

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

(独)鉄道・運輸機構

正会員 ○進藤良則

(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

杉浦忠治

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、これらの構造部材は複雑な配筋となる場合があり、実際の施工において鉄筋の組みにくさなどを生じるケースがある。そこで従来のせん断補強鉄筋の組みにくさ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開発された。しかし機械式定着を用いる場合には、部材において従来のせん断補強鉄筋と同等以上のせん断耐力を有することや耐震性能を確認する必要がある¹⁾。そこで、従来のせん断補強鉄筋と3種類の代表的な機械式定着具(プレート定着型、拡張型)を備えたせん断補強鉄筋を用いた供試体においてせん断耐力と耐震性能を比較するために载荷実験を行った。本報告では、せん断破壊実験の結果について報告する。

2. せん断破壊実験

(1) 供試体の概要

せん断破壊実験で使用したスラブ供試体は、せん断耐力を調べるために破壊形態がせん断破壊となるように設計した。本供試体におけるせん断耐力は、棒部材のせん断耐力 $V_y = V_e + V_s$ により算定した²⁾。ここで、 V_e はせん断補強鋼材を用いない棒部材のせん断耐力、 V_s はせん断補強鋼材により受け持たれる棒部材のせん断耐力である。曲げ降伏耐力 M_y は、 $M_y = A_s \rho_m f_{syd} (d - k/2)$ により算定した。ここで、 A_s は軸方向鉄筋の断面積、 ρ_m は材料修正係数、 f_{syd} は設計引張降伏強度、 d は有効高さ、 k は等価応力ブロックの高さである。破壊形態の判定では、曲げ降伏耐力 M_y に達する際のせん断力 V_{my} ($=M_y/a$, a はせん断スパン) を用いて、 $V_{my}/V_y > 1.0$ の場合にせん断破壊モード³⁾ となるが、せん断破壊を確実に起こすために $V_{my}/V_y = 1.4$ として設計した。その結果、鉄筋は SD390、コンクリート設計基準強度は 24N/mm^2 、桁長 3500mm、桁高 500mm、桁幅 1000mm、せん断スパン比 $a/d = 2.6$ 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 が定着具に矩形プレート型、Case3 が T 型拡張形、Case4 が楔形プレート型とし、計 4 体を製作した。鉄筋の引張降伏強度および各供試体のコンクリート実圧縮強度を表 1, 2 に示す。また、鉄道構造物の配筋とするため、定着具は配力鉄筋にではなく、軸方向鉄筋(主鉄筋)に掛けることとした。更に、配力鉄筋は軸方向鉄筋の外側に配置することで内部コンクリートの拘束力を少なくして安全側の評価できるようにした。

表 1 配筋と鉄筋の実引張降伏強度

位 置		径	ピッチ	引張降伏強度
軸方向鉄筋	引張側	D35	11@80mm	441.3 N/mm ²
	圧縮側	D32	11@80mm	440.6 N/mm ²
せん断補強鉄筋		D13	3 組,17@200mm	429.7 N/mm ²
配力鉄筋		D16	17@200mm	451.2 N/mm ²
設計引張降伏強度				390.0 N/mm ²

表 2 コンクリート圧縮強度

供試体	圧縮強度
スターラップ (Case1)	26.1 N/mm ²
矩形プレート (Case2)	25.8 N/mm ²
T 型拡張 (Case3)	27.8 N/mm ²
楔形プレート (Case4)	27.8 N/mm ²
設計基準強度	24.0 N/mm ²

ることとした。更に、配力鉄筋は軸方向鉄筋の外側に配置することで内部コンクリートの拘束力を少なくして安全側の評価できるようにした。

供試体の配筋図を図 1 に

示す。なお、载荷点および支点における载荷版の幅は 100mm である。

(2) 载荷実験方法

载荷方法はジャッキによる载荷重 P がスパン中央から左右に 100mm 離れた点に各 $P/2$ を作用させ、スパン中央におけるたわみ δ と軸方向鉄筋およびせん断補強鉄筋のひずみ ε を計測した。载荷実験の状況を写真 1 に示す。

