

(株) 近代設計 東京支社 正会員 前島 圭
正会員 仲川 宏之
正会員 中島 浩次

1. はじめに

平成7年に発生した阪神・淡路大震災以降、耐震設計の考え方について道路橋示方書（以下「道示」という。）の改訂がなされ、アーチ系の橋梁においても地震時保有水平耐力法（以下「保耐法」という。）による耐震設計がなされている。ここでは、従来、不静定次数の高いアーチ系の橋梁は耐震性が高いと言われてきたが、道示の改訂に伴い保耐法による斜材付き型ラーメン橋の設計において、基礎工の耐震性能について設計結果を基に設計の現状について報告するものである。

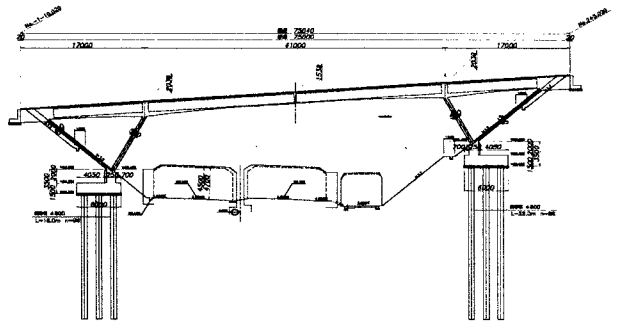


図-1 橋梁概要図

2. 設計概要及び設計手法

本橋梁規模は図-1に示すように橋長75.0m、支間長17.0+41.0+17.0mの斜材付きπ型ラーメン橋であり、幅員は4.0mの橋梁である。

本橋の設計において、斜材付きπ型ラーメン橋の鉛直材、斜材及び堅壁等の構造寸法は、従来より計画されている断面寸法を基本とし、垂直材厚50cm、斜材厚40cm、堅壁125cmとした。基礎形式については、鋼管杭φ800とした。

本橋の基礎工の設計は図-2に示す平面骨組モデルを用い震度法による設計を行い、その後、保耐法により基礎杭の安全性の照査を行った。保耐法における降伏及び終局の状態は、平成10年1月に発刊された「道路橋の耐震設計に関する資料」（日本道路協会）を参照し、斜材付きπ型ラーメン橋が斜材、垂直材と橋脚から構成される構造特性であることを考慮し、①初降伏時は、いずれかの橋脚基部の曲げモーメントが降

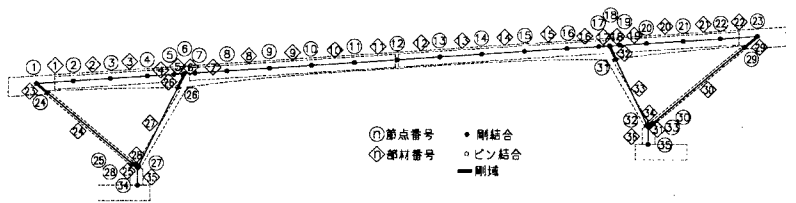


図-2 平面骨組図

伏曲げモーメントに達したとき。②終局時は、橋脚基部の塑性ヒンジが全て終局状態に達した時とした。ここで、終局時としてPCラーメン橋のように1つめの塑性ヒンジが終局状態に達する場合ではなく、橋脚基部の2つの塑性ヒンジが終局状態に達した時としたのは、1つめの塑性ヒンジが終局状態に達しても斜材付きπ型ラーメン橋の構造特性から橋全体系の終局状態ではないと判断したからである。

また、保耐法の結果の検証として非線形動的解析を行い保耐法における堅壁下端の断面力との比較を行った。入力地震波は、JR 鷹取 NS、JR 鷹取 EW、大阪ガス管合の3波で行い、この3波平均による断面力で

表-1 計算結果 (震度法)

計算方向		橋軸方向				直角方向
荷重状態		常時 (Vmax)	常時 (Hmax)	地震時 (→)	地震時 (←)	地震時
フーチング寸法	m	6.0×6.0	6.0×6.0	6.0×6.0	6.0×6.0	6.0×6.0
杭本数	本	9	9	9	9	9
鋼管杭板厚	mm	12	12	12	12	12
フーチング	鉛直力 V	10334.38	9653.34	9087.72	9581.95	9177.24
下端	水平力 H	1045.51	2026.94	1739.89	3638.94	2101.16
作用力	曲げモーメント M	4809.47	3143.75	11623.15	-2509.27	-18910.76
安定計算	変位 δx	2.93 < 15.00	4.59 < 15.00	0.52 < 15.00	4.22 < 15.00	0.08 < 15.00
	抗反力 Pmax	1615.9 < 1700.0	1534.5 < 1700.0	1660.2 < 2500.0	1237.0 < 2500.0	2148.0 < 2500.0
杭体応力度	σs	84.4 < 140.0	106.9 < 140.0	141.4 < 210.0	129.2 < 210.0	192.1 < 210.0

