

# 端部拡張鉄筋の定着性能に関する検討

## Anchorage Performance of Reinforcing Bar with Expanded Diameter Head

三加 崇 TAKASHI SANGA  
 竹山 忠臣 TADAFUMI TAKEYAMA  
 有川 直貴 NAOKI ARIKAWA  
 篠崎 裕生 HIROO SHINOZAKI

異形鉄筋をコンクリートに定着する場合、異形鉄筋の先端に突起を設けることで、短い長さで定着させることが考えられ、これまでに各種の方法が検討されてきた。これらの突起部は、異形鉄筋と別の材料を用いて、摩擦接合や特殊ボルトによる構造とすることが主流である。著者らは、異形鉄筋の端部に熱間処理を行うことで突起が異形鉄筋と同じ材質である端部拡張鉄筋を開発した。端部拡張鉄筋の定着性能を確認するために、拡張部の引張試験、勾配引張試験、高応力繰返し試験およびコンクリートに埋め込んでの引抜き試験を実施した。その結果、各種試験において異形鉄筋の母材が先に破断する結果となり、端部拡張鉄筋における突起の性能が異形鉄筋の母材より高い耐力を有していることを確認した。

**キーワード：**端部拡張鉄筋，定着性能，引張試験，高応力繰返し試験，引抜き試験

Conventional anchorage head for rebars such as friction type or bolt type are made of materials different from rebar itself. The authors developed anchor heads made of the same material as rebars by employing hot forming. The anchorage performance was confirmed by tension tests, slope tension tests, repeated high stress tests and pull-out test. The anchorage head shows higher strength than the strength of rebar itself.

**Key Words:** Expanded Diameter Head, Anchorage Performance, Tension Test, Repeated High Stress Test, Pull-out Test

### 1. はじめに

コンクリート構造物の補強には、コンクリートの増厚、鋼板や繊維シートの接着など様々な方法がある。そのなかで側壁や床などをせん断補強する場合には、増厚等の補強が困難であり、構造物の形状を変化できない場合がある。この場合、削孔して鉄筋を挿入することで補強を行う方法が考えられる。しかしながら、異形鉄筋をコンクリートに定着させるには、十分な定着長を有することが必要であり、構造の形状・寸法によっては、定着長を確保することが難しい。その対策として、異形鉄筋の端部を加工して定着性能を向上させる方法が各種開発されている。端部に別の部材を突起状に取り付けて定着構造とする例が多く見受けられるが、鉄筋の母材を加工することで定着性能を向上させる構造について開発を行った。

本定着構造は、鉄筋の先端を熱して型に押し込むことで、鉄筋先端の径を拡張した突起構造（以下、端部拡張

鉄筋）である。その性能を確認する目的で、端部拡張鉄筋の引張試験、高応力繰返し試験を実施し、突起部の性能について確認するとともに、コンクリートに端部拡張鉄筋を埋め込んだ引抜き試験を実施し、コンクリートへの定着性能を確認した結果について報告する。また、端部拡張鉄筋の突起部を軸方向鉄筋に引っ掻けて使用する場合、突起部には偏心荷重が作用することになるが、その状態を模擬した引張強度の確認を目的に、突起部に斜め方向の引張力が作用する勾配引張試験を実施した結果についても併せて報告する。

### 2. 突起部形状

端部拡張鉄筋に使用する異形鉄筋は、径がD19、材質がSD345である。突起部の形状を図-1に示す。突起部は、先端の直径がφ19mm、鉄筋側の直径がφ43mm、厚さが19mmの円形の台形状である。端部拡張鉄筋の製作

