

# TPナット鉄筋の性能評価

米田大樹<sup>1</sup>・山本和範<sup>2</sup>・舟橋政司<sup>3</sup>・吉良拓人<sup>4</sup>・宮田勝治<sup>5</sup>・島弘<sup>6</sup>

<sup>1</sup>正会員 工修 前田建設工業株式会社 土木設計・技術部 (〒101-0064 東京都千代田区猿樂町2-8-8)

<sup>2</sup>正会員 工修 前田建設工業株式会社 土木設計・技術部 (〒101-0064 東京都千代田区猿樂町2-8-8)

<sup>3</sup>正会員 工博 前田建設工業株式会社 技術研究所 (〒179-8914 東京都練馬区旭町1-39-16)

<sup>4</sup>正会員 工修 ユニタイト株式会社 技術部 (〒651-2271 兵庫県神戸市西区高塚台3-1-12)

<sup>5</sup>正会員 ユニタイト株式会社 営業開発室 (〒651-2271 兵庫県神戸市西区高塚台3-1-12)

<sup>6</sup>正会員 工博 高知工科大学 社会システム工学科 (〒782-8502 高知県香美市土佐山田町)

鉄筋コンクリート構造物の配筋合理化を目的として、既往の鋭角フックや半円形フックの代わりに機械式定着を採用する例が増加している。そこで、あらゆる節形状の鉄筋に適用でき、かつ安価に加工可能な機械式定着工法として、鉄筋端部にテーパ状の雄ネジ加工を施してナット型定着金物を取り付けた機械式定着工法（TPナット鉄筋）を開発し、各種性能確認実験を行った。実験の結果、ネジ部の性能は、節形状が竹節・ネジ節に関わらず鉄筋母材で破断可能な性能を有していることを確認した。また、定着体の高応力繰返し引抜実験、梁のせん断補強性能確認実験の結果、鉄筋端部に雄ネジの加工を施して定着金物を取り付けた機械式定着工法（TPナット鉄筋）が標準フックと同等の性能を有していることを確認した。

**キーワード：**機械式定着工法，標準フック，せん断補強鉄筋，横方向鉄筋

## 1. はじめに

近年、鉄筋コンクリート構造物は、耐震性向上の観点から大きな耐力と変形性能が要求されるため、鉄筋量の増加によって配筋が過密状態となっている。そのため、従来のフック定着の代わりに鉄筋端部へ定着金物を取り付けた機械式定着工法の採用が増えている。そこで、コスト削減を目的に、写真-1に示すような鉄筋端部に雄ネジを切削加工する機械式定着工法（TPナット鉄筋）を開発した。一般的に、PC鋼棒等で用いられるネジ部の強度が母材強度以上となるネジを製造するためには、転造や冷間といった製造技術が用いられる。しかし、転造や冷間によるネジ加工には大きな力が求められるため、製造装置の大型化によって莫大な初期投資が必要となる。一方、切削によるネジ加工は、装置を小型化できるため初期投資を抑えることができる。さらに、装置の小型化は持ち運びを容易にするため、工場だけでなく建設現場内でもあらゆる節形状の鉄筋に定着金物を取り付けることが可能となる。本稿は、このような鉄筋端部に雄ネジを切削加工して取付けた機械式定着について各種性能確認実験を行い、その結果について報告を行うものである。

## 2. ネジ部（定着具）の性能

### (1) 実験要因

雄ネジは、ネジ基端部を鉄筋径の0.5倍の範囲で8%加締めした後、基端側から先端側へ約6度のテーパを付けて切削加工を施したものである。定着金物は、直径が鉄筋径の2.5倍であり、雄ネジに螺合する雌ネジを有している。

定着具の性能評価実験は、表-1に示す（i）引張強度、（ii）嵌合部の残留すべり量、（iii）勾配引張強度の3種類を実施した。試験体は、鉄筋の節形状として竹節鉄筋とネジ節鉄筋の2種類を、鉄筋径としてD16、D25、D35の3種類を、鉄筋の強度としてSD295、SD345、SD390、SD490の4種類を用いた。載荷方法は、鉛直引張・勾配引張の2種類とした。実施したパラメータと試験体数の組合せを表-2に示す。試験体は、実験パラメータごとに3本とした。

### (2) 実験方法

定着具の引張試験方法を図-1に示す。（i）引張強度と（ii）嵌合部の残留すべり量は、図-1（左）に示すように治具で定着具を固定し、定着具に対して鉄筋を鉛直方向に引っ張ることで実施した。抜出し変位（すべり量）の計測は、図-1（左）のように

定着具に治具を介して取付けたカンチレバー型変位計を用いて鉄筋との相対変位を計測した。(ii) 嵌合部の残留すべり量は、(i) 引張強度と併せて実施し、最初に上限応力として $0.95f_{ym}$ まで加力した後、下限応力の $0.02f_{ym}$ まで除荷して拔出し変位の計測を行った。その後、鉄筋が破断するまで再度加力を行い、引張強度を測定した。ここで、 $f_{ym}$ は鉄筋の規格降伏強度である。(iii) 勾配引張強度は、**図-1** (右) に示すように、4度の勾配を持つくさび型の座金を引張治具と定着具の間に挟みこむことで実施した。鉛直引張試験状況を**写真-2** (左) に、勾配引

