

立命館大学大学院 学生員 ○岸 祐介
立命館大学理工学部 進野 努
立命館大学理工学部 村松万由佳
立命館大学 正会員 伊津野和行
立命館大学 フェロー 土岐 憲三

1. 研究目的・背景

地震による被害を軽減するために構造物の耐震化や免震化が進み,その技術は様々な分野で活用されている.一方,博物館等に展示されている工芸品の転倒防止に関しては未だ検討の余地が多くある.

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震の際,十日町の博物館では国宝の縄文土器が転倒し破損した.この博物館で使用されていた免震台は兵庫県南部地震の地震動に耐えるものとして設計されていたが,結果は上記のようなものだった.

歴史的な価値を持つ美術工芸品は,後世にその時代を伝えていく上で重要な役割を果たす資料である.その損壊は,可能な限り防ぐべきである.

博物館の展示品が地震で転倒するのを防ぐには,免震台に五徳(脚付きの輪)やテグス糸などで固定する方法が有効だと言われているが,糸の張力の問題や,免震台の許容変位による問題に関しては,解決されていない.

本研究では,美術工芸品の地震動による転倒を数値解析によって再現し,シミュレーションと実験によって糸の張力や免震台の変位制限を考慮した転倒防止方法を見出すことを目的とする.

2. 研究方法

対象となる供試体には,現在以下の転倒防止策を用いることを考えている.

- ①対象物を免震台の上に載せる
- ②対象物を支持糸(テグス)で固定する
- ③免震台と支持糸での固定を組み合わせる

上記のパターンに関して解析ソフトを用いてシミュレーションを行うとともに,3次元振動台実験で実際の挙動や効果を確認しながら,その有効性についての検討を行う.

3. 実験器具

供試体: 寸法 $9 \times 13 \times 62$ (cm)

重さ 2.03kg の直方体

免震台: 寸法 $44 \times 44 \times 5$ (cm)

株式会社エーエス製の美術品展示用
小型免震装置

支持糸: テグス (直径: 0.9mm, 耐力: 383N/mm²)

振動台: 1m \times 1m, 静電型 3次元同時加振



Fig-1 供試体

供試体の寸法に関して,転倒しやすいように静的な水平力 0.2G 以下(約 0.14G)で転倒するように諸元を設定した.

4. 実験ケース

今回は実験のみを行い,対象となる供試体に転倒防止策を施したもの(①と②の2パターン),施していないものを振動台にて揺らし,その挙動を確認した.

今回の実験では支持糸の取り付け方として,供試体の上で交差するように,振動台の対角線方向に支持糸を固定した.

対象となる供試体,免震台および振動台の挙動の確認

においては、モーションキャプチャーによる変位計測を行い、入力地震動には振動台の作動範囲の都合により、JMA 神戸の70%の加速度波形を使用した。

5. 実験結果

○転倒防止策を施していない場合

供試体は振動開始3秒ほどで小刻みに震え始めた後、1秒後の振動台の大きな変位とともに転倒した。

○免震台による転倒防止策を施した場合

供試体は振動開始4秒あたりまで、転倒防止策を施していない場合に見受けられた小刻みな震えは無かった。その後振動台の大きな変位に伴い免震台上でのロッキング現象は確認できたが、実験終了までに転倒することは無かった。

○支持糸による転倒防止策を施した場合

供試体は振動開始3秒ほどで、転倒防止策を施していない場合と同様に小刻みに震え始めた。その後振動台が大きく変位した際に、固定されていない供試体の下部が僅かに動いたものの、後は振動台に固定された状態で転倒せずに終了した。

