

平成23年度

PCポータルラーメン橋の設計と施工 —函館新外環状道路 常盤川橋—

函館開発建設部 函館道路事務所 ○小野 晋也
松田 崇志
松野 浩吉

常盤川橋は函館ICに位置する函館新外環状道路の本線橋である。ポータルラーメン橋は、上部工と下部工が一体となっていることから、伸縮装置、落橋防止装置及び高価な支承を省略することができ、上部工の初期建設コストが省略できる。なお、伸縮継手がないため振動が軽減され走行性も向上する。

昨今、橋梁の補修が社会的問題となっているが、この橋梁形式では継手からの漏水による桁端の腐食問題が解決され、維持管理費が軽減されると考えられる。本発表は、このような特徴を有する橋梁形式の常盤川橋における設計と施工について報告するものである。

キーワード：設計・施工、維持管理

1. まえがき

新外環状道路は、既に供用されている函館新道、函館江差自動車と函館空港のアクセスを向上させ、環状機能の強化を図るとともに、函館市内渋滞解消の効果が期待されている路線である。

常盤川橋は、函館IC内に位置する河川橋であり、普通河川常盤川と斜角37°で交差する。当初計画では、斜角60°の単純PC中空床版桁橋が選定されており、平成2年道路橋示方書に準じて設計を行っていた。本論文では、道示改訂に伴い橋梁計画の見直しを図り、新技術、新工法の採用によりコスト縮減および耐久性に配慮した橋梁設計および施工について報告する。



図-1 橋梁位置図

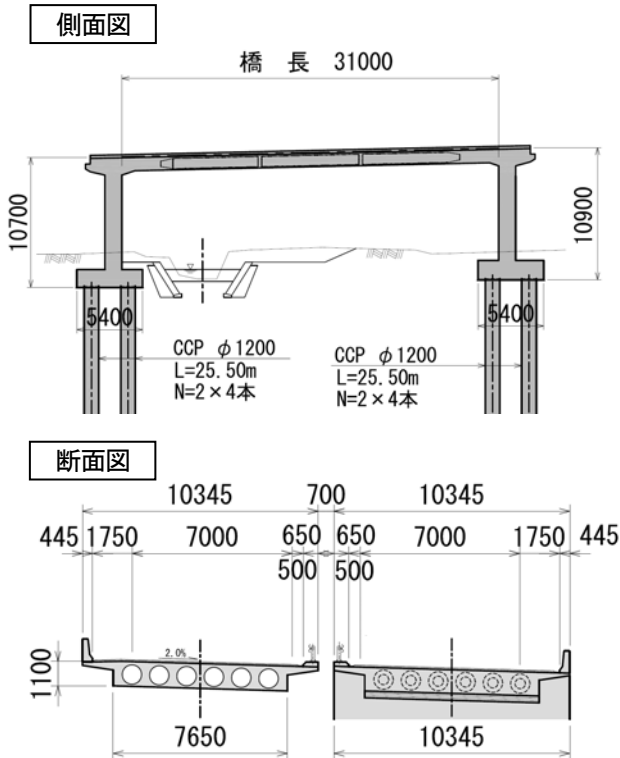


図-2 橋梁概要図

2. 橋梁計画

(1) 橋梁諸元

- 常盤川橋の橋梁諸元は、以下のとおりである。
- ① 上部構造：PCポータルラーメン橋(中空床版)
- ② 下部構造：逆T式橋台(場所打ち杭基礎・摩擦杭)
- ③ 橋長：31.0m(斜角90°)

(2) 常盤川橋の特徴

この橋では、以下に示す特徴を有しており、これら のことを踏まえ、コスト縮減を図るため、従来工法と新技術・新工法の比較検討し、ポータルラーメン橋採用の実現性を評価した。

