

衝突試験機の開発と評価

— 平成 25 年度環境・安全のための評価分析調査事業 —

目次

1. はじめに	2
2. 装置概要	2
3. 車輪の衝突試験	4
3.1 供試品	4
3.2 試験及び結果	4
4. 完成車の衝突試験.....	13
4.1 完成車衝突試験の概要.....	13
4.2 試験条件によるひずみ量の違い.....	14
4.3 完成車衝突破壊試験の検証.....	24
5. おわりに	30

1. はじめに

緊急かつ社会的要請に基づく試験評価調査、製品確認試験を行うため、それらに必要な試験機器、検査機器の整備をすることを目的とし、現有の設備で試験が不可能な車輪の破壊検査に必要な衝突試験機を開発した。また、車輪だけでなく、完成車状態での前面からの衝突試験も実施可能とすべく、独自に機構を追加したので報告する。

2. 装置概要

装置のベースとしたのは UCI 規則 第 1.3.018 条に記載されている、車輪の破壊検査（集団スタートのレース、ロード、シクロクロスで使用する車輪は UCI の事前承認が必要で、破壊検査に合格しなければならない）に使用する衝突試験機である。試験機の外観を図 1 に、試験機の概要を表 1 に示す。これに加え、完成車状態でも走行方向前面からの衝突などが模擬できるよう、表 2 に示す機能を追加した。

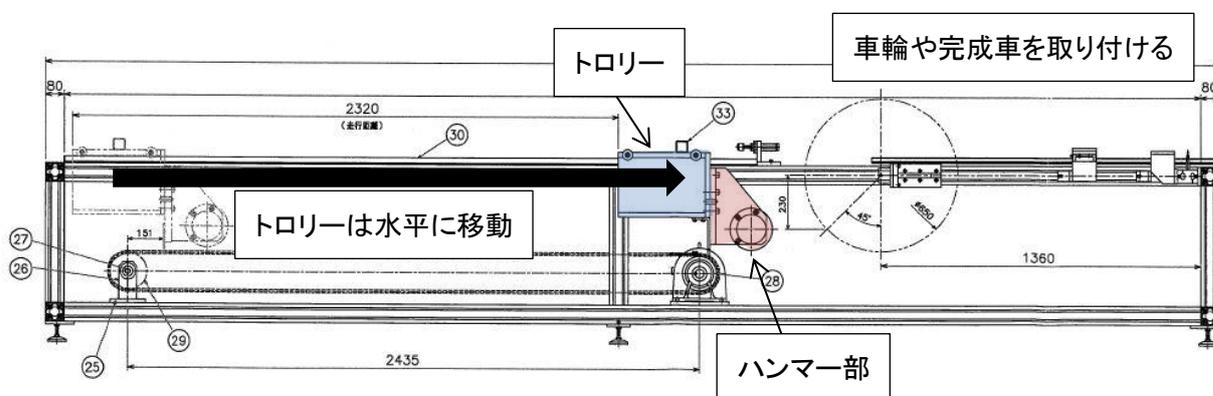


図 1 衝突試験機外観と概要図

表 1 試験機の概要 (UCI 準拠)

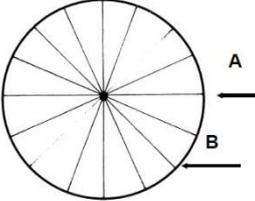
<p>トロリーのハンマー部の配置を変えることで 2 パターンの衝撃付与が可能。 A (impact test) : 中央の高さで車輪に衝撃を加える。前面からの衝撃を模擬する。 B (edge test) : A よりも低位置で車輪に衝撃を加える。歩道の縁石や道に空いた大きな穴で受ける衝撃を模擬している。水平より 45 度下方で衝撃を与える。</p> 
<p>トロリーは水平に移動する。インパクトの瞬間の速度は 10km/h。トロリーの全重量は 100kg</p>
<p>車輪と衝突した時、トロリーは変形が生じないような材質、構造</p>
<p>車輪とトロリーのハンマー部間の接触面は制限されている。ハンマーの前端部で、緩衝材は垂直端 (impact test)、あるいは円端 (edge test) で車輪に衝撃を与える</p>
<p>機械には、車輪とハンマーの間のコンタクト・ポイントの両側の場所に二つのバンパーが備わっている。バンパーには車輪のクランプ部の破損を避けるためトロリーを止めるのに加え、車輪自体に吸収されるエネルギー量を制限するという 2 つの機能を有する</p>
<p>車輪は、ハブによって衝撃試験機の基礎に垂直に固定される。車輪は、ハブ軸まわりで自由に回転することができ、タイヤを装備する。</p>

表 2 新たに追加した機能

<p>衝突速度を変えることができる</p>
<p>フレームを取り付け、完成車状態での前面あるいは路面の段差からの衝撃付与を模擬できるようにする</p>
<p>フレームは後輪ハブ軸で固定する</p>
<p>ハンマー部が交換できる</p>

3. 車輪の衝突試験

3.1 供試品

表 3 に車輪の衝突試験に用いた供試品を示す。今回用いたのはすべて前輪でスポークはラジアル組されていた。なお、今回の試験は、衝突試験機の性能確認を兼ねて実施したものであり、本報告書では車輪・タイヤの製造業者名は公表しない。

表 3 車輪の衝突試験 供試品一覧

供試品 No.	車輪径	スポーク本数	スポーク形状	リム材質
A、A'	700×23C	20	エアロ	アルミ合金
B	700×23C	28	No.14 φ2.0	アルミ合金
C	700×23C	20	No.14 φ2.0	アルミ合金
D	700×23C	18	No.14 φ2.0	アルミ合金
E	700×23C	24	エアロ	アルミ合金
F	700×25C	24	No.14 φ2.0	アルミ合金

3.2 試験及び結果

UCI で規定されている条件で衝突試験を行った。衝撃を付与する箇所については、写真 1 に示すように、リムの継ぎ目に一番近いニップルが衝突箇所正面に配置されるようにした。また車輪 A については写真 2 に示すようにリムの継ぎ目が衝突箇所正面に配置されるようにした場合の試験も行った（以下、供試品 A' と表記する）。各供試品の結果を表 4～表 10 にまとめた。なお、実際に UCI で規定された衝突試験を行っている CRIF (CENTRE DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES DE L'INDUSTRIE DES FABRICATIONS MÉTALLIQUES : ベルギーの金属関連の産業技術総合研究所) の報告書では "Wheels with sticks or where the distance between two consecutive spokes is more than 20 cms , are tested in two different positions , the impact point being situated either on the spoke , or between two spokes" と記載されているが、今回用いた車輪は該当しなかった。

試験の結果、impact test、edge test では全ての車輪で、UCI により定められた基準

- ① 衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出したりしてはいけない
- ② 破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあってはならない
- ③ 破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原

困となつてはならない

の 3 項目をクリアした。破壊の様子については銘柄ごとに差はあるが、概ね「リムに亀裂が生じる」「スポークが曲がる（張力がなくなる）」「リム接合箇所に隙間や亀裂が生じる」の 3 つの状態になった。試験後、ハブからスポークが外れたものもあったが、機構上、スポーク張力がなくなると外れやすくなるものであった。

また衝撃を付与する箇所の違いについて、試験時の組み付け方等である程度の試験差が生じることに加え、製品の個体差もある、サンプル数が少ないなど、一般的な考察とするのは難しいが、A と A' の破壊状況を比較すると、スポークの曲がり方などに多少違いはあるが、大きな差は見られなかった。

