

【施工事例 9】 大保大橋（現在整備中）

大保大橋は、県道9号線から塩屋湾を跨ぎ国道331号に繋がる海上橋である。昭和55年に架設された現橋は、上・下部工ともに著しい塩害劣化が発生しており、特に上部工のPC-T桁は断面欠損、主鉄筋の腐食・断裂、PC鋼線の腐食が顕著であることから、撤去架け替えとなった。

現在、下部工工事が進められており、30N/mm<sup>2</sup>内割り+外割り配合タイプのフライアッシュコンクリートが使用されている。

表 8.26 工事概要

路線名	県道9号線
適用部位	下部工（橋脚、橋台）
使用配合 配合タイプ	30-12-20（橋脚、橋台） 内割り+外割り配合 空気量2.0%
FA使用目的	塩害、ASR、温度応力抑制
打設方法	ポンプ圧送



写真 8.36 整備状況



図 8.30 位置図

表 8.27 配合表

配合名	設計基準強度 f'ck (N/mm <sup>2</sup> )	目標 SL (cm)	骨材最大寸法 Gmax (mm)	水結合材比 W/B (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )								
						セメント	混和材	水	細骨材			粗骨材		混和剤
						C	フライ アッシュ F1	W	海砂 S1	砕砂 S2	フライ アッシュ F2	2005 G1	4020 G2	Ad
30FAC	30	12	20	48.5	48.4	278	69	168	350	526	17	959	-	2,776

表 8.28 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント（琉球セメント(株)製，密度3.16）	
混和材	F1	フライアッシュⅡ種（(株)ジェイベック石川カンパニー，密度2.34）
水	地下水、回収水（上澄水）	
細骨材	S1	東村新川産 海砂（表乾密度2.60，F.M2.30）
	S2	本部半島産 砕砂（表乾密度2.65，F.M2.80）
	F2	フライアッシュⅡ種（(株)ジェイベック石川カンパニー，密度2.34）
粗骨材	G1	本部半島産 砕石2005（表乾密度2.70）
	G2	—
混和剤	AE減水剤標準形（I種）シーカメントJS	

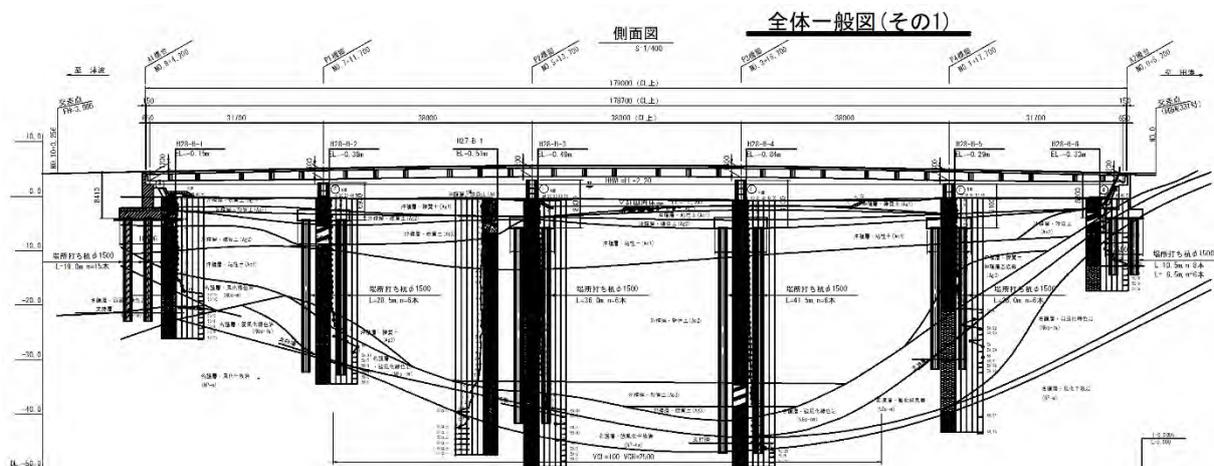


図 8.31 全体一般図（側面図）

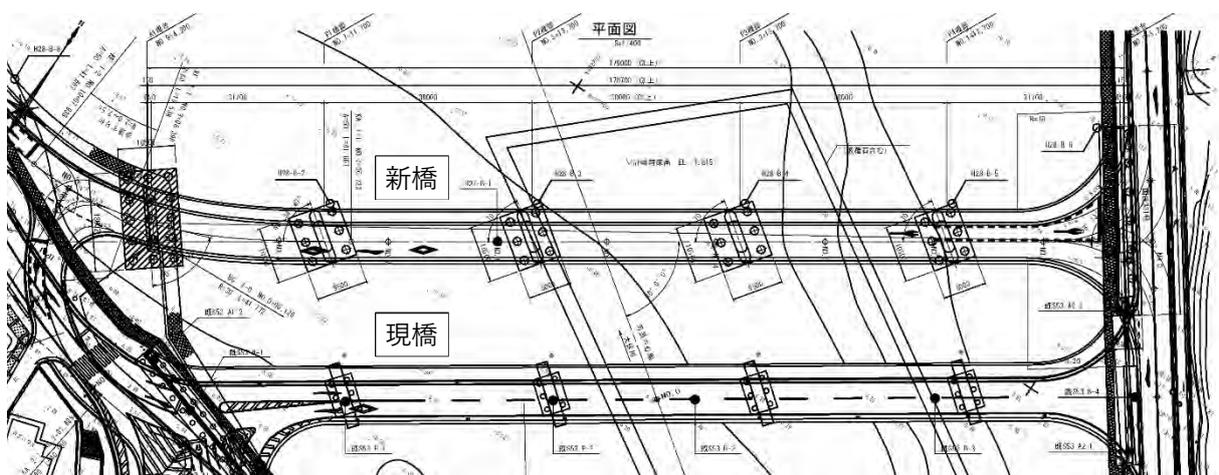


図 8.32 全体一般図（平面図）

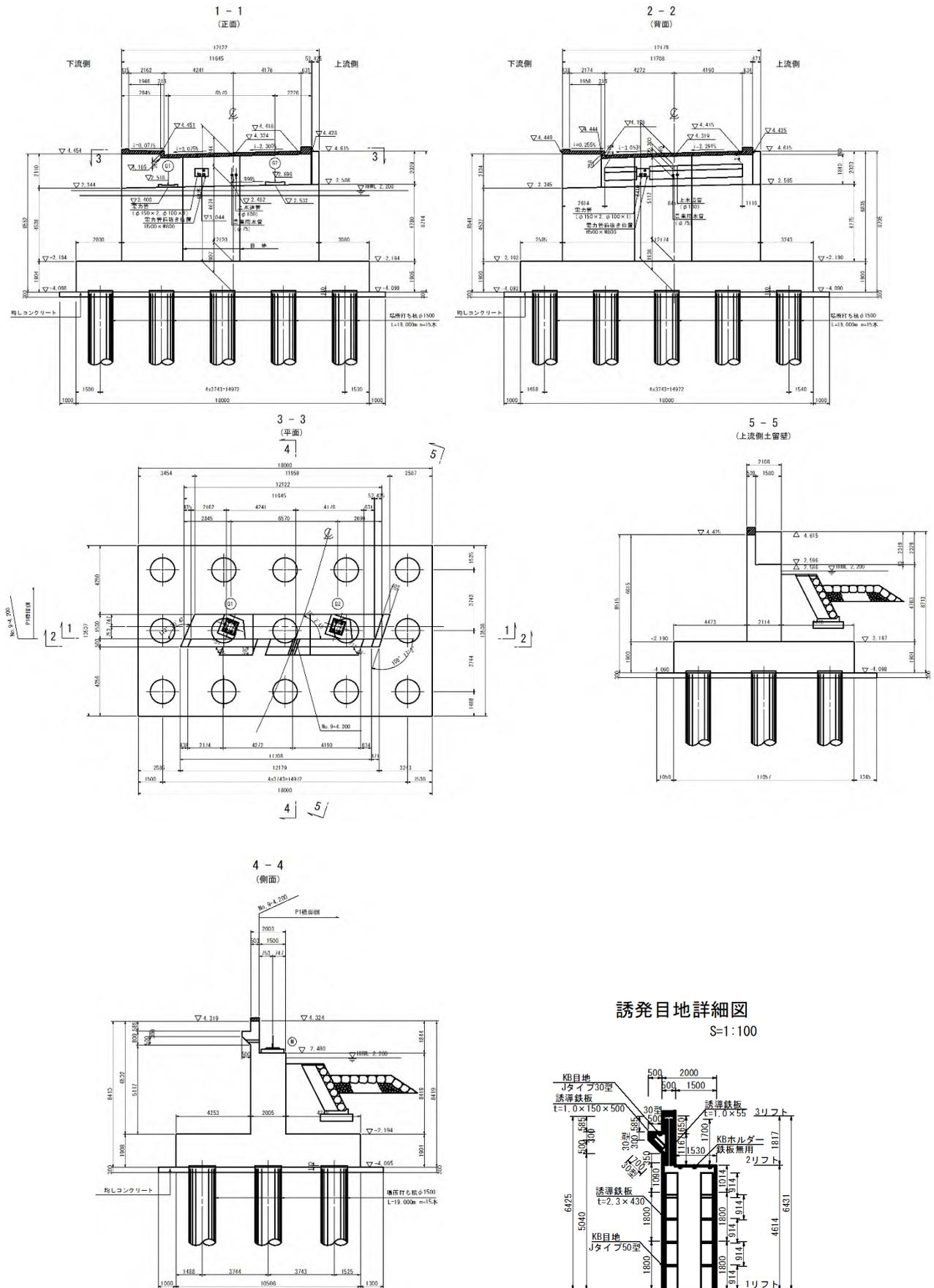


図 8.33 A1 橋台構造一般図

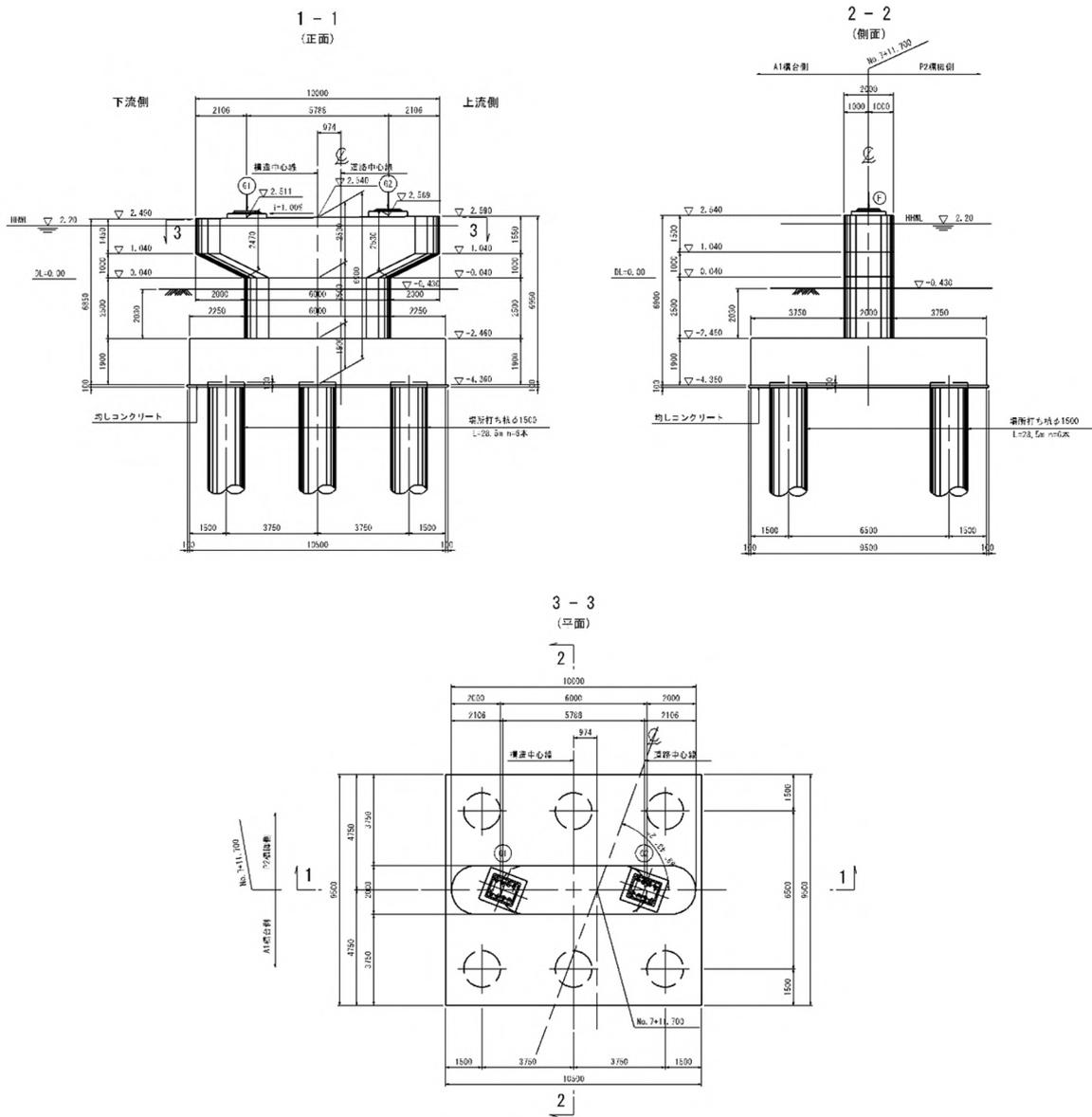


図 8.34 P1 橋脚構造一般図



写真 8.37 A1 橋台打設状況



写真 8.38 A1 橋台フーチング打設



写真 8.39 A1 フーチング養生シート貼付状況



写真 8.40 P1 橋脚フーチング打設状況

【施工事例 10】 ヘンサ橋（国道 507 号（八重瀬道路））

ヘンサ橋は、国道 507 号八重瀬道路整備事業において整備される跨川橋である。上部工主桁には、設計スランプフロー60cm の 50N/mm<sup>2</sup>外割り配合 FAC、床版・張出部・間詰め部・地覆部に 36N/mm<sup>2</sup>外割り配合 FAC、下部工橋台に 30N/mm<sup>2</sup>内割り＋外割り配合 FAC が採用されている。また、ヘンサ橋では橋梁躯体だけでなく場所打ち杭にも FAC（30N/mm<sup>2</sup>内割り＋外割り配合 FAC）が採用されている。

