

### 多賀城高架橋 (南宮地区) の施工

三井住友建設(株) 正会員 ○北川 祐至  
 三井住友建設(株) 正会員 境 誠司  
 三井住友建設(株) 正会員 荻野目 太志  
 三井住友建設(株) 正会員 村田 宣幸

#### 1. はじめに

三陸沿岸道路「仙塩道路」は、一般国道45号の仙台港北ICから利府中ICを結ぶ延長7.8kmの自動車専用道路である。平成23年度より4車線化事業が始まり、平成27年度内の開通を目指して進められている。仙塩道路の中で最も長い橋梁となる多賀城高架橋は、全長3,724mの連続高架橋であり、本工事では多賀城高架橋のうち、新たに2期線としてPC5径間連続中空床版橋 (DP89～DP94間) の施工を行った。

東北地方では凍結抑制剤を散布するため、沿岸部でなくても塩分の影響を受けやすい環境である。本工事に隣接する1期線においては、凍結抑制剤などの腐食因子が床版内部に侵入することにより劣化している部位が散見された。これらの状況を踏まえ、プレストレスト・コンクリート建設業協会東北支部 (以下PC建協東北支部) では中空床版橋の耐久性向上案を東北地方整備局に対して提案している。本稿では、この耐久性向上案をふまえ、本工事で実施した床版や壁高欄に対する耐久性向上対策を報告する。

#### 2. 工事概要

上部工の断面図を図-1に、全体一般図を図-2に示す。

工 事 名：南宮地区PC上部工工事  
 発 注 者：国土交通省東北地方整備局  
 仙台河川国道事務所  
 構造形式：PC5径間連続中空床版橋  
 橋 長：117.000m  
 支 間 長：25.375m+2@26.000m  
 +19.500m+18.800m  
 有効幅員：10.000m  
 架設工法：固定支保工工法

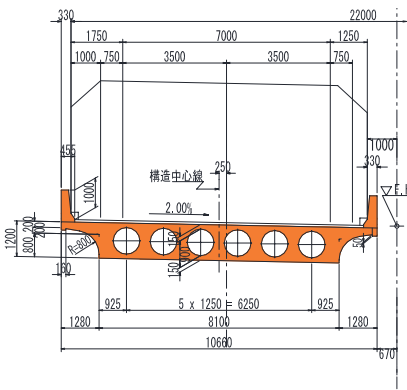
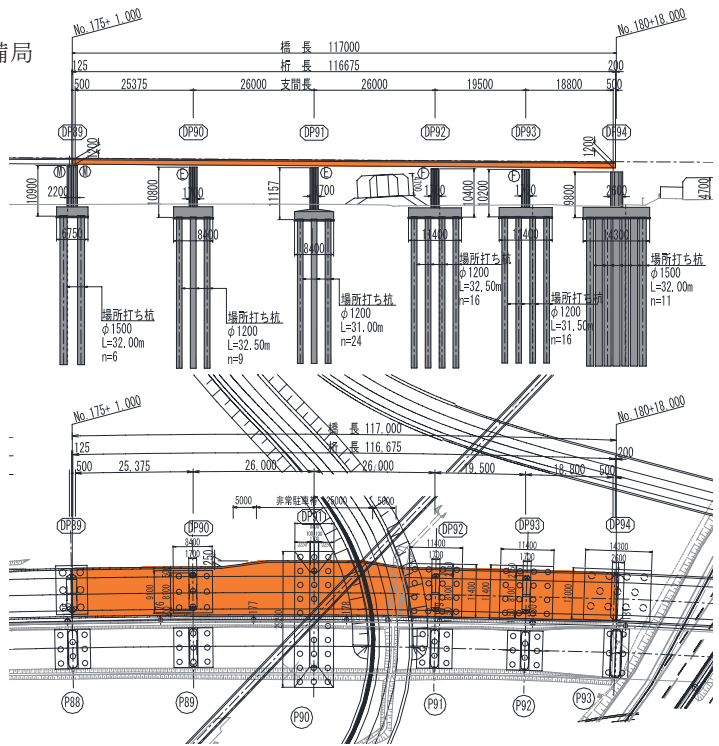