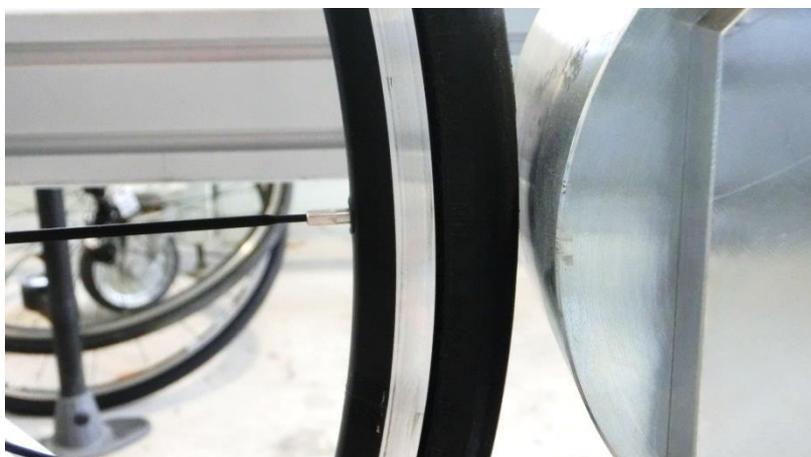


写真 1 衝撃付与箇所（リムの継ぎ目に一番近いニップルが、衝突箇所正面に配置）



写真 2 衝撃付与箇所（リムの継ぎ目が衝突箇所正面に配置）

表 4 供試品 A 試験結果

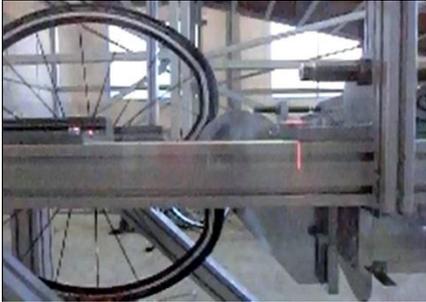
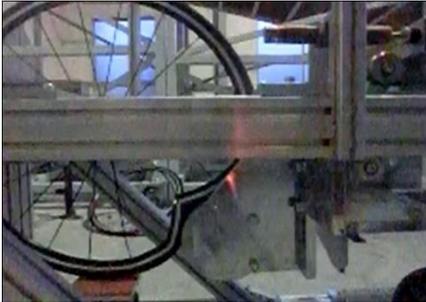
供試品 A	試験結果		
	試験時の外観変化	項目	判定
impact test	トロリー衝突時	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK
	 トロリー衝突後 	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK
		破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK
		(その他) リムの継ぎ目ではない箇所でも1箇所亀裂が見られた 3本のスポークが大きく曲がり、そのうち1本が外側に曲がった	
edge test	トロリー衝突時	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK
	 トロリー衝突後 	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK
		破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK
		(その他) リムの継ぎ目ではない箇所でも1箇所亀裂が見られた 3本のスポークが大きく曲がり、そのうち1本が外側に曲がった	

表 5 供試品 B 試験結果

供試品 B	試験結果		
	試験時の外観変化	項目	判定
impact test	トロリー衝突時	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK
	 トロリー衝突後	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK
		破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK
		(その他) リムに 2 箇所亀裂が見られ、そのうち 1 箇所はリムの継ぎ目箇所で亀裂が生じた。 3 本のスポークが大きく曲がり、1 本のスポークが少し曲がった。	
edge test	トロリー衝突時	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK
	 トロリー衝突後	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK
		破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK
		(その他) リムに 2 箇所亀裂が見られ、そのうち 1 箇所はリムの継ぎ目箇所で亀裂が生じた。 3 本のスポークが大きく曲がり、1 本のスポークが少し曲がった。	

表 6 供試品 C 試験結果

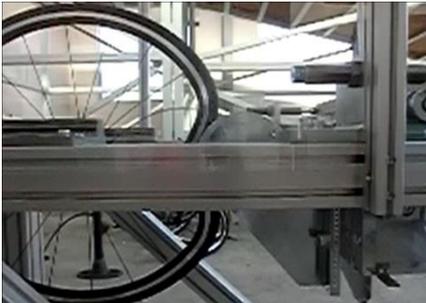
供試品 C	試験結果		
	試験時の外観変化	項目	判定
impact test	トロリー衝突時	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK
	 トロリー衝突後	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK
		破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK
		(その他) リムが右方向に少し曲がった。リムの継ぎ目箇所で1箇所亀裂が生じた。 3本のスポークが大きく曲がった。	
edge test	トロリー衝突時	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK
	 トロリー衝突後	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK
		破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK
		(その他) リムの継ぎ目箇所で1箇所亀裂が生じた。 3本のスポークが大きく曲がった。	

表 7 供試品 D 試験結果

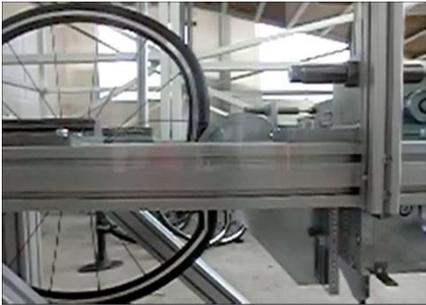
供試品 D	試験結果		
	試験時の外観変化	項目	判定
impact test	トロリー衝突時	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK
	 トロリー衝突後 	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK
		破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK
		(その他) リムが左方向に曲がった。リムの継ぎ目ではない箇所でも1箇所亀裂が見られ、リムの継ぎ目部にもわずかに隙間が生じた。 2本のスポークが大きく曲がった。	
edge test	トロリー衝突時	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK
	 トロリー衝突後 	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK
		破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK
		(その他) リムが右方向に少し曲がった。リムの継ぎ目ではない箇所でも1箇所亀裂が見られた 2本のスポークが大きく曲がり、1本のスポークが少し曲がった。	

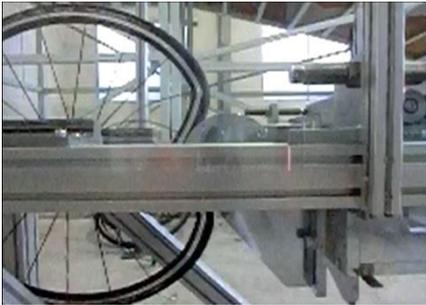
表 8 供試品 E 試験結果

供試品 E	試験結果		
	試験時の外観変化	項目	判定
impact test	トロリー衝突時	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK
		破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK
	トロリー衝突後	破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK
		(その他) リムが左方向に少し曲がった。リムの継ぎ目ではない箇所でも2箇所亀裂が見られた。 3本のスポークが大きく曲がり、1本のスポークが少し曲がった。	
edge test	トロリー衝突時	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK
		破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK
	トロリー衝突後	破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK
		(その他) リムの継ぎ目ではない箇所でも1箇所亀裂が見られた 3本のスポークが大きく曲がった。	

表 9 供試品 F 試験結果

供試品 F	試験結果		
	試験時の外観変化	項目	判定
impact test	トロリー衝突時	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK
	 トロリー衝突後 	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK
		破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK
		(その他) リムの継ぎ目箇所で1箇所亀裂が生じた。3本のスポークが大きく曲がり、1本のスポークが少し曲がった。	
edge test	トロリー衝突時	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK
	 トロリー衝突後 	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK
		破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK
		(その他) リムが右方向に少し曲がった。リムの継ぎ目箇所で1箇所亀裂が生じた。2本のスポークが大きく曲がり、1本のスポークが少し曲がった。	

表 10 供試品 A' 試験結果

供試品 A'	試験結果		
	試験時の外観変化	項目	判定
impact test	トロリー衝突時	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK
		破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK
	トロリー衝突後	破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK
		(その他) リムの継ぎ目箇所で1箇所亀裂が生じた。 3本のスポークが大きく曲がり、そのうち1本が外側に曲がった。1本のスポークが少し曲がった。	
edge test	トロリー衝突時	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK
		破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK
	トロリー衝突後	破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK
		(その他) リムの継ぎ目箇所で1箇所亀裂が生じた。 1本のスポークがハブから外れた。 2本のスポークが大きく曲がり、そのうち1本が外側に曲がった。	

4. 完成車の衝突試験

開発した衝突試験機の性能が、完成車を取り付けた際どのようなものであるか、本試験機で衝撃を与えた際にどのような状態となるかを調べるため、検証試験を実施した。

4.1 完成車衝突試験の概要

完成車衝突試験の模式図を図 2 に、試験の様子の一例を写真 3 に示す。車輪衝突試験のときは、車輪ハブ軸が全く動かないよう固定していたが、完成車は前輪ハブ軸と後輪ハブ軸を横から挟み込むなどして衝突試験機に接続し、それぞれ水平方向には自由に動き上下方向に動かないよう固定、あるいは前輪ハブ軸は固定せず後輪ハブ軸が動かないよう固定した。衝突後、完成車が水平方向に飛ばされる場合は、50cm ほど後方で、緩衝材を用いて受け止めるようにした。

