

バリア試験とCar to Car試験の比較^{*1}

Comparison of Full-Lap Frontal Barrier Crash Test and Car-to-Car Crash Test

大崎 耕司^{*2}
Koji OHSAKI

植木 純一^{*2}
Junichi UEKI

松嶋 努^{*2}
Tsutomu MATSUSHIMA

柳沢 克旭^{*2}
Katsuaki YANAGISAWA

1. はじめに

現在、自動車の前面衝突時における乗員保護に関わる国内の技術基準は、50km/hで走行する車両が前側から固定バリアに衝突する前面フルラップ衝突試験により乗員保護性能を評価するものとなっており、これは事故データを基にしたものである。ただ、車両が固定バリア（コンクリート壁）に衝突することの50km/h前面フルラップ衝突自体は、事故で頻発する形態ではなく、実際には、車と車が衝突するCar to Car衝突を模擬し、理論上等価とされる衝突で簡便に実施するものである。本報では、小型乗用車を用いて、理論上等価とされる50km/h前面フルラップのバリア試験（以下、「バリア試験」という）とCar to Car試験（以下、「Car to Car試験」という）の各1ケース計2ケースを実施し、車両変形、車両加速度およびダミー傷害値を測定し、比較・検証をした。

比較・検証に際しては、バリア試験とCar to Car試験が等価であるかを、実施した試験の結果を基に、三つの観点（車両変形、車両加速度、ダミー傷害値）から検討したので以下に報告する。

2. 試験条件

バリア試験50km/hとCar to Car 50km/hの試験形態を図1に示す。

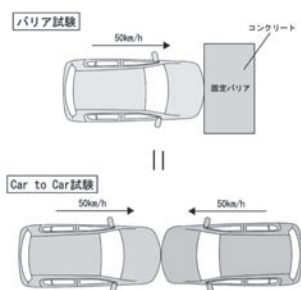


図1 試験形態

同図より、各車両の質量： m と、衝突速度： V が同じであるとすれば、車両1台に関しては、エネルギー保存則の式（1）より、エネルギー： E が同じとなり、各車両に対して等価の条件となる。

$$E = \frac{1}{2} m V^2 \quad (1)$$

試験車には運転席と後席左側にHybrid-Ⅲ AM50ダミーを搭載し（後席左側ダミーは計測なし）、3台とも同重量になるように設定した。試験条件を表1に示す。同表に示すように、各試験車とも、試験形態以外は同一の試験条件となっている。

表1 試験条件

衝突形態	バリア試験&Car to Car試験
目標衝突速度	50±0.5km/h
車両質量	1096kg
搭載ダミー	運転席：Hybrid-Ⅲ AM50ダミー 後席左：Hybrid-Ⅲ AM50ダミー（計測なし）
シートスライド	ニュートラル
シートバック	設計位置
ステアリング	ニュートラル
燃料タンク	代用燃料を容量の95%注入
その他	自動車アセスメントフルラップ試験方法に準ずる

3. 試験の精度

実施した試験の速度、位置ずれの精度を表2に示す。同表より、比較する上で衝突速度、位置ずれともに精度良く実施出来たものといえる。

表2 試験の精度

衝突形態	バリア試験	Car to Car試験	
		A車	B車
衝突速度 (km/h)	50.0	50.1	
衝突位置のずれ (mm)	右へ10、上へ2	右へ20、下へ7	
反発距離 (mm)	1005	570	550

*1 原稿受理 2009年1月13日

*2 (財)日本自動車研究所 安全研究部

4. 試験結果の比較

4.1 車両変形

変形した部分からエネルギー吸収量を求め、バリア換算速度^{1), 2)}を算出するために、試験前後の車両前部の変形量を測定した。図2に、計測された変形量から描画した変形モードを示す。

