

石炭ガス化スラグ発泡体を使用したコンクリートの中性化及び凍結融解抵抗性に関する検討

(財)電力中央研究所 正会員 ○正会員 蔵重 勲 西田 孝弘

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、石炭中の灰分を溶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¹⁾、これにより得られるCGS発泡体を使用したコンクリートの中性化抵抗性および凍結融解抵抗性を実験的に把握した。

2. 実験概要

本研究では、CGS発泡体として、Aスラグ発泡体(表乾密度 1.44g/cm³, 吸水率 0.68%, 粗粒率 3.87)を細骨材として使用したコンクリートを作製し、促進中性化試験、凍結融解試験を実施した。また、比較のために、普通細骨材(表乾密度 2.63g/cm³, 吸水率 1.9%, 粗粒率 2.90)を使用した。セメントは普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm³, 3120cm²/g), 粗骨材は碎石(表乾密度 2.70g/cm³, 吸水率 0.66%, 粗粒率 6.83)を使用した。

表-1 に促進中性化試験及び凍結融解試験に用いたコンクリートの配合及びフレッシュ性状を示す。なお、Aスラグ発泡体を使用したコンクリート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込み空気が確認され、空気量が増大する結果となった。

促進中性化試験は、10x10x10cmのコンクリート供試体を1ヶ月の水中養生(20℃)後、促進中性化環境(CO₂濃度:10%, 温度 40℃, 湿度 60%)に曝露し、中性化深さをJIS A 1153に準拠し測定した。凍結融解試験は、10x10x40cmのコンクリート供試体を1ヶ月の水中養生(20℃)後、JIS A 1148に準拠し実施した。なお、凍結融解抵抗性に関する実験結果を評価するため、同一配合の供試体に対し、リニアトラバース法(ASTM C 457-98)

表-1 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* (G×%)	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				
C-N4	普通細骨材	0.4	0.48	160	400	838	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	AE減水剤(1.2)	20.0	5.6	2309
C-A4-I	Asラグ	0.4	0.6	160	400	569	SP剤(0.8)	18.0	15.8	1791
C-A4-II	Asラグ	0.4	0.6	160	400	569	SP剤-X(0.8) AE剤(0.01)	19.5	24.3	1544
C-A5-I	Asラグ	0.5	0.6	180	360	563	AE減水剤(0.8)	19.0	14.8	1653
C-A5-II	Asラグ	0.5	0.6	180	360	563	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。

に基づき、気泡率と気泡間隔係数の測定を行った。

3. 実験結果及び考察

図-1 に中性化深さの経時変化を示す。これより、Aスラグ発泡体を使用したコンクリートの中性化深さは普通細骨材を使用した場合より大きいことが分かる。また、図-2 に中性化速度係数と硬化コンクリート中の気泡率の関係を示す。これより、コンクリートの中性化速度係数は気泡率に依存して大きくなっており、気泡性状の相違が中性化速度に影響を及ぼしたものと考えられる。一方、いずれの細骨材においても、水セメント比が低いほど中性化速度係数が低くなることが確認され、気泡率との正の相関性が認められる。すなわち、今回の実験範囲内では、Aスラグ発泡体を使用したコンクリートでは中性化抵抗性が低いことが認められたが、初期のまき込み空気の低減および水セメント比の低下を図れば、所要の中性化抵抗性を持ったコンクリートを製造可能と考えられる。

図-3、図-4 に相対動弾性係数及び質量減少率と凍結融解サイクルの関係をそれぞれ示す。なお、凡例中の括弧内は気泡間隔係数を示す。これらより、Aスラグ発泡体を使用したコンクリートでは、相対動弾性係数が低下する場合(C-A5-I)及び質量減少を生じる場合(C-A5-I, II)があることが分かる。さらに相対動弾性係数

