

13. 新しい側面衝突試験法に関する研究

—実車による側突試験とポール側突試験—

自動車安全研究領域 ※細川 成之 米澤 英樹 松井 靖浩 高木 俊介
名古屋大学 水野 幸治

1. はじめに

乗用車が側面より衝突された場合の乗員保護対策は、1998年に側面衝突基準が導入された。結果、交通事故時の死亡重傷者数が低減されつつある。しかし、出会い頭による事故件数は、依然として増加傾向にあるため、側面衝突事故に対してはより効果的な対策が望まれる。

日欧の側面衝突試験法は、評価車両の側面に衝突車を模擬したMDB (Movable Deformable Barrier: 移動台車) を50km/hで衝突させ、車両の安全性能を車室内ダミーの傷害値を用いて評価する。一方、側面衝突試験で使用されるMDBは1970年代の普通乗用車の仕様を元に作られたものである。近年の乗用車は1970年代の車両に比べて前面剛性や車両質量が大きく変化しているため、現在の交通事故状況を反映した新しいMDBを開発する必要がある。そこで、日欧では次期側面衝突用MDBとしてAE-MDB (Advanced European - MDB) の導入に向け検討が行われている。これは、近年市場で多くみられるSUVや1box車も含めた乗用車の前面剛性や車両重量を調査し、開発が進め

られているものである。

また、乗用車の単独事故時の乗員保護対策として、木立や電柱を含む幅の狭い地上構造物へ衝突した際には死傷率が高くなるため、このような衝突形態に対する乗員保護性能を評価する手法が必要である。これについては、最近自動車メーカーで開発され装備がすすんでいるカーテン・サイド・エアバッグの効果と併せて評価する必要である。

本研究では、我が国に新しい側面衝突試験を導入する際の基礎資料を作成することを目的として、① IHRA-SIWG (International Harmonized Research Activities - Side Impact Working Group) 及び EEVC/WG13 (European Enhanced Vehicle Safety Committee / Working Group 13)で議論されているAE-MDBを用いた実車衝突試験 ②米国法規 (FMVSS214) 及び Euro-NCAP で実施されているポール側面衝突試験を実施した。ここでは特に、乗員の体格による傷害程度の比較を行うために、ダミーは成人男性を模擬したES-2ダミー (法規試験で使用: 成人男性の50パーセントイル) と小柄女性性を模擬したSID-IIs (成人女性の5パーセントイ

表1 MDBを用いた側面衝突試験条件

Test No.		1	2	3	4	5	6
Test config.							
Impact Verocity		50 km/h					
Impact Point	Striker	Vehicle C/L					
	Struck Car	SRP	SRP	SRP	SRP+250 mm	SRP+250 mm	SRP
Striker	Type	ECE/R95 MDB	ECE/R95 MDB	AE-MDB	AE-MDB	AE-MDB	Car
	Mass	948 kg	948 kg	1503 kg	1503 kg	1503 kg	1269 kg
Struck Car	Ground Height	300 mm					
	Curtain air bag	without	without	without	without	without	without
Struck Car	Mass	1194 kg	1249 kg	1251 kg	1304 kg	1256 kg	1317 kg
	Front Dummy	ES-2	SID-IIs	SID-IIs	ES-2	SID-IIs	ES-2
	Rear Dummy	SID-IIs	-	SID-IIs	ES-2	SID-IIs	ES-2

C/L: Center line

SRP: Seat reference point of driver in front seat

SRP + 250 mm: 250 mm behind the SRP

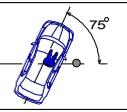
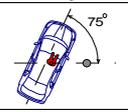
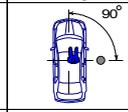
ル)を用いた。MDBを用いた側面衝突試験条件を表1に、供試車両及びMDBの仕様を表2に示す。

