

京都大学工学部 学生員 ○萩原 康之 京都大学大学院 学生員 小林 孝一
京都大学工学部 正会員 宮川豊章 正会員 藤井 学

1.はじめに 近年、高流動コンクリートの研究が盛んに行われているが、石灰石微粉末を使用した高流動コンクリートの性質に関しては未知の部分が多い。本研究は石灰石微粉末がセメントの水和、強度発現に与える影響について、セメントペースト、モルタル供試体を用いて検討を行った。

2.実験概要

2.1 コンクリートの配合 使用材料を表1に、配合を表2に示す。なお、石灰石微粉末の比表面積の違いが強度発現に与える影響を評価するため、比表面積の異なる2種類の石灰石微粉末を用いた。

2.2 強度試験 4×4×16 cmのセメントペースト、モルタル供試体を所定の材令まで標準水中養生を行った後、曲げ強度試験、圧縮強度試験を行った。

2.3 細孔径分布の測定 強度試験を行った後、4×4×16 cmの供試体を1辺1 cm角程度の立方体に切断したものを試料として、水銀圧入式ポロシメーターで測定を行った。

3.実験結果および考察

3.1 強度 ブレーン値7000の石灰石微粉末の外割添加率と強度比の関係を図1に示す。石灰石微粉末を外割添加した配合はブレーン配合と比べて初期材令では強度増加がみられ、材令28日ではほぼ等しくなっている。ブレーン値7000の石灰石微粉末の内割置換率と強度比の関係を図2に示す。石灰石微粉末を内割置換した配合ではセメント量が減少したために強度低下が認められるが、初期材令では置換率15%において強度増加がみられる。さらに、比表面積がより大きい石灰石微粉末を用いた配合の方が初期強度が増加する傾向にあった。また、図3に強度と細孔量の関係を示す。強度が細孔量とよい相関にあることがわかり、特にセメントペーストでは6 nm～2 μmの細孔量と強度とが相関が高い[1]。モルタルに関しては、一般に50 nm～2 μmの細孔量と強度と相関が高いとされているが[1]、今回の実験では認められなかった。40 MPa以上ではある程度の相関がある。

表1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント 比重：3.15 比表面積：3260(cm ² /g)
石灰石微粉末	a種・比重：2.73 比表面積：3010(cm ² /g) b種・比重：2.73 比表面積：6770(cm ² /g)
細骨材	川砂 比重：2.59 吸水率：1.49 F.M.：2.88

表2 配合

配合	セメントペースト			モルタル		
	W/P (%)	W/C (%)	C : L _p	W/P (%)	W/C (%)	C : L _p : S
P		41.25	1 : 0	41.25	41.25	1 : 0 : 2
I ₁₅ -7000	41.25	48.53	0.85 : 0.15			
I ₃₀ -3000		58.93	0.7 : 0.3	41.25	58.93	0.7 : 0.3 : 1.4
I ₃₀ -7000						
O ₁₅ -7000	35.87		1 : 0.15			
O ₃₀ -3000	31.73	41.25	1 : 0.3	31.73	41.25	1 : 0.3 : 2
O ₃₀ -7000						

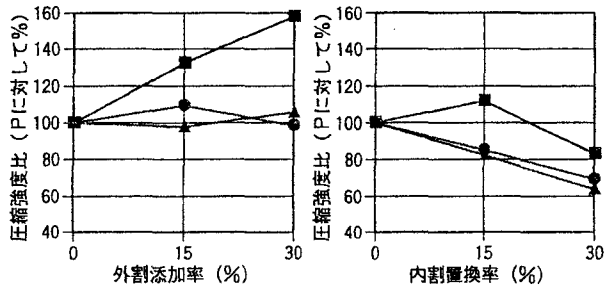


図1 外割添加率—強度比

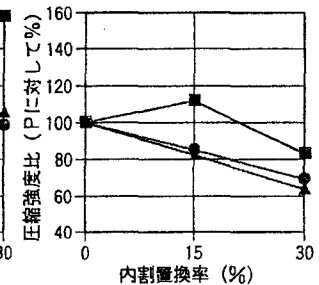


図2 内割置換率—強度比

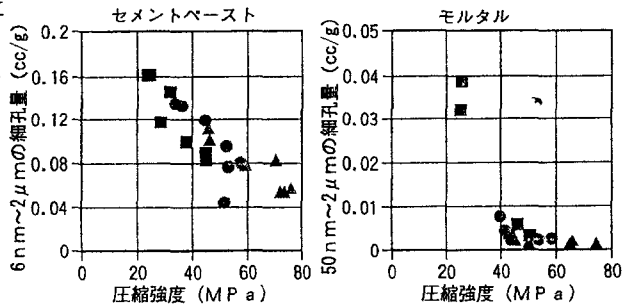


図3 強度—細孔量

■ 材令3日 ● 材令7日 ▲ 材令28日

3.2 細孔径分布 セメント

トペースト・モルタルともにどの配合についても材令が進むにつれて総細孔量が減少し、細孔量の最も多く分布している細孔径が小さい方に移動していた。

図4に細孔径分布の測定結果の一例を、表3に材令別の細孔量を示す。石灰石微粉末を外割添加した配合は初期材令ではプレーン配合と比べて添加率が大きくなるほど毛細管空隙が減少するが、材令28日ではほぼ同じである。これは、石灰石微粉末のセメントへの初期水和促進効果および水和物間の充填効果における細孔組織の微細化によるものと思われる[2]。また、石灰石微粉末を内割置換した配合では、置換率が大きくなるほど毛細管空隙は増大するが、初期材令で置換率が15%のとき、細孔量が最も多く分布している細孔径の大きさはプレーン配合と比べてほぼ同じである。これは、石灰石微粉末のセメント分散効果とフィラー効果が十分に発揮されているものと考えられる[3]。さらに比表面積の大きい石灰石微粉末を用いた配合は比表面積の小さい石灰石微粉末を用いた配合よりも毛細管空隙が減少している。これは、比表面積の大きい石灰石微粉末はセメントと接触する部分が多いためにセメントの水和反応をより促進させ、細孔構造を微細化させているものと考えられる。

