

清水建設(株) 正 〇 今 井 実
 " " 岡 田 武 二
 " " 井 畔 瑞 人

1 まえがき

湿潤状態にあるコンクリートが冷却され、低温状態になると強度が著しく増加することは知られている。しかし実際の構造物の設計資料としてはいたって数少ない。本報告は鉄筋コンクリート造あるいはプレストレストコンクリート造のLNG地下タンクを対象として、湿潤状態におけるコンクリートの低温下における強度特性について検討を行ったものである。

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。骨材は粗骨材、細骨材とも富士川産で試験結果を表-1に示す。混和剤はボツリスNO8である。練りまぜは強制練りミキサーを使用した。

3 試験方法 試験条件は、水セメント比を38, 43, 48, 53, 58, 63%の6段階、スランピングを 12 ± 2 cmの面配合に対し、試験温度を20, 0, -10, -30, -50, -100℃の6段階とした。圧縮強度、引張強度は、 $\phi 10 \times 20$ cmで、試験本数は1配合3バッチの9本合計648本、曲げ強度は、 $10 \times 10 \times 40$ cmで1配合2バッチの6本合計216本によって求めた。供試体の冷却は液体窒素(LN₂)を冷媒とした低温槽で行った。温度管理は供試体の中心部とコンクリート表面から1 cmの位置(表面温度とする)に埋設したC-C型電対で行った。冷却方法は槽内温度と表面温度との温度差が 10 ± 2 ℃以内に保ちつつ中心部が所定の温度になるまで冷却した。中心部が所定の温度に達した後に、アムスラー試験機に設置してある簡易槽(LN₂で温度制御)に入れ、所定の温度を保ちつつ試験した。

4 試験結果 圧縮強度 低温下における圧縮強度は、いずれの水セメント比でも低温下になるにつれて増加する。-100℃での圧縮強度は、ほぼ900~1000 kg/cm²範囲の値を示し、高強度コンクリートに匹敵する値である。図-1は水セメント比と圧縮強度増加比との関係を示したものである。

種類	比重	粗粒率
粗骨材	2.63	6.93
細骨材	2.61	2.97

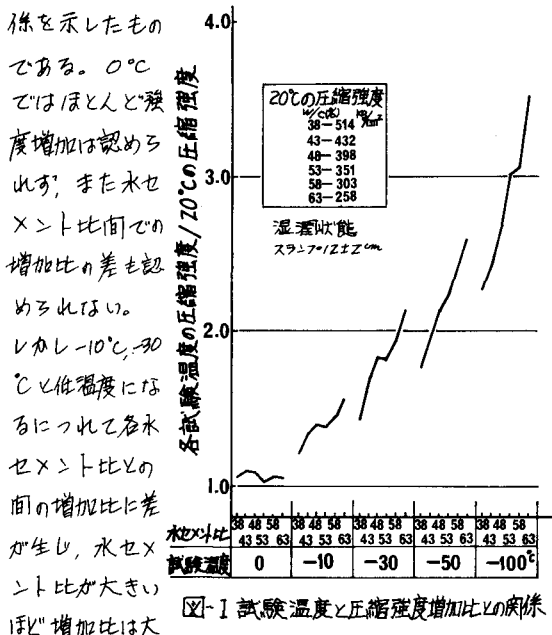


図-1 試験温度と圧縮強度増加比との関係

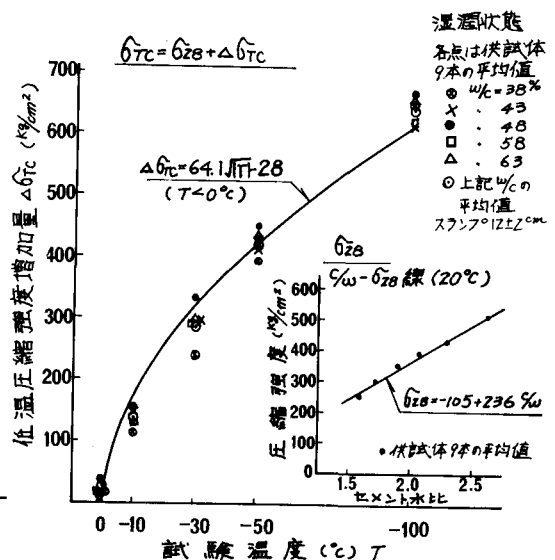


図-2 低温下の圧縮強度の更張式(枚令28日)

