的評価と一般道路利用者のアンケートによる主観的評価を行った（写真27）。



写真27 冬期道路条件下での試験状況

その結果、大型車両に対する警告効果では、切削溝の横幅が大きく深い規格となるに従い「効果あり」と評価する割合が高くなる傾向を示した。各規格の傾向は前年度の夏期評価試験と変わらないが、「効果無し」と評価する割合が増えた。普通乗用車や軽自動車に対する走行の安全性については、切削溝の横幅が大きく深い規格となるに従い「安全」と評価する割合が低下した。

客観的評価は、冬期路面状況下において騒音計による車内騒音、振動計による車内振動の測定を行った。車内騒音は、前年度の夏期評価試験と変わらない値を示したが、車内振動は夏期評価試験に比べ、全規格で10dB程度低い値を示した（図15、図16）。

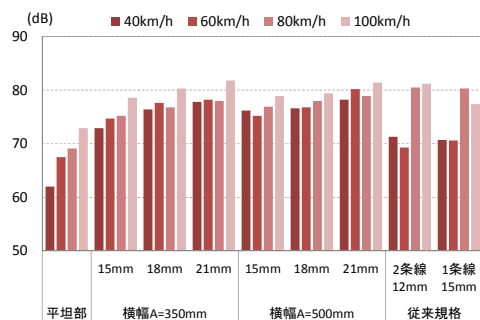


図15 大型バスにおける冬期騒音測定結果

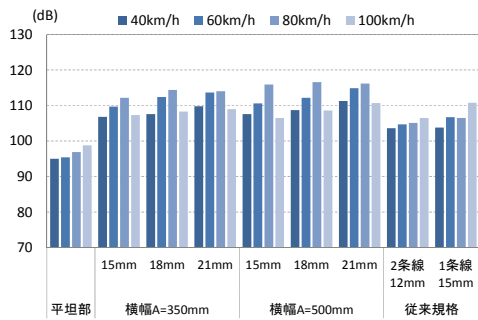


図 16 大型バスにおける冬期振動測定結果

平成 26 年度は、大型車対応のランブルストリップスの規格を検討するために、苫小牧寒地試験道路において道路管理者と交通管理者のアンケートによる主観的評価を行った。参加者は交通管理者（北海道警察）、道路管理者（北海道開発局、ネクスコ東日本）の計 39 名であった。主観評価試験は、6 種類のランブルストリップス上を走行した後、アンケート用紙に各規格の印象を回答する方式とした。アンケート内容はバス、大型トラックの走行時における注意喚起効果と普通乗用車、軽自動車、自動二輪車（中型）の走行時における安全性の 5 段階評価とした。その結果、大型バスに対する警告効果では、幅 500mm、深さ 21mm の規格が「効果あり」と評価する割合が高く、大型トラックでは幅 350mm、深さ 15、18mm の規格で「効果なし」の割合が高く、大型バスに比べ、全体的に「効果あり」の割合が低かった。軽自動車に対する安全性評価では、「危険」と感じた割合が幅 500mm、深さ 21mm で最も高かった。自動二輪車に対する安全性評価では、「危険」と感じた割合は無かった。

アンケートの最後に最適な規格に対する質問項目では、A=500mm、t=18mm が最も高い支持を得た（図 17）。

考案した 6 種類のランブルストリップスのうち、大型車両の車線逸脱事故対策として実道への導入に最も適する規格について検討を行った。検討には過年度に行った一般道路利用者による主観評価や車内の騒音や振動の測定結果を総合的に勘案して決めることとした（図 18）。

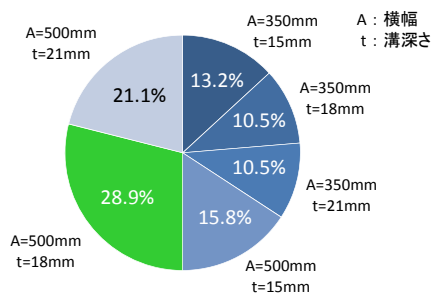


図 17 最適な規格に対する回答 (N=39)

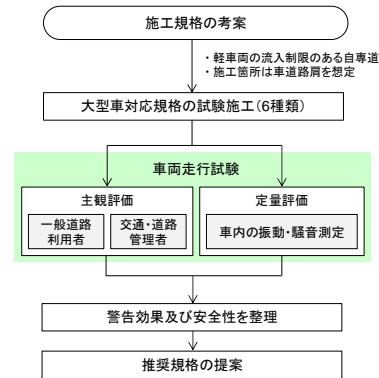


図 18 推奨規格検討フロー

各規格の主観評価と定量評価の順位に加点方式で評価した結果、実道へ設置する大型車対応のランブルストリップスの推奨規格は、横幅 A=500mm、深さ t=18mm とした（表 14）。ただし、路肩の幅員に余裕がない場合は横幅 A=350mm に変更する等、現地の道路交通環境に対応した規格を検討することが望まれる。

