

鉄筋の定着による周囲のコンクリートのひずみに関する研究

大阪市立大学工学部 正 西 堀 忠 信
 “ “ 正 山 本 修 章

ま え が き 鉄筋とコンクリートの付着に関しては多くの研究がなされてきた。その多くは実験に基づくものであり、限定された範囲における付着特性が明らかにされてきている。そのため、一般的または物性的にはまだ不明の点が多く残されている。その一つに包括的に付着の概念に包含されている鉄筋とコンクリートとの境界面近傍における特性がある。付着試験における荷重の増大に伴う特性の変化も、繰返し荷重のもとにおける付着の劣化も、また、側圧を加えることによる付着強度の増大もいずれも境界面付近におけるコンクリートの応力および変形に依存しているものと考えられる。過去に行なわれてきたずれと付着強度との関係に関する研究の多くはずれとコンクリートと鉄筋の平均ひずみの差から求めた値を用いているので、応力変化の著しい境界面近傍の特性と十分にはあわせていない面がある。

本研究は、このような観点より、付着試験から得られた鉄筋の軸方向力の応力分布より半無限体中に鉄筋の軸方向力の差に等しい鉛直力が作用するものとして Mindorin の解を用いコンクリート内の応力分布および変形を求め、検討したものである。

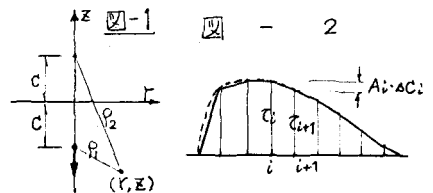
解 析 方 法 解析にあたり(1)鋼およびコンクリートは弾性体である。(2)境界面に働く応力は連続体中に働くものと同様である。(3)力は中心軸に沿って作用する。と仮定した。Mindorin の解によると自由面より C の位置に集中荷重 P が作用する場合任意点 (r, z) における応力 $(\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_z, \tau_{rz})$ および変位 (u_r, u_z) が与えられている(1)式。今集中荷重の代りに微小区間 dC に dP が作用するものとし、 $dP = -\tau(C)U dC$ とすると(2)式となる。一方、付着試験の結果より $\tau-C$ 曲線が得られるならば、これ

$$\begin{cases} \sigma_r \\ \sigma_\theta \\ \sigma_z \\ \tau_{rz} \\ u_r \\ u_z \end{cases} = P \cdot f \left\{ \begin{matrix} \sigma_r \\ \sigma_\theta \\ \sigma_z \\ \tau_{rz} \\ u_r \\ u_z \end{matrix} \right\} (C, r, z) = \int_0^C \tau(C) \cdot f \left\{ \begin{matrix} \sigma_r \\ \sigma_\theta \\ \sigma_z \\ \tau_{rz} \\ u_r \\ u_z \end{matrix} \right\} (C, r, z) dC = \sum_{i=1}^n A_i \int_{C_i}^{C_{i+1}} \tau(C) \cdot f \left\{ \begin{matrix} \sigma_r \\ \sigma_\theta \\ \sigma_z \\ \tau_{rz} \\ u_r \\ u_z \end{matrix} \right\} (C, r, z) dC + \sum_{i=1}^n B_i \int_{C_i}^{C_{i+1}} \tau(C) \cdot f \left\{ \begin{matrix} \sigma_r \\ \sigma_\theta \\ \sigma_z \\ \tau_{rz} \\ u_r \\ u_z \end{matrix} \right\} (C, r, z) dC \quad \dots (1)$$

$$\dots (2) \quad \dots (3)$$

を多角形におきかえ、任意点 C の付着応力度ではその前後 C_i および C_{i+1} 点の付着応力度 τ_i および τ_{i+1} より $\tau = A_i C + B_i$, $A_i = \frac{\tau_{i+1} - \tau_i}{C_{i+1} - C_i}$, $B_i = \frac{\tau_i C_{i+1} - \tau_{i+1} C_i}{C_{i+1} - C_i}$ となり、コンクリート中の任意点の応力および変位は(3)式のように変形し得る。ただし U : 鉄筋周長、 τ : 付着応力度

