

フレーム・キャリヤの検証試験報告

—— 平成23年度自転車規格標準化事業・規格立案のための調査研究 ——

財団法人自転車産業振興協会技術研究所

1. 目的

平成22年度に実施したキャリヤ検証試験では、国民生活センターから指摘のあった幼児用座席使用時の重心高さの影響とフレームにキャリヤを取りつけた時の取付け部の強度について検証試験を実施し、幼児用座席の重心高さについては、現行の強度規定で十分であり規定を変更する必要がないことが分かった。一方、フレームにキャリヤを取りつけた時の取付け部の強度については、規定を追加する必要があると報告¹⁾した。

平成23年度は、幼児用座席使用時の安全性確保がより一層重要となっていることから、取付け部の強度のみならずフレームとキャリヤを組み合わせた時の強度について試験方法を検討するため各種検証試験を行い、そのデータを取りまとめたので報告する。なお、この報告はJIS規格立案の検討データとされる。

2. 試験概要

フレームとキャリヤの強度については、フレームとキャリヤを組み合わせた試験方法の検討とキャリヤ単独の試験条件を検証した。

2.1 フレームとキャリヤを組み合わせた試験方法の検討

フレームとキャリヤを組み合わせた試験として、「側方動的強度試験」、「振動試験」、「横方向動的強度試験」、「側方静的強度試験」の合わせて4種類の試験方法を検証した。

- 1) 「側方動的強度試験」では、平成22年度に引き続きフレーム及びキャリヤの種類を追加してキャリヤにダンベル状のおもりを取付けて側方に揺動させる耐久試験を実施した。又、耐久試験でのキャリヤの破損原因を解明するため、キャリヤのたわみ量を測定した。さらに応力測定も行った。
- 2) 「振動試験」では、キャリヤにダンベル状のおもりを取付け、上下方向に振動させた時の応力を測定した。
- 3) 「横方向動的強度試験」では、キャリヤ取付け部（ダボ）の応力測定と耐久試験を実施した。
- 4) 「側方静的強度試験」では、キャリヤに静的な力を加えた時のたわみ量及び永久変形量を測定した。

2.2 キャリヤ単独の試験条件の検証

フレームとキャリヤを組み合わせた試験方法を検討するにあたり、キャリヤ単独（JIS D9453：自転車ーリヤキャリヤ及びスタンド）の試験条件と整合させる必要があることから、「側方動的強度試験」と「側方静的強度試験」の2種類の試験方法を実施し検討し

た。

- 1) 「側方動的強度試験」では、キャリアの応力を測定し、実走行の応力と比較した。
- 2) 「側方静的強度試験」では、キャリアのたわみ量及び永久変形量を測定した。

3. 供試品

3.1 フレーム

試験用フレーム（供試車）として、車輪径が 26 インチのシティ車で、材質が鉄、形状がダブルループ形のもの 3 種類を選定した。（平成 22 年度の報告書¹⁾では、フレーム a と b の 2 種類を剛性で区別した。）表 1 及び写真 1～3 に試験用フレームを示す。なお、写真のキャリアは、自転車に標準装備されていたもので試験に使用したものではない。

表 1 試験用フレーム

フレームの種類	自転車へのキャリアの取付け	フレームサイズ (mm)	(参考) フレームの剛性
a	クラス 18 標準装備	415	通常
b	クラス 27 装着可能	390	剛性
c	クラス 18 標準装備	390	—



写真1 フレーム：a

写真2 フレーム：b

写真3 フレーム：c

3.2 キャリヤ

試験用キャリアは、メーカー3社、質量別クラスがクラス 18 とクラス 27 で、キャリアのフレームへの取り付け方法がシート止めタイプ（写真 4）とダボ止めタイプ（写真 6）の延べ 15 種類とした。キャリアの仕様を表 2 に、写真 4～6 にキャリアの構造を示す。

表2 キャリヤの仕様

単位:mm

No.	キャリヤ		プラットフォーム					サドル側組付部				キャリヤ足				質量 (kg)	材質	メーカー			
	種類	L	①		②		③	④	⑤	⑥		⑦		⑧					⑨		
		長さ	長さ	外径	長さ	外径	外径	外径	外径	長さ	外径	幅	厚さ	長さ	外径	幅	厚さ				
1	クラス18	ダボ止め	435	160	7.0	346	7.0	7.0	6.0	8.0	105	8.0	15.0	3.5	355	8.0	16.7	3.2	1.1	鉄製	A
2	クラス18	シート止め	505	158	7.0	345	7.0	7.0	6.0	8.0	170	8.0	15.3	3.2	365	8.0	16.0	3.0	1.1	鉄製	
3	クラス27	ダボ止め	435	160	7.0	350	7.0	7.0	6.0	8.0	98	8.0	13.5	3.6	355	8.0	15.5	3.0	1.0	鉄製	
4	クラス27	シート止め	505	158	7.0	345	7.0	8.0	6.0	8.0	168	8.0	15.0	3.2	365	9.0	17.5	3.0	1.2	鉄製	
5	クラス18	シート止め	510	160	7.0	345	7.0	7.0	6.0	8.0	180	8.0	14.5	3.5	375	8.0	16.5	3.0	1.1	鉄製	
6	クラス27	シート止め	500	158	7.0	343	7.0	8.0	6.0	8.0	170	8.0	15.0	3.2	365	9.0	17.0	3.8	1.2	鉄製	
11	クラス18	ダボ止め	450	157	7.0	360	7.0	7.8	6.0	7.8	106	7.8	13.5	3.4	365	7.8	16.8	2.4	1.0	鉄製	B
12	クラス18	ダボ止め	445	157	7.0	360	7.0	7.8	6.0	7.8	112	7.8	13.5	3.4	365	7.8	16.8	2.4	1.0	鉄製	
13	クラス27	ダボ止め	454	160	7.8	360	7.8	7.8	6.0	7.8	108	7.8	13.5	3.5	365	7.8	16.2	2.6	1.1	鉄製	
14	クラス27	ダボ止め	442	160	7.8	360	7.8	7.8	6.0	7.8	112	7.8	13.5	3.7	365	7.8	16.0	2.6	1.1	鉄製	
15	クラス27	シート止め	500	160	7.8	360	7.8	7.8	6.0	7.8	136	7.8	15.4	3.2	365	7.8	16.2	2.6	1.2	鉄製	
16	クラス27	シート止め	520	160	7.8	360	7.8	7.8	6.0	7.8	167	7.8	15.4	3.0	365	9.0	17.0	3.6	1.3	鉄製	
17	クラス27	シート止め	492	168	7.8	342	7.8	7.5	6.0	7.8	160	7.8	14.8	3.2	355	9.8	18.8	3.8	1.3	鉄製	C
18	クラス27	ダボ止め	455	160	7.8	360	7.8	7.8	6.0	7.0	108	7.8	13.6	3.4	365	9.0	17.2	3.6	1.2	鉄製	B
19	クラス27	ダボ止め	150	160	7.8	360	7.8	7.8	6.0	7.8	115	7.8	13.6	3.4	365	9.0	17.2	3.6	1.2	鉄製	

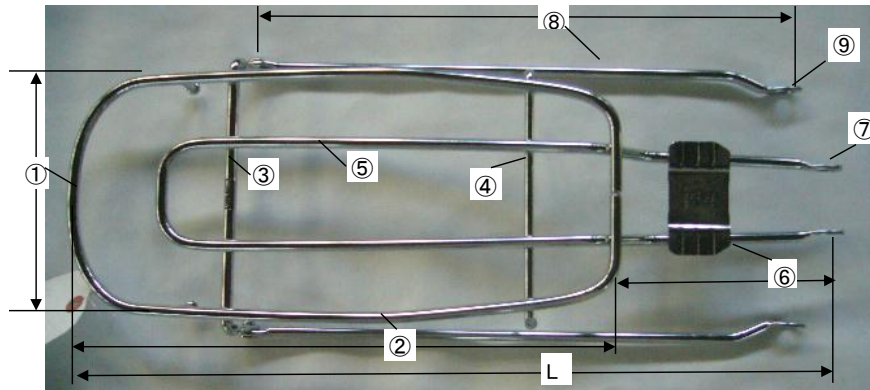


写真4 シート止めキャリヤ

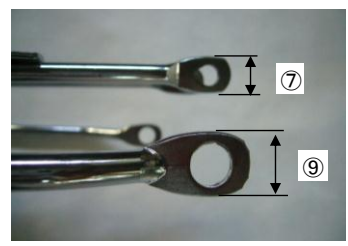


写真5 サドル側組付部、キャリヤ足



写真6 ダボ止めキャリヤ

4. 側方動的強度試験

4.1 耐久試験

4.1.1 試験方法

フレームとキャリヤを組み合わせた方法でキャリヤを左右に揺動させる耐久試験を実施した。なお、フレームとキャリヤを組み合わせた方法で破損したキャリヤについては、キャリヤ単独の方法でも試験を実施した。

1) キャリヤ単独の方法 (JIS D9453 : 側方動的強度試験)

