

ポーラスコンクリートへの廃棄物使用率の向上に関する研究

前川明弘, 湯浅幸久, 村上和美

The Possibility of Using Inorganic Wastes as The Constituents of Porous Concrete

by Akihiro MAEGAWA, Yukihiisa YUASA and Kazumi MURAKAMI

[要 旨]

ポーラスコンクリートはその内部に多くの独立あるいは連続空隙を有するコンクリートであり, 植生, 水質浄化などの多くの機能を持ったエココンクリートの一種である. 本研究では, ポーラスコンクリートに使用する材料として, 一部, 無機系廃棄物を利用することを検討した. 検討した無機系廃棄物は3種類 (E- ガラス粉体, 碎石粉, 陶磁器くず) で, セメントの内割りで10~30%置換して使用した. その結果, 10~20%置換してもポーラスコンクリートの強度は低下せず, セメントの代替材料として利用できる可能性を見いだした.

1. はじめに

ポーラスコンクリートはその内部に多くの独立あるいは連続空隙を持ったコンクリートで, 護岸緑化, 水質浄化, 透水性舗装など様々な分野に利用範囲が拡大されつつある材料である.

ポーラスコンクリートの製造に関しては, プレーンコンクリートと比較して調合が大きく異なることや骨材表面水などの管理がシビアであるといったいくつかの技術的なハードルが存在しているものの, ほとんどの工場で製造が可能である.

また, 使用材料についてはプレーンコンクリートとほとんど変わらないことから, プレーンコンクリートと同様, 材料の一部に廃棄物を利用できる可能性は十分あると思われる. しかしながら, 現在までにポーラスコンクリートの材料として廃棄物を利用することは, 粗骨材として再生骨材を利用する研究^{1)~3)} や, 結合材の一部として, 副産物であるシリカフェームやフライアッシュ, 高炉スラグ微粉末などを利用する研究^{4), 5)} が報告されている程度である. 以上のことから, 本研

た. ポーラスコンクリートの強度を低下させないように, 廃棄物自体も十分な強度あるいは硬度を有することが重要であると考え, 検討を試みた廃棄物には, E- ガラス粉体 (鉱物組成: ガラス質, ビッカース硬度≒9 GPa), 碎石粉 (鉱物組成: 石英・長石類, ビッカース硬度≒8~10GPa) およびコージェライト系陶磁器くず (鉱物組成: $2 \text{MgO} \cdot 2 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{SiO}_2$, ビッカース硬度≒10GPa) を選択した.

2. 実験方法

2. 1 使用材料

廃棄物原料であるE- ガラス粉体は, 長繊維製造工程で発生する繊維ガラスの不良品である. これを, 遊星型ボールミルを用いて200rpm・45minの条件で粉碎して使用した. 碎石粉は碎石製造工程で浮遊する粉体を集塵機で捕集したものを使用した. 陶磁器くずは, コージェライト系耐熱容器の製造工程で発生する廃材を粗砕し, さらにロサンゼルス試験機により1時間粉碎したものを使用した. 粉碎した試料は150 μm ふるいにより分級し, 通過粉体を乾燥状態で粉体材料とした. これらの廃

* 材料技術グループ

表1 セメントおよび廃棄物材料の化学組成 (Wt%)

	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	SO ₃	B ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	lg.Loss	Total
セメント	21.2	64.9	5.2	2.5	1.8	0.3	2.0	—	0.2	0.5	0.6	99.2
E-ガラス粉体	54.9	22.9	14.3	0.2	0.3	0.4	—	5.8	0.4	0.2	0.2	99.6
碎石粉	70.7	1.3	13.2	3.4	1.1	—	—	—	2.9	3.8	2.8	99.2
陶磁器くず	51.0	0.5	35.6	0.6	9.9	0.3	—	—	0.1	1.0	—	99.0

廃物はセメントの内割りとして使用し、置換率は10~30重量%とした。廃棄物原料およびポーラスコンクリートに使用した材料の化学組成および物性を表1、表2に示す。

2. 2 練混ぜ条件

ミキサには揺動攪拌型ミキサ (オムニミキサ) を使用した。練混ぜ条件は、セメントおよび水を投入後30秒間は50rpm, その後は200rpmのミキサ回転数で270秒間混練し、粗骨材を投入してさらに200rpmで90秒間練り混ぜるものとした。また、廃棄物粉体置換によるペースト性状の把握実験についても、ペースト量, ミキサ回転数および練混ぜ時間は同一とした。

