

V-421 離散型ひび割れモデルを用いた温度ひび割れ解析手法に関する研究

岐阜大学大学院 学生会員 児嶋 保明
 中部電力 正会員 鈴木 唯士
 岐阜大学工学部 正会員 森本 博昭 小柳 治

1. まえがき

離散型ひび割れモデルは、隣接する要素間の結合を切り放すことによってひび割れを直接表現する。しかし、このモデルではひび割れ発生にともない要素の再分割処理を行う必要がある。簡便な処理法としてひび割れ位置と進行方向をあらかじめ予測して、ひび割れ位置に二重節点構造を導入する方法がある。しかし、この方法では、ひび割れ位置を限定しなければならないという制約があり、ひび割れの発生およびひび割れ間隔などについては十分な検討を行うことが困難となる。

そこで、本研究では、ひび割れ発生位置を判定し、ひび割れの発生にともなう簡便な要素の自動再分割処理を組み込むことにより、ひび割れ幅に加えて、ひび割れの発生およびひび割れ間隔についても定量的な解析のできる実用的なひび割れ解析手法の開発を目的とする。

2. 要素の再分割処理を取り入れた離散型ひび割れモデルを用いた解析手法

本研究ではコンクリート応力が引張強度を上回ったとき、その位置に二重節点を設けてひび割れを表現する手法を採用している。しかし、この方法により、

ひび割れの発生および進展の解析を進めていくとひび割れが1時期に集中して発生する場合、ひび割れ発生→応力再分配→応力集中→ひび割れ発生というループを繰り返すうちにコンクリート応力およびひび割れ幅等の計算結果が発散し、解が得られなくなった。

本研究では、この問題点を解決するにあたり、より簡略化したひび割れ発生基準を適用し、解が得られるようひび割れの発生に制約条件を設けた。

2.1 ひび割れ発生基準

一般に壁に発生する温度応力は壁中段付近で最大になる。また、温度上昇期に壁体が反ることにより壁上段からひび割れが発生することも考えられる。そこで、本研究では壁上段と中段のコンクリート要素を対象として、最大主応力がコンクリートの引張強度を上回ったとき、壁全高に二重節点を設けてひび割れを発生させる。そして、ひび割れ発生直後の応力がひび割れ発生直前の応力より低下する応力開放領域にはそれ以後ひび割れが発生しないものとした。以上のひび割れ発生に伴う処理の過程を図-1に示す。

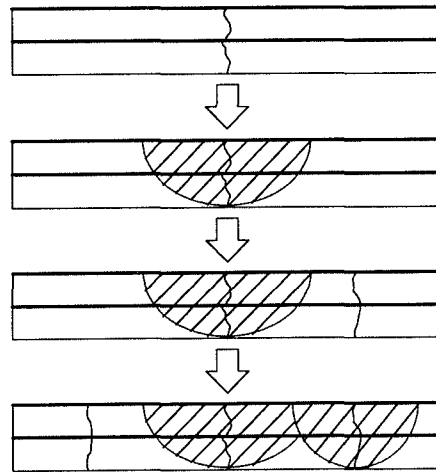


図-1 ひび割れ発生の過程

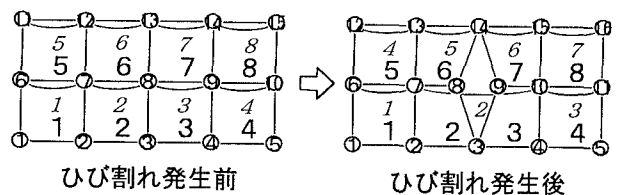


図-2 要素の再分割処理

2.2 要素の自動再分割処理

図-2は例えば、節点⑧にひび割れが発生した場合の要素の再分割処理を示したものである。離散型

ひび割れモデルを用いた場合の難点の一つである要素の再分割処理については、本研究ではこの処理を自動的に行う簡便なアルゴリズムを考えた。本手法の要素の再分割処理には二重節点にともなう節点のずれの処理、要素の構成節点の補正、鉄筋の構成節点の補正、鉄筋の温度データの補正、鉄筋応力の補正の5つの処理から構成される。

