

V-77 TMCによる高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの強度発現性

広島工業大学 正員 伊藤 秀敏
 広島大学 正員 田澤 栄一
 西日本工業大学 正員 沼田 晋一

1. まえがき

高炉スラグ微粉末（以下スラグと略す。）を用いたコンクリートは、長期強度発現性が良好であり、水和発熱量が小さい等の優れた特性を有しているため、マスコンクリート用混和材として使用実績も多くなってきている。さらに、粉碎技術の向上により、粉末度が $8000\text{cm}^2/\text{g}$ 以上のスラグも生産が可能となり、コンクリート用混和材として、用途の多様化がはかれるつつある。この一環として粉末度の高いスラグをマスコンクリート用混和材として用いた場合の強度発現性を明確にしておく必要がある。このようなことから、本研究はスラグ粉末度 $7890\text{cm}^2/\text{g}$ を含め3種の異なる粉末度を有するスラグで置換したコンクリートについて、TMC (Temperature Matched Curing) 装置で、断熱温度上昇の3/4が実際に生ずる温度上昇と仮定して、この装置を制御し、断熱温度上昇状態での強度発現性を検討したものである。

2. 試験の概要

2.1 使用材料 セメントは普通ポルトランドセメント（比重：3.16、比表面積 $3220\text{cm}^2/\text{g}$ ）を、混和材はスラグ（比重：2.91、粉末度：2650、4000、 $7890\text{cm}^2/\text{g}$ ）を使用した。細骨材は風化花崗岩系山砂（比重：2.57、吸水率：1.73%、FM：2.60）を、粗骨材は石灰石砕石（最大寸法：20mm、比重：2.71、吸水率：0.31%、FM：6.55）を使用した。混和剤はポゾリスNo.70および空気量調整剤303Aを用いた。

2.2 コンクリートの配合 単位結合材量は $360\text{kg}/\text{m}^3$ であり、スラグ置換率は、0、45、65、および85%（ただし45%は粉末度 $4000\text{cm}^2/\text{g}$ の場合のみ）である。スランプおよび空気量はそれぞれ $10\pm 1\text{cm}$ 、 $4\pm 1\%$ を目標とした。コンクリートの練り混ぜは強制攪拌ミキサー（100ℓ容量）で全材料投入後2分間行い、コンクリートの練り上がり温度は約 20°C になるようにあらかじめ調整した。

2.3 試験の方法 (1) **TMC装置および養生** TMC装置は図1に示すように、断熱温度上昇槽より測定した温度を基にTMCコントローラで指定した温度（断熱温度上昇の3/4）になるように制御し同時にTMC槽内の水温との差が生じないようにサイリスタコントローラにてヒーターが作動するようになっている。強度用供試体（ $\phi 10\times 20\text{cm}$ ）は型枠をつけたままTMC槽で養生した。この養生期間は7日とし、それ以降は標準養生を行った。試験材令は1、3、7、28、および91日で圧縮強度、および静弾性係数を測定し、材令28日の場合のみ割裂強度も測定した。なお標準養生のみによる場合も同様の材令で試験を行った。(2) **断熱温度上昇槽** 150cm 立方体の発泡スチロールの中心部に約100ℓ容量のコンクリートが打込めるように加工したものであり、放熱を極力小さくするためガムテープ・粘土等で処理した。

3. 試験結果および考察

3.1 TMCによる圧縮強度の経時変化 図2、3、4はTMC槽による圧縮強度の経時変化を示したものである。これらの図より、材令に伴う圧縮強度の発現性は、スラグの粉末度、置換率によって著しく異なる。すなわち、粉末度が高いほど若材令時における圧縮強度の発現性は著しいが、

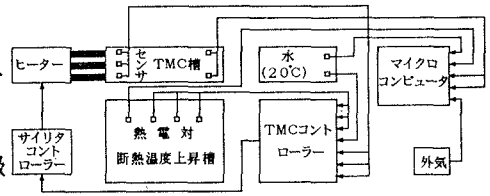


図1 TMC装置

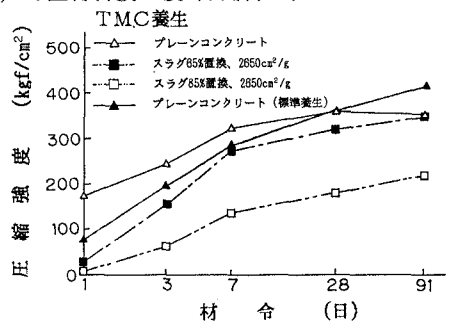


図2 各置換率における圧縮強度の経時変化

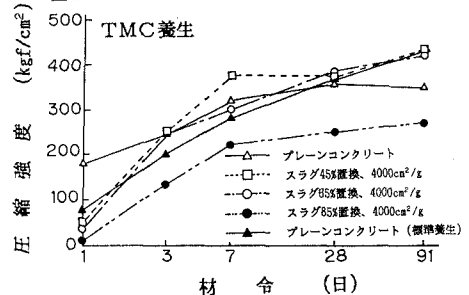


図3 各置換率における圧縮強度の経時変化

材令7日以降における伸びは鈍化する。またスラグ粉末度 $7890\text{cm}^2/\text{g}$ の圧縮強度は、91日で若干低下し、プレコンクリートとほぼ同程度となった。3.2 圧縮強度比 プレコンクリートに対する圧縮強度比を標準養生ならびにTMCによる養生について、図5、6、7に示す。標準養生下での圧縮強度比について次のようなことが認められた。①スラグ粉末度 $2650\text{cm}^2/\text{g}$ の場合、いずれの材令・スラグ置換率でもプレコンクリート以下であり、若材令ほど、この比は小さくなった。②粉末度 $4000\text{cm}^2/\text{g}$ では、材令91日で置換率65%の場合20%程度の増加が認められるが、その他の材令および置換率ではプレコンのそれを下回る。③

