

V-29 高粉末度の高炉スラグ微粉末を用いたポーラスコンクリートの強度特性

阿南工業高等専門学校 正会員 天羽 和夫
阿南高専 専攻科 学生員 ○山根 睦子

1. はじめに

銑鉄を製造する際に副産される高炉スラグは発生量が多く、コンクリートの有用な混和材や骨材として盛んに利用されているが、近年の粉砕技術の進歩から高粉末度の高炉スラグ微粉末が開発され、新たな利用法に関する研究が求められている¹⁾。一方、連続空隙構造を持つポーラスコンクリートは環境への負荷を低減させることができ、生物との接点も多いことから環境配慮型のコンクリートの中でも特に注目されている。しかし、多くの空隙を有するために強度・耐久性に劣り、生物環境に影響する遊離石灰の溶出も懸念されており実用化への課題も残っている。

そこで本研究では、ポーラスコンクリートの品質改善を目的として、近年製造可能となった高粉末度の高炉スラグ微粉末をセメントの一部として使用し、代替率、細骨材の混入率、結合材比などを変化させた場合の強度面への影響について検討を行った。

2. 実験概要

2. 1使用材料および配合

本研究に用いた高炉スラグ微粉末の比表面積は $14780\text{cm}^2/\text{g}$ (密度 $2.90\text{g}/\text{cm}^3$; B15 と略記、以下同様) のものと比較のため従来の $4450\text{cm}^2/\text{g}$ (密度 $2.92\text{g}/\text{cm}^3$; B4) のものを使用した。また、セメントは普通ポルトランドセメント(密度 $3.16\text{g}/\text{cm}^3$)、細骨材は那賀川産川砂(密度 $2.62\text{g}/\text{cm}^3$ 、粗粒率 2.80 ; S)、粗骨材として海部川産碎石(密度 $2.65\text{g}/\text{cm}^3$ 、最大寸法 15mm)を用い、ワーカビリティ改善のためにナフタリンスルホン酸系の高性能減水剤も使用した。

本実験に用いた配合条件は、表-1に示すように高炉スラグ微粉末の代替率は0から40%に変化させた。また、各配合の目標空隙率は20%の一定とした。

表-1 ポーラスコンクリートの配合条件	
高炉スラグ微粉末の代替率(%)	0, 10, 20, 40
水結合材比(%)	23, 27, 30
細骨材の混入率(%)	0, 10, 20
高性能減水剤	結合材のフローが200mm一定となるように使用量調整
目標空隙率(%)	20

2. 2実験方法

ポーラスコンクリートの練混ぜには強制練りミキサを使用し、一括法により行った。供試体の作製は圧縮強度の測定用には $\phi 10\times 20\text{cm}$ 、曲げ強度用には $10\times 10\times 40\text{cm}$ の型枠を用い、それぞれ3層に分けてコンクリートを詰め、各層を突き棒とランマーを用いて締固めを行い、養生は所定材齢まで $20\pm 2^\circ\text{C}$ の水中養生を行った。圧縮強度試験はJIS A 110、曲げ強度試験はJIS A 5201に従ってそれぞれ行った。なお、供試体の作製状況を目視と日本コンクリート工学協会(案)の容積法によって測定した実測空隙率から判断した。

3. 実験結果

図-1は、高炉スラグ微粉末の代替率を20%、水結合材比を27%とした配合条件下で作製したポーラスコンクリートの圧縮強度を微粉末を用いないのものと比較して示したものである。この図からわかるように、B15を用いたものは微粉末の未混入のものよりいずれの材齢においても大きな値を示し、また従来のB4を用いたものと比較しても材齢28日での結果は高い圧縮強度となっており、高粉末の高炉スラグ微粉末はポーラスコンクリートの強度改善に効果的となっている。

しかし、細骨材の混入率が増加するにつれて強度は低下

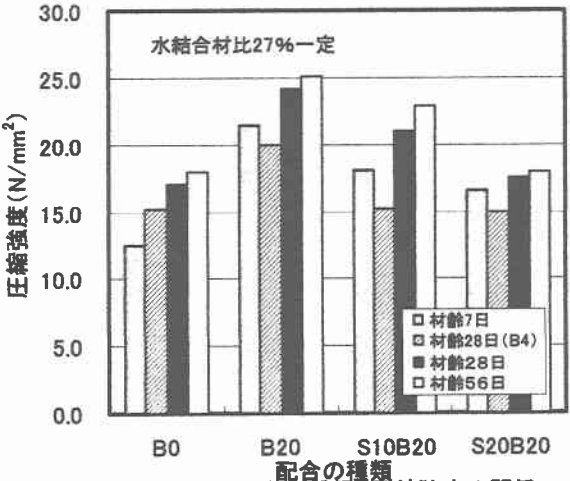


図-1 配合の種類と圧縮強度の関係

する傾向となり、10%の混入で3から8N/mm²小さくなる。また、全体的に材齢に伴う強度増加は小さい。これらは細骨材の混入により結合量が少なくなることやポーラスコンクリートでは内部まで養生水が侵入して早期に水和反応が行われることなどが考えられる。

ポーラスコンクリートは透水性舗装などの曲げ荷重を受ける構造用材料としての利用が考えられている。そこで本実験では一部の配合を用いて曲げ強度試験を実施し、その結果を図-2に示す。圧縮強度の場合と同じように、高粉末度のものを代替使用したものが微粉末を用いてないものより大きな曲げ強度となり、また細骨材の混入により強度低下する傾向となっている。なお、曲げ強度は圧縮強度の1/4から1/5の値となり普通コンクリートの1/7より大きい。この原因として、ポーラスコンクリートは低水セメント比の配合のためにプリージングが少なく、骨材との付着が改善されて曲げ強度が大きくなったと思われる。

