

国外で流通している片側施工高力ボルトの一面せん断実験

エム・エムブリッジ株式会社 正会員 ○山根克稔
熊本大学大学院自然科学教育部 学生会員 秦子策

徳島大学社会産業理工学研究部 正会員 森山仁志
熊本大学大学院自然科学教育部 正会員 松村政秀

1. 研究背景および研究目的

狭隘空間に在る部材や閉断面部材への片側当て板工法には、ハック高力ワンサイドボルトが広く使用されている。一方、国外では図-1に示すBlind bolt UK¹⁾（以下、Blind bolt）など、様々な片側施工高力ボルトが存在する。Blind boltの寸法形状（図-2、表-1）はボルト軸方向で変化するため、引張抵抗や軸力導入を積極的に期待するのは難しいが、摩擦抵抗が重要でない当て板補剛や仮ボルトにはBlind boltを適用できると考えられる。文献2)ではBlind boltの引張実験及び数値解析を実施し、Blind boltの引張耐力がF8T-M16高力ボルトのそれと同等であること、60kN程度の軸力導入は可能であることを示した。本研究では、Blind boltの一面せん断実験を実施し、被締結部材の締付総厚によって変わるせん断面位置とせん断耐力の関係を明らかにした。

2. 一面せん断実験の結果

一面せん断実験用治具の形状寸法を図-3に、実験対象としたせん断面位置を図-4にそれぞれ示す。実験パラメータは、せん断面位置、载荷軸に対するBlind boltの向き、および導入軸力である。せん断面位置は被締結部材の板厚を25, 44, 60mmと変更することで調整し、図-2に示す3パターンを設けた。载荷軸に対するBlind boltの向きは、スロット孔が载荷軸に平行/直角の2パターンを用意した。導入軸力 N は、文献2)において、アンカー用のピン孔からボルト表面まで塑性域が貫通した状態であった全体降伏荷重 $N_{yg}=104.5\text{kN}$ の比率で変化させることとし、 $N/N_{yg}=0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00$ とした。スロット孔が载荷軸に直角な場合については、 $N/N_{yg}=0, 1.00$ の2水準のみとした。図-5に示すように、Blind boltにはボルト軸方向とせん断力方向にひずみゲージを貼付けした。導入軸力は、文献2)で求めた軸力 N -軸ひずみ ε 関係を用いて、軸方向のひずみゲージの値を基に管理した。各ケースの供試ボルトはすべて3体とした。

図-3に示す治具は、Blind boltのせん断耐力に対し十分大きい支圧耐力・純断面降伏耐力を有していることから、各実験終了後にボルト孔の残留変形が小さいことを確認した上で、繰返し使用した。一面継手治具の接合面には黒染め着色剤を締付け時に塗布し、摩擦力による荷重伝達を小さくなるように努めた。

実験結果の一覧を表-2に、最大荷重 $P_{\max}$ と無次元化導入軸力 N/N_{yg} の関係を図-6にそれぞれ示す。図中に



図-1 Blind bolt^{® 1)}

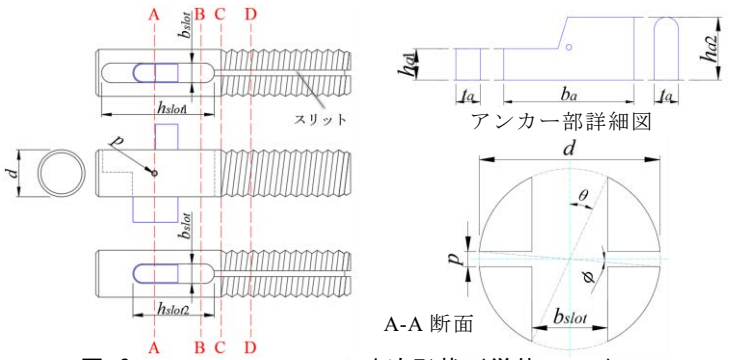


図-2 Blind bolt (M24)の寸法形状（単位：mm）

表-1 Blind bolt (M24)の寸法

軸平行 部径 d (mm)	ピン 孔径 p (mm)	スロット			アンカー				ピン部 (A-A断面) A_{pin} (mm ²)	スロット部 (B-B断面) A_{slot} (mm ²)	不完全ねじ部 (C-C断面) A_{shank} (mm ²)	ねじ部 (D-D断面) A_{thread} (mm ²)
		短径 b_{slot} (mm)	長径1 h_{slot1} (mm)	長径2 h_{slot2} (mm)	接地幅 b_a (mm)	厚さ t_a (mm)	高さ1 h_{a1} (mm)	高さ2 h_{a2} (mm)				
24.0	2.0	10.0	57.5	41.5	48.5	9.3	11.5	23.0	191.6	219.5	364.7	342.5

