

正 茶谷 明義 (金沢大)

正 放生 明廣 (金沢大)

石田 貴彦 (金沢大)

○ 松崎 良彦 (金沢大院)

正 立矢 宏 (金沢大)

## 1. 緒言

構造物や機械部品には衝撃荷重を受けるものが多い。したがって、材料の衝撃強度試験法を確立し、衝撃強度に及ぼす諸因子の影響が明らかになれば、設計上きわめて有用であると考えられる。しかし、現状では衝撃試験に関する標準的な規格は少なく、必要に応じて衝撃試験を実施するための手法が必ずしもまとめられていない。

そこで、本研究では一般によく用いられている加速度センサによる材料の応力-ひずみ関係を求める試験法の確立を目指す。

## 2. 測定方法と原理

十分大きな剛性をもち、動学的に質点と見なし得るような質量  $M$  の物体を試験片に衝突させる。衝突物体後面に取り付けた加速度センサからの加速度  $\alpha$  が得られたとする。この時の応力  $\sigma$  及びひずみ  $\epsilon$  は、衝突直前の衝突物体速度を  $V_0$ 、試験片断面積  $a$ 、長さ  $l_s$  とすれば

$$\sigma = \frac{M\alpha}{a} \quad \epsilon = \frac{V_0 t - \iint \alpha dt dt}{l_s} \quad (1)$$

で表される。加速度センサから得られる加速度波形の測定結果と剛体の運動方程式に基づく上式によれば、材料の動的応力-ひずみ関係を簡便に得ることが期待できる。

試験片に寸法  $\phi 20 \times 20(\text{mm})$  のポリエチレン (PE) を用い、寸法  $\phi 70 \times 100(\text{mm})$ 、質量  $3\text{kg}$  のおもりで衝撃圧縮試験を行った結果を Fig.1 に示す。加速度センサが示す結果には高周波数振動が混入している。

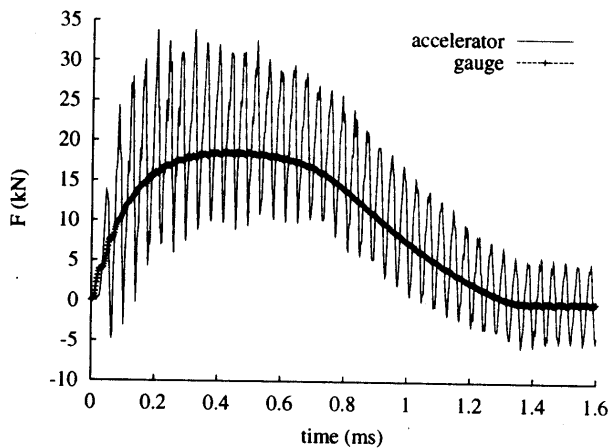


Fig. 1: Relationship between the time and load (PE)

そこで、衝突物体先端に  $\phi 20 \times 15(\text{mm})$  の突起部を設け、その側面にひずみゲージを貼りつけて同時に測定した結果を同図中に示す。

ひずみゲージの結果は加速度センサが示す高周波振動の振幅中心を通る結果を示していることが確認できる。このことから、加速度センサによる衝撃圧縮試験では、高周波数振動が混入するが、その振動振幅の中心が真値であると言える。したがって、加速度センサから得られた波形に対して適切な Filter 処理を施すことにより、材料の動的応力-ひずみ関係が得られる。ただし、Filter 処理を施すことを考慮すると、金属材料などのように硬い材料に対しては測定が困難であり、軟らかい材料に対して本試験法が向いていると考えられる。

## 4. 周波数解析試験

先に述べたように、加速度センサから得られる結果には高周波振動が混入する。そこで、振動の原因を調べるために衝突物体寸法を変化させて衝撃圧縮試験を行った。

試験片には寸法  $\phi 20 \times 20(\text{mm})$  に加工したプラスチックを使用した。おもりとなる衝突物体は寸法  $\phi 120 \times 100(\text{mm})$  のものと、 $\phi 70 \times 330(\text{mm})$  の 2 種類で行った。おもり質量はともに  $8.8\text{kg}$  である。衝突物体先端に試験片を取り付け、後端には圧電型加速度センサを M3 のネジで取り付けた。これを  $2055(\text{mm})$  の高さから落下させることにより衝撃圧縮試験を行った。

