

格子型制振壁システムの繰返し性能に関する基礎的研究

正会員 ○桐部 晃拓*1 同 鈴木 敏志*4
同 薩川 恵一*2 同 金子 洋文*5
同 鈴木 琢也*3

制振壁 鋼管 管ねじり
せん断降伏耐力 載荷実験 繰返載荷

1. はじめに

円形鋼管に繰返し振りモーメントを加えた場合、鋼管全断面がせん断塑性変形をすることによって、安定的にエネルギー吸収されることが知られている1)。また円形鋼管はシェル状になっているため、平板にせん断力を与える場合に比べ、大きなひずみに対しても座屈を生じにくいという利点も有しており、これらの特性を活かしたダンパーの提案が行われている。既往の研究では、鋼管ねじりダンパーの安定的なエネルギー吸収能力を活かした上で、図1のような新しい形の格子型制振壁システムの提案を行っている。提案している制振壁の特長は、鋼管の管径・個数及び水平材の部材長等により壁の剛性及び降伏耐力を任意に設定できること、開口位置を任意に設定できることが挙げられる。本報に先立ち、文献1)では、載荷実験を通して円形鋼管単体の塑性域下での履歴挙動の安定性及び終局状態の把握を行い、径厚比、径長比によらず、紡錘形の安定した履歴挙動を示すことが確認された。

本報では、格子型制振壁システムに複数個の円形鋼管を配置したときに安定した履歴挙動を示すことを載荷実験により検証することを目的とする。

2. せん断実験概要

図2に試験体概要を各種寸法とともに示す。試験体は、治具となる上下のCT鋼 (CT-250×300×16×22) と左右の平鋼(PL-28) (図1では補強材)、の中に水平材及び鉛直材 (以降、格子部材) を各3本ずつ格子状に配置して、水平鉛直材の交差部に本制振壁システムのエネルギー吸収材となる円形鋼管を計9個挿入している。水平材及び鉛直材の断面形状は、PL-16として等質材料である。格子部材の間隔は、各円形鋼管にねじりモーメントが均等に加わるように設定をしている。円形鋼管はφ-48.2×3.2、鋼種 STK400であり、鋼管長さは製作の都合上、格子部材の板厚2枚分として、交差部に埋め込まれており、鋼管の外側への変形を拘束している状況となっている。

円形鋼管と格子材との接合詳細は、図3に示すように水平材及び鉛直材の2枚を貫通させ、隅肉溶接接合されている。格子材と治具となる部材との接合詳細は、図3に示すように、ピン部回転軸となる丸鋼棒を両側からナットで締め付けるピン接合としており、ピン接合部に極力摩擦が発生しないよう、格子材及び各治具の板厚分の合計長を有する円筒状のピン孔部にシリンダーを挿入して、治具と格

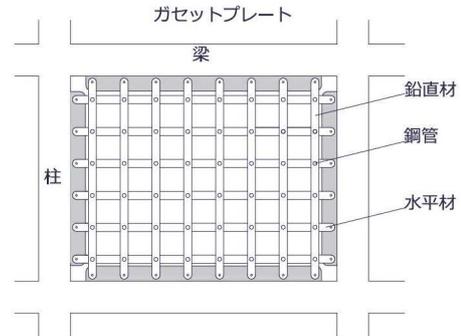


図1 制振壁システム

格子型制振壁システムの
せん断剛性及びせん断降伏耐力の算出式

鋼管のねじり剛性 $K_\theta = \frac{\pi G D^3 t_c}{4h}$ 鋼管の降伏ねじりモーメント $M_{yt} = 2\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times t_c \times \frac{\sigma_y}{\sqrt{3}}$

D (鋼管直径), t_c (鋼管板厚), h (鋼管高さ)
 σ_y (降伏応力度), G (せん断弾性係数)

壁のせん断剛性 $K = \frac{\sum K_\theta}{H^2}$ 壁のせん断降伏耐力 $Q_y = \frac{\sum M_{yt}}{H}$

H (壁の高さ)

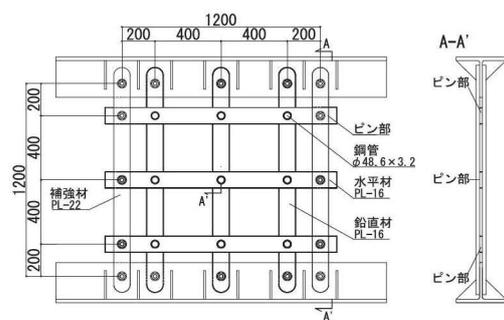


図2 試験体概要

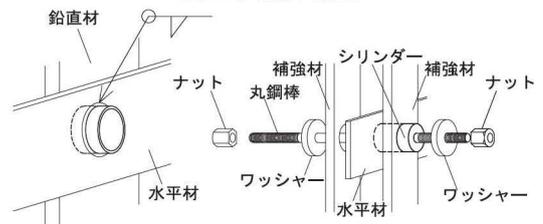


図3 ピン部詳細図

子材が板厚方向に締めつけないようにしている。

表 1 に本報で使用した鋼材の機械的性質を示す。円形鋼管の降伏応力度は、0.2%オフセット法で算出している。

試験体及び加力治具の設置状況を図 4 に示す。反力床に図 4 で示す試験体の下側の CT 鋼をボルト接合し、門型フレームに設置されたアクチュエータにより、水平力を作用させ、試験体にせん断力を加える。なお試験体に面外変形は、治具で拘束している。

