

I-36 クラック進展によるRC梁の曲げ変形量

J R 東海 正員 石井 弘一 東京大学 正員 堀井 秀之

1. 緒言

近年の精力的な研究によりコンクリートの破壊力学は著しい成果をあげた。モードⅠの静的破壊現象を支配しているメカニズムは、ブリッジング(巨視クラック面での応力伝達)であることが明らかにされた。破壊に関する材料特性は引張軟化曲線で表わされ、単純な供試体におけるモードⅠの破壊現象は、開口変位と伝達応力の関係として引張軟化曲線を用いる Dugdale-Barenblatt 型モデルによって再現されることが示されている。基礎的段階を終えたコンクリートの破壊力学に関する研究は、第二段階を迎えている。現在の課題の一つは、より一般的な荷重条件下におけるクラック進展現象に対象を広げることである。例えば、混合モード荷重下におけるクラック進展現象のメカニズムを明らかにし、そのモデル化を計り、現象を再現・予測し得る解析手法を確立することがあげられる。いま一つの課題は、コンクリート構造物におけるクラック進展の解析を行い、工学的問題に対する応用計ることである。すなわち、「何の役に立つのか?」という問いに明確な答えを与えることである。

コンクリート構造物に生ずる変形は、クラックの発生・成長により増加する。任意の構造形式・荷重条件に対して、破壊力学を適用することによりクラックに起因する変形量を合理的に算定し得る可能性がある。その場合、入力データは破壊に関する材料パラメータのみとなる。本研究では、このような考えの妥当性を検討するために、例としてRC梁のたわみ量を取り上げる。RC梁のたわみの算定は、曲げ剛性を低減することにより対応しているが、これは多数の実験結果に基づいたものであり、適用範囲を超えた一般的な構造に適用することはできない。RC梁に対して破壊力学により変形量を算定する方法の妥当性が示されれば、任意の構造物の変形量も、新たに実験を行うことなく破壊力学によって算定できるものと考えられる。

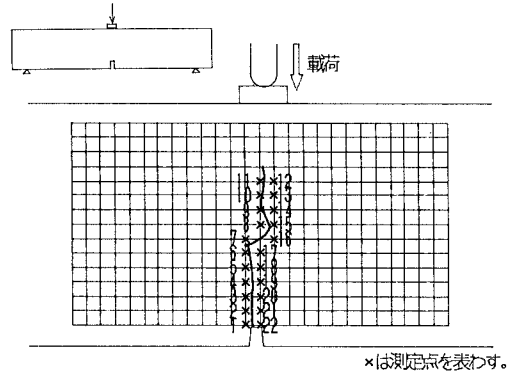


図1 RC梁の曲げ試験とクラック開口変位の測定

2. RC梁の曲げ試験とクラック開口変位の計測

ここでは、RC梁の曲げ試験を行い、クラックの開口変位をレーザースペックル法によって計測した(図1)[1]。梁の寸法は10×10×50cm、鉄筋は6φの丸鋼を3本用いた。配合はW/C=0.5, C:S:A=1:2:4(重量比)で、打設後28日に試験した。コンクリートの圧縮強度は276 Kgf/cm²である。図2に示す荷重変位曲線の各段階における供試体表面の変位を記録し、各段階におけるクラックの開口変位の分布を図3の様に求めた。

3. たわみの算定

レーザースペックル法により計測したクラックの開口

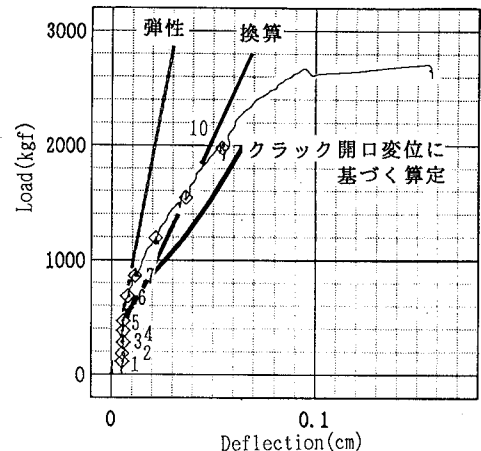


図2 荷重変位曲線: 実験値と算定結果の比較

変位の分布から、以下のようにたわみを算定する。クラック面以外の部分では梁は弾性挙動を示し、曲げ剛性は全断面に対する値を用いる。クラック面において、クラックの進展・開口に起因してたわみ角が変化する(図4)。たわみ角の変化量 $\Delta\lambda$ は次式により計算する。

