

# 臨港道路（浦添線）の整備について

吉平 健治<sup>1</sup>・田中 克彦<sup>2</sup>

1, 2 那覇港湾・空港整備事務所 第一工事課（〒901-2123 沖縄県浦添市西洲 1-1）

臨港道路（浦添線）は、沖縄県の拠点港、那覇港から沖縄中北部方面への物流機能を強化し、圏域の経済及び産業活動を支援するとともに、国道 58 号線等の周辺道路ネットワークを形成することにより、沖縄県中南部地域の渋滞緩和を目的に整備が進められている。

本報告は、現在施工が行われている橋梁上部工工事の整備手順を紹介するとともに温度応力によるひび割れ抑制対策のために実施したパイプクーリングについて報告する。

キーワード 橋梁上部工、架設用移動作業車、温度応力解析、パイプクーリング



## 1. はじめに

那覇港は、沖縄県の物流の中心拠点港湾として、県の経済活動を支えているが、那覇港と本島中心部への連絡は慢性的な交通渋滞が発生している市街地を通過せざるを得ない状況である。そこで、本事業は、市街部をバイパスしたアクセスを確保することで、中北部方面への物流機能を強化し、圏域の経済及び産業活動を支援するとともに、国道 58 号等の周辺道路機能を補完し、中南部地域の渋滞緩和に寄与することを目的としている。

臨港道路（浦添線）は浦添市港川から西洲までの延長 2.5km（内、橋梁部区間は 837m）であり、起点側は南部国道施工の浦添北道路と接続し、終点側は既設の臨港道路（港湾 1 号線）と接続する。臨港道路（浦添線）の道路諸元と構造諸元を表-1 および表-2 に示す。また、標準断面図と PC 鋼材配置図を図-1 および図-2 に示す。

表-1 道路諸元

項目	諸元
道路規格	第4種第1級(設計速度60km/h)
計画交通量	32, 100台/日(平成42年度)
総車線数	4車線

表-2 構造諸元

項目	諸元
有効幅員	10.25m(車道7.75m、歩道2.50m)×2橋
構造形式	上部工 PC11径間連続箱桁
	下部工 コンクリート、柱式橋脚
橋長	837m
支間割	49.5m+9@82.0m+49.5m
勾配	縦断 1.0%(一部最大5.0%)
	横断 2.0%
橋台	逆T式橋台

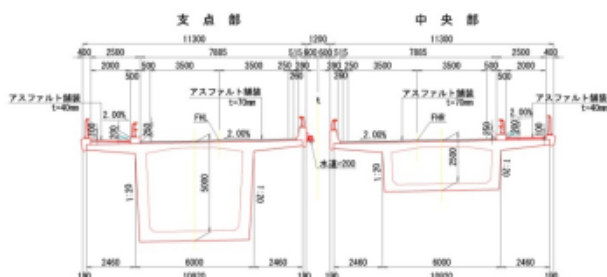


図-1 標準断面図

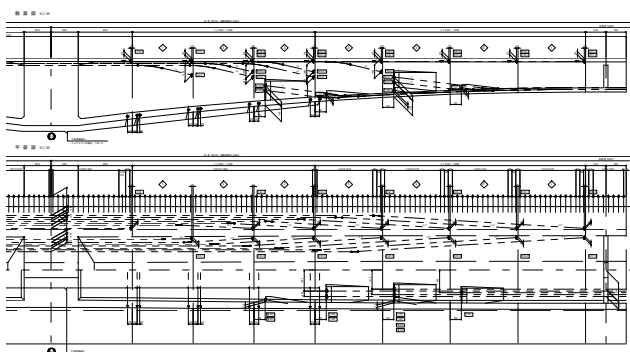


図-2 PC 鋼材配置図

## 2. 整備手順

臨港道路（浦添線）の上部工工事は、陸側が平成 23 年 10 月から、海側が平成 24 年 10 月から順次施工が進められている。橋梁上部工の施工フローを図-3 に示す。また、各工種の施工状況を写真-1 から写真-11 に示す。

