

V-90 FRPで横拘束したコンクリートの応力-ひずみ曲線のモデル化

埼玉大学工学部 学生会員 細井良二 埼玉大学工学部 正会員 睦好宏史
 埼玉大学工学部 正会員 町田篤彦 ㈩間組技術研究所 正会員 谷口裕史
 ㈩間組技術研究所 正会員 喜多達夫

1. はじめに

FRPは一般に、高強度、非磁性、高耐食性、軽量等の性能を有し、鉄筋コンクリートにおける鋼材の代替材料として注目されている。しかし、FRPを主筋に用いた部材の終局破壊性状は、通常の鉄筋コンクリート部材に比べて脆性的であることが指摘されている。そこで筆者らは、FRPを梁部材の主筋として使用する場合、らせん状に成形したFRPで曲げ圧縮部のコンクリートを横拘束することによって、その破壊性状を靱性的なものに改善できることを明らかにした[1]。本研究では、FRPで拘束したコンクリートを部材に適用することを目的として、その圧縮応力-ひずみ関係のモデル化を行った。

2. 実験概要

FRPで拘束したコンクリートの一軸圧縮試験を行った。図-1は実験概況を示したものである。実験要因としては、供試体の形状(円柱と角柱)、かぶりの有無、拘束筋のピッチ(3cm、5cm、7cm)、拘束筋の形状(矩形、円形)とし、比較のために高張力鋼を拘束筋に用いた供試体も制作した。載荷は供試体が破壊するか、または軸方向の歪が3%程度になるまで続けた。表-1に材料特性を示す。拘束されたコンクリートの応力-ひずみ関係には、拘束筋で拘束されたコア部のものを用いた[1]。

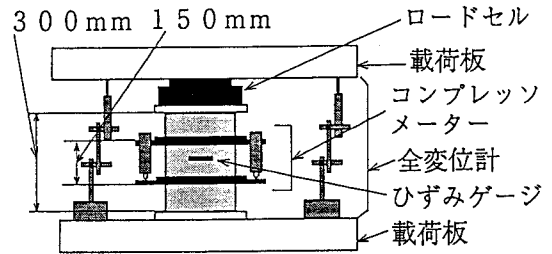


図-1 実験概況図

3. 拘束効果のモデル化

筆者らは、FRPで拘束されたコンクリートの応力-ひずみ関係は、既往の鋼材を用いた算定式では完全にモデル化できないことを述べた[1]。これは、FRPの弾性係数が鋼材と大きく異なること、鋼材を用いたモデル式では最大耐力付近で拘束筋が降伏していると考えていること等のためであると考えられる。

表-1 材料の力学特性

(a) コンクリート

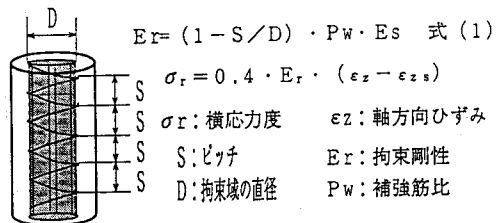
	圧縮強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)
円柱	331	2.4×10 ²
	656	3.5×10 ²
角柱	277	2.8×10 ²
	554	3.4×10 ²

(b) 拘束筋

拘束筋	外径 (mm)	断面積 (mm ²)	引張強度 (kgf/mm ²)	弾性係数 (kgf/mm ²)	伸び (%)
ストランド	5.0	10.1	188	14000	1.5
シングル	5.3	15.2	216	14200	1.5
高張力鋼	5.4	31.0	148	20000	11.0

そこで本研究では、拘束力を拘束筋のピッチ、弾性係数、断面積で決まる拘束剛性を用いて評価することにした。拘束剛性は表-2に示すように、縦軸方向のひずみに対する横方向の拘束力の比で与えられる。

