

流下土砂を用いたコンクリートおよびモルタルのアルカリシリカ反応抑制に関する検討

鹿児島工業高等専門学校 学生会員 山下 剛
学生会員 江口 康平
正会員 池田 正利
正会員 原口 誠夫

1. はじめに

塩化物イオンの外部からの浸透はアルカリシリカ反応を増長させるが塩分の遮断・固定が期待できる高炉スラグ、ポゾラン反応が期待できるシラス微粒分を高炉セメントに置換して用いることでコンクリートおよびモルタルのアルカリシリカ反応の抑制効果を検討する。また非反応性骨材である海砂を反応性骨材の流下土砂に置換した混合砂がコンクリートやモルタルにどのような影響があるか検討する。

2. 使用材料および実験概要

本研究でベースとして用いたセメントは、アル骨試験用普通ポルトランドセメント(密度 3.15g/cm^3 、全アルカリ量は Na_2Oeq 換算で 0.62%)である。高炉セメントは、密度 2.88g/cm^3 、比表面積 $4180\text{cm}^2/\text{g}$ の高炉スラグ微粉末をベースセメントに置換して使用した。粗骨材は大分県津久見産の非反応性の石灰石(密度 2.71g/cm^3)を用いた。流下土砂(密度 2.51g/cm^3 、粗流率 2.65)は、桜島赤水産のものを、比較骨材として佐多沖産海砂(密度 2.54g/cm^3 、粗流率 2.13)を用いた。

本論では、(1)流下土砂と海砂との混合砂におけるアルカリシリカ反応性、(2)迅速法(ZKT-206)を用いたコンクリートのアルカリシリカ反応性、(3)高炉スラグの置換率の違いによるアルカリシリカ反応の抑制効果、(4)外来塩の浸透によるコンクリートのモルタル部における塩分量とアルカリシリカ反応性、(5)高炉スラグをシラスで置換した混合セメントの置換率の違いによるアルカリシリカ反応の抑制効果についての実験を行った。

上記の(1)、(3)の実験では全てモルタルバー法に準じ、モルタルの配合を質量比でセメント 1、水 0.5、砂 2.25 とし、セメントの全アルカリ量は Na_2Oeq 換算で $1.2\pm 0.05\%$ とした。供試体は $40\times 40\times 160\text{mm}$ の角柱供試体を用い、養生条件は温度 40°C 、湿度 95% 以上とした。(2)では普通ポルトランドセメントと高炉セメント B 種(スラグ置換率 45%)を使用したコンクリートの相対動弾性係数を求めた(4)については、モルタルバー法を準用し、コンクリートのモルタル部を用いて供試体を作製した。流下土砂を用いたコンクリートの単位水量は 148kg/m^3 、海砂は 156.3kg/m^3 とし、共に水セメント比は 50% とした。供試体は $40\times 40\times 160\text{mm}$ の角柱供試体を用い、混入する塩分量は塩素イオンで最大 12kg/m^3 になるように換算し NaCl を混入した。塩化物イオンの混入量は、 12kg/m^3 、 6kg/m^3 、 2.4kg/m^3 、 1.2kg/m^3 、 0.6kg/m^3 、 0kg/m^3 とした。(5)はデンマーク法に準ずる。(1)の海砂の混合割合は 20% おきとした。

3. 実験結果

図-1 に流下土砂と海砂の混合砂の普通ポルトランドセメントと高炉セメントにおける膨張率の変化を示す。普通ポルトランドセメントでは海砂を 40% 混合したときの膨張率が最大となった。高炉セメントを用いた供試体の膨張率も 40% で最大となったが全ての混合砂で 0.1% 以下に抑制された。また、流下土砂と海砂の混合砂にはペシマム現象が存在することが分かった。

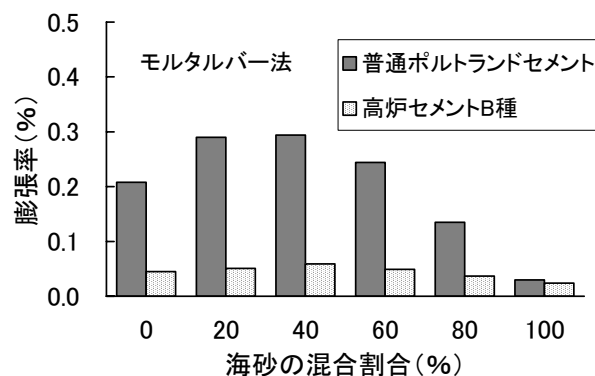


図-1 混合砂の膨張率

表一 1 に迅速法による判定結果を示す。普通ポルトランドセメントは「反応性なし (B)」となり過酷な環境下では劣化する恐れのあるコンクリートと判定されたので、高炉セメント B 種を用いて実験した結果どの高炉スラグ置換率でも相対動弾性係数は 80%以上で「反応性なし (A)」となった。これらの結果より、迅速法では高炉セメント B 種の使用でアルカリシリカ反応を十分抑制できると判定される。

