

初期材齢および一年材齢におけるコンクリートに生じたひび割れの自然治癒に関する研究

京都大学工学研究科 学生員 ○富田 貴大

京都大学工学研究科 正会員 河野 広隆

京都大学工学研究科 正会員 服部 篤史

1. はじめに

本研究では、初期および一年材齢のコンクリート供試体におけるひび割れの自然治癒現象を様々な条件下の治癒深さの測定および粉末X線回折による析出物の分析により解明することを目的とした。

2. 実験概要

実験要因を表1に示す。ひび割れ導入時と水分供給条件下での養生後のひび割れ深さの差を「治癒深さ」とし治癒の効果を評価した。

表1 実験要因

ひび割れ導入時期	初期材齢, 一年材齢	
セメント	普通セメント	高炉スラグ置換
W/C(%)	40,50,60	高炉W/B50
水分供給条件	水中養生, 乾湿繰返し養生, 気中養生	
導入ひび割れ幅(mm)	0.3, 0.6	
養生期間(月)	1, 3(水中, 乾湿繰返しのみ), 6	

※乾湿繰返し養生：水中2日＋気中3日

2.1 使用材料

コンクリートの示方配合を表2に示す。高炉スラグ微粉末は粉末度4000である。

表2 コンクリートの示方配合

セメント	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
			W	C	高炉スラグ微粉末	S	G	AE減水剤(cc/m ³)
普通セメント	40	47	185	463	-	790	891	1156
	50	49	185	370	-	862	898	925
	60	51	185	308	-	925	888	771
高炉スラグ置換	50	49	185	185	185	862	898	925

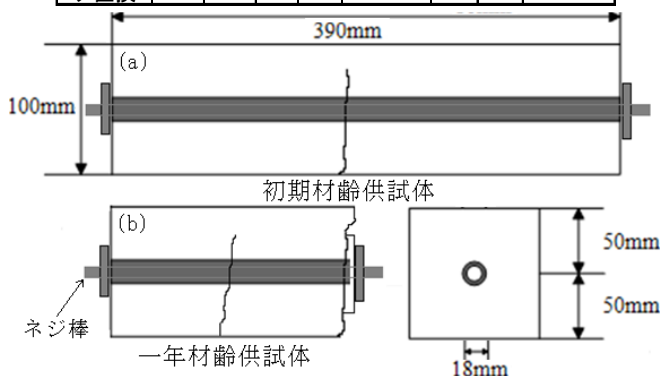


図1 供試体の形状・寸法

2.2 ひび割れ導入、養生およびひび割れ深さの測定

供試体の形状・寸法を図1に示す。初期材齢では図1(a), 一年材齢ではその半片(b)を用い、ひび割れ幅制御のため埋込み塩ビ管を介してネジ棒で拘束しながら載荷しひび割れを導入した。ひび割れの導入およびその後の水分供給条件下での養生は、図2に示す工程で行った。

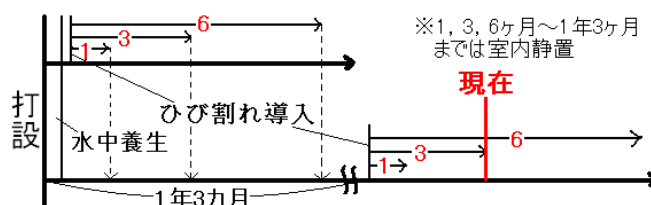


図2 ひび割れ導入時期と養生期間

「治癒深さ」を求めるために、治癒前後のひび割れ深さを測定した。治癒前はひび割れ側面の平均値(図3)を、治癒後はそのひび割れに赤色アクリル絵の具をひび割れ下縁から流し込んだ後、ひび割れ断面について、側面から2, 5および8cmの線上の染まった長さの平均値をひび割れ深さとした(図4)。

3. 実験結果および考察

3.1 治癒深さ

W/Cによらず普通セメントを用いた供試体のひび割れ幅と治癒した深さの関係を図5に示す。治癒物質が期間に比例して生じたと仮定すると治癒深さは導入ひび割れ幅の1/2乗に反比例する。一カ月養生についてその回帰曲線を水中養生と乾湿繰返し養生に区分し



図3 治癒前

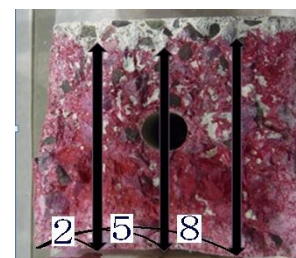


図4 治癒後

キーワード 治癒 自然治癒, 初期材齢, 一年材齢, ひび割れ

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂CクラスターC1棟 構造物マネジメント工学講座 TEL075-383-3321

