

## 報告 IT を活用した高流動コンクリートの品質管理システムの開発

高橋 寛\*1・宮川 公一\*2・近松 竜一\*3・川島 宏幸\*4

**要旨:** 情報通信技術 (IT) を活用することにより, 高流動コンクリート製造データを品質管理用のデータに変換し, インターネット上で, 生コンプラントおよび打設現場, その他がリアルタイムに共有できるシステムを開発した。本報告では, このシステムの概要ならびに実工事に適用した結果とその効果についてまとめた。

**キーワード:** IT, 高流動コンクリート, 品質管理システム, PCLNGタンク

### 1. はじめに

情報通信技術 (IT) の急速な進歩とインターネットの普及は, 従来の業務形態に大きな変革をもたらしている。IT の活用は, 単に業務の効率化を推進するにとどまらず, 業務の透明性, 競争性, コスト縮減等の社会的要請に対応できる有効な方法として注目されている。建設業においても, 技術情報のデータベース化や資材調達の分野において既に IT が利用されてきており, 今後は, 生産分野への展開として, 工事の情報化推進に拍車がかかるものと予想される。

高流動コンクリートは, 締固めを必要とする従来のコンクリートに比べ, 製造管理のレベルによって品質変動が大きくなるといわれている。大規模な工事で, 一度に多量の高流動コンクリートを打設する場合には, 同時に複数の生コンプラントでコンクリートを製造することになり, 各工場とも同等の品質が確保されるよう, 合理的な品質管理体制の確立が重要となる。

そこで, このような管理体制を実現する方策として, IT を活用することで, 高流動コンクリートの管理情報をインターネットを介して,

生コンプラントと打設現場の管理者さらには遠隔地の専門技術者がリアルタイムに情報を共有できるシステムを開発した。

本報告では, このシステムの概要を紹介するとともに, 大阪ガス(株)姫路製造所における最新の PCLNGタンク建設工事に適用した結果とその効果について示すものである。

### 2. 高流動コンクリートの品質管理システム

コンクリートの品質保証の方法として, 信頼できる正確な材料計量値を自動印字記録により確認する配合保証システムが提案されている<sup>1)</sup>。

また, 高流動コンクリートの流動特性は, 練混ぜ終了直前のミキサ負荷値により定量的に把握できることが知られており<sup>2)</sup>, 実工事での品質管理における有用なデータとして利用されている<sup>3)</sup>。

今回, IT を活用して複数の生コンプラントの各練混ぜバッチごとのコンクリートの製造データ (材料計量値, 練混ぜ終了直前のミキサ負荷値, 骨材の表面水率の補正操作値および練混ぜ時刻等) をインターネット上で品質管理用に変換された情報を工事関係者がリアルタイムに

\*1 大林・鴻池共同企業体 大阪ガス姫路工事事務所 工修 (正会員)

\*2 大阪ガス(株) 技術部 土木建築技術チーム 工修

\*3 (株)大林組 技術研究所 土木材料研究室 副主任研究員 工修 (正会員)

\*4 大林・鴻池共同企業体 大阪ガス姫路工事事務所 (正会員)

把握でき、その情報が逐次整理・記録化されるシステムを開発した。

このシステムの構築に際しては、

- ①生コンプラントの制御操作盤が、オフコンをベースとしている場合、簡単にインターネット環境に取り込むことが難しい。
  - ②生コンプラントによりバッチャーのプラントメーカーが異なり、計量制御の形式や仕様が多種多様である。
  - ③ミキサの電流負荷値が計量記録と一緒に印字出力できる仕様にはなっていないこと。
- など、運用上いくつかの課題が顕在化した。メーカー各社の協力を得てシステムを開発することができた。

### 2.1 システム概要

本システムの特徴は、

- 1) 各材料の設定値および計量値
- 2) 骨材の表面水率の補正操作値
- 3) 練混ぜ終了直前のミキサ負荷値
- 4) 生コン車の車両番号
- 5) 生コンの積載量

