

高分子材料の衝撃緩和特性

茨城職業能力開発短期大学校

竹内 生 公

Damping Capacity of High Polymar Materials

Seikou TAKEUCHI

要約 高分子材料に衝撃力を加えたとき、その厚さや種類により衝撃力がどの程度緩和するか（減少するか）を調べている。実験方法としては先端が球形のハンマーを高分子材料の上へ落下させ、そのときに生じる衝撃力と衝撃加速度およびそれらの継続時間などを測定する。これら実験値とヘルツの理論に基づく計算値とを比較・検討した結果、高分子材料の縦弾性係数が小さいほど衝撃力の減少の割合が大きいことや、ある厚さ以上になるとそれが飽和することなどを明らかにしている。

I はじめに

高分子材料は19世紀末に発明されてから今日に至るまでに、種々の目的にあわせて開発されている。現在では高分子材料の範囲を接着剤まで含めるとその応用範囲と使用量は非常に多く、工業用材料として不可欠なものとなっている。工業的に用いる高分子材料には構造材料、被覆材料、断熱材料、緩衝材料や接着剤などがあり、これらの諸性質を明示するためにASTM（アメリカ材料試験協会規格）などにより各種試験方法が規定されているが、衝撃力の緩和試験と熱を伴う振動試験については規定されていない。

衝撃力の緩和を目的とする高分子材料には天然ゴムや合成ゴムをはじめ、プラスチックとゴムの中間的性質をもつものなど種々のものが製品化されるに至っている。特に、高分子材料は目的にあわせて開発されるため、工業用材料としての性質を明確にする必要性が高まっている。

そこで、供試材料に弾性回復率の大きい熱可塑性の高分子材料を用い、その種類と厚さを種々変え、それらに衝撃力を加える実験を行う。実験の方法としては圧電素子を利用した衝撃力測定器の上に高分子材料を載せたときとそれを載せない（供試材料がない）ときに衝撃力を加え、衝撃力と衝撃継続時間、衝撃加速度とその作用時間などを測定する。高分子材料を載せ

ないときの衝撃力と衝撃加速度の値を基準に、それを載せたときの値との差や衝撃力の減少の割合などから衝撃力がどの程度低減されているかを調べる。さらに、ヘルツの理論に基づく力とその継続時間の計算値と実験値を比較・検討した結果、縦弾性係数が小さい材料ほど衝撃力の減少の割合が大きいことや、ある厚さ以上になると減少の割合が飽和することなどを明らかにすることができたので報告する。

II 主な使用記号

- a : 球と平面の接触円半径
- E_1, E_2 : 縦弾性係数
- F : 衝撃力
- g : 重力加速度
- K_a : 換算係数
- L : 中心間距離
- m : 質量
- n : 球と平面の接近量と最大変位の割合
($= \alpha / \alpha_0$)
- O : 座標中心位置
- P : 力
- q_0 : 圧力
- R : 球の半径
- T : ヘルツの理論による衝撃継続時間

- t : 時間
- V_0 : 最大出力電圧
- v : 速度
- w : 変位
- z : 座標軸
- α : 球と平面の接近量
- α_0 : 最大変位
- ν_1, ν_2 : ポアソン比
- σ : 応力
- τ : 衝撃継続時間

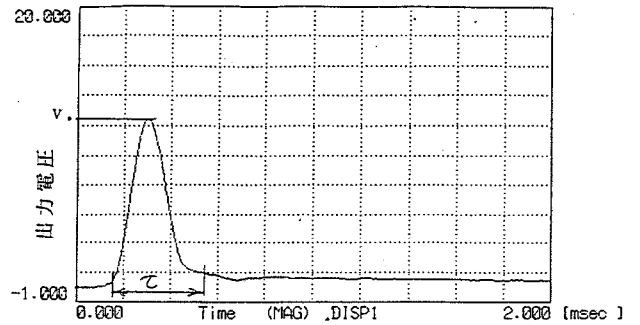


図1 出力電圧波形

III 計算式

1. 衝撃力の校正

衝撃力の波形や衝撃継続時間などを正確に測定する方法は各種試みられているが、衝撃力はその現象がごく短時間に起こるために高い周波数領域までを忠実に再現する必要がある。このために圧電セラミックスを用いるが、これの出力電圧と衝撃力を校正して用いる必要がある。校正方法のひとつに質量 m の物体を圧電セラミックス（衝撃力測定器）の上へ自由落下させ、物体の運動量の変化の割合と力積は等しいことを利用して換算係数を求める方法がある¹⁾。つまり、質量 m の物体を任意の高さより圧電セラミックスの上へ自由落下させると図1に示すような出力電圧の波形が得られる。この衝撃継続時間を τ 、最大出力電圧を V_0 、時間を t 、換算係数を K_a として出力電圧の波形を正弦波近似すると衝撃力 F は次式で表せる。

$$F = K_a \cdot V_0 \cdot \sin \frac{\pi}{\tau} \cdot t \quad (1)$$

運動量の変化の割合と力積は等しいので衝突速度を v_1 、反発速度を v_2 とすれば、

$$\int_0^{\tau} F dt = m(v_1 + v_2),$$

$$\frac{2\tau}{\pi} \cdot K_a \cdot V_0 = m(v_1 + v_2), \quad (2)$$

より、換算係数 K_a が得られ、それは次式になる。

$$K_a = \frac{m(v_1 + v_2)\pi}{2\tau V_0} \quad (3)$$

2. ヘルツの理論を用いた力の計算

図2に示すごとく大きさ P の力で半径 R の球を平面に押しつけたときに、 O' における圧力 q_0 はヘルツの理論によれば次式で表せる²⁾。

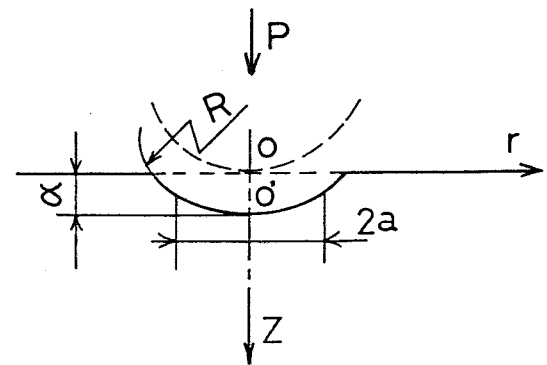


図2 力Pで圧縮される球と平面

$$q_0 = \sqrt[3]{\frac{6P}{\pi^5 (k_1 + k_2)^2 R^2}} \quad (4)$$

ここで、 $k_1 = (1 - \nu_1^2) / \pi E_1$ 、 $k_2 = (1 - \nu_2^2) / \pi E_2$ であり、 E_1 と ν_1 は平面の縦弾性係数とポアソン比、 E_2 と ν_2 は球の縦弾性係数とポアソン比である。

