

## 2車線道路の緩衝分離構造 ワイヤーロープ式防護柵



(独)土木研究所 寒地土木研究所

## ワイヤーロープ式防護柵の開発背景



- 中央分離帯がない郊外部2車線道路で正面衝突事故が多発。
- 2車線道路に中央分離帯を設けるためには、事故時の通行の妨げとならないように幅員の確保が必要。その結果、多額の設置コストが必要。

## 高速道路の暫定2車線道路における正面衝突事故

北海道新聞 (2012年11月11日掲載)

北海道新聞 (2012年11月24日・25日掲載)

道東道事故  
中央分離帯なく危険  
少しのミス命取りに

多重衝突2人死亡  
道が道わ

## ワイヤーロープ式防護柵とは



スウェーデン2+1車線におけるワイヤーロープ式防護柵設置状況

道央自動車道大沼公園IC～森IC間におけるワイヤーロープ式防護柵設置状況

### ◆ワイヤーロープ式防護柵の定義

ワイヤーロープ式防護柵とは、**高いじん性を有するワイヤーロープと、比較的強度が弱い支柱により構成され、車両衝突時の衝撃に対して、主にワイヤーロープの引張り力で抵抗する防護柵である。表裏がなく、支柱が設置できる空間があれば、容易に設置、撤去が可能**ため、既存道路への設置や、狭い幅員の分離帯用として使用することが有利である。

## ワイヤーロープ式防護柵の特徴

### 1. 高い衝撃緩和性能

車両衝突時に中間支柱が倒れ、ワイヤーロープのたわみが車両の衝撃を緩和して、安全に誘導。従来の防護柵と比べて、乗員が受ける衝撃が小さくなるので高い安全性を確保。端末部は埋め込み式。



車両が受ける衝撃を緩和 細い支柱

### 2. 狭い幅で設置が可能

細い支柱にワイヤーロープを通してあるので、表裏がなく、設置幅が少ない。その結果、防護柵設置に伴う工事費用削減が可能。



支柱は人力で脱着し、開口部を設置

### 3. 容易に開口部を設置

事故等の緊急時には、人力のみで容易にワイヤーロープと支柱を取り外し、どこでも開口部を設けることが可能。



破損した支柱を取り外し、スリーブを挿入

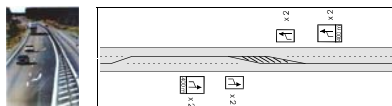
### 4. 短時間で復旧完了

事故後の復旧作業は、破損した支柱を取り外し、新しい支柱を舗装下のスリーブに挿入し、ワイヤーロープを再緊張して完了。すべて人力で作業できるので、短時間で補修作業を完了することが可能。

## 欧米における導入背景

### スウェーデン

- 13mの広幅員2車線道路(約3,500km)を追い越し車線を交互に配置する**2+1車線**に再構築し、中央に**ワイヤーロープ式防護柵を採用(1991年～試験設置、1993年～導入)**
- 設置費(製品価格、工事費含む)は、ワイヤーロープ:約200SEK/m、ガードレール:約400SEK/m、コンクリート:約600SEK/m



### 米国

- 2001年、**英国・Brifen社のワイヤーロープ式防護柵を連邦道路局(FHWA)が認可**
- 続いて、スウェーデンのBlue System社、米国のTrinity社、Gibraltar社、Nuor社の製品が認可
- 米国では、**上下線の分離されている広幅員の中央帯にワイヤーロープ式防護柵を設置**
- 米国ウィスコンシン州に設置された33kmのワイヤーロープ式防護柵は、中央帯突破事故を削減、その結果、高い費用便益(維持費を含む)を記録

## ワイヤーロープ式防護柵の形状



## 緊急時の開放 (Blue System社)



## 日本国内への導入可能性の検討

◆日本における分離帯用防護柵の許容最大進入行程

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

◆欧州の許容最大進入行程

W class	Value (m)
W1	W = 0.6
W2	W = 0.8
W3	W = 1.0
W4	W = 1.3
W5	W = 1.7
W6	W = 2.1
W7	W = 2.5
W8	W = 3.5

スウェーデンの2+1車線

◆日本の基準と欧州規格における衝突試験の実験条件

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	20	58.1
	A種	25,000	45	130.8
EN1317 Level N2	900	100	20	40.6
	1,500	110	20	81.9

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

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)  
 衝撃度の算定式

※防護柵設置基準の種別  
 A種: 高速・自動車道, B種: 一般道設計速度60km以上, C種: 一般道設計速度50km以下  
 S種: 高速・自動車道で重大な被害が発生するおそれのある区間

## ワイヤーロープ式防護柵の仕様検討

CGシミュレーション結果(乗用車)

