

正会員 ○比嘉 拓人\*1 同 薩川 恵一\*3  
同 桐部 晃拓\*1 同 鈴木 琢也\*4  
同 鈴木 壮\*2 同 金子 洋文\*5

制振壁 鋼管 管ねじり  
せん断降伏耐力 载荷実験 繰返し载荷

1. はじめに

本報（その2）では、前報に引き続き、格子型制振壁システムの繰返し挙動について検討する。

2. 载荷実験結果

図1に各鋼管に加わる捩じれモーメント、スケルトンカーブを示す。縦軸はねじりモーメントを示し、横軸はせん断変形角を示す。格子型制振壁システム内での各鋼管の位置は、図1右に示す。すべての試験体ともに、全ての試験体で塑性化後も安定して耐力が上昇しており、鋼管の配置によらずに鋼管は同じ挙動を示している。すべての試験体で同じ機械的性質を有する円形鋼管を使用していたが、A-L12は他の2体と比較して、降伏後の耐力上昇していた。鋼管と格子材の溶接によるものと思われるが、検討課題としたい。

図2に各試験体の荷重変位関係を示す。せん断荷重の算出に関しては、計測装置の計測点の制限から、全ての円形鋼管のねじり荷重の計測が不可能であったために、

鋼管のねじり荷重を測定した4つの鋼管から算出した。算出の方法は、図1に示す壁の隅部に位置する鋼管④のねじり荷重及び壁の外端辺に位置する鋼管②及び③は平均したねじり荷重をそれぞれ4倍にして、さらに壁中央に位置する鋼管①のねじり荷重を合算して壁の高さで割っている。繰返し载荷において、せん断変形角 1/20rad まで耐力低下をしておらず、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 B-L32 のせん断変形角 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。また格子材の面外変形も観察されなかった。また円形鋼管も面外への座屈変形は見られなかった。

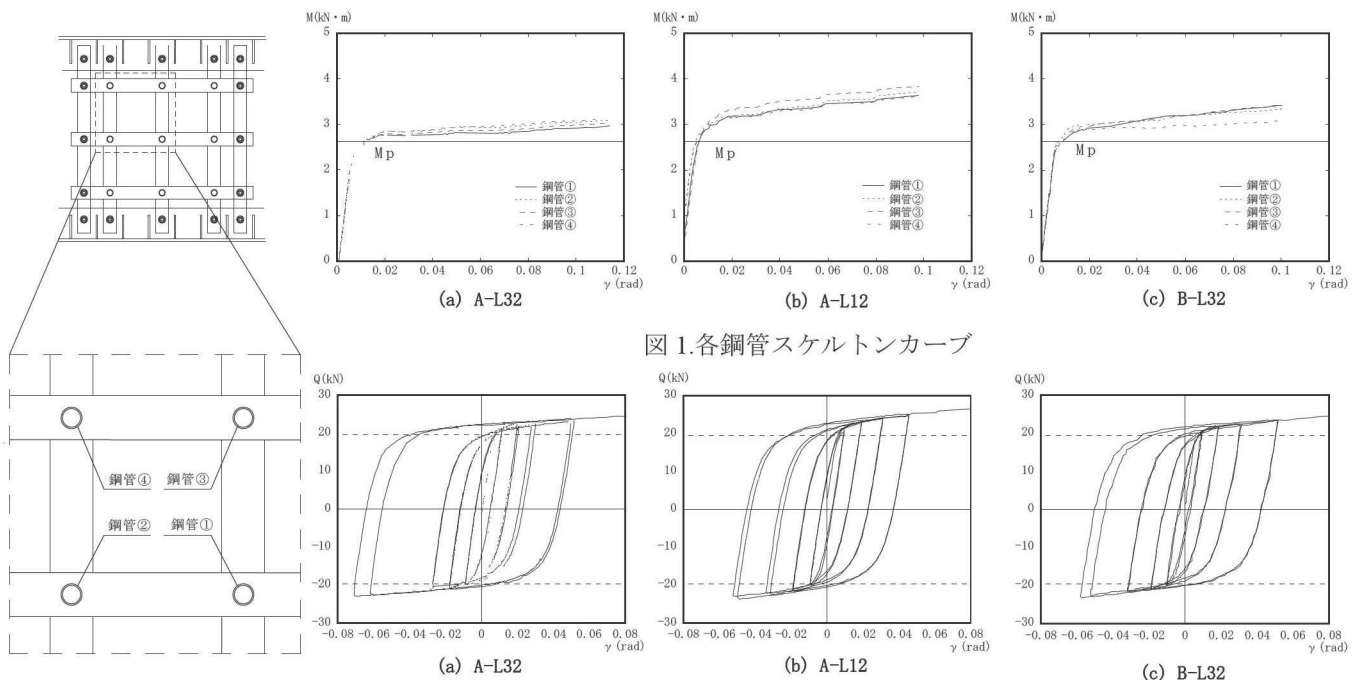


図1.各鋼管スケルトンカーブ

図2.荷重変位関係

### 3. 本制振壁の初期せん断剛性

本制振壁全体の初期せん断剛性(A方式)を算出する。なお算出のための初期条件は、制振壁の縦横の長さは同じとして、制振壁の内部に設置される鋼管は均等配置として、鋼管とピンの長さは鋼管間の距離の1/2とする。格子材に用いる鉛直材と水平材を同数 $n$ 本とすると鋼管数は $n^2$ となる。

