

産業廃棄物のクリンカを用いたモルタルの練混ぜ方法の検討

Examination of mixed method of mortar using clinker of industrial waste

苫小牧工業高等専門学校専攻科環境システム工学専攻
 苫小牧工業高等専門学校環境都市工学科
 苫小牧工業高等専門学校環境都市工学科
 KK イワクラ

○学生員
 正会員
 正会員

渡辺晋吾
 廣川一巳
 渡辺暁央
 高橋賢孝

(Shingo Watanabe)
 (Kazumi Hirokawa)
 (Akio Watanabe)
 (Yoshiyuki Takahashi)

1. はじめに

今日の我々の豊かな生活は技術の進歩によるものである。だが、それとともに排出される廃棄物の量も増加していった。この問題を解決するためには、従来の埋め立てや焼却処分ではなく、環境保全、資源保護の立場からも廃棄物を資源ととらえる循環型社会への転換が求められている。しかし、産業廃棄物の再生利用量は年々増加してきているものの、排出される産業廃棄物全体の半分にとどまっている¹⁾²⁾。再利用されない産業廃棄物はコンクリート用骨材などに利用を拡大することが期待されており、骨材採取による環境破壊や骨材資源枯渇の解決につながる。

産業廃棄物を利用した骨材の中には多孔質で吸水率が高く、骨材としては品質の低いものがある。このように低品質骨材は強度や耐久性の観点から、良質のコンクリートを製造するのに不適切である。そのため骨材の品質基準はJIS等で規格化されており、新しい種類の骨材は基準が確立するまで容易に使用することが出来ない。その一方で、個々の骨材の品質を管理するのではなく、製造されたコンクリートの品質を保証する、性能規定の考え方がある。この場合、低品質の骨材を使用するときは、セメントペーストの強度を増大させることにより強度・耐久性を確保したコンクリートの作製が可能である。しかし、これらの手法は製造コストの増加につながり産業廃棄物を利用した骨材の利用を拡大する動機にはなりにくい。そのため、コストを上げないで、かつ、コンクリートの品質を確保できる技術の開発が望まれる。

著者らは木材の樹皮等を燃料として燃やした際に発生するクリンカを骨材として利用する研究を行っている。このクリンカを粉砕して、細骨材として使用した場合、吸水率が大きく多孔質なため、普通骨材を使用したものより強度が低くなった。しかし、新たな練混ぜ方法であるセメント分割練混ぜ法を採用することにより、強度低下を防ぐことが実現した³⁾。

本研究では、この分割練混ぜ法の実用性を確認することを目的に、品質の異なるクリンカを使用してモルタルの練混ぜ方法と強度特性に関して検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

本研究で用いるクリンカ(写真-1)とは木材廃棄物を燃焼した際に発生する灰が焼き固まったものである。そ

のため、一般的骨材に比べ吸水率が大きく、普通砂と同様に表乾状態にするのは非常に困難である。クリンカは未燃物の木材や若干の鉄釘などを含んでいるため、粉砕した後、磁石で鉄を取り除き、水に入れ木材を除去した。細骨材の標準粒度に調整したものをクリンカ砂(密度：2.57g/cm³，吸水率：3.96%)(写真-2)として実験で使用した。その他の使用材料は、普通ポルトランドセメント(密度：3.16g/cm³)、浜厚真産陸砂(以下、普通砂)(密度：2.69g/cm³，吸水率：1.80%)、AE減水剤(変性リグニンスルホン酸化合物)を使用した。配合は表-1、2に示す。作製したモルタル供試体はフロー試験およびJIS R 5201セメントの物理試験に準じて行い、材齢7日、28日強さ試験を行った。なお、クリンカ砂の検討にあたり走査型電子顕微鏡(SEM)、粉末X線回折、蛍光X線分析の化学的・視覚的分析を行った。

