

都市ごみ焼却飛灰から製造した骨材を用いたポーラスコンクリートの強度特性

福岡大学大学院 学生会員 ○大野 佑介
 福岡大学 正会員 添田 政司
 福岡大学 正会員 大和 竹史

1. はじめに

都市ごみ焼却炉から排出される焼却飛灰には重金属類やダイオキシン類が含まれており、そのまま埋立処分すると有害物質が溶出する恐れがあるので適切な処理を行う必要がある。従来の処理方法にはセメント固化、キレート処理、酸洗浄、熔融固化法があり、埋立処分されているのが現状である。一方、焼成法は、高温で焼成処理されるため、焼却飛灰に含まれる重金属類やダイオキシン類を無害化することが可能となる。これを焼結固化した都市ごみ焼却飛灰焼成骨材（以下、飛灰焼成骨材とする）は建設資材への利用が期待できる。しかし、その有効利用例はほとんど報告されていないのが現状である。そこで本研究では、飛灰焼成骨材の物理的特性を明らかにするとともに、低強度コンクリート埋戻し材としての有効利用（シリーズ1）や、ポーラスコンクリートへの有効利用（シリーズ2）について検討を行った。

2. 飛灰焼成骨材の物理的特性

飛灰焼成骨材は、焼却飛灰に化学組成調整用副原料を添加して、混合・微粉砕後に5～15mm程度に造粒して乾燥した後、ロータリーキルンで約2時間かけて1000～1250℃焼成処理したものである。溶出試験結果は表-1に示すように、Pb、Cd、ともに土壤環境基準を満足し、Zn、Cl、ダイオキシン類についても安全性が確認されている。

飛灰焼成骨材の物理試験結果を表-2に示す。市販されている人工軽量骨材（表乾密度 1.44g/cm³、24時間吸水率 10.1%、圧潰強度 49.0kgf）と比較すると密度、圧潰強度が大きく、人工軽量骨材に比べて高強度な骨材であることが分かった。24時間吸水率も人工軽量骨材と比べて13.3%と高い吸水率となった。吸水率の経時変化を図-1に示す。吸水開始1時間後に吸水率が12.5%と高い吸水率を示し、その後も継続的に増加して吸水開始192時間後に吸水率は15.4%になった。人工軽量骨材、再生骨材等の比較的吸水率の高い骨材に比べ、吸水開始1時間後の吸水率が高い特徴がある。また、吸水開始1時間で192時間吸水率の約80%に達している。

3. ポーラスコンクリートの強度特性

使用材料及び配合：結合材として普通ポルトランドポルトランドセメント（密度3.16g/cm³ 略号C）、粗骨材として6号砕石と飛灰焼成骨材（略号G）、混和材として高炉スラグ微粉末（密度2.91g/cm³ 略号BS）、フライアッシュ（密度2.27g/cm³ 略号FA）、シリカヒューム（密度2.09g/cm³ 略号SF）、混和剤としてポリカルボン酸系の高性能AE減水剤（略号SP）を用いた。ポーラスコンクリートの配合は水結合材比(W/P)を30%とし、目標空隙率は25%とした。シリーズ1は混和材に高炉スラグ微粉末とフライアッシュを使用し、ペーストは単位セメント量を少なくして高炉スラグ微粉末とフライアッシュを多量に用いた高流動低強度ペーストを用いた。また高炉スラグ微粉末及びフライアッシュは全結合材量Pのそれぞれ30%、65%の割合で混入した。シリーズ2は混和材にシリカヒュームを使用し、Pに対して10%の割合で混入した。また、ペーストフロー値は高性能AE減水剤により200±10mmに調整した。ポーラスコンクリートの配合表を表-3に示す。

練混ぜ方法及び供試体作製：練混ぜ方法はセメントと混和材をモルタルミキサー（容量30L）で低速で120秒

表-1 溶出試験結果

成 分	Pb	Zn	Cd	Cl
飛灰焼成骨材	0.001	0.02	<0.001	0.002
土壤環境基準	<0.01	-	<0.01	-

表-2 飛灰焼成骨材と6号砕石の物性

	飛灰焼成骨材	6号砕石
絶乾密度 (g/cm ³)	1.85	2.89
表乾密度 (g/cm ³)	2.09	2.93
吸水率 (%)	13.3	1.55
単位容積質量 (kg/l)	1.15	1.65
実積率 (%)	62.6	57.1
圧潰強度 (kgf)	93.4	-

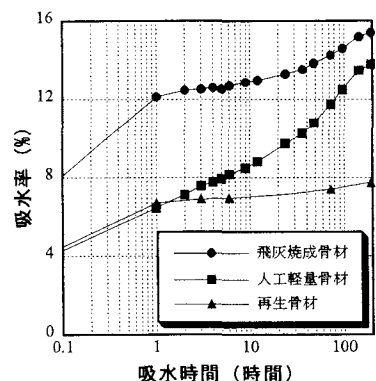


図-1 吸水率の経時変化

間空練りした後、高性能AE減水剤を混入した水を投入し、高速で420秒間練り混ぜた。出来上がったフレッシュペーストと粗骨材を可傾式ミキサー（容量70L）で60秒間練り混ぜる分離方式を用いた。シリーズ1は締固めを円柱供試体に3層に分けて詰め、各層を突き棒で12回突き固める場合と振動台による5秒間の振動締固めの場合を行った。シリーズ2は締固めを円柱供試体に3層に分けて詰め、各層ごと振動台による5秒間の振動締固めを行った。

