

## 高張力異形三角筋 (TRICON・トリコン) について (3)

株式会社 神戸製鋼所

## 5.5 TRICON の周長

断面が三角形のものと丸いものを比較した場合、同一重量であれば三角断面のものの表面積は丸い断面のそれに比べて約1.3倍ある。TRICONはこの事実をもとに表面積を広げてコンクリートとの接触面を大ならしめ、さらにコンクリートとの付着性を強力にするため、この広い表面に特有のフシをつけている。この独特な形状をもつTRICONが従来の異形丸鋼に比べてどの程度の単位長さ当りの表面積すなわち周長をもっているかを実測してみた。実測は断面および表面を拡大投影して行なった。つぎにその実測結果を示す。

表14 TRICON および異形丸鋼の実測周長

| TRICON<br>呼び名 | 実測平均周長<br>cm | 異形丸鋼<br>呼び名 | 実測平均周長<br>cm | 実測周長比<br>(TRICON)<br>異形丸鋼 | 公称周長<br>TRICON<br>異形丸鋼<br>共通 |
|---------------|--------------|-------------|--------------|---------------------------|------------------------------|
|               |              |             |              |                           |                              |
| T10           | 4.40         | D10         | 3.65         | 1.20                      | 3.0                          |
| T13           | 5.86         | D13         | 4.78         | 1.23                      | 4.0                          |
| T16           | 7.34         | D16         | 5.88         | 1.25                      | 5.0                          |
| T19           | 8.86         | D19         | 7.10         | 1.25                      | 6.0                          |
| T22           | 10.4         | D22         | 8.28         | 1.25                      | 7.0                          |
| T25           | 11.9         | D25         | 9.69         | 1.22                      | 8.0                          |
| T29           | 13.2         | D29         | 10.6         | 1.25                      | 9.0                          |
| T32           | 14.6         | D32         | 11.9         | 1.22                      | 10.0                         |
| T35           | 16.1         | D35         | 12.8         | 1.26                      | 11.0                         |
| T38           | 17.6         | D38         | 14.3         | 1.23                      | 12.0                         |

表14でわかるように TRICON と異形丸鋼の実測周長比は1.20~1.26で、TRICONは20%もしくはそれ以上の大きな周長をもっていることがわかる。またTRICONの周長は、1サイズ大きい異形丸鋼と同等もしくはそれ以上の値を示しており、この傾向はサイズが太いほど顕著になっている。

## 5.6 ひずみ時効性および低温じん性試験

一般に鋼材は冷間加工が施され、常温で長時間放置すると強度の増加とともにじん性の低下するぜい化現象(ひずみ時効)が生ずる。また何ら加工をうけなくても0°C以下の低温においては極度にそのじん性が低下する傾向がある。これらの現象は鋼材の組成に起因するとこ

ろが多く、TRICON が従来の異形丸鋼に比べていかなる特性をもつかを調べるため、ひずみ時効性、低温切欠衝撃試験を行なった。ひずみ時効性の試験方法は、JIS 4号引張試験片を製作し、5%の永久ひずみを与えて100°C、230°Cに30min、120min加熱保持後再度引張試験を行なって降伏点の増加率を求め、それをひずみ時効量とした。

(注：100°C×30min、230°C×2h 保持後の時効程度は常温でそれぞれ6ヵ月、10年以上経過したものにはほぼ匹敵するといわれている)

表15 ひずみ時効性試験結果

| 熱処理条件 |         | SSD 49 | TRICON 55 | TRICON 60 |
|-------|---------|--------|-----------|-----------|
| 温度    | 時間      |        |           |           |
| 100°C | 30 min  | 23.6   | 12.5      | 13.3      |
|       |         | 22.9   | 12.8      | 13.8      |
|       | 120 min | 28.2   | 12.7      | 13.8      |
|       |         | 27.7   | 12.7      | 13.6      |
| 230°C | 30 min  | 29.2   | 13.2      | 18.9      |
|       |         | 29.2   | 13.0      | 17.6      |
|       | 120 min | 30.1   | 13.8      | 18.9      |
|       |         | 30.1   | 14.3      | 21.1      |