また、接触円半径 a および球と平面の接近量 α は次式で表せる。

$$a = \sqrt[3]{\frac{3\pi}{4} P (k_1 + k_2) R}, \quad (5)$$

$$\alpha = \sqrt[3]{\frac{9\pi^2 P^2 (k_1 + k_2)^2}{16R}} \quad (6)$$

図2の点 O から力 P と平行に z 軸をとり、 $z = 0$ の位置（平面の表面位置）における変位を $w_{(0)}$ 、応力 $\sigma_{z(0)}$ とする。また、 $z = Z$ の位置における変位を w 、応力を σ_z とするとき、 z 軸上の変位の比と応力の比はそれぞれ次式で表せる³⁾。

$$\frac{w}{w_{(0)}} = \frac{4}{3\pi(1-\nu_1)} \left[\frac{3z^2}{2a^2} \times \int_0^1 \frac{\sqrt{1-s^2} \cdot s}{(s^2+z^2/a^2)^{3/2}} ds + 3(1-\nu_1) \times \int_0^1 \frac{\sqrt{1-s^2} \cdot s}{(s^2+z^2/a^2)^{1/2}} ds \right], \quad (7)$$

$$\frac{\sigma_z}{\sigma_{z(0)}} = \frac{3z^2}{a^3} \int_0^1 \frac{\sqrt{1-s^2} \cdot s}{(s^2+z^2/a^2)^{5/2}} ds. \quad (8)$$

ここで、sは球が平面に押しつけられたときのz=0における面積と接触円直径を2aとする面積との比である。式(7)、(8)より、z軸上の変位はポアソン比、座標位置と接触円半径の比により定まり、応力は座標位置と接触円半径の比により定まることを示している。

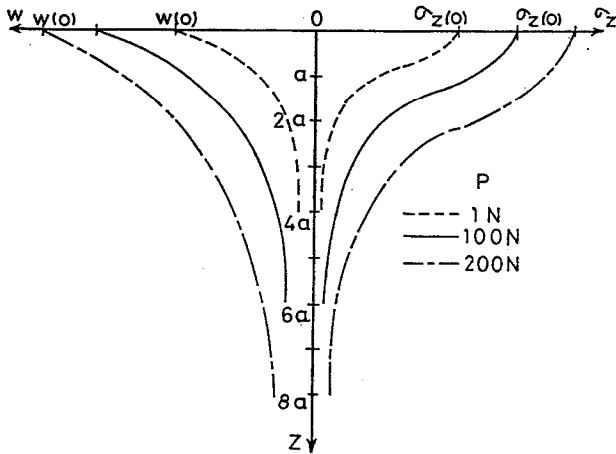


図3 変位、応力と接触円半径の関係
(球：鋼球、平面：塩化ビニールと仮定)

図3は式(7)、(8)の数値計算結果であり、平面は高分子材料(ここでは塩化ビニールを仮定)、球は鋼球として、ポアソン比 $\nu_1 = 0.38$ 、縦弾性係数 $E_1 = 2.13 \times 10^9 \text{N/m}^2$ 、 $\nu_2 = 0.33$ 、 $E_2 = 2.06 \times 10^{11} \text{N/m}^2$ 、 $R = 4 \text{mm}$ 、 $z/a = 1 \sim 8$ 、 $s = 0.8$ とし、 $P = 1 \text{N}$ 、 100N 、 200N について計算している。図より、変位・応力ともにいずれの力Pにおいてもz軸座標が大きくなる(平面より内部になる)と急激に減少する。本数値計算の範囲内では力 $P = 1 \text{N}$ の場合、接触円半径aの4倍($z = 4a$)の深さで変位wは表面での変位の11.5%、応力 σ_z は表面での応力の5.1%に減少する。また、 $P = 200 \text{N}$ の場合でも $z = 4a$ の深さで、変位wは49.3%、応力 σ_z

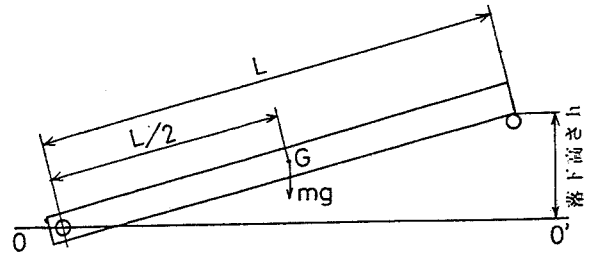


図4 落下するハンマー

は56.8%と半減しており、 $z = 8a$ の深さになると変位wは13.3%、応力 σ_z は6.8%に減少する。

図4に示すハンマーの重心Gが点OからL/2の位置にあるとすると、ハンマーの先端が高さhより落下してO-O'を通過するときの速度vはハンマーの一端が回転支持されていることから、ハンマーの持つ運動エネルギーと慣性モーメントとから $\sqrt{3gh}$ と表せる⁴⁾。また、ハンマーの先端の球が平面に衝突し、ヘルツの変形をすとして、接触開始時刻を $t = 0$ とすれば式(6)より次式を得る。

$$\frac{m}{3} \ddot{\alpha} = - \frac{4\sqrt{R}}{4\pi(k_1+k_2)} \alpha^{3/2}. \quad (9)$$