3. 解析概要

本研究の解析対象構造物は幅(B)×高さ(H)×長さ(L)=5.0×1.5×15.3mのコンクリート基礎上に構築された壁状構造物(軸方向鉄筋比0.2%)である。使用セメントは普通ポルトランドセメントで単位セメント量320kg/m³、水セメント比50%の配合である。コンクリートの打ち込み温度は15℃である。供試体の圧縮強度発現式および弾性係数発現式については、実測値をもとに曲線近似して評価式を得た。引張強度については圧縮強度から土木学会式を用いて推定した。また、クリープなどの影響は弾性係数に低減率を乗じた有効弾性係数により考慮した。ひび割れ解析を行うにあたり二次元非定常熱伝導解析を行った結果、本解析における壁中心のコンクリート温度は打設後約2日で最大温度46.1℃を示した。

なお、ひび割れ解析モデルにおける付着モデルの特性値である付着喪失等価領域 l_s は従来の研究結果より $l_s = 15\text{cm}$ とした。

4. 解析結果

実測、解析ともに壁中央断面に1本ひび割れが発生する結果となり、本解析手法はこの壁については実際のひび割れパターンを再現している。

図-3は、ひび割れ幅の解析値と実測値とを比較したものである。実測によると、ひび割れは材齢7日に発生している。発生直後のひび割れ幅は0.37mmでその後若干増大する傾向を示す。一方、解析では材齢6日に発生し、ひび割れ幅は0.33mmでその後やや減少する傾向にあるが全般的に両者の対応は良好である。

図-4に壁中段での鉄筋応力を示す。実測値および解析値ともにひび割れの発生にともない大きくなる。解析では材齢の進行にともない若干減少するが、実測値と解析値の対応は良好である。コンクリート応力は材齢初期に発生する圧縮応力については解析値は実測値よりかなり大きい引張応力についてはほぼ合致する結果となった。

5. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- ① ひび割れの発生にともなう要素の自動再分割処理を組み込むことにより、ひび割れ発生の判定、要素再分割およびひび割れ幅の算定など一連のひび割れ解析処理の簡便化を図ることができた。
- ② 本解析手法では、安定した解析結果を得るために応力開放領域の概念を導入するなど、ひび割れ発生に若干の制約条件を設ける必要があった。
- ③ 本手法によって解析した結果、ひび割れ発生位置および本数についてはほぼ実際の現象を再現することができた。
- ④ ひび割れ幅、鉄筋応力およびコンクリート応力については実測値に比べてやや小さな値となるが、全般的には、ほぼ妥当な結果を得た。

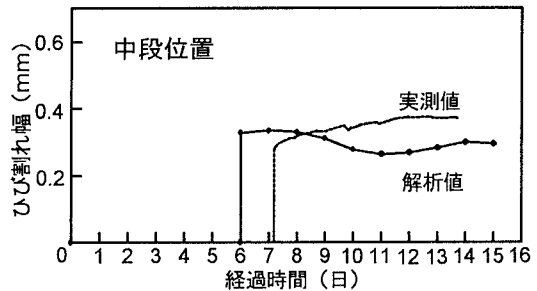


図-3 ひび割れ幅の経時変化

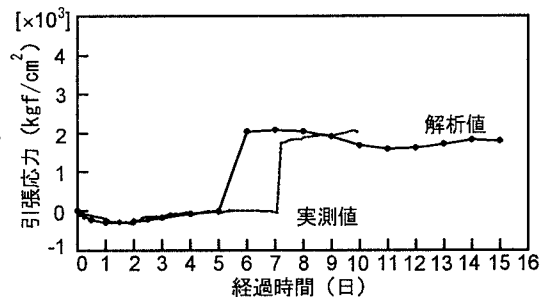


図-4 鉄筋応力の経時変化