

## 蒸気養生および内部養生したフライアッシュコンクリートの圧縮強度および表層透気係数に対するフライアッシュの貢献度評価

広島大学 学生会員 ○岡本 和馬  
 広島大学 陰迫 良  
 広島大学 正会員 小川由布子  
 広島大学 フェロー会員 河合 研至

### 1. はじめに

近年フライアッシュ(FA)コンクリートのプレキャストプレストレストコンクリート(PCaPC)への適用が検討されている。しかし、蒸気養生後の乾燥による表層品質への影響が懸念されており<sup>1)</sup>、蒸気養生後の湿潤養生が強度改善、表層品質向上の観点から重要とされている。一方、廃瓦による内部養生は、長期的に水分を供給でき、FAコンクリートの力学性能を向上させた報告がある<sup>2)</sup>。また、蒸気養生と併用した際にも強度改善効果が報告されている<sup>3)</sup>。しかし、コンクリートの品質向上に対するFAの貢献度に対する蒸気養生後の水中養生や内部養生の効果を評価している例は少ない。そこで本研究では、蒸気養生および廃瓦による内部養生を行ったコンクリートの強度発現性および表層透気抵抗性へのFAの貢献度をセメント有効係数(k値)を用いて評価することを目的とした。

### 2. 実験概要

表1 コンクリートの配合

#### 2.1 使用材料および配合

セメントには早強ポルトランドセメント(C, 密度 3.14g/cm<sup>3</sup>, 比表面積 4560cm<sup>2</sup>/g), FAはJIS A6201のII種に相当するもの(密度 2.23g/cm<sup>3</sup>, 比表面積 3530cm<sup>2</sup>/g)を用いた。細骨材には砕砂(S, 表乾密度 2.58g/cm<sup>3</sup>)および

配合名	W/(C+FA)	置換率		単位量(kg/m <sup>3</sup> )					
		FA (mass%)	RWFA (vol.%)	W	C	FA	S	RWFA	G
F20S0	0.40	20	0	170	340	85	774	0	902
F20S20			20				619	137	
F0S0		0	0		425	0	774	0	931
F0S20			20				619	137	

廃瓦細骨材(RWFA, 表乾密度 2.25g/cm<sup>3</sup>, 吸水率 9.34%), 粗骨材には砕石(G, 表乾密度 2.66g/cm<sup>3</sup>, 吸水率 0.62%)を用いた。廃瓦細骨材は7日間以上吸水を行った後、表乾状態に調整して使用した。コンクリートの配合を表1に示す。水結合材比は0.40, FAはセメントの質量に対して0%, 20%置換し、廃瓦細骨材は砕砂の体積に対して0%, 20%置換した。目標空気量 5.0±1.0%, スランプ 14.0±2.0cmとし、AE減水剤およびAE剤を用いて調整した。

#### 2.2 養生条件

一般的なPCaPC床版を想定し、供試体は3時間20°Cの前養生後、蒸気を供給しながら10°C/hで50°Cまで昇温した。50°Cで5時間養生した後、蒸気供給を停止し、5°C/hで20°Cまで降温した。24時間後に脱型し、20°C, 60%RHの恒温恒湿室に静置する蒸気養生後気中曝露と、脱型後6日間20°Cで水中養生し20°C, 60%RHの恒温恒湿室に静置する蒸気養生後6日間水中養生の2条件とした。いずれの条件においても、20°C, 60%RHの恒温恒湿室に静置する前に、供試体の曝露面以外はアルミ粘着テープで被覆した。

#### 2.3 実験項目および試験方法

圧縮強度試験はΦ100×200mmの円柱供試体を用いJIS A1108に従って行った。蒸気養生後気中曝露の供試体では、材齢1, 7, 28, 56日、蒸気養生後6日間の水中養生とした供試体では、材齢7, 28, 56日において測定した。

FA反応率の測定では100×100×400mm角柱供試体の曝露面100×400mmの表層0~5mm部分のサンプルを圧縮強度試験と同じ試験材齢に採取した。FA反応率は塩酸および炭酸ナトリウムを用いた選択溶解法<sup>4)</sup>によって求めた。

表層透気試験は100×100×400mm角柱供試体の曝露面100×400mmを対象として、2か所で行った。試験材齢は上記と同様である。試験には、トレント法を使用した。測定時に表面含水率を測定した。

また、圧縮強度および表層透気係数に関するk値の算出は、それぞれがセメント水比の一次関数および指数関数

キーワード セメント有効係数 k 値, フライアッシュ, 蒸気養生, 内部養生, 水中養生

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院先進理工系科学研究科 構造材料工学研究室 TEL 082-424-7786

で表されるとし、この関係を用いてFA コンクリートの圧縮強度および表層透気係数に対する等価水セメント比 $((C/W)_{eq})$ を求めた。この $(C/W)_{eq}$ およびセメント水比 $(C/W)$ 、置換率 $(r)$ を用いて、式[1]により $k$ 値を算出した。

$$k = \left\{ (C/W)_{eq} / (C/W) - 1 \times \{ (1-r) / r \} \right\} \quad [1]$$

### 3. 実験結果および考察

図1に圧縮強度試験結果を示す。以降、図中凡例の $w$ は水中養生を施した供試体を示す。全ての配合において内部養生、蒸気養生後の水中養生による圧縮強度の増加が確認できた。また図2に示すとおり、圧縮強度に関する $k$ 値は1を下回るものの、内部養生、蒸気養生後水中養生を行った場合の $k$ 値は蒸気養生のみ(F20S0)と比べ高い。これは内部養生、蒸気養生後の水中養生により強度発現へFAの貢献度が高くなったことを示唆している。さらにF20S20とF20S0wの $k$ 値が同程度であることから、内部養生と蒸気養生後の水中養生がコンクリートの強度発現に対するFAの貢献度向上に与える影響は同等であることがわかった。

