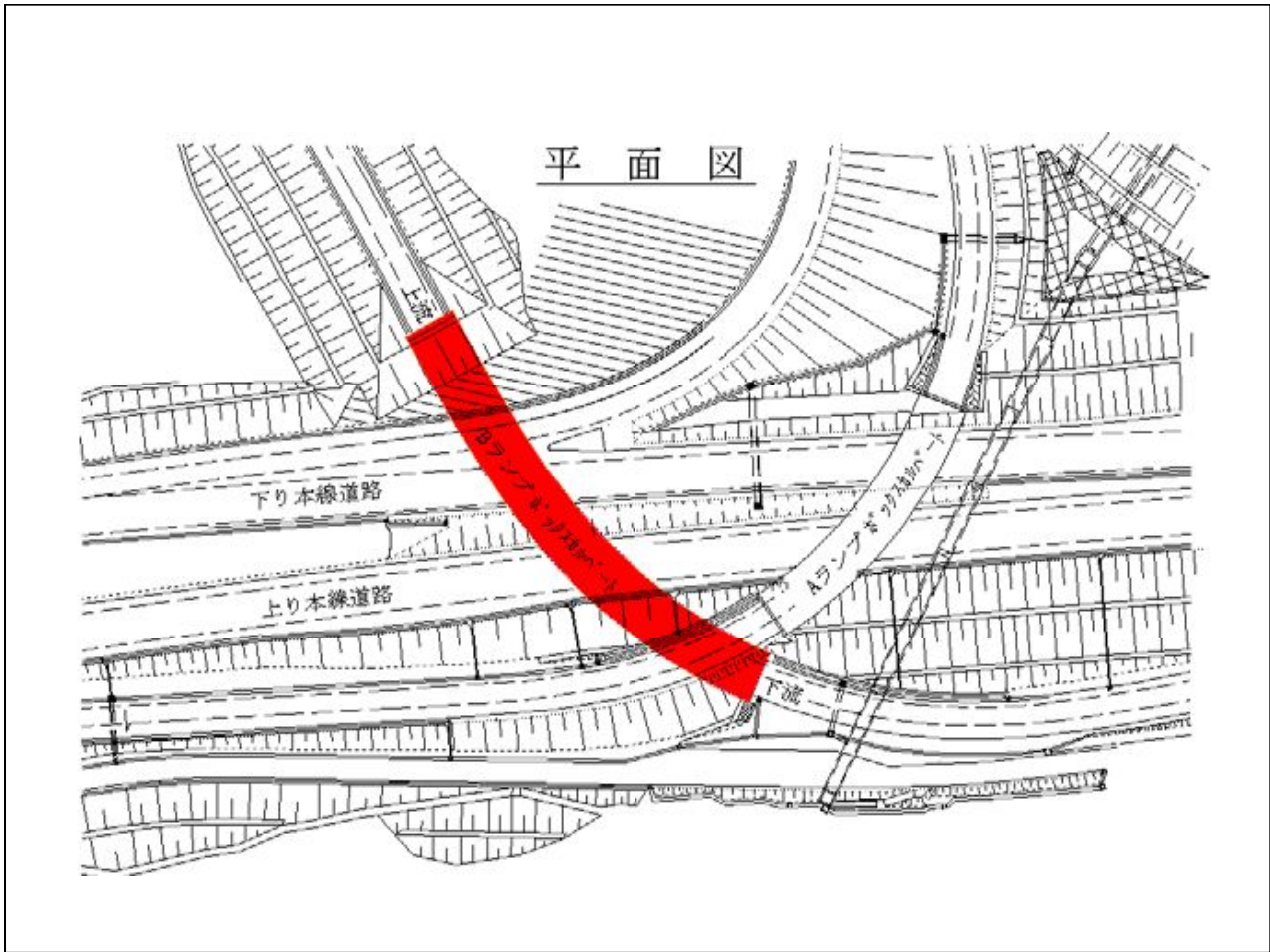


コンクリートのひび割れ抑制対策 実施現場報告②

工事施工現場からの実施報告

株式会社 山口産業 山本 勝

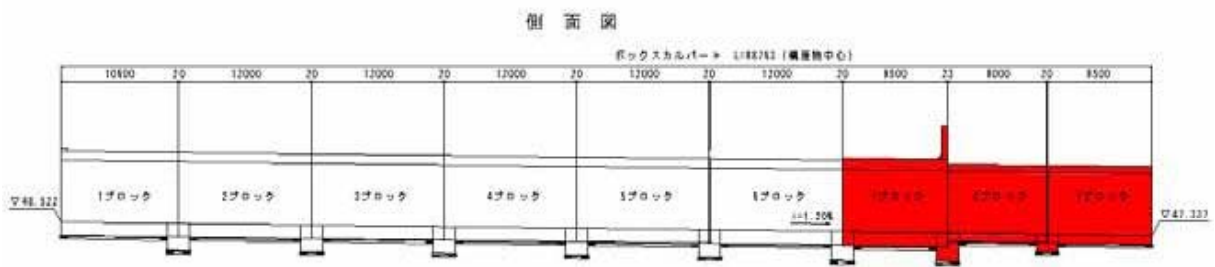


工 事 の 概 要

工 事 名 主要県道山口宇部線道路改良工事第14工区

工 事 場 所 山口市 嘉川地内

工 事 内 容 ボックスカルバート 3ブロック (7・8・9ブロック)
 枕基礎工 2基
 埋戻し工

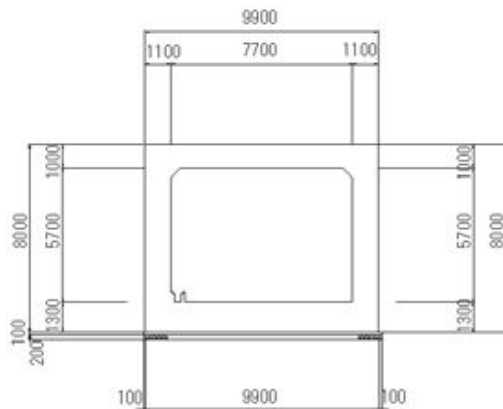


構造物の概要

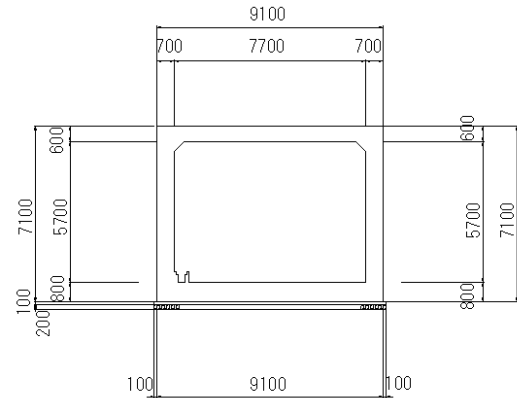
内空 幅 7.7m
高さ 5.7m

厚さ 7ブロック 底版1.3m 側壁1.1m 頂版1.0m
8.9ブロック 底版0.8m 側壁0.7m 頂版0.6m

断面図
7ブロック



断面図
8.9ブロック



※ 本工事の施工につきましては、平成19年10月改定版コンクリート構造物ひび割れ抑制対策資料を参考に、以下の三つの対策を社内的に検討し、対策方法・工夫を考慮し現場施工に反映させました。

