

焼成貝殻粉末をセメントに置換したモルタルの膨張に関する検討

Study about the expansion of the mortar using cement substitution of the baking shell powder

苫小牧工業高等専門学校 専攻科 環境システム工学専攻 ○学生員 上村清志 (Kiyoshi Kamimura)
 苫小牧工業高等専門学校 環境都市工学科 正会員 廣川一巳 (Kazumi Hirokawa)
 苫小牧工業高等専門学校 環境都市工学科 正会員 渡辺暁央 (Akio Watanabe)
 苫小牧工業高等専門学校 環境都市工学科 学生員 石井允都 (Masato Ishii)

1. はじめに

水産系廃棄物は有効利用するシステムの確立が遅れている現状にある。その背景には、処理コストが高額、最終処分場の不足などが挙げられ、法律の整備も遅れている。水産系廃棄物の発生量は貝殻が最も多く、そのほとんどがホタテ貝殻である¹⁾。そのため、ホタテ貝殻はコンクリート材料やチョークなどに利用されており、有効利用するシステムの確立がされつつある。

筆者らは、苫小牧市の名産物であるホッキ貝殻を取り上げ、コンクリート材料としての適用性を検討している。まずは、ホタテ貝殻の研究と同様に、フィラーとして用いることを検討し、セメントの水和反応の促進に寄与していることを明らかにした²⁾。次に、化学的性質を改善する混和材料として利用できるか実験を行い、セメントの一部を焼成ホッキ貝殻のパウダーで置換したモルタルを作製し、膨張する現象が認められた。膨張原因は、ホッキ貝殻が1000℃の焼成によりCaOに変化し、セメントに焼成ホッキ貝殻粉末を10%程度置換したモルタルはCaOと水が反応してCa(OH)₂が生成されるためであることを明らかにした³⁾。

一方、水産系廃棄物として発生量の多いホタテ貝殻はホッキ貝殻と同じCaCO₃から構成されているが、結晶構造が異なる。粉末化したホタテ貝殻粉末(SP)とホッキ貝殻粉末(HP)を粉末X線回折(以下、XRD)で分析した結果、ホタテ貝殻は一般的なCaCO₃であるカルサイト型であるのに対し、ホッキ貝殻はアラゴナイト型である。しかし、1000℃で焼成すると両方ともCaOとなる(図-1)。また、走査型電子顕微鏡(以下、SEM)を用い表面状態の観察を行った結果、焼成したSPおよびHPの表面状態は平滑で非常に似た状態となる(写真-1)。すなわち、焼成ホタテ貝殻粉末においても、ホッキ貝殻と同様にモルタルの膨張を生じさせる可能性が高いと考えられる。

本研究では焼成ホタテおよびホッキ貝殻をセメント置換したモルタルを作製し、膨張に違いあるのかを検討することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 焼成貝殻粉末の製造方法

本研究で使用するホタテ貝殻およびホッキ貝殻は、実験前に洗浄および乾燥後、粉碎し75μmふるいを通したものをホタテパウダー(以下、SP)およびホッキパウダー(以下、HP)とした。これを1000℃で1時間焼成した物を焼成ホタテ・ホッキ貝殻粉末と呼ぶ。なお、焼成

