

# 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～

建設情報マネジメント研究室

学生氏名 松島 祥子

指導教員 皆川 勝

## 1. 研究背景

兵庫県南部地震以降<sup>1)</sup>、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。そこで、桁の橋台間あるいは桁同士の相対変位を吸収するため大型の伸縮装置、もしく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事は多大なコスト増を招き、メンテナンス費用も増してしまうことから後者を設置することが望ましいと考えられる。皆川ら<sup>2)3)</sup>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。小・中規模地震の変位に対しては、落橋防止装置用緩衝材の弾性範囲の変形で吸収させ、大規模地震の変位に対しては、緩衝材の損傷を許容し、降伏後の塑性変形によって桁の運動エネルギーを吸収させる。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、かつ上部構造が桁かかり長に達するような運動を制限することができる。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でき荷重変位関係モデルを構築した。本研究では、基本材料である鋼管の弾塑性挙動を実験により把握し、それを上記のモデルに組み込むことを目的に、鋼材の弾性係数及びひずみ硬化特性を明らかにした。

## 2. 目的

鋼材の塑性変形特性を把握するために鋼材のひずみ硬化現象を明らかにする。この結果は後藤の論文「鋼管の曲げ変形特性モデルの改善」に用いられる。

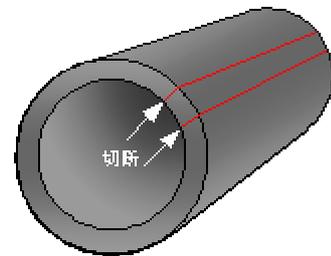


図-1 鋼管 110×10

## 3. 試験体の材質および形状

図 1 に示すように、鋼管 110×10 (外径 110mm、厚さ 10mm、鋼管長 300mm) を幅 12.7mm、厚さ 6.2mm、奥行き 300mm、断面積 78.8mm<sup>2</sup> の直方体状に加工した試験体に、図 2 に示すように塑性ひずみゲージを表裏に 3 枚貼付した。

## 4. 実験方法

サーボパルサーを用いて、試験体の上下 100mm をチャックに固定して引張試験を行なった。同時に荷重計、ひずみゲージに接続したデータロガー及びレーザー変位計から、荷重、ひずみ、変位をそれぞれ計測した。

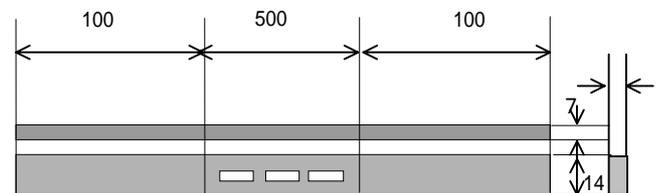


図-2 ゲージ設置済み試験体 単位(mm)

## 5. 実験結果

引張試験より得られた結果を図 3 に示す。すべてのポイントで鋼材の一般的な特性である載荷初期の急激な荷重の立ち上がりが見られる。降伏後は応力に対しひずみが著しく進行し、2000 $\mu$  付近よりひずみ硬化した。表 1 に弾性係数を示す。いずれの場合も公称値 200kN/mm<sup>2</sup> に近い値となった。

キーワード 弾性 塑性 ひずみ硬化 塑性変形特性 n乗硬化則

## 6. 塑性変形特性のモデル化

弾性限界を越えた後のひずみは、弾性ひずみ $\epsilon_e$ と塑性ひずみ $\epsilon_p$ から成る<sup>4)</sup>。よって、塑性変形過程での弾性ひずみ $\epsilon_e$ の影響を取り除く必要がある。以下の式を用いて塑性ひずみ $\epsilon_p$ を算出する。

$$\epsilon = \epsilon_e + \epsilon_p \quad \dots (1)$$

$$\epsilon_e = \frac{\sigma}{E} \quad \dots (2)$$

( $\sigma$  : 降伏後の応力、 $E$  : ヤング率)

また、塑性ひずみ $\epsilon_p$ に対して応力 $\sigma$ は、次のような $n$ 乗硬化則で表される。

$$\sigma = c (\epsilon_p)^n \quad \dots (3)$$

(3)式のパラメーター $c$ 、 $n$ は最小二乗近似により試験体 No.1~5 についてそれぞれ(表 2)に示す値となった。

$$c = 47.4, n = 0.184$$

となり、以下で示す塑性変形特性モデルが得られた。

$$\sigma = 47.4 (\epsilon_p)^{0.184} \quad \dots (4)$$

(4)式は図 4 に示すように、試験体 No.1~5 の応力-塑性ひずみ関係にほぼ一致しており、降伏後の応力-ひずみ挙動を精度よく表現している。

## 7. 結論

鋼管の降伏現象を把握することができた。また、塑性変形特性を $n$ 乗硬化則のモデル化することができた。これにより鋼管のひずみ硬化現象を把握することができた。

### <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.689/1-57，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概要集，2003.2
- 4)山田嘉昭：有限要素法の基礎と応用シリーズ6 塑性・粘弾性，培風館，pp.1-24，1980.12.
- 5)後藤学，皆川勝：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，平成15年度武蔵工業大学土木工学科卒業論文概要集 2004.2

謝辞：実験を行なうにあたり、武蔵工業大学の仲宗根茂技士、佐藤安雄技士、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。そして皆川先生どうもありがとうございました。また、研究室のみんなどうもありがとう。皆様に深く感謝の意を表します。

表 1 弾性係数(kN/mm<sup>2</sup>)

試験体1	試験体2	試験体3	試験体4	試験体5	平均
203	209	197	196	204	202

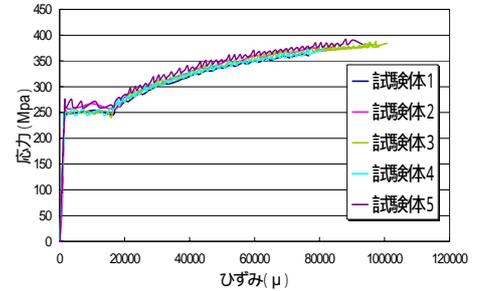


図 3 応力-ひずみ関係

表 2 c 値, n 値

試験体	1	2	3	4	5	平均
n 値	0.155	0.196	0.197	0.196	0.175	0.184
c 値	626	41.0	40.4	40.7	52.3	47.4

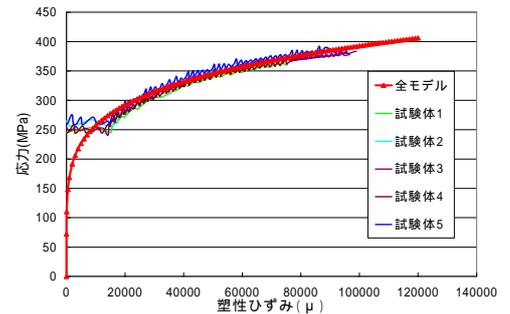


図 4 n 乗硬化則モデル