V-26　プレパックドコンクリートの低温特性について

清水建設(株) 正員 ○今井　実
〃　〃　奥村定彦

1 まえがき　液化天然ガス用貯蔵タンクおよび低温用構造物にプレパックドコンクリートが使用される場合低温特性が問題となる。普通コンクリートの低温特性については，これまで多くの研究成果が発表されているがプレパックドコンクリートについての報告はない。プレパックドコンクリートの低温特性は，コンクリート中の粗骨材量，モルタル量が普通コンクリートと異なるため，普通コンクリートの低温特性と異なることが考えられる。本実験は，プレパックドコンクリートの低温特性を求めて，普通コンクリートの低温特性と比較検討したものである。

2 使用材料　セメントは普通ポルトランドセメント(日本セメント社製)を使用した。粗骨材は鬼怒川産で粒度12.5~25.0mmのものを使用した。細骨材は利根川産で2.5mm以下を使用した。フライアッシュは，常盤フライアッシュを使用し，混入率は内割で20%とした。膨張剤はイントルージョンエイドを使用し，混入率はセメント重量の1%とした。

3 試験概要　水結合材比(W/C+F)は45,50,55%とした。試験温度は20,0,-10,-30,-50,-100°Cとした。材令は，28,91日とし，養生は材令まで水中養生とした。圧縮強度試験はφ10×20cmの供試体を，曲げ強度および線膨張係数試験は，10×10×40cmの供試体を用いた。供試体の冷却は，供試体を低温槽(冷媒LN2)内に入れ，槽内温度とコンクリート温度(側面から1cmの位置)との温度差を10°C以内に保ちながら温度降下させ，コンクリート全体が所定の温度になるまで行った。なお温度管理は，C-C熱電対を埋込んだダミー供試体を使用した。弾性係数は，圧縮強度用供試体に低温用表面ゲージを貼り付け，圧縮強度試験と同時に行い応力-ひずみの関係より求めた。線膨張係数は，ダイヤルゲージ方式転倒型長さ変化測定器で長さ変化量を測定し，温度差で除して求めた。

4 試験結果　圧縮強度について　低温下のプレパックドコンクリートの圧縮強度は，温度-10°Cから低温度になるにしたがって著しく強くなり，普通コンクリートの低温圧縮強度と同じ性状を示した。材令91日のプレパックドコンクリートの試験温度と圧縮強度との関係は，図-1のようになる。いずれのW/C+Fの強度増加は温度の低下とともに著しく大きくなる。たとえばW/C+F=50%の20°Cの圧縮強度255kg/cm²のコンクリートが-50°Cになると2.7倍，-100°Cとなると3.5倍の増加となる。またいずれのW/C+Fの強度増加の傾きはほぼ同じ傾向である。したがって温度-10°C以下のプレパックドコンクリートの低温圧縮強度増加量(Δσpc)を示すと図-2で表わせる。結果によれば，ΔσpcはW/C+Fおよび材令にほとんど影響されず，増加し，普通コンクリートの低温圧縮強度増加量(Δσc)の実験式と同様に温度の関数として(1)式で表わせる。

$\Delta\sigma_{pc}=85-8.22T-0.0225T^2$ ---- (1)

T: 温度 (-10°C≧T≧-100°C)

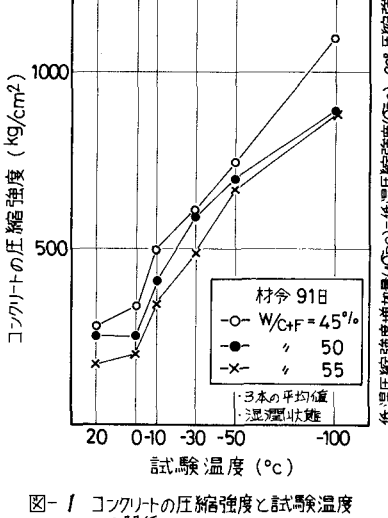

図-1 コンクリートの圧縮強度と試験温度との関係

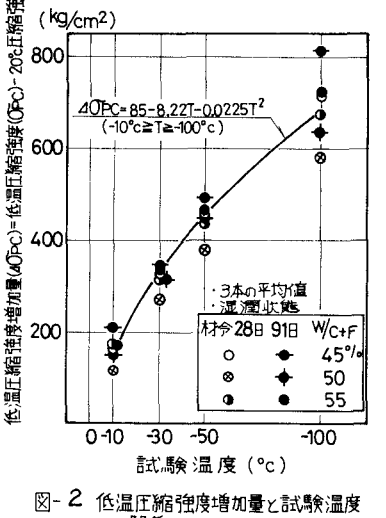

図-2 低温圧縮強度増加量と試験温度との関係

プレパックドコンクリートと普通コンクリートは，工法の違いから，コンクリート中の骨材およびセメント等の混合割合が表-1に示すように異なっている．このような混合割合の異なったコンクリートでも$\Delta\sigma_{Pc}$と$\Delta\sigma_{Tc}$は，温度の関数として表わせる点で一致した．そこで$\Delta\sigma_{Pc}$と$\Delta\sigma_{Tc}$との関連性を見ると図-3に示すように非常によい相関性が見られることがわかった．したがって低温圧縮強度増加量は，混合割合，特に粗骨材量，モルタル量が異なっても影響されないものと考える．

