

V-292 鉄筋緊張PC部材の端部付着応力解析

九州工業大学 学生員 江崎 純
九州工業大学 正会員 出光 隆
富士ビ°-エンジニア 正会員 花田 久

1. まえがき

ひび割れを許すPCでは、条件に依っては必ずしも大きな緊張力を必要としない場合があり、緊張材として鉄筋の使用も考えられている。その場合、コンクリート標準示方書に示されている、プレストressing時のコンクリート強度制限 300 kgf/cm^2 以上を適用することは必ずしも適当ではないと考えられる。この制限値の大小は、プレキャスト部材を工場製作する際、生産性・経済性等に大きく影響してくる。そこで筆者らは、比較的低強度の若材令コンクリートについて、プレストressing時の鋼材定着性能を検討してみた。

2. 定着機構のモデル化と付着応力度の計算方法

鉄筋の緊張力を解放した時のコンクリートへの力の伝達は、ポアソン効果による摩擦抵抗力 (R_{fi}) とふしの機械的抵抗力 (R_i) の両方によってなされる。よって、プレテンション部材端での鉄筋の定着機構は図-1のようにモデル化することができる。 R_i 、 R_{fi} はそれぞれ D_i 、 F_i の関数で表すことができる。

$$R_i = D_{i-1} / (a + b \cdot D_{i-1}) \quad (1)$$

$$R_{fi} = c + d \cdot F_i \quad (2)$$

ここで、 a 、 b 、 c および d は定数である。 a 、 b は後述するふし1個の引き抜き試験から、 c 、 d 厚肉円筒理論を用いて計算からそれぞれ求めることが出来る。ところで、 $i-1$ 番目と i 番目のふし及びふし間に働く力の釣合は次のようになる。

$$F_i - F_{i-1} = R_i + R_{fi} \quad (3)$$

式③に式②を代入して整理すると

$$F_i = (F_{i-1} + R_i + c) / (1 + d) \quad (4)$$

となる。 $i-1$ 番目と i 番目のふし変位の差は、その間の鉄筋の伸びに等しいから

$$D_i = D_{i-1} - F_i \cdot L / (A_s \cdot E_s) \quad (5)$$

(A_s : 鉄筋の断面積、 E_s : 鉄筋の弾性係数)

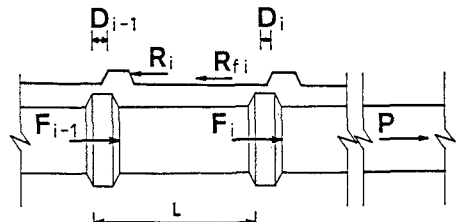
となる。いま、 $i=1$ の時 F_{i-1} は $F_0=0$ 、従って D_0 に適当な値を仮定すれば、式①から R_1 を、式④から F_1 を、式⑤から D_1 をそれぞれ得ることができ、 $i=1, 2, 3 \dots$ と繰り返し計算を行うことにより任意位置での鉄筋軸力を順次求めることができる。 D_0 の値が適切であれば $F_i \rightleftharpoons P$ (有効プレストレス力)の時 $D_i \rightleftharpoons 0$ となり、これが繰り返し計算の適合条件となる。任意点でのふし1個に作用する抵抗力から求めた付着応力(τ_i)、ポアソン効果による摩擦抵抗力から求めた付着応力(τ_f)、コンクリートに導入されたプレストレス(σ_c)及び鉄筋応力(σ_s)はそれぞれ次式から求まる。

$$\tau_i = R_i / (U \cdot L) \quad \tau_f = R_{fi} / (U \cdot L) \quad (\text{ただし、} U: \text{鉄筋の周長})$$

$$\sigma_c = F_i / A_c \quad \sigma_s = F_i / A_s$$

3. 鉄筋の付着試験

式①の定数 a 、 b を求めるために、ふしが1個の鉄筋を用いて、コンクリート強度を 120 kgf/cm^2 から 250 kgf/cm^2 まで変えて供試体を作製し、引き抜き試験を実施した。図-2にふし1個に対する引き抜き荷重とふし変位量の関係を示す。曲線の初期勾配は、試験時のコンクリート強度の大きいものほどわずかに大き



R_{fi} : ポアソン効果による摩擦抵抗力

R_i : ふしの機械的抵抗力

D_i : ふしの相対変位 F_i : 鉄筋に生じる軸力

L : ふしの間隔 P : 有効プレストレス力

図-1 鉄筋の定着機構モデル

くなる傾向を示したが、その差は小さいため一本の曲線で回帰させることとした。回帰曲線の式を同図中に示す。なお、破壊形式はいずれもふし頂を連ねる円筒面での直接せん断破壊であり、その時の付着応力度は90～130 kgf/cm²であった。

