

粗骨材特性に基づくコンクリートの乾燥収縮率の推定方法に関する検討

(株) フジタ技術センター 正会員 ○藤倉 裕介

表-1 粗骨材の物性

岩種, 記号	産地	密度(g/cm ³)		吸水率 (%)	乾燥収縮率 (×10 ⁻⁶)
		表乾	絶乾		
石灰岩 1	北海道	2.70	2.68	0.45	69
石灰岩 2	青森県	2.70	2.7	0.22	70
石灰岩 3	青森県	2.71	2.7	0.42	50
石灰岩 4	新潟県	2.60	2.56	0.33	120
石灰岩 5	新潟県	2.69	2.68	0.46	66
石灰岩 6	栃木県	2.70	2.69	0.55	66
石灰岩 7	埼玉県	2.70	2.68	0.43	100
石灰岩 8	埼玉県	2.70	2.69	0.51	106
石灰岩 9	埼玉県	2.70	2.68	0.47	216
石灰岩 10	三重県	2.70	2.68	0.39	110
石灰岩 11	高知県	2.70	2.69	0.50	120
石灰岩 12	佐賀県	2.70	2.69	0.36	54
砂岩 1	青森県	2.72	2.71	0.46	41
砂岩 2	茨城県	2.66	2.64	0.92	124
砂岩 3	茨城県	2.65	2.63	0.86	120
砂岩 4	埼玉県	2.65	2.64	0.67	375
砂岩 5	埼玉県	2.63	2.59	1.27	180
砂岩 6	東京都	2.65	2.64	0.46	320
砂岩 7	東京都	2.65	2.64	0.67	365
砂岩 8	東京都	2.65	2.63	0.88	239
砂岩 9	神奈川県	2.65	2.63	0.87	518
砂岩 10	大阪府	2.62	2.60	0.85	475
砂岩 11	兵庫県	2.63	2.61	0.77	290
砂岩 12	兵庫県	2.62	2.60	0.85	240
砂岩 13	山口県	2.73	2.72	0.37	116
砂岩 14	鹿児島県	2.63	2.60	1.32	320
砂岩 15	鹿児島県	2.63	2.61	1.26	314
硬質砂岩 1	東京都	2.71	2.70	0.53	280
硬質砂岩 2	東京都	2.65	2.64	0.57	195
硬質砂岩 3	東京都	2.65	2.64	0.46	205
硬質砂岩 4	広島県	2.73	2.71	0.45	140
硬質砂岩 5	宮城県	2.69	2.67	0.58	217
硬質砂岩 6	宮城県	2.68	2.67	0.50	210
川砂利 1	富山県	2.61	2.58	1.08	240
川砂利 2	富山県	2.62	2.59	1.03	182
川砂利 3	埼玉県	2.63	2.59	1.81	188
川砂利 4	長野県	2.62	2.6	1.02	266
川砂利 5	山梨県	2.66	2.64	0.77	385
川砂利 6	静岡県	2.64	2.62	0.75	360
川砂利 7	三重県	2.60	2.56	1.61	310
陸砂利	秋田県	2.58	2.51	2.84	382
安山岩 1	秋田県	2.69	2.66	1.05	245
安山岩 2	東京都	2.57	2.45	2.45	440
花崗岩 1	岐阜県	2.70	2.68	0.82	161
花崗岩 2	島根県	2.59	2.56	1.24	217
凝灰岩	兵庫県	2.72	2.70	0.92	164
粘板岩	宮城県	2.71	2.70	0.69	492
流紋岩	兵庫県	2.63	2.61	0.77	484

1. はじめに

近年, コンクリート構造物の耐久性向上, 品質確保の観点からひび割れ制御の要求が高まっている. 近年改定された学協会の指針¹⁾では, コンクリートの乾燥収縮率の具体的な設計値が明記され, 使用するコンクリートの乾燥収縮率を事前に評価する必要性が高まっている. コンクリートの乾燥収縮率を把握するには, 6ヶ月という試験期間を要する. そのため, できるだけ短期間で乾燥収縮率を評価する手法²⁾や精度の高い推定式の確立が望まれている. また, 近年では粗骨材の収縮率からコンクリートの収縮率を推定する手法も提案されている³⁾. 本研究では, 粗骨材の諸特性からコンクリートの乾燥収縮率を精度良く推定できる手法を確立する目的で, 全国の生コンクリートプラントで使用されている粗骨材の乾燥収縮率とコンクリートの乾燥収縮率の関係について調べた結果について示すとともに, 複合則理論により推定した結果について報告する.

