

## V-141

## 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 音部 広樹

岐阜大学工学部 正会員 森本 博昭 小柳 治

## 1. 研究目的

離散型ひび割れモデルは、隣接する要素間の結合を切り離すことにより、ひび割れを表現する。このため、ひび割れの発生にともない有限要素の再分割処理が必要となる。またひび割れが多数発生すると解の安定性が低下する場合もある。本研究では、FEMを用いた一連の解析処理の中に有限要素の再分割処理を組み込むとともに、複数のひび割れが発生する場合にも安定した解が得られるような実用的解析手法の検討を行った。

## 2. 解析手法

解析が進行していく過程において同時に多数のひび割れが近接して発生する場合はしばしば生じる。このような状態に陥ると多くの場合解析が不安定な状態に陥り、結果的に意味のある解析結果が得られなくなる。

そこで本研究では、まずひび割れ発生についての制約条件を仮定することにした。そして以下に述べるような①ひび割れ結合ばね要素剛性の段階的低減手法、および②ひび割れ節点の固定と解除を行う方法、について検討した。

## 2.1 ひび割れ発生の制約条件

ひび割れ発生によってひび割れ発生直後の応力が直前の応力より低下する領域（応力解放領域）にはひび割れが発生しないものとする制約条件を設けた。

## 2.2 ばね要素剛性の段階的低減手法

ひび割れを挟む二つの節点間にばね要素を導入する。図-1 にばね要素を組み込んだひび割れ解析モデルを示す。ひび割れが発生すると同時に二重節点の状態が急変し、ひび割れ周辺の応力バランスが崩れ、要素応力や節点変位の計算結果の発散につながる可能性がある。ひび割れ節点間のばね剛性を段階的に低減させることにより、徐々に状態を変化させ、ひび割れ幅等の計算結果の発散を防ぐことが期待できる。

## 2.3 ひび割れ節点の固定と解除を行う手法

一時期に集中して複数のひび割れが発生する場合、応力再配分計算を何度も繰り返すことにより、計算誤差が累積され計算結果が発散する危険性が高くなる。そこで本研究では、初段のひび割れが発生した後にさらなるひび割れが他の箇所が発生する場合、初段のひび割れ幅の固定を行った後、新たなひび割れ発生にともなう計算処理を行う。同様のことをひび割れが発生しなくなるまで行い、ひび割れ発生が終了し次第、固定しておいたひび

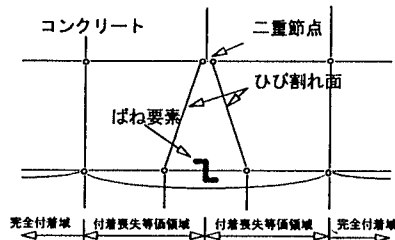


図-1 鉄筋コンクリートひび割れ解析モデル

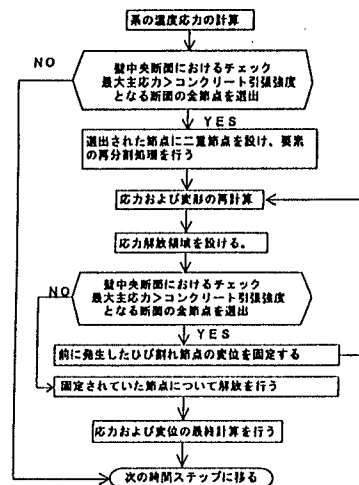


図-2 要素節点変位の一時的固定および解除の手順

キーワード 離散型ひび割れモデル、温度応力、ひび割れ幅

〒501-11 岐阜県岐阜市柳戸1-1

TEL 058-293-2471

割れ幅（節点）の解除を行い最終的なつり合い状態を求める手法を検討する。本解析手法の流れを図-2に示す。

### 3. 解析概要

各手法の適用性を検討するための解析の対象とした構造物は、図-3に示す基礎スラブ上に構築された壁状構造物（軸方向鉄筋比0.2%）である。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  $l_a$  は従来の研究結果より  $l_a = 15\text{cm}$  とした。解析は2次元モデルで行った。

