

極低温下凍結・融解によるコンクリートの劣化

福岡大学 正員 〇 添 田 政 司
 “ “ “ 大 和 竹 史
 “ “ “ 井 上 憲 弘
 大野コンクリート(株) “ 平 井 裕 二

1. ま え が き

ここ数年、グリーンエネルギーとしての液化天然ガスの使用が増大し、コンクリート製のLNG、LPGタンク等の構造物が増加している。これらの構造物は極低温下にさらされると同時に、大きな温度変化やガスの出入等によってその繰り返しの受けると考えられる。従来、冷熱衝撃を受けるコンクリートの劣化に関する研究は数多くされているが、温度変化がゆるやかな状態での低温・常温の繰り返しのについての既往の研究も少なく、未解明の問題も多く残されている。従って本実験では、コンクリートの配合、含水量及び温度範囲の違いが極低温下でのコンクリートの凍結・融解特性が劣化に及ぼす影響について測定を行なった。

2. 実験概要

実験に用いたセメントは、普通ポルトランドセメント(比重3.16)、細骨材は海砂(比重2.58、吸水率1.65%)粗骨材は碎石(比重2.89、吸水率0.85)、減水剤(ポゾリスNo.5L、マイティー150)である。

コンクリートの配合を表-1に示す

表-1 コンクリートの配合表

	細骨材 最大径 (mm)	w/c (%)	s/a (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単 位 量 (kg/m ³)					
						W	C	S	G	水和剤 減水剤 A E 和	
NO.1	20	55	43	8.0	4.6	164	298	778	1171	2.96	2.68
NO.2	20	45	39	11.0	4.5	163	360	687	1220	3.60	2.66
NO.3	20	35	36	11.0	4.7	175	500	582	1175	3.00	17.50
NO.4	20	25	33	13.0	3.2	132	530	562	1296	7.90	52.00

強度試験用供試体は $\phi 10 \times 20$ mmの内柱で、凍結融解試験用供試体は $10 \times 10 \times 40$ mmの角柱で、材令28日まで水中養生とした後に試験を開始した。凍結融解試験は供試体中心温度が $+5 \sim -30^\circ\text{C}$ 、 $+5 \sim -70^\circ\text{C}$ 、 $+5 \sim -100^\circ\text{C}$ の温度範囲で、 -30°C 、 -70°C 用の供試体は、超低温恒温恒湿器($-80^\circ\text{C} \sim +180^\circ\text{C}$ 、7バイ製)を用い、 -30°C 用が1日6サイクル、 -70°C 用が1日3サイクルで行ない、 -100°C 用の供試体は断熱材に保護された冷却槽内に液体窒素(沸点 -196°C)を徐々に入れ1日1サイクルで凍結融解を繰り返し、重量およびたわみ振動による動弾性係数を測定した。温度管理は供試体中心に埋込されたC-C熱電対と測温抵抗体Pt100により行なった。なお含水量の違いを調べるために、水中養生直後の供試体と真空乾燥炉(80°C 、12h)で気乾状態にしたものを使用した。また凍結融解試験後の供試体と粉砕し、 $2.5 \sim 5$ mmのセルタル部分とアセトンで洗浄して細孔径分布と水銀圧入ポロシメータ(最大圧2000kg/cm²)で測定を行なった。

3. 実験結果および検討

図-1に温度低下に伴う圧縮強度の変化と20℃を基準として示す。温度が下がるにつれて強度は増加の傾向にあるが、 -100°C をすぎると減少する傾向が認められた。水セメント比が大きい配合のものほど増加率が大きい傾向にあり、 -100°C では常温に比べて約2.5倍から3倍程の増加を示した。