図1のようにキャリヤプラットホームに質量別クラスと等しい1セットのおもり(ダンベル:例えば、クラス27のものは27kgの質量)をプラットホーム後端から $D=100\text{ mm}$ の位置でプラットホーム幅に荷重が均等にかかるように取り付けて、プラットホーム下方750mmの水平における前後方向軸に対して、揺動(振れ)角 $\pm 5^\circ$ (全振幅 10°)、振動周波数:1Hzの条件で、試験回数15万回(規定は5万回)の耐久試験を実施した。

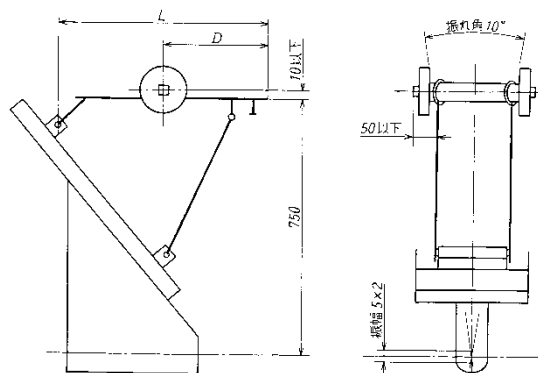


図1 側方動的強度試験

2) フレームとキャリヤを組み合わせた方法

フレームとキャリヤを組み合わせた方法は、写真7のようにフレームを前後ハブ軸で固定し、キャリヤプラットホームに質量別クラスと等しい1セットのおもりを取り付けて、キャリヤプラットホーム下方750mmの水平における前後方向軸に対して、キャリヤ単独の方法と同じ条件(揺動角: $\pm 5^\circ$ 、振動周波数:1Hz)で、試験回数15万回の耐久試験を実施した。



写真7 耐久試験状況

4.1.2 試験結果

表3に耐久試験結果を示す。フレームとキャリヤを組み合わせた方法では、クラス27のシート止めタイプは15万回で異常がなかった。ダボ止めタイプでキャリヤ足径が8.0mm以下のものは、7.7万~12.9万回でキャリヤ足下部が破損したが、足径が9.0mmのものは、15万回で異常がなかった。破損したキャリヤは、キャリヤ単独の方法でも試験を実施したが、15万回で異常がなかった。クラス18は、15万回で異常がなかった。ま

た、フレームのダボなど取付け部にも異常がなかった。

表3 耐久試験結果（フレームとキャリヤを組み合せた方法）

キャリヤの種類：クラス 27

フレームの種類	キャリヤ				試験結果 フレームとキャリヤを組み合せた方法	参考 キャリヤ単独の方法
	メーカー	No.	種類	足径 (mm)		
a	A	3	ダボ止め	8.0	98,364回で左側キャリヤ足下部が破断。	15万回で異常なし
		4	シート止め	9.0	15万回で異常なし	15万回で異常なし
	B	13	ダボ止め	7.8	129,863回で左側キャリヤ足下部が破断。	15万回で異常なし
		15	シート止め	7.8	15万回で異常なし ※20万回で破断	—
		18	ダボ止め	9.0	15万回で異常なし	—
b	A	6	シート止め	9.0	15万回で異常なし	15万回で異常なし
	C	17	シート止め	9.8	15万回で異常なし	—
c	B	14	ダボ止め	7.8	77,660回で左側キャリヤ足下部が破断。	15万回で異常なし
		16	シート止め	9.0	15万回で異常なし	—
		19	ダボ止め	9.0	15万回で異常なし	—

注：網掛けは、キャリヤの破損を示す。

キャリヤの種類：クラス 18

フレームの種類	キャリヤ				試験結果 フレームとキャリヤを組み合せた方法	参考 キャリヤ単独の方法
	メーカー	No.	種類	足径 (mm)		
a	A	1	ダボ止め	8.0	15万回で異常なし	—
		2	シート止め	8.0	15万回で異常なし	—
	B	11	ダボ止め	7.8	15万回で異常なし	—
b	A	5	シート止め	8.0	15万回で異常なし	—
c	B	12	ダボ止め	7.8	15万回で異常なし	—

4.2 たわみ量の測定

4.2.1 試験方法

フレームとキャリヤを組み合せた方法及びキャリヤ単独の方法でキャリヤを左右に揺動させた時のキャリヤの変位量及びたわみ量を測定した。写真8に側方動的強度試験におけるたわみ量の測定状況を示す。試験機の側方にセットした変位変換器の変位測定用ワイヤをおもりの中心に取付け、揺動時のキャリヤの変位量を測定した。測定位置は、おもりの中心で、プラットホームとほぼ同じ高さとした。

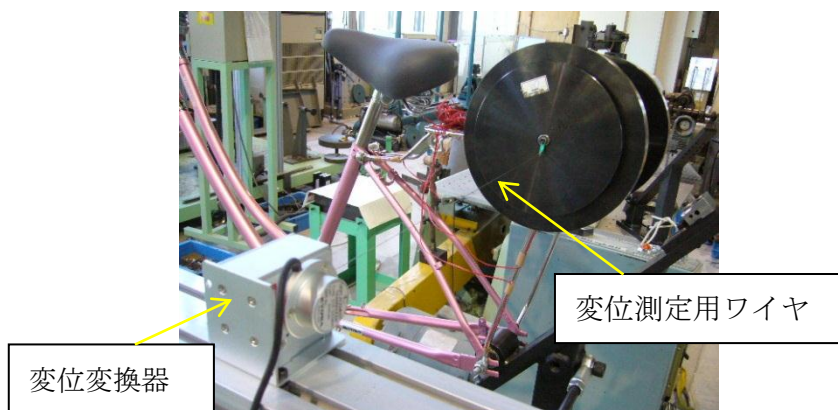


写真8 たわみ量の測定状況

4.2.2 試験結果

表4に側方動的強度試験でのキャリヤの変位量及びたわみ量を示す。たわみ量は、揺動時のキャリヤの変位量から試験機の揺動角±5度時の移動量 ($750 \times \sin 5^\circ \times 2 = 131$ mm) を減じた値である。

表4 側方動的強度試験でのキャリヤの変位量及びたわみ量

フレーム種類	キャリヤ(クラス27)			変位量(mm)		たわみ量(mm)		増加量(mm)	(参考)耐久試験
	No.	種類	足径(mm)	キャリヤ単独	組み合せ	キャリヤ単独	組み合せ		
a	3	ダボ止め	8.0	139.6	152.6	8.5	21.6	13.1	破損(9.8万)
	4	シート止め	9.0	141.3	148.6	10.3	17.6	7.3	異常なし
	13	ダボ止め	7.8	138.7	151.8	7.6	20.8	13.2	破損(12.9万)
	15	シート止め	7.8	139.1	151.8	8.1	20.8	12.7	異常なし
b	18	ダボ止め	9.0	137.8	144.8	6.8	13.8	6.9	異常なし
	6	シート止め	9.0	141.2	148.7	10.2	17.7	7.6	異常なし
c	17	シート止め	9.8	137.7	144.5	6.7	13.5	6.8	異常なし
	14	ダボ止め	7.8	140.5	148.7	9.5	17.7	8.1	破損(7.7万)
	16	シート止め	9.0	140.9	146.7	9.9	15.7	5.8	異常なし
平均				137.4	142.9	6.4	11.9	5.5	異常なし
				139.4	148.1	8.4	17.1	8.7	

注1:表3の耐久試験を参考に示す

注2:緑色の網掛けは、耐久試験でのキャリヤの破損を示す。

表4よりたわみ量はキャリヤ単独の方法が6.4~10.3mm(平均8.4mm)で、フレームとキャリヤを組み合せた方法(組み合せ)が11.9~21.6mm(平均17.1mm)となり、フレームとキャリヤを組み合せた方法がキャリヤ単独の方法に比べて、たわみ量が約2倍

に大きくなった。ダボ止めキャリヤの足径が 8.0 mm以下のものは、たわみ量が 17.7、20.8、21.6 mmと大きくなったが、それらは全て 4.1 章で実施した耐久試験ではキャリヤが破損している。

図 2 に側方動的強度試験でのキャリヤ足径とたわみ量の関係を示す。フレームとキャリヤを組み合わせた方法では、たわみ量はキャリヤ足径に反比例し、キャリヤ足径が太くなるとたわみ量が小さくなった。

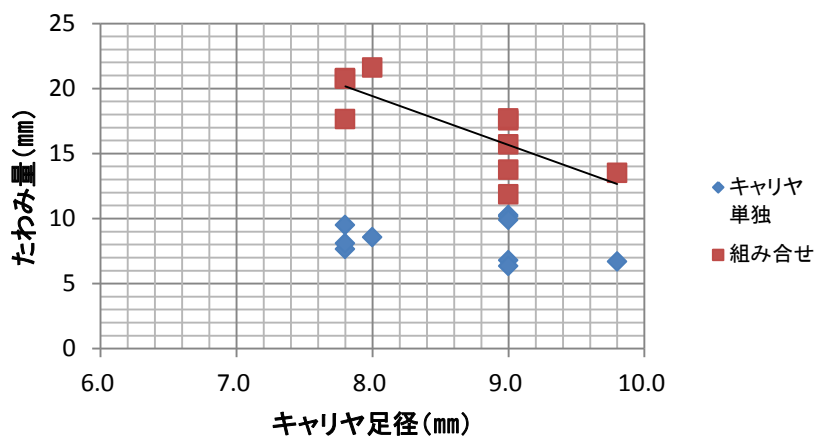


図 2 キャリヤ足径とたわみ量の関係

4.3 応力測定

フレームとキャリヤを組み合わせた試験方法を開発するにあたり、キャリヤ単独（JIS D9453：側方動的強度試験）の試験条件と整合させる必要があることから、それぞれの試験方法でキャリヤの応力を測定し、実走行の応力と比較した。

