

高炉スラグ微粉末を混和した高強度コンクリートのひび割れに関する基礎的研究

東北大学 正会員 岩城一郎
 中部電力 澤井洋介
 ピー・エス 青木馨士
 東北大学 フェロー 三浦 尚

1. はじめに

高炉スラグ微粉末は、製鉄所から排出される産業副産物であり、これをセメントの一部と置換することにより、製造に伴う CO₂ 排出量の多いセメント使用量の削減を図ることが可能となる上、コンクリートの水和熱による温度上昇の抑制、アルカリシリカ反応の抑制、耐硫酸塩性や海水に対する化学抵抗性の向上、さらには高流動化、高強度化にも寄与するため¹⁾、環境負荷を低減した高性能コンクリートを製造する上で有効なコンクリート材料であると言える。一方、最近の研究により高炉スラグ微粉末を混和したコンクリートは、同一水結合材比の他配合と比較し、自己収縮が大きいことやひび割れ抵抗性が低いことが指摘されている²⁾。しかしながら、この種のコンクリートに発生する自己収縮あるいは乾燥収縮に起因するひび割れ性状については未だ十分に明らかにされていない。そこで、本研究では、高炉スラグ微粉末を混和した高強度コンクリートと、これを混和しない高強度コンクリート及び普通強度のコンクリートを対象に、自己収縮あるいは乾燥収縮の影響により発生するひび割れ性状について比較検討することとした。

2. 実験概要

実験は、以下の4種類の配合により行うこととした。すなわち、高炉スラグ微粉末 8000 を置換率 70% で混和した水結合材比 25% の配合（以下、BS87-25 と記す）、高炉スラグ微粉末 4000 を置換率 70% で混和した水結合材比 25% の配合（BS47-25）、高炉スラグ微粉末を混和しない水セメント比 25% の配合（PI-25）、及び高炉スラグ微粉末を混和しない水セメント比 50% の配合（PI-50）である。はじめに、各配合の自己収縮の傾向を把握するため、上記4配合から粗骨材を取り除いたモルタル供試体（4×4×16cm）を作製し、材齢 42 日まで 20 一定封かん養生を行い、ダイヤルゲージ法により所定の材齢における供試体の長さ変化率を測定した。次に、図-1 に示すように、コンクリート内部に4本の鉄筋（D22）を埋設した 10×10×100cm の角柱供試体を作製し、材齢 70 日まで 20 一定封かん養生を継続した場合と、材齢 42 日において封かん養生から気中養生（R.H.約 60%）に切り換えた場合の材齢 70 日における各供試体表面に発生したひび割れ本数を測定した。ただし、発生したひび割れは目視による確認が困難なものが多かったため、アセトンで供試体表面を拭いた際に認識可能なひび割れも含めてその数を測定した。

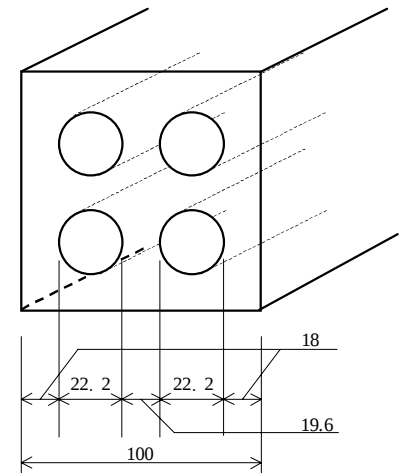


図-1 供試体断面図

3. 実験結果及び考察

図-2 に各配合に対する長さ変化率測定結果を示す。図より、高炉スラグ微粉末を混和した配合（BS47-25、BS87-25）は高炉スラグ微粉末を混和しない配合（PI-25）に比べ収縮量が小さくなる結果となった。高炉スラグ微粉末を混和したコンクリートでは、脱型までの間（打込み後 24 時間）に収縮が進行した可能性もあるが、

