

ラウンドアバウトのエプロン部除雪に関する 基礎試験

佐藤 信吾¹・牧野 正敏²・中村 隆一³

¹ 非会員 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 研究員
(〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸一条三丁目1-34)
E-mail: satou-s22ap@ceri.go.jp

² 非会員 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 総括主任研究員
(〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸一条三丁目1-34)
E-mail: makino-m@ceri.go.jp

³ 前 非会員 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 研究員
(〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸一条三丁目1-34)

積雪寒冷地でラウンドアバウトを導入するには、除雪に関する検討が必要であるが、冬期維持管理の研究事例は少ない。そこで、道路管理者がラウンドアバウトの導入を検討するうえでの参考となるよう、ラウンドアバウトの除雪に関する検討を行っている。除雪に関して想定される課題として、環道とエプロンの段差に起因する除雪作業時の雪の取り残しの発生、及びエプロン端部に除雪車の除雪装置が接触することで生じるエプロン端部の損傷がある。それらを明らかにするため、試験道路に設置した模擬エプロンにおいて、除雪車による除雪作業を再現し、雪の取り残しの発生状況を確認した。また、模擬エプロンの端部に除雪車の除雪装置を接触させる試験を行い、接触時のエプロン端部の損傷度合いを確認した。

Key Words : roundabouts, truck apron, winter road maintenance, snow removal, snowplow

1. はじめに

ラウンドアバウトは、円形の平面交差点のうち環道交通流に優先権を持つ交差点制御方式であり、欧州各国及び米国などでは安全性に優れた平面交差点の制御方式として広く普及している。日本においても、平成26年9月に施行された道路交通法の改正で、環状交差点の交通

方法が定められたことから、今後、一層の導入が期待される。

積雪寒冷地域において、道路管理者がラウンドアバウトの導入を検討するうえで、除雪に関する課題の有無や対応策の検討は必須である。しかし、諸外国でもラウンドアバウトの冬期の維持管理に関する研究事例は少ない。

そこで、寒地土木研究所では、道路管理者がラウンドアバウトの導入を検討するうえでの基礎資料とするため、除雪車両を用いた走行軌跡の計測、除雪により生じる堆雪の通行車両への影響度の評価等、除雪に関する検討を行っている。

本稿では、ラウンドアバウトのエプロン部の除雪に関する基礎試験について報告する。

2. ラウンドアバウトのエプロン

ラウンドアバウトの幾何構造は、環道、中央島、エプロン、分離島、流入部、流出部等で構成される。

環道のみでは通行が困難な車両（大型車両、牽引車両等）が踏んで通行してよいエプロンは、環道の内側の中



写真-1 ラウンドアバウト（長野県飯田市）

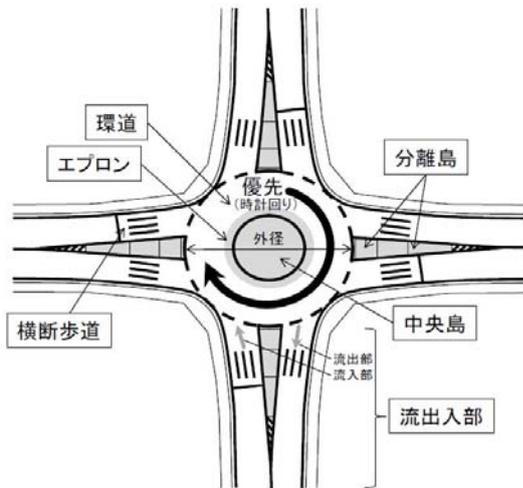


図-1 ラウンドアバウト標準図¹⁾

中央島寄りに設置される。このエプロンと環道は、利用者がそれを認知できるように区分されるが、その境界に段差がない場合は、車両がエプロンをショートカットして走行する状況が生じる。このショートカットを抑制して環道における車両の走行位置を安定化させ、走行速度抑制効果を発揮するには、環道とエプロンの境界に段差を設けることが有効と考えられている。

