

V-177

S F R C部材の軸力作用下における曲げ破壊性状

鉄建建設(株) 正会員 松尾庄二 鉄建建設(株) 正会員 松岡 茂
鉄建建設(株) 正会員 益田彰久 鉄建建設(株) 正会員 柳 博文

1. はじめに

コンクリート構造物が曲げ破壊を起こす場合、その原因としては曲げモーメントだけでなく軸力の影響も大きいと考えられる。ところが、鉄筋コンクリート部材については軸力を導入した曲げ試験が多数行われているのに対し、無筋コンクリートあるいは鋼繊維補強コンクリート（S F R C）についてはほとんど行われていない。したがって、本研究においてはS F R Cの梁部材を用いた軸力入りの曲げ試験を行うとともに、引張軟化曲線を組み込んだ非線形F E M解析を行い実験結果と比較することにより、高圧縮応力下での曲げ破壊に対するF E M解析の追従性を検討した。

2. 実験概要

実験に使用した供試体は、表面にインデント加工を施された鋼繊維（公称径 0.6mm、長さ30mm）を体積比で1%混入したS F R Cで製作し、その断面寸法は実構造物を想定して40cm×40cmとした。表-1にS F R Cの配合と実験当日の圧縮強度を示す。

表-1 S F R Cの配合および圧縮強度

繊維 混入率 (%)	最大骨 材寸法 (mm)	水セメ ント比 (%)	細 骨 材 率 (%)	単位量(kg/m ³)				
				繊維	水	セメント	細骨材	粗骨材
1.0	20	50.3	60.9	78.5	202	402	992	638
圧縮強度				35.3(MPa)：試験当日測定				

実験は、ひびわれ発生後の中立軸の移動による偏心モーメントの発生を防ぐため、図-1に示すような載荷板を介した曲げ試験とした。最初に、載荷板の上下に2台ずつ設置した荷重制御の油圧ジャッキで均等な荷重を加えることにより一定の軸方向圧縮力を供試体与えた。次に、この軸方向圧縮力を一定に保持した状態で、上下の油圧ジャッキに荷重差を与えることにより供試体に曲げモーメントを作用させた。このときの曲げモーメントは、油圧ジャッキの荷重より式(1)のように計算される。

$$M = \sum (N_1 - N_2) \times \frac{h}{2} \quad (1)$$

ここに、 N_1 ：上側ジャッキ荷重、 N_2 ：下側ジャッキ荷重、

h ：ジャッキ間隔(=600mm)である。

また、計測は供試体下面に複数配置したパイ型変位計によりひびわれ開口変位を行った。

3. 実験結果

図-2に曲げモーメントとひびわれ開口変位との関係を示す。ただし、図中のひびわれ開口変位の符号は開

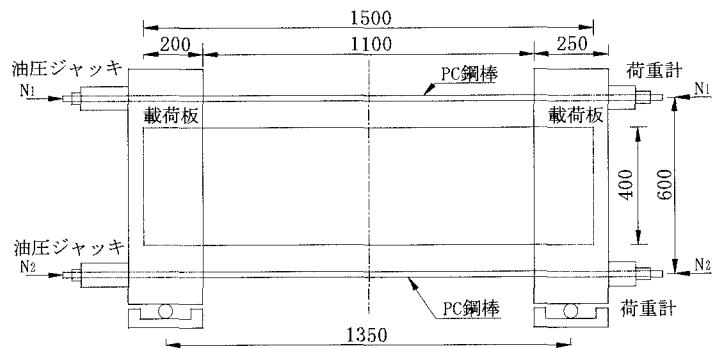


図-1 実験装置概略

口側を正とした。油圧ジャッキによる均等な载荷で所定の軸方向圧縮力に達するまでの段階では、パイ型変位計は閉じていく。次に、供試体に曲げモーメントを加えていくと、変位が0に戻るまでは変位計の読みは直線的に変化する。すなわち、この段階までは供試体は線形的挙動を示す。ひびわれ発生後は、曲げモーメントの増加につれひびわれ開口変位は曲線的に増加していく。ある程度変位が進行すると曲げモーメントはあまり増加しなくなり、供試体の変形のみが進みついに破壊に至る。なお、供試体に発生したひびわれは1本ではなく複数であった。これは、実構造物の場合、ひびわれの発生により曲げモーメントの再分配が行われてひびわれが一ヶ所に集中するのに対して、本実験の試験条件ではひびわれ発生後も供試体に均等に曲げモーメントが加わるため複数のひびわれが発生したと考えられる。

