

V-113

FRPを緊張材と拘束筋に用いたプレテンションPC部材の曲げ特性

埼玉大学大学院 学生会員 土田一輝
 埼玉大学工学部 正会員 睦好宏史
 銜間組技術研究所 正会員 谷口裕史
 銜間組技術研究所 正会員 喜多達夫

1. 研究の背景および目的

新素材FRP（Fiber Reinforced Plastics）は高強度、軽量、非磁性、腐食しないなどの長所を有している。しかし、通常の鋼材と比較して破断時の伸びが小さく降伏域を持たないため急激な破断を生じる。このためFRPを主筋に用いたコンクリート梁部材の破壊性状も脆的なものとなる。このような破壊性状を改善するために、圧縮部コンクリートに横拘束筋を配置することによって部材の変形性状を改善する方法が提案されている[1]。

本研究では、FRPを緊張材と拘束筋に用いたプレテンションPC梁の曲げ載荷試験を実施し、その力学的特性を調べた。また、一軸圧縮試験の結果より得られた、FRPで拘束されたコンクリートの応力-歪関係をを用いて曲げ解析を行い、FRPを緊張材に用いたPC梁の曲げ靱性について検討した。

2. 実験概要

実験に使用したCFRP（炭素繊維系連続繊維補強材）の特性を表-1に、供試体の形状寸法を図-1に示す。また、コンクリート強度は300kgf/cm²とし、導入プレストレス量は切断保証荷重の約60%とした。各供試体の要因はFRP拘束筋の形状およびピッチとした。載荷は静的載荷とし、梁中央部の変位および歪分布を測定し、荷重-変位、モーメント-曲率関係等を求めた。

表-1 CFRPの特性

種類	φ5	φ12.5	φ15.2
直径(mm)	5.0	12.5	15.2
有効断面積(mm ²)	10.1	76.0	113.6
保証破断荷重(kgf)	1800	14500	20300
標準質量(g/m)	24.0	151.0	226.0
弾性係数(kgf/mm ²)	14000	14000	14000

3. 実験結果

図-2は実験より得られた荷重-変位関係である。図に示すように、FRP拘束筋を配した供試体は拘束筋のない供試体と比較して、最大耐力は下がるものの変形性状は大きく改善されている。また、同じ形状の拘束筋を用いた場合、最大耐力に達した後、耐力は一旦低下するがピッチが小さい供試体では再び耐力が上昇し、より大きな拘束効果を示した。拘束筋の形状の影響については円形の方が角形より耐力低下が緩やかであり、拘束効果はより大きいことが明らかとなった。

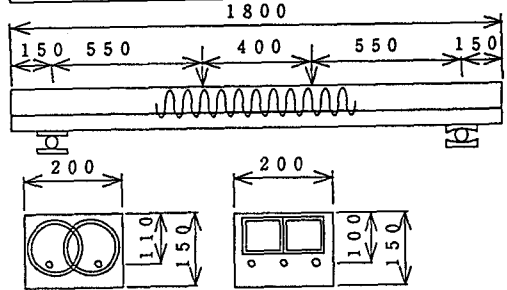


図-1 供試体形状寸法(mm)

4. 解析モデル

本実験に用いた供試体の解析を行うにあたり、梁断面を微小要素に分割し、歪分布より梁全体の挙動を求める手法を用いた。FRPで拘束されているコンクリートの応力-歪関係は、FRP拘束筋を用いたコンクリート部材の一軸圧縮試験より得られた応力-歪関係のモデル式を用い、かぶり部分はプレーンコンクリートの応力-歪関係を用いて解析を行った。なお、かぶり部分については終局歪(5000×

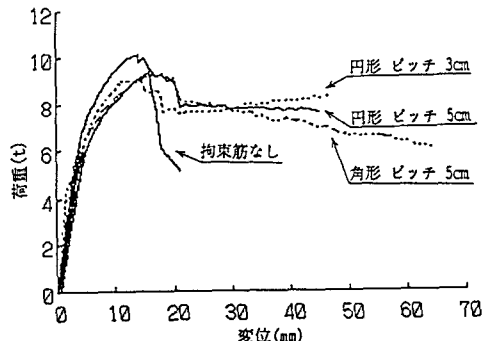


図-2 実験結果 荷重-変位関係

10⁻⁶)に達した後は剝落するものとし、これによる断面欠損を考慮した。

5. 解析結果

図-3は実験結果および解析結果より得られた円形、ピッチ3cmの横拘束筋を用いた供試体の荷重-変位関係である。図に示すように、解析結果の方が塑性域での勾配が大きいものの実験結果とほぼ同様な傾向をとらえているといえる。即ち、本解析モデルを用いることによってFRPを緊張材と拘束筋に用いたプレテンションPC梁の荷重-変位関係を解析的に求めることが可能といえる。

