

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 本研究は超速硬セメントを寒中コンクリートに使用することを想定して、第1に超速硬コンクリートが低温においてどのような強度発現性を示すが、第2に凝結硬化初期に凍結を受けた場合どのような強度阻害を受けるか、第3に強度が十分発揮されたのちに凍結融解のくり返しを受けるとどのような耐久性を示すかを明らかにするために実験を行なったものである。

2. 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：S社製超速硬セメントおよび普通ポルトランドセメント、骨材：粗骨材は静岡県天竜川産の川砂利(比重2.65、粗粒率6.87、最大寸法25mm)、細骨材は岐阜県揖斐川産の川砂と愛知県本曾川産の川砂を粒度調整(比重2.56、粗粒率2.74)を行なって使用、凝結遅延剤：超速硬コンクリートのみ専用凝結遅延剤と単位セメント量の0.33%添加、AE剤：T社製AE剤を超速硬コンクリートは0.0083%、普通コンクリートは0.0075%添加、である。

コンクリートの配合は超速硬コンクリートおよび普通コンクリートとも試し練りより求め、その結果が表1である。コンクリートの種類は、JC：超速硬セメントを用いたプレーンコンクリート、JAC：超速硬セメントを用いたAE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、OAC：普通セメントを用いたAEコンクリートである。また次の300、350、400は単位セメント量である。

表1 コンクリートの配合

コンクリートの種類	セメントの範囲 (%)	水セメント比 W/C (%)	粗骨材 S/A (%)	スラアの範囲 (cm)	単位量 (kg/m ³)				単位体積重量 (cc/m ³)	AE剤 (cc/m ³)
					水 W	セメント C	粗骨材 S	細骨材 G		
JC 300	1.5	50	41	7.5±1.5	150	300	773	1150	990	—
JC 350	1.5	45	39	7.5±1.5	157	350	712	1152	1150	—
JC 400	1.5	41	37	7.5±1.5	162	400	655	1154	1320	—
JAC 300	4.5±1.0	47	39	7.5±1.5	140	300	715	1158	990	2500
JAC 350	4.5±1.0	41	37	7.5±1.5	145	350	658	1160	1150	2900
JAC 400	4.5±1.0	38	35	7.5±1.5	150	400	603	1160	1320	3300
OC 300	1.5	54	45	7.5±1.5	161	300	839	1062	—	—
OC 350	1.5	47	42	7.5±1.5	164	350	763	1091	—	—
OC 400	1.5	42	39	7.5±1.5	168	400	690	1116	—	—
OAC 300	4.5±1.0	50	42	7.5±1.5	150	300	763	1090	—	2750
OAC 350	4.5±1.0	44	39	7.5±1.5	153	350	690	1117	—	2620
OAC 400	4.5±1.0	39	36	7.5±1.5	157	400	618	1137	—	3000

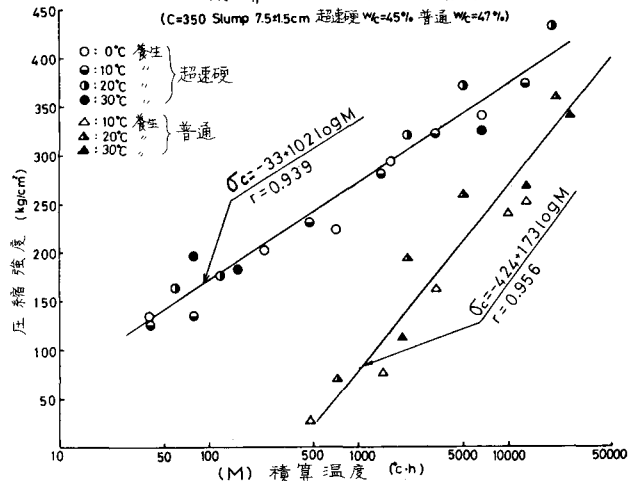
コンクリートの練り混ぜは100lのパンプアップ強制練りミキサーを使用し、練り混ぜ時間を2分間とした。

3. 実験方法 (1)超速硬セメントを用いたコンクリート強度の低温特性に関する実験、供試体はφ10×20cmの円柱形供試体とし、1シリーズに4本作成し、その内の1本を使って供試体の内部温度を測定した。養生温度については超速硬コンクリートが0℃、+10℃、+20℃、+30℃の4種類であり、普通コンクリートが+10℃、+20℃、+30℃の3種類である。なお、コンクリートは練り混ぜ15分後に、水分の蒸発を防ぐためにビニール袋で封かんして、直ちに型枠のまま恒温養生槽(温度設定範囲-30℃～+30℃、縦60cm、横60cm、高さ70cm)に放置し、予定時刻まで恒温養生を行なった。

