

I - 639

低温下における免震支承の適用性に関する考察

開発土木研究所 正員 西村 敦史

開発土木研究所 正員 西 弘明

開発土木研究所 正員 佐藤 昌志

開発土木研究所 正員 小野 裕二

1. はじめに

近年、わが国においても構造物の設計に際して、従来の耐震設計法に代わる免震設計法が注目されてきており、特に建築の分野では数多くの実施例があるようである。さらに、この免震設計の道路橋への適用に関する種々の研究も進められ、平成4年10月には、建設省土木研究所を中心とした官民共同研究グループにより、わが国の道路橋に適した免震設計法の開発に関する研究成果が、「道路橋の免震設計法マニュアル（案）」としてまとめられている。

また、橋梁に用いる免震装置（免震支承）については数種類のものが開発されているが、使用実績が多いと思われるのは、アイソレータおよびダンパーの機能を兼ね備えた鉛プラグ入積層ゴム支承（LRB）である。ここで、著者らの過去の実験結果より、このLRBは強い温度依存性を有することが明らかとなっている。北海道のような低温地域において免震支承の適用を考えた場合、その低温特性を考慮する必要が生じてくると考えられる。本研究では、根室市に現在建設中の温根沼大橋を参考にし、支承の低温時特性を考慮した免震設計の試算を行った。

2. 温根沼大橋の概要

温根沼大橋は、全国で8橋ある免震橋梁計画のうちの1橋として、北海道根室市の温根沼において建設が進められている。本橋は橋長456m、側径間部が4径間連続鈞桁、中央径間部が支間140mのニールセン系ローゼ桁となるが、免震支承（LRB）を採用しているのは、鈞路川側径間部（図-1）のみである。

本橋の設計は、その計画時点（昭和62年度）で、わが国においては具体的に免震設計された橋梁の事例がなかったということで、免震効果は期待しておらず、通常の荷重分散橋梁として行われている。上部構造慣性力の分担率は積層ゴム支承（RB）を採用した端支点で5%、免震支承を採用した中間支承で30%としている。

3. 設計条件

本研究では、温根沼大橋に関して「道路橋の免震設計法ガイドライン（案）」に従って免震設計を行った。そのため、上記マニュアルに基づく場合とは設計震度の補正係数などで若干の相違がある。免震装置の特徴・形状および下部構造の概略形状の設定は、免震設計の初期検討段階で決定されるものであるが、本試算ではこれを省略し現設計を初期値とした。また、過去の実験結果より、免震支承の低温時の特性としては、常温（約20℃）に比較して-20℃の場合の1次剛性および2次剛性はそれぞれ約1.7倍（等価剛性では1.3倍程度）になり、減衰定数については大きな変化はないということが明らかになっているので、これらの関係を用いることとした。積層ゴム支承の剛性（ K_r =

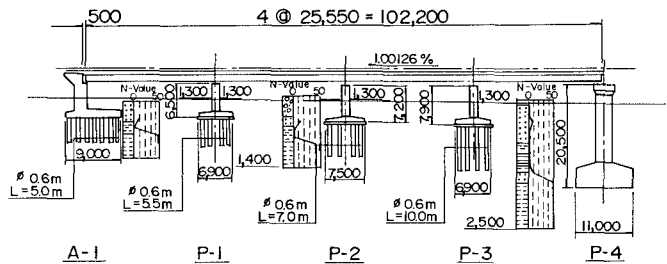


図-1 温根沼大橋側径間部（免震支承採用）

表-1 荷重分散橋梁としての現設計（P1橋脚：2種地盤）

	A1(RB)	P1(LRB)	P2(LRB)	P3(LRB)	P4(RB)
支承変位の仮定値 u_B (m)	0.0526	0.0439	0.0420	0.0391	0.0525
支承等価剛性 K_B (t/m)	369	2613	2692	2828	369
橋脚剛性 K_P (t/m)		12900	10600	8700	110000
支承+橋脚剛性 K_{eq} (t/m)	369	2173	2147	2134	368
上部構造慣性力の分散比 η	0.0513	0.3022	0.2986	0.2968	0.0512
橋の固有周期 T (sec)	0.92				
設計水平震度(震度法) k_{hm}	0.25				
支承変位の計算値 u_B (m)	0.0526	0.0437	0.0420	0.0397	0.0525

369 t/m) に関しては、実験結果がないため設計値である 1.3 倍の剛性を用いている。なお、基礎地盤については I 種および II 種にまたがっているが、ここでは、II 種地盤で設計を行った。

