

分割練混ぜ方法がフライアッシュコンクリートの自己治癒に及ぼす影響

東京理科大学 学生員 ○松本 泰季

東京理科大学 正会員 三田 勝也

東京理科大学 児玉 総一郎

東京理科大学 正会員 加藤 佳孝

1. はじめに

現在、凍結融解や乾燥等によってかぶりコンクリートに生じた微細ひび割れを、長期的な水和反応が期待できるフライアッシュコンクリートによって閉塞させる自己治癒が期待されている<sup>1)</sup>。一方、コンクリートの練混ぜ方法には、SEC工法に代表されるように、練混ぜ水を分割して添加する練混ぜ方法（以下、分割方式）があり、ブリーディングを低減させ圧縮強度をやや増加させることが知られている<sup>2)</sup>。これは、骨材がマトリックス部分に比べて相対的に水セメント比の低いペーストにより皮殻されているためだと考えられている。本研究では、分割方式がフライアッシュコンクリートの自己治癒に及ぼす影響を把握するため、凍結融解試験および乾湿繰返し試験によりコンクリートを促進劣化させ、その劣化性状および再養生後の回復性状を相対動弾性係数の変化、塩分浸透深さの変化により検討した。

2. 実験概要

練混ぜ方法を図1に示す。練混ぜ方法は、練混ぜ水を分割せずに投入する一括方式、および練混ぜ水を1

次水と2次水の2度に分けて投入する分割方式とした。分割方式の練混ぜでは、1次水と骨材を混合した後にセメントとフライアッシュを投入する分割方式A、およびフライアッシュのみを投入する分割方式Bの2種類について行った。比較として、普通コンクリートを一括方式および分割方式Aにより練り混ぜた。この場合、混和剤には天然樹脂酸塩系AE剤を用いた。練混ぜには容量100ℓのパン型強制練りミキサを使用し、材料投入時はミキサを始動させずに保った。

使用材料を表1に、コンクリートの配合を表2に示す。配合は単位水量および水セメント比を一定とし、練混ぜ方法を一括方式とした場合のスランブおよび空気量がそれぞれ8±2.5cm、4.5±1.5%となるように試し練りにより決定した。1次水量は、1次水量を変化させて行ったブリーディング試験の結果から、ブリーディング率が最小となる1次水結合材比35%と設定した。フライアッシュは単位細骨材量に対する容積割合で15%置換した。なお、供試体寸法は100×100×400mmとし、コンクリートの養生は28日間20℃水中とした。

自己治癒評価のための劣化促進方法として、凍結融

表1 使用材料

| 使用材料    | 記号    | 種類・物性値等                                                                                                                                                       |
|---------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| セメント    | C     | 普通ポルトランドセメント<br>密度3.15g/cm <sup>3</sup> 、ブレン比表面積3440cm <sup>2</sup> /g                                                                                        |
| 細骨材     | S     | 富士川産川砂 密度2.63g/cm <sup>3</sup> 、粗粒率2.92%、吸水率1.63%                                                                                                             |
| 粗骨材     | G     | 秩父両神産砕石<br>密度2.73g/cm <sup>3</sup> 、粗粒率6.78%、吸水率0.44%、最大寸法20mm                                                                                                |
| フライアッシュ | f     | JIS A 6201 II 種灰<br>密度2.28g/cm <sup>3</sup> 、ブレン比表面積3920cm <sup>2</sup> /g<br>SiO <sub>2</sub> 62.9%、湿分0.18%、強熱減量2.0%、フロー値比106%<br>活性度指数（材齢28日）85%、（材齢91日）99% |
| 混和剤     | Ad    | 天然樹脂酸塩                                                                                                                                                        |
|         | Ad(f) | 高アルキルカルボン酸系陰イオン界面活性剤<br>非イオン界面活性剤                                                                                                                             |

