

ボックスカルバート工事における コンクリート構造物品質確保対策



熊野舗道工業株式会社
佐藤 節也

1

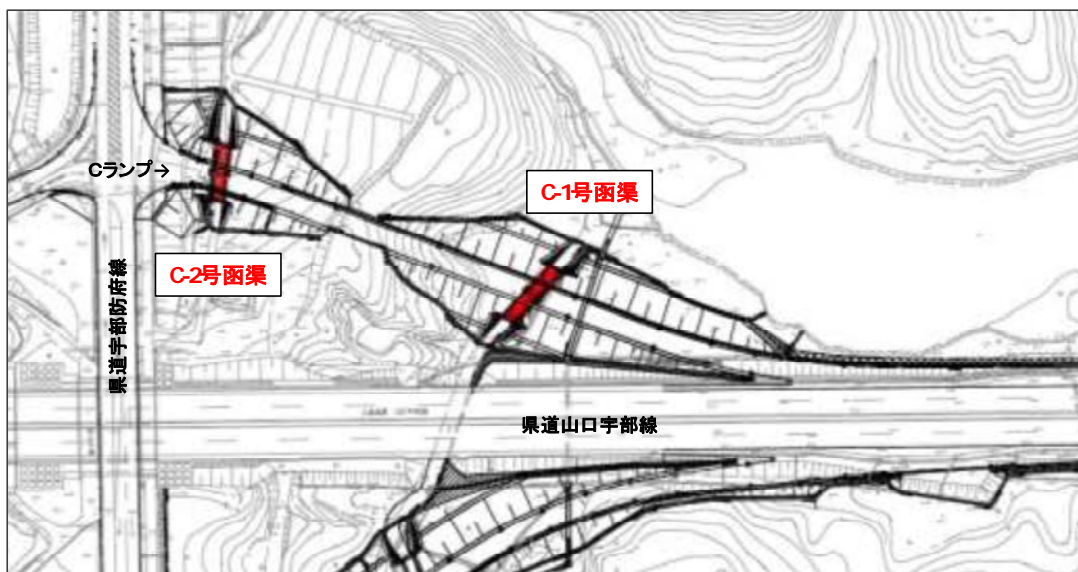
1. 工事概要

- ◆工事名 平成25年度 主要県道山口宇部線 単独道路改良(県道)工事 第2工区
- ◆工事場所 山口市佐山由良 地内
- ◆工期 平成26年1月14日 ~ 平成26年10月31日
- ◆工事内容 路体盛土 5,190m³ 路床盛土 1,400m³ 地盤改良工 661m³
C-1号函渠 L=19.9m V=254m³ C-2号函渠 L=16.3m V=193m³
函渠工 コンクリート打設時期 平成26年5月~7月

