

# บทที่ 5

## ข้อกำหนดการเดินสายและวัสดุ

**ดุยทรศน์ นวลหงษ์**

**กองวิศวกรรมไฟฟ้า, ฝ่ายวิศวกรรมไฟฟ้าและระบบควบคุม  
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย**

**โทร 02-4361817**

**E-mail: dulyatat.n@egat.co.th**



# หัวข้อการบรรยาย (Topics)

5.1 การเดินสายระบบแรงต่ำ

5.2 การเดินสายระบบแรงสูง

5.3 การเดินสายเปิดหรือเดินลอย (Open wiring)

5.4-5.9 การเดินสายในท่อ

5.10-5.15 การเดินสายในช่องเดินสาย (Raceway)

5.16 กล่องสำหรับงานไฟฟ้า (Box)

5.17 Switchboard & Panel board

5.18 สายไฟฟ้า

5.19 สายเคเบิล Mineral insulated cable (MI)

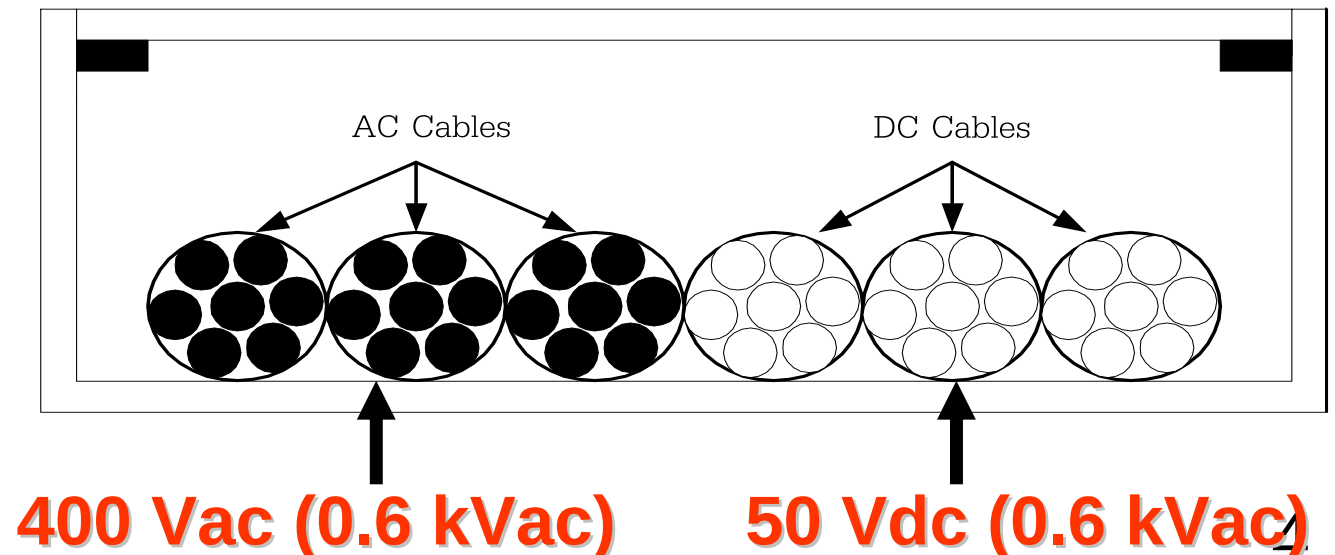
## 5.1 ข้อกำหนดการเดินสายสำหรับระบบแรงต่ำ

### ■ ข้อกำหนดนี้ครอบคลุมการเดินสายทั้งหมด

**ยกเว้น** การเดินสายที่เป็นส่วนประกอบภายในของ  
บริภัณฑ์ไฟฟ้า เช่น มอเตอร์ แผงควบคุม  
และแผงสวิตช์ต่าง ๆ ซึ่งประกอบสำเร็จรูป  
จากโรงงาน

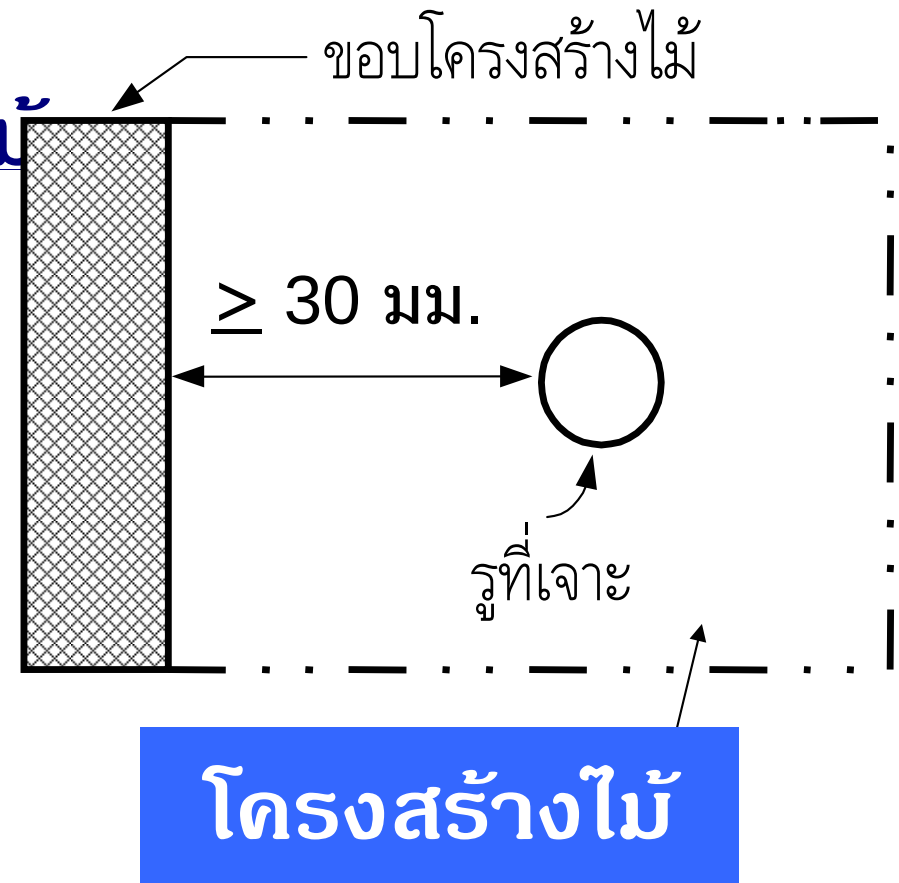
# ระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันต่างกัน

- ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) และกระแสตรง (DC) อนุญาตให้ติดตั้งสายไฟรวมกันได้ ถ้าฉนวนของสายมีความเหมาะสมกับระบบแรงดันสูงสุดที่ใช้
- ห้ามติดตั้งสายไฟที่ใช้กับระบบแรงต่ำรวมกับสายไฟระบบแรงสูง



# การป้องกันความเสียหายโครงสร้างไม้

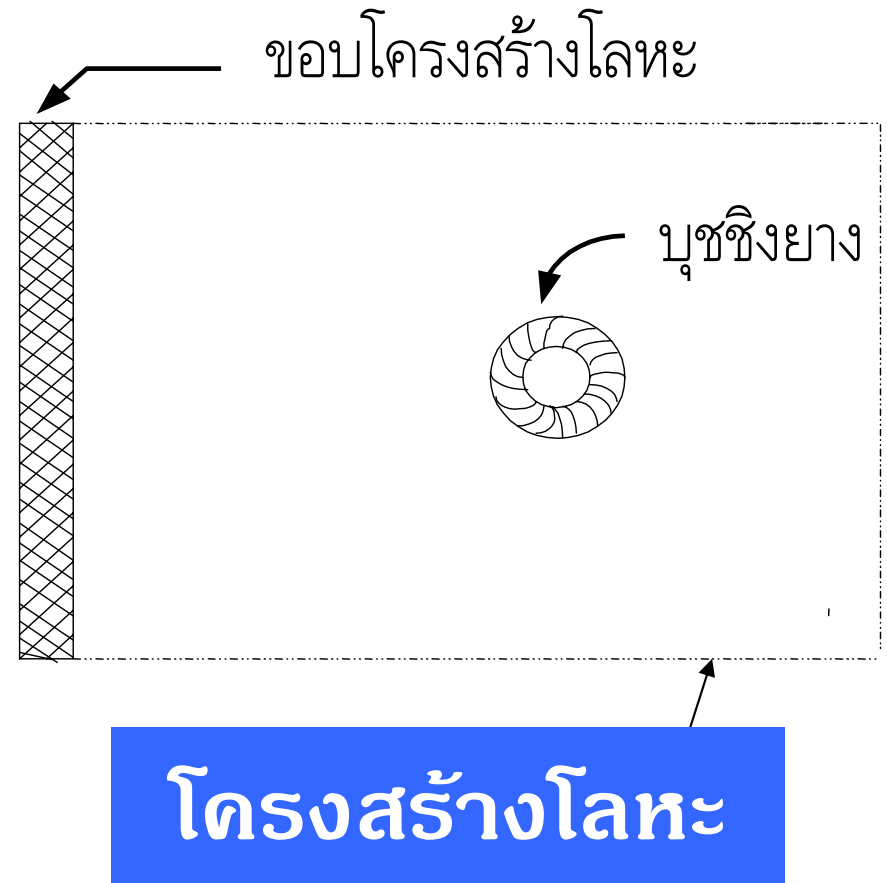
- การเดินสายผ่านโครงสร้างไม้  
รูที่เจาะต้องห่างจากขอบ  
ไม่น้อยกว่า 30 มม.



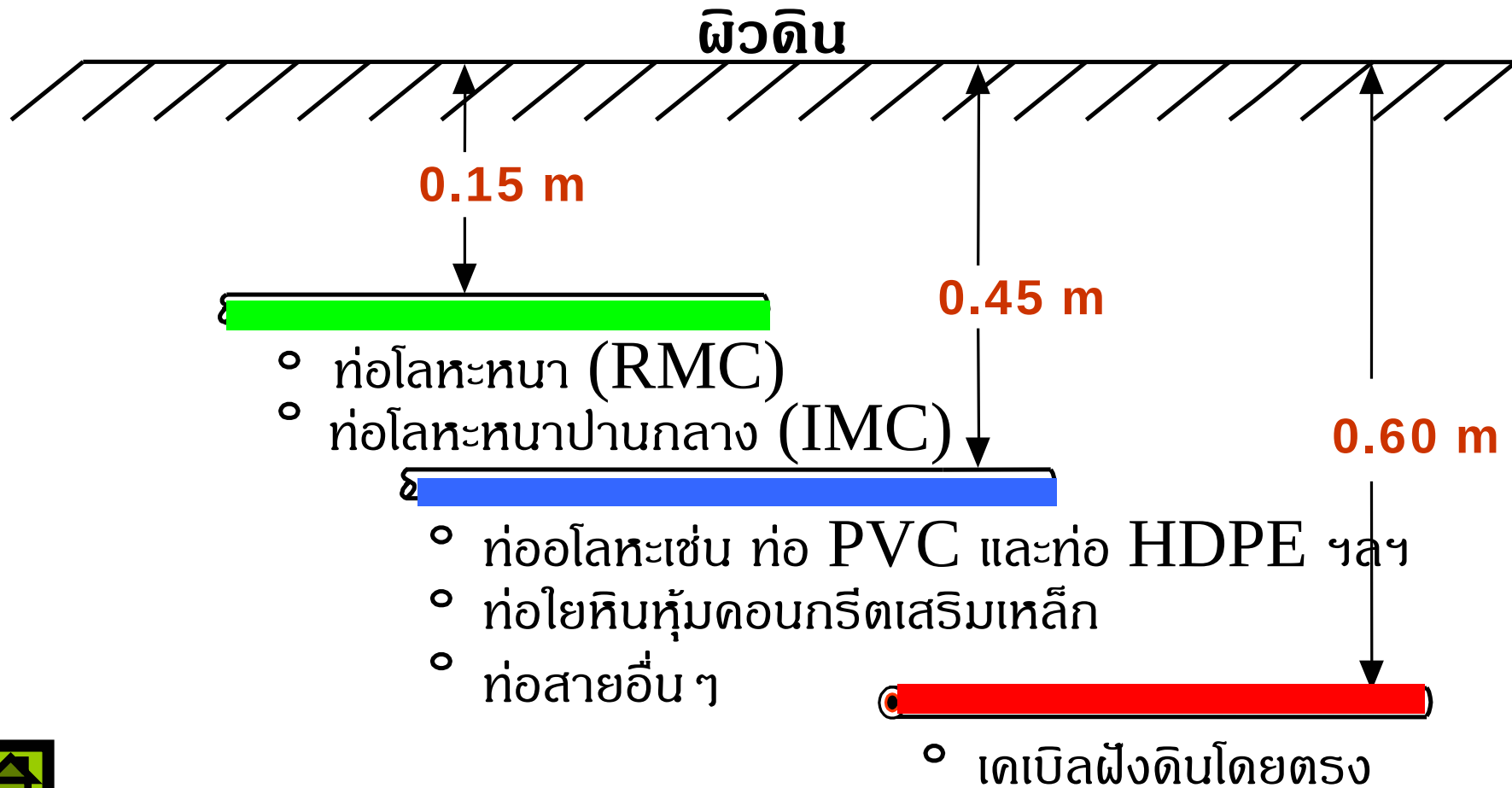
# การป้องกันความเสียหายโครงสร้างโลหะ



การเดินสายไฟที่เปลือก  
นอกไม่เป็นโลหะ ผ่าน  
โครงสร้างโลหะที่เจาะเป็น  
ช่องหรือรูต้องมี  
บุชชิ่งยาง

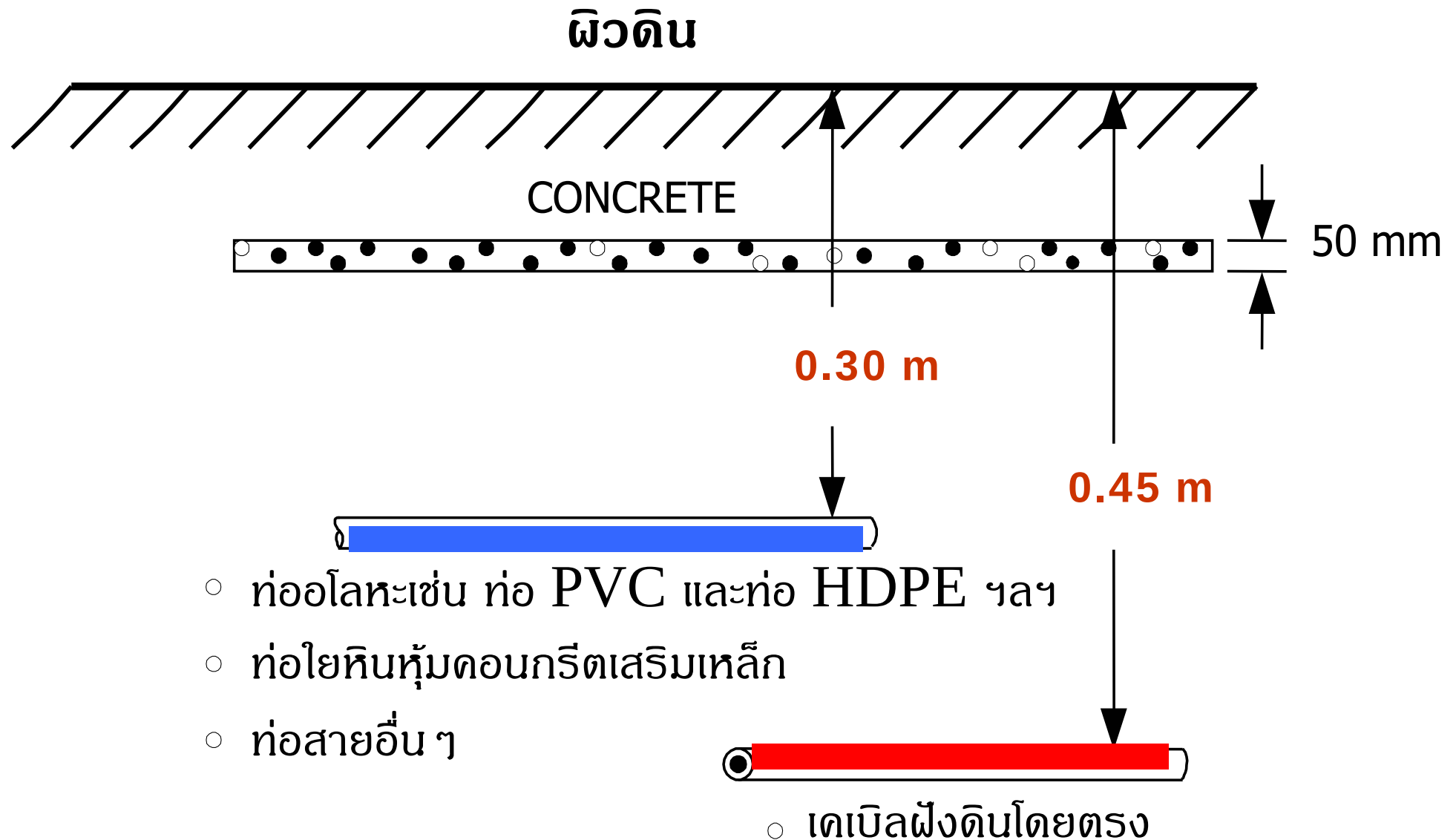


# ความลึกในการติดตั้งใต้ดิน

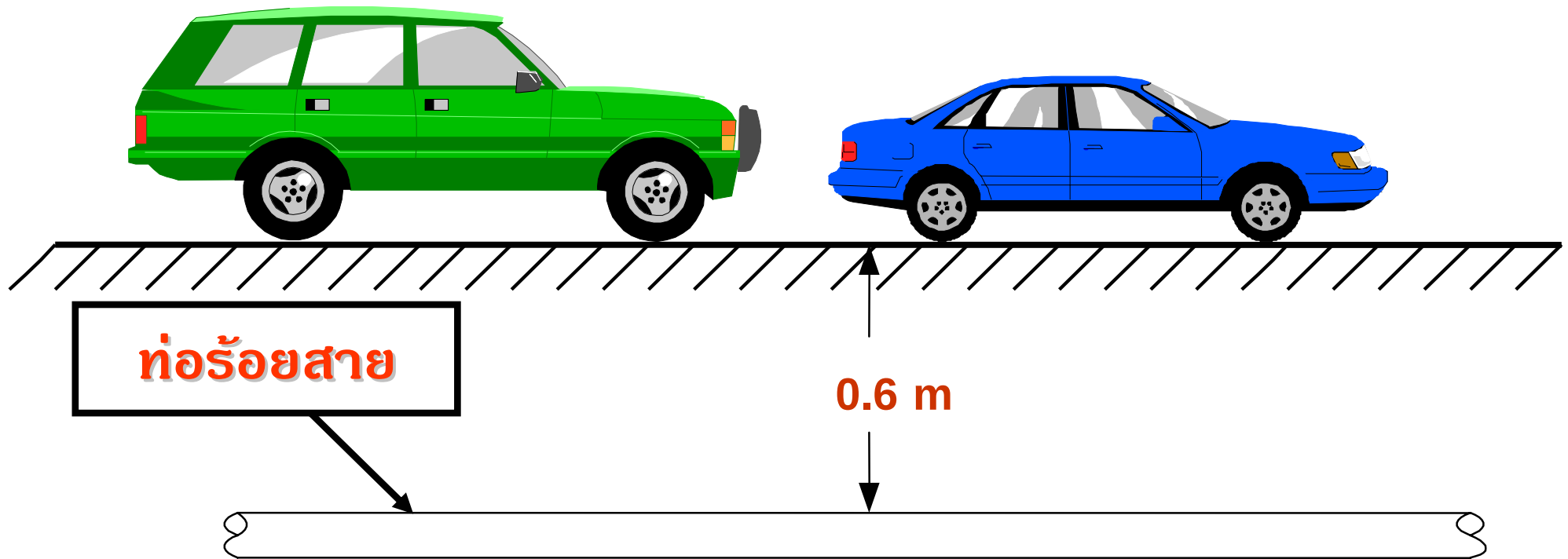


สำหรับระบบ**แรงดันต่ำ**

# การติดตั้งใต้ดินเมื่อมีแผ่น concrete ปิดทับ

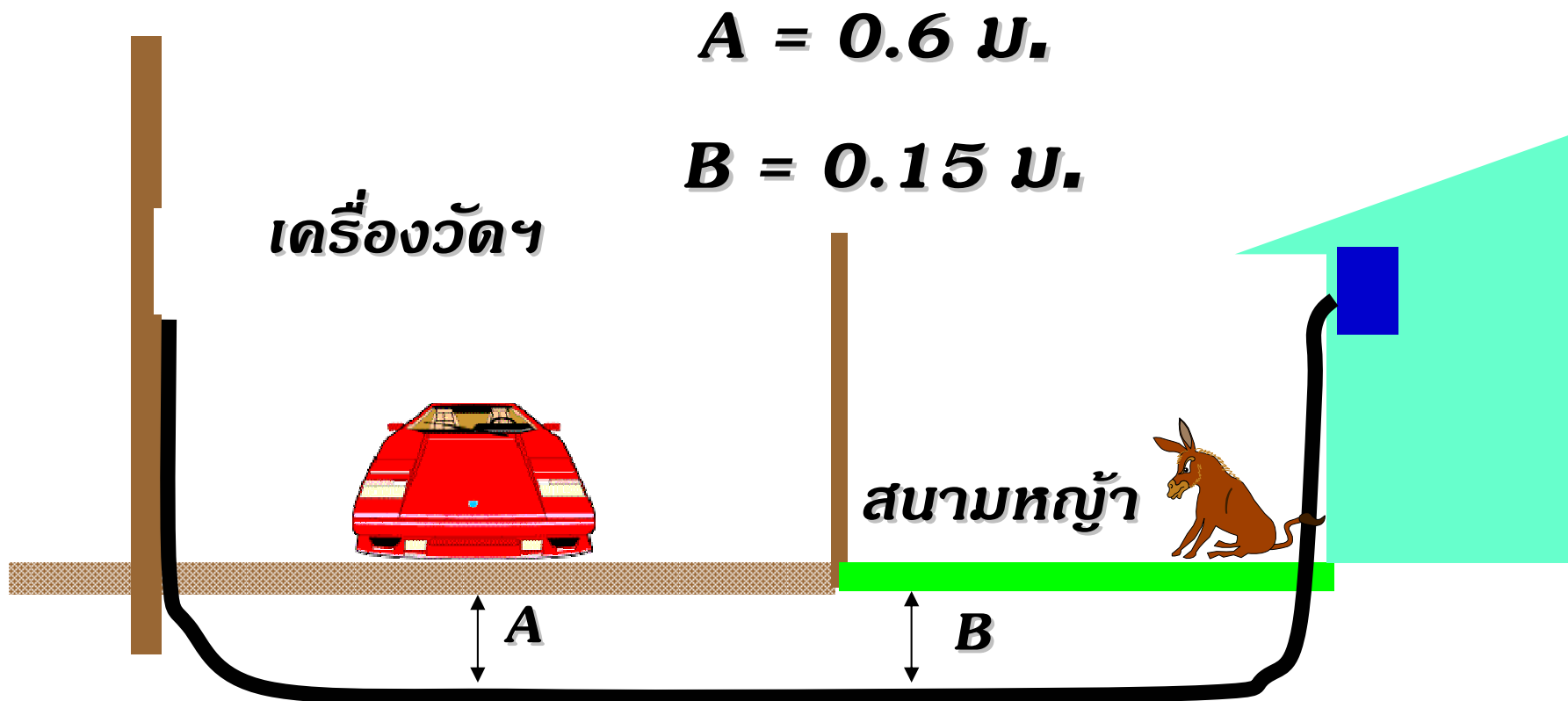


# การติดตั้งไต้ดินบริเวณที่มีรถยนต์วิ่งผ่าน



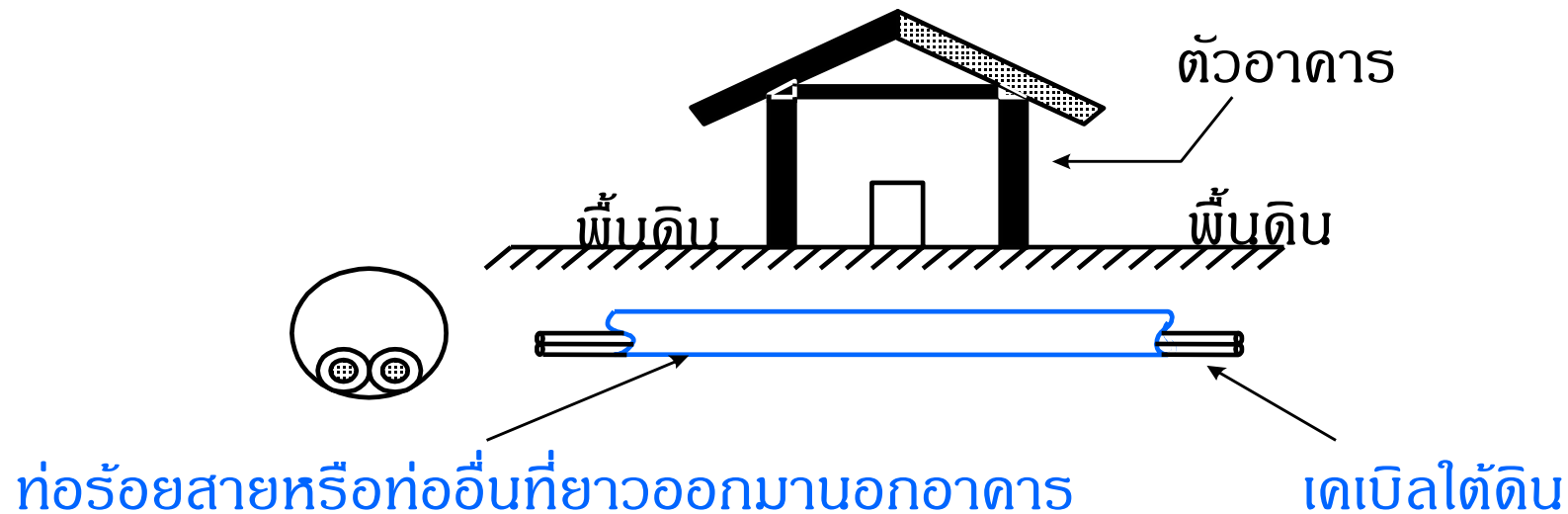
# ตัวอย่าง สาย NYY เดินร้อยท่อโลหะหนาฝังดิน

