

## 1. まえがき

標準試験方法は、試験が簡単であるとともに、材料特性を評価する場合でも、構造物内の応力状態や環境条件をばらばらにシミュレートできることが望ましい。しかし、構造物内の鉄筋とコンクリートの付着性能は複雑であって、これを単一の試験方法で評価することは難しい。本試験方法は付着の降下、終局強度およびひびわれ分散性の3つの特性をあらわす引抜き試験、偏りに引抜き試験および両引き試験の3方法から構成されている。ただし、付着に対する材料特性の試験であるので、試験結果は元のまま構造設計の資料にはなり得ない。

本研究は「構造材料の安全性に関する研究委員会、付着分科会」によって行なったもので、委員各位、特に幹事として尽力された国府勝郎（セメント協会）、河合弘滋（日大）の両氏に謝意を表す。

## 2. 引抜き試験方法

通常のかぶりを持つRC部材における要形鉄筋の付着降下は鉄筋にそうじひびわれに起因する。本試験は要形鉄筋の表面形状による縦ひびわれ発生時応力を求めると共に鉄筋とコンクリートとの一体性を試験することを目指す。従って、ひびわれ発生荷重を確認できるよう、無補強コンクリート供試体からの引抜き試験とした。

(1) 供試体 コンクリートの割裂荷重を試験することとするので、供試体の寸法は鉄筋直径に正しく比例させる必要があり、一辺6φの立方形とした。(図1) 荷重側に応力均等化のためのボンドレス区間(2φ)を設けた。

コンクリートの品質は $f_{ck}=300 \pm 30 \text{ kg/cm}^2$ 、スランプ=10±2cmとし、鉄筋を水平位置にして成型する。供試体の養生は20±3℃の水中とする。

(2) 試験方法 各段階の自由端すべり量(δ)における付着応力度(%)を式(1)から計算し、すべり量0.002φmmにおける付着応力度並びに最大付着応力度、 $\tau$ - $\delta$ 曲線の勾配から、一体性並びに付着降下、剛性を評価する。

$$\tau_0 = \frac{P}{4\pi\phi^2} \alpha \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 $\alpha$ : コンクリート強度に対する補正係数で、 $\alpha = 300/f_{ck}$ 。

補正係数は図2から、付着応力度は圧縮強度に比例するとして定めた。

(3) 判定 次の2つの条件が満足されれば合格とする。

(i) すべり量0.002φmmにおける付着応力度は $30 \text{ kg/cm}^2$ 以上。

(ii) 最大付着応力度は $80 \text{ kg/cm}^2$ 以上。

本試験は材料特性の相対値を示すに過ぎないから、合格判定値を定めることは極めて難しい。上記は、JIS G 3112に適合する市販鉄筋の試験値(表1)を参考にして定めたものである。

なお、D38乃至D41以下の市販鉄筋は大部分、ふし間隔、高寸等が直径に比例しており、これらの $\tau_0$ - $\delta$ 曲線は一般線に収束する。(図3)従って、表2に示す代表鉄筋について試験を行えば実用上十分である。