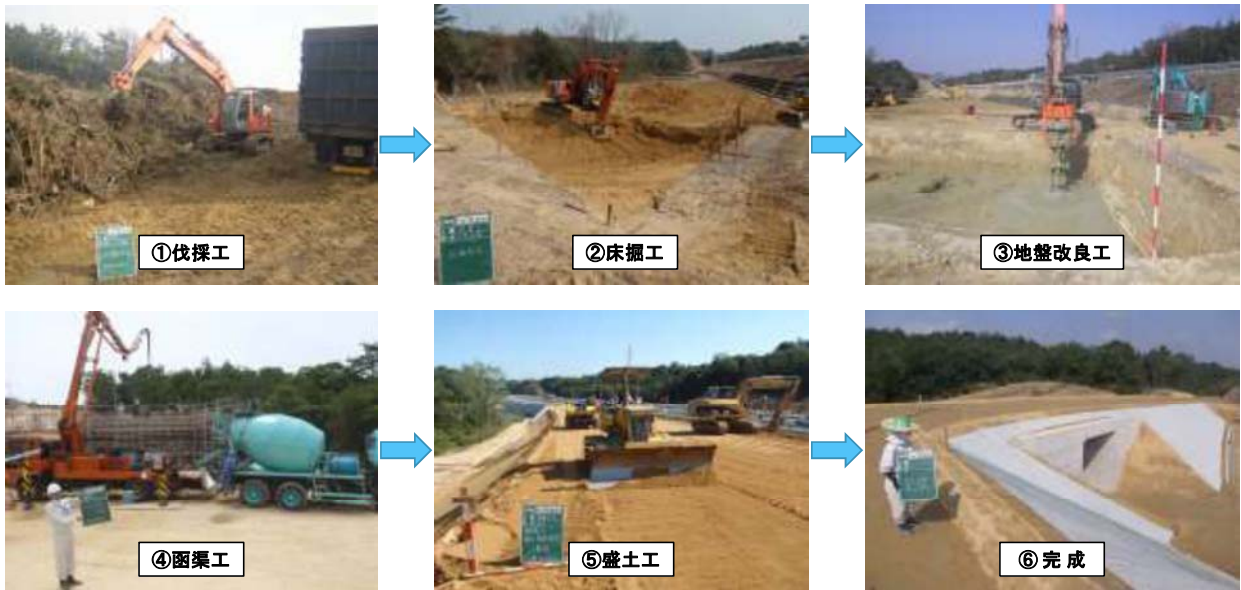
2

◆ 位置図

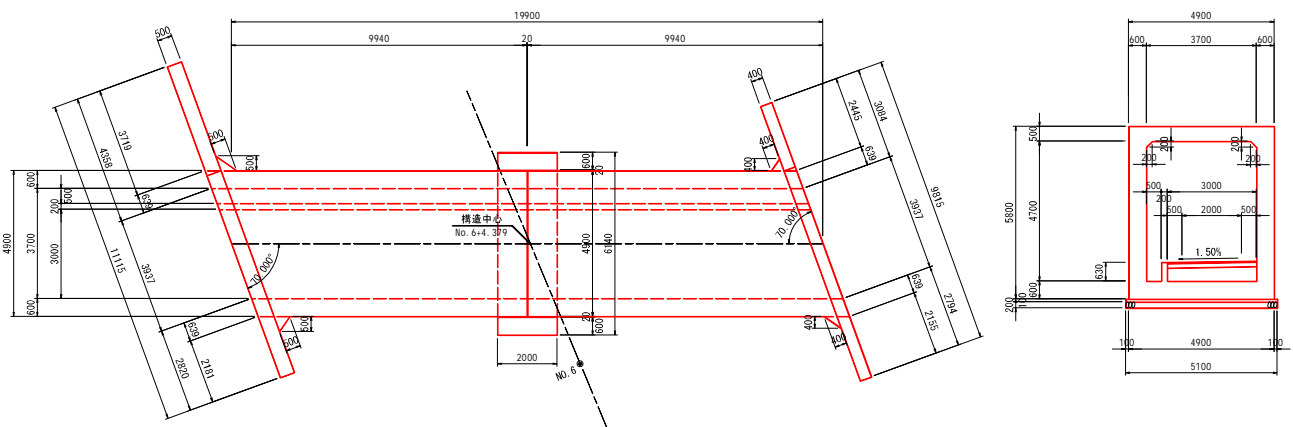
◆ 平面図



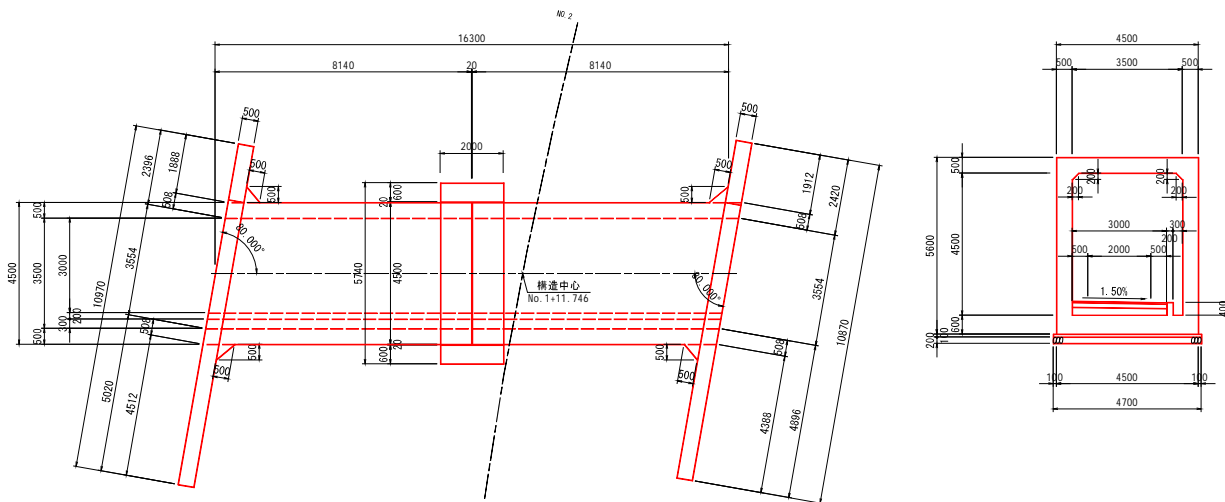
◆ 施工順序



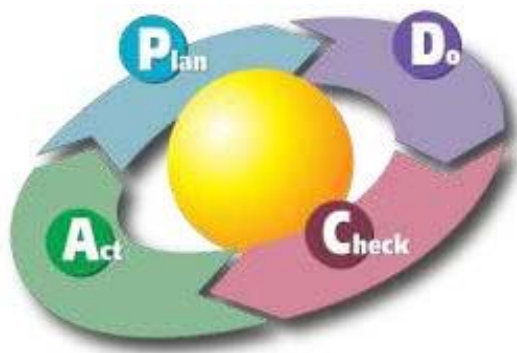
◆ C-1号函渠構造図



◆ C-2号函渠構造図



2. 品質確保対策



Plan(計画)

- ✓コンクリート打設計画の立案

Do(実施・実行)

- ✓確実な施工の実施

Check(点検・評価)

- ✓品質管理記録の評価

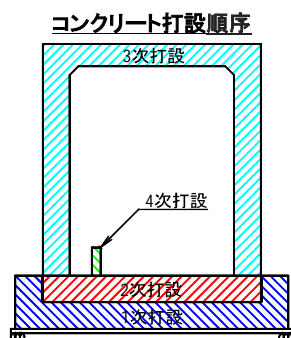
Act(処置・改善)

- ✓施工方法の改善

✓ コンクリート打設計画の立案

① 施工時期の選定

- 本工事では、函渠工基礎の地盤改良が追加されたことにより、コンクリート打設時期が約1ヶ月遅れ、C-1号、C-2号函渠とも、底版部の打設時期が5月から6月初旬となり、側壁、頂版及び翼壁の打設時期は、6月下旬から7月中旬となったため、7月以降のコンクリート打設については、**暑中コンクリート**としての対策を行う必要がありました。



作業工程

- 1次打設：段落防止枕（打設時期：5月初旬）
- ↓
- 2次打設：函渠底版部（打設時期：5月下旬～6月初旬）
- ↓
- 3次打設：函渠側壁、頂版、翼壁（打設時期：6月下旬～7月中旬）
- ↓
- 4次打設：内部水路（打設時期：8月初旬）

9

▪ コンクリートの打設開始時刻

函渠側壁、頂版及び翼壁のコンクリート打設は、**日中の気温が最高になる14時から15時までに打込みを終了**できるように、生コンクリート製造工場と出荷時刻の調整を行い、通常の出荷時刻より早めの出荷を行うことで、打設開始時刻が約30分、前倒しでき、**15時以降から速やかにコンクリート養生**を行うことができました。

打設日	打設箇所 平均気温/打設時間	打設量	工場出発	現場到着	打設開始	打設終了	所要時間 (h:min)	
平成26年5月7日 午前	C-1-C-2号函渠 25℃以下/2時間以内	段落防止枕	18.0m ³	7:52	8:25	8:40	12:26	4:34
平成26年5月21日 午前	C-1号函渠 25℃以下/2時間以内	17'ロック底版	30.8m ³	7:53	8:22	8:45	11:05	3:12
平成26年5月24日 午前	C-2号函渠 25℃以下/2時間以内	17'ロック底版	27.0m ³	7:50	8:20	8:46	10:51	3:01
平成26年5月30日 午後	C-1号函渠 25℃以下/2時間以内	27'ロック底版	30.8m ³	11:55	12:20	12:48	14:30	2:35
平成26年6月6日 午前	C-2号函渠 25℃以下/2時間以内	27'ロック底版	23.0m ³	7:41	8:15	8:39	10:25	2:44
平成26年6月25日 午前・午後	C-1号函渠 25℃以上/1.5時間以内	17'ロック 側壁・頂版・翼壁	99.7m ³	7:28	7:55	8:15	14:51	7:23
平成26年7月1日 午前・午後	C-2号函渠 25℃以上/1.5時間以内	17'ロック 側壁・頂版・翼壁	71.2m ³	7:27	8:01	8:22	13:48	6:21
平成26年7月16日 午前・午後	C-2号函渠 25℃以上/1.5時間以内	27'ロック 側壁・頂版・翼壁	70.0m ³	7:18	7:56	8:18	13:40	6:24
平成26年7月18日 午前・午後	C-1号函渠 25℃以上/1.5時間以内	27'ロック 側壁・頂版・翼壁	93.0m ³	7:25	7:55	8:10	14:25	7:00

