

2車線道路におけるワイヤーロープ式防護柵の導入可能性の検討

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 ○平澤 匡介
武本 東
葛西 聡

中央分離帯がない2車線道路では、限られた空間を対向する車両が高速で移動するために、正面衝突による死亡事故が起きることがある。道路構造令では、特例として中央分離帯の設置が認められているが、費用が高額になるので、設置は限定される。ワイヤーロープ式防護柵は、支柱が細く緩衝機能があり、必要幅員も少ない。本稿は、ワイヤーロープ式防護柵を2車線道路の中央分離施設として導入するために、試験施工や性能を確認するための衝突試験を行い、道路構造令や防護柵設置基準等の適用性を検討し、日本における導入可能性を考察し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、積雪寒冷地であつ、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、大部分が往復非分離の2車線道路であり、限られた空間を対向する車両が高速で移動するために、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。道路構造令では、特例として中央分離帯の設置が認められているが、事故時の対応等のために車道を拡幅しなければならず、設置は限定される。道路幅員が狭い道路の中央に防護柵を設置している例として、スウェーデンの2+1車線道路がある。スウェーデンでは、このような区間に中央分離施設を設置する場合、コストが最も低いワイヤーロープ式防護柵を設置している。ワイヤーロープ式防護柵は、支柱が細く緩衝機能があり、必要幅員も少ない。本稿は、ワイヤーロープ式防護柵を日本の2車線道路の分離施設として導入するために、試験道路における試験施工や性能を確認するための衝突試験を行い、道路構造令や防護柵設置基準等の適用性を検討し、日本における導入可能性を考察した結果を報告する。

2. ワイヤーロープ式防護柵

ワイヤーロープ式防護柵は、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、衝撃をワイヤーロープが受け止め、車両への衝撃を緩和することである（写真-1）。ガードケーブルは、

支柱に直接衝突させないというブロックアウト構造のため、各支柱にブラケットと呼ばれる部材が取り付けられ、ケーブルと支柱の間に一定間隔の空間を設けている。ワイヤーロープ式防護柵に比べ、支柱の強度が高いので、支柱への衝突時には車両に与える衝撃が大きくなる。



写真-1 ガードケーブル（左）とワイヤーロープ式防護柵（右）

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年に米国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¹⁾。

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、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²⁾。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。

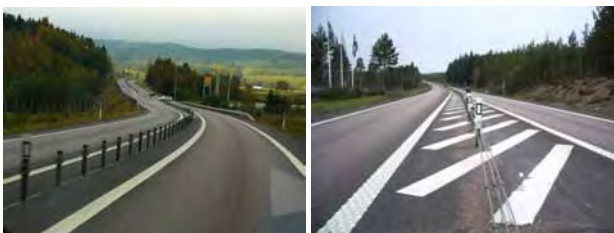


写真-2 スウェーデンのワイヤーロープ式防護柵

スウェーデンでワイヤーロープ式防護柵が採用された理由の一つに設置コストが挙げられる。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程度である。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、事故件数が増加したと報告されている⁴⁾。



写真-3 ワイヤーロープ式防護柵の衝突実験状況³⁾

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。駐停車があっても交通に支障とならないように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ため、膨大な設置費用となる。

スウェーデンでは、除雪作業等の維持管理のためにUターンができる解放区間を設けているほか、ワイヤーロープ式防護柵の中には、写真-4に示すように人力でワイヤーと支柱を外すことにより、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。この他に、クイック・ロックと呼ばれる部品でワイヤーを分断する場合やカッターでワイヤーを切断する場合もあるが、復元に時間が掛かるので、使用機会は少ない。



写真-4 緊急時の解放例

3. 欧州と日本の防護柵設置基準

ワイヤーロープ式防護柵を日本に導入するためには、防護柵の設置基準に示す性能を有しなければならない。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-1)。一般国道の場合は主にB種：1.1m以下が適用される⁵⁾。スウェーデンの場合は欧州規格 EN 1317-2 に準じており、2+1車線道路では、衝突試験の条件がLevelN2、最大進入行程はW5クラスの1.7m以下としている⁶⁾(表-2)。

