

## 焼成貝殻粉末を混入したモルタルの膨張量の評価

Evaluation of mortar expansion containing burnt shell powder

苫小牧工業高等専門学校 環境都市工学科 ○学生員 篠原将也 (Masaya Shinohara)  
 苫小牧工業高等専門学校 環境都市工学科 正員 廣川一巳 (Kazumi Hirokawa)  
 苫小牧工業高等専門学校 環境都市工学科 正員 渡辺暁央 (Akio Watanabe)  
 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 石井允都 (Masato Ishii)

## 1. はじめに

著者らは、地産地消の観点から苫小牧市の特産物であるホッキ貝に着目し、コンクリート材料への適用性を検討している。既往の研究により、粉末化したホッキ貝殻を 1000℃で焼成し、焼成貝殻粉末をセメントの一部と置換したモルタルが膨張する現象が認められた。膨張原因は  $\text{CaCO}_3$  が  $\text{CaO}$  に変化し、これが水と化学反応して生成された  $\text{Ca(OH)}_2$  によるものであることが確認された。一方、水産系廃棄物として発生量の多いホタテ貝殻に関しても 1000℃で焼成すると  $\text{CaO}$  に変化し、ホッキ貝殻と同様に膨張することが明らかになっている<sup>1)</sup>。

本研究では、ホッキおよびホタテの焼成貝殻粉末による膨張量を定量評価するために、ASTM C 1698-09 に準じたコルゲートチューブを用いたモルタルの長さ変化試験および JIS A 6202 コンクリート用膨張材の規格に従いモルタルの拘束膨張試験を行い、膨張特性の違いを検討することを目的とした。

## 2. 実験概要

## 2.1 焼成貝殻粉末の作製

本研究で使用するホッキ貝殻およびホタテ貝殻は、実験前に洗浄および乾燥後、粉碎し 75 $\mu\text{m}$ ふるいを通したものをホッキパウダー(以下、HP)およびホタテパウダー(以下、SP)とした。これを 1000℃で 1 時間焼成したものを焼成 HP および焼成 SP とする。なお、焼成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/cm<sup>3</sup>)および厚真産陸砂(表乾密度: 2.77g/cm<sup>3</sup>、吸水率: 1.96%)を使用したモルタル供試体を作製した(以下、N)。また、セメント質量に対して焼成 HP(密度: 2.95g/cm<sup>3</sup>)および焼成 SP(密度: 3.05g/cm<sup>3</sup>)を 10%置換したモルタル供試体を作製した(以下、HP10 および SP10)。比較のために低添加型の石灰系膨張材を用いたモルタル供試体も同様の配合で作製した(以下、B10)。配合を表-1 に示す。

2.3 コルゲートチューブを用いた長さ変化試験<sup>1)</sup>

練混ぜ直後からの膨張量の定量評価をする手法として、ASTM C 1698-09 に準じたコルゲートチューブを用いた長さ変化試験を実施した。

直径約 30mm、長さ約 425mm のポリエチレン製コルゲートチューブを振動台の上に設置し、振動を加えなが

表-1 配合表

置換率 (%)	W/C (%)	水 (g)	セメント (g)	置換量 (g)	細骨材 (g)
0	50	218	436	0	1113
10			392	44	

ら、モルタルを上部から注ぎこんだ。その後、テフロン製の栓をして、長さ変化測定用の供試体とした。これを 20℃の恒温室で 30° の角度に固定した台に設置し、長さ変化測定装置を用いてレーザー変位計で長さ変化を測定した。供試体本数はそれぞれの配合に対して 3 本ずつ測定した。なお、測定範囲は+10~-10mm である。

## 2.4 拘束膨張試験

水中養生による膨張特性を定量評価する手法として、JIS A 6202 コンクリート用膨張材の規格に従いモルタルの拘束膨張試験を実施した。

全長約 158mm(モルタル部分、約 135mm)の拘束器具を型枠に設置し、モルタルを流し込んだ。拘束器具を設置する際には、振動台の振動による拘束器具の浮き上がりおよびゲージの先端へのモルタル付着を防止するために、型枠と拘束器具とのすきまにパッキンを挟みこんだ。材齢 1 日で脱型し、これを長さ変化測定用の供試体(40×40×135mm)とした。これを 20℃の恒温室でダイヤルゲージを用いて測長を行う。測長後、20±1℃の水槽に入れて養生し、材齢 7 日目まで測長を行い、長さ変化率を求める。供試体本数はそれぞれの配合に対して 3 本ずつ測定した。

## 3. 結果および考察

## 3.1 コルゲートチューブを用いた長さ変化試験結果

モルタル供試体の長さ変化試験結果を図-1 に示す。変位はコルゲートチューブの初期の長さ 425mm からの長さ変化を示している。各供試体共に打設直後から 4~5 時間の間までに著しい収縮を示した。これはセメントの水和反応による収縮であると考えられる。N においてはそれ以降ほとんど長さ変化が見られなかった。SP10 においても収縮量は N と比較して少ないが収縮後ほとんど長さ変化は見られなかった。HP10 は収縮後、材齢 1 日経過するまで著しい膨張を示し、1 日経過以降ほとんど長さ変化は見られなかった。これは、コルゲートチューブという密閉空間内では反応する水の量が限られているためであると考えられる。また、B10 は材齢 1 日経過以降から、徐々に膨張していることを確認した。

