

地震時すべりゴム支承の開発

オイレス工業（株） 正会員 ○二木 太郎 正会員 宇野 裕恵
佐藤 英和 正会員 荒水 照夫
広島工業大学工学部 建設工学科 フェロー 中山 隆弘
（株）ヒロコン 第一技術本部 フェロー 大倉 幸三

1. はじめに

摩擦係数が大きく、地震時のみ摺動することで、橋の耐震性に有用なすべりゴム支承を開発した。一般に、すべり支承に用いる摩擦材の摩擦係数を小さくするほどアイソレーション効果が大きく、上部構造や橋脚に作用する力を低減できるが、応答変位が大きくなる。一方、地震により励起される構造物の運動エネルギーを摩擦熱に変換して振動の低減を積極的に期待する耐震システムがあり、この場合は摩擦係数の高い方が有利である。そこで、筆者らは温度変化時の桁伸縮や活荷重による桁回転に伴う支承移動量など比較的小さい移動に対し摩擦材の耐久性に問題を生じさせないこと、地震時に大きな摩擦減衰を期待できることを目的として、“地震時すべりゴム支承”を開発した。

2. 摩擦材の選定

摩擦材に求める特性は地震時に摩擦係数が安定していること、摺動時に摩耗量が小さく焼付きを起こさないこと、水や塵埃などの異物の混入による影響が小さいこと等である。これらの要求性能を満足する摩擦材として、フェノール系高摩擦すべり材¹⁾（摩擦係数 0.35 程度）を用いることとした。

3. 地震時すべりゴム支承の構造

支承の構造を図-1 に示す。本構造はすべりゴム支承と移動制限構造を一体化したもので、ゴム支承の変形量をコントロールしてゴム支承自身の弾性挙動とすべり挙動を共存するものである。すなわち、温度変化による移動量相当のクリアランスを設けることで、温度変化による桁の伸縮に対してはゴムのせん断変形で吸収させ、地震時にはクリアランスに相当する変位量が生じた後、摩擦面を摺動させる。温度変化時の挙動モードを図-2 に示す。なお、本構造は全方向変位可能として円形状としているが、矩形形状でもよい。

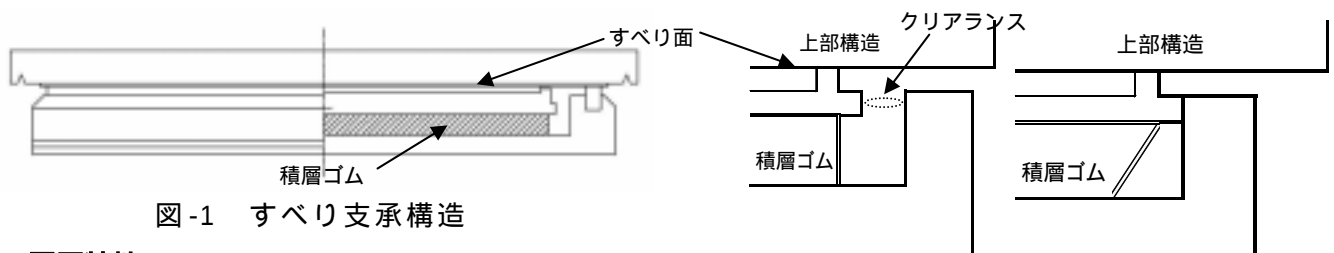


図-1 すべり支承構造

4. 履歴特性

履歴特性を図-3 に示す。温度変化時は(a)に示すリニアの履歴である。地震時の履歴はゴム支承、摩擦材料、およびクリアランスにより決定され、応答変位がクリアランスに達した後、移動制限構造によりゴム支承の変形が止められ、摩擦機能が発現して(b)に示すトリリニアの履歴となる。