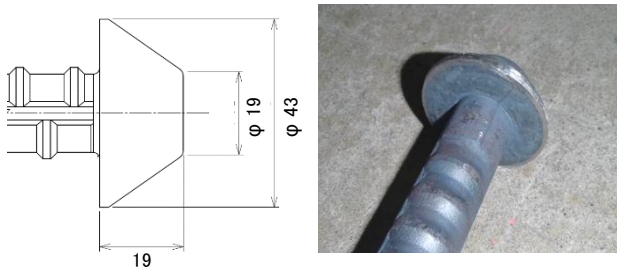


図-1 端部拡張鉄筋の突起部形状

表-1 試験種類

試験種類		本報告
端部拡張鉄筋単体での性能評価	引張強度	○
	嵌合部の残留すべり量	
	勾配引張強度	○
	疲労強度	
コンクリートに埋め込んだ端部拡張鉄筋の性能評価	高応力繰り返し性能	○
	引抜強度	○
	高応力繰り返し性能	
	疲労強度	

方法は、異形鉄筋の端部を熱した後に、径より太い円柱の形状の型枠に荒打ちを行う。その後、所定の形状となる型枠へ本打ちを行う2段階の製作を行った後に除冷した。本定着構造の特徴は、異形鉄筋と突起部が同じ材料からできており、一体性を有している突起形状となっていることにある。

### 3. 試験方法

試験の種類は、鉄筋定着・継手指針<sup>1)</sup>を参考に選定した。指針で示されている試験および本報告で実施した試験種類の一覧を表-1に示す。異形鉄筋D19のSD345を使用した端部拡張鉄筋を対象として、引張試験、勾配引張試験、高応力繰り返し試験およびコンクリートに埋め込んだ引抜き試験の4種類を実施した。

#### (1) 引張試験

端部拡張鉄筋の突起部が、鉄筋と同等以上の強度を有することを確認するために、引張試験を実施した。試験方法を図-2に示す。引張試験は、片側の突起部にプレートにてアンカーするように設置して実施した。載荷試験は、通常の異形鉄筋の引張試験と同様に単調載荷で、異形鉄筋の破断もしくは突起部の破壊まで実施した。測定項目は、耐力を確認することを目的として、荷重のみとした。試験体数は、6体である。

#### (2) 勾配引張試験

端部拡張鉄筋の突起部が軸線からずれて勾配を有した



図-2 引張試験方法

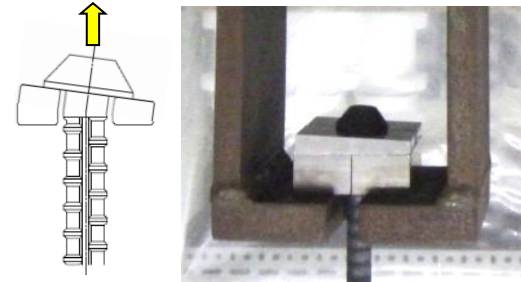


図-3 勾配引張試験方法

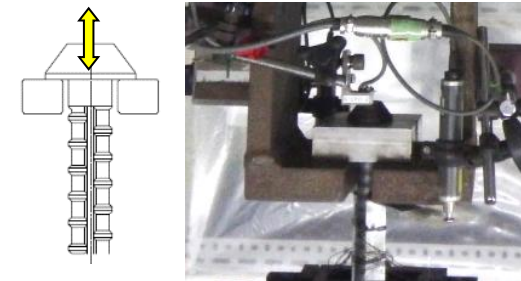


図-4 高応力繰り返し試験方法

状態で設置される場合が考えられる。そこで、勾配を有する突起部の引張特性を確認するため、突起部に5度の角度を設けたプレートでアンカーするように設置して引張試験を実施した。試験方法を図-3に示す。引張試験は、片側の突起部を固定とする方法で、異形鉄筋の破断もしくは突起部の破壊まで実施した。測定項目は、耐力を確認することを目的として荷重のみとした。試験体数は、3体である。

#### (3) 高応力繰り返し試験

端部拡張鉄筋の突起部に発生する高応力の繰り返し作用時における耐荷性状を確認するために、高応力繰り返し試験を実施した。試験方法を図-4に示す。試験は、引張試験と同様に片側の突起部にプレートでアンカーするようにして設置した。載荷荷重は、上限値を93.9kN（規格降伏強度の95%）、下限値を1.9kN（規格降伏強度の2%）として、30回繰り返した後に、単調載荷により異形鉄筋の破断もしくは突起部の破壊まで実施した。測定項目は、荷重および突起部の変形とした。試験体数は、3体である。

