

1. 研究背景

大地震時、免震橋における隣接桁間・桁と橋台間の衝突においては高いレベルの衝撃荷重が作用し、そのことにより桁・橋台、さらには落橋防止構造までもが損壊してしまい、落橋に至る危険性が高くなる¹⁾。皆川ら²⁾は、ゴム管と鋼管からなる緩衝装置に静的荷重実験を施し、ゴム管及び鋼管の基本特性から推定する荷重-変位関係のモデルを構築した。しかし、耐震緩衝材は実橋に設置するため、動的荷重による特性を検討する必要がある。そこで、皆川らは衝撃的な荷重を受けた際の挙動を調べるため、落錘式衝撃実験を行い、入力エネルギーと降伏荷重比及び降伏変位比の関係式より、静的荷重-変位関係モデルを動的な現象に適応させた³⁾。

2. 目的

試験体に動的荷重を行った際の荷重-変位関係において、文献 3) によれば荷重速度の影響はゴム材で顕著である。そこで本研究では、降伏荷重比及び降伏変位比とひずみ速度の関係性を明らかにし、静的モデルを動的な現象に適応させることを目的とする。

3. 解析および考察

(1)ひずみ速度-入力エネルギー関係

図-1 に、鋼管径 80mm 鋼管厚 7mm ゴム厚 15mm の試験体に落錘式衝撃実験を行った際のゴムひずみ-時間関係の一例を示す。ゴムは衝突後に徐々に変形し始めるが、ある時間が経過すると急激にひずみが増大する。本研究では、初期衝突時に、ひずみが急激に変化する直前までの傾きをひずみ速度とし、入力エネルギーとの関連性を調べた。また、同図のような挙動を示したのは同試験体のみだったため、以後も同じサイズを用いることにした。

図-2 に、ひずみ速度-入力エネルギー関係を示す。入力エネルギーの増加に伴い、ゴムのひずみ速度も増加することが分かる。同図よりこれらのプロットの間に相関性が見られることから、最小二乗法を用いて、(1)式を算出した。

$$\gamma = 7.4E + 14.8 \quad (1)$$

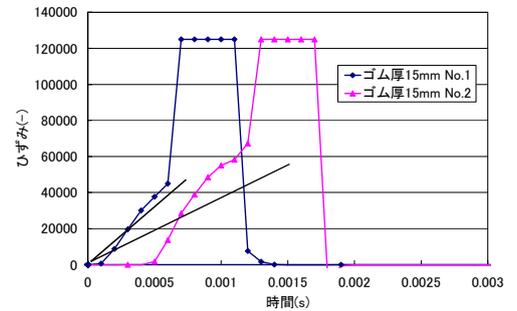


図-1 ひずみ-時間関係

鋼管 80×7 ゴム厚 15mm 入力エネルギー9kJ・m

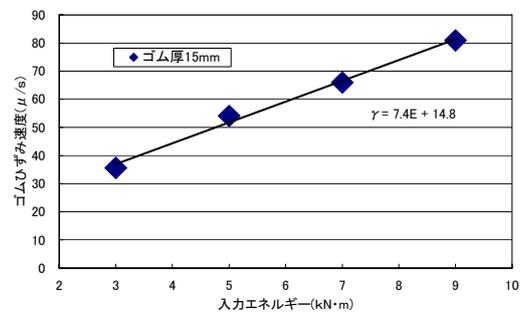


図-2 ひずみ速度-入力エネルギー関係

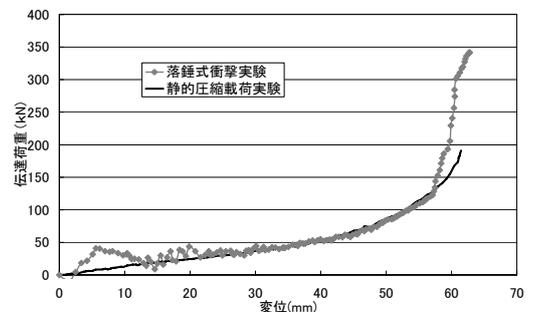


図-3 降伏後荷重-変位関係の例

鋼管 80×7 ゴム厚 15mm 入力エネルギー9kJ・m

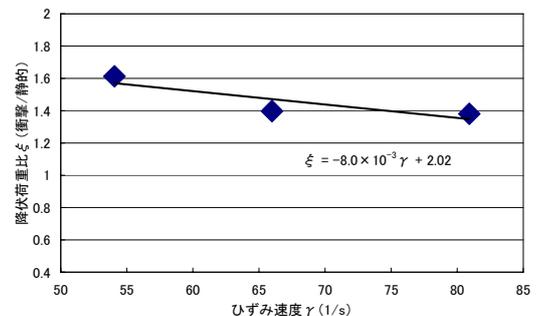


図-4 各試験体の降伏荷重比-ひずみ速度関係

(2)動的荷重-変位関係の推定

ゴム鋼併用型耐震緩衝材を実橋に設置するため、動的な荷重が作用する際の荷重-変位関係を把握する必要がある。そこで本研究では、静的実験の結果より構築した荷重-変位関係モデルを動的荷重下に適応させることを試みた。

