

遠心成形高強度コンクリートに用いる石灰石微粉末の効果に関する研究

(その1 実験概要および各種強度物性)

正会員 ○菅 一雅*1
同 井門雅樹*1

石灰石微粉末 遠心成形 常圧蒸気養生
シリカフェーム 長さ変化率 高強度コンクリート

1. はじめに

コンクリート設計基準強度 120N/mm²級の既製コンクリート杭になると強度増加および作業・成形性からシリカフェームを添加することが必要となる¹⁾。最近では、シリカフェームの代替材として石灰石を平均粒径 0.75 μm 程度まで粉砕して微粒子化した石灰石微粉末を混入することで強度増加することが報告²⁾されている。そこで、本研究では、市販の平均粒径の異なる石灰石微粉末(平均粒径 0.70~1.8 μm, 比表面積 32,000~12,000cm²/g)を用いて、常圧蒸気養生による遠心成形高強度コンクリートの強度物性及各種養生条件による長さ変化および質量変化に及ぼす影響についてシリカフェーム混入した場合と比較し、検討したことについて報告する。

2. 実験概要

使用材料, 調合種類を表-1, 表-2に示す。

石灰石微粉末は平均粒径の異なる3種類とし、比較用にシリカフェームを混入した。また、最も平均粒径の小さい石灰石微粉末③については置換率の影響を確認するため、置換率5%,10%,15%の3種類とした。

W/P は 17%,20%,23%の3種類とし、高性能減水剤は分散性能を考慮して W/P=23%はナフタリン系を使用し、W/P=20%以下についてはポリカルボン酸系を使用した。

また、練り混ぜ、遠心成形、養生条件については、表-3に示す条件で行い、蒸気養生終了後は各試験での養生条件とした。

試験内容を表-4に示す。圧縮強度、ヤング係数については、材齢7日まで気中養生した通常の出荷時を想定した場合と材齢182日まで水中養生した地中埋設を想定した場合の2種類で行うこととした。

また、長さ変化・質量変化については遠心成形試験体を円周方向に4等分にカットしたものを試験体とし、20℃60%RHでの乾燥収縮と20℃水中での水中膨潤による影響について測定用のゲージを取り付けて、コンタクトゲージにより材齢182日まで測定を行なった。

硫酸浸漬については、同様な1/4試験体を20℃、pH1の硫酸水溶液に浸漬して、表面劣化状況の観察と表面のスケーリングによる質量変化について、材齢182日まで測定を行なった。

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)						
混和材	K	エトリンガ [®] 付系高強度混和材 密度 2.9(g/cm ³)					
	石灰石微粉末 L	①	密度 2.7 (g/cm ³)	平均粒径	1.8(μm)	比表面積	12,000(m ² /g)
		②		1.0(μm)	22,000(m ² /g)		
		③		0.7(μm)	32,000(m ² /g)		
Si	シリカフェーム 密度 2.2(g/cm ³)						
粗骨材	安山岩系6号砕石 表乾密度 2.62(g/cm ³)						
細骨材	安山岩系砕砂 表乾密度 2.64(g/cm ³)						
混和剤	①	ナフタリン系高性能減水剤 密度 1.2(g/cm ³)					
	②	ポリカルボン酸系高性能減水剤 密度 1.08(g/cm ³)					

表-2 調合種類およびフレッシュ性状

No.	W/P %	W kgm ³	混和材 %			混和剤 %	スランプ ^a cm	Con 温 °C			
			K	L	Si						
23N	23	120	10	—	—	①1.8	0.0	14.3			
23L①10				①10	—	①1.8	0.0	14.7			
23L②10				②10	—	①1.8	0.5	14.8			
23L③10				③10	—	①1.8	0.0	15.9			
23L③5				③5	—	①1.8	0.0	15.9			
23L③15				③15	—	①1.8	0.0	16.4			
23Si10				—	10	①2.2	0.0	16.1			
20L③10				20	120	10	③10	—	②0.8	0.0	17.1
20Si10							—	10	②1.0	0.0	18.1
17L③10							③10	—	②1.0	0.0	18.1
17Si10	—	10	②1.2	0.0			19.0				

