

# プレート定着型せん断補強鉄筋 Head-bar の適用性の拡充

建設技術審査証明報告書（財団法人 土木研究センター）2012年8月改訂の概要

河村 圭亮<sup>\*1</sup>・三桶 達夫<sup>\*2</sup>・福浦 尚之<sup>\*1</sup>・新藤 竹文<sup>\*3</sup>

Keywords : plate anchored shear reinforcement bars, high-strength reinforcing bar, axial reinforcing bar, construction efficiency

プレート定着型せん断補強鉄筋、高強度鉄筋、軸方向鉄筋、施工性

## 1. はじめに

プレート定着型せん断補強鉄筋（以下、Head-bar と略記）<sup>1),2)</sup>は、従来の半円形フックまたは鋭角フックを有するせん断補強鉄筋の代替として摩擦圧接により鉄筋に取り付けたプレートで定着を確保する構造の鉄筋であり、配筋作業の効率化による工期短縮や、施工品質の向上に寄与してきた。Head-bar は 1999 年に土木研究センターによる建設技術審査証明<sup>3)</sup>を取得し、その後、2004 年、2009 年に更新を行っている。

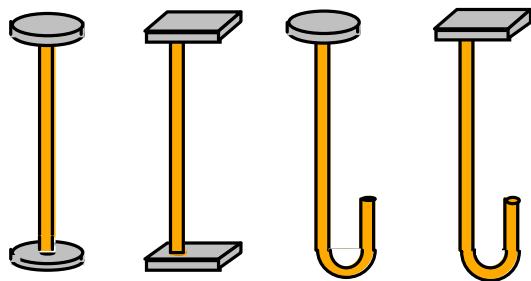
今回、Head-bar の適用範囲拡大のため、高強度鉄筋を用いた場合の材料試験と部材実験、軸方向鉄筋の定着性能に関する実験、せん断補強鉄筋の疲労性能に関する実験結果を基に、以下の内容を盛り込んで、建設技術審査証明を改訂した。

- (1) せん断補強鉄筋および中間帶鉄筋として使用できる鉄筋種類（径・強度）の追加
- (2) 軸方向鉄筋への適用

本稿では、2012 年 8 月に改定された建設技術審査証明<sup>4)</sup>の概要について示す。

## 2. Head-bar の概要

Head-bar はせん断補強鉄筋および中間帶鉄筋などとして用いるために、従来の半円形フックの代替として、鉄筋に取り付けたプレートにより定着を確保する構造の鉄筋である。プレートの取り付け方法は、鉄筋とプレートを JIS Z 3607 に規定された摩擦圧接法により接合するものである。なお、摩擦圧接法とは、高速で回転させたプレートに鉄筋を押し付け、その時に発生す



(a) 両端プレート

(b) 片端プレート・片端フック

図-1 Head-bar の種類

Fig.1 Variety of Head-bar

る摩擦熱により両者を接合する方法である。

定着プレートは、主鉄筋や帯鉄筋などの配筋状況や施工性により、図-1 に示すようにせん断補強鉄筋または中間帶鉄筋の両端あるいは片端に取り付けて用い、その組合せは自由である。現状では、プレートを片端のみに取り付け、他端を曲げフックに加工して用いる片端プレート・片端フックが一般的である。

Head-bar の特徴は、施工性と構造性能の双方に効果があることである。予め両端に曲げ加工を施した従来の半円形フックまたは鋭角フックを有するせん断補強鉄筋や中間帶鉄筋を用いる際、過密な配筋の場合には主鉄筋と配力鉄筋を含めて複雑な順序で組み立てる必要があり、施工能率の低下や品質の低下が課題となる。そこで、Head-bar を用いると主鉄筋や帯鉄筋の間に挿入するだけで配筋が可能であるため、施工が極めて容易になる。また、構造性能については、定着部にプレートを用いるため、半円形フック（余長 8φ）の場合に比べて、引抜き荷重に対する定着部の変位を小さくすることができる。さらに、プレートによるコンクリートの拘束効果によって、部材のじん性を向上させる効果がある。

\* 1 技術センター 土木技術研究所 土木構工法研究室

\* 2 千葉支店 土木工事作業所

\* 3 技術センター 土木技術研究所

表-1 検討項目一覧  
Table 1 Study point view

拡充項目	確認性能	試験項目
1. 使用できる鉄筋種類 (径・強度) の追加	定着具 (プレート接合部) の強度	Head-barの標準引張試験 Head-barの傾斜引張試験
	せん断補強鉄筋のせん断補強性能	定着部の引抜き試験 スラブ部材試験
	軸方向鉄筋の座屈抑制性能 および部材のじん性	高応力繰返し引抜き試験 壁部材試験
2. 軸方向鉄筋への適用	軸方向鉄筋の定着性能	高応力繰返し引抜き試験
3. 疲労を受ける部材への適用	せん断補強鉄筋の疲労性能	疲労試験

