

## V-423 フレキシブル鉄筋の付着特性

大成建設技術研究所 正会員 宇治公隆 ・ 大成建設技術研究所 正会員 武田 均  
 大成建設技術開発第二部 平岡 寛 ・ 大成建設土木設計第一部 安部吉生

## 1. はじめに

道路、鉄道の路下のような上部空間の制約を受ける場合の杭や地下連続壁の施工において、ロール状で現地に搬入し連続的な建込みが可能なフレキシブル鉄筋を構造用鉄筋として使用すれば施工性を向上できる。ただし、素線自体の表面がスムーズであることによる付着特性を明らかにしておく必要である。そこで本研究では、フレキシブル鉄筋の付着ならびにひび割れ特性を把握し、杭や地下連続壁への適用性を検討した。

## 2. 実験概要

本実験では、引抜き試験および両引き試験を行い、図-1に示す19本よりのフレキシブル鉄筋を使用した。試験用鉄筋の機械的性質および供試体諸元は表-1、2に示す通りである。実験は各要因に対して3体ずつ行い、それらの平均値で付着特性を評価した。試験時のコンクリート圧縮強度は平均46N/mm<sup>2</sup>であった。

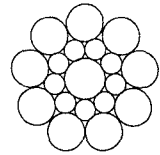


図-1 フレキシブル鉄筋  
(19本より線)

引抜き試験では、素線の表面状態、ならびに泥水の存在が付着特性に及ぼす影響を明らかにした。なお、インデント加工は、素線自体のスムーズ表面に深さ0.2mmのくぼみを8mmピッチで設けた付着改善方法である。実験は、土木学会規

表-1 試験用鉄筋の機械的性質

| 鉄筋       | 公称断面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 降伏点<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 引張強さ<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| フレキシブル鉄筋 | φ27.6, 1本                   | 1260                        | 1417.9                       |
|          | φ27.6, 3本束ね                 |                             |                              |
| 異形鉄筋     | D25                         | 384                         | 565                          |
|          | D41                         | 374                         | 583                          |

準「引抜き試験による鉄筋とコンクリートとの付着強度試験方法

(案)」(JSCE-G503-1988) [1] に準拠して行った。

両引き試験では、素線の表面状態がフレキシブル鉄筋のひび割れ分散性に及ぼす影響を明らかにした。供試体の1辺は、村田らの研究 [2] を参考に鉄筋径の3倍とし、また供試体長さは2mとした。

泥水ありのシリーズでは、型枠に鉄筋を配置し、泥水（水1m<sup>3</sup>に対しテルポリマー30を2kg、ベントナイトを40kg混合）を満たして1日静置し、コンクリートの打設直前に泥水を排出した。

## 3. 実験結果および考察

## 3.1 引抜き試験

表-3に実験結果を、図-2に各供試体の荷重・すべり関係を示す。破壊状況は鉄筋の抜け出しと割裂破壊の2種類である。表面がスムーズな1本ものの供試体では泥水なしの場合でも抜け出しを生じるが、インデント加工を行うことにより割裂破壊となる。また、表面がスムーズな1本ものを3本束ねた供試体においては割裂破壊となっており、インデント加工や3本束ねによる表面形状の工夫により付着性能を改善している。

なお、すべりが急激に増加する荷重ならびにフレキシブル鉄筋の素線を考慮した全周長を用いて計算すると、フレキシブル鉄筋の泥水中での付着応力度は1.20N/mm<sup>2</sup>となる。

## 3.2 両引き試験

ひび割れ本数は鉄筋降伏荷重レベル以降増加せず、ひび割れ幅のみが増加する傾向であった。観察されたひび割れ本数から計算した平均ひび割れ間隔および異形鉄筋に対する比率を図-3に示す。フレキシブル鉄筋のひび割れ間隔は異形鉄筋よりも大きくなり、ひび割れ分散性は低下する。このことは、図-4の鉄筋応力と

表-2 検討要因および供試体諸元

| 試験    | 鉄筋種類     | 径     | インデント | 束ね本数 | 泥水 | 記号       |
|-------|----------|-------|-------|------|----|----------|
| 引抜き試験 | フレキシブル鉄筋 | φ27.6 | なし    | 1    | なし | H-FS-1   |
|       |          |       |       |      | あり | H-FS-1-D |
|       |          |       |       | 3    | なし | H-FS-3   |
|       |          |       | あり    | 1    | あり | H-FS-3-D |
|       |          |       |       |      | なし | H-FI-1   |
|       |          |       |       | 3    | あり | H-FI-1-D |
|       | 異形鉄筋     | D25   | —     | —    | なし | H-FI-3   |
|       |          |       |       | —    | あり | H-FI-3-D |
|       |          | D41   | —     | —    | なし | H-T-25   |
|       |          |       |       | —    | あり | H-T-25-D |
| 両引き試験 | フレキシブル鉄筋 | φ27.6 | なし    | 1    | なし | H-T-41   |
|       |          |       |       | 3    | あり | H-T-41-D |
|       |          |       | あり    | 1    | なし | R-FS-1-D |
|       |          |       |       | 3    | あり | R-FS-3-D |
|       | 異形鉄筋     | D25   | —     | —    | なし | R-FI-1-D |
|       |          |       |       | —    | あり | R-FI-3-D |
|       |          | D41   | —     | —    | なし | R-T-25-D |
|       |          |       |       | —    | あり | R-T-41-D |

平均ひび割れ幅の  
関係と関連し、同  
じ応力レベルでフ  
レキシブル鉄筋の  
ひび割れ幅は大き  
くなる。ひび割れ  
幅は鋼材の腐食や  
漏水と関係し、腐  
食や漏水が問題と  
なる場合には、グ  
リップ等によるひ  
び割れ分散性の改  
善策を検討するこ  
とも必要である。

