

新設コンクリート構造物の品質保証システム

－ICT を活用したコンクリート打設支援システムの開発－

Quality Assurance System of New Concrete Structures

- Development of Concrete Placement Support System using ICT -

廣中哲也* 東 邦和* 石井敏之* 川口昇平*

要 旨

施工段階におけるコンクリートの初期欠陥の防止、打込み時のコンクリートの品質の確保と信頼性の向上を目的に、コンクリート打設支援システムを開発した。開発したシステムは、コンクリートの練混ぜから打込み完了までにおけるコンクリートの運搬、品質、施工情報を、ICT を活用して打設場所や現場事務所などで共有できるようにしたものである。本システムの現場適用試験を行った結果、コンクリートの打設速度に合わせた出荷量の調整、打重ねおよび打込み時間の管理がリアルタイムで的確に行うことができ、施工段階におけるコンクリートの品質をより確実に確保できることがわかった。

キーワード：コンクリート、品質管理、打込み管理、施工段階、ICT

1. まえがき

新設コンクリート構造物の耐久性などの性能を確保するには、コンクリートの品質管理を適切に行うことが重要である。また、「公共工事の品質確保の促進に関する法律」の制定（2005 年）により、発注者はコンクリートの品質に対して、より厳格な管理を求めるようになってきている。このような状況下で、施工者においては、施工前から施工後まで一貫した品質の管理が行える新設コンクリート構造物の品質保証技術が必要となってきた。

従来は、特記仕様書などに示されている管理方法を遵守することにより、新設コンクリート構造物の品質管理を実施してきた。しかし、昨今の技術提案では、従来の管理方法に加え、耐久性などの性能がより明確かつ確実に確保できる施工技術や管理方法が求められている。

そこで、施工前から施工後まで一貫した品質管理により品質を保証する「新設コンクリート構造物の品質保証システム」を提案した¹⁾。その概要を図-1に示す。この品質保証システムは、「施工前、施工段階、施工後」の各段階での品質管理を行うことによって、新設コンクリート構造物の品質保証を目指したものである。各段階での品質管理は、施工前では中性化や塩害などの劣化について、耐用年数内での劣化予測、補修計画、ライフサイクルコストなどの耐久性確保の設定を行い、施工段階では初期欠陥を防止するために、コンクリートの打込み

時間や打重ね時間などをコンクリート打設支援システムを用いて運搬管理および施工管理を行うことによって品質確保を行う。さらに、施工後には構造物の出来形として配筋の確認や初期欠陥の有無などを非破壊検査の実施によって品質確保を行っている。

本報では、施工段階での初期欠陥の防止や打込み時のコンクリートの品質確保を目的として開発したコンクリート打設支援システムの概要と現場への適用試験結果について報告する。

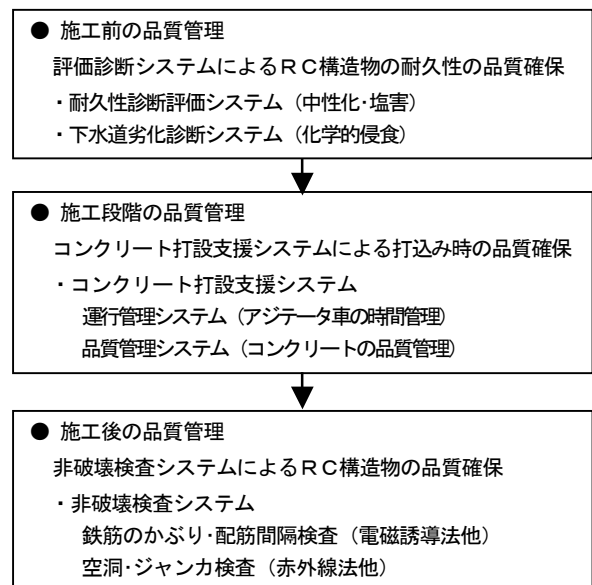


図-1 新設コンクリート構造物の品質保証システム

*技術研究所

2. コンクリート打設支援システムの概要

2.1 概要

コンクリート打設支援システムの概要を図-2に示す。本システムは、運行管理システムと品質管理システムから構成されている。

コンクリート打設支援システムは、施工段階でのジャンカやコールドジョイントなどの初期欠陥の防止、打込み時のコンクリートの品質の確保と信頼性の向上などを図るために、コンクリートの練混ぜから打込み完了までにおけるコンクリートの運搬時間と品質の情報、および打込まれた位置と時刻、打重ね時間などの施工情報を、ICT（情報通信技術）を活用して打設場所や現場事務所などでリアルタイムに共有できるようにしたものである。

