

# 高強度コンクリートの収縮予測に関する研究

大阪支店 PC 事業部 蔵本 修

## 1. はじめに

コンクリートの耐久性を論ずる場合、劣化原因としてまず挙げられるのがひびわれである。ただ、コンクリートのひびわれ発生が直接構造物の性能低下につながることは少なく、ひびわれから滲入する水分、塩分などによりコンクリート内の鋼材が腐食することで性能低下する場合がほとんどである。このようにコンクリートひびわれはその耐久性を低下させる主たる原因になるので、その発生のメカニズムを解明し、予測することはコンクリート構造物の耐久性向上のためには不可欠である。

ひびわれの発生原因は「構造」、「荷重」、「材料」、「施工」に起因するものに分類される。なかでも「材料」に起因するひびわれはコンクリートが金属や高分子材料のように均質なものでなく、自然の素材を組み合わせた複合材料であること、近年、コンクリートに要求される性能が高度化、多様化していることなどの理由から解明されていない知見が多く残されている。特に、コンクリートの高強度化はプレストレストコンクリート構造の設計上の自由度を拡大するだけでなく、環境問題に対しても使用材料の低減という見地からも注目されているが、このような高強度コンクリートを有効に活用するためには、解決しなければならない点も多い。

このような状況の中、本研究では、「材料」に起因するひびわれ発生原因としてコンクリートの乾燥収縮を取り上げ、その生成機構を解明するとともに定量的な乾燥収縮の予測手法、特に、高強度コンクリートの乾燥収縮を予測する手法を確立することを目的とする。

## 2. 研究の概要

コンクリートの乾燥収縮によるひびわれを予測する手法を図-1に示す。このように乾燥収縮ひびわれを予測する場合、任意場所、任意時間における乾燥収縮ひびわれを予測することが必要となる。一方、乾燥収縮ひびわれは普通コンクリートの場合、図-2に

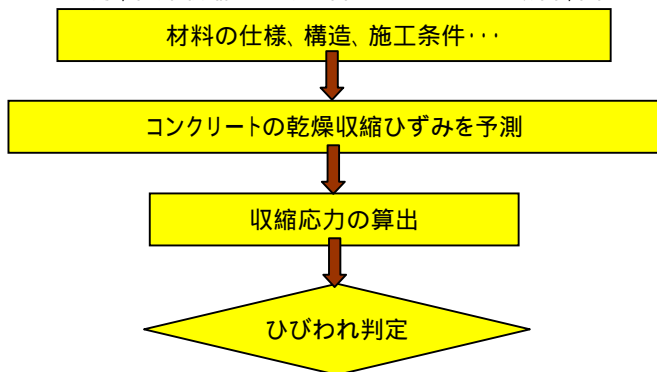


図-1 乾燥収縮ひびわれの予測手法

示すような手法によって予測できることが既往の研究により明らかになっている。

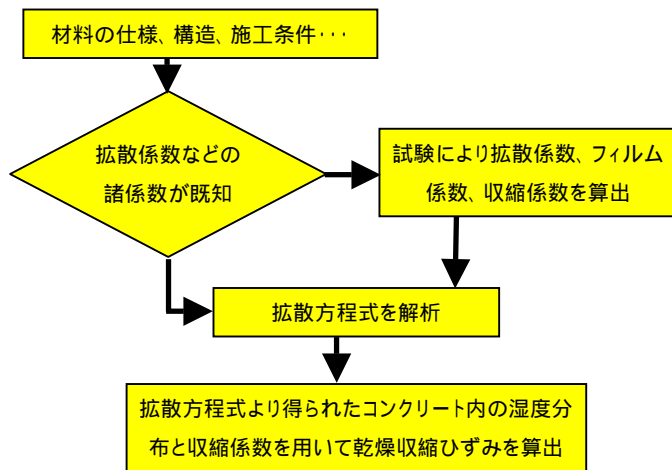


図-2 普通コンクリートの乾燥収縮ひびわれの予測手法

一方、高強度コンクリートのように自己収縮が無視できない場合、式(1)のように水和による水分損失Qを考慮する必要がある。

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D \frac{\partial \omega}{\partial x} \right) + Q \quad (1)$$

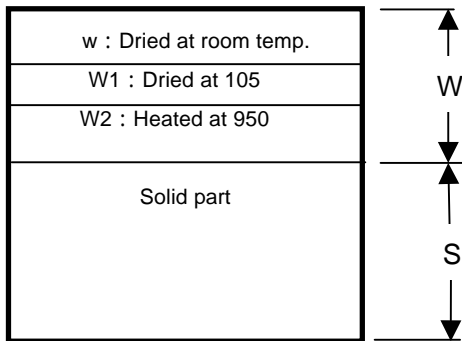
式(1)によって収縮ひびわれを予測する場合、水分減少量が乾燥によるものであっても水和によるものであっても水分減少量と収縮ひびわれが一義的に決まる。すなわち、乾燥による収縮係数と水和による収縮係数が同じ勾配であれば、解析された湿度分布を用いて収縮ひびわれを予測することができる。従来はこれらの関係が明らかになっていなかったため、便宜的に水和による水分減少量を時間の関数として解析してきた。もし、自己収縮ひびわれを時間の関数でなく、コンクリート内の水分の関数として表すことができれば、任意時間、任意場所における湿度分布を普通強度コンクリートと同じ手法(拡散係数、フィルム係数を用いて拡散方程式を解析、相対湿度と収縮係数により乾燥収縮ひびわれを算出)で解析した結果から自己収縮ひびわれと乾燥収縮ひびわれに区別することができる。