図-1 断面図

図-2 全体一般図

### 3. 耐久性向上の取組み

#### 3. 1 配温式パイプクーリングおよびクーリング排出水の養生利用

本橋の床版コンクリート打設時期は6～9月であるため、暑中コンクリートとなる。また、固定支保工工法による3分割打設で計画されていることから施工継目となる横桁を設けており、部材厚が1.2mのマスコンクリートとなっている。このため、セメントの水和熱および継目部の新旧コンクリートの材齢差による収縮差を起因とする温度ひび割れの発生が懸念される。

また、本橋架橋位置は比較的風が強い地域であり、養生を終えた後の初期における表面乾燥によるひび割れなどの初期欠陥の発生も考えられた。

これらの対策として、本橋では耐久性に影響を与える温度ひび割れの発生を抑制する方法として配温式パイプクーリングを実施した(図-3)。配温式パイプクーリングは、施工継目の横桁内に50cm間隔でφ19mmのポリエチレンパイプを配置し、部材中心部から部材表面部に向かって通水する。これにより、通水する水は高温となる部材中心部を初期段階に通過し吸熱して全体温度を低減させる。高温となったポリエチレンパイプ内の水を部材表面部に配温して内外温度差を低減することが可能となる。さらに、初期乾燥に対しては、クーリングを終えた排水(温水)を橋面に養生水として循環利用することで湿潤状態を確保できる(写真-1)。本橋では高機能養生マットを用いて排水を橋面に5日間養生水として循環させ(湛水状態)、側型枠については10日間以上存置する養生を行った。

これらの施工方法の実施により、床版コンクリートの温度ひび割れや初期の乾燥収縮ひび割れの発生を防止できた。

合わせて、これらの施工方法によるコンクリート表層品質への効果を確認するために、透気試験(Torrent法)を実施した。各径間ごとの床版上面、床版側面における透気試験結果を表-1に示す。透気係数の評価については、表-2に示すような評価区分があるが、それを参考にすれば、概ね「良」である。一部の例外もあるが、床版側面よりも床版上面の透気係数が小さく、緻密であることが分かる。今回の施工方法に一定の効果があったことが確認できた。

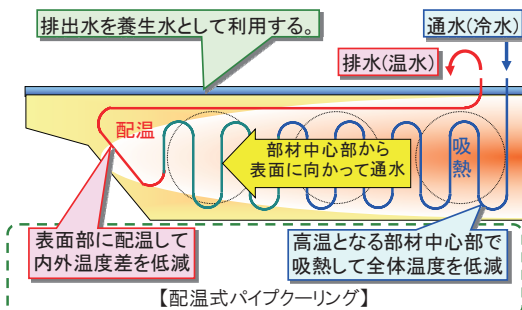


図-3 配温式クーリングパイプ概要図



写真-1 橋面養生状況(床版上面)

表-1 床版の透気係数および評価

位置	養生方法	養生期間	透気係数 ( $\times 10^{-16} \text{m}^2$ )	評価	
DP89 ~ DP90	木製型枠存置	床版側面左側	16日	0.090	良
		床版側面右側	18日	0.140	一般
	5日湛水+ 11日養生マット存置	床版上面左側	5日+11日	0.023	良
		床版上面右側		0.040	良
DP90 ~ DP91	木製型枠存置	床版側面左側	16日	-	-
		床版側面右側	18日	-	-
	5日湛水+ 11日養生マット存置	床版上面左側	5日+11日	0.054	良
		床版上面右側		0.047	良
DP91 ~ DP92	木製型枠存置	床版側面左側	11日	0.130	一般
		床版側面右側	13日	0.079	良
	5日湛水+ 19日養生マット存置	床版上面左側	5日+19日	0.039	良
		床版上面右側		0.100	良
DP92 ~ DP93	木製型枠存置	床版側面左側	11日	0.088	良
		床版側面右側	13日	0.095	良
	5日湛水+ 19日養生マット存置	床版上面左側	5日+19日	0.100	良
		床版上面右側		0.079	良
DP93 ~ DP94	木製型枠存置	床版側面左側	24日	0.069	良
		床版側面右側	26日	0.030	良
	8日湛水+ 14日養生マット存置	床版上面左側	8日+14日	0.023	良
		床版上面右側		0.039	良

