

フレキシブル橋脚を有する高架橋の耐震補強設計

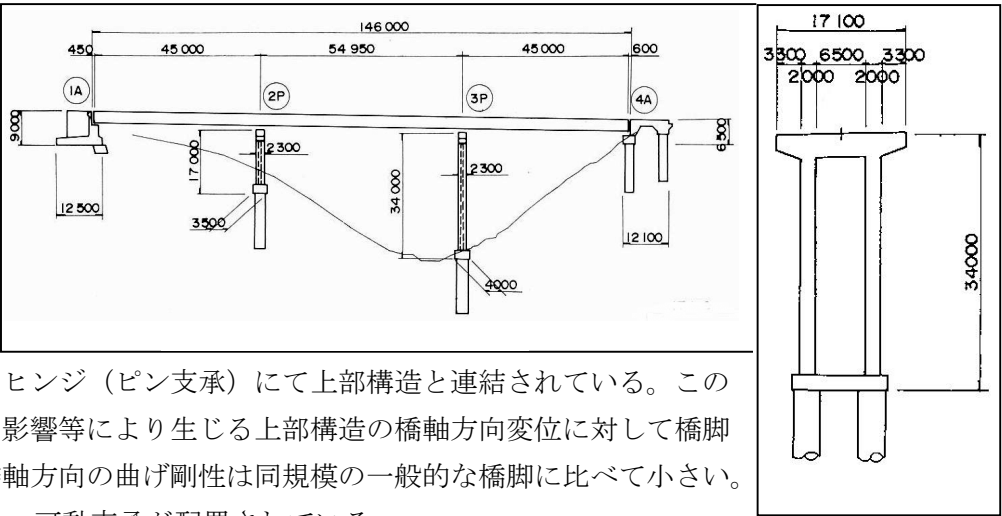
本州四国連絡橋公団 正会員 山田 郁夫
本州四国連絡橋公団 正会員 川端 淳
本州四国連絡橋公団 正会員 ○杉町 直明

1. はじめに

神戸淡路鳴門自動車道（本州四国連絡道路）の淡路島南部に位置する伊弉高架橋（昭和60年完成）は、中間橋脚にて上下部構造をピン支承で連結し可撓性のある橋脚（フレキシブル橋脚）を有する連続高架橋である。本橋の耐震補強は、現行の道路橋示方書に基づいて実施したが、通常の橋脚補強では桁端変位を許容値以下に制御できないため、制振装置（ダンパー）を使用して変位を制御する設計を行った。

2. 現橋の構造特性

伊弉高架橋の構造的特徴について第一高架橋を例として示す（図－1）。上部構造は3径間連続非合成鈑桁（6主桁）であり、1A橋台が固定である。2P・3P橋脚は耐震壁を有するラーメン式橋脚（図－2）で、ヒンジ（ピン支承）にて上部構造と連結されている。このため、活荷重及び温度変化の影響等により生じる上部構造の橋軸方向変位に対して橋脚が追従することが必要で、橋軸方向の曲げ剛性は同規模の一般的な橋脚に比べて小さい。4Aはラーメン式橋台であり、可動支承が配置されている。



3. レベル2地震時における現橋の挙動

現橋の断面諸元・支承条件を用いたモデルにて、レベル2地震時における時刻歴応答解析を行った結果を表－1に示す。結果を要約すると、①橋軸方向には支承補強（変位制限）を行えば橋脚補強は不要、②橋軸直角方向には3P橋脚のせん断補強と2P・4Aでの支承補強（変位制限）が必要である。

タイプⅡ入力時の橋軸方向の変位図を図－3に示す。橋脚は上部構造により上端で変位拘束を受け、特に3P橋脚で顕著となっているように橋脚中間部で大きくたわむ挙動となる。よって、1Aの固定支承には、橋脚躯体による水平力の一部と上部構造による水平力が作用し、この水平力は支承耐力を大きく上回る。