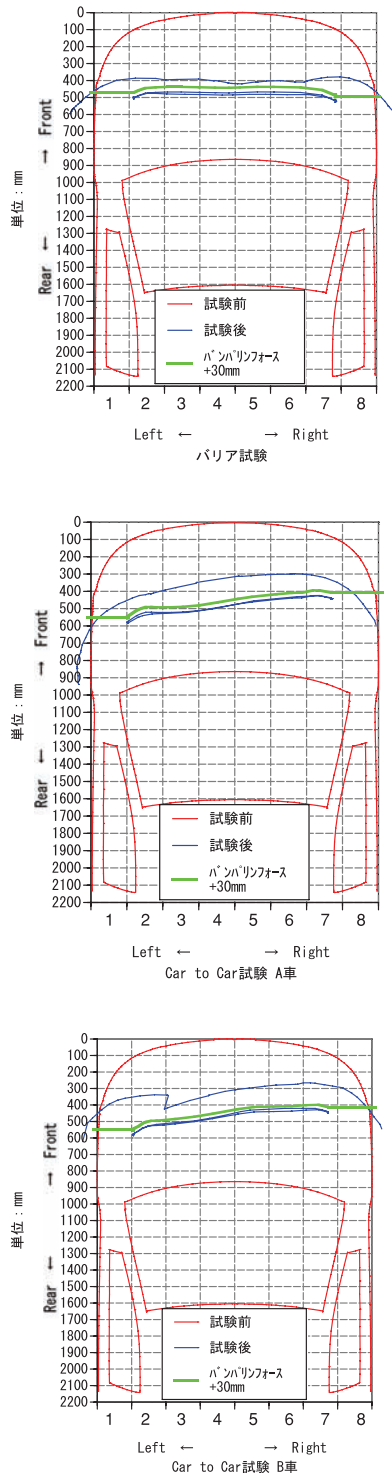


図2 変形モード

同図より、試験前の車両形状を赤のラインで示し、試験後のバンパ部（樹脂製）とバンパリソフス部（バンパの内側にある強度部材）を青色で示す。なお、今回、バリア換算速度を算出するにあたり、試験後の各試験車の樹脂製バンパ部に浮き（内側に空間）が見られたため、バンパリソフス部にバンパ部の樹脂部分の平均的な厚み30mmを加えたもの（図中の緑のライン）から、算出することにした。表3に、バリア換算速度を算出した結果を示す。同表には、車幅を左右方向で8等分し、車両前端を0mmとし車両の後方に100mm間隔で割り振り、各ブロックごとでエネルギー吸収量を求めた数値を記載している。

表3 バリア換算速度表

エネルギー単位: $\text{kgf} \cdot \text{m/m}$

バリア試験								
バリア換算	L				R			
	1	2	3	4	5	6	7	8
100mm	99	99	99	99	99	99	99	99
200mm	148	148	148	148	148	148	148	148
300mm	215	215	215	215	215	215	215	215
400mm	280	280	280	280	280	280	280	280
500mm	243	174	139	139	139	139	226	312
600mm	—	—	—	—	—	—	—	—
エネルギー小計	985	916	881	881	881	881	968	1054
エネルギー左右	3663				3784			
エネルギー合計	7447							
バリア換算速度					53.5 km/h			

Car to Car 試験 A車								
バリア換算	L				R			
	1	2	3	4	5	6	7	8
100mm	99	99	99	99	99	99	99	99
200mm	148	148	148	148	148	148	148	148
300mm	215	215	215	215	215	215	215	215
400mm	280	280	280	280	280	280	280	280
500mm	347	296	312	226	104	17	17	17
600mm	207	41	—	—	—	—	—	—
エネルギー 小計	1296	1079	1054	968	846	759	759	759
エネルギー 左右	4397				3123			
エネルギー 合計	7520							
バリア換算速度	53.8 km/h							

Car to Car 試験 B車								
バリア換算	L				R			
	1	2	3	4	5	6	7	8
100mm	99	99	99	99	99	99	99	99
200mm	148	148	148	148	148	148	148	148
300mm	215	215	215	215	215	215	215	215
400mm	280	280	280	280	280	252	280	280
500mm	347	312	260	155	17	—	35	35
600mm	207	62	—	—	—	—	—	—
エネルギー 小計	1296	1116	1002	897	759	714	777	777
エネルギー 左右	4311				3027			
エネルギー 合計	7338							
バリア換算速度	53.1				km/h			

同表より、各試験でのエネルギー吸収量の合計は3台の車両ともほぼ等価となり、すべて53km/h台の速度となった。しかし、ほぼ左右対称のエネルギー吸収量となっているバリア試験の車両と比較すると、Car to Car試験の車両は2台共に左側のエネルギー吸収量が多く、右側は少なくなっている。これは、硬さが均一な面（剛体のコンクリート壁）に衝突するバリア試験に対して、車両双方の運転