格子材の接合点には図3右に鋼管が剛と仮定したときの格子材の変形を示す。水平材にせん断力が作用したときに水平材と鉛直材に生じる壁全体のせん断変形角 $\gamma_h$ は以下の式(1)で与えられ、せん断剛性 $K_h$ は式(2)で表される。

$$\gamma_h = Q\ell^2/8nEI \quad \dots (1)$$

$$K_h = Q/\gamma_h = 8nEI/\ell^2 \quad \dots (2)$$

鉛直材にせん断力が作用したときに鉛直材の曲げ変形を考慮した壁全体のせん断変形角 $\gamma_v$ は、以下の式(3)で与えられる。せん断剛性 $K_v$ は式(4)で表される。

$$\gamma_v = Q\ell^2/12nEI \quad \dots (3)$$

$$K_v = Q/\gamma_v = 12nEI/\ell^2 \quad \dots (4)$$

ねじりモーメント作用下での鋼管単体に生じる回転角 $k_\theta$ は、式(5)で与えられ、格子材を剛とした場合に、格子材のせん断剛性 $K_\theta$ は、式(6)で与えられる。

$$k_\theta = \pi GD^3t/4H \quad \dots (5)$$

$$K_\theta = n^2k_\theta/L \quad \dots (6)$$

以上の3つのせん断剛性は、直列バネで接続されていることから、本制振壁の初期せん断剛性 $K$ は、式(7)で求められる。

$$1/K = 1/K_h + 1/K_v + 1/K_\theta \quad \dots (7)$$

制振壁の縦横の長さ等を加えた一般化した算出式は今後検討する。

図4に各試験体の初期せん断剛性と上記で算出した式から求められるせん断剛性との比較を示す。本報で行った試験体においては、A方式は実験値と算出式の値とは良い対応を示していることがわかり、算出式が有効である。板厚の薄いB方式は実験値の剛性が6割程度となっていた。

### 7. おわりに

本研究では格子型制振壁システムのせん断剛性を実験と解析から検討した。得られた知見を以下に示す。

- 1) 複数個設置した本システムにおいては、制振壁内に設置した鋼管が同じ履歴挙動を示し、その履歴挙動も安定した紡錘系の形状を示していた。
- 2) 本システムの初期せん断剛性の算出式を導き、実験結果と良い対応を示した。

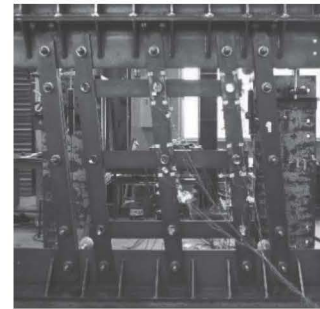


写真1 せん断変形角

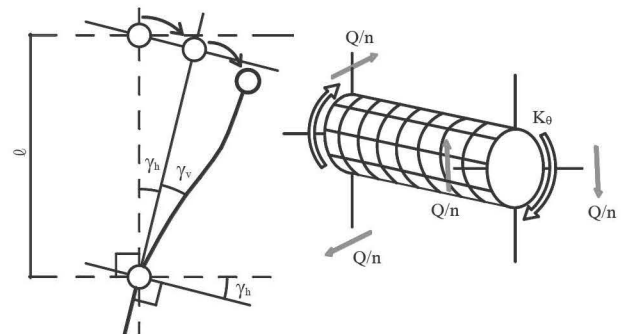


図3.理論式の算出モデル

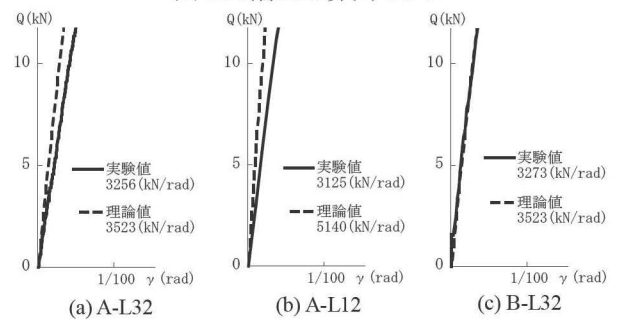


図4.せん断剛性の比較

本報で使用した記号の定義

- $Q$ : 壁全体のせん断荷重
- $I$ : 格子材の断面二次モーメント
- $D$ : 円形鋼管の半径
- $t$ : 円形鋼管の板厚
- $H$ : 円形鋼管の長さ
- $\ell$ : 鋼管間の距離
- $L$ : 壁の全長

### 参考文献

- (1) 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, Vol. 44A, pp. 889-905, 1998. 3
- (2) 清川昇梧, 谷中聡久, 尾下里治, 佐野泰如: 鋼管のねじりを利用した鋼材ダンパーの開発, 土木学会第65回年次学術講演会, pp. 1119-1120, 2010. 9
- (3) 鈴木森晶, 青木徹彦, 遠藤輝好: 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, Vol. 45A, pp. 859-867, 1999
- (4) 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振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, pp. 1531, 2016. 9

\*1 愛知工業大学 元学生  
 \*2 愛知工業大学 大学院生  
 \*3 愛知工業大学 教授  
 \*4 (株)竹中工務店 竹中技術研究所  
 \*5 信州大学 教授

\*1 Aichi Institute of Technology  
 \*2 Aichi Institute of Technology  
 \*3 Professor, Aichi Institute of Technology  
 \*4 Research&Development Institute, Takenaka Corporation  
 \*5 Professor, Shinshu University

