

摩擦接合型機械式定着高強度鉄筋の定着性能に関する研究

松家武樹*・村上祐治*・鈴木基行**・高橋直伸***

著者らは、標準フックの代替として、異形鉄筋の先端部に定着板を摩擦接合した、機械式定着鉄筋を開発している。しかしながら、その鉄筋は軸方向鉄筋を対象にしていること、および鉄筋の種類は SD 295 から SD390 までの範囲を対象にしていることから、その適用範囲の拡大が求められている。

本研究では、SD490 の高強度鉄筋の引張試験および鉄筋の引抜き試験を実施し、一般的な半円形フックを設けた鉄筋との比較を行い、摩擦接合型機械式定着高強度鉄筋の横方向鉄筋としての力学的性能について検討した。その結果、摩擦接合型機械式定着高強度鉄筋の引張強度は規格値以上かつ母材破断すること、せん断補強鉄筋としての定着性能は半円形フック鉄筋と同等以上であることが明らかとなった。

キーワード：機械式定着、摩擦接合、横方向鉄筋、高強度鉄筋、強度、抜出し量

1. はじめに

近年、土木学会では「鉄筋定着・継手指針[2007年版]」¹⁾が発表された。従来の鉄筋継手指針²⁾は見直され、新たに機械式定着を用いる場合の性能評価などが加えられている。上記指針は、主として鉄筋の種類は SD295 から SD390 の範囲における結果を基に作成されている。兵庫県南部地震以降の耐震設計規定の改訂に伴い、高い耐震性能を有するための高強度鉄筋の開発が望まれている。

一方、著者らは、一般的な半円形フックを設けた鉄筋（以下、フック鉄筋と略記）の代替として、異形鉄筋の先端部に定着板を摩擦接合した、**図-1**に示す機械式定着鉄筋（以下、FRIP 鉄筋と略記）を開発している。なお、FRIP 鉄筋の詳細については、後述する FRIP 鉄筋の製造方法および材料仕様に関連して論じるものとする。FRIP 鉄筋は両端フック重ね継手配筋に替わって使用することで施工の合理化につながると同時に、鉄筋の量も少なくなる。

既に、本 FRIP 鉄筋は鉄筋の組織観察や硬度、鉄筋の引張試験、コンクリートに埋め込んだ鉄筋の引抜き試験、およびト型柱梁接合部の正負交番繰返し実験を行い、フック鉄筋と同等の性能を有していることを確認し、軸方向鉄筋としての技術評定を取得している。しかしながら、せん断補強筋や中間帯鉄筋である横方向鉄筋としての技術評定は取得していない。また、これまでの検討では SD295 から SD390 の範囲の鉄筋を対象にしている。

そこで本研究では、前記指針¹⁾に記述される横方向鉄筋としての性能評価試験を参考に、鉄筋の種類が SD490 の高強度鉄筋の引張試験、コンクリート中央に配置した高強度鉄筋の引抜き試験を実施し、フック鉄筋との比較

を行い、FRIP 鉄筋の力学的性能について検討した。

2. FRIP 鉄筋

(1) 製造方法

図-2に、定着板と鉄筋の設置状況を示す。本摩擦接合は、鉄筋の端部に定着板を所定の圧力で押さえながら数秒間、高速回転させ、その摩擦熱により圧接する接合方法である。**図-3**に、摩擦接合状況を示す。摩擦接合した際には、同図に示すようにバリが発生するが、後述する鉄筋の引張試験および引抜き試験に及ぼすバリの影響はほとんどないと考えられる。FRIP 鉄筋の外観をより明確にするために、FRIP 鉄筋の概略図を**図-4**に示す。

(2) 材料仕様

本研究で使用した鉄筋は全て SD490 の高強度鉄筋である。**表-5**に、各鉄筋径に使用する定着板の寸法と摩擦接合した際に発生するバリの寸法を示す。FRIP 鉄筋端部に取り付ける定着板の直径および厚さは、鉄筋径の約 2.5φ および 0.8φ である。定着板の材質は非調質高強度鋼である。

