

論文

[1180] 建設現場から 800km 離れた場所で工事管理を行う試み

桑原隆司*1・洪悦郎*2・鎌田英治*3・西田 朗*4

1. はじめに

近年、大都市内の建築工事などで、建設現場の近くに工事事務所を設置して工事管理を行うことが困難な場合が生じている。また、離島における工事や、海洋構造物、原子力施設等の工事では、建設現場から離れた場所でコンクリート工事の管理を行わなければならない場合がある。

コンクリート工事に伴う品質管理では、特に強度と温度の管理が問題になる場合が多く、温度管理については国内外で自動化や電話回線を利用する試みが行われている[1][2]。しかし、強度管理については、管理技術の高度化に向けた取組みが国内外で進められているが[3]~[6]、建設現場から遠く離れた場所で適切な管理を行う試みの報告は、今のところ国内外共に見当たらない。

これらの事から、著者らが研究を進めている温度と強度の管理システム等[7]~[9]も利用して、建設現場のコンクリートの品質管理を任意の場所で行うシステムを試作し、建設現場から離れた場所で管理を行う極端な例として、札幌のコンクリート工事を東京で行う試みを行った。

なお、札幌と東京間の距離は、地図上の直線距離で 800km 強、航空会社各社の航空距離で約 900km、JR の営業距離で 1,000km 強である。

2. コンクリート構造体の品質管理に使用したシステム

2.1 試作した品質管理システムの全体概要

試作した品質管理システムの全体概要を、図-1 に示す。同システムは、建設現場で測定した外気温やコンクリート構造体温度などを、無線送受信システムや電話回線を利用して任意の場所に

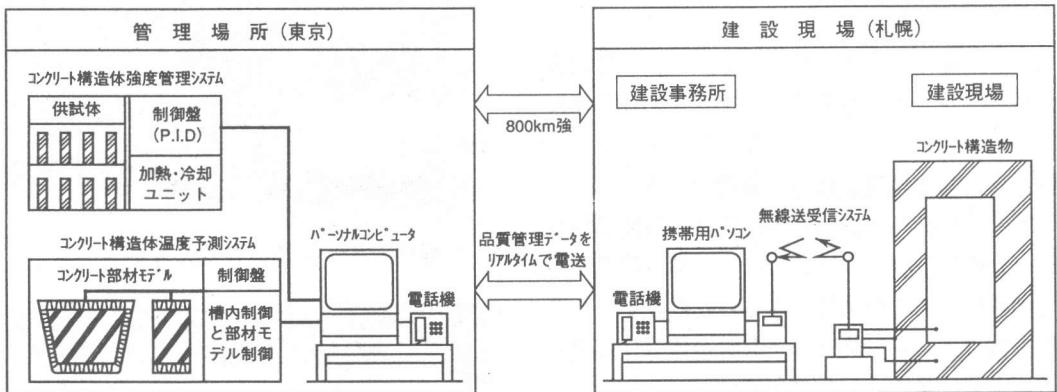


図-1 コンクリート構造体の品質管理に使用したシステムの全体概要図

- * 1 清水建設(株)技術研究所主任研究員、工博 (正会員)
- * 2 関東学院大学教授 工学研究科、工博 (正会員)
- * 3 北海道大学教授 建築工学科、工博 (正会員)
- * 4 清水建設(株)技術研究所、工修 (正会員)

自動的に送信し、そこで温度や構造体の強度などの管理を行なおうとするものである。

2.2 建設現場に設置するシステム概要

札幌の建設現場に設置したシステム概要を、写真-1に示す。

現場では、外気温やコンクリート構造体の管理箇所に熱電対をセットし、測定された温度は建設事務所へ無線送受信システムで送信した。事務所を受信したデータは、電話回線を通して東京の管理場所まで送信した。

