

# 北海道の2車線道路における 緩衝分離構造の検討について

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 ○平澤 匡介  
武本 東  
葛西 聡

北海道は、正面衝突による死亡事故が多発しており、その割合は全国の約2倍である。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、物理的に車線逸脱を防ぐことが求められるが、従来の中央分離帯では、拡幅等を伴うため費用が高額になり、設置が限られている。本稿は、緩衝機能があり、設置コストや必要幅員が少なく、欧米で既に導入されている細い支柱を有するワイヤーロープ式防護柵を北海道の2車線道路の分離施設として導入するために、道路構造令や防護柵設置基準等の適用性を検討し、苫小牧寒地試験道路に試験施工を行った結果を報告するものである。

キーワード：交通安全、防護柵、正面衝突、2+1車線、ワイヤーロープ式防護柵

## 1. まえがき

北海道は、積雪寒冷地でかつ、広域分散型社会を形成し、郊外部の国道は走行速度が高くなりやすく、一度交通事故が起きると死亡事故に至りやすい。郊外部の国道は、大部分が非分離の2車線道路であるために、正面衝突による死亡事故が多い。正面衝突事故の対策は、中央分離帯、センターポール、チャッターバーなどが挙げられるが、中央分離帯は高価であり、センターポールやチャッターバーは除雪作業の支障となるので、広く普及していない。

(独) 寒地土木研究所は、これらの課題を解消する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<sup>1)</sup>。ランブルストリップスは、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、従来の中央分離帯では、拡幅等を伴うため費用が高額になり、設置が限られている。

本稿は、緩衝機能があり、設置コストや必要幅員が少なく、欧米で既に導入されている細い支柱を有するワイ

ヤーロープ式防護柵を北海道の2車線道路の分離施設として導入するために、道路構造令や防護柵設置基準等の適用性を検討し、苫小牧寒地試験道路に試験施工を行った結果を報告するものである。

## 2. 正面衝突事故発生状況と課題

### (1) 正面衝突事故の発生状況

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16年度まで13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17年から平成20年まで4年連続で返上したが、平成20年の交通事故死者数は依然228人で、致死率も全国平均の約1.6倍と未だに深刻な状況が続いている。全道路種別では、国道において死亡事故件数が最も多く発生しており、最も多い事故類型は正面衝突で、全体の26%を占める。その割合は全国に比べ約2倍以上である(図-1)。

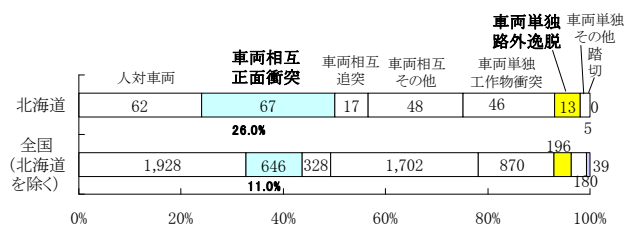


図-1 事故類型別死亡事故件数(H18)

### (2) ランブルストリップスの普及

ランブルストリップスは、中央分離帯のように物理的に正面衝突を防ぐことができないが、施工費用は、チャッターバーの1/5以下、センターポールの1/3以下と安価で、維持管理費用も掛からない。その結果事故減少効果による便益が大きく、費用対効果も高くなる。さらに、積雪寒冷地域における除雪作業の支障とならないので、正面衝突事故対策として、道路管理者から大きく評価さ



写真-1 ランブルストリップス(左: R237、右: R275)

れ、平成14年に初めて設置されてから、平成20年3月末までに北海道内の国道、道道の約1,140kmに達し、急速に普及した（図-2）。

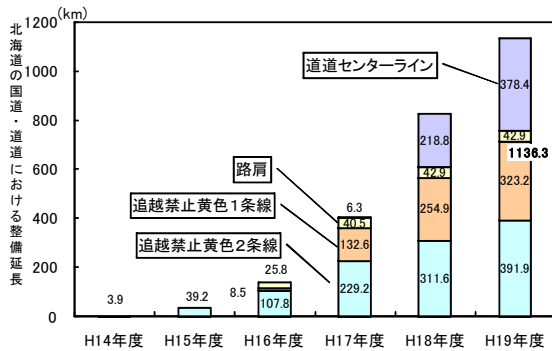


図-2 ランプルストリップ整備延長の推移

### (3) ランプルストリップの効果と課題

平成14～16年に北海道の一般国道60箇所、延べ108kmのセンターライン上にランプルストリップを設置し、各箇所の整備前2年間と整備後2年間の正面衝突事故発生状況を比較した結果、事故件数は73件から37件、死者数は28人から8人に減少した。減少率はそれぞれ49%、71%と算出された。また、冬型事故件数は31件から16件（48%減少）、重傷者数は34人から25人（27%減少）、軽傷者数は137人から78人（43%減少）と全ての項目において減少した（表-1）。

