

軟鋼を用いた湾曲状仕口ダンパーの特性試験と解析

大阪市立大学大学院 学生員 ○中田裕喜 島端嗣浩
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 大内一 角掛久雄
 株式会社オガノ フェロー 島田功

1. はじめに

1995 年の兵庫県南部地震等で木造建築物は甚大な被害を受けた．そのため，木造建築物の耐震性能の向上は重要かつ緊急課題となっている．地震が発生すると木造軸組は，**図-1**に示すようなせん断が卓越する変形モードとなり，柱・梁接合部（仕口）の変形が特に大きくなる．過去の地震被害をみると，木造軸組構法建物¹⁾は仕口の変形が大きくなって大破や倒壊等の被害が生じている．仕口など，主要構造部の損傷を防ぎ，架構の耐震性能の向上を図るため，仕口部分に制振ダンパーを設置することは有効な方法の一つであり，開発が行われている²⁾．そこで，より安価かつ簡易に作製できることを目標に，湾曲した軟鋼を用いた制振ダンパーの開発を試みた．湾曲状仕口ダンパーは座屈を避けるだけでなく，モードを一定化し，また，曲げ応力による塑性域の広がりも確保できると考えられる．本研究は，提案するダンパーの力学特性と効果を把握・確認することを目的として実験および解析を行う．

2. 実験概要

供試体は，**図-2**のような2つの湾曲した軟鋼（SS400）とウレタンからなる．ウレタンは，合成効果による強度増大を主目的としている．なお，内側湾曲部は，溶接しやすさの観点から，溶接部付近で曲率を変えている．今回は，ウレタンの影響を確認するため，ウレタンを充填していないダンパー（以下，ウレタンなし）と充填したダンパー（以下，ウレタンあり）の2種類の実験を行った．

実験方法は，**図-1**のようなせん断変形を再現できるように，**図-3**に示すような，ダンパーをボルトで固定した加力フレームを正負交番荷機に設置し，加力フレームの下部のヒンジ部に強制変位 δ を与えることで载荷を行った．**図-3**に示す変位 δ と L で，部材角を $\theta=\delta/L$ (rad) と定義するが，与える強制変位は，その部材角を 1/120 (0.0083)，1/60 (0.0167)，1/30 (0.0333)，1/15 (0.0667)，1/10 (0.100) (rad) とした．ただし，それぞれの部材角で，各3回の正負交番载荷を行った．なお，ダンパーとしての減衰効果の確認を行うため荷重と全体変位 δ を，変形状や塑性範囲の確認を行うためダンパーにかかる荷重の軸線位置での荷重方向変位，荷重垂直方向変位，および湾曲部等のひずみを測定した．（**図-2** 参照）

3. 実験結果

図-4に荷重-部材角関係を示す．なお，荷重も部材角も引張を正とする．**図-4** (b)において，1/120 (rad) の時は弾性域で，1/60 (rad) の時で初期降伏が見られる．また，1/30 (rad) の圧縮時の最大荷重（●印）は，引張時（●印）よりも小さいが，これは圧縮時にダンパーが外側に膨らみ，全体の曲げ応力が大きく増加し，曲げ降伏領域がより大きく広がるためと考えられる．1/15 (rad) の時を見ると，引張時に荷重が急に増加して立ち上がっているが，これは大き

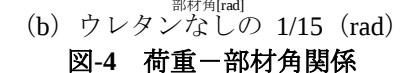
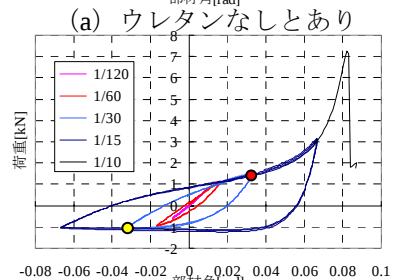
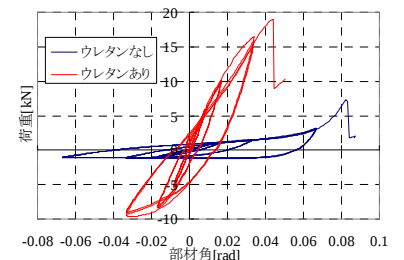
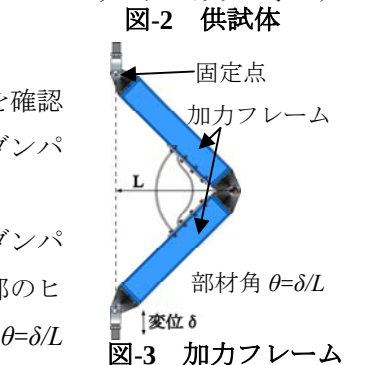
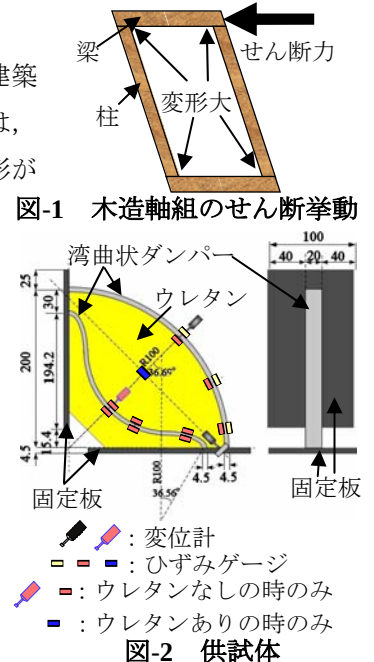