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を見いだせた。なお、衝撃度の算出を図-1に示す⁵⁾。

表-1 日本における分離帯用防護柵の許容最大進入行程⁵⁾

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

表-2 欧州における分離帯用防護柵の許容最大進入行程

クラス	最大進入行程	クラス	最大進入行程
W1	$W \leq 0.6m$	W5	$W \leq 1.7m$
W2	$W \leq 0.8m$	W6	$W \leq 2.1m$
W3	$W \leq 1.0m$	W7	$W \leq 2.5m$
W4	$W \leq 1.3m$	W8	$W \leq 3.5m$

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

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

ここでIs : 衝撃度 (kJ)

M : 車両質量 (t)

V : 衝突速度 (km/h)

θ : 衝突角度 (度)

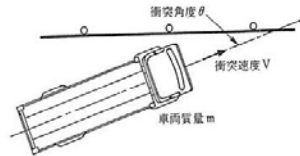


図-1 衝撃度の算定式

4. 施工方法の検討

ワイヤーロープ式防護柵を導入するに当たり、日本国内での施工方法を検討する必要がある。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。

ガードケーブルの場合は中間支柱が円柱なので、既設アスファルト舗装への施工は、アスファルト舗装の層までコア抜きを行ってから、支柱打込機で建込むことが多い。試験施工を検討していたワイヤーロープ式防護柵は四角柱なので、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²⁾。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。中間支柱は、打ち込まれたスリーブ管に直接差し込まれる方法である。現地の施工会社に施工速度を尋ねたところ、概ね 1 日で 1km の施工が可能と回答があった。標準仕様の支柱間隔は 3m なので、約 330 本の中間支柱建込に相当する。国土交通省の標準歩掛では、機械打込によるガードケーブル中間支柱建込の 1 日当たり施工量は 50 本であることを勘案するとワイヤーロープ式防護柵の施工費は、ガードケーブルの施工費より安くなると思われる。

苫小牧寒地試験道路における試験施工は、鋼製防護



写真-5 支柱の施工機械 (左) と施工後のスリーブ管 (右)

柵協会の協力の下、スリーブ管をア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し、平成 20 年 12 月に試験施工を完了した (写真-6、写真-7)。



写真-6 作成したアタッチメント (左) と施工状況 (右)



写真-7 直線区間 (左) とカーブ区間の施工状況 (右)

ワイヤーロープ式防護柵をカーブ区間で設置する場合は、内側への傾きや道路線形とワイヤーロープの位置に差が生じることに注意しなければならない。そこで、曲線部に設置したワイヤーロープ式防護柵に、張力を負荷した場合の中間支柱と基礎部の移程量を計測し、曲線部設置に際しての基礎データを収集した。試験条件は、曲線半径が 100m と 200m 区間 (設置延長は共に 100m) で、張力を緊張前の 0.7t から 1.0t、1.5t、2.0t にした時の中間支柱頭部の移程量、スリーブ管頭部の移程量を計測した (図-2)。その結果、張力が 2.0t の場合でも中間支柱が倒れ込むことは無く、曲線半径の違いによる移程量の違いを見いだすことはできなかった。全体的に中間支柱の移程量の方が、スリーブ管の移程量より大きな値となった。ただし、曲線半径 200m に設置したスリーブ管については、横方向のみ最大張力 2.0t で移程量 11.7mm となり、全体で最も大きな値を示したが、地山条件が土砂への直接打設としたことによる影響と考えられる。

