

# 「 Y S ロックボルト逆巻き支圧装置 」 の許容耐力について

吹付けのり枠 300 × 300 との比較

2000 年 10 月

株式会社 ヨシカワ機械

## 1. 逆巻き支圧装置と吹付けのり枠 F-300 の強度比較

Y S ロックボルト逆巻き支圧装置（以下では支圧板と称する）と吹付けのり枠の設計基準強度を社団法人全国特定法面保護協会「法枠工の設計・施工指針」（H 7.10）を参照して、以下のように定める。

設計基準強度

項 目	名 称	単 位	基 準 値
吹付けコンクリートの設計基準強度	ck	N/mm <sup>2</sup>	15
吹付けコンクリートの許容圧縮強度	ca	N/mm <sup>2</sup>	5
吹付けコンクリートの許容せん断強度	a	N/mm <sup>2</sup>	0.333
鉄筋の許容引張応力度	sa	N/mm <sup>2</sup>	160

### a) 部材応力度の計算の条件および諸係数

各々の工法の部材条件を下表に示す。この場合の部材応力度を以下で単鉄筋長方形梁として計算する。

部材条件および諸係数

項 目	単 位	支 圧 板				のり枠	備 考
		800 × 300		800 × 200			
梁 幅 b	mm	800	800	800	800	300	
梁 高 さ h	mm	300	300	200	200	300	
有効高さ d	mm	250	250	150	150	235	
使用鉄筋	D	10	13	10	13	16	
鉄筋断面積	mm <sup>2</sup>	71.22	126.70	71.22	126.70	198.60	
本 数	N	6	6	6	6	2	片側
総鉄筋断面積	mm <sup>2</sup>	427.32	760.20	427.32	760.20	397.20	As'
鉄筋比 p		0.00214	0.00380	0.00356	0.00634	0.00563	
中立軸比 k		0.223	0.285	0.278	0.351	0.334	
係 数 j		0.926	0.905	0.907	0.883	0.889	
係 数 m		52.10	37.49	39.04	27.70	29.82	

$$P = A_s' / (b \times d)$$

$$k = \sqrt{2 \cdot n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p$$

$$j = 1 - k / 3$$

$$m = k / (2 \cdot p)$$

$$n = 15 \text{ (コンクリートと鉄筋の弾性係数比)}$$

## b) 応力度の計算

部材応力度は、下式で与えられる。この式を用いて、各々の部材で対応可能な最大応力度を求める。

コンクリートのせん断応力度の不足分は、補強筋（スターラップ）で対応可能であるので、ここでは鉄筋の許容引張応力度およびコンクリートの許容圧縮応力度から求まる値の小さい方を採用するものとする。

鉄筋の引張り応力度

$$s = M_{\max} / (A_s' \cdot j \cdot d) \quad s_a = 160 \text{ N/mm}^2$$

コンクリートの圧縮応力度

$$c = s / m \\ = M_{\max} / (A_s' \cdot j \cdot d) / m \quad c_a = 5 \text{ N/mm}^2$$

コンクリートのせん断応力度

$$c = S_{\max} / (b \cdot j \cdot d) \quad c_a = 0.333 \text{ N/mm}^2$$

1) 支圧板 (800×800×300 主鉄筋 D10×6 本)

鉄筋の許容引張応力度の検討

$$M_{\max} / (A_s' \cdot j \cdot d) \quad s_a = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{\max} \quad 160 \times 427.32 \times 0.926 \times 250 = 15,827,933 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$15.8 \text{ MN} \cdot \text{mm}$$