水結合材比を変化させた場合の圧縮強度の結果を示す図-3から、水結合材比が大きくなるにつれて強度は低下し、普通コンクリートと同様の傾向になっているが低下割合は小さい。また、いずれの水結合材比の場合も高粉末度の高炉スラグ微粉末を用いたものが大きな値となっている。

図-4は、水結合材比を27%一定とした場合の高炉スラグ微粉末の代替率と圧縮強度との関係を示している。図から高炉スラグ微粉末の代替率が大きくなるほど細骨材を用いたものも用いてないものも大きくなっている。したがって、強度面からだけではあるが高粉末度のものを多く用いるほど強度改善が図られる。

動弾性係数を求め、圧縮強度との関係を図-5に示したように、圧縮強度が大きくなると動弾性係数も増加し、相関係数の極めて高い指数式で表すことが可能となった。したがって、動弾性係数を求めることができればポーラスコンクリートの基本的性質である圧縮強度の推定が可能となる。

4. まとめと今後の課題

以上の結果から、粉末度の高い高炉スラグ微粉末をポーラスコンクリートに用いると強度改善に効果的であるが、ポーラスコンクリートの収縮低減を図ることを目的とした細骨材の混入の場合は若干であるが圧縮強度および曲げ強度の低下につながった。なお、今後の課題としポーラスコンクリートの特徴である機能については高粉末度の高炉スラグ微粉末の利用と関連づけて研究を行っていく予定である。

参考文献：1) 依田彰彦：高炉スラグ微粉末の高強度・高耐久性コンクリート利用に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，第21巻，第2号，pp61-72

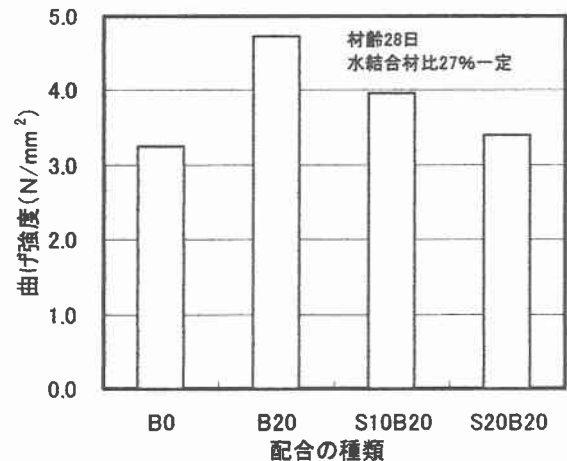


図-2 B15を20%代替した場合の曲げ強度

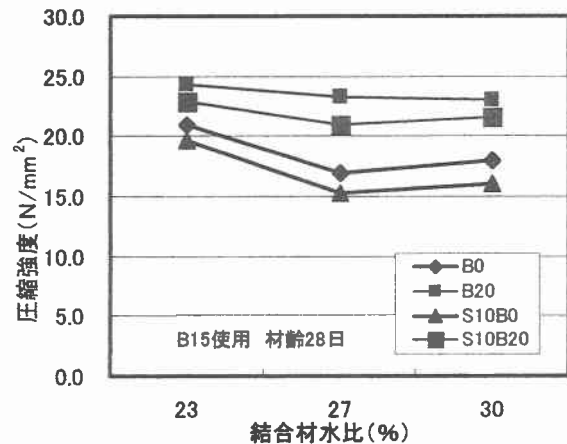


図-3 水結合材比と圧縮強度との関係

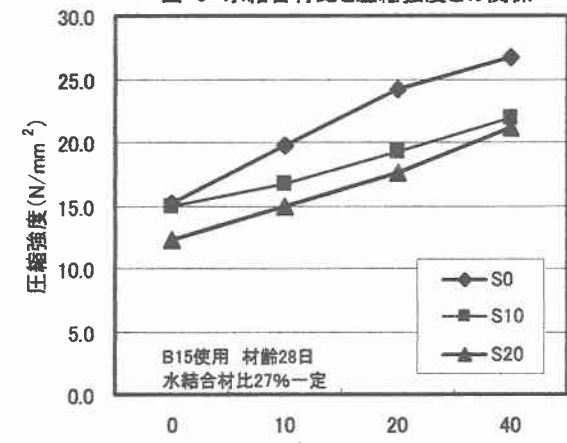


図-4 微粉末の代替率と圧縮強度

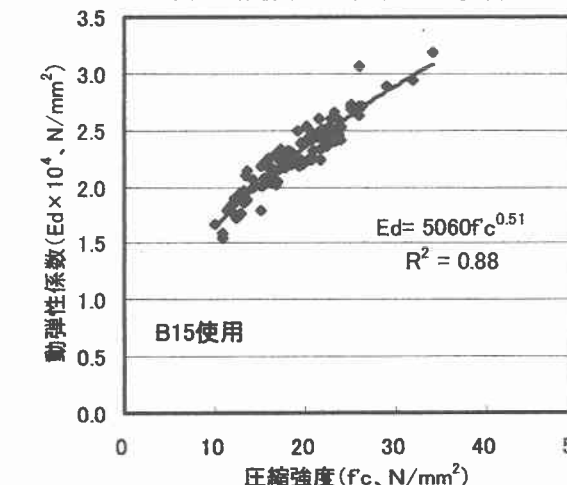


図-5 圧縮強度と動弾性係数との関係