

ゴム支承を用いた橋に対する応答変位の低減

オイレス工業(株) ○正会員 竹ノ内勇 オイレス工業(株) 正会員 宇野裕恵
 オイレス工業(株) 正会員 横川英彰

1. はじめに

ゴム支承を用いると多径間連続化が容易になり, 分散構造や免震構造とすることにより耐震性が向上している。一方, ゴム支承を用いると地震時の応答変位が大きくなることから, 桁遊間が増大し伸縮装置の規模が大きくなる。このため, 維持管理コストの増大および路面不陸による振動・騒音の発生が懸念される。

2. 応答変位が大きくなる要因と検討対象

地震時の応答変位を増大させる要因と検討パラメータを表-1に示す。

表-1 応答変位が大きくなる要因と検討対象

要 因	検 討 対 象
ゴム支承の種類	分散ゴム支承(以下, RB)と免震支承(以下, LRB)による応答の相違であり, LRBでは鉛プラグ面積の大小により応答が異なる。ここでは, 鉛プラグの面積比率を7%, 12%の2通りとした。
ゴムの剛性	ゴムのせん断弾性係数(以下, G)が影響する。ここでは, G8, G10, G12の3通りとする。
ゴム体設定方針	ゴム体の形状設定方針による影響であり, "積層体の体積を最小", "支承高さを最小", その支承高さで"変位を最小"という3通りおよび支承高さを高くして"変位を小さく"する場合も検討した。
活荷重による回転変形	活荷重による桁回転変形に対し支承便覧 ¹⁾ ではゴムの耐疲労性から引張りを生じさせない。設計では実回転角を用いることが原則であるが, 実橋では格子解析で想定する活荷重満載状態となる頻度は極めて少ない。また, 非合成桁での応力状態は計算値の60%程度 ²⁾ と小さい。さらに, ゴム体にある程度の引張が作用しても問題にならないと考えられる。ここでは, 回転変形量1/1200までを検討した。
橋脚の塑性化	橋脚の塑性化の程度により支承形状が異なる。ここでは, 免震橋に対し, 応答塑性率が2.1程度までを想定した。

3. 解析モデル

既往文献³⁾の鋼5径間連続非合成鉄桁橋より橋脚を一本取り出した橋脚高さ10mの一本柱モデルを用い, 免震橋および分散橋について種地盤に対するレベル2地震動タイプの道示標準波第一波により非線形時刻歴応答解析を行った。ここで, 免震設計での橋脚の応答塑性率は1.0程度になるように調整した。

4. 解析結果

支承の種類による検討結果を図-1に示す。これより, RBよりLRBが, LRBでは鉛プラグの面積が大きい方が支承の応答変位は小さく, かつ上下鋼板を含むゴム支承の積層体体積も小さくなることからわかる。ここで, RBでは橋脚が大きく塑性化し, 最大応答変位時におけるそれぞれの応答周期は大きく相違しない。

ゴムのせん断弾性係数(以下, G)による検討結果を図-2に示す。上段は積層体体積, 下段は応答変位を最小とするように設定した。体積最小とする場合ではGの大きい順に応答変位および積層体体積が小さい。ここで, 応答変位を最小とする場合ではG10の方が応答変位が小さいが, 積層体体積は大きい。これは, Gの小さい方が回転変形追随性がよいので平面寸法を大きくできるためである。設計条件によりこの傾向は異なると考えられるが, Gの小さい方がゴムの破断ひずみが大きいので, G10, G8の選択もあり得る。

支承形状設定方針による検討結果を図-3に示す。支承の応答変位は"体積最小"に続き"ゴム高最小", "変位最小"の順で小さい。さらに, 支承高さを高くかつ平面寸法を大きくした"変位制御"では, 応答変位は相当小さくなるが, 形状係数が小さくかつ積層体体積が大きくなるため, あえて選択しないのがよい。

回転変形を変化させた結果を図-4に示す。これより, 回転変形を小さくすると応答変位および積層体体積が小さくなることからわかる。この検討では, 回転角を変えて決定したそれぞれのゴム形状に対し, 回転角を一般的な1/300としてゴムの局部せん断ひずみ照査を行っても照査を満足し, かつ回転角1/900までは回

