前突時の衝突荷重分布の解析

自動車安全部	民田	博子	米澤	英樹
名古屋大学	水野	幸治		

1.はじめに

自動車の前面衝突安全では,フルラップ前突が 1994年に保安基準に取り入れられ,さらにオフセッ ト前突についても 2000年に自動車アセスメント (JNCAP)で試験がおこなわれ,さらに法制化も検討 されている.これらの施策によって前突時の乗員保 護では,ここ数年で一定レベルの水準まで達してい る.ただし,これらは同一車同士の衝突を模擬した セルフプロテクションを目的とした試験であり,今 後,次世代の衝突安全として,異なるサイズの車の 衝突による乗員保護(コンパティビリティ)を考えて いく必要がある.

コンパティビリティを確保するためには,衝突時 に車相互の良好な構造インターアクション(相互作 用)を保ちつつ,車体前部でエネルギーを吸収し,客 室を保持しなければならない.良好な構造インター アクションは,オーバーライドを防止するとともに, 車体前部でのエネルギー吸収と客室保持をおこなう



ための前提条件となるものである.国際研究調和活動 IHRA (International Harmonized Research Activities) のコンパティビリティ WG⁽¹⁾では,コンパティビリ ティ性能評価のために候補試験が取りあげられてい る(図1参照).ここでは複数の試験を組み合わせる ことによって,コンパティビリティ性能を評価する. 構造インターアクションを評価するための試験とし ては,フルラップ試験⁽²⁾と PDB (Progressive Deformable Barrier)試験⁽³⁾があげられている.

本報告では 平成 13 年度に実施したフルラップ試験とPDB 試験により 構造インターアクションを評価し,両試験の比較をおこなった.

2.試験方法

2.1.試験車の構造

構造インターアクションは特に攻撃性が大きくな る傾向が強い大型車で重要な性能である.そこで試 験車として4ドアセダンの普通乗用車(2001年モデ ル)を選択した.図2に前部構造を示す.この車では 左右の直線状のフロントサイドメンバーとそれらを 横方向につなぐバンパービーム,セクション化され たショットガン(エプロンアッパーメンバー)が重要 な構造部材となっている.このバンパービームは車 対車衝突時に局所的な荷重を防止し,構造インター アクション確保のため重要である⁽⁴⁾.ラジエーター サポートはついているが,ロアフレームはなく,フ ロントサイドメンバーの下には有効なロードパスは 見られない.

2.2.フルラップ試験

フルラップ試験では衝突荷重分布を多分割ロード セルで測定することによって,剛性のホモジェネイ ティ(均一性)を評価する.このホモジェネイティが 高いほど構造インターアクションが優れていると考 えられる.バリア荷重分布に対してオーバーライド を評価する指標として力の平均高さ AHOF (Average Height of Force)が,ホモジェネイティの 評価指標として変動係数 CV (Coefficient of Variance: 標準偏差/平均値)が提案されている.

本研究では, リジッドバリアへのフルラップ試験 を行い,荷重分布を測定した.試験車(空車質量 1545kg,試験質量1630kg)の運転席にダミー(Hybrid III AM50)を搭載した.衝突速度は自動車アセスメ ントと同様の55 km/h である.多分割ロードセルバ リアの概観を図3に示す.ロードセルのサイズは125 mm×125 mmであり,それぞれにベニア板が取り付 けられている.ロードセルバリアの下端高さは地上 高125 mmである.



図2 試験車の構造



図 3 多分割ロードセルの概観

2.3.PDB試験

PDB バリアによる試験は,1999 年ルノーにより IHRA, ISO に提案されたものである.バリアの変形 量の計測から剛性分布,AHOF が求められる また, PDB バリアの全体の変形量によって試験車の剛性 レベルが評価される.

試験車(空車質量 1547kg, 試験車質量 1632kg)の 運転席にダミー(Hybrid III AM50)を搭載した.衝 突速度は60km/h,オーバーラップ量は750mmであ る.PDBハニカムは2層からなり,小型車の剛性を 模擬している.2層目は一体型でプログレッシブの 構造を持っている。試験ではPDBハニカムの変形を ODB 64 km/h と比較するとともに,フルラップ試験 と同様に多分割ロードセルバリアを PDB バリア(図 4参照)の後面に取付け,車体からバリアに加わる荷 重を計測した.



