

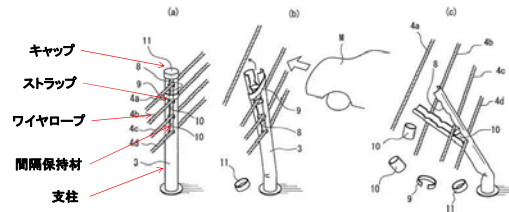
緩衝型のワイヤロープ式防護柵



LEER 80th 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所

緩衝型のワイヤロープ式防護柵とは

高いじん性を有するワイヤロープと、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ロープの引張りで抵抗する防護柵。表裏がなく、支柱が設置できる空間があれば、容易に設置、撤去が可能のため、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。



開発の背景



- 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車線区間における正面衝突事故



既存の防護柵



2車線道路の分離施設に適した新型防護柵の開発目標

- 設置に必要な道路空間が少ないこと
- 高い安全性をもつこと
- 柵の設置と撤去が容易であること
- 低コストであること

ワイヤ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

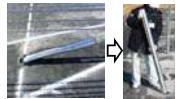
細い支柱にワイヤロープを通してあるので、表裏がなく、設置幅が少ない。その結果、防護柵設置に伴う工事費用縮減が可能。



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、スリーブに挿入

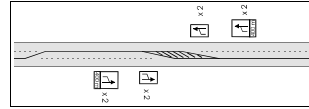
4. 短時間で復旧完了

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、ワイヤロープ:約200SEK/m、ガードレール:約400SEK/m、コンクリート:約600SEK/m
- 2009年から**狭幅員2+1車線道路**の施策として**2車線道路の中央に設置**



米国

- 2001年、**英国・Brifen社のワイヤ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、Nucor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ロープ式防護柵を設置**

日本製品と海外製品の違い

- ・ワイヤロープが5本: 大型車両への対応、衝突時のはみ出し量低減



道央道

Brifen社

Trinity社

Blue System社

- ・端末を一直線に配置: 端末部や重ね合わせ箇所での設置幅低減



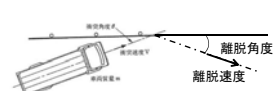
道央道

オーストラリア

日本の技術基準

防護柵設置基準(2004年3月31日 道路局長通達)

- 車両の逸脱防止性能
 - ・強度性能 突破されないこと
 - ・変形性能 最大進入行程が基準値以内
- 乗員の安全性能
 - ・車両の受ける加速度が基準値以内
- 車両の誘導性能
 - ・車両が横転しないこと、
 - ・離脱速度、離脱角度が衝突時の6割以下
- 構成部材の飛散防止性能
 - ・構成部材が大きく飛散しないこと



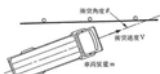
防護柵性能確認試験(A種: 高速道路)

- ・場所 国土技術政策総合研究所構内

- ・日時
 - 乗用車: 2012年1月12日(木)
 - 大型車: 2012年1月18日(水)

- ・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

- ・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



試験車両(大型車)



防護柵設置状況(端末)

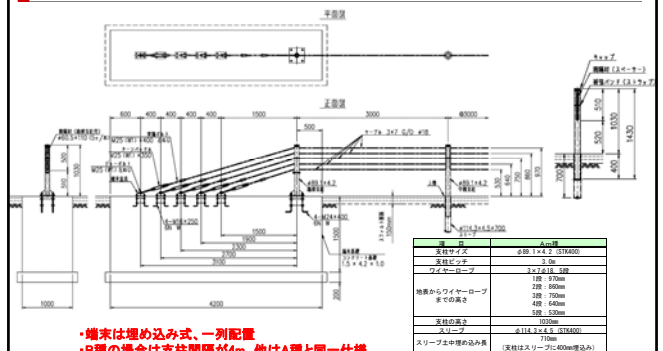


防護柵設置状況(中間支柱)



試験車両(乗用車)

ワイヤロープ式防護柵の諸元



- ・端末は埋め込み式、一列配置
- ・B種の場合は支柱間隔が4m、他はA種と同一仕様

性能確認試験 衝突状況(A種, B種)

分離帯用A種の衝突試験の状況(2012年1月)

分離帯用B種の衝突試験の状況(2014年3月)

大型車の防護柵衝突後の軌跡(2012年1月)

大型車の防護柵衝突後の軌跡(2014年3月)

(A種: 高速道路) (B種: 一般道路)

性能確認試験 衝突後の状況(A種, B種)

衝突後の防護柵の破損状況(2012年1月)

衝突後の防護柵の破損状況(2014年3月)

衝突後の乗用車と大型車の破損状況(2012年1月)

衝突後の乗用車と大型車の破損状況(2014年3月)

(A種: 高速道路) (B種: 一般道路)

防護柵性能確認試験(A種, B種)

