

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：17501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24760456

研究課題名(和文) 実施調合を想定した混和材混入コンクリートの収縮ひび割れ特性に関する研究

研究課題名(英文) Study on the Properties of Shrinkage Cracking of Concrete Containing Various Mineral Admixtures Assumed on Site

研究代表者

大谷 俊浩(Otani, Toshihiro)

大分大学・工学部・准教授

研究者番号：00315318

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円、(間接経費) 1,050,000円

研究成果の概要(和文)：材齢28日での圧縮強度を同一とした混和材を混入したコンクリートの圧縮強度試験、自己収縮試験、乾燥収縮試験および鉄筋埋設型乾燥収縮ひび割れ試験を行った。その結果、自己収縮ひずみおよび乾燥収縮ひずみはフライアッシュおよび高炉スラグ微粉末混入による明確な差はみられないこと、ひび割れ発生材齢は、混和材無混入に対して、フライアッシュを混入すると同等で、高炉スラグ微粉末を混入すると早くなる傾向があること、ひび割れ発生時の割裂引張強度に対する応力強度比は混和材の種類によらず0.6-0.7程度であること、ひび割れ発生材齢と拘束応力には高い相関性が見られることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to clarify the cracking behavior of concrete containing blast furnace slag and/or fly ash in case of same strength at 28 days through the compressive strength test, the embedded reinforcing bar test, the autogenous shrinkage test and the drying shrinkage test. As a results showed that the influence of admixtures on the autogenous and drying shrinkage strain of concretes is small. And concrete with blast furnace slag cracked at earlier ages than plain concrete, in spite of concrete with fly ash cracked at the same age. Furthermore, the ratio of restrained stress to splitting tensile strength of concrete at the cracking was 0.6 to 0.7 regardless of containing admixtures.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：コンクリート 収縮ひび割れ 混和材 フライアッシュ 高炉スラグ微粉末

1. 研究開始当初の背景

セメントの製造には多量のエネルギーを必要としている。そのため、フライアッシュや高炉スラグに代表されるような混和材料がセメントの代替材料として着目され、フライアッシュは1958年に、高炉スラグが1995年にそれぞれコンクリート用混和材料としてJIS規格化され、利用されている。しかしながら、フライアッシュはその品質のばらつき、特に残存する未燃炭素の変動が激しく、コンクリートのフレッシュ性状に悪影響を及ぼしたことから、レディーミクストコンクリート工場での利用がほとんど進んでいなかった。一方、特に土木の分野では高炉スラグを混合した高炉セメントが多く利用されているが、ひび割れの発生事例が数多く報告されている。これは高炉スラグを混入したコンクリートの収縮特性を十分に把握できていないことを示唆しているといえる。環境のことを考えた場合、これらの産業副産物を利用することは、CO₂排出量の抑制につながるため、非常に重要かつ必要である。しかしながら、前述のように、これらの利用によってコンクリートの品質が低下し、構造物の寿命が短くなってしまえば、全く意味の無いことになってしまう。そのため、これらの利用を促進するには、これら混和材料を混入したコンクリートの収縮特性やひび割れ特性を明確にし、適切な利用方法を確立して利用していく必要がある。

申請者は、これらの混和材料の有効利用の推進のために、これまでフライアッシュや高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートの収縮ひび割れ特性について検討を行ってきた。平成20~21年に採択された科学研究費補助金(若手(B)研究題目「改質フライアッシュコンクリートの単位水量低減およびひび割れ抑制に関する研究」)による研究では、上述したコンクリートの流動性に影響を及ぼすフライアッシュ中の未燃炭素を加熱処理によって除去し、安定したコンクリートの流動性を得られるように改良した高品質フライアッシュ(Carbon-free Fly Ash、以下CfFA)を使用して鉄筋埋設による収縮ひび割れ試験(実験方法参照)を行った。その研究成果として、フライアッシュには収縮ひび割れの抑制効果が、高炉スラグ微粉末にはその効果がないことを明らかにした。しかしながら、これらの比較は、同一の単位水量でかつ同一水結合材比という、混和材料を単純にセメントと置換した、一般に内割れと呼ばれる条件で比較したものであった。これらの混和材料は、セメントに比べて強度発現性が遅く、内割れとした場合は、一般的な強度管理材齢である28日では強度が小さくなる。実際の利用を想定した場合、レディーミクストコンクリートでは管理材齢の強度を同一とする必要がある。

