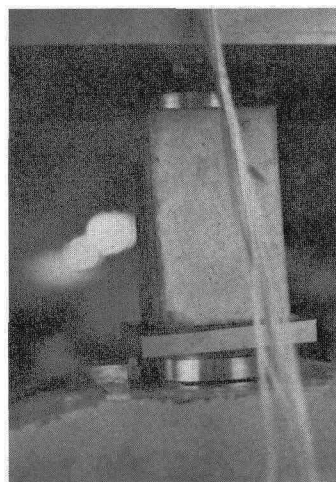


名古屋大学 学生員 田 政範
 " " " 〇片山健一
 岡田建設 正員 岡田 羊

1. まえかき

鉄筋コンクリートは鉄筋とコンクリートとが一体となって外力に抗することを基盤とした構造である。鉄筋コンクリートが外力を受けると、鉄筋とコンクリートとの間にせん断力が作用する。このせん断力を一般に付着力と考え、その単位面積当りの大きさを付着応力と呼んでいる。実際には、異形鉄筋および丸鋼等のように、鉄筋の表面形状によってその付着機構は著しく異なり、厳密な意味では一般的に表現することは困難なようである。

鉄筋の付着作用について詳細に知ることは、鉄筋コンクリートの弾性的および塑性的挙動を知り、また終局耐力を決定するためにも重要であるから、古くから関心が持たれ、多くの研究が行なわれてきたが、今日その要求が一層高まっているようである。付着応力の分布を測定しようとする試みは、Tuckerman gauge を用いた D.WATSTEIN の実験⁽¹⁾、ワイヤーストレインゲージを鉄筋の中に埋込んで行なわれた R.M.MAINS の実験⁽²⁾などをはじめ、いくつか見ることができる。しかしながら、従来の実験では、荷重および時間の増加に伴って変化する鉄筋のひずみ、および付着応力の分布を連続的な形として測定した例はないようである。著者等はデュータレコーダ、ストレインアンプ、ペン書レコーダ等、電子計測機器を利用して、引抜き型付着試験における鉄筋のひずみの変化を連続的に測定することを試みた。この方法によれば、計測機器の容量を増すことによって、多測点を同時に、少人数で測定することができ、得られたデータから結果を直接判断することができるなどの利点がある。



Phot. 1

2. 実験方法

(1) 供試体

実験に用いた供試体は、日本コンクリート会議が提案している引抜き試験用の供試体に準ずるもので、 $15 \times 15 \times 25.5$ cm モルタル角柱の中心に、直径 13, 19, 25 mm 丸鋼および横筋の異形鉄筋を、それぞれ水平に打込んだものである。供試体は恒温養生室内（室温 $21 \pm 3^\circ\text{C}$ ）にて 7 日間養生する。ここにモルタルの圧縮強度は、材令 7 日の場合 $20.7 \sim 29.3 \text{ kg/cm}^2$ 、材令 28 日水中養生の場合 $37.4 \sim 41.3 \text{ kg/cm}^2$ であった。異形鉄筋を埋込んだ供試体は、らせん鉄筋（素線径 6 mm、らせん外径 10 cm、ピッチ 3 cm）でモルタルを補強する。

鉄筋にストレインゲージを埋込む方法は、R.M.MAINS および水野等⁽³⁾を参考にして行なった。まず、鉄筋を縦方向に 2 つに切断し、片方を残してその切断面を研磨し、2 本を合わせて、もとの鉄

筋の直径と等しくなるように加工する。次に、研磨した切断面にストレインゲージを埋込んでリード線を通すことができるように、幅6mm、深さ3mmの溝を切削する。

鉄筋の埋込み長さに沿って、自由端から5cm間隔にストレインゲージの埋込み位置を決め、溝の両側に3点ずつ貼付ける。(図1) ストレインゲージはKFC-5-C1-11 共和電業、接着剤はCC-15を使用した。ストレインゲージのリード線は直径0.3mmのエナメル線を使用し、鉄筋の外側でシールド線に結線する。シールド線の使用はハムの影響を防ぐために有効であった。ストレインゲージの埋込みが終わったら、絶縁性と防水性を十分考慮して、コーティングを行ない、エポキシ性接着剤を用いて鉄筋を接着して仕上げる。