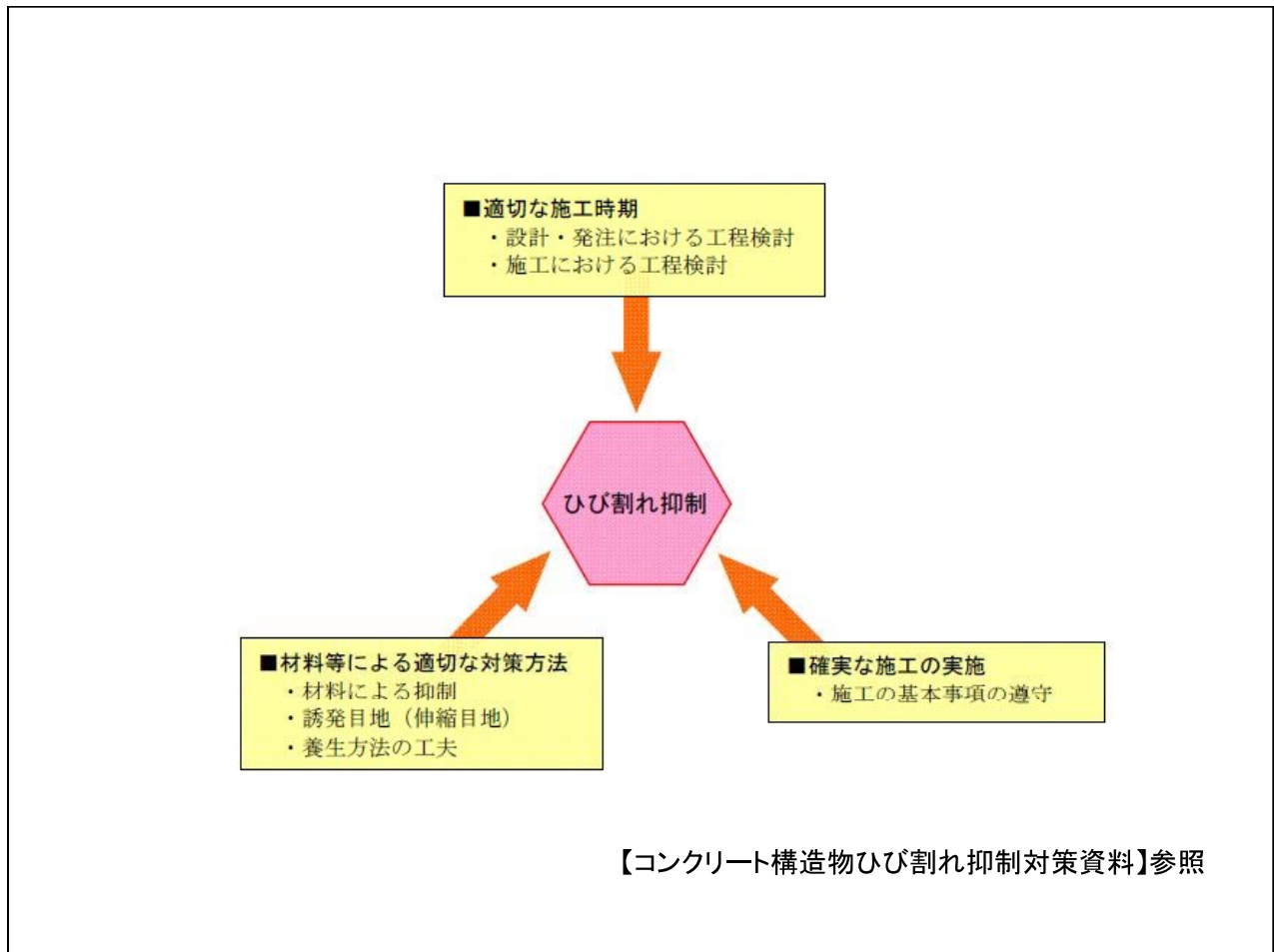
ひび割れの発生要因と本対策資料の内容について

※ コンクリート構造物に発生するひび割れの原因は、種々の要因が複合的に影響するのが一般的であるが、橋台・橋脚・ボックスカルバート等に施工段階で発生するひび割れのほとんどが、施工の不具合による初期欠陥を除いて【セメントの水和熱に起因する温度ひび割れである】。

《ひび割れ抑制対策》

- ①適切な施工時期の選定
- ②材料等による適切な対策工の選定
- ③確実な施工の実施

【コンクリート構造物ひび割れ抑制対策資料】参照



① 適切な施工時期の選定

※ 適切な施工時期の選定については、特記仕様書では、7月から9月にかけては、コンクリートの打設は、行わないようになっていましたが、他工区との調整・工期等の関係でコンクリート打設の施工を行いました。
施工につきましては、(7月から9月のコンクリート打設における暑中コンクリート打設計画書)を打合せ簿で山口県土木建築事務所に提出致しました。
打設計画書の内容は、以下のとおりです。

暑中コンクリート(7・8・9月)の打設に関するひび割れ抑制対策

打設計画書

(1) 材料による抑制

- ① 生コンの温度を下げる為に、製造工場と協議し、以下のことを実施します。
 - ・骨材(砕石)に地下水を30分～45分置きに散水し、骨材温度を低く保つようにする。
 - ・骨材貯蔵ヤードに上屋を設置し、直射日光による温度上昇を抑制する。
 - ・練り混ぜ水には地下水を主に用いる。
 - ・コンクリート打設当日のセメントならびに骨材の受入は極力避ける。

(2) 運搬時における抑制

- ① 積み込み時にアジテータドラムに散水し、温度上昇を抑制する。
- ② アジテータ車が長時間現場で待機する事のないように現場との連絡を密にとると共に、適切な配車計画を立案し実行する。

(3) 打設時間による抑制

- ① 枕基礎の打設開始は午前7時から、底版・側壁頂版の打設開始は午前6時半からとし、気温が一番高くなる午後2時～3時までには打設を完了し、養生を行えるようにする。

(4) 養生方法による抑制

- ① 枕基礎については、コンクリート打設後ブルーシートを覆い、日除けを行い、日照、気温変動の影響を低減させる。
- ② カルバートの底版部については、コンクリート打設後に足場を利用してブルーシートを張り、日除けを行い、日照、気温変動の影響を低減させる。
- ③ コンクリートの表面は、養生マットを敷設し散水を行ってコンクリート表面を湿潤状態に保つ。