張試験状況を**写真-2** (右) に示す。

### (3) 実験結果

嵌合部の残留すべり量の実験結果の一例を**図-2**~**図-7**に示す。いずれの結果も鉄筋定着・継手指針<sup>1)</sup>で示されている残留すべり量の上限値 $0.3\text{mm}$ に対して $0.05\text{mm}$ 以下の非常に小さい値であることが確認された。

**写真-3**~**写真-5**に引張試験後の破断状況の一例を、**表-3**に実験結果の一覧を示す。定着具の鉛直引張試験、勾配引張試験のいずれにおいても鉄筋の強度、



写真-1 雄ネジと定着金物

表-1 定着具の性能評価項目<sup>1)</sup>

性能試験項目	性能の条件
(i) 引張強度	定着具の強度が使用する鉄筋の規格引張強さ以上 <sup>※1</sup>
(ii) 嵌合部の残留すべり量	嵌合部のすべり量( $\delta_s$ <sup>※2</sup> )が $0.3\text{mm}$ 以下
(iii) 勾配引張強度 <sup>※3</sup>	使用する鉄筋の規格引張強さ以上
(iv) 疲労強度	設計で想定した繰返し回数に対する強度以上 <sup>※4</sup>
(v) その他の性能 (顕微鏡観察、硬度分布、接合部切出し引張強度等)	定着具および鉄筋に有害な変状がない

※1 定着具の強度とは最大引張荷重を鉄筋の公称断面積で除した値である  
 ※2  $\delta_s$ は鉄筋応力で $0.95f_{ym}$ まで加力後、 $0.02f_{ym}$ まで除荷した時点の残留すべり量とする( $f_{ym}$ :鉄筋の規格降伏強度)  
 ※3 支圧面に勾配を有する座金を用いて定着具に偏心力が作用するようにした試験  
 ※4 複数水準の応力振幅に対して疲労試験を行い、S-N線図が得られていることが望ましい

表-2 定着具の実験要因一覧

呼び径	節形状	鋼種			
		SD295	SD345	SD390	SD490
D16	竹節	3本(i, ii) 3本(iii)	3本(i, ii) 3本(iii)	3本(i, ii) 3本(iii)	-
	ネジ節	-	3本(i, ii) 3本(iii)	-	-
D25	竹節	-	3本(i, ii) 3本(iii)	3本(i, ii) 3本(iii)	-
	ネジ節	-	3本(i, ii) 3本(iii)	3本(i, ii) 3本(iii)	3本(i, ii) 3本(iii)
D35	竹節	-	3本(i, ii) 3本(iii)	-	3本(i, ii) 3本(iii)
	ネジ節	-	3本(i, ii) 3本(iii)	-	-

※i, ii, iiiは、「表-1」の性能試験項目を表す

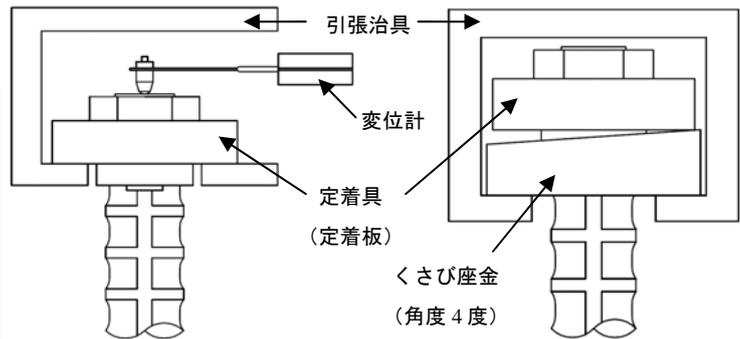


図-1 引張試験方法 (左: 鉛直引張, 右: 勾配引張)

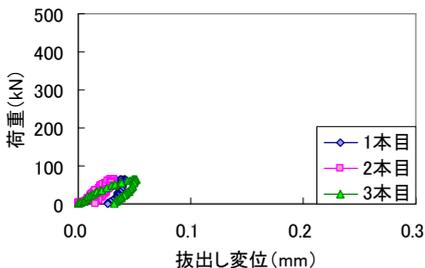


図-2 荷重-拔出し変位の関係  
(D16 SD345 竹節)

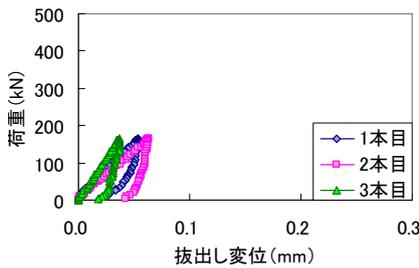


図-3 荷重-拔出し変位の関係  
(D25 SD345 竹節)

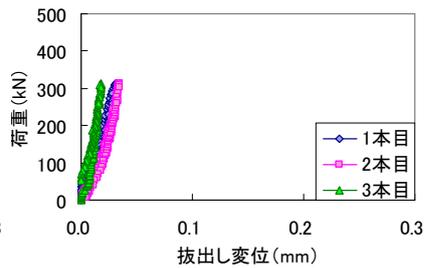


図-4 荷重-拔出し変位の関係  
(D35 SD345 竹節)

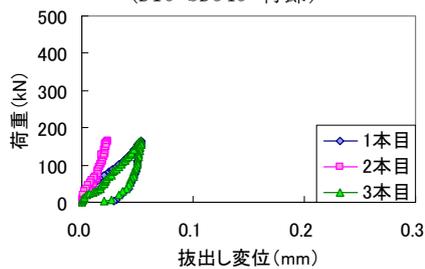


図-5 荷重-拔出し変位の関係  
(D25 SD345 ネジ節)

