

論文の内容の要旨

論文題目 排水湿潤連続養生によるコンクリートの表層品質向上に関する研究

氏名 臼井 達哉

これまでに構築されてきた社会資本の維持管理費用が今後急激に増大していくことが予想されているなかで、新設の構造物に対しては品質の良いコンクリートを施工し、必要に応じた予防保全を施すことで、将来の維持管理費用や労力を低減させるライフサイクルコストの考え方が浸透してきている。コンクリートの耐久性向上技術は、主に初期ひび割れの防止とコンクリート自体の品質向上の観点から検討が行われており、設計、材料・配合、運搬、打込み、養生の各工程において様々な技術が開発されている。

このうち養生に関しては、型枠内部に織布や専用のシートを設置して打込み直後の余剰水や気泡を排出する透水型枠や、脱型後のコンクリート面に設置して表面の湿潤状態を保つ湿潤養生マットなどについて研究が行われ、実用化されている。これらはそれぞれに良好な効果が確認されており、透水型枠はコンクリート表面部の水セメント比の低減による高耐久化や気泡の減少による美観の改善が期待でき、湿潤養生はセメントの水和反応を十分に進行させ、緻密な空隙構造を形成することで耐久性の向上を図ることができる。現状では、養生はこのような打込み初期の排水または硬化後の給水や乾燥防止のどちらか一方を行う場合がほとんどであり、大きな労力や費用を伴わずに両者を複合して実施できる養生方法があればさらなる品質向上が期待できる。

本研究では、以上のような背景を踏まえた上で、打込み直後のコンクリートから生じるブリーディング水などの余剰水や気泡を排出する作用と凝結後の速やかな給水による湿潤養生を脱型せずに連続で行うことができる養生技術「排水湿潤連続養生 (W キュアリング)」を開発した。その後、本技術の適用による品質向上効果の検証、水セメント比等の適用範囲の検証を行った。最後に、様々な構造物の適用に向けた湿潤養生方法や型枠の設置方法の改良、改善に関する検討を行った。

本論文は、全 6 章から構成され、第 1 章では、上記した本論文の研究の背景と目的について論じ、論文の構成について述べた。

第 2 章では、初期の排水および給水・保水養生に関する既往の知見を整理した。まず、コンクリート標準示方書における養生の変遷の中で、養生に求められる機能、基準となる養生期間について整理した。次に、湿潤養生技術に関して近年開発されている脱型後に型枠面に

実施する給水養生、保水養生技術、その品質向上効果についてまとめた。最後に、初期の排水に関する技術について整理した。初期の排水に関する技術では、コンクリートの脱水（排水）のメカニズムについて概説し、コンクリートの排水（脱水）方法、その品質向上効果に関するこれまでの研究成果についてまとめた。

第3章では、排水湿潤連続養生の型枠材料の選定、施工方法の確立、耐久性を主とした養生効果に関する検証、実構造物として壁高欄の一部への試験適用を行った。まず、型枠材として内部に水を供給することができる中空構造をもつポリプロピレン製の透水板をせき板として使用することとした。この型枠材の表面に市販の透水性シートを設置する型枠構造を用いることで、初期の余剰水の排出と湿潤養生の連続養生が可能となる施工方法を構築した。次に、排水と湿潤を連続で行うことによる相乗効果の検証として、排水と湿潤の個々の養生、連続で行う養生がコンクリートの表層に与える影響について検討した。その結果、初期の余剰水の排出のみを行った場合は、コンクリート表層から10mm程度まで緻密化するが、排水湿潤連続養生では10-20mmの内部まで緻密な空隙構造を形成しており、連続で行うことによる相乗効果があることを確認した。次に、排水後の湿潤養生の開始材齢が表層品質に与える影響について検討した。その結果、排水後の給水の開始材齢は、凝結始発が最適であり、最も品質向上効果が大きい結果であった。また、材齢24時間の給水開始でも、十分な品質向上効果を確認できたが、凝結始発よりも早い材齢では、凝結始発、材齢24時間の給水開始よりも表層品質の低下が確認され、実際の施工時には、凝結始発から材齢24時間までに湿潤養生を開始することが適切であることを示した。その後、現場施工において標準的な施工方法を構築するために、壁高欄を想定した実大規模の部材を製作し、各種の耐久性試験を実施した。壁高欄模擬部材の耐久性試験から排水湿潤連続養生の効果により、通常の木製型枠の存置による養生と比較して、透気係数の減少、空隙構造の緻密化、中性化の抑制、塩化物イオンの浸透抑制などの優れた効果が実証された。以上の検討を踏まえ、実構造物として壁高欄の一部への試験適用を行い、排水湿潤連続養生システムの施工性、および実構造物においても室内試験と同様の表層品質の向上効果があることを確認した。

第4章では、前章の結果を踏まえて、耐久性以外の品質向上効果とコンクリートの適用範囲について検証した。まず、低水セメント比への適用した際の品質向上効果を確認することで水セメント比の適用範囲について検討した。その結果、W/C40%におけるコンクリートでは、排水湿潤連続養生により表層から30mm程度までコンクリートの空隙構造が緻密化すること、W/C30%では、表層から10mmまでの範囲の空隙構造の緻密化であり、養生による品質向上効果の範囲が縮小することを確認した。以上の試験結果から、排水湿潤連続養生の品質向上効果は、W/C40%程度以上のコンクリートに対して特に有効であることを示した。次に、表層が緻密化することによる自己収縮・乾燥収縮の低減効果、実構造物における乾燥収縮ひび割れの低減のメカニズムについて検証した。収縮試験結果から、W/C40%ま

では自己収縮と乾燥収縮を含めたコンクリートの収縮ひずみが減少すること、W/C30%では収縮ひずみの低減効果が低下することが明らかになった。実構造物では、コンクリート表層部の水分逸散抑制による乾燥収縮ひずみが低減、コンクリートの内部の水分の移動が抑制されることによって乾燥収縮が緩やかに進行すること、コンクリート表層からの吸水が少なく、乾湿繰り返しによる影響を受けにくいことといった総合的な効果により乾燥収縮ひび割れを著しく抑制できることを示した。最後に、長期養生が効果的であるフライアッシュコンクリートへの適用効果について検討した。検討した結果、材齢 91 日までの長期の封かん養生よりも材齢 7 日までの排水湿潤連続養生のほうが内部まで空隙構造が緻密化しており、短い養生期間でも品質向上効果が高いことを確認した。

第 5 章では、各種構造物への適用に向けた改良として頂版を同時施工する際の給水方法、トンネルの覆工コンクリートの SL 下部への適用について検討した結果を示した。側壁、頂版を同時にコンクリートの打込みを行う施工条件では、壁高欄のように天端からの給水ができず、これまでの給水方法では均一な湿潤養生を容易に実施することが難しい。そのため、このような施工条件では、透水型枠を分割し、最上部に 4 面シールした小型の透水型枠を設置する改良を行った。余剰水の排出後に透水型枠内部をホース等で注水し型枠内部を満水にすることで、透水シートを通じてコンクリート上部から下部まで均一な湿潤養生とすることが可能となった。覆工コンクリートの SL 下への適用では、SL 下のセントルを内空間側にセットバックし、セットバックした空間に透水板、透水性シート等が一体となったユニットを設置する改良を行った。この改良によりセントルが移動後も透水板、透水性シートを残置することができるため、脱型をせずに湿潤養生ができ、トンネルの施工サイクルを維持することができた。

第 6 章は、本論文で得られた成果についてまとめた。