

V-213 液体窒素によるコンクリートのプレクーリングに関する研究（その2）

— 生コン車における直接冷却 —

㈱大林組 正員 十河 茂幸 正員 三浦 昭爾
 ㈱大林組 " 一瀬 賢一 " 新開 千弘
 大阪ガス㈱ " 浅井 邦茂 " 直井 彰秀

1. まえがき

マスコンクリート構造物の温度ひびわれの低減や、強度低下の抑制にはプレクーリング工法が効果的であるが、大規模な設備、費用がかかるため、その実施例は少ない。これに対し、液体窒素によりフレッシュコンクリートを直接冷却するプレクーリング工法は、簡易な設備で、目的の温度まで自由に冷却することができるため、従来の工法にかわり、その適用が広く期待できる。本研究は、液体窒素でフレッシュコンクリートを直接冷却した場合のコンクリートの品質変化および冷却効率について検討したものである。

2. 実験概要

表-1 コンクリート配合

2.1 使用材料および配合

粗骨材は、川砂利と砕石を1:1で混合したもの（比重2.67、吸水率0.90）、

配合	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位重量 (kg/m ³)					
						水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤	流動化剤
A	25	8	4	59.8	44.5	160	268	830	1060	0.632	---
B	25	8→18	4	44.0	44.8	167	380	788	991	0.897	3.35

細骨材は、川砂と陸砂を3:1で混合したもの（比重2.60、吸水率1.90、粗粒率2.86）を使用した。セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。配合は表-1に示す普通コンクリートと流動化コンクリートの2種類とした。

表-2 実験の組合せ

NO	液体窒素投入方法 (kg/cm ² 力 時間 分)	コンクリ量 (m ³)	配合	備 考
1	5.0 4.0	3.9	A	普 通
2	5.0 4.0	3.9	B	流動化 (冷却→流動化)
3	5.0 3.0	2.8	B	流動化 (流動化→冷却)
4	---	---	5.0 B	流動化 (冷却せず)

2.2 実験方法 …… 生コン車により運搬されたレデーミクストコンクリートに、図-1に示す投入装置

（ノズル径28mm）を用いて液体窒素を所定量投入し、攪拌、排出後、フレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートの性質を調べ、冷却前の品質と比較した。流動化コンクリートの冷却では、冷却後に流動化する場合と流動化後に冷却する場合について比較した。なお、冷却あるいは流動化の際の高速攪拌によりコンクリートの性質が変化する程度を調べるため、冷却を仮想した場合についても試験した。

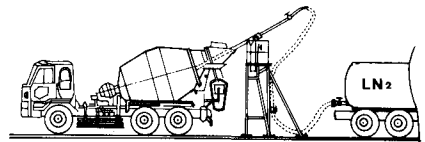


図-1 コンクリートの冷却方法

実験の組合せを表-2に示す。

表-3 コンクリートの性質

2.3 測定項目および方法 …… 試験項目は、スランブ、空気量、単位容積重量、コンクリート温度、ブリージング率、および、圧縮強度で、それぞれ、JISの試験法に従って試験した。液体窒素の使用量は、タンクローリーの液面計により測定し、コンクリート容量と冷却温度から冷却効率を算出した。なお、10

NO.	配合	測定時期	スランブ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)	圧 縮 強 度 (kg/cm ²)			
						標準養生			
						3日	7日	28日	91日
1	a	生コン車到着時	8.0	3.1	31.5	144	234	318	356
	b	冷 却 後	9.5	4.1	16.5	139	226	302	351
2	a	生コン車到着時	6.0	3.2	32.5	233	310	418	475
	b	冷 却 後	7.0	4.6	15.0	210	323	404	457
	c	流 動 化 後	15.5	4.9	23.0	222	305	385	438
						326	436	486	
3	a	生コン車到着時	7.5	3.2	32.5	236	326	436	486
	b	流 動 化 後	18.5	3.9	32.5	232	326	406	483
	c	冷 却 後	15.0	5.6	19.8	225	311	386	441
4	a	生コン車到着時	6.5	3.3	33.1	---	---	---	---
	b	冷却仮想値はん	8.5	3.9	33.5	---	---	---	---
	c	流 動 化 後	20.5	3.7	33.3	---	---	---	---
	d	冷却仮想値はん	14.5	4.0	33.0	---	---	---	---

cmの発泡スチロールでおおわれた1m角のマ
スブロックコンクリ
ートを打設し、その後の
水和熱による温度上昇
とコア強度(マス養生
)を測定し、液体窒素
による冷却が、温度上
昇、および、強度に及
ぼす影響を調べた。