表 8.29 工事概要

路線名	国道507号（八重瀬道路）ヘンサ橋
適用部位	上部工（主桁、床版、張出、間詰め、地覆） 下部工（橋台）
使用配合	上部工 50-60-20（主桁） 36-12-20（床版、張出、間詰め、地覆） 下部工 30-12-20（橋脚、橋台） 30-18-20（場所打ち杭）
配合タイプ	50-60-20 外割り配合 ※細骨材砕砂のみ、空気量2.0% 36-12-20 外割り配合 ※細骨材砕砂のみ、空気量4.5% 30-12-20 内割り+外割り配合 ※空気量2.0% 30-18-20 内割り+外割り配合 ※空気量2.0%
FA使用目的	下部工 塩害、ASR、温度応力抑制 上部工 施工性の確保
打設方法	ポンプ圧送、バケット



図 8.35 位置図および完成予想図（南部土木事務所パンフレットより）

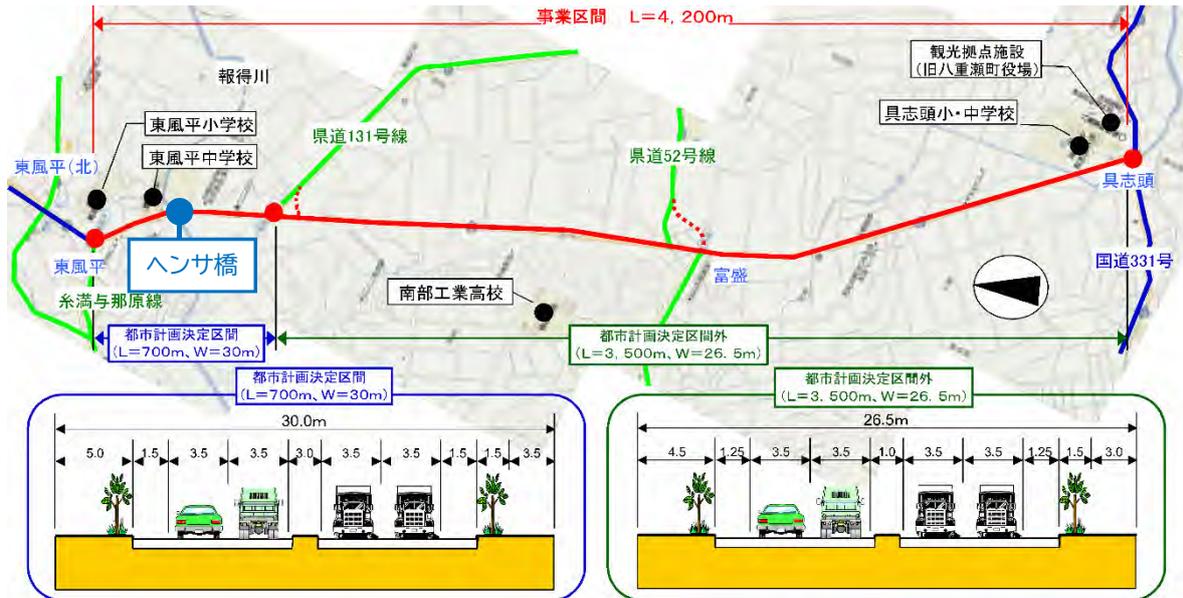


図 8.36 一般国道 507 号（八重瀬道路）事業計画（沖縄県ホームページより）

表 8.30 配合表

配合名	コンクリート製造工場	設計基準強度 f'ck (N/mm <sup>2</sup> )	目標 SL SL7 <sub>0</sub> - SL7 <sub>0</sub> - (cm)	骨材最大寸法 Gmax (mm)	水セメント比 W/C (%)	水結合材比 W/B (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )								
								セメント C	混和材 F1 F2	水 W	細骨材		粗骨材		混和剤 Ad	
											海砂 S1	砕砂 S2	2005 G1	4020 G2		
30-18-20	A工場	30	18	20	-	49.0	48.2	294	73	180	590	253	17	937	-	2.75
30-12-20	B工場	30	12	20	-	48.0	44.1	282	70	169	546	239	20	1031	-	3.34
36-12-20		36	12	20	43.0	-	44.9	370	-	159	-	795	30	991	-	2.41
50-60-20		50	60	20	32.5	-	47.6	523	-	170	-	798	33	891	-	5.23

※ 水結合材比：W/B (C+F1)

表 8.31 使用材料

工場名	A工場		B工場	
配合名	30-18-20	30-12-20	36-12-20	50-60-20
セメント	普通ポルトランドセメント (宇部三菱セメント(株)製, 密度3.16)		普通ポルトランドセメント (琉球セメント(株)製, 密度3.16)	
混和材	F1	フライアッシュII種 (株) ゼンベック石川カパニ, 密度2.40)		
水	工業用水		工業用水	
細骨材	S1	東村新川産 海砂 (表乾密度2.59, FM2.30)	東村新川産 海砂 (表乾密度2.59, FM2.40)	-
	S2	名護市安和産 砕砂 (表乾密度2.67, FM2.80)	本部半島産 砕砂 (表乾密度2.66, FM2.90)	
	F2	フライアッシュII種 (株) ゼンベック石川カパニ, 密度2.40)	フライアッシュII種 (株) ゼンベック石川カパニ, 密度2.31)	
粗骨材	G1	名護市安和産 砕石2005 (表乾密度2.70, 実績率59.3%)	国頭村半地産 砕石2005 (表乾密度2.70, 実績率59.0%)	
	G2	-	-	
混和剤	AE減水剤標準形 (I種) チューポールEX60TR		AE減水剤標準形 (I種) チューポールEX60T	高機能AE減水剤標準形 (I種) マスターグレームSP8SV
				高機能減水剤標準形 (I種) チューポールHP-11

A2橋台構造一般図(その1)  
 [下り線]

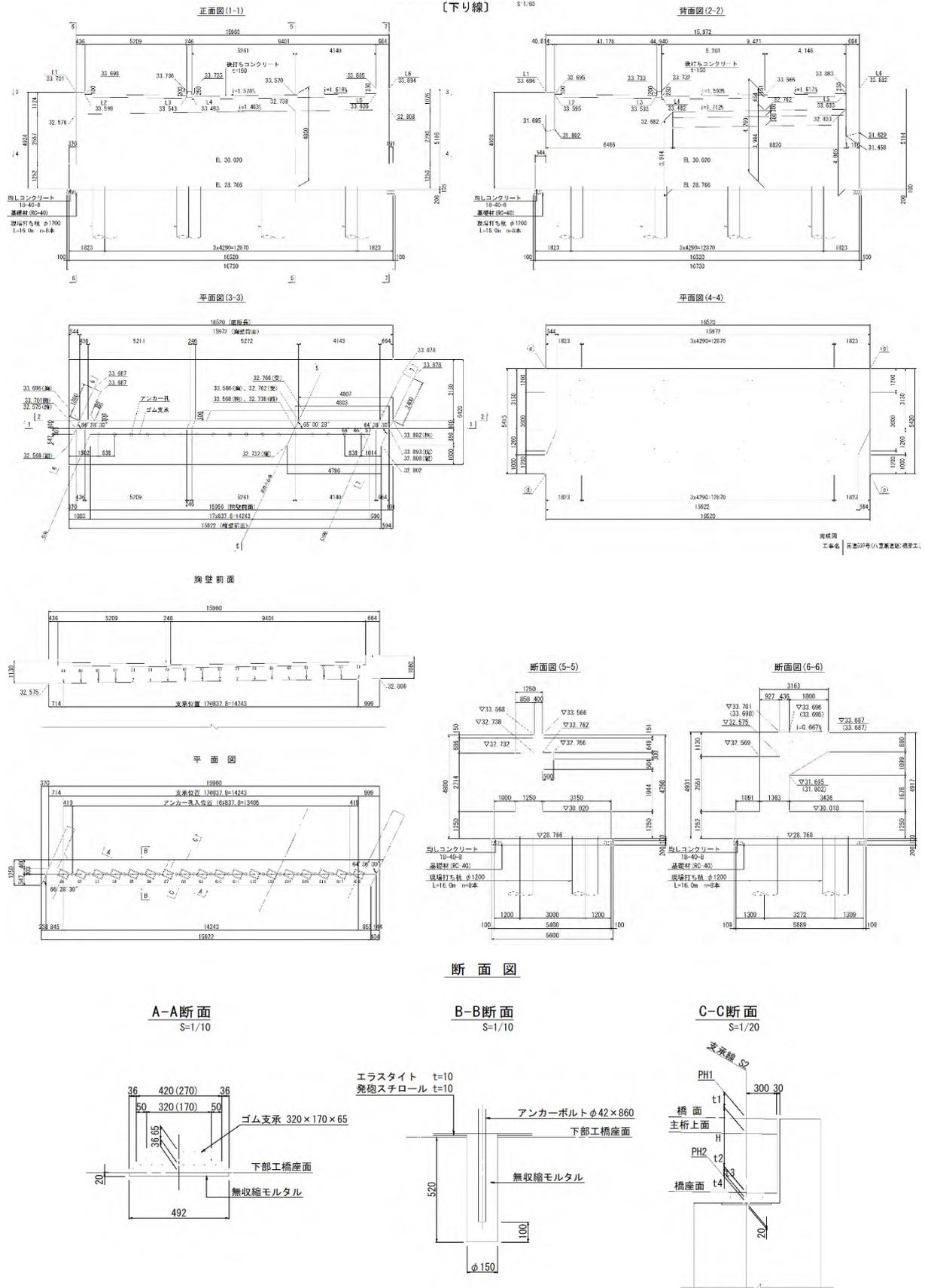


図 8.37 A2 橋台構造一般図 (下り線)



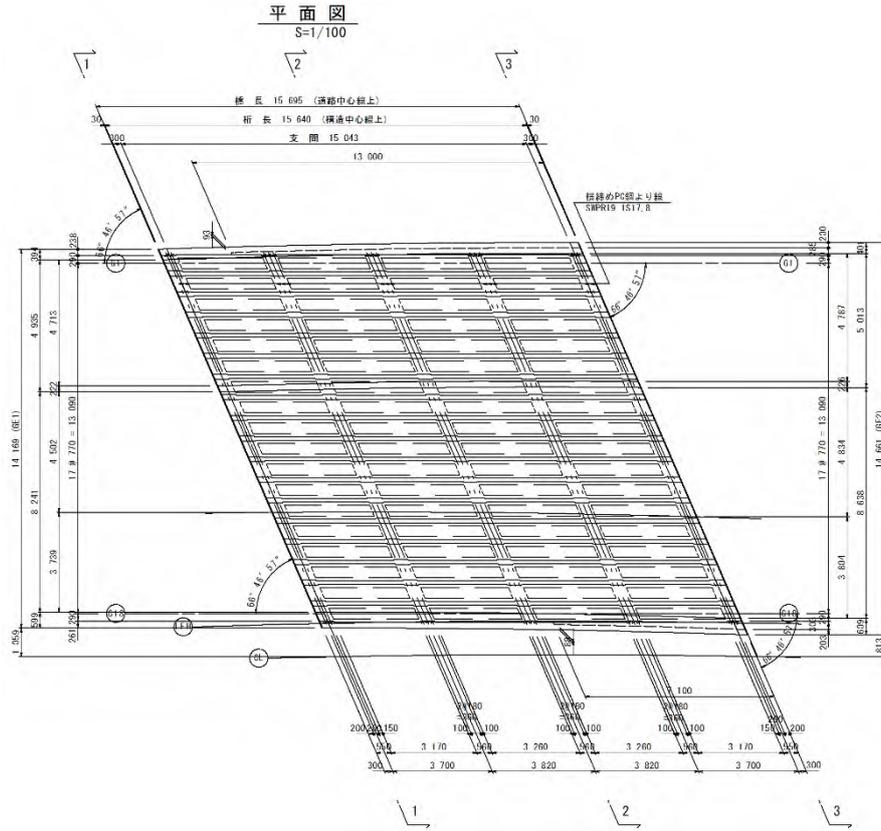
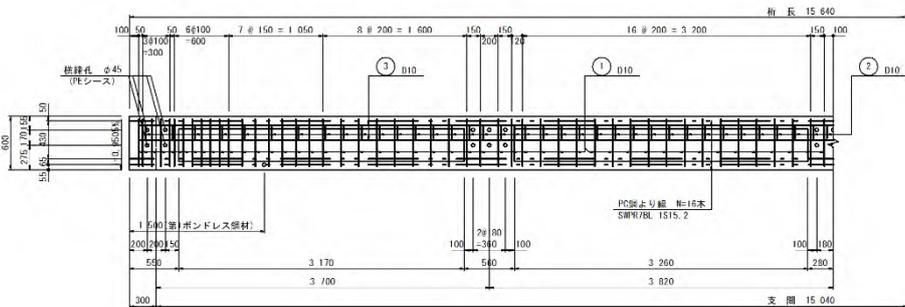