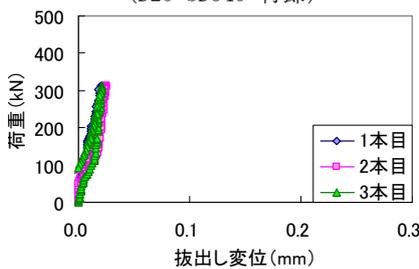


図-6 荷重-拔出し変位の関係  
(D35 SD345 ネジ節)

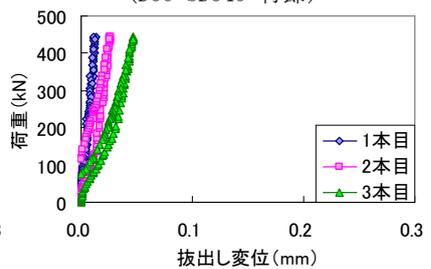


図-7 荷重-拔出し変位の関係  
(D35 SD490 竹節)



写真-2 定着具の引張試験状況  
(左：鉛直引張, 右：勾配引張)



写真-3 定着具の引張試験結果 D16 SD345(竹節)  
(左：鉛直引張, 右：勾配引張)



写真-4 定着具の引張試験結果 D25 SD345(竹節)  
(左：鉛直引張, 右：勾配引張)



写真-5 定着具の引張試験結果 D35 SD345(竹節)  
(左：鉛直引張, 右：勾配引張)

径, 節形状に関わらず鉄筋の母材部分で破断することを確認した。以上より定着具(ネジ部)としての性能は, 十分な強度を有していることが確認された。

### 3. 定着体の性能

#### (1) 実験要因

定着体の性能評価実験として, 鉄筋定着・継手指針<sup>1)</sup>に従い表-4に示す高応力繰返し実験を実施した。実験要因の一覧を表-5に示す。コンクリート強度の目標値は, いずれも30MPaとし, パラメータごとに3体ずつ引抜実験を実施した。鉄筋は, D19

表-3 定着具の引張試験結果一覧

呼び径	鋼種	節形状	勾配(度)	引張強さ(N/mm <sup>2</sup> )			残留すべり量(mm)		破断位置	
				試験値	平均値	規格値	試験値	平均値		
D16	SD295	竹節	0	569	571	440~600	0.027	0.036	母材	
				569			0.052		母材	
				574			0.028		母材	
		SD345	竹節	0	584	583	490以上	-	-	母材
					583			-		母材
					582			-		母材
	SD345		ネジ節	0	569	572	490以上	0.026	0.024	母材
					574			0.016		母材
					579			0.031		母材
		SD345	ネジ節	0	577	578	490以上	-	-	母材
					577			-		母材
					577			-		母材
SD345	ネジ節		0	609	609	490以上	0.017	0.011	母材	
				609			0.003		母材	
				609			0.014		母材	
	SD390	竹節	0	615	617	560以上	-	-	母材	
				617			-		母材	
				619			-		母材	
SD390		ネジ節	0	650	647	560以上	0.029	0.023	母材	
				645			0.026		母材	
				645			0.015		母材	
	D25	SD345	竹節	0	652	652	560以上	-	-	母材
					652			-		母材
					651			-		母材
SD345			ネジ節	0	576	577	490以上	0.019	0.026	母材
					578			0.042		母材
					578			0.018		母材
		SD345	ネジ節	0	578	579	490以上	-	-	母材
					580			-		母材
					578			-		母材
SD390			竹節	0	563	563	560以上	0.028	0.016	母材
					564			0.001		母材
					563			0.020		母材
	SD390	ネジ節	0	561	560	560以上	-	-	母材	
				563			-		母材	
				557			-		母材	
SD390		竹節	0	622	625	560以上	0.002	0.017	母材	
				628			0.020		母材	
				624			0.029		母材	
	SD390	ネジ節	0	622	623	560以上	-	-	母材	
				624			-		母材	
				624			-		母材	
SD490		ネジ節	0	639	643	560以上	0.026	0.015	母材	
				647			0.020		母材	
				643			0.000		母材	
	SD490	ネジ節	0	641	640	620以上	-	-	母材	
				641			-		母材	
				639			-		母材	
D35		SD345	竹節	0	726	726	620以上	0.050	0.038	母材
					728			0.043		母材
					724			0.021		母材
	SD345		ネジ節	0	713	731	620以上	-	-	母材
					746			-		母材
					734			-		母材
		SD345	竹節	0	587	584	490以上	0.000	0.002	母材
					584			0.005		母材
					582			0.000		母材
	SD345		ネジ節	0	589	585	490以上	-	-	母材
					581			-		母材
					585			-		母材
SD345		ネジ節	0	554	556	490以上	0.000	0.000	母材	
				556			0.000		母材	
				557			0.000		母材	
	SD490	竹節	0	556	555	620以上	-	-	母材	
				553			-		母材	
				555			-		母材	
SD490		ネジ節	0	708	710	620以上	0.000	0.000	母材	
				711			0.000		母材	
				711			0.000		母材	
	SD490	竹節	4	705	706	620以上	-	-	母材	
				703			-		母材	
				709			-		母材	

