

や弾性係数、収縮ひずみといった材料特性やパラメータのフィッティングを解析対象ごとに行わなくても、使用材料の種類、コンクリートの配合、養生・環境条件、構造諸元等の基本的情報を与えるのみで実構造物スケールまでの挙動を良好に表現できることが確認されている。一方、乾燥収縮や乾燥収縮ひび割れが相対的に大きく影響を及ぼすと考えられるスラブや壁状構造物等の薄い部材、実験室レベルの 10^{-1}m (10cm) オーダーの供試体に対しては、材料収縮現象と巨視的構造応答までを強連成した形で評価するには至っていない。これは、乾燥に伴って発生する表面近傍の微細き裂・ひび割れ、断面内の応力・材料特性の分布、骨材とセメント硬化体の相互作用といった挙動が相対的に大きな影響を及ぼすためと考えられる。

乾燥収縮ひび割れは、巨視的なコンクリートとしての軟化域に達する前のセメント硬化体内や骨材間に生じる微細ひび割れ（以後、微細き裂と称する）から、COM3 に実装される分散ひび割れモデルが想定する巨視的なひび割れとの物理現象を区別しなければならないマルチスケールの問題と考えられる。そこで本研究は、既存の DuCOM-COM3 を基にして、空隙構造形成や水分移動等が想定するミクروسケール、乾燥収縮による微細き裂発生から乾燥収縮ひび割れ発生を考慮したメゾスケール、分散ひび割れモデルが対象とするマクروسケールの構造応答までを統一的に一气通貫で評価する手法の構築を試みたものである。更に、構築したモデルを実問題に適用することを試み、実構造物のひび割れ発生原因の推定と、ひび割れ抑制対策の効果について評価・分析を実施した。

第 3 章では、コンクリート中の水分状態に着目して検討を行った。供試体寸法よりも 1 オーダー小さい 10^{-2}m (1cm) のコントロールボリュームに着目し、既存の巨視的な分散ひび割れモデルの構成則をそのまま乾燥収縮ひび割れの解析に適用できると仮定する単純なものを本研究の出発点とした。

$10 \times 10 \times 40\text{cm}$ の供試体を対象として既往の分散ひび割れモデルの構成則をそのまま適用した場合、供試体としての引張強度や弾性係数、乾燥収縮ひずみが実験よりも大幅に小さくなることを示した。この解析結果の原因について、コンクリートの乾燥による表面近傍の微細き裂発生、局所的な引張強度の発現、ひび割れ発生による水分移動特性の変化に着目した。

微視的メカニズムに基づいて求めたコンクリートの収縮駆動力について、微細き裂の発生によって巨視的なコンクリートの収縮に対する寄与が低下する影響を考慮し、有効収縮駆動力モデルを提案した。有効収縮駆動力モデルは、コンクリート中の湿度勾配自体が表面近傍の微細き裂発生の原因となることを考慮し、湿度勾配をパラメータとして既存の収縮駆動力モデルを低減する形で表現を行った。また、乾燥に伴ってコンクリートの強度が増加する現象は、乾燥に伴うコンクリートの収縮駆動力が多孔質材料であるコンクリートの骨格部にプレストレスとして作用すると考え、コンクリートの局所引張強度増加モデルを提案した。さらに、ひび割れから水分逸散が増加すること考慮し、ひび割れ発生後に有

効ひずみをパラメータとして簡易に水分流束を変化させることを提案した。

第4章では、骨材とセメント硬化体の相互作用に着目して検討を行った。第3章では、骨材の収縮を無視できる良質な骨材を用いた条件に対象を絞り、主に供試体レベルの引張強度や乾燥収縮挙動に着目して検証を行ったものである。しかし、実際のコンクリートの乾燥収縮挙動は、骨材自体の収縮の影響を大きく受けることが知られている。本章では、骨材収縮の影響を無視できないケースにおいて、第3章と同様に DuCOM-COM3 のフレームワークを基に供試体よりも1オーダー小さい 10^{-2}m (1cm) のコントロールボリュームに着目し、骨材収縮の影響を分散ひび割れモデルの構成則と統一的に扱う手法の構築を試みたものである。

最初に、骨材収縮の影響を無視できないと推測される実験を対象として、第3章で提案したモデルのみでは供試体の引張強度や乾燥収縮の挙動を解析で再現できないことを示した。骨材収縮の影響を無視できない条件におけるこの様な解析結果の原因として、骨材とセメント硬化体界面の剥離や微細き裂の影響に着目した。

乾燥によって表面近傍のコンクリートが引張応力状態にある場合、骨材収縮がセメント硬化体と骨材界面の剥離や微細き裂発生を促進させ、巨視的なコンクリートの引張応力発生に対して骨材の寄与が減少する影響を考慮した。表面近傍のコンクリートに引張応力を発生させる原因として湿度勾配に着目し、第3章の湿度勾配の概念を援用して、湿度勾配に伴う見かけの骨材収縮の低減を提案した。さらに、骨材とセメント硬化体の収縮差による応力の相互作用を考慮し、骨材の収縮による見かけの引張強度増加モデルを提案した。

第5章では、骨材収縮を無視できない砂岩を用いた持続荷重を受ける梁試験体についてたわみを計測し、第3章および第4章で提案したモデルについて、部材レベルでの解析精度の検証を行った。また、乾燥養生と封緘養生の違いによる梁のせん断耐力についても実験と解析の比較を行い、乾燥養生した梁試験体の曲げ剛性とせん断耐力が低下する実験の傾向について、解析においても自然に曲げ剛性とせん断耐力が低下する傾向を表現できることを示した。

第6章では、これまでに提案してきたモデルを用い、山口県のひび割れ抑制システムのデータベースに記録されている実構造物を対象に、実際の施工状況と温度・湿度履歴を考慮した解析によって、実構造物のひび割れ発生状況の再現を試みた。今回、データベースより金田ため池橋を選択し、骨材収縮量として 250μ 程度を考慮することによって、実際のひび割れ状況を比較的良好に再現できることが確認された。さらに、様々なひび割れ抑制対策の効果を定量的に評価することを目的として、完全に封緘養生を継続したケース、低熱ポルトランドセメントを用いたケース、打設温度を低減したケースについて比較を行った。その結果、本ケースのひび割れ発生に与える影響については、第2リフトと第3リフト

トは温度ひび割れの影響が，第 4 リフトは乾燥収縮ひび割れの影響が大きいことを解析によって示した．

第 7 章は，本論文と今後の課題についてまとめを行った．本研究では，乾燥収縮ひび割れの発生とそれを含む部材挙動を統一的手法によって予測することを試みたものであり，供試体レベルから実構造物レベルまでを统一的に解析することが可能になったと考えられる．ただし，プレストレスとして考慮する収縮駆動力の影響，微細き裂の発生，骨材とセメント硬化体の相互作用等，モデル化にあたって簡略的に扱っている部分もある．従って，さらに解析精度の向上の余地は残されていると考えられる．