

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、ワイヤー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、ワイヤーロープ式防護柵の開発を行う。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う。

キーワード：交通安全、正面衝突、工作物衝突、事故対策、ワイヤーロープ式防護柵

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)

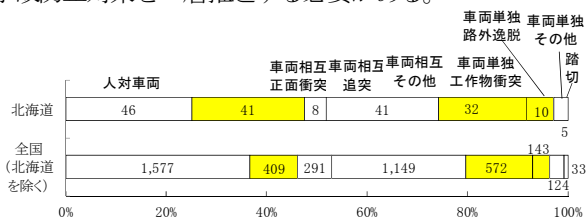


図1 北海道と全国の事故類型別死亡事故件数(平成23年)

(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、ワイヤー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、ワイヤーロープ式防護柵の開発を行う。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う。

2. 研究実施内容

平成 25 年度は、ワイヤー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。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。

(1)ワイヤーロープ式防護柵の開発

ワイヤーロープ式防護柵の道路区分に対応した性能・仕様検討として、Bm 種（一般道路）向けの仕様を検討し、CG シミュレーションの結果から 2 種類の仕様の防護柵を苫小牧寒地試験道路に試作した。試作したワイヤーロープ式防護柵に対して、テストドライバー運転による大型貨物車実車衝突実験を行い、防護柵設置基準の値を満足する仕様を決定した。また、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 Bm 種（一般道路）の性能確認試験を行い、その規定値を満足する結果により合格した。

実道への導入に向け、橋梁等の構造物箇所に向けた仕様を検討し、支柱基礎や支柱を試作し、クレーンから吊した重錘による支柱衝突実験を実施した。その他、サグ・クレスト・急カーブの条件で試験施工を行った結果、サグ区間への設置に課題が見つかり、支柱と支柱キャップに対策仕様を開発した。

(2)工作物衝突事故対策手法の提案

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。

3. ワイヤー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 25 年度は、Bm 種（一般道路）向けの仕様を CG シミュレーションで検討し、最終的に 2 種類の仕様（表 1、写真 1）の防護柵を苫小牧寒地試験道路に施工した。

表 1 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
ワイヤーロープ	3×7φ18, 5段	3×7φ18, 4段
地表からワイヤーロープまでの高さ	1段：970mm	1段：860mm
	2段：860mm	2段：750mm
	3段：750mm	3段：640mm
	4段：640mm	4段：530mm
	5段：530mm	
支柱の高さ	1030mm	920mm



写真2 2種類の仕様の防護柵設置状況
(左: ワイヤーロープ5段, 右: 同4段)

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車両を運転し、「防護柵設置基準・同解説」の Bm 種に対応した防護柵性能確認試験と同じ条件で行った。ただし、乗用車の衝突条件 B は危険が伴うため、大型貨物車の衝突条件 A による実車衝突実験を行った。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 (写真3)。



写真3 2種類の仕様の防護柵設置状況
(左: 仕様1, 右: 仕様2・張力20kN)

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 2、写真4)。

表 2 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)	19.7	23.6	23.3
離脱速度 (%) ※3	59.5	70.9	66.1
離脱角度 (度)	0	5.24	0
離脱角度 (%) ※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



写真4 衝突後の防護柵破損状況
(左: 仕様1, 中: 仕様2・1回目, 右: 仕様2・1回目)

仕様1の実車衝突実験では、後輪が最下段のワイヤーロープをまたぎ、もう少しで離脱できそうであった。仕様2・1回目では、タイヤがワイヤーロープをまたぐことなく離脱した。仕様2・2回目では、ワイヤーロープ下3本が後輪に踏みつけられ、タイヤが浮いたまま停止した。

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。

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5、表3)。



写真5 防護柵設置状況

表3 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 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 (20.65)	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 質量(t)	衝突速度 (km/h)	衝突角度 (度)
1.0 (1.04)	60.0 (60.3)	20.0 (20.4)

・地盤条件: 標準地盤上
(表層はアスファルト舗装: 120mm)
・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: 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、大型車が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6、表4)。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/s²/10ms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(大型車66.9%、乗用車62.7%)、離脱角度が衝突角度の6割以下(大型車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Bm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6 車両衝突時の状況

