

学位論文題名

RC造外断熱建物躯体コンクリートの 乾燥と寿命予測に関する研究

学位論文内容の要旨

鉄筋コンクリート造(RC造)建物躯体の寿命に及ぼす影響要因として、コンクリート自体の品質、外部環境および使用条件が挙げられる。外断熱建物は非外断熱建物(内断熱建物と無断熱建物)に比べ、コンクリート自体の品質や使用条件等についての違いはないが、外壁の屋外側環境条件の影響については、大きく異なっている。すなわち、外断熱建物では、躯体コンクリートが外気温、日射、降雨などの影響をほとんど受けずに長期的に乾燥していることから、長寿命な建物となると考えられる。しかしながら、まだその定量的な検証は行われていない。

RC造建物では、躯体コンクリートの中性化および鉄筋の腐食は寿命に関わる重要な要因であり、これらに対する抑制効果をもつ仕上げ材については、これまで数多くの研究や実態調査が行われ、その抑制効果が明らかになっている。一方、外断熱建物においては断熱材や外装材およびそれらの施工方法を組み合わせた外断熱工法部分によるこれらの抑制効果については、研究や実態調査が極めて少なく、まだ明らかにはなっていない。

躯体コンクリートの長期経過後の乾燥程度は、コンクリートの中性化や鉄筋腐食の進行に大きな影響を及ぼすと考えられる。これについては実験的には多くの測定が行われているが、実建物における測定が少ないため、外部環境や仕上げによる乾燥程度の違い、および外断熱建物と非外断熱建物との違いなども、まだ明らかにはなっていない。そして、躯体コンクリートの乾燥程度(質量含水率)と中性化や鉄筋腐食速度の関係についても、定量的な結果を得るに至っていないのが現状である。

本研究では、RC造外断熱建物躯体コンクリートの寿命予測に関して、躯体コンクリートの乾燥と中性化および鉄筋腐食の進行に着目して、各種の外断熱工法の屋外側からの中性化抑制効果を検討する。また、躯体コンクリートの長期経過後の質量含水率とその変動を把握して、中性化速度および鉄筋腐食速度との関係を定量的明らかにする。最後に、以上の検討結果を基にして、躯体コンクリートの質量含水率をパラメータの1つとして、建物躯体コンクリートの寿命予測方法を提案し、この方法により算定した各種の外断熱建物および非外断熱建物躯体コンクリートの寿命を比較する。

本論文は、全6章から構成されており、各章の概要は次のとおりである。

第1章は、「序論」であり、本研究の背景を述べ、関連する既往の研究を整理して問題点を示し、本研究の目的と範囲を記述するとともに、本論文の構成を示した。

第2章「外断熱建物躯体コンクリートの中性化」においては、コンクリートの促進中性化試験を行い、各種の断熱材や外装材およびそれらの施工方法を組み合わせた外断熱工法による中性化抑制効果を明らかにした。また、各種の既存外断熱建物における躯体コンクリートの中性化調査を行い、実際の建物における中性化深さを把握した。さらに、各種の外断熱工法の透気性試験を行い、透気性と中性化抑制効果の関係を検討し、透気性から各種外断熱工法の中性化抑制効果を評価できることを明らかにした。

第3章「外断熱および非外断熱建物躯体コンクリートの乾燥程度」においては、外断熱建物外壁コンクリートの乾燥程度の把握、および非外断熱建物との違いを明らかにすることを目的とし、既存建物外壁コンクリートの質量含水率を調査した。また、これらの外壁を想定したモデル試験体を用いて、異なる外部環境条件下におけるコンクリートの長期経過後の質量含水率およびその変動を測定した。その結果、外断熱建物躯体の屋外側コンクリート表層部は、非外断熱建物の外壁表層部に比較して、乾燥していることを定量的に明らかにした。これらの結果は、RC造建物躯体コンクリートの寿命予測に関わる重要なものとなる。

第4章「コンクリートの乾燥程度と鉄筋腐食」においては、乾湿条件を変えた鉄筋腐食実験を行い、コンクリートの質量含水率およびその変動と鉄筋の腐食速度との関係を定量的に明らかにした。さらに、コンクリートの質量含水率とその変動から、鉄筋の腐食速度を算定する式を提案した。この式により、躯体コンクリートの質量含水率をパラメータとして、中性化した領域にある鉄筋が中性化後に有害な腐食状態になるまでの年数を予測することを可能とした。また、実建物における調査により、躯体コンクリートの質量含水率と鉄筋腐食の関係についても検討を行った。

