

ト形接合で壁端辺が構成される格子型制振壁システムの実験的研究

正会員 磯谷 順平*1 同 鈴木 琢也*3
同 鈴木 壮*2 同 薩川 恵一*4

制振壁 円形鋼管 管振り
せん断降伏耐力 載荷実験 繰返し載荷

1. はじめに

既往の研究では、格子材の四辺端をピン接合した格子型制振壁システム(以下、本システム)の仕組みが提案されている¹⁾²⁾。本研究では、「意匠上の要求を満たす開口部の確保」、「本システムの軽量化」及び「施工上の簡略化」を目標として、一対辺をピン接合していないト形接合で壁端辺が構成された仕組みを提案し、載荷実験より本システムのエネルギー吸収能力を検証する。また、前報で提案されている評価式を準用し、提案する格子材の一対辺をピン接合しない仕組みに対応するせん断降伏耐力及び弾性剛性評価式を導出する。実験結果との比較により評価式の妥当性を検証する。

2. 載荷実験概要

図1左に本研究で対象とする本システムの概要を示す。○は鋼管、●はピン部を示す。実線は鉛直材、破線は水平材の伝達モーメントを示す。各鋼管は均等にモーメントが作用し、反曲点位置が各格子材の中央になるように配置し、鋼管とピン部の距離は鋼管間距離の半長とする。

図1右に試験体概要を示し、図2に本研究で対象とする試験体の鋼管詳細を示す。表1に試験体寸法及び材料特性を示す。試験体の鋼管個数は縦横3×2個とする。図2(a)は鉛直材と水平材の交差部に鋼管を挿入した単層型であり、試験体名をSLとする。図2(b)は鉛直材の両側に水平材を配置し、交差部に鋼管を挿入した複層型であり、試験体名をDLとする。DLは鋼管を並列配置することで、本システムのせん断耐力が2倍となることを想定している。

図3に載荷装置全体図を示す。載荷方法はアクチュエータにより試験体にせん断力を与える。載荷プログラムは、本システムのせん断変形角($e\gamma$)が1/100,1/50,1/30,1/20 (rad.)となる水平変位の範囲で振幅を各2回ずつ、計8回繰返し載荷後、初期載荷方向に1/10(rad.)まで単調載荷を行う。

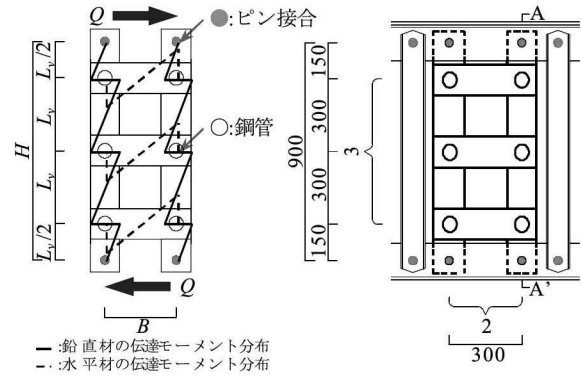


図1 本システムの概要

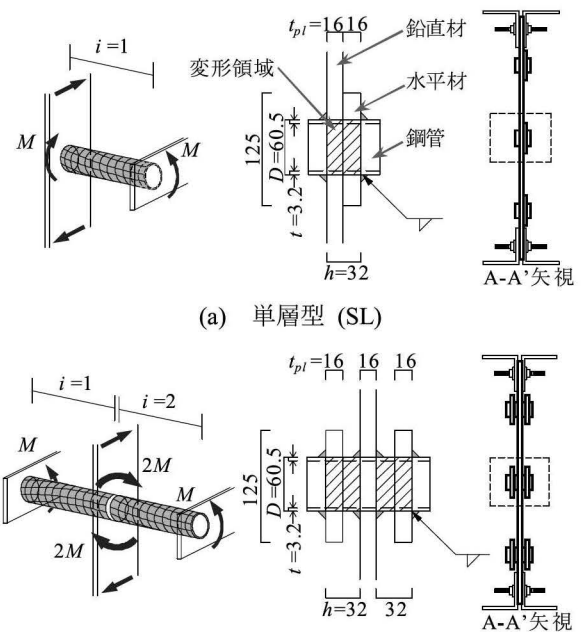


図2 鋼管詳細

表1 試験体寸法及び材料特性

試験体名	鋼種		n	m	q	i	H (mm)	B (mm)	L _v (mm)	L _h (mm)	D (mm)	D' (mm)	t (mm)	t _{pl} (mm)	h (mm)	σ _y (N/mm ²)	σ _u (N/mm ²)	p _l σ _y (N/mm ²)	p _l σ _u (N/mm ²)
	鋼管	格子材																	
SL	STK400	SS400	3	2	1	1	900	300	300	300	60.5	57.3	3.2	16	32	311	424	297	435
DL					2	2													

