

降雨の影響を加味したコンクリートの劣化予測システムの構築

Development of analytical model containing effect of rain for predicting performance of concrete structure

プロジェクト代表者: 浅本 晋吾 (理工学研究科・助教)

英語表記 Shingo ASAMOTO (Graduate School of Science & Engineering, Assistant Professor)

1 はじめに

長期に渡って継続的に発生するコンクリートの収縮は、内外部拘束、鉄筋による拘束によってコンクリート表面にひび割れをもたらす。近年、コンクリートの想定外の大きな収縮によって多数のひび割れがもたらされた実例が報告されており¹⁾、新設建造物の長期耐久性、及び既設建造物の劣化を予測する上で、収縮の定量的な予測は極めて重要である。収縮特性は、配合、材料、部材の寸法によって変化し、周辺温湿度変化にも敏感であり、気温、湿度が季節によって複雑に変動する実環境下における収縮の経時的な予測は困難となっている。日射、降雨などの環境因子も収縮挙動に影響すると考えられ、個々の因子の影響量の把握が必要と言える。

以上のことから、本研究では、変動する気温・湿度、日射、雨天といった実環境作用がコンクリートの収縮挙動に与える影響量の把握、抽出を試みた。これらの実験結果をマルチスケール複合構成モデル^{2),3)}と比較し、実環境作用下におけるモデルの適用性、及び追加モデルの必要性について考察した。

2 実験概要および実験結果

本実験に用いたコンクリートは W/C=0.42 の普通コンクリートで、供試体寸法は 10×10×40cm の角柱供試体である。打設は9月下旬に行い、打設1日後に脱型、屋内で材齢7日まで湿潤養生を行った。その後、屋内、降雨・日射の影響をうける屋外の両環境に供試体を暴露し(写真-1)、経時的に収縮、質量変化を測定した。計測期間中の両乾燥環境を比較すると、平均温度は屋内の方が若干高く、平均湿度は屋内の方が低くなった。日射、降雨の実環境作用を除いた乾燥条件が等しいとは明言できないが、本検討では温湿度変動がさほど異なる条件での比較に留めることとした。

図-1 に質量減少の経時変化を示す。質量減少率は、供試体の質量減少量を乾燥前供試体質量で除した値である。供試体 IN は乾燥時間とともに質量は継続的に減少しているのに対し、屋外に曝した供試体 OUT は雨天の影響で変動が大きく、乾燥前に比べ質量が増加することもある。コンクリートへの雨水の浸透は、降雨量より降雨時間に依存することが知られている⁴⁾。本実験でも断続的に雨が降った乾燥30日から80日にかけて質量減少は緩慢となり、供試体内部に雨水が滲み込んだと言える。

図-2 に収縮の経時変化を示す。線膨張係数は実験で求めた 7.4μ とした。本実験では供試体内部温度を測定しておらず、単純に計測周辺温度を供試体温度として温度ひずみを求めた。屋内に暴露した供試体に比べ、降雨、日射、風のあ



写真-1 暴露状況

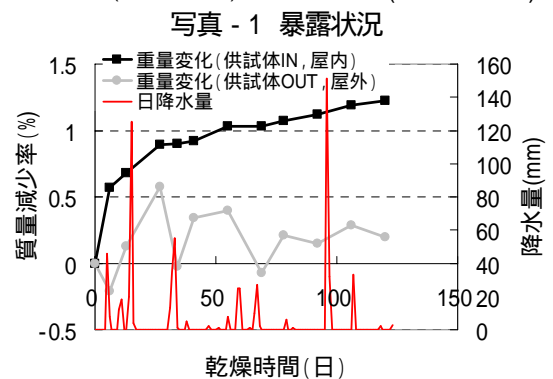


図-1 質量減少の経時変化

る屋外に曝した供試体の方が収縮ひずみは小さくなった。これは雨水がコンクリートの内部空隙に浸透することで、メニスカスが形成される空隙半径が大きくなり、収縮の主要因とされる毛細管張力が小さくなったためと考えられる。質量減少と同様に、雨が断続的に降った期間は収縮の進行が緩慢となっている。雨水は一度空隙内部に浸透すると外部へ逸散するまで時間がかかり、質量増加、収縮低下をもたらすと考えられ、実環境作用の中でも降雨の影響が大きいことが本実験より示唆された。