試験方法：圧縮強度試験は円柱供試体（φ10×20cm）を用いて、供試体の両面にキャッピングを施しJIS A 1108に準じて行った。透水性試験はポーラスコンクリートの透水試験方法（案）に準じて定水位透水試験を行った。空隙率試験はポーラスコンクリートの空隙率試験方法（案）の容積法に準じて行った。

実験結果及び考察：シリーズ1の各材齢における圧縮強度試験結果を図-2に示す。骨材の違いで比較すると、低強度であるにもかかわらず飛灰焼成骨材は6号砕石より若干の強度低下が見られた。これはポーラスコンクリートの圧縮強度は骨材強度の影響を受ける¹⁾ためであると思われる。締固めの違いでは、振動締固めの方が強度は増加した。これは振動を与えた方が骨材間の接合が密実になり、強度が増加した¹⁾と思われる。その時の空隙率試験と透水試験の結果を図-3に示す。空隙率は全てにおいて、目標空隙率より高い空隙率を示した。特に飛灰焼成骨材の突き棒の場合は目標空隙率より20%も高くなった。これはペーストフロー値が大きい骨材へのペーストの付着が不十分となり、空隙が広がったためと思われる。透水係数においては顕著な差は認められなかった。

シリーズ2の各材齢における圧縮強度試験結果を図-4に示す。6号砕石より飛灰焼成骨材の方が若干強くなった。これは飛灰焼成骨材が高い吸水性を有しているため、その余剰水がペーストの流動性に影響を及ぼし、ペーストの垂れを生じさせ、空隙の低下が生じ、強度が強くなったと考えられる。その時の空隙率試験と透水試験の結果を表-4に示す。飛灰焼成骨材はペーストの垂れにより透水性の著しい低下が見られた。

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

- (1) 飛灰焼成骨材は人工軽量骨材に比べ高強度な骨材であり、急速な吸水性を有し、吸水率が高い特徴を持つ。また、重金属類の溶出に対して安全性が確認された。
- (2) 低強度コンクリート埋戻し材としては、圧縮強度が若干低下したが、透水性は6号砕石と顕著な差は認められず利用可能であると考えられる。また、ポーラスコンクリートとしては、高い吸水率の影響によるペーストの垂れが生じ、透水性の低下が見られたが、その点を改善すると利用可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 日本コンクリート協会：ポーラスコンクリートの設計・施工法の確立に関する研究委員会報告書、pp4-5、2003

表-3 ポーラスコンクリートの配合表

	粗骨材の種類	W/P (%)	目標空隙率 (%)	単位量 (kg/m ³)						SP (P×%)	ペーストフロー値 (mm)
				W	C	BS	FA	SF	G		
シリーズ1	6号砕石	30	25	132	28	128	284	—	1337	1.6	320
	飛灰焼成骨材	30	25	83	18	80	177	—	1124	1.6	340
シリーズ2	6号砕石	30	25	73	220	—	—	24	1506	0.6	193
	飛灰焼成骨材	30	25	68	204	—	—	23	1072	0.6	204

$$P \text{ (結合材)} = C + BS + FA + SF$$

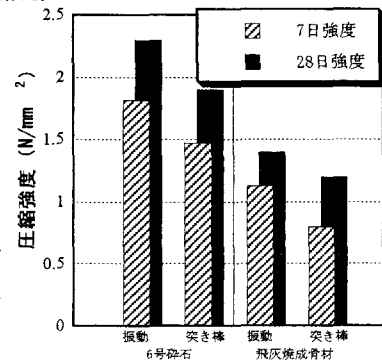


図-2 圧縮強度（シリーズ1）

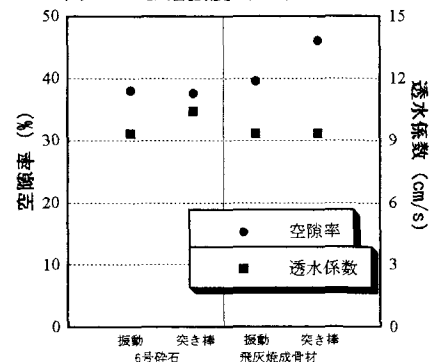


図-3 空隙率と透水係数（シリーズ1）

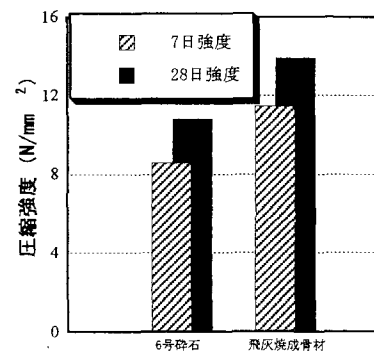


図-4 圧縮強度（シリーズ2）

表-4 空隙率と透水係数（シリーズ2）

	空隙率 (%)	透水係数 (cm/s)
6号砕石	39.5	13.95
飛灰焼成骨材	27.1	5.14