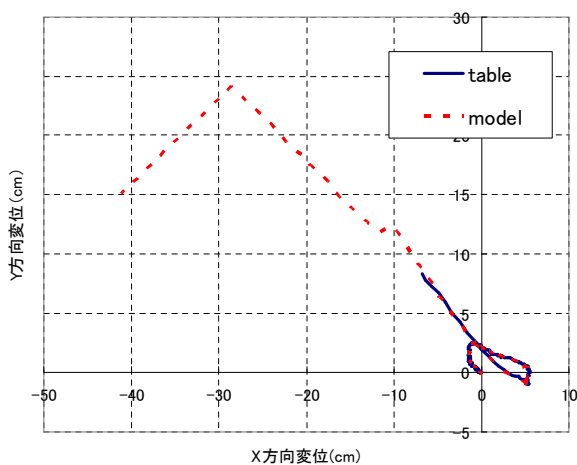


Fig-2 転倒防止策なしの場合の挙動

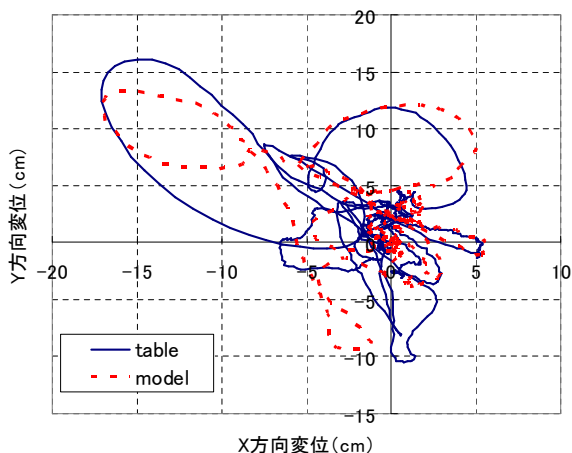


Fig-3 免震台を用いた場合の挙動

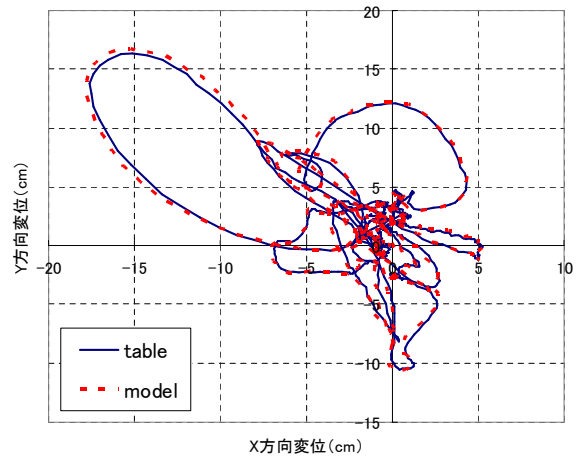


Fig-4 支持糸を用いた場合の挙動

6. 考察

Fig-2, Fig-3, Fig-4 はそれぞれ転倒防止策を施していない場合の振動台と供試体の重心位置の挙動履歴、免震台による転倒防止策を施した場合の振動台と供試体の重心位置の挙動履歴、支持糸による転倒防止策を施した場合の振動台と供試体の重心位置の挙動履歴を水平方向についてのみプロットしたものである。

Fig-2 では、振動台が大きく変位するより前に供試体が転倒してしまったため、途中から重心位置だけが大きく変位してしまっている。

Fig-3 では、供試体は振動台よりも全体的に狭い範囲の中で動いていることが確認できる。また直前に動いていた方向と逆の方向へ動く際に、供試体は振動台よりもシャープな円を描くように動く傾向が見られる。

Fig-4 では、供試体は振動台とほぼ同じ挙動を描いていることが確認できる。

これは支持糸により供試体が振動台にしっかりと固定されているためであり、支持糸の張力が供試体に作用する慣性力よりも大きいためであると考えられる。

7. 結論

- i) 転倒防止策を施さない場合、対象となる供試体は簡単に転倒してしまう。
- ii) JMA 神戸の70%の地震動に対し、免震台および支持糸による転倒防止法は、それぞれ単独でその効果を確認することができた。

今後、支持糸に掛かる張力を計測して、支持糸に必要な条件を明らかにしていく予定である。