計 算 結 果 図-3~図-6は、付着応力度の軸方向分布を図-4に示すような三角形と仮定した場合で $\tau_{max} = 50 \text{ kg/cm}^2$ の場合の計算結果を示す。図-3は、鉄筋とコンクリートとの境界面 ($r = d/2$) で、自由面 ($z = 0$) における円周方向引張応力度を鉄筋応力度で示した荷重との関係で示したものである。また図-3は円周方向引張応力度の生ずる z 方向の深さと荷重との関係を示したものである。静的な荷重のもとにおける付着試験において一般に荷重レベルの低い場合に観察される付



着応力分布のように自由面から近い位置で付着応力の最大値があらわれ、深さを増すにしたがって低減する場合、自由面において非常に大きい引張応力が生じ、例えば、最大値の生ずるのが自由面から $d/2$ 程度とすると、鉄筋応力が 300 kg/cm^2 程度でコンクリートの引張強度に達する応力に達すること示す。しかし、図-5 から、付着応力の最大値が自由面に近ければ引張応力の生ずる範囲は浅く、最大値が $d/2$ の場合引張応力は d 程度の範囲にとどまっている。静的荷重による付着試験で荷重レベルの高い場合には付着応力の最大値は自由面から深い位置に生ずることが種々の実験結果から明らかであり、また繰返し荷重が作用する場合の付着試験では、繰返し回数が多くなると明らかに付着に関係しない部分があらわれ、また、付着応力の最大値の生ずる位置も自由面から深い位置になっている。このような場合図-5 から明らかのように円周引張応力は小さくなっている。しかし、図-6 に示すように、この場合引張応力は広い範囲に分布している。

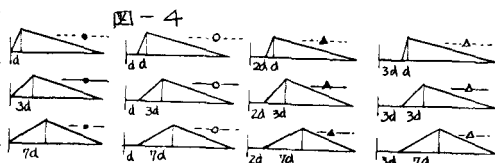
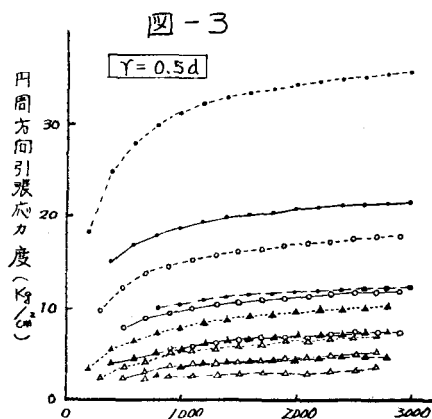


図-5 軸引張力と円周方向引張応力の生ずる範囲 $\sigma_3 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

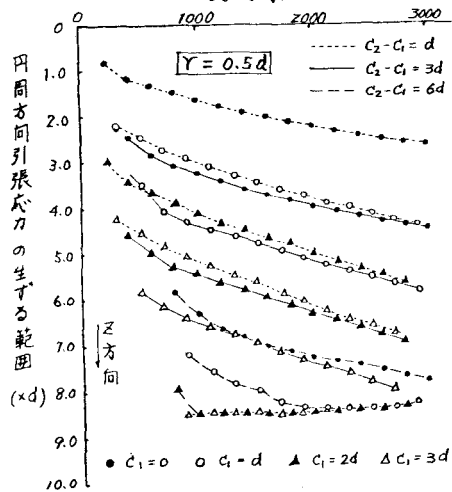


図-6 円周方向引張応力の円周方向の分布

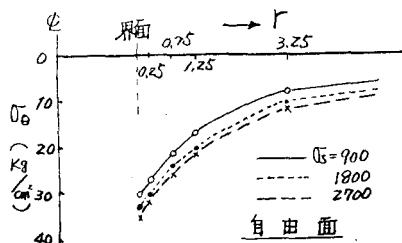


図-6 は、自由面 ($z=0$) における円周方向引張応力の半径方向の分布の計算結果を示したものである。図より円周方向引張応力は半径方向にはなれるにしたがって急速に減少する。したがって、ある一つの付着応力の分布状態において円周方向引張応力によってひびわれが生じたとしてもこの状態でのひびわれはごく限られた範囲のものとなり、このひびわれによって別の付着応力分布へ移行しているものと考えられる。

半径方向の変位の計算結果は、円周方向引張応力の生じている範囲ではなれを示し、その分布状況は円周方向引張応力の分布状況と類似の傾向を示している。

以上の計算結果を照査するため直径 500 mm 、長さ 1200 mm の円柱状試体の中心に $\Phi 35$ の異形鉄筋を挿入し引き抜き試験を行なったが、円周方向ひずみ分布は上の計算結果とよく一致する傾向を示すことが確かめられた。