

ゴム鋼併用型耐震緩衝装置の開発に関する研究

～ゴム管の基礎特性の把握～

学生氏名 佐藤 貴之

指導教員 皆川 勝

1. 研究背景

兵庫県南部地震以降、橋梁に免震設計が積極的に採用されているが、免震橋では一般的に橋桁の変位が大きくなる。そこで、桁の橋台間あるいは桁同士の間の変位を吸収するために大型の伸縮装置が必要となる。このような大型の伸縮装置を設置することはコスト増を招き、メンテナンス費用も増す。したがって免震橋であっても通常の伸縮装置を設置し、中小の地震による変形は伸縮装置に吸収させ、大規模地震に対しては、構造系の一部を破損させることを許容したほうが合理的といえる。ここでの破損は部分的に留め、地震後は速やかに復旧できるようにするため、緩衝装置を用いることが考えられる。

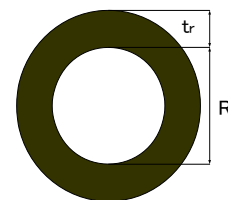
緩衝装置は橋台部や桁間に設置し、大規模な地震の際には緩衝装置が塑性変形、破壊することで衝突力を吸収する。それにより桁の応答変位は小さくなり構造物自体に損傷を与えないことを目的としている。したがって緩衝装置には、高いエネルギー吸収能力と耐衝撃性が求められ、そのような緩衝材の構造・材質等にはさまざまな提案がなされている。

2. 本研究の目的

本研究では緩衝装置としてゴム管・鋼管を併用したものを対象とし、そのうちゴム管の静的載荷実験を行い、得られた実験結果から荷重-変位関係をモデル化し、緩衝材の基本特性を検討した。

3. 実験方法

サーボジャッキの両端をピンで固定している載荷試験機を用い、剛体とみなせる型鋼の上に置いた試験体に静的に荷重を載荷した。同時に荷重計及びレーザー変位計により荷重と変位を測定した。



R _i	80	110
t _r	15	25
	35	45

単位 mm

図-1 試験体の形状

4. 試験体の寸法及び形状

試験体の形状を図-1に示す。荷重-変位関係のモデル化をするため、ゴム管の厚さと内径を同図中の表に示すように変化させた。ゴムの材質はクロロプレンゴムであり、奥行きは100mmである。

5. ゴム管の圧縮変形特性

ゴム管の圧縮変形特性を知るために、それぞれのゴム管の中に鋼柱を挿入して、静的載荷試験を行った。得られた荷重-変位関係を図-2に示す。その結果得られた荷重及び変位から応力 σ_{r1} 及びひずみ ϵ_{r1} を次式より求めた。

$$\sigma_{r1} = \frac{P}{R_i l}, \quad \epsilon_{r1} = \frac{\Delta}{2t_r} \quad (1)$$

ここで R_i はゴム管の内径、 t_r はゴム厚、 l はゴム管長ある。荷重を $R_i l$ で除して応力としたのはゴムの内径が大きいほど、圧縮力の分布幅が広まることを評価するためである。得られた応力-ひずみ曲線を図-3に示す。鋼管の内径、ゴムの厚さの違う試験体においても良好な結果が得られた。

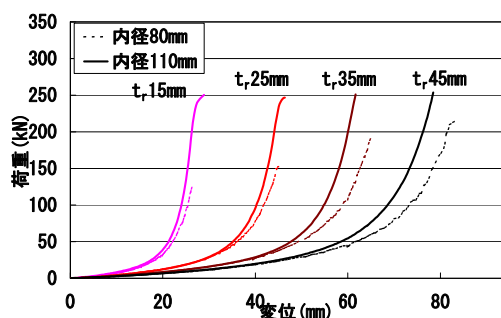


図-2 鋼柱を挿入したゴム管の荷重-変位関係

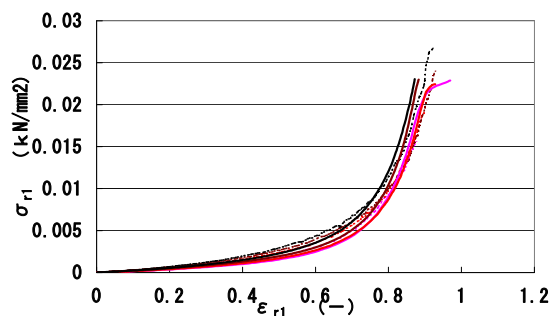


図-3 ゴム管の圧縮変形特性のモデル化

6. ゴム管の曲げ変形特性

ゴム管の曲げ特性を得るために、ゴム管単体の静的载荷試験を行った。まず、ゴム管内部がほぼ接触するまで若干の曲げ抵抗を示したあと、ゴムは直方体に近い形となり、圧縮変形に移行する。ゴム管の曲げ特性を評価するため、ゴム管内部が潰れるまでの荷重-変位関係を用いてモデル化を行う。ゴム管の内部が接触するまでの荷重-変位関係を図-4に示す。そして荷重 P および変位 Δ から応力 σ_{r2} 及びひずみ ε_{r2} を次式より求めた。

$$\sigma_{r2} = \frac{P \cdot R_r}{Et_r^2 l}, \quad \varepsilon_{r2} = \frac{\Delta}{2R_r} \quad (2)$$

