

プレストレスト コンクリート用コンクリートのポンプによる施工

佐 藤 重 尚*

1. はじめに

近年コンクリートポンプの性能が向上し、労務者不足対策、工期短縮上コンクリートポンプを使用する機会が多くなってきた。しかし、PC工事においてはコンクリートのスランプが低いこと、1回のコンクリート打設量が100m³以下の比較的少量であるため、まだ多くは使用されていない。このたび首都高速道路7号線松江工事事務所管内のPC活荷重連続合成桁床版、3径間連続箱桁においてコンクリートポンプを使用したのをここに報告したい。なお、ここではコンクリートポンプ施工のみにとどめ、構造および解析の報告は省略する。

2. 729 工区(その1) PC 活荷重連続合成桁床版打設

729 工区(その1)は、本誌 Vol. 12, No. 6 で紹介した728 工区の京葉道路側である。

活荷重連続合成桁については模型実験完了後本誌に報告することとし、ここでは床版のコンクリートポンプによる打設報告にとどめたい。工区延長は(2@25.0=50m)+(3×3@20.0=180m)+(4@20.0=80m)=310mである。P₆~P₉間において試験を実施したので、報告する。

(1) コンクリート

コンクリート配合は表-1のとおりである。コンクリート打設日が7月28日で昼間の温度上昇を予測し、減

水剤にボゾリス No. 8 を使用する。スランプはパイプ入口で10cm、出口で8cmを目標とする。設計コンクリート量は床版192.2m³、横桁21.2m³合計213.4m³である。

(2) コンクリートポンプ

土木の硬練りコンクリート(スランプ6~10cm)用ポンプとしては国産機種では石川島播磨重工製PTC-30TP, PTC-35TP, PTF-40TP, 三菱重工製シュビングコンクリートポンプBP-30T, DC100などがあり、ここではPTF-40TPを使用する。輸送距離は図-1のとおりである。水平換算長L_{max}は

$$L_{max} = l_1 + l_2 + \eta_h \times h_1 + p/90^\circ (b_1 + b_2 + b_3) + p_1$$

$$= 5 + 50 + 11 \times 13 + 24/90^\circ (30^\circ + 90^\circ + 90^\circ) + 30$$

$$= 284 \text{ m} < 315 \text{ m}$$

である。なお、L_{max}の式については使用コンクリートポンプのカタログを参照されたい。管径は5inである。

(3) コンクリート打設計画

1) 配管は図-2のように準備し、主桁ジベル筋上に10cmの角材をならべ水平部の配管を行ない、垂直部は

図-1 コンクリート輸送略図

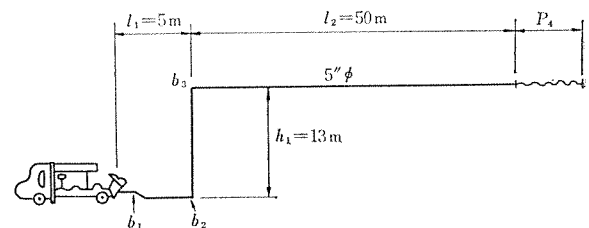


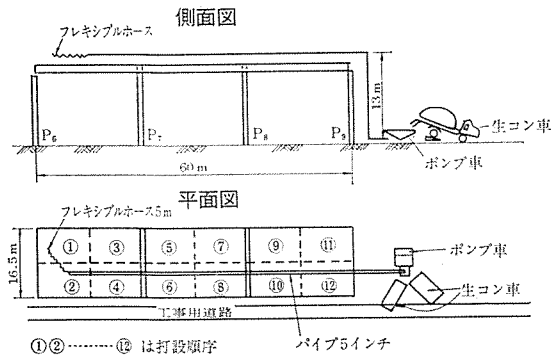
表-1 コンクリート配合表

使用工区	コンクリートの種類	σ _{CK} (kg/cm ²)	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	水セメント比 W/C(%)	細骨材率 s/a(%)	単 位 量 (kg/m ³)				
							水 W	セメント C	細骨材 s	粗骨材 S	混和剤
729 工区(その1)	N352B	350	25	8±2.5	44.8	37.4	152	339	694	1178	ボゾリス No. 8 0.848
729 工区(その2) 730 工区(その1)	H402B	400	25	8±2.5	37.1	34.2	156	420 (早強)	605	1187	ボゾリス 5L or No. 8 1.050

