

V-111

高性能減水剤を用いた超速硬セメントコンクリートの低温養生条件下での強度発現特性

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. はじめに

超速硬セメントを寒中コンクリートに使用する場合、高性能減水剤を用いるのが一般的である。しかしながら、高性能減水剤を用いた寒中コンクリートの研究はまだ十分行われていない。したがって、本報告は高性能減水剤を用いた超速硬セメントコンクリートが、低温養生条件下で、どのような強度発現性状を示すか明らかにしようとしたものである。比較のため普通コンクリートも使用した。

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＝6.76），細骨材：岐阜県揖斐川産の粗砂（比重＝2.61，FM＝3.06）と愛知県木曽川産の細砂（比重＝2.58，FM＝1.68）を重量比3.45：1の混合砂として使用，専用凝結遅延剤：O社製セッターを単位セメント量に対して0.2%添加，高性能減水剤：K社製高性能減水剤（MT-150）をセメント量に対して2%添加，である。

超速硬コンクリートおよび普通コンクリートの配合は試し練りより求めた。所要のスランプを 7.5 ± 1.5 cm，単位セメント量を 350 kg/m^3 とし，スランプ試験を行ない，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。その配合を表-1に示す。表-1のコンクリートの種類で用いた記号は，JC：超速硬セメントを用いたプレーンコンクリート，OC：普通セメントを用いたプレーンコンクリート，JRC：超速硬セメントに高性能減水剤を用いたコンクリート，ORC：普通セメントに高性能減水剤を用いたコンクリート，である。

(2) 実験方法，供試体は直径10cm，高さ20cmの円柱供試体を使用した。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℃の標準養生のみ恒温恒湿室を使用し，-20℃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，供試体の中心部に熱電対を埋め込み，供試体の内部温度を測定した。

実験Ⅰは，若材令に-20℃で凍結させ，そのまま凍結を継続させる場合の実験である。コンクリートを打設してから供試体を+20℃の恒温恒湿室に保管し，保管時間を変えて，目標の凍結直前強度になるまで時間が経過した後，型枠のまま-20℃の恒温槽に移した。念のために水分が蒸発しないように型枠の上部をビニール袋で封かんした。目標の凍結直前強度は $10 \sim 80 \text{ kgf/cm}^2$ とした。材令1日以上のは，材令1日で脱型し，医療用水枕に供試体を入れ，水を満した。この時の水は+4℃程度の水を使用した。そして，恒温槽で所定材令まで保管した。所定材令に恒温槽から取り出し，20℃の恒温水槽に水枕のまま1時間程度つけ，水枕の水および供試体内部の水を完全に融解させ

た。融解後の供試体については直ちにイオウキャッピングを行ない，圧縮強度試験を行った。

実験Ⅱは，若材令に-20℃で24時間凍結させ，以後+4℃の低温で水中養生を行なう実験である。実験Ⅱでは目標の凍結直前強度を $30 \sim 80 \text{ kgf/cm}^2$ として回復強度を求めた。実験方法は実験Ⅰに準ずる。

表-1 コンクリートの配合

コンクリートの種類	スラン プの範囲 膨 脹 (cm)	水セメ ント比 W/C (%)	細 骨 材 率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)					凝 結 遅 延 剤 (g/m ³)	高 性 能 減 水 剤 (cc/m ³)
				水 W	セメ ント C	細 骨 材		粗 骨 材 G		
						細 砂 S ₁	粗 砂 S ₂			
J C	7.5±1.5	45	39	157	350	161	562	1073	700	—
O C	7.5±1.5	48	43	169	350	176	613	993	—	—
J R C	7.5±1.5	33	45	117	350	196	685	1022	700	7000
O R C	7.5±1.5	37	41	128	350	177	619	1087	—	7000

3. 結果および考察

図-1は若材令に -20°C で凍結をうけた高性能減水剤使用コンクリートの強度と積算温度の関係を示す。この図からわかるように、超速硬コンクリートは所定の凍結直前強度に達するまでの積算温度が普通コンクリートに比較して低く、また、積算温度を低くとっても、普通コンクリートに比較して、著しく高い強度を発現している。このことから、高性能減水剤を使用した超速硬コンクリートは寒中コンクリートに適しているといえる。一方、同じ程度の凍結直前強度で、凍結後の強度発現性状を比較してみると、普通コンクリートに比較して、超速硬コンクリートの強度の伸びが著しく阻害されているのがわかる。これは、凍結供試体を融解した直後に、急速に水合が進み、それに伴い多くのエトリンガイトを生成して、そのための膨張圧のためにクラックを生じ強度低下を起こしたものである。

