

機械式定着具の性能評価試験

渡邊武生* 松崎 寿**

1. はじめに

鉄筋コンクリートは、外力に対して鉄筋とコンクリートが一体となって働く必要がある。そのため、外力が作用したときの鉄筋端部の定着がきわめて重要となる。従来、鉄筋端部の定着は、標準フックを用いて行うことが多いが、兵庫県南部地震以降の耐震設計規定の改定に伴う鉄筋の高密度化によって施工の難易度、施工時間、組立て費用などが増大している。また、鉄筋加工においても鉄筋の高密度化や太径化によって曲げ加工が難しくなっている。このため、鉄筋端部に定着具を設け、標準フック鉄筋と同等の定着性能を有する機械式定着具が開発されている。公的認定機関により認定されている機械式定着工法の一例を表-1に示す。

鉄筋定着に関する多くの研究開発が進められた結果、土木学会より、1982年に刊行されていた「鉄筋継手指針」を見直し、「定着」の記述を加えた「鉄筋定着・継手指針 [2007年版]」¹⁾ (以下指針という。) が刊行された。指針では、軸方向鉄筋および横方向鉄筋に機械式定着具を用いた場合の部材の照査方法、定着具および定着体の性能評価方法等が示されている。

本報告では、機械式定着具のうち、一例として「スクリュープレート」について、定着具としての性能評価試験、および軸方向鉄筋に標準フックの代替として用いる場合の定着体としての性能評価試験を指針に基づいて行った結果を報告するものである。

2. 定着具の概要

2.1 仕様

機械式定着具「スクリュープレート」は、図-1に示すように、ねじ節鉄筋に定着板（スクリュープレート）を嵌合し、鉄筋と定着板の隙間をグラウト材で固定し、鉄筋端部に定着具を設けたものである。

2.2 適用例

機械式定着具を部材の軸方向鉄筋に用いる場合は、過密配筋となりやすい部材の接合部である場合が多い。図-2に適用例を示す。

表-1 機械式定着工法の例¹⁾

定着具の種類	工法名	対象鉄筋	
		軸方向	横方向
ねじふし嵌合	オニプレート定着板工法	○	
	スクリュープレート工法	○	
	タフネジナット工法	○	
	ネジコン定着工法	○	
	プレートナット工法	○	
	プレートフック工法		○
摩擦圧接接合	EG定着板工法	○	
	FRIP定着工法	○	
	Head-bar工法		○
フラッシュ溶接	Jフットバー工法		○
鉄筋端部拡径	Tヘッドバー工法	○	○

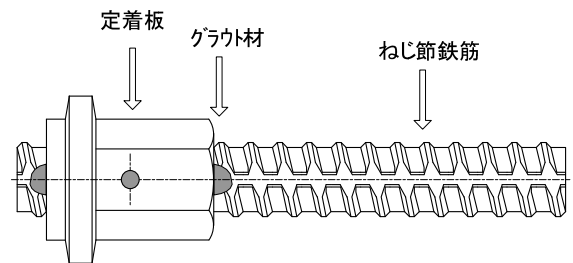


図-1 スクリュープレートの組図例

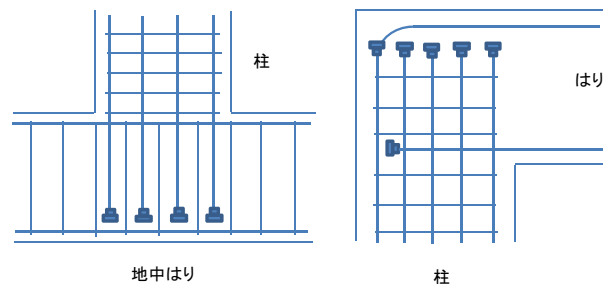


図-2 機械式定着具適用例

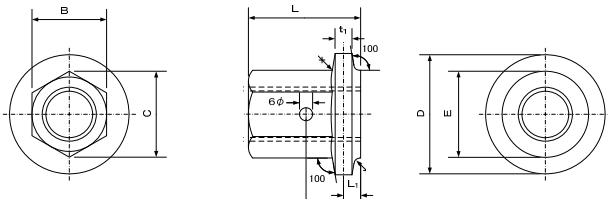
3. 定着具の性能評価試験

本試験は、定着具単体が所要の性能を満足していることを確認するために実施したものである。

3.1 試験体

試験に供した試験体の種類を以下に示す。

- (1) 鉄筋の種類、鋼種：ねじ節鉄筋、SD490
- (2) 鉄筋の呼び名：D19、D22、D25、D29、D32、D35、D38、D41、D51
- (3) 定着具：図-3に示す寸法の貫通型、樹脂グラウトタイプ



