

粗骨材がドリル削孔粉末を利用した pH 測定へ与える影響および補正方法に関する検討

東京理科大学 学生会員 ○長塚 真美 東京理科大学大学院 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中の鋼材は Cl^- の侵入や pH の低下によって腐食することが知られており、 Cl^- に関しては試料の採取方法や測定方法、粗骨材の補正方法等が土木学会基準に提案されている。一方で、pH は腐食に影響があるにも関わらず、その測定方法は殆ど検討されていない。著者らは、ドリル削孔粉末からアルカリイオンを溶出させた溶液の pH を測定する方法（以下、ドリル削孔法）を検討してきた。ペーストおよびモルタルを用いた過去の検討により、pH の測定結果を活用して、健全部の pH に対する比で表すことで劣化の進行を評価できることを確認している¹⁾。但し、実際の構造物には粗骨材が存在しているため、採取試料中の骨材量の変動により測定結果にばらつきが生じることが予想される。そこで本研究では、粗骨材がドリル削孔法に及ぼす影響を確認すると共に、その補正方法に関して検討する。

2. 実験概要

2.1 促進中性化試験

実験には $W/B=40, 50, 60\%$ 、単位水量 $165\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $s/a=45\%$ のコンクリート供試体を使用し、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 供試体の計 6 種類とした。供試体寸法は $10\times 10\times 10\text{cm}$ とし、初期水中養生 7 日後、中性化の進行が一次元となるように試験面以外をエポキシ樹脂で被覆した。

促進中性化試験方法は JIS A 1153 に準拠した。劣化期間は 4, 8, 13 週とし、所定の期間促進劣化後、ドリル削孔により深さ 0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0cm で試料を分取した。表-1 に測定項目および測定方法を示す。なお、pH は既往の研究¹⁾と同様に、蒸留水 29.700g に粉末 0.300g を混合した溶液 pH を pH 計で測定した。

2.2 粉末試料中の骨材率による pH 補正方法

本検討では、粉末中の骨材率を考慮した pH の補正方法について、既往の研究で Cl^- の補正方法として提案されている削孔採取粉粉末を利用する方法²⁾（以下、削孔粉末法）と、著者らが新たに検討するセメントペーストと骨材の微粉末を所定の割合で混合した粉末を利用する方法（以下、pH 事前測定法）の 2 種類で検討した。

「削孔粉末法」は、コンクリート供試体からドリルにて試料を採取し、pH 値と骨材量を測定した。「pH 事前測定法」では、骨材率=0～90%の範囲でペースト粉末と粗骨材粉末を混合し、pH 値を測定した。混合する試料は、 $W/B=50\%$ の OPC ペーストおよび粗骨材を $150\mu\text{m}$ 以下に粉砕した粉末を用いた。

骨材量の測定は、セメント協会法³⁾を参考にした。なお、今回の検討では、骨材の溶解を防ぐために硝酸溶液 (2.0mol/l 硝酸 6ml + 蒸留水 100ml) を使用した。これにより得られた骨材量から粉末中のペースト割合を算出する。補正の概念を図-1 に示す。また、いずれの方法でも pH 値の補正計算には式(1)を用いた。

$$pH = pH_0 + \alpha \quad (1)$$

表-1 測定項目と測定方法

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
$\text{Ca}(\text{OH})_2, \text{CaCO}_3$, 石こう系生成物	TG-DTA

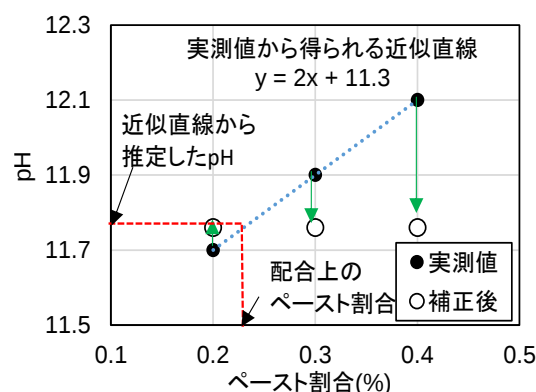


図-1 pHの補正方法の概念図

キーワード pH, ドリル削孔, 骨材量.

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL : 04-7124-1501 Email : j7613070@ed.tus.ac.jp

ここで、 pH ：補正後 pH 値， pH_0 ：実測 pH 値， α ：近似式の傾き $\times$ （配合上のペースト割合－測定ペースト割合）である。なお、 α の算出は、「削孔粉末法」の場合は、実際の試料のペースト割合と pH 分布から求めた近似線の傾きを用いるものとし、「 pH 事前測定法」の場合は事前に測定したペースト割合と pH 分布から求めた傾きを用いた。

3. 実験結果

3.1 pH 分布と生成物の関係

図-2 には一例として、 $W/C=50\%$ の OPC 供試体、促進中性化 8 週目の pH 、水酸化カルシウム (CH)、炭酸カルシウム ($CaCO_3$) の分布状況を示す。既往の研究で対象としたペースト、モルタルと同様に、コンクリートでも表面部の中性化による pH の低下を捉えることができています。