(SD345)とD35(SD490)の2種類を用いた。使用した鉄筋の機械的性質を表-6に示す。D19(SD345)を用いたものは, 軸方向鉄筋を対象とした図-8に示すようなかぶりを有するタイプと, 横方向鉄筋を対象とした図-9に示すようなかぶりの剥落を考慮したタイプの2種類の引抜実験を実施した。定着の形状は, 標準フックおよび定着具の直径を鉄筋径の2.5倍としたものと2.0倍としたものの3種類とした。D35(SD490)を用いたものは, 図-9に示す横方向鉄筋を対象とした引抜実験のみを実施した。

定着の形状は、標準フックと定着具の直径を鉄筋径の2.5倍としたものの2種類とした。

## (2) 荷重方法

荷重は、上限応力 $0.95f_{yn}$ と下限応力 $0.02f_{yn}$ で30回繰返した後、規格引張強度を超える荷重まで荷重した。ここで、 $f_{yn}$ は鉄筋の規格降伏強度である。測定項目は、引抜荷重と拔出し変位とした。かぶりのない機械式定着の拔出し変位は、定着具底面の鉄筋に直接変位計を接触させて拔出し変位を計測した。それ以外の試験体の拔出し変位は、図-8と図-9に示すようにインバー線を試験体外に引き出して変位計で計測した。なお、標準フックのステンレス線は、折り曲げ開始位置に取り付けた。

## (3) 実験結果

引抜荷重-拔出し変位関係の実験結果を図-10～図-17に、実験状況を写真-6に示す。標準フックは3体の中で最も拔出し変位が小さいもの、機械式定着は最も拔出し変位が大きいもので比較を行った。D19を用いた試験体の30回繰返し後の拔出し変位は、軸方向鉄筋を対象とした標準フックで約0.5mm、横方向鉄筋を対象とした標準フックで約0.6mmであった。

表-5 定着体の実験要因一覧

呼び径	鋼種	実験条件			コンクリート強度 (MPa)	試験数 n 個	
		形状	対象	かぶり			
D19	SD345	標準フック	軸方向	あり	-	33.5	3
		機械式	"	"	2.5D	29.1	3
		機械式	"	"	2.0D	31.9	3
		標準フック	横方向	なし	-	33.3	3
		機械式	"	"	2.5D	31.6	3
		機械式	"	"	2.0D	33.1	3
D35	SD490	標準フック	"	"	2.5D	31.2	3
		機械式	"	"	2.5D	31.2	3

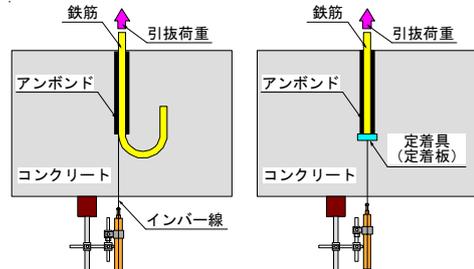


図-8 引抜実験の模式図 (かぶりあり)

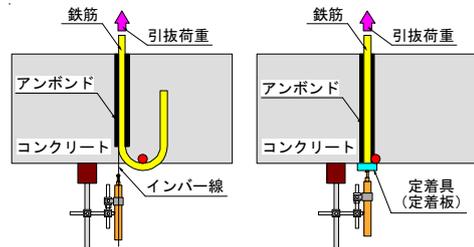


図-9 引抜実験の模式図 (かぶりなし)

表-4 定着体の性能評価項目<sup>1)</sup>

性能の分類	性能の条件
あり	下限を鉄筋の規格降伏強度の2%以下、上限を鉄筋の規格降伏強度の95%とした応力で静的に30回の繰返し荷重を行った場合、30回目の上限応力時の拔出し量が横方向鉄筋の評価基準フックの場合の値以下、かつ30回目と1回目の上限応力時の拔出し量の差が評価基準フックの値以下
なし	上記以外

表-6 鉄筋の強度

公称直径	降伏点	規格降伏強度	強度	規格引張強度
D (mm)	$f_y$ (MPa)	$f_{yn}$ (MPa)	$f_u$ (MPa)	$f_{un}$ (MPa)
19.1	370	345	557	490以上
34.9	561	490	740	620以上

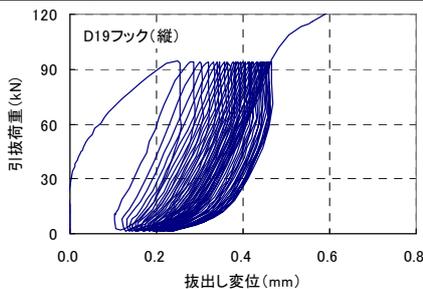


図-10 引抜実験結果

D19 フック (縦)

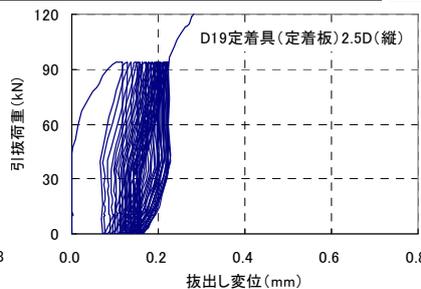


図-11 引抜実験結果

D19 定着具 2.5D (縦)

