

# 論文 熱間加工により定着部を形成した機械式定着筋の性能評価試験

内田 将成\*1・岸本 一蔵\*2・小寺 耕一郎\*3

**要旨：**近年 RC 構造物の材料の高強度化や断面寸法の縮小の要請等から、鉄筋の過密配筋化の問題が生じている。問題解決の一つとして機械式定着筋が用いられるようになってきており、本論文では鉄筋端部に入熱を行い鍛造成型した機械式定着部をもつ熱間加工鉄筋定着筋について力学的な検討を行った。実験では、コンクリート中に埋設した定着筋の一方向の引き抜き載荷を行った。従来のフック定着鉄筋についても同様の実験を行い、結果の比較から本定着筋が、フック定着と同等以上の耐力・引き抜き剛性を有していることを明らかにした。

**キーワード：**熱間加工、機械式定着筋、せん断補強筋、フック定着、引き抜き剛性、ひずみ

## 1. はじめに

近年、RC 構造物の材料の高強度化や断面寸法の縮小の要請等から、鉄筋の過密配筋化の問題が生じている。この問題を解決する一つの手法として、鉄筋端部に突起物を設けることにより機械的な定着力を期待する機械式定着筋の開発が多く続けられてきている<sup>1)</sup>。機械式定着筋の多くは、鉄筋端部に別に作製された定着部を接合することにより作製されているが、定着部は建物内において数多く用いられることからコスト的な制約を強く受ける。

本論文では、別に作製された定着部を必要としない定着筋として、鉄筋端部に熱間加工を施し鍛造成型した機械式定着部をもつ鉄筋を作製し、その定着性能について検討を行ったものである。なお、熱間加工のメリットは、定着部形成の際に入熱が行われるため材料の強度が確保しやすい点、定着部の形成が容易な点があげられる。

## 2. 試験概要

### 2.1 熱間加工鉄筋定着筋の概要

図-1、写真-1に熱間加工鉄筋定着筋（以下 定着筋と略記）の概要を示す。本定着筋はせん断補強筋の中子筋として、すなわち部材の主筋に本定着筋を引っ掛けて補強筋として使用することを想定しており、通常用いられるフック定着の代替使用が目的である（図-2）。施工の容易さを目的に、主筋に引っ掛ける側と反対側の定着部の長さを短くする形状としており（図-1）、定着筋の母材部はD13とD16（共にSD345）の二種類である。定着部各部の寸法は厚さ（図-1の※）以外は同じである。厚さはD13鉄筋では12mm、D16鉄筋では15mmと、母材部の径よりそれぞれ1mm小さくし、本定着筋を部材に使用したときのかぶり厚が通常のフック定着を使用した場合と同等以上確保できることを目的に定めた（図-3）。前述のように、本定

着筋は主筋に引っ掛ける側が長く、鉄筋を軸として非対称の形状であるため、引張軸力作用時に定着部に曲げモーメントが発生すると考えられ、この曲げモーメントに対して定着部が定着性能を発揮できるだけ健全であるかどうかを検討すべき主な項目となる。

### 2.2 試験目的

本定着筋の定着性能を調べるため、コンクリート中に埋設した定着筋の引き抜き実験を土木学会「鉄筋定着・継手指針 2007年版」<sup>2)</sup>（以下指針とする）に示された定着具の性

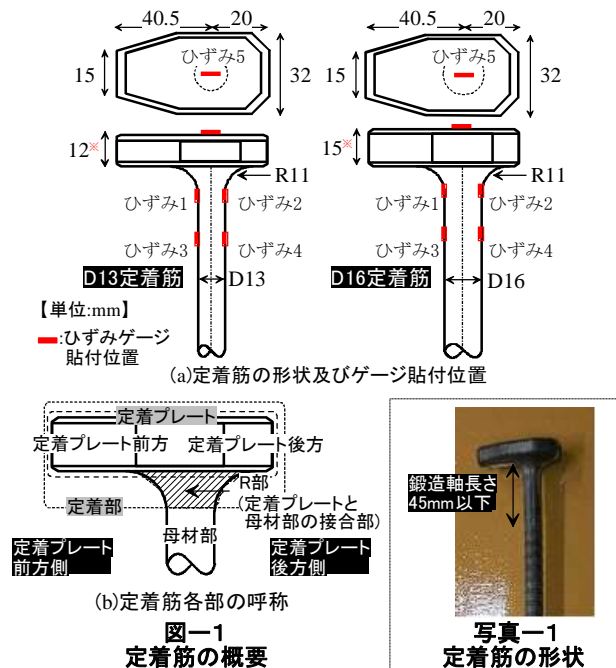


図-1 定着筋の概要

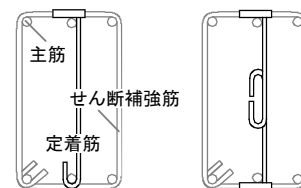


図-2 定着筋の適用例

\*1 近畿大学大学院 総合理工研究科環境系工学専攻 (学生会員)