運行管理システムは、コンクリートのプラント出荷時刻、荷卸し開始時刻、荷卸し終了時刻と運搬するコンクリートの種類、数量などの出荷・荷卸し情報（ICカードシステム）、およびコンクリートの受入れ検査結果の品質情報（携帯電話システム）の管理を行っている。一方、品質管理システムは、最適な打設計画の立案（打設計画作成システム）、打ち込まれたコンクリートの位置と時刻、打重ね時間などの打込み情報（打込み管理システム）、および打込み状況のWEBカメラによる映像

情報（WEBカメラシステム）の管理を行っている。

使用機器は、情報の入出力および処理・表示を行うパソコン（プラント、受入れ場所、打設場所、現場事務所などに設置）、コンクリートの出荷・荷卸し情報を記録させるICカードとその情報を読み書きするリーダ・ライタ装置、コンクリートの受入れ検査結果を送信する携帯電話、パソコン間の情報を伝送する通信カード、打設場所などを撮影するWEBカメラである。

2.2 特長

本コンクリート打設支援システムの特長は、以下の通りである。

- i. 打設計画作成システムのシミュレーション機能を用いることにより、最適な打設条件の設定や打重ね時間が最大になる位置と時刻の予測ができる
- ii. コンクリートの出荷・荷卸し情報により、コンクリートの出荷済、荷卸し中、荷卸し終了の数量が表示され、打設速度に応じた出荷量の調整が即座にできる
- iii. スランプなどの品質管理図が表示され、コンクリートの品質変動に対して迅速な対策ができる
- iv. 打込み時間や打重ね時間が視覚的に表示され、打込み中のコンクリートの的確な品質管理対策ができる