コンクリートの許容圧縮応力度の検討

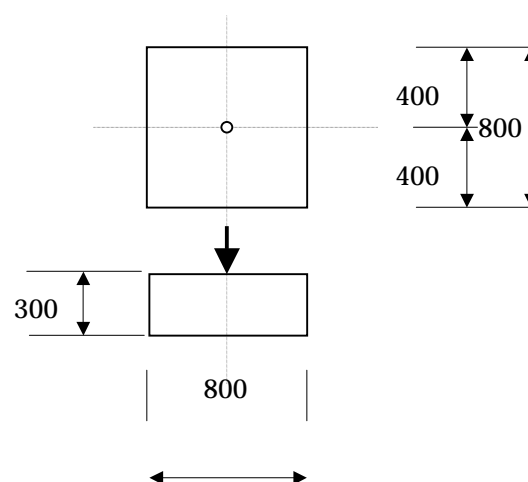
$$M_{\max} / (A_s' \cdot j \cdot d) / m \quad c_a = 5 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{\max} \quad 5 \times 52.10 \times 427.32 \times 0.926 \times 250 = 25,769,853 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$25.7 \text{ MN} \cdot \text{mm}$$

よって、支圧板の許容曲げ応力度として  $M_{\max} = 15.8 \text{ MN} \cdot \text{mm}$  を採用する。

支圧板を鉄筋補強土 (中心部に打設するものとする) 位置で支持された片持梁として、構造計算を行うものとする、最大曲げモーメントを求める式は次式となる。



$$M_{\max} = q \cdot L^2 \cdot a \div 2$$

ここに、 $q$  : 支圧板に作用する等分布荷重 ( $q = P \div A$ )

$P$  : 補強材軸力 (kN)

$A$  : 支圧板面積 ( $640,000 \text{ mm}^2$ )

$L$  : 片持ち梁張出長さ (400 mm)

$a$  : 支圧板幅 (800 mm)

この式に、支圧板の許容曲げ応力度  $M_{\max} = 15.8 \text{ MN} \cdot \text{mm}$  を代入して、支圧板で施工可能な最大補強材軸力を求める。

$$M_{\max} = q \cdot L^2 \cdot a \div 2$$

$$= P \div A \times L^2 \times a \div 2 = 15.8 \text{ (MN} \cdot \text{mm)}$$

$$P = 2 \times 15.8 \text{ (MN} \cdot \text{mm)} \times 640,000 \text{ (mm}^2) \div \{ 400^2 \text{ (mm}^2) \times 800 \text{ (mm)} \}$$

$$= 0.158 \text{ (MN)} = 158 \text{ (kN)}$$

よって、YSロックボルト逆巻き支圧装置は、補強材軸力  $P = 158 \text{ kN}$  まで対応可能である。

## 2) 支圧板 (800×800×300 主鉄筋 D13×6 本)

鉄筋の許容引張応力度の検討

$$M_{\max} / (A_s' \cdot j \cdot d) \quad s_a = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{\max} \quad 160 \times 760.20 \times 0.905 \times 250 = 27,519,240 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$27.5 \text{ MN} \cdot \text{mm}$$

コンクリートの許容圧縮応力度の検討

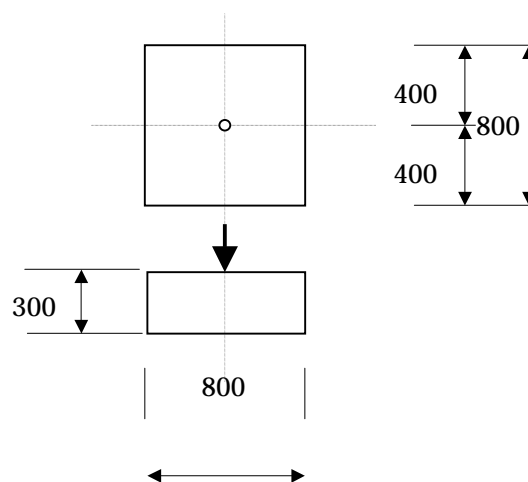
$$M_{\max} / (A_s' \cdot j \cdot d) / m \quad c_a = 5 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{\max} \quad 5 \times 37.49 \times 760.20 \times 0.905 \times 250 = 32,240,509 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$32.2 \text{ MN} \cdot \text{mm}$$

よって、支圧板の許容曲げ応力度として  $M_{\max} = 27.5 \text{ MN} \cdot \text{mm}$  を採用する。

支圧板を鉄筋補強土 (中心部に打設するものとする) 位置で支持された片持梁として、構造計算を行うものとする、最大曲げモーメントを求める式は次式となる。



$$M_{\max} = q \cdot L^2 \cdot a \div 2$$

ここに、 $q$  : 支圧板に作用する等分布荷重 ( $q = P \div A$ )