また、完成車におもりを載せる場合は、フレームの耐振性試験で用いる鞍形のおもりなどを用いた。おもりの条件については各自転車の項目で記述する。

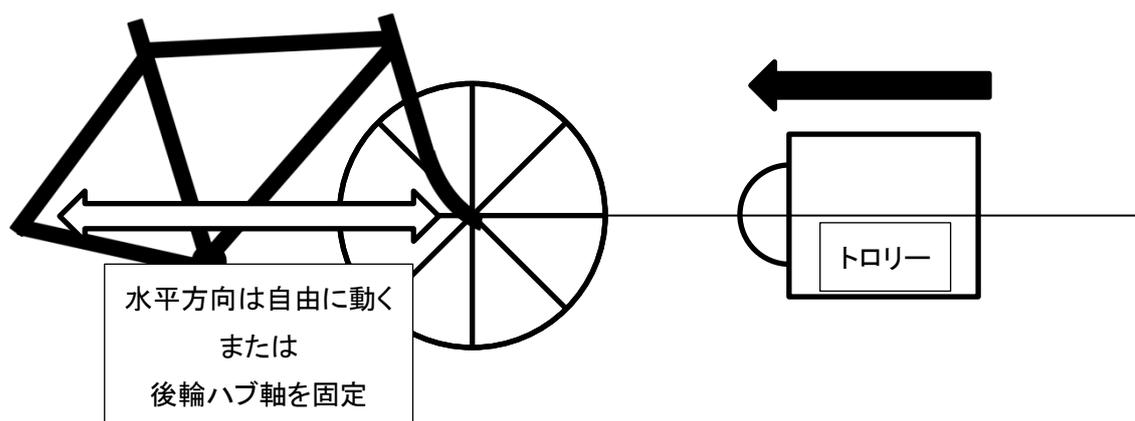


図 2 完成車衝突試験 模式図



写真 3 完成車衝突試験の様子

4.2 試験条件によるひずみ量の違い

試験機の性能を測定するにあたり、実際に体重 65kg の乗員が時速 2km 程度で壁に正面衝突した時、EN 規格で規定されている質量落下衝撃試験時、今回開発した試験機での衝突時に生じる自転車各部の応力（ひずみ量）を比較した。実走行で衝突時の速度が時速 2km としたのは、乗員が壁に正面衝突する際、危険と感じ始めた速度であり、これ以上の速度では危険と判断し、体が自然とブレーキをかけてしまうことになる。比較に用いたのはアルミ合金製フレーム、クロモリ鋼製前ホークの MTB 類型車と CFRP 製ロードバイクである。なお、全ての試験を 1 台の供試品で行ったため、特に金属製フレームでは試験毎に永久変形や永久ひずみの影響がある。また、破損や亀裂が生じた時点で試験を終了した。

トロリー衝突時における前ホーク左ホーク足前面、上パイプヘッド側上面、下パイプヘッド側下面のひずみ量の最大値－最小値を比較した。以後、供試品ごとに結果をまとめた。

4.2.1 MTB 類型車（アルミ合金製フレーム、クロモリ鋼製前ホーク）

図 3～図 5 に各試験条件でのひずみ量の最大最小値を示す。表 11 で示す①～⑥の手順で試験を行った。試験⑥の衝突試験において前ホークが大きく変形したため、この時点で試験を中断した。衝突試験の自転車に搭載したおもりは JIS D 9301 のフレームの耐振性試験で用いるおもり（ヘッド部 5kg、ハンガ部 15kg、シート部 45kg）である。

表 11 試験手順

手順	試験項目	自転車に搭載する人またはおもりの重量	自転車に衝突させるおもりまたはトロリーの重量	衝突速度
①	実走行での衝突	65kg	—	2km/h
②	質量落下衝撃試験(落下高さ 180mm)	—	22.5kg	—
③	質量落下衝撃試験(落下高さ 212mm)	—	22.5kg	—
④	質量落下衝撃試験(落下高さ 360mm)	—	22.5kg	—
⑤	衝突試験(edge test)トロリー速度 10km/h(水平方向に自由に動く)	なし	100kg	10km/h
⑥	衝突試験(edge test)トロリー速度 10km/h(水平方向に自由に動く、自転車に計 65kg のおもり)	計 65kg	100kg	10km/h