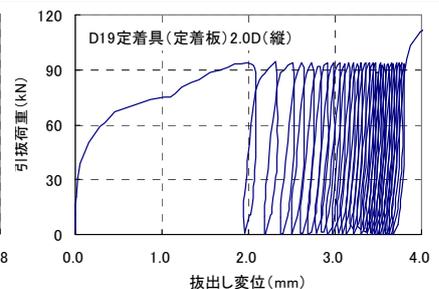


図-12 引抜実験結果

D19 定着具 2.0D (縦)

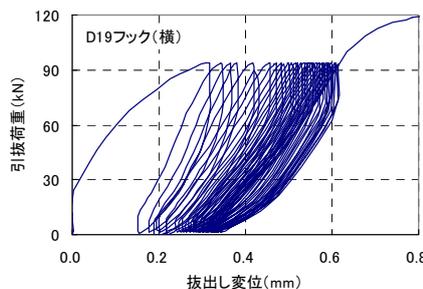


図-13 引抜実験結果

D19 フック (横)

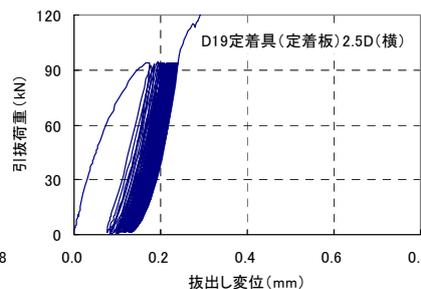


図-14 引抜実験結果

D19 定着具 2.5D (横)

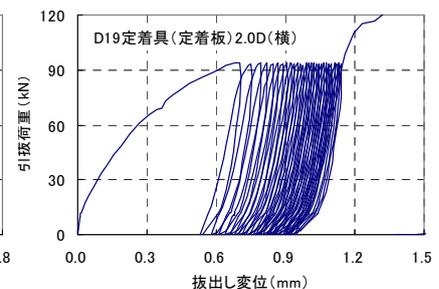


図-15 引抜実験結果

D19 定着具 2.0D (横)

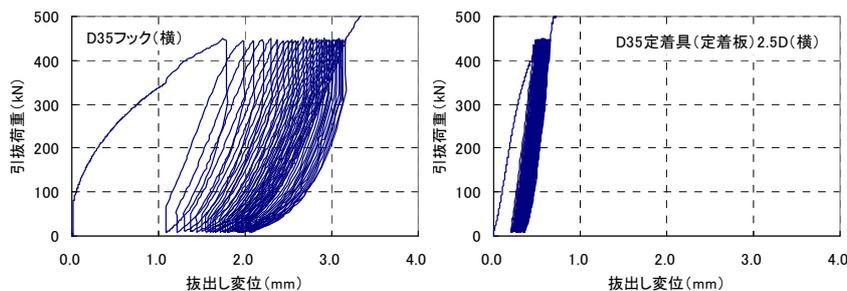


図-16 引抜実験結果

D35 フック (横)

図-17 引抜実験結果

D35 定着具 2.5D (横)



写真-6 引抜実験状況

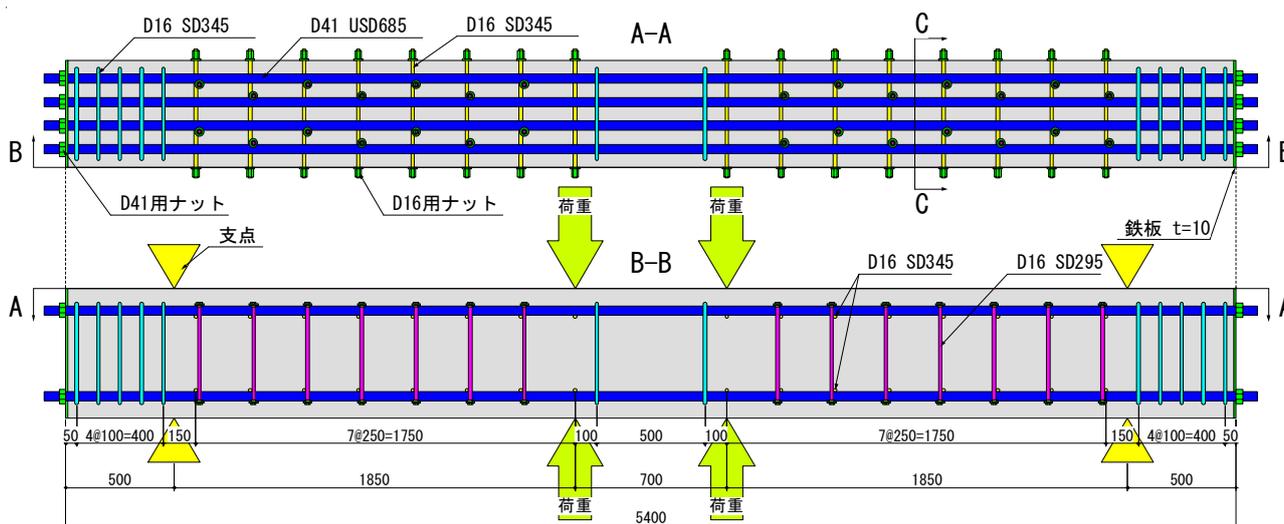


図-18 B-3 試験体 (上：平面図, 下：側面図)

