

最近の事故実態を考慮した側面衝突試験法に関する研究

自動車安全部

米澤英樹 山口知宏 民田博子

元自動車技術評価部

水野幸治

1. はじめに

側面衝突試験法はこれまで様々な方面から基準調和が呼びかけられながら、結果的には米国と欧州、日本とで衝突条件、評価基準等異なる試験法⁽¹⁾⁽²⁾が採用されている。しかし、近年の自動車安全基準の国際整合についての機運の高まりとともに、改めて側突試験法の国際調和に対する活動が活発化している⁽³⁾⁽⁴⁾。例えば各国エキスパートが参加する IHRA (International Harmonization Research Activities) 側面衝突ワーキンググループ(IHRA SIWG)では、世界の最新の側突事故実態、および市場実態に即した衝突条件を取り入れた国際統一側突試験法について、短期、長期の両面から論議が進められている⁽⁴⁾。側面衝突用ダミーについては、ISO/TC22/SC12/WG5 の下に設けられたタスクグループが国際統一側面衝突用ダミー World-SID の開発を進めている⁽⁵⁾。また、暫定的国際統一に向けたダミーとして現在の EuroSID-1 を改善した、ES-2 プロトタイプの開発、評価が進められている⁽⁴⁾。

統一化された側突試験法を検討する上では、日本を初め各国での側突事故実態を把握し、これを側突試験法に反映させる必要がある。本研究では、国内の事故実態を分析し、市場を代表する車両の前部寸法、剛性を整理し、かつ事故実態を考慮した実車実験(着座位置、体格等)を行い、最新の事故分析を踏まえつつ、将来の側突試験法において重要と考えられる項目について検討する。

2. 側面衝突事故の分析

国内の側面衝突事故の分析を 1997 年の警察庁交通事故統計を用いて行った。交通事故統計は 1 名以

上の負傷者を伴う交通事故をすべて収集しており、1997 年に発生した交通事故は 780,399 件、負傷者は 958,925 人、死亡者 9,640 人であった。交通事故統計では、乗員の傷害は死亡(事故後 24 時間以内の死亡者)、重傷(事故後 30 日以上の治療を要する)、軽傷(事故後 30 日未満の治療を要する)、無傷の 4 種類に分類され、無傷については運転者のみが集計されている。また、後席乗員の着座位置(左、右、中央)は記録されていない。この交通事故統計から車対車側面衝突事故を抽出した。衝突位置を検討するため、前席乗員の左右の着座位置が明らかにされているデータのみを抽出した。抽出結果は 63,658 件であった。

これらの側面衝突事故における関係車両、および相手対象物の種類を Fig.1 に示す。

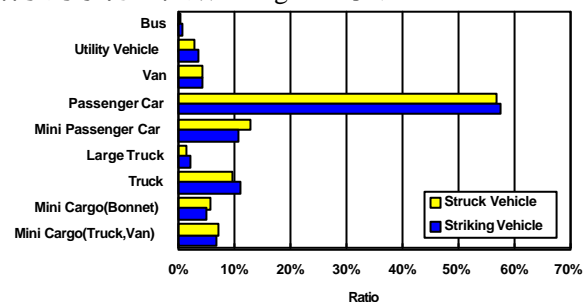


Fig.1 Types of vehicles in vehicle-to-vehicle side impact accidents (N=63,658)

車対車側面衝突における関係車両の種類は乗用車が最も多く、半数以上を占める。これらの結果を踏まえ、分析を乗用車同士の側面衝突についてのみを行い、着座位置による傷害、衝突速度、被・加害部位、性別等について分析した。

側面衝突における衝突側、反衝突側乗員の受傷者数を Fig.2 に示す。傷害程度が大きくなるに伴い、衝突側乗員の比率、および、ベルト非着用者の比率

が高くなる傾向にある。衝突側乗員と反衝突側乗員の比率は、重傷以上で 62% : 38% となっている。したがって、これらの反衝突側乗員の傷害の評価についても考慮していく必要がある。

衝突側乗員の傷害程度別に累積速度分布を調べた結果を Fig.3 に示す。速度は警察庁統計における「危険認知速度」を用いた。側突車の速度曲線は乗員の傷害程度による差が小さいが、衝突車の速度曲線は側突車乗員の傷害程度が厳しくなるに伴い、高速度域に分布する傾向を示している。側突車乗員の重傷以上の 50 パーセンタイルに相当する速度は、側突車 25 km/h、衝突車 45 km/h となり、両車の速度比は約 1/2 である。

