

# 日本の高速道路における移動式防護柵の初導入

## 常盤自動車道における試行導入結果

鎌田 文 幸

高速道路での工事規制において、一般車両の侵入による重大事故防止と規制材設置・撤去作業の効率性・安全性向上を図るために、欧米等で実績のある移動式防護柵の工法である移動式防護柵を日本で初めて導入した。

導入するにあたり、常盤自動車道（柏～流山間）の剥落防止対策工事を対象に、その工事規制方式を移動式防護柵方式にて実証実験を行い、一般交通への影響やその有用性について検証を行った。

本報では、移動式防護柵の概要と実証実験の結果から、国内での本格導入を決定した経緯を紹介する。  
キーワード：移動式防護柵，工事規制，工事安全対策，工事渋滞対策，Road Zipper System

### 1. はじめに

工事の交通規制においてはラバーコーンによる規制（写真－1）が一般的であるが、この工法は多様な道路や交通事情と様々な規制形態に対応でき非常に機能的である。一方でコーンとコーンの間には空間があるため、一般車両が誤って侵入することも多く、それに



写真－1 ラバーコーンによる従来の規制状況

よる重大事故も多く発生している。東日本高速道路(株)管内の高速道路におけるこの10年間での「工事規制における発生事故件数」（表－1）は85件発生し、そのうち5件が死亡事故となっており、一般ユーザーや作業員計8名の命が失われている。

そのため「お客様と工事従事者両者の命」を守るため、工事規制による侵入事故の抜本的な対策が必要である。

今後、ますます老朽化更新の事業や都市部における渋滞対策工事等が増える見込みであり、交通量の多い箇所での長期間の交通規制内作業の安全性確保が重要な課題となっている。

また、併せて規制材の設置・撤去作業の安全性の確保とともに、夜間等の限られた時間帯での交通規制内作業の時間を多く取れるよう効率の良い規制作業を行う必要もある。

そこで、これらの工事規制の安全性と効率性の向上を目指し、新たな規制方法として、欧米で実績のある移動式防護柵の導入を図ったものである。本報では国内の高速道路において初めてとなる移動式防護柵を本

表－1 工事規制における発生事故件数

データ) H18.4.1～H28.6.30

事故形態	死亡		重軽傷		物損	計	
固定規制への突入	3件	6名	17件	27名	37件	57件	33名
テーパー部への突入			5件	8名	11件	16件	8名
規制の設置・撤去時の接触	2件	2名	6件	11名	4件	12件	13名
計	5件	8名	28件	46名	52件	85件	54名

格導入した経緯を紹介する。

## 2. 移動式防護柵の概要

今回採用した移動式防護柵は、米国の LINDSAY 社が開発、製造、販売しているシステムであり、コンクリート製防護柵（以下「防護ブロック」という）の設置位置を、専用の防護柵切替用車両（BTM: Barrier Transfer Machine 以下「BTM」という）を用いて移動させることができるものである。

この BTM には、主に渋滞対策としてリバーシブルレーンに運用するために用いられる車両（写真—2）と工事による交通規制用として用いられる車両（写真—3）の2種類のタイプがある。

この2種類の BTM による移動式防護柵は、アメリカ全州、カナダ、メキシコの北米をはじめ、イタリア、イギリス等の欧州、ブラジル、オーストラリア、ニュージーランド等世界各国で運用されている。



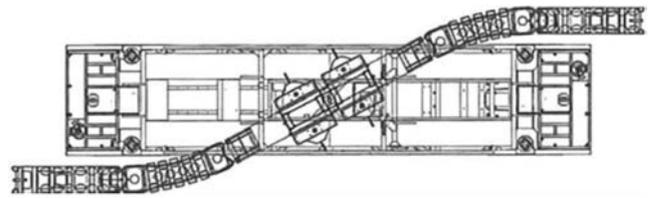
写真—2 リバーシブル車線運用用



写真—3 工事車線規制運用用

BTM は、車両サイドから床下に曲線ガイドレーンを装備したコンベアシステム（図—1）にて防護ブロックを時速 10 km 程度で移動させながら所定位置に設置することができ、回送時は時速 30 km 程度で移動可能である。

