

鋼板孔に鉄筋を挿した簡易なずれ止めの耐力とずれ変位の実験的検討

三井住友建設(株)	正会員	工修	○野並	優二
三井住友建設(株)	正会員	博(工)	篠崎	裕生
三井住友建設(株)	正会員		中積	健一

キーワード：複合構造，ずれ止め，鋼板孔

1. はじめに

鋼とコンクリートから成る複合構造において，スタッドや孔あき鋼板ジベルがずれ止めとして一般的に用いられている。著者らは，鋼板孔に貫通孔と同程度の径の鉄筋を挿入し，固定する簡易なずれ止めの構造（以下，鉄筋ジベルと示す）を考案した。本鉄筋ジベルは，エクストラード橋の主塔定着構造で採用実績がある¹⁾。鋼板の孔内に鉄筋を貫通させるずれ止めとして，孔あき鋼板ジベルがあるが，孔あき鋼板ジベルは，孔内のコンクリートによりせん断耐力を伝達する構造であるのに対し，鉄筋ジベルは鋼板内面から直接鉄筋にせん断力が伝達される構造としている。孔あき鋼板ジベルとの力の伝達機構が異なるため，この鉄筋ジベルのせん断耐力やずれ変位に与える，鉄筋径，コンクリート強度および鋼板厚さの影響を押し抜き試験を行うことにより考察した。

2. 実験概要

2.1 試験体作製

試験体の形状として図-1にD25試験体を示す。また，表-1に各試験体の諸元を示す。鉄筋ジベルには，D13～D51のうち6種類の鉄筋を使用した。鋼板の孔径は，鉄筋の1.2倍程度とした。図-2に示すように，試験時直後に，鉄筋にせん断力がすぐに作用するように，載荷面側の孔壁に鉄筋を寄せ，隙間をエポキシ樹脂により充填した。試験体の，コンクリート寸法および鋼板の寸法，厚さ，鉄筋径を鉄筋ジベルの径に応じ変化させた。D25の試験体の寸法 W500×B500×H400mm と鋼板厚さ 40mm を基準とし，概ね鉄筋径に比例するように，各試験体の寸法を設定した。D25試験体のみ鋼板の厚みを25mmでも実施した。補強鉄筋の量は，ジベル筋の破断時にコンクリートブロックに作用する力がジベル鉄筋破断強度×鉄筋断面積×2面に対して，許容応力度 140N/mm^2 を超えないように設定した。