## จงกำหนดความลึกของ A และ B



# การติดตั้งเดเบิ้ลลอดใต้อาคาร

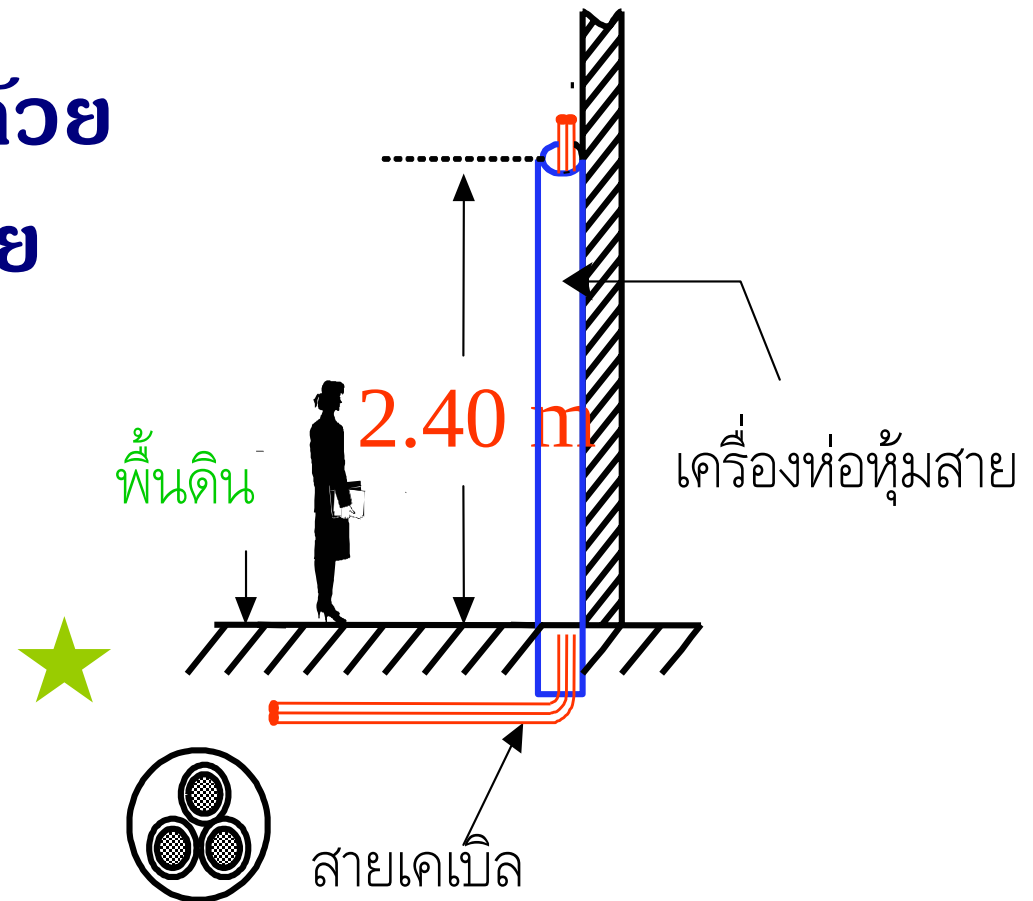
1. ต้องติดตั้งอยู่ในท่อร้อยสาย
2. ท่อร้อยสายต้องยาวเลยผนังด้านนอกของอาคาร



# เคเบิลฝังดินโดยตรงแล้วโผล่ขึ้นจากดิน

ต้องมีการป้องกันอันตรายด้วย  
เครื่องท่อหุ้มหรือท่อร้อยสาย  
สูงจากระดับพื้นดิน

ไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร

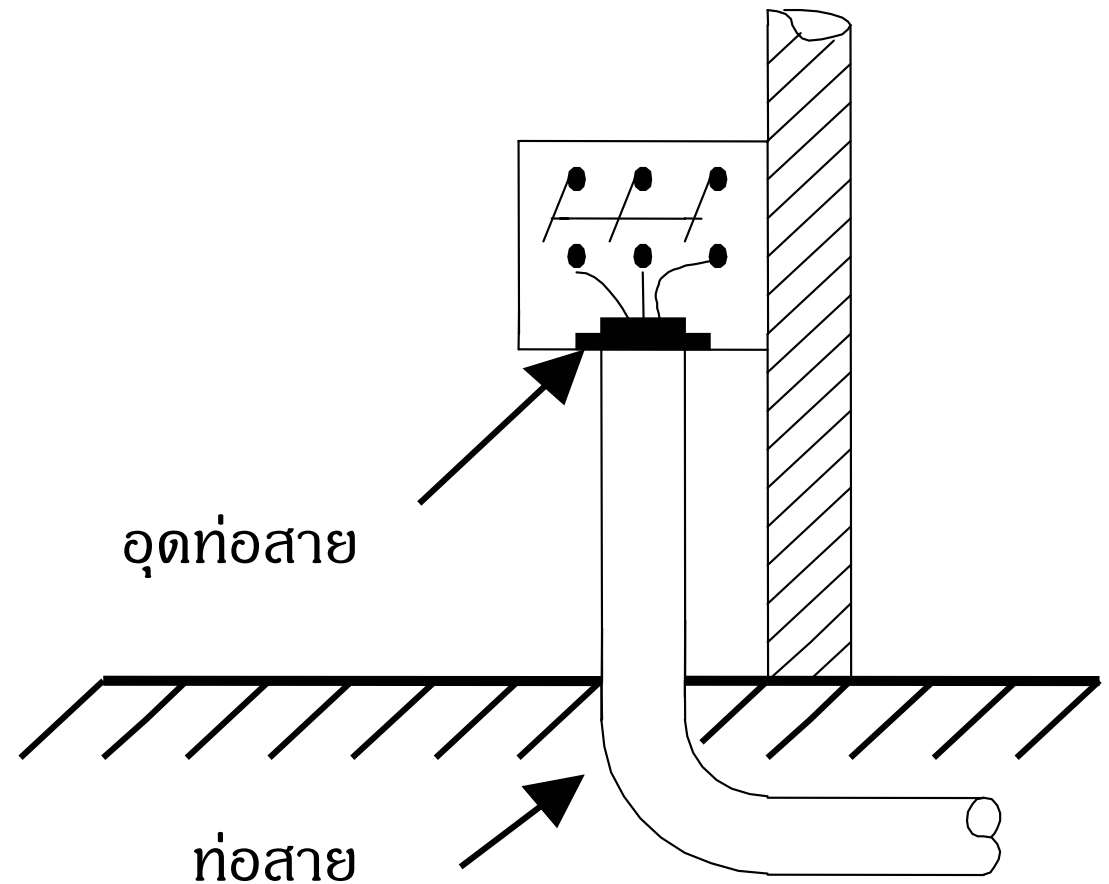


# เดเบลฝังดินโดยตรงแล้วโผล่ขึ้นจากดิน



# การป้องกันความชื้นในท่อร้อยสาย

ต้องอุดที่ปลายใด  
ปลายหนึ่งหรือทั้งสอง  
ปลายของท่อร้อยสาย  
เพื่อป้องกันความชื้น



# การป้องกันการฟุกร่อน

## ■ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดตั้งควรมีคุณสมบัติดังนี้

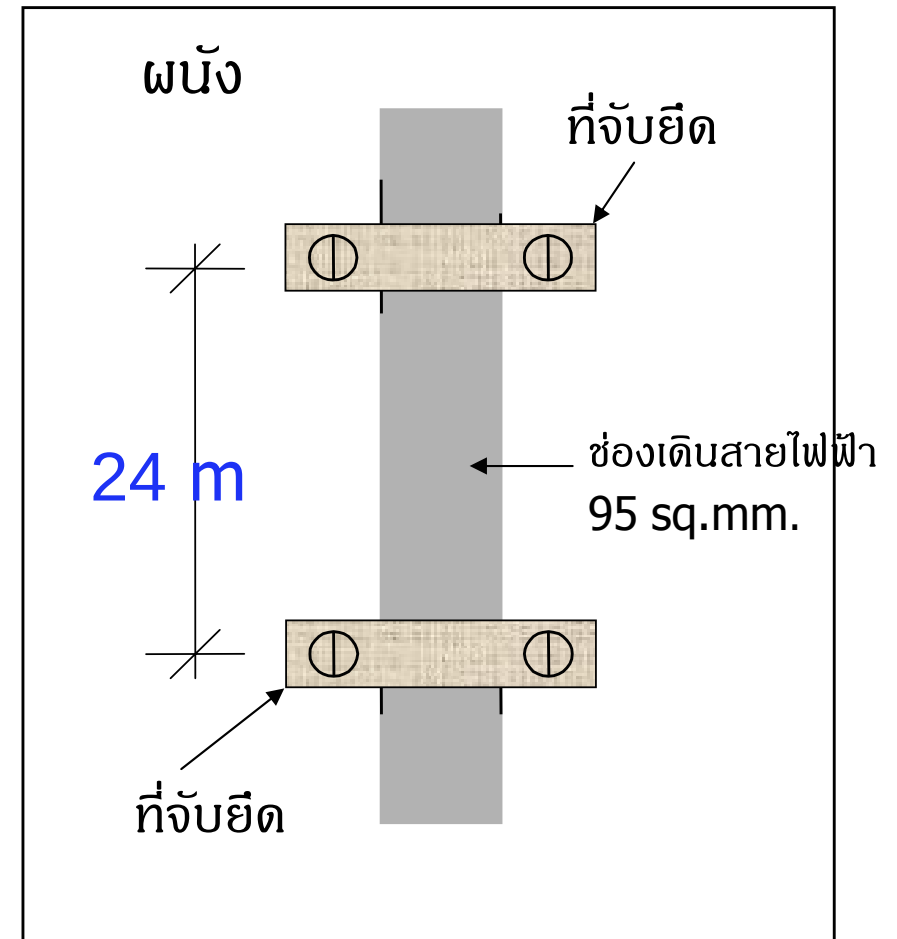
- ใช้วัสดุที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ที่ติดตั้งใช้งาน
- ต้องเคลือบด้วยวัสดุกันการฟุกร่อน เช่น

สังกะสีแคดเมียม หรือ อีนาเมล (Enamel)

**หมายเหตุ** การป้องกันด้วยอีนาเมลไม่อนุญาตให้ใช้ใน  
สถานที่เปียกหรือภายนอกอาคาร

# การติดตั้งวัสดุและการจับยึด

สายไฟฟ้าในช่องเดินสาย  
แนวดิ่งต้องมีการจับยึดที่  
ปลายด้านบนและจับยึดเป็น  
ช่วง ๆ มีระยะไม่เกินจากที่  
กำหนดในตารางที่ 5-2



# การติดตั้งวัสดุและการจับยึด



# ระยะห่างสำหรับการจับยึดสายไฟใน**แนวดิ่ง**

ตารางที่ 5-2

| ขนาดของสายไฟฟ้า ( $\text{mm}^2$ ) | ระยะจับยึดต่ำสุด ( m ) |
|-----------------------------------|------------------------|
| ไม่เกิน 50                        | 30                     |
| 70-120                            | 24                     |
| 150-185                           | 18                     |
| 240                               | 15                     |
| 300                               | 12                     |
| เกินกว่า 300                      | 10                     |

**ยกเว้น** ถ้าระยะตามแนวดิ่งน้อยกว่า 25% ของระยะที่กำหนดในตาราง 5-2 ไม่ต้องใช้ที่จับยึด



# การกำหนดสีของสายไฟหุ้มฉนวน

สำหรับเฟส 1 สีดำ  
สำหรับเฟส 2 สีแดง  
สำหรับเฟส 3 สีน้ำเงิน



ตัวนำนิวทรัล ใช้สีเทาอ่อนหรือขาว

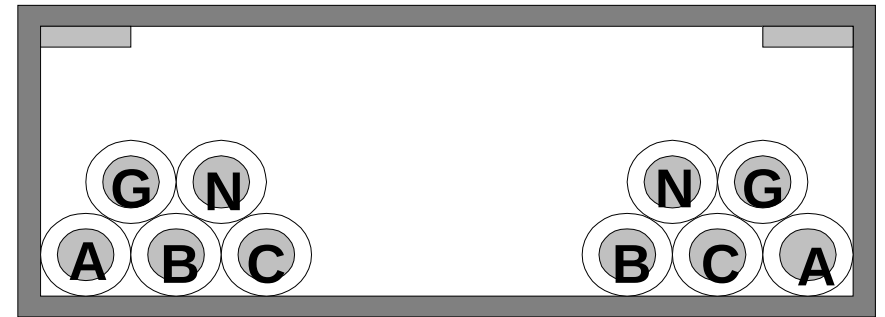


สายดินใช้สีเขียว หรือ สีเขียวแถบเหลือง  
หรือเป็นสายเปลือย

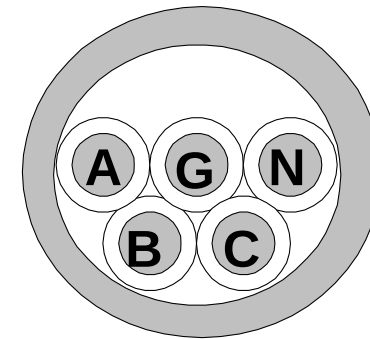


# การลดผลของกระแสเหนี่ยวนำ

- สายไฟแกนเดี่ยวทุกเส้น และสายดิน ต้องติดตั้งในท่อร้อยสายเดียวกัน
- ถ้าอยู่ในรางเดินสาย (Wireways) หรือรางเคเบิล (Cable Trays) ให้วางเป็นกลุ่มเดียวกัน

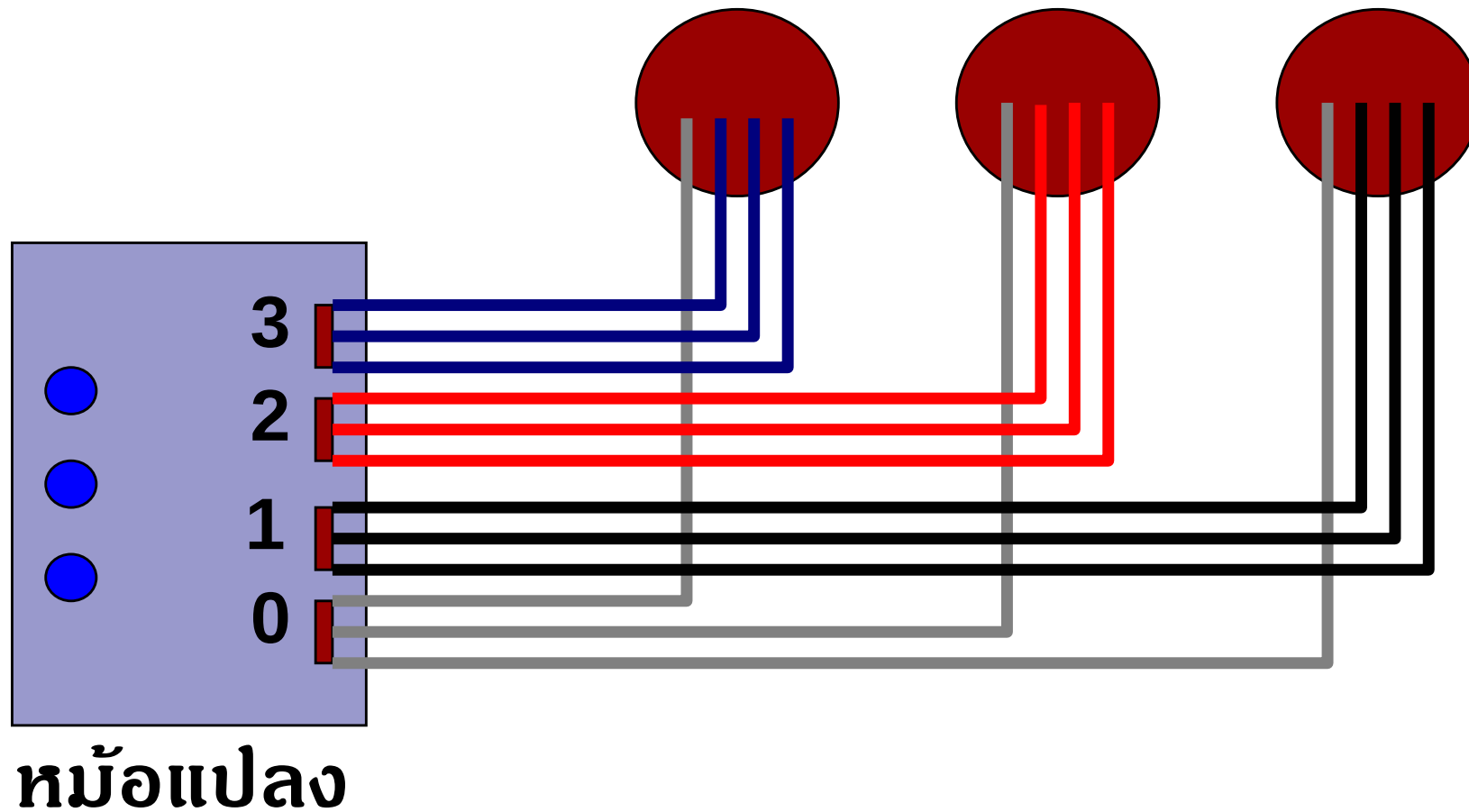


สายไฟแกนเดี่ยวในรางเดินสายเดียวกัน

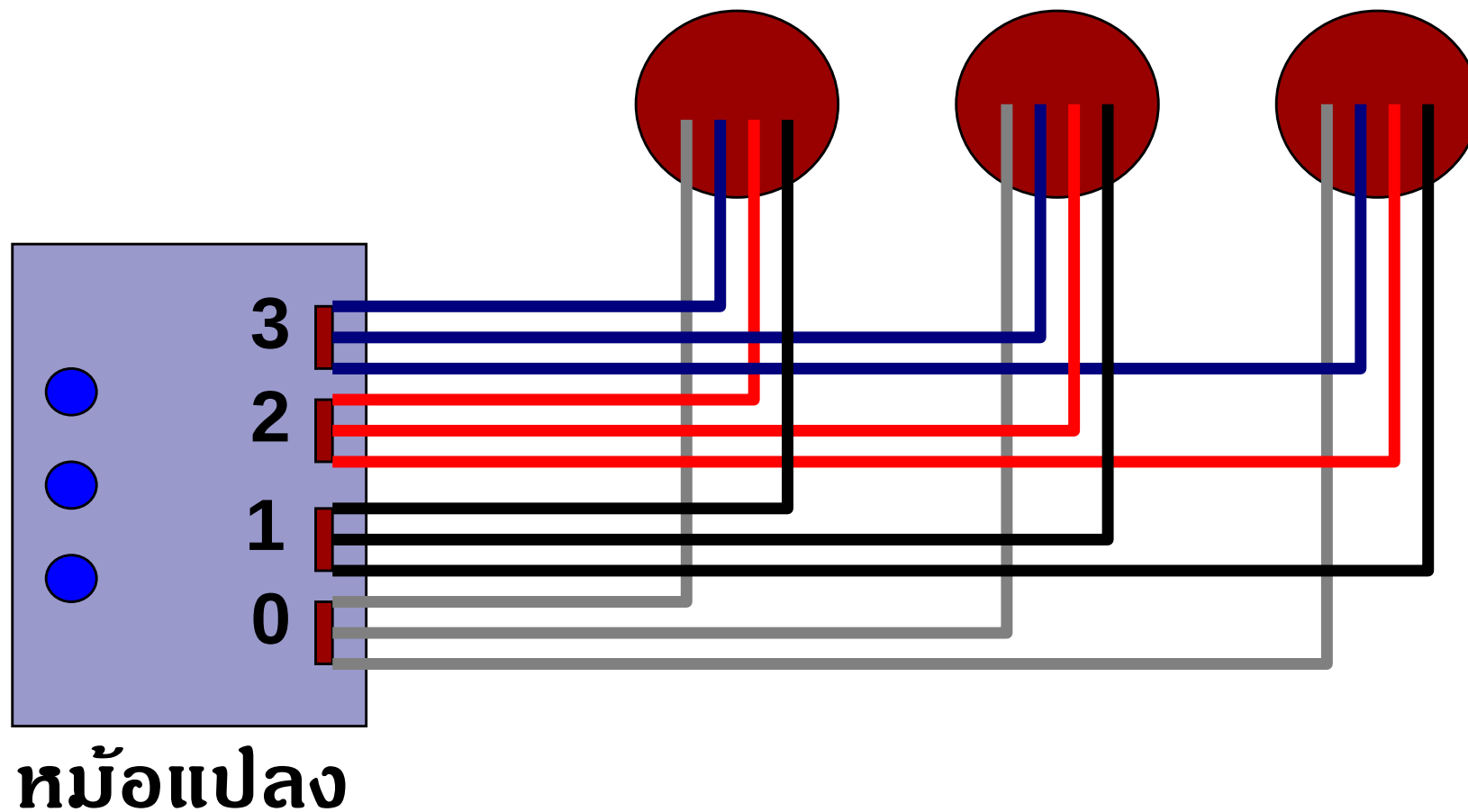


สายไฟแกนเดี่ยวในท่อร้อยสายเดียวกัน

# ตัวอย่างการเดินสายที่ผิด



# ตัวอย่างการเดินสายที่ถูก



# จำนวนสายไฟสูงสุดในท่อร้อยสาย

ตารางที่ 5-3

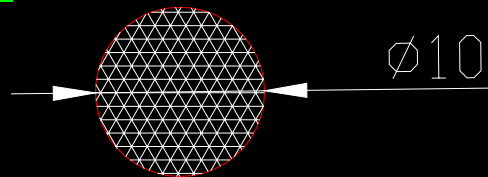
พื้นที่หน้าตัดสูงสุดรวมของสายไฟทุกเส้นคิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัด   
ของ**ท่อร้อยสาย**

| จำนวนสายในท่อร้อยสาย                                  | 1  | 2  | 3  | 4  | มากกว่า 4 |
|-------------------------------------------------------|----|----|----|----|-----------|
| สายไฟทุกชนิด<br><b>ยกเว้น</b> สายชนิดมีปลอกตะกั่วหุ้ม | 53 | 31 | 40 | 40 | 40        |
| สายไฟชนิดมีปลอกตะกั่วหุ้ม                             | 55 | 30 | 40 | 38 | 35        |

