

## 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）

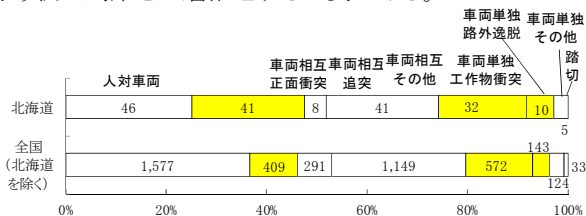


図1 北海道と全国の事故類型別死亡事故件数(平成23年)

(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 26 年度は、ワイヤー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。また、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、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。

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、試作品による支柱衝突実験から使用を決定し、帯広広尾自動車道に導入された。

### (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、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。

## 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 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。

ワイヤーロープ式防護柵は、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ーロープ式防護柵では 1 年間に 17.9kN の張力変動があることを確認した<sup>2)</sup>。張力が低下すると車両衝突時のたわみが大きくなることが予想され、苫小牧寒地試験道路で行った Bm 種仕様決定前の衝突実験では、20kN の張力で最大進入行程が 0.670m に対して、10kN の張力では 0.797m であった。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、A 種性能確認試験<sup>3)</sup>と同じ仕様（ロープ段数：5、最上段ロープ高さ：970mm、支柱間隔：3m、支柱径：φ89.1mm、支柱板厚：4.2mm）で張力を 20kN から

15kN に変更して、大型車の衝突実験を行うこととした。平成 26 年 9 月 30 日に苫小牧寒地試験道路で実験を行った結果、最大進入行程は 1.18m を記録し、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>4)</sup>。離脱速度は 45.9km/h となり、進入速度の 87.1%、車両は離脱できず、離脱角度は 0 度、進入角度の 0% であった。車両衝突時はワイヤーロープの下方 4 段が車両下に巻き込まれた（写真 2）。なお、平成 23 年の実験では下方 3 段であった。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 3）。衝突時の映像を詳細に分析した結果、張力が低いので、タイヤがロープを引き下げる動作が速く、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 2 衝突時の状況



写真 3 衝突後の状況（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、大型車が衝突したときに、車両下にワイヤー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 4）。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、ワイヤー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、大型車両衝突時に最上段のロープが車体にくっ込むことを利用し、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。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ーロープに固定し、もう一方を最下段のワイヤーロープの下を通した後に再び最上段のワイヤーロープに固定する(写真5)。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、落石防護網等の留め具として使用されているものである。連結材が間隔保持材と違う点は、最下段のワイヤーとの間に余裕長が有るため、車両衝突時点では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。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も性能を確保することの他に、本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設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カ所で、1カ所当たりの取り付け時間は約1分であった(写真6)。



写真4 間隔保持材



写真5 連結材



写真6 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回行った大型車衝突実験の防護柵諸元を表1に示す。

表1 連結材を活用した大型車衝突実験の防護柵諸元

|       | 連結材   |       | 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) |
|-------|-------|-------|----------|-------|--------------|---------|---------|----------|
|       | Xcm   | Ycm   |          |       |              |         |         |          |
|       | 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2に示す。CASE1では、ワイヤー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種の大型車衝突実験で過去最低値を記録した(写真7)。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。分析の結果、車両衝突時にストラップが残り、最下段のロープが下げられた事が原

因と推察した。支柱破断の対策として連結材の長さを62cmから46cmに短くすることにした。

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8)。全ての項目で防護柵設置基準を満足した。ただし、連結材が外れ、ワイヤーロープの下方3段が車両下に巻き込まれた。連結材の外れ対策として最上段への巻き付き長さを30cmから50cmに変更した。

CASE3では張力を12kNまで下げ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(写真9)。張力が低いことの影響から最下段のロープが高速で下げられ、連結材が破断し、ロープの下方2段が車両下に巻き込まれた。すぐに上方3段も車両下に巻き込まれ、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。また、12番目の支柱のスリット右側が破断した。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ものの、張力低下時には逆に増加させる可能性もあることが明らかになった。

表2 連結材を活用した大型車衝突実験結果

| 項目                      | 仕様・実施年月 | CASE1    | CASE2    | CASE3    |
|-------------------------|---------|----------|----------|----------|
|                         |         | 平成26年10月 | 平成26年11月 | 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) <sup>※1</sup>   |         | 137.5    | 137.6    | 141.0    |
| 最大進入行程(m) <sup>※2</sup> |         | 0.67     | 0.96     | 1.50     |
| 離脱速度(km/h)              |         | 38.1     | 44.0     | 39.0     |
| (%) <sup>※3</sup>       |         | 74.9     | 85.4     | 77.7     |
| 離脱角度(度)                 |         | 0.2      | 0        | 0        |
| (%) <sup>※4</sup>       |         | 1.3      | 0        | 0        |

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



写真7 CASE1 (左: 連結材, 右: 衝突時の状況)



写真8 CASE2 (左: 連結材, 右: 衝突時の状況)



写真9 CASE3 (左: 連結材, 右: 衝突時の状況)

### 3.2 施工・維持管理技術の開発

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に設置される。分離帯に車両が衝突した場合、車両のジャンプにより、ワイヤー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、車道舗装面と同じ高さで、支柱を設置できる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(図2)。

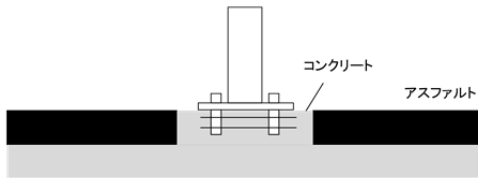


図2 橋梁用支柱の基礎形状

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(図3)。

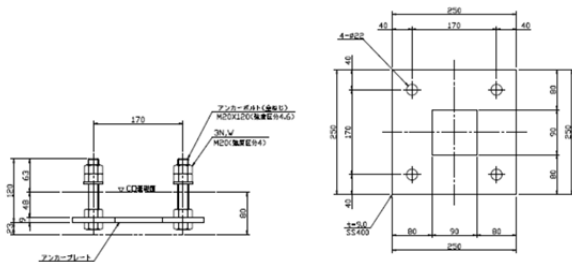


図3 アンカーボルト (左) とアンカープレート (右)

