

高炉スラグを多量に使用したコンクリートの基礎的物性に関する研究

徳島大学大学院 学生会員 ○黒瀬悦成

徳島大学大学院 学生会員 三田正和

徳島大学大学院 正 会 員 川口修宏

徳島大学工学部 正 会 員 河野 清

1. 研究目的

火力発電所、製鉄所、その他の工場から、種々の産業副産物が排出されている。それらの副産物は、最初は大半を埋め立て地などに廃棄されていたが、近年、有効利用について検討され、副産物として使用されるようになってきた。特に天然材料の不足と同時に廃棄される場所の問題もあり、最近、工場副産物の有効利用が注目されている。有効な材料が減ってきている今日の資源問題、および河川、海岸の汚染を回避できる環境保全の面からも、産業副産物の利用に関する研究は今後ますます必要になると思われる。

高炉スラグは製鉄所の溶鉱炉から多量に発生されるものであるが、利用されているのは年間発生量2500万tのうち、わずか54%にしかすぎない。そこで本研究は、産業副産物のなかで高炉スラグに注目し、セメント使用量を節約し砂の量を低減する形で多量に使用し、混和材料の積極的利用とコンクリートの品質向上を図るためにその基礎的物性を調査、研究するものである。

2. 実験概要

使用材料は普通ポルトランドセメント

（比重3.15）、高炉スラグ微粉末（比重

2.90）、吉野川産川砂利、吉野川産川砂、高性能AE減水剤を用いた。実験当初、配合は比較しやすいようにまず単位水量を一定にし、単位セメント量は 160kg/m^3 と 190kg/m^3 の2種類を用意して、これに各

種別	W/(C+BS) (%)	W (kg/m^3)	C (kg/m^3)	BS (kg/m^3)	S (kg/m^3)	G (kg/m^3)	SP (%)
C384	45.6	175	384		751	1055	1.7
C160S10	46.9			160	712		1.5
C160S14	39.1	150	160	224	654	1202	1.95
C160S18	33.5			288	597		1.5
C160S22	29.3			352	539		1.8
C190S10	42.1			190	663		1.5
C190S14	35.1	160	190	266	595	1172	1.4
C190S18	30.1			342	527		1.3
C190S22	26.3			418	459		1.3

SPは高性能AE減水剤

々セメントとスラグの質量比を1:1, 1:1.4, 1:1.8, 1:2.2とし、これらに加えて比較用に高炉スラグが含まれていないプレーンコンクリートの配合も用意した。しかし、高性能AE減水剤の添加量の調整だけではスランプを許容範囲内($17 \pm 2.5\text{cm}$)に納めることができなかったため、単位セメント量が 160kg/m^3 の4種類については単位水量 150kg/m^3 、 190kg/m^3 の方については 160kg/m^3 とした配合を用いたところ、許容範囲内に納めることができた。（表-1参照）また、従来高炉スラグはセメントに代替して内割りで使用されてきたが、本研究では比較しやすいように外割りで使用したので、スラグの使用量の増加とともに結果的に細骨材の量を低減する形になったのであって、高炉スラグを骨材に代替して使用したのではない。

このような配合条件のコンクリートを強制練りミキサーで練り混ぜ、フレッシュコンクリートについてはブリーディング、スランプの経時変化、および空気量の経時変化を測定した。硬化コンクリートについては、 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の円柱供試体を用いて所定材令で圧縮強度、引張強度、静ヤング係数、および動ヤング係数の基礎的物性を調査した。

3. 実験結果および考察

まずフレッシュコンクリートについては、スラグを多量使用すると同一スランプを得るのに単位水量を低減でき、ブリーディング量もスラグ使用量の増加とともに少なくなる傾向があり、放置時間によるスランプの経時変