コンクリートの種類説明(首都高速道路公団) ① コンクリートの種別 N: 普通ポルトランドセメント使用減水剤入コンクリート
H: 早強ポルトランドセメント使用減水剤入コンクリート
N 3 5 2 B
↑ ↑ ↑ ↑
① ② ③ ④
② σ_{CK}=350 kg/cm²
③ 粗骨材の最大寸法 2=25 mm
④ スランプ B=8±2.5 cm

* 首都高速道路公団 第三建設部 設計調査課

図-2 コンクリート打設計画図



橋脚のはしごにそわせる。ポンプ車の位置はコンクリートミキサー車が2台同時に入れるようにする。

2) コンクリート打設に先だててモルタル 1m³ を管内に通し生コンクリートがスムーズに輸送できるようにする。

3) モルタル輸送に続いて生コンクリートを圧送する。パイプの先端に長さ 5m のフレキシブルホースを取り付け、移動しながら①②……⑫の順序に従いコンクリートを打設する。この間フレキシブルホースの振分けで打設可能な部分が終了しだい本管 1本 (4m) を接続部より切離し、その先端にフレキシブルホースを再び取り付ける。

4) 外気温が 25°C 以上になる場合、直射日光の強い場合はパイプの温度上昇を防ぐため、パイプに麻袋をかけ散水を行なう。

5) 中間支点上横桁部のコンクリートは図-3においてAの部分に先に打設し、1~2 時間後にBを打設する。

6) コンクリート表面の仕上げはコンクリートスクリーターマシンで仕上げる。中央分離帯の鉄筋があるため上下線2つに分け、主桁ジベル筋に図-4のようなならし定規受け金具を取り付け、その上に定規をセットする。その定規の上をコンクリートスクリーターマシンを移動させながら仕上げる。

7) 床版コンクリート養生はビニール被膜液を散布し

図-4 床版仕上げ要領図

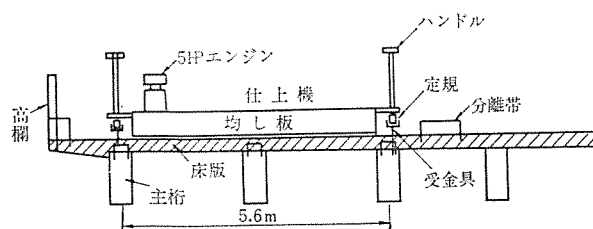
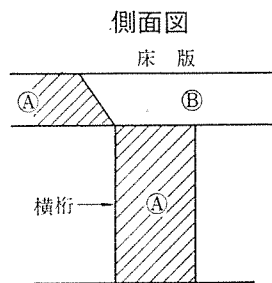


図-3 中間横桁部



さらに麻袋でおおい散水養生を行なう。

8) ポンプ車のオペレーターと打設監督員との連絡には信号用ホーンを用いる。信号は中止、圧送、注意圧送の3種を設ける。

9) ポンプ車の故障したときの処理：各ブロックに分けて打設しているためにブロック継目で中止する。打継目は金網または木製板で仕切りをつくる。この間のコンクリートの打設にはトラッククレーンを利用し、コンクリートバケットで打設する。

(4) 品質管理

1) パイプの入口および吐出口において、スランプ、空気量を測定する。

2) レディーミクストコンクリートミキサー車全部について、コンクリートを練り混ぜてから打設するまでの時間を調査する。

3) 生コンクリート 30m³ ごとに材令 28 日の圧縮強度についてパイプ入口および出口において測定する。

テストピース数 213m³/30m³≒8 回

8 回×3 本/回×2 ヲ所=48 本

このほかパイプ入口で 100m³ ごとに材令 7 日の圧縮強度を測定する。3 回×3 本=9 本

(5) 人員配置計画

コンクリートポンプによる打設の場合、時間あたり打設量が多いので人員計画は十分検討する必要がある。表-2 に人員計画を示す。

表-2 人員配置計画

コンクリート打設関係		品質管理関係
ポンプ車	1人 + 1人	ポンプ取入口
パイプ	4人	試験員 2人
尻くわ	4人	補助員 1人
仕上げ(養生)	5人 + 1人	
パイプレーター	3人 + 1人	パイプ吐出口
型わく、鉄筋	2人	試験員 2人
指揮者	1人 + 1人	補助員 1人
配車	1人	
誘導車	1人	
計	20人 + 6人	計 6人

