

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：渡邊政義、高橋尚人、平澤匡介、
武本東

【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 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 22 年度を除き、平成 17 年から平成 23 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 1.8 倍と未だに深刻な状況が続いている。平成 21 年度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 19% を占めており、その割合は全国に比べ 1.8 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。

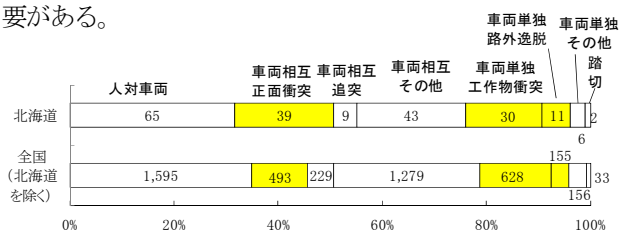


図 1 北海道と全国の事故類型別死亡事故件数(平成 21 年度)

(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¹⁾。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）

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 23 年度は、ワイヤーロープ式防護柵の開発として、CG シミュレーションによる検討、テストドライバー運転による大型貨物車実車衝突実験、分離帯用 Am 種（高速道路）の性能確認試験を行った。工作物衝突事故対策手法の提案として、事故多発区間を抽出し、事故対策を実施した場合の効果の試算を行った。

(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、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実験を行い、防護柵設置基準の値を満足する規格を決定した。また、国総研の衝突実験施設において防護柵設置基準に定める分離帯用 Am 種（高速道路）の性能確認試験を行い、その規定値を満足する結果により合格した。また、施工・維持管理技術の開発として、効率的な施工方法を確立するために、さや管（支柱基礎）打ち込み治具を作成し、試験施工を実施した。さらに、効果の測定として、ワイヤーロープ式防護柵の特性を踏まえ、設置候補区間の抽出の考え方を整理し、北海道一般国道事故データを分析した結果、259km の区間を設置候補箇所として選定した。

(2)工作物衝突事故対策手法の提案

対策箇所の選定技術の検討として、平成 12 年～平成 21 年の 10 年間に北海道の一般国道で発生した車線逸脱事故（正面衝突、工作物衝突、路外逸脱）を分析し、事故多発区間を抽出し、車線逸脱事故多発区間における道路条件、交通特性、事故発生状況を整理し、事故対策を実施した場合の効果の試算を行った。

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 23 年度は、分離帯用 Am 種（高速道路）のワイヤーロープ式防護柵を開発するために、鋼製防護柵協会と共同研究協定を締結し、CG シミュレーションにより、防護柵の仕様検討を行った（図 2）。

CG シミュレーションでは、防護柵の支柱の材質、板厚の他、ワイヤーロープの本数、高さ等の数値を変えて、乗用車と大型貨物車の性能確認試験と同じ条件でシミュレーションを行い、離脱速度、離脱角度、最大進入行程等の結果を得た（表 1、表 2）。分離帯用 Am 種（高速道路）の基準を満足すると思われる仕様を 2 種類選択し、

苫小牧寒地試験道路における実車衝突実験により最終仕様を決定することとした。

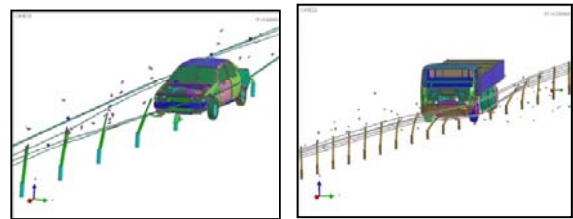


図 2 CG シミュレーション

（左：乗用車、右：大型貨物車）

表 1 CG シミュレーション結果の一例（乗用車）

乗用車			
	基準値	シミュレーション	判定
離脱速度	60km/h以上	53.3km/h	×
離脱角度	12°以下	57.3°	×
最大進入行程	1.5m以上	1.19m	○
加速度	150m/s ² 以下	106.6m/s ²	○

表 2 CG シミュレーション結果の一例（大型貨物車）

大型車			
	基準値	シミュレーション	判定
離脱速度	31.2km/h以上	43.4km/h	○
離脱角度	9°以下	2.19°	○
最大進入行程	1.5m以上	0.91m	○

