

可使時間および硬化時間を制御した水中不分離性コンクリートの
断熱温度特性および自己収縮特性について

戸田建設 株式会社 正会員 ○土師 康一 正会員 澤村 淳美

太平洋マテリアル 株式会社 正会員 竹下 永造

ポゾリスソリューションズ 株式会社 正会員 蓑宮 芳和

1. はじめに

近年、構造物の大規模化に伴い、水中におけるコンクリート構造物においても大型化が進んでいる¹⁾。さらに最近では、特殊コンクリートの技術進歩に伴い、水中における不分離性が高く、かつ、流動性に優れ、さらには、締固めを行わないで水中コンクリート工事が確実にできることを理由に、水中不分離性コンクリートの採用が多くなってきている。ただし、水中不分離性コンクリートは、単位水量および単位セメント量が多い配合となるのが一般的であり、大型構造物に適用した場合、構造物がマスコンクリート化し、温度応力の発生や自己収縮によるひび割れの発生が懸念される。そこで筆者らは、一般コンクリートに使用する超遅延剤を水中不分離性コンクリートに使用することで連続打ち重ねを可能とし、かつ、マスコンクリートとならないように打ち重ねたコンクリート層が独立して硬化する配合設計手法を確立²⁾した。ここで、当該配合による手法とは、可使時間および硬化時間を制御することを主体としているが、その断熱温度特性および自己収縮特性に関しては不明な点も多い。そこで、可使時間および硬化時間を制御した水中不分離性コンクリートの断熱温度特性および自己収縮特性の把握を目的とした試験を実施したので、その結果について報告する。

2. 試験概要

2.1 使用材料および配合

表-1 に使用材料一覧を示す。セメントは高炉セメント B 種を採用し、水中不分離性混和剤としてはセルロース系を使用した。さらに、流動化剤(Ad2)と超遅延性減水剤(Ad3)を用い、可使時間を調整した。コンクリートの配合を表-2 に示す。水セメント比は 50%と設定し、単位水量は 220kg/m³とした。また、水中不分離性混和剤、流動化剤、および、超遅延性減水剤は、現場でスラリー化し後添加する方式のため、単位水量で 22.5kg/m³相当の水をコンクリート配合から事前に差し引き、コンクリートが練り上がった後に各種混和剤とともに添加、攪拌した。

2.2 試験項目および試験方法

表-3 に試験項目の一覧を示す。コンクリートの練混ぜは 50ℓ パン型ミキサを用いて 30ℓ/バッチとした。また、今回試験では、水中不分離性コンクリートの目標スランプフローを 575±50mm、目標空気量を 4.0%以下とした。

表-1 使用材料一覧

材料名	記号	備考
水	W	上水道水
セメント	C	高炉セメントB種 密度：3.04g/cm ³
細骨材	S	掛川産山砂 表乾密度：2.57g/cm ³
粗骨材	G	桜川産砂岩碎石 表乾密度：2.65g/cm ³
混和剤	Ad1	高性能AE減水剤（収縮低減型）
混和剤	L	セルロース系水中不分離性混和剤
	Ad2	流動化剤（水中不分離性混和剤助剤）
	Ad3	超遅延性減水剤

表-2 水中不分離性コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					L (kg/m ³)	Ad2 (%)	Ad3 (%)
		W	BB	S	G	Ad1			
50	40	220	440	612	948	4.40	2.5	2.0	0.6

表-3 試験項目一覧

試験項目	試験方法
フレッシュ性状と経時	コンクリートのスランプフロー（JIS A 1150） コンクリートの空気量（JIS A 1128） コンクリートの温度（熱電対による測定）
断熱温度上昇試験	JCI-SQA 「コンクリートの断熱温度上昇試験（案）」
自己収縮試験	超流動コンクリート研究委員会報告書（Ⅱ） 「高流動コンクリートの自己収縮試験方法」

キーワード 水中不分離性コンクリート、遅延剤、セルロース系、断熱温度上昇試験、自己収縮試験

連絡先 〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-8-5 戸田建設株式会社 本社土木技術部 TEL 050-3818-4650

3. 試験結果

3. 1 フレッシュ性状およびその経時変化

表-4 にフレッシュ性状を示す．また，表-5 および図-1 にフレッシュ性状の経時変化を示す．図表より，可使時間および硬化時間を制御可能であることが分かり，可使時間はスランプフローの中心値を上回ることを条件とすると 48 時間であり，硬化開始時間（図中の青線：コンクリート温度が 20℃から+1℃の時点と設定）は 3.5 日程度であることが確認された．

