

膨張コンクリートの強度特性に及ぼす養生温度の影響

太平洋マテリアル(株) 正会員 佐久間 隆司 正会員 佐竹 紳也
 太平洋セメント(株) 正会員 三谷 裕二 正会員 谷村 充
 同上 正会員 鶴田 昌宏

1. はじめに

膨張材は、マスコンクリートの温度ひび割れ対策として使用実績が多く、また、既往の研究によりそのひび割れ抑制効果は定性的に把握されている。しかし、昨今の性能照査型設計への移行に伴って、実構造物レベルで発揮される効果をより定量的に示す必要性が生じている。最近では、解析技術の進歩により、設計段階で膨張材のひび割れ抑制効果の定量化解析が行われているものの、その精度は入力される物性データの精度に強く影響される。そのため、マスコンクリートへの膨張コンクリートの適用を想定した場合、その諸特性が高い養生温度から受ける影響を正確に把握しておくことの必要性は高いといえる。膨張コンクリートの膨張特性が少なからず養生温度から影響を受けることは、定性的ではありながらも過去の研究で示されている¹⁾。その一方で、強度特性に及ぼす養生温度の影響に関する報告例は比較的少ない²⁾。そこで、本研究では、20℃で練り混ぜた後、温度範囲 20～60℃において養生した膨張コンクリートの強度特性を実験的に把握し、その定式化を検討した。

表 - 1 使用材料

	記号	物理的性質など
セメント	C	普通ポルトランドセメント、密度：3.16g/cm ³ 、比表面積：3310cm ² /g
膨張材	EX	石灰系膨張材、密度3.14g/cm ³
高性能 AE 減水剤	SP	ポリカルボン酸系
細骨材	S	小笠産陸砂、密度(表乾)：2.59g/cm ³ 、吸水率：1.63%、F.M：2.88
粗骨材	G	岩瀬産砕石 2005、密度(表乾)：2.64g/cm ³ 、吸水率：0.84%、F.M：6.61

2. 実験概要

表 - 1 に実験の使用材料、表 - 2 に配合条件および配合を示す。膨張材の混和量を 30kg/m³、水/(セメント + 膨張材)を 55%とした。また、比較用の膨張材を混和しないコンクリートの配合(記号: PL)も併記する。

表 - 2 配合条件および配合

設計基準強度 (MPa)	スラブ厚 (cm)	空気量 (%)	W/B (%)	S/a (%)	単位数 (kg/m ³)					
					W	C	EX	S	G	SP
30	15 ± 2.5	4.5 ± 1.5	55	47	175	288	30	830	951	0.636
30	15 ± 2.5	4.5 ± 1.5	55	47	175	318	-	830	951	0.636

試験項目は凝結時間、圧縮強度、静弾性係数、および引張強度であり、試験方法はそれぞれ JIS A 1147, JIS A 1108, JIS A 1149, JIS A 1113 に準拠した。

養生温度は5水準であり 20～60℃の範囲において 10℃ 間隔とした。練混ぜおよび打込みは約 20℃の室内で行った。ただし、30℃については 30℃の室内で打込んだ。打込み完了後、ブリーディングがある程度終了するまで約 1 時間 30

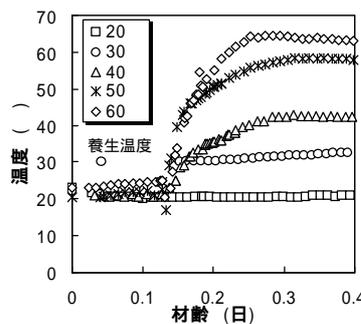


図 - 1 供試体の温度履歴

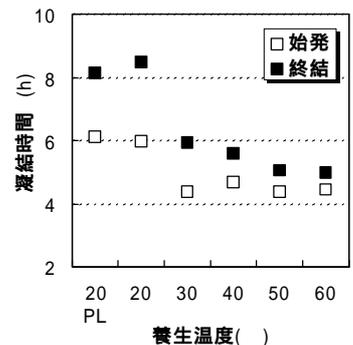


図 - 2 凝結

分静置させたのち、表面処理を行い、所定温度下での養生を開始した。材齢 1 日で脱型した後、供試体全表面をアルミ箔粘着テープでシールし、試験材齢(1,3,7,28 日)まで封緘養生を行った。図 - 1 に実際の供試体内部の温度履歴を示す。ここで、材齢の起点は打設完了時としている。また、膨張材無混和 PL の養生は 20℃と断熱温度の 2 水準とした。試験材齢は、20℃養生では 1,3,7,28 日、断熱養生では 1,2,3,7 日とした。

3. 実験結果と考察

3.1. 凝結特性

図 - 2 に凝結試験結果を示す。温度が高くなると始発時間が早くなり、40℃以上になると始発から終結ま

での時間も急激に短くなることが分かる。始発から終結までの時間は20～60 でそれぞれ2.5, 1.5, 1.0, 0.7, 0.5時間であった。また、膨張材の有無による凝結時間の差はほとんどなかった。

3.2. 強度特性

図-3に圧縮強度と材齢の関係を示す。養生温度が高いほど、強度発現が早くなり、材齢1日において、20 に対する圧縮強度の比率は30 で約2倍、40～60 で約3倍であった。しかし、材齢7日では養生温度に関係なくほぼ同等なり 材齢28日では温度が高いほど若干小さくなった。膨張材を混和しないものと比較すると、材齢7日まではほぼ同等の強度であったが、長期強度の伸びは小さくなった。これは本実験の養生方法が封緘養生であったことが要因であると考えられる。一般的に、単位膨張材量 30kg/m³程度であれば、水中養生における強度は膨張材無混和のもの同一強度になることが知られている。