表 14 総合評価結果一覧

横幅 A	350			500		
	15	18	21	15	18	21
主観評価	効果	△	△	○	△	○
	安全	○	○	○	○	○
定量評価	△	△	△	○	○	○
総合評価(点数)	4	4	5	5	6	5

○ × +2 △ +1 × × 0

### 4.3 対策マニュアルの検討

平成 27 年度は工作物事故対策マニュアル（案）を策定するために、工作物衝突事故分析、事故多発箇所の抽出及び多発箇所の現地調査、対策箇所選定手法の検証、工作物衝突事故対策に関する対策事例集を取りまとめた。

工作物衝突事故は平成 16 年～平成 25 年の 10 年間の人身事故について、1,602 件の車線逸脱事故を抽出した。事故データの項目と死傷事故、死亡事故、致死率（死亡事故/死傷事故）に着目し、工作物衝突事故の発生特性を分析した。その結果、死亡事故は 8 月に多いが、死傷事故は 11～12 月に多く、工作物別では防護柵が多いことなどが明らかになった。工作物衝突事故データと H22 道路交通センサス区間と関連付けて、北海道開発局の開発建設部毎に事故多発区間を抽出し、事故多発区間の位置、特徴について整理した（表 15、表 16）。

表 15 工作物衝突事故多発箇所の一例

開建	rank	区間番号	路線名	起点	～	終点	区間延長 (km)	事故類型		合計
								工作物衝突	路外逸脱	
札幌	1	1300120210	一般国道12号	一般国道337号	～	江別市・岩見沢市 境	6.3	11	1	12
札幌	2	1304530090	一般国道459号	恵庭岳公園線	～	支笏湖線	11	11	1	12
札幌	3	1302300110	一般国道230号	川沿石山連絡線	～	小樽堂山連絡線	13.8	11	0	11
札幌	4	1300360210	一般国道36号	豊原金山線	～	江別東原線	3.4	9	0	9
札幌	4	1304530060	一般国道453号	真駒内御料札幌線	～	南区・恵庭市 境	7.6	8	1	9

表 16 車線逸脱事故多発区間の特徴整理結果の一例

No	区間番号 路線番号 起点・終点	区分	特徴
1	1300120210 国道 12 号 国道 337 号 江別市・岩見沢市境	立地特性 事故発生 特性 交通特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>江別市内の平地部</li> <li>重傷事故の割合が多い</li> <li>春、乾燥した路面での割合が多い</li> <li>交差点、直線、平坦、幅員 19.5m 以上、歩車道区分は縁石ブロック等が多い</li> <li>乗用車、年齢は 16~24 歳以下の割合が高く、安全運転義務違反の割合が多くなる</li> <li>交通量は多いが、混雑時・昼間非混雑時の旅行速度が高く、混雑度は低い。</li> </ul>

現地調査は事故多発区間からカーブ区間の 2 カ所を抽出し、工作物設置位置の計測と通過車両の走行速度と走行位置を測定した。調査の結果、小型車に比べ大型車の走行位置は外側線の近くを走行し、工作物衝突事故の危険性が高いと考えられること、走行速度が高くなるほど、走行位置が中央線に近くなり、工作物衝突事故の危険性が高くなるとは言えないことが明らかになった(図 19)。

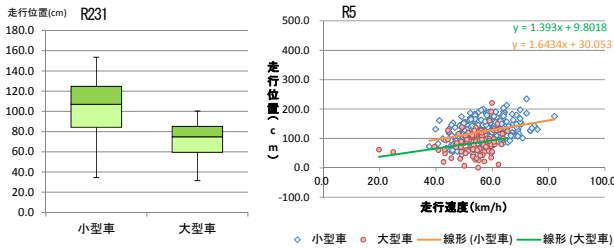


図 19 通過位置(外側線からの離れ)と走行速度の一例

平成 23 度に策定した得点化方式の事故対策箇所選定手法を整理し、平成 16 年から平成 25 年の交通事故データと平成 22 年度道路交通センサスの交通量データを使って、評価指標と致死率の相関関係について検証した。その結果、6 項目中 4 項目で設定手法による得点と致死率の整合性が図れていなかったため、指標を追加し、閾値の修正を行い、致死率による評価を行った(表 17)。修正した事故対策箇所選定手法について、適用可能性の検証を行った結果、平成 23 度に策定した手法に比べ、見直した手法の方が相関係数は高く、見直した手法においては、致死率の違いにより配点を変えたケース B の方が相関係数は高いことが明らかになった。