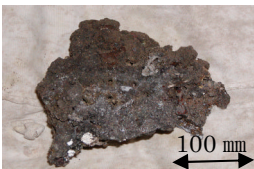


写真-1 クリンカ



写真-2 クリンカ砂

表-1 普通砂の配合表

W/C(%)	水(g)	セメント(g)	普通砂(g)	AE減水剤(g)
50	882	1800	4600	18

表-2 クリンカの配合表

W/C(%)	水(g)	セメント(g)	クリンカ砂(g)	AE減水剤(g)
50	1049	1800	4433	18

2.2 練混ぜ方法

気乾状態のままクリンカ砂を使用するために5種類の練混ぜ方法で供試体を作製した。図-1に各練混ぜ方法を示す。

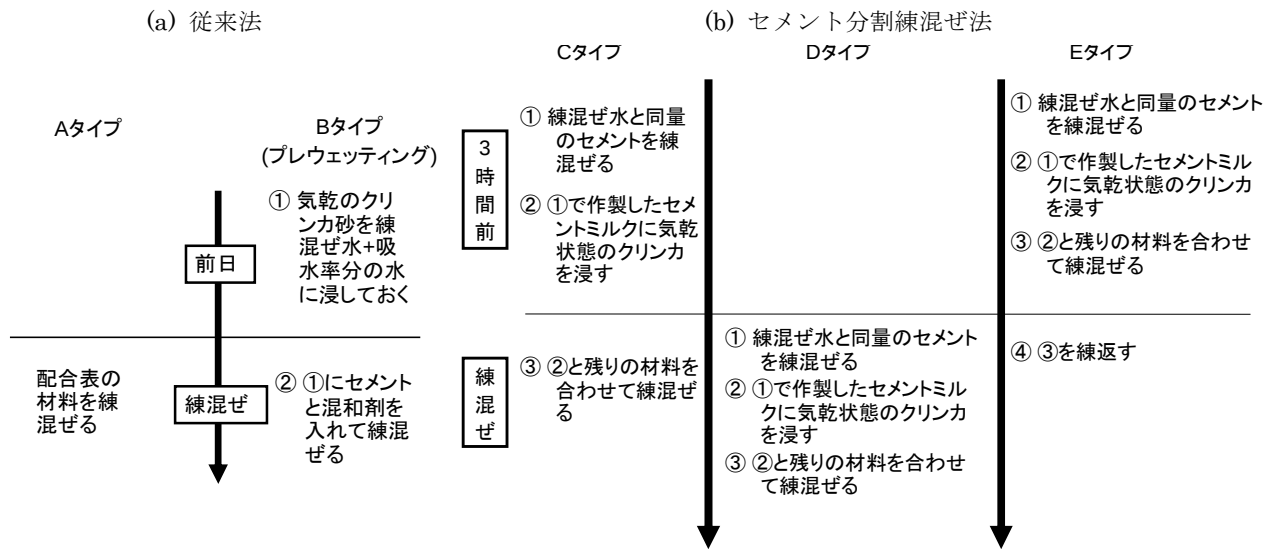


図-1 各練混ぜ方法

1) 通常の練混ぜ(Aタイプ)

クリンカ砂は気乾状態のまま使用する。練混ぜ水はクリンカ砂の有効吸水率を考慮したもの(練混ぜ水+吸水量)を用いて練混ぜる。

2) プレウェッティングによる練混ぜ(Bタイプ)

気乾状態のクリンカ砂を、有効吸水率を考慮した練混ぜ水と混ぜて吸水させておく。24時間後、プレウェッティングをしたクリンカ砂にセメントと混和剤を混ぜて練混ぜる。

3) セメント分割練混ぜ法

配合表の練混ぜ水とそれと同量のセメントを練混ぜてW/Cが100%のセメントミルクを作製し、そこに気乾状態のクリンカ砂を浸した後、所定の時間放置して練混ぜる。この練混ぜ方法をセメント分割練混ぜ法とする。