3. エプロン部の除雪に関する試験

海外諸国の設計基準では1.5～7.5cm程度のエプロン高さが規定されている²⁾。

国内においてもエプロンと環道の境界に数cmの段差を設けることが検討されているが、除雪作業時には、段差に起因する課題の発生が想定される。具体的には、雪の取り残し部分の発生や、除雪車の除雪装置の接触による段差部や除雪車自体の損傷の発生である。

この取り残し部分や損傷の度合いを定量的に確認するため、除雪車を用いた試験を行った。

(1) 試験概要

エプロン部の除雪作業を再現するため、寒地土木研究所の苫小牧寒地試験道路に設置した、段差がある模擬的なエプロンを用いて、エプロン部に除雪車の右側タイヤが乗り上げた時の除雪作業状況を再現した。

試験にあたっては、まず、雪なし状態で除雪装置をエプロン面に接地させ、段差に起因する除雪が不可能な範囲を測定した。その後、エプロンに雪を盛り、除雪車で実際に除雪作業を施工した後の残雪状況を確認した。

また、除雪装置の接触によるエプロン端部や除雪車の損傷度合いについて確認するため、雪なし状態で、除雪

装置をエプロン端部に接触させて損傷度合いを確認するとともに、除雪装置に取り付けた加速度計で接触時の加速度を計測した。

(2) 模擬エプロン

アスファルトと縁石により形成された、鉛直部があるエプロン高さが5種類（高さ2cm, 4cm, 5cm, 5cm（鉛直部2cm + 傾斜面）、6cm）の半円形の模擬エプロンを使用した（図-1,2）。また、鉛直部がない傾斜面のみのすりつけ形状の4種類（傾斜角度7°、9°、11°、13°）の直線状の模擬エプロン端部も使用した（図-1,3）。

- 鉛直部のある段差（高さ2cm,4cm,5cm,6cm）



- 鉛直部のある段差（高さ5cm（鉛直部2cm + 傾斜面））



- すりつけ形状の段差（傾斜角7°、9°、11°、13°）



図-1 模擬エプロン端部断面図



図-2 鉛直部がある模擬エプロン端部（鉛直部の高さ4cm）



図-3 すりつけ形状の模擬エプロン端部（傾斜角度11°）

(3) 除雪車

試験にはホイールローダ（7t級）と、モータグレーダ（3.1m級）を使用した。ホイールローダは除雪装置（バケット）の左右で独立した高さ調整はできないが、モータグレーダの除雪装置（ブレード）は調整することが可能である。



図-4 ホイールローダ（7t級）



図-5 モータグレーダ（3.1m級）

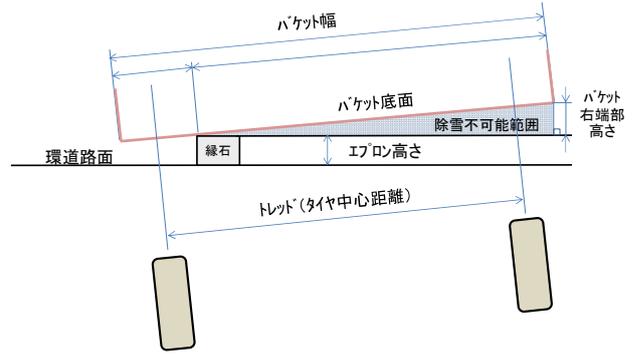


図-6 計測イメージ（ホイールローダ）



図-7 バケットの接地状況（ホイールローダ）



図-8 残雪の発生状況（ホイールローダ）

(4) エプロン部の残雪高さの計測結果

半円型の模擬エプロンにおいて、雪なし状態でホイールローダの右側タイヤをエプロンに乗り上げてバケットをエプロン面に接地させ、バケット右端部のエプロン面とのすき間の高さ（残雪高さ）を計測し（図-6,7），これを5回繰り返して、平均した。