2. 3 養生条件

作製したポーラスコンクリートは、材齢1日で脱型後、標準養生(20±2℃の水中で28日間養生)した。

3. 結果と考察

3. 1 水結合材比の決定

本実験では廃棄物粉体はセメントの内割りとして使用することから、セメントの一部を廃棄物で置換することになる。廃棄物粉体を添加することで、ペーストの流動性が変化することが想定されたので、まず水結合材比 (以下W/Bという) とフロー値の関係を調べるためのペースト実験を行った。

実験では、できるだけW/Bを小さくするため高性能AE減水剤をセメント重量の1%添加し、W/Bを0.19から0.24まで変化させたときのペーストのフロー値を調べた。過去の実験結果より、振動を与えてポーラスコンクリートを作製する場合には、ペーストフロー値は190が適当であった。このことから本実験では、ポーラスコンクリート用のペーストフロー値が190となるようW/Bを決定した。各粉体による置換率を30%としたときのW/Bとフロー値の関係を図1に示す。図1より、

表2 ポーラスコンクリート用材料の種類と物性値

種類 (記号)	物性値
セメント	研究用普通ポルトランドセメント (密度: 3.17)
水	水道水
粗骨材	単粒度碎石6号 (5~13mm, 密度: 2.70)
混和剤	ポリカルボン酸系高性能AE減水剤 (1.05)
E-ガラス粉体	150μm以下 (密度: 2.57)
碎石粉	150μm以下 (密度: 2.62)
陶磁器くず	150μm以下 (密度: 2.52)

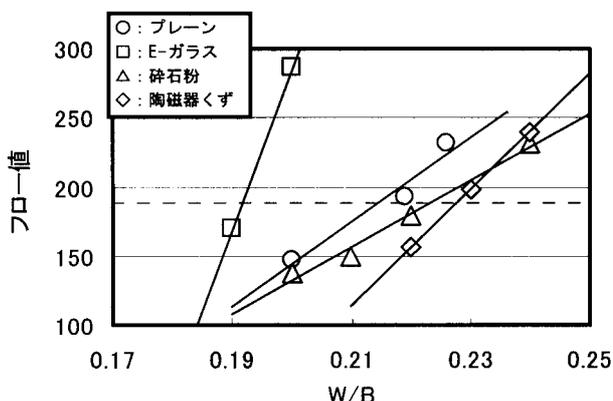


図1 フロー値とW/Bとの関係

碎石粉および陶磁器くずを用いた場合には、無添加のペーストとほとんど変わらない流動性が得られたことから、W/Bの補正はわずかでよいことが確認できた。一方、E-ガラス微粉は、無添加の場合に比べて同一のフロー値が得られるW/Bは小さくなる傾向を示しており、流動性が向上することがわかった。流動性が向上した理由については明確にできていないが、粒子の形状やペーストとの摩擦などの影響が考えられる。

図1中の破線はフロー値190を示しており、各粉体の置換率に合わせて、W/Bを補正し、ポーラスコンクリートの調合を決定した。

3. 2 ペースト強度

セメントに対する粉体置換率を0, 10, 20, 30%としたペーストの圧縮強度を図2に示す。図2により、廃棄物粉体の置換率と強度との関係を見ると、ペースト強度は粉体置換率10~20%で最

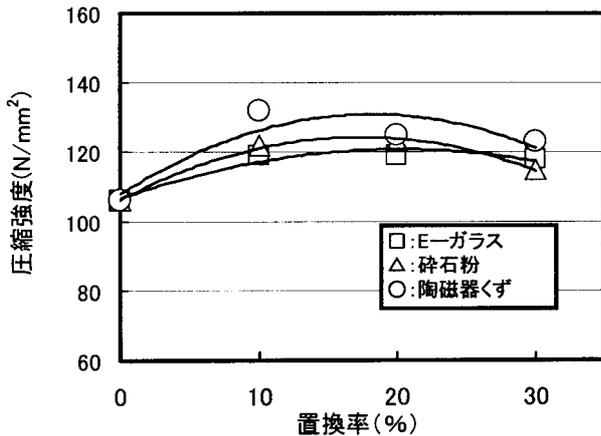


図2 廃棄物置換率とペースト強度との関係

大値を示し、30%では低下傾向を示した。しかし、この場合でも粉体無添加と同程度の圧縮強度が得られていた。このことから、粉体の置換率30%程度までは、ペースト強度を低下させることなく使用できる可能性が見出せた。このことは、用いた廃棄物粉体がうまく充填したためであると考えられる。