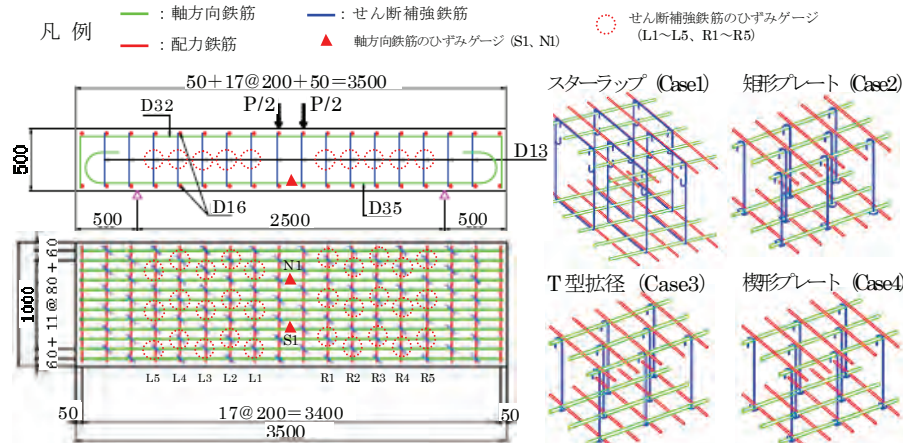


図 1 供試体配筋図

キーワード：せん断補強鉄筋，機械式定着，せん断破壊

連絡先：〒231-8315 横浜市中区本町 6-50-1 TEL：045-222-9082 FAX：045-222-9102

3. 実験結果

全供試体においてせん断補強鉄筋が降伏した後にせん断破壊を生じた。図-2に各供試体の破壊状況を示す。また、図-3は楔型プレート型 (Case4) の軸方向鉄筋とせん断補強鉄筋のひずみを示したものであり、最大荷重 (2987kN) のとき軸方向鉄筋は降伏強度に相当する 2000μ 程度まで弾性挙動していると考えられる。そのときのせん断補強鉄筋は、ひずみゲージ R3 と L2 において 20000μ 以上となっており、鉄筋母材が降伏状態にあるといえる。

次に、載荷重 P とスパン中央の変位 δ の関係を図-4に示す。これによるとせん断補強鉄筋が設計上降伏するときの載荷重 (2182kN) までの挙動には、供試体による差はないが最大荷重を過ぎて以降、T 形拡張型 (Case3) はプレート定着型 (Case2, 4) よりもやや早く耐力が低下した。これは T 形拡張型 (Case3) の場合、D35 の被拘束鉄筋に対してせん断補強鉄筋 (D13) の定着具が小さく、本来は適用範囲外であることが要因の一つと考えられる。