4.3.1 試験方法

側方動的強度試験で、フレームとキャリヤを組み合わせた方法とキャリヤ単独の方法で揺動角を増減させた時のキャリヤ足下部の応力測定を実施した。フレームとキャリヤを組み合わせた方法では揺動角を 3～5 度、キャリヤ単独の方法では揺動角を 5 度～7.5 度に変化させた。写真 9 にキャリヤの応力測定状況を示す。

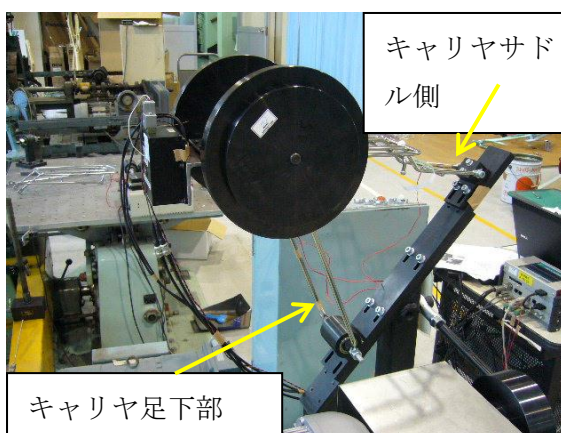


写真 9 キャリヤの応力測定状況

4.3.2 試験結果

表 5、図 3 に応力測定結果を示す。

表5 側方動的強度試験でのキャリヤの応力測定結果

単位: 応力 (N/mm²)

フレーム 種類	キャリヤ(クラス27)			試験方法と揺動角(度)						
	メー カー	No.	種類	組み合わせ			キャリヤ単独			
				3度	4度	5度	5度	6度	7度	7.5度
a	A	3	ダボ止め	121.6	164.2	209.9	106.3	117.1	132.7	144.3
		4	シート止め	119.1	160.3	199.9	117.5	136.4	192.6	189.8
	B	13	ダボ止め	141.7	193.0	244.2	107.0	120.8	149.0	150.6
		15	シート止め	120.8	165.0	234.0	109.4	126.6	147.5	156.1
b	A	6	シート止め	95.0	124.0	151.0	110.4	129.5	167.4	158.7
		17	シート止め	128.1	175.1	224.1	110.2	125.6	148.8	151.0
c	B	14	ダボ止め	143.3	196.9	265.9	109.8	134.2	154.0	168.2
		16	シート止め	117.1	158.3	196.7	122.6	143.1	172.5	181.4
		19	ダボ止め	116.5	158.3	195.7	99.4	124.2	134.6	143.3

キャリヤ単独の方法の揺動角5度の発生応力はフレームとキャリヤを組み合わせた方法(組み合わせ)の揺動角3度の発生応力に相当した。なお、耐久試験でフレームとキャリヤを組み合わせた方法の揺動角5度で破損したキャリヤ(表3のNo.3、13、14)を揺動角3度に変更し試験したところ15万回をクリアした。

表6に実走行の応力測定結果を示す(実走行については平成22年度の報告書¹⁾参照)。クラス27キャリヤで、走行条件が坂道上りの立ち漕ぎでのキャリヤ足の応力は、おもりがダミーの場合174N/mm²で、幼児の場合73N/mm²で、実際の幼児の場合に応力が小さい。

図4のキャリヤ単独の方法と実走行(幼児)の応力と比べると、キャリヤ単独の揺動角5度が100N/mm²以上であり、実走行(幼児)より揺動角5度の応力の方が大きいことが分かった。

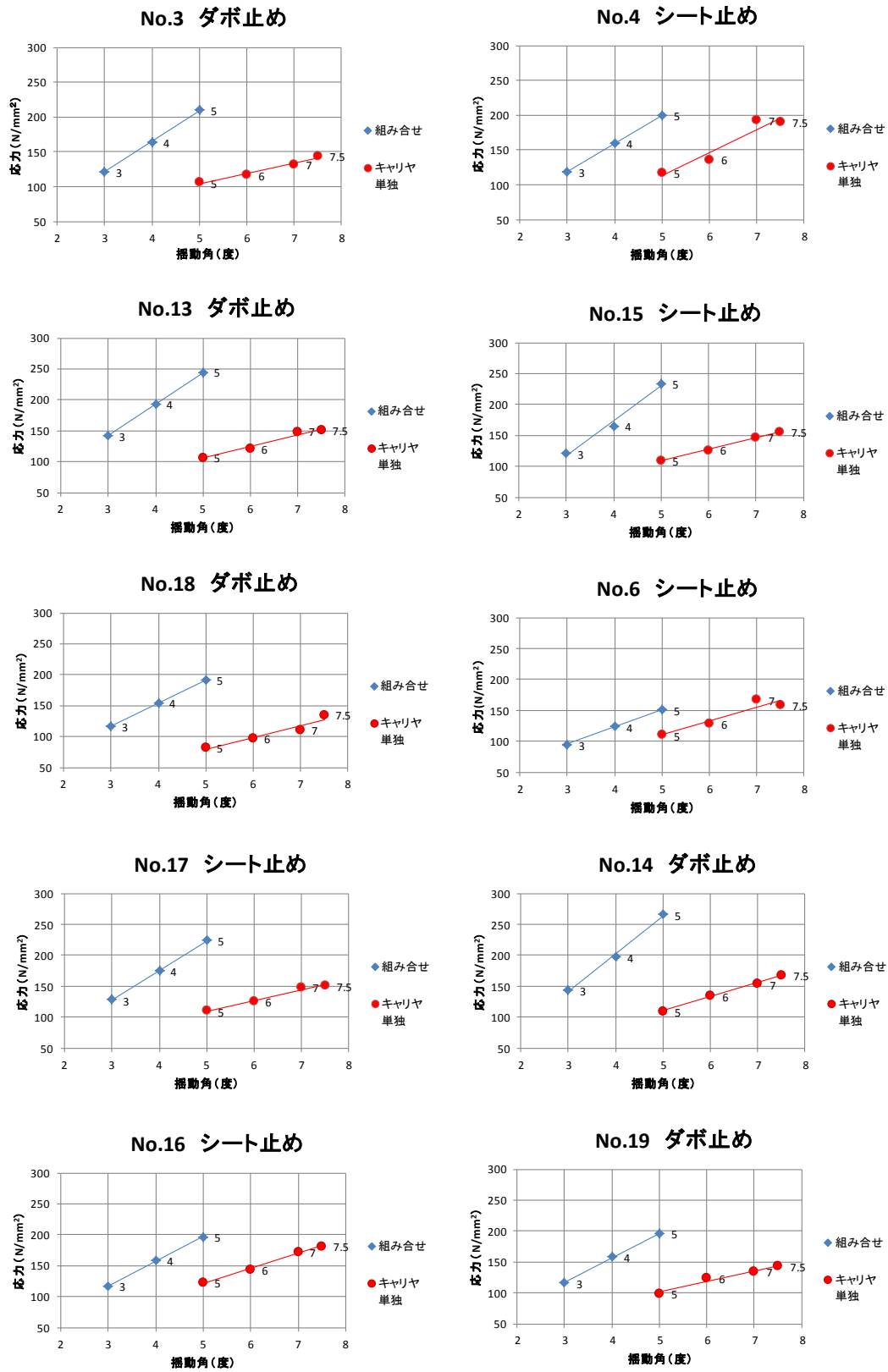


図3 組み合わせとキャリヤ単独の応力

表6 実走行による測定結果

走行条件	フレーム	キャリヤ		おもり	乗員	揺動角 (度)		角速度 (deg/s)		加速度 (m/s ²)		応力1 (N/mm ²)			応力2 (N/mm ²)		
		No.	種類			最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	キャリヤサドル側			キャリヤ足下部		
												最大値	最小値	P-P	最大値	最小値	P-P
立ち漕ぎ	a	3	クラス27 ダボ止め	ダミー	男性	8.5	-8.9	40.3	-43.4	10.2	-9.7	2.0	-17.5	19.5	161.0	-149.2	310.2
				ダミー	女性	4.9	-7.3	23.7	-26.7	7.3	-7.6	25.2	-19.2	44.4	87.7	-54.7	142.4
		4	クラス27 シート止め	ダミー	男性	6.0	-5.3	25.2	-26.9	6.1	-6.3	21.5	-22.8	44.3	91.5	-35.2	126.7
				幼児	女性	5.0	-3.5	19.4	-20.3	6.3	-6.1	16.4	-6.6	22.9	53.9	-10.7	64.7
	b	6	クラス27 シート止め	ダミー	男性	3.6	-7.3	25.0	-27.5	6.5	-8.5	18.4	-49.4	67.8	74.3	-90.3	164.6
				ダミー	女性	5.8	-4.7	20.8	-21.7	8.0	-5.4	36.8	-19.3	56.1	70.0	-56.1	126.0
				幼児	女性	6.1	-2.7	15.5	-16.3	6.0	-6.6	17.5	-20.4	38.0	43.2	-38.8	82.0
				ダミー		5.8	-6.7	27.0	-29.2	7.6	-7.5	20.8	-25.6	46.4	96.9	-77.1	174.0
AVE				幼児		5.5	-3.1	17.5	-18.3	6.2	-6.3	17.0	-13.5	30.5	48.6	-24.8	73.3

