

蒸気養生したフライアッシュコンクリートの表層透気係数に対する廃瓦粗骨材の内部養生効果

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)は産業副産物でありながらポゾラン反応性を持ち、コンクリート用混和材としての利用が望まれているが、初期強度の低下といった欠点があるため利用率は低い。蒸気養生は、材齢初期からFAの反応を促進しFAコンクリートの初期強度を増加できると報告¹⁾されているが、コンクリート組織を多孔的にするとの報告²⁾もある。さらに、蒸気養生後に乾燥を受けることにより微細ひび割れが発生・成長するとの報告もある³⁾。一方、長期的な湿潤養生方法の一つとして適度な吸水率と破砕値を有する廃瓦骨材による内部養生が検討されている。蒸気養生したFAコンクリートの品質改善を目的として廃瓦の置換による内部養生を施した場合、コンクリートの強度増加や中性化抵抗性向上⁴⁾などの報告はあるが、蒸気養生したFAコンクリートの表層透気係数や表層の細孔構造に対する乾燥の影響およびそれに対する廃瓦の内部養生効果について検討した例は少ない。そこで、本研究では蒸気養生したFAコンクリートの表層に着目して蒸気養生後の表層透気係数および乾燥を受ける細孔構造に対する廃瓦の内部養生効果について検討した。

2. 実験概要

セメントには早強ポルトランドセメント、FAにはJIS A6201のⅡ種相当品を用いた。コンクリートの単位水量および水結合材比はそれぞれ170kg/m³および0.40とした。FAの置換率は0mass%, 20mass%(FA0, FA20)とし、FAを置換したコンクリートでは粗骨材の20vol%(G20)を廃瓦に置換し、FA0S0, FA20S0, FA20G20の3配合を用意した。廃瓦粗骨材は7日以上浸水させ、表乾状態にして使用した。目標空気量は5.0±1.0%, 目標スランプは14.0±2.0cmとした。養生条件は蒸気養生後気中養生とし、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.の環境にて静置した。脱型後、所定の材齢にてダブルチャンバー法による表層透気試験および表面含水率の測定を行い、材齢28日より促進中性化試験(20℃、60%R.H., 5%CO₂)を開始した。また、材齢91日の供試体の暴露面から20mmまで5mmごとの試料を採取し、水銀圧入法による細孔径分布測定を実施した。なお、比較のため蒸気養生後封かん養生した供試体についても材齢91日において細孔径分布試験を行った。

3. 実験結果および考察

図1に表層透気係数(kT)と表面含水率の関係を示す。いずれの配合も表面含水率の低下に伴いkTが増加する傾向にあった。内部養生の有無にかかわらず、気中養生の期間が長くなるにつれて供試体表面の水分が逸散し、透気性が高くなることを示している⁵⁾。同程度の表面含水率時のkTを比較すると、FA20G0のkTはFA0G0のkTに比べ全体的に高くなる傾向を示した。これは、FA20G0はFA0G0に比べて表層組織が粗であったためと考えられる。一方、FA20G20のkTはFA20G0のkTに比べ全体的に低くなる傾向を示し、FAコンクリートに廃瓦を置換したFA20G20では表層品質は改善されることが示唆された。

図2に促進中性化試験の結果を示す。FA20G0はFA0G0に比べ試験材齢の経過に伴う中性化の進行が顕著であった。FAを混和した場合、セメント量の減少によるCa(OH)₂量の減少に加え、上述のとおりkTも大きく、CO₂の侵入がしやすくなったと考えられる。一方、FA20G20の中性化深さはFA0G0と同程度であった。これは廃瓦の内部養生効果によりkTが低下し、CO₂の侵入が抑制されたことによるものと考えられる。

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 TEL 082-424-7786

図3に材齢91日における累積細孔量の結果を示す。いずれの配合もコンクリート表層から内部にかけて累積細孔量が減少しており、コンクリート表層に近いほど粗大な細孔構造が形成された。FA20G20ではFA20G0に比べ0.5mm以外の深さにおいて透気性に影響を与えたとの報告がある⁶⁾直径100nm以上の径を有する細孔量が減少している。ポゾラン反応の進行に伴い直径100nm以上の径を有する細孔が減少し、直径100nm以下の細孔が増加する⁷⁾との報告を考慮すると、廃瓦の内部養生効果によりポゾラン反応が促進されたと考えられる。また、蒸気養生後封かん養生した場合(図中 seal)の細孔構造については、FA20G20が他の配合と比べ直径50nm以下の細孔が多く緻密であった。一方、表層の各深さと蒸気養生後封かん養生した場合の細孔構造を比較すると、FA20G20はいずれの深さにおいても封かん養生の場合と比べ直径50nm以上で粗大な細孔の割合が増加した。内部養生した場合に表層の広い範囲で粗大な細孔が残存した原因として、表層域の内部養生水の逸散が考えられる。FA20G20は他の配合に比べ水分の逸散量が多く、乾燥の影響を広い範囲において受けたと考えられる。

