高炉セメントを用いたマス養生下でのコンクリートの力学的特性

法政大学大学院　　正会員　○室野井　敏之
法政大学　フェロー会員　　満木　泰郎
法政大学　　正会員　　溝渕　利明

１．目的

マスコンクリート構造物の耐久性を損なう要因の一つに，セメントの水和熱による温度ひび割れがある．温度ひび割れの発生を防ぐためには，コンクリートの力学的特性・発熱特性を把握し，設計・施工する必要がある．発熱特性のうち，断熱温度上昇特性を把握するためには，高価で大型な断熱温度上昇試験機を用いる場合があるが，現場での適用には不向きといえる．本研究では，実構造物で断熱温度上昇試験機に代わり発泡スチロール製の安価な簡易断熱槽を用いて断熱温度上昇試験を行い，断熱温度上昇特性を推定すると供に温度計測よりコンクリートの温度依存性を考慮した力学的特性を把握することを目的として実験を行った．

２．試験方法

温度測定は現場と実験室の二ヶ所で行い，それぞれで強度試験を行った．現場では，簡易断熱槽を設置して温度計測を行い，測定対象となる構造物内部の温度計測も行った．また，実構造物の計測位置はコンクリート表面から深さ 400 ㎜で，高さ 3000 ㎜の測定対象部材で地面より 1500 ㎜の位置に温度計を埋設して計測を行った．これらの計測結果をもとに実験室内・施工現場について温度解析を行い，断熱温度上昇特性を推定するとともに，積算温度を元に実構造物内部の力学的特性の推定を行った．

２．１．簡易断熱温度上昇試験

本研究では，簡易断熱槽を二種類使用した．一方は図－1 に示す簡易断熱槽であり，供試体が 13 本入るもので，隙間を発泡ビーズで埋めるものである．もう一方の断熱槽は，図－1 の簡易断熱槽のこれまでの試験結果を考慮し，より断熱性を高めるために内蓋をつけた．さらに発泡ビーズに代えて，供試体の間隙を供試体寸法に合わせた発泡スチロール製のブロック状の型枠にし，強度試験時に供試体を採取する際には発泡スチロール製のブロックを詰め替えられるように設計した．この簡易断熱槽を図－2 に示す．以降，図－1 を簡易断熱槽、図－2 を改良簡易断熱槽と称す．簡易断熱槽に設置する供試体は紙製モールド（Φ100×200㎜）を使用し，水分の逸散を防ぐために供試体上面を密封し，封かん状態として簡易断熱槽に配置し温度計測を行った．簡易断熱槽内部の供試体と実構造物の温度計測値から三次元有限要素法を用いて温度解析を行い断熱温度上昇特性の推定を行った．

図 - １　簡易断熱槽

図 - ２　改良簡易断熱槽

２．２力学的特性

実験室に設置された簡易断熱槽内に養生された供試体および水中，封かん養生された供試体について強度試験を行った．現場に設置された改良簡易断熱槽で養生された供試体については圧縮強度試験を行い試験結果とそれぞれの積算温度からマスコンクリートの力学的特性の推定と実験室内での現場の再現を行った．

キーワード　断熱温度上昇特性，積算温度，マスコンクリート
連絡先　　〒184-8584　東京都小金井市梶野町 3-7-2　ＴＥＬ042-387-6286

３．試験結果及び考察

３．１簡易断熱温度上昇試験

実測値と温度解析で得られた解析値の立ち上がりが一致するように断熱温度上昇式（１）の係数を変化させ同定解析を行った．実構造物の計測結果から算出した断熱温度上昇式の同定結果を**図－3** に示す．同様に断熱温度上昇試験機，簡易断熱槽，改良簡易断熱槽で解析を行った結果を**表－1** に示す．各ケースでの断熱温度上昇式を**図－4** に示す．

$$T = K\left[1 - \exp\left\{-\alpha(t - t_0)^{\beta}\right\}\right] \qquad (1)$$

K：断熱温度上昇によるパラメータ(℃)

α：温度上昇に関するパラメータ　β：温度上昇に関するパラメータ

t：材齢(日) t_0：発熱開始材齢(日)

表－1 および**図－４**から，終局断熱温度上昇量と温度上昇速度に関する係数αおよびβは改良簡易断熱槽と断熱試験機でほぼ同様の結果が得られた．**図－4** に示すように簡易断熱槽よりも実構造物の形状に近い結果が得られた．