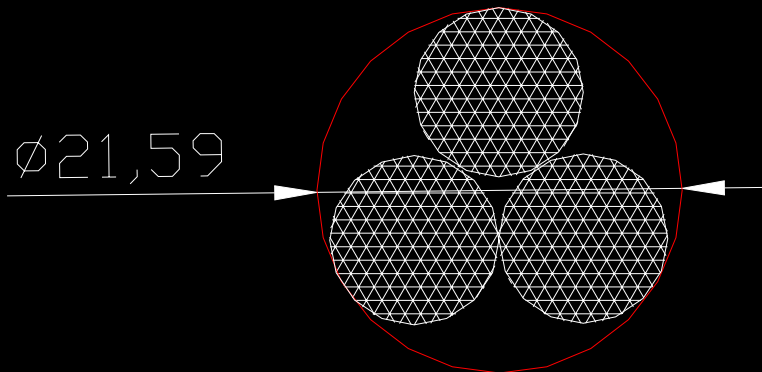
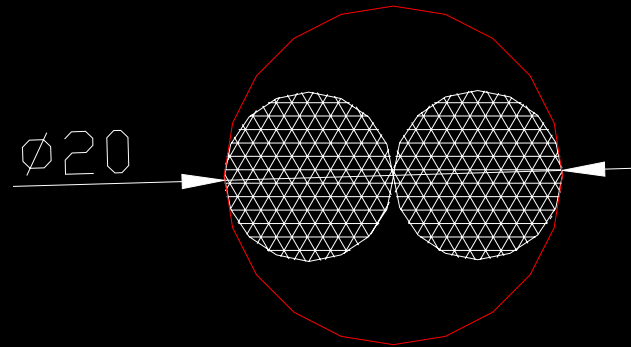


Spacing Index = Total cable cross section / Equivalent cross section

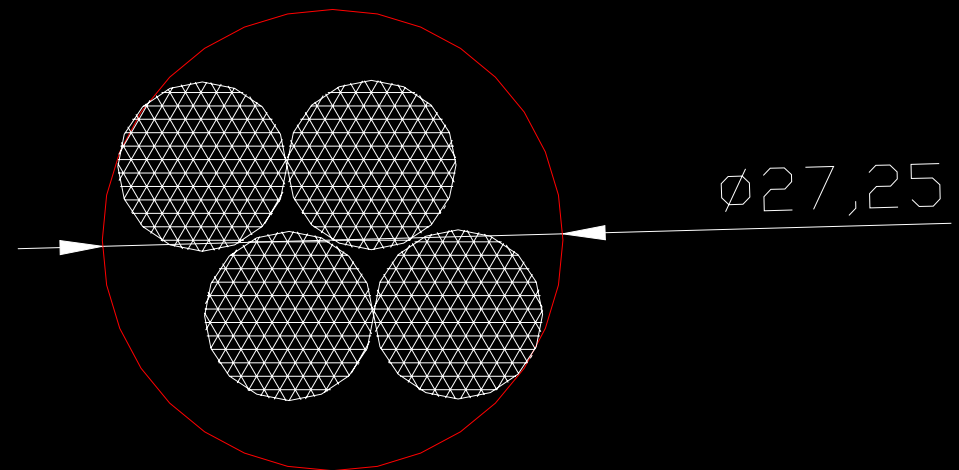
$$\frac{78.53}{78.53} = 1$$



$$\frac{157.06}{314.15} = 0.5$$



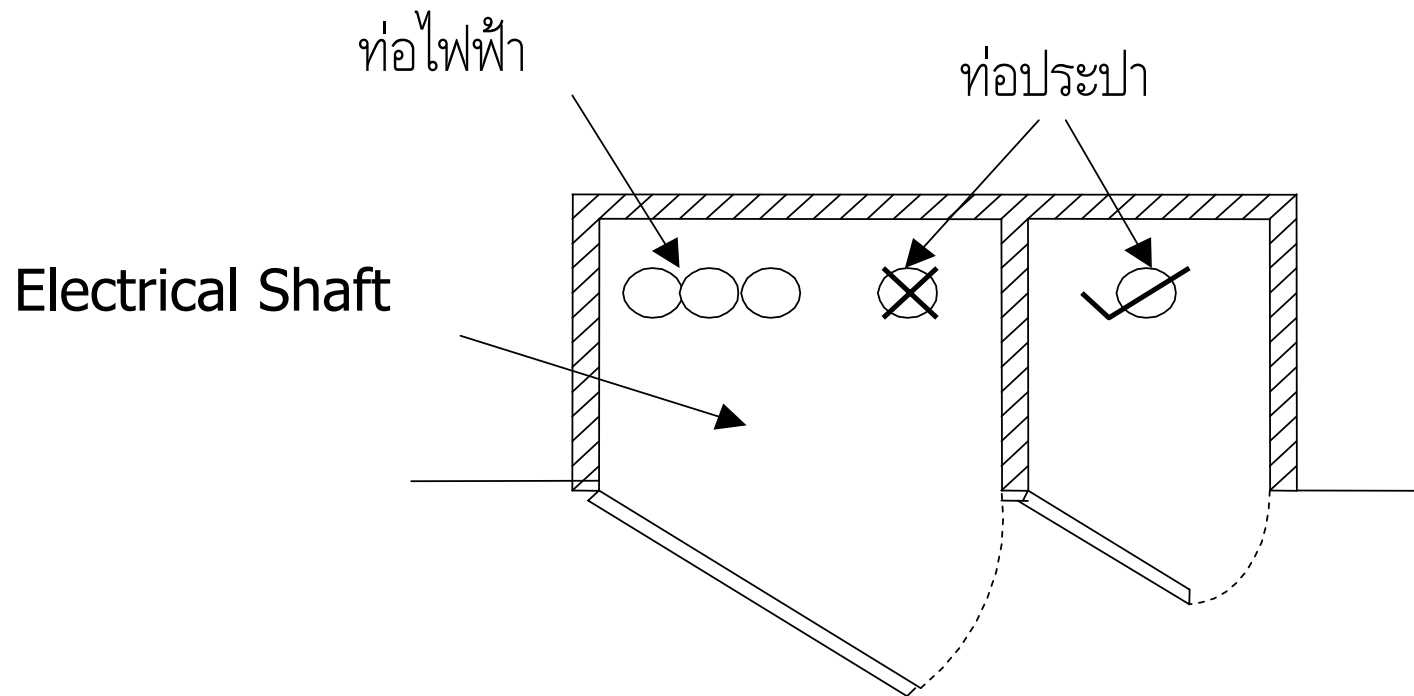
$$\frac{235.56}{366.24} = 0.64$$



$$\frac{314.15}{583.14} = 0.54$$

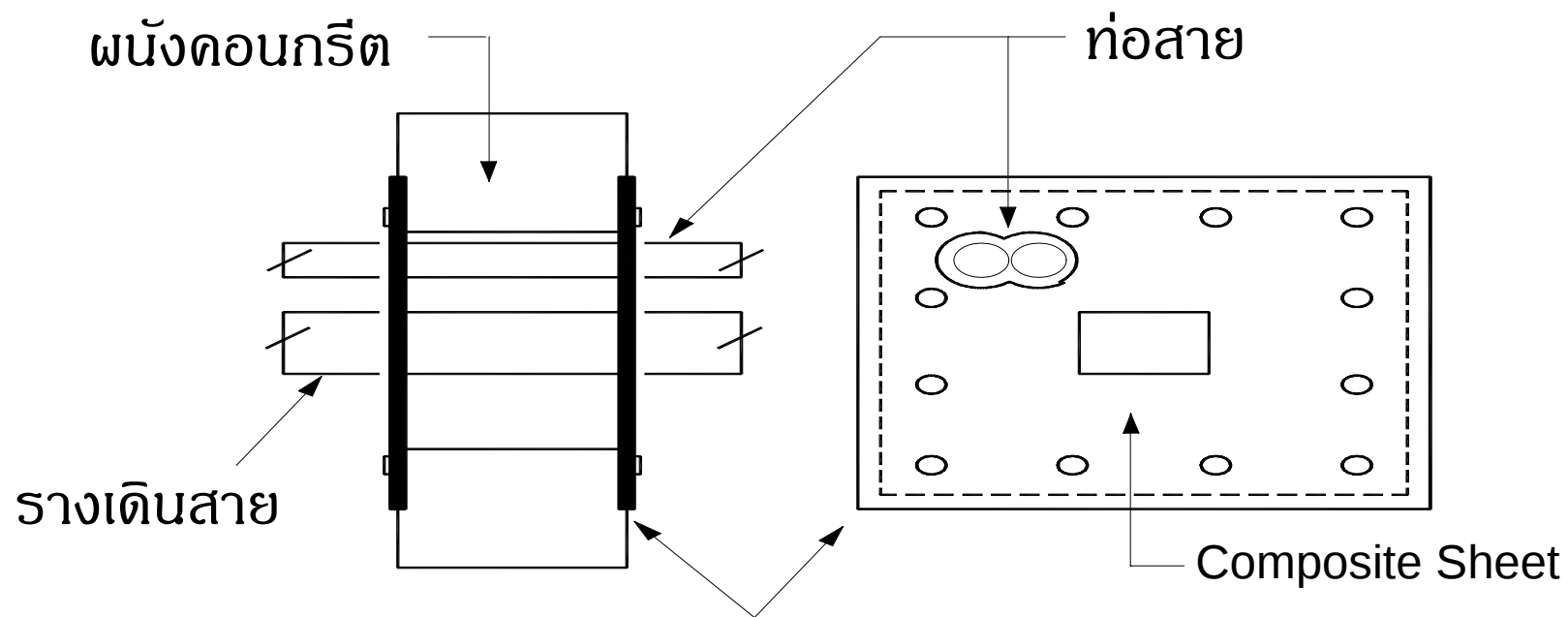
# การสายในท่อร้อยสายร่วมกับระบบอื่น

- ในท่อร้อยสาย รางเคเบิล ช่องสำหรับการเดินสาย ( Electrical Shaft ) ต้องไม่มีท่อสำหรับงานอื่นเดินร่วมด้วย เช่น ท่อประปา



# การติดตั้งไฟฟ้าผ่านผนัง

- การติดตั้งไฟฟ้าที่ผ่านผนัง จากกัน พื้นหรือ เพดานหรือ ช่องท่อไฟฟ้า ต้องมีการป้องกันไม่ให้ไฟลุกลามตามมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยของ วสท.



แนวของรอยต่ออุดด้วยอุปกรณ์สำหรับอุดรู

# การเดินสายควบ

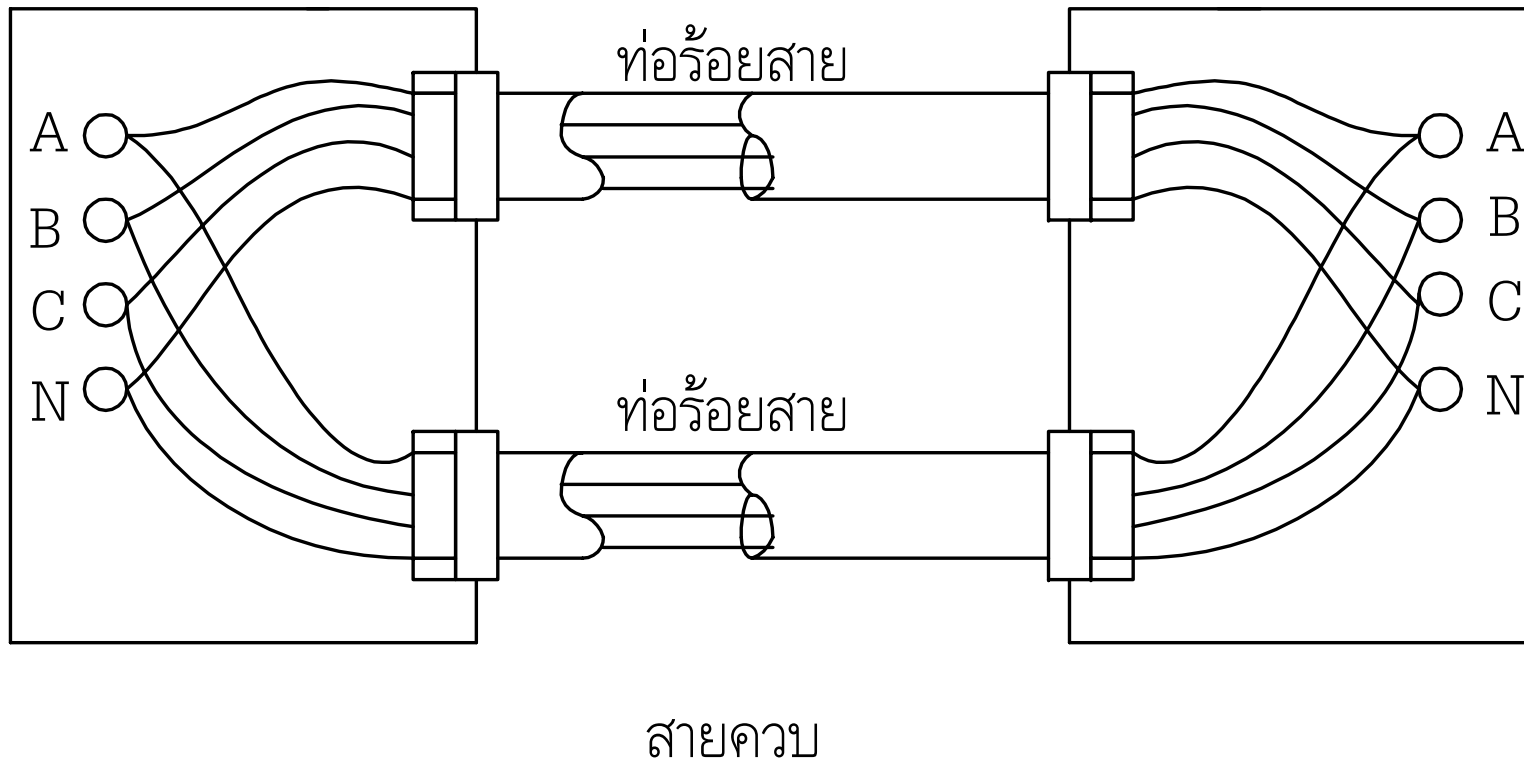
## ■ การเดินสายควบ

การเดินสายควบ ต้องมีลักษณะดังนี้

- สายไฟฟ้าต้องมีขนาด**ไม่เล็กกว่า 50 ตร.มม.**
- เป็นสายชนิดเดียวกัน
- ขนาดเท่ากัน
- ความยาวเท่ากัน
- มีการต่อสายแบบเดียวกัน



# การเดินสายควบ



การเดินสายควบต้องเดินสายเฟสแยกกันไปในแต่ละชุด

# การเดินสายดวบที่ผิด (นำสายเฟสมารวมกัน)

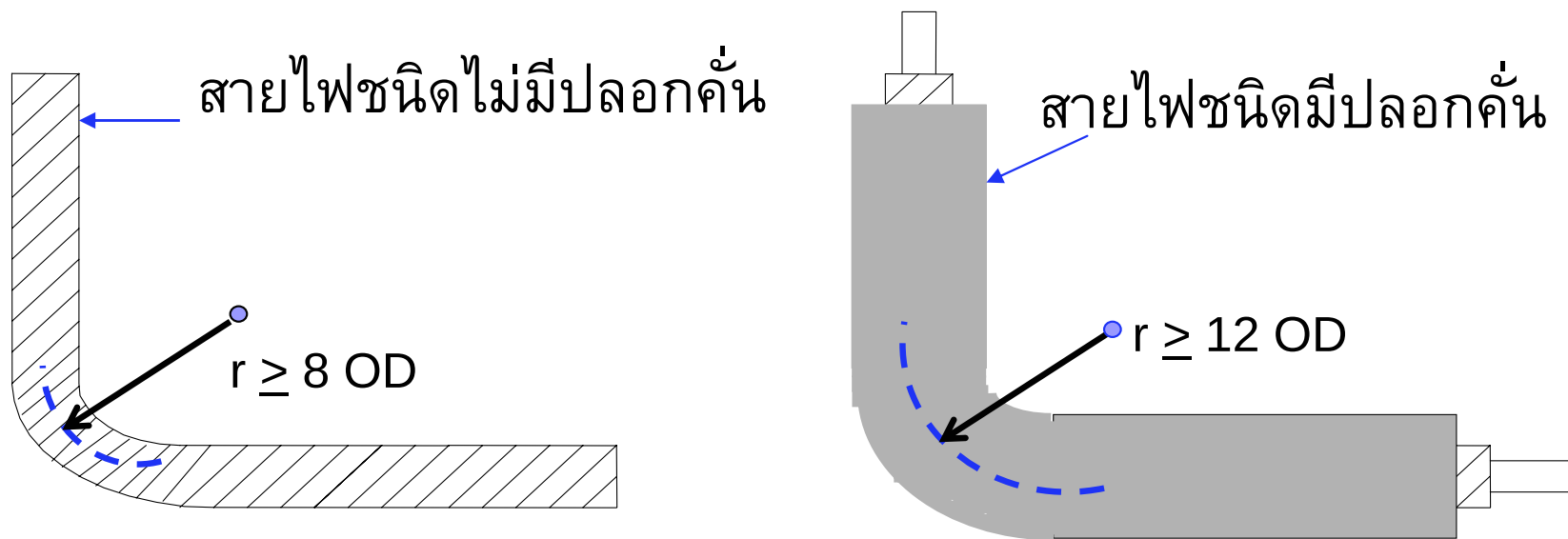


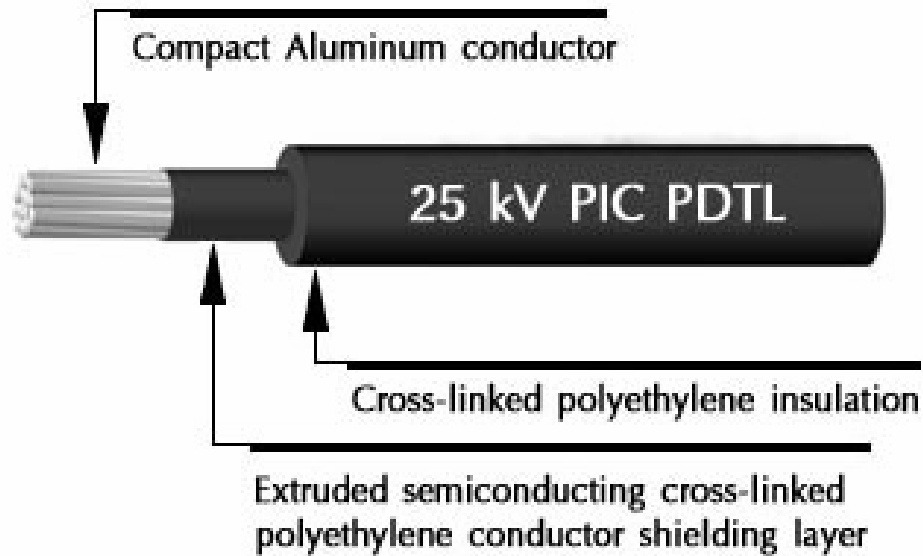
## 5.2 ข้อกำหนดการเดินสายสำหรับระบบแรงสูง

ข้อกำหนดของระบบแรงสูงจะคล้ายกับ  
ระบบแรงต่ำ  
แต่จะมีข้อกำหนดเพิ่มเติมดังนี้

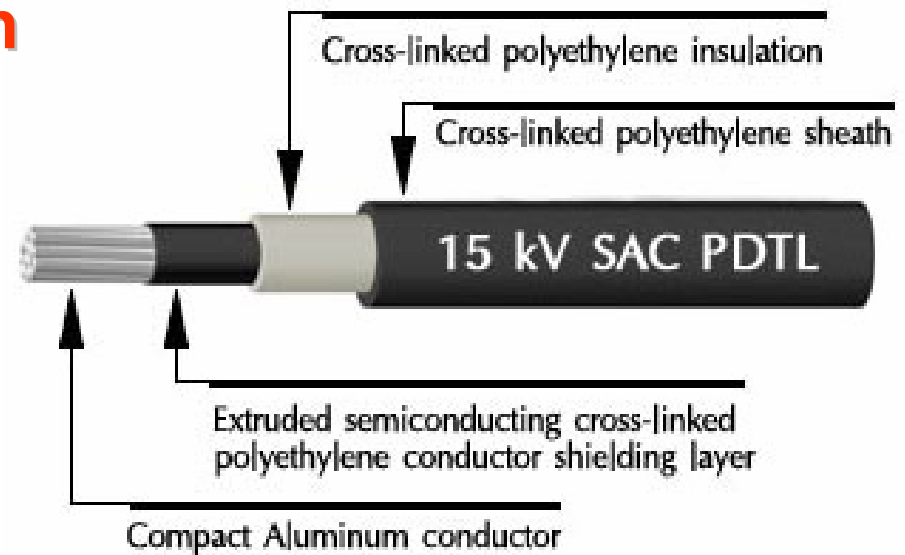
# การโค้งงอของสายไฟแรงสูง

- สายไฟชนิดไม่มีปลอกคั้น (sheath) ต้องมีรัศมีการดัดโค้ง **ไม่น้อยกว่า 8 เท่า** ของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก
- สายไฟชนิดมีปลอกคั้น (sheath) หรือมีเปลือกตะกั่ว ต้องมีรัศมีการดัดโค้ง **ไม่น้อยกว่า 12 เท่า** ของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก

