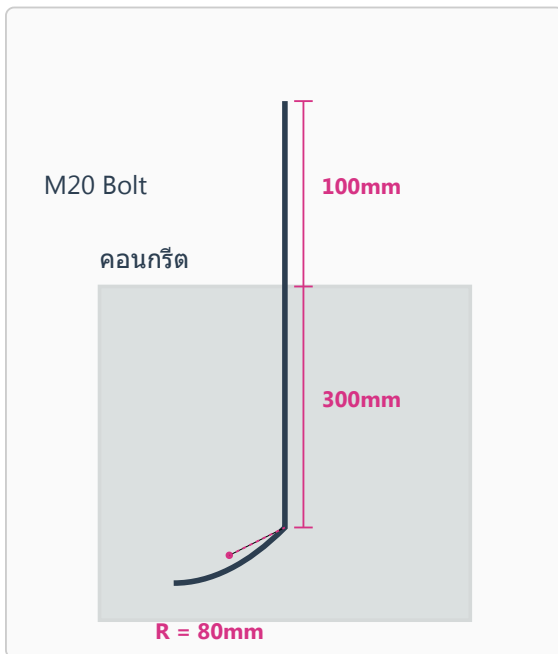


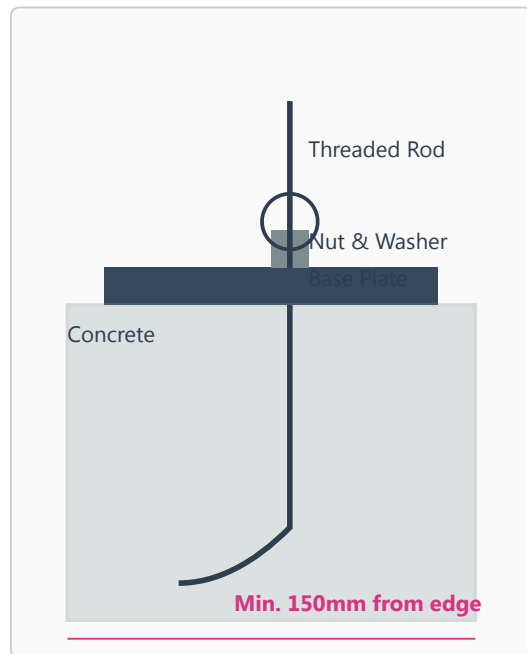
# แบบร่างการออกแบบ J-Bolt และ L-Bolt

## J-Bolt Design (เจโบลต์)

มุมมองด้านข้าง



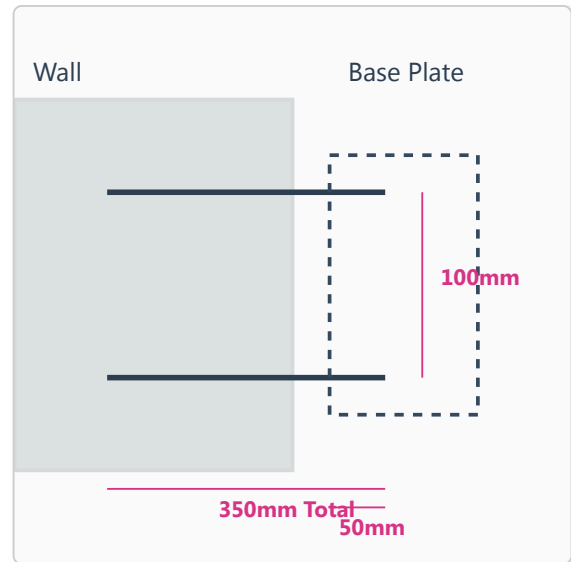
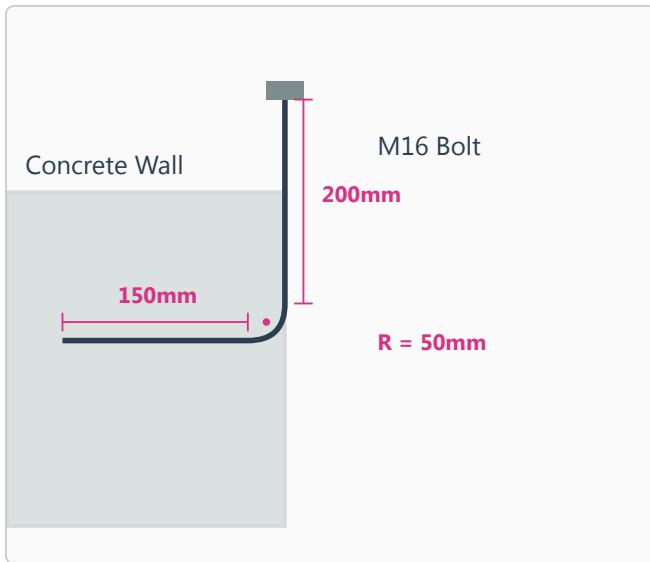
รายละเอียดการติดตั้ง



