

静岡県産の骨材の諸特性がコンクリートの乾燥収縮に及ぼす影響に関する研究

1715067 森 裕也
指導教員：太田 達見

川砂利 石灰砕石 乾燥収縮率
吸水膨張率 線膨張係数 ばらつき

1. はじめに

コンクリートの乾燥収縮ひび割れの要因は多岐にわたるため、その課題解決を目的に各種研究が行われている。ひび割れ発生要因としては、コンクリート用各種材料、建築物の施工条件およびその使用環境などが挙げられる。

静岡県内の生コンクリート工場では、県内の河川流域から産出される川砂利・川砂を主な材料として、コンクリートの製造が行われている。しかし、これらの川砂利・川砂は、その岩種までは明らかにされておらず、使用する骨材の種類や特性がコンクリートの乾燥収縮率に及ぼす影響は十分に解明されていない。一部の生コンクリート工場では、乾燥収縮ひび割れの低減対策として、石灰砕石が用いられているものの、多用されるに至っていない。

既往の研究によれば、骨材の乾燥収縮率がコンクリートの乾燥収縮率に影響することが示されている。しかし、静岡県産の川砂利の乾燥収縮率については、藤倉¹⁾が示している程度で詳細は未解明のままである。

また、コンクリート容積の約 35~40%を占める粗骨材と粗骨材周囲に存在するモルタル分とで、乾燥収縮率や線膨張係数が異なり、その差が大きければ、セメントの水和発熱時および水和終了後の硬化収縮過程において、粗骨材とその周囲のモルタル分との界面で剥離が生じ、それがきっかけとなってひび割れが発生する可能性がある。

こうした背景から、本研究においては、静岡県産の川砂利およびその比較対象としての石灰砕石に焦点を絞り、諸物性とそのばらつき程度を評価することとした。

2. 研究概要

2.1 使用材料および測定項目

本研究で対象とした骨材 (JIS A 5005 準拠) は、イワタ静岡工場で使用している富士川水系大城川産川砂利と大分県津久見産の石灰砕石である。両骨材の密度、吸水率、微粒分量および粘土塊量は各々の JIS に規定される方法に準拠し、乾燥収縮率と線膨張係数は、それぞれ山田らの研究²⁾と千歩らの研究³⁾を参考に求めることとした。

2.2 骨材の乾燥収縮率

骨材の吸水膨張率および乾燥収縮率は、山田らの研究²⁾に基づき、図 1 に示すように定義した。これを定式化すると、式 (1) と式 (2) のようになる。

$$\varepsilon_{ex} = \varepsilon_1 - \varepsilon_0 \quad \text{式 (1)}$$

$$\varepsilon_{sh} = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 \quad \text{式 (2)}$$

ここに、 ε_{ex} : 吸水膨張率 ($\times 10^{-6}$)、 ε_{sh} : 乾燥収縮率 ($\times 10^{-6}$)、 ε_0 : 骨材の初期ひずみ ($\times 10^{-6}$)、 ε_1 : 温度 20°C の水中に浸漬した後の骨材ひずみ ($\times 10^{-6}$)、 ε_2 : 温度 20°C、湿度 60% で乾燥した後の骨材ひずみ ($\times 10^{-6}$)

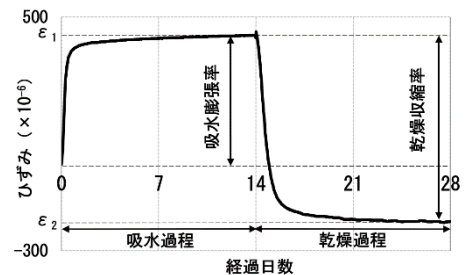


図 1 骨材の吸水膨張率と乾燥収縮率の定義

2.3 骨材の線膨張係数

骨材の温度上昇過程と温度下降過程における線膨張係数は、千歩らの研究³⁾に基づき、それぞれ α_u 、 α_d と定義し、式 (3) および式 (4) のように定式化した。

$$\alpha_u = (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) / (T_2 - T_1) \quad \text{式 (3)}$$

$$\alpha_d = (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) / (T_2 - T_1) \quad \text{式 (4)}$$

