

断熱温度上昇下におけるコンクリートの力学的性質

山口大学大学院 (学生員) 谷 直彦
 (株) 宇部興産 (正会員) 浅上 修
 山口大学工学部 (正会員) 中村秀明
 山口大学工学部 (正会員) 浜田純夫

1. まえがき

近年、マスコンクリート構造物では構造物の大型化、高強度化にともないセメントの水和熱に起因するいわゆる温度ひび割れが重要な問題となっている。温度ひび割れの発生が予測されるコンクリート構造物では、事前に温度ひび割れに対する検討が行われる。温度ひび割れの発生を予測するには、発生する温度応力とコンクリートの強度発現性を精度良く推定する必要がある。そのためには、形状寸法の大きなコンクリートの中心部では断熱状態に近いので、断熱状態におけるコンクリートの物性値が必要となってくる。特に低発熱セメントにおいては、そのデータ蓄積が少ないのが現状である。そこで本研究では、コンクリート供試体を断熱温度上昇状態で養生し、その力学的性質について検討を行った。

2. 実験概要

マスコンクリートの中心部と同じ状態を作るために、断熱温度上昇実験装置を製作し実験を行った。断熱温度上昇実験と平行して、断熱状態におけるコンクリートの力学的性質(圧縮強度、割裂強度、静弾性係数)の測定も行った。使用したセメントは、普通ポルトランドセメントと低発熱ポルトランドセメントで、材令1, 2, 4, 7, 14, 28, 91日に強度試験を行った。また、打込み温度は10, 20, 30℃と考え、あわせて、比較のために標準養生下における実験も行った。

3. 考察

(1) 材令と力学的物性値の発現性

断熱状態で養生したコンクリートの材令と圧縮強度の関係を図1、2に示す。普通セメントでは、断熱養生は標準養生と比べて初期の強度の発現が早く、打込み温度が高いほどその傾向が顕著に現れた。しかしながら、高い打込み温度では4日以降の強度の増進がみられず、長期にわたって強度の増進がみられなかった。一方低発熱セメントでは、断熱養生が標準養生と比べて初期の強度発現が早いのは普通セメントと同じであるが、高い打込み温度でも長期強度の増進がみられた。このことは材令と割裂強度の間にも同様の関係がみられた。これらのことから、マスコンクリート用途において打込み温度の高い場合、若材令の強度、長期強度ともに期待できる低発熱セメントを用いるのは効果的であると思われる。また、普通セメントを用いるときは、プレクーリングなどで打込み温度を下る必要がある。

(2) 力学的物性値間の関係

圧縮強度と割裂強度の関係を図3、4に示す。普通セメント、低発熱セメントともに養生条件によらず一本の関係式で回帰できると考えられる。普通セメントでは既往の実験式と類似した係数で表される。一方低発熱セメントでは、従来のべき乗の式とは異なり直線に近く、従来の土木学会の式を用いて圧縮強度

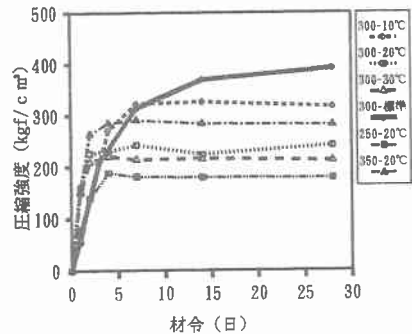


図1 材令と圧縮強度(普通セメント)

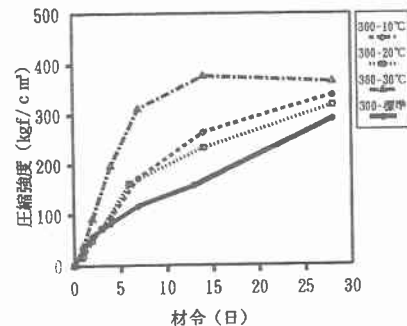


図2 材令と圧縮強度(低発熱セメント)

から引張強度を推定すると若材令での強度を大きく見積もることになるので、今後低発熱セメントにおいては新しい関係式が必要となってくる。また、圧縮強度と静弾性係数との関係は、普通セメントと低発熱セメントは同様の式で表され、従来の実験式とほぼ同様の関係が得られることが分かった。

