

石炭灰原粉を用いた乾式吹付けコンクリートの配合選定

奥村組 正会員 ○松田敦夫 正会員 飯島俊荘 正会員 小西正郎
中国電力 正会員 齊藤 直 正会員 安野孝生 正会員 池田陵志

1. はじめに

石炭火力発電所から発生し、集塵したままの石炭灰原粉は、使用量や置換率など使用方法に注意すれば吹付けコンクリート材料として利用可能であり、跳ね返り量が減る利点がある。湿式の場合はベースコンクリートと吹付け後の強度比を目安にして配合設計可能である¹⁾が、乾式ではこの方法を用いることは困難である。そこで、試験施工の結果²⁾をもとに、所要の強度を確保するための配合選定の方法をまとめた。

2. 設計強度の選定

石炭灰を使用するとセメントのみの通常の場合に比べて、吹付け後の初期強度は低下するものの長期強度の増加は大きい。図1に示す結果では、13週/4週の強度比はセメントのみが1.2に対し、石炭灰使用配合では1.4である。施工対象の地山状況により、材齢4週の基準強度を20%程度下げるか、対象材齢を長くすることが有効である。

表1 石炭灰種類が吹付け後強度に与える影響 (N/mm²)

配合	種類	24時間	4週	13週
C 225	M	7.8	25.7	34.2
CA 225	O	7.5	17.8	27.8
C 200	M	4.6	18.6	27.5
CA 260	O	5.1	16.4	24.1
C 260	M	5.3	25.0	36.8
CA 260	O	6.2	19.2	27.9

表2 石炭灰の品質

発電所	M	O
強熱減量 %	14.4	6.0
比重	2.10	2.17
ブレンズ比表面積 cm ² /g	4550	2910
フロー値比 %	84	104
活性度指数 28/91	81/91	83/99
拘束水比	1.59	0.93
変形係数	0.11	0.07
化学成分	Fe ₂ O ₃	3.89
	CaO	2.37
	MgO	0.76
%		1.25

3. 石炭灰の品質の影響

湿式では搬送性を確保するためにベースコンクリートのスランプを一定値にする必要がある。したがって、使用する石炭灰の品質とくに減水性能が強度に対して支配的な影響をもつ。しかし、乾式では吹付け時にノズルで加水するため、減水性能の影響は少ない。表1

にほぼ同様な配合で、石炭灰の種類が異なった場合の強度を示す。湿式では不利である表2のフロー値比や拘束水比であるMの方が高い強度が得られている。石炭灰の品質を比べてみると、Mは比表面積が大きく、Fe₂O₃量が少ないことで、ポゾラン活性が高かったことが原因と考えられる。

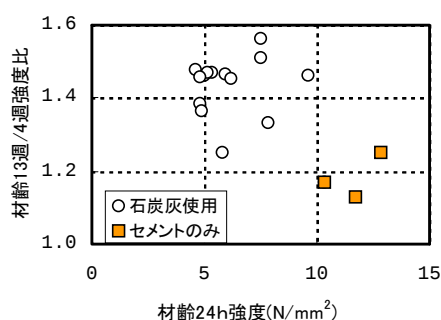


図1 強度発現の特徴

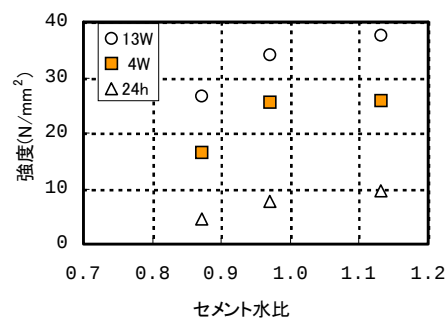


図2 水セメント比と強度の関係

4. 単位水量の影響

乾式は施工時に加水量を容易に調整できる。図2は同じ空練り材料で添加水量を変化させた場合の水セメント比と強度の関係である。水セメント比を小さくすることにより、初期および長期強度を大きくすることが可能である。したがって、粉体量が固定されれば、添加水量を変動させた試験により所要強度の得られる単位水量が設定できる。

キーワード：石炭灰、乾式吹付けコンクリート、配合、強度、混和材料、配合設計

奥村組技術研究所 〒300-2612 つくば市大砂 387 TEL:0298-65-1521 FAX:0298-65-1522

5. 単位量の設定

図3は材齢4週の強度と水セメント比、水粉体比の関係である。セメントと石炭灰量が変動すると水セメント比や水粉体比で強度を規定することは難しい。20N/mm²を得るためにはセメント量が200kg/m³では不足し、220～230kg/m³必要である。石炭灰の使用量を増やすと材齢4週以降の強度の増加が期待できる。