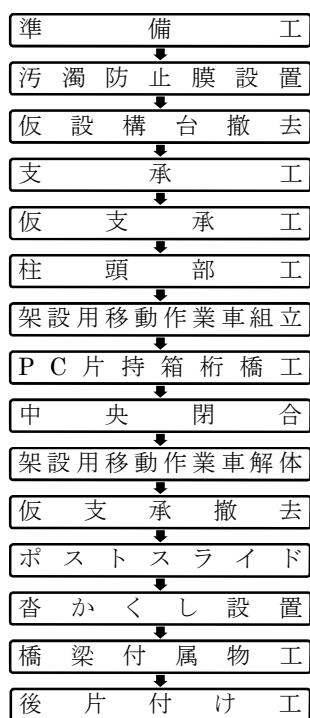


図-3 施工フロー

PC 片持箱桁橋工においては、張出し架設工法による施工を行っている。張出し架設工法とは、橋脚より橋の中央に向かって 2～5m のブロック毎に順次継ぎたし、張出していく工法である。張出した先端にはブロックを構築するための架設用移動作業車を設置して施工を行う。

この工法では、地上からの支えを必要としないため、建設する橋梁下の空間を侵すことなく、また地形や利用状況に左右されず施工することができる。



写真-1 支承設置

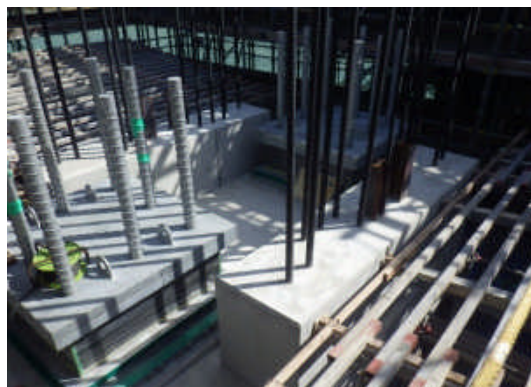


写真-2 仮支承設置



写真-3 柱頭部コンクリート打設





写真-4 架設用移動作業車組立



写真-8 中央閉合



写真-5 張出部コンクリート打設



写真-9 仮支承撤去



写真-6 PC 緊張（縦締め）



写真-10 ポストスライド



写真-7 PC 緊張（横締め）



写真-11 浦添線全体写真（H26. 3. 25 時点）

### 3. 温度応力によるひび割れ抑制対策

本橋梁の柱頭部はマスコンクリートに該当し、温度応力によるひび割れが懸念されるため、温度応力解析を実施した。解析には3次元温度応力解析プログラムを使用し、解析条件は「マスコンクリートのひび割れ制御指針2008（公社）日本コンクリート工学会」に準拠した。