表-3 引抜き試験結果

| 供試体記号    | すべり増加時     |              | 最大(割裂)荷重時  |              | 破壊状況 |
|----------|------------|--------------|------------|--------------|------|
|          | 荷重<br>(KN) | すべり量<br>(mm) | 荷重<br>(KN) | すべり量<br>(mm) |      |
| H-FS-1   | 55.7       | 0.065        | (75.0)*    | (4.0)*       | 抜け出し |
| H-FS-1-D | 16.2       | 0.0034       | (36.0)*    | (4.0)*       | 抜け出し |
| H-FI-1   | —          | —            | 95.3       | 0.41         | 割裂   |
| H-FI-1-D | 75.0       | 0.90         | —          | —            | 抜け出し |
| H-T-25   | —          | —            | 81.0       | 0.2          | 割裂   |
| H-T-25-D | —          | —            | 67.0       | 0.13         | 割裂   |
| H-FS-3   | 187        | 0.13         | 333        | 3.17         | 割裂   |
| H-FS-3-D | 93.0       | 0.06         | (198)*     | (4.0)*       | 抜け出し |
| H-FI-3   | —          | —            | 360        | 0.35         | 割裂   |
| H-FI-3-D | —          | —            | 360        | 0.55         | 割裂   |
| H-T-41   | —          | —            | 164        | 0.29         | 割裂   |
| H-T-41-D | —          | —            | 225        | 0.57         | 割裂   |

\* 荷重の低下がなく、参考として4.0mm時の荷重を記述した。

ところで、本実験で観察されたひび割れは鉄筋近傍に発生する内部ひび割れであると考えられる。例えば、D41を150mmピッチ、かぶりを100mm、かつコンクリート標準示方書平成8年版設計編（7.4.1）式から曲げひび割れ幅を算定し、その時のコンクリートのひずみがひび割れ部のみに集中するとすれば、ひび割れ間隔は476mmとなり、実験結果の126mmより大きい。すなわち、必ずしも両引き試験のひび割れすべてがコンクリート表面に現われるとは言えず、今後、構造物におけるフレキシブル鉄筋のひび割れ特性を明らかにする必要がある。

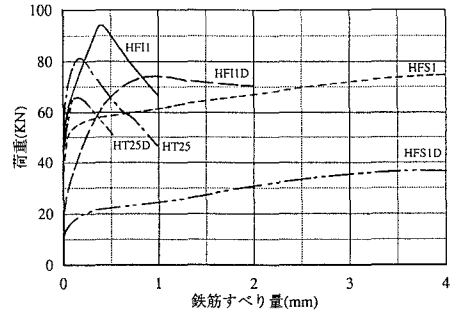
#### 4. まとめ

本実験より以下の事柄が明らかとなった。

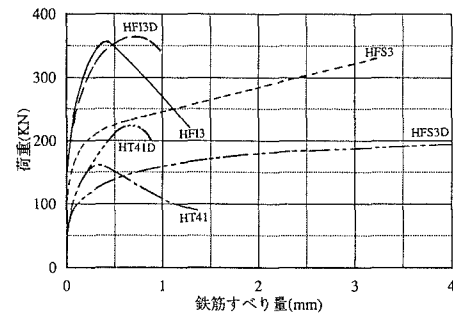
- ① 泥水中で施工されるフレキシブル鉄筋の付着応力度は1.20N/mm<sup>2</sup>程度と考えておく必要がある。
- ② インデント加工を施すことにより、泥水中でも付着応力度を向上し、ひび割れ分散性を改善できる。
- ③ フレキシブル鉄筋では、異形鉄筋に比べひび割れ間隔が大きくなる。耐久性上または漏水対策上、ひび割れ幅を抑制しなければならない場合、グリップ等により機械的に付着を確保し、ひび割れ分散性を改善する必要がある。

#### 【参考文献】

- [1] 土木学会：コンクリート標準示方書【平成8年版】規準編、pp.446-450
- [2] 村田二郎，河合紘茲：両引き試験による鉄筋コンクリートのひびわれ分散性に関する研究、土木学会論文集、第378号、pp.107-115、1987年2月



(a) 1本のおよびD25



(b) 3本のおよびD41

図-2 荷重・すべり関係

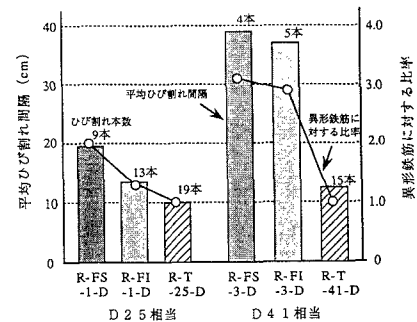


図-3 平均ひび割れ間隔および異形鉄筋に対する比率

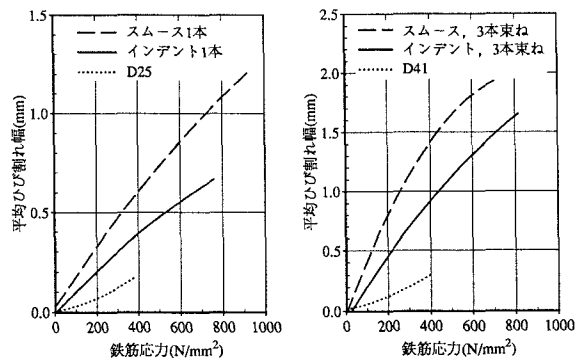


図-4 鉄筋応力と平均ひび割れ幅の関係