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10)。なお、当該区間には延長1,668mのワイヤー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ーロープ式防護柵を設置することが可能となった。



写真10 帯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

## 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26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。

ランブルストリップスは平成24年度に試験施工を行った6種類を用いた。(表3、写真12)。参加者は交通管理者(北海道警察)13名、道路管理者(北海道開発局、ネクスコ東日本)26名の計39名であった。

表3 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  |

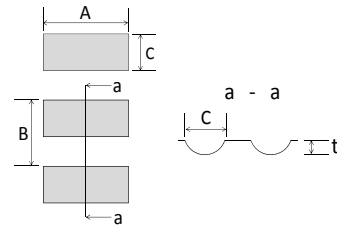


写真12 大型車対応ランブルストリップス (左: 幅350mm, 右: 幅500mm)

主観評価試験は、道路管理者と交通管理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（図4）。

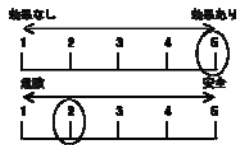


図4 5段階評価の例（上：警告効果、下：安全性）

その結果、大型バスに対する警告効果では、A=350mm、t=15 の『効果なし』の割合がやや高く、A=500mm、t=21mm の『効果あり』の割合が他の規格より高い（図5）。大型トラックでは A=350mm、t=15、18mm、A=500mm、t=15mm の『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』の割合が低い。

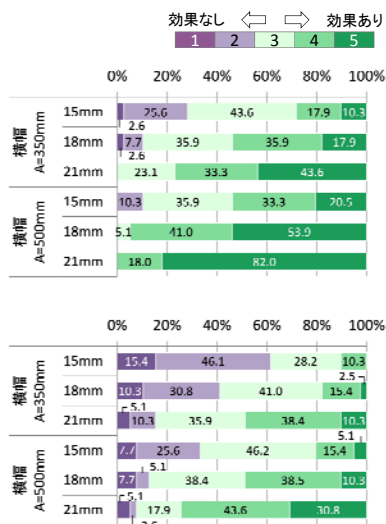


図5 大型車の警告効果回答（上：大型バス、下：大型トラック、N=39）

軽自動車に対する安全性評価では、『危険』と感じた割合が A=500mm、t=21mm で最も高く、次いで、A=350mm、t=21mm、A=500mm、t=18mm が高い（図6）。

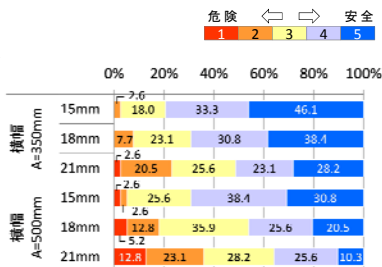


図6 軽自動車の安全性評価回答（N=39）

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が、A=350、500mm とともに t=15mm で『やや危険』と感じた回答があった（図7）。

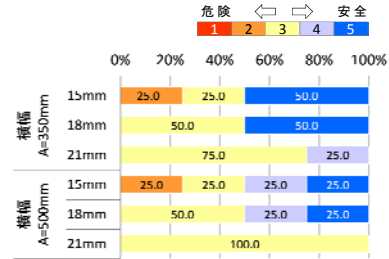


図7 軽自動車の安全性評価回答（N=4）

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8）。

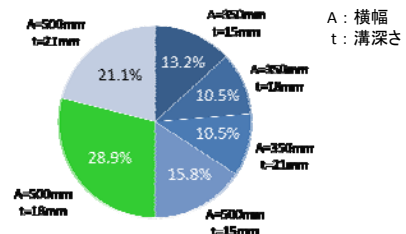


図8 軽自動車の安全性評価回答（N=39）

考案した6種類のランブルストリップのうち、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9）。

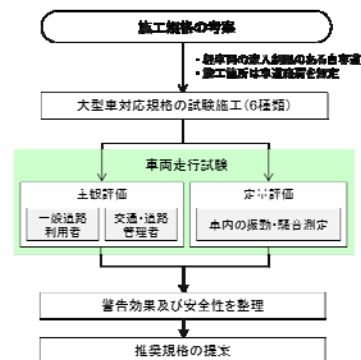


図9 推奨規格検討フロー

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の推奨規格は、横幅 A=500mm、深さ t=18mm とした（表4）。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4 総合評価結果一覧

| 項目     | 1号機 |     |     | 2号機 |     |     |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|        | 1号機 | 2号機 | 3号機 | 1号機 | 2号機 | 3号機 |
| 安全性    | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   |
| 耐久性    | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   |
| コスト    | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   |
| 設置・撤去  | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   |
| メンテナンス | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   |
| その他    | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   | ○   |

5. まとめと今後の課題

平成 26 年度は、ワイヤー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。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、試作品による支柱衝突実験から使用を決定し、帯広広尾自動車道に導入された。

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、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。

今後は、張力低下時における性能向上対策のために連結材の最終仕様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し、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試験設置を検討する予定である。

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
- 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「ワイヤーロープ式防護柵」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車線道路における緩衝分離構造の開発、第 32 回交通工学研究発表会論文集、2012
- 4) 平澤匡介、渡邊政義：2車線道路におけるワイヤーロープ式防護柵の開発、寒地土木研究所月報第 713 号、2012

## 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