表-2 引張試験ケース一覧

Table 2 Tensile test case view

鉄筋鋼種	定着プレート			鉄筋径										
	形状	鋼種	試験	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32	D35	D38	D41	D51
SD345	矩形	SM490	標準	○	*SD295, SD345のD16～D51は既審査証明範囲									
			傾斜	○	*○は今回実験を実施したケース									
	円形	S35C	標準	○	*○は今回実験を実施したケース									
			傾斜	○	*○は今回実験を実施したケース									
SD390	矩形	SM490	標準	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△
			傾斜	○	-	-	-	-	-	○	-	-	○	△
	円形	S45C	標準	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			傾斜	○	-	-	-	-	-	○	-	-	-	○
SD490	円形	S45C	標準	△			○	○	○	○	○	○	○	△
			傾斜	△			○	-	○	-	-	○	-	△

### 3. 建設技術審査証明（2012年）の概要

#### 3.1 適用性の拡充に向けた追加検討概要

拡充項目に対する確認性能と、実施した試験項目一覧を表-1に示す。各確認性能に対応する試験および検討結果の概要を次節以降に示す。

#### 3.2 定着具の強度

プレートと鉄筋の接合部の強度について確認するため、Head-barの標準引張試験および傾斜引張試験（傾き5%）を行った。実験ケースの一覧を表-2に、試験概要を図-2に示す。試験体はいずれのケースも3体以上とした。

試験結果より、すべてのケースにおいて接合部の強度は鉄筋の規格引張強さ以上であり、破断位置は鉄筋母材であることが確認された。破断状況の例を写真-1に示す。また、鉄筋材質SD390、SD490の標準引張試験結果を図-3に示す。

#### 3.3 せん断補強鉄筋のせん断補強性能

##### 3.3.1 定着部の引抜き試験

コンクリート中に埋め込まれたHead-barに引抜き荷重が作用した場合の定着部の引抜き耐力および抜出し量を確認するため、定着部の引抜き試験を行った。試験概要を図-4に示す。同様の引抜き試験を半円形フックの場合についても行い、比較した。載荷パターンは、

