

VII-2 PS 灰造粒細骨材の構造用軽量骨材としての性能

愛媛大学 フェロー 稲田善紀 愛媛大学 正会員 木下尚樹 愛媛大学 正会員 ○川口 隆
 (株)フジタ 正会員 斉藤悦郎 大王製紙(株) 園部哲夫 (株)東武開発 仁井岡弘司

1. はじめに

製紙業から排出される製紙汚泥焼却灰(以下 PS 灰)は、土壌改良材等に一部利用がなされているが、そのほとんどが埋め立て処分されている。本研究では、PS 灰へ固化材を添加して、常温で攪拌造粒方式による PS 灰造粒細骨材を試作し、構造用軽量骨材への使用を目的に、その性能について基礎的な検討を行った。

2. PS 灰造粒細骨材の試作

PS 灰は表-1に示したとおり、微粉末で非常に軽く、アルカリ性である。さらに、自硬性は認められるものの結合力に乏しい点から、造粒時には固化材としてセメントを添加した。ただし、問題点として未燃カーボン分の含有により、強度の低下が懸念されている¹⁾。そこで、高炉水砕スラグ(以下 スラグ)を PS 灰のアルカリ刺激作用により、潜在水硬性を促進させ、骨材強度が高まる効果に期待して使用した。これらを表-2

に示した配合(質量比)により、攪拌造粒機にて PS 灰造粒細骨材(以下 PS)を試作した。ただし、セメントと水は PS 灰とスラグの和に対しての比である。造粒後、ふるい分け試験を行い、JIS A 1102 規格値の粒径範囲内であることを確認し、気乾状態にて1ヶ月養生した。その後、骨材試験(JIS A 1134, 5002)を実施した。得られた結果を表-3に示す。試料名 ASL

は、比較のため用いた既存の構造用人工軽量骨材である。PS の絶乾密度は、いずれも ASL と比べ低かった。また、スラグの混入割合が多いほど密度が高くなった。これは使用したスラグの密度が PS 灰よりも高いことによる。さらに、混入割合比に対

して密度上昇率が比例的ではなかった。これは造粒のメカニズムによって、生成される骨材の密度に違いが生ずるものと考えられる。一方、単位容積質量において ASL は PS よりも低い、これは粒形および粒度の違いによるもので、PS は造粒時に球状化されことにより、ASL よりも最密に充填された結果に起因する。さらに、PS は吸水率がいずれも高く、配合時の水量管理が困難であることが伺えた。

3. 水浸細骨材計量方法およびモルタル配合

PS および ASL を 24 時間吸水表面乾燥状態として用い、JIS A 5002 に準じて構造用軽量骨材の実験を行ったが、規定水量ではモルタルのワーカビリティが低下し、フロー値の測定が不可能であった。これは吸水率が高いことから、粒子内空隙も多いことが予想でき、一般の骨材とは異なり、流動性に必要な練混ぜ水や水和反応に必要な水を吸水したためである。そこで、十河ら²⁾が提案している表面水に影響されない計量方法を参考に、硬化体の品質を安定させ、必要な流動性を確保する練混ぜ水量の定量化を試みた。表-4に細骨材を 24 時間吸水させ、飽和状態とした水浸細骨材の計量結果と練混ぜ水量の計算方法から得た値を示す。この方法で、STEP-1 の 1 次水量(W_1)、STEP-2 の 2 次水量(W_2)の和を練混ぜ水量(W)とした配合を用いることにより、モルタルフロー値 200 ± 5 が得られた。練混ぜ水量(W)は式(1)～式(4)より求められる。

表-1 PS 灰の性質

粒子密度	2.29~2.36 g/cm ³
粒子径	5~425 μ m
最大乾燥密度	0.65 g/cm ³
pH	中性~12

表-2 各材料の混入割合

試料名	PS 灰 (%)	スラグ (%)	セメント (%)	水 (%)
PS100	100	0	10	27.1
PS80	80	20		23.4
PS60	60	40		20.9

表-3 骨材の物理的性質

試料名	絶乾密度 (g/cm ³)	24h 吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/L)	実績率 (%)	粗粒率 F.M.
PS100	1.38	39.8	1.36	64.6	2.89
PS80	1.62	28.0	1.53	65.9	2.74
PS60	1.68	26.9	1.57	67.1	2.51
ASL	1.70	10.3	1.18	52.8	2.52

