

蒸気養生したフライアッシュコンクリートの表層品質に対する廃瓦細骨材の影響

広島大学 学生会員 ○鈴木 慎也
 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

フライアッシュ（FA）は石炭火力発電の副産物であり、コンクリートの混和材として使用することで長期強度増進などの様々な効果が期待できる¹⁾。しかし、初期強度の低下などの課題により、FAをコンクリート混和材として一般の構造物に活用した例は多くない。これに対し、高温の蒸気を用いて反応を促進させる蒸気養生によるFAコンクリートの初期強度の向上が確認されている²⁾。一方、コンクリートを蒸気養生すると、その過程またはその後の気中二次養生過程において表面部に微細なひび割れが生じ、劣化因子が侵入しやすくなり、コンクリート構造物の耐久性が低下するとの報告もある³⁾。コンクリートの品質改善方法の一つに内部養生が挙げられる。日本では製造時の規格外瓦の内部養生材としての活用が検討されており、コンクリートの圧縮強度増加、物質移動抵抗性向上などの効果が報告されている⁴⁾。蒸気養生したFAコンクリートの物質移動抵抗性向上の方法としても、廃瓦骨材による内部養生が検討されている⁵⁾ものの、物質移動抵抗性と強く関連するコンクリートの表層品質に与える内部養生効果を検討した例はほとんどない。コンクリート混和材としてFAの活用を促進させるためには、蒸気養生したFAコンクリートの表層品質に与える廃瓦の影響を解明する必要がある。そこで本研究では、蒸気養生したFAコンクリートを対象とし、表層品質に対する廃瓦細骨材の影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

セメントには早強ポルトランドセメント、FAはJIS R 6201のⅡ種に分類されるものを用いた。コンクリートの単位水量および水結合材比はそれぞれ170 kg/m³および0.40とした。FA置換率はセメントの質量に対して0%および20%(F0, F20)、廃瓦細骨材置換率は砕砂の体積に対して0%および20%(S0, S20)とし、F0S0, F0S20, F20S0, F20S20の4配合のコンクリートを作製した。廃瓦細骨材は7日以上浸水させ、表乾状態にして使用した。目標スランプは14.0±2.0cm、目標空気量は5.0±1.0%とし、混和剤を用いて調整した。コンクリート供試体は100x100x400mmの角柱とΦ100x200mmの円柱を作製した。蒸気養生は3時間20℃で前養生し、蒸気を供給しながら10℃/時で最高温度50℃まで昇温した。その後50℃で5時間養生し、蒸気供給を停止し、5℃/時で20℃まで降温した。24時間後に脱型し、その後は20℃、60%R.H.の室内に静置した。

検討項目は表層透気係数、表面含水率、質量変化、細孔径分布、中性化深さとした。表層透気係数はトレント法を用いて求め、表面含水率はコンクリート水分計を用いて測定した。また、細孔径分布は水銀圧入式ポロシメータを用いて測定した。さらに、耐久性を評価する中性化深さは材齢28日の供試体を用い、促進中性化（温度20℃、湿度60%、CO₂濃度5%）を行って測定した。

3. 実験結果および考察

図1に表面含水率の経時変化を示す。F20S20は材齢の経過に伴う表面含水率の低下が顕著であり、廃瓦細骨材を用いた場合乾燥が早いことが分かる。一方、FAを混和していない場合には、廃瓦細骨材による表面含水率の顕著な低下はなかった。図2に表層透気係数(kT)の経時変化を示す。F20S20はF20S0に比べ材齢28日以降のkTが若干大きくなった。一方、FAを混和していない場合には、材齢56日以降、廃瓦細骨材の混入によりkTが小さくなる傾向にあった。

キーワード フライアッシュ、廃瓦骨材、表層透気性、内部養生、中性化、細孔構造

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
 TEL082-424-7786

図3にkTと表面含水率の関係を示す。同一表面含水率で比較すると、FAの有無に関わらず廃瓦細骨材を置換した場合、廃瓦無置換よりもkTが小さい。廃瓦細骨材の内部養生により細孔構造が緻密になり、表層透気抵抗性が向上したと考えられる。

図4に暴露面から0-5mmの層について透気性に影響を与えるとして示している $\phi 100\text{nm}$ 以上の細孔量をkT（プロット、右軸）と共に示す。F20S20はF20S0に比べ、すべての材齢において100nm \sim 10 μm の細孔量が小さくなっているがkTは同程度であった。廃瓦細骨材の内部養生効果によってセメントやFAの反応が促進され、細孔構造は緻密になるものの、表面含水率の低下が大きくkTは低減していないと考えられる。また、これより以深では、0-5mmと同様に廃瓦細骨材を置換した場合に細孔量が小さくなった。