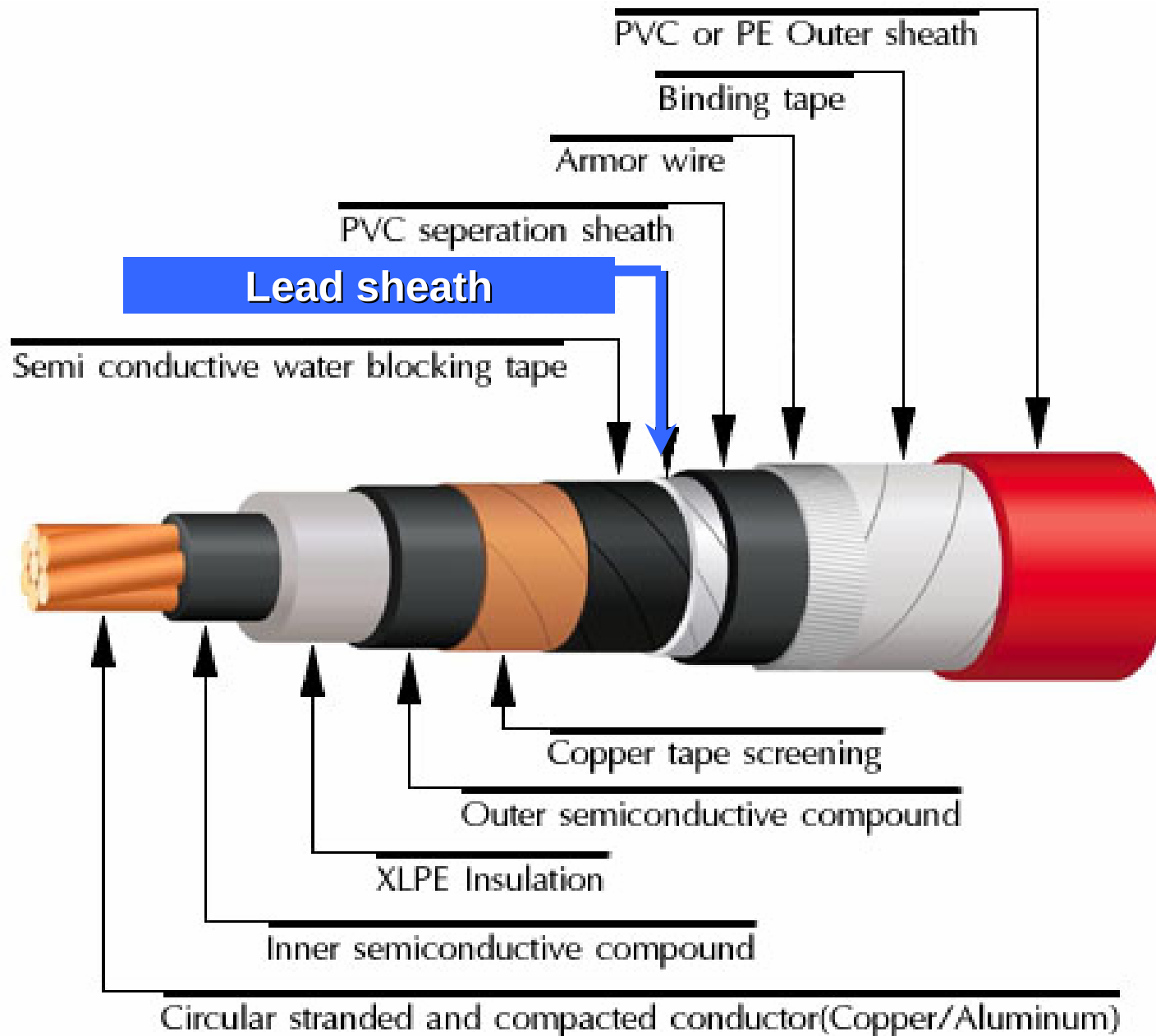




ສາຍ high volt ແບບມີໄມ້ sheath



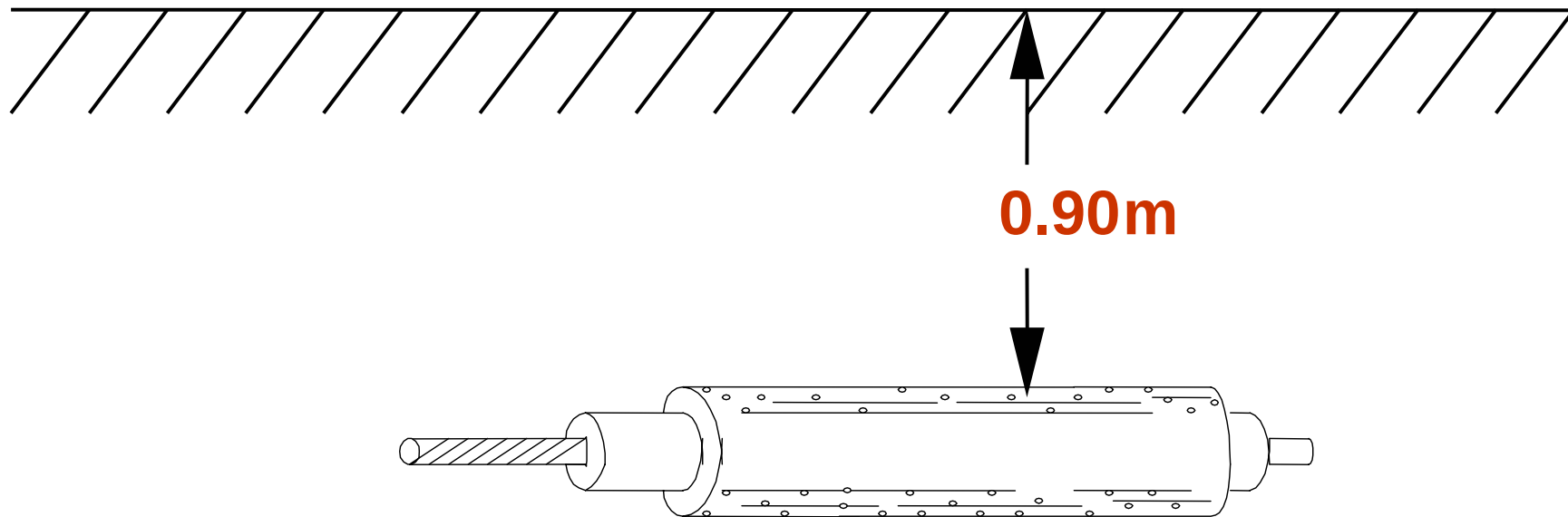
ສາຍ high volt ແບບມີ sheath



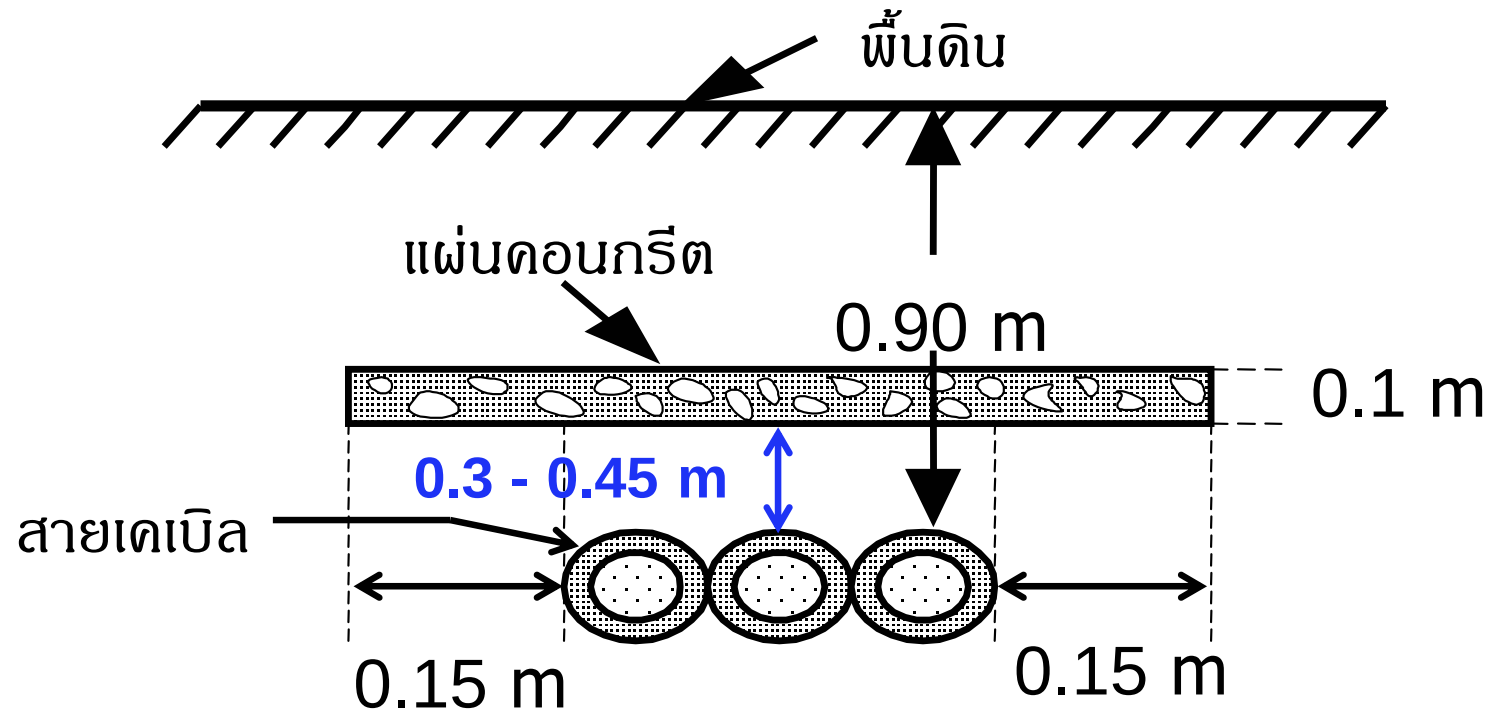
# การติดตั้งไต้ดินสำหรับระบบแรงสูง

## ■ การติดตั้งไต้ดิน (ระบบแรงสูง)

- สายไต้ดิน (ในท่อ) ต้องฝังดินลึก ไม่น้อยกว่า 0.90 m ในทุกกรณี



# การติดตั้งใต้ดินสำหรับระบบแรงสูง



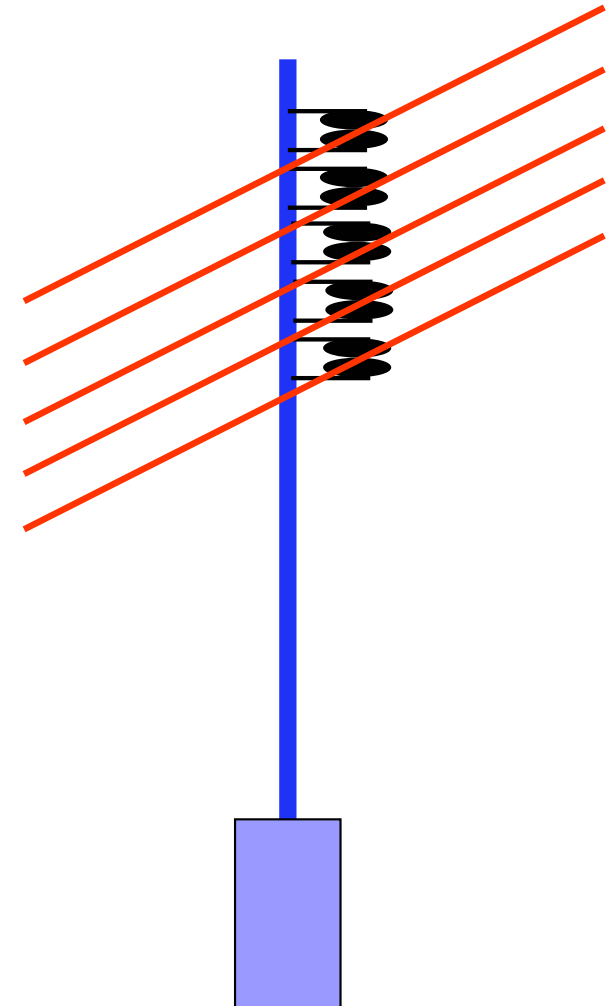
- ถ้าเป็นสายฝังดินโดยตรงต้องมีแผ่นคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า **100 มม** ปิดทับอีกชั้นหนึ่ง เหนือสายเคเบิลระหว่าง **0.30 m** ถึง **0.45 m** แผ่นคอนกรีตต้องกว้างพอที่จะปิดคลุมออกไปจากแนวสายทั้งสองข้าง อย่างน้อยข้างละ **0.15 m**

## 5.3 การเดินสายเปิดหรือเดินลอย (Open Wiring) บนวัสดุฉนวน

1. สายที่ใช้ต้องเป็นสายแกนเดี่ยวและไม่ถูกปิดบังด้วยโครงสร้างอาคาร
2. จับยึดสายด้วยลูกตุ้มหรือลูกถ้วย
3. ต้องเดินภายนอกอาคาร

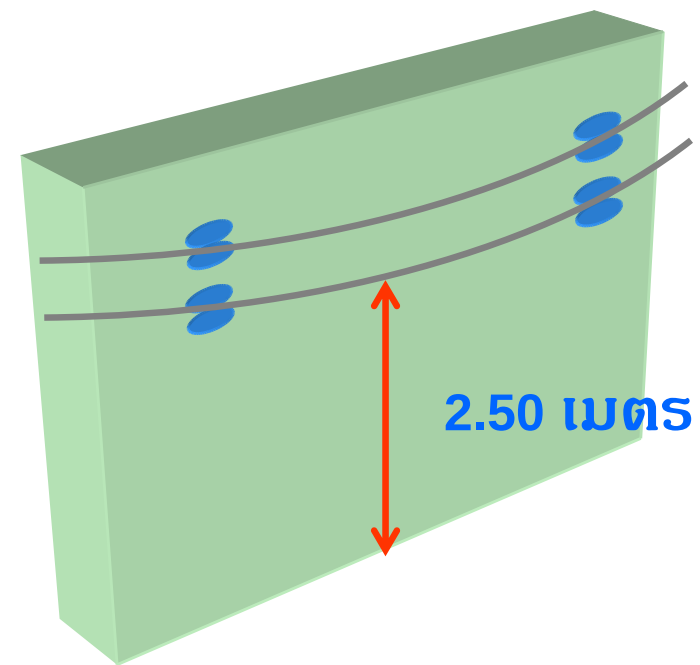
การเดินภายในอาคารทำได้เฉพาะ

- . โรงงานอุตสาหกรรม
- . งานเกษตรกรรม
- . งานแสดงสินค้า



# การเดินสายเปิดหรือเดินลอย สำหรับระบบแรงต่ำ

- - ต้องเป็นสายหุ้มฉนวน
- - สายที่ยึดเกาะไปกับผนัง  
หรือกำแพงต้องอยู่สูงจาก  
พื้นไม่น้อยกว่า 2.50 m



ภายในอาคาร

# การเดินสายเปิดบับวัสดุฉนวนภายในอาคาร

## ระยะการจับยึด, ระยะห่าง และขนาดสาย

ตารางที่ 5-4

| การติดตั้ง | ระยะสูงสุดระหว่างจุดจับยึดสาย (เมตร) | ระยะห่างต่ำสุดระหว่าง (เมตร) |                          | ขนาดสายใหญ่สุด (ตร.มม) |
|------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|
|            |                                      | สายไฟฟ้า                     | สายไฟฟ้ากับสิ่งปลูกสร้าง |                        |
| บนตั้ม     | 2.5                                  | 0.10                         | 0.025                    | 50                     |
| บนลูกถ้วย  | 5.0                                  | 0.15                         | 0.05                     | ไม่กำหนด               |