図 8.39 上部工一般図（下り線）(2)

側面図  
S=1/30



平面図  
S=1/30

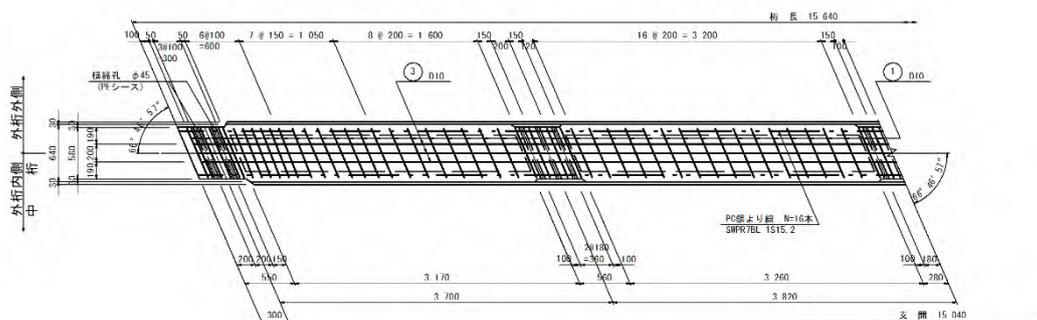


図 8.40 上部工主桁詳細図（下り線）(1)





写真 8.41 場所打ち杭打設状況

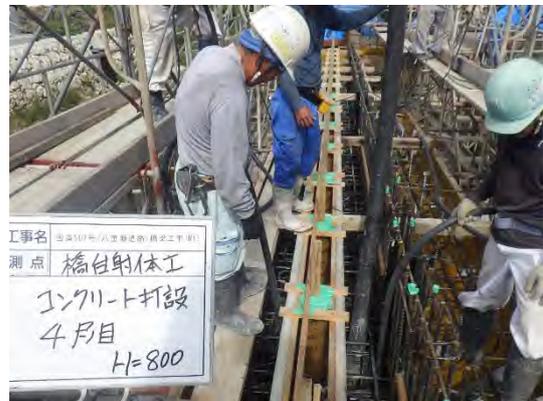


写真 8.42 A2橋台打設状況



写真 8.43 上部工主桁打設状況

写真 8.44 張出部打設状況

【施工事例 11】 沖縄都市モノレール新車両基地（現在整備中）

沖縄都市モノレールでは、新車両基地の PC 軌道桁（上部工）でワーカビリティの改善を目的に FAC を採用している。一般部は過年度の延長事業と同様に 45-18-20（外割り配合タイプ）を採用しているが、モノレールを留置する PC 軌道桁は風荷重を考慮し、60-50-20（内割り配合タイプ）を採用している。

※新車両基地：沖縄都市モノレール(株)で整備する施設



図 8.42



写真 8.45 新車両基地全景（整備中）

路線名	沖縄都市モノレール新車両基地
適用部位	上部工（PC 軌道桁） モノレール留置部
使用配合	60-50-20
配合タイプ	内割り配合タイプ
FA 使用目的	ワーカビ、塩害、温度応力抑制
打設方法	ポンプ圧送

表 8.32 工事概要



写真 8.46 架設状況（PC 軌道桁）

配合名	設計基準強度 f <sub>ck</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	目標 SL・ SLF (cm)	骨材最 大寸法 G <sub>max</sub> (mm)	水結合 材比 W/B (%)	細骨 材率 s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )								
						セメント		細骨材			粗骨材		混和剤	
						C	フライ アッシュ F1	W	海砂 S1	砕砂 S2	フライ アッシュ F2	2005 G1		4020 G2
60内FAC	60	50	20	32	35.8	410	90	160	363	249	-	1129		4.25

表 8.33 配合表

配合名		60内FAC
セメント		普通ポルトランドセメント（太平洋セメント(株)製、密度3.16）
混和材	F1	フライアッシュⅡ種（電源開発(株)製、密度2.33）
水		工業用水
細骨材	S1	東村新川沖 海砂（表乾密度2.60、F.M2.25）
	S2	本部半島産 砕砂（表乾密度2.67、F.M3.00）
粗骨材	F2	-
	G1	本部半島産 砕砂2005（表乾密度2.70、F.M6.60）
	G2	-
混和材		高性能AE減水剤（スーパー100pHX）

表 8.34 使用材料

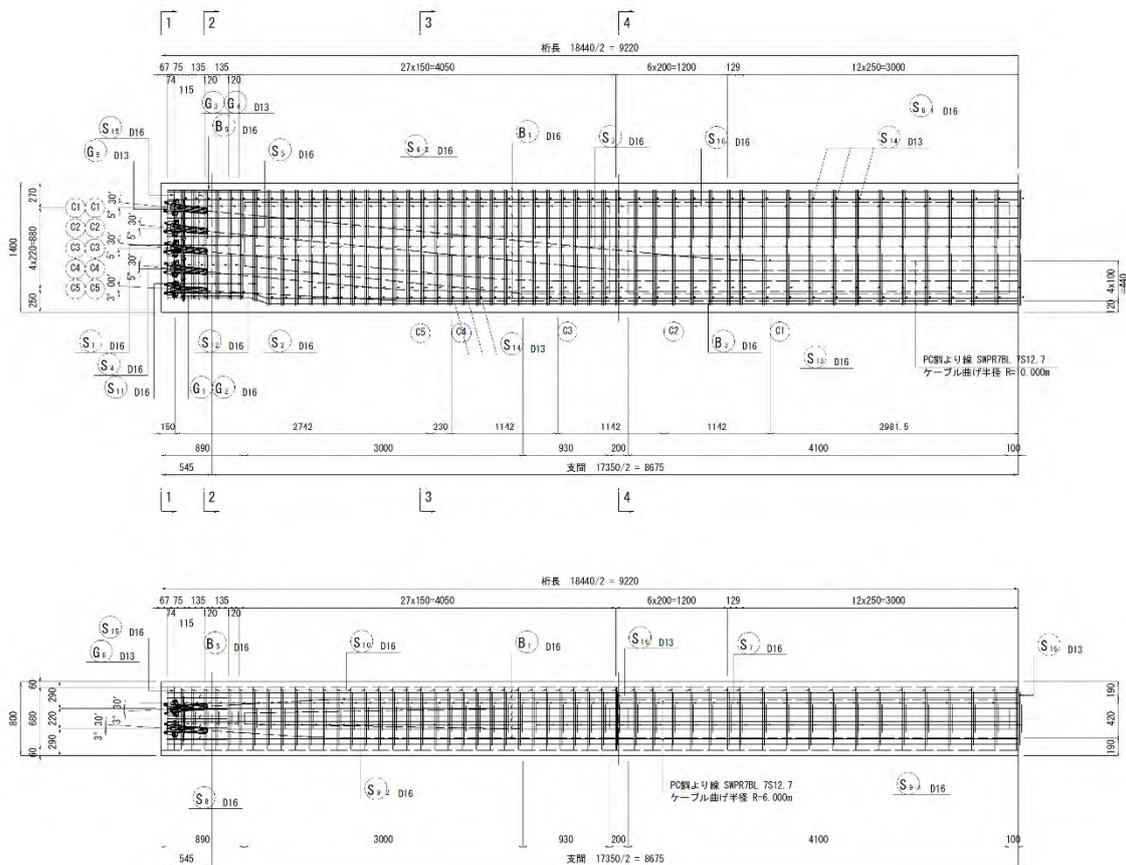


図 8.43 平面図、側面図



## 《施工者コメント》

### ① 配合

- ・ セメント量が多く表面の乾燥具合に時間差があるため、桁長の長いPC桁では表面仕上げ中に乾燥が始まると表面ひび割れが生じやすくなるので注意が必要である。
- ・ セメント量が多く粘性が強いため、コンクリート内部の気泡が移動しにくいいため表面に残留気泡が発生しやすいので、内部振動機を用いた適切な締固めを行う必要がある。

## 9. FAC 製造工場および施工会社へのヒアリング結果

### 9. 1 ヒアリングの概要

#### 9. 1. 1 目的

平成 29 年 12 月に発刊した FAC 指針（初版）は、策定に際して FAC の出荷や施工の経験がある生コン工場および建設会社へヒアリングを行い、FAC の問題点や注意点、普通コンクリート（NC）との違いなどを抽出し、その意見を反映させている。しかし、策定から約 4 年が経過し、FAC の利用が進んでいる現状において、現場から新たにいくつかの問題点などがあることが確認された。このため、FAC 指針（初版）策定後に FAC を用いて施工を行った建設会社および出荷工場に対し、改めてヒアリングを行い、問題点を確認し、第 2 回改訂に反映させることで FAC 指針の品質向上を図ることとする。

#### 9. 1. 2 ヒアリング対象

FAC 指針策定後の新設構造物で FAC を用いた工事は、那覇大橋、本部大橋、県道 20 号線泡瀬連絡橋、桃原橋、南部東道路などがある。また、補修工事としては、池間大橋の下部工耐震補強工事（コンクリート巻き立て工法）で FAC を用いている。

第 2 回改訂に伴うヒアリングは、これらの工事から沖縄本島内の生コン工場 9 社と建設会社 11 社を選定して行った（表 9. 2. 1）。

表 9. 2. 1 第 2 回改訂に伴うヒアリング対象リスト

No.	生コン会社	出荷工事	No.	施工会社	工事
1	(株)技建	南部東道路	1	(株)川平土木	南部東道路
2	(株)大城生コン工業	南部東道路	2	(有)沖南建設	南部東道路
3	(株)山正物産	南部東道路 泡瀬連絡橋	3	(有)成華開発	南部東道路
4	西原産業(資)	南部東道路 泡瀬連絡橋	4	ムトウ建設(株)	南部東道路
5	(有)海邦生コン工業	泡瀬連絡橋	5	安岡建設(株)	南部東道路
6	沖縄セメント工業(株)(添石工場)	泡瀬連絡橋	6	金秀建設(株)	泡瀬連絡橋
7	球陽生コンクリート(株)(松本工場)	泡瀬連絡橋	7	(株)喜屋武建設	泡瀬連絡橋
8	山城生コンクリート(株)(中部工場)	泡瀬連絡橋	8	(株)ピーエス三菱	泡瀬連絡橋
9	本部生コン(株)	本部大橋	9	(株)仲本工業	泡瀬連絡橋 新本部大橋
			10	(株)屋部土建	泡瀬連絡橋
			11	(株)富士ピーエス	南部東道路

#### 9. 1. 3 ヒアリング方法

ヒアリングは、各者に事前にヒアリングシートを送付し、内容を確認してもらった上で訪問し対面式で行った。ただし、(株)富士ピーエスおよび(株)屋部土建については、当時の工事担当者が他県または離島在中であったことから、対面でのヒアリングができず、メールによるヒアリングとした。

## 9. 2 ヒアリング結果

### ■ 生コン工場に対するヒアリング結果（1／8）

#### 1. 出荷実績のFACについて

##### 1.1 出荷実績

工場名	工事名	構造物名	配合
(株)技建	南部東道路橋梁下部工工事	佐敷・玉城IC橋A1 大城ダム1号橋P2、A2 大城ダム2号橋	30-12-20（内＋外）
	南部東道路橋梁上部工工事	大城ダム1号橋 大城ダム3号橋-1 大城ダム3号橋-2	40-12-20（外） 40-18-20（外）
	国道507号(八重瀬道路)橋梁工事	下部工	30-12-20（内＋外）
上部工（床版、張出、地覆） 上部工主桁		36-12-20（外） 50-60-20（外）	
(株)大城生コン工業	南部東道路橋梁上部工工事	雄樋川橋-2	36-12-20（外）
	南部東道路橋梁下部工工事	雄樋川A1-2	30-12-20（内＋外）
		雄飛川橋A2	
	南部東道路改良工事	擁壁等	30-12-20（内＋外）
	国道507号（八重瀬道路）橋梁下部工事	場所打ち杭	30-18-20（内＋外）
平成30年北丘高架橋上部工工事	上部工UDP10~UDA2	36-18-20（外）	
(株)山正物産 山西工場	県道20号線(泡瀬工区)橋梁整備工事	下部工	30-12-20（内＋外）
	南部東道路橋梁下部工工事	下部工	30-12-20（内＋外）
	南部東道路橋梁上部工工事	大城ダム2号橋	36-12-20（外）
西原産業（資）	南部東道路橋梁下部工工事	大城ダム1号橋A1	30-12-20（内＋外）
	県道20号線(泡瀬工区)橋梁整備工事	下部工	30-12-20（内＋外）
	南部東道路橋梁工事(大城高架橋)	大城高架橋 上部工	30-18-20（内＋外） 40-18-20（外） 36-18-20（外）
	R1南部東道路改良工事(4工区-3)	擁壁等	30-12-20（内＋外）
(有)海邦生コン工業	県道20号線(泡瀬工区)橋梁整備工事	上部工	50-20-20（外）
		下部工（フーチング）	30-12-20（内＋外）
沖縄セメント工業(株) 添石工場	県道20号線(泡瀬工区)橋梁整備工事	上部工	50-18-20（外）
		下部工	30-12-20（内＋外）
球陽生コンクリート(株) 松本工場	県道20号線(泡瀬工区)橋梁整備工事	上部工	50-20-20
		下部工	30-12-20（内＋外）
(株)山城生コンクリート 中部工場	桃原橋架替工事	上部工（間詰め）	30-12-20（内＋外）
		下部工	30-12-20（内＋外）
(株)山城生コンクリート 中部工場	県道20号線(泡瀬工区)橋梁整備工事	上部工	50-20-20（外） 50-18-20（外）
		下部工	30-12-20（内＋外）
		上部工	50-20-20（外） 50-18-20（外）
本部生コン(株)	国道449号新本部大橋橋梁整備工事	上部工（地覆部）	30-12-20（内＋外）
		下部工	
	国道449号（本部北道路）道路改良工事	ボックスカルバート 重力式擁壁	30-12-20（内＋外） 21-12-40（内＋外）