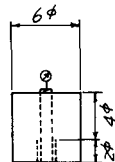


図1 引抜き試験方法

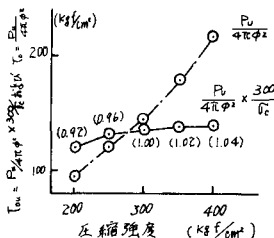


図2 補正係数に関する実験結果

表1 引抜き試験結果

| 鉄筋<br>種類                 | 鉄筋<br>径φ(mm) | $\tau_{0.1}$<br>(kg/cm²) | $\tau_{0.2}$<br>(kg/cm²) | $\delta \times 100$<br>(mm) |
|--------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 縦<br>筋<br>A <sub>1</sub> | D16          | 80                       | 154                      | 175                         |
|                          | 25           | 78                       | 122                      | 150                         |
|                          | 32           | 72                       | 121                      | 300                         |
|                          | 35           | 90                       | 126                      | 300                         |
|                          | 38           | 87                       | 135                      | 400                         |
|                          | 41           | 105                      | 141                      | 450                         |
|                          | 51           | 99                       | 123                      | 175                         |
|                          | D32          | 53                       | 124                      | 300                         |
|                          | 35           | 61                       | 129                      | 400                         |
|                          | 38           | 70                       | 126                      | 350                         |
| 斜<br>筋<br>A <sub>2</sub> | 41           | 62                       | 135                      | 400                         |
|                          | 51           | 98                       | 125                      | 200                         |
|                          | D16          | 46                       | 98                       | 250                         |
|                          | 25           | 46                       | 96                       | 350                         |
|                          | 32           | 53                       | 123                      | 600                         |
|                          | 35           | 54                       | 124                      | 500                         |
|                          | 38           | 59                       | 128                      | 400                         |
|                          | 41           | 57                       | 108                      | 350                         |
|                          | 51           | 66                       | 107                      | 250                         |
|                          | D32          | 62                       | 125                      | 350                         |
| 斜<br>筋<br>B <sub>2</sub> | 35           | 57                       | 134                      | 450                         |
|                          | 38           | 47                       | 119                      | 600                         |
|                          | 41           | 58                       | 120                      | 600                         |
|                          | 51           | 73                       | 109                      | 350                         |

### 3. 偏に引張る試験方法

かなりが薄く、横方向鉄筋で十分補強された場合の引張鉄筋の終局付着強度を求めることを目的としている。供試体は、はりのせん断スパン部とモデル化したもので、付着長 $\phi$ 、かなり $\phi$ とした。(図4)各部の寸法は表のようで、縦ひびわれに起因する付着破壊以前に斜めひびわれが発生しないよう配慮した。スケーリングを無視して計算したせん断力は、 $\tau = \frac{A_s}{A_c} \sigma_s = 20.7 \sim 28.4 \text{ kg/cm}^2$

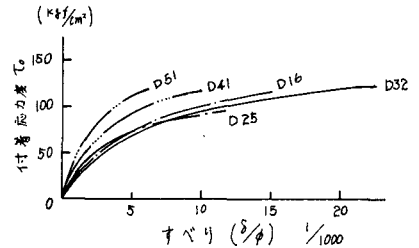


図-3 付着能力すべり曲線(斜方筋)

ここに、 $\phi$ : 折中、 $A$ : シャースパン、 $A_s$ : 鉄筋断面積、 $\sigma_s$ : 鉄筋の引張応力(2000  $\text{kg/cm}^2$ ) とした。図5に本試験による $\tau$ - $\delta$ 曲線を示す。

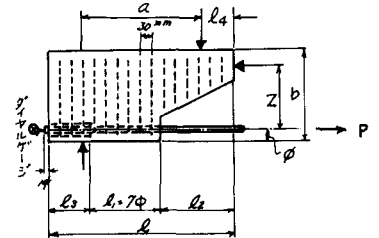
表-2 供試体の寸法

| 鉄筋の呼び名 | 供試体の断面長(mm) | 付着長(cm) | 非付着長(cm) |
|--------|-------------|---------|----------|
| D16    | 10          | 6.4     | 3.6      |
| D25    | 15          | 10.2    | 4.8      |
| D32    | 20          | 12.7    | 7.3      |
| D41    | 25          | 16.5    | 8.5      |
| D51    | 30          | 20.3    | 9.7      |

### 4. 面引き試験方法

RCはりの引張鉄筋およびその周辺をモデル化したもので、ひびわれ分散性を評価することを目的とする。

(1) 供試体 角柱の中心軸に鉄筋を埋込んだものとし、適当な間隔に切欠きを設けた。(図6)切欠きを設けず、ひびわれをランダムに発生させる方式もあるが、ひびわれ制御方式とした方が、安定した試験値が得られること、供試体を切欠きによって適当に区分け、供試体長と試験機に合うよう任意に選べること等の利点があり、これを採用した。



