

東北大学	学生員	澤井洋介
ピー・エス		梶谷浩和
東北大学	正会員	岩城一郎
東北大学	フェロー	三浦 尚

1. まえがき

高炉スラグ微粉末を混和したコンクリートの強度発現性は、スラグの粉末度・置換率の組み合わせや養生温度によって大きく異なる傾向を示すことが確認されている。しかし既往の試験方法では、高炉スラグ微粉末の反応性を精度良く評価することが難しいため、様々な配合・養生条件下に対して高炉スラグ微粉末が高炉スラグ混和コンクリートの強度発現にどの程度影響しているかという点については今まで解明されていなかった。そこで、本研究ではスラグ混和コンクリートの強度発現に寄与するスラグの割合を強度寄与率とし、比較的精度良くかつ簡便に推定する方法を提案することとした。

一般に、圧縮強度(f')とセメント水比(C/W)との間に次式の直線関係が成り立つとされている¹⁾。

$$f' = A + B \cdot C/W \quad (A, B: \text{実験定数})$$

本研究ではこの理論をもとに、高炉スラグ微粉末混和コンクリートの強度発現に寄与するセメントとスラグの割合を推定していくこととした。

2. 実験方法

水結合材比35%($W/B=35\%$)の高流動コンクリートを対象とした配合に対して、初期の強度発現が遅延する配合として高炉スラグ微粉末の粉末度 $4240\text{cm}^2/\text{g}$ を置換率70%で混和した配合(BS47)、及び初期の強度発現に優れている配合として粉末度 $8240\text{cm}^2/\text{g}$ を置換率50%で混和した配合(BS85)を選定した。また、 f' と C/W の関係式を求めるため、水セメント比35%、50%、70%、100%、117%、167%の高炉スラグ微粉末スラグを混和しないプレーンな配合(Plain)も選定した。また、養生温度は20一定(20)の場合、5一定(5)の場合の2種類に設定した。

3. スラグの強度寄与率推定方法

(1) 仮想セメント水比

スラグの強度寄与率の推定において、仮想セメント水比(仮想 C/W)という値を導入する。この仮想 C/W という値は、上記の $f' = A + B \cdot C/W$ 理論に基づき、高炉スラグ微粉末を混和した配合の圧縮強度から算出される仮の C/W を表す。つまり、高炉スラグ微粉末を混和したコンクリートの圧縮強度は、仮想 C/W のPlainの圧縮強度に相当すると考えている。各材齢・養生温度において、Plainの圧縮強度を縦軸に、 C/W を横軸にとりプロットして得られた f' - C/W 直線から、高炉スラグ微粉末を混和したコンクリートの仮想 C/W を求める。

ここで既往の文献¹⁾によれば、 f' - C/W 直線は $C/W=1.0 \sim 2.5$ の範囲でほぼ実験結果を近似することができるといわれているため、 $C/W=1.0 \sim 2.5$ の範囲から外れる $C/W=0.60$ (Plain-167)および $C/W=0.85$ (Plain-117)の点を削除して f' - C/W 直線を求めた。但し、 $C/W < 1.0$ の範囲においては f' - C/W 直線と原点とを円滑に結ぶ曲線を導入し、この曲線により強度を推定することとした。以上のように求めた例として、材齢7日20 養生の f' - C/W 関係を図-1に示す。

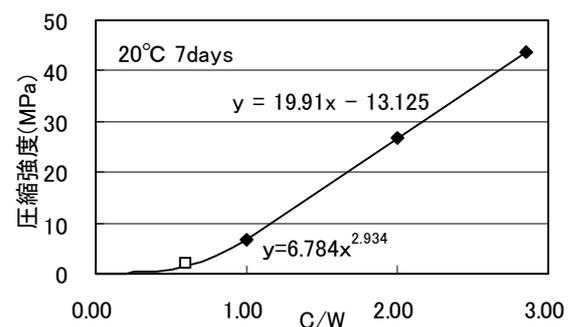


図 - 1 f' - C/W 関係

(2) 推定方法

高炉スラグ微粉末を混和したコンクリートの強度はセメントとスラグの水和反応によって発現しているとされている。本研究では、高炉スラグ微粉末スラグ微粉末混和コンクリートの強度発現に寄与するスラグの割合を簡便に推定するため、ペースト中の水は、スラグの置換率に応じてセメントとスラグに均等に振り分ける事とした。こうして得られるセメントペーストとスラグペーストの水和物の強度は個々に異なり、両者が融合してある強度を示すと考え、高炉スラグ微粉末スラグ混和コンクリートの強

キーワード：水粉体比，高炉スラグ微粉末，強度発現性，養生温度

連絡先: 〒980 - 8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 06 TEL & FAX 022-217-7432

度発現におけるスラグの寄与率を算出する事とした。以下にBS47(材齢7日, 20)を例に, 高炉スラグ微粉末スラグ微粉末混和コンクリートの圧縮強度に及ぼすスラグの寄与率の算出方法を述べる。

推定する配合と同じ材齢・養生温度におけるPlainの $f' - C/W$ 直線式にその圧縮強度($f' = 23.56 \text{MPa}$)を代入し, 仮想 $C/W (= 1.84)$ を求める。

推定する配合の単位水量($W = 175 \text{kg}$)と仮想 C/W から仮想セメント量($C' = 322 \text{kg}$)を求め, C' から推定する配合の単位セメント量($C = 150 \text{kg}$)を引き, スラグのセメント当量($C_{BS} = C' - C = 172 \text{kg}$)を求める。

推定する配合のセメントとスラグの質量比で水を振り分け, セメントとスラグが取り込む水量($W_C = 0.3 \times W = 52.5 \text{kg}$, $W_{BS} = 0.7 \times W = 122.5 \text{kg}$)を求める。