上式の左辺の慣性項はハンマーの支点まわりの慣性モーメントが $mL^2/3$ であることから得られる値である。この式を積分して $t = 0$ で $\alpha = 0$ 、 $\dot{\alpha} = v$ なる条件より積分定数を定め、最大変位 α_0 のときに $\dot{\alpha} = 0$ なる条件を代入すれば、最大変位 α_0 が求められる。これを式(6)に代入すると最大圧縮力 P_0 も求められ、それぞれ次式になる。

$$\alpha_0 = \left[\frac{5}{12} m v^2 \right]^{2/5} \left[\frac{16R}{9\pi^2(k_1+k_2)^2} \right]^{-1/5}, \quad (10)$$

$$P_0 = \left[\frac{5}{12} m v^2 \right]^{3/5} \left[\frac{16R}{9\pi^2(k_1+k_2)^2} \right]^{1/5}. \quad (11)$$

また、式(9)を積分して、最大変位 α_0 に達するまでの時間を t_1 とすれば、 $\alpha/\alpha_0 = n$ とおいて、式(10)の関係を用いることにより

$$t_1 = \sqrt{\frac{5}{16\sqrt{R}}} m \pi (k_1+k_2) \times (\alpha_0)^{-1/4} \int_0^1 \frac{5}{\sqrt{1-n^{5/2}}} dn = \frac{\alpha_0}{v} \int_0^1 \frac{5}{\sqrt{1-n^{5/2}}} dn, \quad (12)$$

を得る。式(12)中の積分は数値積分を利用しなければ求まらない。接近量と最大変位の比を $n = \alpha / \alpha_0 = 0.001 \sim 0.8$ として数値積分をした結果、 $t_1 = 1.47$ が得られた。球が平面に衝突して最大変位 α_0 に達するまでの時間の2倍が衝撃継続時間 T であるとすれば次式を得る。

$$T = 2.94 \frac{\alpha_0}{v} \quad (13)$$

また、式(12)中の積分区間を0から1より小さい区間として数値計算すると、変位の時間的変化が求められる。力 P は式(6)より変位の $3/2$ 乗に比例するので力の時間的変化も求めることができ、これらの結果を図5に示す。図より、変位と力の時間的変化は正弦波状であり、前節で換算係数 Ka を求めるのに用いた正弦波近似の方法の妥当性がうかがえる。

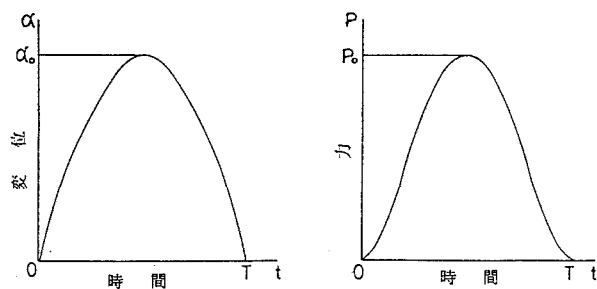


図5 変位 α と力 P の時間的変化

IV 実験装置および実験方法

1. 実験装置

本実験に用いた高分子材料の種類と厚さを表1に示している。表中の縦弾性係数 E とポアソン比 ν は供試材料購入時に添付されてきた試験表に記載されていた数値である。また、各供試材料の厚さは該当する寸法のものがあるときはそれを用い、それがないときは適当に組合せている。これに関しては一枚の厚さの材料とそれと同等の厚さになるように接着剤で数枚重ね合わせた材料を用意して、衝撃力を加える実験を行っている。接着剤を用いた場合と用いない場合を比較した結果、両者間に大差のないことを確認している。

図6に実験装置の概要を示す。供試装置は加工が容易で、装置自体の剛性が大きく、耐振動性に優れていることなどから厚さ10mmのアクリル材を用いている。基礎部の寸法は幅300mm×長さ370mmであり、その上

表1 供試材料一覧

材料の種類	厚さ (mm)	縦弾性係数 E (N/m ²)	ポアソン比 ν
塩化ビニール	1, 2, 3, 4, 5, 6	21.3×10^8	0.38
ポリエチレン	1, 2, 3, 4, 5, 6	8.4×10^8	0.35
セルロースアセテート	1, 2, 3, 4, 5, 6	7.6×10^8	0.26
ペルブレン150	1, 2, 3, 4, 5, 6	2.5×10^8	0.41
ペルブレン70	1, 2, 3, 4, 5, 6	1.3×10^8	0.33

寸法: 縦20mm×横20mm

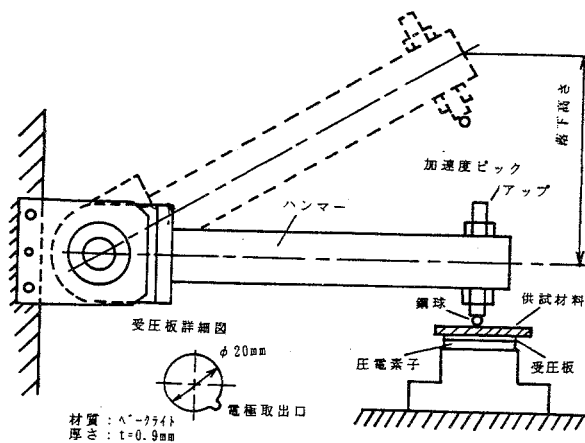
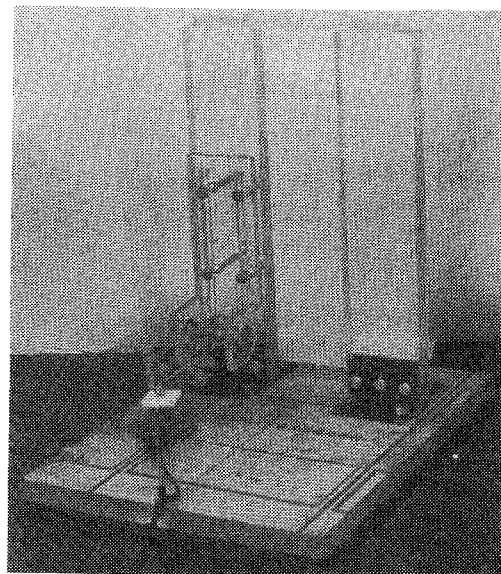


図6 実験装置

に衝撃力を加えるためのハンマー支持部が取付けてある。ハンマー支持部はボルト4本で任意の高さに調整でき、ハンマーの腕は30mm×長さ115mm×厚さ8mmのアクリル材で製作してある。これの取付部にはボールベアリングを用いて、ハンマーが落下運動をするときの摩擦力を低減している。ハンマーの先端には直径1, 2, 4, 6mmの鋼球が取付けられ、その中心からハンマー取付部中心までの距離は100mmである。さらに、この鋼球の反対側に衝撃加速度測定用のピックアップ

