

オイルダンパを用いた耐震補強木造軸組の高速加力実験

速度依存性 粘性抵抗
 在来構法軸組 正負繰返し実験

正会員 ○新野 武憲*
 正会員 安村 基**

1. 緒言 木造住宅の耐震補強方の一つとしてオイルダンパを用いて地震エネルギーを吸収する工法が考案されている。この工法では、耐震要素の評価にあたって要素に作用する速度が問題となるため、一般に行われている静的加力試験でその耐震性能を評価することは不可能である。そこで、オイルダンパを設置した木造軸組について高速水平加力実験を行い、その速度依存性を調査した。また、このシステムをバネとダッシュポットによりモデル化し、解析と実験結果との比較を行った。

2. オイルダンパ高速引張加力試験

図-1に示すオイルダンパ(TOKICO製, シリンダ外径63.5mm, 容量±50mm)について、油圧式アクチュエータを用いて高速引張力を加えた。試験は5~200mm/secの等速度(16条件)により引張り実験を行った。加力速度と減衰抵抗の関係を図-2に示す。ダンパの抵抗力はおおよそバイリニア型速度依存を示した。



図-1 オイルダンパ概観

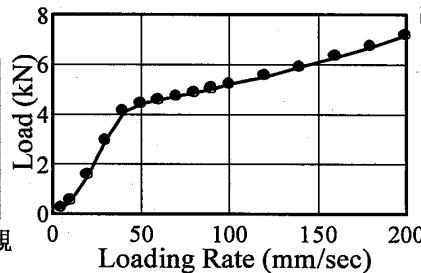


図-2 ダンパ引張加力試験結果

3. 木造軸組高速水平加力試験

3.1. 試験体 ホワイトウッド集成材(断面;梁210*105mm, 土台・柱105*105mm)を使用した高さ2948mm, 幅3000mmの在来構法軸組を用意した(図-3参照)。各柱の上下外側にはホールドダウン金物(HD-B15)を設置した。中央の柱間1P部分に28mm厚のダンパ取付用合板を梁・土台とL型金物でビス止めし、合板の面外変形を防ぐため振止め枠を合板両側に設置した。この軸組をF試験体とし、F試験体にダンパを設置したものをFD試験体とする。また、F試験体の外側1P部分に、構造用合板(JAS特類1級7.5mm厚)1枚をN50: 間隔150mmで釘打ちしたものをFP試験体、同様にFD試験体に構造用合板を釘打ちしたものをFDP試験体とする。

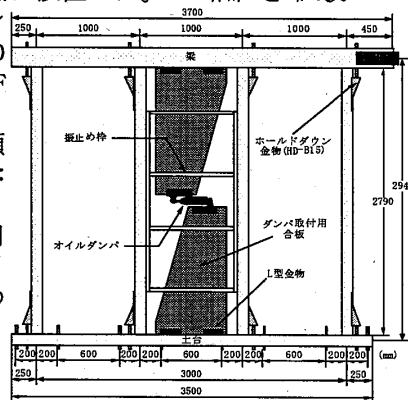


図-3 試験体概要 (FD試験体)

3.2. 試験方法 油圧式アクチュエータ(島津製, ±150kN, ±200mm)を用いて、加力梁端部に一方向および正負繰返し高速水平力を加えた。一方向加力試験は、速度が5, 20, 50, 200mm/secの4条件で加力速度が等速となるようにして行い、変位が50mmに達するまで加力した。正負繰返し試験は、±10, ±20, ±30, ±40, ±50mmの変位で3サイクルずつ繰返し加力を行った。FD, FP, FDP試験体においては、台形波による等速水平加力(FD, FDP試験体は速度:5, 20, 50, 200mm/secの4条件、FP試験体は50mm/secの1条件)を行い、FD試験体においては、サイン波(平均速度:5, 20, 50, 200mm/secの4条件)による高速繰返し加力試験も行った。

3.3. 試験結果 一方向加力試験における荷重・変位の関係を図-4に示す。ダンパを有さないF, FP試験体においては、加力速度の荷重に及ぼす影響はほとんど無かったが、ダンパを設置したFD, FDP試験体では、加力速度の増加に伴い荷重も増加した。正負繰返し加力試験における荷重・変形関係を図-7~10に示す。

