

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 学生会員 ○渡邊 理智
名古屋大学大学院 正会員 中村 光, 三浦 泰人

1. はじめに

2012 年版コンクリート標準示方書設計編¹⁾では、PC 橋梁の長期たわみを構造物の環境因子の影響による断面内のコンクリートの収縮、クリープ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。また、綾野ら²⁾は部材内の養生時の温度履歴により、部材内で乾燥収縮ひずみの最終値が異なることを明らかにしている。これらのことから、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と考えられる。そこで本研究では、PRC 部材の断面内において相対湿度の分布を与えることでクリープ、乾燥収縮の部材内の相異を考慮した 3 次元有限要素解析を行うことにより、ひび割れ幅の評価を含めた PRC 構造の時間依存挙動の解析的評価を検討した。

2. 解析概要

本研究では、手塚ら³⁾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。供試体の概要を図-1 に示す。解析は、8 節点アイソパラメトリック要素を用いた非線形 3 次元有限要素プログラムを用いた⁴⁾。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。クリープの影響は 2007 年版土木学会コンクリート標準示方書⁵⁾に示されているクリープひずみ式を用いて、主応力方向の応力増分に対し、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。一方、収縮の影響は、2007 年版土木学会コンクリート標準示方書式より収縮ひずみを算出し、初期ひずみ問題として考慮した。表-1 に、解析に用いた材料特性を示す。解析においては、相対湿度として 64%と 32%を想定し、表-2 に示す 3 ケースを考えて相対湿度分布の影響を検討した。CASE1 は供試体が一様に 64%の相対湿度を持つと仮定した場合、CASE2 は供試体の上半分の相対湿度を 32%とし、下半分の相対湿度を 64%として圧縮側となる上側の乾燥が大きくなると仮定した場合、CASE3 は上半分の相対湿度を 64%とし、下半分の相対湿度を 32%として引張側となる下側の乾燥が大きくなると仮定した場合である。2007 年版土木学会コンクリート標準示方書に基づき算定した相対湿度が 64%と 32%の時のクリープひずみおよび収縮ひずみは図-3 に示すようになった。解析条件は、材齢 9 日で 118.6kN のプレストレスを導入し、材齢 17 日で 68kN の持続荷重を载荷して材齢 1200 日まで解析を行った。

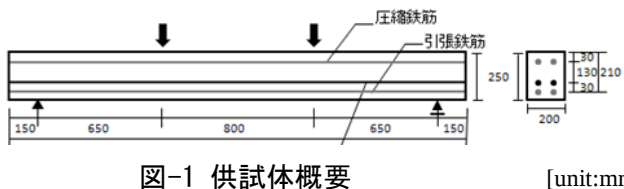


図-1 供試体概要

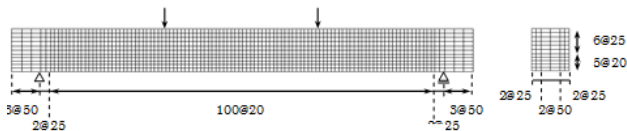


図-2 解析モデル概要

表-1 材料特性値

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	3.6
ヤング係数 (kN/mm ²)	30.1	32.7	36.8