これらの送受信はすべて自動的に行われた。

なお、管理場所が建設現場からあまり遠くない場合には、電話回線を使用せず、無線送受信システムのみによる送信が可能となる。

2.3 管理場所に設置するシステム概要

東京の管理場所に設置した受信システムの概要を、写真-2に示す。

管理場所では、建設現場から送られてきたデータを受信し、リアルタイムで画面表示すると共に、下記の強度管理システムと温度予測システム[7]~[9]に所要のデータを自動的に与えた。

(1) コンクリート構造体強度管理システム

コンクリート構造体強度管理システムの概要を、写真-3に示す。

建設現場から電送されたコンクリート構造体温度は、システム槽内のコンクリート供試体によって自動的に与えられるため、この供試体によって構造体の強度発現が適切に管理できる。

また、設計時や施工計画時には、温度予測システム等で予測したコンクリート構造体温度が自動的に槽内の供試体に与えられるので、この供試体によってコンクリート構造体の強度発現が施工前に適切に予測できる。

(2) コンクリート構造体温度予測システム

コンクリート構造体温度予測システムの概要を、写真-4に示す。

建設現場から電送された現場外気温、またはコンクリートの養生温度は、自動的にシステム槽内に与えられ、槽内のコンクリート部材モデルは、建設現場のコンクリート構造体に近似し

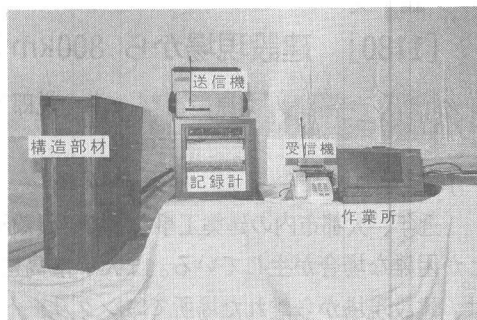


写真-1 建設現場に設置するシステム概要



写真-2 管理場所に設置する受信システム

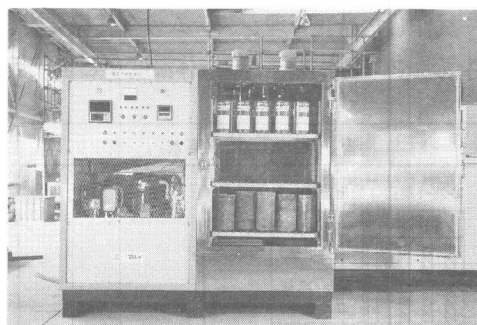


写真-3 構造体強度管理システム

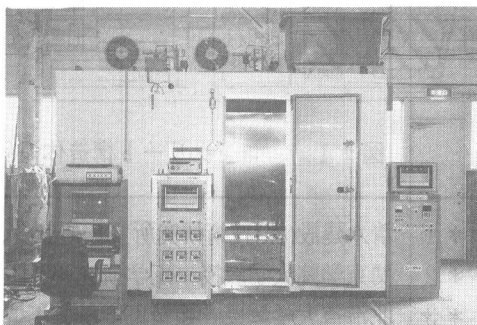


写真-4 構造体温度予測システム

た温度履歴と強度発現を行なう。このため、部材モデルにより、構造体強度分布などを知ることができる[7][8]。また、設計時や施工計画時には同システムによってコンクリート構造体温度や強度分布などが施工前に適切に予測できる。