1) 斜角の小さい河川と交差する橋梁

常盤川と本線の交差角は約37°と小さく、最短橋長とした場合には、支承のアップリフト、不等たわみによる

ねじれ等の構造的な課題が生ずる。したがって、橋梁単独の経済比較ではなく、擁壁工も含めて、斜角と橋長、橋梁形式の総合的な経済比較を行う必要があった。

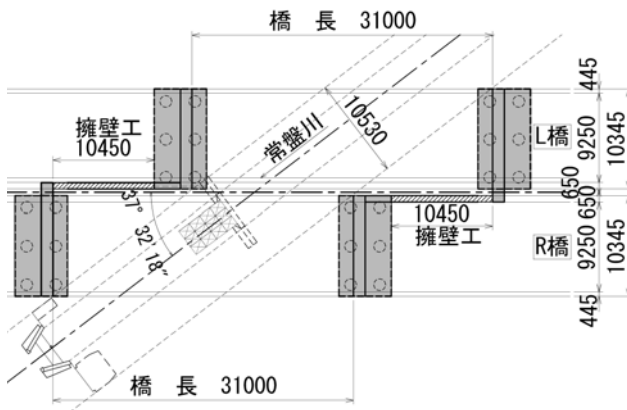


図-3 常盤川橋の斜角と橋台位置

2) 液状化地盤

架橋地点の地質構成は、上位に火山灰質シルト・礫、下位には凝灰岩（強風化～中風化）が分布している。

上位の火山灰層では、レベル2地震において液状化する（低減率： $De=2/3$ ）ことから、フーチング寸法を必要最小限にするとともに、杭長、杭本数を極力抑える工法選定が必要であった。

3) 環境影響

本橋の架橋位置は、海岸線から4kmに位置しており、耐候性鋼材による鋼橋の採用が困難である。また、新外環状道路の供用後の交通量は、5,000台/日の重交通区間であることから、維持・管理を最小限にする工法選定が必要であった。

(3) ポータルラーメン橋の特徴

ポータルラーメン橋は、平成7、8年頃に当時の日本道路公団において技術的な検討がなされ、採用されてきた工法であり、平成17年の日本道路公団の民営化に伴い、

開発局においても実績を増やしている。

ポータルラーメン橋は、背面から土圧を受ける下部構造と上部構造が剛結された単径間のラーメン橋であり、20～50mの支間の適用が多く、以下に示すとおり耐震性、維持管理性、走行性に優れた工法である。

1) 構造的性

上部工と下部工を剛結する事により、上下部工の断面力を低減できる事から、合理的な設計が可能となる。ただし、主桁の変形を橋台が拘束しているため、温度変化、プレストレス、乾燥収縮等の影響による二次力の影響を考慮する必要がある。

2) 耐震性

地震時の下部工変形が主桁で拘束されることにより、地震による変形・断面力が小さくできりことから、耐震性に優れる。ただし、地震の影響が下部工から主桁にも伝達されるため、主桁に対する耐震設計が必要である。

3) 維持管理性

支承、伸縮装置、落橋防止装置等の付属物が省略でき、伸縮装置からの漏水、桁端の腐食も無くなることから、点検が容易となり維持管理費を節減する事ができる。

4) 走行性

伸縮装置を省略できるため、車輛通過時の振動が軽減されることから、走行性に優れる。

5) 経済性

支承、落橋防止システム、伸縮装置等の付属物の省略、ラーメン構造の合理的な設計により、桁橋形式に比べて経済性に優れる。特にコンクリート橋では、支承が大型化するため、コンクリート橋に実績が多い。

(4) 橋梁形式の選定

この橋の橋長は、橋台を河川と平行に設置し、最短橋長とすれば橋面積が最小となるが、極端に斜角の小さな橋梁になり種々の構造的課題も生ずる。このため、耐久

表-1 橋梁形式の比較検討結果

	P C単純桁橋（中空床版）					P Cポータルラーメン橋（中空床版）				
概要図	斜角：60° 桁高：1.40m 橋長 29000 支間長 28000 					斜角：90° 桁高：1.10m 橋長 31000 				
	初期コスト (1橋分) 上部工…57,800千円 下部工…85,800千円 擁壁工… 3,500千円 147,100千円 (1.10)					初期コスト (1橋分) 上部工…55,700千円 下部工…79,300千円 擁壁工… 6,100千円 131,800千円 (1.00)				
評価	構造的性	経済性	施工性	耐久性	走行性	構造的性	経済性	施工性	耐久性	走行性
	○	○	◎	○	○	◎	◎	○	◎	◎
◎ (採用)										

