

格子型制振壁システムのエネルギー吸収効率に関する基礎的研究

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

制振壁 円形鋼管 管ねじり
エネルギー吸収効率 繰返し載荷

1. はじめに

本研究で対象とする格子型制振壁システム（以下、本システム）は、鋼管にねじり変形による塑性変形を与えるために、図1に示すように格子状に部材を組み（以下、格子材）、部材同士の接点上に鋼管を配置する仕組を採用している。そして格子材を剛体として、内包された鋼管のみに塑性変形を与えるのが理想状態であるが、その状態を形成するには、格子材の剛性を大きくする必要がある。格子材の剛性を大きくするためには格子材の板厚、板幅を大きくする必要があり、格子材の板厚を厚くすると鋼管の長さが長くなり、鋼管のねじり剛性が低くなる。本システムでは、格子材の弾性変形を許容した設計を基本としており、格子材の剛性が本システムのエネルギー吸収効率に影響すると考えられる。

本研究では、格子材の剛性によるエネルギー吸収効率への影響について、有限要素法を用いた数値解析を行い検討することを目的とする。

2. 解析概要

図2に本研究で対象とする本システムの解析モデルの概要を示す。図中の○印は鋼管、●印はピン部を示す。解析で使用した要素は格子材及び鋼管をシェル要素、格子材の周辺架構を剛体ビーム要素としている。周辺のビーム要素の両端及び格子材の部材端と周辺架構をピンで接合する。なおピン部は面内の回転変形のみを許容している。鋼管の高さ h (32mm)、板厚 t_{st} (3.2mm)を一定とし、格子材の板厚 t (4,8,16mm)、板幅 b (100,120mm)及び、鋼管径 D' (40.5~50.4mm)を解析パラメータとしている。また、鋼管径 D は格子材の板幅 b の約50%以下となるようにしている。

解析の荷重条件は、上部の剛体要素の中央の一点に集中荷重を加え、正負交番繰返し荷重を与える。既往の載荷実験¹⁾と同じ繰返し条件とし、本システムのせん断変形角 γ が1/100,1/50,1/30,1/20(rad.)に相当する水平変位を2回ずつ、計8回与える。

図3に既往の載荷実験の結果と数値解析の結果との比較を示す。載荷実験の結果はバウシinger部の剛性が数値解析の結果に比べて低下しているものの、既往の研究結果¹⁾と良い対応を示していることがわかる。