また、車体をドリフト走行のように斜めにしながら走行することが可能であり、その車体調整により防護



図—1 BTM 構造概念図

ブロックのシフト量を調節できる。車両により違いはあるが、工事車線規制用であれば、1.2 m ~ 5.5 m の範囲内で自由にシフトできるものである（真直ぐの車体での防護ブロックシフト量は 3.65 m が標準）。

防護ブロックは、鉄筋コンクリート製で通常タイプは、高さ 810 mm、幅 460 mm、延長 1000 mm、1 基あたりの重量は 680 kg である（写真—4）。

車線等の制約がある場合において採用される鋼製フレームによる幅 330 mm まで縮小した狭小タイプもあり、また道路線形（カーブや高低差等）や橋梁のジョイント部分での伸縮に追従するためにエクステンション（写真—5）が一定間隔で連結されている。



写真—4 防護ブロック



写真—5 エクステンション

防護ブロックの連結部分には鋼製のピンを打ち込んで連続化しているため、車の衝突時において衝撃が広範囲に波状に伝わり、防護ブロックの移動変位を抑えることができると共に車両及び運転者への衝撃ダメージも少なくすることができる。この防護ブロックは、米国の防護柵衝突試験基準である NCHRP350 の Level 3 をクリアしている。

この移動式防護柵による工事規制を行うことによって、安全性が向上するのみではなく、例えばラッシュ時以外の時間帯での車線規制数をラッシュ時の時間帯において車線確保のために縮小する際にも、効率のかつ短時間でできることが特徴である（写真—6）。

## 3. 実証実験の内容

移動式防護柵を導入するにあたり、具体的な規制方法や各種協議・調整、BTM の仕様・改良の必要性等

《ラッシュ時以外の時間帯》



《ラッシュ時の時間帯》



写真一六 交通量に合わせた車線規制 (ニューヨーク州)

の検討を進め、本システムの有用性を確認・検証する目的で、実証実験を実施した。

(1) 実証実験の概要

対象工事) 常磐自動車道 初石 BOX はく落対策工事  
 実験予定期間) 平成 28 年 3 月上旬～7 月下旬  
 実験箇所) 常磐道流山 IC～柏 IC (上り線) 区間の  
 工事車線規制 (約 2 km) にて実証実験  
 資機材等) BTM (工事用 1 台) 及び防護柵ブロッ  
 ク (2 km 分)

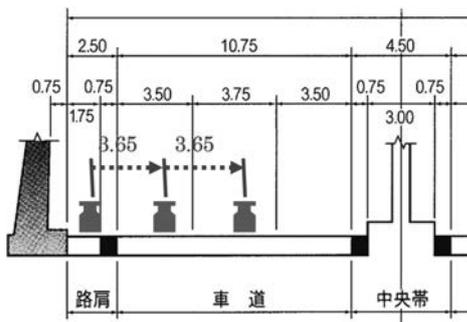
(2) 交通規制計画

常磐道流山 IC～柏 IC (上り線) 区間の交通規制は警察協議において下記の時間帯別に車線規制が変化することとなっている。

《規制時間》 《車線規制種別》

22:00～5:00 2車線交通規制 (1車線運用)  
 5:00～13:00 1車線交通規制 (2車線運用)  
 13:00～22:00 交通規制を行わない (3車線運用)

車線規制時の車線幅の考え方については、剥落対策工事の施工必要幅と調整し、BTMの直進時の一般的な防護ブロックの移動幅である、3.65mを1回のシフト量として設定した。防護ブロックの路肩規制時は半路肩である1.75mを確保し、500mピッチに非常駐車帯を設置するようにした (図一2)。