10

②材料等による適切な対策

・コンクリートの配合

6月中旬以降に打設を行う、側壁、頂版及び翼壁においては、コールドジョイントを防止するため、発注者の承諾を得て、**AE減水剤を標準型から遅延型に変更**した配合で、施工を行いました。

【C-1号函渠】

種別	配合	打設箇所	設計数量	合計	単位セメント量	減水剤の種類
均コンクリート	24-8-20 ^B W/C≤60%	1ブロック	4.6	10.6m ³	251kg/m ³	AE減水剤標準型I種
		2ブロック	4.6			
		段落防止枕	1.4			
躯体コンクリート	27-8-20 ^B W/C≤55%	1ブロック	124.9	253.7m ³	293kg/m ³	AE減水剤標準型I種
		2ブロック	120.0			AE減水剤遅延型I種
		段落防止枕	8.8			AE減水剤標準型I種

【C-2号函渠】

種別	配合	打設箇所	数量	合計	合計	打設方法
均コンクリート	24-8-20 ^B W/C≤60%	1ブロック	3.3	8.0m ³	251kg/m ³	AE減水剤標準型I種
		2ブロック	3.4			
		段落防止枕	1.3			
躯体コンクリート	27-8-20 ^B W/C≤55%	1ブロック	92.3	193.1m ³	293kg/m ³	AE減水剤標準型I種
		2ブロック	92.1			AE減水剤遅延型I種
		段落防止枕	8.7			AE減水剤標準型I種

11

コンクリート標準示方書[施工編]では、**暑中コンクリートの場合、練混ぜから打込み終了までの時間が1.5時間以内**であることを原則としており、製造工場の選定については、運搬中のコンクリート温度の上昇やスランプの低下を防止するため、現場から最も近い、サンヨー宇部(株)秋穂工場を選定しました。

(運搬距離: 15km・所要時間: 25分)

サンヨー宇部(株)山口工場

(運搬距離: 18km・所要時間: 30分)

12

・有効な抑制対策の選定

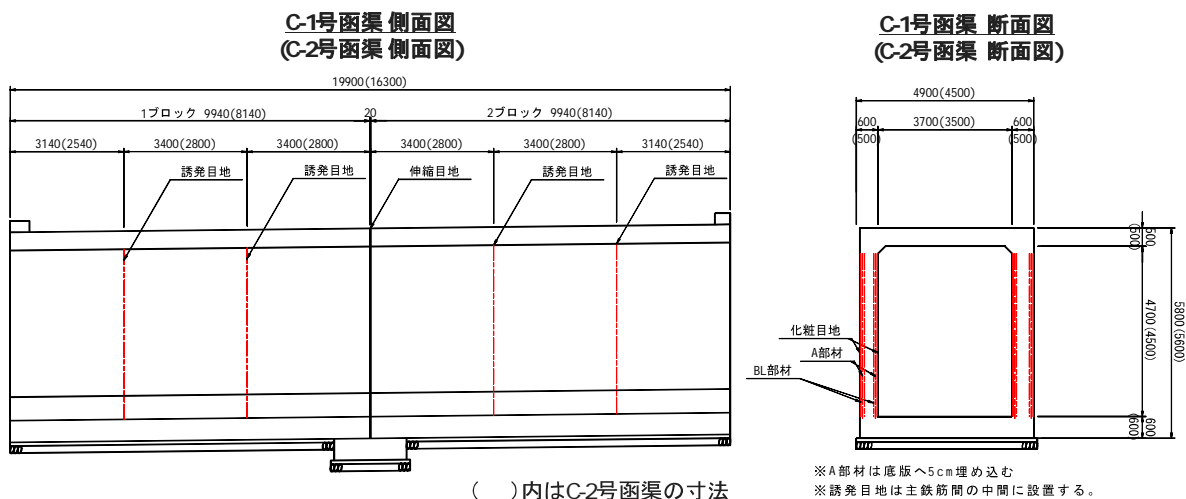
【材料等による有効な抑制対策一覧】

構造物(部位)	抑制対策	備考
ボックスカルバート	誘発目地の設置	・打設温度が低い時期:5.0m 程度 ・その他の時期 :3.5m 程度
橋台胸壁	補強鉄筋の追加	鉄筋比0.5%程度
	膨張材の使用	補強鉄筋の配置が困難な場合
橋台たて壁	補強鉄筋の追加	鉄筋比0.3%程度
全構造物	養生方法の工夫実施	

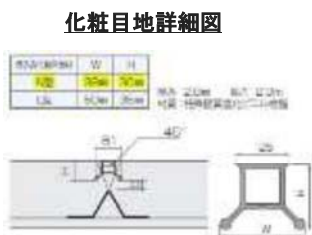
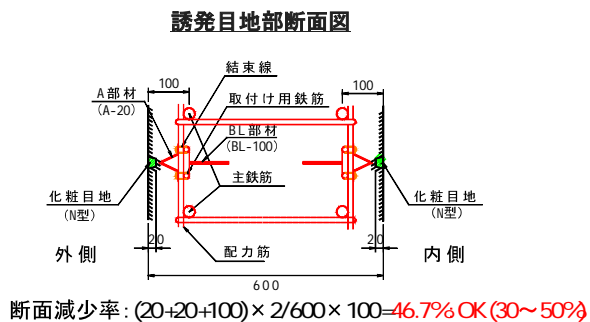
コンクリート構造物ひび割れ抑制対策資料(第1回改訂版)より

