

河川内橋脚を有する常陸利根川橋の免震化設計

日本道路公団 千葉管理事務所 正会員 ○山岸 睦功
 (株)アジア共同設計コンサルタント 土橋 次郎

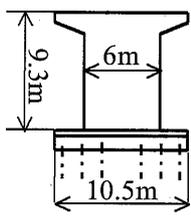
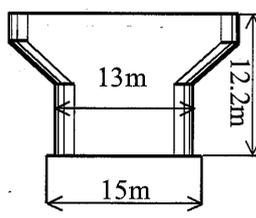
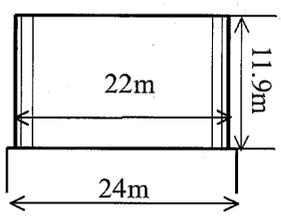
1. はじめに

兵庫県南部地震以降、JH では鉄筋コンクリート橋脚（以下、RC 橋脚）の変形性能を高めるため、RC 巻立工法や、鋼板巻立工法、炭素繊維巻立工法を採用し、RC 橋脚の補強を進めてきた。施工上の制約条件が無い場合、RC 巻き立て工法が一般的に経済性の観点から採用されている。しかし、RC 橋脚が河川内にある場合には、仮設工が大規模になり経済的でなくなることや、それに付随する協議が煩雑になること等を考慮し、今回 JH 千葉管理事務所では、河川内 RC 橋脚の補強を行わず、仮設工を極力小規模なものにするため、橋梁全体での耐震性確保を目指すことを検討した。

2. 対象橋梁および検討概要

対象橋梁は東関東自動車道の千葉県と茨城県境に位置する常陸利根川橋（5 径間連続 PC 箱桁橋）で橋長 330m、最大支間 73.5m である。地盤種別は II 種地盤で、上部工は BP 支承で全て支持されており、P3 橋脚のみ固定支持となっている。下部構造は P1、P6 については上下線別々の RC 橋脚・鋼管杭であるが、P2～P5 は上下線共通の RC 橋脚・ケーソン基礎となっている。代表的な橋脚の形状について表-1 に示す。

表-1 橋脚の形状

P1	P2	P3
		
鋼管杭	ケーソン基礎	ケーソン基礎

個々の橋脚について地震時保有水平耐力の照査を行った結果、全ての橋脚で保有水平耐力が不足する。固定支持している P3 橋脚だけの補強では、地震時保有水平耐力の確保が困難であるため、水平反力分散支承を適用し、他の橋脚に地震力を分散することとした。このとき、P1、P6 橋脚については河川敷外にあるため、通常の RC 巻立工法にて補強し、河川内にある P2～P5 橋脚の地震時水平力負担を軽減させることとする。

3. 解析モデル

動的解析では、上下部構造を 2 次元骨組モデルに置換した。橋脚はひび割れを考慮した Takeda による剛性低下履歴を用いてモデル化した。免震支承のモデル化は、バイリニア型の履歴特性を有する非線形バネモデルとした。入力地震動としては、タイプ I、タイプ II 地震動とも II 種地盤の 3 波を用いた。以降に示す計算結果は全て 3 波の入力地震動に対する応答値を平均したものである。

4. 検討結果

(1) 橋軸、橋軸直角方向に同じ支承を適用する場合

河川内橋脚の補強はせず、超高減衰ゴム支承を各橋脚に適用した場合の橋軸直角方向における非線形動的解析結果が表-2 である。これをみると各橋脚基部の応答回転角は全ての橋脚で許容回転角を大幅に下回っている。せん断力については P2 橋脚でせん断耐力/最大応答せん断力が 0.98 であり、P3 橋脚では 0.66 と最大応答せん断力がせん断耐力を上回っている。

表-2 各橋脚に高減衰ゴム支承を適用した場合（橋軸直角方向、タイプ II 地震動）

	最大応答 回転角	許容 回転角	最大応答 せん断力	せん断 耐力	せん断 力比率
	mrad	mrad	kN	kN	
P1	0.44	7.47	25770	28740	1.12
P2	0.03	1.91	17210	16930	0.98
P3	0.01	1.54	38750	33150	0.66
P4	0.02	1.94	15480	16680	1.08
P5	0.02	1.90	13190	16680	1.26
P6	0.17	7.93	15660	20040	1.28

