ラウンドアバウトにおける 各種構造物の破損・接触状況と 形状・交通特性等との関係についての調査研究

柳平　真志[1]・奥城　洋[2]・高橋　健一[3]

[1]非会員　八千代エンジニヤリング株式会社（〒980-0802 宮城県仙台市青葉区二日町 1-23）
E-mail: yanagidaira@yachiyo-eng.co.jp
[2]正会員　セントラルコンサルタント株式会社（〒980-0822 仙台市青葉区立町 27-21）
E-mail: hokusiro@central-con.co.jp
[3]正会員　三井共同建設コンサルタント株式会社（〒141-0032 東京都品川区大崎 1-11-1）
E-mail:takaken@mccnet.co.jp

我が国のラウンドアバウトは，平成 26 年 9 月 1 日の道路交通法改正以降，全国的に導入が進んでおり，令和 5 年 3 月末時点で 155 箇所が環状交差点の指定を受けている．一般社団法人交通工学研究会では，「ラウンドアバウトの計画・設計・交通運用に関する研究」グループにおいて，今後の更なる普及や現行のラウンドアバウトマニュアルで整理できていない事項についての各種研究を令和 4 年度より進めているところである．

本稿ではその研究の中から，ラウンドアバウトのエプロン段差の破損状況や中央島，分離島，隅角部等の各種構造物への接触状況について現地調査や Google ストリートビューによる調査を実施し，破損・接触状況とラウンドアバウトの幾何構造や通行車両，通行位置等の交通特性との関係を分析し，安全かつ円滑な走行を可能とし，維持管理上も望ましい各種構造物の設計手法を確立する研究について，現在の調査状況および調査実施箇所の破損・接触状況から幾何構造や交通特性との関係を定性的に分析した結果を報告する．

Key Words: *roundabout, center island, splitter island, corner curbs, apron*

1. はじめに

我が国のラウンドアバウトは，平成 26 年 9 月 1 日の道路交通法改正以降，全国的に導入が進んでおり，令和 5 年 3 月末時点で 155 箇所が環状交差点の指定[1)]を受け，広く普及しつつある．これまでのラウンドアバウトの普及に際しては，一般社団法人交通工学研究会より 2016 年に発刊されたラウンドアバウトマニュアル[2)]，これを更新する形で 2021 年に発刊されたラウンドアバウトマニュアル 2021[3)]に基づき設計されたものが多々存在すると推察される．しかしながら，ラウンドアバウトが導入されてから一定期間が経過した箇所では，中央島，分離島，隅角部，エプロン段差等の各種構造物で通行車両による破損・接触が見られるようになっており，破損・接触状況よりラウンドアバウトマニュアルにおいて触れられていない設計時の留意点等について検討する必要があると考えられる．

ラウンドアバウトの構造については，鈴木ら[4)]，吉岡ら[5)]，西垣ら[6)]などによる幾何構造の違いによる走行挙動の分析，増澤ら[7)8)]による中央島の構造や標識，植栽等の有無による安全性の分析，今田ら[9)]によるエプロン段差構造の違いによる車両走行特性に関する分析，佐藤ら[10)]，久慈ら[11)]などによる除雪作業を考慮したエプロン段差構造の検討，など多くの実験，研究が行われているものの，供用しているラウンドアバウトの各種構造物における破損・接触の状況を確認し，幾何構造や通行車両の特性について分析した研究は多く見られない．走行の安全性や円滑性の確保，また，維持管理性の向上を図るためには，破損・接触の生じない設計手法の確立が必要と考えられる．

そこで本研究では，ラウンドアバウトのエプロン段差の破損状況や中央島，分離島，隅角部等の各種構造物への接触状況を調査し，破損・接触状況とラウンドアバウトの形状や通行車両，通行位置等の交通特性との関係を分析する．本稿においては，調査対象の一部のラウンドアバウトで実施した破損・接触状況の調査結果より，破損・接触状況の傾向や幾何構造および交通特性等との関係を定性的に分析した結果について報告する．

2. 調査対象と調査方法

(1) 調査対象

a) ラウンドアバウトの一覧と除外対象

調査対象とするラウンドアバウトは，Web 公開されている「日本のラウンドアバウトデータベース [12]」の一覧より，2022 年までに供用している RAB_ID149 までのラウンドアバウトに対して，以下の条件で抽出した．