などの製造データを、リアルタイムに自動的に品質管理用の情報に変換し、インターネット上に公開するものである。

このシステムの概念図を図-1に示す。

複数の生コンプラント、打設現場、発注者さらには遠隔地の専門技術者が、リアルタイムにこれら品質管理用の情報を共有することが可能である。

### 2.2 システムの運用効果

今回開発したシステムを適用するにあたり、以下のような効果が期待される。

#### (1) 品質の安定化

練混ぜ終了直前のミキサ負荷値は、材料の変動（主に水量の変動）に起因したフレッシュコンクリートの品質変動を鋭敏にとらえる指標として利用できる。したがって、逐次記録されたミキサ負荷値の履歴により、高流動コンクリートの品質性状を逐次モニタリングでき、異常が生じた場合のチェックアウトも容易かつ確実で、品質が変動した時の迅速な対応が可能となる。その結果、品質の安定化につながる。

#### (2) 計量印字記録による検査・保証

各バッチごとのコンクリートの練混ぜ終了と同時に、受け入れるコンクリートが所定の材料および量で練り混ぜられていることを、いわゆる「コンクリートの配合検査<sup>4)</sup>」として実施する「仕組み」を構築できる。

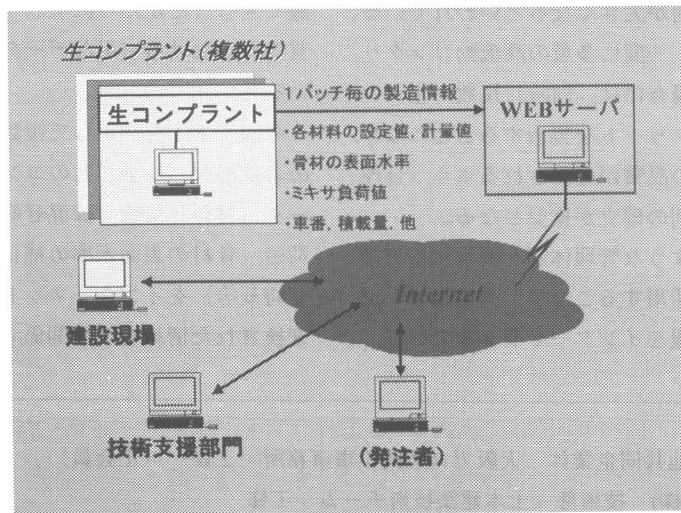


図-1 システム概念図

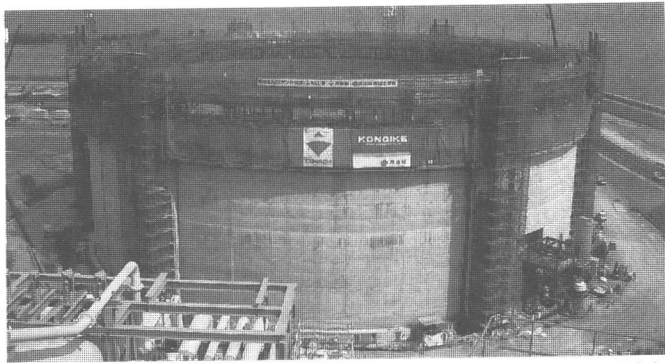


写真-1 建設中のPCLNGタンク（平成13年4月現在）

さらには、全てのプラントの、全ての製造バッチにおけるデータが逐次整理・記録されることにより、複数の生コンプラントで製造し打設した全てのコンクリートに対して、抜き取り検査ではできない本質的で画期的な品質管理・保証を行うことが可能となる。

### (3) 人力的削減・経費削減

インターネットを介しているのも、遠隔地においても、必要に応じて情報を入手することができる。そうすることで、高度な知識と十分な経験を有するエキスパートがその場にいらなくても複数のプラント同時に監視・指導が可能となり、人力的削減・それに伴う諸経費の削減が期待される。

3. 実工事における品質管理システムの適用  
今回開発したシステムを、大阪ガス(株)姫路製造所における最新のPCLNGタンク建設工事に適用した結果について、以下に報告する。

#### 3.1 工事概要

地上式LNGタンクとしては、世界最大級の容量18万klのPCLNG貯槽の建設工事である。この形式のタンクは、低温用鋼の内槽の外側に貯蔵液の外部流出を防止するためにPC製防液堤を配置した合理的な二重構造となっている。これにより保安レベルの高いタンクを最小限の敷地に建設することができる特長を有している（図-2参照）。