## L-Bolt Design (แอลโบลต์)

มุมมองด้านข้าง

มุมมองด้านบน



## ตารางข้อมูลทางเทคนิค

### J-Bolt Specifications

| รายการ            | ขนาด M16 | ขนาด M20 | ขนาด M24 |
|-------------------|----------|----------|----------|
| ความยาวฝังขั้นต่ำ | 192 mm   | 240 mm   | 288 mm   |
| รัศมีโค้ง         | 64 mm    | 80 mm    | 96 mm    |
| กำลังรับแรงดึง    | 42 kN    | 73.5 kN  | 110 kN   |
| ระยะห่างจากขอบ    | 100 mm   | 125 mm   | 150 mm   |

### L-Bolt Specifications

| รายการ            | ขนาด M12 | ขนาด M16 | ขนาด M20 |
|-------------------|----------|----------|----------|
| แขนสั้น (ขั้นต่ำ) | 96 mm    | 128 mm   | 160 mm   |
| แขนยาว (ขั้นต่ำ)  | 144 mm   | 192 mm   | 240 mm   |
| รัศมีโค้ง         | 36 mm    | 48 mm    | 60 mm    |
| กำลังรับแรงดึง    | 25 kN    | 42 kN    | 73.5 kN  |

## สูตรการคำนวณพื้นฐาน

$l_d = 12 \times d_b$  (สำหรับ J-Bolt)

$l_d = 8 \times d_b$  (สำหรับ L-Bolt แขนสั้น)

**กำลังรับแรงดึงของโบลต์:**

$$P_t = 0.75 \times A_s \times f_u$$

โดย  $A_s$  = พื้นที่หน้าตัดโบลต์,  $f_u$  = ความแข็งแรงสูงสุด

**ระยะห่างจากขอบ:**

$$e \geq 2.5 \times d_b \text{ (ขั้นต่ำ)}$$

$$e \geq 50 \text{ mm (สำหรับการใช้งานทั่วไป)}$$

**หมายเหตุสำคัญ:**

- ค่าที่แสดงเป็นค่าขั้นต่ำ ควรปรับเพิ่มตามสภาพการใช้งานจริง
- ต้องคำนวณความปลอดภัยต่อการดึงขาดของคอนกรีต
- พิจารณาการเคลื่อนป้องกันสนิมตามสภาพแวดล้อม
- ปฏิบัติตามมาตรฐาน ACI 318 หรือ TIS ที่เกี่ยวข้อง

# รายการคำนวณการออกแบบ J-Bolt และ L-Bolt

คู่มือการคำนวณและออกแบบโบลต์ยึดสำหรับงานโครงสร้าง

วันที่: 13 สิงหาคม 2568

## 1. ข้อมูลพื้นฐานและสัญลักษณ์

$d_b$  = เส้นผ่านศูนย์กลางโบลต์ (mm)

$A_s$  = พื้นที่หน้าตัดเส้นลึงของโบลต์ (mm<sup>2</sup>)

$f_y$  = ความแข็งแรงครากของเหล็ก (MPa)

$f_u$  = ความแข็งแรงสูงสุดของเหล็ก (MPa)

$f'_c$  = ความแข็งแรงอัดของคอนกรีต (MPa)

$T$  = แรงดึงที่กระทำ (kN)

$V$  = แรงเฉือนที่กระทำ (kN)

$l_d$  = ความยาวฝัง (mm)

$r$  = รัศมีโค้ง (mm)