また、7～14cm程度の雪を盛って敷き均し、ホイールローダで除雪後（図-8），残雪高さを5～13測線で計測し、これを各模擬エプロンで3回繰り返した。なお、バケット端部は雪がくずれて残雪高さを計測できないため、バケットの途中の3点における残雪高さからバケット右端部の残雪高さを算出した。

表-1 残雪高さの計測結果

| 機種 | エプロン端部 | | バケット右端部の残雪高さ (mm) | |
|---------|--------|---------------------|-------------------|-----|
| | 形状 | 高さ | 雪なし | 除雪後 |
| ホイールローダ | 鉛直 | 2cm | 17 | — |
| | | 4cm | 32 | 17 |
| | | 5cm | 46 | — |
| | | 5cm (鉛直部2cm+傾斜面) | 43 | 45 |
| | | 6cm | 63 | 47 |

※除雪後の高さ2cm、5cmは未計測

計測の結果、雪なしの場合のバケットとエプロン面のすき間（残雪高さ）は、エプロン高さが6cmの場合で63mm、除雪後の残雪高さは47mmであった（表-1）。雪なしの場合に比べて除雪後の残雪高さが小さくなったのは、タイヤの下の雪の影響で車体の傾斜角度が減少したためと考えられる。

次に、雪なし状態でモータグレーダの右側タイヤをエプロンに乗り上げてブレードの推進角を90°とし、ブレードがエプロン面に水平に接地するようブレードの高さを調整（図-9,10）して、ブレードとエプロン面とのすき間（残雪高さ）を計測した。

また、8~17cm程度の雪を盛って敷き均し、モータグレーダで除雪後（図-11）の残雪高さを7~10測線で計測し、これを各模擬エプロンで3回繰り返した。なお、モータグレーダはブレードを左右別々に高さの調整ができるので、ブレード右端部ではなくブレード途中の3点の残雪高さを平均した。

計測の結果、雪なしの場合、ブレードとエプロン面のすき間は生じなかったが、除雪後ではエプロン高さが5cm（鉛直部2cm+傾斜面）で残雪高さは15mmであった（表-2）。

これらから、エプロンのかさ上げ高さが6cmでも、一番大きい残雪高さは、ホイールローダによる施工時のバ



図-11 残雪の発生状況（モータグレーダ）

表-2 残雪高さの計測結果

| 機種 | エプロン端部 | | ブレード部の残雪高さ (mm) | |
|---------|--------|---------------------|-----------------|-----|
| | 形状 | 高さ | 雪なし | 除雪後 |
| モータグレーダ | 鉛直 | 2cm | 0 | — |
| | | 4cm | 0 | 4 |
| | | 5cm | 0 | — |
| | | 5cm (鉛直部2cm+傾斜面) | 0 | 15 |
| | | 6cm | 0 | 11 |

※除雪後の高さ2cm、5cmは未計測

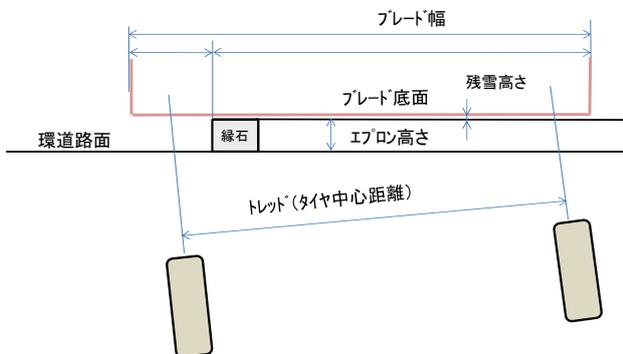


図-9 計測イメージ（モータグレーダ）

ケット右端部で47mmであり、除雪作業時の雪の取り残り部分は、走行車両の支障になるほど多くはないことを確認した。

(5) エプロン端部縁石の損傷度合いの計測結果

除雪車の除雪装置に加速度計（スリック社製G-MEN DR20）を搭載し（図-12,13）、除雪装置のエッジをエプロン端部の縁石に接触させた時の、縁石の損傷度合いと加速度を計測した。