\*2 近畿大学建築学部 教授・博士(工学) (正会員)

\*3 共英製鋼(株) (正会員)

能評価試験法に基づき行った。検討項目は次の3点である。基本的な性能として、

- 1) 母材降伏に相当する引張力が作用した場合に、定着プレートが健全であること
- 2) フック定着の場合と同等以上の引き抜き剛性を有すること
- 3) フック定着の場合と比べて、繰り返し高応力の引張力が作用するときの抜け出し量が小さいこと

### 2.3 試験体一覧・試験方法

図-4、写真-2に試験体の概略図を示す。定着筋はD13,D16の2種類、定着筋を引っ掛ける鉄筋(主筋)はD22,D35,D41の3種類とした。定着筋と主筋の組み合わせは全種類行い、1つの条件につき3本の試験を行った。定着筋D16、主筋D41の組み合わせが標準試験体(記号:D16-D41\_N)である。その他の条件として、コンクリート強度、載荷方法(一方向、繰り返し)をパラメータとし、標準値は、かぶり厚は40mm、コンクリート圧縮強度は24N/mm<sup>2</sup>、載荷方法は一方向引き抜き載荷である。表-1に試験体一覧を示す。同表に示すように135度、180度の折り曲げ定着した定着筋についても実験を行っている(試験体名の末尾に\_H135、\_H180の試験体)。なお、本試験では定着部の性能だけを検討することを目的としているため、定着筋の定着部以外の部分に、コンクリート打設前に

コーキング材を塗布し、付着を除去した。

載荷は図-5に示すように、センタホール型油圧ジャッキにより定着筋に引張力を与えることで試験を行った。ジャッキの荷重及び定着筋の移動量(定着部に取り付けたネジ鋼棒を試験体表面まで引き出し変位計で測定)、定着筋のひずみを測定した。図-1(a)に示すように、ひずみゲージの貼り付け位置は応力が集中されると予想される定着プレートと母材部との接合部(R部)の定着プレート前方側と後方側、そこから主筋径の大きさだけR部から離れた位置の定着プレート前方側と後方側、定着プレート背面の計5箇所である。載荷は定着筋が破断するまで試験を行った。表-2に試験体の材料強度を示す。また定着筋は定着部形成の際、入熱が行われることにより定着部の鋼材強度は母材部の強度に比べて1.1程度倍上昇する(図-6)。そこで、定着部内部の鋼材強度については、規格降伏強度×1.21(=1.1×1.1:熱影響による定着部の強度上昇率)とする(表-3)。

### 3. 定着筋に対する予備検討

#### 3.1 検討の概要

本章では、対象とする定着筋の適用可能範囲を簡単に検討する手法について考察する。本定着筋が確保すべき基本的な性能として1)母材部の降伏に相当する引張力が作用した場合に、定着プレート(図-1)が健全であること(検

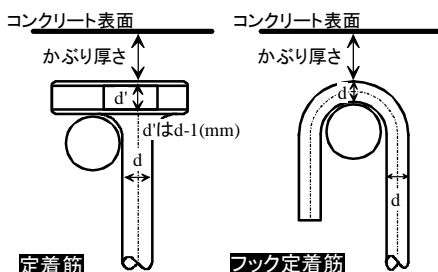
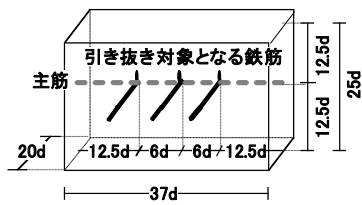


図-3 定着筋・フック定着を用いた時のかぶり厚さ



写真-2 試験体載荷状況



※dは引き抜き対象となる鉄筋の径  
図-4 試験体概略図

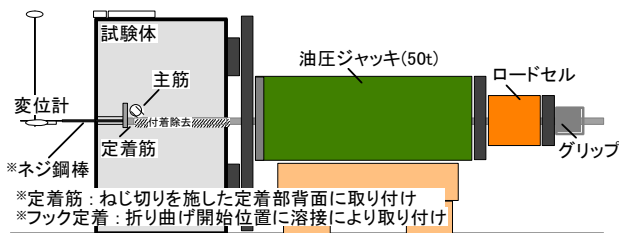


図-5 試験体載荷装置図

表-1 試験体一覧

試験体名	引き抜き対象となる鉄筋	主筋	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	かぶり厚さ (mm)			
D13-D22_N	D13	D22	24	40			
D13-D22_H180							
D13-D35_N							
D13-D41_N		D41					
D13_D41_R							
D13-D41_H180							
D13-D41_H180_R		D16			D22	24	40
D16-D35_N							
D16-D41_N							
D16-D41_R	D41						
D16-D41_H135							
D16-D41_H135_R							
D16-D41_H180	D41						
D16-D41_H180_R							
D16-D41_F18			18				
D16-D41_F35	35						
D16-D41_F60	60						