図4に細孔径分布の測定結果の一例を、表3に材令別の細孔量を示す。石灰石微粉末を外割添加した配合は初期材令ではプレーン配合と比べて添加率が大きくなるほど毛細管空隙が減少するが、材令28日ではほぼ同じである。これは、石灰石微粉末のセメントへの初期水和促進効果および水和物間の充填効果における細孔組織の微細化によるものと思われる[2]。また、石灰石微粉末を内割置換した配合では、置換率が大きくなるほど毛細管空隙は増大するが、初期材令で置換率が15%のとき、細孔量が最も多く分布している細孔径の大きさはプレーン配合と比べてほぼ同じである。これは、石灰石微粉末のセメント分散効果とフィラー効果が十分に発揮されているものと考えられる[3]。さらに比表面積の大きい石灰石微粉末を用いた配合は比表面積の小さい石灰石微粉末を用いた配合よりも毛細管空隙が減少している。これは、比表面積の大きい石灰石微粉末はセメントと接触する部分が多いためにセメントの水和反応をより促進させ、細孔構造を微細化させているものと考えられる。

4.まとめ セメントペースト、モルタルに石灰石微粉末を混合した場合、初期材令において毛細管空隙を減少させ、細孔量が最も多く分布する細孔径を小さくするため、強度を増加させる傾向があり、比表面積の大きい石灰石微粉末ほどその傾向は強くなることが明らかになった。

参考文献

- [1]H.Uchikawa; Advanced in cement Manufacture and Use, Engineering Foundation Conference (Potosi,Missouri)、pp.271-284、1988
- [2]渡辺 佳彦ほか; 石灰石微粉末を用いた高流動コンクリートの細孔構造と塩分浸透性について、土木学会第50回年次学術講演会、pp.1040-1041、1995
- [3]十河 茂幸ほか; 高流動コンクリートの性質に及ぼす石灰石微粉末の混合率の影響、土木学会第50回年次学術講演会、pp.1030-1031、1995

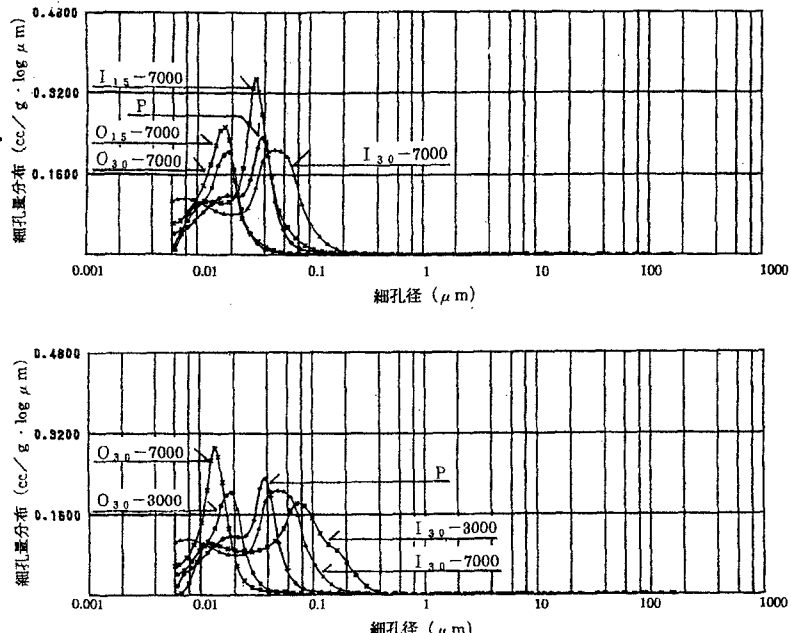


図4 細孔径分布 (セメントペースト・材令3日)

表3 細孔量

		6 nm~2 μmの細孔量(cc/g)			50 nm~2 μmの細孔量(cc/g)		
		3日	7日	28日	3日	7日	28日
セメントペースト	P	0.1162	0.0946	0.0538	0.0133	0.0009	0.0005
	I 1.5-7000	0.1452	0.1184	0.0782	0.0171	0.0014	0.0008
	I 3.0-3000	0.1608	0.1340	0.1004	0.0875	0.0050	0.0011
	I 3.0-7000	0.1608	0.1319	0.1109	0.0565	0.0048	0.0011
	O 1.5-7000	0.0984	0.0800	0.0526	0.0018	0.0008	0.0005
	O 3.0-3000	0.0883	0.0764	0.0536	0.0021	0.0009	0.0007
	O 3.0-7000	0.0826	0.0441	0.0572	0.0016	0.0008	0.0004
モルタル	P	0.0656	0.0436	0.0315	0.0035	0.0021	0.0013
	I 3.0-3000	0.0769	0.0654	0.0527	0.0386	0.0075	0.0015
	I 3.0-7000	0.0719	0.0599	0.0494	0.0320	0.0042	0.0021
	O 3.0-3000	0.0628	0.0473	0.0400	0.0057	0.0022	0.0020
	O 3.0-7000	0.0527	0.0431	0.0323	0.0031	0.0023	0.0013