

V-228

冷却骨材ストック方式によるプレクーリングに関する研究

清水建設(株) 正会員 根上義昭 ○戸栗智仁 小野 定  
 東京ガス(株) 正会員 後藤貞雄 高橋行茂 峯岸孝二

1. はじめに

マスコンクリートの温度ひびわれ制御対策の一つとして、プレクーリングがある。プレクーリングの方法としては、従来から多く使用されている冷水や氷を用いる方法に加えて、最近では-196℃の液体窒素(LN<sub>2</sub>)を利用した方法等も実施されている。著者らは、液体窒素を用いて骨材を冷却する方法を開発し、実用に共してきた。<sup>1), 2), 3)</sup>既に開発した方法は、骨材に着目したものであるが、実用化は熱効率の面から主に細骨材について行った。しかし、著者らが既に開発・実用化した方法は、製造した冷却骨材を、冷却後直ちに用いて冷却コンクリートを製造するものであるため、施工条件によってはコンクリートの製造サイクルタイム、LN<sub>2</sub>の供給等に検討余地が残されていた。

このようなことから、著者らは、冷却した骨材を製造後、一時的にストックしておき、後日この冷却した骨材を用いて冷却コンクリートを製造する方法を考案、検討した。本研究は、冷却骨材ストック方式によるプレクーリングについて検討したものである。

2. 実験概要

冷却骨材ストック方式によるプレクーリング開発のために実施した、基礎実験の目的は次のようである。  
 ①冷却した骨材貯蔵時の温度上昇特性を明らかにする。②冷却骨材の保存方法の検討。③冷却骨材の固結等。  
 実験要因および水準を表-1および表-2に示す。なお、固結度試験の荷重は、サイロ高さ15m、骨材密度 $\rho = 1.7t/cm^3$ を考慮して決めた。

表-1 要因および水準

要 因	
サイロのタイプ	コンクリート製、コルゲート製
貯蔵時の冷却骨材の初期(℃)	
細骨材	
コンクリート製	0、-5、-10
コルゲート製	-2
粗骨材	
コンクリート製	-0、-10、-20、-30
コルゲート製	-15
冷却骨材貯蔵期間	コンクリートサイロ 3日間 コルゲートサイロ 6日間

表-2 要因および水準(固結度試験)

要 因	水 準
骨材種類	細骨材、粗骨材
骨材温度(℃)	0、-5、-10、 -20
載荷時間(分)	0、1、5、10
荷重(t)	0.25、0.5、0.75

3. 結果および考察

貯蔵中の骨材温度上昇試験結果を表-3に示す。同表中の「温度上昇速度」は、骨材貯蔵中の平均骨材温度の上昇量を、貯蔵期間で除したものである。

サイロ貯蔵中の冷却細骨材の温度上昇は、0℃付近で貯蔵したケースではほとんど見られず、初期温度が

低い状態で貯蔵したケースほど貯蔵中の温度上昇量が大きい傾向を示した。また、0℃付近ではマイナス領域の骨材の方が、プラス領域の場合よりも温度上昇量が小さい傾向が見られた。これは、0℃以下の場合には、骨材の表面水が氷になっているため、この水の潜熱が失われることによるものと考えられる。

冷却粗骨材の温度上昇は、初期温度-20℃から-60℃の範囲で2.2から16℃/日であった。実験 No. 3 と No. 12がほぼ同じ条件で貯蔵されていることから、この傾向をこれらのケースで比較してみた。それぞれの温度上昇速度は、細骨材3.5℃/日、粗骨材6.2℃/日であり、粗骨材の温度上昇速度は細骨材の約1.8倍になっている。この原因としては、細骨材の表面水量が粗骨材より多く、かつ、水の比熱が骨材の約5倍程度大きいこと、さらに、粗骨材の方がサイロ内部の空隙が大きいことなどが上げられる。