性能確認項目	性能規定	A種性能確認試験結果 大型車: 平成24年1月10日 乗用車: 平成24年1月12日	B種性能確認試験結果 大型車: 平成26年3月12日 乗用車: 平成26年3月6日
車両の逸脱防止性能	防護柵の強度性能	大型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た。
	防護柵の変形性能	大型車の最大進入行程 ・A種: 1.5m以下 ・B種: 1.1m以下	大型車: 1.480m 大型車: 0.65m
乗員の安全性	乗用車が受ける重心加速度	防護柵軸方向: 66.9 m/s ² /10ms ・A種: 150m/s ² /10ms未満 ・B種: 90m/s ² /10ms未満	防護柵軸方向: 82.0 m/s ² /10ms 防護柵横軸方向: 44.6 m/s ² /10ms
	車両の誘導性能	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。	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。
構成部材の飛散防止性能	離脱速度	大型車: 52.2km/hの83.1% (43.4km/h) 乗用車: 100.6km/hの66.1% (66.5km/h)	大型車: 35.0km/hの66.9% (23.4km/h) 乗用車: 60.3km/hの62.7% (37.8km/h)
	離脱角度	大型車: 0度 (衝突角度14.9度の0%) 乗用車: 7.4度 (衝突角度20.7度の35.7%)	大型車: 0度 (衝突角度14.6度の0%) 乗用車: 4.8度 (衝突角度20.4度の23.5%)
構成部材の飛散防止性能	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。	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。

実用化に向けて ~暫定2車線道路への導入~

○大型車すれ違い走行試験

ラバーボール区間

ワイヤロープ区間

衝突時のみ出し量を低下させるロープ連結材の開発

ロープ連結材は、スパイラル状の鋼線を数本折り合わせ、内側に強力な摩擦力を持つ研削材が塗布された鋼材。一方を最上段のロープに固定し、もう一方を最下段のロープの下を通した後に再び最上段のロープに固定。

摩擦力を増加する研削材

ロープ連結材の取り付け時間は1カ所当たり約1分

ロープ連結材の効果

ロープ連結材は、大型車が衝突した時に、下段のロープが車体下部に巻き込まれることを防ぎ、できるだけ多くのロープが車体を捉えることにより、**対向車線へのみ出しを低減させる。また、張力が低下しても、性能を確保することにも効果を発揮することが期待される。**乗用車が衝突した時に、車両の潜り込みを防止する。

H23 ロープ連結材なし

H28 ロープ連結材あり

H23 ロープ連結材なし H28 ロープ連結材あり
前輪タイヤのロープ押し下げ(3本から1本に)防止に有効
最大進入行程: 1.48mから0.985mに低下
(※張力12kNの衝突実験においても0.95mを記録)

H28 ロープ連結材あり
最大進入行程: 1.05mから0.94mに低下し、上段ロープの押し上げ防止に効果を発揮

性能確認試験 衝突状況(ロープ連結材有無)

分離帯用Am種の衝突試験の状況(2012年1月)

分離帯用Am種の衝突試験の状況(2016年3月、8月)

大型車の防護柵衝突後の軌跡(2012年1月)

大型車の防護柵衝突後の軌跡(2016年3月、8月)

(A種:高速道路)ロープ連結材無し

(A種:高速道路)ロープ連結材有り

性能確認試験 衝突後の状況(ロープ連結材有無)

衝突後の防護柵の破損状況(2012年1月)

衝突後の防護柵の破損状況(2016年3月、8月)

衝突後の乗用車と大型車の破損状況(2012年1月)

衝突後の乗用車と大型車の破損状況(2016年3月、8月)

(A種:高速道路)ロープ連結材無し

(A種:高速道路)ロープ連結材有り

防護柵性能確認試験(ロープ連結材有無)

性能確認項目	性能規定	A種性能確認試験結果 (ロープ連結材無し) 大型車:平成24年1月18日 乗用車:平成24年1月12日	A種性能確認試験結果 (ロープ連結材有り) 大型車:平成28年9月10日 乗用車:平成28年3月11日
車両の強度性能	防護柵の強度性能	大型車が突破しない強度を有すること	同
防護柵の变形性能	防護柵の变形性能	大型車の最大進入行程 ・A種:1.5m以下 ・B種:1.1m以下	大型車:0.985m
乗員の安全性能	乗員が受ける重心加速度	防護柵軸方向:66.9 m/s ² /10ms ・A種:150m/s ² /10ms未満 ・B種:90m/s ² /10ms未満	防護柵軸方向:79.0 m/s ² /10ms 防護柵軸方向:78.7 m/s ² /10ms
車両の誘導性能	車両は防護柵に衝突後、横転などを生じないこと	大型車は横転・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。	乗用車は横転・転覆することなく誘導された。大型車は離脱し、横転・転覆することなく誘導された。
	離脱速度: 衝突速度の6割以上	大型車:52.2km/hの83.1%(43.4km/h) 乗用車:100.6km/hの66.1%(66.6km/h)	大型車:50.0km/hの75.0%(37.5km/h) 乗用車:101.4km/hの69.6%(70.6km/h)
構成部材の飛散防止性能	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。	P13支柱の一部が飛散した。

