

プレキャスト桁を用いたPCポステン単純中空床版橋の設計について

A Design of PC posttensioning simple continuous hollow slab bridge used precast girder

交通事業本部 交通第2部 鷲尾 昭夫¹⁾
木内 順司²⁾



1. はじめに

河口部管理橋は、一級河川天塩川水系天塩川河口部に管理用道路の河川管理を目的として計画された橋梁である。本事業が実施されることにより中心市街地と計画対象地を連絡道路により結ぶことにより、様々な利用者の来訪が予想され、幅広い年齢層にも対応可能な施設展開を図ると共に、地域住民から親しまれ愛される交流の場を生み出す場となることが予想される。

本報告は、地理的・自然・景観条件を考慮し、架橋位置選定において波浪の影響を回避した橋梁形式の決定を行い、耐久性も考慮に入れ、道内初の橋梁形式を採用した河口部管理橋の計画および設計概要について報告するものである。

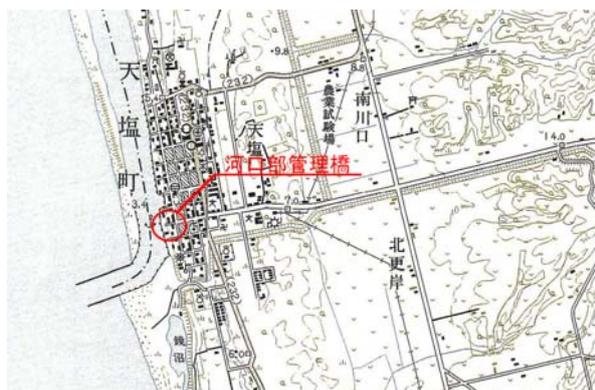


図-1 架橋位置図

2. 橋梁諸元

本橋は、橋長 $L = 29.10\text{m}$ 、幅員は、有効幅員 3.00m である。上部工形式は、PCポステン単純中空床版橋(プレキャスト桁)である。下部工形式は、逆T式橋台であり、基礎工形式は、中堀り鋼管杭 $\phi 600$ である。(図-2、図-3)

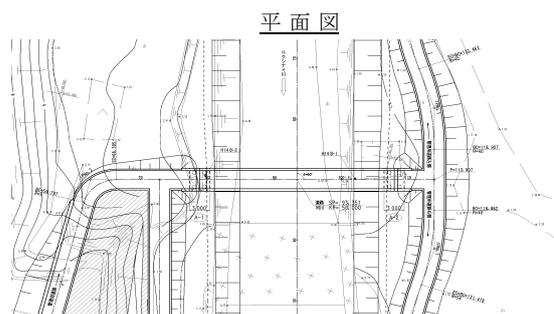
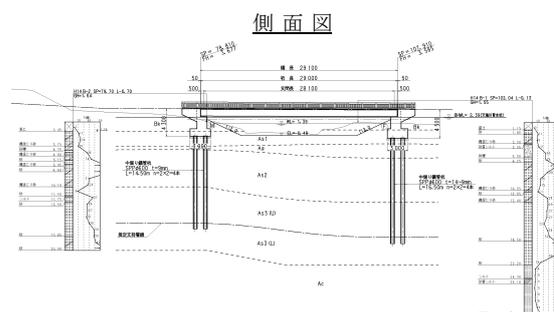


図-2 河口部管理橋一般図

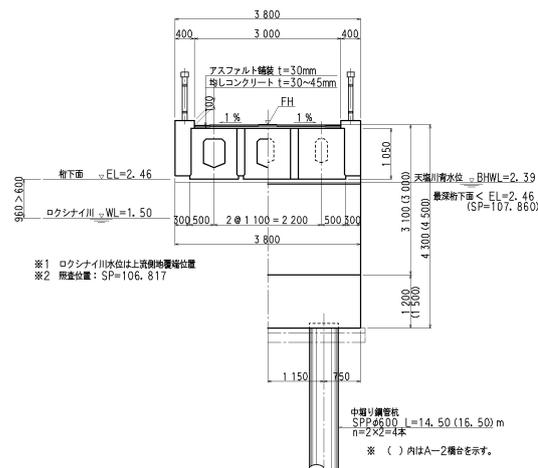


図-3 河口部管理橋上部工断面図

3. 設計概要

3-1. 架橋位置の検討

架橋位置については、以下のコントロールポイント条件を満足するため、流出量解析、河道計画、波浪解析、下部工施工時のヤード確保、工事用道路におけるセミレーラーの進入・進出などを総合的に判断し、架橋位置をロクシナイ川河道計画測点 P=50.00 位置に決定した。(図-4)