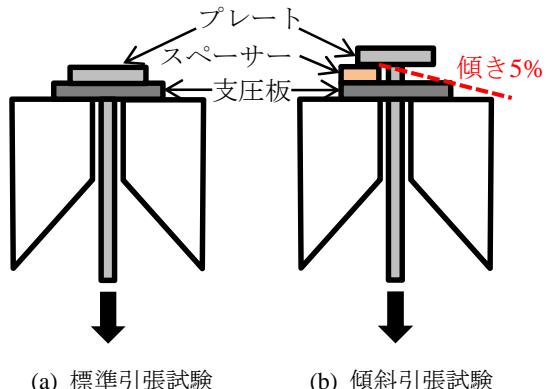


図-2 接合部引張試験の概要

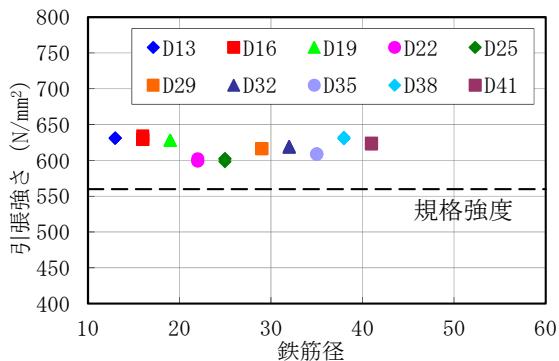
Fig.2 Outline of joint tensile test



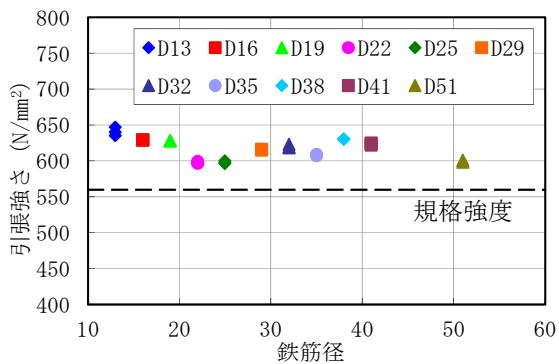
\*鉄筋：D32\_SD390、プレート：SM490

写真-1 破断状況の例

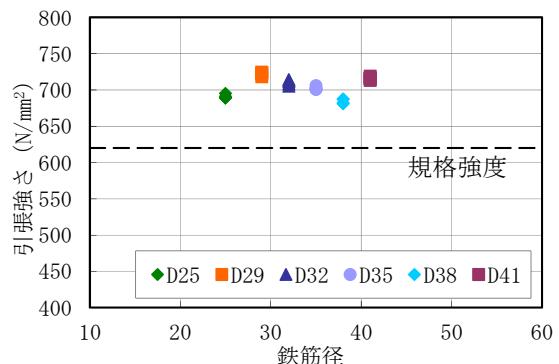
Photo. 1 Example of fracture state



(a) 鉄筋 : SD390, 定着プレート : 矩形 SM490



(b) 鉄筋 : SD390, 定着プレート : 円形 S45C



(c) 鉄筋 : SD490, 定着プレート : 円形 S45C

Fig.3 Tensile test results (normal tensile (SD390, SD490))

鉄筋定着・継手指針<sup>5)</sup>に準拠して鉄筋の応力履歴を、「0→母材の規格降伏点の95%の応力→母材の規格降伏点の2%の応力→母材の規格引張強さ→除荷」とした。実験ケースの一覧およびコンクリート強度を表-3に、使用した鉄筋の強度試験結果を表-4に示す。

定着部引抜き試験結果を図-5に示す。静的耐力については、鉄筋母材の規格引張強度（SD390: 560N/mm<sup>2</sup>, SD490: 620N/mm<sup>2</sup>）まで載荷しても定着具は破断しなかった。また、載荷時の抜出し量および除荷時の残留変位は半円形フックの方が大きく、Head-barは半円形フックと比較して、同等またはそれ以上の定着性能を保有することが確認された。

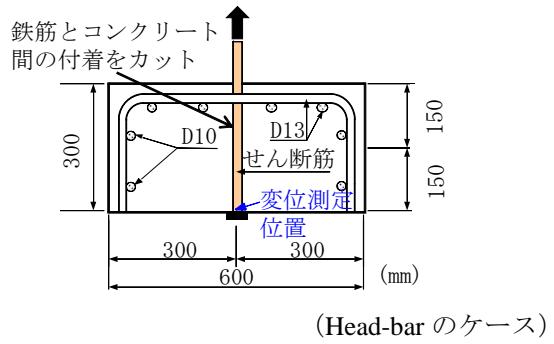


図-4 定着部引抜き試験の概要

Fig.4 Outline of anchorage zone drawing test

表-3 実験ケース一覧とコンクリート強度

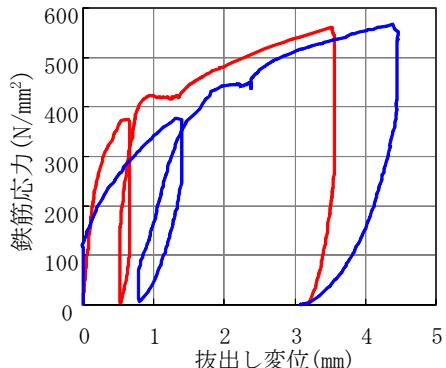
Table 3 Experiment case view and concrete strength

せん断補強鉄筋			コンクリート 強度(N/mm <sup>2</sup> )
形状	材質	径	
半円形フック	SD390	D32	28.9
			32.1
半円形フック	SD490	D32	31.4
			33.2

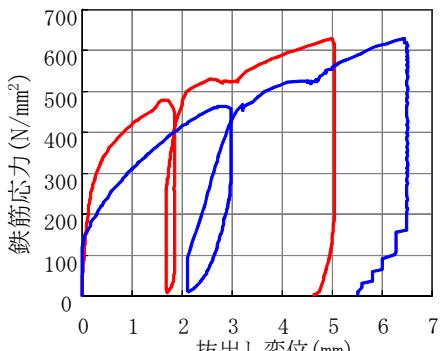
表-4 鉄筋強度

Table 4 Rebar strength

鉄筋径	材質	降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )
D32	SD390	431	653
D32	SD490	529	714



(a) D32 (SD390)



(b) D32 (SD490)

