

構造物中のコンクリートの収縮予測に用いる環境作用モデルの検討

コンクリート研究室 藪輪圭祐
指導教員 下村 匠

1. 背景と研究目的

コンクリートの乾燥収縮は、コンクリート中の水分逸散に伴う体積変化現象であり、ひび割れ有効プレストレスの減少やひび割れ幅・たわみの増大等といった原因となる。そのため、設計段階において、乾燥収縮予測式を用いて経時変化を定量的に評価している。

乾燥収縮の主たる要因は外部への水分逸散であるため、コンクリートの置かれる環境が収縮に大きく影響する。予測式においては簡略化のため、環境作用モデルとして平均相対湿度を採用して暴露環境の影響を表現するに留まり、日射や降雨といった、他の実環境下における気象作用については考慮されない。実構造物の収縮予測が、平均相対湿度のみでは困難と考えられる場合には、新たな環境作用モデルが必要とある。

本研究では、実構造物中のコンクリートに発生した収縮ひび割れと推定されるひび割れに対して、原因が乾燥収縮であると定量的に説明できるかを検討した。さらに、推定した収縮量を乾燥収縮予測式と比較し、実構造物の収縮予測における現行の環境作用モデルの適用性の検証を目的とした。

2. 実構造物の収縮に対する解析的検討

2.1 対象とした構造物

今回対象としたのは、名立大橋壁高欄部である。名立大橋は支間中央に橋脚を1つ有する2径間のPC橋梁であり、橋長は75.3mである。壁高欄部は場所打ち連続RCで、2mごとにひび割れ誘発目地が設けられており、架設当初からひび割れが多数発生している。

2.2 発生したひび割れの変状と経時変化

名立大橋では架設した2001年から毎年目視による観測調査が実施されている。この変状図から、橋軸方向のひび割れはほぼみられず、橋軸直交方向にひび割れが卓越していること、ひび割れ本数、長さが経時的に増加していることが確認できた。これらは、コンクリートの収縮が軸方向に外部拘束されたことでひび割れが発生したこと、収縮が経時的に進行していることと矛盾せず、ひび割れが乾燥収縮によって発生したことが示唆される。

観察調査の記録を基に作成した、ひび割れ本数の経時変化の結果を図-1に示す。架設初期から多数の橋軸直交方向のひび割れが発生し、架設か10年が経過したあたりから新たなひび割れがほとんど発生していないことがわかる。

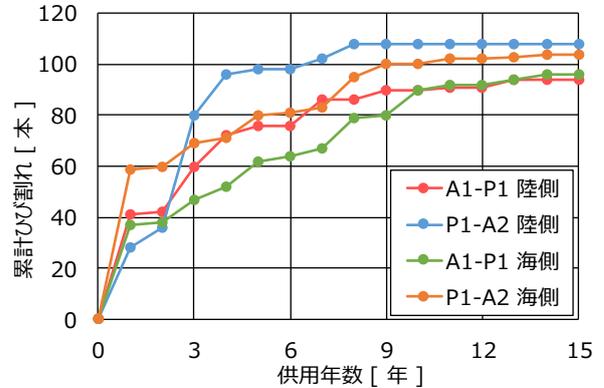


図-1 壁高欄部のひび割れ本数の経時変化

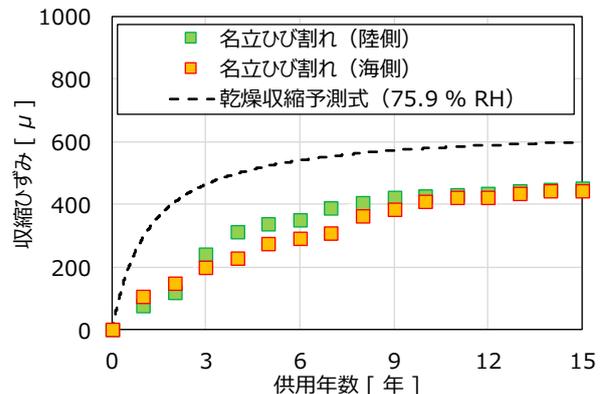


図-2 推定した収縮量と予測式との比較

2.3 収縮量の推定と乾燥収縮予測式との比較

乾燥収縮がすべてひび割れ幅の生成に費やされるとすれば、すべてのひび割れ幅の合計が収縮量と等しくなる。そこで、曲げひび割れ幅算定式を用いてひび割れ幅を算出して収縮量を推定し、予測式の結果と比較した。その結果を図-2に示す。15年間の平均相対湿度を適用した予測式の結果はひび割れから推定した収縮量より大きく、相対湿度以外の環境作用が収縮に大きく影響し、実構造物の収縮が小さくなっている可能性を示した。

3. 解析による各環境作用が収縮に与える影響の検討

3.1 検討対象とした環境作用

下村らが開発した細孔構造に基づくコンクリート中の水分移動、乾燥収縮モデルを用いて、温湿度の変動、日射、降雨の各環境作用の影響を検討する。本手法による解析結果の信頼性については、既往の研究により検証されている。この解析では、各時間ステップにおいて温湿度を気象データから設定し、変動させることが可能であ

る。日射の影響については、熱伝導解析において日射による熱エネルギー（全天日射量）を考慮してコンクリートの表面および内部の温度分布を計算することで考慮し、降雨の影響については、吸水により液状水が直接浸入し、表面付近の水分量が急激に上昇することで表現している。今回の解析では新潟気象台のデータを使用した。