表1に鋼管の材料特性を示す。鋼管の材料の塑性域は非線形材料としている。また、格子材の材料特性は弾性としている。

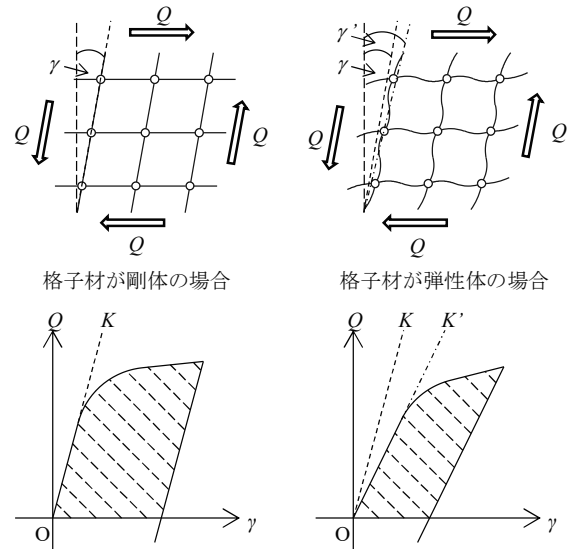


図1 本システムの概要

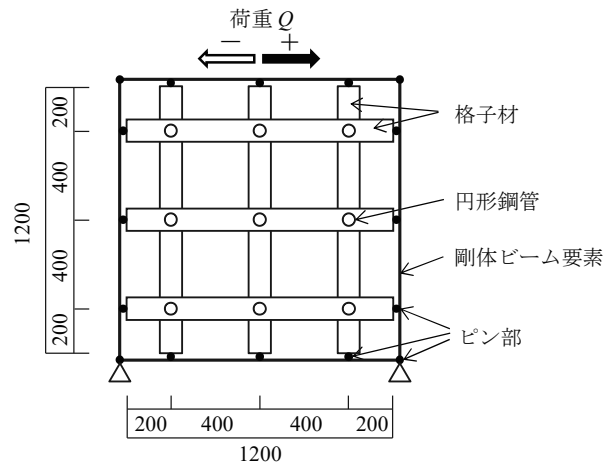


図2 解析モデル

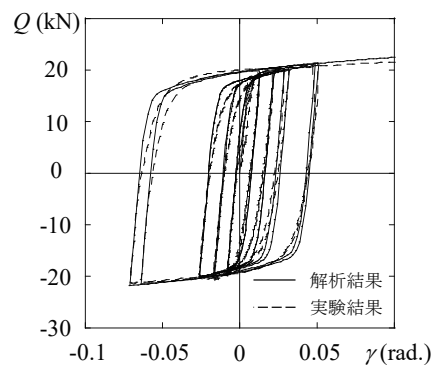


図3 載荷実験と数値解析の対応

表1 材料特性

降伏応力度 σ_y (N/mm ²)	400
引張応力度 σ_u (N/mm ²)	480
ヤング率 E (N/mm ²)	205000

3. 解析結果

図4にせん断変形角 γ が1/200 (rad.)に達するまでの単調載荷の荷重変形関係を示す。格子材の板厚 t (4,8,16mm)をパラメータとし、鋼管径 D' (45.4mm)と格子材の板幅 b (100mm)を一定としている。格子材の板厚 t が小さくなることで、格子材の弾性剛性が低下し、降伏耐力時のせん断変形量が大きくなる。

図5に図4と同じ条件で繰返し載荷を行った際の荷重変形関係を示す。繰返し載荷の各サイクルで形成される履歴面積が小さくなるのがわかる。

図6に繰返し載荷を行った際のエネルギー吸収量 E と本システム全体の弾性剛性 ${}_aK_h$ の関係を示す。2種類の鋼管径 D' (40.4,50.4mm)に対し、格子材の板厚 t 及び、板幅 b をパラメータとしている。鋼管径 D' によって本システム全体の弾性剛性 ${}_aK_h$ とエネルギー吸収量 E が変化する量は異なるのがわかる。また全体の弾性剛性 ${}_aK_h$ の上昇によってエネルギー吸収量 E が格子材を剛体とした場合のエネルギー吸収量 E_r に漸近する対数関数的な相関関係があることが分かる。

図7に格子材の剛性 ${}_aK_{lp}$ を鋼管のみのねじり剛性 K_{st} で除した割合 ${}_aK_{lp}/K_{st}$ を指標にとり、格子材を剛体とした時のエネルギー吸収量 E_r で繰返し載荷を行った際のエネルギー吸収量 E を除したエネルギー吸収効率 E/E_r で整理する。なお、格子材の板厚 t , 板幅 b , 及び鋼管径 D' をパラメータとしている。また図中の●に既往の研究¹²⁾で得られた実験結果を示す。鋼管の剛性によらず、図6で見られるような対数関数的な相関関係が見られた。

今回、数値解析で行った正負交番漸増繰返し載荷では、エネルギー吸収量 E と格子材の弾性剛性 ${}_aK_{lp}$ は、エネルギー吸収効率 E/E_r を剛性の割合 ${}_aK_{lp}/K_{st}$ を指標にとり整理することでエネルギー吸収効率を予測できる。

4. まとめ

本研究では、限定的な載荷履歴の範囲内で格子材の剛性 ${}_aK_{lp}$ と鋼管径 D' をパラメータとし、繰返し載荷を行うことで格子材の剛性 ${}_aK_{lp}$ とエネルギー吸収効率 E/E_r の関係の検証を行った。以下に得られた知見を示す。

- ・鋼管径 D' によってエネルギー吸収量 E と本システムの剛性 ${}_aK_h$ が変化する量は異なり、鋼管径が大きいほど変化する量は大きくなる。
- ・エネルギー吸収効率 E/E_r と格子材の弾性剛性 ${}_aK_{lp}$ と鋼管のみのねじり剛性 K_{st} の割合 ${}_aK_{lp}/K_{st}$ に相関関係が見られ、鋼管の剛性 K_{st} によらず吸収エネルギー効率 E/E_r を予測することができる。

