

V-5

鉄筋引抜き試験におけるボンド応力分布に関する実験

九州大学工学部 正員 徳光 善治

九州工業大学 出光 隆

九州大学大学院 学生員 〇松下 博通

1. まえがき

許容付着応力度については、鉄筋コンクリート示方書 170 条 (4) に、各コンクリートの設計基準強度に対し、丸鋼、変形丸鋼の別に示されている。しかしながら、付着試験法については定まったものはなく、現在、ASTM に準じた方法で行なわれている。この試験方法では、鉄筋の埋込み長が決まっており、鉄筋径と埋込み長の関係は考慮されていない。また、引抜き荷重と鉄筋埋込み部の全周面積で割った、いわゆる平均付着応力度によって付着応力度を表わしているが、変形鉄筋の場合、この方法が妥当であるかどうか疑問である。これらとを考えると、筆者らは、鉄筋径の異なる丸鋼、変形丸鋼を用いて付着試験を行ない、特殊な方法でそれぞれの場合の付着応力分布を求め、上記した問題点について調べてみた。以下、その方法と試験結果について述べ、考察を行なう。

2. 試験方法

図-1 に示す特殊な方法で、鉄筋内部に溝を切り、ワイヤーストレインゲージ(ゲージ長 6 mm) を 5 cm 間隔に貼付し、試験時に鉄筋の応力分布の測定を可能にした。

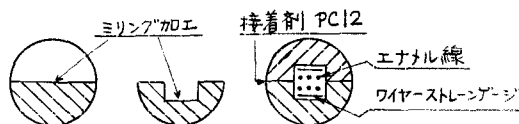


図-1

供試体作製に使用したコンクリートの配合および強度を表-1 に示した。コンクリート材料は、セメントに三菱早強ポルトランドセメント(比重 3.13)、細骨材は福岡県海の中道産(比重 2.56)、粗骨材には福岡県久原産角内岩(比重 2.93)を使用した。使用鉄筋は、丸鋼、変形丸鋼それぞれ 13 mm, 19 mm, 32 mm の 3 種ずつ、DACON 19 mm 1 種の計 7 種類である。

供試体は、鉄筋の埋込み長をすべて 28.5 cm に定め、各種鉄筋ごとに 2 本ずつ作製した。

試験は、コンクリートの材齢 7 日で行なった。

図-2 に供試体と実験装置を示した。試験機は、OLSEN 型万能試験機を使用し、引抜き荷重 P を 100~500 kg ずつ増大し、ダイヤルゲージで鉄筋と引抜き量 δ を測定し、ストレインメーター

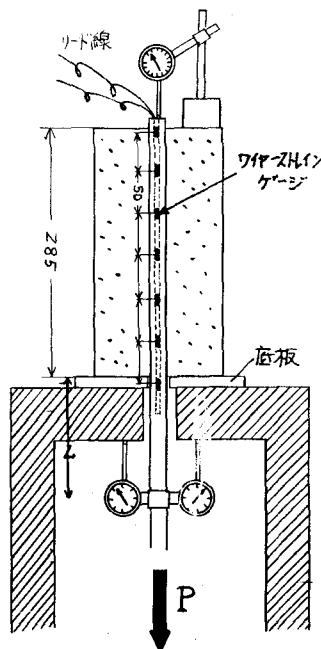


図-2 試験装置
および供試体

表-1 コンクリートの配合および強度

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプの 範囲 (cm)	w/c (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				圧縮強度 σ_p (kg/cm ²)
				W	C	S	G	
20	2±1	53	38	159	300	739	1353	317

