

シラスを混和材として利用したモルタルの遮塩性能について

鹿児島大学大学院 学生会員 ○馬場 崇吉郎

鹿児島工業高等専門学校 正会員 福永 隆之

鹿児島大学大学院 正会員 審良善和 武若耕司 山口明伸 小池賢太郎

1. はじめに

シラスは南九州一帯に多量に存在する火砕流堆積物の一種で、その特徴として火山ガラスを多く含み、ポゾラン活性を示す天然資源である。そのため、建設材料としての活用が検討されており、中でもシラスを細骨材として用いたシラスコンクリートは、シラス中の微粒分のポゾラン反応により、コンクリートが緻密化し海洋暴露環境下では高い遮塩性能を有することが確認されている。本研究では、シラスの混和材としての利用可能性を評価するため、産地が異なる4種類のシラスを用いたモルタル供試体による塩水浸漬試験を実施し、シラスの種類や置換率の違いが塩化物イオン浸透抵抗性に及ぼす影響を定量的に把握し、見掛けの拡散係数の予測手法を提案することを試みた。

2. 実験概要

2.1 使用したシラス

本実験では産地の異なる4種類のシラスを使用した。使用した各シラスの特徴を表-1に、各シラスのXRDパターンを図-1に示す。ここで、表-1に示す非結晶質の割合は、重液分離によって比重 2.4 g/cm^3 より小さいものを非結晶質とした。また、図-2に各シラスのふるい分け試験結果を示す。それぞれのシラスの特徴として、阿多シラスは阿多火砕流由来のシラスで、他のシラスより風化が進行していることから、図-1に示すように、カオリン鉱物の一種であるハロイサイトを含んでいる。その為、粒径が小さく、質量の約50%は $150\mu\text{m}$ 以下の微粒分で構成されている。なお、ハロイサイトは結晶質と非結晶質が混在したものである。串良シラスと横川シラスは、堆積地が異なるが、共に入戸火砕流由来であるため鉱物組成はほぼ同じである。ただし、串良シラスは、横川シラスよりも非結晶質の割合が10%ほど大きく、小さい粒径が多い。吉田シラスは、火砕流が湖や河川に堆積したため、急冷されて全体的に非結晶質で構成され、その割合は94.61%と非常に大きく、全粒径が $75\mu\text{m}$ 以下で構成されている。いずれにしても、シラスの特徴として $150\mu\text{m}$ 以下の微粒分を多く含む材料であることが確認できる。なお、吉田シラスの結果から分かる通り、シラスは微粒分のほとんどが非結晶質によって構成されている。これらのシラスを混和材として利用するため、実験では呼び寸法5mmのふるいを通したシラスを振動ミル機を用いて全粒径を微粉碎したものをを用いた。

2.2 供試体の作製方法

実験には $4\text{cm} \times 4\text{cm} \times 16\text{cm}$ のモルタル供試体を用いた。結合材には、普通ポルトランドセメント（以下、OPC）および OPC に各シラスをそれぞれ内割りで 10, 20, 30 mass% 置換したものをを用いた。また、比較用として JIS II 種のフライアッシュ（以下、FA）を 20mass% 置換したものを用いた。細骨材には富士川産川砂（密度： 2.64g/cm^3 、吸水率：1.76%）を使用し、水結合材比は 0.5、細骨材結合材比は 3 とし

キーワード：シラス、遮塩性能、微粒分、非結晶質、見掛けの拡散係数

連絡先：〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学大学院理工学研究科海洋土木工学専攻 TEL099-285-8480

表-1 使用したシラスの特徴

シラス	推定堆積時期	堆積地	非結晶質の割合
阿多	約10万年前 阿多火砕流	陸地	58.49(%)
串良	約3万年前	陸地	65.63(%)
横川	入戸火砕流	陸地	54.78(%)
吉田	約50万年前	湖や川	94.61(%)

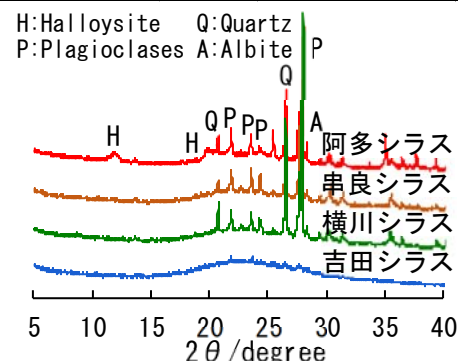


図-1 各シラスのXRD

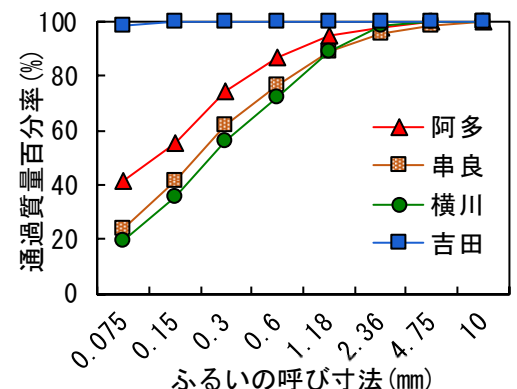


図-2 各シラスのふるい分け試験結果

た．モルタルを打設後1日で脱型し，材齢28日または91日まで20℃の水中で養生した．養生後，試験面となる供試体端面の一面を残してエポキシ樹脂で被覆した．

2.3 塩水浸漬試験方法

塩水浸漬試験は，10mass%のNaCl水溶液中に供試体を1年間浸漬させた．その後，試験面から25mmまでは5mm間隔で切断し，25~55mmまでは10mm間隔で切断した．これらをJIS A 1154に準拠して全塩化物イオン量および可溶性塩化物イオン量の測定を行った．また，得られた塩化物イオン量分布から見掛けの拡散係数をJSCE-G572-2003に準拠し算出した．