引っ掛ける鉄筋(主筋)  
D13-D22\_N  
引き抜き対象となる鉄筋(せん断補強筋)  
N:かぶり厚さ40mm F<sub>c</sub>=24N/mm<sup>2</sup>(標準試験体)  
H135:引き抜き対象となる鉄筋 135° フック定着筋  
H180:引き抜き対象となる鉄筋 180° フック定着筋  
F18:F<sub>c</sub>=18N/mm<sup>2</sup> (σ<sub>c</sub>=19N/mm<sup>2</sup>)  
F35:F<sub>c</sub>=35N/mm<sup>2</sup> (σ<sub>c</sub>=32N/mm<sup>2</sup>)  
F60:F<sub>c</sub>=60N/mm<sup>2</sup> (σ<sub>c</sub>=44.7N/mm<sup>2</sup>)  
R:繰り返し試験

討位置は、R部がなくなり、定着プレートそのものの厚さとなった箇所(図-7赤点線) 2) 同じく定着プレートと母材部の接合部が健全であること(検討位置は、R部がなくなり、母材部そのものの径となった箇所(図-7緑点線))の2点について検討し、その結果を示す。検討する定着筋径、主筋径は本実験で使用する鉄筋径と同じものとし、組み合わせについては全種類の検討を行った。

定着メカニズムを仮定した上で、前述の 1),2)の条件を満足することを示す。

a) 定着筋に引張力が作用したときの反力の仮定

定着筋に引張力が作用したときの反力を図-7の様に仮定した。なお、定着部がコンクリートから受ける反力の大きさの計算にあたっては、コンクリートが局所的な集中応力を受ける状況であることから拘束による強度上昇が見

込めるため、圧縮強度は設計基準強度 (Fc) の2倍として計算した<sup>3)</sup>。

b) a)で示した反力の仮定に基づき、前述の 1),2)について各検討位置に作用するモーメントと、当該位置での耐力(全塑性モーメント)を比較し、各検討位置に作用するモーメントが耐力を上回らなければ、本定着筋が上述の基本的な性能を確保していると判断する。

3.2 検討の計算手順・検討結果

1)定着プレートの健全性の検討

検討に用いる定着筋に作用する引張力は安全をみて、母材部降伏時張力の1.1倍とする。また主筋から定着具に

表-2 材料試験結果一覧

設計基準強度	圧縮試験		割裂試験
	平均応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	平均応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
18N/mm <sup>2</sup>	18.86	2.26×10 <sup>4</sup>	1.66
24N/mm <sup>2</sup>	25.41	2.50×10 <sup>4</sup>	1.99
35N/mm <sup>2</sup>	32.02	2.75×10 <sup>4</sup>	2.53
60N/mm <sup>2</sup>	44.65	3.37×10 <sup>4</sup>	3.40

鉄筋(母材部)引張試験			
鉄筋径	応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ(μ)
D13	393.2	589.3	2416.8
D16	394.7	557.6	2110.6

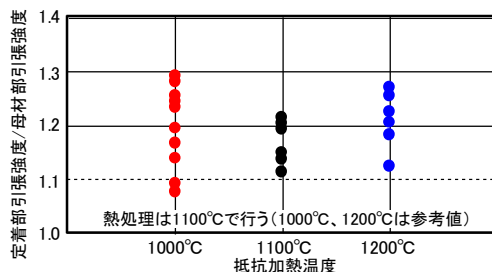


図-6 熱影響による引張強度上昇程度の試験結果

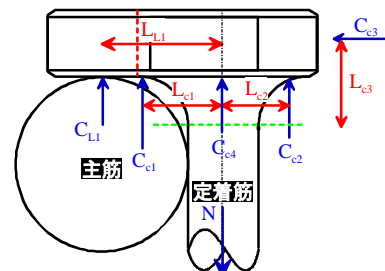
表-3 定着部内部の鋼材強度

定着プレート内部:規格降伏強度×1.21	417.4(N/mm <sup>2</sup> )
軸部内部:規格降伏強度×1.21	417.4 (N/mm <sup>2</sup> )

