

フライアッシュと高炉セメントを用いた拘束された円環状コンクリートの乾燥収縮特性

○福岡大学大学院 学生会員 崔林 福岡大学 正会員 樋原弘貴
 福岡大学大学院 正会員 添田政司 福岡大学 正会員 大和竹史

1. はじめに

普通セメントにフライアッシュ(以下、FAと称す)を混和したコンクリートの乾燥収縮特性については、既に検討がなされているが、高炉セメントにFAを混和したコンクリートの特性については、十分に検討がなされていない。そこで本研究は、高炉セメントとFAを混和した各種配合の拘束された円環状のコンクリートを作製し、養生期間が短い条件下での乾燥収縮特性について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料及び配合

表-1 は使用材料および物性を示す。高炉セメントB種4000 ブレーン，フライアッシュはJISⅡ種を用いた。細骨材には海砂，粗骨材には碎石を使用している。表-2 には、コンクリート配合を示す。検討を行った配合は、比較用のBB，細骨材にFAを10%外割置換したFA10EX，セメントにFAを20%内割置換したFA(20)，FAをセメントの20%および細骨材に5%置換し単位体積当たり90kg/m³混入したFA90の計4配合である。FAを混和したコンクリートは、FA用に開発された空気量調整材を添加した。いずれの配合も目標スランプは12±1cm，空気量は4.5±1%とした。

表-1 使用材料の物性

略語	材料	物理的性質
BB	高炉セメントB種4000ブレーン	密度(3.02g/cm ³) 比表面積(3870cm ² /g)
FA	フライアッシュJISⅡ種	密度(2.25g/cm ³) 比表面積(3960cm ² /g)
S	細骨材(海砂)	表面密度(2.28g/cm ³) 吸水率(1.67%)
G	粗骨材(碎石)	表面密度(2.60g/cm ³) 吸水率(1.52%)

表-2 コンクリート配合

配合名	W/(C+FA) (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)							sl (cm)	air (%)
			W	BB	FA	S	G	AE剤	AE減水剤		
BB	54.5	43.3	167	307	0	766	1014	0.003	2.456	12.8	4.5
FA10	54.5	39.3	166	305	62	629	1087	0.244	2.440	12.2	4.9
FA20	54.5	43.3	162	238	60	769	1017	0.060	2.384	11.9	4.9
FA90	65.0	38.3	161	248	90	663	1079	0.473	2.704	12.6	4.9

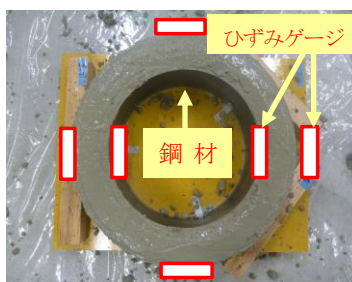


写真-1 供試体概要



写真-2 試験の様子

2.2 試験体概要

乾燥収縮試験に用いた供試体は、写真-1 に示す外形420mm，内径320mm，高さ120mmの円環状のもので、内側には厚さ20mmの鉄管を配置しており、外側のコンクリートを拘束したものである。供試体は、配合ごとに各3体ずつ作製し計12体で行った。圧縮強度および静弾性試験には、φ100mm×200mmの円柱供試体を用いた。いずれの供試体も、7日間の湿布養生を経て、写真-2 に示す温度20℃湿度60%環境下に静置した。乾燥収縮用供試体は、湿布養生後に水分の逸脱面をコンクリート側面のみに限定するため、コンクリート打設面と下面をアルミテープで被覆した。ひずみゲージは、写真-1 に示す所定の位置にコンクリート面に4箇所、鋼材面に2箇所にそれぞれ貼り付けており、データロガーによってコンクリートおよび鋼材のひずみを4h周期で測定した。その他の測定項目としては、定期的なクラックスケールを用いた最大ひび割れ幅の測定および、ひび割れ発生状況を観察した。

3. 実験結果及び考察

図-1 には、各配合の材齢28および56日における圧縮強度を示す。FAを混和した供試体の圧縮強度は、いずれの材齢においてもBBよりも小さくなる結果を示した。図-2 には、各種供試体の静弾性係数の

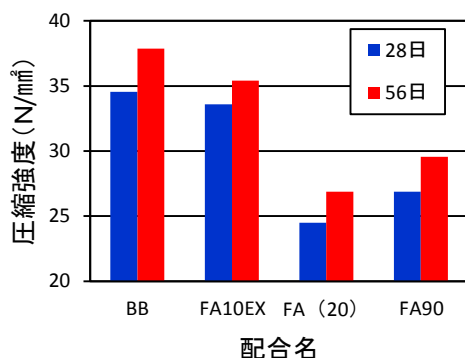


図-1 配合ごとの圧縮強度

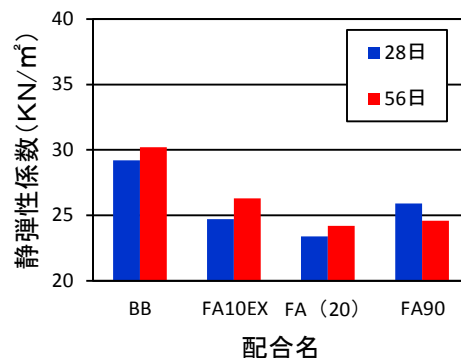


図-2 配合ごとの静弾性係数

経時変化を示す。圧縮強度の結果と同様に、FA を混和したコンクリートは、いずれの材齢においても BB よりも静弾性係数が小さくなる結果を示した。FA を混和することで、初期強度は低いものの、長期になるとポズラン反応により強度が増進すると言われている。しかし、今回の試験では、養生期間は7日間と非常に短かったために、ポズラン反応の効果が発揮されなかったものと考えられる。図-3には、各種供試体の試験材齢160日までのコンクリートひずみの経時変化を示す。外割FA10EXの収縮ひずみ量は、BBと同程度か若干大きい傾向であった。一方の、FA(20)およびFA90の収縮ひずみ量は、BBよりも小さくなる結果を示した。これは、FAの減水効果により単位水量が低減できたことによりものと考えられる。なお、収縮ひずみ量は、各ゲージの平均で表しているが、ゲージ位置にひび割れが入った場合には、膨張性のひずみとなるため除外している。