表-1 整備前後の正面衝突事故発生状況

	整備前2年間の正面衝突事故	整備後2年間の正面衝突事故	減少率 (%)
正面衝突事故件数	73	37	49.3%
内 冬型事故件数	31	16	48.4%
死者数	28	8	71.4%
重傷者数	34	25	26.5%
軽傷者数	137	78	43.1%

2車線道路の正面衝突事故対策として大きな効果を挙げているランプルストリップのだが、表-1のデータを道路構造別に効果を調べると、縦断勾配が4%未満の区間で大きく減少しているが、4%以上ではあまり減少していない（図-3）。また、曲線半径が280m未満の区間では、あまり減少していないが、280m以上の区間では大きく減少している（図-4）。このように縦断勾配が大きい区間、曲線半径が小さい区間、特に線形の厳しい山間部におけるランプルストリップの整備は、正面衝突事故を減少させるものの、その効果は小さくなる。このような区間で物理的に正面衝突を防がねばならない場合は、中央分離帯の設置が必要になる。しかしながら、従来の中央分離帯では、拡幅等を伴うため費用が高額になり、設置が限られている。

### 3. 欧米におけるワイヤーロープ式防護柵

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車線道路におけるワイヤーロープ式防護柵がある。2+1車線道路とは、全線

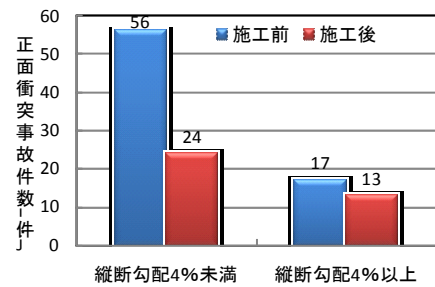


図-3 縦断勾配別の正面衝突事故発生状況

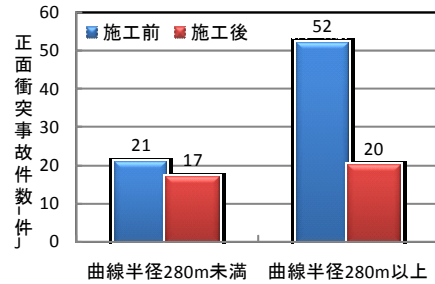


図-4 曲線勾配別の正面衝突事故発生状況

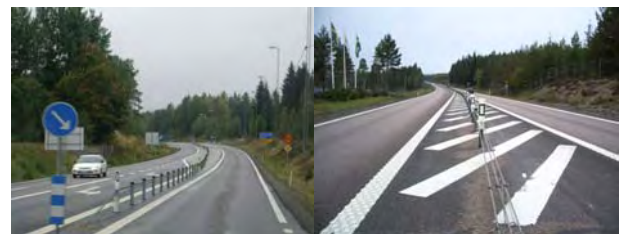


写真-2 スウェーデンのワイヤーロープ式防護柵付きの2+1車線道路

を3車線として整備し、中央の車線を交互に追越車線として利用する方式である（写真-2）。

スウェーデン国内のワイヤーロープ式防護柵は、1991年から1992年の間に試験的に導入が開始され、その後、1993年から1994年までの間、設置延長が増加した。これとは別に、スウェーデンでは追い越し需要に対応するために、13mの広幅員の2車線道路を整備したが、1990年代に重大事故の多発から、コストが安い対策としてワイヤーロープ式防護柵を中央分離施設として設置した2+1車線道路の検討を始めた。1998年に国内の6区間に試験プロジェクトを実施し、2001年には、13m幅員の2車線道路を再構築した標準的な2+1車線道路の横断面構成を決定した。2008年6月には、防護柵を設置した2+1車線道路の整備延長は、1,800kmに達している<sup>2)</sup>。2+1車線道路を導入している欧州のスウェーデン以外の国では、防護柵を設置するのは限定的である。

米国では、ワイヤーロープ式防護柵が正面衝突事故対策として中央に設置されたのは、1968年にニューヨーク州運輸省が低張力の3本ワイヤーロープを使った防護柵が最初である。1990年代中盤にワシントン州運輸省が、30インチの高さの低張力ワイヤーロープ式防護柵の衝突試験を実施し、その後、小型車やピックアップトラック等の衝突試験も基準をクリアし、多くの州がこの防護柵を導入した。2001年には英国のメーカーが連邦道路局

