

ゴム鋼併用型耐震緩衝材の動的荷重 - 変位関係モデル

武蔵工業大学 学生会員 ○後藤 学
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
清水建設（株） 正会員 石黒 聡

1. 研究背景

兵庫県南部地震以降、免震設計が盛んに採用されるようになった。しかし免震橋では、一般的に橋桁の変位が大きくなる。そのため隣接桁間及び、桁と橋台間に大きな衝撃が生じる恐れがある。このような被害の防止のために、大型の伸縮装置、または落橋防止装置が必要となる。しかし、大型の伸縮装置を設置することは多大なコストを要し、メンテナンス費用も増してしまう。そこで、後者を設置することが望ましいと考えられる。本研究では、落橋防止装置用緩衝材として、ゴムを併用した鋼管を用いることに着目した。鋼管は、エネルギー吸収効果が高く、さらにゴムを外側に巻くことにより鋼管が圧壊した後もゴムが緩衝材として機能し、過度の衝突力の増大を抑制し、繰返し衝突にも対応することが可能となると考えられる。これにより、落橋防止構造及び橋梁における他の構成部材の損傷を防ぎ、さらに、地震後には速やかに復旧できることから合理的といえる。皆川¹⁾らは、緩衝材に静的載荷実験を施し、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。

2. 本研究の目的

皆川らが構築したモデルでは、緩衝材に静的載荷実験を施した結果を用いて構築している。しかし、ゴム鋼併用型耐震緩衝材を実橋に設置するためには、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、静的な実験結果より構築した荷重 - 変位関係モデルを動的荷重載荷下に適応させることを目的とした。

3. ゴム鋼併用型耐震緩衝材の変形進行過程²⁾

図 - 1 にゴム鋼併用型耐震緩衝材の変形進行過程を示す。

Phase : 鋼管の降伏まではゴム管のみが変形し、剛性は低い。

Phase : 鋼管が塑性変形すると共にゴム管の圧縮変形も進行する。鋼管降伏時の変位はゴム厚にほぼ比例し、降伏荷重はゴム管が厚いほど上昇する。

Phase : 載荷及び除荷・再載荷の経路。ほぼ直方体につぶれたゴム管の圧縮変位の復元と再変形のみが生じる。

4. ゴム鋼併用型耐震緩衝材の動的荷重 - 変位関係モデルの推定

前述のように、ゴム鋼併用型緩衝材の変形は Phase , Phase , Phase のように進行する。

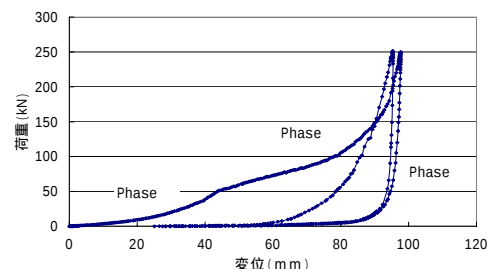


図 - 1 ゴム鋼併用型耐震緩衝材

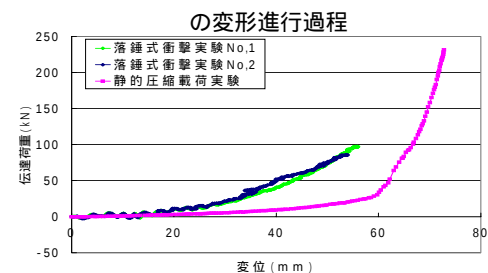


図 - 2 鋼管径 80mm 厚さ 4mm ゴム厚 15mm

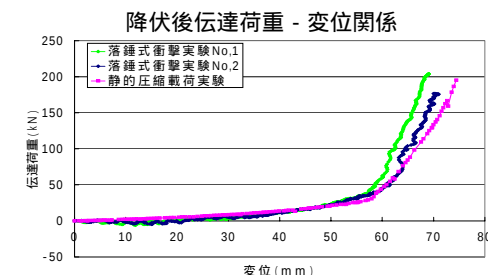


図 - 3 鋼管径 80mm 厚さ 4mm ゴム厚 25mm

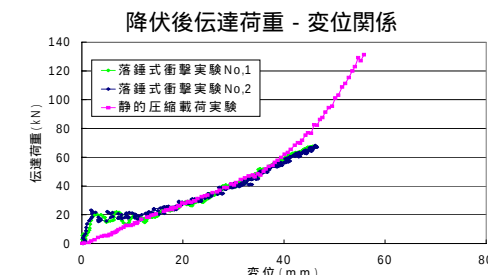


図 - 4 鋼管径 80mm 厚さ 7mm ゴム厚 35mm

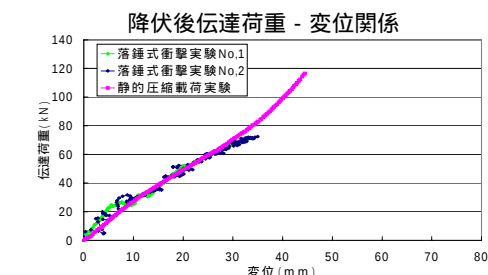


図 - 5 鋼管径 95mm 厚さ 10mm ゴム厚 45mm

降伏後伝達荷重 - 変位関係

キーワード 緩衝材, 鋼管, ゴム管, 荷重 - 変位関係モデル, 落錘式衝撃実験

連絡先: 武蔵工業大学工学部都市基盤工学科 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 Tel&Fax: 03-5707-2226