3. 実験結果と考察

図-3に一例として，養生28日の各シラスを20%置換した供試体の全塩化物イオン量分布を示す．いずれのシラスを置換した供試体も，OPCに比べ塩化物イオンの浸透を抑制していることが分かる．これは，シラスのポズラン反応による緻密化の影響であると考えられる．塩化物イオンの浸透深さは，吉田シラス，フライアッシュ，串良シラス，横川シラス，阿多シラス，OPCの順に小さい．特に，吉田シラスは，遮塩性能が高いとされているフライアッシュよりも塩化物イオンの浸透を抑制していることが確認できる．これは，吉田シラスは全体的に非結晶質で構成されていることから，他のシラスと比べてポズラン反応性が高いためであると考えられる．串良シラス，横川シラスは，鉱物組成はほぼ同じであるが，串良シラスが横川シラスより塩化物イオンの浸透深さが小さい．これは，串良シラスの非結晶質の割合が，横川シラスより大きいためだと考えられる．一方，阿多シラスは，他のシラスと比べ塩化物イオンの浸透抵抗性が低く，OPCとほぼ同程度となった．これは，阿多シラスの非結晶中にはハロイサイトが多く含まれているため，アルミネート系の水和物であるフリーデル氏塩等が生成され，ポズラン反応が起こりにくかったと考えられる．このことは表面塩化物イオン量がほかに比べて大きいことから推察される．

図-4に，養生28日の供試体における各シラスの置換率と見掛けの拡散係数の関係を示す．いずれのシラスも置換率が大きいほど見掛けの拡散係数は低下し，塩化物イオンの浸透抵抗性が向上していることが確認できる．ただし，シラスの種類により置換率が同じであっても見掛けの拡散係数に差が生じ，吉田シラスの遮塩性が最も高くなった．ここで，シラス中の非結晶質がポズラン反応を起こし，また，シラス中の微粒分にほとんどの非結晶質を含むことから，結合材中のシラスの粒径150 μm 以下の割合と見掛けの拡散係数の関係について整理した．結果を図-5に示す．なお，粘土鉱物を含む阿多シラスの塩化物イオン浸透特性は異なることが予想されるため除外した．この結果から，阿多シラスのように風化が進んだシラスを除けば，見掛けの拡散係数とシラスの粒径150 μm 以下割合との相関は強く，結合材中のシラスの粒径150 μm 以下の割合によって，高精度に見掛けの拡散係数を予測することが可能であることが確認された．

4. まとめ

シラスを混和材として用いたコンクリートの塩化物イオン浸透抵抗性は，風化したシラスを除き，シラス中の非結晶質量によって決まる．また，粒径150 μm 以下の割合から見掛けの拡散係数を予測できることが確認できた．

謝辞：本研究は，国土交通省九州地方整備局鹿児島工務空港工事事務所との共同研究により実施している研究の一部であることを付記する．

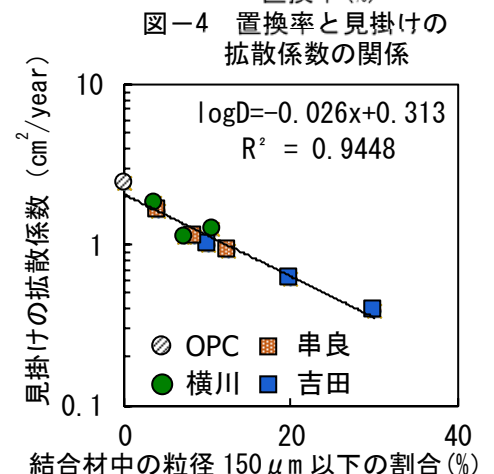
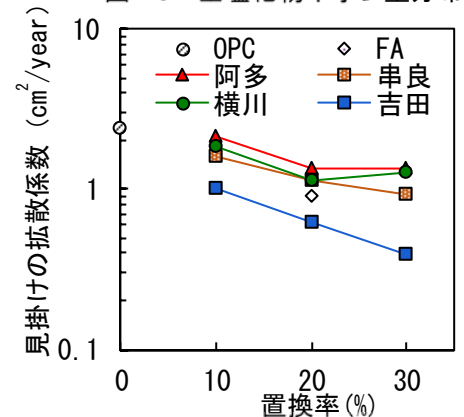
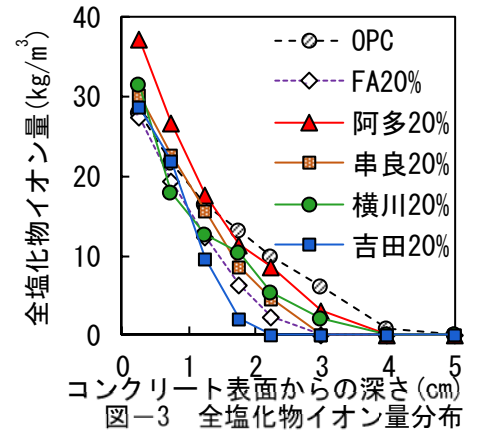


図-5 結合材中の粒径150 μm 以下の割合と見掛けの拡散係数