- CP1: 市街地からのアクセスおよび管理用道路兼工事用道路として市街地側に取り付ける。
- CP2: 遊歩道が工事用道路として可能な線形とする。
- CP3: ロクシナイ川横断箇所は、①波浪および飛沫の影響がない位置、②できるだけ桁下高を低くできる位置、③下部工施工時のヤードが確保でき、床堀りによる地形変化が発生しない位置
- CP4: 盛土法尻位置が、ロクシナイ川河道断面に影響しない線形

3-2. 波浪検討

3-2-1. 波浪変形モデルの選定

本橋の架橋位置決定の条件である波浪の影響を受けない位置および桁下高を求めるために、波浪変形計算を用いて、ロクシナイ川に來襲する波高を求めた。

波浪変形モデルは、以下に示す項目を考慮できる非定常緩勾配方程式を用いた。

- ① 水深変化による浅水変形、屈折変形
- ② 荒天時には破碎帯となるため、破碎減少を取り扱う
- ③ 河口周辺の構造物による回折、反射の影響

3-2-2. 波浪変形計算結果

波浪変形計算結果を表-1 に示した。これによると、50 年確率波による最大波高は SP-24～SP0 の間で 0.81m、水面高は 1.41m(=計画高潮位 1.00m+計画水面からの高さ 0.41m)となり、架橋地点(SP50)では最大波高 0.49m、水面高 1.25m(=1.00m+0.25m)となることがわかった。架橋位置の路面高を決定にあたっては、この結果を考慮して決定した。