図-10 ブレードの接地状況（モータグレーダ）



図-12 加速度計の取付状況（ホイールローダ）



図-13 加速度計の取付状況（モータグレーダ）



図-14 バケット接触イメージ（高さ2cm，ホイールローダ）

ホイールローダはバケットの推進角度が 90° で固定されているが、モータグレーダはブレードの推進角度を調整可能であり 90° に設定した。また、走行速度を 5km/h 程度とし、縁石に対する進入角度を 30° に設定して、エッジ接触を各縁石で 6~8 回繰り返した。

計測の結果、ホイールローダのバケット接触（図-14）では、鉛直形状の全ての縁石で欠損が発生し、その大きさは高さ4cmで下端部（路面）から幅23cm×奥行7cm（平均値）であった（表-3）。また、すりつけ形状の縁石では傾斜角度13° で欠損は生じなかった（図-15）。

表-3 端部縁石損傷度合いの計測結果

| 機種 | エプロン端部 | | 縁石欠損部 | | |
|---------------------|--------|---------------------|-------|--------|----------------------|
| | 形状 | 高さ・傾斜角度 | 幅(cm) | 奥行(cm) | 欠損状況 |
| ホイールローダ | 鉛直 | 2cm | 14.9 | 4.9 | 縁石下端部（路面）から削られて欠損 |
| | | 4cm | 23.3 | 7.3 | |
| 5cm （鉛直部2cm+傾斜面） | | 18.5 | 7.3 | | |
| | すりつけ | 13° | 0.0 | 0.0 | 欠損なし |
| モータグレーダ | 鉛直 | 2cm | 13.0 | 4.6 | 縁石下端部（路面）から削られて欠損 |
| | | 4cm | 25.1 | 9.5 | |
| | | 5cm （鉛直部2cm+傾斜面） | 16.0 | 7.3 | |
| | すりつけ | 7° | 0.0 | 0.0 | 欠損なし、又は、縁石上端部が削られて欠損 |
| | | 9° | 10.6 | 0.9 | |
| | | 11° | 11.2 | 1.2 | |
| | | 13° | 39.0 | 3.3 | |



鉛直形状 高さ 2cm



鉛直形状 高さ 5cm（鉛直部 2cm+傾斜面）



すりつけ形状 傾斜角度 13°

図-15 縁石の損傷状況（ホイールローダ）



図-16 ブレード接触イメージ（高さ 2cm，モータグレーダ）

モータグレーダのブレード接触（図-16）でも、鉛直形状の全ての縁石で欠損が発生し、その大きさは高さ4cmで下端部（路面）から幅25cm×奥行10cm（平均値）であった。また、すりつけ形状の縁石では傾斜角度13° で上端部に幅39cm×奥行3cmの欠損が生じた（図-17）が、鉛直形状の縁石に比べて損傷の程度は少ない状況であった。

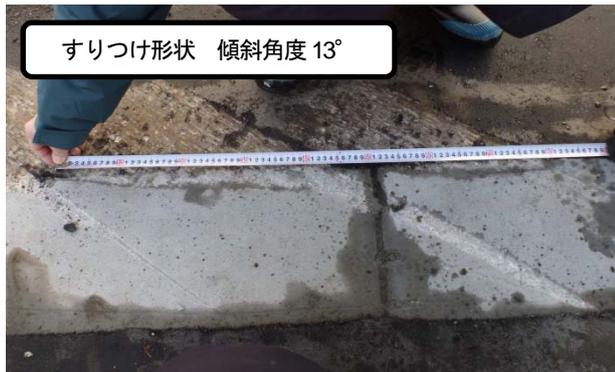


図-17 縁石の損傷状況 (モータグレーダ)

