V－183　付着力による鉄筋周辺のコンクリート応力に関する研究

大阪市立大学　工学部　正員　西堀忠信

1.まえがき

鉄筋コンクリート部材において，コンクリートのかぶりは鉄筋とコンクリートとの付着力に大きな影響をおよぼし，付着力と関連の大きな曲げひびわれ分布もかぶりによって変化する。また，異形鉄筋の引抜き付着試験では，コンクリートブロックが割裂して最大荷重となり，またコンクリートブロック内にスパイラル鉄筋を挿入することによって引き抜き力の最大値は増加する。したがって，鉄筋とコンクリートとの付着は，鉄筋の表面形状など鉄筋とコンクリートとの界面の状態のほか，付着応力に伴なう鉄筋周辺のコンクリートの応力状態とも密接なかかわりを有しているものと考えられ，鉄筋コンクリートにおけるひびわれ，定着等，付着応力と密接な関係を有する問題を取扱うに際しては鉄筋周辺コンクリートの応力と付着力の関係を明らかにする必要があろう。

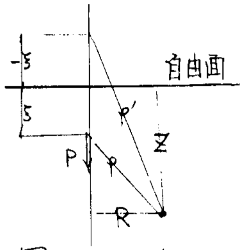
本研究は，この問題における基本として半無限体中に埋め込まれた鉄筋の引抜きによる周辺コンクリートの応力状態を既知の弾性解により計算し，これと実験結果とを比較検討したものである。

2.解析方法

半無限体中の1点に加わる力による弾性体中の応力は，Mindlin の才1解[1]によって与えられている。付着力は，鉄筋とコンクリートとの界面で鉄筋軸方向に分布して作用する力であるので，コンクリートは弾性体であり，鉄筋とコンクリートとの界面ではコンクリートのみの場合と同じ応力が働き，また，鉄筋とコンクリートのポアソン比の差などによる変形の差は無視できるものと仮定し，Mindlinの解をつぎのように変形した。

$$F_i(z,R)=\frac{U}{A_s}\int_0^{\infty}\tau(\xi)\cdot f_i(\xi,z,R)\,d\xi$$

ここに，Uは鉄筋の周長，A_sは鉄筋の断面積，$\tau(\xi)$はξ点に働いている付着応力度 $f_i(\xi,z,R)$はMindlin才1解における$P=1$がξ点に作用したときの(z,R)における応力度（$\sigma_r,\sigma_\theta,\sigma_z,\tau_{rz}$）または変形（$U_z,U_r$），$F(z,R)$は鉄筋の引抜きによってコンクリート中の（$z$，$R$)点に働く応力度（$\sigma_r,\sigma_\theta,\sigma_z,\tau_{rz}$）または変形（$U_r$，$U_z$）である。