したがって、本研究では自己収縮ひびわれ、乾燥収縮ひびわれを結合水量で表すことを試み、その結果を用いて収縮ひびわれを予測した。

## 3. 研究の結果

図-3にコンクリート中の水分構成の概念を示す。また、図-4に封緘状態での結合水量の経時変化と乾燥状態での結合水量の経時変化を示す。充実が封緘状態、その他の記号は乾燥状態での結合水量を示す。この図から封緘状態での結合水量の経時変化は二つの直線で表すことができる。この変化点は結合水量がほぼ50%を超えたところから生じている。このことは結合水量が蒸発可能水量を超えると次第に結合水量の増加割合が減

少してくることと示す。また、乾燥状態での結合水量の増加率は乾燥開始材令によらず、ほぼ、封緘状態の後半の(材令が高い方)勾配と一致している。このことは乾燥状態における自己収縮ひずみはモルタルの配合が同じであれば、乾燥開始材令によらず結合水量の変化で表すことができることを示している。



W: 乾燥開始前の全水量  
 S: 固体部分 (950 時の残存質量)  
 w: 乾燥による逸散水量  
 W1: 蒸発可能水量 (105 時の損失水量)  
 W2: 結合水量 (950 時の損失水量)

図-3 コンクリート中の水分構成

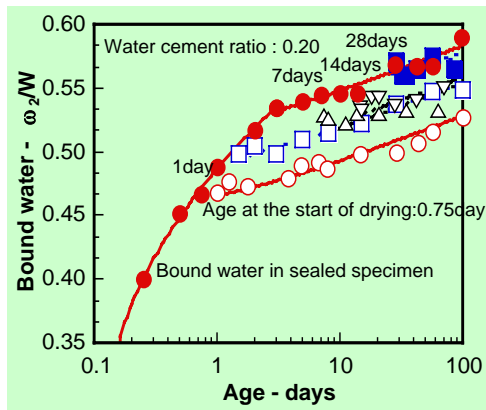


図-4 結合水と乾燥開始材令

図-5 は図-4 でモデル化した乾燥状態下における結合水量の経時変化を用いて自己収縮ひずみを表したものである。すなわち、時間による自己収縮ひずみ( )は封緘供試体によって得られた実験値をそのまま使用したものである。一方、結合水量から導き出した自己収縮ひずみ(中抜き記号)は封緘状態下で求められた自己収縮ひずみと結合水量の関係を用いて、乾燥下での結合水量(モデル化による値)から自己収縮ひずみを求めた。この図より封緘状態の自己収縮ひずみと乾燥状態での自己収縮ひずみはその大きさも、増加勾配も異なることが明らかになった。

一方、図-6 は乾燥下における自己収縮ひずみと乾燥収縮ひずみを水分変化で示したものである。この図より乾燥収縮と自己収縮では水分変化に伴う収縮ひずみ率(収縮係数)が異なることが明らかになった。

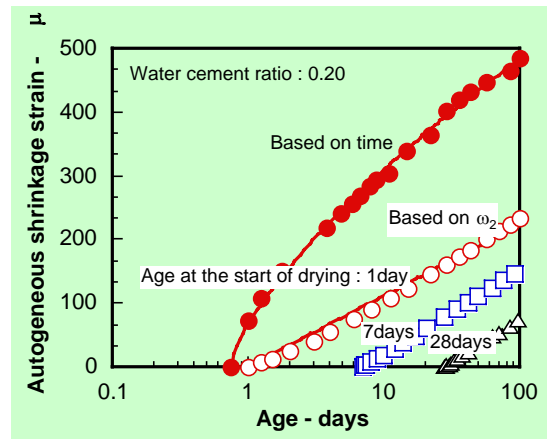


図-5 乾燥下と封緘下の自己収縮ひずみ

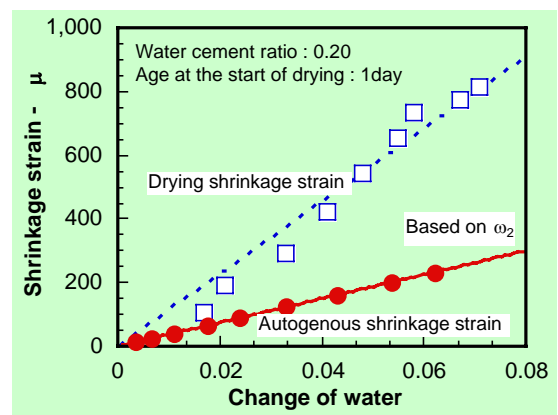


図-6 水分変化に伴う乾燥収縮と自己収縮(収縮係数)

#### 4. まとめ

上記の研究結果を用いて数値解析を行い、収縮ひずみを予測する手法として、乾燥開始材令により二つの異なる方法を提案した。これらの解析結果および予測手法については本論文を参照されたい。

本研究では高強度コンクリートの収縮ひずみ挙動を予測する際、自己収縮ひずみの取り扱いに関する方法をいくつか提案した。自己収縮ひずみは乾燥による影響を受けるため、封緘状態と乾燥状態ではその挙動が異なること。すなわち、高強度モルタルの収縮ひずみを予測する際、自己収縮ひずみを時間の関数としてではなく、結合水量の関数として解析する手法を提案したこと。その結果、乾燥開始材令の違いによって誤差はあるものの、ほぼ妥当性のあることが予測方法であることが立証された。

**Key words:** 高強度コンクリート, 乾燥収縮, 自己収縮, 拡散係数