## 2. สูตรการคำนวณ J-Bolt

### 2.1 กำลังรับแรงดึงของโบลต์

$$P_t = \phi \times A_s \times f_u$$

โดย  $\phi = 0.75$  (ค่าลดกำลัง)

### 2.2 ความยาวฝังขั้นต่ำ

$$l_{d,min} = 12 \times d_b$$

$$l_{d,design} \geq \max(l_{d,min}, l_{d,required})$$

### 2.3 ความยาวฝังตามแรงดึง

$$l_{d, required} = T / (4 \times \sqrt{f'_c} \times d_b \times \pi/4 \times d_b)$$
$$l_{d, required} = T / (\pi \times d_b^2 \times \sqrt{f'_c})$$

### 2.4 รัศมีโค้ง

$$r \geq 3 \times d_b \quad (\text{ขั้นต่ำ})$$
$$r = 4 \times d_b \quad (\text{แนะนำ})$$

### 2.5 ระยะห่างจากขอบ

$$e \geq 2.5 \times d_b \quad (\text{ขั้นต่ำ})$$
$$e \geq 50 \text{ mm} \quad (\text{สำหรับการใช้งานทั่วไป})$$

## 3. ตัวอย่างการคำนวณ J-Bolt

โจทย์: ออกแบบ J-Bolt สำหรับยึดเสาเหล็ก

ข้อมูล:

- แรงดึง  $T = 50 \text{ kN}$
- คอนกรีต  $f'_c = 28 \text{ MPa}$
- เหล็กโบลต์ A36 ( $f_u = 400 \text{ MPa}$ )

ขั้นตอนที่ 1: เลือกขนาดโบลต์

ทดลองใช้ M20:  $A_s = 245 \text{ mm}^2$

$$P_t = 0.75 \times 245 \times 400 = 73,500 \text{ N} = 73.5 \text{ kN}$$

เนื่องจาก  $73.5 \text{ kN} > 50 \text{ kN} \therefore$  ใช้ M20 ได้

ขั้นตอนที่ 2: คำนวณความยาวฝัง

$$l_{d, min} = 12 \times 20 = 240 \text{ mm}$$

$$l_{d, required} = 50,000 / (\pi \times 20^2 \times \sqrt{28}) = 50,000 / (1,256 \times 5.29) = 7.53 \text{ mm}$$

$$l_{d,design} = \max(240, 7.53) = 240 \text{ mm}$$

ใช้  $l_d = 300 \text{ mm}$  (เพิ่ม safety margin)

ขั้นตอนที่ 3: กำหนดรัศมีโค้ง

$$r = 4 \times 20 = 80 \text{ mm}$$

ขั้นตอนที่ 4: ระยะห่างจากขอบ

$$e \geq 2.5 \times 20 = 50 \text{ mm}$$

ใช้  $e = 75 \text{ mm}$

ผลลัพธ์:

- โบลต์ M20 × 400 mm ยาว
- ความยาวฝัง 300 mm
- รัศมีโค้ง 80 mm
- ระยะห่างจากขอบ 75 mm

## 4. สูตรการคำนวณ L-Bolt

---

### 4.1 กำลังรับแรงดึงของโบลต์

$$P_t = \phi \times A_s \times f_u$$

โดย  $\phi = 0.75$  (ค่าลดกำลัง)

### 4.2 ความยาวแขนสั้น (ฝังในคอนกรีต/ผนัง)

$$L_{1,min} = 6 \times d_b \text{ (ขั้นต่ำ)}$$
$$L_{1,design} = 8 \times d_b \text{ (แนะนำ)}$$

### 4.3 ความยาวแขนยาว (ยื่นออกมา)

$$L_{2,min} = 12 \times d_b \text{ (ขั้นต่ำ)}$$
$$L_{2,design} = 15 \times d_b \text{ (แนะนำ)}$$

### 4.4 รัศมีโค้ง

$$r \geq 2 \times d_b \text{ (ขั้นต่ำ)}$$
$$r = 3 \times d_b \text{ (แนะนำ)}$$

### 4.5 การคำนวณแรงลัพธ์

$$R = \sqrt{T^2 + V^2}$$

โดย  $T = \text{แรงดึง}$ ,  $V = \text{แรงเฉือน}$

## 5. ตัวอย่างการคำนวณ L-Bolt

---

## โจทย์: ออกแบบ L-Bolt สำหรับยึดแป้นฐานเครื่องจักร

### ข้อมูล:

- แรงดึง  $T = 30 \text{ kN}$
- แรงเฉือน  $V = 20 \text{ kN}$
- เหล็กโบลต์ A36 ( $f_u = 400 \text{ MPa}$ )

