

統計的方法による温度ひび割れ幅の計算式と温度ひび割れ制御法の提案

(株)エーバイシー	正会員	○植松 祐亮
(株)エーバイシー	正会員	本多 顕治郎
(株)C & R コンサルタント	フェロー会員	小野 定

1. はじめに

マスコンクリートの温度ひび割れは、構造物の耐久性や水密性に悪影響を及ぼすため、設計・施工段階における温度ひび割れ制御は重要な課題である。特に下水道施設は部材寸法が大きく、高い水密性が要求されることから、設計段階の温度ひび割れ制御を義務づけていることが多い。この場合の温度ひび割れ制御は、ひび割れ指数の目標値を定めて行われるが、対策工に多額の費用が計上されることも少なくない。筆者らは、設計段階における温度ひび割れ制御について検討する中で、ひび割れ指数とひび割れ幅の目標値をそれぞれ独立させて設定し、施工時の経済性と設計段階における利便性に着目した方法を提案している。

本報告ではこの制御法の概要を述べると共に、精度面や利便性の点で有意な、従来の統計的方法を修正した温度ひび割れ幅の計算式を紹介する。

2. 従来の温度ひび割れ対策の概要と問題点

マスコンクリートの温度ひび割れ対策としては、従来よりひび割れ誘発目地の設置、膨張材の使用、低発熱型セメントの使用などが実施されてきた。これらの制御の前提となる温度応力解析は、日本コンクリート工学協会(以下 JCI という)の CP(Compensation Plane)法によることが多い。ある地方公共団体の下水道施設においては、ひび割れ制御のためのひび割れ指数の目標値を 1.20 と設定している。ところが、もともと大断面の下水道施設に対して、ひび割れ指数のみに着目して検討を行うと、ひび割れ制御に複数の対策を組み合わせても目標値を満足出来ないことが多く、対策費用が高額になり経済性の点でも負担が大きくなることが指摘されている。また、温度ひび割れ対策としてひび割れ誘発目地を採用する事例があるが、高い水密性が要求される下水道施設への使用に慎重な意見も出ている。

3. 提案する温度ひび割れ制御法の概要

マスコンクリートの温度ひび割れ制御において、壁状層状打設の場合の温度応力が短時間で推定できる点で CP 法の果たす役割は大きい。また、現在の CP 法は層状打設の場合に精度の良い外部拘束係数が同定されており、簡便さの割に計算精度も高いと言える。この点で、筆者らが提案する温度ひび割れ制御法も、温度応力解析を CP 法に基づき実施することとしている。具体的には、図-1 の検討フローの中で、ひび割れ指数の目標値(1.20)とひび割れ幅の目標値(0.20mm)を独立させて設定し、ひび割れ指数が目標値を満足しない場合に、ひび割れ幅の計算を行う手順を提案するものである。

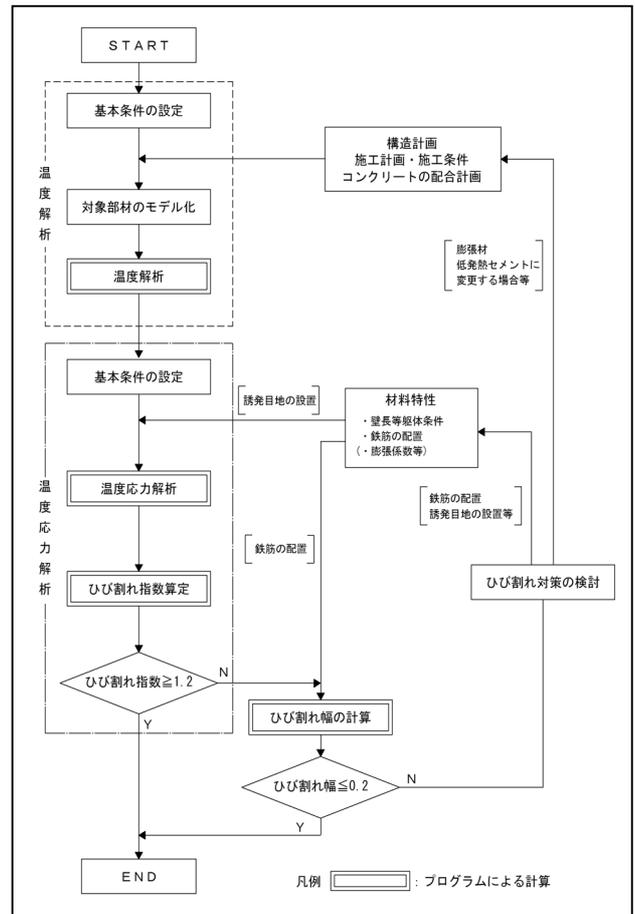


図-1 ひび割れ解析の検討フロー

キーワード マスコンクリート, 温度ひびわれ, ひび割れ指数, ひび割れ幅, CP法

連絡先 〒530-0043 大阪市北区天満 1-19-4 センチュリーパーク東天満ビル 6F (株)エーバイシー設計部 TEL06-6352-5663

4. 修正統計的方法による温度ひび割れ幅の計算式の提案

温度ひび割れ幅の計算式には、①ひび割れ指数の関数として定式化した JCI 「マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008」における(解 4.2.4)式、②小野¹⁾の統計的方法によるひび割れ幅の算定式、③3次元 FEM ひび割れ幅法などがある。この内、本提案では②の統計的方法による式を採用している。ここで、③3次元解析は解の信頼性は高いものの、時間的にも経済的にも負担が大きいといえる。また、筆者らは、ひび割れ指数はひび割れ発生と発生確率とを関連づけたもので、ひび割れの発生の状態(ひび割れ幅や本数)を関連づけたものではないと考え、①の JCI の式を採用していない。

