

I-648 鋼免震橋の耐震性向上について

新構造技術（株） 正 岡戸 三夫

" 小室 光治

" 正 堀川 道広

" 河原 史直

1. まえがき

免震橋は免震支承が保有する減衰性能と上部構造の慣性力を弾性支持し、橋全体を長周期化することにより地震力の低減を図ろうとするものである。免震橋が適用される条件としては様々な外的影響要因が考えられるが、今後免震橋を計画するにあたりその耐震性についての特性を明らかにすることが必要となる。

本文では、鋼橋における支持方式の違いによる応答値を比較することにより免震橋の耐震安全性を定量的に把握するとともに、免震橋における橋脚高および基礎の剛性差による影響度を検討した結果を報告する。

2. 解析モデルおよび諸定数

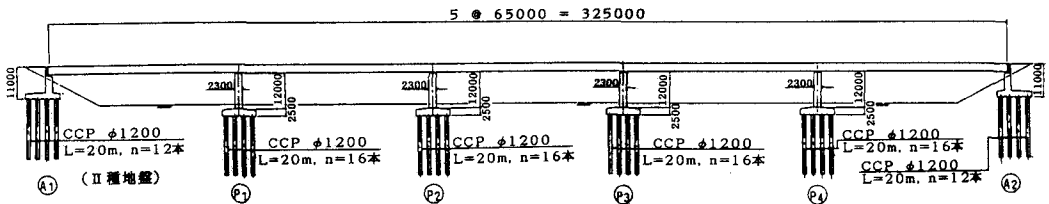


図-1 解析モデル

表-1 減衰定数および支承の水平バネ

橋ケース	項目	減 衰 定 数				支承の水平バネ(tf/m)	
		上部工	支 承	下部工	基礎工	W1	W2
TYPE-1 多点固定方式			—			∞(ピン結合)	
TYPE-2 ゴム支承による弾性固定方式		0.02	0.05		0.05	3660	
TYPE-3 免震支承による弾性固定方式			0.25	0.102		3660	2343

表-2 基礎の地震バネ定数

	P1-P4欄間
水 平 (tf/m)	543 947
鉛 直 (tf/m)	829 400
連 成 (tf)	844 527
回転(直角)(tf.m)	11 434 774
回転(傾斜)(tf.m)	11 434 774

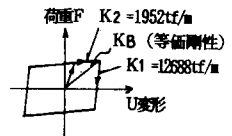


図-2 LRB 復元特性

図-1に解析モデルを、表-1、表-2に諸定数を示す。また、図-2に免震支承（鉛プラグ入りゴム支承・LRB）の復元特性を示す。モデル橋は支間65mの鋼5径間連続箱桁橋とし下部工は中間支点をRC張出し式橋脚、端部を可動支持による橋台とした。

検討対象とした支持方式は表-3に示す通りであり、免震橋の耐震性を把握するために、中間支点部における上部工の支持方式をピン支承による多点固定方式（非免震橋）、ゴム支承による弾性固定方式（非免震橋）、免震支承（LRB）による弾性固定方式（免震橋）の3タイプを比較した。また、免震橋においては、下部構造の剛性差による影響度の検討を行うために、表-4に示すような脚高・基礎バネをパラメータに解析を行った。なお、動的解析は平面骨組モデルを用いて橋軸方向について平均応答スペクトル法で解析した。震度レベルはレベル1とレベル2について解析したが、ここではおもにレベル1の結果について述べる。

3. 解析結果および考察

表-5に各支持方式（TYPE-1, 2, 3）と震度レベル毎の固有値解析

表-3 支持方式検討モデル

	解 析 モ デ ル	
	多点固定方式（非免震橋）	
TYPE-1		
TYPE-2		
TYPE-3		

表-4 脚高・基礎バネのパラメータ

	橋脚高: H・基礎バネ: K			
H=14.5m	P1	P2	P3	P4
Case-1	0.5 H	H	H	H
Case-2	H	1.5 H	H	H
Case-3	H	0.5 H	1.5 H	H
Case-4	0.5 K	K	K	K
Case-5	K	∞ K	K	K
Case-6	K	0.5 K	∞ K	K