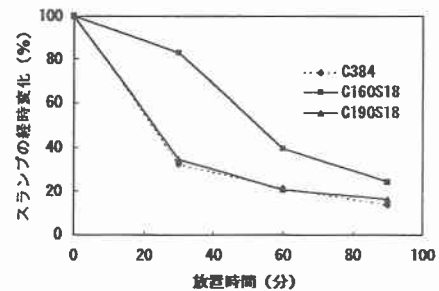


図-1 スランプと放置時間との関係

化も小さくなる結果となっている。（図-1参照）つまり、スラグの使用によって流動性の良いコンクリートが得られている。

次に圧縮強度試験結果を図-2に示す。C160シリーズとC190シリーズの全般にわたって、高炉スラグの量が多ければ多いほど、強度は増大していることが分かる。C384と比較してみると、材齢7日では全種類C384より強度が下回ったが、28日ではC160S10をのぞいて同等かそれ以上となった。また、長期強度の増進がC384はほとんどのに對し、C160、C190両シリーズではかなりの増進が見られる。これはC160S10以外は水結合材比がC384よりも低いこと、さらに、セメントの水和によって生じる Ca(OH)_2 が刺激剤となり、潜在水硬性が発揮された結果であると思われる。このようにこのスラグを多量使用したコンクリートは強度自体は安定していると思われ、マスコンクリートを中心に使用することは可能と言える。

図-3に圧縮強度と引張強度との関係を示す。種類に関係なく初期材齢においては引張強度は圧縮強度のおおよそ1/12であるのに対し、長期材令では1/14～1/16となり、全体としては、引張強度は圧縮強度のおおよそ1/15である。このことからこのスラグコンクリートの圧縮強度と引張強度との比は普通コンクリートに比べやや小さいものの大差ない値を示していることが分かる。

図-4に圧縮強度と動ヤング係数との関係を示す。両者の関係は指数式で表され、高い相関関係がある。したがって、推定誤差はやや大きくなるが、両者の関係式を用いると動ヤング係数からの圧縮強度のおおよその値の推定が可能と言える。

4. 結論

(1) 本研究の配合条件では、普通コンクリートに比べ所要のスランプを得るのに単位水量を $10 \sim 25 \text{ kg/m}^3$ 減少させることができ、高炉スラグの多量使用は流動性改善に有効である。

(2) スラグコンクリートは長期強度の増進率が大きく、材齢28日で普通コンクリートと同等の強度を発揮し、長期強度ではこれを上回る。

(3) 単位セメント量が 160 kg/m^3 以上であれば、本実験の範囲内の高炉スラグの多量使用では、高炉スラグが潜在水硬性を発揮するのに十分であり、強度増進も良好である。

(4) スラグコンクリートの圧縮強度と引張強度との関係は、普通コンクリートと大差ない。

このように高炉スラグを多量に使用しても本研究の検討項目では品質の低下は見られず、高炉スラグが本来有している優れた性質が十分に発揮されたと考えられる。スラグコンクリートの弱点である低温時の初期強度発現が改善できれば、マスコンクリートにとどまらず、一般のコンクリート等にも十分使用可能と思われる、高炉スラグの積極的利用が望まれる。

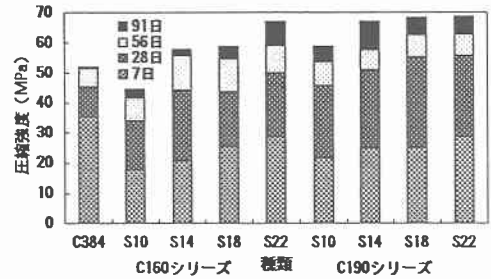


図-2 コンクリートの種類と圧縮強度との関係

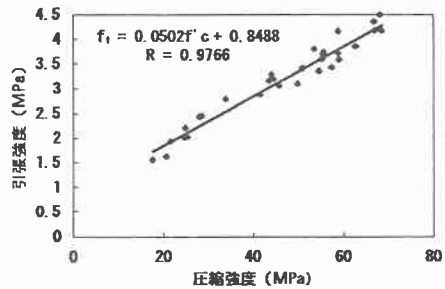


図-3 圧縮強度と引張強度との関係

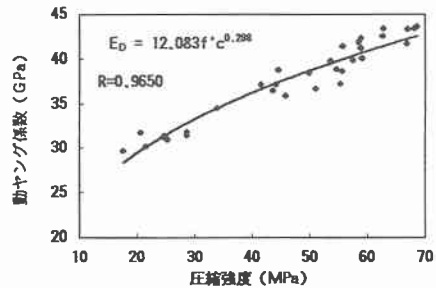


図-4 圧縮強度と動ヤング係数との関係