载荷プログラムを図 5 に示す。载荷は本制振壁システムのせん断変形角 γ が 1/100, 1/50, 1/30, 1/20 となる上下変位 δ の範囲で各振幅 2 回、計 8 回繰り返す。その後初期载荷方向に単調载荷を行い、終局状況を確認する。ただし 1/20 の負側 1 回目は、1/15 まで変形させている。

荷重の計測は、試験体に作用するせん断荷重: Q は水平アクチュエータの先端に設置したロードセルにより計測する。またせん断変形角の計測は、治具となる CT 鋼と補強材の交差部に位置するピン接合部近傍に計測治具となるネジ棒を補強材に添接して計測点 (計 4 点) として、上側 2 点の平均値と下側 2 点の平均値の差分を元の長さの平均値で除することにより算出している。

3. せん断実験結果

図 6 に载荷実験結果を示す。紡錘系の安定した履歴挙動を示しており、せん断変形角が大きくなるに従い、耐力は上昇している。またせん断耐力は数式的な算出式から求めた値とほぼ一致しているが、せん断剛性は算出式よりも低い値となった。また 8 回目以降に行った単調载荷では、せん断変形角 1/10 まで载荷したが、せん断耐力を維持していた。

写真 1 にせん断変形角 1/10 時の変形状態を示す。目視の範囲内ではあるが、“格子”がほぼ同じ形状をしていることから、複数個配置した円形鋼管において、ほぼ同等の変形をしていることが想定される。また円形鋼管も座屈変形はされなかった。

4. まとめ

既往の研究で提案された鋼管ねじりダンパーの安定的なエネルギー吸収能力を活かした格子型制振壁システムについて、本制振壁システムに複数個の円形鋼管を配置したときの履歴挙動について载荷実験を行った。その結果、せん断変形角 1/20 まで紡錘系の安定した履歴挙動を示すことが確認できた。今後は本実験での円形鋼管の塑性ねじり状態などを分析していく。

参考文献

- (1) 仁野陽日, 金子洋文, 鈴木琢也, 山崎賢二: 格子型制振壁システムに用いる鋼管ねじりダンパーの基本的力学性能に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, 第81巻, 第727号, pp1531-1539, 2016.9

表 1 鋼材の機械的性質

	板厚 (mm)	鋼種	降伏応力度 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)
鋼管	3.2	STK400	401	444
水平・鉛直材	16	SS400	286	436

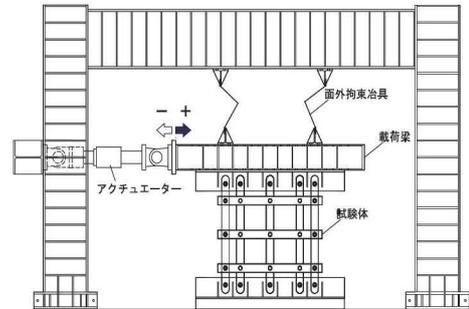


図 4 試験体設置状況

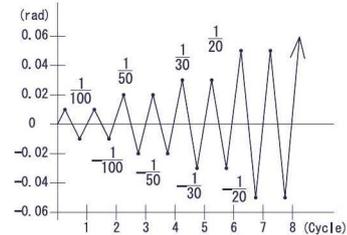


図 5 载荷プログラム

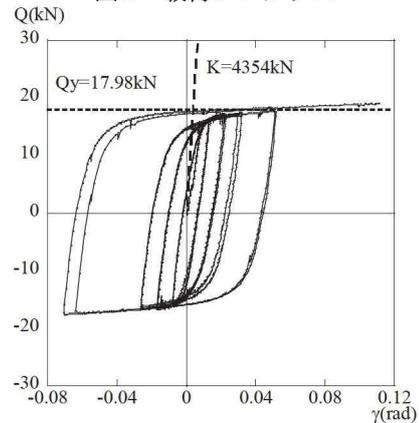


図 6 荷重変位関係



写真 1 せん断変形角 1/10

*1 愛知工業大学 元学生

*2 愛知工業大学 教授

*3 (株)竹中工務店 竹中技術研究所

*4 愛知工業大学 講師

*5 信州大学 教授

*1 Aichi Institute of Technology

*2 Professor, Aichi Institute of Technology

*3 Research & Development Institute, Takenaka Corporation

*4 Lecture, Aichi Institute of Technology

*5 Professor, Shinshu University