

氏 名	きし もと よし ひこ 岸 本 嘉 彦
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2506 号
学位授与の日付	平 成 17 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 生 活 空 間 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	ひび割れを有する建築壁体の熱水分移動と酸性雨が中性化に及ぼす影響

論文調査委員	(主 査) 教 授 鉦 井 修 一	教 授 高 橋 大 武	助教授 原 田 和 典
--------	----------------------	-------------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、建築壁体の耐久性予測を目的として、これまでの中性化に関する研究の多くにおいて考慮されていない液水移動が重要であるとの観点から、降雨の影響を考慮した中性化進行予測解析モデルを構築し、酸性雨とひび割れが熱水分移動と中性化の進行に与える影響を明らかにするものである。

本論文は、序論と結論を含めて、全10章で構成されている。

第1章は序論であり、研究の背景を述べ、中性化の進行予測に関する既往の研究についてレビューし、それらに基づき本研究の目的と意義および検討内容と構成を示している。

第2章では、解析に用いる多孔質材料内での熱水分同時移動の基礎式を示し、検討対象であるコンクリートに関して、解析に必要となる各種材料特性、特に水分伝導率および平衡含水率を既存の測定値から決定する方法について述べている。

第3章では、ひび割れが材料内の熱水分移動に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、壁体表面の微細なひび割れの近傍を対象とした2次元非定常解析により、ひび割れの有無、ひび割れ深さが、材料内の温度、含水率分布に及ぼす影響を検討した。その結果、ひび割れの影響により含水率分布が2次元性を示す範囲はひび割れから5~15[mm]程度であり、その範囲における15日後の含水率はひび割れが無い場合のほぼ100日後に相当することを明らかにした。

第4章では、液水の浸透が中性化の進行に及ぼす影響を明らかにするために、コンクリート試験体への酸性溶液および純水の浸透実験を行った。その結果、アルカリ成分が材料外部へ流出しており、これが以降の中性化の進行に影響を与えていることが示唆された。また液水の浸透がある場合におけるフェノールフタレイン法の問題点を指摘するとともに、追加実験によりフェノールフタレインの発色と液水の存在との関係を明らかにした。

第5章では、第4章の浸透実験においてコンクリート試験体の上下方向で透水係数が非一様であることが示唆されたため、試験体より切り出したスライスを用いて透水係数の測定を行なった。高さ20[cm]の試験体において、上部の透水係数は中央部のそれよりも2倍程度大きい値となった。これはブリーディングに伴う空隙構造の上下方向における非一様性に由来するものと考えられる。

第6章では、材料内の液水移動を考慮した中性化反応モデルを提案し、中性化進行予測に用いる各種基礎式を定式化した。また、既往研究による等温場での中性化促進試験を提案した解析モデルを用いて再現することにより、水分移動係数と気相CO₂の拡散係数を同定した。また解析結果より、降雨が無い打設後の蒸発過程においても、水分移動が中性化の進行に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。

第7章では、第6章で提示した解析モデルを用いて第4章での実験結果を再現することにより、液水の浸透が有る場合においても本モデルが適用可能であることを示した。さらに、降雨が中性化の進行に及ぼす影響を明らかにするために、コンクリート壁体が酸性雨および純水に曝される場合を検討した。酸性雨が浸透する時間帯においては中性化が促進されるが、降雨後の高含水率状態となる時間帯においては降雨無しの場合よりも中性化が遅くなること、降雨が流入しやすく蒸発しや

すい部位ほど酸性雨によって中性化の進行が促進されることを明らかにした。

第8章では、コンクリート壁体の透水係数の非一様性が中性化の進行に及ぼす影響を明らかにするために、高さ5[m]の壁体を解析対象とし、第5章の結果に基づき壁体の上下方向に透水係数の分布を与えた場合の検討を行った。透水係数が小さく酸性雨の浸透が遅い部位では、材料表面側での含水率が高くなりCO₂ガスの拡散が妨げられるため、酸性雨が中性化の進行を遅らせるが、透水係数がある値より大きく酸性雨の浸透が速い部位では中性化が促進されることを示した。すなわち、酸性雨が中性化の進行に与える影響が透水係数に大きく左右され、壁体の部位によっては逆の結果を引き起こすことを明らかにした。

第9章では、これまでの結果を総合して、酸性雨とひび割れが建築壁体の耐久性に及ぼす影響について検討した。第3章、第7章、第8章の結果より、ひび割れ近傍では酸性雨により中性化が促進されると予想される。また、中性化の進行速度をコンクリート壁体の平均的な透水係数を用いて予測することは危険側の評価となり、中性化に対してより脆弱な部位が存在する。

第10章は結論であり、本論文で得られた成果を要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、建築壁体の耐久性向上および早期劣化問題の解決を目的として、中性化に関する研究ではほとんど考慮されていない材料内の液水移動に着目し、ひび割れと熱水分移動の関係とともに酸性雨が中性化の進行に及ぼす影響を明らかにするものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1. 壁体表面の微細なひび割れの近傍を対象とした2次元非定常熱水分移動解析により、ひび割れの有無、ひび割れ深さが、材料内の温度、含水率の分布に及ぼす影響を明らかにした。多くの建築壁体における微細なひび割れの存在を考慮すると、ひび割れが及ぼす影響は大きいと考えられる。
2. コンクリート試験体への酸性溶液および純水の浸透実験により、液水浸透および中性化の性状を調べた。アルカリ成分が試験体の外部に流出し、それが以降の中性化の進行に影響を与えていることが示唆された。さらに、液水浸透がある場合におけるフェノールフタレイン法の問題点および、フェノールフタレインの発色と液水の存在の関係を明らかにした。
3. 実験に用いた高さ20cmの試験体の上下方向に透水係数の分布があることを示し、透水係数測定によりその程度を明らかにした。実際のコンクリート壁体では、上下方向により大きな違いがあると考えられる。
4. 液水移動を考慮した中性化進行予測モデルを作成し、液水浸透が有る場合および無い場合の両方の実験結果をほぼ再現することができた。提案した解析モデルにより、降雨などの気象条件を含めた多様な環境条件における中性化の予測が可能となる。
5. 提案した予測モデルを用いて、降雨が流入しやすく蒸発しやすい部位ほど酸性雨によって中性化の進行が促進されることを示した。降雨はコンクリートの中性化の進行を遅らせると言われているが、部位によっては結果が逆になる可能性があることを明らかにした。
6. 打設後の乾燥過程のように液水の浸透が無い場合においても、材料の水分移動係数により中性化の進行速度が異なることを示した。降雨の有無に関わらず中性化の進行を検討する際には水分移動を考慮することが重要であり、特に壁体がひび割れを有する場合にはその影響が大きい。

以上、本論文は、液水移動を考慮した中性化進行予測モデルを構築し、酸性雨が中性化の進行に及ぼす影響を明らかにすることにより、建築壁体の耐久性の予測と向上を目指したものであり、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、平成17年2月16日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。