

重錘落下実験によるゴム製緩衝材の緩衝効果の考察

九州大学 学生員 柴田健司

九州大学 正会員 森谷 晋

九州大学 正会員 園田佳巨

九州大学 正会員 彦坂 照

1. 序論

兵庫県南部地震以降、ゴム製緩衝材が橋梁桁間の連結部等に用いられる機会が多いが、その緩衝効果を予め定量的に把握することは容易でなく、様々な研究がなされている。本研究では各種ゴム系の緩衝材について、その緩衝効果を定量的に評価するために重錘落下衝撃実験を行い、その緩衝効果について検討した。

2. ゴム製緩衝材に対する重錘落下衝撃実験の概要

材質の異なる各種ゴムの緩衝効果を把握するために、支間 1.2m で単純支持されたH鋼はり(フランジ幅 150mm、厚さ 9mm、ウェブ幅 7mm、高さ 150mm)の支間中央にゴム製緩衝材を設置して重錘を自由落下させた。重錘重量は 2.0kN(204kgf)とし、衝撃エネルギー(kN・m)が 0.10、0.20、0.30、0.40、0.50 となる高さから自由落下させ、供試体に衝撃的な外力を与えた。計測項目は、ゴム製緩衝材と重錘の衝突位置に生じる衝撃荷重、重錘変位、H鋼はり支間中央部の下フランジ軸方向ひずみである。ゴム製緩衝材の寸法は、図-1に示すように縦 150mm×横 150mm×厚さ 50mm の矩形ブロック状のものである。写真-1に供試体及び各種センサーの設置状況を示す。本研究で緩衝効果を検討したゴムの種類は、以下の 10 種類である。

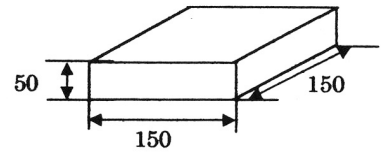


図-1 ゴム製緩衝材の寸法(単位mm)

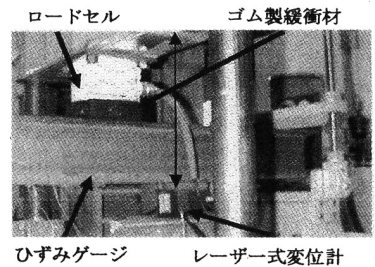


写真-1 落錘式衝撃実験の概要

- ① 総ゴム(硬度 50)、②総ゴム(硬度 65)、③PRF 低強度 25PLY、
④PRF 低強度 50PLY、⑤硬質ゴム、⑥積層繊維補強ゴム、
⑦多孔質ゴム(空隙率 50%)、⑧多孔質ゴム(空隙率 60%)、⑨低強度繊維 50PLY、⑩低反発ゴム

3. 実験結果及び考察

(1) 衝撃荷重-時間関係

図-2は、代表的な5種類のゴム製緩衝材に対して、衝撃エネルギーが0.10kN・mになる高さから重錘を落下させたときの衝突位置における衝撃荷重-時間関係を示したものである。この図より、全般的に衝撃力波形は正弦波半波に近く、最大衝撃荷重が大きなゴム製緩衝材ほど衝撃力の作用時間が短くなる傾向にあり、H鋼はりに対する力積はほぼ同じであることがわかる。その中で、低反発ゴムのみ例外的な挙動を示し、衝撃力の作用時間は硬質ゴムとほぼ同程度の 23msec であるにもかかわらず、最大衝撃荷重

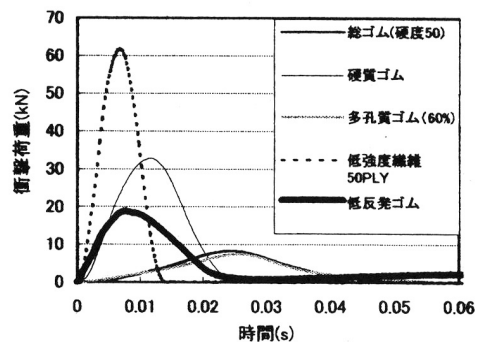


図-2 衝撃荷重-時間関係

は 40%ほど小さな 20kN の値を示した。したがって、衝突物側の損傷を防ぐ場合には、衝突位置における力積を大幅に低減できる低反発ゴムは有効な緩衝材となりうることが予想される。