試作した 2 種類のワイヤーロープ式防護柵は、板厚が 4.2mm と 3.2mm 以外、全て同じ仕様である。

【主な仕様】

- ・ワイヤーロープの本数：5 本
- ・支柱サイズ：φ89.1mm
- ・支柱の材質：STK400
- ・支柱ピッチ 3.0m
- ・支柱の高さ：1030mm
- ・支柱埋め込み長：700mm
- ・支柱の板厚：4.2mm、3.2mm
- ・ワイヤーロープの高さ：
 - 上から 1 段目：970mm
 - 〃 2 段目：860mm
 - 〃 3 段目：750mm
 - 〃 4 段目：640mm
 - 〃 5 段目：530mm

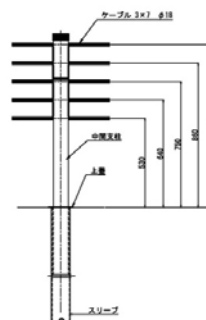


図 3 支柱寸法図



写真 2 試作防護柵

苫小牧寒地試験道路における実車衝突実験は、テストドライバーが大型貨物車を運転し、「防護柵設置基準・同解説」のAm種に対応した防護柵性能確認試験と同じ衝突条件Aとした。

衝突条件A：大型貨物車・車両両重量20t、
衝突速度52km/h、衝突角度15度

実車衝突実験の結果、板厚4.2mmのタイプでは下3段、板厚3.2mmのタイプでは下2段のワイヤーロープが車輪の回転により引き下げられが、最大進入行程(1.5m以下)、離脱速度(衝突速度の6割以上)、離脱角度(衝突角度の6割以下)の項目で基準を満足した(表3、写真3)。実験結果は大差なかったが、衝突後の車両軌跡を解析した結果、板厚4.2mmのタイプの方が車両の向きを素早く変えていることから、車両の誘導性能上有利であると判断し、この仕様で性能確認試験を行った。

表3 衝突実験結果

実験実施日	H23.9.2	H23.9.28
支柱板厚(mm)	4.2	3.2
衝突速度(km/h)	53.7	53.2
離脱速度(km/h)	39.8	39.0
衝突角度(度)	15	14.8
離脱角度(度)	0	0
最大進入行程(m)	1.18	1.19



写真3 衝突実験時(左)と衝突後(右)の状況

「防護柵設置基準・同解説」に定める分離帯用Am種の性能確認試験は、国総研衝突実験施設(つくば市)において行った。試験条件を表4に示す。

表4 試験条件

衝突条件A				
<試験日 平成24年1月18日(水)>				
試験車両	衝突速度	衝突角度	衝撃度	車両重心
質量(t)	(km/h)	(度)	(KJ)	高さ(m)
20.0	52.0	15.0	140.0	1.4
(20.1)	(52.3)	(14.9)	(140.0)	(車両総重量時)

衝突条件B		
<試験日 平成24年1月12日(木)>		
試験車両	衝突速度	衝突角度
質量(t)	(km/h)	(度)
1.0	100.0	20.0
(1.06)	(100.6)	(20.7)

・地盤条件：標準地盤上
 (表層はアスファルト舗装：150mm)
 ・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：69.0m
 ・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4 防護柵設置状況



写真5 車両衝突時の状況



写真6 防護柵衝突後の大型貨物車の軌跡



写真7 衝突後の車両破損状況

実験の結果、車両の逸脱防止性能は、大型貨物車が防護柵を突破されない強度を有しており、乗員の安全性能は、乗用車が横転・転覆することなく誘導され、車両損傷は前部が破損しているが、車室が保存され、最大加速度も95.2m/s²/10msと小さく、規定値の150m/s²/10msを満足しており、緩衝能力が確認された。防護柵の変形性能においても、最大進入行程は大型貨物車：1.48m、乗用車：1.02mと基準の1.5m以下という値を満足した。車両の誘導性能においては、離脱速度が衝突速度の6割以上(大型貨物車83.1%：43.4km/h/52.2km/h、乗用車66.1%：66.5km/h/100.6km/h)、離脱角度が衝突角度の6割以下(大型貨物車0%：0度/14.9度、乗用車35.7%：7.4度/20.7)となり規定値を満足した。その結果、「防護柵設置基準・同解説」に定めるAm種の試験項目に対し、全て基準値を満足したことが明らかになった。