表-7 梁試験体の実験要因一覧

試験体	形状			コンクリート		主鉄筋			せん断補強鉄筋			端部 定着
	幅 $b_w$ (mm)	有効 高さ $d$ (mm)	せん断 スパン比 $a/d$	強度 $f_c$ ( $N/mm^2$ )	骨材 寸法 $G_{max}$ (mm)	降伏 強度 $f_y$ ( $N/mm^2$ )	呼び 径 $D_2$ (mm)	降伏 強度 $f_{wy}$ ( $N/mm^2$ )	呼び 径 $D_1$ (mm)	本数 $n$ (本)	配置 間隔 $S_s$ (mm)	
B-1	500	500	3.70	34.1	20	701	41	-	-	-	-	-
B-2	500	500	3.70	33.8	20	701	41	358	16	2	250	標準フック
B-3	500	500	3.70	37.4	20	691	41	355	16	2	250	TPナット

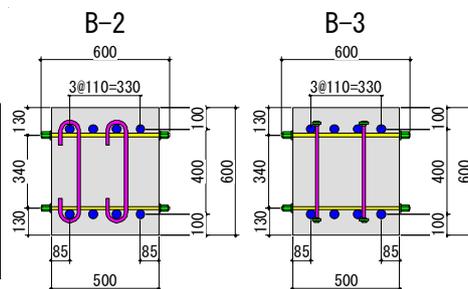


図-19 C-C 断面図 (左：B-2, 右：B-3)

た(図-10, 図-13)。定着具を鉄筋径の2.0倍の大きさとしたものは、軸方向鉄筋、横方向鉄筋共に標準フックよりも拔出し変位が増加する結果となり、特に軸方向鉄筋タイプとしたものは、拔出し変位が3.9mmと標準フックより約8倍も大きくなる結果となった(図-12, 図-15)。一方、定着具を鉄筋径の2.5倍とした場合の拔出し変位は、軸方向鉄筋、横方向鉄筋共に0.25mm以下となり、標準フックと比較して拔出し変位が半分以下となった(図-11, 図-14)。D35を用いた試験体の30回繰返し後の拔出し変位は、標準フックが約3.2mmに対して機械式定着は約0.65mmと1/5の拔出し変位となった(図-16, 図-17)。以上より、本機械式定着は、定着具の直径を鉄筋径の2.5倍以上とすれば、標準フックと同等以上の定着性能を有していると考えられる。

## 4. せん断補強性能

### (1) 試験条件および試験体形状

TPナット鉄筋のせん断補強性能を確認するため、表-7に示す3体の梁曲げせん断試験を実施した。B-1, B-2, B-3の外形寸法は全て同じであり、図-18および図-19に示すように高さ600mm(有効高さ500mm)、幅500mm、長さ5400mmとした。主鉄筋は、せん断破壊が先行するようにD41(USD685)の高強度鉄筋を上下4本ずつ配置し、確実にせん断破壊する条件とした。配力筋はD16(SD345)を250mmピッチで配置した。B-1は、せん断補強鉄筋の無い基準試験体である。B-2は、せん断補強鉄筋を標準フック鉄筋としたもの、B-3はせん断補強鉄

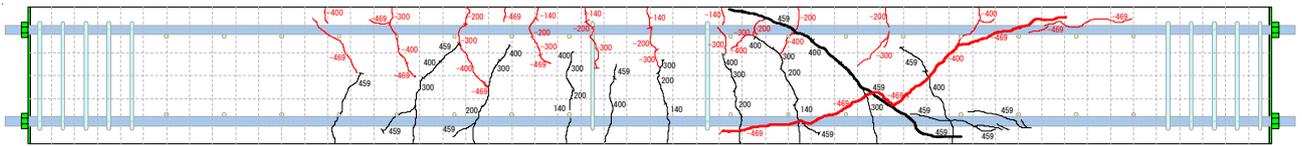


図-20 ひび割れ図 (B-1)

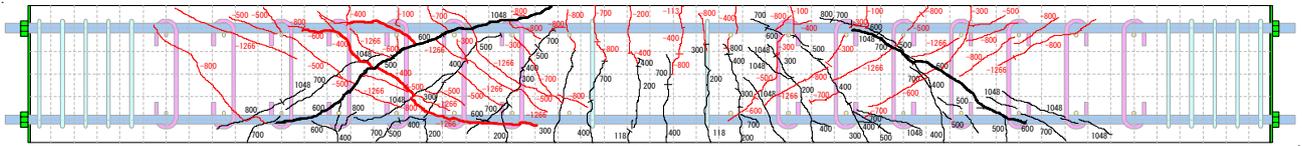


図-21 ひび割れ図 (B-2)

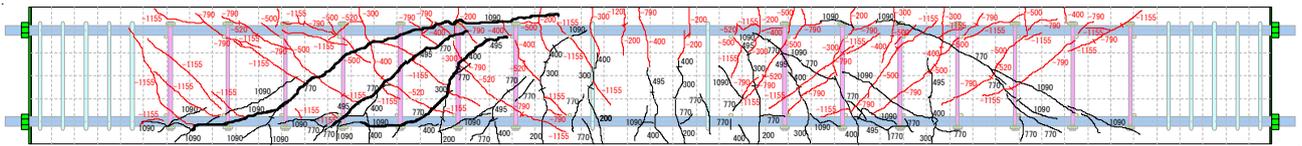


図-22 ひび割れ図 (B-3)

