

シングルボードコンピュータを用いた部材温度追従養生の実験的検討

太平洋セメント（株） 正会員 ○中崎 豪士 正会員 森 寛晃
太平洋セメント（株） 正会員 面来 洋児 正会員 小亀 大祐

1. はじめに

近年耐震性向上の観点からコンクリートの低 W/C 化や断面寸法の大きい製品のニーズが増加している。一般的にコンクリートの強度発現は養生時の温度と密接な関係があり、コンクリート製品の強度管理のために部材と同一の温度履歴を与えた供試体の強度測定が行われている。しかしながら断面寸法の大きい部材の場合、セメントの水和発熱により供試体との強度発現の差異が顕著になるため、製品の実強度を正しく評価するために部材温度追従養生を行った供試体による強度管理が有効と考えられる。部材温度追従養生を行うための装置は過去に開発^{たとえ1)}されているが、装置サイズが大きく装置の導入費用も高額なものが多い。本検討では最近の情報技術を用いて部材温度追従養生装置を安価に製作し評価した結果を報告する。

2. 部材温度追従装置

製作した部材温度追従装置の模式図を図-1 に示す。温度センサをコンクリート部材内部と供試体を入れた養生水槽内に設置し、温度測定と記録を行い、部材内部の温度上昇に合わせて養生水温をヒーターにより加温する仕組みとなっている。温度測定・記録・制御を行う装置として近年農業 IoT 分野等で使用される安価な小型シングルボードコンピュータ（Raspberry pi 3 model B）を用いた。本機器は各種センサの測定・記録のほかインターネット経由で記録の送受信や測定結果から各種電子機器を制御するようプログラミングすることが可能である。本検討ではこのシングルボードコンピュータによりコンクリート製品現場で部材温度追従養生を安価に実現することを目指した。

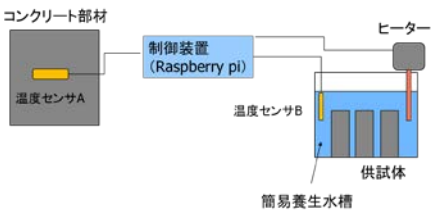


図-1 部材温度追従装置

表-1 使用材料

セメント	N	普通ポルトランドセメント（密度：3.16g/cm ³ ）
セメント	H	早強ポルトランドセメント（密度：3.14g/cm ³ ）
細骨材	S	砕砂（表乾密度：2.70g/cm ³ ）
粗骨材	G	砕石2005（表乾密度：2.68g/cm ³ ）
混和剤	SP	ナフタレンスルホン酸系混和剤
硬化促進剤	MXS	C-S-H系早強剤

表-2 コンクリート配合

配合名	W/C	s/a	単位量（kg/m ³ ）					MXS（C×%）
			W	H	N	S	G	
配合1	35	43	165	236	235	772	1013	0
配合2	35	43	165	236	235	772	1013	2

3. コンクリートの使用材料と配合

コンクリートの使用材料を表-1 に、配合を表-2 に示す。セメントには早強セメントと普通セメントを体積比 50：50 で混合したものを使用した。また冬期であったため硬化促進剤を少量（C×2%）使用した水準も検討した。骨材、混和剤は通常工場で製造使用している材料を使用した。

4. 実験方法

製造した部材はボックスカルバート（800×800×2000mm、部材厚 100mm）であり、各配合 1 体作製した。部材中の温度計測位置は部材の型枠近傍（端部）と中央部の 2 箇所とし、かぶり 25mm の鉄筋に温度センサを固定して温度計測を行った。コンクリートの練り混ぜは水平 2 軸強制練りミキサで行い、型枠へ流し込んだ後に型枠バイブレータで加振し充填した。打設が 16 時頃であったため、断熱効果を上げる目的でアルミ断熱シートを用いて型枠全体を覆い、養生を行った。部材温度追従養生と部材近傍で鋼製型枠内養生を行った供試体を用いて材齢 18 時間で脱型を行い直ちに強度測定した。

キーワード 部材温度追従養生，シングルボードコンピュータ，圧縮強度

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント株式会社中央研究所 TEL 043-498-3893

部材温度追従養生の場合、サミットモールドにコンクリートを打設し水が直接触れないようアルミ製の袋に型枠ごとに入れる封かん状態で簡易養生水槽内に設置した。コンクリート部材内部と簡易養生水槽の温度を1分ごとに計測し、簡易養生水槽の温度が低い場合、ヒーターが作動して部材内部温度と同一になるまで自動的に加温するプログラム制御を材齢 18 時間まで行った。