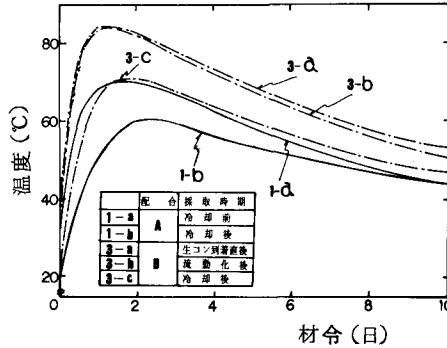


図-3 マスブロック中心温度

表-4 液体窒素使用量と冷却効率

NO	使用液体窒素量(kg)	低下温度(°C)	コンクリート容量(m³)	冷却効率(kg/m³・°C)
1	870	15	3.9	14.9
2	800	17.5	3.9	11.7
3	600	12.5	2.8	16.9

である。普通コンクリートのスランプは冷却により若干増大するが、流動化後に冷却した場合は逆に低下する。これは、コンクリート温度の低下に伴ない、流動化剤の分散効果(界面活性作用)が低下したためと考えられる。空気量は、いずれの場合も約1%程度増加するが、これは、冷却によるものではなく、冷却時の攪拌による空気連行が主要因と考えられる。このことは、表-3のNo.4の結果からも明らかである。最終ブリージング率は普通コンクリートの場合、冷却により若干増大し、流動化後の冷却の場合は低下したが、いずれも大差なかった。

3.2 硬化コンクリートの性質 …… 標準養生供試体による冷却前後の圧縮強度は、表-3に示すようにその差は少なく、ほぼ同等と認められる。マスブロックにおけるマス養生(図-3に温度履歴)後の強度は、図-4に示すとおり標準養生強度よりいずれも低い。しかし、冷却した方がしない場合より高い強度が得られる。冷却後の強度を冷却前と比較した結果を図-5に示す。マスコンクリートにおいては、冷却による強度の改善効果が大いことが認められる。

3.3 冷却効率 …… 液体窒素の使用量と、コンクリート温度の低下量から算出した冷却効率を表-4に示す。コンクリート量、液面計の誤差、コンクリート温度の測定誤差等が考えられ、その冷却効率には若干バラツキが認められたが、ほぼ、 $14.5 \text{ kg/m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ と推定できる。この値は液体窒素の冷熱保有量の約40%である。

4. あとがき

液体窒素により練上ったコンクリートを直接冷却する工法は、コンクリートの品質に悪影響を与えず、簡易な設備で、短時間で実施できる上、目標冷却温度を自由に変更できる利点があることが認められた。この工法は比較的小規模な工事にも適用でき、今後の期待は大きい。

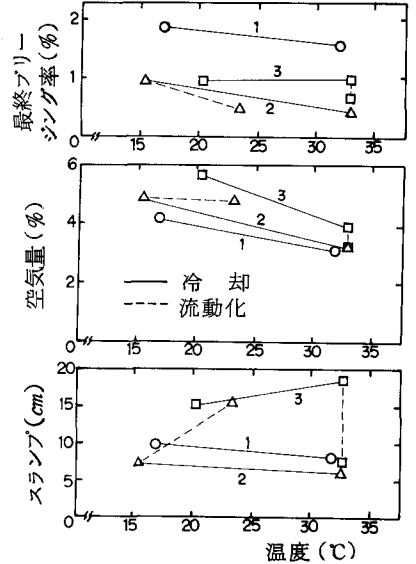


図-2 コンクリート温度とフレッシュコンクリートの性質

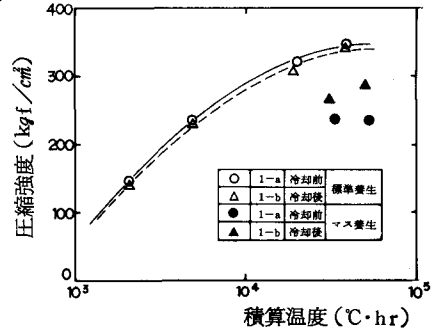


図-4 積算温度と圧縮強度

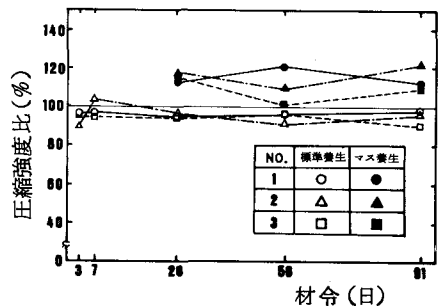


図-5 冷却前に対する冷却後のコンクリートの強度比