

再資源化した材料を用いたコンクリートの強度及び乾燥収縮

立命館大学大学院 学生会員 ○八木 翔吾
 立命館大学大学院 学生会員 Carlos Aquino
 立命館大学 フェロー会員 岡本 享久

1. 背景・目的

近年、環境意識の高まりとともに、エコセメントや廃棄物の骨材としての使用など、再資源化した材料のコンクリートへの利用が注目されている。その中のひとつが、下水処理工程で排出される下水汚泥を高温で熔融・冷却・固化させた下水汚泥熔融スラグである。閉鎖性水域である琵琶湖を抱える滋賀県の下水道普及率は非常に高く、排出される下水汚泥熔融スラグの建設材料としての利用が注目されている。一般的に、下水汚泥熔融スラグを用いたコンクリートの性能は普通コンクリートに比べて劣ると考えられており、建設材料としての使用にあたってはその性能を適切に評価することが必要である。

本研究では、再資源化した材料である下水汚泥熔融スラグとエコセメントを利用したコンクリートの強度特性および乾燥収縮特性を検証するために、8種類の配合を設定し、実験・比較・検討を行った。

2. 実験概要

使用材料は、セメントを2種類（普通ポルトランドセメント(OPC)、エコセメント(ECO))、粗骨材は滋賀県東北部浄化センターで生産された下水汚泥熔融スラグの他、3種類の粗骨材（砂岩、石灰石、石英石）を使用した。表1に配合条件を示す。セメント、粗骨材の種類の組み合わせにより8種類の配合を設定した。示方配合を表2に示す。セメントおよび粗骨材の違いによるコンクリートの物性を比較するために、W/C、単位水量およびs/aを一定とした。目標スランプ 8±1.5cm、目標空気量 5±1.5%とし、これらの値は混和剤の添加量によって調整した。骨材の物性試験およびコンクリート試験として圧縮、引張、曲げ強度試験、静弾性係数試験、乾燥収縮試験を実施した。

表1 配合条件

配合名	W/C	セメント	粗骨材	細骨材
PG	55%	OPC	砂岩	砂岩
EG		ECO		
PM		OPC	下水汚泥熔融スラグ	
EM		ECO		
PL		OPC	石灰石	
EL		ECO		
PQ		OPC	石英石	
EQ		ECO		

表2 示方配合

	W/C	単位量(kg/m ³)				AE 減水剤*	AE 助剤*
		W	C	G	S		
PG	55%	175	318	1012	819	1273	2545
EG				1012		1273	2545
PM				968		1273	2545
EM				968		1909	2545
PL				1020		795	1591
EL				1020		1591	1591
PQ				1012		795	1273
EQ				1012		1273	1909

※(cc/m³)

3. 実験結果

(1) 骨材の物理試験結果

粗骨材の物理試験結果を表3に示す。骨材の種類によって吸水率の差が大きくみられ、下水汚泥熔融スラグの吸水率は砂岩と比較して小さくなっている。また、実績率については石英石が大きい値となっているが、これは石英石のみ天然骨材を使用したためと考えられる。

表3 粗骨材の物理試験結果

	砂岩	スラグ	石灰石	石英石
FM	6.86	6.47	6.91	6.32
表乾密度(g/cm ³)	2.67	2.61	2.69	2.59
吸水率(%)	0.88	0.62	0.45	1.28
実績率(%)	58.2	57.7	57.9	64.6

キーワード 再資源化、下水汚泥熔融スラグ、エコセメント、乾燥収縮、骨材

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 EW2F 環境材料研究室 TEL:077-561-2666(内線 8722)

(2) 硬化コンクリートの強度試験結果

強度試験結果を図1に示す。なお、EMの91日強度は試料の都合で実施していない。下水汚泥溶融スラグを用いた配合は砂岩骨材を用いた普通コンクリートと比較して全ての材齢で高い強度が得られた。またセメント別に強度を比較すると、普通ポルトランドセメントに比べてエコセメントの方が全体として高い強度を有している。

(3) 硬化コンクリートの乾燥収縮試験結果

コンクリートの乾燥収縮試験結果を図2に示す。粗骨材の種類別に比較すると、下水汚泥溶融スラグを用いた供試体の乾燥収縮ひずみは石灰石を用いた供試体とほぼ同等であり、砂岩を用いた供試体に比べて約300μ程度、収縮が小さくなった。また、コンクリートの乾燥収縮量をセメントの種類別に比較してみると、普通ポルトランドセメントを用いた供試体に比べ、エコセメントを用いた供試体の乾燥収縮量が全ての配合において約200μ程度小さくなった。