① 古くからロータリーとして供用していた円形交差点を環状交差点指定したラウンドアバウトは除外

② 住宅地内の小型自動車等を対象としたような小さなラウンドアバウトは除外

③ 駅前などで特殊な形状のラウンドアバウトは除外

上記の①は中央島や分離島，隅角部などの構造物等に老朽化による破損も見られ，接触したタイヤ痕も確認が困難であることから構造物等が更新されていない箇所は対象外とした．また，②は住宅地内の乗用車が主な通行車両となり，極めて低い走行速度での通行が想定されるため，破損・接触がほとんど見込まれないとの想定より対象外とした．さらに，③は駅前で駐車場出入りやタクシープール出入り等の流出入部が通常と異なるような形状で複雑に接続されるような箇所について他のラウンドアバウトとの比較や形状との関係性の分析が困難と判断し，対象外とした．

b) 抽出した調査対象ラウンドアバウト数

前述の抽出条件に基づき，調査対象として 84 箇所のラウンドアバウトが抽出された．本論文における破損・接触状況の調査は，84 箇所の対象箇所のうち(2) 調査方法に示す現地調査による調査箇所が 11 箇所，Google 調査による調査箇所が 6 箇所で合計 17 箇所の結果を集計，分析したものである．なお，エプロンについては，この 17 箇所のうち段差が設置されている 13 箇所と，段差部に，構造及び形状諸元を把握できている現場打ち鉄筋コンクリート構造物が採用された 1 箇所を加えた合計 14 箇所の調査結果を集計，分析した．

(2) 調査方法

a) 破損・接触状況の確認方法

調査対象として抽出した 84 箇所は全国に散らばっており，全箇所を現地に赴き調査することは現実的でない．そこで，実際に現地に赴き破損・接触状況を確認，写真撮影を実施する「現地調査」と Google ストリートビューを活用して破損・接触状況を確認する「Google 調査」の 2 通りの方法で調査を行った．

b) 破損・接触状況の整理方法

調査箇所で破損・接触状況を確認した結果は，調査箇所毎にカルテ形式に整理した（図-1）．

c) 中央島における破損・接触の種別

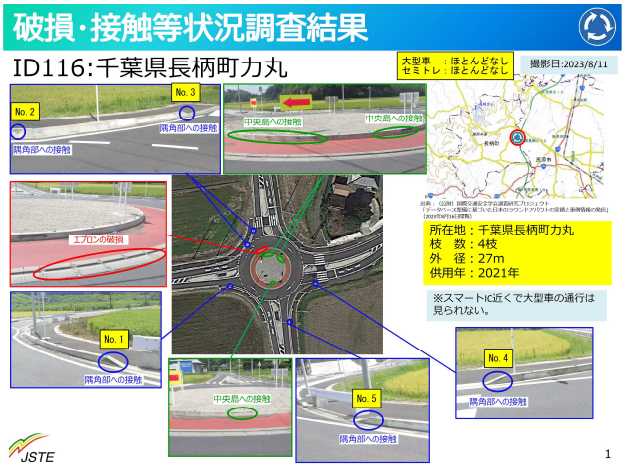


図-1 カルテ形式で整理した調査結果の例



図-2 中央島の破損例



図-3 中央島のタイヤ痕例



図-4 分離島の破損例



図-5 分離島のタイヤ痕例

中央島では，中央島外縁を形成する歩車道境界ブロックや植栽用ブロック等の構造物が割れていたり，欠けているような場合に「破損」として計上した（図-2）．また，同じく構造物に黒くタイヤ痕がある場合に「接触」として計上した（図-3）．

d) 分離島における破損・接触の種別

分離島では，分離島外縁を形成する歩車道境界ブロッ

ク等の構造物が割れていたり，欠けているような場合に「破損」として計上（図-4），同じく構造物に黒くタイヤ痕がある場合に「接触」として計上した（図-5）．

e) 隅角部における破損・接触の種別

隅角部では，隅角部を形成する歩車道境界ブロック等の構造物が割れていたり，欠けているような場合に「破損」として計上し（図-6），同じく構造物に黒くタイヤ痕がある場合に「接触」として計上した（図-7）．

f) エプロン段差における破損の種別

エプロン段差では，そもそも副設計車両が乗り上げるものであることから接触は生じず，ブロックが割れていたり，角が欠けていたりする場合に「破損」として計上した（図-8）．