TRICON は従来の異形丸鋼より40~50%少い時効量を示した。

一方低温切欠じん性は、圧延したままの TRICON、異形丸鋼からVノッチシャルピー試験片を採取し、+60

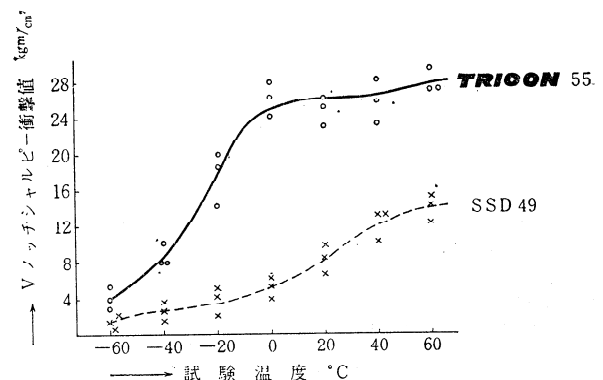


図12 Vノッチ衝撃形遷移曲線

°C—60°Cの温度範囲で衝撃試験を行なった。図12は衝撃遷移曲線を示す。

TRICON 55は、高張力鋼であるが、そのじん性は従来の異形丸鋼 (SSD 49) よりかなり高い値を示している。

### 5.7 コンクリートに対する付着強度試験

TRICON の特長の一つであるコンクリートとの付着性状をみるため、特に建設省建築研究所に依頼し、従来の異形丸鋼ならびに普通丸鋼とその優劣の比較試験を行なった。鉄筋コンクリートに対する付着応力度の試験方法 (以下ボンド試験と呼ぶ) は、現在 JIS でも決まっておらず、コンクリート梁の曲げ試験による方法や、ASTM C 234-57T: 鉄筋のボンドによるコンクリートの比較試験方法: などに準ずる方法が用いられている。

表16 供試材の化学成分および機械的性質

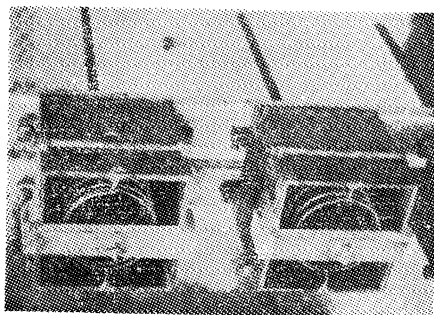
| 鉄筋の種類  | 略号  | 化 学 成 分 % |      |      |       |       | 機 械 的 性 質                 |                            |          |
|--------|-----|-----------|------|------|-------|-------|---------------------------|----------------------------|----------|
|        |     | C         | Si   | Mn   | P     | S     | 降伏点<br>kg/mm <sup>2</sup> | 引張強さ<br>kg/mm <sup>2</sup> | 伸 び<br>% |
| TRICON | T13 | 0.12      | 0.23 | 0.42 | 0.012 | 0.036 | 31.6                      | 41.4                       | 33.0     |
| 異形丸鋼   | D13 |           |      |      |       |       | 29.7                      | 41.4                       | 34.5     |
| 普通丸鋼   | S13 |           |      |      |       |       | 30.8                      | 42.5                       | 36.5     |

表17 供試材の寸法および重量

| 鉄筋の種類  | 略号  | 実 測<br>単位重量<br>kg/m | 実測平均<br>断 面 積<br>cm <sup>2</sup> | 実測平均<br>※<br>周 長<br>cm | フシおよびリブの寸法 <sup>※※</sup> |           |           |
|--------|-----|---------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------|-----------|-----------|
|        |     |                     |                                  |                        | フシの間隔                    | フシの高さ     | リブの幅      |
| TRICON | T13 | 0.974               | 1.241                            | 5.7                    | 7.72~8.29                | 0.81~1.14 | 2.86~3.20 |
| 異形丸鋼   | D13 | 1.050               | 1.338                            | 5.0                    | 8.29~8.67                | 0.95~1.15 | 2.66~2.86 |
| 普通丸鋼   | S13 | 1.060               | 1.349                            | 4.16                   | —                        | —         | —         |

備考 ※ 実測平均周長は、長さ 10cm の試料について、フシのある部分、フシのない部分の断面ならびに側面の拡大写真で、その表面積を実測し、その値 10cm をで割って算出した。

※※ フシおよびリブの寸法は実測値の最少および最大値を記入している。



写 8 付 着 試 験 片 の 作 成 状 況

本試験は ASTM C 234-57T に準じて行なったもので、コンクリートの圧縮強度は 210kg/cm<sup>2</sup> を対象とした。

### 5.7.1 試験の種類

- a. 鉄筋が鉛直に配筋されている場合
- b. 鉄筋が水平に配筋されている場合
  - b.1 曲げ材上ば筋に相応する付着試験
  - b.2 曲げ材一般鉄筋に相応する付着試験

