

I-652 1 km級の超多径間連続PC免震橋の適用性に関する研究

住友建設(株) 正会員 ○藤原 保久
パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 伊東 靖
住友建設(株) 正会員 新井 英雄

1. まえがき

近年、免震設計を適用した道路橋の建設が各地で計画され、その一部は現在施工を完了している。本研究は、この免震設計の超多径間連続PC橋に対する適用性を検討することを目的として、橋長約1 kmのモデル橋による試設計を行ったものである。設計基準は原則として道路橋示方書を適用し、免震装置の設計については、「道路橋の免震設計法ガイドライン（案）」を参照した。以下にその概要を報告する。

2. モデル橋の概要

モデル橋の設計条件及び諸元は次のとおりである。

- ・橋 格：1等橋（TL-20，TT-43）
- ・上部工形式：26径間連続PC箱桁
- ・橋 長：1027 m（26@39.5 m）
- ・下部工形式：柱式橋脚
- ・有効幅員：11.0 m
- ・基礎工形式：場所打ちコンクリート杭（φ1,200）
- ・温度変化：±20℃
- ・設計震度：地域別（A地域），地盤種別（Ⅱ種），重要度別（1級）
- ・施工法：移動支保工による分割施工（施工サイクル20日／スパン）

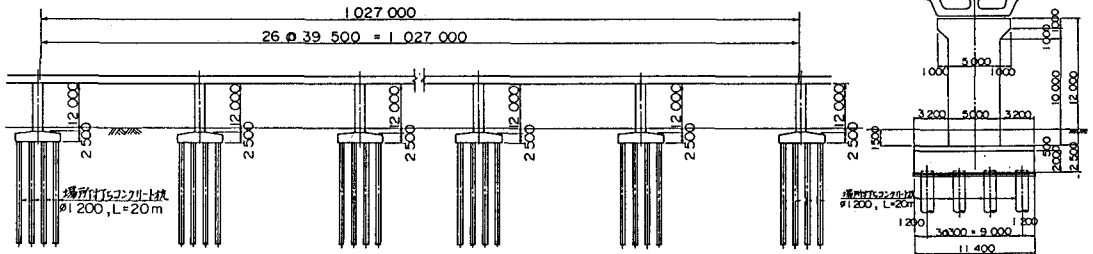


図-1 モデル橋一般図

3. 免震装置の設計

免震装置としては、鉛プラグ入り積層ゴム支承を使用し、種類は端部橋脚及び中間橋脚の2種類とした。また、クリープ・乾燥収縮による移動量の1/2を予備せん断変形として与え、その影響を低減した。

表-1 免震支承の諸元

項目	位置	端部橋脚	中間橋脚
死荷重反力 (t)		220	525
活荷重反力 (t)		68	130
ゴムの弾性係数 (kg/cm ²)		8.0	8.0
平面形状 (cm)		90×90	100×100
ゴムの総厚 (cm)		24.0	42.0
鉛プラグ直径 (cm)		20.0×1	19.0×4
支承全高 (cm)		32.88	58.88

表-2 免震支承の動的特性

項目	位置		位置	
	端部橋脚	中間橋脚	端部橋脚	中間橋脚
	レベル 1	レベル 2	レベル 1	レベル 2
第1剛性 K_1 (kg/cm)	26,240		77,730	
降伏荷重 Q (t)	23.49		83.95	
変位 U_n (cm)	9.55	35.19	9.55	38.18
等価剛性 K_n (kg/cm)	6,503	4,712	13,005	6,452
等価減衰率 h_n (%)	21.4	8.7	26.8	19.6

4. 下部構造の設計

下部構造の設計は、道路橋示方書に従って震度法（レベル1）と橋脚の地震時保有水平耐力の照査（レベル2）ならびに動的解析による照査を行った。

1) 震度法による設計

橋の設計振動単位は2.6径間連続桁部とこれを支持する2.7基の下部構造より構成されるものとして、固有周期を算定し、これより設計水平震度を決定した。固有周期は橋軸方向1.348（秒）、橋軸直角方向1.307（秒）であり、設計水平震度はともに $K_H=0.25$ である。

静的解析により求めた橋脚下端の曲げモーメントを示したものが図-2である。クリープ・乾燥収縮と温度による断面力は主桁変位量の大きい端部橋脚になるに従って増加するが、地震による断面力は各橋脚ともほとんど同じ大きさである。また、温度時の断面力に対して地震時が約5倍と卓越しており、下部構造の寸法は地震時において決定された。