3.2 施工・維持管理技術の開発

効率的な施工方法を確立するために、さや管（支柱基礎）打ち込み治具を作成し、試験施工を行った。打ち込み治具は、施工の正確性、効率性、治具の耐久性を向上させるために、鉄材を削り出し、製作した（写真8）。また、支柱基礎の施工時間短縮とアスファルト舗装をひび割れさせないために、アスファルト舗装のコア抜きを行った。アスファルト舗装のコア抜きは、1箇所当たり平均約2分30秒、次の削孔位置に移動準備を含めると、約4分を要した。さや管打ち込みは、1本当たり平均で約4分であった。移動準備を含めると、約7分を要した。コア抜きを行わず、アスファルト舗装にさや管を直接打ち込んだ場合は、約10分を要した。いずれも、アスファルト舗装への損傷は見られなかった。

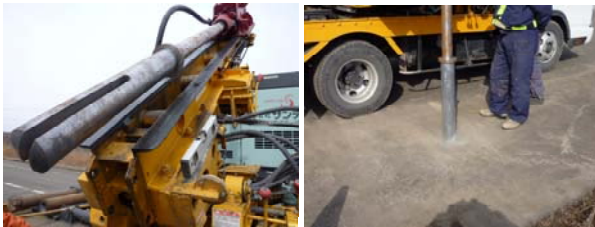


写真8 打ち込み治具装着と打ち込み状況

高速道路の2車線道路中央分離帯にワイヤーロープ式防護柵を設置した場合、張力管理には交通規制が必要になることが考えられる。そのため、ワイヤーロープの張力低下を防止することが重要になるため、一度高張力を掛けてから「防護柵設置基準・同解説」に定める初期張力22kN（冬期間）に戻すプレストレッチ法を試行した。高張力を掛ける時間の有効性も確認するために、ワイヤーロープの上から1段目はプレストレッチなし、2段目は1時間、3段目は2時間、4段目は3時間、5段目は18時間の高張力を掛けた（写真9）。プレストレッチの張力は人力で掛けることができた約33kNとした。初期張力22kNに戻してから張力を測定した結果、気温低下により張力が変動するが、プレストレッチにおいてもワイヤーロープの張力低下を防止する効果が確認された。また、時間はわずか1時間であっても、その有効性が確認できた（図4）。

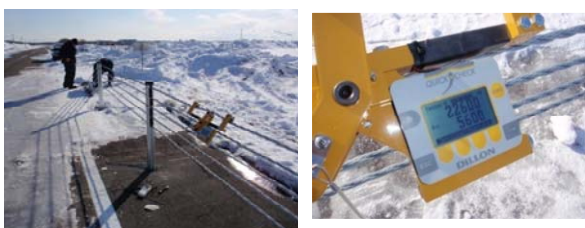


写真9 ワイヤーロープの緊張と張力測定

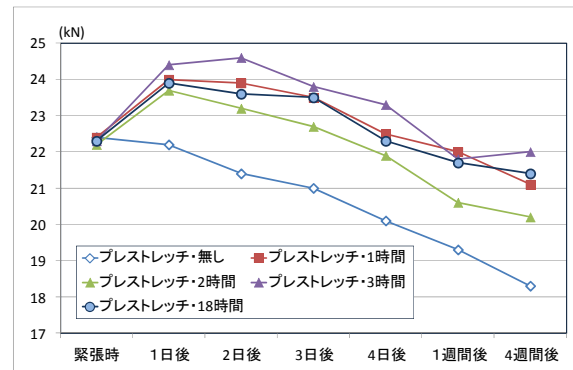


図4 ワイヤーロープの張力推移

苫小牧寒地試験道路において除雪作業による防護柵への影響と除雪後の堆雪状況を確認する試験を行った。除雪作業後、防護柵の支柱に影響は無かったが、最下段または下から2段目のワイヤーロープの高さまで雪が残ることを確認した。



写真10 除雪試験と除雪作業後の堆雪状況

3.3 効果の測定

ワイヤーロープ式防護柵を北海道内に導入展開していくには、防護柵の特性に適し、かつ事故対策としても緊急度の高い箇所を抽出し、重点的に取り組んでいくことが必要と考えられ、北海道内一般国道における設置候補区間の抽出の考え方を整理し、具体的な候補箇所の選定を行った。