重傷以上の乗員の受傷部位について Fig.4 に、加害部位について Fig.5 に示す。受傷部位は衝突側乗員の場合と反衝突側乗員に関係無く傾向は類似している。受傷部位では頭部、頸部、胸部等が多い傾向を示している。また、ベルト着用、非着用による受傷部位の傾向は頭部、頸部などの部位に差異が見られる。加害部位は衝突側乗員でドア、窓が非常に高い比率を示す結果となっている。また、ベルト非着用乗員の場合は、それ以外にステアリング、ウィンドシールド、インストルメントパネル等の前方部位にも分散する傾向が見られる。反衝突側乗員では、ステアリング、ウィンドシールド等の客室内前方構造物の比率が、衝突側乗員の場合より高くなっている。

受傷者の性別について 1996 年から 1998 年の 3 年間の警察庁統計における乗用車同士の側面衝突について分析しその結果を Fig.6 に示す。重傷以上について見ると衝突側、反衝突側とも男女の比率は近いが、わずかながら男性の受傷者が多い。

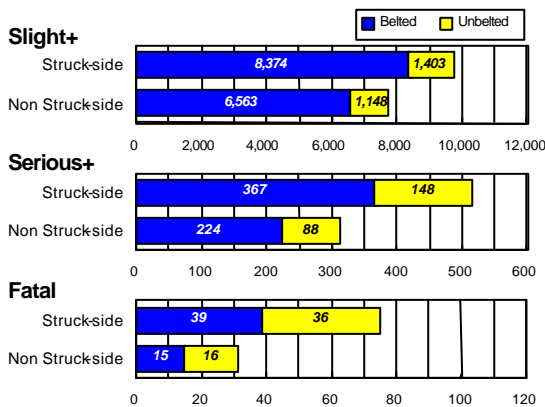


Fig.2 Number of injuries to struck- and non-struck-side occupants in car-to-car side impact accidents

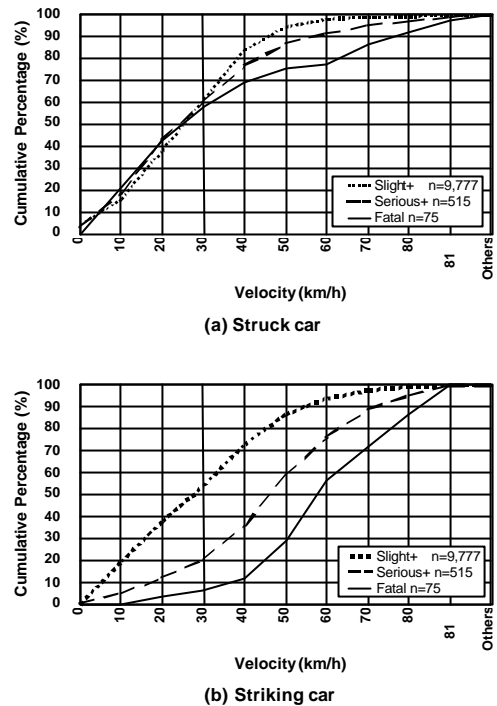


Fig. 3. Velocity distribution in car-to-car side impact accidents classified by struck-side occupant injury severity

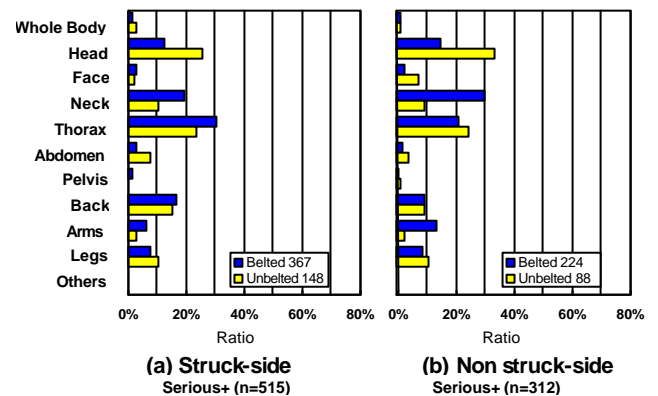


Fig. 4 Injured body regions for “Serious+” injuries in car-to-car side impact accidents