■ 生コン工場に対するヒアリング結果（2 / 8）

2. プラントの運用について			
2.1 JIS配合			
① 出荷実績のあるFACの基本配合とした普通コンクリート（NC）についてお聞きします 平成30年度以降において、単体量を変更するなどはありましたか			
a. 変更あり	1	b. 変更なし	8
2.2 プラントの運用			
① FACとNCの併用出荷は、スムーズに行えましたか			
a. 行えた	7		
b. 難しかった	2	・当初、スランプの練混ぜ時間に時間を要した ・上部工に用いた50-20-20の製品は、スランプ及び強度の確保の観点から練混ぜ時間が1バッチ3分と長いため、打設数量が多い現場とのバッティングを避けた	
2.3 貯蔵サイロ			
① FAC製造にあたり、貯蔵サイロを増設しましたか			
a. 増設した	5	・プラント建て替え時に特殊コンクリート（FAC）に対応するため50 tサイロを増設	
b. 増設していない	4	・セメントサイロ2基の内、1基を空にしてF Aの受入が可能であるため ・もともと設置済みであった	
2.4 計量ビン			
① FAC製造にあたり、計量ビンを増設しましたか			
a. 増設した	5	・プラント建て替え時に特殊コンクリート（FAC）に対応するため貯蔵ビン、計量器を増設 ・FAを入れるために片側のセメントを完全に抜くのに不安があったため増設	
b. 増設していない	4	・セメントの計量ビンに累加計量が可能であるため ・もともと設置済みであった	

■ 生コン工場に対するヒアリング結果（3 / 8）

3. 使用材料について			
3.1	練混ぜ水		
① FAC製造にあたり、練混ぜ水を変更しましたか			
a. 変更あり	<input type="checkbox"/> 1	・暑中期の出荷時35度以下指定コンクリート温度抑制のため ※通常使用は回収水だが、日が当たると30°C以上となるため、 地下タンクの工業用水（25°C）に変更	
b. 変更なし	<input type="checkbox"/> 8		
3.2	セメント		
① FAC製造にあたり、セメントを変更しましたか			
a. 変更あり	<input type="checkbox"/> 0	b. 変更なし	<input type="checkbox"/> 9
3.3	フライアッシュ（FA）		
① FAの管理はどのように行っていますか			
a. コンポジット	<input type="checkbox"/> 9	b. その他	<input type="checkbox"/> 0
3.4	骨材		
① FAC製造にあたり、NCから粗骨材を変更しましたか			
a. 変更あり	<input type="checkbox"/> 0	b. 変更なし	<input type="checkbox"/> 9
② FAC製造にあたり、NCから細骨材を変更しましたか			
a. 変更あり	<input type="checkbox"/> 1	・FACは空気量が2～3%の配合で材料が構成されるため多少の変動があった	
b. 変更なし	<input type="checkbox"/> 8		
3.5	AE減水剤		
① FAC製造にあたり、NCからAE減水剤を変更しましたか			
a. 変更した	<input type="checkbox"/> 1	・上部工の配合について、基本の配合試験（室内試験練り）において、 環境温度20度程度では目標スランプが得られたが、外気温環境下では 目標スランプを得るために添加率が大幅に上がったため ポゾリスソリューションズ製：マスターグレニウム⇒竹本油脂製：HP11	
b. 変更していない	<input type="checkbox"/> 8	・NCと同様で対応可能であった（竹本油脂：EX60T）※経時変化が良い	

■ 生コン工場に対するヒアリング結果（4 / 8）

3.6 AE剤

① FAC製造にあたり、AE剤を使用しましたか

- a. 普通AE剤使用 7
- ・外割り配合の場合には、空気量が $4.5 \pm 1.5\%$ を標準とされていることから、普通AE剤を使用
  - ・配合設計で空気量が2.0%で設計されているため（普通AE剤で満足）
  - ・40-18-20 砕砂100%（ $4.5 \pm 1.5\%$ ）の配合のみ使用  
※かなり空気が入りづらかった
  - ・30-12-20 FA内割りは未使用 ※未使用でも空気は安定していた
  - ・空気量の調整は難しかった
  - ・NCと同様で対応可能であった

b. FA用AE剤使用 0

c. 未使用 2

3.7 流動化剤

① FAC製造にあたり、流動化剤を使用しましたか

a. 使用 1

- ・H31南部東道路橋梁上部工工事（大城高架橋）の現場にて、当初40-12-20 外割り（砕砂100%）で出荷した際に現場で使用した  
※スランプ12cmでは打設が困難だったため、後にスランプ18cmに変更して出荷を行った

b. 未使用 8

3.8 膨張剤

① FAC製造にあたり、膨張剤を使用しましたか

a. 使用 6

- ・施工者サイドの技術提案等
- ・発注者の指定
- ・H31南部東道路橋梁上部工工事（大城高架橋）にて使用  
※橋台・伸縮継手：40-18-20 FA外割り 砕砂100% 膨張剤  
壁高欄：30-18-20 FA内割り＋外割り 膨張剤

b. 未使用 3

■ 生コン工場に対するヒアリング結果（5 / 8）

4. 配合について

4.1 内割り配合の場合の水結合材比（W/B）

① ベースとしたNCの標準配合のW/CとFACのW/Bは同じでしょうか

a. 同じ

4

・内割り配合タイプは出荷実績はありませんが、空気量の設計を2.0%とした場合、ベースとしたNC配合と同程度の強度が得られると思います

b. 違う

5

・内割り分（混和材①）配合計画上の数値は同一  
外割り分（混和材②）は計算するとW/Bは低くなる（安全側）

・混和材（フライアッシュセメント）は、普通セメントと練混ぜ水との水和反応における仮定で性能を発揮するため

・室内試験練りの結果はNCと同じW/Bで問題ないが、実際に出荷していくと、室内練りより初期の強度が若干低く、28日強度も呼び強度は満足しているが、目標強度より低い場合も見受けられ、2回目の現場からはNCのW/Cより1%低いW/Bで配合設計を行った  
※単位水量は変えず、単位セメント量を上げた

・FAC：セメント277kg FA（内割り69kg(20%)、外割り21kg）水168kg  
⇒ 粉体比 = 45.77%

・NC：セメント366kg 水170kg  
⇒ W/C = 46.44% 差は0.67%でほぼ同じ

・呼び強度30N 標準配合W/C = 48.5%  
FAC W/C (C+F1) = 47.5%（内割+外割配合）  
※1m<sup>3</sup>あたり1kg減できる

4.2 外割り配合の場合の水セメント比（W/C）

① ベースとしたNCの標準配合のW/CとFACのW/Cは同じでしょうか

a. 同じ

6

b. 違う

3

・外割りはW/Cが小さくなるため、コンクリートの圧縮が高めになる傾向があり、W/Cの調整が必要である

・FAC：セメント425kg FA（外割り3.5%）、外割り21kg）水170kg  
⇒ 粉体比 = 37.36%

・NC：セメント442kg 水170kg  
⇒ W/C = 38.46% 差は1.17% それほど差はない

## ■ 生コン工場に対するヒアリング結果（6 / 8）

### 4.3 単位水量

① FAC製造にあたり、NCの標準配合から単位水量を変更しましたか

a. 同じ

4

b. 変更

5

- ・標準品の同スランプ値より2kg減じて定めた
- ・NC配合の単位水量設計値より-2kg/m<sup>3</sup>
- ・高強度のため、高性能AE減水剤の使用により少ない単位水量(165kg/m<sup>3</sup>)にて設定 ※発注者指定
- ・外割り配合はFAの使用量が少ないためNCと単位水量は同じだが、内割り配合はNCより2kg小さい  
(理由) フライアッシュの使用量が外割り配合より多く、所要のコンシステンシー（流動性）を確保できるため
- ・FAC（JISコン）：最大約3%減  
FAC（県道20号線）：1kg減

### 4.4 細骨材率

① FAC製造にあたり、NCの標準配合から細骨材率を変更しましたか

a. 同じ

3

- ・内割り+外割り配合については変化なし
- ・外割り配合については、オール砕砂なので細骨材率は大きめに変更

b. 変更

6

- ・密度や単位水量の変動により生じる容積補完
- ・粗骨材の設計かさ容積の相違により、細骨材率が変わりました  
FACは設計かさ容積を+10L/m<sup>3</sup>
- ・発注者の指定により
- ・40-18-20FA外割り：砕砂100%で砂の粗粒率が変わったため大きくした  
30-12-20FA内割り+外割り：圧送性確保のため大きくした

### 4.5 骨材の混合割合

① FAC製造にあたり、NCの標準配合の細・粗骨材の混合割合を変更しましたか

a. 同じ

6

b. 変更

3

- ・密度や単位水量の変動により生じる容積補完
- ・発注者の指定により
- ・細骨材の粗粒率変化に伴って混合割合を修正

## ■ 生コン工場に対するヒアリング結果（7 / 8）

### 4.6 スランプ

① FAC製造にあたり、当初目標のスランプから変更しましたか

- a. 同じ 6 ・ スランプロスが大きいことから、工場出荷時の目標スランプを+2~3cm  
・ 内割り+外割り配合については変化なし  
外割り配合（オール砕砂）に関しては変更
- b. 変更 3 ・ 40-18-20 FA外割り：砕砂100%のみ変更  
砕砂100%であることもあり、スランプの管理が非常に難しかった  
ロスがNCより大きい

### 4.7 空気量

① FAC製造にあたり、空気量を $4.5 \pm 1.5\%$ で設定しましたか

- a. 設定 4 ・ 40-18-20 FA外割り 砕砂100%： $4.5 \pm 1.5\%$   
30-12-20 FA内割り+外割り： $2.0 \pm 1.5\%$
- b. 変更 5 ・ フライアッシュの特性であるAE吸着の影響を考慮し、2~3%で設定  
・ 内割り+外割り配合タイプ： $2.0\%$ で設定  
外割り配合タイプ： $4.5 \pm 1.5\%$ で設定  
・ 発注者の指定により  
・ 輸送中にフライアッシュに含まれる未燃カーボンがAE剤を吸着し、  
エアロスが大きくなり、それに伴いスランプロスも大きくなり、  
管理ができないため、混和剤は0タイプとし、空気量は2%を目標とした  
・ 加熱改質フライアッシュではないので、空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ を満足できない  
ため

### 4.8 強度発現

① FAの内割り配合では、材齢28日の強度発現に問題や不安等がありますか

- a. ある 1 ・ フライアッシュの使用量が多いため、湿潤養生の不十分による強度不足  
が心配  
その性質上、長期にわたって強度が増進することから材齢28日で呼び  
強度を満たすのか当初は不安があった
- b. ない 8 ・ 出荷前の室内試験練り及び実機試験練りにより強度を確認すれば問題  
ない  
問題があれば、再度配合設計をして、室内及び実機で確認すればよい  
不安があれば標準偏差を大きくするなど安全側で設計してもいいのでは

## ■ 生コン工場に対するヒアリング結果（8 / 8）

② 内割り配合したFACとNCでは、材齢28日の強度発現にどの程度の違いがありましたか

- a. 概ね同等  ・ FACは、7日～28日で10N/mm<sup>2</sup>以上伸びる
- b. 強度に差がある  ・ セメント量が多いためアルカリ量も増え、FAとの水和反応が初期から高めである
- (どちらが高い?)
- ・ 28日強度に関してはNCと同じ目標強度なので差があまりないように設計しているが、FACは強度発現がNCに比べて緩やかであり、7日強度から28日強度の増加が大きく、28日から56日にかけても増加している
  - ・ NCに比べるとFACの強度が高めである（3～5N/mm<sup>2</sup>ほど）
  - ・ FAの性質上、長期的な強度増進のため、NCのほうが強度が大きい傾向である

