

## 钢管を用いたねじりダンパー性能に関する実験的研究

愛知工業大学 学生員 遠藤 輝好  
愛知工業大学 正会員 鈴木 森晶  
愛知工業大学 正会員 青木 徹彦

### 1.はじめに

1999年4月より本学に構造物耐震実験センターが新設されるが、実験中の振動が周囲へ及ぼす影響に配慮する必要がある。また、質量の大きな反力床の耐震性を高める必要がある。そこで、反力床の下に免震ゴム支承と钢管を用いたねじりダンパーによる免震装置を導入する事となった。免震装置の機能として、微小振動はゴム支承により吸収し、地震力などの大きな荷重はダンパーによって吸収させる。

本実験では、地震時などで機能するねじりダンパーの変形性能を確認し、エネルギー吸収性能を明らかにする事を目的とし実施した。その結果を報告する。

### 2.実験概要

#### 2.1 ねじりダンパーの設計

ねじりダンパーの設計において文献1)の設計を参考に行った。反力床の下で設置できるスペースは限られており、最大変位を75mm(限界変位90mm)と設定し、D=114.3mm、t=4.5mmの钢管を選定した。塑性変形した钢管は絞り座屈による変形が予想される。钢管にねじりによる軸引張り力が生じると耐力が低下するので、図1で示す(a)下部荷重伝達装置と(b)钢管部は溶接せず四角形の連結部で組み立てるようにした。

#### 2.2 実験供試体

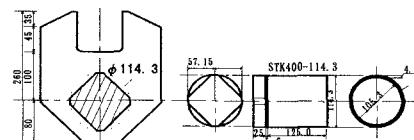
供試体図を図2に示す。図中央にある下部荷重伝達装置(材質SM490)が、上部荷重伝達装置によって回転し、钢管をねじる。供試体は钢管のみの供試体(ST-AF)とコンクリート充填供試体(ST-CPF)の2体を用意した。コンクリートの両端部を拘束すると钢管とフランジ部の溶接部、钢管腹部の溶接部が破壊する可能性があるためST-CPFでは、钢管の外側をふさがないようにした。

#### 2.3 実験方法

本実験に用いた実験装置を図3に示す。斜線部がダンパーである。反力フレームに固定された

アクチュエータと上部構造を想定した載荷ビーム、上部荷重伝達装置が結合されており、上部荷重伝達装置は供試体治具に水平に取り付けられたりニアレールによって水平を保つようになっている。供試体治具は反力床に固定されており、そこから反力フレームと反力プレートが結合されアクチュエータを固定している。アクチュエータの最大出力は50tf、最大変位±200mmである。

繰り返し載荷経路は、①Py/2、②Py、③ $\delta=10\text{mm}$ 、④ $\delta=20\text{mm}$ 、⑤ $\delta=30\text{mm}$ で以降10mm刻みを行った。Pyは降伏荷重、 $\delta$ は上部伝達装置の変位である。



(a) 下部荷重伝達装置 (b) 鋼管部  
図1 下部荷重伝達装置および鋼管部

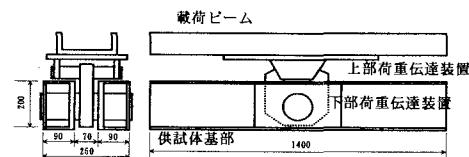


図2 供試体図

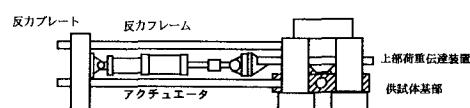


図3 実験装置

### 3.実験結果および考察

#### 3.1 素材引張り試験

鋼材(STK400)の素材引張り試験の結果、明瞭な降伏棚を示さなかったため、0.2%オフセット応力 $\sigma_{0.2}$ を降伏応力とした。ヤング係数 $E=2.11 \times 10^6 \text{kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_{0.2}=3556 \text{kgf/cm}^2$ 、最大引張応力

$\sigma_u = 4820 \text{ kgf/cm}^2$ 、ボアソン比  $\nu = 0.28$ 、コンクリートの最大圧縮強度  $\sigma_{cu} = 149.4 \text{ kgf/cm}^2$  であった。これらの値を用いて降伏ねじりモーメント  $T_y = 18.96 \text{ tf}\cdot\text{m}$  を求め、降伏変位  $\delta_y = 9.77 \text{ mm}$  を求めた。以後実験データの無次元化には、これらの値を用いて行った。

