

廃棄生姜を添加したセメントペーストの圧縮強度特性

高知工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○佐藤真帆
高知工業高等専門学校 正会員 近藤拓也, 横井克則

1. はじめに

PC グラウトが保持すべき性能として, PC 鋼材の防食, そして部材と PC 鋼材の一体化がある. PC 構造物のシース内にグラウト充填不良が存在すると, PC 鋼材の腐食や破断が生じるなど, PC 構造物の安全性を低下させる要因となる. そこで, 施工時におけるグラウト注入が確実にされるよう, グラウトへの性能改善を図っていくことも必要である.

近年, グラウトへの性能改善として期待される材料の一つとしてセルロースが挙げられる. 一方で, 高知県で大量に生産され, 廃棄方法が問題となっている生姜にもセルロースが含まれている. そのため, グラウトの性能改善および廃棄物の有効活用を目的とし, 生姜を混和材としてセメントペーストに添加し, 基本物性について各種試験を行った. その中でも本論文では, 圧縮強度特性に関する結果を述べる.

2. 試験方法

セメントペーストのパラメータを表-1 に示す. 生姜は冷凍保存したものを 70℃の乾燥炉で 7 日間保管し, 水分の蒸発を行った. その後, 1 分間に 25000 回転する乾燥物専用の研究用小型粉ミキサーで 1 分 30 秒間粉碎処理を行った. さらに, 目視で 2 種類の生姜が同じ粉末度となるように, 皮有り生姜のみ, さらに乾燥炉に設置し水分を蒸発させた後 30 秒間ミキサーで粉碎した. この粉体を試験に使用した. 表-2 にグラウトの配合を示す. 使用材料は, セメントは普通ポルトランドセメント (密度: 3.15g/cm³, 比表面積: 3380cm²/g), 混和剤は高性能減水剤 (ポリカルボン酸エーテル系) を使用した. 圧縮試験には, φ50mm×100mm の円柱供試体を使用し, JIS A 1108 に従った. 測定は, 材齢 7 日, 14 日, 28 日, 56 日に行った. 細孔径分布は, 水銀圧入法により細孔直径 100 ~ 0.003μm の範囲を測定した. 測定試料は材齢 1 日から水中養生を行い, 材齢 7 日, 28 日, 56 日でサンプル採取を行った. サンプルは供試体を直径 2.5mm ~ 5mm の範囲となるよう粉碎した. サンプル採取後,

表-1 セメントペーストの要因

タイプ	生姜の種類	添加量
N	添加無し	
A0.1	A : 皮無し	C×0.1%
A0.5		C×0.5%
A1.0		C×1.0%
B0.1	B : 皮有り	C×0.1%

表-2 配合表

W/C	セメント (g)	水 (g)	混和剤 (ml)
35%	1487	520	6

アセトン洗浄を行うことで水和反応を阻止した.

3. 試験結果・考察

圧縮強度の経時変化を図-1 に示す. 生姜の添加量増加に伴い圧縮強度が低下する傾向が見られた. これは, 生姜に含まれるたんぱく質が, アルカリと接することにより生じる気泡の作用によるものと考えられる. 今回の供試体作製時に得られた, 皮無し生姜を添加したセメントペーストの空気量を図-2 に示す. 生姜の添加量が増加すると, それに伴い空気量も増加する傾向を示した. 一般的に, コンクリートの圧縮強度は空気量 1% の増加に対して 4 ~ 6% 低下することが認識されている¹⁾. 既往の研究でセルロース系増粘剤を混入したセメントペーストの圧縮強度を測定したものがあ. 水セメント比, セルロース増粘剤の添加量が同じグラウトであっても, 高性能 AE 減水剤を添加したグラウトは空気量が少なく, 圧縮強度は 4 週材齢で 20% 程度大きくなっていた²⁾. この結果からも圧縮強度低下の原因は空気が支配的であると考えられる. セメントペーストの圧縮強度と総細孔容積の関係を図-3 に示す. ここで総細孔容積は, 各材齢の細孔径 100μm から 0.003μm の累積細孔容積とした. いずれの生姜添加量においても, 総細孔容積の減少とともに圧縮強度が増加している様子が確認できる.