項目	シミュレーション	結果
衝突速度	80km/h以上	○
侵入長さ	1.2m以上	○
最大進入行程	1.5m以上	○
防護柵	100mm/4以下	○

性能確認試験の前に、CGシミュレーションによる検討と苫小牧寒地試験道路におけるテストドライバー運転による大型貨物車実車衝突試験を実施。  
 CGシミュレーションによる検討の結果、仕様を決定

CGシミュレーション結果(大型車)

項目	シミュレーション	結果
衝突速度	31.2km/h以上	○
侵入長さ	4.7m以上	○
最大進入行程	1.5m以上	○

- 支柱の高さ(103cm)
- ワイヤーロープの本数(5本)
- 支柱の板厚(4.2mm)

分離帯用Am種の試作品(左: 端末、右: 中間部)      テストドライバー運転による大型貨物車実車衝突試験

## ワイヤーロープ式防護柵の諸元

防護柵供試体諸元

項目	A-m種
支柱サイズ	φ88.1×4.2 (STR400)
支柱ピッチ	3.0m
ワイヤーロープ	3×7φ18, 5股
地表からワイヤーロープまでの高さ	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 (STR400)
スリーブ土中埋め込み長	710mm (支柱はスリーブに400mm埋込み)
ブロックアウトラム	0mm

・端末は埋め込み式、かつ、一列に配置。

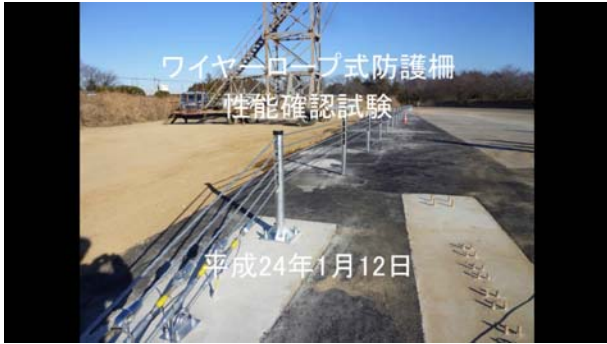
## 防護柵性能確認試験(A種: 高速道路)

- 試験場所: 国土技術政策総合研究所構内衝突実験施設
- 試験日時:
  - 乗用車: 平成24年1月12日(木)午前11時
  - 大型車: 平成24年1月18日(水)午前11時
- 試験条件:
  - 中央分離帯用Am: 高速道路の一般区間用
  - 乗用車: 衝突速度100km/h、衝突角度20度
  - 大型車: 衝突速度52km/h、衝突角度15度
- 試験項目:
  - 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



防護柵設置状況

## 防護柵性能確認試験(A種:高速道路)



## 性能確認試験結果(A種)

分離帯用Am種の衝突試験の結果(2012年1月)

衝突後の防護柵の破損状況(2012年1月)

衝突後の乗用車と大型車の破損状況(2012年1月)

大型車の防護柵衝突後の軌跡(2012年1月)

- 分離帯用Am種の衝突試験を再度実施した結果、乗用車を使った試験では、横転・転覆することなく誘導され、**最大進入行程(対向車線へのはみ出し)も1.015m**であったので、性能規程を満足している。また、車両損傷は、前部が破損しているが、車室が保存され、加速度も**85.2 m/s<sup>2</sup>/10ms**と小さかったので、衝撃吸収能力が確認された。
- 大型車を使った試験では、シミュレーションの結果や小物で行った実車衝突試験の結果よりも、**最大進入行程は大きくったものの、1.480m**となり、防護柵設置基準の1.5m以下という値を満足した。
- 防護柵設置基準のAm種の試験項目に対し、全て基準値を満足した。**

## 防護柵性能確認試験(A種:高速道路)

測定項目	条件区分	計測項目	試験結果
止車性能の逸脱防	A	防護柵の強度性能	○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維持されている。
		防護柵の変形性能	○車両の進入行程が1.5m以下であること。最大進入行程は、1.480mであり、必要とする変形性能を有している。(乗用車は、1.015mであった。)
乗員の安全性能	B	車両重心加速度	○10ms移動平均値が150m/s <sup>2</sup> /10ms未満であること。 X : 66.9 m/s <sup>2</sup> /10ms Y : 95.2 m/s <sup>2</sup> /10ms
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。
		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 52.2km/hの83.1% (43.4km/h) 衝突条件B:衝突速度 100.6km/hの86.1% (66.5km/h)
		離脱角度	○離脱角度は衝突角度の4割以下であること。 衝突条件A:衝突角度 14.9度の0% (0度) 衝突条件B:衝突角度 20.7度の35.7% (7.4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、大きな事故につながらないことから、飛散防止性能を満足していると判断した。
備考			大型車は防護柵から離れていないが、防護柵と平行になった後、小さな角度で離脱方向に安定した姿勢で進行していたことから、離脱角度は防護柵と平行とし、0度とした。

A種の基準を全てクリア!

