

## 早強フライアッシュコンクリートの養生条件が耐久性に及ぼす影響

三井住友建設(株) 正会員 ○梶 貢一  
 三井住友建設(株) 正会員 博(工) 樋口 正典  
 三井住友建設(株) 正会員 臺 哲義

キーワード：フライアッシュ, 養生, 吸水速度, 透気試験, 耐凍害性

### 1. はじめに

コンクリート構造物の耐久性向上や二酸化炭素の排出量削減の観点から、セメントの一部を高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの混和材で置換したコンクリートの利用が検討されている。本稿では、PC床版への適用を想定し、早強ポルトランドセメントの一部をフライアッシュで置換したコンクリートの施工において、養生条件の違いが耐久性に及ぼす影響について検討を行った。

### 2. 実験概要

#### 2.1 コンクリートの配合

コンクリートの配合を表-1に示す。コンクリートは、PC床版を想定した呼び強度40のレディーミクストコンクリートとし、早強ポルトランドセメント単味(H)とフライアッシュⅡ種(FA20)を添加した2種類の配合を使用した。フライアッシュを添加し配合は、フライアッシュの置換率を結合材の20%とし、早強単味配合と同等のプレストレス導入時強度が得られるよう水結合材比を35%に低減した。

表-1 コンクリートの配合

	呼び強度	スランプ cm	粗骨材の 最大寸法 mm	W/B %	W/C %	s/a %	FA/B %	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					
								W	C	FA	S1	S2	G
H	40	12	20	38	38	40.1	0	171	450	0	407	271	1052
FA20	40	12	20	35	43	40.8	20	175	400	100	393	262	986

#### 2.2 コンクリートのフレッシュ性状と圧縮強度

コンクリートの圧縮強度を図-1に、フレッシュ性状を表-2に示す。プレストレス導入を想定した初期の強度発現については早強と同等であり、水中養生に伴うそののちの強度増進はフライアッシュコンクリートの方が大きい。封緘養生での強度増進には差がないことを考えれば、フライアッシュコンクリートにおける長期の強度増進を期待する場合には、給水養生が不可欠になると考えられる。

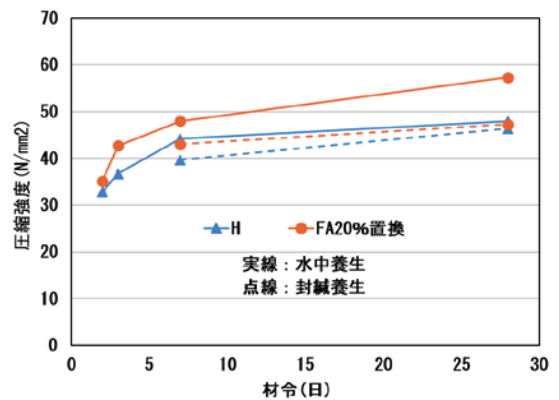


図-1 圧縮強度

#### 2.3 供試体の作製

供試体は900mm×900mm×H250mmの床版を模した供試体とした。打設後の仕上げは、仕上げ補助・養生剤を使用することとし、水性パラフィンワックスを主

成分とするものを使用した。使用量はメーカーによる標準量とし、荒仕上げ時に150ml/m<sup>2</sup>、本仕上げ時に150ml/m<sup>2</sup>とした。

### 2.4 養生条件

仕上げ後、すべての供試体に湿潤マットを布設し給水養生を開始した。湿潤マットの上に保温マットを布設して保温養生を同時に行うものも作製した。湿潤マットは吸水性アクリル繊維を用いたシートをしようし保温マットは両面にアルミ箔を貼り付けた気泡緩衝材を使用した。

養生条件を表-3に、養生の状況を写真-1に示す。養生期間は各水準とも、コンクリート標準示方書(施工編)に示されている早強ポルトランドセメントを使用した場合の標準日数(早強期間)と混合セメントを使用した場合の標準日数(混合期間)の2種類とした。打設時および養生期間における日平均気温が5℃以上であったことから早強期間は5日間、混合期間は12日間とした。図-2に養生中におけるコンクリート表面の温湿度を示す。両配合ともに保温養生を行ったものはピーク温度が高くなっており保温効果が確認された。また、相対湿度も100%を保っており湿潤状態であったことが分かる。

表-2 フレッシュ性状

	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温 度(℃)
H	11	5.5	17.0
FA20	17.5	4.6	17.2

表-3 養生条件

配合	養生方法	養生期間
H	湿潤マット	早強期間(5日間)
		混合期間(12日間)
FA20	湿潤マット+保温マット	早強期間(5日間)
		混合期間(12日間)
FA20	湿潤マット	早強期間(5日間)
		混合期間(12日間)
FA20	湿潤マット+保温マット	早強期間(5日間)
		混合期間(12日間)

