示差熱熱重量分析による粗骨材の乾燥収縮率の推定法

（株）フジタ技術センター　　正会員　○藤倉　裕介

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類[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は，一般にJISに規定される方法（JIS A 1129）により評価されるが，実際に使用するコンクリートの乾燥収縮率の値を設計時あるいは施工時に把握するためには，6ヶ月という試験期間を要することを考慮する必要がある．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)]や使用材料と配合条件から精度よく推定可能な予測式の確立が望まれている．以上の背景から粗骨材の乾燥収縮率からコンクリートの乾燥収縮率を推定する方法について検討を行ってきた[3)]。本研究では粗骨材の乾燥収縮のメカニズムを検討するとともに乾燥収縮率を簡便に推定する方法を提案する目的で，示差熱熱重量分析により推定した粘土鉱物量と乾燥収縮率の関係について検討した．

２．粗骨材の物性および実験概要

表-1 に示すように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39種類の粗骨材について検討した．示差熱熱重量分析の結果の比較のため石灰石骨材を1種類検討した．

粘土鉱物量については示差熱熱重量分析装置を用いての推定を行った．粗骨材を3～4個選び粉砕したものを試料とし測定は窒素フロー環境下にて，昇温速度を10℃/min，常温から1000℃付近までとして3回の測定を行った．粗骨材の粘土鉱物を特定するにはX線回折等の分析が必要である．本研究の範囲では，示差熱熱重量分析による100℃以上での質量減少が何らかの粘土鉱物の層間水や結合水の脱水，分解によるものと仮定して質量減少率を求めた．

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，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．水中浸漬と恒温恒湿室内で静置した際のひずみとの差を乾燥収縮率とした．

表-1　粗骨材の物性

岩種，記号	産地	密度(g/cm^3)		吸水率(%)
		表乾	絶乾	
石灰岩 1	北海道	2.70	2.68	0.45
砂岩 1	青森県	2.72	2.71	0.46
砂岩 2	茨城県	2.66	2.64	0.92
砂岩 3	茨城県	2.65	2.63	0.86
砂岩 4	埼玉県	2.65	2.64	0.67
砂岩 5	埼玉県	2.63	2.59	1.27
砂岩 6	東京都	2.65	2.64	0.46
砂岩 7	東京都	2.65	2.64	0.67
砂岩 8	東京都	2.65	2.63	0.88
砂岩 9	神奈川県	2.65	2.63	0.87
砂岩 10	大阪府	2.62	2.60	0.85
砂岩 11	兵庫県	2.63	2.61	0.77
砂岩 12	兵庫県	2.62	2.60	0.85
砂岩 13	山口県	2.73	2.72	0.37
砂岩 14	鹿児島県	2.63	2.60	1.32
砂岩 15	鹿児島県	2.63	2.61	1.26
硬質砂岩 1	東京都	2.71	2.70	0.53
硬質砂岩 2	東京都	2.65	2.64	0.57
硬質砂岩 3	東京都	2.65	2.64	0.46
硬質砂岩 4	広島県	2.73	2.71	0.45
硬質砂岩 5	宮城県	2.69	2.67	0.58
硬質砂岩 6	宮城県	2.68	2.67	0.50
川砂利 1	富山県	2.61	2.58	1.08
川砂利 2	富山県	2.62	2.59	1.03
川砂利 3	埼玉県	2.63	2.59	1.81
川砂利 4	長野県	2.62	2.6	1.02
川砂利 5	山梨県	2.66	2.64	0.77
川砂利 6	静岡県	2.64	2.62	0.75
川砂利 7	三重県	2.60	2.56	1.61
陸砂利	秋田県	2.58	2.51	2.84
安山岩 1	秋田県	2.69	2.66	1.05
安山岩 2	東京都	2.57	2.45	2.45
花崗岩 1	岐阜県	2.70	2.68	0.82
花崗岩 2	島根県	2.59	2.56	1.24
凝灰岩	兵庫県	2.72	2.70	0.92
粘板岩	宮城県	2.71	2.70	0.69
流紋岩	兵庫県	2.63	2.61	0.77
結晶片岩 1	福岡県	2.76	2.75	0.66
結晶片岩 2	佐賀県	2.69	2.68	0.44

キーワード　乾燥収縮率，粗骨材，粘土鉱物，示差熱熱重量分析，質量減少率

連絡先　　〒243-0125　神奈川県厚木市小野2025-1　（株）フジタ技術センター　TEL　046-250-7095

3．実験結果

示差熱熱重量分析の結果の一例を図-1～図-6 に示す．図-1 は石灰石の結果を示すが，炭酸カルシウムの脱炭酸温度である 813℃付近に吸熱のピークがみられ，700℃付近から 40%以上の大幅な質量減少があり，ほとんど粘土鉱物が含まれていないことが分かる．図-2～図-6 は砂岩，硬質砂岩，安山岩，川砂利，粘板岩の分析結果例を示すが，発熱と吸熱のピークや変局点が複数見られる．一種類の粘土鉱物であっても吸熱のピークは複数個所みられることが知られており [5]示差熱熱重量分析のみでは粘土鉱物の種類を特定することは難しい．

図-7，図-8 は乾燥収縮率の測定結果の一例を示す．いずれも 12 個の粗骨材の結果を示すが，水中浸漬期間にてひずみがほぼ落ち着くまでで 1 週間程度，気中乾燥期間では 2 週間程度を要することが分かる．