赤線 : head-bar 青線 : 半円形フック

図-5 定着部引抜き試験結果

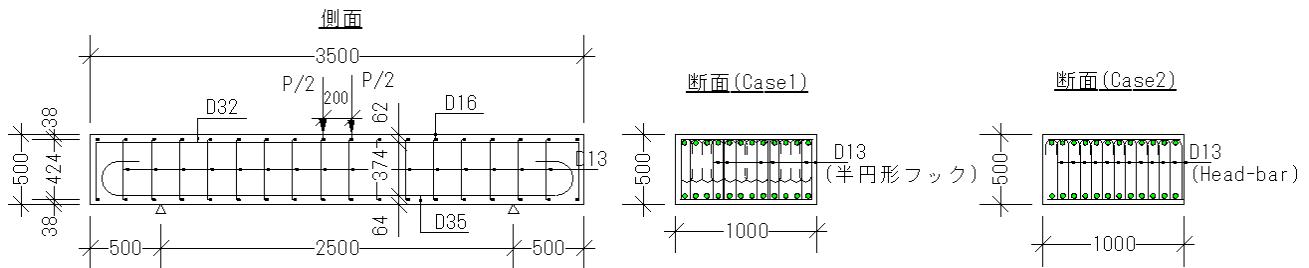


図-6 試験体概要

Fig.6 Outline of specimen

表-5 実験ケース一覧と材料強度

Table 5 Experiment case view and material strength

試験ケース	Case-1	Case-2
想定部材	半円形フック タイプ	Head-bar <sup>*)</sup>
断面寸法	1,000×500	
せん断スパン比	2.6	
コンクリートの 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	26.1	
引張鉄筋比 (%)	2.63 (SD390 12-D35)	
主鉄筋の降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	441.3	
せん断補強鉄筋比 (%)	0.38 (SD390 6-D13@200)	
せん断補強鉄筋の 降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	429.7	

\*) 矩形プレートと円形プレートをスパン左右半分ずつに設置

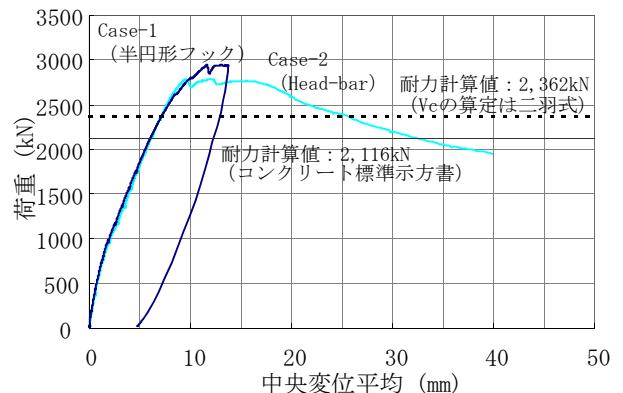


図-7 荷重-変位関係

Fig.7 Load-displacement relationship

表-6 実験ケース一覧と抜出し量の比較

Table 6 Experiment case view and comparison of drawing displacement

鉄筋鋼種	鉄筋径	コンクリート強度 (N/mm <sup>2</sup> )	種別	$\delta 1$ (mm)	$\delta 30$ (mm)	$\delta 30 - \delta 1$ (mm)
SD345	D32	31.5	Head-bar	0.194	0.222	0.028
		31.5	半円形フック	0.750	1.192	0.442
SD390	D32	32.1	Head-bar	0.460	1.050	0.590
		29.3	半円形フック	1.350	2.420	1.070
SD490	D32	33.2	Head-bar	0.454	0.962	0.508
		28.9	半円形フック	2.420	4.030	1.610
SD490	D32	73.8	Head-bar	0.280	0.330	0.050
		73.8	半円形フック	0.628	0.858	0.230

### 3.3.2 せん断補強鉄筋に Head-bar を用いたスラブ部材のせん断耐力試験

部材のせん断補強性能について確認するため、せん断補強鉄筋に SD390, D13 の Head-bar および半円形フックタイプのせん断補強鉄筋を用いたスラブ部材の載荷試験を行った。試験体の概要を図-6 に、実験ケースの一覧および材料強度を表-5 に示す。各ケースの荷重-変位関係を図-7 に示す。最大荷重は半円形フックを用いた Case-1 が 2,952kN, Head-bar を用いた Case-2 が 2,786kN であり、同等であった。また、各種安全係数を 1.0 としてコンクリート標準示方書<sup>6)</sup>の式より求めたせん断耐力 2,116kN、ならびにコンクリートの受け持つせん断耐力  $V_c$  をせん断スパンの影響を考慮でき

る二羽式<sup>7)</sup>により求めたせん断耐力 2,362kN を上回っている。これより、Head-bar を用いた場合のせん断補強性能は、半円形フックタイプと同等であることが確認された。

### 3.4 軸方向鉄筋の座屈抑制性能および部材のじん性

#### 3.4.1 高応力繰返し引抜き試験

Head-bar 定着部の高応力繰返し荷重に対する定着性能について確認するため、定着部の高応力繰返し引抜き試験を行った。実験ケースの一覧および材料強度を表-6 に、試験概要を図-8 にそれぞれ示す。載荷パターーンは、鉄筋定着・継手指針<sup>5)</sup>に準拠して下限を母材の規格引張強度の 2%以下、上限を母材の規格引張強度の 95%とした応力で静的に 30 回の繰返し載荷を行っ