(2)硬化初期に凍結を受ける超速硬コンクリートの強度発現性に関する実験、供試体はφ10×20cmの円柱形供試体である。まず硬化初期に供試体を凍結させるために、コンクリートを打設してから恒温養生槽に放置するまでの練り置き時間をいろいろ変えた。実験は所定の凍結直前強度を得た時より28日間、-20℃で凍結させる方法と、所定の凍結直前強度を得た時点より

図1 積算温度と圧縮強度

(C=350 Slump 7.5±1.5cm 超速硬 W/C=45% 普通 W/C=47%)



-20℃で24時間凍結させ、その後材令14日まで+4℃で水中養生を行う方法である。実験中の供試体内の温度降下速度は、+20℃程度のコンクリートを0℃に下げるのに1時間程度である。

(3) 硬化した超速硬コンクリートの急速凍結融解試験に関する実験。ASTM C 666-75の方法に従い、-17.8℃～+4.4℃の温度範囲で、1日8サイクルで行なった。供試体寸法は75×10×40cmである。養生方法および材令は、A: 20℃恒温水槽内で14日間水中養生、B: 20℃の恒温室内で1日間湿空養生、C: 4℃の恒温槽内で1日間湿空養生、D: 10℃の恒温槽内で1日間湿空養生、E: 4℃の低温養生槽内で4日間湿空養生である。

4. 結果および考察。養生温度と材令および圧縮強度の関係を示すのに積算温度式 $[M = \frac{5}{9}(\theta + 10)t]$ を適用して表わした一例を図1に示す。この図から判るように、超速硬コンクリートの各種積算温度に対する圧縮強度は普通コンクリートより高く、積算温度が低くなっても、普通コンクリートほど強度低下が認められないことから、超速硬コンクリートは低温においても、早期強度の発現が極めて高いことがわかる。

図2はそれぞれの凍結直前強度において材令28日まで-20℃で凍結させた時の強度と標準養生供試体強度との比を示している。超速硬コンクリート、普通コンクリートとも凍結直前強度50 kgf/cm²程度までは同程度の強度の伸びを示している。また、超速硬コンクリートは凍結直前強度50 kgf/cm²以上発現していれば、その後の強度発現が普通コンクリートに比較して著しく高くなることがわかる。図3は目標の凍結直前強度が

得られた時点で-20℃、24時間凍結を行ない、その後+4℃養生を行なった材令14日の強度と標準養生強度との比を示したものである。この図より、超速硬コンクリートであっても、凍結直前強度が40 kgf/cm²以下の場合には普通コンクリートよりも低くなっていることがわかる。この理由としては、超速硬コンクリートは急激に水和反応が進むためにそれによって生じた膨張ひび割れが原因と考えられる。

図4は超速硬AEコンクリートおよび普通AEコンクリートの急速凍結融解試験結果を示す。

図4より超速硬AEコンクリートは単位セメント量350 kg/m³以上であれば、10℃湿空養生したB供試体でも、14日間標準養生したコンクリートと同程度の高い抵抗性を示すことが認められる。しかし超速硬コンクリートがAEコンクリートであっても+4℃の低温で1日、2日、4日と養生したC、E、F供試体はいずれのセメント量の場合も凍結融解に対する高い抵抗性は認められなかった。ちなみにJAC 400-Hの場合は凍結融解開始時の圧縮強度は91 kgf/cm²であり、凍結融解サイクル数は15サイクルで相対動弾性係数が21%となった。

なお、AEコンクリートの気密間隙率は超速硬が164μ(JAC 300)、151μ(JAC 350)、221μ(JAC 400)であり、普通が169μ(OAC 300)、172μ(OAC 350)、272μ(OAC 400)であった。

図2 標準養生に対する圧縮強度比

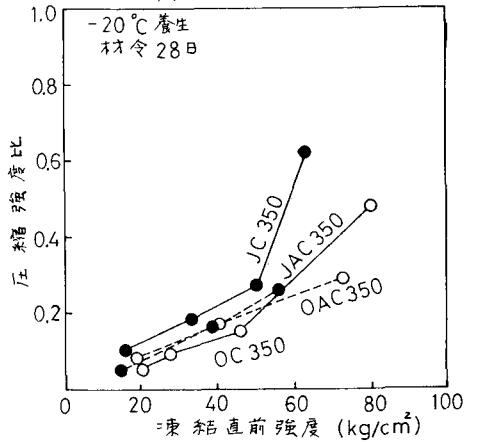


図3 標準養生に対する圧縮強度比

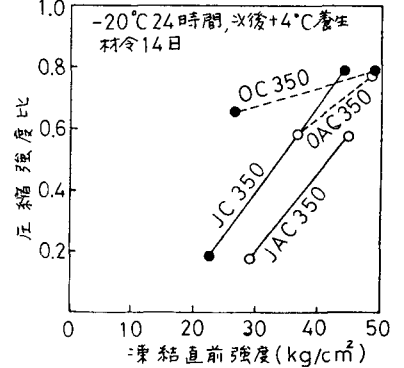


図4 AEコンクリートの凍結融解試験結果