3. 3 ポーラスコンクリートの作製条件と強度

3. 1でフロー値を190に統一したポーラスコンクリートの調合を表3に示す。2. 2の条件で作製したポーラスコンクリートは、φ10×20cmの型枠に2層に分けて充填し、各層は突き棒により、骨材の充填を行ったうえで、表面振動機により起振力735N/mm²の力で、10秒間の振動締固めを行い空隙率および圧縮強度を測定した。

ポーラスコンクリートの圧縮試験結果を図3に示す。図3より、廃棄物粉体置換率とポーラスコンクリート強度の関係を見ると、E-ガラス粉体を添加したものでは、置換率30%まで強度の低下は見られず、充分実用的であることが確認された。また、その他の粉体条件では置換率10~20%で最

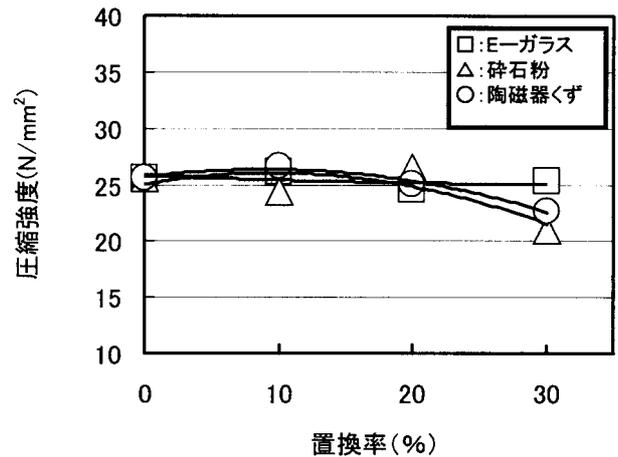


図3 廃棄物置換率とポーラスコンクリート強度との関係

大となり、30%では粉体無添加より低下した。したがって、強度が低下しない範囲は、置換率10~20%ということが明らかとなった。

4. まとめ

ポーラスコンクリート用結合材に150μm以下の粒径に調整したE-ガラス粉体、砕石粉および陶磁器くず粉体をセメントの内割りで用いた場合、結合材の流動性やペースト強度およびポーラスコンクリート強度に及ぼす影響は以下のものであった。

- (1) E-ガラス粉体は、流動性を増し、水結合材比を下げる効果がある。石粉および陶磁器くず粉体は、添加による流動性への影響は小さい。
- (2) 10~20%程度の粉体添加であれば、ペースト強度およびポーラスコンクリート強度は低下しない。

以上のことから、本実験で使用した3種類の廃棄物粉体は、セメントの内割りでポーラスコンクリートの材料として使用できる可能性が見出せた。

表3 ポーラスコンクリートの調合

使用廃棄物	置換率 (%)	空隙率 (%)	W/B (%)	計量重量 (kg/m ³)				
				セメント	廃棄物	水	混和剤	粗骨材
なし	0	20	21.9	417	0	91	4.174	1550
E-ガラス粉体	10		21.0	377	42	88	4.186	
"	20		20.1	336	84	84	4.199	
"	30		19.2	295	126	81	4.212	
砕石粉	10		22.0	370	41	91	4.115	
"	20		22.1	325	81	90	4.058	
"	30		22.2	280	120	89	4.002	
陶磁器くず	10		22.0	370	41	90	4.102	
"	20		22.0	323	81	89	4.041	
"	30		22.1	278	119	88	3.979	

参考文献

- 1) 添田政司ほか：“ポーラスコンクリートへの再生骨材の適用性に関する実験的研究”，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20， No.2， pp.1117-1122 (1998)
- 2) 黒田 保ほか：“再生骨材の緑化コンクリートへの適用”，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21， No.1， pp.181-186 (1999)
- 3) 石黒 哲ほか：“再生骨材を使用したポーラスコンクリートに及ぼす骨材品質の影響”，コンクリート工学 年次論文報告集，Vol.22， No.2， pp.1225-1230 (2000)
- 4) 中澤隆雄ほか：“ポーラスコンクリートの配合が透水性および強度に及ぼす影響”，セメント・コンクリート論文集，No.50， pp.382-387 (1996)
- 5) 澤崎靖彦ほか：“フライアッシュ高含有ポーラスコンクリートの強度と暴露性状”，セメント・コンクリート論文集，No.53， pp.483-488 (1999)