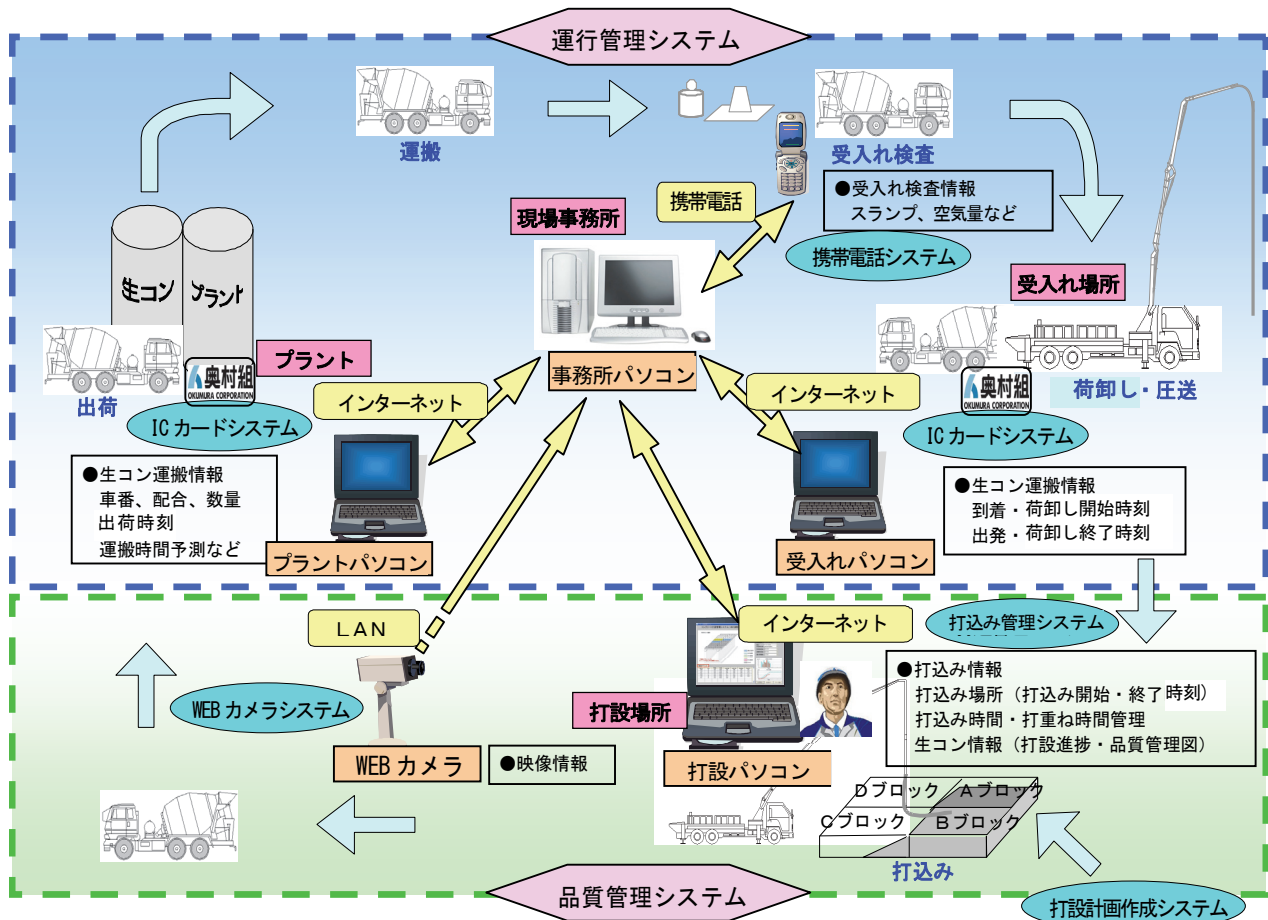


図-2 コンクリート打設支援システムの概要

- v. 打設完了後に、打設実績、受入れ検査結果などの帳票を出力することができ、省力化を図ることができる
- vi. ICTによる情報の共有化により、打設場所、現場事務所および支社などでリアルタイムに情報が確認でき、品質管理情報の信頼性が向上する
- vii. 打ち込まれたコンクリートの施工記録（トレーサビリティ）を残すことができ、維持管理に活用できる

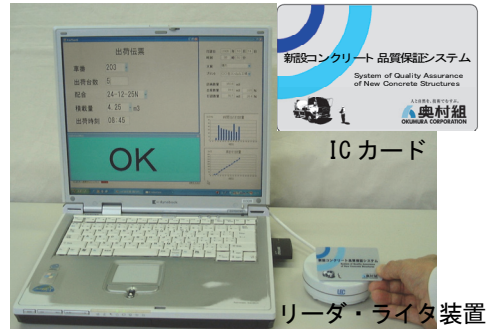


写真-1 ICカードシステム

2.3 構成

a. 運行管理システム

写真-1に示すように、パソコン、ICカードおよびリーダー・ライター装置からなるICカードシステムをプラントと受入れ場所に設置する。アジテータ車の運転手にはICカードを携帯させ、プラントの出荷時、受入れ場所での荷卸し開始時と荷卸し終了時にリーダー・ライター装置にICカードをタッチさせる。これにより、プラントパソコン（プラントに設置したパソコン）では、図-3に示すように運搬されるコンクリートの種類、数量および出荷時刻などの出荷情報が表示され、出荷の確認ができる。同時に、これら出荷情報はICカードへの書込みと事務所パソコン（現場事務所に設置されたパソコン）に伝送される。同様に、受入れパソコン（受入れ場所に設置したパソコン）では、図-4に示すようにコンクリートの荷卸し開始時刻と荷卸し終了時刻の荷卸し情報が表示され、同時に、これら荷卸し情報がICカードに書込まれ、事務所パソコンへ伝送される。これらの出荷・荷卸し情報から、品質管理項目である運搬時間（プ

