

豊田工業高等専門学校 正員 中嶋清実
名古屋工業大学 正員 吉田弥智

1. まえがき

超速硬コンクリートを各種の工事に使用する場合にもっとも重要なことは、若材令での強度を正確に把握することである。そのためには超速硬コンクリートが各種養生条件（低温、常温、加熱養生）においてどのような強度発現性状を示すかを明かにする必要がある。したがって、本研究では超速硬コンクリートの低温、常温、加熱養生条件下での強度発現性状を知ることと、その強度特性についての考察をしようとするものがある。

2. 実験概要

(1). 使用材料およびコンクリートの配合、使用材料は、セメント：超速硬セメントおよび普通ポルトランドセメント、粗骨材：静岡県天竜川産の川砂利（比重=2.66, FM=7.10）、細骨材：岐阜県揖斐川産の粗砂と愛知県木曽川産の細砂の混合砂（比重=2.59, FM=2.73）、混合剤：K社製の高性能減水剤（MT=150, CX2%）とO社製のセッター（CX1~2%）である。配合は実際の工事に用いられるコンクリートの配合を想定し、セメント量、高性能減水剤の使用量、ワーカビリティ等を決定し、試し練りより求めた。所要のスランブを 15 ± 2.5 cm、単位セメント量を 350 kg/m^3 , 400 kg/m^3 , 450 kg/m^3 とし、スランブ試験を行い同じワーカビリティを得るための単位水量および最適細骨材率を決定した。

(2). 実験方法、供試体は直径10cm、高さ20cmの円柱形供試体とした。コンクリートの練り混ぜは100ℓのパンタイプ強制練りミキサーを使用し、練り混ぜ時間を3分間とした。供試体の養生は、 20°C の標準養生のみ恒温恒温室を使用し、その他に関しては恒温槽（タバイ社製、内容積408ℓ、温度調節精度 $\pm 0.3^\circ \text{C}$ 、温度範囲 $-40^\circ \text{C} \sim +85^\circ \text{C}$ ）を使用した。また、積算温度を計算する場合には、供試体のうける正確な温度履歴を知る必要がある。本実験においては、供試体の中央部に熱電対を埋め込み、供試体の内部温度を測定した。養生方法については、実験Ⅰ：低温養生、実験Ⅱ：標準養生、実験Ⅲ：加熱養生であるが、その詳細については発表時に説明する。

3. 結果および考察

図-1は超速硬コンクリートのセメント量 400 kg/m^3 の場合の積算温度の関係である。図-1からわかるように、養生条件で異なっても、同一積算温度における強度発現性状の差異は認められない。このことから超速硬コンクリートも他のコンクリートと同様、積算温度が一定であれば、

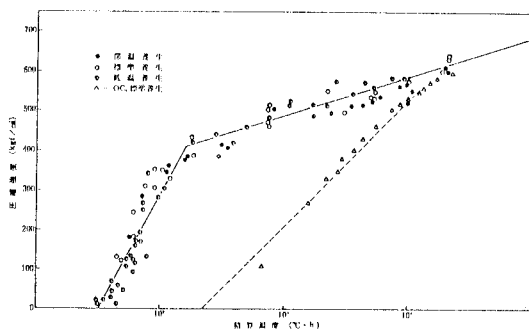


図-1 J C 400の積算温度と圧縮強度の関係

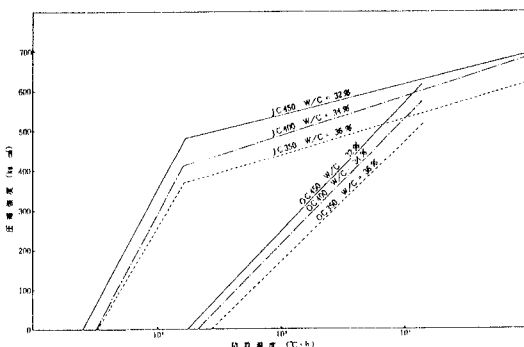


図-2 超速硬コンクリートと普通コンクリートの近似曲線

強度はほぼ等しくなることが明らかになった。また近似直線の勾配について考えると、積算温度 $30^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}\sim 150^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ までの $120^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ の間に 400Kgf/cm^2 の強度発現を示しているのに対し、変曲点以降 $150^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}\sim 20, 160^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ までにおける強度の発現は 200Kgf/cm^2 である。このことから超速硬コンクリートの変曲点までの強度増進がいかに大きいかがわかる。