コンクリート構造物品質確保ガイドでは、「打設温度が低い時期の施工については5.0m、その他の時期の施工については3.5mを目安に、誘発目地を設置する必要があると判断される。」とあるため、施工時期を考慮し、**誘発目地の設置間隔は3.5m以下**としました。(発注時検討済み)
また、側壁上部の**ハンチ部分については、頂版部へのひび割れ発生防止のため、補強鉄筋の追加(鉄筋比0.5%程度)**を行いました。

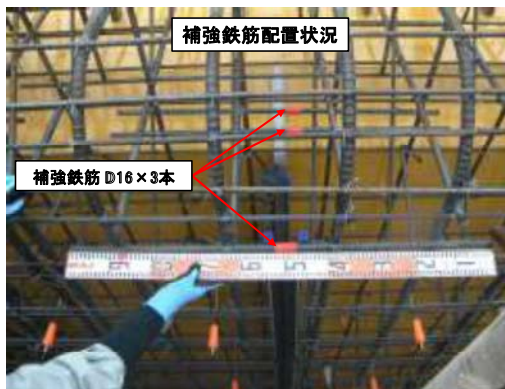
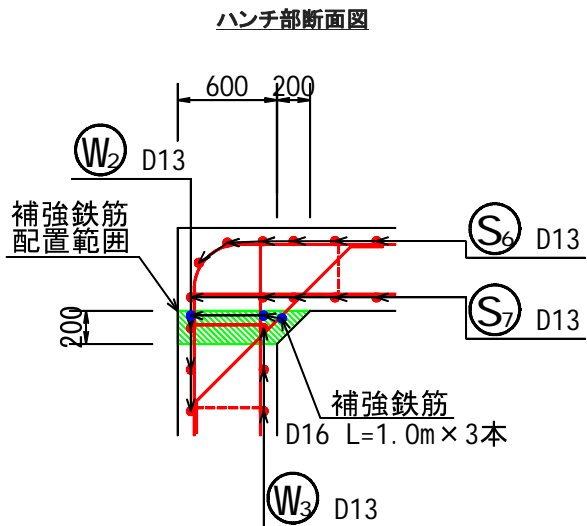
・誘発目地設置状況



・誘発目地及び補強鉄筋配置状況



・補強鉄筋配置状況



補強鉄筋量の計算

補強部躯体断面積 : $20 \times 60 + 20 \times 20 / 2 = 1400 \text{ cm}^2$
 必要鉄筋比 : 0.5%以上
 必要鉄筋断面積合計 : $1400 \times 0.005 = 7.0 \text{ cm}^2$
 現設計鉄筋断面積合計 : $1.267 (D13) \times 2 \text{ 本} = 2.534 \text{ cm}^2$
 必要補強筋本数 : $(7.0 - 2.534) / 1.986 (D16) = 2.25 \approx 3 \text{ 本}$

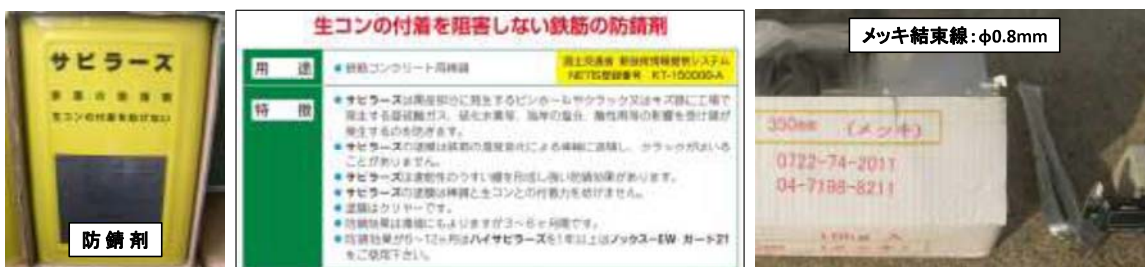
✓ 確実な施工の実施

コンクリート構造物の施工は、コンクリート標準示方書〔施工編〕に準じて行うことが基本です。ここでは本工事で実施した内容を紹介します。

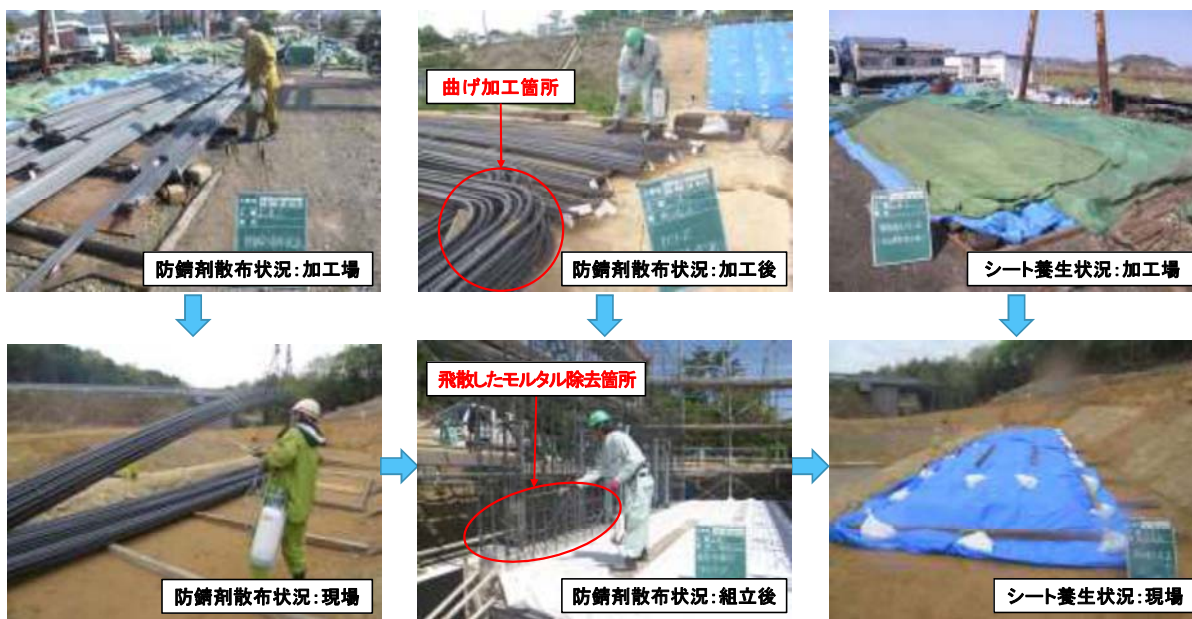
① 鉄筋組立時の品質確保対策

・鉄筋の養生について

本工事で、加工後の運搬の問題から、鉄筋業者の加工場へ搬入する鉄筋と、現場へ、直接搬入する鉄筋がありましたが、それぞれ、**防錆剤を散布した上でシート養生**を行いました。また、鉄筋の結束に用いる焼きなまし鉄線は、組立後、風雨にさらされると、錆びやすいので、**メッキ製**のものを使用しました。