ภายในอาคาร

# การเดินสายเปิดบนลูกตุ้มภายนอกอาคาร

## กรณีเดินบนลูกตุ้ม ภายนอกอาคาร

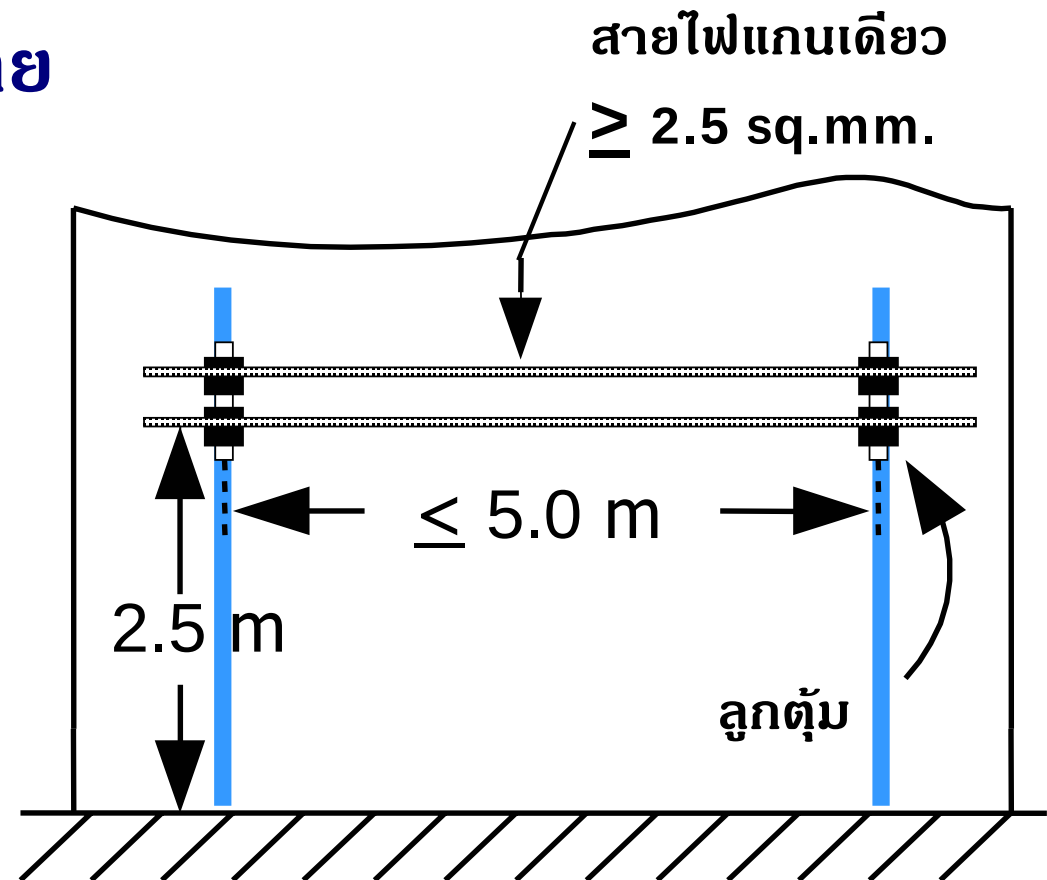
. ถ้าเดินผ่านในที่โล่ง ขนาดสาย

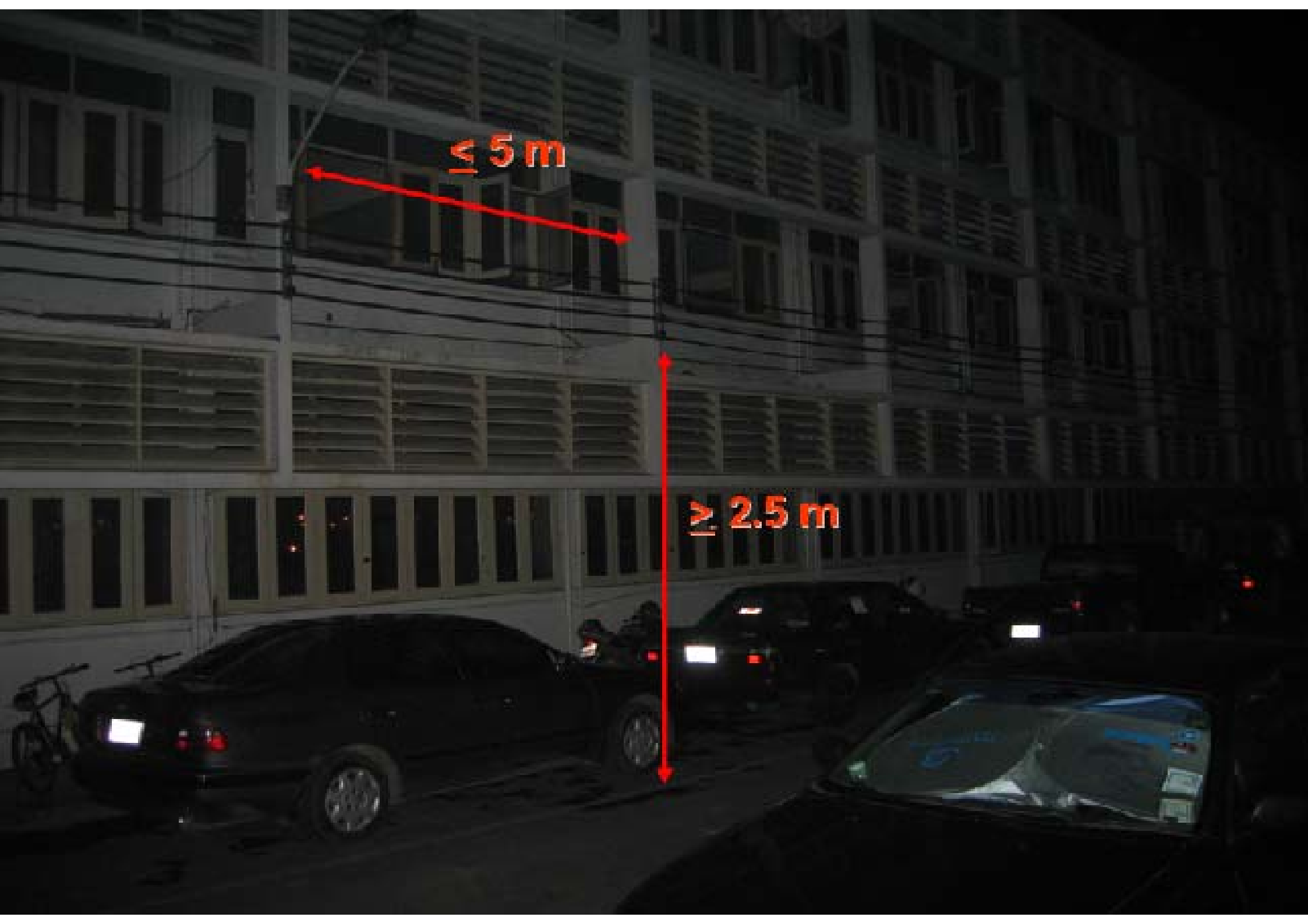
ต้องไม่เล็กกว่า  $2.5 \text{ mm}^2$

และระยะห่างจุดจับยึดสาย

ไม่เกิน  $5.0 \text{ m}$

ภายนอกอาคาร





$\leq 5\text{ m}$

$\geq 2.5\text{ m}$

# การเดินสายเปิดบนลูกถ้วยภายนอกอาคาร

การเดินสาย**บนลูกถ้วยภายนอกอาคาร**ให้เป็นไปตามที่กำหนด

★ ในตารางที่ 5-5

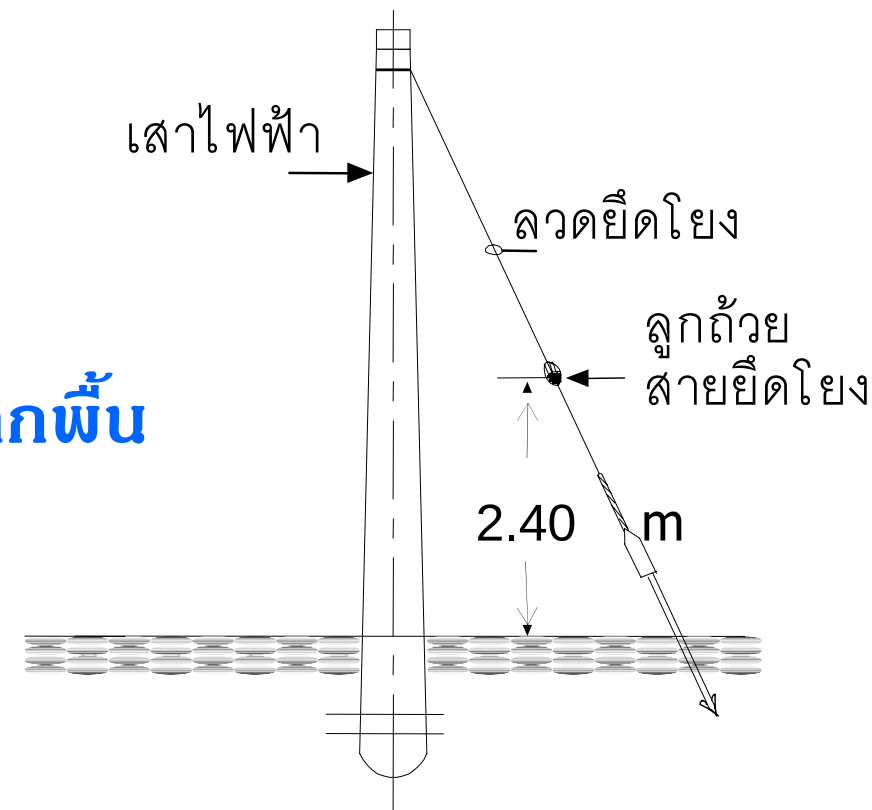
**ภายนอกอาคาร**

| ระยะสูงสุดระหว่าง<br>จุดจับยึดสาย<br>(เมตร) | ระยะห่างต่ำสุดระหว่าง<br>(เมตร) |                          | ขนาดสาย<br>เล็กสุด<br>(ตร.มม.) |
|---------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
|                                             | สายไฟฟ้า                        | สายไฟฟ้ากับสิ่งปลูกสร้าง |                                |
| ไม่เกิน 10                                  | 0.15                            | 0.05                     | 2.5                            |
| 11-25                                       | 0.20                            | 0.05                     | 4                              |
| 26-40                                       | 0.20                            | 0.05                     | 6                              |

# การติดตั้งสายยึดโยงเสาไฟฟ้า

## ■ สำหรับระบบแรงสูง

- ในกรณีติดตั้งสายยึดโยง (Guy Wire) จะต้องติดตั้งลูกถ้วยสายยึดโยง (Guy Strain Insulator) ในสายยึดโยง **สูงจากพื้น ไม่น้อยกว่า 2.40 m** ★
- ลวดผูกสายต้องมีขนาด **ไม่เล็กกว่า 10 mm<sup>2</sup>**



การใช้สายยึดโยงและ  
ลูกถ้วยสายยึดโยง

ลูกถ้วยสายยึดโยง

$\geq 2.4 \text{ m}$

สายยึดโยง

## 5.4 การเดินสายในท่อโลหะหนา ท่อโลหะหนาปานกลาง และท่อโลหะบาง



ท่อโลหะหนา Rigid Metal Conduit (RMC)

ท่อโลหะหนาปานกลาง Intermediate Metal Conduit ( IMC )

ท่อโลหะบาง Electrical Metallic Tubing ( EMT )



# ข้อควรระวังในการติดตั้งสำหรับท่อโลหะ ชนิดหนา หนาปานกลาง และบาง

## ใช้ได้กับท่อทุกชนิด

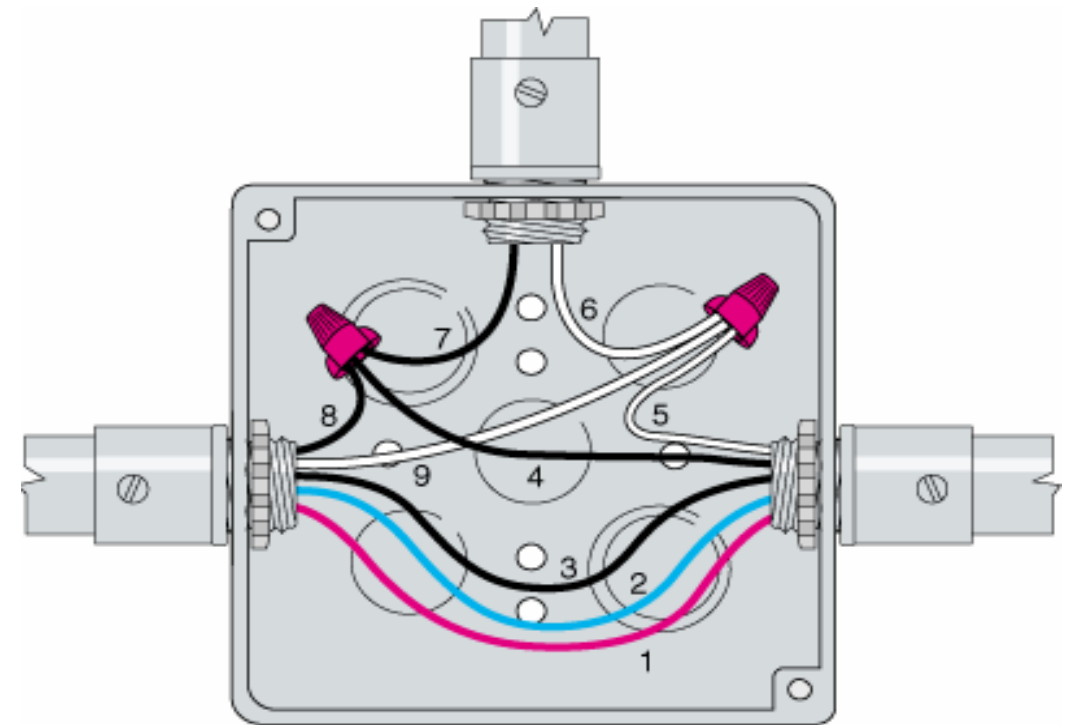
1. ห้ามใช้ท่อขนาดเล็กกว่า 15 มม.
2. จำนวนสายสูงสุดในท่อ ต้องเป็นไปตาม ตารางที่ 5-3
3. ห้ามใช้ท่อโลหะเป็นตัวนำสำหรับต่อลงดิน

## สำหรับท่อโลหะบาง

1. ห้ามทำเกลียว
2. ห้ามฝังดินโดยตรง
3. ห้ามใช้ในระบบไฟฟ้าแรงสูง

# การต่อสายในกล่องต่อสาย

ปริมาตรของ  
สายและฉนวน รวมทั้งหัวต่อ  
สายเมื่อรวมกันแล้วต้องไม่  
เกินร้อยละ 75 ของปริมาตร  
ภายในกล่อง



4 in. x 1½ in. square box (21.0 in.<sup>3</sup>)



ท่อโลหะหนาทำเกลียวได้

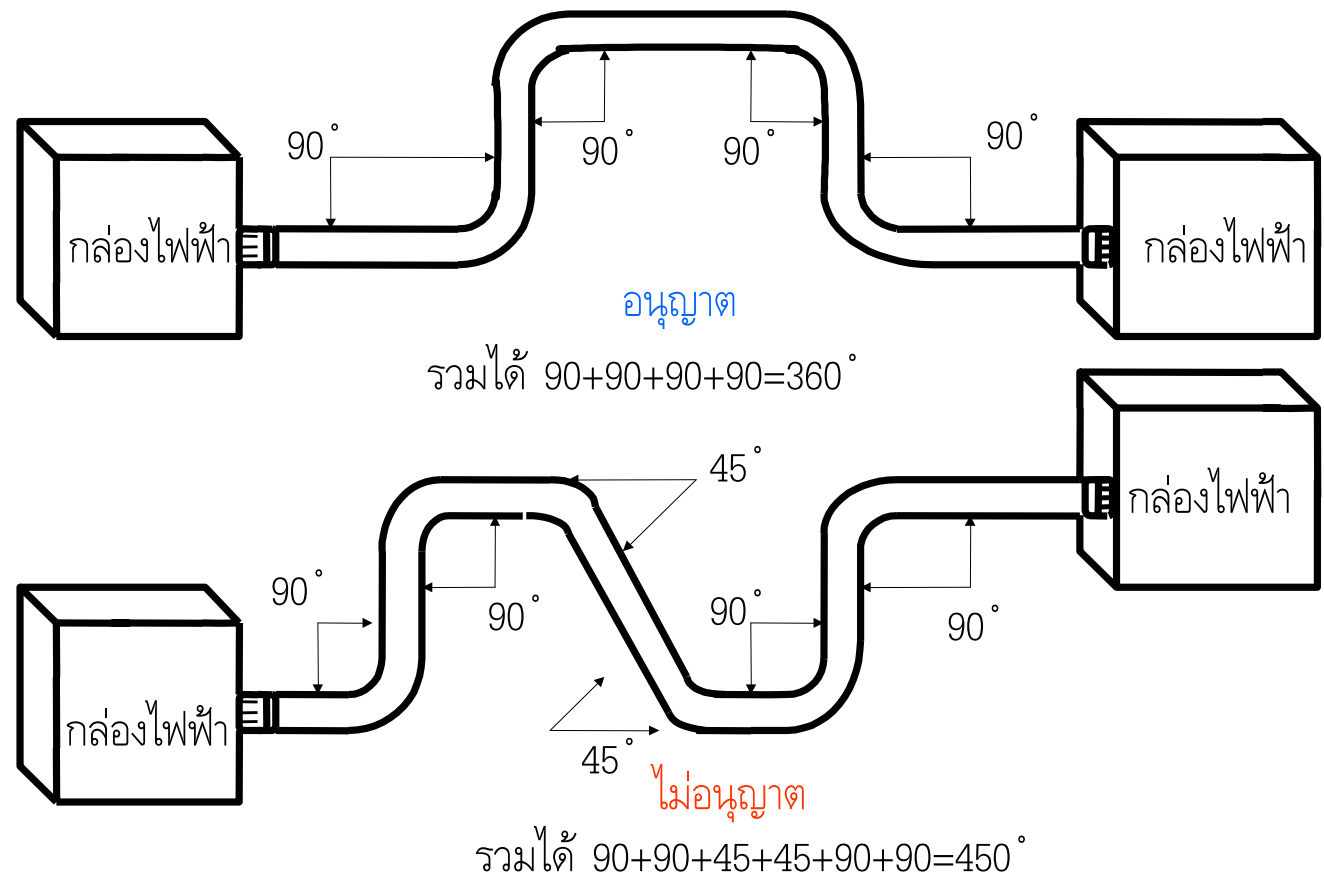
A close-up photograph of several pipes (three white and one grey) mounted on a dark, rectangular metal base. Two red arrows point to specific areas on the base: one points to a small hole on the left side, and the other points to a hole near the base of the grey pipe. The metal base shows signs of wear and some white residue.

ท่อโลหะบาง ต้องใช้สกรู

# มุมตัดโค้งระหว่างจุดตั้งสาย



- มุมตัดโค้งระหว่างจุดตั้งสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน  $360^{\circ}$



ใช้ได้กับท่อทุกชนิด

**การเดินท่อหลบบดาน**  
**มุมโค้งรวม = 360 องศา**



**POWER SYSTEM PROTECTION LABORATORY**



ปริมาตรรวมของอุปกรณ์  
ในกล่องไม่เกิน 75 %

การติดตั้งท่อโลหะบางให้ใช้สกรู ห้ามทำเกลียว

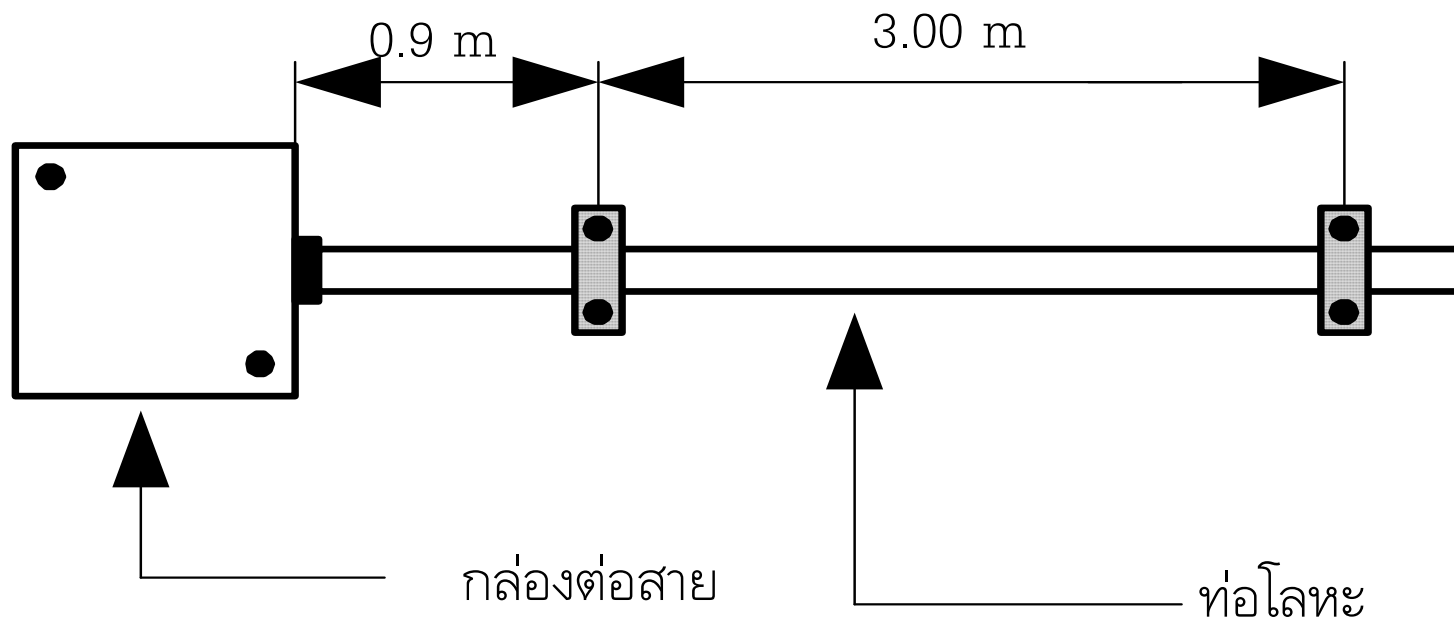
# รัศมีการโค้งงอของท่อสำหรับท่อโลหะ ชนิดหนา หนาปานกลาง และบาง

ตารางแสดง รัศมีการดัดโค้งด้านในของท่อร้อยสาย

| ขนาดท่อ<br>(มม.) | ร้อยสายชนิดไม่มีปลอกตะกั่ว | ร้อยสายชนิดมีปลอกตะกั่ว  |
|------------------|----------------------------|--------------------------|
| $> 15$ มม.       | $\geq 6$ เท่าของ OD.ท่อ    | $\geq 10$ เท่าของ OD.ท่อ |
| $= 15$ มม.       | $\geq 8$ เท่าของ OD.ท่อ    | $\geq 12$ เท่าของ OD.ท่อ |

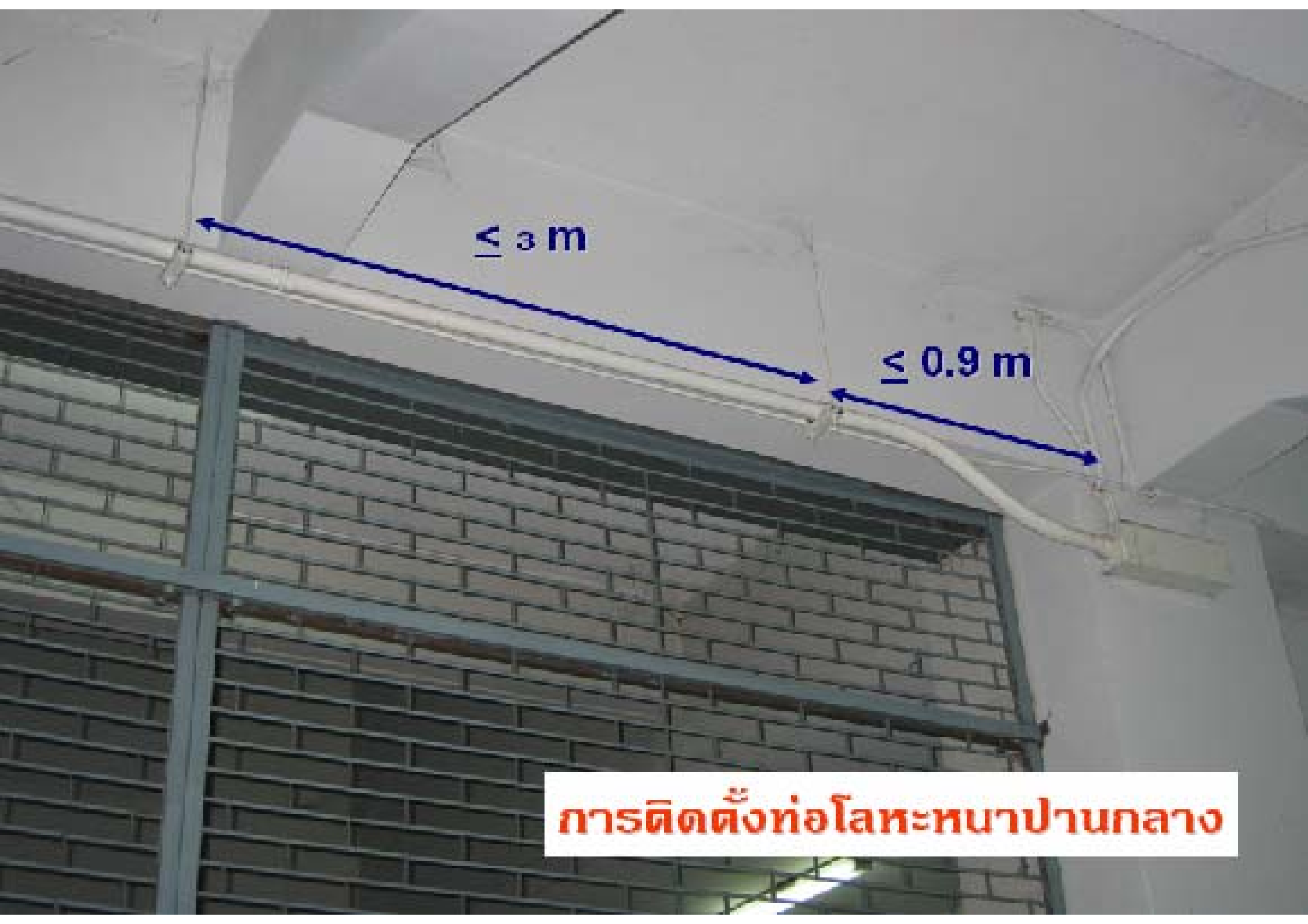
# ระยะห่างระหว่างจุดจับยึดสำหรับท่อโลหะ ชนิดหนา หนาปานกลาง และบาง

- ท่อร้อยสายต้องยึดกับที่ให้มั่นคง โดยมีระยะห่างระหว่างจุดจับยึด **ไม่เกิน 3.0 m** และห่างจากกล่องต่อสาย หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ **ไม่เกิน 0.9 m** (ใช้กับ หนา, กลาง, บาง)



## การติดตั้งท่อโลหะบาง





$\leq 3 \text{ m}$

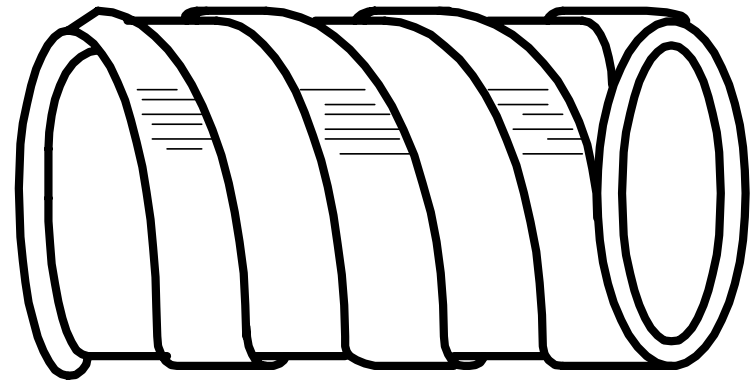
$\leq 0.9 \text{ m}$

การติดตั้งท่อโลหะหนาปานกลาง

## 5.5 การเดินสายในท่อโลหะอ่อน (Flexible Metal Conduit)

### ■ ลักษณะการใช้งาน

- ใช้ในสถานที่แห้ง
- ใช้ในที่เข้าถึงได้ เพื่อป้องกันการเสียหายทางกายภาพหรือเดินซ่อนสาย
- ใช้สำหรับเดินเข้าผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าหรือกล่องต่อสาย (ยาวไม่เกิน 2 เมตร) ★