放置する時間が3時間のものをCタイプ、1分間のものをDタイプとする。また、Dタイプを練混ぜた後、3時間放置してから練返したものをEタイプとする。

3 クリンカ砂の化学的・視覚的分析

3.1 SEMによる粒子観察

写真-3～写真-6に普通砂およびクリンカ粉末粒子のSEM像を示す。粒子の特徴は以下のとおりである

1) 普通砂は全体的に丸みを帯びた形状をしているのに対して、クリンカは起伏が多く角張っており、その形状は様ではない。

2) 普通砂は表面が比較的なめらかであるが、クリンカは多数の空隙が見られた。

以上のことより、クリンカ砂は多孔質であり、流動性に影響を与えると考えられる。

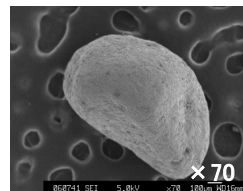


写真-3 普通砂

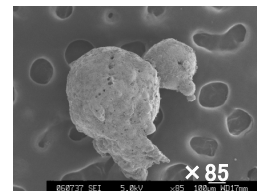


写真-4 普通砂

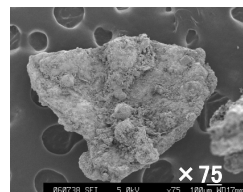


写真-5 クリンカ

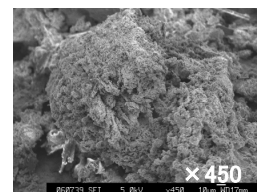


写真-6 クリンカ

3.2 粉末X線(クリンカ)

図-2にクリンカの粉末X線回折結果を示す。炭酸カルシウムのピークが小さいことがわかる。ピークが小さい理由として、化合物自体の含有量が少ない、結晶性が良くないなどがいえる。アルカリシリカ反応の原因となる鉱物(クリストバライトやトリジマイトなど)⁴⁾の存在は確認されなかった。そのためクリンカを用いて供試体を作製してもアルカリシリカ反応による強度低下が起きる可能性は低いと考えられる。

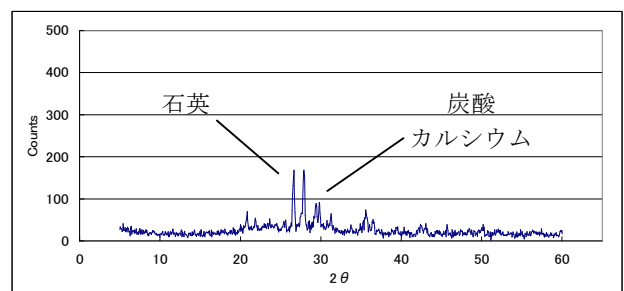


図-2 粉末X線回折結果(クリンカ)

3.3 蛍光 X 線分析

図-3、図-4 に蛍光 X 線分析結果を示す。クリンカは普通砂に比べシリカ(Si)の量が少なくカルシウム(Ca)を多く含んでいることがわかった。アルミニウム(Al)と鉄(Fe)はほぼ同等に含んでいた。また、普通砂は硫黄(S)が極微量であったが、クリンカには多く含まれていた。

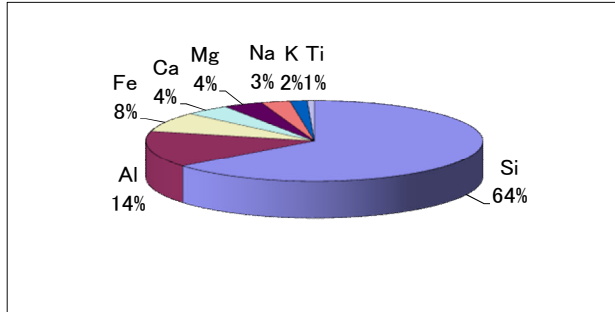


図-3 蛍光 X 線分析結果(普通砂)

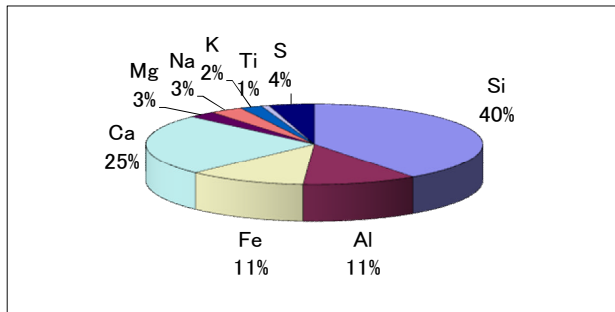


図-4 蛍光 X 線分析結果(クリンカ)