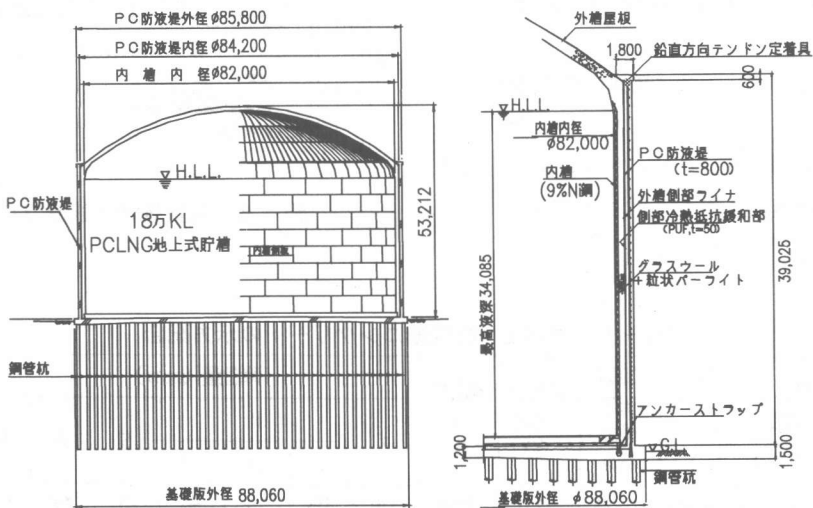


図-2 PCLNGタンク構造図

PC製防液堤は、LNGを大量に貯液する大型重要構造物であることから、施工精度を含め、高液密性確保のために入念な施工管理が求められる。

PC防液堤の構築は1リフトあたり1.9mの高さでロット分割して、高さ方向に計21回に分けて構築する。自昇式の足場・型枠工法の採用により、標準サイクルでは1ロット約450m<sup>3</sup>のコンクリートを週1回の頻度で打設する。

PC防液堤のコンクリートは、容量が約9,300m<sup>3</sup>で、設計基準強度60N/mm<sup>2</sup>で自己充填性を有する高強度・高流動コンクリートを採用した。

また、ひび割れ抑制の観点から、材料・配合面の対策として、セメントには低熱ポルトランドセメントを用い、膨張材の併用によりひび割れ抵抗性を高めた配合(表-1, 2参照)を採用した。さらに、コンクリートを打ち込んだ後、円周テンドンシーすを用いたポストクーリングを実施し、確実にひび割れの発生を抑制する対策を講じた。

これらの対策による効果の一例を図-3に示す。防液堤躯体内に温度計、コンクリート有効応力計等を打設ロットごとに設置し、温度と応力を確認しながらひび割れ制御管理を行った結果、十分に収縮ひび割れの発生を抑制することができた。

本工事では、打込み時に締固め作業を行わない施工を前提としており、たとえわずかでも自己充填性能の劣るコンクリートを打ち込むと構造物自体の機能性を損なう恐れがある。

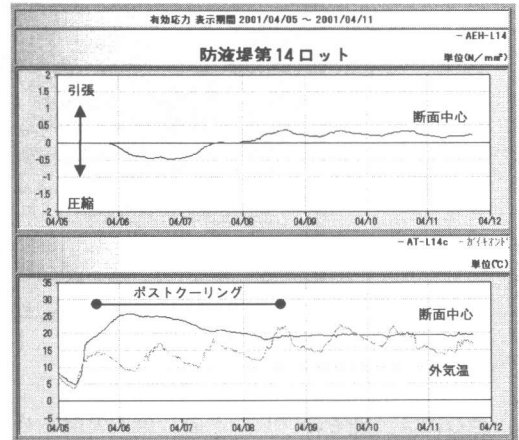


図-3 温度ひび割れ制御結果

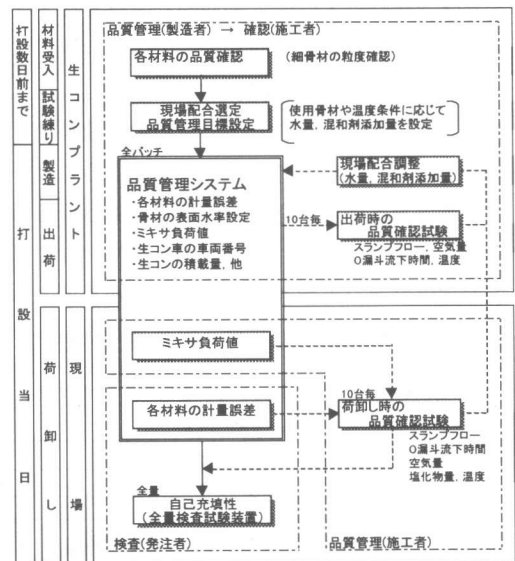


図-4 品質管理・検査フロー

表-1 高強度・高流動コンクリートの示方配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	自己充填性ランク	目標スランプフロー (mm)	O漏斗流下時間 (秒)	水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )							SPA (P×%)
						W	P			S	G	BP	
							C	EX	LF				
20	2	600~700	10~15	32.0	50.0	170	515	15	50	770	786	0.5	1.2

