

ゴム鋼併用型耐震緩衝装置の開発

～鋼管の基礎特性の把握～

学生氏名 鐘田 直希

指導教員 皆川 勝

1. 研究背景

兵庫県南部地震の甚大な被害から橋梁における耐震設計は、免震支承やゴム支承などを用いることで、地震力に耐えようとする剛の構造から、地震力の伝達を絶縁、吸収、または緩和するといった柔の構造へと大きく変わった。しかし、大規模な地震の場合、免震支承を用いた橋梁では桁の応答変位が大きくなる。桁と橋台、隣接桁どうしの衝突を避けるために許容伸縮量の大きい伸縮装置が必要となるため、反対に衝突を許容した場合、新しい経済的・合理的な落橋防止装置を開発する必要がある。

本研究は、そのような落橋防止装置として緩衝装置に注目した。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あるいは破壊することで衝突力を低減し、そのエネルギーを吸収して、構造物自体の損傷を最小限に抑えるものである。皆川らは鋼管にゴムを巻きつける新しい形式の緩衝装置を提案した。^{1), 2)} 鋼管は圧縮を受ける際にも荷重値を一定に保ちながら塑性変形し、十分な緩衝効果を期待できる。³⁾ 従来、ゴム製の緩衝材も提案されているが、総合的に見てこの緩衝装置の方が有利であると考えられる。本研究ではこの形式の緩衝材の基本材料となる鋼管に着目し、広範な寸法の鋼管が圧壊するまでの荷重-変位関係やエネルギー吸収量を測定し、その力学的基礎特性をモデル化するものである。

2. 実験方法

サーボジャッキの両端をピンで固定した載荷試験機を用い、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。それと同時に、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。

3. 試験体の寸法及び形状

試験体の寸法及び形状を図-1に示す。荷重-変位関係のモデル化をするため鋼管の厚さと外径を同図中の表のように変化させた。鋼管の材質はSTKM13Aであり試験体の奥行きは100mmである。

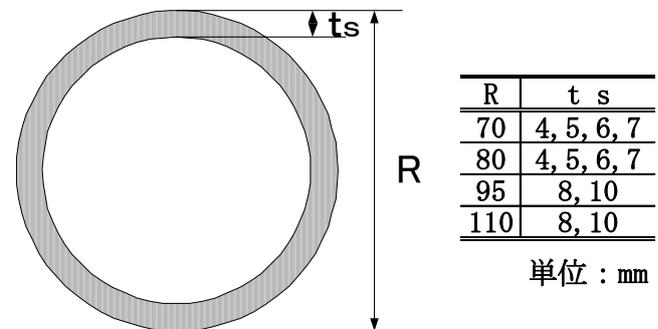


図-1 試験体の寸法及び形状

4. 実験結果

得られた鋼管の荷重-変位関係を図-2に示す。

同図に示すように、載荷初期に急激な荷重の立ち上がりが見られ、降伏後は、荷重、変位共に増加している。その後、荷重は変位増加にともない上昇している。そして、載荷可能な250kN付近からはほぼ直線的な除荷経路を示している。また、降伏点及び、降伏後の荷重増加分と塑性変形関係が試験体によって大きく異なっている。鋼管の寸法の変化がこれらの関係にどのような影響をもたらすかを把握するためにモデル化を行う。

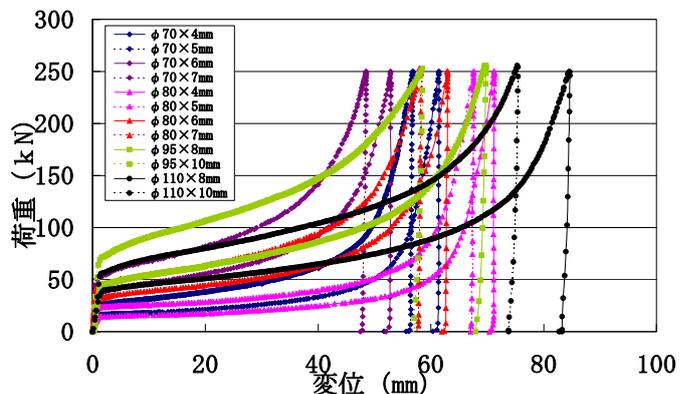


図-2 鋼管の荷重-変位関係

5. 荷重-変位関係のモデル化

モデル化を行うにあたり荷重P、変位Δからそれぞれ無次元荷重σ_s、ひずみε_sを次式により算出する。

$$\sigma_s = \frac{1.91PR}{\sigma_y h^2 l}, \quad \varepsilon_s = \frac{\Delta}{2R_s} \dots (1)$$

h は鋼管厚、 σ_s は降伏応力、 l は奥行き、 R_s は管厚の中心までの半径である。図-3に無次元荷重-ひずみ関係を示す。これにより、すべての鋼管はほぼ同じ挙動で同図中の曲線のように示すことができる。