ワイヤーロープ型防護柵の特性から、導入すべき区間としては正面衝突事故対策が必要な区間（正面衝突による死亡事故が発生している区間）の抽出を行った。抽出は事故分析システムにより平成10年～平成19年の10年間の正面衝突事故による死亡事故発生区間（1km単位での事故集計による）のうち、市街地（DID及びその他市街地）を除いた平地部・山地部とした結果、168区間（約168km）が抽出された。次に、死亡事故発生区間が連続している場合は、連続した整備区間として設定し、死亡事故発生区間が連続していない場合は、近傍の発生箇所まで連続した整備区間とした。ただし、未発生区間に市街地が含まれる場合は連続整備区間に設定しない。その結果、整備候補区間93区間（約259km）を抽出し

た。

抽出された 259km に対して、曲線半径 $R < 280m$ と縦断勾配 $i \geq 4.0$ の箇所がそれぞれ存在する区間で絞り込みを行うと図 5 のようになり、物理的な中央分離構造が望ましい 136km の区間に絞り込むことができた。

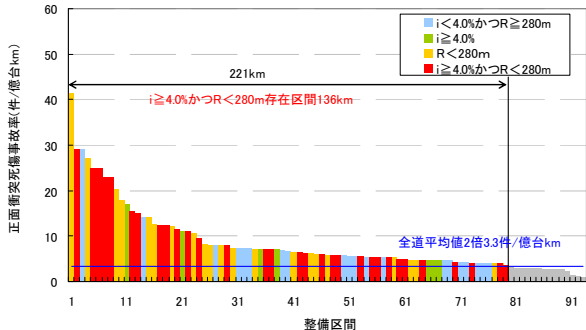


図 5 正面衝突事故率による優先度曲線（縦断勾配・曲線半径考慮）

4. 工作物衝突事故対策技術の提案

4.1 対策箇所の選定技術の検討

平成 12 年から平成 21 年に北海道内の一般国道で発生した交通事故データ交通事故 66,178 件のうち、分析に使用する車線逸脱事故（正面衝突 4,933 件、工作物衝突 1,855 件、路外逸脱 678 件）計 7,466 件を抽出した（図 6）。車線逸脱事故件数は年々減少傾向にあり、平成 12 年の 1,110 件から平成 21 年は 370 件まで約 1/3 に減少し、死亡事故件数は平成 12 年の 137 件から平成 21 年の 46 件まで、約 1/3 に減少している。

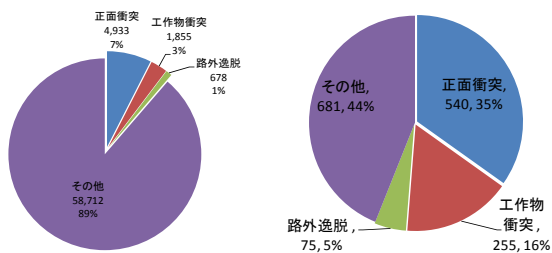


図 6 平成 12 年～平成 21 年に北海道内の一般国道で発生した交通事故件数（左）と死亡事故件数（右）

抽出した車線逸脱事故多発区間は、建設部毎に事故発生状況、道路条件、交通特性を整理した（表 5）。

表 5 車線逸脱事故多発区間の特徴整理結果の一例

路線番号	区分	特徴
13000	立地特性	➢ 支笏湖北側の山間部
1046	事故発生特性	➢ 夏期、非市街地、カーブ区間（特に左カーブ）、坂路（特に下り勾配）、幅員 5.5m 以上 9.0m 未満が多い

千歳市 ポロピナイ	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 夜間の割合が道内国道平均より高い ➢ 歩車道区分は縁石ブロック等が多い ➢ 自動二輪（1 当）、24 歳以下の割合が道内国道平均より高い
交通特性	➢ 交通量が少なく、大型車混入率も低い、混雑時旅行速度が低い

4.2 対策技術の検討

車線逸脱事故対策及び緩衝策の実施効果に関する海外文献から事例を 20 種類以上収集し、車線逸脱防止対策、速度抑制対策（注意喚起対策）、冬期スリップ対策、視線誘導対策、点的緩衝対策、線的緩衝対策の観点から、有効と思われる対策を各 1 つ抽出し、整備方法、整備コスト、整備効果等を整理した。