図一2 規制計画断面図

(3) BTM, 防護ブロックの輸送, 現場設置, 各種協議  
 資機材の輸送については、BTMは米国サンフランシスコ市郊外の車両工場からロサンゼルス港まで陸送し車両運搬船にて輸送し、防護ブロックは英国ロンドン郊外の資材置き場からサウサンプトン港まで陸送し、コンテナ船により各々横浜港まで約2ヶ月かけて輸送した。

また、横浜港から現場までは、BTMは70t吊りクレーンで載せ低床型マルチトレーラーにて運搬し、防護ブロック等資材は40tセミトレーラーのべ68台にて現場搬入した。

防護ブロックの現場設置作業は、本線BOX内作業で内空の制約からフォークリフトにより2つの防護ブロックを専用の治具を使って持ち上げて所定の位置に設置し、ピンを打ち込み連結させ、2km区間の設置に実質8日間要した (写真一7)。

事前の各種協議については、交通規制協議は千葉県警高速隊と協議を完了させ、またBTMのオフロード法や機械の運転免許の適用性について関係機関と確認している。

(4) BTMのオペレータ育成訓練

BTMについては、特殊な車両であるため、ガイド



写真一七 防護ブロック設置状況



写真一8 LINDSAY社技術者からの指導状況

レーン部の組み立て、調整や運転者の訓練が必須となっており、米国から専門技術者が来日し、谷和原管理事務所敷地内にて直接指導訓練を行った（写真一8）。

運転キャビンはBTM車両の前後に2つあるが、前方側キャビンの運転手は主に防護ブロックを確実に掴むことを主眼に進行方向に向かい、後方キャビンの運転手は防護ブロックを所定の位置に落とすことを主眼にハンドル調整するものである。その各々の役割を意識しながらお互い連携して運転するものであるが、運転操作自体は比較的容易にできるものであり、大型車の運転免許を持っている者であれば、数日でマスターできる程度である（写真一9）。



写真一9 運転訓練状況

#### (5) 実証実験の状況

実証実験は、4月上旬から始まり、ほぼ毎日実施し、予定通り剥落対策工事が進捗し、7月中旬までの間のべ約3ヶ月実施した。

BTMの走行上ガイドとなるブルーラインを現場路



写真一10 BTMによる規制作業状況



写真一11 BTM車上からの視点



写真一12 防護ブロックによる規制状況

面に表示し、このライン上を目指して運転することにより、所定の位置に防護ブロックを置くことが可能となった。

現場での実証実験期間においては、一般車との接触事故やトラブルは発生しなかった。

またその間に、マスコミの取材や様々な機関からの現地視察も受け入れている（写真一10～12）。

#### 4. 実証実験の検証結果

工事規制時の移動式防護柵の本格導入に向けて、一般交通流への影響確認及び一般車両に対する安全性等の確認調査を実施した。

(1) 調査内容

- ①交通流（VTR）調査：移動防護柵規制時の規制設置・撤去時等における一般車両の避走挙動（規制線から避けるような走行挙動）やブレーキ挙動から、一般交通流へ影響ないことを確認する。
- ②速度変化（プローブ車）調査：BTM稼働時のすれ違い車両の速度変化を分析し、一般車両への影響がないことを確認する。
- ③アンケート調査：移動防護柵運用中に走行試験・走行環境についてアンケート調査を行い、安全性等への影響がないことを確認する。

(2) 調査方法と結果

- ①交通流（VTR）調査：跨道橋上に設置した固定カメラ：3箇所、ラバーコーン設置車両・BTMの追従カメラを用いて分析し、以下の結果となった。
  - ①-1 避走挙動：移動式防護柵規制中の避走挙動が確認された車両は、昼間・夜間ともに、従来規制時と同程度(20%程度)であった(図-3)。また、BTMによる設置・撤去作業時の避走割合は従来のラバコン車両と比べ6～15%程度低い結果となった(図-4)。
  - ①-2 ブレーキ挙動：規制中のブレーキ挙動が確