図-6 隅角部の破損例



図-7 隅角部のタイヤ痕例



i) 折損及び不陸　　ii) 境界部の破損

図-8 エプロン段差の破損例

3. 破損・接触状況と分析

(1) 中央島

a) 中央島における破損・接触の要因

中央島は，全方向の副設計車両（普通自動車，セミトレ）の走行軌跡から車両が通行しない中央の空間として規模が決定される．例えば，4 枝の正十字ラウンドアバウトでは，右折する副設計車両が最も内側を通行することとなるため，その走行軌跡により規模が決定される．そのため，中央島が破損・接触する要因としては，大型車ドライバーが想定した内輪差と実際の走行軌跡の相違が考えられる．

そこで，「中央島における破損・接触」と「大型車の通行量」，「ラウンドアバウトの形状」の関係を分析する．

b) 破損・接触事例

中央島の破損・接触は，今回の調査箇所 17 箇所のうち 11 箇所（65%）で見受けられた．主に段差部へのタイヤ接触によるタイヤ痕である．破損している箇所は 1 箇所のみであった．

c) 大型車通行量との関係

中央島の破損・接触が見られるラウンドアバウトは，大型車の通行量が比較的に多いと想定される工業団地及び IC 直結・直近が多い（表-1）．

表-1 適用箇所特性と中央島破損・接触の有無

適用箇所特性	中央島破損・接触（箇所）	
	あり	なし
市街地	1	1
郊外住宅地内	1	2
工業団地	4	1
観光地関連	1	2
IC直結・直近	4	0
計	11	6

d) ラウンドアバウトの形状との関係

「中央島径」×「環道幅員（路肩含）＋エプロン幅員（路肩含）」及び「中央島径」×「エプロン幅員（路肩含）」による破損・接触の有無の散布図を作成し，ラウンドアバウトの形状と破損・接触の有無との関係を分析することとした．なお，幅員の一部は GoogleMap からの計測である．

「中央島径」×「環道幅員（路肩含）＋エプロン幅員（路肩含）」では，中央島径が大きい箇所で破損・接触有

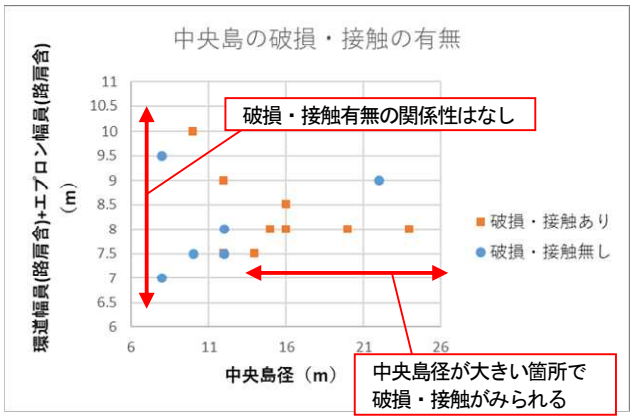


図-9 「中央島径」×「環道幅員（路肩含）＋エプロン幅員（路肩含）」と破損・接触有無の関係

が見られるが，環道幅員（路肩含）＋エプロン幅員（路肩含）と破損・接触有無の関係性は見いだせない（図-9）．

同様に「中央島径」×「エプロン幅員(路肩含)」についてもエプロン幅員(路肩含)と破損・接触有無の関係性は見いだせない（図-10）．

d) 中央島の破損・接触状況の分析

中央島の破損・接触が生じる要因は，大型車が右折周回または直進する際における中央島径が大きく走行軌跡に対して余裕がない場合であることが推測される（図-11,12）．ただし，中央島径が大きいラウンドアバウトは大型車交通量が多く外径及び中央島径が大きくなっている可能性があり，今後，破損・接触箇所と大型車交通量，中央島径との関係について詳細な分析を行う必要があると考える．