W/C=40%以下の高強度コンクリートの場合、遷移帯はほとんど形成されないため、より小径まで含めた細孔空隙量と強度の相関性が高いことが報告されている³⁾。特に今回のようにセメントペーストであれば遷移帯は形成されないため、小径まで含めた細孔空隙量と強度の相関性が高いと考えられる。ただし細孔空隙量のみで圧縮強度の関係が得られるのであればこの関係は生姜添加量に関係なく同一直線上にプロットされるものと考えられる。生姜添加量C×0.1%については、生姜添加なしとほぼ同一直線上に関係が得られている。しかしC×0.5%については、生姜添加無しと比較し直線が右側に推移している。これは、今回測定した細孔径より空隙径の大きいエントラップトエアが大きく関わっているものと考えられる。

図-1において、材齢28日から56日にかけて、生姜添加無しと比較し、皮無しの場合のC×0.1%の圧縮強度が高くなる傾向が見られた。図-2で生姜添加無しとC×0.1%の空気量を比較すると差がないことから、気泡発生による強度低下はほとんどないものと考えられる。そのため、セルロースによる凝結遅延作用が卓越したものと考えられる。

また、皮の有無による比較については、明確な圧縮強度差は確認できないものの、皮無しと比較して皮有り生姜で低くなる傾向を示した。

これら生姜を混入したグラウトの圧縮強度について検討を行った結果、生姜添加量がセメント量の0.1%前後であればこれらに対して影響を与えない可能性がある。ただし、今回は、圧縮強度材齢56日までの測定と細孔径分布の測定のみであったため、今後は圧縮強度とエントラップトエアの関係についてもさらに検討する必要がある。

4. 結論

生姜の添加量増加に伴い、圧縮強度は低下する傾向にあった。しかし、材齢56日以降では生姜添加量C×0.1%において、生姜添加無しを上回る傾向を示した。また皮付着の影響は確認できなかった。同一生姜添加量では、圧縮強度と総細孔空隙量の関係には相関が得られた。ただし、生姜添加量C×0.5%では細孔空隙以外の要因も考えられる結果が得られた。

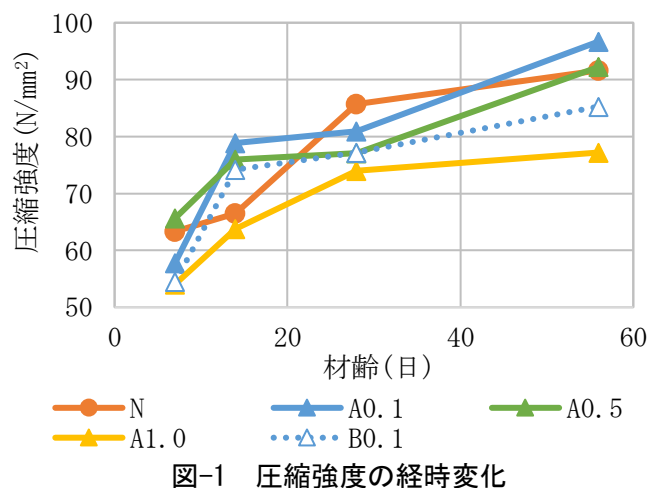


図-1 圧縮強度の経時変化

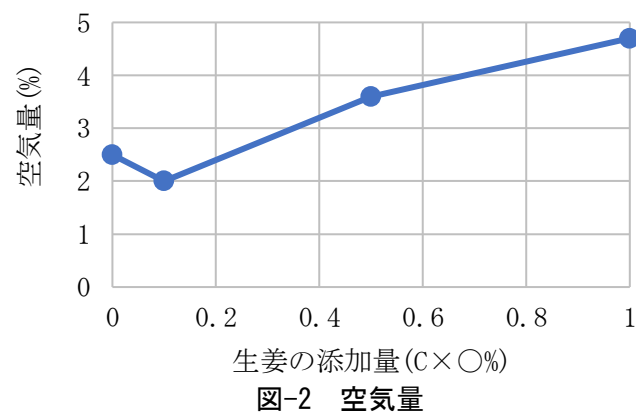


図-2 空気量

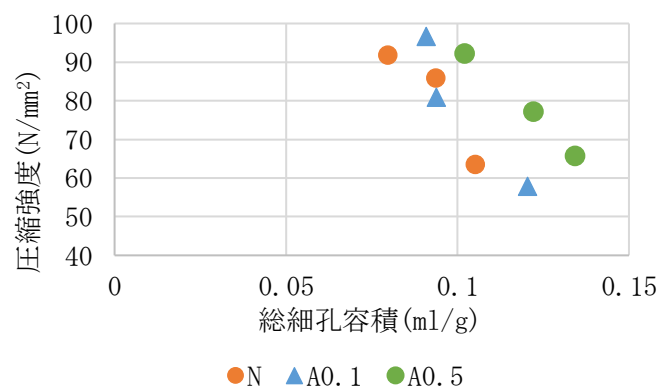


図-3 圧縮強度と総細孔容積の関係

参考文献

- 1) 公益社団法人日本コンクリート工学会：コンクリート技術の要点 '16, コンクリート工学会, p.66, 2016
- 2) 佐野ら：セルロース系増粘剤を用いた高流動コンクリートの微細構造と物質透過性について, 土木学会論文集, No.662/V-49, pp.75-89, 2000.11
- 3) 羽原俊祐：”コンクリートの構造とその物性, わかりやすいセメント化学”, セメント協会, pp.78-104, 1993