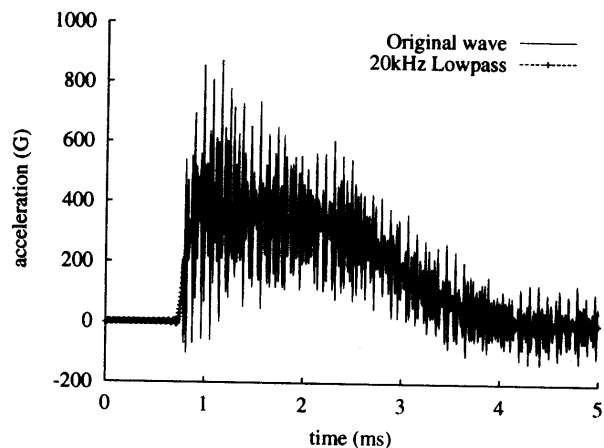
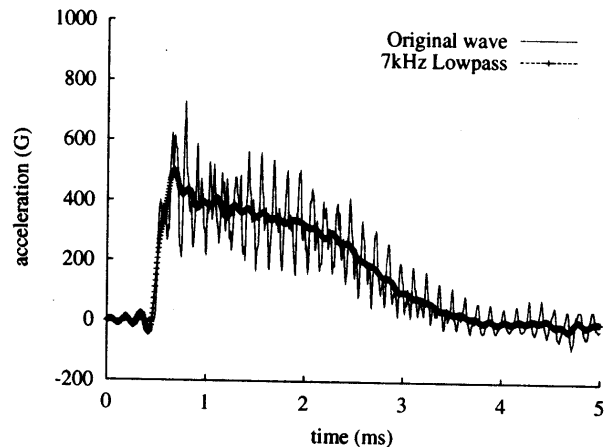
Fig. 2: Relationship between the time and acceleration (weight size  $\phi 120 \times 100$ )Fig. 3: Relationship between the time and acceleration (weight size  $\phi 70 \times 330$ )

Fig.2 には  $\phi 120 \times 100(\text{mm})$  のおもりによる結果 (時間-加速度関係) を示し、Fig.3 には  $\phi 70 \times 330(\text{mm})$  のおもりによる結果を示す。プラスチックの種類はポリプロピレン (PP) である。各々の図には参考のために適切な周波数で Filter 処理を施した結果も重ね合わせてある。

$\phi 120 \times 100(\text{mm})$  のおもりによる結果の方が  $\phi 70 \times 330(\text{mm})$  のおもりによる結果よりも、高周波振動の周波数が明らかに高いことが確認できる。それぞれの振動周期と衝突物体長さと同体中を伝ばする応力波の速度 (約  $5100\text{m/s}$ ) から推定される周期を比較したところ、ほぼ一致することが確認された。

以上の結果より、加速度センサから得られる高周波振動は、おもりとして用いる衝突物体中を伝ばする応力波が原因であると考えられる。したがって、Filter 処理を行うことを考慮して適切な寸法のおもりを使用する必要がある。

4. プラスチックの衝撃圧縮試験

試験片に与えるエネルギーが同じでも、その与え方による影響を調べるためにプラスチックの衝撃圧縮試験を行った。

試験に用いた衝突物体寸法・質量と落下高さ及びその条件から計算されるエネルギーを表 1 に示す。試験を行った材料は ABS・N6・PC・PE・PP・PVC の 6 種類である。

Table. 1: conditions of examination

	size (mm)	mass (kg)	drop height (mm)	energy (J)
A	φ69 × 125	3.63	5000	176.4
B	φ120 × 100	8.89	2055	179.1

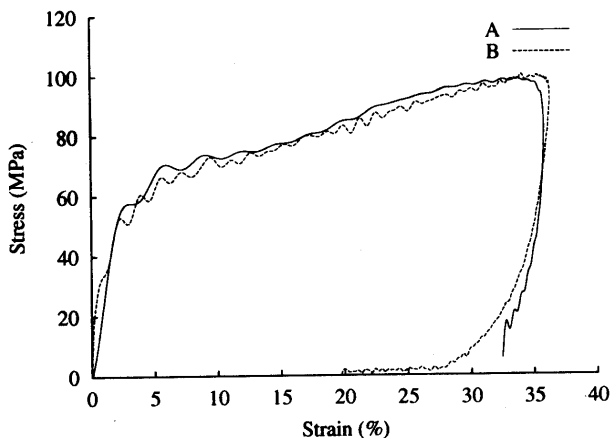


Fig. 4: Relationship between the strain and stress (PE)

