

骨材の静弾性係数と含水率がコンクリートの乾燥収縮に及ぼす影響

正会員 ○大野吉昭 1* 正会員 梶田佳寛 2*
同 鹿毛忠継 3* 同 泉田裕介 4*

静弾性係数 乾燥収縮 粗骨材
含水率 吸水率

1.はじめに

コンクリートの乾燥収縮は、鉄筋コンクリート造建築物に生じるひび割れの主な要因の一つであり、乾燥収縮の予測には、日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針(案)・同解説(2006)」の収縮ひずみ予測式がある。指針では、骨材の影響を表す修正係数 γ_1 が示されており、骨材の種類はコンクリートの乾燥収縮に影響を及ぼす。また、骨材の乾燥収縮や静弾性係数を得ることで、コンクリートの乾燥収縮の予測精度が向上することが示唆されている。このとき、骨材の種類が同じであっても、岩種や産地により骨材の物性が異なるため、実験等で確認することになる。しかし、骨材の原石から試験体を採取する必要があるため、日常的に管理することは難しい。

既往の研究から骨材の吸水率と静弾性係数には関係があり、この関係からコンクリートの乾燥収縮を評価する方法が検討されているが、ばらつきが大きいなどの問題点が指摘されている。また、骨材の静弾性係数が大きいほど、コンクリートの乾燥収縮が小さくなる傾向があり、骨材の静弾性係数を適切に評価することは重要である。

本研究では、骨材の含水率に着目し、骨材の含水率と静弾性係数の関係、骨材の含水状態の径時変化がコンクリートの乾燥収縮に及ぼす影響について実験的に基づいた考察を行った。

2.供試体および実験方法

2.1 コンクリートの使用材料と調合ならびに供試体

セメントは、3 銘柄の普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm^3)を等量混合して用いた。細骨材は、大井川産川砂(最大寸法 5mm 、表乾密度 2.57g/cm^3 、絶乾密度 2.49g/cm^3 、吸水率 1.02% 、粗粒率 2.81)を、粗骨材は最大寸法 20mm の砕石とし、表 1 に示す岩瀬産硬質砂岩、青梅産硬質砂岩、住田産石灰石の 3 産地のものを用いた。化学混和剤は、リグニンスルホン酸系 AE 減水剤および空気量調整剤を用いた。また練混ぜ水は、蒸留水を用いた。

調合は、水セメント比が 50% で、単位水量が 185kg/m^3 を基準とした。なお、目標スランプを $18\pm 1.5\text{cm}$ 、目標空気量を $4.5\pm 1.0\%$ 、単位粗骨材かさ容積を $0.56\text{m}^3/\text{m}^3$ で計画した。長さ変化測定用の供試体寸法は、 $100\text{mm}\times 100\text{mm}$

表 1 粗骨材(砕石 2005)の物性値

記号	種類	密度(g/cm^3)		吸水率 (%)	粗粒率 F.M.	実積率 (%)
		表乾	絶乾			
I	岩瀬産硬質砂岩	2.65	2.63	0.71	6.59	60.8
O	青梅産硬質砂岩	2.64	2.61	0.78	6.71	61.3
S	住田産石灰石	2.69	2.69	0.50	6.53	62.6

表 2 コンクリートの調合とフレッシュ性状

記号	W/C (%)	s/a (%)	単位容積質量(kg/m^3)				Ad C×%	スランプ (cm)	空気量 (%)
			W	C	S	G			
I-con	50	47.8	185	370	778	894	0.30	19.5	4.7
O-con	50	47.4	185	370	771	896	0.30	19.5	4.8
S-con	50	46.3	185	370	753	940	0.10	19.0	4.8

$\times 400\text{mm}$ とし、数量は調合条件ごとに 3 個とした。コンクリート供試体は、 $20\text{C}\pm 2\text{C}$ の室内で練混ぜと成形を行い、24 時間後に脱型し、材齢 7 日まで標準養生を行った。