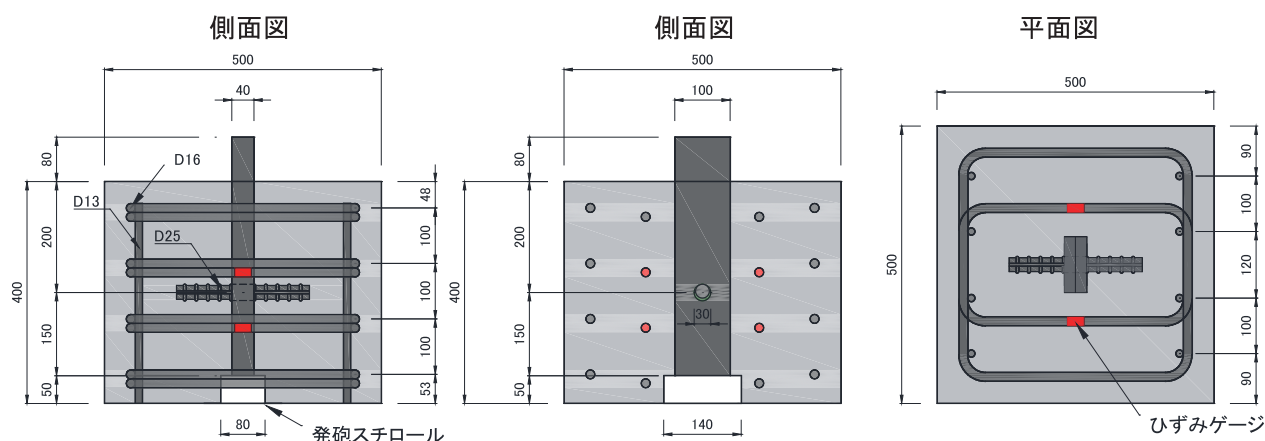


図-1 D25 試験体形状

表-1 試験体詳細

記号	鉄筋ジベル	コンクリート (mm)	コンクリート強度 (N/mm ²)	ジベル 高さ (mm)	縦筋	横筋	鋼板厚さ (mm)
D13-38.2N	D13	250×250×200	38.2	52	D10	D10	20
D19-38.2N	D19	400×400×320		76	D10	D13	30
D25-23.8N	D25	500×500×400	23.8	100	D13	D16	40
D25-38.2N			38.2				25
D25-38.2N-25mm							40
D25-65.7N			65.7				50
D32-38.2N	D32	600×600×500	38.2	129	D16	D19	50
D41-38.2N	D41	800×800×650		164	D19	D25	65
D51-42.0N	D51		42.0	205	D25	D29	80

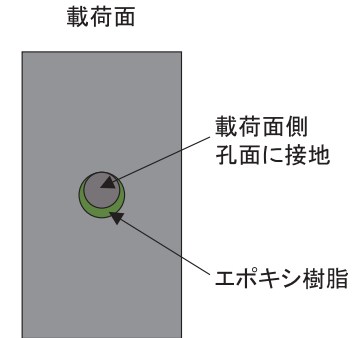


図-2 鉄筋ジベル施工方法

鉄筋ジベルの高さは、D25 の鉄筋ジベルを用いた過去の実績²⁾から、径の 4 倍とした。コンクリートと鋼板の付着を低減させるために、鋼板表面にグリースを塗布した。コンクリート圧縮強度は、呼び強度 33N/mm²（載荷時 38.2～42.0N/mm²）を基本とし、D25 試験体のみ呼び強度 21, 57N/mm²（載荷時 23.8, 65.7N/mm²）でも実施した。粗骨材の最大寸法は 20mm である。ジベル鉄筋および補強筋は、SD345、鋼板は SS400 を使用した。

試験体数は、D25 試験体のコンクリート呼び強度 21, 57N/mm² のものおよび、鋼板厚さ 25mm のものについては、1 体とし、その他の試験体は 2 体ずつ実施した。

2.2 載荷方法

載荷試験状況を写真-1 に示す。試験体は、載荷面が水平になるように、石膏を試験体底部に敷き設置した。載荷方法は、漸増繰り返し載荷とし、除荷は、ずれ変位が 1.0mm までは 0.2mm 間隔、1.0mm から 4.0mm までは 0.5mm 間隔、4.0mm から 5.0mm まで 1.0mm 間隔、5.0mm 以降は 5.0mm 間隔で行った。計測項目は、載荷荷重、コンクリートブロック表面と鋼板露出部中央との相対ずれ変位および補強筋のひずみとした。



写真-1 実験状況

3. 実験結果

図-3 に D13～D25、図-4 に D32～D51 の荷重とずれ変位の関係の包絡線を示す。それぞれ 2 体のばらつきは比較的小さい。各試験体とも、一定の剛性で荷重が増加した後、鉄筋が降伏して剛性が低下するものの、荷重はさらに増加し、最後は鉄筋が大きく塑性変形、あるいは破断して荷重が低下した。