で鉄筋の応力分布を調べた。なお、引抜き量は、ダイヤルゲージの読みから、鉄筋のLの部分の弾性変形を差し引いたものとした。

3. 試験結果および考察

引抜き試験を行ない、引抜き荷重(P)と引抜き量(δ)の関係、また引抜き荷重(P)による付着応力(τ_0)分布曲線の変動を各試体について求めた。それについて一例を図-3、図-4、図-5に示す。図-3は $P-\delta$ 曲線の一例であるが、荷重が小さいときには、底板と供試体面とのなじみにより見掛けの引抜き量が大きくなってくるため、修正零点を求め、しかも図-2に示すL部分の鉄筋弾性変形量を差し引いた引抜き量とした。図-4には丸鋼19mmを使用したときの $P-\tau_0$ 分布曲線の関係を示したが、丸鋼の場合は、ほぼ台形分布となして付着応力が奥の方にのびていく。図-5に異形丸鋼19mmを使用したときの $P-\tau_0$ 分布曲線の関係を示したが、異形丸鋼の場合、三角形分布となして奥の方にのびていく。

$P-\delta$ 曲線から $\delta = 0.2\text{mm}$ に対する引抜き荷重を求め、その荷重に対応するボンド分布曲線と $P-\tau_0$ 分布曲線図から求めた。

図-6に丸鋼の径をかえた場合の引抜き

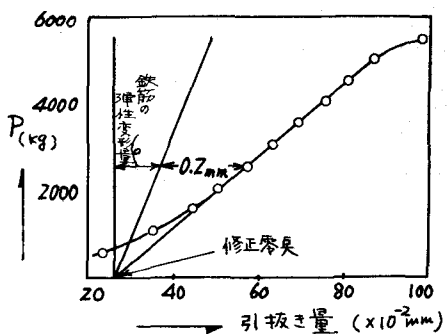


図-3 $P-\delta$ 曲線 ($\phi 19\text{mm}$ の場合)

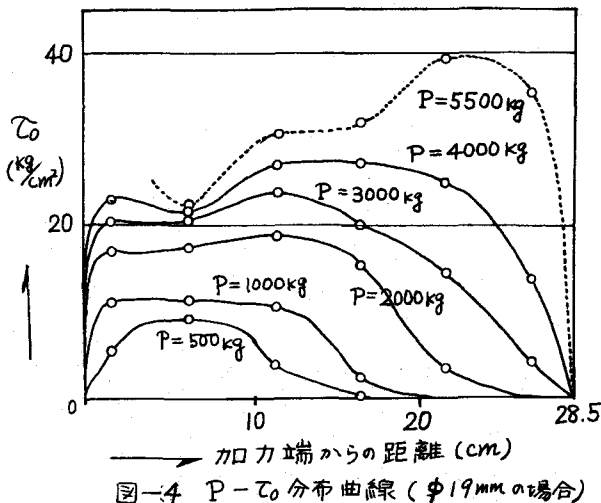


図-4 $P-\tau_0$ 分布曲線 ($\phi 19\text{mm}$ の場合)

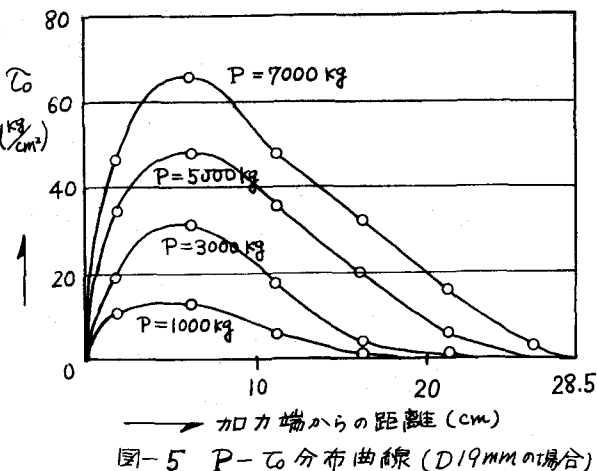


図-5 $P-\tau_0$ 分布曲線 ($D 19\text{mm}$ の場合)

