

戸建住宅用制震ダンパーのエネルギー論的分析

合田工務店 正会員 ○西川 賢
香川大学 正会員 野田 茂

1. まえがき

1995 年兵庫県南部地震以降、既存不適格建築物、特に木造住宅の耐震化の重要性が認知された。その結果、戸建住宅市場において種々の免震・耐震構造が採用されるようになった。中でも、制震構造の採用が急増しており、制震住宅の地震時挙動に関する詳細な研究開発が急がれる。そこで本研究では、非線形動的構造解析ソフト LS-DYNA を用いて、制震ダンパーが部材に与える影響を検証するとともに、そのダンパーを導入した制震住宅の特性を明らかにする。ここでは、制震装置の検討尺度としてエネルギー量を用いる。

2. 解析モデルと解析条件

本研究では、図 1 の架構試験体モデルに、新たに考案した数値制震ダンパーを設置した。その上で、繰り返し載荷による動的加力実験を実施することにより、振動応答に関してエネルギー論的検証を実施する。その制震ダンパーについては後述する在来軸組木造住宅¹⁾(図 3)に導入することにより、制震住宅におけるダンパーの有効性を調べる。

数値解析に当たり、まず、制震ダンパーが部材応答に及ぼす基本的な特性を分析する。その上で、筋交の有無、制震ダンパーの有無が住宅の地震応答に与える影響を検討する。入力波として、加力実験モデルにおいては周期 1.6 秒、層間変形角 1/15 に相当する振幅 18.15cm の正弦波を 10 秒間加えた。住宅モデルにおいては 1995 年兵庫県南部地震時の JR 鷹取駅観測波を用いた。

3. 解析結果および考察

(1) 加力実験モデルにおける性能評価

図 2 は図 1 の加力実験モデルにおける柱材とダンパーの内部エネルギー量変化である。制震ダンパーのエネルギー量は柱材の内部エネルギー量を大きく上回っている。ダンパーなしモデルによると、柱、窓台・まぐさのうち、最も内部エネルギー量が多い



図 1 加力実験モデル

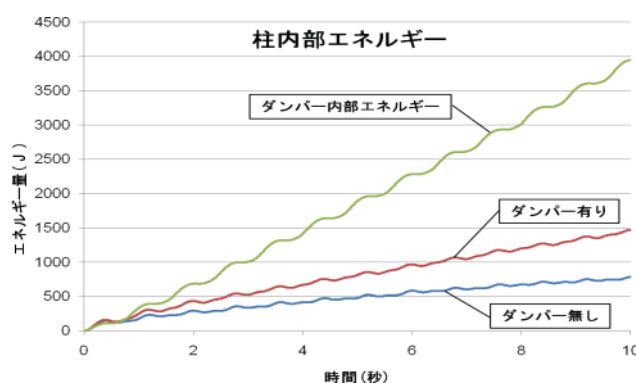


図 2 部材内部エネルギー

のは柱材である。ダンパーの内部エネルギー量は柱材のエネルギー量よりも大きく、モデルの抵抗上昇に伴う内部エネルギーの大半はダンパーが受け持ち、振動を吸収していると言える。

ダンパーを設置することにより、柱材の内部エネルギー量が約 2 倍に増加している。これは外部エネルギーのダンパーへの伝達に伴って生じたものと考えられる。その外部エネルギーは、ダンパーを導入すると、約 4 倍に増加した。このことは、ダンパー付きモデルによると、ダンパーなしモデルと同一の変位・周期よりなる力を発生させるのに、4 倍のエネルギーが必要なことを表す。

これより、ここで提案した数値制震ダンパーは、エネルギーを吸収することで他構成部材の負担を抑えるとともに、モデル全体の変位抵抗力を大幅に上昇させることがわかる。

キーワード 木造住宅、制震ダンパー、地震エネルギー、地震応答解析

連絡先 〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20 Tel&FAX : 087-864-2153

