

暴露環境下におけるコンクリートのひずみ変化に関する基礎的検討

鹿島建設(株) 正会員 ○通山忠治 小嶋進太郎 平 陽兵 曾我部直樹

1. はじめに

コンクリートは乾燥収縮やクリープによってひずみが経時的に変化することから、RCやPCといったコンクリート部材の設計では、その影響を考慮する必要がある。そのため、コンクリート標準示方書¹⁾のほか各基準類では、様々な条件に基づいてその影響を考慮する方法が整備されている。特に、乾燥収縮については屋外における日射や降雨、湿度などの環境作用の影響が大きいことが知られている。しかしながら、その影響の定量的な評価についてはまだデータが少なく、更なる検討が必要である。本報では、筆者らが実施しているPC部材の暴露試験²⁾の一環として、円柱供試体の長期的なひずみ変化を計測し、既往の予測式と比較した結果について報告する。

2. 供試体の概要

暴露試験は、直径150mm、高さ300mmの円柱供試体を用いて行った。コンクリート標準示方書では、収縮の特性値は角柱供試体(100mm×100mm×400mm)を用いた試験に基づいて設定するとされているが、本検討ではクリープ試験を同時に実施するために円柱供試体を用いた。表-1に供試体作製に用いたコンクリートの配合、表-2に円柱供試体の諸元と試験条件、また、表-3に供試体の製作履歴と圧縮強度試験結果をそれぞれ示す。供試体はコンクリート打込み後、材齢6日で脱型して実験室内で暴露を開始し、材齢93日に屋外に移動して暴露試験(以降、屋外TP)に供した。また、同形状の供試体を材齢6日の脱型後に温度20℃、相対湿度60%の恒温室内に設置した(以降、室内TP)。供試体のひずみは、屋外TPでは埋込型ひずみ計を供試体内に埋め込み、室内TPは供試体の表面にひずみゲージを貼り付け、それぞれ1時間間隔で計測した。また、計測したひずみからコンクリートの線膨張係数を10μ/℃と仮定した温度ひずみを差し引き、収縮ひずみとした。

3. 計測結果

図-1に、室内TPと屋外TPのひずみの経時変化とその予測値を示す。なお、収縮ひずみを負の値として示している。ひずみの計測は計測準備の関係から、材齢27日(乾燥日数21日)から開始した。乾燥開始から屋外暴露を開始する乾燥日数93日(図中の黒破線)までは、室内TPと屋外TPともに同じひずみ変化であった。一方、屋外に暴露した後の屋外TPのひずみは膨張する傾向を示しており、その結果、室内TPよりも収縮ひずみが小さくなっている。暴露開始直後の急激な変化は、暴露翌日に1日の降水量が20mmを超える降雨があった影響と考えられ、その後も降雨と湿度の影響を受けたものと考えられる。また、年間を通じて夏期は膨張、冬期は収縮する傾向が確認できる。図-3に屋外TPの結果と気象庁から公表されている東京の年平均湿度の推移を示す。この図からも湿度の変化に連動してひずみ変動していることが確認できる。

次に、計測値と予測値との比較について述べる。予測値は、コンクリート部材の収縮ひずみの経時変化を求

表-1 コンクリートの配合

粗骨材の最大寸法(mm)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m ³)			
			水	セメント※	細骨材 S	粗骨材 G
20	44.5	42.9	172	387	745	1007

※普通ポルトランドセメント

表-2 円柱供試体の諸元と試験条件

名称	形状(cm)	本数(本)	存置環境
屋外TP	φ15×h30	3	室内TPと同時に作製6/3に室内から屋外へ
室内TP	φ15×h30	3	温度20℃、相対湿度60%

表-3 供試体の作製履歴と強度試験結果

日時	材齢	作製履歴	圧縮強度 N/mm ²	ヤング係数 kN/mm ²
2021/3/2	0	コンクリート打込み	—	—
2021/3/8	6	脱枠(乾燥開始)	—	—
2021/3/30	28	—	43.1	30.0
2021/6/3	93	屋外暴露開始	—	—

キーワード 暴露試験, 収縮ひずみ, 予測式

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

める次式より求めた。

$$\varepsilon'_{ds}(t, t_0) = \frac{\frac{1 - RH/100}{1 - 60/100} \cdot \varepsilon'_{sh,inf} \cdot (t - t_0)}{\left(\frac{d}{100}\right)^2 \cdot \beta + (t - t_0)}$$

ここに、 $\varepsilon'_{ds}(t, t_0)$ ：部材の乾燥収縮ひずみ、 t, t_0 ：コンクリートの材齢および乾燥開始材齢[day]、 RH ：構造物の置かれる環境の平均相対湿度[%]、 d ：有効部材厚[mm]、 $\varepsilon'_{sh,inf}$ ：乾燥収縮ひずみの最終値、 β ：乾燥収縮ひずみの経時変化を表す係数である。室内 TP の予測値の算定にあたり、 β はコンクリートの配合から、乾燥収縮ひずみの最終値は室内 TP の結果から求めた。