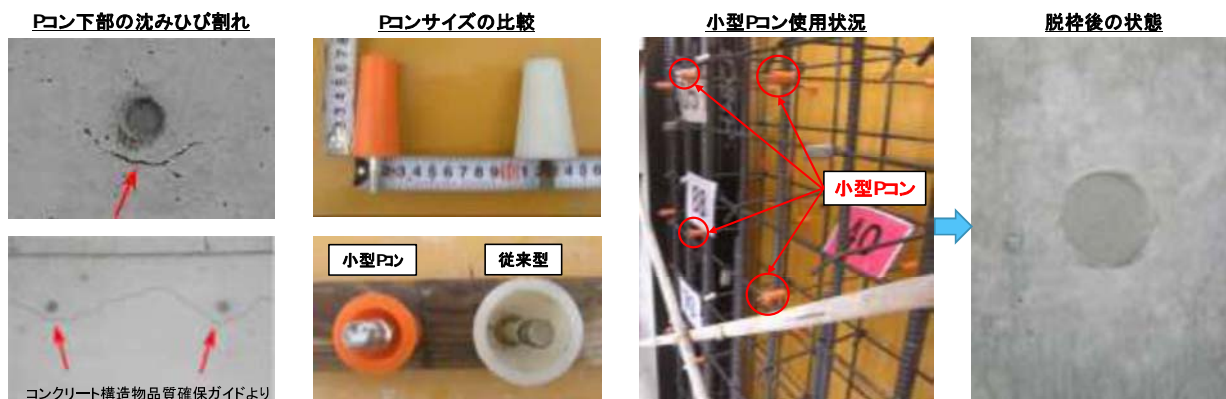
・鉄筋の養生状況



① 型枠組立時の品質確保対策

・沈下クラック防止対策

本工事では、沈みひび割れやPコンからPコンへのひび割れ発生防止のため、側壁及び翼壁に使用するPコンは通常のPコン(φ40mm)より25%程度、直径の小さい(30mm)タイプを使用しました。



19

② 型枠組立時の品質確保対策

・ジャンカ(豆板)対策

ジャンカが生じた部分は、かぶりコンクリートとしての機能が低下するため、鉄筋の腐食の原因となりやすい。

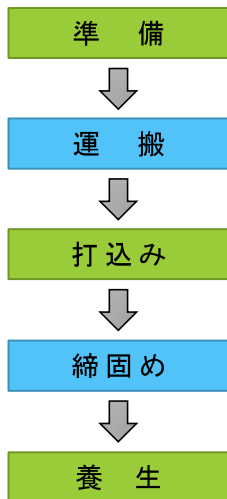
本工事では、型枠下部及び型枠継目からのセメントペーストの漏れ等によって生じるジャンカを防止するため、シーラ剤により型枠の隙間の充填を行いました。



20

③ コンクリート打設時の品質確保対策

施工状況把握チェックシートによる確認

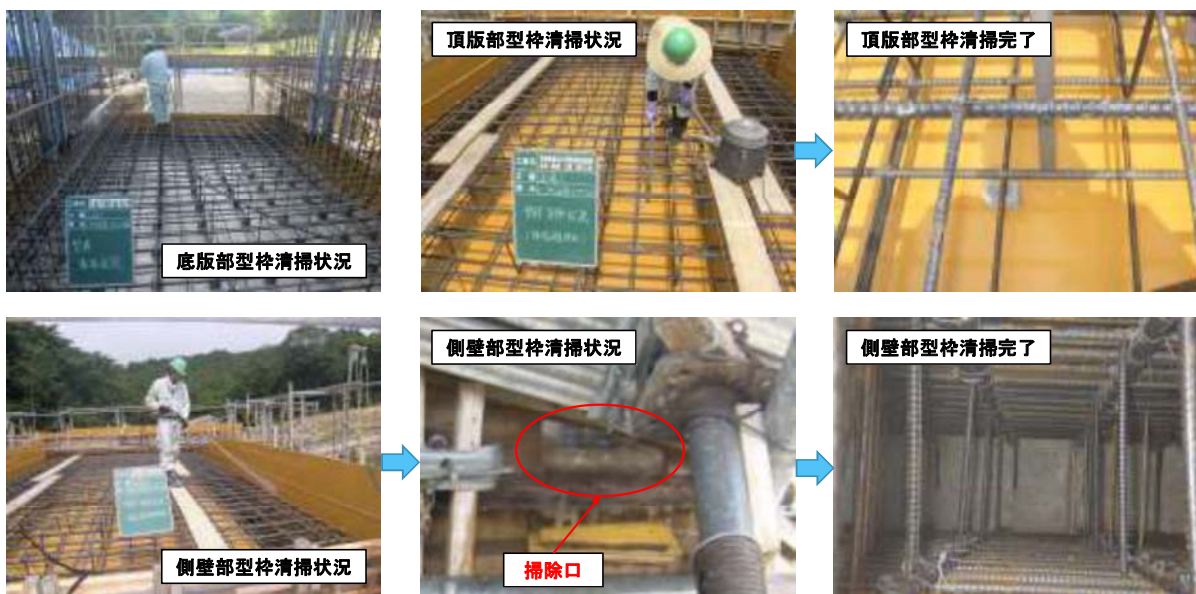


【施工状況把握チェックシート（コンクリート打設時）】

項目	確認事項	確認状況	確認者
準備	型枠の清掃・養生が完了しているか。	○	
運搬	型枠にコンクリートが漏れ落ちていないか。	○	
	型枠の内側に異物が入っていないか。	○	
	型枠の組立てが正しいか。	○	
	型枠の養生が適切か。	○	
打込み	コンクリートの打込み順序が正しいか。	○	
	コンクリートの打込み速度が適切か。	○	
	コンクリートの打込み位置が正しいか。	○	
	コンクリートの打込み量が正しいか。	○	
締固め	締固めの回数・位置が適切か。	○	
	締固めのスピードが適切か。	○	
	締固めの圧力が適切か。	○	
	締固めの方向が適切か。	○	
養生	養生の厚さが適切か。	○	
	養生の張りが適切か。	○	
	養生の固定が適切か。	○	
	養生の撤去が適切か。	○	