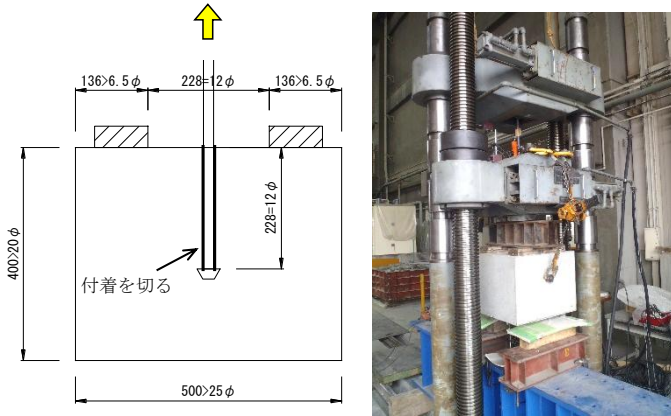


図-5 引抜き試験

表-2 引張試験結果

	降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )
No.1	396	586
No.2	386	585
No.3	387	585
No.4	402	585
No.5	391	583
No.6	409	586
平均	395	585
規格値	345~440	490以上



写真-1 引張試験の破断状況

#### (4) 引抜き試験

コンクリートに端部拡径鉄筋を埋め込み、定着性能を確認する目的で引抜き試験を実施した。試験方法を図-5に示す。試験体は、500mm×500mm×400mmのコンクリートブロックに端部拡径鉄筋を埋め込む構造である。コンクリートは設計基準強度が24N/mm<sup>2</sup>を使用した。端部拡径鉄筋は、埋め込み深さを247mmで異形鉄筋部分を228mm（直径の12倍）とした。端部拡径鉄筋の突起部のコンクリートへの定着性能を確認するため、異形鉄筋の部分については、コンクリートと付着しないようにビニールテープを巻き付けて設置した。測定項目は、荷重と突起部の抜け出しとした。突起部の抜け出しは、コンクリート下端までの長さを有する全ねじボルトを突起部下端に溶接して計測した。試験体数は、3体である。

表-3 勾配引張試験結果

	降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )
No.1	389	587
No.2	386	584
No.3	387	587
平均	387	586
規格値	345~440	490以上



写真-2 勾配引張試験 破断状況

## 4. 試験結果

### (1) 引張試験

引張試験結果を表-2、破断状況を写真-1に示す。引張試験は、異形鉄筋の母材で破断し、降伏強度が395 N/mm<sup>2</sup>（規格値：345N/mm<sup>2</sup>~440N/mm<sup>2</sup>）および引張強度が585 N/mm<sup>2</sup>（規格値：490 N/mm<sup>2</sup>以上）で規格値を満足する結果であった。

異形鉄筋の母材で破断したことから、端部拡径鉄筋の突起部は、異形鉄筋の母材よりも高い引張耐力を有することが確認できた。

### (2) 勾配引張試験

勾配引張試験結果を表-3、破断状況を写真-2に示す。勾配引張試験も、引張試験と同様に異形鉄筋の箇所破断し、降伏強度が387 N/mm<sup>2</sup>、引張強度が586 N/mm<sup>2</sup>で規格値を満足する結果であった。5%の勾配では、端部拡径鉄筋の突起部が定着性能に及ぼす影響はほとんどないと考えられる。

### (3) 高応力繰り返し試験

高応力繰り返し試験の結果を表-4、応力度と突起部変位の関係を図-6、破断状況を写真-3に示す。高応力を30回繰り返しした後でも、突起部の変形はほとんどなかった。高応力繰り返し後の荷重の増加に対しても、引張試験と同様に異形鉄筋箇所破断し、降伏強度が383 N/mm<sup>2</sup>、引張強度が581 N/mm<sup>2</sup>で規格値を満足する結果であった。高応力の繰り返し荷重が端部拡径鉄筋の突起部の定着性能に及ぼす影響は、ほとんどないと考えられる。



