

重錘落下実験による積層繊維補強ゴムの衝撃力緩和性能

明石工業高等専門学校 学生会員 ○松本 拓実
シバタ工業（株） 正会員 西本 安志

阪急設計コンサルタント（株） 正会員 水鳥 皓平
明石工業高等専門学校 正会員 石丸 和宏

1. 目的

兵庫県南部地震等の直下地震による構造物の破壊は水平動によるものが多い。しかし写真-1, 2のように衝撃的な鉛直力によると考えられる破壊も見られたことから、従来の水平動に対する免震機構に加え、衝撃的な鉛直力に対する免震機構が必要と考えられる。本研究では免震機構の衝撃緩衝材として積層繊維補強ゴム（PRF）に着目し、この衝撃力緩和性能を明らかにすることを目的に重錘落下実験を行う。



写真-1 鋼製橋脚の破壊 写真-2 圧縮による破壊

2. 供試体

供試体として PRF および単純な天然ゴム（総ゴム）を用いる。PRF の構造概略および寸法を図-1 に示す。PRF は化学繊維材を平面状に加工し、その両面にゴムを圧着させた繊維補強ゴムシートを積層一体化したものであり、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耐力を示す。また、繊維材が破断する際にエネルギーが吸収され、衝撃的な鉛直力が軽減されると考えられている。

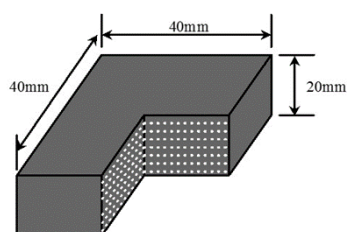


図-1 PRF の構造概略および寸法

3. 実験概要

実験の概要図を図-2 に示す。重錘 168kg を治具（SS400）に自由落下させて衝撃力を発生させる。

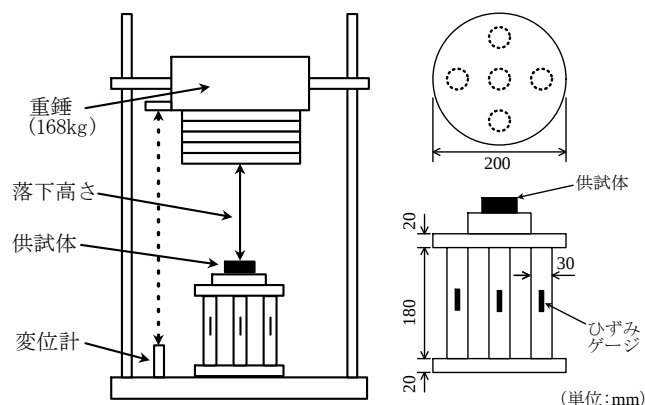


図-2 実験装置概略図

治具の塑性変形防止のため円柱部は 5 本とした。供試体は治具の上部に設置し、ひずみゲージでひずみを計測する。ひずみゲージは治具の側面に対角線が直行するように柱 1 本あたり 4 枚貼り、計 20 枚の平均値を用いる。これに治具円柱部の総断面積と鋼材のヤング率を乗じて、重錘を供試体上に自由落下させた際に治具に作用した荷重（衝撃伝達力）を求める。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計測する。

測定のスAMPLINGタイムは 20μsec、サンプリング数は 2500 点とし、重錘 168kg の落下高さを 50mm, 100mm, 150mm, 200mm, 250mm と変化させ各落下高さにおいて 3 回実験を行う。これを、供試体を設置しない場合の衝撃力、PRF および総ゴムを使用した場合の衝撃伝達力の 3 通り行い、計 45 回測定する。

4. 実験結果

図-3, 4, 5 は衝撃力および衝撃伝達力を縦軸に、時間を横軸に表した曲線である。それぞれ衝撃力、PRF および総ゴム使用時の衝撃伝達力を示す。図-3 は落下高さ 50mm の場合である。最大衝撃力 56.1kN に対し、最大衝撃伝達力は PRF 使用時 29.8kN, 総ゴム使用時 34.1kN であった。PRF および総ゴムにより衝撃力が緩和されたが、両者の曲線に大きな差は見られない。図-4 は落下高さ 150mm の場合である。最

キーワード 積層繊維補強ゴム, 地震, 衝撃力緩和性能, 重錘落下実験

連絡先 〒674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3 明石工業高等専門学校 Tel:078-946-6141

大衝撃力 137.4kN に対し、最大衝撃伝達力は PRF 使用時 52.5kN、総ゴム使用時 64.3kN であった。このとき、衝撃力を PRF は 70.4%，総ゴムは 50.3%緩和した。次に図-5 に落下高さ 250mm の場合を示す。最大衝撃力 218.1kN に対し、最大衝撃伝達力は PRF 使用時 60.1kN、総ゴム使用時 100.9kN であった。このとき、衝撃力を PRF は 72.5%，総ゴムは 53.7%緩和した。落下高さ 150mm 以上の場合、PRF の方が衝撃力緩和性能が高いことが分かる。

