

緩衝ゴム試験体の衝撃荷重載荷時における力学的特性に関する基礎的検討

土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○今野久志 土木研究所寒地土木研究所 正会員 安中新太郎
 室蘭工業大学大学院 正会員 小室雅人 室蘭工業大学大学院 名誉会員 岸徳光
 東京ファブリック工業(株) 正会員 久慈茂樹 (株)ビー・ビー・エム 正会員 余野智哉

1. はじめに

ゴムは、粘弾的な挙動を示し免震材料として優れた性能を発揮することから、橋梁の支承部に多く用いられるとともに、落橋防止装置や桁端のパラペットへの衝撃緩和のためにも応用されている。その設計は基本的には静的な力学的特性に基づいて行われているのが現状であるが、衝撃的な荷重載荷の場合には、動的な諸特性を把握して適用することが肝要であるものと判断される。このような観点から、本研究では、緩衝ゴム試験体を対象に衝撃荷重載荷実験を実施し、衝撃荷重載荷時の動的な力学的特性について基礎的な検討を行った。

2. 実験概要

本研究に使用した緩衝ゴム試験体は、平面寸法が 50mm 四方で厚さは $t=12.5\text{mm}$, 25mm , 50mm の 3 種類であり、載荷面積に対する側面積の総和の比として表される形状率は、それぞれ 1, 2, 4 である。また、材質はクロップレンゴム (CR) で、硬度が $55\pm 5^\circ$ である。

写真-1には実験時の状況を示している。衝撃荷重載荷実験は、質量 300kg、先端直径 200mm の鋼製重錘を所定の高さからリニアウェイレールを介して自由落下衝突させることにより行っている。本実験の測定項目は、重錘衝撃力 P 、反力 R 、載荷版と試験体設置盤側面に貼付したターゲットマーカーの変位である。また、ターゲットマーカーの変位は、2,000fps の高速度カメラ撮影の下にデータ処理を施し試験体の変位を算定した。

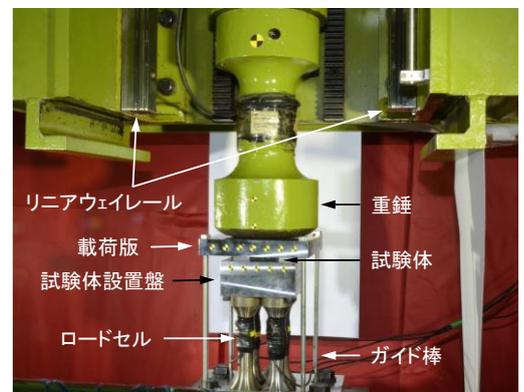


写真-1 衝撃荷重載荷実験状況

3. 実験結果

図-1には、各緩衝ゴム試験体の反力 R に関する時刻歴応答波形を比較して示している。重錘衝撃力 P の時刻歴応答波形については紙面の都合により割愛するが、高周波成分を除けば反力 R の時刻歴応答波形にはほぼ対応している。図より、反力波形の性状は、いずれの形状率においても、重

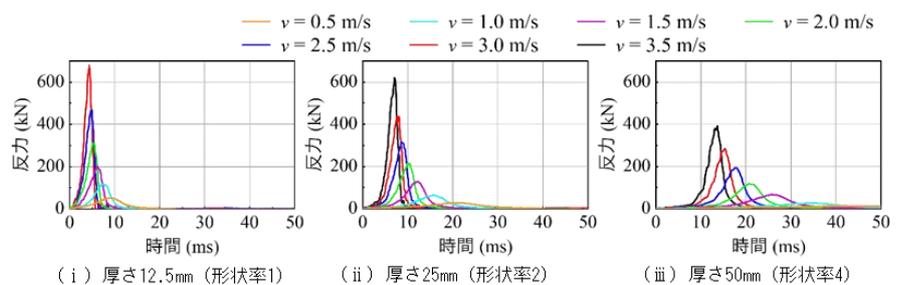


図-1 反力 R の時刻歴応答波形

錘の衝突速度すなわち入力エネルギーの増加に対応して最大反力が増加傾向を示し、かつ波動の継続時間が減少傾向にあることが分かる。また、各形状率間の結果を比較すると、形状率の増加に対応して最大反力は減少傾向を示し、継続時間は延びる傾向にあることが分かる。これより、常識的ではあるが、衝撃荷重が作用する場合には、形状率を大きくすることによって、最大荷重強度を低下させかつ荷重継続時間を延ばし、荷重を時間的にもより均等化することが可能であることが、数値的にも明らかになった。

図-2には、載荷前の緩衝ゴム試験体の載荷面積および厚さを基準とした公称応力（以後、単に応力）－公称ひずみ（以後、単にひずみ）曲線を示している。(a)図は、衝撃荷重載荷実験と併せて実施した静荷重載荷実験結果

キーワード 緩衝ゴム, 形状率, 衝撃荷重載荷実験, 履歴曲線
 連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1-3-1-34 土木研究所寒地土木研究所寒地構造チーム TEL:011-841-1698

を示しており、荷重レベルごとに試験体を取り換えて最大 500kN（応力で 200MPa）まで実施した各試験体の応力-ひずみ曲線を重ねて表示したものである。(b)図は、試験体ごとに重錘衝突速度を変えて実施した衝撃荷重実験結果を重ねて示している。

