

自転車関連研究開発普及事業

平成 25 年度事業実施報告書

CFRP 製自転車の損傷に関する調査と 検査方法について（第三報）

平成 26 年 3 月

一般財団法人 自転車産業振興協会 技術研究所

はじめに

当協会では、自転車関連研究開発普及事業として、カーボン等高付加価値自転車の非破壊検査方法開発普及事業を進めており、平成23年度はその初年度として、CFRP製自転車の実態調査及び検査のための非破壊検査装置の開発を実施しました。平成24年度は検査装置の改良に加え、開発した検査装置を用いてCFRP製自転車フレームの損傷と耐久性に関する基礎データの収集を行い、一方で非破壊検査普及のための広報、啓発活動を行うことで、CFRP製自転車非破壊検査方法の確立・普及を図りました。

平成25年度については、補修したCFRP製自転車の耐久性などの基礎データの収集に加え、自転車競技会場等で非破壊検査ブースを出展し、CFRPの損傷に起因する製品事故の未然防止、自転車競技の活性化、及び非破壊検査の普及を目的として事業を実施してきました。

本報告書をCFRP製自転車の安全普及、安全な取り扱いの参考として活用いただければ幸いです。

一般財団法人 自転車産業振興協会

会長 野澤 隆寛

目次

1. 事業実施の背景と目的.....	2
2. 自転車競技会場等における非破壊検査調査とアンケート調査.....	3
2.1 概要.....	3
2.2 検査結果.....	4
2.3 アンケート調査結果.....	10
3. CFRP 製自転車フレーム・部品の耐久性.....	17
3.1 低価格帯の CFRP 製自転車フレーム.....	17
3.1.1 供試品.....	17
3.1.2 試験方法.....	18
3.1.3 新品時の耐久性.....	19
3.1.4 側面からの衝撃付与時の耐久性.....	20
3.1.5 補修した後の耐久性.....	24
3.2 CFRP 製前ホーク.....	30
3.2.1 供試品.....	30
3.2.2 試験方法.....	30
3.2.3 CFRP 製前ホークの新品時や衝撃付与時の耐久性.....	34
4. まとめ.....	41
5. おわりに.....	42

1. 事業実施の背景と目的

CFRP（Carbon Fiber Reinforced Plastic）は従来自転車で多く用いられてきたクロモリ鋼やアルミ合金などの構造材と比較して、力学特性が優れている、軽量である、腐食しないなどの利点があることから、主にレース用の自転車フレーム・部品に採用され、近年広く普及しつつある。しかしCFRPの特性として、外部から衝撃を受けると表面上は損傷が無いにもかかわらず積層間で剥離などを生じ、力学的強度低下が発生することが知られている。

CFRPは、従来から自転車で使用されてきたクロモリ鋼に比べ歴史が浅い素材であるが、近年その進歩が著しい素材である。今後も技術進歩や低価格化により、CFRPの自転車への利用はますます進むと考えられるが、金属とは異なる特性により、今までにない事故やトラブルが起きることも考えられる。損傷が疑われる場合の使用中断に関する警告は、メーカーや専門店等で独自に行われているが、その判断はショップやユーザーに委ねられているのが現状である。さらにCFRP製自転車フレームは高価であるため、多少の損傷があっても継続して使用するユーザーもいるようである。

そこで、製品に起因する事故を未然に防止するため、CFRP製自転車の損傷実態調査と自転車用途に特化した非破壊検査機器の開発研究を平成23年度より3年計画で進めてきた。図1に事業の概要を示す。過去実施内容の報告については、「CFRP製自転車の損傷に関する調査と検査方法について」¹⁾、「CFRP製自転車の損傷に関する調査と検査方法について（第二報）」²⁾ご覧いただき、本報告書では平成25年度実施分を報告する。

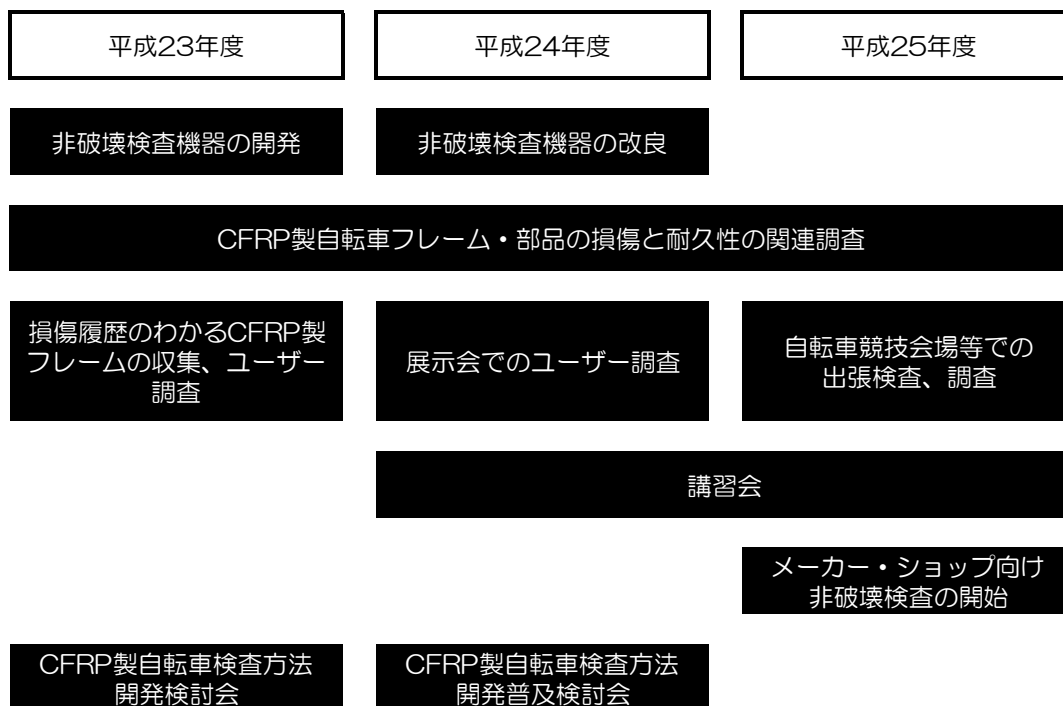


図1 自転車関連研究開発普及事業の概要

2. 自転車競技会場等における非破壊検査調査とアンケート調査

2.1 概要

平成 25 年度は自転車競技者の安全や競技の活性化を目的とし、自転車競技会場等にて、開発した非破壊検査機器を用いた検査ブースを出展し、ユーザーを対象に非破壊検査を実施した（写真 1）。表 1 に出展した会場をまとめた。なお、東京シティサイクリング、瀬戸内しまなみ海道・国際サイクリングプレ大会では主催者の意向もあり無料にて検査を実施したため、簡略化して検査を実施した。検査件数は合計で 35 件である。

表 1 ブース出展した会場一覧

日時	出展した会場
5月19日（日）	第16回ツアーオブジャパン堺ステージ（堺、大仙公園）
7月6日（土）～7日（日） （6日は雨天中止）	第30回全日本BMX選手権大会（伊豆、日本サイクルスポーツセンター）
7月21日（日）	2013 大阪国際トライアスロン舞洲大会／ITU トライアスロンアジアカップ（大阪、舞洲）
9月15日（日） （午後から雨天中止）	第19回 大阪クリテリウム in 舞洲 第4回 Panaracer CUP in 舞洲（大阪、舞洲）
9月22日（日）	東京シティサイクリング 2013（東京）
10月20日（日）	瀬戸内しまなみ海道・国際サイクリングプレ大会（今治、しまなみ海道）
1月19日（日）	自転車販売店



写真 1 ブース出展の様子

2.2 検査結果

出展したブースで検査した自転車のデータをまとめた。これまでに実際に使用されている CFRP 製自転車で調査した事例は「損傷履歴のわかる CFRP 製自転車」のみであり、ユーザーが使用不可と判断したものの調査であったが、今回は実際に使用されている CFRP 製自転車がどのような状態であるかを調査した。

・非破壊検査に持ち込まれた CFRP 製自転車の傾向

非破壊検査に持ち込まれた CFRP 製自転車の傾向を「レースとは関係なく検査を受けた、気になるところはないが検査を受けてみた」「以前から気になっていたが、そのままレースに出場した後に検査を受けた」「レース時に転倒したため、レース後検査を受けた」の3つに分類し、集計した。集計結果を図 2 にまとめた。

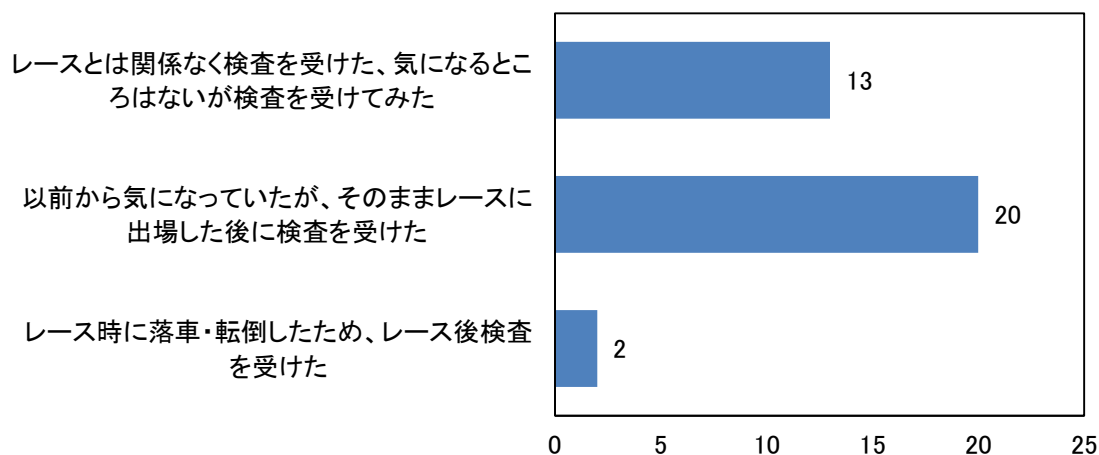


図 2 非破壊検査に持ち込まれた CFRP 製自転車の傾向

今回の出展では、「以前から気になっていたが、そのままレースに出場した後に検査を受けた」人が半数以上を占めていた。気にはなっているが、自転車の状態を調べる術がなく乗っていた人が多い印象を受けた。

次に、検査を実施した CFRP 製自転車の状態と検査結果について、表 2～表 5 にまとめた。層間剥離等が見られたのは 35 台中 3 台で、1 台は製造時から入っているボイドか、事故により生じた剥離なのか断定できなかった。外傷が見られたものの外観と非破壊検査画像を表 6～表 8 に示す。3 台については層間剥離があるが、2 台がバックホークの層間剥離であるので「要経過観察」、1 台は上パイプの層間剥離であるので「過酷な使用はなるべくしない（何かあっても自己責任）」と助言した。

表 2 検査を実施した CFRP 製自転車の状態と検査結果

No.	状態	走行距離	使用期間	検査箇所	非破壊検査結果
1	通常走行中に「パキッ」と異音がした。上パイプの塗膜に亀裂が生じていた。	400km	1 カ月	上パイプ	パイプ軸方向に約 50mm にわたり層間剥離が見られた。 (表 6)
2	自転車競技にて走行中、左ホーク足左側面がガードレールと接触し転倒した。	1000km	1 カ月	前ホーク 上パイプ	内部に異常なし。
3	目立つ外傷はないが、以前から不安であった	不明	不明	前ホーク	内部に異常なし
4	目立つ外傷はないが、以前から不安であった	不明	不明	前ホーク	内部に異常なし
5	下パイプ塗膜に亀裂。転倒歴はあるが、亀裂の生じた原因はわからない	数十 km	1 カ月	下パイプ	内部に異常なし
6	チェーンステーにタイヤが擦れた跡がある。	不明	不明	チェーンステー	内部に異常なし
7	前ホークに擦傷、右チェーンステー塗膜に亀裂。道路を走行中すべり、縁石にぶつかったことがある。	不明	4 年	前ホーク、 チェーンステー	内部に異常なし
8	レース中落車、転倒(カーボンハンドルの左側が折れた)フレーム体には外傷なし	不明	1 年 6 カ月	全体	内部に異常なし
9	目立つ外傷なし。他者から衝突を受け、一回転したことがある	841km	2 年 5 カ月	前ホーク 上パイプ バックホーク チェーンステー	後ろつめ周辺に小さな剥離もしくはボイドが見られた。
10	気が付くと下パイプの塗膜が剥離していた。	不明	不明	下パイプ	内部に異常なし

表 3 検査を実施した CFRP 製自転車の状態と検査結果

No.	状態	走行距離	使用期間	検査箇所	非破壊検査結果
11	転倒したことがあり気になっていた。目立つ外傷なし。	1000km	1年 6カ月	前三角	内部異常なし
12	ブレーキ体をぶつけたことがある。下パイプに打痕あり。	9000km	4年	下パイプ	内部異常なし
13	目立つ外傷なし。転倒したことがあり気になっていた。	3000km	2年 2カ月	下パイプ	内部異常なし
14	バックホークと前ホークに擦傷があり、以前から気になっていた。	5000km	3年	バックホーク 前ホーク	内部異常なし
15	目立つ外傷はない。	不明	2年	前三角	内部異常なし
16	輸送中に階段でこけたことがある。バックホークに亀裂あり。	1000km	4カ月	前ホーク バックホーク	バックホーク パイプ軸方向に 15mm 程度の 層間剥離 (表 7)
17	目立つ外傷はない	6000km	1年 6カ月	前三角	内部異常なし
18	目立つ外傷はない	1000km	8年 2カ月	前三角	内部異常なし
19	前ホーク、上パイプ、下パイプに擦傷あり	5000km	2年 2カ月	前ホーク、 前三角	アルミ合金製 部分の為検査 不可
20	練習中こけたことがある。目立つ外傷はない。	5000km	1年5 カ月	前三角	内部異常なし

