

オートクレーブ処理したセメント-フライアッシュ硬化体の強度と水酸化カルシウム生成量

金沢大学大学院 学生員 ○伏木明 金沢大学工学部 正会員 山戸博晃
(株)ホクコン 澤崎晴彦 金沢大学工学部 正会員 鳥居和之

1. まえがき

近年、ポーラスコンクリートに代表されるように、コンクリート構造物における環境適合能力が注目されている。一方、水環境下においては、コンクリートから溶出される水酸化カルシウムが生態系に悪影響を及ぼすことが懸念されるために、ポーラスコンクリートには水酸化カルシウムの生成を抑制することが求められる。

本研究は、水酸化カルシウムを含有しない高強度のポーラスコンクリートの開発を目的として、オートクレーブ処理したセメント-フライアッシュ硬化体の強度と水酸化カルシウムの生成量との関係について検討したものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料 使用材料は、普通ポルトランドセメント(比重:3.16, 粉末度:3300cm²/g)及び2種類のフライアッシュ(FA・A(分級品, SiO₂量:57%, 強熱減量:3.0%)及びFA・B(原粉, SiO₂量:68%, 強熱減量:2.2%))である。混和剤はナフタリン系高性能減水剤を使用した。フライアッシュの重量置換率は0、10、20、30、40、50、60、70%の8種類とし、水粉体比は26% (または31%) および50%の2種類とした。

2.2 試験体の作製方法 練り混ぜは、容量5リットルのモルタルミキサーを使用し、φ5×10cmの円柱試験体に2層に分けて詰め、テーブル型振動機により成形を行った。養生は、蒸気養生(温度65℃で3時間保持)後に、オートクレーブ養生(温度180℃, 10気圧で4時間保持)とし、その後7日間水中養生(または気中養生)を行った。比較のためにオートクレーブ養生を行わない試験体も作製した。試験項目は、圧縮強度、pH値、Ca²⁺イオンの溶出量、Ca(OH)₂生成量である。アルカリ成分の溶出試験は、セメント硬化体を88μm以下に粉碎し、蒸留水と粉末試料(粉末試料1gに対して蒸留水100ccの固液比)を10分間攪拌した後のろ過液に対して行った。また、アセトン浸漬し、水和反応を完全に停止させた粉末試料(真空乾燥1日)をDSC(示差走査熱量分析)で分析し、セメント硬化体に含まれるCa(OH)₂量を測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 pH値 オートクレーブ養生したセメント-フライアッシュ硬化体のpH値を図-1に示す。セメント-フライアッシュ硬化体のpH値は11~13の範囲にあり、フライアッシュの置換率が大きくなるにつれてpH値が減少するのが認められた。フライアッシュの種類に関しては、ポゾラン反応性の大きな分級品であるFA・Aは通常の品質であるFA・BよりもpH値が小さくなった。また、気中養生の試験体は水中養生のものと比較してpHが低くなったが、これは気中養生中の炭酸化による影響と考えられた。

3.2 水酸化カルシウムの生成量 オートクレーブ処理したセメント-フライアッシュ硬化体の水酸化カルシウムの生成量を図-2および3に示す。本測定では、DSC曲線におけるCa(OH)₂の吸熱ピーク(420~480℃)の面積より定量的に分析した。図-2及び3に示

すように、セメント硬化体の水酸化カルシウムの生成量は、フライアッシュの置換率が増加するとともに大きく減少しており、フライアッシュの種類に関係なく気中養生のものはフライアッシュ置換率が40%で水酸化カルシウムが材令7日にすでに消失しているのが観察された。これは、オートクレーブ処理中にフライアッシュと水酸化カルシ

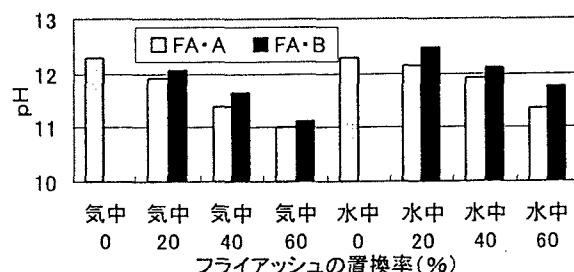


図-1 セメント-フライアッシュ硬化体の pH 値 (水粉体比: 50%)

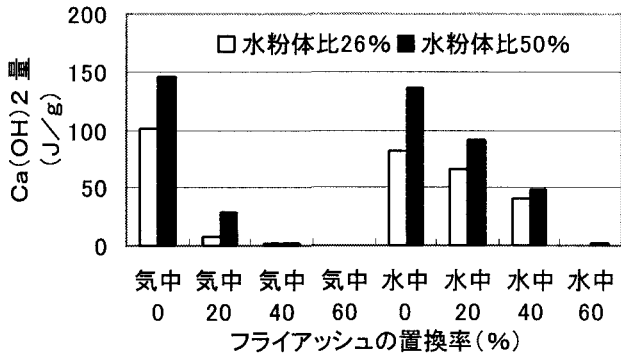


図-2 セメントフライアッシュ硬化体 (FA・A) の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 生成量

