

# 摩擦振子型免震機能付き RC 橋脚の実用化への取組み ～橋梁の地震後即時の共用性確保に向けて～

テーマ 次世代耐震構造の設計手法確立に向けた研究

キーワード 摩擦振子型免震機構, 3D プリンター, 耐震設計, 震動実験, 非線形動的解析

## 次世代耐震構造の実用化

橋梁の耐震設計は、供用期間中にしばしば発生する地震動（レベル1地震動）に対しては損傷が生じず、大規模地震（レベル2地震動）に対しては地震後の修復を前提に一定の損傷を許容する二段階設計法に基づき行うことが一般的です。しかし、橋梁は地震後の被災地の復興、あるいは緊急支援物資の搬送などに必要不可欠なため、この二段階設計法から脱却し、大規模地震後であっても即時の供用性を確保できるようなダメージフリー構造を追求する必要があると考えます。

当社では、この背景のもと、摩擦振子が滑り面上を滑ることで、滑り面より下部に伝達する力を大幅に低減できる「摩擦振子型免震機構」に着目し、3D プリンターを活用することで、特別な装置や材料を必要としない本機構の製作方法を確立しました。そして、本機構を RC 橋脚へ導入することで、地震後の即時の供用性を低コストで確保できる「摩擦振子型免震機能付き RC 橋脚」の実用化に向けた研究に実験的・解析的に取り組んでいます。

## 研究内容

橋梁の免震化では、鉛プラグ入り積層ゴム支承などのゴム系の装置を上部工と橋脚の間に設置し、長周期化と減衰性能の増大により地震時慣性力の低減を図る構造が一般的です。本研究では、装置の付加などを行うことなく、構造形態のみの工夫で橋梁の長周期化の実現を図ります。具体的には、摩擦振子型免震機構を上部工と橋脚の間に設けることで、地震時に滑りを発生させ、橋梁全体系の長周期化を図ります。このとき発生するせん断力は、地震力の大小に関係なく、摩擦係数と滑り面の形状のみに依存することになります。また、本機構の斜面によるセンタリング機能で地震後の残留変位を小さくすることができます。当社では、本構造の実用化に向けた実証実験や設計手法の確立に向けた基礎研究を早稲田大学と共同で行っております。

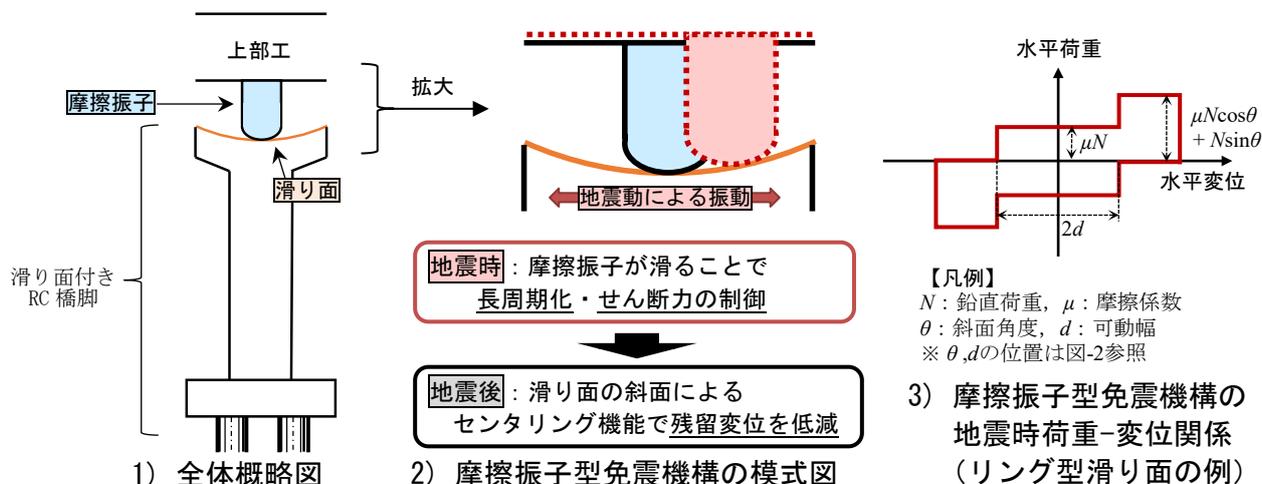


図-1 摩擦振子型免震機能付き RC 橋脚の概略図

技術ポイント

【実用化への取組】

特殊な形状を有する滑り面型枠を 3D プリンターで製作することにより（写真-1）、コンクリートを用いて「摩擦振子型免震機構」を極安価に製作することを可能にしました。現在、橋脚間の不同変位や桁の回転に優位な振子形状として「リング型滑り面」を開発し（図-2）、滑り面への低摩擦摺動材料を圧入することにより、本機構の一段の性能改善を図っています。本機構の性能確認は、実橋梁を模した供試体を用いた水平二方向震動実験により行っています。レベル 2 地震動を上回る作用に対しても、提案する摩擦振子型免震機構を有する橋梁は安定した動的挙動を示し、強震動作用後にはほぼ残留変位が生じない状態に戻ることができます（写真-2、図-3, 4）。