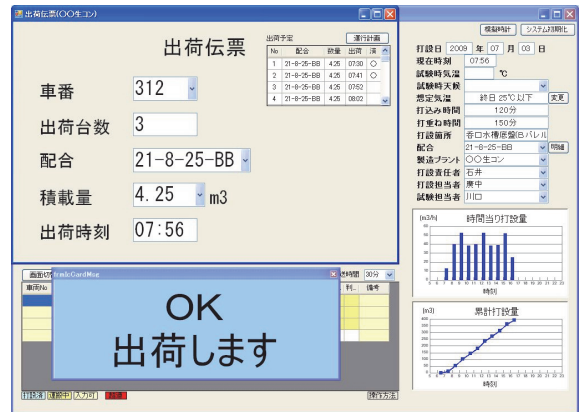


図-3 プラントパソコンの画面表示（例）

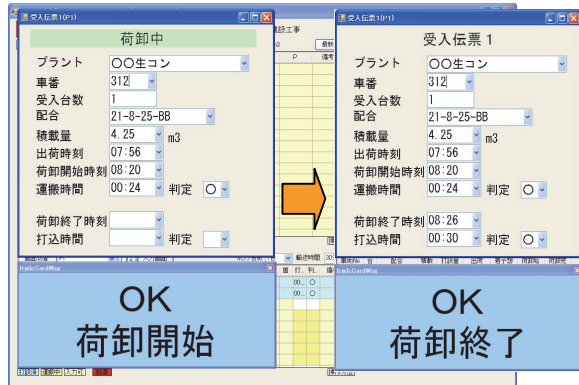
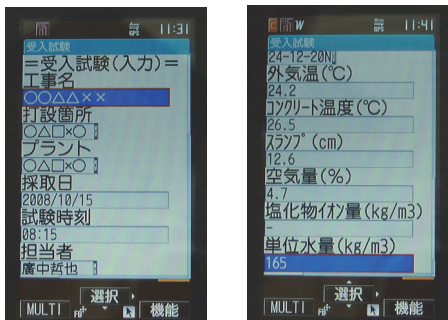
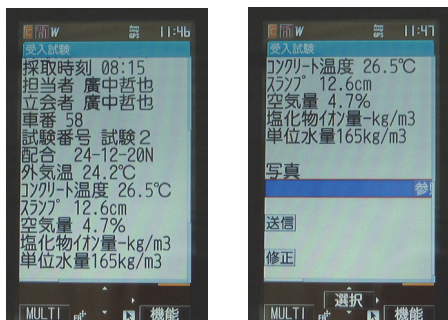


図-4 受入れパソコンの画面表示（例）



入力画面1

入力画面2



入力確認画面

写真選択画面

写真-2 携帯電話画面（例）

Microsoft Excel - 頂版 20080731.xls														
MS Pジャック														
P1														
	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O	P
	No	プラント	車番	台数	配合	積載量	打設量	出庫時刻	到着時刻	到着手番	到着時刻	荷卸完了	プラント	打設箇所
4	1	大東工...	30	1	27-12-20N	4.25	4.25	659	719	727	758	P1	S1-1	59
5	2	大東工...	375	2	27-12-20N	4.25	850	769	729	736	815	P1	S1-1S4-1S5-1S6-1	66
7	3	大東工...	220	3	27-12-20N	4.25	1275	719	739	742	821	P1	S1-1S4-1S5-1S6-1	62
8	4	大東工...	323	4	27-12-20N	4.25	1700	731	751	821	833	P1	S3-1S4-1S5-1S6-2	62
9	5	大東工...	380	5	27-12-20N	4.25	2125	754	814	821	842	P1	S4-1S5-1S6-1S6-2	48
10	6	大東工...	131	6	27-12-20N	4.25	2550	805	825	838	855	P1	S1-1S5-1S6-2	50
11	7	大東工...	111	7	27-12-20N	4.25	2975	822	842	855	906	P1	S2-1S8-2	44
12	8	大東工...	106	8	27-12-20N	4.25	3400	827	847	915	859	P1		32
13	9	大東工...	31	9	27-12-20N	4.25	3825	842	902	910	922	P1	S7-2S8-2	40
14	10	大東工...	31	10	27-12-20N	4.25	4250	705	725	733	802	P2	N1-1	57
15	11	大東工...	217	11	27-12-20N	4.25	4675	715	735	805	815	P2	N1-1	60
16	12	大東工...	210	12	27-12-20N	4.25	5100	725	745	750	827	P2	N1-1N2-1N3-1	61
17	13	大東工...	123	13	27-12-20N	4.25	5525	802	822	830	837	P2	N1-1N2-1	35
18	14	大東工...	121	14	27-12-20N	4.25	5950	815	835	844	851	P2	N4-2	36
19	15	大東工...	113	15	27-12-20N	4.25	6375	815	835	850	901	P2	N4-2	45
20	16	大東工...	205	16	27-12-20N	4.25	6800	834	854	900	910	P2	N4-2	35
21	17	大東工...	30	17	27-12-20N	4.25	7225	837	857	906	917	P2	N4-2N6-1	40
22	18	大東工...	375	18	27-12-20N	4.25	7650	852	912	915	925	P2	N4-2N6-1N6-1	33
23	19	大東工...	217	19	27-12-20N	4.25	8075	902	922	925	935	P1	S8-2	33
24	20	大東工...	131	20	27-12-20N	4.25	8500	910	930	940	945	P1	S8-2	35
25	21	大東工...	123	21	27-12-20N	4.25	8925	917	937	945	953	P1	S8-2	35
26	22	大東工...	220	22	27-12-20N	4.25	9350	907	927	934	943	P2	N5-1N9-2	36
27	23	大東工...	323	23	27-12-20N	4.25	9775	916	936	938	949	P2	N5-1N9-2	33
28	24	大東工...	121	24	27-12-20N	4.25	10200	926	951	958	1004	P1	S8-2	38
29	25	大東工...	131	25	27-12-20N	4.25	10625	938	1001	1005	1010	P1	S8-2S9-1	34
30	26	大東工...	380	26	27-12-20N	4.25	11050	922	947	952	1000	P2	N9-2	38