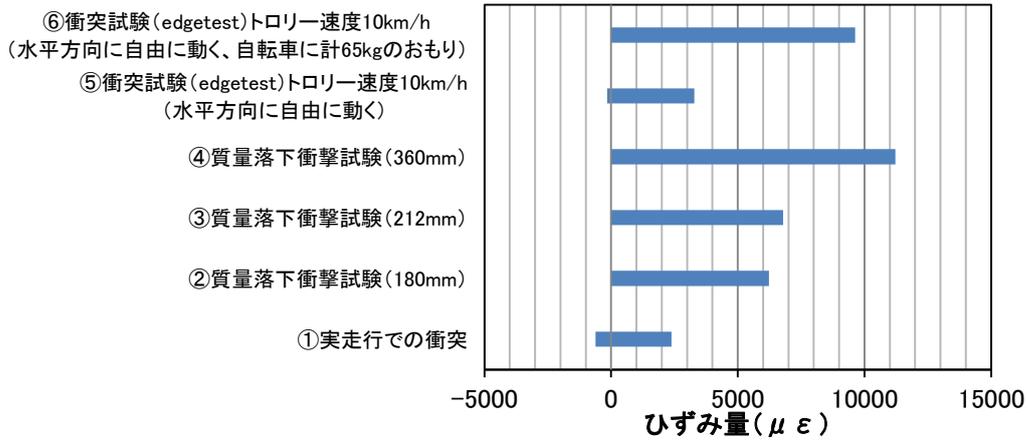


図 3 前ホーク左ホーク足前面のひずみ量

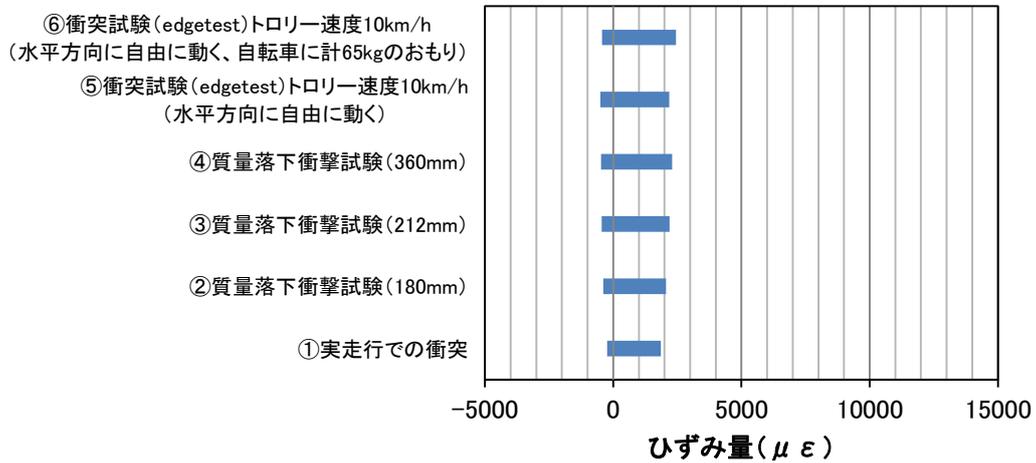


図 4 上パイプヘッド側上面のひずみ量

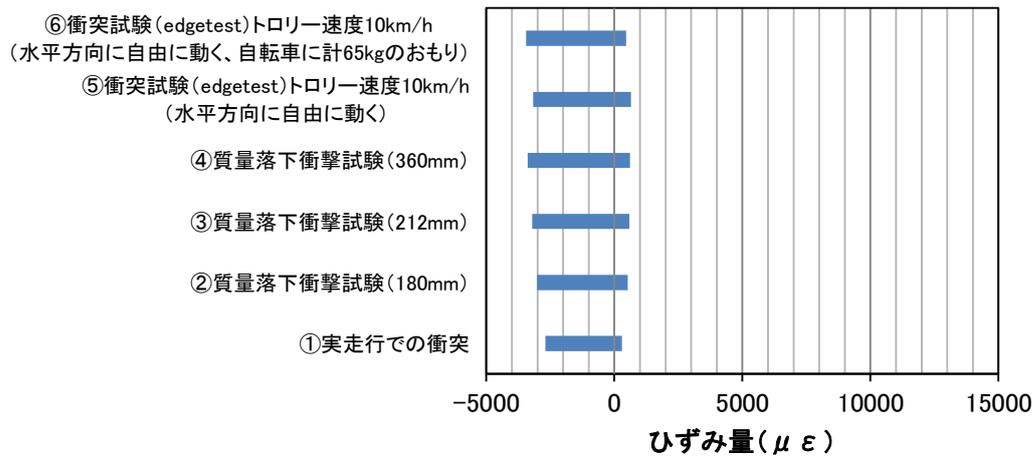


図 5 下パイプヘッド側下面のひずみ量

表 12 実走行時のひずみ量を 1 としたときの各試験条件でのひずみ量

試験内容	前ホーク 左ホーク足前面	上パイプ ヘッド側上面	下パイプ ヘッド側下面
①実走行での衝突	1.00	1.00	1.00
②質量落下衝撃試験(180mm)	2.07	1.17	1.18
③質量落下衝撃試験(212mm)	2.26	1.26	1.26
④質量落下衝撃試験(360mm)	3.73	1.32	1.33
⑤衝突試験(edge test)トロリー速度 10km/h (水平方向に自由に動く)	1.14	1.28	1.27
⑥衝突試験(edge test)トロリー速度 10km/h (水平方向に自由に動く+自転車に計 65kg のおもり)	3.21	1.37	1.30

表 12 に実走行時のひずみ量を 1 としたときの各試験条件でのひずみ量をまとめたが、傾向としては各試験においてフレームの前三角への負荷は大きく変わらず、前ホークへの負荷に変化が見られた。応力（ひずみ量）で相対的に比較すると、ひずみの実測波形（図 6、図 7）は異なるものの、④質量落下衝撃試験（落下高さ 360mm）と⑥衝突試験（edge test、トロリー速度 10km/h、自転車は水平方向に自由に動く、自転車に計 65kg のおもり）で、前ホーク～前三角のひずみ量の最大最小値や前ホークの永久ひずみでよく似た傾向が見られた。

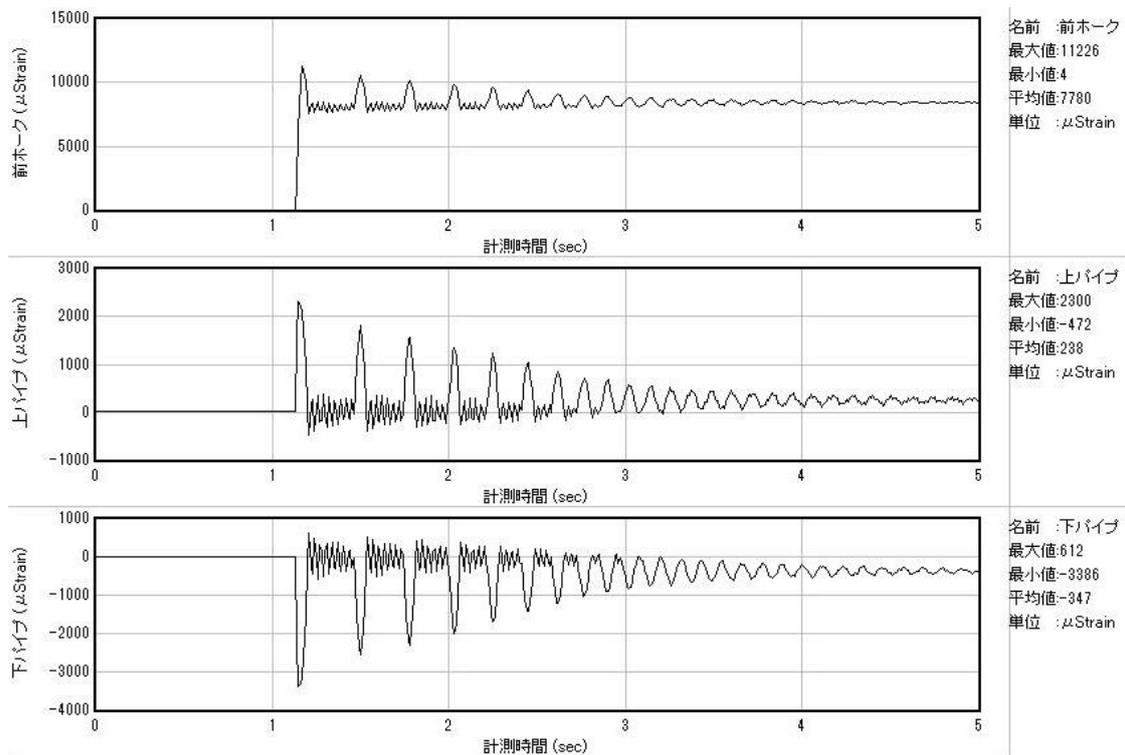


図 6 ひずみの実測波形 (④質量落下衝撃試験 落下高さ 360mm)

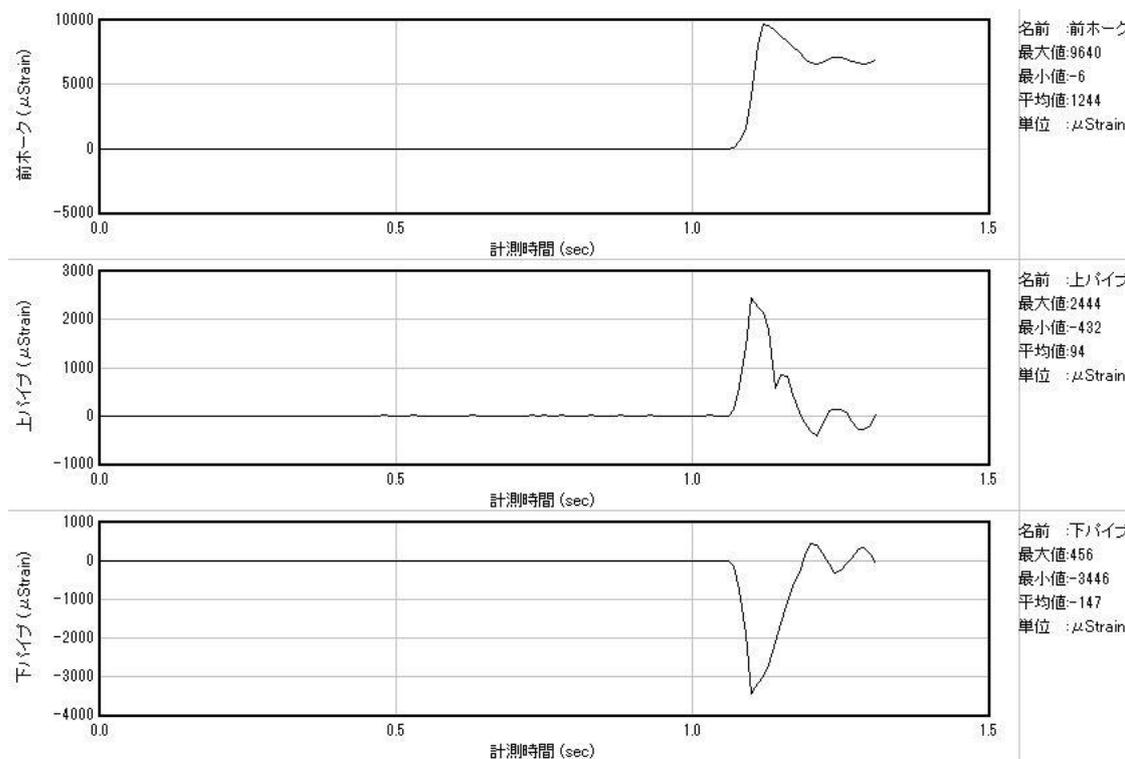


図 7 ひずみの実測波形 (⑥衝突試験 (edge test) トロリー速度 10km/h (水平方向に自由に動く+自転車に計 65kg のおもり))