表-2 透気係数評価方法

透気係数 ( $10^{-16} \text{m}^2$ )	0.001 ~0.01	0.01 ~0.1	0.1 ~1	1 ~10	10 ~100
透気グレード	1	2	3	4	5
透気性評価	優	良	一般	劣	極劣

### 3. 2 コンクリート打設・締固めにおける工夫

長期耐久性については、初期欠陥を防止することが重要であり、特に中空床版橋では円筒型枠直下の十分な締固めが肝要である。本橋では円筒型枠直下には、延長管付きバイブレータを斜めに挿入し、締固めを行った。PC鋼材が曲げ上がって配置される部位については延長管付きバイブレータも挿入が困難になることから、予め円筒型枠に鉛直にバイブレータ挿入孔（φ75mm）を500mm間隔で設置し、挿入孔から直接締め固めることとした（写真-2）。さらに、確実に充填できたかどうかの確認方法として、振動デバイスによるコンクリート充填検知センサーを1径間あたり30箇所用いて確認を行った。これらの打設・締固めを実施することで充填不良による初期欠陥はなかった。

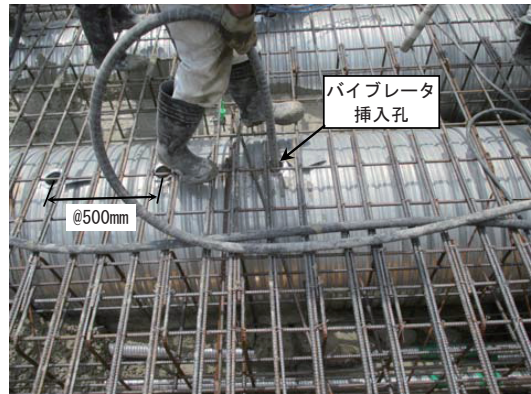


写真-2 鉛直孔を利用した締固め状況

### 3. 3 打継目部における腐食因子侵入防止

打継目部は新旧コンクリートの外部拘束ひび割れなどにより腐食因子がコンクリート内に侵入し、劣化する事例が多い。このため、打継目部の「床版上面」、「床版側面・底面」、「壁高欄基部」に着目して、腐食因子侵入防止対策を実施した。「床版上面」については、打継目部上端に角材で35mmの切欠を設け、切欠部はコンクリート用接着剤を塗布した直後に新設コンクリートを打設した。また、「床版側面・底面」については、新旧コンクリートのそれぞれについて橋軸方向1m範囲にシラン系コンクリート表面保護材の塗布を行った（写真-3）。「壁高欄基部」については、床版コンクリートを3cm嵩上げ施工した。これらの3種類の施工方法により、打継目部から床版内への腐食因子の侵入防止を図った。



写真-3 表面保護材塗布状況

### 3. 4 桁端部の耐久性向上

本橋に隣接する1期線の劣化は桁端部におけるものが著しい。伸縮装置の充填材が損傷・劣化し、腐食因子を含んだ水分が漏水していることに起因すると思われる。本橋では、東北地方整備局において標準仕様となっている桁端防水に加え、伸縮装置からの漏水の影響がおよぶと考えられる桁端部（橋脚のたて壁前面までの範囲）の鉄筋仕様をエポキシ樹脂塗装鉄筋とした（写真-4）。なお、前項（3. 3）および本項については「PC中空床版橋の劣化事例の改善仕様（案）」としてPC建協東北支部が東北地方整備局に提案したことが実現したものである。

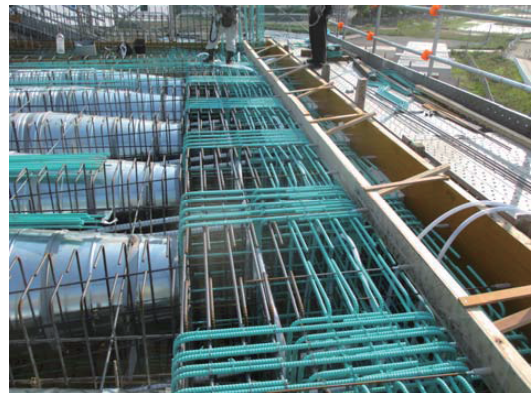


写真-4 エポキシ樹脂塗装鉄筋配置状況

### 3. 5 壁高欄の耐久性向上

床版上面と同様に壁高欄コンクリートは橋面に散布される凍結抑制剤による影響を受けやすい。さらに、床版に比べて壁高欄コンクリートは貧配合 ( $\sigma_{ck}=24N/mm^2$ ) であり、コンクリート表層の緻密性が低いため、腐食因子がコンクリート内に侵入しやすい。また、壁高欄コンクリートは既設床版に拘束され、外部拘束によるひび割れが発生しやすい状況にある。

