

保水性材料とシリカフュームを用いた オートクレーブ養生モルタルの強度発現性に関する研究

日大生産工(院) ○永井 幹人 日大生産工(院) 木田 綺音
日大生産工 山口 晋

1. はじめに

高強度が必要とされるPC杭等のコンクリート二次製品は、製品製造時に180°C・1MPaの高温・高圧下で実施するオートクレーブ養生(以下、AC養生)により、短期間での高強度化を可能としている¹⁾。しかし、近年において脱炭素化社会が拡大する中、上記養生方法はボイラー燃焼に伴い多くのCO₂を排出することが大きな課題となっていた。そこで我々は、コンクリート内へシリカフュームを混和し、十分な前置き養生を確保することで、従来の養生温度である180°Cから150°Cに低温化しても、180°Cと同等の強度発現が可能である低温オートクレーブ養生技術を提案した²⁾。

一方、地中杭の製造を行う際は、遠心成型と呼ばれる成型方法を用いる。前述した技術を実現するには、シリカフュームを混和し流動性が向上したコンクリートを遠心成形する必要があるが、成形時において過剰脱水を行う可能性が考えられた。また、遠心成型時に材料分離が生じ、製品の内側が脆弱層になることやスラッジ水の発生が課題となっていた。

そこで我々は、メチルセルロースという保水性材料を使用することで、コンクリート内に水和反応に必要な水分の保持、スラッジ水の発生量低減と強度発現を目的とした実験を開始した。本研究では比表面積の異なる二種類のシリカフュームとメチルセルロースを使用し、モルタル硬化体によるAC養生後の強度比較とその解析を圧縮試験と細孔空隙測を用い、強度発現性に着目した実験を行った。

2. 実験方法

2.1 使用材料と配合

使用材料は、セメント(普通ポルトランドセメント、密度:3.16g/cm³)、シリカフューム(フェロシリコン系(以下、F)、密度:2.30g/cm³、SiO₂:94%、BET比表面積:19.1m²/g・ジルコニア系(以下、Z)、密度:2.30g/cm³、SiO₂:96.7%、BET比表面積:11.8m²/g)を用いた。細骨材(埼玉県熊谷市産洗砂($\rho_s=2.60\text{g/cm}^3$, 吸水率1.38%, 粗粒率F.M.2.94))、高性能減水剤はナフタレン系(PSR110)、保水性材料はメトロゾ(90SH-100(以下、M))を使用した。

配合は表-1に示す通りでW/Cを31.2%とし、高性能減水剤はWの内割とした。シリカフュームの添加はセメント重量比で5.0%に固定し、細骨材置換とした。次に、Mの添加もシリカフュームと同様にセメント重量比で、0%、0.005%、0.010%、0.015%の4水準で添加した。

2.2 供試体作製

供試体は、 $\phi 50 \times 100\text{mm}$ の円柱供試体を作製した。練混ぜは、空練り30秒、その後液体をいれ低速3分、高速4分行った。養生方法は、前置き養生を20°C・72時間で行い、脱型を目的とした65°C・4時間の常圧蒸気養生を行った。そして180°C・3時間のAC養生を実施し、自然放冷した後、養生装置から取り出した。

2.3 圧縮強度試験

圧縮強度試験は、JIS A 1108「コンクリートの圧縮試験方法」に準拠し、脱型後とAC養生後に行った。なお、載荷速度は0.2(N/mm²/sec)で実施した。

表-1 配合表

| 試験名 | W/C (%) | 単体量(kg/m ³) | | | | | 高性能減水剤 SP(C×%) | 保水性材料 M(C×%) |
|-----|---------|-------------------------|-----|------|------|------|----------------|--------------|
| | | W | C | F | Z | S | | |
| F-1 | 31.2 | 236.1 | 757 | 37.9 | — | 1324 | 2.2% | 0.000% |
| F-2 | | | | | | | | 0.005% |
| F-3 | | | | | | | | 0.010% |
| F-4 | | | | | | | | 0.015% |
| Z-1 | | | | — | 37.9 | | 1.8% | 0.000% |
| Z-2 | | | | | | | | 0.005% |
| Z-3 | | | | | | | | 0.010% |
| Z-4 | | | | | | | | 0.015% |

Study on Strength Development of Autoclave Curing Mortar
with Water-Holding Materials and Silica Fume

Mikito NAGAI, Ayane KIDA and Shin YAMAGUCHI

2. 4 細孔空隙測定

細孔空隙測定は、水銀圧入式ポロシメーター (Micromeritics社製Auto Poro IV 9519)を用いて測定した。測定試料は、F・ZのAC養生後各水準で作製した。なお、空隙の測定範囲は、3nm-10 μ mであり、既往の研究³⁾に基づき、3-6nmの空隙をゲル空隙、6-50nmを毛細管空隙、50-500nmを粗大毛細管空隙、それ以上の空隙を粗大空隙として定義した検討を行った。

