

オートクレーブ処理したフライアッシュ含有ポーラスコンクリートの諸性質

金沢大学大学院 学生員 伏木明 (株)ホクコン 田中義人
金沢大学工学部 正会員 山戸博晃 金沢大学工学部 正会員 鳥居和之

1. まえがき

近年、環境に配慮したコンクリートとしてポーラスコンクリートが注目されている。水環境下に適用した際にはポーラスコンクリートから溶出す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。一方、石炭火力発電所よりフライアッシュが多量に産出されており、フライアッシュの有効な利用法が検討されている。本研究は、水酸化カルシウムを生成しない、高強度のポーラスコンクリートを開発することを目的として、オートクレーブ処理したフライアッシュ高含有ポーラスコンクリートの水酸化カルシウムの生成量と強度特性について実験的に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、珪石骨材(最大寸法:20mm, 比重:2.60)、普通ポルトランドセメント(比重:3.16, 粉末度:3300cm²/g)、2種類のフライアッシュ (FA・A [比重:2.39, 粉末度:5500cm²/g, SiO₂量:57.0%] 及び FA・B [比重:2.17, 粉末度:3890cm²/g, SiO₂量:

表-1 ポーラスコンクリートの配合

62.5%])である。化学混和剤はナフタリン系高性能減水剤を使用した。また、水粉対比は25%、フライアッシュの重量置換率は40%とした。ポーラスコンクリートの配合を表-1に示す。

	設計空疎率 (%)	W/B (%)	単位量(kg/m ³)				
			W	C	G	FA	Mt150
セメント単味	25	25	66	265	1560	-	0.795
FA・A40%置換			62	148	1560	99	1.235
FA・B40%置換			60	144	1560	96	4.8

2.2 試験体の作製方法 練り混ぜは、容量55リットルのパン型強制練りミキサーを使用し、φ10×20cmの円柱試験体に3層に分けて詰め、突き棒及びテーブル型振動機により締固めを行った。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日間水中養生を行った。比較のためにオートクレーブ養生をしない試験体も作製した。試験項目は、圧縮強度、静弾性係数、動弾性係数、超音波パルス試験、Ca(OH)₂の生成量である。圧縮強度試験の際にはポーラスコンクリート試験体の両端に硫黄キャッピングを施した。また、Ca(OH)₂の生成量の測定には圧縮強度試験後の試験体からセメントペーストを切り出した後、アセトンに浸漬して、水和反応を停止させた粉末試料をDSC(示差走査熱量分析)で定量分析し、セメント硬化体に含まれるCa(OH)₂量を測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 水酸化カルシウムの生成量 オートクレーブ養生及び蒸気養生を行ったポーラスコンクリート試験体の水酸化カルシウムの生成量を図-1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-1に示すように、オートクレーブ養生においては、セメント単味の試験体が水酸化カルシウムを多く含有するのに対し、フライアッシュ40%置換ではフライアッシュの種類に関係なく水酸化カルシウムの生成量はほぼゼロになった。これはオートクレーブ養生により、フライアッシュのポゾラン反応が促進され、セメントの水和反応より生成した水酸化カルシウムが、C-S-Hゲルまたはトバモライトゲルの形で水和生成物中に取り込まれたためである。また、オートクレーブ養生では水和反応が早期に進行するために、蒸気養生と比較して、材齢の経過に伴う水酸化カルシウムの生成量の変化が小さいことも確認された。