$P$  : 補強材軸力 (kN)

$A$  : 支圧板面積 ( $640,000 \text{ mm}^2$ )

$L$  : 片持ち梁張出長さ (400 mm)

$a$  : 支圧板幅 (800 mm)

この式に、支圧板の許容曲げ応力度  $M_{\max} = 27.5 \text{ MN} \cdot \text{mm}$  を代入して、支圧板で施工可能な最大補強材軸力を求める。

$$M_{\max} = q \cdot L^2 \cdot a \div 2$$

$$= P \div A \times L^2 \times a \div 2 = 27.5 \text{ (MN} \cdot \text{mm)}$$

$$P = 2 \times 27.5 \text{ (MN} \cdot \text{mm)} \times 640,000 \text{ (mm}^2) \div \{ 400^2 \text{ (mm}^2) \times 800 \text{ (mm)} \}$$

$$= 0.275 \text{ (MN)} = 275 \text{ (kN)}$$

よって、YSロックボルト逆巻き支圧装置は、補強材軸力  $P = 275 \text{ kN}$  まで対応可能である。

## 3) 支圧板 (800×800×200 主鉄筋 D10×6 本)

鉄筋の許容引張応力度の検討

$$M_{\max} / (A_s' \cdot j \cdot d) \quad s_a = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{\max} \quad 160 \times 427.32 \times 0.907 \times 150 = 9,301,901 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$9.30 \text{ MN} \cdot \text{mm}$$

コンクリートの許容圧縮応力度の検討

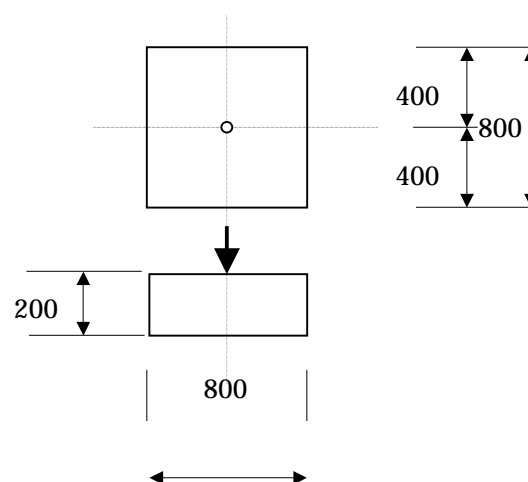
$$M_{\max} / (A_s' \cdot j \cdot d) / m \quad c_a = 5 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{\max} \quad 5 \times 39.04 \times 427.32 \times 0.907 \times 150 = 11,348,320 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$11.3 \text{ MN} \cdot \text{mm}$$

よって、支圧板の許容曲げ応力度として  $M_{\max} = 9.30 \text{ MN} \cdot \text{mm}$  を採用する。

支圧板を鉄筋補強土（中心部に打設するものとする）位置で支持された片持梁として、構造計算を行うものとする、最大曲げモーメントを求める式は次式となる。



$$M_{\max} = q \cdot L^2 \cdot a \div 2$$

ここに、 $q$ ：支圧板に作用する等分布荷重 ( $q = P \div A$ )

$P$ ：補強材軸力 (kN)

$A$ ：支圧板面積 ( $640,000 \text{ mm}^2$ )

$L$ ：片持ち梁張出長さ (400 mm)

$a$ ：支圧板幅 (800 mm)

