

フライアッシュによるひび割れ低減効果に関する検討

徳島大学 学生会員 ○小嶋崇志 徳島大学 学生会員 小栗晶子
徳島大学 正会員 上田隆雄 徳島大学 フェロー会員 水口裕之

1. はじめに

現在、鉄筋コンクリート造建築物の壁、床スラブにはひび割れが発生しやすく、ひび割れ幅が拡大しやすい状況にある。建築物にひび割れが発生した場合には、美観を損なうばかりでなく、耐久性にも大きな影響を与える。本研究では、フライアッシュがコンクリートのひび割れ制御に有効であるといわれていることに注目し、フライアッシュがコンクリートのひび割れにどのような影響を与えるのかについて、そのメカニズムを視野に入れて検討した。

2. 実験の方法

2.1 使用材料および配合

セメントは密度 3.16g/cm³、比表面積 3.300cm²/g の普通ポルトランドセメントを使用した。細骨材には密度 2.57g/cm³ の砕砂、粗骨材には密度 2.56g/cm³ 吸水率 2.16% の砕石 2015 および密度 2.55g/cm³、吸水率 2.30% の砕石 1505 を使用した。混和材としては密度 2.36g/cm³、比表面積 4,100cm²/g のフライアッシュⅡ種、混和剤としては AE 減水剤、AE 剤、フライアッシュ用 AE 剤を使用した。

コンクリートの配合は、表-1 に示すように、単位水量を一定とし、全ての配合で AE 減水剤の量を変化させることによって、スランプ値が 18±1cm になるようにした。また、フライアッシュⅡ種の使用量としては、内割りのみとし、フライアッシュの置換率を 10、20、30、40 および 50% とした。

2.2 供試体の作製方法および試験

圧縮強度、引張強度および静弾性係数測定用には、φ100×200 mm の円柱供試体を作製した。ひび割れ抵抗性試験は、ASTM C 1581-04 を参考にし、リング供試体を用いた。リング供試体は図-1 に示すような外径 390 mm、肉厚 45 mm、高さ 120 mm のリング型とし、内側には厚さ 20 mm の鉄管を配置した。内側の鉄管で外側のコンクリートを拘束し、材齢 1 日までは湿潤養生マットで覆い湿布養生を行い、その後上下面はアルミニウムテープを貼り水分の出入りを遮断し、材齢 1 日で脱型し、材齢 5 日まで湿布養生を行った。その後温度 20±1℃、湿度 60±5% の室内で保管し、ひび割れ発生要因を円筒面表面からの水分の蒸発によるものと、コンクリート自身の収縮によるものとのみに限定した。ひび割れ発生後はひび割れ幅測定器を用いて入ったひび割れ 1 本 1 本のひび割れ幅を測定した。測定箇所はひび割れ 1 本につき、そのひび割れのなかで平均的と判断した箇所とした。

範囲は 8×8 mm の枠内に収まるひび割れとした。ひび割れ幅測定は 3 週まで 1 日間隔、5 週まで 2 日間隔、12 週まで 1 週間隔で行った。ひび割れ測定器を図-2 に示す。フライアッシュの反応状況を観察するためには電子顕微鏡を用い、コンクリートのモルタル部分を観察した。観察箇所は図 2 に示しているように、角柱供試体の

表-1 実験要因

配合記号	スラブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位水 量	FA置換率(%)
NO						-
FA内10	18±1	4.5±0.5	55	47	170	内割
FA内20						
FA内30						
FA内40						
FA内50						

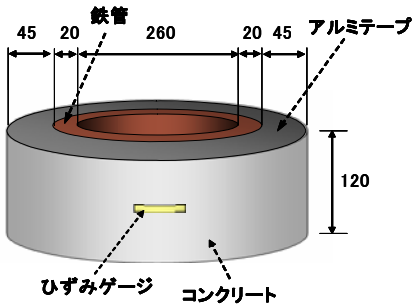


図-1 リング型供試体

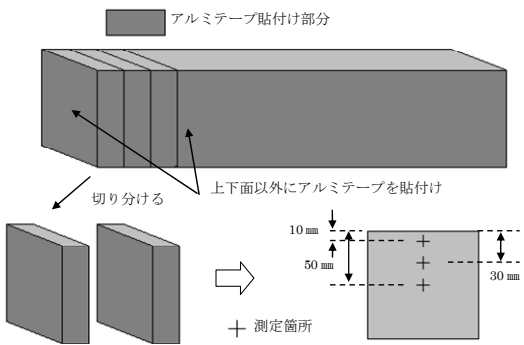


図-2 電子顕微鏡用角柱供試体



図-3 CRACK VIWER

上面から 10, 30, 50 mmの部分とし、倍率 2500, 5000 および 10000 倍で観察した。なお、角柱供試体は上下面以外にアルミテープを貼って、乾燥面を上下面に限定した。観察は、5 日目、5 週目まで週 1 回間隔、以降 4 週間隔で観察した。