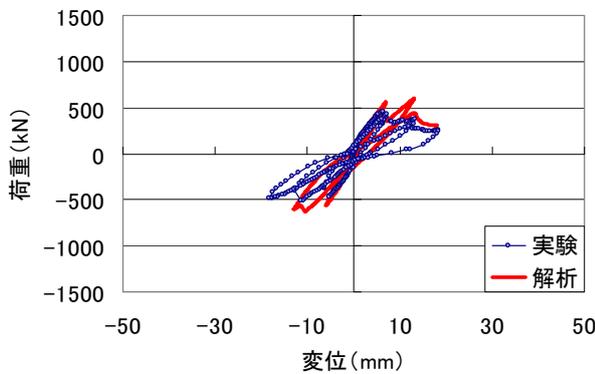


図-23 B-1の履歴曲線

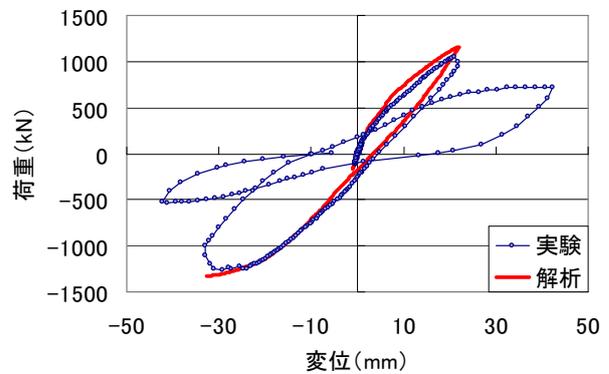


図-24 B-2の履歴曲線

筋をTPナット鉄筋としたものである。B-2とB-3のせん断補強鉄筋は、配力筋と同じ250mmピッチで2本ずつ配置した。

## (2) 載荷方法

載荷は、図-18の側面図に示すように梁両端から500mmの位置を支点として、等曲げ区間を700mm、せん断スパンを1850mmとして正負交番載荷とした。計測は、載荷点と支点にロードセルと変位計を取り付けて荷重と変位を計測し、載荷点の荷重の和と載荷点の変位の平均で制御を行った。

加力は、B-1とB-2は予備載荷後、せん断破壊まで単調で載荷を行い、正側でせん断破壊した後正負に繰り返し載荷を行った。B-3は、B-1のせん断破壊時の変位の整数倍で正負交番載荷を実施した。

## (3) 破壊状況および荷重変位履歴曲線

ひび割れ図を図-20～図-22に、荷重変位履歴曲線を図-23～図-25に示す。

せん断補強鉄筋の無いB-1は、せん断スパン区間に生じた鉛直方向の曲げひび割れが荷重400kN付近から斜めへ方向を変えた後、459kNで斜めひび割れ

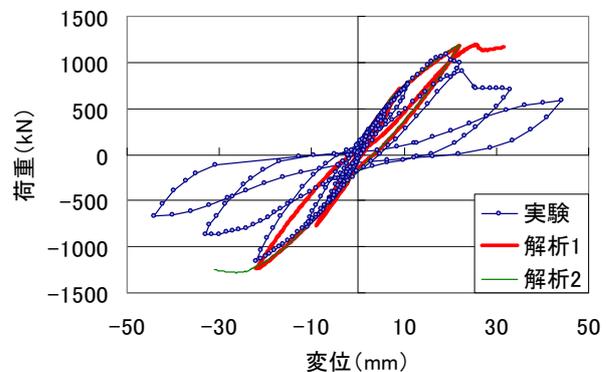


図-25 B-3の履歴曲線

が圧縮縁へ貫通して荷重が低下した。負側載荷も正側と同じ-400kN付近で曲げひび割れから斜めひび割れへ向きを変えた後、-469kNで圧縮縁へ斜めひび割れが貫通して荷重が低下した。

標準フック鉄筋を用いたB-2は、B-1と同様に400～500kNの範囲で曲げひび割れから進展した斜めひび割れの発生が確認され、正側は1048kNで荷重が低下した。その後の負側載荷では、正側より若干大きい-1266kNで荷重が低下した。

TPナット鉄筋を用いたB-3は、B-1、B-2と同様に

正側，負側とも±400kN～±500kNの範囲で斜めひび割れの発生が確認され，正側は1090kN（変位22mm）で荷重が低下した．一方，負側は変位-22mmで荷重-1155kNに達しても荷重の低下は確認されなかったが，正側と同じ変位に合わせて荷重を反転させた．その後，B-3の荷重は，正側，負側ともにそれまでの最大荷重に達することはなく，破壊が進行した．

B-1～B-3のいずれも梁中央の軸方向鉄筋に貼り付けたひずみゲージの値で降伏は確認されず，破壊モードはせん断破壊であった．

#### (4) 試験結果の妥当性確認

2次元有限要素法解析を実施し，試験結果の妥当性について検討を行った．解析コードはUC-Win WCOMD<sup>2)</sup>である．せん断伝達低減係数は，全て普通強度コンクリートとして1.0を用いている．図-26に解析の要素分割を示す．B-2とB-3のせん断補強鉄筋の奥行き方向への3次元的配置は，奥行き方向に節点変位を共有させて2つの要素を重ねた合わせたoverlap要素を用いて考慮した<sup>3)</sup>．B-2とB-3の要素分割は同じであり，材料物性値のみを実際の材料試験結果に基づいて設定している．B-1は，B-2とB-3でoverlap要素とした部分を無筋コンクリート要素単体とした．

