

高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの 収縮特性に関する検討

技術研究所 材工研グループ 鈴木雅博
 技術研究所 材工研グループ 中瀬博一
 技術本部 開発技術部 青山敏幸
 技術本部 開発技術部 大柳修一

1. はじめに

コンクリート構造物の長寿命化のために、コンクリートの高耐久化が望まれている。高炉スラグ微粉末(以下 BS と略す)は、副産物であるとともにコンクリートに BS を混入することにより塩分遮断性に優れた高耐久コンクリートを製造することが可能となる。しかし、20℃環境内で養生した BS を混入した低熱ポルトランドセメントや普通セメントをベースとしたコンクリートは、BS を混入しないコンクリートと比較して収縮ひずみが大きくなりことが知られているが、早強ポルトランドセメントをベースとし、蒸気養生を行ったコンクリートの収縮特性についての基礎データはほとんどないのが現状である。高耐久構造物の構築のために、自己収縮ひずみによるひび割れ発生の有無を検討する必要がある。

そこで、本研究では、早強ポルトランドセメントを比表面積 6220cm²/g の BS で 40% を置換した結合材を用いたコンクリートの収縮ひずみ試験と鉄筋比 1.3% の拘束試験を実施し、自己収縮ひずみによるひび割れ発生を検討する上での基礎データの収集を目的とした。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

セメントには、早強ポルトランドセメント(記号 H, 密度 3.14g/cm³, 比表面積 4470cm²/g)および普通ポルトランドセメント(記号 N, 密度 3.16g/cm³, 比表面積 3250cm²/g)を使用した。混和材には、高炉スラグ部粉末(記号 BS, 密度 2.88g/cm³, 比表面積 6220cm²/g)を使用した。細骨材には、砕砂(表乾密度 2.68g/cm³, 吸水率 0.82%)を、粗骨材には、砕石(最大寸法 20mm, 表乾密度 2.73g/cm³, 吸水率 0.57%)を使用した。

配合表を表-1に示す。検討は5種類の配合とし、水結合材比を29%と32%の2種類とし、結合材をH, H+BSおよびN+BSの3つの組合せとして実施した。

練混ぜは、モルタル先練りとし、細骨材と結合材とを15秒練混ぜ、水と混和剤を添加後に150秒練混ぜ、最後に粗骨材を投入し、60秒練り混ぜた。

2.2 養生方法

材齢15時間までの初期養生は、蒸気養生と20℃室内の封緘養生とした。蒸気養生は前養生3時間、2時間で50℃まで上昇し、6時間50℃を保持し、2時間で20℃とした。脱枠後の養生は、自己収縮ひずみと自己応力測定供試体では全面を

表-1 配合

配合	W/B*	C 種類	単位量(kg/m ³)				
			W	C**	BS	S	G
H-29	0.29	H	170	586	-	870	819
H-32	0.32	H	173	541	-	901	819
HB-29	0.29	H	170	352	234	852	819
HB-32	0.32	H	173	324	216	884	819
NB-32	0.32	N	173	324	216	886	819

* : B(結合材)=C+BS, ** : H or N

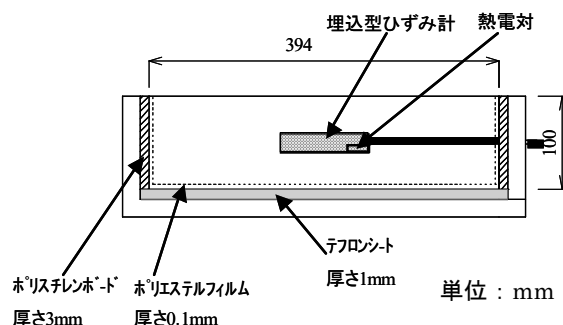


図-1 自己収縮ひずみ試験状況

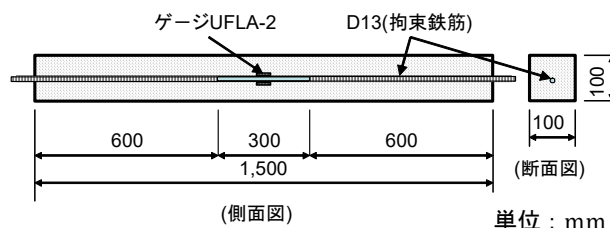


図-2 自己応力試験状況

厚さ 0.05mm のアルミ箔テープで覆い封緘養生とし、温度 20℃, 湿度 60% の室内に静置した。

2.3 試験方法

図-1に自己収縮ひずみの試験状況を示す。自己収縮ひずみ供試体の寸法は100×100×400mmとした。自己収縮ひずみの測定は、JCIの自己収縮試験方法に準拠し、供試体中央部に埋設した埋込みひずみ計によって測定した。

図-2に自己応力試験状況を示す。供試体の寸法は100×100×1500mmとした。埋設する鉄筋の中央の300mmの区間は、リブとふしを取り除いた円形断面とした。自己収縮応力の測定は、JCIの自己応力試験方法に準拠し、鉄筋に貼付したストレングージを用いて測定した。

