

(80) 湯川橋の計画と施工について

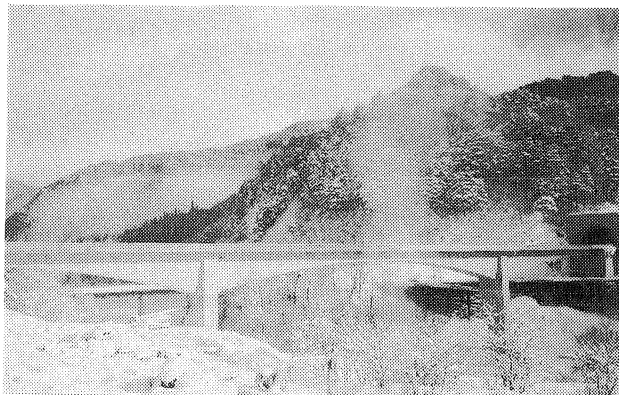
日本道路公団	江川 元幾
同上	栗崎 清志
ピーシー桥梁(株)	檜崎 隆明
同上	正会員 ○ 大多和 兼吾

1. はじめに

湯川橋は秋田自動車道(東北横断自動車道遠野秋田線)の北上西IC~湯田IC間に位置し、ダム湖(錦秋湖)に架かる橋長211mのPC3径間連続ラーメン箱桁橋である。

この地域は秋田県と岩手県の県境、奥羽山脈の山ふところであり、古くからの秘湯とスキー場で知られている所である。

本橋の計画に際しては錦秋湖のほとりに位置し、湯田町リゾート計画地域内にある為、景観に配慮した。

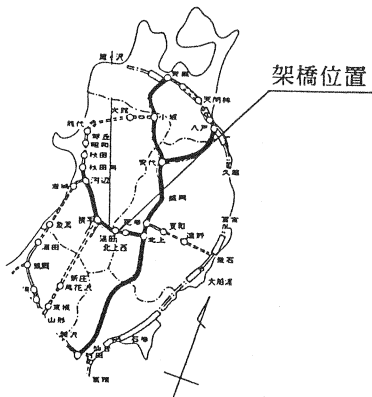


そして、アーチ橋的なイメージを醸し出す事とあわせてせん断耐力を増加させるという事で、柱頭部において比較的高い桁高(桁高支間比 1/11.8)を採用した。

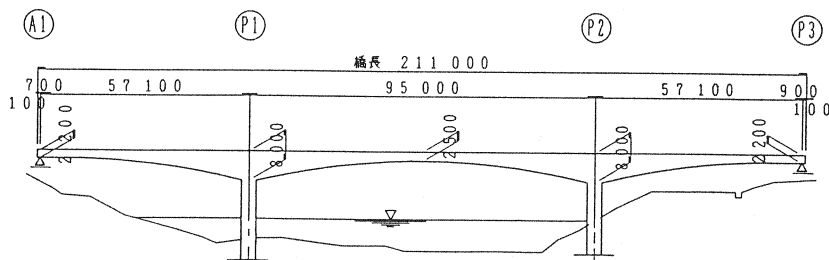
ここでは、このような湯川橋の計画と柱頭部マスコンクリートの温度管理、冬期施工について報告するものである。

2. 工事概要

- 工事名: 秋田自動車道湯川橋他2橋(PC上部工)工事
- 路線名: 東北横断自動車道遠野秋田線
- 構造形式: PC3径間連続ラーメン箱桁橋
- 橋長: 211.000 m
- 桁長: 210.800 m
- 支間長: 57.100m + 95.000m + 57.100m
- 幅員: 有効幅員 10.490 m (全幅員 11.400 m)
- 活荷重: TL-20, TT-43



※ 湯川橋全橋としては橋長322.0 m (3径間連続ラーメン箱桁橋 211.0 m + 3径間連続箱桁橋 111.0 m) で構成されている。



3. 上部工の計画

本橋の構造形式としては先に述べたように、ダム湖に架けられ、湯田町リゾート計画地域内の構造物である事から、①P C 3径間連続ラーメン箱桁橋 ②エクストラドーズドP C 3径間連続ラーメン箱桁橋 ③鋼アーチ橋について比較検討された結果、経済性・施工性に優れ、構造的に適当と考えられるP C 3径間連続ラーメン橋が選定された。

