

積雪寒冷地における張出し架設の施工 — 見市川橋上部工事 —

日本高圧コンクリート(株)	正会員 ○戸田 貴広
日本高圧コンクリート(株)	水口 大輔
国土交通省 北海道開発局 釧路開発建設部	秋本 光雄

1. はじめに

本工事は、北海道二世郡八雲町の一般国道277号雲石道路事業の一環として計画された新ルートであり、急峻な山間部に架設した橋長268mのPC3径間連続ラーメン箱桁橋である。施工場所は図-1に示すように「檜山道立自然公園」内に位置し、峠に架設することから気象環境は厳しく、冬期間は-10℃を下回る積雪寒冷地である。また、河川の影響を考慮した支間割としているため、最大支間長125m、最大橋脚高さ53mを有する構造である。

本稿は、積雪寒冷地に対応するコンクリートの品質および施工管理、高橋脚を有する上げ越し管理について報告する。

2. 工事概要

発注者：国土交通省 北海道開発局 函館建設部
 工事名：一般国道277号 八雲町 見市川橋上部工事
 工期：平成20年9月4日～平成22年3月24日
 道路規格：第3種3級
 構造形式：3径間連続PCラーメン箱桁橋
 橋長：268.0m
 有効幅員：8.5m（車道3.25m，路肩1.0m）
 支間割：78.0 + 125.0 + 63.0m
 曲率半径：500m 縦断勾配：5.2%
 図-2に主桁断面図， 図-3に側面図を示す。



図-1 現場位置図

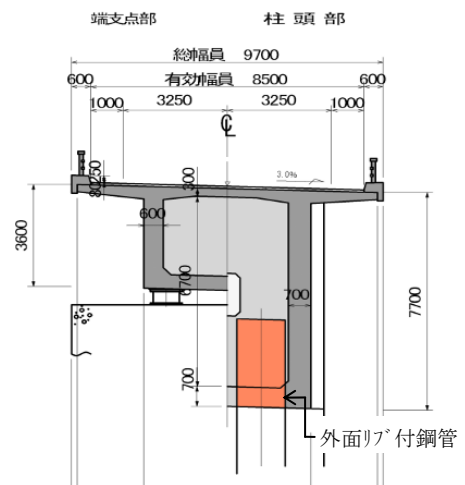


図-2 主桁断面図

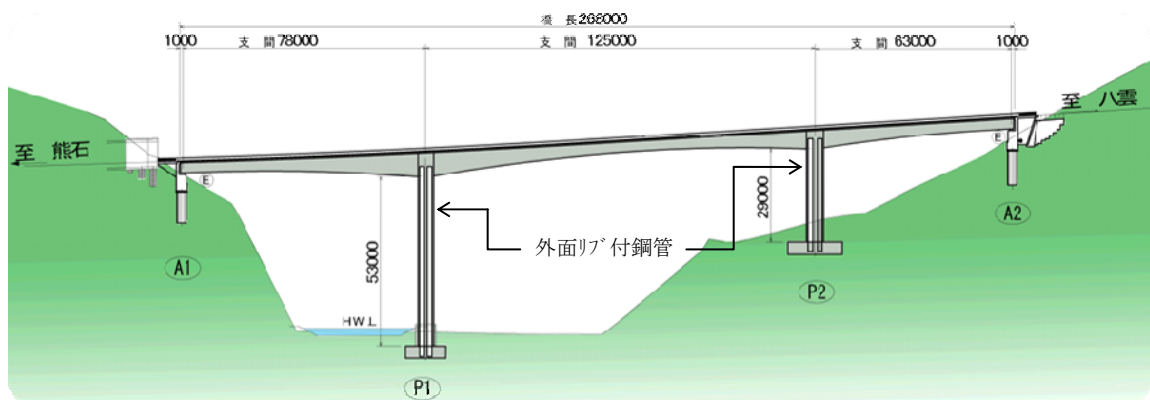


図-3 側面図

3. 積雪寒冷地に対応するコンクリートの品質管理および施工管理

3.1 気泡間隔係数の測定

積雪寒冷地に対応する品質管理として、コンクリートの気泡組織に着目した。気泡組織である空気量および気泡間隔係数は、冬季に厳しい凍結融解作用を受ける地域では凍害に対する抵抗性の指標となる。既往の研究¹⁾によると、エントレインドエアの連行を3~6%程度、気泡間隔係数は250 μ m近傍が耐凍害性にすぐれているコンクリートである。