ップを取付けてある。この仕様は高さ10mm、直径8mmで質量は2.2g、測定加速度は0~5000g、応答周波数は5~15000Hzである。ハンマーの質量は鋼球直径φが1mmのとき39.2g、2mmのとき39.4g、4mmのとき40.7g、6mmのとき44.1gである。

衝撃力測定器に用いた圧電素子は厚さ1mm、直径20mm、厚み方向の固有振動数1850kHzのチタン酸バリウム磁器である¹⁾。圧電素子は出力波形の乱れを防ぐために導電性の接着剤で測定器本体の上面に固定してあり、本体は黄銅製である。本体側から負の電極を取出し、正の電極は円形をした受圧板の下面より取出している。この受圧板はプリント基板を利用しており、ベークライト板(ガラス繊維入り)の片面に銅箔が蒸着してある。この寸法は直径20mmで一部電極取出し用の出張りがあり、厚さは0.9mmである。供試材料を載せないときの実験条件ではこの受圧板に直接ハンマー先端の鋼球が衝突する。

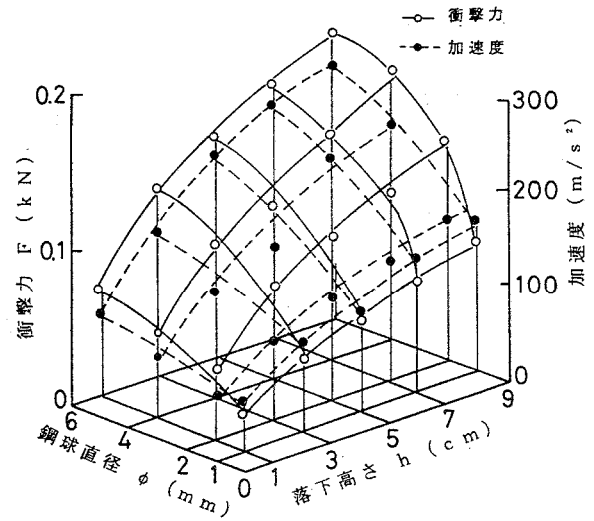


図7 衝撃力と加速度
(供試材料：なし)

2. 実験方法

ハンマーの落下高さhを10、30、50、70、90mmとして、衝撃力測定器上に置かれた高分子材料に衝突させる。このとき、ハンマー先端の鋼球が供試材料面に衝突したときにハンマーの腕が水平になるように水準器を用いて取付け位置を調整する。

衝撃加速度測定用のピックアップの出力と衝撃力測定器の出力はそれぞれチャージアンプと波形整形用ボードを介して、シールド線にてシグナルプロセッサに入力する。これらの波形を記録するとともに衝撃継続時間τと最大出力電圧V₀を読みとり、式(1)より衝撃力を算出する。

供試装置の換算係数K_aは鋼球の直径がφ=1mmのときK_a=8.73N/V、φ=2mmのときK_a=9.32N/V、φ=4mmのときK_a=9.82N/V、φ=6mmのときK_a=10.21N/Vである。

V 実験結果および考察

図7は、衝撃力測定器の上に供試材料を載せないときの鋼球の直径φ、落下高さhと衝撃力Fおよび衝撃加速度の関係で、実験値である。図中の○印は衝撃力、●印は衝撃加速度であり、多数の実験データを基に描いてある。図より、衝撃力Fと衝撃加速度は鋼球の直径φを大きくすると増大する。また、同じ鋼球の直径φでも落下高さhを高くすると衝撃力F、衝撃加速度とも

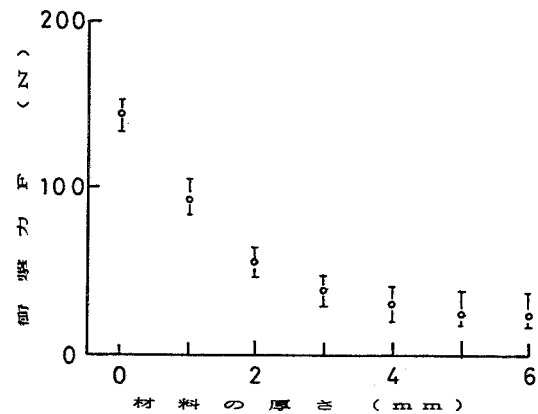
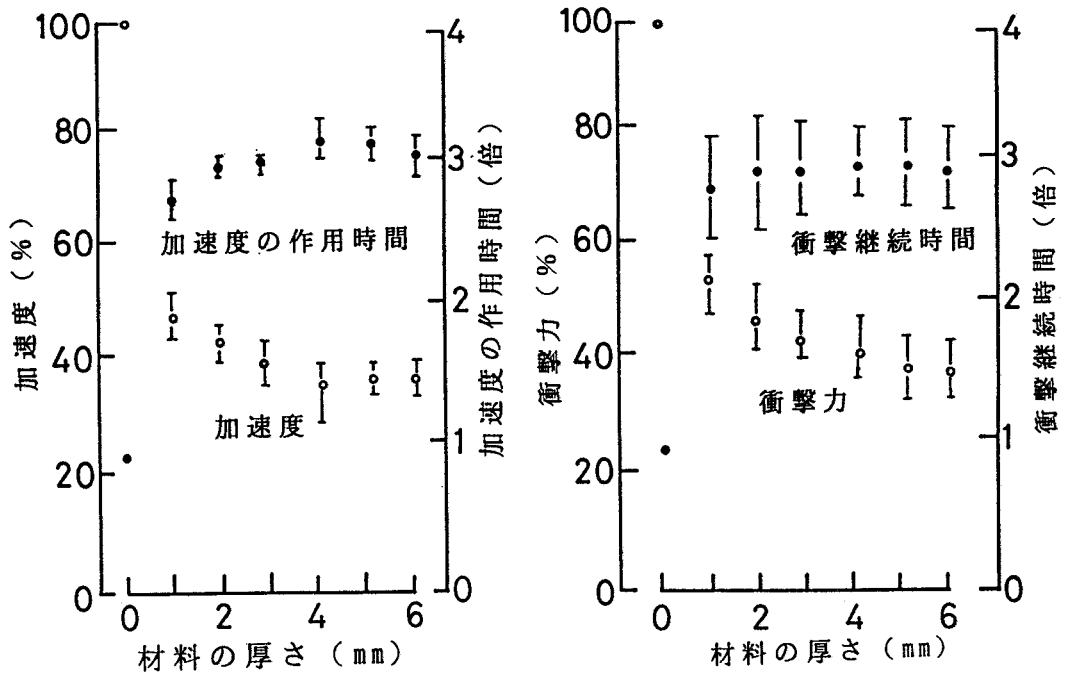