また、ひび割れ抑制対策としてコンクリート内外の温度差を緩和するためにパイプクーリングの実施を検討し、その効果についても解析を行い、実施工との比較を行った。

### (1) 温度応力解析

### 1) 解析条件

解析モデルは P1 橋脚の柱頭部とし、斜角および縦横断勾配の影響を考慮しない 1/4 モデルとした。

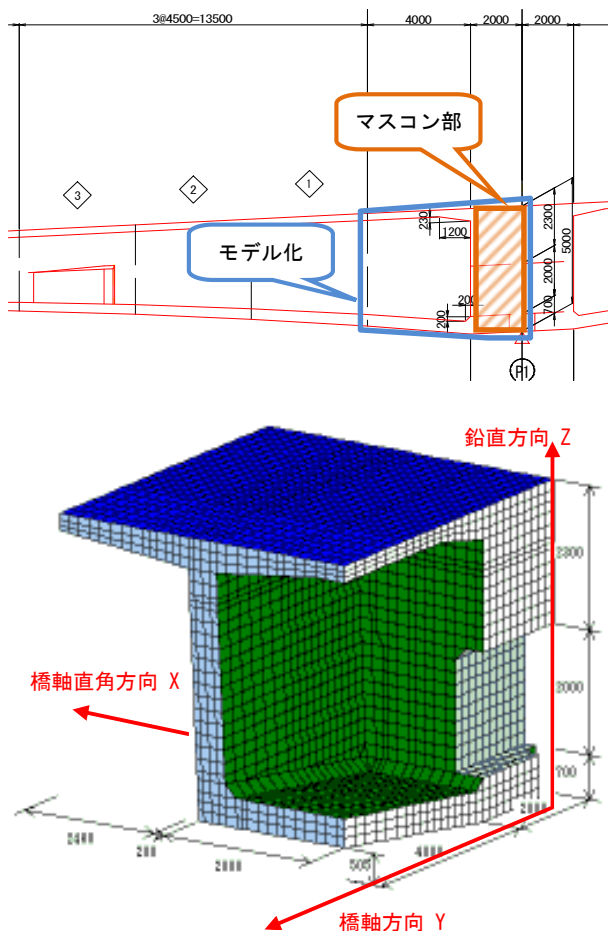


図-4 解析モデル

## 2) 環境条件

外気温は那覇市における 1981 年～2010 年(30 年間)の各月の平均気温とした。また、コンクリート打込温度は過去の実績より、打込み予定月における外

気温に 5°Cを加えた温度とした。

### 3) 材料条件

今回使用するコンクリートの配合と物性値を表-4  
および表-5 に示す。また、物性値を求めるための定  
数等を表-6 から表-9 に示す。

表-4 コンクリート配合表

適用	配合	W/B	単位量(kg/m3)				
		(%)	W	C	S	G	膨張材
柱頭部リフト1, BL1	40-12-20N	41.5	160	386	825	969	0.0
柱頭部リフト2	40-12-20N(EX)	41.5	160	366	825	969	20.0

表-5 コンクリート物性値

	単位	算 出 方 法	物性値
設計基準強度 f <sub>ck</sub> (28)	N/mm <sup>2</sup>	配合報告書より	40
セメントの種類	-		普通(N)
単位結合材量 B	kg/m <sup>3</sup>	配合報告書より(膨張材含む)	386
熱伝導率 λ	W/m℃	コンクリート標準示方書より	2.700
比熱 Cc	kJ/kg℃	コンクリート標準示方書より	1.150
断熱温度上昇特性 Q	℃	$Q(t) = Q_{\infty} \cdot [1 - \exp(-r \cdot (t - t_0))] \cdots \textcircled{1}$ Q <sub>∞</sub> , r は 表-6 のセメント種類と打込温度による	①式
コンクリート打込温度 T	℃	コンクリートは打設日平均気温+5℃と仮定	表-2
弾性係数 Ee	N/mm <sup>2</sup>	$Ee(te) = \Phi(te) \times 6300 \times [f'c(te)]^{0.45} \cdots \textcircled{2}$	②式
圧縮強度 f'c	N/mm <sup>2</sup>	$f'c(te) = (te - S_f)^a \cdot (a + b \cdot (te - S_f)) \times f'c(28) \cdots \textcircled{3}$ a, b, S <sub>f</sub> は 表-7 による te は JSCE 有効材齢で、 $te = \sum \Delta t \cdot \exp[13.65 - 4000 / (273 + T(\Delta t) / T_a)]$	③式
引張強度 ft	N/mm <sup>2</sup>	$ft(te) = 0.13 \times f'c(te)^{0.85} \cdots \textcircled{4}$	④式
ポアソン比	-	コンクリート標準示方書より	0.200
線膨張係数 α	μ/℃	コンクリート標準示方書より	10.0
クリープ構成則 Φ	-	0.42 : 最高温度に達する有効材齢(t <sub>max</sub> )まで 0.65 : (t <sub>max</sub> + 1) 日以降	有効弾性係数法
膨張ひずみ <sup>※</sup> ε <sub>ex</sub>	-	$\epsilon_{ex}(te) = \epsilon_{ex\infty} \cdot (1 - \exp(-a \cdot (te - t_0)^b)) \cdots \textcircled{5}$ $\epsilon_{ex\infty}, a, b, t_0 \text{ は 表-8 による}$	⑤式
自己収縮ひずみ ε' <sub>sh</sub>	-	$\epsilon'_{sh}(te) = -\beta \cdot \epsilon'_{as\infty} \cdot \gamma(te) \cdots \textcircled{6}$ $\gamma(te) = 1 - \exp(-a \cdot (te - t_s)^b)$ $\beta, \epsilon'_{as\infty}, a, b, t_s \text{ は 表-9 による}$	⑥式