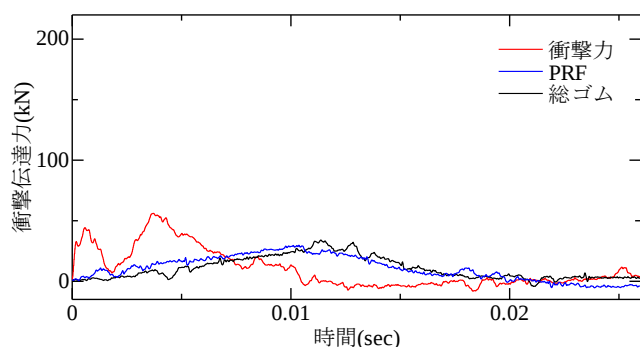


図-3 衝撃伝達力-時間応答曲線 (50mm 落下)

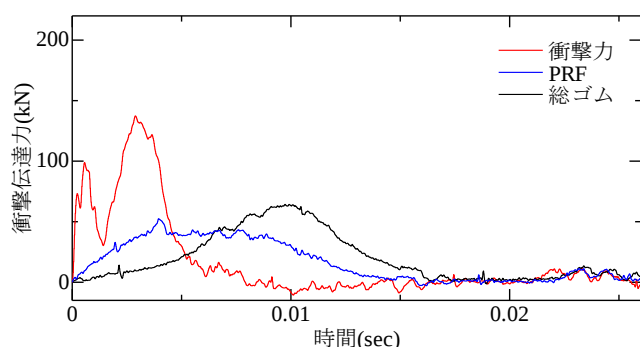


図-4 衝撃伝達力-時間応答曲線 (150mm 落下)

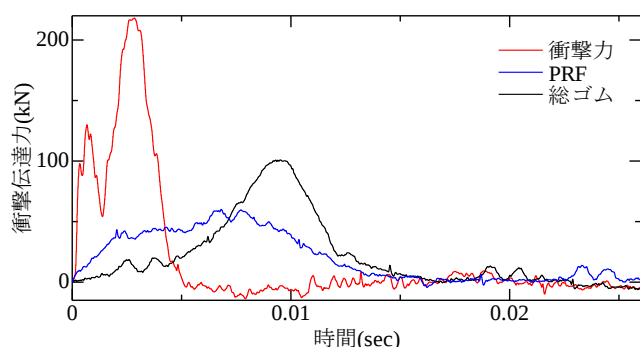


図-5 衝撃伝達力-時間応答曲線 (250mm 落下)

衝撃力は重錘落下高さが高くなるのに応じて増加していくのに対し、PRF を使用した場合、最大衝撃伝達力は 50kN～60kN に抑えられている。しかし総ゴムを使用した場合、最大衝撃力は緩和されているものの徐々に増加していることが分かる。このこと

から、総ゴムよりも PRF の方が緩和性能は優れていると言える。

図-6 は各落下高さにおける PRF 使用時の衝撃伝達力の比較図である。落下高さ 100mm 以上では衝撃力が加わった後急激に衝撃伝達力が増加した。また最大衝撃伝達力は落下高さ 50mm から 150mm では徐々に増加したが、落下高さ 150mm および 200mm ではそれぞれ 52.5kN、51.2kN とほぼ同じ値である。落下高さ 250mm では 60.1kN と再び増加したが、0.006sec 付近までは落下高さ 150mm および 200mm と同じような波形を示した。以上より、今回用いた PRF は衝撃力を約 50kN に緩和すると推測できる。また PRF の衝撃力緩和性能には限界があり、今回用いた PRF では 50kN から 60kN の間がその限界値と考えられるが、さらなる実験による検証と考察が必要である。

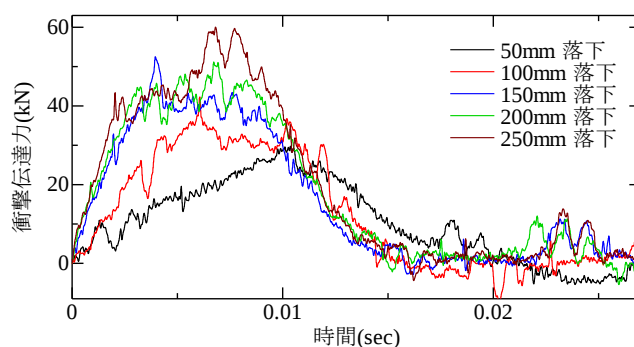


図-6 PRF 使用時の衝撃伝達力の比較

5. 結論

重錘落下実験により、衝撃力が小さい場合は PRF と総ゴムは同程度の衝撃力緩和性能を有するが、PRF 内の繊維が破断する衝撃力（落下高さ 150mm、137.4kN 以上）では、総ゴムは衝撃力の増加に応じて衝撃伝達力も増加するが、PRF では衝撃伝達力を約 50kN に抑える衝撃力緩和性能を有することが分かった。

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たものです。

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