- ④ コンクリートは打設後7～11日程度で内部温度がほぼ外気温に収束するので、養生期間は12日以上とし、コンクリート内部温度と外気温の差による温度ひび割れの発生を抑制する。

養生状況（ブルーシート設置）



養生状況（養生マット敷設 散水状況）



(5) 脱型時期による抑制

- ① 型枠の存置期間は、コンクリートの内部温度がほぼ外気温に収束する打設後12日間以上とする。
- ② コンクリート打設時には、脱型時の圧縮強度確認用に現場養生用の供試体を別途採取し、打設後13日の時点での圧縮強度が24N/mm²以上であることを確認した後、脱型を行う。脱型時の圧縮強度の設定は、設計基準強度が24N/mm²(一般図の設計条件表より)となっているため、24N/mm²でコンクリートの自重及び載荷重を受けるのに十分な強度であると判断した。

※ 暑中コンクリートで施工したブロックは、枕工の2箇所と9ブロックの第1リフト(底版部)。寒中コンクリートで施工したブロックは、8ブロック第2リフト(側壁・頂版部)。それ以外のボックスカルバートの施工は、暑中コンクリート、寒中コンクリートのどちらにもあてはまりません。
この表は、各ブロックごとの打設日及び管理をまとめたものです。

コンクリート打設管理表

コンクリート打設日	9月20日	10月2日	10月21日	11月11日	11月29日	12月24日	備考
ブロック	9ブロック	7ブロック	8ブロック	9ブロック	7ブロック	8ブロック	
リフト	第1リフト	第1リフト	第1リフト	第2リフト	第2リフト	第2リフト	
打込み開始時間	7:30	7:30	8:10	7:40	7:45	8:25	
打込み終了時間	11:50	13:30	11:40	16:50	17:30	15:30	
リフト高	0.8	1.3	0.8	6.3	6.7	6.3	
作業人数	8	9	8	10	12	12	
パイプ架数	2	2	2	3	3	3	
予備パイプ架数	1	1	1	1	1	1	
養生日数	13	13	13	14	14	14	
1層厚さ	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	
打込み高さ	0.7	1.2	0.7	0.6	0.5	0.6	
コンクリート数量	72	125	67.3	134.3	221	127	
コンクリート温度最小値	29.0度	21.0度	21.0度	15.0度	14.0度	9.0度	
コンクリート温度最大値	32.0度	26.0度	25.5度	20.5度	16.5度	15.0度	
日平均気温	26.7度	19.8度	18.2度	10.7度	9.5度	5.1度	
(気象庁のホームページより)							