ワイヤロープ式防護柵専用ゴム製デリネーターの開発

- 衝突時に飛散しない
- 車両衝突時に飛散しても、当事者や第三者に被害を及ぼさない
- デリネーターは軽量、かつ、弾性に富む合成ゴム製
- 下部に2つの貫通孔を設け、バンドで最上段のケーブルに結束
- 支柱上部が変形した場合、柔軟に追従

取り付け状況

バンドによりワイヤーに固定

取付け高さ1.2m

衝突直後

車両衝突時においても飛散しない

ロープ上段にとどまる

施工方法 ~スリーブ施工~

- スリーブの打込みはガードレール支柱打込み機による機械打込みを使用
- アスファルト舗装の削削はφ120mm
- 支柱打込み機は舗装面まで支柱を打ち込めないため、打ち込みアタッチメントが必要

施工方法 ~ワイヤロープ設置~

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

ワイヤロープの設置

間隔保持材とストラップ装着

施工方法 ～ワイヤ緊張・ターンバックル取付～



端末基礎にアンカー取り付け



クレーンでワイヤロープを緊張



レバーブロックで仮緊張



ケーブルカッターで切断



中間ターンバックルの取り付け



張力計で所定の張力を確認

緊急時の支柱の取り外し



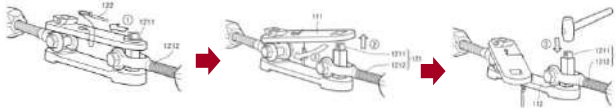
約7分で取り外し、開放区間の設置を完了！

緊急時の支柱の取り外し ～緊急開放金具の開発～

緊急開放金具は、ワイヤロープの中間部に取り付けられ、ワイヤロープの連結および取り外しをするための金具である。取り外しの時には、ピンを抜いて、プレートを外し、一方をワイヤロープに固定しながら、もう一方を石頭ハンマー等の打撃により、ワイヤロープから取り外すことができる。作業員が1人で迅速、かつ、簡単に取り外すことができ、かつ、復旧時も、張線器や摺線器を使い、少人数で迅速、かつ、簡単に連結すること出来る。



緊急開放金具の設置状況



緊急開放金具の使用方法

緊急開放金具の動作状況



1人が約1分でワイヤロープの取り外しを完了し、復旧は2人で約10分

導入事例 道央自動車道(L=1.6km)

- 国内初の導入事例
- 2車区間に導入、規制速度が80キロに緩和



導入事例 一般国道275号天北峠

- 一般国道で全国初
- 2.1kmの登坂車線区間に約320mを導入
- 曲線半径210m、最大縦断勾配4.6%



www.ceri.go.jp

導入事例 帯広広尾道 忠類IC～忠類大樹IC(1,668m)

31

www.ceri.go.jp

高速道路暫定二車線区間への試行導入と安全性の検証

- ・国交省は平成28年12月に高速道路暫定二車線区間の正面衝突事故対策として、ラバーボールに代えてワイヤロープを試行設置し、安全対策の検証を行うと発表
- ・既存幅員内でのワイヤロープ設置の適用性を検証
- ・全国の暫定二車線区間約1,000km(土工区間)のうち、約100kmを平成29年春から設置検証
- ・検証にあたり技術検討委員会を設置

ワイヤロープ試行設置予定：H28.12.1(国土交通省HPから)

- ・平成29年3月1日、NEXCO3社は、関係機関等と協議を実施した結果、12路線で計約113.3kmの区間(東日本約70.2km、中日本約4.4km、西日本約38.7km)にワイヤロープを試行設置すると発表

32

www.ceri.go.jp

暫定2車線区間 導入事例 浜田自動車道 旭IC～浜田JCT(10.3km)

33

www.ceri.go.jp

暫定2車線区間 導入事例 道央道・東海環状道・東九州道

- 道央自動車道(黒松内JCT～豊浦IC)
- 東海環状自動車道(富加関IC～美濃関IC)
- 東九州自動車道(西都IC～宮崎西IC)
- 東九州自動車道(末吉財部IC～国分IC)

34

www.ceri.go.jp

ワイヤロープ式防護柵がもたらすもの

- 安全：正面衝突事故防止
- 道路整備効果：高速道路暫定2車線区間では、安全性向上の他に規制速度UPによる時間便益の向上も期待
- 経済性：他の防護柵に比べ低い導入コスト
- 緊急時対応：任意の箇所での部分的に開放区間を設置

35

問い合わせ先

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所
寒地交通チーム 平澤
Tel. 011-841-1738 Fax. 011-841-9747
E-mail: hirasawa@ceri.go.jp

36