

ノックオフ部材を用いる構造定着模型の強制振動実験

大阪市立大学大学院工学研究科 学生員○金田 貴洋
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 松村 政秀
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 山口 隆司

1. 研究背景および目的

構造物の支持条件が地震時応答に及ぼし、構造物の地震時安全性 6 平面やその向上には、構造定着部とそのモデル化が重要である。ここで、構造定着部は、変位制限(ストッパー)、柔な支持(ゴム)、トリガー(ノックオフなど)の各機構の組合せで構成される。柔な支持は上部構造へ地震の揺れを伝達せず、免震装置に用いられている。但し、大きい水平変位を許容することから、変位制御装置が併設されることが多い。また、常時は移動を制限し、強地震時は変位を開放するトリガー機構としてノックオフ部材をも併用すれば、合理的な構造定着部の実現が可能である¹⁾。このとき、構造定着部の各機構を簡易かつ実用的な手法として、ばね要素によりモデル化できれば、動的応答解析による構造物の動的挙動の照査に有用である。そこで、本研究では、構造定着部の小型模型を用いる小型振動台実験を実施し、上記 3 機構をそれぞればね要素でモデル化し、かつ、それらを組み合わせる場合の構造定着部の動的挙動の再現性について検討している。

2. 実験概要

2.1 小型振動模型

重りとばねからなる 1 質点系の振動モデルを想定して、図-1 に示す 2 つのゴムにより重りを支持する振動模型を、小型振動台に設置し、一方向に加振する。面外方向変位、加振方向のロッキングが生じないよう配慮している。

また、図-2 に示す治具の孔 ($\phi 3\text{mm}$) に $\phi 2\text{mm}$ の炭素棒を挿入し、これをノックオフさせる。すなわち、振動台とおもりの相対変位が生じると、炭素棒にせん断力が作用して破断し、変位を解放する。

2.2 実験方法

加振実験は、ゴムのみで振動させるゴム型、ゴムにストッパーを設置したゴム-ストッパー型、およびノックオフで固定し、ノックオフ後にゴムに移行するノックオフ-ゴム型の 3 パターンを実施した。

図-3 に示すように、重りと振動台の加振方向には変位計および加速度計を設置し、実験結果は、それぞれ相対変位と相対加速度により評価する。また、重りの重量は 200N である。

加振方法は、図-4 に示す、振幅が 1.0mm、振動数が 5.26Hz の正弦波 8 波により強制振動を与える。なお、加振振動数はゴムにより支持されたゴム型の固有振動数と同じであり、5 波目以降で定常な振動応答となることを確認している。サンプリング周期は 1000Hz である。

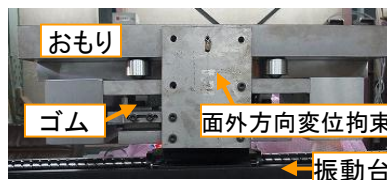


図-1 供試体写真



図-2 ノックオフ治具

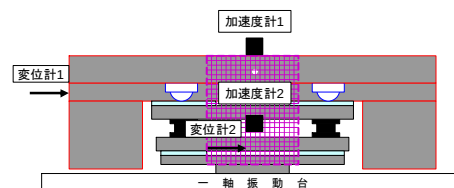


図-3 計測機器の設置位置

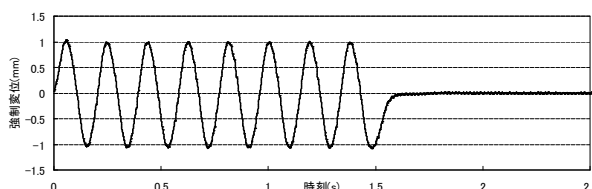


図-4 強制変位(入力波)

3. 1 質点系ばねモデルを用いる動的解析

1 質点ばねモデルを作成し、実験の再現解析を行う。図-5 に示すように、ゴム、ノックオフ部材はばね要素でモデル化し、ばね剛性は実験より求めたばね係数を、ストッパーは遊間内で剛性が 0、それ以上ではばね定数 $1.0 \times 10^5 \text{ N/mm}$ を入力する。

なお、振動系の減衰は、式(1)に示すように、質量 $[M]$ と剛性 $[K]$ に比例するレーリー減衰により与えた。減衰定数 h と係数 α, β との関係は式(2)のように表せる。また、 ω は固有円振動数である。

