

大型車両対応規格のランブルストリップスの開発

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地交通チーム ○高田 哲哉
(独) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地交通チーム 平澤 匡介
(独) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地交通チーム 石田 樹

平成24年4月に関越自動車道で高速ツアーバスによる重大事故が発生した。当事故の対策の一つとしてランブルストリップスの導入が挙げられるが、現行規格は自転車等の安全性に配慮したものであり、大型車両に対しより効果的な規格について開発する必要がある。

本稿は、大型車両対応規格のランブルストリップスを開発するため、苫小牧寒地試験道路にて実施した試験施工および被験者走行試験の結果について報告するものである。

キーワード：交通事故対策、路外逸脱事故、ランブルストリップス、大型車両

1. はじめに

平成24年4月29日未明、群馬県藤岡市の関越自動車道上り線藤岡ジャンクション付近にて、高速ツアーバスが走行中に当該道路のコンクリート壁に衝突し、乗客7名が死亡、乗客38名が重軽傷を負うという重大事故が発生した。

この事故を受け、国土交通省では高速ツアーバス関連事業者に対する安全対策の強化¹⁾、道路管理者に対しては道路の安全性をより一層高めるための対策工事の実施要請などの取組が行われている²⁾。道路管理者による当該事故の対策の一つとしては、車両が車線を逸脱した際に車両に音と振動を与えることでドライバーに警告するランブルストリップスの導入が挙げられる。

しかし、現行規格のランブルストリップスは、自転車や原付、自動二輪車（バイク）などの軽車両が走行した際の安全性について配慮したものであり³⁾、バスやトラックなどの大型車両に対して十分な警告効果のある規格について開発を行う必要がある。

そこで、従来よりも切削溝の幅が大きく深い規格とな



写真-1 大型車両へ対応した規格のランブルストリップス

るランブルストリップスを寒地土木研究所が所有する苫小牧寒地試験道路において試験施工を行い、大型車両への車線逸脱の警告効果および普通乗用車や軽自動車、自動二輪車（バイク）への走行の安全性を検討するため、一般の道路利用者による走行試験や車内での騒音・振動の測定試験を実施した。

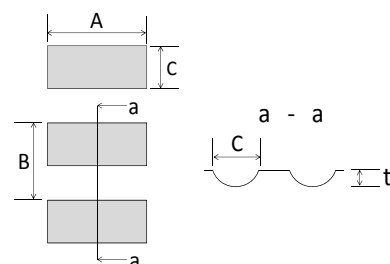
本稿は、これらの試験結果と課題について報告する。

2. 大型車へ対応したランブルストリップスの規格

大型車両へ対応した規格のランブルストリップスの開発に当たっては、自転車や原付などの軽車両の通行が制限されている高規格幹線道路等の自動車専用道路を主な

表-1 各ランブルストリップスの規格

| | 大型車両対応規格 | | | | | | 現行規格 (mm) | |
|---------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|
| | | | | | | | 2条線 | 1条線 |
| 横 幅 A | 350 | | 500 | | | | 350 | 150 |
| 切削ピッチ B | 530 | | | | | | 300 | 300 |
| 縦 幅 C | 250 | 270 | 280 | 250 | 270 | 280 | 150 | 170 |
| 深 さ t | 15 | 18 | 21 | 15 | 18 | 21 | 12 | 15 |



導入先として、車道路肩に施工することを想定し検討を行った。切削横幅は従来のランブルストリップスと同じA=350mmの規格とランブルストリップス専用切削機に取付可能な切削ドラムの最大幅A=500mmの2種類の規格とした。切削深さについては、現行規格で最大となるt=15mmからt=18mm、21mmの3種類とし、大型バスや大型トラックなどの大型車両に対して十分な警告効果が得られることを目的に、従来よりも切削溝の幅が大きく深い計6種類の規格を考案した(表-1)。