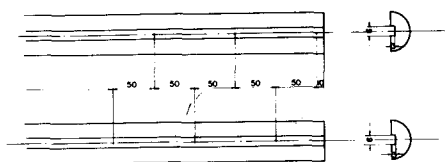


Fig.1 Strain Gages Mounted in Grooves

(2) 測定方法

供試体は島津製作所製100t万能試験機にセットされ、球座の上に置かれた中心孔6cm、厚さ2.5cmの加圧板を通して載荷される。写真1に状況を示す。測定は、自動負荷制御装置を用いて荷重速度を毎分60~150 kg/cm^2 に保って行なう。荷重および鉄筋のひずみは、それぞれ同時にデータレコーダによって磁気テープに記録される。また同時に、自由端にセットしたダイヤルゲージ(精度1/100)によって、自由端における鉄筋とモルタルの相対すべり量を測定する。磁気テープに記録されたデータは、ペン書レコーダによってグラフ用紙上に再生する。以上のような測定のプロローチャートを図2に示す。

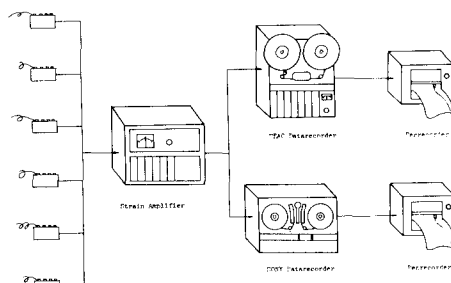


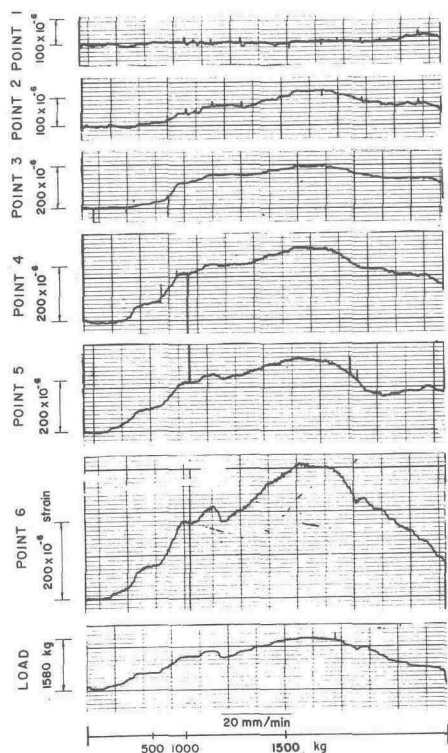
Fig.2 Testing Procedure

3 結果と考察

(1) 鉄筋のひずみ

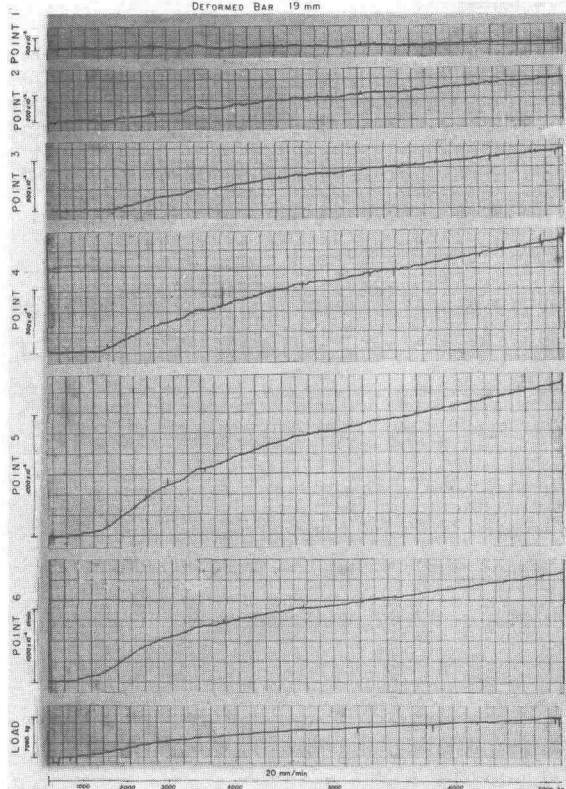
データレコーダから再生された鉄筋のひずみ、および荷重の測定値は写真2に示す通りである。ここに示した曲線は、紙面の都合上、直径19mmの異形鉄筋および丸鋼に属するものを示した。point 1~6は、図1に示す通り、ストレインゲージの位置を示し、Loadは試験機のメータが示す荷重を表わす。縦軸に鉄筋のひずみ、あるいは荷重の大きさをとり、横軸に測定開始から経過した時間をとってある。グラフの左端および下端にそれぞれの基準とする量が示してある。この曲線において、丸鋼と異形鉄筋の場合を比較すると、前者は後者に比べて全体的に曲線の凹凸が著しいようである。これは丸鋼と異形鉄筋の付着機構の相違を示すもので、丸鋼の場合は非常に不安定なものであることが再認識される。載荷端に近い測点におけるひずみ曲線の形は荷重曲線の形とよく似ているが、自由端側に近づくにしたがって、ひずみが零を保つ荷重範囲が大きくなり、また、曲線の形