表2 供試車両及びMDBの仕様

供試車両	ECE/R95 MDB	AE-MDB ver.2
		
・質量:1100 kg ・排気量:1498cc ・寸法: 全長 4395 × 全幅 1695 × 全高 1535 (単位:mm) (※)	・質量:950 ± 20 kg ・前面バリア部寸法: 幅 1500 × 高さ 500 × 奥行 500 (単位:mm) (※)	・質量 1500 ± 20 kg ・前面バリア部寸法: 幅 1700 × 高さ 500 × 奥行 500 (単位:mm) (※)

※最大値

表3 ポールに対する側面衝突試験条件

Test No.	7	8	9	
Test config.				
Impact Velocity	32km/h	32km/h	29km/h	
Impact Point	Pole center to front dummy head center	Pole center to front dummy head center	Pole center to front dummy head center	
Pole	Size	254mm (10in)	254mm (10in)	254mm (10in)
	Impact Angle	75°	75°	90°
Struk Vehicle	Mass including Dummy	1194kg	1161kg	1195kg
	Front Dummy	ES-2	SID-IIs	ES-2

2. 試験条件

2. 1. MDBを用いた側面衝突試験

供試車両は、国産のボンネット型の4ドア小型乗用車を用いた(カーテン・サイド・エアバッグは非装着)。

Test No. 1, 2は、日欧の法規試験方法に則し、ECE/R95 MDBの中心を被衝突車のSRP(Seating Reference Position)に対し直角に50km/hで衝突させる手法で実施した。被衝突車の前席には、Test No.1ではES-2、Test No.2ではSID-IIsをそれぞれ搭載した。Test No. 3, 4, 5では、移動台車としてAE-MDB ver2を用いた。なお、MDBを用いた試験では前席に加え後席乗員の保護性能も調査することとしている。そのため、ダミーは前後席にそれぞれ搭載し、被衝突車における衝突位置は前席ダミーのSRPより後方250mmの位置とされている。Test No.3では、被衝突車における衝突位置を前席SRPとし、前後席にはSID-IIsを搭載した。Test No.4, 5では、被衝突車における衝突位置を前席SRPから後方250mm(以下、「SRP+250mm」と呼ぶ)とした。前後席に搭載したダミーは、Test No.4ではES-2、Test No.5ではSID-IIsとした。Test No.6は、衝突車は被衝突車と同型の車両(表

2)とする車対車衝突形態とした。被衝突車における衝突位置は前席SRPとし、前後席に搭載したダミーはES-2とした。なお、今回は乗車率の高い前席乗員ダミーについて解析を行った。

2. 2. ポールに対する側面衝突試験条件

ポールに対する側面衝突試験条件を表3に示す。被衝突車は、MDBを用いた側面衝突試験で使用した車両と同形の車両(表2)としたが、カーテン・サイド・エアバッグが装備されている。

Test No.7, 8では、米国の試験法(FMVSS214)に則し、被衝突車の速度を32km/h、衝突角度を75°として、直径254mmのポールへ衝突させた。Test No.9ではEuro-NCAP試験要領に則し、被衝突車の速度を29km/h、衝突角度を90°として、直径254mmのポールへ衝突させた。なお、衝突位置は、いずれもポールの中央が前席ダミー頭部の中心に衝突するように設定している。

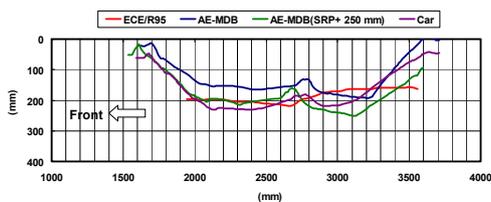
ダミーは、Test No.7, 9ではES-2を、Test No.8ではSID-IIsを用いた。いずれのダミーとも、被衝突車に標準装備されている三点式シートベルトで拘束した。シートポジションは、ES-2の場合には、ECE/R95条件に則しシートスライドを前後スライドの中間位置に設定した。また、SID-IIsの場合は、IIHS(Insurance Institute Highway Safety)のシートポジション設定法に則し、シートスライドを前後スライドの最前位置にした。