この壁高欄コンクリートの品質向上・初期欠陥防止対策として、養生期間、型枠種類、剥落防止材の有無、コンクリート添加剤などの種々の対策を反映した供試体8体を用いた試験施工を行い(表-3)、それぞれの透気試験を実施した(写真-5)。供試体打設時のブリーディング水の発生状況など打設状況や、透気試験の結果を踏まえ、供試体最も耐久性が高いと思われる施工方法(養生期間14日以上、木製型枠、剥落防止材あり、コンクリート添加剤[E]あり、膨脹材あり[設計での仕様])を採用した。

各径間ごとの壁高欄(壁面)における透気係数の測定結果を表-4に示す。透気係数の範囲はばらつきがあるものの0.0028~0.028で、貧配合を採用した構造物における一般的な値よりも著しく改善しており、前述の表-2の判定基準では「優」および「良」の結果であった。また、耐久性に影響を与えるひび割れの発生はなく、品質の高い壁高欄が構築できた。

### 4. おわりに

三陸沿岸道路は通常よりも短期間で多くの橋梁など構造物を建設しており、高度成長期に建設した既設構造物の更新時期と復興道路の修繕時期が重なる可能性が高い。維持修繕の予算を考慮すれば、現在建設している新設構造物の長期耐久性を確保することが重要になる。本工事で取り組んだ耐久性向上の取組みが今後の同種工事の参考になれば幸いである(写真-6)。本工事の施工に関して多大なるご指導、ご協力を賜りました仙台河川国道事務所をはじめとする関係各位に深く御礼を申し上げます。

表-3 壁高欄供試体および透気試験結果

供試体名	養生期間	型枠種類	剥落防止材	添加剤	振動機	透気係数( $\times 10^{-16}m^2$ )評価			着目点
						壁面	ハンチ面		
供試体1	7日	木製	有	無	一般	0.19	一般	0.053	型枠種類 養生日数
供試体2	14日	木製	有	無	一般	0.11	一般	0.028	
供試体3	7日	木製	有	E	一般	0.14	一般	0.028	添加剤種類
供試体4	7日	木製	有	M	一般	0.21	一般	0.066	
供試体5	7日	合成樹脂中空版	有	無	一般	0.17	一般	0.064	型枠種類 養生日数
供試体6	14日	合成樹脂中空版	有	無	一般	0.15	一般	0.045	
供試体7	14日	合成樹脂中空版	無	無	一般	0.13	一般	0.061	剥落防止材 の有無
供試体8	7日	合成樹脂中空版	有	無	スバイラル	0.13	一般	0.039	

※剥落防止材: 0.455kg/m<sup>3</sup>添加 添加剤E: 生コンクリート改質剤10g/4m<sup>3</sup> 添加剤M: コンクリート分離低減剤4g/5m<sup>3</sup>  
ハンチ面には透水シートを用いている。



写真-5 透気試験実施状況

表-4 実施工における壁高欄透気係数

測定箇所		透気係数 ( $\times 10^{-16}m^2$ )	判定	膨脹材	剥落防止材	添加剤E
DP89-DP90	左側	0.01	優	20kg/m <sup>3</sup>	0.455kg/m <sup>3</sup>	10g/4m <sup>3</sup>
	右側	0.028	良			
DP90-DP91	左側	0.0098	優			
	右側	0.018	良			
DP91-DP92	左側	0.0077	優			
	右側	0.012	良			
DP92-DP93	左側	0.0042	優			
	右側	0.0098	優			
DP93-DP94	左側	0.0028	優			
	右側	0.0091	優			



写真-6 多賀城高架橋(南宮地区)完成写真

1)土木学会: 構造物表面のコンクリート品質と耐久性性能検証システム研究小委員会(335委員会)成果報告書およびシンポジウム講演概要集, pp.30, 2008