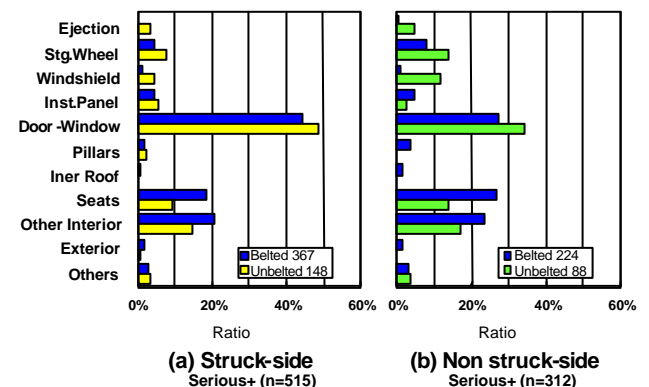


Fig. 5 Causes of injuries for “Serious+” injuries in car-to-car side impact accidents

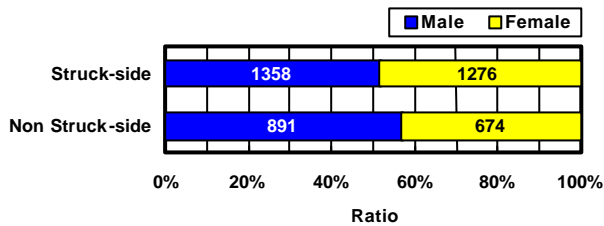


Fig. 6 Ratio of serious injuries by gender in side impact accidents(1996-1998)

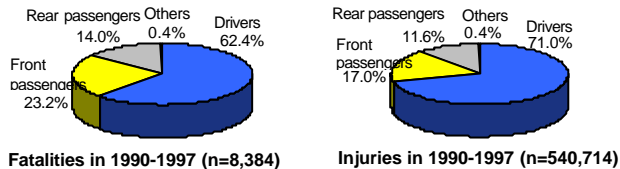


Fig. 7 Injuries by seating locations in side impact accidents

受傷者の着座位置について1990年から1997年の8年間の警察庁統計を用いて分析し、その結果をFig.7に示す。死亡者の85%、負傷者の88%が前席着座乗員で、後席乗員の占める割合は10~15%程度である。

3. 車両特性の分析

側突試験において衝突車として用いるMDBとそのバリアフェイスは乗用車の特性を考慮して決める必要がある。そこで、1998年に日本国内で新車登録された車両の1)車両質量、2)前部形状、3)前面剛性について調査を行った。調査対象車種としては、現在の日本国内の保有台数状況、および前述の側面衝突事故分析の結果等を考慮し、側突事故時の衝突車を代表すると考えられるボンネット車、ミニバン、SUVとした。有効調査台数は、車両質量、前面部の寸法については4,026,470台、前面剛性については3,057,349台である。この台数は、1998年の四輪自動車の年間総販売台数5,879,425台に対して、それぞれ68.5%、52.0%に相当している。

3.1. 車両質量

空車質量の累積構成率をFig.8に示す。累積構成率50パーセントに相当する空車質量は1,150kgである。この値は、1993年車の調査結果の1,080kgに対して70kgの質量増加であった。この要因としては、車両の大型化、安全対策による質量増、また、比較的質量の高いミニバン、SUVの販売台数の増加等が考えられる。MDBの質量は、本調査結果のほかに市場における乗員の着座実態を考慮した乗員分の質量を加味して検討する必要がある。

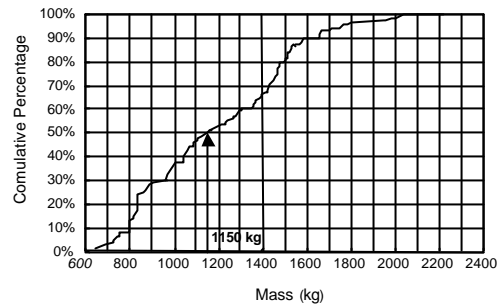
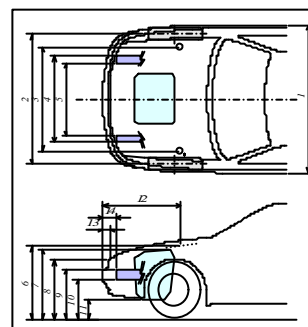