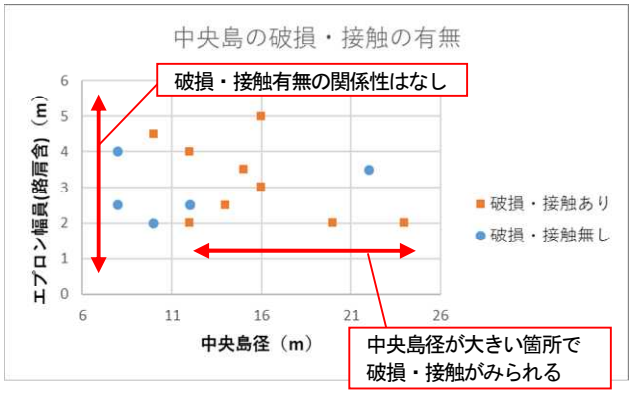


図-10 「中央島径」×「＋エプロン幅員(路肩含)」と破損・接触有無の関係

(2) 分離島

a) 分離島が破損・接触する要因

分離島は，逆走防止，流入車両と流出車両の接触防止，流入部の速度抑制，標識等の設置空間などのために設けるものである．逆走などによって乗り上げた場合に破損することが予想される．

b) 破損・接触状況

分離島の破損・接触は，今回の調査箇所 17 箇所のうち 2 箇所（12%）と少なかった．そのうち 1 箇所は破損状況が激しく何らかの事故があったものと思われ，もう 1 箇所も運転ミスによる車両衝突が原因と思われる．今回の調査では分離島の破損は事故などの特殊事例以外はないが，調査箇所数は少ないため，今後は調査箇所数を増やして分析する必要があると考えられる．

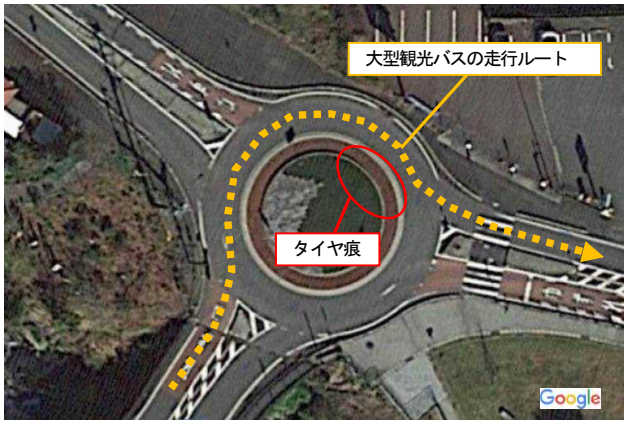


図-11 中央島のタイヤ痕と大型観光バス走行ルート

(3) 隅角部

a) 隅角部における破損・接触の要因

隅角部は環道への流入時の左折巻き込み部および環道からの流出時の左折巻き込み部のことであり，ここでは流入部から環道を経て最初の流出部に至る一連の左側道路端部を指して隅角部と称している．

隅角部の破損・接触の要因としては，流入および流出時においてドライバーが想定した内輪差と実際の走行軌跡の相違が考えられる．また，その相違は，ラウンドアバウト設計時の車両走行軌跡設定と実際の走行軌跡との相違が一因と考えられる．

そこで，「隅角部における破損・接触」と「幾何構造に起因する設計時と実走行時の車両走行軌跡の相違」の関係を分析し，破損・接触の生じない隅角部設計手法を確立するため，破損・接触の状況について調査，分析を行うことが必要であると考えらえる．

b) 破損・接触事例

隅角部の破損・接触は，今回の調査箇所 17 箇所のうち 13 箇所（76%）で見受けられた．主に縁石へのタイヤ接触によるタイヤ痕である．破損は 2 箇所あったが，

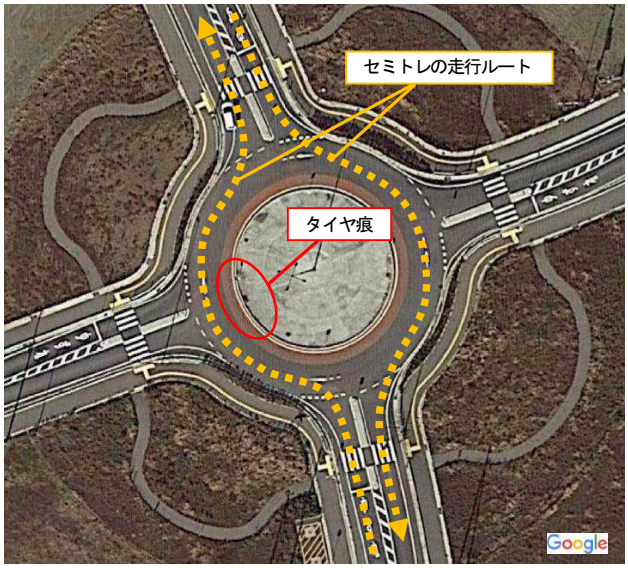


図-12 中央島のタイヤ痕とセミトレ走行ルート

縁石の角が欠けた程度の破損である．

なお，隅角部の破損・接触に関する以降の記述について，1 つのラウンドアバウト内で隅角部の異なる位置に破損・接触が確認できた場合に複数箇所としてカウントしており，破損・接触の合計箇所数に対して「破損・接触箇所」の単位を付して記載する．今回の調査対象 17

