

石炭灰固化物の粗骨材への適用

中部電力（株）正会員 ○西沢俊幸、中部電力（株） 安藤兼治、（株）コムリス 前田正俊

1. まえがき

天然骨材の採取に伴う環境破壊が問題視される中、今後大量に発生する石炭灰は環境保全からも再生資源として有効利用の拡大が求められている。従来から石炭灰を原料とした高強度人工骨材はあるが、それらは焼成等の製法を採用している。

テストプラントにおいて石炭灰にセメントを加え、焼成の製法と異なり混練と造粒および養生からなる製法に取り組み、骨材の組織を緻密化することで天然骨材並の圧縮強度の開発に成功した。本稿では、石炭灰を利用した粗骨材としての技術開発の経緯と材料特性について紹介する。

2. 石炭灰固化物の開発

1) 石炭灰固化物の製造方法

中部電力の石炭火力発電所から発生する標準的な石炭灰の性状は、コンクリート用フライアッシュII種になる。図-1に今回技術開発に使用した製造方法を示す。まず石炭灰とセメントを適量の水とともに混練機にて混合する。その後、傾斜皿型造粒機を回転して球体状とし、蒸気養生する。

骨材としての高強度を確保するには、原料である石炭灰他を十分に練混ぜることが不可欠であり造粒機の前工程に混練機を設置し、後工程に早期の強度発現および養生ヤードの縮小のために蒸気養生槽を設置する。

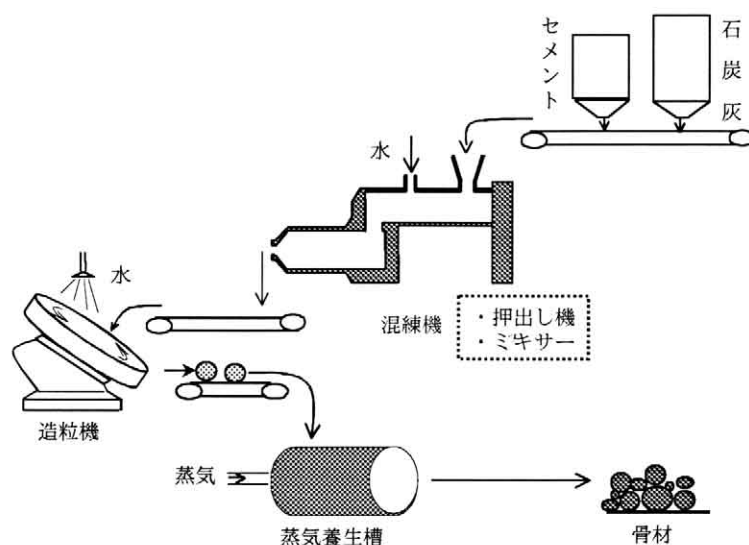


図-1 製造方法

2) 混練機による強度結果

混練機に選定した押し機およびミキサーについて、各々の練混ぜ効果を確認するために同一の製造方法により標準混合量 900kg/h および機器の最大混合量で製造した場合の圧潰強度結果を図-2に示す。いずれの混合量に対してもミキサーの方が高い強度を示している。

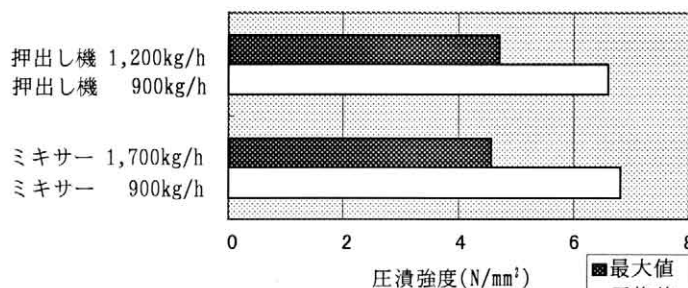


図-2 混合量と圧潰強度

3) 供試体寸法による強度結果

一般的にコンクリートの圧縮強度に関しては、供試体の体積が増加するにつれて材料中に含まれる欠陥の占める割合が大きくなるので強度が減少する。石炭灰固化物の圧縮強度は、粒径 20mm より円柱供試体 10×10mm をコア抜きして評価するため、大きめの強度結果となることが懸念される。供試体の寸法効果による強度への影響を比較するために、粒径 60mm より円柱供試体 20×