※ 膨張ひずみは膨張材を混入した配合のみ考慮

表-6 熱特性に係る  $Q_{\infty, r}$  の標準値

セメントの種類	打込温度 Ta (°C)	セメント量 C (kg/m <sup>3</sup> )	Q(t) = Q <sub>∞</sub> { 1 - exp(-r·(t-t <sub>0</sub> )) }					
			Q <sub>∞</sub> = a + b · Ta		r = g + h · Ta		t <sub>0</sub> = a · exp(-b · Ta)	
			a	b	g	h	a	b
普通(N)	表-2	386	61.1	-0.027	0.373	0.054	0.627	0.074

表-7 圧縮強度に係る定数  $a, b, c$  の値

セメント種類	C/W	a	b	Sf	f'c(28)
普通ポルトランドセメント	2.41	3.03	0.89	0.37	53.2

表-8 膨張ひずみに係る  $\varepsilon_{ex\infty}$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $t_0$  の値

セメント種類	$\varepsilon \text{ ex}^\infty$	a	b	$t_0$
普通ポルトランドセメント	150	0.69	1.11	0.30

表-9 自己収縮ひずみに係る  $\beta, \varepsilon'$  as $\infty, a, b, t_s$  の値

セメント種類	$\beta$	$\varepsilon_{as\infty}^{**}$	W/C	a	b	ts
普通ポルトランドセメント	1.0	⑦式	0.415	0.22	0.71	0.30

$$\times \varepsilon^{\text{as}\infty} = -3070 \times \exp[-7.2 \times (W/C)] + 50 \times [1 - \exp(-1.2 \times 10^{-6} \times (T_{\max} - 20)^4)] \cdots (7)$$

#### 4) ひび割れ指数の目標値

目標とするひび割れ指数は、引張強度と最大主引張応力との比とし 1.0 以上とする。また、ひび割れ



指数とひび割れ発生確率の関係を図-5に示す。

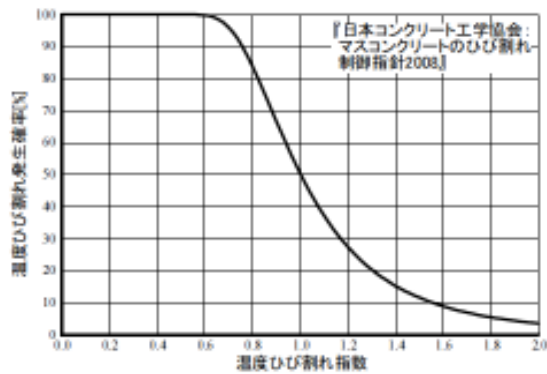


図-5 ひび割れ指数とひび割れ発生確率の関係

### 5) パイプクーリング

クーリングパイプ内径は20mm、通水開始時の水温は20℃、流量は毎分3リットルの通水設備をマスコンクリート1箇所あたり4設備とし、パイプ配置間隔は500mm程度、通水期間は5日間（仮定値）とした。パイプクーリングの配置概略図と配置状況を図-6および写真-12に示す。

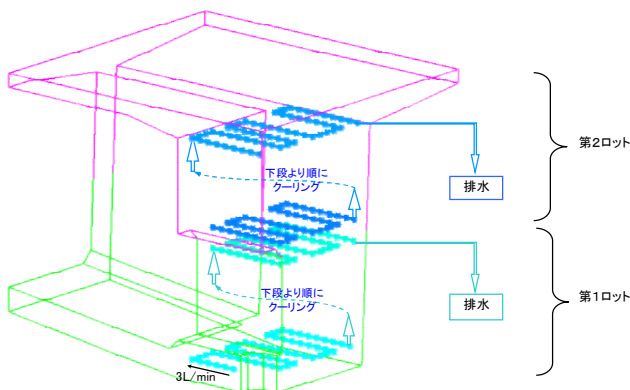


図-6 パイプクーリング配置概略図



写真-12 パイプクーリング配置状況

### 6) 解析結果

解析結果を表-10に示す。また、温度分布とひび割れ指数分布を図-7および図-8に示す。解析の結果、パイプクーリングの実施により、最大温度は約15℃低下し、ひび割れ指数は1.0を下回る箇所がなくなった。以上より、パイプクーリングによるひび割れ抑制の効果は十分にあることが期待できる。