図-5 コンクリート運搬実績一覧表（例）

ラント出荷時刻から荷卸し開始時刻までの経過時間)と打込み時間(プラント出荷時刻から荷卸し終了時刻までの経過時間)についての管理制限値との比較判定結果、アジテータ車の運搬状況(プラント出荷済、荷卸し中、荷卸し終了)および打設速度などが計算され、**図-7**に示すように全てのパソコンにリアルタイムで表示される。打込み完了後には、**図-5**に示すコンクリート運搬の実績一覧表を、EXCEL形式で出力することができる。

コンクリートの受入れ検査結果は、携帯電話システムを利用して事務所パソコンへ検査結果と写真が送られる。受入れ検査項目は、スランプ、空気量、塩化物イオン量、コンクリート温度、外気温を初期設定しているが、検査項目の追加・削除は、携帯電話のメニュー画面の指示に従って携帯電話のガイドキーで簡単に行える。**写真-2**に携帯電話の表示画面例を示す。受入れ検査結果は、**図-7**に示すように検査結果表と品質管理図が全てのパソコンにリアルタイムで表示される。また、打ち込み完了後には、**図-6**に示す受入れ検査の結果一覧表および品質管理表を出力することができる。

b. 品質管理システム

打込み管理システムは、**図-7**に示す打設パソコン(打設場所で使用するパソコン)の打込み管理画面で打重ねの時間管理を行う。同画面では、打重ね時間管理表、打重ね時間図、アジテータ車運搬状況表、受入れ検査結果表、

No	プラント	配合	時刻	台数	打設量 (m ³)	スランプ (cm)	空気量 (%)	塩化物イオン (kg/m ³)	温度 (°C)	外気温 (°C)	打設速度 (m ³ /分)
1	31	27-12-20N	0742		115	4.7	28.1	28.0			
2	210	27-12-20N	1048		135	5.3	32.6	29.0			
3	323	27-12-20N	1410		130	4.6	33.2	30.0			
4	119	27-12-20N	1514		135	3.6	31.8	30.0			

図-6 受入れ検査結果一覧表 (例)