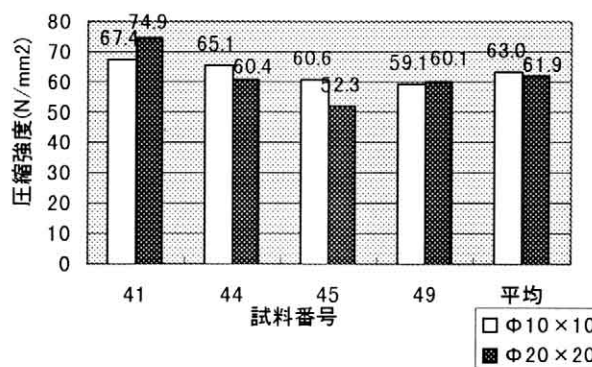


図-3 供試体寸法による圧縮強度結果

20mm をコア抜きし強度試験を実施した。供試体の寸法効果による圧縮強度結果を図－3に示す。供試体寸法 10×10mm と 20×20mm の比較では、小さい供試体の方が若干高い強度を示すが優位な差は認められずバラツキの範囲内であると考えられる。

4) 含水比による強度結果

石炭灰固化物に天然骨材並の圧縮強度を得るには、水和反応の基である含水比（水セメント比）の管理が重要となる。造粒時における含水比の違いによる強度比較として、計算で求めた最適含水比と造粒状況を見ながら多少の加水をして製造する 2 タイプについて実施した。結果を表－1 に示し、含水比が 2 % 多きくなることによって圧縮強度が 1 割程度減少している。逆に含水比が少ないと造粒できなくなる。

5) 石炭灰銘柄による強度結果

石炭灰の銘柄数は 50 を超え、銘柄によって化学成分に違いがあるため、化学成分が違う 3 銘柄について圧縮強度にどの程度の影響を及ぼすかを比較したのが図－4 である。石炭灰の銘柄によって、圧縮強度に 1 割程度の差が発生する。

6) コンクリートの圧縮強度結果

石炭灰固化物の粗骨材としての適用性を把握するために表－2 に示す石炭灰固化物を用いて、「JIS A 5002 構造用軽量コンクリート骨材」の内、コンクリートの圧縮強度および単位容積質量に関する試験を実施した。配合試験における混練りは、100 ㍺パン型強制練りミキサーを用い、混練時間はセメント・砂・石炭灰固化物・水投入後 1 分 30 秒行った。このときの示方配合を表－3 に示す。

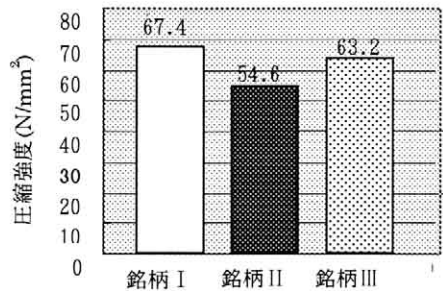
コンクリートの圧縮強度結果を表－4 に示す。28 日強度は平均 40.6N/mm² であり、軽量骨材に要求される品質を満足している。この値は、粗骨材に用いた石炭灰固化物の圧縮強度 54.6N/mm² に対して若干小さい値であり、これは石炭灰固化物には製造上の問題として強度のバラツキがみられ、強度の小さい固化物に支配されたものと推察される。

3. まとめ

- ①石炭灰にセメントを加え粒状に造粒し蒸気養生した石炭灰固化物（粒径 20mm）は、粗骨材に要求される一般的な圧縮強度 60N/mm² 以上をほぼ満足する。
 - ②製造時に添加する含水比は、20%程度が最適であり含水比が増加すると圧縮強度が低下する。
 - ③同一の製造方法では、石炭灰の銘柄によって圧縮強度に 1 割程度の差が生じる。
 - ④本材料を使用したコンクリートの圧縮強度は 40N/mm² を達成し、軽量骨材としての区分を満足する。
- 以上の圧縮強度結果より、石炭灰固化物は粗骨材として有望な成果が得られた。しかし、原料である石炭灰の銘柄が変動およびテストプラントの製造ラインの問題から石炭灰固化物の品質が変動するため、品質均一並びにコスト是正への製造技術開発を進めていく。

表－1 含水比による圧縮強度結果

含水比 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)
22.6 (最適含水比)	54.6
24.6	48.5



図－4 銘柄別の圧縮強度結果

表－2 石炭灰固化物の材料特性

項 目	平均
圧縮強度 (N/mm ²)	54.6
表面乾燥密度(g/cm ³)	1.87
絶対乾燥密度(g/cm ³)	1.55
吸水率 (%)	20.6

表－3 示方配合

スランブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	S/a (%)	単位量(kg/m ³)			
				W	C	S	G
8±1	2.0	40	40	185	463	677	728

表－4 コンクリートの圧縮強度結果

フレッシュコンクリート				硬化コンクリート			
スランブ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)	単位容積質量(kg/l)	単位容積質量(kg/l)		圧縮強度(N/mm ²)	
				7 日	28 日	7 日	28 日
8.4	1.7	19.5	2.075	2.100	2.102	33.0	40.6