

## (論文内容の要旨)

本論文は、一般的なタイル張り仕上げが施されたコンクリート造建物の外壁を対象に、熱と水分の移動の挙動を実験により把握し、タイルの剥離・剥落の大きな要因である熱応力や乾燥収縮に伴う応力の算定の基礎となる壁体の温度および含水率を、精度良く予測するための解析モデルの提案を目的としている。コンクリート壁体への水分浸透や壁体内部での熱水分移動に関する研究は数多く行われているが、仕上げが施された壁体を対象に、コンクリート強度と熱湿気物性との関係、物性値のばらつきおよびタイルの剥離の影響を考慮した熱水分移動の解析モデルの提案を行ったものは無く、その点に本研究の独創性がある。

本論文は9章で構成されている。第1章は序論であり、従来の研究のレビューを行い、本論文の目的と構成を示している。第9章は本論文の結論であり、第2章から第8章は、以下の内容となっている。

第2章では、本論文の解析に用いる熱水分移動の基礎方程式を提示している。

第3章では、現在、一般的に用いられている強度の異なる3種類のコンクリートについて、湿気伝導率、平衡含水率、透水係数および熱伝導率の測定を行っている。得られた知見を以下に示す。(1)湿気伝導率と透水係数はコンクリート強度が高くなるほど小さくなる傾向にある。(2)平衡含水率関係にはヒステリシス(履歴)が存在する。(3)熱伝導率は含水率の増加にともない大きくなる。(4)熱湿気物性には比較的大きなばらつきがある。(5)透水係数のばらつきは特に大きい。(6)透水係数は強度が低いほどばらつき幅が大きくなる傾向がある。(7)水分移動に関する物性値のばらつきは強度が低いほど、含水率が高いほど大きい。

また、湿気伝導率の測定結果から気液の同時移動について考察し、コンクリートでは比較的低湿度であっても気相水分だけではなく液相水分の移動も生じていることを明らかにしている。さらに、国内外の文献値との比較より、今回の測定結果は強度等が比較的近いコンクリートの測定結果を与える新しい年代の文献値と類似している。

これらのことから、解析を行う際には以下に示す事項に留意する必要がある。(1)熱湿気物性値には、使用材料、調合、強度が近い(可能であれば同一の)コンクリートの測定結果を用いること。(2)熱湿気物性値には、強度や温度および含水率による変化を考慮した値を用いること。(3)最終的な結果は、熱湿気物性値のばらつきを考慮して評価すること。

第4章では、タイル張り仕上げが施されたコンクリート壁体への水分浸透および壁体内での水分移動の挙動を把握するために、タイル張り仕上げが施されたコンクリート壁体を模した試験体を用いて、等温下で吸水実験を行っている。タイルが張られたコンクリート体を切断して作成された3体の試験体は、切断以前には隣接していたのにもかかわらず、それぞれが異なった水分移動性状を示しており、その原因を第6章以降の解析によって検討している。

第5章では、解析に必要なコンクリートの水分化学ポテンシャル勾配および温度勾配に関する水分伝導率の気液分離方法を示し、熱湿気物性の測定結果を用いた1次元非定常計算を湿気伝導率測定に対して行い、各試験片の重量変化の計算結果と測定結果との比較から気液の水分伝導率値を決定している。

第6章では、第5章で求めた水分伝導率を用いて第4章の吸水実験における含水率の経時変化を2次元の非定常計算により求め、測定結果と比較している。その結果は以下のとおりに要約される。(1)含水率の上昇が小さかった試験体No2については、測定結果の方が計算結果よりも若干数値が大きいものの、移動性状に関して類似した結果が得られた。(2)吸水量が多く、含水率の上昇が大きかった試験体No1および試験体No3については、測定結果と計算結果との間に良好な一致が見られなかった。

この結果を受け、第7章では、強度の違いや物性値の測定結果におけるばらつきを考慮して決定された水分伝導率を用いた解析を行っている。その結果、試験体No2の含水率変動の計算結果と測定結果との間に良好な一致が得られた。したがって、タイル張り仕上げが施されたコンクリート壁体の水分移動性状の予測は、第3章の測定結果を用いた解析によって再現可能であり、強度の違いや物性値のばらつきを考慮することで、さらに精度の高い予測が可能となると考えられる。また、強度の違いや物性値のばらつきが結果に与える影響についても検討し、(1)強度の違いや水分伝導率の大きさは水分の移動速度に直接的に影響する、(2)平衡含水率曲線の傾きおよび形状は含水率分布の形状に大きく影響する、ことを示している。

第8章では、試験体No1と試験体No3の水分移動速度が特に大きい原因として、試験体作成時の切断による振動および試験体を乾燥させたときの加熱を取り上げ、それらが水分移動に関する物性値とタイルの剥離に及ぼす影響を検討している。簡易な実験と解析の結果から、(1)試験体No1およびNo3については、加熱による影響を受けて水分伝導率が大きく変化した、(2)試験体No1についてはさらにタイルに剥離が生じていた、と判断された。また、これらの実験および解析は、日射や天空放射、外気温変動の影響で生じる熱応力によって空隙構造が変化した壁体、さらに一部のタイルに浮きが生じた壁体における水分移動を近似的に再現しており、そのような壁体についても解析による水分移動の予測が可能であると考えられる。空隙構造の変化および剥離の発生から進行に対応する熱水分移動性状の変化については、今後の課題である。

## (論文審査の結果の要旨)

本論文は、一般的なタイル張り仕上げが施されたコンクリート造建物の外壁を対象に、熱と水分の移動の挙動を実験により把握し、タイルの剥離・剥落の大きな要因である熱応力や乾燥収縮に伴う応力の算定の基礎となる壁体における温度および水分の変動を、精度良く予測するための解析モデルの提案を目的としている。

コンクリート壁体への水分浸透や壁体内部での熱水分移動に関する研究は数多く行われているが、仕上げが施された壁体を対象に、コンクリート強度と熱湿気物性との関係、物性値のばらつきおよびタイルの剥離の影響を考慮した熱水分移動の解析モデルの提案を行ったものは無く、その点に本研究の独創性がある。

本研究の成果は以下のように要約される。

(1) 近年、一般的に用いられている強度の異なる3種類のコンクリートについて、湿気伝導率、平衡含水率、透水係数および熱伝導率の測定を行い、各物性値と強度・含水率・温度との関係および物性値のばらつき度合いや傾向を明らかにした上で、コンクリート壁体内では比較的低温であっても気相水分だけではなく液相水分の移動も生じていることを示した。

(2) 非破壊で含水率の測定が可能な $\gamma$ 線含水率測定装置を用いた吸水実験を行い、タイル張り仕上げが施されたコンクリート壁体への水分浸透および壁体内での水分移動の特徴を明らかにした。

(3) 気液の同時移動を考慮した基礎方程式を用いて吸水実験の解析を行い、解析結果と実験結果との比較から、タイル張り仕上げが施されたコンクリート壁体についても水分移動の予測が可能なること、強度の違いや物性値のばらつきを考慮することで水分移動の予測精度が向上すること、さらにタイルの剥離が水分移動性状に大きな影響を及ぼすこと、などを明らかにした。

本論文は、タイル張り仕上げが施されたコンクリート壁体における熱水分移動の予測に関して、コンクリートの熱湿気物性に関する多くの貴重な測定結果を与えるとともに、コンクリート強度の違いおよび熱湿気物性のばらつきと水分の気液同時移動を考慮した解析モデルを提案し、実験結果の再現を行っており、学術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21年2月23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。