図4 PDB バリア

3.荷重分布の評価方法

荷重分布の評価として現在考えられているのは, 荷重の平均高さ AHOF と変動係数 COV(Coefficient of Variance)である⁽²⁾.荷重の高さ中心 COF(Center of Force)は,バリアの荷重 F_i (t)とバリアロードセルの 地上高 H_i をもとに次式で求められる.

$$COF = \frac{\sum H_i F_i(t)}{\sum F_i(t)}$$
(1)

(*i*: 多分割バリアの番号, *i*=1,.., N)

COFはCFC 60Hzのフィルター処理をおこなっている.AHOFはCOFをバリア荷重で重み付けをして 平均を取ったもので,次式で求められる.

$$AHOF = \frac{\int F(t) COF(t) dt}{\int F(t) dt}$$
(2)

変動係数 COV はバリア荷重の標準偏差を荷重の平均値で除したもので,次式で計算される.

$$COV(t) = \frac{STD(t)}{\sum F_i(t) / N}$$
(3)

COV は荷重の分散値に基づくため,バリアと車が接 触している領域のみで計算する必要がある.そのた め,TRL では5 kN 以上のロードセルについてのみ 計算することを提案しており⁽²⁾,本研究でもこの計 算手法に従った.COV についても CFC 60Hz のフィ ルター処理をおこなっている.

4.結果

4.1.フルラップ試験

車体変形を図5に示す.車体前部はリジッドバリ アに衝突することによって,完全にフラットに変形 している.



図5 車体変形(フルラップ試験)

多分割ロードセルによって計測した荷重分布を時間別に図6に示す.最初の5msでバンパービームが見え,その後,フロントサイドメンバーによる荷重の集中が見られる.25msからショットガンによる荷重が発生している.30msからエンジン,35msからはタイヤによってバリアの荷重が発生する.このようにフルラップ試験では,フロントサイドメンバーなど車の前後方向の部材に変形による荷重分布は明確に現れるが,クロスメンバーのような横方向の部材は限定された時間にしか現れないことがわかる.また前後方向の部材の荷重は部材ごとに独立して現



図6 フルラップ剛体バリア試験による荷重分布

われ,それらの部材の間,例えばショットガンとフ ロントサイドメンバーの間には荷重が発生せず,オ ーバーライドを防ぐために重要なこれらの部材の間 の結合強度は評価できない.フロントサイドメンバ ーの下に位置するラジエーターサポートは荷重分布 でほとんど現れていない.

図 7 に荷重分布の地上高の評価として式(1), (2)から計算した COF と AHOF を示す. 衝突から 30 ms までは接触部位がバンパーから上の部分まで広がっ ていくため, COF は増加する.その後,エンジンの 接触により COF は減少傾向となる.AHOF はバリ ア荷重が最も高い値となる時刻40ms付近のCOFの 影響が大きく,464mmとなった.

図 8 に式(3)を用いて計算した COV の時間歴を示 す.COV は荷重 5 kN 以上のロードセルでのみ計算 したため,衝突初期と後期では COV は求めていな い.COV はフロントサイドメンバーのみが接触する 25 ms までは高い値となっているが,エンジンの接 触とともに荷重面積が大きく,荷重分布が一様とな るために COV が減少し,35 ms から 70 ms まではほ ぼ一定値となる.



図7 フルラップ試験における COF と AHOF



図8 フルラップ試験における変動係数

4.2.PDB 試験

PDB 試験後の車体およびハニカムの変形を図9に 示す.車体には前後方向の変形が発生しており,フ ロントサイドメンバーとその上下の部材の結合強度 がこれによって励起されると考えられる.フロント サイドメンバーの変形モード,ショットガンの座屈 位置もフルラップ衝突とは異なることがわかる. PDB ハニカムは全体的には一様に変形しており、ハ ニカムには底付きも発生していない.ハニカムには バンパービームによる変形が残っており、バンパー ビームの部材の有効性がハニカムの変形からも確認 することができる.



図 9 PDB 試験による車両とハニカムの変形

荷重分布を時刻別に図10に示す、図よりエンジン の接触による荷重の集中は見られるが、PDBハニカ ムの厚さによりロードセル荷重は分散され、車体の 構造部材の影響を特定することは難しくなっている、 ハニカムの剛性によって車体の接触部よりも外側に も荷重が発生しており、ハニカムの背後のロードセ ルによって、荷重分布を評価することは難しいと考 えられる.

PDB試験における荷重の平均高さ(COF)と変動 係数(COV)をフルラップ試験との比較し,検討し た.PDB試験とフルラップ試験における COF の時 間歴を図11に示す.衝突後10~40 msまではPDB とフルラップ試験でほぼCOFは同じである.その後, フルラップ試験ではPDB試験よりもCOFが低い値 となっている.この要因として,エンジンの接触に よって発生した荷重が低い位置にあるため,COFが 下がったためと考えられる.