4. 考察

実験結果より定まる供試体が破壊に達した時の曲げモーメントおよび軸方向圧縮力の組み合わせは、コンクリートの耐力曲線上の点であると考えられる。本章においては、非線形FEM解析により実験と同じ条件におけるM-N曲線を求め、実験結果と比較した。検討に用いたFEMは参考文献¹⁾に示すものであり、解析モデルはDahlblomタイプの分布ひびわれモデルとし、ひびわれが発生した要素は直交異方体要素とした。引張軟化曲線は2直線モデルで表し、ひびわれの局所化を表現するためひびわれ発生後開口変位が減少する方向に変形が生じる場合は、原点に指向する除荷経路に従うものとした。なお、解析上では引張軟化曲線をひずみ軟化として取り扱い、このとき等価長さの概念を導入することにより要素寸法の影響を受けないようにした。一方、圧縮側の応力-ひずみ関係についてはプレーンコンクリートと同じ二次曲線タイプの応力-ひずみ曲線を使用した。

図-3にFEMの計算結果および実験結果を示す。実験結果として得られた供試体破壊時の曲げモーメントと軸方向圧縮力との組み合わせは、計算結果のM-N曲線と良く一致している。すなわち、本研究で用いた非線形FEM解析により軸力が作用する時の曲げ破壊の最大荷重を推定することができた。

5. おわりに

本研究においては、鋼繊維補強コンクリートの梁部材について軸方向圧縮力下の曲げ試験を行った。載荷板を介して供試体に均等な軸力および曲げモーメントを与えることにより、破壊に至るまで安定な破壊試験を行うことができた。また、引張軟化曲線を組み込んだ非線形FEM解析により圧縮応力下の曲げ破壊の最大荷重までは、再現可能となった。ただし、最大荷重以降の挙動に関しては、今回使用した応力-ひずみ関係を用いると再現は困難である。したがって、今後は圧縮側についてもポストピークを考慮した解析を行う必要がある。

【参考文献】

- 1) 松岡 茂、益田 彰久、峯本 守、梶原 雄三：トンネル覆工の破壊プロセスに関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 17、1995.6

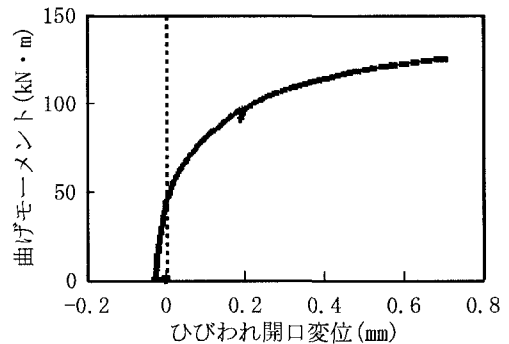


図-2 実験結果

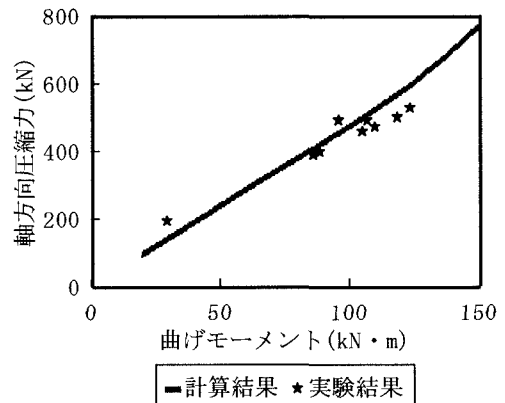


図-3 M-N図