鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)の地震時応答増大要因に着目した耐震性能評価について

株式会社　アーク情報システム　正会員　○内藤 伸幸
熊本大学大学院　自然科学研究科　正会員　松田 泰治
オイレス工業　株式会社　正会員　宇野 裕惠
合同会社　防災構造工学研究所　フェロー会員　川神 雅秀

1. はじめに

免震橋の地震時の実挙動は,様々な要因により設計とは異なることが考えられる．本研究では鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)のせん断ひずみが増大する要因として,免震支承の性能変動と橋脚の過強度に着目し,これらと支承のハードニングを考慮した場合についてケーススタディーを行い,耐震性能に与える影響の確認を行った.

2. 検討条件

免震支承の性能変動として,構造物施工管理要領 [1]で想定される要因(繰り返し圧縮疲労･せん断疲労,周期依存性,温度依存性,免圧依存性)による免震支承の剛性低下の下限を組み合わせて算定した設計値の 0.85 倍という値を検討ケースとした．橋脚の過強度として,足立ら [2]が橋脚の降伏剛性と降伏荷重について中央値と変動係数を示しており,本検討ではこれを参考に過強度が中央値のケースと中央値±標準偏差のケースを設定した．ハードニングは,高橋ら [3]の提案式によるバイリニアモデルのケースと,せん断ひずみ 175%からハードニングするトリリニアモデルのケースで検討を行った．履歴モデルの比較を図 1に示す．高橋らの提案式でハードニングのみを考慮すると,道路橋支承便覧 [4]の式に比べて,設計せん断ひずみ 250%における抵抗力が 1.17 倍となった．トリリニアモデルでは,せん断ひずみ 250%での抵抗力を 1.17 倍したバイリニアモデルと一致するようにハードニング領域での剛性を設定した．高橋らの提案式では鉛の剛性も実験結果基に補正している.図中の凡例では文献と称した.

3. 検討対象

検討対象とした免震橋の RC 橋脚を図 2に示す．これは道路橋の耐震設計に関する資料 [5]に記載されているⅡ種地盤上の 5 径間連続桁の分散橋を免震橋に設定し直したものである．現行設計で LRB のせん断ひずみがレベル 2 地震の 3 波平均で 250%となり,橋脚の塑性率が許容値を満たすようにしたものを基本ケースとした．橋脚上では一支承線で 5 基の LRB で支持している.支承は□735×735 でゴム層厚 32mm の 4 層,鉛プラグ面積比率 7.0%とした.形状係数は S1=5.4，S2＝5.7 である．ゴムのせん断弾性係数は 1.2N/mm²(G12)である.

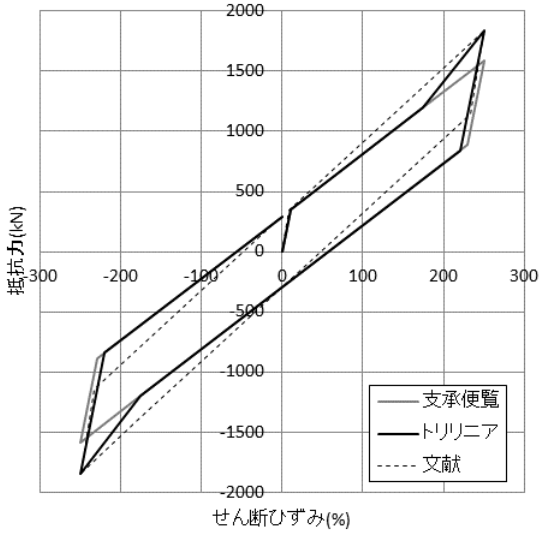

図 1　履歴比較

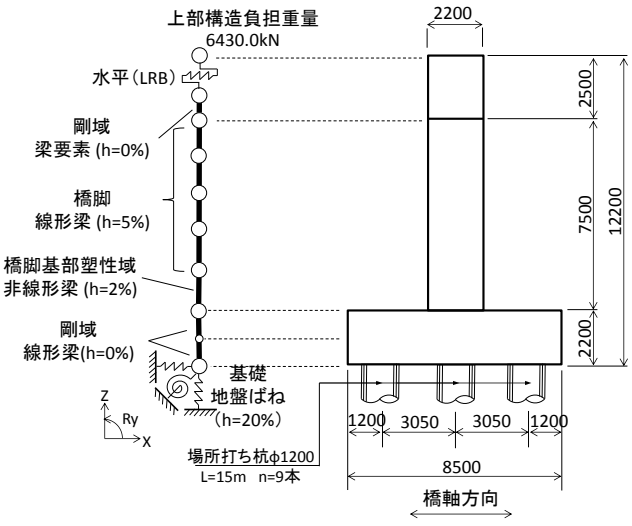

図 2　検討対象橋脚

LRB, 免震支承,ハードニング, 橋脚過強度, 非線形動的解析
〒222-0033 横浜市港北区新横浜 3-22-17 岩崎学園 2 号館 8F・TEL 045-471-2711・FAX 045-471-2811

4. 検討結果

支承の設定を変更した結果の比較を図 3 と図 4 に示す. 橋脚塑性率が 1.0 を超えなければあまり結果が変わらないことが確認できる. 設計値のままハードニングのみ考慮すると支承のせん断ひずみが抑えられ,橋脚の塑性率が大きくなる傾向がある.バイリニアよりもトリリニアのほうが,支承のせん断ひずみが大きく,橋脚の塑性率が小さい傾向となった. ただし支承の性能の下限も併せて考慮すると, ハードニングの影響はほぼキャンセルされている. 橋脚過強度を考慮した結果の比較を図 5 と図 6 に示す. 橋脚過強度を考慮することにより橋脚塑性率が小さくなるのは当然だが,塑性率が 1.0 を下回ったため,支承せん断ひずみへの影響は小さい.