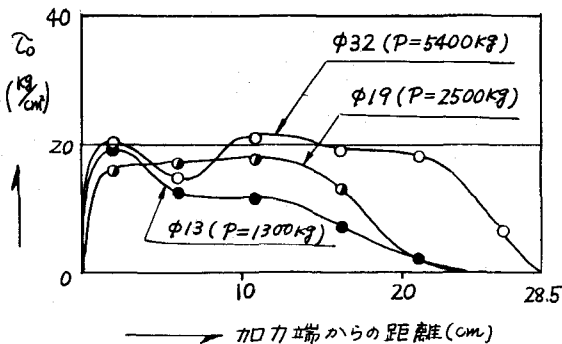


図-6 $\delta = 0.2\text{mm}$ における τ_0 分布曲線 (丸鋼の場合)

き量 0.2mm に対する σ 分布曲線図と、
 図-7 に 変形丸鋼の径をかえた場合の引抜き量 0.2mm に対する σ 分布曲線図と、
 図-8 に 径 19mm の鉄筋の種類がかわる場合の引抜き量 0.2mm に対する σ 分布曲線図を示した。

図-6 において、ボンド応力がほぼ一定とみられる範囲は、鉄筋の直径が大きくなれば、それにつれて増大している。よって、鉄筋径の大きさが変われば、引抜き試験の鉄筋の埋込み長さを変えなければならぬと考えられる。普通一般にいわれる、鉄筋直径の 8 倍の範囲内では σ 分布曲線がほぼ長方形分布となしているといはれようである。

図-7 (変形鉄筋) の場合、鉄筋径の大きさによって付着応力の分布範囲は変化している。しかしながら、付着応力が一定とみられる範囲はあらわれないようである。

表-2 は、本試験 (埋込み長 28.5cm) における各供試体の引抜き量 $\delta = 0.2\text{mm}$ に対する平均付着応力と最大付着応力とを示したものである。丸鋼は径が小さい場合、両者の間には大きな差があるが、 $\phi 32\text{mm}$ になれば両者の差が小さくなる。このことから直径の大きさによって、適当な埋込み長さが存在すること、また、 $\phi 32\text{mm}$ の場合はその値が 28.5cm にかなり近いことなどがうかがえる。変形丸鋼の場合、鉄筋径がかわれば平均付着応力が最大付着応力に近づいていくが、D32mm の場合もまだかなりの差が両者の間にある。これは、前記したごとく、付着応力一定の範囲が変形丸鋼にあらわれないことによるものと考えられる。

図-8 は径 19mm について、鉄筋の種類

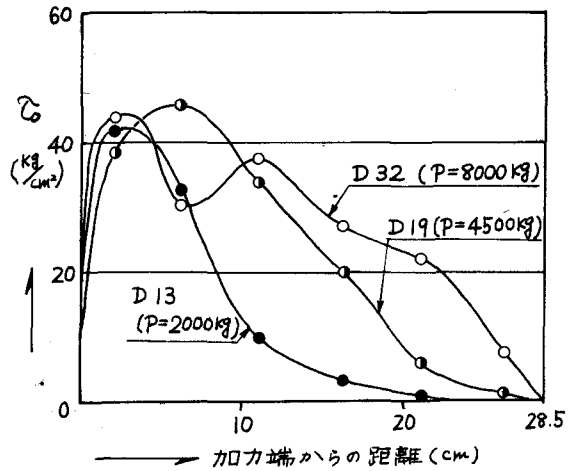


図-7 $\delta = 0.2\text{mm}$ における σ 分布曲線 (変形丸鋼の場合)

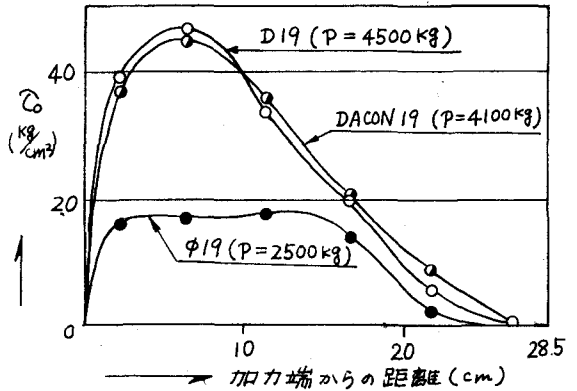


図-8 $\delta = 0.2\text{mm}$ における σ 分布曲線 (鉄筋径 19mm の場合)