表-4 検討結果一覧

定着筋径	主筋径	定着プレートの健全性の検討			定着筋母材部の健全性の検討		
		Mp	M	判定	Mp	M	判定
D16	D41	763.2	114.0	OK	60.0	230.6	NG
	D35	763.2	108.4	OK	60.0	187.6	NG
	D22	763.2	0 ※	OK	60.0	46.2	OK
D13	D41	488.4	23.2	OK	40.7	22.7	OK
	D35	488.4	37.1	OK	40.7	10.4	OK
	D22	488.4	0 ※	OK	40.7	13.9	OK

・Mp: 全塑性モーメント, M: 検討位置に作用するモーメント[単位 kN・mm]  
 ※仮定した反力(C<sub>L1</sub>)と検討位置(赤線位置)の距離が0となるため、M=0となる。



- C<sub>c1</sub>: 主筋と定着筋の間に存在するコンクリートからの反力
- C<sub>c2</sub>: 定着プレート後方のコンクリートからの反力
- C<sub>c3</sub>: 引き抜き力が作用し、定着プレートが時計回りに回転しようとするときにコンクリートから定着プレートの回転を抑える方向に働く反力
- C<sub>c4</sub>: 定着筋両横のコンクリートからの反力
- C<sub>L1</sub>: 主筋から定着筋への反力
- L<sub>c1</sub>: 定着プレートと主筋が接地する箇所から定着筋の軸までの距離
- L<sub>c2</sub>: (定着筋径/2)+(定着プレートと主筋が接地する箇所から母材部までの距離/2)
- L<sub>c3</sub>: (定着筋径/2)+(定着筋後方端部から母材部までの距離/2)
- L<sub>c4</sub>: (定着プレート厚さ/2)+(R部が終わり定着筋径そのものの厚さとなった箇所)

図-7 定着筋の反力の仮定

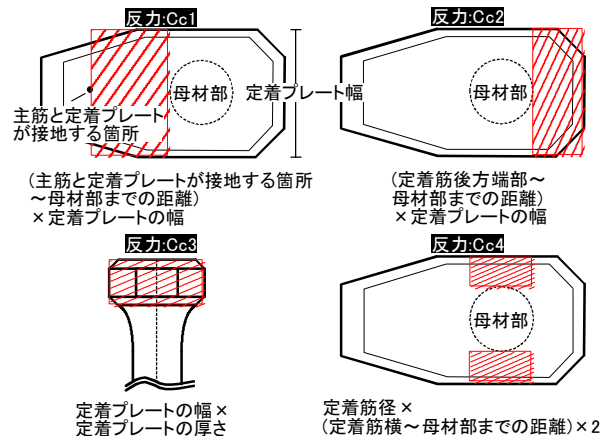


図-8 当該面積の算定

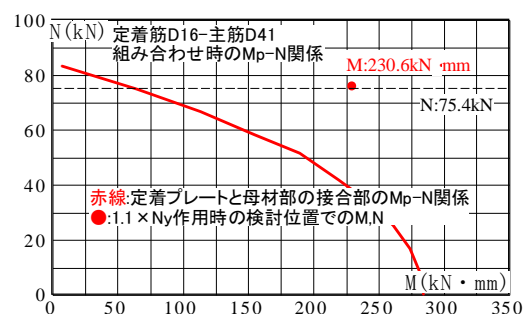


図-9 全塑性モーメントMp-断面引張力N

作用する反力(C<sub>L1</sub>)は定着筋に作用する張力からそれぞれの反力を減じたものである。

$$N=1.1 \times a \times \sigma_y \quad (1)$$

$$C_{L1}=N-C_{c1}-C_{c2}-C_{c4} \quad (2)$$

ただし、N:定着筋に作用する引張力(kN), a:定着筋の断面積(mm<sup>2</sup>),  $\sigma_y$ :定着筋の降伏強度, C<sub>L1</sub>C<sub>c1</sub>,C<sub>c2</sub>,C<sub>c4</sub>:定着筋に作用する反力(kN) (図-8)

式(2)で求めた反力(C<sub>L1</sub>)に検討位置(赤点線の位置)からC<sub>L1</sub>の作用位置(D41の中心線位置)までの距離を乗じて、検討位置でのモーメントMを求める。

$$M=C_{L1} \times L_{L1} \quad (3)$$

また定着プレートの全塑性モーメントは、

$$M=Z_p \times \sigma_{yf} \quad (4)$$

ただし、M:検討位置に作用するモーメント(kN・mm), L<sub>L1</sub>:反力(C<sub>L1</sub>)の作用位置から検討位置までの距離(mm), M<sub>p</sub>:全塑性モーメント(kN・mm), Z<sub>p</sub>:定着プレートの塑性断面係数(mm<sup>3</sup>),  $\sigma_{yf}$ :定着プレート内部の鋼材強度(N/mm<sup>2</sup>)

