# 機械式定着工法を用いたせん断補強鉄筋の耐震性能の検討

(株)トーニチコンサルタント	正会員	○小林雅彦
(独)鉄道・運輸機構	正会員	山東徹生
(独)鉄道・運輸機構	正会員	進藤良則

# 1. はじめに

せん断補強鉄筋は、部材のせん断破壊を防止する目的で兵庫県南部地震以降、軸方向鉄筋と同様に鉄筋量が増加して いる。そのため、部材によっては複雑な配筋となる場合があり、施工において鉄筋の組みにくさなどを生じるため、こ れを解消する目的で鉄筋端部に機械式定着具を備えたせん断補強鉄筋が各種開発されている。本報告は、先の「機械式 定着工法を用いたせん断補強鉄筋のせん断耐力の検討」(以下、「せん断耐力の検討」という)に続き、定着具を備えた せん断補強鉄筋の耐震性能を比較するために行った交番載荷実験の結果について報告する。

## 2. 交番載荷実験

## (1)供試体の概要

交番載荷実験で使用した供試体は大地震対応の部材変形性能に着目する観点から壁タイプとし,破壊形態が曲げ破壊と なるよう設計した。本供試体は横方向に長い壁の中から幅1m部分を取り出し、中間帯鉄筋を単独型のせん断補強鉄筋 へ置換したものである。そのため、供試体を外周する帯鉄筋は無く、配力鉄筋を軸方向鉄筋の外側に配置しかつ壁の両 側で互いに連結しないことで、配力鉄筋による内部コンクリートの拘束効果を低減し、安全側に評価できることにした(図1)。

本供試体のせん断耐力 V<sub>y</sub>は棒部材のせん断耐力 V<sub>y</sub>=V<sub>c</sub>+V<sub>s</sub>,曲げ耐力 M<sub>u</sub>は M<sub>u</sub>=A<sub>s</sub>  $\rho_{m}f_{syd}$ (d-k/2)で算定した<sup>1)</sup>。 破壊形態は,曲げ耐力 M<sub>u</sub>に達する際のせん断力 V<sub>mu</sub>=M<sub>u</sub>/a を用いて V<sub>mu</sub>/V<sub>y</sub><1.0 の場合に曲げ破壊モト<sup>\*2)</sup> と判定され るが,本供試体では V<sub>mu</sub>/V<sub>y</sub>=0.21 となった(各記号については「せん断耐力の検討」と同じ)。損傷レベ $\nu^{2}$ )は,設計上 の主鉄筋降伏時の載荷点位置における水平変位(降伏変位)が  $\delta_{y}$ =20mm のときを損傷レベ $\nu$ 1 の限界(曲げ降伏耐力時の 水平力 P<sub>y</sub>=253kN)とし,損傷レヘ<sup>\*</sup> $\nu$ 2 の限界を $\delta_{m}$ =85mm(4.25  $\delta_{y}$ )でこのときの最大水平力 P<sub>max</sub>=256kN,損傷レヘ<sup>\*</sup> $\nu$ 3 の限界を $\delta_{m}$ =90mm(4.5  $\delta_{y}$ )として設計した。その結果,供試体の鉄筋は SD390, コンクリート設計基準強度は 24N/mm<sup>2</sup>,供 試体の高さ 2300mm,断面幅 1000mm,断面厚さ 400mm,せん断スハ<sup>\*</sup>ン比 a/d=5.9(a=2000mm, d=341mm)となった。 供試体のせん断補強鉄筋は Case1 がスターラップ,Case2 が定着具を矩形プ<sup>\*</sup>レート,Case3 が工型拡径,Case4 が楔形プ レートとした4体を製作した。鉄筋の実強度ならびに各供試体のコンクリート強度を表1,2に示す。また,鉄道構造物の配筋 とするため,図2で示す供試体の配筋図のように、帯鉄筋ならびに機械式定着具は軸方向鉄筋に掛けた。



