

低温養生を行った高炉スラグ微粉末混和コンクリートの強度回復に関する研究

東北大学大学院工学研究科 学生員 ○鈴木 一利
同 上 正 員 岩城 一郎
同 上 フェロー 三浦 尚

1. まえがき

化学抵抗性の向上、および水和熱の低減などを目的として¹⁾、高炉スラグ微粉末（以下GGBSと記す）を混和したコンクリートが使用されている。また、粉体系の高流動コンクリートを製造する際にもGGBSを混和して粘性を付与する場合がある。しかし、GGBSの混和は以上のような利点がある反面、コンクリートの初期強度を減少させるという不利な影響を及ぼすことも確認されている。この影響は、GGBSの置換率が大きくなると、また粉末度が低くなるとより顕著に現われる傾向にある²⁾。さらに、このようなコンクリートは強度発現に対して養生温度の影響を受けやすいため³⁾、低温で養生される場合には、特に注意が必要である。

ところで、実際のコンクリート構造物では、コンクリートが打設された時期により、打設された時は低温であっても、日時の経過とともに外気温がだんだん上昇していくという場合もある。そこで、本研究では、GGBSを混和したモルタル供試体を作製し、養生温度を5℃あるいは0℃から20℃に上昇させた場合の強度発現傾向を水結合材比、GGBSの置換率と粉末度など諸条件を変えて調べることを目的とした。

2. 実験材料および方法

実験に用いたGGBS（比重2.90）は粉末度4100cm³/gと8240cm³/gの2種類である。（以下、各々GGBS4、GGBS8と記す。）セメントは普通ポルトランドセメント（比重3.15）を、細骨材は山砂（宮城県大和町産、比重2.55、粗粒率2.63）を使用した。

供試体はφ5×10の円柱供試体とし、一般のコンクリートを想定した水結合材比（W/B）50%の配合はすべて水：結合材：細骨材＝1：2：5とした。高流動コンクリートを想定したW/B35%のモルタル配合は、一般的な粉体系高流動コンクリートの配合（s/a＝52%、単位水量175kg/m³、空気量4.5%）から粗骨材分を取り除いた配合とした。文献4）のフロー試験により、モルタルフロー値が25±1cmとなるように高性能AE減水剤を添加した。本実験では置換率をそれぞれの粉末度に対し50%および70%とした。

養生方法は寒冷地における現場の状況を考慮し、望ましいと思われる封かん養生を主として採用した。ただし、養生方法の違いが強度発現性に及ぼす影響を調べるため、気中養生でも実験を行った。円柱供試体は、打設後直ちに20℃と5℃あるいは0℃の恒温室にそれぞれ置いた。さらに、材齢28日と56日（一部91日）で、低温の恒温室に置いた供試体の一部を20℃の恒温室に移した。（図中それぞれ25日上昇、56日上昇、91日上昇と示す。）圧縮強度試験は材齢7、28、56、91、182日で行った。

3. 実験結果および考察

気中養生を行った場合の圧縮強度試験結果の一例として、W/B35%としてGGBS4を置換率70%で置換した配合の圧縮強度試験結果を図-1に示す。この図より、温度上昇後、圧縮強度がそれほど回復しないことがわかった。これは気中養生を行った場合、温度を上昇させる材齢までに供試体から未水和の水分が蒸発したため、その後高炉スラグ微粉末の水和がほとんど起こらなかったことを示している。

また、W/B50%として封かん養生を行った場合の圧縮強度試験結果の一例として、GGBS8を置換率50%で置換した配合の圧縮強度試験結果を図-2に、またW/B35%の例として、GGBS4を置換率50%で置換した配合の圧縮強度試験結果を図-3に、それぞれ示す。これらの図より、供試体からの水分の蒸発を抑制した

