

混練時間の延長による石炭灰粒度分布の変化と硬化体の強度増加に関する検討

鹿児島大学 学生会員 ○浜田 朋宏
 (株)間組 正会員 坂本 守
 鹿児島大学大学院 正会員 武若 耕司
 鹿児島大学大学院 正会員 山口 明伸

1. はじめに

近年、火力発電所等から産業廃棄物として石炭灰が多量に排出されており、有効利用方法として、石炭灰硬化体が開発された。著者らが過去に行った検討¹⁾では、硬化体作製時における混練時間と圧縮強度との間に相関関係が認められており、原因として、混練時における粒子の分散が強度増加に影響を与えているのではないかと考えられた。そこで、本研究では混練時間の延長による石炭灰の粒度分布の変化と、石炭灰硬化体の圧縮強度増加との関連について実験的検討を行った。

2. 石炭灰硬化体について

本試験で使用した石炭灰硬化体は、セメントと石炭灰のみを材料とし、混練水に塩水（海水）を使用したもので、石炭灰とセメントを最適含水比に近い低水粉体比で混練、振動作用で流体化させ、締固めることで作製する硬化体である。余剰水の極めて少ない状態で締固めることが可能なため、少ないセメント量で石炭灰を多量に有効利用できる点で効果的である。また、骨材を含まないことから単位体積質量が $1.7\sim 1.9\text{t/m}^3$ と小さく、環境的にも、経済的にも有効な材料とされており、塩分浸透に対して高い抵抗性も兼ね備えた材料である。

3. 実験概要

使用材料としては、石炭火力発電所の石炭灰（フライアッシュ原粉）を7種類、混練水は海水を模擬して、水道水に塩化ナトリウムを加えた塩水（濃度 3.195%）とし、セメントは普通ポルトランドセメント（密度 3.15g/cm^3 ：(株)太平洋セメント社）を用いた。実験に用いた供試体配合を表-1に示す。

配合決定に際しては、全石炭灰硬化体においてセメント置換率を15%で一定とし、混練時間2分において流体化時間が約

表-1 供試体配合

石炭灰 種類	水粉体比 W/P(%)	単位量(kg/m^3)			
		W	C	F	NaCl
①	28.3	386	205	1159	12.7
②	24.7	358	217	1231	11.8
③	26.6	375	212	1199	12.4
④	22	336	229	1300	11.1
⑤	23.6	348	222	1256	11.5
⑥	30.3	404	200	1134	13.3
⑦	25.7	372	217	1230	12.3

120秒となるような水粉体比を選定し配合決定を行った。なお、流体化時間とは、混練後の振動開始から流体化するまでの時間である。検討項目として、混練時間の変化が粒度分散に与える影響および、圧縮強度試験、粒度分布と強度との関連性の確認を行った。強度試験に用いる供試体は $\phi 5\times 10\text{cm}$ の円柱供試体とし、JIS R 5201に準拠し、所定の材齢（7日、28日）ごとに試験を行うものとした。供試体の養生に際しては、供試体作成後 $\phi 5\times 10\text{cm}$ の型枠をフィルムで密封し、材齢7日目に脱型し、水中養生を開始した。また、硬化体作製手順としては、試料を投入後、モルタルミキサーの低速で1分間混練をし、手早く掻き落としを行った後に、中速で混練を行うものとした。なお、中速での混練時間はそれぞれ1分、2分、5分、10分と変更し、混練終了後に振動台を用いて締固め、供試体を作製した。また、粒度分布測定に関しては、硬化体作製時と同じ水粉体容積比となる量のメタノール(特級試薬)で、各種石炭灰を同様の時間をかけて混練を行ったものを用いた。

4. 実験結果および考察

図-1に、混練時間を変化させた際の流体化時間の変化を示す。この結果から、いずれの配合においても混練時間の延長により流体化する時間が短縮する傾向にあることが確認された。このような結果が得られた理由としては、凝集して存在する石炭灰粒子が混練によって分散され、混練初期に粒子間に拘束された水分が、粒子の分散とともに流体化に寄与する自由水として機能することが原因であると考えられる。

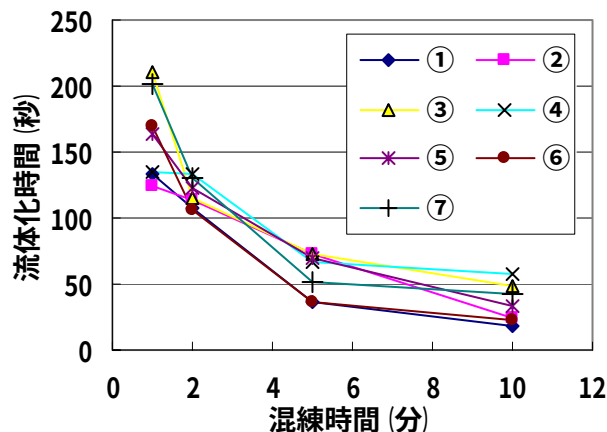


図-1 混練時間と流体化時間の関係

一方、図-1に示すフレッシュ性状で練り上がった硬化体の圧縮強度の変化を混練 2 分の圧縮強度に対する増減率で整理して図-2に示す。混練 1 分ではばらつきが多く明確な傾向は見られないが、5 分以上混練した場合には 2 分混練よりも圧縮強度はほぼ増加する傾向にあった。