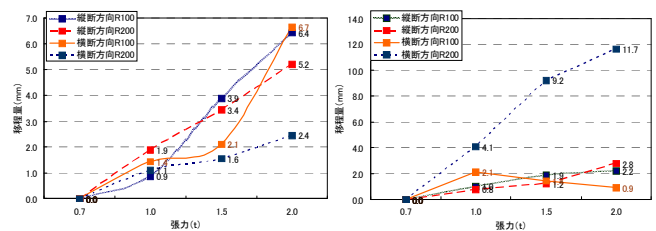


図-2 カーブ区間における中間支柱 (左) とスリーブ管 (右) の変位測定結果

試験施工の結果、いくつかの課題を見いだすことができた。スリーブ管の打設に関しては、短時間で垂直に建

込むために専用の打込機械が必要であること、アタッチメントとスリーブ管の間に土砂が混入して、スムーズに建て込むことができなかつたので、土砂を混入させない工夫が必要であることなどが明らかになった。スウェーデンの施工会社はスリーブ管の底に金属製のキャップを付けて建込んでいたが、**写真-5**のようにアスファルト舗装のひび割れを誘発していたので、対応策の検討が必要である。また、ワイヤーロープの張力を調節するターンバックルは全長 370mm のうち調整代が約 270mm しかなく、施工延長が長くなるほどロープの伸びも大きくなるので、より長いターンバックルが望ましい。また、ターンバックルへのロープの継ぎ手加工の精度も検討しなければならない。アンカーブラケットについては、ワイヤーロープの 3 本が並列に接続されているので、1 本目の中間支柱までの 3m の区間は中間支柱の幅の 10cm よりも幅広となる。部分的ではあるが、道路構造令上の建築限界を侵すことになり、この区間の中央帯はより広い幅が必要となるので、アンカーブラケットの形状変更が必要がある (**写真-8**)。



写真-8 ターンバックルによるワイヤーロープ緊張作業 (左) と端末のアンカーブラケット (右)

5. ワイヤーロープ式防護柵の性能確認試験

ワイヤーロープ式防護柵の性能評価のため、平成 16 年 3 月付け国土交通省道路局長通達「防護柵の設置基準の改正について」(以下防護柵基準という)に示される実車衝突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において行った。試験条件は、一般国道に設置することを想定して、以下の通りとした。

- ・防護柵種別：Bm 種
- ・防護柵形式：ケーブル型たわみ性車両用防護柵
- ・基礎種類：土中用基礎 (両端アンカー)

衝突試験は大型車と乗用車の 2 回行うことが決められており、**表-3** に試験条件を示す。主な試験項目は、車両の逸脱防止性能、乗員の安全性、車両の誘導性能、構成部材の飛散防止性能である。

衝突試験を行った結果 (**写真-9**)、車両の逸脱防止性能は、防護柵を突破されない構造を有しており、大型車の最大進入行程が 0.585m、乗用車が 0.635m で、性能規定値 1.1m 以下を満たしている。乗用車の数値の方が大きくなったのは、車両先端部が低いので、一番上のワイヤーが車体を上手く受け止めることが出来なかつたことが原因と思われる。乗員の安全性は、車両重心位置の

最大加速度が $38.1\text{m/s}^2/10\text{ms}$ となり、規定値の $90\text{m/s}^2/10\text{ms}$ を満たしている。車両の誘導性能は、車両の挙動が横転などしなかつたこと、離脱速度は衝突速度の 6 割以上 (大型車 71.2% : 25.0km/h/35.1km/h、乗用車 65.9% : 39.7km/h/60.2km/h)、離脱角度は、衝突角度の 6 割以下 (大型車 24.8% : 3.8 度/15.3 度、乗用車 0% : 0 度/21.1 度) と規定を満たしている。構成部材の飛散防止性能は、ケーブルと支柱が取り外れる構造となっているが、主要部材の飛散は見られなかつた。

表-3 試験条件

衝突条件A				
<試験日 平成21年3月10日(火)>				
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 (20.2)	35.0 (35.1)	15.0 (15.3)	63.0 (66.7)	1.4 (車両総重量時)

衝突条件B		
<試験日 平成21年3月6日(金)>		
試験車両 質量(t)	衝突速度 (km/h)	衝突角度 (度)
1.0 (1.1)	60.0 (60.2)	20.0 (21.1)