表-2 拘束剛性



$$E_r = (1 - S/D) \cdot P_w \cdot E_s \quad \text{式(1)}$$

$$\sigma_r = 0.4 \cdot E_r \cdot (\epsilon_z - \epsilon_{zs})$$

σ_r : 横応力度 ϵ_z : 軸方向ひずみ

S: ピッチ E_r : 拘束剛性

D: 拘束域の直径 P_w : 補強筋比

モデル化を行うに当たって、応力-ひずみ曲線上に指標となる点を設定した。すなわち、拘束筋のピッチを密に拘束したコンクリートでは、破壊に至るまで荷重が直線的に増加する事を考慮し、応力-ひずみ曲線において曲率が最大となる時のひずみ、または拘束されたコンクリートが破壊する時もしくは拘束筋が破断する時のひずみのいずれかを指標となるひずみとした。図-2は、拘束剛性(式-1)から求まる軸ひずみ-横応力度関係に、実験から求めた指標ひずみ

をプロットしたものである。本実験の結果から、使用する拘束筋、及び、拘束筋の形状によりモデル式はそれぞれに作る必要がある[1]。そこで本誌では、その一例として円形、より線タイプの拘束筋を用いたコンクリート圧縮強度が300 kgf/cm²程度の供試体を示している。プレーンコンクリートの、指標となるひずみをプロットし、これらの指標ひずみを通る近似式を導いた。プロットしたひずみに対応する横応力度と縦軸方向応力の関係式を以下のように導いた。式(2)が曲率最大時、式(3)は終局時の縦軸方向応力である。

$$\sigma_{cm} = \left(1 + 11 \frac{\sigma_{rm}}{\sigma_B}\right)^{0.6} \sigma_B \quad \text{式(2)}$$

$$\sigma_{cu} = \left(1 + 7 \frac{\sigma_{ru}}{\sigma_B}\right)^{0.6} \sigma_B \quad \text{式(3)}$$

上記の式から定まる最大応力点と終局点を六車らによる圧縮コンクリートの構成則の表示式[2]に代入してモデル化した。図-3はこのようにして得られたモデル式と実験値を比較したものである。モデル式は実験値をよく表現しているといえる。

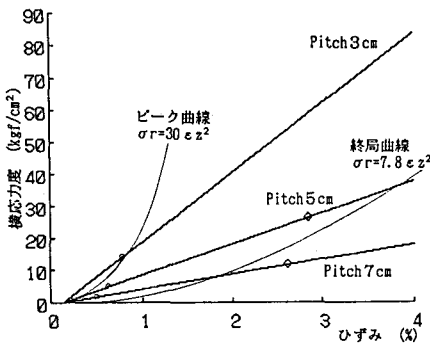


図-2 軸ひずみ-横応力度関係

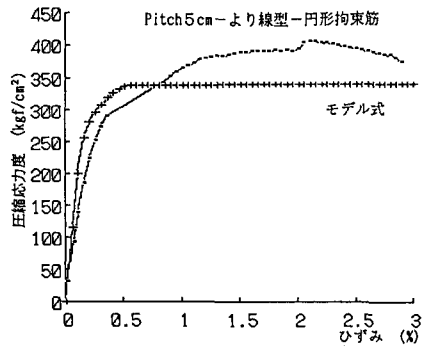


図-3 実験値との比較

4. まとめ

本研究から以下のことが得られた。

- (1) 鋼材と異なる力学的特性を持つFRPを横拘束筋として用いたコンクリートの応力-ひずみ関係式をモデル化することが可能となった。
- (2) モデル式を用いて、FRPを補強材として用いた部材の曲げ耐力あるいは靱性（回転角）を計算することができ、実部材に適用することが可能であるといえる。

本研究を実施するにあたり、佐藤昭七郎、佐藤幸作両元技官、土田一輝君（大学院生）、秋田輝和君（東急建設）、藤森総一君（佐藤工業）の協力を深く感謝の意を表します

<参考文献>

- [1] 細井、睦好、谷口、喜多：FRPで拘束したコンクリートの圧縮性状に関する基礎的研究、「連続繊維補強材のコンクリート構造物への適用」に関するシンポジウム、投稿中
- [2] 六車、渡辺、勝田、田中：横拘束コンクリートの応力-ひずみ曲線のモデル化、セメント技術年報、昭和55年、pp. 429～432
- [3] 境有紀：横拘束された高強度コンクリートの構成則、コンクリート工学年次論文報告 集第13巻2号、pp. 43～48