表 4 検査を実施した CFRP 製自転車の状態と検査結果

No.	状態	走行距離	使用期間	検査箇所	非破壊検査結果
21	シートポストクランプを締めすぎたことがある。ハンガ周りから異音がする。目立つ外傷はない。	1000km	8 カ月	立パイプ ハンガ周り	内部異常なし
22	目立つ外傷はない	2000km	5 年	前三角	内部異常なし
23	転倒したことがある。前ホーク、バックホークに擦傷がある。	不明	不明	前ホーク 後三角	内部異常なし
24	空気入れ時に倒れて電柱にぶつめた。バックホークに塗膜剥離。	100km	1 カ月 未満	バックホーク	内部異常なし
25	目立つ外傷はない	1000km	2 年	前三角	内部異常なし
26	チェーンが落ち、チェーンステーに擦傷	1000km	1 年 6 カ月	チェーンステー	内部異常なし
27	目立つ外傷はない	2000km	1 年 10 カ月	前三角	内部異常なし
28	目立つ外傷はない	16000km	2 年 6 カ月	前三角	内部異常なし
29	チェーン落ちでチェーンステーに擦傷がある	2500km	5 カ月	前ホーク チェーンステー	内部異常なし
30	転倒歴あり。駐輪時にぶつけられたこともある。	不明	不明	前ホーク 後三角	内部異常なし

表 5 検査を実施した CFRP 製自転車の状態と検査結果

No.	状態	走行距離	使用期間	検査箇所	非破壊検査結果
31	目立つ外傷はない	200km	2 カ月	前三角	内部異常なし
32	駐輪場で踏まれたことがある。前ホーク、下パイプに擦傷あり	1000km	5 年	前ホーク 下パイプ	内部異常なし
33	いつ発生したかわからないが上パイプの上面の塗膜に亀裂がある	不明	不明	上パイプ上面	内部異常なし
34	正面衝突し、ホーク足に傷がついた。	不明	不明	ヘッドパイプ、前ホーク	内部異常なし
35	ディレーラーがもげて、バックホークにあたり傷がついた	4000km	4 カ月	バックホーク	右バックホークパイプ軸方向に 30mm 程度の層間剥離 (表 8)

表 6 非破壊検査結果 (No. 1)

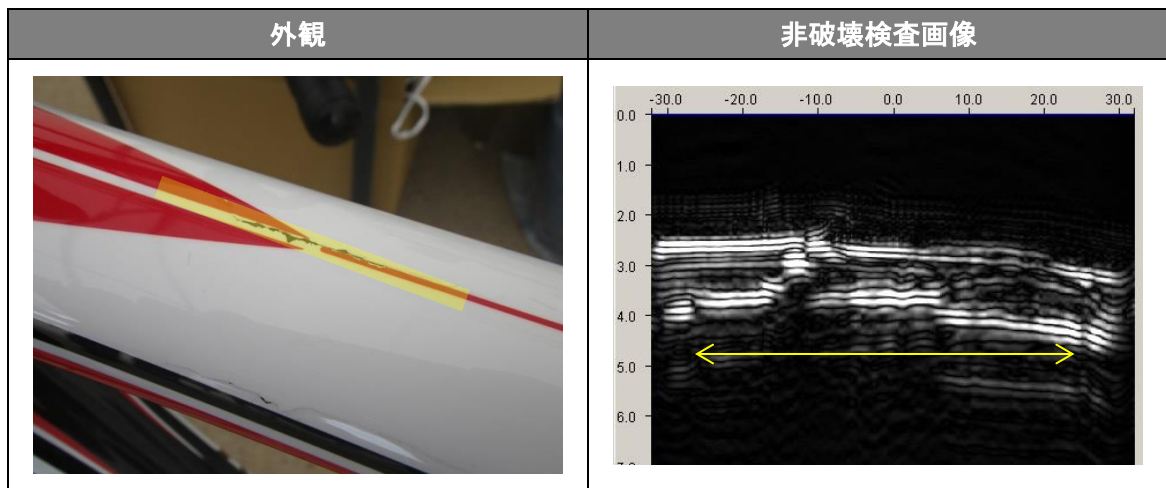


表 7 非破壊検査結果 (No. 16)

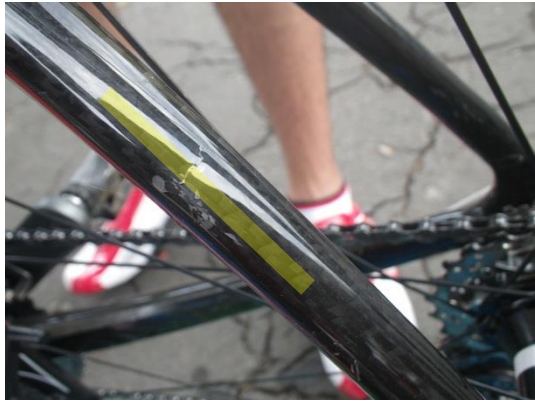
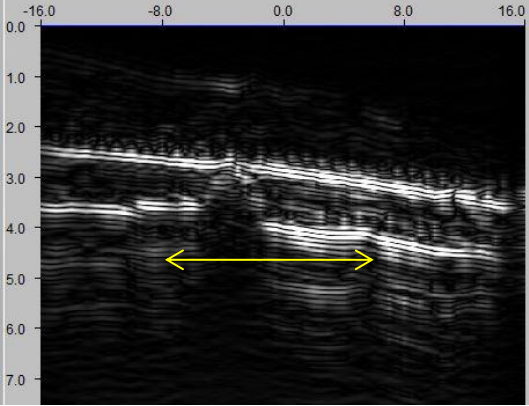

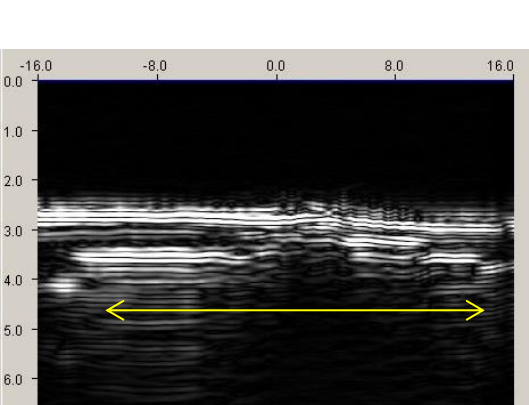
外観	非破壊検査画像
	

表 8 非破壊検査結果 (No. 35)

外観	非破壊検査画像
 <p data-bbox="277 1570 730 1603">テープははがした状態で検査を行った</p>	

2.3 アンケート調査結果

非破壊検査実施と合わせて、今回検査に自転車を持ち込んでいただいた方を対象にアンケート調査も実施した。以下結果をまとめた。

◆ 使用している自転車について

○ どのくらいの頻度で使用しているか？主な使用用途は？

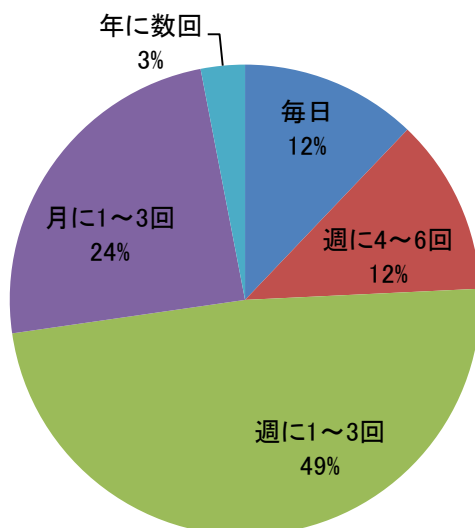


図 3 カーボン車の使用頻度 (n=35)

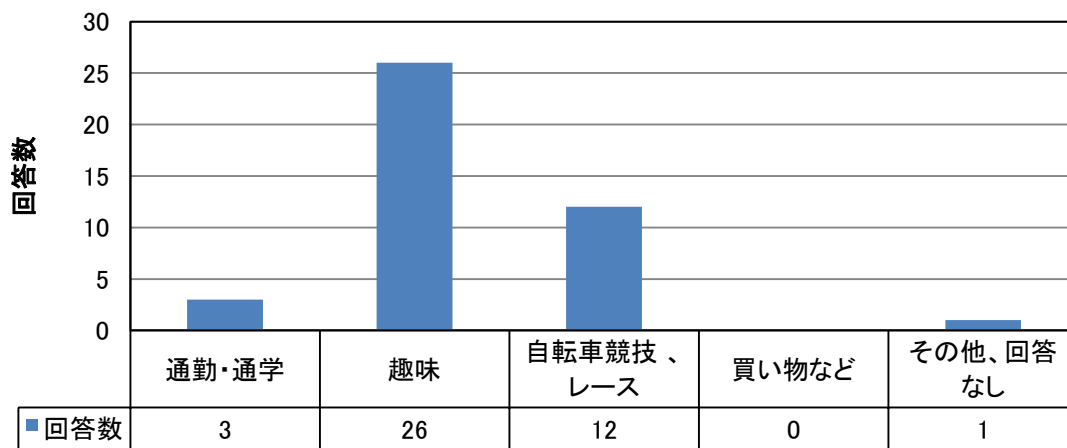


図 4 カーボン車の使用用途 (n=35)

図 3 より、最も多かったのが、週に 1~3 回程度使用するという回答であった。次に多いのが月に 1~3 回の使用であるが、これは図 4 の使用用途の結果からもわかるように、通勤・通学のように生活の足として使用しているわけではなく、趣味・スポーツの範疇で使用することが多いからと言える。

○ 年間の走行距離は？

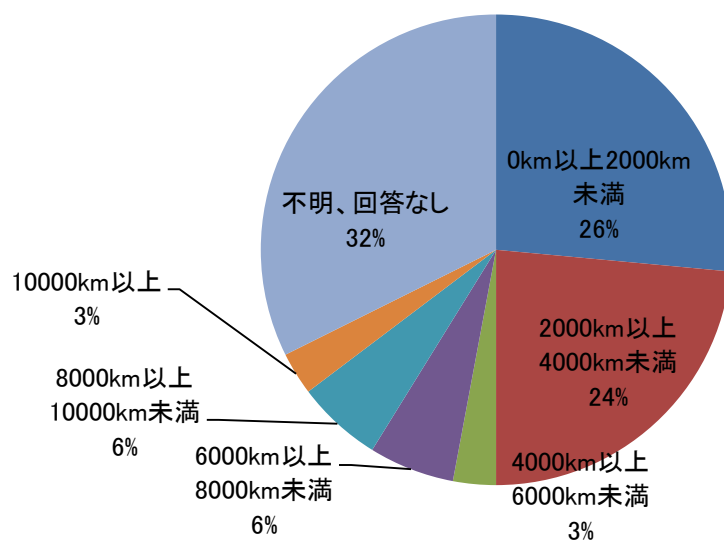


図 5 年間走行距離 (n=35)

図 5 より、最も多かったのが、0km 以上 2,000km 未満で、次いで 2,000km 以上 4,000km 未満であり、年間 4,000km 未満の人が全体の 5 割を占めていた。

○ 保管場所は？

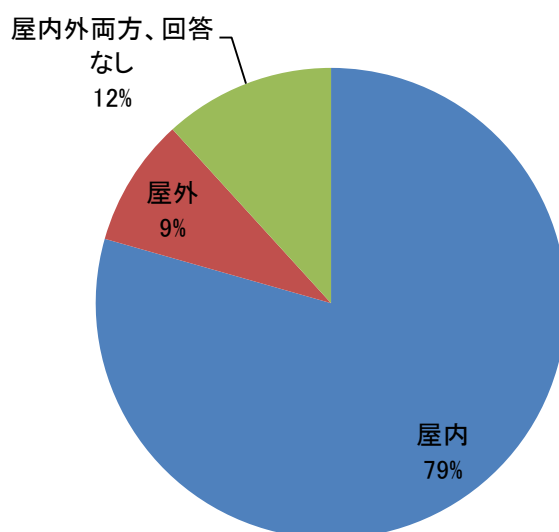


図 6 保管場所 (n=35)

図 6 より、保管場所については 8 割が屋内保管であったが、1 割ほど屋外保管の方もいた。平成 23 年度、「損傷履歴のわかる CFRP 製自転車」においてその所有者を対象に調査した際は約 9 割が屋内保管であったが、今回は 1 割程度少ない結果となった。回答なしが 1 割ほどいたので、その分の影響が大きいと考えられる。

○ 定期的に点検はしているか？

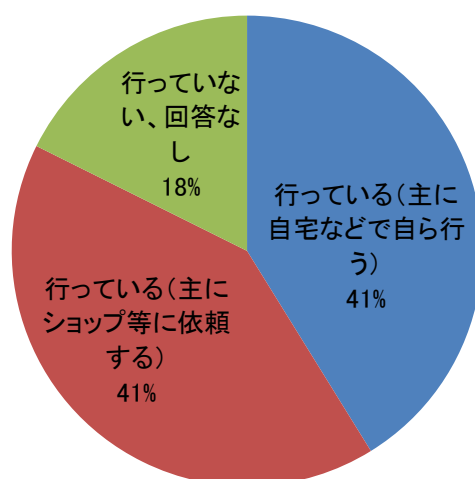


図 7 定期的な点検について (n=35)

図 7 より、何らかのメンテナンスを定期的に行っている人が 8 割以上を占めた。自宅で行う、あるいはショップで行う割合についてはほぼ半々であったが、実際には主にショップに依頼する人は自宅でも自ら点検を行っている、あるいはその逆ということもあるため、定期的にメンテナンスを行っている人が 8 割、行っていない・回答のない人が 2 割と考える方が良さそうである。この 2 割という数字については、アンケートを取った内容が異なるが、平成 24 年度、サイクルモードにてアンケート調査を行った際の、「CFRP 製自転車の取り扱い方法に関する情報入手先が特にない」という人、「CFRP 製自転車でトラブルを経験した・見かけた後、継続して使用した」という人がそれぞれ 2 割程度いた、ということと関係するかもしれない。