n : 鉛直方向の鋼管個数 m : 水平方向の鋼管個数 q : 水平材の並列層数 i : 鋼管の並列層数
H : 壁高さ B : 壁幅 L_v : 鉛直材の鋼管間距離 L_h : 水平材の鋼管間距離
D : 鋼管外径 D' : 鋼管の中心間距離 t : 鋼管板厚 t_{pl} : 鉛直材板厚
h : 鋼管長さ σ_y : 鋼管の降伏応力度 σ_u : 鋼管の引張強さ p_lσ_y : 格子材の降伏応力度
p_lσ_u : 格子材の引張強さ

Experimental study on Lattice damping wall system with T edge type of damping wall

ISOGAI Junpei*1, SUZUKI Soh*2
SUZUKI Takuya*3, SATSUKAWA Keiichi*4

計測方法において、荷重はアクチュエータとひずみゲージ、変形は変位計より計測する。ひずみゲージは各鋼管近傍の格子材に添付する。各層のせん断力は、ひずみゲージ添付位置の格子材に作用する曲げモーメントをひずみゲージ添付間距離で除して算出する。鋼管挿入位置の格子材に作用する曲げモーメントは、せん断力に反曲点位置から鋼管の中心までの距離を乗じて算出する。

3. 実験結果

図4にひずみゲージより算出した鋼管挿入位置の各格子材に作用した曲げモーメントを示す。黒線は水平材、灰線は鉛直材の曲げモーメントを示す。鋼管挿入位置の各格子材に作用した曲げモーメントは、ほぼ同じ安定した履歴挙動を示した。また、鋼管の全塑性モーメント(cM_{tp})で降伏し始めた。DLでは、鉛直材に水平材2本分のモーメントが作用しており、図2(b)左に示すモーメント伝達が行われたと考えられる。

図5に実線はアクチュエータより計測したせん断力、破線はひずみゲージより算出した各層のせん断力と本システムのせん断変形角の関係を示す。評価式より算出したせん断降伏耐力(cQ_{hp})で降伏し始め、1/20(rad.)まで安定した履歴挙動を示し、安定的なエネルギー吸収能力を發揮した。1/10(rad.)まで単調荷重をした際も耐力を維持した。各層のせん断力 q_1 及び q_2 は、アクチュエータより与えたせん断力とほぼ一致しており、格子材を通じて図1左に示す応力伝達が行われたと考えられる。

右に前報の評価式を準用し、導出した評価式を示す。表2に、実験値及び計算値の結果を示す。弾性剛性において、載荷実験より得られた実験値は計算値の約9割の結果となり、導出した評価式は有効であると考えられる。1割程度のずれは、治具やピン部などの変形による影響であると考えられる。

4. まとめ

本研究では、2種類の試験体を用意し、載荷実験より本システムのエネルギー吸収能力を検証し、また導出した評価式の妥当性を検証した。以下に得られた知見を示す。

- ・本システムは安定的なエネルギー吸収能力を發揮した。
- ・各鋼管は、鋼管の全塑性モーメントでほぼ同時に降伏し始め、安定した履歴挙動を示しており、格子材を通じて応力伝達が行われたと考えられる。
- ・導出した評価式は、実験値と良い対応を示した。

参考文献

- 1) 鈴木琢也,山崎賢二: 鋼管振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定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
- 2) 福永湧大,金子洋文,鈴木琢也,他 2名: 交差位置に鋼管を設けた格子型制振壁システムの静的復元力特性に関する研究,日本建築学会構造系論文集,第84巻,第756号,pp.291-299,2019.2

