

静電容量の変化によるコンクリートの圧縮強度の推定手法に関する基礎的検討

(株)フジタ 正会員 ○藤倉 裕介

1. 目的

近年、公共工事をはじめコンクリート構造物の高品質化、長寿命化への要求が高まっており、施工者は施工による不具合を未然に防ぐとともに、高品質なコンクリート構造物を施工することが必要とされる。コンクリート構造物の高品質化のためには、まだ軟らかいフレッシュコンクリートを型枠の隅々まで充填させ均一に締め固めるとともに、仕上げや養生といった計画を検討することが重要である。そのような背景から、著者らはセンシング機器を補助的に導入することで、施工時の不具合を低減し高品質なコンクリート構造物を施工することを目的として、型枠内に設置した計測センサーケーブルの静電容量の変化からコンクリートの打込み状況を把握し、リアルタイムでビジュアル的に表示することで打込み時の品質管理を行う手法について検討を行っている¹⁾。本研究では、打込み時に使用したセンサーを打込み後も継続的に用いて硬化過程における圧縮強度の推定を行う手法について提案するとともに、セメント硬化体を用いた基礎的な検討結果を報告する。

2. 計測原理およびシステムの概要

本手法は、計測センサーケーブルを型枠内に設置し、型枠内に打ち込まれるコンクリートの充填に伴って変化する静電容量を連続的に計測することによりコンクリートの打込み高さを把握し、その後も静電容量の変化を測定することで、硬化過程の水分量の変化を捉え、圧縮強度の推定を行うものである。本手法では、点の情報ではなく面的に、また平均的に物性を捉えようとする点が特徴である。

計測原理の概要を図-1に示す。図-1(a)は何も充填されていない空の円筒に計測ケーブルを鉛直に設置した状況を示す。計測センサーケーブルは一定の間隔を持った2本の線により構成されており、この間には静電容量がある。空気中における比誘電率は小さく、(a)の円筒では静電容量の合計値は14(F)である。一方、水などの液体をはじめフレッシュコンクリートでは比誘電率が空気の約80倍と大きくなり、図-1(b)に示すようにコンクリートが打ち込まれると、その合計値は646(F)、打込み完了後は1120(F)となる。すなわち、コンクリートの打込み高さと静電容量の関係を事前に調べておくことにより、コンクリートの打込み高さを連続的に検知できるわけである。図-1(c)は硬化コンクリートの状態を示し、硬化体が形成されるとセメントの水和により水分が消費されて静電容量は減少する。この例では静電容量の合計は840(F)となり、この低下量が減少した水分量と関係するものと考えられるわけである。

次に、本手法を実際の建設現場のコンクリート打込み時において適用する場合のシステムの概要を図-2に示す。計

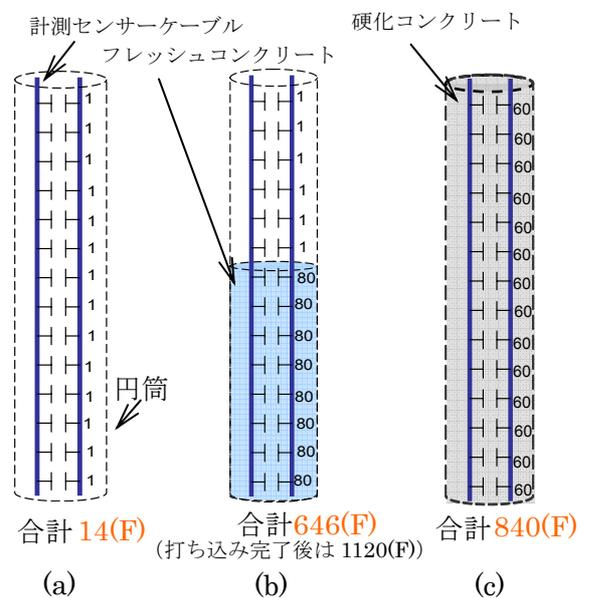


図-1 計測原理の概要

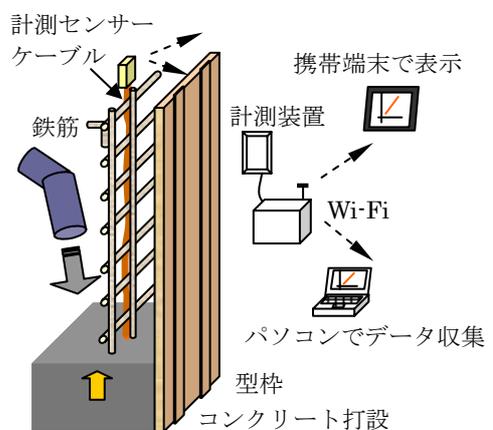


図-2 施工時のシステム概要

キーワード 静電容量, 圧縮強度, コンクリート打込み, 硬化過程, 品質管理

連絡先 〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 (株)フジタ技術センター TEL 046-250-7095

