

緩衝装置の荷重 - 変位関ゴム鋼併用型耐震係の更新と動的荷重への適応性

武蔵工業大学 正会員 佐藤 安雄
 武蔵工業大学 正会員 皆川 勝
 武蔵工業大学 正会員 後藤 学

1. はじめに

兵庫県南部地震では、衝撃的なエネルギーにより桁間、桁と橋台間で衝突が生じ、落橋や橋梁の損壊の原因となった。これを受け道路橋示方書が改訂され、衝撃荷重の作用を緩和するための緩衝装置を設けることが推奨されている。そこで、皆川らは、ゴム管に鋼管を併用する緩衝材を考案し、静的載荷実験を行ない、荷重-変位関係を推定できるモデルを構築した。また、落錘式衝撃実験の実施から、高いエネルギー吸収性能の保持と静的載荷実験より構築した荷重-変位関係モデルを動的な現象に適応できることが分かった¹⁾。本研究では、緩衝材の異なる荷重速度での動的特性を落錘式衝撃実験より測定し、その結果にもとづいて動的荷重-変位関係を推定できることを示した。

2. 落錘式衝撃実験

実験方法 図-1 に実験装置の概略を示す。所定の高さから重錘を自由落下させて、試験体に動的な圧縮力を作用させた。試験体が円管形状であり不安定なことから、剛体とみなせる平板を試験体上面に設置し、先端が球面状の重錘を衝突させている。本実験での計測項目は、試験体上面に設置された平板の変位と試験体下面に発生した伝達荷重をレーザー変位計及びロードセルで測定した。計測におけるサンプリング時間間隔は0.1msである。

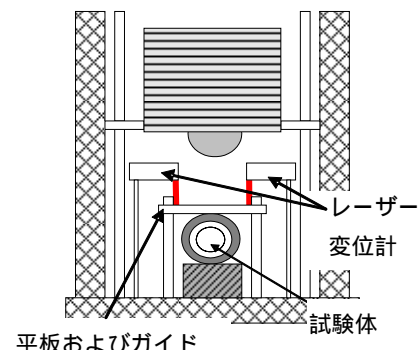


図-1 実験装置概略

試験体 静的実験で用いた試験体のうち平均的な強度を持つ内径 80mm 板厚 7mm の鋼管を用い、ゴム管厚を 15mm、25mm、35mm と変化させた。また、試験体の奥行きを 100mm とした。荷重速度の影響はゴム材で顕著であることが分かっていることから鋼管の寸法は一種類に限定した。

入力条件 本実験における入力条件は、緩衝材の降伏後の弾塑性応答から終局限界までの2段階とした。静的圧縮載荷実験の結果より得られた緩衝材の初期降伏点までの静的エネルギー吸収量が最も低いゴム厚 15mm のエネルギー吸収量を上回る 1.0 kN・m を最小値とし、以降 2.0 kN・m 間隔で 11.0 kN・m までのエネルギー量について実施した。載荷条件は、一つの試験体に対し、一つのエネルギーを入力する単一載荷とする。また、重錘重量は、403kgf (=3.95kN・m) と設定し、西本・梶田らの研究²⁾より重錘重量の変化に対する最大伝達荷重の違いが現れていないことから、単一重量で行なうこととした。

実験結果 図-2 に荷重-時間関係の例を示す。入力エネルギー3kN・m の場合では、ゴム厚 15mm 各試験体共に鋼管は圧壊しておらず、ゴム厚が厚いほど伝達荷重が大きい。また、ゴム厚 35mm の試験体に関しては、立ち上がり緩やかで、荷重の作用時間が長いことが分かる。さらに、入力エネルギー9kN・m の場合では、いずれの試験体も鋼管が圧壊に至っており、全体的に伝達荷重が増加し、荷重の作用時間は短くなった。図-3 に、

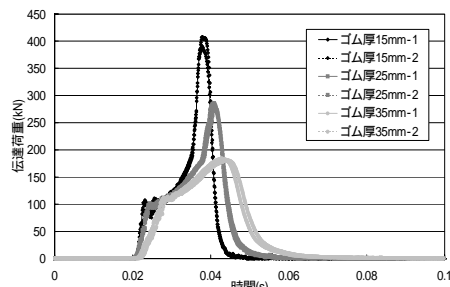


図 2 鋼管 80×7 伝達荷重 時間関係
入力 9kN-m

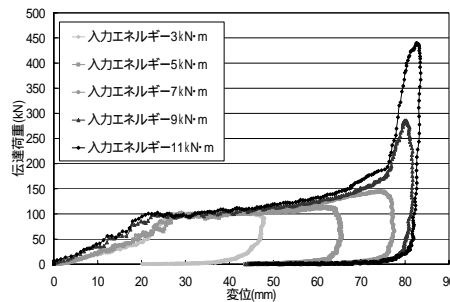


図-3 伝達荷重-変位関係鋼管の例

キーワード 緩衝装置、ゴム管、鋼管、落錘式衝撃実験、緩衝材、

連絡先〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学 工学部 都市基盤工学科 TEL03-3703-3111