図-2は若材令に -20°C で24時間凍結、以後 $+4^{\circ}\text{C}$ で水中養生された高性能減水剤使用コンクリートの強度回復性状である。普通コンクリートの場合、凍結直前強度が $25\text{kgf}/\text{cm}^2$ 程度であれば、その後の強度の回復が期待できるのに対し、超速硬コンクリートの場合、凍結直前強度が $100\text{kgf}/\text{cm}^2$ 程度であっても、エトリンガイトの生成によるクラックのため、強度の回復が期待できない。また、表-1からわかるとおり、高性能減水剤を使用した超速硬コンクリートは、水セメント比が低く、凍結直前強度が高く出ている、未水合セメントが多いため、クラックの影響を受けやすいといえる。したがって、低い強度で凍結させるような場合には注意を要する。

図-3は凍結直前強度と強度の伸びを示す。材令28日まで、それぞれの養生条件で養生した強度と、 20°C で標準養生させた供試体強度の比を示している。

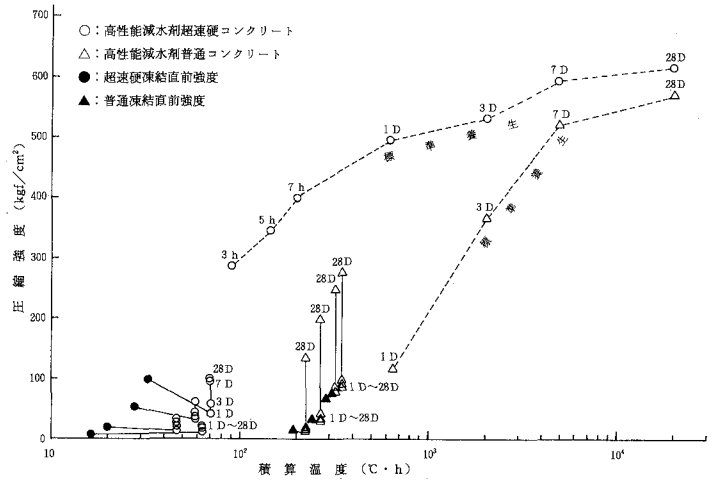


図-1 若材令に -20°C 凍結をうけた高性能減水剤使用コンクリートの強度と積算温度の関係

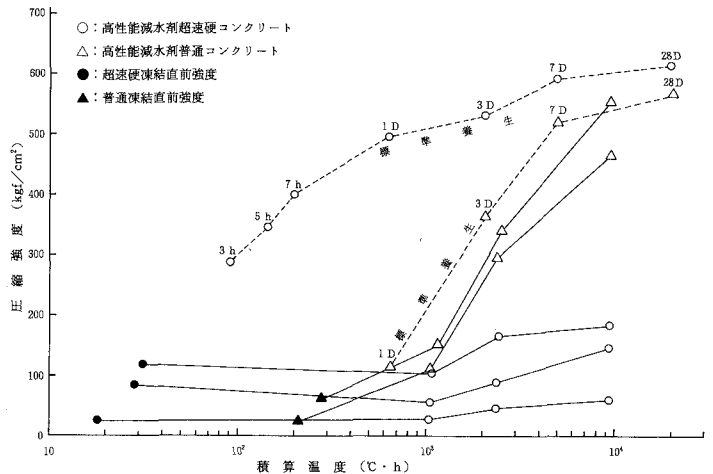


図-2 若材令に -20°C で24時間凍結、以後 $+4^{\circ}\text{C}$ 水中養生された高性能減水剤使用コンクリートの強度回復性状

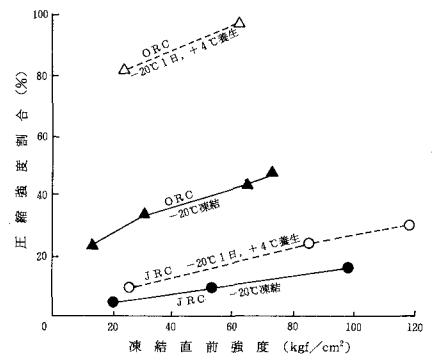


図-3 凍結直前強度と強度の伸び