キーワード 免震橋, 応答変位, 回転変形, 引張疲労, 応答塑性率

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) 03-3578-7930

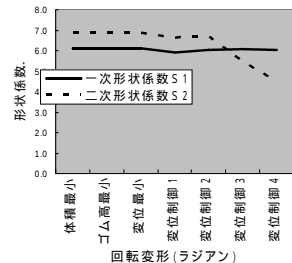
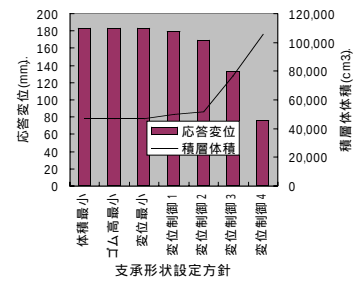
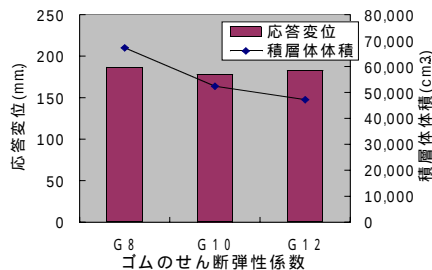
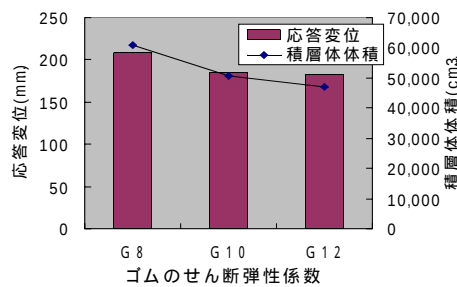
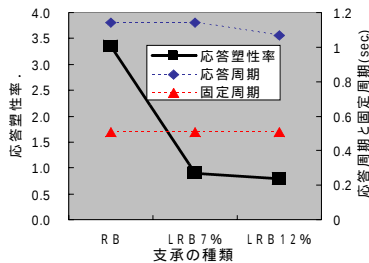
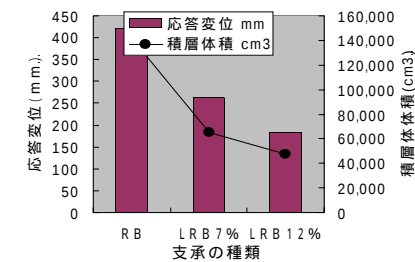


図 - 1 支承の種類による影響

図 - 2 Gによる影響

図 - 3 支承形状設定方針の影響

転による引張側の局部せん断ひずみも支圧により吸収されていた。これに対し、回転角 1/1200 では回転による引張側の局部せん断ひずみが吸収されていなかったの、これを満足する形状を“1/1200 改善”として図示するが、形状が極端に大きくなることはなかった。

橋脚の降伏耐力を変化させた結果を図 - 5 に示す。この結果では、橋脚の塑性化が大きくなると応答変位は小さくなる傾向にあるが、積層体積は必ずしも小さくなっていない。

5. 応答変位の評価

本検討結果より、以下のことが推定される。 図 - 4 回転角による影響

図 - 5 橋脚の塑性化の影響

分散ゴム支承に比べ、免震支承が、特に鉛面積の大きい方が耐震性およびコストから優位である。

体積最小として支承を設定するとゴムのせん断弾性係数 G12 の応答変位が小さいが、設計条件によっては G10 の方が小さくなる。G10 はゴムの破断ひずみ大きいことを考え合わせると、実設計において G10 の選択も十分にあり得る。

支承形状の設定では体積最小を狙うことが多いが、必要に応じて変位を抑制できる支承形状を設定できる。ただし、過度に変位を小さくすると、形状のバランスが悪い支承となることに留意を要する。

非合成桁の実挙動²⁾を考慮すると、活荷重による回転変形は中間支点で 1/500 程度となり、応答変位や積層体積を大きく低減できる。なお、局部せん断ひずみは圧縮側・引張側共に十分余裕がある。

橋脚の塑性化が大きいと支承の応答変位はやや小さくなる傾向にあるが、積層体積は一概に言えない。

6. おわりに

本検討により支承の応答変位を大きく低減できる可能性が見られた。今後、活荷重の実態やゴム自体の耐疲労性を確認し、回転変形の照査を緩和することが期待される。

参考文献

1) (社)日本道路協会：道路橋支承便覧，2004 2) 日本橋梁建設協会：鋼橋 Q & A 非合成桁の変動応力範囲を算出する場合の断面剛度，2005.1 3) (財)土研センター編：橋の動的耐震設計法マニュアル，2006