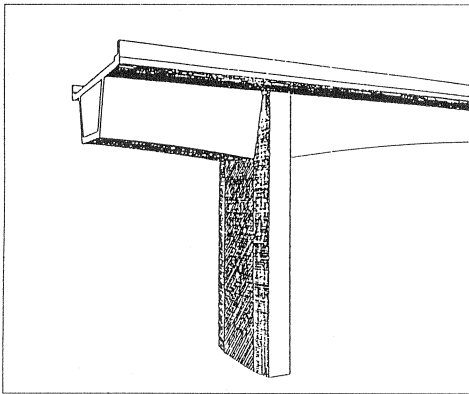
支間長は、A 1側のトンネル坑口、県道との交差条件、及び錦秋湖の地形条件等を考慮して決定し、かつ構造性と景観を配慮して左右対称のスパン割りとする事を基本方針とした。

断面形状は、全幅員が11.4mであり、一般的な一室箱桁であり、桁全体の重量感を軽減するような視覚効果を探り入れウェブに10%程度の勾配を付ける事とした。

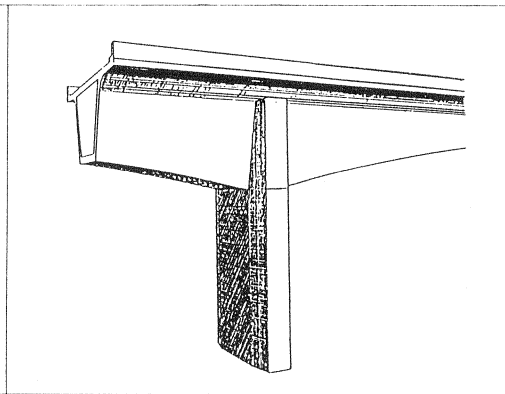
桁高は前述したようにアーチ橋的なイメージを演出する為に、柱頭部の桁高を8.0mとした。

一般的な桁高支間比は1/15~1/20とされているが、このように柱頭部桁高を高くする事による景観的効果とせん断耐力が増加することに着目した。そして、柱頭部桁高について一般的な範囲の5.5mの範囲から概略的な検討を行い、せん断鋼棒が不要となる桁高を目安としてH=8.0mとした。

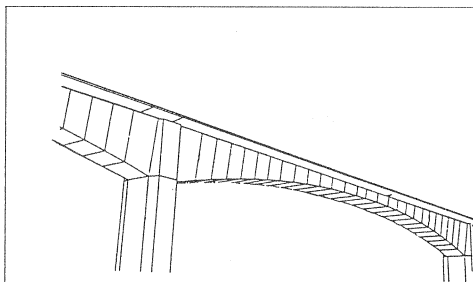
H = 5.500m (H/L = 1/17.3)



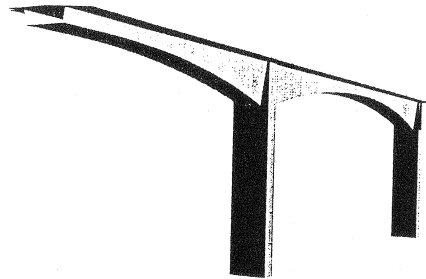
H = 8.000m (H/L = 1/11.8)