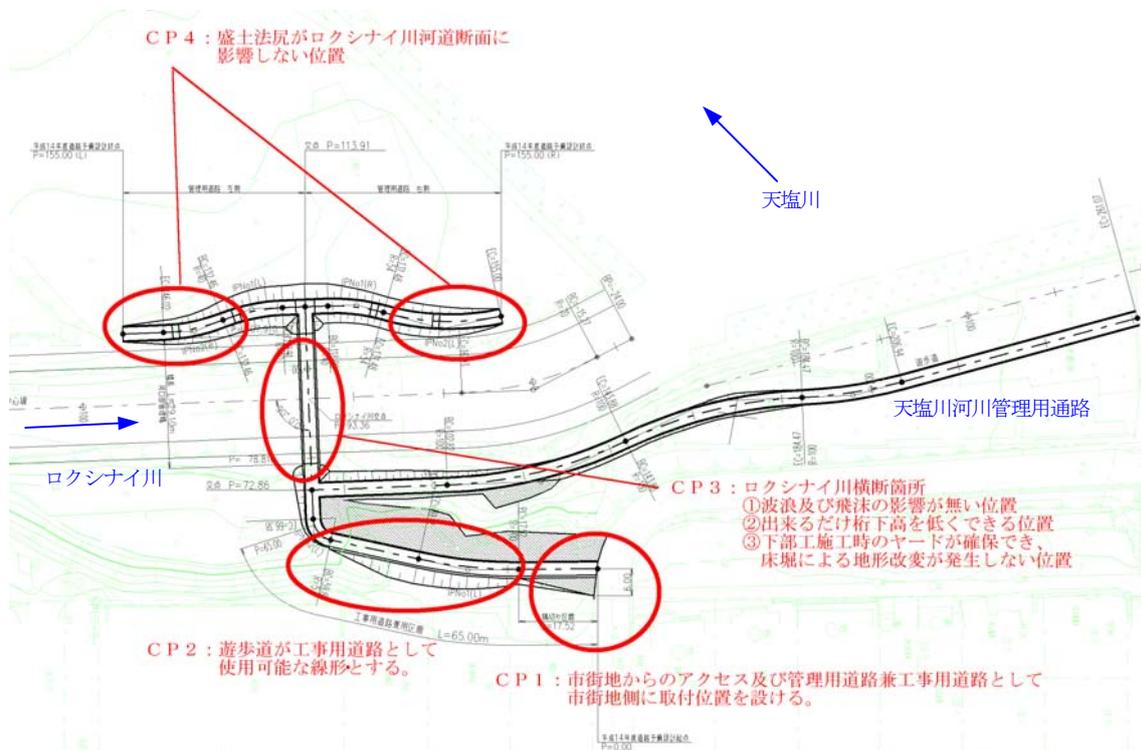


図-4 架橋位置検討結果図

表-1 波浪変形計算結果

項目		区間	Sp-24~	Sp0~	Sp50~	Sp100~	Sp150~	Sp200~	Sp250~	Sp274~	Sp274~
			Sp0	Sp50	Sp100	Sp150	Sp200	Sp250	Sp274	Sp300	
波向 SSW 波向	最大波高	波高(m)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
		計画水面からの高さ(m)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
	平均波高	波高(m)	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
		計画水面からの高さ(m)	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
波向 SW	最大波高	波高(m)	0.13	0.08	0.10	0.11	0.08	0.06	0.06	0.06	0.05
		計画水面からの高さ(m)	0.07	0.04	0.05	0.06	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
	平均波高	波高(m)	0.09	0.07	0.09	0.09	0.07	0.05	0.05	0.05	0.02
		計画水面からの高さ(m)	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.01
波向 WSW	最大波高	波高(m)	0.81	0.49	0.17	0.17	0.10	0.09	0.07	0.08	
		計画水面からの高さ(m)	0.41	0.25	0.09	0.09	0.05	0.05	0.04	0.04	
	平均波高	波高(m)	0.33	0.16	0.06	0.12	0.09	0.07	0.06	0.03	
		計画水面からの高さ(m)	0.17	0.08	0.03	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	
波向 W	最大波高	波高(m)	0.12	0.09	0.12	0.12	0.10	0.10	0.04	0.03	
		計画水面からの高さ(m)	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05	0.02	0.02	
	平均波高	波高(m)	0.08	0.07	0.09	0.11	0.09	0.07	0.02	0.02	
		計画水面からの高さ(m)	0.04	0.04	0.05	0.06	0.05	0.04	0.01	0.01	
波向 WNW	最大波高	波高(m)	0.11	0.09	0.11	0.12	0.10	0.10	0.05	0.04	
		計画水面からの高さ(m)	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05	0.03	0.02	
	平均波高	波高(m)	0.08	0.07	0.09	0.11	0.09	0.07	0.04	0.02	
		計画水面からの高さ(m)	0.04	0.04	0.05	0.06	0.05	0.04	0.02	0.01	
波向 NW	最大波高	波高(m)	0.07	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	
		計画水面からの高さ(m)	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	
	平均波高	波高(m)	0.04	0.04	0.05	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	
		計画水面からの高さ(m)	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	