この式に、支圧板の許容曲げ応力度  $M_{\max} = 9.30 \text{ MN} \cdot \text{mm}$  を代入して、支圧板で施工可能な最大補強材軸力を求める。

$$M_{\max} = q \cdot L^2 \cdot a \div 2$$

$$= P \div A \times L^2 \times a \div 2 = 9.30 \text{ (MN} \cdot \text{mm)}$$

$$P = 2 \times 9.30 \text{ (MN} \cdot \text{mm)} \times 640,000 \text{ (mm}^2) \div \{ 400^2 \text{ (mm}^2) \times 800 \text{ (mm)} \}$$

$$= 0.093 \text{ (MN)} = 93.0 \text{ (kN)}$$

よって、YSロックボルト逆巻き支圧装置は、補強材軸力  $P = 93 \text{ kN}$  まで対応可能である。

## 4) 支圧板 (800×800×200 主鉄筋 D13×6 本)

鉄筋の許容引張応力度の検討

$$M_{\max} / (A_s' \cdot j \cdot d) \quad s_a = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{\max} \quad 160 \times 760.20 \times 0.883 \times 150 = 16,110,158 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$16.1 \text{ MN} \cdot \text{mm}$$

コンクリートの許容圧縮応力度の検討

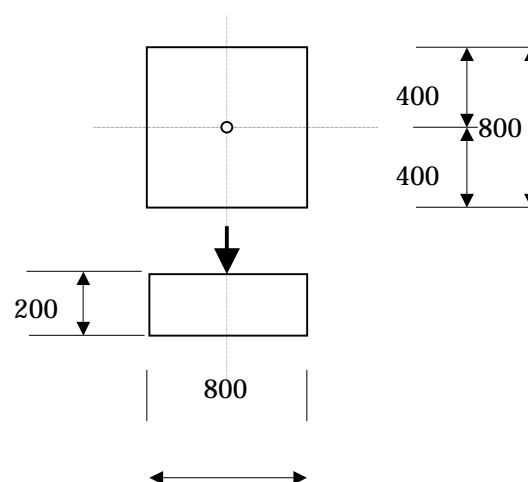
$$M_{\max} / (A_s' \cdot j \cdot d) / m \quad c_a = 5 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{\max} \quad 5 \times 27.70 \times 760.20 \times 0.883 \times 150 = 13,945,355 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$13.9 \text{ MN} \cdot \text{mm}$$

よって、支圧板の許容曲げ応力度として  $M_{\max} = 13.9 \text{ MN} \cdot \text{mm}$  を採用する。

支圧板を鉄筋補強土 (中心部に打設するものとする) 位置で支持された片持梁として、構造計算を行うものとする、最大曲げモーメントを求める式は次式となる。



$$M_{\max} = q \cdot L^2 \cdot a \div 2$$

ここに、 $q$  : 支圧板に作用する等分布荷重 ( $q = P \div A$ )

$P$  : 補強材軸力 (kN)

$A$  : 支圧板面積 ( $640,000 \text{ mm}^2$ )

$L$  : 片持ち梁張出長さ (400 mm)

$a$  : 支圧板幅 (800 mm)

この式に、支圧板の許容曲げ応力度  $M_{\max} = 13.9 \text{ MN} \cdot \text{mm}$  を代入して、支圧板で施工可能な最大補強材軸力を求める。

$$M_{\max} = q \cdot L^2 \cdot a \div 2$$

$$= P \div A \times L^2 \times a \div 2 = 13.9 \text{ (MN} \cdot \text{mm)}$$

$$P = 2 \times 13.9 \text{ (MN} \cdot \text{mm)} \times 640,000 \text{ (mm}^2) \div \{ 400^2 \text{ (mm}^2) \times 800 \text{ (mm)} \}$$

$$= 0.139 \text{ (MN)} = 139.0 \text{ (kN)}$$

よって、YSロックボルト逆巻き支圧装置は、補強材軸力  $P = 139 \text{ kN}$  まで対応可能である。

5) 吹付けのり枠 300 × 300 ( 2,000 × 2,000 )

鉄筋の許容引張応力度の検討

$$M_{\max} / (A_s' \cdot j \cdot d) \quad s_a = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{\max} \quad 160 \times 397.2 \times 0.889 \times 235 = 13,276,966 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$13.2 \text{ MN} \cdot \text{mm}$$