(6) 結果および考察

コンクリート打設時間調査結果は表-3のとおりである。この場合は非常にスムーズにコンクリート打設作業が進んだ。この理由は打設計画がよく、コンクリートミキサー車の配車が順調に運び、コンクリートの輸送合計時間が最長1時間半、ほとんどの車がコンクリート練り混ぜ完了後1時間以内で排出しているからである。スランプ、空気量、コンクリート温度、圧縮強度の試験結果を表-4に示す。パイプ入口と出口で約5分の間隔において測定した。測定数が少なくばらつきが気になるが、平均値はコンクリートポンプを使用した場合の傾向を示

表-3 コンクリート打設時間調査

打設場所 P₆~P₉ 床版コンクリート N352B 日時 昭和 45 年 7 月 28 日 天候 晴

注：○印は試験実施車

順 番	ミキサ 一車 番 号	運 搬 時 間 (A分)			待 時 間 (B分)		排 出 作 業 時 間 (C分)				合計 A + B + C	生コン リ ー ト		時 間 た り 打 置 量	順 番	ミキサ 一車 番 号	運 搬 時 間 (A分)			待 時 間 (B分)		排 出 作 業 時 間 (C分)				合計 A + B + C	生コン リ ー ト		時 間 た り 打 置 量
		出 発	到 着	運 搬	排 出	待 時 間	実 作 業	ボ ン プ 止	小 計	容 量 m ³		累 計 m ³	出 発				到 着	運 搬	排 出	待 時 間	実 作 業	ボ ン プ 止	小 計	容 量 m ³	累 計 m ³				
1	351	7.48	8.05	17	8.05	0	15	0	15	32	4	4		23	657	12.48	13.10	22	13.27	17	11	0	11	50	6	112			
2	354	7.50	8.10	20	8.10	0	15	0	15	35	4	8		24	363	12.53	13.17	24	13.38	21	7	13	20	65	4	116			
3	653	7.55	8.15	20	8.24	9	10	0	10	39	6	14	Ⓣ	358	13.27	13.45	18	13.58	13	7	0	7	38	4	120	14			
4	657	8.00	8.20	20	8.34	14	9	7	16	50	6	20		26	717	13.30	13.45	15	14.05	20	6	0	6	41	4	124			
5	363	8.10	8.28	18	8.50	22	6	0	6	46	4	24		27	656	13.47	14.02	15	14.11	9	10	0	10	34	6	130			
6	358	8.14	8.32	18	8.56	24	7	0	7	49	4	28	Ⓣ	659	14.00	14.18	18	14.21	3	11	8	19	40	6	136				
7	359	8.25	8.39	14	9.03	24	10	12	22	60	4	32		29	359	14.10	14.25	15	14.40	15	8	0	8	38	4	140			
Ⓢ	659	8.43	9.01	18	9.25	24	10	0	10	52	6	38		30	351	14.13	14.30	17	14.48	18	10	0	10	45	4	144			
9	352	8.48	9.10	22	9.35	25	6	0	6	53	4	42		31	657	14.37	15.00	23	15.00	0	10	0	10	33	6	150	27		
Ⓣ	351	8.52	9.13	21	9.41	28	12	6	18	67	4	46		32	660	14.45	15.03	18	15.10	7	15	6	21	46	6	156			
11	653	9.05	9.25	20	9.59	34	9	3	12	66	6	52	24	33	363	14.57	15.12	15	15.31	19	7	0	7	41	4	160			
12	362	9.20	9.41	21	10.11	30	7	4	11	62	4	56		34	714	15.04	15.22	18	15.38	16	8	4	12	46	4	164			
Ⓤ	657	9.28	9.50	22	10.22	32	10	0	10	64	6	62		35	356	15.18	15.35	17	15.50	15	11	0	11	43	6	170			
14	714	9.32	9.52	20	10.32	40	8	0	8	68	4	66		36	361	15.27	15.45	18	16.01	16	6	0	6	40	4	174	27		
15	364	9.38	9.53	15	10.40	47	8	0	8	70	4	70		37	359	15.37	15.52	15	16.07	15	4	2	6	36	4	178			
16	358	9.45	10.03	18	10.48	45	13	4	17	80	4	74	22	38	657	15.47	16.06	19	16.13	7	16	7	23	49	6	184			
17	354	9.47	10.08	21	11.05	57	7	8	15	93	4	78		39	365	16.02	16.19	17	16.36	17	6	0	6	40	4	188			
18	656	10.00	10.25	25	11.20	55	12	6	18	98	6	84		40	660	16.05	16.25	20	16.42	17	13	0	13	50	6	194			
ⓖ	659	11.02	11.18	16	11.38	20	8	0	8	44	6	90		41	714	16.18	16.35	17	16.55	20	10	0	10	47	4	198	24		
ⓗ	660	11.07	11.25	18	11.46	21	5	0	5	44	6	96		42	358	16.24	16.45	21	17.05	20	7	0	7	48	4	202			
21	653	11.14	11.35	21	11.55	20	10	0	10	51	6	102	28	43	716	16.34	17.07	33	17.12	5	8	4	12	50	4	206			
22	362	12.45	13.00	15	13.18	18	6	3	9	42	4	106	4	44	653	16.48	17.15	27	17.24	9	7	0	7	43	6	212			