$$[C] = \alpha[M] + \beta[K] \quad (1)$$

$$h = \frac{\alpha}{2\omega} + \frac{\beta\omega}{2} \quad (2)$$

ただし、ゴム型では、 α による寄与はほとんど無いため、 $\alpha = 0$ とし式(3)から求まる β を用いて剛性比例型の減衰を考慮する。

$$h = \frac{\beta\omega}{2} \quad (3)$$

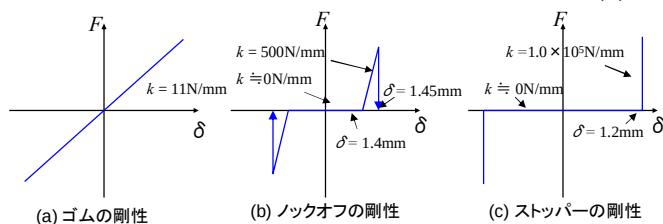


図-5 各機構のモデル化とばね定数

4. 実験および解析結果

ゴム型およびゴムストッパー型の振動台とおもりの相対変位の時刻歴を図-6 に示す。ストッパーを設置すると、変位が遊間内に制御されるが、ストッパーの有無によらず周期は同じであった。

ノックオフ-ゴム型の相対変位および相対加速度の時刻歴を図-7 に示す。ノックオフ-ゴム型の初期位置はノックオフ設置の際に生じた変位である。ノックオフは 0.37 秒で発生した。また、ノックオフ前はゴム型に比べ相対変位が小さくなっており、ノックオフ後はゴム型と同じ挙動を示している。

図-8 に、ゴム型の解析と実験の結果とを示す。周期は概ね一致し、変位のピーク値の誤差は 5% であり、解析により実験結果を良好に再現できている。

図-9 に、ゴムストッパー型の解析と実験の結果を示す。定常状態での変位の最大値及びストッパーへの衝突は解析と実験で概ね等しい。また、周期と跳

ね返り後の変位応答は不安定になっている。

図-10 にノックオフ-ゴム型の解析と実験の結果を示す。ノックオフ後にゴム型へ移行する挙動は再現できているが、ノックオフ前では周期が若干一致していない。

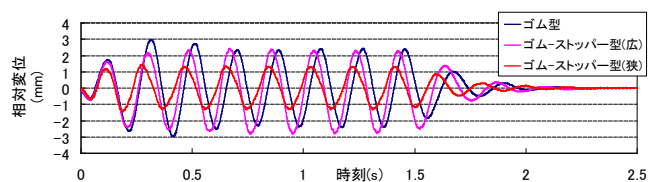


図-6 ゴムストッパー型 (実験)

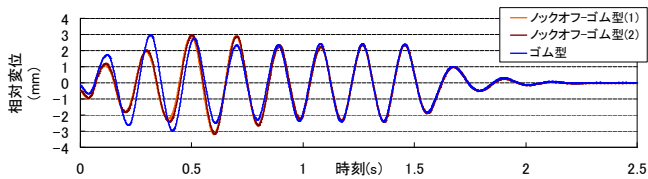


図-7 ノックオフ-ゴム型 (実験)

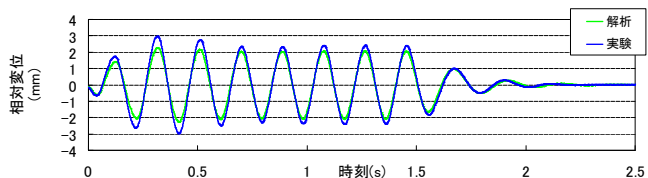


図-8 ゴム型 (解析・実験)

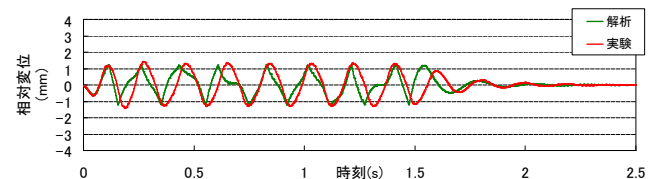


図-9 ゴムストッパー型 (解析・実験)

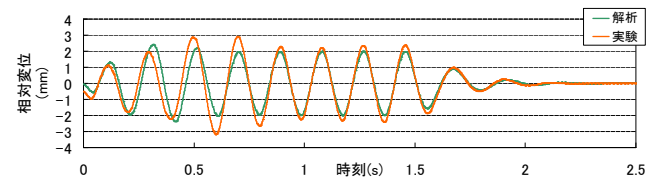


図-10 ノックオフ-ゴム型 (解析・実験)

6. 結論

本研究では、構造定着部を対象として、実験と解析を比較し、ばね要素による構造定着部のモデル化の手法を確認した。

- 1) ゴムとストッパーを組み合わせると、変位を制御し、周期は変わらないことがわかった。
- 2) ストッパーをばねでモデル化すると、応答に異常が見られるが、変位制限の機能は再現できた。
- 3) ノックオフ前後の挙動は解析により再現できる。

参考文献

- 1) 松村政秀, 石原和之, 北田俊行, 山口隆司: 伸継手の衝突と取り付け高力ボルトのノックオフ化が高架橋の地震時応答の及ぼす影響に関する一検討 日本鋼構造協会, 第 18 巻, pp.419-424, 2010.11