(FHWA) の認可を受けた高張力ワイヤーロープ式防護柵のマーケティング活動を米国で開始し、その後4つの製品が認可された<sup>3)</sup>。

米国とスウェーデンの大きな違いは、米国が上下線の分離されている広幅員の中央帯に防護柵を設置していることに対して、スウェーデンは、上下線が分離されていないことに加え、全幅員が13mと狭いことである。

#### 4. ワイヤーロープ式防護柵の利点

スウェーデンでワイヤーロープ式防護柵が採用された最大の理由は設置コストにある。VTIのWenäll氏によれば、スウェーデンにおける標準的な中央分離施設の設置コストは、ワイヤーロープ：ガードレール：コンクリートの比率は、約1:2:3である。

また、ワイヤーロープ式防護柵は、ガードレール、コンクリート製に対して支柱が変形しやすいので、衝撃吸収能力が高い(写真-3)。その結果、スウェーデンの2+1車線道路では交通事故死者数・重傷者数が大幅に減少し、物損事故が増えた。ただし、狭い道路幅員に中央分離施設を設置しているため、物損事故を含めると、事故件数は増加している<sup>4)</sup>。



写真-3 ワイヤーロープ式防護柵の衝突実験状況<sup>5)</sup>

2車線区間に中央分離施設を導入する際の最大の課題は、交通事故、故障車等が発生した時の交通の解放である。従来の幅員構成は、中央分離施設に側方余裕を加えることや広い路肩を採用するなど、駐停車があっても交通に支障とならない幅員構成を採用せざるを得なかった。そのための設置費用が膨大になるため、道路構造令でも特別な理由がある場合にのみ設置を認めている。スウェーデンでは、クイック・ロックと呼ばれる部品でワイヤーを分断するか、写真-4に示すように手動でワイヤーを外すことにより、部分的に中央分離施設を開放することで故障や事故等の緊急時の対応を可能としている。写真-4では緊急時にワイヤーロープを作業員が外して、支柱を引き抜き、交通を解放している状況を示す。支柱は道路に埋められたスリーブ管と呼ばれる基礎に挿入されているが、固定されていないので、交通を解放した後、同じ手順で元に戻すことができる。さらに優れている点として、これらの動作をロープの緊張を変えることなく出来ることである。これは日本国内に既に設置されているガードケーブルやガードレールにはない機能であり、2車線区間に中央分離施設を設置する場合、拡幅を少なく出来る手段として有効な機能である。



写真-4 緊急時の解放 (Trinity Industries Inc.)

#### 5. 欧州と日本の防護柵設置基準

日本への導入において最大の課題は、日本の防護柵の設置基準における適合にある。日本の防護柵に求められる機能は強度性能、変形性能、車両の誘導性能、構成部材の飛散防止性能である。このうち、ワイヤーロープ式防護柵にとって、最も厳しいのは変形性能である。支柱が変形して衝撃を吸収することが特徴なので、日本に導入されなかった一因と思われる。

日本の防護柵の変形性能に関する基準値は最大進入行程と呼ばれ、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-2)。一般国道の場合は主にB種：1.1mが適用される<sup>6)</sup>。スウェーデンは欧州規格EN 1317-2に準じており、2+1車線道路の場合、衝突試験の条件はLevel N2で最大進入行程はW5Classの1.7mである<sup>7)</sup>。これらの数値は、衝突試験の条件が異なるので、一概に比較することは難しい。そこで、衝突試験の衝撃荷重を計算した結果、スウェーデンで採用している条件は日本のB種より大きく、A種より小さい値となった(表-3)。最終的には衝突試験を実施しなければ、正確な最大進入行程は把握できないが、日本のB種の防護柵として適用できる可能性が見いだせた。なお、衝撃度の算出を図-5に示す<sup>8)</sup>。

表-2 日本における分離帯用防護柵の許容最大進入行程<sup>9)</sup>

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

表-3 日本の基準と欧州規格における強度性能

	種別	車両重量 (kg)	衝突速度 (km/h)	衝突角度 (度)	衝撃度 (kJ)
防護柵の設置基準・同解説	B種	25,000	30	15	58.1
		1,000	60	20	16.2
	A種	25,000	45	15	130.8
		1,000	100	20	45.1
EN1317	Level N2	900	100	20	40.6
		1,500	110	20	81.9

$$I_s = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{V}{3.6} \cdot \sin \theta \right)^2$$