### 3.2 繰返し載荷試験

各供試体の荷重  $P$  と水平変位  $\delta$  の関係を図 4 に示す。荷重  $P$  および変位  $\delta$  は、降伏荷重  $P_y$  と降伏変位  $\delta_y$  で無次元化している。各供試体とも最大荷重到達後、下部荷重伝達装置が塑性変形を起し、除荷から載荷する際変位が大きく移行する原因となっている。また、初期載荷方向と逆方向の荷重が増える傾向が見られた。

#### a) ST-AF

鋼管のみ供試体(ST-AF)は、4 サイクル目で最大荷重  $34.35 \text{ tf}$  に達した。その後、設計限界変位(90mm)を 3 回繰り返し、最大変位時における荷重が降伏荷重を下回ったため実験を終了した。鋼管腹部の上下は載荷方向に線状に陥没し、左右は斜め方向に突起した絞り座屈を生じた。

#### b) ST-CPF

コンクリート充填供試体(ST-CPF)は、各ループとも変位  $\pm 25 \text{ mm}$  付近からコンクリートによって剛性が増した。9 サイクル目で荷重  $49.45 \text{ tf}$  変位  $-52.04 \text{ mm}$  を記録し、アクチュエータの性能により除荷を行った。以降の変位は、正方向で、 $80 \text{ mm}$  を繰返し、負方向では、 $-25 \text{ mm}$  程度であった。13 サイクル目に片側の鋼管が、 $-42.55 \text{ tf}$  で破断した。破断面は、溶接面の外側でのこぎり状になっており、軸に直角な面に沿ってせん断破壊を生じた。

### 3.3 エネルギー吸収量

2 体の供試体のエネルギー吸収量を図 5 に示す。(a)は 1 サイクルにおける経験最大変位  $\delta_0$  を用いて塑性率  $(\delta_0 / \delta_y)$  を求め横軸としそのループにおけるエネルギー吸収量を縦軸にとっている。ST-AF は塑性率 8.2 で最大に達し、その後は下部荷重伝達装置の変形、鋼管の耐荷力低下により減少した。ST-CPF は塑性率 7.2 で最大に達したが、アクチュエータの性能による除荷で損失があるため、さらに増加する可能性がある。(b)は、縦軸に累積エネルギー吸収量を表している。ST-CPF

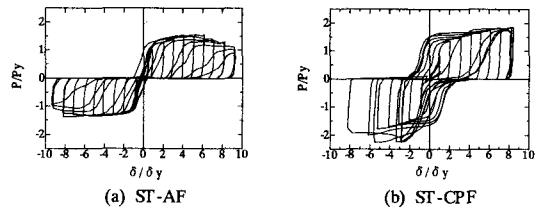


図 4 履歴ループ

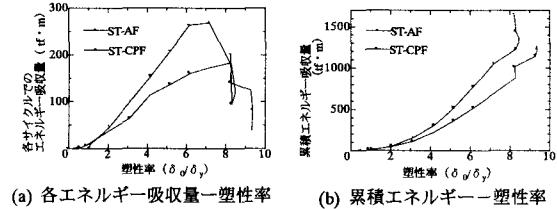


図 5 エネルギー吸収量

は累積で ST-AF の 1.3 倍ものエネルギー吸収量を得た。

### 4.まとめ

钢管の絞り座屈、下部荷重伝達装置の塑性変形、および所定以上の変形能力、大きなエネルギー吸収量が確認できた。本実験は以下のようにまとめられる。

- (1)両供試体とも安定した履歴ループを描き、最大設計変位 75mm に対し、ST-AF で最大変位 90mm、ST-CPF で 80mm を示した。本研究のダンパーは、钢管の材質や厚さ、コンクリートの有無などで性能を設定できる事から、最大変位が 90mm まで確認できたことにより、設計時の選択の幅が広がったと言える。
- (2)ST-AF は絞り座屈を起し、劣化型の履歴ループを示し、ST-CPF はコンクリートの充填効果によりひずみ硬化後、剛性を増す履歴ループを示した。
- (3)累積エネルギー吸収量は、ST-AF で  $1265 \text{ tf}\cdot\text{m}$ 、ST-CPF は  $1647 \text{ tf}\cdot\text{m}$  を示し、大きな変形能力を確認した。
- (4)本学で使用されるダンパーは、塑性率 7.68 で最大変位となる。その時点の累積エネルギー吸収量で、ST-CPF は ST-AF の 1.52 倍に達するため、ST-CPF を用いたダンパーが適切である。

### 参考文献

- 1)青木徹彦 鈴木森晶：钢管を用いた弾塑性ねじりダンパー特性に関する研究、構造工学論文集、1998.3.