

第 I 部門

同一エネルギーを与えた場合の積層繊維補強ゴムの衝撃力緩和性能

神戸大学 学生会員 ○津田葉涼太
シバタ工業（株） 正会員 西本 安志

大阪ガス（株） 藤網 里帆
明石工業高等専門学校 正会員 石丸 和宏

1. 目的

衝撃緩衝材には、「過度な衝撃荷重を抑制すること」、「衝撃的に作用するエネルギーを吸収すること」という二つの目的がある。衝撃緩衝材の剛性が小さい場合、変形が大きくなり衝撃荷重の伝達を抑制することができる。これは前者の目的を満たす。剛性が大きい場合、変形は小さくエネルギーをより多く吸収することができる。これは後者の目的を満たす。これより、二つの目的を満たすための衝撃緩衝材の条件は相反していることがわかる。そのような衝撃緩衝材として積層繊維補強ゴム（以下、PRF と呼ぶ）があげられ、その研究が進められている。

過去の PRF の衝撃緩衝効果に関する基礎的研究では、衝撃緩衝材に必要な力学的特性および衝撃緩和性能について検討されているが¹⁾、本研究では PRF の基本性能を調べるためにエネルギーに着目し、載荷重量および落下高さを変えて重錘落下実験を行い、同一エネルギーを与えた場合の PRF の衝撃力緩和性能について調べることを目的とする。

2. 供試体

供試体は PRF と比較として単純な天然ゴム（総ゴム）を用いた。PRF の構造を図-1 に示す。PRF とはゴムに化学繊維材を埋設したものである。繊維材を平面状に加工し、その両面にゴムを圧着させたものを繊維補強ゴムシートと呼ぶ。この構造によってゴムの変形を繊維が拘束することで、繊維側の剛性および破断強度が支配的となり、ゴム単体と比べて高

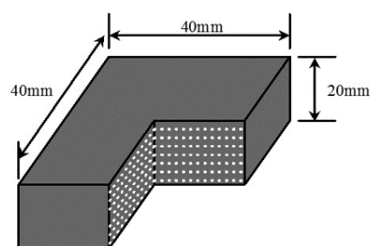


図-1 PRF の概略図

い耐力を示す。繊維補強ゴムシートを積層一体化したものが PRF である。埋設した繊維が破断する際にエネルギーが吸収され衝撃力が軽減されることが考えられている。

3. 実験概要

衝撃的な鉛直力として重錘を自由落下させる。実験概要図を図-2 に示す。治具の塑性変形を防ぐため円柱部の治具（SS400）は5本とした。

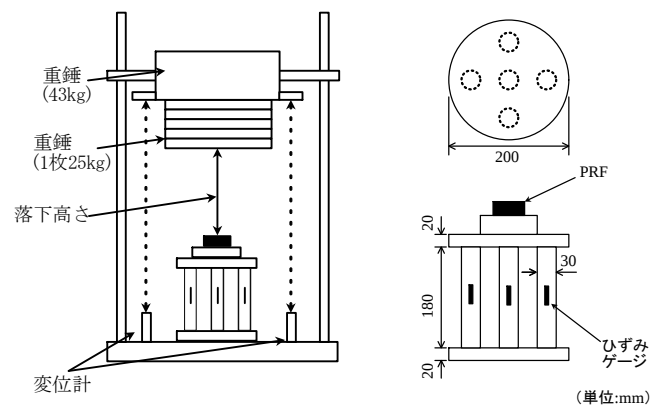


図-2 実験装置概要図

上図に示すように供試体（PRF）を治具の上部に設置しひずみゲージでひずみを測定する。ひずみゲージは治具円柱部の側面に互いに直交するように1本あたり4枚貼りつけ、5本のひずみを平均し軸力として扱う。ひずみに治具円柱部の総断面積とヤング率 $2.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ を乗じて衝撃伝達荷重を計算する。また、レーザー式変位計により供試体の鉛直方向の変位を測定する。

測定のサンプリングタイムは $20\mu\text{sec}$ として測点数を5000点とし、載荷重量（168kg, 118kg, 68kg）において同一エネルギー（80J, 160J, 240J）となるように重錘の落下高さを変える。供試体は PRF、総ゴムの場合とゴムを設置しない場合も実験を行い、計81回の測定を行う。

4. 実験結果

図-3,4,5 は衝撃伝達荷重を縦軸に、測定時間を横軸に表し描いた曲線（以下、曲線という）を載荷重量ごとに示している。また、エネルギー 240J における最大衝撃力は載荷重量 168kg, 118kg, 68kg でそれぞれ 138.1kN, 138.5kN, 107.6kN であった。