写真-2 に、D25 でコンクリート強度を変えた試験体および鋼板厚さを変えた試験体のコンクリートブロックのひび割れ状

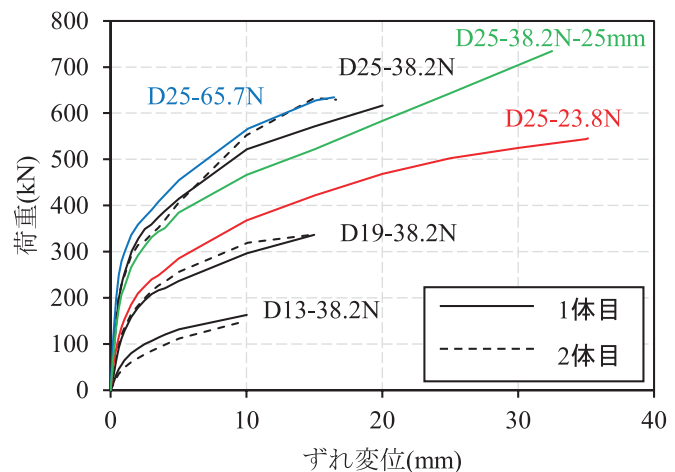


図-3 D13, 19, 25 の荷重-ずれ変位

況を示す。D25-38.2N および D25-65.7N は、コンクリートブロックに大きな変状はなかった。D25-23.8N は、コンクリート強度が低いことから、ひび割れがコンクリートブロック上部まで達していた。また、D25-38.2N-25mm では、コンクリートブロックのひび割れが、D25-23.8N と同程度の荷重で発生していた。また、鉛直方向のひび割れのみでなく、水平方向のひび割れも発生しており、コンクリートブロックの損傷が見られた。

図-5 に補強筋の荷重とひずみの関係の包絡線を示す。ひずみの分布は、D25-38.2N および D25-65.7N では、繰り返し載荷時には、大きな変化は見られなかった。それに対し、D25-23.8N および D25-38.2N-25mm では、初期からひずみの挙動に変化が見られた。

写真-3 に D25 試験体の切断面を示す。鉄筋ジベルとコンクリート界面での損傷幅を写真中に示す。D25-38.2N および D25-65.7N は、鉄筋が鋼板面で破断しており、鉄筋の変形はわずかであった。一方、D25-23.8N は、鉄筋下のコンクリートの塑性変形が大きく進行しており、鉄筋は破断していない。また、鉄筋先端とコンクリート間に隙間が形成されており、鉄筋の付着切れと抜け出しが生じていた。このことから D25-23.8N はコンクリート側の損傷で荷重が低下したことが予想される。

D25-38.2N-25mm では、コンクリートの内部で鉛直方向のひび割れが確認された。これは、鉄筋の変形による鉛直方向の力によるものと予想される。しかし、D25-23.8N より鉄筋の変形量は小さく、D25-38.2N と同程度であった。鉄筋先端とコンクリート間に隙間が形成されており、鉄筋の付着切れと抜け出しが生じていた。これらのことから、D25-38.2N-25mm では、鉄筋の変形形態の変化でなく、鉄筋周囲のコンクリートの拘束度が