表4 性能確認試験の結果

測定項目	条件区分	計測項目	試験結果(基準の可否)
車両の逸脱防止性能	防護柵の強度性能	A 防護柵の損傷	・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ている。
	防護柵の変形性能	A 最大進入行程	・車両の進入行程が1.1m以下であること。 ○ 最大進入行程は、0.65mであり、必要とする変形性能を有している。
乗員の安全性能	B	車両重心加速度	・10ms移動平均値が90m/s ² /10ms未満であること。 ○ X: 82.0 m/s ² /10ms (防護柵軸方向) ○ Y: 44.6 m/s ² /10ms (防護柵横軸方向)
車両の誘導性能	共通	車両の挙動	・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。
	共通	離脱速度	・離脱速度は衝突速度の6割以上であること。 ○ 衝突条件A: 衝突速度 35.0km/hの66.9% (23.4km/h) ○ 衝突条件B: 衝突速度 60.3km/hの62.7% (37.8km/h)
	共通	離脱角度	・離脱角度は衝突角度の6割以下であること。 ○ 衝突条件A: 衝突角度 14.6度の 0% (0度) ○ 衝突条件B: 衝突角度 20.4度の23.5% (4.8度)
構成部材の飛散防止性能	共通	部材の飛散状況	・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。

実道への導入に向け、道路条件に適した設置方法・構造等について仕様検討を実施した。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7)。



写真7 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(写真8)。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。



写真8 衝突の支柱及びスリーブ損傷状況
(左: 土中建て込み、右: 短尺スリーブ)

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(写真9)。



写真9 衝突の支柱及びスリーブ損傷状況 (5cm 突出)

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10)。



写真10 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)

3.2 施工・維持管理技術の開発

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結果、サグ区間では気温低下時に最上段のワイヤロープが浮き上がり、キャップを飛ばす課題が明らかになった。そこでキャップの飛散を防止するため、支柱

には切り欠き、キャップには突起を追加し、経過を観測した結果、冬期間の張力上昇においてもキャップが飛散しないことを確認した(写真11)。



写真11 サグ区間のキャップ飛散状況と防止対策

4. 工作物衝突事故対策技術の提案

4.1 対策技術の検討

平成25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12)。

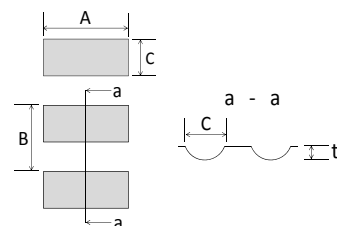


写真12 大型車両対応のランブルストリップス

苫小牧寒地試験道路において平成24年度に試験施工を行った6種類のランブルストリップスを用いて、大型自動車二種免許等の所持者による主観評価試験を実施した(表5)。

表5 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



主観的評価試験は、被験者が走行コース内に施工した

6種類のランブルストリップ上を、冬期の気象条件に伴う自動車専用道路の最高速度規制 50km/h を参考として走行した後、アンケート用紙に各規格の印象について回答を記入した。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、軽自動車の走行時における安全性の評価とした。

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(図2)。最も「効果あり」の占める割合が高い規格は、大型バスでは切削横幅350mm、500mm、深さはともに21mmであり、次いで切削横幅500mm、深さ18mmであった。一方、大型トラック、大型バスともに深さ15mmの規格は「効果なし」の占める割合が高かった。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」と評価する被験者の割合が低下した。