○ これまでに所有したスポーツ用自転車（カーボン車）の台数は？

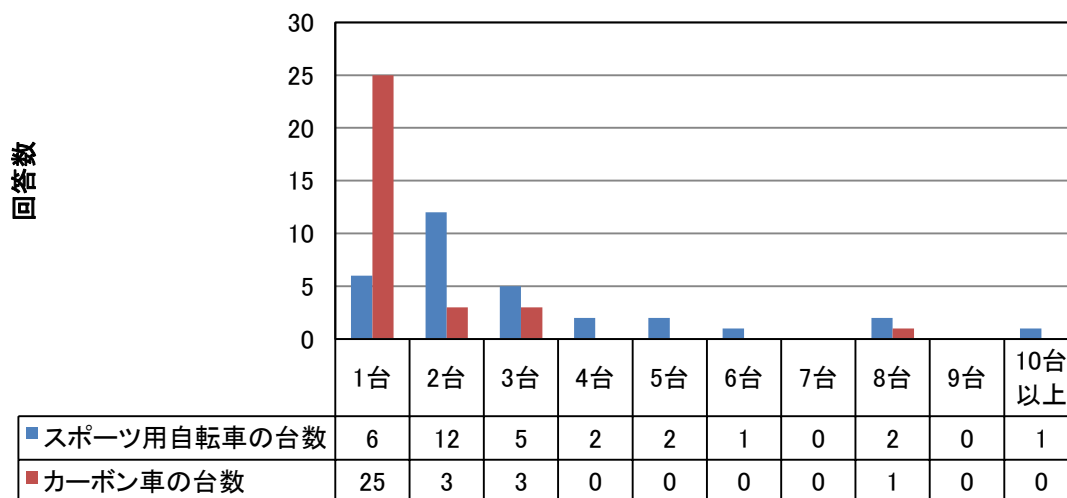


図 8 これまでに所有したスポーツ用自転車、カーボン車の台数 (n=35)

スポーツ用自転車を複数台持っている方が多かったが、カーボン車は1台という方がほとんどであった。まずは金属製フレームを購入し、タイム向上のために性能の良いカーボン車を買うという理由や、練習用・本番用など用途で使い分けている人が多い印象を受けた。

○ ブース出展についてどこで情報を得たか？

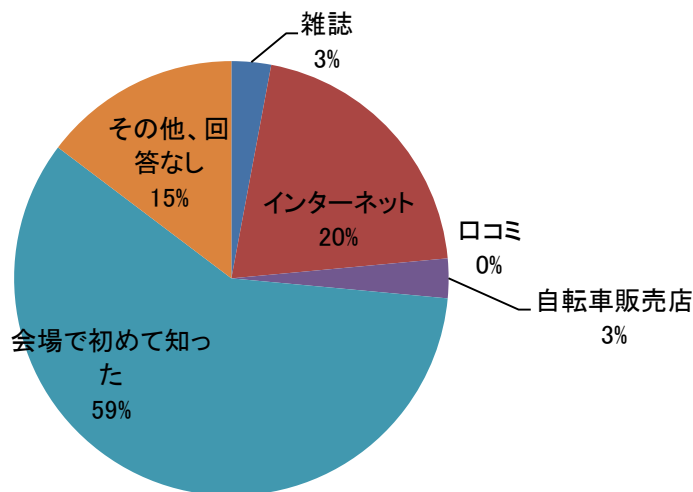


図 9 ブース出展について、どこから情報を得たか (n=35)

会場ごとに違いはあるが、出展時に当方で大きく広報していなかったため、会場ですべて初めて知ったという方が6割以上であった。

○ 今後も非破壊検査を受けたいと思うか？

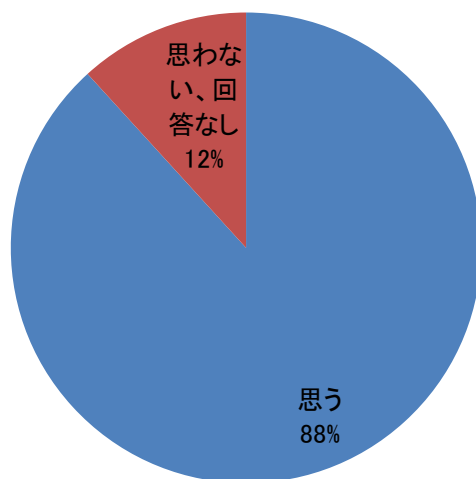


図 10 今後も非破壊検査を受けたいと思うか (n=35)

約9割の方から、今後も非破壊検査を受けたいと回答いただいた。この9割という数字は、昨年調査したサイクルモードでの調査結果とほぼ同程度であった。

○ 購入時や使用時に気になることはあるか？

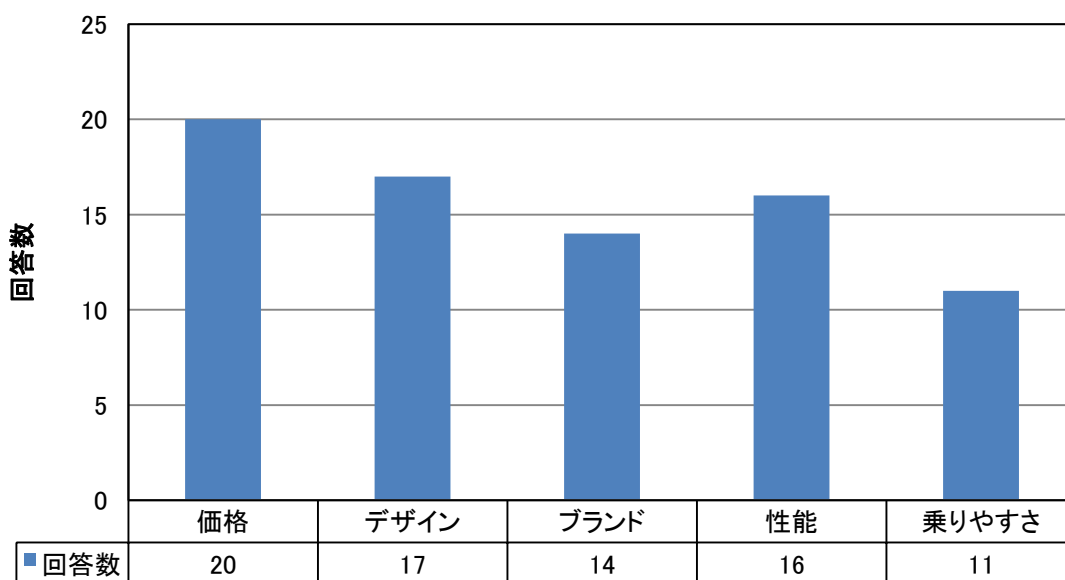


図 11 カーボン車の購入時や使用時に気になることはあるか (ポジティブイメージ)
(n=35、複数回答可)

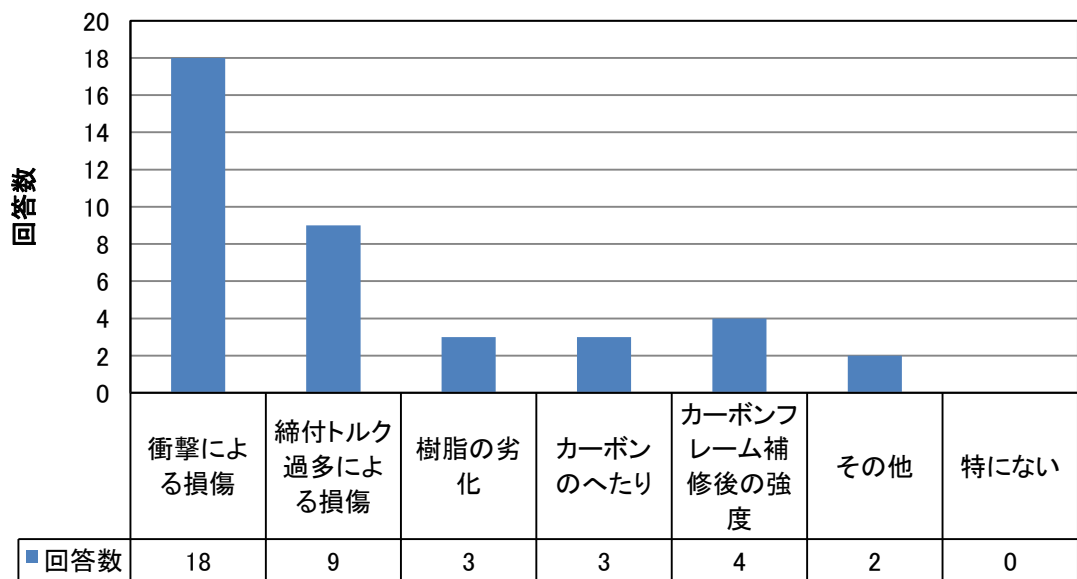


図 12 カーボン車の購入時や使用時に気になることはあるか（ネガティブイメージ）
（n=35、複数回答可）

CFRP 製自転車の気になる点のポジティブなイメージとして、図 11 より、昨年サイクルモードで実施したアンケート結果と同様、価格を気にするという回答が最も多かった。アンケート回答者自体が少ないので、昨年の結果と比較するのは乱暴ではあるが、例えばブランドが気になるという回答が比較的少ないなど、昨年の調査と似たような傾向が見られた。

次に、CFRP 製自転車の気になる点のネガティブなイメージとして、衝撃による損傷を気にしているという回答が最も多かった。もっとも、不安に思い非破壊検査に持ち込んでいくわけであるから、このような結果になった理由も当然であるといえる。次いで締付トルクに関しても気になるという回答が得られたが、樹脂の劣化やへたりにについては比較的少なかった。

○ 気になる点について、どこから情報を収集するか

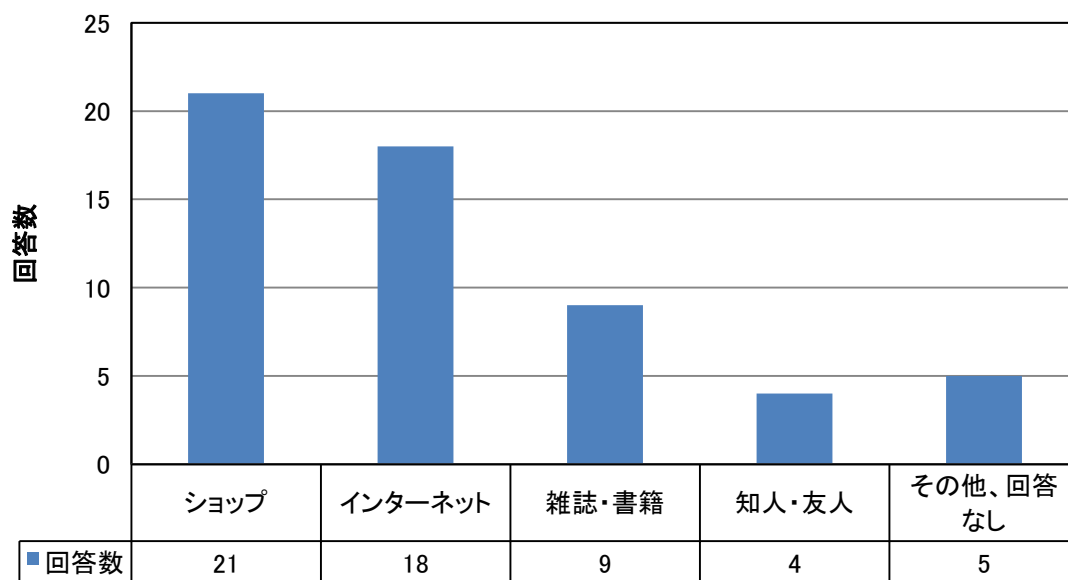


図 13 気になる点について、どこから情報を得るか (n=35、複数回答可)

ショップやインターネットで情報を得ている方が多かった。一方、その他、回答なしも 5 人いた。昨年度実施したサイクルモードでの調査においても、その他や回答なしが 2 割程度いたが、CFRP の特性についての情報を知らないユーザーが少なくないことを反映していると考えられる。

3. CFRP 製自転車フレーム・部品の耐久性

3.1 低価格帯のCFRP 製自転車フレーム

平成24年度に引き続き、CFRP 製自転車フレームの損傷と耐久性に関する調査を行った。平成24年度は売れ筋の4銘柄（完成車価格20～30万円程度）と損傷履歴のわかるCFRP 製自転車33台で試験を実施したが、平成25年度は平成24年度と比較して低価格（完成車価格15～20万円程度）のCFRP 製自転車フレームで試験を実施した。

加えて、CFRP 製自転車が普及するに伴い、損傷部分の補修を行う業者も増え、その需要も増加してきた。本調査では、新品状態と補修した状態で耐久性などに変化が生じるのかも調査した。

3.1.1 供試品

供試品としては2013年モデルの3銘柄のロードバイク（各銘柄をそれぞれロードA、ロードB、ロードCと呼ぶ）を用いた。自転車小売店を対象に調査した結果、低価格帯で人気のあるものを中心に銘柄を選んだ。フレームサイズは500mm程度である。各銘柄の質量等を表9にまとめた。なお肉厚に関してはパイプ上面～下面距離を超音波計測により測定したが、厚みが一様でないため「1.4～1.6」のように表記した。

ロードA、Bと比較し、ロードCが最も軽量であるが、これはパイプの肉厚が全体的に薄いことや全体的にパイプ外径が細いことが影響している。上パイプに関してはロードA、Bの6～7割程度の肉厚で、外径も最も細かった。