4 モルタル供試体の試験結果

4.1 フロー試験結果

図-5 にフロー試験結果を示す。

普通砂のモルタルに比べクリンカ砂を用いて作製したモルタルのフロー値は小さく現れた。原因としてクリンカ砂の粒形が角張っているためだと考えられる。また、クリンカ砂のモルタルはどの練混ぜ方法でもフロー値はほぼ同等であった。

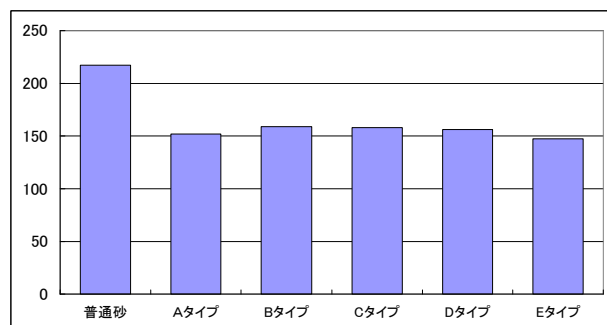


図-5 フロー試験結果

4.2 強度試験結果

図-6、図-7 に強度試験結果を示す。普通砂とクリンカ砂の強度を比較すると曲げ・圧縮強度はともに材齢 7 日では 5 つの練混ぜ方法の供試体は全て普通砂の供試体の

約 8 割の強度を発現した。材齢 28 日では A タイプ(通常の練混ぜ方法)、B(プレウェッティング)タイプの供試体は普通砂の供試体の約 8 割、C,D,E タイプ(セメント分割練混ぜ法)の供試体は普通砂の供試体の約 9 割の強度を発現した。普通砂の供試体に比べクリンカ砂の供試体の強度が低かった原因は、普通砂に比べクリンカ砂自体の強度が低いためだと考えられる。また、A タイプと B タイプの強度に大きな差が見られないことから、A タイプのクリンカが練混ぜの際に練混ぜ水から吸水率分の水を吸水し、セメントペーストの配合が B タイプと同じになったと考えられる。セメント分割練混ぜ法(C,D,E タイプ)で作製した供試体は、そうで無い供試体(A,B タイプ)と比較すると材齢 28 日の強度が高くなっている。これは、骨材中にセメントミルクが浸透したことで、骨材とセメントペーストの付着が良くなったからと考えられる。

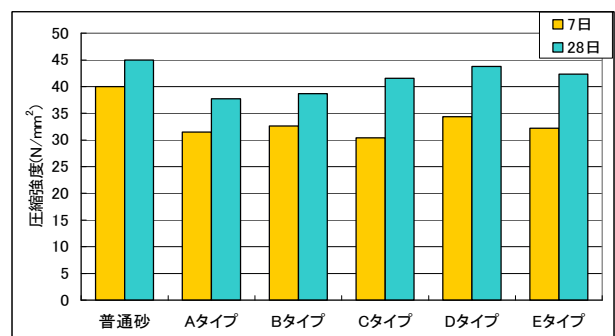


図-6 圧縮強度試験結果

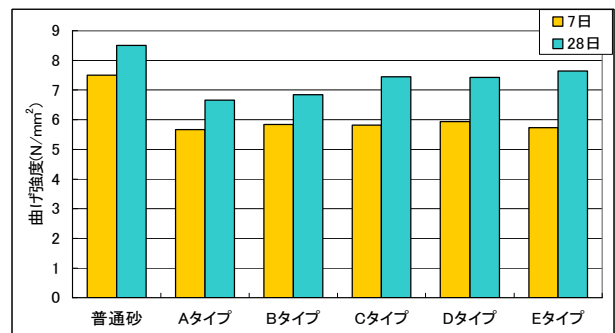


図-7 曲げ強度試験結果

4.3 粉末 X 線回折結果(モルタル供試体)

図-8～図-11 に各練混ぜ方法の供試体の粉末 X 線回折の結果を示す。クリンカ砂を使用した供試体全てでポルトランダイトが生成されており水和反応が行われていたことがわかる。しかし、普通砂と比較してポルトランダイトの生成状況は全体的に小さい傾向がある。