以上から本提案では、この統計的方法による温度ひび割れ計算式に3次元 FEM ひび割れ法(JCMAC3: JCI マスコンクリートソフト作成委員会で作成されたソフト)の解析結果を関連づけ、修正統計的方法として式(1)を導き使用している。

次に、この修正統計的方法の有用性を確認するために実測値との比較を行った。この結果を表-1に示す。なお表-1には、図-2の JCMAC3 の結果も併記している。表-1において、修正統計的方法によるひび割れ幅と実測値のそれとの差は小さく、精度面での問題点は少ないものと判断している。

5. おわりに

温度ひび割れ制御において、経済性の点で有利な対策は、ひび割れ制御鉄筋の配置と考えられる。本提案は、CP法における温度応力解析に続き、修正統計的方法によるひび割れ幅の算定やひび割れ制御鉄筋量の検討が容易に行える利便性を有している。

今後、温度ひび割れ制御に取り組む中で、本提案の有用性を確認していきたい。

参考文献

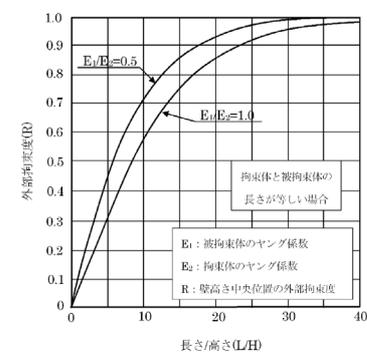
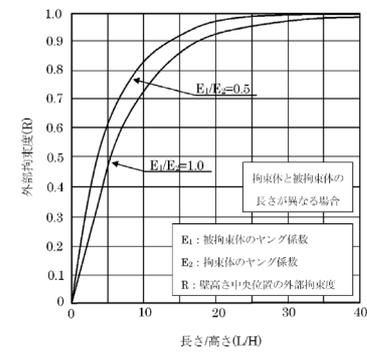
- 1)小野定: マスコンクリートの温度ひびわれ特性の数量化に関する検討, コンクリート構造物の体積変化によるひびわれ幅制御に関する JCI コロキウム論文集, 1990. 8

$$w_e = K \times L \times R \times MAC + 0.09 \dots\dots\dots \text{式(1)}$$

$$MAC = -5.62 \times 10^{-4} - 2.19 \times 10^{-5} x_1 - 5.48 \times 10^{-4} x_2 - 1.77 \times 10^{-2} x_3 - 2.44 \times 10^{-2} x_4 + 1.54 \times 10^{-3} x_5 + 7.00 \times 10^{-5} x_6 + 8.13 \times 10^{-3} x_7 - 3.71 \times 10^{-3} x_8 - 6.21 \times 10^{-3} x_9 + 3.31 \times 10^{-4} x_{10} - 3.18 \times 10^{-3} x_{11} \dots\dots\dots \text{式(2)}$$

ここに

- K: 定数(0.92)
- L: 長辺長(m)
- R: 外部拘束度(右の外部拘束度算定図による)
- x_1 : 長辺長 L(m)
- x_2 : 短辺長 H(m)
- x_3 : 外部拘束度 R
- x_4 : 鉄筋比 p(%)
- x_5 : スランプ(cm)
- x_6 : 単位セメント量 C(kg/m³)
- x_7 : 打設時期 1: 夏, 0: 夏以外, 夏は 6, 7, 8 月
- x_8 : 打設時期 1: 秋, 0: 秋以外, 秋は 9, 10, 11 月
- x_9 : 打設時期 1: 冬, 0: 冬以外, 冬は 12, 1, 2 月
春は 3, 4, 5 月
- x_{10} : 温度降下量(°C)
- x_{11} : 壁厚(リフト高)(m)

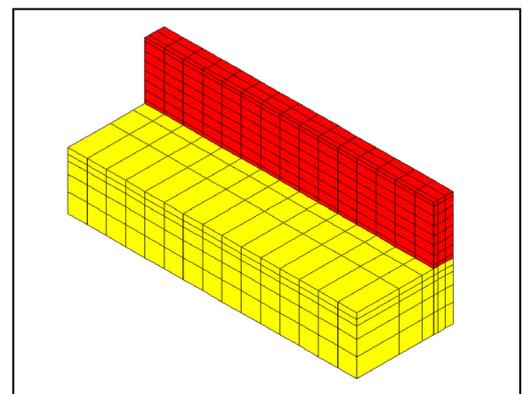


図-2 JCMAC3 による解析モデル

表-1 ひび割れ幅の比較

項目	ひび割れ幅(mm)
1.実測値	0.53
2.JCMAC3	0.59
3.修正統計的方法	0.51