て示した。導入ひび割れ幅が小さいほど治癒深さが大きい。このことは初期材齢と一年材齢ともに言える。また水中養生のほうが乾湿繰返し養生よりも、初期材齢のほうが一年材齢よりも治癒深さが大きくなる傾向にあった。そして全ての気中養生において治癒は見られなかった。初期材齢では、水中養生と乾湿繰返し養生の1, 3カ月それぞれの平均で見たとき W/C が大きくなるほど治癒が小さくなる傾向があったが、一年材齢ではその傾向は見られなかった。

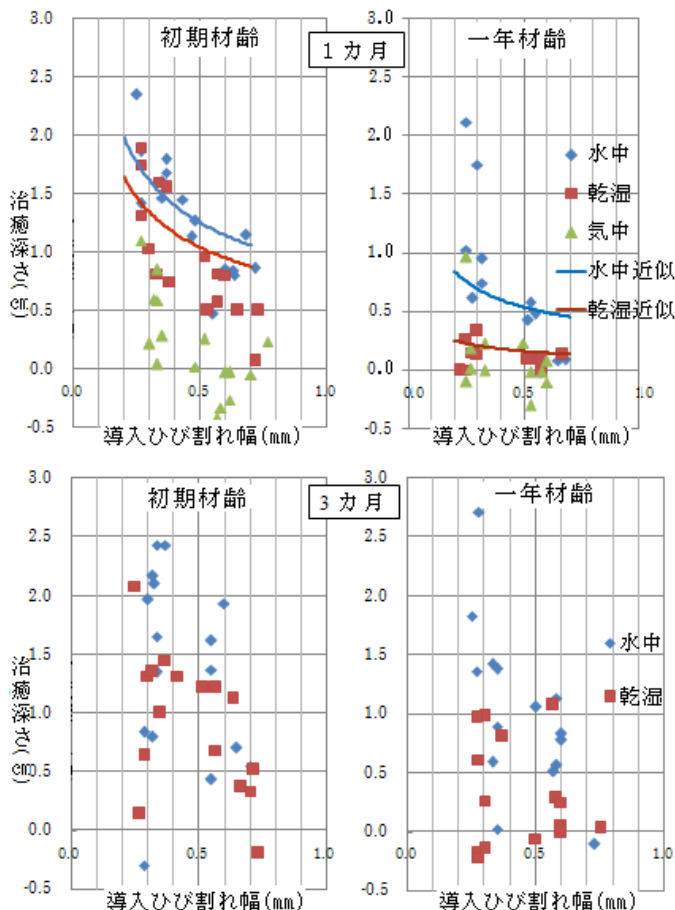


図5 導入ひび割れ幅と治癒した深さの関係

高炉スラグ置換では初期材齢の1カ月後に治癒が生じたもののそれ以降の変化は少なかったが、一年材齢では水中養生の3カ月で大きな治癒が見られた。これは普通セメントと傾向の異なるものであった。高炉セメントは未水和セメント量が少ないこと、ひび割れ面からの治癒の進行が普通セメントよりも早いことが原因である可能性がある。

3.2 治癒物質の析出場所と成分

一年材齢1カ月の水中養生と乾湿繰返し養生供試体の割裂面の写真をそれぞれ図6, 7に示す。非着色部に治癒物質が生じていると考えられるが、ひび割れ先

端付近以外の場所にも非着色部が存在する。その原因を調べるため図の黒丸で囲ったひび割れ先端付近およびひび割れ面付近の白色析出物の同定を粉末X線回折により行った。



図6 水中養生

図7 乾湿繰返し養生

表3に示すように、全ての場所の析出物において炭酸カルシウムが多量に検出された。これが治癒物質の主成分でありコンクリート表面と内部に生じた物質はどちらも自然治癒によるものであることが確認できた。これよりひび割れ面付近では先端付近とは反対に水中養生よりも乾湿繰返し養生で治癒物質が生じやすいと考えられる。またひび割れ先端付近で水酸化カルシウムが検出された。コンクリート中の未水和セメントが反応してセメント水和物として析出した可能性がある。

表3 粉末X線回折による治癒物質の結晶質成分同定結果

鉱物名	試験No.1	試験No.2	試験No.3
Portlandite ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)			++
Calcite (CaCO_3)	++++	+++	++++
Vaterite (CaCO_3)	+	+	+
二水石膏	+		+
石英 (SiO_2)	++	+++	++++
長石類	+	+	+
雲母類	+	+	+

＋の数は析出量の多少を表す

4. まとめ

1. 自然治癒には水分が必須であり、水分供給量が多いほど治癒深さが大きい。気中養生では治癒は見られなかった。
2. 治癒深さを大きくするには、影響の大きい要因順に、ひび割れ幅を小さくすること、ひび割れを導入し水分供給を始めるまでの材齢を短くすること、未水和セメント量を多くすることが有効である。
3. ひび割れ面付近では水中養生よりも乾湿繰返し養生で治癒が生じやすい。

尚、本研究は科研費(20360191)の助成を受けたものである。