2. 研究の目的

以上のような背景のもと、本研究では、フライアッシュおよび高炉スラグ(以下BFS)の持つコンクリートの流動性改善効果を考慮した条件(材齢28日強度を同一にし、流動性が同一となるように単位水量を調整)において収縮・クリープ試験および各種収縮ひび割れ試験を実施し、これら混和材料を混入したコンクリートの収縮ひび割れ特性を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

調査は基準となるプレーンコンクリート、CfFA混入率20%および、BFS混入率42%の3水準とした。また、材齢28日における圧縮強度を基準コンクリートと同一とするために、予備実験結果をもとに、CfFAのセメントに対する強度寄与率は0.3とし、BFSはセメントの内割れ置換とした。スランプを単位水量で調整し、単位水量はCfFAで5kg/m³、BFSで2kg/m³低減している。

圧縮強度は供試体寸法100×200mmの円柱供試体を用い、打設後1日で脱型し、恒温恒湿室(温度20±1、湿度60±5R.H.)にて試験開始材齢まで水中養生とした。乾燥収縮ひずみの測定は、供試体寸法100×100×400mmの角柱供試体をコンタクトゲージにて測定し、また、100×100×200mmの角柱供試体においては小型埋め込みゲージを用い、測定を行った。乾燥収縮ひび割れ試験は、図-1に示す100×100×1100mmの供試体を用い、拘束用の埋設鉄筋は32mmの丸鋼を使用した。コンクリートとの付着を確保するために両端から400mmはねじ切り加工し、中央部分300mmには厚さ1mmのテフロンシートを巻きコンクリートとの付着を除去した。埋設鉄筋のひずみの測定には貼付けゲージを使用し、打設直後から測定を開始した。また、養生方法は試験開始材齢まで封かん養生とした。

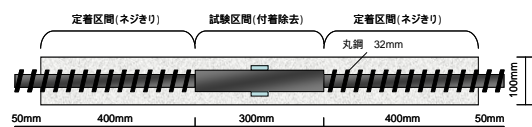


図-1 鉄筋埋設ひび割れ試験用供試体

4. 研究成果

(1) 圧縮強度

図-2に圧縮強度試験結果を示す。圧縮強度については、28日強度を同一となるように調査設計を行ったが、CfFAでは材齢7日、28日ともにPLよりも15%ほど大きな値を示した。BFSは材齢28日でPLと同程度の値を示し、材齢7日では20%程度小さかった。また、ヤング係数については圧縮強度と同様の傾向を示した。

(2) 乾燥収縮ひずみ

図-3に乾燥収縮ひずみの経時変化を示す。ほぼ同様の傾向を示しており、CfFAの減水効果を期待して単位水量を5kg/m³低減させたが、その影響は見られなかった。

図-4 に脱水量の経時変化を示す。脱水量は乾燥収縮ひずみと同様に単位水量低減の影響は見られず、BFS が最も大きく、次いで CfFA となり PL が最も低い値を示した。