ほとんどの材料においては、ひずみ速度の影響により落下高さが高い方が応力が高くなり、最大ひずみは小さくなる傾向が確認された。しかし、Fig.4 に示す PE の結果のように、その影響がほとんど見られないと同じエネルギーを与えればその与え方に関わらずほぼ同一の結果を示すことが確認された。

次に衝突物体材質が衝撃圧縮試験結果に及ぼす影響を調べるために、おもり材質を変えて試験を行った。

実験に使用した衝突物体の寸法・質量および材質を表 2 に示す。すべてのおもりにおいて落下高さは 2000(mm) で行った。

Table. 2: the type of weight

material	size (mm)	mass (kg)
Al	φ70 × 134	1.3
Cu	φ70 × 118	3.7
Fe	φ120 × 100	8.8

Fig.5 に N6 の試験結果を示す。どの衝突物体を使用した場合においてもほぼ同一線上をたどることが確認できる。以上の結果より、本試験法においておもりとして使用する衝突物体の材質は測定結果に影響しない。

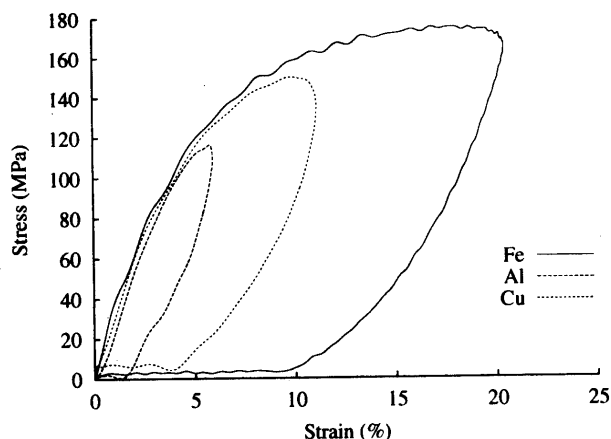


Fig. 5: Relationship between the strain and stress (N6)

5. 木材の衝撃圧縮試験

衝撃緩衝材としてよく用いられる木材の衝撃圧縮試験を行った。この実験においては、本研究室において測定されたホプキンソン棒式衝撃圧縮試験結果 (以後 HPB と表記) と比較することにより、加速度センサによる測定結果の信頼性について検討した。

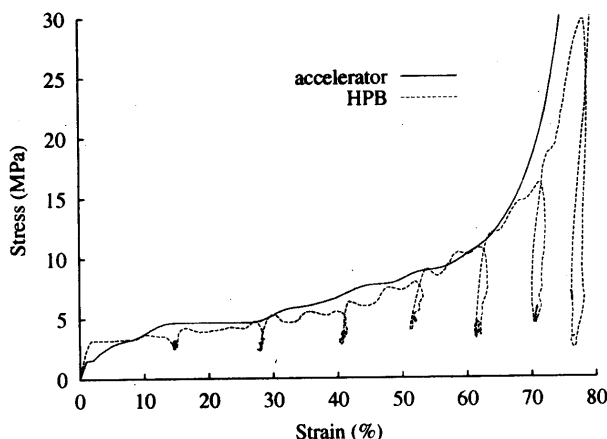


Fig. 6: Relationship between the strain and stress (balsa)

Fig.6 は、寸法 φ12 × 12 × 12(mm) のバルサ試験片に、質量 3kg、寸法 φ70 × 100(mm) の衝突物体を高さ 1818(mm) から垂直落下衝突させた結果である。この結果は年輪に対して平行に圧縮した結果である。

HPB の結果は応力波の反射の影響により負荷・除荷を繰り返す波打ちが現れている。加速度センサによる測定結果は HPB 法の結果の波打ちが無いとした場合とほぼ一致する結果が得られた。

このように、別の測定法による測定結果と比較したところほぼ一致したことから、加速度センサによる結果の信頼性が確認できる。

6. 結論

本研究では加速度センサを用いて材料の衝撃圧縮試験を行い次の所見を得た。

1. 加速度センサによる衝撃圧縮試験結果には高周波振動が混入する。
2. 高周波振動の原因は衝突物体中を伝ばする応力波によるもので、その振動振幅の中心が真値である。
3. 木材の衝撃圧縮試験結果を HPB 法による結果と比較することにより、本試験法の結果の信頼性が確認された。