なお、槽内コンクリート供試体は、現場水中または現場封かんと同じ条件で養生が行える。

3. 丸善札幌ビル施工実験概要

3.1 建物概要

丸善札幌ビルの外観を写真-5に、基準階平面を図-2に、建物立断断面を図-3に示す。

また、建物概要を以下に示す。

工 事 名：丸善株式会社札幌ビル新築工事

所 在 地：札幌市中央区南一条西三丁目

設計・施工：清水建設株式会社

工 期：1990年9月～1992年4月

敷地面積：847.12 m²

建築面積：737.43 m²

延床面積：7,053.64 m²

高 さ：35.35 m

階 数：地下2階、地上9階

構 造：鉄筋コンクリート構造

3.2 実験概要

(1) コンクリートの材料と調合

コンクリートに使用した材料は以下の通りで、建設現場で使用したものと同一材料を東京の管理場所でも使用した。また、コンクリートの調合は表-1の通りである。

セメント：普通ポルトランドセメント

細骨材：門別産川砂（比重2.65）

粗骨材：門別産川砂利（比重2.63）と、手稲産碎石（比重2.64）を混合使用

混和剤：ナフタリン系高性能AE減水剤

(2) 実験方法

実験は丸善札幌ビルの基礎耐圧板コンクリートを対象にして、1991年3～5月に行った。同コンクリートの温度測定位置を図-4に示す。

実験では、コンクリート中等に設置した熱電対で計測される温度を、図-1の無線送受信シ

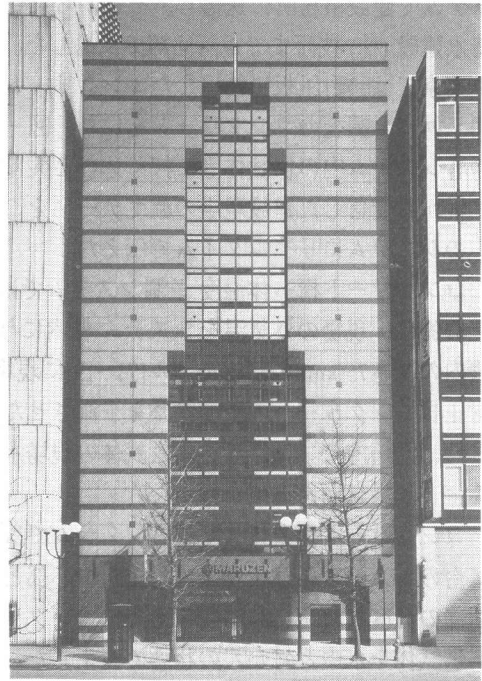


写真-5 完成した丸善札幌ビル建物外観

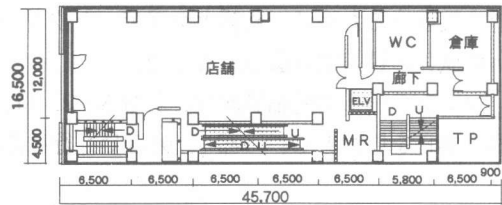


図-2 丸善札幌ビル基準階（2階）平面図

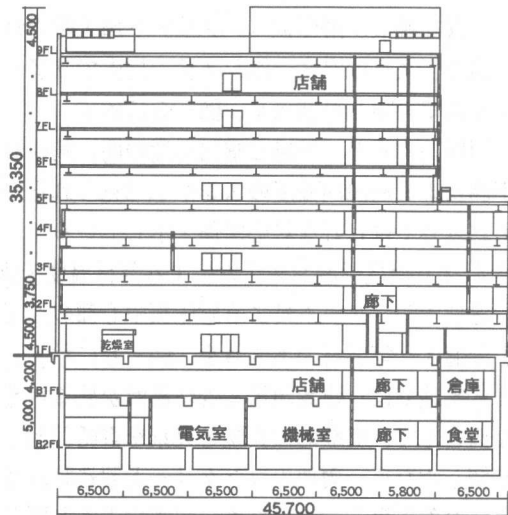


図-3 丸善札幌ビル立断断面図

ステムで建設事務所に送信し、そこから東京の清水建設(株)技研まで電話回線で電送した。

東京では、耐圧板に使用したコンクリートと同じ材料と調合のコンクリートを作り、図-1の各システム内の供試体等に打ち込むと共に、札幌から受信した建設現場の温度データをこれらのシステムにリアルタイムで伝えた。

コンクリート構造体温度予測システムでは、実験的に、現場の外気温をシステム槽内に与え、槽内の厚さ750mmの部材モデル[7]~[9]に現場の耐圧板コンクリートの温度履歴を予測させた。また、同槽内でコンクリート供試体の現場水中養生と現場封かん養生を行った。