さくなる傾向にある。しかし低温下における圧縮強度増加量は図-2の通りである。ここに言う低温圧縮強度増加量(以下 $\Delta\sigma_{TC}$ と略す)は低温圧縮強度から20℃の圧縮強度を差引いた値である。各試験温度について、各水セメント比の $\Delta\sigma_{TC}$ を分散分析すると、各試験温度とも危険率5%で有意差はない。したがって本実験の範囲内では $\Delta\sigma_{TC}$ は水セメント比が異なっても、温度の関数として表わすことができ、低温下の圧縮強度は次式によって推定できるものと思われる。

$$\sigma_{TC} = \sigma_{20} + \Delta\sigma_{TC}$$

σ_{TC} : 低温圧縮強度(kg/cm^2) σ_{20} : 20℃下圧縮強度(kg/cm^2) 本実験では $\sigma_{20} = -105 + 236\%$

$\Delta\sigma_{TC}$: 低温圧縮強度増加量(kg/cm^2) 本実験では $\Delta\sigma_{TC} = 64.1\sqrt{T-20}$ (T は絶対値, $T < 0$)

引張強度、曲げ強度、図-3、図-4は、常温あるいは低温下での圧縮強度に対する引張強度、曲げ強度との関係を表したものである。試験温度20℃と0℃の引張強度は、六車の実験式¹⁾とほぼ同じ傾向を示している。曲げ強度は、赤沢、Lynn²⁾、PCA³⁾の実験値とほぼ同一領域にある。したがって温度0℃の近傍の引張強度、曲げ強度は、常温で得られる圧縮強度200~500 kg/cm^2 の範囲で求めた圧縮強度と引張強度、曲げ強度の関係式を用いてもさしつかえないと思われる。

一方、低温領域-70℃~-100℃においては同一圧縮強度の常温下、曲げ強度、引張強度に較べこたまり大きな値を示した。すなわち圧縮強度900 kg/cm^2 においては引張強度は常温下の実験値の約4割程度増加する。一方曲げ強度は7割程度の増加を示す。

5 まとめ

低温下の供試体約860本の強度試験の結果から、低温下のコンクリート強度について次のようにいえる。

- (1) 湿潤状態の低温下圧縮強度、引張強度、曲げ強度は増加し、温度が低下するにしたがって増加量は大きい。
- (2) 湿潤状態の低温下圧縮強度は $\sigma_{TC} = \sigma_{20} + \Delta\sigma_{TC}$ で推定できる。
- (3) 低温下(-10℃~-100℃)における湿潤状態の引張強度、曲げ強度は、同一圧縮強度の常温下引張強度、曲げ強度より大きく、低温下圧縮強度と次式の関係にある。

$$\text{引張強度 } \sigma_t = 0.104 \sigma_c + 65.0 (\text{kg/cm}^2)$$

$$\text{曲げ強度 } \sigma_b = 0.063 \sigma_c + 24.0 (\text{kg/cm}^2)$$

参考文献

- 1) 六車, 田中「高強度コンクリートの力学的特性」セメント技術年報 昭和48年 XXVII
- 2) 赤沢, Lynn「コンクリートハンドブック 近藤版」より
- 3) PCA「土木材料学 岡田, 神山他」より
- 4) 長滝 今井「高強度コンクリートに関する2.3の実験」土木学会オマ27回年次学術講演集

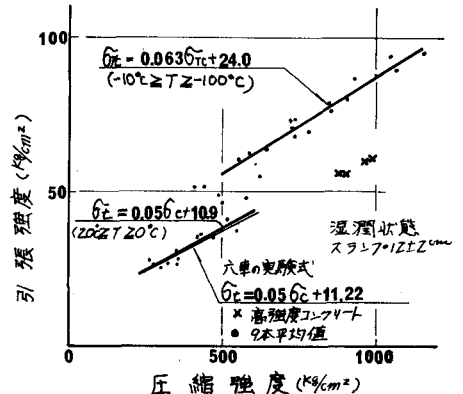


図-3 圧縮強度と引張強度との関係

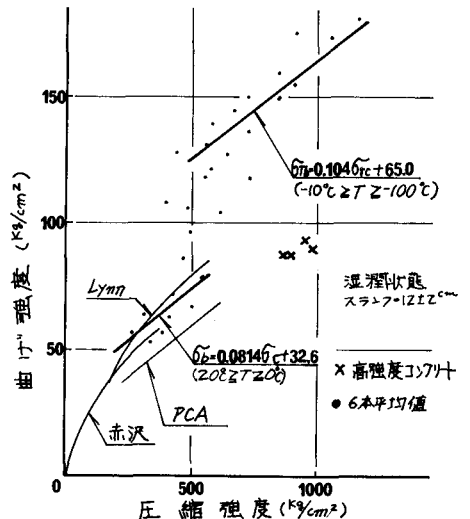


図-4 圧縮強度と曲げ強度との関係