架橋位置

■ : 最大値

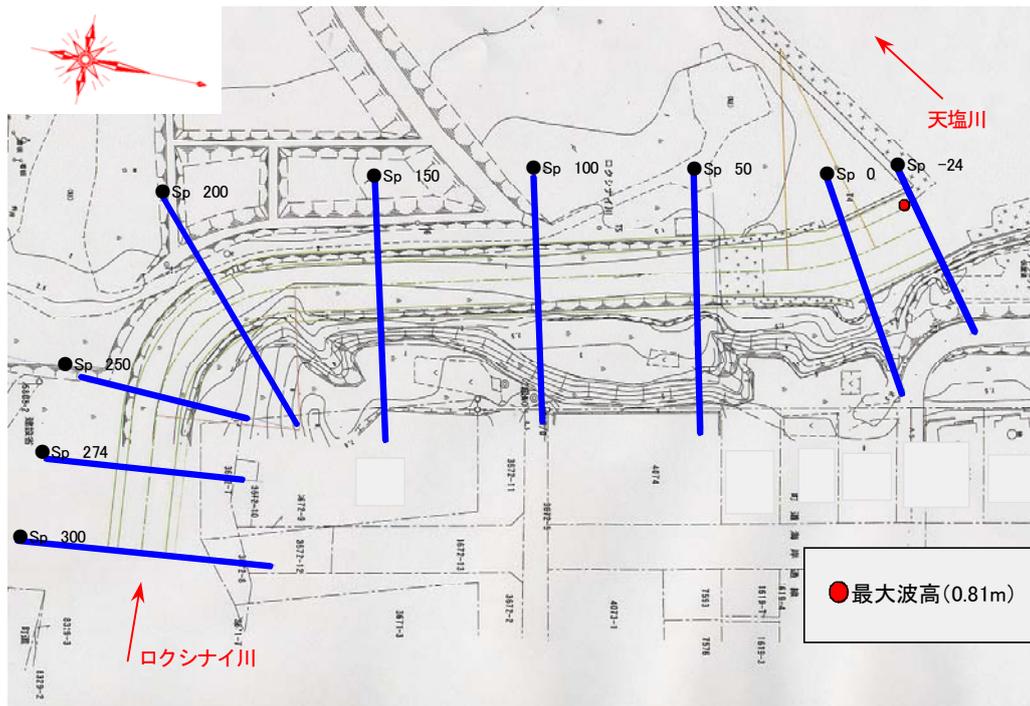


図-5 波浪算定領域

3-3. 橋梁形式の検討

3-3-1. 一次選定比較検討

本橋の橋梁形式の選定するために、以下に示す基本の方針を基に検討を行った。

- ① 橋長および支間長から、単純桁として計画する。
- ② 公園側からの遠景に利尻富士を眺望するため構造物を目立たせることがないように桁高を抑える。
- ③ 上部構造形式を選定する上で、架設条件として支保工によって架設する場所打ち桁については、長期の支保工設置は、桁下が低いいため困難であると考え、これらの形式を抽出することは避けることとした。
- ④ 本橋は、天塩川河口部に位置し、海岸からの離岸距離が短いため、飛来塩分濃度が高いと想定される。そこで、鋼橋案については、塗装処理にて考え、塗装塗替費を計上した。
- ⑤ 波浪解析により最大波高をクリアする桁下高を設定しているが、台風等の異常波浪に対して

は潜り橋としての性能も兼ねることができるよう、重量がありスラブ形式が望ましい。特にT桁形式は異常波浪時に桁間に侵入して波浪の逃げ場がなくなるため好ましくない。

上記で示された方針に基づき、コンクリート橋系および鋼橋系により適合する橋梁形式を抽出し、一次選定形式比較検討を行った。

- 第1案 PCポステン単純T桁
- 第2案 PCポステン単純合成桁
- 第3案 PCパイプ方式単純中空桁
- 第4案 PCポステン単純中空床版(プレキャスト桁)
- 第5案 プレベーム単純合成桁
- 第6案 鋼単純合成I桁

経済性および架橋条件を重視して3案(第3案、第4案、第6案)を予備設計比較案として採用し、この3案について上・下部工の概略計算を行い、概算工事費を算出して総合的な比較検討を行った。

表-2 橋梁形式選定比較一覧表

橋梁形式	第1案 PCパイプ方式単純中空桁	第2案 PCポステン単純中空床版 (プレキャスト桁)	第3案 鋼単純合成I桁
概要図			
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・プレテン桁では支間長が長いため対応可能な本形式を選定した。 ・コンクリート橋であるため維持管理面に優れる。 ・プレキャスト桁であるため、耐久性に優れる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・プレテン桁では支間長が長いため対応可能な本形式を選定した。 ・コンクリート橋であるため維持管理面に優れる。 ・プレキャスト桁であるため、耐久性に優れる。 ・北海道での実績がない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・塩害対策地域であるため、鋼材は塗装使用とした。 ・初期工事費は他案より安価となるが、塗替塗装費を考慮すると高価となる。 ・他案に比べ、現場施工期間が長い。
工事費	53,520 千円(1.097)	48,790 千円(1.000)	53,480 千円(1.096) ※塗替塗装費含む
選定結果	環境条件(塩害)および経済性を配慮して検討を行い、維持管理面で優れ、経済性においては、初期コストでは劣るが、維持管理費を考慮した場合に経済性が優れる、『第2案 PCポステン単純中空床版(プレキャスト桁)』を本橋の橋梁形式として採用した。		

3-3-2. 採用橋梁形式の選定

表-2 に橋梁形式選定比較一覧表を示すが、以下の項目により環境条件(塩害)および経済性を配慮して検討を行い、維持管理面で優れ、経済性においては、初期コストでは劣るが、維持管理費を考慮した場合に経済性で優れる、『第2案 PCポステン単純中空床版(プレキャスト桁)』を本橋の橋梁形式として採用した。

