

粘弾性制振装置の温度変化が建物応答及びエネルギー吸収量に及ぼす影響

○ 加藤惇¹⁾・佐藤利昭²⁾・真崎雄一³⁾・井口道雄⁴⁾・肥田剛典⁵⁾・永野正行⁶⁾

- 1) 学生会員 東京理科大学大学院 修士課程, 千葉県野田市山崎2641, e-mail : j7108046@ed.tus.ac.jp
- 2) 正会員 東京理科大学 助教 博士 (工学), 同上, e-mail : sato_t@rs.tus.ac.jp
- 3) 正会員 (有)MASA 建築構造設計室 代表取締役, 千葉県流山市南流山 4-1-4, e-mail : grapmasa@yahoo.co.jp
- 4) 東京理科大学 名誉教授 工学博士, 同上, e-mail : iguchi@rs.noda.sut.ac.jp
- 5) 正会員 東京理科大学 助教 博士 (工学), 同上, e-mail : hida-t@rs.tus.ac.jp
- 6) 正会員 東京理科大学 教授 博士 (工学), 同上, e-mail : nagano-m@rs.noda.tus.ac.jp

1. はじめに

既往研究¹⁾で著者らは、粘弾性制振装置を取り付けた木造軸組架構の振動台実験²⁾を対象に、フレーム解析モデルの構築及び時刻歴応答解析を行った。その結果、解析モデルの妥当性、粘弾性体のエネルギー吸収量を検証した。

本制振装置に組み込まれている粘弾性体は、その温度依存性から、気候による制振装置への影響が考えられる。しかし、厳密な温度管理下で振動台実験を実施することは難しい。そこで本報では、様々な地震動を用いて、温度をパラメータとし数値解析を行うことによって、最大応答及びエネルギー吸収量の傾向を把握する。

2. フレーム解析モデルの構築

2.1 既往研究と解析モデルの概要

解析モデルの概要を図1に示す。モデルは、過去に行われた振動台実験²⁾の中から試験体 GVA を対象に、その加振方向 1 構面と対応させたもので、二重節点 ①～④により制振金物や接合部の非線形特性を評価する。質量配置は、同図のモデルが 1 構面を対象とすることから、積載荷重 4.0 ton を 1/2 倍し、それを各柱頭に均等に振り分けた。

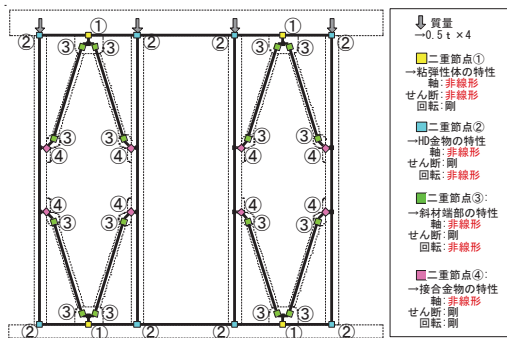


図1 動的解析モデルの概要

2.2 各接合部のモデル化

節点 ① は、制振金物に内蔵した粘弾性体の特性を表し、黄らの研究³⁾を基に、次式で剛性 k_v と減衰係数 c_v を評価する Kelvin-Voigt モデルをせん断方向の特性に用いた。

$$k_v = 8.57 f^{0.3} \gamma_a^{-0.24} e^{-0.073\theta} \times A/d \quad (1)$$

$$c_v = 2.18 f^{-0.53} \gamma_a^{-0.089} e^{-0.1\theta} \times A/d \quad (2)$$

式 (1), (2) で f : 振動数, γ_a : せん断歪み, θ : 温度を表し, A と d はそれぞれ粘弾性体のせん断面積と厚さを表す。軸方向には、せん断方向の 3 倍の剛性を設定し、回転剛性は剛とした。

節点 ② は、HD 金物の特性を表し、回転剛性には以前実施した要素実験⁴⁾に基づくモデルを設定し、軸方向の特性は、金物の認定試験の結果および木材へのめりこみを考慮し、正負で異なる特性を与えた。

節点 ③, 節点④は、制振装置の柱-斜材接合部の特性であり、接合金物と斜材とのボルト孔接合部分を節点③、接合金物に設けられた切欠き部の塑性変形を節点④として設定している。各部の特性は、既報^{5), 6)}により要素実験から把握し、モデル化を行った。