4.2.2 CFRP 製ロードバイク

図 8～図 10 に各試験条件でのひずみ量の最大最小値を示す。表 13 で示す①～⑫の手順で試験を行った。試験⑫の衝突試験においてひずみゲージの抵抗値が異常値を示すようになった（試験時の変形量が大きかった）ため、この時点で試験を中断した。また、本試験では衝撃によりハンドルが回転しないよう、写真 4 に示すような回転抑制ジグを取り付けた。おもりについては当所で所有しているものを組み合わせて調整した。

表 13 試験手順

手順	試験項目	自転車に搭載する人またはおもりの重量	自転車に衝突させるおもりまたはトロリーの重量	衝突速度
①	実走行での衝突	65kg	—	2km/h
②	質量落下衝撃試験(落下高さ 180mm)	—	22.5kg	—
③	質量落下衝撃試験(落下高さ 212mm)	—	22.5kg	—
④	衝突試験 (impact test)トロリー速度 10km/h(水平方向に自由に動く)	なし	100kg	10km/h
⑤	衝突試験 (edge test)トロリー速度 10km/h(水平方向に自由に動く)	なし	100kg	10km/h
⑥	衝突試験 (edge test)トロリー速度 5km/h(水平方向に自由に動く、自転車におもりハンドル部 16kg 回転抑制ジグ 6kg)	計 22kg	100kg	5km/h
⑦	衝突試験 (edge test)トロリー速度 5km/h(水平方向に自由に動く、自転車におもりハンドル部 16kg ハンガ部 15kg 回転抑制ジグ 6kg)	計 37kg	100kg	5km/h
⑧	衝突試験 (edge test)トロリー速度 5km/h(水平方向に自由に動く、自転車におもりハンドル部 16kg ハンガ部 15kg シート部 10kg 回転抑制ジグ 6kg)	計 47kg	100kg	5km/h
⑨	衝突試験 (edge test)トロリー速度 5km/h(水平方向に自由に動く、自転車におもりハンドル部 16kg ハンガ部 15kg シート部 28kg 回転抑制ジグ 6kg)	計 65kg	100kg	5km/h
⑩	衝突試験 (edge test)トロリー速度 7.1km/h(水平方向に自由に動く、自転車におもりハンドル部 16kg ハンガ部 15kg シート部 28kg 回転抑制ジグ 6kg)	計 65kg	100kg	7.1km/h
⑪	衝突試験 (edge test)トロリー速度 7.6km/h(水平方向に自由に動く、自転車におもりハンドル部 16kg ハンガ部 15kg シート部 28kg 回転抑制ジグ 6kg)	計 65kg	100kg	7.6km/h
⑫	衝突試験 (edge test)トロリー速度 10km/h(水平方向に自由に動く、自転車におもりハンドル部 16kg ハンガ部 15kg シート部 28kg 回転抑制ジグ 6kg)	計 65kg	100kg	10km/h



写真 4 ハンドル回転抑制ジグ

表 14 に実走行時のひずみ量を 1 としたときの各試験条件でのひずみ量をまとめた。まず、前項で測定した MTB 類型車と比較し、②、③の状況で衝撃を受けた際は前ホークだけでなくフレーム全体に負荷がかかることがわかる。これは金属製ホークと CFRP 製ホークの違い（エネルギー吸収の度合い）によるものと考えられる。すなわち、金属製前ホークでは、衝撃によりそれ自体が変形するため、フレーム体への負荷が小さくなるが、CFRP 製前ホークでは永久変形がほとんどないため、ホークシステム～ヘッドパイプに衝撃時の力が大きく伝わりと考えられる。

④、⑤ではフレームに対して impact test と edge test どちらの負荷が大きいかを調べたが、完成車状態では edge test の方が、フレーム全体に対しての負荷が大きくなることがわかった。

⑥～⑨では同一のトロリー速度で、自転車に搭載するおもりを変えて測定を行ったが、総重量の増加に従い、各部のひずみ量も増加した。

⑨～⑫ではトロリー速度を変えて測定を行ったが、速度が増加するとともに各部のひずみ量も増加した。衝突エネルギーは速度の 2 乗に比例するため、速度が 2 倍になると自転車が受ける衝突エネルギーは 4 倍になるが、トロリー速度 5 km/h→10 km/h の変化でひずみ量は 2 倍程度の増加であった。実際は車輪によるエネルギー吸収や衝突後の自転車やトロリーの挙動などにばらつきもあるため、速度と負荷の関係は単純でないと考えられる。

⑫の後、上パイプ上面に張り付けたひずみゲージの抵抗値が異常だったため、この時点で試験を終了した。試験後、上パイプの外観変化は見られなかったが、ひずみゲージの抵抗値が変わるほどの力が付与されたと考えられる。

②、③と④～⑫を比較して、MTB 類型車の場合と同様に、各部のひずみ量を相対的に比較すると質量落下衝突試験と衝突試験とよく似た傾向が見られた。また、これ以上の衝撃を付与すると破壊試験として活用できそうである。

