

鋼管を並列配置した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

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

制振壁 円形鋼管 管振り
 荷重実験 繰返し荷重

1. はじめに

既往の研究^{1),2)}では、図1のような円形鋼管の振り特性を活かした格子型制振壁システムの提案が行われている。格子型制振壁システム(以下、本システム)は、鉛直材と水平材(以下、格子材)を格子状に配置し、その交差部に円形鋼管(以下、鋼管)を配置している。本システムに水平力が作用した場合、格子材がせん断変形し、交差部に回転力が加わることで、鋼管に振りモーメントを作用させ、エネルギー吸収する仕組みである。

複数の鋼管を配置した本システムの荷重実験および数値解析を行い、本システムのエネルギー吸収能力を明らかにしている。また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本システムの弾性剛性評価式と全塑性耐力評価式を提案し、実験結果および解析結果との比較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は、鋼管および格子材を奥行方向に複数個並列配置させた場合の考慮がされていない。

そこで本研究では、既往の研究で示された評価式を準用し、鋼管を並列配置した場合の式を導出し、荷重実験によりその妥当性を検証することを目的とする。

2. 荷重実験計画

図2に本システムの概要を示す。本システムは、格子材の周辺枠を支持材で囲み、格子材と支持材はピン接合する。各鋼管が負担する振りモーメントが均一となるように配置する鋼管はすべて同一とする。格子材は、鋼管間

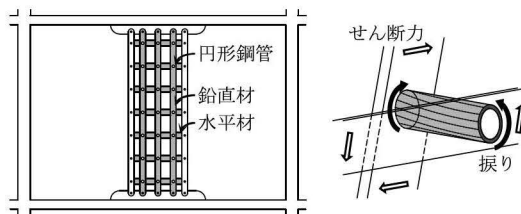


図1 格子型制振壁システム

の部材中央が反曲点となるように鋼管を配置し、鋼管とピン接合部の距離は鋼管間距離の半長とする。

鋼管の奥行方向における格子材の並列層数は、鉛直材を p 層、水平材を q 層とし、格子材の総数は鉛直材を $p \times n$ 本、水平材を $q \times m$ 本とする。また、鋼管の並列層数は i 層とし、鋼管総数は $i \times n \times m$ 個とする。

図3に本研究で提案する2種類の形式を示す。SL形式では、鉛直材と水平材の交差部に鋼管1個を挿入した単層形式である。ML形式では、鋼管を奥行方向に i 個並列配置した複層形式である。鋼管を i 個並列配置することで、SL形式に比べ本システムのせん断耐力を i 倍とする。

本研究では3体の試験体を用意し、荷重実験を行った。表1に試験体一覧、図3に鋼管寸法を示す。鋼管の並列層数をパラメータとする。鋼管の並列層数はML-1を2層、ML-2を4層とする。荷重方法は、門型フレームに設置し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。本システムのせん断変形角(ϵ_γ)が