#### ขั้นตอนที่ 1: คำนวณแรงลัพธ์

$$R = \sqrt{(30^2 + 20^2)} = \sqrt{(900 + 400)} = \sqrt{1300} = 36.1 \text{ kN}$$

#### ขั้นตอนที่ 2: เลือกขนาดโบลต์

ทดลองใช้ M16:  $A_s = 157 \text{ mm}^2$

$$P_t = 0.75 \times 157 \times 400 = 47,100 \text{ N} = 47.1 \text{ kN}$$

เนื่องจาก  $47.1 \text{ kN} > 36.1 \text{ kN} \therefore$  ใช้ M16 ได้

#### ขั้นตอนที่ 3: กำหนดความยาวแขน

แขนสั้น  $L_1 = 8 \times 16 = 128 \text{ mm} \rightarrow$  ใช้ 150 mm

แขนยาว  $L_2 = 15 \times 16 = 240 \text{ mm} \rightarrow$  ใช้ 250 mm

#### ขั้นตอนที่ 4: กำหนดรัศมีโค้ง

$$r = 3 \times 16 = 48 \text{ mm} \rightarrow \text{ใช้ } 50 \text{ mm}$$

#### ผลลัพธ์:

- โบลต์ M16
- แขนสั้น 150 mm
- แขนยาว 250 mm
- รัศมีโค้ง 50 mm

## 6. ตารางข้อมูลทางเทคนิค

### 6.1 ข้อมูลพื้นที่หน้าตัดโบลต์

| ขนาดโบลต์ | เส้นผ่าศูนย์กลาง (mm) | พื้นที่หน้าตัด $A_s$ (mm <sup>2</sup> ) | น้ำหนัก (kg/m) |
|-----------|-----------------------|-----------------------------------------|----------------|
| M12       | 12                    | 84.3                                    | 0.888          |
| M16       | 16                    | 157                                     | 1.58           |
| M20       | 20                    | 245                                     | 2.47           |
| M24       | 24                    | 353                                     | 3.55           |
| M30       | 30                    | 561                                     | 5.55           |

## 6.2 กำลังรับแรงดึงของโบลต์ (เหล็ก A36, $f_u = 400$ MPa)

| ขนาดโบลต์ | กำลังรับแรงดึง $P_t$ (kN) | กำลังรับแรงเฉือน $P_v$ (kN) | การใช้งานทั่วไป |
|-----------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|
| M12       | 25.3                      | 15.2                        | งานเบา          |
| M16       | 47.1                      | 28.3                        | งานปานกลาง      |
| M20       | 73.5                      | 44.1                        | งานหนัก         |
| M24       | 105.9                     | 63.5                        | งานหนักมาก      |
| M30       | 168.3                     | 101.0                       | งานอุตสาหกรรม   |

## 6.3 ความยาวฝังและรัศมีโค้งขั้นต่ำ

| ขนาดโบลต์ | J-Bolt $l_d$ ,min (mm) | J-Bolt $r$ ,min (mm) | L-Bolt $L_1$ ,min (mm) | L-Bolt $L_2$ ,min (mm) | L-Bolt $r$ ,min (mm) |
|-----------|------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| M12       | 144                    | 48                   | 96                     | 144                    | 36                   |
| M16       | 192                    | 64                   | 128                    | 192                    | 48                   |
| M20       | 240                    | 80                   | 160                    | 240                    | 60                   |
| M24       | 288                    | 96                   | 192                    | 288                    | 72                   |
| M30       | 360                    | 120                  | 240                    | 360                    | 90                   |

## 7. ขั้นตอนการออกแบบแบบละเอียด

### 7.1 สำหรับ J-Bolt

ขั้นที่ 1: กำหนดแรงกระทำและสภาพแวดล้อม

- วิเคราะห์แรงดึง (T)
- พิจารณาแรงลม แรงแผ่นดินไหว
- เลือกเกรดเหล็กตามสภาพแวดล้อม