Fig. 8 Cumulative distribution of vehicle mass

3.2. 前面形状

前面部の寸法として、車体前面部の強度部材を中心に各部の地上高、左右の幅、前端からの長さ等を調査した。調査した各部位の寸法値は、それぞれの車両の販売台数による重み付けを施し、加重平均値を求めた。調査結果をFig.9に示す。

フロントショックアブソーバー固定高さの加重平均値は現在の日本、欧州の側突試験法のバリアフェイス上端高さである800mmよりわずかに低く、フロントサイドメンバ下端高さの加重平均値はバリアフェイス下端高さの300mmよりもやや高い値であった。



Measurement Point	(mm)
1 Overall Width	1652
2 Tread	1428
3 Front Shock Absorber Fixing Width	1007
4 Longitudinal Member Width (Inner Surface)	982
5 Longitudinal Member Width (Outer Surface)	853
6 Front Shock Absorber Fixing Height	788
7 Engine Top Height	735
8 Bonnet Front-end Height	736
9 Longitudinal Member Top Height	504
10 Longitudinal Member Bottom Height	376
11 Engine Bottom Height	267
12 Front Shock Absorber Fixing from Vehicle Front-end	804
13 Bonnet Front-end from Vehicle Front-end	99
14 Longitudinal Member Front-end from Vehicle Front-end	138

Fig. 9 Measuring points and weighted average for each dimension

3.3. 前面剛性

前面剛性として、固定壁への前突試験においてバリア荷重が計測されている86車種を対象とし、その荷重変形特性から変形量50mmごとに荷重値を求

めた．荷重値は現在の日本，欧州の側突試験法に採用されているバリアフェイスを考慮した6分割相当になるように面積比により補正した．荷重は販売台数による重み付けをして加重平均値を求めた．

荷重変形特性を現在のバリアフェイスに規定されている荷重変形コリドーと合わせて Fig.10 に示す．車両上部の剛性はコリドーにほぼ一致しているが，車両下部はコリドーと異なり左右部の剛性が高く，中央部の剛性が低い特性を示している．また，車両全体としてはコリドー上限よりも高い剛性を示す結果となった．この傾向はミニバン，SUV の販売台数の増加とともに，オフセット前面衝突対策の結果が反映されているものと思われ，欧州車，米国車でもほぼ同様の傾向になると予想される．

4．実車側突試験

4．1．実験項目

事故データによる分析から，側突車の速度が 50 パーセントマイルで 20~30km/h であること，反衝突側の乗員の傷害者数が多いこと，後席乗員の比率が 15% 存在していること，女性乗員の比率は男性乗員と近いことがわかった．これらの乗員の傷害リスクを検討するため，小型乗用車 2 車種を用いた 11 ケースの側突試験を実施した．主たる検討項目は，1) 衝突側・反衝突側，2) 前席・後席，3) クラブ角の有無，4) EUROSID-1・ES-2，それぞれにおけるダミーの応答の比較である．試験は，現在の日本，欧州で採用されている側突試験法 ECE R95 の試験条件をベースにした条件，および米国の側突試験法 FMVSS214 をベースにした条件で実施した．試験条件を Table1 に示す．

4．2．実験結果

4．2．1．衝突側と反衝突側のダミー応答の比較

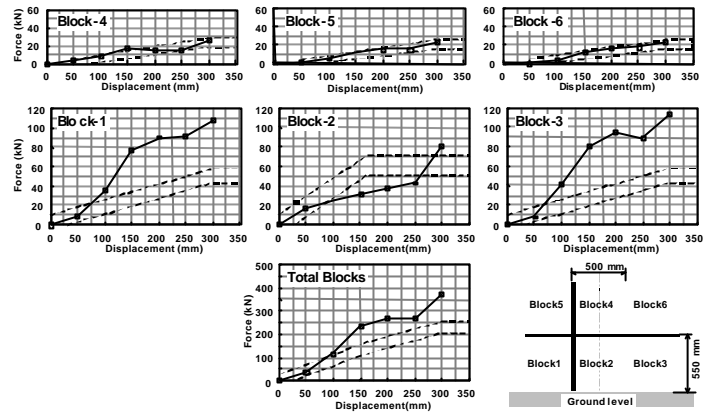


Fig. 10 Vehicle front-end stiffness (weighted average based on the 1998 car

ECE R95 をベースとしたクラブ角の有無における衝突側，反衝突側ダミーの応答 (Test No.1,2) を比較し，Fig.11 に示す．HPC を除いて反衝突側ダミーの応答は衝突側ダミーよりも低い応答を示している．特にリップ変位，および V*C については，反衝突側ダミーは非常に低い値となっており，胸部への入力がかほとんどないことを示している．これらの傾向は 27 度クラブ角ありの試験でもほぼ同様であり，このことから，現在の試験法の条件においては反衝突側にダミーを搭載しての傷害値計測はほとんど意味がないものと判断される．この理由は，現在のダミーは衝突側の評価をする構造となっているため，ダミー同士の干渉に関して正確に計測できない事も 1 つの原因となっており，左右からの衝撃を計測できるダミーが必要となる．