No	打重ね対象箇所	打重ね	最大打重ね時間 (分)	発生時刻	既打設箇所の打込み開始・終了時刻	備考
1	N1(1層)→N2(1層)	鉛直	0	08:00	N1(1層) 07:30-08:00	
2	N1(1層)→N3(1層)	鉛直	17	08:17	N1(1層) 07:30-08:00	
3	N2(1層)→N3(1層)	鉛直	0	08:17	N2(1層) 08:00-08:17	
4	N3(1層)→N4(2層)	水平	0	08:23	N3(1層) 08:17-08:23	
5	N1(1層)→N4(2層)	水平	23	08:23	N1(1層) 07:30-08:00	
6	N2(1層)→N4(2層)	水平	6	08:23	N2(1層) 08:00-08:17	
7	N2(1層)→N5(1層)	鉛直	6	08:23	N2(1層) 08:00-08:17	
8	S5(1層)→N5(1層)	鉛直	25	08:55	S5(1層) 08:21-08:30	
9	S6(1層)→N5(1層)	鉛直	7	08:55	S6(1層) 08:30-08:48	
10	N3(1層)→N6(1層)	鉛直	34	09:29	N3(1層) 08:17-08:23	
11	N5(1層)→N6(1層)	鉛直	0	09:29	N5(1層) 08:55-09:29	
12	N5(1層)→N7(2層)	水平	10	09:39	N5(1層) 08:55-09:29	
13	N4(2層)→N7(2層)	鉛直	34	09:29	N4(2層) 08:23-08:55	
14	N5(1層)→N8(2層)	水平	16	09:45	N5(1層) 08:55-09:29	
15	N4(2層)→N8(2層)	鉛直	34	09:29	N4(2層) 08:23-08:55	

図-8 打重ね時間管理一覧表 (例)

この画面は、打込み管理システムの主要な操作画面を示しています。上部には「通信正常」と「加須市大越処理区農業集落排水事業」のプロジェクト情報が表示されています。中央には「打重ね時間管理表」があり、No、層、時刻、打設量、スランプ、空気量などのデータがリストアップされています。右側には「打設速度」の棒グラフと「打設数量」の折れ線グラフがリアルタイムで表示されています。下部には「アジテータ車運搬状況表」があり、車台番号、時刻、打設量、スランプなどのデータが示されています。さらに「受入れ検査結果表」や「スランプ管理図」、「空気量管理図」などの品質管理ツールも画面に統合されています。

図-7 打込み管理画面 (例)

果表、打設速度、コンクリートの品質管理図などが表示される。打込み管理は、打重ね時間管理表あるいは打重ね時間図に、打設計画でブロック割りされた打込み箇所（以下、ブロックと称す）へのコンクリートの打込みの開始と終了時刻を入力（画面にタッチすることによって自動的に入力される）することによって、打重ね時間などの打込み状況を管理するものである。これらの打込み情報により、ブロックに打ち込まれたコンクリートの最終打込み時刻からの経過時間がブロックごとに色別表示と所定の打重ね管理時間内の警告によって、コンクリートの打重ねを確実にできる。この打込み情報は事務所パソコンを経由して、全てのパソコンにリアルタイムで表示される。また、打設速度やアジテータ車の運搬状況も打設場所で把握でき、コンクリートの出荷量調整を適切に行うことができる。同時に、運行管理システムにおけるICカードシステムの出荷・荷卸し情報を活用することによって、**図-5**に示すように、コンクリートのトレーサビリティとして運搬されたコンクリートの打込み箇所が判別できるようになっている。打込み完了後は、**図-8**に示すコンクリート打重ね時間管理の一覧表を出力することができる。

打設計画は、**図-9**に示す打設計画作成システムのフローに従って作成される。打設条件、ブロック割りなどを入力すると、入力された条件で、時間ステップごとに施工進捗状況を求めるシミュレーション機能によって運搬、打込み、打重ね時間などが所定の管理時間内で行える最適な打設条件の設定や打重ね時間が最大になるブロックと時刻の予測ができる。この打設計画作成システムにより、打込み箇所への数量、打込み時刻、打重ねの予想時間、アジテータ車の配車などが計画される。

3. 現場適用試験

3.1 試験概要

コンクリート打設支援システムの有効性を確認するために、現場適用試験を2回実施した。現場適用試験では、システムの操作性、コンクリートの打重ねの時間管理およびコンクリートの品質管理を行った。なお、今回の試験では、コンクリート打設支援システムのうち品質管理システムのみを適用した。