・コンクリート打設前の準備

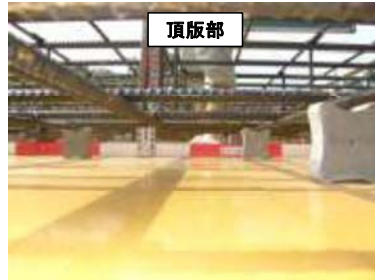
型枠清掃状況



かぶり内の結束線の確認



底版部



頂版部



側壁部

型枠散水状況



底版部

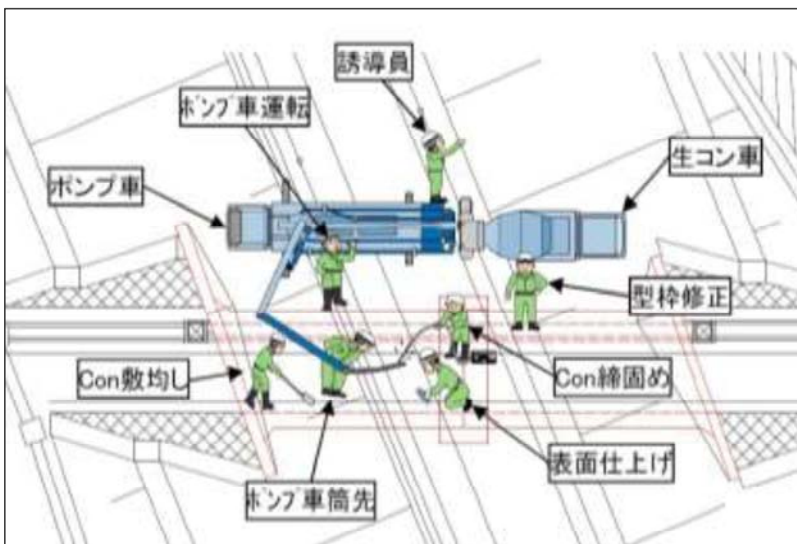


側壁・翼壁部



頂版部

打設時の人員配置



- コンクリートポンプ車運転 : 2名
- コンクリート締固め : 3名
- 敷均し・表面仕上げ : 2名
- 型枠修正 : 1名
- 合計 : 8名

使用機械設備

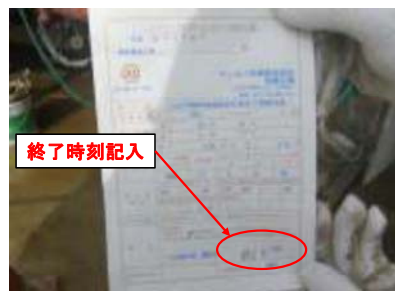


- コンクリートポンプ車 : 1台
- 高周波パイプレータ : 3本(内予備1本)
- 発 動 発 電 機 : 1台
- 高 圧 洗 浄 機 : 1台
- 水 タ ン ク (1 m 3) : 1個



・生コンクリートの運搬

練混ぜから打込みまで、**外気温25℃以上の時で1.5時間以内、25℃以下の時でも2時間を超えないように**、納品書と打設時間一覧表により生コン車、全台数について管理を行いました。



打設日	打設場所 平均気温/打設時間	台数	納入容量 (m ³)	工場発	現場着	運搬時間 (0min)	打設終了	打設時間 (0min)	所要時間 (0min)	品質管理 試験の有無	
2014/7/18 午前	C-1号型 25℃以上/1.5時間以内	7プロウ 頂上・側壁・裏壁	1	4.5	7:25	7:55	0:30	0:28	0:33	1:03	有
			2	4.5	7:57	8:28	0:31	0:44	0:18	0:47	
			3	4.5	8:11	8:30	0:24	0:37	0:22	0:46	
			4	4.5	8:32	9:05	0:33	0:13	0:08	0:41	
			5	4.5	8:47	9:18	0:29	0:27	0:11	0:40	
			6	4.5	8:58	9:23	0:25	0:40	0:17	0:42	
			7	4.5	9:12	9:40	0:28	0:53	0:13	0:41	
			8	4.5	9:29	9:55	0:26	10:08	0:11	0:37	
			9	4.5	9:45	10:10	0:25	10:24	0:14	0:39	
			10	4.5	9:58	10:21	0:25	10:37	0:16	0:41	
			11	4.5	10:07	10:32	0:25	10:48	0:16	0:41	
			12	4.5	10:24	10:50	0:26	11:01	0:11	0:37	
			13	4.5	10:38	11:05	0:27	11:17	0:12	0:39	
			14	4.5	10:48	11:12	0:24	11:27	0:19	0:39	
		合計	83.0m ³					3:35	4:02		

・コンクリートの打込み

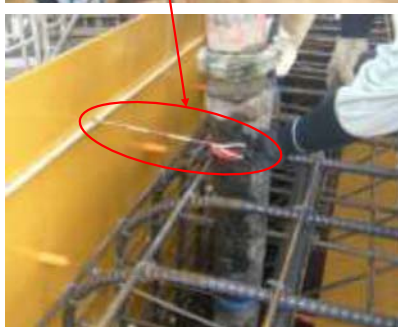
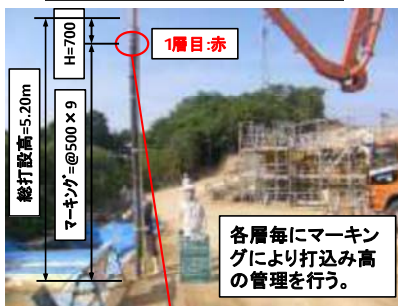
コンクリートの受入れ検査として、**スランプ、空気量、塩化物含有量及び単位水量の測定**を、打設日毎に行いました。
また、打設開始前及び打設中、打設完了時の**外気温とコンクリート温度の測定**も併せて行いました。