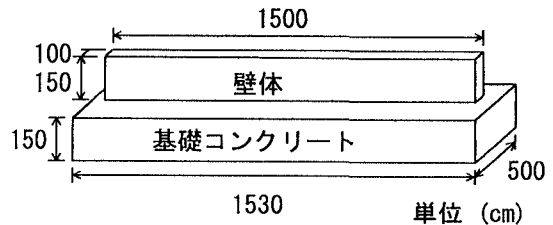


図-3 解析対象構造物

### 4. 解析結果

#### 4. 1 ばね要素剛性の段階的低減手法による結果

発生直後のひび割れ幅は中段で0.22mm、上段で0.27mm程度であった。しかし材齢の進行にともない徐々に減少し、材齢14日では壁中心の下段から中段にかけての広い領域においてひび割れ幅の解が負となった。ひび割れ幅が負になるということは、ひび割れが閉じることと解釈できる。しかし過去の実測例などからみて壁中段までひび割れが閉じてしまう可能性は小さく実状と合致しない解析結果が得られたものと考えられる。

#### 4. 2 要素節点変位の一時的固定および解除を用いた手法

発生直後のひび割れ幅は中段で0.22mm、上段で0.26mm程度であった。その後材齢の進展にともない増大する傾向を示す。材齢14日でのひび割れ幅は中段で0.48mm、上段で0.73mmとなった。全体的に繰り返し計算各段階における解の挙動は安定している。図-4にひび割れ発生後の壁体とスラブの変形体を示す。図から構造物全体の変形挙動に関しても妥当な結果が得られた。壁中心底面においてひび割れ幅が負となったが、計算誤差のほかにひび割れ発生後の変形によりひび割れ面が再び接触した可能性も考えられる。また、ひび割れ幅計算値が負になった部分は実際においてもひび割れ幅がかなり小さくなる壁底部の近傍であるため、本手法の適用性には大きな問題とはならないと考えられる。

### 4. 結論

本研究で得られた結論を以下にまとめる。

- ①ひび割れ発生にともなうひび割れ節点の固定および解除の処理を行うことにより、ひび割れ幅計算値の安定性にある程度の効果が得られた。さらに、ひび割れパターンおよび構造物の変形状態についても妥当な結果が得られた。
- ②壁中心底面においてひび割れ幅計算値が負になったが、これに関しては要素の接触も考えられるため、再接触後の応力の伝達や計算方法について今後検討が必要である。
- ③ひび割れ発生にともないひび割れ面にばね要素を導入し、そのばね剛性を徐々に低減させる手法は本研究の範囲内では解の安定性に明確な効果を示さなかった。

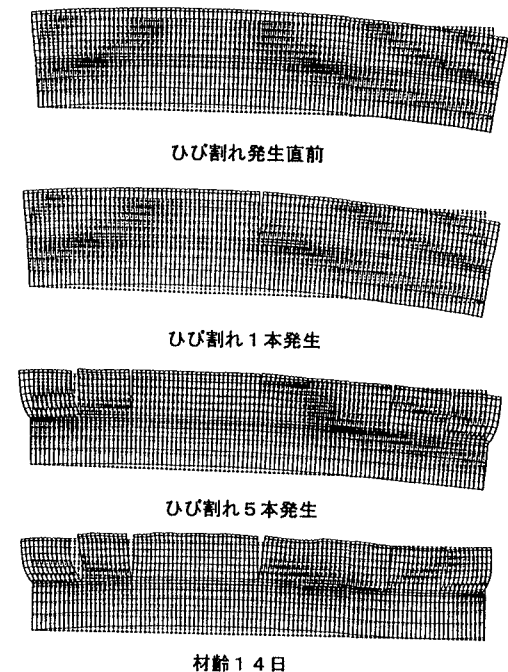


図-4 ひび割れ発生後の壁体およびスラブの変形図