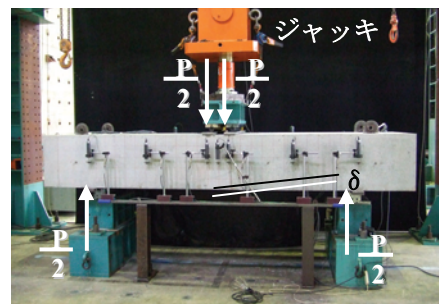


写真-1 載荷実験の状況

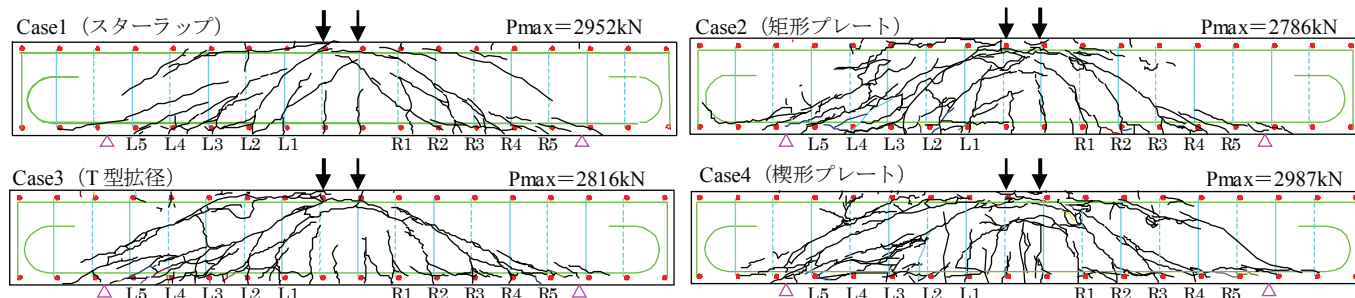


図-2 供試体の破壊状況

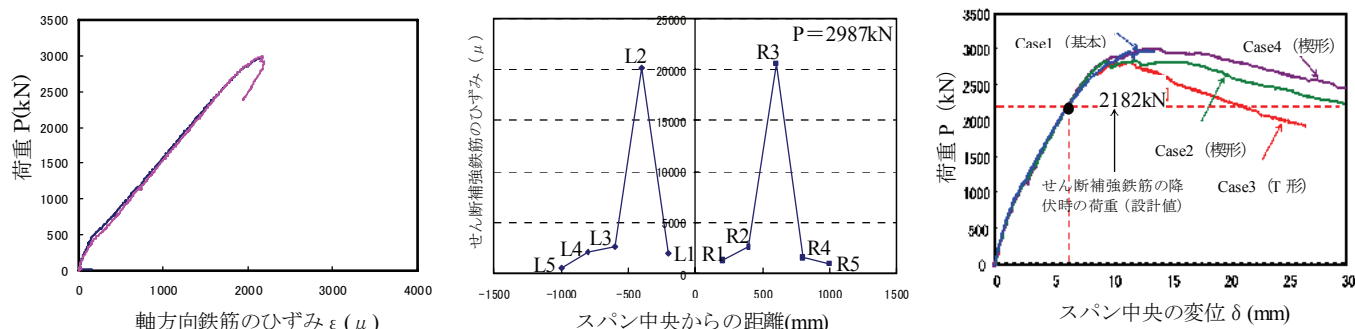


図-3 鉄筋のひずみ (Case4)

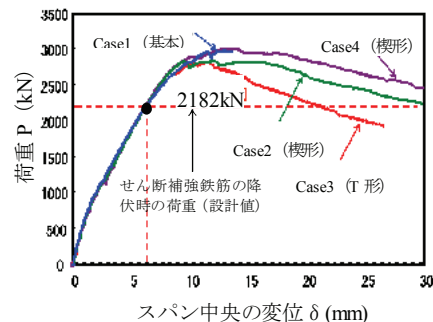


図-4 荷重-変位の関係

4. 考察

耐力低下の相違については、更に次のように考察される。斜めひび割れが伸展し、せん断補強鉄筋に引張力が働くと、T 形拡張型 (Case3) は、拡張部が内部コンクリートの支圧力を高めることでせん断耐力が発揮される機構となっている。そのため、斜めひび割れが更に伸展すると定着具が小さい場合 (適用範囲を外れている場合) や配力鉄筋の配置が軸方向鉄筋の外側にあり、コンクリートの内部拘束が弱い場合には、最大耐力以降に支圧耐力の低下に伴って本来の耐力維持が発揮できなかったためと想定される。一方、プレート定着型 (Case2, 4) は引張力を受けるとプレートに主鉄筋からの反力を受けて耐力低下が抑えられたと考えられる (図-5)。



図-5 定着具の形状と反力媒体の相違

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、スラブ供試体によるせん断破壊実験を行った結果、せん断補強鉄筋はいずれも鉄筋母材が降伏するまで十分なせん断耐力および定着効果を持つことが確認できた。また、拡張型の場合には、被拘束鉄筋 (軸方向鉄筋) の径に対して適切なサイズの定着具を使用し、更に内部コンクリートを十分に拘束するように配力鉄筋を配置する必要があることが分かった。

参考文献

- 1) 土木学会: 鉄筋定着・継手指針 [2007年版], 2007.8.
- 2) 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.
- 3) 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.