表 17 追加指標項目及び閾値の修正の検証

評価項目	検討結果	閾値	得点	
			A	B
昼間非混雑時旅行速度(上下最大)	・昼間非混雑時旅行速度(上下最大)が高いほど、致死率が高くなる傾向がある。 ・40km/h 以上で致死率が平均を上回る	60km/h 以上 (致死率 15.2%) 40km/h 以上 (致死率 11.5%)	1	2
最大縦断勾配	・最大縦断勾配が高いほど、致死率が高くなる傾向がある。 ・5% 以上で致死率が平均を上回る	5% 以上 (致死率 14.5%) 5% 以上 (致死率 13.5%)	1	2
昼夜率	・昼夜率(夜間交通量の割合)が高いほど、致死率が高くなる傾向がある。 ・昼夜率が 1.33 以上の時に、致死率が平均を上回る	得点化しない	-	-
夜間交通量	・夜間交通量が多いほど致死率が高いとは言いえない	得点化しない	-	-
夜間大型交通量	・夜間交通量が多いほど致死率が高いとは言いえない	得点化しない	-	-
最小曲線半径	・最小曲線半径が小さいほど、致死率が高くなる傾向がある。 ・80m 未満の時に、致死率が平均を上回る。 ※150m 以上では速度向上の影響があると考えられるため採用しない。	60m 未満 (致死率 14.2%)	1	1
車道幅員	・車道幅員が小さいほど致死率が低い傾向にあるが、2 車線における折角の傾向と整合がとれない。	1.3 以上	-	-
中央分離帯設置の有無	・中央分離帯が設置されていない時に、致死率が平均よりも高い傾向にある。	設置なし (致死率 14.5%)	1	2
防護柵設置の有無	・防護柵が設置されていない時に、致死率が平均よりも高い傾向にある。	設置なし (致死率 18.5%)	1	3

工作物衝突事故に関する検討成果を基に、『工作物衝突事故対策に関する対策立案マニュアル(案)』を編集した。マニュアル(案)では現地調査のポイントや工作物衝突事故の発生過程に対応した対策事例集等を以下の項目に取りまとめた(表 18)。

- ① 工作物衝突事故発生状況に関する分析結果
- ② 優先度選定手法(得点化方式)
- ③ 工作物衝突事故対策の現地調査方法
- ④ 工作物事故対策事例集
- ⑤ まとめ

表 18 実際の現地状況を踏まえた対策事例

	現状	対策案 1	対策案 2
イメージ			
問題点と対策	主カーブの内側 柱の半防護、防護柵端部の半防護 ラングソルトの乱立	端部防護柵の設置により防護柵端部と橋脚を保護 橋脚ラングソルトの設置	端部防護柵の設置により防護柵端部と橋脚を保護 柱型橋脚を柱型式に変更 速度抑料を併設した橋脚ラングソルトの設置
経済性		端部防護柵ボーダーレール 4m x 3,000 円/m x 30 年 橋脚ラングソルト 100m x 1,000 円/m x 100 年 合計 130 万円	端部防護柵ボーダーレール 4m x 3,000 円/m x 30 年 橋脚柱型橋脚 20,000 円/柱 x 5 本 x 40 年 橋脚ラングソルト 100m x 1,000 円/m x 100 年 合計 170 万円
メリット		ボーダーレールの設置により、歩道側区間の露出工作物(橋脚・防護柵端部)を防護することができる (橋脚・防護柵端部)を防護することができる はね込みが軽減しやすい	ボーダーレールの設置により、歩道側区間の露出工作物(橋脚・防護柵端部)を防護することができる 橋脚露出による歩道側歩道幅が減少される はね込みが軽減しやすい
デメリット		ボーダーレールとする事で、設置時に防護柵半側に壁が建てる可能性がある。(ボーダーレールを採用することで、影響が軽減される。)	橋脚露出の歩道側内を覆うに設置する必要がある ボーダーレールとする事で、設置時に防護柵半側に壁が建てる可能性がある。(ボーダーレールを採用することで、影響が軽減される。)

5. まとめと今後の課題

ワイヤロープ式防護柵の開発は、平成 23 年度に CG シミュレーションによる検討、苫小牧寒地試験道路においてテストドライバー運転による大型貨物車実車衝突実験、国土総合政策研究所の衝突実験施設において防護柵設置基準に定める分離帯用 Am 種(高速道路)の性能確認試験を行った。また、効率的な施工方法を確立するために、スリーブ打ち込み治具を作成し、試験施工を実施した。