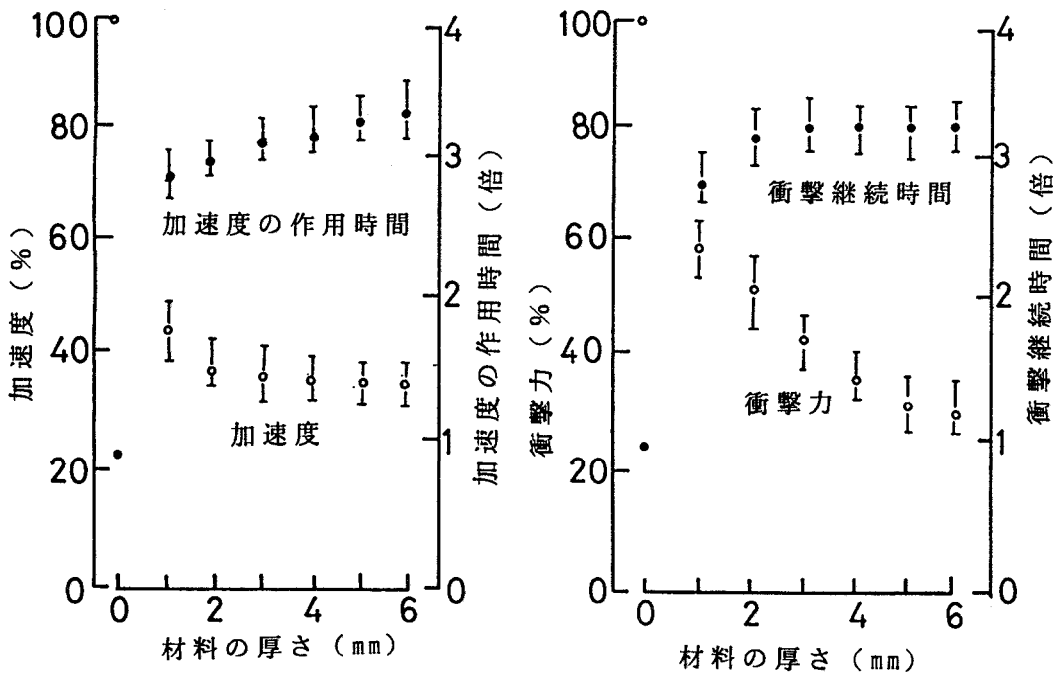
図8 供試材料の厚さと衝撃力の関係
(供試材料：セルロースアセテート、落下高さ30mm、鋼球の直径：φ=4mm)

に大きくなる。これらより、鋼球の直径φと落下高さhを適当に組合せることにより、広範囲な衝撃力Fのもとで実験が可能である。

図8に供試材料の厚さと衝撃力Fの関係の一例を示す。図の横軸は供試材料の厚さであり、それが零の場合は供試材料を載せてない(供試材料がない)ことを意味している。また、図示した例では鋼球の直径をφ=4mm、ハンマーの落下高さhをh=30mm一定とした場合である。図より、供試材料の厚さを増すと急激に衝撃力Fは減少し、ある厚さ以上になると衝撃力Fはほぼ一定値を示す。他の供試材料の場合も同様の変化を示している。



