

# フライアッシュコンクリートのひび割れ自己治癒効果に関する基礎的研究

名古屋大学大学院 学生会員 ○姜 忠賢  
 名古屋大学大学院 正会員 国枝 稔, 上田 尚史, 中村 光

## 1. はじめに

コンクリート構造物の維持管理に対して関心が高まっている中、ひび割れの自己治癒について多方面で研究が行われている。自己治癒の効果を評価する指標としては、強度の回復、物質移動量の変化（透水、透気）など様々なものがあるが、ひび割れの自己治癒に対してできるだけ感度の高い指標の開発が求められている。本研究では、破壊エネルギー試験によりひび割れを導入し、導入直後の初期剛性が自己治癒によってどの程度回復するかに着目した。初期剛性に着目した理由は、微細ひび割れに対する感度が高い点と、実構造物での自己治癒を想定した場合、剛性の回復が期待できれば、使用性の改善として積極的に利用できる可能性がある点による。これらの指標により、フライアッシュコンクリートの自己治癒効果の評価を試みた。

## 2. 実験概要

対象としたコンクリートは、表-1に示すように普通コンクリートとフライアッシュコンクリートの二種類である。水セメント比はいずれも0.45とし、フライアッシュはセメントの20%(体積)を外割りで添加した。なお、使用したフライアッシュの基本物性を表-2に示す。作製した供試体は、図-1に示すように100×100×400mmの寸法とし、中央部に33mmの切欠きを導入して、3点曲げ試験を実施した。なお、各シリーズにつき4体の試験を実施した。

荷重パターンは、材齢28日に初期荷重を実施し、ひび割れを導入し、再養生を行った。ひび割れの程度は切欠き下端部に設置したクリップゲージの変位、すなわち、CMODが0.05mmとなった段階で除荷した。除荷直後に2次荷重をCMODが0.05mmとなるまで行い、その後再除荷し、所定の養生を行った。図-2に荷重パターンを示す。再養生は、普通コンクリートおよびフライアッシュコンクリートのいずれも治癒効果を促進させるため40℃の温水中にて7日間実施した。さらに、フライアッシュコンクリートについては、20℃の水中養生を63日間実施した。図-3に、当該配合条件におけるフライアッシュの反応率(20℃および40℃)を示す。これによれば、ひび割れ導入時の材齢28日において、約5%のフライアッシュが反応しており、その後40℃で7日間および20℃で63日間養生することで、総反応率が20%程度と同一になる条件とした。

養生後の荷重についても、初期荷重時と同様とし、再養生前の2次荷重と再養生後の3次荷重の荷重-CMOD曲線の初期勾配を自己治癒効果の指標とした。

表-1 各ケースの配合表

	W/C	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				
		W	C	S	G	FA
NC	0.45	170	377	780	903	
FC	0.45	170	377	716	903	58

表-2 フライアッシュの基本物性

二酸化けい素	53.98%
湿分	0.01%
強熱減量	1.00%
密度	2.27g/m <sup>3</sup>
比表面積	3460cm <sup>2</sup> /g
活性度指数	85% (材齢28日)
	100% (材齢91日)

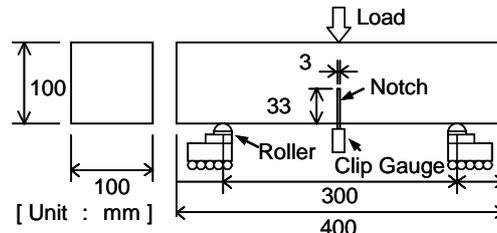


図-1 荷重概要

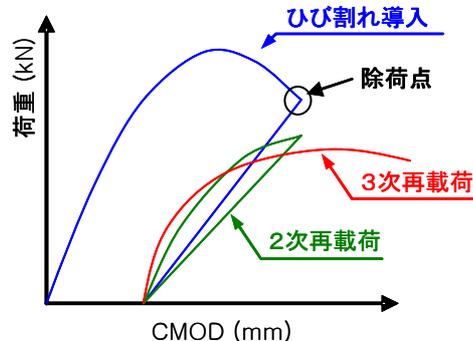


図-2 グラフの定義

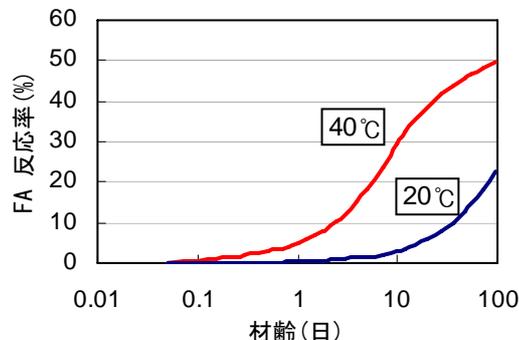


図-3 フライアッシュ反応率

キーワード 自己治癒, フライアッシュ, 3点曲げ試験, 勾配比

連絡先 〒464-8601 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻 材料形態学グループ Tel 052-789-4484