図-2 より、相対湿度が 60% で管理されている室内 TP については、計測期間全体を通して、計測値と予測値が一致していることが分かる。一方、屋外 TP は、屋外暴露開始直後の急激なひずみ変化と以後の降雨と湿度による影響のため、6/3 以降については予測値と大きな乖離が生じている。そこで、屋外暴露開始直後の計測値に予測値が合うように調整した上で、屋外暴露に合わせた相対湿度とし、屋外暴露開始後の屋外 TP のひずみ変化を推定することを試みた。

既往の研究では、日本のように高湿度環境下でのコンクリートの収縮を相対湿度が一定として予測するためには、平均湿度よりも高い湿度を考慮する必要があるという報告³⁾があり、平均湿度に係数を乗じた見かけの相対湿度が提案されている。そこで、図-3 に示す日平均相対湿度の平均値 70.8% から算出した見かけの相対湿度 79.0% を屋外 TP の予測に用いることとした。図-4 に屋外 TP の計測値と予測値の比較を示す。見かけの相対湿度を用いることで屋外暴露以降の計測値に近くなったが、収縮ひずみの上限値程度を示す結果であった。しかしながら、予測値は湿度環境が変化した暴露開始以降の計測値の全体の傾向を表せていると言え、一時的な大きな変化を適切に評価することで、より高精度に全体の挙動を評価できるものとする。

4. おわりに

屋外暴露下における長期的なコンクリートのひずみ変化を計測し、既往の方法による予測値との比較を行った。その結果、屋外に暴露した直後に急激な膨張ひずみが生じ、その変化を考慮したうえで適切に環境湿度を設定できれば、以降のひずみ変化を既往の予測式で評価できることが示唆された。本検討では、PC 梁部材を用いた暴露試験も継続しており、今後、プレストレスの影響を含めた部材レベルでの検証を行う予定である。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書【設計編】，pp107-110，pp332-334，pp412-418，2017。
- 2) 小嶋進太郎ほか：PC 部材への分布型光ファイバ計測手法の適用性に関する研究，第 31 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.333-338，2022。
- 3) 蓑輪圭祐ほか：屋外における環境作用がコンクリートの乾燥収縮に及ぼす影響に関する共通暴露試験と数値解析による検討，土木学会論文集 E2，Vol.77，No.4，134-149，2021。

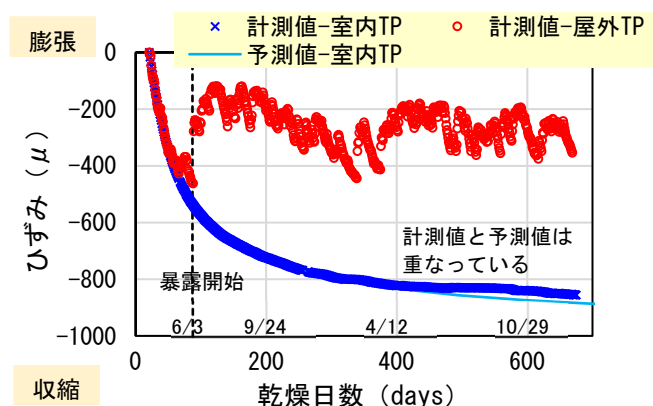


図-2 ひずみの経時変化

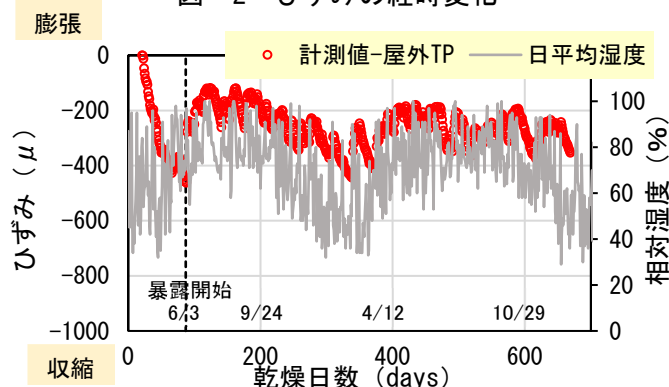


図-3 屋外 TP のひずみと相対湿度の経時変化

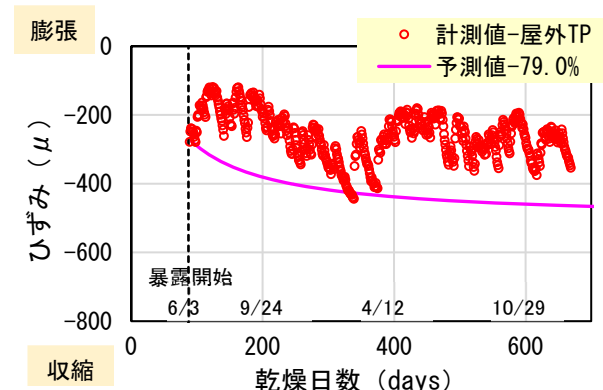


図-4 屋外 TP の計測値と予測値の比較