

I-12

自動車用緩衝ドラムの緩衝特性に関する一実験

北海道開発局開発土木研究所

正会員 佐藤 昌志

北海道開発局開発土木研究所

正会員 小林 将

(株)土木技術コンサルタント

正会員 三好 章仁

(株)長大

正会員 高畑 智孝

1. はじめに

日本の道路において、山間部のガードレール、トンネルの出入り口、さらには橋梁のガードレール端末等に不測の交通事故から人命を極力救うため緩衝材を設置している(写真-1:トンネル出入り口の例、写真-2:橋梁の例)。

しかしながら、車がトンネル出入り口等に衝突した場合、すなわち車のスピードにもよるが死に至るまでのケースも少なくない。これは、前述したとおり、車のスピード違反もさることながら、設置している緩衝材の緩衝特性についても十分に注意を払う必要がある。この課題に対し、日本はアメリカに続く自動車生産大国で、各自動車メーカーは独自に自動車の安全性を十分に保持するための様々な研究がなされているが、緩衝材を含めての評価はほとんど行っていないに等しいといっても過言でない。

上述のことから、筆者らは既存の緩衝材の緩衝特性を検証するとともに、種々の緩衝材を考案し、自動車衝突時の加速度データを中心に実験を行ったものである。なお、実験に用いた自動車は、日本においては10年で車の原価償却がなされることが多いことから1990年に生産されたものを中心としている。また、車種も多少ことなることから、絶対的評価は難しいため相対的傾向として取りまとめた。



写真-1 トンネル出入り口の例



写真-2 橋梁の例

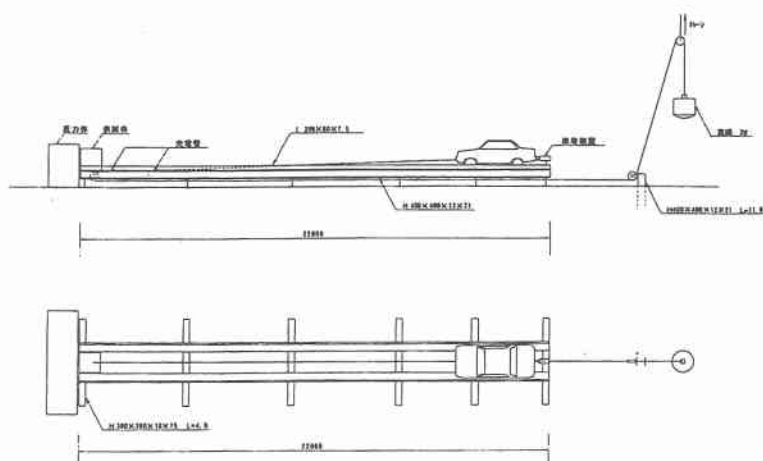
2. 実験の概要

2.1. 実験施設

写真-3に今回用いた自動車衝突実験の写真を、図-1にその概要図を示した。実験施設は、地盤にH型鋼の杭を打ち込んだ上に車路としてのガイド(H鋼を使用)を25m設けたものである。各種緩衝材の裏にはコンクリートの擁壁を設置し車止めとしている。自動車の加速の方法は、短い距離で時速60km/hr程度を出す必要があることから滑車を通して車を引く方法とし、図に示すとおりクレーンを用いて重錘を落下させて引っ張ることとした。なお、事前に車自体の前方のクラッシュパリティを計っておく必要があることから、車のフレームに載荷装置を溶接で取り付けフロントのクラッシュ荷重と変形の特性を把握する実験も行っている。

An Experiment on the Shock Absorbing Characteristics of Road Terminal Pole with Absorbing System

by Masashi SATO, Masaru KOBAYASHI, Akihito MIYOSHI, Tomochika TAKAHATA



図－1 実験概要図

2. 2 計測項目とデータ処理

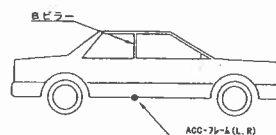
図－2に計測器の配置を示した。計測器はいずれも加速度計(100G)で車体フレーム、シート、およびハンドルに取り付けている。計測は、動ひずみアンプをととしてデータレコーダに記録し、実験終了時に1000Hz のサンプリングでA/D変換を行っている。実験においては、衝撃荷重がかかることから、衝撃波形が記録されるため評価の一手段としてフィルター処理することが望ましいことからFFTで周波数分析後100Hz 以上の波形はカットすることとした。また、自動車の衝突時の速度については光電管で計った。