2. 粗骨材の乾燥収縮率の測定

全国の生コンクリート製造プラントで実際に使用されている JIS 規格を満足した産地や岩種の異なる 50 種類の粗骨材について乾燥収縮率を測定した. 本検討の対象となる粗骨材の物性を表-1 に示す. 表中の密度や吸水率の値はプラントから提供されたものである. 粗骨材の乾燥収縮率は, ひずみゲージによる粗骨材の乾燥収縮率試験方法⁴⁾に準じて測定した. 粗骨材は比較的大きめのもの (15~20mm) を 10~15 個選定し試料とした. 粗骨材の表面をグラインダーで研磨し平滑面を作製し表面の下地処理を行った後, ゲージ長 3mm のひずみゲージを張り付け, 防水用のコーティング剤で覆い養生した. 測定は, 温度 20℃, 相対湿度 60%の恒温恒湿室内で行った. まず, ひずみゲージを張り付けた粗骨材を恒温恒室内に 1 週間置いた後, あらかじめ用意しておいた水温 20℃の水中に浸漬させ, 水中浸漬の状態 で 1~2 週間程度の期間, ひずみの値が安定するまで測定した. そして, 粗骨材を水中から取り出して恒温恒湿室内に静置し, 更に 1~2 週間程度, ひずみの値が安定するまで乾燥過程の測定を行った. 水中浸漬と恒温恒室内で静置した際のひずみとの差を乾燥収縮率とした. 粗骨材の乾燥収縮率の測定値を表-1 中に示し, 図-1, 図-2 に測定結果例を示す.

3. 粗骨材の乾燥収縮率とコンクリートの乾燥収縮率の関係

図-3 に粗骨材の乾燥収縮率とコンクリートの乾燥収縮率の関係を示す. コンクリートの乾燥収縮率は, 普通ポルトランドセメントを使用し, 呼び強度 30(N/mm²), スランプ 18(cm), 粗骨材の最大寸法 20(mm)の配合に
キーワード 乾燥収縮率, 粗骨材, 複合則理論

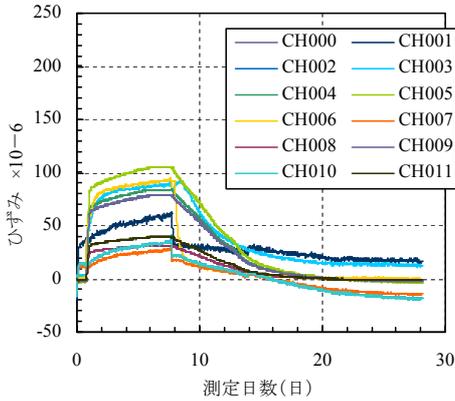


図-1 乾燥収縮率の測定結果(石灰石1)

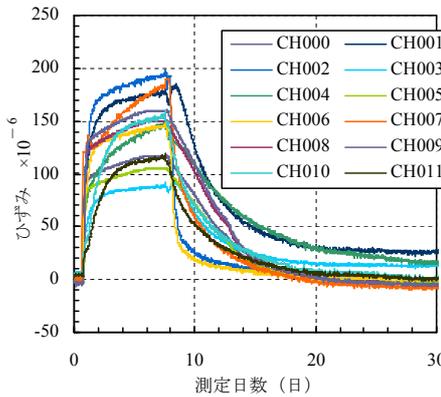


図-2 乾燥収縮の測定結果(砂岩2)

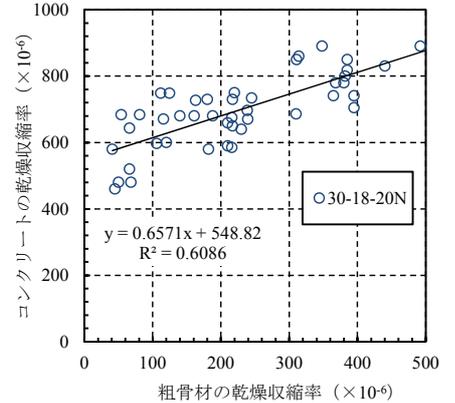


図-3 粗骨材の乾燥収縮率とコンクリートの乾燥収縮率の関係

において、各生コンクリートプラントで測定した結果である。また、図中には線形近似した結果を示す。図-3より、粗骨材の乾燥収縮率とコンクリートの乾燥収縮率の関係は、線形的に分布し粗骨材の乾燥収縮率はコンクリートの乾燥収縮率を推定する上で有効な指標であるといえる。

