

## 高強度鉄筋とコンクリートの付着特性に関する研究

国土交通省 国土技術政策総合研究所  
 国土交通省 国土技術政策総合研究所  
 国土交通省 国土技術政策総合研究所

正会員 玉越 隆史  
 北村 岳伸  
 正会員 藤田 知高

### 1. 目的

道路橋へ使用する鉄筋の高強度化は、鉄筋量の削減による断面の縮小とそれに伴うコスト縮減、施工性の向上等が期待できるものの、これを用いたコンクリート部材の力学的性能に関する不明点も多く、基準化に至っていないのが現状である。鉄筋とコンクリートの付着特性については、付着力発揮のメカニズムの解明とそれらを反映した設計手法の確立が課題である。本稿では、高強度鉄筋 SD490 及び USD685 についての引抜き試験により明らかにされた付着特性について報告する。

### 2. 試験方法

直径 500mm の円柱コンクリートの中心に、一定間隔でひずみゲージを貼り付けた鉄筋を埋め込み、センターホールジャッキにより単調載荷で鉄筋を引き抜いた(図-1)。ひずみゲージより計測されるひずみ値を軸力に換算し、隣接 2 計測点の軸力差  $N$  を付着区間面積(鉄筋周長  $L_s \times$  計測点間距離  $L$ ) で除すことで、その区間に発揮される付着応力度 を算出した。また、鉄筋が降伏し鉄筋とコンクリートのひずみ差が大きくなった時点で鉄筋とコンクリートの付着は切れたと見なせることから、付着発揮範囲の軸力の合計  $N$  とその時点で鉄筋に作用している引張荷重  $P$  との差分を付着劣化区間面積(周長  $L_s \times$  付着劣化区間長  $L$ ) で除すことで、付着劣化区間における抵抗応力度 を算出した。付着特性に依存すると考えられる鉄筋径、鉄筋強度、定着長に着目し、表-1 に示す 4 ケースについて付着応力度分布を比較した。

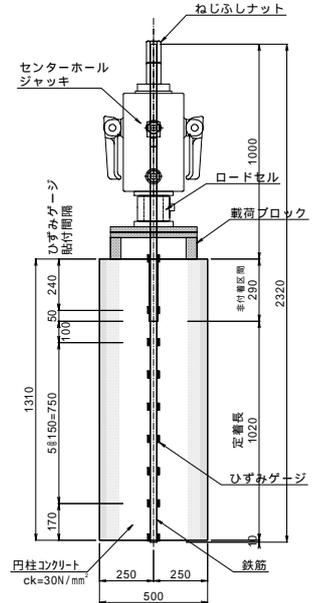


図-1 載荷概要

表-1 試験ケース

試験ケース	鉄筋強度	鉄筋径	定着長
1	SD490	D29	35
2	USD685	D29	35
3	USD685	D35	35
4	USD685	D35	55

### 3. 付着メカニズム

引抜き荷重を連続的に増加させた場合の付着応力度分布の推移について、試験ケース 4(USD685, D35, 定着長 55)の結果を代表例として図-2(a)及び(b)に示す。

(a) 載荷端である付着上端側にいく程、発揮される付着応力度 は大きくなった。付着発揮範囲は、引抜き荷重が増加するに従い分布傾向の傾きをほぼ一定に保ったまま深さ方向へ進展していった。また発揮される付着応力度はある一定値で頭打ちとなり、鉄筋が弾性域内にある間はほぼその一定値を保持したまま推移した。

(b) 付着上端側から鉄筋が降伏し付着劣化が発生すると、その区間で発揮される付着応力度は急激に減少し、代わりに抵抗応力度 の発揮が確認された。付着発揮範囲の付着上端からの距離が増加するに従い、付着発揮範囲は加速度的に深さ方向へ進展し、最下端の付着応力度が各深さで見られた付着応力度の最大値とほぼ同じ値に達した後、鉄筋は引き抜けた。

