

自転車の衝突実験^{*1}

Bicycle Collisions with Barriers and Pedestrians

大崎 耕司^{*2}
Koji OHSAKI

植木 純一^{*2}
Junichi UEKI

小倉 雅徳^{*2}
Masanori OGURA

久保田 正美^{*2}
Masami KUBOTA

1. はじめに

2006年の自転車が関与した交通事故の発生件数は、交通事故全体の2割に相当する174,262件であった。この自転車事故を当事者別にみると、自転車対自動車は全体の82.9%と圧倒的に多いが、最近の傾向として、自転車対歩行者および自転車相互の事故件数の占める割合が多くなっている。1996年と2006年の事故件数を比較すると、自転車対歩行者で4.8倍、自転車相互で6.8倍と顕著な増加率を示している(表1参照)。これは自転車が走行して、歩行者や他の自転車へ衝突する事故が増加していることを意味している。その要因としては、自転車利用者の増加、自転車走行空間の不足の他に、自転車通行ルールが遵守されていない実態(例えば、歩道を走行するなど)が指摘されている。

表1 2006年と1996年の自転車事故件数の比較

	2006年の事故件数 (構成率:%)	1996年の事故件数
対自動車	144,503 (82.9)	125,373
対二輪車	11,339 (6.5)	10,837
自転車単独	5,651 (3.2)	1,473
自転車相互	4,020 (2.3)	592
対歩行者	2,767 (1.6)	582
その他	5,982 (3.4)	868
計	174,262 (100.0)	139,725

このような背景もあり、自転車の事故分析をおこなうためには、自転車が走行して衝突する形態の事故再現も重要であると判断し、自転車用台車を製作することとした。また、その台車を用いて自転車の固定壁衝突実験を実施し、自転車乗員が受ける衝撃度を把握した。

本報は今回製作した自転車用台車の紹介およびそれを用いた実験結果について述べるとともに、当研究所が関わりテレビ放映された自転車対歩行者の衝突実験の結果も併せて報告する。

2. 自転車用台車の製作

台車の製作にあたっては、これまで当研究所が所有している二輪車用台車を参考に、牽引方法などの基本的な部分は共通とした。自転車自体は10~20kgと軽く、かつ自立できないが人(ダミー)が乗車すると全体の重心位置が高くなり、より不安定さを招くことになる。このため、自転車用台車を設計する際に重視したポイントは、自転車および乗員のサポート方法である。また、多種多様な自転車に対応するために、自転車のセット方法を工夫した。図1に今回製作した台車を示す。この台車は26インチクラスの自転車(全長約1,800mm)がセット可能である。



図1 自転車用台車

2.1 自転車のサポート

自転車が安定して走行できるように、自転車のタイヤ、ハンドルおよび車体後部(荷台)の3カ所をサポートする構造とした。

*1 原稿受理 2008年1月24日

*2 (財)日本自動車研究所 安全研究部

- ・タイヤの左右のぶれを防ぐために、前後輪を直接サポートする方式とした（図2参照）。このため、タイヤの回転を妨げないように、接触面に低摩擦のシート（テフロン®）を貼り付け、かつ実験時には潤滑剤を塗布することで、摩擦をより低減させた。
- ・多種多様なハンドルに対応するため、ハンドルサポートは前後、左右、上下に調整できる構造とした。
- ・自転車全体の前後の動きを抑制させるため、荷台部をサポートさせる方式とした。なお、荷台がない場合は、先端部分の形状を変更してサドルのシャフトを押さえることになる。



図2 タイヤのサポート方法

2.2 ダミーのサポート

自転車のサポートにくわえ、ダミーもサポートしなければ、走行時の安定性は得られない。このため、ダミーのサポートは、前後と左右方向への傾きを抑制する方式とした（図3参照）。特に、ダミーは腰椎を軸に上半身と下半身が曲がりやすいため、それぞれを分割してサポートさせることとした。



図3 ダミーのサポート方法

3. 固定壁（バリア）衝突実験

3.1 実験条件

自転車が走行して衝突した際の衝撃度を測定するために、今回製作した台車を用いて衝突実験をおこなった。実験は26インチの自転車（シティタイプ）に成人男性相当のダミー（身長178cm, 78kgf）を搭載し、20km/hの目標速度でバリアへ衝突させるものである。衝突時の衝撃度を測定するために、バリア面には荷重計を取り付けた。実験時の条件は、次のとおりである。

- (1) 目標衝突速度：20 km/h
- (2) 自転車重量：18 kgf
- (3) ダミー重量：78 kgf
- (4) 自転車+ダミーの合計重量：96 kgf