### 5. その他

5.1 FACに関するご意見や感想等があればお聞かせください

- A工場 ・ 内割り+外割り配合に関しては、強度は安定していると思う  
・ 外割り配合（オール砕砂）に関しては、強度が高い結果となった（呼び強度36N、40N）  
・ 外割り配合（オール砕砂）スランプ12cmでは施工が困難であった（施工不良寸前）  
・ FACは空気量を4.5%にこだわらなければ工場側の管理の負担が減る
- B工場 ・ 上部工配合はFAを増やすと空気量が管理できない
- C工場 ・ 品質管理はNCに比べるとやや大変であった  
特に空気量を4.5±1.5%で管理するのが難しかった
- D工場 ・ 沖縄県は飛来塩分の多い環境下にあるため、遮塩性の高いフライアッシュコンクリートを土木構造物および建築構造物に普及させてもらいたい
- E工場 ・ フライアッシュは内割りで設計し、W/Cの値も多少高めで様子を見て調整がいい
- F工場 ・ 外割り配合タイプにおいても空気量は規定しないでほしい  
・ フライアッシュセメント（FB）のほうが製造管理しやすい  
・ 高性能AE減水剤を使用して、設計スランプを大きくしてほしい

■ 建設会社に対するヒアリング結果（1 / 13）

1. フライアッシュコンクリート（FAC）について				
1.1 工事実績				
① FACを用いた工事実績を教えてください				
No.	会社名	工事名	構造物名	使用FA
1	株式会社川平土木	南部東道路橋梁下部工工事	佐敷・玉城IC橋A1	JPFA
			大城ダム3号橋A2	JPFA
2	有限会社冲南建設	南部東道路橋梁下部工工事	大里東IC橋A1	JPFA
3	有限会社成華開発	南部東道路改良工事	擁壁	JPFA
4	ムトウ建設株式会社	南部東道路橋梁下部工工事	雄樋川橋A2	JPFA
5	安岡建設株式会社	南部東道路橋梁下部工工事	ボックスカルバート	JPFA
6	金秀建設株式会社	県道20号線（泡瀬工区）橋梁整備工事	P3橋脚	JPFA
			P8橋脚	JPFA
			P13橋脚	JPFA
			上部工（中空床版）	JPFA
7	株式会社喜屋武建設	県道20号線（泡瀬工区）橋梁整備工事	A1橋台	HrFA
			P12橋脚	JPFA
8	株式会社ピーエス三菱	県道20号線（泡瀬工区）橋梁整備工事	上部工（セグメント・柱頭部）	JPFA
		沖縄都市モノレール建設工事	PC軌道桁	JPFA
		伊良部大橋橋梁整備工事	上部工（セグメント・柱頭部）	JPFA
9	株式会社仲本工業	県道20号線（泡瀬工区）橋梁整備工事	P2橋脚	HrFA
			P10橋脚	JPFA
10	株式会社屋部土建	県道20号線（泡瀬工区）橋梁整備工事	P7橋脚	JPFA
11	株式会社富士ピーエス	南部東道路橋梁上部工工事	大城高架橋	JPFA
1.2 性質および耐久性効果				
① FACの性質や耐久性効果について知っていましたか？				
a. 知っていた <input type="text" value="9"/> b. 知らなかった <input type="text" value="2"/>				
1.3 配合の考え方				
① FAC指針で示すFACの各配合タイプの考え方を知っていましたか？				
a. 知っていた <input type="text" value="8"/> b. 知らなかった <input type="text" value="3"/>				
1.4 強度発現における特性				
① FAを内割り配合した場合、セメントの一部をFAと置換するため、NCと比べて初期強度が小さくなるが、ポズラン反応により長期強度が増進するというFACの強度発現の特性を知っていましたか				
a. 知っていた <input type="text" value="8"/> b. 知らなかった <input type="text" value="3"/>				

■ 建設会社に対するヒアリング結果（2 / 13）

2. FACを用いた施工について	
2.1	運搬時間
①	FACの運搬時間の考え方は、普通コンクリート（NC）と同様にしましたか
a.	同じ <input type="text" value="1"/> b. 変更 <input type="text" value="0"/>
2.2	打設時間
①	FACの打設時間の考え方は、NCと同様にしましたか
a.	同じ <input type="text" value="11"/> b. 変更 <input type="text" value="0"/>
2.3	打設温度
	FAC打設時または打設後の温度は、NCよりも高いまたは低いなど違いはありましたか
a.	同じ <input type="text" value="8"/>
b.	異なる <input type="text" value="2"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>・セメント量により内部温度が80°C前後まで上昇する NCはFACより2°C程高く上昇する（当社実績）</li> <li>・FAを混和した場合、発熱量が小さい</li> </ul>
	無回答 <input type="text" value="1"/>
2.4	高速攪拌の制限
①	受け入れ試験後の試験車両には、高速攪拌を制限させましたか？
a.	制限させた <input type="text" value="5"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高速攪拌による空気量の増加を防ぐため</li> <li>・中速回転を徹底させた</li> <li>・エア量の増加により、施工中空気を巻き込んで、コンクリート表面に気泡が発生しやすくなる</li> <li>・荷卸し状態及び打設時の吐出状況にNCと大きく変化が見られなかったことから、コンクリート打設前に通常行う30秒程度の高速攪拌を行った</li> <li>・打設前に高速攪拌すると材料分離・気泡が大きくなる場合があるため制限させた</li> </ul>
b.	制限させない <input type="text" value="6"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>・NCと同様の扱いにして、特別に制限などをしていない</li> <li>・通常の生コンと同様に行った</li> <li>・受け入れ試験後は、すぐに使用するため必要を感じていなかった</li> </ul>

■ 建設会社に対するヒアリング結果（3 / 13）

3. 生コンクリートの性状について

3.1 スランプ

① NCと比べて、FACのほうが“スランプロスが早い”、または“スランプロスが遅い”など、FACとNCで違いを感じましたか

- a. 同じ  ・ 電源開発の材料を使っていたため、空気量の基準が $2.0 \pm 1.5\%$ であったが、著しいスランプロスなどの変化をかんじることはなかった。  
※NCとほぼ同程度と感じた  
・ 特に違いを感じなかった
- b. ロスが早い  ・ 実機試験時に確認  
・ 当初配合の時は、スランプロスが早い  
・ 生コンプラントの差異が過大ではないか？確認が必要  
・ 仕上げ時に固まるのが遅いが、一旦固まり始めると普通コンクリートに比べ早かったため  
・ 硬化発現が早いことから
- c. ロスが遅い

3.2 空気量

① NCと比べて、空気量が“大きく出る”、または“小さく出る”など違いはありましたか

- a. 同じ  ・ 電源開発の材料使っていたため、空気量の基準が $2.0 \pm 1.5\%$ であったが、特に変化を感じることはなかった  
※再試験もなかった  
・ 特に違いを感じなかった
- b. 大きく出る
- c. 小さく出る  ・ FACの特性上、空気連行性が低下するため  
・ 設計値に対する差は試験結果から小さかった  
・ FAを使用することによる
- 無回答

■ 建設会社に対するヒアリング結果（4 / 13）

② NCと比べて、空気量のロスについても“大きい”、または“小さい”など違いはありましたか

- |           |   |  |
|-----------|---|--|
| a. 同じ     | 7 | <ul style="list-style-type: none"><li>・ これまでのNCと設定が元々違うので比較が難しいが、ほぼ同程度だと思う</li><li>・ 電源開発の材料使っていたため、空気量の基準が<math>2.0 \pm 1.5\%</math>であったが、空気量のロスなど特に変化を感じることはなかった</li><li>※NCとほぼ同程度と感じた</li><li>・ 特に違いを感じなかった</li></ul> |
| b. ロスが大きい | 0 |  |
| c. ロスが小さい | 3 | <ul style="list-style-type: none"><li>・ 空気量の設計値が小さいのでロスは小さく思う</li><li>・ <math>2.0 \pm 1.5\%</math>の範囲で安定していた</li><li>・ FAを使用することによる</li></ul>  |
| 無回答       | 1 |  |

■ 建設会社に対するヒアリング結果（5 / 13）

4. 「打設・締固め・仕上げ」について

4.1 打設

① 一般的なNCと比べて、“FACは打込みやすい”または“打込みにくい”などの違いはありましたか

- a. 同じ 6
- ・ 特に変化はなかった  
※打設作業員および圧送作業員にも聞き取りを行ったが、特に大きく変化することは感じなかった
  - ・ 特に違いを感じなかった
- b. 打込みやすい 3
- ・ スランプ値が元々高く設定されているので、打ち込みやすい
  - ・ パイプレータをあてるとスムーズに流れるため、ほぼ均一に各層の管理ができた
- c. 打込みにくい 2
- ・ プラントの実績が少ないためか、ブリージング水が多く、打ち込み時の除去に時間と人員が割かれた
  - ・ 流動性・粘性的であることから

② 打設時の生コンクリートは安定していましたか

- a. 安定していた 8
- ・ 通常施工とほとんど変化なく安定して打設することができた  
※作業員への聞き取りでも特に変わりはない
  - ・ 泡瀬橋梁で使用した配合は実績が少ないので、少量積み（2m<sup>3</sup>）運搬などの工夫を行い、生コンクリートの安定を図った
  - ・ 当初配合で4m<sup>3</sup>運搬打設と行うとスランプロスがひどかった（安定しない）
  - ・ 生コンプラントの差異が過大ではないか？確認が必要
- b. 概ね安定していた 2
- ・ 所要の時間内の運搬時間にも関わらず、アジテータ車から流れないコンクリートが数台あった
- c. 安定していなかった 1
- ・ スランプに関しては、数値以上の差を感じた

■ 建設会社に対するヒアリング結果（6 / 13）

4.2 締固め

① 一般的なNCと比べて、バイブレータが“効きやすい”または“効きにくい”などの違いはありましたか

a. 同じ

7

・ ほぼ同じ

・ 複数層の打設の際に、先行打設した層へのバイブレータ挿入が困難なことがあった  
旧層の硬化状況が目視で判断しづらかった

・ 通常施工と殆ど変化なく安定して打設することができた  
※作業員への聞き取りでも特に変わりはなかった

・ 特に違いを感じなかった

b. 効きやすい

2

c. 効きにくい

2

・ 気泡が抜けにくかった。特に最上部は締固め高さを小さくしても気泡が抜きにくかった

・ 流動性・粘性的であることから

② バイブレータによる締固めでは、「一定間隔で目印を付ける」、「振動時間を適切に設定する」などの工夫を行いましたか

a. 行った

11

・ 縦横50cmピッチでマーキングを行い、バイブレータ1カ所あたり（挿入から引き抜き）の施工時間を15～20秒程度に設定した

・ コンクリート標準示方書等に記載されているとおり、締固め管理を行った

・ 下の層に10cm程度挿入出来るようにバイブレータの先端から40cmの箇所にテープを巻き印をつけた。30cm/1層毎の打設厚

・ 先端より50cm間隔（打込み階層確認）、60cm（上下層10cm程度挿入の確認）の位置で色別でテープを貼り付けた  
打設監視員および世話役と振動時間（基準5～15秒程度、ただし隅角部は15～20秒程度）を確認しながら、誘導を行った

・ FACは打ち込むことにより平面になりやすいことから、締固め忘れがないよう印をつけた

・ バイブレータの挿入間隔、深さの確認を行った

b. 行ってない

0

## ■ 建設会社に対するヒアリング結果（7 / 13）

### 4.3 ブリージング水

① 一般的なNCと比べて、ブリージング水が“多い”または“少ない”などの違いはありましたか

- a. 同じ  ・特に違いを感じなかった
- b. 多い  ・工場の経験値が圧倒的に少ないのではないかと  
細骨材等の表面水量の管理が難しいのではないかと
- c. 少ない  ・打設中のブリージング水の処理を行ったが、普通コンクリートの時より  
少なかった
- ・上部工については、下部工ほどマスコンクリートではないので、ブリー  
ジング水は少なかった
- ・通常のコンクリートに比べ、ブリージング水は少ないと感じた
- ・硬化発現がNCに比べ早い場合があることから

### 4.4 仕上げ

① 一般的なNCと比べて、“仕上げやすかった”または“仕上げにくかった”などの違いはありましたか

- a. 同じ  ・ブリージング水が少ないことで、仕上げ作業を行うための待機時間が  
若干短くなったと感じた
- ・上部工天端などの仕上げ時に乾きが早いと感じるが、仕上げにくいか  
どうかはNCとほぼ同じであると思う
- ・特に違いを感じなかった
- b. 仕上げやす  
かった
- c. 仕上げにく  
かった  ・左官工から粘り気があって仕上げにくいとの意見があった
- ・ブリージング水等の硬化状況の見極めが難しかった
- ・仕上げ時に固まるのが遅いが、一旦固まり始めると普通コンクリートに  
比べ早かった。仕上げ材を併用した作業した。
- ・見た目と違い固まるのが早かった
- ・硬化発現がNCに比べ早い場合があることから

■ 建設会社に対するヒアリング結果（8 / 13）

5. 「脱型・養生」について

5.1 脱型

① 一般的なNCと比べて、“脱型しやすい”または“脱型しにくい”などの違いはありましたか

- a. 同じ 10
- ・脱型作業はNCと同じ
  - ・特に変化は感じなかった ※作業員聞き取りでも特に変化はなかった
  - ・NCもFACも変わらない
  - ・特に違いを感じなかった

- b. 脱型しやすい 1

- c. 脱型しにくい 0

② 型枠の存置期間は設定しましたか

- a. 設定した 8
- ・底版は工期の問題があったため、7日で脱型した（7日間）
  - ・泡瀬橋梁やモノレールでは、次の日に脱型としてサイクル化されている（1日間）  
柱頭部などの場所打ちについては、内部外部温度差を計測、確認した上で脱枠した
  - ・コンクリート標準示方書に準じた（頂版部は28日、壁部は3日）
  - ・フーチング12日間、柱部6～8日間
  - ・基準書では7日であったが、温度計測によりコンクリ-と表面温度と外気温がほぼ一致した時に型枠を取り外した（10日以上存置）
  - ・3日圧縮強度を行い、脱型強度を確認した後に脱型を行った（3日）
  - ・型枠脱型強度を確認後、なるべく構造物に影響を与えない範囲で短く設定した。  
脱型時期を長くすると型枠が構造物から外れにくく跡が残る