キーワード：高炉スラグ微粉末、ひび割れ、自己収縮、乾燥収縮、高強度コンクリート

〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL & FAX 022-217-7428

PI-25 に比べ、明らかに早い段階で収縮量が頭打ちの傾向を示している。一方、水セメント比の高い PI-50 は材齢初期においては高強度コンクリートと比較し収縮量が小さいものの、徐々に収縮が進行し、材齢 42 日においてはほぼ BS87-25 の収縮量に追いつく結果となった。一般に、粉末度の高い高炉スラグ微粉末を混和した場合、自己収縮ひずみが卓越すると言われているが、本研究では BS87-25 の収縮量が BS47-25 の収縮量をむしろ下回る結果となった。この理由の一つとして、高炉スラグ微粉末中にプレミクスされている石こう添加量が影響していると考えられる。すなわち、本研究で使用した高炉スラグ微粉末 8000 では無水石こうがプレミクスされているタイプ (SO_3 : 4.2%) であるのに対し、高炉スラグ微粉末 4000 では、石こうがプレミクスされておらず、このことが収縮特性に影響を与えている可能性がある。既往の研究³⁾において、高炉スラグ微粉末中のアルミナ分と石こうが反応し、エトリンガイトを生成するため、初期の水和反応は促進するものの、長期の反応性はむしろ低下すると言われている。すなわち、BS87-25 で早期に自己収縮が停滞した理由は、エトリンガイトの生成に伴う膨張作用が収縮低減効果をもたらしたことや、材齢長期においてスラグの反応性が停滞したことが影響していると推察される。この点は今後さらに詳しく調べる必要がある。

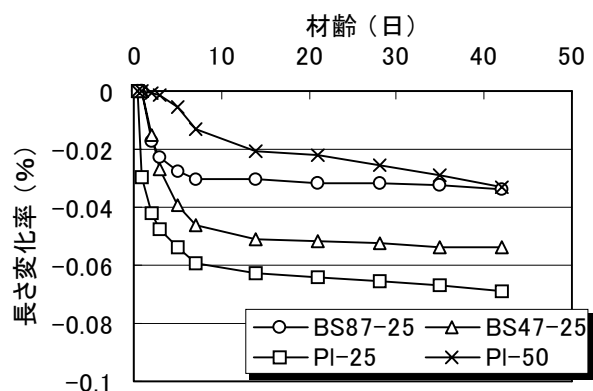


図-2 長さ変化率測定結果

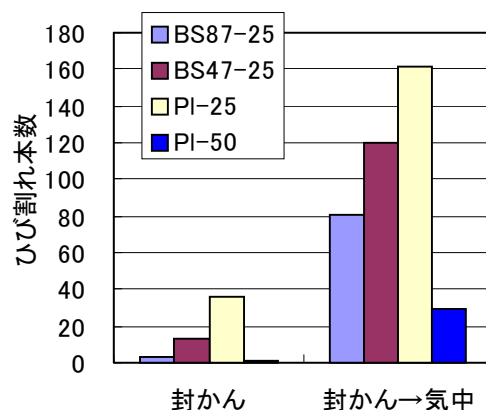


図-3 ひび割れ本数測定結果

図-3 に各供試体に発生したひび割れ本数の測定結果を示す。図より、封かん養生を継続した場合、ひび割れ本数は PI-25>BS47-25>BS87-25>PI-50 の順で大きくなっており、長さ変化率の測定結果と同様の傾向を示している。さらに、材齢 42 日において封かん養生から気中養生に切り換えると、封かん養生を継続した場合と比較し、各配合ともにひび割れ本数が著しく助長していることが分かる。また、この場合もひび割れ本数は PI-25>BS47-25>BS87-25>PI-50 の順で大きくなっており、今回行った実験では、高強度コンクリートの方が普通強度のコンクリートに比べむしろひび割れが発生しやすい結果となった。

4. まとめ

- (1) 高炉スラグ微粉末を混和した高強度コンクリートはこれを混和しない同一水結合材比の高強度コンクリートと比較し、必ずしも自己収縮量、ひび割れ量ともに卓越するとは限らない。これらの要因は使用する高炉スラグ微粉末の種類に大きく依存するものと考えられる。
- (2) 材齢途中で封かん養生から気中養生に切り換えることにより、ひび割れ本数が著しく増加する。また、気中養生の切り替え時期が本研究のように 42 日と遅い場合には、普通強度のコンクリートに比べ高強度コンクリートの方がひび割れが発生しやすい傾向を示す。

参考文献

- 1) 高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの施工指針，土木学会，1996。
- 2) 半井健一郎，Surapong UTTAMA，岸利治，高炉スラグ微粉末混入モルタルの直接引張強度特性，コンクリート工学年次論文集，Vol.22，No.2，pp.505-510，2000。
- 3) 井上和久，田中敏嗣，下山善秀，高炉スラグ系混合セメントの初期水和に及ぼす石こうの影響，セメント・コンクリート論文集，No.46，pp.75-79，1992。