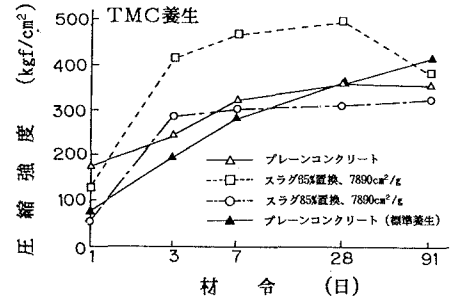


図4 各置換率における圧縮強度の経時変化

粉末度 $7890\text{cm}^2/\text{g}$ では、材令7日で、置換率85%を除き、プレコンと同程度もしくはこれを上回っている。TMCについて、同様の観点から見ると、次のようなことが認められた。①粉末度 $2650\text{cm}^2/\text{g}$ では同粉末度の標準養生の場合とほぼ類似の傾向にあるが、材令と共に強度低下率は小さくなる。②粉末度 $4000\text{cm}^2/\text{g}$ および $7890\text{cm}^2/\text{g}$ では、材令3日でプレコンを上回ったが、これら両者の粉末度の相違による強度比は、 $4000\text{cm}^2/\text{g}$ では材令91日で最大になったのに対し $7890\text{cm}^2/\text{g}$ では、材令3日で最大となり70%程度の増加を示した。すなわち、粉末度が高くなるほど、若材令時における強度発現が著しく、材令3日以降は、スラグ置換率が85%と多量に用いても、プレコンと遜色のない値を示した。したがってスラグ粉末度を高くすると多量にスラグで置換しても若材令時の強度発現は良好であった。一方、マスコンクリートの温度ひびわれは、型枠の脱形時に発見されるなど比較的若材令時に発生する場合がある。温度ひびわれの発生は発熱、強度、クリープ係数等の総合的なバランスによって定まる。したがって圧縮強度発現のみでは温度ひびわれ制御に必ずしも有利とはいえないがこの対策の一助となるものと思われる。3.3 割裂強度および静弾性係数 割裂強度(材令28日のみ)に関して脆度係数で示すと10~14であり、養生方法による差異は認められなかった。静弾性係数については、標準養生の場合 $E_c = 18605\sqrt{f_c}$ で、TMCの場合は $E_c = 19500\sqrt{f_c}$ であり、TMCの方が若干大きい値を示した。

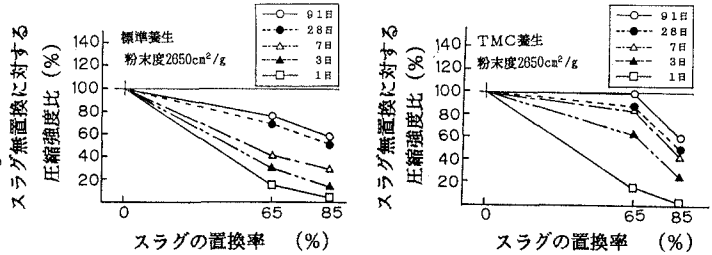


図5 スラグの置換率とスラグ無置換のものに対する圧縮強度比の関係

図6 スラグの置換率とスラグ無置換のものに対する圧縮強度比の関係

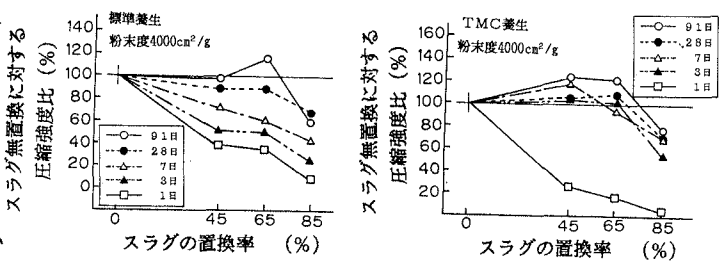


図6 スラグの置換率とスラグ無置換のものに対する圧縮強度比の関係

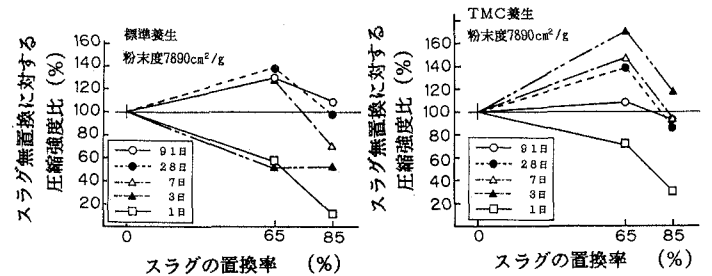


図7 スラグの置換率とスラグ無置換のものに対する圧縮強度比の関係

図7 スラグの置換率とスラグ無置換のものに対する圧縮強度比の関係

4. あとがき

本試験結果次のようなことが判明した。断熱温度上昇状態ではスラグ粉末度が高くなるほどプレコンクリートに比べて若材令における強度発現が著しく、さらに多量にスラグで置換しても強度発現は良好であった。今後はこの種のコンクリートの温度発生メカニズムに関して検討していく予定である。