・地盤条件: 標準地盤上
 ・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: 75.0m
 ・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。



写真-9 衝突時の状況 (左: 大型車, 右: 乗用車)

衝突後のワイヤーロープ式防護柵は、支柱が破損しているにもかかわらずワイヤーの緊張は保たれており (**写真-10**)、ワイヤーに傷が無ければ、支柱を交換するだけで補修が完了するので、修繕費用を抑えることが出来ると推察される。ただし、幅の狭い道路に設置することや軽微な接触でも支柱はダメージを受けるので、維持管理コストについては、今後の検討課題である。



写真-10 衝突後の状況と損傷した支柱

6. 冬期維持管理上の課題検討

北海道での実用化に向けて、冬期間の維持管理上の課題を検討した。最重要課題は、狭い幅員に設置することに加え、支柱が堅牢ではないため、除雪作業により折損等の影響が懸念される。そこで、除雪作業によるワイヤーロープ式防護柵への影響を把握するため、除雪車を車道端から 0, 10, 20, 30, 40cm の位置で除雪作業を行い、支柱等への影響を観測するとともに、支柱付近の雪堤高

さを計測した。試験の結果、支柱への影響やワイヤーロープへの雪の付着も見られなかった。また、除雪作業後の堆雪時落ちこぼれ状況を把握するため、除雪位置と支柱付近の雪堤高さを測定したが、相関性は確認できなかった(図-3)。これは雪質が水を含んだべた雪であったことに起因すると思われる。

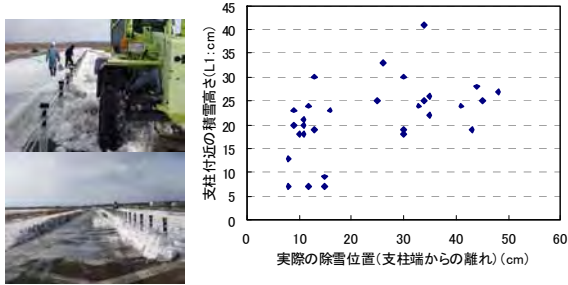


図-3 除雪試験状況と測定結果

緊急時に中間支柱を抜いて、交通を解放することを想定した場合、冬期間の凍結により中間支柱が抜けなくなるリスクがあると考えられる。そこで、中間支柱基礎部であるスリーブ管内に注水し、貯留水による結氷状況を測定した(図-4)。試験は、外気温で $-5.0 \sim -16.0 \text{ }^\circ\text{C}$ 、路温で $-1.0 \sim -9.2 \text{ }^\circ\text{C}$ の状況で実施したにもかかわらず、いずれの場合もさや管内部の結氷は確認されず、満水にした水は、15分ほどで全て浸透した。これはスリーブ管が凍結抑制層まで達していることと底蓋等がないので、水が浸透した結果と思われる。

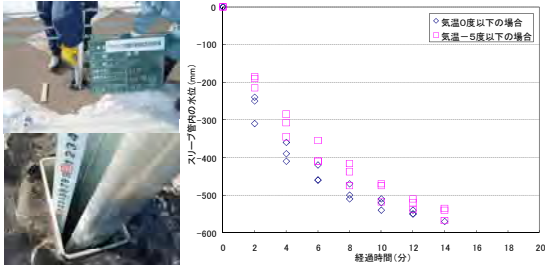


図-4 スリーブ管内の浸水試験状況と測定結果

急激に侵入した水では凍結することがなかったが、融雪水のように徐々に侵入する水で凍結することも考えられるので、中間支柱周辺や支柱から離れた位置に雪堤を設置し、この融雪水による支柱基礎部のスリーブ管内の水位状況、およびこれに伴う結氷状況を測定した(図-5)。測定の結果、スリーブ管内の水位は最大で底から3cmとわずかであり、支柱周囲に設置した雪堤の規模や