景観効果の確認の意味で下図のような3次元のパスをコンピューターグラフィックを用いて構造物の持つ表情について検討を行った。

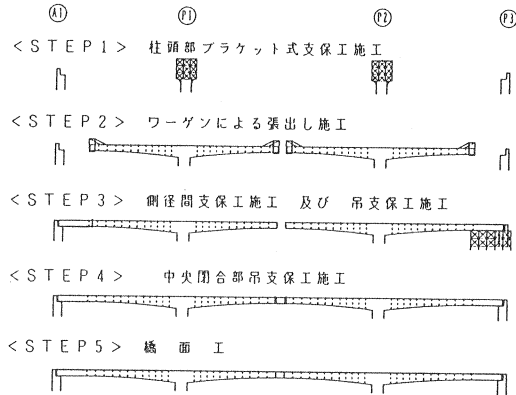


ブロック割りを考慮したアーチの形状



A 1橋台からP 1, P 2橋脚を望む景観

施工方法は、一般的な張出し架設工法により施工を行った。施工順序図を以下に示す。



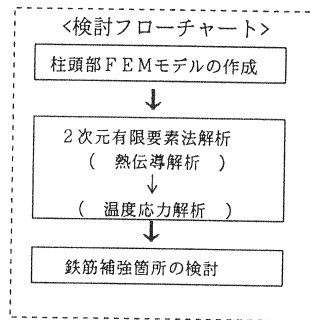
3-1 柱頭部マスコンクリートに対する検討

本橋のP1・P2橋脚は幅7.0m厚さ4.0mの矩形断面にテーパーを設けた断面形状を採用している。

そこで、中空断面の場合と無垢断面の場合について、温度・乾燥収縮の影響、施工性・経済性について検討を行った。結果として橋脚高さも26m、19mと低いオーダーにあり、橋脚厚さも4.0m程度である事から温度・乾燥収縮・地震による大きな相違はなく、施工性・経済性に優れた無垢断面を採用する事とした。

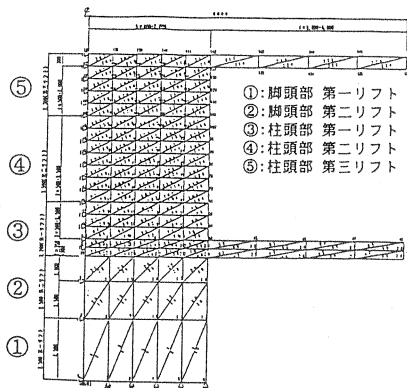
一般的にマッシブなコンクリートを打設する場合、水和熱に起因する温度応力及びそれに伴うひびわれ発生に留意する必要がある。本橋の場合は特に設計基準強度 $\sigma_{ck} = 400\text{kgf/cm}^2$ の富配合のコンクリートを打設する事から、柱頭部付近の温度応力に留意して施工を行った。

具体的には熱伝導解析・温度応力解析を「マスコンクリートの温度応力計算用プログラム」を用いて行った。このプログラムは2次元解析であり橋軸直角方向の応力分布を推定するため、算定された内部温度分布を基本とした平面的なFEM解析を行い、引張応力に対して鉄筋にて補強する事とした。

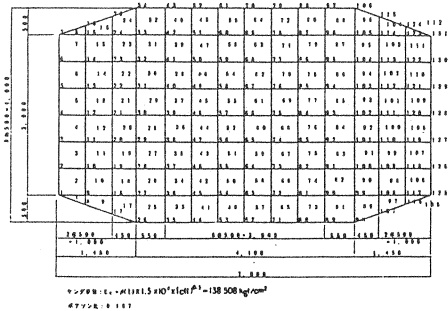


<柱頭部解析モデル>

(熱伝導解析用) 側面形状



(温度応力解析用) 平面形状



< 設計条件及び材料特性 >

	項目	内容		
設計条件	コンクリートの種類	早強ポルトランドセメント $\sigma_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$		
	外気温	20°C		
	コンクリート打込み温度	15°C		
材料特性	切り割りと打設間隔	第一リットを打設後、第二リットを5日後に打設。第三リットを21日後に打設。		
	配合	$W_c = 430(\text{kgf/m}^3)$		
	密度 ρ	2.3 tf/m^3		
	比熱 C	0.29 $\text{kcal/kgf}^\circ\text{C}$		
	熱伝導率 λ	2.3 $\text{kcal/mh}^\circ\text{C}$		
	熱伝導率 η	$\eta = 10$ 参考値	型枠 (合板)	12 $\text{kcal/m}^2 \text{h}^\circ\text{C}$
			養生布+散水	7 $\text{kcal/m}^2 \text{h}^\circ\text{C}$
			養生布+散水	7.5 $\text{kcal/m}^2 \text{h}^\circ\text{C}$
	断熱温度上昇式	$Q(t) = 60.3 \times (1 - e^{-\gamma t})$		
	力学的特性	圧縮強度 $f_c'(t) = \frac{t}{2.9+0.97t} f_c'(91)$		
引張強度 $f_t'(t) = 1.4 \sqrt{f_c'(t)}$				
ヤング係数		$E_e = 1.1 \times 10^4 \sqrt{f_c'(t)}$ (t): t=3日まで		
		$E_e = 1.5 \times 10^4 \sqrt{f_c'(t)}$ (t): t=3日以降		
線膨張係数		$\alpha = 10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$		
ポアソン比	$\nu = 0.167$			