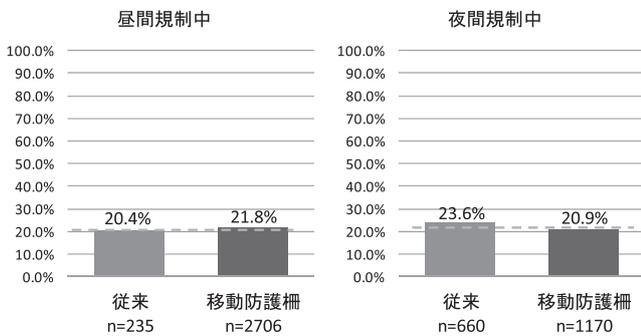


図-3 規制中の避走挙動

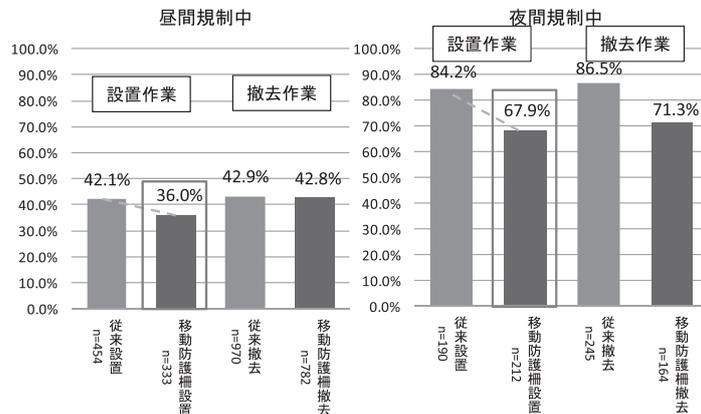


図-4 ラバコン車・BTM稼働時の避走挙動

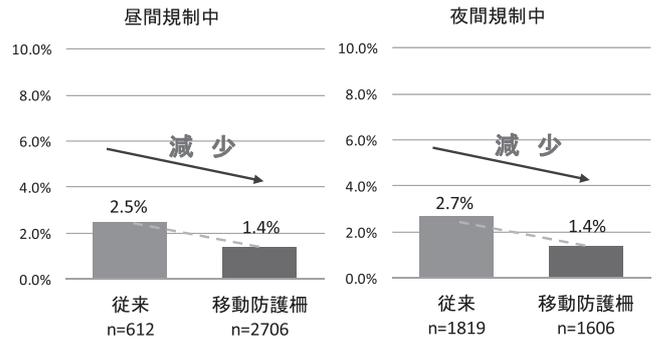


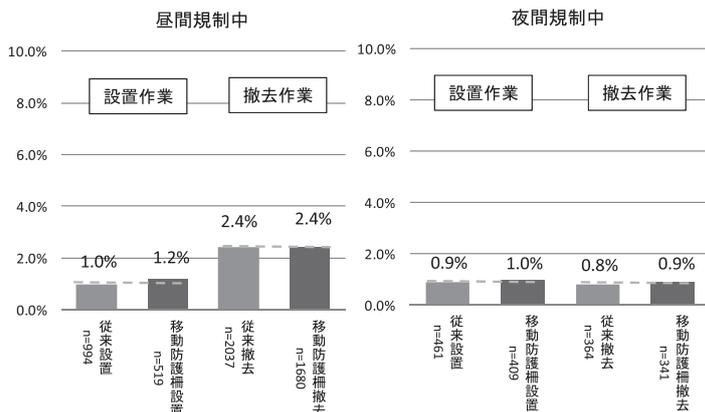
図-5 規制中のブレーキ挙動

認された車両は、通過台数の数パーセント（1～3%未満）程度であり、移動式防護柵規制中は、従来規制中よりも、昼間・夜間ともにブレーキ挙動が減少（図-5）。

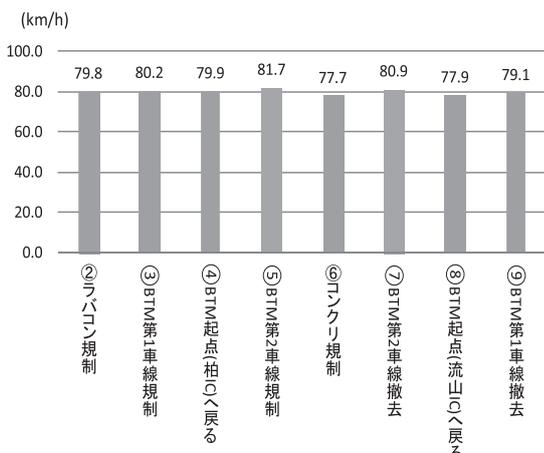
また、BTMによる設置・撤去時とラバコン車の時とで、ブレーキ挙動に大差はない(図-6)。

- ② BTM稼働時の速度変化調査：BTMおよびラバコン車両による各々の規制作業時の一般車両とのすれ違い速度変化をプローブデータを用いて比較した。各々の規制作業中のすれ違い速度はほぼ同様であり、従来のラバーコーン規制と比較してもBTM作業時のすれ違い速度の低下は見られなかった(図-7)。
- ③ アンケート調査：移動防護柵規制中（BTM稼働時を含む）に実際に規制区間を走行した被験者にアンケート調査を実施し、安全性、視認性について80%以上が問題なしと回答。

これらの結果より、移動式防護柵方式と従来方式による規制中の比較は、一般車両に与える影響としては大きな差異は見られなく、むしろ規制作業中においては、従来方式よりも安全性や走行信頼性が高い結果となった。



図一六 ラバコン車・BTM稼働時のブレーキ挙動



図一七 規制作業時のすれ違い車両の速度比較

### 5. 期待される導入効果と今後の展開

高速道路上の交通規制において、工事用の移動式防護柵を導入することにより以下の効果が期待される。

- ①連続化した防護ブロックにより完全にガードされるため、一般車の工事帯への侵入を阻止することができ、安全性が飛躍的に向上する。
