

V-7

蒸気養生条件がコンクリートの耐凍害性と強度に及ぼす影響について

北見工業大学大学院 学 増岡宗朗
北見工業大学 正 鮎田耕一
// 正 桜井 宏
網走管内コンクリート製品協同組合 藤村 満
// 橘井康寛

1. はじめに

コンクリートの硬化促進を目的として大気圧下で行う常圧蒸気養生を一般に蒸気養生といい、コンクリート製品工場で広く採用されている。コンクリート製品の製造では、蒸気養生によって水和を促進させて製品を早期に完成させ、型枠の使用効率を高めているのである。

蒸気養生がコンクリートの強度性状に及ぼす影響についてはかなりの研究がなされてきている。一方、寒冷地ではコンクリート製品に凍害が発生することもあるが、蒸気養生条件と耐凍害性の関係については十分に明らかにされていない。

そこで、本研究では蒸気養生の温度条件を変化させ、それが耐凍害性及び強度発現性状に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

表1 使用材料

2.1 実験計画

蒸気養生の、
最高温度（45℃、
65℃、85℃）、

最高温度を65℃とした場合のその保持時間（1時間、2時間、4時間）が耐凍害性、圧縮強度に与える影響について検討した。

2.2 使用材料

表1に使用材料を示す。

2.3 配合

表2に配合を示す。

2.4 養生

(1) 蒸気養生

供試体の打込み終了後、型枠のまま養生槽に入れ蒸気養生を行った。蒸気養生条件を表3に示す。なお、前養生も蒸気養生槽の中で行った。

(2) 蒸気養生終了後の養生

蒸気養生終了後脱型した供試体を凍結融解試験開始材齢あるいは圧縮強度試験材齢まで、室温 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ の部屋で湿布をかけて養生を行った。

(3) 標準養生

供試体を、打込み終了後室内（室温約 10°C 、湿度約 97 %）におき、蒸気養生を行った供試体の養生終

Freeze-Thaw Resistance and Strength of Steam-Cured Concrete

by M.MASUOKA, K.AYUTA, H.SAKURAI, M.FUJIMURA and Y.KITSUI

了時刻に脱型して凍結融解試験開始材齢あるいは圧縮強度試験材齢まで恒温水槽（水温 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ）に入れた。

標準養生を行った供試体を、養生条件番号 No.0 とする。

2.5 測定項目

(1) フレッシュコンクリートのスランプ、空気量、温度
コンクリートの製造直後に測定した。

(2)耐凍害性

土木学会規準「コンクリートの凍結融解試験方法」に準じて 14 日間、蒸気養生終了後の養生又は標準養生を行った後、材齢 14 日から水中で急速凍結融解試験を 300 サイクルまで行い、質量減少率及び相対動弾性係数を求めた。

表 3 蒸気養生条件

養生条件番号	蒸気養生				
	前養生		昇温速度 ($^{\circ}\text{C}/\text{h}$)	最高温度 ($^{\circ}\text{C}$)	保持時間 (h)
	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	時間 (h)			
No.1	20	2	20	45	1
No.2				65	
No.3				85	
No.4				65	2
No.5					4

表 4 実験結果

養生条件		フレッシュコンクリートの性状			耐凍害性		圧縮強度 (kgf/cm^2)					
		スランプ	空気量	温度	耐久性指数	質量減少率	材齢	材齢	材齢	材齢	材齢	材齢
		(cm)	(%)	($^{\circ}\text{C}$)		(%)	1 日	3 日	7 日	14 日	28 日	91 日
標準養生	No.0	7.0	4.0	17.0	98	2	—	249	376	421	464	456
蒸気養生	No.1	9.0	4.4	19.0	98	2	78	207	313	366	365	424
	No.2				93	2	117	203	292	358	329	410
	No.3				96	2	202	238	301	342	355	366
	No.4	9.5	4.4	17.0	73	3	183	237	315	333	358	372
	No.5	7.0	4.0	17.0	98	1	255	301	351	352	404	424

耐久性指数は、ASTM C 6 6 6 に準じて求めた。

(3) 圧縮強度

蒸気養生を行った供試体では材齢 1 日、3 日、7 日、14 日、28 日、91 日に試験を行った。標準養生を行った供試体では材齢 3 日、7 日、14 日、28 日、91 日に試験を行った。