席側と助手席側が衝突するCar to Car試験においては、左右の剛性（エンジンの配置などの影響）の差異による影響が出たものと思われる。

4.2 車両加速度

表4に、車両加速度の最大値・最小値とその時間をまとめて示す。

表4 車両加速度測定

試験形態	バリア試験				Car to Car試験 A車				Car to Car試験 B車			
	Max. (m/s ²)	Max_T (ms)	Min. (m/s ²)	Min_T (ms)	Max. (m/s ²)	Max_T (ms)	Min. (m/s ²)	Min_T (ms)	Max. (m/s ²)	Max_T (ms)	Min. (m/s ²)	Min_T (ms)
エンジン-X	502.6	31.8	-1972.1	22.9	262.9	43.4	-1207.1	24.2	264.7	43.9	-1338.1	23.3
サイドシル右中央-X	19.0	85.8	-355.3	33.8	21.8	128.1	-406.0	30.9	29.4	120.3	-430.2	31.0
サイドシル左中央-X	14.9	87.4	-359.1	52.7	28.4	126.6	-329.1	59.8	30.6	96.9	-325.4	50.1
トンネル-R	410.3	33.2	1.9	108.4	414.7	30.7	2.2	0.0	446.6	30.2	2.6	0.0
トンネル-X	27.3	93.6	-407.5	32.9	44.5	91.3	-390.7	30.5	16.1	103.9	-439.6	30.2
トンネル-Y	31.7	48.9	-39.5	52.6	54.8	33.6	-59.6	64.1	66.2	32.1	-30.5	47.7
トンネル-Z	172.2	23.9	-184.8	41.4	149.0	31.1	-224.2	41.3	223.4	21.9	-263.5	14.1
Aビラー右-X	4.0	0.0	-436.9	53.7	20.4	132.6	-428.1	44.7	25.9	126.5	-458.5	48.0
Aビラー左-X	44.8	96.4	-401.4	55.3	21.2	116.4	-320.3	28.6	40.8	103.6	-358.2	44.4
Bビラー右-X	12.4	129.6	-328.9	44.7	5.4	98.7	-335.2	48.9	15.7	127.1	-387.6	48.6
Bビラー左-X	14.2	198.9	-307.6	40.8	9.4	128.2	-302.6	44.7	31.4	105.2	-325.2	44.0
サイドシル右前-X	16.6	85.4	-353.8	53.1	19.5	128.3	-384.6	31.0	20.1	120.5	-418.9	31.2
サイドシル左前-X	17.8	87.7	-374.8	52.5	26.6	126.7	-315.3	60.4	27.8	95.8	-324.5	49.6

方向は、SAE J1733に対応させている(+方向は、後・左・上)。

同表より、エンジン-X（前後方向）加速度が、バリア試験とCar to Car試験において、最も大きい差が出ており、約1.5倍バリア試験の値が高くなっている。詳しく比較するために、図3にエンジン-X（前後方向）加速度波形を示す。

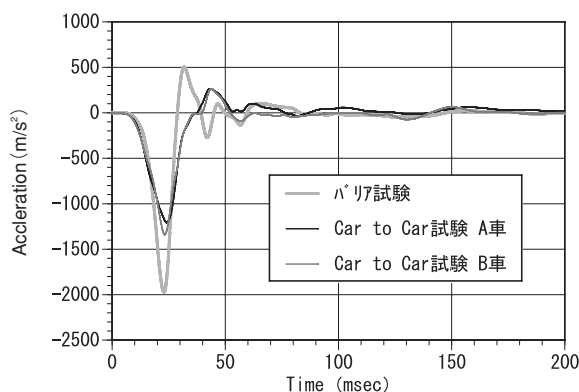


図3 エンジン-X 加速度波形

同図より、波形の最小値（前方向加速度の最大値）の時間は、22～25msとほぼ同じ時間帯になっているが、波形の山の大きさで差異が生じている。

このような現象の理由としてCar to Car試験では2台の車両が衝突することでエンジン部より前のクラッシュゾーンがバリア試験より多くなりバリア試験に比べエンジン部が受ける衝撃が少なくなることが考えられる。