単位：mm

呼び名	定着板の寸法						
	板外径 D	板厚 t1	板位置 L1	長さ L	対角距離 C	対辺距離 B	E
D19	49φ	7.0	8.5	40.0	67.0	32.0	37.0
D22	57φ	8.0	10.0	50.0	41.6	36.0	42.0
D25	65φ	9.0	11.5	60.0	47.3	41.0	48.0
D29	73φ	10.0	13.0	70.0	53.1	46.0	54.0
D32	82φ	11.0	14.5	70.0	57.7	50.0	58.0
D35	89φ	13.0	16.5	85.0	63.5	55.0	64.0
D38	94φ	15.0	18.5	85.0	69.3	60.0	70.0
D41	102φ	16.0	20.0	85.0	75.0	65.0	75.0
D51	125φ	20.0	20.0	100.0	95.8	83.0	96.0

図-3 定着具の形状・寸法

3.2 性能評価基準

定着具の性能評価基準を表-2に示す。

表-2 定着具の性能評価基準

試験項目	評価基準
嵌合部の残留すべり量	嵌合部のすべり量(δ※1)が0.3mm以下
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※2

※1 δは鉄筋応力で0.95f_{yn}まで加力後、0.02f_{yn}まで除荷した時点の残留すべり量とする(f_{yn}:鉄筋の規格降伏強度)。

※2 定着具の強さ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。

3.3 測定項目および測定方法

(1) 嵌合部の残留すべり量

嵌合部の残留すべり量の測定は、図-4に示すように、定着具の外端部に接着した変位計測用治具を取り付け、その治具から標点間距離の位置を貫通した鉄筋に変位計測用治具を取り付け、この間のすべり量を変位計により測定した。

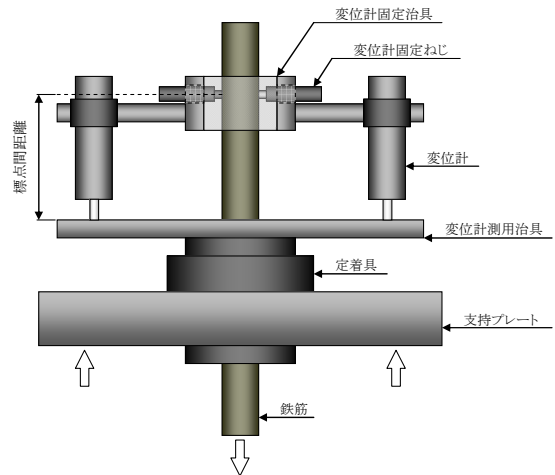


図-4 すべり量測定概要

(2) 引張強度試験

引張強度試験は、各鉄筋呼び名に定着具の大きさに合わせた引張治具を用い、定着具の強度が使用する鉄筋の規格引張強さ以上であることを確認した。

3.4 試験結果

定着具の性能評価試験結果を表-3に示す。

引張強度については、すべての鉄筋呼び名において、定着具の強度が使用する鉄筋(SD490)の規格引張強さである620N/mm²以上であり、性能を満足している。また、嵌合部の残留すべり量については、すべて0.3mm以下であり、性能を満足している。

表-3 定着具の性能評価試験結果

呼び名	残留すべり量 (mm)	平均 (mm)	引張強さ (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)
D19	0.02	0.02	718.0	717.4
	0.01		716.2	
	0.03		718.0	
D22	0.02	0.02	691.0	692.3
	0.02		691.0	
	0.02		694.9	
D25	0.04	0.04	729.6	728.7
	0.04		726.3	
	0.04		730.2	
D29	0.03	0.03	700.5	702.3
	0.03		703.6	
	0.02		702.8	
D32	0.02	0.02	678.0	681.6
	0.04		684.3	
	0.01		682.4	
D35	0.05	0.06	683.7	685.2
	0.07		685.2	
	0.05		686.8	
D38	0.10	0.11	717.5	718.1
	0.12		720.2	
	0.11		716.7	
D41	0.13	0.11	721.6	722.1
	0.10		722.4	
	0.10		722.4	
D51	0.10	0.10	705.0	699.9
	0.09		689.7	
	0.10		705.0	