平均 22.5

表-4 スランプ, 空気量, 温度管理表

ポンプ入口と出口におけるコンクリート圧縮強度の差の試験
打設日 昭和 45 年 7 月 28 日 配合名 N352B

注：順番は表-3 の順番に対応する。

順番	車号	測 定 刻	ス ラ ン プ (cm)			空 気 量 (%)			コ ン ク リ ー ト 温 度 (°C)			圧 縮 強 度 σ_{28} (kg/cm ²)				
			入 口	出 口	差	入 口	出 口	差	入 口	出 口	差	入 口	出 口	差		
8	659	9.25	9.5	10.5	1.0	3.4	3.8	0.4	29.5	28.0	-1.5	441 448 441	443	417 433 438	429	-14
10	351	9.41	8.6	9.9	1.3	3.6	3.6	0	28.0	29.0	1.0	459 468 467	465	457 460 457	458	-7
13	657	10.22	8.3	10.5	2.2	3.2	3.3	0.1	29.0	29.0	0	407 403 399	403	394 389 398	394	-9
19	659	11.40	11.5	6.5	-5.0	2.6	3.6	1.0	29.5	30.0	0.5	402 405 410	406	394 420 408	407	1
20	660	11.48	8.4	6.4	-2.0	3.1	4.0	0.9	30.0	30.0	0	433 433 430	432	440 432 424	432	±0
25	358	14.05	11.0	10.2	-0.8	2.5	3.8	1.3	29.5	30.0	0.5	411 381 387	393	386 376 376	379	-14
28	659	14.25	13.4	6.5	-6.9	2.7	3.3	0.6	29.5	28.5	-1.0	408 427 411	415	378 389 385	384	-31
35	356	15.55	9.5	7.7	-1.8	2.5	3.3	0.8	28.5	29.0	0.5	427 411 425	421	406 410 385	400	-21
平均			10.0	8.5	-1.5	3.0	3.6	0.6	29.2	29.2	0		422		410	-12

しているように思われる。首都高速道路公団の他の工区の試験結果においてもスランプは 1~3 cm, 圧縮強度は 3~5%, パイプ入口と出口において低下がみられた。床版コンクリート打設を 写真-1 に, またコンクリートを圧送中のポンプ車を 写真-2 に示す。

写真-1 床版コンクリート打設



写真-2 コンクリート圧送中のポンプ車



3. 729 工区 (その 2), 730 工区 (その 2)