接触時の加速度の計測結果 (表-4) については、ホイールローダのバケット接触で、鉛直形状の縁石では高さ4cmで14G、すりつけ形状の縁石では傾斜角度13°で6Gであり、比較対象として試験道路内で行った通常作業時 (路肩部拡幅作業) の最大加速度22Gよりかなり小さい値となった。

表-4 エッジ接触時加速度の計測結果

| 機種 | エプロン端部 | | 接触時 加速度 (G) | 通常作業時(G) | |
|-------------|--------|---------------------|-------------------|----------|------|
| | 形状 | 高さ・傾斜角度 | | 平均 | 最大 |
| ホイール ローダ | 鉛直 | 2cm | 8.6 | 10.1 | 21.8 |
| | | 4cm | 13.7 | | |
| | | 5cm (鉛直部2cm+傾斜面) | 10.6 | | |
| | すりつけ | 13° | 5.5 | | |
| モータ グレーダ | 鉛直 | 2cm | 17.3 | 7.6 | 17.1 |
| | | 4cm | 17.6 | | |
| | | 5cm (鉛直部2cm+傾斜面) | 16.9 | | |
| | すりつけ | 7° | 14.5 | | |
| | | 9° | 13.1 | | |
| | | 11° | 12.9 | | |
| | | 13° | 13.3 | | |

※加速度は重力方向の絶対値で重力加速度を含む

また、モータグレーダのブレード接触で、鉛直形状の縁石では高さ4cmで18G、すりつけ形状の縁石では傾斜角度7°で15Gであり、比較対象として試験道路内で行った通常作業時 (アイスバーン路面整正作業) の最大加速度17Gと同程度の値となった。

ホイールローダ、モータグレーダともに除雪車自体に対する損傷等の不具合は生じず、エプロン端部の縁石へのエッジ接触による除雪車自体への影響度合いは、通常の除雪作業程度と言える。

これらから、エプロン端部の縁石を、鉛直部がないすりつけ形状にすることで、除雪装置接触時の縁石損傷の抑制効果が期待できることを確認した。

4. まとめ

環道とエプロンの境界に段差を設けることによる、除雪作業時の雪の取り残し部分の影響度を定量的に確認するため、除雪車を用いた試験を行った。

その結果、エプロンのかさ上げ高さが6cmでも、残雪高さは、ホイールローダによる施工時のバケット右端部で47mmであり、除雪作業時の雪の取り残し部分は、走行車両の支障になるほど多くはないことを確認した。

また、段差への除雪装置の接触の影響を確認するため、除雪装置に加速度計を取り付けて、除雪装置をエプロン端部の縁石に接触させた時の、縁石の損傷度合いと加速度を計測した。

その結果、縁石の損傷度合いについては、鉛直部のある形状では、全ての場合で縁石の欠損が発生したが、すりつけ形状では欠損がないか、または、欠損が発生しても鉛直部のある形状よりも損傷の程度は少ない状況であった。また、接触時の加速度については、最大でも通常の除雪作業程度であった。エプロン端部の縁石を、鉛直部がないすりつけ形状とすることで、除雪装置接触時の縁石損傷の抑制効果が期待できることを確認した。

今後も、除雪に関する問題点の抽出及び対応策の検討を継続し、ラウンドアバウトの冬期の維持管理手法について更なる知見を深めていく所存である。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局通知：望ましいラウンドアバウトの構造について、2014.8.8
http://www.mlit.go.jp/road/sign/roundabout_140901.htm.
- 2) 土木学会土木計画学研究・講演集 Vol.47 吉岡慶祐, 小林寛, 山本彰, 橋本雄太, 米山喜之：ラウンドアバウトに関する設計基準の海外比較と我が国での幾何構造基礎検討, 2013年6月。