主桁で使用する配合を決定するため、試し練りで空気連行助剤の種類を変えて硬化後に気泡組織の測定を行い、上述している数値に近い配合を確認するものとした。測定は画像処理技術を応用し、高精度で省力化を可能にした気泡間隔係数測定システム「エアボイド」^{※1}を使用し、「面積法」で行った。

表-1に試し練りの配合を示す。空気量調整

剤(Ad2)はNo. 1~3の種類を使用した。フレッシュ性状時の試験および強度試験は、全種類規格値を満足した。気泡組織の測定は(図-4参照) エントラップドエアを除き、エントレインドエアの気泡径25~250 μ mを抽出した。測定結果は表-2に示すように空気連行助剤によるばらつきは少なく、No. 1~3の全種類について耐凍害性にすぐれているコンクリートであることが確認できた。なかでも、空気量調整剤Bは気泡間隔係数が他と比べ約25 μ m小さいため、これを採用した。

3.2 温度追従養生の実施

本橋主桁は富配合コンクリートであり、事前の温度応力解析から部位によって40~70 $^{\circ}$ Cとなることが分かっており、初期圧縮強度については、従来の「現場養生供試体」確認では実構造物と大きく異なると考えた。そのため「現場養生供試体」の圧縮強度による情報では防寒養生が過剰となり、ひび割れの発生や長期強度の低下などコンクリートの品質に悪影響を与える危険性があった。そこで、防寒養生の適否を正しく評価するため、初期強度の確認は、実構造物と同様の温度履歴を与える「温度追従養生」²⁾を行った供試体を用いることとした。

表-1 配合表

呼び強度 (N/mm ²)	目標SL (cm)	w/c (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
				c 早強ポルト	w 地下水	s 砕砂	G 砕石	Ad1 混和剤	Ad2 混和剤
40	15	38.8	46.4	407	159	775	973	3.28	下記表

Ad1-種別	Ad2 AE剤(I種) [空気量調整剤]		
	No	品名	単位量(kg/m ³)
高性能AE減水剤(I種)	1	空気量調整剤A	0.814
	2	空気量調整剤B	0.611
	3	空気量調整剤C	0.509

表-2 気泡組織の測定結果

No	Ad2	面積法	
		気泡間隔係数 (μ m)	空気量 (%)
1	空気量調整剤A	265	3.6
2	空気量調整剤B	240	4.7
3	空気量調整剤C	264	4.3

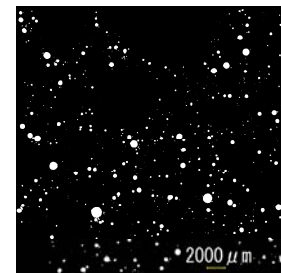


図-4 測定画像(空気量調整剤B)

※1住友金属テクノロジー(株)

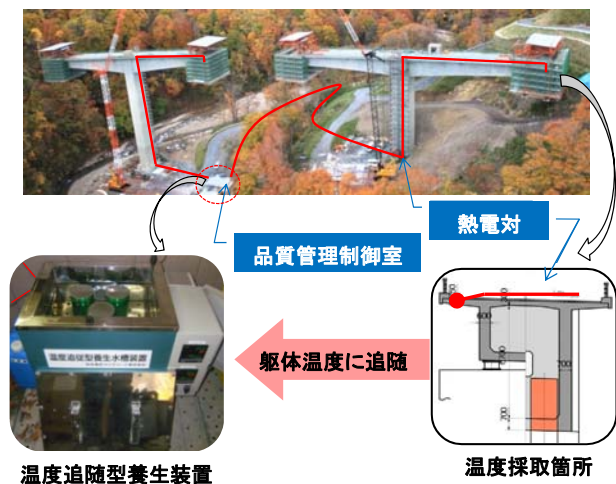


写真-1 養生装置全体図

温度追従養生は、秋から初冬（10～12月）にかけての張出し施工部において13回行った。設備は写真-1に示すように、コンクリート円柱供試体φ100×200mmが6本収納できる温度追従型養生水槽装置を1台準備し、熱電対を現場内に配線することにより品質管理室にて一元管理した。追従養生用の実構造物温度測定箇所は、過大な評価とならないように比較的溫度上昇が小さい張出し床版部とした。また、比較として上屋内で養生をした「現場養生供試体」を作成した。図-5に材齢2日のP1-17ブロック円柱供試体の表面温度履歴を示す。打設完了後の温度追従養生の供試体表面温度は、約10時間で最高気温40℃となり、その後緩やかに下降している。現場養生の供試体表面温度はほぼ一定であり、上屋内温度とほぼ同様である。これは硬化に伴い水和熱反応は供試体内部で進んでいるが、供試体部材が小さいため外部温度で水和熱が奪われたと推測する。図-6は、全供試体の平均養生温度と圧縮強度の関係をプロットしたものである。現場養生（10℃、39.5N/mm²）と温度追従養生（35℃、47.0N/mm²）の平均で考察すると、温度差25℃・圧縮強度差7.5N/mm²であり、追従養生強度は現場養生強度に比べ約20%強度増進する結果であった。

