

木造軸組構法における制振構造の研究

- 粘弾性制振装置に及ぼす周辺温度の影響 -

木造住宅 制振構造 粘弾性ダンパー

正会員 真崎雄一*1 同 佐藤利昭*2

同 井口道雄*3

1. はじめに

前報では、制振装置を構成する粘弾性体の要素実験結果を基に、粘弾性体の温度変化の推定方法を提示し、制振装置が粘弾性体の特性と木部の要素特性の直列結合で表現できることを示した。本報ではこの考え方を基に、周辺温度をパラメータとした数値実験を行い、周辺温度が制振装置に与える影響について検討した結果を述べる。

2. 数値実験の入力と解析モデルの設定

既報¹⁾では、図1に示す木造軸組架構 (Frame) と、それに制振装置を組み込んだ架構 (GVA) の擬似動的加振実験の結果を基に、制振装置の要素 (GVA 要素) の特性を抽出した。この GVA 要素の特性は、それを構成する粘弾性体部と木部各要素の特性に分離してモデル化することによって、地震応答解析が可能となる。参考として、層間変形角 1/120rad. 時の GVA 要素の特性から、粘弾性体部と木部の特性を分離・抽出した結果を図2に示す。

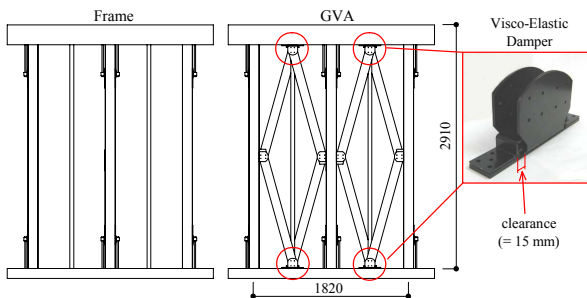


図1 粘弾性制振装置の概要図

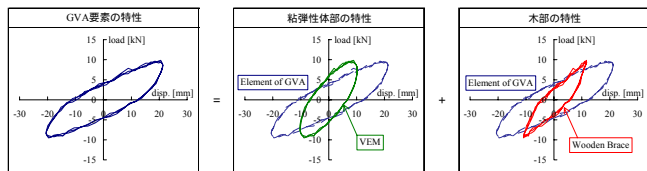


図2 粘弾性体部と木部の特性の分離・抽出

本研究では、図2に示す粘弾性体部の特性を分数次微分モデルで、木部の特性を文献2)に基づくモデルで表し、それらを組み合わせて作られた解析モデルに対する地震応答計算を行った。数値実験の入力には、El-Centro NS 成分、Hachinohe EW 成分、JMA-Kobe NS 成分の加速度記録を 25kine および 50kine に基準化した波形を用い、すべての入力波形の継続時間は 50 sec とした。

解析モデルは、図3に示す GVA 要素の履歴モデルを組み込んだ、質量 2ton の 1 質点系振動モデルである。また、本検証でパラメータとする周辺温度は日常考えられる最も広い範囲を想定し、0, 10, 20, 30, 40 の 5 段階とした。

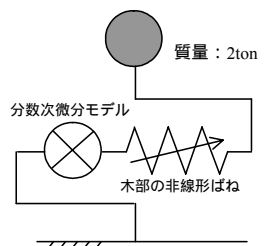


図3 1質点系振動モデル

3. 検証項目とその評価方法

3.1 剛性とエネルギー吸収量の算定 本項では応答計算結果から等価剛性とエネルギー吸収量を算定し、周辺温度の影響を検討する。応答計算結果は、図4左に示すような正負非対称の履歴ループを描くため、一定の時間幅 (=2.5 sec) の履歴ループを取り出し等価剛性を算出した。計算は、図4右に示すように、1区間の履歴ループの中から変位の中心点と履歴ループ上の極大・極小点を探索し、中心点に対する極大・極小点の線形回帰の結果とした。

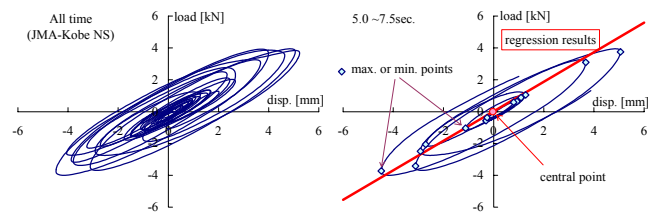


図4 応答計算結果と剛性の計算 (JMA-Kobe 25kine, 20)