3.2 pH 補正方法

「削孔粉末法」で補正した結果を図-3 に、「 pH 事前測定法」で補正した結果を図-4 に示す。なお、ペースト割合に応じて補正を行うと、全ての補正後の点は配合上のペースト割合となるが、補正前後の pH を比較し易くするために補正後も補正前のペースト割合で図にプロットしている。今回の検討では、採取した粉末の骨材率は 0.61～0.72 の範囲に分布していた。配合上の骨材率は 0.77 であり、いずれも配合上よりもペースト割合が大きい粉末試料であった。

「削孔粉末法」で pH 値の補正を行った結果、配合上の推定 pH (=11.97) と同程度となり、「削孔粉末法」は pH に対しても有効であると考えられる。但し、この方法は複数点の分布から近似直線の傾きを算出する必要がある。

「 pH 事前測定法」による補正でも、図-3 の近似直線から推定した配合上の推定 pH (=11.97) と同程度となった。

「 pH 事前測定法」を利用することで、複数点の pH 分布が得られない場合でも、事前にペースト割合と pH の関係を把握することで補正が可能であると考えられる。

4. まとめ

- (1) コンクリート供試体の中性化の進行についても、ドリル削孔法によって把握することができる。
- (2) 粉末中の骨材量を考慮することで、 pH の測定結果をある程度の精度で補正することができる。

参考文献

- 1) 江口康平，加藤佳孝，金子泰明：ドリル削孔粉を利用したセメント硬化体内部の pH 推定方法に関する検討，コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集，第 16 巻，pp.257-262，2016
- 2) 松浦誠司，古賀裕久，田中秀治，河野広隆：ドリル粉末を用いた塩化物イオン量測定の精度，コンクリート工学年次論文集，Vol.26，No.1，pp2031-2036，2004
- 3) 社団法人セメント協会：コンクリート専門委員会報告 F-18，硬化コンクリートの配合推定に関する共同試験報告，1967

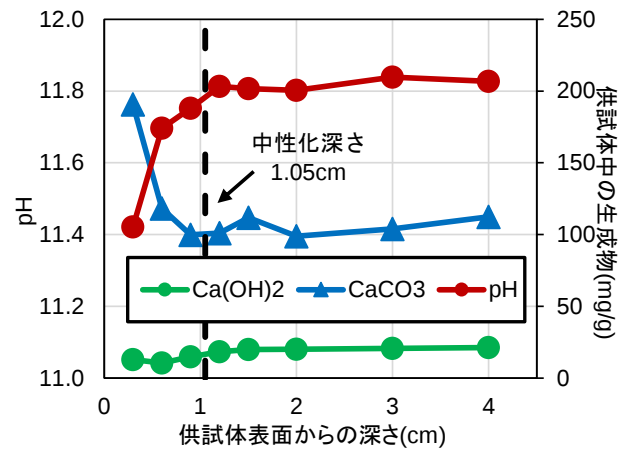


図-2 pH と生成物の関係

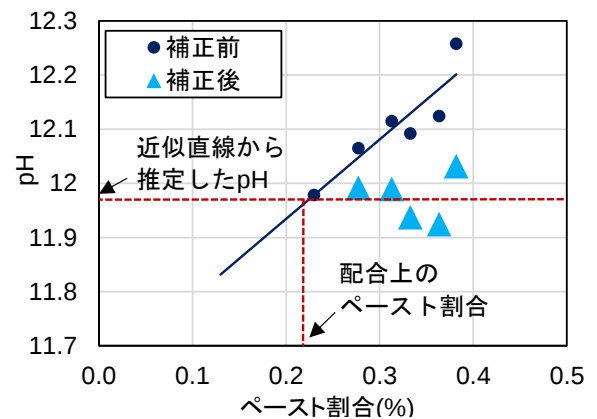


図-3 削孔粉末法による pH 補正結果

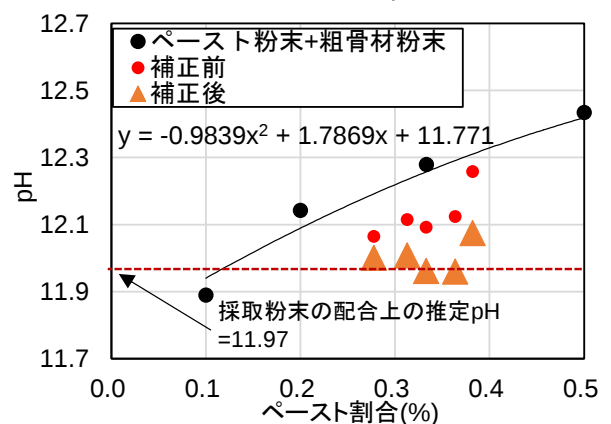


図-4 粉末混合法による pH 補正結果