

正面衝突事故対策としての ランブルストリップスの開発と整備効果

平澤 匡介・葛西 聡・相田 尚

北海道は、郊外部の国道で走行速度が高くなりやすく、大部分が非分離の2車線道路であるために、正面衝突による死亡事故が発生しやすい。従来の2車線道路における正面衝突事故の対策は、中央分離帯やセンターポール等の設置が挙げられるが、費用や冬期除雪作業の支障により、普及していない。本稿は、正面衝突事故の対策手法として、舗装路面を削り、凹型の溝を連続して配置するランブルストリップスを2車線道路のセンターライン上に設置し、事故削減効果等の整備効果について報告する。

キーワード：交通安全，事故対策，正面衝突，ランブルストリップス

1. はじめに

北海道は、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、大部分が非分離の2車線道路であるために、正面衝突による死亡事故が多い。北海道の正面衝突による死亡事故の割合は全国に比べ約2倍で、全死亡事故の約2割を占める。2車線道路の正面衝突事故対策は、中央分離帯、センターポール、チャッターバーなどが考えられるが、中央分離帯は高コストのため設置は限定的である。また、センターポールやチャッターバーは、除雪作業の支障となるので、広く普及していない。本稿は、これらの課題を解消する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ランブルストリップスを設置する手法を開発し（写真—1）、設置前後の正面衝突事故発生状況と事故削減効果や費用対効果等の整備効果について報告するものである。



写真—1 ランブルストリップス（左：R230，右：R275）

2. ランブルストリップスについて

ランブルストリップスとは、舗装路面に隆起状また

は溝状の凹凸パターンを直線的に配置したものである。目的は、その上を通過する車両に対し音や振動を発生させ、ドライバーに車線を逸脱したことを警告することであり、うっかり・ぼんやりや居眠りによる交通事故に有効な対策手法である。ランブルストリップスは、1955年に米国ニュージャージー州で“singing shoulders”として初めて設置され、この時はコンクリート舗装に型枠を使って形成されたものであった。本格的に普及したのは、1980年代後半に、切削型と呼ばれる既設のアスファルト舗装に対して溝を削る施工方法が開発されたからである。

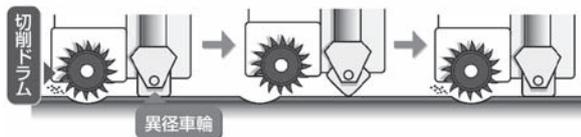
1990年代から、高速道路の路外逸脱事故対策手法として普及したランブルストリップスであるが、米国の設置基準や規格（溝の大きさや深さ）は州毎に異なっており、どの規格が最適なのかは、明らかになっていなかった。また、米国の高速道路の路肩幅員は5m以上あることと自転車への影響を考慮されていないので、日本の一般国道における2車線道路のセンターライン上に設置することを念頭に置いた場合、米国のランブルストリップスの規格は、溝が深く、大きいことが懸念された。

3. 施工方法の開発

日本へのランブルストリップス導入を検討した平成13年当時は、我が国において切削型の施工事例はなく、施工機械を開発することから着手した。（独）土木研究所寒地土木研究所は、平成13年度から室蘭工業大学、平成15年度から（株）NIPPOと共同研究を行い、施工方法の確立、日本の道路事情に適した規格の開発

を行った。

切削溝を連続的に設置するためには、様々な方法が考えられたが、施工性、経済性の観点から検討を重ねた結果、既存の切削機の案内輪を異径車輪に改造し、異径車輪の回転による異径差を利用し切削ドラムを連続的に上下動させる方式が最適と判断された（図—1）。そのために施工機械は、既存の小型路面切削機の案内輪を異径車輪に改造し、進行時に回転して生じる上下動を利用する機構とした（写真—2）。



図—1 異径車輪による連続切削概念図



写真—2 施工機械

ランブルストリップスは、平成14年に一般国道5号で初めて設置された時の施工速度は、約3m/分であった。延長720mの施工は1日で終了し、十分な施工速度と出来形であった。平成15年以降、ランブルストリップスの普及に伴い、排水性舗装やコンクリート舗装にも設置要望があり、施工方法の検討を行った。