エネルギー吸収量は、各時刻までに累積する履歴吸収エネルギーとして、次式より算定した。なお式(1)で、 x : 変位、 Z : 荷重、 ΔW : エネルギー吸収量を表す。

$$\Delta W = \int_0^l Z dx \quad (1)$$

3.2 評価方法 剛性とエネルギー吸収量の計算例として、25kine に基準化した El-Centro NS 成分を入力とする計算結果を図5に示す。なお、以下の検討では図5左に示す剛性のグラフにあわせて、図5右のエネルギー吸収量も各区間の増分毎にプロットしている。

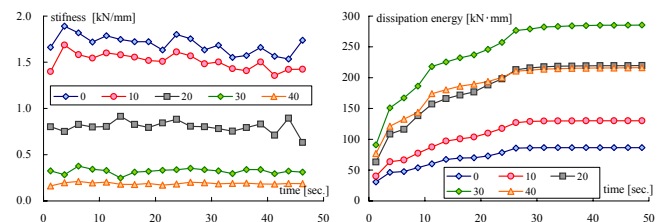


図5 剛性・エネルギー吸収量の計算結果 (25kine 入力)

図5に示す通り、剛性とエネルギー吸収量は、周辺温度の影響を顕著に受ける。以下の検討では、この結果に含まれる歪みレベルの影響を除去し、さらに周辺温度の影響に着目するため、周辺温度 (=20) を基準とした相対的な比率を計算する。図6に、図5の計算結果を 20 で基準化した結果を示す。

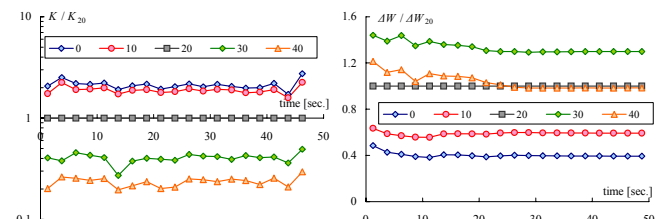


図6 剛性比・エネルギー吸収量比 (El-centro NS 25kine)

4. 計算結果の検証

4.1 入力レベルの影響 入力レベルの異なる同じ地震記録を入力とした応答計算結果から算定した、剛性比とエネルギー吸収量比を比較した結果を図7~9に示す。各図では同温度の結果を同色で、入力レベルの相違を異なるシンボル(,)で表している。

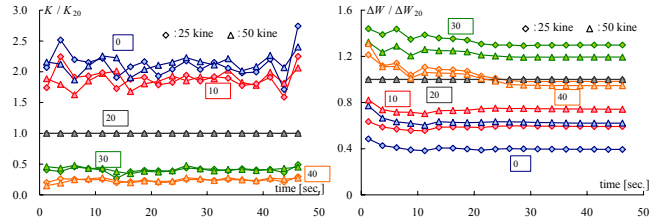


図7 入力レベルの影響の検証1 (El-Centro NS)

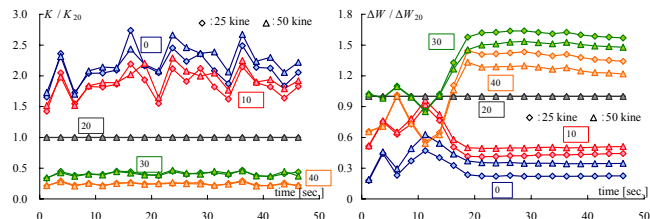


図8 入力レベルの影響の検証2 (Hachinohe EW)

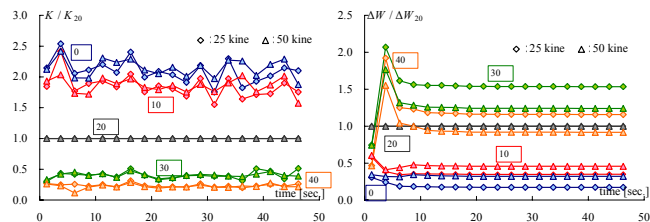


図9 入力レベルの影響の検証3 (JMA Kobe NS)

各図より、基準値 (=周辺温度 20)との相対的な関係において、入力レベルの剛性比に与える影響は極めて小さい。一方、エネルギー吸収量は入力レベルの大きさに応じて異なり、20 以下の温度で増加、20 以上の温度で減少しているが、各時刻の相対的な関係は類似している。

4.2 地震記録の影響 同じ入力レベルの異なる地震記録を入力とした計算結果から算定した、剛性比とエネルギー吸収量比を比較し、結果を図10に示す。ここでは前節の知見から、入力レベルが異なる場合でもほぼ同様の傾向を示すことから、入力レベルを25kineとした計算結果のみを示してある。なお図10では、地震記録の違いを異なるシンボル(, ,)で表している。