3.2 適用現場

適用した現場は、埼玉県の農業集落排水事業における汚水処理施設の建設工事である。システムを適用した汚水処理施設は、**図-10**に示す幅22m×長さ30m×深さ

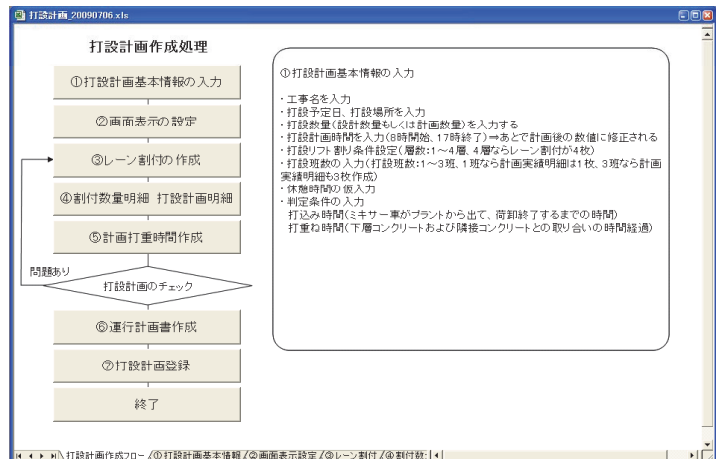


図-9 打設計画作成画面

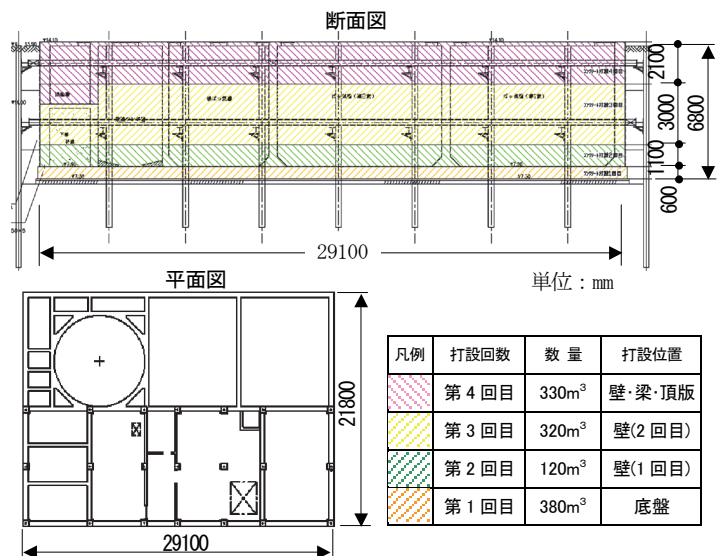


図-10 汚水処理施設の形状

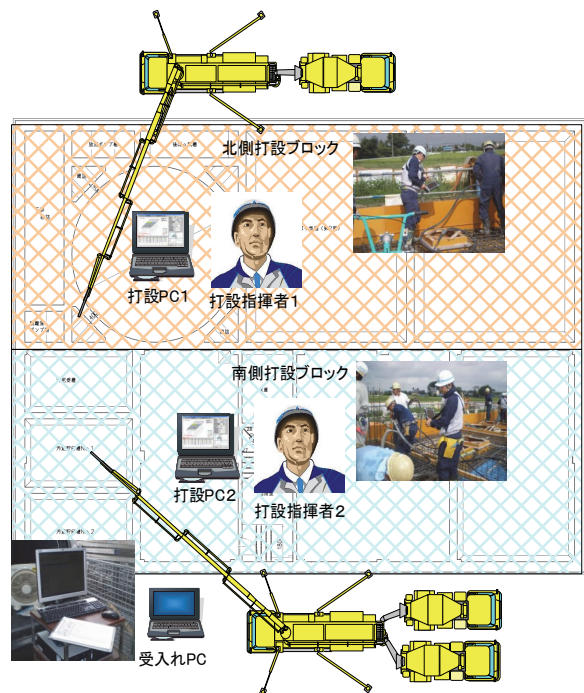


図-11 打込み時の配置状況

7m の大きさで、躯体コンクリートの打設を 4 回に分けた。なお、コンクリート打設支援システムは、第 3 回目（2 回目の壁打設：320m³）と第 4 回目（壁・梁・頂版打設：330m³）の打設で適用した。