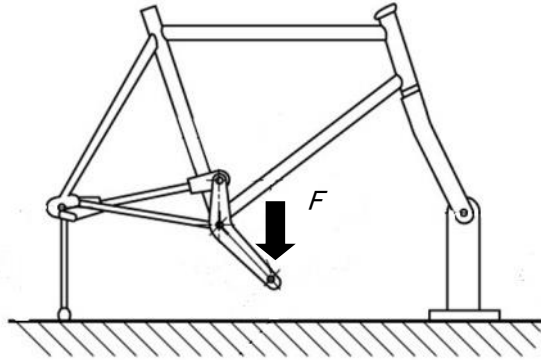
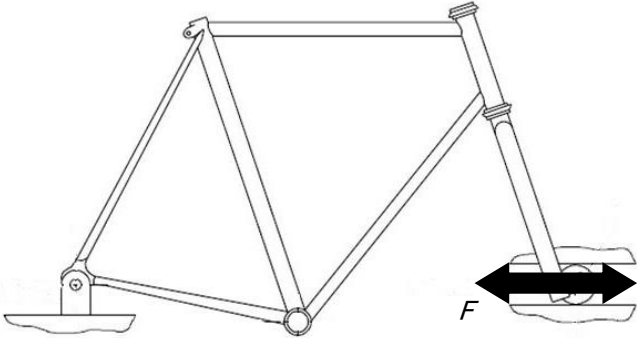
表9 供試品まとめ

供試品	フレーム体質量(kg)	上パイプ中央付近肉厚(mm)	上パイプ中央外周(mm)
ロードA	1.37	1.4～1.6	135
ロードB	1.21	1.5～1.7	140
ロードC	1.05	1.0～1.3	130

3.1.2 試験方法

耐久性を調べる疲労試験としては、EN14781 に規定されている「ペダル荷重による疲労試験」と「水平力による疲労試験」を実施した。試験方法等については表 10 に示すとおりである。

表 10 試験方法

試験項目	概要図
<p>ペダル荷重による疲労試験</p> <p>$F = 1,100\text{N}$</p> <p>立ちこぎを模した試験</p> <p>規定回数は左右交互に 10 万サイクル実施</p> <p>試験力の負荷点における試験中の最大たわみ量が初期値の 20%を超えて増加はしないこと</p>	
<p>水平力による疲労試験</p> <p>$F = \pm 600\text{N}$</p> <p>前後方向への負荷を模した試験</p> <p>規定回数は前後交互に 10 万サイクル実施</p> <p>試験力の負荷点における試験中の最大たわみ量が初期値の 20%を超えて増加はしないこと</p>	

3.1.3 新品時の耐久性

供試品 3 銘柄について、図 14 に示す手順のように、異常が見られるまでペダル荷重による疲労試験と水平力による疲労試験を最大 30 万サイクルずつ、その後試験力を増して最大 30 万サイクルずつの試験を行い、新品の状態でフレーム体の耐久性がどの程度であるかを調べた。

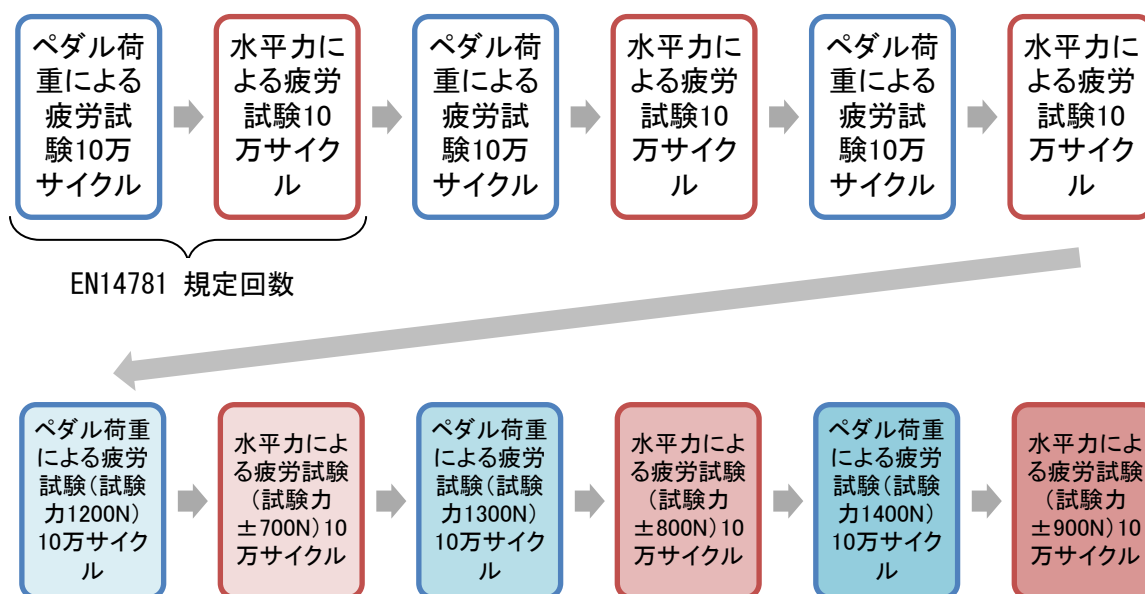


図 14 新品時の耐久性 試験手順

試験の結果、一部塗膜に亀裂が生じる等の現象は見られたが、3 銘柄とも全ての手順を終えるまで異常は見られず、試験中のたわみ量も 20%を超えて増加することはなかった。塗膜の亀裂に関しても、昨年の供試品同様、塗膜に亀裂が生じただけで、内部に異常はないというものであった。

今回の 3 銘柄は EN 規格で定められたフレームの強度試験（疲労試験）の 6 倍以上の試験回数に耐えたことから、新品状態では強度的には十分に強い銘柄といえる。

3.1.4 側面からの衝撃付与時の耐久性

次に、衝撃が付与された状態での耐久性を調べた。図 15 に示す手順のように、衝撃を付与後、ペダル荷重による疲労試験と水平力による疲労試験を 10 万サイクルずつ行い、異常がなければ試験力を 10J 増して再び衝撃を付与し各疲労試験を 10 万サイクルずつの試験を行う、といったことを繰り返し、最大 40J の衝撃力を付与した後は、試験力を増して最大 30 万サイクルずつの試験を行い、衝撃が付与された状態でのフレーム体の耐久性を調べた。

衝撃を付与する箇所については、これまでの調査で上パイプの中央付近に損傷が生じることが多かったことに加え、補修業者調査でも補修実績の多い、上パイプの中央付近とした。衝撃の付与方法については、落下試験機を用いてパイプの左側面に衝撃を付与した。落下したおもりは写真 2 に示すような JIS D 9301:2010 サドルの耐寒性試験で用いられる質量 8kg、HRA40 以上、半球状の金属製おもりを直接供試品表面に垂直に落下させた。前述のように、その後行う疲労試験で変化が見られなかった場合、衝撃力（おもりの落下高さ）を最大 40J まで増やして同じ箇所に落下させた。試験結果を図 16 に、衝撃付与により生じた、目視で確認できる亀裂の大きさを表 11 にまとめた。

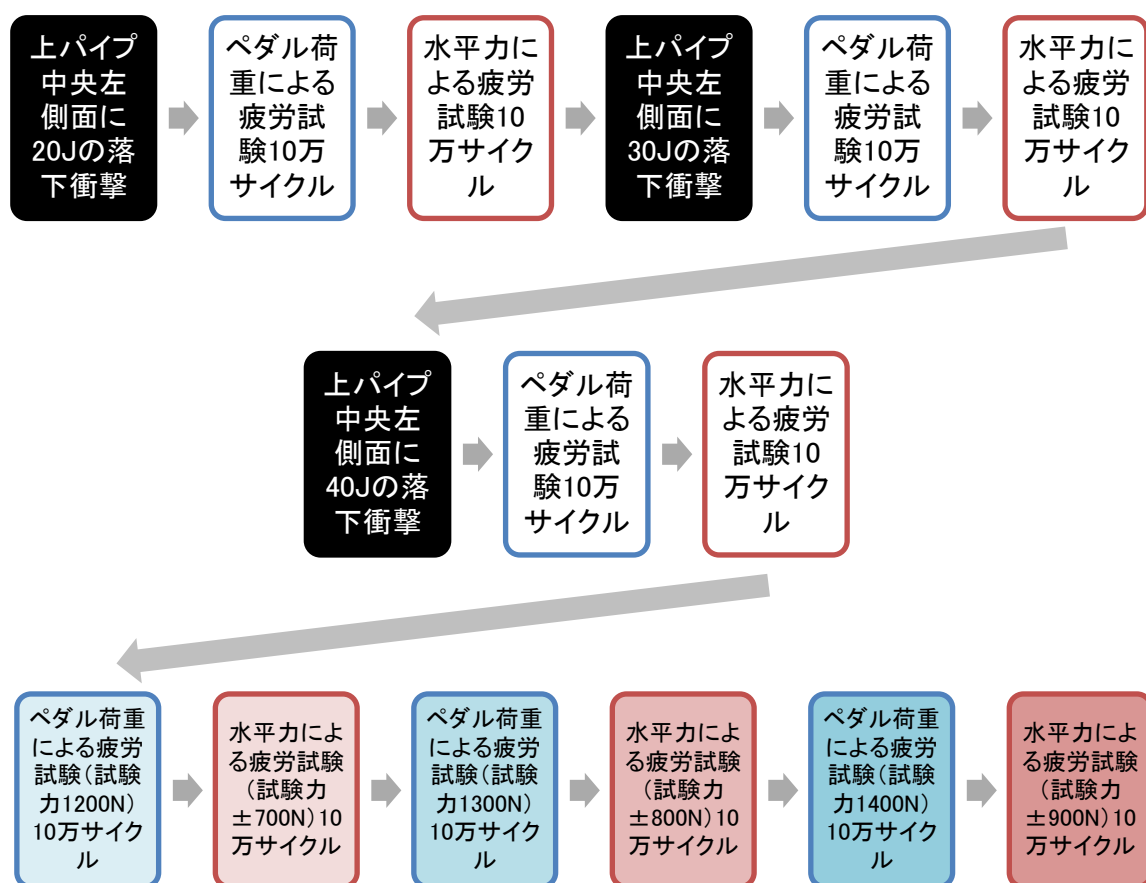


図 15 衝撃付与時の耐久性 試験手順

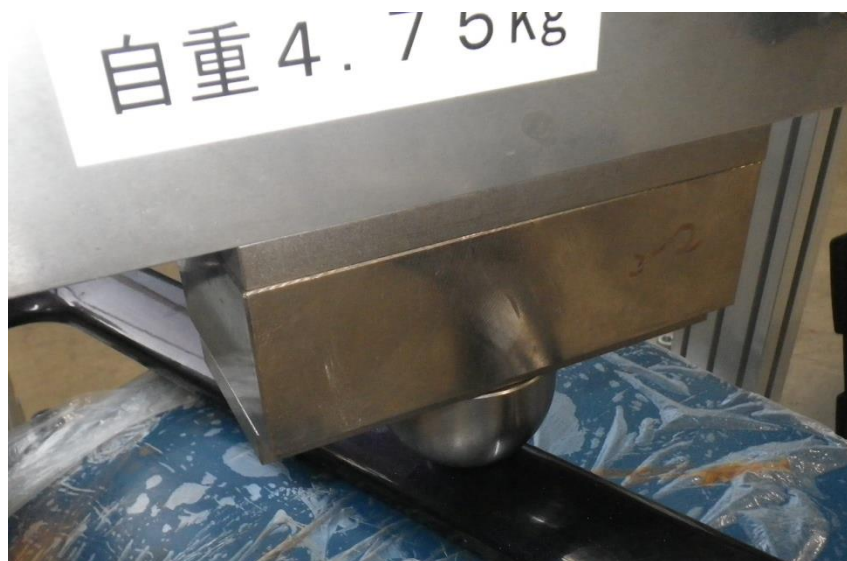


写真 2 落下試験機（おもり先端部）

試験手順	試験内容	ロードA		ロードB		ロードC	
		①新品	②衝撃付与	①新品	②衝撃付与	①新品	②衝撃付与
1	落下衝撃20J	/	○	/	○	/	○
2	ペダル荷重による疲労試験(1100N)10万サイクル	○	○	○	○	○	伸展あり
3	水平力による疲労試験(±600N)10万サイクル	○	○	○	○	○	
4	落下衝撃30J	/	○	/	○	/	
5	ペダル荷重による疲労試験(1100N)10万サイクル	○	○	○	○	○	
6	水平力による疲労試験(±600N)10万サイクル	○	○	○	○	○	
7	落下衝撃40J	/	○	/	○	/	
8	ペダル荷重による疲労試験(1100N)10万サイクル	○	○	○	○	○	
9	水平力による疲労試験(±600N)10万サイクル	○	伸展あり	○	○	○	
10	ペダル荷重による疲労試験(1200N)10万サイクル	○		○	○	○	
11	水平力による疲労試験(±700N)10万サイクル	○		○	伸展あり	○	
12	ペダル荷重による疲労試験(1300N)10万サイクル	○		○		○	
13	水平力による疲労試験(±800N)10万サイクル	○		○		○	
14	ペダル荷重による疲労試験(1400N)10万サイクル	○		○		○	
15	水平力による疲労試験(±900N)10万サイクル	○		○		○	

図 16 各銘柄の試験結果（①：新品時、②衝撃付与時）

表 11 各銘柄の亀裂が生じた範囲

[単位：mm]

銘柄	ロード A		ロード B		ロード C	
	軸方向	周方向	軸方向	周方向	軸方向	周方向
20J	40	30	23	10	70	80
30J	40	80	70	80		
40J	70	100	85	100		
最終	70	110	85	100	70	105

図 16 より、各銘柄とも衝撃を付与した場合に、疲労試験にて衝撃により生じた亀裂が伸展する、あるいは疲労試験時にパイプが大きいたわむなどの様子が見られた。

表 11 より、同じ衝撃でも亀裂の生じたかは銘柄により変わり、ロード C は小さな衝撃で大きな亀裂が生じた。これはパイプの肉厚が薄いことも影響していると考えられる。また、亀裂の伸展の様子であるが、全ての銘柄で上パイプのパイプ周方向に亀裂が伸展しているが、これは昨年度も同じような傾向が見られた。その他の供試品も含め、概ねパイプ軸方向 80mm×パイプ周方向 100mm の領域に外観でわかる亀裂が生じていれば、亀裂が伸展していく状態となった。