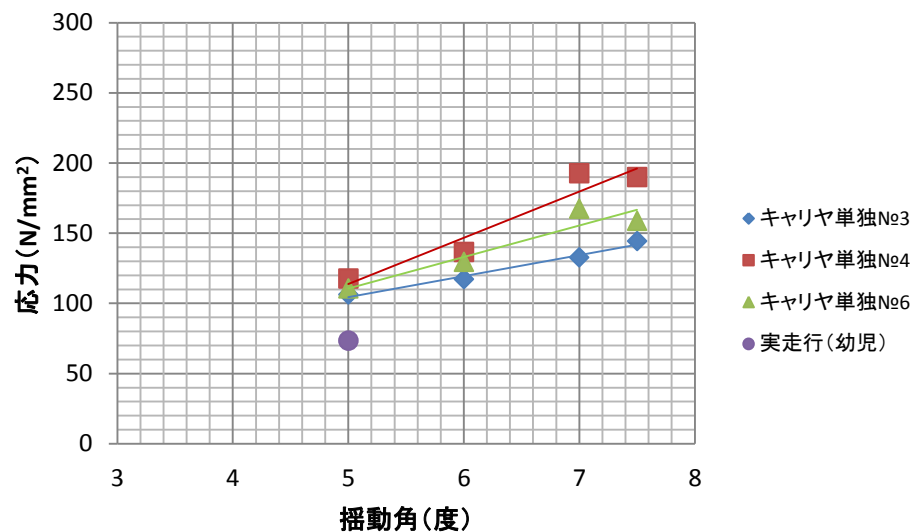


図4 キャリヤ単独と実走行の応力比較

5. 振動試験

5.1 試験方法

フレームとキャリヤを組み合わせた方法で振動試験を実施した。写真10のようにフレームには、JIS D9401：フレームの耐振性試験と同じ条件（ヘッド部に5 kg、ハンガ部に15 kg、シート部に45 kg）のおもり、キャリヤには27 kgのおもりを取付け、前ハブ軸を上下方向に加速度：17.6m/s²、周波数：7Hzで振動させた。

応力の測定箇所は、図4のように①：キャリヤのサドル側上面、②：キャリヤ足下部側面、③：ダボの側面、④：バックホーク上部、⑤：バックホーク下部の5か所とした。



写真10 振動試験状況

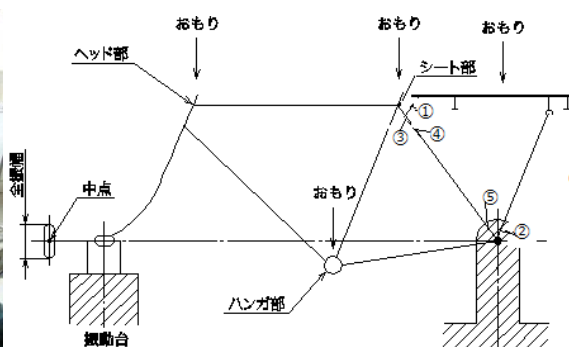


図4 応力測定箇所

5.2 試験結果

表7に振動試験によるフレーム及びキャリヤの応力測定結果を示す。4章の動的試験では、キャリヤ足下部に大きな応力が発生したが、振動試験ではキャリヤ足下部の応力が小さく、キャリヤのサドル側に大きな応力が発生した。動的試験は左右に揺動させるためキャリヤ足下部に大きな応力が発生するが、振動試験では上下に振動させるため、キャリヤ足下部には応力が発生せず、キャリヤのサドル側上面に大きな応力が発生した。

なお、振動による耐久試験を1種類（No.19のキャリヤ）実施したところ、試験回数21万回（フレームの耐振性試験の試験回数：7万回の3倍）をクリアした。

以上のことから、振動試験は動的試験と振動方向が異なりキャリヤに発生する力の大きさも違うことが確認できた。

表7 振動試験での応力測定結果

フレーム種類	キャリヤNo.	振動試験					動的試験
		① キャリヤサドル側	② キャリヤ足下部	③ ダボ側面	④ バックホーク上側	⑤ バックホーク下側	② キャリヤ足下部
c	14	202.1	72.7	90.8	144.0	98.5	265.9
	16	207.8	45.7	-	106.0	96.1	196.7
	19	166.7	46.7	92.8	138.3	99.9	195.7

6. 横方向動的強度試験

6.1 キャリヤ取付け部（ダボ）の応力及び加振力の測定

6.1.1 試験方法

フレームを写真11のように前後ハブ軸で固定し、ダボ（写真12）に取り付けたキャリヤを左右方向に加振した時の応力及び加振力を測定した。加振力は、ダボに実走行の坂道上りで立ち漕ぎした時と同程度の応力（フレーム a の 265N/mm^2 ）が発生するよう力の大きさを決めた。加振位置は、ダボから後方に 355mm （キャリヤの後端からほぼ 100mm の位置）とした。フレームは2種類、キャリヤはクラス 27 ダボ止めを使用した。フレームの立パイプを固定した条件と固定しない条件で、またキャリヤ足をハブ軸に固定した条件と固定しない条件で測定した。



写真11 横方向動的強度試験状況



写真12 ダボの応力測定位置

6.1.2 試験結果

表8にキャリヤ取付け部（ダボ）の応力及び加振力の測定結果を示す。なお、試験用キャリヤは、耐久試験の途中でダボより先に破損したため、写真13のように補強（キャリヤのプラットホームのロッドを溶接）したキャリヤで測定を続けた。補強したキャリヤを使用してキャリヤ足を固定しない条件で、ダボに実走行の坂道上りと同程度（ 265N/mm^2 ）の応力が発生する加振力の大きさは、 $\pm 140\text{N}$ となった。

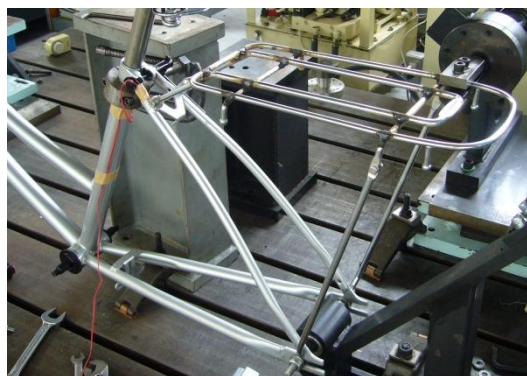


写真13 補強したキャリヤ

表 8 キャリヤ取付け部（ダボ）の応力及び加振力

フレームの種類	ダボの幅、 厚さ (mm)	試験用キャ リヤ	固定条件		ダボの 応力 (N /mm ²)	加振力 (N)
			立パイプ	キャリ ヤ足		
a	18.0、3.0	○	—	○	257	±220
			—	—	272	±180
			○	—	269	±180
			○	○	265	±240
		●	—	—	267	±140
c	15.5、3.0	●	○	○	258	±150
		●	—	—	296	±140

注1：キャリヤは、○が補強していない通常のキャリヤ、●が補強（キャリヤのプラットホームのロッドを溶接）したキャリヤ（写真13）

注2：固定条件は、○が固定した場合、—が固定しない場合。

6.2 耐久試験

6.2.1 試験方法

耐久試験は、ダボに実走行の坂道上りと同程度（265N/mm²）の応力が発生する加振力（±140N）で、試験回数 20 万回まで実施した。

6.2.2 試験結果

耐久試験結果を表9に示す。なお、フレーム d、e はフレーム a と同じ車輪径が 26 インチのシティ車で、材質が鉄、形状がダブルループ形のもので、フレーム f は材質がアルミである。

フレーム a は補強していない通常のキャリヤで試験を行い、69,500 回でキャリヤのプラットホームのロッドの溶接部が外れた（写真14）。キャリヤを交換し試験を続けたが、11,673 回で再びキャリヤのプラットホームのロッドの溶接部が外れた。補強したキャリヤに交換し試験を続けたところ、76,568 回でバックホークのエンド部が破断（写真15）したが、ダボは破損しなかった。

フレーム e も 133,284 回でバックホークのエンド部が破断（写真19）したが、ダボは破損しなかった。キャリヤを加振すると、バックホークも左右にたわむため、ダボより早くバックホークのエンド部で破損したと考えられる。

補強したキャリヤで試験を行ったフレーム c は、キャリヤ足を固定した場合は 103,253 回でダボが破断（写真16）し、立パイプ、キャリヤ足を固定しない場合は 38,147 回でダボが破断（写真17）した。ダボの幅が小さかったことなどから少ない回数で破損したと考えられる。