PC 3 径間連続箱桁橋コンクリート打設

図-5 に一般図を示す。中央径間に待避帯の拡幅部がある。

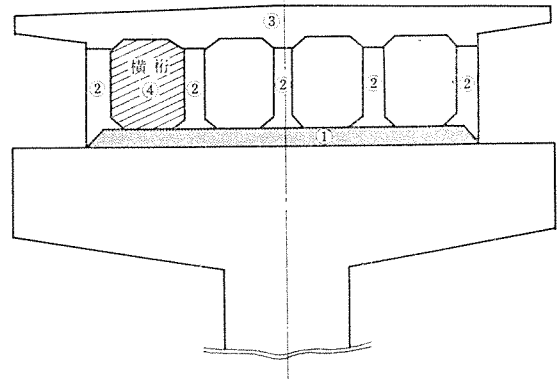
(1) コンクリート打設計画

コンクリート配合を表-1 に示す。打設順序を図-6

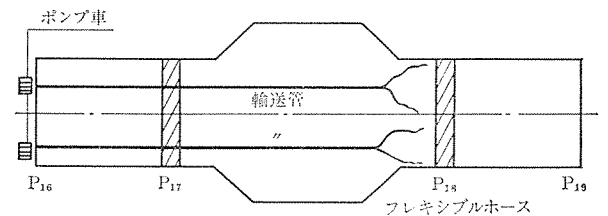
に, コンクリート量を表-5 に示す。コンクリートポンプは 2 台使用し, 輸送管は径 5 in, 縦管長 12 m, 最大水平管長 75 m を上下線の中心にそれぞれ配管した。

図-6 3 径間連続箱桁打設順序図

(a) 断面図



(b) 平面図

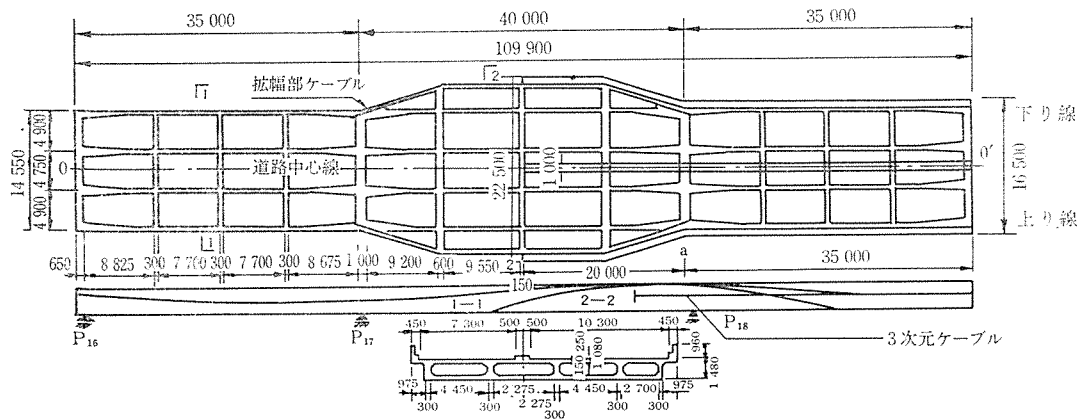


断面	打設順序	平 面	
下床版①	1-2	1-1	1-3
腹 版②	2-1	2-3	2-2
上床版③	3-1	3-3	3-2
横 桁④	4-1		4-1

表-5 コンクリート打設数量

	P ₁₆ ~P ₁₇	P ₁₇ ~P ₁₈	P ₁₈ ~P ₁₉	横 桁	計	摘 要
第 1 回打	151	192			343	底 版
第 2 回打			151		151	底 版
第 3 回打	141		141		282	主桁, 床版
第 4 回打		289			289	主桁, 床版
第 5 回打				171	171	横 桁
計	292	481	292	171	1 236	m ³

図-5 3 径間連続箱桁一般図



(2) 考 察

7月下旬から10月初旬の施工であり、コンクリートが早強セメント使用の富配合であるため、スランプ低下が著しく、日中の打設は不可能であった。したがって、夜間打設にしたが、付近の民家から騒音の苦情が出て、夕方短時間(17時~22時)の打設しかできなかった。ポンプは能力の大きい三菱 DC 100 を使用した。下床版コンクリート打設を写真-3に、拡幅部膜版コンクリート打設を写真-4に示す。コンクリートポンプ輸送によるスランプ低下、強度低下などは先の729工区その1と同じような傾向を示した。また2回のパイプ閉そくがあったが、一部の管を短時間に清掃することで解決できコンクリートミキサー車の滞車もなく、おおむね順調に施工を完了することができた。