### 2.5 試験項目

#### (1) 表層品質試験

耐久性に影響を及ぼすコンクリートの表層品質を評価するため、ダブルチャンバー法<sup>1)</sup>による表層透気試験および表面吸水試験(SWAT)<sup>2)</sup>を実施した。



写真-1 床版養生の状況

#### (2) 引張強度試験

建研式による引張強度試験を実施した。試験は、接着面が40×40mmの鋼製アタッチメントを接着剤で試験面に取り付け、接着剤硬化後、アタッチメントの周囲に切込みを入れてからアタッチメントを引張り、破断荷重から引張強度を求めるものである。

#### (3) スケーリング試験

塩化物環境下における凍結融解抵抗性を確認するために、塩化物環境下における凍結融解に伴うスケーリング試験を実施した。供試体は床版を模した供試体からφ150mmのコアを採取して使用した。

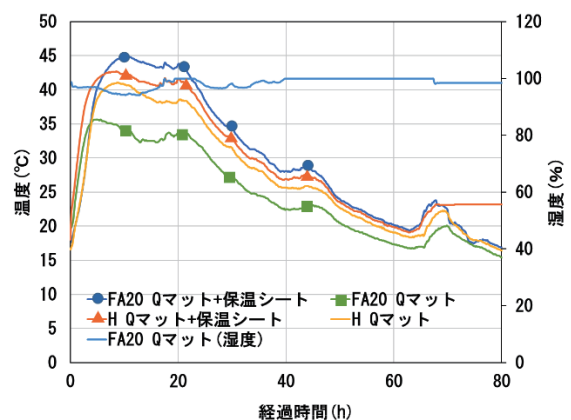


図-2 養生中の表面温湿度

試験は、ASTM C 672に準じて、3%塩化ナトリウム水溶液で表面に水膜を形成した供試体を温度-18±3℃で約16～18時間凍結させたのち、温度20℃で約6～8時間融解させるものであり、これを1サイクル(24時間)とし、5サイクルごとに測定を行った。測定は試験面に溜めた水溶液を取り除き、スクレーリングした破片の質量の測定と試験面の観察を行った。試験の状況を写真-2に示す。



写真-2 スクレーリング試験の状況

### 3. 試験結果

#### 3.1 表層品質試験

表層透気試験の結果を図-3に示す。試験時の表面含水率は3.8～4.0%であった。表層透気係数については、フライアッシュコンクリートの方が少し大きくなる傾向にあるが、表-4に示す透気性評価方法<sup>1)</sup>を参考とすれば、いずれも $0.01 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 以下(優)と小さく、大きな差はないものとする。また、今回の試験の範囲では、保温養生の効果や養生期間の延長などによる効果は確認できなかった。

表面吸水試験の結果を図-4に示す。表-5に示す表面吸水速度のクラス分け<sup>3)</sup>を参考とすれば、10分後の表面吸水速度はいずれも $0.25 \text{ml/m}^2/\text{sec}$ 未満(Low)と小さくなった。表層透気係数同様、今回の試験ではフライアッシュ添加の効果、保温養生や養生期間を延長する事による効果は確認できなかった。

今回の試験では、フライアッシュコンクリートについても、プレストレス導入を想定して初期強度発現が早強と同等になるような配合を設定しており、また養生期間の延長についても比較的短かったことから表層品質の向上は得られなかったが、圧縮強度の結果をみれば、給水養生をさらに長期間行うことによって表層品質の向上も期待できるものとする。

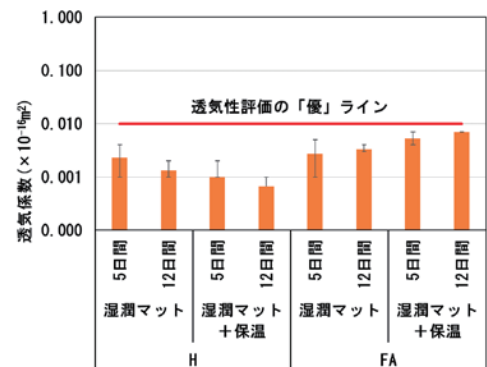


図-3 表層透気試験の結果

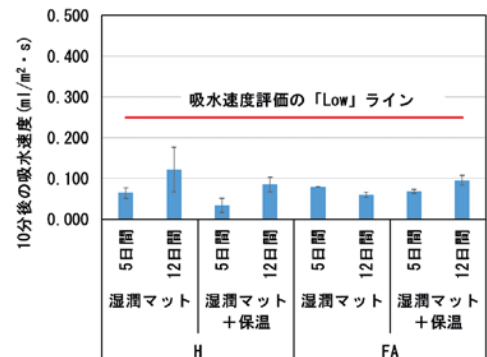


図-4 表面吸水試験の結果

#### 3.2 引張強度試験

引張試験の結果を図-5に示す。破壊形態はすべてコンクリート部分での破壊であった。表層コンクリートの引張強度についても、今回の試験ではフライアッシュ添加の効果、保温養生や養生期間を延長する事による効果は確認できなかった。また、接着強度についても床版面の仕上がり状態の評価基準<sup>4)</sup>である $1.2 \text{N/mm}^2$ 以上ということになり、防水工の接着性についても問題ないことが分かる。

