

鉄筋を緊張材として用いた P C 部材の伝達長

九州工業大学 学生員 金 成洙
九州工業大学 学生員 江崎 純
九州工業大学 正 員 出光 隆
富士ビ・エスコンクリート 正 員 花田 久

1. まえがき

コンクリート標準示方書では、プレストレスング時のコンクリート強度は 300 kgf/cm^2 を下回ってはならないとしている。しかしながら、ひびわれを許すP Cでは緊張材として鉄筋の使用も考えられており、緊張力の小さい部材では、コンクリート強度は必ずしも一律に 300 kgf/cm^2 以上である必要はないものと考えられる。筆者らは上記の疑問点を明らかにするため、比較的低強度の若材令コンクリートについて、その鋼材定着性能を検討した。

2. 伝達長測定試験

＜試験方法＞実験にはIM工法で使用する鋼製型枠を用いた。はり供試体の寸法・ゲージ貼付位置等を図-1に示す。はりの長さは 104 cm 、断面は正方形であるが、コンクリートに導入されるプレストレス量を4種類変えるため辺長も4種変化させた。鉄筋にはSD30-D13を用い、降伏値の80% (2400 kgf/cm^2) で緊張した。各シリーズで用いたコンクリートの圧縮強度、弾性係数等を表-1に示す。

＜試験結果＞鋼材の緊張力を解放していくと、導入されるプレストレスはその分だけ増加して行く。図-2は導入時のコンクリートの強度 $f_c = 160 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $6 \times 6 \text{ cm}$ の供試体について、導入プレストレス量ごとのコンクリートのひずみ分布を示したものである。伝達長はほとんど変わらずにひずみ分布曲線の勾配が段階的に増加している。

3. 定着機構のモデル化と付着応力の計算

鉄筋の緊張力を解放した時、コンクリートへの力の伝達はボ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-3のようにモデル化することができる。i-1番目とi番目のふしおよびふし間に働く力の釣合は

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

となる。 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。

$$R_i = D_{i-1} / (a + b \cdot D_{i-1}) \quad (2)$$

$$R_{fi} = c + d \cdot F_i \quad (3)$$

ここに、 a 、 b 、 c および d は常数である。 a 、 b は

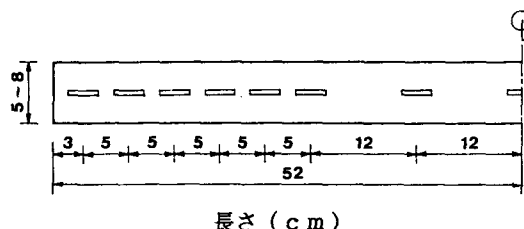


図-1 供試体寸法及びゲージ貼付位置

表-1 供試体種類

SD30 D=13mm		鉄筋緊張応力 2400 kgf/cm^2	
導入時強度 (kgf/cm^2)	120	160	断面寸法
弾性係数 ($\times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$)	2.0	2.3	($\text{cm} \times \text{cm}$)
プレ ス ト レ ス 量 の 直 後 の 値	85	○	5×5
	68	○	6×6
	45	○	7×7
	40	○	8×8

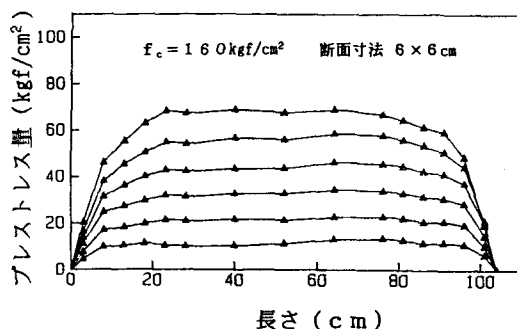


図-2 導入時のコンクリートひずみ分布

後述するふし1個を有する鉄筋の引き抜き試験から、
 c 、 d は厚肉円筒理論を用いて計算からそれぞれ求めることができる。式③を式①に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、その間の鉄筋ののびに等しいから

