

耐弾特性評価用軟物質の動的・衝撃変形特性評価

○山田浩之*1、立山耕平*2、小笠原永久*1

1. 緒言

防護装備品である防弾チョッキにおいて、その防護性能を正確に評価することは不可欠である。小銃弾の被弾では、人体へ目に見える傷が現れないときでも高速物体の衝突に伴う応力波や衝撃波が伝搬することで筋肉や内臓組織が損傷を受け、重篤な障害につながることもある。そのため、被弾時の衝撃による人体への影響を定量的に評価することが求められている。

これまでの生体模擬材料の評価は、目視による材料の欠損や変形を確認するといった定性的な評価が主であり、定量的な材料特性の評価はほとんど行われていない。特に、高速物体の衝突による人体への影響を評価するためには、生体模擬材料の動的・衝撃変形特性を知る必要がある。

そこで本研究では、シリコンゴムに対して準静的および衝撃圧縮試験を行い、ひずみ速度の影響を実験的に調査した。

2. 試験方法

準静的試験は、万能試験装置で初期ひずみ速度 1.7×10^{-3} 、 1.7×10^{-2} 、 $1.7 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1}$ で行った。

衝撃試験は、ロードセル対向式落錘試験機¹⁾を用いて行った。図1に装置および装置内を伝播する応力波の概略図を示す。試験片の圧縮変形により加えられた応力波は、ロードセル検知部に伝えられ、その後応力伝達棒に伝わる。応力伝達棒への透過波 σ_{21} は次式で表すことができる。

$$\sigma_{21} = \frac{2}{1 + A_2 / A_1} \sigma_{11} \quad (1)$$

ここで、 A_1 は検知部の断面積、 A_2 は応力伝達棒の断面積、 σ_{11} は検知部への入射波である。 $A_1 \ll A_2$ の場合、 $\sigma_{21} \ll \sigma_{11}$ となり、応力伝達棒に伝わる応力波は極めて小さくなることから、検知部に影響を与える応力伝達棒下端からの反射波も極めて小さくなる。よって、反射波の影響を低減することができ、長時間にわたって試験片の動的・衝撃応力を感知することができる。得られたひずみ速度は $5.4 \times 10^1 \text{ s}^{-1}$ であった。

3. 実験結果および考察

図2にシリコンゴムの圧縮試験から得られた応力-ひずみ関係を示す。ひずみ速度の増加に伴い流動応力の増加がみられることから、シリコー

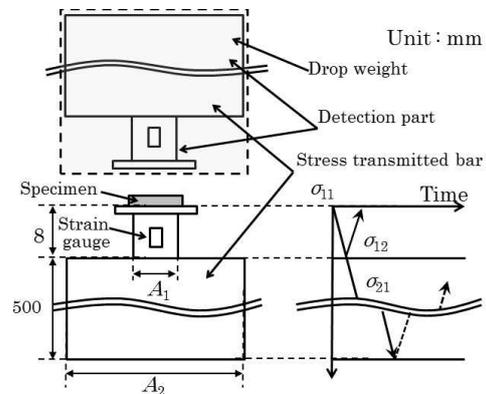


図1 ロードセル対向式落錘試験装置および装置内を伝播する応力波の模式図

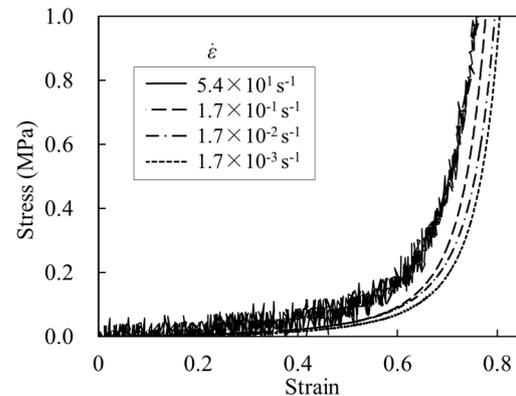


図2 応力-ひずみ関係

ンゴムは、材料強度のひずみ速度依存性を有することが分かった。また、変形過程において、圧縮直後から応力増加を伴わずにひずみが進行するプラトー領域が観察された。これは、シリコンゴムは強度が非常に低く、常温における高分子鎖の網目構造がゴム状態であることから、ひずみの進行に対してほとんど応力が増加しないゴム弾性が低強度において生じたためと考えられる。さらに、ひずみ速度の増加に伴う応力の増加割合をひずみ速度感受性と定義すると、シリコンゴムは、全ひずみ速度を通してほぼ一定のひずみ速度感受性の増加を示すことが分かった。

参考文献

- 1) K. Tateyama, et al., "Dynamic Compressive Behavior of Formed Polyethylene Film", Proceedings of 11th DYMAT, 2015, in press.

*1防衛大学校システム工学群機械工学科

*2防衛大学校理工学研究科装備・基盤工学系専攻