箇所に対して 39 破損・接触箇所が計上されている．

c)　枝数および外径との関係

隅角部における 39 破損・接触箇所について，ラウンドアバウトの枝数および外径の比率を整理した．

枝数は 4 枝が約 64%，3 枝が約 31%であるが（図-13），これは調査対象箇所に対する 4 枝，3 枝の比率約 53%，約 32%と大きく違わないことから，枝数と破損・接触に関係性は見いだせない．

これに対して，外径は～26m が約 10%，27～30m が約 49%，31～35m が約 18%，36m～が約 23%であるのに対して（図-14），調査対象箇所に対する比率ではそれぞれ約 47%，約 37%，約 11%，約 26%と特に～26m の小さい外径で調査対象箇所の比率に対して破損・接触箇所数の比率が大きくなっている．小さい外径のラウンドアバウトでは，隅角部において十分な余裕が確保できていないものと推察される．

d)　隅角部における位置分布:

隅角部における 39 破損・接触箇所について，隅角部のどのような位置に破損・接触が見られるか，分布状況を整理した．隅角部の破損・接触位置については，図-15 に示すゾーン設定の上で破損・接触箇所数を集計した．

流入部と流出部の比率は概ね同じで 50%であり，環道部において破損・接触は見られなかった．また，流入部では始端と中間，流出部では終端の比率が多く，環道側よりも単路部側に破損・接触が多く見られる傾向がある．特に流出部終端は約 33%と破損・接触箇所数の 3 分の 1 がこのゾーンとなっている（図-16）．

隅角部の破損・接触が見られるラウンドアバウトについて，流出入部の幅員が広いか狭いか確認したところ，幅員が狭い箇所に破損・接触が集中しているような傾向は見られず，広い幅員を有する流出入部においても多く破損・接触が生じている．隅角部の曲線の組合せや車両の走行軌跡との関係，流出入部の環道に対する向き（傾き），大型車やセミトレーラの通行有無との関係など，各ゾーンでの発生要因について詳細な分析を行う必要があると考えられる．

e)　その他形状との関係

隅角部における 39 破損・接触箇所について，隅角部を形成する交差道路同士の交差角および横断歩道の有無の比率を整理した．

交差角の比率は，ほぼ直角が約 51%，鈍角が約 36%と両者で約 87%を占め，鋭角は約 13%と少ない（図-17）．調査対象のラウンドアバウトは 3 枝と 4 枝が合計で約 84%を占めることから，鋭角の交差角を有する隅角部が少ないことが要因と考えられ，交差角と破損・接触に関係性は見いだせない．