測センサーケーブルを型枠内の鉄筋あるいは別途用意した鉄筋等に沿わせて鉛直に設置する。計測装置で回収したデータは直ちに解析され、打込み高さを示すグラフや打込み状況をビジュアル化して表示する。また、計測結果の情報は、Wi-Fi機能を使って各種端末へ無線で転送することで、コンクリート打込み箇所から離れた場所でも計測状況を把握することが可能である。

3. 実験概要

本報告では、上記に示す計測システムを用い、基礎的な検討として実施したセメント硬化体による実験結果について示す。まず、図-3に示すように高さ1m、幅50mm、長さ300mmの壁状の試験体を作製した。センサーケーブルは10mm間隔で4本(No.1~No.4)および中心位置(No.5)に設置した。計測線は1.5mの長さを有し、そのうちの1mが計測に有効な線とし、メッシュ状の鉄筋に沿わせて幅50mmの断面中央付近に鉛直方向に設置した。本実験では、打込みの過程、脱型の影響などの検討も同時に行っているが、本報告では硬化過程における検証を目的とするため、打込み完了後の計測結果に着目する。試験体は普通ポルトランドセメントを用い、W/C=50%にてモルタルミキサーで練混ぜたセメントペーストを使用した。打込み後、上面からの乾燥を防ぐ目的で塗料を塗布しテープでシールした。試験体は20℃、相対湿度60%の恒温恒湿室で作製、養生した。また、同条件で作製したセメントペーストを用いてφ50mm、高さ100mmの円柱試験体を作製し、材齢1日、3日、7日、28日にて圧縮強度を測定した。

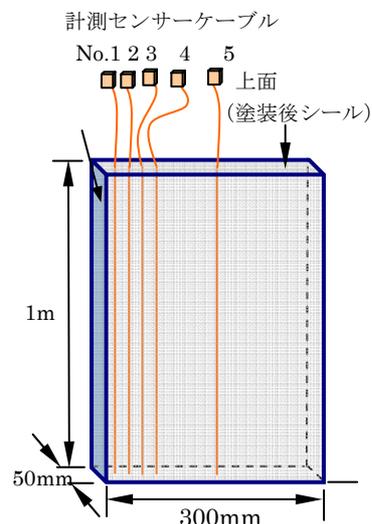


図-3 試験体の概要

4. 実験結果および考察

図-4には本システムによる計測結果として打込み完了後の静電容量の最大値からの変化を水分の割合として推定した結果を材齢との関係で示す。また、図中には既往の相組成モデル²⁾から推定される水分の割合変化をプロットする。図-4より、計測結果とモデルによる推定結果がおおよそ一致しており、本システムにより水和に消費された水分の変化を捉えることが可能であることが分かる。次に、図-5は水分の割合変化から既往の水和反応モデル²⁾より水和度を求め、水和度に相当する相組成から得られる空隙率より圧縮強度を推定した結果²⁾と円柱試験体による圧縮強度試験結果とを示したものである。圧縮強度についても十分に推定可能であることが分かる。

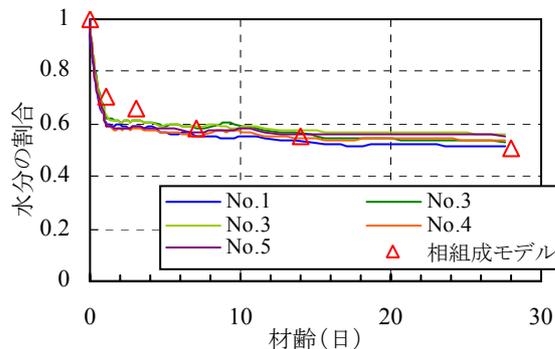


図-4 材齢と水分の割合変化の関係

5. まとめ

本研究では、打込み時に使用したセンサーを打込み後の硬化過程において継続的に用い、静電容量の変化から圧縮強度の推定を行う手法について、セメント硬化体による基礎的な検討結果を示した。今後はコンクリートでの検証、実構造物での適用を重ね、本システムの精度向上を検討予定である。

参考文献

- 1) 藤倉裕介ほか：コンクリート打設状況の連続検知、ビジュアル化による品質管理手法の開発と適用事例、土木学会第66回年次学術講演会概要集、CS9-019、pp.37-38、2011
- 2) 藤倉裕介、大下英吉：空隙構造と含水状態に基づくセメント硬化体の体積変化機構のモデル化に関する研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.33、No.1、pp.611-616、2011

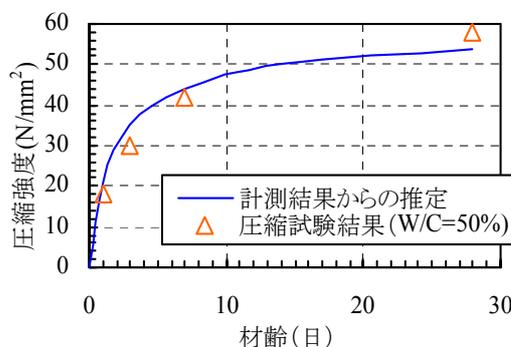


図-5 圧縮強度の推定結果