3. 2 断熱温度上昇試験

図-2 に断熱温度上昇試験の結果を示す．ここで図中の理論式については、『マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016』（日本コンクリート工学会）³⁾ に示される断熱温度上昇特性式によって算出した．ただし，発熱開始材齢 t_0 については，コンクリート温度の経時変化を参考に 3.5 日と設定した．図より，断熱温度上昇試験の結果と理論式を比較すると，ほぼ類似な試験結果となっており，当該配合が既往の理論式にて推定可能であることが推察される．

3. 3 自己収縮試験

図-3 に自己収縮試験結果を示す．ここで図中の理論式については，先述の指針³⁾ に示される自己収縮ひずみによる推定式によって算出した．ただし，式中に用いる凝結の始発日 $t_{e, set}$ については，断熱温度上昇試験と同様 3.5 日と設定した．図より，発熱開始材齢である 3.5 日において，水和発熱に伴う温度ひずみが $+70 \times 10^{-6}$ 程度発生しているものの，その終了点（膨張から収縮へと遷移する点）を基点とした図中の赤点線を試験結果とした場合， -120×10^{-6} の自己収縮ひずみが測定された．理論式による推定では，材齢 58 日で 127×10^{-6} となっており，当該配合が現状の理論式にて推定可能であることが推察される．

これらのことより，可使時間および硬化時間を制御した水中不分離性コンクリートの断熱温度特性および自己収縮特性は，発熱開始材齢や凝結の始発日を適切に設定することで，既往の理論式にて表現可能であることが示唆されたものとする．

4. まとめ

可使時間および硬化時間を制御した水中不分離性コンクリートの断熱温度上昇試験および自己収縮試験を実施し，その特性を確認した．また，条件はあるものの，既存理論式による推定が可能であることが分かった．

【参考文献】

- 1) 十河 茂幸ら:低発熱水中不分離性コンクリートの開発, 大林組技術研究所報, No.41,pp.80-85
- 2) 竹下 永造ら:可使時間および硬化時間を制御した水中不分離性コンクリートの配合設計に関する実験的研究, 土木学会第 77 回年次学術講演会, 2021, V-422
- 3) 日本コンクリート工学会:マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016, 2016

表-4 フレッシュ性状一覧

スランプフロー (mm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (℃)
590×570	3.1	23

表-5 スランプフローの経時変化

スランプフロー(mm)			
0時間	24時間	48時間	72時間
590×570	600×600	585×575	570×560

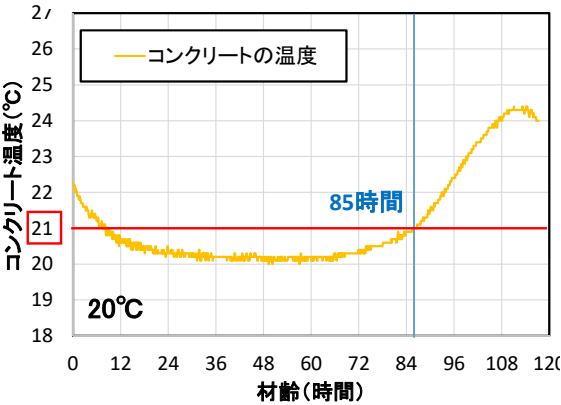


図-1 コンクリート温度の経時変化

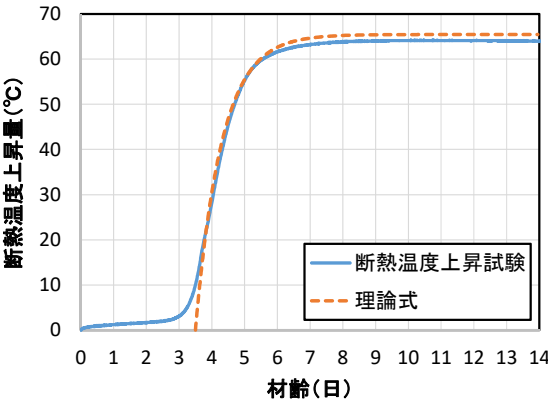


図-2 断熱温度上昇試験結果

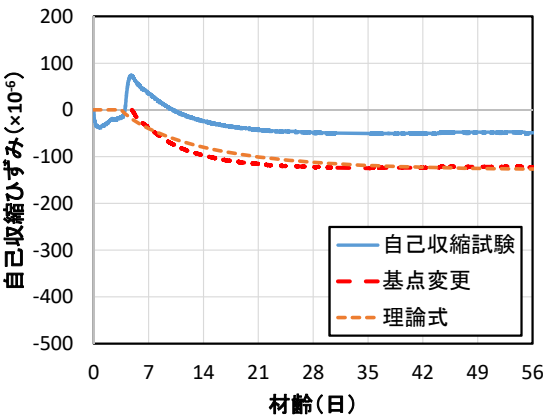


図-3 自己収縮試験結果