ここに、 α_u : 温度上昇過程における骨材の線膨張係数 ($\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$)、 α_d : 温度下降過程における骨材の線膨張係数 ($\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$)、 ε_1 : T_1 における骨材ひずみ ($\times 10^{-6}$)、 ε_2 : T_2 における骨材ひずみ ($\times 10^{-6}$)、 T_1 : 恒温恒湿槽内の最低温度 = 20°C、 T_2 : 恒温恒湿槽内の最高温度 = 40°C

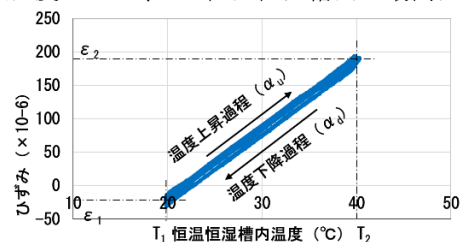


図 2 温度上昇/下降過程における線膨張係数の定義

3. 実験結果および考察

3.1 骨材の各種試験結果

川砂利および石灰砕石に対する JIS による試験結果、および両骨材の乾燥収縮率、線膨張係数を表 1 に示す。骨材の吸水率とこれら諸特性との関係は、川砂利については、吸水率が高いと吸水膨張率および乾燥収縮率が高くなる

傾向にある。一方、石灰碎石については、吸水率が低く、それに伴い吸水膨張率および乾燥収縮率も低くなっている。このことより、骨材の吸水率は、乾燥収縮性状に影響していることが確認された。

表1 両骨材のJIS試験結果および諸物性の結果

	吸水率 (%)	吸水膨張率 ($\times 10^{-6}$)	乾燥収縮率 ($\times 10^{-6}$)	線膨張係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	
				温度上昇過程	温度上昇・下降
川砂利	0.84	206.33	267.62	9.99	9.77
石灰碎石	0.34	69.28	19.62	6.86	5.76

3.2 骨材の乾燥収縮率

吸水過程および乾燥過程における骨材のひずみ挙動を、図3に、正規分布に基づく確率密度を図4に示す。川砂利の乾燥収縮率は平均 268×10^{-6} で、その確率密度は約0.002と小さく、ばらつきが大きい。一方、石灰碎石の乾燥収縮率は平均 11×10^{-6} と小さく、確率密度も約0.037で、川砂利に比べてばらつきは小さくなっている。

このように、両者間で差が生じた理由としては、川砂利は河川上流域の岩石が起源であり、岩種が一つに特定されないことが挙げられる。したがって、仮に同一岩種の骨材が選定でき、かつ骨材の乾燥収縮率のばらつきを抑えることができれば、コンクリートの乾燥収縮率、すなわち乾燥収縮ひび割れを抑えることが可能になると考えられる。