#### 2) 定着プレートと母材部の接合部の健全性の検討

定着筋に作用する引張力は式(1)より、求める。検討位置は緑点線の位置である。定着プレートと母材部の接合部に発生するモーメントM(kN・mm)を求める。

$$M_{L1}=C_{L1} \times L_{L1} \quad (5)$$

$$M_{c1}=C_{c1} \times L_{c1} \quad (6)$$

$$M_{c2}=C_{c2} \times L_{c2} \quad (7)$$

$$M_{c3}=C_{c3} \times L_{c3} \quad (8)$$

$$M=M_{L1}+M_{c1}+M_{c2}+M_{c3} \quad (9)$$

ただし、M<sub>L1</sub>,M<sub>c1</sub>,M<sub>c2</sub>,M<sub>c3</sub>:検討位置に作用するモーメント(kN・mm), L<sub>L1</sub>,L<sub>c1</sub>,L<sub>c2</sub>,L<sub>c3</sub>:検討位置までの距離(mm),

C<sub>L1</sub>,C<sub>c1</sub>,C<sub>c2</sub>,C<sub>c3</sub>:定着筋に作用する反力(kN)

次に母材部の全塑性モーメントM<sub>p</sub>-断面引張Nの関係を求める(検討例:図-9)。

以上1)2)の計算より、母材部の降伏に相当する引張力が作用した時に、定着筋に発生するモーメントが各検討位置の全塑性モーメントを超えないかについて判定を行う。表-4に予備検討の結果を示す。予備検討の結果として、一部の組み合わせにおいて、適用範囲として不適となった。

#### 4. 実験結果と考察

写真-3に一例で示すように、全ての試験体で最終状態が定着筋の母材部で破断した。これは、破断時の引張力よりも小さい荷重(母材部の降伏時の引張力)であれば定着部が健全であることになり、1)母材降伏に相当する引張力が作用した場合に、定着プレートが健全であるについては満足していることが確認できた。従ってここでは2章に示した目的の2)引き抜き剛性および3)繰り返し载荷に伴う抜け出し量についての検討結果を示す。比較を行った組み合わせについては、表-5に示す通りである。

#### 4.1 各試験体の比較・考察

##### ① 定着筋とフック定着との引き抜き剛性の比較

定着筋を使用した試験体(\_N シリーズ)とフック定着を使用した試験体(\_H135, \_H180 シリーズ)の荷重-移動量関係を図-10に示す。図-10(a)より、D13 定着筋を使用した試験体はフック定着の試験体より引き抜き剛性が高いことが分かる(ここでの引き抜き剛性は、荷重-移動量関係の接線の値とする。また分かりやすさのために、代表値として降伏強度/降伏強度時の移動量(単位:kN/mm)を各グラフ試験体名称の後に記載する。)。また図-10(b)より、D16 定着筋を使用した試験体の剛性は、フック定着の試験体と同程度であることが分かる。以上より、定着筋を使用した試験体はフック定着と同等以上の引き抜き剛性を有している。

##### ② 主筋径の違いによる影響

D13の定着筋で主筋径が異なる試験体(D13-D22\_N, D13-D35\_N, D13-D41\_N)の荷重-移動量関係を図-11(a)に、D16の定着筋の試験体の結果を図-11(b)に示す。また、図-12(a), 図-12(b)にはそれらの試験体の荷重-ひずみ関係を示す。図-11(a)より、D13 定着筋の試験体の主筋径D35の試験体は主筋径D22, D41の試験体に比べて引き抜き剛性が高い傾向にあり、引き抜き剛性の大きさは、D35 > D22 > D41 となっている。また図-12(a)より各試験体の同じ位置に貼付しているひずみを比較しても、主筋径によらずほぼ同じ値を示していることが分かる。次に図-11(b)よりD16 定着筋の試験体は主筋径の違いによらずほぼ同じ引き抜き剛性であることが分かる。図-12(b)に示す、各試験体のひずみの値を比較しても、大きな差はないことが分かる。主筋径が大きくなるほど、「定着プレートと主筋の接地位置～定着筋の