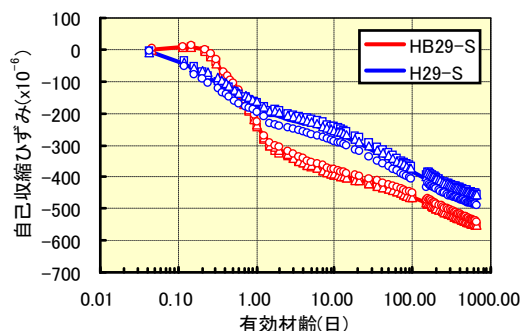


図-3 自己収縮ひずみ(W/B=29%) (蒸気養生)

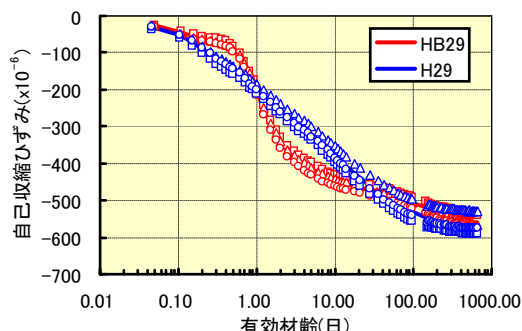


図-4 自己収縮ひずみ(W/B=29%) (封緘養生)

3. 試験結果および考察

3.1 圧縮強度

蒸気養生した配合 HB-29 と HB-32 の供試体の圧縮強度は、材齢 15 時間ではそれぞれ 69.7, 59.1N/mm² であり、材齢 7 日では 79.9, 71.9 N/mm² であった。

3.2 自己収縮ひずみ

水結合材比 29%の蒸気養生および封緘養生した供試体の自己収縮ひずみの経時変化を図-3, 4にそれぞれ示す。計測終了時点の自己収縮ひずみは、蒸気養生した場合には BS を混入することにより自己収縮ひずみが大きくなったが、封緘養生供試体ではほぼ等しくなった。また、同一配合で養生方法の差による自己収縮ひずみ量は、BS を混入した供試体ではほぼ等しくなったのに対して、BS 無混入供試体では蒸気養生した供試体の方が封緘養生供試体と比較して小さくなった。この結果は、簡易断熱養生供試体の自己収縮ひずみは、ポルトランド系セメントでは低減し、高炉セメント B 種では逆に大きくなるという報告があり、ポルトランドセメント単身と BS を混入したセメントでは自己収縮ひずみの温度依存性が異なる点で合致した。

図-5に蒸気養生した供試体の結合材種別による自己収縮ひずみの発現の差異を示す。計測終了時点の自己収縮ひずみ量は配合 NB32が最も大きく、配合 H32が最も小さくなった。また、蒸気養生した供試体では BS を混入するベースセメントは早強ポルトランドセメントの方が普通ポルトランドセメントと比較して自己収縮ひずみ量は小さくなった。この点については、セメントに含有するビーライト量と温度履歴が自己収縮ひずみに与える影響と考えるが、さらに検討する必要がある。

3.3 自己応力

図-6に封緘養生した配合 HB-29の自己応力の経時変化と材齢 15 時間の割裂引張強度を示す。鉄筋比 1.3%の鉄筋拘束により、計測終了時点約 0.8N/mm²の引張応力が発生する結果となった。なお、配合 H-29においても、計測終了時点で約 0.8N/mm²の引張応力が発生する結果となった。配合 HB-29 と配合 H-29 の自己収縮ひずみがほぼ一致しており、この結果として、自己応力もほぼ合致する結果になったと考えられる。

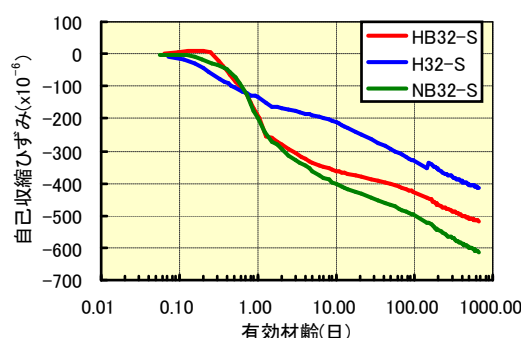


図-5 結合材種別による自己収縮ひずみ比較 (蒸気養生)

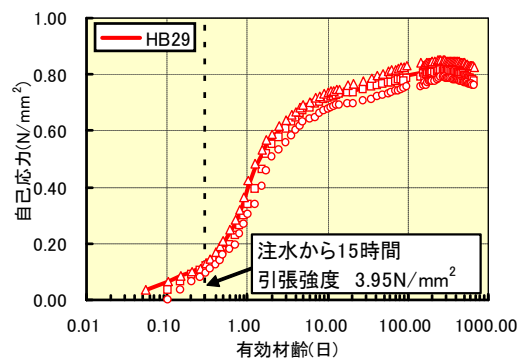


図-6 自己応力の経時変化(封緘養生)

4. まとめ

BS を混入した収縮試験の結果、収縮量は、蒸気養生した場合には BS を混入した方が大きくなることや、早強セメントとした方が普通セメントと比較して小さくなることなどが明らかになった。今後さらに混合セメントの温度履歴が自己収縮ひずみに与える影響を検討する必要がある。

Key Words: 高炉スラグ微粉末, 高耐久コンクリート, 収縮ひずみ, 拘束応力



鈴木雅博 中瀬博一 青山敏幸 大柳修一