写真 1 1 車線逸脱事故対策の海外事例

表 6 車線逸脱事故対策の海外での対策効果の一例

対策区分	対策工種	対策効果
車線逸脱防止対策	路肩ランブルストリップスの設置	86.7%
速度抑制対策（注意喚起対策）	適切な位置における路面標示の設置	9.2%
冬期スリップ対策	路面の摩擦係数改善	70.0%
視線誘導対策	急カーブ区間の視線誘導改善	15.0%
点的緩衝対策	緩衝材(クッション材)の設置	67.0%
線的緩衝対策	自動車専用道路におけるワイヤーロープ式防護柵の採用	50.0%

抽出された車線逸脱事故多発区間に海外の事故対策事例を実施した場合に期待される効果の試算を行った。試算の対象とする区間は、北海道内の国道管理者である北海道開発局の管轄区域（開発建設部）別での事故多発上位 5 区間とし、各区間の事故特性に対して最も効果的と考えられる対策を実施した場合について、事故削減数と事故削減率について行い、死亡/死傷事故別に集計した（表 7）。

表7 箇所特性を踏まえて選定した対策を実施した場合の対策効果試算結果の一例

開建	路線 番号	市庁 指定市	H17 センサス 区間番号	観測地点	区間 延長 (km)	H12-H21事故件数				対策工程		対策効果	対策後事		
						死傷事故		死亡事故		対策区分	工程		死傷事故		
						路外側 への 逸脱事故		路外側 への 逸脱事故					事故削減 件数	対策後 事故件数	削減 効果
札幌	453	1300	1046	千歳市ボロピナイ	16.6	104	36	11	4	車線逸脱防止対策	路肩ランブルストリップスの設置	86.7%	32	72	30.8%
	231	1300	1022	石狩市八幡2丁目	22.1	188	21	9	2	線的緩衝対策	ワイヤーロープ式防護柵の採用	50.0%	11	177	5.9%
	36	1300	1008	恵庭市北柏木町5丁目	7	284	20	3	3	速度抑制対策(注意喚起対策)	適切な位置における路面標示の設置	9.2%	2	282	0.7%
	12	1300	1005	江別市豊幌花園町	6	179	16	1	1	冬期スリップ対策	路面の摩擦係数改善	70.0%	12	167	6.7%
	36	1300	1011	恵庭市上山口	3.4	182	15	1	0	視線誘導対策	急カーブ区間の視線誘導改善	15.0%	3	179	1.6%
	452	1420	1079	夕張市株沢温泉	22.3	39	15	2	1	車線逸脱防止対策	路肩ランブルストリップスの設置	86.7%	14	25	35.9%

5. まとめと今後の課題

平成 23 年度は、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、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実験を行い、防護柵設置基準の値を満足する規格を決定した。また、国総研の衝突実験施設において防護柵設置基準に定める分離帯用 Am 種（高速道路）の性能確認試験を行いその規定値を満足する結果により合格した。また、施工・維持管理技術の開発として、効率的な施工方法を確立するために、さや管（支柱基礎）打ち込み治具を作成し、試験施工を実施した。さらに、効果の測定として、ワイヤーロープ式防護柵の特性を踏まえ、設置候補区間の抽出の考え方を整理し、北海道一般国道事故データを分析した結果、259km の区間を設置候補箇所として選定した。

また、工作物衝突事故対策手法の提案として、平成 12 年～平成 21 年の 10 年間に北海道の一般国道で発生した車線逸脱事故（正面衝突、工作物衝突、路外逸脱）を分

析し、事故多発区間を抽出し、車線逸脱事故多発区間における道路条件、交通特性、事故発生状況を整理し、事故対策を実施した場合の効果の試算を行った。

今後は、一般国道（B 種）に適合したワイヤーロープ式防護柵の仕様検討や実験の実施、設置条件（道路線形、構造物箇所等）に適した構造検討、効率的な施工方法や適切な維持管理方法の検討、施工・維持管理マニュアル（案）の作成、導入効果の検討を行う予定である。

また、工作物衝突事故対策手法の提案としては、平成 23 年度の対策効果試算結果をもとに、現地調査を行い、即地的、かつ効果的な事故対策の検討を行う予定である。

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

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: WATANABE Masayoshi
TAKAHASHI Naoto
HIRASAWA Masayuki
TAKEMOTO Azuma

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