図3にFA反応率と圧縮強度の $k$ 値の関係を示す。内部養生または蒸気養生後の水中養生を行った場合に、FAの反応率が高くなり、 $k$ 値も大きくなった。これより、内部養生または蒸気養生後の水中養生は、セメントの反応のみならず、FAの反応を促進し、圧縮強度へのFAの貢献を高める効果を有することが明らかとなった。

図4にFA20における表面含水率と表層透気係数の関係を示す。内部養生と蒸気養生後の水中養生を行った場合、表面含水率が大きく、表層透気係数は小さくなった。

図5にFA反応率と表層透気係数に関する $k$ 値の関係を示す。蒸気養生後の水中養生によりFA反応率は高くなり、これに伴い $k$ 値も大きくなっている。これは蒸気養生後の水中養生によりFAの反応が促進され、表層品質が改善されていることを示唆している。一方、圧縮強度の場合(図3)と比較すると、FA反応率と $k$ 値の関係は廃瓦の有無で異なっており、表層透気係数およびこれに関する $k$ 値の評価においては廃瓦混入により高く維持される表面含水率の影響を検討する必要がある。

### 4. 結論

蒸気養生後の水中養生および廃瓦の内部養生は、FAの反応を促進し、FAコンクリートの強度および表層透気抵抗性に対するFAの貢献を向上させる効果を有する。

### 参考文献

- (1)大塚浩司ほか: 蒸気養生コンクリートの耐久性に及ぼす表面微細ひび割れの影響, 土木学会論文集, Vol.38, No.585, pp.97-111, 1998. (2)温品達也ほか: 廃瓦の内部養生によるフライアッシュ混入コンクリートの性能向上に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.241-246, 2009. (3)村岸祐輔ほか: 蒸気養生したフライアッシュコンクリートの耐久性に対する廃瓦粗骨材の内部養生効果, セメント・コンクリート論文集, Vol.68, No.1, pp.337-344, 2014. (4)大沢栄也ほか: フライアッシュ-セメント系水和におけるフライアッシュの反応率, セメント・コンクリート論文集, No.53, pp.96-101, 1999.

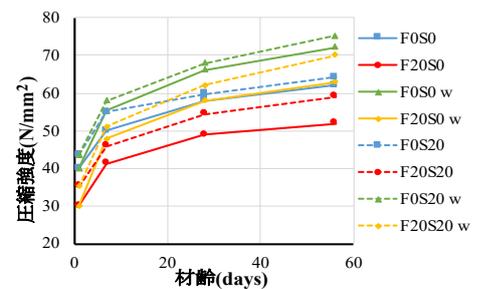


図1 圧縮強度

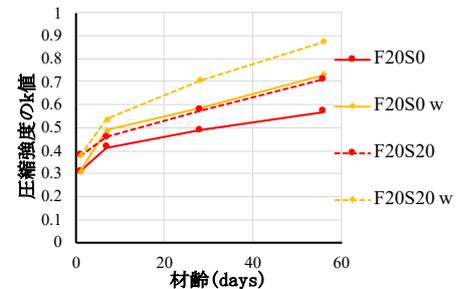


図2 圧縮強度の $k$ 値

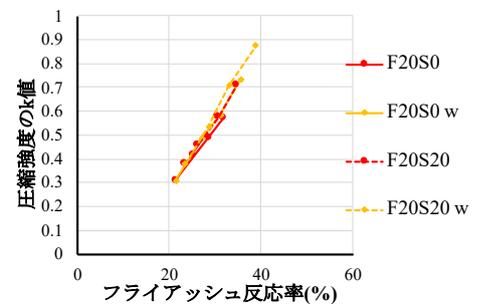


図3 圧縮強度の $k$ 値とFA反応率の関係

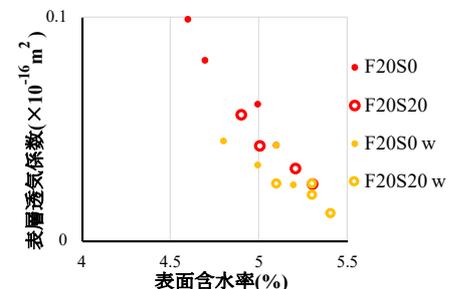


図4 表層透気係数と表面含水率の関係

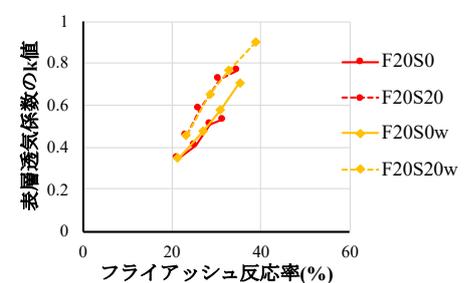


図5 表層透気係数の $k$ 値とFA反応率の関係