静的及び動的実験における降伏後の挙動を比較するため、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そろえたものの一例を図-3 に示す。同図より、降伏後の鋼管の大変形の主たる部分では、载荷速度の影響は少なく、荷重-変位関係が一致することが分かる。これより、降伏前の鋼管においては载荷速度による剛性の変化は少なく、ゴムのみの剛性の変化によって荷重-変位関係の相違が生じることが推測できる。そこで、動的及び静的実験の降伏荷重の比（降伏荷重補正係数： ξ ）と降伏変位の比（降伏変位補正係数： ζ ）を縦軸に、ひずみ速度 γ を横軸にプロットしたものを図-4、図-5 に示す。同図よりこれらの間に相関性が見られることから、最小二乗法により、(2)、(3)式を算出した。

$$\xi = -8.0 \times 10^{-3} \gamma + 2.02 \quad (2)$$

$$\zeta = -2.09 \times 10^{-3} \gamma + 0.686 \quad (3)$$

図-6 (a)～(c)は、落錘式衝撃実験において測定された荷重-変位関係を、モデルによる推定結果と併せて示す。

算出された ξ 及び ζ で静的载荷実験より構築した荷重-変位関係モデルの鋼管降伏荷重までの挙動を補正することにより、動的荷重に対応した荷重-変位関係を導き出すことが可能になった。また、石黒らの推定した荷重-変位関係モデルとの比較を行い、ほぼ同程度の精度で推定することができた。

4. おわりに

本研究では、落錘式衝撃実験の結果から、ゴムのひずみ速度と入力エネルギーとの関係を調査し、ひずみ速度を用いて、静的载荷実験より構築された荷重-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) 学会関西支部：緩衝型落橋防止システムに関する調査研究，土木学会関西支部講習会テキスト，2001.7.
- 2) 皆川勝，土井雄司，石黒聡：ゴム鋼併用型耐震緩衝措置の荷重-変位関係のモデル更新，鋼構造年次論文報告集，第12巻，pp.47-54，2004.11.
- 3) 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,2006.3.（登載決定）

謝辞：実験の実施にあたり、防衛大学校の香月智教授，白石博文氏，並びに本学の佐藤安雄技士，後藤学氏にご助言，ご協力頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

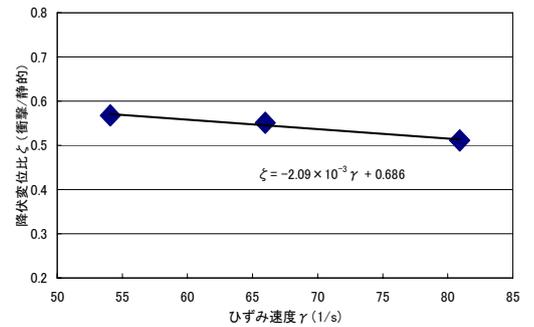
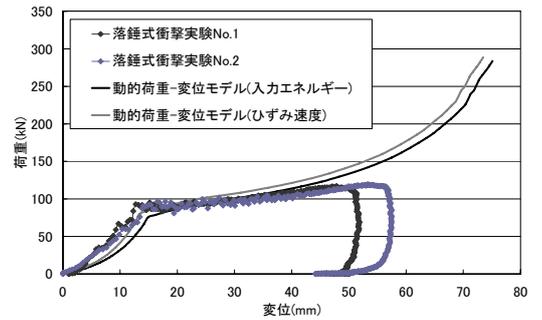
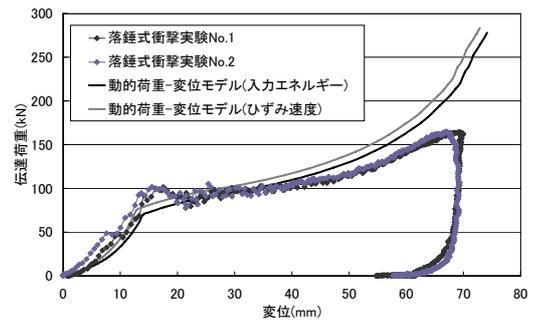


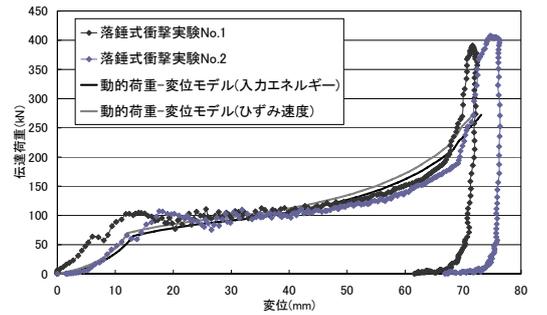
図-5 各試験体の降伏変位比-ひずみ速度関係



(a) 入力エネルギー5kN·m



(b) 入力エネルギー7kN·m



(c) 入力エネルギー9kN·m

図-6 動的荷重-変位関係の推定