

PRC連続ラーメン2主版桁橋の設計 - 新名神高速道路 治郎谷橋 -

(株)日本構造橋梁研究所 工修 正会員 岡田 俊彦
 中日本高速道路(株) 名古屋支社 長尾 千瑛
 中日本高速道路(株) 名古屋支社 山口 真一

1. はじめに

治郎谷橋は、新名神高速道路の一部として計画された、三重県四日市市に位置するPRC2径間連続ラーメン2主版桁橋である。PRC2主版桁構造は適用支間や桁高の関係から剛結化しにくい構造であり、剛結化に際しては、とくに地震時における上部工の挙動を適切に把握することが重要である。本稿では、治郎谷橋の基本詳細設計において実施した、橋梁計画およびPRC2主版桁構造の中間支点部剛結化検討について報告するものである。

2. 計画概要

本橋は、橋長74.0m、支間2@36.0mのPRC2径間連続ラーメン2主版桁橋である。全体一般図を図-1に、橋梁諸元および使用材料を表-1に示す。過年度成果において、鋼単純箱桁構造や鋼2径間連続鉸桁構造との比較検討から、PRC2径間連続2主版桁橋が採用されており、本設計でも有効性を確認し採用した。

本橋は谷部に位置し、交差条件として橋梁区間中央に貯水池を有する。支承構造の場合、支承の点検に配慮する必要があるが、中間橋脚は貯水池上に位置するため、高所作業車の使用や昇降設備設置が困難である。

そこで、支承基数減少による経済性の向上と、支承の維持管理を軽減することを目的とし、中間支点部を剛構造とした。

表 - 1 橋梁諸元および使用材料

道路規格		第1種第2級B規格	
橋長		74.000m	
支間		2@36.000m	
形式	上部工		PRC2径間連続ラーメン2主版桁橋
	下部工	躯体	逆T式橋台(A1, A2)、RC充実断面橋脚(P1)
		基礎	直接基礎(A1, A2, P1)
有効幅員		10.000m(暫定時)	
支間		2@36.000m	
斜角		90°00'00"	
平面線形		(R= ~)A=1,000(~ R=2,000m)	
縦断勾配		i = 2.000%	
横断勾配		i = 4.306% ~ 4.684%	
地盤種別		種地盤	
架設工法		固定支保工架設	
使用材料	上部工	コンクリート	ck=36N/mm ²
		PC鋼材	縦締め:SWPR19L 1S28.6(プレグラウト) 横締め:SWPR19L 1S21.8(プレグラウト)
	下部工	鉄筋	SD345
		コンクリート	ck=24N/mm ² 、ck=30N/mm ²
		鉄筋	SD345

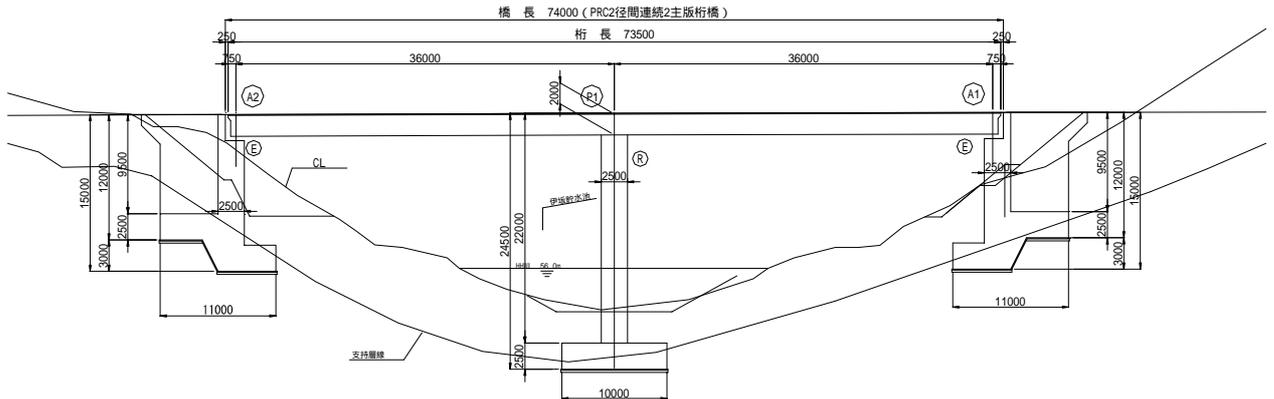
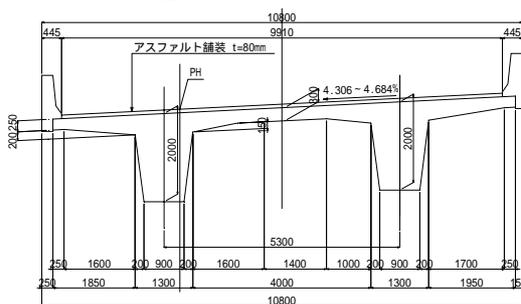