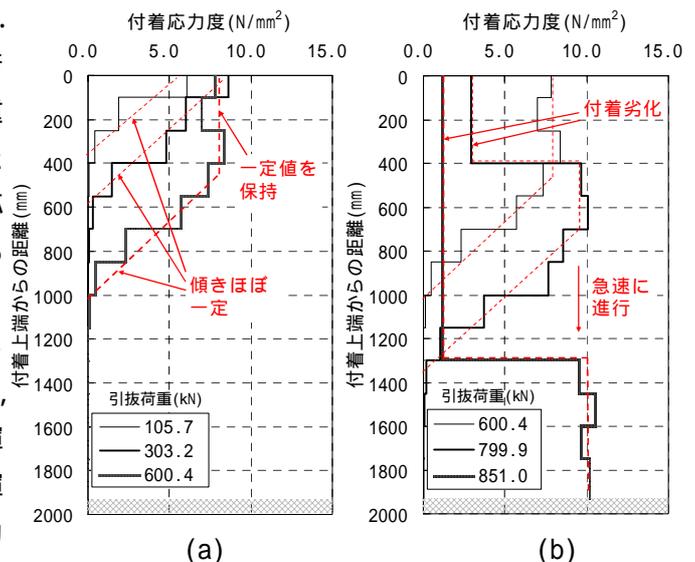


図-2 付着応力度分布の推移(試験ケース 4)

キーワード 高強度鉄筋, 付着特性

連絡先 〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地 国土交通省 国土技術政策総合研究所 T E L 029-864-4919

4. 発揮される付着性能

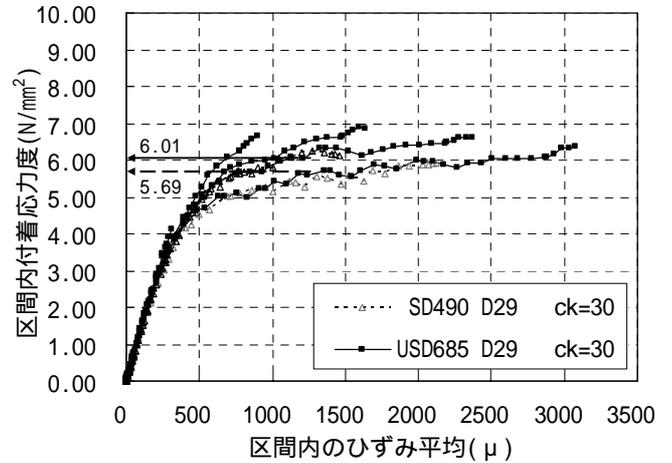
任意のひずみ計測区間における隣接 2 計測点のひずみ平均値  $\mu$  と計測区間内の付着応力度 の関係について、鉄筋強度及び鉄筋径に着目した比較結果を図-3(a)及び(b) に示す。両図に共通し、付着応力度はひずみ平均が  $300\mu$  あたりまでほぼ直線的に増加した後、ある付着応力度にて頭打ちになるバイリニアの関係を示した。そこで、付着応力度が頭打ちとなり安定した値を保持していると思わせるひずみ平均値  $1000\mu \sim 1500\mu$  の範囲における付着応力度の平均値(以下、発揮付着応力度)を読み取り比較を行った。値は図中に表記した。

鉄筋強度の比較である(a)より、ひずみと付着応力度の関係は鉄筋強度の違いに依らずほぼ同等となった。これは、鉄筋とコンクリートとの付着は鉄筋の弾性域内で発揮されるため、弾性係数が同等であれば鉄筋強度が異なっても付着応力度発揮傾向に差は生じないことを示すものであると考えられる。

