

曲げ疲労試験を用いた架橋応力劣化則の逆解析推定に関する基礎的研究

○東京大学 学生員 中村 佳照
東京大学 正 員 松本 高志

1. はじめに

これからの新設構造物には以前よりも優れた耐久性能の材料の使用が求められており、その一つに短繊維補強コンクリート(FRC)がある。FRC はひび割れ面においてランダムに配置された短繊維が架橋応力を発現し、ひび割れの進展を抑制する特徴をもつ。この架橋応力は繰返し載荷により疲労劣化するが、劣化則を知ることにより、材料の疲労寿命予測や疲労強度を知ることができる。現状では架橋応力の劣化は直接一軸引張試験によって求めることが出来るが、高精度の変位制御装置が必要とされる。そこで本研究ではひび割れにおいて発現される架橋応力を三点曲げ疲労試験の結果を用いて逆解析推定する手法を提案することを目的とした。

本手法では、一定荷重振幅による三点疲労繰返し載荷の条件にある梁を対象とし、ひび割れ部分はインターフェイス要素によりモデル化する。ひび割れ部分を複数の要素に分割し、各要素に載荷経験数に相当する架橋応力の劣化を考慮し、ひび割れ開口端での架橋応力の劣化率を推定する。最終的には、ひび割れが経験する載荷回数と架橋応力の劣化率との関係を求め、架橋応力の劣化を逆解析推定した。

2. 架橋応力劣化則の逆解析推定モデルについて

本研究で用いた逆解析プログラムは、開口部での架橋応力の劣化を推定し、ひび割れの進展に応じてその推定を繰り返すことにより、ひび割れ全体の架橋応力の疲労劣化を求めるものである。有限要素解析において、ひび割れ部分をインターフェイス要素によってモデル化し、ひび割れの進展に合わせて架橋応力の劣化を設定し、開口部での劣化を推測することを繰返し行うことにより、順次、載荷回数と劣化率との関係を求めていく。求めた劣化率の精度の検証は、有限要素解析で行った順解析の結果によるひび割れ長さとひび割れ開口幅のデータを、逆解析によって推定したひび割れ長さとひび割れ開口幅のデータとの比較によって確かめることを行った。

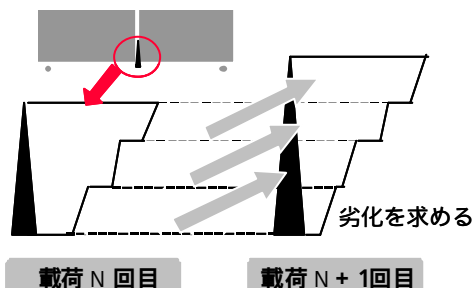


図 1 ひび割れ部分での逆解析モデル

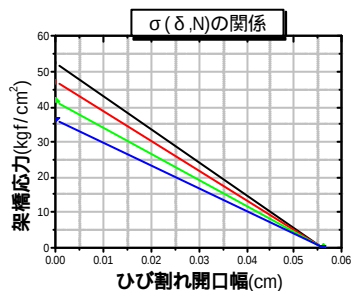


図 2 疲労による架橋応力の劣化の様子

3. 順解析結果と逆解析推定結果について

図-3 は順解析結果を表しており、ひび割れ進展には 1 - ひび割れ進展初期部分・2 - ひび割れ進展中期部分・3 - 定常ひび割れ部分の 3 つの段階が見られる。これらの段階を考慮した上で、逆解析を行う。

まずは 1 のひび割れ進展初期部分についての逆解析では、構築した逆解析モデルを用いることにより、ひび割れ進展にともなう劣化率を逆解析することが出来た。(図-4)

次に 2 のひび割れ進展中期での解析を考える。ここからは解析での 1 ステップが 1000 回～10 万回の載荷回数に相当するため、載荷回数間隔による影響を考慮する必要がある。ここで使う逆解析モデルでは一つ前

