

拘束した膨張性モルタルの力学的特徴

Properties of compressive strength in constrained expansive mortar

苦小牧工業高等専門学校 ○学生員 大橋駿希 (Toshiki Ohashi)
 苦小牧工業高等専門学校 正員 渡辺晁央 (Akio Watanabe)
 苦小牧工業高等専門学校 正員 土門寛幸 (Hiroyuki Domon)

1. はじめに

近年、貝殻類の再利用が進んでおり、特に漁獲量の多いホタテ貝殻の有効利用が進んでいる。一方、苦小牧市の特産品であるホッキ貝殻の有効利用にあたっては、漁獲量が少ないため、多くが廃棄物になっている。有効利用を促すためには、ホタテ貝殻にはないホッキ貝殻独自の利用価値を付与する必要があると考える。

そこで、焼成したホッキ貝殻粉末(以下焼成 HP)を、セメント置換材料に使用した際に、発現した大きな膨張作用を利用する検討を進めている。膨張性コンクリートは、収縮低減やケミカルプレストレストコンクリート(従来のプレストレストコンクリートの PC 鋼材を緊張させる手段をコンクリート自体の膨張力で担うもの)に利用されている。

昨年度の研究¹⁾では、置換量が一定以上多くなると、強度が低下することが明らかになった。しかし、強度試験しか行っていないためその原因については不明である。

本研究では、ケミカルプレストレスに注目し、焼成 HP をセメント置換材料として用いて、拘束型枠に打設してケミカルプレストレスによる強度特性を検討する。焼成 HP の置換率を変化させて供試体を作製し、圧縮強度と反射電子像による内部構造との対応を考察することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 焼成ホッキ貝殻粉末の製造方法

膨張剤として使用する焼成 HP は、苦小牧市のホッキ貝殻を洗浄後、3種類の粉砕機を使う。ジョークラッシャーにより粗粉砕した後、水冷式ブラウン型クラッシャーで、2mm以下に粉砕する。粉末状になったホッキ貝殻粉末を1000℃の電気炉で、1時間以上焼成した後、粉砕機を通し、100μm以下になったものを使用する。

2.2 使用材料および配合

普通ポルトランドセメント、標準砂(JIS R 5201)を使用し、焼成貝殻粉末モルタルを作製した。焼成 HP の置換割合は、0~10%で実験を行った。型枠は拘束円柱型枠を使用する。配合を表-1に示す。

2.3 供試体の作製

鋼製の拘束円柱型枠にモルタルを流し込み、モルタル投入後ふたをしてナットで固定する。20℃の恒温室に7日間型枠で供試体を拘束した後、ドリルを使い直径20mmにコア抜きを行う。コア抜き後、供試体は高さ

表-1 モルタルの配合表

	W / C (%)	水 (g)	セメント (g)	焼成HP (g)	標準砂 (g)
HP0%	50%	225	450	0	1350
HP2%			441	9	
HP4%			432	18	
HP6%			423	27	
HP8%			414	36	
HP10%			405	45	

40mmに成形し、直ちに圧縮強度試験を行う。

2.4 モルタルの強度試験

直径約20mm、高さ約40mmのコア抜きを行ったモルタル供試体を、配合ごとに3本ずつ用意し、材齢7日で強度試験を実施した。圧縮強度試験は、セメントの物理試験(JIS R 5201)に準拠して圧縮試験機で行った。

2.5 長さ変化試験

ASTM C1698に準じて、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20℃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、30分おきに長さ変化の測定を行った。

2.6 電子顕微鏡を用いた反射電子像

強度試験後の供試体から約1cm²の破片を切り出し、樹脂で固めて粒度1/4μmまで鏡面研磨し、反射電子像観察用の試料を作製した。試料は反射電子像検出器を備えた走査型電子顕微鏡を使用して内部組織観察を行い、画像を取得した。

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮試験結果

圧縮試験の結果を表-2に示す。空欄は、コア採取時に崩壊等により一定の大きさに抜き取ることができなかった箇所である。コアがうまく採取できなかった原因として、コアを抜く際にドリルが固定できていないこと、膨張力が大きすぎて内部破壊が発生したことが考えられる。

表-2 圧縮試験の結果

圧縮強度	① (N/mm ²)	② (N/mm ²)	③ (N/mm ²)
0%	29.6	29.7	43.7
2%			
4%	19.6	10.8	
6%	14.1		
8%			
10%			