表-10 解析結果

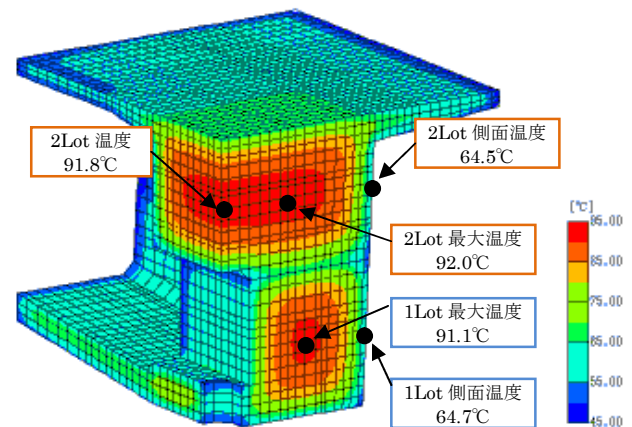
【パイプクーリングなし】

打設箇所		コンクリート温度[℃]		ひび割れ指数の最小値			
		最大温度	側面温度	①	②	③	④
P1	1Lot	91.1	64.7	1.12	1.13		
	2Lot	92.0	64.5	0.96	0.97	0.97	1.13

【パイプクーリングあり】

打設箇所		コンクリート温度[℃]		ひび割れ指数の最小値			
		最大温度	側面温度	①	②	③	④
P1	1Lot	74.3	62.1	2.50	3.61		
	2Lot	75.8	59.8	1.34	1.21	1.33	1.64

【パイプクーリングなし】



【パイプクーリングあり】

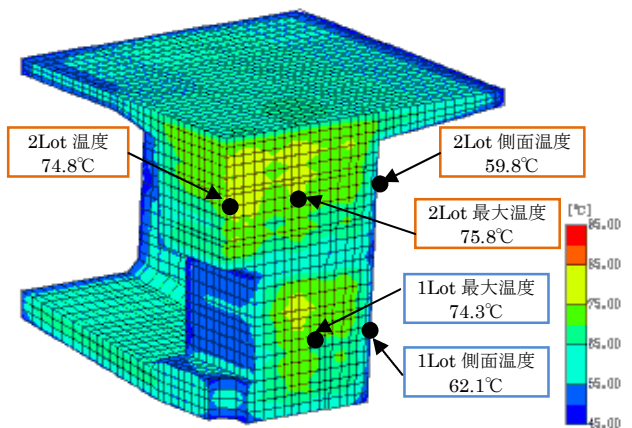


図-7 最大温度の分布

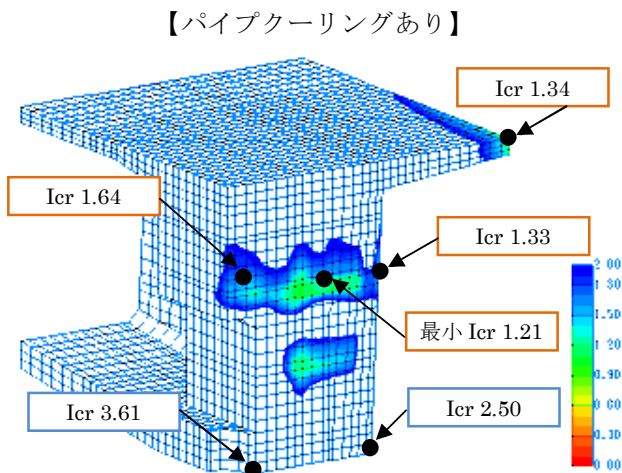
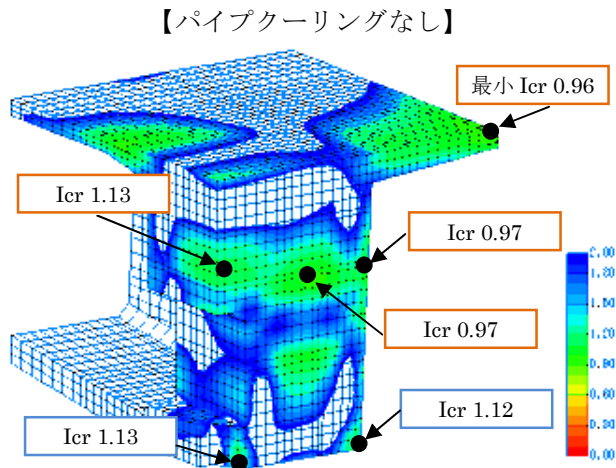