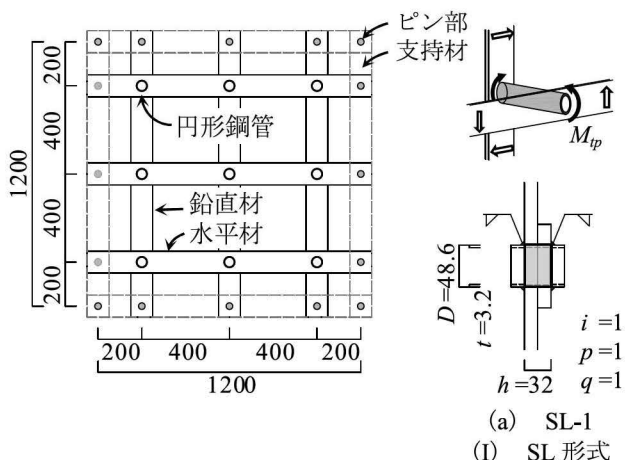


図2 本システムの概要

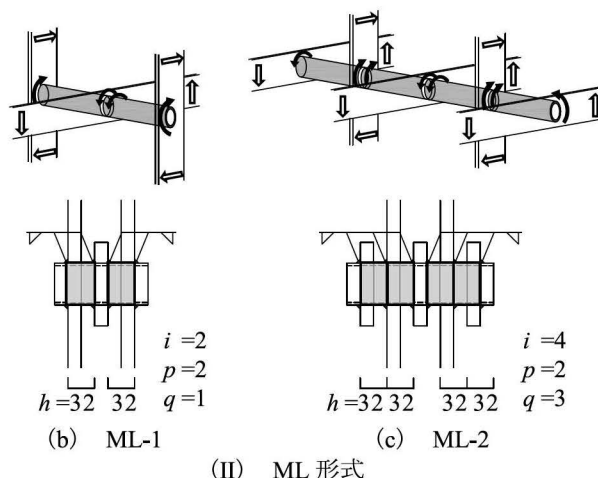


図3 提案する形式および鋼管寸法

Experimental study on Lattice damping wall system with multi layer type

SUZUKI Soh*1, SUZUKI Takuya*2
SATSUKAWA Keiichi*3, SUZUKI Satoshi*4

表1 試験体一覧

Name	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>p</i>	<i>q</i>	<i>i</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>L_v</i>	<i>L_h</i>	<i>t_{pl}</i>	<i>D</i>	<i>D'</i>	<i>t</i>	<i>h</i>	<i>pσ_y</i>	<i>pσ_u</i>	<i>tσ_y</i>	<i>tσ_u</i>
SL-1	3	3	1	1	1	1200	1200	400	400	16	48.6	45.4	3.2	16	286	435	339	471
ML-1			2	2	2													
ML-2			1	3	4													

n : 鋼管個数(鉛直方向) *m* : 鋼管個数(水平方向) *p* : 鉛直材の並列層数 *q* : 水平材の並列層数
i : 鋼管の並列層数 *H* : 壁高さ[mm] *B* : 壁幅[mm] *L_v* : 鉛直材の鋼管間距離[mm]
L_h : 水平材の鋼管間距離[mm] *t_{pl}* : 格子材板厚[mm] *D* : 鋼管直径[mm] *D'* : 鋼管の板厚中心間距離[mm]
t : 鋼管板厚[mm] *h* : 鋼管高さ[mm] *pσ_y* : 格子材の降伏応力度[N/mm²] *pσ_u* : 格子材の引張強さ[N/mm²]
tσ_y : 鋼管の降伏応力度[N/mm²] *tσ_u* : 鋼管の引張強さ[N/mm²]

1/100,1/50,1/30,1/20[rad.]となる水平変位の範囲で各振幅を正負2回ずつ計8回繰返した後、初期載荷方向に1/10[rad.]まで単調載荷を行う。

3. 格子型制振壁システムの履歴挙動

右に導出したせん断降伏耐力評価式および弾性剛性評価式を示す。弾性剛性の導出において、鋼管の振り剛性に加え、格子材の曲げ剛性およびせん断剛性を考慮した。

図4に実験より得られた荷重変形関係を示す。縦軸はアクチュエータより計測したせん断力(*eQ_{hp}*)、横軸は本システムのせん断変形角(*eγ*)を示す。すべての試験体において、せん断変形角 1/20[rad.]まで耐力は低下しておらず、算出したせん断降伏耐力で降伏し始め、紡錘形の安定した履歴挙動を示した。1/10[rad.]の単調載荷までせん断耐力は維持していた。SL-1に比べ、ML-1は約2倍、ML-2は約4倍のせん断耐力を発揮した。鋼管の並列層数によらず、本システムは安定したエネルギー吸収能力を発揮した。

表2に実験値と計算値の比較を示す。せん断降伏耐力の計算値における実験値は0.95~1.02であった。また弾性剛性の計算値における実験値は0.93~0.95であり、導出した2つの評価式は有効であると考えられる。

4. おわりに

本研究では、既往の研究で示された評価式を準用し、鋼管を奥行方向に並列配置した場合の式を導出し、載荷実験によりその妥当性を検証した。本研究で得られた知見を以下に示す。

