

鋼繊維補強モルタルと孔あき鋼板ジベルを組み合わせた

接合構造の基本性状

宇都宮大学 学生員 ○ 森末紗稀 正会員 NGUYEN MINH HAI フェロー会員 中島章典
正会員 藤倉修一 学生員 大野将季

1. はじめに

橋梁の床版取替え工事においてプレキャスト床版同士の新たな接合構造として孔あき鋼板ジベルと鋼繊維補強モルタルを組み合わせた構造が提案されている¹⁾。また、この接合方法は狭隘なスペースを有する他の構造の接合部への適用も期待できると考えられる。しかし、鋼繊維補強モルタルを用いた孔あき鋼板ジベルのせん断耐力やせん断力とずれ変位の関係等を検討した研究は少ないが、この構造の適用性を向上させるために、これらの基本性状を明確にすることは重要である。

そこで本研究では、鋼繊維補強モルタルを用いた孔あき鋼板ジベルのジベル孔径、モルタルの材齢とモルタルブロックの寸法をパラメータとした押抜き試験を実施し、これらの要因が孔あき鋼板ジベルのせん断耐力やせん断力とずれ変位関係に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

押抜き試験では、図-1のようなジベル孔1個を有する鋼板がモルタルブロックで取り囲まれる試験体を用いた。試験体の一覧を表-1に示す。鋼繊維補強モルタルの材齢、モルタルブロック寸法、ジベル孔径を変えた計21体の試験体を用い、表-1中の試験体名はBの後がブロック幅、Dの後がジベル孔径、Pの後がモルタルの材齢を示している。

全試験体のジベル鋼板には、板厚12mmのSS400鋼板を使用し、その降伏強度と引張強度はそれぞれ326N/mm²、460N/mm²である。また、モルタルには、早期強度発現性を有するセメントを用い、水セメント比は14%、鋼繊維の混入率（鋼繊維の質量/総質量）は9.0%とした。モルタルの材齢および圧縮強度一覧も表-1に示す。

油圧ジャッキを有するフレーム載荷試験機を用いてジベル鋼板上部から荷重を単調に載荷した。試験体の底面には砂を敷き、鋼板の垂直を保たせた。また、ジベル鋼板とモルタルブロックの相対ずれ変位（以下、ずれ変位と呼ぶ）を計測するために、ジベル鋼板の突き出し部に2つの高感度変位計を設置した。荷重はずれ変位が10mmまで載荷した。

3. 試験結果と考察

(1) せん断耐力-ずれ変位関係および破壊状態

押抜き試験から得られたせん断力-ずれ変位関係を図-2～図-4に示す。図の縦軸はせん断力を、横軸はジベル鋼板とモルタルブロックとのずれ変位であり、各関係をずれ変位1mmまで拡大したものを図中に示している。図-2はモルタルブロック幅と奥行きがそれぞれ155mmと125mmでジベル孔径35mmの試験体の関係を示している。また、モルタルブロックの幅と奥行きがそれぞれ300mmと200mmの試験体の関係を図-3と図-4に示しているが、前者はジベル孔径35mm、後者はジベル孔径45mmの試験体の関係である。なお、これらの図において、モルタルの材齢は図中の線の色で区別している。

図-2においてせん断力が80～100kN程度以下の範囲では、図中の拡大図に示しているように2本の赤線を除いて

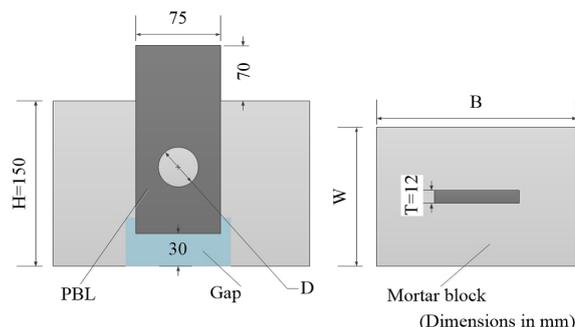


図-1 試験体概要図

表-1 試験体および材料詳細

試験体名	試験体寸法 (mm)		材齢 (日)	孔径 (mm) D	モルタル圧縮強度 (N/mm ²)
	B	W			
B155D35P1	155	125	1	35	57.9
B155D35P3	155	125	3	35	76.7
B155D35P28A	155	125	28	35	94.4
B155D35P28B	155	125	28	35	91.8
B300D35P3	300	200	3	35	60.8
B300D35P28	300	200	28	35	91.8
B300D45P3	300	200	3	45	60.8
B300D45P28	300	200	28	45	91.8