石炭灰を使用する配合では、粉体の容積が大きくなるため、粗骨材容積を定めて残りを細骨材とする。過去の実績から粗骨材容積は0.25～0.27m³/m³が適当であると考えられる。

6. 経済性

石炭灰原粉はJISフライアッシュのように流通が確立していないが、比較的低価格で利用できる。発電所からの運搬距離によって異なるが、表3の配合を材料費のみで比較したものが図4で、石炭灰が7円/kg以下であればコストダウンが可能である。

7. 選定フロー

石炭灰を比較的大量に使用した乾式吹付けコンクリートの配合選定フローを図5に示す。乾式の場合、ベースコンクリートによる配合選定が困難で、事前に水セメント比の設定ができない。その中で、経済性と必要強度の達成を目的として石炭灰とセメント使用量を設定し、各材料の単位量を決定する。これまでの試験結果では、表3の配合に示すC=CA=220～230kg/m³が適当である。フロー中のモデル施工の位置づけは大きく、強度と跳ね返り量から最適単位水量を決めることが重要である。

8. まとめ

石炭灰原粉を用いた乾式吹付けコンクリートの配合は使用する石炭灰とセメントの最小量を設定して、モデル試験を行うことにより選定できる。

初期強度はやや低い長期強度の伸びが大きいことから設計強度の取り扱いを考慮することが望ましい。石炭灰の品質により得られる強度が変動するため、この関係を明らかにすることが今後の課題である。

参考文献

- 1) 松田他「石炭灰原粉を用いた吹付けコンクリートの配合選定」土木学会第55回年次学術講演会 -212, 2000.9
- 2) 安野他「石炭灰原粉を用いた乾式吹付けコンクリートの試験施工」土木学会第56回年次学術講演会 , 2001.10

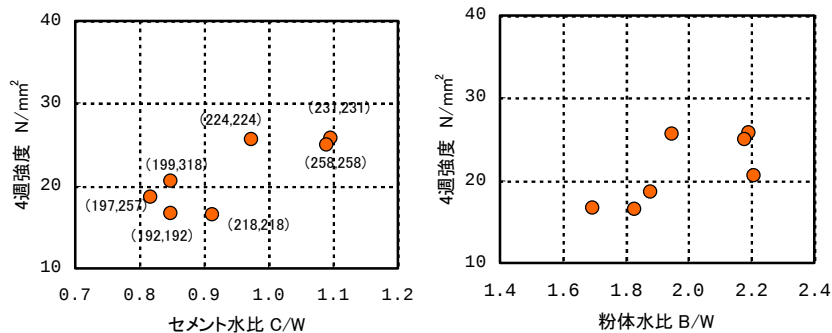


図3 水結合材比、水セメント比と強度の関係 ()はC, CA量

表3 乾式吹付け配合例 kg/m³

	水	セメント	石炭灰	細骨材	粗骨材
通常	200	360	-	1156	640
石炭灰	220	220	220	959	640

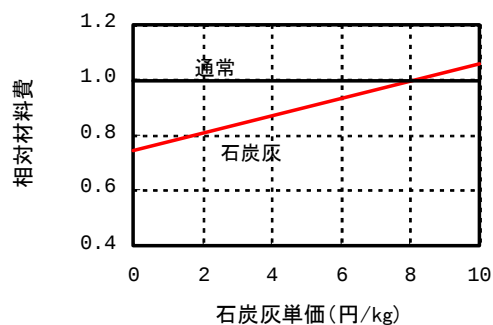


図4 吹付け材料コストの比較

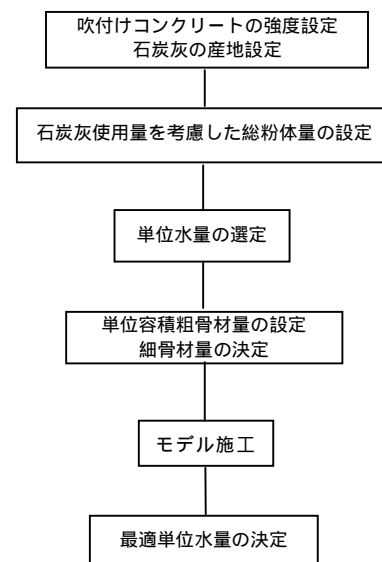


図5 配合選定フロー