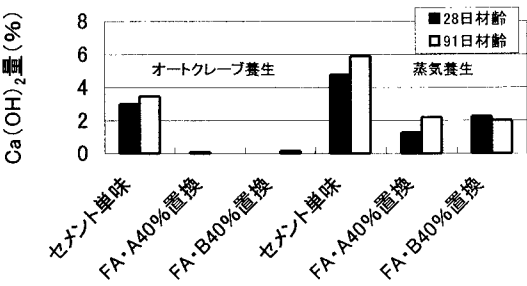


図-1 水酸化カルシウムの生成量

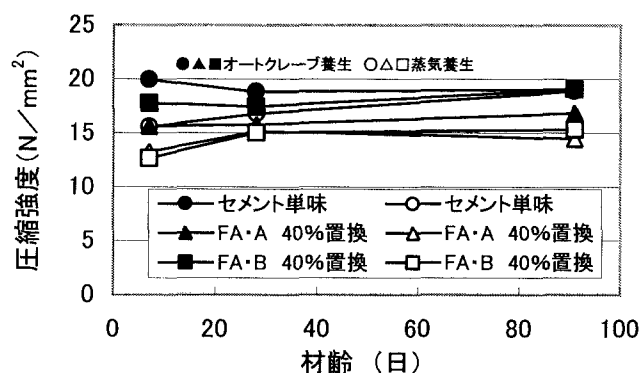


図-2 圧縮強度の経時変化

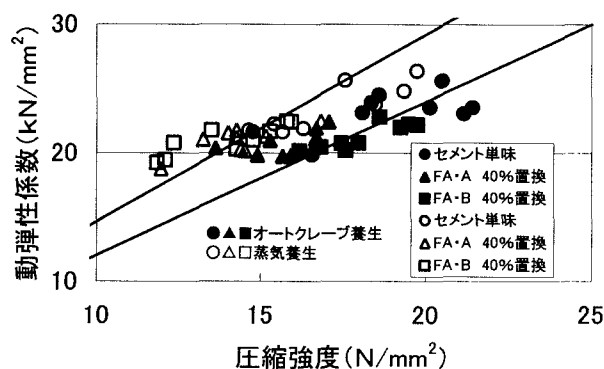


図-3 動弾性係数と圧縮強度の関係

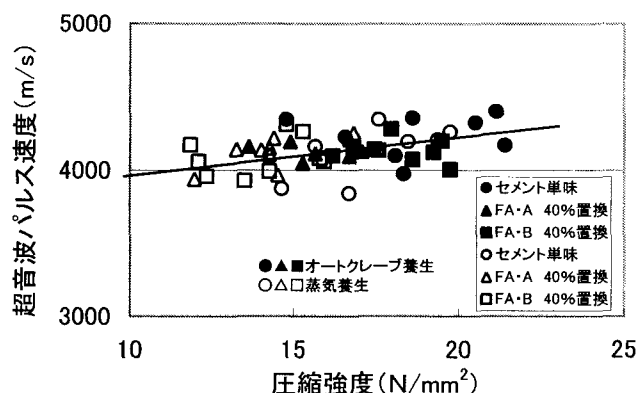


図-4 超音波パルスと圧縮強度の関係

3. 2 圧縮強度 図-2 にオートクレープ養生及び蒸気養生を行ったポーラスコンクリート試験体の圧縮強度の経時変化を示す。蒸気養生のみの場合、初期材齢ではフライアッシュのポゾラン反応の進行が期待できないため、フライアッシュを40%置換した試験体はいずれも低い値を示している。しかし、蒸気養生の各試験体の圧縮強度は材齢に伴い増加する傾向にある。一方、オートクレープ養生は、フライアッシュの水熱反応によりフライアッシュを40%

置換した試験体でも高い圧縮強度を示すが、材齢に伴う強度発現は小さい。また、蒸気養生ではフライアッシュの種類による強度の相違があまり見られなかったが、それに対してオートクレープ養生ではFA・BのものがFA・Aよりも圧縮強度が大きいことが確認できた。通常、オートクレープ養生では、フライアッシュのガラス相に含まれるシリカ分のみが水熱反応に携わるものと考えられる¹⁾。FA・Bの試験体の圧縮強度が大きかった理由はフライアッシュ中のシリカ分がFA・Aよりも大きかったことによるものである。

3. 3 弾性係数及び超音波パルス速度 図-3及び図-4にポーラスコンクリート試験体の圧縮強度と動弾性係数、超音波パルス速度の関係を示す。オートクレープ養生試験体の動弾性係数は18~26kN/mm²であり、通常のコンクリートと同程度の値が得られた。同様に、超音波パルス速度は3900~4400m/sの値をとり、圧縮強度との相関性も確認された。また、オートクレープ養生のものは蒸気養生と比較して、動弾性係数及び超音波パルス速度が大きくなる傾向が見られた。これはオートクレープ処理によりセメントペーストの水和反応が促進され、骨材とセメントペーストの界面組織が改善されたためである。しかし、ポーラスコンクリートでは、圧縮強度に対する超音波パルス速度の変化は小さく、超音波パルス速度より圧縮強度を推定することは困難であると考えられる。

4. あとがき

今回の試験結果より、オートクレープ処理したポーラスコンクリート試験体では、フライアッシュ置換率40%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た。同時に、オートクレープ処理により緻密な界面組織が形成され、初期材齢より大きな圧縮強度が確保できた。

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、N0.390, pp.189-197, 1988.