図 - 1 全体一般図

基礎形式は、架橋位置の支持地盤がN値 50の暮明累層粘性土であり、現地盤より4m程度下方の浅い位置にあることから、直接基礎を採用した。

橋脚形式は、橋脚高が現地盤から約20mであることから、RC充実矩形断面を採用した。剛構造とした場合、柱頭部において橋脚主鉄筋を桁図心を超えて定着させる必要があるが、2主版桁断面は箱桁に比べて桁高が低く、かつ桁図心が上方にあるため、鉛直配置で定着長を確保することが困難である。

そこで、図-2に示すように、橋脚主鉄筋は可能な限り上縁まで伸ばし、主ケーブルと干渉しない位置で折り曲げて定着することとした。また、鉄筋の取り合いへの配慮と、主桁との確実な剛結化を目的とし、橋脚直角方向幅を上部工の主版間隔に合わせて広く設定することとした。

架設方法については、施工計画検討の結果、基礎工・橋脚施工時に貯水池を二重締切してドライアップする計画とし、引き続き上部工の架設を行うことで、固定支保工架設が可能となった。

3. 設計概要

3.1 橋梁形式の検討

(1)剛結化の検討

中間支点を剛結化するにあたり、支承構造・剛構造それぞれの形式について概略計算を行い、構造特性について比較検討を行った(図-3)。

その結果、両者において生じる曲げモーメントはおおよそ同様の性状を示し、同本数の縦締めPCケーブルにて構造が成立することが確認された。よって、支承基数を低減できる剛構造を採用することとした。

また、剛構造とした場合、地震時においてインフレクションポイント付近に正曲げが生じ、桁下縁に引張りが生じる。そこで、中間支点部上縁において応力度の余裕を確認した上で、図-4に示すように、縦締めPC鋼材の一部を桁下縁側に配置し、これを改善した。

