

ゴム・鋼併用型耐震緩衝装置の開発に関する研究
鋼管の曲げ変形特性モデルの改善

建設情報マネジメント研究室
学生氏名 後藤 学
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¹⁾が、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とから、落橋防止装置が必要となる。皆川ら²⁾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。皆川らは、緩衝装置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 変位関係モデルを構築した。本研究では、松島⁴⁾による鋼材の塑性変形特性モデルを鋼管の曲げ変形特性モデルに組み込み、径厚比の小さい鋼管の応力 ひずみ関係モデルをひずみ硬化を考慮して補正することを目的とする。

2. 鋼管の曲げ変形特性モデル

無次元応力 ひずみ関係図から、鋼管の径厚比： D （鋼管外径）/ t_s （鋼管厚）が大きいものと小さいものの降伏現象に違いが現れた（図 1、表 1）。そこで径厚比の小さい鋼管を大きい鋼管の塑性挙動に近づけるように補正する。今回は、径厚比の小さい鋼管として鋼管 110×8（鋼管長 100mm）及び 110×10 を使用した。

鋼管の降伏後は、応力、ひずみは荷重 P 及び、変位から以下のように算出される。

リングの公式

$$M = 0.3183 PR_{ms} \quad (1)$$

ここで、 M ：曲げモーメント、 R_{ms} ：平均半径。

$$\sigma_r = \frac{M}{W} \quad (2)$$

ここで、 σ_r ：曲げ応力、 W ：断面係数（ $H \cdot t_s^2 / 6$ ）。

式(1)、(2)から式(3)が得られる。

$$\sigma_s = \frac{1.91PR_{ms}}{\sigma_y t_s^2 H} \quad (3), \quad \varepsilon_s = \frac{\Delta}{2R_{is}} \quad (4)$$

ここで、 t_s ：鋼管厚、 H ：鋼管長、 R_{is} ：内半径、 σ_y ：鋼管の降伏応力。応力 σ_s は、降伏応力 σ_y で除すことによって無次元化する。ひずみ ε_s は、内径 $2R_{is}$ に対する変位 Δ の比率を表したもので、完全圧壊時に 1 となる。

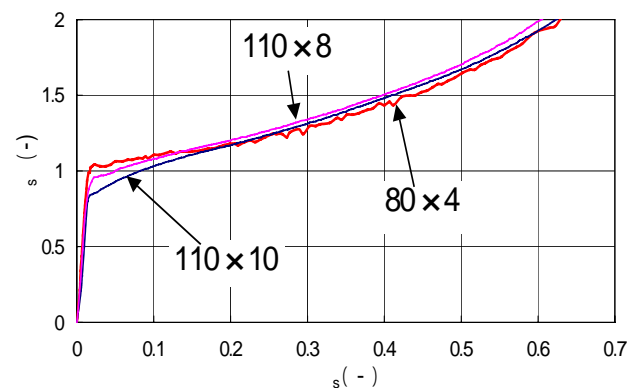


図 1 降伏現象の違い

表 1 鋼管の径厚比

試験体	径厚比
80×4	20
110×8	13.75
110×10	11

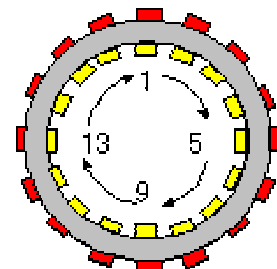


図 2 塑性ひずみゲージの設置位置

図 3, 4 に示す鋼管 110×8、110×10 の測点 5,13 の外側と内側 (図 2 に塑性ひずみゲージ設置位置を示す) で測定したひずみと変位の関係は、以下の式(5)で表わすこととする。

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{A} \quad (5)$$

A は、同図より最小二乗近似で求めた。

$$A_{110-8} = 0.002746$$

$$A_{110-10} = 0.003515$$

これらの値を用いた式(5)を、式(4)に代入する。

求められた無次元ひずみ ε_s を、松島ら⁴⁾が構築した塑性変形特性モデル

$$\sigma = 47.4(\varepsilon_s)^{0.184} \quad (6)$$

に代入し、得られた応力 σ を式(3)の降伏応力 σ_y に加えることで式(7)を導きだした。

$$\sigma_s = \frac{1.91 PR_{ms}}{(\sigma_y + \sigma) t_s^2 H} \quad (7)$$

式(7)を適用した径厚比の小さい鋼管は、ひずみ硬化の影響を考慮し、鋼管 80×4 と同じような塑性挙動を示すと考える。

式(1)~(7)より補正を行なった鋼管 110×8、110×10 の応力ひずみ関係を図 5、6 に示す。同図より、鋼管 110×8、110×10 はそれぞれ鋼管 80×4 の塑性挙動とほぼ等しいことが明らかである。

