

格子型制振壁システムの繰返し性能に関する基礎的研究

[研究代表者] 薩川恵一 (工学部建築学科)
[共同研究者] 鈴木敏郎 (構造材料研究会)

研究成果の概要

円形鋼管に繰返しねじりモーメントを加えた場合、大変形下でも安定的に塑性変形することにより地震時のエネルギー吸収されることが明らかにされており、土木分野の橋梁に適用を目指した制振部材の開発が行われている。申請者は土木構造分野での先行事例を応用して、耐震改修の促進がなされていない中低層の建物を対象として、建築構造分野の壁式または間柱式の制振部材の開発を目指すことを目的とする。本研究では、載荷実験、数値解析を通して提案する制振部材の有効性を示すとともに、設計を行う上で必要とされる簡便な力学モデルを構築して、エネルギー吸収効率について整理するものである。

研究分野：鋼構造

キーワード：制振壁、円形鋼管、繰返し履歴挙動

1. 研究開始当初の背景

正負繰返し載荷時での平板のせん断力下での履歴挙動では、一時荷重が低下する現象があり、この現象を回避するために、多くの研究が行われている。一方で薄肉円形鋼管はシェル状になっているため、平板にせん断力を与えてエネルギー吸収を図る場合に比べて、大きなひずみに対しても座屈を生じにくいという利点を有している。これらの特性を活かして、土木構造分野の橋梁に適用を目指した制振部材の提案に関する研究が行われているが、建築構造分野においては、本学実験棟の免震部材の適用のみである。本研究ではこの技術を応用して、複数の円形鋼管を配置することにより壁式あるいは間柱式の制振部材を開発することである。

2. 研究の目的

本研究では、鋼管ねじりダンパーの安定的なエネルギー吸収能力を活かした上で、「剛性および降伏耐力を任意に設定できる」「開口位置を設定できる」という特徴を付加させた新しい形の制振壁システム（以下：本システム）の有効性を検証することを目的とする。ここでは提案する制振壁システムの概要について述べる。図1に提案する制振壁システムの構成を示す。提案する制振

壁システムは、

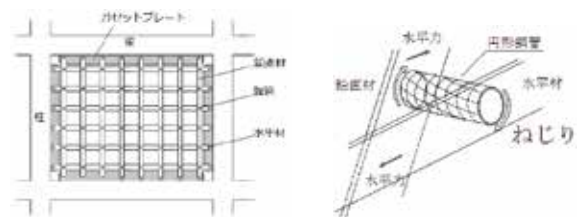


図1 制振壁システムの設置概要

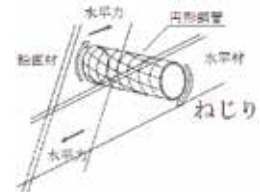


図2 格子部周辺の力の流れ

壁を設置する周辺架構にボルトによってピン結合された垂直材と水平材、およびそれらの格子点に設置された円形鋼管（以下：鋼管）によって構成される。垂直材と水平材（以下：格子材）は鋼管を介して結合されており、周辺架構にせん断変形が生じた場合には、格子点に設置した鋼管にねじりモーメントが作用し、鋼管に回転角が生じる（図2）。ここで格子材は十分な剛性と鋼管が降伏する際にも十分弾性範囲となる強度を有するものとするれば、変形は鋼管に集中し、かつすべての鋼管に同じねじり角が生じることになる。これにより、鋼管のねじり挙動が安定的であれば、制振壁全体も大振幅領域まで安定的なエネルギー吸収能力が可能となる。

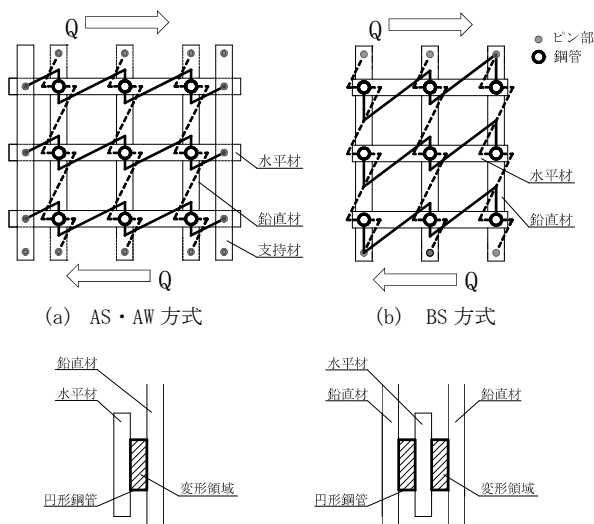
3. 研究の方法

(1) 試験体概要

図 3 に本研究で対象とする制振壁システムを示す。

(a),(b)は格子材と鋼管の配置を示す。制振壁システムの内部に設置する水平材及び鉛直材（以降、格子部材）が円形鋼管にねじりモーメントを伝達する方式を 3 方式とする。AS 方式は、円形鋼管、格子部材を均等に配置し、上下左右に剛な部材を設けて、その部材と格子部材をピン接合した方式であり、これを基本方式とする。AW 方式は、A 方式に本システムのせん断荷重とせん断剛性を 2 倍にすることを目標性能に定め、水平材を介して鉛直材 2 本を平行に並べて、鉛直材 2 枚の間に円形鋼管を貫通させる方式である。B 方式は、上下のみに剛な部材を設けて、その部材と鉛直材をピン接合した方式である。(a),(b)で、点線、実線はそれぞれせん断荷重が加わったときの格子部材が負担するモーメント分布を示す。(b)では支持材をなくすことにより、(a)とは水平材のモーメント分布が異なる。(c),(d)は円形鋼管と格子部材の接合部の近傍を示す。(c)に比べ、(d)の変形領域は 2 倍になるため、剛性 2 倍となることを目標としている。