*1 愛知工業大学 元学生 (現アーキテックス株式会社)
 *2 愛知工業大学大学院 元大学院生
 *3 (株)竹中工務店 技術研究所
 *4 愛知工業大学 教授

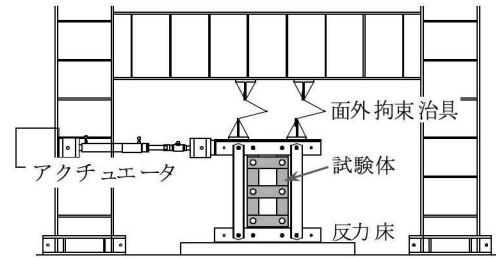


図3 載荷装置全体図

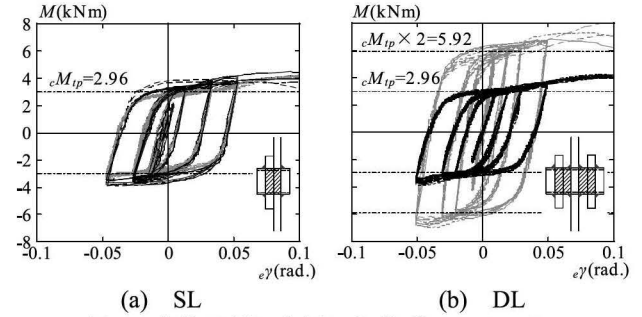


図4 各格子材に作用した曲げモーメント

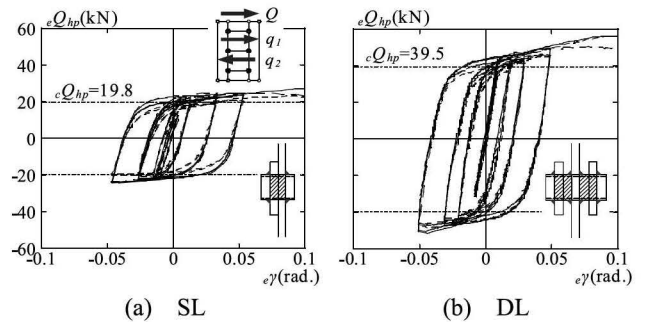


図5 荷重変形関係

せん断降伏耐力評価式 鋼管の全塑性モーメント	本システムのせん断降伏耐力
$cM_{tp} = 2\pi \cdot \left(\frac{D'}{2}\right)^2 \cdot t \cdot \frac{\sigma_y}{\sqrt{3}}$	$cQ_{hp} = \frac{i \cdot n \cdot m \cdot cM_{tp}}{H}$
弾性剛性評価式 鋼管単体の振り剛性	鋼管の振り剛性
$k_{h(\theta)} = \frac{\pi \cdot G \cdot D'^3 \cdot t}{4h}$	$cK_{h(\theta)} = i \cdot \frac{m}{n \cdot L_v^2} \cdot k_{h(\theta)}$
鉛直材の曲げせん断剛性	水平材の曲げせん断剛性
$cK_{h(v)} = \frac{m}{n} \left(\frac{12EI_v}{L_v^3} + \frac{GA_v}{L_v} \right)$	$cK_{h(h)} = q \cdot n \left(\frac{12EI_h}{L_h^3} + \frac{GA_h}{L_h} \right)$
本システムの弾性剛性	
$cK_h = 1 / \left(\frac{1}{cK_{h(\theta)}} + \frac{1}{cK_{h(v)}} + \frac{1}{cK_{h(h)}} \right)$	$cK_\gamma = cK_h \cdot H$

導出した評価式

表2 実験結果

Name	cM_{tp}	eQ_{hp}	cQ_{hp}	eQ_{hp} / cQ_{hp}	eK_γ	cK_γ	eK_γ / cK_γ
SL	2.96	19.4	19.8	0.98	5760	6447	0.89
DL	2.96	38.3	39.5	0.97	10865	12099	0.90

cM_{tp} : 鋼管の全塑性振りモーメント (kNm) [c: 計算値]

$(e \text{ or } c)Q_{hp}$: せん断降伏耐力 (kN) [e: 実験値、c: 計算値]

$(e \text{ or } c)K_\gamma$: 壁のせん断剛性 (kN/rad.) [e: 実験値、c: 計算値]