

適正膨張率を得るために必要な焼成ホッキ貝殻粉末の混入量の検討

Expansion of Mortar in burned surf clam shell powder

苫小牧工業高等専門学校 ○学生員 築山寛大 (Kanta Tsukiyama)
 苫小牧工業高等専門学校 正員 渡辺暁央 (Akio Watanabe)
 苫小牧工業高等専門学校 正員 土門寛幸 (Hiroyuki Domon)

1. はじめに

資源循環型社会を構築するにあたり、建設業界の役割は重要である。コンクリート分野では、都市焼却灰や再生骨材の使用など、産業廃棄物の発生を抑制するための取り組みが進められている。著者らは、北海道苫小牧市の特産物であるホッキ貝の貝殻の有効利用法について検討を行っている。貝殻は炭酸カルシウムであり、石灰石の代用としての利用方法が考えられる。例えば、北海道の漁獲量が 44.3 万トン¹⁾のホタテ貝の貝殻はチョークとして製品化されるなど、その多くを有効利用している。一方で、北海道の漁獲量が 4,750 トン²⁾と少ないホッキ貝殻は、ホタテ貝殻と同様の大量生産の考え方に基づく産業ベースで利用することが難しく、そのほとんどが廃棄処分されている。発生量が少ないものを利用するためには、希少価値を見いだした利用方法を提案する必要がある。

炭酸カルシウムは結晶形態にいくつかの型がある。石灰石はカルサイト型炭酸カルシウムであり、ホタテ、牡蠣貝殻もこの型である。一方、ホッキ貝殻は、アラゴナイト型であり、珊瑚やシジミ貝殻がこれに当てはまる。この型の違いで性能に差が認められれば、独自性のある利用方法を提案できる可能性がある。炭酸カルシウムを焼成すると酸化カルシウムとなり、フレッシュコンクリートに混入すると膨張を示すことになる。これは石灰系膨張材と同じ反応である。しかも、カルサイト型炭酸カルシウムの石灰石を原料とする膨張材より、アラゴナイト型炭酸カルシウムを使用した場合の膨張能力が大きいことが判明している³⁾。そのため、膨張材の代替材料として、アラゴナイト型炭酸カルシウムの利用は効果的であると考える。

本研究では、アラゴナイト型炭酸カルシウムのホッキ貝殻を焼成して膨張材の代替材料として利用するにあたり、コンクリート用膨張材として適切な使用方法を提案することを目的としている。養生温度を 5~30℃に設定して、ASTM C1698 に準じたコルゲートチューブによる長さ変化試験により、膨張性能を評価する。市販膨張材を基準として、ホッキ貝殻の適切な混入率について明らかにする。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm³）およびセメント強さ試験用標準砂を使用した。焼成ホッキ貝殻粉末は、貝殻を 0.015mm ふるい通過まで粉碎し、

1000℃で1時間焼成したものを使用した。また、比較のため、膨張材混入モルタルも作製した。膨張材は、一般工事の 20kg/m³ 添加用の製品であり、石灰系膨張材の T 社製を使用した。JIS R5201 に従い、水/セメント比が 0.5、骨材/セメント比が 3.0 の標準モルタルに対して、焼成ホッキ貝殻粉末はセメント質量の 4% (HP4) および 10% (HP10) 置換、膨張材はセメント質量の 10% 置換 (T10) した配合とした (表-1)。

2.2 長さ変化試験

モルタルの練り混ぜ直後から材齢 7 日までの自由膨張量を計測する手法として、ASTM C1698 に準じたモルタルの長さ変化試験 (図-1) を実施した。直径約 30mm、長さ約 425 mm のポリエチレン製コルゲートチューブを振動台の上に鉛直に設置し、振動を加えながらモルタルを上部から注ぎ込んだ。その後、コルゲートチューブにテフロン製の栓をして長さ変化測定用の供試体とし、これを 5、10、20 および 30℃の恒温室で 30° の角度に固定した台に設置した。レーザー変位計とデータロガーを用いて、供試体設置後 (練混ぜの注水から 10 分後) を変化率ゼロとし、30 分おきに長さ変化の測定を行った。なお、打込み温度はいずれも 20℃であり、供試体設置時から各設定温度の環境となる。

