

V-414 砕砂の一部を石炭灰で置換したコンクリートの断熱温度上昇

中国電力技術研究センター 正員 及川 隆仁 吉岡 祐策
 広島工業大学工学部 正員 伊藤 秀敏 正員 藤木 洋一

1. はじめに

わが国では、コンクリート用細骨材として古くから川砂、山砂、海砂が用いられてきた。しかし、最近では良質な川砂は枯渇が進み、それを補うものとして用いられてきた山砂には泥分の含有による乾燥収縮の増大、一方海砂には塩分の含有による鉄筋の発錆や大量採集による環境破壊といった問題が叫ばれるようになってきた。このような背景より、砕砂への依存はますます高まるものと考えられる。

しかし、砕砂をコンクリート用細骨材として単体で使用した場合には、その角張った粒状、含有されている微粒分等により、コンクリートの性状に悪影響を及ぼすものと考えられる。このようなことから、筆者らは、砕砂の一部を石炭灰で置換したコンクリートのフレッシュおよび硬化性状に関して研究¹⁾を行い、石炭灰置換による品質改善効果を確認してきた。

本研究では、砕砂の一部を石炭灰で置換したコンクリートの断熱温度上昇試験を行い、この種のコンクリートの断熱温度上昇特性について調べ、考察を加えた。

2. 使用材料

(1) セメント

普通ポルトランドセメント(比重 3.16, 比表面積 $3,410\text{cm}^2/\text{g}$, 28日圧縮強さ $417\text{kgf}/\text{cm}^2$)を使用した。

(2) 骨材および石炭灰

細骨材は、広島市産乾式砕砂(粘板岩および硬質砂岩, 比重 2.69, 吸水率 1.02%, FM 3.05)を、粗骨材は、砕砂と同産の碎石(最大寸法20mm, 比重 2.66, 吸水率 0.74%, FM 6.79)を使用した。石炭灰は、新小野田発電所産の原粉を使用した。その化学成分を表1に示す。

(3) 混和剤

減水剤はポゾリスNo.70, 空気量調整剤はNo.303Aを使用した。

3. 実験概要

(1) 砕砂の微粒分と石炭灰の調整

砕砂は水洗いしながら0.15mmのフルイでふるい分け、残留分と通過分とに区分し、この通過分を微粒分とした。図1に微粒分の粒度分布を示す。微粒分含有量は、残留分をベースにして体積比で表し、微粒分含有率として示した。石炭灰量は、微粒分を調整した砕砂をベースにして体積比で表し、石炭灰置換率として示した。

(2) コンクリートの配合および練り混ぜ

コンクリートの配合は、単位セメント量およびs/aの目標値をそれぞれ $290\text{kg}/\text{m}^3$, 43.5%とした。スランプおよび空気量の目標値は、 $10 \pm 2\text{cm}$ および $4 \pm 1\%$ とし、コンクリートの練り上がり温度は、 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ とした。また、コンクリートの練り混ぜは、傾胴型ミキサ(容量 100リットル)で全材料投入後90秒間行った。

なお、断熱温度上昇試験は、石炭灰置換率を0, 10, 20%, 微粒分含有率を0, 10, 20%と変化させたそれぞれの組合せによる合計9パターンの配合について行った。

表1 石炭灰の化学成分

比重	2.18	
平均粒径(μ)	10.4	
PH	9.7	
ブレン値(cm^2/g)	3870	
I.g. loss (%)	3.9	
M. B. 吸着量(mg/g)	0.50	
化学 成分 (%)	SiO ₂	66.3
	Al ₂ O ₃	22.0
	Fe ₂ O ₃	3.70
	CaO	0.90
	MgO	0.30
	SO ₂	0.20
	Na ₂ O	0.12
	K ₂ O	1.15

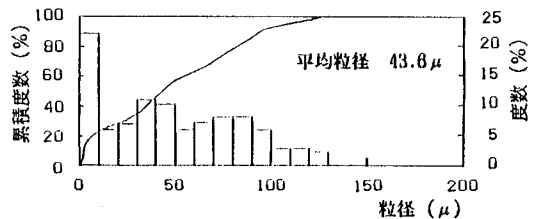


図1 微粒分の粒度分布

4. 断熱温度上昇試験結果

断熱温度上昇試験は、水循環式の装置で行い、断熱温度上昇の近似式は、実験によって得られた断熱温度上昇量の測定値から良い相関が得られた $Q(t) = Q_{\infty} \cdot \{1 - \exp(-rt^s)\}$ なる式で整理した。この実験定数を表2に示す。また、断熱温度上昇量の測定値とその近似式とを対比した場合の一例を示すと図2、3のごとくであった。近似式はコンクリート打ち込み後約10時間までは、測定値よりやや大きくなっているが、全般にわたりよく一致しており測定値との差は最大でも4℃程度であった。この種のコンクリートにおいても、この近似式を用いて断熱温度上昇量を高精度で近似できることが確認できた。