3. 試験結果

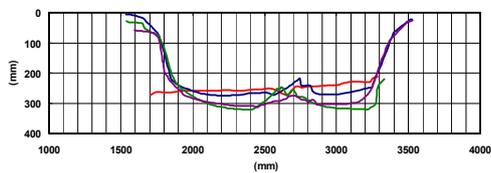
3. 1. MDBを用いた側面衝突試験

3. 1. 1 被衝突車の変形状況

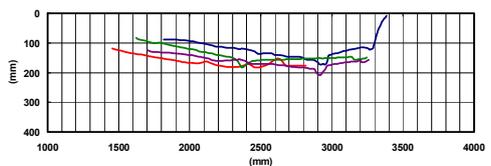
衝突試験後の被衝突車の変形状況を図1に示す。(a)はダミー胸部高さ、(b)はダミーヒップポイント高さ、(c)は車両のサイドシル高さ、における被衝突車の外板変形状況を示している。AE-MDB及びAE-MDB SRP+250そして実車を用いた試験では被衝突車ドア・パネルの変形状況は、近似しているが、その中でもAE-MDB SRP+250では、特に胸部高さで車両後部の変形が大きくなっている。一方で、ECE/R95 MDBを用いた場合には、被衝突車のBピラー付近の変形量が他の試験条件の場合に比べて大きい結果となった。これは、ECE/R95 MDBではBピラー付近の前面剛性がAE-MDBや同型の車両に比べて高いためと考えられる。



(a) Thorax Level



(b) Hip Point Level



(c) Side Sill Level

図 1 車両外板の変形状況

3. 2. 乗員の傷害値

3. 2. 1 前席乗員の傷害値 (成人男性 : ES-2)

Test No.1,4,6 から、衝突車が ECE/R95 MDB, AE-MDB SRP+250 及び実車の場合について被衝突車の前席に搭載した ES-2 ダミーより計測される傷害値の比較を行った。

HPC (頭部傷害値) の比較を図 2 に示す。いずれの場合も HPC は、700 程度であり、基準値である 1000 以下となった。また、いずれの試験条件ともダミーの頭部はルーフレールに衝突した。胸部肋骨変位の比較を図 3 に示す。ES-2 では胸部の上部、中部、下部の各位置における肋骨変位を測定することができる。衝突車が AE-MDB SRP+250 及び実車の場合では、下部から上部にかけて肋骨変位量が大きくなる傾向を示した。また、最大変位量は、いずれの場合も基準値である 42mm より小さく、衝突車を実車, AE-MDB SRP+250, ECE/R95 MDB とした場合の順で大きな値を示した。胸部 V*C (胸部粘性傷害値) の比較を図 4 に示す。V*C の最大値について着目すると、いずれの場合も基準値である 1.0 m/s より低く、胸部肋骨変位と同様に、衝突車を実車, AE-MDB SRP+250, ECE/R95 MDB とした場合の順で大きな値を示した。腹部荷重及び恥骨荷重の比較を図 5 に示す。腹部荷重は、いずれの場合も基準値の 2.5 kN より低く、ほぼ同

じ値を示した。一方で、恥骨荷重については、いずれも基準値である 6 kN より低く、衝突車を AE-MDB SRP+250, ECE/R95 MDB, 実車とした場合の順で大きな値を示した。

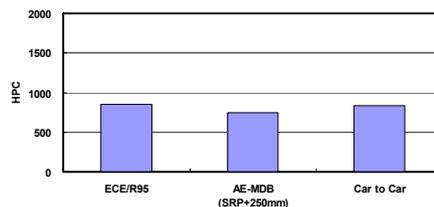


図 2 HPC の比較 (ES-2)

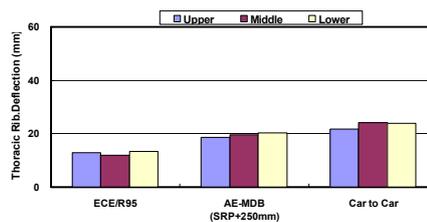


図 3 胸部肋骨変位の比較 (ES-2)

