

複合構造体での3次元き裂進展挙動の数値実験

岡山大学大学院 学生員 ○末次 剛
五洋建設(株) 門田 顕
岡山大学工学部 正会員 谷口 健男

1、まえがき 計算機及びソフトウェアの発達により、3次元体のき裂伝播解析も可能となりつつある。本研究では、3次元土木構造物内に発生したき裂進展の数値シミュレーションを試みる。対象としては、近年注目をあびているファイバーコンクリートを取り上げる。ファイバーコンクリートは、コンクリート中に小さな鋼繊維(RCファイバー)を混入させたものであり、一種の複合構造体と考えられ、ファイバー及びその近傍でのき裂進展が問題となる。解析には3次元のモデルを作成して、内部き裂の進展挙動を探るとともに、2次元モデルによるき裂の進展挙動との比較を行う。なお、き裂は最大主応力の最大の位置から発生するものとし、き裂の進展は最大主応力面に垂直方向に進むと仮定する。なお、コンクリートについては、その材料は等方・均質性であるとしている。

2、解析の対象とするモデルの設定 解析の対象となる構造物が、RCファイバーとコンクリートとの境界面で両材料の付着力の低下により、剝離を起こしている状態であることを仮定して解析モデルを設定する。なお、対象となる構造物が対称形であることから、2次元モデル、3次元モデルにおいてそれぞれ1/4モデル、1/8モデルを設定する。(図1、図2)

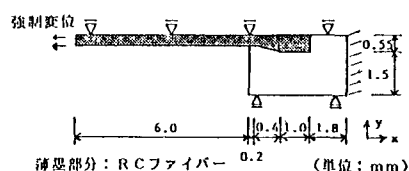


図1 2次元モデル

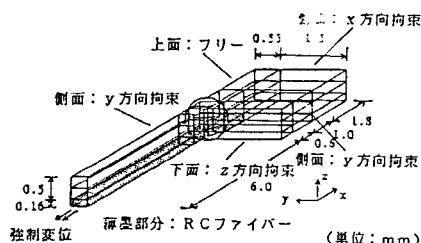


図2 3次元モデル

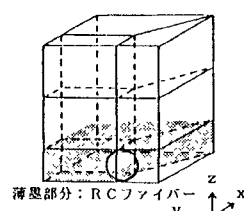


図5 3次元モデルでのき裂進展領域図

3、2次元モデルによるき裂進展挙動

RCファイバーとコンクリートの剝離先端部で、最大引張応力が発生するため、さらにき裂はこの先端部からRCファイバーに沿って、この形状変化がある位置まで進展することが考えられる。(図3参照)その後、図4に示すようにき裂はこの位置からコンクリート側に進展し、再びRCファイバーに沿って進展することが数値的に得られた。



図3 2次元モデルでのき裂進展領域図

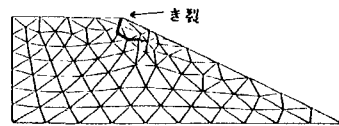


図4 2次元モデルにおけるき裂進展経路図

4、3次元モデルによるき裂進展解析結果及び考察 剝離先端部のRCファイバーとコンクリートとの境界面付近(図5の円で囲まれた部分)で著しく応力集中が発生したため、RCファイバーとコンクリートの境界面(x-z面)にき裂が進展するものと推測される。(図6) STEP1-2-3の段階において、き裂開口付近で最大引張応力が発生したため、き裂は前進せず上方(z軸方向)に向けて進展するものと考えられる。この進展によって、き裂開口付近の応力は比較的安定するが、き裂最先端近傍の応力が著しく増加したため、き裂はRCファイバーに沿って再度前進していく。(STEP 4,5,6) この段階でき裂最先端は、RCファイバーの形状変化部分まで達したが、この形状変化の影響を受けてき裂最先端のRCファイバーに隣接する要素の