※ 上記外気温他はP2橋脚施工時の値を示す。

(断熱温度上昇について)

「コンクリート標準示方書」より
 $Q(t) = Q_\infty (1 - e^{-\gamma t})$

Q_∞ : 実験により定まる終局断熱温度上昇量 (°C)

γ : 実験により定まる温度上昇速度に関する定数

C : 単位セメント量

t : 材齢 (日)

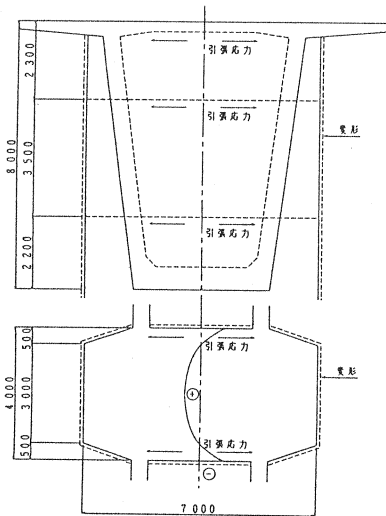
$Q(t)$: 材齢 t 日における断熱温度上昇量 (°C)

本ケースでは、実験によらない場合の Q_∞ 及び γ を打設温度 20°C (P2橋脚側) に対して次式にて求めた。

$$Q_\infty = aC + b = 0.11 \times 430 + 13 = 60.3$$

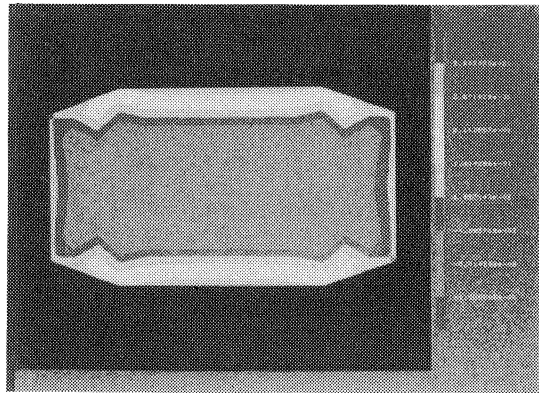
$$\gamma = gC + h = 3.8 \times 430 - 0.036 = 1.598$$

< 応力状態モデル >



< FEM解析結果 >

中心の温度: 65°C の場合



< 解析結果の総括 >

- 温度上昇量は、断面中央部で65°C (表面部は35°C) まで上昇。
- 発生応力は温度上昇時の体積膨張における内部拘束力により -30 kgf/cm^2 程度生じる。
- 引張応力の発生箇所については引張鉄筋量を算定し、D22-CTC125の鉄筋を配置した。

< 施工管理結果の総括 >

- 熱伝対による観測結果は、FEM解析による熱伝導解析の解析結果と概ね等しい値が観測された。
- 引張応力が予測された箇所についても上記の配筋を施した事により、現場での目視においてひびわれの発生は認められなかった。

3-2 冬期施工について

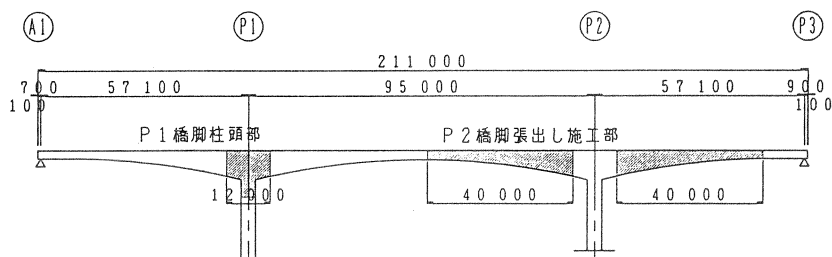
本橋の施工においては、下図斜線部の施工区間を工程上冬期施工として行った。

本橋は架橋地点が奥羽山脈の山ふところであるため、気象条件は非常に厳しい条件であった。

特に12月～3月の厳寒期では、日平均気温も0℃以下となっており、寒中コンクリートとしての対策が必要であった。

一般的に寒中コンクリートにおいて早期材令の強度発現は多くの要因が影響するが、強度とたわみの基本値となるヤング係数は相関関係を有しており、張出し施工におけるたわみの管理の面からも寒中コンクリートの施工における対策と管理は重要な課題であった。