4. 軸方向鉄筋に用いる場合の性能評価試験

本試験は、定着具を施した鉄筋をコンクリート中に埋め込んだ定着体が指針の「4章 軸方向鉄筋に標準フックの代替として機械式定着を用いる場合の性能評価」の耐震性能について所要の性能を満足していることを確認するために実施したものである。

4.1 試験体

指針には、「鉄筋径については、以下のように径によってグループ分けを行い、グループ内の最大径について行った試験結果をグループ内のすべての径の試験結果とみなしてもよい。」と記載し、D13~D22、D25~D35、D38~D51のグループ分けとしている。このため、本試験では、「3.1 試験体」に示す鉄筋呼び名のうち、D22、D35、D51の定着具および評価基準フックを鉄筋コンクリート中に埋め込んだ定着体を試験体とした。試験体の形状を図-5に示す。

呼び名	鉄筋鋼種	種類・数量		試験体寸法 (mm)
		定着具	評価基準フック	
D22	SD490	3	3	600×600×480
D35	SD490	3	3	900×900×750
D51	SD490	3	3	1280×1280×1040

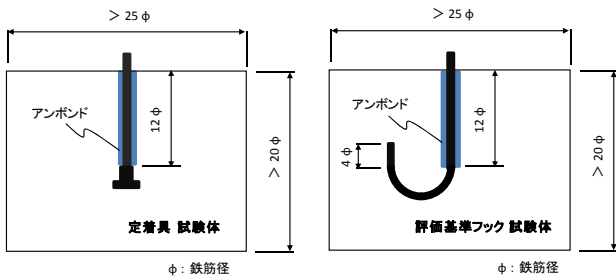


図-5 試験体の概要

4.2 性能評価基準

定着体の性能評価基準を表-4に示す。

表-4 定着体の性能評価基準

性能試験項目	性能条件
静的耐力	定着体の強度 ^{※1} が以下の①~③のいずれかを満足すること。 ①鉄筋の規格降伏強度の135%以上 ②鉄筋の規格引張強さ以上 ^{※2} ③軸方向鉄筋の評価基準フックの強度以上 ただし、鉄筋の規格降伏強度の95%の応力に対し、鉄筋の拔出し量が軸方向鉄筋の評価基準フックの場合の拔出し量以下であること
高応力繰返し	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95%とした応力で静的に30回の繰返し載荷を行った場合、30回目の上限応力時の拔出し量が軸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さが評価基準フックの場合の値以下

※1 強度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 静的耐力については、特に②を満足していることを確認する。

4.3 測定項目および測定方法

(1) 載荷方法

載荷方法は、反力用支圧板および載荷用はりに反力を取り、鉄筋を鉛直方向に静的に引抜き載荷するものである。載荷状況を写真-1に示す。

(2) 計測方法

高応力繰返し載荷時の拔出し量の計測は、定着具自体の変形は無視し、図-6に示すように、評価基準フックでは、フックの折り曲げ開始位置に、定着具では、定着具に貫通した鉄筋の底面の中心部にφ6mmの鋼棒を溶接し、これをコンクリートとアンボンドした状態でコンクリート試験体底面まで引き出し、鉄筋軸直下近傍のコンクリートとの相対変位として計測した。

なお、載荷は、30回の高応力繰返し載荷試験を行った後、同一の試験体を用いて、各鉄筋の規格引張強さ以上まで載荷する静的耐力試験を行った。



写真-1 載荷状況

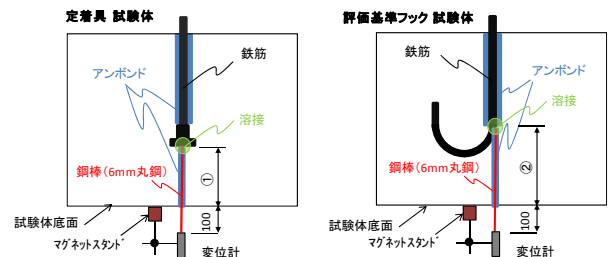


図-6 拔出し量計測方法

呼び名	寸法(mm)	
	①	②
D22	166	216
D35	245	330
D51	328	428

4.4 試験結果

(1) 試験体コンクリート

指針には、「試験時の圧縮強度は24N/mm²程度を標準にする」とある。それに比べて本試験に使

用したコンクリートの圧縮強度は30N/mm²程度と若干高めであったが、コンクリートと鉄筋の付着強度は、ほとんど差がないと考えられる²⁾。

(2) 高応力繰返し試験

高応力繰返し試験結果を表-5に示す。また、引張応力-抜け出し量の一例(D51)を図-7示す。

試験結果より、すべての鉄筋呼び名において、定着具を使用した場合の高応力繰返し性能試験結果は、30回目の上限応力時の抜け出し量が、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抜け出し量の差が評価基準フックの場合の値以下となっており、性能を満足している。

