

V-212 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3）

— アジテータ，ミキサにおける冷却 —

大阪ガス(株) 正員 直井 彰秀 正員 浅井 邦茂
 (株)大林組 " 十河 茂幸 " 佐藤 哲司
 (株)大林組 " 一瀬 賢一 " 新開 千弘

1. まえがき

液体窒素によるフレッシュコンクリートの直接冷却について，すでに，生コン車内のコンクリートを直接冷却する方法を報告した。本報では，この冷却方法をパッチャープラントでのミキサおよび据置型アジテータに適用した場合の，冷却効率や，冷却がフレッシュコンクリートの性質に与える影響について述べる。

2. 実験概要

2.1 冷却方法 …… 冷却に用いた設備は，図-1に示す横一軸アジテータおよび横二軸強制練りミキサで，いずれも容量2m³のものである。液体窒素の供給は，アジテータの場合片側の2本の配管を，ミキサの場合両側面に各2本ずつ4本の配管を用いて行った。液体窒素の噴射部分は，各配管をさらに2本に分岐させ，練混ぜ軸の回転方向にそってコンクリート内へ分散し易いように行った。なお，噴射口の総断面積は，いずれも約20cm²とした。

2.2 実験条件 …… 比較した実験条件は，前述の冷却方法2種類（アジテータ，ミキサ），投入圧力，投入時間，回転数，開放度およびスランプである。実験の組合せを表-1に示す。実験No.7における練り混ぜ中の冷却は，練混ぜ水の供給時に合せて液体窒素を投入した。

実験には，普通骨材および普通ポルトランドセメントを使用し，コンクリート配合は，表-2に示すとおりである。

2.3 試験項目 …… 主な測定項目は，冷却前後におけるコンクリート温度，スランプ，空気量，ブリージングおよび凝結時間で，それぞれJISおよびASTM規格に準じて行った。また，冷却後のアジテータあるいはミキサ内のコンクリートの温度分布を，Cu-Co熱電対を取付た棒を挿入し調べた。冷却に用いた液体窒素量は，タンクローリーの供給前後における重量差により求めた。

3. 実験結果および考察

冷却前後のコンクリート温度とスランプ，空気量，最終ブリージング率および凝結時間の関係を図-2に示す。スランプは，冷却を行うことによって，0～2.5cm低下しており，生コン車を用いる方法に比べて若干低下量が多い。空気量は，アジテータを用いた場合には若干の低下傾向に，ミキサを用いた場合には増加傾向にあり，これは生コン車を用いた場合に比べて，若干変動が小さい。ブリージング率は，いずれも冷却によって低下し，これは生コン車を用いた場合とは逆の傾向を示した。また，凝結時間は冷却の影響をあまり受けない。スランプおよびブリージング率が低下する傾向は，冷却によってフレッシュコンクリート中の水分が若干気化するためと考えられるが，その程度は微量であり，品質上特に問題はないと言える。空気

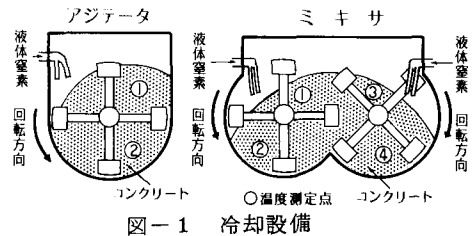


表-1 実験要因と組合せ

項目 No.	冷却 方法	投入 圧力 (kg/cm ²)	投入 時間 (秒)	開放度	回転数 (r.p.m.)	スランプ (cm)	備 考
1	ア ジ テ ー タ	3.0	120	開	30	18	
2		1.5	150	半開	20		
3			160		30	12	
4		3.0	137				
5	ミ キ サ	3.0	60	—	23.5	18	凝結後に 冷 却
6		2.0	120				凝結中に 冷 却
7		3.0	60				

開放度：開…ふた面積の40%開放 半開…ふた面積の15%開放

表-2 コンクリートの配合

目 標 スランプ (cm)	目 標 空気量 (%)	水セメ ント比 (%)	細骨材 率 (%)	単 位 重 量 (kg/m ³)					混和剤
				水	セメント	細骨材	粗骨材		
18	4±1	50	40	186	372	677	1046		0.91
12	4±1	49	40	166	336	706	1096		1.01

量については、攪拌中の空気の影響があるものと考えられ、アジテータのように練混ぜ性能の低いものではこの巻込みが小さく、若干の低下傾向を示す。また、冷却時における各比較条件によるフレッシュコンクリートへの影響の相違については、混練り中に冷却を行った場合も含めて大差は認められなかった。