2.2 骨材のコア供試体

骨材の供試体は、コンクリートに用いた粗骨材の原石から $\phi 60\times 120\text{mm}$ のコアを採取し、供試体の両端面を成形した。数量は、試験別に骨材の種類ごと 3 個ずつ採取した。供試体は、成形後に供試体の両側面にゲージプラグをエポキシ樹脂で貼付け、 20C の水中に 7 日間浸漬した。

2.3 コンクリートの乾燥収縮試験方法

コンクリートの乾燥収縮による長さ変化の測定は、JIS A1129 -2:2010「モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法-第 2 部:コンタクトゲージ方法」に準拠した。ゲージプラグは両面貼りとし、その平均値を用いて乾燥収縮ひずみを算出した。標点距離は、約 300mm であり、標準養生後の供試体の測定値を基長とした。測定は、乾燥開始時の長さを基長とし、乾燥日数 1, 3, 7, 14, 28, 56, 91, 182 日で行い、温度 $20.0\pm 2.0\text{C}$ 一定で湿度 40% 、 60% 、 80% の 3 条件とし恒温恒湿槽で乾燥させた。

2.4 骨材の静弾性係数試験および含水率測定方法

骨材の静弾性係数は、JIS A1149:2001「コンクリートの静弾性係数試験方法」に準拠し、相対湿度 40% 、 60% 、 80% 、 100% の環境下で供試体の質量が一定になるまで養生した後、ワイヤーストレインゲージを用いて試験した。また、供試体の数は、骨材の種類ごとに 3 個とした。

Influence of drying shrinkage and moisture content of coarse aggregate to drying shrinkage of concrete.

Yoshiaki OHNO, Yoshihiro MASUDA, Tadatsugu KAGE, Yusuke SENDA

粗骨材の含水率測定は、コア供試体を温度が $20 \pm 2.0^\circ\text{C}$ 一定で、湿度が 40%, 60%, 80%, 100% の環境下において質量が一定になるまで順に恒温恒湿槽で養生した。その後、供試体を 80°C で乾燥させ、乾燥日数 28 日の質量から、相対湿度ごとに質量含水率を求めた。

3. 粗骨材の種類がコンクリートの乾燥収縮に及ぼす影響

乾燥日数 91 日における、粗骨材の種類がコンクリートの乾燥収縮に及ぼす影響を図 1 に示す。いずれの骨材も相対湿度が高いほど乾燥収縮ひずみが小さい。また、骨材の種類別に比較すると S の乾燥収縮ひずみが小さい。

相対湿度が粗骨材の静弾性係数に及ぼす影響を図 2 に示す。静弾性係数は、I が低湿度域になるほど大きく、O と S が 40~60% の中湿度域で大きい。また、80~100% の高湿度域では、I と O の静弾性係数は低下し、S はあまり変わらない。次に図 1 と図 2 を比較すると静弾性係数の大きい S は乾燥収縮ひずみが小さいが、同じく静弾性係数が大きい O の乾燥収縮ひずみは大きい。

4. 粗骨材の含水率と静弾性係数の関係

粗骨材の質量含水率と相対湿度の関係を図 3 に示す。いずれの骨材も相対湿度が高いほど含水率が大きくなる傾向にある。含水率は、O が最も大きく、S が小さく、含水率が大きいほど、乾燥収縮ひずみが大きくなると推察される。また、O は 60~80% の中湿度域での含水率が大きい。これは、中湿度域で水分逸散が小さいことを示している。また、I は、中湿度域では、含水率が小さく、100% 付近の高湿度域になると含水率が大きくなるため、吸水率も大きくなる。S は、全ての湿度域でも含水率が小さい。

粗骨材の静弾性係数と質量含水率の関係を図 4 に示す。コアの吸水率は、砕石の 1/3 程度であるが、傾向は砕石とほぼ同じである。砕石は、粉碎時に生じるマイクロクラックが影響していると考えられる。骨材の吸水率が小さ

