

V-16 極低温にさらされたコンクリートの性質について

鹿島建設技術研究所 正員 小谷一三
〇中里吉明

I. はじめに

近年、各種工業の発展に伴い、エネルギー源として、液化天然ガス(LNG)が注目され、各産業に利用されようとしている。このLNGの貯蔵時における温度は約 -162°C という極低温であり、貯蔵方法としては、従来、鋼製タンクが利用されているが、タンクの大形化、経済性などにより、コンクリート製タンクの利用が考えられている。しかるに、諸外国においても、このような極低温液化ガスを貯蔵するコンクリート製タンクは数基しかなく、 -100°C 以下の極低温におけるコンクリートの性状に関する研究も非常に少ないのが現状である。

このような実情に鑑み、LNGを始めとする極低温液化ガス貯蔵用タンクの構造材料として、コンクリートを使用するにあたって、設計、施工上に必要な極低温下でのコンクリートの性質について実験、検討を行っており、ここでは、その一部について報告する。

II. 実験方法

本実験では、極低温にさらされたコンクリートの性質について、次のような項目の試験を実施した。

- 1), 20°C ~ -180°C の温度範囲におけるコンクリートの諸性質(圧縮、引張強度など)について、
- 2), 大きな温度変化($20^{\circ}\text{C} \leftrightarrow -100^{\circ}\text{C}$)の繰り返しを受けたコンクリートの性質について、
- 3), 急激な温度変化(熱衝撃)を受けたコンクリートの性質について、(常温の供試体も液体窒素中に急激に浸け、熱衝撃を加えた。)

供試体は、枚令60日~125日まで標準水中養生、屋外養生および気乾養生(湿度45%, 温度 20°C)を各々行ない、各試験を実施した。1), 2)の試験では、各温度条件を与える前に、ポリエチレンで供試体をシールし、コンクリート中の水分(含水量)の変化を防止した。また、供試体の作製および試験はJISまたはASTMに準じた。

使用したコンクリートの材料、および、配合は、表-1に示すとおりであり、1), 3)の試験には配合A、2)の試験には配合Bのコンクリートを使用した。また、各供試体の含水量(110°C で乾燥した場合の重量減少百分率)は、枚令70日の配合A供試体で、標準水中養生のもの約6.0%、屋外養生のもので約4.0%であり、枚令60日の配合B供試体では、標準水中養生のもの約5.5%、気乾養生のもので約3.0%であった。

また、各試験の実施は、枚令60日以上を経過した後であり、その後の性質の変化は小さいので、試験日の相異なる枚令の影響は無視した。

表-1, 配合および使用材料

配合記号	粗骨材の最大寸法(mm)	スランブの範囲(cm)	空気量の範囲(%)	水セメント比W/O(%)	細骨材率S/a(%)	単 位 量 (kg/m ³)				
						水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和材
A	2.5	10~12	3±1	3.6	3.8	158	438	673	1,106	プラスチック
B	2.5	10~12	3±1	3.8	3.8	166	435	668	1,097	ポリスチレン

配合A { 細骨材; 相模川旧河川産; F. M. = 2.86 比重 = 2.63 吸水量 = 1.7%
粗骨材; " ; F. M. = 6.80 比重 = 2.65 吸水量 = 1.0%
配合B { 細骨材; 多摩川旧河川産; F. M. = 2.72 比重 = 2.63 吸水量 = 1.7%
粗骨材; " ; F. M. = 2.8 比重 = 2.64 吸水量 = 1.3%

Ⅲ. 実験結果およびその検討

1). 低温における圧縮、引張強度および弾性係数

図-1は「圧縮、引張強度および弾性係数」と「温度」との関係を示したもので、圧縮、引張強度および弾性係数は温度の低下に伴い増加し、0°C以下では急激に増加しているが、引張強度は-50°C~-100°Cで最大値を示している。

各強度および弾性係数が0°C以下で急激に増加するのは、主にコンクリート中の自由水（結晶水以外の水分）の凍結が温度の低下に伴い進行し、間隙が減少するためと思われる。

また、引張強度が最大値を示す理由は、今回の実験結果からは想定する根拠もなく、今後の問題と考えられる。

2). 温度（線）膨張係数

図-2は「収縮ひずみ量」と「温度」との関係を示したもので、コンタクトゲージで測定した結果である。この結果より求めた温度（線）膨張係数は20°C~-160°Cの範囲で約 $7.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ となった。また、図によれば、0°C~-5°Cの範囲では、水の凍結による体積膨張の影響が顕著に現われ、逆に膨張するような現象が生じている。

3). 大きな温度変化（20°C↔-100°C）の繰り返しを受けた場合

図-3に示すとおり、圧縮強度、弾性係数にはほとんど変化がなく、引張強度においても、気乾養生の供試体ではほとんど変化がないが、標準水中養生のものでは若干の低下が見られる。しかし、その低下も10回の繰り返しで約7%と僅かなものである。

4). 急激な温度変化（20°C↔-196°C）を受けた場合

図-4に示すとおり、急激な温度変化を3~5回受けた供試体の引張強度は、受けない供試体の引張強度に比べ約50%に低下する。これは、急冷による温度応力などのため、ごく表面付近に微細なひびわれが発生するためと考えられ、観察の結果においても、その微細なひびわれの発生が確認された。

鉄筋の付着力も低下するが、その低下量は、ASTM規定での評価によると、20%程度である。この低下は、鉄筋とコンクリートとの温度膨張係数の差や温度応力などのためと考えられる。

Ⅳ. あとがき

以上報告した実験結果は、富配合のコンクリートのものであるが、極く低温にさらされたコンクリートの性質は、配合および使用材料によって変化することや考えられるので、今後、さらにそれらについても実験、検討したいと考えている。

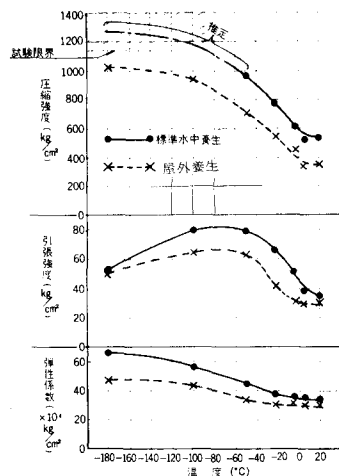


図-1 圧縮、引張強度および弾性係数と温度との関係

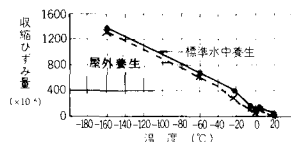


図-2 収縮ひずみ量と温度との関係

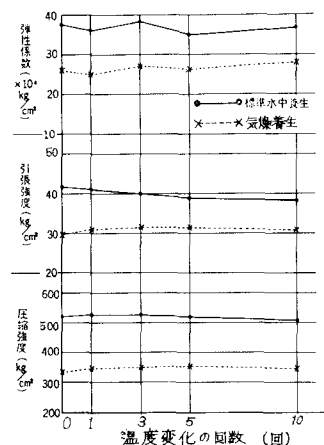


図-3 圧縮、引張強度、および弾性係数と温度変化のくり返し回数との関係

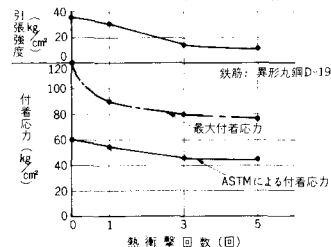


図-4 熱衝撃回数と引張強度および鉄筋の付着応力との関係