- ・ 載荷実験を行った3つの試験体は、鋼管の並列層数に比例して安定的なエネルギー吸収能力を発揮した。
- ・ 導出した2つの評価式より算出した計算値は、実験値と良い対応を示した。

参考文献

1) 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86号,pp.291-299,2019.2
 2) 鈴木壮,鈴木琢也,薩川恵一,他2名: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,鋼構造年次論文集,第26巻,pp.572-579,2018.11

*1 愛知工業大学大学院 元学生
 *2 (株)竹中工務店 技術研究所
 *3 愛知工業大学 教授
 *4 愛知工業大学 講師

本システムのせん断降伏耐力評価式
 鋼管の全塑性振りモーメント 本システムのせん断降伏耐力

$${}_cM_{tp} = 2\pi \cdot \left(\frac{D'}{2}\right)^2 \cdot t \cdot \frac{t\sigma_y}{\sqrt{3}} \qquad {}_cQ_{hp} = \frac{i \cdot n \cdot m \cdot {}_cM_{tp}}{H}$$

本システムの弾性剛性評価式
 鋼管単体の振り剛性

$$k_{h(\theta)} = \frac{\pi \cdot G \cdot D^3 \cdot t}{4h}$$

 鉛直材の曲げせん断剛性 水平材の曲げせん断剛性

$${}_cK_{h(v)} = p \cdot \frac{m}{n} \left(\frac{12EI_v}{L_v^3} + \frac{GA_v}{L_v} \right) \qquad {}_cK_{h(h)} = q \cdot \frac{n}{m} \left(\frac{12EI_h}{L_h^3} + \frac{GA_h}{L_h} \right)$$

 本システムの弾性剛性

$${}_cK_h = 1 / \left(\frac{1}{{}_cK_{h(\theta)}} + \frac{1}{{}_cK_{h(v)}} + \frac{1}{{}_cK_{h(h)}} \right) \qquad {}_cK_\gamma = {}_cK_h \cdot H$$

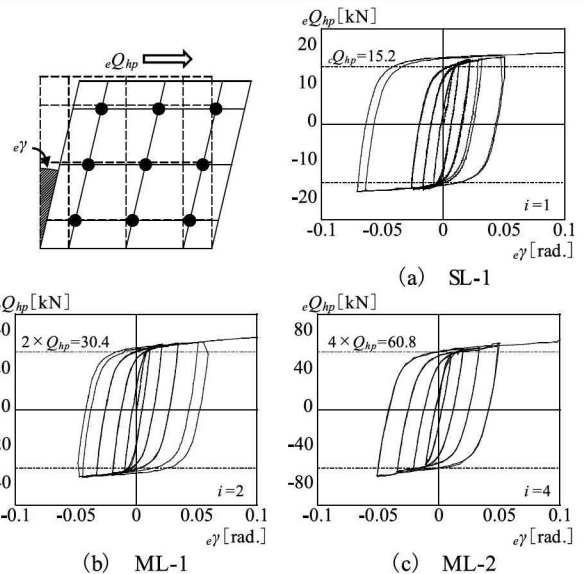


図3 荷重変形関係

表2 実験値と計算値の比較

Name	<i>cM_{tp}</i>	<i>eQ_{hp}</i>	<i>cQ_{hp}</i>	<i>eQ_{hp}</i> / <i>cQ_{hp}</i>	<i>eK_γ</i>	<i>cK_γ</i>	<i>eK_γ</i> / <i>cK_γ</i>
SL-1	2.03	15.5	15.2	1.02	3498	3683	0.95
ML-1	2.03	28.9	30.4	0.95	6541	6886	0.95
ML-2	2.03	60.4	60.8	0.99	11987	12889	0.93

cM_{tp} : 鋼管の全塑性振りモーメント [kNm] (c: 計算値)
(c or e)Q_{hp} : 本システムのせん断降伏耐力 [kN] (c: 計算値、e: 実験値)
(c or e)K_γ : 本システムの弾性剛性 [kN/rad.] (c: 計算値、e: 実験値)

*1 Aichi Institute of Technology
 *2 Research & Development Institute, Takenaka Corporation
 *3 Professor, Aichi Institute of Technology
 *4 Lecture, Aichi Institute of Technology