

遠心成形する高強度コンクリートの成形性及各種物性に及ぼす調合構成の影響

正会員 ○ 菅 一雅*1
同 梶田 佳寛*2
同 小椋 仁志*3

遠心成形 高強度コンクリート レオロジー特性
スラッジ セメントペースト シリカフェウム

1. はじめに

一般的な高強度PCパイプは、エトリンガイト系高強度混和材とナフタリン系高性能減水剤の組合せで製造されている。ところが、最近の既成杭工法の高支持力化に伴い、100N/mm²以上の高強度PCパイプが要求されるようになり、シリカフェウム¹⁾の使用やポリカルボン酸系高性能減水剤²⁾の使用が検討されるようになった。

しかし、各材料の組合せによるコンクリートの粘度特性や強度特性は違っており、遠心成形時のスラッジの発生や成形後の品質に影響を及ぼすことが考えられる。

そこで、各組合せによるセメントペーストの粘性に着目し、スラッジの発生量などの遠心成形時に及ぼす影響や硬化後の物性に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験概要

高強度混和材と高性能減水剤は表-1に示すようにそれぞれ2種類とし、各組合せにより検討を行った。

コンクリートの調合条件としては表-2に示すように、W/B=23%、s/a=44%を一定とし、単位水量を130kg/m³から10kg/m³ずつ低減した。また、セメントペーストはW/B=23%の同一条件の調合とした。

成形条件としては表-3に示すように、最大遠心力を30Gとし、φ200×300の肉厚40mmの試験体とした。成形後の養生条件は表-3に示す常圧蒸気養生とし、材齢7日まで20℃60%RH条件下で気中養生を行った。

コンクリートについては、遠心成形時に発生したスラッジ量を測定した。また、セメントペーストについては、B型粘度計を使用して、レオロジー特性値を測定した。

硬化後コンクリートの試験項目としては、材齢7日での単位容積質量、圧縮強度、ヤング係数を測定した。

3. 実験結果

3.1 セメントペーストのレオロジー特性とスラッジ量

各Caseのセメントペーストのレオロジー特性を表-4に示す。ポリカルボン酸系高性能減水剤を使用した場合は塑性粘度、降伏値とも小さくなる傾向を示した。また、シリカフェウム混入高強度混和材を利用した場合は、塑性粘度は変化がなく、降伏値が小さくなる傾向を示した。

スラッジは、表-4に示すように単位水量が多いほど多くなる傾向を示した。そこで、遠心成形後に残存するセメントペーストに着目し、図-1に示すようにコンク

表-1 使用材料

セメント	早強ポルトランドセメント
粗骨材	安山岩系砕石 6号砕石表乾密度 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
混和材 1	エトリンガイト系高強度用混和材
混和材 2	シリカフェウム混入エトリンガイト系高強度用混和材
混和剤 1	ナフタリン系高性能減水剤
混和剤 2	ポリカルボン酸系高性能減水剤

表-2 調合条件パラメータ

W/B*1	23% (一定)
s/a	44% (一定)
単位水量(kg/m ³)	110, 120, 130
混和材*2と混和剤*3の組み合わせ	混和材 1+混和剤 1, 混和材 1+混和剤 2 混和材 2+混和剤 1, 混和材 2+混和剤 2

*1 B = (C + K) K: 混和材

*2 混和材 1置換率 8%, 混和材 2置換率 30%

*3 混和剤 1添加率 B×2.2%, 混和剤 2添加率 B×0.8%

表-3 練り混ぜ、成形、養生条件

練り混ぜ	コンクリート: 空練り 30s → 本練り 150s~360s セメントペースト: 低速 60s → 高速 180s
遠心成形	1G 420s → 6G 120s → 10G 60s → 30G 120s
蒸気養生	30℃ 3h → 10℃/h 4h → 70℃ 7h → 自然徐冷

表-4 セメントペーストのレオロジー特性とスラッジ量

Case NO.	組合せ	セメントペースト レオロジー特性		単位水量 (kg/m ³)		
		塑性粘度 (Pa・s)	降伏値 (Pa)	110	120	130
				スラッジ量 (g/試験体)*1		
1	材 1+剤 1	5.714	58.57	×	34.3	272.7
2	材 1+剤 2	3.709	23.42	195.6	292.1	506.3
3	材 2+剤 1	5.246	27.98	0	0	17
4	材 2+剤 2	3.442	6.30	89.9	373.2	946.6

*1 1 試験体あたりコンクリート 15.3kg 投入 *2 ×: 遠心成形不良

$$\text{砂保有ペースト量} = \frac{V_{cp1} - V_{slg}}{V_s} = \frac{V_{cp2}}{V_s} \quad (1 \text{ 式})$$

