

冷熱衝撃を受けたコンクリートの性質

東北大学 正員 三浦 尚
 東北大学 学生員 ○小島 宏
 東北大学 学生員 渡部直人

1 まえがき

極低温の液化天然ガス(LNG)を貯蔵するタンクとして鉄筋コンクリート製のものが数多く作られている。さらに将来、輸送用タンカーも鉄筋コンクリートあるいはプレストレストコンクリートで作られようとしている。この場合、コンクリートは繰返し冷熱衝撃を受け、それによりコンクリートに劣化が生じる。実際のタンクでは断熱材の効果により、温度変化は比較的ゆるやかであると考えられるが、繰返し冷熱衝撃を受けたコンクリートの耐久性に関する研究はあまり多く行なわれていない。ここでは、コンクリートを直接液体窒素に漬けて急激に冷却し、さらに水中又は空气中に放置して常温にもどし、繰返し冷熱衝撃を与え、配合の違い、断熱材の厚さの違い、含水量の違いによる劣化の差を比較検討した。

2. 実験材料及び配合

実験に用いたセメントは、住友早強ポルトランドセメント、細骨材は、宮城県白石川産川砂、粗骨材は、宮城県丸森産砕石である。表-1に実験に用いたコンクリートの配合を示す。

表-1 コンクリートの配合

配合 No	最大骨材 寸法の (mm)	スラ ス の 面 積 (cm ²)	の空 気 量 (%)	比水 セ メント (%)	細 骨 材 率 (%)	単位量 (kg/m ³)					水中 0.3g	
						水	セ メント	細骨材	粗骨材	混和剤	種類	混入量 (kg/m ³)
						W	C	S	G			
1	25	11±1	2±0.5	56	42	194	346	710	1121			34.0
2	25	11±1	4±0.5	50	39	173	346	660	1181	ポリウレタン No 303A	3.46 0.865	41.7
3	25	11±1	6±0.5	47	37	163	346	616	1200	ポリウレタン No 303A	3.46 1.73	39.5
4	25	11±1	2±0.5	36	37	155	431	641	1237	マイテ 150	5.17	65.5
5	25	11±1	4±0.5	36	35	135	375	604	1273	マイテ VINSOL 150	4.50 0.225	59.3
6	25	11±1	2±0.5	26	30	156	600	477	1254	マイテ 150	12.0	89.3

3. 実験方法

実験では、10×10×40cmの角柱状供試体を使用した。供試体を液体窒素中に漬けて、供試体中心温度が-196℃(断熱材を巻いたものについては-50℃)になった後、水中又は空气中に放置して常温にもどした。これを熱衝撃の1サイクルとし、1日1サイクルの割合で実験を行なった。各サイクルごとに常温にもどった後に動弾性係数を測定し、熱衝撃を受けないコンクリートの初弾性係数に対する相対動弾性係数を求めた。値は3本の供試体の平均値とした。断熱材を巻かない供試体の中心温度の変化状態と時間との関係を図-1に示す。この関係はコンクリートの配合、含水量にかかわらずほぼ一定である。厚さ2mmと4mmの断熱材を巻いた供試体の中心温度の変化状態と時間との関係を図-2に示す。低温での断熱材の破壊を防ぐために厚さ0.04mmのアルミ箔で供試体全体をおおった。このような方法により以下の3項目について実験を行なった。

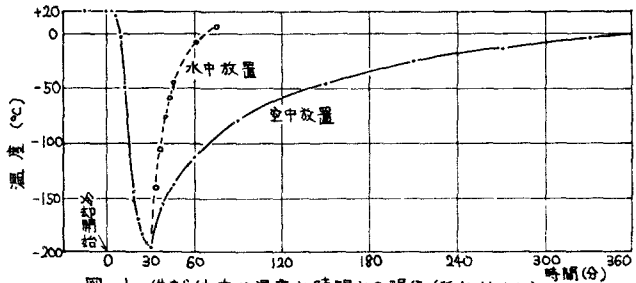


図-1 供試体中心温度と時間との関係(断熱材なし)

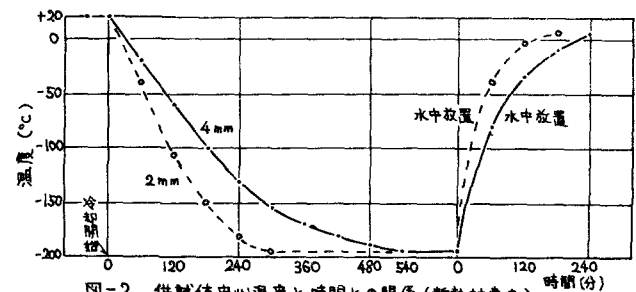


図-2 供試体中心温度と時間との関係(断熱材巻き)