3. 鉄筋の引張試験

(1) 実験概要

本実験では、通常の鉄筋引張試験と FRIP 鉄筋の標準および勾配引張試験を実施した。通常の鉄筋引張試験は、JIS Z 2241 に準拠して行った。FRIP 鉄筋の標準および勾配引張試験は、前記指針¹⁾を参考に実施した。**図-5**に、FRIP 鉄筋における標準および勾配引張試験の外観図を示す。

* (株)間組技術研究所 ** 東北大学 *** (株)伊藤製鐵所



図-1 FRIP 鉄筋とフック鉄筋の比較

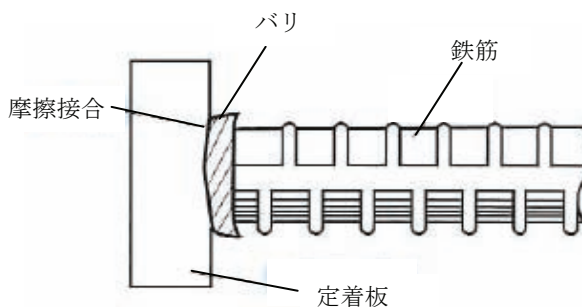


図-4 FRIP 鉄筋

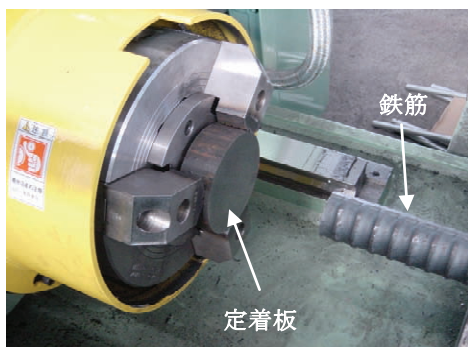


図-2 鉄筋と定着板の設置状況

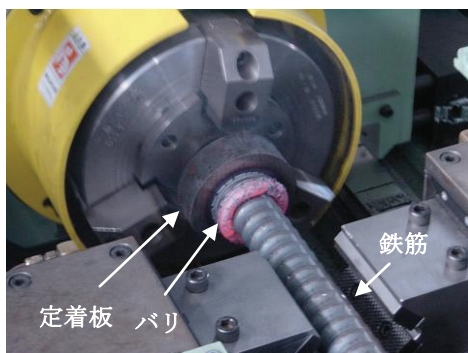


図-3 摩擦接合状況

勾配引張試験は、横方向鉄筋で定着具を軸方向鉄筋に引っ掛けて使用する場合、定着具に偏心荷重が作用した時の強度を確認するための試験である。試験は支圧面に勾配を有する座金をセットし、前記標準引張試験の方法を踏襲して実施するものである。なお、座金の勾配は1/20である。

(2) 実験結果および考察

図-6および図-7に、SD490におけるD13からD51までの各鉄筋径における鉄筋の降伏強度および最大引張強度を示す。同図には、JIS G 3112に記載されているJIS規格値の下限値も示している。各鉄筋径における鉄

筋の降伏強度および最大引張強度は、いずれの場合もJIS規格の下限値を満足する値となっている。鉄筋の破断位置は全て鉄筋母材であることが確認された。

なお、鉄筋破断時の伸びおよび絞りはそれぞれ12.4%から22.9%および27.4%から58.5%であった。

4. 鉄筋の引抜き試験

(1) 使用材料およびコンクリートの配合

本研究のコンクリートに使用したセメントは、普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm³，比表面積 3320cm²/g）である。細骨材および粗骨材には、陸砂（表乾密度 2.61g/cm³，吸水率 1.76%，F.M. 2.77）および砕石（最大寸法 20mm，表乾密度 2.63g/cm³，吸水率 1.70%，F.M. 6.60）を使用した。混和剤は、変性リグニンスルホン酸化合物の AE 減水剤を使用した。本研究で使用した鉄筋は、SD490のD19，D32およびD41の3種類である。表-2に、各鉄筋径の強度を示す。

