

湿度条件を考慮した高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの力学的特性

法政大学大学院 学生会員 ○小菅 望
 法政大学大学院 学生会員 竹内 直也
 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. はじめに

CO₂排出量の削減は、地球温暖化対策の一つとしてあらゆる産業において求められている。コンクリート材料として建設分野で広く使用されているセメントは、製造過程において膨大な量のCO₂を排出する。

このような背景を受けて、銑鉄を製造する際に大量に搬出される高炉スラグが環境対策として近年注目されている。高炉スラグは、潜在水硬性を有しており、高炉スラグを粉砕した高炉スラグ微粉末がコンクリート用材料として利用拡大されれば、セメント製造時のエネルギー消費量やCO₂発生量を大幅に削減することが可能となる。

一方、高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの強度は、その潜在水硬性により普通ポルトランドセメントに比べ養生温度、養生期間など養生方法に大きな影響を受けるといわれている¹⁾。本研究は、養生時の湿度が高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの強度特性に与える影響を明らかにすることを目的とし、湿度条件を変化させて、高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの湿度を考慮した圧縮強度について検討を行った。

2. 実験方法

表-1 試験条件(要因と水準)

要因	水準
水セメント比(%)	50
細骨材率(%)	43
高炉スラグ比表面積(cm ² /g)	4000
高炉スラグ置換率(%)	0,20,40,60,80
試験材齢(日)	3,5,7,10,14,28
養生時の湿度(%RH)	40,60,80,95

本研究では、高炉スラグ微粉末の置換率、養生時の湿度を検討要因として、各条件での圧縮強度特性に着目し実験を行った。圧縮強度試験は、JISA1108 に準拠し、φ100×200mm の円柱供試体を作製し、2000kN 万能試験機を用いて行った。

高炉スラグ微粉末は、比表面積 4000cm²/g を使用し、配合条件は水結合材比 50%、細骨材率 43%一定とした。

本試験の要因と水準を表-1 に示す。養生は、表-2 に示す3つの方法で行った。なお、封かん養生の供試体は型枠を含めた質量を測定した。

コンクリートからの水分の逸散(質量低下率)は、脱型時の供試体質量と圧縮強度試験時での供試体質量との差を、脱型時の供試体の質量で除した値と定義した。以下に質量低下率の算出式を示す。

$$\text{質量低下率} = (W_b - W_t) \div W_b \times 100 (\%) \quad \text{式(1)}$$

*W_b は脱型時の供試体質量(g)、W_t は各材齢での圧縮試験時の供試体質量(g)である。

表-2 養生方法

養生方法	詳細
水中養生	養生水槽(水温 20℃)
恒温恒湿養生	恒温恒湿槽(温度 20℃, 養生湿度各水準設定)
封かん養生	恒温湿(室温 20℃), 60%RH

3. 試験結果及び考察

3. 1. 高炉スラグ置換率による影響

封かん養生と水中養生の高炉スラグ置換率別の材齢と圧縮強度の関係を図-1 に示す。封かん養生、水中養生とも置換率が高くなるほど圧縮強度が低下する傾向がみられた。また、各置換率とも圧縮強度は水中養生の方が大きくなる結果となった。これは、封かん養生の場合、水中養生のように随時水分供給がされないため、

キーワード 高炉スラグ微粉末, 湿気養生, 力学特性

連絡先 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 TEL042-387-6124 法政大学

水和の進行に伴う強度増進が十分でなかったためではないかと思われる。このことから、高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの強度発現は、高置換率ほど水分供給の影響を大きく受けるとと思われる。

3. 2. 質量低下率による影響

材齢 28 日での高炉スラグ微粉末の置換率別に、養生湿度の低下に伴う質量低下率と圧縮強度の関係を図-2 に示す。高炉スラグ微粉末の置換率に関わらず、質量低下率の増加に伴い圧縮強度が低下する傾向を示した。これは、質量低下率がコンクリートからの水分逸散によるものと考えた場合、強度発現性には水分逸散が大きな影響を与えると考えられる。

3. 3. 養生湿度による影響

各養生時の湿度における高炉スラグ微粉末の置換率 0%の材齢 28 日での圧縮強度を基準として、各高炉スラグ置換率での強度比と養生湿度との関係を図-4 に示す。図-4 より、置換率によらず圧縮強度と相対湿度の関係は、ほぼ線形関係の結果となった。また、高炉スラグ微粉末を 40%と置換したコンクリート圧縮強度は、相対湿度による影響を大きく受ける結果となった。

