

石炭ガス化スラグ発泡体を使用したモルタル及びコンクリートの強度特性に関する検討

(財)電力中央研究所 正会員 ○西田 孝弘 正会員 蔵重 勲
非会員 沖 裕壮
電源開発(株) 正会員 石川 嘉崇 非会員 山下 洋

1. はじめに

石炭火力発電における熱効率の更なる向上ならびに環境保全対策に応える次世代発電方式として、石炭ガス化複合発電システムの開発・実証が進められている。本発電システムでは、石炭中の灰分を熔融スラグとして排出し、これを冷却固化した石炭ガス化スラグ(CGS: Coal Gasification Slag)が副産される。本研究ではCGSの高付加価値化利用方策のひとつとして開発されたCGSの加熱発泡技術に着目し、これにより得られるCGS発泡体を使用したモルタル及びコンクリートの強度特性を実験的に把握した。

2. 使用材料、配合およびフレッシュ性状

本研究では、石炭種が異なる2種類のCGS発泡体(Aスラグ, Bスラグ)を使用したモルタル及びコンクリートを作製し、その強度特性を把握した。また、比較のために、普通細骨材を使用した。使用材料は普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm^3 , $3120\text{cm}^2/\text{g}$), 粗骨材(表乾密度 2.70g/cm^3 , 吸水率 0.66% , 粗粒率 6.83), 細骨材(普通細骨材:表乾密度 2.63g/cm^3 , 吸水率 1.9% , 粗粒率 2.90 , Aスラグ発泡体:表乾密度 1.44g/cm^3 , 吸水率 0.68% , 粗粒率 3.87 , Bスラグ発泡体:表乾密度 1.57g/cm^3 , 吸水率 10.0% , 粗粒率 2.97)とした。図-1に各種細骨材の粒度分布を示す。

表-1, 表-2にモルタル及びコンクリートの配合およびフレッシュ性状をそれぞれ示す。なお, Aスラグ発泡体を使用したコンクリートでは, 細骨材の形状および粒度分布に起因したと考えられる練混ぜ時のまきこみ空気の増大が確認された。

3. 強度特性

モルタル供試体は $4\times 4\times 16\text{cm}$, コンクリート供試体は $\phi 10\times 20\text{cm}$ とし, それぞれJIS R 5201「セメントの物理試験方法」, JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」ならびにJIS A 1113「コンクリートの割

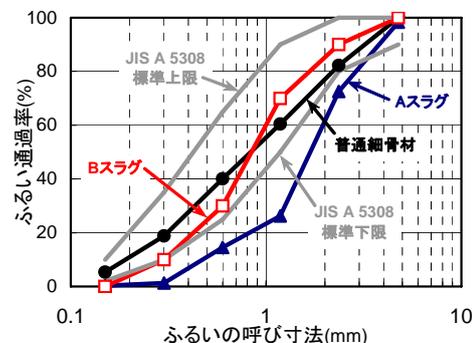


図-1 細骨材の粒度分布

表-1 モルタル供試体の配合およびフレッシュ性状

略号	細骨材種類	W/C	s/m	単位量(kg/m^3)			AE剤*添加率(C×%)	空気量** ($8.5\pm 1.5(\%)$)	単位容積 質量(kg/m^3)
				W	C	S			
M-N4	普通細骨材	0.4	0.5	273	699	1325	0.010	8.7	2230
M-N5	普通細骨材	0.5	0.5	288	613	1325	0.030	7.5	2206
M-A4	Aスラグ	0.4	0.5	274	699	720	0.008	10.0	1593
M-A5	Aスラグ	0.5	0.5	294	613	720	0.020	9.0	1576
M-B4	Bスラグ	0.4	0.5	253	699	785	0.038	9.9	1590
M-B5	Bスラグ	0.5	0.5	227	613	785	0.130	9.6	1530

* アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤を使用した。

** 普通細骨材(N)およびEスラグ発泡体(E)の空気量は圧力法により測定した。Bスラグ発泡体の空気量は質量法により測定した。

表-2 コンクリート供試体の配合およびフレッシュ性状

略号	細骨材種類	W/C	s/a	単位量(kg/m^3)				混和剤*(C×%)	スランブ(cm) 18 ± 2.5	空気量(%) 5.5 ± 1.0	単位容積 質量(kg/m^3)
				W	C	S	G				
C-N4	普通細骨材	0.4	0.48	160	400	838	931	SP剤(1.5) AE剤(0.005)	20.5	5.5	2271
C-N5	普通細骨材	0.5	0.48	180	360	829	921	AE減水剤(1.2)	20.0	5.6	2309
C-A4-I	Aスラグ	0.4	0.6	160	400	569	717	SP剤(0.8)	18.0	15.8	1791
C-A4-II	Aスラグ	0.4	0.6	160	400	569	717	SP剤-X(0.8) AE剤(0.01)	19.5	24.3	1544
C-A5-I	Aスラグ	0.5	0.6	180	360	563	709	AE減水剤(0.8)	19.0	14.8	1653
C-A5-II	Aスラグ	0.5	0.6	180	360	563	709	AE減水剤-X(0.8) AE剤(0.02)	23.0	27.3	1478

*SP剤はポリカルボン酸エーテル系高性能AE減水剤を, AE減水剤はリグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体を, AE剤はアルキルエーテル系陰イオン界面活性剤をそれぞれ使用した。なお, “-X”は低空気連行型を示す。