なお水平配筋については、三角形断面の一边が底辺になるよう、すなわち△状に配筋される場合とその逆の▽状に配筋される場合との付着の比較試験を行なった。

### 5.7.2 鉄筋の種類

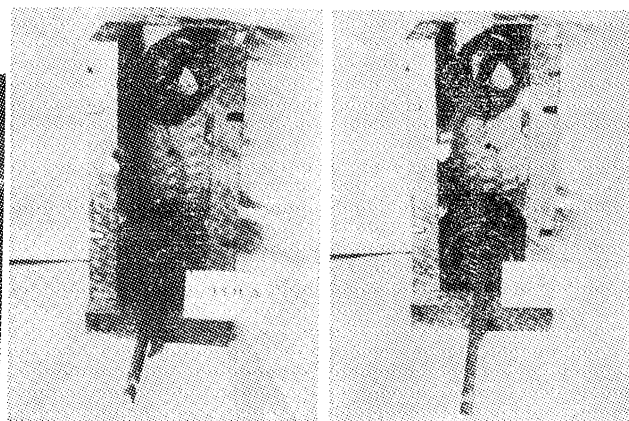
本試験に用いた3種類の鉄筋は、いずれも同一溶鋼に属する鋼材から製造されたもので、その化学成分、機械的性質、寸法、単位重量は表16、表17に示すとおりである。

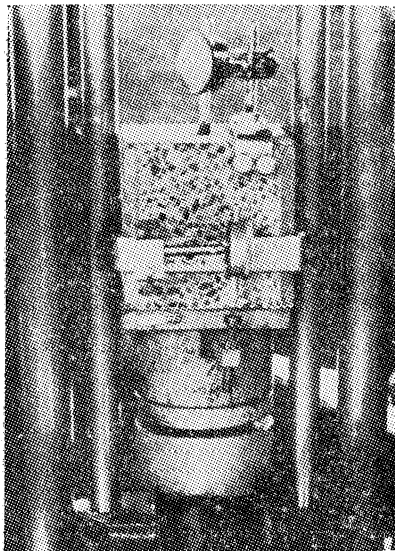
### 5.7.3 試験体の製作要領

試験体は15×15×15cm で、水平配筋の場合試験前に約 15×15×15cm の大きさに切断した。コンクリートの調合に際しセメントはアサノ普通ポルトランドセメントを、また、骨材は普通の川砂、川砂利を用い、スランプは約 20cm で、その他の条件としては試験体は各種類につき3個、空中養生、試験時の材令は28日、コンクリート強度は鉛直筋の場合 194 kg/cm<sup>2</sup>、水平配筋の場合 167 kg/cm<sup>2</sup> である。

