

PS V-12 液体窒素で冷却した骨材を用いたプレクーリングシステムの研究

清水建設㈱ 土木本部 正会員 小野 定
 東京ガス㈱ 工 務 部 正会員 後藤 貞雄
 清水建設㈱ 土木本部 正会員 根上 義昭

1. はじめに

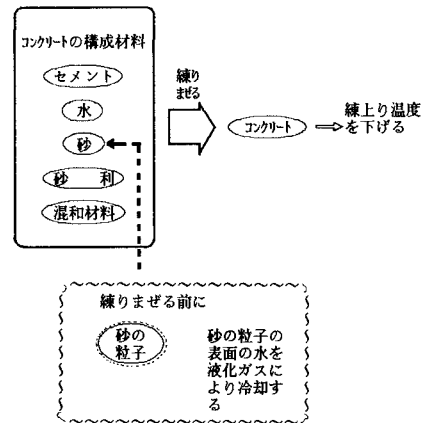
本州四国連絡橋、東京湾横断道路等のビッグプロジェクトに代表されるように、コンクリート構造物の大型化に伴い、マスコンクリートの施工が増加している。このようなマスコンクリートの設計施工に際しては、構造物の品質確保等の面から温度ひびわれの制御が重要な検討項目の一つであると考えられる。

マスコンクリートの温度ひびわれ制御対策方法としては、各種の方法が提案、実施されているが、対策の中でも「プレクーリング工法」は効果的な対策の一つとして上げられる。特に、近年、液体窒素（ LN_2 ）を用いたプレクーリング工法が海外で多く実施されており、その効果が確認されている。

本報告は、 LN_2 を用いたプレクーリングシステムの一つとして、 LN_2 により骨材を冷却し、その冷却した骨材を用いてコンクリートの練上り温度を下げるプレクーリングシステムについて実施した基礎実験、実証実験結果の一部を報告するものである。

2. 開発したプレクーリング工法の概要

本工法の基本原理は、図-1に示すように、細骨材（あるいは粗骨材）と LN_2 とを練りまぜて、骨材粒子の表面に付着している水を凍らせ、かつ骨材の温度をマイナス数十度に冷却し、この冷却した細骨材（以下冷却砂と記す）を用いてコンクリートを製造してコンクリート温度を低減するものである。



3. 研究開発の概要

実験は、図-2に示した2つのステップ、基礎実験および実証実験に分けて行った。実験に使用したコンクリートの配合は、表-1に示すとおりである。

4. 結果および考察

4.1 フレッシュコンクリートの性質

冷却しないコンクリート（常温コンクリート）と冷却したコンクリート（冷却コンクリート）のスランプは、それぞれ8.2cm（サンプル数 $n=6$ 、標準偏差 $V=2.5cm$ ）、13.2cm（ $n=22$ 、 $V=1.9cm$ ）であり、冷却することによりワーカビリティが向上することが認められた。スランプが高くなった原因の一つとして、コンクリート温度が低くなったためコンクリートの粘性が小さくなったことが考えられる。コンクリート温度とスランプとの関係について検討してみると、コンクリート温度が $10^{\circ}C$ 下がるとスランプが約3cm高くなる傾向が見られた。

空気量の測定結果は、常温コンクリートおよび冷却コ

図-1 開発したプレクーリング工法の基本原理

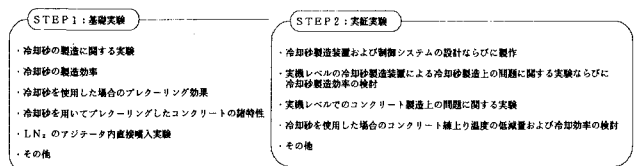


図-2 研究開発の概要

表-1 実験に使用したコンクリートの配合

実験 の 種 別	粗大骨材 寸法 (mm)	スランプの 範囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	水セメント比 W/C (%)	骨材比率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
						W	C	S	G	Ad.
基	25	12±2	4±1	50	40	150	300	738	1119	0.045
	25	12±2	4±1	60	42	150	250	792	1106	0.0375
実 証	20	8±2.5	4±1	58	47.3	198	340	770	934	0.02

ンクリートで、それぞれ 4.6% ($n=6$ 、 $V=0.39\%$)、4.8% ($n=26$ 、 $V=0.39\%$) であり、両者間に有意差は認められなかった。