横断歩道有無の比率は，ありが約 56%，なしが約

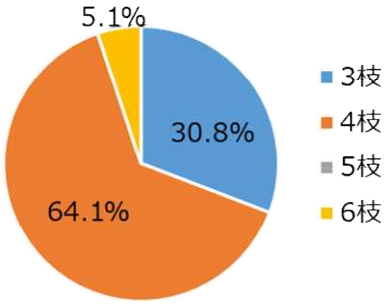


図-13　隅角部破損・接触箇所における枝数の比率

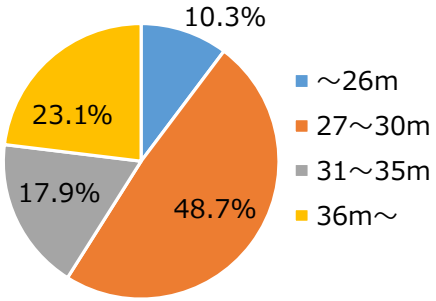


図-14　隅角部破損・接触箇所における外径の比率

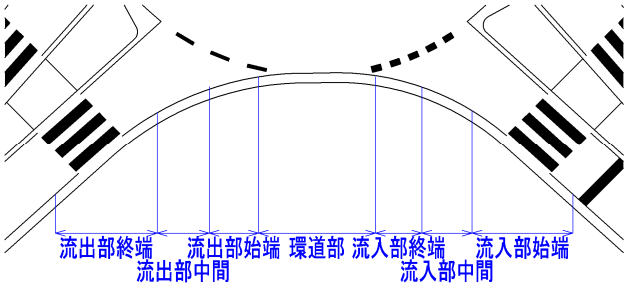


図-15　隅角部の破損・接触位置のゾーニング

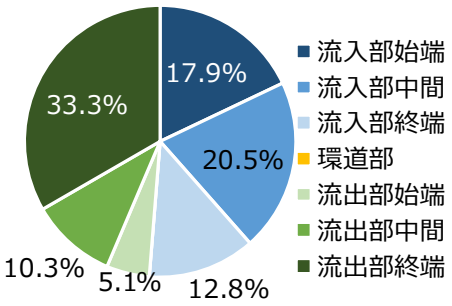


図-16　隅角部の破損・接触位置の分布

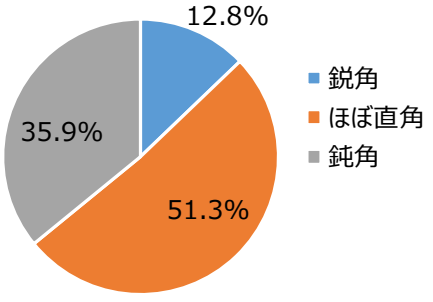


図-17　隅角部破損・接触箇所における交差角の比率

44%となっており（図-18），横断歩道の有無による破損・接触状況の違いは見られない．

f) 大型車通行量との関係

隅角部の破損・接触が見られるラウンドアバウトは，大型車の通行量が比較的多いと想定される工業団地および IC 直結･直近や観光地関連で多い（表-2）．

(4) エプロン

a) エプロンにおける破損の要因

エプロンは，副設計車両（一般的に大型車）の走行を担保するために環道の内側に設置される帯状の部分であり，その外周部には主設計車両のショートカットを抑制することを目的として段差を設けることが一般的である．その段差構造物の破損要因としては，副設計車両による繰り返しの交通荷重，経年劣化の他，構造物形式や形状などの影響が考えられる．

b) エプロンの形状及び構造物毎の破損発生状況

集計及び分析の対象としたラウンドアバウトのエプロン段差について，その運用期間（供用開始から調査時まで），形状及び構造毎の破損有無は，表-3 及び図-19 に示すとおりであり，プレキャストコンクリート縁石が用いられた 11 箇所のうち 9 箇所（82%）に破損が確認された．一方で，現場打ち（鉄筋）コンクリートやアスファルトにて施工された 3 箇所については，いずれも破損が確認されなかった．

プレキャストコンクリート縁石に破損が多く発生している理由は，常時の大型車交通の走行が考慮されていない切り下げタイプの歩車道境界ブロック製品がそのまま使用されている場合や，基礎コンクリート厚及び形状も歩車道境界の標準構造が適用されている場合があるなどが挙げられる．破損の種類は，前掲の図-8 i)のようなプレキャストコンクリート部材の折損や不陸，図-8 ii)のようなプレキャストコンクリート端部（ブロック境界部）の破損などがあるが，後者は，直線的な製品を円形に設置するために目地部分が扇型となり，プレキャストコンクリート端部が構造上の弱点となっていると想定される．なお，プレキャスト縁石が用いられた箇所においても，

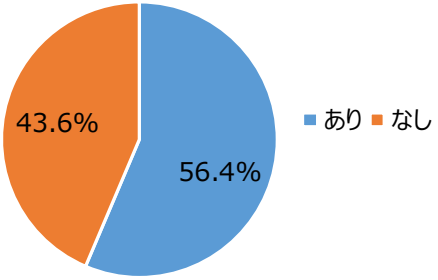


図-18 隅角部破損・接触箇所における横断歩道有無の比率

表-2 適用箇所特性と隅角部破損・接触の有無

適用箇所特性	隅角部破損･接触（箇所）	
	あり	なし
市街地	2	0
郊外住宅地内	1	2
工業団地	4	1
観光地関連	2	1
IC直結･直近	4	0
計	13	4