$$\Delta\lambda = \frac{1}{D} \int \frac{\Delta u(z)}{z} dz \quad (1)$$

ここで、 D は梁の深さ、 $\Delta u(z)$ はクラックの開口変位を表わし、積分は梁の断面に沿って下端から上端まで行う。この積分における z -軸の原点の選択にはとりわけ制限は無いが、ここでは図心を原点に選んだ。[クラックが進展していない部分では $\Delta u(z) = 0$ である。]

式(1)より求まる各段階におけるたわみ角の変化量と断面の曲げモーメントとの関係を図5に示した。この関係はクラック面の挙動を表わし、与えられた材料・断面・鉄筋比に対して定まるものと考えることが出来る。クラック面の位置が与えられれば、図5の結果を用いて変形量を算定できる。この梁の場合は、梁中央でのたわみ W は、弾性変形によるたわみ W_0 とクラックによるたわみ W_{in} の和として求まる。すなわち、

$$W = W_0 + W_{in} = Pl^3/48EI + \Delta\lambda l/4 \quad (2)$$

この結果を図2に示し、実験結果、及び、コンクリート標準示方書の換算断面2次モーメントによる結果と比較した。実験の精度、レーザースペックル法の精度を考えれば、クラックの開口変位分布より算定した結果は満足のいくものであると考えられる。

4. 結語

本研究では、RC梁の曲げ試験を行い、クラックの開口変位の分布を直接計測し、その結果からたわみの算定を行った。クラックの開口変位から変形量を算定する方法の妥当性を検証するためには、さらに実験との比較を行うべきであるが、この方法が妥当であれば、破壊力学により荷重の増加に伴い発生・進展するクラックの解析を行い、クラック長と開口変位の分布を求め、本研究で示した方法により変形量が算定される。それにより、任意の構造条件・荷重条件におけるクラックに起因する変形量の算定が、破壊の材料パラメータを与えるだけで可能になるものと考えられる。

参考文献

- [1] T.M. Pallewatta, M. Tada and H. Horii, Measurement of surface displacement field of concrete by laser speckle method, *Proc. of JCI*, 12 (1990) 835-840.

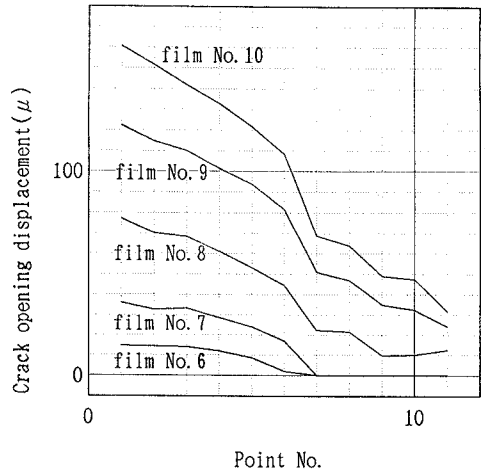


図3 クラックの開口変位の分布
Point No. は図1参照(6mm間隔)

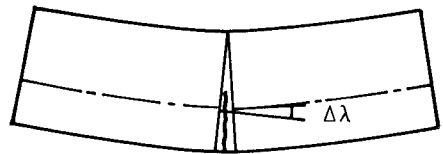


図4 クラック面におけるたわみ角の変化

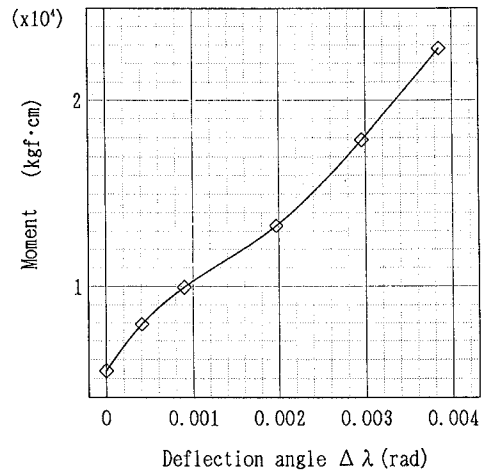


図5 クラック面に作用するモーメントとたわみ角の変化量の関係