表-2 平均付着応力と最大付着応力 ($\delta = 0.2\text{mm}$)

鉄筋の種類	平均付着応力	最大付着応力
$\phi 13$	11.2 (kg/cm²)	26.0 (kg/cm²)
" 19	14.7	20.5
" 32	16.1	20.0
D 13	13.2	43.5
" 19	19.9	44.5
" 32	28.1	45.0
DAON 19	24.1	43.0

別に示したものである。斜フシのDACONは直フシの異形丸鋼とほとんどかわらない性状を示している。

図-9, 10は径19mm, 埋込み長さ10cmとした場合の $\delta = 0.2\text{mm}$ に対応する付着応力分布曲線である。(但し、試験法は押抜き、両引抜きによる)。

図-9は丸鋼を使用した場合である。押抜き試験と両引抜き試験との結果では多少値が異なっているが、付着応力はほぼ平均して分布しているようであり、その平均付着応力は、図-6の最大付着応力にほぼ等しくなっている。

図-10は異形丸鋼を使用した場合である。 $\delta = 0.1\text{mm}$ ではほぼ等分布とみられておしつかぜないが、 $\delta = 0.2\text{mm}$ では両端に付着応力が集中し、等分布になっているとはいえないようである。

以上の実験結果と考察より

① 丸鋼の付着応力試験は、鉄筋径に対応した適当な埋込み長さすることにより、その平均付着応力と付着応力の絶対値を表わすことができる。

② 異形丸鋼、DACONの付着応力試験は、鉄筋の比較試験は可能であるが、平均付着応力では、付着応力の絶対値とあらわすことは無理である。むしろ鉄筋コンクリートとして作用するときのコンクリートのひびわれ等によって制限されるのではないかと考えられる。

4. おすび

引抜き試験における平均付着応力のとりあつかい方を調べたわけであるが、今後は実際に埋込み長さを変えた試作体と作製して引抜き試験をやっていく予定である。

終わりに 本実験に際して、終始御助力頂きました九州大学 川上圭二君に感謝いたします。

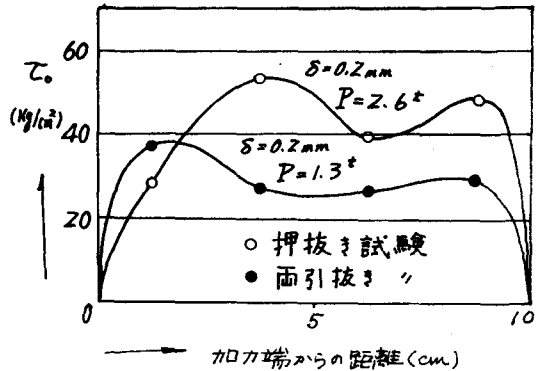


図-9. $\delta = 0.2\text{mm}$ における(丸鋼19mm)
の分布曲線(押抜き試験による)

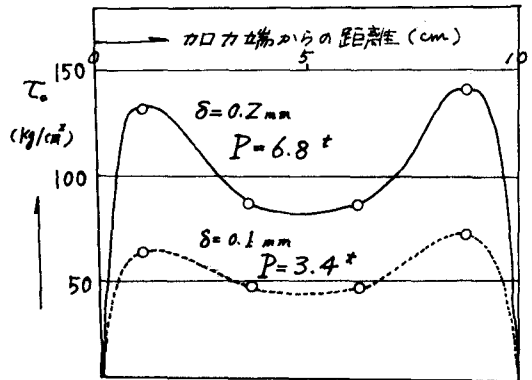


図-10 $\delta = 0.1, 0.2\text{mm}$ における(異形19mm)
の分布曲線(押抜き試験による)