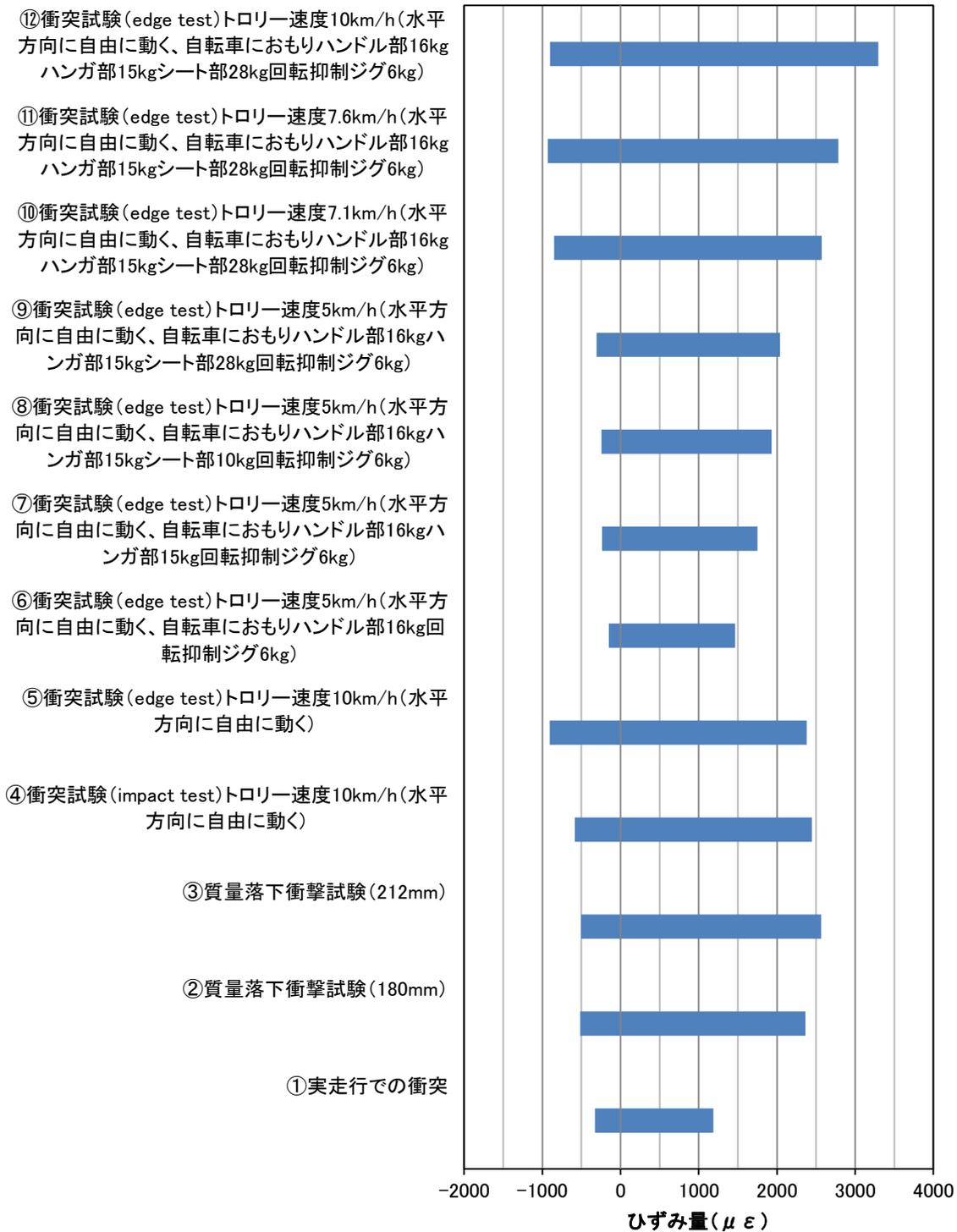


図 8 前ホーク左ホーク足前面のひずみ量

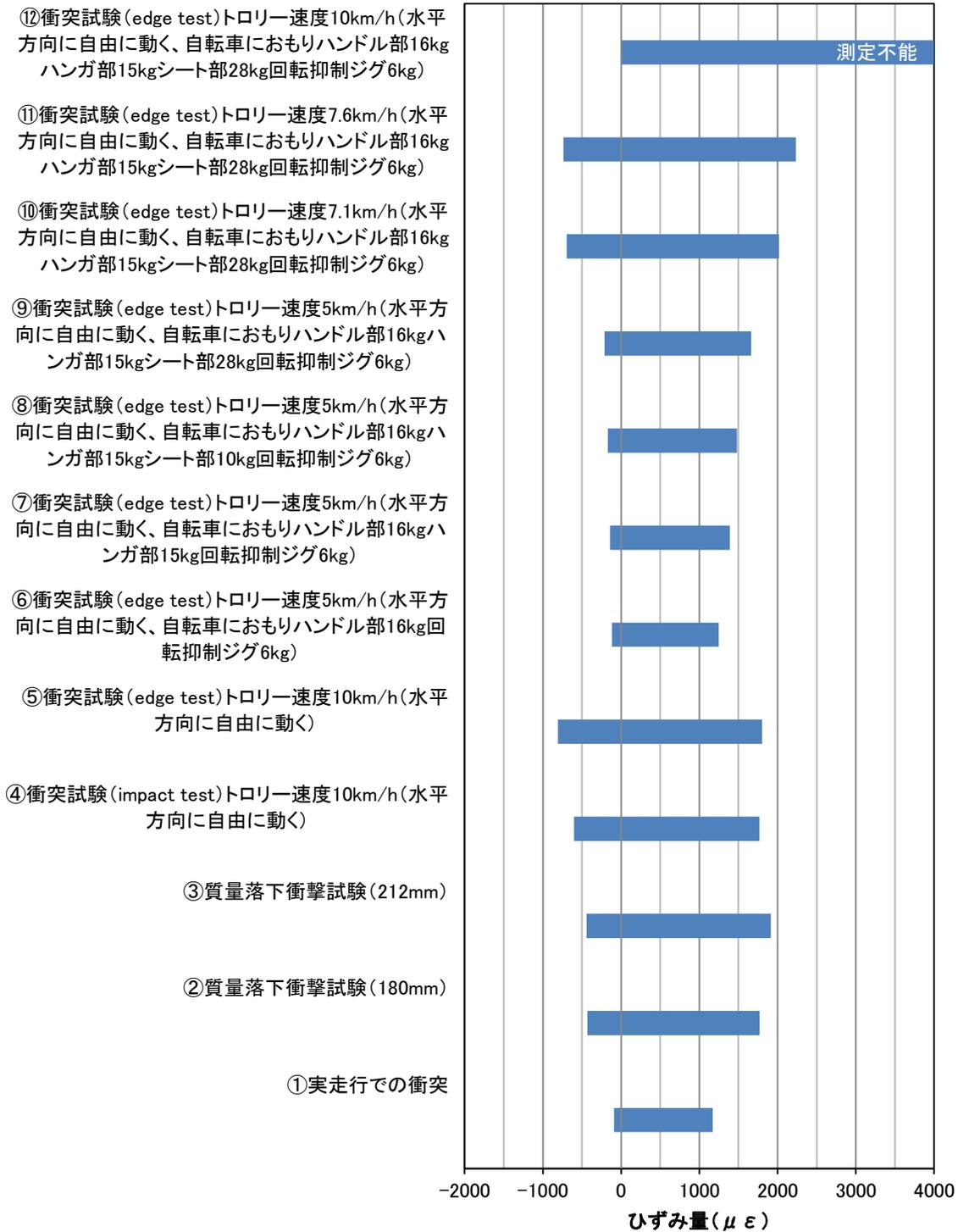


図 9 上パイプヘッド側上面のひずみ量

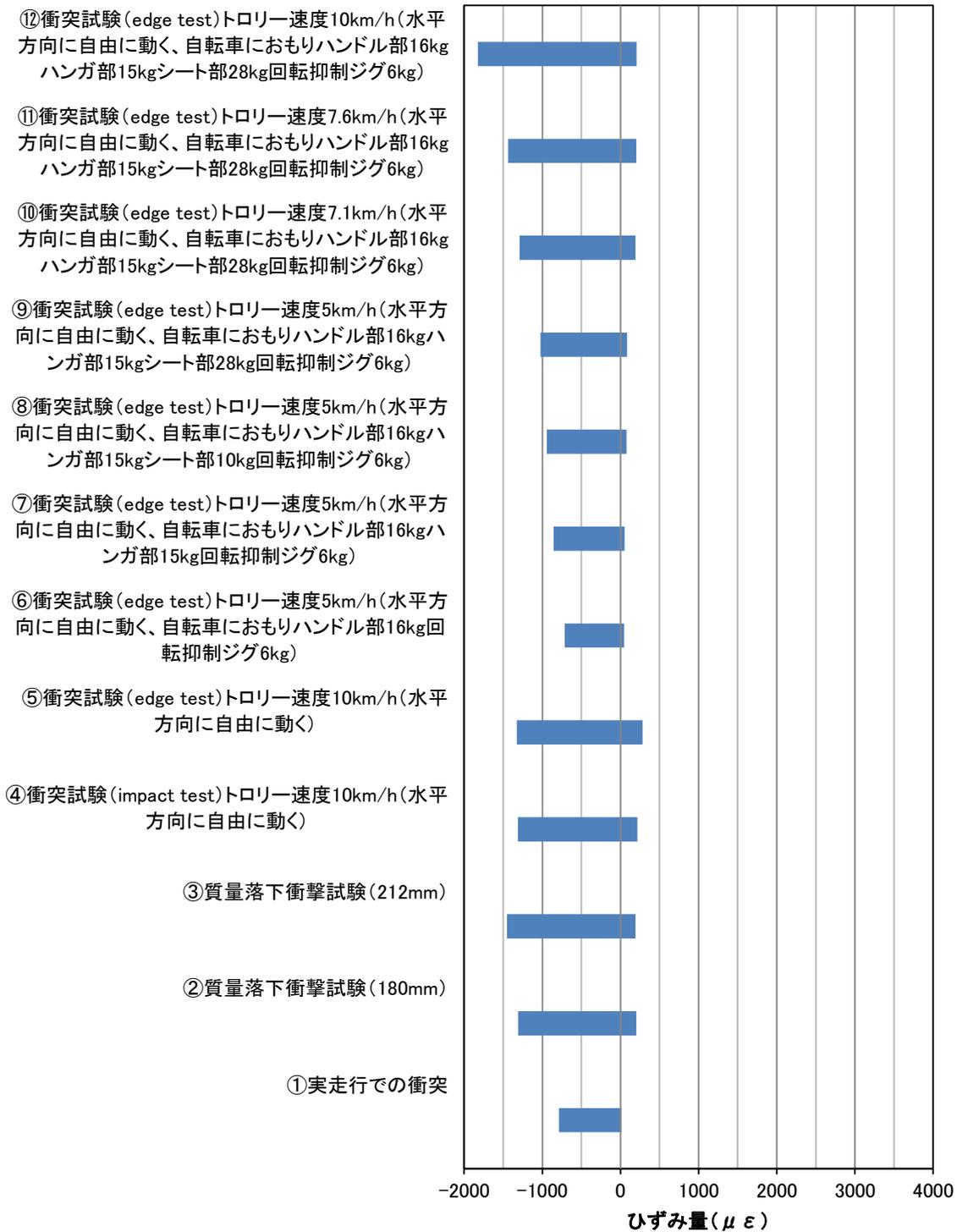


図 10 下パイプヘッド側下面のひずみ量

表 14 実走行時のひずみ量を 1 としたときの各試験条件でのひずみ量

試験内容	前ホーク 左ホーク 足前面	上パイプ ヘッド側上 面	下パイプ ヘッド側下 面
①実走行での衝突	1.00	1.00	1.00
②質量落下衝撃試験(180mm)	1.90	1.74	1.89
③質量落下衝撃試験(212mm)	2.03	1.87	2.06
④衝突試験(impact test)トロリー速度 10km/h(水平方向に自由に動く)	2.00	1.88	1.91
⑤衝突試験(edge test)トロリー速度 10km/h(水平方向に自由に動く)	2.17	2.07	2.01
⑥衝突試験(edge test)トロリー速度 5km/h(水平方向に自由に動く、自転車におもりハンドル部 16kg 回転抑制ジグ 6kg)	1.07	1.08	0.95
⑦衝突試験(edge test)トロリー速度 5km/h(水平方向に自由に動く、自転車におもりハンドル部 16kg ハンガ部 15kg 回転抑制ジグ 6kg)	1.31	1.22	1.13
⑧衝突試験(edge test)トロリー速度 5km/h(水平方向に自由に動く、自転車におもりハンドル部 16kg ハンガ部 15kg シート部 10kg 回転抑制ジグ 6kg)	1.44	1.31	1.27
⑨衝突試験(edge test)トロリー速度 5km/h(水平方向に自由に動く、自転車におもりハンドル部 16kg ハンガ部 15kg シート部 28kg 回転抑制ジグ 6kg)	1.55	1.48	1.38
⑩衝突試験(edge test)トロリー速度 7.1km/h(水平方向に自由に動く、自転車におもりハンドル部 16kg ハンガ部 15kg シート部 28kg 回転抑制ジグ 6kg)	2.26	2.15	1.86