図-4には、試験材齢160日目までの各種供試体の最大ひび割れ幅の経時変化を示す。この結果、BBおよびFA10EXのひび割れ発生日数は、いずれも試験開始14日目と差はなかった。FA(20)およびFA90のひび割れ発生日数は、試験開始19日目となり、BBよりもひび割れ発生は遅くなる結果を示した。その後のFA10EXの最大ひび割れ幅は、BBと同程度か若干大きくなる傾向を示し、一方の、FA(20)およびFA90の最大ひび割れ幅は、BBよりも明らかに小さくなっており、90日目あたりから収束傾向にある。

図-5には、各種供試体のひび割れ発生時のひずみ量と引張強度の関係を示す。FAを混和したいずれのコンクリートのひび割れ発生時の引張強度は、BBよりも小さかったが、ひび割れ発生時のひずみ量は、BBと大きな差はなかった。これは、静弾性係数がBBよりも低かったことから、収縮が拘束された際に導入される同ひずみ量に対する応力が小さくなったものと考えられる。図-6には、試験材齢160日までのコンクリート表面のひび割れ発生状況を示す。FAを混和したひび割れ発生状況は、いずれの配合においてもBBよりもひび割れ数が少ない傾向にあった。また、ひずみ量が大きかったFA10EXとひずみ量が小さかったFA(20)、FA90のひび割れ発生数には、大きな差は見られなかった。BB供試体のひび割れ発生過程は、数か所に短いひび割れが発生し、その内の数本が貫通ひび割れと進展したのに対し、FAを混和したコンクリートの場合には、数か所にひび割れが発生した後、急速に貫通ひび割れとなる傾向にあった。FAを混和した供試体は、初期強度が低いため、若材齢において脆弱部に局所的に貫通ひび割れが発生したことで、応力が解放され、結果的にひび割れ発生数は、BBよりも少なくなったものと推察される。

4. まとめ

本実験の結果から、高炉セメントとFAを用いた拘束されたコンクリートの乾燥収縮特性について以下にまとめる。

- ① FA10EXの乾燥収縮量およびひび割れ抵抗性は、BBと大きな違いはなかった。
- ② FA(20)、FA90の乾燥収縮量は、BBよりも小さく、ひび割れ発生を遅延および抑制する。
- ③ FAを用いたコンクリートは、養生期間が短いと初期強度が低いため、早期に乾燥を受け、かつ収縮が拘束された場合、BBより貫通ひび割れが発生しやすい傾向にある。

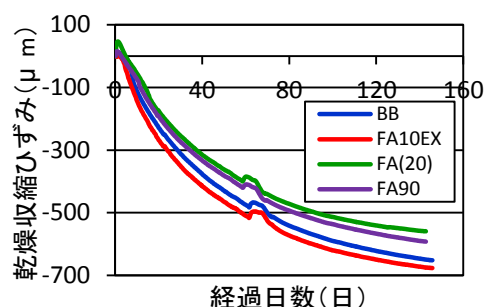


図-3 収縮ひずみの経時変化

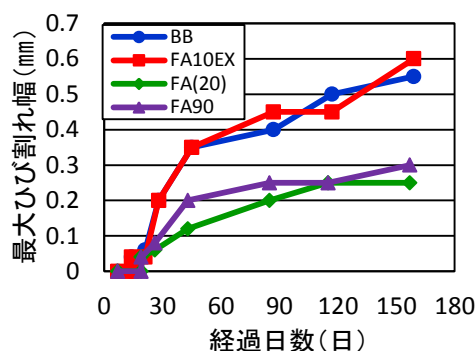


図-4 最大ひび割れの経時変化

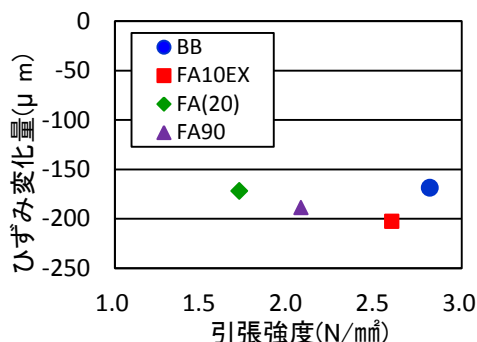


図-5 引張強度とひずみ変化量の関係

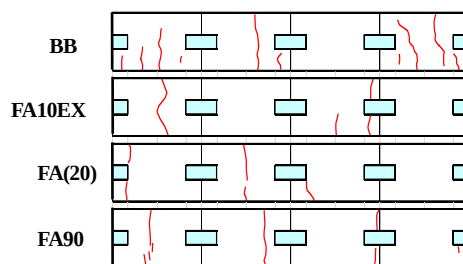


図-6 ひび割れ分布図