

化学組成の異なる石灰石微粉末を使用したコンクリートの乾燥収縮に関する研究

名古屋工業大学大学院 学生会員 鶴飼 貴史
 名古屋工業大学大学院 学生会員 神田 ゆかり
 竹本油脂株式会社 正会員 齊藤 和秀
 名古屋工業大学大学院 正会員 吉田 亮
 中部採石工業株式会社 牧 宗一郎
 名古屋工業大学大学院 フェロー 梅原 秀哲

1. はじめに

近年、天然骨材の枯渇、骨材の品質低下が社会問題となっている。その天然骨材の枯渇に伴う碎石や砕砂への移行により、全国で大量の石粉が発生しており、今後も増加することが予想されている¹⁾。これに対し、コンクリート用碎石粉に関する JIS 規格の改定など、石粉の利用を促す取り組みがみられる。今後、石粉のコンクリート用材料としての需要が高まってくることが予想される。

上記の骨材の品質低下がもたらす問題としては、コンクリートの乾燥収縮の増大が挙げられており、各種粗骨材を使ったコンクリートの乾燥収縮に関する研究が進められている。これらの研究では、石灰石が他の粗骨材と比較して、乾燥収縮に対し高い収縮抵抗性を有すると示されている。また、鶴飼らの研究²⁾では、骨材の寸法を 20~0.15mm の間で、5 種に分別し作製したコンクリートの乾燥収縮試験を行っており、石灰石ではどの寸法においても高い収縮抵抗性能があると示されている。特に 0.6~0.15mm の寸法においては収縮低減効果が高く、このことは石灰石が緻密であり骨材自身の収縮が小さいという物理的要因からのみでなく、石灰石がセメント鉱物と反応することで収縮しにくい硬化体を形成するという化学的な要因もあると示唆している。そこで本研究では、上記研究で使用した骨材よりも細かく、より反応性の高い石灰石微粉末の石粉を対象とし、CaCO₃の純度が異なる石灰石を用いたコンクリートの乾燥収縮試験を行うことで、石灰石が有する収縮抵抗性の化学的側面について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

供試体は太平洋普通ポルトランドセメント、水道水、大井川水系産陸砂、岡崎産碎石(Gmax=20mm)を使用し作製した。また、空気を極力排除するために消泡剤を用い、ブリージングを抑制するために増粘剤(C×0.2%)を添加した。

細骨材の一部として、主成分である CaCO₃の純度を変えた 3 種類の石灰石微粉末、碎石粉の異なる化学組成のものを用いて供試体を作製した。この骨材の種類と物性を表-1 に示す。水セメント比は一定で 50%とした。また、今回の打設では目標スランプ値を 8cm、目標空気量を 2%以下としてコンクリート供試体を作製した。コンクリート供試体の配合と実際のスランプ値、空気量を表-2 に示す。

表-1 骨材の物性

種類	純度(%)			密度(g/cm ³)	含水率(%)
	CaCO ₃	MgO	Al ₂ O ₃		
石灰石微粉末A	90.0	2.5	2.8	2.72	0.65
石灰石微粉末B	95.0	3.0	0.5	2.71	0.48
CaCO ₃ 試薬	99.9	0.0	0.0	2.70	0.50
碎石粉C	13.0	12.4	22.0	2.65	4.71

表-2 配合と計測値

種類	W/C(%)	単位量(kg/m ³)								スランプ (cm)	空気量 (%)
		W	C	S	L1	L2	L3	L4	G		
基準(non add)	50	155	310	857	-	-	-	-	1053	8.0	2.3
石灰石微粉末A	50	155	310	761	100	-	-	-	1053	9.0	2.1
石灰石微粉末B	50	155	310	761	-	100	-	-	1053	9.5	2.2
CaCO ₃ 試薬	50	155	310	761	-	-	100	-	1053	8.0	2.3
碎石粉C	50	155	310	769	-	-	-	100	1053	6.0	2.6

※L1：石灰石微粉末A L2：石灰石微粉末B L3：CaCO₃試薬 L4：碎石粉C

2.2 乾燥収縮試験および質量変化試験

角柱供試体 10×10×40cm を各 2 本作製し、乾燥材齢期間を一週間として、水中養生は行わず、温度 20℃、湿度 60%の室内で封緘養生をして実験を行った。試験はダイヤルゲージ法 JIS A 1129 に準拠して行った。

また、型枠の拘束力による考慮をする必要もあるが、本研究ではコンタクトチップを用いて材齢一週間までの自己収縮測定を簡易的に行った。

3. 実験結果および考察

自己収縮試験の結果を図-1に示す。自己収縮量に大きな差はみられなかったが、砕石粉Cを用いた供試体はその他の供試体と比較して、 $1.5 \sim 2.5 \mu$ 程度収縮量が小さくなる結果が得られた。

