

格子型制振壁システムの繰返し性能に関する実験的研究 その3 縦横の長さが異なる本システムの実験計画

正会員 ○濱野 真行 同 鈴木 琢也
同 鈴木 壮 同 薩川 恵一

制振壁 鋼管 管振り
剛度 載荷実験 繰返し載荷

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、安定的なエネルギー吸収が行われることが知られている。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加える場合に比べ、大きなひずみに対して座屈しにくいという利点を有している。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¹⁾²⁾。

既往の研究では、図1のような鋼管振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（以下、本システム）の提案が行われている。本システムは格子状に配置した鉛直材と水平材（以下、格子材）の交差部に鋼管を配置している。本システムに水平力を加えた場合、十分な剛性を有する格子材であれば、変形は鋼管に集中し全ての鋼管に同じ振り変形角が生じることになる。鋼管の振り挙動が安定的であれば、本システムは安定的なエネルギー吸収能力を発揮するであろう。

文献3)で示されている本システムの弾性剛性は、格子材を剛としているため、鋼管の振り剛性のみで評価している。しかし格子材も弾性体であるため、変形が発生し正確に評価できない。

文献4)では、鋼管の振り変形に加え、格子材の曲げせん断変形を考慮した弾性剛性評価式及び全塑性耐力評価式の2式を提案し、複数の鋼管を配置した本システムの載荷実験および数値解析により評価式の妥当性を示している。しかし提案された評価式では、鋼管間の部材長さを同一としているため、格子材の剛度を変えた場合は同評価式を修正する必要がある。

そこで本研究では、文献4)で示された2つの評価式を、剛度の異なる格子材で構成された場合を考慮した式に修正し、載荷実験によりその妥当性を検証する。本稿では、実験の載荷計画を示す。

2. 載荷実験概要

2.1. 試験体概要

図2に本システムの応力伝達機構を示す。は鋼管、はピン接合部を示す。実線は鉛直材、点線は水平材の応力伝達機構を示す。各鋼管が負担する振りモーメントが均一となるように各格子材において、鋼管間の部材中央が反曲点となるようにし、鋼管とピン接合部との距離は鋼管間距離の半長とする。

本研究で提案する全塑性耐力評価式と弾性剛性評価式の妥当性を検証するため、剛度の異なる格子材で構成された3体の試験体の載荷実験を行った。

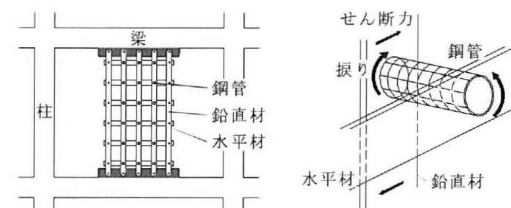


図1 格子型制振壁システム

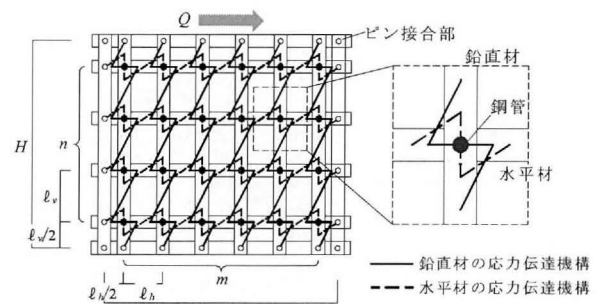


図2 本システムの応力伝達機構

表1に各試験体の一覧を、図3(a),(b),(c)に各試験体寸法を示す。試験体に配置する鋼管個数、各格子材における鋼管間距離をパラメータとする。格子材は上下をCT鋼、左右を剛な部材でピン接合する。No.1では縦横の鋼管数を3×3個の同数とする。No.2及びNo.3は縦横5×3個とする。格子材の交差部に挿入した鋼管の鋼管間距離は400mm基本とした。No.3の水平材のみ鋼管間距離を300mmとし、鋼管間距離を短くすることにより格子材の剛度を変えている。

図3(d)に鋼管の詳細を示す。鋼管は格子材を貫通させて格子材の外側面のみと隅肉溶接で接合されている。製作にあたっては薄肉鋼管厚のため溶け落ちないように速度で溶接しており、隅肉溶接サイズは鋼管厚の1.5倍以上を確保している。鋼管の塑性領域（図の斜線部）となる箇所は隅肉溶接間である。全ての試験体で塑性領域は $t=32\text{mm}$ としている。格子材は板幅100mm、板厚16mm、鋼種SS400を使用した。円形鋼管は $\phi 48.6 \times 3.2$ 、鋼種STK400を使用した。

表1に鋼材に機械的性質を示す。円形鋼管は真応力-対数ひずみに変換した。材料試験において降伏点が明確でなかったため、降伏応力度は0.2%オフセット法で算出している。

表1 試験体一覧

試験体名	鋼種		n	m	n×m	ℓ_v (mm)	ℓ_h (mm)	H (mm)	H' (mm)	D (mm)	D' (mm)	t (mm)	h (mm)	σ_y (N/mm ²)	σ_u (N/mm ²)
	格子材	鋼管													
No.1			3		9			1200						436	440
No.2	SS400	STK400	5	3	15	400		2000	1200	48.6	45.4	3.2	32	422	446
No.3								900							

n : 鉛直材の鋼管個数 H : 壁高さ t : 鋼管板厚
 m : 水平材の鋼管個数 H' : 壁幅 h : 鋼管高さ
 ℓ_v : 鉛直材の鋼管間距離 D : 鋼管直径 σ_y : 鋼管の降伏応力度
 ℓ_h : 水平材の鋼管間距離 D' : 鋼管の板厚中心間距離 (D-t) σ_u : 鋼管の引張強さ

