

PS 灰造粒砂を用いたコンクリートの耐久性能について

愛媛大学 学生員 ○青木勝哉 正会員 氏家勲 正会員 安原英明 正会員 木下尚樹 正会員 川口隆
(株)予州興業 正会員 松尾暁

1. はじめに

愛媛県では、東予地方において基幹産業である製紙業が盛んであり、特有の産業廃棄物である製紙汚泥焼却灰（以下、PS 灰と称す）は、現在、再資源化のためセメント材料及び造粒加工し地盤改良材などに用いられている。しかし、今後さらに PS 灰を資源として捉え、普及させるためにその適用範囲を広げ、新たな利用方法の確立が必要である。また、コンクリート用骨材は、瀬戸内海の手砂採取禁止が進み、安定生産が見込まれる砕砂へと移行している。しかし、天然資源を大量消費するため、環境負荷低減が強く求められている。

これらの背景から、造粒加工された PS 灰（以下、PS 灰造粒砂と称す）（表乾密度 1.64g/cm^3 ，吸水率 52.2%）を細骨材として用いた硬化コンクリートについて、強度・変形特性、収縮ひずみ、耐凍害性、透気性の耐久性能を評価した。

2. 実験方法

2-1 圧縮強度

供試体は、細骨材の砕砂と PS 灰造粒砂の置換率を 60%，80%，100%と変化させ 3 種類用いた。各コンクリートの配合表を表-1 に示す。養生は標準養生（温度 20°C の水中養生）を行い、すべての材齢は 28 日とした。圧縮強度試験については、「供試体作製」JIS A 1132，「載荷試験」JIS A 1108 に規定されている方法で行った。また、ひずみ測定器具（コンプレッソメーター）を付け、変位も同時に測定した。

2-2 乾燥収縮試験¹⁾

乾燥収縮に使用する直方体の供試体（ $10\times 10\times 40\text{cm}$ ）の 2 側面（ $10\times 40\text{cm}$ ）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°C （平均湿度約 40%R.H.）の条件下で試験を行った。

2-3 凍結融解試験¹⁾

一定の温度条件（凍結：温度 -18°C ，融解：温度 5°C ）で凍結融解を繰り返し行う。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、30 サイクルごとに供試体を取り出し、それらを測定した。

2-4 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/mm^2 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。

表-1 配合表

PS置換率 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					AE減水剤 (%)	AE剤 (%)	スランプ (cm)	Air (%)
			W	C	s(PS)	s(砕砂)	G				
60	50	50	170	340	336	348	897	0.6	0.03	8.5	4.0
80	50	50	165	330	453	176	908	0.3	0.03	13.5	3.2
100	50	50	160	320	573	0	919	0	0.03	12.0	4.0

3. 実験結果及び考察

3-1 強度・変形特性

圧縮強度試験時における、PS 灰造粒砂置換率ごとの応力 - ひずみ関係を図-1 に示す。置換率を下げてでも強度に大きな向上は見られないことが分かる。これは PS 灰造粒砂が、一般的な細骨材に比べ軽量で吸水率が高く、ポーラスな構造であるため、置換率を下げてでも PS 灰造粒砂の部分から変形・破壊が起こり、強度の向上に影響を与えたと考えられる。また、ひずみについても同様の理由から大きかったと考えられる。

3-2 乾燥収縮

置換率 60%の供試体の乾燥収縮試験による、乾燥材齢と収縮ひずみの関係と、示方書による W/C=50%の予測式より求めた収縮ひずみの値を図-2 に示す。PS 灰造粒砂を用いたコンクリートは、予測式を大きく上回っていることが分かる。これは PS 灰造粒砂の吸水率が高く、一般的なコンクリートよりも水分量が多いことから、乾燥による重量減少量が増え、ひずみが増加したと考えられる。

3-3 凍結融解

置換率 60%の凍結融解試験の結果を図-3 に示す。相対動弾性係数は大きく減少することなく、限界相対動弾性係数の 60%を上回っており、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を満たしていることが分かる。しかし、表面層の劣化が激しく、スケーリングが起こっている。原因として吸水率が高い PS 灰造粒砂により、コンクリート中の水分量が増加したことで、表面層の劣化が進行したと考えられる。