フレーム d は、98,236 回で左側のダボが破断（写真18）した。

フレーム f は、円筒状のダボで、20 万回で異常がなかった。円筒状のダボは、板状のダボに比べて強度が強い。

ダボとキャリヤの強度を比較すると、キャリヤの方が強度が弱いためダボよりキャリヤが先に破損する。ダボはキャリヤを補強するなど無理に破損するような条件としなければ破損しないことが分かった。

表 9 横方向動的強度試験結果

フレームの種類	ダボの幅、厚さ (mm)	試験用キャリヤ	固定条件		加振力 (N)	周波数 (Hz)	試験結果
			立パイプ	キャリヤ足			
a	18.0、3.0	○	○	—	±180	1	69,500 回でキャリヤのロッド溶接部破損。(写真 14)
			○	○	±240		キャリヤを交換し試験を続け、11,673 回でキャリヤのロッド溶接部破損。
		●	—	—	±140		キャリヤを交換し試験を続け、76,568 回でバックホークの右側エンド部が破断。(写真 15)
c	15.5、3.0	●	○	○	±140	1	103,253 回で左右のダボが破断。(写真 16)
		●	—	—	±140	1	38,147 回で右側のダボが破断。(写真 17)
d	17.5、3.0	●	—	—	±140	3	98,236 回で左側のダボが破断。(写真 18)
e	17.5、3.0	●	—	—	±140	3	133,284 回でバックホークの左側エンド部が破断。(写真 19)
f	18.0、61.0※	●	—	—	±140	3	200,000 回で異常なし。

※ フレーム f は、ダボの形状が円筒状 (写真 20) で、直径と長さを示す。その他は、ダボの形状が板状で幅と厚さを示す。

注 1 : 網掛けはダボの破損を示す。



写真14 フレームa

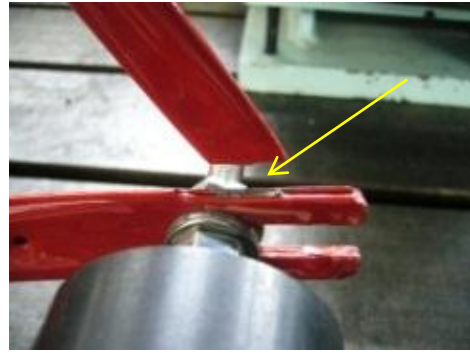


写真15 フレームa

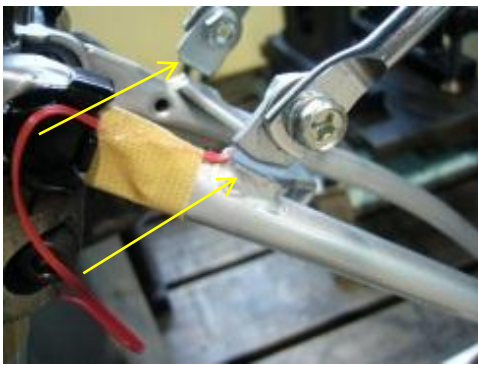


写真16 フレームc



写真17 フレームc

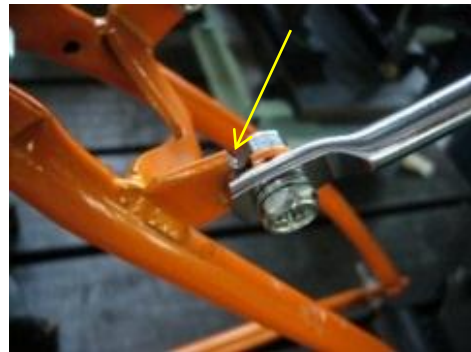


写真18 フレームd



写真19 フレームe



写真20 フレームf

7. 側方静的強度試験

7.1 試験方法

フレームとキャリヤを組み合わせた方法及びキャリヤ単独の方法で、キャリヤに静的な力を加えた時のたわみ量及び永久変形量を測定した。試験は、**図5**に示すJIS D9453の側方静的強度試験と同じように、キャリヤプラットフォームの後端から50mmの位置に270Nの力(キャリヤ最大積載質量と同等)を1分間加えた。



写真21 キャリヤ単独の方法

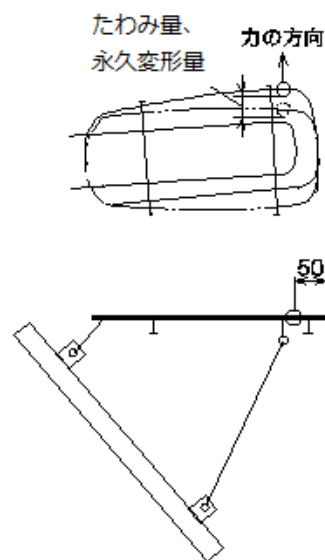


図5 側方静的強度試験

1) キャリヤ単独の方法 (JIS D9453 : 側方静的強度試験)

写真21のように、定盤上の固定具にキャリヤを後ハブ軸とサドル側の2か所で固定し、キャリヤを荷重試験機で引っ張り、キャリヤのたわみ量及び永久変形量を測定した。

フレームとキャリヤを組み合わせた方法は、フレームを以下に示す2種類の方法で固定した。

2) ハンガ、後ハブ軸、シートポストで固定する方法

側方静的強度試験でフレームとキャリヤが一体のものを試験する場合に、ハンガ、後ハブ軸、シートポストで固定するため、写真22のように、定盤上の固定具にフレーム及びキャリヤを水平にして、ハンガ、後ハブ軸、シートポストで固定し、キャリヤを荷重試験機で引っ張り、キャリヤのたわみ量及び永久変形量を測定した。

3) 前後ハブ軸で固定する方法

ハンガ、後ハブ軸、シートポストで固定する方法は、実際の使用状態とは異なるため、前後ハブ軸で固定する方法で測定した。写真23のように、定盤上の固定具にフレーム及びキャリヤを垂直にして、前後ハブ軸で固定し、ロードセルを取り付けた引っ張り具によりキャリヤを引っ張り、ダイヤルゲージでキャリヤの反対側のたわみ量及び永久変形量を測定した。



写真22 組み合せた方法：ハンガ、後ハブ軸、シートポスト固定する方法



写真23 組み合せた方法：前後ハブ軸で固定する方法

7.2 試験結果

表10に側方動的強度試験でのキャリアのたわみ量を示す。図6、7にキャリアのたわみ量の測定グラフを示す。JIS D9453では、キャリアのたわみ量が15mm以下であることと規定されている。表10よりキャリア単独の方法ではたわみ量が8.0~13.4mm(平均10.8mm)で規定値を満たした。

フレームとキャリアを組み合せた方法(組み合せ)のたわみ量は、ハンガ、後ハブ軸、シートポストで固定する方法では17.2~25.3mm(平均20.0mm)で、キャリア単独の方法に比べてたわみ量が約2倍に大きくなった。特にダボ止めキャリアの足径が8.0mm以下のものは、たわみ量が21mm以上となった。

表10 側方静的強度試験でのキャリアのたわみ量

フレーム種類	キャリア(クラス27)			たわみ量(mm)			(参考)耐久試験
	No.	種類	足径(mm)	キャリア単独	組み合せ		
					ハンガ、後ハブ軸、シート止めポスト固定	前後ハブ軸固定	
a	3	ダボ止め	8.0	10.0	21.7	29.7	破損(9.8万)
	4	シート止め	9.0	11.9	18.9	23.7	異常なし
	13	ダボ止め	7.8	9.7	22.9	27.7	破損(12.9万)
	15	シート止め	7.8	10.9	19.7	29.2	異常なし
	18	ダボ止め	9.0	8.0	17.3	23.7	異常なし
b	6	シート止め	9.0	12.6	20.4	24.3	異常なし
	15	シート止め	7.8	10.9	-	26.7	-
	17	シート止め	9.8	9.5	17.2	19.1	異常なし
c	14	ダボ止め	7.8	13.4	25.3	27.8	破損(7.7万)
	16	シート止め	9.0	11.8	19.4	21.5	異常なし
	19	ダボ止め	9.0	9.7	17.2	21.8	異常なし
平均				10.8	20.0	25.0	