ここで、 R_r はゴム平均半径、 t_r はゴム厚さ、 l はゴム管長である。またゴムのヤング率 $E = 3.426 \text{ N/mm}^2$ とした。得られた無次元荷重-ひずみ曲線を図-5に示す。ゴム厚の薄い場合は荷重が急激に立ち上がるためひずみが大きくなると非線形な曲線を描いているが第一近似モデルとしては十分であると考えられる。

7. ほぼ直方体形状につぶれたゴムの圧縮変形特性

ゴム管単体の静的圧縮試験の結果から、内面が接触した後の载荷時および除荷時のゴムの変形特性を評価する。ゴム管の内面が接触した後の荷重-変位関係を図-6に示す。ゴム管単体の载荷実験の結果より荷重の立ち上りの点を基準とし、次式で応力 σ_{r3} とひずみ ε_{r3} を求めた。

$$\sigma_{r3} = \frac{P}{\pi R_r l}, \quad \varepsilon_{r3} = \frac{\Delta'}{2t_r} \quad (3)$$

ここで、 Δ' は荷重の立ち上りの点を基準とした変位である。荷重を $\pi R_r l$ で除して応力としたのは変形後の形状を板厚 $2t_r$ の直方体と仮定したことによる。結果を図-7に示す。ゴム管内径が大きくなるほど応力・ひずみが小さくなり、同じ内径の場合はゴム厚が大きくなるほど応力・ひずみが小さい値となっている。これは、内径が大きくなるほどまた、ゴム厚が大きくなるほどゴムの体積が大きくなるからである。

8. 結論

皆川・藤谷は鋼管とゴム管を併用した新しいタイプの緩衝装置を開発しているが、そのうちゴム管についてモデル化を行い、その基礎特性を検討した。その結果、本研究で使用した式でゴム厚の違い、内径の違いに関わらず精度よくモデル化できることを示すことができた。

<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, pp. 343-353, 2001. 10.

謝辞：実験実施にあたり、武蔵工業大学の仲宗根茂技士，佐藤安雄技士にご協力頂きました。本論文は以上の皆様方の絶大なるご協力なくしては成り立つことは出来ませんでした。ここに深く感謝の意を表します。

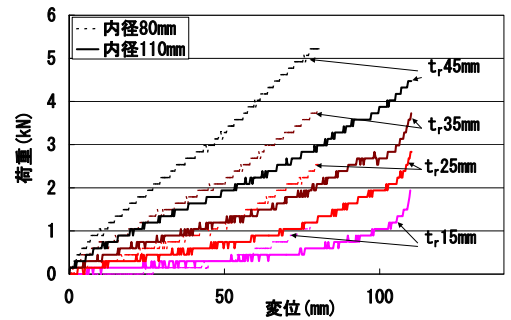


図-4 ゴム管の荷重-変位関係
(内面が接触するまで)

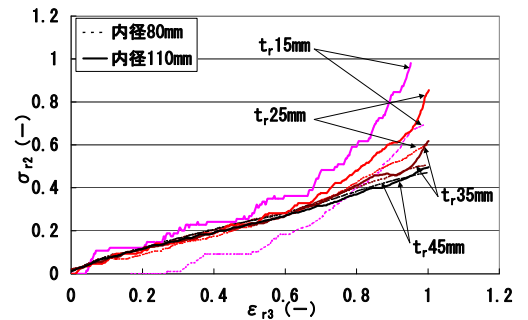


図-5 ゴム管の曲げ特性のモデル化
(内面が接触するまで)

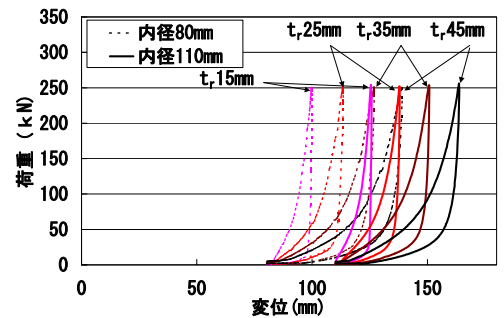


図-6 ゴム管の荷重-変位関係
(内面が接触した後)

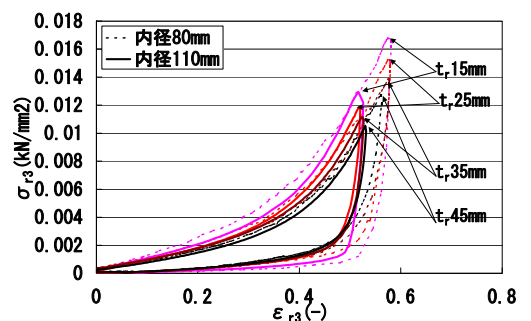


図-7 ゴム管の圧縮変形特性のモデル化