# ท่อโลหะอ่อน

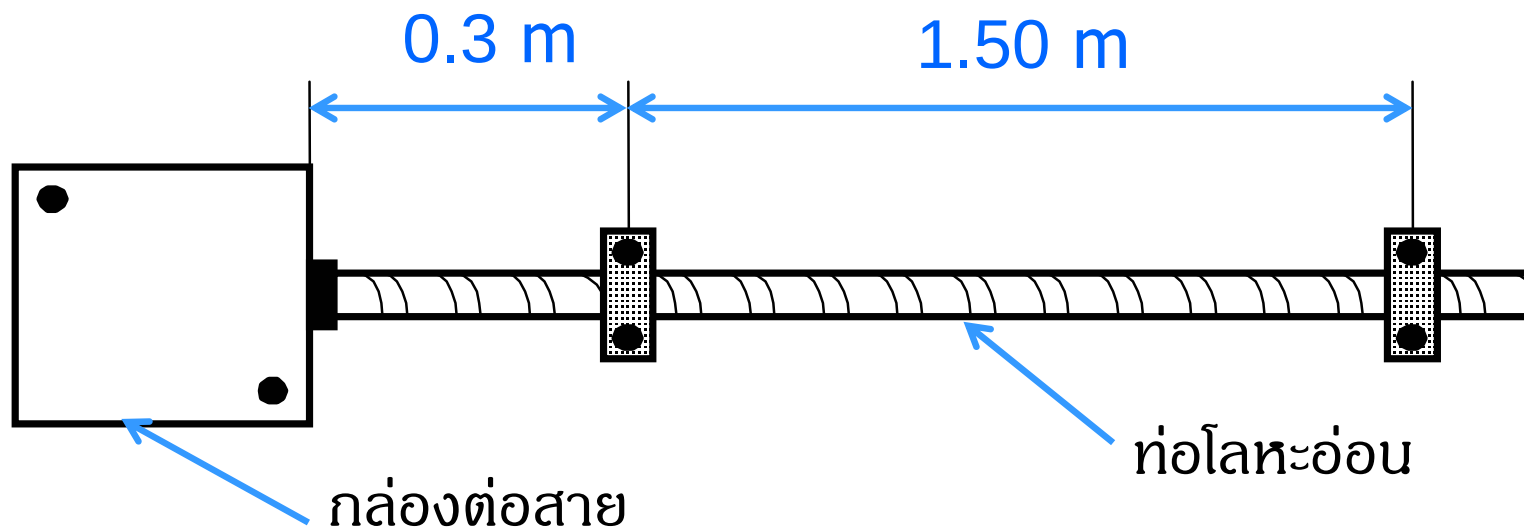


# กรณีห้ามใช้ท่อโลหะอ่อน

- ในปล่องลิฟต์หรือปล่องขนของ
- ในห้องแบตเตอรี่
- ในบริเวณอันตราย
- ฝังดินหรือฝังในคอนกรีต
- ในสถานที่เปียก ยกเว้น ใช้สายไฟฟ้าที่เหมาะสมและติดตั้งในท่อโลหะอ่อนที่ป้องกันน้ำเข้าท่อ

# ระยะห่างระหว่างจุดจับยึดสำหรับ ท่อโลหะอ่อน

- ระยะห่างระหว่างจุดจับยึด **ไม่เกิน 1.5 เมตร** และห่างจาก  
กล่องต่อสาย หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ **ไม่เกิน 0.30 เมตร**

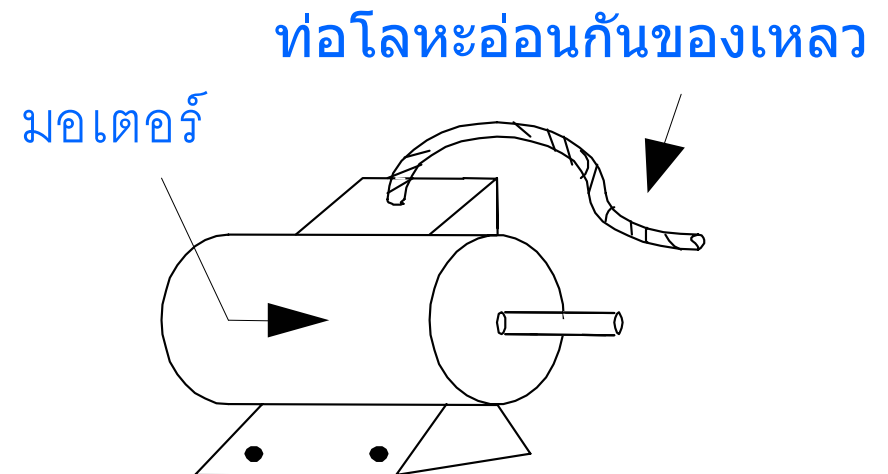
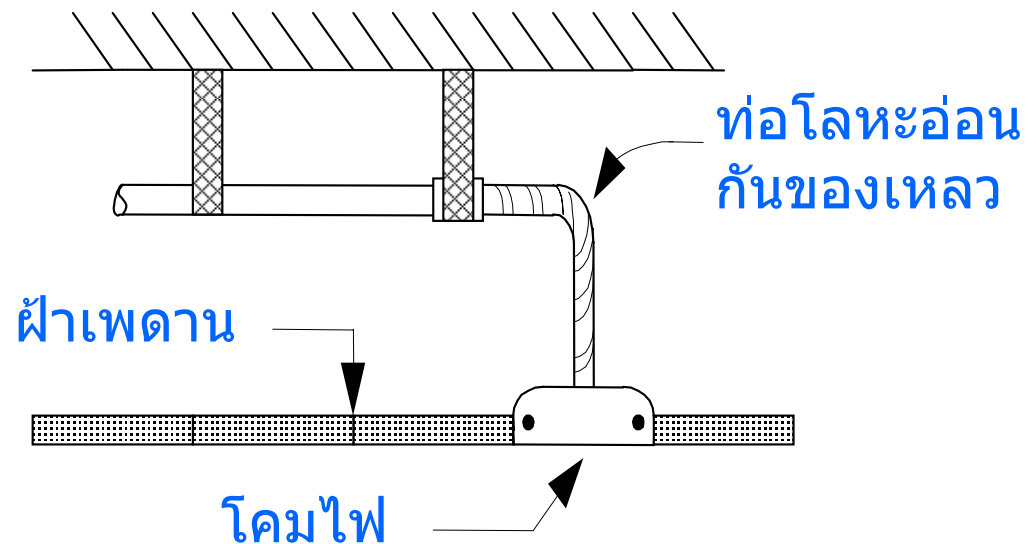


ใช้ได้กับท่อโลหะอ่อนกันของเหลวด้วย

## 5.6 การเดินสายในท่อโลหะอ่อนกันของเหลว (Liquidtight Flexible Metal Conduit)

### ■ ลักษณะการใช้งาน

- สำหรับการใช้งานในสถานที่ที่ต้องการความอ่อนตัวของท่อ
- เพื่อป้องกันของแข็ง ของเหลว ไอ หรือในบริเวณอันตราย



# ท่อโลหะอ่อนกันของเหลว





## 5.7 การเดินสายในท่อ อโลหะอ่อน (Electrical Nonmetallic Tubing)

- ท่อมีลักษณะเป็นลอน (Corrugated)
- ทนต่อความชื้น สารเคมี และมีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง
- ตัดโค้งได้ด้วยมือ



# ลักษณะการใช้งานท่อโลหะอ่อน

- หากเดินในสถานที่เปิดโล่ง สถานที่ต้องไม่มี  
ความเสียหายทางกายภาพและใช้กับอาคารที่  
สูงไม่เกิน 3 ชั้น
- หากเดินในที่ซ่อน เช่น ผนัง พื้นหรือเพดาน  
ต้องกันด้วยแผ่นที่ทนไฟได้ไม่น้อยกว่า 15 นาที
- เดินฝังในคอนกรีต

# กรณีห้ามใช้ท่อ อโลหะอ่อน

- ในบริเวณอันตราย
- ใช้เป็นเครื่องแขวนหรือยึดจับดวงโคม
- อุณหภูมิโดยรอบสูงจนทำให้ท่อเสียหาย
- ฝังในดินโดยตรง
- ในโรงมหรสพ
- แรงดันที่ใช้งานเกิน 750 โวลต์ 

## การติดตั้งใช้งานท่อโลหะอ่อน (ในหัวข้อ 5.7)

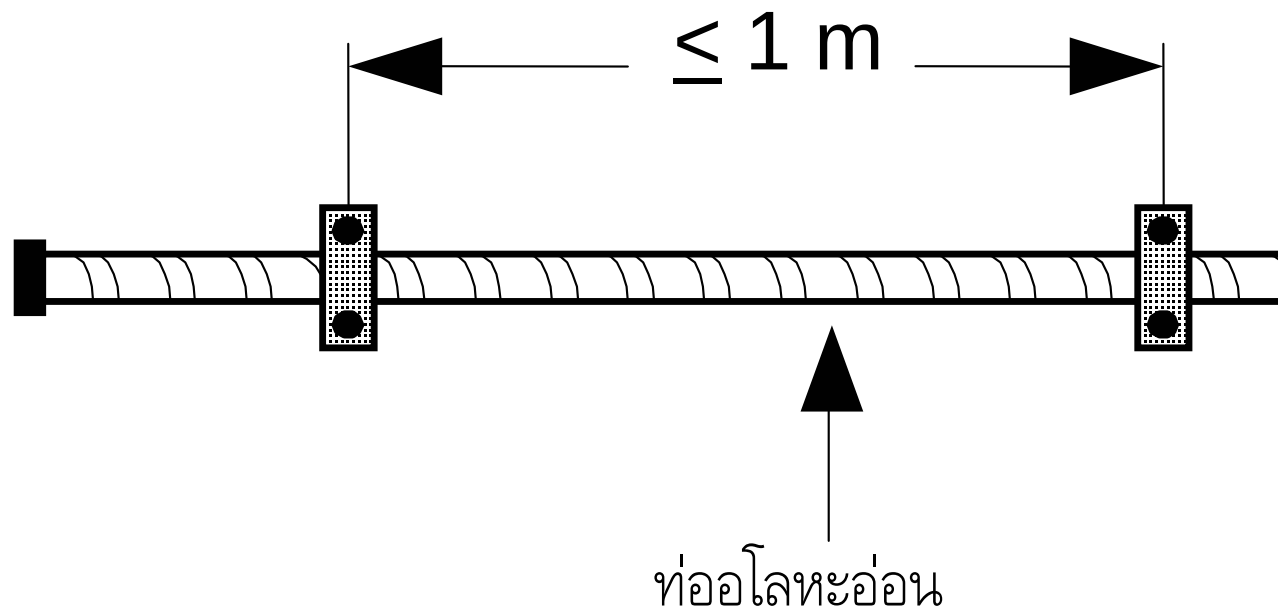
- ห้ามใช้ท่อโลหะอ่อนขนาดเล็กกว่า 15 มม. หรือใหญ่กว่า 26 มม

## การติดตั้งใช้งานท่อโลหะอ่อนกันของเหลว (ในหัวข้อ 5.9)

- ห้ามใช้ท่อโลหะอ่อนขนาดเล็กกว่า 15 มม. หรือใหญ่กว่า 100 มม

# การจับยึดท่อโลหะอ่อน

- ต้องมีการจับยึด ทุกระยะไม่เกิน 1.0 เมตร



## 5.8 การเดินสายในท่ออโลหะแข็ง (Rigid Nonmetallic Tubing)

- เหมาะสำหรับงานทางไฟฟ้าที่ทนต่อความชื้น สารเคมี
- มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง (Frame-Retardant) กรณียึดติดเหนือพื้นดิน
- มีคุณสมบัติทนแสงแดดเมื่อติดตั้งในบริเวณที่มีโอกาสถูกแสงแดด
- ทนแรงกระแทกและแรงอัด



# ลักษณะการใช้งานท่อโลหะแข็ง

- เดินซ่อนในผนัง พื้นและเพดาน
- ในบริเวณที่ทำให้เกิดการผุกร่อนและเกี่ยวข้องกับสารเคมี
- ในที่เปียกชื้น
- ในที่เปิดโล่ง โดยไม่เกิดความเสียหายทางกายภาพ
- ติดตั้งใต้ดิน
- ท่อโลหะอ่อนที่ติดตั้งต้องมีขนาดตั้งแต่ 15 มม. ขึ้นไป

# กรณีห้ามใช้ท่อโลหะแข็ง

- ในบริเวณอันตราย
- ใช้เป็นเครื่องแขวนหรือยึดจับดวงโคม
- ที่ซึ่งมีอุณหภูมิของสายไฟฟ้าหรืออุณหภูมิโดยรอบสูงเกินกว่าอุณหภูมิของท่อที่ระบุไว้
- ในโรงมหรสพ

## 5.9 การเดินสายในท่อโลหะอ่อนกันของเหลว (Liquid Tight Flexible Nonmetallic Conduit)

- ใช้ได้ทั้งแบบเปิดโล่งหรือเดินซ่อน
- ในสถานที่ที่ต้องการความอ่อนตัวของท่อ
- ป้องกันสายไฟชำรุดจากไอ ของเหลวหรือของแข็ง



# กรณีที่ห้ามใช้ท่อโลหะอ่อนกันของเหลว

- สถานที่ซึ่งอาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ
- อุณหภูมิโดยรอบสูงเกินกว่าอุณหภูมิวัสดุของท่อ
- มีความยาวเกิน 2.0 เมตร
- ในระบบแรงสูง



## 5.10 การเดินสายในช่องเดินสายโลหะบนพื้นผิว (Surface Metal Raceway)

### ■ ลักษณะการใช้งาน

- ใช้ในสถานที่แห้งเท่านั้น

### ■ กรณีที่ห้ามใช้ช่องเดินสายโลหะบนพื้นผิว

- สถานที่ซึ่งอาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ
- ในบริเวณที่มีไอที่ทำให้ผุกร่อน
- ในปล่องขนของหรือปล่องลิฟต์
- ในที่ซ่อน ยกเว้น ใต้พื้นยก
- ในระบบแรงสูง

# ห้องเดินสายโลหะบนพื้นผิว



# การติดตั้งใช้งานช่องเดินสายโลหะ

## - ขนาดกระแสนของสายไฟฟ้า

ใช้ตารางที่ 5-11(ด) กรณีท่อโลหะ สำหรับสาย PVC หรือ 5-13 (ข) สำหรับสาย XLPE และ  
ไม่ต้องใช้ค่าตัวคูณลดกระแสนเรื่องจำนวนสายตาม ตารางที่ 5-10 เมื่อ  
เป็นไปตามข้อต่อไปนี้ทุกข้อ

1. พื้นที่หน้าตัดของช่องเดินสายโลหะบนพื้นผิวมากกว่า  $2,580 \text{ mm}^2$
2. จำนวนสายที่มีกระแสไหลในช่องเดินสายโลหะบนพื้นผิวไม่เกิน 30 เส้น
3. พื้นที่หน้าตัดของตัวนำและฉนวนทั้งหมดรวมกันไม่เกินร้อยละ 20 ของพื้นที่หน้าตัดภายในช่องเดินสายโลหะบนพื้นผิว

# การติดตั้งใช้งานช่องเดินสายโลหะ

- ห้ามต่อช่องเดินสายโลหะบนพื้นผิวตรงจุดที่ผ่านผนังหรือพื้น
- **การต่อสาย:** พื้นที่หน้าตัดของสายรวมทั้งหัวต่อสาย **เมื่อ** รวมกันแล้วต้องไม่เกินร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดภายในของช่องเดินสายโลหะ บนพื้นผิว ณ จุดต่อสาย (ไม่แนบเกินไป)
- ข้อต่อ ช่องอ ที่ใช้ต้องต่อเนื่องกันทั้งทางกลและไฟฟ้า
- ปลายช่องเดินสายโลหะบนพื้นผิวต้องปิด
- ห้ามใช้เป็นตัวนำต่อลงดิน

# มาตรฐานความหนาของช่องเดินสายโลหะบนพื้นผิว

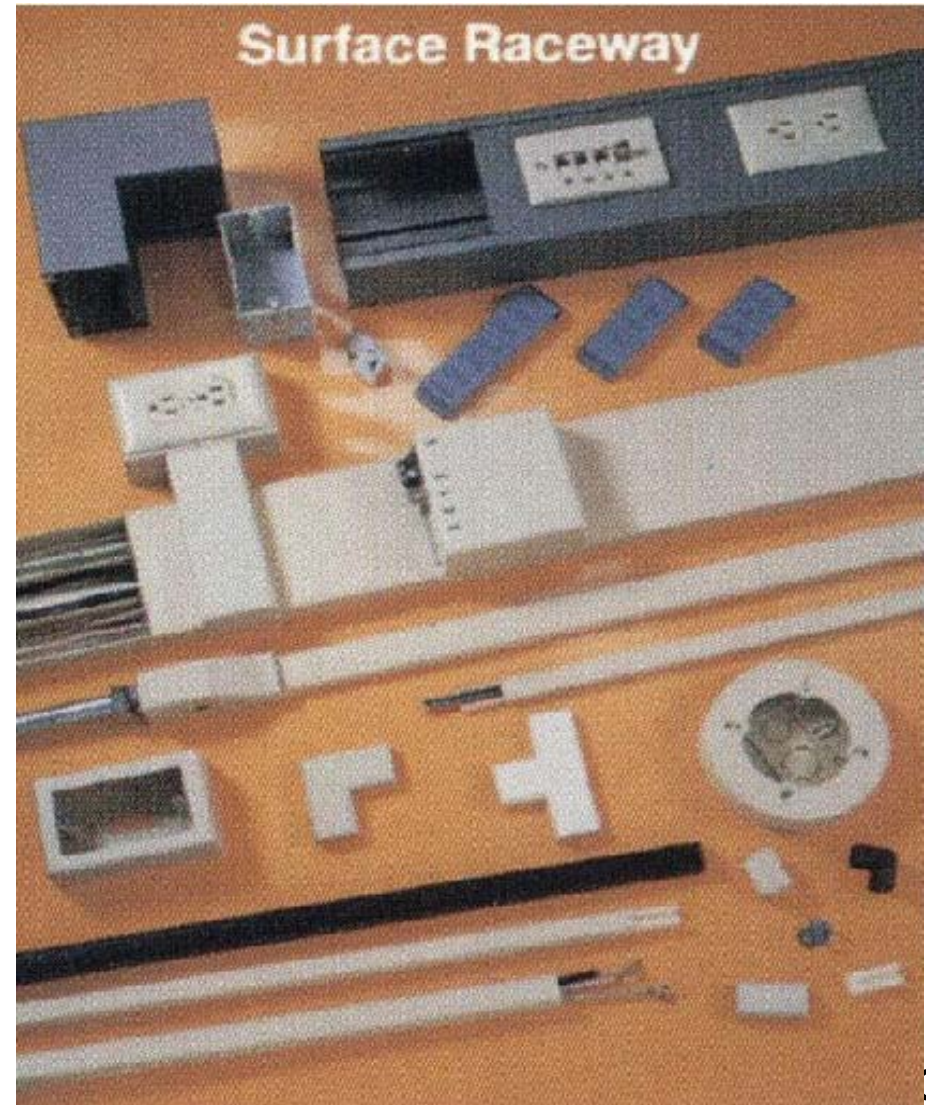
- มีความหนาไม่ต่ำกว่าที่กำหนดในตาราง 5.6



| ขนาดความสูง X กว้าง<br>(mm) | ความหนา<br>(mm) |
|-----------------------------|-----------------|
| ไม่เกิน 50 x 100            | 0.8             |
| ไม่เกิน 100 x 150           | 1.2             |
| ไม่เกิน 100 x 200           | 1.2             |
| ไม่เกิน 150 x 200           | 1.4             |
| ไม่เกิน 150 x 300           | 1.4             |
| เกิน 150 x 300              | 1.6             |

## 5.11 การเดินสายในช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว (Surface Nonmetallic Raceway)

- วัสดุทนความชื้น สารเคมี
- ไม่ติดไฟ
- ทนแรงกระแทก
- ไม่บิดเบี้ยวจาก  
ความร้อนในภาวะใช้งาน
- ใช้งานที่อุณหภูมิต่ำได้



# การเดินสายในช่องเดินสายโลหะบนพื้นผิว



# ลักษณะการใช้งานช่องเดินสายอโลหะ

- ใช้ในสถานที่แห่งเท่านั้น
- **กรณีห้ามใช้ช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว**
  - สถานที่ซึ่งอาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ
  - ในที่ซ่อน
  - ในปล่องขนของหรือปล่องลิฟต์
  - ในบริเวณอันตราย
  - ในระบบแรงสูง
  - ที่ซึ่งมีอุณหภูมิของสายไฟฟ้าหรืออุณหภูมิโดยรอบสูงเกินกว่าอุณหภูมิของช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิวที่ระบุไว้

# การติดตั้งใช้งานช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว

เหมือนกับ metallic surface raceway

- ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า ใช้ตารางที่ 5-11(ด) กรณีก่ออโลหะ  
และไม่ต้องใช้ค่าตัวคูณลดกระแสเรื่องจำนวนสายตาม  
ตารางที่ 5-10 เมื่อเป็นไปตามข้อต่อไปนี้ทุกข้อ

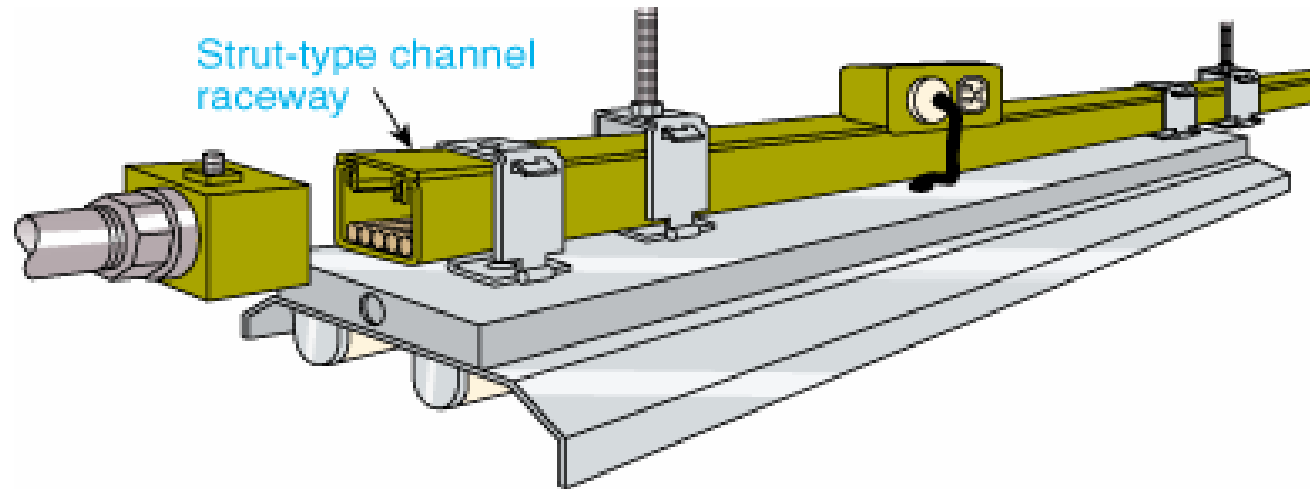
- 1 พื้นที่หน้าตัดของช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิวมากกว่า  $2,580 \text{ mm}^2$
- 2 จำนวนสายที่มีกระแสไหลในช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิวไม่เกิน 30 เส้น
- 3 พื้นที่หน้าตัดของตัวนำและฉนวนทั้งหมดรวมกันไม่เกินร้อยละ 20 ของ  
พื้นที่หน้าตัดภายในช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว



# การติดตั้งใช้งานช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว

- ห้ามต่อช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิวตรงจุดที่ผ่านผนังหรือพื้น
- พื้นที่หน้าตัดของสายรวมทั้งหัวต่อสาย เมื่อรวมกันแล้วต้องไม่เกินร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดภายในของช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิว ณ จุดต่อสาย
- ปลายช่องเดินสายอโลหะบนพื้นผิวต้องปิด