キーワード 免震設計、非線形動的解析、ゴム支承、河川内橋脚

連絡先 〒263-0001 千葉県千葉市稲毛区長沼原 177 JH 東京管理局千葉管理事務所 Tel 043-259-5221

る。各橋脚に設置されている高減衰ゴム支承の特性を表-3に示す。ここでゴム支承の大きさは橋軸方向の照査によりせん断力比率で均等配分とした大きさであり、全体系で耐震性を満足するために、保有耐力の大きいP3橋脚に地震力が集中するよう、ゴムの剛性を設計可能な範囲で変化させているが、繰り返し計算を行っても全体系で耐震性を満足させることができない。これは橋軸方向、橋軸直角方向両方向に同じゴム支承が作用するため、両方向でのゴム支承の剛性がほぼ同じ値となるためである。

(2) 橋軸、橋軸直角方向に異なる支承を適用する場合

河川内橋脚の補強はせず、超高減衰ゴム支承を橋軸方向、橋軸直角方向それぞれ異なるものを適用した場合の非線形動的解析結果が表-4である。これを見ると橋脚基部の回転角、せん断力ともに応答値が保有耐力を下回っており、耐震性を満足することが分かる。各橋脚に設置されている高減衰ゴム支承の特性を表-5に示す。橋軸方向、橋軸直角方向で異なる剛性を適用させるためには、それぞれの支承が作用する方向以外に移動することを制限する必要がある。これを可能とするために図-1に示すような構造とした。作用方向以外へは鋼製ブラケットにより変位が制限され、橋軸方向、橋軸直角方向の地震力を、分散することを可能とした。このとき、既設の支承はP3固定支承の固定鋼材を切断することで可動支承とし、全てそのまま利用することとした。

5. 結論

河川内橋脚をRC巻立て工法にて補強することなく、超高減衰ゴム支承を追加することで、橋梁全体系の耐震性を満足させることを非線形動的解析にて検討した。本検討から得られた結論は、以下の通りである。

- 1) ゴム支承を適用し、橋梁全体系での耐震性を満足させることを試みたが、各方向に同一の支承を用いる方法ではゴム支承の形状、許容引張応力等の制約から満足な結果が得られなかった。
- 2) 鋼製ブラケットを変位制限装置として各方向に作用するゴム支承の動きを限定することで、橋梁の各方向の応答を免震化でき、河川内橋脚のRC巻立て工を施工せずに橋梁の耐震性を経済的に満足することができる。

以上の検討をふまえ、ゴム支承設置スペース確保のために、橋脚天端を鋼製ブラケットにより拡幅し、ゴム支承を設置する工事を今後施工する。

表-3 高減衰ゴム支承の特性

	平面寸法	ゴム厚さ	等価剛性(kN/m)	
	mm		橋軸	橋軸直角
P1	900×1250	95	16150	16280
P2	1200×1250	308	7470	6430
P3	1000×1000	110	12390	12990
P4	1200×1250	308	7470	6430
P5	1200×1250	308	7470	6690
P6	900×1250	95	16150	15780

表-4 各橋脚に方向別の超高減衰ゴム支承を適用した場合（橋軸直角方向、タイプII地震動）

	最大応答 回転角	許容 回転角	最大応答 せん断力	せん断 耐力	せん断 力比率
	mrad	mrad	kN	kN	
P1	0.15	3.95	21785	28742	1.32
P2	0.03	1.13	15109	16925	1.12
P3	0.01	0.91	29140	33153	1.14
P4	0.02	1.12	15554	16681	1.07
P5	0.02	1.10	13478	16681	1.24
P6	0.20	5.08	16205	23725	1.46

表-5 超高減衰ゴム支承の特性

	方向	平面寸法	ゴム厚	等価剛性(kN/m)	
		mm		橋軸	橋軸直角
P1	両方向	1170×1220	191	12502	11368
P2	橋軸	570×670	229	2415	5871
	橋軸直角	1320×1270	251		
P3	橋軸	1020×1420	224	11498	6238
	橋軸直角	1570×1570	322		
P4	橋軸	570×770	216	3102	3963
	橋軸直角	1370×1370	351		
P5	両方向	920×920	241	5125	5770
P6	両方向	1170×1220	191	12159	11334

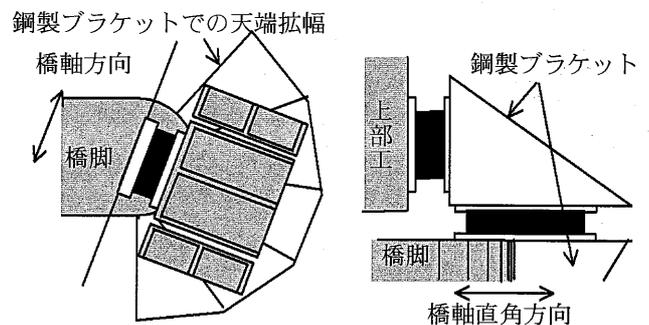


図-1 支承構造