コンクリート構造体強度管理システムでは、二台のシステムに建設現場の耐圧板中心部と表面部の温度履歴を自動的に与えて、コンクリート供試体を水中と封かんの状態で養生した。

なお、札幌の耐圧板に使用したコンクリートと東京で使用したコンクリートの強度特性の相違を確認するために、札幌と東京でコンクリート供試体の標準水中養生を行った。

コンクリートの圧縮試験は、材令3、7、14、28、56日を原則とし、一部1、91日でも行った。

4. 実験結果

4.1 建設現場の温度条件の再現実験結果

丸善札幌ビル耐圧板コンクリート施工時の外気温を、東京の温度予測システム槽内でリアルタイムで再現した結果を、図-5に示す。

同図によると、現場と槽内温度の間に制御器不調による局部的温度のズレが2、3見られるが、それ以外では良好な対応関係を示している。

4.2 温度予測システムによる部材温度予測

温度予測システムによる耐圧板中心部の温度予測値と、実部材の実測値を、図-6に示す。

本実験では、建設現場と管理場所が異なる極端な例として、実験的に札幌と東京を電話回線で接続したため、両地のコンクリート製造時温度条件が若干異なる。このため、同図によると両者の温度履歴に若干のズレは認められるが、温度

表-1 コンクリートの調合

水セメント比 W/C (%)	目標スラブ (cm)	目標空気量 (%)	細骨材率 s/a (%)	単位置 (kg/m ³)			
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G 砂利 砕石
52.5	18.0	4.0	43.3	147	280	824	752 322

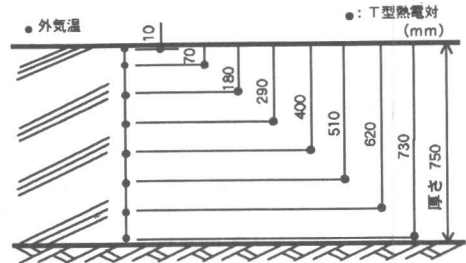


図-4 耐圧板コンクリートの温度計測位置

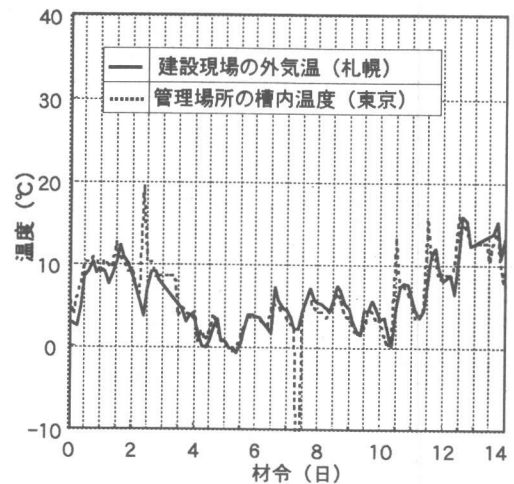


図-5 建設現場の温度条件の再現実験結果

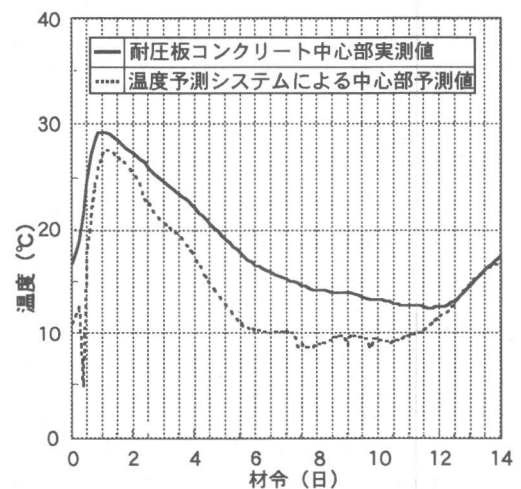


図-6 構造体温度とシステムの温度予測値

予測システムは実施工部材の温度履歴の大略の傾向を示していることがわかる。

4.3 強度管理システム内の供試体温度制御

丸善札幌ビル耐圧板コンクリート中心部温度実測値と、東京の強度管理システムがコンクリート供試体に与えた温度を、図-7に示す。

同図によると、両者は極めて良好な対応関係を示しており、同システムにより任意の建設現場のコンクリート温度などを任意の場所の供試体に与えることが可能であることがわかる。

