

石炭灰を大量に使用したコンクリートの開発研究

中国電力(株) 正会員 ○横田英嗣
中国電力(株) 賛助会員 寺田大治
広島工業大学 正会員 伊藤秀敏

1.はじめに

コンクリート用骨材として用いられてきた海砂の採取規制を踏まえ、筆者らは代替細骨材としての砕砂に石炭灰を置換することにより、コンクリートの品質が改善されることを確認してきた。

本研究では、石炭灰を細骨材の置換材として可能な限り大量に使用したコンクリートの開発を目的として、石炭灰置換率を変えた各種コンクリートの強度、耐久性試験を行った。

2.試験の概要

本試験で用いたセメントは普通ポルトランドセメント（密度:3.15 cm³/g、比表面積:3,390cm²/g）、粗骨材は砕石（最大寸法:20mm、密度:2.72 cm³/g、吸水率:0.69%）、細骨材は砕砂（密度:2.67 cm³/g、吸水率:1.20）を用いた。石炭灰（CA）は表-2 に示すような品質を有するものを用いた。コンクリートの配合は、表-3 に示すようにセメント量、単位水量を一定とし、石炭灰は細骨材の置換材とした。試験項目は表-3 に示すとおりである。

表-1 石炭灰の品質

	石炭灰 A	石炭灰 B	石炭灰 C
密度(cm ³ /g)	2.17	2.27	2.16
ブレン値(cm ² /g)	2,740	4,090	2,840
強熱減量(%)	2.70	4.30	1.70
S ₂ O ₃ 含有量(%)	66.8	70.0	77.0
pH	11.8	11.2	3.0

表-2 コンクリートの配合

水セメント比 W/C(%)	石炭灰 置換率(%)	単位水量 W(kg)	セメント C(kg)	石炭灰 CA(kg)	細骨材率 s/a(%)	SP 量 (kg)	AE 剤 (kg)
60	0	180	300	0	43	0.75	0.07
	20			126		1.05	0.22
	40			252		2.70	0.36
	60			378		4.65	0.54
	80			503		7.50	0.72

目標スランプ 10±2cm、空気量 5±1%

3.試験結果及び考察

(1)石炭灰を大量に使用した場合の断熱温度上昇と強度発現性

これらの試験では表-1 に示す新小野田灰 A を用いた。

1)強度発現性

図-1 に示すように、各材齢ともに石炭灰置換率 60%までは石炭灰が増加するほど強度の増進が見られる。置換率 60%以上における強度の進展が鈍化した理由として、置換率 60%～80%の領域では石炭灰量がセメント量に対して 1.7 倍程度多くなるため、セメント粒子とのバランスが悪くなり、石炭灰を多量に使用するとセメントの水和反応を妨げる要因になるものと考えられる。

2)断熱温度上昇量

図-2 に示すように、終局温度は石炭灰置換率が大きくなるほど高くなるが、初期の発熱速度はこれとは逆に石炭灰置換率が小さくなるほど早くなっている。この理由は、前者に対してはポゾラン反応による発熱量が加算されるが、後者は強度発現性と同様に石炭灰を多量に使用すると水和反応が遅れたためと考えられる。

表-3 試験項目

試験項目	規格	備考
圧縮強度試験	JIS A 1108	材齢7,28,91日
長さ変化試験	JIS A 1129	7日水中養生後
断熱温度上昇試験	-	空気循環式
中性化試験	-	28日水中養生後 CO ₂ 5%,湿度60%,温度30℃

