拘束力が孔あき鋼板ジベルのせん断耐力に与える影響について

北海道大学大学院工学院　学生会員　○中岸　大洋
北海道大学工学部　阿部　侑磨
北海道大学大学院工学研究院　正 会 員　古内　仁

1. まえがき

複合構造物のずれ止めとして用いられている孔あき鋼板ジベルは，リブ鋼板等に設けられた孔にコンクリートが充填されることにより，鋼部材とコンクリート部材の一体化を図るものである。近年，その適用事例は増えてきているが，現状の設計式[1]の適用範囲を超えてしまうような孔寸法を用いるケースも発生している。また，孔あき鋼板に側方からの拘束力の作用が大きくなると，せん断耐力が増加することが知られている[2)3)]。

本研究は，メカニズムに立脚したせん断伝達モデルの構築を目的に，基礎データを収集するために要素試験を実施した。

2. 実験概要

図-1 に示すような単純化した要素試験体を用いて実験を実施した。この実験では，せん断力と拘束力の大きさを独立させて制御させることで，様々な組合せの変数を可能とする。また，孔部のコンクリートは円柱状として，その円柱のみに拘束力を与えることができるため，周辺コンクリートブロックと鋼板の摩擦を排除できるところに工夫がなされている。

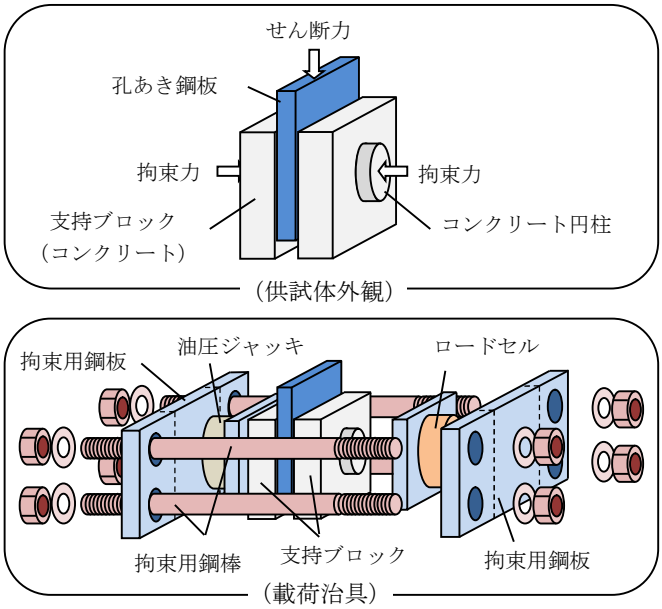

図-1　実験供試体

実験変数は，**表-1** に示すように，孔径，コンクリート圧縮強度およびせん断力／拘束力の比（拘束比と称する）とした。拘束比を一定として載荷するケースはその値を表に示した。表中の「なし」は拘束力を与えないケースであり，「受動」はせん断力のみ制御し拘束力は受動的に発生するケースである。孔あき鋼板の厚さは，孔径 50mm の供試体では 12mm，孔径 60～90mm の供試体では 18mm とした。なお，孔径 50mm の供試体は単調漸増で載荷し，孔径 60～

表-1　実験変数

供試体名	孔径 (mm)	圧縮強度 (N/mm²)	拘束比 V/N
N21-φ50-PSV	50	20.7	受動
N21-φ50-CR6.7	50	20.7	6.7
N21-φ50-CR5.8	50	20.7	5.8
N21-φ50-CR4.5	50	20.7	4.5
N21-φ50-CR3.5	50	20.7	3.5
N40-φ50-PSV	50	39.5	受動
N40-φ50-CR6.8	50	39.5	6.8
N40-φ50-CR5.9	50	39.5	5.9
N40-φ50-CR4.5	50	39.5	4.5
N40-φ50-CR3.5	50	39.5	3.5
N44-φ50-PSV	50	44.3	受動
N44-φ50-CR7.9	50	44.3	7.9
N44-φ50-CR6.9	50	44.3	6.9
N44-φ50-CR6.0	50	44.3	6.0
N44-φ50-CR4.5	50	44.3	4.5
N44-φ50-CR3.5	50	44.3	3.5
N39-φ60-NC	60	39.0	なし
N39-φ60-CR7.0	60	39.0	7.0
N39-φ60-CR5.5	60	39.0	5.5
N39-φ60-CR4.0	60	39.0	4.0
N39-φ75-NC	75	39.0	なし
N39-φ75-CR7.0	75	39.0	7.0
N39-φ75-CR5.5	75	39.0	5.5
N39-φ75-CR4.0	75	39.0	4.0
N39-φ90-NC	90	39.0	なし
N39-φ90-CR7.0	90	39.0	7.0
N39-φ90-CR5.5	90	39.0	5.5
N39-φ90-CR4.0	90	39.0	4.0

キーワード　孔あき鋼板，孔径，せん断強度，拘束力，粗骨材寸法
連絡先　〒060-8628　札幌市北区北 13 西 8　北海道大学大学院工学院北方圏環境政策工学専攻　TEL 011-706-6182