コンクリートの許容圧縮応力度の検討

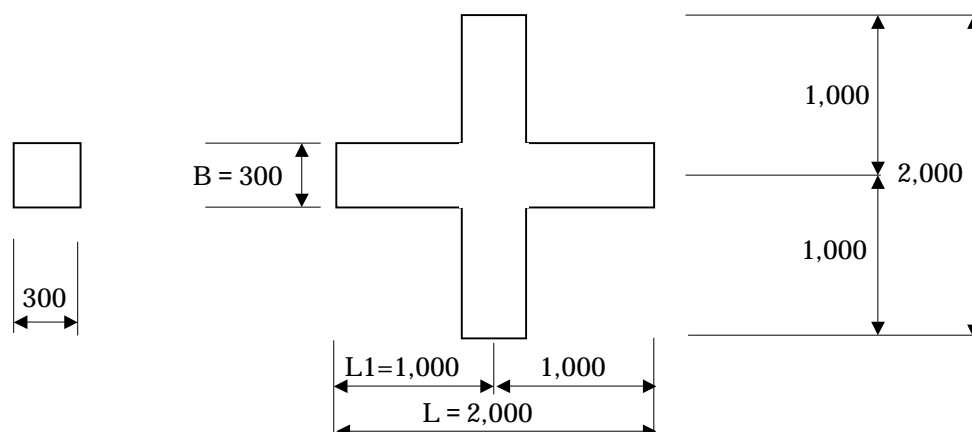
$$M_{\max} / (A_s' \cdot j \cdot d) / m \quad c_a = 5 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{\max} \quad 5 \times 29.82 \times 397.2 \times 0.889 \times 235 = 12,372,472 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$12.3 \text{ MN} \cdot \text{mm}$$

よって、吹付けのり枠 300 × 300( 2,000 × 2,000 )の許容曲げ応力度として  $M_{\max} = 12.3 \text{ MN} \cdot \text{mm}$  を採用する。

吹付けのり枠を下図のような二方向性の張出梁として考えて、構造計算を行うものとする、最大曲げモーメントを求める式は次式となる。



$$M_{\max} = q \cdot L1^2 \div 2$$

ここに、 $q$  : 支圧板に作用する等分布荷重 {  $q = P \div (L \times 2 \cdot B)$  }

$P$  : 補強材軸力 ( kN )

$L$  : 梁長さ ( 2,000 mm )

$L1$  : 片持ち梁張出長さ ( 1,000 mm )

$B$  : 梁幅 ( 300 mm )

この式に、吹付けのり枠の許容曲げ応力度  $M_{\max} = 12.3 \text{ MN} \cdot \text{mm}$  を代入して、吹付けのり枠 300 × 300 ( 2,000 × 2,000 ) で施工可能な最大補強材軸力を求める。



$$M_{\max} = q \cdot L^2 \div 2$$

$$= P \div (L \times 2 - B) \times L^2 \div 2 = 12.3 \text{ (MN} \cdot \text{mm)}$$

$$P = 2 \times 12.3 \text{ (MN} \cdot \text{mm)} \times \{2,000 \text{ (mm)} \times 2 - 300 \text{ (mm)}\} \div 1,000^2 \text{ (mm}^2)$$

$$= 0.0910 \text{ (MN)} = 91.0 \text{ (kN)}$$

よって、吹付けのり枠 300×300(2,000×2,000)は、補強材軸力 P = 91.0 kN まで対応可能である。

6) 吹付けのり枠 300 × 300 ( 1,500 × 1,500 )

鉄筋の許容引張応力度の検討

$$M_{\max} / (A_s' \cdot j \cdot d) \quad s_a = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{\max} \quad 160 \times 397.2 \times 0.889 \times 235 = 13,276,966 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$13.2 \text{ MN} \cdot \text{mm}$$