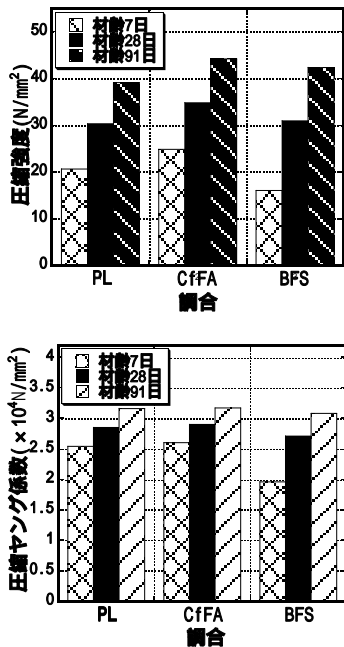


図-2 圧縮強度試験結果

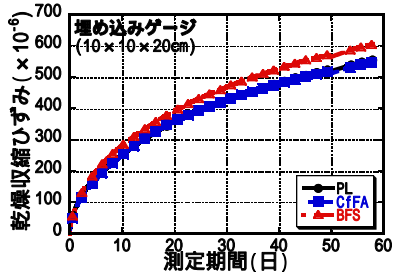


図-3 乾燥収縮ひずみの経時変化

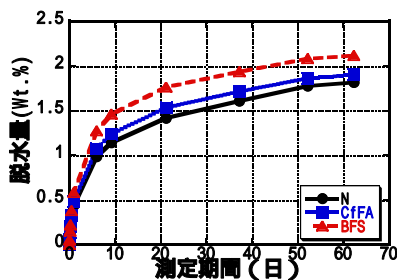


図-4 脱水量の経過時変化

(3) 収縮ひび割れ性状

図-5 に拘束応力の経時変化を示す。拘束応力が急激に減少した地点でひび割れが発生した。ひび割れ発生材齢は、CfFA を混入した場合も PL と同程度の結果となった。過去に行った単位水量を一定とした条件下では CfFA 混入率の増加とともにひび割れ発生が早くなる結果となっており、今回の試験結果は CfFA の単位水量低減効果によるものであると考えられる。また、BFS を混入した場合は PL よりも早くひび割れが生じる結果となった。

拘束応力は PL と CfFA で同程度となり、BFS では拘束応力は小さくなった。また、応力強度比においては 0.6~0.7 程度であった。

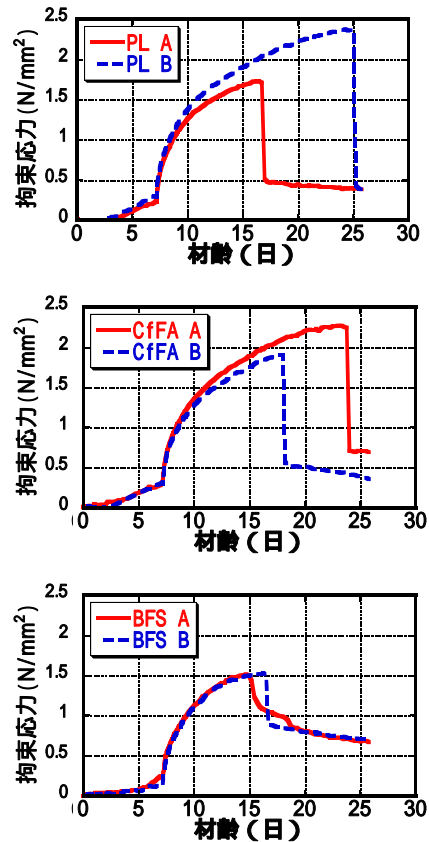


図-5 拘束応力の経時変化

図-6 にひび割れ発生材齢と拘束応力の関係を示す。また、過去の実験結果も合わせて示す。それぞれの実験において、ひび割れ発生時の材齢と拘束応力は混和材の種類にかかわらず高い相関があることがわかる。しかしながら、今回の実験結果と過去の研究結果では差が見られ、これは調合や強度が影響しているものと思われるが、この影響についてさらなる検討が必要である。

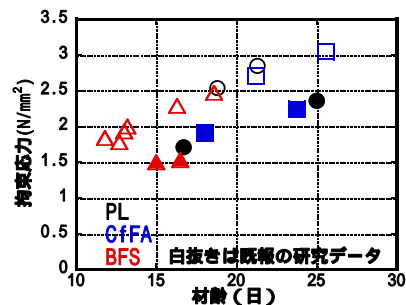


図-6 拘束応力とひび割れ発生材齢の関係

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計3件)

上田賢司、フライアッシュモルタルの乾

燥収縮ひび割れ特性、日本建築学会大会、
2013年8月30日～9月1日、北海道大学
三島剛、改質フライアッシュおよび細骨
材種類がモルタルの収縮ひび割れ特性に
及ぼす影響に関する研究、日本建築学会
九州支部研究報告会、2014年3月2日、
佐賀大学
首藤陽介、鉄筋埋設ひび割れ試験におけ
る混和材混入コンクリートの収縮ひび割
れ性状、2014年9月12日～9月14日、
神戸大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大谷 俊浩 (OTANI, Toshihiro)
大分大学・工学部福祉環境工学科建築コー
ス・准教授
研究者番号：00315318