② 材料等による適切な対策工の選定についての当社の取り組み

※ 誘発目地の設置位置及び構造の検討

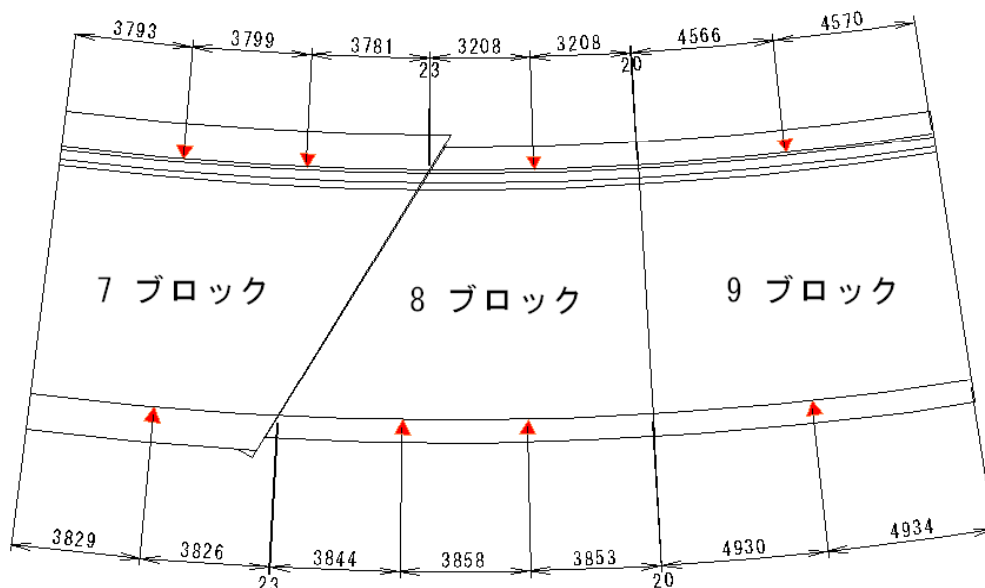
ボックスカルバート側壁には、打設温度が低い時期の施工については5.0m、その他の時期の施工については3.5mを目安に、誘発目地を設置する必要があると判断される。

【コンクリート構造物ひび割れ抑制対策資料】参照

この参照資料により、誘発目地設置位置を決め誘発目地設置位置図を作成しその位置に誘発目地を設置し、側壁の外部拘束によるひび割れの発生を抑制する。

特記仕様書より、断面欠損率40%以上を確保するため、各ブロックごとに誘発目地構造図を作成しました。7ブロック(40.9%)、8ブロック・9ブロック(42.8%)。

誘発目地設置位置図



養生方法の工夫

- 1, 施工箇所は、日陰が少なく、風の影響も大きいと考えられるので、コンクリート打設後は、速やかにブルーシートでボックスカルバートを覆い日除け、風除けを行い、日照・風・気温変動の影響を低減させる。
- 2, ひび割れ指数は、内部温度がピークから下降するに従い小さくなり、打設後7～11日で最小値を示す。また、内部温度も同時点でほぼ外気温に収束する。
最高温度からの下降幅は、打設温度10℃のケースで19℃程度、打設温度20℃で25℃程度、打設温度30℃で29℃程度であり、打設温度が高い場合下降幅が大きく、下降勾配も急になる傾向にある。

【コンクリート構造物ひび割れ抑制対策資料】参照

表 3.3.7 側壁中央の温度上昇・下降幅と勾配

	①打込み温度	②ピーク温度	③収束温度	②-①	②-③	下降勾配
CASE-1	10℃	23.5℃	5℃	13.5℃	18.5℃	1.12%
CASE-2	10℃	23.5℃	5℃	13.5℃	18.5℃	1.12%
CASE-3	10℃	23.5℃	5℃	13.5℃	18.5℃	1.12%
CASE-4	20℃	39.6℃	15℃	19.6℃	24.6℃	1.46%
CASE-5	20℃	39.6℃	15℃	19.6℃	24.6℃	1.46%
CASE-6	20℃	39.6℃	15℃	19.6℃	24.6℃	1.46%
CASE-7	30℃	53.7℃	25℃	23.7℃	28.7℃	1.68%
CASE-8	30℃	53.7℃	25℃	23.7℃	28.7℃	1.68%
CASE-9	30℃	53.7℃	25℃	23.7℃	28.7℃	1.68%

【コンクリート構造物ひび割れ抑制対策資料】参照

- 3, コンクリート打設後、コンクリート硬化に伴いコンクリート内部温度が、上昇するので、コンクリート内部温度とカルバート内部温度との温度差を抑制するため、ボックスカルバート内のコンクリート打設箇所前後にブルーシートを設置、空気の流動を減らし、ボックスカルバート内の気温の下降を少なくして、ボックスカルバート内をジェットヒーターで暖め、内部温度を測定、温度調整を行い、温度ひび割れの発生を抑制します。
- 4, コンクリートは打設後7～11日程度で内部温度がほぼ外気温に収束するので、養生期間は12日以上とし、コンクリート内部温度と外気温の差による温度ひび割れの発生を抑制します。
- 5, 型枠の存置期間は、コンクリートの内部温度がほぼ外気温に収束する打設後12日間以上とします。
- 6, コンクリート打設時には、脱型時の圧縮強度確認用に現場養生用の供試体を別途採取し、打設後13日の時点での圧縮強度が24N/mm²以上であることを確認した後、脱型を行う。脱型時の圧縮強度の設定は、設計基準強度が24N/mm²(一般図の設計条件表より)となっているため、24N/mm²でコンクリートの自重及び載荷重を受けるのに十分な強度であると判断しました。