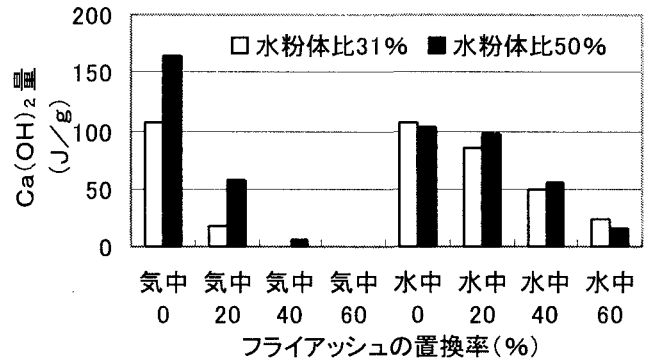


図-3 セメントフライアッシュ硬化体 (FA・B) の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 生成量

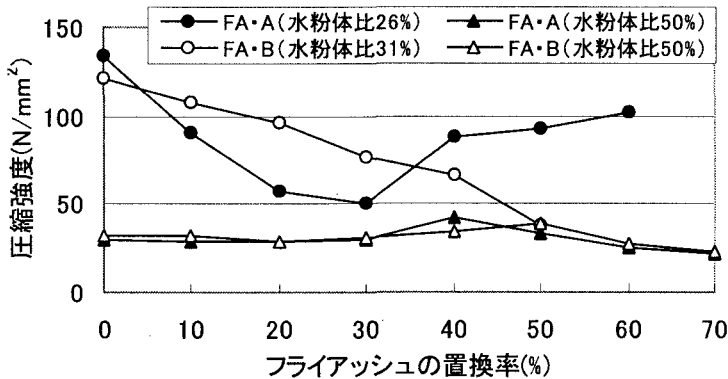


図-4 圧縮強度試験の結果 (オートクレーブ養生)

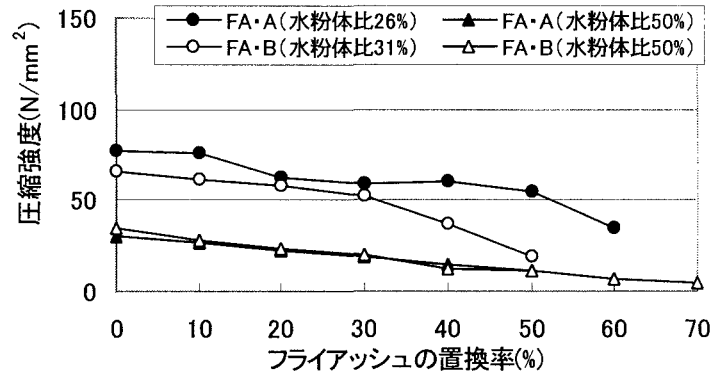


図-5 圧縮強度試験の結果 (水中養生)

ウムの水和反応が活発になり、生成した水酸化カルシウムの大部分が C-S-H ゲルまたはトバモライトゲルの形で硬化体中に取り込まれたことによるものである。また、水粉体比 26% のものは水粉体比 50% のものよりも水酸化カルシウムの生成量が全体的に減少している。これは、低水セメント比の硬化体ではセメント粒子と水との接触機会が小さくなるために、セメントの水和反応自身が抑制されたことによるものである。

3. 3 圧縮強度 通常、オートクレーブ処理により高強度の硬化体を得るには、30～50%の活性シリカを混入することが必要になるが、フライアッシュを混和した場合にはフライアッシュのガラス相に含まれるシリカ分が水熱反応に携わるものと考えられる¹⁾。オートクレーブ養生および水中養生を行ったセメントフライアッシュ硬化体の圧縮強度 (材令 7 日) を図-4 及び 5 に示す。通常の水和養生の場合には、7 日材令程度の初期には、フライアッシュのポゾラン反応による効果がほとんど期待できないために、いずれのフライアッシュにおいても置換率の増加とともに圧縮強度が減少している。一方、オートクレーブ処理した場合には、フライアッシュの反応が最も活発になる置換率が存在するようである。すなわち、水粉体比 50% の場合にはフライアッシュ置換率が 40% で圧縮強度が最大になるが、水粉体比 26% の場合にはフライアッシュの種類により置換率にとまなう強度発現の状況が大きく相違する。とくに、水粉体比 26% の場合 (FA・A) の圧縮強度が置換率 30% までは減少するが、それ以上の置換率にて急激に圧縮強度が増大していることは非常に興味深い点である。

4. あとがき

今回の試験結果より、オートクレーブ処理したセメントフライアッシュ硬化体では、フライアッシュ置換率 40% 前後にて、水酸化カルシウムの生成量をほぼゼロにすることができることが明らかになった。同時に、オートクレーブ処理により緻密な内部組織となり、大きな強度発現が得られることも確認された。

＜参考文献＞ 1) 長瀧重義 他、高温養生下におけるフライアッシュコンクリートの力学特性、土木学会論文集、No.390、pp.189-197,1988