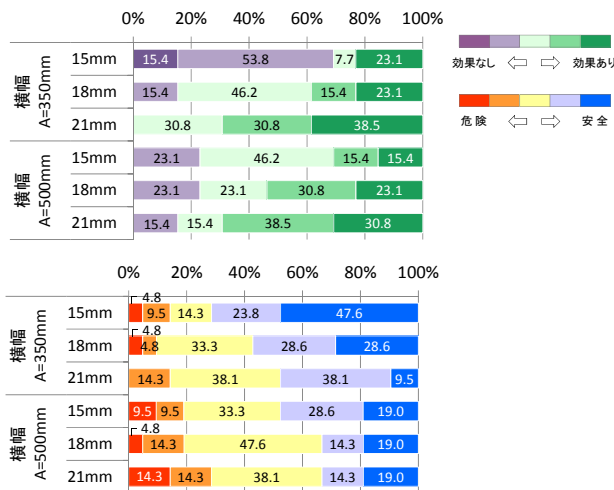


図2 アンケート結果の一例(上:大型バス、下;軽自動車)

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。測定は、試験施工の6種類の他に、実道に普及している2種類の規格を加えた計8種類を対象とした。

車内騒音は、舗装路面上の値が60dB前半~70dB前半であったことに対して、大型車両対応ランブルストリップ上では70dB前半~80dB前半まで上昇した(図3)。切削横幅の違いによる差は見受けられなかったが、切削溝が深くなるに従い値が高くなる傾向を示した。車内振動は、舗装路面上の値が95~99dBであったことに対して、大型車両対応ランブルストリップ上では、107~117dBまで上昇した(図4)。なお、いずれの規格も

走行速度が80km/hまでは振動レベルは上昇傾向を示したが、100km/hでは40km/hと同等の振動レベルまで低下した。また、切削横幅や切削溝の深さによる大きな差は見受けられないが、切削横幅350mmよりも切削横幅500mmの規格の方が僅かながら振動レベルが高くなる傾向を示した。実道に普及している規格と比べ、大型車両対応ランブルストリップは3~10dB程度高い値を示した。

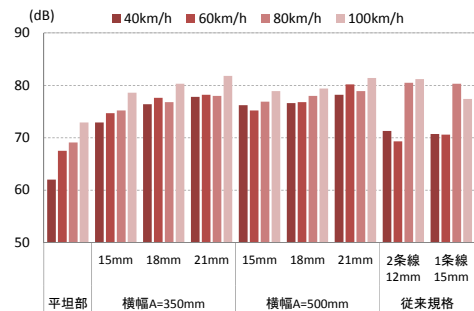


図3 大型バスにおける騒音測定結果

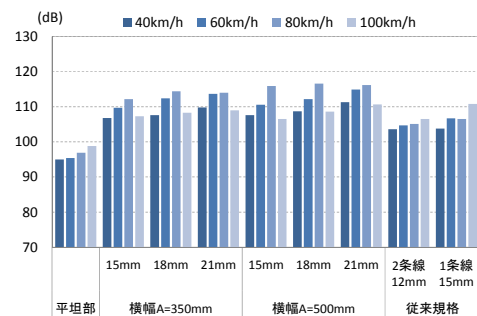


図4 大型バスにおける振動測定結果

5. まとめと今後の課題

平成25年度は、ワイヤーロープ式防護柵の道路区分に対応した性能・仕様検討として、Bm種(一般道路)向けの仕様を検討し、CGシミュレーションの結果から2種類の仕様の防護柵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を行い、防護柵設置基準の値を満足する仕様を決定した。また、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Bm種(一般道路)の性能確認試験を行い、その規定値を満足する結果により合格した。

実道への導入に向け、橋梁等の構造物箇所に向けた仕様を検討し、支柱基礎や支柱を試作し、クレーンから吊した重錘による支柱衝突実験を実施した。その他、サグ・クレスト・急カーブの条件で試験施工を行った結果、サグ区間への設置に課題が見つかり、支柱と支柱キャップ

に対策仕様を開発した。

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。

今後は、幅員 12m の自動車専用道路への導入の検討や張力低下に伴う性能の把握と対策の検討を行う予定である。また、様々な道路条件に適応した構造や設置方法、効率的な施工方法や適切な維持管理方法の検討、導入効果の測定を行い、整備ガイドライン（案）のとりまとめ

に向けて、取り組む予定である。

工作物衝突事故対策手法の提案に向けては、大型車対応のランブルストリップスの規格を決定し、実道に試験導入を行う予定である。

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ス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

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 guardrail 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 guardrail systems