

PRC 部材の時間依存挙動に対する部材内の相対湿度分布の影響評価

名古屋大学大学院 学生会員 ○渡邊 理智
 名古屋大学大学院 正会員 中村 光
 名古屋大学大学院 正会員 三浦 泰人

1. はじめに

近年、PC 長大橋において、たわみが設計で予測した値を上回って増大し続ける事例が報告されている¹⁾。この原因として、乾燥状態の違いによって生じる断面内のクリープ、収縮ひずみの差異が原因であることが明らかになっている²⁾。このようなことから、2012年版コンクリート標準示方書設計編³⁾では、PC 橋梁の長期たわみを断面内のコンクリートのクリープ、収縮ひずみの差によって生じる曲率を考慮して算定することになった。そのため、今後は部材内の材料としての時間依存挙動が異なることを考慮した構造物としての時間依存挙動を詳細に検討する必要がある。そこで本研究では、時間依存挙動としてのクリープ、乾燥収縮を考慮可能な3次元非線形有限要素解析と水分移動解析を統合した解析手法を用いて、相対湿度分布が PRC 部材のひび割れ進展挙動を含めた時間依存挙動に与える影響を解析的に検討した。

2. 解析概要

本研究では、手塚ら⁴⁾により行われた PRC はり供試体を対象として解析的評価を行った。供試体概要を図-1に示す。解析は、非定常の拡散方程式による水分移動解析と剛性方程式による構造解析を統合した3次元非線形有限要素プログラムを用いた⁵⁾。図-2に、解析モデルを示す。コンクリート要素はひび割れ進展の評価を精度よく行うため、要素寸法を小さくし、1辺20mm程度の直方体とした。また、鉄筋およびPC鋼材は離散鉄筋要素によりモデル化した。本プログラムの特徴は、離散鉄筋要素に付着モデルを考慮して、ひび割れ進展挙動を妥当に評価できることである。

表-1に解析に用いたコンクリートの材料特性を示す。解析において、クリープの影響は、水分移動解析により算出した相対湿度を用いて2007年版コンクリート標準示方書式⁶⁾に基づき、Step by step法によりクリープひずみを算出し、初期ひずみ問題として考慮した。また、収縮の影響は、水分移動解析により算出した相対湿度を用いて2007年版コンクリート標準示方書式に基づき収縮ひずみを算出し、初期ひずみ問題として考慮した。本解析においては、部材の初期相対湿度を64%、乾燥面の外気の相対湿度を32%とし、4ケースの乾燥状態を考えて相対湿度分布の影響を検討した。供試体の相対湿度を一様に64%に維持した場合、供試体の上面を乾燥面とし圧縮側の乾燥を考えた場合、供試体の下面を乾燥面とし引張側の乾燥を考えた場合、供試体の上下側面を乾燥面とした場合の4ケースである。水分移動解析に用いたパラメータは、初期水分伝導率 D_1 を50 mm²/day、水分伝導率 α を38 mm/dayとした。解析は、材齢9日で118.6kNのプレストレスを導入し、材齢17日で68kNの持続荷重を載荷して材齢1000日まで解析を行った。

表-1 コンクリートの材料特性

試験時期	プレストレス導入時 (材齢9日)	持続荷重 載荷時 (材齢17日)	標準養生 (材齢28日)
圧縮強度 (N/mm ²)	39.9	45.4	44.5
引張強度 (N/mm ²)	/		3.6
ヤング係数 (kN/mm ²)	30.1	32.7	36.8

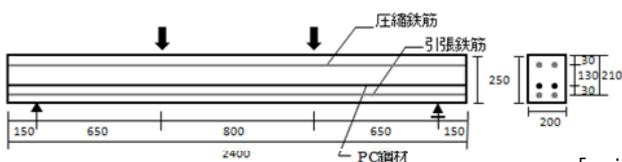


図-1 供試体概要

[unit:mm]

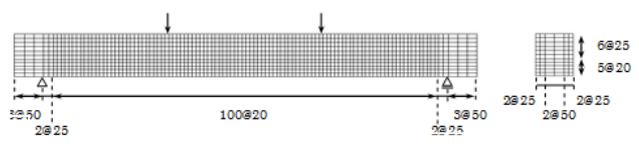


図-2 解析モデル概要

キーワード 乾燥収縮, クリープ, 相対湿度分布, PRC 部材

連絡先 〒464-0814 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻 材料形態学グループ Tel052-789-4484

3. 時間依存変形挙動への影響評価

図-3 に、供試体中央のたわみの経時変化を示す。相対湿度を一様に維持した場合と引張側の乾燥を考えた場合では、引張側の乾燥を考えた場合の方が若干たわみが大きくなったが同程度の値であった。一方、圧縮側を乾燥面とした2ケースにおいてたわみが大きな値となった。この2ケースを比較すると、側面も乾燥させた方がたわみが大きくなった。これは、側面も乾燥面としたことにより圧縮側の乾燥が側面近傍でより促進されたからであると考えられる。以上の結果から、PRC 部材では部材の時間依存変形挙動に対するクリープの影響が大きく、乾燥に伴い圧縮側のクリープひずみが大きくなることでたわみが増大したと考えられる。