(1) 配合の違いによる劣化の差

配合NO1～NO6の6種類のコンクリートの劣化の差を比較した。供試体は28日間水中養生で、冷却後は再び水中に放置した。

(2) 断熱材の厚さの違いによる劣化の差

配合NO1の28日間水中養生のコンクリートに厚さ2mmと4mmの断熱材を巻き、供試体の中心温度が -50°C になるまで冷やした後、再び水中に放置した。

(3) 含水量の違いによる劣化の差

配合NO1とNO2のコンクリートについて28日間水中養生を行なった後 110°C で乾燥させ、乾燥時間に差をつけ4段階に含水量を変化させた。冷却後は空气中に放置したが、試験中の含水量の変化を防ぐため、冷却後直ちにアルミ箔を巻き、霜の付着及び水分の蒸発を防止した。

4. 実験結果及び考察

配合の異なるコンクリートの劣化の進行を図-3に示す。このグラフよりW/Cが小さいほど冷熱衝撃に対する耐久性が大きいと言える。AEコンクリートとプレーンコンクリートとを比較すると、W/Cが大きいものではAEの方が多少耐久性が大きい、600等級程度のコンクリートではほとんど差が見られない。

断熱材を巻いた供試体の劣化の進行を図-4に示す。ここで2mmの断熱材より4mmの方が劣化の進行がゆるやかであり、温度勾配のゆるやかな方が劣化にくいと言える。

プレーンコンクリートの含水量を変化させたものを図-5に、AEコンクリートの含水量を変化させたものを図-6に示す。含水量は、湿潤重量に対する減少量で図中に示した。これによると含水量の少ないものほど劣化の進行がゆるやかであり2%前後の水分蒸発により冷熱衝撃に対する耐久性がかなり増加することがわかる。

以上のことから、繰返し冷熱衝撃を受けたコンクリートの性質で最も影響が大きいのは含水量であると言える。すなわちコンクリート中における空けきの量がある程度以上あると、コンクリート中の水が凍結した時の圧力にのける余地ができ、耐久性が増加すると考えられる。W/Cが小さいほど冷熱衝撃に対する耐久性が大きく、これは凍結融解試験の場合と同様な傾向を示している。

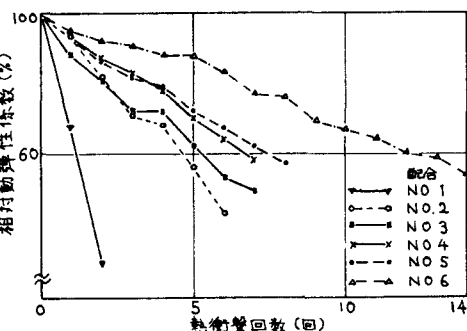


図-3 配合の違いによる劣化の差

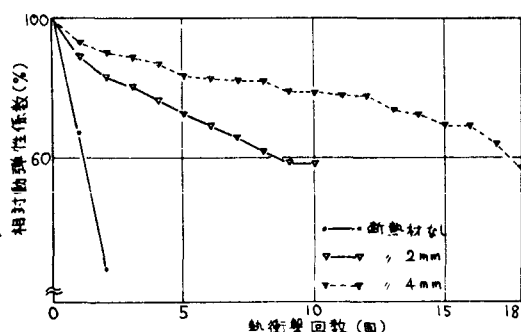


図-4 断熱材の厚さの違いによる劣化の差

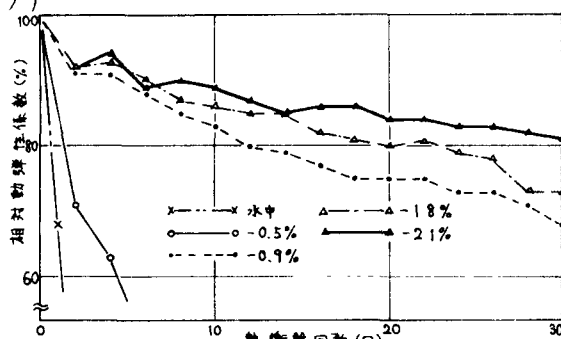


図-5 含水量の違いによる劣化の差 (配合NO.1)

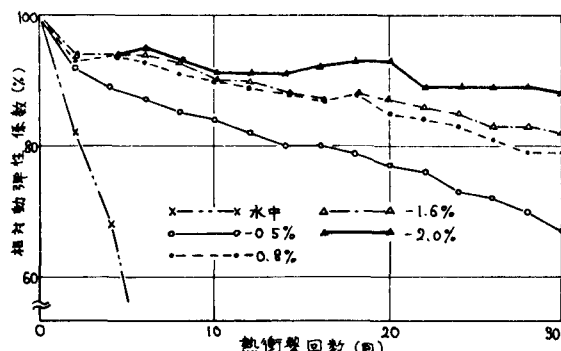


図-6 含水量の違いによる劣化の差 (配合NO.2)