

フライアッシュ造粒砂を用いた硬化コンクリートの品質について

愛媛大学工学部 学生会員 ○木下雄司、愛媛大学工学部 茅本憲
愛媛大学大学院理工学研究科 正会員 氏家勲、愛媛大学工学部 正会員 川口隆

1、はじめに

コンクリートの細骨材である海砂・川砂は、採取規制・禁止されるようになった。そこで安定生産が見込まれる砕砂が、コンクリート細骨材の主へと推移している。一方、副産物をリサイクルすることが法的に規制されるようになってきた。フライアッシュを活用することは、循環型社会形成に貢献する観点から、有効利用の促進が望まれている。フライアッシュは副産物であるが故、その有効利用が環境負荷評価低減に資することは明らかである。そこで、本研究では、フライアッシュ造粒砂を用いた硬化コンクリートの品質について、収縮ひずみ・耐凍害性・透気性・中性化・浸透性の耐久性能に関係する品質について比較・検討を行った。

2、実験方法

2-1 乾燥収縮試験¹⁾

乾燥収縮に使用する直方体の供試体の2側面(10×40cm)にコンタクトチップ(標点)を1面につき2個取り付け、その標点間距離を測定した。また、標点間距離は250mmと設定した。なお、温度20℃(平均湿度約40%R.H.)の条件下で試験を行った。

2-2 凍結融解試験²⁾

一定の温度条件(凍結:温度-18℃、融解:温度5℃)で凍結融解の繰り返しを行う。本研究では、波動法による動弾性係数と重量変化を測定し、品質の相対的変化や劣化の進行を追跡した。1回の凍結融解を1サイクルとし、約30サイクルごとに供試体を取り出しそれらを測定した。

2-3 中性化促進試験³⁾

断面10×10cmの供試体を用い、材齢28日まで標準養生した後、20℃の実験室内で28日間乾燥させてから温度20℃、湿度60%R.H.で炭酸ガス濃度を5%に高めて促進中性化を行った。

2-4 透気試験

透気試験は定圧方法を用いた。一定圧力の空気を供試体に作用させ、空気の流れが定常となった後に透気量を測定し、Darcy則より透気係数を求める方法である。コンプレッサーより圧力容器内に空気を流して0.2N/mm²の空気圧を与え、供試体を透過した空気の透気量を測定した。なお、空気圧を与えて間もなくは透気量が不安定なため、安定する2時間後に測定した。

2-5 塩化物イオンに対する実効拡散係数の試験⁴⁾

試験は20℃実験室で供試体を電気泳動セルにセットし、直流安定電源で直流定電圧15Vを電極間へ印加する。陽極側の塩化物イオン濃度の増加割合が一定になる定常状態まで継続する。電気泳動試験中は、所定の間隔で電流値、供試体面の電位差および陰極側、陽極側の塩化物イオン濃度を測定する。本研究では、24時間の間隔で測定した。

3、配合

実験に使用したコンクリートの示方配合を表1に示す。なお、これは鉄筋コンクリートに用いることのできる強度30N/mm²の基準を満たすコンクリートである。さらに2-1、2-2、2-4で比較のために用いた同程度の強度を持つ普通コンクリートの示方配合を表2に示す。

表1 フライアッシュ造粒砂を用いたコンクリートの示方配合

W/CN	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					空気量 調整剤 (%)	AE減水剤 (%)	スランプ値 (cm)	空気量 (%)
		水	セメント	フライ アッシュ 造粒砂	砕砂	砕石				
50	47	158	316	385	297	967	0.7	0.25	6.5	5.4

表2 普通コンクリートの示方配合

W/CN	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				空気量 調整剤 (%)	AE減水剤 (%)	スランプ値 (cm)	空気量 (%)
		水	セメント	砕砂	砕石				
65	50	170	262	896	907	0.2	0.5	7.1	4.7

4、実験結果・考察

4-1 乾燥収縮

乾燥収縮によって得られた乾燥材齢と収縮ひずみの関係と、それぞれ予測式により求めた収縮ひずみの値と比較し

た。その結果、図1より65%をフライアッシュ造粒砂に置換したコンクリート（以下FAコンクリートと呼ぶ）は普通コンクリートと同様に乾燥収縮に関する示方書の式での乾燥収縮ひずみの予測式を適用することができる。また、図2を見ると同じ重量減少量で比較したとき、FAコンクリートのほうが、乾燥収縮ひずみが小さいことがわかる。これは吸水率の大きなフライアッシュを使用しているため、吸水した分の水分が抜けても体積に変化がなく、収縮ひずみにさほど影響がでなかったためと考えられる。

4-2 凍結融解

図3より、サイクル数が210回ではあるが、相対動弾性係数が60%を下回らなかったため、FAコンクリートはコンクリートの耐凍害性の評価に用いる「凍結融解試験方法(JIS)」で定められている性能があることがわかる。しかし、相対動弾性係数は評価を満たす性能があったものの実験中の供試体を見ると表面はひどく劣化していた。劣化は動弾性係数に関わらず進行していて、表面状態の観点からは耐久性能を満足しているとは言いがたい。表層に近い部分から次第に劣化していくため、吸水率の高いフライアッシュ造粒砂を用いているため表面の劣化が顕著に表れたと考えられる。