4. 考察

(1) セメントの特性とコンクリートの乾燥収縮の関係

エコセメントを用いた供試体は、普通ポルトランドセメントを用いた供試体と比較して乾燥収縮ひずみが小さくなっている。これはセメントの比表面積の差が影響していると考えられる。今回使用したセメントの比表面積は、普通ポルトランドセメントが3230cm²/g、エコセメントが4290cm²/gである。セメントの比表面積が大きい程水和反応が促進され、ペーストの組織が緻密化することから、収縮に影響するとされる細孔空隙が少なくなり、乾燥収縮が小さくなると考えられる。

(2) 骨材の物性とコンクリートの乾燥収縮の関係

本実験の範囲では、骨材の物性について吸水率に差が見られた。粗骨材の吸水率と乾燥収縮ひずみの関係を図3に示すが、明確な相関は認められなかった。骨材はペースト部の収縮を拘束していることから、骨材自体の収縮特性がコンクリートの乾燥収縮に影響しているという報告¹⁾がある。また、骨材の収縮は骨材の吸水率と相関があり、結果的にコンクリートの乾燥収縮と骨材の吸水率に相関がある¹⁾としており、吸水による骨材の収縮特性の違いが、コンクリートの乾燥収縮に影響している可能性がある。

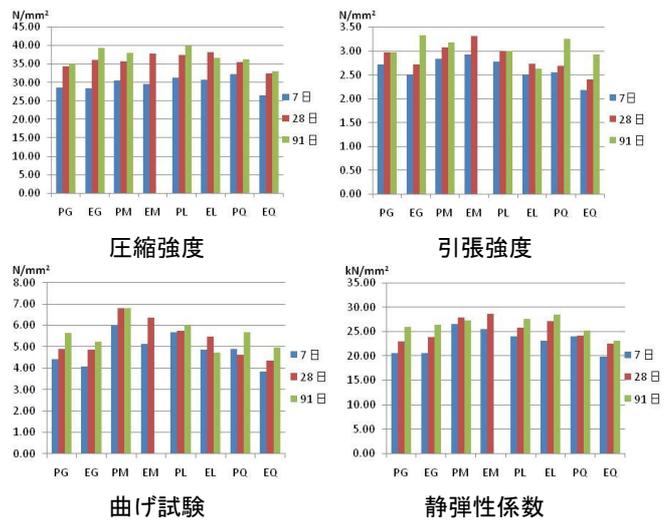


図1 強度試験結果

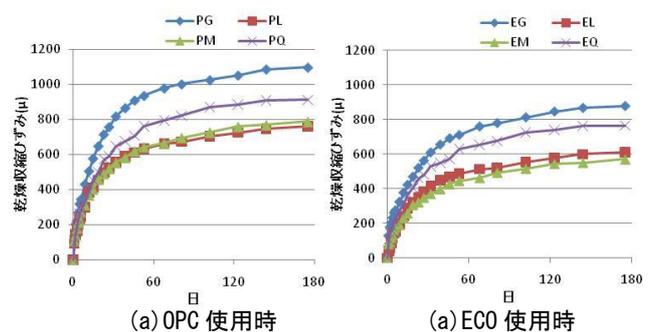


図2 乾燥収縮ひずみの経時変化

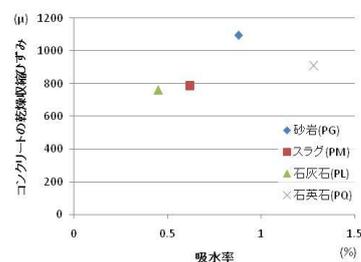


図3 粗骨材の吸水率と乾燥収縮ひずみの関係

5. まとめ

本研究では、再資源化した材料であるエコセメント、下水汚泥溶融スラグを使用したコンクリートの物性を、強度と乾燥収縮の観点から評価した。その結果、強度・乾燥収縮の両方において、普通コンクリートより高い品質であることがわかった。再資源化した材料であっても、適切にその性能を評価すれば、普通コンクリートと同等か、それ以上の品質を得ることができる。今後、骨材についての性能を評価する手法を明らかにすることで、再資源化した材料の更なる利用につながると考えられる。

参考文献

1) C. A. Aquino, The effects of limestone aggregate on concrete properties, 2010, Proceedings of the ISCC2010