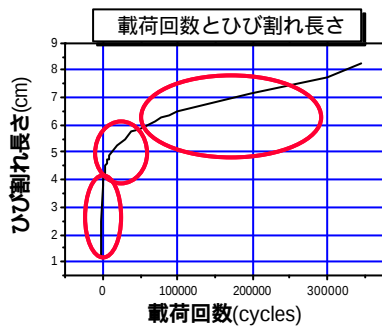


図3 載荷回数とひび割れ長さの関係

の計算ステップでのひび割れ長さに合わせて劣化を考慮するため、新たな進展部分では劣化が起きていないものと仮定したが、1ステップが表現する載荷回数が増加するとこの仮定によりずれが生じることになる。そこで新たにひび割れが進行する部分に前もって劣化を与えるという有効劣化を導入することで、架橋応力の劣化を逆解析のずれを補正し、推定精度を向上させた。（図-5）

最後に3の定常ひび割れ期について考える。載荷回数の増加に比べてひび割れの進展が極端に小さいため、既存のひび割れでの架橋応力の劣化が著しくなる。今まで考慮してきた載荷経験数の違いによる影響が無視できるほど小さくなるので、ひび割れ部の分割を大きくすることによって架橋応力の劣化の推定精度を向上させた。（図-6）

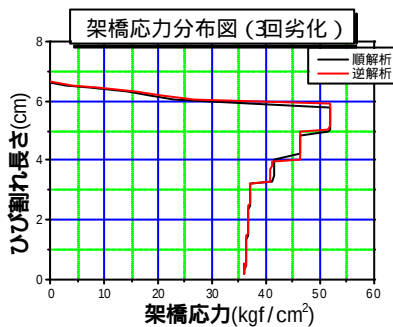


図4 ひび割れ進展初期

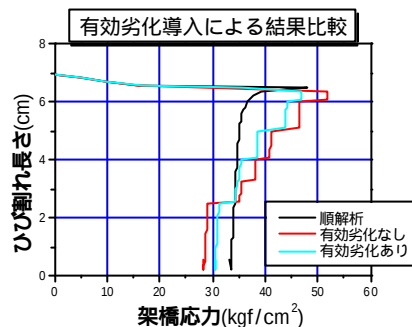


図5 ひび割れ進展中期

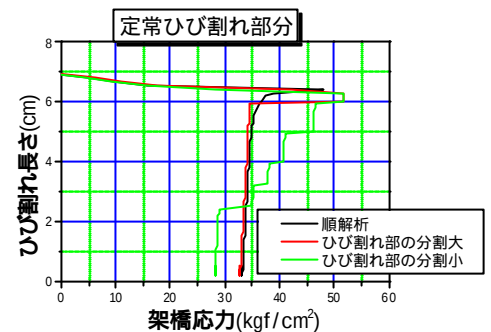


図6 定常ひび割れ期

4. 考察・まとめ

ひび割れ進展を1 - ひび割れ進展初期部分・2 - ひび割れ進展中期部分・3 - 定常ひび割れ部分の3つの段階に分けることにより、逆解析の推定精度を上げることが出来た。そして図-7に示すように誤差は0.1%程度の推定結果を求めた。

本研究の逆解析手法によって、疲労試験における順解析のひび割れ進展とひび割れ開口幅のデータを用いて、架橋応力の劣化率を推定できることが確認できた。

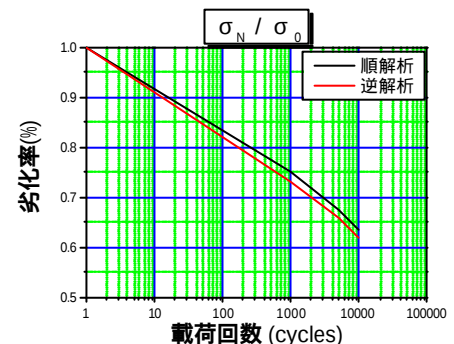


図7 逆解析結果

5. 今後の課題と展望

今後の課題としては、実際の実験結果を用いた本逆解析手法の適用性の検討と、引張軟化曲線をより現実に近い形状にした場合における適用方法の検討があげられる。

また、将来の展望としては、ひび割れにおいて応力を伝達する素材として、繊維にとどまらず、骨材、鉄筋、補強シートなどひび割れで架橋応力を受け持つ媒体の劣化を推定するセンサーとして開発することが考えられる。

参考文献

橋高義典，上村克郎，中村成春．コンクリートの引張軟化曲線の多直線近似解析、日本建築学会構造系論文報告集、No.453,pp15-25,1993、

コンクリートの破壊特性の試験方法に関する調査研究委員会報告書、日本コンクリート工学協会、2001.5