的も持たせることを目的とし、単に経済性だけではなく、実績にも配慮して走行性、維持管理を含めて総合的に判定し、構造形式の判定を行うこととした。構造形式の比較検討結果を表-1に示す。

ポータルラーメン橋は、下部構造が低過ぎると橋台の剛性が高くなり、基礎や上部工に断面力が集中する。この橋では、下部構造高が約10m近くありポータルラーメンの適用性が良く、他の構造形式に比べて杭本数の減少が可能となった。このため、支承、伸縮装置、落橋防止の省略による初期コストでは、単純桁橋に比べて約3,000万円有利となる。さらに、橋梁付属物の維持管理費は、1回当たりの補修費（伸縮装置の取替え）が約2千万円となることから、15年に1回の補修を想定すると、100年間で約1.2億円のコスト縮減が可能と考えられる。

3. 耐久性に配慮した設計

(1) 斜角への適用

ラーメン橋は、偏土圧の影響を受けることからラーメン隅角部にのびひ割れ等の懸念が生じる。また、実橋における斜橋の報告が無い事から、この橋では、斜角90度で計画することとした。

(2) ラーメン隅角部の耐久性

ポータルラーメン橋では、PC定着具が橋台背面土内に配置されるため、供用後、PC定着部の劣化等の変状を直接目視できない。張出し構造は、PC鋼材の定着を行い主桁部材にプレストレスを均等に与えるための重要な構造であるため、耐久性への十分な配慮が必要である。

ポータルラーメンの桁端と踏掛版は、発泡系目地材で接続するため、排水機能が無く路面排水により湿潤状態となる。路面排水は、冬期の路面凍結剤による塩分が浸透するため、定着具付近における塩害対策を実施することとした。塩害対策は、ひび割れが生じないように、図4に示すとおり「かぶりの確保」と「エポキシ塗装鉄筋の使用」を併用することとした。

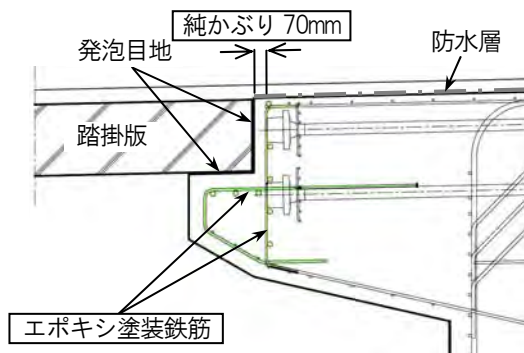


図4 張出し部の塩害対策

4. 施工

(1) 施工手順

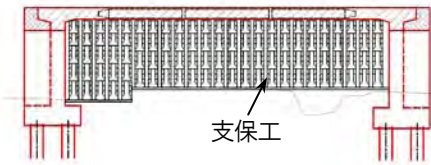
ポータルラーメン橋は、上部構造と下部構造の接合部の施工時期によって構造系が変化することから、設計に合わせて施工手順を決めた。

施工順序は、①橋台工、②上部工、③隅角部（緊張工）、④背面盛土工で行うこととした（図-5参照）。

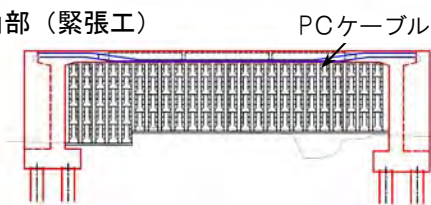
①橋台工



②上部工



③隅角部（緊張工）



④盛土工



図-5 施工手順

(2) 施工工程

常盤川橋の工事は、平成21年から1年で下部工の工事を行い、平成23年4月より表-2に示す工程で上部工の工事を行った。

表-2 上部工事の工程表

H23年/月		4	5	6	7	8	9	10
L橋	支保工		組立			解体		
	主桁工							
	緊張工							
	地覆工							
R橋	支保工		組立			解体		
	主桁工							
	緊張工							
	地覆工							
付帯工等								

※ 施工期間：H23. 3. 1～H23. 10. 12（226日）

(3) 耐久性向上への配慮

1) 隅角部のひび割れ対策

ラーメン隅角部は、上下部工の断面力を伝達させる重要な部位であることから、隅角部のひび割れ発生に十分な品質管理が要求される。しかしながら、下部工と上部工の施工期間が約1年空いたため、打継ぎ目となる隅角部には、下部工側のコンクリートの拘束によるコンクリ

