

## 粗骨材の吸水量とコンクリートの収縮体積変化との関係についての一考察

名古屋工業大学大学院 正会員 吉田 亮  
名古屋工業大学 上田 仁

名古屋工業大学大学院 学生会員 小幡 雄一郎  
名古屋工業大学大学院 学生会員 矢野 智也  
名古屋工業大学大学院 フェロー 梅原 秀哲

## 1. はじめに

粗骨材自体の乾燥収縮がコンクリートの乾燥収縮に無視し得ない影響を及ぼす可能性が高いことが指摘されてきている。一般に、粗骨材が占めるコンクリート中の体積割合は70%程度であり、セメントペーストの多大な乾燥収縮ひずみの拘束が主な役割とされてきた。しかしながら、それ自体の乾燥収縮ひずみが1000 $\mu$ を超える粗骨材も確認されており、上記拘束効果が懸念されるケースも散見される。

骨材自体の乾燥収縮に関する研究は古くから行なわれており、これまでに骨材自体の乾湿による体積変化は骨材中の細孔における表面エネルギー変化が主な駆動力である可能性が高いこと<sup>1)</sup>、表面エネルギーの変化は骨材の比表面積をパラメータとした関数によって表現可能であること<sup>1)2)</sup>などが明らかにされている。

これら既往の研究から、骨材自体の体積変化は骨材の空隙構造と密接な関係があるものと考えられる。そこで、本研究では骨材の空隙評価パラメータとして骨材の吸水量に注目し、骨材の吸水量とコンクリートの収縮体積変化との関係について考察する。

## 2. 実験方法

試料は粗骨材自体の体積変化が異なると考えられる高炉スラグ粗骨材、砂岩砕石、石灰砕石の3種類とした。実験項目を以下に示す。

## (1) 吸水量測定

粗骨材の吸水量は、JISA1110「粗骨材の密度及び吸水率試験方法」を参考に、吸水時間24時間および48時間の2回測定した。

## (2) 煮沸吸水量測定

48時間の吸水後、6時間の煮沸吸水を行い、質量変化を測定した。

## (3) 空隙測定

粗骨材の空隙測定は、水銀漸次繰返し圧入法<sup>3)</sup>によった。なお、本研究では水銀圧入試験機の測定精度を考慮して、直径40 $\mu$ m以上の空隙を評価対象とした。

## (4) 収縮体積変化測定

粗骨材種をパラメータとし、水セメント比、粗骨材かさ容積を一定として10 $\times$ 10 $\times$ 40cmのコンクリートバーを作製し、6ヶ月間自己収縮ひずみおよび乾燥収縮ひずみを測定した。手順は、自己収縮ひずみはJCI法、乾燥収縮ひずみはJISA6204「コンクリート用化学混和剤」に準じた。測定はJISA1129-3「モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法-第3部:ダイヤルゲージ法」に準じて行った。また、それぞれのひずみは3本の平均値を用いた。

コンクリートの配合および実測値を表1に示す。

## 3. 実験結果

## (1) 吸水量および煮沸吸水量測定

吸水量および煮沸吸水量の結果を図1に示す。

すべての粗骨材について24時間吸水量と48時間吸水量にはほとんど変化がないことがわかる。一方、煮沸吸水では、高炉スラグに多大な吸水量増加が確認された。これにより、高炉スラグには毛細管現象による吸水のみでは把握することのできない空隙が存在するものと考えられる。

表1 配合および実測値

粗骨材種	W/C (%)	粗骨材かさ容積 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	目標スランブ (cm)	目標空気量 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )								
					セメント	水	細骨材	粗骨材	高性能AE減水剤	AE助剤	スランブ (cm)	空気量 (%)	28日圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )
高炉スラグ	40	0.6	8 $\pm$ 1.5	4.5 $\pm$ 1.5	375	150	799	899	3.750	4.125	8.5	4.5	58.8
砂岩砕石							830	916	4.125	4.500	7.0	3.1	61.6
石灰砕石							842	953	3.750	5.250	8.5	4.3	56.9

(2) 空隙測定

空隙測定結果を表2に示す。

表2中の“総空隙量”は骨材試料1g中に確認された直径40nm以上の空隙量である。“連続空隙量”は、繰り返し圧入した際に水銀が出入りを繰り返す“物質移動経路”である。また“インクボトル量”は繰り返し圧入により骨材内に留まった水銀量であり、物質の“貯留空間”を示している。

表2より、総空隙量は高炉スラグ、砂岩砕石、石灰砕石の順に大きく、高炉スラグには比較的多量のインクボトル量が確認された。

次に骨材自体の体積変化は、より小さい直径を有する空隙が与える影響が大きいと考え、煮沸吸水率と空隙測定による総空隙量から直径40nm以下の空隙量を算出した。結果を表2最右列に示す。