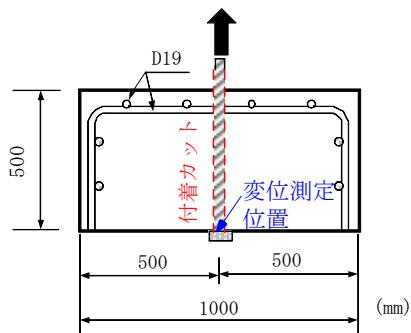


図-8 高応力繰返し引抜き試験の概要 (Head-bar のケース)

Fig.8 Outline of high stressed cyclic drawing test (Head-bar)

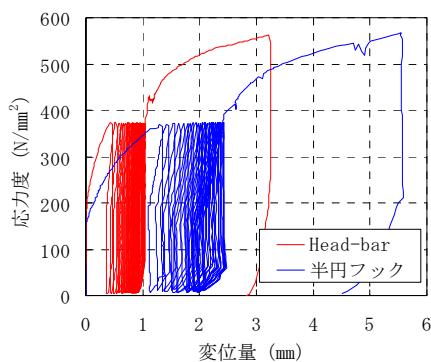


図-9 荷重-変位関係 (SD390, D32)

Fig.9 Load-displacement relationship (SD390, D32)

た。荷重-抜出し変位関係の一例を図-9に、抜出し量の比較を表-6に示す。これより、30回繰返し時の抜出し量の差分および抜出し量 ( $\delta_{30}$ ) が半円形フックの方が大きく、Head-barの方が定着性能に優れている。

よって、Head-barは半円形フックと同等以上の高応力繰返し性能を保有していることが確認された。

### 3.4.2 せん断補強鉄筋に Head-bar を用いた壁部材の交番載荷試験

Head-barをせん断補強鉄筋または中間帶鉄筋に用いた場合の、軸方向鉄筋の座屈を抑止する効果および部材のじん性について確認するため、壁部材の正負交番載荷試験を行った。せん断補強鉄筋には、一端が摩擦圧接型、他端が半円形フックの定着形状を有するHead-bar (SD390, D16) を用いた。試験体の諸元および材料強度を表-7に、試験体の概要を図-10に示す。

荷重-変位関係の包絡線を図-11に示す。第一象限の正載荷時の包絡線と第三象限の負載荷時の包絡線との比較より、半円形フック側の耐力低下がプレート側の耐力低下よりも早く生じたことが確認された。また、プレート側のコアコンクリートの損傷や主鉄筋の座屈は、半円形フック側のそれらの程度よりも低いことが確認されている。参考として、コンクリート標準示方書<sup>6)</sup>に示される標準フックを用いた場合の骨格曲線の

表-7 実験ケース一覧と材料強度  
Table 7 Experiment case view and material strength

断面寸法	1,000×400
せん断スパン比	5.9
コンクリートの圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	21.7
軸方向鉄筋比 (%)	2.0 (SD390 D25@125)
軸方向鉄筋の降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	466.5
せん断補強鉄筋比 (%)	0.79 (4-D16@100, SD390)
軸圧縮応力 (N/mm <sup>2</sup> )	0.75
せん断補強鉄筋の降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	444.4