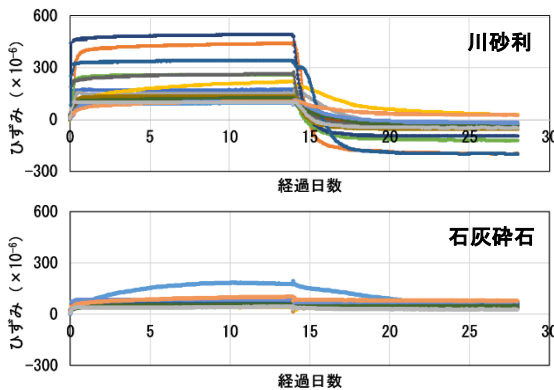


図3 吸水/乾燥過程における骨材のひずみ挙動

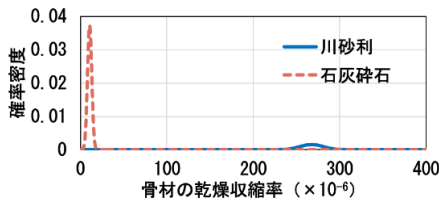


図4 骨材の乾燥収縮率に関する確率密度

3.3 骨材の線膨張係数

川砂利と石灰碎石の温度上昇・下降過程におけるひずみ挙動を図5に示す。川砂利のひずみは、温度に比例しほぼ直線的に増減しており、このひずみ挙動から求めた線膨張係数も、温度上昇・下降過程でほぼ同じ値となった。一方、石灰碎石のひずみは、温度が 20°C から約 35°C までは、ほぼ温度に比例し直線的に増加したが、約 35°C から 40°C にかけて、ひずみが不規則な挙動を示した。また、線膨張係

数に至っても、温度上昇過程・下降過程とでは異なる値を示す結果となった。

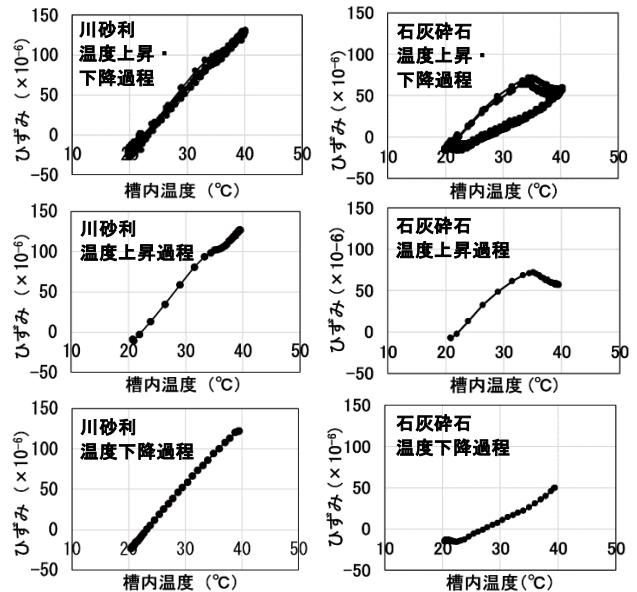


図5 温度上昇/下降過程における骨材のひずみ挙動

3.4 乾燥収縮率と線膨張係数との関係

川砂利および石灰碎石の乾燥収縮率と線膨張係数の関係を図6に示す。乾燥収縮率と線膨張係数との間には明確な相関性は認められず、水分移動に起因する挙動と温度変化に起因する挙動とは独立した関係にあると考えられる。

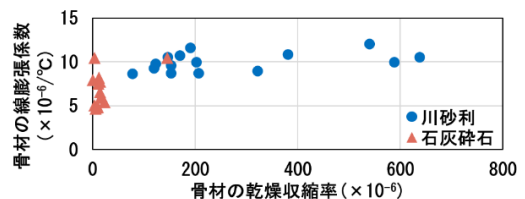


図6 骨材の乾燥収縮率と線膨張係数との関係

4. 結果の総括および今後の課題

本実験の結果、静岡県産の川砂利は津久見産石灰碎石より乾燥収縮率が大きく、ばらつきも大きいこと明らかになった。今後、以下の課題に取り組むこととしたい。

- ① 骨材の乾燥収縮率や線膨張係数の相違やばらつきがコンクリートの乾燥収縮率に及ぼす影響を定量化する。
- ② 県内の他の河川産川砂利について同様の評価を行う。
- ③ 粗骨材とその周囲に存在するモルタル分の乾燥収縮率や線膨張係数の相違がコンクリートの乾燥収縮ひび割れの要因になるか否かについて解明する。

5. 参考文献

- 1) 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法、フジタ技術研究報告、第50号、pp.49-54、2014
- 2) 山田宏ほか: 粗骨材の収縮特性の評価に関する検討、土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造)、Vol.68、No.1、pp.63-71、2012
- 3) 千歩修ほか: コンクリートの耐凍害性に及ぼす骨材の線膨張係数と石粉の影響、コンクリート工学年次論文集、Vol.22、No.2、pp.787-792、2000