

I-B 37

低温下における硬化を考慮した免震橋梁の特性値に関する考察

パシフィックコンサルタンツ 正会員 林亜紀夫
 北海道開発局開発土木研究所 正会員 西 弘明
 北海道開発局開発土木研究所 正会員 谷本俊充
 北海道開発局開発土木研究所 正会員 佐藤昌志

1. はじめに

耐震性向上の目的で橋梁に免震装置を用いる事例が増えつつあるが、寒冷地域においては、低温下における免震装置の反力特性変化が免震効果に与える影響についての検討が必要である。免震装置のゴム部分が低温時に硬化して免震装置の等価剛性は増加し、¹⁾ 橋の固有周期が短くなり、免震装置の変位が減少する。そのことによって免震装置の履歴曲線が変化するので等価減衰定数も変化し、常温時の効果と見比べながら慣性力低減の効果を追求することができるか否かが問題となる。本文では、低温時の特性変化を見込んだケースにおいて所要の免震効果を発揮するために免震装置はどの程度柔軟でなければならないか、同時に常温のケースにおいても免震の利点を十分に追求する設計が可能か否か、について検討した結果を報告する。

2. 検討条件および免震特性値選定上の目標

例題の連続高架橋を図-1に示す。橋長500m、支間約40m、連続PC箱桁、下部構造はRC単柱、橋脚柱高さは桁下空間は平均20m(12m～23m)を想定、地盤種は第Ⅱ種地盤とし、基礎は場所打ちRC杭とした。

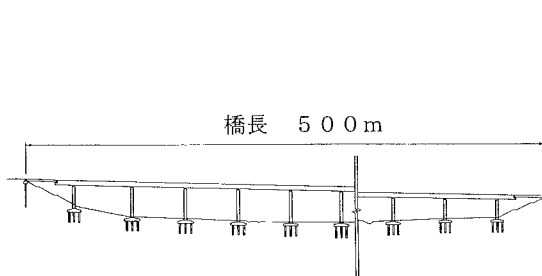


図-1 検討対象橋梁

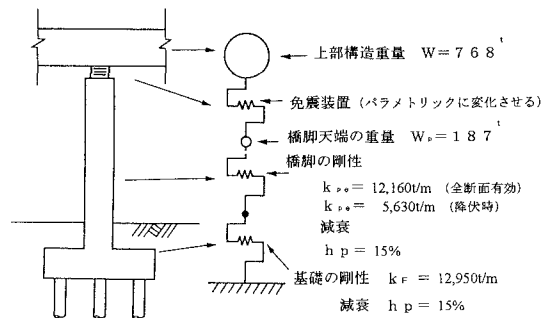


図-2 計算モデル

温度条件としては、北海道内における記録等を参考に、最低気温を -30°C とし、免震装置の低温時硬化については文献1)等を参考に、次のように仮定した。鉛プラグ入りゴム支承の等価剛性は、 -30°C では、常温時の58%増しになり、減衰定数については、 -30°C における値と常温時における値の差は無いとした。なお、鉛プラグ入りゴム支承の常温時の等価剛性と等価減衰定数は文献2)に提案されている推定式を用いることにした。設計地震動としては、文献2)に規定される震度法に用いる設計水平震度および加速度応答スペクトル(以降はL1と呼ぶ)、地震時保有水平耐力法に用いる設計水平震度(以降はL2と呼ぶ)に加えて、文献3)に規定される照査用震度(以降はL3と呼ぶ)の3種類を用いた。

免震特性値を選定する際の目標は次の2点である。

- ① 常温時と、低温によって免震装置の等価剛性が増加した時の、両方のケースにおいて、L1～L3の、どの設計地震動に対しても、非免震時に較べて少なくとも10%以上の設計震度の低減が得られる。
- ② 常温時で、L3地震動を用いた際に免震装置の変位が最大となるが、その場合にも、ゴム支承部分の局部せん断ひずみ等の免震装置の耐荷力検討を満足する。

3. パラメトリックスタディによる免震特性値選定

例題橋の内の代表的橋脚と、その橋脚が水平力を分担する上部構造に着目し、図-2に示す2質点2自由

度のモデルを用い、橋全体の固有周期 T_h と、降伏荷重比 Q_d/W を変化させながら、文献4)の方法によって1次モードに起因する応答を求めた。パラメトリックスタディの結果の一部を図-3～図-4に示す。