温度上昇速度は実験値を微分(差分法)して求め、その一例を図4、5に示す。これらの図より、石炭灰置換率、微粒分含有率を増加させると、最大のピーク値が発生する時刻は若干遅れる傾向を示した。また、図6は石炭灰置換率および微粒分含有率と近似式中の係数(Q_{∞})との関係を示したものである。この図より、 Q_{∞} の値は石炭灰置換率および微粒分含有率の増加に伴い、大きくなっており、石炭灰20%になると、含有率の大きさによる差異はほとんど認められなかった。本試験で用いた微粒分は、不活性鉱物質であり、通常断熱温度上昇量に関与しないものと考えられるが、微粒分の粒度が0~10 μ の部分が22.5%含まれているので、微粒分効果により、水和反応が促進されたためと考えられる。石炭灰で置換した場合、温度上昇速度は若干遅延するがポゾラン活性により終局温度は高くなったものと考えられる。

4. おわりに
本試験により得られた結果を要約すると以下の通りである。

4. おわりに

本試験により得られた結果を要約すると以下の通りである。

- (1) 砕砂の一部を石炭灰で置換したコンクリートの断熱温度上昇に関する近似は、 $Q(t) = Q_{\infty} \cdot \{1 - \exp(-rt^s)\}$ を用いることにより、高精度で近似できることが確認できた。
- (2) 温度上昇速度は、試験開始後10~17時間の領域で、最大のピーク値を示し、石炭灰および微粒分の含有量の増加に伴い、この時間は遅延する傾向にあった。
- (3) 断熱温度上昇量の終局値 Q_{∞} は、石炭灰置換率および微粒分含有率の増加に伴い、大きくなるが、微粒分の影響はごくわずかであった。

[参考文献] 1) 伊藤ら(1991): 砕砂の一部を石炭灰で置換したコンクリートの基礎性状, セメント・コンクリート論文集No.45, pp.316~pp.321

表2 断熱温度上昇式の実験定数

微粒分 (%)	石炭灰 (%)	実験定数		
		Q_{∞} (°C)	r	s
0	0	44.9	0.8550	1.0084
	10	53.8	0.3897	1.1840
	20	58.3	0.3593	1.2040
10	0	48.5	0.5142	1.1878
	10	56.3	0.4036	1.1494
	20	57.1	0.4813	1.1987
20	0	48.3	0.5533	1.1378
	10	52.9	0.3396	1.3370
	20	55.3	0.3327	1.3452

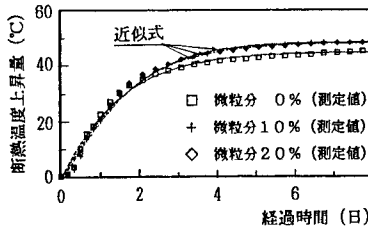


図2 断熱温度上昇量(石炭灰0%)

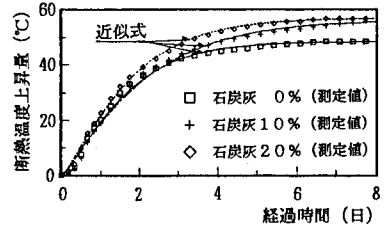


図3 断熱温度上昇量(微粒分10%)

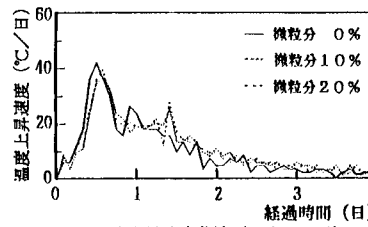


図4 温度上昇速度曲線(石炭灰0%)

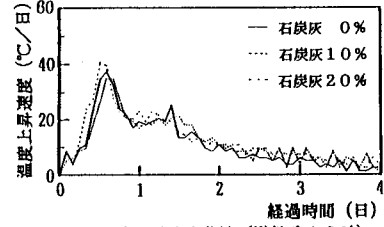


図5 温度上昇速度曲線(微粒分10%)

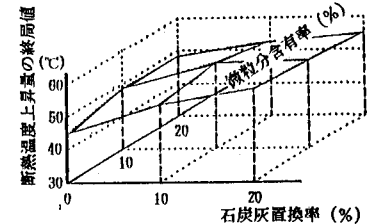


図6 断熱温度上昇量の終局値と石炭灰置換率、微粒分置換率の関係