2. 3 実験ケース(緩衝材)

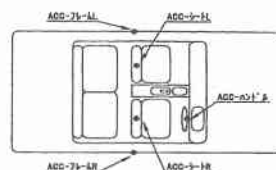
表－1に今回行った実験ケースと実験に用いた緩衝材と計測した衝突速度を示した。また、写真4－1～5に緩衝材を示した。写真4－1が現在日本で数多く用いられている緩衝材でクッションドラムと呼ばれている。クッションドラムは、硬質ビニール性で平面的には円形で重量を大きくする目的と緩衝効果を得るためドラム内には不



写真－3 自動車衝突実験



※ ACC-77-A (L, R) はすべてBピラー直下に取付



※ ACC-77-A (L, R) とACC-77-Bは実験No. 12: 13: 14のみ取付
ACC-77-AはBピラー直下に取付
ACC-77-Bはヘッドレスト取り付け部の金属部分に設置

図－2 計測器配置図

表－1 実験ケースと緩衝材

実験 No	緩 衝 材	衝突速度		衝突エネルギー	
		km/hr		tfm	
No1	緩衝材なし	64		24.1	
No2	クッションドラム	50		14.8	
No3	EPS100×100cm	21		2.6	
No4	"	39		8.9	
No5	EPS+ウレタン2mm	52		16.0	
No6	EPS+アラミドメッシュ貼	63		23.4	
No7	EPS+アラミド全巻	49		14.2	
No8	硬質ウレタン1/4円+波型鋼板	25		3.7	
No9	"	50		14.8	



写真4-1



写真4-2



写真4-3



写真4-4



写真4-5

凍液が入っておりネジの蓋で閉める構造となっている。表-1中のNo3,4は緩衝材としてよく用いられる $20\text{Kg}/\text{cm}^2$ の発砲スチロールで55%ひずみまで応力がほぼ一定でエネルギー吸収性に富んだ材料である(写真4-2)。No5は発砲スチロールが衝突時に飛散しないよう発砲ウレタンを吹き付けたものである(写真4-3)。No6,7は同様に衝撃性に強いアラミド繊維で巻いたものである(写真4-4)。最後のNo8,9は形を $1/4$ 円とし発砲スチロール内に弾力性に富む厚さ 1mm の波型鋼板を入れたもので全体を硬質ウレタンで被覆したものである(写真4-5)。

2.4 緩衝効果の評価方法

対自動車用緩衝材の緩衝効果に関する評価方法は日本では確立されていないが、建設省土木研究所で行われた実験結果に基づく方法が上げられる。また、エネルギー吸収という観点でも可能と考えられることから以下にその方法を示す。

① 建設省土木研究所の手法(車両加速度のよる方法)

本方法は、車両加速度の 50msec 間の最大平均値を求めるもので、以下の式により車両の進行方向と上下方向の合成波形を求め、その最大値により乗員に対する危険性を判断するものである。ただし、3点式シートベルト着用の場合は車両の浮き上がり加速度が比較的小さくなることがダミー人形テストでわかっていることから進行方向加速度のみでよいこととしている。なお、判断基準は 25G 以下である。¹⁾

$$\alpha 50 = \max \int_{t1}^{t2} a \, dt / 0.05$$

ここに a : 発生加速度(G)

$t1$: 加速度作用中の任意の時点

$t2$: $t1 + 50\text{msec}$

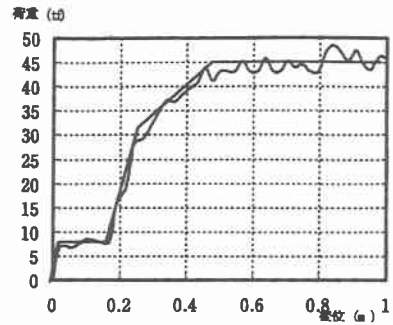
② 自動車の衝突時の運動エネルギーから衝突後のクラッシュエネルギーを引く方法

この方法は、衝突時の乗員に対する危険性は判断できないが、緩衝材の衝撃吸収能力は評価可能と考えられる。

3. 実験結果

3.1 自動車の荷重－変位曲線

自動車衝突実験に用いた自動車を静的に荷重載荷しその変位を計測した、荷重－変位曲線を図－3に示す。図より本実験に用いた自動車の最大荷重は45tfとなり、変位は45tfに到達するとき約50cmとなり、その後荷重は横ばいのまま変位が1m程度まで進行する結果となった。