次に、乾燥収縮試験の結果を図-2、質量変化試験の結果を図-3に示す。細骨材の一部を石粉で置換していない基準(以下 non add)の供試体の質量減少率は、その他の微粉末を用いた供試体と比較して0.05～0.10%程度高くなる結果が得られた。砕石粉Cを細骨材の一部として混ぜた供試体では、質量減少率はnon addの供試体よりも0.75%程度低く、それ以外の微粉末を混ぜた供試体と同程度の値を示した。しかし、収縮量において砕石粉Cの供試体はnon addの供試体と比較して 40μ 程度大きく、その他の供試体と比較しても $30 \sim 40 \mu$ 程度、収縮量が大きくなる結果が得られた。また、細骨材の一部として石灰石微粉末、 CaCO_3 試薬を混ぜた供試体とnon addの供試体を比較すると、 CaCO_3 試薬を混ぜた供試体では 10μ 程度、石灰石微粉末A、石灰石微粉末Bを混ぜた供試体では 5μ 程度と収縮量に大きな差はみられなかった。しかし、純度の高い CaCO_3 試薬と天然骨材である石灰石微粉末A、市販されている石灰石微粉末Bを比較すると、石灰石微粉末Aを用いた供試体では 6μ 、石灰石微粉末Bを用いた供試体では 8μ と収縮量が小さくなる結果が得られた。

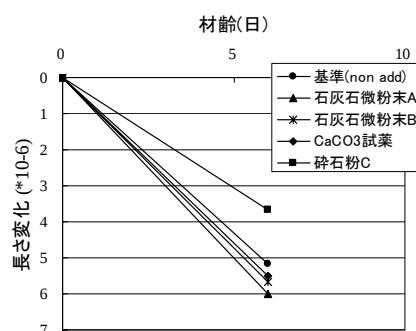


図-1 自己収縮試験結果

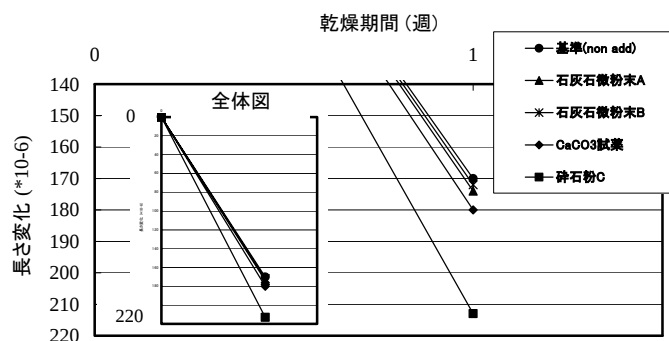


図-2 乾燥収縮試験結果

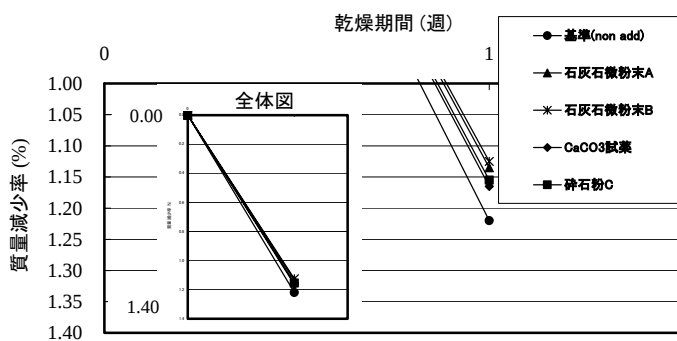


図-3 質量変化率試験結果

4. まとめ

本研究では、化学組成の異なる石粉を用いたコンクリート供試体における乾燥収縮試験を行った。その結果として、 Al_2O_3 などの化合物を多く含有する砕石粉を使用したコンクリート供試体では、自己収縮は小さいが、乾燥収縮が大きくなる傾向がみられた。また、炭酸カルシウム(CaCO_3)を主体とする石粉においては、 CaCO_3 試薬よりも純度の低い石粉を用いたコンクリート供試体の方が、乾燥収縮が小さくなる傾向があった。これらの結果は、石粉に含まれる CaCO_3 以外の Al_2O_3 や MgO などの微量成分の化学反応による影響と推察される。反応性生成物の特定など詳細な分析は今後の研究課題とする。

謝辞：本研究は豊橋市新事業創出等支援事業による研究助成を受けて行った。また、本研究の実施にあたり、名古屋工業大学の石黒憲司氏、佐藤寛之氏には多大なるご協力を頂きました。ここに記して深く謝意を表します。

参考文献

- 辻幸和, 真野孝次, 友澤史紀, 山本和成：コンクリート用砕石粉の品質の実態に関する調査研究, コンクリート工学, Vol.48, No.3, 2010.3
- 鶴飼貴史, 齋藤和秀, 吉田亮, 梅原秀哲：骨材の寸法および種類がセメント硬化体の乾燥収縮に及ぼす影響に関する研究, 土木学会第65回年次学術講演会論文集, V-154, 2010.