

京都大学	博士 (工学)	氏名	水谷悦子
論文題目	歴史的組積造建築の塩類風化メカニズムと多孔質材料中の塩溶液の移動性状に関する研究		
<p>本論文は、第1部では歴史的組積造建築の塩類風化メカニズムの解明と劣化対策の提案を目的として、トルコ・イスタンブールのハギア・ソフィア大聖堂を対象に検討を行い、第2部では、塩析出による劣化対策における壁体乾燥過程において重要となる多孔質材料中の塩溶液の移動の定量的な予測を目的として、組積造建築の主な構成材料である焼成レンガを対象に、材料の表面電荷の存在や塩析出による材料の空隙構造の変化が塩溶液の移動に与える影響について検討を行ったものである。</p> <p>第1部の第1章では、ハギア・ソフィア大聖堂の保存や組積造建造物における熱水分性状に関する研究についてレビューを行い、大聖堂が抱える問題のうち特に歴史的価値の喪失と滞在者の安全性に対して影響する塩析出に伴う壁画の剥落の問題に対して、室内と屋外の双方の環境条件および壁体構成材料を考慮して劣化要因を明らかにすること、壁画の剥離抑制の観点から適切な外装施工方法について提案することを目的として研究課題をまとめた。</p> <p>第2章では、大聖堂の概要を述べ、本研究で検討対象とする第2コーニスの壁体の修復履歴および壁体の内装材の剥落など劣化状態とその要因に関する既往研究を整理し、修理に用いられた材料物性や施工された時期を考慮した検討が必要であることを示した。</p> <p>第3章では、内壁表面の劣化に影響していると考えられる塩として硫酸ナトリウム塩と硝酸ナトリウム塩を特定し、その由来について析出塩や大気降下物の化学組成の分析を行い、劣化状態調査と定点カメラによる観察から、塩の種類により劣化進行に関係する壁体の部位が異なる可能性を示した。</p> <p>第4章では、室内の温湿度環境および壁体の含水率の測定結果から、上部構造からの雨水流下による壁体への浸透が室内側表面や近傍における塩の析出の要因となり、内装材の剥落に影響している可能性が高いことを明らかにした。</p> <p>第5章では、第7章の解析に用いる熱水分同時移動方程式を示し、第6章では、壁体の主要な構成材料の水分子物性値の測定を行い、第7章の解析に用いる熱水分物性値をまとめた。</p> <p>第7章では、劣化の顕著な第2コーニスのエクセドラ部の壁体を対象に2次元熱水分同時移動解析モデルによる計算を行い、壁体の含水率の計算値が測定値を概ね再現出来ることを確認した。このモデルを用いて壁体内に水分が蓄積し、方位や部位の違いで含水率が異なる理由を明らかにし、壁体の水分浸透を抑制し乾燥させる方法として外装材に含浸封孔材を含浸させる対策を提案した。</p> <p>第8章では、第1部で得られた結論を総括し、今後の研究課題をまとめた。</p> <p>第2部の第1章では、多孔質材料中における塩溶液の移動や析出に関する既往研究を整理し、焼成レンガを対象に、材料の表面電荷や塩析出による空隙構造の変化が、材料中での塩溶液の移動性状に与える影響を定量的に明らかにすることを目的として研究課題をまとめた。</p> <p>第2章では、本論における基礎となる熱水分塩同時移動と塩析出・溶解を連成させる解析の理論をまとめ、第3章では、第4章以降の実験で用いるレンガの水分移動に関する基礎物性値の結果を示し、対象となるレンガで生じる水分移動メカニズムについて考察を行った。</p> <p>第4章では、塩溶液の移動特性を把握するため、レンガの塩溶液の吸水実験を行い、水分移動特性を表す毛管吸収係数の測定値が、溶液単体の表面張力などの物性値から推定される計算値より小さくなることを明らかにし、その理由の考察を行った。</p> <p>第5章では、材料中の塩溶液の移動に表面電荷が与える影響を明らかにするため、レンガ表面の電气的特性の測定値を用いて電气的粘性効果による見かけの粘性係数を理論式から計算し、前章の毛管吸収係数の低下を概ね説明できることを示した。</p> <p>第6章では、塩の析出に伴う細孔構造の変化がレンガの塩溶液の移動特性に及ぼす影響を明らかにするため、塩溶液を含ませたレンガの乾燥実験を行い、放射光X線CTによる3次元画像の画像解析により同定した析出塩量と水分蒸発量から算定した塩析出量の一致を確認し、画像解析により多孔質材料中での塩析出を定量的に評価できることを示した。さらに画像解析から3次元細線分化処理を行い空隙構造に関するパラメータを求め、Kozeny-Carman式に代入することで塩析出によって線形的に飽和透水係数が減少することを示した。</p> <p>第7章では、第2部で得られた結論を総括し、今後の研究課題をまとめた。</p>			

氏名	水谷悦子
----	------

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、第1部では歴史的組積造建築の塩類風化メカニズムの解明と劣化対策の提案を目的として、トルコ・イスタンブールのハギア・ソフィア大聖堂を対象に検討を行い、第2部では、塩析出による劣化対策における壁体乾燥過程において重要となる多孔質材料中の塩溶液の移動の定量的な予測を目的として、組積造建築の主な構成材料である焼成レンガを対象に、材料の表面電荷の存在や塩析出による材料の空隙構造の変化が塩溶液の移動に与える影響について検討を行ったものである。

第1部で得られた主な結果を以下に示す。

1. ハギア・ソフィア大聖堂内の温湿度環境および壁体の含水率の測定結果から、上部構造からの雨水流下による壁体への浸透が室内側表面や近傍における塩の析出の要因となり、内装材の剥落に影響している可能性が高いことを明らかにした。
2. 劣化の顕著な第2コーニスのエクセドラ部の壁体を対象に2次元熱水分同時移動解析モデルによる計算を行い、壁体の含水率の計算値が測定値を概ね再現出来ることを確認した。このモデルを用いて壁体内に水分が蓄積し、方位や部位の違いで含水率が異なる理由を明らかにし、壁体の水分浸透を抑制し乾燥させる方法として外装材に含浸封孔材を含浸させる対策を提案した。

第2部で得られた主な結果を以下に示す。

3. レンガの塩溶液の吸水実験を行い、水分移動特性を表す毛管吸収係数の測定値が、溶液単体の表面張力などの物性値から推定される計算値より小さくなることを明らかにした。また、レンガ表面の電気的特性の測定値を用いて電気的粘性効果による見かけの粘性係数を理論式から計算し、毛管吸収係数の低下を概ね説明できることを示した。
4. 塩溶液を含ませたレンガの乾燥実験を行い、放射光X線CTによる3次元画像の画像解析により同定した析出塩量と水分蒸発量から算定した塩析出量の一致を確認し、画像解析により多孔質材料中での塩析出を定量的に評価できることを示した。さらに画像解析から3次元細線分化処理を行い空隙構造に関するパラメータを求め、Kozeny-Carman式に代入することで塩析出によって線形的に飽和透水係数が減少することを示した。

以上のように、本論文は学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和4年2月17日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。