(2) 試験体および載荷方法ならびに測定項目

表-3に、試験体の寸法および諸元を示す。各鉄筋径を使用した試験体の断面は、それぞれ600，1000，および1500mmの正方形断面とし、奥行きは、それぞれ300，550および800mmである。なお、鉄筋の引抜き試験時のコンクリートの圧縮強度は23.8および28.9N/mm²である。図-8には、フック鉄筋およびFRIP鉄筋の引抜き試験の概略を示す。コンクリート中央に配置した鉄筋の直線部は、コンクリートと鉄筋の付着を除去している。なお、フック鉄筋を用いた試験体は、フックを軸方向鉄筋に掛けたものとしている。フックの曲げ内半径および余長は、3φおよび8φとしている。

載荷は、500kNおよび1200kNのセンターホールジャ

表-1 材料仕様

呼び径	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32	D35	D38	D41	D51
定着板の直径(mm)	32	40	50	55	60	75	80	85	95	100	125
定着板の厚み(mm)	11	13	16	18	20	24	26	28	31	33	41
バリの直径(mm)	21	26	31	36	41	45	50	55	60	67	-

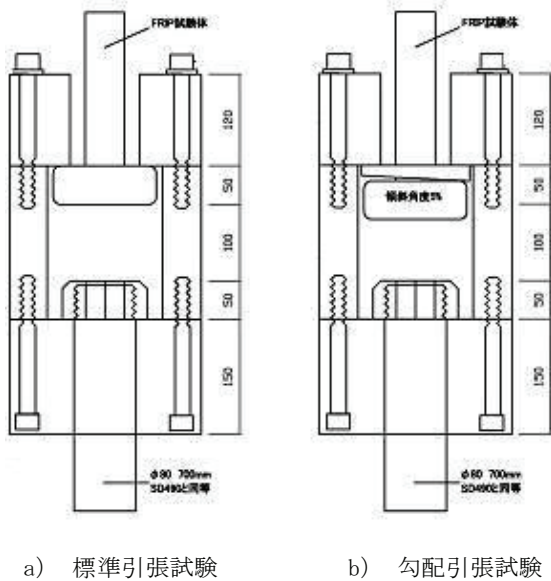


図-5 引張試験の外観図

ッキでコンクリートに埋め込んだ鉄筋を引張り、ジャッキ頭部に設置したロードセルで荷重を測定し、単調載荷の荷重制御で行った。

フック鉄筋を用いた試験体における鉄筋の拔出し量の測定は、インバー線を鉄筋に固定し、その線を変位計に取り付けて行った¹⁾。測定位置は鉄筋頂部（以下、頂部と略記）、アンボンドと鉄筋曲げ加工の境目からアンボンド側に 6mm の位置（以下、加力側と略記）、およびその位置における余長部分（以下、フック側と略記）の 3 箇所である。FRIP 鉄筋を用いた試験体における鉄筋の拔出し量の測定位置は、定着板の底部である。

なお、前記指針¹⁾によると、定着性能の条件として、FRIP 鉄筋の強度がフック鉄筋の強度以上であること、および鉄筋の降伏強度の 95%以上の応力に対し、FRIP 鉄筋の拔出し量がフック鉄筋の加力側位置における拔出し量以下であることを示している。

(3) 実験結果および考察

図-9に、鉄筋応力と拔出し量の関係を示す。全体として、FRIP 鉄筋の拔出し量はフック鉄筋の加力側よりも小さい値となっている。このことは、FRIP 鉄筋が十分な定着性能を有していることを意味するものである。一方、フック鉄筋の頂部およびフック側の拔出し量は、加力側に比して相当小さい値となっている。鉄筋の降伏強度の 95%の応力における各鉄筋径のフック鉄筋および FRIP 鉄筋の拔出し量は、それぞれ 1.62mm から 2.21mm および 0.28mm から 0.46mm であった。また、フック側の鉄筋の拔出し量は、ほとんど計測されない結果となった。これらの結果は、フック鉄筋の曲げ加工部頂部および加力側近傍のコンクリートが局部支圧破壊している可能性があることを示唆するものである。