図－3 荷重－変位曲線

3.2 緩衝材の効果

No1～No9 緩衝材の衝突実験の計測結果、静的実験による荷重－変位曲線より、各緩衝材のエネルギー吸収性能を表－2に示す。計測結果として、衝突時の速度(Km/hr)、加速度(G)、自動車の変位(m)を表記する。この計測の速度、自動車の質量をもちいて、自動車の運動

エネルギーを $1/2M \cdot V^2$ より算出する。次に静的実験の荷重変位曲線から横軸の変位を衝突実験の計測変位としたときの変位と荷重に囲まれた面積を自動車のクラッシュエネルギーとする。緩衝材の吸収エネルギーは運動エネルギーからクラッシュエネルギーを差し引いた値であり、緩衝効果の度合いを示す比率として、吸収エネルギーと運動エネルギーの比も示す。表中よりNo1は緩衝材がないことから吸収エネルギーもなく、緩衝効果の比も0%となるはずだが実測値から10%となり、この程度の誤差を含むものと考え表中の右端の比率は、各緩衝材の緩衝効果の比率から10%差し引いた比率を衝撃吸収能力とした。各緩衝材の吸収能力を比較すると、クッションドラムは0.9%と値が低く吸収能力がほとんどないことがわかった。発泡スチロールを用いたものは衝突速度の違いにより数値のばらつきはあるものの50%を超えるものも多く、吸収能力が高いことがわかった。

表－2 各緩衝材のエネルギー緩衝性能

	実験.No	衝突速度 km/hr	衝突エネルギー tfm	加速度 G	変位 m	クラッシュエネルギー tfm	吸収エネルギー tfm	吸収率 %	実験.No-No1 %
緩衝材なし	No1	64	24.1	45	0.71	21.7	2.4	10.0	0.0
クッションドラム	No2	50	14.8	29	0.52	13.2	1.6	10.8	0.9
EPS	No3	21	2.6	15	0.21	1.8	0.8	30.8	20.8
〃	No4	39	8.9	24	0.17	1.3	7.6	85.4	75.4
EPS+ウレタン	No5	52	16.1	25	0.31	4.3	11.8	73.3	63.3
EPS+アゼット	No6	63	23.4	27	0.28	3.7	19.7	84.2	74.2
〃	No7	49	14.2	21	0.23	1.8	12.4	87.3	77.4
波型鋼板	No8	25	3.7	11	0.24	1.8	1.9	51.4	41.4
〃	No9	50	14.8	32	0.48	11.4	3.4	23.0	13.0

3.3 衝突時の加速度波形

図－4に、自動車衝突実験における緩衝材なし (No1) および、衝突速度の比較的同値であるNo2, 5, 7, 9の計5ケースの自動車のフレーム部における測定加速度波形を示す。また表－3に、図－4における加速度波形より、衝突時の最大加速度に達するまでの時間でその加速度を除いた値を加速度変化率(衝突開始から最大加速度までを加速度増加率、最大加速度から値がほぼ0になるまでを加速度減少率とした。)として表記した。

No1, 2, 5, 7, 9を比較すると、加速度増加率については、400G/sec 前後でどれも同様な値となっているが、加速度減少率を見るとNo1は2400G/sec、No2, 9が700～900G/sec程度に対し、No5, 7は300G/sec 前後となり、No5, 7が他より小さな値となった。No5, 7のように加速度減少率の小さいものは、衝突時に加速度が最大を迎え、

