

材料保管温度が膨張モルタルの物性に及ぼす影響に関する基礎的研究

宮崎大学
宮崎大学
宮崎大学
NPO 法人持続可能な社会基盤研究会

学生会員 山口 伊知郎
学生会員 西崎 辰治
正会員 李 春鶴
フェロー会員 辻 幸和

1. はじめに

近年コンクリートのひび割れ対策として、膨張材の使用が注目されている。膨張材によるひび割れ対策において、有効膨張量を得るためにセメントの硬化と膨張材による膨張の温度依存性を考慮して、これらのバランスを制御することは重要である。これまでは異なる養生温度が膨張性状などの物性に及ぼす影響が明らかになっている^{1,2)}が、養生温度を一定にした場合でも打込み以前の材料保管温度が異なると膨張性状に影響をもたらすことを提示した³⁾。

本研究では、材料保管温度はセメントの硬化発現期において何らかの影響を及ぼすと仮定し、材料保管温度が膨張モルタルの物性に及ぼす影響について検討することを目的とした。

2. 実験概要

2.1 供試体の配合

表-1に配合を示す。西崎らの研究³⁾を参考にW/B=50%とし、膨張材の使用量はJIS A 6202に準拠した量(E/B=0.067)と西崎らが設定した量(E/B=0.106)で2種類とした。名称はそれぞれSCM(Shrinkage Compensating Mortar)とCPM(Chemically Pre-stressed Mortar)とした。

2.2 材料保管から養生までの温度

材料は全て密閉可能なポリ容器に入れ、10℃、20℃、30℃の温度下で保管した。打込み後は材齢18hまでそれぞれの材料保管温度と同様な温度下で封緘養生を行い、この期間及び期間中の温度をセメントの硬化発現期及び材料保管温度と定義する。材齢18h以降はいずれの試験においても、材齢28日まで水中養生(20±2℃)を行った。ただし、膨張性試験のみ材齢7日まで水中養生を行った。

2.3 各試験の概要

本研究では膨張性試験、酸素拡散試験、水銀圧入試験を行った。膨張性試験はJIS A 6202に準拠して、40×40×158mmの一軸拘束供試体を作製し、材齢18hで脱型した後試験に用いた。酸素拡散試験及び水銀圧入試験は円柱供試体を作製し、材齢28日で脱型した後、約10mmに切断

表-1 膨張モルタルの配合

名称	W/B(%)	単位量(kg/m ³)			
		W	C	E	S
SCM	50	256	478	34	1536
CPM		256	458	54	1536

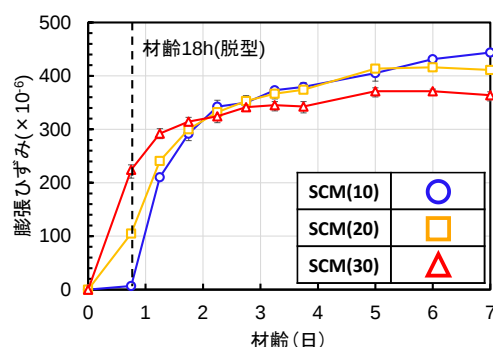


図-1 SCMの膨張ひずみの経時変化

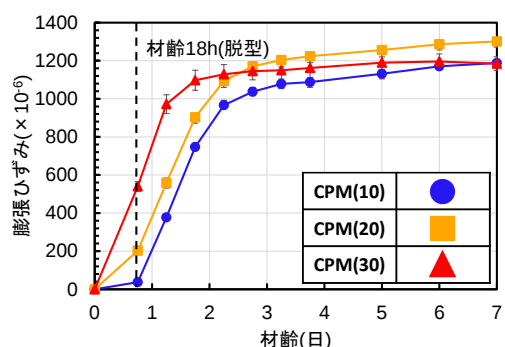


図-2 CPMの膨張ひずみの経時変化

した。そして酸素拡散試験用は2日間アセトン浸漬させ、その後曝露環境(20±2℃, RH60±2%)で質量変化がなくなった供試体を試験に用いた。水銀圧入試験は切断した供試体をさらに5mm角程度に粗粉碎し、40℃で2日間真空乾燥させた試料を試験に用いた。

3. 試験結果および考察

3.1 膨張性試験の結果および考察

図-1、図-2より、膨張ひずみの経時変化はSCMとCPMのいずれも硬化発現期までは材料保管温度が高いほど膨張し、養生期からは材料保管温度が低いほど膨張することが確認できた。まず硬化発現期における膨張反応には、温度依存性が認められる。その後膨張性状が変化した養生初期(材齢18h~材齢2.25日)において、硬化発現期から養生にかけて温度変化がないSCM(20)及びCPM(20)の膨張