4. まとめ

蒸気養生したFAコンクリートに廃瓦を置換した場合、内部養生効果により表層の細孔構造が緻密になり表層透気抵抗性が向上し、中性化抵抗性も向上した。廃瓦の内部養生効果によって、透気性に影響を及ぼす直径100nm以上の径を有する細孔量が減少した。

参考文献

- 1) 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)
- 2) Ho, D. W. S. et al.: Steam-cured concrete incorporating mineral admixtures. Cement and Concrete Research, Vol.33, No.4, pp595-601(2003)
- 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.38, No.585, pp.97-111(1998)
- 4) 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)
- 5) 蔵重勲ほか：透気係数の含水依存性を考慮したコンクリート表層品質の非破壊評価法の一提案，セメント・コンクリート論文集，Vol.65，No.1，pp.225-232(2011)
- 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品質に及ぼす影響，コンクリート工学，Vol.33, No.9(1995)
- 7) Mehta, P.K.: Studies on blended Portland cements containing Santorin earth, Cement and Concrete Research, Vol.1, pp.507-518(1981)

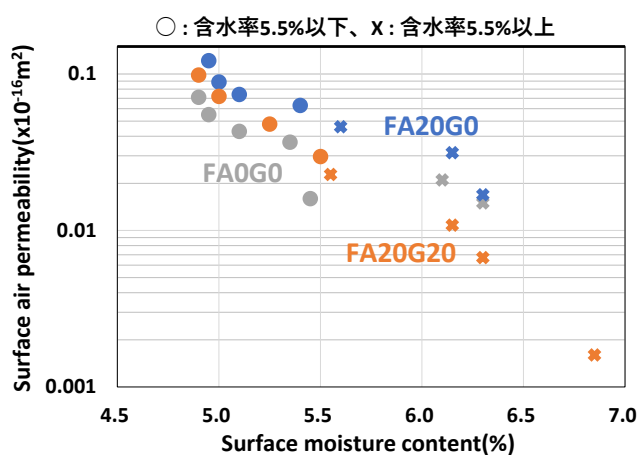


図1 表層透気係数と表面含水率の関係

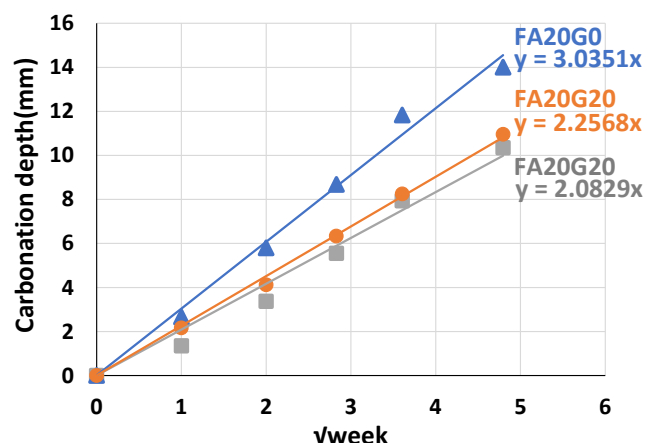


図2 中性化深さ

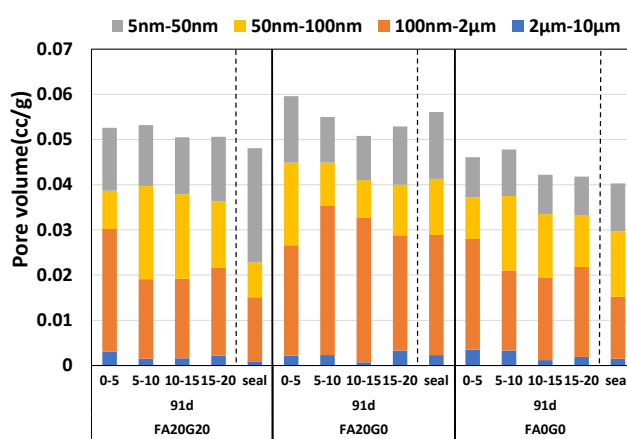


図3 材齢91日における累積細孔量