

V-302

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。また、超速硬コンクリートを初期材令で凍結させ、水と接触させて融解させた場合には、供試体表面にクラックが発生し、著しく強度阻害を受けるが、その原因を明らかにし、さらにクラックの防止対策について検討したものである。

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、粗骨材：静岡県天竜川産の川砂利(比重=2.66, FM=6.76, 粗骨材の最大寸法=25mm)、細骨材：岐阜県揖斐川産の粗砂(比重=2.61, FM=3.06)と愛知県木曾川産の細砂(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の配合は試し練りより決定した。所要のスランプを 7.5 ± 1.5 cm, 単位セメント量を $350\text{kg}/\text{m}^3$ 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。

(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℃~+85℃)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℃および-5℃で凍結させ、そのまま凍結を継続させる実験である。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 $10 \sim 350\text{kgf}/\text{cm}^2$ 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、水枕の氷および供試体内部の氷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℃および-5℃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。実験方法は実験Ⅰに準ずる。

実験Ⅲは超速硬コンクリートを初期材令で凍結させ、水と接

表-1 コンクリートの配合

スランプの範囲(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 S1	粗 砂 S2			
7.5 ± 1.5	33	45	117	350	196	685	1022	700	7000

触させた場合、供試体表面にクラックが発生し、著しく強度阻害を受けるが、その原因を明らかにするために行ったものである。実験はセメントペーストの供試体を作製して行った。積算温度 $30^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ 程度の供試体を -20°C で24時間凍結させ、その後供試体を $+20^{\circ}\text{C}$ の恒温水槽の中で融解させた。セメントペーストを融解させる際、供試体をビニール袋で封かん(パック有り)したもの、直接水と接触(パック無し)させる場合を行った。融解後、24時間で供試体のクラック部分から、直径10mm程度の破片を採取した。試料は採取後の水和を止めるためアセトンに浸漬した。アセトン中の試料を用いて、示差熱分析、X線回折、および電子顕微鏡による撮影を行った。

3. 結果および考察

図-1, 2は実験IおよびIIにより求めた凍結直前強度と材令28日における圧縮強度の伸びである。材令28日の標準養生供試体強度に対する強度割合で示した。

図-1, 2により、凍結を解く時に、供試体を水と接触させる場合と、ビニール袋で封かんした場合には大きな強度差があることがわかる。また、 -5°C 凍結と -20°C 凍結を比較すると、凍結温度が高い -5°C 凍結の方が高い強度増加を示した。

実験IとIIの比較では、実験IIの場合の方が封かんした場合と、直接水と接触させる場合の強度差が大きい。ちなみに凍結直前強度 100 kgf/cm^2 程度であれば、封かんすれば標準養生した時とはほぼ同程度の強度を発現するが、直接水と接触させると、標準養生供試体強度の10%以下に低下する。

10%以下に低下したのは供試体に発生したクラックのためであり、その原因を追究するために示差熱分析とX線回折を行い、その結果を表

-2, 3に示す。表-2よりエトリンガイトに対する吸熱量は、パック無しの方がパック有りよりも相対的に多くなっていることがわかる。また、表-3より24時間水接(パック無し)の方が24時間封かん(パック有り)に比べ、わずかではあるが、エトリンガイトが多い傾向が認められた。このことより、クラックの原因にエトリンガイトが関与しているものと思われる。

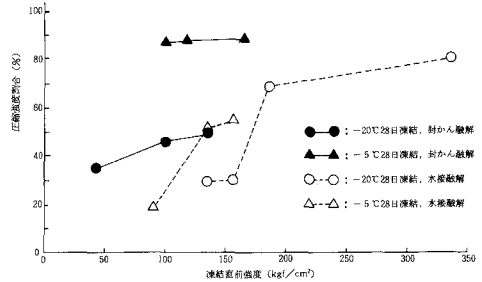


図-1 凍結直前強度と圧縮強度の伸び(凍結を継続した場合)

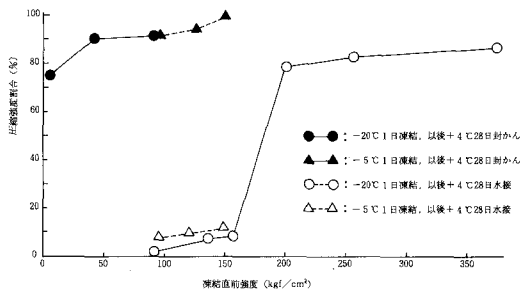


図-2 凍結直前強度と圧縮強度の伸び(1日凍結後、+4°C低温養生)

表-2 示差熱分析結果

試料	項目	全吸熱量 (mJ/mg)	CSHを除いた吸熱量 (mJ/mg)
融解後24時間封緘 (パック有り)	h k l	391.0	219.9
	1 0 0		
	1 1 0		
融解後24時間水接 (パック無し)	h k l	418.4	228.5
	1 0 0		
	1 1 0		

表-3 X線回折によるエトリンガイト量の相对比较

試料	h k l	ピーク位置	積分強度	パック強度	ピーク強度
融解後24時間封緘 (パック有り)	1 0 0	9.04	4895	194	4701
	1 1 0	15.73	4310	224	4086
	1 0 4	18.88	2128	235	1893
融解後24時間水接 (パック無し)	1 0 0	9.02	5416	200	5216
	1 1 0	15.72	4512	338	4174
	1 0 4	18.86	2267	126	2141