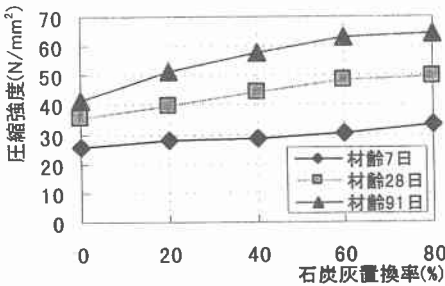


図-1 石炭灰置換率と圧縮強度の関係

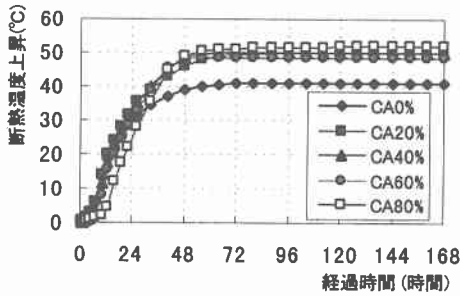


図-2 断熱温度上昇

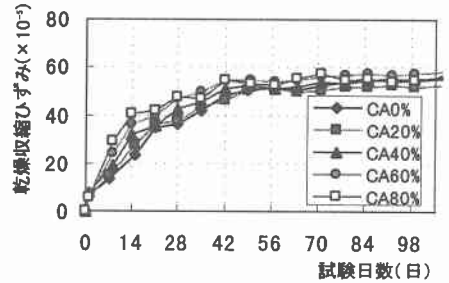


図-3 乾燥収縮

3) 乾燥収縮試験

乾燥収縮試験結果を図-3 に示す。材齢 100 日における乾燥収縮ひずみには、配合による差異は認められなかった。乾燥収縮に最も大きな影響を与えるものは単位水量であるが、今回の配合は単位水量が 180kg/m^3 と一定としたことから石炭灰置換率に関係なく、ひずみ量が同様の値を示したものと考えられる。従って石炭灰を多量に用いても、単位水量が同じであれば乾燥収縮ひずみ量に影響はほとんどないものと考えられる。

(2) 石炭灰種による影響

これらの試験は表-1 に示す全石炭灰を使用して行った。

1) 強度発現性

図-4 に示すように、石炭灰種に拘わらず石炭灰置換率が高いほど強度発現性が高いが、同一置換率では灰種による強度差がみられた。特に、石炭灰 C は他の灰に比べ強度発現性が小さくなった。この理由として、表-1 に示すように石炭灰 C は pH が 3.0 の酸性灰であり、ポゾラン反応の進行に影響を与えたものと考えられる。これらの灰をコンクリート構造物へ使用する際には、予め強度発現性を把握しておく必要がある。

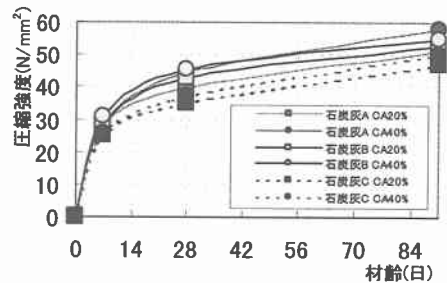


図-4 石炭灰種による圧縮強度発現性

2) 促進中性化試験結果

図-5 は促進中性化試験結果を示したものである。この図より、灰種と材齢が同じであれば、石炭灰置換率が高いほど中性化深さは減少する傾向が見られた。これは置換率が高いほどコンクリート構造が緻密化し透気性が下がったためと考えられる。また、材齢 28 日までの中性化深さは、石炭灰 C が若干小さかったが、材齢 56 日では灰種による相違はほとんど認められなかった。これは石炭灰 C の pH が酸性を示しているため、ポゾラン反応が強度発現性の場合と同様に、遅くなったことによるものと考えられる。

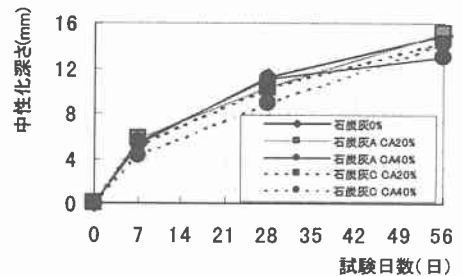


図-5 促進中性化試験結果

4. まとめ

- (1) 石炭灰置換率を増加させると、置換率 60%までは強度増加の傾向を示し、耐久性の観点からも乾燥収縮は、石炭灰の置換率による差は認められず、促進中性化では石炭灰の置換率が高いほど中性化深さは減少する傾向が見られることより、60%までの使用可能が確認された。
- (2) フレッシュ性状では石炭灰置換率 40%を超える辺りから、普通コンクリートに比べ同じスランプに対して粘性が増大する傾向が見られ、施工上の工夫が必要と考えられる。

また、本研究に当たり広島工業大学四年生の伊丹、岡藤、松浦、前土井の諸氏に深謝する次第である。