極低降伏点鋼鋼管を用いたねじりダンパー性能における熱処理による効果

- 愛知工業大学大学院 学生員 野村 和弘
- 愛知工業大学工学部 正会員 青木 徹彦
- 愛知工業大学工学部 正会員 鈴木 森晶

1. はじめに

愛知工業大学では、平成 11 年度より構造物耐震実験センターが運用されているが、実験中に発生する振動が周囲に及ぼす影響を低減しなければならない。また、実験を行う際の固定用反力床は、大きな質量があるためそれを支える基礎構造物の耐震性を高める必要がある。そこで、本実験センターでは、反力床の下に免震ゴム支承と鋼管ねじりダンパーによる免震装置が導入されている¹⁾。免震装置の機能として、免震ゴム支承は上載鉛直荷重を支え、また微小振動を吸収する。鋼管ねじりダンパーは地震力などの大きな荷重を吸収する²⁾³⁾。本実験では、鋼管に極低降伏点鋼を用い、溶接後に熱処理を行ったものと行わなかったものの比較を行う。また、鋼管端部を溶接した場合と圧接した場合の違いを実験的に調べる。

2. 実験概要

2.1 ねじりダンパーの設計

鋼管ねじりダンパーは、図1に示すように鋼管の一方を固定し、他方に上部工の作用力等を変換させることを考え、このねじりモーメントを利用し、地震外力によるエネルギーを吸収させる。図1に示す鋼管にねじりモーメント M_tが作用



し、ねじり角 が生じたとする時の弾性域での M_t と の関係は式(1)になる。ねじりモーメント M_t が降伏ね じりモーメント M_t で超えた時は式(2)の関係になる ⁴⁾。

弾性域: $M_t = \frac{GD^3t}{4h} = \frac{D^2t}{2}$ (1) 塑性域: $M_t = \frac{GD^3t}{4h} \left\{ G'\theta + (G - G')\theta_y \right\}$ (2) ここで、D: 鋼管の直径、t: 板厚、h: 高さ、G: せん断弾性係数{=E/2(1+)}、G': 降伏後のせん断弾性係数 数、 : ねじり角、 _y: 降伏ねじり角、E: ヤング率、 :ポアソン比、 : せん断応力 2.2 実験供試体

鋼材には極低降伏点鋼 BT-LYP100 を用い、熱処理の有無 2 本と鋼管端部の荷重伝達ブロックを圧接溶接したもの 1 体を用意した。実験に用いる鋼管寸法は、直径 114.3mm、板厚 6mm、高さ 90mm、アーム長 150mm とした。降伏応力は、素材引張り試験結果より $_{0.2}$ =144MPa、 $_{y} = _{0.2} / \sqrt{3} = 83MPa$ となった。これを式(1)に代入して M_y=10.3MN・mm、これより P_y=M_y/150mm=68.5kN となる。実験の載荷経路 P_yにはこの値を用いる。



キーワード:極低降伏点鋼、免震装置、鋼管ねじりダンパー、熱処理

連絡先:〒470-0392 愛知工業大学(愛知県豊田市八草町八千草 1247、Tel 0565-48-8121、Fax 0565-48-3749)

2.3 実験方法

本実験で用いた実験装置を図3に示す。載荷方法は、上部工を想定した載荷 ビームをアクチュエータに接続し、水平方向の繰返し載荷を行う。繰返し載荷 経路は、 $\pm P_y/2$ 、 $\pm P_y$ 、 ± 20 mm、 ± 40 mm、 ± 60 mm、 ± 80 mm とす る。また、 に達した後は鋼管が破壊するまで を繰り返す。

3. 実験結果および考察

3.1 繰返し載荷試験

各供試体の荷重-変位関係を図4に示す。

熱処理あり普通溶接(NA) [図 4(a)]は、5 サイクル目以降徐々に座屈が 生じ始め、12 サイクル目で最大荷重 372kN に達した。最終的にサイクル 数は 14 サイクルを記録した。熱処理あり圧接溶接(NA)[図 4(b)]は、5 サイクル目から座屈が生じ始めた。10 サイクル目で最大荷重 380kN に達 した。最終的にサイクル数は 14 サイクルを記録した。熱処理なし普通溶 接(RA)[図 4(c)]は、3 サイクル目に座屈が生じ、10 サイクル目で最大荷 重 378kN に達した。最終的にサイクル数は全供試体中最大の 15 サイクル を記録した。

NA、RA とも鋼管との溶接部の境界線上から亀裂が生じた。しかし、NA は鋼管自体の破壊より先に鋼管端部の荷重伝達ブロックを圧接溶接した 箇所から亀裂が生じ破断してしまった。これは溶接不良が原因であったと 考えられる。

3.2 エネルギー吸収量

各供試体の累積エネルギー吸収量を図5に示す。10サイクル目まで各 供試体とも安定したエネルギー吸収量を示した。最も大きなエネルギー 吸収性能を示したのは10サイクル以降もエネルギー吸収の減少が少な かったNAであった。熱処理の有無では破断までの累積エネルギー吸収 量で比較するとNAはRAの約10%増加しており、変形性能が増したと 思われる。NA は10サイクルまでは最も大きなエネルギー吸収性能を 示していたが、鋼管端部の荷重伝達ブロックを圧接溶接した箇所から亀 裂が生じたのでそれ以降はエネルギーをあまり吸収できなかった。

4. **まとめ**

1)NA、RAの累積エネルギー吸収量を比較するとNAはRAの約10%増加となり熱処理の効果が現れた。

2)NA、NA の累積エネルギー吸収量は NA が破断するまではほぼ 同等であった。

参考文献

1)鈴木森晶、青木徹彦ら:免震ゴム支承と鋼管ねじりダンパーを有する実験床の最大応答変位設計、構造工学論文集、1998
2)遠藤輝好、鈴木森晶、青木徹彦:鋼管を用いたねじりダンパー性能に関する実験的研究、土木学会中部支部研究発表会、1999
3)木村充、西村宣男、池内智行:極低降伏点鋼鋼管の塑性ねじりを利用した吸収装置の橋梁システムへの適用、鋼構造物の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集、2000

4)青木徹彦、鈴木森晶:鋼管を用いた弾塑性ねじりダンパー特性に関する実験的研究、構造工学論文集、1998

(a)熱処理あり普通溶接(NA)



(b)熱処理あり圧接溶接(NA)



(c)熱処理なり普通溶接(RA) 図 4 荷重-変位関係



図5 累積エネルギー吸収量