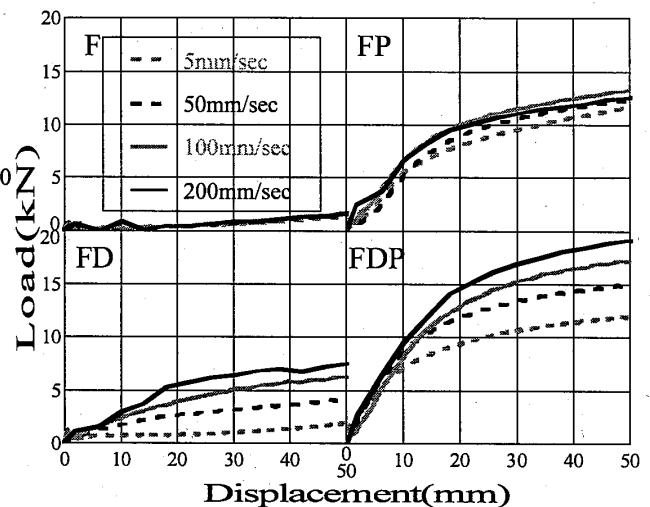


図-4 一方向高速加力試験結果

4. ダンパ軸組モデル

4.1. ダンパ軸組のモデル化 オイルダンパを設置した軸組の動的挙動を、図-6に示す2つのスプリングとダッシュポット要素でモデル化した。オイルダンパの粘性抵抗を C_d 、ダンパ取付用合板の剛性を k_p 、木造軸組の剛性を k_f 、各要素の変位を x_d, x_p, x_f とした。また軸組の速度を v_f 、試験体の質量を m 、時間を t とすると、このダンパ軸組モデルを次の式(1)~(5)で表すことができる。また、ダンパの粘性抵抗 C_d は速度40mm/secを境に変化するため、式(6.1)、(6.2)とした。このモデルを用いて、ダンパを設置した木造軸組の解析を行った。

High speed loading tests on wooden frames
 with seismic reinforcement using oil-damper.

NIINO Takenori, YASUMURA Motoi

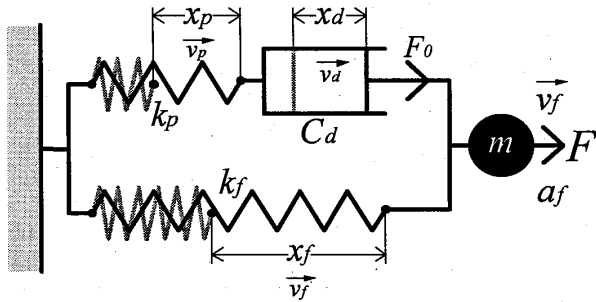


図-6 ダンパ軸組解析モデル

軸組に作用する水平力は(1)式で表される。

$$F = m \cdot \frac{dx_f^2}{dt^2} + k_f \cdot x_f + F_0 \quad \dots(1)$$

ここに、 F_0 =ダンパおよび取付用合板に作用する力

$$F_0 = C_d \cdot \frac{dx_d}{dt} = k_p x_p \quad \dots(2)$$

よって、

$$x_f = x_p + x_d \quad \dots(3)$$

$$F_0 = C_d \cdot \frac{dx_d}{dt} = k_p (x_f - x_d) \quad \dots(4)$$

等速加力の場合は $x_f = v_f t$
 サイン波加力の場合は $x_f = r \sin \omega t$ である。

なお、等速加力の場合 F_0 は $\frac{k_p x_f}{C_d v_f} (1 - e^{-C_d v_f}) \quad \dots(5)$

ダンパの粘性抵抗 C_d については、

$$\begin{cases} C_d = c_1 & (0 \leq v \leq 40 \text{ mm/sec}) \quad \dots(6.1) \\ C_d = c_2 v^{-b} & (40 \text{ mm/sec} < v) \quad \dots(6.2) \end{cases} \text{とした。}$$

4.2. 解析結果 図-7~10に正負繰返し水平加力試験の荷重・変位関係と、モデルによる解析結果を示す。オイルダンパを有するFD, FDP試験体は、加力速度が大きくなるにつれて荷重が増加し、荷重・変位関係のループ面積が大きくなった。また解析モデルにおいても速度依存性が見られ、各種実験値と良く一致した。なお図-10に示すFDP試験体における解析値は、図-7のFP試験体実験値に図-8のFD試験体解析値を加算したものである。

5. 考察 FP試験体実験値とFD試験体解析値の和がFDP試験体の実験値と一致したことから、オイルダンパを既存の壁面内に組み込むことで、元の耐力要素にさらに地震エネルギーの吸収能を付加できることがわかった。また実験と解析が良く一致したことから、作成したダンパ軸組モデルは適切であったといえる。