3. 苫小牧寒地試験道路における試験施工

(1) 試験施工概要

平成24年10月24日から25日の2日間にかけて、苫小牧寒地試験道路において、共同研究者の株式会社NIPPOが所有する高性能型のランブルストリップス専用切削機を用いて、表-1で示した大型車両へ対応した規格のランブルストリップスについて試験施工を行った。試験施工で使用した当該機の写真と主要諸元を図-1に示す。施工延長はそれぞれL=50mであり、各ランブルストリップスとの間には20mのブランク区間を設けた。施工速度については、現行規格よりも切削幅や深さが大きくなることから施工にやや時間を要した。また、施工に伴い発生する切削廃材量については、既存の追越禁止黄色2条線用との体積比で、それぞれ1.3~3.0倍程度となった。なお、施工後の出来形についてはおおむね良好であった。

| | | | |
|---|------|-------|--------------------------|
|  | 型 式 | W50 | |
| | 寸 法 | 機械重量 | 5,550kg |
| | | 全 長 | 3,360mm |
| | | 全 幅 | 1,650mm |
| | | 全 高 | 3,200mm |
| | 性 能 | 切削幅 | 500mm |
| | | 切削深さ | 0~160mm |
| | エンジン | 名称・型式 | 油空冷式ドイツディーゼル BF4M2011 |
| | | 定格出力 | 60kw/2,500rpm |

図-1 施工機械の外観と主要諸元

(2) 突起型車輪と切削ドラムの検討

前章2の表-1で示した切削縦幅を確保するため、写真2で示す円弧形状の突起物を鉄輪に装着させた突起型車輪を新たに作製した。切削ドラムについては突起型車輪の円弧形状の突起物の規格を調整することにより、既存の



写真-2 突起型車輪の形状および切削ドラム

切削ドラムで所定の切削縦幅を確保した。また、切削横幅A=500mmの施工については、既存の横幅350mmの追越禁止黄色2条線用と横幅150mmの追越禁止黄色1条線用の切削ドラムをボルト結合することにより所定の切削横幅を確保した。これにより、今回の試験施工では、新たな規格の切削ドラムについて製作は行っていない。

4. 苫小牧寒地試験道路における走行試験

(1) 一般道路利用者による走行試験

a) 試験概要

平成24年11月13日から25日において、一般の道路利用者を募り苫小牧寒地試験道路において大型車両へ対応した規格のランブルストリップスの走行試験を表-2に示す試験車両を用いて行った。試験に参加した被験者数は大型自動車第二種免許や普通自動車免許、普通自動二輪車免許等の所持者を含む107人であり、乗車車種の内訳は

表-2 試験車両一覧表

| 車 種 | 車両規格 | 車 名 |
|------------|---------------------------------|----------------------------|
| 大型バス | 全長12m車(観光バスタイプ) | 三菱(三菱ふそうトラック・バス) エアロバス |
| 大型トラック | 車両総重量20t超 (荷台に重量10tのウエイトを積載) | ニッサンディーゼル(UDトラック) KL-CW55系 |
| 普通乗用車 | セダントタイプ/総排気量1,500cc | トヨタ / COROLLA AXIO |
| 軽自動車 | 総排気量660cc | ダイハツ / MOVE |
| 自動二輪車(バイク) | 総排気量400cc | ホンダ / CB400 |

表-3 乗車車種内訳 (人)

| 乗車車種 | 乗車被験者数 |
|------------|--------|
| 大型バス | 51 |
| 大型トラック | 51 |
| 普通乗用車 | 59 |
| 軽自動車 | 59 |
| 自動二輪車(バイク) | 50 |

被験者数 107人

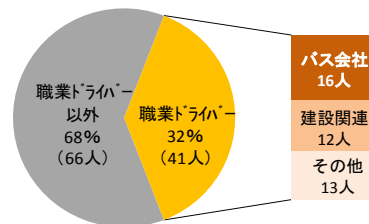
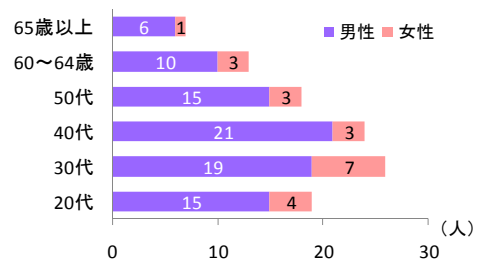


図-2 被験者の属性 (上: 性別年齢別 下: 職業ドライバー別)