③ 確実な施工の実施についての当社の取り組み

1. 鉄筋の錆防止について

鉄筋コンクリート構造物において、コンクリート打設時期に鉄筋が錆びていることが、以前ありましたので、その対策として、鉄筋用防錆剤の散布を実施いたしました。

鉄筋は、施工上搬入から加工・取付・コンクリート打設までの期間が、長くなるので、コンクリート打設の時期には、鉄筋の表面が、錆びていたことがありました。

そこで、今回現場では、コンクリート打設時期に発生する錆を少しでも、抑制するため鉄筋用防錆剤の使用について、使用材料の承諾を受けて、鉄筋用防錆剤を鉄筋搬入時に受入検査後すべての鉄筋に散布いたしました。

コンクリート打設時において、鉄筋の錆の発生が、かなり抑制出来たと思います。

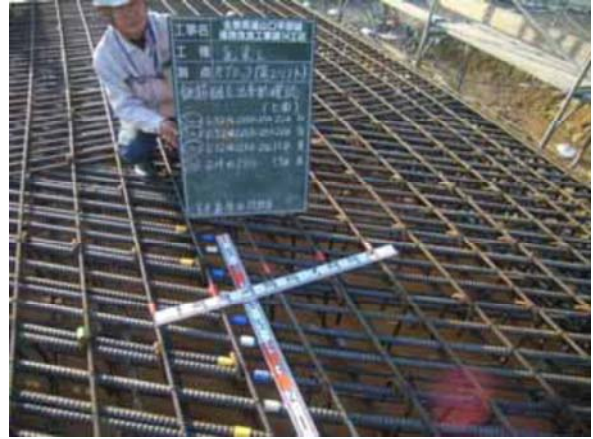
材料受入検査



鉄筋用防錆剤散布状況



鉄筋組立出来形確認



2. 施工状況把握チェックシート及び、コンクリート打設管理表の活用

施工状況把握チェックシートを使用して、各項目の打設前・中・後点検を行う。

施工状況把握チェックシート

4.3 施工状況把握チェックシート（コンクリート打設時）

【 施工状況把握チェックシート（コンクリート打設時） 】

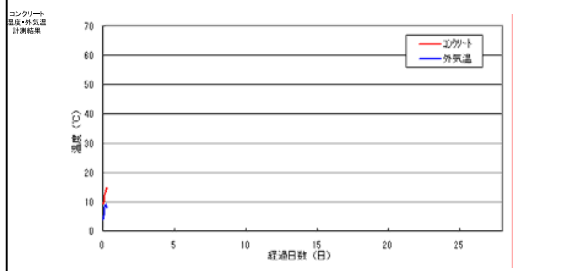
業務所名	工事名	工区	
構造物名	部位	リフト	
請負者	確認者		
配合	確認日時		
打込み開始時刻 予定	実際	打設開始時刻	
打込み終了時刻 予定	実際	打設量 (m ³)	
		リフト高 (m)	
施工段階	チェック項目	状況	備考
準備	運搬装置・打込み装置は汚れていないか。	—	
	脱水するおそれのある箇所は覆らせているか。	—	
	打設前止水がたまっていないか。	—	
検査	型枠内部に、木屑や結束線等の異物はなにか。	—	
	かぶり内に結露はないか。	—	
	既コンクリート表面のレイタンス等を取り除き、ぬらしているか。	—	
	コンクリート打設作業人員に余裕を持たせているか。	—	
運転	パイプレータの手操を準備しているか。	—	
	充電機のパネルが正しいか。事前にチェックをしたか。	—	
	確認はじめてから打ち終わるまでの時間は適切か。	—	
打込み	ポンプや搬送性を確保するため、先送りモルタルの正誤等の処置を執ったか。	—	
	鉄筋や型枠は乱れていないか。	—	
	直置かつ打込み位置近くに打戻し、横移動させていないか。	—	
	一區画内のコンクリートは、打込みが完了するまで連続して打ち込んでいるか。	—	
	コンクリートの表面が水平になるように打込んでいるか。	—	
締固め	一層の厚さは、40～100mm以下か。	—	
	2層以上に分けて打つ場合、上層のコンクリートの打込みは、下層のコンクリートが固まり始める前に行っているか。	—	
	ポンプ管等が吐出口から打込み直下の直下は、1.5m以下としているか。	—	
	型枠にブリーチング水がある場合は、これを取り除いてからコンクリートを打ち込んでいるか。	—	
	パイプレータを下層のコンクリートに10mm程度挿入しているか。	—	
養生	パイプレータは前面に挿入し、挿入深度は50mm以下か。	—	
	機内作業中に、型枠等を効率的に押動かしていないか。	—	
	パイプレータでコンクリートを押動かしていないか。	—	
	1箇所当たり1回の振動時間は、3～10秒か。	—	
発生	パイプレータは、穴が開かないように常に引き抜いているか。	—	
	硬化発熱のときに発生するおそれがある場合は、シート等で目おけや風おけを設けているか。	—	
	コンクリートの露出面を直接養生は保っているか。	—	
型枠および養生工の取付は、コンクリートが必要な強度に達した後であるか。	—		
変更事項			