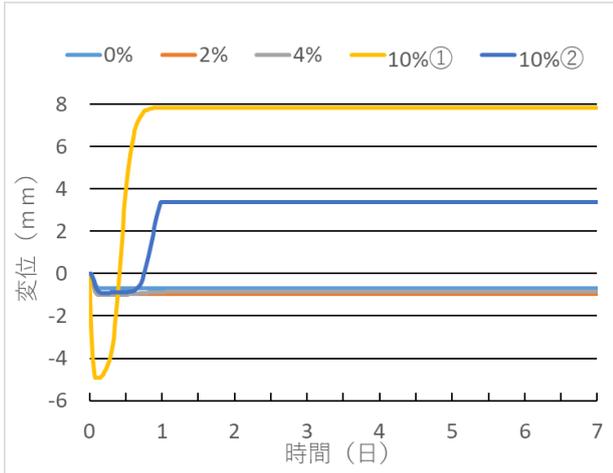


図-1 長さ変化試験の結果

3.2 長さ変化試験

長さ変化試験の結果を図-1 に示す。セメントの水和反応による自己収縮のあと、焼成 HP 置換率が大きいほど、膨張作用も大きくなることから、グラフから読み取ることができる。10%②は膨張の途中段階で、試験機の測定限界を超えたため、不自然なグラフとなった。10%①は既往の研究²⁾で得られた値でありセメント砂比が 1 : 2 のモルタルである。そのため、初期の収縮量が大きくなっており、本研究の結果と直接比較することはできないが、10%②も同じような曲線を描くと考えられる。置換率の大きい拘束供試体でコア採取ができないのは、膨張量が大きすぎて、内部で自己破壊が発生した可能性があり、さらなるデータ収集と検討が必要である。

3.3 電子顕微鏡を用いた反射電子像

拘束型枠に打設した焼成 HP 置換 0%、2%、10%モルタルの反射電子像の例を、それぞれ写真-1、2、3 に示す。置換率 2%では、0%より粗大な毛細管空隙(画像の黒い部分)が少なくなっており、拘束の効果が認められる。一方、置換率 10%になると粗大な毛細管空隙が多くなっている。これは、膨張作用が大きすぎて組織を破壊していることが推察される。すなわち、HP10%はモルタルの組織がポーラスになったため強度が弱くなり、コア採取が困難になったと考えられる。

4. まとめ

(1) 拘束供試体の圧縮強度は、焼成 HP 置換率 0%の圧縮強度が最も大きくなった。

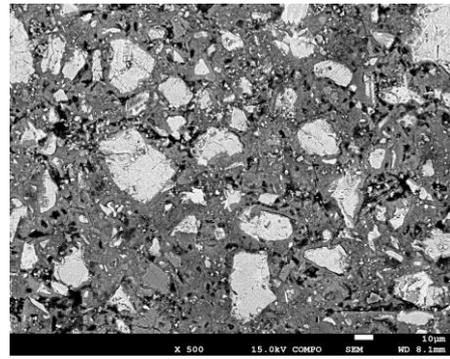


写真-1 焼成 HP 置換率 0%

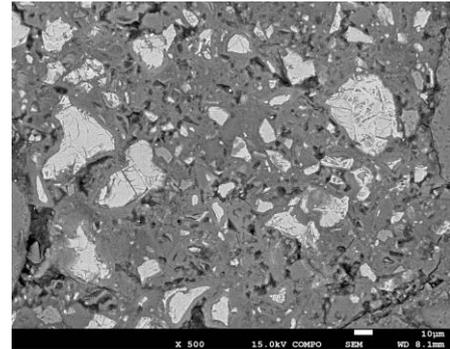


写真-2 焼成 HP 置換率 2%

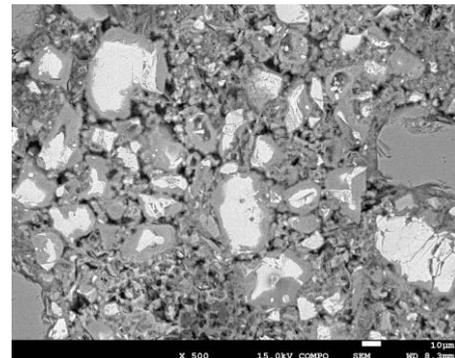


写真-3 焼成 HP 置換率 10%

- (2) 焼成 HP 置換率 2%のコアが採取できなかった原因として、膨張が足りなく、また、空隙が少し見られるため、強度が弱く、コアを抜き出す際に、破壊してしまったことが考えられる。
- (3) 焼成 HP 置換率 8%および 10%のコアが採取できなかった原因として、モルタルの膨張が大きすぎて、内部破壊が発生したことが考えられる。

参考文献

- 1) 土門寛幸, 渡辺暁央, 近藤崇, 廣川一巳: 焼成貝殻の混入によりケミカルプレストレスを与えたモルタルの強度特性, プレストレストコンクリート工学会第27回シンポジウム論文集, pp.303-306, 2018.11
- 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.1567-1672, 2013