3. 実験結果及び考察

表 4 にフレッシュコンクリートの性状、耐凍害性及び圧縮強度の実験結果を示す。耐凍害性の耐久性指数、質量減少率は凍結融解 300 サイクル終了後の値である。

3.1 最高温度と耐凍害性

図 1 に最高温度と耐久性指数の関係を示し、図 2 に最高

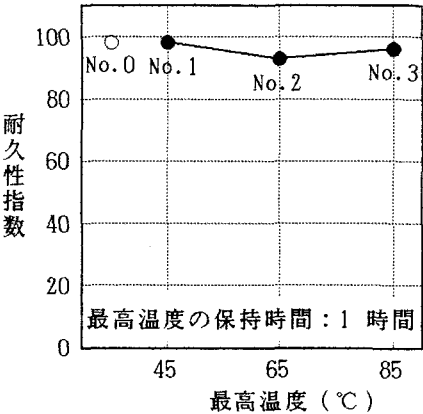


図 1 最高温度と耐久性指数の関係

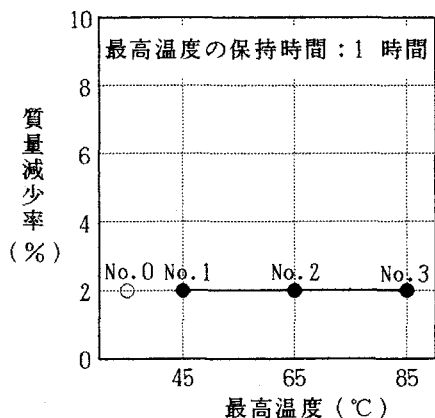


図2 最高温度と質量減少率の関係

温度と質量減少率の関係を示した。これらの図から明らかなように、最高温度を45℃、65℃、85℃とした場合の耐久性指数や質量減少率の差は小さく、また、標準養生供試体 (No.0) との違いも見られない。以上の結果から、蒸気養生の最高温度を45℃、65℃、85℃、最高温度の保持時間を1時間とした範囲では、いずれのコンクリートも良好な耐凍害性を示した。

3.2 最高温度の保持時間と耐凍害性

図3に最高温度を65℃とした場合のその保持時間と耐久性指数の関係を示し、図4に最高温度の保持時間と質量減少率の関係を示した。この実験の範囲では、最高温度の保持時間を1時間、2時間、4時間とした場合の耐久性指数は73~98の範囲にあり、また、質量減少率は1~3%の範囲にあった。

以上の結果から、蒸気養生の最高温度を65℃、その保持時間を1~4時間とした範囲では、その耐凍害性にややばらつきがみられるが、いずれのコンクリートも良好な耐凍害性を示した。

3.3 最高温度と圧縮強度

図5に、最高温度別の圧縮強度の発現性状を、図6に最高温度と材齢1、3、7、28、91日の圧縮強度の関係を示した。これらの図から明かなように材齢3日までは最高温度が高い方が圧縮強度は高い傾向にあり、材齢7~28日では最高温度の違いによる圧縮強度の差はほとんどなく、材齢91日では最高温度が高い方が圧縮強度が低くなって