表-4 高応力繰り返し試験結果

	降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )
No.1	381	576
No.2	385	584
No.3	385	584
平均	383	581
規格値	345~440	490以上

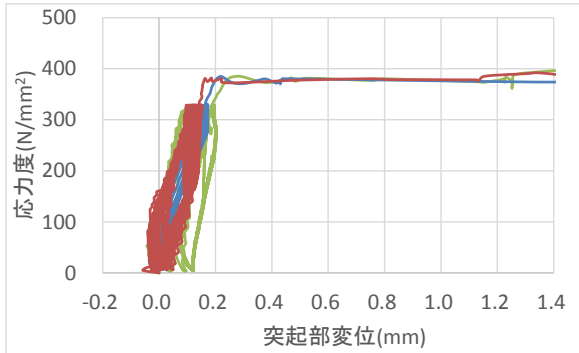


図-6 高応力繰り返し試験の  
応力度と突起部変位の関係



写真-3 高応力繰り返し試験 破断状況

#### (4) 引抜き試験

引抜き試験時の応力と突起部の抜け出し変位の関係を図-7に示す。既往の研究<sup>2)</sup>で実施されたフック定着における抜け出し変位の関係を併せて示す。試験時のコンクリートの強度は、26.2N/mm<sup>2</sup>であった。フック定着と比較した場合、本定着具の抜け出し量が小さいことがわかる。破壊は、引張試験と同様に異形鉄筋箇所での破断し、端部拡張鉄筋の突起部周辺のコンクリートに損傷は見られなかった(写真-4)。本定着部構造において、コンクリートへの定着性能は、異形鉄筋の母材破断まで確保されていることがわかった。

### 5. まとめ

本試験結果より、端部拡張鉄筋の性能について以下の知見を得られた。

- ①端部拡張鉄筋の突起部は、異形鉄筋の母材の引張耐

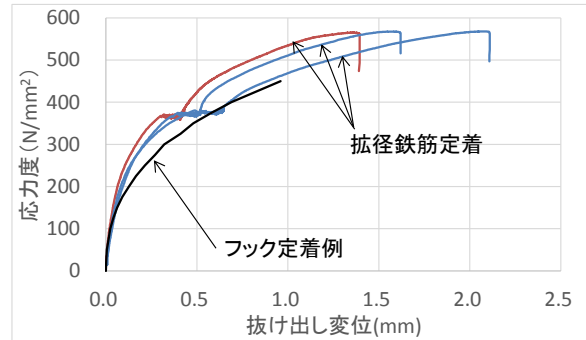


図-7 引抜き試験の応力度と突起部抜け出し変位の関係



写真-4 引抜き試験 突起部状況

力以上の耐力を有していることが確認できた。

- ②突起部の定着角度が5度以下の場合には、引張試験と同等の結果であり、角度による性能の低下は見られないことを確認した。
- ③高応力繰り返し試験では、突起部の変形はほとんど見られず、30回繰り返した後でも、引張試験と同等で性能の低下は見られないことを確認した。
- ④コンクリートに端部拡張鉄筋を埋め込んだ引抜き試験から、異形鉄筋の母材の破断まで定着性能が保持され、フック定着と比較して、抜け出し変位が小さいことを確認した。

D19を対象として、各種試験を実施した結果、開発した端部拡張鉄筋は、優れた定着性能を有することを確認した。今後は、拡張定着具の疲労性能を確認していくとともに、その他の径についても検討を行っていく予定である。

#### 参考文献

- 1) コンクリートライブラリー 128号 鉄筋定着・継手指針, 土木学会, pp.57-84, 2007
- 2) 竹山忠文, 田中美帆, 田中章. 内田裕市; 機械式定着の性能評価試験, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.30, No.3, pp.697-702, 2008