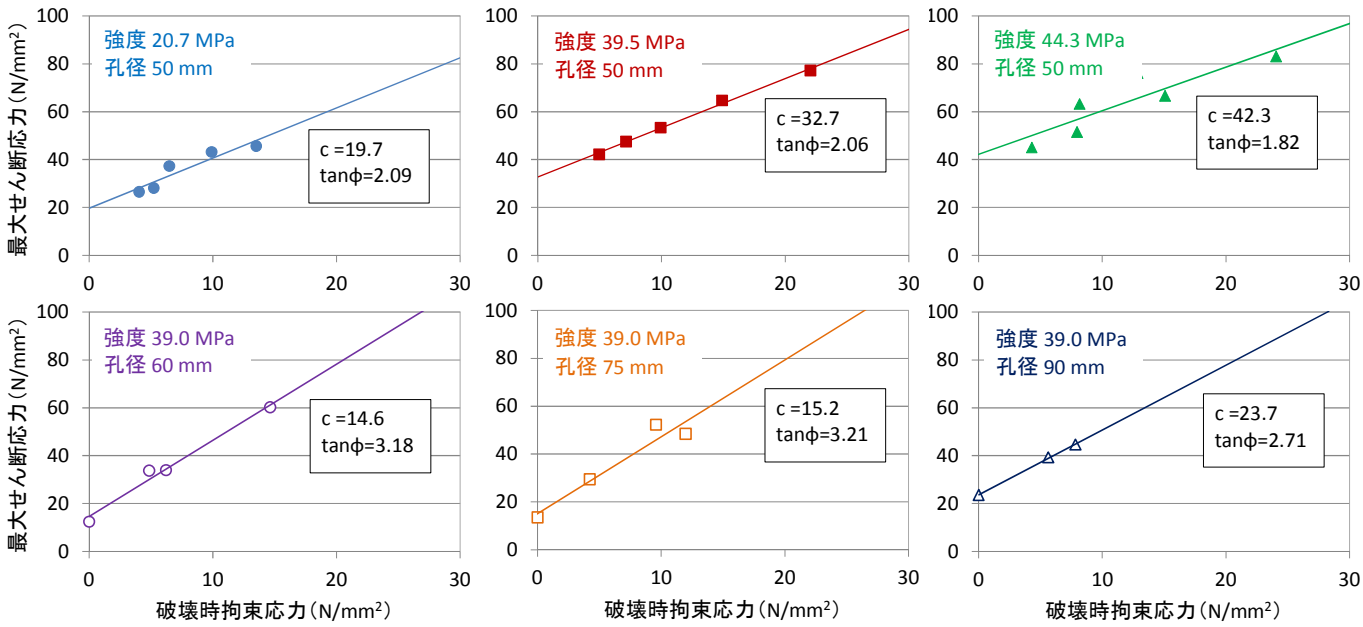

図-2　実験結果

90mm の供試体は 50kN，100kN および 150kN で除荷・再載荷を行った。

3. 実験結果および考察

実験結果を**図-2** に示す。図の上段は，最大せん断応力（以下，せん断強度と言い換える）と拘束応力の関係をコンクリート圧縮強度ごとにまとめたものである。下段は孔径ごとにその関係をまとめたものである。なお，孔径 90mm の供試体で拘束力を与えた実験では，支持ブロックの局部的な破壊を伴ったものが多かったが，そのうち N35-φ90-CR4.0 は支持ブロックの破壊が先行したため除外した。この結果，いずれのケースも拘束応力の増加とともにせん断強度は増加していることが示された。ここで，次式に示すクーロンの破壊基準の適用を試みる。

$$\tau_{max} = c + \sigma \tan\phi \qquad (1)$$

ここに，c :粘着力，σ :拘束応力，$\tan\phi$:内部摩擦角

各図から，データに対して最小二乗法を用いて c と $\tan\phi$ を求めてみた。c と $\tan\phi$ の値は図中に示した。

孔径 50mm の供試体において，圧縮強度を変化させた場合，$\tan\phi$ の変化はほとんどなく，c は圧縮強度に概ね比例するような関係が示された。

圧縮強度を一定とし，孔径を変化させた場合では，c は孔径の増加とともに若干増加する傾向が見られるが，孔径 50mm に比べて小さい結果となった。$\tan\phi$ については，逆に孔径 50mm に比べて大きくなる結果が得られた。この結果から，孔あき鋼板の厚さが大きくなると，拘束がないときのせん断強度は小さくなるが，拘束によるせん断強度の増加割合が大きくなると言える。木作らの研究 [4] によれば，孔部コンクリートのせん断破壊面に寸法の大きい粗骨材が存在するとせん断強度が向上するとされている。本研究の実験では，コンクリートに用いられた粗骨材最大寸法が 20mm であり，厚さ 12mm の孔あき鋼板を用いた供試体（孔径 50mm）では，せん断破壊面に粗骨材が跨がるように存在する確率が大きくなるため，c が大きくなったと考えられる。したがって，孔あき鋼板の厚さと粗骨材寸法の比もせん断強度の影響因子となることが示唆された。

4. まとめ

1) 拘束応力の増加とともにせん断強度は増加していることが示された。
2) コンクリート強度は，拘束のないせん断強度に影響を与えるが，拘束による増加割合に寄与しない。
3) 孔あき鋼板厚もせん断強度の影響因子であることが示唆された。

参考文献

1) 2014 年制定複合構造標準示方書，土木学会，2015.5
2)藤井 堅ほか:孔あき鋼板ジベルのずれ耐荷力評価式，土木学会論文集 A1, Vol.70, No.5, pp.II-53-II68, 2014
3)中嶋章典ほか:貫通鉄筋の無い孔あき鋼板ジベルのせん断抵抗機構とせん断耐力評価，土木学会論文集 A1, Vol.70, No.5, pp.II-20-II30, 2014
4)木作友亮ほか:X 線 CT 法を用いた孔あき鋼板ジベルのせん断抵抗メカニズムの検証，土木学会論文集 A1, Vol.73, No.1, pp.146-164, 2017