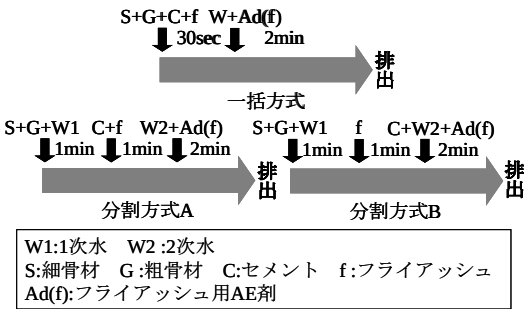


図1 練混ぜ方法

表2 コンクリートの配合

| 記号 | 練混ぜ方法 | W/C (%) | W1/B (%) | s/a (%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |      |     |         |             | スランブ (cm) | 空気量 (%) |
|----|-------|---------|----------|---------|--------------------------|-----|-----|------|-----|---------|-------------|-----------|---------|
|    |       |         |          |         | W                        | C   | S   | G    | f   | Ad      | Ad(f)       |           |         |
| N  | 一括方式  | 55      | —        | 47.5    | 175                      | 318 | 848 | 973  | —   | C×0.02% | —           | 8.5       | 4.1     |
| F  |       |         |          | 46      |                          | 318 | 698 | 1001 | 107 | —       | (C+f)×0.05% | 7.5       | 3.0     |
| NA | 分割方式A |         | 35※1     | 47.5    |                          | 318 | 848 | 973  | —   | C×0.02% | —           | 7.5       | 3.4     |
| FA |       |         | 35※2     | 46      |                          | 318 | 698 | 1001 | 107 | —       | (C+f)×0.05% | 6.0       | 3.4     |
| FB | 分割方式B |         | 35※3     |         |                          |     |     |      |     |         |             | 6.5       | 2.7     |
|    |       |         |          |         |                          |     |     |      |     |         |             |           |         |

※1:W1/C ※2:W1/(C+f) ※3:W1/f

キーワード：フライアッシュ、分割練混ぜ、自己治癒

連絡先：〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学 TEL：04-7124-1501（内線 4054）

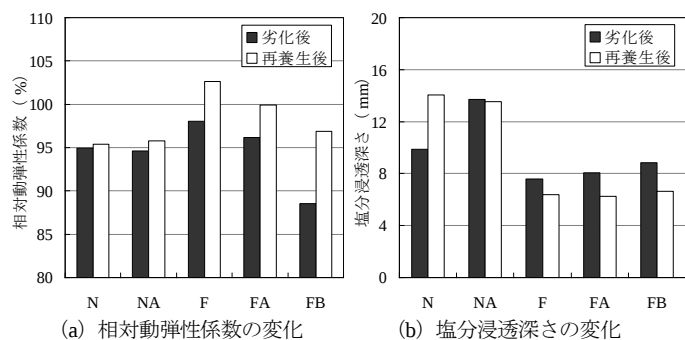


図2 凍結融解試験による劣化促進結果

解試験および乾湿繰返し試験を行った。凍結融解試験はJIS A 1148のA法に準じて216サイクルまで行った。乾湿繰返し試験は、「土木研究所資料第4042号のコンクリートの乾燥潤潤試験方法(案)」を準用して、80℃4日乾燥20℃3日水中を1サイクルとして4サイクル行った。またコンクリートの自己治癒を促進させるために40℃水中の再養生を7日間行った。たわみ振動の1次共鳴振動数の測定はJIS A 1127に準拠した。塩水浸せき試験は、10%NaCl溶液に14日間浸せきさせた後供試体を割裂し、0.1mol/l硝酸銀水溶液を噴霧し、白く呈色した部分の領域深さをノギスで測定した。ひび割れ観察は、蛍光染料を溶解させた超低粘度エポキシ樹脂を真空含浸させ、評価面をコンクリートカッターで切断し、紫外線を照射することで行った。