結果を示す。これによると多点固定方式（TYPE-1）に比べ弾性固定方式（TYPE-2, 3）は弾性支承の変形により長周期化することが判る。図-3に支持方式の違いによる脚付け根の曲げモーメントを示す。これによると温度変化による脚付け根の曲げモーメントは、多点固定方式（TYPE-1）がゴム支承方式（TYPE-2）とLRB方式（TYPE-3）に比べて大きな値となる。P2・P3橋脚においてはLRB方式がゴム支承方式を上回るがP1・P4橋脚では反転する。これは免震支承の等価剛性が変形量に反比例する性質によるもので、変形量の小さいP2・P3橋脚はゴム支承のせん断バネより大きくなり、変形量の大きいP1・P4橋脚ではゴム支承のそれより小さくなったことによるものである。

温度変化による曲げモーメントと地震による曲げモーメントの関係に着目すると、多点固定方式においては温度変化による影響が大きい。P1・P4橋脚では特に著しく、実設計にあたっては、温度変化による作用力に対して応力解放等を図る必要が生じる。一方、LRB方式の曲げモーメントは温度と地震いずれも小さく、地震時の脚付け根の曲げモーメントはゴム支承方式と比較しても20～30%小さな値となり免震橋の耐震性が向上したことが判る。図-4に主桁と脚天端に着目した加速度の減少率を示す。これによると、多点固定方式では4%程度の減少率にすぎないのに対して、ゴム支承方式では35%前後の減少率であり、さらに減衰性能を有するLRB方式では約50%の減少率を示した。

免震橋における橋脚高および基礎の剛性差による影響は、図-5、図-6に示す通り脚天端のせん断力率の分担率で評価できる。これによると脚高が変化していることの影響により、せん断力に20%～30%増減が生じるが、基礎剛性を変化させることによる影響は8%程度と比較的小さいことが判る。

4. まとめ

連続桁構造では地震時水平力を各橋脚にどのように分担させるかが橋梁を計画する上で常に大きな課題となる。この課題を解決する一つの方法として減衰性能を有する弾性支承を用いることにより、地震力を低減させながら各橋脚にほぼ均等に分散させる方法が有効であることが判った。これにより橋脚断面の統一化、温度変化の影響が少ないことによる多径間化、断面力低減効果による耐震性の向上などが図れると思われる。

また、当モデルのような免震橋は、下部構造の剛性変化に対しても優れた追随性を有している。

なお、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。

〈参考文献〉

- 1) (財) 国土開発技術研究センター 道路橋の免震設計法ガイドライン（案）平成元年3月
- 2) 官民連帯共同研究報告書 道路橋の免震構造システムの開発に関する共同研究報告書（その1）1990.3

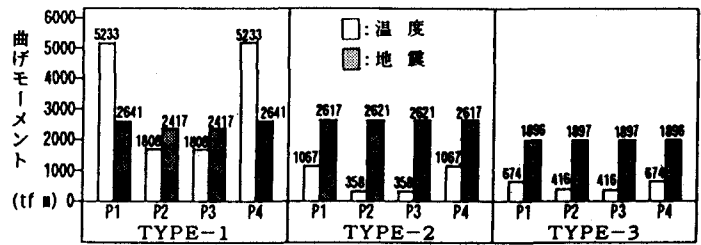


図-3 支持方式の違いによる温度変化時・地震時の脚付け根の曲げモーメント（常時換算値）

表-5 固有値解析結果

地震レベル	レベル-1			レベル-2		
	TYPE -1	TYPE -2	TYPE -3	TYPE -1	TYPE -2	TYPE -3
固有周期(秒)	0.64	1.36	1.36	0.82	1.45	1.71
卓越モード	3次	1次	1次	3次	1次	1次

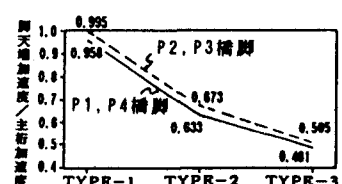


図-4 加速度の減少率

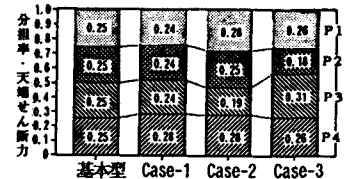


図-5 脚高の影響

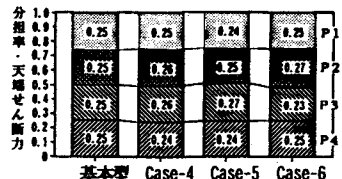


図-6 基礎バネの影響