先送りモルタル処分状況



コンクリート打込み高の管理

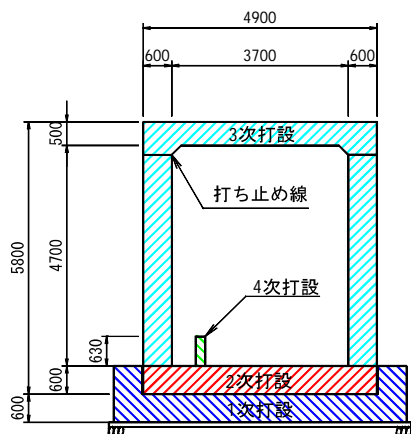


コンクリート打設高の管理



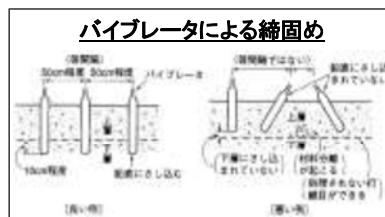
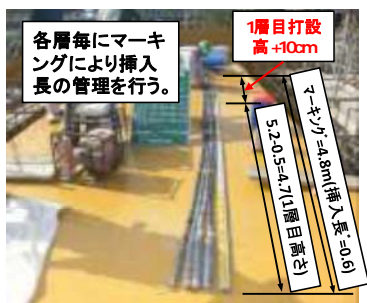
打設時の沈下クラック防止対策

側壁とハンチ及び頂版との境は打込み高さの違いから沈みひび割れが発生しやすいため、側壁コンクリート打設後、コールドジョイントが発生しない時間の範囲内で、沈下が収まる時間が経過した後に頂版コンクリートを打設する。(カルバート工指針より) 当現場では施工時期を考慮して1.5時間としました。



・コンクリートの締固め

バイブレータはコンクリート面に鉛直に挿入し、引き抜くときは、コンクリートに引き抜き跡が残らないようにゆっくりと抜く。また、バイブレータの挿入間隔は50cm程度とし、下層のコンクリートに10cm程度挿入して、コールドジョイントが出来ないように十分締め固める。



コンクリート工事ポケットブックより



・コンクリートの養生

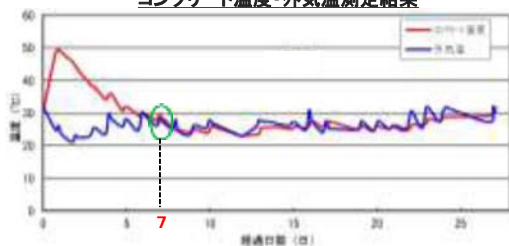
養生期間

本工事における湿潤養生期間は、下表の**湿潤養生期間の標準**(コンクリート標準示方書)より、**7日間**としました。また、内部温度計測の結果からも、**コンクリート内部温度が外気温と同程度となる期間も、7日間程度**であることが確認できました。

湿潤養生期間の標準

日平均気温	混合セメントB種
15℃以上	7日
10℃以上	9日
5℃以上	12日

コンクリート温度・外気温測定結果



コンクリート養生期間一覧表(函渠工)

打設日 打設箇所	配合 打設量	養生期間	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	養生日 検査日	養生工 検査日	期間中 の平均 気温
2014年5月7日	27-A-2000	日 付	5月8日	5月9日	5月10日	5月11日	5月12日	5月13日	5月14日	7月10日	—	17.6℃
東横工0-1-0-4号橋工	18.0m ³	平均気温	17.5℃	17.2℃	17.1℃	19.0℃	17.6℃	15.3℃	15.3℃	3日	—	—
平成26年5月21日	27-A-2000	日 付	5月22日	5月23日	5月24日	5月25日	5月26日	5月27日	5月28日	7月9日	—	20.4℃
O-1号橋脚(177m) ¹ 橋脚	30.8m ³	平均気温	20.3℃	20.6℃	20.3℃	21.5℃	19.8℃	19.8℃	20.5℃	4日	—	—
平成26年5月24日	27-A-2000	日 付	5月25日	5月26日	5月27日	5月28日	5月29日	5月30日	5月31日	7月8日	—	21.8℃
O-4号橋脚(177m) ¹ 橋脚	27.0m ³	平均気温	21.5℃	19.8℃	19.9℃	20.5℃	22.3℃	24.1℃	24.6℃	4日	—	—
平成26年5月30日	27-A-2000	日 付	6月1日	6月1日	6月2日	6月3日	6月4日	6月5日	6月6日	7月28日	—	22.1℃
O-1号橋脚(127m) ¹ 橋脚	30.8m ³	平均気温	24.6℃	24.2℃	22.3℃	21.6℃	19.6℃	20.7℃	21.3℃	5日	—	—
平成26年6月6日	27-A-2000	日 付	6月7日	6月8日	6月9日	6月10日	6月11日	6月12日	6月13日	7月24日	—	22.4℃
O-4号橋脚(177m) ¹ 橋脚	23.0m ³	平均気温	21.9℃	21.6℃	23.3℃	23.9℃	22.1℃	21.4℃	21.3℃	4日	—	—
平成26年6月25日	27-A-2000	日 付	6月26日	6月27日	6月28日	6月29日	6月30日	7月1日	7月2日	7月3日	7月29日	23.3℃
O-1号橋脚(177m) ¹ 橋脚	97.7m ³	平均気温	22.2℃	22.5℃	22.3℃	24.6℃	24.0℃	24.9℃	23.6℃	6日	34日	—
平成26年7月1日	27-A-2000	日 付	7月2日	7月3日	7月4日	7月5日	7月6日	7月7日	7月8日	7月9日	7月24日	23.3℃
O-2号橋脚(177m) ¹ 橋脚	71.2m ³	平均気温	22.6℃	21.3℃	23.3℃	23.0℃	21.9℃	22.8℃	28.3℃	6日	23日	—
平成26年7月18日	27-A-2000	日 付	7月17日	7月18日	7月19日	7月20日	7月21日	7月22日	7月23日	7月24日	7月24日	22.2℃
O-4号橋脚(177m) ¹ 橋脚	70.6m ³	平均気温	26.2℃	27.3℃	26.9℃	28.4℃	27.0℃	27.9℃	28.6℃	6日	6日	—