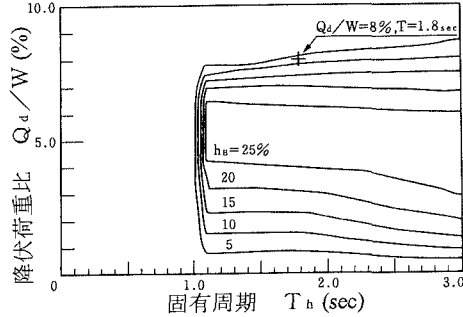
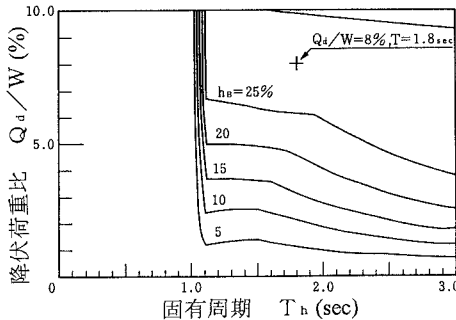


図-3 免震装置の等価減衰定数 h_B の等高線（常温時）
入力：動的解析に用いる加速度応答スペクトル

図-4 免震装置の等価減衰定数 h_B の等高線（低温時）
入力：動的解析に用いる加速度応答スペクトル

表-1 計算結果

	常 温 時			低 温 時 (-30℃)		
	L1 時	L2 時	L3 時	L1 時	L2 時	L3 時
T 固有周期 (sec)	1.281	1.898	1.906	0.987	1.548	1.597
h 橋の減衰定数 (%)	20.00	8.39	8.00	14.24	10.84	9.38
κ_{hc} or κ_h 設計震度	0.225	0.757	0.809	0.225	0.765	0.975
u_B 免震装置の変位 (cm)	6.55	55.1	59.6	2.14	30.8	43.4
K_B 免震装置の等価剛性 (%)	1.434	565	559	4.370	1.041	938
h_B 免震装置の等価減衰定数 (%)	26.3	8.51	7.99	23.9	12.82	10.21

L1 時に固有周期伸長による慣性力低減を得られる程度まで免震装置を柔軟にすると、L2 および L3 時には変位が大きくなりすぎるので、L1 時には、主に履歴減衰の効果による慣性力低減を追求する。しかし、低温時には免震装置の等価剛性が常温時より増加するので変位が低減し、履歴曲線が扁平になって減衰定数が低下する。この点を考慮して図-3 および図-4 を見比べ、降伏荷重比 Q_d/W の概略の適値を選ぶ。

一方、L2 時には、主に固有周期伸長による慣性力低減を図るが、低温時の免震装置の等価剛性増加によって固有周期が短縮され、所定の慣性力低減が得られないことが懸念される。以上を勘案し、免震装置の降伏荷重比 Q_d/W は、8%弱、固有周期 T_h は、1.8sec 強を最適値と考えた。表-1 に示した免震装置の変位 u_B に対して免震装置のせん断耐力が所要値を満足するためには、ゴム支承部分の巾は120cm×120cm、ゴム層の厚さ t_e は26.4cmが必要となる。

4. 結論および今後の課題

- 1) 最低気温を-30℃とし、免震装置の等価剛性が常温時の58%増しとなるとして、常温時と低温時、L1 時～L3 時の組み合わせに対して有効に働く免震特性値を探索した結果、現実的な値を設定することができた。この設定では、低温下における剛性の増加を考えてかなり柔軟な免震装置を設定しているため、免震装置の変位 u_B はL1 時に6cm、L2 時には55cmに達する。文献2)では、L1 時の変位 u_B をもとに伸縮装置の可動巾と桁端遊間を設定することを奨めており、本文の値6cmは対応可能な範囲と考えられる。
- 2) L2～L3 時の変位 u_B に対しても、桁端部と隣接構造が接触あるいは衝突することを考慮した構造上の対応をすることが今後の課題である。連続桁端部に設ける緩衝桁等の案を含め、検討を続けている。

参考文献

- 1) 小山田欣裕, 佐藤昌志, 谷本俊充, 林亜紀夫: 低温域における橋梁免震装置の実験的研究, 構造工学論文集, Vol.42A pp.707-714, 1996.
- 2) 建設省土木研究所他 28 社: 道路橋の免震設計法マニュアル(案), 官民連帯共同研究道路橋の免震構造システムの開発報告書, 1992.
- 3) 日本道路協会: 「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」の準用に関する参考資料(案), 1995.
- 4) 林亜紀夫, 北川常夫, 成田 信之, 前田 研一: 橋梁用免震装置の特性値探索手法, 第9回日本地震工学シンポジウム, No.299, pp.1789-1794, 1994.