表-5 試験体比較一覧

		引き抜き対象となる鉄筋		
		熱間加工鉄筋定着筋		フック定着筋
		D22	D35	D41
D13	D13-D22_N			D13-D22_H180
	D13-D35_N			
	D13-D41_N			
	D13-D41_R			D13-D41_H180 D13-D41_H180_R
D16	D16-D22_N			
	D16-D35_N			
	D16-D41_N			
	D16-D41_R			D16-D41_H135 D16-D41_H135_R D16-D41_H180 D16-D41_H180_R
	D16-D41_F18			
	D16-D41_F35			
				D16-D41_F60

- ① 定着筋とフック定着の比較
- ② 主筋径の違いによる比較
- ③ 定着筋径の違いによる比較
- ④ コンクリート強度の違いによる比較
- ⑤ 高応力繰り返し試験

軸]までの距離が長くなるため、定着筋に作用するモーメントが大きくなり、引き抜き剛性が低くなると想定していた。しかし本実験の範囲では必ずしもそのような結果とはなっておらず、主筋径の違いによる引き抜き剛性への影響は少ないと考えられる。

③定着筋の径による違いによる影響

D16 定着筋を使用した試験体(D16-D41\_N)と D13 定着筋を使用した試験体(D13-D41\_N)の荷重-移動量関係を図-13に示す。D13 定着筋の試験体に比べ D16 定着筋を使用した試験体の剛性はやや低い結果となった。次に D13, D16 定着筋の試験体のひずみの推移を図-12(a) (b)により比較する。同図より、定着プレートと鉄筋の接合部付近で、定着プレート後方側のひずみ 2 の値は D13 では常に引張となっており、荷重の増加とともにほぼ比例して増加している。これに対し、D16定着筋の貼付位置では、載荷初期では中立、或いは引張をうけているが、荷重が増加すると圧縮のひずみを受け

ようになる。このことから、D13 の試験体に比べ D16 の試験体は定着プレートと母材部の接合部により大きなモーメントが作用し、定着プレートの回転が発生していると考えられる。この理由として、1) 主筋と定着筋が接地する位置(引張力に対する主筋からの反力位置)と母材部の軸(引張力が作用する位置)との距離が D13 定着筋に比べて長いこと。2) D16 定着筋は D13 定着筋に比べて定着プレート後方、つまり定着プレートの短か手側の長さが短いため、定着プレート後方に作用する反力(定着プレートが回転するのを妨げる方向の力)が小さくなるためと考えられる。またこれは、D16-D35\_N と D13-D35\_N, D16-D22\_N と D13-D22\_N を比較しても同様の結果となった。

④コンクリート強度の違いによる影響

$F_c=18\text{N/mm}^2$ (D16-D41\_F18) ,  $F_c=24\text{N/mm}^2$ (D16-D41\_N) ,  $F_c=35\text{N/mm}^2$ (D16-D41\_F35) ,  $F_c=60$ (D16-D41\_F60)のコンクリート強度が異なる試験体の荷重-移動量関係を図-14(a)に



写真-3 試験終了後の試験体(母材部で破断している)

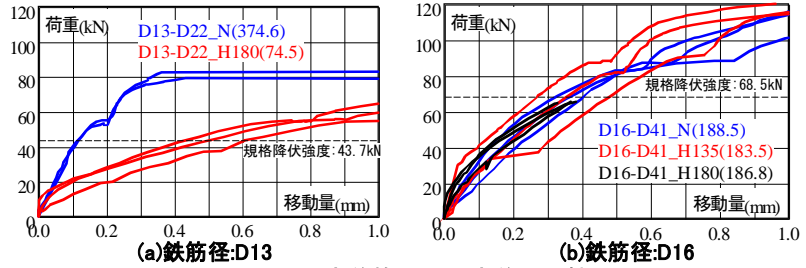


図-10 定着筋とフック定着の比較

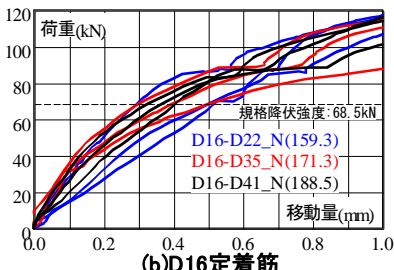
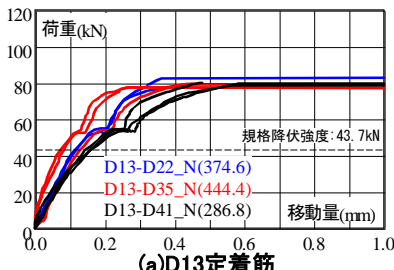


図-11 主筋径の違いによる比較(荷重-移動量関係)