4．2．2．前席と後席ダミー応答の比較 現在の試験条件下での後席ダミー応答評価の可能性について検討するため，ECE R95 をベースにして，クラブ角なしの条件下において前席・後席のダミー応答 (Test No.1,2) を比較した．これをサイズの異なるダミ

Table 1 Full-scale test matrix

Test No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Impact Configuration											
Impact Velocity	50 km/h		53.9 km/h	50 km/h	53.9 km/h	50 km/h	53.9 km/h	50 km/h	53.9 km/h	50 km/h	53.9 km/h
MDB Mass	950 kg			950 kg		1368 kg		950 kg		1368 kg	
Barrier Face Height	300 mm			300 mm		279 mm		300 mm		279 mm	
MDB Impact Point	ECE/R95			ECE/R95		FMVSS214		ECE/R95		FMVSS214	
Barrier Face Type	ECE/R95			ECE/R95		FMVSS214		ECE/R95		FMVSS214	
Struck Vehicle	4drSD-A			4drSD-A				4drSD-B			
Struck Vehicle Mass	1285 kg	1282 kg	1283 kg	1210 kg	1211kg	1210 kg	1212 kg	1433 kg	1430 kg	1432 kg	1431kg
Front Struck-side Dummy	EUROSID-1	SID- s +	EUROSID-1	ES2 Proto				ES2 Proto			
Seat Position	Mid	Front Most	Mid	Mid				Mid			
Rear Struck-side Dummy	SID- s +	EUROSID-1	SID- s +	SID- s +				SID- s +			
Front Non Struck-side Dummy	EUROSID-1			No Dummy				No Dummy			
Seat Position	Mid			-				-			

ーである EUROSID-1, SID-IIs の場合について Fig.12 に示す .EUROSID-1 ,SID-IIs の場合とも胸部 , 腹部については前席の方が高い値を示しているものの , 頭部 , 腰部についてはダミーのサイズにより傾向が異なっている . このことから搭載するダミーのサイズによってはクラブ角なしの場合でも後席の方が傷害値が高い場合があることがわかった .

4.2.3. クラブ角の影響 ここでは MDB のクラブ角の有無が前席 , 後席のダミーの応答にどのような影響を与えるかを検討した . 比較結果の一例として , ECE R95 をベースとした A 車 (Test No.4,5) , B 車 (TestNo.8,9) の試験における前席 , 後席ダミー各部の応答をそれぞれ Fig.13 , 14 に示す . 前席ダミーについては A 車 , B 車ともクラブ角ありの方がなしよりも低い応答を示している . これらの傾向は

FMVSS214 をベースとした試験 (A 車 : Test No.6,7 , B 車 : Test No.10,11) の場合でもおおむね同様の傾向を示している . 一方 , 後席ダミーについては前席の場合と異なり , 胸 , 腹の肋骨変位に関しては , A 車 , B 車ともクラブ角ありの方が高い応答を示している . また , FMVSS214 をベースとした試験では , 胸 , 腹の肋骨変位だけでなく恥骨荷重に関しては , クラブ角ありの方が高い値を示している .

4.3. EUROSID-1 と ES-2 プロトタイプと比較

ES-2 (プロトタイプ) は , 現在の ECE R95 の試験に使用される EUROSID-1 における様々な問題点を改善したダミーと言われている . ここでは , 同一条件下での EUROSID-1 と ES-2 の応答を比較し , その改善効果の評価と両者の特性の差異について検討した .