ひずみを基準としてそれぞれ比較を行う。養生初期におけるSCM(10)及びSCM(30)の膨張勾配は、SCM(20)に比べてそれぞれ1.48倍及び0.44倍となった。また、CPM(10)及びCPM(30)の膨張勾配は、CPM(20)に比べて1.04倍及び0.66倍となった。養生初期に材料保管温度が10℃だったSCM(10)及びCPM(10)の膨張勾配が増加した原因として、硬化発現期に水和が抑制されたことでセメントの硬化による拘束は養生初期において弱かったことから膨張が進んだと考えられる。一方で、材料保管温度が30℃だったSCM(30)及びCPM(30)の膨張勾配が低下した原因として、硬化発現期に材料保管温度が10℃の場合より水和が進んだことでセメントの硬化が促進され、同時にセメント及び膨張材粒子表面に緻密な水和生成物が生成されたことで、養生初期の膨張及び水和反応が抑制されたと考えられる。そして養生後期(材齢2.25日~材齢7日)においては養生初期の傾向を保持しながら、膨張が徐々に収まることを認められた。また、これらの影響はCPMよりも膨張材量が少ないSCMの方が顕著に認められた。硬化発現期において、材料保管温度による膨張性状への影響は膨張エネルギーの小さいものほど顕著にみられると推察できる。

3.2 水銀圧入試験の結果および考察

図-3より、SCMとCPMの同じ温度下における総細孔量は、CPMの方が若干増加することが確認できる。前述したように、CPMはSCMより膨張材量が多かったことからより大きく膨張し、同時に膨張過程において多くの細孔を形成したことにより、総細孔量が増加したと考えられる。しかし細孔径分布によると膨張材の添加率の差異に関わらず、材料保管温度が30℃の場合は細孔径が40nm以上の細孔が増加し、材料保管温度が10℃及び20℃の場合は細孔径が40nm未満の細孔が増加することが認められた。材料保管温度が高い場合は硬化発現期において膨張及び硬化が促進され、養生初期に膨張及び水和が抑制されたことで、大径側の細孔が比較的残存して疎な構造になったと考えられる。一方、材料保管温度が低い場合は、硬化発現期において徐々に膨張及び硬化したことで、AFtなどの水和生成物が粗大な細孔を埋めながら生成し、小径側の細孔が増加したと考えられる。

3.3 酸素拡散試験の結果および考察

図-4より、酸素拡散係数は材料保管温度が高いほど、また、SCMよりCPMの方が大きくなることを認められた。これは前述したように、材料保管温度が高い場合、硬化発現期に膨張及び硬化が促進され、内部構造が疎になっ

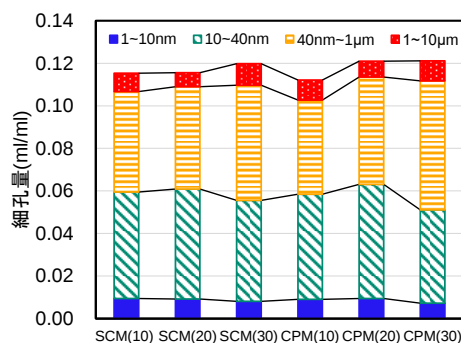


図-3 各温度下における細孔径分布の変化

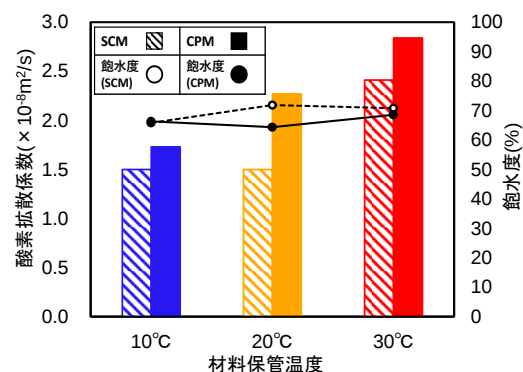


図-4 各温度下における酸素拡散係数の変化

たことやCPMがSCMよりも大きく膨張したことで総細孔量が増大したことから、酸素拡散係数は増加する傾向になったことが裏付けられる。

4. まとめ

配合・養生温度が一定であっても材料保管温度が異なると、膨張モルタルの物性に影響を及ぼすことが明らかとなった。そのため、部材寸法が大きく骨材等による拘束が強いコンクリートでは、より材料保管温度の影響は大きくなると推察できる。従って、膨張コンクリートを用いた材料保管温度及び外部拘束の変化が物性に及ぼす影響の検討は、今後の課題である。

参考文献

- 1) 小林晋吾, 小澤満津雄, 栖原健太郎, 森本博昭: 異なる温度環境下における膨張モルタルの膨張性能と水和生成物の関係, セメント・コンクリート論文集, Vol.1, No.65, pp.99-102, 2011
- 2) 三谷裕二, 谷村充, 佐久間隆司, 佐竹紳也: 膨張材を混和したコンクリートの拘束膨張特性に及ぼす養生温度の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.25, No.1, pp.155-160, 2003
- 3) 西崎辰治, 李春鶴, 栖原健太郎, 辻幸和: 先打ちしたウェブ部に非対称断面を持つT型断面CPC梁の膨張分布, プレストレストコンクリート工学会第30回シンポジウム論文集, pp.321-326, 2021