

PS 灰造粒骨材のコンクリートへの適用性

（株）予州興業 正会員 ○松尾 暁 愛媛大学 正会員 木下 尚樹 正会員 川口 隆 正会員 氏家 勲

1. はじめに

愛媛県特有の産業廃棄物である製紙汚泥焼却灰（以下、PS 灰）は、現在、再資源化のため造粒加工し地盤材として用いられているが、さらに適用範囲を広げ普及させるために、新たな利用方法の確立が必要である。一方、近年コンクリートに用いられる骨材は、瀬戸内海における海砂利の採取禁止により、代替材として砕砂・砕石が使用されているが、天然資源を大量消費するため環境負荷の低減を強く求められている。

これらの背景から PS 灰によるコンクリート用骨材の開発を目的に造粒方法、配合設計、フレッシュコンクリートの性状および硬化コンクリートの強度・変形特性について評価し、その適用性について検討した。

2. PS 灰造粒骨材の配合

PS 灰造粒骨材は、主材として PS 灰、石炭灰、添加材としてセメントおよび石灰を使用し、さらに練混ぜ水をミキサー内に投入後、混合・攪拌・造粒工程を経て得られる人工骨材である。各材料の配合を表-1 に示す。ここで粒度調整前とは現在地盤材として用いている配合であり、粒度調整後とは、コンクリート骨材の開発を目的に PS 灰と石炭灰それぞれの粒度分布から両粉体の配合比を調整し大小様々な粒径が混在している粉体の粒度分布を均質化したものである。これら配合の違いによる骨材粒の強度および材齢強度を比較検討するために、骨材粒の硬さを示す指標として用いられている点載荷試験を実施し、それぞれの圧縮強度を算出した結果を図-1 に示す。粒度調整を行って圧縮強度が向上した要因として、両粉体が均質混合されて充填密度が大きくなったことが挙げられる。本研究では粒度調整後の骨材を使用した。

3. 粒度調整および骨材試験での表乾判定方法

造粒した骨材を粗骨材用に 20mm～5mm、さらに細骨材用として 5mm 以下に分級した。細骨材はふるい分け試験を行った結果、粒径範囲 2.5mm～5.0mm が多い粗粒であったことから、1.2mm で分級し、通常のコンクリート用骨材の適用範囲内へ粒度調整を行った。その分布状況を図-2 に示す。

表-2 細骨材の試験結果

粗粒率(F.M.)	2.74
表乾密度(g/cm ³)	1.65
吸水率(%)	48.6
単位容積質量(kg/l)	0.84
実績率(%)	50.3

さらに、細骨材のその他の試験結果を表-2 に示す。表乾密度と単位容積質量から軽量であり、吸水率が高いことがわかった。ここで、表乾判定は軽量骨材と同様な性質であったことから、構造用軽量骨材による判定方法を採用した。

4. フレッシュコンクリートの性状

フレッシュコンクリートの性状を評価するために、砕砂・砕石、PS 灰造粒細骨材・砕石、PS 灰造粒細・粗骨材を用いて、W/C50%、混和剤添加率を一定とし、スランプ 10±2cm が得られた示方配合を表-3 に示す。単位水量は、砕砂・砕石を用いた場合と比較し PS 灰造粒骨材を用いたものは減少している。これは造粒骨材

表-1 造粒骨材の配合

材料名	粒度調整前 (kg)	粒度調整後 (kg)
PS 灰	700	1000
石炭灰	700	400
セメント	98	
石灰	42	
水	613	

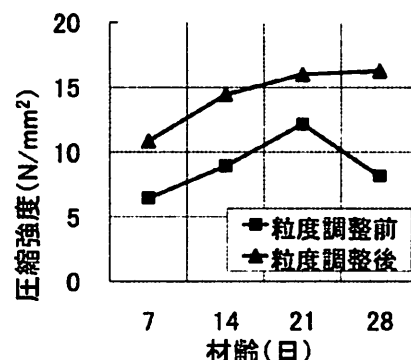


図-1 造粒骨材の圧縮強度

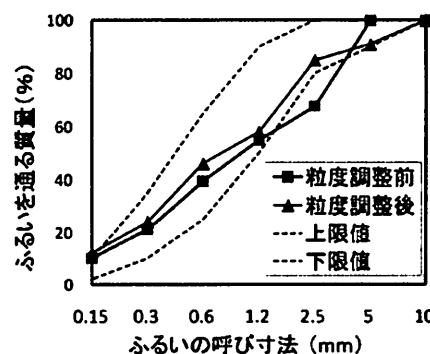


図-2 細骨材の粒度曲線

表-3 フレッシュコンクリートの評価に用いた示方配合

骨材種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					スランブ (cm)	空気量 (%)
			W	C	S	G	※AE 減水剤		
砕砂・碎石	50	47	187	374	797	909	1122	9.0	3.8
PS 灰造粒 (細骨材) + 碎石		55	170	340	624	804	1020	9.0	2.0
PS 灰造粒 (細・粗骨材)		55	165	330	631	516	990	11.0	2.7