図一 2 に高炉スラグの置換率と抑制効果の関係を示す。35%以上の置換率では、膨張率を 0.1%以下に抑制できた。これは高炉スラグには塩分の固定化とコンクリートを緻密にする効果によるものと思われる。図一 3 に塩化物イオン量と膨張率の関係を示す。その結果普通ポルトランドセメントでは塩分の遮断は十分ではないが高炉セメントを用いることで塩分を遮断し、アルカリシリカ反応を抑制するという結果となった。また、置換率は 45%でも 12kg/m^3 混入時には膨張率が 0.1%を越えているので 50%以上が望ましい。

図一 4 に高炉スラグをシラスで置換した混合セメントの置換率の違いによる膨張率の変化を示す。その結果置換率が増えるほどアルカリシリカ反応を抑制していることが分かる。これは高炉セメントとシラスのポズラン効果の相乗効果によりアルカリシリカ反応を抑制していると考えられる。

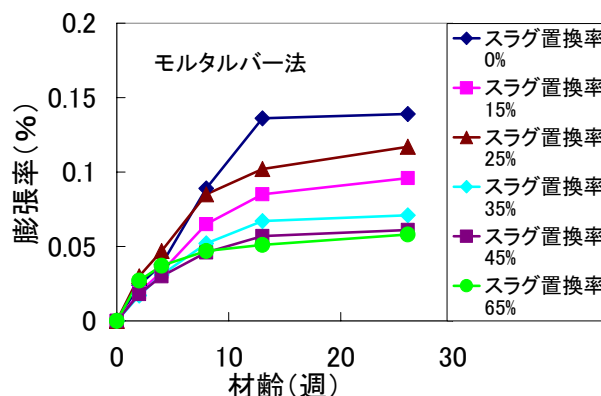
4. 結論

- ・流下土砂を用いた混合砂では、必ずアルカリシリカ反応抑制対策を講じる必要がある。また流下土砂と海砂にはペシマム現象が存在する。
- ・迅速法では高炉セメント B 種の使用でアルカリシリカ反応を抑制することができるという結果となった。
- ・塩化物イオン量と膨張率の実験の結果、高炉セメントのスラグ置換率が 45%でも塩化物イオンの遮断が不十分なので置換率は 50%以上が望ましい。
- ・シラスを高炉スラグとして置換するとポズラン効果との相乗効果によりアルカリシリカ反応はかなり抑制される結果となった。

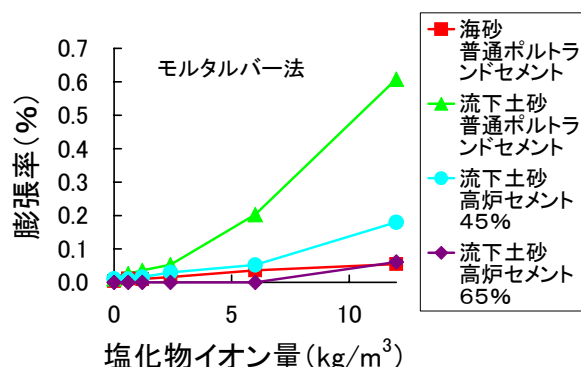
謝辞：本研究を進めるにあたり、実験およびデータ整理に積極的に協力いただいた合田篤子様、丸田大地様、宮田俊哉様、竹下梓様、井出隆博様、前田昇吾様に心より感謝の意を表します。なお、本研究は九州地方整備局鹿児島港湾・空港整備事務所の受託研究の一環です。

表一 1 迅速法による判定結果

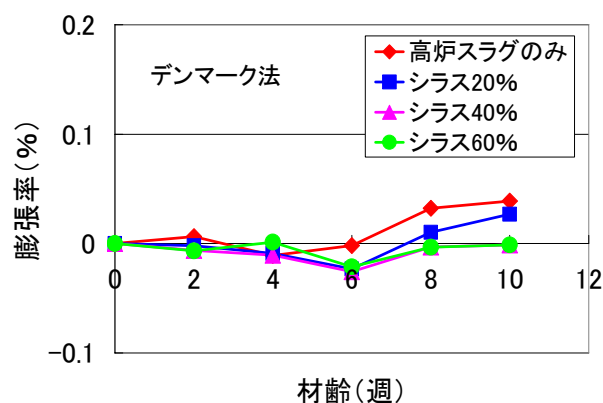
試験条件	相対動弾性係数(%)	判定
		9Kg $\geq 80\%$: 反応性なし(A) 6Kg $\geq 70\%$: 反応性なし(B)
アルカリ 9Kg 普通セメント	62	反応性なし(B)
アルカリ 6Kg 普通セメント	76	
アルカリ 9Kg 高炉セメントB種 35%	85	反応性なし(A)
アルカリ 9Kg 高炉セメントB種 45%	83	反応性なし(A)
アルカリ 9Kg 高炉セメントB種 55%	89	反応性なし(A)



図一 2 高炉スラグの置換率と膨張率



図一 3 塩化物イオン量と膨張率



図一 4 シラスの置換率と膨張率