参考文献

- 1) 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, 鋼構造年次論文報告集, Vol.26, pp.572-579, 2018.11
- 2) 鈴木壮, 濱野真行, 鈴木琢也, 薩川恵一: 格子材の剛度が異なる格子型制振壁システムの載荷実験, 鋼構造年次論文報告集, Vol.27, pp.160-166, 2019.11

- *1 愛知工業大学 元学生
- *2 愛知工業大学大学院 元大学院生 修士(工学)
- *3 竹中工務店 技術研究所 博士(工学)
- *4 愛知工業大学 教授 博士(工学)

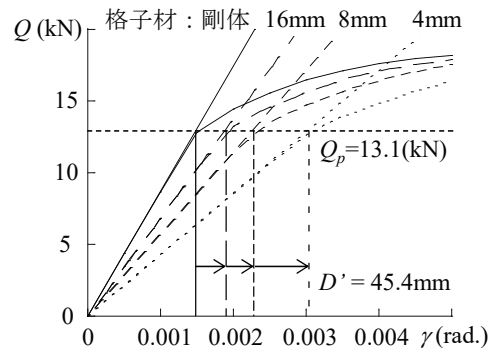


図4 本システムの弾性剛性

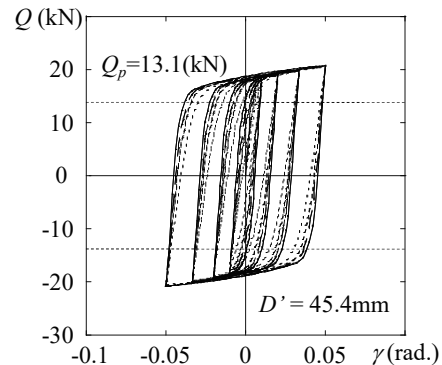


図5 繰返し載荷時における履歴挙動

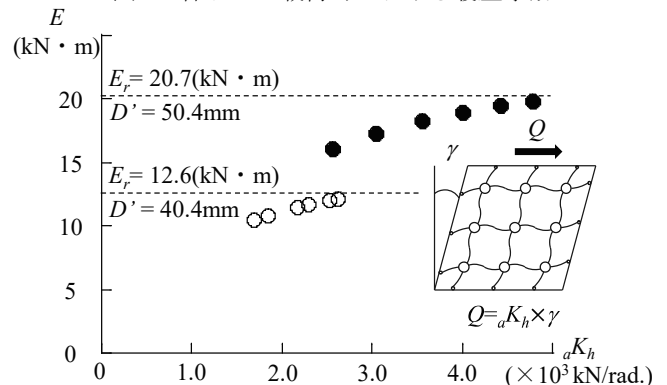


図6 本システム全体の剛性とエネルギー吸収量の関係

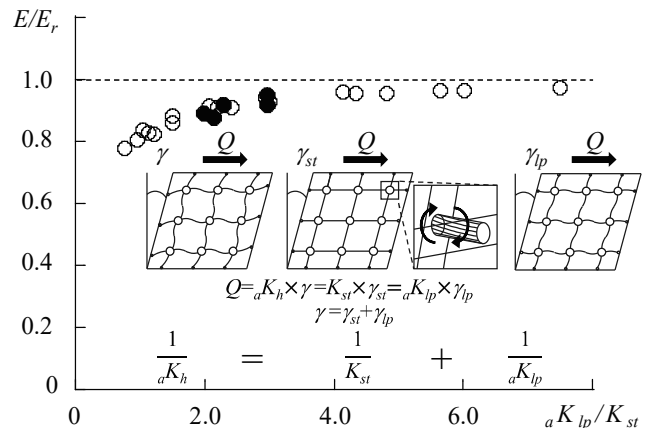


図7 E/E_r と ${}_aK_{lp}/K_{st}$ の関係

- *1 Former undergraduate, Aichi Institute of Technology
- *2 Graduate student, Aichi Institute of Technology, M.Eng.
- *3 Research & Development Institute, Takenaka Corporation Dr.Eng.
- *4 Professor, Aichi Institute of Technology, Dr.Eng.