4. 複合則理論によるコンクリートの乾燥収縮率の推定

既往の複合則理論⁵⁾によりコンクリートの乾燥収縮率を推定した結果について示す。複合則理論によるコンクリートの乾燥収縮率は式(1)で表される。

$$\epsilon_c = \epsilon_m \frac{1 - (1 - m_g \cdot n_g) \cdot V_g}{n_c}, \quad n_c = \frac{E_c}{E_m} = 1 + \frac{2(n_g - 1)V_g}{n_g + 1 - (n_g - 1) \cdot V_g} \quad (1)$$

ここで、 ϵ は乾燥収縮率、 E はヤング係数、 V は体積含有率であり、添え字の c はコンクリート、 g は粗骨材、 m はモルタルである。また、 m_g

はモルタルと粗骨材の乾燥収縮率の比 ϵ_g/ϵ_m 、 n_c はモルタルと粗骨材のヤング係数比 E_g/E_m である。また、粗骨材のヤング係数 E_g (N/mm²)は、吸水率 μ (%)による推定式⁶⁾で算定した値を用いた。本報告では、粗骨材の諸特性の違いがコンクリートの乾燥収縮率に与える影響について着目し、モルタルの特性については各コンクリートで一定の値と仮定した。すなわち、30-18-20Nの配合のコンクリートのW/Cは50%前後であることから、W/C=50%のモルタルの結果⁴⁾を参照し $\epsilon_m=1100\mu$ 、 $E_m=25800$ (N/mm²)とした。粗骨材を2~3種類使用している場合は含有割合に応じて各値を算定した。図-4にコンクリートの乾燥収縮率の推定値と実測値の関係を示す。全てのコンクリートの乾燥収縮率の推定精度には課題があるが、推定値と測定値が一致した結果も示されており、複合則理論に粗骨材の特性のみを考慮してコンクリートの乾燥収縮率を推定できることが分かる。

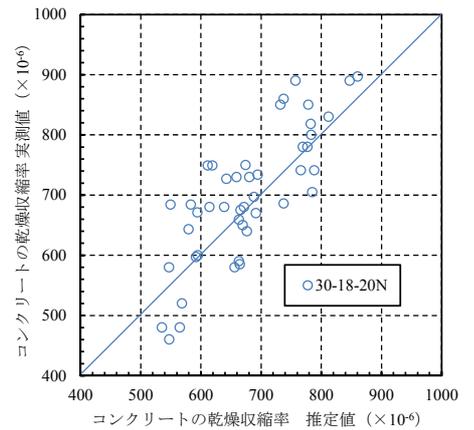


図-4 コンクリートの乾燥収縮率の推定値と実測値の関係

5. まとめ

本報告では、全国の生コンクリートプラントで使用している50種類の粗骨材について、乾燥収縮率を測定しコンクリートの乾燥収縮率との関係について示した。また、複合則理論によりコンクリートの乾燥収縮率の推定を行った。その結果、粗骨材の特性に基づきコンクリートの乾燥収縮率を推定できることが分かった。今後も全国の骨材のデータ収集を重ね、推定方法の検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 土木学会コンクリート委員会：2012年制定コンクリート標準示方書【設計編】，土木学会，2012。
- 2) 今本啓一ほか：短期データに基づくコンクリートの乾燥収縮ひずみ予測に関する研究，日本建築学会構造系論文集，No.602，pp.15-20，2006。
- 3) 独立行政法人土木研究所：骨材がコンクリートの凍結融解抵抗性と乾燥収縮に与える影響と評価試験法に関する研究，土木研究所資料第4199号，平成23年3月。
- 4) 公益社団法人日本コンクリート学会：コンクリートの収縮特性評価およびひび割れへの影響に関する調査研究委員会報告書，2012年8月
- 5) 寺西浩司，佐藤嘉昭：複合モデルを基盤としたコンクリートの乾燥収縮予測式-3相モデルへの展開および外的要因の影響の考慮-，日本建築学会構造系論文集，第602号，pp.21-28，2006。
- 6) 清原千鶴ほか：複合則理論を用いたコンクリートの乾燥収縮ひずみの予測式-終局乾燥収縮ひずみの評価方法-，日本建築学会構造系論文集，第590号，pp.9-16，2005。