4-3 中性化および透気性

中性化促進試験の結果より、中性化速度係数を求めると $3.84\text{mm}/\sqrt{\text{年}}$ で、土木学会の示方書の中性化速度係数の計算式を用いて本実験の普通コンクリートの中性化速度式を求めると $2.67\text{mm}/\sqrt{\text{年}}$ であった。従って、FAコンクリートは中性化しやすいため、普通コンクリートと比べ、1.4倍程度のかぶりを厚くする必要がある。

さらに、透気試験の結果の図4を見ると、同じ空隙率で比較すると普通コンクリートと比べ、FAコンクリートは透気係数が大きくなった。この両実験からFAコンクリートの密実性が低いという弱点が現れた。

4-4 浸透性

実効拡散係数から、見掛けの拡散係数を求めると $0.90\text{cm}^2/\text{年}$ となり、示方書を用いて普通コンクリートの拡散係数を算出すると水セメント比50%で $1.33\text{cm}^2/\text{年}$ 、水セメント比65%で $3.41\text{cm}^2/\text{年}$ と、性能が高いことがわかる。これは供試体を水で飽和させてからの試験のため、ポゾラン反応により密実性が向上したと考えられる。

5、結論

FAコンクリートの乾燥収縮ひずみと塩化物イオン拡散係数は、同程度の強度を有するコンクリートと比較して同じかやや小さい値であった。耐凍害性、透気性、中性化については、FAコンクリートの方が耐久性能に関係する品質が普通コンクリートに比べて劣る。従って、凍結融解作用の影響が小さい地域での使用や、中性化に関してはかぶりを厚くすることや中性化を抑制するために塗料などを用いて表面をコーティングするなどの工夫が必要となる。

参考文献 1) 土木学会：コンクリート標準示方書(基準編)、pp316-322、2002、2) 土木学会：コンクリート標準示方書(基準編)、pp323-327、2002、3) 日本建築学会：高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針(案)・同解説、pp.179-184、1991、4) コンクリート委員会規程関連小委員会：土木学会規程「電気泳動によるコンクリート中の塩化物イオンの実効拡散係数試験方法(案)(JSCE-G571-2003)」の制定、土木学会論文集、No.767/V-64、pp1-9、2004。

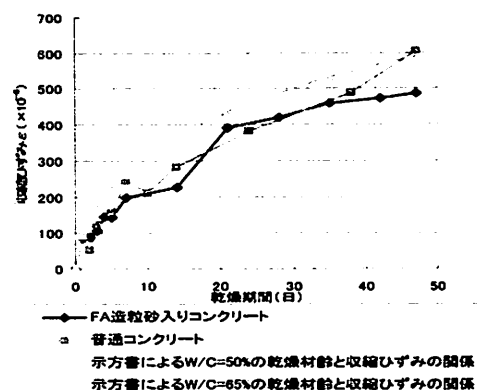


図1 乾燥収縮ひずみの経時変化

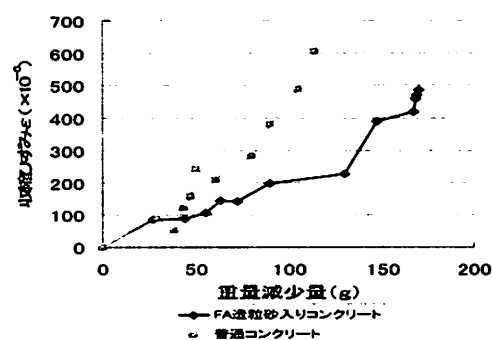


図2 乾燥収縮ひずみと重量減少量の関係

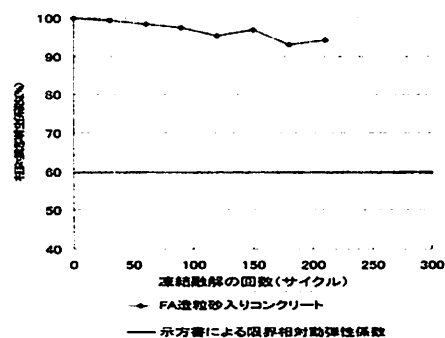


図3 相対動弾性係数とサイクル数の関係

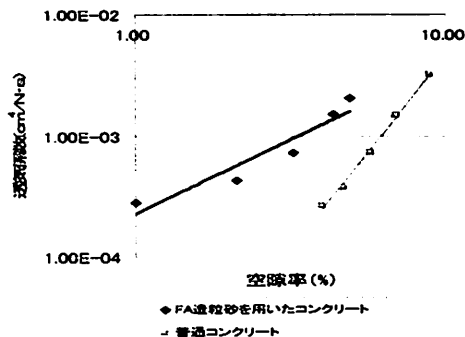


図4 透気係数と空隙率の関係