図-8 ひび割れ指数の分布

## (2) パイプクーリングの実施と結果

温度応力解析の結果から、パイプクーリングの効果が期待されるため、実際にパイプクーリングを行い、事前の解析結果と実施結果の比較を行った。

図-9 はパイプクーリングを行った場合の解析と実施の温度を比較したものであり、解析と実施の温度の推移が概ね一致していることから、温度応力解析の妥当性が確認できる。

図-10 はパイプクーリングを行った場合と行わなかった場合の温度変化を示したものであり、パイプクーリングによるコンクリート温度の低減が確認できる。

図-11 はパイプクーリングを行った場合と行わなかった場合のコンクリートの内外温度差を示したものである。この結果からパイプクーリングを行ったことによってコンクリートの最高温度は低下し、内外温度差も常に 20℃以下となった。

また、実施工においてもひび割れの発生は確認されず、温度応力によるひび割れ抑制対策として効果があったと言える。

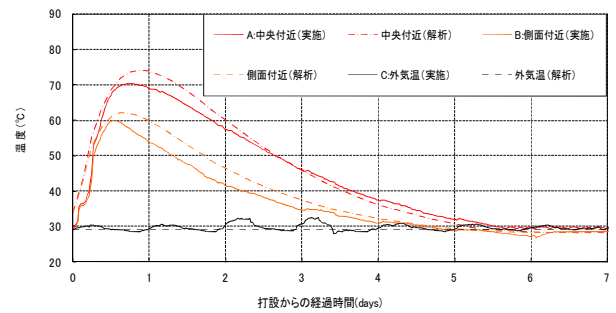


図-9 パイプクーリングを行った場合の解析と実施の温度比較

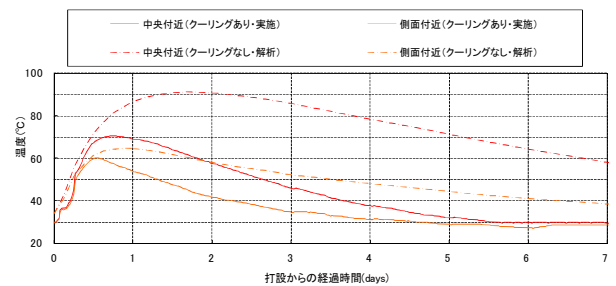


図-10 パイプクーリング有無の温度比較

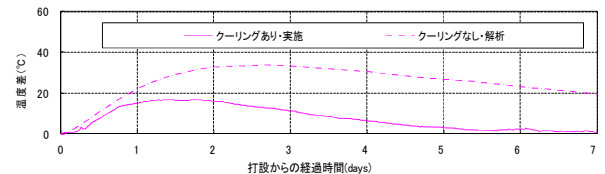


図-11 パイプクーリング有無の内外温度差の比較

## 5. まとめ

本報告では、臨港道路（浦添線）の整備手順と本橋梁で採用した張出し架設工法について紹介した。また、温度応力によるひび割れ抑制対策として行ったパイプクーリングについても温度応力解析と実施結果について報告した。

現在施工が行われている陸側の上部工工事については平成 26 年 8 月末、海側については平成 27 年 6 月末、そして浦添線全体としては今後、舗装工および道路取付部等の施工を行い平成 28 年度末の完成を目指し、各工事の工程管理はもちろん、隣接工事との調整を密に行い、全体工程の遅れがないよう、今後も無事故・無災害で施工を進めていきたい。

## 参考文献

(公社) 日本コンクリート工学会：マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008