表-5 高応力繰返し試験結果

鉄筋呼び名	No.	定着具			評価基準フック			30回目の抜け出し量の差(mm)
		1回目(mm)	30回目(mm)	30回目と1回目の差(mm)	1回目(mm)	30回目(mm)	30回目と1回目の差(mm)	
D22	1	0.192	0.436	-	0.704	1.364	-	0.848
	2	0.192	0.446		0.582	1.218		
	3	0.194	0.486		0.678	1.330		
	平均値	0.193	0.456		0.655	1.304		
D35	1	0.354	0.706	-	0.986	1.816	-	1.193
	2	0.340	0.672		1.078	2.080		
	3	0.344	0.728		0.924	1.790		
	平均値	0.346	0.702		0.996	1.895		
D51	1	0.866	1.850	-	1.626	2.940	-	1.043
	2	0.780	1.606		1.486	2.638		
	3	0.830	1.786		1.528	2.792		
	平均値	0.825	1.747		1.547	2.790		

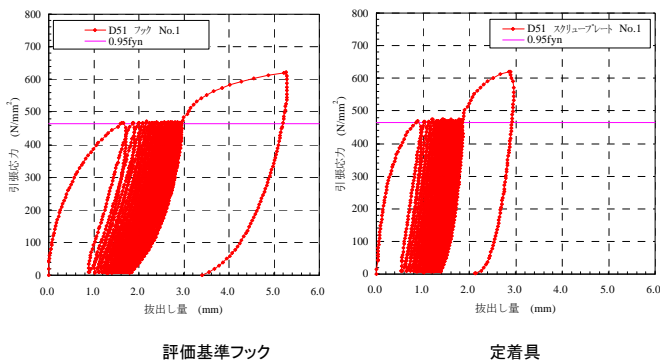


図-7 応力-抜け出し量 (D51)

(3) 静的耐力試験

静的耐力試験結果を表-6に示す。

表-6 静的耐力試験結果

鉄筋呼び名	規格強さ荷重(kN)	No.	抜け出し量(mm)		状況	規格引張強度95%時の抜け出し量(mm)	
			測定値	平均		定着具	評価基準フック
D22	240.0	1	0.612	0.648	異常なし	0.193	0.655
		2	0.640				
		3	0.692				
D35	445.3	1	1.022	1.021	異常なし	0.346	0.996
		2	0.960				
		3	1.080				
D51	1256.7	1	2.848	2.795	異常なし	0.825	1.547
		2	2.662				
		3	2.874				

試験結果より、すべての鉄筋呼び名において、鉄筋の規格引張強さ以上の荷重を載荷しても破壊やひび割れの発生等は見られず、異常は見られず、静的耐力の強度および抜け出し量については、性能を満足している。

5. まとめ

本試験は、鉄筋の機械式定着具のうち、一例として「スクリュープレート」について、「鉄筋定着・継手指針 [2007年版]」の「定着具の性能評価」のうち嵌合部の残留すべり量および引張強度、ならびに「軸方向鉄筋に標準フックの代替として機械式定着を用いる場合の性能評価」のうち耐震性能試験（高応力繰返し試験および静的耐力試験）に準拠して実施したものである。

試験結果よると、鉄筋の機械式定着具「スクリュープレート」は、すべての鉄筋呼び名において、「定着具の性能評価」のうち引張強度および嵌合部の残留すべり量は「鉄筋定着・継手指針 [2007年版]」の性能評価基準を満足していることが確認された。

また、「軸方向鉄筋に標準フックの代替として機械式定着を用いる場合の性能評価」のうち、耐震性能（高応力繰返し試験および静的耐力試験）は、「鉄筋定着・継手指針 [2007年版]」の性能評価基準を満足していることが確認された。

参考文献

- 1) 土木学会：鉄筋定着・継手指針[2007年版]、2007
- 2) A. M. Neville (後藤幸正、尾坂芳夫 監訳)：コンクリートの特性 (Properties of Concrete)、pp.234～235、技法堂出版

渡邊武生*



財団法人土木研究センター
企画・審査部 次長
Takeo WATANABE

松崎 寿**



朝日工業株式会社 鉄鋼
建設資材本部 開発担当
部長
Hisashi MATSUZAKI