キーワード 片側施工高力ボルト, Blind bolt, 一面せん断実験, せん断耐力

連絡先 〒733-0036 広島県広島市西区観音新町 1-20-24 エム・エムブリッジ株式会社 TEL:082-292-3124

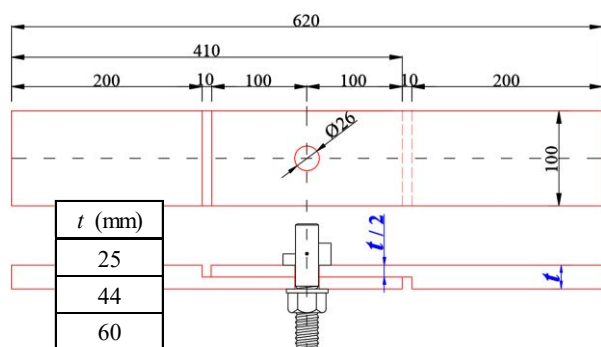


図-3 セン断実験用治具の形状寸法 (単位: mm)

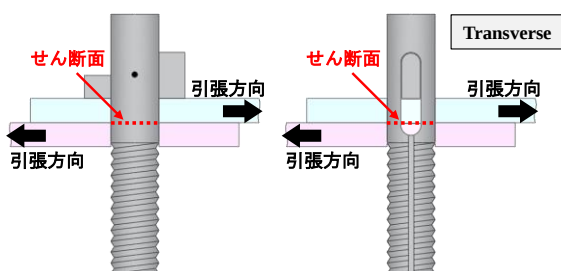
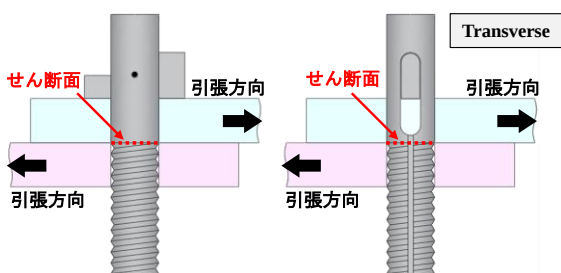
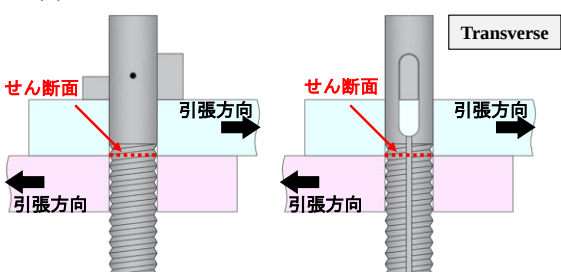
(a) スロット部 (B-B 断面, $t = 25\text{mm}$)(b) 不完全ねじ部 (C-C 断面, $t = 44\text{mm}$)(c) ねじ部 (D-D 断面, $t = 60\text{mm}$)

図-4 実験対象としたせん断面位置

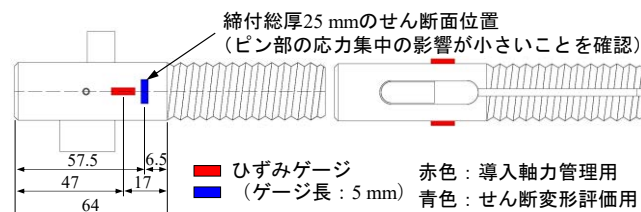
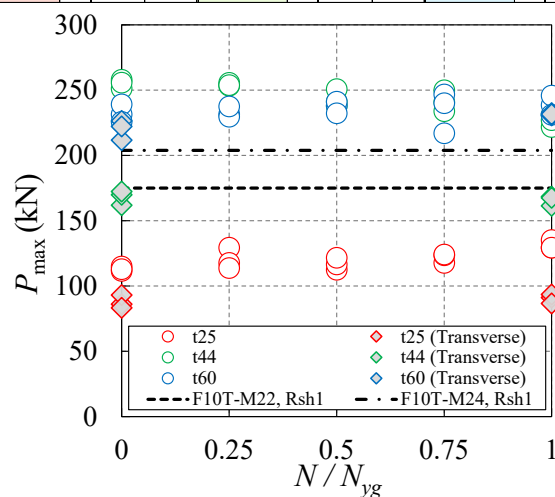


図-5 ひずみゲージの貼付け位置 (単位: mm)

