

751 ゴムチップ成形体の衝撃変形とひずみ速度効果

Impact Behavior and Strain Rate Effect of Recycled Rubber-chip Borad.

○上村 義彰 (室蘭工大院生) 臺丸谷政志 (室蘭工大) 藤木 裕行 (室蘭工大)
小林 秀敏 (大阪大) 塩崎 修 (室蘭工大)

Yoshiaki Uemura, Graduate Student, Masashi Daimaruya, Muroran Inst. of Tech, Hiroyuki Fujiki, Muroran Inst. of Tech, Hidetoshi Kobayashi, Osaka Univ, Osamu Shiozaki, Muroran Inst. of Tech.

The Split Hopkinson bar method (SHB) has been widely used for impact tests. However, the SHB method for low mechanical impedance materials such as rubber and plastics has not been established.

The purpose of this study is to perform the impact tests of rubber-chip board made from the chip of recycled tires of vehicles. In order to match the mechanical impedance between employed materials and the Hopkinson bar, PMMA bars were utilized as an input bar, an output bar and a striking bar in the SHB. As a result, the impact compressive strength of the rubber-chip board was remarkably influenced by strain rates. In addition, the static test in low temperature was carried out.

Key Words : Impact, Split Hopkinson Bar, Rubber-chip Board, Strain rate effect, Rubber cushion drum

1. 緒言

2001年の車輪廃タイヤの発生量は、タイヤ本数で1億700万本、重量で105万3千トンとなっている⁽¹⁾。廃タイヤのリサイクル率は、約90%を占めているが、その半分以上が熱利用であり、マテリアルリサイクルに分類される廃タイヤの再利用は全体の10%程度でしかない。そこで、廃タイヤを粒状に粉砕して作られたゴムチップ材と固結用バインダーとを攪拌混合成形して作られたゴムチップ成形体を用いて、ガードレール支持端クッションポストや車道設置クッションドラム等の衝撃緩和特性を生かした新製品の開発に目が向けられている。ゴムチップ成形体のような材料や製品の衝撃緩和特性評価に関しては、評価法が確立されておらず、基礎的資料もないのが現状である。そこで本研究では、ゴムチップ成形体に関して、スプリット・ホプキンソン棒法による衝撃試験を実施し、衝撃変形特性の検討を行った。

2. ゴムチップ成形体

廃タイヤから作られたゴムチップ材とウレタンバインダーとを100:10の混合比で攪拌混合成形したゴムチップ成形体から作成した。4種類の厚さのゴムチップ板から、それぞれ直径44mmの円板に切出した試験片を用いた。ゴムチップ板は、部位によって多少密度のばらつきが見られたので、任意の数箇所から試験片を採取した。

各ゴムチップ板から採取した試験片について、万能材料試験機(INSTRON 5586)を使用して静的圧縮試験を行い、それぞれの試験片の応力-ひずみ曲線を求めた。なお、試験片の板厚は、10, 20, 30, 40mmの4種類で、T10, T20, T30, T40試験片とする。各試験片ともに質量密度 ρ は約900kg/m³で、縦弾性係数 E はひずみが約5%における平均値で、4.9~5.3MPaであった。

常温での応力-ひずみ曲線の一例をFig.1に示す。また、クッションドラム等の寒冷地仕様製品の開発のため、低温、凍結環境下における静的試験を行った。T10の測定例をFig.2に示す。なお、-20°C(wet)は凍結状態の場合である。低温になるほど応力値が増加しており、凍結状態では常温の2倍程度になることがわかる。

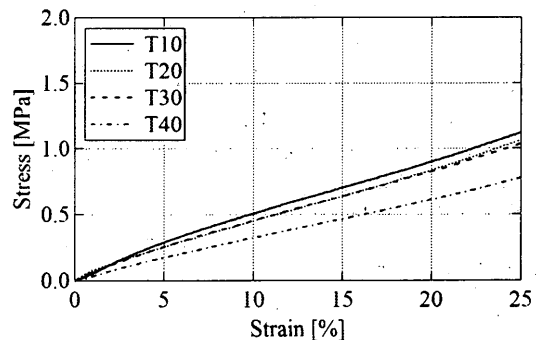


Fig.1 Stress and Strain curves for rubber-chip board with different thickness in static compression test.