各接合部のモデルをフレームモデルに組み込み、振動台実験²⁾で行ったシミュレーション解析を行った結果を図2, 3に示す。

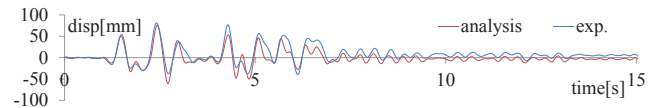


図2 層間変位波形の比較 (JMA_Kobe)

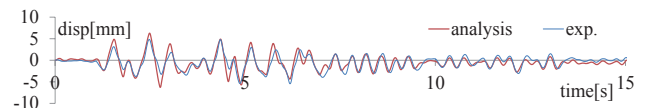


図3 粘弾性体のせん断変形の比較 (JMA_Kobe)

3. 検討条件

数値解析に用いる地震動は、振動台実験で用いた BCJ_Lv1(50%), BCJ_Lv1, BCJ_Lv2, JMA_Kobe を一つの入力とした加速度波形である (図4)。本稿では、様々な入力地震動を用いた検討を行うため、第2種地盤の地盤増幅を考慮した設計用スペクトルと適合する人工地震動を併せて利用している。地震波の位相特性には、El Centro (NS), Hachinohe (NS), JMA-Kobe (NS) (以下 el-2, ha-2, ko-2 と呼ぶ) を用いた。また、中小地震を想定し、これらの振幅を 0.5 倍した地震動 (以下 el-1, ha-1, ko-1 と呼ぶ) も併せて利用した。人工地震波と設計用スペクトルを比較し、図5に示す。また、粘弾性体の温度は実験時に計測した 16°C のほかに、0°C, 40°C

を加えた3ケースとした。

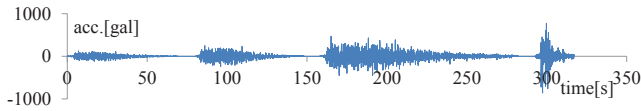


図4 連続解析における入力加速度の時刻歴波形

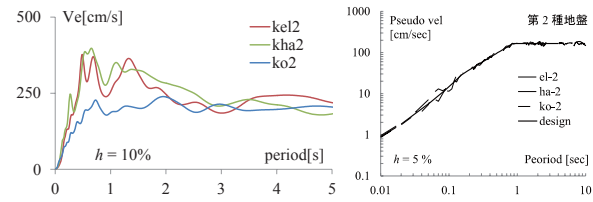


図5 設計用スペクトルと解析に用いた人工地震波

4. 温度変化の影響評価

異なる温度条件下での各地震波入力時の最大層間変形と、粘弾性体の最大せん断変形量を図6に、図7には架構全体と粘弾性体部分のみのエネルギー吸収量及び吸収割合を示す。

図6より、粘弾性体の温度を40℃に設定したすべての場合で、粘弾性体の最大せん断変形、最大層間変形が増加した。図7より、各温度での粘弾性体のエネルギー吸収は、16℃時が最も高い結果となった。これは、高温時では最大層間変形が増加し、それによって柱-斜材接合部や、柱脚部でのエネルギー吸収量が増加したこと、低温時では粘弾性体の剛性が高くなることで、上記の接合部の変形が増加したことが原因である。このことは地震波のレベルが大きくなるにつれ同様の事が言える。el1とel2、ha1とha2、ko1とko2をそれぞれ比較すると、レベルの高い入力波では最大層間変形の増加に伴って、架構全体に対する粘弾性体のエネルギー吸収割合が低下することがわかる。

5. まとめ

本報では、粘弾性制振装置を取り付けた木造軸組架構を対象に、粘弾性体の温度をパラメータとして数値解析を行い、最大応答及びエネルギー吸収量について検討した。その結果、温度が上昇するにつれ、最大層間変形、最大せん断変形ともに増加することを確認した。また、架構全体に対する粘弾性体のエネルギー吸収割合は、16℃時に最も高い性能を示す。