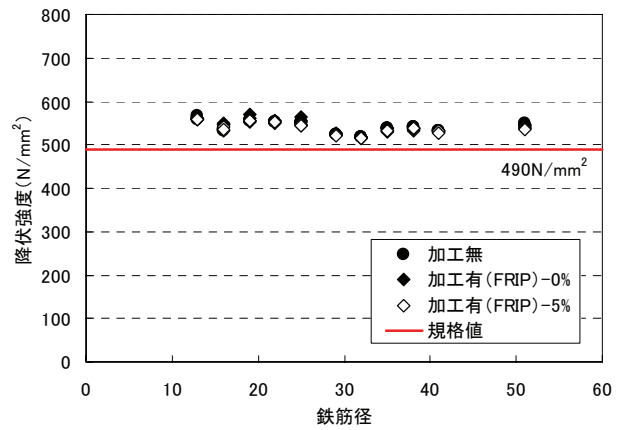


図-6 降伏強度

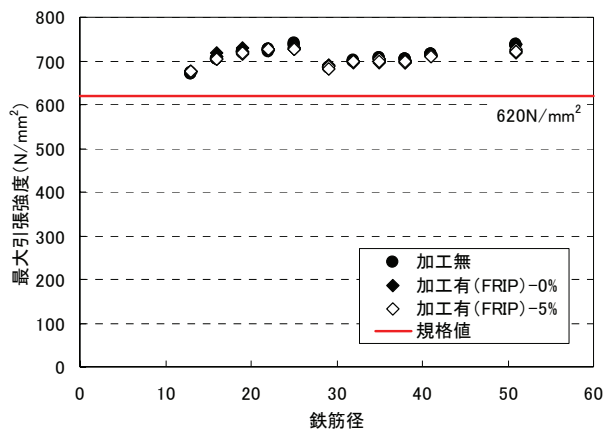


図-7 最大引張強度

因みに、半円形フック鉄筋の加力側および頂部の拔出しは加力方向であるが、フック側の拔出しは加力方向の逆側であった。

4. 結論

本研究の結果をまとめると以下の通りである。

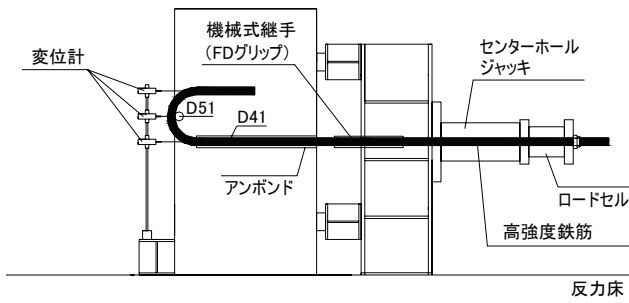
- (1) FRIP 鉄筋の降伏強度および最大引張強度は JIS 規格値を満足する。傾斜角を設けた場合でも JIS 規格値を満足する。また、FRIP 鉄筋の破断位置は全て鉄筋母材である。傾斜角を設けた場合も同様である。
- (2) FRIP 鉄筋は半円形フックを設けた鉄筋と同等以上の定着性能を有している。鉄筋の降伏強度の 95%の応力における各鉄筋径のフック鉄筋および FRIP 鉄筋の拔出し量は、それぞれ 1.62mm から 2.21mm および 0.28mm から 0.46mm である。
- (3) 半円形フック鉄筋の加力側・頂部の拔出しは加力方向であること、およびフック側の拔出しは加力方向の逆側である。

表-2 各鉄筋径の強度

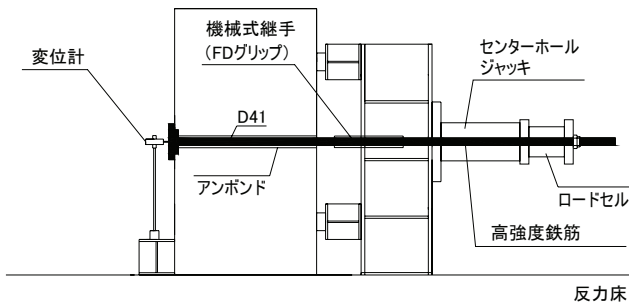
呼び径	降伏強度 (N/mm ²)	最大引張強度 (N/mm ²)
D19	559.3	721.6
D32	516.9	698.3
D41	531.6	713.8