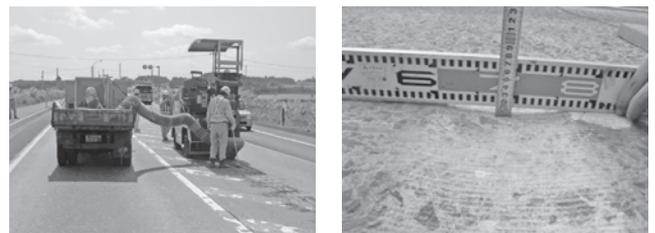
排水性舗装では、切削廃材をブラシ式清掃車で清掃すると、細かい切削屑が舗装表面に入り込み、排水性を損なうため、一般的な汚泥吸排車を採用した。また、高速道路などで比較的長い距離を連続して施工する場合は、専用の切削廃材吸引システムを採用した。このシステムは切削機を追いかけながら廃材の吸引作業を行うため、大型のルーツブロワを搭載している（写真—3）。これらの清掃方法により、排水性への影響は



写真—3 汚泥吸排車（左）と専用廃材吸引車（右）による清掃状況

少なくなった。ただし、ランブルストリップスは、道路全体の面積に対して極小面積であることから、道路全体に及ぼす影響は極めて小さいと考えられる。

コンクリート舗装への施工は、切削ビットをコンクリート版専用のものに交換して行うが、アスファルト舗装に比べると施工能力は若干落ちる。また、切削する際に粉塵が発生するため、施工場所に応じ対策を講じなければならない。写真—4は、切削機のドラム後方に粉塵吸引ダクトを繋ぎ、2t車に積載した集塵機により粉塵を吸引しながら施工している状況である。



写真—4 施工時の粉塵吸引状況（左）と深さ12mmのランブルストリップス（右）

センターライン上にランブルストリップスを施工した後、区画線を溶着施工する場合、一定の隙間から流れ込むスクリード式では、溝内に塗料が必要以上に流れ込み、ランブルストリップスの機能を低減させてしまうので、スプレー式（回転体・噴射）で施工しなければならない（写真—5）。



写真—5 溝が埋まった事例（左）とスプレー式の施工状況（右）

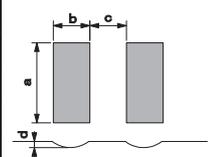
4. 試験道路における騒音・振動の測定

ランブルストリップスの音と振動の警告効果は、その溝が大きく、深いほど高くなる。しかし、バイクや自転車の操縦性に対する影響は、溝が小さく、浅いほど低くなる。実道における最適な規格は、この相反する条件を満足させることが求められる。そこで、苫小牧寒地試験道路において、表—1に示す切削横幅が350mm、深さが9mm、12mm、15mmの3種類の規格のランブルストリップスの試験施工を行った。

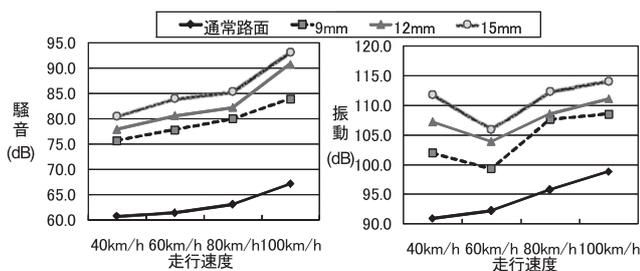
ランブルストリップスによる音と振動の効果を騒音計と振動計により測定した。測定方法は、乗用車（ワゴンタイプ1,800cc、タイヤサイズ185R14）で各ラ

表一 苦小牧寒地試験道路に試験施工した規格

[単位: mm]			
	パターン1	パターン2	パターン3
切削幅: a	350	350	350
切削幅: b	127	147	163
フラット幅: c	175	155	139
深 さ: d	9	12	15



ランブルストリップス上を走行させ、車内に設置した計測器で測定した。騒音計は、助手席のヘッドレストに集音マイク、振動計は、ハンドル軸上にピックアップを固定した。車内騒音の測定は、ランブルストリップス上を各走行速度（40 km/h, 60 km/h, 80 km/h, 100 km/h）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。また車内振動の測定は、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（図一2）。ランブルストリップスによる車内騒音の大きさは、いずれの深さでも、通常の舗装路面上を走行した時に比べ、15 dB以上大きな値を記録した。また溝が深いほど車内騒音が大きくなる傾向を示した。Chen¹⁾は、走行中の一般ドライバーに対する警告効果として発生する騒音レベルは、車内環境騒音よりも最低4 dB以上大きくなければならないと報告しているので、十分な警告効果があると推察される。車内振動は、いずれの深さでも通常路面の値よりも7 dB以上大きな値を記録した。