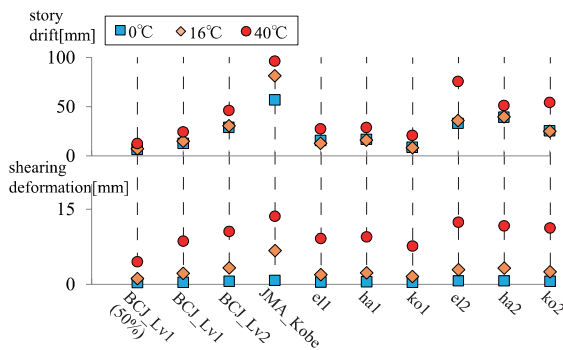


図6 各温度条件下での地震波毎の最大層間変形と粘弾性体の最大せん断変形

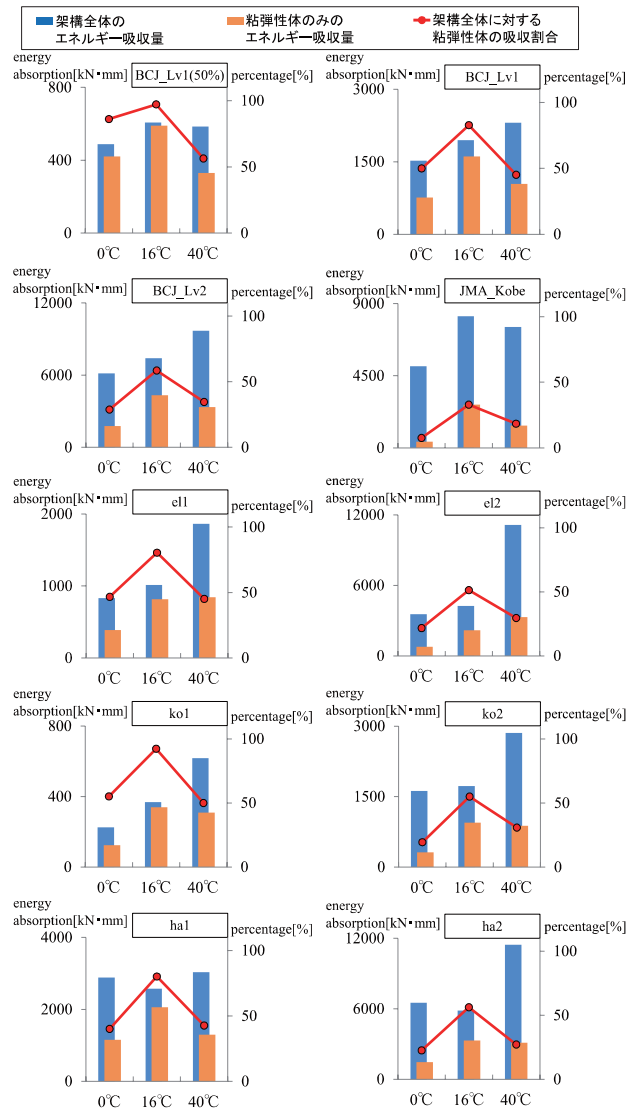


図7 各温度条件下での地震動毎のエネルギー吸収量と吸収割合

謝辞

本研究は、GVA友の会会員各位の多大な協力の基に行われた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 加藤惇, 佐藤利昭, 井口道雄, 真崎雄一, 涌井栄治, 肥田剛典, 永野正行: 制振装置を含む木造軸組架構の振動台実験による性能検証試験 その4 フレーム解析モデルの検証とエネルギー吸収量の評価, 日本建築学会学術講演梗概集, CD-R, 2013.8
- 2) 井口道雄, 佐藤利昭, 真崎雄一, 涌井栄治, 加藤惇, 肥田剛典, 永野正行: 制振装置を含む木造軸組架構の振動台実験による性能検証試験 その1 試験体および実験の概要, 日本建築学会学術講演梗概集, CD-R, 2013.8
- 3) 黄一華, 加藤敬史, 和田章, 岩田衛, 竹内徹, 大熊潔: 振動数と温度に依存する粘弾性ダンパーの動的力学モデル, 日本建築学会構造系論文集, 第516号, pp91~98, 1999.2
- 4) 真崎雄一, 佐藤利昭, 井口道雄: 木造軸組架構における制振構造の研究 粘弾性制振装置を含む架構の静的解析モデル (その1), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-1, pp473-474, 2009.8
- 5) 加藤惇, 佐藤利昭, 真崎雄一, 井口道雄, 永野正行, 肥田剛典: 粘弾性制振装置の接合部特性の評価 その1 接合部の要素実験, 日本地震工学会大会, CD-R, 2012.11
- 6) 佐藤利昭, 加藤惇, 真崎雄一, 井口道雄, 永野正行, 肥田剛典: 粘弾性制振装置の接合部特性の評価 その2 接合部のモデル化とフレーム解析, 日本地震工学会大会, CD-R, 2012.11
- 7) 佐藤利昭, 永野正行, 井口道雄, 真崎雄一: 粘弾性制振装置を付加した木造住宅の地震応答解析, 日本建築学会構造系論文集 第78巻 第690号, pp1449-1458, 2013.8