W_C , W_{BS} からセメントとスラグの水比($C/W_C = 2.86$, $C_{BS}/W_{BS} = 1.41$)を求める。

C/W_C , C_{BS}/W_{BS} をPlainの $f' - C/W$ 関係式に代入し, セメントとスラグの単体強度($F_C = 43.76 \text{MPa}$, $F_{BS} = 14.90 \text{MPa}$)を求める。

セメントとスラグの質量比を F_C , F_{BS} に掛けて, セメントとスラグの寄与している強度($f_C = 13.13 \text{MPa}$, $f_{BS} = 10.43 \text{MPa}$)を求める。 f_C , f_{BS} の比率($r_C = f_C / (f_C + f_{BS}) \times 100 = 55.7\%$, $r_{BS} = 44.3\%$)で表し, 高炉スラグ微粉末スラグ混和コンクリートの圧縮強度に及ぼすセメントとスラグの寄与率とする。

4. 結果と考察

図 - 2にBS47, BS85の強度発現性を示す。スラグの置換率が低く粉末度の高いBS85はBS47に比べ強度発現に優れ, 特に低温下でその傾向が顕著になっている。またBS47, BS85のスラグの強度寄与率を図 - 3に示す。図 - 3より, 材齢が経過するにつれ寄与率が上昇している。これはセメントに比べ, スラグの強度発現が遅れていることを示している。また養生温度の違いによる寄与率の違いを見た場合, BS47は温度が低くなることにより寄与率が減少しているのに対し, BS85は, 材齢7日で養生温度の違いが多少見られるものの, 材齢28日以降では温度にあまり影響されず寄与率はほぼ一定である。このことよりBS47中のスラグは養生温度の影響を受けやすく, BS85中のスラグは養生温度に影響されにくい事が確認された。またスラグがセメントと同様の水和反応性を持つとするとBS47, BS85の寄与率はそれぞれ70%, 50%となるはずである。BS47の場合, 材齢が経過してもスラグの寄与率は60%にしか達しておらず, セメントと同様の水和反応性は期待できない事を示している。一方, BS85では比較的早い材齢でセメントと同様の水和反応性(スラグ寄与率50%)が発揮される結果となった。

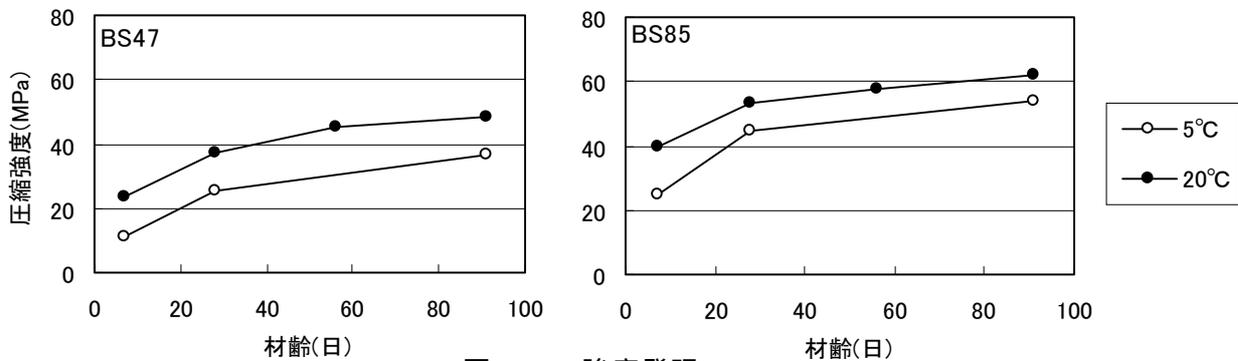


図 - 2 強度発現

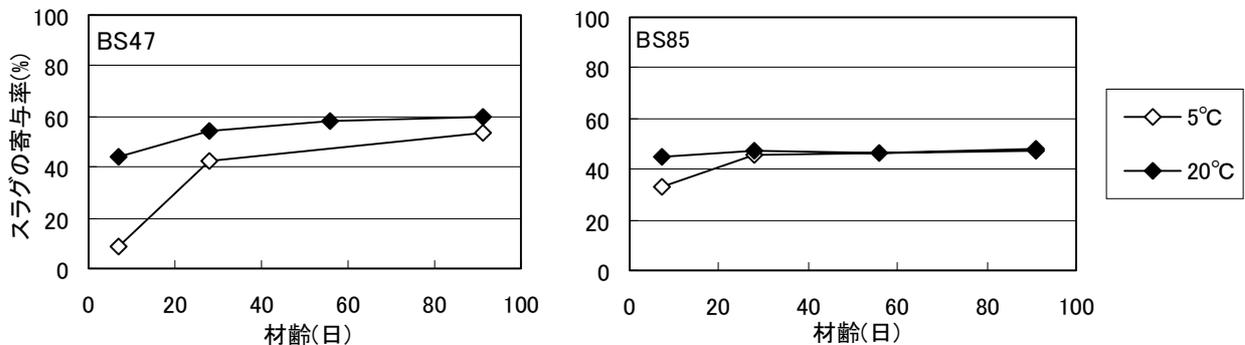


図 - 3 スラグの強度寄与率

5. まとめ

今回提案した推定法によって配合条件, 養生条件の異なる高炉スラグ微粉末混和コンクリートの強度発現に及ぼすスラグの影響を定量的かつ簡便に評価することができた。

【参考文献】 1)岡田清他; コンクリート工学ハンドブック, 朝倉書店, pp.338, 1981,