比較を行った。

表-2 計算結果 (保耐法)

3. 解析結果 (震度法及び保耐法)

基礎工設計における断面力の算出は、図-2に示す平面骨組モデルにより算出された堅壁下端の常時、温度変化時、地震時 (地震方向→、地震方向←) の各ケースの断面力に基づき、フーチング下面の断面力を算出し基礎工の設計を行った。震度法における結果を表-1に示す。ここでは、常時及び地震時の結果のみを示すものとする。

震度法の安定計算において、橋軸方向→常時 (Vmax)、直角方向→地震時の抗反力より基礎諸元が決定していることがわかる。

次に、震度法の計算結果の照査として保耐法により照査を行った。保耐法の照査は、橋脚基部の塑性ヒンジが全て終局状態に達したときの堅壁下端の断面力より基礎が降伏しないことを確認した。

このとき、橋脚背面土砂の受働抵抗を考慮した場合をケース1、考慮しない場合をケース2として照査を行った。この結果を表-2に示す。ケース1の受働抵抗を考慮した場合は震度法と同本数の9本で耐力を満足する結果となったが、ケース2の受働抵抗を考慮しない場合については、震度法設計時の杭本数では抗耐力が3.0%程度満足せず、杭本数12本が必要となり、基礎の規模が大きくなった。しかし、本橋の構造を考慮した場合、背面土砂の受働抵抗を無視したとしても、耐力不足の度合いが微小であるため、背面土砂の受働抵抗は考慮できるものと判断しケース1による計画を行った。

4. 動的解析

動的解析を行った結果、堅壁下端の断面力は表-3及び表-4に示すように保耐法による断面力に比べタイプI地震動においては、水平力、曲げモーメント

CASE	CASE-1	CASE-2		
地震動タイプ	タイプII	タイプII		
受働抵抗	考慮	無視		
フーチング寸法	m	6.0×6.0	6.0×8.0	
杭本数	本	9	12	
鋼管杭板厚	mm	9	9	
終局時における	V	kN	10519.20	1158.10
フーチング下端	H	kN	8425.56	8619.6
の断面力	M	kN・m	25708.15	25853.68
曲げモーメント	M	kN・m	735.01 < 1013.55	809.56 < 1053.04
水平変位	δ	m	0.015 < 0.4	0.015 < 0.4
回転角	θ	rad	0.0038 < 0.025	0.0033 < 0.025

表-3 堅壁下端の断面力比較 (タイプI)

地震動:タイプI

	単位	保耐	動解
鉛直力 V	kN	7214.7	7192.1
水平力 H	kN	-6840.6	-5013.4
曲げモーメント M	kN・m	12222.8	9078.6

表-4 堅壁下端の断面力比較 (タイプII)

地震動:タイプII

	単位	保耐	動解
鉛直力 V	kN	7495.3	8395.1
水平力 H	kN	-7549.9	-7053.0
曲げモーメント M	kN・m	12299.7	12277.1

の減少が見られるが、タイプII地震動において鉛直力は増加するが水平力、曲げモーメントに大きな差異は見られないものとなった。したがって、本橋の基礎工設計においては、保耐法設計と動的解析による結果はほとんど変わらないと判断できる。

5. 考察

本設計における基礎工の保耐法設計は、斜材付きπ型ラーメン橋の構造特性を考慮し、背面土砂の受働抵抗を考慮し設計することが妥当であると考えた。また、本橋の基礎工設計において堅壁下端の断面力が保耐法と動的解析によって算出された値に大きな差異がなく、保耐法による設計が妥当であると考えられる。

参考文献

- (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説、V耐震設計編、1996.12
- (社)日本道路協会:道路橋の耐震設計に関する資料、1997.3
- (社)日本道路協会:道路橋の耐震設計に関する資料-PC ラーメン橋・RC アーチ橋・PC 斜張橋・地中連続壁基礎・深礎基礎等の耐震設計計算例一、1998.1
- 日本道路公団:設計要領第二集、1998.10