サイロ外周の断熱は、予想された結果であるが、明らかに断熱の効果が認められる。

次に、サイロからの冷却骨材の引出しについて検討した。細骨材は、骨材引出し時の骨材温度が0℃よりも高い場合には、冷却骨材をサイロ下部に取り付けたホッパーから引出すことができた。しかし、0℃以下の場合には、貯蔵した冷却骨材を引出すことが出来なかった。これは、冷却骨材は、製造時にはサラサラの状態であるが、貯蔵時に圧力を受けるため、細骨材表面の水が結合して冷却骨材が固結状態になるためと考えられる。これらの結果から、冷却細骨材を0℃以下でサイロに貯蔵するためには、今後新たな方法の検討が必要と思われる。一方、冷却粗骨材の引出しは、骨材の初期温度にはほとんど関係なく可能である。しかし、この傾向は、粗骨材の表面水率が約1%以下の場合であり、表面水率が1%を超えると、冷却骨材の引出しが困難になる傾向が認められた。

固結度試験の結果では、細骨材は初期温度が0℃以下の場合、無載荷ではモールド脱型後自立した状態が維持されること、粗骨材の場合には固結が生じないことが明らかになった。

#### 4. おわりに

新しいプレクーリングの方法として、冷却骨材をサイロで貯蔵し、これを用いて冷却コンクリートを製造する方法が実用的であることが実験的に確認された。<sup>4)</sup>

表-3 貯蔵中の骨材温度上昇試験結果

試験 No.	骨材種類	サイロの型式	断熱材の有無	骨材初期温度(℃)	貯蔵時の骨材温度(℃)	貯蔵期間(日)	温度上昇速度(℃/日)
1	細骨材	コンクリート製	無	-4.0 (15.5)★	-1.1 (18.2)★★	3.94	0.74
2	細骨材	コルゲート製	有	-3.8 (11.6)	-2.4 (6.2)	4.93	0.28
3	細骨材	コンクリート製	無	0.1 (14.3)	0.1 (17.5)	3.92	0.00
4	細骨材	コルゲート製	有	0.0 (13.8)	0.3 (6.8)	2.88	0.10
5	細骨材	コンクリート製	有※1)	-35.4 (18.1)	-25.4 (17.6)	2.85	3.51
6	細骨材	コンクリート製	有※2)	0.8 (14.9)	8.8 (10.3)	5.40	1.48
7	粗骨材	コンクリート製	無	-24.3 (10.5)	-5.5 (22.5)	3.61	4.72
8	粗骨材	コンクリート製	無	-49.0 (15.1)	-12.5 (14.0)	4.05	9.01
9	粗骨材	コンクリート製	無	-62.3 (10.3)	-1.7 (11.6)	4.74	12.78
10	細骨材	コンクリート製	無	-35.4 (21.2)	-1.6 (13.8)	4.04	8.37
11	粗骨材	コンクリート製	無	-44.4 (16.9)	-30.3 (18.0)	0.88	16.02
12	粗骨材	コンクリート製	有※1)	-34.5 (9.0)	-19.0 (16.2)	2.52	6.15
13	粗骨材	コルゲート製	有	-28.0 (19.9)	-12.9 (16.3)	7.02	2.15

※1) 外側グラスウール

★( ) は外気温

※2) 内側発泡スチロール

★★( ) は骨材引出し時の外気温

(参考文献) 1)木村、他：液体窒素により冷却した細骨材を用いたプレクーリングシステムの開発、土木学会論文集第409号、1989.9、2)根上、他：液体窒素で冷却した砂を用いて製造したコンクリートの諸性質に関する研究、土木学会論文集第414号、1990.2、3)峯岸、他：液体窒素を用いたプレクーリングによる底版コンクリートの温度ひびわれ制御、コンクリート工学、1989.8、4)田嶋、他：液体窒素を用いて冷却した骨材の運搬および貯蔵時の温度上昇特性について、平成3年度土木学会年次講演会発表予定、1991.9