4. 伝達長測定試験

〈試験方法〉図-3に供試体寸法及びゲージ貼付位置を示す。供試体は長さ104 cm、断面は正方形であり緊張材としてSD 30-D 13鉄筋を中心に配置し、降伏点の80%（2400 kgf/cm²）および70%（2100 kgf/cm²）で緊張した。コンクリートに導入されるプレストレス量を変えるため辺長を4種類とした。表-1に作製した供試体の種類及び導入時強度、弾性係数等を示す。

〈試験結果〉鋼材の緊張力を段階的に解放していった場合、導入されるプレストレスは徐々に増加していく。その様子を、導入時コンクリート強度160 kgf/cm²、6×6 cmの場合を例に取り図-4に示す。導入プレストレス量が増加しても鉄筋の伝達長はほとんど変わらず、応力分布曲線の勾配が増加している。

5. 結果考察

前記した計算方法でふし1個の鉄筋に作用する抵抗力から求めた付着応力（ τ_i ）、ボアソン効果による摩擦抵抗力から求めた付着応力（ τ_f ）、コンクリートに導入されたプレストレス（ σ_c ）などを求めて図-5に示す。 σ_c については実測値も併記した。コンクリート強度、導入プレストレス力、供試体断面等が変化しても計算値と実験値とは比較的良く合っている。ふしに作用する抵抗力から求めた付着応力（ τ_i ）の最大値は35 kgf/cm²と、引抜き試験で得られた破壊時の付着応力度の約1/3～1/2程度となり、導入時コンクリート強度が160 kgf/cm²と比較的低い場合でも鉄筋の定着性能は十分であることが分かった。

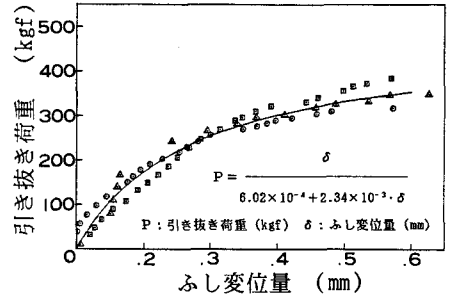


図-2 引き抜き荷重とふし変位量の関係

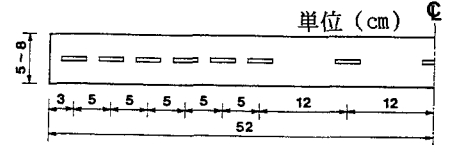


図-3 供試体寸法及びゲージ貼付位置

表-1 供試体種類

導入時強度(kgf/cm ²)	120	160	230	断面寸法
弾性係数(×10 ⁴ kgf/cm ²)	20	23	19.5	(cm×cm)
導入直後の プレストレス量 (kgf/cm ²)	5.4		○	5×5
	7.9	○		5×5
	6.6	○		6×6
	4.5	○		7×7
	4.2	○		8×8

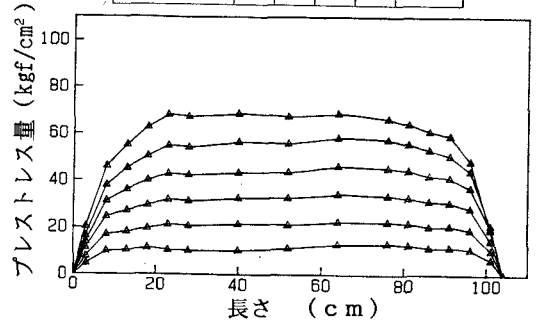
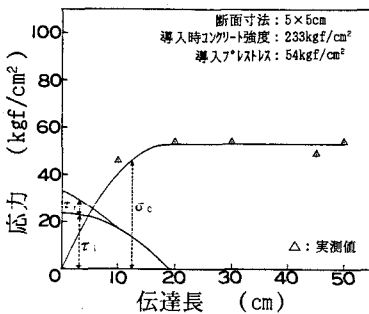
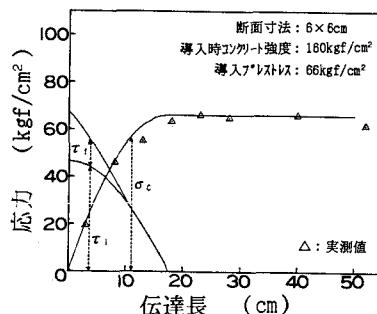


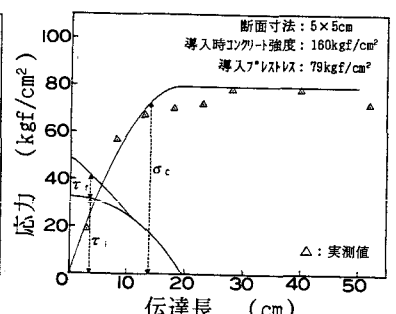
図-4 導入時のコンクリート応力分布



(A)



(B)



(C)

図-5 応力と伝達長の関係