

せん断変形する構造物用制震ダンパーの解析モデル

九州共立大学 正○荒巻真二 正 鳥野清
九州共立大学大学院 学 池原喜也
東邦亜鉛(株)契島製錬所 八杉貴雄

1. 研究の背景

耐火性や構造耐力性が格段に向上した現在でも、兵庫県南部地震において倒壊した住宅から火災が発生し、甚大な被害をもたらしたのは記憶に新しい。二次被害をいかに防ぐかが今後の地震防災対策上の大きな課題のひとつである。

都市部における古い住宅地では、耐震性の良い建物と悪い建物が混在しており、住宅倒壊後の二次被害による危険性が高いことから、古い既設木造住宅の耐震性向上が都市防災の上で重要であると考えられる。これまで地震時に木造家屋の揺れを低減でき、安価で信頼性の高い住宅用の小型減衰ダンパーを開発することを目的とした実験を行ってきた。

本研究では開発したダンパーの解析モデルを提案すると共に、実地震波を用いた動的試験結果との比較を行い、解析モデルの妥当性を検証した。

2. 解析対象

図1に解析対象とした動的試験装置の概略図を示す。一般的な木造家屋の1階部分を想定し、柱と土台(断面積 $105 \times 105\text{mm}$)・桁($150 \times 105\text{mm}$)をほぼ構造で結合させ、せん断変形が大きい場合に柱が土台および桁から外れないよう結合部をカスガイで止め、載荷装置に設置した。2階も屋根部分の重量を 6kN と想定し、鋼材を載荷している。鉛ダンパー(材料・鉛、長さ=1000mm、直径=30mm)の設置角度は 45° とし、逆向きに設置したダンパーと合わせて1組とした。

3. 解析モデル

図2は骨組の解析モデルを示したもので、立体骨組の片面だけを考え平面モデルとした。骨組を41個の質点に分割し、桁、柱、土台は弾性梁要素とした。各材料の弾性係数は表1に示す。桁、土台と柱の結合部に、 K_θ (回転バネ)、 K_V (縦方向バネ)、 K_H (横方向バネ)を設定し、ほぞ部の構造をバネに置換した。ただし、 K_V と K_H には木材本体の剛性を持たせ、回転バネの剛性低下によって骨組がせん断変形するものと仮定した。バネ値は表2に示している。解析には3次元構造解析プログラムTDAP(株式会社アーキ情報システム)

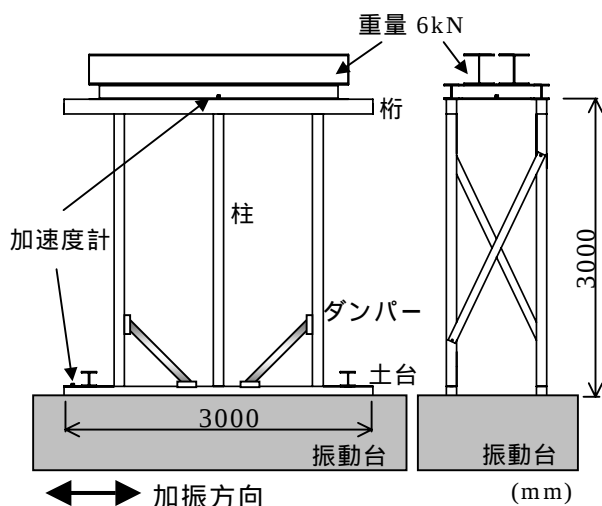


図1 動的試験装置

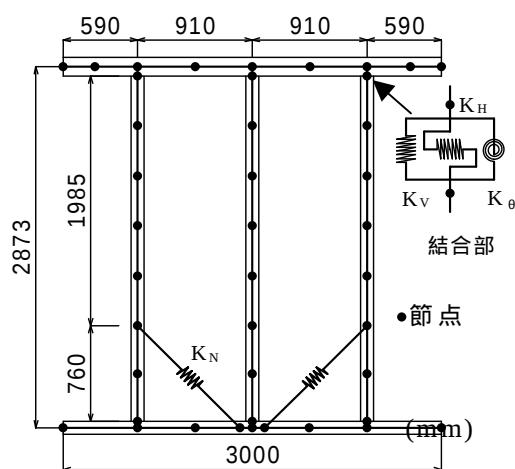


図2 解析モデル

表1 使用材料物性値

材 料	弾性係数 (kN/m^2)
鉛	1.666×10^7
木材(スギ)	5.581×10^6

キーワード：ダンパー、木造骨組、応答解析

連絡先(北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8・TEL 093-693-3039・FAX 093-693-3225)

を用いた。

図3は木造骨組本体(ダンパー無)の静的載荷試験結果であり、骨組の桁を水平方向に載荷した交番荷重と桁の変位を示したものである。モデルの桁に載荷荷重を作用させた時の変位が図3の試験値に一致するようにして求めた K_θ (回転バネ)を図4に示す。桁変位が増加するにつれて回転バネが低下し、桁と柱の結合にあるほどの剛性低下を示している。

