

普通ポルトランドセメントにおける自己治癒性能の経時的変化の検証

東京大学大学院 学生会員 ○生駒 勇人
 東京大学生産技術研究所 正会員 安 台浩
 東京大学生産技術研究所 正会員 岸 利治

1.はじめに

近年のコンクリート構造物における劣化が顕在化しており、コンクリートにおけるひび割れが機能性、美観性、耐久性の低下の原因として大きな問題になっている。この背景の下、コンクリートの自己治癒性が注目され、自律的な治癒能力を高めた自己治癒コンクリートが開発されてきた⁽¹⁾。しかし既往研究において、若材齢の普通コンクリートについても治癒能力を有するケースが報告されており、治癒能力の定量評価を行う前段階として普通コンクリートのもつ自己治癒能力の把握が必要とされている。本研究では、普通ポルトランドセメントがもつ自己治癒能力を対象に、セメント水和反応に伴う自己治癒能力の経時的変化について検討を行った。

2.実験概要

本研究ではセメントはすべて普通セメントを用い、水セメント比を 49%と 55%とした。φ10×20 の供試体を用いて打設し、所定の方法で養生した。供試体配合は表 1 とし、養生方法は表 2 にまとめている。

打設後間もない場合、未水和セメントが存在し治癒能力を発揮することが考えられるため、既往の研究では打設後数カ月経過してから実験がおこなわれてきた⁽¹⁾。本研究では 3 カ月の封緘養生に加え、チャンバーを用いた促進養生についても検討し、促進養生が自己治癒現象に対しても、その効果を減少させるかどうかについて検討を行った。促進養生の温度、日数については、有効材齢に基づき計算を行い、材齢 90 日と同程度の水和状況となるように決定した。7 日間封緘状態で養生を行った後に脱型し、60℃のチャンバーで養生を行った。また乾燥による水和停滞を防ぐため、チャンバー内は RH80%という高湿状態を保っている。

供試体は水セメント比、養生方法のそれぞれ異なる

キーワード：自己治癒コンクリート、ひび割れ自己治癒、結合水率、TG-DTA、有効材齢

連絡先：〒153-0041 東京都目黒区駒場4-6-1 東京大学生産技術研究所 Be403 TEL03-5452-6098(58090)

表 1 通水試験供試体配合

name	air (%)	W/C %	W kg/m ³	C kg/m ³	S kg/m ³	NG/LG kg/m ³	SP kg/m ³
N55	4.5	55	168	306	806	1007	2.4
N49	4.5	49	171	349	802	953	1.4

表 2 養生方法

養生方法	温度 °C	湿度 %	期間・備考
封緘養生	20	60	91日間封緘養生
促進養生	20→60	80	7日後脱型、16日間促進養生

る 4 種類について原則として N=3 で打設し、材齢 3 カ月、W/C=49%の供試体については、N=2 とした。

養生後の供試体を割裂したのち、ひび割れ面から微粒子を取り除き厚さ 0.2mm のテフロンテープを挟み込み再度接合することでひび割れを模擬した。ひび割れ幅はおおむね 0.2~0.4mm になるよう調整を行った。上部に塩ビ管を接続し、20℃の室内に置いて常に上部に水を供給し通水し続ける条件とし、漏水量の経時変化を測定した。

また本研究では、普通セメントの自己治癒性能に影響があるとされる未水和セメントの量を測定するため、TG-DTA を用いて水酸化カルシウム量と結合水量を測定し、通水試験開始時の供試体の水和状況について推定を行った。養生条件は通水試験供試体と同様の封緘養生、促進養生を行った。結合水量については、既往の文献⁽²⁾に基づき TG-DTA において水酸化カルシウムの脱水が終了した温度における減量を基に計算を行った。

3.実験結果

3.1 通水試験

通水試験結果は図 1, 図 2 のようになった。結果は各実験条件につき 3 個の供試体の結果を平均した。

封緘養生を 3 カ月行った場合、W/C=49%, 55%の供試体ともに十分な治癒能力を示さなかったが、促

進養生を行った場合、すべての供試体で治癒能力を示し、特に W/C=55%は十分な治癒能力を示したといえる。また図3に供試体下面の観察結果を示す。図は W/C=49%の供試体の 21 日目のものである。白色の物質が生成物である。封緘養生供試体の場合、自己治癒生成物をほとんど確認できず、治癒効果を見せた促進養生供試体の場合、下面全体に白色の生成物が確認できた。

