

異種材料により構成される衝撃吸収構造体の性能評価

(富山県立大学の学生フォーミュラ車両用インパクトアッテネータ開発状況)

Performance evaluation of impact attenuators made of dissimilar materials

(Impact attenuator development status for student formula vehicle of Toyama Prefectural University)

- 笠井実(富山県立大学工学部, Minoru Kasai)※
屋代春樹(正, 富山県立大学, Haruki Yashiro)
横道治男(富山県立大学, Haruo Yokomichi)
四十万淳(富山県立大学工学部, Atsushi Shijima)
打越大成(富山県立大学工学部, Taisei Uchikoshi)
渡辺了太(富山県立大学工学部, Ryota Watanabe)
神谷隼人(富山県立大学工学部, Hayato Kamiya)

1. 緒言

2003 年から毎年, 全日本学生フォーミュラ大会が公益社団法人自動車技術会主催のもとで行われている。フォーミュラ車両には安全にかかわる規定がいくつか存在するが, 衝突時の衝撃吸収構造 (Impact Attenuator, 以下 IA) については, 事前に実験結果を提出することが義務づけられている。IA は車両が衝突する際に車両とドライバーを守る役割がある一方, 走行中は質量やヨー慣性の機能を果たすため, 高いエネルギー吸収能力とともに軽量であることが要求される。

本稿は本学における IA の開発技術の紹介を主な目的とする。

2. 性能目標

車両を剛体壁に車速 7m/s で前面衝突させた時の平均減速度が 20G を超えないこと, また, 最大減速度が 40G を超えないことが大会の規定¹⁾である。使用する試験装置が静的圧潰試験機のため荷重 vs ストローク線図から求めることが可能な下記指標で目標を設定した。なお, 車両質量を 300kg とした。

平均荷重 = $300 \times 20 \times 9.8 = 58.8$ [kN] 以下

最大荷重 = $300 \times 40 \times 9.8 = 117.6$ [kN] 以下

エネルギー吸収量 = $0.5 \times 300 \times 7^2 = 7.35$ [kJ] 以上

3. 各 IA の設計の考え方と仕様

2009IA は中空丸パイプ ($\phi 25$, t1.6, 長さ 100mm) の横方向圧潰特性を基本性能として, 荷重

を大きくする場合はパイプを並列配置とし, ストロークを大きくする場合はパイプを直列配置として設計した。横方向圧潰特性は実験結果 (図1) を使用した。

この結果より平均荷重は 4kN, ストロークは 20mm として, 2009IA はパイプ長さを 200mm, パイプ 10 本を直列配置, パイプ 5 本を並列配置の構造とした。2009IA を図2に示す。

2010IA は t 2.0, 40×100mm の矩形断面を有した長さ 200mm (材質 A5052) の部材に高密度のウレタンフォームを充填したものである。圧潰によるウレタンフォームの変形が部材に均等に作用し, また部材の変形がウレタンフォームを介して部材の他の部分に作用することで部材の均一性を保持することを狙ったものである。さらに部材を 3 本並列配置して発生荷重を増大させた。2010IA の外観を図3に示す。

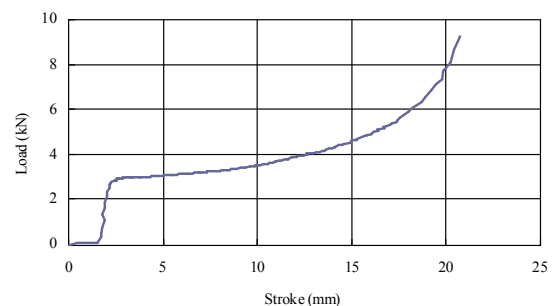


図1 中空丸パイプの基本圧潰特性

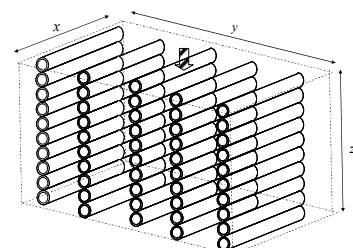


図2 2009IA の概略



図3 2010IAの外観

2011IA では圧潰過程で部材同士を干渉させることで荷重を増大させストローク量の減少を図った。このため、3本の部材の位置が2010IAとは異なる。2011IAの外観を図4に示す。

2012IAでは2010IAの車両長手方向を20mm延長してエネルギー吸収量の増加を図った。

各IAの寸法などを表1に示す。



図4 2011IAの外観

表1 各IAの諸元

	2009IA	2010IA	2011IA	2012IA
車両横方向 x(mm)	200	200	200	200
車両上下方向 y(mm)	200	100	100	200
車両長手方向 z(mm)	250	200	200	220
質量(kg)	13.0	1.4	1.4	1.5

4. 試験結果

試験機は富山県工業技術センター所有の万能試験機(東京衡機製造所製 RU H-TK18A)を使用し、IAの車両方向前部から後部へ向けて加圧した。加圧する際に、加圧部を等圧力分布にするためIAの車両方向前部には鉄板を設定した。試験速度は40mm/minである。

2009IAは圧潰途中で横曲げを起こして試験を中断したため性能を評価できなかった。

2010IA, 2011IA, 2012IAの試験結果を図5に示す。また、2012IAの試験後の変形結果を図6に示す。図5において2010IAはストローク158mm以下が試験結果であって、158mm~170mmは試験結果を補間したものである。2010IAに対し2011IAは設計の考え方通り荷重が大きめにしているが最大荷重が目標を超えてしまった。2012IAは2010IAと同等の荷重となる設計であったが図6からわかるように部材が蛇腹状に理想的に圧潰変形したために荷重が大きめに出了と考えられる。

性能評価指標に関する試験結果を表2に示す。2010IA, 2012IAは目標性能をクリアしている。また、表1に示すようにIAの質量を1.5kg程度に抑えることができた。

5. 結言

部材内にウレタンフォームを充填することでエネルギー吸収性能と軽量化を両立できるという知見を得た。一方、部材の圧潰特性とウレタンフォーム特性の関係がどのように試験結果に影響するかなどの課題も残っている。

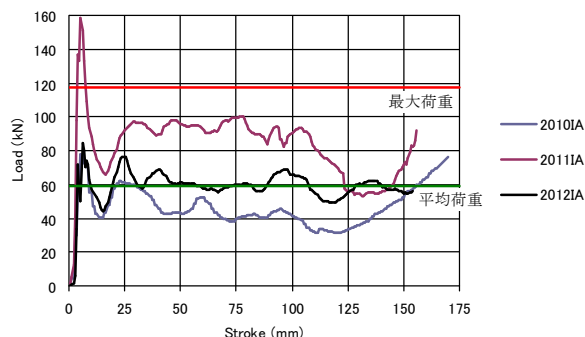


図5 荷重 vs ストローク試験結果



図6 2012IAの変形結果

表2 各IAの目標達成状況

	2009IA	2010IA	2011IA	2012IA
平均荷重(kN)	—	45.2	82.9	58.6
最大荷重(kN)	—	77.5	160.0	84.1
エネルギー吸収量(kJ)	—	7.87	13.0	9.14
評価	NG	OK	NG	OK

参考文献

- 1) 2012Formula SAE Rules URL: <http://students.sae.org/competitions/formulaseries/rules/2012fsaerules.pdf>