

スマートセンサ型枠システムの無線ネットワーク化による
現場管理・温度分布・推定強度分布の可視化

東京大学大学院工学系研究科 建築学専攻	正会員	○北垣 亮馬	野口貴文
児玉 株式会社	正会員	西島 茂行	
株式会社 アルス・リサーチ・システム	正会員	山本 秀之	

1. はじめに

コンクリートの型枠存置期間中の管理は、工期短縮と長期耐久性に大きく関わるため、近年ますます高いレベルの品質管理が要求されているが、現場工事のオペレーションは、コストの観点からも抜本的な改善が難しい状況にある。著者らは、作業員に新たな作業負担をかけることなく、型枠の存置状況、使用回数、生コンクリートの打込み時期、コンクリート表面の温度履歴といった情報を自動的に収集し、さらに組み

表 1 SS 型枠システムの無線ネットワークの規格

規格	IEEE802.15.4 に一部準拠
使用周波数帯域	2.405～2.480GHz
変調方式	DSSS 方式
通信距離	最大 15～20m

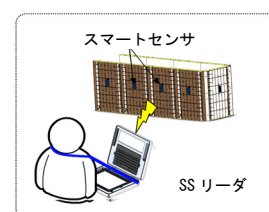


図 1 SS 型枠システムの無線読取状況

ソフトウェアを使って養生中のコンクリート表面強度推定など品質管理を行うことのできるコンクリート品質管理システム（スマートセンサ（SS）型枠システム）を開発した．現時点で，SS 型枠システムの平米施工単価はコンパネと同等かそれ以下，型枠工事時間もコンパネよりも短縮されるなど利点は多いが，今後の普及のためには稼働安定性の検証とユーザビリティの向上が求められている．特に無線ネットワークによる施工型枠群とのネットワーク通信は，部品市場の成熟化でローコスト化しており^[1]，コンクリート全体の品質管理の自動化において極めて有用性が高い．本研究の目的は，この SS 型枠システムを，センサの構造上，最も厳しいと考えられる冬期の山間部のコンクリート工事現場に試験的に適用することで，無線ネットワーク通信を含んだ SS 型枠システムの稼働安定性を検証することを目的とする．具体的には，2ヶ所の異なる冬期山間部のコンクリート工事現場において，①型枠工事から脱型直前までのデータ測定，②搭載された無線ネットワーク・システムを用いたデータ回収，③回収データに基づき，養生期間中のコンクリート表面の推定強度分布の可視化を行うことで，SS 型枠の現場稼働安定性を検証した．

2. 現場適用実験

2-1 SS 型枠システムの無線通信距離の検証

SS 型枠システムに搭載された無線ネットワーク・システムの仕様と、都市部ガレージにて通信実験を行い得られた結果を表 1、図 1 に示す。SS リーダーと型枠間の最長通信距離は 15~20m 程度あり、山間部の土木コンクリート工事であっても、ほとんどすべての型枠からのデータ回収が、安全な場所から可能であると考えられる。

2-2 SS 型枠システムの耐久性検証

次に、茨城県に所在する児玉株式会社・資材倉庫から SS 型枠の電源をオンにしたままで、表 2 に示す 2 現場へトラックにて搬送し、現場ヤードにて屋外保管してもらった後に、型枠工事、コンクリート工事、養生期間を経て脱型後、SS リーダにてデータを回収しデータ欠落から稼働状況を確認した。なお搬送に関しては時々放り投げるなど SS 型枠に衝撃を与えたほか、樹脂型枠の割付枚数と部材断面寸法の違いによって生まれる端部についてはコンパネをカットして寸法調整を行った。また、現場 B については、豪雪によって現場ヤード内で SS 型枠が雪に埋没し、搭載している各種センサが破損しやすい 0 度前後の温冷乾湿繰返し環境を経験した後、現場に設置された。その結果、現場 A、現場 B 共に 100% の SS 型枠からデータを問題

キーワード 小型集積回路, 無線ネットワーク, 推定表面強度分布, 可視化

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 工学部 1 号館 103 号室 TEL 03-5841-6194

なく回収でき、極めて過酷な冬場の外部環境においても安定稼働することが示された。また無線読取距離についても、金属製の仮設部材の影響もなく減衰なく受信することができた。

2-3 コンクリート表面推定強度分布可視化実験

表 2に示す2現場で収集したコンクリート表面の温度履歴データと現場で打込まれたコンクリートの調合をもとに有効材齢法によってコンクリート表面の強度推定を行った。現場 A の型枠割付図と材齢ごとのコンクリート表面推定強度結果を図 2および図 3に、現場 B の型枠割付図と材齢ごとのコンクリート推定強度結果を図 4に示す。その結果、現場 A の擁壁においては土手付近（図中右下部位）と端部が、現場 B においては常時影になる部位と端部の強度発現が遅れる傾向が可視化できた。

3. おわりに

本研究では、スマートセンサ型枠システムを現場に適用し稼働安定性を検証した。結果を下記に示す。

- スマート型枠センサシステムは、樹脂型枠に小型の集積回路が設置された製品でありながら、通常の型枠と同等の落とす、放り投げるなどの多少荒々しい運搬をしても故障せず安定的な稼働をする。
- 極めて寒冷かつ雪の影響があった場合でも、センサは正常に稼働する。
- 無線ネットワーク・システムについても問題なく機能しデータ回収が遠隔にて可能である。但し、仮設部材の影響によっては読み取り距離が減衰する。