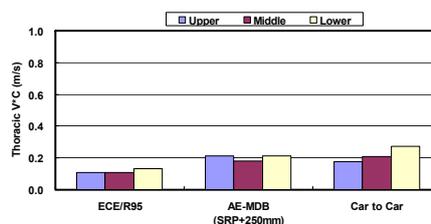


図 4 胸部 V*C (ES-2)

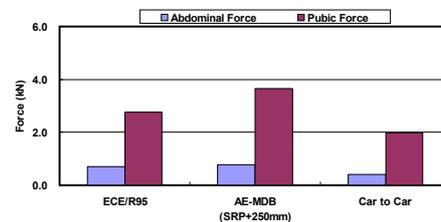


図 5 腹部荷重, 恥骨荷重 (ES-2)

3. 2. 2 前席乗員の傷害値 (小柄女性 : SID-IIs)

Test No.2, 3, 5 より、衝突形態が ECE/R95 MDB, AE-MDB, AE-MDB SRP+250 の場合について、被衝突車の前席に搭載した SID-IIs ダミーより計測される傷害値の比較を行った。

HPC の比較を図 6 に示す。いずれの場合も HPC は、500 未満であり、ES-2 を用いた場合と比べ低い値を示した。これは、ダミーの頭部が車室内に衝突しなかったためと考えられる。胸部肋骨変位を図 7 に示す。衝突車を ECE/R95 MDB, AE-MDB+250, AE-MDB とした場合の順で大きくなり、HPC とは異なる傾向を示した。胸部 V*C について図 8 に示す。胸部肋骨変位の場合と同様に ECE/R95 MDB, AE-MDB+250, AE-MDB の順で

高くなった。恥骨荷重を図9に示す。恥骨荷重については、AE-MDB SRP+250がもっとも高く、次いでAE-MDB、ECE/R95 MDBの順で高くなった。

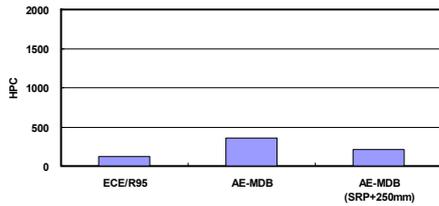


図6 HPCの比較 (SID-IIs)

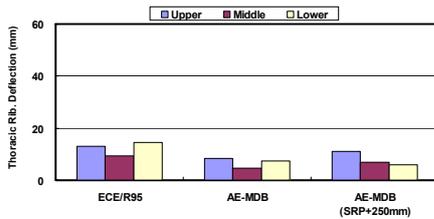


図7 胸部肋骨変位の比較 (SID-IIs)

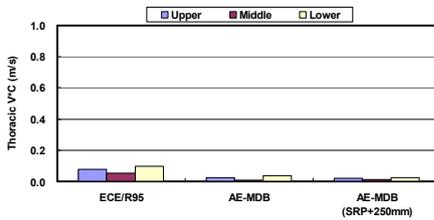


図8 胸部V*Cの比較 (SID-IIs)

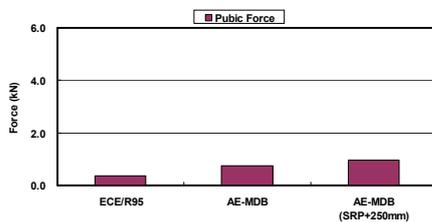


図9 恥骨荷重の比較 (SID-IIs)

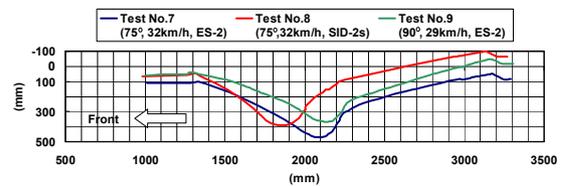
3. 3. ポールに対する側面衝突試験結果

3. 3. 1 被衝突車の変形状況

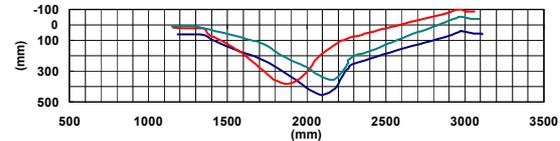
3種類の試験 (Test No.7,8,9) を実施した後の被衝突車の変形状況を図10に示す。ES-2を用いた試験では、ダミー頭部がカーテン・サイド・エアバッグと接触したことが確認できる。一方で、SID-IIsではダミー頭部がカーテン・サイド・エアバッグの展開範囲外にありポールと直接衝突した。