### 3. 実験結果

凍結融解試験による劣化促進結果を図2に示す。相対動弾性係数はフライアッシュコンクリートで回復程度が大きくなる傾向を示した。練混ぜ方法の影響は、劣化程度が異なり明確に判断することは難しいが、相対動弾性係数の回復はFBで大きい。塩分浸透深さは、フライアッシュを混合することにより再養生後小さくなる傾向にあったが、練混ぜ方法の影響は確認できなかった。

乾湿繰返し試験による劣化促進結果を図3に示す。相対動弾性係数はフライアッシュの有無および練混ぜ方法の違いに関わらず、全てにおいて回復がみられた。劣化程度が大きいものほど相対動弾性係数の回復程度は高くなりFAおよびFBで顕著であった。これは劣化程度が大きいものほど、ひび割れの影響で内部に水分が浸入し易く、セメント系材料が本来持つ自己治癒能力<sup>1)</sup>を発揮しやすくなったためと考えられる。塩分浸透深さは、いずれの場合でも、再養生後に小さくなった。劣化後における塩分浸透深さは25mm~30mm程

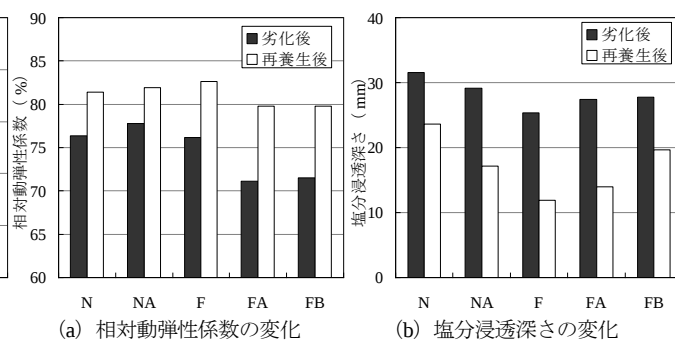


図3 乾湿繰返し試験による劣化促進結果

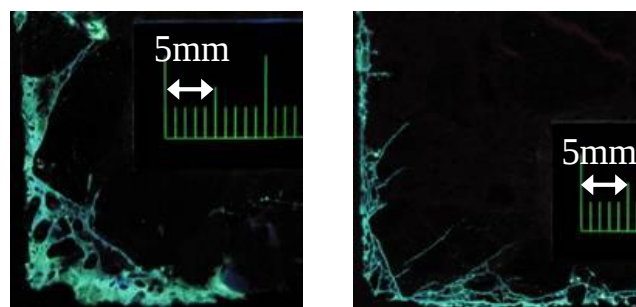


写真1 ひび割れの観察 (FB: 凍結融解試験)

度であるが、回復後における塩分浸透深さは、配合や練混ぜ方法により大きく異なった。写真1はFBのひび割れの様子である。実験当初、分割方式で練混ぜた場合には、骨材界面におけるひび割れが閉塞するものと考えていたが、再養生によりマトリックス内のひび割れが閉塞していた。

### 4. まとめ

凍結融解試験により劣化促進させた場合の相対動弾性係数の回復はフライアッシュ混合のもので大きくなり、分割方式Bで練混ぜたもので最大となった。乾湿繰返し試験により劣化促進させた場合の相対動弾性係数の変化は、配合や練混ぜ方法に関係なく同様な傾向を示した。ひび割れ観察の結果、分割方式で練り混ぜたもののひび割れ閉塞は、骨材界面よりもマトリックス部分で顕著であった。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、飛鳥建設株式会社の平間氏、寺澤氏、岡田氏の多大なる御協力を得た。ここに記して感謝の意を表す。

### 参考文献

- 1) 五十嵐心一ほか：JCI-TCO75B セメント系材料の自己修復性とその利用法研究専門委員会報告書，2009.3
- 2) 伊藤靖郎，辻正哲，加賀秀治，山本康弘：S.E.C.コンクリートの特性と展望，セメントコンクリートNo.410，pp20-29，1981