「裂引張強度試験方法」に準拠して行った。

図-2にモルタルの圧縮強さ及び曲げ強さとかさ密度の関係を示す。これより, CGS発泡体を使用したモルタルは普通細骨材と比較して圧縮強さが低くなるが, 低密度のモルタルを作製できることが確認される。一方, 低密度にも関わらず, 曲げ強さは同程度以上となることが確認される。

図-3にコンクリートの圧縮強度とかさ密度の関係

キーワード 石炭ガス化スラグ, 副産物有効利用, 軽量細骨材, フレッシュ性状, 強度特性
連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財)電力中央研究所 TEL04-7182-1181

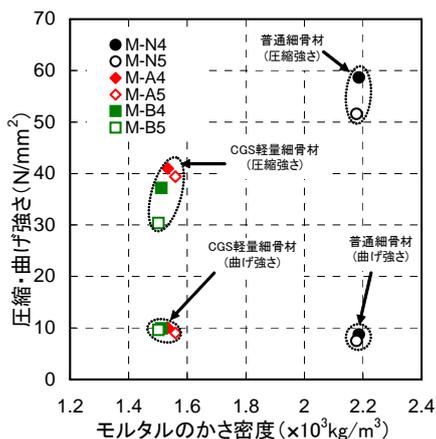


図-2 モルタルの圧縮強さ及び曲げ強さとかさ密度の関係(材齢 28 日)

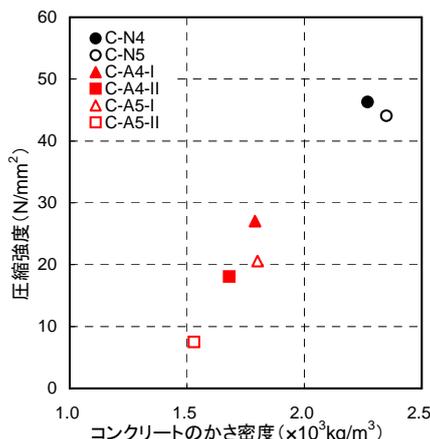


図-3 コンクリートの圧縮強度とかさ密度の関係(材齢 28 日)

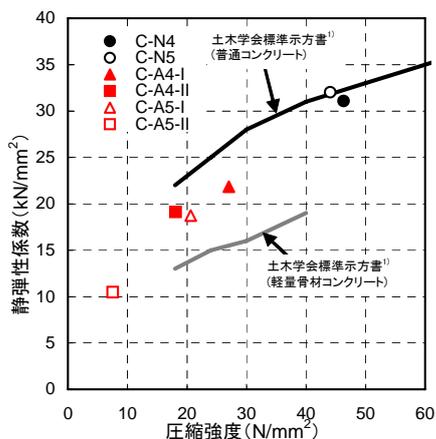


図-4 静弾性係数と圧縮強度の関係(材齢 28 日)

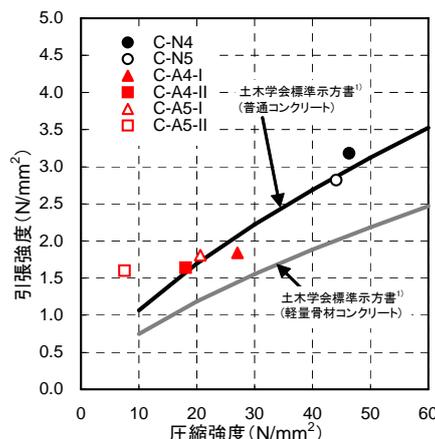


図-5 引張強度と圧縮強度の関係(材齢 28 日)

を示す。これより、A スラグ発泡体を使用したコンクリートは普通細骨材と比較して、圧縮強度が低くなるが、低密度のコンクリートを作製できることが確認される。これは、細骨材の軽量化の影響のみならず、練混ぜ時のまきこみ空気による空気量の増大のためと考えられる。

図-4 に弾性係数と圧縮強度の関係を示す。これより、弾性係数と圧縮強度は細骨材種類によらず、正の相関性が確認される。また、A スラグ発泡体を使用したコンクリートの弾性係数は同程度の圧縮強度の軽量骨材コンクリートより高いことが確認される。

図-5 に引張強度と圧縮強度の関係を示す。これより、圧縮強度と引張強度には正の相関が確認される。ただし、普通細骨材に対する A スラグ発泡体のコンクリートの圧縮強度と引張強度の低下率を比較すると、引張強度の方が低下しにくいことが確認される。また、A スラグ発泡体を使用したコンクリートの引張強度は同程度の圧縮強度の軽量骨材コンクリートより高いことが確認される。

4. まとめ

(1)CGS 発泡体を使用したモルタルの圧縮強さは普通細骨材を使用したそれより低いが、低密度のモルタルを作製可能である。また、低密度にも関わらず曲げ強さは同程度以上である。

(2)A スラグ発泡体を使用したコンクリートの圧縮強度は普通細骨材を使用したそれより低いが、低密度のコンクリートを作製可能である。また、A スラグ発泡体を使用したコンクリートの弾性係数や引張強度は、同程度の圧縮強度の軽量骨材コンクリートよりも高い。

(3)A スラグ発泡体を使用したコンクリートの練混ぜ時のまきこみ空気を低減することにより、より強度の高いコンクリートを作製できると考えられる。

参考文献 1) 土木学会標準示方書構造型性能照査編, 2002, p. 21, p. 28

謝辞 化学混和剤の使用にあたっては、BASF ポゾリス(株)の杉山知巳氏に多大なるご助言をいただきました。ここに感謝の意を表します。