今後は、取得したデータから品質管理に必要なソフトを組み込みユーザビリティを高めていく予定である。

表 2 適用現場の概要

現場 A	場 所：東海地方の山間部
	適用部位：コンクリート擁壁 66 枚
	測定期間：2011 年 11 月末の 1 週間
現場 B	場所：北陸地方南部の山間部
	適用部位：コンクリート橋脚 38 枚
	測定期間：1 月中旬から 4 週間、豪雪環境にて屋外保管し雪に埋没

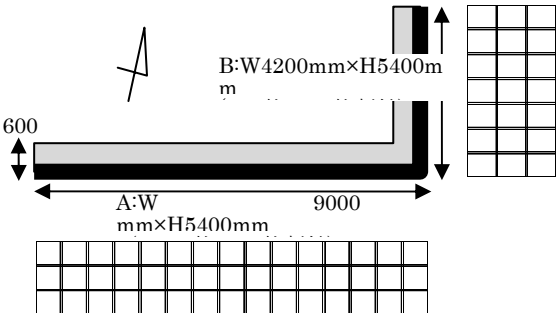


図 2 現場 A のコンクリート擁壁の平面図と型枠割付図

4. 参考文献

[1] 蓬田宏樹：“無線 LAN 新たな挑戦 テレビ、白物、スマートグリッドを射程に”，日経エレクトロニクス, 2011.9.5

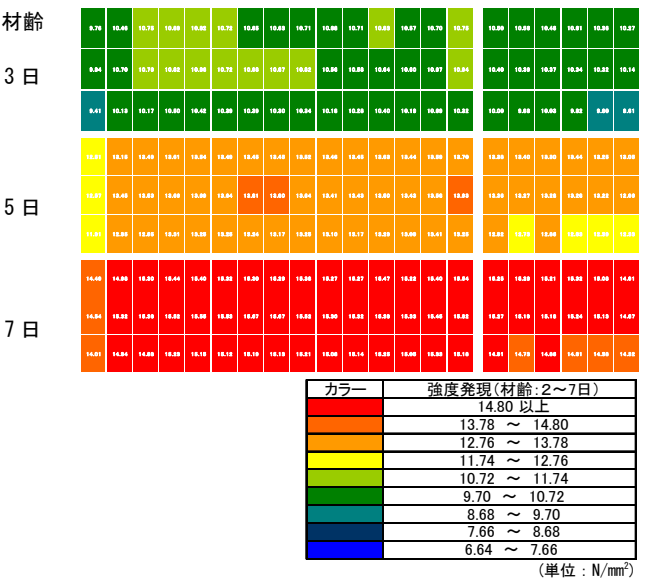


図 3 現場 A のコンクリート表面推定強度分布

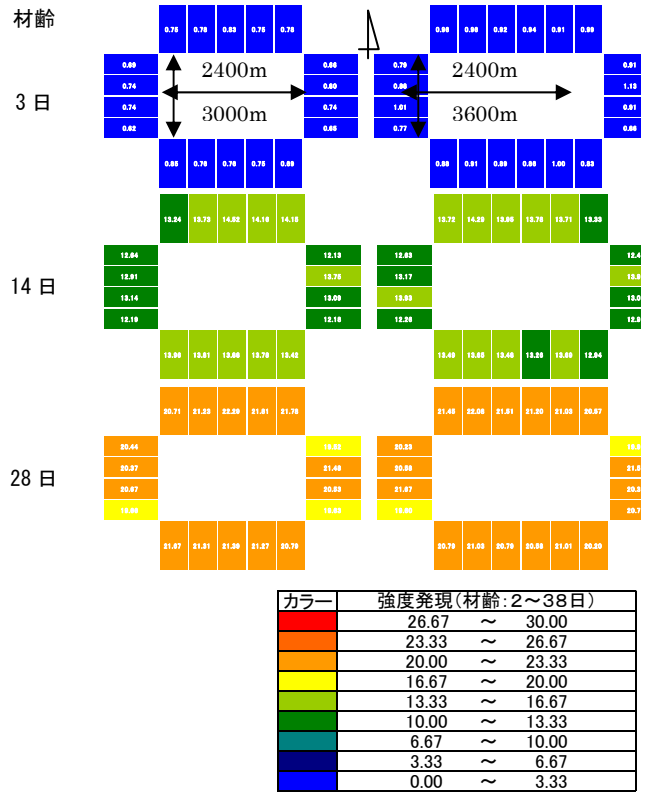
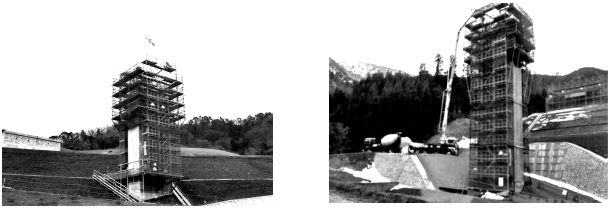


図 4 現場 B のコンクリート表面推定強度分布