表－4 高吸水率の細骨材の水浸細骨材計量方法によるモルタル製造結果

試料名	STEP－1（高吸水率の水浸細骨材の作製）						STEP－2(その他材料)	モルタル フロー値
	実測値(g)		計算値(g)				計量値(g)	
	絶乾 質量 S	水浸 質量 M _f	吸水量 W _Q	表面乾燥 状態質量	間隙水量 W _P	1次水量 W ₁	2次水量 W ₂	
PS100	2760	4194	1098	3858	336	1434	50	205
PS80	3240	4301	907	4147	154	1061	390	201
PS60	3360	4390	904	4264	126	1030	420	204
ASL	3400	4491	350	3750	741	1091	320	195

$$W = W_1 + W_2 \cdots \cdots (1)$$

$$W_1 = W_Q + W_P \cdots \cdots (2)$$

ただし、W_Q；細骨材の24時間吸水量，W_P；間隙水量

$$W_Q = S \times Q_{24h} \cdots \cdots (3)$$

ただし、S；細骨材の絶乾質量，Q_{24h}；細骨材の24時間吸水率

$$W_P = M_f - (W_Q + S) \cdots (4)$$

ただし、M_f；水浸細骨材の質量

この計算式が成り立つ条件は

- ① 絶乾密度と24時間吸水率が一定で、事前に明らかにされている。
- ② 細骨材の投入時に気泡が混入されない状態で、24時間後に骨材粒子内空隙と骨材間隙を飽和状態とする。

4. PS灰造粒細骨材による軽量モルタル供試体の性能

前述の配合供試体を7日水中養生し、各実験を実施した。図－1に供試体のかさ密度と骨材絶乾密度を示す。PSは絶乾密度の上昇に伴い、ほぼ比例関係にあった。一方、ASLの骨材絶乾密度は高いが、かさ密度においては低かった。これはASLの実績率が低いことから、モルタル中で細骨材の占める割合が少なかったことに起因する。また、PS供試体のかさ密度は1.78～1.93g/cm³の範囲であり、軽量化できたことがわかった。

次に図－2の結果より、PS100はASLの約50%の強度であったことから、構造用軽量骨材としての使用は困難である。しかし、PS80およびPS60はASLよりは強度がやや低いものの、スラグによる強度発現の効果が認められ、30N/mm²以上の強度を有していることから使用が可能である。

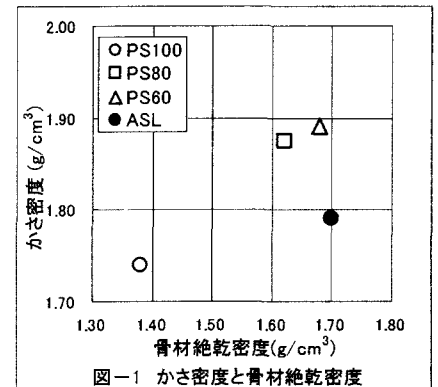
図－3は断熱性能を評価するため、熱伝導率の測定を行った結果である。比較のため、ASLの他にコンクリートと豊浦砂のモルタルを用いた。PS供試体はASLよりも熱伝導率が低く、さらにコンクリート、豊浦砂と比べ約30%の熱伝導率であることから、高い断熱性能を有していることがわかった。

5. おわりに

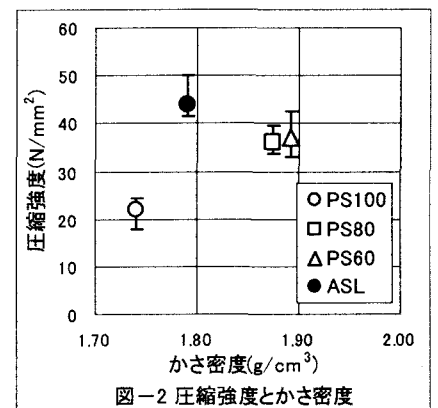
今後の課題として、造粒の際に骨材の物理的性質が安定的に得られる製造方法を確立すること。また、提案した高吸水率の細骨材における水浸細骨材の計量方法では、実験中に骨材の吸水作用による体積膨張が起こり練上がり量に差が生じたことから、今後試験を繰り返して行い、その補正方法について明らかにしたい。

参考文献

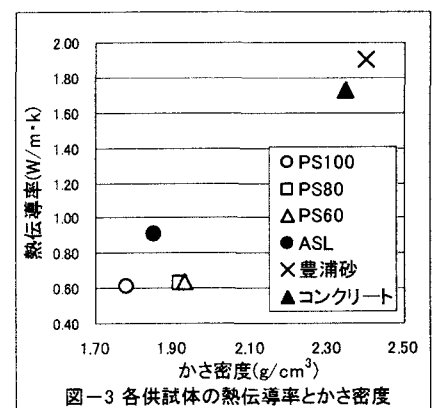
- 1) 望月美登志，竹田茂，齊藤悦郎，小方高明：PS灰の工学的特性について，第55回土木学会年次学術講演会Ⅲ-B237，2000。
- 2) 十河茂幸，近松竜一：細骨材の表面水に影響されない正確な計量方法，セメント・コンクリート，No.649，pp.54-58.2001。



図－1 かさ密度と骨材絶乾密度



図－2 圧縮強度とかさ密度



図－3 各供試体の熱伝導率とかさ密度