したがって，改良簡易断熱槽は条件が整えば実構造物の断熱温度上昇特性を把握することが可能であると考えられる．今後は，測定精度向上のために測定対象となる部材のコンクリート厚さを考慮して簡易断熱槽の断熱材の厚さを可変することや，簡易断熱槽内に養生する供試体の寸法を大きくするなど改良を検討していく必要がある。

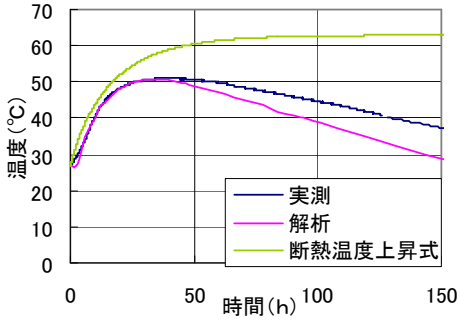
３．２力学的特性

現場において改良簡易断熱槽で養生された供試体について，3・4・7・14・28 日の 5 材齢で圧縮強度試験を行うとともに，室内試験において，3・7・14・28 日の 4 材齢で強度試験を行った．また室内試験においては簡易断熱槽，水中，封かんの各養生に対して温度計測結果を基に積算温度を算出した．

図－5 に示す積算温度と圧縮強度との関係から，両者はほぼ比例関係にあった．若材齢では，断熱養生した方が他の養生条件に比較して圧縮強度が大きくなる傾向にあった．積算温度 10000h℃前後において水中養生した供試体の圧縮強度が簡易断熱養生したケースでの圧縮強度よりも大きくなる結果となった．**図－6** から圧縮強度と割裂引張強度との関係は養生状態に関係なくほぼ比例関係にあった．

４．まとめ

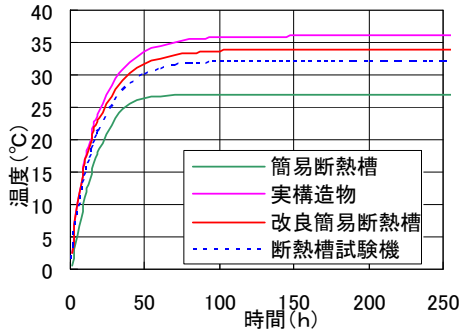
本研究では，室内試験において簡易断熱温度上昇試験を行い，断熱温度上昇特性および力学的特性の推定を行った．その結果，今回用いた簡易断熱温度上昇試験は，断熱温度上昇特性及び力学的特性の両方を推定することの可能性を見出すことができた．しかしながら，簡易断熱上昇試験で推定した断熱温度上昇特性は実構造物での結果と比較した場合，差異がみられることから，さらに精度向上を目指した検討が必要である．今後は同実験をセメント種別，水セメント比などの配合条件を変えて行い，各種条件での積算温度と強度との関係の指標となるように検討していく必要がある．



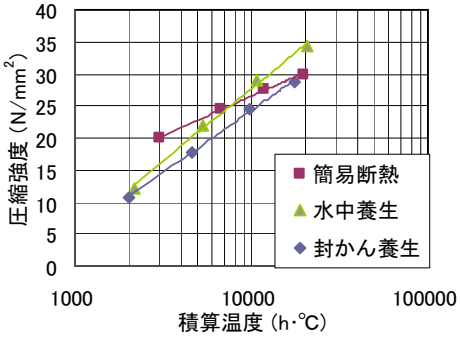
図－3　実構造物での解析結果

表－１　各係数比較

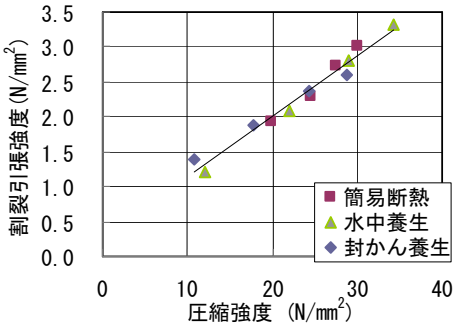
	k	α	β	t
簡易断熱槽	27	1.55	1.20	0.25
断熱試験機	32	1.40	0.95	0.26
実構造物	36	1.40	0.90	0.10
改良簡易	34	1.42	0.85	0.20



図－４　断熱温度上昇式比較



図－５　積算温度と圧縮強度



図－６　圧縮強度と割裂引張強