⑪衝突試験(edge test)トロリー速度 7.6km/h(水平方向に自由に動く、自転車におもりハンドル部 16kg ハンガ部 15kg シート部 28kg 回転抑制ジグ 6kg)	2.45	2.35	2.05
⑫衝突試験(edge test)トロリー速度 10km/h(水平方向に自由に動く、自転車におもりハンドル部 16kg ハンガ部 15kg シート部 28kg 回転抑制ジグ 6kg)	2.77	測定不能	2.54

4.3 完成車衝突破壊試験の検証

前項では、完成車衝突試験では質量落下衝撃試験以上の試験状況を、車輪を付けた状態で再現できることが確認できたが、本項では、それ以上の衝撃を付与することで自転車が衝突事故などで破壊される状況を再現することを検討した。大きく衝撃を受ける状況としては、例えば壁などに正面衝突する状況を模擬するため、図 11 のように、後輪ハブ軸で自転車を固定し、トロリーは impact test の状態で、トロリーの先端形状を壁のような状態（写真 5）にし、トロリー重量 100kg、時速 10km で衝突させた際、どのように破壊されるかを調べた。おもりの重量に関しては、あくまで下方力を持たせるためのものであるため、衝突時に前輪が浮きすぎない程度とし、車輪が回転しないよう、回転抑制ジグを取り付けた。検証にはクロモリ製ピストバイクと CFRP 製ピストバイクを用いた。なお、本試験は破壊させる目的で試験を行っているため、製品自体の評価を行っているわけではなく、製造業者名も公表しない。

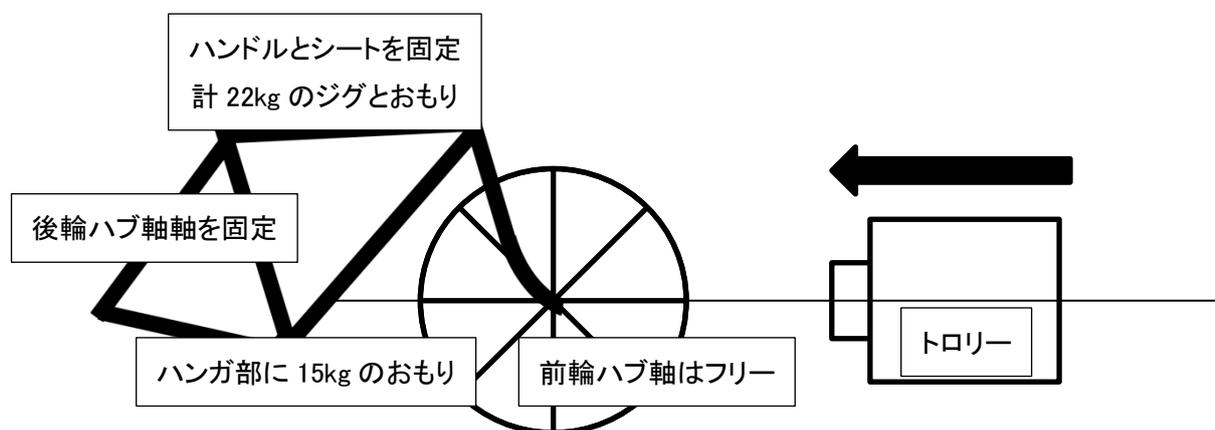


図 11 後輪ハブ軸固定で破壊させる時の模式図

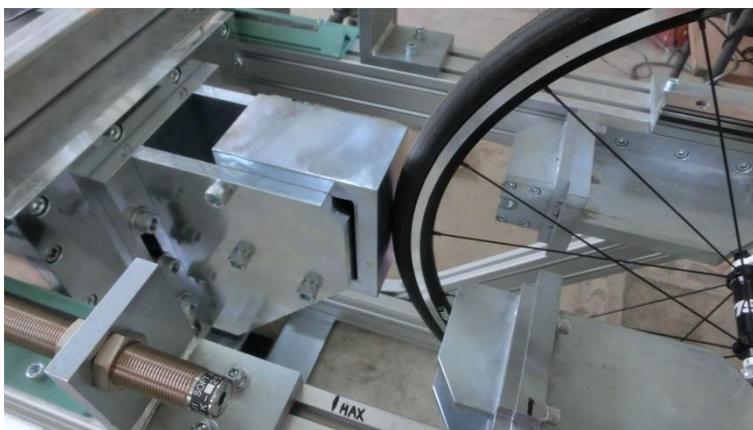


写真 5 トロリーの先端

4.3.1 クロモリ製ピストバイク

衝突破壊試験の結果、フレームの上パイプヘッド側に亀裂、下パイプは折れ曲がり、下パイプハンガ側ではパイプが軸方向に圧縮された跡が見られた（写真 7、写真 8）。また、前ホークも後方に曲がっていた。前ホークが曲がったことにより、下パイプと車輪が接触しており、これにより下パイプが曲がった。

