

遠心成形高強度コンクリートの含水率に及ぼす内部微細空隙の影響

正会員 石川一真*1
同 梶田佳寛*2
同 菅一雅*1

遠心成形 振動成形 高強度コンクリート
細孔径分布 含水率 シリカフューム

1. はじめに

筆者らは、高強度領域での遠心成形に用いる調合の遠心成形性や微細空隙構造に与える影響について報告¹⁾してきた。本研究では、調合や成形条件を変化させ、このような遠心成形コンクリート内部の微細空隙と含水率の関係について検討し、遠心成形による効果について分析した。

2. 実験概要

2.1 使用材料，調合および練り混ぜ等の条件

使用した材料，調合条件，練り混ぜ等の条件を表 - 1，表 - 2，表 - 3 に示す。水結合材比は 17%，23%，33% とし，シリカフュームは W/B=23% 以下の調合に使用した。混和剤は W/B=33% の調合にはナフタリン系高性能減水剤を使用し，W/B=23% 以下の調合にはポリカルボン酸系高性能減水剤を使用した。

遠心成形供試体は，JIS A 1136 に示される外径 20cm，高さ 30cm，厚さ 4cm の中空円筒形供試体に成型した。振動成形供試体は，内部に鋼管を埋め込んだ型枠と振動台を用いて遠心成形供試体と同形状の試験体と，外径 10cm，高さ 20cm の円柱供試体を作成した。

なお，遠心成形後，調合 17S，23S はスラッジが発生せず，調合 23，33 はスラッジが発生した。

2.2 試験項目

試験項目を表 - 4 に，それぞれの試験に用いた試験体を図 - 1，図 - 2 に示す。

含水率試験では，円筒供試体を軸方向に 8 等分し，外側面と内側面が残るようにエポキシ樹脂でコーティングした試験体を 28 日間標準養生を行った。その後，破砕機で粉砕し，105 の高温養生槽で乾燥させた。

そして，乾燥前と乾燥後の質量から，(1) 式を用いて含水率を求めた。

$$\text{含水率} = (\text{乾燥前質量} - \text{乾燥後質量}) / \text{乾燥前質量} \cdots (1)$$

細孔径分布測定試験では，試料を遠心成形供試体の厚さ方向を 2 分してその中心部から，また振動成形した円柱供試体の中心部から採取した。その試料をアセトン浸漬後風乾し，粗骨材を取り除いた約 5mm 角に碎き，凍結乾燥後，水銀圧入式ポロシメータを用いて，0.003 ~ 30 μm の範囲の細孔容積を測定した。

表 - 1 使用材料

セメント	早強ポルトランドセメント: 密度 3.14(g/cm ³), 比表面積 4500(cm ² /g)
粗骨材	安山岩系砕石: 表乾密度 2.62(g/cm ³), 粗粒率 6.32
細骨材	安山岩系砕砂: 表乾密度 2.64(g/cm ³), 粗粒率 2.66
混和剤	E材: エトリンガ 1 系高強度混和材: 密度 2.90(g/cm ³), 比表面積 3580(cm ² /g)
	Si材: シリカフューム: 密度 2.20(g/cm ³), 比表面積 200000(cm ² /g)
混和剤	N剤: ナフタリン系高性能減水剤
混和剤	P剤: ポリカルボン酸系高性能減水剤

表 - 2 調合条件

調合 No.	17S	23S	23	33
水結合材比 W/B(%)	17	23	23	33
細骨材率 s/a(%)	44			
単位水量 W(kg/m ³)	110			140
E 材置換率 (B×%)	10			
Si 材置換率 (B×%)	0			
混和剤添加率 (B×%)	P 剤 1.2	P 剤 0.8	N 剤 2.2	