封緘養生で自己治癒効果が消失したのは、水和の進行により未水和セメント量が減少したことが原因だと推測している。一方、促進養生で治癒性が消失しなかった理由としては、本研究で採用した方法では水和が十分に促進されなかったものと推察される。

3.2 結合水量

TG-DTA による結合水量の結果を図3に示す。図の矢印で示した時点で通水試験を行っている。本実験で用いた促進養生法の場合、封緘養生での水和過程と比較して反応が促進されておらず、本研究で比較した促進養生を 3 カ月行った場合と比較して結合水量が小さいことが分かった。水和が進んでおらず未水和セメントが存在したことにより自己治癒能力が温存されたと考えられる。

以上の結果から、普通コンクリートの自己治癒性能は、水和が進むことで低減することが改めて確認されたといえる。

本研究における促進養生が機能しなかった点について、7 日間の封緘養生後に、チャンバーによる促進養生を行ったことが原因と考えられる。既往の文献³⁾では、セメント未水和粒子の中でも特にエーライト成分に関して、打設後 24 時間後には表面に C₃S の反応による C-S-H 層が作られ、水の未水和物表面への透過や各イオンの生成結晶表面への拡散が阻害されることが指摘されている。このため、少なくともエーライト成分については、反応速度は C-S-H 内の物質移動が支配する拡散律速となり、温度依存性が小さくなったことが原因である可能性がある。

4. 結論

以下、本研究で得られた知見を示す。

(1) 通水試験の結果から、未水和セメントが多量に存在する状況下では普通コンクリートでも自己治癒効果が残存しているが、セメントの水和が進行す

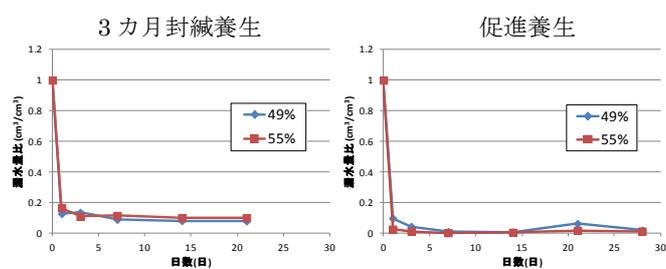


図1 通水試験結果

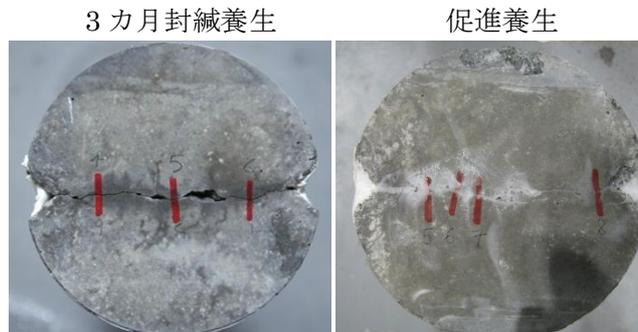


図2 供試体下面の観察 (W/C = 49%,21 日目)

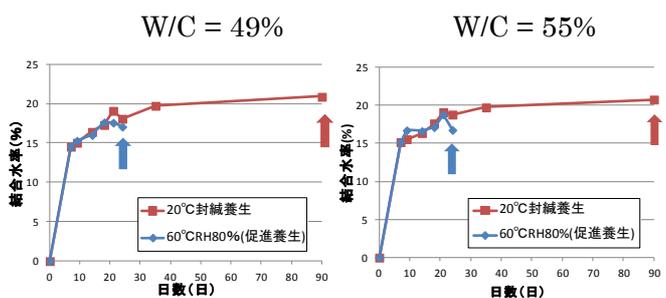


図3 養生方法毎の結合水率

ると、自己治癒性能が低下または消失するものと考えられる。

(2) 本研究で用いた W/C=49%、55%のコンクリートの場合、特に W/C が大きい場合、7 日間の封緘養生後では高温養生による水和促進効果が小さく、自己治癒能力はあまり低減しないことを確認した。

参考文献

- 1) 小出貴夫, 岸利治, 安台浩: 造粒したひび割れ自己治癒材料および高炉スラグ細骨材を用いた自己治癒コンクリートに関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, vol.34, pp.1408-1413, 2012
- 2) (社)日本コンクリート工学協会: コンクリートの試験・分析マニュアル, pp.60, 2000
- 3) 大門正機:『セメントの化学』, 内田老鶴圃, pp.51, 1989