次に、外観で生じた亀裂に対し、内部の層間剥離がどの程度の大きさになったかを非破壊検査にて調べた。表 12 に層間剥離が生じた領域の大きさを、図 17～図 19 に 20J の衝撃付与後の層間剥離の大きさを示す。各供試品とも衝撃付与した箇所を中心に、放射状に層間剥離が広がっていた。

層間剥離の軸方向への大きさは 20J の衝撃付与時からほとんど変化がなかったが、周方向へは衝撃を付与するごとに大きくなった。外観亀裂と層間剥離の大きさを比較すると、層間剥離が生じず塗膜だけが剥離している場合もあり、今回の供試品では、外観での亀裂の大きさから層間剥離の大きさが判断できなかった。

表 12 各銘柄の層間剥離が生じた範囲

[単位：mm]

銘柄	ロード A		ロード B		ロード C	
	軸方向	周方向	軸方向	周方向	軸方向	周方向
20J	115	40	80	30	100	90
30J	115	100	80	70		
40J	115	100	80	75		
最終	115	110	80	80	100	110

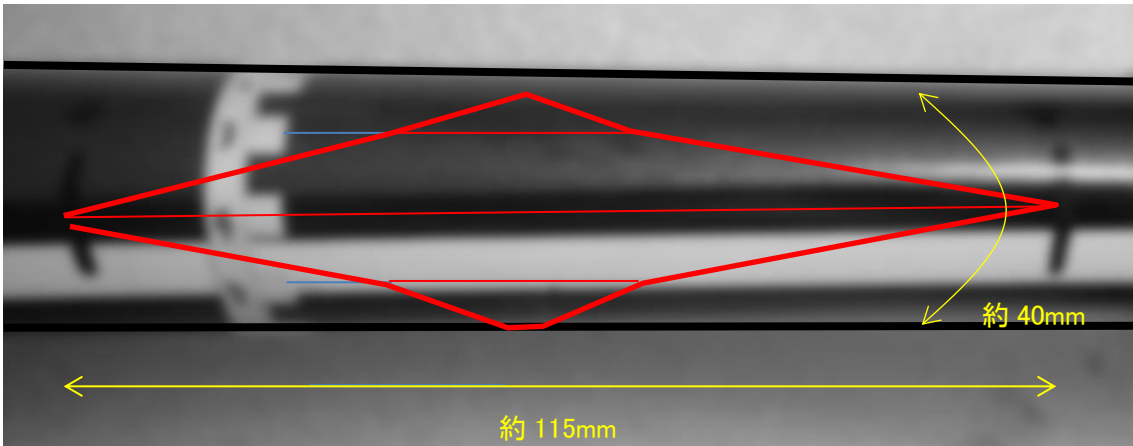


図 17 20J 衝撃付与後の層間剥離の範囲（ロード A、左側面）

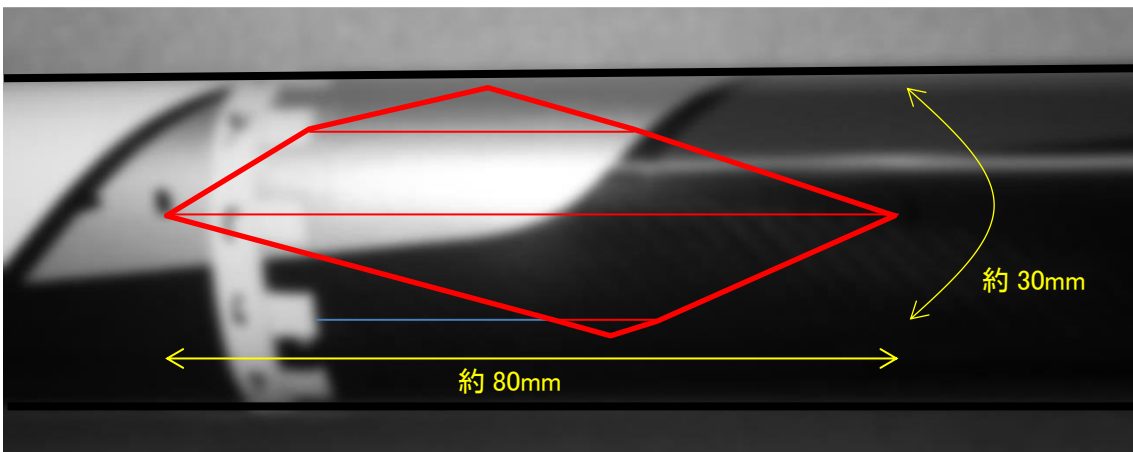


図 18 20J 衝撃付与後の層間剥離の範囲（ロード B、左側面）

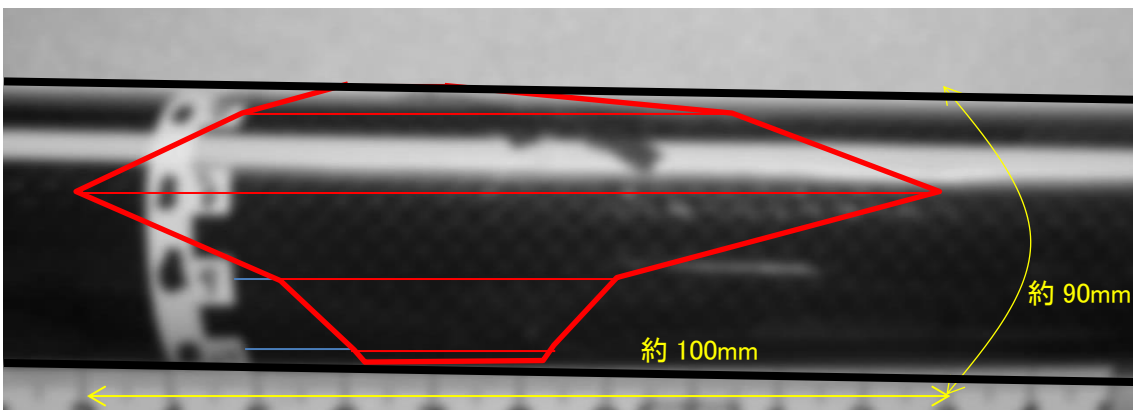


図 19 20J 衝撃付与後の層間剥離の範囲（ロード C、左側面）

3.1.5 補修した後の耐久性

補修については、国内の補修業者 3 社に、損傷の程度に応じた一般的な補修方法で依頼した。表 13 に補修業者と補修対象の銘柄等についてまとめた。詳細な補修方法は本事業では公表対象としないが、各社とも亀裂箇所の外側より新たな CFRP を積層するなどして補修していた。そのため、フレーム体の重量は最大で 96 グラムほど増えていた。また、補修前後でのほぼ同一箇所での非破壊検査画像を図 20 に示すが、内部の様子が変化している様子がわかる。補修した箇所はパイプ肉厚が増大している、あるいは新たに積層した箇所にボイドが生じている等の理由で、検査画像がくっきりと出てこない場合が多かった。

補修完了後、図 14 に示す手順と同様に試験を行った。試験結果を表 14 にまとめた。

表 14 より、補修後の各供試品の耐久性について、新品状態と同様の試験回数に耐えた。補修により、損傷部分が伸展する状態であったものが、使用に耐えうる状態になったと言える。

次に、参考値ではあるが、各銘柄の試験時のたわみ量も測定した。測定結果を図 21～図 26 にまとめた。

表 13 補修業者と補修対象の供試品

補修業者	供試品	補修依頼前の 外観亀裂の大きさ (mm)		補修依頼前の 層間剥離の大きさ (mm)		フレーム体(ヘッド部 品・ハンガ部品除く) 質量(kg)	
		軸方向	周方向	軸方向	周方向	補修前	補修後
補修業者Ⅰ	ロード A	70	110	115	110	1.367	1.461
補修業者Ⅱ	ロード B	85	100	80	80	1.211	1.215
補修業者Ⅲ	ロード C	70	105	100	110	1.051	1.068

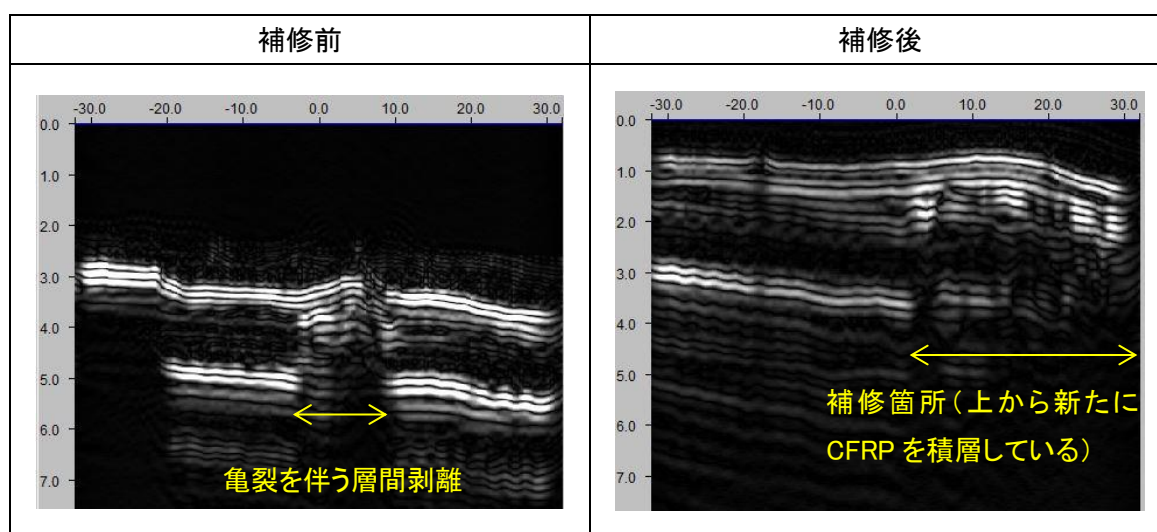


図 20 補修前後の非破壊検査画像例 (断面図)

表 14 試験結果

試験手順	試験内容	ロードA			ロードB			ロードC		
		①新品	②衝撃付与	②'補修	①新品	②衝撃付与	②'補修	①新品	②衝撃付与	②'補修
1	落下衝撃20J	/	○	/	/	○	/	/	○	/
2	ペダル荷重による疲労試験(1100N)10万サイクル	○	○	○	○	○	○	○	伸展あり	○
3	水平力による疲労試験(±600N)10万サイクル	○	○	○	○	○	○	○		○
4	落下衝撃30J	/	○	/	/	○	/	/		/
5	ペダル荷重による疲労試験(1100N)10万サイクル	○	○	○	○	○	○	○		○
6	水平力による疲労試験(±600N)10万サイクル	○	○	○	○	○	○	○		○
7	落下衝撃40J	/	○	/	/	○	/	/		/
8	ペダル荷重による疲労試験(1100N)10万サイクル	○	○	○	○	○	○	○		○
9	水平力による疲労試験(±600N)10万サイクル	○	伸展あり	○	○	○	○	○		○
10	ペダル荷重による疲労試験(1200N)10万サイクル	○		○	○	○	○	○		○
11	水平力による疲労試験(±700N)10万サイクル	○		○	○	伸展あり	○	○		○
12	ペダル荷重による疲労試験(1300N)10万サイクル	○		○	○		○	○		○
13	水平力による疲労試験(±800N)10万サイクル	○		○	○		○	○		○
14	ペダル荷重による疲労試験(1400N)10万サイクル	○		○	○		○	○		○
15	水平力による疲労試験(±900N)10万サイクル	○		○	○		○	○		○