3.2 解析結果

収縮ひずみ解析の結果を図-3 に示す。図中の黒線が恒温恒湿環境（20℃ 60% RH）、緑の線が年平均温湿度（14.5℃ 74.0% RH）、紫の線が温湿度を変動させた場合の結果である。日射・降雨を受けない環境下では恒温恒湿環境下よりも収縮量が小さくなること、温湿度の変動が収縮に与える影響は小さいことが明らかとなった。

赤線が温湿度の変動と日射を考慮した場合、青線が温湿度の変動と降雨を考慮した場合の結果である。日射による収縮の促進、降雨による収縮の低減がそれぞれ確認された。すべての環境作用を考慮した結果が黄色の線であり、実環境下においては降雨の影響が強く収縮が小さくなる結果を示した。これらから、実構造物の収縮予測では降雨の影響を考慮する必要がある、現行の環境作用モデルでは収縮を過大に予測する可能性があるといえる。

4. 実構造物の収縮予測に用いる環境作用モデルの提案

4.1 見かけの相対湿度 RH_{ap} の導入

降雨を受けるコンクリートの収縮挙動を、降雨の影響を相対湿度に代表させて予測するには、実際の相対湿度よりも高い値を入力値として与えなければならない。本研究では、その相対湿度を見かけの相対湿度 RH_{ap} と定義し、解析結果を用いて算出した。

4.2 見かけの相対湿度 RH_{ap} の算出と地域による差

図-3 中の紫と黄色と 2 つの解析結果を用いて検討を行う。予測式に平均相対湿度である 74% を与えた結果、紫の解析結果と概ね一致した。このことから、日射・降雨を受けない構造物の収縮は平均相対湿度で予測可能であるといえる。また、黄色の解析と等価な結果となる予測式の RH は 86~90% 程度であった（図-4）。

同様の検討を別の都市の気象データを用いて実施したところ、表-1 のような結果となった。降雨時間に差はあるが、結果に大きな差がみられなかったことから、地域による見かけの相対湿度の差は小さいと考えられる。

5. 見かけの相対湿度の適用性の検証

名立大橋壁高欄部の収縮において、見かけの相対湿度として 85% を適用した結果が図-5 である。ひび割れから推定した収縮量と概ね一致した。実構造物の収縮において見かけの相対湿度を適用することで、予測の精度向上が期待できる。

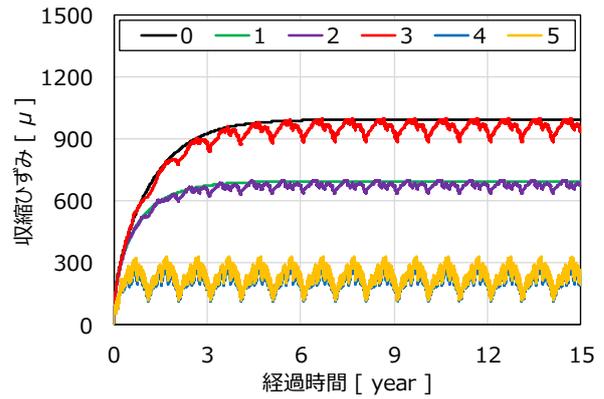


図-3 解析による各環境作用の影響の検討

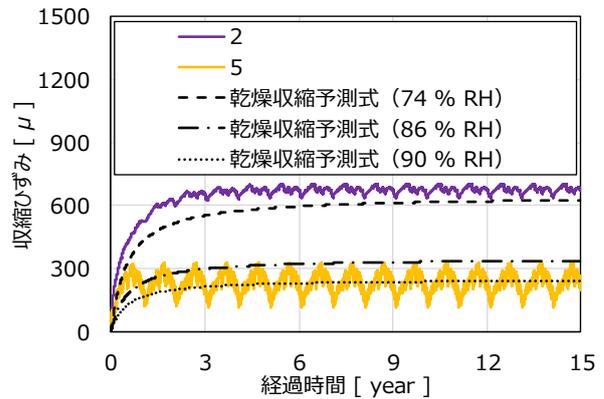


図-4 見かけの相対湿度 RH_{ap} の算出

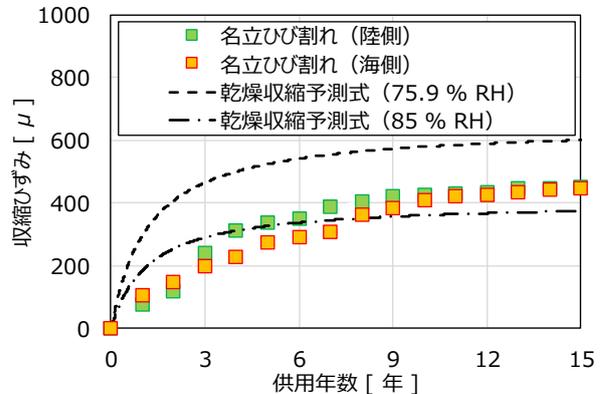


図-5 見かけの相対湿度 RH_{ap} による収縮予測

表-1 各都市の見かけの相対湿度 RH_{ap}

都市	年間降水時間 (2016) [hr]	平均相対湿度 (2016) RH _{ave} [%]	見かけの相対湿度 - 最大値 - RH _{ap} [%]	見かけの相対湿度 - 平均値 - RH _{ap} [%]
札幌	925	66.1	86	90
新潟	1017	74.0	85	91
東京	695	68.8	86	89
高松	546	68.5	83	86
那覇	809	74.1	85	88