写真-3 底版コンクリート打設状況

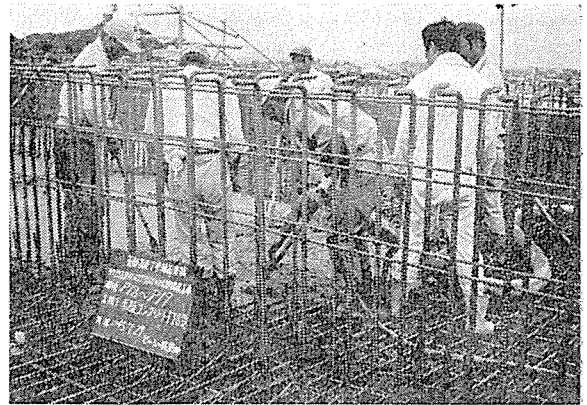


写真-4 腹板(拡幅部)コンクリート打設状況



4. 松江工事事務所管内のPC工事中のコンクリートポンプトラブルおよびパイプ閉そく

表-6に松江工事事務所管内のPC工事におけるコンクリートポンプ事故の頻度および原因を示す。ここで述べる事故とは、コンクリートポンプの機械的故障、パイプが閉そくし、運転不能となり、パイプの一部または全部を取りはずし、清掃したことをいう。

5. コンクリートポンプ使用上の注意事項

4. で述べた工事をとおして気付いた事項を列記する。

(1) 打設計画および準備

コンクリートポンプによる打設工事における事故の原因のうち8~9割は打設計画および準備が不十分なために発生している。コンクリート打設中コンクリートミキ

サー車の配車が不連続になる場合があるが、それは工期に余裕がなく工事を急ぐあまり、コンクリートプラントの能力不足を知っていて生コンを発注する場合が多い。また、人員計画、打設準備、配車計画などの不備によって、コンクリートミキサー車が滞車し、スランプ低下が著しく、ポンプ圧送が不可能になる場合が多い。特にコ

表-6 松江工事事務所管内PC工事コンクリートポンプ使用回数と事故例

工 区 名 施 工 業 者	コンクリートの種類	施工箇所	コンクリートポンプ打設回数	ポンプトラブル	スランプ低下によるパイプ閉そく	許容径以上の石、凝結コンクリート混入によるパイプ閉そく	使用機種およびパイプ径	コンクリート量
728 工区 横河工事(株)	$\sigma_{CK}=400 \text{ kg/cm}^2$ スランプ 8 cm 早強	合成桁	6 回			1 回	石川島 35 TP パイプ 5 in	480 m ³
"	$\sigma_{CK}=350 \text{ kg/cm}^2$ スランプ 8 cm 早強	合成桁床版 横桁	15 回	2 回	3 回		"	784 m ³
729 工区(その1) 住友建設(株)	$\sigma_{CK}=350 \text{ kg/cm}^2$ スランプ 8 cm 普通	活荷重連続 合成桁床版	6 回				石川島 40 TP パイプ 5 in	1 337 m ³
729 工区(その2) 730 工区(その1) PC 橋梁(株)	$\sigma_{CK}=400 \text{ kg/cm}^2$ スランプ 8 cm 早強	3 径間連続 桁	12 回		2 回		三菱 DC 100 5 in	1 236 m ³
"	$\sigma_{CK}=350 \text{ kg/cm}^2$ スランプ 8 cm 普通	合成桁床版	8 回	(1回)(A)	1 回	(1回)(B)	フォード、三菱 BP 30 T 5 in	1 046 m ³
730 工区(その2) 九州鋼弦コンクリート(株)	$\sigma_{CK}=350 \text{ kg/cm}^2$ スランプ 8 cm 普通	合成桁床版	15 回	1 回	3 回		石川島 30 TP 4 in, 5 in	1 122 m ³
731 工区(その1) 川田工業(株)	$\sigma_{CK}=350 \text{ kg/cm}^2$ スランプ 8 cm 普通	合成桁床版	13 回			1 回	三菱 DC 100	1 045 m ³
計			75 回	3 回(4回)	9 回	2 回	その他 1 回	