図-3には、各石炭灰をメタノールで 2 分間混練後、灰試料の粒度分布を測定して得られた分布頻度を基準とし、同様に 5 分間混練した場合に得られた分布頻度との変化率の一例を示す。石炭灰の種類により粒度分布の傾向は異なり、必ずしも同じ変化とはなっていないが、50～200 μm の比較的大きな径の粒子の分布頻度が低下し、1～30 μm の小径の粒子が増加している場合が多く見受けられる。また混練 2 分に対し、混練を 5、10 分とした場合のメジアン径との関係を図-4に示すが、例外はあるものの、混練 2 分の方が径は大きくなる傾向があることがわかる。以上のことから混練時間の延長によって、石炭灰粒子の凝集が分散し、また場合によっては一部粒子の破損などの現象が発生している可能性があることが考えられる。

今回の粒度分布の変化で、流体化時間や圧縮強度などの変化をすべて説明できるものではないが、混練によって発生する石炭灰の粒度分布の変化が、石炭灰の実質的な活性度を向上させたことが、圧縮強度の増加に結びついた原因の一つであると考えられる。

5. まとめ

今回の実験結果より、粒度分布の変化と圧縮強度の間には、ある程度の相関関係が認められた。このことから、実際の施工現場においても、混練時間を長くしたものの方が高い強度が得られ、品質的にも良いものが作製できると考えられる。ただし、実際の施工段階においては工期や設備等に工程的制約もあることや、構造物の規模も違うことから、今回得られた結果を基に、実構造物においても効率的・高品質となるような作製工程を検討していく必要がある。

【参考文献 1】(坂本守, 武若耕司, 山口明伸: 最適含水比に近い低水粉体比の石炭灰硬化体の性状に及ぼす混練時間の影響, V-371, pp739-740, 土木学会第 64 回年次学術講演会, 2009.9)

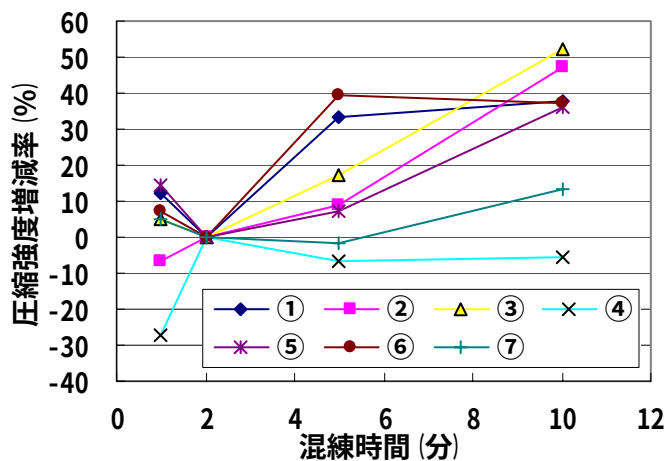


図-2 混練時間と圧縮強度増減率 (材齢 28 日)

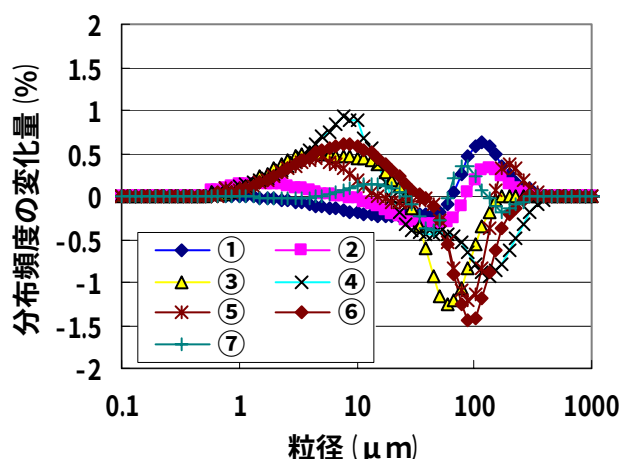


図-3 石炭灰粒度分布の変化量 (2 分→5 分)

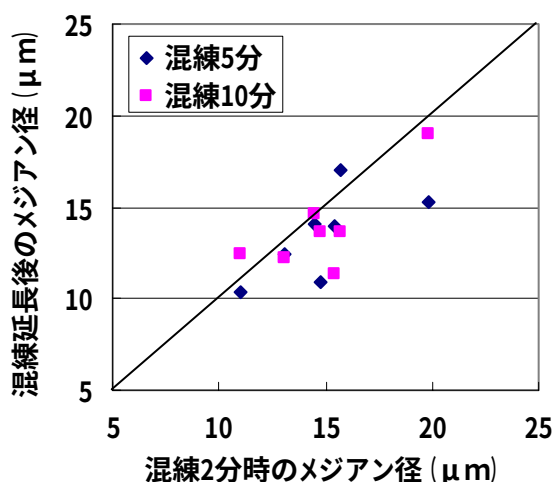


図-4 混練時間によるメジアン径の変化