

V-189 ドライアイスを用いたプレクーリング工法の基礎的研究（その2）

三井建設（株） 正会員 井手 一雄
三井建設（株） 正会員 土師 秀人
三井建設（株） 正会員 竹内 光

1. はじめに

マスコンクリート構造物の温度ひびわれ制御対策として、コンクリートのプレクーリングは最も効果的な方法である。最近では、液体窒素等を用いたプレクーリング工法が研究開発され、本格的に施工に用いられるようになってきた。本研究は、ドライアイスの気化熱が137kcal/gと高い点に着目して、それを用いたプレクーリング工法の実験を行ったものである。プレクーリングしたコンクリートについて、ドライアイスがCO₂ということからコンクリートの主成分である水酸化カルシウムと反応して炭酸カルシウムを生成し、コンクリートを中性化するという問題が考えられる。本論文は、プレクーリングした供試体でそれらの確認実験を行った結果である。

2. 実験の概要

コンクリートの練混ぜは恒温室内で行い、実験に使用した骨材、セメントそして水もこの室内で保持した。コンクリートの配合を、表-1に示す。実験は凝結、圧縮、中性化の各試験を行っており、各試験のパラメータ及びフレッシュコンクリートの性状を表-2に示す。中性化の試験に関しては、標準養生した圧縮試験後の供試体と中性化促進養生後の供試体について中性化判定試験を用いて行った。

3. 凝結特性について

こわばり現象を抑制する目的で、凝結遅延剤を添加した。そこで、コンクリートの凝結に及ぼす影響を確認するため、JIS A 6204に準拠したプロクター貫入試験を行った。図-1は、各コンクリートのプロクター貫入抵抗値の経時変化である。図-1から、ベースコンクリートで超遅延剤を添加しない30℃と20℃を比較した場合、30℃の方が始発、終結とも約1時間早くなっている。これは、温度の高い方が凝結の促進されることによる。一方、超遅延剤を添加したクーリングコンクリートの場合、凝結始発は比較的早く約4時間35分で超遅延剤無添加の30℃ベースコンクリートと大差はない。終結に関しては、9時間40分と遅く超遅延剤無添加の20℃ベースコンクリートと同程度になっている。このことは、ドライアイスのこわばり現象による粘性増大と、超遅延剤による凝結遅延の作用が相互に影響し合うもので、クーリングコンクリートの凝結特性であると言える。以上の結果、超遅延剤を添加したクーリングコンクリートにおいては、こわばり現象との相互作用で若干異なった特性を有するものの実用上問題はないと考えられる。

4. 強度特性について

クーリングコンクリートの強度発現を確認するため、標準養生した供試体の圧縮試験を行った。材令は、

表-1 コンクリートの配合

スラブ (cm)	空気量 (%)	水セメント 比 (%)	細骨材 率 (%)	単位量 (kg/m ³)					
				W	C	S	G	混和材 (%)	
12±2.5	4±1	55	46	156	284	847	1022	No. 8	No. 303
								0.25	0.0025

(注) 混和剤は対セメント重量の%で表示

表-2 実験条件及びコンクリートの性状

実験 項目	コンクリート	配合 記号	ドライアイス 添加量 (kg/m ³)	超遅延剤 添加率 (%)	コンクリート 温度(℃)
凝結 特性	A'-S	T-21	—	—	27.2
		T-53	—	—	22.9
		T-55	—	0.075	22.5
	クーリング	T-61	55	0.085	17.5
圧縮 特性	A'-S	T-24	—	—	22.4
		T-26	—	0.075	22.1
	クーリング	T-11	55	0.085	16.7

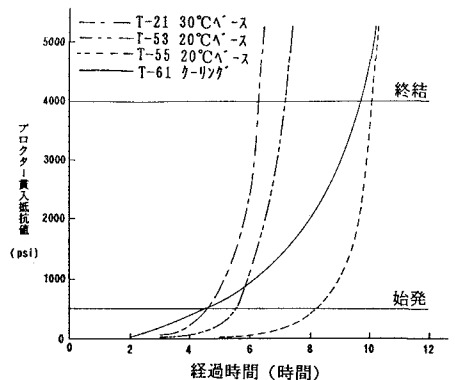
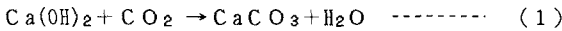


図-1 凝結特性

3, 7, 14, 28, 91日である。図-2は、各材令ごとに圧縮強度を示したものである。図-2から、ベースコンクリートにおいて超遅延剤無添加と添加を比較した場合、超遅延剤を添加したコンクリートの方が強度は高い傾向にある。これは、超遅延剤を添加した場合ブリージング率の大きくなることが影響していると考えられる。一方、クーリングコンクリートの場合、超遅延剤を添加したベースコンクリートより若材令時の強度は若干高くなっている。これは、ドライアイスの昇華にともなう蒸発水が影響していると考えられる。