この場合でも、 $\phi/\phi_0$  が一定となるよう供試体断面を定めれば、各寸法の鉄筋に対し、一定長の供試体とすることができる。鉄筋径がひびわれ分散性に及ぼす影響も試験できるよう、 $\phi$  が一定となるよう断面寸法を定めた。断面寸法はD25以上は一辺を3 $\phi$ とした。(表4) これは横ひびわれ発生前に縦ひびわれが生ずるのを防ぐため、なるべく小としたのである。

表-3 供試体の寸法

| 鉄筋の呼び名 | 供試体寸法 a x b x l (cm) | カブリ厚 D | 付着長及非付着長 (cm) | 断面長 l <sub>0</sub> | 断面長 l <sub>1</sub> | 断面長 l <sub>2</sub> | 断面長 l <sub>3</sub> | 断面長 l <sub>4</sub> | 断面長 l <sub>5</sub> | 断面長 Z (cm) |
|--------|----------------------|--------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------|
| D16    | 10 x 15 x 25         | 1.0    | 1113          | 954                | 433                | 5                  | 5                  | 856                |                    |            |
| 25     | 15 x 20 x 40         | 1.0    | 1778          | 1524               | 698                | 5                  | 5                  | 997                |                    |            |
| 32     | 15 x 25 x 50         | 1.0    | 2226          | 2094               | 680                | 5                  | 5                  | 1123               |                    |            |
| 41     | 20 x 30 x 65         | 1.0    | 2891          | 2478               | 1131               | 5                  | 5                  | 1270               |                    |            |
| 51     | 25 x 40 x 80         | 1.0    | 3556          | 3048               | 1396               | 5                  | 5                  | 1839               |                    |            |

(2) 試験方法 中心軸引張力と鉄筋の公称断点まで加え、ひびわれの発生しない最大の切欠き間隔を最大ひびわれ間隔試験値とする。ただし、ひびわれが必ずしも供試体全周に発生しない。この場合には、周長の60%以上のひびわれを有効とし、式(2)から最大ひびわれ間隔( $l_{max}$ )を算定する。

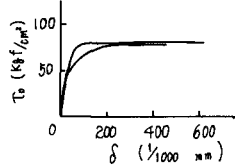


図-5 偏に引張る試験結果の例

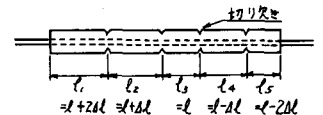


図-6 面引き試験供試体

$$l_{max} = \frac{l_1 w_1 + \dots + l_n w_n}{w_1 + \dots + w_n} - \Delta l \quad (2)$$

ここに、 $l_i$ : 切欠き間隔、 $l$ に $l_{max}$ は $l_{max} = 1$ のとき、この切欠き間隔、 $w_i$ : 重み、 $\Sigma w_i$  ( $\Sigma$ : 軸に直交方向に測ったひびわれ長さ、 $L$ : 供試体周長)、 $l$ に $l_{max}$ は $l_{max} = 1$ 、 $\Delta l$ : 切欠き間隔差

通常の径の鉄筋では表面形状がひびわれ分散性にほとんど影響しないが、D51の場合、鉄筋径が相違する場合、スチールファイバーを用いた場合等、ひびわれ分散性に影響する。

表-4 供試体の寸法

| 鉄筋の呼び名 | 断面の寸法 (cm)  | 切欠き間隔の長さ (mm) | 鉄筋比 P (%) |
|--------|-------------|---------------|-----------|
| D25    | 7.5 x 7.5   | 0.5           | 9.0       |
| D32    | 9.5 x 9.5   | 1.0           | 8.8       |
| D41    | 12.5 x 12.5 | 1.0           | 8.6       |
| D51    | 15.0 x 15.0 | 1.5           | 9.0       |