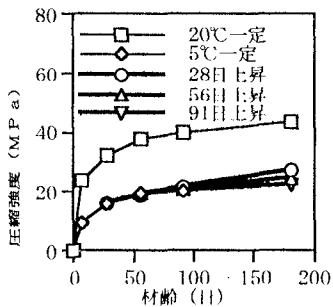


図-1 気中養生,W/B=35%
GGBS4/置換率70%
圧縮強度試験結果

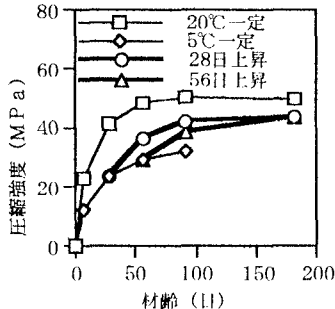


図-2 封かん養生,W/B=50%
GGBS8/置換率50%
圧縮強度試験結果

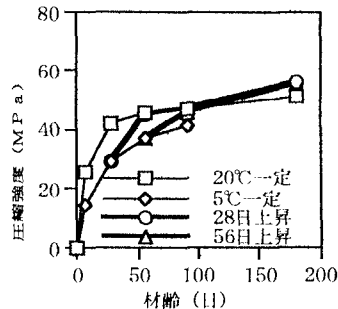


図-3 封かん養生,W/B=35%
GGBS4/置換率50%
圧縮強度試験結果

封かん養生では気中養生とは異なり、温度上昇後の圧縮強度が着実に回復することがわかった。

さらに2つの図の比較により、W/B 35%の場合は温度上昇後の材齢182日の圧縮強度は20℃一定養生の場合の圧縮強度より大きくなるが、W/B 50%の場合はこのような圧縮強度の逆転現象は起こらなかった。

このようにW/B 35%の配合で、温度上昇後、強度回復が顕著に現われた理由として、温度上昇に伴い高炉スラグ微粉末の水和反応が活性化したことと、20℃一定養生を継続した結果、水和に必要な水分が不足し、強度発現が頭打ちになったことが相互に関連したためと考察される。さらには低温養生を行った場合、水和組織が緻密化したことも強度回復につながったと考えられる。

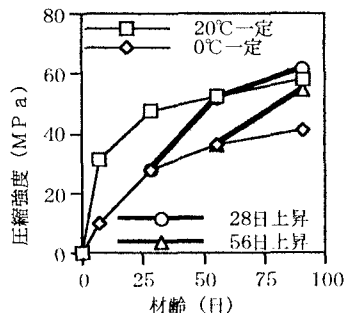


図-4 封かん養生,W/B=35%
GGBS8/置換率70%
圧縮強度試験結果

低温養生時の温度を0℃とした場合の圧縮強度試験結果の例として、GGBS8を置換率70%で置換した配合の圧縮強度試験結果を図-4に示す。0℃の場合でも5℃の場合と同様に、温度上昇後の圧縮強度が着実に回復した。以上の点から、初期の養生温度が5℃あるいは0℃であっても、温度上昇後、高炉スラグ微粉末の水和反応が活性化し、十分な強度回復が期待できる結果となった。

まとめ

低温で封かん養生を行った高炉スラグ微粉末混和コンクリートは、その後の温度上昇にともない顕著に圧縮強度が回復する。その傾向は水結合材比35%の場合の方が水結合材比50%の場合よりも顕著であるようである。また同様に気中養生で実験を行った場合、温度上昇後の圧縮強度の回復効果はほとんど期待できない。よって、封かん養生を用いることにより、初期凍害を起こさない範囲であれば、低温養生を行っても、その後の温度上昇により強度回復が期待できる。

参考文献

- 1) 国府勝郎：高炉スラグ微粉末、コンクリート工学, Vol.26, No.4, pp.25-31, 1988.
- 2) 小林明夫, 山下裕章：高炉セメント使用上の注意点, 構造物設計資料, No.87, pp.3-7, 1986.
- 3) 遠藤裕悦, 児玉和己, 中川修, 高田誠：高炉スラグ微粉末がコンクリートの配合と強度に及ぼす影響について, 高炉スラグ微粉末のコンクリートのへの適用に関するシンポジウム論文集, pp73-80, 1987.
- 4) 岡村甫, 前川宏一, 小澤一雅：ハイパフォーマンスコンクリート, 技報堂出版, 1993.