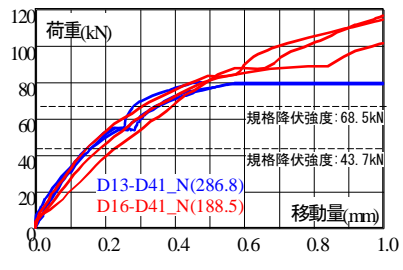
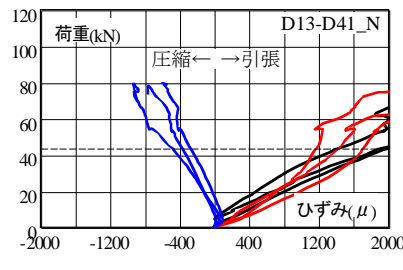
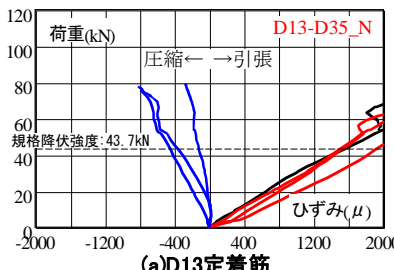
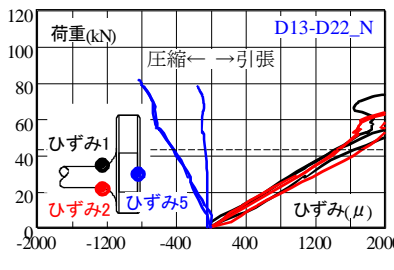
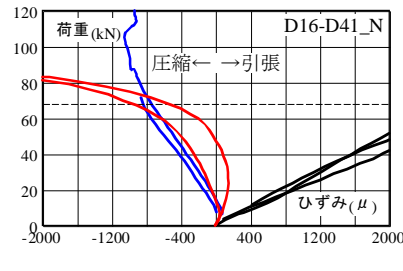
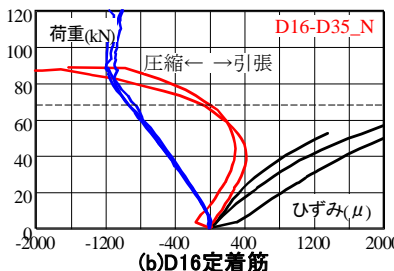
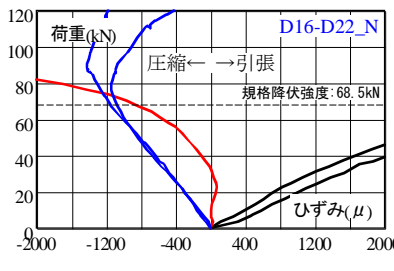


図-13 定着筋径の違いによる比較



(a)D13定着筋



(b)D16定着筋

図-12 主筋径の違いによる比較(荷重-ひずみ関係)

示す。それぞれの試験体の引き抜き剛性を比較すると、コンクリート強度が高くなることにより、試験体の引き抜き剛性も高くなる事が分かる。図-14(b)にそれぞれの試験体の荷重-ひずみ関係を示す。定着プレートと鉄筋の接合部付近で、定着プレート後方側のひずみ 2 の値を比較すると、コンクリート強度が高い試験体では( $F_c=60\text{N/mm}^2$ ) 常時引張であり、 $F_c=35\text{N/mm}^2$ の試験体では、規格降伏強度以降にひずみ 2 の値が、引張から圧縮へと変化している。しかしコンクリート強度が低い試験体( $F_c=18\text{N/mm}^2$ ,  $F_c=24\text{N/mm}^2$ )では、規格降伏強度以前でひずみ 2 は、引張から圧縮と変化していることが分かる。これは定着プレートが回転することにより、ひずみ 2 貼付位置に圧縮力が作用したことが原因と考えられる。各試験体のひずみの増加程度の比較より、コンクリート強度が高い試験体では、定着プレート後方に作用するコンクリートからの反力が大きく、定着プレートの変形および回転が抑えられていると考えられる。つまり、コンクリート強度が高くなれば、定着プレート後方に作用するコンクリートからの反力が大きくなるため回転が拘束され、引き抜き剛性が高くなると考えられる。

#### ⑤高応力繰り返し試験

定着筋とフック定着を用いて高応力繰り返し試験を行った。評価項目として(1)30回目の抜け出し量の差、(2)30回目と1回目の抜け出し量の差の2項目を比較し、評価を行った。図-15(a)(b)に定着筋(D16-D41\_R)とフック定着(D16-D41\_H180\_R)の高応力繰り返し試験の荷重-移動量関係のグラフを示す。定着筋を使用した全ての試験体で、30回繰り返