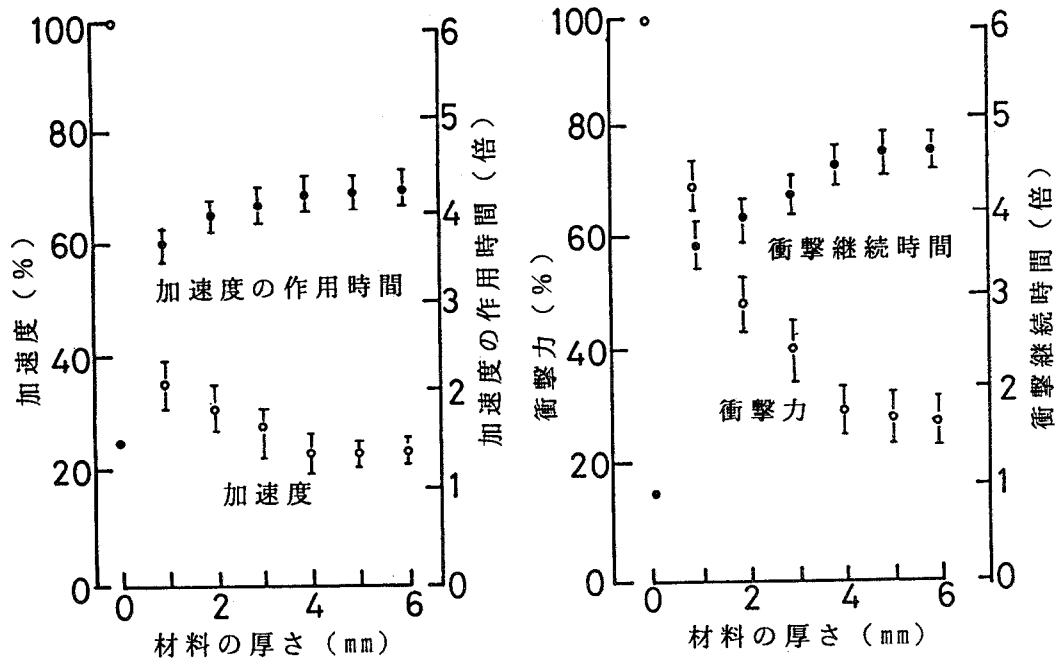
(a) 塩化ビニール



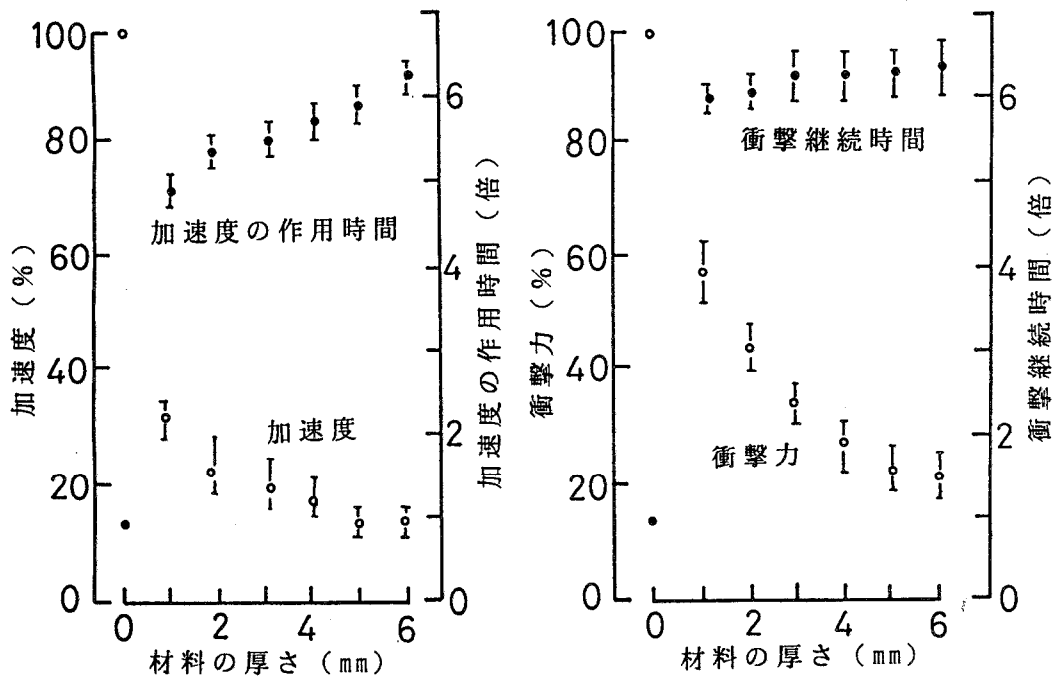
(b) ポリエチレン

図9 衝撃力の緩和特性

(鋼球直径: $\phi = 4\text{mm}$ 、ハンマーの落下高さ: $h = 50\text{mm}$ 一定)



(a) セルロースアセテート



(b) ペルプレン150

図10 衝撃力の緩和特性

(鋼球直径: $\phi = 4\text{mm}$ 、ハンマーの落下高さ: $h = 50\text{mm}$ 一定)

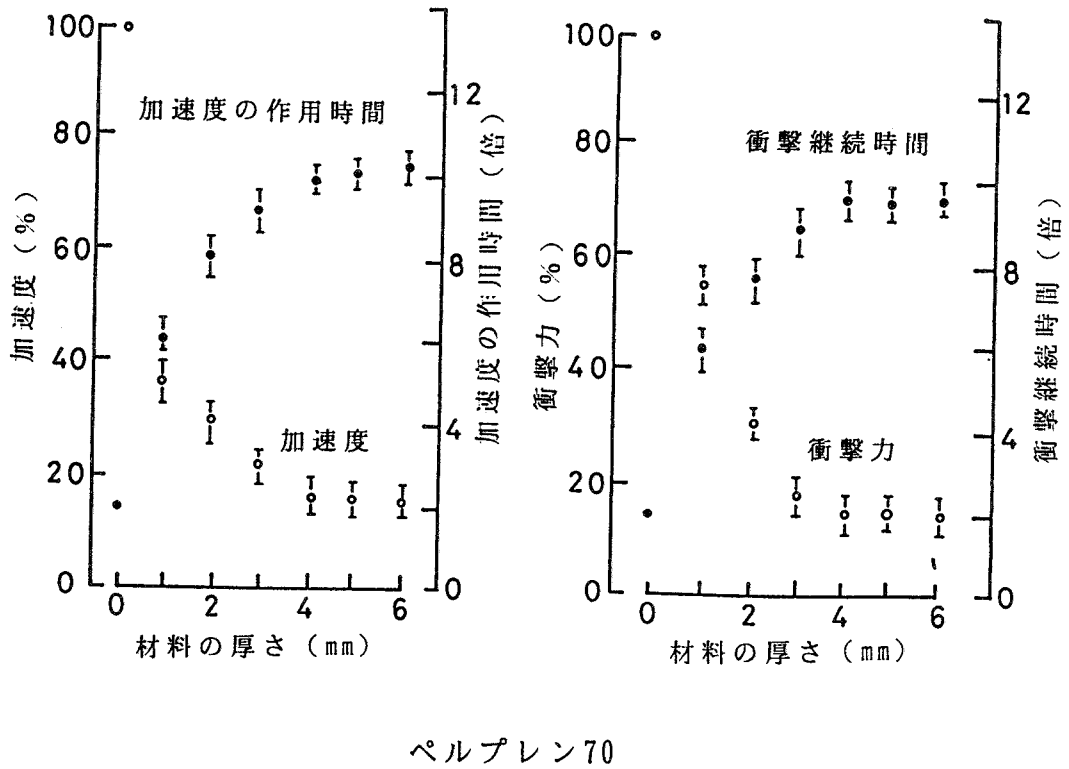


図11 衝撃力の緩和特性

(鋼球直径: $\phi = 4\text{mm}$ 、ハンマーの落下高さ: $h = 50\text{mm}$ 一定)