- b. 設定していない 3
- ・コンクリート標準示方書の脱型強度のとおり脱型した
  - ・通常通りの基準（コンクリート標準示方書）
  - ・脱型強度の確認を行った

■ 建設会社に対するヒアリング結果（9 / 13）

③ 前問②の型枠の存置期間は、一般的なNCと比べて“長く設定”または“短く設定”しましたか

- |           |   |   |
|-----------|---|---|
| a. 同じ     | 7 | <ul style="list-style-type: none"><li>・コンクリート標準仕様書に記載されているとおり、脱型強度を確認後、型枠の脱枠を行った</li><li>柱頭部などの場所打ちについては、内部外部温度差を計測、確認した上で脱枠した</li><li>・対象工事では、施工上、特に大きく変化が見られなかったため、設定はしていない</li><li>・変える必要を感じなかった</li></ul> |
| b. 長く設定した | 4 | <ul style="list-style-type: none"><li>・短いと乾燥収縮が早くなり、ひび割れが発生するため</li><li>・強度発現に時間がかかることから設定した</li></ul>  |
| c. 短く設定した | 0 |   |

■ 建設会社に対するヒアリング結果（10/13）

④ 養生期間および養生方法について教えてください	
A社	<p>【養生期間】 養生期間については普通コンクリートよりも多くした（2週間以上）</p> <p>【養生方法】 養生剤サンマテラーアクアバンクにて脱型直後、養生を行い、エアークャップシート（気泡シート）にてコンクリート全面を覆った</p>
B社	<p>【養生期間】 底版7日、柱28日</p> <p>【養生方法】 底版：湛水養生 柱：シート被覆、湛水養生、保温シート貼付</p>
C社	<p>【養生期間】 28日</p> <p>【養生方法】 打設当日：散水養生 打設翌日・脱枠後：天端は散水養生、側面等は養生剤散布 打設後5日後以降：保水養生テープ設置</p>
D社	<p>【養生方法】 含浸養生剤（サンマテラーアクアバンク）を使用した ※表面水分の揮発を防止するため、すぐに脱型して養生剤を使用</p>
E社	<p>【養生期間】 7日以上</p> <p>【養生方法】 型枠存置で、冠水養生</p>
F社	<p>【養生期間】 7～10日間</p> <p>【養生方法】 打設面は養生マットと冠水養生、側面は脱枠前は型枠に散水養生、脱枠後すぐにサンマテラーアクアバンク散布し、3Mコンクリート保水養生テープと気泡緩衝材を設置した</p>
G社	<p>【養生期間】 7日以上</p> <p>【養生方法】 コンクリート側面⇒型枠存置7日以上、型枠取り外し後は、含浸系の塗膜養生及び気泡緩衝材による保温 コンクリート上面⇒湛水養生7日、その後含浸系塗膜養生</p>
H社	<p>【養生期間】 1週間</p> <p>【養生方法】 被膜養生剤：サンマテラーアクアバンク</p>
I社	<p>【養生期間】 5日間</p> <p>【養生方法】 ・H27年工事は、シート被膜（3M）による養生及び散水養生（適宜） ・H30年工事は、含浸性湿润養生剤による被膜養生及び散水養生（適宜）</p>
J社	<p>【養生期間】 2週間</p> <p>【養生方法】 保水養生マットを使用</p>
K社	<p>【養生期間】 1週間</p> <p>【養生方法】 養生マットの敷設および脱枠後の養生剤散布</p>

■ 建設会社に対するヒアリング結果（11 / 13）

5.2 施工後のひび割れ状況

① 施工後にひび割れは発生しましたか

- a. 発生しなかった 4
- C社 コンクリート打設後の仕上げと養生が良かったと思う  
H社 -  
I社 誘発目地を入れた  
K社 -
- b. 発生した 7
- A社 発生したが0.2mm未満であった  
B社 打設境界にて締固め不足と判断できるひび割れを確認  
D社 0.2mm以下のクラックが2カ所に発生  
E社 0.05～0.1mm程度が分散して発生  
F社 1ロット目：0.2mm以下が3～5本  
2ロット目：0.2mm以下が多数 ※2ロット目は気泡緩衝材のみ  
G社 フーチングに0.2mm以下のひび割れが数カ所発生した  
J社 冬場の施工であることから乾燥収縮によるひび割れができた

② 前問①で発生したひび割れの発生原因は解明できましたか

- a. 解明できた 5
- ・ 底版コン打設時に打設割りを行ったが、打設境界にて締固め不足と判断できるひび割れを確認
  - ・ コンクリート診断士の所見で水和熱による温度ひび割れと推定  
※コンクリート診断士の見解により、補修無し
  - ・ コンクリート診断士に依頼 ※温度ひび割れ
  - ・ 施工場所が海上であったことから強風等による乾燥収縮が発生原因になった
- b. 解明できなかった 2

■ 建設会社に対するヒアリング結果（12 / 13）

6. その他

6.1 ひび割れ防止対策

① ひび割れ防止対策は行いましたか

a. 行った

11

b. 行ってない

0

② 前問①で行ったひび割れ対策を教えてください

- ・外部拘束によるひび割れ抑制対策（補強鉄筋の追加）
- ・風防対策（冬季打設で北風による温度変化対策のため風防シートを設置）
- ・打設方法の改善（壁専属パイプレータ増員配置、透明型枠設置等）
- ・被膜養生剤の散布
- ・膨張剤の添加
- ・締固めの再振動
- ・設計数量より2.5倍の数量を結束
- ・ガラス繊維ハイパーネット60使用
- ・長期養生の実施
- ・脱枠脱型後に気泡緩衝材による保温
- ・温度解析結果をもとにひび割れ誘発目地を適切な位置に配置
- ・型枠脱型後、すぐにサンマテラーアクアバンク（含浸剤）を塗布した  
また、保水養生マットによる養生も行った
- ・脱枠後の養生剤散布（改質剤）

③ FACに関するご意見や感想等があればお聞かせください

- ・NCに比べて沈下ひび割れが少ない
- ・ブリージング水の少なさと仕上げ時の粘り気は作業員からも意見があった
- ・ $\sigma 7$ でほぼ設計基準強度に達し、 $\sigma 28$ では基準強度 $\times 1.4$ 程度であった  
NCとほぼ同等と思う（現場非破壊、微破壊も同等でした）
- ・生コンクリート各工場において、FAC製作や取扱いについて、技術、考え、取組について、差がありすぎると感じる  
FACを今後の主流として取り組むのであれば、沖総局や沖縄県ともども県内各工場やコンクリート協同組合に対して、指導・教育を行っていくべきであると思う
- ・当初、FAC配合決定（発注者）において、室内試験のみで決められており、施工性を加味した配合になっていなかった
- ・NCの配合に添加している高性能AE減水剤をFACで使用するのは無理があるのではないか  
FACに適した高性能を開発すべき（高性能AE減水剤に対する単位水量が少ないのでは？）

## ■ 建設会社に対するヒアリング結果（13 / 13）

- ・ FACの特性上、硬化状況の判断が難しく、打ち継ぎ、再振動及び仕上げ作業のタイミングを把握するのに苦慮しました
- ・ FACを普及したいのであれば、もっと民間でも使ってもらおう工夫をしてほしい  
使用実績を積まないと品質や供給金額も安定しないと思う  
積算金額に反映されない試験や対応が工場や施工者の負担となっている
- ・ 28日強度がばらつきの範囲内に入るので良かった
- ・ 製造業者が一つの工場であったことで、今回対象工事は問題なかったと思われるが、製造工場が変われば、今後問題点が出る可能性は拭いきれないとも考えられる
- ・ FACの性質上、長期強度（4週を超えても伸びがある）に優れていることで重要構造物には適していると思う
- ・ 上部施工者と打合せを行った際に、「床版等の打設時には基準書で細骨材が砕砂となっているため、コンクリートに粘りが気が出て、施工がかなりやりにくかった」との内容があった
- ・ FACを用いての施工では、従来のNCと違いひび割れ等が少なかった

### ⑤ 本工事で感じたこと、気付いたことなどがあれば教えてください

- ・ 生コン車からの荷卸し時のスランプは、ほぼ目標値に入っていたが、ポンプ車圧送を行うと出口ではスランプロスが生じ、硬くなりパイプレータでの締固めが難易であったと感じた。当時ではスランプを12cmとしていたが、今後は15cm程度に目標設定した方が良いと思われた。

### 9. 3 ヒアリングで得られた主な情報および意見

ヒアリングで得られた情報および意見の中で、今回の改訂のポイントとなった情報および意見を以下に示す。

#### 【1. コンクリート製造工場】

##### ◆ 外割り配合タイプの空気量について

南部東道路上部工は砕砂 100%配合が指定で、空気量が  $4.5 \pm 1.5\%$  であったため、空気量の調整が難しかった。 $4.5 \pm 1.5\%$  を満足させるために AE 剤を通常の 3 倍添加した工場もある。出来れば上部工の外割り配合タイプでも  $2.0 \pm 1.5\%$  にしてほしい。

##### ◆ 外割り配合タイプの外割り FA 量について

外割り FA 量は、3~5%の範囲内と思った。

##### ◆ 強度発現について

細骨材を砕砂のみとした場合、海砂と混合するより強度が高くなる。

#### 【2. 施工会社】

##### ◆ 高速回転について

FAC 指針には高速回転禁止の記述がある。これは試験車両に対し、受入試験後に更なる高速回転が禁止ということであれば、修正してほしい。全ての車両に対してだと勘違いする。

##### ◆ かぶりバイブレータについて

かぶり内にバイブレータを入れた方が良いとは知らなかったため、そういった記述があると有難い。

##### ◆ 仕上げについて

仕上げ時に乾きが早いと感じる場合があるので、これをもう少し細かく記載してほしい。

##### ◆ 強度発現について

橋梁上部工の配合では、脱型強度など初期強度を得るために W/C を小さくしているので、終局強度が高くなることを発注者には留意してほしい。

##### ◆ 試験練りについて

試験練りについて特記仕様書に明記してほしい。

## 10. コンクリート打ち込み・締固めのテクニック

コンクリート表層品質確保の考え方は、山口県から始まりコンクリート構造物品質確保ガイドが策定された。現在は2021年度版が発刊されている（参考文献24）。また、土木学会「コンクリート構造物の品質確保小委員会」（350委員会）および「養生および混和材料技術に着目したコンクリート構造物の品質・耐久性確保システム研究小委員会」（356委員会）では、山口県の考えをさらに推し進めコンクリート構造物の表層品質を確保することが長期耐久性に寄与するとの考えから表層品質確保のテクニックを検討してきた。そのとりまとめは令和5年11月に356委員会第Ⅱ期報告書（参考文献25）にまとめられており、同報告書の「4.4.7 沖縄県の取り組み」には平成30年度から始まった「沖縄県におけるコンクリート構造物の表層品質確保試行工事の結果」が取りまとめられている。ここでは、沖縄県の試行工事で得られた表層品質確保に有効と考えられたコンクリート打ち込み・締固めのテクニックを以下に示す。

### (1) スランプ値の変更によるポンプ車筒先と筒先周りのバイブレータの関係

沖縄県では、令和元年度から下部工配合の目標スランプが $8\pm 2.5\text{ cm}$ から $12\pm 2.5\text{ cm}$ に変更されており、 $12\pm 2.5\text{ cm}$ のコンクリートは $8\pm 2.5\text{ cm}$ 同じように打設してはいけなことがわかった（図10.1）。特に、スランプ $12\pm 2.5\text{ cm}$ のコンクリートは、図10.2に示すように先に打設したコンクリートの法面に落とすのが良く、新しく平場に山を作るように打設するとなかなか所定の打設高さに打ち上がらない。そのため、ポンプ車の筒先は法面を追うようにこまめに動かすのが良い。また、筒先周りのバイブレータは、筒先の進行方向より前に出ると打設コンクリートを横流ししてしまうため、前には出ず、短い時間（5秒程度）挿入して生コンを所定の打設高さに均すだけに止める。締固めは後続の再振動バイブレータにより行うのが良い。

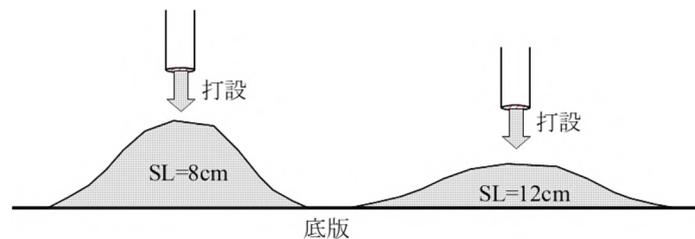


図 10.1 スランプ 8 cm の生コンと 12 cm の生コンをポンプ車筒先から落とした状況

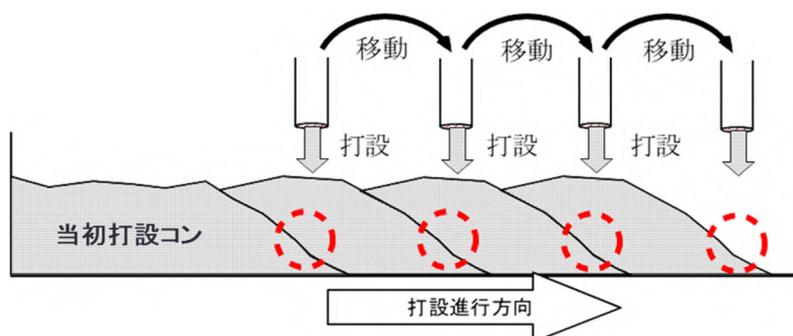


図 10.2 スランプ 12 cm の生コンの打設方法

## (2) バイブレータの準備

打設に使用するバイブレータは、予め全て集めてその日の打設高さや1層の打設厚さを考慮した位置に挿入深さがわかるようテーピングを施しておくのが良い（写真 10.1）。なお、テーピングは、1層下の層に10 cm挿入できるようセッティングする。