また、車両前後席の中心付近（トンネル部）に取り付けた加速度（3軸合成）では、各車両とも近い値となっている（表4参照）。

図4に、トンネル部の（3軸合成加速度）の加速度波形を示す。

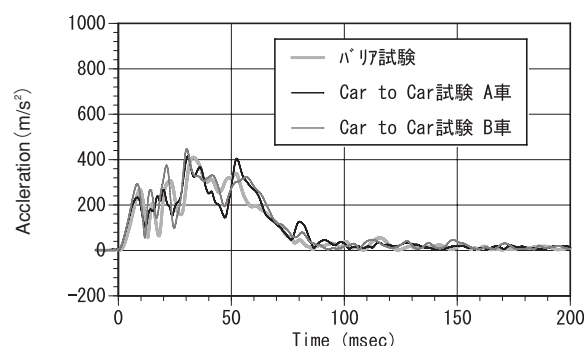


図4 トンネル部（3軸合成加速度）の加速度波形

同図より、各車両とも加速度波形は、ほぼ同様になっており、乗員が乗っているキャビン部分にかかる加速度は同等の衝撃の条件下といえる。

しかし、4.1節の車両変形部分でも述べているが、車両の左右の差異については、加速度においても、左右均等に近いバリア試験に対して、Car to Car試験は、左右不均等（右側の値が高い）となっている。

4.3 ダミー傷害値

表5に、試験で得られた運転席ダミーの計測結果について、自動車アセスメント³⁾で採用されているダミー傷害値を示す。

表5 ダミー傷害値

運転席		バリア試験	CTC_A	CTC_B
頭部傷害値(HIC36)		608.5	404.8	471.0
首上部モーメント - MY(後傾)		-26.62	-21.17	-22.37
				Nm
胸部合成加速度 3ms		44.18	41.98	46.16
胸部変位		-33.77	-31.46	-31.96
				mm
大腿部荷重	右側	-0.70	-5.31	-0.93
	左側	-1.01	-1.35	-1.05
				kN
下肢傷害指数TI 右脚	上部	0.52	0.92	0.89
	下部	0.50	0.79	0.76
	左脚 上部	0.24	0.34	0.40
	下部	0.22	0.29	0.26

同表より、頭部傷害値(HIC36)を比較してみると、バリア試験が最も高い値を示しており、Car to Car試験の約1.5倍高くなっている。

また、首上部モーメント - My(後傾)も頭部傷害値(HIC36)と同様に、バリア試験が最も高い値となったが、頭部傷害値(HIC36)程の差ではなかった。

バリア試験で頭部傷害値と首上部モーメント - My(後傾)の絶対値が大きくなった理由として、Car to Car試験と比較して衝突後の反発距離が大きかった(表2参照)ことにより、頭部の前後移動量が大きくなったことが要因と思われる。

胸部合成加速度(3ms)と胸部変位に関してはほぼ同等となっている。大腿部荷重の左側は同等の値となっているが、Car to Car試験のA車(同表

中でCTC_Aと記載)の右側のみ、5kNを超える高い値となっている。下肢傷害指数(TI)はCar to Car試験がバリア試験よりも少し値が高くなっており、両試験ともに右脚・左脚の上部・下部の値が右脚が左脚と比較して、高い傾向になっている。

全体的な傾向として、ダミー傷害値の結果を総括してみると、頭部と頸部はバリア試験の値が高く、胸部は同等で大腿部・下肢はCar to Car試験のほうが値が高くなっている傾向にある。傷害値からの観点では、頭部傷害値(HIC36)に1.5倍の差はあるものの、バリア試験とCar to Car試験は、ほぼ同等の傷害値レベルであったといえる。

5. おわりに

バリア試験とCar to Car試験を行い、その結果、車両変形からは、変形に要するエネルギー吸収量はほぼ同等の結果であったが、車両の左右の変形状況については、ほぼ左右均等に变形するバリア試験に対し、Car to Car試験では、試験車の双方で、車両構造(配置)の異なる右側と左側が衝突するため、バリア試験ほど左右均等に变形しないことが確認された。また、車両加速度については、エンジンの加速度に多少の差が見られたが、乗員が乗っているキャビン部分にかかる加速度ではほぼ同等の結果となっていることが確認された。ダミー傷害値においては、頭部傷害値(HIC36)に少し差は見られたが、その他の部位はほぼ等価であることが分かった。

以上の調査結果から、試験方法により想定される試験結果における具体的な差異についても確認することができ、また、簡便なバリア衝突試験により、Car to Car試験の結果とほぼ同様な結果が得られている事が改めて確認された。

参考文献

- 1) 石川博敏, 松川不二夫: 車体変形によるエネルギー吸収と固定壁換算速度, 自動車技術会講演会前刷集, No.792, p.493-502 (1979)
- 2) 久保田正美, 國分善晴: 前面形状別の車体エネルギー吸収特性, 自動車研究, Vol.17, No.1, p.19-22 (1995)
- 3) 国土交通省, (独)自動車事故対策機構 (<http://www.nasva.go.jp>), 自動車アセスメント2008.3 詳細版, (2008)