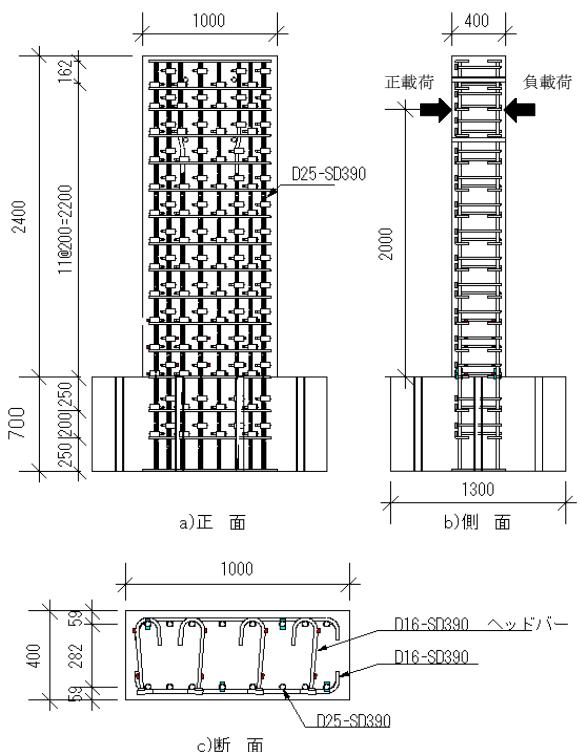


図-10 試験体概要

Fig.10 Outline of specimen

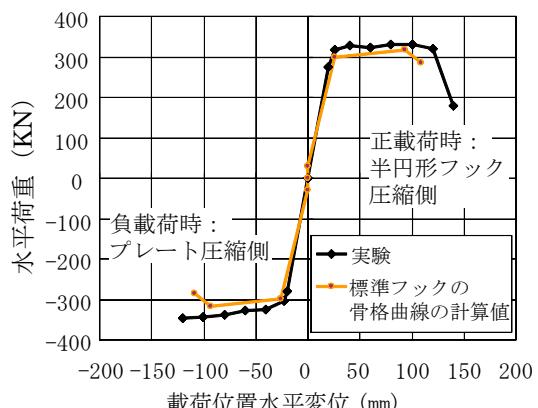


図-11 荷重-変位関係の包絡線

Fig.11 Load-displacement relationship envelope

計算値を図中に併記して正・負載荷時における実験の包絡線と比較すると、いずれの実験値も計算値を上回っている。以上より、Head-bar をせん断補強鉄筋または中間帶鉄筋に用いた場合の軸方向鉄筋の座屈を抑止する効果および部材のじん性が、半円形フックと同等であることが確認された。

### 3.5 軸方向鉄筋の定着性能

Head-bar を軸方向鉄筋として用いた場合の定着部の高応力繰返し荷重に対する定着性能について確認するため、定着部の高応力繰返し試験を行った。軸方向鉄筋には、鉄筋材質 SD490、鉄筋径 D32 を用いた。試験概要を図-12 に示す。載荷パターンは、鉄筋定着・継手指針<sup>5)</sup>に準拠して下限を母材の規格降伏強度の 2% 以下、上限を母材の規格降伏強度の 95%とした応力で静的に 30 回の繰返し載荷を行った。実験ケースの一覧および材料強度を表-8 に示す。

荷重-変位関係を図-13 に、抜出し量の比較を表

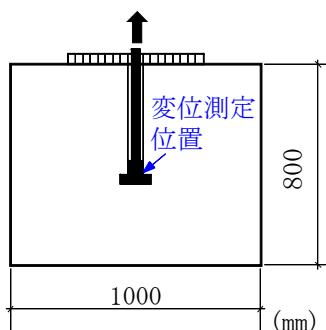


図-12 高応力繰返し引抜き試験の概要

Fig.12 Outline of high stressed cyclic drawing test

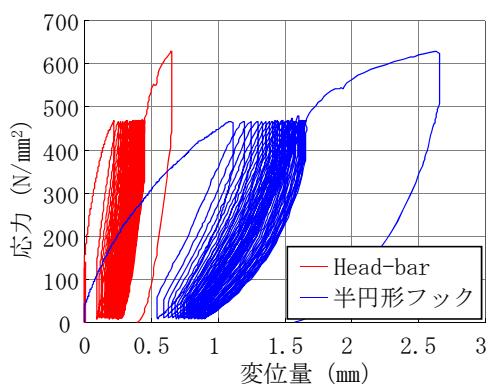


図-13 荷重-変位関係

Fig.13 Load-displacement relationship

表-8 実験ケース一覧と抜出し量の比較

Table 8 Experiment case view and comparison of drawing displacement

鉄筋種類	鉄筋径	コンクリートの 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	定着部形状	$\delta 1$ (mm)	$\delta 30$ (mm)	$\delta 30 - \delta 1$ (mm)
SD490	D32	32.7	Head-bar	0.224	0.454	0.230
		32.7	半円形フック	1.114	1.664	0.550

-8 に示す。これより、鉄筋母材の規格引張強度まで載荷しても定着具は破断しなかった。また、30 回繰返し時の抜出し量の差分および抜出し量が半円形フックの方が大きく、Head-bar の方が定着性能に優れていた。よって、Head-bar は半円形フックと同等以上の高応力繰返し性能を保有していることが確認された。

