

高炉セメントを用いたプレキャストコンクリートの強度発現とスケーリング抵抗性

秋田大学大学院 学生員○永須 亘, 正員 徳重英信
共和コンクリート工業(株) 正員 高野智宏, 東海大学 正員 伊達重之

1 はじめに

現在, 東日本大震災後の太平洋沿岸部の復旧・復興事業において, 護岸基礎となる根固めブロックが東北各地において急ピッチで製造されている。プレキャスト製品であるため一般的に蒸気養生で製造されるが, 高炉セメントを用いた場合には, その初期強度発現と寒冷地での耐凍害性能の確保が必須である。そこで本研究では, プレキャストコンクリートとしての効率的な製造のために, 蒸気養生下での初期強度発現促進に対する膨張材の効果について実験的に検討を行った。また高炉セメントは一般的にスケーリング抵抗性が低くなく^{1,2)}, さらに膨張材を使用して蒸気養生を行った場合の抵抗性についてもこれまで詳細には検討されていないため, 凍結融解環境下でのスケーリング抵抗性についても検討を行っている。

表-1 使用材料

2 使用材料と配合

表-1 に使用材料を示す。なお以下に示す配合の減水剤の添加量についてはモルタルのフロー値 $190\pm 10\text{mm}$, 練上り温度 $20\pm 5^\circ\text{C}$, エントラップエアが可能な限り少ない値となるように添加量を調整した。

2.1 膨張材と蒸気養生の配合

表-2 に膨張材を用いたモルタルの配合を示す。混和材の種類による比較, 混和材の混和率を変化させ強度発現の比較を行った。石灰系(NE)では15%, 20%, 石膏系(SM)では20%, 30%, 改良型石膏系(ma)では20%, 30%と混和率(外割)を変化させて, モルタル供試体 $\phi 50\times 100\text{mm}$ の供試体を作製し, 恒温恒湿室で所定の時間経過まで蒸気養生を行い, 圧縮強度の測定を行った。なお比較として膨張材無混和の場合(plain)でも実験を行った。

2.2 スケーリング試験用供試体の配合

スケーリング試験に使用した膨張材の種類は石灰系(NE), エトリンガイト系(EG)の2つを使用し, スケーリング抵抗性を比較した。供試体($150\times 150\times 250\text{mm}$)はコンクリートであり, スケーリング面を $150\times 250\text{mm}$ の面とし, 内部には鉄筋(D16)を配置し膨張効果に対する拘束の影響も検討した。なお鉄筋の配置はスケーリング面から深さ25mm(1D16および2D16)および50mmの場合(1D16)の3ケースであり, 比較として膨張材無混和(plain)でも比較を行っている。試験はASTMC672に準じて実施した。

3 実験結果および考察

3.1 蒸気養生条件と初期強度発現の関係

$45^\circ\text{C}(100\%RH)$ での養生結果を図-1, $55^\circ\text{C}(100\%RH)$ での養生結果を図-2に示す。また養生時間と強度の

使用材料		記号	密度	備考
水	上水道水	W	1.00	
セメント	高炉セメントB種	BB	3.04	
	普通ポルトランドセメント	N	3.14	
混和材	膨張剤	NE		石灰系
		SM		石膏系
		ma		改良型石膏系
		EG		エトリンガイト系
砂	川砂	S	2.69	北海道日高郡静内産川砂 吸水率 0.725%
	標準砂	S'	2.64	JIS 標準砂 吸水率0.42%
混和剤	AE剤	AE_101		アルキルエーテル
	AE減水剤	AE_70		リグニンスルホン系
	高性能減水剤	SP_M		ポリカルボン酸

表-2 膨張材を用いた配合

供試体名	W/B	単位数(kg/m^3)			膨張材(kg/mm^3)	混和剤(kg/mm^3)	
		W	B	S		Ad	SP
plain	0.38	206	580	1350	0	1.4	0
NE-15		206	525		22.8	1.4	0
NE-20		202	518		30.3	1.4	4
SM-20		202	518		30.3	1.4	4
SM-30		206	502		45.8	1.4	0
ma-20		202	518		30.3	1.4	4
ma-30		206	502		45.8	1.4	0

キーワード: 高炉スラグ微粉末, プレキャストコンクリート, 早期強度, スケーリング

連絡先: 〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 秋田大学工学資源学部 tel: 018-889-2367,

fax: 018-837-0407

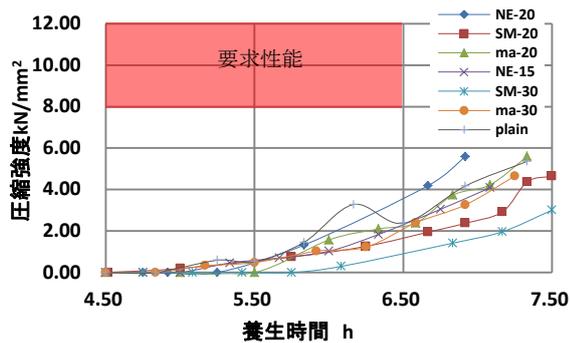


図-1 養生時間と強度発現(45°C100%RH)