ขั้นที่ 2: เลือกขนาดโบลต์เบื้องต้น

- คำนวณ  $P_t = 0.75 \times A_s \times f_u$
- ตรวจสอบ  $P_t \geq T \times SF$  ( $SF = 2.0-2.5$ )

ขั้นที่ 3: คำนวณความยาวฝัง

- $l_{d,min} = 12 \times d_b$
- $l_{d,required} = T / (\pi \times d_b^2 \times \sqrt{f'_c})$
- $l_{d,design} = \max(l_{d,min}, l_{d,required}) \times SF$

ขั้นที่ 4: กำหนดรูปร่างโบลต์

- รัศมีโค้ง  $r = 4 \times d_b$
- ความยาวโค้ง  $= 1.5 \times r$
- ความยาวเหนือคอนกรีต  $\geq 50 \text{ mm} + \text{หนาแป้น} + \text{ความสูงนัท}$

ขั้นที่ 5: ตรวจสอบการวางตำแหน่ง

- ระยะห่างจากขอบ  $\geq 2.5 \times d_b$
- ระยะห่างระหว่างโบลต์  $\geq 3 \times d_b$
- ความลึกคอนกรีต  $\geq l_d + 50 \text{ mm}$

### 7.2 สำหรับ L-Bolt

ขั้นที่ 1: วิเคราะห์แรงกระทำ

- แรงดึง T
- แรงเฉือน V
- แรงลัพธ์  $R = \sqrt{T^2 + V^2}$

#### ขั้นที่ 2: เลือกขนาดโบลต์

- คำนวณ  $P_t = 0.75 \times A_s \times f_u$
- ตรวจสอบ  $P_t \geq R \times SF$

#### ขั้นที่ 3: กำหนดความยาวแขน

- แขนสั้น  $L_1 = 8 \times d_b$  (ขั้นต่ำ)
- แขนยาว  $L_2 = 15 \times d_b$  (ขั้นต่ำ)
- ปรับตามพื้นที่การใช้งาน

#### ขั้นที่ 4: กำหนดรัศมีโค้ง

- $r = 3 \times d_b$
- ตรวจสอบความเค้นที่มุมโค้ง

#### ขั้นที่ 5: ตรวจสอบการติดตั้ง

- การยึดติดในผนัง/คอนกรีต
- การรับแรงใน 2 ทิศทาง
- ความเหมาะสมของแป้นฐาน

## 8. ข้อควรระวังและข้อแนะนำ

### ข้อควรระวัง

- ต้องใช้ค่า Safety Factor ไม่น้อยกว่า 2.0
- ตรวจสอบความแข็งแรงของคอนกรีตรอบโบลต์
- พิจารณาการขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิ
- เลือกวัสดุเคลือบป้องกันสนิมให้เหมาะสม
- ใช้แม่แบบที่แข็งแรงเพื่อรักษาตำแหน่งโบลต์

### ข้อแนะนำ

- ใช้โปรแกรม CAD สำหรับการออกแบบที่ซับซ้อน
- ปรึกษาวิศวกรโครงสร้างสำหรับงานสำคัญ

- ทดสอบความแข็งแรงก่อนการใช้งานจริง
- จัดทำรายงานการคำนวณสำหรับการตรวจสอบ
- ปฏิบัติตามมาตรฐาน ACI 318, AISC หรือ TIS

## 9. มาตรฐานและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง

| มาตรฐาน      | หัวข้อ                                             | การใช้งาน                    |
|--------------|----------------------------------------------------|------------------------------|
| ACI 318      | Building Code Requirements for Structural Concrete | การออกแบบโครงสร้างคอนกรีต    |
| AISC 360     | Specification for Structural Steel Buildings       | การออกแบบโครงสร้างเหล็ก      |
| ASTM A36     | Standard Specification for Carbon Structural Steel | เหล็กโครงสร้างคาร์บอน        |
| ASTM A572    | High-Strength Low-Alloy Structural Steel           | เหล็กโครงสร้างความแข็งแรงสูง |
| TIS 24-2548  | เหล็กโครงสร้าง                                     | มาตรฐานไทย                   |
| TIS 166-2549 | คอนกรีตและผลิตภัณฑ์คอนกรีต                         | มาตรฐานไทย                   |