3 マルチスケール複合モデルによる検証

本解析モデルは、供試体寸法、配合、および各材齢における境界条件(温度、湿度)を入力することで、任意の材齢でコンクリートの体積変化を追跡することが可能である^{2),3)}。部材寸法、配合は実験条件に即したものを入力し、実環境条件は以下のように入力した。水和反応が活発である材齢7日までは一時間毎の気温変化を線形近似し、材齢7日以降は計算負荷を低減するため温度変化を日数単位で線形近似した。湿度に関しては、湿潤養生中は99.5%とし、乾燥後は湿度変動が大きいため単純に平均した値を入力した(供試体IN, OUT:54.5%, 67.2%)。

図-3に解析と実験結果の比較を示す。降雨の影響のない供試体INの質量減少、収縮ひずみの経時変化については、概ね良好に追跡できている。従って、変動する温度・湿度環境下でも、温度変化の線形近似、乾燥期間中の平均湿度を入力することで、水分、収縮挙動の予測が可能であるといえる。一方で、屋外の降雨の浸透に伴う質量増加、収縮低下は、線形近似した温度、平均湿度境界条件では再現できない。降雨のある実環境の収縮を予測するには、液体としての水が表面浸透する境界モデルが必要であると考えられる。

4 結論

本研究で得られた成果を以下にまとめる。本実験条件では、降雨による水分浸透の影響は大きく、降雨を受けない場合に比べ収縮量は小さくなった。マルチスケール複合構成モデルは、降雨の影響のない屋内の収縮挙動については精度よく追跡可能である。降雨に曝される環境では、平均湿度ではなく雨水浸透に伴う水分浸透境界モデルが必要であることがわかった。

参考文献

- 1) 土木学会コンクリート委員会垂井高架橋損傷対策特別委員会. 垂井高架橋損傷対策特別委員会中間報告書,土木学会, 2005
- 2) Maekawa, K. et al.: Multi-scale modeling of concrete performance -Integrated material and structural mechanics” Journal of Advanced Concrete Technology, Vol.1, No.2, pp.91-126, 2003
- 3) Asamoto, S. et al.: Time-Dependent Constitutive Model of Solidifying Concrete Based on Thermodynamic State of Moisture in Fine Pores, Journal of advanced concrete technology, Vol.4, No.2, pp.301-323, 2006
- 4) C. Andrade, J. et al.: Relative humidity in the interior of concrete exposed to natural and artificial weathering, Cement and Concrete Research, Vol.29, pp.1249-1259, 1999

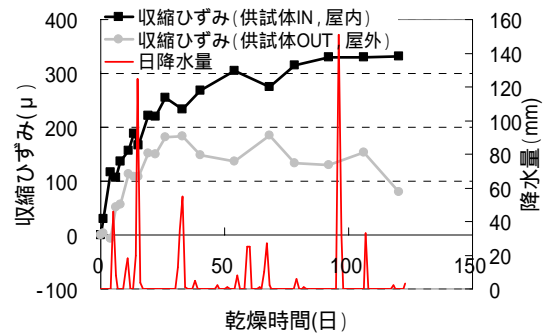


図-2 収縮ひずみの経時変化

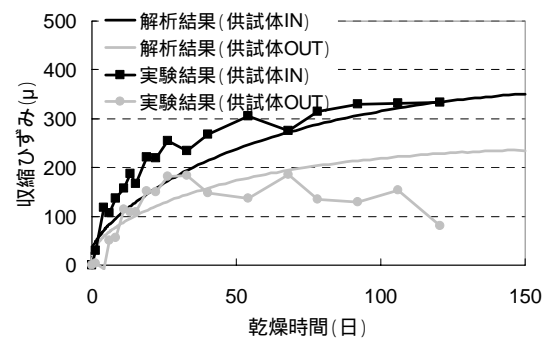
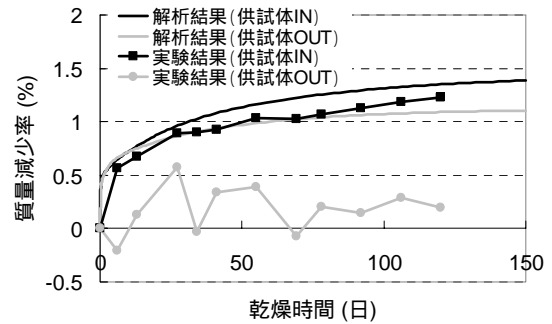


図-3 供試体INとOUTの質量減少率と収縮ひずみの解析結果