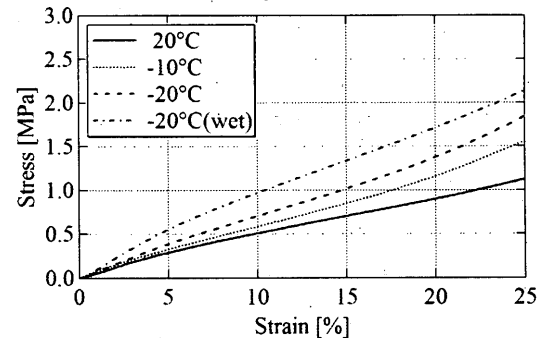


Fig.2 Stress and Strain curves at low temperature.

3. 衝撃圧縮試験

3.1 落錘式衝撃試験装置 本研究で使用した落錘型のスプリット・ホプキンソン棒法⁽²⁾⁽³⁾の試験装置の寸法と外観をFig.3に示す。ここで、ゴムチップ成形体の低強度・大変形特性を考慮して、入・出力伝達棒との機械的インピーダンス差を低減し、長い衝撃持続時間を実現するために、衝撃棒、入・出力伝達棒とともに、直径45mm、長さ2000mmのPMMA製丸棒を使用した⁽⁴⁾。入力伝達棒には試験片との接触面から1000mmにGage1, 450mmの位置にGage2, 出力伝達棒には同様に450mmの位置にGage3の線ひずみゲージをそれぞれ軸対象に2枚ずつ貼付し、応力波の伝播挙動を測定し、応力、ひずみ、ひずみ速度を算定した。

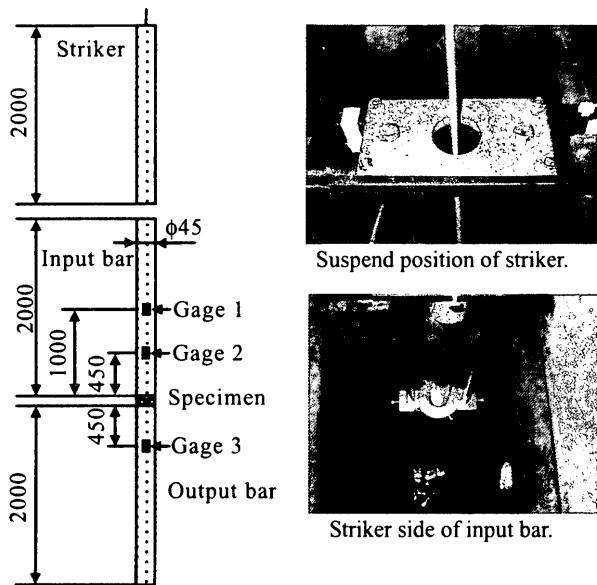


Fig.3 Setup of split Hopkinson bar.

3.2 SHB 衝撃圧縮試験と測定結果 Fig.3 に示した試験装置により、4種類のゴムチップ成形体試験片について SHB 衝撃試験を行った。衝撃棒の落下高さ($h=0.2\sim 3.2\text{m}$)を変えることにより、数種類の入射応力で試験を行った。試験片 T20 に関して、衝撃棒の落下高さ 3.2m(衝撃速度 7.9m/sec)の場合の入・出力棒から測定された応力波形の一例を Fig.4 に示す。測定時間が 1100~2200 μsec で Gage2 と Gage3 の波形が近接しており、良好な測定結果が得られていることが分かる。なお、入・出力 PMMA 棒の材料特性に基づく波動分散が認められ、Gage1 と Gage2 の間(550mm)で約 2.2%の減衰があった。この減衰率を考慮して応力値を算定した。

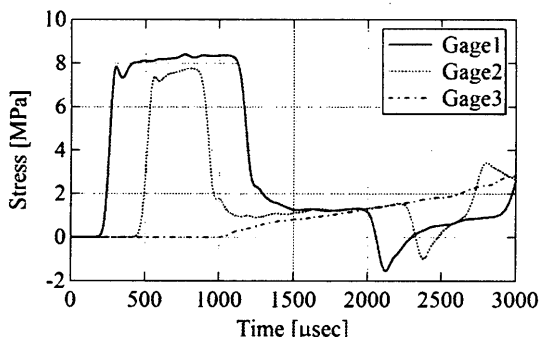


Fig.4 Measured stress responses on SHB.