4. ひび割れ進展挙動への影響評価

図-4 に 1000 日目における部材軸方向ひずみ分布図を示す。引張ひずみが大きくなっている位置がひび割れ位置に対応している。引張側を乾燥面とした 2 ケースにおいてひび割れ本数が増加する結果となった。図-5 に最大表面ひび割れ幅の経時変化を示す。乾燥面を考えた 3 ケース全てにおいて最大表面ひび割れ幅が増大しているが、乾燥状態による違いはそれほど見られなかった。これは、引張側を乾燥面とした 2 ケースではひび割れ本数が増加したために最大表面ひび割れ幅の増加が小さくなったためと考えられる。そこで、図-6 に表面ひび割れ幅の合算値の経時変化を示す。引張側を乾燥面とした 2 ケースにおいて表面ひび割れ幅の合算値が大きく増大する結果となった。以上の結果から、引張側の乾燥がひび割れ幅やひび割れ進展に大きく影響することが示された。

5. まとめ

本研究では、部材内の相対湿度分布によるクリープ、収縮の分布が PRC 部材の時間依存挙動やひび割れ性状に影響を与えることが解析的に示された。特に、圧縮部での乾燥はたわみを変化させ、引張部での乾燥はひび割れ幅およびひび割れ本数に大きく影響する結果となった。したがって、今後は部材の各部位ごとの相対湿度状態を考慮した検討を行うことが望ましいと考えられる。

参考文献

1) Watanabe, Y., Ohura, T., Nishio, H., Tezuka, M.: Practical prediction of creep, shrinkage and durability of concrete in Japan, Creep, shrinkage and Durability Mechanics of Concrete and Concrete Structure: Proceedings of the CONCREEP 8 Conference Held in Ise-Shima, Japan, 30 September - 2 October 2008, pp.595-600, CRC Press, 2008. 2) 千々和伸浩, 杉田恵, 石田哲也, 前川宏一: セメント硬化体中の微視的機構モデルに基づく実 PC 橋の長期時間依存変形シミュレーション, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp407-412, 2001. 3) 土木学会: 2012 年制定コンクリート標準示方書改訂資料, 2013. 4) 手塚正道, 佐藤良一, 山本浩嗣, 鳥取誠一: PRC 部材の長期変形・応力に関する研究, 土木学会論文集, No.613/V-42, pp43-57, 1999-02. 5) 上田尚史, 中村光, 国枝稔: 湿気状態の影響を考慮した PC 橋脚の ASR 膨張性状評価, プレストレストコンクリート工学会 第 21 回シンポジウム論文集, pp.69-74, 2012. 6) 土木学会: 2007 年度制定コンクリート標準示方書設計編, 2007.

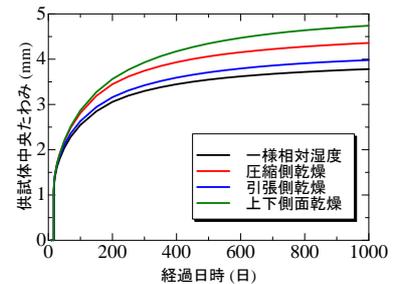


図-3 たわみの経時変化

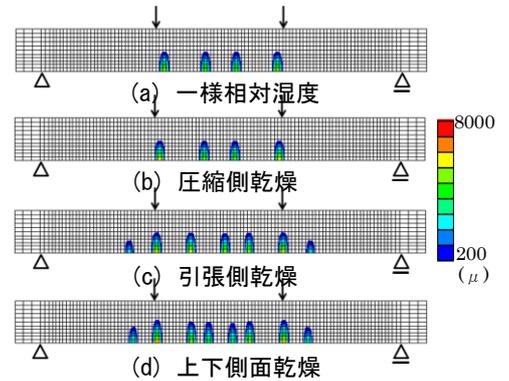


図-4 1000 日目のひずみ分布性状

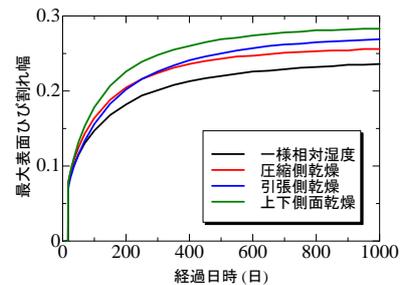


図-5 最大表面ひび割れ幅の経時変化

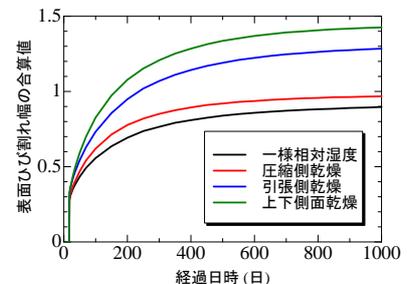


図-6 表面ひび割れ幅の合算値の経時変化