(a)図より、静荷重実験時は、いずれの形状率においても応力-ひずみ曲線は類似の分布性状を示している。また、形状率が 1 の場合において、最大応力が 200MPa 時における最大ひずみは 75%程度であるのに対して、形状率が 2 の場合には 80%、形状率が 4 の場合には 85%程度となり、形状率の増加に対応して同一応力時の圧縮ひずみが増加傾向にあることが分かる。言い換えると同一のひずみに対しては形状率が大きいほど応力は小さくなる。

(b)図より、衝撃荷重実験時においても応力-ひずみ曲線は静荷重実験時と同様の分布性状を示していることが分かる。形状率が 2 と 4 の重錘衝突速度 $v = 3.5\text{m/s}$ の結果を見ると、両者とも圧縮ひずみは 80%程度であるものの静荷重実験時と同様に形状率の大きい場合に応力は小さい。圧縮ひずみが約 80%時の応力を静荷重実験時と衝撃荷重実験時と比較すると、形状率 2 では静荷重実験時が 200MPa であるのに対して、衝撃荷重実験時には約 240MPa、形状率 4 ではそれぞれ 100MPa に対して 150MPa となっている。このことから、形状率にかかわらず同一の圧縮ひずみに対する応力は、衝撃荷重実験時が静荷重実験時よりも大きくなることに注意しなければならないものと推察される。

図-3 (a), (b)には、最大圧縮応力および最大圧縮ひずみと入力エネルギーの関係を示している。

(a)図より、最大圧縮応力は、いずれの形状率においても入力エネルギーに対して線形な分布性状を示すことが分かる。また、その勾配は形状率が大きいほど小さくなっている。

(b)図より、最大圧縮ひずみは、形状率に関わらず入力エネルギーに対して類似の分布性状を示しており、入力エネルギーの増加とともに最大圧縮ひずみは 80%程度に漸近する傾向がみられる。

4. まとめ

本研究では、緩衝ゴムを対象に衝撃荷重実験時の動的な力学的特性を把握するための基礎的な検討を目的に、断面積が同一で形状率の異なる小型試験体に対する衝撃荷重実験を実施した。本研究の範囲内で明らかとなったことは以下のとおりである。

- 1) 同一の入力エネルギーに対して、重錘衝撃力および反力は形状率の増加とともに最大値が減少傾向にあり、継続時間は増加傾向にある。また、同一の形状率で比較すると、入力エネルギーの増加に対応して最大値が増加するとともに、波形の継続時間が短くなる。
- 2) 同一の圧縮ひずみに対する応力は、いずれの形状率においても、衝撃荷重実験時が静荷重実験時よりも大きい。
- 3) 最大反力は入力エネルギーに対して線形に分布し、その勾配は形状率が大きいほど小さい。

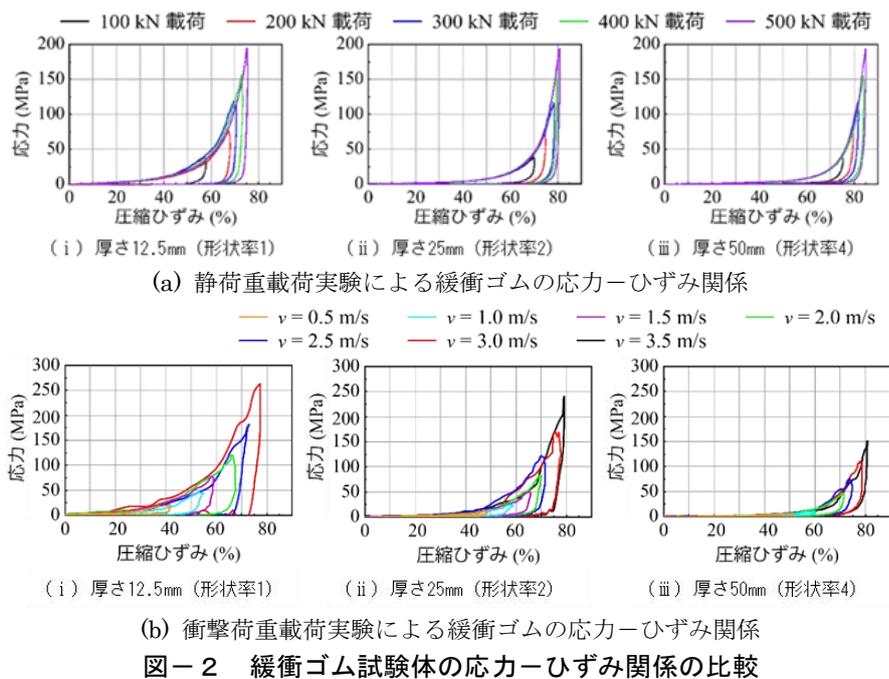


図-2 緩衝ゴム試験体の応力-ひずみ関係の比較

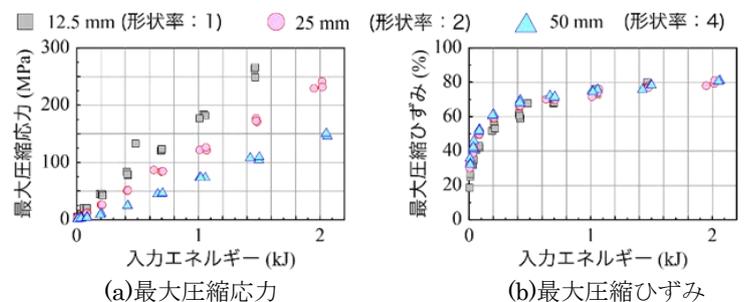


図-3 最大圧縮応力・圧縮ひずみと入力エネルギー