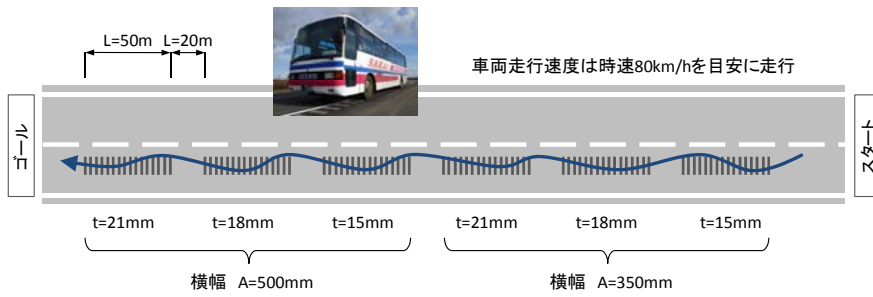
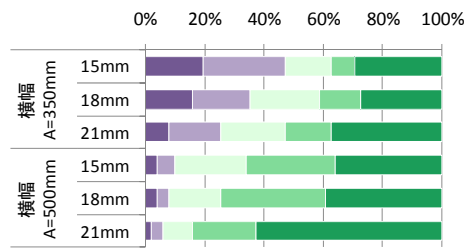


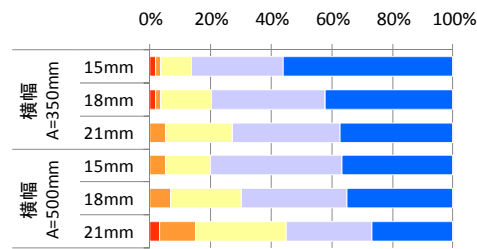
図-3 一般道路利用者による走行試験コース



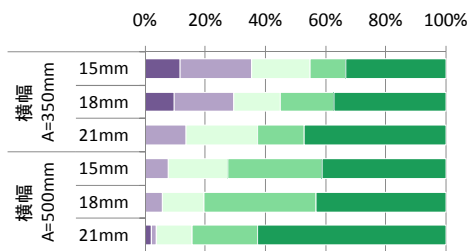
写真-3 走行試験時の様子



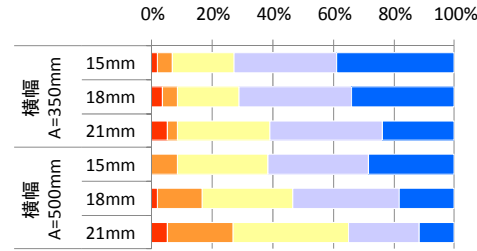
警告効果 (大型バス) N=51



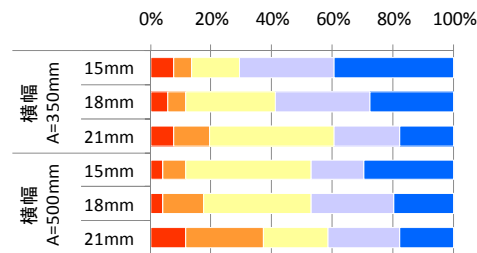
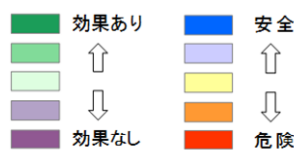
安全性 (普通乗用車) N=59



警告効果 (大型トラック) N=51



安全性 (軽自動車) N=59



安全性 (自動二輪車) N=50

図-4 一般道路利用者による走行試験アンケート集計結果 (各試験車両への警告効果および安全性)

表-3に、性別や職業等の被験者の属性は図-2に示すとおりである。

図-3は試験時の走行コースを示す。被験者は試験コースの説明を受けた後、スタート位置から1人ずつ試験車両に乗り込み、走行コース内に施工した6種類の規格のランブルストリップ上を走行した。走行後、用意されたアンケート用紙にそれぞれのランブルストリップの印象について回答を記入し、別の試験車両にて走行試験