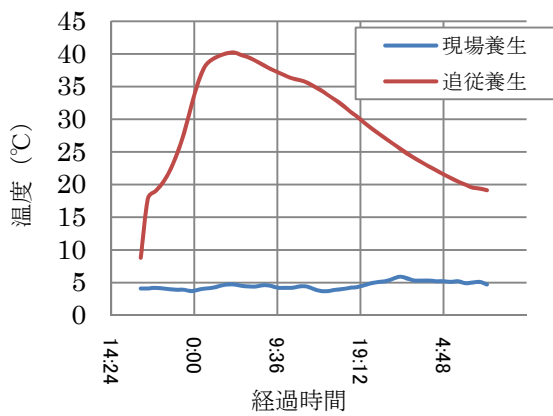


図-5 供試体表面の温度履歴 (P1-17BL)

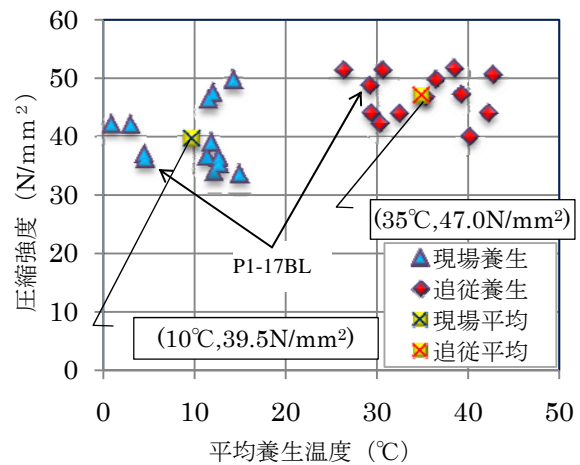


図-6 材齢2日の温度と圧縮強度の関係

本施工の防寒養生下の初期強度については、施工時期が厳寒期を迎える前で打設時のコンクリート温度が15℃程度あったこともあり、雪寒囲い内を5℃程度に保つ最低限の防寒養生下の現場供試体において必要な強度(σ :30.7N/mm²)が得られる結果となった。しかしながら、最低気温が-10℃前後となる厳寒期においては、打設時のコンクリート温度が10℃以下となる場合もあるため、現場養生供試体のみで判断した場合はさらなる給熱が必要となり、過剰な防寒養生となる危険性が増加すると思われる。このような場合に温度追従養生を行う重要性が高くなると考える。

4. 高橋脚を有する上げ越し管理

高橋脚を有する主桁の上げ越し管理として、橋脚の水平変位（傾き）の影響に着目した。側径間や中央閉合施工時における橋脚にはアンバランスモーメントが作用して水平変位が生じる。橋脚の水平変位量は主桁の上げ越し計算に反映するが、本橋では下記 a)～c)の理由により特に影響があると考えた。

- a) 橋脚高さは、P1：53m・P2：29mであり、最大アンバランスモーメント時の水平変位がP1：49mm・P2：9mmと差が大きい。
- b) 橋脚の構造形式は外面リブ付鋼管・コンクリート合成構造（ML工法）であり施工実績は全国で13件、橋脚高さ50m超の施工は初めてである。
- c) 橋脚は直接基礎であるため、地盤の微細な沈下が