表2最右列より、石灰砕石の値が負であるが、これは誤差範囲と思われ、石灰砕石には直径40nm以下の空隙が極めて少ないと考えられる。高炉スラグと砂岩砕石では、砂岩砕石の方が若干大きくなっている。

(3) 収縮体積変化測定

自己収縮ひずみと自己収縮ひずみを除いた乾燥収縮ひずみの測定結果を図2に示す。

図2より自己収縮ひずみは石灰砕石、砂岩砕石、高炉スラグの順に大きく、石灰砕石と砂岩砕石の差は僅かである。また、乾燥収縮ひずみは砂岩砕石、高炉スラグ、石灰砕石の順に大きいことがわかる。

4. 考察

吸水および煮沸吸水量がもっとも小さい石灰砕石は、粗骨材中の空隙量が小さく、粗骨材自体の乾燥収縮ひずみが小さいため、コンクリートの乾燥収縮ひずみが小さくなったと考えられる。

高炉スラグは、煮沸吸水量に見られるように多大な内部空隙を有する。この中には、空隙測定の結果得られたインクボトルと呼ばれる水分の貯留空間が含まれ、人工軽量骨材のような内部養生効果を発揮すると考えられる。そのため、自己収縮ひずみが他の2種の骨材に比べて大幅に小さくなったと考えられる。一方、乾燥収縮ひずみでは、内部養生効果の収束とともにコンクリートの体積収縮が進行し、最終的には石灰砕石よりも大きなひずみが得られたものと考えられる。

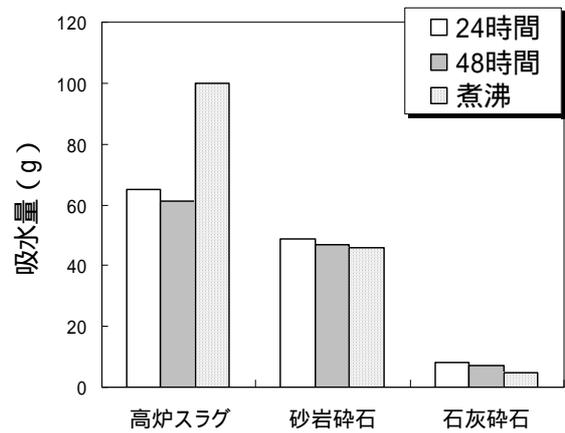


図1 吸水および煮沸吸水結果

表2 空隙測定結果

(単位: ml/g)	総空隙量	連続空隙量	インクボトル量	40nm以下の空隙量
高炉スラグ	0.0329	0.0199	0.0130	0.0158
砂岩砕石	0.0037	0.0037	0	0.0187
石灰砕石	0.0025	0.0025	0	-0.0001

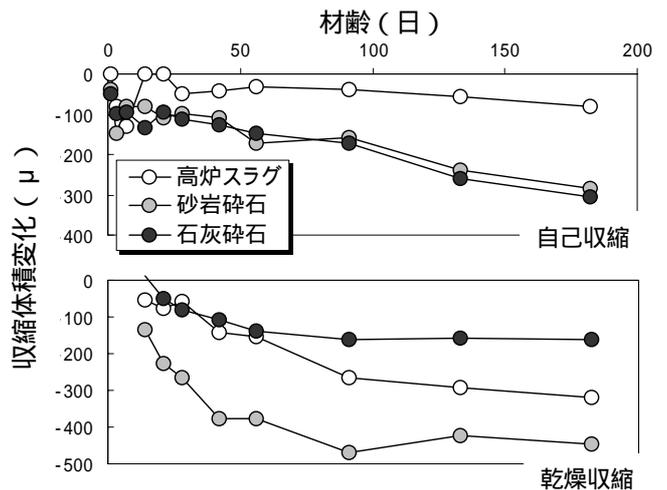


図2 収縮体積変化

謝辞：水銀圧入試験では、東京大学生産技術研究所の装置を、東京大学 岸利治教授の特段の御配慮と御指導により使用させて頂きました。また本研究の実施にあたり、名古屋工業大学 鵜飼貴史君に多大なご協力をいただきました。ここに記して深く謝意を示します。

参考文献

- 1) 後藤幸正, 藤原忠司：コンクリートの乾燥収縮に及ぼす骨材の影響, 土木学会論文報告集, 第286号, 1979.
- 2) 今本啓一, 石井寿美江, 荒井正直：各種骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮特性と骨材比表面積の影響, 日本建築学会構造系論文集, No.606, 2006.
- 3) 吉田 亮, 岸 利治：水銀の漸次繰返し圧入による空隙の連続性抽出と有効圧力範囲に関する研究, 東京大学生産技術研究所研究速報, 60巻, 5号, 2008.