表 - 3 練り混ぜ，成形条件，養生条件

練り混ぜ	空練り 30s	本練り	17S : 240s 23S, 23, 33 : 180s
成形条件	遠心成形	初速 1G 420s	中速(1) 6G 120s 中速(2) 10G 60s 高速 30G 120s
	振動成形	4G 振動台	円柱: 2層打ち 17S : 各層 120s 円筒: 3層打ち 23S, 23, 33 : 各層 60s
養生条件	前置き 30 3h	上昇 10 /h 4h	高温 70 7h 材齢 7日まで 20 60RH

表 - 4 試験項目

試験名	試験方法
含水率試験	吸水乾燥による質量変化
細孔径分布測定試験 (細孔直径 0.003 ~ 30 μm)	水銀圧入式ポロシメータによる

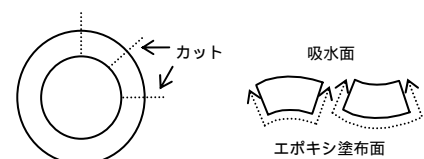


図 - 1 含水率試験体形状

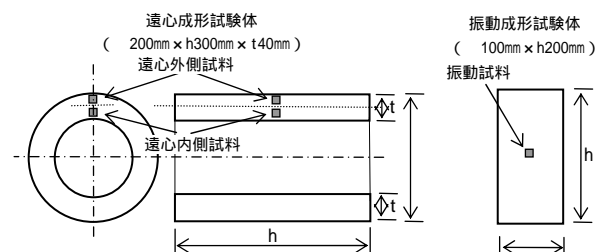


図 - 2 細孔径分布試験試料採取位置

3. 実験結果および考察

3.1 含水率試験

各調合の含水率を図-3に示す。振動成形供試体はW/Bが大きいほど含水率も増加する傾向を示した。一方、遠心成形供試体はシリカフェームを混入した調合17S, 23Sと混入しない調合23, 33では、異なる傾向を示した。これは調合23, 33の場合、スラッジが発生した影響が大きいものと考えられる。

3.2 細孔径分布測定試験

各調合の細孔径分布測定試験結果を図-4に示す。振動成形供試体は、W/Bが大きくなるほど全細孔容積も大きくなる傾向を示した。一方、遠心成形供試体は、スラッジが発生した調合23, 33では、キャピラリー空隙と呼ばれる細孔径0.1~0.003μmの細孔が振動成形供試体に比較して少なくなる傾向を示した。

このことから、調合23, 33の遠心成形供試体の含水率の変化は、スラッジ発生に伴うキャピラリー空隙中の自由水の減少が影響していることが考えられる。

そこで、全細孔容積と含水率の関係を図-5および図-6に示す。

振動成形供試体についてはよい相関を示すが、遠心成形供試体についてはよい相関を示さなかった。

これは、水銀圧入式ポロシメータでは測定できない小さな微細空隙であるゲル空隙(直径0.003~0.001μm)の中に存在する自由水の変化が影響していることが考えられるが、今回の試験では明確にできなかった。今後の課題としたい。

4. まとめ

振動成形供試体では含水率と全細孔容積は相関を示すが、スラッジが発生した遠心成形供試体では含水率と全細孔容積は相関を示さず、細孔容積では測定できない微細空隙に存在する自由水の影響を受けていることが考えられた。

参考文献

- 1) 菅 一雅, 榎田佳寛: 遠心成形高強度コンクリートの力学特性に及ぼす微細空隙の影響に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, No.610, pp.7-12, 2006.12