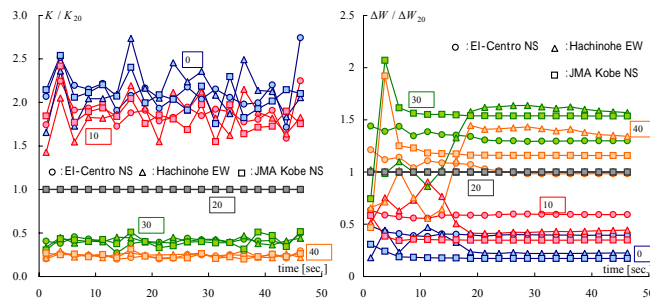


図10 地震記録の影響の検証

図10より、剛性比は数値のばらつきこそ認められるものの、周辺温度毎の分布は一定の範囲にある。一方、エネルギー吸収量は地震記録毎に大きく異なり、地震終了時の総エネルギー吸収量に着目すると、基準値 (=周辺温度 20)に対し、各温度で約1.1倍~2倍ほどの相違がある。

5. 総合考察
以上の結果を考察するため、粘弾性体部のみ、すなわち図3に示す振動モデルから木部の非線形ばねを除いたモデルに対して同様の数値実験を行い、これを図10と同じ形式でまとめた結果を図11に示す。なお、この粘弾性体部みの計算結果では、剛性比、エネルギー吸収量比とも入力レベルの影響を受けないことを別途確認している。

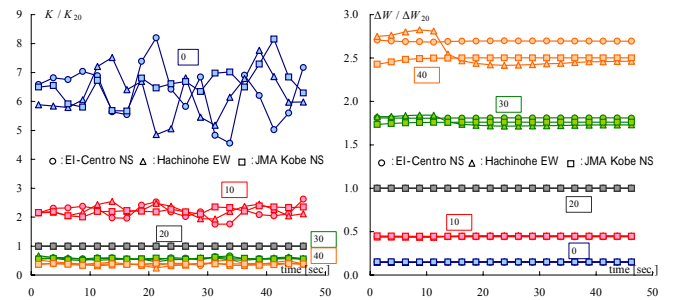


図11 粘弾性体部における周辺温度の影響

図11に示す通り、粘弾性体部では剛性比、エネルギー吸収量比とも周辺温度の影響を顕著に受け、周辺温度が高いほど剛性は低く、エネルギー吸収量は大きい。またこの関係は、地震記録が異なる場合でも同様の傾向にある。

この結果と図10の計算結果を対比して考察すると、周辺温度が低い場合には、粘弾性体の剛性の上昇によって、相対的に剛性の低くなった木部の影響が現れ、装置全体の剛性としては、0 と 10 ではほぼ同程度となったことが推察される。またエネルギー吸収量は、粘弾性体部のみでは温度が高いほど大きいですが、装置全体の結果にはこの傾向が認められず、30 のエネルギー吸収量は 40 の場合より高く、地震記録の相違によって地震終了時のエネルギー吸収量も大きく異なることが分かる。

6. まとめ

本研究では、粘弾性制振装置に対する周辺温度をパラメータとした数値実験を行い、以下の知見を得た。

- 1) 周辺温度の影響を、20 の応答計算結果を基準とした剛性比とエネルギー吸収量比を用いて検証した結果、周辺温度が低いほど、剛性は高いことが確認された。
- 2) 粘弾性制振装置のエネルギー吸収量は、粘弾性体部の特性と異なり、周辺温度40 の場合より30の方が大きく、地震入力波形の影響も大きいことが分かった。

- 参考文献 -

- 1) 佐藤利昭他：木造軸組構法における制振構造の研究—実大試験結果に基づく構造要素特性の抽出—, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), C1 (22154), PP307~308, 2006.9
- 2) Sato, T., et al. : Progressive Construction of Hysteresis Models for Woodframe Houses with Visco-Elastic Structural Control Devices, 10th World Conference on Timber Engineering ,2008. 6, (in print).

*1 : (有) MASA 建築構造設計室, 代表取締役
*2 : (有) MASA 建築構造設計室, 技術主任, 工博
*3 : 東京理科大学理工学部, 教授, 工博

Director, Masa Architectural Design Bureau
Technological Chief, Masa Architectural Design Bureau, M. Eng.
Prof., Tokyo University of Science Dr. Eng.