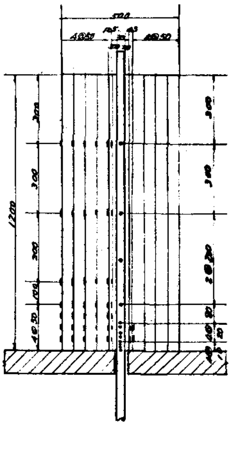


図－1

3.実験方法

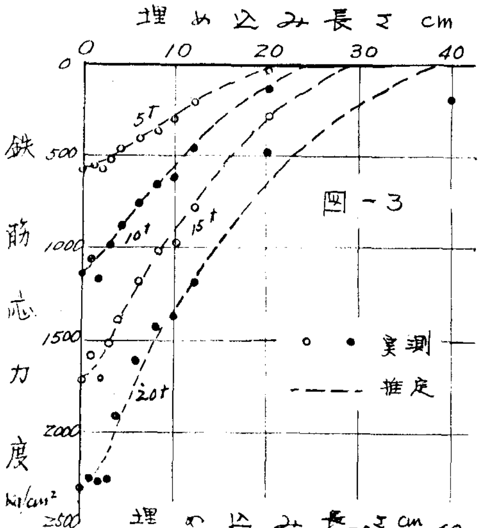
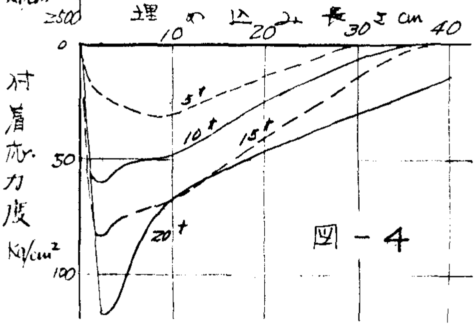
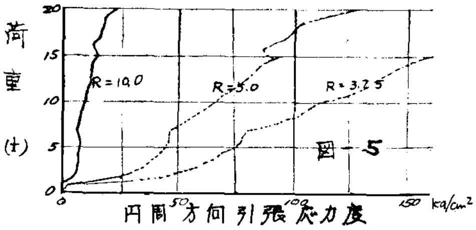
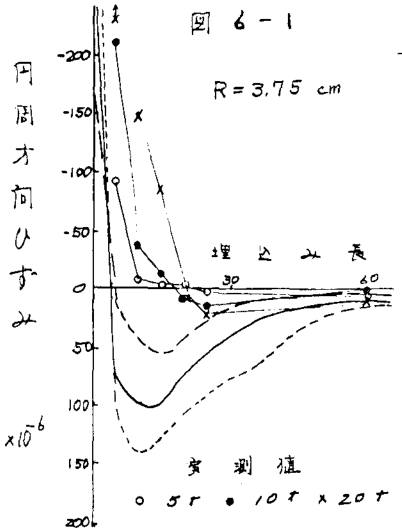
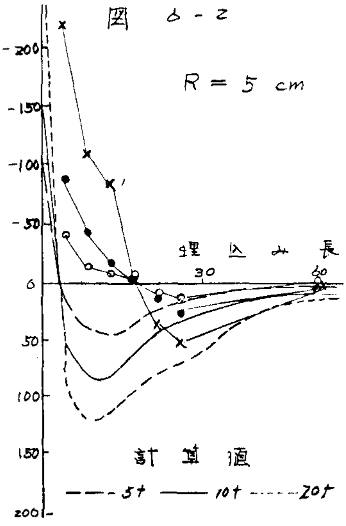
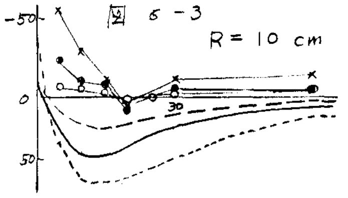
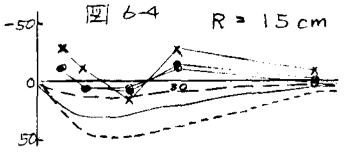
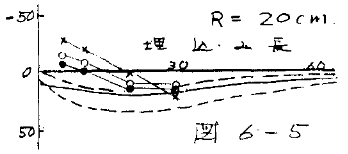
Mindlin才1解を付着力によるコンクリート内部の応力に用いることの妥当性を検討するため，図－2に示すような供試体によって引抜き試験を行なった。鉄筋はSD35，D35を用い，2つ割りにし内部にストレンゲージを貼付した。コンクリートは6層に分けて打設した。才1層（径75^{mm}），才2層（100^{mm}）は$C=565$ kg/m³，W/C＝60％，フロー値200のモルタルを用い，才3層～才6層は，$C=340$ kg/m³ s/a＝50％，W/C＝53％，スランプ10±3cmのコンクリートを用いた。モルタルおよびコンクリートの実験時における圧縮強度は313～326 kg/cm²，引張強度は29.4～31.8 kg/cm²，静弾性係数は2.7～3.5×10^5 kg/cm²であった。モルタルまたはコンクリートは，打設後1週間で脱型し，図－2に示す位置で軸方向および円周方向のひずみを測定するストレンゲージを貼付した。荷重は，リレー式100t万能試験機を用い，1tづつ鉄筋が降伏するまで載荷した。

図－2



4 結果と考察

図－3は，鉄筋ひずみの実測結果よりもとめた鉄筋応力度の埋め込み長さとの関係を示したものであり，図－4に鉄筋応力度の分布曲線より推定した付着応力度の分布曲

線を示したものである。また，図－6はコンクリートの各断面における円周方向のひずみの実測結果であり，図中の計算値は，図－4に示す付着応力によって生じる半無限体中の応力より，$E_c=0.37\times10^6\ kg/cm^2$，$\nu=0.2$として求めた計算ひずみである。図－6より，計算によるとコンクリートに生ずる円周方向の引張ひずみは，自由面より2.5～3.5 cmの深さまでであるが，実測結果ではこれよりかなり深い位置まで引張ひずみが生ずることを示している。この原因として考えられることは，実際に鉄筋応力度から算出した付着応力による軸引張力を加えた場合の自由面の引張応力度が，図－5に示すように鉄筋軸より3.75 cmおよび5.0 cmでは，荷重約2tでコンクリートの引張強度を越え，かつ，荷重の増加による応力の増加が著しい。したがって，本供試体の場合，荷重約2tで自由面付近で放射状のひびわれが発生したものと考えられる。これにより，この部分が分担していた引張力が開放され，ひびわれの生じていない部分に引張力が再配分されたことによるものとみられる。しかし，一般的に応力の分布の傾向に似ており，また，他の実験結果より，ひびわれの生ずるまでのひずみは計算値とよく一致することが確かめられている。以上の結果より，本計算は付着による周辺コンクリートのひびわれ発生までの応力特性を示しうるが，ひびわれ発生後の状態はこの解にひびわれによる応力再配分の解を付加することにより，より精度を高めうるものと思われる。

1):構造力学公式集