3. 結果および考察

図-2 は、T10、HP4 および HP10 における打込み直後から材齢 7 日までの長さ変化試験の結果である。市販の

表-1 配合

	水	セメント	膨張材	標準砂
HP4	225g	432g	18g	1350g
HP10		405g	45g	
T10				



図-1 長さ変化試験装置

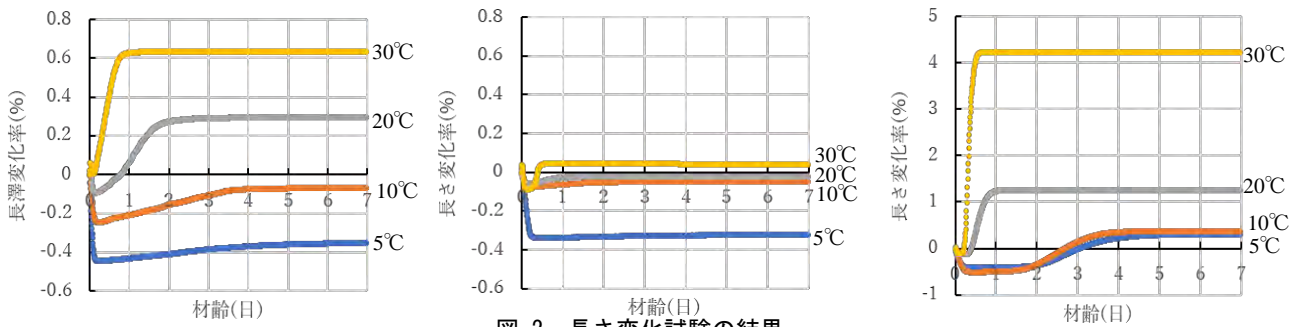


図-2 長さ変化試験の結果

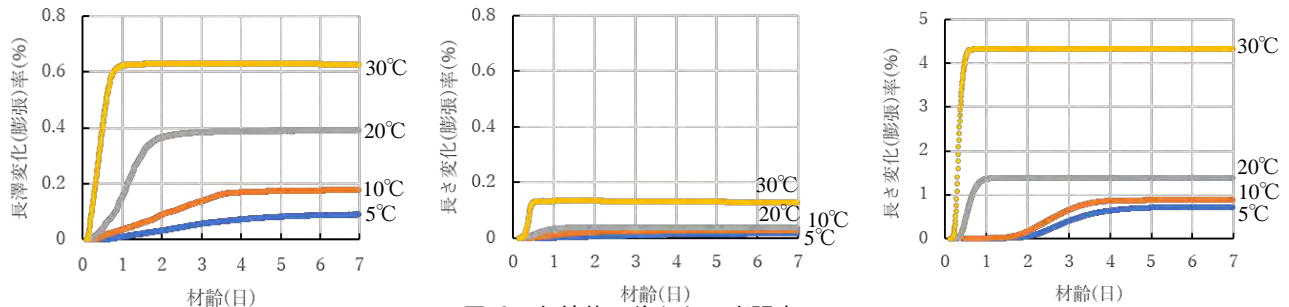


図-3 収縮終了後からの膨張率

膨張材である T10 と比較して、HP10 の膨張率が数倍大きいことが分かる。焼成ホッキ貝殻粉末を膨張材として利用することを考えるなら、市販の膨張材と同程度の膨張を付与する必要性があり、10%置換だと膨張率が大きすぎるため、置換率を小さくした配合とすることが妥当と考えられる。そこで、既往の研究³⁾を参考に、置換率4%の配合にて膨張率の評価を実施した。HP4 は、養生温度が20および30°CでT10より小さい膨張率となるものの、養生温度が5および10°Cの低温領域の場合、HP4およびT10の長さ変化率はほぼ同程度となる。

長さ変化試験の結果は、いずれも最初の数時間の間収縮が確認され、その後膨張挙動に変わっている。T10は養生温度が低い場合は収縮が大きく、その後の膨張は少ない。逆に養生温度が高い場合は、初期の収縮が少なく、その後の膨張が大きい。一方、焼成ホッキ貝殻粉末の場合も全体的な傾向として、T10と同様に養生温度が高いほど膨張率が大きいことが分かるが、初期の収縮と膨張の関係は置換率および養生温度の違いで異なる傾向を示している。例えば、図-2(c)に示すように、HP10は養生温度が5および10°Cの場合、初期の収縮が終了した後、材齢2日程度まであまり膨張挙動が認められず、材齢2～5日にかけて大きな膨張を示す。養生温度が20および30°Cの場合は、初期の収縮が終了した後、材齢1日までの間に急激な膨張を示す。HP4については、図-2(b)に示すように、初期の収縮が終了した後に急激な膨張が発生するのは、養生温度が30°Cのときのみである。

図-3は、図-2における初期の収縮が終了した時点、すなわち凝結時を基準とした膨張率の変化を示したものである。養生温度が高いほど膨張率が高いことが分かる。図-4は、図-3で示した材齢7日の膨張率と養生温度の関係を示したものである。HP10の養生温度30°Cを除けば、膨張率と養生温度は比例関係にある。

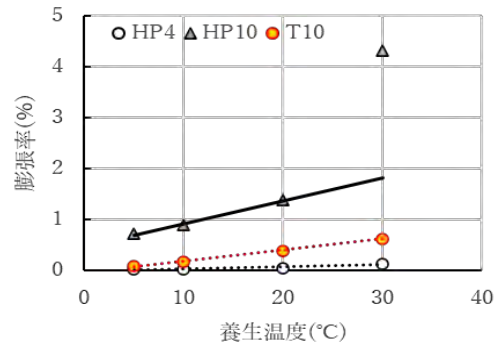


図-3 養生温度と材齢7日の膨張率の関係

4. まとめ

- (1) 膨張率は温度依存性であり、HP10を除いて材齢7日の膨張率と養生温度は比例関係を有する。
- (2) 焼成ホッキ貝殻粉末の置換率は、市販膨張材を基準とすれば、4%であると不足しているため、6%程度が適切と推察される。

参考文献

- 1) 北海道庁：北海道推算現勢概報 2021年概報，https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/6/4/1/8/1/5/8/_%E5%8C%97%E6%B5%B7%E9%81%93%E6%B0%B4%E7%94%A3%E7%8F%BE%E5%8B%A2%E6%A6%82%E5%A0%B1_2021%E5%B9%B4%E6%A6%82%E5%A0%B1.pdf (2022.11.20 閲覧)
- 2) 石井允都，廣川一巳，渡辺暁央：焼成ホッキ貝殻粉末および焼成ホタテ貝殻粉末混入モルタルの膨張特性の相違について，コンクリート工学年次論文集，Vol.35, No.1, pp.1567-1572, 2013
- 3) 上田大輔，渡辺暁央，土門寛幸，近藤崇：拘束を受けた膨張性モルタルの圧縮強度と初期膨張特性，コンクリート工学年次論文集，Vol.42, No.1, pp.383-388, 2020