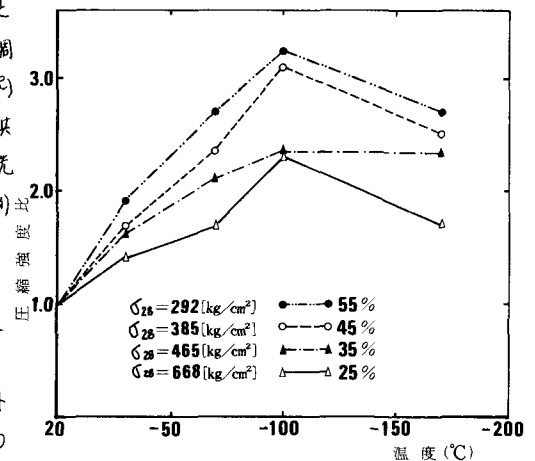


図-1 温度・圧縮強度

図-2は配合の異なる4種類の供試体と、温度範囲が、 $+5^{\circ}\text{C} \sim -30^{\circ}\text{C}$ 、 -70°C と、 -100°C で変化させた時の凍結融解試験の繰り返し回数に伴う相対動弾性係数の変化を表わしている。なお図-2 A・B・Dは湿潤状態でCは気乾状態である。試験結果より図2 Aでは、劣化は初期の数回で90%に下がり、その後はほとんど進行が見られず定常状態であった。図-2・Bは、凍結融解サイクル数が進むにつれて劣化が進行し、特に w/c 55%では100サイクルで80%まで低下し、配合による相違が顕著に表われている。図-2 Cでは劣化の傾向は見られず w/c が大きい55%のものでも120サイクルで5%の低下でしかなかった。液化窒素ガスを用いた図-2 Dの凍結融解は、12サイクルまでしか行なえなかったが、劣化は初期の1,2サイクルで起り、その後は定常状態であった。図-3は水セメント比が55%の繰り返し前と繰り返し後の細孔径分布の結果である。この結果より -30°C の凍結融解では、全細孔容量はほとんど変わらないが、 -70°C の凍結融解では全細孔容量が増加し、特に750 Å以下の細孔量が増加する傾向にあった。

以上より次のようなことが考えられる。極低温下では凍結融解の回数が増加するにつれて劣化は進行するが、コンクリートの水セメント比が小さく、強度が高い程、含水量が少い程劣化の程度は小さい傾向にある。凍結融解の温度範囲が $+5 \sim -30$ とより $+5 \sim -70$ の方が劣化の程度は大きい、 w/c が25, 35%の場合や、 w/c が55%でも含水量が小さい場合には、温度範囲には関係なくほとんど劣化の傾向が認められなかった。

したがって、極低温の凍結融解を繰り返し受ける場合も耐久性の向上とほかるためには、コンクリートの水セメント比と小さくしたり、含水量と少なくすることが望ましい。

参考文献
三浦, 藤原; 極低温の繰り返しと受けるコンクリートの劣化に関する研究, コンクリート工学年講, 1982

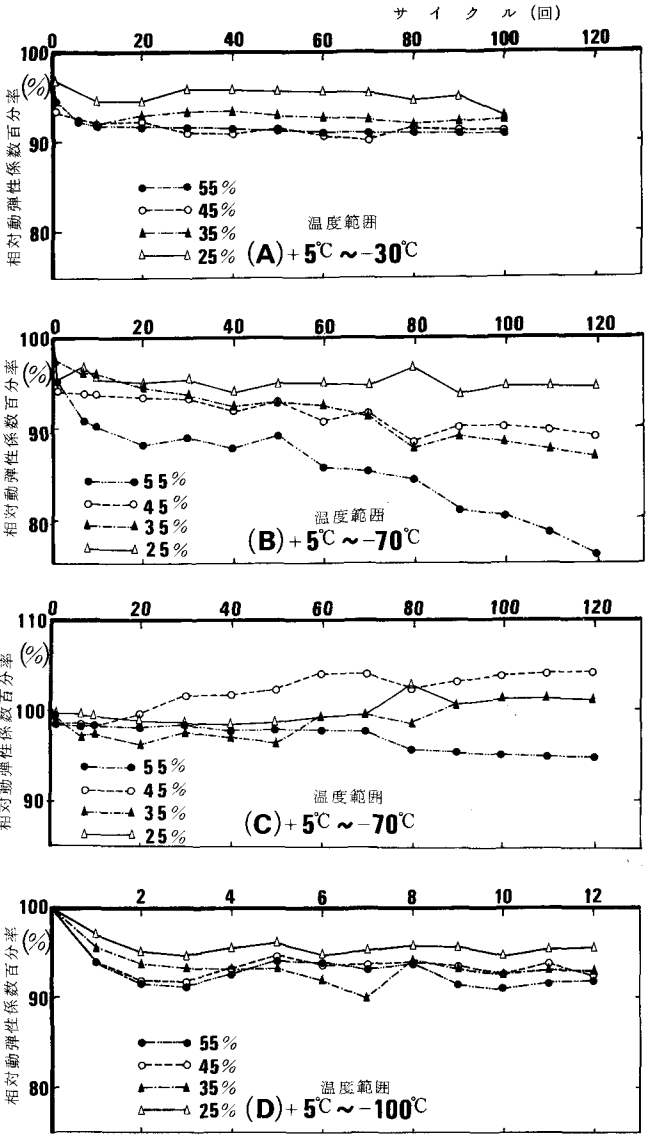


図-2 凍結融解試験結果

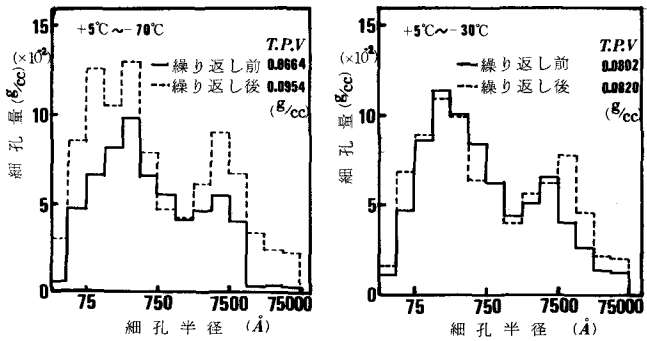


図-3 細孔径分布