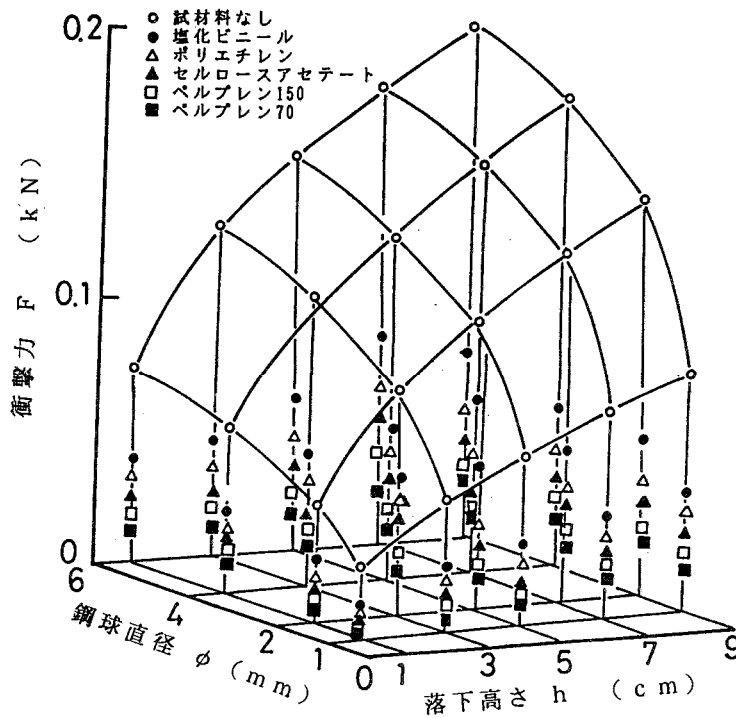


図12 鋼球直径、ハンマーの落下高さと衝撃力の関係

(供試材料の厚さ3mm)

図9~11は鋼球の直径を $\phi = 4\text{mm}$ 、ハンマーの落下高さを $h = 50\text{mm}$ 一定としたときの供試材料の厚さと加速度、加速度の作用時間、衝撃力および衝撃継続時間の関係である。各図とも供試材料を載せないとき(図中では 0mm と表示)の値を基準にとり、供試材料の厚さごとの衝撃加速度と衝撃力 F の減少の割合が示してある。数値が小さいほど衝撃力 F の減少が大きい。さらに、供試材料の厚さと加速度の作用時間および衝撃継続時間の関係は基準値の倍数で示してある。図より、塩化ビニールは厚さが 5mm 以上になるとそれがないときの38%程度に衝撃力 F は減少し、衝撃継続時間 τ は約2.8倍長くなる。衝撃力 F はポリエチレンでは厚さ 5mm 以上で30%程度、セルロースアセテートでは厚さ 4mm 以上で30%程度、ペルプレン150では厚さ 5mm 以上で20%程度、ペルプレン70では厚さ 4mm 以上で14%程度に減少する。また、衝撃継続時間 τ は衝撃力の減少する割合がほぼ一定になる供試材料の厚さ以上で、ポリエチレンでは約3.3倍、セルロースアセテートでは約4.7倍、ペルプレン150では約6.2倍、ペルプレン70では約9.7倍長くなる。衝撃加速度については供試材料の厚さが厚くなると減少し、その作用時間は長くなる。

図12は、鋼球の直径 ϕ 、ハンマーの落下高さ h と衝撃力 F の関係で、供試材料名をパラメータにとり示してある、供試材料の厚さを 3mm としたときの結果である。図より、供試材料を載せないときとそれを載せたときの衝撃力 F の大きさが比較できる。供試材料を載せないとき、落下高さ h を高く、鋼球の直径 ϕ を大きく

すると衝撃力 F は増大するが、供試材料を載せることにより十分な衝撃力 F の減少が期待できる。本実験の範囲内では衝撃力 F を減少させる能力が大きいのは(1)ペルプレン70、(2)ペルプレン150、(3)セルロースアセテート、(4)ポリエチレン、(5)塩化ビニールの順であり、これは供試材料の縦弾性係数 E の小さい順でもある。

VI 実験値と計算値の比較・検討

図13は供試材料に厚さ 3mm の塩化ビニールを用い、ハンマーの落下高さ h を 30mm 、鋼球の直径 ϕ を 4mm としたときの衝撃力 F の記録波形と計算による波形の

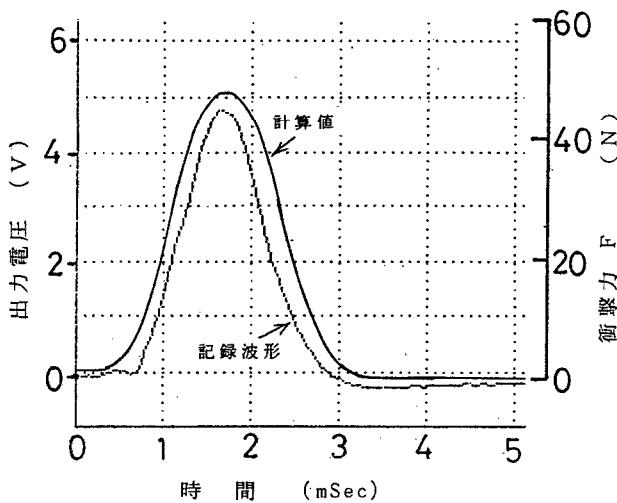
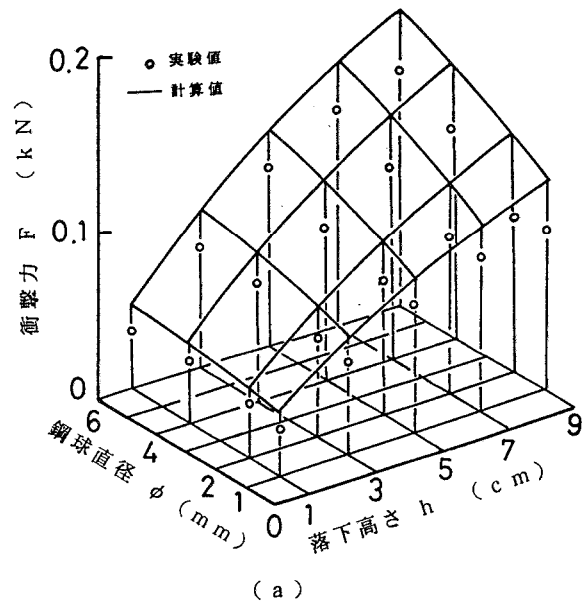


図13 衝撃力波形の比較

(供試材料：塩化ビニール、厚さ： 3mm 、鋼球の直径： $\phi = 4\text{mm}$ 、ハンマーの落下高さ： $h = 30\text{mm}$)