3. 実験結果と考察

図-4 に圧縮強度の試験結果を示す。材齢が 5, 7, 28 日と経つごとに圧縮強度が増加しており、NO を基準にすると F A の置換率を大きくするほど強度が小さくなっている。これは、F A の置換率が大きくなるほど単位セメント量が減少し、水和反応の量が減ることが一つの原因と考えられる。

図-5 にひび割れ抵抗性試験の結果としては合計ひび割れ幅を示す。合計ひび割れ幅は、リング型供試体に発生した 2 本のひび割れ幅を合計したものである。この図より、F A の置換率が大きくなるほどひび割れ幅が小さくなっていることが分かる。これは、F A の置換率が増えるほど単位セメント量が減少し、セメント水和物による収縮が抑えられたためと考えられる。また、F A 混入による弾性係数の低下が考えられ、これも原因の一つと考えられる。

電子顕微鏡によるフライアッシュ粒子周辺のポゾラン反応相を観察した結果、42 日までは、材齢、FA 置換率、表面からの深さが違っても、ポゾラン反応相の層厚に大きな違いは見られなかった。また、材齢 86 日ではポゾラン反応相の層厚が材齢 42 日に比べ少し厚くなっていた。図 6 に材齢 86 日のポゾラン反応相の様子を示す。これらの結果から、F A を混入することによるひび割れ幅が小さくなる原因として、図 7 のようにコンクリート中にフライアッシュ粒子が存在し、フライアッシュのポゾラン反応相により、練り混ぜ余剰水による微細な水隙が充填されると考えると、フライアッシュ粒子がコンクリート中に多いほど充填される微細な水隙も多くなると考えられる。その結果フライアッシュの置換率が大きいコンクリートは置換率が小さいコンクリートに比べ、ひび割れが低減される原因の一つになるのではないかと考えられる。

4. まとめ

1) フライアッシュ II 種を内割りで使用したコンクリートは、無混入コンクリートと比べると、フライアッシュ II 種の置換率が大きくなるほど圧縮強度は小さくなった。

2) 2 本のひび割れの合計ひび割れ幅は、フライアッシュ無混入コンクリートと比べると、測定開始から 81 日までの時点で、日数が経つにつれ増加し、無混入のものの合計ひび割れ幅が最も大きく、フライアッシュ II 種の置換率 50% のものが最も小さくなった。また、フライアッシュ II 種の置換率が 10%, 20% のものと、30%, 40% のものはそれぞれほぼ同じ値となった。

3) F A 混入によるひび割れ幅が減少する原因として、ポゾラン反応相の量の違いによることが一つの要因として考えられる。

参考文献

- 1) ASTM C 1581-04: Standard Test Method for Determining Age at Cracking and Induced Tensile Stress Characteristics of Mortar and Concrete under Restrained Shrinkage, 2004.8

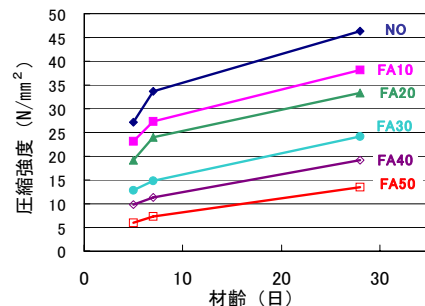


図-4 圧縮強度試験結果

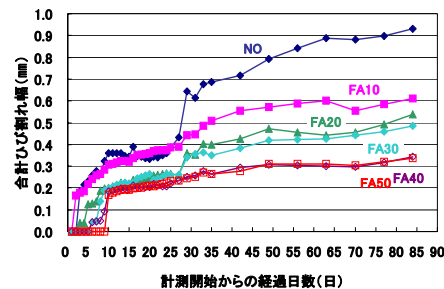


図-5 合計ひび割れ幅

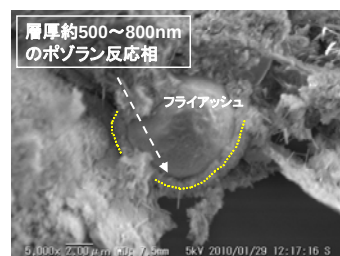


図-6 材齢 86 日のポゾラン反応相

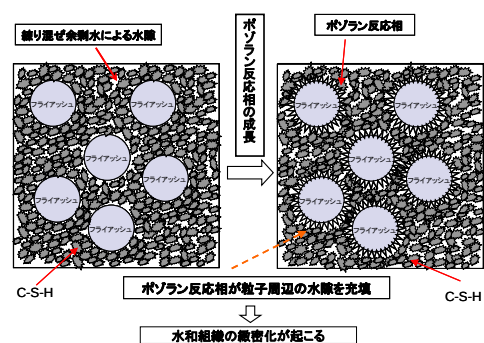


図-7 ポゾラン反応による組織緻密化のメカニズム