- ②長期間同じ箇所、日々規制作業を行う際に、短時間かつ少人数で規制作業を行うことができる。
- ③車線規制数をシフトする際（例えば2車線規制⇒1車線規制に変更する場合）には、従来の方法だと一旦規制を撤去し、その後再度規制をかけ直す必要があるため、その間の工事車両の搬出等段取り替えに時間を要すが、本システムは1回で車線規制のシフトが可能であり、規制の設置撤去作業や段取り替え時間を大幅に節約できる。
- ④交通量に合わせて、工事車線規制範囲を自在かつ臨機に変えることが可能であり、工事渋滞量を減らすことができる。

移動式防護柵の本格導入にあたり、まずは、東京外

環自動車道（関越～東名）の建設事業に伴う東京外環供用中区間の夜間工事規制に活用し、その後は首都圏の渋滞対策工事や大規模な老朽化更新事業へ展開していく予定である。

### 6. おわりに

今回の実証実験において、安全性等の有効性が確認、検証され、高速道路上の交通規制において移動式防護柵を本格導入することになったことは非常に有意義なことと史料される。

今後、ますます増加する老朽化更新の事業や都市部における渋滞対策工事等の交通規制において、この移動式防護柵により、工事の安全性や効率性の大幅な向上に寄与するとともに、重方向交通に合わせた車線切り替えを柔軟にできる工事渋滞対策として、多くの機関で活用されることを望んでやまない。

また、海外での事例においては、機動的な防護ブロックの設置により車両等の衝突に対し防御できることからテロ対策等にも活用しているようである。

これから日本での様々な場面においての活用及び普及を目指し、今回得られたノウハウや知識を活かして微力ながら協力してまいります。

JICMA

《参考文献》

- 1) LINDSAY 社提供資料、2015、2016

【筆者紹介】

鎌田 文幸 (かまだ ふみゆき)  
 東日本高速道路(株)  
 関東支社 管理事業部 改良計画チーム  
 チームリーダー