ートの温度ひび割れ発生が懸念された。このため、本工事では上下部工をモデル化した三次元温度応力解析を実施し、図-6によるフローにより、有害なひび割れ発生の可能性が高い部位を推定し、補強鉄筋を配置した。

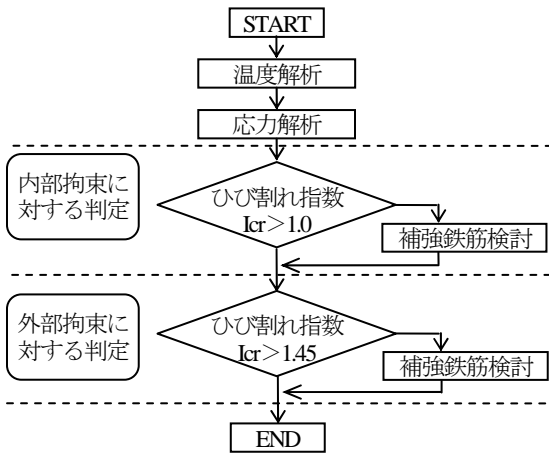


図-6 ひび割れ対策検討フロー

【温度解析結果】

隅角部の経験最大温度は、コンクリート内部において77度に達する。

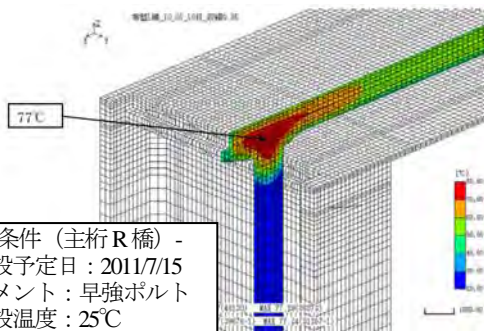


図-7 温度解析結果 (L橋)

【内部拘束に対する判定結果】

最終コンクリート打設から1ヶ月経過時点におけるひび割れ指数が1未満となる部位に着目し、鉄筋の応力度が許容値を超えている部位に補強鉄筋を配置することとした。

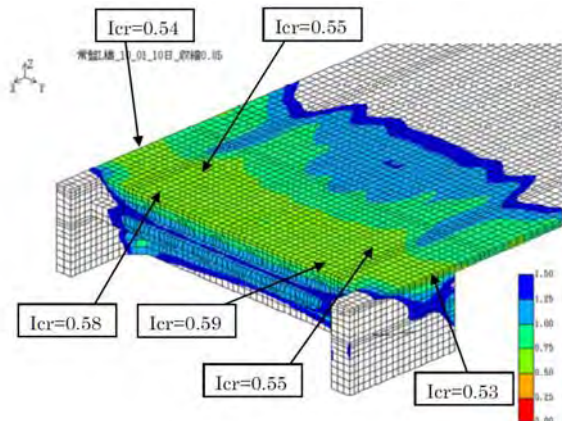


図-8 内部拘束による最小ひび割れ指数 (L橋主桁上縁側)

表-3 鉄筋の応力度と補強鉄筋

	補強鉄筋	応力度	判定
主桁上縁	D13@250 ⇒ D13@125	176	OK
桁端下縁	D13@250 ⇒ 変更なし	220	OK
主桁下縁	D13@250 ⇒ 変更なし	193	OK
許容値	—	225	—

※鉄筋の応力度は着目部位の内、最も大きい値を示す。

【外部拘束に対する判定結果】

最終コンクリート打設から8ヶ月経過時点におけるひび割れ指数が1.45未満となる部位に着目し、鉄筋の応力度が許容値を超えている部位に補強鉄筋を配置することとした。その結果、ウイングのハンチ部と土留壁には、補強鉄筋を追加し施工することとした。