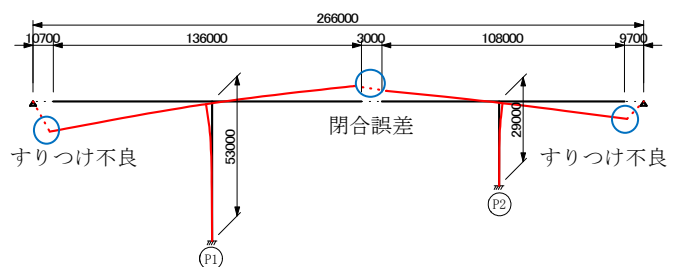


図-7 橋脚の水平変位による誤差概念図

橋梁上部のたわみに影響する。

水平変位の誤差は、図-7のように側径間とブロック施工継ぎ目付近のすりつけ不良、閉合誤差の不具合を生じさせるため、橋面出来形管理に大きく影響する。管理は、橋脚の水平変位実測値をもとに算出した橋脚剛度と設計剛度との差異を主桁上げ越し値に反映する方針とした。水平変位量の測定は、各ブロックでのアンバランスモーメントが最大となる片側の移動作業車内へのコンクリート打設完了時にトータルステーションで計測した。水平変位を実測した結果は図-8に示す。上げ越し量の補正を行う場合、1ブロックあたりの補正量が過大とならないよう5ブロック程度の区間で実施する必要があるため、橋脚の剛度を評価するポイントは1橋脚につき2箇所とした。P1は全19BLに対し1回目の評価は6BL、最終評価は12BL。P2は全14BLに対し1回目は4BL、最終は10BLと設定した。

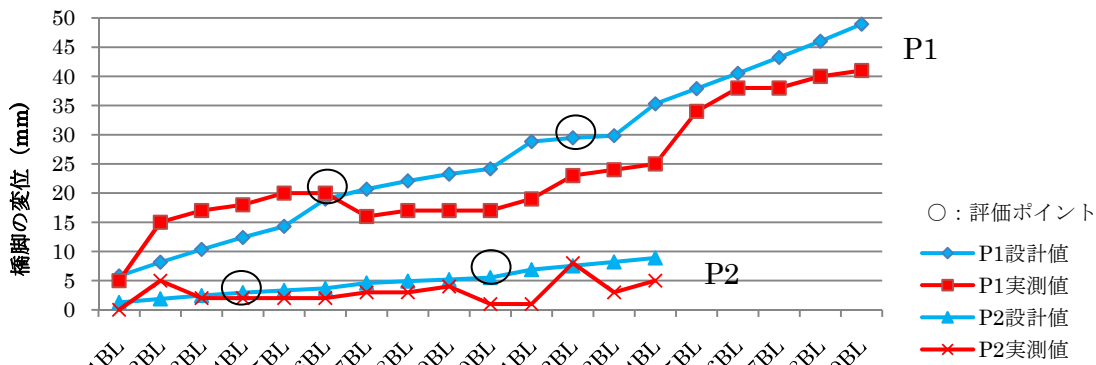


図-8 最大アンバランス時の水平変位量

1回目のP1橋脚変位量の評価は、対計算値約130%となったが、5~6BLで設計値に近くなり収束傾向に近くなっていると判断した。P2橋脚の1回目の評価も同様の傾向である。この挙動は、初期の上部工荷重が直接基礎地盤に作用し、なじみが生じたことによる変位と考えた。したがって、1回目の評価はP1, P2橋脚ともに経過観察とし、橋脚の剛度は当初計算と同様とした。2回目のP1の剛度評価は、水平変位が計算値より5~10mm下回り (対計算値約75%)、1回目の収束傾向からの挙動を判断すると、想定していたより剛度が高いと判断をした。理由として、当初想定したコンクリート弾性係数の違い、外面リブ付鋼管の評価の相違を考えた。その結果を踏まえ、その後のブロックは、橋脚たわみ量による上げ越し量を75%に補正した。P2橋脚は全体として計算値より2~3mm少ない値であるが、全体挙動はP1の最大たわみ49mmに対してP2は最大たわみ9mmと少ないこともあり、当初計算とおりにした。

全体として、P1剛度の補正を残ブロックで行うことにより、側径間付近の折れと閉合誤差は全て10mm以内でおさまった。橋梁全体の上げ越し量も計算値とほぼ一致する値となった。

5. おわりに

見市川橋上部工事は平成22年3月に無事完成した。工事開始時の課題であった積雪寒冷地における品質および施工管理、主桁の出来形管理は、現場条件を考慮した適切な手法で対応できたと考えている。本橋の施工に際して、多大なご指導、ご協力を頂いた関係諸氏に深く感謝の意を表すと共に、本報告が今後の同種橋梁の施工の参考になれば幸いである。

参考文献：1) 北海道土木技術会 コンクリート研究委員会：北海道におけるコンクリート構造物維持管理の手引き (2006年3月)

2) 中須, 佐々木, 手塚, 鈴木：高強度コンクリートにおけるテストピースの養生方法について, 第9回シンポジウム論文集 (1999年10月)



写真-2 完成写真