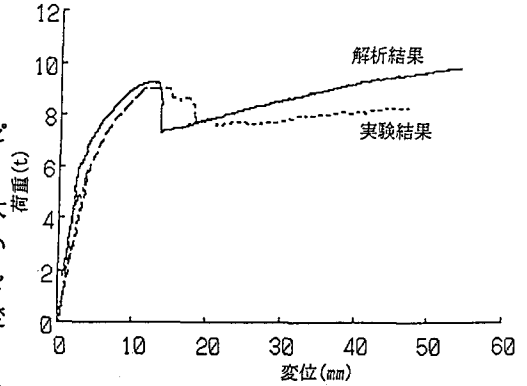


図-3 解析結果-実験結果比較（荷重-変位関係）

6. 設計手法の提案

FRPを緊張材と拘束筋に用いたPC部材においてどのようにして拘束筋量を定めるかが問題となる。たとえば、モーメントの再分配を期待する不静定構造物や耐震部材においては部材にある程度の靱性が必要となるため、部材に期待される靱性が得られるような緊張材量と拘束筋量を選定しなければならない。そこで、今回実験に用いた供試体断面において、靱性率、補強材係数および横拘束筋比の関係を調べた。靱性率、補強材係数および横拘束筋比はそれぞれ下に示す式により与えられるものとする。

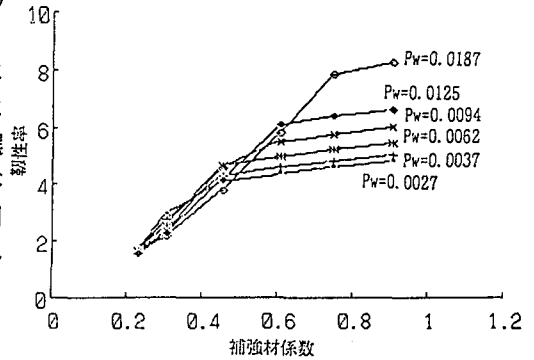


図-4 靱性率、補強材係数、横拘束筋比の関係

図-4は靱性率、補強材係数および横拘束筋比の関係を示したものである。図より補強材係数が大きく、横拘束筋比が大きいほど靱性率が大きくなるのが分かる。この傾向はプレストレス導入率が大きいほど顕著なものとなる。

$$\mu = \frac{\phi_u}{\phi_s}$$

ϕ_u : 終局モーメント時の曲率
 ϕ_s : プレテンションコンクリートが終局歪時の曲率

$$P = \frac{A_s f_s}{b d f_c}$$

A_s : FRP緊張材の断面積
 f_s : FRP緊張材の強度
 f_c : コンクリート強度
 b : 断面の幅
 d : 断面の有効高さ

$$P_w = \frac{2A_w}{SD}$$

A_w : 拘束筋断面積
 S : ピッチ
 D : 拘束筋の一辺または直径

このような関係から、部材に必要なとされる靱性の大きさが分かると、それに対応して補強材係数、横拘束筋比が定まり、部材に最適な緊張材量および拘束筋量を選定することができる。

7. まとめ

本研究の結果をまとめると以下ようになる。

- (1) FRPを横拘束筋に用いることによってPC梁部材の変形状を著しく改善することができる。
- (2) 破壊性状の改善効果は拘束筋のピッチ、形状および拘束面積に影響される。
- (3) FRPを拘束筋および緊張材に用いたPC梁において、拘束部分とかぶり部分にそれぞれに対応した応力-歪関係を用いることにより解析することが可能である。
- (4) 部材に必要なとされる靱性率の大きさが分かれば、靱性率、補強材係数および横拘束筋比の関係から最適な緊張材量および拘束筋量を決定することが可能である。

参考文献

[1] 谷口、睦好、町田、喜多：FRPを用いたPC曲げ部材の破壊性状に関する一提案、土木学会第46回年次学術講演概要集第5部門、pp. 244~245

[2] 細井、睦好、谷口、町田、喜多：連続繊維補強材を横拘束筋に用いたコンクリート部材の圧縮特性、第14回コンクリート工学年次論文報告集