(a) 直立時 (b) 温度変化時
図-2 摺動時の状態

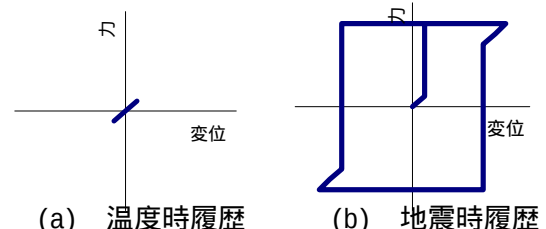


図-3 履歴特性

5. 動的挙動

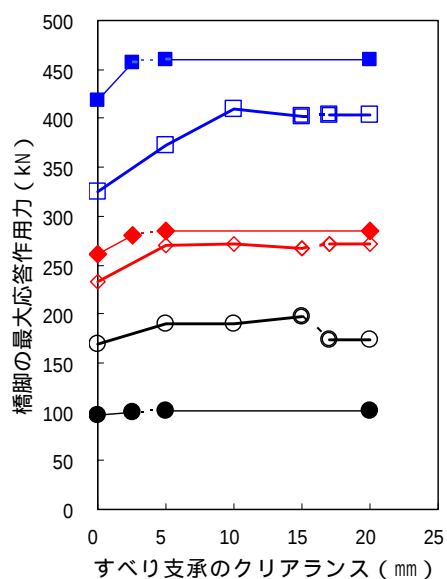
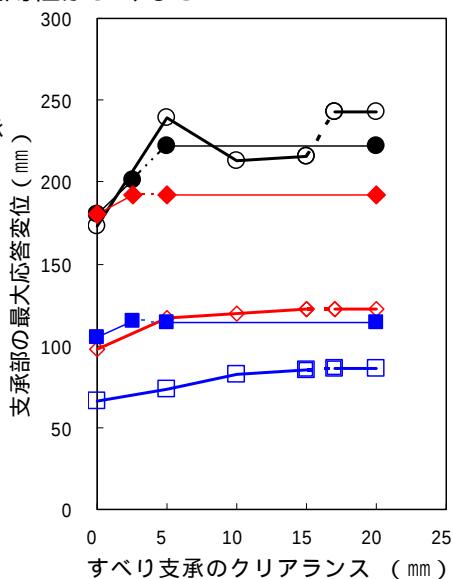
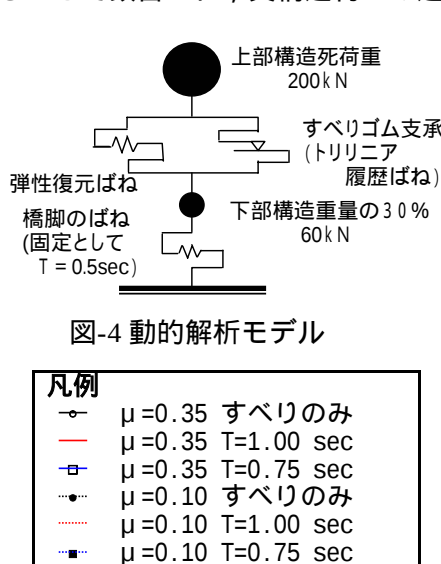
対象モデルは、橋脚のばねを非免震とした場合（固定支持）に固有周期が 0.5sec となるように設定した 1 本柱モデルとし、図-4 のように支承部にすべりゴム支承のトリリニア履歴ばねと弾性復元ばねを設置した。同モデルは比較的小規模の PC 桁を想定して、死荷重反力を

キーワード すべりゴム支承、トリリニア、中小規模橋梁、RB、摩擦減衰

連絡先 〒105-8584 東京都港区浜松町一丁目 30 番 5 号 オイレス工業（株） TEL 03-3578-7930

200kN とし、下部構造の重量を 200kN として、その 30%を橋脚天端に集中させた“ばねマス系モデル”である。このモデルを用いて、道示の標準 3 波により非線形時刻歴応答解析を行った。応答の比較のため、摩擦係数を 0.35 以外に 0.1 を考慮し、ゴム支承のばねを 0（すべりゴム支承のみであり、解析の安定上、小さいばねを設定）、固有周期が 0.75sec および 1.00sec となるように調整したモデルについてそれぞれ解析した。ここで、すべりゴム支承のみを用いる実構造物を採用することは一般にはないが、摩擦システムの基本挙動を把握し、復元ばねの効果を確認するためにすべりゴム支承のみの解析も実施した。

すべりゴム支承の総ゴム厚を 14mm とした。この場合、摩擦係数 0.1 および 0.35 ではそれぞれ 5mm および 17mm の応答変位時に摩擦力とゴムの抵抗力が等しくなり、クリアランスを大きくしてもすべりゴム支承は移動制限構造に接触する前に摩擦が切れる。クリアランスをパラメータとした上部構造の応答変位および橋脚の応答作用力をそれぞれ図-5 および図-6 に示す。0.1 とした方が上部構造の応答変位は当然ながら大きい。橋脚に作用する力は復元ばねがない場合の上下部構造はアイソレーションされているので 0.1 とした方が小さいが、復元ばねを併設する場合は 0.35 とした方が小さい。これは、0.35 とすると摩擦減衰が大きくなるためであると考えられる。一方、クリアランスを大きくすると当然ながら応答変位が大きくなり、応答作用力も大きくなる。これは、クリアランスが小さい方が早くすべり状態になるためである。また、復元ばねがない場合は、当然、支承の応答変位が大きく、橋脚に作用する力は小さくなる。このモデルでは応答変位が大きくなりすぎることや、クリアランスの影響を大きく受けやすいなど、動的挙動が安定しにくい、復元ばねを併設することで改善され、実構造物への適用性がよくなる。



6. 橋への適用性

温度変化による桁伸縮が小さい橋ではクリアランスを小さく設定することが可能であり、地震時に大きい摩擦減衰を発現する。これに対し、桁伸縮が大きい橋ではクリアランスを大きくする必要があり、地震時の摩擦減衰が小さくなる。また、低温時、高温時の履歴形状は、オフセットされた状態となり、標準温度時における履歴がシフトされた履歴となるため、低温時および高温時の動的挙動を確認しておく必要がある。

7. まとめ

“地震時すべりゴム支承”の機能を以下にまとめる。

- ・ すべり面を繰り返し摺動させれば摩擦係数が変動しやすくなるため、温度変化による桁伸縮に対してはゴムの変形により吸収させ、地震時の特性を長年に保持する。
- ・ 摩擦係数の大きい摩擦材を用いたすべり支承は地震時に大きな減衰効果を期待できる。

本支承構造は中小規模の橋に対する適用性が高く、コスト縮減を図れるものと考えている。

参考文献

- 1) 荒水, 大越, 二木, 中山, 大倉: 高摩擦係数を有するすべり材の摺動試験, 土木学会中国支部, 2005