表-3 試験体の寸法および諸元

試験体 No.	定着部の形状	呼び径	コンクリートの 圧縮強度 (N/mm ²)	試験体寸法 (mm)	
				断面	奥行き
No. 1	半円形フック	D19	23.8	600×600	300
No. 2	FRIP				
No. 3	半円形フック	D32	26.9	1000×1000	550
No. 4	FRIP				
No. 5	半円形フック	D41	26.9	1500×1500	800
No. 6	FRIP				



a) フック鉄筋の場合



b) FRIP 鉄筋の場合

図-8 引抜き試験の概略

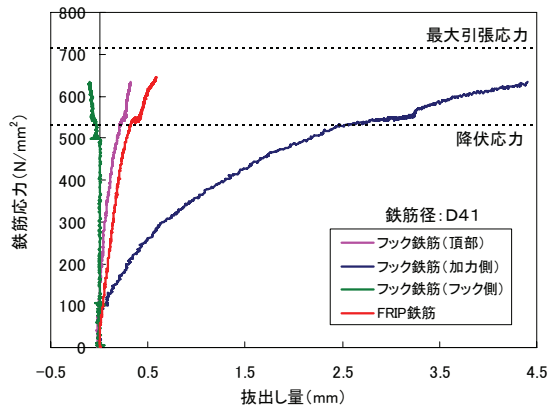
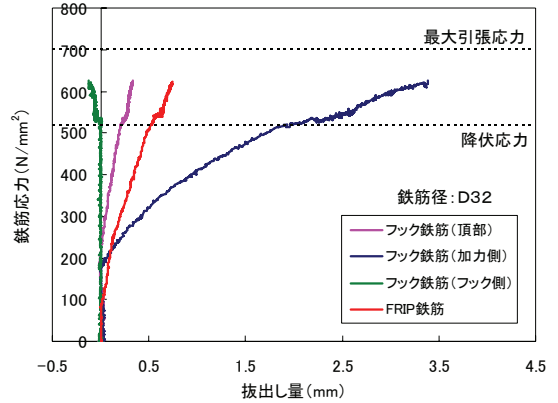
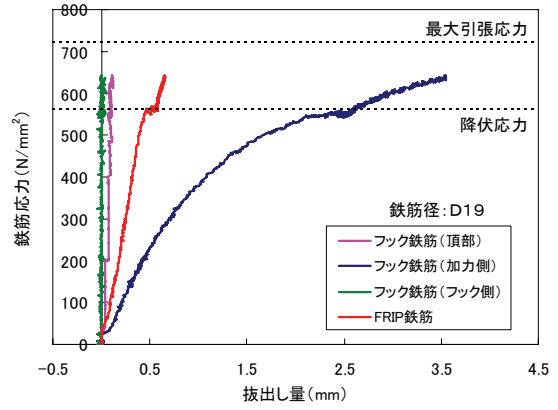


図-9 鉄筋応力と拔出し量の関係

参考文献

- 1) 土木学会：鉄筋定着・継手指針，コンクリートライブラリー128，2007.
- 2) 土木学会：鉄筋定着・継手指針，コンクリートライブラリー49，1982.
- 3) 財団法人日本建築総合試験所：建築技術性能証明評価概要報告書「FRIP 定着工法」，2004.

Study on Anchor Performance of Friction Welded Plate Using Mechanical Anchorage with High Strength Reinforcing Bar

Takeju MATSUKA, Yuji MURAKAMI, Motoyuki SUZUKI and Naonobu TAKAHASHI

In this study, the friction welded plate using mechanical anchorage with a high strength reinforcing bar was developed. The grade of the reinforcing bar is SD490. The technology meets standards as axial reinforcement. However, the technology has not been known to meet standards as a transverse reinforcement.

This paper describes the mechanical performance of the friction welded plate using mechanical anchorage with a high strength reinforcing bar as transverse reinforcement. From test results, it can be concluded that the performance is more than that of equal to a general reinforcement.