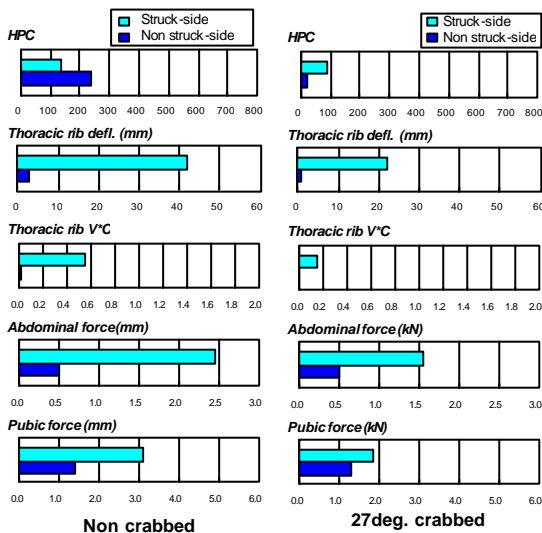


Fig. 11 Dummy responses of struck- and non struck-side dummy

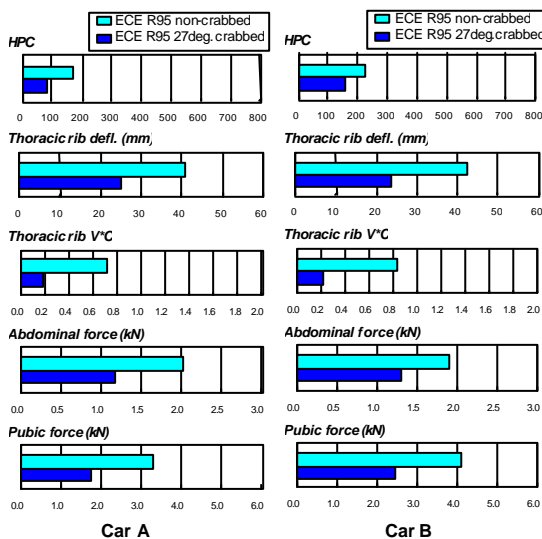


Fig. 13 Front dummy responses in non-crabbed and 27degree crabbed test

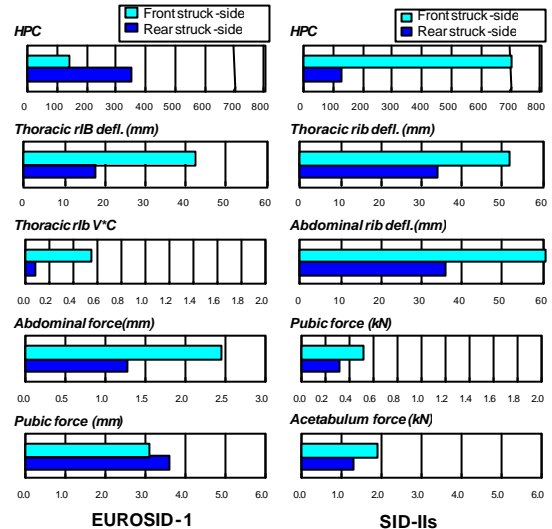


Fig. 12 Front and rear struck-side dummy responses

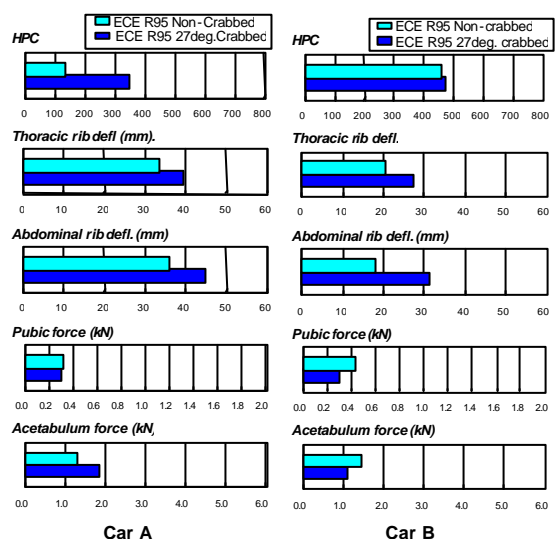


Fig. 14 Rear dummy responses in non-crabbed and 27degree crabbed test

EUROSID-1 と ES-2 の各部の応答を ECE R95 をベースとしたクラブ角なし(Test No.1,4), クラブ角あり(Test No.3,5)で比較し, Fig.14 に示す. クラブ角なしでは, リブ変位は両者の最大値はほぼ同様ながら, ES-2 プロトタイプでは変位が生じた後に振動現象が生じている. 恥骨荷重については ES-2 において EUROSID-1 で見られた 2nd ピークが軽減されている. クラブ角ありの試験では, リブ変位に関して EUROSID-1 で生じているフラットトップ現象が ES-2 プロトタイプにおいては軽減されている.