図13、写9に試験体の製作状況を示す。

### 5.7.4 試験結果





写 9 付着試験装置

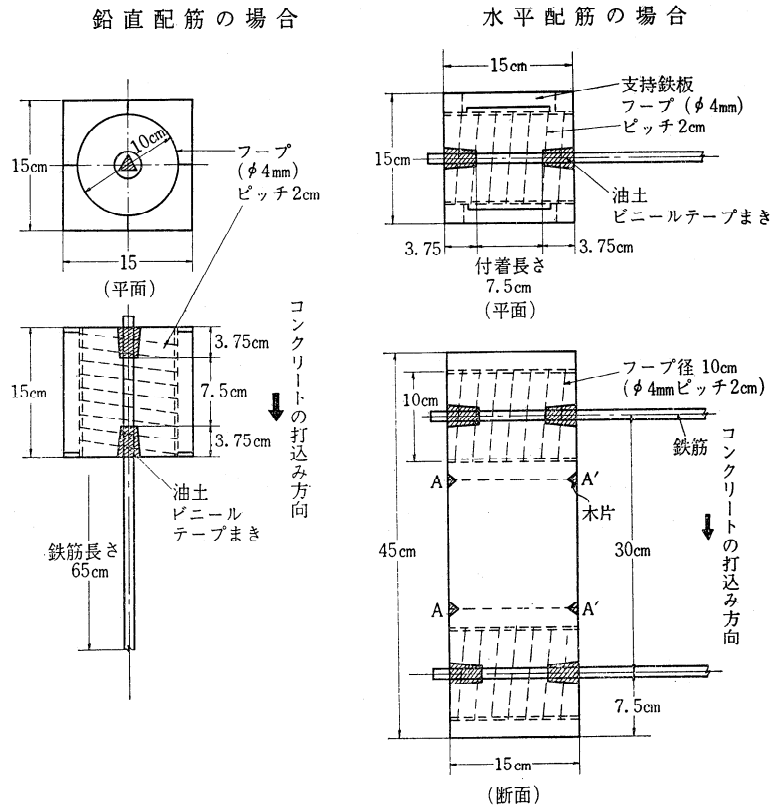


図13 付着試験片作成要領

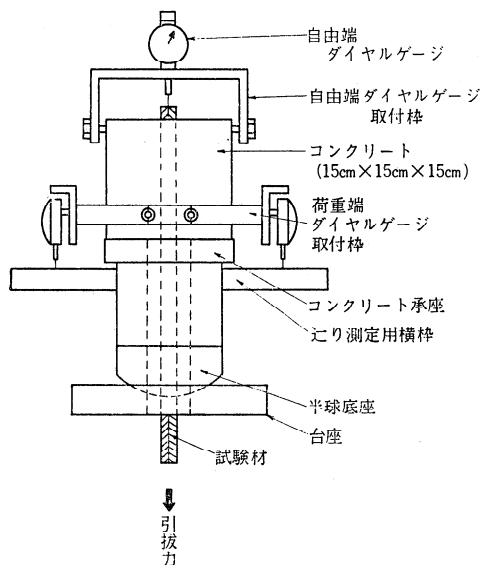


図14 付着試験装置

各試験体について写 9, 図14に示す装置で試験した結果からコンクリートに対する付着応力度と鉄筋の自由端のすべり量との関係を求めると図15(垂直配筋の場合), 図16(水平配筋で上ば筋の場合), 図17(水平配筋で下ば筋の場合)のようになる。

これらの試験結果のうち鉄筋の自由端の滑り量  $\delta = 0.025$  および  $\delta = 0.25\text{mm}$  における付着応力度について各試験種類別にまとめると表18のごとくなる。

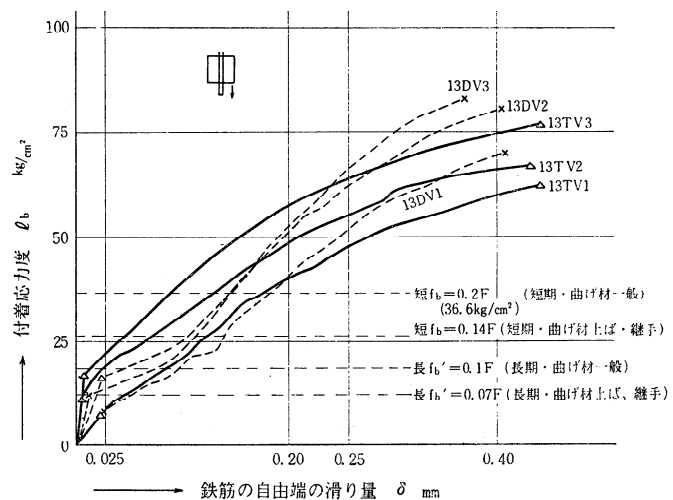


図15 鉄筋の付着性能 (鉛直配筋の場合)

表18からわかるように鉛直配筋では TRICON と異形丸鋼の平均付着応力度には有意差は認められないが,  $\delta = 0.025\text{mm}$  近くの付着応力度は, TRICON の方が異形丸鋼より大きい傾向がみられる。一方水平配筋では, 配筋状態が△状と▽状の場合で, その平均付着応力度は大差なく異形丸鋼とほとんど同一の値を示している。