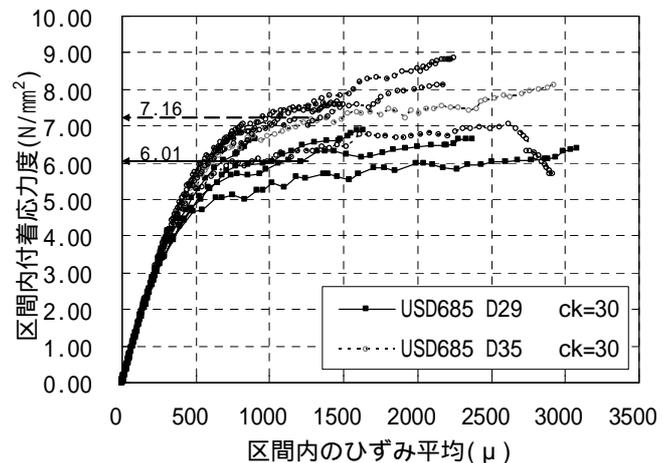
鉄筋径の比較である(b)より、D29 に対する D35 の発揮付着応力度の比率は 1.19 となり、鉄筋径が大きいほど発揮付着応力度も大きくなる傾向を示した。鉄筋とコンクリートの付着は、鉄筋の平滑面における摩擦作用と鉄筋のふしによる機械的な引っかかり作用の複合で発揮されていると考えられ、異形棒鋼では後者の作用に大きく支配されていると予想される。ここで、発揮付着応力度がふしの引っかかりによりせん断抵抗力を発揮できるコンクリートの断面積に依存すると推測し、それぞれの鉄筋径についてコンクリートのせん断抵抗断面積  $A_c$  を比較した(図-4)。その結果、D29 では  $A_c=5200\text{mm}^2$ 、D35 では  $A_c=6253\text{mm}^2$  となり、D29 に対する D35 の断面積比率 1.20 は、前述の発揮付着応力度の比率 1.19 と近いものとなった。

5. まとめ

- (1)コンクリートに埋め込んだ鉄筋の引抜き試験により、鉄筋の付着メカニズムは以下のとおり明らかとなった。
  - ・コンクリートと鉄筋の付着応力度の分布傾向は、深さ方向にほぼ一定を保ったまま推移する。
  - ・発揮される付着応力度はある一定値で頭打ちとなり、鉄筋弾性域内ではその値を保持する。
  - ・鉄筋の降伏に伴う鉄筋とコンクリートとのひずみ差の増大により付着劣化が発生する。
  - ・付着上端側から鉄筋の降伏が発生すると、付着劣化は加速度的に深さ方向に進展し、鉄筋は引き抜ける。
- (2)コンクリートと鉄筋の間で発揮される付着性能は、鉄筋強度に依存せず、鉄筋径及び鉄筋のふし形状により決まるコンクリートのせん断抵抗断面積に依存する可能性が示された。



(a)鉄筋強度の比較



(b)鉄筋径の比較

図-3 ひずみと付着応力度の関係

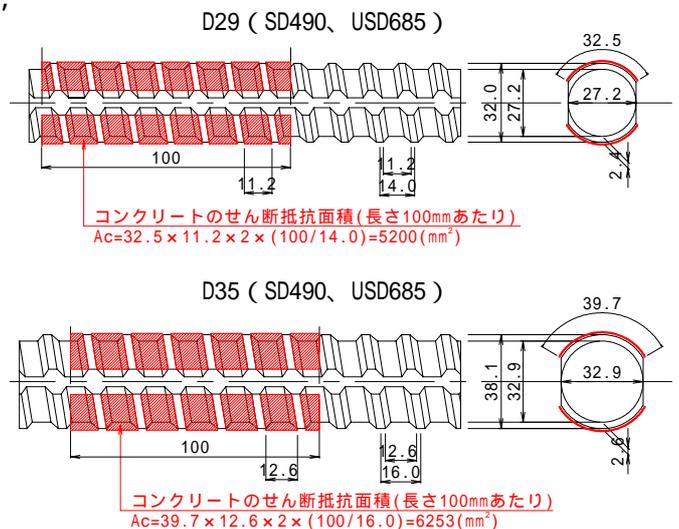


図-4 鉄筋のふし形状とコンクリートのせん断抵抗面積