## 5.12 การเดินสายในรางเดินสาย (Wireways)



### ■ ลักษณะการใช้งาน

- ติดตั้งในที่เปิดโล่งเท่านั้น

**ยกเว้น** พื้นที่ปิดที่ติดตั้งสามารถเข้าถึงได้ในการตรวจสอบ

บำรุงรักษาตลอดแนวรางเดินสาย

- ติดตั้งภายนอกต้องเป็นชนิดกันฝน (Raintight)

# การเดินสายในรางเดินสาย

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า **ไม่ต้องใช้ค่าตัวคูณลดกระแส**  
เรื่องจำนวนสายตามตารางที่ 5-10 เมื่อเป็นไปตามข้อต่อไปนี้ทุกข้อ

1. ตัวนำที่มีกระแสไหลรวมกัน**ไม่เกิน 30 เส้น**
2. พื้นที่หน้าตัดของตัวนำและฉนวนทั้งหมดรวมกัน**ไม่เกิน ร้อยละ 20** ของพื้นที่หน้าตัดภายในรางเดินสาย



# ตัวคูณลดค่ากระแส

ตารางที่ 5-10



ตัวคูณลดค่ากระแสเนื่องจากจำนวนสายหลายเส้นในช่องเดินสายไฟฟ้าเดียวกัน

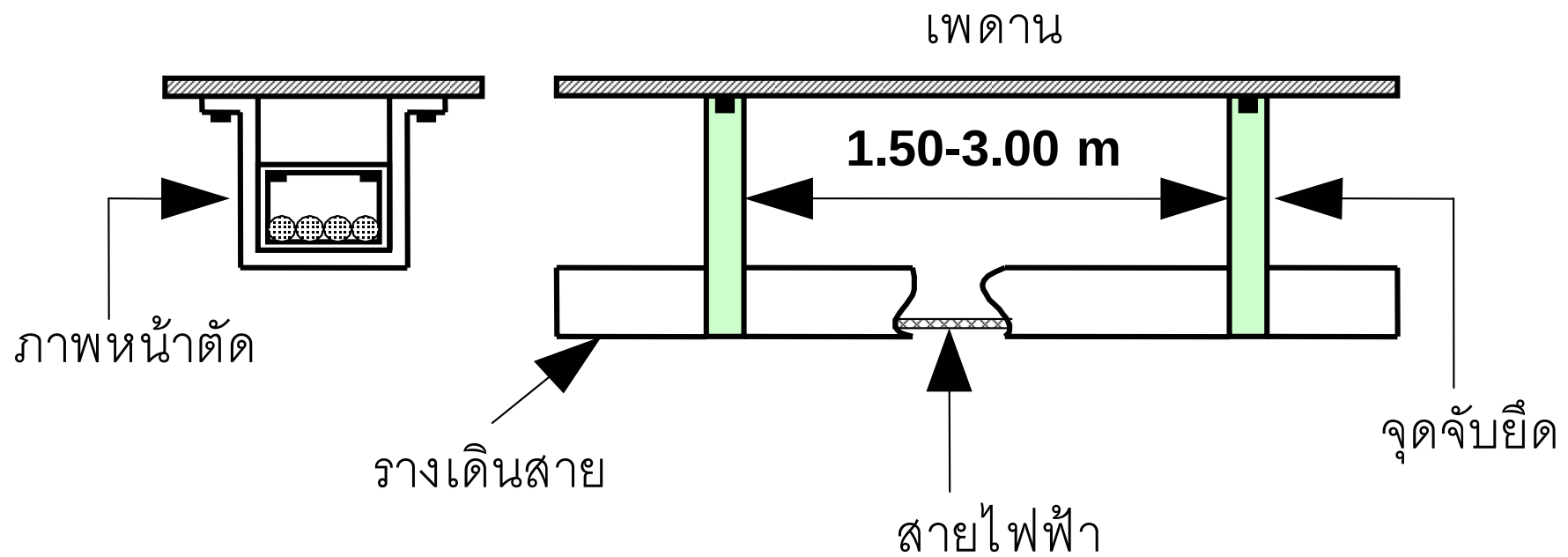
| จำนวนสาย | ตัวคูณ |
|----------|--------|
| 4 - 6    | 0.82   |
| 7 - 9    | 0.72   |
| 10 - 20  | 0.56   |
| 21 - 30  | 0.48   |
| 31 - 40  | 0.44   |
| เกิน 40  | 0.38   |



# การติดตั้งใช้งานรางเดินสาย

- จุดปลายรางเดินสายต้องปิด 
- จับยึดทุกระยะ 1.50 เมตร หรือมากกว่าได้ถ้าจำเป็น แต่ต้อง ไม่เกิน 3.00 เมตร
- ในแนวดิ่งจับยึดทุกระยะไม่เกิน 4.50 เมตร และห้ามมีจุดต่อเกิน 1 จุดในแต่ละระยะจับยึด จุดจับยึดต้องห่างจากปลายรางเดินสายไม่เกิน 1.50 เมตร

# การจับยึดรางเดินสาย





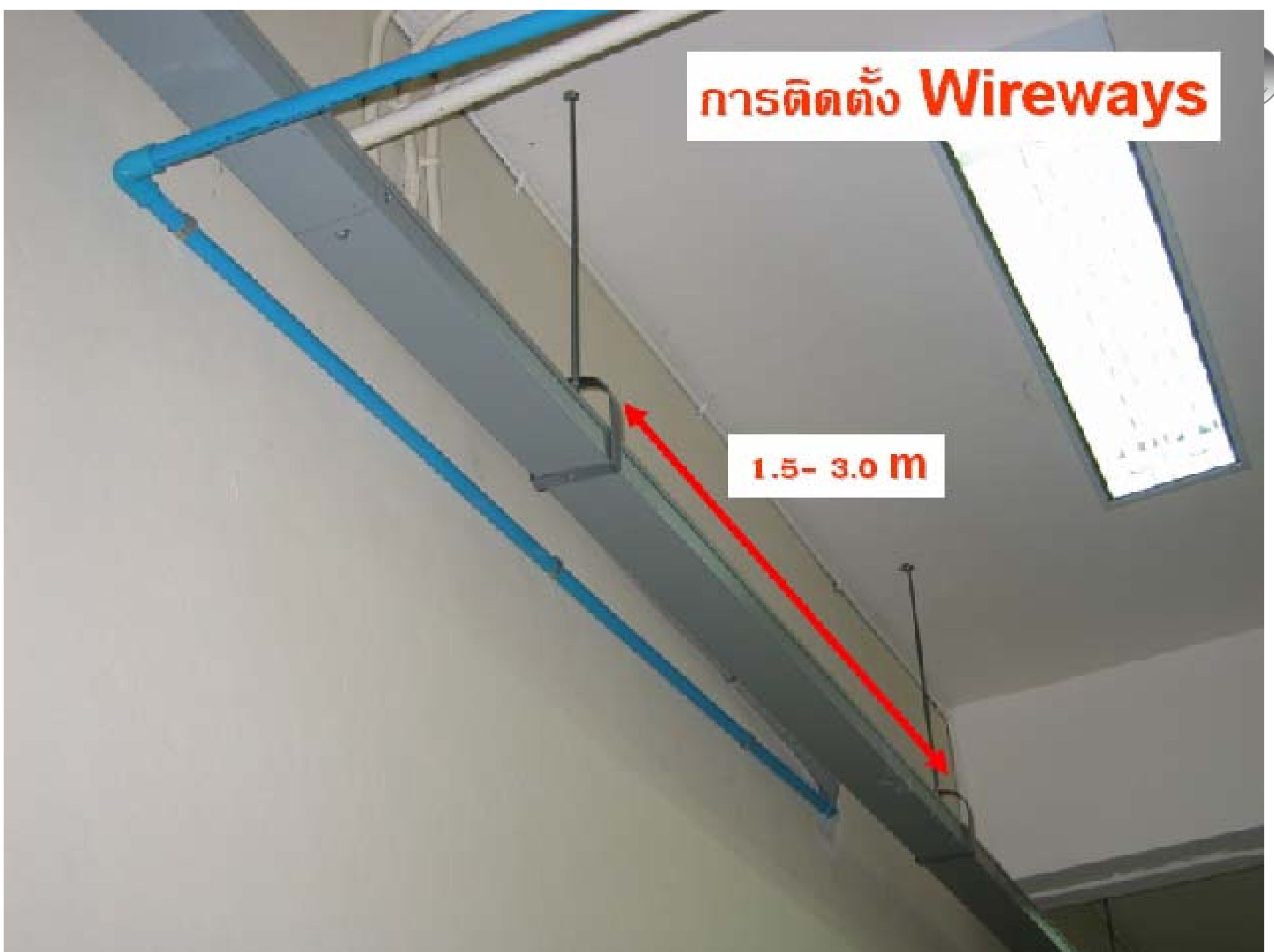
$\leq 1.5 \text{ m}$

1.5 ~ 3.0 m

การติดตั้ง Wireways

# การติดตั้ง Wireways

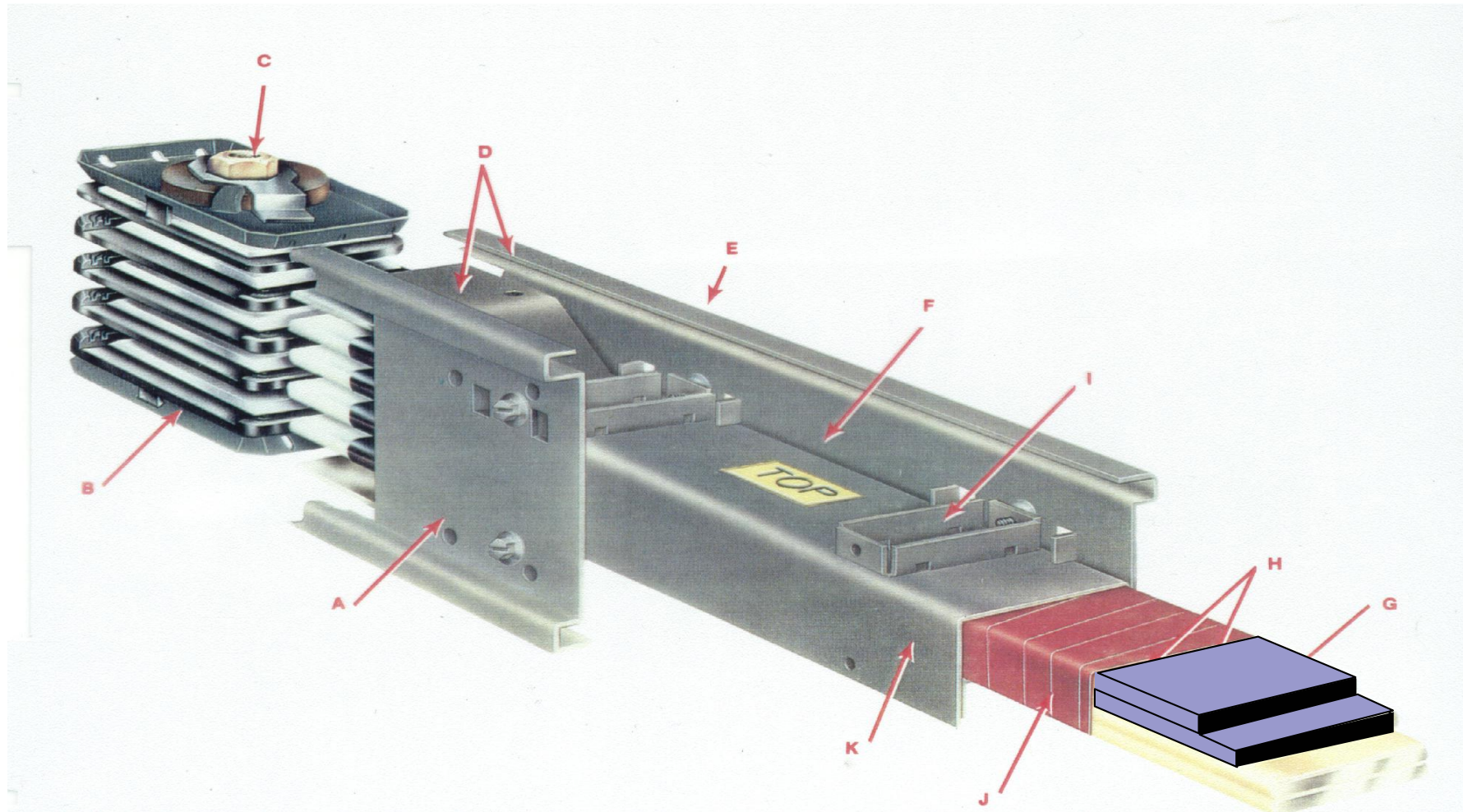
1.5- 3.0 m



## 5.13 การติดตั้ง巴士เวย์ (Busways)

- ตัวนำเป็นทองแดงหรืออลูมิเนียม
- ลักษณะการใช้งาน
  - ติดตั้งในที่เปิดเผย มองเห็น ตรวจสอบบำรุงรักษาได้ตลอดเวลา
- กรณีที่ห้ามใช้巴士เวย์
  - บริเวณที่ซึ่งอาจเกิดความเสียหายทางกายภาพอย่างรุนแรง
  - ในปล่องขนของหรือปล่องลิฟต์
  - ในบริเวณอันตราย
  - กลางแจ้ง สถานที่ชื้น หรือเปียก

# บัสเวย์ (Busways)



# การติดตั้งบัสเวย์

## ■ การติดตั้งใช้งาน

- ระยะห่างระหว่างจุดยึดไม่เกิน 1.50 เมตร หรือตามการออกแบบของผู้ผลิต
- การต่อแยกบัสเวย์ต้องใช้เครื่องประกอบที่ออกแบบมาโดยเฉพาะและที่จุดต่อแยกต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกิน
- ต้องไม่ติดตั้งให้สัมผัสกับวัสดุที่ติดไฟได้ง่าย

# การติดตั้งบัสเวย์

- เลือกหม้อโลหะต้องต่อลงดินและสามารถใช้เป็นตัวนำลงดินได้ถ้ามีการออกแบบไว้
- ขนาดกระแสของบัสเวย์ให้ใช้ตามที่คุณผลิตกำหนด โดยติดตั้งอุณหภูมิโดยรอบ 40 °C



## 5.14 การเดินสายบนผิวหรือเดินสายเกาะผนัง (Surface Wiring)

### ■ ลักษณะการใช้งาน

- ใช้กับการเดินสายแรงต่ำในอาคารทั่วไป

**ยกเว้น** ในบริเวณอันตราย

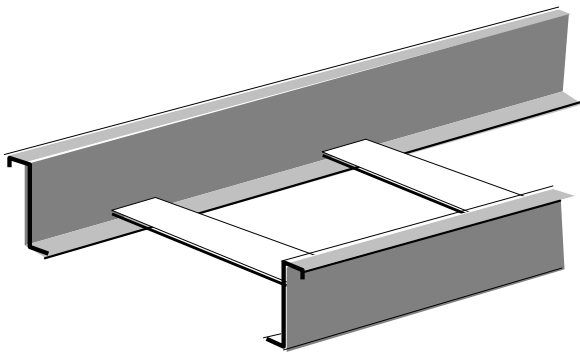
# การเดินสายบนผิวหรือเดินสายเกาะผนัง

## ■ การติดตั้งใช้งาน

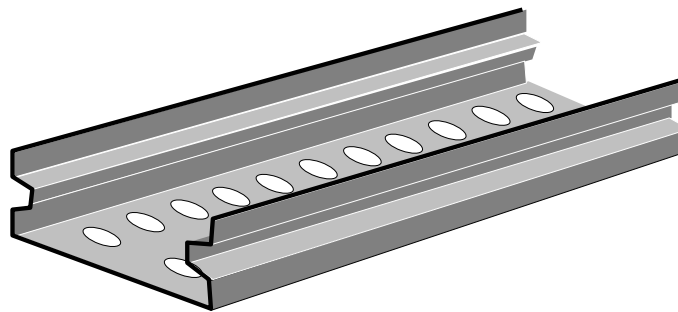
- ระยะห่างระหว่างจุดยึดไม่เกิน 200 มม. 
- การต่อและการต่อแยกทำในกล่องสำหรับงานไฟฟ้าเท่านั้น
- ขนาดกระแสนของสายไฟฟ้า ใช้ ตารางที่ 5-11 (ข) และไม่ต้องใช้ค่าตัวคูณลดกระแสเรื่องจำนวนสาย
- การเดินสายให้ ติดตั้งเรียงเป็นชั้นเดียว ห้ามติดตั้งซ้อนกัน

## 5.15 การเดินสายในรางเคเบิล (Cable Tray)

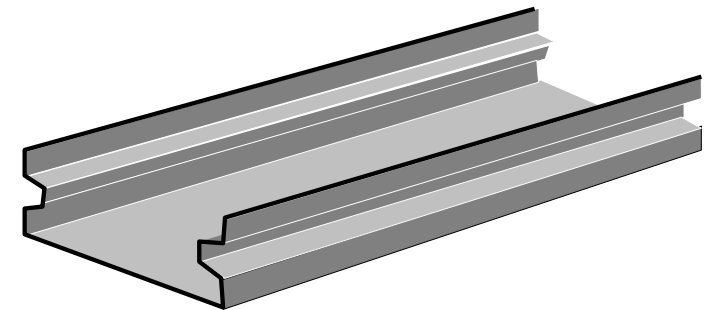
■ **รางเคเบิล** หมายถึง รางเปิดซึ่งทำด้วยวัสดุไม่ติดไฟใช้สำหรับรองรับและจับยึดสายเคเบิล



แบบตันไค



แบบรางมีช่องระบายอากาศ



แบบค้ำล่างทึบ

# สิ่งที่สามารถเดินในรางเคเบิลได้

1.สายเคเบิลแกนเดี่ยวชนิดมีเปลือกนอก (NYY)และ  
ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 50 ตร.มม.

2.สามารถติดตั้งสายเคเบิลแกนเดี่ยวชนิดไม่มีเปลือก  
นอก (THW) ขนาดไม่เล็กกว่า 50 ตร.มม. ได้ ในราง  
เคเบิลแบบบันได (Ladder) หรือหากใช้กับรางเคเบิล  
แบบมีช่องระบายอากาศ (Tray) ระยะห่างระหว่างชั้น  
บันไดต้องไม่เกิน 230 mm

# สิ่งที่สามารถเดินในรางเคเบิลได้

## 3. MI Cable (Mineral Insulated Cable)

MC (Metal-clad Cable)

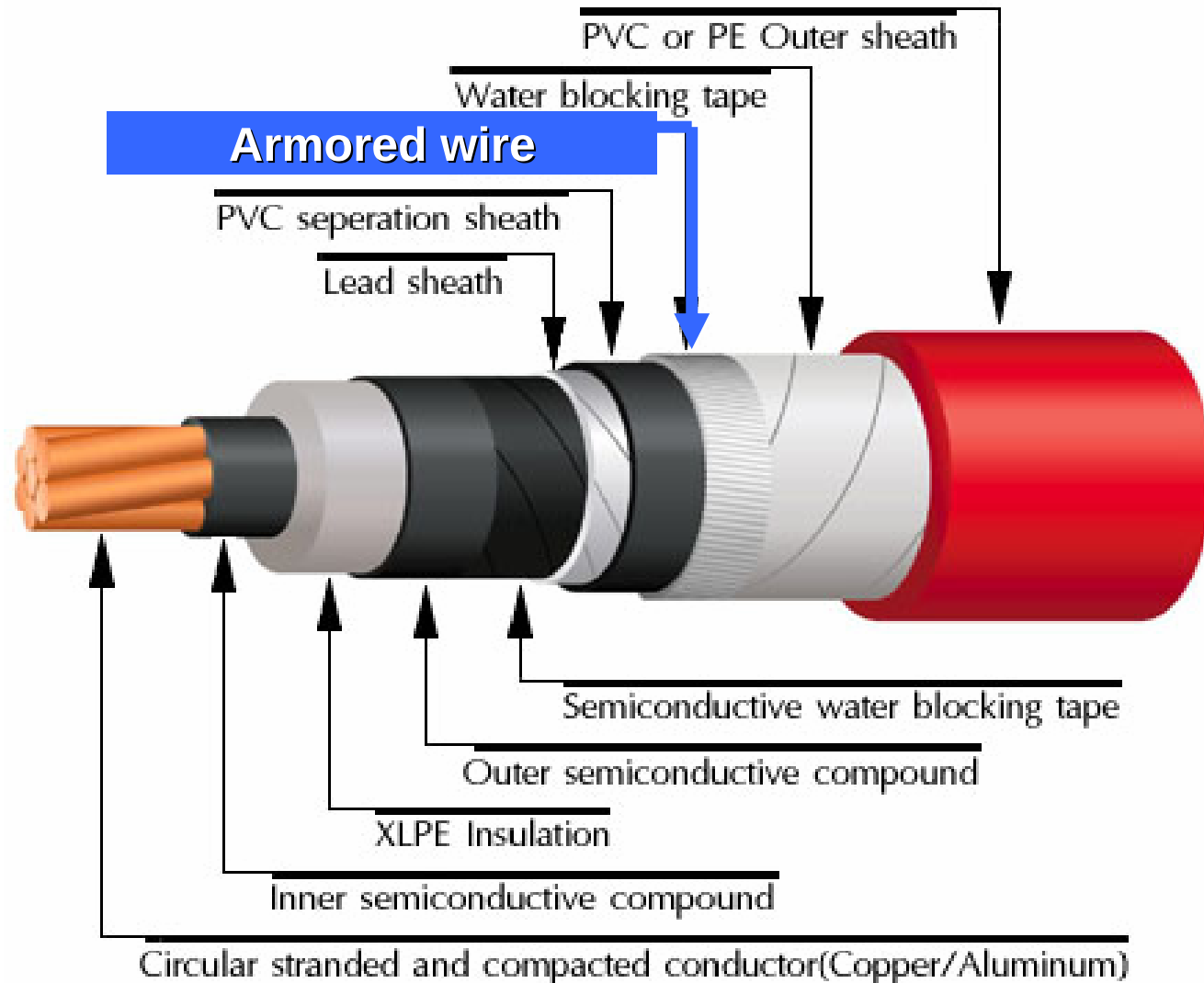
AC (Armored Cable)