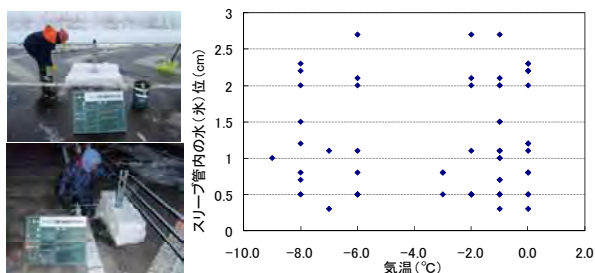


図-5 融雪水によるスリーブ管内の水位試験状況と測定結果

気温との相関性は確認されなかった。これらの試験結果から、冬期間でも中間支柱の引き抜きには影響を及ぼさないと思われるが、今後、底蓋を設けないことによる浸水に対して路盤や路床が受ける影響を検討しなければならない。

7. ワイヤー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、ワイヤー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。この幅員を第3種2級完成2車線の完全分離に適用すると、総幅員12.0mが11.6mとなり、道路幅員を40cm縮小することができる(図-6)。わずかに40cmであるが道路建設費を考慮すると、防護柵設置は十分費用対効果が得られると考えられる。

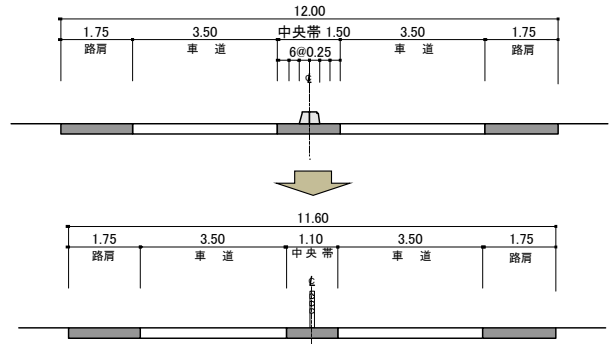


図-6 ワイヤーロープ式防護柵設置を考慮した幅員構成
(※第3種2級の主要幹線を想定して車線幅員3.50mを採用)

8. 導入に向けた課題の整理

ワイヤーロープ式防護柵導入に向けた課題を整理した結果、高規格幹線道路や一般国道等の道路種別や橋梁やトンネル等の構造物箇所の設置箇所への適合性、接触事故や補修に掛かる維持管理費や設置・補修時の路上作業エリアの確保・交通規制、スリーブ管内への浸水による影響が挙げられた。

北海道開発局が所管する高規格幹線道路および地域高規格道路における自動車専用道路の大部分は、将来的な完成4車線への移行を前提とした暫定2車線で供用されており、当該区間における設置適合性について検討した。基本断面構成(第1種2級)は、幅員: $W = 2.50 + 3.50 + 3.50 + 2.50 = 12.00\text{m}$ である。中央分離帯は設置されないが、簡易分離構造として基本的にラバーポール等のレーンディバイダーが設置されている。道路構造令では分

離片側1車線道路の第1種の左側路肩幅員は規定値2.50mから特例値1.75mまで縮小できるとしているため、断面総幅を変更しない場合の幅員構成として、1.5mの中央分離帯にワイヤーロープ式防護柵を設置し、幅員： $W=1.75+3.50+1.50+3.50+1.75=12.00\text{m}$ に変更することが考えられる(図-7)。この場合、「高規格幹線道路等の幾何構造(案)」⁷⁾では、路肩幅員が2.5m未満の区間は、標準で500m間隔に非常駐車帯を設置することを前提としていることが、導入に向けた課題となる。ワイヤーロープ式防護柵は、幅が10cm以下なので、1.5mの中央帯でも、0.7mの右側側方余裕を確保できることから、左側路肩に駐車車両が発生しても、ラバーポール等のレーンディバイダーが設置されている状況とほとんど変わらない交通運用ができると推察される。また、従来の防護柵と違い、緊急時に解放できる機能を有することを考慮すると、供用中の暫定2車線区間の高規格道路でも十分に運用でき、かつ、安全性を向上させることが期待されるので、導入を進めるためには「高規格幹線道路等の幾何構造(案)」⁷⁾の改訂または運用上の解釈を検討する必要がある。