図5に中性化深さを示す。FAを置換した場合、廃瓦細骨材置換によらず中性化深さはほぼ同等であり、FA無置換の配合では廃瓦細骨材を置換したほうが無置換の場合に比べ小さい値を示した。FAコンクリートでは同材齢において廃瓦細骨材によるkTの低減は確認されず、中性化抵抗性への影響も小さかったといえる。

4. 結論

廃瓦細骨材を置換した配合は無置換の配合と比べ内部養生効果により細孔構造が緻密になり、同一表面含水率時におけるkTは小さくなり、表層透気抵抗性の向上が確認された。一方、同一材齢において評価した場合、FAを混和したコンクリートに廃瓦細骨材を使用すると表面含水率が低くなり、kTや中性化抵抗性への影響はほとんど見られなかった。

参考文献

- 1) V.Sivasundaram, G.G.Carette, V.M.Malhotra: Long-term strength development of high-volume fly ash concrete, Cement and Concrete Composites, Vol.12, No.4, pp263-270, 1990.
- 2) 富山潤ほか: 蒸気養生を受けるフライアッシュコンクリートの強度発現特性に関する基礎研究, セメント・コンクリート論文集, Vol.66, No.1, pp. 359-366, 2012.
- 3) 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.1998, No.585, pp. 97-111, 1998.
- 4) 鈴木雅博ほか: 廃瓦粗骨材を用いた超高強度コンクリートの変形と拘束応力に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.1, pp. 651-656, 2007.
- 5) Ogawa, Y. et al: Effects of porous ceramic roof tile waste aggregate on strength development and carbonation resistance of steam-cured fly ash concrete, Construction and Building Materials, Vol-236, 2020.
- 6) 内川浩: セメントペーストと骨材の界面の構造・組織がコンクリートの品質に及ぼす影響, コンクリート工学, Vol.33, No.9, 1995.

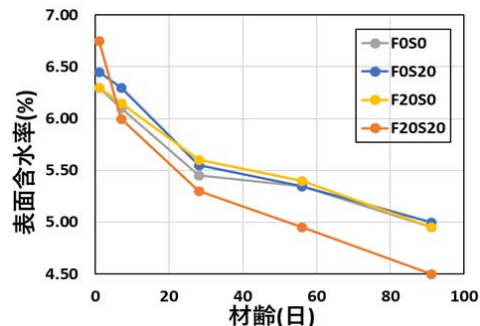


図1 表面含水率の変化

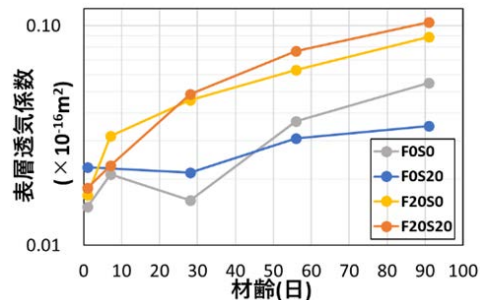


図2 kTの変化

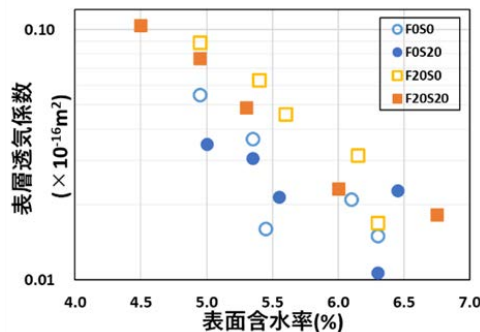


図3 kTと表面含水率の関係

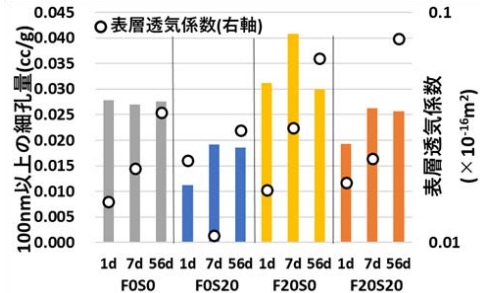


図4 暴露面から0-5mmにおける100nm以上の細孔量とkT

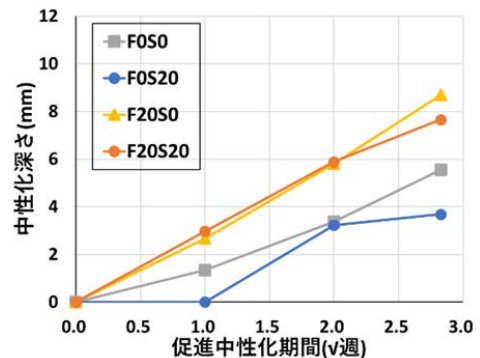


図5 中性化深さの変化