コンクリート打設管理表

コンクリート打設管理表(その1)

表紙シート②

業者名称	川口土木建設事務所		※リフト欄に記入すること		第2リフト		
工事名	道路改良工事	工期	14	施工期間	※起工日/打設日		
設計者	(株)山田建設		工期	5期	※起工日/打設日		
機名	(株)山田建設		※リフト欄に記入すること		第2リフト		
機名	ポンプスカムバート		機名	R1機		打設機	併設機
打設日	2009年10月24日		天気	晴れ		リフト高	6.3m
打設時間	打設開始時間	8:35	打設終了時間	15:30	打設量	127.0m ³	
コンクリート	呼び強度	27N/cm ²	スランプ	8cm	単位体積重量	2000kg/m ³	
	セメント種類	高強度	水セメント比	50%	単位体積重量	300kg/m ³	
	添加剤	減水剤	選別材	---	補修材料	---	
	生コン工場	セメント(株)山田建設		セメント会社	セメント(株)山田建設		
試験項目	スランプ	8±0.5cm	空気量	4.5±0.5%	単位体積重量	0.20m ³	
	打設開始時	150m ² 打設時又は午後		300m ² 打設時			
	スランプ	7.0cm	スランプ	9.0cm	スランプ	OK	
	空気量	5.1%	空気量	5.5%	空気量	%	
圧縮試験	1日強度	9.0℃	1日強度	13.0℃	1日強度	℃	
	3日強度	18.0N/cm ²	3日強度	18.0N/cm ²	3日強度	N/cm ²	
	7日強度	32.0N/cm ²	7日強度	35.0N/cm ²	7日強度	N/cm ²	
	28日強度	25分	28日強度	25分	28日強度	10分/台	
打設状況	ポンプ車台数	1台	コンクリート車	1台	コンクリート車	1台	
	作業員	3人	コンクリート車	4人	打設速度	0.2m/h	
養生状況	養生方法	養生		養生+養生+ブルーシート			
	打設後	養生		養生+養生+ブルーシート			
コンクリート	養生(養生状態)期間	14		日			
	養生温度	5.0℃	養生温度	15.0℃	養生上り率	6.0%	
養生計画	最高気温に到達した瞬間		7時開始				



コンクリート打設リフト図

表紙シート③

業者名称	川口土木建設事務所		道路改良工事		工期		14	施工期間	※起工日/打設日	
工事名	道路改良工事		工期	5期	※起工日/打設日					
設計者	(株)山田建設		工期	5期	※起工日/打設日					
機名	(株)山田建設		※リフト欄に記入すること		第2リフト					

断面図

側面図

配筋仕様	側壁主筋	外側	φ25@175
		内側	φ19@250
	側壁配筋	外側	φ19@250
		内側	φ19@250

寸法仕様	側壁高	6300
	側壁厚	700
	側壁幅	9100
	設置止	0.17%
	5%以下100mm	

※養生計画を参照すること。
※リフト高と養生計画を参照すること。
※リフト高さ・養生計画方法を参照すること。

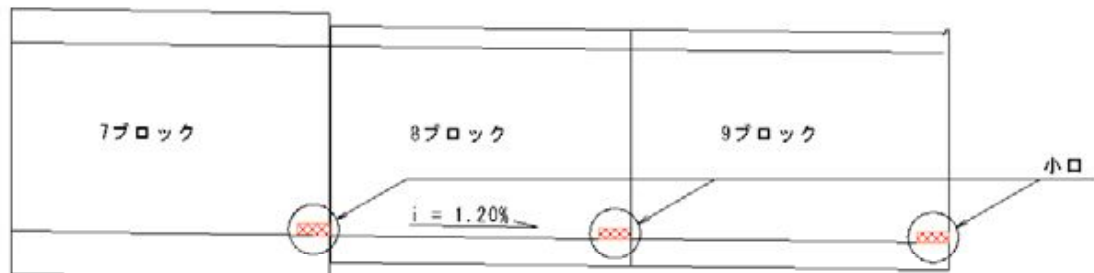
3, 当現場では、外型枠の下流側下方に小さい口を設けました。

目的として、

- (1) コンクリート打設面の余分な水の排出。
- (2) 木屑、切れた結束線等を、高圧洗浄機で上流から下流へ、流し小口から排出。
- (3) コンクリート打設において、ブリージング水等の排出、コンクリートの品質の確保。

結果

コンクリート打設において、コンクリートの品質を損うことなく確保できたと思います。



小口設置状況



4. 打込み

(1) コンクリート受入検査を行う。

試験結果を製造プラントに報告します。(とくにスランプの状態)

コンクリートの運搬時間によって、スランプの状態が、変化しますので、受入時のスランプの状態を、製造プラントに報告しました。

コンクリート打設管理表より、コンクリート温度、外気温を最初・中間・最終で測定しました。

コンクリート受入検査



コンクリート温度測定(最終)