図14 実験値と計算値の比較例

(供試材料：ポリエチレン、厚さ 3mm)

表2 計算値と実験値の比較

項 目	衝 撃 力		衝 撃 継 続 時 間	
	計 算 値	実 験 値	計 算 値	実 験 値
供試材料				
なし*)	100 (%)	100 (%)	1	1
塩化ビニール	29.8	39.8	4.53	2.9
ポリエチレン	27.4	35.4	5.08	3.3
セルロースアセテート	22.7	31.2	6.33	4.4
ペルpren150	14.5	24.6	8.05	6.2
ペルpren70	8.2	11.9	17.65	8.4

*) ハンマーが直接受圧板に衝突する。衝撃力測定器上に供試材料なし。
 供試材料の厚さ：4mm 鋼球直径：φ4mm ハンマーの落下高さ：h=30mm

比較例である。また、計算には表1に示した諸定数を用いている。図より、記録波形は衝撃力Fが加わると急激に大きくなり最大値を示した後、緩やかに減少する。記録波形より計算値の方が全体的に大きな値を示しているが、その形状は類似である。

図14(a)はハンマーの落下高さh、鋼球の直径φと衝撃力F、(b)はハンマーの落下高さh、鋼球の直径φと衝撃継続時間τの実験値と計算値の比較例である。供試材料は厚さ3mmのポリエチレンである。図(a)より、ハンマーの落下高さhが高く、鋼球の直径φが大きい組合せのときは衝撃力Fの計算値と実験値の差は大きくなる傾向にあるが、両者は定性的には一致している。図(b)より、鋼球の直径φが小さく、ハンマーの落下高さhが高いときほど衝撃継続時間τは長くなり、鋼球の直径φが小さいときほど計算値と実験値の差が大きく表れている。図14の計算値と実験値の差はハンマーの落下速度が軸受部などの影響により、計算値より小さな値になっていることや慣性モーメントの計算に用いているハンマー質量の値、供試材料の縦弾性係

数の相違などが考えられる。ハンマーの落下速度、縦弾性係数やポアソン比などを実験的に求め、それらの値を用いることにより両者の差は改善されるものと思われる。また、衝撃力を加えることにより供試材料が塑性変形し、それにより衝撃エネルギーが散逸して実験値と計算値に差が生じているとも考えられるが、これに関しては供試材料の種類、実験方法、塑性変形を可視化できる方法などを含めて今後さらに検討していきたい。

表2は、供試材料を衝撃力測定器の上に載せてない(表中では供試材料の欄になしと表示)ときの値を基準に、衝撃力の減少の割合と衝撃継続時間の割合が示しており、計算値と実験値の比較例である。表中の供試材料なしの場合、ハンマー先端の鋼球を衝撃力測定器の受圧板に直接衝突させている。このため、受圧板の縦弾性係数 $E = 2.3 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ とポアソン比 $\nu = 0.17$ を用いて、計算値は求めている。また、実験値は各供試材料の厚さを4mm、ハンマーの落下高さをh=30mm、鋼球の直径をφ=4mm一定としたときの値である。表

より、衝撃力の減少の割合は実験値の方が計算値より1.3~1.7倍大きく表れているが、両者とも表1に示した縦弾性係数Eが小さい供試材料ほど衝撃力を減少させる割合が大きい。衝撃継続時間については実験値の方が計算値に比べて短い、これも供試材料の縦弾性係数Eの値により変化しており、Eの値が小さい材料ほど衝撃継続時間は長くなっている。

ヘルツの理論による計算は弾性平面がz軸方向に(材料の厚さ方向に)無限に存在するとしているが、図3によればこの深さは加えられる力の大きさにもよるが、本実験の範囲内では接触円半径aの4~6倍($z=4a\sim 6a$)になると応力も変位も表面における値に比べて非常に小さくなる。このことは弾性平面の厚さを $4a\sim 6a$ とし、その下は剛体で支えられているとしても表面すなわち球と平面との接触部分の変位や応力はあまり影響を受けないということを意味している。緩衝材上にハンマーを落下させる問題で、その厚さが厚いほど衝撃力の減少の割合が大きくなることは常識的に予測できるが、上記の計算結果はその厚さが $4a\sim 6a$ より大きくなるとそれ以上、厚さを増してもあまり期待できないことを示している。実験でも供試材料の厚みを増すと衝撃力の減少の割合は増すが、ある厚さ以上になるとそれは飽和することが確かめられている。ただし、その飽和値は上記の計算値よりやや小さくハンマーの落下高さhを $h=70\text{mm}$ としたときでセルローズアセテートで接触円半径aの約3.3倍、その他の材料では約2.4倍である。

VII 結 論

高分子材料に衝撃力を加えたとき、衝撃力を低減させる能力(衝撃緩和能力)について実験値とヘルツの理論による計算値とを比較・検討した。この結果、次に示す主な結論を得た。

- 1) 高分子材料は緩衝材として有益であり、本実験の範囲内では衝撃力を最大で14%程度に減少させることができる。
- 2) 材料の厚さは厚いほど衝撃力の減少の割合は増すが、ある一定以上の厚さになると飽和する。この厚さは本数値計算の範囲内ではヘルツの理論により求められる接触円半径の約3.3倍である。
- 3) 衝撃力の減少の割合は材料の縦弾性係数が小さいほど大きい。

最後に、本研究を遂行するにあたり貴重なご意見をいただいた当校の堤 一郎講師にお礼を申し述べるとともに実験装置の製作とデータ収集に協力下さった卒業生唎崎忠夫、駒木根和徳の各君に感謝いたします。また、本研究は平成6年度の指定研究「高分子材料の衝撃緩和効果とその温度依存性に関する研究」の費用の一部を使用させていただきました。関係各位に厚くお礼を申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 竹内、圧電セラミックスを利用した衝撃力の測定、職業能力開発報文誌, 第1巻2号, (1989) 9.
- 2) チモシェンコ, グーディア: 弾性論, (1973) 423, コロナ社.
- 3) A.E.H.Love: MATHEMATICAL THEORY OF ELASTICITY, 4th ed, (1927), 181, Cambridge University press.
- 4) 佐野元: 工業力学, (1986) 202, パワー社.