注1: 表3の耐久試験を参考に示す

注2: 緑色の網掛けは、耐久試験でのキャリアの破損を示す。

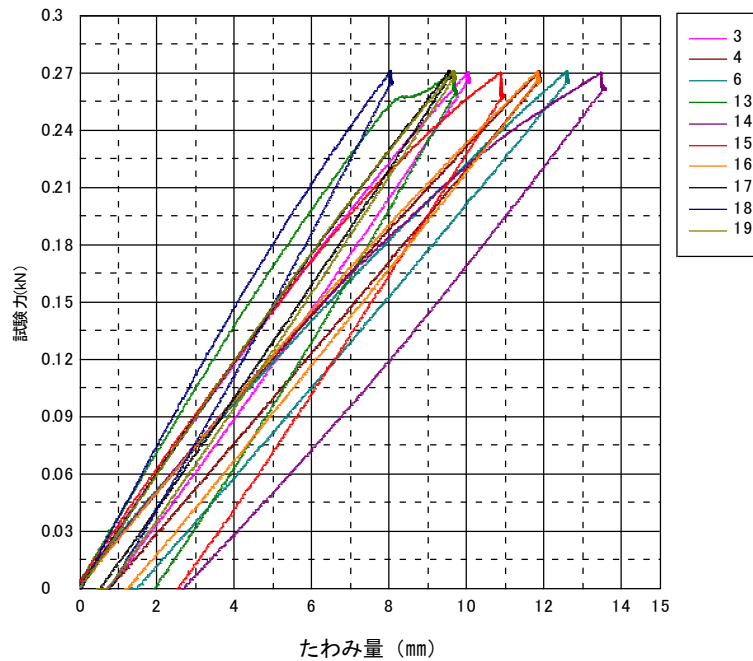


図6 たわみ量の測定グラフ（キャリヤ単独）

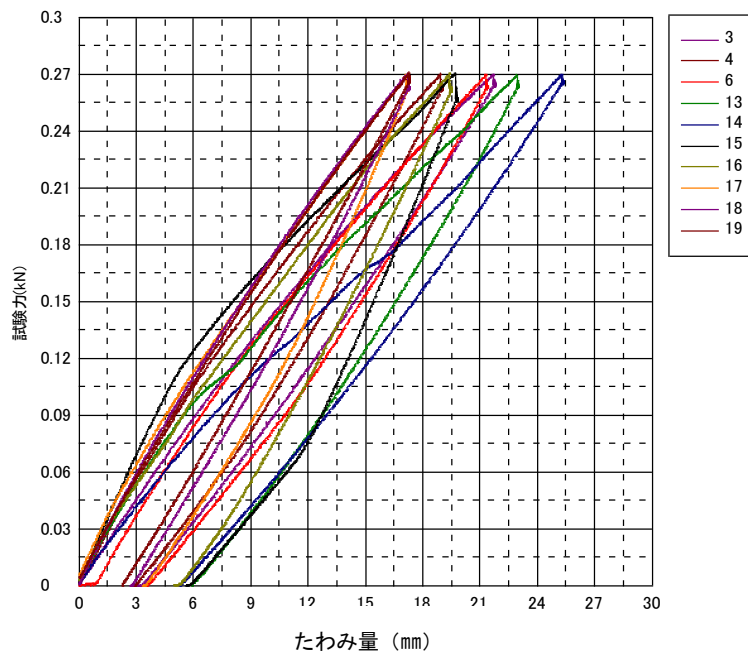


図7 たわみ量の測定グラフ（組み合わせ：
ハンガ、後ハブ軸、シートポストで固定）

前後ハブ軸で固定する方法では 19.1～29.7 mm（平均 25.0 mm）で、キャリヤ単独の方法に比べて、たわみ量が 2～3 倍に大きくなった。特にダボ止めキャリヤの足径が 8.0 mm 以下のものは、たわみ量が 27 mm 以上となった。側方静的強度試験のフレームとキャリヤを組み合わせた方法のたわみ量は、ハンガ、後ハブ軸、シートポストで固定する方法

と前後ハブ軸で固定する方法の両方で、側方動的強度試験のたわみ量と同じ傾向が得られた。

No.15 のキャリヤを、フレーム a、b の 2 種類で試験したところ、a と組み合わせた時のたわみ量が 29.2 mm、b が 26.7 mm で、フレームの種類（剛性）の違いによりたわみ量が異なった。

図 8、図 9 に側方静的強度試験でのキャリヤ足径とたわみ量の関係を示す。フレームとキャリヤを組み合わせた方法では、たわみ量はキャリヤ足径に反比例し、キャリヤ足径が太くなるとたわみ量が小さくなった。

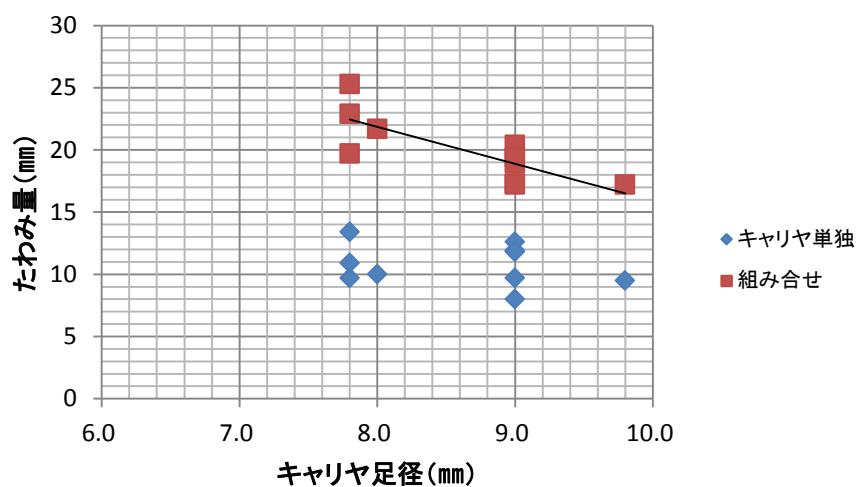


図 8 側方静的強度試験でのキャリヤ足径とたわみ量の関係
(組み合わせは、ハンガ、後ハブ軸、シートポストで固定する方法。)

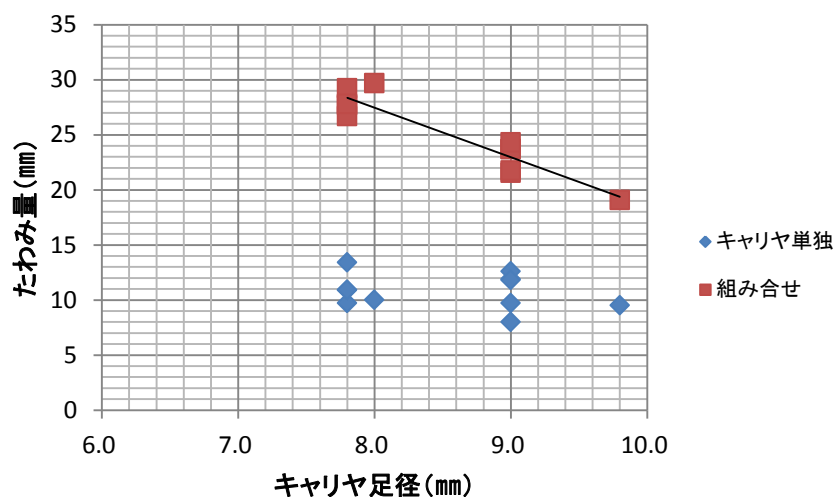


図 9 側方静的強度試験でのキャリヤ足径とたわみ量の関係
(組み合わせは、前後ハブ軸で固定する方法)

表 1 1 に側方静的強度試験での永久変形量を示す。JIS D9453 では、キャリヤの永久変形量が 5 mm 以下であることと規定している。キャリヤ単独の方法の永久変形量が 0.5 ～2.6 mm（平均 1.4 mm）で永久変形量の規定値を満たした。

フレームとキャリヤを組み合わせた方法（前後ハブ軸を固定する方法）では、永久変形量が 0.6～7.0 mm（平均 4.3 mm）で、ダボ止めキャリヤの足径が 8.0 mm 以下のものは、4.2～7.0 mm に大きくなった。

表 1 1 側方静的強度試験でのキャリヤの永久変形量

フレーム種類	キャリヤ(クラス27)			永久変形量(mm)		
	No.	種類	足径(mm)	キャリヤ単独	組み合わせ	
					ハンガ、後ハブ軸、シート止めポスト固定	前後ハブ軸固定
a	3	ダボ止め	8.0	0.7	2.8	7.0
	4	シート止め	9.0	0.7	2.7	1.5
	13	ダボ止め	7.8	1.9	5.9	6.5
	15	シート止め	7.8	2.5	5.6	6.1
	18	ダボ止め	9.0	0.5	2.7	4.5
b	6	シート止め	9.0	1.3	2.6	4.4
	15	シート止め	7.8	2.5	-	5.5
	17	シート止め	9.8	0.5	3.4	3.5
c	14	ダボ止め	7.8	2.6	5.2	4.2
	16	シート止め	9.0	1.2	5.0	3.7
	19	ダボ止め	9.0	0.5	2.3	0.6
平均				1.4	3.8	4.3

側方静的強度試験における試験の再現性を検証するため、フレームとキャリヤを組み合わせた方法（前後ハブ軸を固定する方法）で、キャリヤのたわみ量の測定を連続して 3 回ずつ実施した結果を表 1 2 に示す。表 1 2 よりたわみ量は 1 回目が大きく、2 回目以降は小さくなり、数値が安定した。また、永久変形量は 1 回目が大きいが、2 回目がほぼ 0 に近くなりほとんど永久変形しない。キャリヤを取り外してから再度取り付けて試験を行ったところ、1 回目の永久変形量より小さくなるが再び永久変形が起きたことから、この永久変形はキャリヤをハブ軸に取り付けた時の“がた”であり、1 回試験を行うことにより“がた”がなくなりなじんだものと思われる。つまり 1 回目のたわみ量、永久変形量には取り付けによる“がた”が含まれていると考えられる。

クラス 18 は、クラス 27 と同じ 270N まで力を加えたため、1 回目のたわみ量が 30 mm を超えた。クラス 18 のような強度の弱いキャリヤでは、たわみ量が大きくなることが分かった。