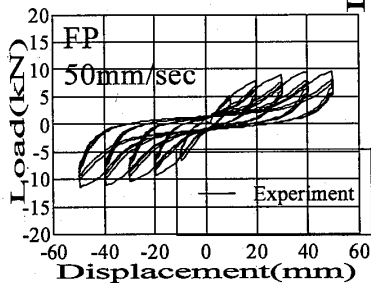


図-7 FP試験体加力試験結果

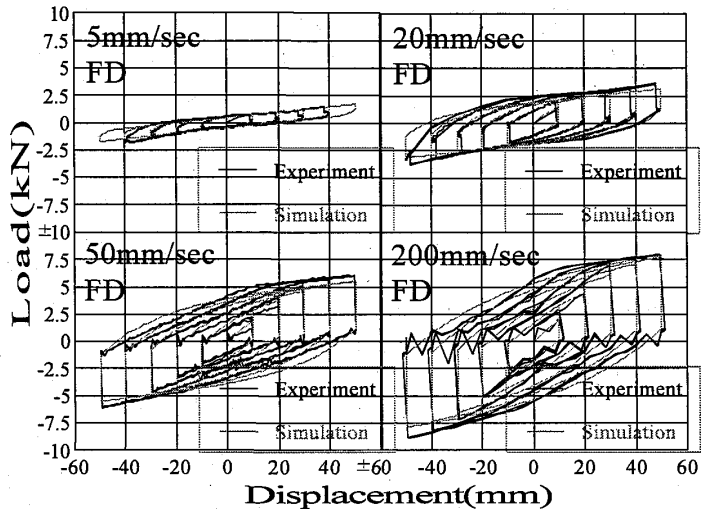


図-8 FD試験体の実験と解析結果

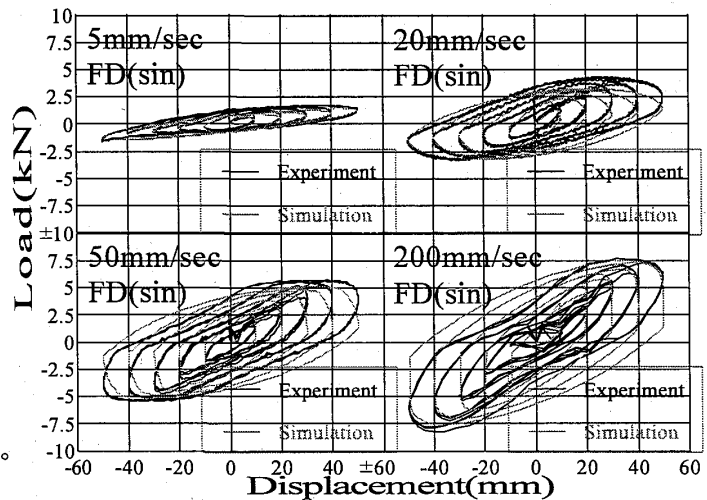


図-9 FD試験体の実験と解析結果(サイン波)

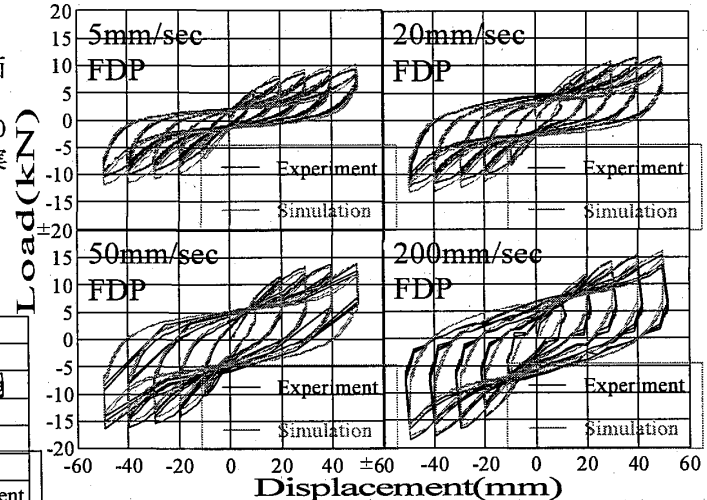


図-10 FDP試験の実験と解析結果

6. 謝辞 本研究は静岡大学農学部澤山一直君の卒業論文を基に解析を行ったものである。実験に当たってオイルダンパをご提供頂いた江戸川木材工業株式会社、並びに(株)トキコに感謝致します。

*静岡大学大学院農学研究科修士課程 学生

*Graduate Student of Shizuoka University

**静岡大学農学部森林資源科学科助教・農博 **Assoc. Prof. Dept. of Forest Resources Science, Shizuoka Univ., Dr. Agr.