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

となる。 $(A_s$:鉄筋の公称断面積、 E_s :鉄筋の弾性係数)いま、 $i=1$ のとき F_{i-1} は $F_0=0$ 、したがって、 D_0 に適当な値を仮定すれば、式②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、 $i=2, 3, \dots$ と繰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 $F_i=P$ (有効プレストレス力)のとき $D_i=0$ となり、これが繰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) および鉄筋応力 (σ_s) はそれぞれ次式から求まる。

$$\begin{aligned} \tau_i &= R_i / (U \cdot L) & \sigma_c &= F_i / A_c \\ \tau_f &= R_{fi} / (U \cdot L) & \sigma_s &= F_i / A_s \end{aligned} \quad (\text{ただし } U: \text{鉄筋の周長})$$

4. ふし1個を有する鉄筋の付着試験

式②の定数 a 、 b を求めるため、 $D13$ を用いてふし1個の鉄筋供試体を作製し、コンクリート強度を変えて付着試験を実施した。荷重～ふし変位の関係を図-4に示す。部材端での鉄筋のすべり込み量は $0.1 \sim 0.2$ mm程度であるから、載荷初期の値を用いて回帰曲線求めた。破壊形式はふしを連ねる円筒面での直接せん断破壊であった。最大荷重から付着強度を求め図中に示す。

5. 計算結果および考察

前記した計算方法で、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) 等を求めて図-5に示す。 σ_c については実測値も併記した。 σ_c の実測値と計算値はほぼ一致しており、ふし変位の初期値も $D_0=0.135$ mmと実測値 0.14 mmに近い値となった。

図-5で、ふしに作用する抵抗力から求めた付着応力 (τ_i) の最大値が 35 kgf/cm^2 と図-4に示した付着強度の $1/3$ 程度であることから、コンクリート強度が 160 kgf/cm^2 と比較的低い場合でも、鉄筋定着性能は十分であることが明かとなった。

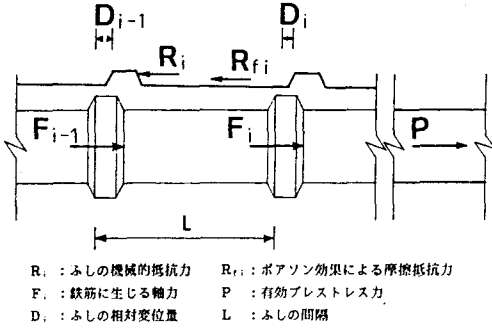


図-3 鉄筋の定着機構モデル

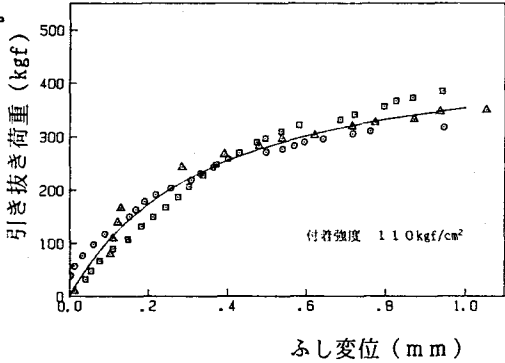


図-4 荷重と鉄筋ふし変位の関係
 $(f_c = 160 \text{ kgf/cm}^2 \text{ の場合})$

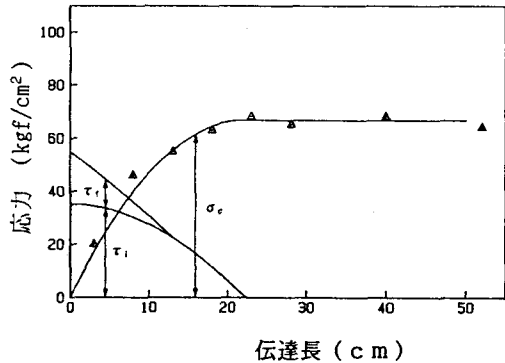


図-5 応力と伝達長の関係