表-2 使用材料

材 料	記 号	種 類	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	摘 要
セメント	C	低熱ホトランドセメント	3.24	ブレン値 3400 cm <sup>2</sup> /g
膨張材	EX	CSA系	2.91	ブレン値 2600 cm <sup>2</sup> /g
混和材	LF	石灰石微粉末	2.71	ブレン値 5500 cm <sup>2</sup> /g
細骨材	S	海砂	2.55	F.M.:2.70(代表値)
粗骨材	G	砕石 2005	2.62	F.M.:6.65(代表値)
混和剤	BP	増粘剤	—	β-グルカン
混和剤	SPA	高性能 AE 減水剤	1.06	ポリカルボン酸系

また、納入予定の各生コン工場とも今回初めて高流動コンクリートを製造・出荷すること、各プラントから現場までの交通事情が悪く、運搬時間が通常でも約 30~60 分程度かかる等の事情から、事前に周到な品質管理が必要と考えられた。

本工事において実施した品質管理および検査フローの概略を図-4に示す。

ミキサ負荷値を各バッチ連続してリアルタイムで監視し、大きく変動したバッチがあった場合に、出荷・荷卸しの両時点において品質確認試験を実施した。また、荷卸し時に写真-2に示す間隙通過性の試験装置を用いて、コンクリートの自己充填性を全量検査した。

### 3. 2 高流動コンクリートの製造・品質管理と受入れ検査

各プラントごとに「細骨材表面水率の変動値-練混ぜ終了時のミキサ負荷値」の関係を求め、管理範囲を定めた。プラントからは、ミキサ負荷値および表面水率の設定値がリアルタイムに自動転送される。一例として、ある打設日の練混ぜ終了時のミキサ負荷値および表面水率設定値の変動グラフを図-5に示す。

計量印字記録の転送データの一例を図-6に示す。各バッチの練混ぜが終了したと同時に計量記録（設定値、計量値、誤差）が転送され、各材料が所定の量だけ計量され、十分に練混ぜられたものであることを確認した。

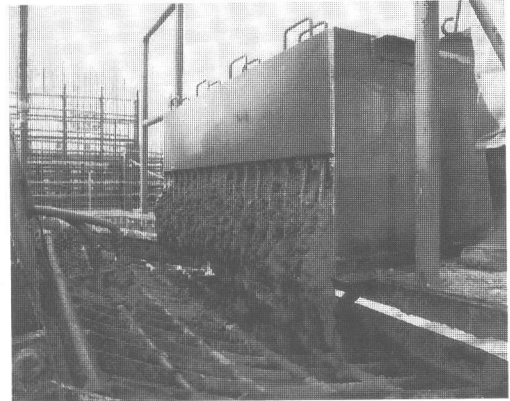


写真-2 全量検査試験装置による自己充填性の受入れ検査

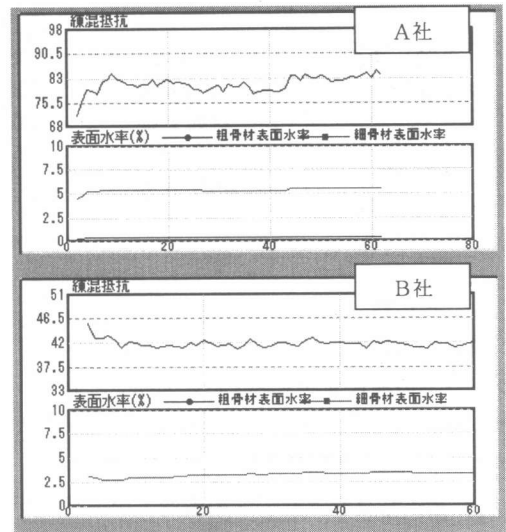


図-5 ミキサ負荷値および表面水率設定値の変動グラフ

出荷時、荷卸し時とも約 50m<sup>3</sup>に 1 回以上の割合でフレッシュコンクリートの品質を確認し、圧縮強度供試体は約 100m<sup>3</sup>毎に採取した。コンクリートの各種試験結果の一覧を表-3に示す。本システムを運用することにより、高流動コンクリートの品質変動をほぼ所定の範囲内に制御することができた。