を繰り返す。なお、被験者は所持する免許にて運転可能な試験車両の運転を行っており、例えば大型車両を運転可能な被験者は普通乗用車および軽自動車の運転も行っており、普通自動車免許のみ所持する被験者は大型車両の運転は行っていない。

b) 試験結果

被験者に配布したアンケート用紙では、6種類の規格

のランブルストリップスについて、警告効果および安全性を5段階評価で記入する形式とした。警告効果については効果なしの1から効果ありの5までとした。安全性については危険（と感じる）の1から安全（と感じる）の5までとした。ここでは、大型バスおよび大型トラックの大型車両に対する警告効果、普通乗用車や軽自動車、自動二輪車（バイク）に対する安全性の評価について集計した結果を図4に示す。

大型バスや大型トラックの大型車両に対する警告効果については、切削溝の横幅が大きく深い規格になるほど「効果あり」と評価する被験者の割合が高くなる傾向を示した。大型バス、大型トラックともに「効果あり」の割合が最も高かったのは切削横幅A=500mm、深さt=21mmの規格であり、最も評価が低かったのは切削横幅A=350mm、深さt=15mmの規格であった。

他方、普通乗用車や軽自動車、自動二輪車（バイク）への安全性の評価については、車両規格が軽量かつ切削溝の横幅が大きく深くなる規格となるに従い「危険」と感じる被験者の割合が高くなる傾向が見受けられた。特に、自動二輪車（バイク）については、切削横幅A=500mm、深さt=21mmの規格は他の5種類の規格に比べ「危険」と感じる被験者の割合がやや高い結果となった。

アンケートでは、走行コース内に施工した6種類の規格について設置条件に関する質問も行った。その結果を図-6に示す。切削横幅の規格が大きくかつ切削深さが深くなるに従い「連続して設置」が占める割合が減少し、「危険な箇所に限定して設置」の占める割合が増加する傾向が見受けられる。なお、切削横幅A=500mm、深さt=21mmの規格においては、他の規格に比べ「設置すべきでない」と否定的な意見の割合がやや高い結果となった。

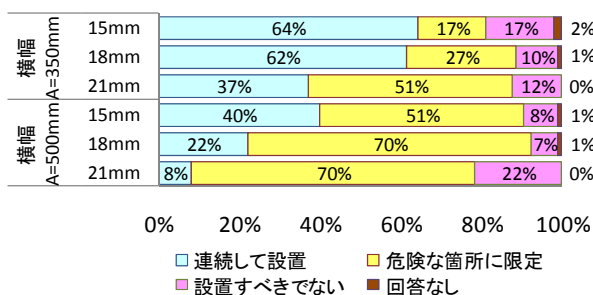


図-5 大型車両へ対応した規格の設置条件について

(2) 大型バスの車内における騒音・振動の測定試験

a) 測定方法

一般道路利用者による走行試験と同時期に、大型バスがランブルストリップス上を走行した際に、どの程度試験車両の車内において騒音および振動を発生させているのかを確認するため、車内騒音および車内振動の測定試験を行った。測定試験で走行したランブルストリップスは、大型車両へ対応した規格の6種類と、既に施工され

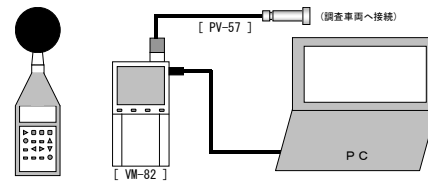


図-6 使用測定機器（左：普通騒音計 右：汎用振動計）



写真4 大型バス車内における騒音、振動測定の様子

ている現行規格2種類（追越禁止黄色1条線および2条線用）の合わせて計8種類である。測定方法は、普通騒音計（RION社製・VM-82）は運転席シートの上部付近に集音マイクを、汎用振動計（RION社製・NL-22）はハンドル付近にあるメータークラスターの平坦箇所ピックアップを固定し（写真4）、車両走行速度は、40、60、80、100km/hの4段階の速度を設定し、各速度において車内騒音および車内振動の測定を行った。なお、車内騒音は各走行速度で3回走行して測定し、それぞれの最大値を平均して各走行速度の測定値とした。車内振動は、記録した時の上位10個の値を平均して1回走行した時の測定値とし、3回測定の平均値を測定値とした⁴⁾。