図 1 0 にクラス 27 の測定回数 1 回目と 2 回目のたわみ量のグラフを示す。1 回目に比べ 2 回目はたわみ量が直線的に増加していることが分かる。

表 1 2 側方静的強度試験（組み合せ：前後ハブ軸固定）
の測定回数とキャリヤのたわみ量及び永久変形量

フレーム 種類	キャリヤ(クラス27)			測定回数	たわみ量(mm)				永久変形 量(mm)	備考
	No.	種類	足径(mm)		100N	150N	200N	270N		
a	3	ダボ止め	8.0	1	9.0	14.0	20.6	29.7	7.0	注1
				2	8.3	12.3	16.6	22.8	0.6	
				3	8.5	12.6	16.8	23.1	0.5	
	4	シート止め	9.0	1	8.9	13.0	17.4	23.7	1.5	注1
				2	8.6	12.9	17.0	22.5	0.2	
				3	9.1	13.3	17.5	23.2	-	
	13	ダボ止め	7.8	1	10.1	15.8	20.6	27.7	6.5	注1
				2	8.0	12.1	16.2	22.4	0.4	
				3	8.2	12.2	16.3	22.3	0.3	
	13(2)	ダボ止め	7.8	1	9.6	15.0	20.6	29.0	7.8	注2
				2	7.7	11.6	15.8	22.2	0.7	
				3	8.0	11.9	16.1	22.2	0.4	
	15	シート止め	7.8	1	9.4	15.2	21.1	29.2	6.1	注1
				2	8.0	12.7	17.6	23.8	0.5	
				3	8.3	12.9	17.7	23.9	0.3	
	18	ダボ止め	9.0	1	7.7	12.8	17.0	23.7	4.5	注1
				2	7.4	11.2	14.8	20.2	0.3	
				3	7.2	10.9	14.5	20.0	0.2	
b	6	シート止め	9.0	1	7.1	12.6	17.2	24.3	4.4	注1
				2	7.2	10.8	14.7	20.3	0.3	
				3	7.2	10.7	14.6	20.5	0.2	
	15	シート止め	7.8	1	8.0	12.7	17.6	26.7	5.5	
				2	6.9	10.9	15.5	21.1	0.3	
				3	7.1	11.0	15.6	21.2	0.2	
17	シート止め	9.8	1	6.3	10.0	13.5	19.1	3.5	注1	
			2	5.6	8.4	11.4	16.1	0.3		
			3	5.6	8.5	11.5	16.0	0.2		
c	14	ダボ止め	7.8	1	8.6	13.6	19.1	27.8	4.2	注1
				2	8.3	12.8	17.4	24.1	0.6	
				3	8.7	13.3	17.9	24.5	0.6	
	16	シート止め	9.0	1	7.3	11.6	16.1	21.5	3.7	注1
				2	6.4	10.0	13.7	18.3	0.4	
				3	6.2	9.5	13.2	18.1	0.3	
	19	ダボ止め	9.0	1	7.2	11.2	15.5	21.8	0.6	注1
				2	7.3	11.2	15.3	21.0	0.3	
				3	7.0	11.0	14.9	20.6	0.0	

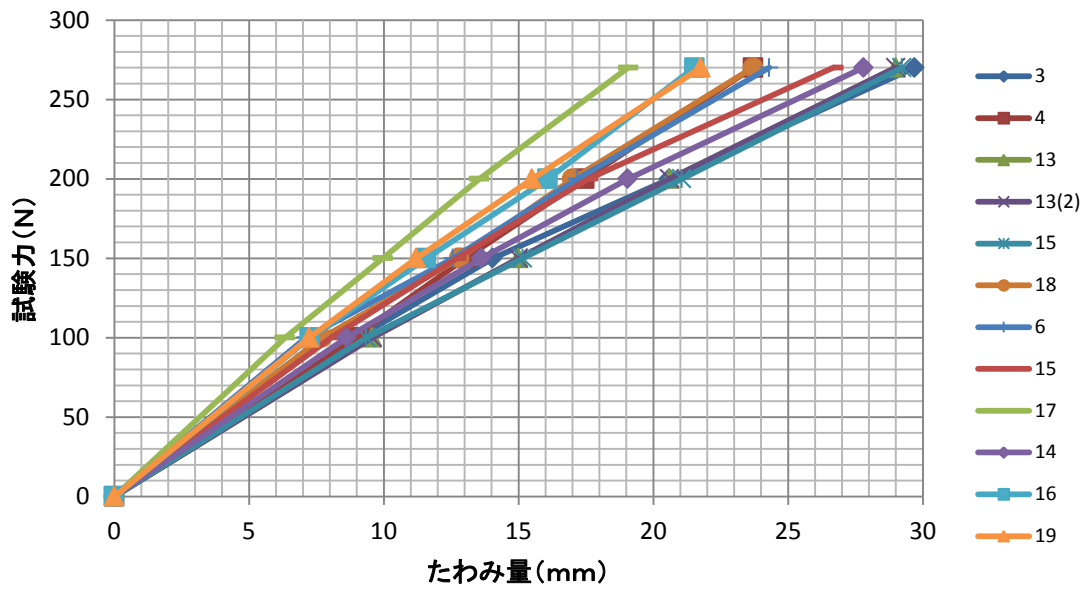
フレーム 種類	キャリヤ(クラス18)			測定回数	たわみ量(mm)				永久変形 量(mm)	備考
	No.	種類	足径(mm)		100N	150N	200N	270N		
a	1	ダボ止め	8.0	1	9.9	14.9	21.1	29.8	5.0	
				2	9.4	13.9	18.5	25.4	0.6	
				3	8.7	13.2	17.7	24.4	0.2	
	2	シート止め	8.0	1	10.6	15.9	21.5	30以上	5.3	注3
				2	9.2	13.8	18.5	25.7	0.4	
				3	9.1	13.7	18.5	25.6	0.3	
b	シート止め	8.0	1	10.6	16.4	22.4	30以上	6.0	注3	
			2	10.1	15.1	20.1	27.9	0.8		
			3	10.1	15.1	20.2	27.9	0.5		

注1: 270Nで1分間の保持なし

注2: 13(2)は未使用のもの、その他のキャリヤは試験に使用したもの

注3: ダイアルゲージの測定範囲が0-30mm

1回目



2回目

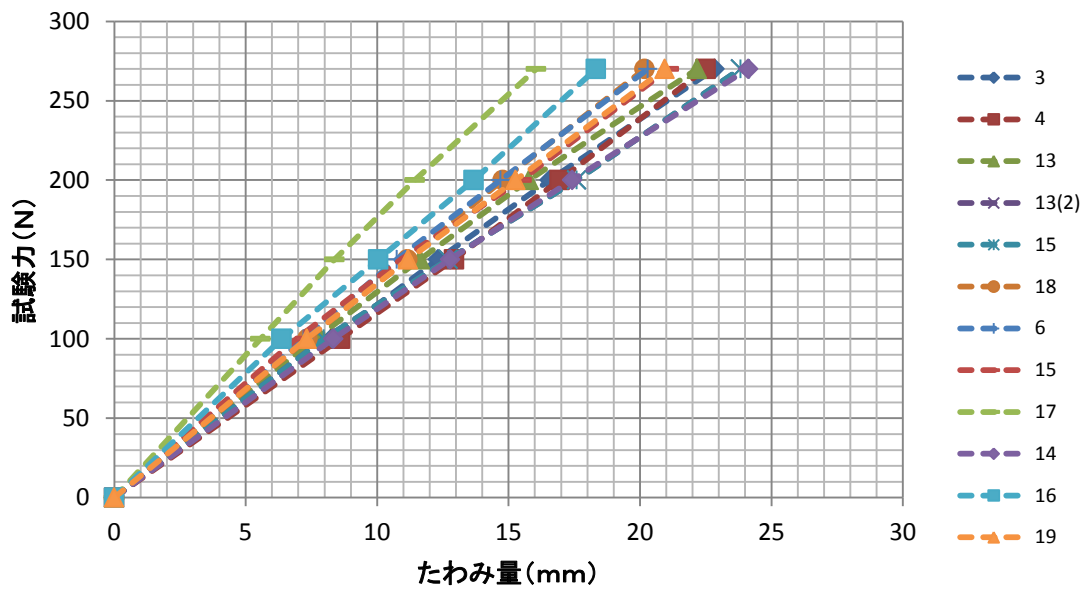


図 10 測定回数(1回目、2回目)とキャリヤのたわみ量

側方静的強度試験でのキャリヤのたわみ量の測定におけるリベット部のかしめの“がた”の影響を調べた。1回目のたわみ量の測定において、50N～100Nの初期力を加えてからたわみ量を測定すると“がた”の影響が排除され数値が安定するのではないかと考え、20N～100Nの間を20Nずつ測定した。なお、使用したキャリヤは、キャリヤ足を動かした時にリベット部のかしめに“がた”が無かったため、故意に“がた”を付けた。表13に2種類のキャリヤの測定結果を示す。測定結果から、No.4の1回目のたわみ量が23.4～24.3mm (No.4-3 がた有：24.3mm)、No.6の1回目のたわみ量が21.4～23.8mm (No.6-4 がた有：22.2mm)で、リベット部のかしめの“がた”によりたわみ量が大きくなることはなく、ほとんど影響しないが分かった。