ここで $I_s$ ：衝撃度(kJ)  
 $M$ ：車両質量(t)  
 $V$ ：衝突速度(km/h)  
 $\theta$ ：衝突角度(度)

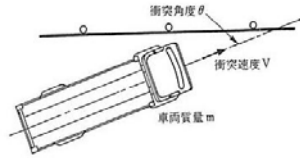


図-5 衝撃度の算定式

## 6. ワイヤロープ式防護柵の設置必要幅の検討

日本の道路構造令では、中央帯は側帯と分離帯で構成されることとされている。また、ワイヤロープ式防護柵は凸型の縁石に変わる道路付属物として位置づけられるので、マウントアップは不要となる。建築限界を侵さない必要最小限度の幅員構成は、道路構造令における特例値の関係により、種級区分により異なる。中央帯の必要幅は側帯+側方余裕 $c$ +防護柵幅 $=2@ (0.25+0.25) + 0.10 = 1.10$ となるが、道路構造令では、0.25m刻みの数値設定をしており、1.25mで設定される可能性もある。

表-4 ワイヤロープ式防護柵設置必要幅(m)

種級区分	側帯	側方余裕 $c$	防護柵幅 $^{\ast}$	必要幅 $^{\ast}$
第1種2級	0.25	0.5	0.10~0.25	1.60~1.75
第1種3級	0.25	0.25		1.10~1.25
第2種1級	0.25	0.25		
第2種2級	0.25	0.25		
第3種	0.25	0.25		

$^{\ast}$ 道路構造令では、0.25m刻みの数値を設定

## 7. 苫小牧寒地試験道路における試験施工

ワイヤロープ式防護柵を導入するに当たり、日本では施工方法も明らかになっていない。そこで鋼製防護柵協会と共同研究を締結し、製品を輸入し、苫小牧寒地試験道路において試験施工を行うこととした。試験施工は直線区間を200m、カーブ区間は曲線半径100mと曲線半径200mを各100m施工することとした。日本のガードケーブルの支柱は円柱であるが、ワイヤロープ式防護柵のスリーブ管は四角柱なので、施工方法が不明であった。筆者らは、平成20年11月にスウェーデンを訪問し、施工方法の調査を行った<sup>2)</sup>。その結果、写真-5に示すようにドリルは使わず、油圧ハンマーの先の特殊なアタッチメントにスリーブ管を装着して、アスファルトに直接打撃で挿入する施工方法を確認した。

そこで、鋼製防護柵協会の協力の下、スリーブ管をア



写真-5 支柱の施工機械(左)と施工後のスリーブ管(右)

スファルトに挿入するためのアタッチメントを作成し、直接打撃で施工した。スウェーデンの専用機と違い、高速かつ確実な施工とならなかったが、3日間延べ19時間で184本のスリーブ管を施工することが出来た。いくつかの問題もあったが平成20年12月に施工を完了した。



写真-6 作成したアタッチメント(左)と施工状況(右)



写真-7 端末部(左)とカーブ区間の施工状況(右)

## 8. あとがき

北海道の2車線道路において、正面衝突事故対策としてランブルストリップスは効果的であった。しかし、物理的に正面衝突を防ぐ対策が必要な箇所であっても、地形的な制約や予算の確保が難しいため、これまでは対策を実施することが出来なかった。ワイヤロープ式防護柵はそのような区間に対策を実施できるばかりではなく、現在の高規格暫定2車線区間や今後の地域高規格道路等への適応も考えられる。従来の中央分離施設よりも少ない幅員で設置できることは大幅な整備コスト削減につながる上に、安全性の向上も同時に達成できる可能性がある。今後は、衝突試験により性能を確認し、維持管理等における課題に対して、調査検討を行う次第である。

### 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, 平成17年10月.
- 2) 平澤匡介, 宗広一徳, スウェーデンの道路構造・交通安全対策に関する調査, 寒地土木研究所月報, 平成21年2月.
- 3) Douglas B. MacDonald, John R. Batiste, Cable Median Barrier Reassessment and Recommendations June 2007, A report requested by the Governor of the state of Washington.
- 4) B. Ray Derr, Application of European 2+1 Roadway Designs, NCHRP RESEARCH RESULTS DIGEST, 2003. 4.
- 5) CASS Cable Safety System Product Manual, Trinity Industries Inc.
- 6) 防護柵の設置基準・同解説, (社)日本道路協会, 平成20年1月.
- 7) Väggar och gators utformning Säker framkomlighet - Preliminära riktlinjer för utformning, reglering och drift, Vägverket, 2006. 6.