また、打設深さの確認は、スタッフを用いる事が多いが、写真 10.1 左のバイブレータ横の赤く着色した栈木のように、各打設層の深さを簡単に確認できるスタッフを自作すると作業が簡単になり、スタッフの目盛りの読み間違いも無くなる。写真 10.1 右に示す手前2本のバイブレータは、かぶりコンクリートの締め固めに用いるマルチバイブレータである。マルチバイブレータは、振動部直径がやや細く、振動部直上のフレキシブルホース部分が鉄パイプになっているため、挿入位置がコントロールしやすく鉄筋やセパレータ近傍まで正確に挿入できるため、沈みひび割れの抑制に効果的である。



(テーピングしたバイブレータと自作スタッフ)



(バイブレータと打設層の関係)

写真 10.1 バイブレータの準備状況

## (3) バイブレータの施工

コンクリート打設における重要な道具の一つにバイブレータがある。以下に表層品質を向上させるためのバイブレータの施工方法を述べる。

- バイブレータは、ポンプ車の筒先に付くバイブレータと後から締め固めを行う再振動バイブレータに分かれる。
- ポンプ車の筒先に付くバイブレータの施工は、筒先から落とした生コンクリートを所定の打設高さに不陸調整する程度とし、5秒程度の挿入時間で良い。
- 締め固めを行う再振動バイブレータは、打設面に対して50 cmピッチの碁盤の目を想定し、各目に対して1層+下層10 cmの深さを締め固める。挿入時間は、1箇所15秒程度とする。
- ここで、バイブレータの特性として、振動部の周囲には振動が伝わるが、直下と直上部には振動が伝わらない（図 10.3 の左図）。そのため、締め固めを行う1層+下層10 cm（最大60 cm）が振動部の長さを上回っている場合は、締め固めを行う範囲において下部・上部と振動部を上下させて停止・締め固めする必要がある（図 10.3 の右図）。バイブレータの振動部の長さは、一般的に40 cm程度であるが、メーカーにより異なるため予め測定しておく必要がある。

- e) 泡瀬連絡橋下部工は、かぶり厚さが 90mm であったため、鉄筋かご内側からのバイブレータ施工だけでは型枠面に振動が伝わりにくく、表面気泡や沈みひび割れが発生した。よって、かぶり部分にバイブレータを挿入し締め固めることとした。**写真 10.2** は、かぶり部分に再振動バイブレータを挿入した跡と、型枠沿いにバイブレータ挿入 50 cmピッチの目安テープを貼った状況である。挿入深さや挿入方法の考え方は、再振動バイブレータと同じで良い。
- なお、かぶり内にはセパレータが配置されており、近傍に鉄筋もある。それらとバイブレータが接触しないよう施工は慎重に行わなければならない。よって、振動部以外がフレキシブルパイプのバイブレータでは、挿入位置のコントロールが正確に行えないため、振動部直上 2m程度が鋼製パイプになっているマルチバイブレータを用いるのが良い。
- f) **写真 10.3** は、かぶりバイブレータを 30 秒以上入れた結果表層に現れた模様である。挿入間隔や挿入深さは正しく、表面気泡や沈下ひび割れ、砂すじ等は無いが、挿入時間が長すぎると下層 10 cmに挿入した部分ではバイブレータのかけすぎで黒ずんだ模様が出ることに注意する必要がある。
- g) **図 10.4** に見られるように、かぶり部分にバイブレータを施工しても躯体天場付近では表面気泡が出る場合がある。これは、同図右下図のように最終層の打設でもバイブレータを下層まで挿入した後に少し引き上げて上層 20 cm付近も締め固めを行う必要がある。しかし、最終層の打設では、生コンクリートが所定の高さまで打ち上がると左官作業員が均し作業に入ってしまうことが多いため、上層 20 cm付近の締め固めが十分行えず天場付近に表面気泡が残ることがある。よって、最終層の打設では、上層 20 cm付近の締め固めが完了してから左官作業を行うようにしなければならない。

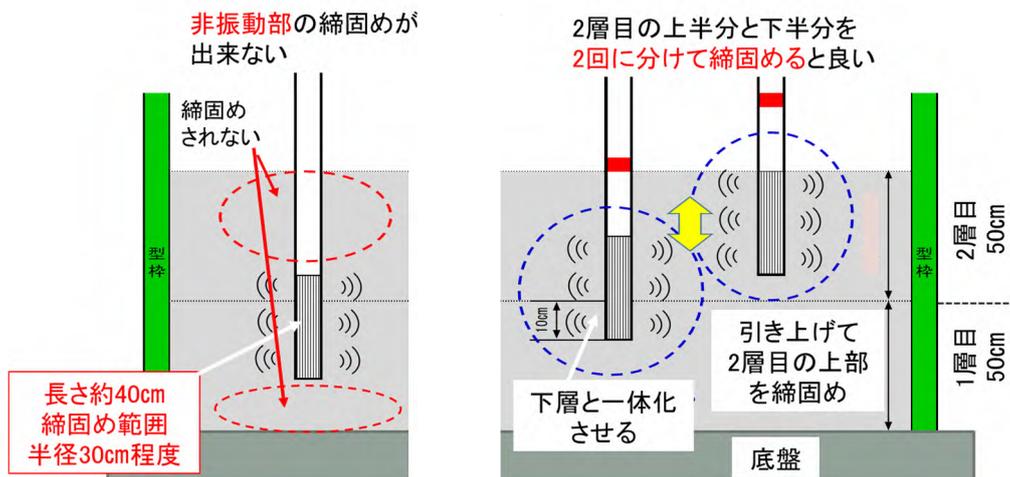


図 10.3 バイブレータ挿入深さの調節状況（一層の深さ 50 センチの場合）



写真 10.2 型枠天端のマーキング



写真 10.3 バイブレータ過挿入による模様

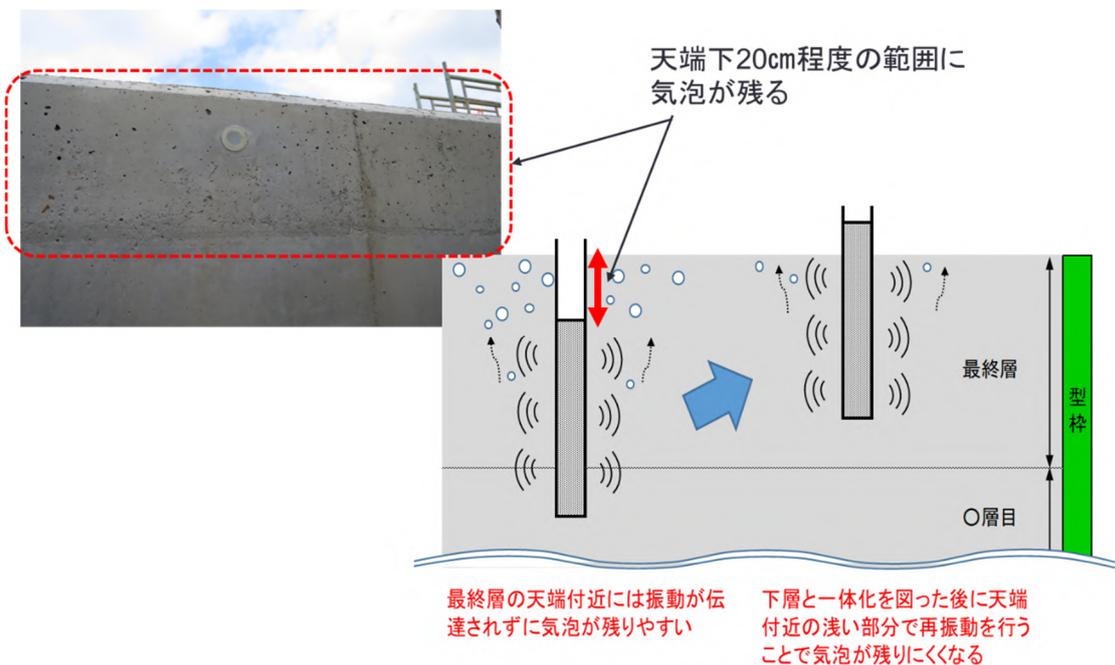


図 10.4 最上層約 20 cmに表面気泡が出やすいメカニズム

#### (4) 型枠バイブレータ

泡瀬連絡橋の下部工では、型枠バイブレータを用いた工区もあった。型枠バイブレータには、栈木の隙間に差し込んで用いるタイプのバイブレータ（写真 10.4 左）と型枠面に押し当てるタイプのバイブレータ（写真 10.4 右）がある。このうち、栈木の隙間に差し込むタイプは、栈木の無い箇所や型枠面や隙間のない栈木の上からは施工できない。そのため、長時間押し当てることにより広範囲に振動を伝えようとする作業員がおり、結果的に色むらの発生やノロ漏れの原因となる工区が認められた。これに対し、型枠に押し当てるタイプのバイブレータは、型枠面や栈木の上からでも締め固めが可能で、栈木に差し込むタイプでは施工できない箇所を締め固められる。

これらのバイブレータの振動影響範囲は直径 30 cm程度で、2 タイプの型枠バイブレータを併用すると広範囲の型枠面の締め固めが可能となる（図 10.5）。なお、型枠バイブレータの押し当て時間は 10～15 秒程度でよく、使用ピッチは 40～50 cm程度が良い。



(栈木の隙間に差し込むタイプ)



(型枠面に押し当てるタイプ)

写真 10.4 型枠パイプレータ

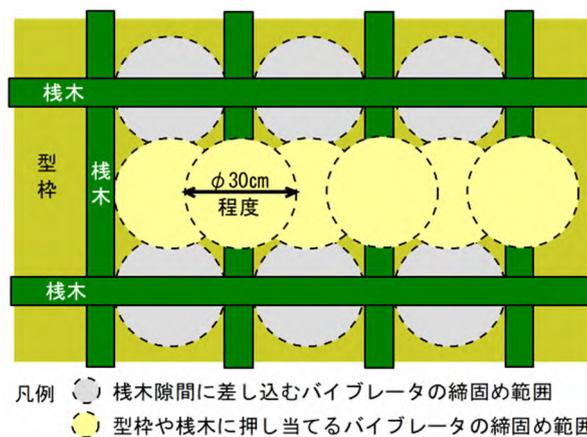


図 10.5 型枠パイプレータのタイプ別締固め範囲

#### (5) 砂すじ抑制方法

表層品質の不具合として砂すじがある。これを抑制するには前述のかぶりパイプレータや型枠パイプレータを丁寧に施工するのみでは十分ではなく、**写真 10.5** に示すような砂すじの原因となる打設コンクリートのブリージング水や降雨などによる湛水を除去することが重要である。特に、急な降雨などで湛水量が多くなった場合は、湿式の掃除機で吸い取る方法もあるが、打設コンクリート上にブリージング水が僅かに溜まった状態などは、棒の先に付けたスポンジなどでこまめに吸い取るのが有効である（**写真 10.6**）。

この他、躯体の平面形状に合わせた打設の流れを考慮すると砂すじを抑制することができる。例えば、**図 10.6** に示す平面形状が小判型の橋脚では、先に型枠沿いにコンクリートを打設し、渦巻き状に中央に向かって進むことで、中央にブリージング水や雨水を集めることができる。また、細長い形状の橋台や壁式橋脚では、両端から打設して中央にブリージング水や雨水を集めると良い。

また、フーチングのような広範囲な打設では、打設班をいくつかに分けて短冊状に打設し、打設下流端にブリージング水や雨水を集めて採取することで、砂すじの発生しやすい箇所を最小限にとどめられる。



