

極低温の繰返しを受けたコンクリートの性状について

東北大学 学生員 ○ 藤原正雄

東北大学 正 員 三浦 尚

東北大学 学生員 古市尚治

1 まえがき

液化天然ガス(LNG)は、種々の石油代替エネルギーの中でも優れた無公害燃料として注目され、その輸入量と共に、各種運搬、貯蔵設備の建設、計画が年々増加している。これに伴い、主に経済的な理由から、これら設備に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が使われることが多くなつて来ているが、LNGは沸点が -162°C と極めて低いため、特に貯蔵タンク、運搬船の壁部では、外気温の変化、LNGの出入り等により、繰返し温度変化を受けることが考えられる。コンクリートは、低温にさらされると、温度応力、遊離水の凍結膨張等により、内部組織が破壊され劣化することから、本研究は、コンクリートの繰返し温度変化を受ける際、その温度範囲、繰返し回数、コンクリートの配合、含水量等が、劣化に及ぼす影響を実験的に調べ、考察したものである。

2. 実験材料

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。

3. 実験方法

実験は、繰返し温度範囲が、 $-20\sim-40^{\circ}\text{C}$ 以下の低温下における場合と、 -25°C 以上の比較的常温に近い場合の二種類を行なつた。

(実験I) 実験には、 $10\times 10\times 40\text{cm}$ の角柱供試体を用いた。コンクリートの配合は、表1のNo.1のみとし、28日間水中養生を行ない、動弾性係数を測定した後、断熱材として9mm厚ベニヤ板を供試体全面に密着させ、さらに、霜の付着等による断熱効果の変化を防ぐために、その上を40mm厚アルミ箔で覆った。そして、図1のように供試体に温度変化を与えた後、ベニヤ板を取りはずし、再び動弾性係数を測定した。

ここで、四回の回復温度は、 $-20, -25, -30, -35, -40^{\circ}\text{C}$ の5種とし、各々について繰返し回数が1回と10回の二種を行なつた。なお、供試体の冷却には、液体窒素(沸点 -196°C)の入った冷却槽を、温度回復には、温床槽をはりめぐらし、対流用ファンを取り付けた加温槽を用いた。

(実験II) 実験Iと同じ角柱供試体を用い、コンクリートの配合は、表1のNo.1~No.4の4種とした。材料はすべて28日であり、配合No.1,2については、水中、密封、気乾養生の3種、配合No.3,4については、水中養生のみで、計8種の条件の異なる供試体を用いて実験を行なつた。供試体は、養生後、動弾性係数を測定し、ゴム袋に入れ、含水量が変化しないように密封した後、急速凍結融解試験機を用いて繰返し温度変化を与えた。そして、5, 25, 50, 75, 100, 125, 150回の繰返し回数が終わる毎に、動弾性係数の測定を行なつた。なお、繰返し温度範囲は、 $-25\sim 5^{\circ}\text{C}$ 、 $-5\sim 25^{\circ}\text{C}$ の二種を行ない比較した。

表 1 コンクリートの配合

配合 番号	粗骨材 最大径 (mm)	スラング の範囲 (cm)	セメント の範囲 (%)	水 の範囲 (%)	粗骨材 率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
						水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	水和剤 AEW
No.1	25	11±1	2±0.5	56	42	190	339	721	1130	—
No.2	25	11±1	6±0.5	56	40	172	307	675	1155	0.154
No.3	25	11±1	2±0.5	46	39	165	359	698	1200	2.15
No.4	25	11±1	2±0.5	36	37	155	431	640	1237	3.45

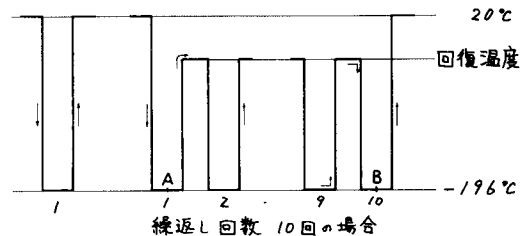


図 1

4. 結果及び考察

(実験Ⅰ)