表-2 実験結果

実験ケース名	No.	最大荷重 $P_{\max}$ (kN)	実験ケース名	No.	最大荷重 $P_{\max}$ (kN)	実験ケース名	No.	最大荷重 $P_{\max}$ (kN)
$t25-N/N_{yg}0$	1	125.4	$t44-N/N_{yg}0$	1	257.8	$t60-N/N_{yg}0$	1	231.3
	2	121.7		2	251.2		2	239.0
	3	123.1		3	255.6		3	225.6
$t25-N/N_{yg}0.25$	1	141.1	$t44-N/N_{yg}0.25$	1	253.4	$t60-N/N_{yg}0.25$	1	231.5
	2	128.4		2	255.5		2	229.6
	3	124.0		3	253.7		3	237.4
$t25-N/N_{yg}0.5$	1	122.6	$t44-N/N_{yg}0.5$	1	237.8	$t60-N/N_{yg}0.5$	1	238.1
	2	127.1		2	241.1		2	241.1
	3	132.6		3	250.7		3	232.2
$t25-N/N_{yg}0.75$	1	128.4	$t44-N/N_{yg}0.75$	1	249.8	$t60-N/N_{yg}0.75$	1	216.9
	2	134.8		2	240.8		2	246.7
	3	135.4		3	233.8		3	239.9
$t25-N/N_{yg}1$	1	141.1	$t44-N/N_{yg}1$	1	221.7	$t60-N/N_{yg}1$	1	238.5
	2	147.5		2	230.8		2	245.7
	3	141.1		3	227.0		3	231.0
$t25-N/N_{yg}0$ -Transverse	1	93.8	$t44-N/N_{yg}0$ -Transverse	1	161.8	$t60-N/N_{yg}0$ -Transverse	1	211.7
	2	101.5		2	169.8		2	226.4
	3	90.8		3	172.3		3	222.2
$t25-N/N_{yg}1$ -Transverse	1	99.5	$t44-N/N_{yg}1$ -Transverse	1	161.4	$t60-N/N_{yg}1$ -Transverse	1	232.4
	2	102.0		2	168.4		2	230.5
	3	94.5		3	167.5		3	231.4

図-6 $P_{\max} - N/N_{yg}$ 関係

は, F10T-M22, F10T-M24 高力ボルトのねじ部のせん断耐力 $R_{sh1} = 175, 204\text{kN}$ を破線・一点鎖線で示している. セン断耐力 R_{sh1} は, 純せん断状態を仮定して式(1)で計算した.

$$R_{sh1} = A_e \tau_t (= \frac{\sigma_t}{\sqrt{3}}) \quad (1a), \quad A_e = A_{slot} \text{ or } A_{shank} \text{ or } A_{thread} \quad (1b)$$

ここに, A_e : 公称有効断面積 (せん断面位置に応じて A_{slot} , A_{shank} , A_{thread} のいずれかを選択), τ_t : Blind bolt のせん断強度, $\sigma_t (= 1,091\text{MPa})$: Blind bolt の引張強度²⁾である.

3. 実験結果の考察

表-2 と図-6 に示すように, 最大荷重 $P_{\max}$ は $t = 44, 60\text{mm}$ の場合には F10T-M24 高力ボルトのせん断耐力 R_{sh1} より大きく, $t = 25\text{mm}$ の場合には R_{sh1} より小さい. また, 導入軸力 N が $P_{\max}$ に及ぼす影響は小さい. スロット孔の向きは $P_{\max}$ に影響を及ぼし, セン断面がスロット孔にある $t = 25\text{mm}$, 不完全ねじ部にある $t = 44\text{mm}$ の場合はいずれも $P_{\max}$ が 30% 程度低下した. これは, スロット孔が載荷軸に直角方向にあることで, 片側の軸部のみが支圧するためと考えられる. 一方, セン断面がねじ部にある $t = 60\text{mm}$ の場合では, $P_{\max}$ が低下することはなかった. 以上より, Blind bolt UK はその長さや当て板厚を調整しせん断面をねじ部に設けることで, F10T 級の高力ボルトと同等のせん断抵抗を期待できると考えられる.

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP19K15076 の助成を受けたものです. ここに記して感謝の意を表します.

参考文献 1) Henry Venables Products Ltd. and Blind bolt UK company: Blind Bolt Technical Data, 2022. 2) 山根克稔, 森山仁志, 松村政秀:

国外で流通している片側施工高力ボルトの純引張挙動に関する検討, 鋼構造年次論文報告集, Vol. 30, pp.717-727, 日本鋼構造協会, 2022.