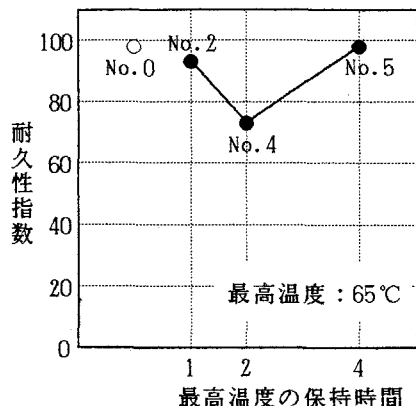


図3 最高温度の保持時間と耐久性指数の関係

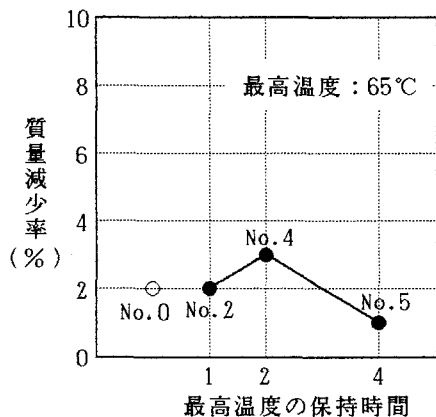


図4 最高温度の保持時間と質量減少率の関係

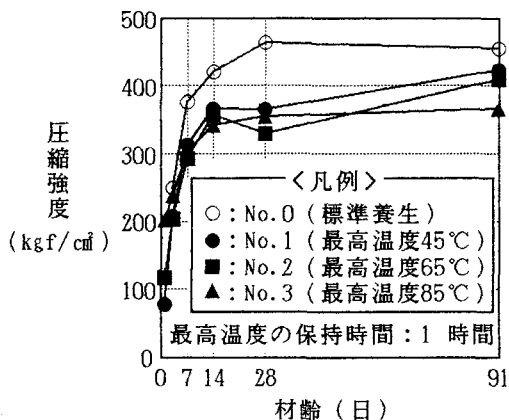


図5 最高温度と圧縮強度発現性状の関係

いる。このことから高い最高温度は若材齢の強度発現に有利であるが、長期材齢における強度の伸びを抑制させることが確認された。また、すべての材齢の蒸気養生供試体の圧縮強度は、同じ材齢の標準養生供試体 (No.0) の圧縮強度より低かった。

3.4 最高温度の保持時間と圧縮強度

図7に最高温度を65℃とした場合のその保持時間別の圧縮強度の発現性状を、図8に最高温度の保持時間と圧縮強度の関係を示した。これらの図から明らかなように材齢が若いほど、最高温度の保持時間が長い方が圧縮強度は高くなっている。また、一部(材齢3日の最高温度の保持時間4時間)を除き、蒸気養生供試体の圧縮強度は、標準養生供試体 (No.0) の圧縮強度より低かった。

4. おわりに

蒸気養生の最高温度 (45℃～85℃)、及び最高温度 (65℃) の保持時間 (1～4時間) を変化させたコンクリートを用いて実験を行った結果、いずれの供試体も良好な耐凍害性を示した。また、最高温度の保持時間を1時間とした場合、最高温度が高いと長期強度の伸びが停滞すること、及び最高温度を65℃とした場合その保持時間が長いほど若材齢の圧縮強度が高くなることなどが確認された。実験の範囲が限られているので、コンクリートの強度と耐凍害性の関係を明らかにするには至っていないが、今後さらにデータを蓄積して、蒸気養生コンクリート製品の最適養生条件について検討していく予定である。

本研究の実施にあたりご協力いただいた網走管内コンクリート製品協同組合の各組合員、ならびに北見工業大学 猪狩平三郎 氏に感謝申し上げます。

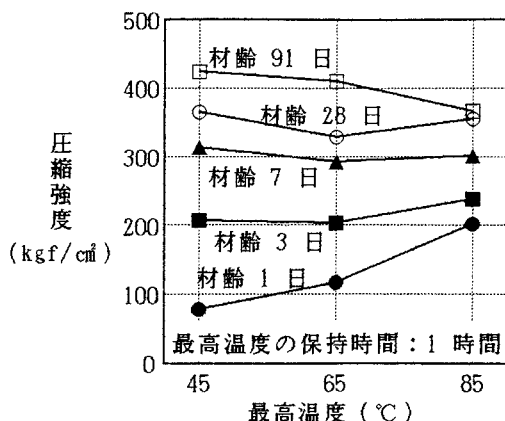


図6 最高温度と圧縮強度の関係

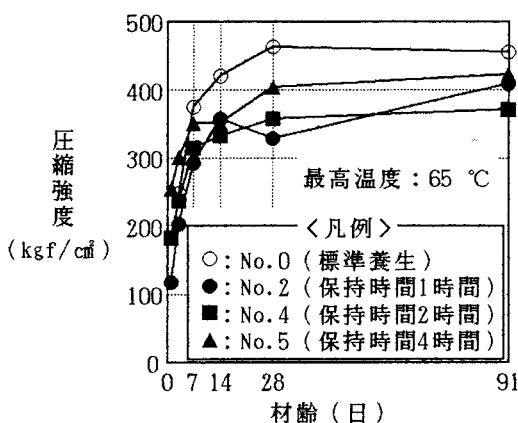


図7 最高温度の保持時間と圧縮強度発現性状の関係

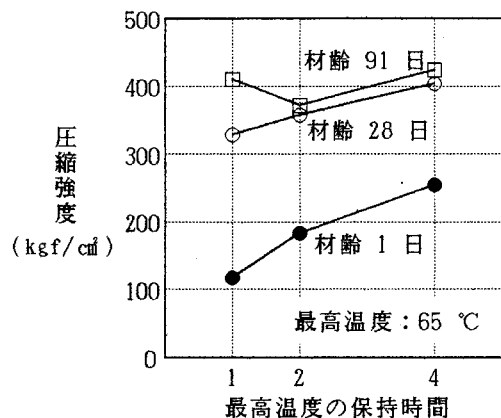


図8 最高温度の保持時間と圧縮強度の関係