4.4 強度試験結果

札幌と東京で標準水中養生を行ったコンクリート供試体の強度試験結果を、図-8に示す。

同図によると、両地のコンクリート強度試験結果は、概ね良好な対応関係を示している。

なお、積算温度 M は、洪が $^{\circ}D \cdot D$ 方式として建築工事標準仕様書など [10] [11] に導入したもので、ここでは下式から求めている。

$$M = \sum_{z=1}^n (\theta z + 10) \quad (^{\circ}D \cdot D)$$

ここに、

z : 材令 (日)

θz : 材令 z 日における日平均コンクリート温度 ($^{\circ}C$)

丸善札幌ビルの耐圧板コンクリート等の温度を東京に電送し、各システムを用いて各種条件下の構造体強度等を求めた結果を図-9に示す。

同図によると、履歴が大きく異なる耐圧板コンクリート中心部、表面部や現場外気温等の温度を経験した各供試体の強度発現傾向が、積算温度方式でかなり明瞭に整理できることがわかる。

個々の条件下の供試体の強度発現を比較すると、封かん養生で部材の温度履歴を経験した供試体は、水中養生で部材の温度履歴を経験した場合に比べて、積算温度 M の増加に伴い強度が 10% 前後低めになった。また、積算温度 M が小さいうちは、低温な外気温度を経験した供試体は、部材の温度を履歴した供試体に比べて強度発現がやや遅れる傾向なども認められた。