木造骨組にダンパーを設置した場合の骨組解析モデルは、ダンパー無の解析モデルに、ダンパー本体の剛性(K_N)を付加すれば良い。図5はダンパー本体のみに対して実施した静的載荷試験結果で、軸力と軸方向の伸縮量の関係を示したものである。解析に用いるダンパーの剛性(K_N)は引張時に剛性が大きくなり、圧縮時では座屈するため剛性がかなり小さくなる。そこで、引張時にのみダンパーが剛性を有し、圧縮時に全く剛性をもたないものとした。ダンパーの剛性の骨格曲線を図5に示す。

図6はダンパー有における木造骨組の静的載荷試験結果と本解析より得られた荷重 - 変位を比較したもので、かなりの精度で一致している。

4. 時刻歴応答解析

モデル化したダンパー有・無の骨組に福岡県西方沖地震の地震波(CTI ビル観測波)を入力し、応答変位を求めた。図7はダンパー無、図8はダンパー有の実験値と解析値を比較したものである。解析に用いたダンパーの等価減衰定数は、0.46を用いた。ダンパー有では実験値と解析値がかなりの精度で一致している。一方、ダンパー無ではダンパー有ほどではないが波形が似ている。これは、ダンパー無では変位が大きく、振動から生じるガタやきしみなどの影響を多少受けているためだと考えられる。

5. まとめ

木造骨組、ダンパーに対して行った静的試験結果を基にそれぞれのモデル化を行った。それらのモデルに対して時刻歴応答解析を実施し、その妥当性を検証した。その結果、ダンパー無では骨組のガタなどの影響と思われるズレが生じたが、ほぼ一致していることが確認出来た。一方、ダンパー有ではダンパー設置により拘束され、実験値と解析値がかなりの精度で一致していた。

表2 ほぞ結合部バネ定数

	バネ値
K_v (kN/m)	265,524
K_H (kN/m)	265,524
K_θ (kN・m/rad)	36.2 (初期値)

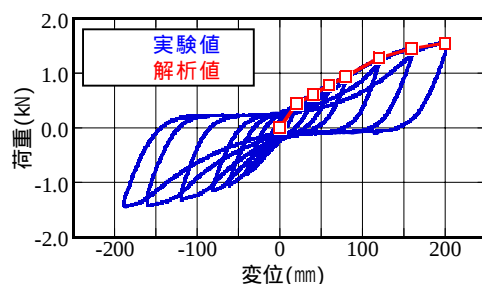


図3 静的試験結果(木造骨組)

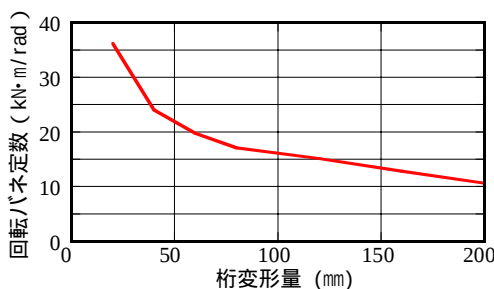


図4 K_θ 非線形特性

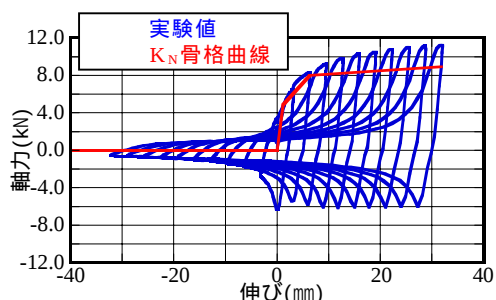


図5 静的試験結果と K_N 骨格曲線

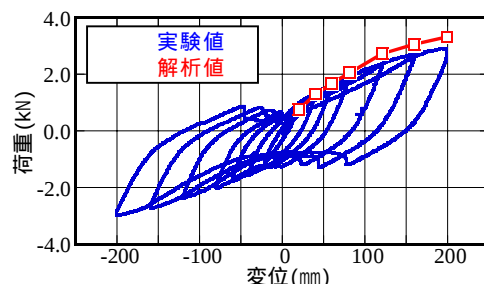


図6 解析値と試験値の比較

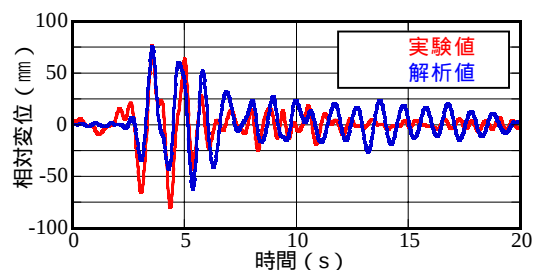


図7 時刻歴(ダンパー有)

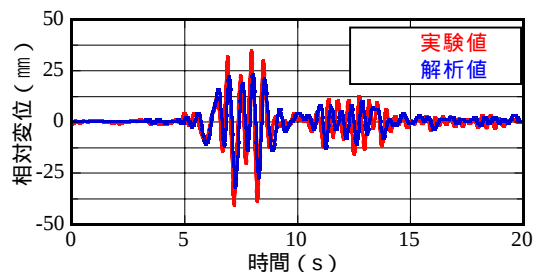


図8 時刻歴(ダンパー有)