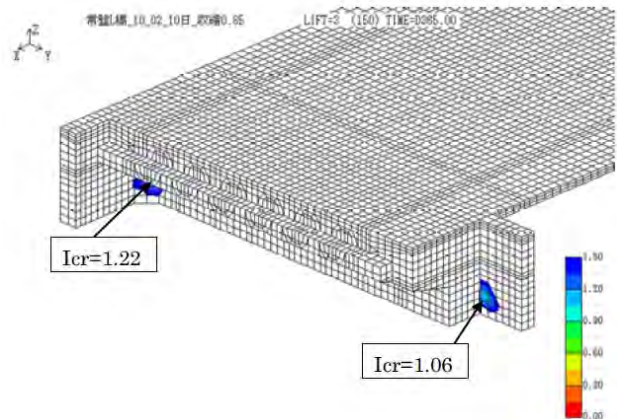


図-8 外部拘束によるひび割れ指数

また、補強鉄筋の配置、ラーメン隅角部のハンチ筋が錯綜するため、ワーカビリティの確保、コンクリートの充填性、乾燥収縮に起因するひび割れ発生を抑制するため、高性能AE減水剤、ガラス繊維ネットを採用することとした。



図-9 隅角部の配筋状況

2) PCグラウトの品質管理

PCグラウトには、プレミックスタイプの超低粘性型を使用した。これは、従来の高粘性・低粘性タイプのPCグラウトに比べ、さらに粘性を抑えた非膨張タイプのグラウトであり、注入が困難となる狭い間隙等にも充填可能となる。また、水セメント比の低減により、グラウトの長期耐久性および強度の向上を図り、さらに従来の鋼製シースに変えて、亜鉛メッキシースの採用により施工時の発錆防止を図ることで、PCケーブル全体の品質

確保の向上に配慮した。

表-4 超低粘性型の規格

粘性タイプ	W/C (%)	流下時間の規格値(秒)	注入最大圧力(MPa)
高粘性型	42.5	14~23	1.50
超低粘性型	36.0	3~5	0.30

※ 注入最大圧力は一般値を示す。



図-10 PCケーブルの配置状況

(5) 施工状況

1) 下部工

上下部工の打継位置は、隅角部の配筋より桁下より1.2mの位置とし、杭、橋台躯体の工事を行った。



図-11 下部工の施工状況

2) 上部工

主桁の施工は、枠組支保工により施工を行った。渡航部については、H桁を敷設した後に支保工を布設した。主桁製作においては、単純桁の施工と同様に型枠設置、鉄筋組立、PCケーブルの配置を行う



図-12 渡河部の支保工の設置状況

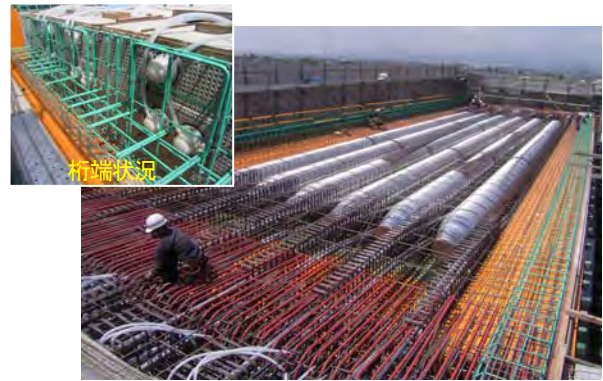


図-13 主桁の製作状況

3) 完成状況



図-14 完成状況

5. まとめ

常盤川橋は、当初計画の単純桁橋に対して再評価し、ポータルラーメン橋の採用により、約10%の「コスト削減」を図ることができた。伸縮装置を省略することで、交通振動の低減、走行性が向上し、交通量の多いJCT内の橋梁においては、本構造が最適な構造であったと判断される。設計・施工を通して、ポータルラーメンにおける隅角部の耐久性・品質の向上に着目したことは、単に伸縮装置の省略による維持管理の縮小だけでなく、橋全体としての「長寿命化」に取り組むことができたと思う。

我が国では、少子高齢化、公共事業費の縮小に伴い、初期コストの縮小、ライフサイクルコストの低減が求められており、ポータルラーメン橋がこれらの要求に対応できる工法であると、この工事を通じて改めて考えるところである。ポータルラーメン橋の施工実績は、平成20年度の国土総合政策研究所による調査によると、全国で27橋の実績があり、今後、さらに実績を増やしていくことを期待したい。