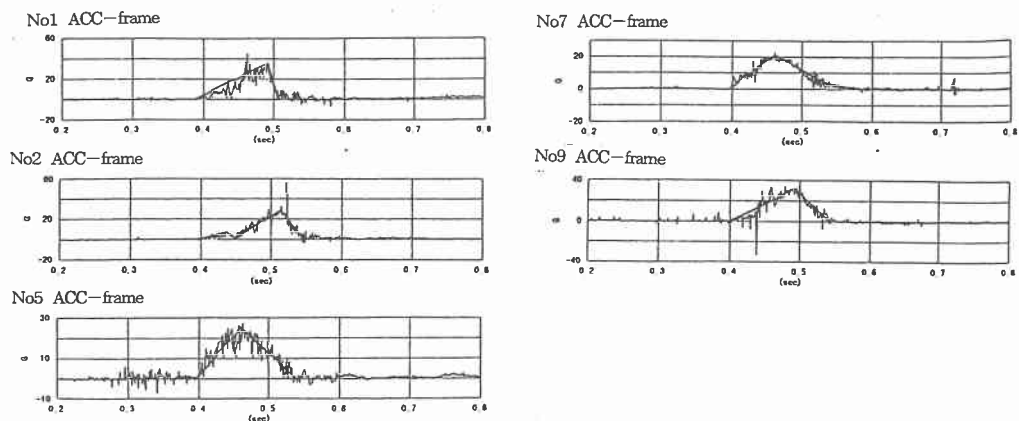


図-4 各緩衝材の加速度波形

その後加速度の減少勾配が緩やかなほうが衝突吸収エネルギーが大きく、緩衝効果が大いということがわかる。これは、表-2の各緩衝材の衝撃吸収エネルギーの比率の傾向とも一致する。

また、表-4は、加速度波形を積分した波形を速度波形とし、その波形の最大速度と、この速度に至る時間で除した値の平均加速度を表記するが、表より最大速度は16～19m/sec程度と同等であるが平均加速度は特にNo7が小さな値となり、上記の表-2、表-3と同様に緩衝効果の評価になると考える。

以上の事項より緩衝能力は、衝突時の最大加速度、最大速度の大きさによるものでなく、衝突時の時間の長さ、その変化率が影響していることがわかる。

表-3 加速度変化率

	実験.No	加速度増加率 G/sec	加速度減少率 G/sec	最大加速度 G
緩衝材なし	No1	364	2400	45
クッションフォーム	No2	446	879	29
EPS	No3			
〃	No4			
EPS+ウレタン	No5	403	321	25
EPS+アクリル	No6			
〃	No7	333	276	21
波型鋼板	No8			
〃	No9	337	681	32

表-4最大速度と平均加速度

	実験.No	最大速度 m/sec	平均加速度 G	時間 sec
緩衝材なし	No1	13.3	9.5	0.14
クッションフォーム	No2	17.8	14.8	0.12
EPS	No3			
〃	No4			
EPS+ウレタン	No5	18.7	13.4	0.14
EPS+アクリル	No6			
〃	No7	15.7	9.2	0.17
波型鋼板	No8			
〃	No9	19.1	15.9	0.12

4. 結論

本実験により得られた結論をまとめると以下のようになる。

- 1) 本実験方法は、緩衝材の緩衝能力を評価するのに有用な方法であり、エネルギー保存の法則から緩衝材の吸収エネルギーを求める方法、加速度の変化率から効果を求める方法、加速度の積分から速度を算出し更にその平均加速度から効果を求める方法と各方法により緩衝効果の評価が可能であると考ええる。
- 2) 衝突速度 $V=50\text{km/hr}$ 程度においては、表-2より吸収エネルギーの比率から使用実績の多いクッションドラムの緩衝能力は1%程度と低く、発泡スチロールを用いた各緩衝材の緩衝能力が50%以上と高いことがわかった。
- 3) 衝突時の加速度波形より、最大加速度を迎える加速度増加率は各緩衝材による違いは小さく、その後の加速度減少率において、各緩衝材による値の差が生じる。表-3よりNo5, 7の EPS+ウレタン2mmと EPS+アラミト'全巻が特に加速度減少率が小さく緩衝能力が高いことがわかった。
- 4) 実験結果より、緩衝材の緩衝効果は衝突時の最大加速度、最大速度の大きさによるものではなく、衝突時の時間の長さ、加速度・速度の変化率、特に最大値から減少方向の変化率がその効果に影響しているものと考えられる。

5. 参考文献

- 1) Location ,Selection ,and Maintenance of Highway Traffic Barriers ,National Cooperative Highway Research Program Report 118