コンクリートの許容圧縮応力度の検討

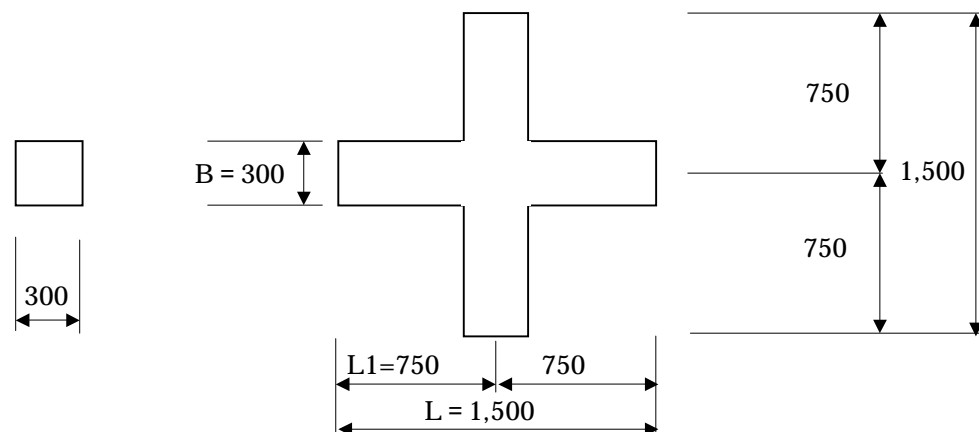
$$M_{\max} / (A_s' \cdot j \cdot d) / m \quad c_a = 5 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{\max} \quad 5 \times 29.82 \times 397.2 \times 0.889 \times 235 = 12,372,472 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$12.3 \text{ MN} \cdot \text{mm}$$

よって、吹付けのり枠 300 × 300 ( 1,500 × 1,500 ) の許容曲げ応力度として  $M_{\max} = 12.3 \text{ MN} \cdot \text{mm}$  を採用する。

吹付けのり枠を下図のような二方向性の張出梁として考えて、構造計算を行うものとする、最大曲げモーメントを求める式は次式となる。



$$M_{\max} = q \cdot L_1^2 \div 2$$

ここに、 $q$  : 支圧板に作用する等分布荷重 {  $q = P \div (L \times 2 \cdot B)$  }

$P$  : 補強材軸力 ( kN )

$L$  : 梁長さ ( 1,500 mm )

$L_1$  : 片持ち梁張出長さ ( 750 mm )

$B$  : 梁幅 ( 300 mm )

この式に、吹付けのり枠の許容曲げ応力度  $M_{\max} = 12.3 \text{ MN} \cdot \text{mm}$  を代入して、吹付けのり枠 300 × 300 ( 1,500 × 1,500 ) で施工可能な最大補強材軸力を求める。

$$M_{\max} = q \cdot L^2 \div 2$$

$$= P \div (L \times 2 - B) \times L^2 \div 2 = 12.3 \text{ (MN} \cdot \text{mm)}$$

$$P = 2 \times 12.3 \text{ (MN} \cdot \text{mm)} \times \{ 1,500 \text{ (mm)} \times 2 - 300 \text{ (mm)} \} \div 750^2 \text{ (mm}^2)$$
$$= 0.118 \text{ (MN)} = 118 \text{ (kN)}$$

よって、吹付けのり枠 300 × 300 (1,500 × 1,500) は、補強材軸力 P = 118 kN まで対応可能である。

## c) 比較結果

鉄筋補強土工の反力板として、Y S ロックボルト逆巻き支圧装置 (800×800×300 主鉄筋 D-10 および D-13、800×800×200 主鉄筋 D-10 および D-13) と吹付けのり枠 300(2,000×2,000、1,500×1,500 主鉄筋 D-16)を採用した場合、それぞれの鉄筋補強土工で採用可能なの最大軸力を下表に示す。

鉄筋補強土工許容最大軸力

反力板種類	鉄筋補強土工許容最大軸力	備考
逆巻き支圧装置 800×300 D-10	158.0 kN	補強材、D-35 程度まで対応可能
逆巻き支圧装置 800×300 D-13	201.0 kN	補強材、D-41 程度まで対応可能
逆巻き支圧装置 800×200 D-10	93.0 kN	補強材、D-25 程度まで対応可能
逆巻き支圧装置 800×200 D-13	139.0 kN	補強材、D-32 程度まで対応可能
のり枠 300×300 (2,000×2,000)	91.0 kN	補強材、D-25 程度まで対応可能
のり枠 300×300 (1,500×1,500)	118.0 kN	補強材、D-29 程度まで対応可能