PLAIN BAR 19 mm



Phot 2 (a)

DEFORMED BAR 19 mm



Phot 2 (b)

が変化し全般に穏やかになっている。これから付着応力発達状況と有効付着長さの変化することが理解できる。なお、写真からも明らかなように、丸鋼の場合には自由端のすべり量が十分大きく発達するまで荷重を増加することができ、破壊は引抜け破壊によるものであるが、異形鉄筋の場合には自由端のすべり量が十分大きく発達する以前に、鉄筋の降伏によって破壊が生じているため、付着機構の破壊を伴う変化を見ることができなかった。

(2) 鉄筋の応力分布および付着応力分布

写真2に示す鉄筋のひずみ曲線から、それぞれの荷重に対応する鉄筋の応力を、引張試験によって決めた弾性係数を与えて計算すると、それぞれ図3に示すようになる。また、付着応力は隣接2点間の引張力の差に等しいと仮定することによって計算することができるから、このようにして求められた付着応力を2測点の中間にプロットすると図4に示すようになる。丸鋼の場合には、付着応力の最大値が荷重の増加に伴って、載荷端側から自由端側へ移動していくことがよくわかる。最大荷重に達したときの付着応力分布は、鉄筋の埋込み長さに沿って、自由端側を頂点とする三角形にほぼ分布するようである。このときの自由端のすべり量は、ほぼ $100 \sim 200 \times 10^{-3} \text{ mm}$ である。異形鉄筋の場合には、自由端のすべり量が十分大きくなるまで荷重を増大させることができなかったため、丸鋼のような付着応力の分布の変化が得られなかった。この場合の付着応力の分布は、同一荷重に対する丸鋼の場合と比較すると著しく異なり、有効付着長さも短くなる。荷重が十分大きく

なると、分布曲線は埋込み長さ全般にわたって、ほぼ一様に分布するようになる。以上のような丸鋼と異形鉄筋の付着応力分布の相違は、両者の付着機構が根本的に異なることを示すものであろう。図3、4に示した破線の曲線は、福田⁽⁴⁾の式に具体的な数値を代入して求めたものである。

(3) 付着応力とすべり量との関係

自由端からスだけ離れた任意の点xにおける鉄筋とコンクリートとの相対すべり量 S_x は、初期すべり S_x 、鉄筋のひずみ ϵ_{sx} 、コンクリートのひずみ ϵ_{cx} が与えられれば計算することができ、各測点における鉄筋の付着応力と相対すべり量との関係を示すグラフは紙面の都合上省略する。

4 結語

鉄筋の付着作用のメカニズムおよび付着応力の分布を明確に知るために、電子計測機器を利用して有効な結果を得ることができた。この方法によれば、測定値を直接肉眼で観察することができ、付着のメカニズムを知るうえで有益であると思う。

参考文献

- 1) Mains R.M. ; "Measurement of the Distribution of Tensile and Bond Stress along Reinforcing Bars." ACI Journal Vol.23, No.5, Nov. 1951
- 2) Watstein, D. ; "Distribution of Bond Stress in Concrete Pull-out Specimens." ACI Journal Vol.18, No.9, May 1947
- 3) 水野, 渡辺 ; "丸鋼, 異形鉄筋および異形ねじり鉄筋の付着に関する研究" 土木学会論文集, 第93号, 昭和38年5月
- 4) 福田武雄 ; "軸方向力を受くる鉄筋コンクリート部材に於ける応力分布に関する二三の理論的問題に就て" 土木学会誌 第19巻3号, 昭和8年3月