表－1 現橋照査結果

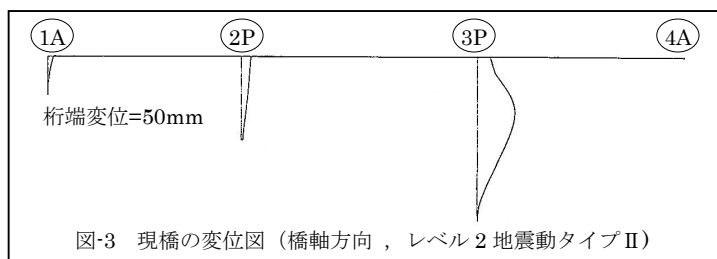
照査方向	照 査 項 目	地震動 タイプ	1A		2P		3P		4A	
			応答値	許容値	応答値	許容値	応答値	許容値	応答値	許容値
橋軸方向	曲率・許容曲率 ($\mu \cdot 1/m$)	I			63.5	< 2811.5	685.3	< 2456.5		
		II			255.1	< 7213.0	3155.0	< 5305.0		
	せん断力・せん断耐力 (kN)	I			1518.6	< 4316.3	3101.7	< 4897.1		
		II			3792.3	< 4795.8	5006.2	< 5441.8		
	支承の水平力・耐力 (kN)	I	23510.0	> 9408.0	1439.4	< 6402.0	3206.9	< 6402.0	-	-
		II	63275.7	> 9408.0	2908.4	< 6402.0	4322.5	< 6402.0	-	-
橋軸直角方向	曲率・許容曲率 ($\mu \cdot 1/m$)	I			634.1	< 1260.4	83.1	< 892.4		
		II			2215.8	< 3268.3	471.8	< 2233.1		
	せん断力・せん断耐力 (kN)	I			9867.8	< 13294.8	7840.6	< 10224.9		
		II			12865.0	< 13533.7	12016.2	> 10530.1		
	支承の水平力・耐力 (kN)	I	2720.9	< 9408.0	7842.7	> 6402.0	2482.2	< 6402.0	5602.1	> 3942.0
		II	7385.2	< 9408.0	9450.3	> 6402.0	4396.6	< 6402.0	9257.7	> 3942.0

※「曲げの照査」「せん断力の照査」では、それぞれの橋脚で最も厳しい部材の値を示す。

キーワード 耐震補強，フレキシブル橋脚，高架橋，制振装置

連絡先 〒651-0088 神戸市中央区小野柄通4－1－22 本州四国連絡橋公団 TEL 078-291-1000(代)

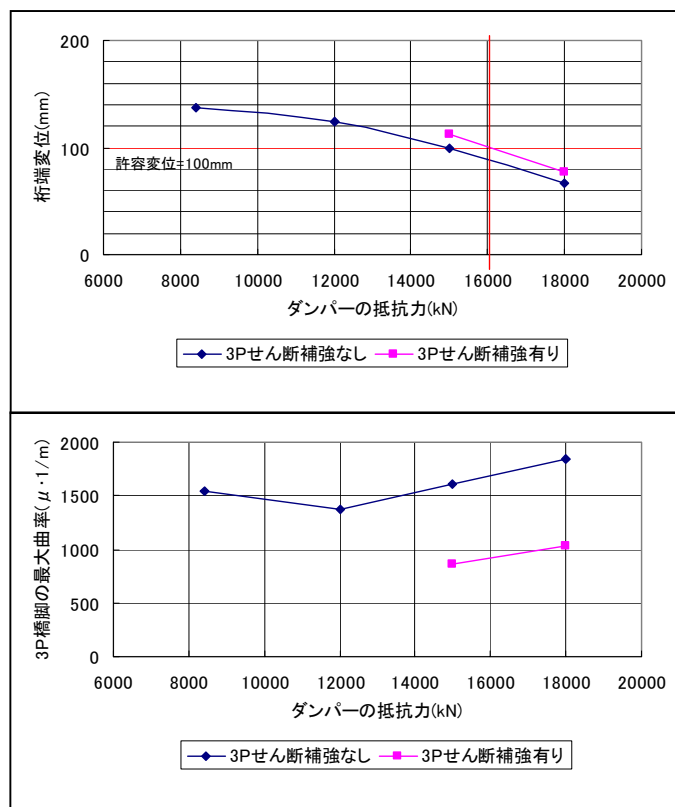
耐震補強を行うにあたって1 A 支承をあくまで固定とする場合、63,000kN を超える水平力のため、固定機能を補完する巨大な変位制限構造に加え、橋台自体の安定を確保する大規模な対策が必要となり現実的ではない。このためレベル2 地震時には、1 A 固定支承の破壊は許容することとして、その上で橋梁全体系において所用の耐震性能が確保できる方法を検討した。