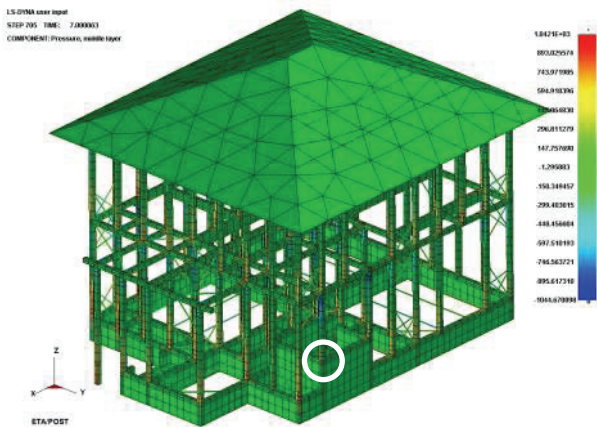


図3 ダンパー付住宅モデルの応力分布

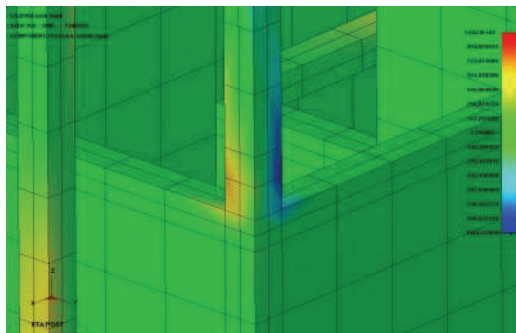


図4 図3○部の応力分布

(2) 制震住宅の挙動

図3、図4は加振後7秒時における住宅モデルの応力分布である。ダンパーなしモデルの応力分布を見ると、浴室外部の管柱の下端隅部に圧縮応力が集中して発生していた。一方、制震ダンパーを導入すると、発生応力が減少するとともに、応力集中の大きさとその発生位置が変化した。ダンパーがない場合、管柱の隅部に集中的に圧縮応力が発生したが、ダンパーを設けると、管柱の面部に引張・圧縮応力が発生するように変化した。その大きさは、ダンパーを設置した場合、約半分にまで低下した。

ダンパーがないと、一部の管柱の下部に高い応力発生が見られたが、ダンパーの設置により、全ての管柱の下部と上部で適切な応力配分となった。これは、ダンパーなし住宅モデルでは屋根の慣性力を数本の管柱下部で受け止めていることを表しており、建物のバランスの悪さを意味する。一方、ダンパーを導入すると、建物全体で均等に応力を受け持つことになり、制震ダンパーの効果によって建物の力学的バランスが是正されるようになる。

図5には、代表部材において、制震ダンパーの有無による振れ量の時間変化を示す。ダンパーがないと137mmの振れが生じた。一方で、ダンパーを設置する

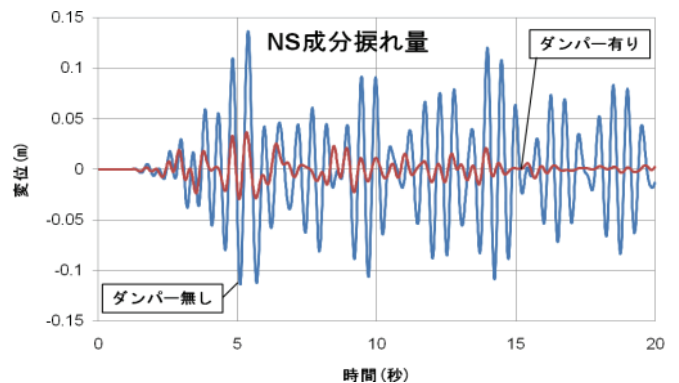


図5 ある部材における南北成分の振れ応答

と、振れは36.9mmとなり、ダンパーが振れを約73%抑制する結果となった。これは、筋交を設置した住宅モデルの振れ抑制量よりわずかに大きい結果である。振れは、建物全体における剛性分布の偏りから発生する。このことから、筋交に比べ、ここで導入した制震ダンパーの方が剛性分布のバランス是正に優れていると言える。

層間変位に注目すると、ダンパーがない住宅では最大188mmの変位となった。これは、層間変形角に換算すると、1/32になる。一方、ダンパーを設置すると、層間変位は91.9mmとなり、層間変形角は1/67である。層間変形角の指標で考えると、制震ダンパーは筋交に比べてわずかに劣るが、約50%の層間変位抑制効果があり、十分な機能を発揮していると考えられる。

以上より、制震ダンパーは建物全体の剛性を上昇・是正する結果を示しており、振れを抑制できることが明らかになった。

4. あとがき

本研究では、制震ダンパーの基本的な特性を調べた上で、緻密にモデル化した住宅にそのダンパーを配置し、エネルギー量や変位応答量などを調べた。その結果、制震ダンパーは部材への負荷を抑えるとともに、住宅の振動応答を大幅に低減する機能を有していることが解明された。

なお、本研究で使用した住宅モデルの基本データは東京大学地震研究所の堀教授と東北大学大学院の寺田准教授によって提供されたものである。ここに深甚なる謝意を表する。

参考文献

- 1) 小引寛也：構造・非構造材の影響を考慮した木造建築物の三次元地震応答シミュレーション，東北大学工学部土木工学科卒業論文，2005年2月。