表-3 破損調査実施箇所のエプロン形状及び構造

番号	調査日	運用期間	エプロン破損有無	エプロン構造	エプロン形状
1	2022/7/27	5年 2ヶ月	有	プレキャストコンクリート	H=2cm～5cm
2	2022/7/28	2年 4ヶ月	無	現場打ちコンクリート	H=1cm～2cm
3	2023/6/7	5年10ヶ月	無	アスファルト	不明(テーパー)
4	2023/8/17	6年 7ヶ月	有	プレキャストコンクリート	H=2cm～5cm
5	2023/8/13	7年 2ヶ月	無	プレキャストコンクリート	H=5cm
6	2023/7/1	5年 3ヶ月	無	現場打ちコンクリート	H=3cm～7cm
7	2023/7/1	5年 3ヶ月	有	プレキャストコンクリート	H=2cm～5cm
8	2023/8/24	2年 4ヶ月	有	プレキャストコンクリート	H=2cm～5cm
9	2023/7/1	2年 7ヶ月	有	プレキャストコンクリート	H=2cm～5cm
10	2023/5/30	3年程度	有	プレキャストコンクリート	H=2cm
11	2023/8/11	2年 4ヶ月	有	プレキャストコンクリート	H=5cm
12	2023/8/13	2年 5ヶ月	有	プレキャストコンクリート	H=2cm～5cm
13	2023/5/23	4年程度	無	プレキャストコンクリート	H=2cm～5cm
14	2023/8/11	1年8ヶ月	有	プレキャストコンクリート	H=2cm～5cm

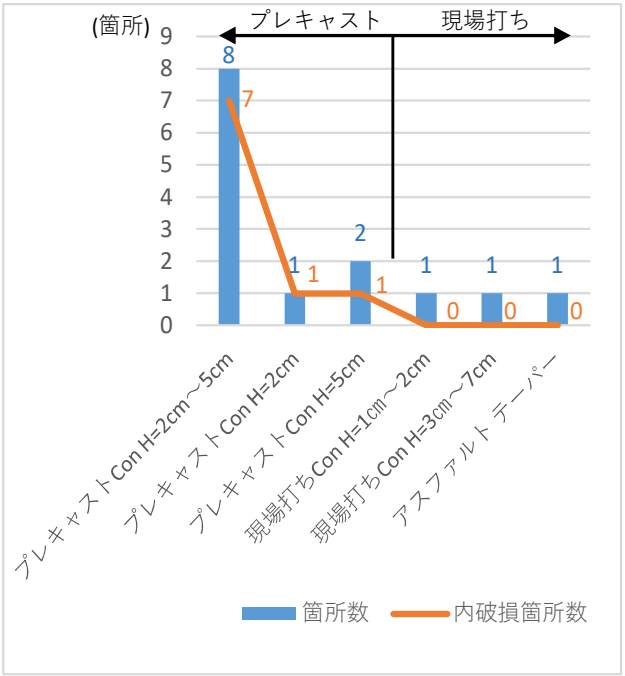


図-19 エプロンの形状及び構造毎の破損発生状況

破損が生じていない例が 3 箇所あるが，図-20 のように高さ H=250 ㎜の歩車道境界ブロックを根入れ 200 ㎜（突出部 H=50 ㎜）で適用した上で現場打ちコンクリートで巻き立てを行った例や，大型車交通量が非常に少なく，かつ，運用期間もまだ短い例などである．

次に，図-21 のように現場打ち（鉄筋）コンクリートやアスファルトにて施工された箇所に破損が生じていない理由は，プレキャストコンクリートのように構造上の弱点がないことや，図-21 i)のように有筋構造となっている例があることが挙げられる．

c) 破損発生箇所の分布

エプロンの破損は，特に大型車交通が卓越する箇所から発生していると考えられる．例えば，図-22 に示すラウンドアバウトにおいては，路線バスの運行ルート部にエプロン段差構造物の破損が発生していることがわかる．

4. おわりに

本調査研究により，限られた調査対象サンプル数の中ではあるが，交通特性，ラウンドアバウトの幾何構造，使用されている構造物の種別や形状と，構造物の破損・接触状況の相関性について，ある程度の確認を行うことができた．今後は，サンプル数を増やすとともに，実際に走行している車両をできる限り特定した上で，副設計車両の走行軌跡を重ね，より精度の高い分析を箇所毎に行う予定である．さらに，その分析結果を踏まえて，ラウンドアバウトの幾何構造等を計画する際の目安となりうる資料として取りまとめることを目指すこととする．

謝辞：本稿は，一般社団法人交通工学研究会の基幹研究「ラウンドアバウトの計画・設計・交通運用に関する研究」グループにおける研究の一部の内容を取りまとめたものである．現地調査に協力頂いた研究グループのメンバー，調査および分析方針にアドバイス頂いた研究グループのメンバー各位に感謝申し上げる．