図-3 はエネルギー 240J における曲線である。衝撃伝達荷重の最大値は載荷重量 168kg, 118kg, 68kg の場合でそれぞれ 50.49kN, 52.07kN, 52.04kN でほぼ等しい。載荷重量が大きいほど衝撃力が大きいため PRF の衝撃力緩和性能は高くなるといえる。衝撃伝達荷重が最大値に達するまでの時間を見ると、載荷重量 168kg, 118kg, 68kg の場合で 0.003sec, 0.0025sec, 0.002sec となっており載荷重量が小さいほど最大値に早く到達することがわかる。これは落下高さが高いほど衝突速度が速くなり、その結果荷重の伝達が速くなったためであると考えられる。

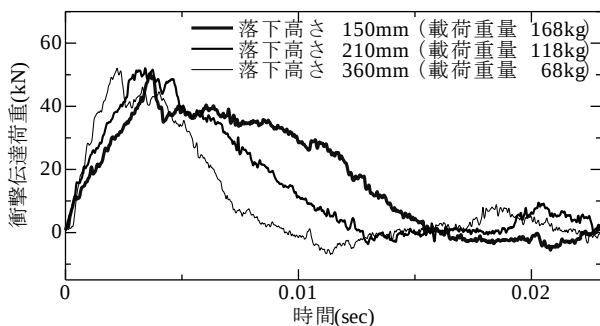


図-3 衝撃伝達荷重-時間応答曲線（240J）

次にエネルギー 160J の場合を図-4 に示す。衝撃伝達荷重の最大値は載荷重量 168kg, 118kg, 68kg の場合でそれぞれ 46.38kN, 44.49kN, 34.91kN であった。載荷重量 168kg, 118kg の場合は衝撃伝達荷重の最大値はほぼ同じであるため、エネルギー吸収能は載荷重量が大きいほど高くなっていると考えられる。載荷重量 68kg の場合は同一エネルギーを与えているにも関わらず、明らかに最大値が低い値を示している。68kg の場合は目視で繊維が破断していると判断されたが、目視できない部分の繊維が破断していなかった、または載荷重量が小さかったため荷重の伝達が少なかったのではないかと推測される。

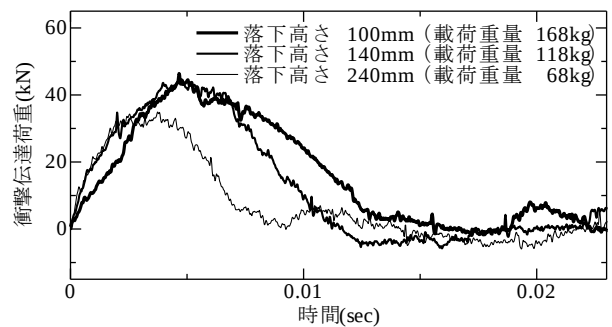


図-4 衝撃伝達荷重-時間応答曲線（160J）

図-5 に示すエネルギー 80J の場合では、衝撃伝達荷重の最大値は載荷重量 168kg, 118kg, 68kg の場合でそれぞれ 36.60kN, 35.65kN, 33.78kN であった。載荷重量が大きいほど衝撃伝達荷重の最大値が大きくなっている傾向にあるが、差は少ないためエネルギー吸収能は載荷重量が大きいほど高いといえる。

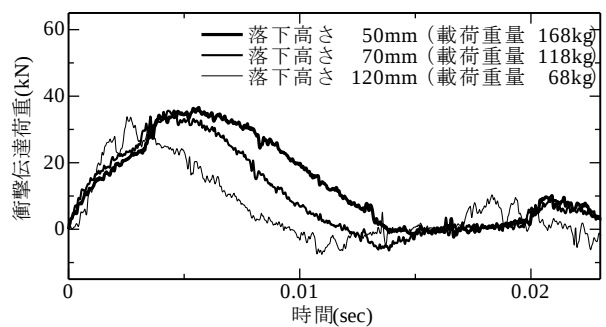


図-5 衝撃伝達荷重-時間応答曲線（80J）

5. 結論

同一エネルギーを与えた場合、載荷重量が大きいほど最大衝撃力が大きくなり、PRF は衝撃力をより緩和している。エネルギーが大きく、載荷重量が大きいほど PRF は高い衝撃力緩和性能を持つことが分かった。

謝辞

本研究は、関西エネルギー・リサイクル科学研究振興財団の研究助成を受けました。

参考文献

- 1) 西本安志：積層繊維補強ゴムの衝撃緩衝効果に関する基礎的研究，九州大学博士論文，2004
- 2) 菅原巧，山本玲於奈，西本安志，石丸和宏：積層繊維補強ゴムの衝撃力低減効果，第 73 回年次学術講演会，土木学会，I-317，2018. 8