	Bat	時刻	台数	号車	配合	練量	W	C1	C2	C1+C2	S1	S2	G1	G2	AE1	負荷値
設定値	61	11:34		17	9501	1.5	214.2	784.0	76.5	860.5	1222.0	0.0	608.0	1216.0	10.6	
計量値							214.5	784.0	77.0	861.0	1220.0	0.0	608.0	1224.0	10.6	6.3
誤差							0.1	0.0	0.7	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.7	0.0	
表面水							---	---	---	---	3.8	6.2	0.0	0.0		
設定値	60	11:31		17	9501	1.5	214.2	784.0	76.5	860.5	1222.0	0.0	608.0	1216.0	10.6	
計量値							215.0	782.0	77.5	859.5	1218.0	0.0	602.0	1218.0	10.6	6.2
誤差							0.4	-0.3	1.3	-0.1	-0.3	0.0	-1.0	0.2	0.0	
表面水							---	---	---	---	3.8	6.2	0.0	0.0		
設定値	59	11:28		17	9501	1.5	214.2	784.0	76.5	860.5	1222.0	0.0	608.0	1216.0	10.6	
計量値							214.0	785.0	75.5	860.5	1216.0	0.0	610.0	1222.0	10.6	6.3
誤差							0.0	0.1	-1.3	0.0	-0.5	0.0	0.3	0.5	0.3	
表面水							---	---	---	---	3.8	6.2	0.0	0.0		
設定値	58	11:25		21	9501	1.5	214.2	784.0	76.5	860.5	1222.0	0.0	608.0	1216.0	10.6	
計量値							214.5	784.0	77.0	861.0	1224.0	0.0	606.0	1220.0	10.6	6.4
誤差							0.1	0.0	0.7	0.0	0.2	0.0	-0.3	0.3	0.0	
表面水							---	---	---	---	3.8	6.2	0.0	0.0		
設定値	57	11:22		21	9501	1.5	214.2	784.0	76.5	860.5	1222.0	0.0	608.0	1216.0	10.6	

図-6 データ転送画面 (C社)

表-3 コンクリートの品質管理結果

項目		度数	平均値	最大値	最小値	標準偏差
荷卸し時の フレッシュ性状	スランプフロー(mm)	208	655	710	590	17
	0漏斗流下時間(秒)	205	11.5	17.8	7.8	1.4
圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	材齢7日	60	23.7	31.3	29.5	1.6
	材齢28日	45	57.4	66.8	49.0	3.6
	材齢91日	15	83.7	92.2	74.3	6.1

※平成13年4月現在

#### 4. まとめ

情報通信技術 (IT) を活用した高流動コンクリートの品質管理システムを開発し、LNGタンク建設工事に適用した。本報告の範囲内で得られた知見を以下に示す。

(1) 高流動コンクリートの製造・出荷状況がほぼリアルタイムで工事現場さらには遠隔地においても把握でき、異常が生じた場合にも確実かつ迅速に対応することができる。その結果、人員の削減・それに伴う諸経費の削減ができる。

(2) 製造した全てのコンクリートに関する情報を逐次整理・記録化し、これにより品質を保証する新たな取組みを試行した。

#### 5. あとがき

計量印字記録によるコンクリートの配合検査を実効性のあるものとするには、骨材の表面水率が適正に補正されていることが前提となる。より高精度な表面水率の評価・管理方法の確立が今後期待される。

最後に、本システムの運用および自己充填コンクリートの品質・施工管理に際し多大なるご指導ならびにご助言を賜りました、高知工科大学 岡村甫学長、大内雅博講師にこの場を借りて感謝の意を表します。

#### 【参考文献】

- 1) 日本コンクリート工学協会：コンクリートの製造システム研究委員会報告書，pp.29-50，1992.3
- 2) 土木学会：高流動コンクリート施工指針，コンクリートライブラリー第93号，pp.136-138，1998.7
- 3) 川島宏幸，岡田茂，西崎丈能，近松竜一：PCLNG貯槽における高強度・自己充てんコンクリートの製造・施工管理，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21，No.2，pp.421-426，1999.6
- 4) 土木学会：平成11年版コンクリート標準示方書 [施工編]，pp.145-149，2000.1