表-4 透気性評価方法

透気係数 (×10 <sup>-16</sup> m <sup>2</sup> )	0.001～0.01	0.01～0.1	0.1～1.0
透気グレード	1	2	3
透気性評価	優	良	一般

表-5 表面吸水速度のクラス分け

吸水速度 (ml/m <sup>2</sup> ・s)	>0.5	0.25～0.5	<0.25
評価	High	Average	Low

### 3.3 スケーリング試験

スケーリング試験の結果を図-6に示す。スケーリング量については、フライアッシュコンクリートで多くなり、養生期間については5日間よりは12日間の方がスケーリング量は多くなった。フライアッシュコンクリートでスケーリング量が多くなった原因としては、空気量の影響が考えられる。早強に比べて空気量が約1%減少したことから、凍結融解抵抗性が低下したことが考えられる。養生期間の延長によりスケーリング量が増加した原因については不明であるが、今後表層付近の気泡間隔係数なども測定し、検討を進めていきたいと考える。

## 4 まとめ

PC床版への適用を想定した早強ポルトランドセメント単味と、その20%をフライアッシュで置換したコンクリートについて、養生条件の違いが耐久性に及ぼす影響について試験を行った。その結果得られた知見を以下に示す。

- (1) 床版面における表層透気係数および表面吸水速度についてはいずれも小さく、今回の試験のからはフライアッシュ添加の効果、保温養生や養生期間を延長する事による効果は確認できなかった。ただし、圧縮強度の結果をみればフライアッシュコンクリートについては、給水養生を長期間行うことによって表層品質の向上が期待できるものとする。
- (2) 床版表層コンクリートの引張強度については、今回の試験ではフライアッシュ添加の効果、保温養生や養生期間を延長する事による効果は確認できなかった。また、床版面の仕上がり状態の評価基準<sup>4)</sup>である1.2N/mm<sup>2</sup>以上の引張強度が確認されたことから、防水工の接着性についても問題ないことがわかった。
- (3) 塩化物環境下における凍結融解に伴うスケーリング量については、早強単味と比較してフライアッシュコンクリートの方が多くなり、養生期間については5日間よりも12日間の方がスケーリング量は多くなった。フライアッシュコンクリートでスケーリング量が多くなった原因としては、早強に比べて空気量が約1%減少し、凍結融解抵抗性が低下したことが考えられる。養生期間の影響については、今後表層付近の気泡間隔係数なども測定し、検討を進めていきたいと考える。

### 参考文献

- 1) 土木学会：構造物表面のコンクリート品質と耐久性能検証システム研究小委員会（335委員会）成果報告書およびシンポジウム講演概要集，pp. 30-36，2008. 4
- 2) 林和彦，細田暁：表面吸水試験によるコンクリート構造物の表層品質の評価方法に関する基礎的研究，土木学会論文集E2，Vol. 69，No. 1，pp. 82-97，2013
- 3) 土木学会：構造物表層のコンクリート品質と耐久性能検証システム研究小委員会（JSCE335委員会）第二期成果報告書およびシンポジウム講演概要集，pp. 155，2012. 7
- 4) 東日本・中日本・西日本高速道路：構造物施工管理要領2017，2-324

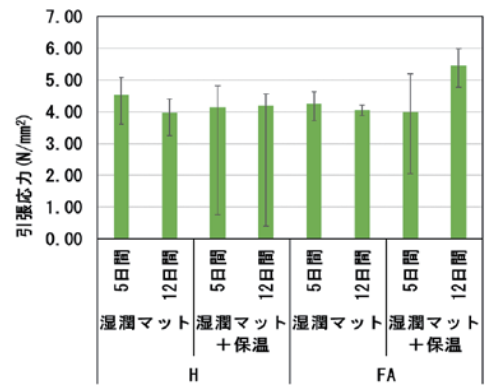


図-5 引張強度試験の結果

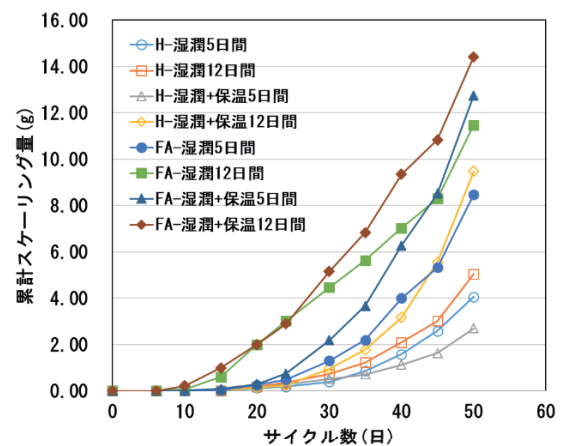


図-6 スケーリング試験の結果