b) 車内騒音

図-7の車内騒音の測定結果より、平坦部の路面を走行すると60~70dB前後であったものが、大型車両へ対応した規格のランブルストリップス上を走行すると70~80dB前後と10dB程度騒音レベルが高くなり、走行速度が増すと騒音レベルも高くなる傾向を示した。切削横幅や深さの違いによる騒音レベルの値については、特に大きな差は見受けられなかった。なお、最も大きな騒音レベルを示したのは、100km/hの切削横幅A=350mm、深さt=21mmの規格であり値は81dBであった。現行規格のランブルストリップスにおいても、走行速度が増すと車内の騒音レベルが高くなる傾向を示し、追越禁止黄色1条線および2条線用ともに、80km/hおよび100km/hの騒音レベルは大型車両へ対応した規格と同等の騒音レベルとなった。

c) 車内振動

図-8に示す車内振動の測定結果についても走行速度が増すに従って、振動レベルが高くなる傾向が伺える。平

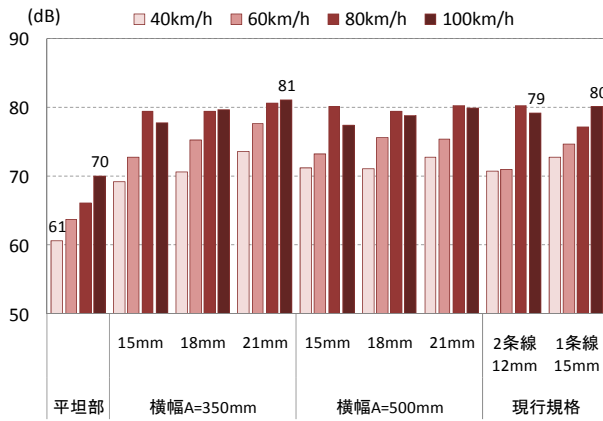


図-7 大型バスにおける騒音測定結果

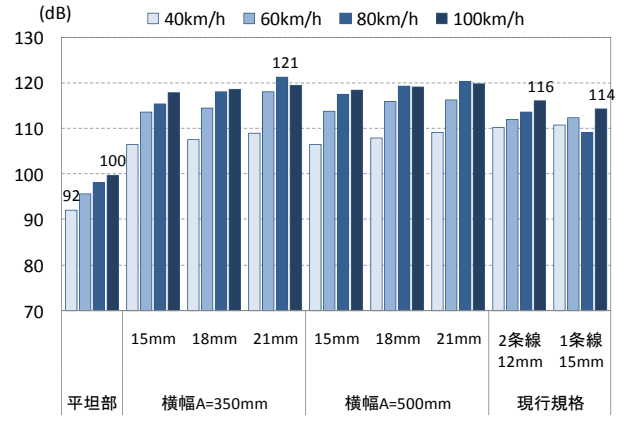


図-8 大型バスにおける振動測定結果

平坦部の路面の振動レベルは90～100dB前後であり、大型車両へ対応した規格では105～120dB前後の値を示し、平坦部よりも15～20dB前後高い振動レベルとなった。車内振動においても切削幅や深さの違いによる大きな差は見受けられないが、切削横幅A=350mm、A=500mmともに深さt=21mmの規格が他の規格よりもやや高い振動レベルの値を示した。現行規格のランブルストリップとの比較では、時速40km/hを除き大型車両へ対応した規格は5dB前後高い値の振動レベルを示した。

5. まとめ

苫小牧寒地試験道路において行った試験施工および走行試験より、大型車両へ対応した規格のランブルストリップについて、以下に整理する。

- 1) 大型車両へ対応した規格のランブルストリップは、現行よりも大きく深い規格となることから、施工には現行規格よりもやや時間を要した。また、施工に伴い発生する切削廃材量については、既存の追越禁止黄色2条線用との体積比で、1.3～3.0倍程度となった。
- 2) 一般の道路利用者による走行試験では、大型車両へ対する警告効果について、切削溝の横幅が大きく深い規格のランブルストリップほど「効果あり」と評価する被験者の割合が高くなった。

一方、普通乗用車や軽自動車、自動二輪車（バイク）への安全性の評価については、車両規格が軽量かつ切削溝の横幅が大きく深くなる規格になるに従い、「安全」から「危険」と感じる被験者の割合が高くなる傾向が見受けられた。特に、自動二輪車（バイク）については、切削横幅A=500mm、深さt=21mmの規格は、他の5種類の規格に比べて「危険」と感じる被験者の割合がやや高い結果となった。