表-1 コンクリートの混合割合

	コンクリート1m³当りの混合割合	
	プレパックドコンクリート	普通コンクリート
水	15～17 %	14～15 %
セメント	9～12 ※	8～13
細骨材	10～14	26～32
粗骨材	59～60	40～42

※フライアッシュを含む．

$\Delta\sigma_{Pc}$と$\Delta\sigma_{Tc}$との関係式は(2)式で表わせる

$$\Delta\sigma_{Pc}=1.05\Delta\sigma_{Tc}+7.0\ (kg/cm^2) \quad \cdots\cdots (2)$$

したがってプレパックドコンクリートの低温圧縮強度は，母材強度に$\Delta\sigma_{Pc}$を加えあわせるか，あるいは$\Delta\sigma_{Tc}$を加えあわせて推定してもよい．

曲げ強度について 低温下におけるプレパックドコンクリートの曲げ強度(σ_f)は，温度-10℃以下になると著しく増加する．圧縮強度(σ_c)と曲げ強度との関係を示すと図-4のようになる．プレパックドコンクリートのこれらの関係は，普通コンクリートと同様に温度領域 20℃≧T≧-10℃，と-10℃≧T≧-100℃に分けて考え，性状としてはほぼ同じである．プレパックドコンクリートのσ_f/σ_cは 常温で 1/5～1/6，温度-10，-30℃近傍で 1/4～1/5 である．

弾性係数について 低温下における W/C+F=50%のプレパックドコンクリートの弾性係数と圧縮強度との関係および普通コンクリートのこれらの関係は図-5のようになる．結果によればプレパックドコンクリートの弾性係数は圧縮強度に比例し著しく大きくなり，普通コンクリートの増加傾向より大きな割合で増加することが認められた．温度-10℃≧T≧-100℃の圧縮強度との関係式は(3)式で表わせる．

$$E_c=0.0419\sigma_{Pc}+8.8\ (\times10^4 kg/cm^2) \quad \cdots\cdots (3)$$

E_c：プレパックドコンクリートの弾性係数
σ_{Pc}：プレパックドコンクリートの圧縮強度

線膨張係数について プレパックドコンクリートと普通コンクリートの線膨張係数を表-2に示す．プレパックドコンクリートの線膨張係数は，全般的に普通コンクリートの値より小さい傾向を示す．また，20～-30℃間で普通コンクリートの値が大きくなる性状とは異なることが認められた．

表-2 線膨張係数

温度 (℃)	プレパックドコンクリート (×10⁻⁶/℃)	普通コンクリート (×10⁻⁶/℃)
20～0	8～10	9～11
20～-10	9～10	11～12
20～-30	9～10	12～13
20～-50	7～9	10～11
20～-100	5～8	8～10

*各温度間の平均線膨張係数

まとめ 低温下におけるプレパックドコンクリートの強度特性は普通コンクリートと同じ性状を示すが，弾性係数，線膨張係数などは異なる性状を示す．

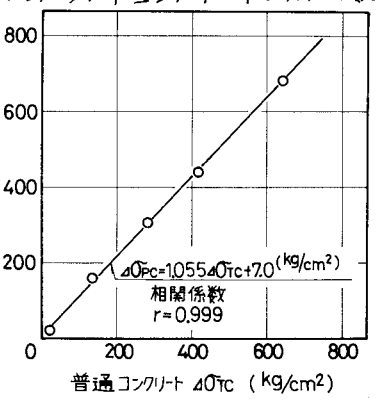

図-3 普通コンクリートとプレパックドコンクリートの低温圧縮強度増加量の関係

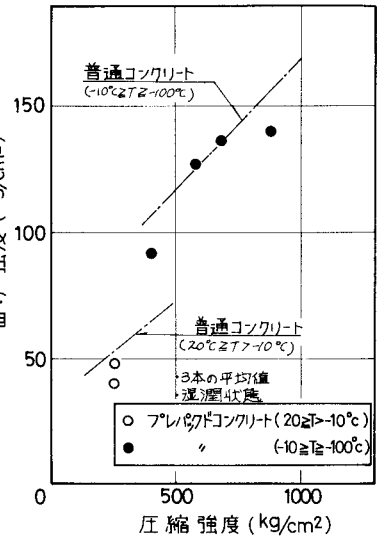

図-4 圧縮強度と曲げ強度との関係

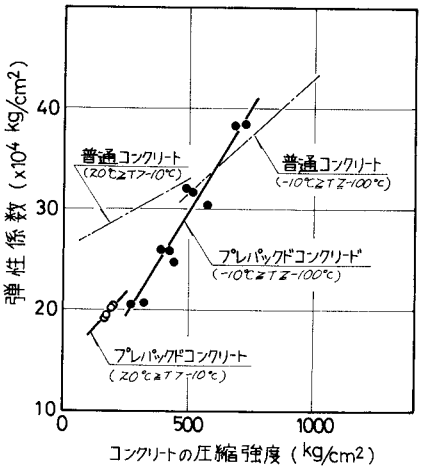

図-5 コンクリートの圧縮強度と弾性係数との関係

(文献)

1) 今井，岡田，半田
「コンクリートの低温強度について」
第31回土木学会年次学術講演概要集 第5部
昭和51年10月