5. 実験結果

(1) コンクリート温度と簡易養生水槽の水温

コンクリート部材内部と簡易養生水槽水温の経時変化を図-2、図-3 に示す。硬化促進剤を使用しない場合、打設直後は練り上がり温度とほぼ同等で推移し、材齢 6 時間程度から温度が上昇し材齢 18 時間では端部で 19℃、中央部で 23℃であった。硬化促進剤を使用すると材齢 4 時間から温度上昇し材齢 18 時間では端部で 25℃、中央部で 28℃と明らかな温度上昇効果が認められた。簡易養生水槽の水温は夜間の気温低下により若干上下するが、部材内部温度との差は最大でも約 0.5℃であり、概ね部材内部の温度に追従していることが確認できた。図-2 中の中央部追従した養生水槽温度はやや乖離が大きいですが、これは水槽の水の循環が上手くいかなかったためである。なお外気温は打設時刻で約 10℃、夜間は最低 2℃まで低下した。

(2) 圧縮強度

部材温度追従養生ならびに型枠内封かん養生した供試体の圧縮強度を表-3 に示す。材齢 18 時間で比較すると型枠内封かん養生した場合、硬化促進剤の有無によらず 5N/mm² 以下であったが、部材温度追従養生を行うと、いずれも型枠端部で 5N/mm² 以上の強度と推定され、本強度結果を基に安全に脱型作業を行うことが出来た。

6. まとめ

シングルボードコンピュータと温度センサを用いて小型かつ安価な部材模擬養生を行う装置を開発した。コンクリートの生産性向上に向けた提案²⁾においても部材温度に追従した養生が提案されており、本装置の完成度を高めて製造工程の効率化・配合の最適化につなげていけるよう取り組む予定である。

参考文献

- 1) 桑原隆司ほか：マスコンクリートの強度管理方法と管理装置の研究,コンクリート工学年次論文集,Vol.9,No.2, pp.79-84,1987
- 2) 土木学会：コンクリートライブラリー148 コンクリート構造物における品質を確保した生産性向上に関する提案,p.111,2016

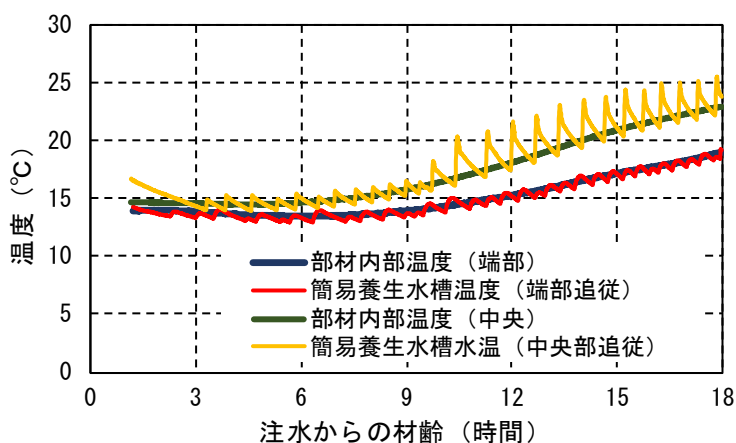


図-2 部材内部温度と簡易養生水槽水温 (配合 1)

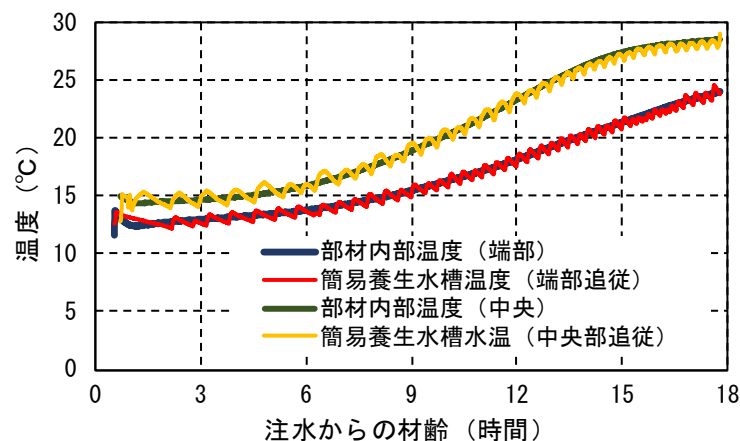


図-3 部材内部温度と簡易養生水槽水温 (配合 2)

表-3 圧縮強度

	部材温度追従養生 (材齢18時間)		型枠内封かん養生	
	端部	中央部	18時間	24時間
配合1	7.59	12.8	2.59	13.6
配合2	11.5	16.8	4.88	15.8