3. 実験結果および考察

3. 1 圧縮強度に関する検討

圧縮試験の結果を図-1 に示す。この結果によれば、Z-M:0.005%で本実験の範囲における最大圧縮強度 112.6N/mm²となった。同添加率でシリカフェームの違いに着目すると、F-M:0.005%の場合で103.1 N/mm²と差が大きかった。AC養生後のFとZの全体的な強度を比較すると、Z>Fと強度が高くなる結果となった。

次に、メチルセルロースの添加率の違いに着目すると、F・Z どの水準においても、M:0.005%添加時に高い強度発現性が確認された。しかし、その後は添加率の増加に伴い強度が低下する傾向を示した。

3. 2 細孔空隙に関する検討

細孔空隙測定の結果を図-2 に示す。この測定結果によれば、Fのすべての水準においてゲル空隙が認められた。これは、Fの比表面積が大きいことから反応が促進され、それに伴いゲル空隙が多く発生したと推察する。また、Mの添加に着目すると、M:0%とM:0.005%ではM:0.005%の方が全空隙率は減少したものの、その後はM添加率の増加に伴い全空隙量も増加する傾向を示したが、6-50nmの毛細管空隙の増加が顕著であった。図-1の圧縮強度試験の結果と比較してもMの添加率を増加させると空隙量が多くなり、強度は低下した。

一方で、Zの結果によれば、M:0%～M:0.015%へ添加率を増加するごとに全空隙率が増加する傾向を示した。Fの全空隙量と比較すると、全体的にZの方が空隙率の低い結果を得ている。また、Fでは50-500nmの粗大毛細管空隙が顕著に増加している。このことから、図-1圧縮強度試験の結果において、全体的に全空隙が小さいZの方が高い圧縮強度になったと推察した。

また、最大圧縮強度であるZ-M:0.005%は、Z-M0%よりも全空隙率が大きくなっているが、ゲル空隙に着目すると、Z-M:0.005%の方が多

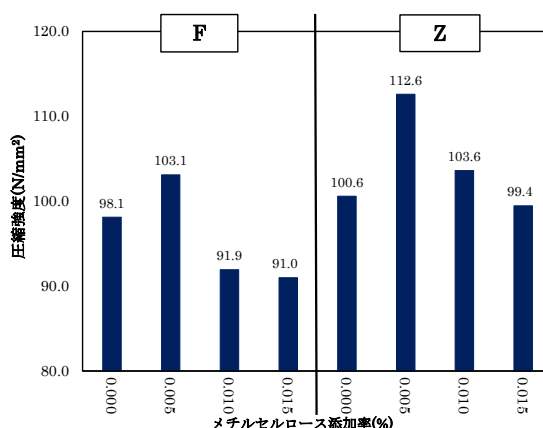


図-1 圧縮強度試験結果

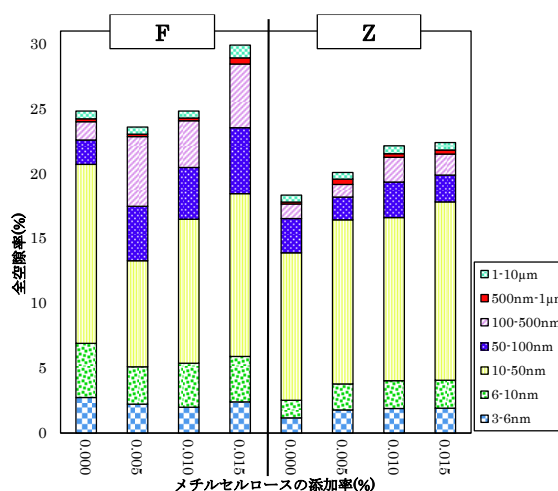


図-2 細孔空隙測定結果

く生成されている。また粗大毛細管空隙も少ないことから、最大強度を示したと推察した。

4. まとめ

本研究で得た知見を以下の通りである。

- 1)本配合では、フェロシリコンよりもジルコニアの方が強度発現性を得た。
- 2)二種類のシリカフェームを用い、メチルセルロースの添加を行ったが、どちらも添加率0.005%で最大強度を迎える知見を得た。
- 3)Zの方が緻密化され、全空隙量がFと比べ減少した。また、メチルセルロースを添加すると全空隙が増加する知見を得た。

参考文献

- 1)西晴哉:AC養生と超高強度コンクリート, コンクリート工学, Vol.18, No.5, pp.9-18, 1980
- 2)山口晋ほか:セメントモルタルを用いたAC養生による高強度発現機構に関する基礎的研究, 日本大学生産工学研究報告A, No.53, Vol.2, pp.11-20, 2020
- 3)米倉亜州夫:超微粒子シリカフェームのコンクリートへの利用, 粉体工学会誌, Vol26, No.7, pp.512-519, 1989