＜ 冬期施工区間 ＞



※ 上図斜線部が冬期施工区間の箇所を示す。

(1) プラントでの品質管理

- ① 骨材：運搬時の冰雪の混入に注意し、上屋式のストックヤードにシートで覆い貯蔵する。
- ② セメント：サイロ式の貯蔵庫を利用して、出荷量に応じた発注を行う。
- ③ 水：蒸気にて加熱し、温水として練り混ぜ水として使用する。
- ④ 混和剤：貯蔵タンクからの給水管を電熱線で巻き、凍結の防止をする。
- ⑤ 練り混ぜ・運搬：プラントミキサー、トラックアジテーターともに温水にて加熱後に使用し、練り混ぜ・運搬を行う。

(2) 現場での品質管理

① 打設

- ・ 打設準備：打設前日より打設箇所シート内をジェットヒーターにて内気温 5℃程度になるように保温する。
- ・ 打設環境：打設時の作業区域は10℃程度に保ち、シートは風雪に対して十分耐えうる様に保守点検を行う。

② 養生

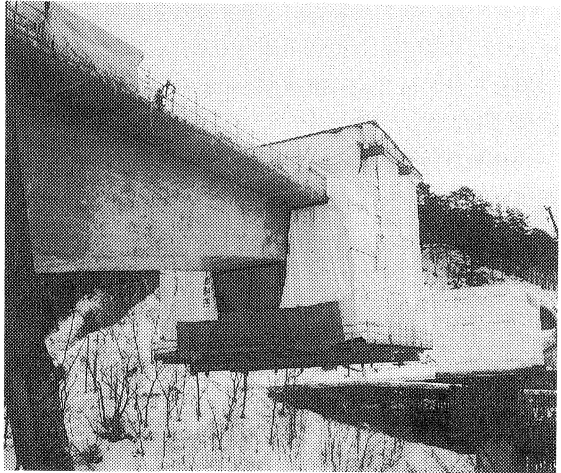
- ・ 養生：普通ポルトランドセメント 5℃以上4日間 ～ 0℃以上2日間
早強ポルトランドセメント 5℃以上3日間 ～ 0℃以上2日間
- を原則とし、部材の厚いコンクリートについては内部が高温になるので表面温度にて管理し、給熱の調整を行う。
- コンクリート表面には急激な水分の蒸発を防ぐ為に被膜養生剤を散布する。

P2橋脚側は、冬期に張出し架設によるブロック工法を行う事から、そのたわみ管理は供用後の走行性、維持管理、美観の面でも重要な要素であった。

冬期施工にあたっては、当工事のコンクリートの品質管理を十分に実施する為、前記したような内容をふまえ、冬期施工管理要領を作成し、工事の安全および品質管理に努めた。

なお、コンクリートの圧縮強度管理は基本的に現場養生による供試体を用いて行うことを原則とした。その結果冬期施工期間を通じて、張出し施工中のたわみ管理(P2橋脚側)においても出来形に対して許容値内の値に納める事ができ、P1柱頭部のマスコンクリートの冬期施工についても有害なひびわれを発生させることなく管理する事ができた。

(張出し架設部 施工状況)



4. おわりに

本橋は、現在国内で多数建設されているPCラーメン橋のひとつであり、最も標準的なタイプであると思われる。

しかし、柱頭部で比較的大きな桁高を採用する事により景観的にアーチ形状を醸し出し、せん断耐力を増加する事が出来た一方で、マスコンクリートの温度管理等、幾つかの留意点が生じた。

更に、山岳寒冷地における通年化施工という厳しい施工条件に対して、品質管理・安全管理を十分に管理する事によって、無事竣工する事が出来ました。

本橋の建設にあたりご協力を頂いた関係各位の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1)日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物の設計にFEM解析を適用する為のガイドライン
- 2)土木学会：コンクリート標準示方書(平成3年)
- 3)日本コンクリート工学協会：「ユーザーズマニュアルマスコンクリートの温度・応力計算用パソコンプログラム集(Versin II)」
- 4)日本コンクリート工学協会：マスコンクリートのひびわれ制御指針