なお、図-4に、降伏荷重が最も低い $\phi 70 \times 4\text{mm}$ と、最も高い $\phi 95 \times 10\text{mm}$ の無次元荷重-ひずみ関係を比較して示す。このように、無次元荷重-ひずみ関係を詳細に比較すれば、なお本モデル化が完全でないことが分かるが、第一近似としては十分であると考えられる。

図-5に、ひずみ-エネルギー吸収量関係を示す。すべての鋼管は、塑性変形の過程が異なるため、載荷終了時におけるエネルギー吸収量では、比較が妥当ではない。そこで、ひずみとエネルギー吸収量の関係を調べた。

同図より、鋼管厚が等しい試験体は、ほぼ同一な曲線で表されている。これは、鋼管の塑性化する範囲が限定されるためと思われる。

6. 結論

本研究では鋼管とゴム管を併用した新しいタイプの緩衝材の基本材料である鋼管に着目し、その基礎特性を検討した。その結果、上記の(1)式を用いることにより第一近似として十分なモデル化をできることが分かった。

<参考文献>

- 1) 藤谷健：ゴム鋼併用型耐震緩衝装置の開発に関する研究，平成12年度武蔵工業大学修士論文概要集，pp. 5-26，2001. 3.
- 2) 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. 689/1-57，pp. 343-353，2001. 10.
- 3) 皆川勝・藤谷健・長島文雄：ゴムまたは鋼管製緩衝装置を有する免震橋の地震時挙動に関する研究，鋼構造年次論文報告集，第8巻，pp. 163-170，2000. 11.
- 4) 土木学会：構造力学公式集，pp. 407-411，1986. 6.

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，高岸太一氏，並びに土井雄司氏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支援、ご協力なくしては、成り立つことはできませんでした。ここに深く感謝の意を表します。

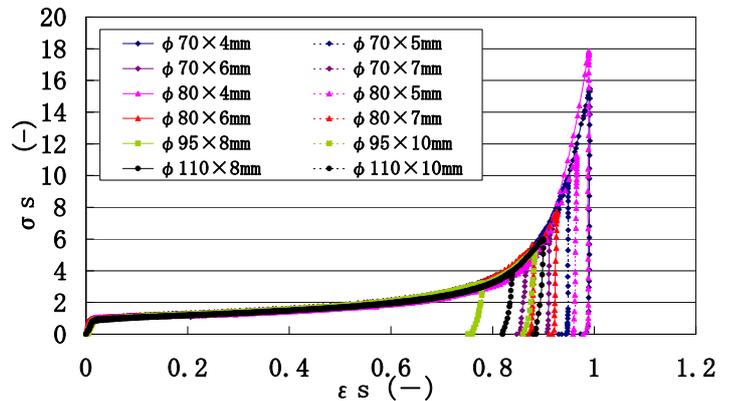


図-3 無次元荷重-ひずみ関係

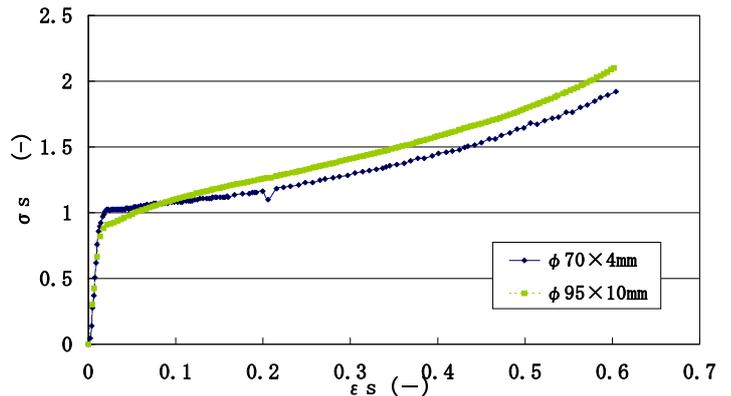


図-4 無次元荷重-ひずみ関係の拡大図

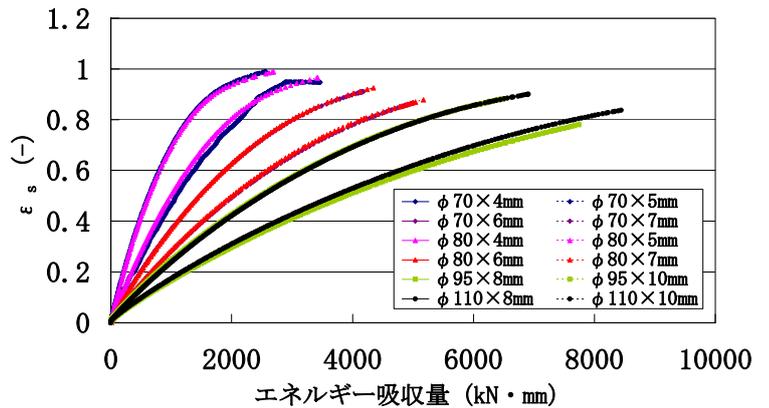


図-5 ひずみ-エネルギー吸収量関係