ゴム厚 25mm の試験体の伝達荷重-変位関係を示す。入力エネルギーの変化に対し、降伏荷重はほぼ一定であることが分かる。一方、降伏変位は入力エネルギーが大きくなるほど、低下する傾向が見られる。

動的荷重-変位関係の推定 静的及び動的実験データにおける鋼管の降伏荷重を原点に揃えて比較すると、差はほとんどない。このことから、降伏後の鋼管の大変形が緩衝材の変形の主となる部分では、載荷速度の変化による影響が小さいといえる。したがって鋼管降伏前の段階においても鋼管の載荷速度による剛性の変化が小さいと考えられる。よって、この段階における荷重-変位関係の相違にはゴムの載荷速度による剛性の変化のみが影響していると推測される。図-4, 5 は、動的と静的実験の降伏荷重の比（降伏荷重補正係数： β_1 ）と降伏変位の比（降伏変位補正係数： β_d ）を縦軸に、入力エネルギー： E を横軸にプロットしたものである。 β_1 は入力エネルギーの増減にかかわらず、同じゴム厚毎にほぼ一定の値を示す。さらに、ゴム厚が厚いほど、降伏荷重が大きいことも分かる。このことはゴム鋼併用型耐震緩衝装置の荷重-変位関係に影響する要因の一つである、ゴムから鋼管への力の伝達特性の中に既に含まれており、上述の特性を動的の基準に合わせるためにゴム厚が最も薄いゴム厚 15mm の β_1 を用いた。一方、 β_d は、入力エネルギーが大きくなるにつれ低下する傾向を示す。同図より、ゴム厚 15mm 降伏荷重比 β_1 の平均値を採用し、さらに、降伏変位比 β_d については、入力エネルギーとの間に相関性が見られることから、最小二乗法により求めた。以下に示す。

$$\beta_1 = 1.33 \quad (1) \quad \beta_d = -0.015E + 0.72 \quad (2)$$

算出された β_1 および、 β_d で静的載荷実験より構築した荷重-変位関係モデルを補正することにより、動的な荷重に対応した荷重-変位関係を導き出した。図-6は、静的および、動的実験において測定された荷重-変位関係とモデルによる推定結果（新モデル）、さらに、皆川ら¹⁾が落錘式衝撃実験より導き出した動的荷重-変位関係（旧モデル）についても併せて示した一例である。

同図より、今回新たに推定したモデルは、動的実験から得られた結果に対し、降伏後の荷重が変位に対して著しく増加する付近まで、載荷速度の変化に対応して、精度良く推定し得ることが明らかとなった。今回行った落錘式衝撃実験における入力条件は、緩衝材の降伏後の弾塑性応答から終局限界までの範囲で決定したため、荷重速度の変化に精度良く適応できている。

3.おわりに ゴム鋼併用型耐震緩衝材に、異なる入力エネルギーを加える落錘式衝撃実験を行ない、載荷速度の変化が、荷重-変位関係に及ぼす影響を把握して、静的載荷実験より構築した荷重-変位関係モデルを動的な現象に適応させることが可能となった。

参考文献

- 1) 皆川勝, 石黒聡, 後藤学：ゴム鋼併用型耐震緩衝装置の荷重-変位関係の更新と衝撃荷重への適応性, 構造工学論文集 vol.52A, pp327-338
- 2) 西本安志, 梶田幸秀：落橋防止システム用緩衝材としての積層繊維補強ゴムの落錘式衝撃実験と伝達荷重の予測に関する一考察, 構造工学論文集, Vol.47A, pp1655-1664, 2001.

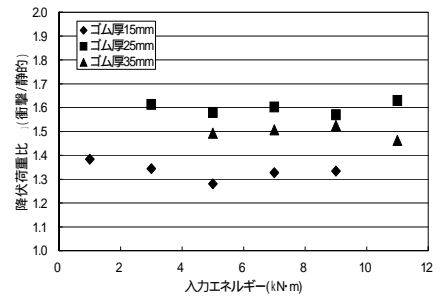


図-4 降伏荷重比-入力エネルギー関係

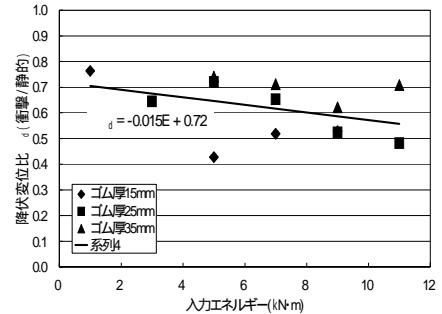


図-5 降伏変位比-入力エネルギー関係

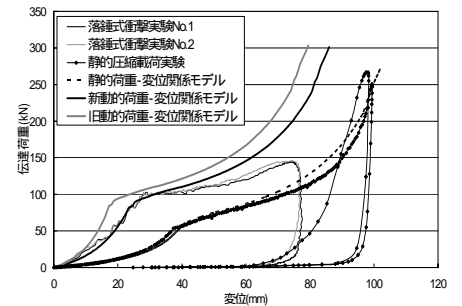


図-6 ゴム厚 25mm 入力エネルギー 7kN・m 時の動的荷重-変位関係の推定例