

膨張性モルタルを拘束した供試体の圧縮強度特性

Properties of compressive strength in constrained expansive mortar

苦小牧工業高等専門学校 ○学生員 浦川慎利 (Shinri Urakawa)
苦小牧工業高等専門学校 正 員 渡辺暁央 (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

近年のコンクリートは体積安定性の観点から、水和反応の過程において膨張を付与して収縮を低減させる手法が行われている。この膨張をセメントの水和反応などによる収縮以上に与えると膨張性を有するコンクリートとなり、拘束条件で利用するとケミカルプレストレスが得られる。鉄筋コンクリート構造物にケミカルプレストレスを導入すると曲げひび割れ耐力の向上が期待でき、有効に活用できる。

既往の研究^{1,2)}では、焼成したホッキ貝殻粉末をセメント置換材料にし、発現したケミカルプレストレスによる圧縮強度特性と反射電子像による内部構造との考察を行った。しかし、拘束型枠に打設した供試体が容易に脱型できなかったため、小径コアを採取して圧縮強度試験を行ったが、モルタルコアを上手く採取できずデータにばらつきが発生した。

本研究では、拘束型枠に打設してケミカルプレストレスによる圧縮強度特性を検討するため、拘束型枠から脱型した供試体を直接圧縮強度試験する手法を試みた。

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、標準砂(JIS R 5201)を使用し、既往研究と同様の焼成ホッキ貝殻粉末(焼成 HP)および市販の石灰系膨張材(EX)を置換したモルタルを作製した。置換割合は、0~10%で実験を行った。型枠は直径 50mm 高さ 100mm の特製円柱型枠を使用する。配合を表-1 に示す。

焼成 HP は、ホッキ貝殻を洗浄後、3 種類の粉砕機を使って粉末にした。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。その後、打撃式粉砕機により 100 μ m の粉末にし、1000℃の電気炉で、1 時間以上焼成した後、溶融して固着した粉末を、ミルで再粉砕して、100 μ m 以下になったものを使用した。

表-1 モルタルの配合表

	w/c (%)	水 (g)	セメント (g)	EX (g)	標準砂 (g)
EX 0%	50	225	450	0	1350
EX 2%			441	9	
EX 4%			432	18	
EX 6%			423	27	
EX 8%			414	36	
EX 10%			405	45	

2.2 供試体の作製

鋼製の拘束円柱型枠に離型剤を塗り、モルタルを流し込む。モルタル投入後蓋をしてナットで固定する。7 日間型枠で供試体を拘束した後、脱型して供試体を取り出す。このとき、離型剤をスプレーで供試体と型枠の間に塗布しながら押し出しを行い、脱型を行った。

2.3 モルタルの強度試験

φ50mm の円柱モルタル供試体を、配合ごとに 3 本ずつ用意し、材齢 7 日で圧縮強度試験を実施した。

2.4 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 1/4 μ m 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. 結果および考察

3.1 焼成ホッキ貝殻粉末混入モルタルの圧縮強度

表-2 および図-1 は、昨年度に実施した拘束型枠に打設したモルタル供試体から直径 20mm、高さ 40mm の小径コアを採取して圧縮強度試験を行った結果である²⁾。置換率 0%は 30N/mm²以上の強度が得られているが、膨張材を混入すると強度が低くなり、特に 2%および 6%は 20N/mm²より低い結果となった。また、8%および 10%はコア採取時にコアが崩壊し、試験の実施ができなかった。膨張材の置換率と圧縮強度との対応に一定の関係性が認められず、小径コアによる強度試験に課題がある可能性が考えられる。

表-3 および図-2 は、拘束型枠から離型剤を使用して押し抜き脱型した供試体の圧縮試験の結果である。置換率 0%は、45N/mm²程度の圧縮強度であり、この値はセメント強さ試験で得られる強度とほぼ同程度である。膨張しないモルタルでは、拘束を行っても強度特性に与える影響はないと考えられる。そのため、セメント強さ試験と同程度の強度が出ることが当然と考えられ、図-2 に示す小径コアによる強度試験で強度が低く出たことは、小径コアの採取に問題があったことが推察される。

焼成ホッキ貝殻粉末を 2~4%置換したモルタルは、圧縮強度が 50N/mm²を超え、ケミカルプレストレスにより緻密化されて強度が増大したと考えられる。一方、置換率が 6%および 8%と増加するにつれて、圧縮強度が低下しており、置換率が大きくなりすぎると膨張力が

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)	平均
0%	29.6	29.7	43.7	34.3
2%	9.6	16.4	12.8	12.9
4%	19.6	23.9	18.0	20.5
6%	14.1	10.3		12.2