これらの結果から ES-2 は EUROSID-1 において構造上の問題とされていたフラットトップ現象, および恥骨荷重の 2nd ピーク発生に関して, 改善の兆候が見られることがわかった. しかし, リブ変位に関して, 最大変位後に振動現象が生じる事もあり, さらなる調査研究が必要であると思われる.

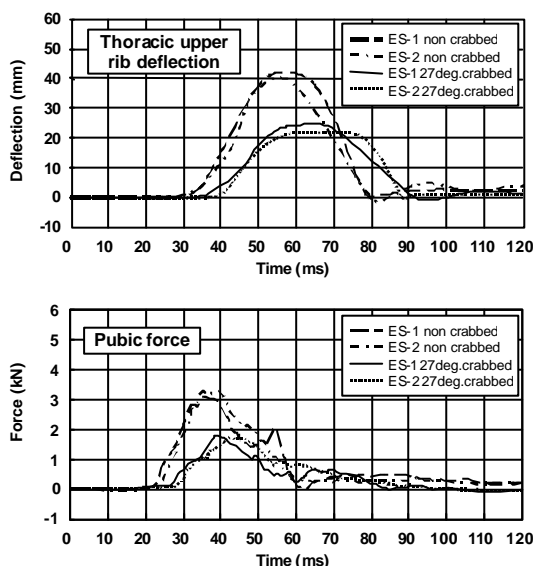


Fig. 15. EUROSID-1 and ES-2 responses in ECE R95 based tests.

5. まとめ

以上の結果に基づいて, 国際調和の観点から将来の実車側面衝突試験法の条件について以下のように考察を行った.

1) 事故実態から, 衝突車, 側突車ともに速度を持っているため, クラブ角付きテスト法も検討の対象となり得る. クラブ角無しの方が前席ダミーの傷害が高く, 前席ダミー評価には適した方法である. しかし, 後席ダミーの評価を考える場合は, デフォーマルバリアの寸法及び衝突位置も含め, クラブ角についてもさらに検討が必要である.

2) デフォーマルバリアの仕様について 剛性は

最近の販売されている車両の状況及び衝突安全対策上, 現在の剛性とは大きな差異があり, 最低地上高, 寸法も含め, 再検討するべきであると考えられる. また, 質量についても, 現在の条件よりも大幅に重くなっているため, 日欧米の結果も踏まえ, 検討する必要がある. 現時点では, デフォーマルバリアの質量は 1250kg 以上, 幅 1600~1800mm, 有効高さ 500~600mm, 地上高 300~350mm が適当であると考えられる.

3) 反衝突側乗員の保護性能に関しては, 現状のダミーを用いた試験方法では評価が困難である. 左右対称に評価できるダミーの開発(例えば現在開発中の WorldSID は計測可能)を待つと共に, 市場事故での反衝突側乗員の傷害発生メカニズムについてさらに分析する必要がある.

4) 後席乗員に関しては, 事故分析の結果からは, 受傷者数は前席に比べ 10~15%と少ない, しかし, ダミーサイズによっては傷害の大きさも異なることや, 前席とは傷害の発生状況が異なる可能性もあるため, 後席乗員評価をさらに検討するべきであると考えられる.

5) ダミーサイズにより, 傷害の発生パターンが異なる. 今まで AM50 により評価が実施されてきたが, 路上事故データからも明確な様に, 女性乗員も考慮した試験法を検討する必要がある. AF05 の方が傷害値が高い場合もあり, AM50 ダミーのみで異なるサイズの乗員の傷害リスクを評価する事は難しい事が分かった.

6) EuroSID-1 を改善した ES-2 に関しては, 主要部位の改善は終了しており, 今後の検討が必要であるが, 暫定統一ダミーとしての可能性を有している.

参考文献

- (1) 49 CFR Part 571, "FMVSS214; Side Impact Protection" (1990)
- (2) ECE Regulation No. 95 (1995)
- (3) EEVC WG12, "Status of Side Impact Dummy Development in Europe" (2000)
- (4) Seyer, K., "International Harmonised Research Activities Side Impact Working Group", Paper No.151, ESV 2001
- (5) ISO/TC22/SC12/WG5-N597, "ISO World-SID Task Group Status Report to ISO/TC22/SC12/WG5", April 2000