図 3 提案する制振壁システム



(2) 荷重実験概要

図 4 に試験体及び加力治具の設置状況を示す。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、試験体にせん断力を加える。なお試験体の面外変形は荷重梁上部を面外変形治具で拘束をしている。

図 5 に試験体全体と各試験体の円形鋼管と格子材との接合詳細を示す。各試験体は、治具となる上下の CT 鋼と左右の平鋼の中に格子部材を配置して、格子材の交

差部に本制振壁システムのエネルギー吸収材となる円形鋼管を計 9 個挿入している。格子材は平板としている。円形鋼管の配置は、隣接する円形鋼管との距離は 400mm、円形鋼管とピン接合部との距離は 200mm とする。円形鋼管の断面は ϕ -48.6 \times 3.2、鋼種は STKN400 である。AS-H12 は、AS-H32 に比べ円形鋼管の長さを短くし、格子材の板厚を薄くして、壁のせん断剛性を上げつつ、軽量化を図っている。BS 方式では左右に拘束材として支持材を設けている。AS-H32、BS-H32 では円形鋼管の外端のみを溶接しているので板の貫通内部も変形領域としている。

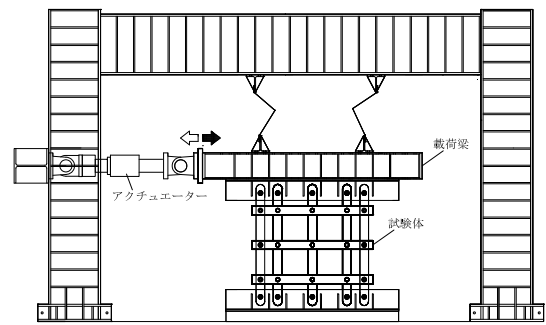


図 4 荷重装置全体

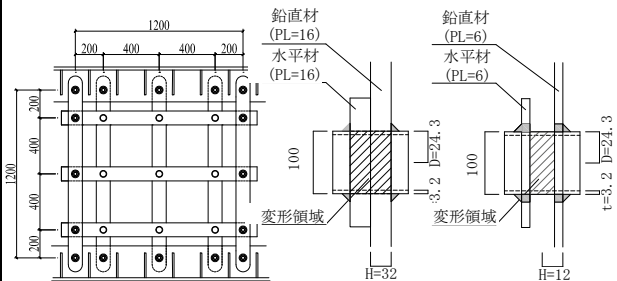


図 5 試験体概要

4. 研究成果

図 6 に各試験体の荷重変位関係を示す。すべての試験体で、壁全体のせん断荷重時に降伏応力度に達していた。9 個の鋼管が同時に降伏耐力に達し、同じ履歴挙動を示し、その履歴挙動も安定した紡錘形の形状をしていた。繰返し荷重において、せん断変形角 $1/20\text{rad}$ 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。また単調荷重では、せん断変形角 $1/10$ まで荷重したが、せん断耐力を維持していた。

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。

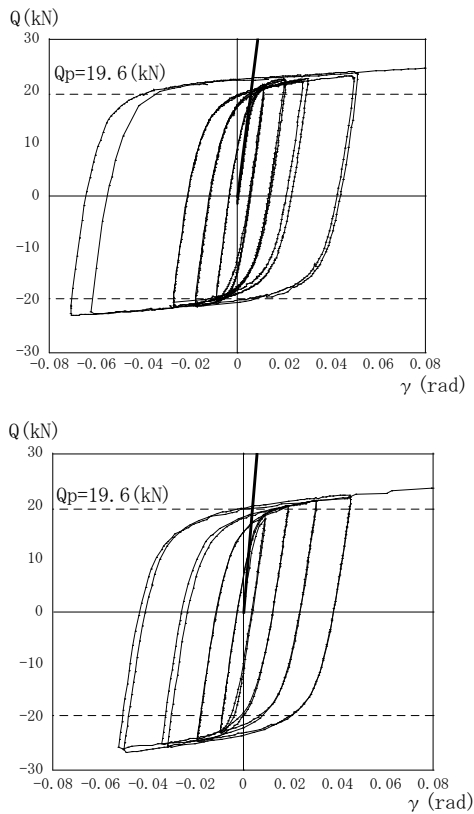


図6 荷重変位関係

5. 本研究に関する発表

- (1) 桐部晃拓, 比嘉拓人, 鈴木壮, 薩川恵一, 鈴木琢也, 金子洋文: 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1 実験計画), 日本建築学会大会梗概集, 2018. 9
- (2) 比嘉拓人, 桐部晃拓, 鈴木壮, 薩川恵一, 鈴木琢也, 金子洋文: 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2 実験結果), 日本建築学会大会梗概集, 2018. 9