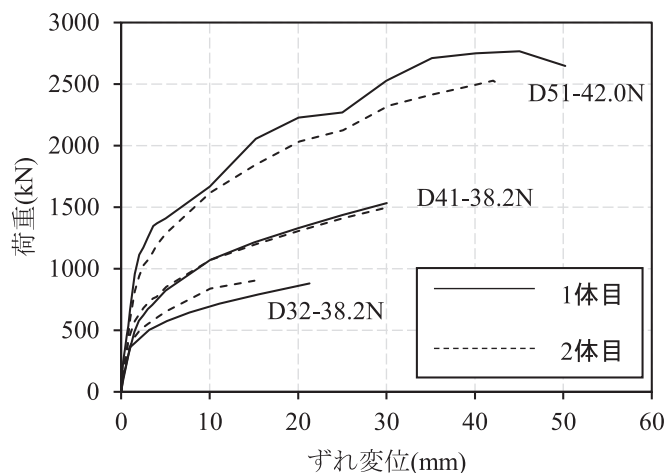


図-4 D32, 41, 51 の荷重-ずれ変位

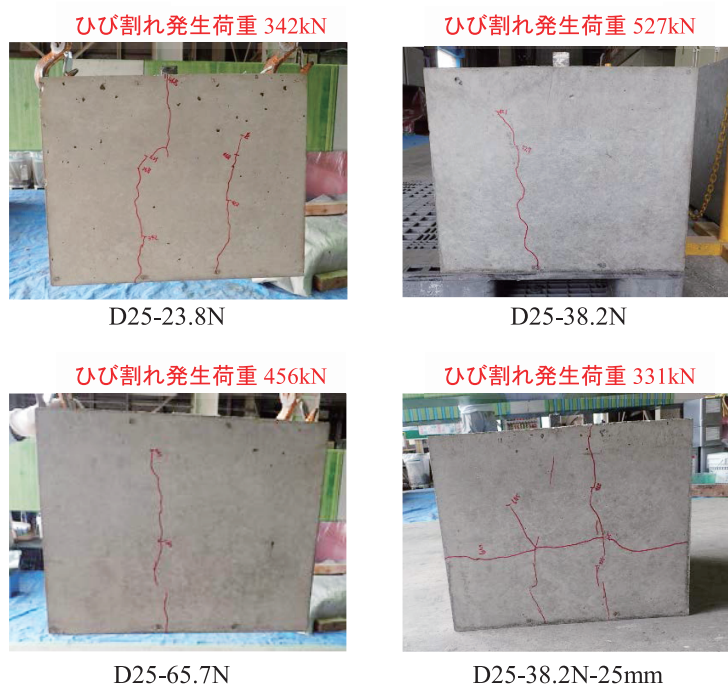


写真-2 コンクリートブロックひび割れ状況

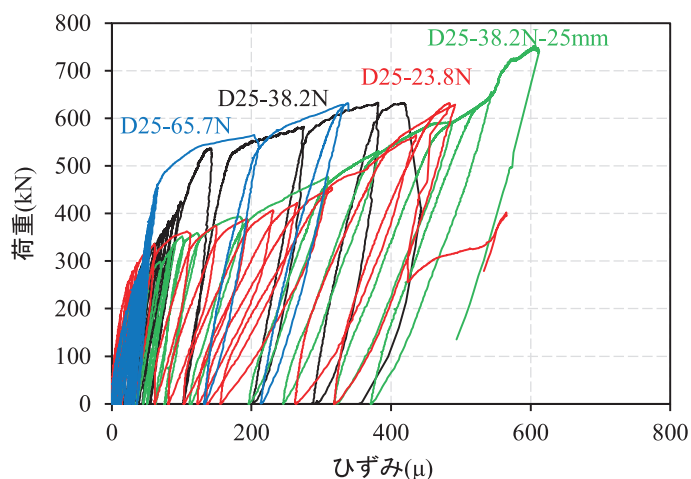


図-5 D25 試験体の補強筋ひずみ計測結果

変わるにより、コンクリート側の損傷により荷重が低下したことが考えられる。図-6、図-7に、各試験体の最大荷重とその時のずれ変位のジベル鉄筋断面積との関係を示した。最大荷重は、概ね鉄筋の破断強度（引張強度×断面積×2面）との相関が高いことが確認された。ずれ変位も、概ね鉄筋断面積と比例関係にあることが確認された。コンクリート強度および鋼板厚さが異なる場合には、破壊形態が異なるため、ずれ変位は鉄筋ジベルの拘束が弱い場合には、ずれ変位が大きくなることが確認された。最大荷重は、破壊形態が異なるが本実験での範囲内では、大きな違いはなかった。

4. まとめ

本研究では、鉄筋ジベルのせん断耐力に関する考察を行うため、鉄筋径の影響、コンクリート強度による影響および鋼板厚の異なる試験体を用い、押し抜き試験を行った。

コンクリート強度が一定の場合においては、最大荷重およびずれ変位は鉄筋径に比例することが確認できた。D25-23.8N は D25-38.2N および D25-65.7N 試験体よりも最大荷重が小さく、ずれ変位が大きくなっており、他の試験体と比較しても明らかに挙動が異なっていた。また、D25-38.2N-25mm も、その他の試験体とは、破壊の挙動が異なっていた。今後、これらの結果を基に、破壊形態別に鉄筋ジベルの耐力とずれ変形について定式化を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 水野，福田，上原，諸橋：武庫川の設計，プレ
ストレストコンクリート工学会 第 22 回シンポジウム論文集，pp. 21-24, 2013. 10
- 2) 桑野，福田，上原，諸橋：武庫川橋における主塔側定着構造について，プレストレストコンク
リート工学会 第 22 回シンポジウム論文集，pp. 25-28, 2013. 10