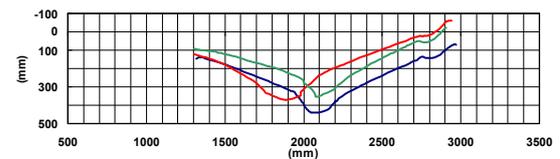
図10 車両の変形状況



(a) Thorax Level



(b) Hip Point Level



(c) Side Sill Level

図11 車体変形 (Test No.7, 8 and 9).

被衝突車の変形状況を図11に示す。(a)はダミー胸部高さ、(b)はダミーヒップポイント高さ、(c)は車両のサイドシル高さであり、それぞれの高さにおけるドア・パネルの変形状況を示している。車体の最大変形量に着目すると大きい方から、Test No.7 (32km/h, 75°, ES-2), Test No.8 (32km/h, 75°, SID-IIs), Test No.9 (29km/h, 90°, ES-2)となった。試験条件別では、衝突速度32km/hかつ衝突75°の条件での試験が、衝突速度29km/hかつ衝突角度90°の試験より車体変形量が大きくなる傾向を示した。なお、SID-IIsを用いた場合の車両の最大変位位置はES-2を用いた場合の位置と比べて前方に250mmとなる。これは、SID-IIsの着座位置をES-2よりも前方にしているためである。

3. 3. 2 乗員の傷害値

被衝突車に搭載したES-2 (Test No.7,9) とSID-IIs (Test No.8) の傷害値を比較する。

HPCの比較を図12に示す。被衝突車は全ての試験でカーテン・サイド・エアバッグを装着している車両を用いたが、SID-IIsのHPCはES-2を用いた試験に比べて極めて高い値を示した。これは、SID-IIsを搭載する際のシートポジションを最前位置にしたため、カーテン・エアバッグがダミー頭部をカバーできず、頭部は側面窓の開口部からポールに直接衝突したことが原因である。また、ES-2を用いたTest No.9 (29 km/h, 90°, ES-2) とTest No.7 (32 km/h, 75°, ES-2) に着目

すると、Test No.9が基準値以下である HPC 783 であったが、Test No.7では1998となった。胸部肋骨変位を図13に示す。胸部肋骨変位を3カ所の肋骨変位（上部・中部・下部）の最大値でみると、Test No.9（29 km/h, 90° , ES-2）が最も大きく、次いでTest No.7（32 km/h, 75° , SID-IIs）, Test No.8（32 km/h, 75° , ES-2）の順で大きかった。

さらに、ポールに対する側面衝突試験を実施した際の、胸部高さにおける車体変形（386 mm～471 mm：図11（a））が、ECE/R95 MDBやAE-MDBによる衝突試験を実施した場合の変形（192 mm～273 mm：図1（a））に比べ大きいため、ポールに対する側面衝突試験を実施した場合のダミー胸部肋骨変位はMDB側面衝突試験に比べ大きくなった（図3, 13）。胸部V*Cの比較を図14に示す。V*Cの試験条件による傾向は胸部肋骨変位とほぼ同等であった。腹部荷重及び恥骨荷重の比較図15に示す。腹部荷重については、Test No.7（32 km/h, 75° , SID-IIs）, Test No.9（29 km/h, 90° , ES-2）の順で大きな値を示した。恥骨荷重については、Test No.7（32 km/h, 75° , SID-IIs）が最も大きく、次いでTest No.9（29 km/h, 90° , ES-2）, Test No.8（32 km/h, 75° , ES-2）の順で大きな値を示した。

