

ドリル削孔粉末を利用して pH 分布を得る場合の最適な粉体濃度および溶出時間の検討

東京理科大学 学生会員 ○金子泰明
東京理科大学 正会員 江口康平
東京理科大学 正会員 加藤佳孝

1. はじめに

コンクリート構造物の劣化には中性化, 化学的侵食, ASR, 塩害などがあり, 多くの場合水酸化カルシウム (以下 CH) などのセメント水和物との化学反応により劣化が生じる. この様に劣化に伴い CH が消費されることで, コンクリート内部の pH は表面から低下する. このため, 内部の pH の分布を知ることで, 劣化の進行状況を推察することが出来ると考えられるが, 簡易的な pH の測定方法について検討した例は少ない.

本研究では, ドリル削孔粉末を採取し, 粉末から溶出するアルカリイオン濃度の相対的な分布を得ることで, 劣化深さを簡易的に推定する方法の開発を目指した.

2. 実験概要

実験には W/B=50%のセメントペーストおよびモルタル供試体を使用し, 普通セメントのみの OPC, 高炉スラグ微粉末 45%内割り置換の BB, フライアッシュ 20%内割り置換の FB 供試体の 6 種類を作製した. 供試体寸法は 10×10×10cm, 初期水中養生を 7 日間行った. 養生後, 劣化因子の浸透が一次元となるように試験面以外をエポキシ樹脂でシールした.

表-1 に各促進劣化環境を示す. 促進材齢が 4, 8, 13 週となった供試体から順次測定を行う. なお, 測定に用いる粉末は, ドリル削孔により採取したものを

い, 削孔深さは, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0cm の位置から採取した. 表-2 に測定項目および測定方法を示す. pH は後述する粉末から溶出させた値を採用している.

3. pH 値の測定方法に関する検討

本研究では, 既往の研究¹⁾を参考にドリル削孔により得られた粉末を用いて pH を測定している. 具体的な方法は次の通りである. ①ドリル削孔により粉末を採取. ②150μm のふるいを通した粉末と蒸留水を粉体濃度 5% (粉末 1.5g, 蒸留水 28.5g) で混合する. ③所定の時間溶出させ, pH メーターで測定する. 本研究では, 現場での適用性向上を目的に, 既往の研究より溶出時間を短く設定し, 溶出時間を 0 (混合直後), 0.5, 1, 3, 6, 12 時間とした.

4. 実験結果

4.1 溶出時間の検討

ドリル削孔粉末から溶液中にアルカリイオンを溶出させる時間についての検討結果を図-1 に示す. なお, 検討に用いた供試体は, 促進中性化試験 8 週後の BB モルタル供試体である. 結果より, 溶出直後から 12 時間までの溶出 pH は同程度となっている. このことから, 粉末からのアルカリイオンの溶出は, 蒸留水と混合した直後にほぼ完了することが分かり, 試料混合直後から測定可能であると考えられる.

表-1 試験環境および解体期間

劣化条件	促進中性化(濃度5%, R.H.60%)
	硫酸浸せき(濃度5%)
	硫酸塩浸せき(Na ₂ SO ₄ 濃度10%)
	溶出試験(蒸留水)
解体期間	4,8,13週(n=4)

表-2 測定項目および測定方法

測定項目	測定方法
pH	粉末からの溶出
中性化深さ	フェノールフタレイン法
Ca(OH) ₂ , CaCO ₃ , 石こう系生成物	XRD, TG-DTA
SO ₄ ²⁻ 浸透深さ	イオンクロマトグラフィー

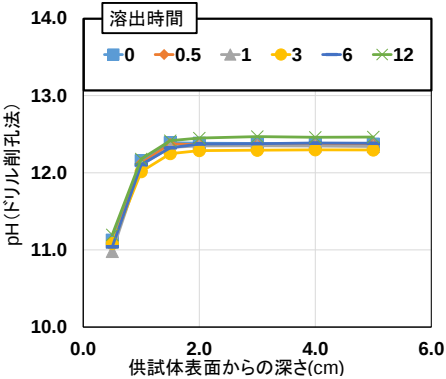


図-1 BB モルタルの pH 分布状況 (中性化後)

キーワード : pH, 診断技術, コンクリートの劣化, ドリル削孔

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL04-7124-1501 Email:j7612030@ed.tus.ac.jp

4.2 pH と生成物の関係

図-2 に促進中性化後の OPC ペースト供試体の pH と内部生成物の分布状況を示す。なお、縦軸は 5cm 位置を健全部として、各位置での測定値を健全部との比で表す。測定に際しては、粉体濃度は 5% とし、溶出直後に測定した。図を見ると、表層 1.0cm 程度まで pH は僅かではあるが低下している。一方で、CH の分布状況を見ると、表層から 2cm 付近まで減少が確認されており、それに対応して CaCO_3 の生成が確認できる。この測定条件の場合、CH の減少深さと pH の低下領域に 1cm 程の差が生じていた。

