

免震支承を有する橋梁の固有周期に関する検討

中央コンサルタンツ 正会員 柚辰雄 九州地方建設局 正会員 百田国弘
橋梁コンサルタント 正会員 竹中啓二 高本博昭 中央コンサルタンツ 田中智行

1. はじめに

免震支承を有する橋梁は、長周期化と減衰効果により耐震性能を向上させている。今回、都市内高架橋をモデル(図-1)とし、以下に示す12種類(上部工2種、橋脚高3種、直接基礎、杭基礎)の各橋梁に対し免震支承の剛性を変化させて検討を行い、上部工、免震支承、橋脚、基礎工のひずみエネルギー、減衰の分担および想定した免震支承の変位(上部工の変位)を定量的に求めたものについて報告する。

2. モデル橋の構造条件

1) 上部構造および下部構造

上部構造は、橋長150m、支間30mの5径間連続PC中空床版橋と鋼鈑桁橋の2種類とした。下部構造はRC張出し橋脚(矩形断面)、高さは、10m、20m、30mの3種類とした。断面照査は、地震時保有水平耐力法にて検討した。(保有水平耐力法の結果はPC橋の場合を表-1に示す。)

2) 基礎および地盤条件

基礎形式については、直接基礎、杭基礎とし、その場合の地盤条件は直接基礎に対してはⅠ種地盤、杭基礎(場所打ち杭φ1200)に対してはⅡ種地盤とした。

3) 免震支承

想定した免震支承は、高減衰積層ゴム支承(HDR)を使用した。

4) 解析モデルおよび手法

解析モデルは、上下部工、基礎工を一体化した全体系モデルにて固有値解析を行った。

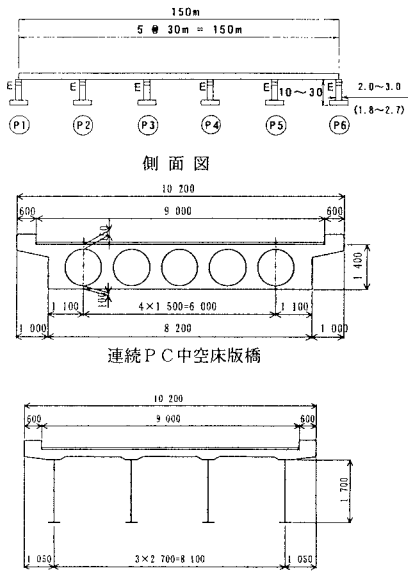


図-1 連続鋼鈑桁橋

表-1 中間橋脚基部の断面計算結果 (連続PC中空床版橋)									
橋脚高	断面寸法 H (m)	鉄筋配置 B ₁ (m), B ₂ (m)	鉄筋配筋率 径×ピッチ	保有水平耐力			非免震時の固有周期 T (s)		
				断面水平力 W-khe (t)	水平耐力 Pa (t)	Pa/W-khe			
直接基礎	橋軸方向	10	2.0×5.0	D29@125×2段	242.20	442.28	1.83	0.39	
		10	2.0×5.0	D29@125×2段	389.25	444.52	1.14		
	直角方向	10	2.0×5.0	D29@125	250.85	938.62	3.74	0.23	
		10	2.0×5.0	D29@125	458.45	941.22	2.05		
	橋軸方向	20	2.5×5.0	D32@125×2段	294.35	334.86	1.14	0.98	
		20	2.5×5.0	D32@125×2段	394.85	334.87	1.10		
	直角方向	20	2.5×5.0	D32@125	304.86	603.54	1.98	0.63	
		20	2.5×5.0	D32@125	599.21	604.57	1.01		
	橋軸方向	30	3.0×5.0	D41@125×2段	364.03	437.53	1.20	1.34	
		30	3.0×5.0	D41@125×2段	429.00	437.46	1.02		
	直角方向	30	3.0×5.0	D41@125	429.00	650.12	1.52	1.05	
		30	3.0×5.0	D41@125	468.00	651.46	1.39		
杭基礎	橋軸方向	10	2.0×5.0	D25@125	242.20	261.40	1.08	0.76	
		10	2.0×5.0	D25@125	242.20	261.28	1.08		
	直角方向	10	2.0×5.0	D25@125	242.20	573.31	2.37	0.60	
		10	2.0×5.0	D25@125	285.45	573.38	2.01		
	橋軸方向	20	2.5×5.0	D35@125×2段	357.43	386.78	1.08	1.14	
		20	2.5×5.0	D35@125×2段	315.38	386.76	1.23		
	直角方向	20	2.5×5.0	D35@125	388.96	687.64	1.77	0.87	
		20	2.5×5.0	D35@125	515.11	689.42	1.34		
	橋軸方向	30	3.0×5.0	D41@125×2段	390.00	439.05	1.13	1.49	
		30	3.0×5.0	D41@125×2段	429.00	438.95	1.02		
	直角方向	30	3.0×5.0	D41@125	494.00	650.12	1.32	1.30	
		30	3.0×5.0	D41@125	468.00	651.46	1.39		