図-2は各単位セメント量における超速硬コンクリートと普通コンクリートの近似直線を1つのグラフに表わしたものである。

図-3は練り上がり温度と養生温度を一定にした場合に、水和熱を考慮した上で変曲点までの所要時間を示したものである。

図-4は超速硬セメントの水和物生成過程を示す。超速硬セメントは注水後、活性化したアルミン酸カルシウムと無水せっこうとが水和してエトリンガイトとモノサルフェイト水和物を生成する。その後、カルシウムシリケート（主としてC3S）が水和してカルシウムシリケート水和物と水酸化カルシウムを生成する。したがって、超速硬セメントの早期強度の発現は主としてエトリンガイトの活発な生成によるものであり、その後の強度の発現はC3Sの水和によるカルシウムシリケート水和物の生成に依存している。

表-1は、求めた回帰式がどの程度の適合性があるかを示したものである。

4. 結論

以上の実験結果より次のことがいえる。

(1). 積算温度と圧縮強度の関係により、超速硬コンクリートは一般のコンクリートと同様、養生条件に関係なく積算温度が一定であれば圧縮強度は一定であるという積算温度と強度の式が成り立つ。

(2). 超速硬コンクリートの積算温度と圧縮強度の関係は、積算温度を対数にとった場合、普通コンクリートと違って $150^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ 付近において変曲点があり、2つの積算温度と強度の式で表わすことが適当である。積算温度と圧縮強度の関係において、2つの関係式となる理由は、超速硬セメントの強度発現過程において、生成時期を異にする2種類の水和物、すなわちエトリンガイトが変曲点を前に、けい酸カルシウムが後を主にうけ持っているからである。

(3). 超速硬コンクリートの強度増加量は変曲点までは急激であり、変曲点を過ぎると緩慢となる。

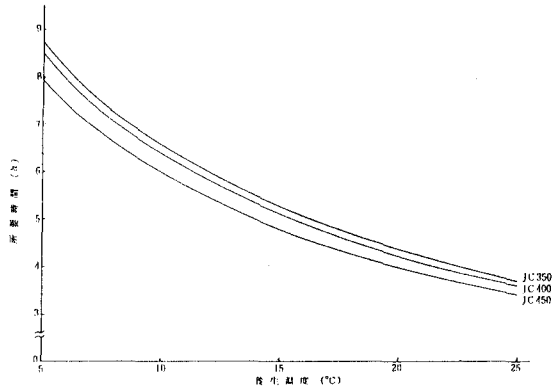


図-3 養生温度と変曲点までの所要時間との関係

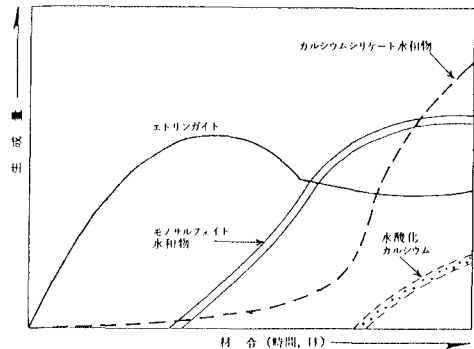


図-4 超速硬セメントの水和物生成過程

表-1 回帰式と相関係数

コンクリートの種類	回 帰 式	相 関 係 数
JC = 350	$M < 150$ $\sigma = -800 + 528 \log M$	0.794
	$M > 150$ $\sigma = 165 + 91 \log M$	0.600
JC = 400	$M < 150$ $\sigma = -891 + 591 \log M$	0.864
	$M > 150$ $\sigma = 195 + 98 \log M$	0.833
JC = 450	$M < 150$ $\sigma = -814 + 583 \log M$	0.691
	$M > 150$ $\sigma = 305 + 79 \log M$	0.567
OC = 350	$\sigma = -740 + 304 \log M$	0.964
OC = 400	$\sigma = -742 + 319 \log M$	0.975
OC = 450	$\sigma = -716 + 322 \log M$	0.934