以上の結果を総括して, TRICON は従来の異形丸鋼より高い引抜き剛性を示し付着応力度 (単位表面積当り

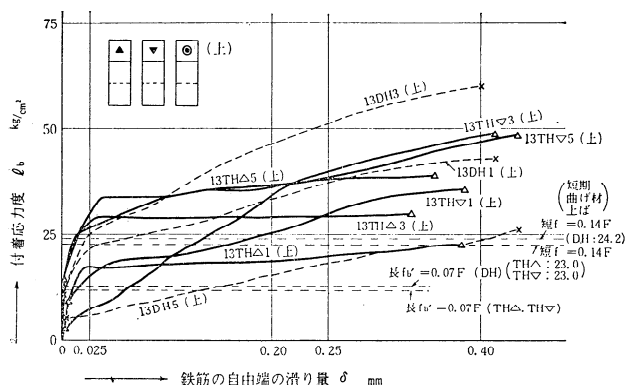


図16 鉄筋の付着性能（水平配筋で上ば筋の場合）

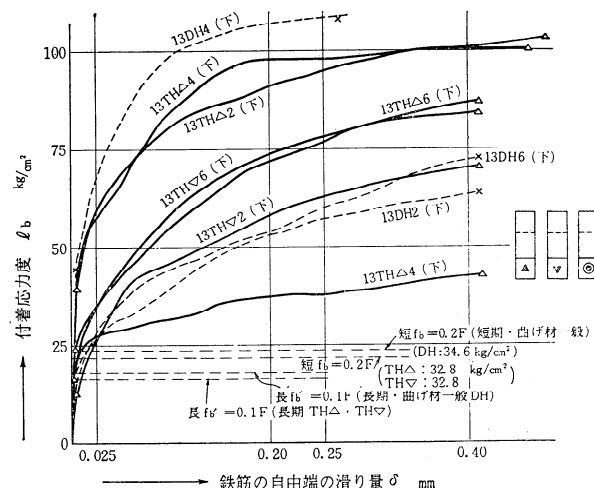


図17 鉄筋の付着性能（水平配筋で下ば筋の場合）

表18  $\delta=0.025\text{mm}$ ,  $\delta=0.25\text{mm}$  に応ずる付着応力度

| 配筋の種類     | 記号    | $\delta=0.025\text{mm}$ の場合 |      |      | $\delta=0.25\text{mm}$ の場合 |      |      |
|-----------|-------|-----------------------------|------|------|----------------------------|------|------|
|           |       | 平均値                         | 標準偏差 | 変動係数 | 平均値                        | 標準偏差 | 変動係数 |
| 鉛直配筋      | 13TV  | 16.4                        | 5.39 | 32.9 | 55.6                       | 7.87 | 14.2 |
|           | 13DV  | 12.2                        | 3.76 | 30.8 | 56.4                       | 6.58 | 11.7 |
| 水平配筋（上ば筋） | 13TH△ | 27.7                        | 6.29 | 22.7 | 29.5                       | 7.56 | 25.6 |
|           | 13TH▽ | 9.83                        | 3.89 | 39.6 | 36.6                       | 4.46 | 12.2 |
|           | 13DH  | 17.8                        | 7.18 | 44.8 | 35.8                       | 13.5 | 37.7 |
| 水平配筋（下ば筋） | 13TH△ | 40.0                        | 12.7 | 31.7 | 71.7                       | 25.0 | 34.9 |
|           | 13TH▽ | 40.3                        | 12.2 | 30.3 | 78.9                       | 13.4 | 17.0 |
|           | 13DH  | 39.0                        | 13.8 | 35.4 | 73.5                       | 21.1 | 28.7 |

### 5.8.1 試験方法

図18に示すような試験体で加力点間の中央部に継手<sup>注1)</sup>のないもの、継手長さが15d, 17d, 19d, 26dのものを2ないし3個ずつ作り、継手耐力の試験を行なった。

試験に用いたTRICONは、T13, T16, T19の各サイズである。

### 5.8.2 供試体の機械的性質

コンクリート強度（材冷28日）  $F_c=229\text{kg/cm}^2$

コンクリートの弾性係数  $E_c=1.86 \times 10^5 \text{kg/cm}^2$

鉄筋の降伏点  $\sigma_y=3,050\text{kg/cm}^2$

鉄筋の引張強サ  $\sigma_B=4,300\text{kg/cm}^2$

鉄筋の弾性係数  $E_s=2.14 \times 10^6 \text{kg/cm}^2$

注)1 26d は  $F_c=180\text{kg/cm}^2$ ,  $f_t=1,600\text{kg/cm}^2$ （長期）,  $\tau_b=7/100F_c$  のときの継手長さの一般値。

（次下次号に続く）

の引抜荷重）において異形丸鋼と同程度と見なされる。したがってTRICONは異形丸鋼に比べて周長が約20%程度大きいのでそれだけ付着耐力がすぐれていることになる。

### 5.8 梁の曲ゲ試験

本試験はTRICONを用いて作った鉄筋コンクリート梁につき、その継手耐力を検討するために行なったもので、試験の指導は東京工業大学加藤教授にお願いした。