(2) 最大衝撃荷重

図-3は全10種類のゴム製緩衝材に対して、重錘の衝突位置における最大衝撃荷重を総ゴム(硬度50)を基準として比較したものである。この図より、衝撃荷重が小さなゴムは衝撃エネルギーが $0.20\text{kN}\cdot\text{m}$ までは総ゴム(硬度50)、多孔質ゴム(空隙率50%、60%)であることがわかる。全般的な傾向として、衝撃エネルギーが小さな範囲では、各種ゴム間の緩衝効果に大きな相違が見られるが、衝撃エネルギーが大きくなるにつれ、ゴムの材質が緩衝効果に与える影響は小さくなることが認められた。

(3)最大伝達衝撃荷重

図-4はゴム製緩衝材を介してH鋼はりへ伝達した最大衝撃荷重を総ゴム(硬度50)を基準として比較したものである。ここで示す伝達衝撃荷重とは、H鋼はり支間中央部の下フランジ軸方向ひずみを元に、静的曲げ変形を仮定して換算したものである。この図より、ゴムの材質による伝達衝撃荷重の相違は、概ね2.5倍程度の範囲にあり、(2)で示した衝突位置の荷重の相違より小さくなることがわかる。また、全般的にみて、伝達衝撃荷重が小さな緩衝材は、総ゴム(硬度50)であることが認められた。以上の結果

より、構造物に衝突による局部的な破壊を許容しない場合には、衝突位置の衝撃荷重を最も低減できる総ゴム(硬度50)が有効であり、構造物の応答量を小さくしたい場合には、作用力積を低減できる低反発ゴムが有効な緩衝材であることが推察された。

5. 1質点系バネモデルによる応答解析

総ゴム(硬度65)を対象に静的圧縮実験で得られた荷重-変位関係を用いて、図-5に示すような簡易な1質点系バネモデルによる応答解析を行い、実験で得られた衝撃荷重と変位のシミュレーションを行った。図-6,7は、それぞれ衝撃エネルギーが $0.10\text{kN}\cdot\text{m}$ の場合の衝撃荷重-時間とゴムの応答変位-時間について比較したものである。これらより、実験値と解析値との間には応答周期にかなりの差があり、本実験で得られた各種ゴムの緩衝効果を解析的に評価するためには、より詳細なFEM解析モデル等が必要であることが確認された。今後、より詳細な解析によるシミュレーションを行い、その結果についても報告する予定である。

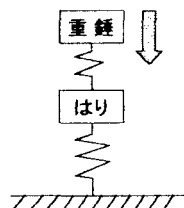


図-5 1質点系モデル

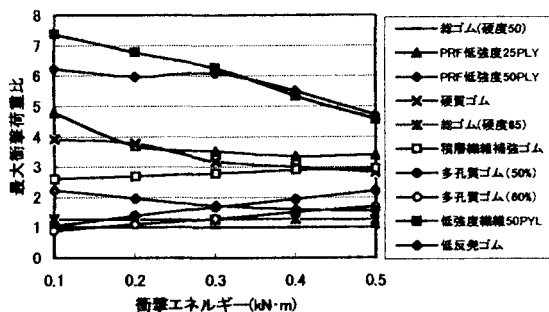


図-3 最大衝撃荷重比(硬度50を1とした)

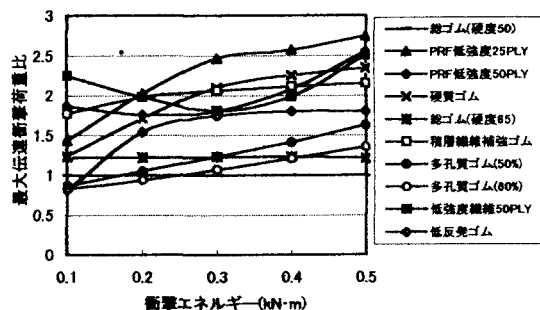


図-4 最大伝達衝撃荷重比(硬度50を1とした)

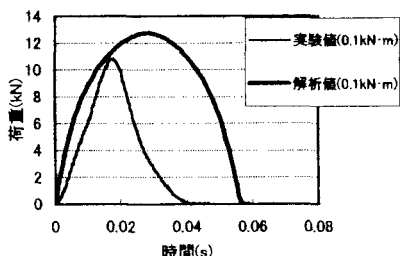


図-6 衝撃荷重-時間関係

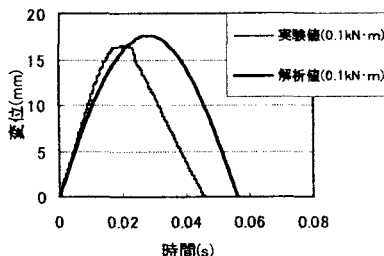


図-7 変位-時間関係