キーワード: せん断補強鉄筋, 機械式定着, 交番載荷実験, 耐震性能 連絡先:〒151-0071 東京都渋谷区本町1-13-3 TEL: 03-3374-4095 FAX: 03-3374-4744

# (2)載荷実験方法

載荷は軸力 300kN (0.75kN/mm<sup>2</sup>)を先行載荷した後,水平交番荷重 P を水 平変位が $\delta_y$ の整数倍となるように加えた。水平交番荷重 P は,定着具側か らフック側へ押す場合を正とした。載荷回数は±1 $\delta_y$ は1回,±2 $\delta_y$ ~±6 $\delta_y$ は3回,±7 $\delta_y$ 以降は1回とした。交番載荷実験の状況を**写真**1に示す。

#### 表3 交番載荷実験の最大耐力

載荷方向	フック→定着具	定着具→フック	
スターラップ	-342kN (1.00)	320kN (1.00)	
矩形プレート	-346kN (1.02)	332kN (1.04)	
T型拡径	-343kN (1.00)	322kN (1.01)	
楔型プレート	-349kN (1.02)	329kN (1.03)	

# 3. 実験結果

荷重-変位曲線を図3に示す。プレート定着(Case2, 4)はスターラップ(Case1)と比較して±5δ,までの耐力は同等で,耐力 低下は1δ,早かった。T型拡径(Case3)の場合,±4δ,までは同等だが耐力低下は2δ,早く,損傷レベル3の範囲では スターラップ(Case1)よりも耐力低下は大きかった。損傷レベル2までの範囲ではプレート定着とT型拡径,いずれも十分な耐力 と変形性能を有することが分った。**表3**に最大耐力を示すが,いずれもスターラップの最大耐力以上となった。矩形プレート (Case2)の場合,定着具側の耐力低下はフック側より小さく,かぶりコンクリートの剥落もフック側より少なかった。T型拡径 (Case3)の場合,定着具側の耐力低下はフック側より大きく,かぶりコンクリートの剥落もフック側より多かった。また,定着具側 は内部コンクリートを拘束しているが,軸方向鉄筋の拘束は無く座屈長は長かった。楔形プレート(Case4)の場合,耐力低下とコ ンクリートの剥落が定着具側とフック側で同程度であり,定着具側とフック側ともに軸方向鉄筋を拘束し,座屈の節になっていた。



### 4. 考察

今回の供試体仕様のように、配力鉄筋を両面で連結しないまま最外縁へ配置し、交番載荷に伴う軸方向鉄筋のはらみ 出しを抑制できないと、内部コンクリートの拘束が低下して変形性能が劣る<sup>3)</sup>。T型拡径(Case3)の耐力低下が早かったのは この配力鉄筋の仕様と、部材側面への配置は適用範囲外であることが重なり、内部コンクリートの拘束が早期に開放されたこ とが原因の一つと考えられる。従って、T型拡径(Case3)を採用する際は内部コンクリートの拘束が継続できるよう、配力鉄 筋の位置・連結方法の工夫により、軸方向鉄筋のはらみ出しを抑制する必要があると考えられる。一方、プレート定着 (Case2, 4)は軸方向鉄筋あるいは配力鉄筋へ掛けても、掛けた鉄筋が内部コンクリートの拘束を維持する効果が期待できるの で、適用範囲外である部材側面への配置をしない限り、配筋上の配慮事項は少ないと考えられる。

## 5.まとめ

鉄筋端部にそれぞれ3種類の機械式定着具を持つせん断補強鉄筋について,壁タイプの供試体による交番載荷実験を 行った結果,いずれも損傷レベル2<sup>2)</sup>までの範囲においては十分な耐力と変形性能を有することが確認できた。 参考文献

1)鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設計標準・同解説-コンクリート構造物, 2004.4.

2)鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設計標準・同解説-耐震設計,1999.10.

3)小林ら:帯鉄筋の形状を変化させた RC 柱の交番載荷実験,コンクリート工学年次論文報告集, Vol21,No.3,1999.