

東北大学 学生員 ○ 澤井洋介
 東北大学 青木馨士
 東北大学 正会員 岩城一郎

1. はじめに

近年、コンクリートの高性能化への要請が高まり、圧縮強度が100MPaを超えるような高強度コンクリートや、自己充填性のある高流動コンクリートが開発され、実用化されている。このようなコンクリートは流動性を確保するために、比較的多量の高性能AE減水剤または高性能減水剤を添加し、所定の粘性を得たり、高強度性を確保するため、高炉スラグ微粉末等の粉体を用いて水結合材比の低減を行う場合が多い。しかしながら、水結合材比を低減することで、従来は問題とされなかった自己収縮ひずみに伴うひび割れ(以下、自己収縮ひび割れ)が顕著に現れることが報告されている¹⁾。加えて、粉末度の高い高炉スラグ微粉末を高い置換率で混和した場合、その影響がより顕著に現れることが指摘されている²⁾。そこで本研究では、高強度コンクリートに生じる自己収縮ひび割れについて、高炉スラグ微粉末の混和の有無、スラグの種類の影響を調べると共に、ひび割れと自己収縮量との関連や、乾燥による影響が加わったときのひび割れ性状について検討することとした。

2. 実験概要

実験を行った配合は、水結合材比25%一定とし、粉末度の低い高炉スラグ微粉末を混和した配合(BS47:粉末度4080cm²/g、置換率70%)、粉末度の高い高炉スラグ微粉末を混和した(BS87:粉末度8020cm²/g、置換率70%)、高炉スラグ微粉末を混和しない配合(Plain)の3種類とした。供試体は内部にD19の鉄筋を4本配置した10×10×100cmの角柱供試体である。養生方法は、20℃で封かん養生を行ったものと、材齢42日まで20℃で封かん養生を行い、それ以降は20℃の気中養生に切り換えたものの2種類とした。材齢70日において、供試体側面及び打設底面について鉄筋軸方向に20cmごと5区間に分割し、打設側面については上面側と下面側(打設底面の場合、左右)の2区間に分割した合計10の領域について、面の外縁部から発生している横ひび割れを数えた。ひび割れはほとんどがそのままでは目視できないもので、アセトンによりコンクリート表面を拭いた際に現れる程度のものであった。一方、コンクリートから粗骨材を取り除いた配合で作製したモルタル供試体を封かん養生し、所定の材齢でダイヤルゲージ法を用いて自己収縮量を測定した。

3. 実験結果および考察

図1に各配合におけるそれぞれの養生条件に対応したひび割れ数の合計を示す。図1よりその大小関係はどちらの養生条件についてもBS87<BS47<Plainとなっていた。BS47、BS87とPlainについて高炉スラグ微粉末混和の有無の影響を見た場合、粉末度、養生方法によらずPlainのひび割れの程度が最も多いことがわかった。また、BS87と、BS47について高炉スラグ微粉末の粉末度の影響を比較した場合、BS87に比べ、BS47のひび割れ数が多い結果となった。また、養生方法の影響を見た場合、自己収縮のみの影響であると判断される封かん養生ではひび割れ数が少ないのに対し、材齢途中で気中養生に切り換えたものは、ひび割れ数が大幅に増加することが確認された³⁾。すなわち、供試体の乾燥は材齢がある程度経過してからでもひび割れ発生の程度に多大な影響

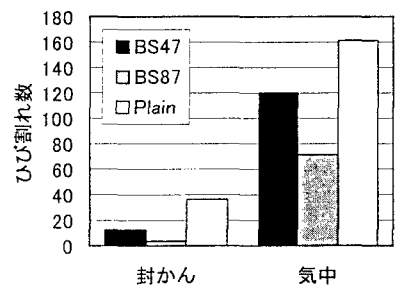


図1 コンクリート供試体のひび割れ数

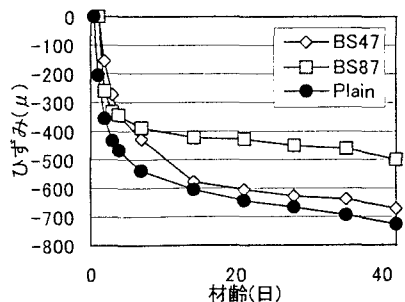


図2 モルタル自己収縮ひずみ測定結果

を及ぼすことが明らかになった。

既往の文献では、粉末度が高い高炉スラグ微粉末を混和する程、自己収縮は大きくなるとされている。しかし、本研究結果では、粉末度の高い高炉スラグ微粉末を用いた BS87 のひび割れ本数が最も少ない結果となった。そこで、自己収縮量とひび割れ数との関係を検討するためにコンクリートから粗骨材を取り除いた配合に基づいてモルタル供試体を作製し、封かん養生を行い、自己収縮量を測定した。その結果を図 2 に示す。その大小関係は BS87<BS47<Plain の順になっており、図 1 の結果と併せて考えた場合、自己収縮量は封かん養生下におけるひび割れ数と対応する結果となった。

