

大林組技術研究所 正員 齋藤 二郎
同 上 正員 内藤 和章
同 上 正員 上野 孝之

1. まえがき

液化天然ガス（LNG）貯蔵タンクをRC構造とする場合、その安全性を検討するためには-160℃附近までのコンクリートの特性を知る必要がある。この種の研究としてはAGAによるコンクリートの低温特性に関する実験、ドイツのセメント工業会でおこなわれた鉄筋コンクリートの低温挙動が挙げられ、さらに我国においてもLNG地下貯蔵タンクの設計資料を得るためのいくつかの実験研究がおこなわれている。

ここではコンクリートの低温特性のうち、圧縮強度、熱衝撃に対する耐久性、凍結融解に対する耐久性をとりあげたが、一般に鉄筋コンクリート用コンクリートとして必要な諸性質は材料、配合、練混ぜ、養生等から決まるものであり、低温領域における性質も同様の条件に支配されることが予想される。そこで、現在必要と思われる一部の条件のもとで上記のコンクリートの性質を明らかにすることを試みた。

2. 試験方法

① 使用材料 セメントは普通ポルトランド、早強ポルトランドおよびB種高炉の三種類を用いた。細骨材は鬼怒川産の川砂（ $M_s=2.5\text{ mm}$, $FM=1.69$ ）を使用し、粗骨材は最大寸法が25mmで、利根川産の川砂利と秩父産の碎石を混合したものである。混和剤は凝結遅延、減水剤としてボゾリス $\#8$ を用いた。

② 配合 コンクリートの配合は表-1に示しており、スランプが $1.8\pm 1\text{ cm}$ 、空気量が $4\pm 1\%$ となるように練混ぜた。なお、試験番号のうちA、B、Cは圧縮強度試験に、Dは熱衝撃試験に、Eは凍結融解試験に供したものである。

③ 供試体 $\phi 10\times 20\text{ cm}$ の円柱形供試体とし、同一条件の試験で3本作成した。また温度とヒズミの測定のために図-1に示す位置に温度計（Cn-Oo熱電対）とコンタクトゲージを設置した。

④ 材令と養生 低温時圧縮強度および熱衝撃試験用供試体については標準水中養生で材令28日で試験をおこない、凍結融解試験用供試体については湿砂養生で材令90日で試験をおこなった。

⑤ 試験内容と手順

(イ) 圧縮強度試験 圧縮試験は常温、0℃、-20℃、-40℃、-60℃、-80℃、-100℃、-120℃の各温度でおこなった。供試体の冷却は液化窒素を冷媒とする低温槽（ $\pm 2^\circ\text{C}$ で制御）内でおこない、所定の温度になつた時点で試験した。また温度計、コンタクトゲージ

試験番号	水/セメント比 w/c (%)	粗骨材率 s/a (%)	水 w (kg)	セメント c (kg)	細骨材 s (kg)	粗骨材 G (kg)	混和剤 (g)
A-1	65	44.3	184	283.1	793.2	997.5	707.8
A-2	56.6	42.9	184	325.0	762.0	1026.0	812.5
A-3	45	40.3	184	408.9	679.1	1007.2	1022.3
B-1	65	43.3	186	286.2	738.0	966.0	715.5
B-2	56.6	41.9	186	328.6	699.0	969.0	821.5
B-3	45	39.3	186	413.3	628.0	969.0	1033.3
C-1	65	44.3	181	278.5	761.0	956.0	905.2
C-2	56.6	42.9	181	319.8	721.0	960.0	1039.4
C-3	45	40.3	181	402.2	649.0	961.0	1307.2

表-1 コンクリートの配合

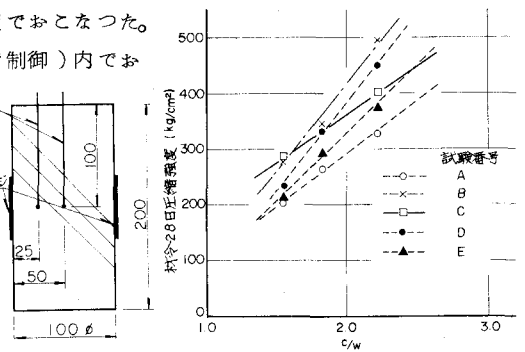


図-2 C/W- σ_{28} の関係

(ロ) 熱衝撃試験 急激かつ大きな温度変化をつぎの方法で与えた。すなわち、供試体を液化窒素

図-1 供試体

に浸液し、温度計によつて供試体内温度が -190°C 付近でほぼ一様となつたことを確認した後取出し、直ちに水槽内に入れ水温（常温）と等しくなるまで放置しておく。これを1