※ 混和剤 C×0.3% (g/m³)

の形状が球状であったことから流動抵抗性が少なくなったものと考えられる。また PS 灰造粒骨材の空気量が低下していた。これは PS 灰の成分分析を行った結果、PS 灰に含まれる未燃カーボンが混和剤を吸着し、空気連行性を阻害したのと考えられる¹⁾。ただし、このことについては今後さらに詳しい検証が必要である。

5. 硬化コンクリートの性質

上述の配合条件を基本とし、所定の空気量 3.5±1.0%を得るために PS 灰造粒骨材を用いる場合は、フライアッシュにおいて未燃カーボンの影響を改善する有効性が証明されている AE 剤を添加した。骨材種類の違いと水セメン比の違いによる硬化コンクリートの性質を検討するために、W/C40, 50, 60%の各供試体を作製した。実験結果の例として、材齢 28 日後の各コンクリート (W/C50%) の単位体積質量を表-4 に示し、圧縮強度試験結果を図-3 に示す。PS 灰造粒骨材を用いたコンクリートは、一般的なコンクリートよりも軽量のコンクリートであり、圧縮強度は低かった。試験後供試体の破壊面を観察したが、特に粗骨材として用いた骨材粒の破壊が著しかったことから、セメントペーストよりも骨材強度が低いことが、コンクリートとしての強度が低下した要因である。また、セメント水比の違いによる C/W-f'c 線が小さな勾配しか得られていなかったことも同様の原因である。以上の結果より、PS 灰造粒骨材の使用可能な粒径範囲は 5mm 以下の細骨材である。細骨材としては、碎石を併用することにより、約 W/C50%以下の配合で、鉄筋コンクリート構造物使用基準強度 (30N/mm²) を満たすことが可能である。さらに、軽量コンクリートの呼び強度の範囲が 18~30N/mm² であることから、軽量骨材としての強度適用範囲も満たしている。図-4 に各供試体 (W/C50%) の圧縮強度試験時における応力-ひずみ関係を示す。PS 灰造粒骨材は、ひずみが砕砂・碎石に比べて大きい。これは PS 灰造粒骨材の吸水率が高いことからポーラスな構造であることが予想でき、圧縮応力下における骨材自身の変形や破壊が進むにつれて、ひずみも増大したのと考えられる。

5. おわりに

PS 灰造粒骨材のコンクリートへの適用性について、コンクリートを製造するために必要な基本的な項目の検討を行った。今後はさらに耐久性等の検討をする必要がある。

参考文献

- 1) 土木学会編：フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針 (案)，コンクリートライブラリー第 94 号，土木学会，1994。

表-4 硬化コンクリートの単位体積質量

骨材種類	単位体積質量 (g/cm ³)
砕砂・碎石	2.33
PS 灰造粒 (細骨材) + 碎石	2.03
PS 灰造粒 (細・粗骨材)	1.72

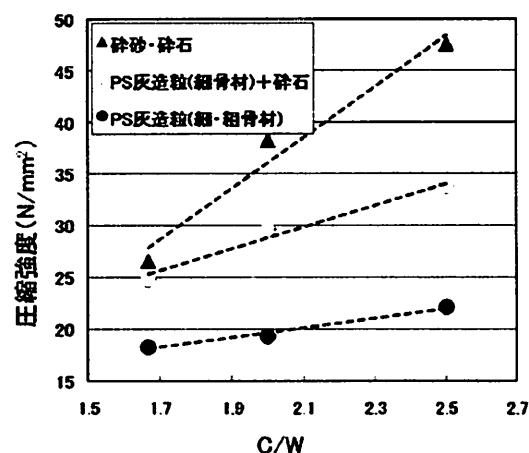


図-3 C/W と圧縮強度

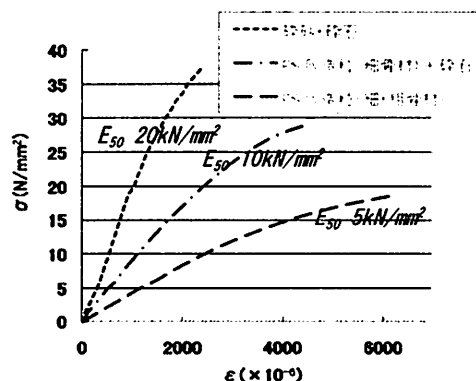


図-4 応力-ひずみ