B-1～B-3の解析結果を試験結果と合わせて図-23～図-25に示す．解析は変位制御で行い，試験と同じ荷重パターンで正負に変位を変化させた．解析は，いずれかの要素の平均ひずみが10%に達した時点で終了した．B-1，B-2，B-3の解析結果は，比較的試験結果と良く一致していると考えられる．そこで，荷重履歴の影響を検討するため，B-3についてB-2の荷重履歴を用いて解析を実施した（図-25解析2）．B-2の荷重履歴を用いたB-3の結果は，ほぼB-2と同じ結果となっている．B-2とB-3の要素分割は同一であり，材料物性値と荷重履歴のみが異なることを考慮すれば，負側のB-2の最大荷重がB-3の最大荷重より若干大きかった原因として，荷重履歴が異なることが理由であることを解析から説明できていると考えられる．

表-8に各試験体のせん断耐力の試験値とコンクリート標準示方書<sup>4)</sup>によるせん断耐力計算値を示す．材料係数および部材係数は1.0として試験結果と比較した．その結果，図-27に示すようにコンクリート標準示方書<sup>4)</sup>のせん断耐力評価式と試験結果は比較的良く一致していることが確認された．

以上より，TPナット鉄筋のせん断補強性能は，標

準フック鉄筋と同等であると考えられる．

## 5. まとめ

鉄筋端部に雄ネジの加工を施して定着金物を取り付けた機械式定着（TPナット鉄筋）を開発し，各種性能確認実験を行った．得られた結論を以下にまとめる．

- ① 定着具のネジ部の性能は，鉄筋径D16～D35，鋼種SD295～SD490の範囲において，節形状が竹節・ネジ節に関わらず鉄筋母材で破断可能な性

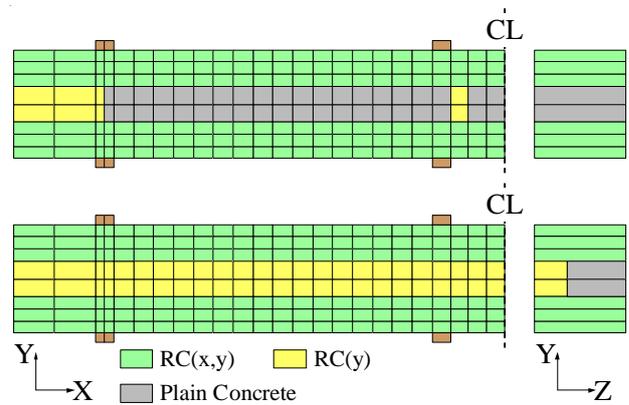


図-26 解析の要素分割

(左上：B-1，左下：B-2，B-3

右上：Plane Concrete 部断面，右下：RC(y)部断面)

表-8 せん断耐力の計算値と実験値

番号	計算値			実験値			
	コンクリート負担分 $V_{c,cal}$ (kN)	せん断補強筋負担分 $V_{s,cal}$ (kN)	せん断耐力 $V_{u,cal}$ (kN)	正側荷重		負側荷重	
				$V_{u,exp}$ (kN)	$V_{u,exp}/V_{u,cal}$	$V_{u,exp}$ (kN)	$V_{u,exp}/V_{u,cal}$
B-1	497	-	497	459	0.92	-469	0.94
B-2	496	495	990	1048	1.06	-1266	1.28
B-3	513	490	1003	1090	1.09	-1155	1.15

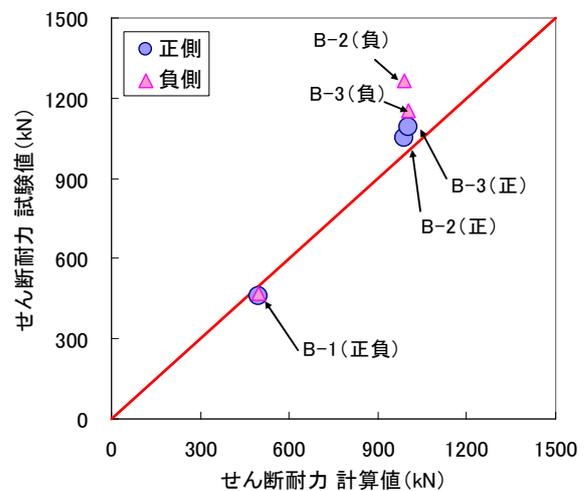


図-27 せん断耐力の計算値と実験値

能を有していることを確認した。

- ② 定着具のネジ嵌合部の残留すべり量は、鉄筋定着・継手指針に示されている基準値0.3mmよりも大幅に小さい値となった。
- ③ 定着体の高応力繰返し引抜実験の結果、定着具の直径が鉄筋径の2.5倍以上であれば、30回繰返し後の拔出し変位が標準フックよりも小さく、定着性能は同等以上であることを確認した。
- ④ せん断破壊先行型の梁部材のせん断補強筋として適用した結果、標準フックと同等のせん断補強性能を有していることを確認した。

#### 参考文献

- 1) 土木学会：コンクリートライブラリー128鉄筋定着・継手指針[2007年版]，2007. 8
- 2) (株)フォーラムエイト：UC-WinWCOMD電子マニュアル，2006. 11
- 3) 土屋智史，中浜俊介，前川宏一：梁のせん断耐力と斜めひび割れの3次元分布に及ぼす側方筋の効果，コンクリート工学年次論文集，Vol. 23，No. 3，pp. 997-1002，2001.
- 4) 土木学会：コンクリート標準示方書[2007年制定]設計編，2007.