図-9 は 100℃以降の質量減少率と粗骨材の乾燥収縮率の関係を示す．図中には原点を通る線形の近似線を示す．岩種ごとの検討も必要であるが全体の傾向としては高い相関を有していることが分かる．粘土鉱物の種類の分析や定量も課題であるが示差熱熱重量分析により粗骨材の乾燥収縮率を推定できるものと考えられる．

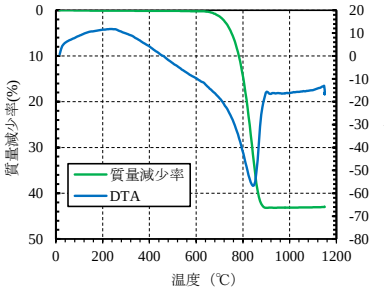

図-1　熱分析結果（石灰石 1）

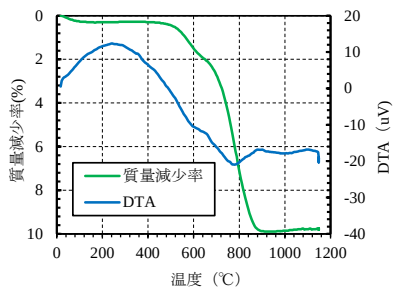

図-2　熱分析結果（砂岩 14）

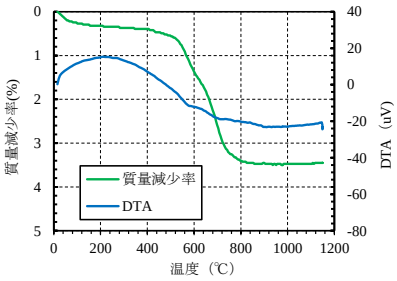

図-3　熱分析結果（硬質砂岩 2）

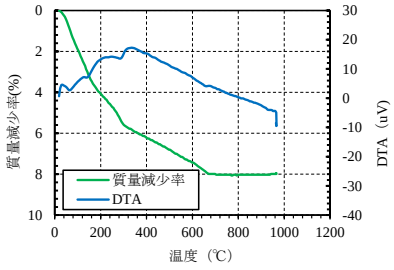

図-4　熱分析結果（安山岩 1）

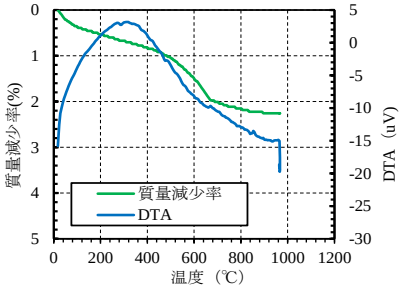

図-5　熱分析結果（川砂利 2）

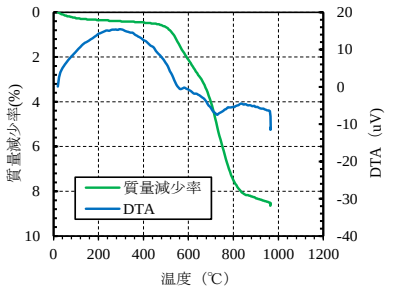

図-6　熱分析結果（粘板岩 2）

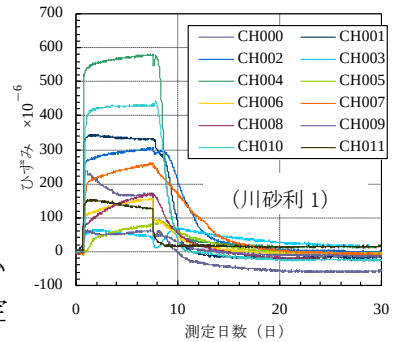

図-7　乾燥収縮率の測定結果

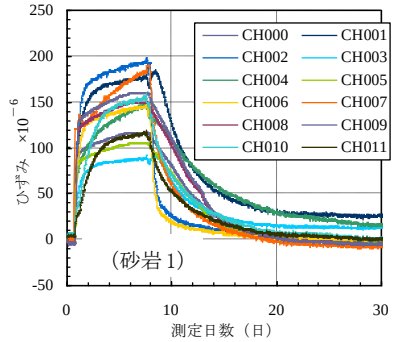

図-8　乾燥収縮率の測定結果

4．まとめ

本研究では粗骨材の乾燥収縮のメカニズムを検討するとともに乾燥収縮率を簡便に推定する方法を提案する目的で，示差熱熱重量分析により推定した粘土鉱物量と乾燥収縮率の関係について検討した．その結果，示差熱熱重量分析による質量減少率を用いて粗骨材の乾燥収縮率を推定できることを確認した．

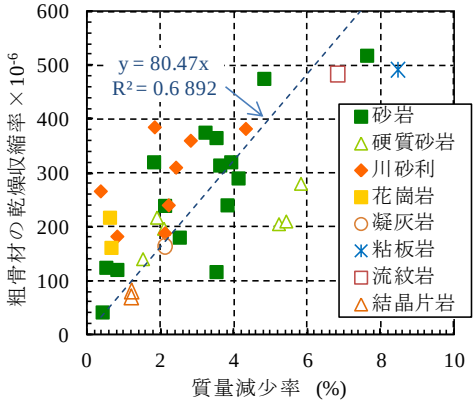

図-9　質量減少率と乾燥収縮率の関係

参考文献

1) 土木学会：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) 藤倉裕介：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，土木学会第 69 回年次学術講演会概要集，V-330，pp.659-660，2014.9
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) 須藤定久：岩石・鉱物から見たコンクリートの乾燥収縮（その 1）～収縮の原因とプロセス・対処法を考える～，骨材資源，Vol.42，No.165，pp.16-24，2010.