写真 10.5 降雨が湛水した状況



写真 10.6 スポンジで除去している状況

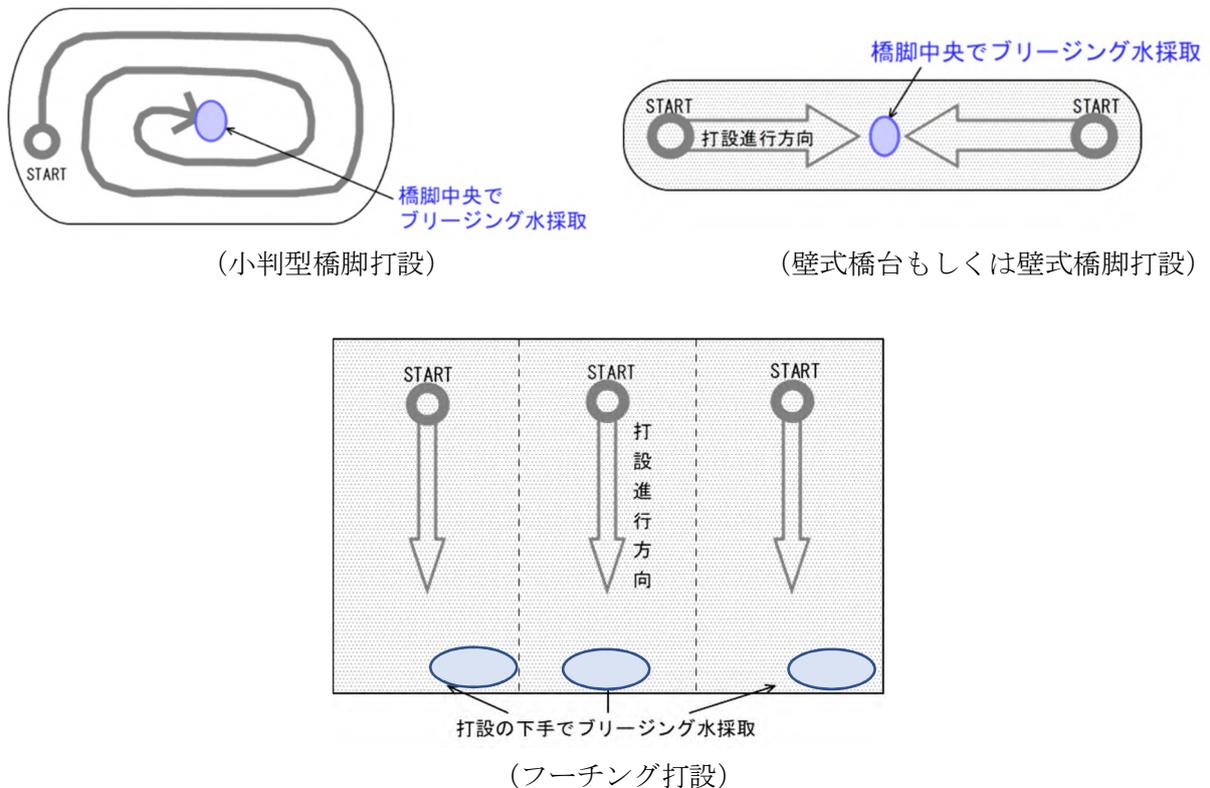


図 10.6 フーチング、壁式橋台、小判型橋脚の打設方法

(6) ノロ漏れの抑制方法

打設方法と言うより型枠の不具合で発生するのがノロ漏れである。ノロ漏れは主に型枠継ぎ目で発生し、その大きさによっては駆体の弱点部にもなり得るものである。泡瀬連絡橋でノロ漏れが多く認められたのは、橋脚柱部の両端 R 部であり、特に箱形成した型枠を用いた橋脚で多く認められた。この箱形型枠は、継ぎ目部の加工精度に問題があり段差が発生したことと、セパレータによる固定では無く支保工による固定であったことから、コンクリート圧で打設中に型枠にずれが生じたことがノロ漏れの原因と考えられた（写真 10.7、10.8）。

これに対し、コンパネを栈木で補強しセパレータで固定するタイプの型枠では、ノロ漏れは部分的で、木材の変形箇所や一部型枠のずれが生じた箇所に発生している状態であった。

よって、ノロ漏れを抑制するためには、箱形型枠を使わないこと、およびノロ漏れ防止テー

プを突き合わせた型枠の両側に貼ることで、ノロ漏れを防止できることもわかった(写真 10.9)。



写真 10.7 型枠継ぎ目でノロが固まった状況



写真 10.8 型枠を支保工で固定している状況



写真 10.9 ノロ漏れ防止テープを型枠両側に貼り付けた状況

#### (7) 最適と考えられた打設の体制

前述①～⑤の作業を考慮し、泡瀬連絡橋において最適と考えられた打設体制を平面模式図にすると図 10.7 のようになる。同図に見られるように、打設進行方向に対し先頭にはポンプ車の筒先が位置し、その周囲に筒先周りのバイブレータを配置する。この時、筒先周りのバイブレータが、筒先を追い越すと、落とした生コンクリートをどんどん広げ、横流し状態になるため、筒先を追い越さないよう注意する。また、筒先周りのバイブレータは、コンクリートの不陸調整する程度で締固めは行わない。

締固めは、再振動バイブレータを用い、打設面に 50 cmピッチの網の目を想定して挿入する。型枠沿いの沈みひび割れや表面気泡、砂すじ、打ち重ね線は、かぶりバイブレータをかぶりコンクリートに 50 cmピッチで挿入して除去する。

なお、前述のように最終打設層が所定の高さまで打ち上がっても、再振動バイブレータやかぶりバイブレータの作業が完了してから左官作業を行うようにすることが重要である。

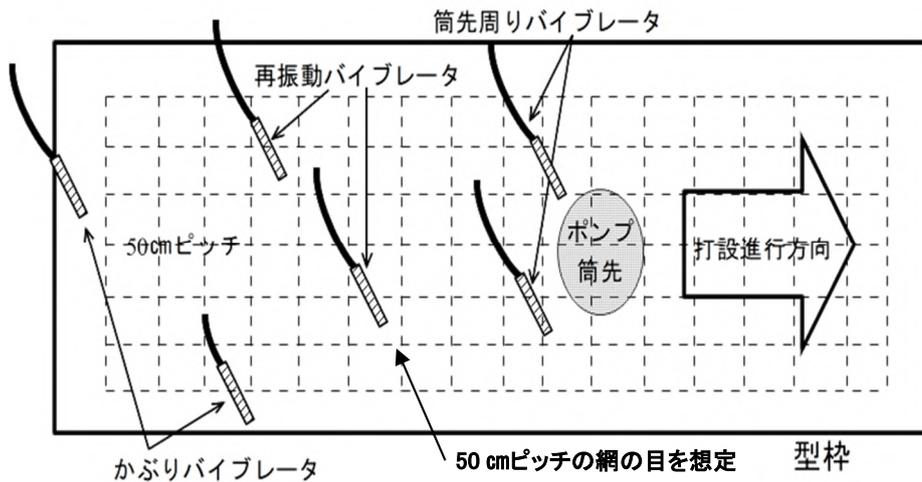


図 10.7 泡瀬連絡橋で最適と考えられた打設体制

#### (8) 温度応力ひび割れの対策

温度応力ひび割れの対策は、前述のようにコンクリート構造物品質確保ガイド 2021（令和 3 年 10 月、山口県土木建築部）で提案されているひび割れ抑制鉄筋が有効であった。これに加え、適切な締固めを行う事で多くの温度応力ひび割れはかなり抑制できると考えられた。

また、冬場の打設で、夜間の温度低下が見込まれる場合や、強風により躯体が冷やされることが考えられる場合は、型枠全体を気泡緩衝材やブルーシート等で覆い保温することも良い。脱型後は速やかに養生し、躯体を外気に触れさせないようにすることで乾燥収縮ひび割れを抑制する。この場合、養生はできるだけ粘着型養生シートが望ましいが、躯体が濡れていて貼り付けられない場合もあり、幅広の薄手ビニールシート（厚手のものは躯体に密着しない）を貼り付けるのでも良い。

#### (5) まとめ

泡瀬連絡橋下部工における表層品質確保試行工事は、発注者の品質確保に対する意識が高く、率先して施工状況を把握するため長時間施工に臨場したことで、その本気度が受注者にも伝わり、現場の取り組み意識にも変化が見られるようになった。その結果、下請け業者からも直接品質確保に関する質問が徐々に上がるようになるなど、良い品質を求めようとする現場の雰囲気が強くなっていった。

このため、当初は発注者からの指示や意図が伝わらず、各受注者の経験だけで施工していた現場があったが、最終的には発注者と受注者が一体となって施工に取り組めるようになった。

この試行を連続して 3 年間行えたことで、新しい取り組みや工夫が随所に現れ、それらが表層品質の向上に繋がると言う PDCA サイクルが回りだし、次の施工をより良いものにするという意識も芽生えた。この試行が、沖縄県内の別の現場にも波及し、ひいては全ての現場に浸透することを願うものである。

## 【参考文献】

- 1) 土木学会コンクリート委員会：フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針（案）、コンクリートライブラリー94、1999.4
- 2) 土木学会四国支部：フライアッシュを細骨材補充混和材として用いたコンクリートの施工指針（案）、2003.3
- 3) 沖縄県土木建築部宮古土木事務所：伊良部大橋第2期コンクリート耐久性検討業務委託報告書、2009.3
- 4) 土木学会コンクリート委員会：循環型社会に適合したフライアッシュを用いたコンクリートの最新利用技術－利用拡大に向けた設計施工指針試案、コンクリートライブラリー132、2009.12
- 5) 土木学会四国支部：四国版 フライアッシュを結合材として用いたコンクリートの配合設計・施工指針、2016.3
- 6) 風間洋、渡久山直樹、砂川勇二、山田義智：伊良部大橋の主要部材に使用するコンクリート材料選定と配合、コンクリート工学年次論文集、vol. 32、No. 1、pp. 893-898、2010.
- 7) 沖縄県土木建築部宮古土木事務所：伊良部大橋第3期コンクリート耐久性検討業務委託報告書、2010.3
- 8) 沖縄県土木建築部宮古土木事務所：伊良部大橋第4期コンクリート耐久性検討業務委託報告書、2011.3
- 9) 風間洋、富山潤、砂川勇二、比嘉正也、小籟俊介：沖縄県の海岸線に11年間暴露したフライアッシュコンクリートの耐久性に関する研究、土木学会論文集E2(材料・コンクリート構造)、No. 3、pp. 251-270、2017
- 10) 土木学会：2023年度制定コンクリート標準示方書【施工編】、2023
- 11) 土木学会：2022年度制定コンクリート標準示方書【設計編】、2022
- 12) 土木学会：2022年度制定コンクリート標準示方書【維持管理編】、2022
- 13) 沖縄県土木建築部技術・建設業課：令和2年度フライアッシュコンクリートに関する品質確保等検討業務委託報告書、2021.3
- 14) 沖縄県土木建築部技術・建設業課：令和3年度フライアッシュコンクリートに関する品質確保等検討業務委託報告書、2022.4
- 15) 砂川勇二：沖縄県におけるフライアッシュコンクリートの利用促進について、コンクリート工学、Vol. 52、No. 5、pp. 454-458、2014.5
- 16) 山城正吾、風間洋：沖縄県内陸部におけるフライアッシュコンクリートの中性化耐久性検討、土木学会西部支部沖縄会技術研究発表会、2016.1
- 17) 沖縄県土木建築部沖縄都市モノレール建設事務所：沖縄都市モノレールPC軌道桁等コンクリート配合検討業務委託報告書、2016.1
- 18) 楠貞則、添田政司、大和竹史：フライアッシュコンクリートの簡易品質評価手法に関する研究、土木学会論文集E、Vol. 65、No. 1、pp. 93-102、2009.3

- 19) 富山潤・知念正昭・大宜見圭太・山田 義智：長期間暴露した FAC 試験体を用いた遅延膨張型 ASR に関する研究、コンクリート工学年次論文、Vol. 32、No.1、2010、pp. 947-952
- 20) 土木学会：コンクリートライブラリー119「表面保護工法設計施工指針（案）」（平成 17 年 4 月）、表面保護工法工種別資料編、pp. 135-252
- 21) 日本コンクリート工学会：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針 2022、参考資料-6.2.3 補修・補強工法の耐用年数の報告例、p. 121
- 22) 長崎県土木部：長崎県におけるフライアッシュコンクリートの配合・製造及び施工指針、2015. 1
- 23) 日本フライアッシュ協会 HP (<http://www.japan-flyash.com/index.html>)
- 24) 山口県土木建築部：コンクリート構造物品質確保ガイド 2021、令和 3 年 10 月
- 25) 土木学会：養生および混和材料技術に着目したコンクリート構造物の品質・耐久性確保システム研究小委員会（356 委員会）第Ⅱ期報告書、2023. 11
- 26) 国立大学法人琉球大学、一般社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会、琉球セメント株式会社：フライアッシュを用いたコンクリートのポストテンション PC 橋への適用化に関する基礎的研究報告書、<https://sm1039.skr.u-ryukyu.ac.jp/center2020/2755/>、2022 年 3 月
- 27) 沖縄県土木建築部道路管理課：沖縄県道路構造物耐久性調査業務委託（R3）報告書、令和 4 年 3 月
- 28) 石川嘉崇、安田幸弘：コンクリートの収縮ひび割れ抵抗性に関するフライアッシュ混和の影響、コンクリート工学年次論文集、Vol. 33、No.1、2011、pp. 191-196
- 29) 沖縄県土木建築部道路管理課：沖縄県道路構造物耐久性調査業務委託（H30）報告書、2017. 3
- 30) 沖縄県土木建築部道路管理課：沖縄県道路構造物耐久性調査業務委託（R1）報告書、2018. 3
- 31) 沖縄県土木建築部道路管理課：沖縄県道路構造物耐久性調査業務委託（R3）報告書、2020. 3
- 32) 国土交通省大臣官房技術調査課：「レディーミクストコンクリートの品質確保について」の運用について、平成 15 年 10 月 2 日、国官技第 185 号
- 33) 国土交通省：レディーミクストコンクリート単位水量測定要領（案）、平成 16 年 3 月
- 34) 沖縄県土木建築部：構造計画・施工計画の留意事項、平成 25 年 4 月

以 上