【耐震設計手法確立への取組】

実験結果と数値解析の比較から、本機構の免震効果の再現性を確認しています。今後は性能規定型設計法に改定された H29 道路橋示方書の枠組みを活用し、本機構を用いる場合の耐震設計手法を確立することを目指しています。

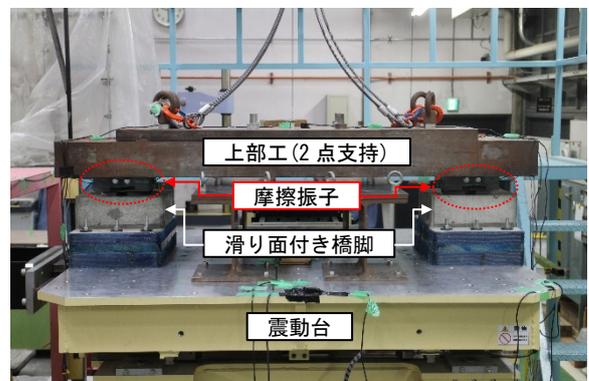
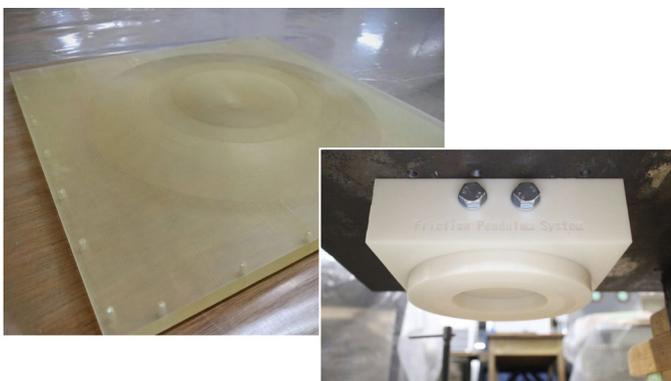


写真-1 3Dプリンターにより製作した滑り面型枠（左上）と強化プラスチックにより製作した振子（右下）の一例

写真-2 震動実験の状況（橋軸方向）

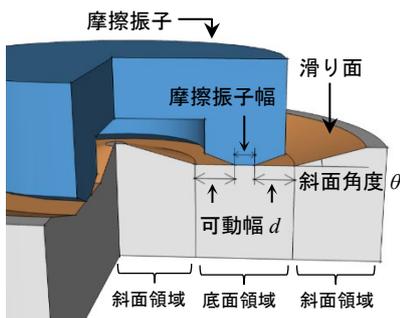


図-2 リング型滑り面の断面

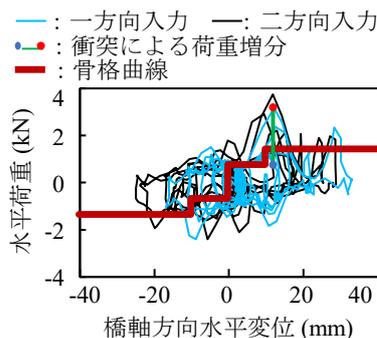


図-3 荷重-変位関係の一例

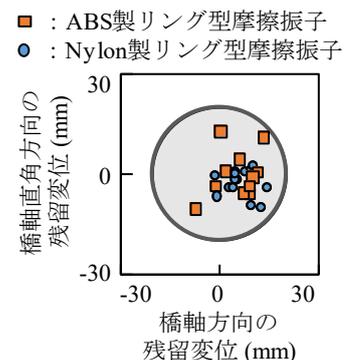


図-4 残留変位の一例

関連実績

（直近の代表論文を記載）

1. 櫻山大樹, 銭城, Miguel B. BRITO, 石垣直光, 秋山充良, 本田利器: 3D プリンターを活用したローコスト摩擦振子型免震橋梁の地震時応答に及ぼす寸法効果の影響, 土木学会論文集 A1(地震工学論文集第 40 巻), Vol. 77, No. 4, pp. I\_1-I\_13, 2021.
2. Brito, M.B., Akiyama, M., Ichikawa, Y., Yamaguchi, H., Honda, R., and Ishigaki, N.: Bidirectional shaking table tests of a low-cost friction sliding system with flat-inclined surfaces. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 49: 817-837, 2020.