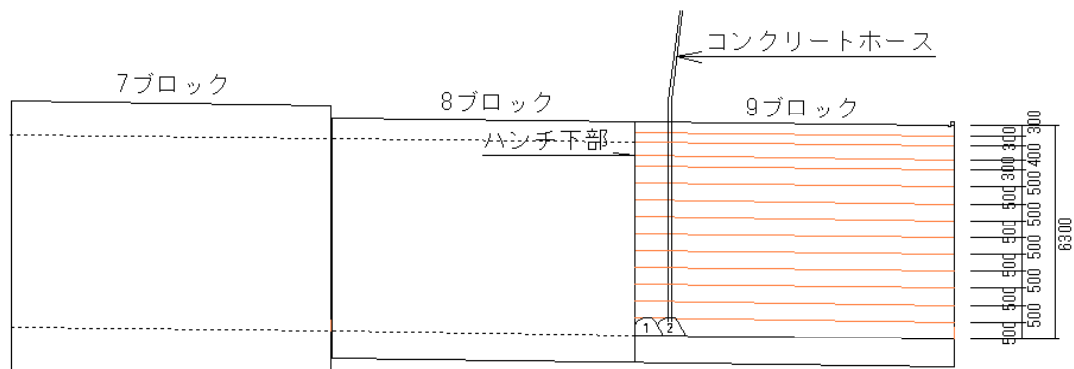


外気温度測定(最終)

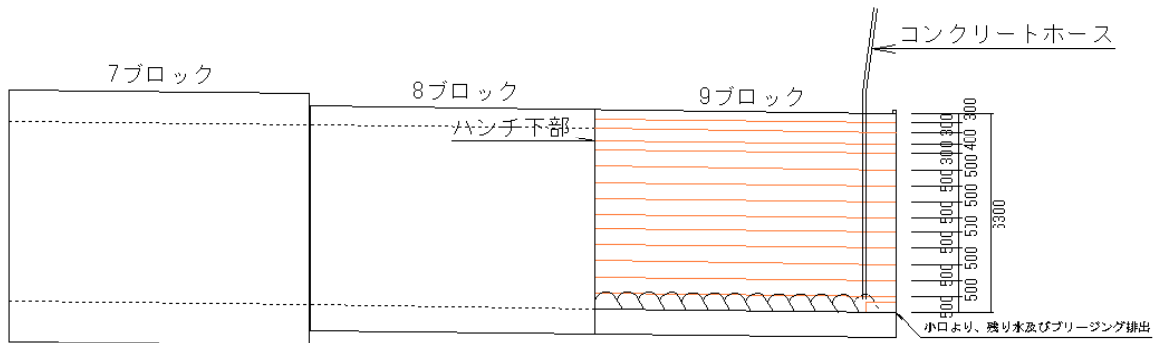


- (2) 1層目の打設は、上流から余分な水を下流に排出し、打継ぎ目の状態を見ながらパイプレータをかける。
下流側にコンクリートが来たとき、水・ブリージング等の不純物の排出を確認後、小口を塞ぎました。

コンクリート打設手順 ①



コンクリート打設手順 ②



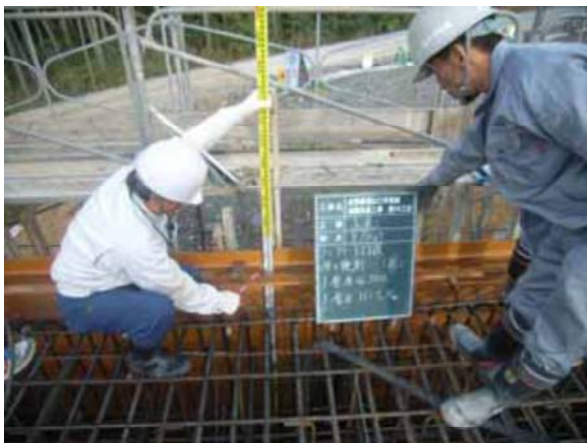
(3) 均等質なコンクリートを得るため、表面がほぼ水平になるように打込む。また、1層の高さは、バイブレータの性能等を考慮して、40～50cm以下とする。

【コンクリート構造物ひび割れ抑制対策資料】参照

コンクリートの1層の仕上がり高さは、50cmとしました。

1層毎にスタッフで高さを確認しながらコンクリートの打設を行いました。

コンクリート打設厚さ確認 (1層厚さ@500mm)



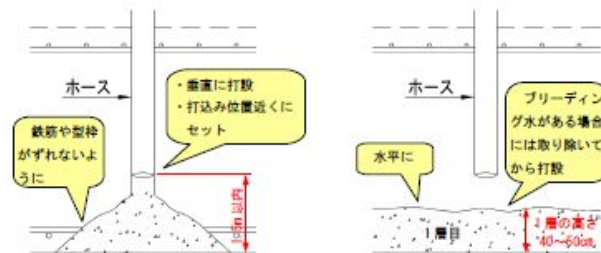
- (4) ボックスカルバートの側壁部の打込みは、打ち上がり速度が速いと、側圧が大きくなると共に、ブリージングと沈降が大きくなり、上部コンクリートの品質が低下します。