支承破壊後を想定して1 Aをフリーとした解析では、上部構造において480mmの変位が生じる。一方、主桁と橋台の遊間が100mmであることから桁端が衝突する計算となる。したがって、支承破壊後に桁端変位を抑える方法が別途必要であり、制振装置（ダンパー）を付加する方法について検討した。

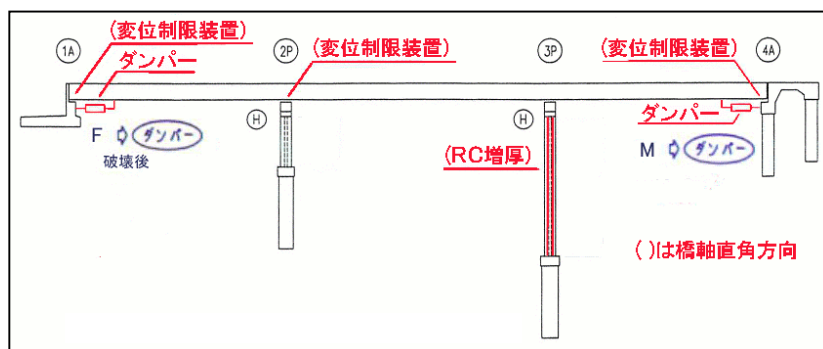
4. ダンパーによる変位の制御

使用したダンパーは、ある抵抗力で一定値となる履歴特性をもつ。この抵抗力を変えて解析を行った結果（図-4）、抵抗力が大きいほど固定条件に近くなるため桁端変位は小さくなるが、3 Pの応答曲率（曲げモーメント）は大きくなる。また抵抗力を小さくすると最大応答曲率の発生箇所が橋脚基部となり、挙動が変化する。ただし許容曲率（約 $3,100 \mu \cdot 1/m$ ）に比べると十分小さく、抵抗力を16,000kN 強より大きくとれば変位も橋脚耐力も満足する。このことから1,500kN タイプのダンパー12基を1 Aと4 Aに分けて配置（図-5）し、合計18,000kNの抵抗力を付加することとした。なお1 A固定支承の破壊後は、各橋台に配置したダンパーが機能し、橋台にはダンパー抵抗力に相当する水平力が作用する。しかし、この水平力に対して1 A、4 A両橋台ともに十分な安定が確保されており、補強は不要である。



5. おわりに

本橋のようなフレキシブル橋脚を有する橋梁の場合、橋脚の剛性が小さいため、通常の橋脚巻き立てによる補強では不経済である他、橋軸方向の変位を十分制御できない、温度変化に対する挙動が変わる等様々な問題がある。今回、橋軸直角



方向にはせん断耐力の向上を目的として耐震壁の増厚を行っているが、橋軸方向にはダンパーの設置以外に特段の対策は行っておらず、既設橋の耐震補強における制振装置適用の優位性の一端が示せたと考える。

現在、上記の第一高架橋は補強工事を完了し、隣接する第二～第六高架橋の工事を順次実施中である。

参考文献

- ・フレキシブル橋脚を有する伊弉高架橋の耐震補強設計 本四技報 No. 103 2004年9月 pp20-25