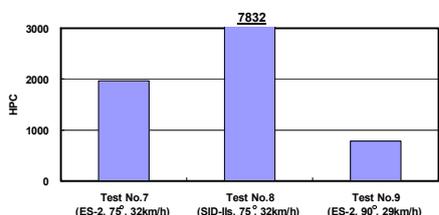


図12 HPCの比較

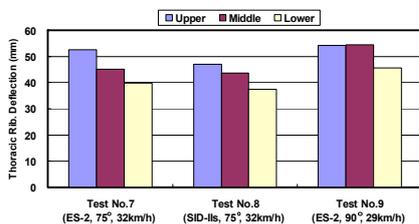


図13 胸部肋骨変位の比較

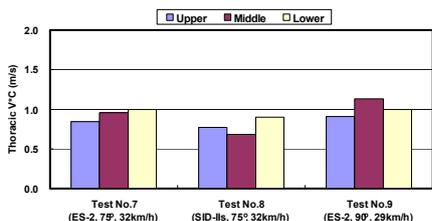


図14 胸部V*Cの比較

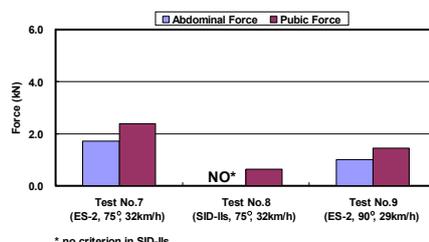


図15 腹部荷重, 恥骨荷重の比較

4. 考察

4.1 MDBを用いた側面衝突試験

＜移動台車による影響＞ ES-2を搭載し衝突車を実車とした際の胸部肋骨変位とV*Cは、衝突車をAE-MDB SRP+250やECE/R95 MDBとした場合のそれらの傷害値に比べて高い値を示した。一方で、衝突車を実車とした際の腹部荷重や恥骨荷重は実施した結果の中で最も低い値を示した。今回の衝突試験には、ECE/R95 MDBとAE-MDBを用いたが、それらの寸法や重量、そして衝突面の圧縮特性は実車のもとは異なるため、上記のような差が現れたものと考えられる。本研究で使用したAE-MDBはAE-MDB ver2を用いたが、今後、最終版を用いた同様の試験も遂行していく必要があると考えられる。

＜乗員の体格による影響＞ SID-IIsの傷害値（図6～9）は、ES-2の傷害値（図2～5）と比べ低い傾向にあった。これについては、以下の理由が考えられる。

- 1) ダミーの着座位置による影響：ダミーの前後方向の着座位置は、小柄な女性を模擬したSID-IIsでは、平均的成人男性を模擬したES-2に比べて、シートスライド量で120 mm前方になっている。これにより、SID-IIsは、車体変形の比較的少ない位置に着座することになり、結果的にドア・パネルが主要加害部位となる胸部肋骨加速度やV*C、腹部荷重、恥骨荷重等の傷害値が低くなった可能性が考えられる。
- 2) ダミーとドア・パネルの間の距離：SID-IIsでは、ES-2に比べてダミーとドア・パネルの間の距離が長いため、ドアがダミー側腹部に到達する際の侵入速度が小さく（衝突エネルギーが小さく）なり、傷害値が下がった可能性が考えられる。

4.2 ポールに対する側面衝突試験

＜衝突形態による影響＞ 衝突形態の違いに着目すると、Test No.7（75° ,32km/h）に搭載したES-2より計測される頭部傷害値（HPC）は、Test No.9（90° ,29km/h）よりも高い結果となった。この主

要因は、Test No.7 と Test No.9 では衝突速度の差により、衝突エネルギーで約 22%の差が生じたためであると考えられる。他の要因として、エアバッグの配置と展開タイミングの影響が考えられる。ポールとの衝突角度や衝突速度は、エアバッグの展開タイミングに影響するだけでなく、ダミー頭部との接触角度も変わるため、これらの条件が頭部傷害値に影響を与えたことも考えられる。また、カーテン・サイド・エアバッグの展開タイミングに加えエアバッグの容量も傷害値に影響を及ぼす要因となる可能性も考えられる。

