

高炉セメントB種とフライアッシュを用いた円環状コンクリートの 乾燥収縮ひび割れ特性に関する研究

○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

コンクリートは、打設後に乾燥することで収縮の挙動を示し、この際に何らかの拘束を受け、乾燥収縮ひび割れが発生する。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は FA の減水効果により単位水量が低減できるため乾燥収縮抑制効果がある¹⁾と一般に言われている。しかし、土木構造物においては、主として高炉セメント B 種(以下、BB と称す)が用いられているにも拘らず、FA を混和した場合での乾燥収縮特性の研究はほとんど行われていない。そこで、本研究は、若材齢から乾燥を受けるコンクリートの乾燥収縮特性および、ひび割れ発生の抵抗性を明らかにすることを目的とし、円環状供試体を用いて検討を行った。

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。表-2 は、コンクリート配合を示す。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 を単位体積当たり 90kg/m³ をセメントに 20%および細骨材に 5%置換した FA90 の計 4 配合である。FA を混和したコンクリートは、FA 用 AE 剤(マイクロエア 303A)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	高炉セメント比表面積4000	密度(3.04g/cm ³)、比表面積(3.870cm ² /g)
FA	フライアッシュJISⅡ種	密度(2.34g/cm ³)、比表面積(3.960cm ² /g)
S	細骨材(海砂)	表乾密度(2.58g/cm ³)、吸水率(1.67%)
G	粗骨材(碎石)	表乾密度(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
FA10EX		39.3	166	305	62	629	1087	0.244	2.440	12.2	4.9
FA(20)		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

2.2 試験方法

乾燥収縮試験は、ASTM C 426²⁾に準じて行い、外形 420mm、内径 320mm、高さ 120mm の円環状型枠を用い、内側に厚さ 20mm の鋼管を配置した。その後、打設を行い、鋼管によりコンクリートの拘束を行った。供試体は、配合ごとに 3 体作製し、7 日間の湿布養生を経て、水分の逸脱面をコンクリート側面のみに限定するために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 箇所貼り付け、温度 20℃湿度 60%環境下に静置し、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。また、定期的に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。圧縮強度と静弾性試験は、JIS A 1108、JIS A 1149 に準じて行った。養生方法は乾燥収縮試験と同一の方法を行い、材齢 28、56 日で試験を行った。

3. 実験結果及び考察

図-1 は、各配合の試験材齢 28 日および 56 日の圧縮強度を示したものである。FA を混和した配合の圧縮強度は、いずれの材齢において BB より小さくなる結果を示した。圧縮強度は、いずれの材齢において BB と比べて FA10EX は 90%程度であり、FA(20)と FA90 は、それぞれ 70%、77%程度であった。これは、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が、本試験では、湿布養生期間は 7 日間と非常に短かったことが考えられる。

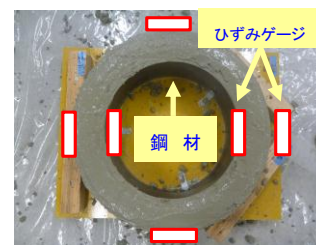


写真-1 供試体概要

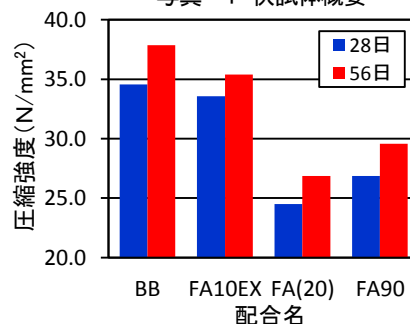


図-1 配合ごとの圧縮強度

キーワード 乾燥収縮 ひび割れ 円環状供試体 フライアッシュ

連絡先 〒814-0180 福岡市城南区七隈八丁目 19 番 1 号 TEL : 092-871-6631 FAX : 092-862-8901

図-2 は、乾燥収縮ひずみの経時変化を示したものである。試験開始250日目でのFA10EXの収縮ひずみは、739 μ であったのに対し、BBは721 μ とほぼ同程度であった。一方、FA(20)、FA90の収縮ひずみは614 μ と667 μ であり、BBよりもそれぞれ100 μ と50 μ 程度小さくなる結果を示した。