4. ひずみ速度依存性

Fig.5 に衝撃試験結果より算出された、試験片 T10 の応力-ひずみ曲線を示す。ひずみ速度が高くなるに従って、各ひずみ量に対する応力値が大きくなることから分かる。また、静的応力に比べ、動的応力はひずみ 10%において 3~4 倍となっており、著しく大きくなっていることから、応力とひずみの関係はひずみ速度に大きく依存することがわかる。

Fig.6 に、試験片 T20 についての試験結果より算出された、各ひずみ量に対する応力-ひずみ速度の関係を示す。ひずみ速度 10^1sec^{-1} までの範囲では、ほぼ同一の応力値を示しており、ひずみ速度効果は見られない。一方、ひずみ速度 $10^2\sim 10^3\text{sec}^{-1}$ の範囲では、ひずみ速度の増加に伴い、応力値が著しく増加しており、大きなひずみ速度依存性を示すことがわかる。

Fig.7 は、4種類の厚さの試験片について、それぞれひずみ

が 5%のときの応力-ひずみ速度の関係を同時に示したものである。試験範囲においては、応力値に大きな差異はなく、試験片の厚さの影響は大きくないことがわかる。

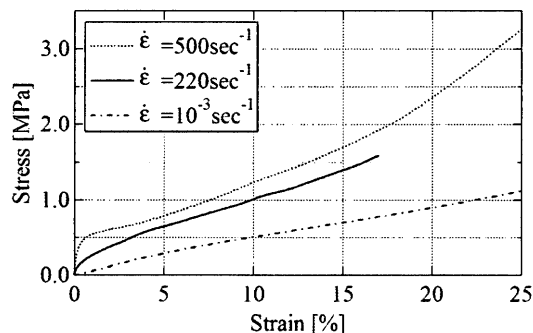


Fig.5 Stress and Strain curves in dynamic compression test.

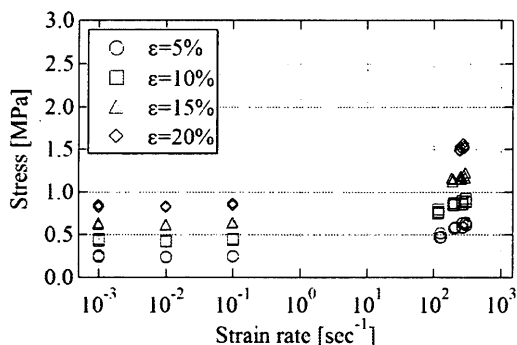


Fig.6 Relation of stress and strain rate for each strain.

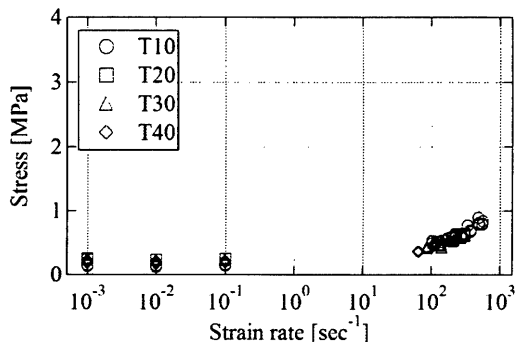


Fig.7 Relation of stress and strain rate for each thickness board at $\epsilon=5\%$.

5. 結言

本研究では、ゴムチップ成形体の衝撃変形挙動を調べるため、スプリット・ホプキンソン棒法実験装置による衝撃圧縮試験を行った。ひずみ速度 10^1sec^{-1} までの範囲では、ほぼ同一の応力値を示しており、ひずみ速度効果は見られないが、ひずみ速度 $10^2\sim 10^3\text{sec}^{-1}$ の範囲では、ひずみ速度の増加に伴い、応力値が著しく増加し、ひずみ速度効果が大きい結果が得られた。また、静的試験では、応力値は温度に依存し、凍結時には常温時の 2 倍ほどになることが得られた。

参考文献

- (1)株式会社ブリヂストン:ブリヂストン環境報告書 2002 <http://www.bridgestone.co.jp/eco/2002/2002.pdf>
- (2) 林, 田中: 衝撃工学, 日刊工業新聞社, (1988).
- (3) 横山 隆: ホプキンソン棒法による材料の衝撃変形強度の評価, 非破壊検査第 48 巻 7 号, pp.388-395, (1999).
- (4) 臺丸谷, 小林, 上村: リサイクル・ゴムチップ成形体の衝撃特性, M&M2003 材料力学部門講演会(2003)