## ワイヤーロープ式防護柵の施工方法 ~端末基礎~

アンカーボルト  
左: 端末支柱、右: 端末金具

アンカーボルトの固定

縦断方向のみ、路面に対し直角

コンクリート打設

コンクリート締め固め

コンクリート仕上げ

## ワイヤーロープ式防護柵の施工方法 ~スリーブ打込み~

コア抜き

削込とスリーブ

打込み専用工具の装着

スリーブ打込み

スリーブ打込み

打込み完了

## ワイヤーロープ式防護柵の施工方法 ~ワイヤー設置~

支柱建込み

中間支柱

端末金具の取り付け

端末部の索端金具

ワイヤーロープの設置

中間ターンバックルの取り付け

### ワイヤーロープ式防護柵の施工方法 ～ワイヤー緊張～

間隔保持材とストラップ      間隔保持材とストラップ装着      レバーロックで仮緊張

ワイヤーカッターで切断      ターンバックルをねじ込む      張力計で所定の張力を確認

### ワイヤーロープ式防護柵の施工方法 ～完成～

### 緊急時の開放区間設置試験(支柱の取り外し)

### 緊急時の開放区間設置試験(支柱の取り外し)

約7分で取り外し、開放区間の設置を完了！

### 道路構造令(の解説と運用)の解釈による設置必要幅

ワイヤーロープ式防護柵を“防護柵”として設置する場合には、中央帯としての分離帯(マウントアップ)は不要となる。(中央帯における分離帯に変わる道路付属物として位置づけられる。)視線誘導柵として設置する場合(防護柵ではないと判断する場合は、中央帯としての分離帯(マウントアップ)が必要となる。

種別区分	ワイヤーロープ式防護柵設置必要幅		
	側帯	側方余裕c	必要幅
第1種2線	0.25	0.50	1.60~1.75
第1種3線	0.25	0.25	1.10~1.25
第2種1線	0.25	0.25	
第2種2線	0.25	0.25	
第3種	0.25	0.25	

※道路構造令では、0.25m刻みの数値設定をしており、1.25mで設定されている。

ワイヤーロープ式防護柵を“防護柵”として設置する場合には、中央帯の必要幅は**1.10m**但し、道路構造令の標準的な規格設定を勘案すると、中央帯幅は**1.25m**と判断される可能性もある。

### 幅員構成(案): 暫定2車線の高規格道路(1種3級)

同一幅員内・拡幅なしで、「後づけ」設置の場合

現況 (簡易中央帯)

改良例 (ワイヤーロープ式防護柵)

\*なお、現況のラバーポールは「区画線」の扱いのため、幅員には含まれていない。

## ワイヤーロープ式防護柵がもたらすもの



- 2車線道路の中央に防護柵を設置
- 正面衝突事故防止による安全性の向上
- 高速道路暫定2車線区間では、安全性の向上の他に、規制速度UPによる時間便益の向上
- 他の防護柵に比べ、導入コスト縮減による経済性の向上
- 任意の箇所でも部分的に開放区間を設置

## 今後の課題

- ◎目的と目標の設定
- ◎道路構造令における位置づけ  
必要幅の検討  
(防護柵としては1.25mの幅が必要であるが、暫定2車線区間のセンターポールと縁石と同様の幅での設置可能性を検討)
- ◎防護柵開発
  - ・A種、B種、C種への対応
  - ・機能・性能要件の整理(開放区間の設置等)
  - ・冬期間の維持管理
  - ・スリーブの形状(軟弱地盤、橋梁・トンネル)
  - ・端末構造(Con・鋼管杭)
  - ・付属技品(視線誘導:反射材、スノーポール、視線誘導標・デリニエーター)
  - ・路肩用への対応
- ◎施工方法
  - ・効率的な施工方法、施工機械の開発、施工器具の開発
  - ・張力測定器具
  - ・施工マニュアルの作成
  - ・様々な条件における施工方法
  - ・曲線、縦断勾配等の線形の厳しい箇所
  - ・橋梁・覆道・トンネル等の構造物
- ◎実道での効果検証
  - ・維持管理の課題整理
  - ・事故後の補修方法・体制・補修部品
  - ・効果の把握(調査)
- ※**今秋開通の道央道・大沼公園IC～森IC間に1.6km設置**  
一般国道275号音威子府村天北峠に325m設置
- ◎普及に向けて
  - ・NETISの登録
  - ・整備ガイドラインの作成

ご静聴ありがとうございました。



(独)土木研究所 寒地土木研究所