②のフレームで「伸展あり」の状態になった後に補修を実施し、②'のフレームとして試験を行った。

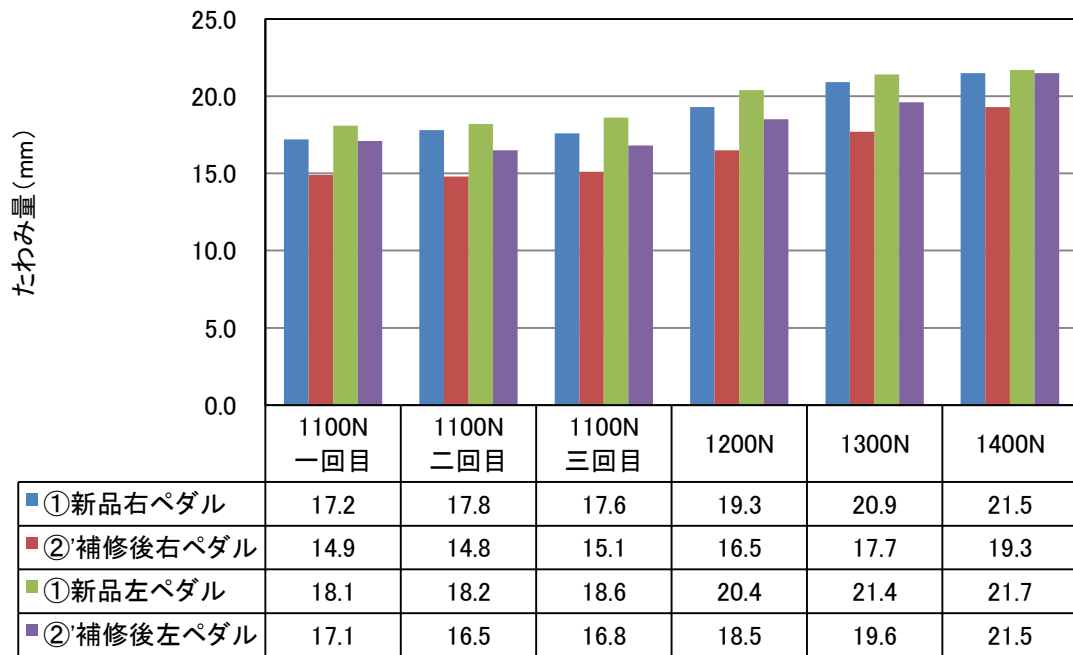


図 21 ペダル荷重による疲労試験時のたわみ量の変化（ロード A）

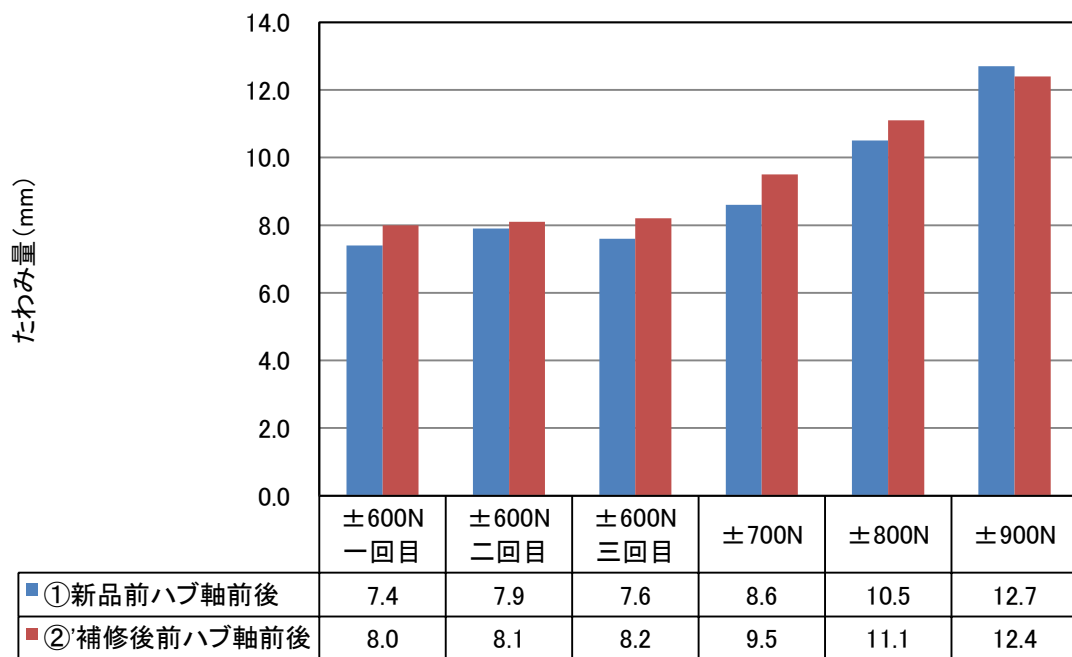


図 22 水平力による疲労試験時のたわみ量の変化（ロード A）

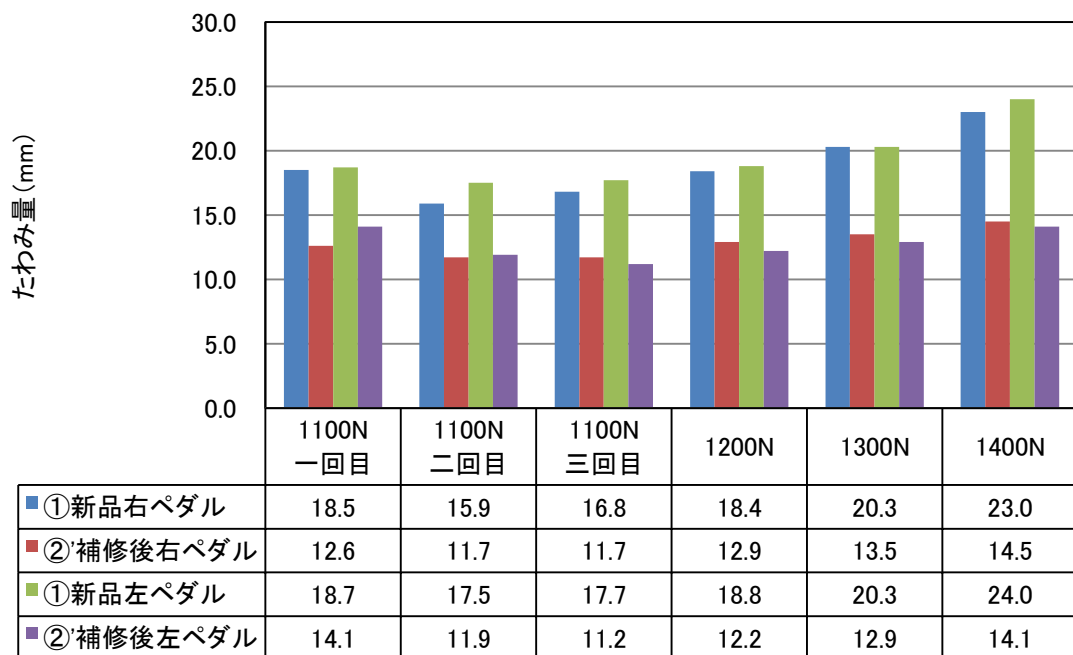


図 23 ペダル荷重による疲労試験時のたわみ量の変化 (ロード B)

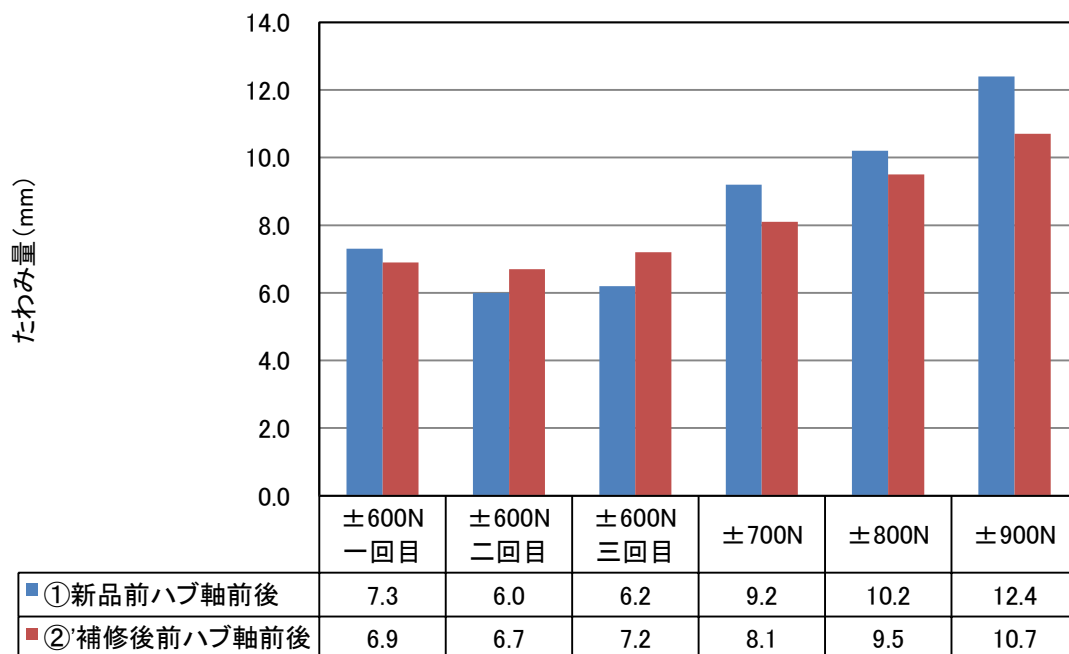


図 24 水平力による疲労試験時のたわみ量の変化 (ロード B)

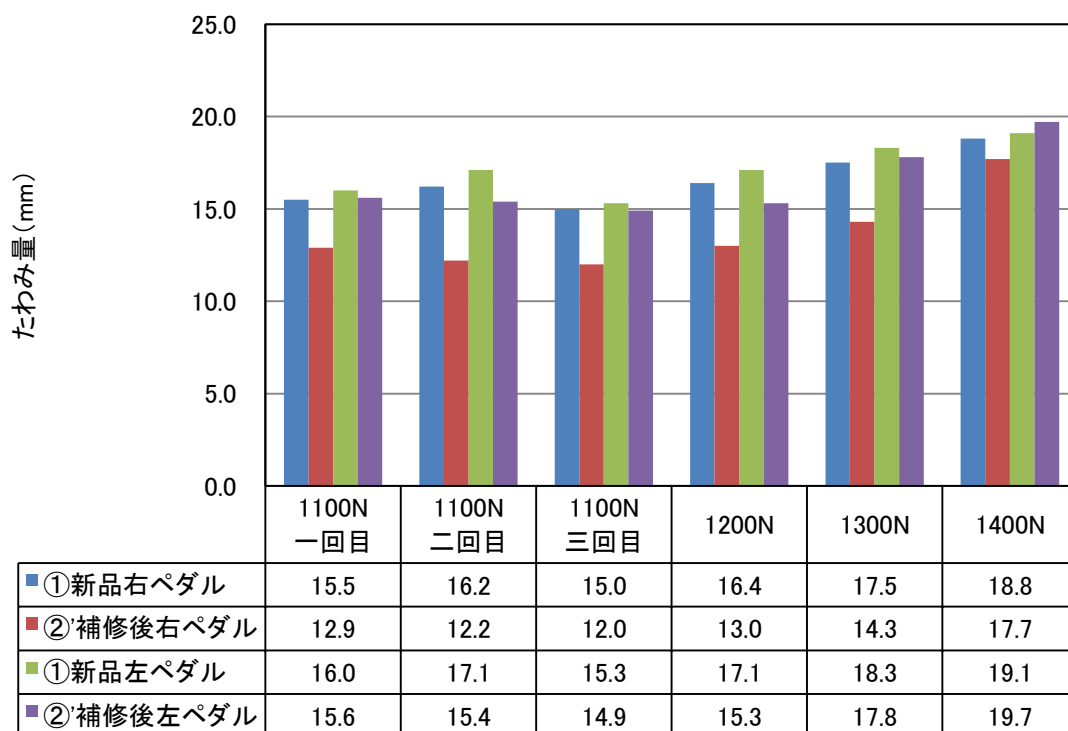


図 25 ペダル荷重による疲労試験時のたわみ量の変化 (ロード C)

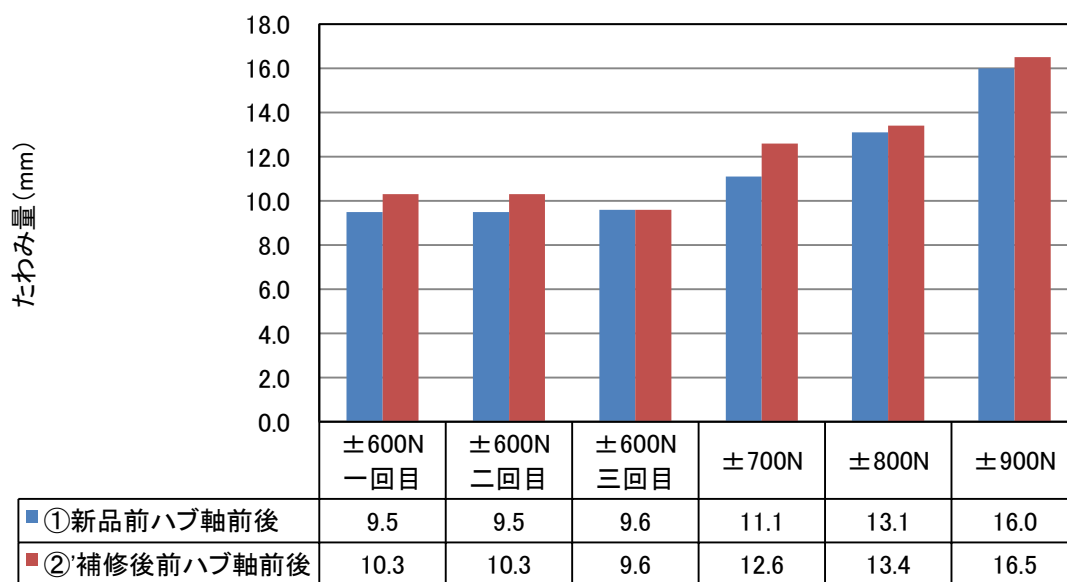


図 26 水平力による疲労試験時のたわみ量の変化 (ロード C)

たわみ量については、試験機への組み付け状態やジグの状態、部品の摩耗状態等により絶対値が±1mm程度変わるため、数値はあくまで参考値である。

図 21～図 26 より、新品フレームと補修フレームでたわみ量を比較したが、ペダル荷重による疲労試験では、補修後のフレームはたわみ量が最大で 17%小さくなる傾向が見られた。先述の通り、たわみ量変化には様々な要因が関係してくるが、最大で 3mm の変化が見られるため、これは補修によりフレーム剛性が大きくなったことが影響していると考えられる。また、それぞれの損傷と補修状況で変化の様子も変わっているため、各補修業者で乗り味が変わるとも言えそうである。

水平力による疲労試験では、新品フレームと比較し、補修後のフレームはたわみ量がやや大きくなる傾向が見られたが、ロード A の試験力 900N 時には逆にわずかに小さくなった。前後たわみ量についてはベアリング等の金属部品の摩耗等も影響すると考えられ、補修したフレームについては補修前に手順 1～9 も実施していることによる上下わんの摩耗も影響していると考えられる。よって、やはり±1mm程度のたわみ量の変化は、補修の影響かどうかはわからず、3mm程度の大きな変化を定性的なものとして捉える方が良さそうである。

本章では、低価格帯の CFRP 製自転車フレームを用いて、新品状態、衝撃を付与した状態、補修した状態で調査を行ったが、新品状態や補修した状態では従来の金属製フレーム以上の耐久性があると考えられる。衝撃を与えないよう日頃から丁寧な取扱いをすれば、CFRP は非常に実用的な素材である。

また、今回調査した銘柄では軽量なもの、すなわちパイプ肉厚が薄いものほど衝撃に対して弱いこともわかった。衝撃への耐性については、衝撃を受ける箇所や衝撃の与え方により変わるので、一般論として言及することは難しいが、少なくともパイプ肉厚の薄さが衝撃への耐性に大きく影響することは間違いない。これも丁寧な取扱いを徹底すれば衝撃付与による耐久性の低下は防げるので、CFRP 製自転車ユーザーへの周知は徹底すべきであろう。