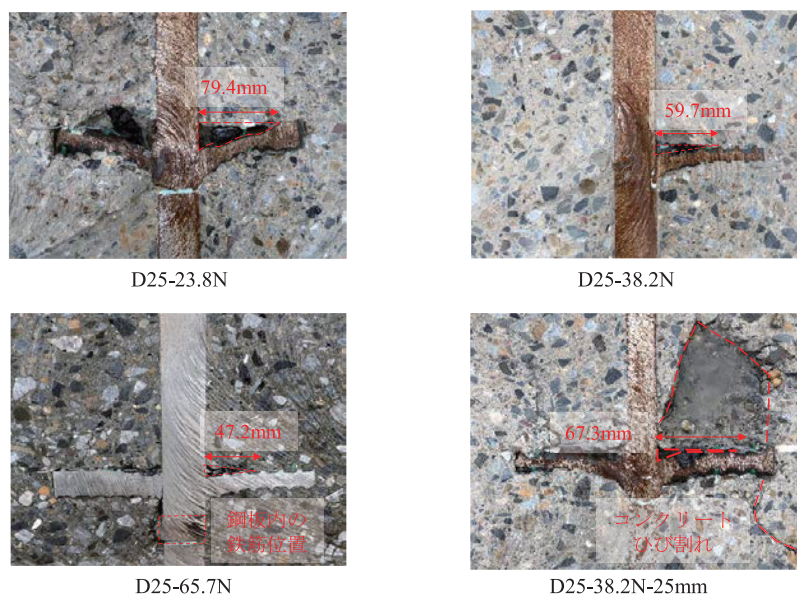


写真-3 D25 試験体切断面

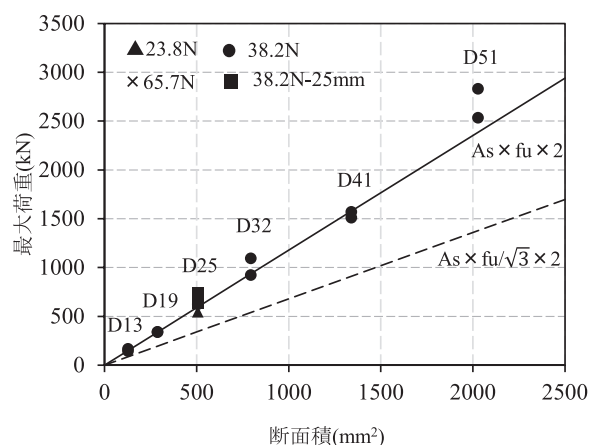


図-6 断面積と最大荷重の関係

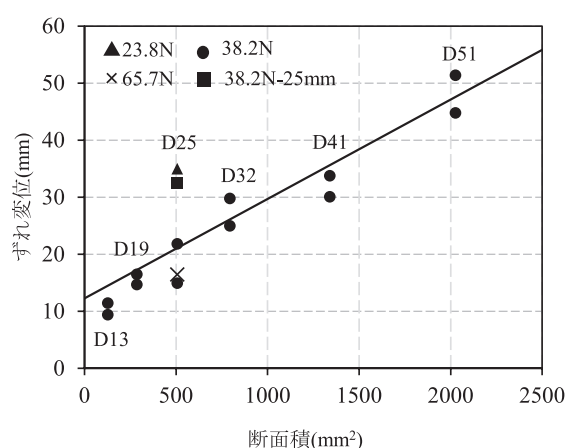


図-7 断面積とずれ変位の関係