<乗員の体格による影響> Test No.7 と Test No.8 では、ES-2 と SID-IIs をそれぞれ前席に搭載し、同一条件（32 km/h, 75°）下で試験を行った。その結果、ES-2 胸部肋骨変位、V*C 及び恥骨荷重は SID-IIs より計測される傷害値より大きな値を示した。主な理由としては、車体変形量の違いが考えられる。ES-2 を用いた試験では、車体の胸部の高さ、ヒップポイント高さ及びサイドシル高さでの最大変形量は、それぞれ SID-IIs より大きかった。これは、SID-IIs を用いた場合は、ES-2 を用いた場合と比べ、ポール衝突位置が車両の前方（約 250 mm 前方）となるため、側面強度が高い部位の影響から、車体変形量が比較的小さくなったことが考えられる。

5. まとめ

MDB を用いた側面衝突試験及びポールに対する側面衝突試験により得られた知見を以下に示す。

5. 1 MDB を用いた側面衝突試験

(1) 衝突車として乗用車を用い、ES-2 より計測される胸部肋骨変位及び V*C は、ECE/R95 MDB や AE-MDB を用いた場合よりも高い値を示した。一方で、衝突車を乗用車とした場合の腹部荷重及び恥骨荷重は、ECE/R95 MDB や AE-MDB を用いた場合と比べ低い値を示した。

(2) SID-IIs の場合では、ES-2 に比べて HPC、胸部肋骨変位、V*C とともに小さな値を示した。

5. 2 ポールに対する側面衝突試験

(1) ポール側面衝突試験より計測される頭部と胸部の傷害値は、MDB 側面衝突試験より計測される傷害値と比べ極めて高い値を示した。

(2) FMVSS/214 条件（75° , 32km/h）での試験では、被衝突車のカーテン・サイド・エアバッグ

が作動したにもかかわらず、ES-2 の HPC は頭部傷害基準値 HPC 1000 よりも高い値を示した。一方で、Euro-NCAP 条件（90° , 29 km/h）での試験における ES-2 の HPC は 783 であった。

(3) FMVSS/214 条件（75° , 32km/h）による ES-2 の胸部肋骨変位、V*C、腹部荷重及び恥骨荷重は、Euro-NCAP 条件における ES-2 での測定値よりも高い値であった。

(4) SID-IIs により計測される HPC（7832）は、ES-2 より計測される傷害値（1964, 783）と比べて極めて高い値を示した。これは、SID-IIs の着座位置における頭部がカーテン・サイド・エアバッグの展開範囲外に位置していたため、頭部を保護できなかったことが要因である。一方、SID-IIs で計測された胸部肋骨変位、V*C、腹部荷重及び恥骨荷重は、ES-2 の各傷害値よりも低い値となった。

我が国では、1998 年に側面衝突基準が導入され、さらに 1999 年に J-NCAP（新車安全性評価プログラム）側面衝突試験が開始された。その結果、乗用車の側面衝突時の乗員保護性能は、現在販売されている多くの車種で J-NCAP による評価が 5 つ星（満点は 6 つ星）をとるまでに至った。一方、側面衝突試験で使用される MDB は 1970 年代の車両を元に作られたものであるため、近年の車両を反映した新しい MDB を開発する必要がある。

今回の調査では、次期側面衝突試験用 MDB として開発が進められている AE-MDB に関する基本性能を得ることが出来た。また、MDB を用いた衝突試験におけるダミーの体格の影響に関する知見を得た。また、車両単独事故において重傷死亡事故率の高いとされる、電柱等との衝突対策を目的としたポール側面試験法に関する知見を得た。

我々の研究目的は、現在の事故状況を反映した新しい側面衝突試験基準を作成するための基礎資料を収集することであり、今後とも交通事故状況を確認しつつ進めていきたいと考えている。

本研究は、国土交通省からの委託「自動車の側面衝突時の乗員保護性能に係る基準拡充のための調査」で得られた結果の一部をまとめたものである。