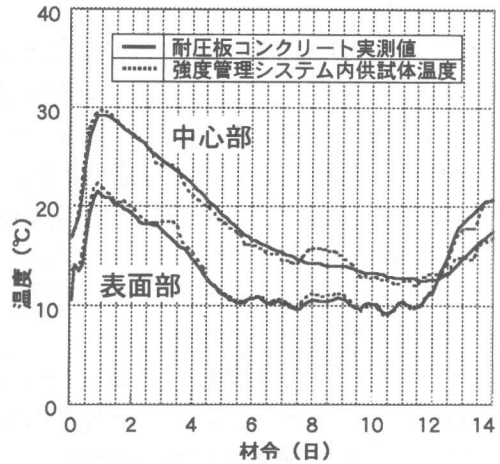


図-7 現場構造体温度と管理場所供試体温度

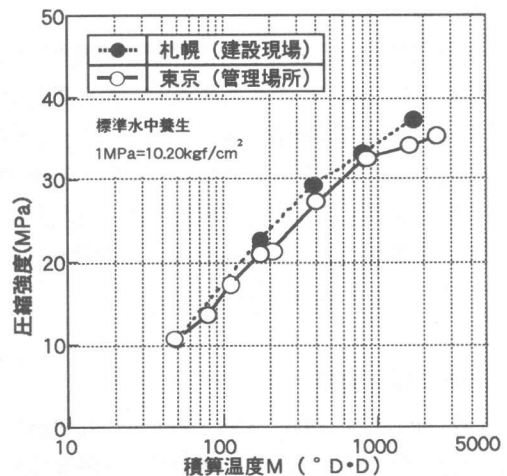


図-8 建設現場と管理場所の圧縮強度比較

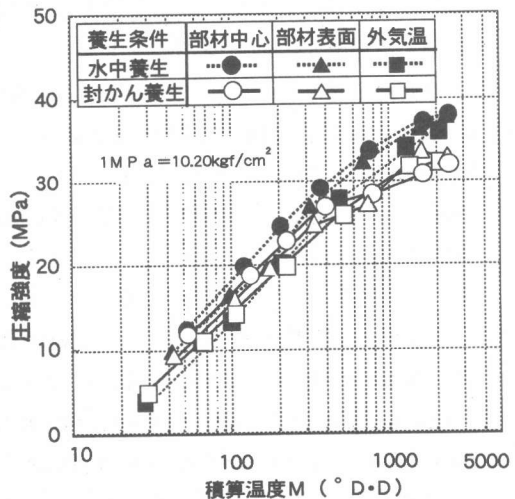


図-9 各種養生下のコンクリートの強度発現

5. まとめ

近年、大都市内の建築工事などで、建設現場の近くに工事事務所を設置して工事管理を行うことが困難な場合が生じていることや、現場から離れた場所でコンクリート工事の管理を行わなければならない場合があることなどから、建設現場のコンクリートの温度や強度の管理を任意の場所で行うシステムを試作した。また、試作したシステムを用いて、建設現場から離れた場所で管理を行う極端な例として、札幌のコンクリート工事の品質管理を東京で行う試みを行った。

施工実験の結果、一部で制御器の不調による局所的な温度のズレなどの問題も生じたが、将来的にはこのようなシステムを用いて、建設現場から離れた場所でコンクリート工事の管理を行うことが十分に可能であることが確認された。

なお、本報告では、建設現場と管理場所が異なる極端な例として、実験的に札幌と東京を電話回線で接続したため、両地のコンクリートは厳密には異なるが、現時点で実際にコンクリート工事の管理を行う場合には、建設現場と管理場所のコンクリートは同一である必要がある。

謝 辞

本研究における品質管理システムの製作では、(株)セントラルの故松村茂氏、山中忠氏、若栄毅洋氏や(株)マルイの手島秀敏氏、春日高明氏をはじめとする方々の協力を戴いた。故松村茂氏に謹んで哀悼の意を表させて戴くと共に、御協力戴いた皆さんに謹んで感謝の意を表します。

また、品質管理システムを用いた施工実験の機会を作って戴いた丸善札幌支社の関係各位に、謹んで謝意を表します。施工実験では、北海道立寒地住宅都市研究所の桂修氏、清水建設(株)相沢勝彦氏、岡田武二氏、松本正信氏、有賀正博氏、成田一徳氏、他多くの方々の御協力を戴いた。

ここに、深く謝意を表します。

参考文献・資料

- 1) Nicholas J. Carino : Spec. for Cold Weather Concreting, Concrete International, Oct. 1988, pp.50~57
- 2) EARNEST Co., Ltd. : 技術資料「THERMO GRAPHIC SYSTEM」, 1991, pp.1~6
- 3) 鎌田英治、桂修、長谷川寿夫、他 : 高強度コンクリートの強度性状把握のための柱モデル実験、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.13, No.1, 1991, pp.237~242
- 4) 西田朗、岡田武二、桑原隆司 : 暑中コンクリートおよび高強度コンクリートにおける積算温度方式の適用に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.14, No.1, 1992, pp.511~516
- 5) Robert I. Pearson : Maturity Meter Speeds Post-Tensioning of Structural Concrete Frame, Concrete International, April 1988, pp.63, 64
- 6) Digital Site System : 技術資料「CIMS - Computer Interactive Maturity System」, 1989
- 7) 桑原隆司、西田朗、他 : 高強度コンクリートの品質管理方法の研究 (その3.コンクリート強度予測・管理システムの試作と検討)、日本建築学会大会講演梗概集、Oct., 1989, pp.555; 556
- 8) T. Kuwahara, Y. Koh, et al. : A Computerized Quality Control System for Concrete Structures, 15th Conference on Our World in Concrete & Structures, Vol. IX, Aug. 1990, pp.181~186
- 9) T. Kuwahara, et al. : Method for predicting and controlling the strength development of concrete and apparatus therefor, United States Patent, Patent Number 5,041,987, Aug. 1991
- 10) 日本建築学会 : 建築工事標準仕様書・同解説 (JASS 5) , July 1991, pp.280
- 11) 日本建築学会 : 寒中コンクリート施工指針・同解説、January 1989, pp.2