すべての試験体の関係の剛性はほぼ一致しており、ずれ変位が0.1mm以下である。それ以降、剛性が徐々に低下し、せん断耐力に至る。図-2の黒線と緑線で示すモルタルの材齢1日および3日の試験体のせん断耐力の平均値はそれぞれ123kNと119kNであり、同程度であることがわかる。さらに、同じ材齢28日でせん断耐力が150kN程度のものと90～120kN程度のものにばらついた。また、前者は1体を除きせん断耐力時のずれ変位が0.5～0.6mm程度に対して後者は0.2～0.5mm程度であった。このように同じ種類の試験体のせん断耐力やせん断耐力時ずれ変位に大きなばらつきが生じた原因は不明であるが、平均値で評価するとモルタルの材齢によってモルタルの圧縮強度は55N/mm²程度から95N/mm²まで増加するが、孔あき鋼板ジベルのせん断耐力は必ずしも比例的に増加しないことが言える。

一方、図-2に示すすべての試験体においてせん断力がせん断耐力の付近で図-5の左側に示すように孔あき鋼板ジベルのせん断面の平行方向とジベル鋼板に直角方向の2種類のひび割れが確認された。また、前者はジベル鋼板端部から生じたのに対して後者はブロック側面の表面から生じたことが確認された。これは、せん断力の増加によって生じる押し広げ力が図-5の矢印で表すようにジベル鋼板側から直角方向にモルタルブロックに作用しているためである。

図-3において、図中の拡大図のように初期剛性が一致していない理由は明確になっていないが、すべての試験体のせん断力が70～90kN程度で剛性が低下していることがわかる。また、モルタルの材齢28日の試験体では剛性が低下し始めた時点、つまりせん断力が70～80kN、ずれ変位

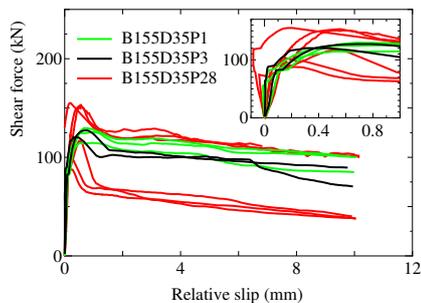


図-2 せん断力-ずれ変位関係 (B155D35)

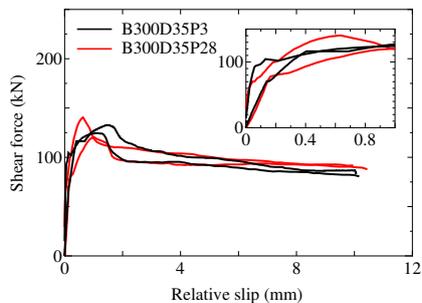


図-3 せん断力-ずれ変位関係 (B300D35)

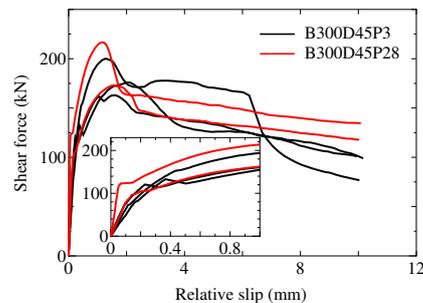


図-4 せん断力-ずれ変位関係 (B300D45)

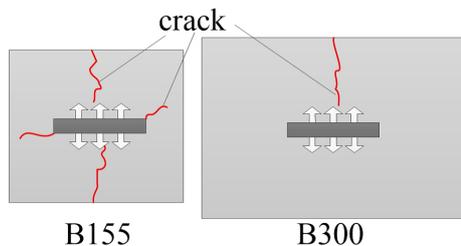


図-5 試験体上面のひび割れ

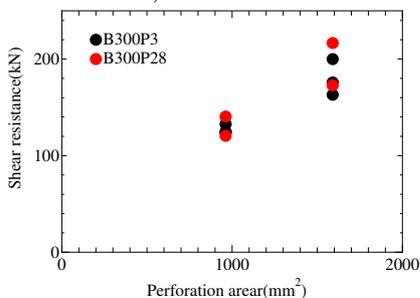


図-6 せん断耐カージベル孔面積関係

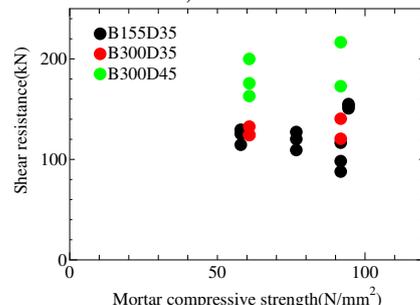


図-7 せん断耐カ-圧縮強度関係

0.15mm 以下でモルタルブロックの表面に図-5の右側のようなひび割れが確認された。これに対してモルタルの材齢3日の試験体ではせん断力が106~110kN、ずれ変位0.13~0.36mmの範囲でモルタルブロックの表面に同じようなひび割れが確認された。しかし、両者のせん断耐力は同程度であり、120~140kN程度である。つまり、モルタルの材齢28日の試験体ではコンクリートブロック表面にひび割れが確認された後もせん断力がさらに40~70kN程度増加しているのに対してモルタルの材齢3日の試験体ではせん断力が15~25kN程度増加している。