このように、高炉スラグ微粉末の粉末度が大きい方がむしろ収縮量、ひび割れ数共に少なくなっている原因として、今回用いた BS47 の高炉スラグ微粉末の石膏量は 0.2%(SO₃ 換算)であるのに対して、BS87 の高炉スラグ微粉末の石膏量は 4.2%と大きいことから、高炉スラグ微粉末にプレミクスされた石膏量の違いが収縮挙動及びひび割れ性状に影響を及ぼした可能性があると考えられる。石膏は高炉スラグ微粉末のアルミナ分と反応しエトリンガイトを形成することが報告されており²⁾、反応初期のエトリンガイトの生成に伴う膨張作用により、自己収縮が軽減された可能性があると考えられる。この点については、高強度コンクリートへの高炉スラグ微粉末の適用性を拡大するものであり、今後さらに詳細な検討を行う必要がある。

図 3 に材齢途中で気中養生に切り換えた供試体におけるひび割れ分布を示す。鉄筋軸方向へ 5 区間に区切ったそれぞれの区間でのひび割れ数について、3 つの面の同じ測定区間を合計した結果、ひび割れ数は全ての測定区間で前述の通り BS87<BS47<Plain の順になっており、高炉スラグ微粉末を混和しない場合は、混和した場合に比べひび割れが多いことが分かった。ひび割れの分布を見た場合、どの配合においても、端部から 0~20cm、80~100cm の位置で 20~60cm の位置に比べ、ひび割れ数が少なかった。また、図 4 に気中養生を行った供試体の 2 つの側面における各配合の打設面側と打設底面側のひび割れ数 2 側面の合計を示す。これを見ると、すべての配合において打設底面側に比べて打設面側のひび割れ数が多いことが分かる。

このような結果が得られた理由として、鉄筋軸方向のひび割れ分布では、端部で定着力が不十分で、拘束力が弱いのに比べ、中央部は定着力が十分なため、拘束力が強くひび割れ数が多くなったものと考えられる。また、上下方向のひび割れ数の差については、打設時に打設底面側に粗骨材が、打設面側に余剰水分やセメントペーストが偏ることにより、供試体の材料組成にばらつきが生じ、打設面側の自己収縮及び乾燥収縮に起因するひび割れが大きくなったためであると考えられる。

4. まとめ

本研究の範囲において、自己収縮の影響のみにより発生するひび割れの程度は乾燥の影響を加えた場合のひび割れの程度と比べ、明らかに少ないものであった。また、ひび割れに影響を及ぼす自己収縮量は、高炉スラグ微粉末の種類によって大きく変化することが明らかになった。

【参考文献】

- 1) 自己収縮研究委員会報告書、日本コンクリート工学協会、1996
- 2) 井上和久、田中重嗣、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膏の影響、セメント・コンクリート論文集、No.46、pp.74~79、1998

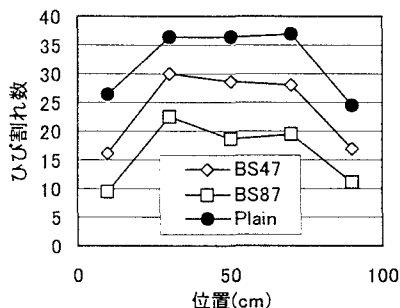


図3 鉄筋軸方向のひび割れ分布

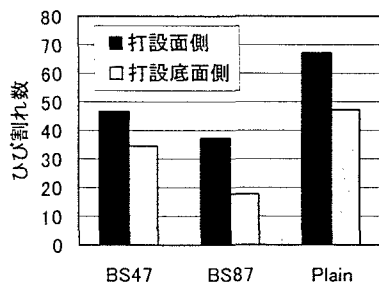


図4 供試体側面のひび割れ数