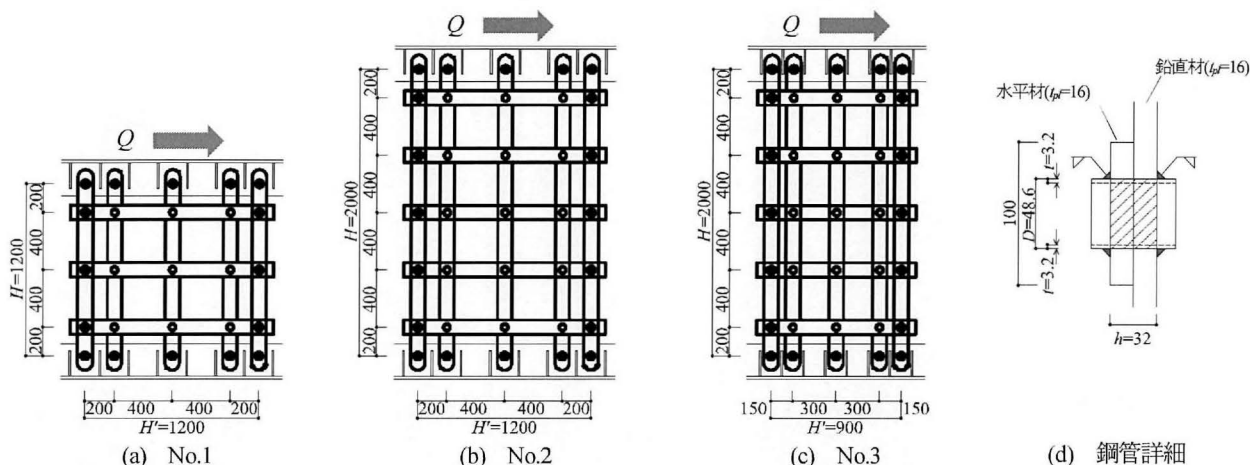


図3 試験体詳細

2.2. 加力・計測計画

図4に荷重装置全体を示す。加力方法は反力床に試験体の下側の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、荷重梁を介して試験体にせん断荷重 Q を加える。なお荷重梁上部の面外変形治具により試験体の面外変形を拘束している。

図5に荷重プログラムを示す。本システムのせん断変形角 θ (図の斜線部) が 1/100, 1/50, 1/30, 1/20rad となる水平変位 δ の範囲で各振幅を2回ずつ計8回繰返した後、初期荷重方向に単調荷重し、終局状況を確認する。No.1のみ計測器の不具合により 1/20rad の負方向1回目は 1/15rad まで荷重している。せん断変形角 θ は図4右に示すように試験体の隅部ピン接合部位置に対角線上に設置した斜変位計により算出している。

各鋼管単体の振りモーメントを推定するにあたり鋼管内にひずみゲージを貼付けるのが困難であったため、鋼管周りの格子材端部に貼付け、格子材端部に作用する曲げモーメントを鋼管に作用する振りモーメントとして扱った。

3. おわりに

本報では、複数の円形鋼管を配置した格子型制振壁システムにおいて剛度の異なる格子材で構成された場合の繰返し性能に関する実験計画を示した。

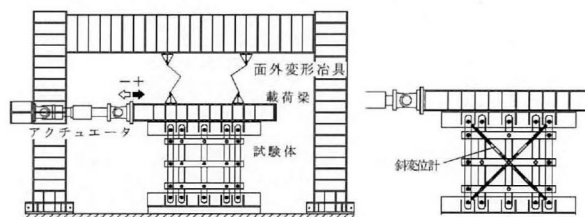


図4 荷重装置全体

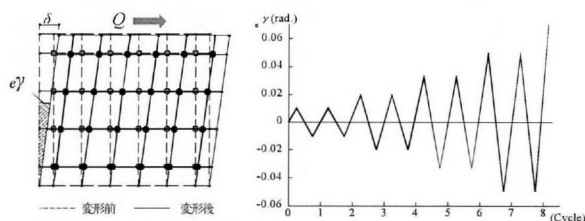


図5 荷重プログラム

参考文献

- 青木哲彦, 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
- 清川省吾, 谷中聡久. et al. 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
- 鈴木琢也, 山崎賢二. 鋼管ねじりダンパーを利用した格子型制振壁システムにおける安全履歴のための限界径厚比に関する解析的検討, 鋼構造論文集, 第22巻第86号, pp.47-55, 2015.6
- 福永湧大, 金子洋文. et al. 鋼管ねじりダンパーを利用した格子型制振壁システムにおける弾性剛性および全塑性耐力の算出方法, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造II, pp.573-574, 2017.7

※1 愛知工業大学 元学生 (前田道路株式会社)

※2 愛知工業大学 大学院生

※3 (株)竹中工務店 竹中技術研究所

※4 愛知工業大学 教授

Aichi Institute of Technology (Maeda Road Construction Co.,Ltd)

Aichi Institute of Technology

Research & Development Institute, Takenaka Corporation

Professor, Aichi Institute of Technology