補修に関しては、剛性や重量の変化は免れない（今回言及していないが、外観も多少変化する）が、現在の補修技術により、強度面では実用に十分耐えることができた。万が一フレームを損傷させた場合でも、損傷後の取り扱いとして「補修する」という選択肢は有効であると考えられる。

3.2 CFRP 製前ホーク

平成 24 年度に引き続き、CFRP 製前ホークの損傷と耐久性に関する調査を行った。平成 24 年度は売れ筋の 4 銘柄（完成車価格 20～30 万円程度）の前ホークと損傷履歴のわかる CFRP 製自転車の前ホーク 21 本で前ホーク曲げ疲労試験を実施したが、今年度は価格帯や種類を変えて、また、試験条件を変えて調べた。

3.2.1 供試品

供試品は完成車価格帯 10～20 万円のロードバイク用 CFRP 製前ホーク 3 銘柄、完成車価格帯 20～30 万円のロードバイク用 CFRP 製前ホーク 4 銘柄と近年普及しつつある BMX 用 CFRP 製前ホーク 2 銘柄を調査した。各前ホークについて表 15 にまとめた。

表 15 今回調査した CFRP 製前ホーク

供試品		ホークステム材質	ベアリングのサイズ	
			上	下
ロードバイク用 CFRP 製前ホーク (完成車価格帯 10 ～20 万)	ロード No.1	アルミ合金	1-1/8 インチ	1-1/2 インチ
	ロード No.2	アルミ合金	1-1/8 インチ	1-1/8 インチ
	ロード No.3	アルミ合金	1-1/8 インチ	1-1/2 インチ
ロードバイク用 CFRP 製前ホーク (完成車価格帯 20 ～30 万)	ロード No.4	CFRP	1-1/8 インチ	1-1/4 インチ
	ロード No.5	CFRP	1-1/8 インチ	1-1/2 インチ
	ロード No.6	CFRP	1-1/8 インチ	1-1/8 インチ
	ロード No.7	CFRP	1-1/8 インチ	1-1/8 インチ
BMX 用 CFRP 製前 ホーク(ともに 20 イ ンチ用)	BMX No.1	アルミ合金製	1-1/8 インチ	1-1/8 インチ
	BMX No.2	アルミ合金製	1-1/8 インチ	1-1/8 インチ

3.2.2 試験方法

定常的な使用状況での疲労が前ホーク曲げ疲労試験で再現できると仮定し、大きな力や衝撃を付与した状態と耐久性などがどう変わるかを比較した。試験方法は EN14781（レーシング車—安全要件ならびに試験方法）もしくは EN16054（BMX 車—安全要件ならびに試験方法）に記載されている方法に準拠した。表 16 に試験方法をまとめた。また、後方衝撃試験については EN16054 では素材により落下高さは変わらないが、EN14781 では CFRP 製

前ホークに関しては落下高さを 640mm とする規定があり、BMX 車でも EN14781 に合わせて試験を行った。

表 16 試験方法

<p>静的曲げ試験</p> <p>前ホークを、ヘッドパイプを模したジグに通常のヘッド小物を使用して保持し、前ホークつめに取り付けられた負荷用金具と回転軸に、車輪面内で、ホークステムに直角な方向に 1000N の静荷重を 1 分間加えたときに、前ホークのいかなる部分にも割れまたは目に見える亀裂がなく、永久変形量が 5mm を超えないこと。</p>	 静的曲げ試験の装置の photograph。前ホークがヘッドパイプを模したジグに保持され、垂直方向に負荷が加えられる様子。赤い矢印は負荷の方向を示している。
<p>後方衝撃試験</p> <p>質量が 1kg 未満の軽量ローラーを前ホークに取り付け、質量 22.5kg のおもりを、走行方向に逆らって、車輪面内で力を負荷するように、前ホークつめのローラー上に載せ、おもりを 360mm (CFRP 製は 640mm) の高さから落下させ、永久変形量を求める。前ホークに割れまたは目に見える亀裂がなく、また、永久変形量が 45mm を超えないこと。</p>	 後方衝撃試験の装置の photograph。前ホークにローラーが取り付けられ、上部から質量 22.5kg のおもりが落下する様子。赤い矢印はおもりの落下方向を示している。
<p>曲げ疲労試験</p> <p>前ホークのハブ軸固定部にジグを装着し、ホークステムに対して垂直に $\pm 620\text{N}$ の力を 10 万サイクル負荷する。なお、試験中の平均 (中立) 位置からのいずれの方向への最大たわみ量も初期値の 20% を超えて増加してはいけない</p>	 曲げ疲労試験の装置の photograph。前ホークのハブ軸固定部にジグが装着され、ホークステムに対して垂直に力が加えられる様子。赤い矢印は力の方向を示している。

試験の手順であるが、表 17 に示すような 2 パターンの手順（①新品状態で、前ホーク曲げ疲労試験 10 万サイクルを 3 回実施、②新品状態から静的曲げ試験 → 後方衝撃試験 → 前ホーク曲げ疲労試験 10 万サイクルを 3 回実施）で行い、それぞれの試験経過を比較することにした。

表 17 前ホークの試験手順

	静的曲げ試験 ⇒	後方衝撃試験 ⇒	曲げ疲労試験	
①			±620 N(ロード) ±650 N(BMX) を 10 万サイクル	左記試験を 3 回実施
②	1,200 N(ロード) 1,500 N(BMX)	落下高さ 640 mm	±620 N(ロード) ±650 N(BMX) を 10 万サイクル	左記試験を 3 回実施

各試験時の左ホーク足前面（ホークステム根元より 70mm の位置）のひずみ量を図 27 にまとめた。前方から荷重や衝撃を付与する試験の場合は引っ張り方向にひずみが生じ、前後方向に荷重を付与する曲げ疲労試験では圧縮・引っ張り方向に同程度のひずみが生じる。ロード No.1～No.5 については乗員体重 65kg の人間の実走行時のひずみ量を測定した。実走行で生じたひずみ量を図中に赤枠で示すが、通常使用時の負荷は曲げ疲労試験である程度カバーできていると思われる。静的曲げ試験や後方衝撃試験では大きなひずみ量となるため、これらの試験では使用時に定常的に前ホークに加わる力ではなく、特に後方衝撃試験では事故時のような状況で瞬間的に大きく加わる力を再現していると言える。

3.2.3 CFRP 製前ホークの新品時や衝撃付与時の耐久性

各前ホークの静的曲げ試験、後方衝撃試験での永久変形量を図 28 にまとめた。

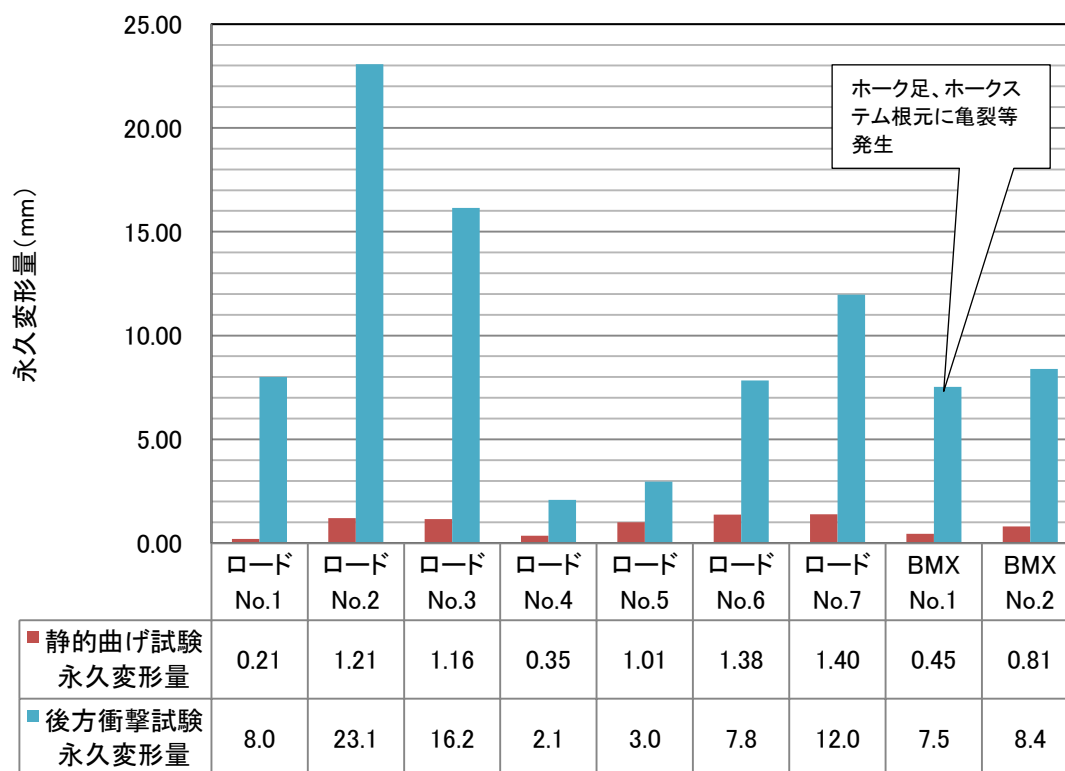


図 28 前ホーク静的曲げ試験、後方衝撃試験の永久変形量

ロード No.1～No.7 については静的曲げ試験、後方衝撃試験ともに EN14781 に規定された数値内であった。BMX No.1 については後方衝撃試験時にホーク足とホークシステム根元に亀裂が見られた。BMX 用の前ホークについては、EN 16054 以上に過酷な試験を行っているため、今回の結果は製品が悪いという評価ではない。

ロード No.2、3 について、後方衝撃試験時の永久変形量が大きいが、これはホークシステムの素材がアルミ合金であり、ホークシステム根元付近の外径の違いによる曲がり方の違いや、亀裂が生じる等したことが影響している。ロード No.4～No.7 の前ホークについても、システムの根元付近の外径が大きいほど永久変形量は小さくなっていた。

表 17 に示した試験手順で試験を行った結果を図 29 にまとめた。図中に赤で示したのが新品状態で曲げ疲労試験のみを行った結果であるが、いずれの供試品も EN 規格の 3 倍の回数の負荷をかけても異常は見られなかった。3 種類の青で示したのが「静的曲げ試験+後方衝撃試験+曲げ疲労試験」のサイクルである。ロード No.5 のみ、このサイクルを三回繰り返しても異常は見られなかった。

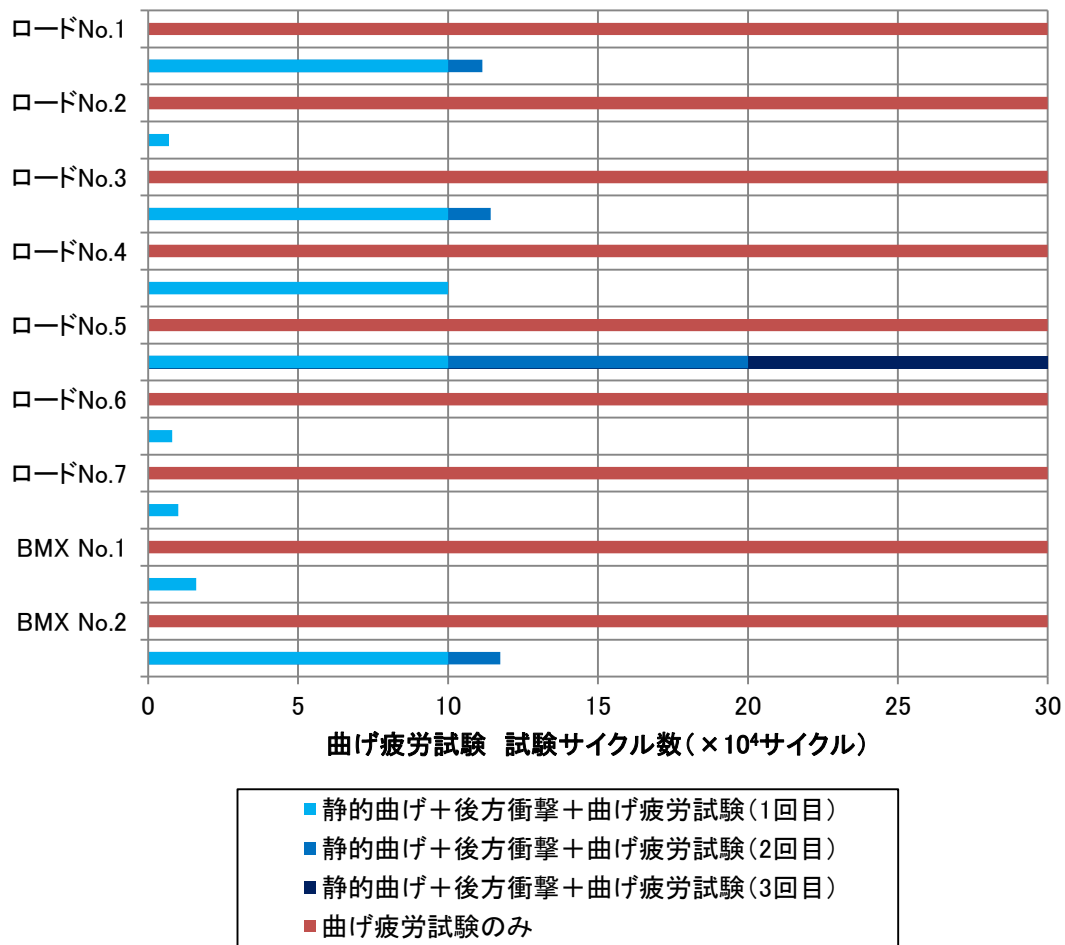


図 29 前ホーク試験結果

以下、試験を中断するまでの様子を前ホークの種類別にまとめた。

【ホーク足がCFRP、ホークステムはアルミ合金製（ロード No. 1～No. 3）】

ロード No.1～No.3 についてはホークステムがアルミ合金製であるので、特に後方衝撃試験後はホークステムが曲がる、亀裂が入る、あるいは写真 3 のようにアルミ合金同士を接着している部分が少し抜けるような形になる等の様子が見られた。



