

PSV-11 耐寒剤使用コンクリートの強度発現と耐凍害性

北見工業大学 正会員 鮎田 耕一

北見工業大学 正会員 桜井 宏

北見工業大学 正会員 猪狩 平三郎

1. まえがき 本研究は、最近開発市販された無塩化タイプの耐寒剤を用いたコンクリートの氷点下における強度発現性状と耐凍害性を検討することを目的として行った。

2. 使用材料と実験方法 使用した耐寒剤（N）は、メラミンスルホン酸系高縮合物と無機系窒素化合物を主成分とする混和剤であり、本実験ではセメント100kgあたり5%使用した。また、高アルキルカルボン酸系のA E剤（A）を併用した。ほかに比較のためにアニオン系のA E減水剤（V）および補助A E剤を用いた。セメントは普通ポルトランドセメント、骨材は川砂、川砂利を使用した。

コンクリートの配合と標準養生材令28日の圧縮強度（ f_{28} ）を表1に示す。コンクリートの練り上がり性状は、スランプ 8 ± 1 cm、空気量 $5 \pm 0.5\%$ 、温度 $17 \sim 20^\circ\text{C}$ である。打込み後の温度条件は、①標準養生、② -5°C あるいは -10°C 冷却、③ $+5^\circ\text{C}$ で3, 6, 9, 12時間気中養生後 -5°C あるいは -10°C 冷却とした。なお、 -5°C 冷却の場合は、 $W/C=0.50$ のコンクリートを用い材令1日で脱型、 -10°C の場合は、 $W/C=0.45$ のコンクリートを用い材令2日で脱型、それぞれ供試体を封かんした。

表1 配合と圧縮強度

混和剤	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				f_{28} (kgf/cm ²)
			C	W	S	G	
N+A	45	33	287	129	636	1302	379
	50	34	264	132	659	1290	331
A	45	33	329	148	608	1244	361
	50	34	300	150	633	1238	317
V	45	33	307	138	623	1275	361
	50	34	280	140	648	1267	326

圧縮強度試験（供試体 $\phi 10 \times 20$ cm）は、材令1～28日で行ったが、冷却供試体は $+10^\circ\text{C}$ の水中に30分間浸水後試験に供した。急速凍結融解試験（供試体 $10 \times 10 \times 40$ cm）は、標準養生材令28日からASTM A法に準じて行った。このほかに、粗骨材を除いた配合でモルタルを作成し、結合水量と細孔構造を求めた。

3. 実験結果 表1の結果によれば、耐寒剤（N+A）を用いたコンクリートは他の混和剤（Aのみ、あるいはV）を用いた場合より減水効果が大きく、材令28日の圧縮強度も大きい。図1に -5°C 冷却、図2に -10°C 冷却の場合の圧縮強度発現性状を示した。6～12時間 $+5^\circ\text{C}$ 養生後 -5°C 冷却の場合、材令28日の圧縮強度は標準養生に匹敵するほどになる。しかし、 -10°C 冷却の場合には強度発現は停滞している。図3に、6～12時間 $+5^\circ\text{C}$ 養生後冷却した場合の -15°C を基準とした積算温度と圧縮強度の関係を示した。 -5°C 冷却の場合には、標準養生の場合とほぼ同一曲線で表せるが、 -10°C 冷却の場合には明らかに傾向が異なっている。表2は、結合水量の実験結果である。12時間 $+5^\circ\text{C}$ 養生しても、その後 -10°C 冷却されると結合水量は少ない。図4は、結合水量と圧縮強度の関係を求めた結果である。一部封かんをしていない供試体のデータも含まれているが、結合水量と圧縮強度の間には相関が認められる。図5は、細孔構造の試験結果である。 -10°C 冷却の場合には -5°C 冷却に比べて細孔構造が粗大なままである。

図6は、表1の配合のコンクリートの凍結融解試験結果である。耐寒剤を用いたコンクリートの耐凍害性は、他のコンクリートと比較して劣っている。表3は、耐寒剤を用いた硬化コンクリートの気泡組織の測定結果であるが気泡組織は良好であるといえよう。

4. 結論 耐寒剤を用いたコンクリートは6時間以上 $+5^\circ\text{C}$ に保った後 -5°C で冷却されても、水分逸散が少ない状態では材令28日の圧縮強度が標準養生強度に匹敵するほどになることが確認された。しかし、 -10°C で冷却されると、水和反応が停滞し結合水量が少なく細孔構造も粗大で圧縮強度の発現は期待できない。また、耐寒剤を用いたコンクリートは凍結開始時の強度が大きく気泡間隔が小さくても条件によっては凍害劣化が生じやすい。したがって、過酷な温度、水分条件のときには使用にあたって対策が必要となろう。