*1 混和材はセメントに対する置換率を表わす
*2 混和剤はP(粉体)=セメント+混和材に対する添加率を表わす
*3 s/a は40%一定とした。

表-3 練り混ぜ、遠心成形、養生条件

練り混ぜ	空練り 30s →本練り 180s~240s
遠心成形	1G 360s →3G 120s →7G 60s →15G 120s
蒸気養生	前養生 2h → 20℃/h → 80℃ 5h →自然徐冷

表-4 試験方法および試験体形状

試験名	試験方法	試験体形状
圧縮強度 ヤング係数	材齢7日: 20℃60%RH 気中 材齢182日: 20℃水中	φ200× h300×t40
長さ変化 質量変化	材齢7,28,56, 91,182 乾燥収縮: 20℃60%RH 水中膨潤: 20℃水中	φ200× h300×t40 を円周方向 1/4カット
硫酸浸漬	材齢7,28,56, 91,182 20℃ pH1 硫酸水溶液浸漬	

3. 試験結果

3.1 遠心成形性

同様な遠心成形状態とするための調合条件では、表-2に示すように石灰石微粉末の調合はシリカフュームの調合に比べ、高性能減水剤の添加率が少なくなる傾向を示した。また、遠心成形性は石灰石微粉末の平均粒径が小さくなるほど、良好となる傾向を示した。

3.2 石灰石微粉末の平均粒径の影響

石灰石微粉末の平均粒径の違いによる試験結果を図-1に示す。石灰石微粉末の平均粒径が小さくなるほど圧縮強度が増加する傾向を示し、今回使用した平均粒径 0.7 μm の石灰石微粉末③が最も高い圧縮強度を示した。ただし、平均粒径 1.0 μm 以上の石灰石微粉末では逆に添加により強度が低下する傾向を示した。

3.3 石灰石微粉末の置換率の影響

石灰石微粉末③を置換率 5%,10%,15%使用した調合の試験結果を図-2に示す。石灰石微粉末③の置換率が増加するほど、若干ではあるが圧縮強度が増加する傾向を示し、シリカフューム添加調合の圧縮強度により近い値を示した。

3.4 W/Pの違いによる石灰石微粉末の影響

石灰石微粉末③とシリカフュームをそれぞれ置換率10%使用した W/P=23%,20%,17%の調合における試験結果を図-3に示す。いずれの調合においても W/P が小さくなるほど圧縮強度、ヤング係数とも増加する傾向を示した。W/P=17%の調合では石灰石微粉末③とシリカフュームによる差が他の W/P に比べ小さくなる傾向を示した。

3.5 長期（材齢 182 日）水中養生の影響

地中埋設による湿潤状態を想定し、材齢 182 日までの長期水中養生を行った圧縮強度試験結果を図-4に示す。長期水中養生後の石灰石微粉末を使用した調合は、他の調合と同様に圧縮強度、ヤング係数も増加し、安定した物性を示した。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 石灰石微粉末の平均粒径が小さくなるほど強度増加、作業性、遠心成形性は向上し、W/P=17%の材齢 7 日の圧縮強度は 158.2N/mm²を示した。
- (2) 石灰石微粉末の調合は、材齢 182 日までの長期水中養生においても強度が増進し、安定した物性を示した。

参考文献

- 1) 菅,梶田: 高強度コンクリートの遠心成形性に及ぼす調合の影響に関する研究,日本建築学会構造系論文集,no.606,pp.29-34,2006.8.
- 2) 兵頭,塚田,山田: 粉碎により微粉碎した石灰石粉末およびシリカフュームを用いた超高強度コンクリートの性能評価,コンクリート工学年次論文集,Vol.30,N0.2,pp85-90,2008.7.

