

保水性材料を用いた遠心成形による高強度コンクリートの製造と スラッジ発生抑制に関する実験

日大生産工(院) ○木田 綺音 日大生産工 山口 晋
日大生産工 鶴澤 正美

1. はじめに

高強度コンクリートに分類される PC 杭等を製造する際、遠心成形の後に 180°C-1MPa の高温・高圧のオートクレーブ養生と呼ばれる養生を実施する場合がある。この養生方法は、短期間で高強度の製品製造を可能とするが、ボイラーの燃焼に伴う多くの CO₂ を発生させることから、近年の脱炭素社会実現の取り組みに対し課題となっていた。そこで我々は、シリカフュームを混和することで、オートクレーブ養生時の温度を 30°C 低温化した 150°C の場合においても、従来の 180°C の際と同等の高強度を発現させる新たな技術を提案した。²⁾ 一方で、前述した製品製造時に行う遠心成形に着目すると、遠心成形は余剰水を脱水させることで、水セメント比を低くし、高強度化することを目的とした成形方法³⁾であるが、水和反応に必要な水まで脱水させてしまう可能性が考えられた。また遠心作用により排出されたスラッジ水には、セメントや細骨材で構成されるアルカリ性のスラッジ水が発生する。このスラッジ水の処理や内面層がセメントリッチになり脆弱層となることが課題とされていた。⁴⁾

以上のことから我々は、建設、化学分野で一般的に用いられている水溶性の高分子凝集剤である保水性材料を混和させることで、水和反応に必要な水分量をコンクリート内に確保させると同時に、スラッジの発生量の低減を目的とした研究を開始した。本実験ではシリカフュームを添加したコンクリートに保水性材料を混和した場合の脱型時とオートクレーブ養生時の強度発現性、ならびにスラッジ量および密度に着目した実験を行ったものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

使用材料および配合は、表-1 ならびに表-2 に示す。W/C を 29.2% とし、シリカフューム添加はセメント重量比 C×5% とし細骨材置換し、添加しない場合も含め 2 水準とした。次に、保水性材料であるメチルセルロースの添加は、セメント重量比でそれぞれ 0, 0.025% の 2 水準とした。メチルセルロースは水溶液として使用するため、固形分を上記の添加率で計量して W に内割で添加した。また、混和材である高性能 AE 減水剤はコンクリートの目標スランプ値 8.0cm を目標に所定のワーカビリティが得られるように高性能減水剤(SP)を後添加して調整し、C×2% または C×2.2% で W に外割で添加した。

表-1 使用材料

材料名	記号	種類および物性値
セメント	C	普通ポルトランドセメント 密度 3.16g/cm ³
シリカフューム	SF(F)	JIS A 6207, フェロシリコン系 密度 2.30g/cm ³ , 19.1m ² /g
細骨材	S	洗砂, 表乾密度 2.60g/cm ³ , 吸水率 1.38%, 粗粒率 2.94
粗骨材	G	砕石 1505, 表乾密度 2.67g/cm ³ , 吸水率 0.32%, 粗粒率 6.62
混和剤	SP	高性能 AE 減水剤 コンクリート製品用ナフタレン系
高分子凝集剤	AD(M)	メチルセルロース系

2.2 供試体作製

供試体は、φ100×200mm 円柱供試体と遠心成形による φ200×300mm 中空円筒供試体を作製した。遠心時間は 5G [1min], 15G [1min], 35G [7min] とした。コンクリート打設後は、前置き養生 20°C-3 時間行い、脱型を目的とした 65°C-4 時間の常圧蒸気

表-2 配合表

試験No.	水セメント比 W/C(%)	細骨材率 s/a(%)	単位量(kg/m ³)					高性能 減水材 SP (C×%)	保水性材料 メチルセルロース AD(M) (C×%)
			水 W	セメント C	シリカフューム フェロシリコン系 SF(F)	洗砂 S	2005 G		
SF0% AD0%	29.2	49.0	143	490	0	856	905	2.0	0.000
SF5% AD0%		49.1			25	832		2.2	0.000
SF5% AD0.025%		49.1			25	832		2.2	0.025

Study on Manufacture of High-strength Concrete by Centrifugal Compaction using
Water-retaining Materials and Sludge Generation Suppression