* Vslg はセメントペースト調合の単位容積質量で算出

遠心成形前: 各容積 遠心成形後: 各容積

図-1 砂保有ペースト量の算出方法

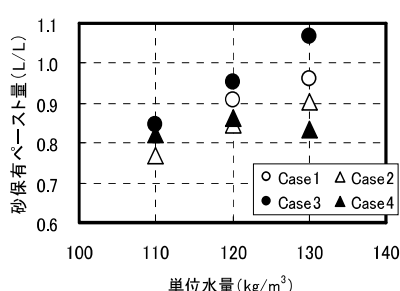


図-2 砂保有ペースト量と単位水量の関係

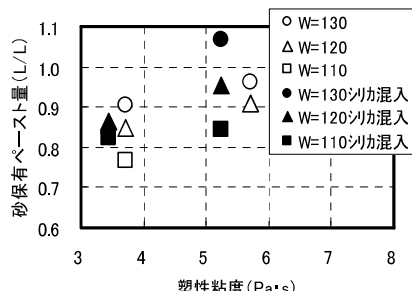


図-3 砂保有ペースト量と塑性粘度の関係

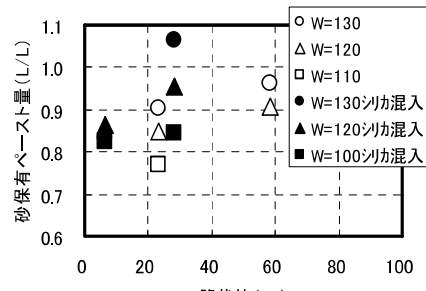


図-4 砂保有ペースト量と降伏値の関係

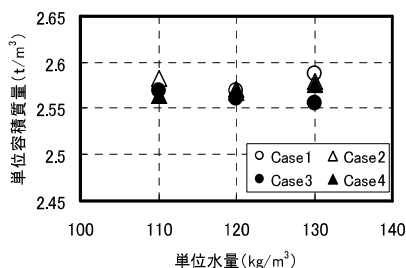


図-5 単位容積質量と単位水量の関係

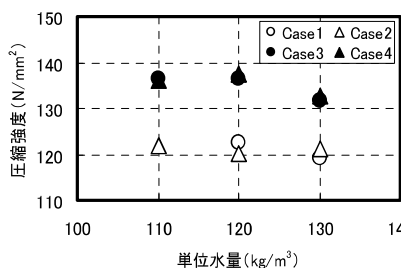


図-6 圧縮強度と単位水量の関係

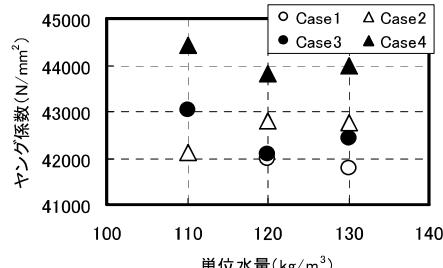


図-7 ヤング係数と単位水量の関係

リート中の砂容積に対する残存するペースト量を砂保有ペースト量とし、1式に示す方法で算出した。

算出した砂保有ペースト量と単位水量、レオロジー特性との関係を図-2～4に示す。

Case4 はいずれの単位水量においても砂保有ペースト量が 0.82～0.86(L/L)とほぼ同様な値を示した。これは、Case4 がペーストの塑性粘度や降伏値が小さいため、遠心成形によりペーストが移動しやすく、最終的に同様な保有ペースト量になったものと考えられる。

一方、その他の Case については、単位水量が多くなるほど砂保有ペースト量は増加する傾向となった。

Case1 については、砂保有ペースト量が約 0.9(L/L)までは遠心成形が可能となるが、これ以下では遠心成形が難しい結果となっている。Case1 は塑性粘度や降伏値も大きい値となっており、このようなレオロジー特性では砂保有ペースト量がある程度必要となることが考えられる。

また、全体の傾向では、塑性粘度、降伏値が大きくなるほど保有ペースト量が増加する傾向を示した。特にシリカフューム混入高強度混和材を使用すると同程度の塑性粘度、降伏値でも砂保有ペースト量が多くなる傾向を示した。このように、セメントペーストのレオロジー特性と砂保有ペースト量の関係を検討することにより、遠心成形やスラッジの抑制を考慮した適切な調査条件を設定することが可能となることが考えられる。

3.2 硬化後の各種物性

図-5に示すように、 $W=130\text{kg/m}^3$ でスラッジが多く排出された調査については、骨材密度が増加する影響で単位容積質量が増加する傾向を示した。

図-6に示す材齢7日の圧縮強度は、シリカフューム混入高強度混和材を使用した調査が $10\sim 15\text{N/mm}^2$ 程度高くなる傾向を示した。しかし、 $W=130\text{kg/m}^3$ の場合は分離による影響と思われる強度低下を示した。

図-7に示す材齢7日のヤング係数は、Case4 がもっとも高い値を示した。これは Case4 がもっとも塑性粘度、降伏値が小さく分離しやすい調査であり、骨材密度が外周部集中したため、ヤング係数が高くなったものと推測される。

4. まとめ

今回の研究結果のまとめを以下に述べる。

- (1)ポリカルボン酸系高性能減水剤を使用すると塑性粘度、降伏値とも小さくなり、シリカフューム混入高強度混和材を使用すると降伏値が小さくなる傾向となった。
- (2)遠心成形時のスラッジ発生後のコンクリート中の砂保有ペースト量は、塑性粘度、降伏値が大きいほど多くなる傾向を示し、シリカフューム混入高強度混和材を使用すると砂保有ペースト量が多くなる傾向を示した。
- (3)シリカフューム混入高強度混和材を使用すると圧縮強度が $10\sim 15\text{N/mm}^2$ 程度高くなる傾向を示した。
- (4)シリカフューム混入高強度混和材とポリカルボン酸系高性能の組合せがもっとも塑性粘度、降伏値が小さくなり、分離による影響でヤング係数が大きくなった。

【参考文献】

- 1)丸山,土田,河野:「シリカフュームコンクリートの諸性質に関する実験的研究」コンクリート工学年次論文報告集,Vol.12,No.1(1990)
- 2)澤田,西村,渡辺:「ポリカルボン酸系高性能減水剤を用いた遠心力成形コンクリートの性状」コンクリート工学年次論文報告集,Vol.25,No.1(2003)

*1 ジャパンパイル

*2 宇都宮大学工学部建設学科 教授・工博

*3 ジャパンパイル 工博