

極低温の熱衝撃を受けるコンクリートの劣化について

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 垣内弘幸

1. まえがき

近年我が国においては、大気汚染が問題となり、無公害エネルギーとして、液化天然ガス（LNG）が注目されている。液化天然ガスを貯蔵するタンク材料としては、従来鋼製のものが主となっていたが、最近ではより経済的な鉄筋コンクリート製のものが多く作られるようになった。また近い将来には、天然ガス運搬用のバージ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のものが多く作られようとしている。LNG貯蔵用タンクは、そのガスの使用状態によって液面が変化することになるし、運搬用のタンクにおいては、各運送ごとにLNGが満たされたり空になったりする。そしてLNGは -162°C と極低温で貯蔵されているため、これらのタンクの材料は極低温の繰返し熱衝撃を受けることになる。

今日までは、コンクリートがこのような熱衝撃を受けた場合の研究についてはあまりなされていないため、実際の構造物は断熱材を十分厚くして作られていた。したがって場合によっては、大変不経済となっていることも考えられるし、逆に危険な状態になっているということも考えられる。この研究は、このような問題を解決するために、極低温の熱衝撃を繰返し受けるコンクリートの劣化について、実験的に明らかにしようとするものである。

2. 使用材料及び配合

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、宮城県白石川産の川砂、粗骨材は、宮城県丸森産の砕石である。表-1に実験に用いたコンクリートの配合を示す。

3. 実験方法

実験に用いた供試体の養生方法、冷却後の放置条件等を表-2に示す。

(1) 温度測定

$\phi 10 \times 20\text{cm}$ の内柱供試体及び $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ の角柱供試体の中心に熱電対を埋設し、液体窒素を満たした槽内に供試体を漬け、供試体中心温度が一定(-196°C)となった後、ただちに供試体を室温 20°C の恒温室又は、水温 20°C の恒温槽内で常温になるまで放置した。この間の温度と時間との関係を温度計で記録した。

(2) 圧縮強度

$\phi 10 \times 20\text{cm}$ の内柱供試体を液体窒素に漬け、供試体中心温度が -196°C になった後取り出し、恒温室又は恒温槽内で常温になるまで放置した。これを熱衝撃の1サイクルとする。水中養生の供試体については、繰返し回数は8サイクルまでとし、各サイクルについて圧縮試験を行なった。気乾養生の供試体については30又は36サイクルまでとし、3サイクル又は6サイクルごとに圧縮試験を行なった。各サイクルでの圧縮強度は、3個

表-1 コンクリートの配合

の 種類	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スラブ の厚さ (mm)	空気 の含有 率(%)	水セ メント 比(%)	細骨 材(%)	単位量 (kg/m ³)				混 和 剤
						水 W	セ メント C	細骨 材 S	粗骨 材 G	
プレーン	25	11±1	21.05	56	42	194	346	710	1121	
A E	25	11±1	4±0.5	50	39	173	346	660	1181	ポリス トリス ノボ ル
高強度	25		2±0.5	28	30	156	600	477	1254	マイ ケル ノボ ル

表-2 実験方法

コンクリートの 種類	養生方法	冷却後の 放置条件	試験項目	図中の 番号
プレーン	気乾	空気中	動弾性係数	1
		空気中	圧縮強度	2
	水中	空気中	動弾性係数	3
		水中	動弾性係数	4
A E	気乾	空気中	圧縮強度	5
			動弾性係数	6
高強度	気乾	空気中	圧縮強度	7
			動弾性係数	8

ただし 水中養生：28日間水中

気乾養生：7日間水中 その後21日間気乾

の供試体の圧縮強度の平均とし、熱衝撃を受けないコンクリートの圧縮強度に対する百分率で表わした。

(3) 動弾性係数

各配合の $10 \times 10 \times 40$ mmの角柱供試体について、各サイクルごとにコンクリート温度が常温にもどった後、動弾性係数を測定し、熱衝撃を受けないコンクリートの動弾性係数に対する相対動弾性係数を求めた。

4. 実験結果及び考察

円柱供試体の中心温度の変化状態と時間との関係を図-1に、角柱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。円柱供試体では、水中養生の供試体(含水量約7%)気乾養生の供試体(含水量約5%)とも、 -196°C にまで冷却されるのに約25分を要し、融解時間は、 0°C にもどるのに、水中では約25分、空気中では約300分を要した。同じく角柱供試体では、冷却時間は約30分、融解時間は 0°C にもどるのに、水中では約35分、空気中では約360分を要した。含水量の違いによって熱伝導率は異なるが、それが冷却時間に及ぼす影響は小さく、本実験でも明らかな差は見られなかった。

円柱供試体の熱衝撃を受けた後の圧縮強度と、熱衝撃を受ける前の圧縮強度との比を図-3に示す。水中養生のプレーンコンクリートは8サイクルで圧縮強度は30%以下となり、気乾養生のプレーンコンクリートが8サイクル程度では、ほとんど強度低下を示さないのに比べると大きな差が認められる。

2サイクルごとの相対動弾性係数を図-4に示す。

この図からも、水中養生の供試体が気乾養生の供試体に比較して、急激に劣化が進行していることがわかる。水中養生のプレーンコンクリートを冷却後、空気中と水中の2つの条件で放置し劣化の違いを比較したが、ほとんど違いは見られず、融解時間の差が耐久性に与える影響はほとんどないと思われる。

以上のことから、極低温の熱衝撃を受けるコンクリートの劣化の程度は、そのコンクリートの含水量の影響が大変大きいことがわかった。