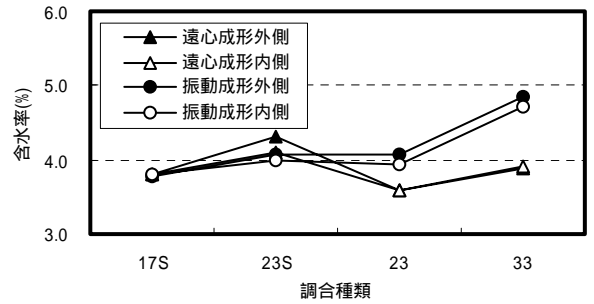


図-3 含水率試験結果

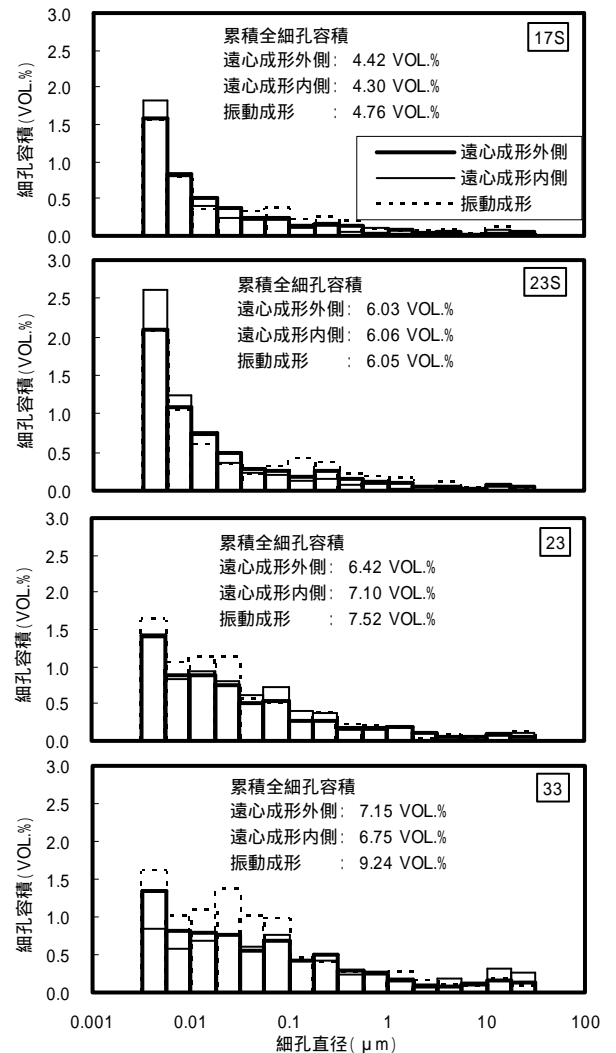


図-4 細孔径分布測定試験結果

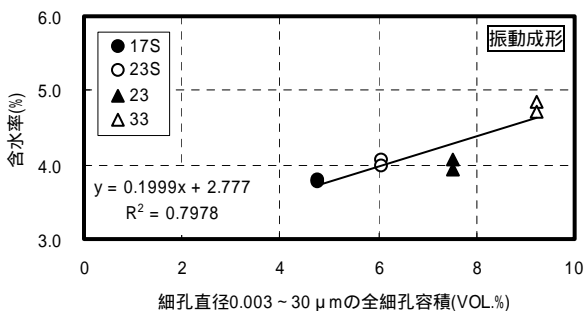


図-5 全細孔容積と含水率(振動成形供試体)

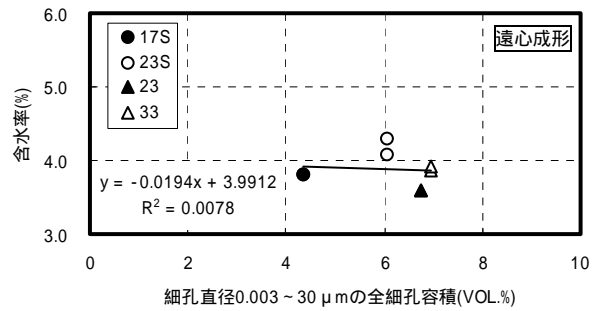


図-6 全細孔容積と含水率(遠心成形供試体)

*1 ジャパンパイル

JAPAN PILE CORPORATION

*2 宇都宮大学工学部建設学科 教授・工博

Prof., Dept. of Architecture and Civil Eng., Faculty of Eng., Utsunomiya Univ., Dr. Eng.