3-4. 耐久性の検討

架橋位置が天塩川河口部に位置しており、日本海近傍に位置することから、塩害に対する検討を行い、塩害により所要の耐久性が損なわれないようにしなければならない。塩害の地域区分および対策区分については、道路橋示方書(以下、道示)Ⅲ5.2 項により決定する。架橋位置の地域区分は、B地域であり、波浪の影響を直接受けることから塩害対策区分は最もランクの高い『S』とした。

3-4-1. 上部工の検討

設計で想定する期間において損傷が最小限となるように対策を施す必要がある。そこで、塩害に対する対策を検討し、所要の耐久性を満足させるものとした。

塩害に対する対策として、対策区分がSでは、道示に示す最小かぶり(70mm)を増す方策(図-6)のみでは塩害に対する処置として適切ではない。この場合は、塗装鉄筋の使用またはコンクリート塗装を併用する必要がある。そこで、どの方法を選定するか検討を行った。

比較検討結果を表-3 に示すが、併用対策案は、塗装鉄筋(エポキシ樹脂塗装鉄筋)を使用した方が経済的に安価となった。

表-3 併用案比較検討結果

	1案 コンクリート塗装	2案 塗装鉄筋
対策費	2,866 千円(2.684)	1,068 千円(1.000)
得失	<ul style="list-style-type: none"> ・塗装鉄筋に比べ高価となる。 ・コンクリート塗装は、将来的に塗り替えの必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・経済的に安価となる。 ・維持費が不要

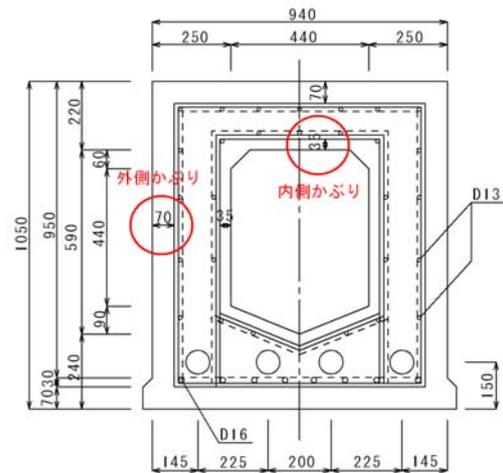


図-6 上部工主桁鉄筋かぶり詳細図

3-3-2. 下部工の検討

設計上の目標期間として100年を設定した場合の塩害の影響に対し、下部構造の鉄筋コンクリート部材の耐久性を確保することとした。

塩害に対する対策としては上部工と同様に対策区分がSであるため、塩害の影響度合いが激しい対策区分Sにおいては、最小かぶりを確保するとともに、防食・防せいされた鉄筋使用、コンクリート表面の防護あるいは埋設型枠の使用を併用する必要がある。本橋については、上部工で選定した併用対策案である、最小かぶり(90mm)の確保および塗装鉄筋(エポキシ樹脂塗装鉄筋)の併用案とした。

3-3-3. 鋼管杭腐食しろの設定

基礎杭として使用している鋼管杭の腐食しろは、道示Ⅳによれば、一般に1mmの腐食しろを考慮しているが、本橋架橋位置は、海水が架橋位置付近まで流入することが、現地状況から判断される。そこで、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」より、腐食速度から腐食しろを求めることとした。耐用年数は耐久性検討の際の目標期間である100年として、腐食しろを $2\text{mm} (= \text{海底土中の腐食速度}(0.02\text{mm}/\text{年}) \times \text{耐用年数}(100\text{年}))$ とした。

4. おわりに

橋梁形式として採用したPCポステン単純中空床版(プレキャスト桁)は、北海道による施工実績がないが、他の橋梁形式に比べ安価となる結果となったため採用可能となった。今後もこのように採用可能な形式があれば積極的に採用していきたい。

2002年(平成14年)3月版道示より、塩害に対する耐久性の検討に規定化がされたが、これは、ライフサイクルコストの縮減および維持管理の軽減が目的となっている。決定した併用対策案検討時の工費は初期工費で比較検討を行ったが、目標期間100年によるライフサイクルコストにより検討を行う必要があると判断される。

参考文献

- 1) 道路橋示方書・同解説(H14.3):
(社)日本道路協会
- 2) 河川管理施設等構造令(H12.1):
(社)日本河川協会
- 3) エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計
施工指針(案)(S61.2):
土木学会



図-7 完成予想パース



～ 下流側から橋梁を望む ～



～ 天塩川河口部から利尻富士を望む ～

写真-1 工事完成後