この損傷状況については、例えば自転車競技などでクロモリ製ピストバイクが正面から衝突し、事故となった際の状態に酷似していた。



写真 6 衝突時の様子



写真 7 試験後の様子（上：前三角の折損と変形、下：上パイプ折損部）

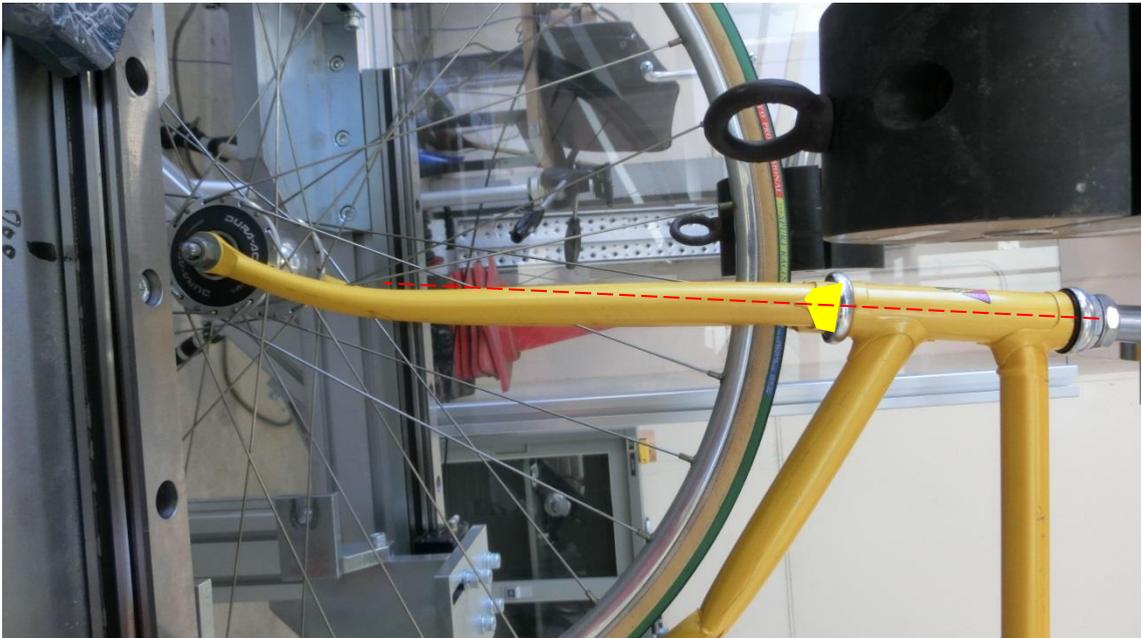


写真 8 試験後の様子（上：下パイプの変形、下：前ホークの変形）

4.3.2 CFRP 製ピストバイク

衝突破壊試験の結果、右ホーク足に亀裂が生じ、ホークステム（アルミ合金製）が曲がった（写真 10）。下パイプと車輪が接触していたが、フレーム体にはタイヤが擦った後以外に異常は見られなかった。下パイプの断面が楕円状であるため、車輪が衝突しても逃げてしまい、今回の場合は写真 8 のように下パイプの左側に逃げたため、片方のホーク足に負荷が集中し、結果右ホーク足に亀裂が生じたと考えられる。

CFRP 部分がほとんど塑性変形しないという点で、クロモリ車と損傷状況が変わると考えられるが、実際の事故でも前ホークの折損という事例も少なくなく、クロモリ車同様、事故状況の再現手段や検証手段として、本試験方法が有効ではないかと考える。



写真 9 衝突時の様子



写真 10 試験後の様子

4.3.3 各供試品の衝撃力の比較

各供試車で完成車衝突破壊試験を行った際、後輪ハブ軸部分に取り付けたロードセルにより、自転車がどのような力を受けているか調べた。各供試品が受けた衝撃力の時間変化を図 12 に示す。

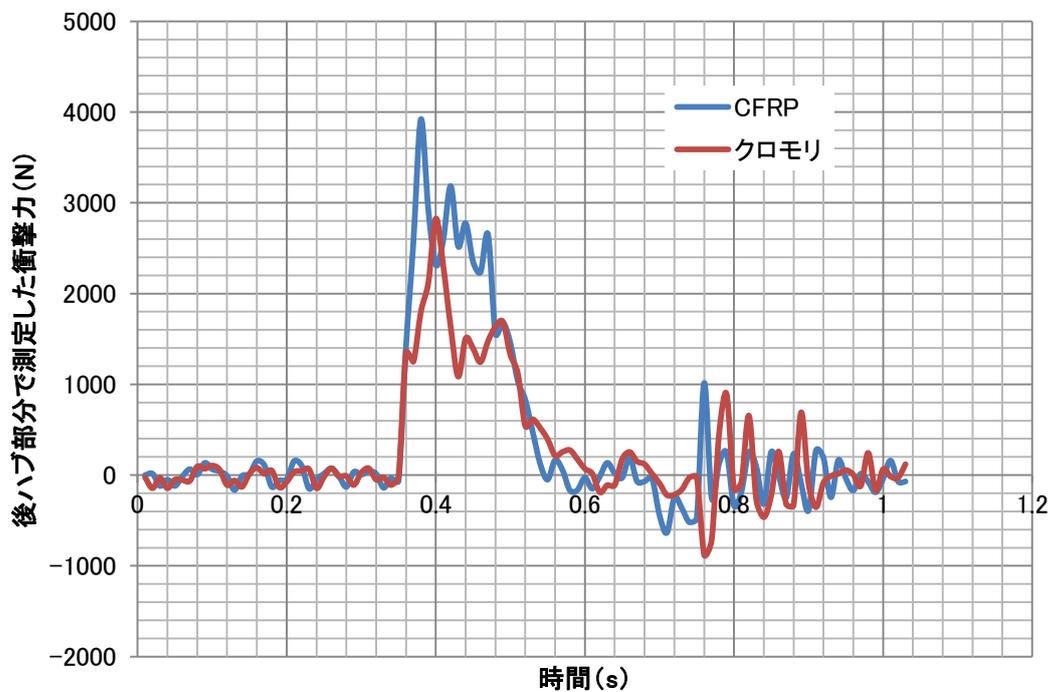


図 12 衝撃力の時間変化

当所で調査した自転車の衝撃の報告¹⁾では、クロモリ製スポーツ車が時速 9.5km で壁に衝突した際の最大衝撃力は 1.9 kN、時間幅が 206 ms であるが、今回の衝撃のデータでは時間幅は同程度、最大衝撃力は CFRP 製ピストバイクでは 2 倍程度の大きさとなっている。最大衝撃力については瞬間的な測定値であるが、過去の測定では今回のような瞬間的に大きな衝撃力が計測されていないので、参考として、衝突している間の衝撃力の平均を計算すると、クロモリ製ピストバイクで 1.3kN、CFRP 製ピストバイクで 1.8kN であった。過去のデータが滑走する自転車が衝突する壁で直接測定しているのに対し、今回は滑走するトロリーが衝突する自転車の後輪ハブ軸部分で測定しているため、車輪・フレームの変形などで吸収した分もあるため、測定波形の違いや低めの衝撃力が測定されたと考えられる。

CFRP 製ピストバイクとクロモリ製ピストバイクで比較した場合、時間幅はほとんど変わらなかったが、CFRP 製ピストバイクの最大衝撃力の方が 30% 程度大きい結果となった。これはフレーム設計による違いや素材の物理特性の違いによるものだと考えられる。自転車の種類や形状、素材によって吸収するエネルギー量に違いがあり、同じ衝撃を受けたとしても壊れ方が変わってくると言えよう。

5. おわりに

完成車衝突試験では 4 銘柄において様々な条件で衝撃を付与したが、試験条件を変えることで、車輪を含めての衝撃を付与する試験が可能となった。また、完成車の衝突破壊試験では、テストライダーを用いない事故状況の再現や検証、フェイルセーフ構造の確認などの場面で、本試験方法が有効ではないかと考える。

今後は各試験でデータ数を増やし、例えばシティ車等でどのような破損状況となるか、調査を進めたい。また、新たな試験設備として UCI 準拠の車輪の衝突試験のみならず完成車事故の原因究明の一助として外部の活用も期待する

参考文献

- 1) 「続々・自転車が衝突するとき—衝撃力の大きさ—」『技研ニュース』No.174 2000-3 P2.
財団法人自転車産業振興協会技術研究所