### 3.2 拘束膨張試験結果

モルタル供試体の拘束膨張試験結果を図-2 に示す。変化量は打設前の拘束器具をダイヤルゲージを用いて測長したものを基準としている。打設直後から材齢 1 日までの長さ変化率は HP10 が約 0.12% で大きく、B10 は約 0.02% であり小さい。その後、HP10 は材齢 2 日経過するまでに 0.17% まで膨張を示し、それ以降はほとんど長さ変化が見られない。一方、SP10 および B10 は材齢 2~3 日経過するまでに 0.1~0.12% の膨張を示し、それ以降も若干の膨張の継続が確認された。なお、N は脱型後収縮を示し、ほとんど長さ変化が見られなかった。

図-3 は、材齢 1 日を基準とした場合の長さ変化率を示したものである。HP10、SP10、B10 の供試体共に、水中養生をしてからは 1 日程度経過するまでに 0.06~0.09% の著しい膨張を示している。すなわち、脱型から水中養生することによる急激な膨張はいずれの供試体も大きな差はないようである。

### 3.3 考察

焼成した貝殻は CaO であり、石灰系膨張材の主成分と同じになる。しかし、焼成前は HP がアラゴナイト型、SP がカルサイト型の CaCO<sub>3</sub> である。そのため、SP は同じカルサイト系の CaCO<sub>3</sub> から製造されていると推定される石灰系膨張材と類似した膨張特性を示したものと考えられる。一方、アラゴナイト型の HP を焼成したものは、SP および B と明らかに膨張特性が異なっている。すなわち、HP は練混ぜ直後等の水が多い環境で急激な膨張を示すものの、新たな水分供給がない限り、膨張が発生しない。一方、SP および B は継続的な膨張を示す。この膨張特性の違いを利用することにより、水和過程のどの段階の体積変化を抑制するかといった綿密なコンクリートの体積制御ができる可能性があるといえる。

## 4. まとめ

本研究では、焼成 HP および焼成 SP をセメントの一部と置換し作製したモルタルの膨張量の定量評価するために、コルゲートチューブを用いたモルタルの長さ変化試験およびモルタルの拘束膨張試験を行い、密閉状況下と水中養生下との膨張特性の違いについて検討を行った。結果をまとめると以下ようになる。

- (1) コルゲートチューブを用いたモルタルの長さ変化試験およびモルタルの拘束膨張試験の結果共に、練混ぜ直後から材齢 1 日経過までの膨張量は HP10 が大きい。
- (2) コルゲートチューブを用いたモルタルの長さ変化試験において、HP10 および SP10 の供試体共に材齢 1 日経過以降ほとんど長さ変化は認められないが、B10 は徐々に膨張していることが認められる。
- (3) モルタルの拘束膨張試験において、材齢 1 日目から水中養生を行うことにより、HP10、SP10、B10 の供試体共に、水中養生をしてから 1 日経過するまで大きな膨張を示す。その後、HP10 は膨張を示さず

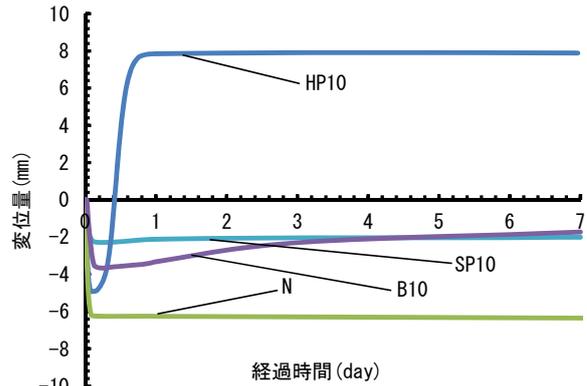


図-1 コルゲートチューブによる長さ変化試験結果

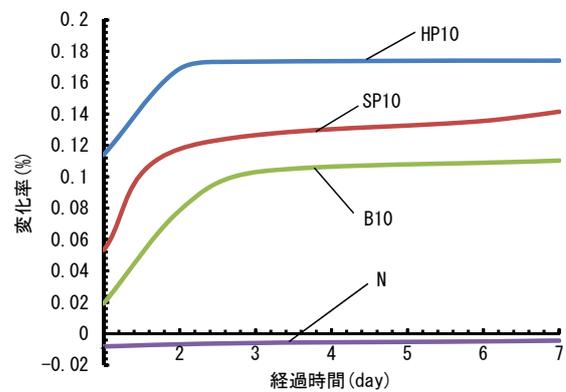


図-2 拘束膨張試験結果

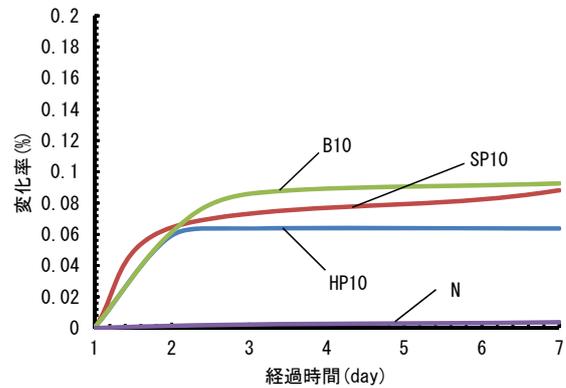


図-3 拘束膨張試験結果(水中)

SP10 および B10 は徐々に膨張する。

### 参考文献

- 1) 石井允都、渡辺暁央、廣川一巳：焼成貝殻粉末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工学会 第 21 回シンポジウム論文集、pp.541-544,2012