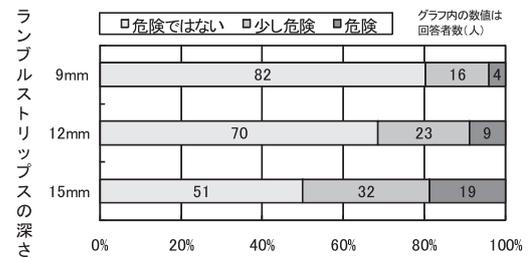


図一2 車内騒音データ測定結果

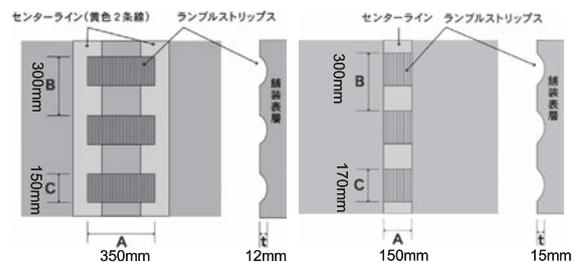
5. 試験道路における走行実験

ランブルストリップスを実道に設置する適正な規格を決めるために、平成13年11月に苦小牧寒地試験道路において62名の一般道路利用者による走行実験を行った。実験車として乗用車、バイク、原付、自転車を使用した。走行実験は、被験者の走行状況のビデオ観測とアンケート調査を実施した。ビデオ観測では、初めてランブルストリップス上を走行する時にブレーキを掛ける人も見られたが、特に危険な状況は観測されなかった。図一3は、走行後に行った危険性に関

するアンケート結果である。ランブルストリップスの印象は、9 mm, 12 mm, 15 mmの順に従って「危険」と回答した人の割合が多くなっている。ビデオで走行状況を観測した結果、深さ15 mmでも急ブレーキや急ハンドル、転倒と言った危険な状況は見られなかったが、騒音、振動の測定結果とアンケートの結果を検討し、自転車やバイクに対し、危険性が少なく、音や振動の警告効果もある程度高いことが期待される深さ12 mmの規格を実道の追越禁止黄色2条線のセンターライン上へ施工する規格として採用した。平成15年度には、追禁黄色1条線に設置する規格を決めるため、同様の走行実験を苦小牧寒地試験道路で実施し、追禁黄色1条線では路面を切削した後に区画線を施工するので、溝が浅くなってしまふこととアンケートの結果を考慮して、深さ15 mmの規格を実道へ施工する規格として採用した（図一4）。



図一3 危険性に関するアンケート集計結果



図一4 追禁黄色2条線用(左)と1条線用(右)の詳細図

6. ランブルストリップスの整備効果

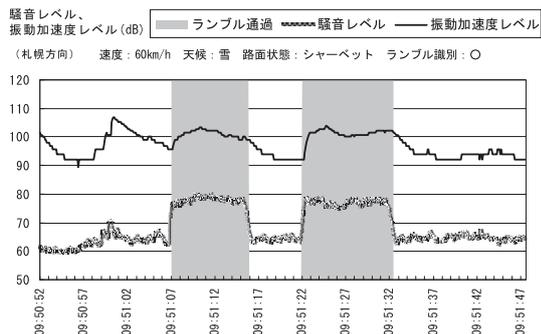
ランブルストリップスは、平成14年7月22日に一般国道5号の八雲町で初めて施工された（写真一6）。施工単価は1 m当たり約1,500円となり、これはセンターポールの1/2以下、チャッターバーの1/3以下で