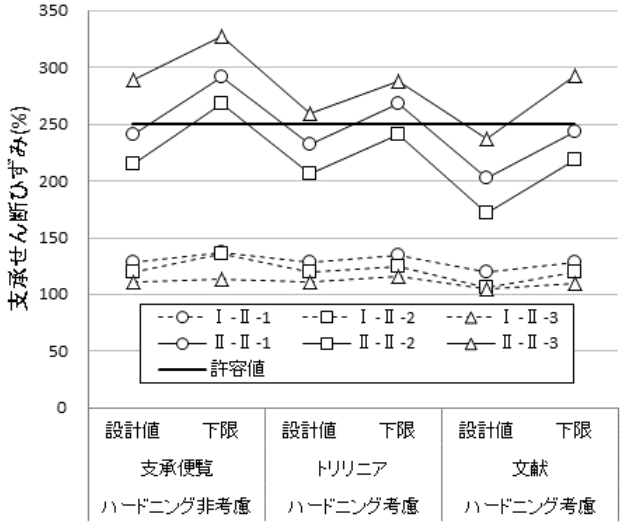

図 3 支承設定比較(支承せん断ひずみ)

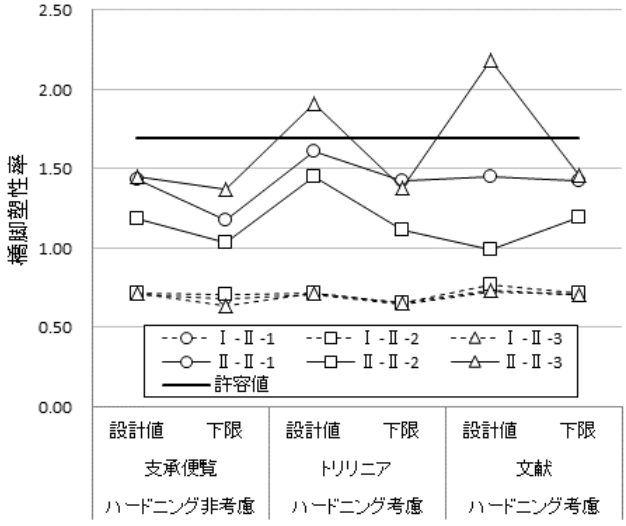

図 4 支承設定比(橋脚塑性率)

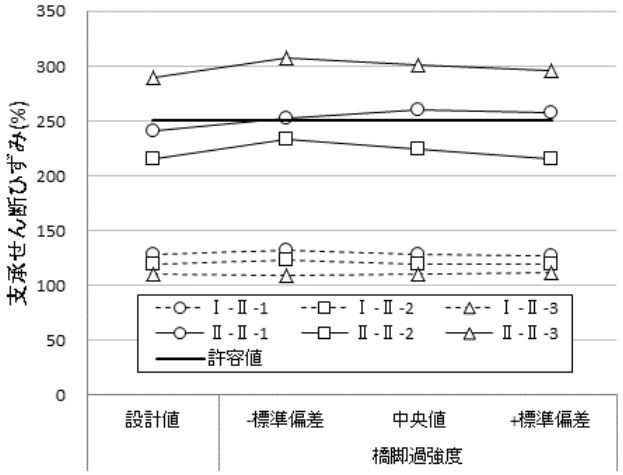

図 5 橋脚過強度の影響比較(支承せん断ひずみ)

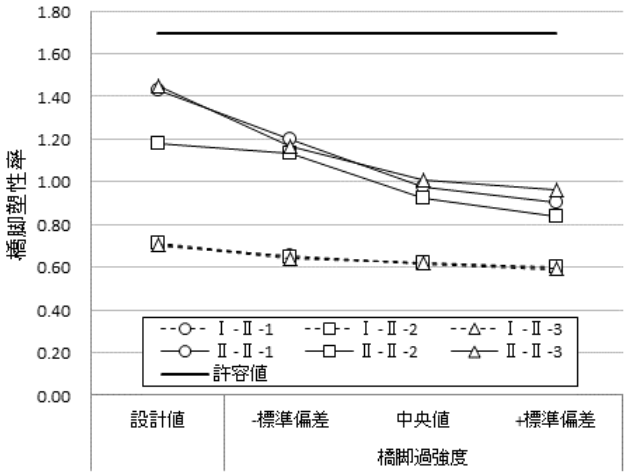

図 6 橋脚過強度の影響比較(橋脚塑性率)

5. まとめ

支承の性能が各種要因により低下していてもハードニングが発現するので, 支承の応答が想定より大きくなりにくいことが分かった. 橋脚過強度により橋脚が塑性化しなければ支承の応答は大きくならないことが分かった.

参考文献

1) 東・中・西日本道路株式会社：構造物施工管理要領, 2016. 2) 足立幸郎, 運上茂樹：免震支承の等価剛性および等価減衰定数のばらつきが免震橋梁の地震応答特性に及ぼす影響, 第 4 回地震保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム概要論文集, 2000. 3) 高橋良和, 篠原聖二, 星隈順一：免震支承の設計モデルの高度化, 第 17 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, 2014. 4) 日本道路協会：道路橋支承便覧, 2004. 5) 日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料, 1997.