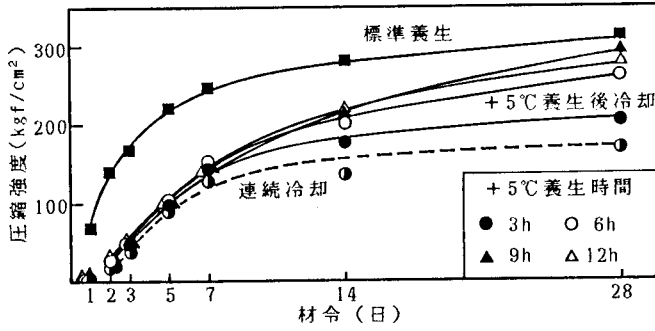


図1 圧縮強度発現性状（-5℃冷却の場合）

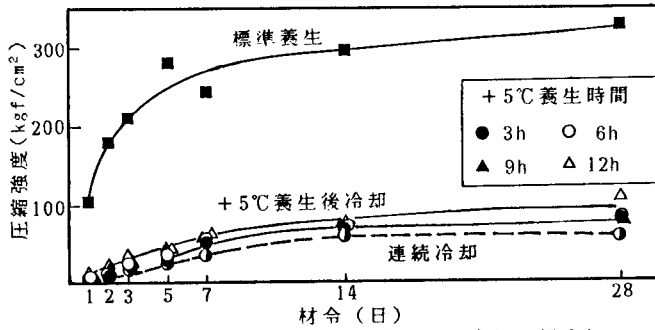


図2 圧縮強度発現性状（-10℃冷却の場合）

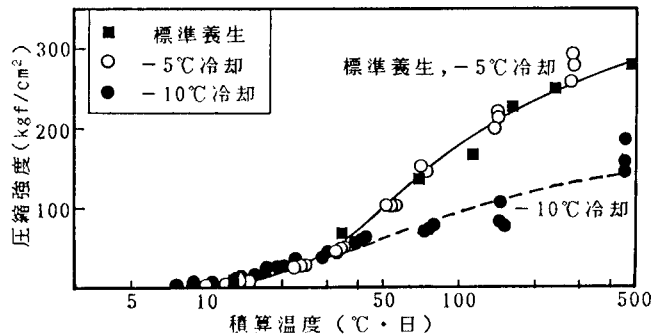


図3 圧縮強度と積算温度（基準温度-15℃）の関係

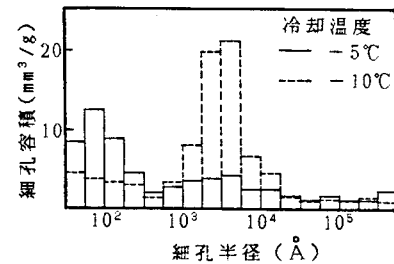


図5 細孔構造

表2 結合水量 (mg/g)

冷却温度	養生時間	材令			
		3日	7日	14日	28日
-5℃	0時間	82.2	104.5	123.2	136.9
	12時間	79.4	109.4	123.5	132.1
-10℃	0時間	67.0	84.6	90.3	94.8
	12時間	73.4	88.4	94.2	102.2

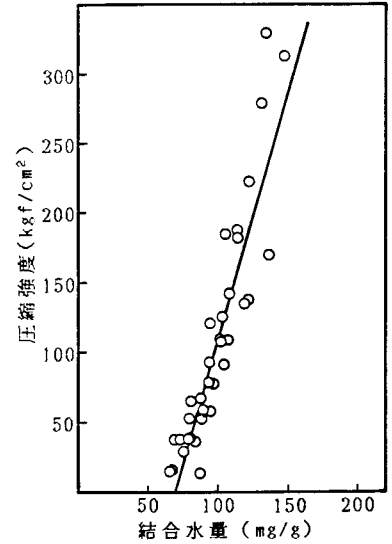


図4 圧縮強度と結合水量の関係

表3 気泡組織

気泡組織	W/C	
	0.45	0.50
空気量 (%)	4.4	4.2
比表面積 (cm²/cm³)	184	193
気泡間隔係数 (μm)	251	242

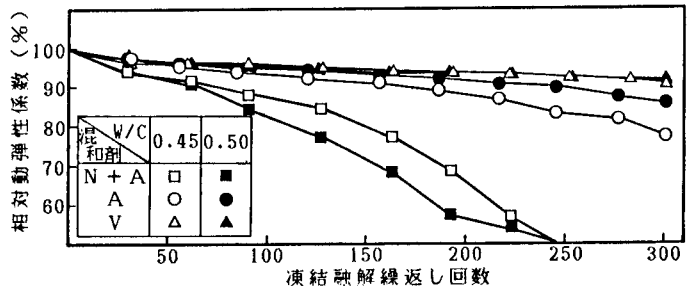


図6 凍結融解試験結果