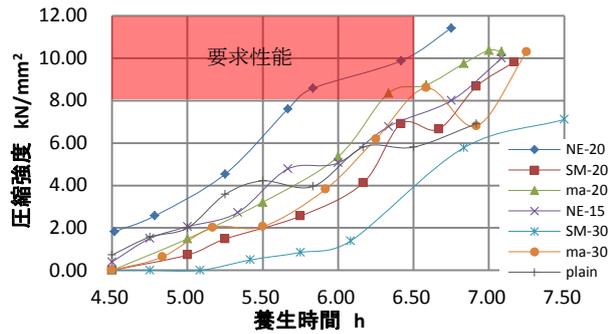


図-2 養生時間と強度発現(55°C・100%RH)

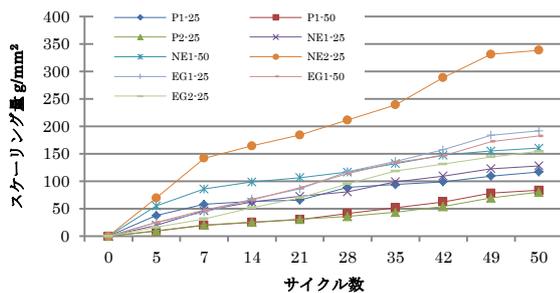


図-3 累積スケーリング量

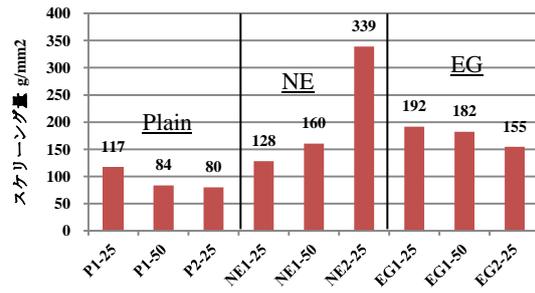


図-4 総スケーリング量 (50cycle 終了時)

要求性能として、4.5h~6.5hで 8N/mm^2 以上の強度を目標とした。養生温度 45°C (100%RH)では図-1に示すように全ての配合において要求性能を満たすことができなかった。一方、養生温度 55°C (100%RH)では強度発現に改善が見られ、NE-20とma-20の2種類で要求性能を満たすことができ、適切な蒸気養生温度と時間、膨張材の種類と混和率を選定することにより、効率的な製造が可能であると考えられる。

本研究で設定した要求性能を満たした供試体NE-20は、本研究の範囲では最も強度発現性能が高いことが明らかとなった。しかし一部の円柱供試体には膨張の影響とみられるひび割れも確認され、より適切な温度変化の調節と混和率選定を行う余地がある。一方、ma-20はNE-20と比較すると強度発現は劣るものの、NE-20で発生したひび割れは見られず、時間内に所要強度を得ることが可能であった。

3.2 スケーリング抵抗性に及ぼす膨張材の影響

スケーリング試験を行った結果について、図-3に7サイクル毎に累積加算したスケーリング量、図-4に50サイクル終了時の総スケーリング量を示す。膨張材を使用した場合にはスケーリング量が増加し、また膨張材NEは最も多くスケーリング抵抗性が低い。また本研究の範囲ではNEについては鉄筋拘束の影響も認められ、今後詳細に検討を行う必要がある。

4. まとめ

高炉セメントB種を用いたモルタル供試体の初期強度発現と蒸気養生温度・時間との関係には膨張材の種類と混和率が強く影響し、本研究の範囲では石灰系膨張材の強度発現が最も優れ、石膏系の適用可能性も明らかとなった。一方、本研究の範囲では膨張材の使用はスケーリング抵抗性を低下させる可能性が示唆され、鉄筋拘束の影響とともに今後詳細な検討が必要であると考えられる。

参考文献：1)佐伯昇ほか：混合セメントを用いた海岸コンクリートの凍害による劣化についての二、三の実験，セメント技術年報，Vol.35，pp.321-324(1981)

2)岩城一郎ほか：塩分環境下における高炉セメントを用いた蒸気養生コンクリートのスケーリング抵抗性に関する研究，コンクリート工学論文集，Vol.21，No.3(2010)