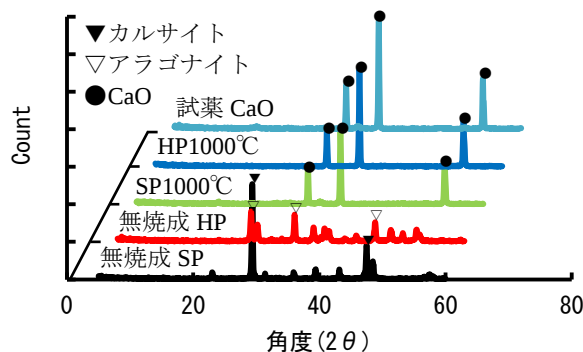


図-1 粉末X線回折の結果

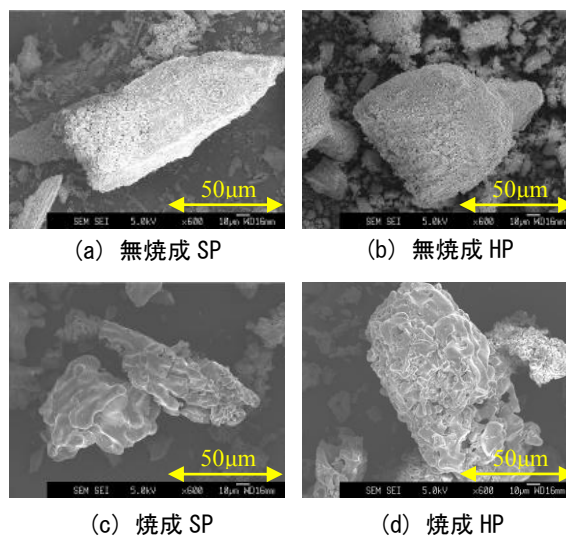


写真-1 焼成前後 SP および HP の SEM 画像

した貝殻は焼成後に再度粉碎して、再び粉末状に加工し、セメントの一部と置換してモルタルを作製した。

2.2 使用材料および配合

普通ポルトランドセメント(密度: 3.14g/cm³)および厚真産普通砂(表乾密度: 2.77g/cm³、吸水率: 1.96%)を使用し、JIS R 5201 に準じて、40×40×160mmの角柱供試体を作製した。この配合をベースとして、焼成 SP(密度: 3.05g/cm³)、焼成 HP(密度: 2.95g/cm³)をセメント質量に対して5%、10%および15%置換したモルタルを作製した(以下、SP5、SP10、SP15 および HP5、HP10、HP15)。配合を表-1に示す。

2.3 実験方法

モルタル作製後 24 時間で脱型して、20℃の水中養生を行った。そして、材齢 7 日において、圧縮強度試験を実施した。さらに、試験後の供試体から分析用試料を採取して、粉碎し、アセトンに浸漬して水和反応を停止させた。その後に、真空乾燥を行い示差熱重量分析(以下、TG-DTA)および粉末 X 線回折を実施した。

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮強度

材齢 7 日における圧縮強度試験結果を図-2 に示す。普通モルタルを基準に考えると SP5、HP5、SP10 は圧縮強度が若干低下する程度であった。しかし、HP10%は 5N/mm^2 程度の圧縮強度であり、非常に低い値となった。これは、HP10 は長軸方向に 10mm 程度の長さ変化が確認されるほど著しい膨張が認められ、それにとまう微細なひび割れが多数発生したことが原因である³⁾。一方、SP10 では膨張は確認されなかった。そこで、添加量を増やした結果、SP15 と HP15 の供試体には崩壊するほどの膨張が認められた。このことから、ホタテ貝殻とホッキ貝殻とは、添加量によって膨張に違いがあることが認められた。

3.2 示差熱重量分析 (TG-DTA)

図-3 は材齢 7 日の TG-DTA による Ca(OH)_2 の定量分析の結果である。普通モルタルには約 1%の Ca(OH)_2 が含まれており、SP5、HP5 は約 1.5%、SP10、HP10、SP15、HP15 には約 2.0%の Ca(OH)_2 が含まれていた。つまり、焼成貝殻粉末を 10%以上置換したモルタルにはほぼ同程度の Ca(OH)_2 が含まれていた。

3.3 粉末 X 線回折 (XRD)

図-4 は材齢 7 日の XRD 結果である。SP5、HP5、SP10 は普通モルタルと同程度の Ca(OH)_2 のピークとなっていた。しかし、HP10、SP15、HP15 は Ca(OH)_2 の 18 度のピーク値が大きくなっている。TG-DTA では、10%・15%置換モルタルはほぼ同程度の Ca(OH)_2 が含まれているが、SP10 は膨張が認められない。すなわち、 Ca(OH)_2 の生成量が同じでも、XRD の 18 度のピーク値が大きくなると異常な膨張が生じるようである。つまり、モルタルを膨張させるためには、単純に Ca(OH)_2 の生成量を増大させるのではなく、 Ca(OH)_2 の結晶の配向が重要であると推察される。