ここで、静的及び動の実験の Phase , Phase を比較する。Phase における降伏後の挙動を比較するために、静的及び、動の実験データにおける鋼管の降伏荷重を原点に揃えたものの一例を図 - 2~5 に示す。同図より、試験体 80-4-15 を除くほぼ全ての試験体で、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、荷重速度の影響が小さく、荷重 - 変位関係が一致することが分かった。このことから、Phase においても鋼管の荷重速度による剛性の変化が小さいと考えることができる。よって Phase における荷重 - 変位関係の相違には、ゴムの荷重速度による剛性の変化のみが影響していると考えられる。そこで、動的と静的実験の降伏荷重の比（降伏荷重補正係数： α ）と降伏変位の比（降伏変位補正係数： α' ）及び、入力エネルギー： E を鋼管の外径と厚さを揃えて、ゴム厚の違いに着目してプロットしたものを図 - 6, 7 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、以下の(1),(2)式を算出した。

$$\alpha = -0.04E + 1.83 \quad (1)$$

$$\alpha' = 0.025E + 0.269 \quad (2)$$

各試験体の入力エネルギーから算出される α 及び、 α' で静的荷重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 Phase を補正することにより、動的な荷重に対応した荷重 - 変位モデルを導き出すことが可能となった。図 - 8~11 は、静的及び、動の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した。同図より、Phase , Phase を通して、降伏後の荷重が変位に対して著しく増加する付近まで精度良く推定することができることが明らかとなった。しかし、上述したように試験体 80-4-15 で降伏後の挙動に違いが現れたことで、図 - 8 に示す補正後の荷重 - 変位関係モデルにも影響が現れている。

5. おわりに

落錘式衝撃実験を実施したことにより、静的荷重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することが可能となった。

なお、Phase における荷重 - 変位関係で現れた相違の主要因であると考えられる、ゴムの荷重速度による剛性の変化についてと、動的荷重実験を行うに際して、鋼管の影響がないことから、任意のサイズの鋼管を用いたゴム鋼併用型耐震緩衝材に、同じエネルギー量を入力した際の衝撃力低減効果についての検討が今後の課題である。

<参考文献>

- 1) 皆川勝, 藤谷健: ゴム鋼併用型耐震緩衝装置の開発に関する研究, 土木学会論文集, No.689/I-57, pp343-353, 2001.10.
- 2) 西本安志, 梶田幸秀, 石川信孝, 西川信二郎: 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動的特性に関する実験研究, 構造工学論文集, Vol.46A, pp.1865-1874, 2000.3.

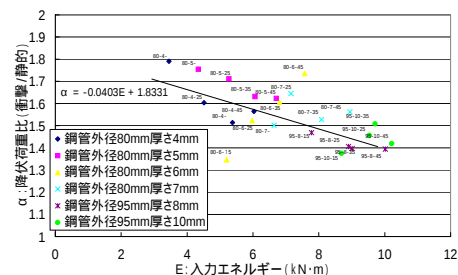


図 - 6 各試験体の降伏荷重比

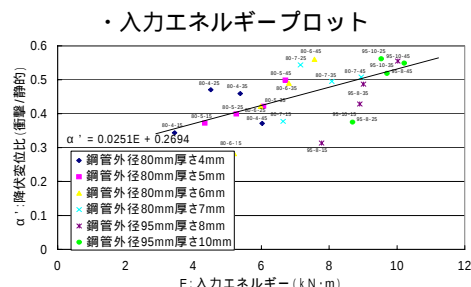


図 - 7 各試験体の降伏変位比

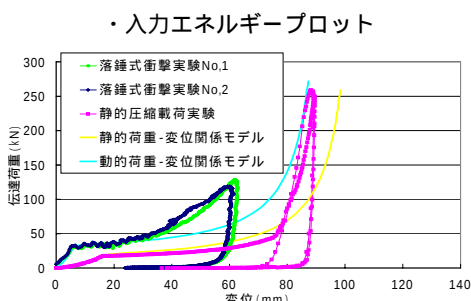


図 - 8 80×4 ゴム 15 ゴム鋼荷重 - 変位関係

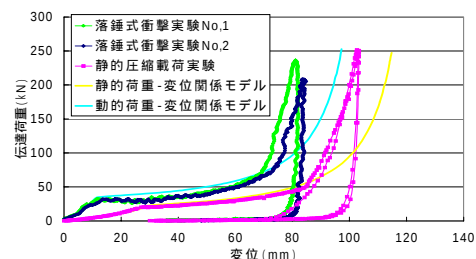


図 - 9 80×4 ゴム 25 ゴム鋼荷重 - 変位関係

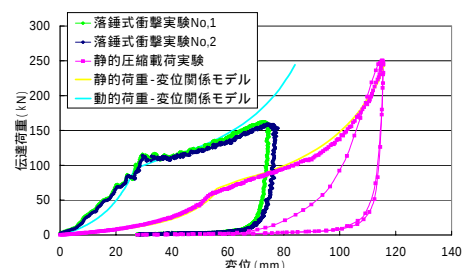


図 - 10 80×7 ゴム 35 ゴム鋼荷重 - 変位関係

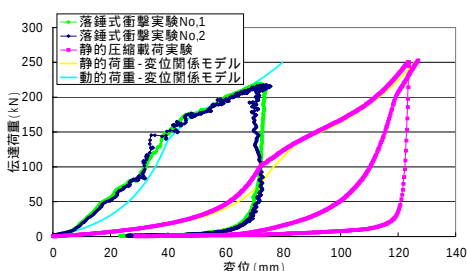


図 - 11 95×10 ゴム 25 ゴム鋼荷重 - 変位関係