この実験の結果を図2に示す。ここで、相対動弾性係数比とは、繰返し回数が1回だけの供試体の相対動弾性係数(試験前の動弾性係数に対する試験後のその割合)を E_{D1} 、10回繰返し供試体の相対動弾性係数を E_{D10} とした時の比 E_{D10}/E_{D1} を表わす。これは、図1のA点からB点までの間の温度変化によって供試体を受けた劣化の指標であり、これが1に近ければ、その間での温度変化が劣化に対してあまり影響を与えなかったことを示す。また、回復温度は、供試体中心温度を制御してあるため、中心温度が $-20 \sim -40^{\circ}\text{C}$ になった状態で、供試体表面とは約 15°C の温度差がある。

図より、回復温度が -40°C の場合、コンクリートの劣化がほとんど起きていないことがわかる。これは、コンクリートが繰返し温度変化を受ける場合でも、常に -40°C 以下に保たれていれば、劣化を進行させるような力がほとんど加わらないことを意味している。

(実験Ⅱ)

この実験の結果の一部を図3～5に示す。図3は、配合の異なる4種の水中養生供試体で、繰返し温度範囲 $-5 \sim 25^{\circ}\text{C}$ で試験した時の繰返し回数と相対動弾性係数の関係を表わしている。図4は、同じ供試体で、繰返し温度範囲が $-25 \sim 5^{\circ}\text{C}$ の場合、図5は、配合が同じで養生条件が異なる場合である。

これらより、次のようなことがわかった。

- ・コンクリートの強度が高い程、含水量が少ない程、空気量が多い程、劣化の程度は小さい。
- ・コンクリートの含水量が変化しない場合、つまり、水の供給が短い場合には、劣化は初期の数回の繰返しで大きく伸びるが、その後はほとんど進行しない。
- ・繰返し温度範囲が $-25 \sim 5^{\circ}\text{C}$ の方が、全体的に劣化の程度が大きい傾向があるが、 $\text{w/c}=36\%$ の場合、 $\text{w/c}=56\%$ の場合でも含水量が少ない場合には、温度範囲にそれほど関係なく、かなりの耐久性を持っている。

5 まとめ

コンクリートが繰返し温度変化を受けるとき場合でも、実際に劣化に対して影響があるのは約 $-40 \sim 0^{\circ}\text{C}$ の温度範囲を含む範囲で繰返される場合のみで、それ以外の範囲で温度変化を受けても劣化はほとんど起こらない。またたとえこの温度範囲を含む場合でも、 w/c 含水量が小さな値を持つコンクリートであれば、繰返し温度変化に対して十分な耐久性を持つことができる。

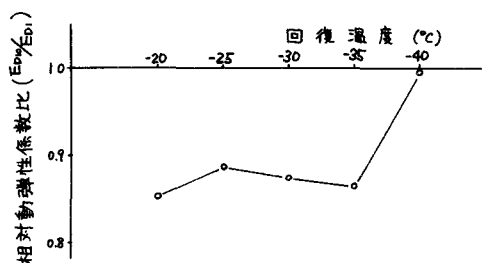


図 2

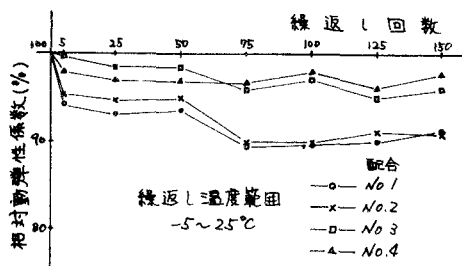


図 3

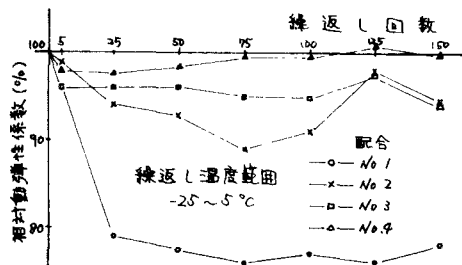


図 4

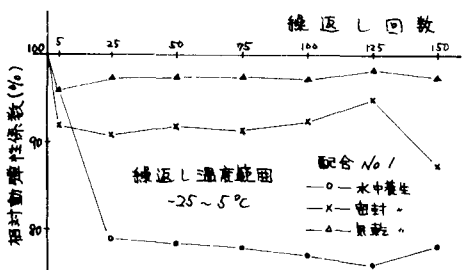


図 5