3.2 試験結果

自転車の実際の衝突速度は19.7km/hであり、バリアに衝突する際、わずかに右傾斜する状況となっていた。

図4に衝突中の挙動を示し、図5にバリア荷重-時間線図を示す。バリア荷重-時間線図をみると、衝突初期と200ms以降の2ヵ所で荷重が発生していることがわかる。衝突初期は自転車の衝突により発生する荷重であり、200ms以降では乗員であるダミーが衝突したことで発生する荷重であった。荷重の最大値は、228msで5,880N（600kgf）を記録した。衝突中の主な挙動は次のとおりである。

- [0ms] - 自転車前輪がバリア面に接触する。
- [24ms] - 前輪が後退し、フレームに接触、この時点で3,130N（320kgf）の荷重が発生する。
- [50ms] - 自転車は前方への移動が終了（変形の終了）するが、ダミーは慣性により依然として前方へ移動する。
- [136ms] - ダミーの手がバリアへ衝突する。
- [182ms] - ダミーの膝がバリアへ衝突する。
- [228ms] - ダミーの上半身がバリアへ衝突、この時点で5,880N（600kgf）の最大荷重が発生する。
- [300ms] - ダミーがバリアから反発し始める。
- [500ms] - ダミーが路面に落下する。

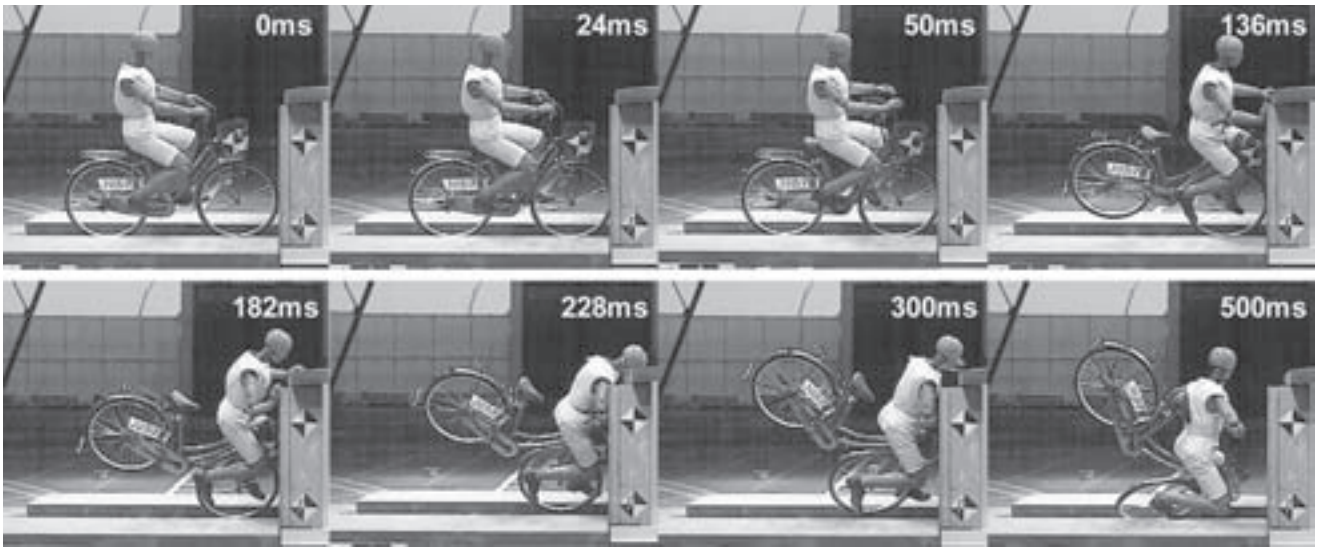


図4 衝突中の自転車とダミーの挙動

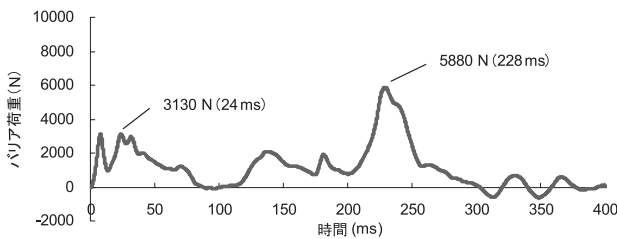


図5 バリア荷重

4. 自転車対歩行者の衝突実験

ここでは2007年10月7日にNHKで放映された「難問解決! ご近所の底力 (タイトル: 危ない! 歩道を走る自転車)」から自転車の衝突実験の結果を引用することとした。

4.1 実験条件

この実験は歩行者ダミーに自転車が衝突する形態で、自転車は3項と同様にシティタイプである。実験時、自転車はスタントマンが運転して20km/hまで加速し、その速度を維持したままダミーに衝突する状況であった。また、歩行者ダミーが受ける衝撃を測定するために、ダミーの頭部と胸部に加速度計を取り付けている。