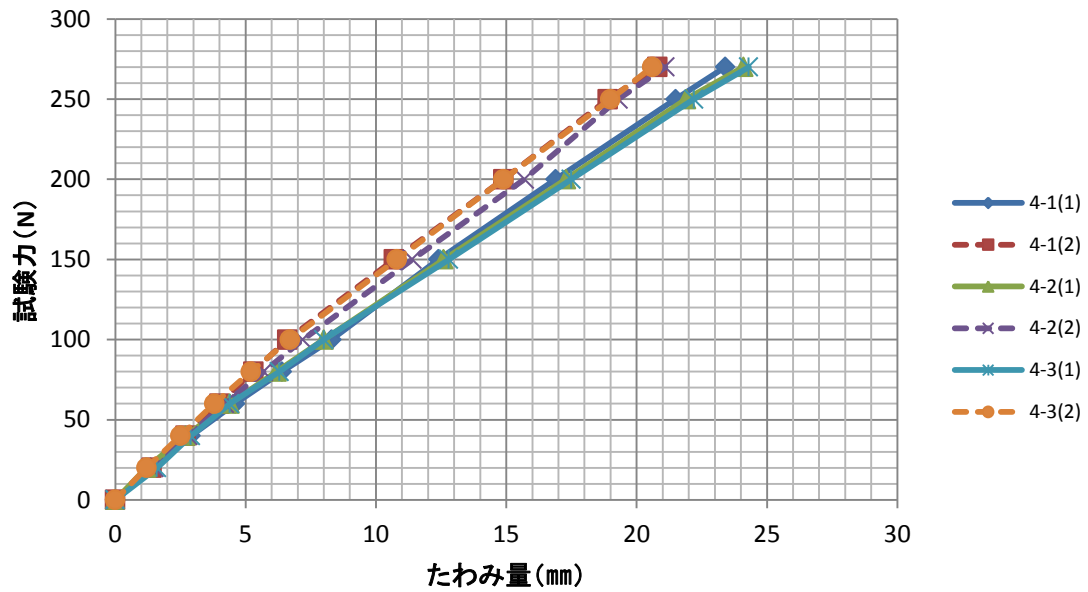
図11に1回目と2回目のたわみ量のグラフを示す。図11より1回目と2回目のたわみ量に差が発生するのは60Nを超えてからであり、50N～100Nの初期力を加えたとしても、1回目のたわみ量は安定しないことが分かった。

表13 初期力及びかしめの“がた”の影響

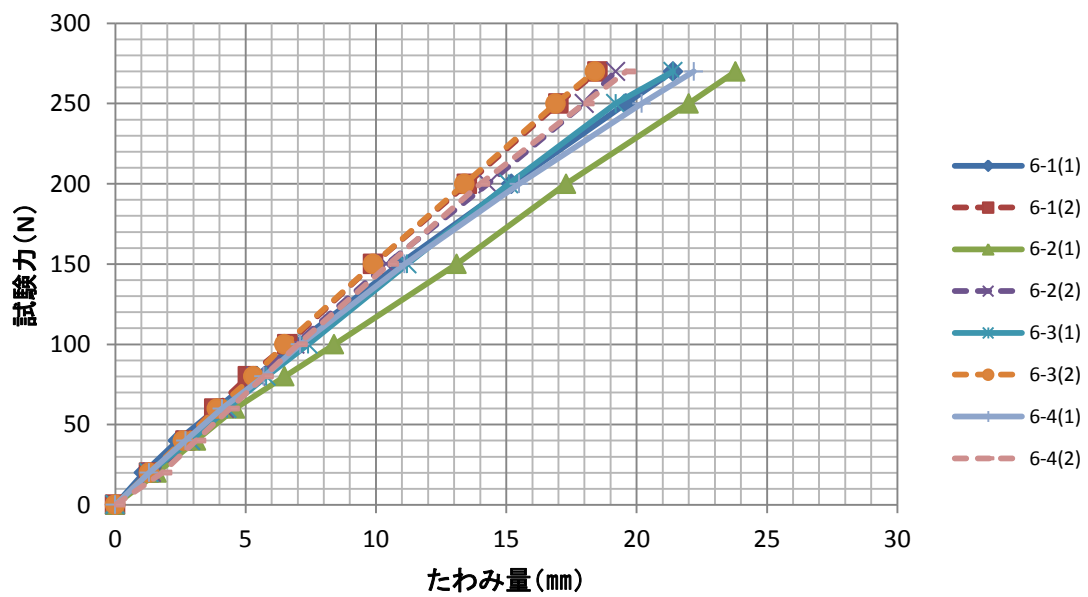
フレーム種類	キャリヤ No.	測定回数	たわみ量(mm)										永久変形量(mm)	備考
			20N	40N	60N	80N	100N	150N	200N	250N	270N			
a	4	1	1	1.4	2.9	4.6	6.4	8.3	12.4	16.9	21.5	23.4	3.3	
			2	1.4	2.7	4.0	5.3	6.6	10.7	14.9	18.9	20.8	0.3	
			3	1.3	2.5	3.9	5.2	6.5	10.4	14.6	18.7	20.5	0.1	
		2	1	1.2	2.7	4.4	6.2	8.0	12.6	17.3	21.9	24.1	3.4	
			2	1.5	2.8	4.2	5.7	7.2	11.4	15.7	19.3	21.1	0.3	
			3	1.4	2.7	4.2	5.6	7.1	11.4	15.7	19.5	21.1	0.2	
	3	1	1.6	2.9	4.4	6.3	8.0	12.8	17.5	22.2	24.3	3.5	注1	
		2	1.2	2.5	3.8	5.2	6.7	10.8	14.9	19.0	20.6	0.3		
		3	1.2	2.5	3.8	5.1	6.7	10.8	14.8	18.9	20.4	0.2		
b	6	1	1	1.1	2.4	3.9	5.4	6.9	10.9	15.2	19.6	21.4	3.8	
			2	1.3	2.7	3.8	5.1	6.6	9.9	13.5	17.0	18.5	0.4	
			3	1.3	2.6	3.9	5.3	6.6	9.9	13.4	17.0	18.5	0.3	
		2	1	1.6	3.1	4.6	6.5	8.4	13.1	17.3	22.0	23.8	4.5	
			2	1.4	2.9	4.2	5.4	6.9	10.4	14.3	18.0	19.2	0.4	
			3	1.4	2.6	4.0	5.4	6.6	10.2	13.9	17.8	19.2	0.2	
		3	1	1.3	2.9	4.3	5.8	7.4	11.2	15.1	19.2	21.4	3.0	
			2	1.3	2.6	3.9	5.3	6.5	9.9	13.4	16.9	18.4	0.3	
			3	1.3	2.6	4.0	5.3	6.6	10.7	13.6	17.0	18.5	0.2	
	4	1	1.3	2.7	4.1	5.7	7.1	11.1	15.5	20.2	22.2	3.5	注1	
		2	1.8	3.1	4.4	5.7	7.0	10.5	14.0	18.0	19.6	0.3		
		3	1.7	3.0	4.1	5.4	6.8	10.2	13.8	17.7	19.4	0.2		

注1:リベット部のかしめにがたをつけた

No.4



No.6



注：測定回数を（ ）で表す。

図 1 1 測定回数（1回目、2日目）とキャリヤのたわみ量

8. まとめ

○ フレームとキャリアを組み合わせた試験方法について

- 1) フレームとキャリアを組み合わせた方法による側方動的強度試験は、キャリア足径の細いものは、たわみ量が大きくなり耐久試験において破損した。
- 2) 振動試験は、動的試験と振動方向が異なりキャリアに発生する力の大きさが違うことから試験方法として適切でない。
- 3) 横方向動的強度試験は、フレームのキャリア取付け部（ダボ）に十分な強度があることから、試験を規定する必要はない。
- 4) 側方静的強度試験は、キャリア足径の細いもののたわみ量が大きくなり、動的試験と同じ傾向が得られた。また、たわみ量は、測定回数の1回目にはキャリア取付け時の“がた”が含まれているため数値が大きくなりばらつくが、2回目は“がた”がなじむため数値が安定する。
- 5) 以上のことから、フレームとキャリアを組み合わせた試験方法として、JIS 規格（D9301：一般用自転車）には、簡便に測定が可能な静的強度試験が有効である。

○ キャリア単独の試験条件について

キャリア単独（JIS D9453：自転車ーリヤキャリア及びスタンド）の試験条件については、以下のことが分かった。

- 1) 側方動的強度試験の揺動振れ角は、実走行でのキャリアに発生する応力との比較から、現行の±5度で十分であり変更する必要はない。試験回数は、キャリア単独の耐久試験で15万回でも異常がなかったことから、欧州規格（EN14872：キャリア）に整合させ5万回から10万回へ変更を提案する。
- 2) 側方静的強度試験は、現行の試験条件で十分であり変更する必要はない。

参考文献

- 1) キャリアの検証試験報告（財）自転車産業振興協会 平成23年3月