### 3.6 せん断補強鉄筋の疲労性能

疲労性能について確認するため、材質 SD345 の D13, D16, D19 について、定着具疲労試験（単体試験）、定着体疲労試験、部材疲労試験を行った。定着具疲労試験（単体試験）は、Head-bar 単体に引張力を繰返し作用させる試験であり、定着体疲労試験は、コンクリート中に埋め込まれた Head-bar に引張力を繰返し作用させる試験である。また、部材疲労試験は、せん断補強鉄筋として Head-bar を用いた RC 梁部材に荷重を繰返し作用させる試験である。各試験結果より求められた Head-bar の疲労強度と繰返し回数の関係の内、D13 の結果を図-14 に示す。なお、図中にはコンクリート標準示方書に示される鉄筋母材の疲労強度、およびフック部を有するせん断補強鉄筋が該当する折り曲げ部を有する鉄筋の疲労強度（母材疲労強度の 50%）と繰返し回数の関係を併記した。これより、Head-bar の疲労強度は、鉄筋母材の疲労強度とフック部を有する通常のせん断補強鉄筋の疲労強度の間にあることが分かる。よって、Head-bar をせん断補強鉄筋に用いた場合の疲労性能は、通常のフックを有するせん断補強鉄筋と同等としてよいことが確認された。

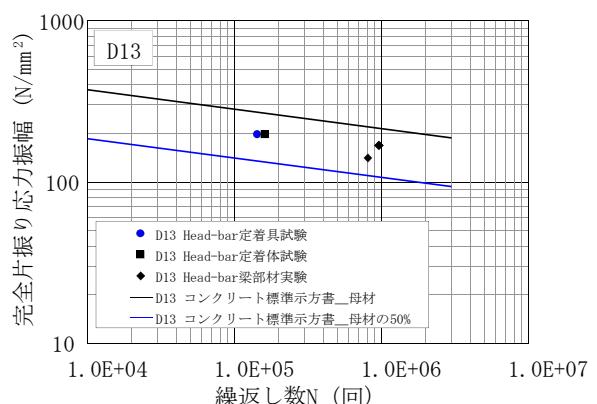


図-14 疲労強度-繰返し回数関係 (D13)

Fig.14 Fatigue strength-repeat count relationship (D13)

### 3.7 建設技術審査証明（2012年）の拡充

前述の実験、検討、および審議委員会を経て、2012年8月に建設技術審査証明が改訂された。

#### 3.7.1 審査証明の範囲

Head-bar のせん断補強鉄筋および中間帶鉄筋、軸方向鉄筋としての適用範囲はそれぞれ表-9、表-10 に示す

表-9 Head-bar の適用範囲（せん断補強鉄筋および中間帶鉄筋）

Table 9 Range in application of Head-bar for shear reinforcing bar

呼び名	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32	D35	D38	D41	D51	プレート材質
鉄筋の種類	SD295	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	SM490, S35C
	SD345	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	SM490, S35C
	SD390	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○注1) SM490, S45C
	SD490	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	S45C

○：適用可、—：適用不可

疲労部材への適用はSD345のD13～D19に限る。

注1) プレート材質はS45Cに限る。

太線内は今回追加範囲

SM490：溶接構造用圧延鋼材（引張強さ490N/mm<sup>2</sup>以上）

S35C：機械構造用炭素鋼（炭素量0.35%）

S45C：機械構造用炭素鋼（炭素量0.45%）

表-10 Head-bar の適用範囲（軸方向鉄筋）

Table 10 Range in application of Head-bar for axial reinforcing bar

呼び名	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32	D35	D38	D41	D51	プレート材質
鉄筋の種類	SD295	—	○	○	○	○	○	—	—	—	—	S35C
	SD345	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	S35C
	SD390	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	S45C
	SD490	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—	S45C