図-4においても、図中の拡大図に示すようにすべての試験体のせん断力が100~125kN程度で剛性が低下している。また、モルタルの材齢28日の試験体では剛性が低下し始めた時点、つまりせん断力が100~125kNでモルタルブロックの表面に図-5の右側のようなひび割れが確認され、モルタルの材齢3日の試験体ではせん断力が120~170kNでモルタルブロックの表面に同じようなひび割れが確認された。

上記のように、図-3と図-4に示す試験体のモルタルブロック表面のひび割れは図-5の右側に示すようにジベル鋼板に直角方向のひび割れのみ生じたのは、ジベル鋼板の側面からブロック端までの距離が長い為、押し広げ力によってジベル鋼板に平行方向の面にひび割れが生じる前に、ジベル鋼板に直角方向の面にひび割れが生じたものと考えられる。また、材齢28日の試験体のモルタルブロックの表面にひび割れが早期に生じたのは、ジベル孔のせん断ひび割れ面が形成され押し広げ力が生じる前においてもせん断力の増加とともにジベル鋼板に直角方向の力が作用しているためと考えられる。その後、ジベル孔のせん断ひび割れ面が形成されるまでせん断力がさらに増加したと考えられる。

(2) せん断耐力に及ぼす各要因の影響

押抜き試験での孔あき鋼板ジベルのせん断耐力とジベル孔面積との関係を図-6に示し、縦軸はせん断耐力、横軸はジベル孔面積である。図-6より、ジベル孔面積を大きくすることに伴ってせん断耐力の値が増加していることがわかる。これは、複合構造標準示方書²⁾の普通コンクリートのせん断耐力評価式と同様の傾向であるが、実験値はジベル孔

面積が1.65倍の増加に対して、材齢3日の試験体では1.41倍、材齢28日の試験体では1.49倍となっている。これは、同耐力式は普通コンクリートを用いた場合を想定しており、粗骨材が含まれない鋼繊維補強モルタルではせん断耐力が小さくなるためと考えられる。

一方、せん断耐力と鋼繊維補強モルタルの圧縮強度との関係を図-7に示し、縦軸は孔あき鋼板ジベルのせん断耐力であり、横軸は鋼繊維補強モルタルの圧縮強度である。図-7において、いずれの試験体もモルタルの圧縮強度の増加に対するせん断耐力にばらつきがあるが、必ずしも比例的に増加していない。これはモルタルの材齢28日の試験体ではジベル孔のせん断面が形成される前にモルタルブロックの表面にひび割れが生じたため、この時のせん断力がせん断耐力に影響を及ぼしたと考えられる。

さらに、図-7で示す同ジベル孔径でモルタルブロックの寸法が異なっている赤丸と黒丸はせん断耐力の明確な差異が見られていない。これは、両者のブロックの寸法が異なっても、図-5の左側と右側に示しているようにモルタルブロックの表面にひび割れを生じさせるのに必要な力が同程度であり、ひび割れが生じた後ジベル孔の周辺の拘束力が低下したためと考えられる。

4. まとめ

本研究より、鋼繊維補強モルタルを用いた孔あき鋼板ジベルのせん断耐力はジベル孔面積とともに増加しているが、モルタルの圧縮強度およびモルタルブロックの寸法がせん断耐力に及ぼす影響は明確ではなかった。これは、本研究で用いた試験体では、十分な耐力を発揮する前にモルタルブロックに表面にひび割れが生じ、結果的にジベル孔周辺の拘束力が低下したためであると考えられる。したがって、鋼繊維補強モルタルを用いた孔あき鋼板ジベルの適用にあたっては、このような現象の有無を考慮してせん断耐力を適切に評価する必要がある。

参考文献

- 1) 蝦名ら：プレキャストPC床版同士の新たな接合方法の開発、土木学会第71回年次学術講演会、CS3-041、2016.9.
- 2) 土木学会複合構造委員会：複合構造標準示方書、pp.74-78、2014.