【コンクリート構造物ひび割れ抑制対策資料】参照

7ブロックは、時間当たり70cm/h
8・9ブロックは、時間当たり80cm/h

- (5) コンクリートの打込みは、材料分離を防ぐため、ホース吐出口と打込み面までの高さは1.5m以下とし、極力高さを低くして打設する。

【コンクリート構造物ひび割れ抑制対策資料】参照



コンクリートホースの先をコンクリートの中に入れて打設を行いました。
コンクリートホースの先が浮いていれば、高い所から落下させたのと同じ事であるから。

5. 締固め

- (1) 上下層が一体となるように、バイブレータを下層のコンクリート中に10cm程度挿入して締固めを行う。

【コンクリート構造物ひび割れ抑制対策資料】参照

バイブレータに目印のビニールテープを巻き1層毎に確認を行いました。9ブロックでは、同色テープを使用しましたが、高さがわかりづらいので7・8ブロックでは、2色のビニールテープを使用して50cmと1mを区別しました。

施工中ビニールテープが切れたので、再度ビニールテープを巻きつけ使用しました。
次施工では、もう少し改善工夫をしたいと思います。

9ブロック施工時(使用機械)



7・8ブロック施工時(使用機械)



使用機械長さ測定 L=0.6m



使用機械長さ測定 L=0.5m



(2) 締固め不足や過度の締固めによる材料分離を防ぐため、1箇所当りの振動時間は、5～15秒とし、引き抜きには、後に穴が残らないように徐々に行う。

【コンクリート構造物ひび割れ抑制対策資料】参照

コンクリート打設前に作業手順書を作業員全員に配布し、その内容を確認実行させる。

コンクリート打設状況



コンクリート打設状況(打設高さ測定)



コンクリート打設状況(下層挿入10cm確認)



6. 養生

(1) 打込み後急激な水分の蒸発を防ぐため、表面を荒らさないで作業が出来る程度に硬化したら、表面を養生マットで覆い、湿潤状態を保つようにする。

【コンクリート構造物ひび割れ抑制対策資料】参照

コンクリート打設後は、速やかにブルーシートでボックスカルバートを覆いました。

コンクリート打設初期養生(ブルーシート設置)

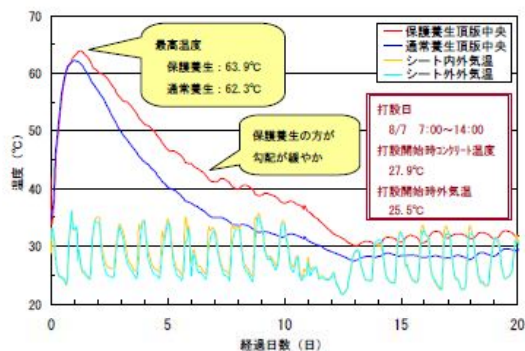


(2) ボックスカルバート内部は、ブルーシートで両側を塞ぎ、ジェットヒーターでボックス内部の温度を上昇させ、ボックス内の温度を測定し、コンクリート内部温度経過図のグラフに合わせ温度調整を行いました。(目標ピーク時内部温度=コンクリート打設温度+13.5℃)
 ジェットヒーターの使用については、ボックス内部の温度を上げすぎないように、ボックス内部温度を確認し、温度調整を行いました。

コンクリート打設(ブルーシート設置・ジェットヒーター設置)



ブルーシートの設置、ジェットヒーターの使用により、ピーク温度の抑制と内外温度差の抑制が出来たと思います。



(3) ひび割れ指数は、内部温度がピークから下降するに従い小さくなり、打設後7~11日で最小値を示す。また、内部温度も同時点でほぼ外気温に収束する。
 最高温度からの下降幅は、打設温度10℃のケースで19℃程度、打設温度20℃で25℃程度、打設温度30℃で29℃程度であり、打設温度が高い場合下降幅が大きく、下降勾配も急になる傾向にある。

表 3.3.7 側壁中央の温度上昇・下降幅と勾配

	①打込み温度	②ピーク温度	③収束温度	②-①	②-③	下降勾配
CASE-1	10℃	23.5℃	5℃	13.5℃	18.5℃	1.12%
CASE-2	10℃	23.5℃	5℃	13.5℃	18.5℃	1.12%
CASE-3	10℃	23.5℃	5℃	13.5℃	18.5℃	1.12%
CASE-4	20℃	39.6℃	15℃	19.6℃	24.6℃	1.46%
CASE-5	20℃	39.6℃	15℃	19.6℃	24.6℃	1.46%
CASE-6	20℃	39.6℃	15℃	19.6℃	24.6℃	1.46%
CASE-7	30℃	53.7℃	25℃	23.7℃	28.7℃	1.68%
CASE-8	30℃	53.7℃	25℃	23.7℃	28.7℃	1.68%
CASE-9	30℃	53.7℃	25℃	23.7℃	28.7℃	1.68%

【コンクリート構造物ひび割れ抑制対策資料】参照

(4) コンクリート打設1日後表面の硬化を確認して保水性の高い養生マットを表面全体に敷設後高圧洗浄機により全体に水を1日3～4回(養生マットが乾燥しないように)散水しました。日照、風、気温変動の影響を低減させるため、散水の後養生マットの上からブルーシートをボックス全体に覆いました。

養生状況(散水状況)



養生状況(養生マット敷設)



(5) コンクリート内部と外部の温度差をなくすため、型枠外側にもブルーシートを設置しました。

養生状況(ブルーシート敷設)



養生状況(ブルーシート設置)



(6) 打設後14日の時点での圧縮強度が 24N/mm^2 以上であることを確認した後、脱型を行いました。脱型まで、散水養生を続けました。

今回現場では、以上の対策を行いボックスカルバートの施工を行いました。
各ブロックともひび割れは、発生していません。