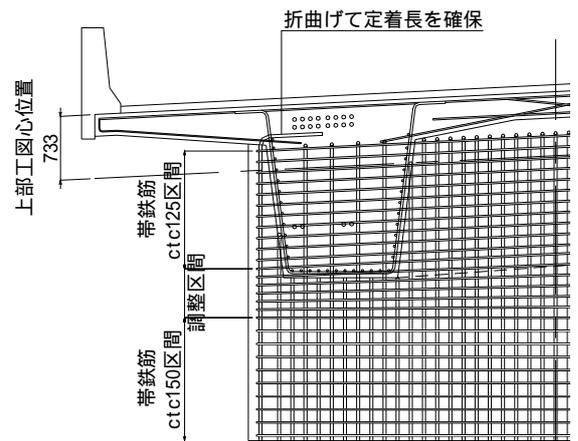


図-2 上下部間鉄筋の取り合い

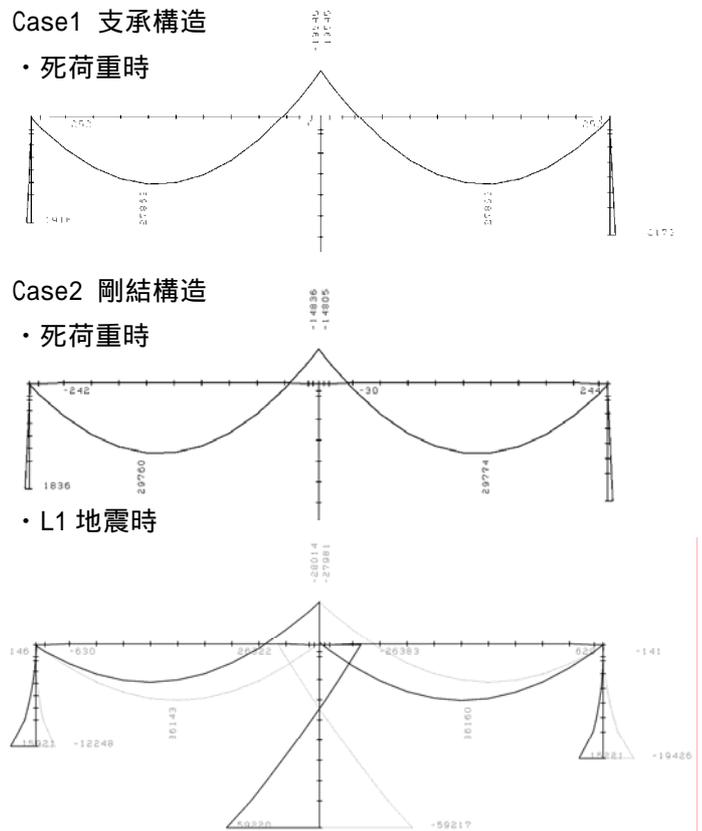


図-3 中間支点条件の違いによる断面力比較 (曲げモーメント)

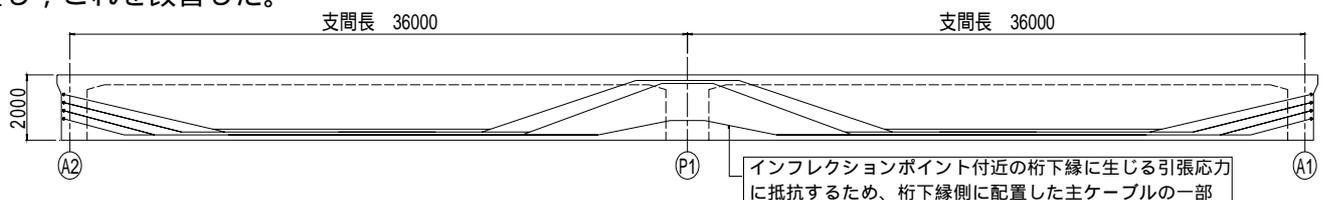


図-4 縦締めPC鋼材配置図

(2) 桁高の検討

中間支点を剛構造とした場合、先に述べたように、地震時には柱頭部付近に下縁引張が生じる。L2地震時にはさらに大きな引張りが生じると考えられる。2主版桁断面は、下縁鉄筋の配置本数が少なくなるため、場合により太径の補強鉄筋を配置する必要がある。そこで桁高検討では、L2地震動時における柱頭部付近の下縁引張に対する補強鉄筋が太径とならないことを合わせて確認しながら桁高を決定するものとした。

検討ケースは、桁高を一般的な2主版桁構造の桁高 - 支間比である1/17程度とし、PC鋼材は定着可能な本数である2.5段(支間中央、n=40本)を上限とした。

検討の結果を表-2に示す。いずれも必要PC鋼材本数は支間中央の応力度(死荷重時)で決定し、L2地震動時における下縁補強鉄筋は最大でD25に収まることが確認された。よって、経済性に優れ、かつ重量を抑え下部工への影響を低減できるH=2.0mを採用することとした。

表 - 2 桁高検討結果

桁高			H=2.0m			H=2.4m			
断面図									
PC鋼材			1S28.6 (2.5段 N=40本)			1S28.6 (1.5段 N=28本)			
着目点			A2 ~ P1	P1	P1 ~ A1	A2 ~ P1	P1	P1 ~ A1	
鉄筋径	上縁	mm	D16	D19	D16	D19	D25	D19	
	下縁	mm	D19	D25	D19	D25	D22	D25	
応力度	死荷重時	co	N/mm ²	3.73	0.91	3.73	2.69	-0.68	2.69
		cu	N/mm ²	0.47	3.18	0.47	-0.33	3.72	-0.33
	許容値	ca	N/mm ²	-1.22	-1.22	-1.22	-1.15	-1.15	-1.15
ひび割れ幅	設計荷重時	上縁	cm	-	0.0045	-	-	0.0106	-
		下縁	cm	0.0164	-	0.0164	0.0192	-	0.0192
	許容値Wa	上縁	cm	0.0158	0.0158	0.0158	0.0158	0.0158	0.0158
		下縁	cm	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225
経済比較(比率)			1.00			1.02			
採否									

3.2 動的解析による構造成立性の検討

2主版桁橋のラーメン化にあたり、L2地震動に対する構造特性を把握するため、上部工のモデル化および上部工剛性(桁高)を変化させた場合の動的解析を行い、応答値の比較を行った。検討ケースおよび解析結果を表-3に示す。また、表中の応答曲げモーメントは正曲げの最大を示す。