次に、有効材齢と圧縮強度の関係を検討した。有効材齢には、(1)式で表すものと、積算温度を基にした(2)式で表すものがある。図-4, 5にそれぞれの有効材齢と圧縮強度の関係を示す。両者を比較すると、(2)式より、有効材齢20日頃までの圧縮強度は、膨張材の有無に拘わらず、一義的に表現することができる。ただし、より長期材齢においては、同一有効材齢における圧縮強度の差が大きくなり、有効材齢の関数で一義的に求めることは難しい。膨張コンクリートの場合、(2)式の有効材齢と圧縮強度の関係式は、図中にも併記したが、 $f_c' = 12.72 \log_{10} t + 11.10$ [f_c' : 圧縮強度(N/mm²), t : 有効材齢(日)]である。

$$t = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \cdot \exp \left[13.65 - \frac{4000}{273 + T(\Delta t_i) / T_0} \right] \quad \dots \dots (1)$$

Δt_i : 温度が T ()である期間の日数, T_0 : 1()

$$t = \sum_{z=1}^n (q_z + 10) / 30 \quad \dots \dots (2)$$

z : 材齢, a, b : 定数, f_c' : 圧縮強度
 q_z : 材齢 z 日でのコンクリートの平均温度

図-6に静弾性係数と圧縮強度の関係、図-7に引張強度と圧縮強度の関係を示す。静弾性係数と引張強度は養生温度や膨張材の有無に拘わらず、一義的に表すことができた。膨張コンクリートの場合の関係式は

$E_c = 5.8f_c'^{0.48}$, $f_t = 0.19 f_c'^{0.76}$ となった。以上より、配合条件は限定されるものの、種々の温度下における各種強度特性を把握し、それに基づいて定式化を図った。

[参考文献]

- 1) 戸川ほか：膨張コンクリートの拘束膨張特性におよぼす温度の影響，セメント技術年報 35, pp.277-281,1981
- 2) 辻ほか：膨張コンクリートの強度および膨張性状に及ぼす養生温度の影響，コンクリート工学年次講演会講演論文集, pp.5-8,1981

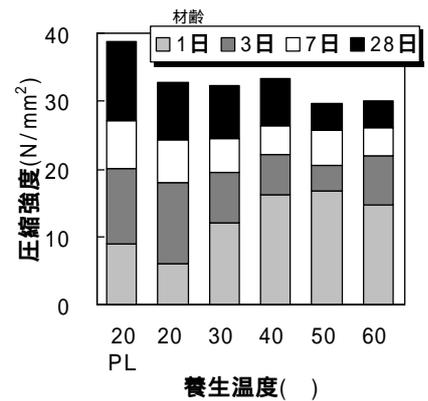


図-3 圧縮強度の経時変化

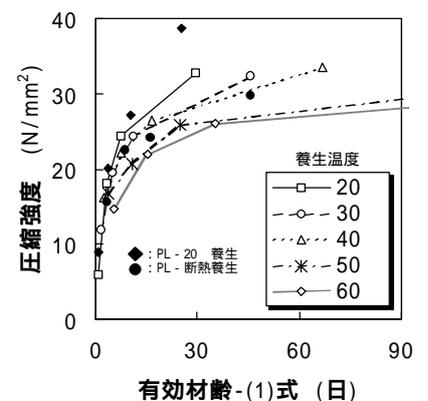


図-4 圧縮強度と有効材齢(1)式

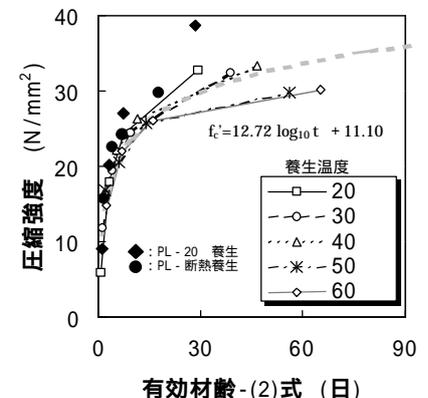


図-5 圧縮強度と有効材齢(2)式

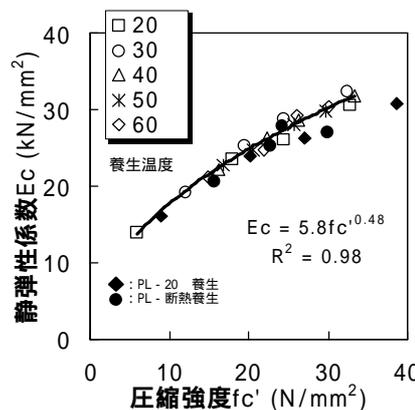


図-6 静弾性係数と圧縮強度

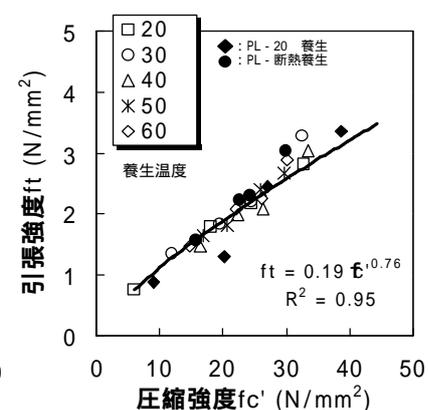


図-7 引張強度と圧縮強度