図-20　プレキャストコンクリートの破損が生じていない例
（H=250 ㎜製品を 200 ㎜根入れ，現場打ち Con で巻立て）



i) 現場打ち鉄筋コンクリートの例　　ii) アスファルトの例

図-21　エプロン段差の構造

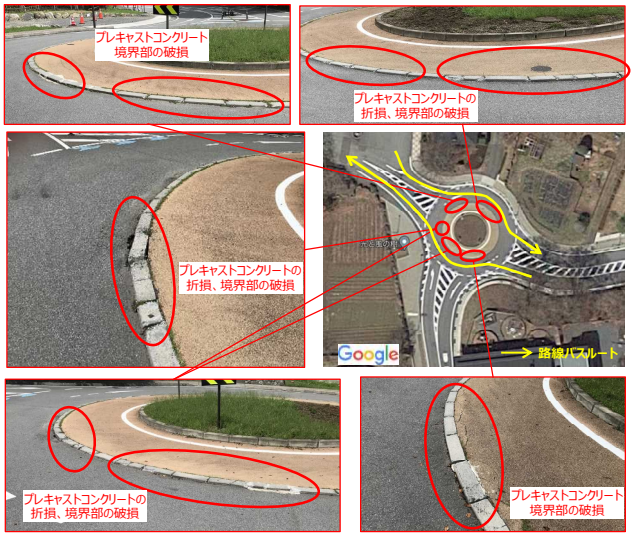


図-22　路線バス運行ルートと破損箇所の例

参考文献

1) 警察庁：環状交差点の導入状況(令和5年3月末現在), https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/seibi2/kisei/roundabout/0503kanjoukousaten.pdf，警察庁ホームページ.
2) (一社)交通工学研究会：ラウンドアバウトマニュアル，丸善出版，2016.
3) (一社)交通工学研究会：ラウンドアバウトマニュアル 2021，丸善出版，2021.
4) 鈴木弘司，安田宗一郎，森本清誠：走行調査と観測調査に基づいた複数のラウンドアバウトにおける安全確認行動と車両挙動の分析，土木学会論文集 D3 Vol.72 No.5，I_1133-I_1143，2016.
5) 吉岡慶祐，中村英樹，下川澄雄，森田綽之：ラウンドアバウトの幾何構造が走行挙動特性に与える影響分析，交通工学論文集 第 4 巻 第 1 号(特集号 A)，pp.A_47-A_54，2018.
6) 西垣裕樹，張馨，柿元祐史，中村英樹：ラウンドアバウト幾何構造要素と車両走行位置の関係分析，交通工学論文集 第 8 巻 第 2 号(特集号 A)，pp.A_15-A_21，2022.
7) 増澤諭香，榎本碧，松田泰明，太田広，宗広一徳：日本におけるラウンドアバウト中央島の設計の現状と課題，寒地土木研究所月報 No.819，pp.10-20，2021.
8) 増澤諭香，榎本碧，松田泰明，宗広一徳：ラウンドアバウト中央島の設計要素に関する考察，寒地土木研究所月報 No.833，pp.61-66，2022.
9) 今田勝昭，小林寛，上野朋弥，高宮進：ラウンドアバウトのエプロン構造の違いによる車両走行特性に関する実験，土木技術資料 58-4，pp.32-35，2016.
10) 久慈直之，山口洋士，飯田美喜：ラウンドアバウトにおけるエプロン構造の違いによる車両走行試験について，寒地土木研究所月報 No.806，pp.10-15，

2020.
11) 佐藤信吾，高本敏志，牧野正敏：除雪作業と乗り上げ抑制効果を考慮したラウンドアバウトのエプロン端部形状に関する検討，寒地土木研究所月報 No.774，pp.40-46，2017.
12) (公財)国際交通安全学会研究調査プロジェクト「データベース整備に基づいた日本のラウンドアバウトの実態と事例情報の発信」：日本のラウンドアバウトデータベース（https://rabmap.trpt.cst.nihon-u.ac.jp/）

(2023. 10. 13 受付)

A STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN GEOMETRY, TRAFFIC CHARACTERISTICS AND DAMAGE CONDITIONS OF ROUNDABOUT STRUCTURES

Masashi YANAGIDAIRA, Hiroshi OKUSHIRO and Kenichi TAKAHASHI