COVの時間歴を図 12 に示す.PDB 試験でも衝突 初期は COV が高いが,車体の全域が接触すると COVは下がり,車体の反発によりバリアへの接触面



図 10 PDB バリア試験による荷重分布

積が小さくなり,COVは増加する.フルラップに比較して,PDBではCOVの値が約半分になっており, PDB ハニカムによりロードセル荷重が分散され, COV が低い値となったと考えられる.すなわち, COVの値はハニカムに強く依存することがわかる.

PDB ハニカムによる AHOF, COV, 剛性分布は PDB ハニカムの変形からも評価できる.今後,これ らのハニカムの変形の解析を進めていく予定である. 4.3, PDB 試験と ODB 試験の比較

現在 JNCAP では ECE R94 ハニカムに対するオフ セット試験がおこなわれている.この ODB(Offset Deformable Barrier)試験と PDB 試験で車体とハニカ ムの変形の比較をおこなった.ODB 試験のオーバー ラップ率 40%であるが,これは試験車では PDB 試





図 12 フルラップ試験と PDB 試験における COV の時間歴

験のオーバーラップ量 750mm にほぼと等しい.

図 13 に ODB 試験における車体とハニカムの変形 を示す. ODB 試験ではハニカムの底付きによって, 車体前部の変形がより平坦になっている.PDB 試験 (図 9 参照)ではフェンダー先端の後退量がバンパー に対して大きく,車体前部の前後方向のせん断変形 が発生している.PDB 試験ではハニカムが底付きし ていないが,ODB 試験ではハニカムが底付きしてい る.ODB では ECE R94 ハニカムのバンパー部が分 離するとともにハニカムの低い剛性からハニカムの 倒れが発生し,変形が複雑になっている.これに対 して PDB ではハニカムの変形が比較的,連続的であ り,ハニカム変形の計測が容易になっている.

PDB, ODB, フルラップ試験における加速度時刻 歴を図 14,車体変形量を図 15 に示す.PDBとODB 試験の加速度波形は類似している.フルラップ試験 ではオフセット試験に比較して加速度が高く,乗員 に加わる負荷が大きいことがわかる.しかし,PDB 60 km/hの試験では ODB64 km/h に比較して速度が 低いことおよびハニカムの底付きがなかったため, 変形量が小さく,特にトーボードの侵入量が小さか った.





図 13 ODB 試験(64 km/h)における車体変形 と ECE R94 ハニカム(JNCAP)







図 15 PDB 試験(60 km/h), ODB 試験(64 km/h), フルラップ試験(55 km/h)の客室侵入量

5.まとめ

本研究ではコンパティビリティ評価のためにフルラ ップ試験とPDB試験をおこなった 結論は以下に示 すとおりである.

1. フルラップ試験では,多分割ロードセルにより前 後方向の部材の荷重分布は評価することができるが, 横方向の部材の荷重は限定された時刻にしか荷重分 布に現れない.

2. PDBバリアによる試験では,ハニカムが底付きし ないため,車対車衝突時の車体前後の変形が再現で きる可能性がある.

3. フルラップ試験と PDB 試験では,荷重の平均高 さ COF はほぼ一致したが,荷重の変動係数 COV は ハニカムによって荷重が分散されるため,PDB では 低い値になった.また,荷重分布に関してはエンジ ンの衝突による影響が大きいことがわかった.

謝辞

本報告にデータを提供していただきました自動車事 故対策センターに深く感謝致します .

6 . 参考文献

(1) O'Reilly, P., "International Harmonized Research Activity (IHRA) – Vehicle Compatibility, IMechE, Conference Transactions, Vehicle Safety 2002.

(2) Edwards, J., Happian-Smith, J., Byard, N., Davies, C., Hobbs, A, "Compatibility–the Essential Requirements for Cars in Frontal Impact", IMechE, Conference Transactions, Vehicle Safety 2000, pp.3-17, 2000.

(3) Diaboine, A., Delannoy, P., "Improvements in Car to Car Compatibility: Physics, Design Constraints and Assessment Test Methodology Criteria, IMechE, Conference Transactions, Vehicle Safety 2002.

(4) Mizuno, K., Tateishi, K., Ezaka, Y., "Test Procedures to Evaluate Vehicle Compatibility", Paper No. 127 ESV 2001,