(3) 力学的物性値発現性の推定に関する検討

積算温度を用いて力学的物性値発現性の評価をおこなったが、この方法では温度履歴の異なるコンクリートの力学的物性値を一意的に推定するのは困難であることが分かった。そこで本研究では、断熱温度上昇曲線と力学的物性値発現性のグラフの相似性に着目して、断熱温度上昇曲線より力学的物性値を推定する方法について検討した。推定方法は、次の3式を用いて断熱温度上昇曲線、力学的物性値の発現性を近似して回帰定数を求めた。

- (1) $Q(t)[\sigma(t)] = Q_{\infty}[\sigma_{\infty}] \{1 - \exp(-\gamma t)\}$
- (2) $Q(t)[\sigma(t)] = Q_{\infty}[\sigma_{\infty}] \{1 - \exp(-\gamma t^S)\}$
- (3) $Q(t)[\sigma(t)] = Q_{\infty}[\sigma_{\infty}] \{1 - (1 + \gamma t) \exp(-\gamma t)\}$

断熱温度上昇曲線	力学的物性値の発現性
$Q(t)$ —温度上昇量	$\sigma(t)$ —力学的物性値
Q_{∞} —終局断熱温度上昇量	σ_{∞} —終局物性値
γ 、 S —実験定数	γ 、 S —実験定数

横軸に断熱温度上昇曲線の回帰定数、縦軸に圧縮強度発現性の近似定数をとったグラフを図5に示す。これを見ても分かるように両者の間に相関性が見られる。割裂強度と積算温度の間にも同様の関係がみられた。次に、圧縮強度百分率と打込み温度の関係を図6に示す。圧縮強度百分率とは、断熱養生の28、91日強度と標準養生の強度の比を百分率で表したものである。グラフから、両者の間に一定の関係が見られることが分かる。以上のことから断熱温度上昇曲線と打込み温度および標準養生の強度が既知ならば、各実験定数の相関性より、断熱温度上昇下におけるコンクリートの力学的物性値の発現性が推定できるものと考えられる。

4. 結論

(1) コンクリートの力学的物性値の発現性は断熱温度上昇下では総じて早くなる。発熱量が大きく、打込み温度が高い場合には長期強度の増進はみられない。

(2) 低発熱セメントでは、圧縮強度から割裂強度を推定する際に従来の関係式を用いると若材令において強度を大きく見積もることになるので、新しい関係式が必要である。

(3) 断熱温度上昇曲線の回帰定数と打込み温度により、その養生下におけるコンクリートの力学的物性値を推定できる可能性がある。

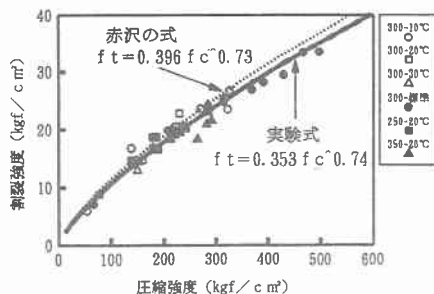


図3 圧縮強度と割裂強度（普通セメント）

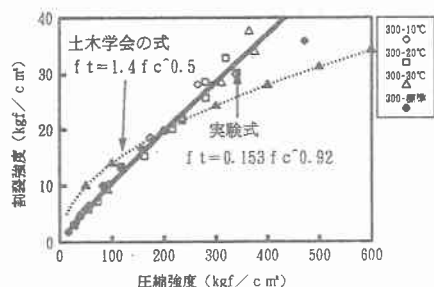


図4 圧縮強度と割裂強度（低発熱セメント）

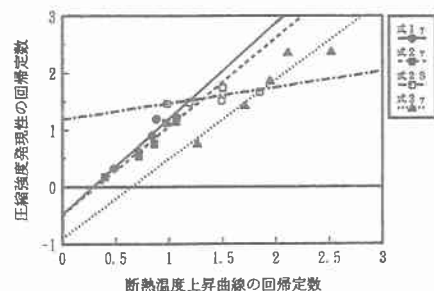


図5 回帰定数の相関性（圧縮強度）

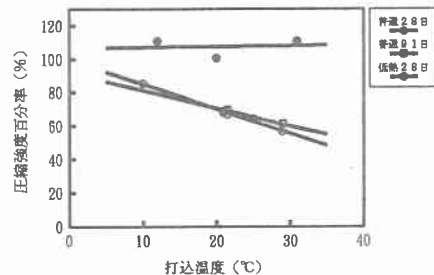


図6 打込み温度と圧縮強度