写真 3 後方衝撃試験前後でのホークステム根元（左：新品状態、右：試験後）

このような状態で曲げ疲労試験を行った結果、No.2 では約 6000 サイクル実施した時点で亀裂が伸展し、試験続行不可能な状態となった。これは写真 4 に示すように、後方衝撃試験時にホークステムの根元付近に生じた亀裂が曲げ疲労試験により伸展したことが大きく影響している。

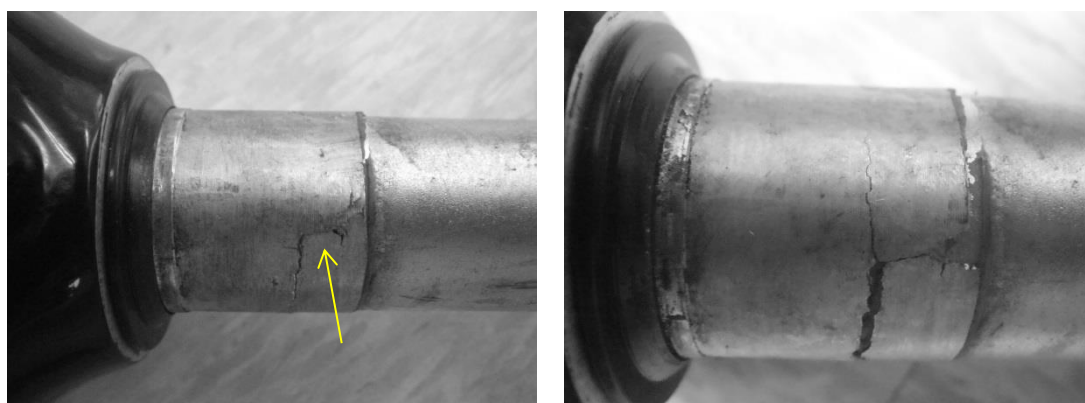


写真 4 ロード No. 2 外観変化 (左: 後方衝撃試験後、右: 曲げ疲労試験中断時)

また No.1 と No.3 は曲げ疲労試験 10 万サイクルをクリアし、2 回目の静的曲げ試験、後方衝撃試験にも耐えたが、2 回目の曲げ疲労試験の途中で NG となった。ともに、たわみ量が初期値の 20% を超える状態となり、写真 3 のようにホークステムが抜けかけている状態がさらに進行して写真 5 のように、明らかに抜けかけている状態になっていた。CFRP 部分については特に異常は見られなかったため、アルミ合金の接着部分の耐久性が静荷重、衝撃、曲げ疲労により低下したと考えられる。



写真 5 ロード No. 3 2 回目の曲げ疲労試験中断時

【ホーク足、ホークステムともに CFRP 製 (ロード No. 4~No. 7)】

次に No.4~No.7 についてはホークステムが CFRP 製である。そのため、静的曲げ試験や後方衝撃試験でホークステム自体はほとんど曲がらず、図 28 で示したように No.6、No.7 など永久変形量が大きいものについては、ホークステムの根元に亀裂が見られ、それが永久変形量に反映されていたと考えられる。以下、各供試品の結果の詳細をまとめた。

ロード No.4 については、2 回目に後方衝撃試験を行った際に写真 6 に示すようにホーク足に亀裂が生じ、その後の曲げ疲労試験の実施が困難となった。2 回目の静的曲げ試験までは外観やホーク足の内部に特に異常が見られなかったため、2 回目の後方衝撃試験が致命傷となったと考えられる。



写真 6 ロード No. 4 2 回目の後方衝撃試験後のホーク肩付近の様子

ロード No.5 については、静的曲げ試験や後方衝撃試験、曲げ疲労試験を 3 回実施しても、外観や内部の変化はほとんど見られなかった。

ロード No.6 については、1 回目の後方衝撃試験後、ホークステム付け根～ホーク肩部分にかけて塗装に細かな亀裂が見られた (写真 7)。その後実施した曲げ疲労試験約 8,000 サイクルで前後へのたわみ量が 20%を超えた。写真ではわかりづらいが、外観については塗膜の亀裂が伸展するなどの様子が見られた以外は、後方衝撃試験後からほとんど変化が見られなかった (写真 8、写真 9)。また、測定可能な範囲で超音波による非破壊検査を実施したが、ホーク肩、足等には異常は見られなかった。たわみ量は 20%を超えたものの、その後 100,000 サイクルまで試験は継続可能であった。おそらくホークステム根元に細かな亀裂が生じ、外力の負荷に対しての剛性が低下したと考えられる。

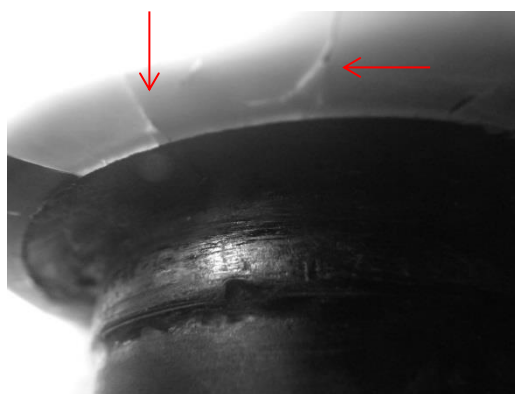


写真 7 ロード No. 6 後方衝撃試験後のホークステム根元の様子

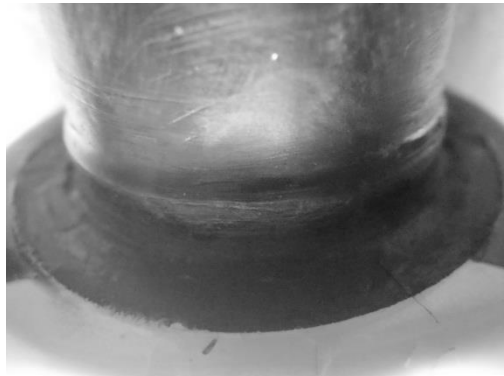


写真 8 ロード No. 6 後方衝撃試験後



写真 9 ロード No. 6 曲げ疲労試験たわみ量 20%を超えたときの様子

ロード No.7については、1回目の後方衝撃試験後、写真 10 に示すようにホークステム付け根～ホーク肩部分にかけて塗装に亀裂が見られた。超音波探傷を試みたが、プローブがうまく接しないため層間剥離の有無などの内部の様子は確認できなかった。

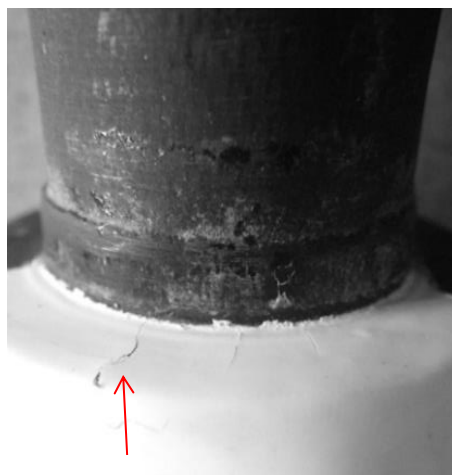


写真 10 ロード No. 7 後方衝撃試験後

その後、曲げ疲労試験約 10,000 サイクルで前後へのたわみ量が 20%を超えた。20%を超えた時の外観を写真 11 に示すが、ホークステム根元の前後方向にくっきりと亀裂が生じていた。たわみが大きいため、これ以降の試験続行は不可能であった。



写真 11 ロード No. 7 亀裂の様子

【ホーク足が CFRP、ホークステムがアルミ合金製 (BMX No. 1、No. 2)】

BMX 用前ホークについては、新品状態では曲げ疲労試験で規定回数の 3 倍である 30 万サイクル後も異常は見られなかった。しかし、後方衝撃試験時にホーク足とホークステム根元に亀裂等が生じていた。

まず、BMX No.1 については、1 回目の後方衝撃試験の衝撃付与後、ホーク足に亀裂が生じ、ホークステム根元は亀裂が生じ、ホークステムが接着部分から若干抜けていた (写真 12)。その後、曲げ疲労試験において、約 16,000 サイクルで前後へのたわみ量が 20%を超えるなど、試験続行不可能な状態となった。



写真 12 BMX No. 1 後方衝撃試験後 (左 : ホーク足、右 : ホークステム根元)

BMX No.2については、一回目の静的曲げ試験・後方衝撃試験・曲げ疲労試験、2回目の静的曲げ試験・後方衝撃試験においては、アルミ合金製ステムが衝撃により曲がるものの、規格の範囲内の永久変形量であり、また外観でも亀裂等の異常は見られなかった。しかし、二回目の曲げ疲労試験開始後約 17,000 サイクルで写真 13 に示すように、ホークステムに亀裂が生じた。金属疲労によりホークステムの根元から亀裂が生じたと考えられる。CFRP 部分には異常は見られなかった。



写真 13 BMX No.2 亀裂の様子

以上のように、CFRP 製前ホークについては、衝撃を付与された際に曲げ疲労試験の試験サイクル数が著しく低下するなど、耐久性が低下するものが多く見られた。耐久性低下の原因については、衝撃によりホークステム根元に生じた損傷が原因となる場合と、ホーク肩～足に生じた損傷が原因となる場合があるが、前者の場合は超音波による非破壊検査で事前に把握することは測定精度の問題、あるいはフォークスリーブの脱着の可否等の理由から現状困難である。後者についても、非破壊検査は可能であるが、今回の調査では衝撃付与時にいきなり亀裂が生じたことから、層間剥離と耐久性との関連は見いだせなかった。

一方、前ホークは補修業者では前ホークの補修を受けないことが多いため、フレームのように補修後の試験は実施しなかった。補修を実施しない理由については、交換可能な部品であるということと、万が一補修後に折れたりした際に乗員の致命傷となりかねない事故となる恐れがあるからである。

前ホークは自転車の構成部品であるが、前方からのエネルギー吸収の役割ももつ部品である。例えばヘルメットなども大きな衝撃を受けた際は、その性能が低下するため新品に交換することが推奨されているが、前ホークについても同様のことが言えよう。前面から大きな衝撃を受けるなどした際は、外観チェックを必ず行い（ホークステムの根元は特に）、外観に異常がある場合は即使用停止、新品の前ホークに交換した方が良いでしょう。

4. まとめ

今回の調査内容と結果を以下にまとめた。

- ① 自転車競技会場で非破壊検査ブースを出展し、検査を実施した。7会場35台のCFRP製自転車の検査を行ったが、そのうち3台で層間剥離等の内部異常が見られた。また、前から損傷が気になっていたが、そのままレースに出場した後に検査を受けた人が半数以上を占めていた。
- ② CFRP製自転車フレームの上パイプの中央付近（損傷が生じやすく、フレームのねじり方向に力を加えると、損傷が伸展する可能性が高い）に大きな衝撃を付与し、疲労試験等を行うなどして、大きく損傷を与えたフレームに補修を行った。補修後、重量や剛性等に変化は見られたが、製品の耐久性では新品状態と遜色ない状態であった。
- ③ 前ホークは衝撃により耐久性が大きく変化することがあった。衝撃付与によりホークシステムの根元やホーク足に損傷が生じることがあり、その後疲労試験をすると損傷が伸展し、前後方向へのたわみが大きくなるなど試験続行不可能となるが多かった。また、ホークシステムの根元についてはフォークスリーブが装着されていることが多く、取り外さない限りは非破壊検査も実施できないため、衝撃付与されたものは交換することが望ましい。

5. おわりに

冒頭にも述べたように、本事業（カーボン等高付加価値自転車の非破壊検査方法開発普及）は3年計画で実施してきたため、平成25年度をもって終了する。CFRP製自転車の層間剥離などの内部損傷の検査に特化した非破壊検査装置を開発し、検査結果から導くことのできる一定の判断指標も提案してきた。また、現時点でのCFRP製自転車の安全面での特徴や補修に関する調査も行い、データの蓄積も行えた。

加えて実際にCFRP製自転車にダメージを負ったことのあるユーザー、大型展示会、自転車競技会場等で調査を行い、9割の人が非破壊検査は必要だと回答していただいた。現状、CFRP製自転車は主に自転車競技などスポーツや趣味用途で使われることが多いが、CFRPの普及次第で、低価格帯の自転車に利用が拡大され、日常的に使用される自転車にも使用されることも十分考えられるため、検査の必要性は高まっていくと考えている。

今後の課題としては、まず本装置・検査体制をどのような形で運用するかであるが、平成25年4月1日より当会の講習会を受講した自転車小売店を対象に非破壊検査サービスを受けることができるようにし、万が一の場合に対応できるような体制とした。平成25年4月1日時点で約80の自転車小売店に登録いただいております、平成26年2～3月にも登録会を行ったため、さらに増える予定である。決して低価格のサービスではなく、補修業務も行っていないので心苦しいが、CFRP製自転車で使用可否の判断や品質確認という点で、自転車小売だけでなく自転車製造販売輸入業者など、様々な方面で本サービスを利用させていただきたい。要望があれば、さらに利用していただきやすいサービスなども検討できればと考えている。

また、CFRP製自転車は今後ますます普及していくと考えられ、それに伴い多種多様な設計のものが販売されると考えられる。本事業ではサンプル数は限られており、全社・全銘柄について調査をしたわけではない。よって、本事業の調査結果に当てはまらない事象も起こり得る。今後の動向に応じて、再びCFRP製自転車の研究・調査も必要になるだろう。

参考文献

- 1) 「CFRP製自転車の損傷に関する調査と検査方法について」（2012）、財団法人自転車産業振興協会
- 2) 「CFRP製自転車の損傷に関する調査と検査方法について（第二報）」（2013）、財団法人自転車産業振興協会