写真一6 一般国道5号八雲町におけるランブルストリップスの施工状況

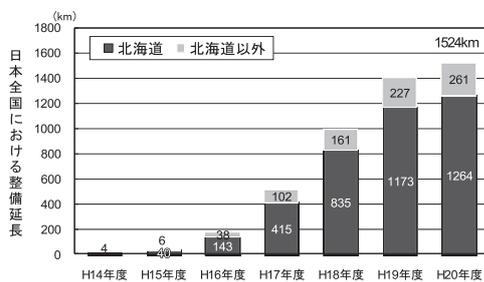
安価な対策と言える。

ランブルストリップスは、多少の積雪でも音と振動による効果を体感することができた。冬期路面状態で、センターラインが全く見えない状況であるにもかかわらず、車内騒音と車内振動を測定した結果、ランブルストリップス上では車内騒音が15 dB程度大きくなり、車内振動も7 dB程度大きくなり（図—5）、センターラインが見えない状況でも、車線を逸脱したことをドライバーに警告する効果が有効に機能していることが明らかになった。



図—5 冬期路面条件下の車内騒音と車内振動の測定結果

平成14年度に初めて設置されたランブルストリップスは、道路管理者の評価が良好であり、国土交通省北海道開発局では、平成15年度から正面衝突事故対策として積極的に採用された。懸念されていた騒音等の苦情もなく、北海道内の国道におけるランブルストリップスの施工延長は、平成21年3月末で、46路線、総延長832 kmに達し、平成18年以降道道や高速道路にも整備され、北海道内の総延長は1,264 kmとなった。北海道以外でも、東北・北陸地方を中心に整備され、日本全国では約1,524 kmに達し、急速に普及している（図—6）。



図—6 ランブルストリップス整備延長の推移

表—2は、平成14～17年における北海道の国道センターライン上にランブルストリップスを設置した152箇所、延べ延長338 kmにおける各箇所の施工前2年間と施工後2年間の正面衝突事故件数、死傷者数を集計したものである。

正面衝突事故件数は、150件から75件に減少し、減

表—2 設置前後における正面衝突事故発生状況

一般国道152箇所、延べ延長338 km

正面衝突	施工前2年間	施工後2年間	減少数	減少率
事故件数	150	75	- 75	50
死者数	46	16	- 30	65
重傷者数	84	43	- 41	49
軽傷者数	231	136	- 95	41
冬型事故件数	56	29	- 27	48

※冬型事故とは、積雪、凍結、吹雪等の冬期現象が事故発生要因となったものをいう。

少率は50%であった。同様に死者数は46人から16人に減少し、減少率は65%、重傷者数は84人から43人に減少し、減少率は49%、軽傷者数は231人から136人に減少し、減少率は41%となり、死者数の減少に最も寄与した結果となった。ランブルストリップスは、冬期スリップ事故を防ぐ効果はないが、積雪路面でもある程度音と振動の効果が持続することが明らかであり、冬型事故件数でも56件から29件に減少し、減少率は48%となり、正面衝突事故における冬型事故も減少した。

表—3は、平成14～17年にランブルストリップスを設置した152箇所、延べ延長338 kmにおける正面衝突事故発生による損失額と費用対効果を示す。人的損失額は、「交通事故減少便益の原単位の算出方法」（国土交通省）から、死亡：245,674千円/人、重傷（後遺障害）：9,259千円、軽傷（傷害）：1,378千円、事故1件の渋滞損失額は898千円を使用した²⁾。ランブルストリップス設置区間における施工前2年間の正面衝突事故発生による損失額は、12,531,778千円と算出され、施工後2年間では、4,583,679千円と算出された。従って、152箇所、施工総延長338,424 mのランブルストリップス設置便益は、1年間当たり3,974,050千円となった。ランブルストリップスの耐久性を10年

表—3 平成14～17年度に整備箇所における費用対効果

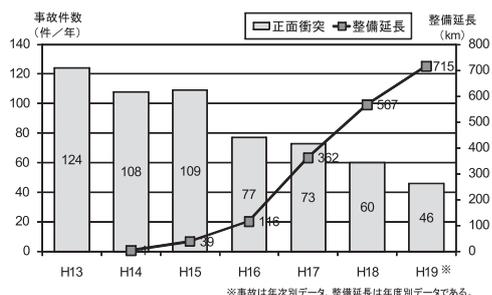
施工前（2年当たり）		施工後（2年当たり）	
人的損失額（千円）	渋滞損失額（千円）	人的損失額（千円）	渋滞損失額（千円）
12,397,078	134,700	4,516,329	67,350