表-2 相対湿度条件

	CASE 1	CASE 2	CASE 3
上部(圧縮側)	64%	32%	64%
下部(引張側)		64%	32%

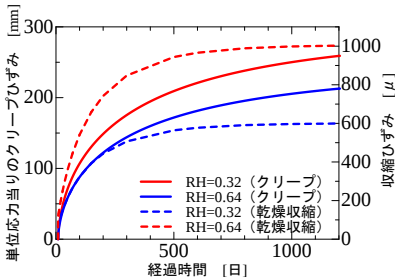


図-3 クリープ・収縮特性

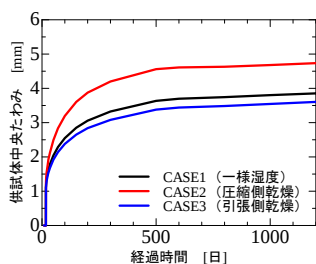


図-4 たわみの経時変化

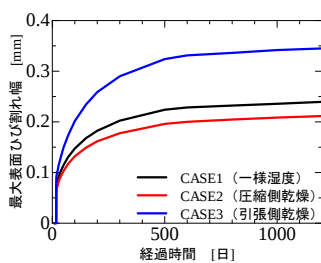


図-6 最大ひび割れ幅の経時変化

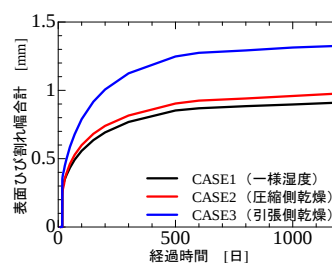


図-7 ひび割れ幅の合計の経時変化

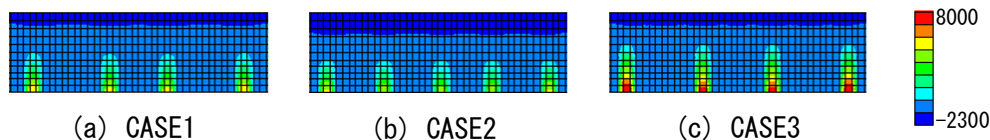


図-5 等曲げ区間のひずみ分布

3. 時間依存変形挙動の評価

図-4 に、等曲げ区間中央のたわみの経時変化を示す。相対湿度を一樣に与えた CASE1 と引張側の乾燥を考えた CASE3 は、引張側を乾燥した CASE3 の方が若干たわみが小さくなったが同程度の値であった。一方、圧縮側の乾燥を考えた CASE2 では、たわみが大きな値となった。これは、PRC 部材では部材の時間依存変形に対するクリープの影響が大きく、圧縮側を乾燥させた CASE2 では、乾燥に伴い圧縮側のクリープひずみが大きくなったためと考えられる。

4. ひび割れ進展挙動の評価

図-5 に、材齢 1200 日での等曲げ区間の部材軸方向ひずみ分布図を示す。ひずみ分布図で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。また、図-6 に等曲げ区間の最大表面ひび割れ幅の経時変化を、図-7 に等曲げ区間内に発生したひび割れの表面ひび割れ幅の合計の経時変化を示す。圧縮側の乾燥を考えた CASE2 では、ひび割れ本数が相対湿度を一樣に与えた CASE1 の 4 本よりも増えて 5 本のひび割れが発生したが、最大表面ひび割れや表面ひび割れ幅の合計は CASE1 と同程度の値となった。一方、引張側の乾燥を考えた CASE3 では、ひび割れ本数は CASE1 と同じ 4 本であったが、最大表面ひび割れ幅が大きくなり、表面ひび割れ幅の合計はかなり増大した。これは、引張側の乾燥を考えた CASE3 では、引張側の収縮ひずみに対する圧縮側からの拘束の影響が、ひび割れ幅を増大させるような乾燥条件となったためと考えられる。

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、収縮の差が 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に大きく影響する結果となった。今後は、精度の高い長期変形挙動の評価を行うために、対象構造物の施工時の温度履歴や施工後の水分移動による相対湿度分布を考慮した解析手法の構築を考えている。

参考文献

- 1) 土木学会：2012 年制定コンクリート標準示方書改訂資料，2013
- 2) 藤井隆史，長嶋聡，綾野克紀：養生時の温度がコンクリートの乾燥収縮ひずみに及ぼす影響，土木学会第 68 回年次学術講演会，V-607，2013-09
- 3) 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
- 4) 田辺忠顕：初期応力を考慮した RC 構造物の非線形解析法とプログラム，技報堂出版，2004
- 5) 土木学会：2007 年度制定コンクリート標準示方書設計編，2007