### 3. 実験結果

#### 3.1 対象としたひび割れの確認

本実験で対象としたひび割れがどの程度であるかを把握するため、表-1 に示す普通コンクリートを用いて(5 体の試験体を作製)CMOD が 0.05mm になるまで載荷し、ひび割れ部分にインクを注入してひび割れの深さを確認した。導入されたひび割れからインクが漏れないようにビニルテープでシールし、7 日間持続的にインクを注入してひび割れにインクが十分に浸透するようにした。インク注入後、試験体を載荷により破断させて断面の染色部位の面積を測り、平均ひび割れ深さを測定した。図-4 に、実験にて染色されたひび割れの例を示す。平均ひび割れ深さは 23mm であった。リガメント高さ(はり高さのうち、切欠きを除いた部分の高さ)が約 67mm であることから約 34% の断面にひび割れが入っていることを意味する。

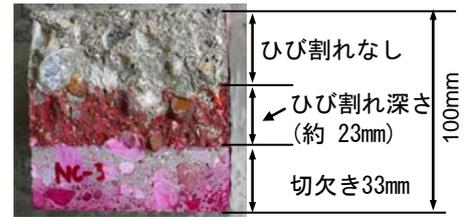


図-4 ひび割れの深さ

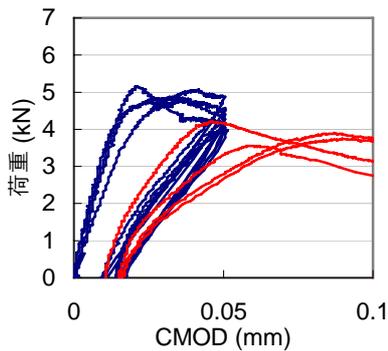


図-5 NC-40°Cの7日間

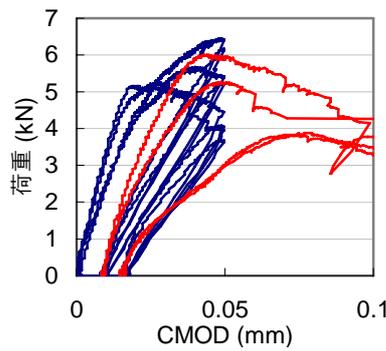


図-6 FC-40°Cの7日間

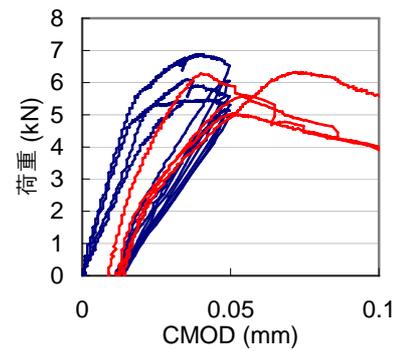


図-7 FC-20°Cの63日間

#### 3.2 荷重-CMOD 曲線

図-5~7 に、実験により得られた荷重-CMOD 曲線(初期載荷, 3次載荷)を示す。初期載荷に関しては、フライアッシュコンクリートの方が、普通コンクリートに比べてやや強度が高いものが多く、相対的にばらつきも大きい結果となった。

#### 3.3 勾配比

2次載荷により得られた初期勾配に対する3次載荷(再養生後)により得られた初期勾配の比を図-8 にそれぞれ示す。それぞればらつきが大きいですが、平均値でいえば普通コンクリートが 1.00, 40°C 温水で養生したフライアッシュコンクリートでは 1.06 であったのに対し、20°C 水中で養生したフライアッシュコンクリートのそれは 1.60 となった。先述のように、フライアッシュの反応率からいえば、両者は同程度になると予想されたが、実際には大きく異なっている。今後詳細は検討が必要であるが、本実験の実験方法および評価指標によれば、自己治癒の効果についてはフライアッシュの反応率だけでは説明できない結果となった。

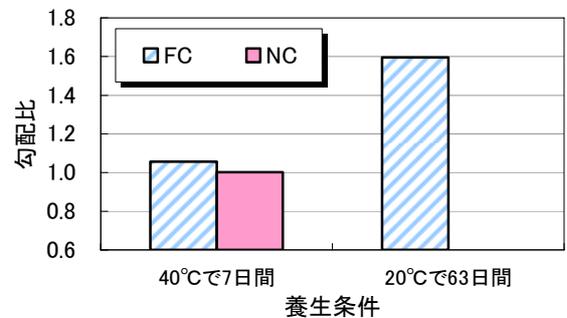


図-8 再養生条件による勾配比

### 4. まとめ

以下に本研究により得られた知見を示す。

- 1) 3点曲げ試験により得られた荷重-CMOD 曲線の剛性を使用した指標により、自己治癒の効果を評価できる。
- 2) この指標によれば、普通コンクリートに比べてフライアッシュコンクリートの方が自己治癒効果が高い。
- 3) フライアッシュの反応率が同一となるように設定した 40°C 温水(7日間)と 20°C 水中(63日間)の養生条件であれば、20°C 水中(63日間)の方が治癒効果が高い結果となった。

今後は、養生条件の違いが自己治癒に与える影響について、水和物などの観点から詳細に検討していく予定である。