4.2 圧縮強度

材令と圧縮強度との関係を図-3に示す。練上り温度(T_p)は、常温コンクリートおよび冷却コンクリートで、それぞれ23.3~27.4℃、-0.1~9.1℃の範囲で分布している。この結果から、圧縮強度は T_p が低いほど大きくなる傾向が認められ、この傾向は材令が大きくなるほど顕著になっている。

4.3 コンクリート温度の低減量

細骨材温度(T_s)とコンクリート練上り温度(T_p)との関係を図-4に示す。本実験で使用した細骨材以外のセメント、水および粗骨材の材料温度は、それぞれ27℃、25℃、24℃である。同図から、-50℃程度の冷却砂(LN₂により細骨材温度を約75℃低減)を使用することにより、約25℃の常温コンクリートの T_p が0℃近くまで低下している。このように、細骨材だけの温度を下げるだけでコンクリート温度が20℃以上低下しており、従来のプレクーリング技術の低減量が、実用的範囲で15℃程度以内であることを考えると、本工法のプレクーリング能力の大きいことが認められる。

4.4 コンクリートの冷却効率

LN₂を利用したプレクーリング工法の実用上の問題点の一つとして、コストの中でLN₂の材料費の占める割合が高いために、結果として施工費用が従来工法に比べて高くなることが上げられる。コンクリート温度の低減量(ΔT)と1m³当たり1℃ T_p を下げるのに必要なLN₂使用量との関係を図-5に示す。LN₂の使用量は、 ΔT が10~25℃の範囲で7~10kgであり、また、 ΔT が大きくなるにしたがって少なくなっており、両者の関係は直線関係で近似できるようなのである。この結果を、海外で多く用いられているミキサーおよびアジテータ内へのLN₂直接噴入方式の使用量と比べると、LN₂の使用量が20~40%少なくなっている。

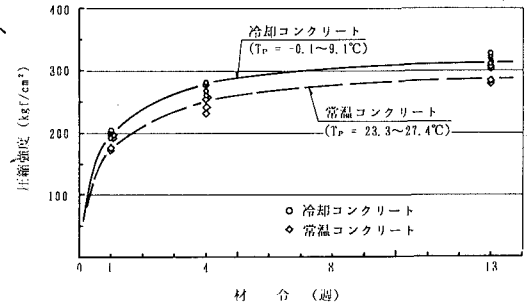


図-3 材令と圧縮強度との関係

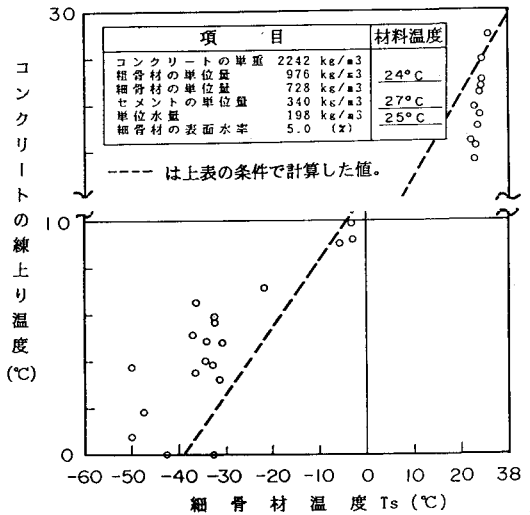


図-4 冷却砂温度とコンクリート練上り温度との関係

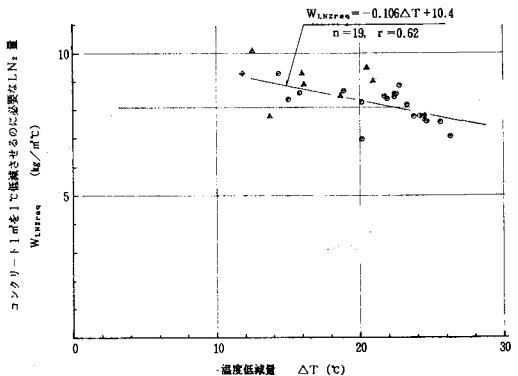


図-5 コンクリート温度の低減量とm³当たり1℃コンクリート温度を下げるのに必要なLN₂使用量との関係

本研究は、東京ガス（株）および東京冷熱産業（株）と共同で実施したものである。

最後に、本研究に際し、御指導いただきました東京工業大学長滝重義教授に深く感謝の意を表します。

（参考文献） 1)栗田、ほか：液体窒素で冷却した砂を用いたコンクリートの基礎的性質、土木学会第43回年次学術講演会投稿中、1988年、2)木村、ほか：液体窒素を用いて製造した冷却砂の性質に関する研究、土木学会第43回年次学術講演会投稿中、1988年