養生の工夫

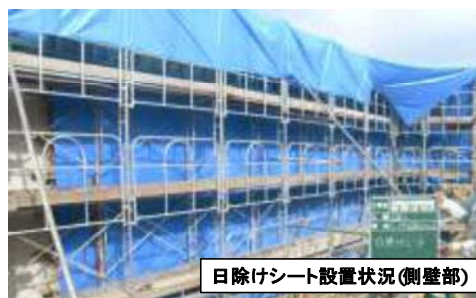
暑中コンクリートでは、コンクリート表面が直射日光や風にさらされると急激に乾燥し、仕上げが困難になるばかりでなく、ひび割れを生じる可能性が高くなる。このため、打設完了後、露出面が乾燥しないように速やかに日除けシートにより養生を行いました。



日除けシート設置状況(底版部)



養生マット敷設状況



日除けシート設置状況(側壁部)

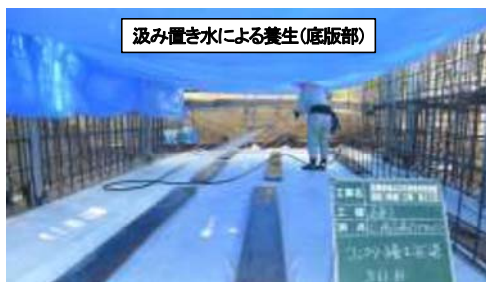


日除けシート設置状況(頂版部)

使用する養生マットは、施工時期を考慮し、通常のタイプを使用しました。これは、保温性・保水性の高い養生マットは温度上昇途中に敷設すると、最高温度の上昇につながり、逆に温度ひび割れの危険性が高くなるからです。

養生の工夫

冷水(谷水等)を用いた散水により、**コンクリート表面を急冷すると、表面ひび割れが発生する可能性があるため、前日に養生水を汲み置きし、水温を上昇させて使用しました。**

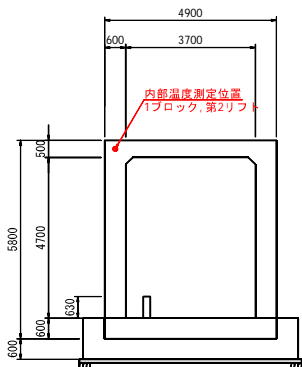


✓ 品質管理記録の評価

コンクリート施工記録による評価

・温度計測

コンクリート温度を計測することは、**養生方法及び型枠解体時期の検討**を行うための参考データとなるため、両函渠とも先に打設を行う1ブロックに温度計センサーを設置しました。



コンクリート打込み管理表

工事概要		項目	内容
工事名	2014年度 2期	工種	2期 1期
工事内容	...		
実施場所	...		
実施時期	2014年11月	実施者	...

コンクリート		項目	内容
種別
セメント
水
砂
石

コンクリート打込み		項目	内容
打込み開始
打込み終了
打込み量

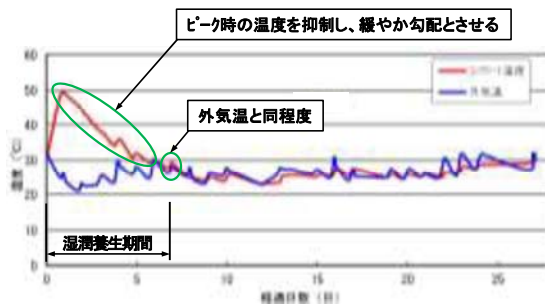
コンクリート養生		項目	内容
養生開始
養生終了

コンクリート温度計測状況



計測期間は、**打設日を含めて4週間(28日間)**とし、**打設日から1週間は朝(現場始業時)・昼(午後始業時)・夕方(現場終了時)の1日3回、デジタル温度計により温度計測**を行いました。

C-1号函渠コンクリート温度・外気温測定結果



・ひび割れ調査

底版、頂版においては**脱枠時及び10日後**、側壁、翼壁においては**脱枠時及び4週間、かつ竣工前**にひび割れ調査を行いました。



C-1号函渠調査結果
底版、頂版
ひび割れ無し
側壁、翼壁
ひび割れ無し



C-2号函渠調査結果
底版、頂版
ひび割れ無し
側壁、翼壁
ひび割れ無し

ひび割れ調査票(その2)

調査情報		調査日	調査員	調査時間	調査場所
調査内容	ひび割れ調査	2015.11.17	田中 誠	10:00~12:00	C-1号渠
調査対象	底版、側壁、翼壁				
調査結果	ひび割れ無し				

ひび割れ状況	調査箇所													
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	No.13	No.14
ひび割れ														
ひび割れ状況														
調査員	田中 誠													
調査日時	2015.11.17													
調査方法	目視													
備考														

✓ 施工方法の改善

施工状況把握チェックシートや打設時間一覧表、コンクリート施工記録シートによる温度計測やひび割れ調査を実施することにより、**打設時間及び運搬台数の調整、ハンチ部の打ち止め時間の検証、養生方法、期間の確認等**を行うことができました。

また、**山口県では**、過去に行われた工事データが蓄積され、**コンクリート施工記録としてデータベース化**されており、**類似構造物を参考にした分析・考察**が容易に行え、本工事でも**ひび割れ抑制対策の検討**を十分、行うことができました。

■コンクリート施工記録データ[(財)山口県建設技術センターHP]

<http://www.yama-ctc.or.jp/data/index.html>



C-1号函渠施工完了



C-2号函渠施工完了

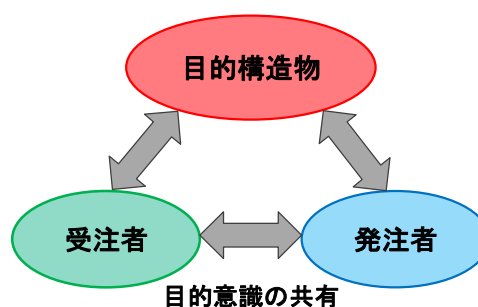
37

3. おわりに

工事を終えて、感じた事が2点あります。

1点目は、常に「**基本に忠実**」に各工程を行うことが、手戻りもなく**最短で工事を完了させる最良の方法**だということです。

2点目は、発注者と受注者、立場は違えど、「**一つのを造り上げる意識**」を共有することができたら、未来へと引き継げる素晴らしい「**ものづくり**」ができると言うことです。



38