4. 結果および考察

修正震度法による設計結果を表-2 に、保有水平耐力レベルでの照査結果を表-3 に示す。

現設計においても LRB 本体の設計はガイドラインに従って行われており、用いた特性値にほとんど相違がないため、震度法による免震設計では、ほぼ同様な結果となった。低温時においては支承剛性の増加により、橋の固有周期 T が 0.92 秒から 0.80 秒と短くなるが、固有周期別補正係数に変化はないため、設計水平震度 k_{hm} は変わらないようである。すなわち、今回の橋脚および支承の初期設定では、震度法レベルにおいては、下部構造に対する設計用の水平力には温度の影響はないということになる。

次に、保有水平耐力レベルでの照査では、常温時においては支承変位がほぼ設計値 $u_B = 15.0$ cm になり、等価剛性は 1/2 程度まで小さくなっている。橋の周期に関しては、震度法レベルに比較して約 30 % 程度長くなっている。低温時においては、橋の周期 T が長く、また減衰定数 h が小さくなった結果、設計水平震度は $k_{hc} = 0.49$ から 0.62 に変化している。支承の変位については小さくなる傾向があるものの、下部工への負担は増大することがわかる。このことにより、免震装置あるいは橋脚の設計を見直す必要が生じてくる場合も考えられるが、温根沼大橋では橋脚の設計に余裕があるため低温時における照査を行っても問題はないようである。ただし、さらに支承の非線形特性を考慮した動的解析などによっても設計の安全性を照査する必要があるものと思われる。

表-2 震度法による免震設計 (II種地盤)

	常温時					低温時				
	A1	P1	P2	P3	P4	A1	P1	P2	P3	P4
支承変位の仮定値 u_B (m)	0.054	0.046	0.043	0.037	0.052	0.041	0.032	0.030	0.029	0.041
支承の二次剛性 K_2 (t/m)	369	854	854	854	369	473	1452	1452	1452	473
支承の一次剛性 K_1 (t/m)	0	5550	5550	5550	0	0	9435	9435	9435	0
支承の等価剛性 K_B (t/m)	369	2532	2649	2940	369	473	3865	4025	4114	473
支承の等価減衰定数 h_B	0	0.271	0.266	0.251		0	0.28	0.28	0.27	
橋脚剛性 K_P (t/m)		12900	10600	8700	110000		12900	10600	8700	110000
支承+橋脚剛性 K_{eq} (t/m)	369	2117	2120	2198	368	473	2973	2917	2793	471
上部構造慣性力の分散比 η	0.05	0.30	0.30	0.31	0.05	0.05	0.31	0.30	0.29	0.05
橋の固有周期 T (sec)	0.92					0.80				
橋の減衰定数 h	0.20					0.19				
設計水平震度(震度法) k_{hm}	0.25					0.25				
支承変位の計算値 u_B (m)	0.053	0.044	0.042	0.039	0.053	0.039	0.030	0.028	0.027	0.039

表-3 保有水平耐力レベルでの照査 (II 種地盤)

	常温時					低温時				
	A1	P1	P2	P3	P4	A1	P1	P2	P3	P4
支承変位の仮定値 u_B (m)	0.169	0.152	0.149	0.145	0.168	0.154	0.133	0.129	0.125	0.153
支承の二次剛性 K_2 (t/m)	369	854	854	854	369	473	1452	1452	1452	473
支承の一次剛性 K_1 (t/m)	0	5550	5550	5550	0	0	9435	9435	9435	0
支承の等価剛性 K_B (t/m)	369	1361	1372	1386	369	473	2032	2050	2070	473
支承の等価減衰定数 h_B	0	0.212	0.214	0.217		0	0.17	0.17	0.18	
橋脚剛性 K_P (t/m)		12900	10600	8700	110000		12900	10600	8700	110000
支承+橋脚剛性 K_{eq} (t/m)	369	1232	1215	1196	368	473	1755	1718	1672	471
上部構造慣性力の分散比 η	0.084	0.281	0.277	0.273	0.084	0.078	0.288	0.282	0.275	0.077
橋の固有周期 T (sec)	1.18					1.00				
橋の減衰定数 h	0.16					0.13				
設計水平震度(保有水平耐力) k_{hc}	0.49					0.62				
支承変位の計算値 u_B (m)	0.170	0.153	0.150	0.146	0.169	0.153	0.132	0.128	0.123	0.152

参考文献

- (財) 国土開発技術センター：道路橋の免震設計法ガイドライン(案)，1989
- 中野 修・西 弘明・城野忠幸・熊谷勝弘：Effect of temperature on the dynamic behavior of base-isolated bearings, The 24th joint meeting U.S.-Japan panel on wind and seismic effects, 1993.3