注:事故とはエンジントラブルまたはパイプ閉そくによりパイプの一部または全部を清掃することをいう。

コンクリート打設回数:コンクリートポンプの移動回数で、一般には1日 90~200 m³ である。

(A) コンクリートポンプの機種選定不良 (B) 縦管取付不良

ンクリートポンプによる打設に際しては 1~2 日の準備期間を持ちたいものである。

(2) コンクリートポンプの機種を選定

ピストン式の硬練り用コンクリートポンプを使用することはもちろんであるが、PC工事のように低いスランブでセメント量の多いコンクリートを使用する場合でできるだけ能力の大きい機種を選んだほうがよいと思う。しかし、現時点においてはコンクリートポンプを使用してスランブ 4~6 cm のコンクリートを打設した実績は、ほとんどない。

(3) 配 管

配管計画にあたっては、管長がポンプ車の最大輸送距離（水平換算長）以内であることはもちろんであるが、これにも余裕が欲しい。管には 4 in, 5 in, 6 in があるが、PC工事の場合 4 in による配管はできるだけさげ、フレキシブルパイプだけにとどめたほうがよい。水平換算長に相当余裕がある場合を除いて、コンクリートの温度上昇、スランブ低下を促し、能率低下ひいては事故の間接的原因にもなる。また、縦管はできるだけ 6 in を使用したい。床版工事のようなコンクリート厚の薄い工事においてはフレキシブルパイプの扱いで能率が大きく異なってくる。フレキシブルパイプが重いので、ときどきコンクリートを山のようにしているのを見かけたが、それはならしに人手を要するばかりでなく、骨材分離をおこしかねない。水平輸送管は直接鉄筋、型わくなどの上に配置しないで、圧送による管の水平移動を吸収するよう支持台およびコロなどをもうける必要がある。また、縦管は 2~3 m などに足場パイプなどで支持する必要がある。上下振動によって管がカラムビーム状となり曲げによって接続部が折れた事故例があった。

(4) 人員計画

コンクリートポンプによると、他の一般の運搬方法に比べコンクリート打設量が多く、また、同一箇所コンクリートがたまりやすい。したがって、人員配置は十分

検討する必要がある。一般にはフレキシブルパイプ要員、尻ぐわ、オペレーターとの連絡員など人員が多く必要である。逆に人員が少ない場合に故意にポンプの吐出量を少なくすることは、理論的には良いが、実際にはできないものであり、雑な仕事になることが多い。

(5) 品質管理

コンクリートポンプで輸送したコンクリートは機械の性能、配管状態、気象条件、コンクリートの配合など、一般の施工法より分離する原因が多いので、品質管理は十分行なう必要がある。パイプ入口と出口のスランブ、空気量、単位重量、材令 28 日の圧縮強度を 30~50 m³ ごとに測定する必要がある。また、コンクリート温度、運搬時間、待ち時間、作業時間、ポンプ停止時間を測定したほうがよい。

(6) その他の注意事項

パイプ閉そくの一つにコンクリートポンプのバケット周辺で凝結したコンクリートがパイプ中に入ることである。特に夏場には、直射日光をさけるとともにこれをときどき取り除く必要がある。生コンクリート中にパイプの許容最大骨材寸法以上の石が混入している場合があるので、バケットは金格子を取りつける必要がある。

6. おわりに

今後ますますコンクリートポンプの使用が多くなり、コンクリートポンプ使用を考慮したコンクリート配合、構造物設計および施工がなされるようになると思う。ただ、パイプ閉そく事故、品質管理上の問題点などがあり、使用にあたっては経済性、打設計画と十分検討する必要がある。なお、この報告は首都高速道路公団において規定されている「コンクリートポンプ施工要領(案)」に基づいて施工した報告である。

最後に管理試験などのデータを提供していただいた住友建設(株)ほか4社の方々に感謝します。

1970.11.20・受付