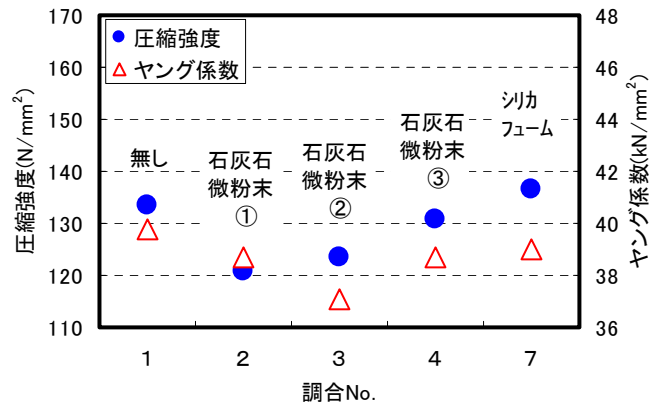


図-1 石灰石微粉末平均粒径の影響

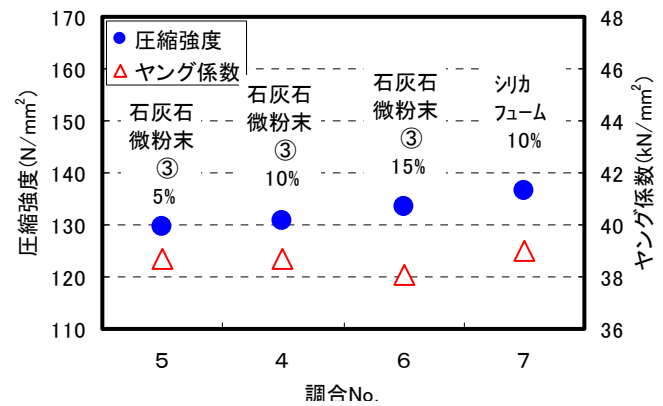


図-2 石灰石微粉末置換率の影響

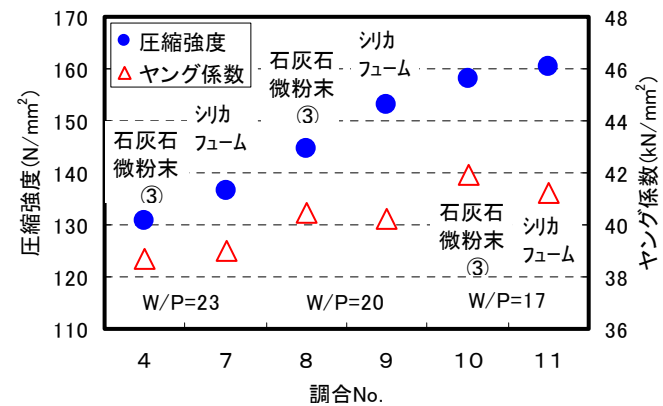


図-3 W/Pの違いによる石灰石微粉末の影響

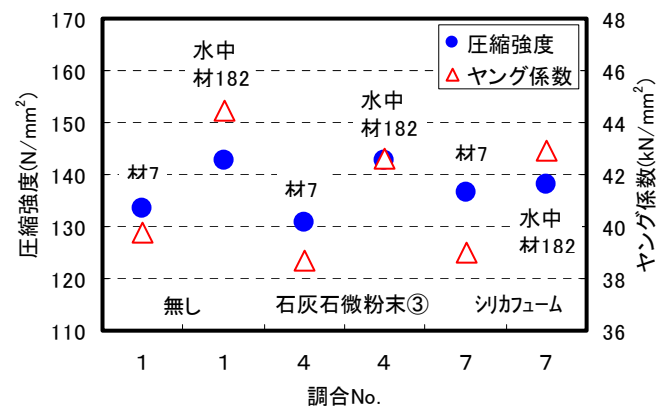


図-4 長期（材齢 182 日）水中養生の影響