サイクルとし、サイクル数を1, 2, 3, 5, 7, 10回とした。

④ 凍結融解試験

凍結融解に対する耐久性の試験としてここでは圧縮強度によつて論ずる方法をとつた。凍結融解の繰返しは低温槽内で常温と -40°C , -80°C , -120°C の三種の範囲でおこない、繰返し回数はそれぞれ1, 5, 10回とした。

3. 試験結果とその考察

C/Wと σ_{28} の関係が図-2に示すようにほぼ直線関係にあることから、セメントの種類、水セメント比、温度をパラメータとした比較検討をおこなう意義が認められる。

① 圧縮強度試験

図-3に各セメントについて、水セメント比の差異による圧縮強度比への影響を示したが、水セメント比が大きくなるほど温度の低下に伴つて強度増加率が高くなる傾向がみられる。つぎに

図-4は縦軸に初期ヤング係数を横軸に温度をとつたものであるが、各セメントについて -120°C 前後で常温時の約2倍程度になることが認められる。

② 熱衝撃試験

図-5に示すように、W/C=65, 56.6%の場合は衝撃回数が多くなるに従い強度比は直線的に減少し、衝撃回数N=10で強度比は約0.4になっている。W/C=45%の場合は減少の仕方は前2者と異なり、N=10で強度比は約0.75である。このことから高強度のものほど熱衝撃に対する耐久性にすぐれているといえる。

③ 凍結融解試験

図-6に示すように凍結融解サイクルが増加しても強度低下は認められない。これは空気中での凍結融解であるからコンクリート中の水分が次第に減少していくためと考えられる。

4. あとがき

現在まで凍結コンクリートの性質は含水量がほとんど支配的であると考えられている。本実験では単位水量はほぼ一定とし、水セメント比、セメントの種類という要因に着目したものであるが、これは一部の条件であり、今後さらに条件を変えた実験をおこなう予定である。

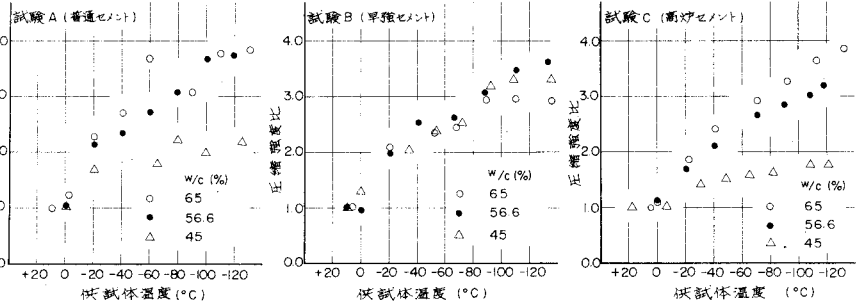


図-3 供試体温度一圧縮強度比の関係

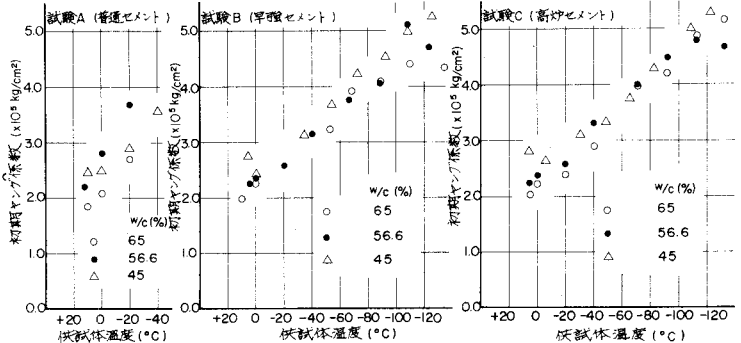


図-4 供試体温度一初期ヤング係数の関係

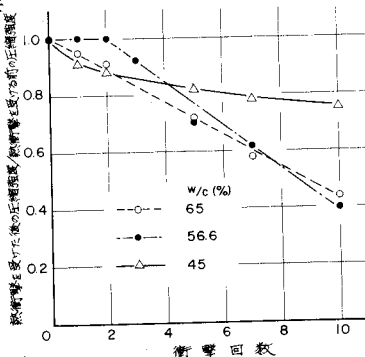


図-5 熱衝撃耐久性（試験D）

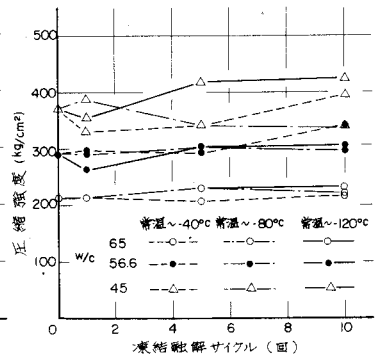


図-6 凍結融解耐久性（試験E）