第5章「RC造外断熱建物躯体コンクリートの寿命予測」においては、既往の研究と実建物調査の結果より、コンクリートの乾燥と中性化速度の関係を検討し、これを基にして、コンクリートの質量含水率をパラメータの一つとした中性化進行予測式を提案した。この式により、外断熱工法の場合の躯体コンクリートの乾燥程度を考慮したかぶり厚さまでの中性化年数を予測することを可能とした。次に、第2章から第4章において得られた成果を総合し、建物躯体コンクリートの新しい寿命予測方法を提案した。この方法は、コンクリートの質量含水率をパラメータの一つとして、かぶり厚さまでのコンクリート中性化年数と、その後鉄筋が有害な腐食状態になるまでの年数との和として寿命を求めるものである。この中には、各種の外断熱工法によるコンクリートの中性化抑制効果、外断熱建物と非外断熱建物躯体コンクリートの乾燥程度、コンクリートの乾湿条件と鉄筋腐食速度の関係などの検討結果、および本章で提案した中性化進行予測式などが用いられている。

最後に、提案した予測方法により算出した各種の外断熱建物と非外断熱建物躯体コンクリートの寿命を比較検討し、外断熱建物は、非外断熱建物に比較して非常に長寿命となることを定量的に明らかにした。

第6章は、「総括」であり、本研究で得られた成果を要約した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 千 歩 修

副 査 教 授 大 沼 博 志

副 査 教 授 佐 伯 昇

副 査 教 授 絵 内 正 道

学 位 論 文 題 名

RC 造外断熱建物躯体コンクリートの 乾燥と寿命予測に関する研究

地球環境問題と資源保護などの観点から建築物の長寿命化が求められている。鉄筋コンクリート造(RC造)の断熱工法のひとつに外断熱工法があり、これは省エネルギー、躯体の熱容量の有効利用による快適室内環境の実現等の面で注目されているものであり、また、躯体を断熱材で覆うことから長寿命となると考えられている。しかしながら、RC造構造物の寿命に関しては躯体コンクリートの中性化や鉄筋腐食の進行が重要となるが、外断熱工法に関するこれらの研究や実態調査は極めて少なく、外断熱 RC 造の耐久性は明らかになっていないのが現状である。また、躯体コンクリートの長期的な乾燥程度は、コンクリートの中性化や鉄筋腐食の進行に大きな影響を及ぼすが、これらについて外断熱と非外断熱建物との違いについても明らかになっていない。これらの要因の影響を明確にし、外断熱 RC 造建物の寿命を予測することが重要な課題となっている。

本研究では、各外断熱工法の中性化抑制効果や躯体コンクリートの長期材齢における質量含水率とその変動を把握し、また、コンクリートの乾燥と中性化速度および鉄筋腐食速度との関係を実験的に明らかにしている。さらに、これらの結果を基にして、躯体コンクリートの質量含水率をパラメータの1つとして加えたRC造躯体コンクリートの新しい寿命予測方法を提案したものであり、これにより外断熱建物と非外断熱建物の躯体の寿命の比較を可能とするなど、新しい知見および有用な成果を得ている。

本論文の成果とその評価を要約すると以下ようになる。

1) 各種の断熱材や外装材およびそれらを工法として組み合わせたものの実験から外断熱工法による中性化抑制効果を明らかにしている。また、既存外断熱建物躯体コンクリートの中性化調査を行い、実験の結果を確認している。さらに、透気性から各種外断熱工法の中性化抑制効果を評価できることを明らかにしており、これにより外断熱工法の躯体コンクリートの中性化の進行予測および中性化抑制効果の評価を可能としたものと評価される。

2) 実際の外断熱建物外壁コンクリートの乾燥程度や非外断熱建物との違いを明らかに

し、外断熱建物が乾燥していることを定量的に示している。これにより、RC造外断熱建物躯体コンクリートの耐久性に関わる重要な基礎データを取得したものと評価される。

3)コンクリートの質量含水率およびその変動が鉄筋の腐食速度に及ぼす影響を定量的に明らかにし、この結果から鉄筋の腐食速度を算定する式を提案している。これにより、躯体コンクリートの質量含水率をパラメータとして、中性化した領域にある鉄筋が中性化後から有害な腐食状態になるまでの年数の予測が可能となり、寿命予測を行ううえでの重要な成果と評価される。

4)コンクリートの質量含水率をパラメータの一つとして、外断熱工法によるコンクリートの中性化抑制効果を考慮した中性化速度予測式を提案し、この式によって求まるかぶり厚さまでの躯体コンクリート中性化年数と、その後に鉄筋が有害な腐食状態になるまでの年数との和を、建物躯体コンクリートの寿命として求める新たな予測方法を提案している。さらに、この予測方法による試算から、外断熱建物は、非外断熱建物に比較して長寿命となることを定量的に示している。ここで提案した予測方法は、外断熱および非外断熱建物の躯体コンクリートの寿命予測方法として実務においても利用可能なものであり、建築物の長寿命化設計手法および外断熱建物の普及に大いに貢献するものと評価される。

これを要するに、著者は、実験および実建物の調査により、外断熱建物躯体コンクリートの中性化の進行や乾燥程度を明らかにし、コンクリートの乾燥程度を考慮したコンクリートの中性化と鉄筋の腐食の進行を考慮した新たな建物躯体コンクリートの寿命予測方法を提案し、外断熱工法建物の寿命の予測において確度の高い新知見を得たものであり、コンクリート工学および建築材料学の発展に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。