このことに関して、試験の妥当性を検討するために、溶出前後の粉末の XRD 測定結果を図-3 に示す。図から溶出後も CH のピークが明確に検出されていることが分かる。これは、粉体濃度が高すぎたため、溶液中の $[\text{Ca}^{2+}]$ が飽和したため粉末中の CH が完全に溶出できなかったと考えられる。即ち、劣化因子によって CH が減少していても、粉体濃度が高すぎると、粉末試料から溶出する CH が溶液中で飽和状態となる。その結果、溶液中の CH に起因する $[\text{OH}^-]$ が、劣化部と健全部で同等となり pH の差が表れにくくなったことが予想される。以上の事から、粉末中の CH を完全に溶出させた方が、劣化による pH の低下を捉え易いと考え、試験方

法を再検討した。

ペースト中に含まれる CH 量を 160mg/g、CH の溶解度を 1.5mg/g と仮定すると、CH は約 1% の粉体濃度で完全に溶出する。このことから、粉体濃度を 1% にして再度検討した。図-4 に粉体濃度を 1% とした結果を示す。結果を見ると、粉体濃度 5% の時よりも表層部での pH 比の低下が顕著に確認できており、また、生成物の分布状況と同様に 2cm まで pH の低下が確認できる。

図-5 に XRD の分析結果を示す。溶出後では CH が殆ど検出されておらず、殆どが溶出したと予想される。

5. まとめ

本研究の結果より、次の知見が得られた。

- (1) 粉末と蒸留水を混合した直後に pH の測定を行っても、12 時間溶出させたものと同程度の pH 値を得ることが出来る。
- (2) 劣化因子の浸透深さを詳しく推定するために妥当な粉体濃度は 1% 未満である。

参考文献

- 1) 江口康平, 加藤佳孝, 菊地原潤一: ドリル削孔粉末から得られた pH 分布を利用した劣化因子浸透深さ推定方法に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.1, pp.1711-1716, 2015

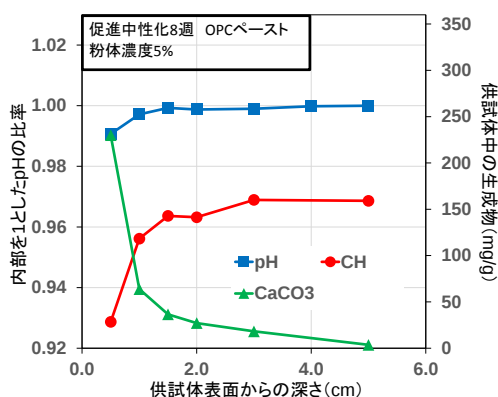


図-2 pH と生成物の関係

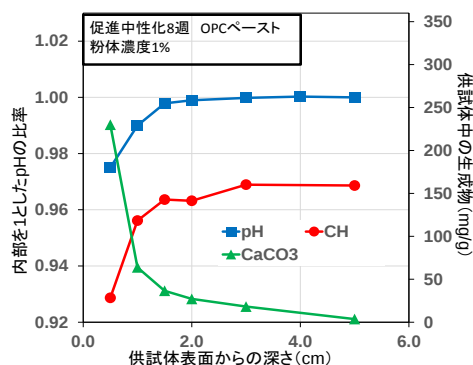


図-4 pH と生成物の関係

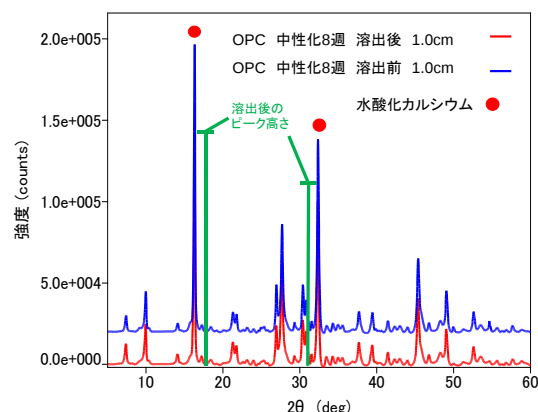


図-3 XRD 結果 (粉体濃度 5%)

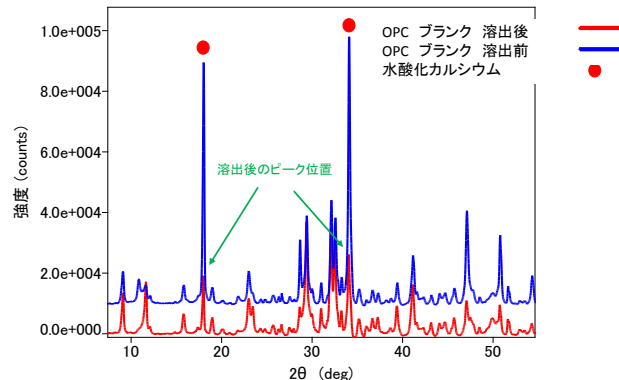


図-5 XRD 結果 (粉体濃度 1%)