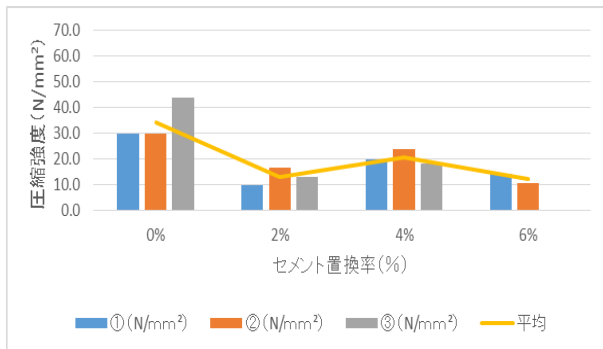


図-1 圧縮試験結果のグラフ

表-3 圧縮試験の結果

圧縮強度	①(N/mm ²)	②(N/mm ²)	③(N/mm ²)	平均
0%	47.1	44.1	44.4	45.2
2%	53	51.9	50.2	51.7
4%	51.9	48.7	54.5	51.7
6%	53	45.2	41.4	46.5
8%	27.3	43.3	37.3	36.0

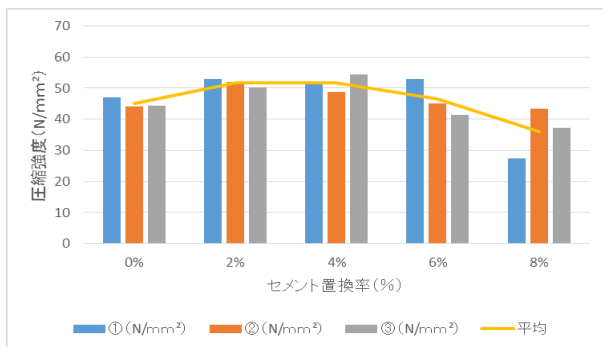


図-2 圧縮試験結果のグラフ

大きくなり自己崩壊が発生している可能性がある。なお、置換率 10%は、膨張力が大きくて離型剤を使用した押し抜き脱型ができなかったため、圧縮試験ができなかった。

3.2 石灰系膨張材混入モルタルの圧縮強度

表-4 および図-3 は、市販の石灰系膨張材を混入したモルタルを拘束した型枠に打設して圧縮強度試験を実施した結果である。置換率 10%までの範囲では、膨張材を混入することにより圧縮強度が大きくなっている。ケミカルプレストレスにより、内部組織が緻密になったと考えられる。また、最大の圧縮強度になったのは置換率 4%であり、それ以上に置換率をあげても強度増大への効果は限定的といえる。置換率によって圧縮強度にピーク値が出ることは、焼成ホッキ貝殻粉末の場合も同様であり、ケミカルプレストレスによる緻密化には、適切な膨張材混入量の設定が必要である可能性がある。

表-4 圧縮試験の結果

圧縮強度	①(N/mm ²)	②(N/mm ²)	③(N/mm ²)	平均
0%	47.1	44.1	44.4	45.2
2%	50.9	50.7		50.8
4%	57.0	55.5	63.2	58.6
6%	53.5	47.2	54.0	51.6
8%	50.9	50.6	48.1	49.9
10%	47.5	53.0	51.9	50.8

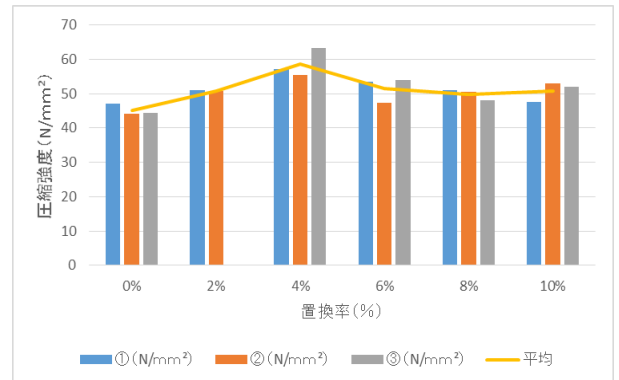


図-3 圧縮試験結果のグラフ

4.6 まとめ

- (1) 拘束型枠から離型剤を塗布しながら押し抜き脱型することにより得られた供試体の圧縮強度は、小径コアによって実施した圧縮強度より大きい値となり、小径コアによる手法が容易でないことが分かった。
- (2) 拘束供試体の圧縮強度は、焼成ホッキ貝殻粉末では置換率 2～4%、石灰系膨張材では置換率 4%で最も大きくなった。

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) 土門寛幸，渡辺暁央，近藤崇：反射電子像の画像解析による拘束した膨張性モルタルの空隙率評価，プレストレストコンクリート工学会 第 28 回シンポジウム論文集，pp.727-730，2019.11