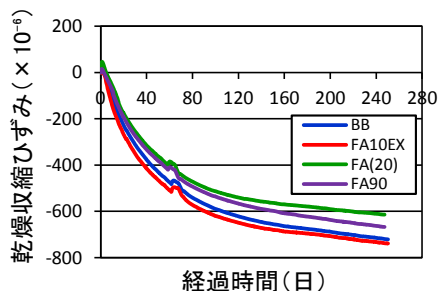


図-2 収縮ひずみの経時変化

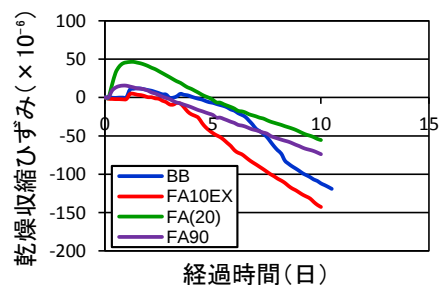


図-3 初期における収縮ひずみ

これは、FAを普通ポルトランドセメントに混和する際と同様な減水効果により単位水量の低減が影響していると考えられる。なお、収縮ひずみは、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た。図-3は試験開始初期における収縮ひずみの経時変化を示したものである。FAを混和したFA(20)、FA90の収縮ひずみは、初期に膨張が確認され、この時点で既に微細なひび割れが発生していたものと推察される。

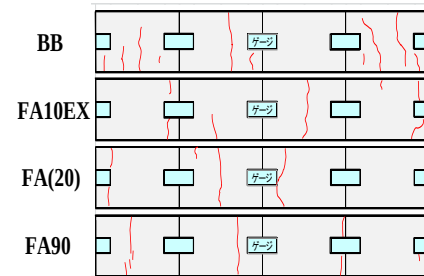


図-4 ひび割れ分布図(250日)

図-4は、試験材齢250日目でのひび割れが最も発生している供試体の分布図を示したものである。以下のひび割れ本数は、3体供試体の平均値である。BBのひび割れは、平均で9本発生し、その内の2本が供試体上面から下面に達していたのに対し、FA10EXは4.7本発生した内の2.3本、FA(20)は3.7本の内の2.3本、FA90は3.7本の内2本であった。FAを混和した供試体のひび割れ本数は、BBよりも少なかったが、供試体上面から下面に達するひび割れ数は、同程度であった。図-5は、最大ひび割れ幅の経時変化を示したものである。なお、最大ひび割れ幅の測定は、発生したひび割れの中で最も大きいのを計測した。試験材齢250日目でのFA10EXの最大ひび割れ幅は、6.5 mmであり、BBの6 mmと比べて若干大きいですが、FA(20)・FA90は、それぞれ3 mm、3.5 mmであった。

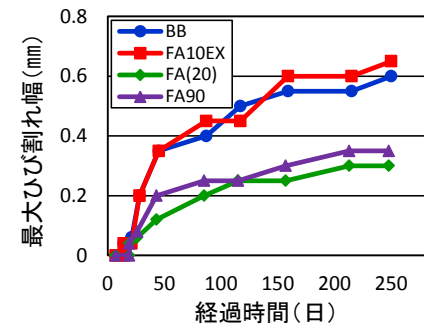


図-5 最大ひび割れの経時変化

写真-2は、試験材齢250日で鋼材に達するひび割れを観察した結果を示したものである。いずれの供試体も上面から下面に達したひび割れの場合は、鋼材まで達している貫通ひび割れであった。また、BBの供試体では、局所的に発生したひび割れの場合は、貫通ひび割れは確認されなかったが、FAを混和した供試体には、局所的に発生したひび割れの場合でも貫通ひび割れが確認された。

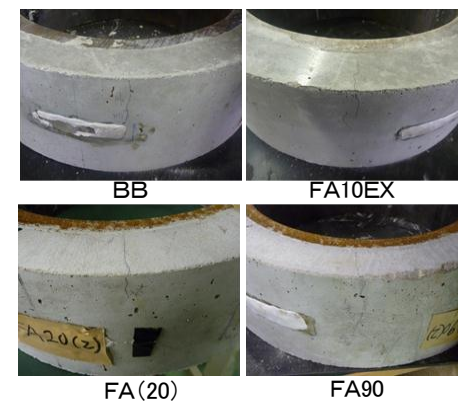


写真-2 貫通ひび割れ発生状況

4. まとめ

本研究の結果から、BBとFAを用いたコンクリートで若材齢時から拘束を受けた場合の乾燥収縮ひび割れ特性について得られた知見を以下に示す。

- (1) FA10EXの乾燥収縮ひずみおよびひび割れ幅においては、BBと大きな差はなかった。
- (2) FA(20)・FA90の乾燥収縮ひずみは、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いため、拘束されている場合には、乾燥収縮を受けると、ひび割れ発生本数はBBよりも少ないが、貫通ひび割れになる傾向にある。

参考文献

- 1) 土木学会：循環型社会に適合したフライアッシュコンクリートの最新利用技術 2009
- 2) ASTM: Standard Test Method for Linear Drying Shrinkage of Concrete Masonry Units