○：適用可、—：適用不可

太線内は今回追加範囲

S35C：機械構造用炭素鋼（炭素量0.35%）

S45C：機械構造用炭素鋼（炭素量0.45%）

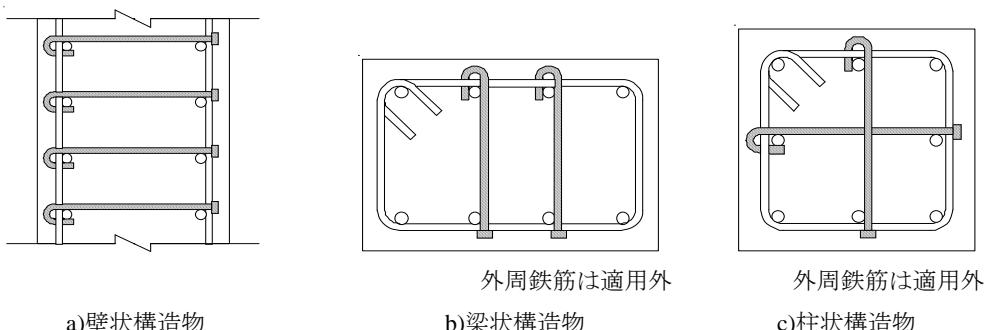


図-15 Head-bar 使用範囲（せん断補強鉄筋および中間帶鉄筋）

Fig.15 Application of Head-bar for shear-reinforcing bar

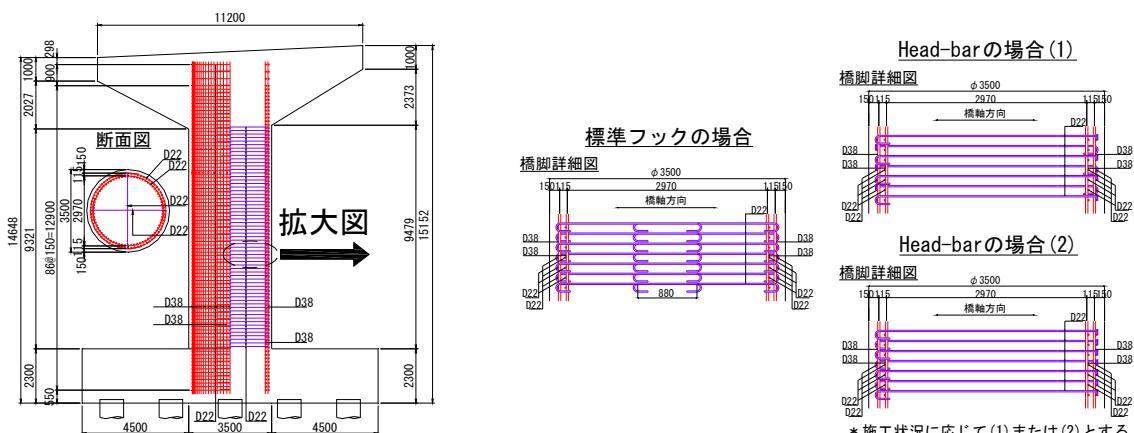


図-16 Head-bar 適用の例（橋脚）

Fig.16 Application of Head-bar for RC pier

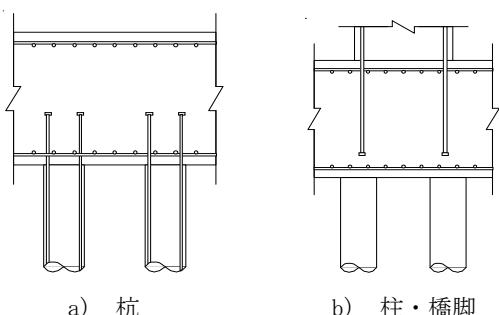


図-17 Head-bar 使用範囲 (軸方向鉄筋)

Fig.17 Application of Head-bar for longitudinal bar

通りである。

### 3.7.2 Head-bar の使用範囲

#### (1) せん断補強鉄筋または中間帶鉄筋に用いる場合

図-15 に示すように、コンクリート構造物のはり、柱のような棒部材、壁、スラブのような面部材のせん断補強鉄筋や中間帶鉄筋に用いる。また、半円形フックより Head-bar への変更の例を図-16 に示す。

#### (2) 軸方向鉄筋に用いる場合

図-17 に示すように、杭・柱および橋脚等の軸方向鉄筋のフーチング等のようにマッシブなコンクリートへの定着に用いる。

## 4. おわりに

Head-bar は摩擦圧接により鉄筋に取り付けたプレートで定着を確保する構造の鉄筋であり、配筋作業効率化による工期短縮や、施工品質の向上に寄与してきた。今回の改訂により使用できる鉄筋種類（径・強度）や適用範囲が追加されたことで、Head-bar の適用がさらに拡がっていくものと期待される。

## 参考文献

- 1) 三桶達夫, 趙唯堅, 加納宏一: プレート定着型せん断補強鉄筋 Head-bar 工法の実績及び高度化, 大成建設技術センター報, 第37号, pp.14-1-7, 2004.
- 2) 三桶達夫, 趙唯堅, 谷村幸裕, 田所敏弥: プレート定着型横方向鉄筋 Head-bar 技術の高度化に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.26, No.2, pp.1069-1074, 2004.
- 3) 土木研究センター: プレート定着型せん断補強鉄筋 「Head-bar」, 建設技術審査証明報告書, 1999.
- 4) 土木研究センター: プレート定着型せん断補強鉄筋 「Head-bar」, 建設技術審査証明報告書, 2012.
- 5) 土木学会: 鉄筋定着・継手指針[2007年版], コンクリートライブライ一128, pp.71-84, 2007.
- 6) 土木学会: 2007 年制定コンクリート標準示方書[設計編], 2007.
- 7) 二羽淳一郎, 山田一宇, 横沢和夫, 岡村甫: せん断補強鉄筋を用いない RC はりのせん断強度式の再評価, 土木学会論文集, No.372/V-5, pp.167-176, 1986.