いほど、静弾性係数が大きくなる傾向が若干あるが、実験の範囲では明確な差がなかった。

5. 骨材の乾燥時の質量変化に関する考察

粗骨材を 80°C で乾燥させた場合の、質量変化率を図 5 に示す。I と S の質量は、乾燥期間が 14 日で概ね定量となったが、O は乾燥期間 56 日を超えても減少している。I と S は、骨材の細孔から水分が逸散しやすく、O は細孔に水分が多く残存しており、水分が発散しにくい小径の細孔が多く存在すると推察される。このため、O は、毛細管張力が大きくなるため、骨材自体が収縮することが考えられる。既往の研究でも、骨材自体の収縮が報告されており、コンクリートの収縮にも影響を及ぼす。

また、図 3 から O は中湿度域で水分逸散が少なく、骨材から水分逸散しにくい構造であることが分かる。また、図 2 から、骨材自体が収縮すると、細孔の容積が減少し、組織が緻密化したことで、低湿度域の静弾性係数が大きくなったと推察される。

以上より、質量減少率が定量になる時間で骨材の収縮を評価することができる可能性が考えられ、今後、その手法について検討を行う予定である。

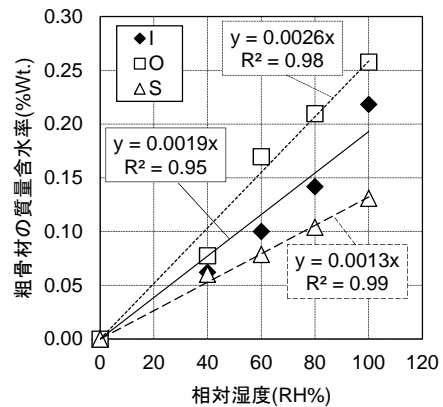


図 3 相対湿度と粗骨材の質量含水率の関係

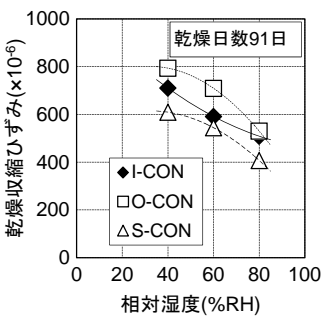


図 1 相対湿度と乾燥収縮ひずみの関係 (91 日)

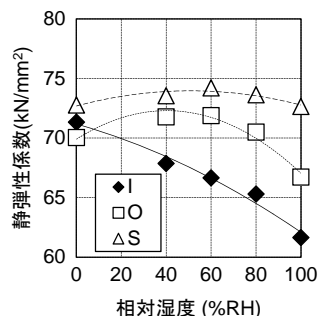


図 2 相対湿度と粗骨材の静弾性係数の関係

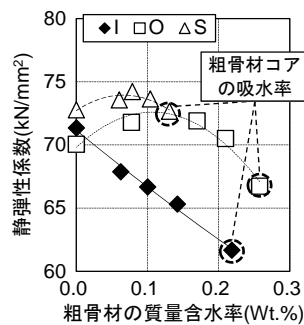


図 4 粗骨材の静弾性係数と質量含水率の関係

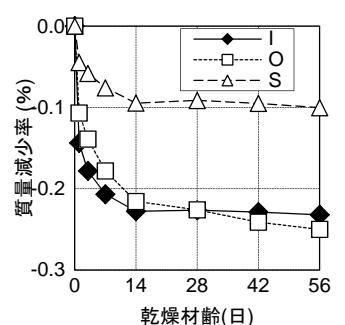


図 5 粗骨材の質量変化率 (80°C 乾燥)

1*一般財団法人ベターリビング つくば建築試験研究センター

2*宇都宮大学大学院工学研究科 教授・工博

3*独立行政法人建築研究所 Ph.D.

4*宇都宮大学大学院工学研究科

1*Center for Better Living Tsukuba Building Test and Research Lab.

2*Prof., Dept. of Architecture Utsunomiya Univ. Dr. Eng.

3*Building Research Institute, Ph.D.

4*Graduate Student, Dept. of Architecture Utsunomiya Univ.