返し載荷時の抜け出し変位量がフック定着より小さくなり、30回目と1回目の抜け出し量の差についても、同様に小さくなる事が確認された。また引き抜き対象の径をD13に変更した試験体であっても、同様の結果となった。よって、定着筋を用いて試験を行った結果、定着筋の高応力繰り返し性能はフック定着に比べて優れており、定着部の性能評価基準を満たしていることが分かった。

#### 5. まとめ

熱間加工鉄筋定着筋をコンクリート中に埋設し、引き抜き試験を行った。主な結果は以下の通りである。

- (1)3章で行った予備検討では、不適と判定された組み合わせであっても、実験では母材部で破断しており、本論文での検討は実際よりも、厳しい条件で検討されていることが分かる。
- (2)熱間加工鉄筋定着筋はフック定着と同等以上の引き抜き剛性を有している。
- (3)主筋径を変えても、本実験の範囲では引き抜き剛性に大きな差はみられない。しかし定着筋径が大きくなると引き抜き剛性が低下し、ひずみの値より、D16定着筋では引張力が増加すると定着プレートが回転する挙動がみられることが分かる(D13定着筋の場合、定着プレートは回転する挙動は現れない)。
- (4)コンクリート強度を高くすると、引き抜き剛性が高くなる。これは、コンクリート強度が高くなれば、定着プレートの回転が定着プレート後方に作用する反力により回転が拘束されるためだと考えられる。
- (5)定着筋の高応力繰り返し時の抜け出し量はフック定着に比べ小さい。

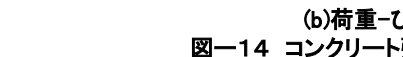
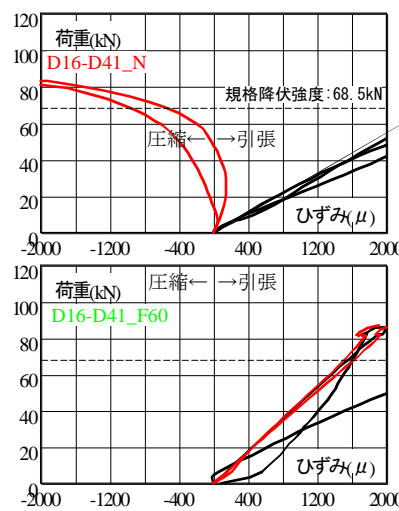
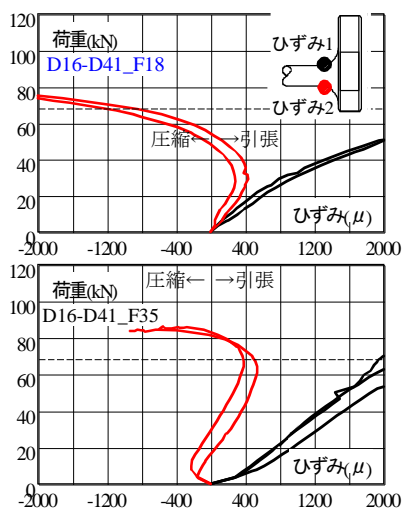
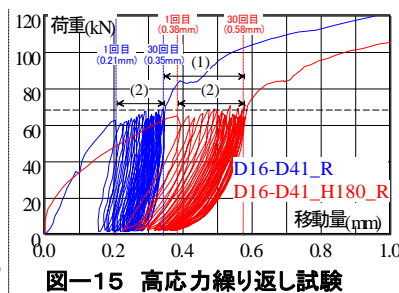
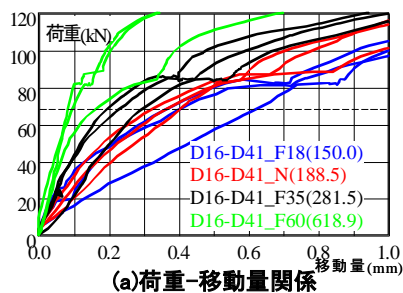


図-14 コンクリート強度の違いによる比較

#### 謝辞

本研究において神鋼鋼線工業株式会社よりAGグリップをご提供頂きました。ここに深く感謝申し上げます。また実験の実施につきましては、近畿大学岸本研究の加藤遼君(Lendlease Corporation), 木内拳斗君(前田建設工業(株)), 皆様にご協力頂きました。感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 例えば1) 建築構造技術支援機構：RCS混合構造設計指針、2018年
- 2) 土木学会：鉄筋定着・継ぎ手指針[2007年版]
- 3) 日本建築学会：プレレスト鉄筋コンクリート(Ⅲ種PC)構造設計・施工指針・同解説、2003