	交通事故減少 ^{*1} 便益（千円）	施工費用（千円）	費用対効果
1年目	3,974,050	507,636	7.8
2年目	3,821,202		15.4
⋮	⋮	⋮	⋮
10年目	2,792,115		66.0
計	33,522,429	507,636	66.0

*1 社会的割引率：4%

と仮定し、社会的割引率：4%を使用して、事故減少効果の便益は10年間で33,522,429千円と計算される。施工費は、施工単価1,500円/mから507,636千円なので、費用対効果は66.0と非常に高い値となった。

平成19年度迄に北海道の一般国道のセンターラインにランブルストリップスが整備された区間（総延長679km）における正面衝突事故件数の推移を集計した結果、平成13年の124件から平成19年の46件まで、整備に伴い、着実に正面衝突事故が減少した（図一7）。



図一7 平成19年度迄にランブルストリップスが整備された区間における正面衝突事故件数の推移

7. おわりに

ランブルストリップスは、従来の正面衝突事故対策に比べ、安価で、設置、施工、維持管理上の制約が少ない工法である。特にバイクに対する安全性は、センターポールやチャッターバーに比べ、格段にすぐれている。また、連続して長い区間に施工できるので、結果的に事故削減効果にも優れ、費用対効果も高くなる。冬期間の除雪作業の支障とならないことに加え、路面標示を覆うような圧雪路面でも音と振動の効果が保たれることが確認された。

これらのことから、ランブルストリップスは、積雪の有無にかかわらず、正面衝突事故対策として高い有効性が期待できる。特に北海道のような積雪寒冷地域においては、分離帯、センターポール、チャッターバーのように冬期間の除雪作業における道路管理上の支障物とならないので、積雪寒冷地域の正面衝突事故対策としてはきわめて有用であると考えられる。また2車線道路における正面衝突による重大事故が発生した場合でも、コストや沿道環境の制約から、従来手法では積極的な対策がとれない場合が多かったが、ランブルストリップスが有効な対策として期待される。

土木研究所では、ランブルストリップスの普及に向けて、道路管理者の現場担当者向けにホームページ (<http://www2.ceri.go.jp/rumble/>) の開設、技術紹介ビデオの作成・配布、国土交通省の新技术情報提供システム (NETIS) への登録を実施した。

ホームページでは、概要、施工方法、効果、Q&A等から構成され、道路管理者の他に、一般道路利用者に対応した内容である。また、ランブルストリップスの整備推進のため、基本的な考え方、具体的な規格や施工方法、設置の際の留意事項をガイドラインとして取りまとめ、平成18年に「ランブルストリップス整備ガイドライン(案)」を発刊した。本ガイドライン(案)は、死亡事故に至りやすい正面衝突事故を防止するために、ランブルストリップス設置の目的、適用箇所、施工方法、管理への理解を高め、ランブルストリップスが適切かつ効果的に設置、運用されることが期待され、ホームページ (<http://www2.ceri.go.jp/rumble/>) からダウンロードにより入手可能である。

新技术活用システム (NETIS) においては、平成21年度に全国で初めてランブルストリップスが「推奨技術」に認定され、現時点では唯一の推奨技術である。推奨技術は、国土交通省の各地方整備局等が実施した事後評価の結果が良い技術の中から、専門家等を交えた有識者会議において、公共工事等に関する技術の水準を一層高める画期的な技術として選定するものであり、国土交通省が認定した最も評価の高い新技术である。

土木研究所としても、これを契機として、ランブルストリップスのさらなる普及に努め、より一層の交通事故及び交通事故死者数削減に寄与できることを期待したい。

JICMA

《参考文献》

- 1) Chen, C. S. et al. Optimal Continuous Shoulder Rumble Strips and the Effects on Highway Safety and Economy, ITE Journal, May 2003
- 2) 国土交通省道路局, 交通事故減少便益の原単位の算出方法, 平成20年11月

【筆者紹介】



平澤 匡介 (ひらさわ まさゆき)
(独)土木研究所寒地土木研究所
寒地交通チーム
主任研究員



葛西 聡 (かさい さとし)
(独)土木研究所寒地土木研究所
寒地交通チーム
上席研究員



相田 尚 (あいた ひさし)
(株)NIPPO 研究開発本部技術開発部
技術開発グループ
機電開発担当課長