5. 中性化について

硬化したセメントペーストは、主として水酸化カルシウム及び水酸化アルカリによりPHが12~13の強塩基性を呈している。一方、水酸化カルシウムは水の存在下で炭酸ガスに触れると、(1)式に示す反応を起こす。この反応が遂行して Ca(OH)_2 が



消費されると、セメントペーストは中性化される。セメントペーストにおける炭酸反応は、 Ca(OH)_2 に限らず各種の水和生成物や未水和物においても起こるが、中性化に関しては Ca(OH)_2 の炭酸化の影響が最も大きいと考えられる。以上の反応は、初期においてはセメントペーストの極表面で起こり、乾燥、湿潤が繰返えされ、絶えず炭酸ガスが供給されることにより徐々に内部へと進行していく。一般に、これがコンクリートを中性化される原因である。今回のようにドライアイスをフレッシュコンクリートに練混ぜる場合には、中性化は均一に起こり、しかも炭酸ガスの供給量が一定であり、一般に言われる中性化とは異なっていると思われる。そこで、(1)式の反応がどの程度中性化を起こすのかを化学反応の立場から検討すると図-3のようになる。図-3において、 CaCO_3 が理論上可能な限り生成される条件Ⅰの場合でも、 Ca(OH)_2 は残留し完全には中性化を起こさない。 CaCO_3 の生成量ができるだけ少なくなるⅡの場合、 CaCO_3 の生成量は Ca(OH)_2 のわずか1/190であり、中性化に関しては問題なることはないと考えられる。これらは、あくまでも理論上の数値であるが、実際にブレーキングを行った場合の CaCO_3 の生成量はⅡの場合に近いものと思われる。中性化を判定するため、圧縮試験後の供試体にフェノールフタレイン溶液を吹き付けた。ドライアイスを入れたものとそうでないものに差異は認められず、いずれの供試体も紫赤色の着色が割裂面全体に見られ、中性化の微候は認められなかった。また、中性化促進養生を行った結果も前述と同様に中性化は認められず、これから以後3年間試験を行う予定である。

6. おわりに

今回の基礎研究で、ドライアイスを用いたブレーキング工法の実用性を確認することができた。しかし、まだ不十分な面があり、今後の課題として長期的な中性化の検討、断熱温度上昇量の把握等が挙げられる。最後に、本研究に当っては東京理科大学理工学部辻正哲助教授、小野田セメント（株）中央研究本部宇智田俊一郎氏、日本酸素（株）ガス本部金信次氏、（株）東京ソイルリサーチつくば事務所佐々木一郎氏、窪田洋司氏にご指導、ご協力を頂いた。本誌を借りて、深く感謝の意を表わす次第である。

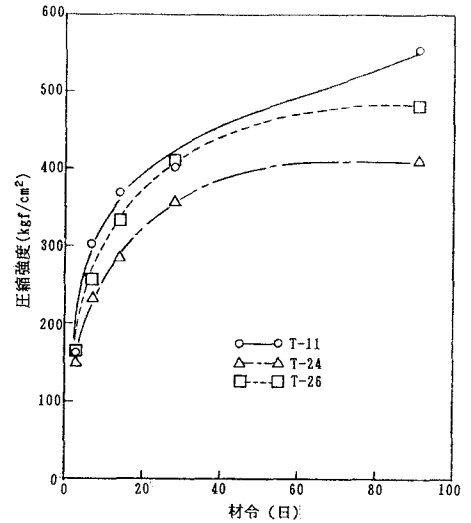


図-2 材令と圧縮強度の関係

① 式の左辺	【CO ₂ のmol数】 ・個体の状態で標準的投入量45kg/m ³ の場合 約1023mol/m ³ ・容量50gのミットで練り混ぜ30gの時のCO ₂ がすべてで気体であったと仮定するとミット内には 約 1mol
	【Ca(OH) ₂ のmol数】 ・約3784mol/m ³ ・練り混ぜ30g中に 約 114mol
↓	
① 式の左辺	Ⅰ投入したCO ₂ が上昇する事なくすべて個体のままであったと仮定し。 ①の反応率が100%だとすれば ①の反応により1032mol/m ³ のCaCO ₃ が生成される。 2761mol/m ³ のCa(OH) ₂ が残留する。
	Ⅱ容量50gのミットで練り混ぜ30gの時CO ₂ がすべて気体であったと仮定し。①の反応率が60%だとすれば ①の反応により0.6molのCaCO ₃ が生成される。 113.4molのCa(OH) ₂ が残留する。

図-3 中性化の検討