表 - 3 動的解析による応答値比較

		case1	case2	case3(最終案)	備考
桁高		2.4m	2.4m	2.0m	-
上部工重量(比率)		19900kN	19900kN (1.12)	17800kN (1.00)	-
鋼材本数		40本(2.5段)	40本(2.5段)	40本(2.5段)	-
柱頭部下縁鉄筋		D38-2段	D29-1段	D25-1段	-
解析モデル		上部工線形	上部工非線形	上部工非線形	-
許容値		My	3 y	3 y	-
上部工減衰定数		0.01	0.02	0.02	-
応答曲げモーメント	kNm	36200	21600	15600	L2時(3波平均)
降伏モーメントMy	kNm	4.26E+04	2.32E+04	1.72E+04	"
応答曲率	1/m	-	8.1E-04	1.3E-03	"
許容曲率3 y	1/m	-	2.7E-03	3.3E-03	"

(1) 上部工のモデル化による比較 (case1-case2)

上部工のモデル化を線形とした場合(case1)と非線形とした場合(case2)での比較を行った。その結果、上部工を線形要素としてモデル化を行った場合、支点付近に過大な正の曲げモーメントが生じ、下縁の補強鉄筋にD38-2段が必要となった。

それに対し、同桁高にて非線形要素とした場合は、D29-1段まで補強鉄筋量を低減することが可能となった。これは非線形要素にてモデル化を行うことで、ひび割れ後の剛性低下を見込んでいることと、照査を耐力Mではなく、曲率にて照査を行い、降伏曲率の3倍までを許容していることによる。

曲率が大きくなる部位は、床版下面かつ橋脚付近であることから、損傷が生じた際の修復を比較的に容易に行うことができると考えられるため、NEXCO設計要領第二集より降伏曲率の3倍を許容値に採用した。

(2) 桁高の違いによる比較 (case2-case3)

桁高をパラメータにし、応答値および補強鉄筋量の比較を行った結果、桁高の高いH=2.4m(case2)に比べ、桁高の低いH=2.0m(case3)の方が補強鉄筋量の低減が可能であることが確認された。

桁高を低くした場合、断面剛性が低下するため、応答曲率が上がる傾向にある。その反面、桁自重の低減の影響により加震時の応答値が低減すること、および鉄筋降伏曲率が増加することにより、鉄筋径を減じた上で許容曲率内に収めることが可能となった。

3.3 支承形式の検討

支承構造は、免震支承および分散支承の比較を行った上で、免震支承を採用した。比較結果を表-4に示す。

表 - 4 支承比較結果

支承条件		固定	免震	分散
ゴム体寸法	mm	-	600 × 600	700 × 700
	mm × 層	-	16 × 6	16 × 7
	体積比	-	1.00	1.59
固有周期	s	0.30	0.64	0.86
支承移動量(L2)	mm	-	201	237

一般に剛結構造の端部に免震支承を適用しても、効果が低いいため採用事例が少ない。本橋においては、橋脚1基のTラーメン形式であること、脚高が22mと比較的高いこと、橋脚厚さが薄いことから、橋梁の固有周期が長くなる傾向があり、免震支承の採用に至った。

免震支承・分散支承それぞれの必要ゴム体積を比較した場合、分散支承は体積比で免震支承の1.6倍となり、経済性に劣る結果となった。また、移動量については、分散支承は免震支承の1.2倍の移動量となった。これは桁端部の遊間を広げる必要があるだけでなく、桁の変形が大ききことを示しており、場合により、中間支点部の鉄筋量を増加させる必要がある。

4. おわりに

中間支点部を剛結化することにより支承工費の削減のみでなく点検設備の省略が可能となった。また、剛結化により橋脚および基礎への断面力低下が図れたことにより、寸法を抑えることができた。それにより基礎寸法を抑えることができたことにより、施工時の締め切り範囲も抑えることが可能となり、経済性かつ維持管理性で優位な構造となった。2主版桁構造は柱頭部における下縁引張に対する対処を適切に行えるかが重要なポイントの一つであると考えられる。

また、本稿は2径間の剛結化に対するものである。多主版桁構造の多径間連続化においては、クリープおよび乾燥収縮などによる不静定力の影響が大きくなる。剛結化およびラーメン橋での免震構造の採用にはこれらに留意する必要がある。