応力の増加が認められた。このため、き裂はさらにRCファイバーに沿って進展すると考えられる。(STEP 7,8) この段階で、き裂最先端近傍の応力はある程度安定する傾向になるが、き裂開口付近の比較的安定していた応力が徐々に増加していく傾向になりSTEP10に示すように $y-z$ 面内において分岐き裂が発生した。この段階で、RCファイバーが引張られることにより、RCファイバーからコンクリートに伝達される力が第2層目のコンクリート領域で受け持つことが出来ず第3層目に伝達されることによって、この領域に応力集中が起こり、さらに上方に向けて進展すると考えられる。(STEP 11,12) この進展により上方に向けて進展したき裂は表面まで達したため、第2層目のき裂先端近傍で著しく応力の増加が認められた。以上の結果をまとめると次のようになる。・RCファイバーとコンクリートの境界面でき裂が前進するとともに z 軸方向にもき裂が進展していき、き裂面がくさび形の様相をなしてその後もRCファイバーの形状に沿って進展する。・き裂がある程度進展した後、分岐き裂が発生する。なお、この解析では $x-y$ 面内でのRCファイバーとコンクリートの剝離は発生しない。

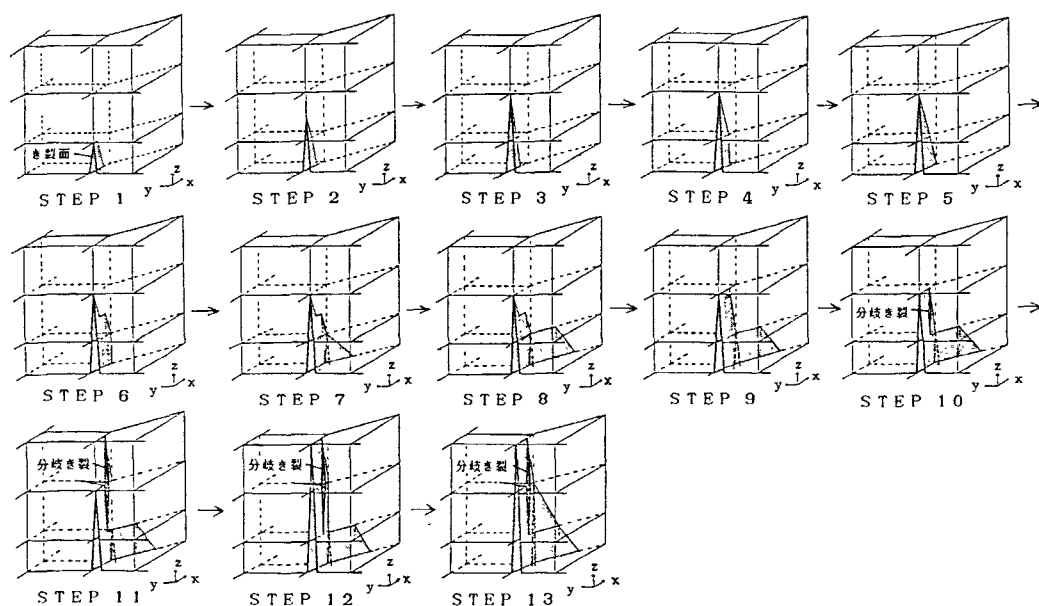


図6 3次元モデルにおけるき裂進展経路図

5、2次元モデルと3次元モデルによるき裂進展挙動の比較 ・RCファイバーとコンクリートの境界に発生したき裂の進展挙動は、両解析ともに同様の経路で進展した。

・3次元解析において z 軸方向にもき裂が進展し、この影響がき裂全体の挙動を大きく支配していること、また分岐き裂が発生すること等が、2次元解析と大きな違いである。

6、あとがき 以上の結果から、き裂が更に成長することにより、RCファイバーがコンクリートから引き抜かれる可能性がある。また、今回の解析ではRCファイバーとコンクリートの境界で既に剝離を起こしている状態を仮定したが、今後の解析に於て両材料間の付着力を考慮した解析が望まれる。