3. 4. 重回帰分析による圧縮強度の推定

高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの圧縮強度は温度、相対湿度、置換率に影響を受けることから、圧縮強度推定のための重回帰分析を行った。説明変数として、積算温度、相対湿度、置換率を用いた。重回帰分析で得られた式を以下に示す。

$$f'c(t) = 9.951 \log(^{\circ}DD) + 0.167RH - 0.227S - 11.60 \quad \text{式(2)}$$

ここで、 $f'c(t)$ は推定圧縮強度(N/mm²)、 $^{\circ}DD$ は積算温度(°DD)、RH は相対湿度(%), S は高炉スラグ微粉末置換率(%)である。ただし、積算温度は 20°C一定の温度で算出した。

式(2)を用いて推定した圧縮強度と実験から得られた圧縮強度とを比較した結果を図-4 に示す。図-4 から、各推定値と実験値との重相関係数は 0.950 と高い相関関係となった。

4. まとめ

高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートでは、本検討結果から従来から言われているように置換率が高い程初期強度は低く、若材齢時において湿度の低い条件で養生を行った場合、十分な強度発現が得られず、相対湿度の影響を大きく受けることを確認した。

高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートでは、相対湿度、置換率を考慮することで、本検討での限られた範囲ではあるが湿度を考慮した強度推定の可能性を見出すことができた。今後は、温度や湿度を変化させ、温度・湿度を考慮した強度特性を把握していく予定である。

参考文献

1) 土木学会：高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの設計施工指針，pp.27-28，1996

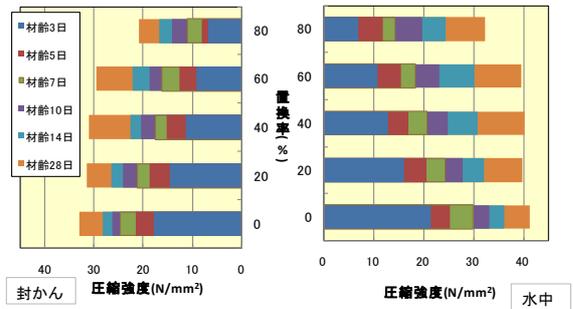


図-1 材齢と圧縮強度の関係(置換率別)

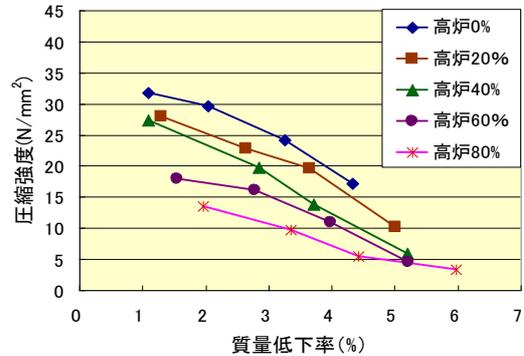


図-2 質量低下率と圧縮強度(材齢 28 日)

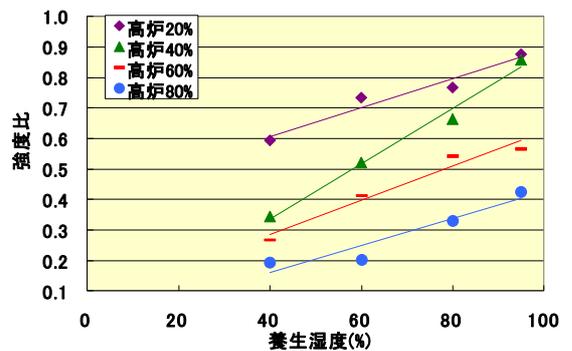


図-3 養生方法別による圧縮強度の関係

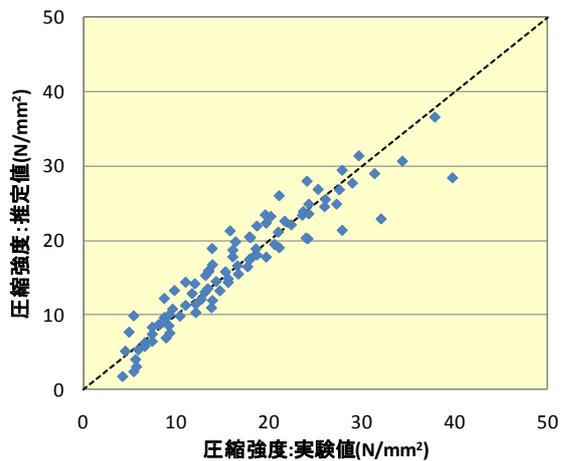


図-4 推定値と実験比較