

極低温におけるコンクリートの性質について

福島 高 専 正 員 志賀宣郎
東北大学工学部 正 員 阿部喜則
東北大学工学部 学生員 鈴木基行

1. はじめに

各種産業の発展に伴い、年々エネルギーの需要が増大するにつれ、各種のエネルギー源の開発利用がなされてゐる。そしてその中でも特に天然ガス(LNG)が注目されつつある。天然ガスは -162°C に冷却することにより、体積が $1/580$ 程に小さくなりコンパクトに貯蔵でき、高カロリー、無公害などの長所と相まって、今後のエネルギー源として大いに利用されることと思われる。今日までは天然ガスの貯蔵用タンク、運搬用タンカーは主として鋼製のものが使用されてゐるが、設備の大型化、経済性の要求に伴い、コンクリートの使用が考えられてきた。コンクリートとLNGタンクに使用する際に問題となるのは、コンクリートが -100°C 以下の極低温にさらされるため常温と異なつた性質を示すことである。そこで筆者らは、極低温におけるコンクリートの基礎的な強度特性の研究を行つた。

この研究は東北大学教授後藤幸正博士および同大学助教授三浦尚先生の懇切なる御指導の下に進めたものでありここに深く感謝いたします。

2. 実験項目

- I. W/C と55, 50, 45%と3種に変えた時の強度変化
- II. 養生方法を水中養生、気乾養生、絶乾状態の3種に変えた時の強度変化
- III. AEコンクリートとプレーンコンクリートとの強度の関係

以上の項目について各材料ごとにコンクリートと、常温状態と低温状態($-160^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$)にし、強度の比較を行つた。

3. 実験材料と方法

セメントは、開発普通ポルトランドセメント、細骨材は、宮城県白石川産、比重2.55 吸水量2.32% 粗粒率3.27、粗骨材は宮城県大倉山産碎石、比重2.86 吸水量1.45% 使用粒度は25 $\sim$ 15 mm 、15 $\sim$ 10 mm 、10 $\sim$ 5 mm と3種にフルイ分けて使用した。混和剤は、竹本油脂社のチエポールC500Aを用いた。コンクリートの配合は表-1に示す。

表-1 配合表

配合の 記 号	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	セメント 比 (%)	細骨材率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)						
						セメント量 C	水 量 W	細骨材量 S	粗 骨 材 量			混和剤 (cc)
									25 ^{mm} ~15 ^{mm}	15 ^{mm} ~10 ^{mm}	10 ^{mm} ~5 ^{mm}	
AE 45	25	10.5	3.5	45	39	396.9	178.6	652.6	652.5	171.7	320.5	238
50	"	11.5	3.8	50	40	357.2	178.6	682.1	654.1	172.2	321.3	214
55	"	11.0	4.5	55	41	324.7	178.6	709.9	653.0	171.9	320.8	195
N0 45	"	10.0	1.8	45	41	408.9	184.0	702.6	643.5	169.3	316.1	—
50	"	11.0	1.5	50	42	368.0	184.0	733.5	647.6	170.4	318.1	—
55	"	11.0	1.5	55	43	334.6	184.0	762.6	646.2	170.1	317.5	—

供試体寸法は、圧縮試験用と含水量測定用供試体は $10\text{cm} \times 20\text{cm}$ 、引張試験用は $15\text{cm} \times 20\text{cm}$ 、供試体の製作はJIS-A1132によつた。圧縮、引張試験はJIS-A1108 JIS-A1113に従つた。打設

後1日目でセメントペーストキヤッピンを行い2日目と脱型した。その後一部は20℃の水中養生を行い、残りは室温20℃、湿度60%の恒温恒湿室で気乾養生を行った。強度試験は各材令ごとに、常温と低温と同時に行った。絶乾状態のは材令28日の気乾養生の供試体と110℃の乾燥器で14日間乾燥した。低温の試験方法は、低温槽に供試体と同時に上面より1cmと10cmの所に熱電対(C.C)を埋めた中10cm×20cmの温度測定用供試体を入れ、この温度差が20℃以内になる様、液化窒素ガス(-196℃)と噴霧し温度をコントロールしながら温度を下げた。コンクリート温度が-180℃に達した時槽内より供試体を取り出し、断熱材に包んで試験機まで運び試験を行った。試験時の供試体温度は、供試体を低温槽から取り出してから試験終了までの時間と測定することにより管理した。それによると試験時の供試体温度は-160℃±10℃の範囲であり、供試体表面部と中央部の温度差は20℃以内であった。尚低温試験で水中養生したものは水中から取り出した直後、供試体表面をパラフィンでシールし水分の蒸発を防いだ。

4. 実験結果および考察

I). 図-1はw%と圧縮強度とを示した一例である。低温では常温の場合と比べると圧縮強度に与えるw%の影響は小さいことがわかる。これは材令3日、7日、28日、およびAE、プレーンコンクリートのいずれも同じ様な傾向を示した。

II). 養生方法の違いと圧縮強度の材令による増減の関係は図-2に示す。()内の数字は同時に試験した低温値と常温値との比を表わす。低温の圧縮強度は、水中養生の場合、材令が進むにつれて若干強度が増すが、気乾養生では逆に低下する。このことは、気乾養生したものは材令が進むにつれて含水量が徐々に減少しているためと思われる。

III). 図-3は配合、材令、および養生方法とをわす、圧縮強度増加量(低温値と常温値との強度差)と含水量の変化との関係をプロットしたものである。図に示すように圧縮強度増加量と含水量との関係は配合、材令、養生方法にかかわらずほぼ直線的な変化をしていることがわかる。また、この関係を最小二乗法によって求めると次の式が得られた。

$$\Delta \sigma = 31 + 104w \quad \Delta \sigma: \text{圧縮強度増加量 (kg/cm}^2\text{)} \\ w: \text{含水量 (\%)} \quad \Delta \sigma \approx 31 + 104w$$

これにより、低温下の圧縮強度は含水量の変化に最も左右されると思われる。

図-1. セメント水比と圧縮強度との関係
<材令7日>

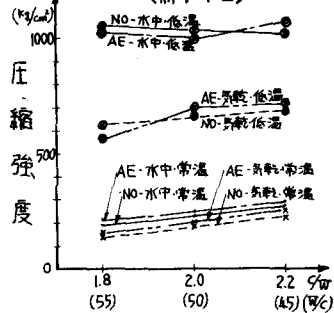


図-2. 材令と圧縮強度との関係

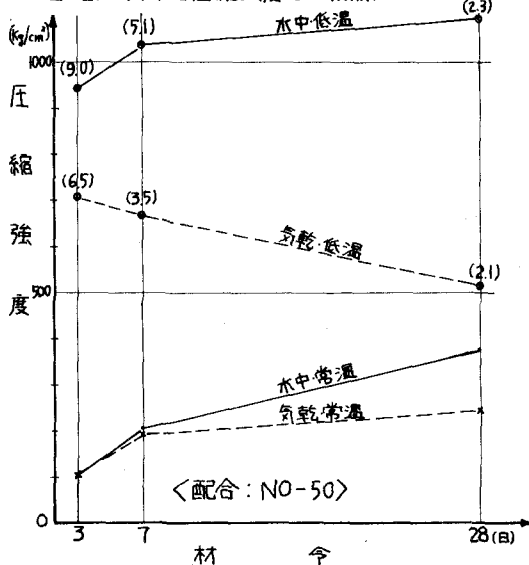


図-3. 含水量と圧縮強度増加量との関係