Ayane KIDA, Shin YAMAGUCHI and Masami UZAWA

養生をした後に脱型し、円柱供試体、中空円筒供試体共の半数に対して180°C・3時間のオートクレーブ養生を行った。その後自然放冷し、養生装置から取り出した。

2.3 圧縮強度試験

脱型後とオートクレーブ養生後の円柱供試体、中空円筒供試体共にJIS A 1108に準拠して、圧縮強度試験を実施した。

2.4 スラッジ性状確認

スラッジ性状の確認は、遠心成形後の中空円筒供試体内面に生じたスラッジ層の厚さならびにスラッジ水量、そしてその密度を計測した。

3. 実験結果及び考察

圧縮強度試験の結果を図-1に示す。まず円柱供試体における脱型時強度は、SF0%(AD0%)に対し、シリカフェームを添加したSF5%(AD0%)の強度は増加したものの、メチルセルロースを添加したAD0.025%の場合は強度が低下する結果となった。オートクレーブ養生後は、そのAD0.025%の場合の強度が最も高くなり88.5N/mm²であった。また、中空円筒供試体の場合、脱型時強度はAD0.025%の場合が最も高く55.5N/mm²であったのに対し、オートクレーブ養生後もAD0.025%の場合の強度が最も高く、本実験における最高強度となる101.7N/mm²であった。

次に、スラッジ発生量及びスラッジの密度を図-2に示す。この結果によれば、シリカフェームの添加によってスラッジ発生量は増加する傾向であったが、保水性材料であるメチルセルロースを添加することによってスラッジ量を減らせることがわかった。スラッジの密度は、SF0%(AD0%)<SF5%(AD0%)<AD0.025%の順で高くなっていった。

4. まとめ

本実験で、保水性材料であるメチルセルロースを添加し遠心成形を行うことで、脱型時とオートクレーブ養生後で強度が上がる事が確認された。それに伴い、スラッジ発生量については変化が少なく、スラッジ密度は高くなった。

円柱供試体のメチルセルロース添加の場合には脱型時では強度が低下したがオートクレーブ養生時には強度が上がった。これについては、メチルセルロースがコンクリート内で保水性材料として保持した水分が、オートクレーブ養生により解放され、水和反応によってこのような強度発現性が得られたと考えられる。遠心成形時も同様であるが、メチルセルロースの添加により脱型時強度の低下が見られなかったのは、遠心締め効果によるものと考えられる。

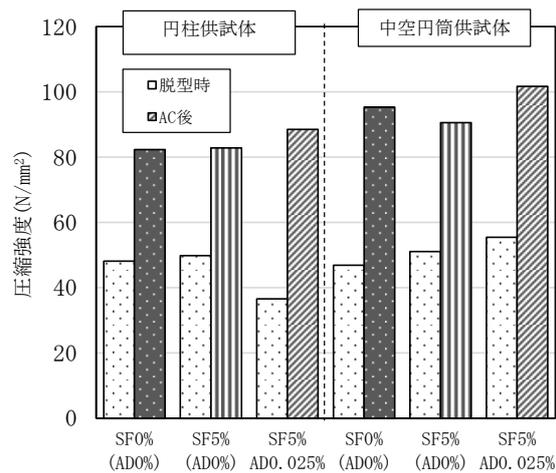


図-1 圧縮強度試験結果

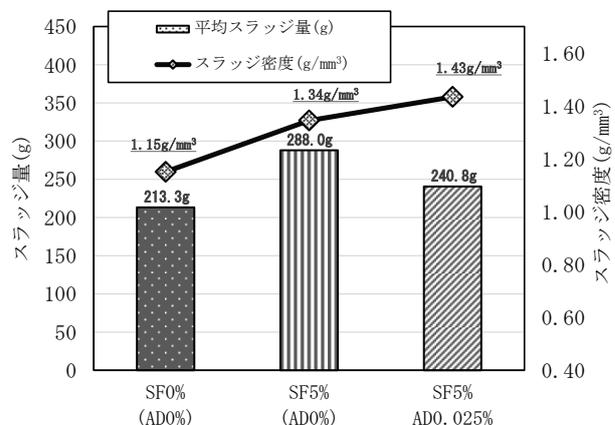


図-2 スラッジ量及びスラッジ密度

また、シリカフェームを添加するとスラッジ量、スラッジ密度ともに増加する。その上でメチルセルロースを添加するとスラッジ密度は増加してしまいがスラッジ量は減少したことから、コンクリート内部でメチルセルロースが保水性材料の役割を担っていると考える。今後は、メチルセルロースのもつ水酸基をメチル基等に置換した粘度の異なるメチルセルロースを使用した検討を行いたい。

参考文献

- 西晴哉:オートクレーブ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, (1980)pp.9-18
- 山口晋ほか:セメントモルタルを用いたオートクレーブ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, (2020)pp.11-20
- 船本憲治ほか:遠心成形した高強度コンクリート製品の基本性状に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, (2006)pp.1541-1546
- 下山善秀:遠心力締め製品製造時のスラッジ防止剤および低減剤の現状, コンクリート工学, Vol.34, No.5, (1996)pp.16-22