

V-39 石灰処理により回収したセメントの強度発現特性

秋田高専 正会員 ○桜田 良治
大森建設(株) 石井 昭浩

1. まえがき

コンクリート打設現場で余剰となった戻りコンクリートの処理方法としては、硬化後の破砕処理による再生骨材としての再利用や、フレッシュコンクリートの洗出しによる骨材の回収などがある。この洗出しによる方法では、骨材の回収後に発生する多量の残渣の処理や排水処理が必要となる。今後は、再生骨材としての再利用のみならず、生コンクリート洗浄後に排出される残渣の減量化を図るためにも、より付加価値の高い再利用を可能とする、セメントや結合材の回収技術とその利用技術の開発も必要である。

戻りコンクリート中の配合材料は石灰処理することで、骨材とセメントを乾燥状態で回収することができ、回収したセメントは再び加水した場合に、十分な水和活性が期待できることが確認されている¹⁾。本研究では、戻りコンクリートの配合の違いが、石灰処理により回収した未水和セメントの強度発現に及ぼす影響と戻りコンクリートに残渣を添加して回収した場合のセメントの強度特性について検討した。

2. 実験方法

水セメント比 0.5 で練混ぜたフレッシュ状態のセメントペーストに、0.3mm ふるいを通過した生石灰を添加して十分に混合し、粉末状態でセメントを回収した。回収したセメントを用いたセメントペーストの強度発現に及ぼす生石灰の添加量の影響について検討した（表 1- ①）。石灰処理により回収したセメントの密度、粒度分布、および走査型電子顕微鏡撮影(x15000)によるセメント粒子表面の水和の進行状態について調べた。実際の生コンクリートを想定して、水セメント比の異なるフレッシュ状態のモルタル(w/c=0.764, 0.699, 0.643, 0.594, 0.545, 0.510, 0.500, 0.435, 0.400) に、単位水量の 2 倍の生石灰を添加して、乾燥状態で砂と未水和セメントを回収し、回収したセメントの圧縮強度を調べた（表 1- ②）。また、モルタル質量の 10%, 15%, 25% の生コンクリートの残渣を添加したモルタルより回収したセメントについても、強度の発現特性を調べた（表 1- ③）。圧縮強度試験の供試体は、回収したセメントを用いた水セメント比 0.4 のセメントペーストより作製した $\phi 50 \times 100$ mm の円柱供試体とした。供試体を 28 日間標準養生した後に、圧縮強度試験を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 生石灰添加率と強度発現

生石灰添加率（＝生石灰添加量／単位水量）と回収したセメントの圧縮強度の関係をセメントペーストにより検討した。その結果、生石灰をセメントペースト中の水分の 1 倍添加して未水和セメントを回収した場合の、硬化セメントペーストの圧縮強度は 2.98 N/mm^2 となる。添加量を 1.5 倍、2.0 倍に増やすと、強度は 12.73 N/mm^2 , 17.33 N/mm^2 に増加する。しかし、添加量が 2.0 倍を超えると減少に転じ、3.12 倍では 2.27 N/mm^2 となる。石灰処理によるセメントの回収では、回収したセメントの強度発現が最大となるような生石灰の最適添加量が存在する。生石灰の水和反応式[1]より、理論的には 1 kg の水を水酸化カルシウムとするためには 3.12 kg の生石灰が必要であるが、単位水量の 2 倍の添加で最大の強度発現が得られる。

表 1 実験条件

実験項目	実験ケース
① 生石灰添加量／単位水量	1.0, 1.25, 1.5, 1.75, 2.0, 2.5, 3.12
② モルタルの水セメント比 (セメント／砂比)	0.764(0.229), 0.699(0.253), 0.643(0.280), 0.594(0.328), 0.545(0.345) 0.510(0.381), 0.500(0.389), 0.435(0.455), 0.400(0.554)
③ 残渣添加率 (対モルタル質量百分率)	0%, 10%, 15%, 25%