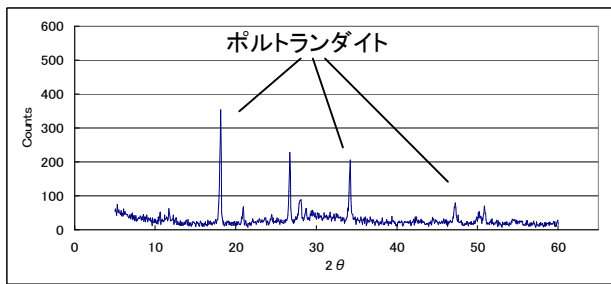


図-8 普通砂(材齢 28 日)

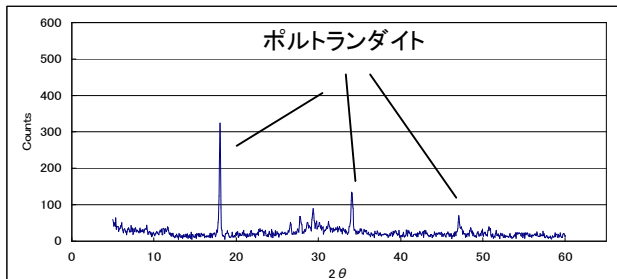


図-9 A タイプ(一般的練混ぜ方法)(材齢 28 日)

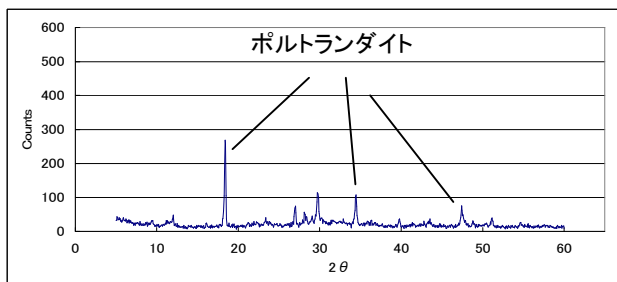


図-10 B タイプ(プレウェッティング)(材齢 28 日)

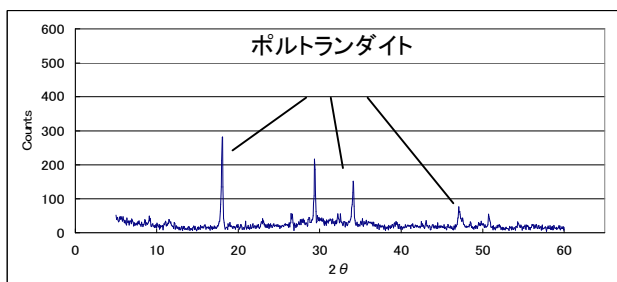


図-11 C タイプ(セメント分割練混ぜ法)(材齢 28 日)

5)材齢 7 日では 5 つの練混ぜ方法の強度はほぼ同じであった。材齢 28 日ではセメント分割練混ぜ法(C,D,E タイプ)では普通砂の約 9 割, A,B タイプは約 8 割の強度を発現した。このことからセメント分割練混ぜ法は強度発現に有効である。

参考文献

- 1)産業廃棄物の排出及び処理状況等について
<http://www.env.go.jp/recycle/waste/sangyo.html>
- 2)環境省 HP 産業廃棄物の不法投棄の現状について
http://www.env.go.jp/recycle/ill_dum/santouki/index.html
- 3)西洋美, 廣川一巳, 高橋賢孝: 産業廃棄物のクリンカを利用したコンクリートに関する基礎的研究, 2006 年度土木学会論文報告集第 63 号, E-24
- 4)田村博: コンクリート構造物の耐久性シリーズ アルカリ骨材反応, 1986 年, 技報堂出版株式会社

4. 結論

結果・考察より以下のことを導き出した。

- 1)クリンカは普通砂と比較するとかなり吸水率が大きい
- 2)クリンカの粉末 X 線回折結果より, アルカリシリカ反応の原因となる鉱物は発見されなかった。クリンカを用いて供試体を作製してもアルカリシリカ反応による強度低下を起こす可能性は低いと考えられる。
- 3)クリンカは多孔質であり, その粒形は角張った不定形である。
- 4)フロー値はどの練混ぜ方法でもほぼ同等であった。