冷却後におけるアジテータおよびミキサ内の温度分布測定結果を表一3に示す。コンクリートの温度差は、アジテータの場合3.0～10.8℃、ミキサの場合1.9～2.5℃である。特に実験No.2,3のアジテータによる冷却の場合に、その温度差が大きい、これは回転数および投入圧力が低い場合のもので、コンクリート内部への液体窒素の分散が十分に行われなかったためと考えられ、十分な攪拌を行えば、アジテータを用いても、実用上必要な温度の均一性を十分確保できるものと思われる。

コンクリート温度の低下量と、それに要した液体窒素量および冷却効率（液体窒素の持つ熱量のうちコンクリートの冷却に利用できたものの比）を表一4に示す。また、コンクリート温度低下量と1m³あたりの液体窒素使用量の関係を図一3に示す。冷却効率は、アジテータの場合約37～52%、ミキサの場合約32～37%であり、実験No.1,4が他に比べて効率が良い。これは、液体窒素投入圧力が高く、攪拌回転数が多い場合に対応しており、液体窒素がコンクリート内へ十分拡散されることにより効率が向上するものと思われる。なお、練混ぜ時の開放度の冷却効率への影響は、比較的小さかった。

4. あとがき

液体窒素によるコンクリートの直接冷却について、アジテータおよびミキサを使用した場合の検討を行った。その結果、フレッシュコンクリートの品質に大きな影響を与えることなく、ブレーキングができることが明らかとなり、種々の場合に適した冷却方法が選択でき、広い適用が期待できるものと思われる。

最後に、本研究（その1）～（その3）をまとめるにあたり、貴重な御助言、御指導を賜りました東京理科大学 樋口芳朗教授ならびに東京大学 岸谷孝一教授に心から感謝致します。

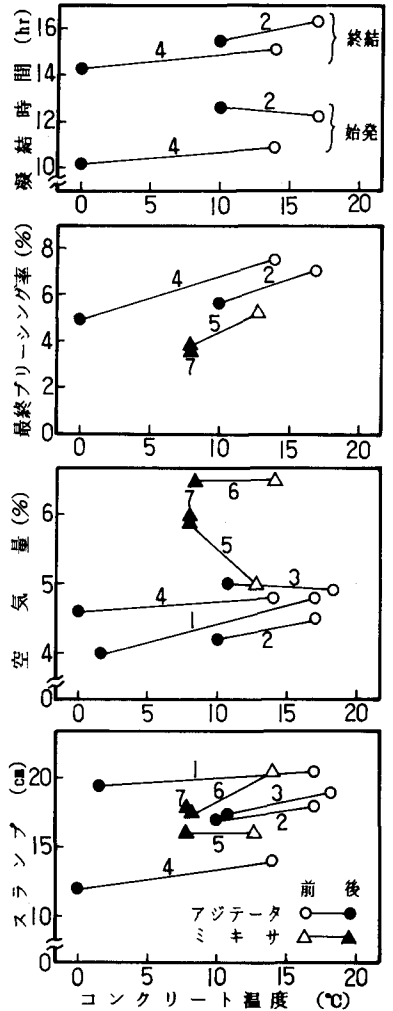
表一3 冷却による温度分布

No.	温度分布(℃)				平均温度(℃)	最大温度差(℃)
	①	②	③	④		
1	3.7 1.2 2.6	2.6 1.6 4.9	—	—	2.8	3.7
2	9.6 7.1 12.1	15.5 4.7 14.1	—	—	10.5	10.8
3	9.3 6.3 12.3	11.9 5.8 12.8	—	—	9.7	7.0
4	0.7 3.0 0.7	0.0 1.5 1.6	—	—	1.3	3.0
5	6.8 7.5 7.4	7.6 6.8 7.8	7.6 8.4 8.6	5.9 7.1 8.3	7.2	2.5
6	7.4 6.5 4.1	7.8 8.3 6.0	8.6 8.3 4.4	8.3 8.9 4.6	8.0	2.4
7	4.1 5.6 4.8	4.7 6.0 4.4	4.8 4.4 4.6	5.0 4.6 4.6	4.9	1.9

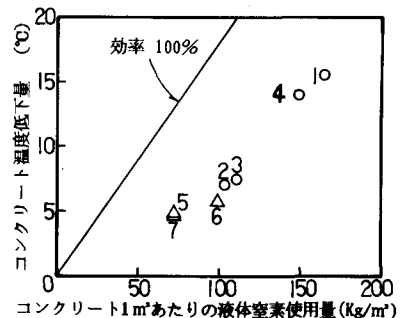
表一4 冷却効率

No.	低下温度(℃)	液体窒素使用量(Kg)	冷却効率(%)
1	15.5	330	51.9
2	7.1	208	36.6
3	7.5	222	37.3
4	14.1	300	50.5
5	4.9	145	36.6
6	5.8	200	32.2
7	4.8	145	37.1

☆ 冷却前温度をNo.6と同じとした



図一2 コンクリート温度とコンクリートの性質



図一3 液体窒素使用量とコンクリート温度低下量