3-4 透気性

透気試験の結果を図-4 に示す。PS 灰造粒砂置換率 60%のコンクリートと一般的な普通コンクリートとを比べると、透気係数は大きく、密実性が低いという特徴があげられる。

4. まとめ

今回の耐久性能の評価では、使用した PS 灰造粒砂の軽量で吸水率が高く、ポーラスな構造であるという特徴が性能の低下に結びついた結果となった。今後は、空隙構造の詳細把握、繊維混入による補強、PS 灰造粒砂の特徴を活かしたコンクリート 2 次製品への適応性等の検討が必要である。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書（基準編），pp316-327,2002.
- 2) 土木学会四国支部：第 14 回技術研究発表会後援概要集，pp296-297,2008

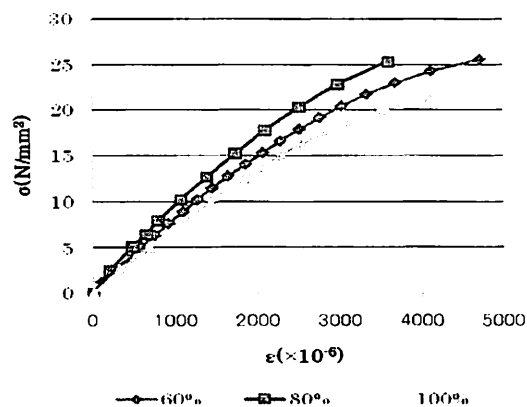


図-1 応力 - ひずみ関係

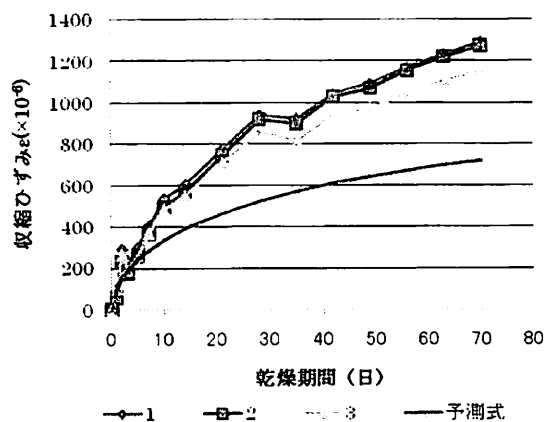


図-2 乾燥収縮ひずみの経時変化

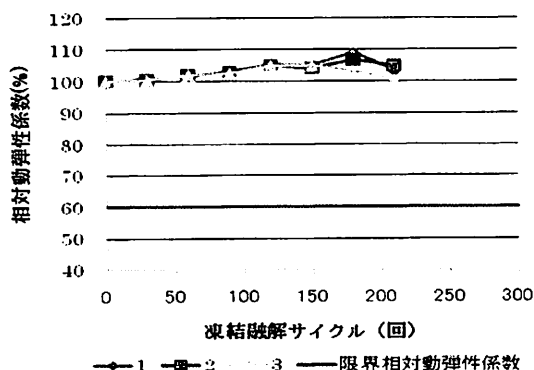
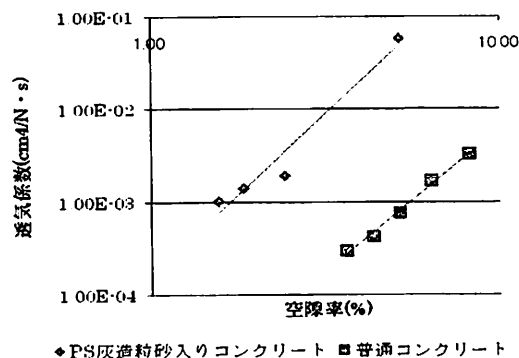


図-3 相対動弾性係数とサイクル数の関係



◆PS灰造粒砂入りコンクリート ■普通コンクリート

図-4 透気係数と空隙率の関係