※ B₁: 橋軸方向 B₂: 直角方向

キーワード：免震橋、高減衰積層ゴム支承、固有周期、ひずみエネルギー

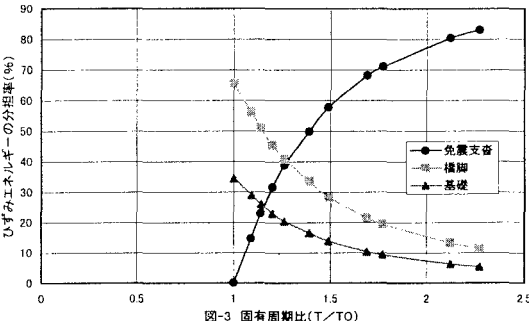
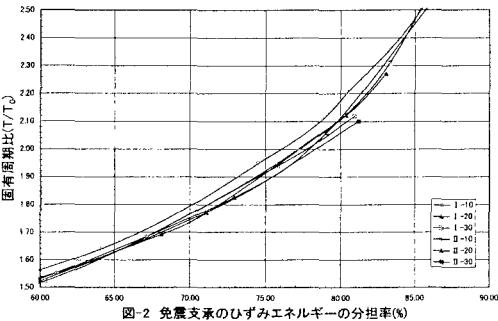
〒810-0062 福岡市中央区荒戸1丁目1-6 Tel:092(722)2541 Fax:092(721)0893

3. 検討結果

検討結果を図-2, 3, 4 表-2 に示す。

1) 固有周期比 (T/T_0 : T : 免震 T_0 : 非免震) とひずみエネルギーの分担率

図-2 は免震支承の等価剛性を变化させた場合の各上部工形式に対する固有周期比 (T/T_0) と免震支承のひずみ分担率を示した。この図より各橋脚高さ (10m~30m), 各基礎形式および上部工形式によらず一定の傾向を示した。免震支承に主たる非線形性が発生する現象を定量的に示す値として、道示で示す固有周期比が2倍程度の場合、免震支承のひずみエネルギー分担率がおおむね75%程度以上であれば良いことが確認された。図-3 にPC橋 (II-20) のひずみエネルギーの各分担 (免震支承、橋脚、基礎) 率を示す。



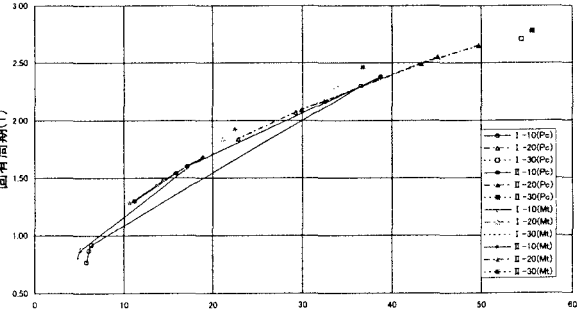
2) 固有周期比の範囲について

表-2 は各ケースにおける実際の免震支承を採用した場合の固有周期比の範囲を示す。図-4 は免震時における固有周期と上部工変位の関係を示す。これらの結果から以下のことが判断される。

- ・PC橋と鋼橋の適用範囲 (設計可能な範囲) は、橋脚や基礎の剛性にやや影響するが、支承反力の大きいPC橋の方が有利である。
- ・上部工変位は、支承反力の小さい鋼橋の方がPC橋に比べて小さい。
- ・橋脚高さが低いほど免震支承の適用範囲に有利である。
- ・地盤が良好 (I 種地盤) なほど免震支承の適用に有利である。
- ・上部工変位を 30cm 程度以内に収めたい場合は、免震時の固有周期は 2 秒程度以下が望ましい。

表-2 各ケースにおける固有周期比の範囲			
	PC橋	鋼橋	備考
I-10	2.2~5.8[37]	2.0~3.6[17]	直接基礎
I-20	2.0~2.5[45]	1.76*(72%)[21]	〃
I-30	1.87*(76%)[54]	1.55*(65%)[34]	〃
II-10	2.0~3.1[39]	2.0~2.3[19]	杭基礎
II-20	2.1~2.2[50]	1.60*(66%)[24]	〃
II-30	1.73*(71%)[56]	1.41*(56%)[37]	〃

()内の値は免震支承のエネルギー分担率を示す。
()内の値は上部工の変位を示す。単位cm
* については設計可能な固有周期比を示す。



4. まとめ

免震設計を行う場合、適切な基礎、橋脚、免震支承の剛性を選定し、免震支承に確実にひずみエネルギーが分担していることを定量的に判断し、かつその場合、上部工の変位が適切であることが必要である。また橋脚基部において応答塑性率が1程度以下 (副次的な非線形性) であることが望ましい。

【参考文献】道路橋示方書・同解説V耐震設計編 道路橋の免震設計法マニュアル (案)