- 3) 走行コース内に施工した6種類の規格について設置条件に関する質問を行った結果、切削横幅の規格が大きくかつ切削深さが深くなるに従い「連続して設置

と回答する被験者の割合が減少し、「危険な箇所に限定して設置」と回答する被験者の割合が増加する傾向が見受けられた。なお、切削横幅A=500mm、深さt=21mmの規格においては、他の規格に比べ「設置すべきでない」と否定的な意見の割合がやや高い結果となった。

- 4) 大型バスの車内騒音の測定結果では、走行速度が増すと騒音レベルも高くなる傾向を示した。しかし、切削横幅や深さの違いによる騒音レベルの値については、特に大きな差は見受けられなかった。また、現行規格の追越禁止黄色1条線および2条線用との比較では、80km/hおよび100km/hの騒音レベルでは、ともに大型車両へ対応した規格と同等の騒音レベルとなった。
- 5) 大型バスの車内振動の測定結果においても、切削幅や深さの違いによる大きな差は見受けられないが、切削横幅A=350mm、A=500mmともに深さt=21mmの規格が他の規格よりもやや高い振動レベルの値を示した。現行規格のランブルストリップとの比較した場合、時速40km/hを除き大型車両へ対応した規格は現行規格よりも5dB前後高い振動レベルを示した。

6. おわりに

平成24年4月、群馬県の関越自動車道で発生した高速ツアーバスによる重大事故を受け、大型車両にも十分に警告効果のある規格のランブルストリップの開発に着手した。従来よりも切削幅が大きく深い規格のランブルストリップについて考案し、切削幅や深さの違う6種類の規格について、苫小牧寒地試験道路において試験施工を行った。これらを用いて、一般の道路利用者による走行試験や計測機器を用いた車内振動・騒音の測定試験を実施した。

試験施工の結果からは、大型車両へ対応した規格のランブルストリップは現行規格よりも切削溝の規格が大きくなることから施工にやや時間を要すること、切削廃

材の処理費、機械損耗費といった施工コストの上昇が見込まれることなどの課題が浮かび上がった。

一般の道路利用者による走行試験や車内騒音・振動の測定試験では、大型車両に対する警告効果について確認することができたものと考ええる。一方、普通乗用車や軽自動車、自動二輪車（バイク）に対する安全性については、切削溝の規格が大きくなるに従い「安全」と評価する割合が低下する傾向が見受けられた。大型車両への警告効果と車両規格が軽量の軽自動車や自動二輪車（バイク）の安全性を勘案しながら、道路管理者や交通管理者の意見を取り入れつつ、施工規格の提案に向け更に検討を進めていく必要がある。

また、施工コストや被験者によるアンケート結果を考慮し、大型車両へ対応した規格のランブルストリップスは、現行規格よりも導入箇所を限定して施工するといったことも検討する必要がある、導入箇所としては以下の箇所が考えられる。

1. 大型バスによる路外逸脱事故により重大事故となることが見込まれる箇所
2. 大型車両が路外へ転落した場合、社会経済に与える損害が大きい場所（例えば新幹線の跨線橋等）
3. トンネルの坑口付近および橋梁前後

4. 道路標識や照明施設等の道路付属物密集箇所
5. インターチェンジ等の道路を横断する跨道橋の橋台付近

以上の試験結果を踏まえ、引続き大型車へ対応した規格のランブルストリップスについて各種試験を行うとともに、高規格幹線道路等の自動車専用道路における適応性について調査・検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省：関越道における高速ツアーバス事故について、平成 24 年 5 月，web サイト http://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha02_hh_000082.html
- 2) 東日本高速道路株式会社：関越自動車道における高速ツアーバス事故を踏まえた対応について，平成 24 年 5 月，web サイト http://www.e-nexco.co.jp/pressroom/press_release/head_office/h24/0523/
- 3) (独) 土木研究所寒地土木研究所：ランブルストリップス整備ガイドライン（案），平成 20 年 2 月
- 4) 平澤，武本，葛西，相田，笠原：切削型区画線の開発について，寒地土木研究所月報 No. 667，平成 20 年 12 月