平成 24 年度には、CG シミュレーションによる B 種の仕様検討、ワイヤロープが 5 段、支柱間隔が 4m と 4 段、3m の構造案の 2 種類の仕様の防護柵を試作した。また、冬期間の暫定 2 車線区間において故障車が発生した状況を再現し、すれ違い時の走行試験を行った。夜間認知性評価試験からワイヤロープ式防護柵に適したゴム製デリネーターを開発した。さらに、効果の測定として、導入箇所において画像撮影を行い、車両通過位置等を計測し、一般ドライバーを対象にアンケート調査を実施した。

平成 25 年度には、Bm 種(一般道路)向けの仕様を苫小牧寒地試験道路に試作し、テストドライバー運転による大型貨物車実車衝突実験の実施、国土総合政策研究

所の衝突実験施設において Bm 種（一般道路）の性能確認試験を行った。また、実道への導入に向け、橋梁等の構造物箇所に向けた仕様の検討、支柱基礎や支柱を試作し、支柱衝突実験を実施した。

平成 26 年度には、張力低下時における性能向上対策のために連結材を開発し、テストドライバーによる実車衝突実験を行った。

平成 27 年度には、連結材の最適な仕様を検討するために大型貨物車実車実験を行い、連結材を使った防護柵の性能確認試験を行った。また、ワイヤロープ式防護柵の設置マニュアルとして、基本的な仕様、施工方法や維持管理方法等を検討し、整備ガイドライン（案）として取りまとめた。

今後は連結材を使った性能確認再試験を行い、性能向上を計った仕様を確定すると共に、既設道路への効率的な施工方法や適切な維持管理方法を検討し、2 車線道路におけるワイヤロープ式防護柵の活用促進を進める予定である。

工作物衝突事故対策手法の提案は、平成 23 年度に平成 12 年～平成 21 年の 10 年間に北海道の一般国道で発生した車線逸脱事故（正面衝突、工作物衝突、路外逸脱）を分析し、事故多発区間を抽出し、車線逸脱事故多発区間における道路条件、交通特性、事故発生状況を整理し、対策箇所の選手法を検討した。

平成 24 年度には、大型車対応のランブルストリップの規格と施工方法の検討、及び、苫小牧寒地試験道路における試験施工、騒音計・振動計における客観的評価と一般道路利用者のアンケートによる主観的評価を行った。

平成 25 年度には、大型車対応のランブルストリップ

スの規格を検討するために苫小牧寒地試験道路において、冬期道路条件下で客観的評価と主観的評価を行った。

平成 26 年度には、大型車対応のランブルストリップの規格を検討するために苫小牧寒地試験道路において、道路管理者と交通管理者による主観的評価を行い、設置に向けた推奨規格を提案した。

平成 27 年度には工作物事故対策マニュアル（案）を策定するために、工作物衝突事故分析、事故多発箇所の抽出及び多発箇所の現地調査、対策箇所選定手法の検証、工作物衝突事故対策に関する対策事例集を取りまとめた。

今後は大型車対応ランブルストリップの試験導入と工作物衝突事故対策マニュアル(案)の普及を進める予定である。

#### 参考文献

- 1) 平澤匡介、相田尚、浅野基樹、斎藤和夫：新しい事故対策手法としてのランブルストリップの開発と実用化に関する研究、土木学会論文集 第4部門 NO.800/IV-69、2005
- 2) 齊藤進、丸山正、山内智：暫定二車線区間に導入した新型防護柵「ワイヤロープ式防護柵」の維持管理手法について、平成 25 年度北海道開発技術研究発表会、2014
- 3) 平澤匡介、渡邊政義：2 車線道路におけるワイヤロープ式防護柵の開発、寒地土木研究所月報第 713 号、2012
- 4) Cable Median Barrier Maintenance Manual、Texas Department of Transportation、2008
- 5) 齊藤進、丸山正：ワイヤロープ式防護柵の張力管理について―道央道の事例報告―、第 31 回日本道路会議、2015

## A STUDY ON THE LANE DEPARTURE ACCIDENT COUNTERMEASURE TECHNOLOGY IN SUBURBAN AREAS

**Budgeted:** Grants for operating expense  
General account

**Research Period:** FY2011-FY2015

**Research Team:** Cold Region Road Engineering  
Research Group (Traffic  
Engineering Research Team)

**Author:** ISHIDA Tateki  
TAKAHASHI Naoto  
HIRASAWA Masayuki  
TAKADA Tetsuya

### **Abstract:**

Recently, number of fatalities due to traffic accidents is in a downward tendency in Japan. However, a road safety measure is still an important measure. In order to reduce fatalities further, it is necessary to prevent the lane deviation accidents at the places where fatality rate is high in suburban areas.

In this study, the development of wire rope barrier systems and the proposal of fixed object crash countermeasure technology are examined to prevent the lane departure accidents in suburban areas.

**Key words:** road safety, head-on collision, fixed object crash, countermeasure, wire rope barrier systems