4. まとめ

本研究では、焼成ホタテ・ホッキ貝殻粉末をセメントに置換したモルタルを作製し、膨張に違いがあるか検討を行った。結果をまとめると以下のようになる。

- (1) 焼成した貝殻粉末を置換することにより、膨張を起こすが、ホタテ貝殻とホッキ貝殻では添加量によって膨張に違いがあり、ホッキ貝殻の方が膨張能力が高いようである。
- (2) 膨張が発生したモルタルは XRD の強度の Ca(OH)_2 の 18 度のピークが大きくなる。

表-1 配合表

記号	W/C(%)	水(g)	セメント(g)	置換量(g)	細骨材(g)
N			1960	0	
SP5			1862	98	
SP10			1764	196	
SP15			1666	294	
HP5			1862	98	
HP10			1764	196	
HP15			1666	294	

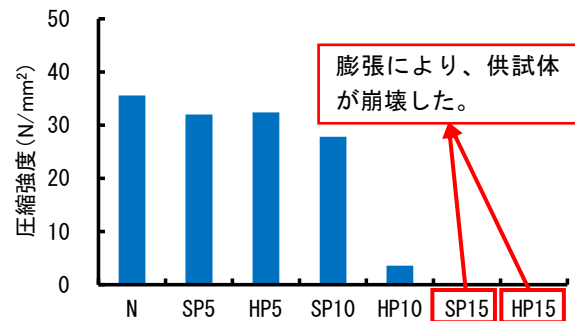


図-2 材齢 7 日における圧縮強度試験結果

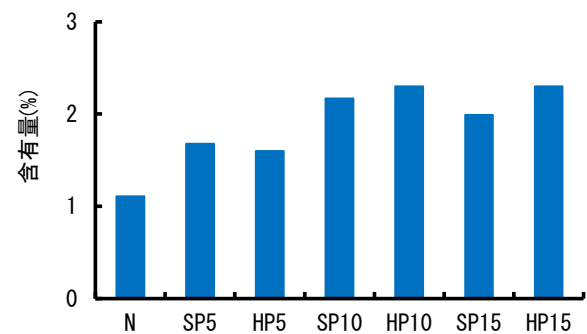


図-3 材齢 7 日におけるモルタルの Ca(OH)_2 の含有量

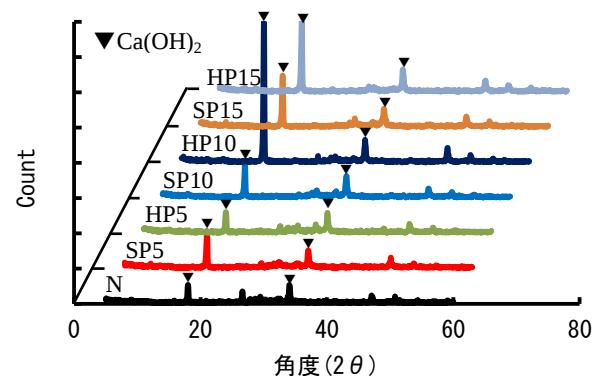


図-4 材齢 7 日におけるモルタルの XRD 結果

参考文献

- 1) 北海道 HP 水産系廃棄物発生量 平成 21 年度：
<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/ssk/hasseijyoukyou.htm>
- 2) 藤澤尚隆、廣川一巳、三小田吉邦：産業廃棄物であるホッキ貝殻を用いたコンクリートに関する基礎的研究、平成 20 年度土木学会北海道支部論文報告集 第 65 号、E-19、2008。
- 3) 上村清志、渡辺暁央、廣川一巳：焼成ホッキ貝殻を使用したモルタルの膨張特性について、プレストレストコンクリート技術協会 第 20 回シンポジウム 論文集、pp.519-522、2011。