3.3 適用結果

第 4 回目の壁・梁・頂版打設の適用結果について報告する。なお、第 4 回目の打設日は平成 20 年 7 月 31 日で、気温は終日 25℃超であった。

試験時の装置等の配置は、図-11 に示すように、ポンプ車 2 台で打込みを行ったので、打設パソコンを 2 台、受入れパソコンを 1 台とした。

a. 打設計画の作成

ブロック割りと打込み順序を入力して、各ブロックの打込み数量、打込み時刻、最大打重ね時間およびアジテータ車の配車予定などを打設計画作成システムを用いて作成した。打設高さは、壁部の高さ 2.1m、頂版厚 0.2m、梁せい 0.7m であることから、打込み高さは、梁下 1.4m までの壁部を第 1 層とし、残りの壁・梁・頂版を第 2 層として打ち重ねることとした。

図-12 に第 1 層と第 2 層の打設計画図を示す。ポンプ車 2 台で打ち込むため、打設計画はポンプ車別（北側と南側）に作成した。シミュレーション機能の結果より、打重ね時間が最大となるブロックは、共に第 2 層打設時で、北側でブロック N12 の 82 分、南側でブロック S8 の 59 分と予想された。

b. 打重ね管理と品質管理結果

ブロックへの打込みの開始および終了時刻の入力は、打重ね時間図への手によるタッチ方式により、能率よく入力できることを確認した。

実績の最大打重ね時間は、北側で第 2 層打設時のブロック N5 の 68 分、南側で第 2 層打設時のブロック S8 の 91 分であった。

ブロックに打ち込まれたコンクリートの最終打込み時刻からの経過時間（打重ね管理）は、ブロック別に 20～30 分単位ごとに色分け表示しているため、視覚的に状況が把握でき、打重ね時間の管理がより確実に実施できた。

さらに、施工記録が電子化されているため、打設終了後の帳票作成作業の省力化に有効であることを確認した。また、ICT を活用しているため、現場事務所でも、コンクリートの打設速度や数量および打込み箇所などの進捗状況がリアルタイムで把握でき、的確な対応ができることを確認した。

4. あとがき

コンクリート打設支援システムは、2009 年 9 月から 2 現場で運用を開始する予定である。

また、本システムは、運行管理システムと品質管理シ

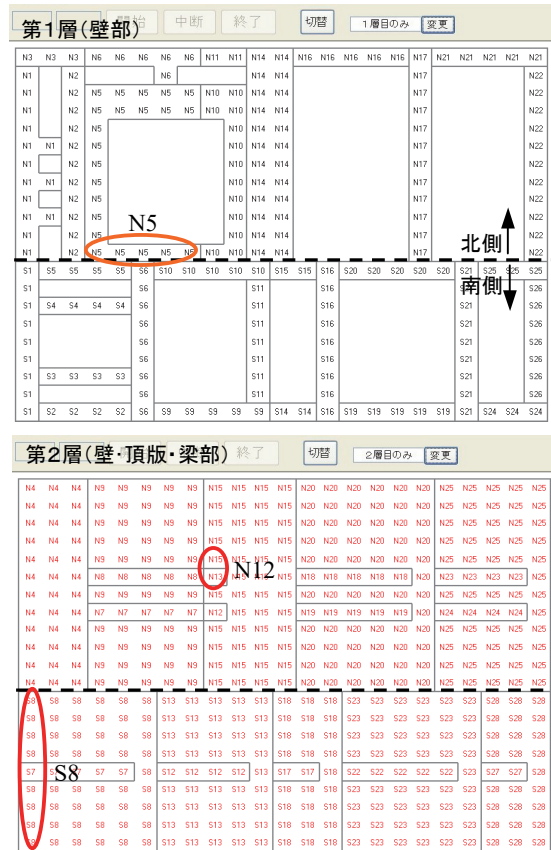


図-12 打設計画

ステムから構成され、さらに各システムは、IC カードシステム、携帯電話システム、打設計画作成システム、打込み管理システム、WEB カメラシステムのサブシステムから構成されている。これらのサブシステムは、個々に独立して使えるように構築されている。

今後も、実現場への適用を行い、新設コンクリート構造物の品質保証に役立てていきたい。

【参考文献】

- 1) 例えば、奥村組、「生コンの製造から打設までを一元管理」、日経コンストラクション p.46、2007 9 月 28 号