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、中性化抵抗性、凍結融解抵抗性

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財)電力中央研究所 TEL 04-7182-1181

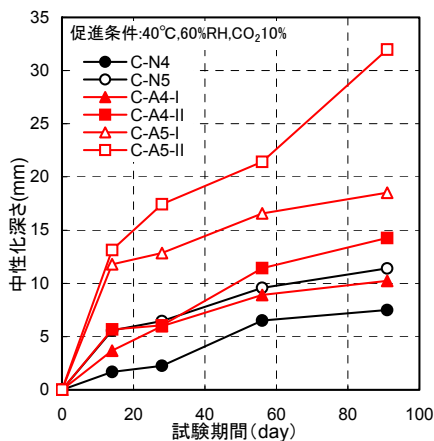


図-1 中性化深さの経時変化

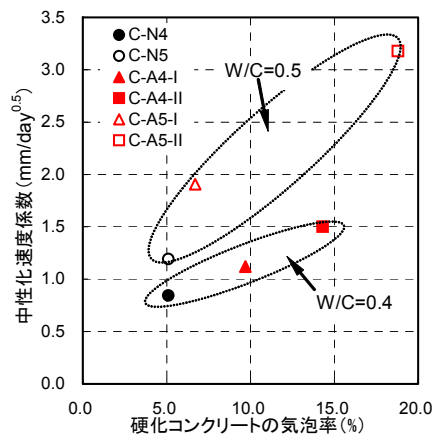


図-2 中性化速度係数と硬化コンクリートの気泡率の関係

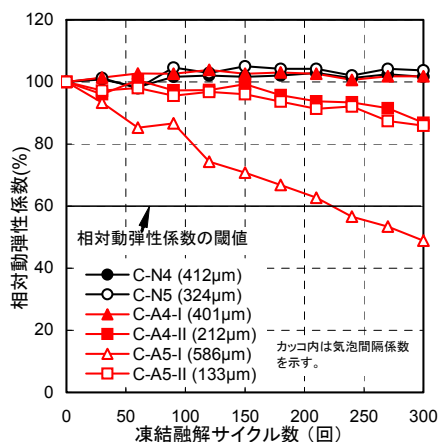


図-3 相対動弾性係数と凍結融解サイクルの関係

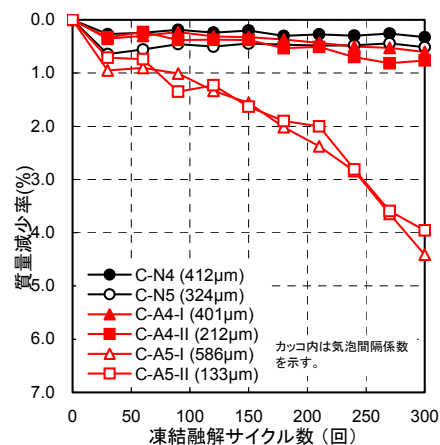


図-4 質量減少率と凍結融解サイクルの関係

が低下する場合では、気泡間隔係数が大きいことがわかる。図-5 に硬化コンクリートの気泡間隔係数とフレッシュコンクリートの空気量の関係を示す。これより、フレッシュコンクリートの空気量がまき込み空気の影響により15%と一般的なコンクリートと比べ多い場合でも気泡間隔係数が大きくなり、凍結融解抵抗性が低くなることが確認された。したがって、まき込み空気の混入によって空気量が多くなる場合では、混和剤を適切に使用し所要のエントレインドエアを確保する必要があると考えられた。

4. まとめ

(1)本研究で対象としたCGS発泡体を使用したコンクリートは、今回の実験範囲内では、普通細骨材と比較して中性化抵抗性が低いことが確認された。しかし、フレッシュコンクリートのまき込み空気量の低減および水セメント比の低下を図れば、所要の中性化抵抗性を持ったコンクリートを製造可能なものと考えられた。

(2)本研究で対象としたCGS発泡体を使用したコンクリートでは、適切なエントレインドエアを導入すれば、凍結融解抵抗性の高いコンクリートを作製可能である。

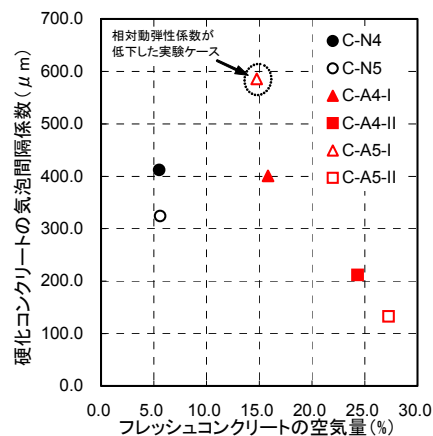


図-5 硬化コンクリートの気泡間隔係数とフレッシュコンクリートの空気量の関係

参考文献: 1)蔵重勲, 山本武志, 市川和芳, 沖裕壮: 石炭ガス化スラグの高付加価値化有効利用技術の開発ーコンクリート用軽量細骨材への適用性評価ー, 電力中央研究所, 研究報告 N05040, 2006.7.

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。