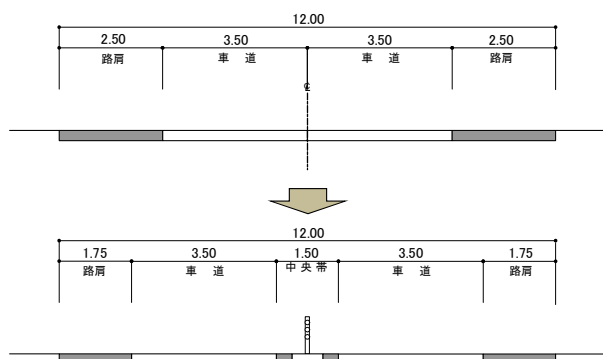


図-7 暫定2車線区間に適用した幅員構成(第1種2級)

一般国道に設置する場合は、寒地試験道路の結果を踏まえると、平面曲線半径200m程度であれば、支柱間隔を密にさえすれば、十分に設置は可能と考えられる。縦断線形的にも設置要件の判断となるような制約は特になくとも想定される。設置箇所としては、正面衝突事故対策として通常の中央帯設置では幅等を用地的制約が大きい区間、付加追越車線(避譲車線含む)の設置区間、沿道出入りが少ない郊外部の区間や比較的線形が緩やかな峠部等の区間、郊外部における往復分離がされていない4車線以上の区間が考えられる。

接触事故や補修に掛かる維持管理費については、スウェーデンで死亡事故は激減したが、人身事故件数の減少以上に物損事故件数の増加が報告されている⁴⁾。高速道路の2車線区間に設置した場合は、補修時における通行止め等の交通規制も課題である。ただし、人身事故にならないければ、警察官による事故処理に掛かる時間が削減でき、社会的には事故による人的損失も削減できるので、費用便益の観点から検証する必要があると思われる。

スリーブ管内への浸水による影響については、底部を密閉すると路体への影響はなくなるが、支柱の腐食等の影響が懸念される。スリーブ管上端を舗装面より高く設定し、上部を密閉し、底部を解放すると、路体と支柱への影響はなくなるが、衝突時に支柱が受ける衝撃により、スリーブ管上部が破損するリスクが生じる。これらの課題はスリーブ管の施工方法も含めて、今後検討する必要がある(図-8)。

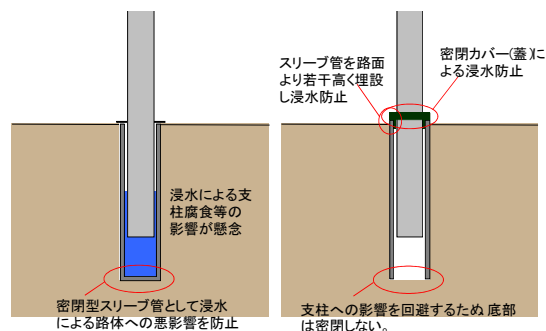


図-8 スリーブ管内浸水への対応(案)

9. 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。ワイヤー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、防護柵設置基準のA種の性能確認試験を行い、高速道路への導入を検討する予定である。

参考文献

- 1) 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.
- 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) CASS Cable Safety System Product Manual, Trinity Industries Inc.
- 4) Derr, B.: Application of European 2+1 Roadway Designs, NCHRP RESEARCH RESULTS DIGEST, 2003. 4.
- 5) 防護柵の設置基準・同解説, (社)日本道路協会, 平成20年1月.
- 6) Vägar och gators utformning Säker framkomlighet - Preliminära riktlinjer för utformning, reglering och drift, Vägverket, 2006. 6.
- 7) 高規格幹線道路等の幾何構造(案), (社)北海道開発技術センター, 平成13年3月.