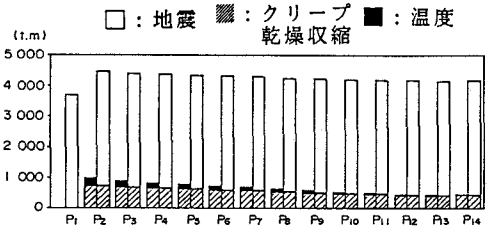


図-2 橋脚下端の曲げモーメント

2) 動的解析による照査（レベル1）

動的解析の手法はモード解析による応答スペクトル法とし、採用モード次数は100次とした。解析は全体骨組モデルにより行い、検討ケースは免震支承を使用した場合と非免震支承を使用した場合の2ケースについて行った。この時の非免震支承とは免震支承と同じ線形バネを有し減衰定数を5%に低減したものである。

動的解析の応答値と静的解析を比較したのが表-3である。免震支承を使用した場合、静的解析に対し動解の応答値は50~65%程度になった。一方、非免震支承を使用した場合、静的解析に対し主桁の相対変位及び橋脚上端のせん断力はほぼ同じ、橋脚下端の断面力は70~85%程度となった。

表-3 応答値の比較（レベル1）

方向	項 目	動 解 (免 震)			動 解 (非免震)			震 度 法 ($K_H=0.25$)		
		P_1	P_2	$P_2 \sim P_1$	P_1	P_2	$P_2 \sim P_1$	P_1	P_2	$P_2 \sim P_1$
橋 軸 方 向	主桁の相対変位 (mm)	65.4	65.4	65.5	97.2	97.8	97.7	98.5	99.0	99.2
	主桁の応答加速度 (m/s^2)	1.618	1.618	1.619	2.416	2.418	2.420	—	—	—
	橋 脚 上 端 $S(t)$	169.3	170.4	170.3	253.1	254.8	254.6	258.1	258.1	258.1
	橋 脚 下 端 $S(t)$	185.1	186.2	186.4	268.0	269.7	269.8	356.5	356.5	356.5
	橋 脚 下 端 $M(t \cdot m)$	2109.5	2122.9	2123.0	3116.1	3136.2	3135.2	3694.3	3697.3	3700.0
直 角 方 向	主桁の相対変位 (mm)	52.8	62.7	68.2	66.0	83.9	98.1	79.8	102.2	100.8
	主桁の応答加速度 (m/s^2)	1.555	1.674	1.711	1.883	2.207	2.484	—	—	—
	橋 脚 上 端 $S(t)$	137.4	163.0	177.5	171.2	218.9	255.3	208.2	242.6	260.7
	橋 脚 下 端 $S(t)$	139.7	165.5	186.1	174.6	221.4	259.0	306.6	341.0	359.1
	橋 脚 下 端 $M(t \cdot m)$	1946.3	2275.1	2475.4	2440.1	3042.2	3556.1	3536.3	3974.7	4227.4

た場合、静的解析に対し動解の応答値は50~65%程度になった。一方、非免震支承を使用した場合、静的解析に対し主桁の相対変位及び橋脚上端のせん断力はほぼ同じ、橋脚下端の断面力は70~85%程度となった。

これは免震支承の有する減衰効果により橋脚に作用する地震力をかなり低減できることを示している。したがって、震度法によって設計された下部構造に対して免震支承を適用すれば耐震安全性を向上させることができる。

5. まとめ

1) PC橋を超多径間化する場合、クリープ・乾燥収縮によって生じる橋脚の断面力をいかに低減できるか問題となる。本試設計では、免震支承として緩速載荷時には水平剛性が小さくなる鉛プラグ入り積層ゴム支承を使用し、さらに予備せん断変形を与えることによりこの問題に対処した。結果的にクリープ・乾燥収縮による橋脚の断面力は、端部橋脚においても地震による断面力の10%程度となり、下部構造の寸法が同一となった。また、これはPC橋をさらに連続化できる可能性も示している。

2) 動的解析の結果では、免震支承を使用した場合の橋脚断面力は非免震支承を使用した場合の70%程度に低減される。さらに、静的解析（震度法）に対しては50~60%にまで低減されており、免震支承の有する減衰の効果が確認された。

最後に本報告は建設省土木研究所と民間28社との官民連帯共同研究「道路橋の免震構造システムの開発」の一環として行われたものである。