図-4 荷重-部材角関係

Key Word：制振，仕口，木造軸組構法建物，湾曲状ダンパー，曲げ降伏

〒558-8585 大阪市住吉区杉本町 3-3-138

大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻

TEL:06-6605-2723

く引張を受けることによってダンパーが直線状（テンション場）になり、軸引張力の影響が大きくなるためである。また、図-4 (a) より、ウレタンありのダンパーはウレタンの抵抗により、剛性がかなり大きくなる結果となった。なお、ウレタンなしのダンパーは $1/10$ (rad) の 1 ループ目の時に、ウレタンありのダンパーは $1/15$ (rad) の 1 ループ目の時に内側湾曲部の固定板との溶接部分で破断した。

4. 等価粘性減衰定数

実験より得られた等価粘性減衰定数を図-5 に示す。図-5 において部材角が大きくなると、ウレタンなしの等価粘性減衰定数は大きく増加し、ウレタンありはあまり増加しない結果となった。ウレタンなしは塑性域が確保できているが、ウレタンありはウレタンの抵抗により、鋼の変形を拘束するためと考えられる。なお、ウレタンなしの引張時の $1/15$ (rad) の時の等価粘性減衰定数は、 $1/30$ (rad) の時よりも小さくなっているが、これはテンション場の影響によるものである。

5. 解析概要

ウレタンなしのダンパーを対象に、図-6 に示すような解析モデルを作成した。境界条件について、図-6 に示す節点 1, 2 は y 軸方向拘束・ z 軸回転拘束、節点 3 は y 軸方向拘束、節点 4 は x 軸方向拘束である。要素はすべて Beam 要素を用いた。要素分割数について、軸方向は外側湾曲部が 15、内側湾曲部が 10 で、層分割数はいずれも 10 である。加力フレームは剛体で、ダンパーの要素と偏心して結合するようにモデル化した。塑性硬化則は移動硬化則とし、有限変形を考慮して解析を行った。

6. 解析結果

図-7 に実験と解析を比較した荷重-部材角関係を示す。類似した応答履歴を示していることから、この解析の妥当性が確認されたと判断できる。

図-6 におけるダンパーの縁（左）要素の $1/120$ (rad) と $1/15$ (rad) の圧縮時における応力分布を図-8 に示す。なお、赤線で示している要素が塑性化している要素である。 $1/120$ (rad) の時は、外側湾曲部の端部しか降伏しておらず、塑性域の広がり確保できていないが、 $1/15$ (rad) の時は、全体が塑性化しているのが確認出来る。

7. まとめ

- 1) 圧縮時は引張時より降伏が早いため、圧縮時の方が減衰効果は大きい。また、引張時において、変形が大きくなると、テンション場の影響から減衰効果は一定となる。
- 2) ウレタンなしは、部材角が大きくなると塑性域が広がり、減衰効果が大きく増加した。しかし、ウレタンありは、ウレタンの抵抗により剛性は大きく増大したが、軟鋼を拘束してしまい、大きな変形に対しても減衰効果は増加しない結果となった。

参考文献 1) 木造軸組構法建物の耐震設計マニュアル編集委員会：伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアル，学芸出版社，2004 2) 一ノ瀬博明ら：仕口タイプ粘弾性ダンパーの開発 その 3.性能確認試験，日本建築学会大会学術講演梗概集，B-2，pp. 317-318，2001

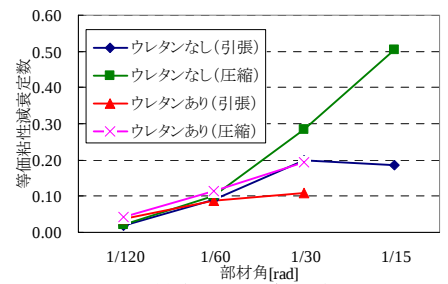


図-5 等価粘性減衰定数

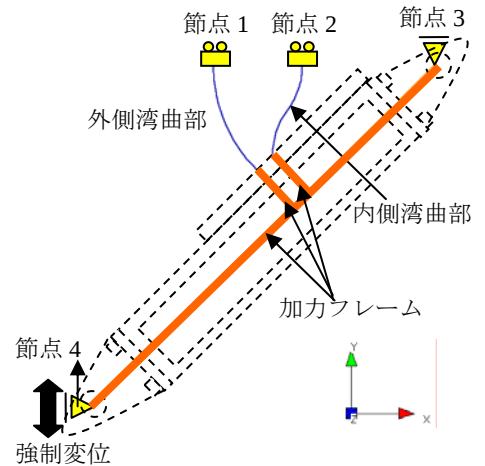


図-6 解析モデル

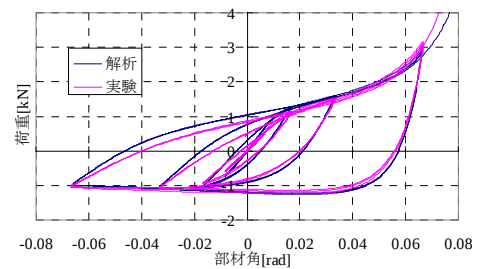


図-7 実験と解析の比較

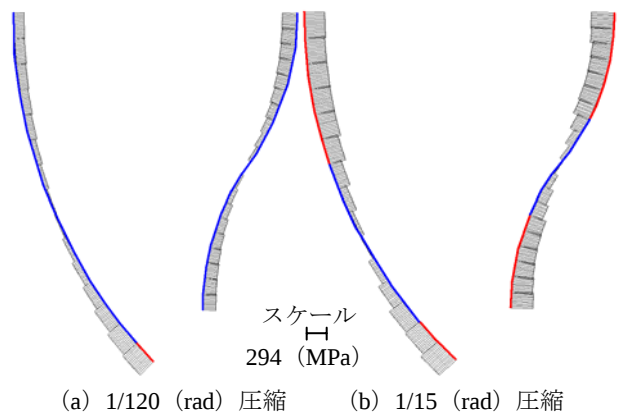


図-8 応力分布