3. 結論

鋼材の塑性変形特性モデルを鋼管の曲げ変形特性モデルへ組み込むことで、径厚比の小さい鋼管の応力ひずみ関係を鋼材のひずみ硬化を考慮して補正することができた。

<参考文献>

- 1) 土木学会関西支部：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，藤谷健：ゴム鋼併用型耐震緩衝措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.
- 3) 土井雄司，皆川勝：ゴム鋼併用型耐震緩衝装置の開発，平成 14 年度武蔵工業大学修士論文，2003.2.
- 4) 松島祥子：ゴム・鋼併用型耐震緩衝装置の開発に関する研究～鋼管の弾塑性変形の把握～，平成 15 年度武蔵工業大学土木工学科卒業論文，2004.2.

謝辞：本研究を行なうにあたり、皆川勝教授、佐藤安雄技士、仲宗根茂技士、佐藤昌一技士、石黒聡氏、並びに先端構造工学研究室の皆様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事は出来ませんでした。ここに深く感謝の意を表します。

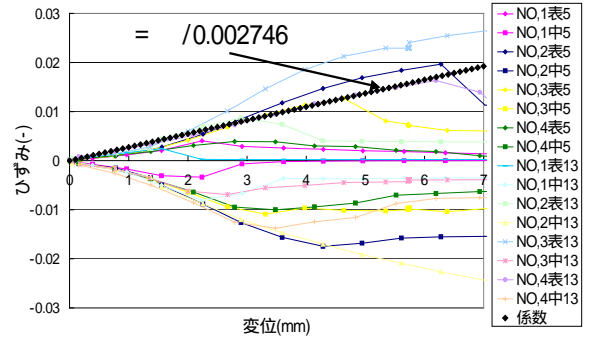


図 3 ひずみ 変位関係 (鋼管 110×8 の場合)

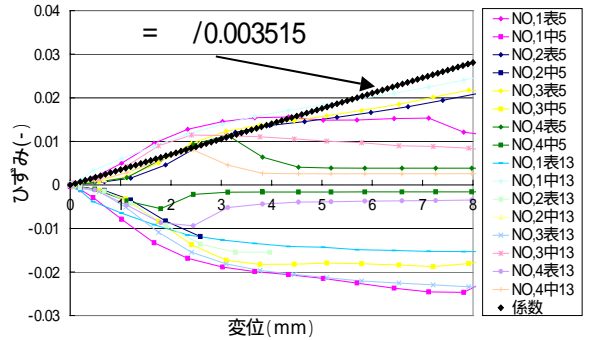


図 4 ひずみ 変位関係 (鋼管 110×10 の場合)

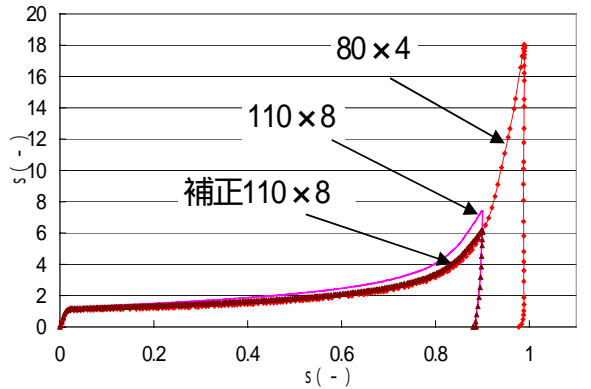


図 5 無次元応力 ひずみ関係の比較

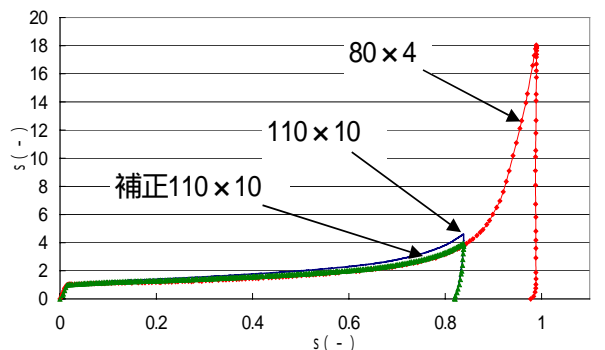


図 6 無次元応力 ひずみ関係の比較