4.2 実験結果

1) 衝突中の挙動

実験は同一条件にて3回実施した。図6に3回

目の実験における衝突中のダミー挙動を示す。同図の上段は自転車と歩行者ダミーが衝突する状況であり、下段は歩行者ダミーが路面へ二次衝突する状況を示している。本実験では、歩行者ダミーの正面に自転車が衝突する形態であったため、自転車のタイヤは歩行者ダミーの股間をすり抜ける状態となった。その後、ハンドル部分が歩行者ダミーの腹部へ衝突し、さらに自転車乗員により上半身が押されて路面へと転倒していく状態であった。歩行者ダミーは、路面へ転倒する際、手首、肘から接地し、最終的には頭部が路面へ衝突する状況がみられた。

2) 歩行者ダミーが受ける衝撃度

表2に頭部の加速度から求めたHIC (Head Injury Criteria) および胸部加速度の3 ms-G (累積時間が3 msとなった時点での加速度)を示す。これらは自動車の衝突安全の分野で傷害値と呼ばれており、その基準値はHICが1,000以下、胸部加速度の3 ms-Gが588m/s² (60G) となっている。HICは(1)式により求め、*a*は頭部重心の合成加速度、*t*₁と*t*₂はHICが最大になる時間である。

$$HIC = \left\{ \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a dt \right]^{2.5} (t_2 - t_1) \right\} \dots (1)$$

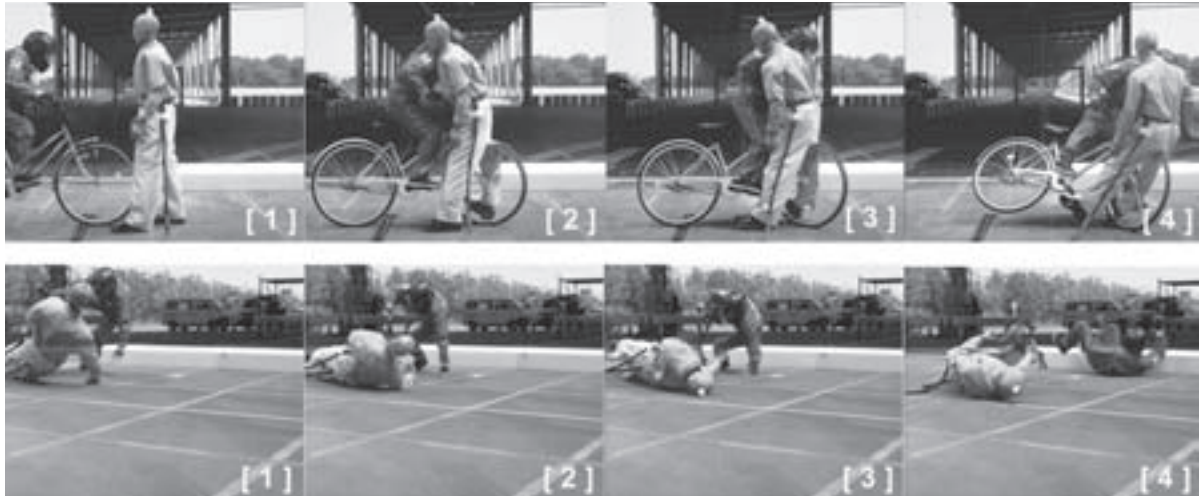


図6 衝突中のダミー挙動（上段：自転車との衝突段階、下段：路面との二次衝突段階）

表2 歩行者ダミーの傷害値

	対自転車		対路面	
	HIC	胸部3ms-G	HIC	胸部3ms-G
1回目	35	123	10,297	399
2回目	29	71	9,411	314
3回目	8	67	329	332

注)胸部3ms-Gの単位はm/s²

一般的にHIC1000は、一過性の意識障害である脳しんとうの発生限界レベルが目安として定めたとされている。同様に、胸部では588m/sを超えると肋骨が骨折する可能性が高くなると同時に、内臓器官に傷害が起こるとされている。

本実験の結果から、歩行者ダミーが受ける衝撃は、対自転車よりも対路面のほうが厳しい状況となっていた。特に対路面時のHICは、基準値である1,000を大きく超える値を記録した実験があった。一方、3回の実験結果をみると、ばらつきがあり、特に対路面時のHIC値のばらつきが大きい。

この理由としては、歩行者ダミーが路面へ転倒する状態の差異によるものであった。最も高い値を記録した1回目は、背中から路面へ倒れ込み、後頭部が路面へ衝突する状態であった。これに対して3回目の実験では、上体が回転することで腕、肘から路面へ倒れ込んだため、頭部の直接的な打撃が緩和されたものと考えられる。

5. おわりに

自転車用の台車を製作し、バリアとの衝突実験をおこなった。その結果、20km/hで衝突すると、自転車乗員は5,880N（600kgf）という大きな衝撃荷重を受けることがわかった。一方で、歩行者対自転車の実験からは、歩行者が受ける衝撃は、対自転車よりも対路面のほうが高く、重大な傷害を負う可能性が高いことが示唆された。