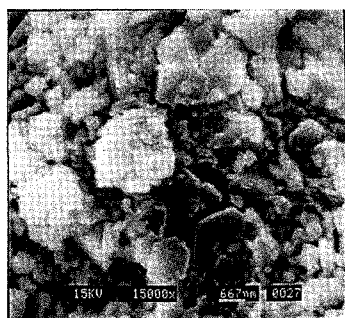


写真1 回収セメントの組織

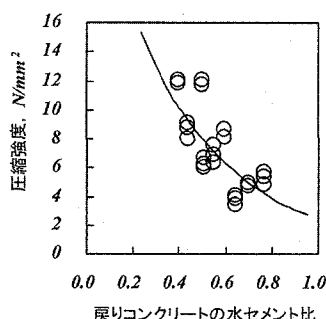


図1 水セメント比の影響

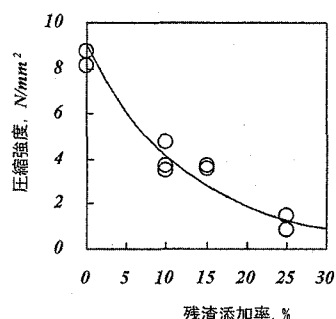
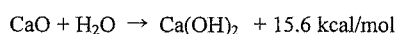


図2 残渣添加率の影響



[1]

単位水量の2倍で最大強度が得られる理由としては、水和反応の進行により、生石灰の水和反応に要す間隙水が減少していることと、生石灰が水和反応する時の蒸発作用により、水量が減ることがあげられる。

回収したセメントには、セメントの水和生成物と生石灰の水和生成物である水酸化カルシウムが混在するため(写真1)、その密度は2.43 g/cm³で普通セメントの3.16 g/cm³より23%低下する。また、50%粒径は普通セメントの9.23 μmに対して、石灰処理により回収したセメントでは22.90 μmとなる。

3.2 戻りコンクリートの配合と残渣添加率の強度発現への影響

戻りコンクリートの配合の違いが、回収セメントの強度発現に及ぼす影響について、水セメント比(0.764, 0.699, 0.643, 0.594, 0.545, 0.510, 0.500, 0.435, 0.400)の異なるモルタルに単位水量の2倍の生石灰(≦0.3mm)を添加して、回収したセメントの28日圧縮強度を調べた(図1)。水セメント比が0.400~0.435のモルタルから回収したセメントの圧縮強度は、11.9~8.6 N/mm²の強度発現が期待でき、水セメント比が0.500~0.594のモルタルでは、11.9~6.3 N/mm²の強度が得られる。また、水セメント比が0.643から0.764のモルタルでも、回収したセメントは再び加水した時に、5.3~3.8 N/mm²の強度の発現が可能である。

上記の水セメント比0.594のモルタルに、生コンクリートの残渣を添加して回収したセメントの強度特性を調べた(図2)。回収時の生石灰添加量は、モルタル中の単位水量と残渣含水量の総量の2倍とした。残渣の添加量をモルタル量の10%とした場合には、添加しない場合に比べておよそ50%の強度発現が認められる。残渣の添加量を15%、25%に増やすと、添加しない場合の43%から14%の強度にとどまる。この残渣の添加量と戻りコンクリートの水セメント比より、回収したセメントに再び加水した場合の圧縮強度の把握が可能である。

4. まとめ

実際の戻りコンクリートを想定して、その配合の違いが、石灰処理により回収した未水和セメントの強度発現特性に及ぼす影響について検討し、元の戻りコンクリートの水セメント比により回収セメントの強度が異なることが確認できた。さらに、回収時に生コンクリートの残渣を添加した場合には、添加率10%では50%の強度の発現があることが確認できた。本研究は、財団法人あきた企業活性化センターの研究助成を受けて行われたものであり、ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) Akihiro Ishii, Ryoji Sakurada et al., Recovery Technique of Unhydrated Cement Grains from Waste Fresh Concrete by Lime Stabilization, 30th Conference on Our World in Concrete and Structures, Singapore, Vol. 24, pp.287-292, 2005.