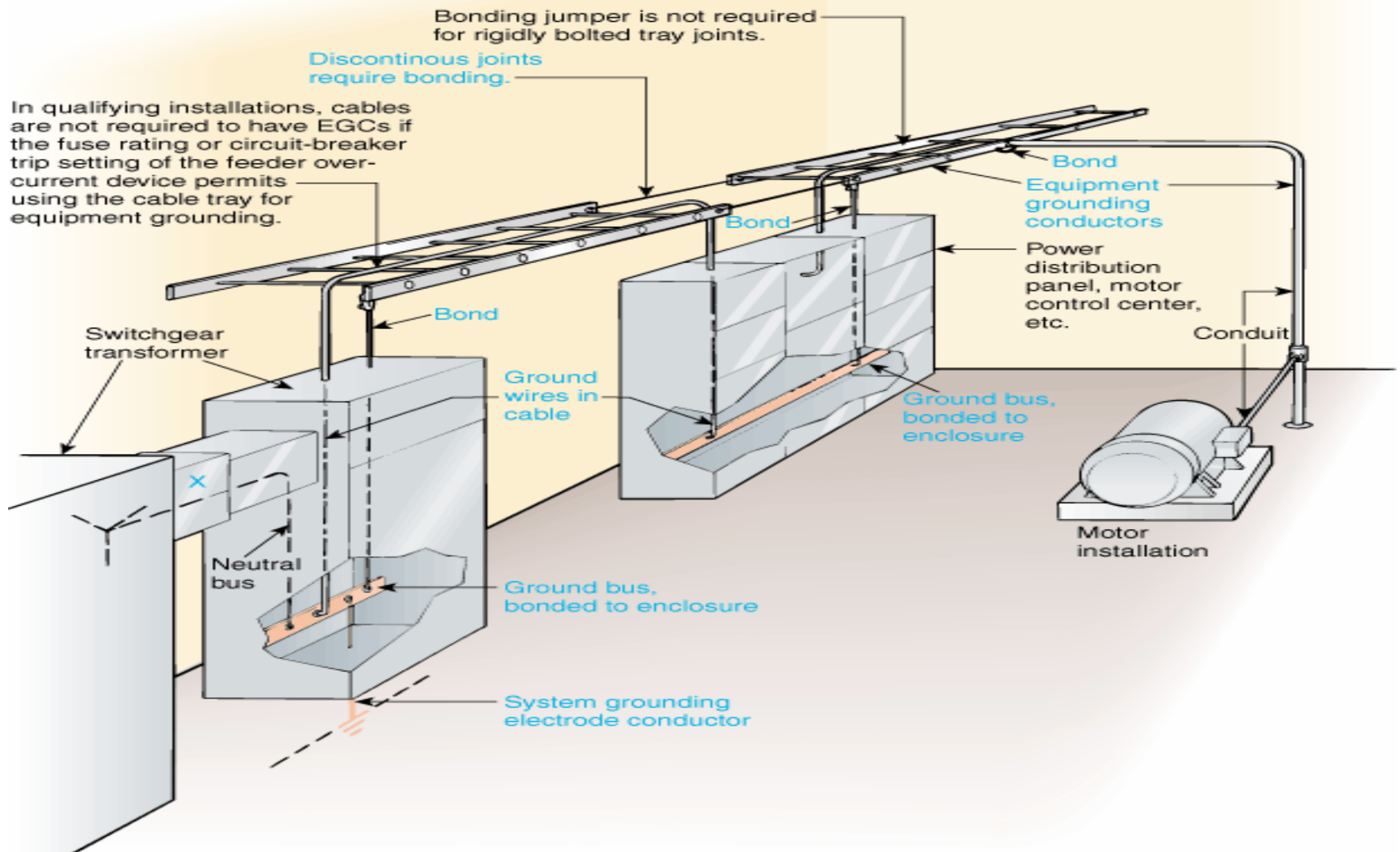
## 4. ท่อร้อยสายต่าง ๆ

# MC (Metal-Clad Cable)



# AC (Armored Cable)







**Cable tray แบบบันได**



**Cable tray แบบบันได**



**Cable tray แบบมีรูระบายอากาศด้านล่าง**





รางเดเบิลปิดทึบด้านบน



# กรณีห้ามใช้รางเดเบิล

- บริเวณที่ซึ่งอาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ
- ในปล่องขนของหรือปล่องลิฟต์
- ในสถานที่ใช้งานซึ่งสายมีโอกาสถูกแสงแดดโดยตรง ต้องใช้สายชนิดทนแสงแดด
- ห้ามใช้รางเดเบิลเป็นตัวนำสำหรับต่อลงดิน
- ห้ามติดตั้งท่อสำหรับงานอื่นที่ไม่ใช่งานไฟฟ้า เช่น ท่อไอน้ำท่อประปา ท่อแก๊ส อยู่บนรางเดเบิล

# การติดตั้งรางเคเบิลและสายเคเบิล

- รางเคเบิลต้องต่อเนื่องทั้งทางกลและทางไฟฟ้า
- เมื่อใช้สายเคเบิลแกนเดี่ยว สายเส้นไฟแต่ละวงจร

ต้องเดินรวมกันเป็นกลุ่ม และสายต้องมัดเข้าด้วยกัน

ป้องกันการเกิดกระแสไม่สมดุล

และป้องกันสายเคเบิลเคลื่อนเมื่อเกิดกระแสลัดวงจร

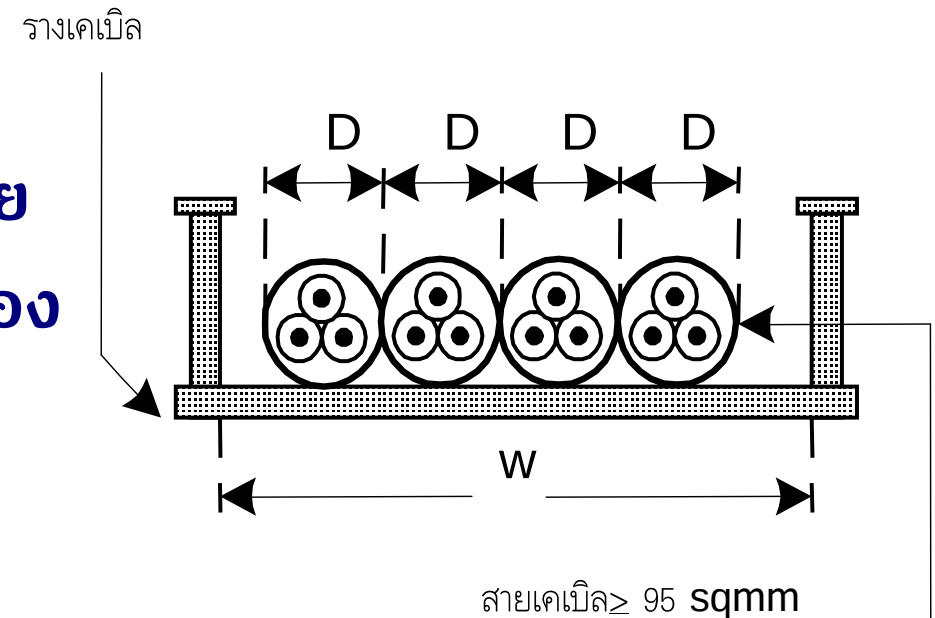
- การต่อสายในรางเคเบิล จุดต่อสายต้องอยู่ในรางเคเบิลและต้องไม่สูงเลยขอบด้านข้างของรางเคเบิล

# จำนวนสายเคเบิลหลายแกน ระบบแรงต่ำในรางเคเบิล

## 1. รางเคเบิลที่มีเฉพาะสายเคเบิลขนาด

**ตั้งแต่ 95 ตร.มม. ขึ้นไป**

- ผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางกลางของสายทั้งหมดต้องไม่เกินขนาดความกว้างของราง
- **วางเรียงได้ชั้นเดียวเท่านั้น**



**$\geq 95 \text{ mm}^2$  พิจารณาที่ความกว้าง**

# จำนวนสายเคเบิลหลายแกน ระบบแรงต่ำในรางเคเบิล

ตาราง 5-7

2. รางเคเบิลที่มีสายเคเบิลขนาดเล็กกว่า 95 ตร.มม.

ผลรวมพื้นที่หน้าตัดของสายทั้งหมด ต้องไม่มากกว่า

พื้นที่สูงสุดที่กำหนดในตาราง 5-7 ช่องที่ 1

$< 95 \text{ mm}^2$

3. รางเคเบิลที่มีสายเคเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 95 ตร.มม. ขึ้นไป

และเล็กกว่า 95 ตร.มม. รวมกัน

Mix 95 mm<sup>2</sup>

ผลรวมพื้นที่หน้าตัดของสายที่มีขนาดเล็กกว่า 95 ตร.มม.

ทั้งหมดต้องไม่มากกว่าพื้นที่สูงสุดที่กำหนดในตารางที่ 5.7 ช่องที่ 2

# ตารางที่ 5-7 หลายแกน

ตารางที่ 5-7

พื้นที่หน้าตัดสูงสุดสำหรับวางเคเบิลหลายแกนระบบแรงต่ำ

ในรางเคเบิลแบบบันได แบบรางมีช่องระบายอากาศ หรือแบบด้านล่างทึบ



| ความกว้าง<br>ภายในของ<br>รางเคเบิล<br><br>(มม.) | รางเคเบิลแบบบันไดหรือแบบ<br>รางมีช่องระบายอากาศ |                                       | รางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ              |                                       |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
|                                                 | ช่องที่ 1<br>ใช้กับข้อ<br>5.15.4.1.2            | ช่องที่ 2*<br>ใช้กับข้อ<br>5.15.4.1.3 | ช่องที่ 3<br>ใช้กับข้อ<br>5.15.4.3.2 | ช่องที่ 4*<br>ใช้กับข้อ<br>5.15.4.3.3 |
|                                                 | < 95 mm <sup>2</sup>                            | Mix 95 mm <sup>2</sup>                | < 95 mm <sup>2</sup>                 | Mix 95 mm <sup>2</sup>                |
| 150                                             | 4500                                            | 4500-(30.5 Sd)**                      | 3500                                 | 3500-(25.4 Sd)**                      |
| 300                                             | 9000                                            | 9000-(30.5 Sd)                        | 7000                                 | 7000-(25.4 Sd)                        |
| 450                                             | 13500                                           | 13500-(30.5 Sd)                       | 10500                                | 10500-(25.4 Sd)                       |
| 600                                             | 18000                                           | 18000-(30.5 Sd)                       | 14000                                | 14000-(25.4 Sd)                       |
| 750                                             | 22500                                           | 22500-(30.5 Sd)                       | 17500                                | 17500-(25.4 Sd)                       |
| 900                                             | 27000                                           | 27000-(30.5 Sd)                       | 21000                                | 21000-(25.4 Sd)                       |

Sd=dia. of bigger cond.

# จำนวนสายเดเบิลหลายแกน ระบบแรงต่ำในรางเดเบิล

ตาราง 5-7

4. กรณีเดินสายผสมกันสายเดเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 95 ตร.มม. ขึ้นไปต้องวางเรียงกันโดยไม่มีสายเดเบิลอื่นมาวางทับยกเว้น สายเล็กกว่า 95 ตร.มม.

วางซ้อนได้

Mix 95 mm<sup>2</sup>

# จำนวนสายเดเบิลแกนเดียว แรงต่ำในรางเดเบิล

ตาราง 5-8

120-300 mm<sup>2</sup>

1. สายเดเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 120 ตร.มม. ถึง 300 ตร.มม. ผลรวมพื้นที่หน้าตัดของสายต้องไม่เกิน จากที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5-8 ช่องที่ 1
2. สายเดเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 400 ตร.มม. ผสม กับสายขนาดเล็กกว่า 400 ตร.มม. ผลรวม พื้นที่หน้าตัดของสายต้องไม่เกิน จากที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5-8 ช่องที่ 2

Mix 400 mm<sup>2</sup>

ตารางที่ 5-8

พื้นที่หน้าตัดสูงสุดสำหรับวางเคเบิลแกนเดี่ยวระบบแรงต่ำ  
ในรางเคเบิลแบบบันไดหรือแบบรางมีช่องระบายอากาศ

| ความกว้างภายในของรางเคเบิล<br>(มม.) | ช่องที่ 1                     | ช่องที่ 2*                    |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                                     | <b>120-300 mm<sup>2</sup></b> | <b>Mix 400 mm<sup>2</sup></b> |
| 150                                 | 4000                          | 4000-(27.9 Sd)**              |
| 300                                 | 8500                          | 8500-(27.9 Sd)                |
| 450                                 | 12500                         | 12500-(27.9 Sd)               |
| 600                                 | 16500                         | 16500-(27.9 Sd)               |
| 750                                 | 21000                         | 21000-(27.9 Sd)               |
| 900                                 | 25000                         | 25000-(27.9 Sd)               |



## จำนวนสายเคเบิลแกนเดียว แรงต่ำในรางเคเบิล

3. สายเคเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 50 ตร.มม. ถึง 95 ตร.มม.
4. รางที่มีเฉพาะสายเคเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 400 ตร.มม. ขึ้นไป

“ผลรวมเส้นผ่าศูนย์กลางรวมฉนวนและเปลือกสาย  
ทั้งหมดต้องไม่เกินขนาดความกว้างของรางเคเบิล”

## การเดินสายหลายแกนในรางเดเบิล

สาย NYY แบบ 2 แกน ขนาด  $70 \text{ mm}^2$  จำนวน 15 เส้น  
ต้องการเดินบน Cable tray แบบมีช่องระบายอากาศ  
จะต้องใช้ขนาดความกว้างต่ำสุดเท่าใด

กำหนดให้สายขนาด  $70 \text{ mm}^2$  มีพื้นที่หน้าตัดรวม  $1288.2 \text{ mm}^2$

มีสาย 15 เส้น ดังนั้น พท. หน้าตัดรวม  
เท่ากับ  $1288.2 \times 15 = 19323 \text{ mm}^2$

จากตารางที่ 5-7 ช่องที่ 1 เลือกใช้รางเดเบิล  $750 \text{ mm}^2$   
มี พ.ท. หน้าตัด  $22500 \text{ mm}^2$

## การเดินสายหลายแกนในรางเคเบิล

สาย THW แกนเดี่ยวขนาด  $500 \text{ mm}^2 (\geq 400 \text{ mm}^2)$

จำนวน 8 เส้นเดินบน Cable tray แบบแบนโตขนาด 600 mm

จะสามารถวางสาย THW ขนาด  $150 \text{ mm}^2$  ได้อีกกี่เส้น

กำหนดให้สาย THW ขนาด  $500 \text{ mm}^2$  มีเส้นผ่าศูนย์กลางกลาง 38.0 mm

$$\begin{aligned}\text{Cable tray ขนาด 600 mm} &= 16500 - (27.9 \times S_d) \\ &= 16500 - (27.9 \times 8 \times 38.0) \\ &= 8018.4 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

กำหนดให้สาย THW ขนาด  $150 \text{ mm}^2$  มีพท. หน้าตัด  $363.1 \text{ mm}^2$

ดังนั้นสามารถวางบน cable tray ได้  $= 8018.4/363.1 = 22$  เส้น

# จำนวนสายเคเบิลแกนเดี่ยว XLPE แรงต่ำในรางเคเบิล

ขนาดสายหาได้จากตารางที่ 5-13 (ก)

Derating

## รางเคเบิลแบบเปิด

- สายเคเบิลขนาดตั้งแต่  $300 \text{ mm}^2$  ขึ้นไปใช้ขนาดกระแสน้ำได้ไม่เกินร้อยละ 75 ของขนาดกระแสที่กำหนด
- สายเคเบิลขนาดตั้งแต่  $50 \text{ mm}^2$  ขึ้นไปแต่น้อยกว่า  $300 \text{ mm}^2$  ขนาดกระแสใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 65 ของขนาดกระแส

# จำนวนสายเคเบิลแกนเดี่ยว XLPE แรงต่ำในรางเคเบิล

รางเคเบิลแบบปิดตลอดด้วยฝาทึบยาวเกิน 1.80 m

- สายเคเบิลขนาดตั้งแต่ 300 mm<sup>2</sup> ขึ้นไปขนาดกระแสใช้ได้  
ไม่เกินร้อยละ 70 ของขนาดกระแสที่กำหนด
- สายเคเบิลขนาดตั้งแต่ 300 mm<sup>2</sup> ขึ้นไปขนาดกระแสใช้ได้  
ไม่เกินร้อยละ 60 ของขนาดกระแสที่กำหนด

# จำนวนสายเคเบิลแกนเดี่ยว XLPE แรงต่ำในรางเคเบิล

$$X > 50 \text{ mm}^2$$

- สายเคเบิลขนาดตั้งแต่  $50 \text{ mm}^2$  ขึ้นไป วางเป็นรูปสามเหลี่ยม ในรางเคเบิลเปิด โดยมีระยะห่างระหว่างกลุ่มเคเบิล ไม่น้อยกว่า 2.15 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของสายเคเบิล ขนาดกระแสให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 85 ของขนาดกระแสที่กำหนด
- สายขนาด ตั้งแต่  $50 \text{ mm}^2$  ขึ้นไป แต่ละเส้นวางห่างกัน ไม่น้อยกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายเคเบิลเส้นที่โตกว่าที่อยู่ใกล้กัน ขนาดกระแสให้ใช้ต่ำกว่ากระแสที่กำหนด

# จำนวนสายเคเบิลหลายแกน XLPE แรงต่ำในรางเคเบิล

- ขนาดสายหาได้จากตารางที่ 5-13 (ข)
- ยกเว้นรางเคเบิลแบบปิดที่ความยาวเกิน 1.80 m  
ให้ลดขนาดกระแสเหลือร้อยละ 95 ของกระแสที่กำหนด

# จำนวนสายระบบแรงสูงในรางเดเบิล

“ผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางของสายเดเบิล  
แกนเดี่ยวและหลายแกนทั้งหมดรวมกันต้องไม่  
เกินความกว้างของรางเดเบิล”

$$W > \text{Sum OD}$$

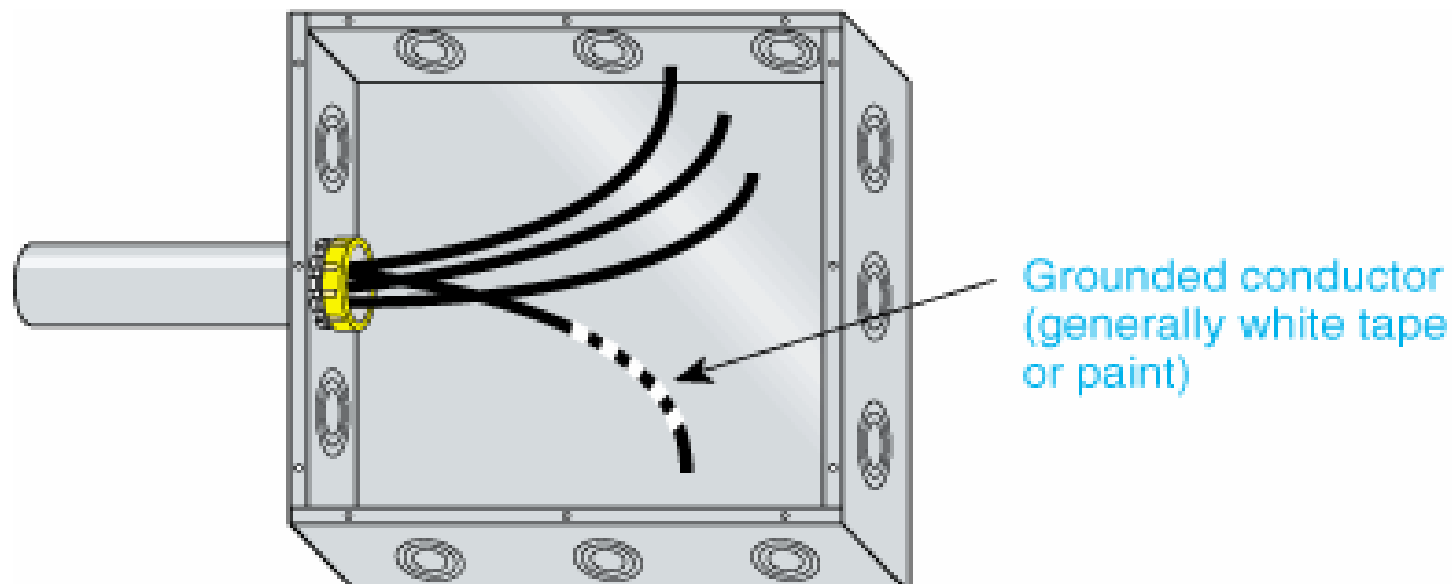
# จำนวนสายเคเบิลแกนเดี่ยว ระบบแรงสูงในรางเคเบิล

$$X > 50 \text{ mm}^2$$

- ขนาดกระแสของสายเคเบิลแกนเดี่ยวขนาดตั้งแต่  $50 \text{ mm}^2$  ขึ้นไป ติดตั้งในรางเคเบิลแบบเปิดให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 75 ของขนาดกระแส
- ถ้าเป็นรางเคเบิลแบบปิดยาวเกิน  $1.80 \text{ m}$  ขนาดกระแสใช้ได้ไม่เกิน ร้อยละ 70 ของขนาดกระแส
- การติดตั้งรางเคเบิลแกนเดี่ยวขนาดตั้งแต่  $50 \text{ mm}^2$  ขึ้นไป แต่ละเส้นว่างห่างกันไม่น้อยกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายเคเบิล

## 5.16 กล่องสำหรับงานไฟฟ้า (Box)

- ทำด้วยวัสดุทนการพุกร้อน
- มีการป้องกันที่เหมาะสมทั้งภายในและภายนอก  
เช่น เคลือบสี หรือ อาบสังกะสี



# กล่องต่อสาย

## ■ ลักษณะการใช้งาน

- สำหรับจุดต่อไฟฟ้าของสวิตช์หรืออุปกรณ์
- ต่อสาย
- ดึงสาย
- แยกสาย



# การติดตั้งใช้งานกล่องไฟฟ้า

- เมื่อติดตั้งกล่องแล้ว ต้องเข้าถึงได้โดยไม่ต้องรื้อ ส่วนใดส่วนหนึ่งของอาคาร และต้องมีที่ว่างให้สามารถทำงานได้สะดวก
- ต้องมีฝาปิดที่เหมาะสมและปิดอย่างแน่นหนา
- กล่องที่ใช้กับอุปกรณ์แรงสูงต้องมีป้าย “อันตราย ไฟฟ้าแรงสูง” ติดไว้อย่างถาวรและเห็นได้ชัด
- ต้องมีบุชชิ่งหรือเครื่องประกอบที่มีขอบมนเรียบ
- กล่องต้องไม่มีรูหรือช่องที่โตพอให้วัตถุที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 7.5 มม. ลอดได้

## 5.17 แผงสวิตช์และแผงย่อย (Switchboard and Panelboard)

- การติดตั้งใช้งาน
- การยึดและการจัดบัสบาร์  
และตัวนำ
- แผงสวิตช์  
( SWITCHBOARD )
- แผงย่อย  
( PANELBOARD )



# แผงสวิตช์และแผงย่อย

## ■ การติดตั้ง

- อยู่ในห้องหรือที่เฉพาะ
- ห้ามมีท่อลม ท่องานอื่น หรืออุปกรณ์สำหรับงานอื่น ติดตั้งเหนือหรืออยู่ใต้แผงสวิตช์ หรือทางเดินเข้าสู่ห้อง

# แผงสวิตช์และแผงย่อย

## ■ แผงสวิตช์ ( SWITCHBOARD )



- ส่วนบนของแผงสวิตช์ต้องอยู่ห่างจากเพดาน  
ที่ติดไฟได้ไม่น้อยกว่า **0.90 m**

# การติดตั้งแผงสวิตช์และแผงย่อย

## ■ แผงย่อย ( Panelboard )



- การติดตั้งแผงย่อยในสถานที่เปียกหรือชื้นต้องมีพื้นรองรับไม่น้อยกว่า **5 mm**
- แผงย่อยที่ประกอบด้วยสวิตช์ธรรมดาขนาดไม่เกิน **30 A** หลายตัวต้องมีเครื่องป้องกันกระแสเกินที่มีพิภักต์ไม่เกิน **200 A**
- เครื่องป้องกันกระแสเกินในแต่ละแผงย่อยต้องไม่เกิน **42** ขั้วไม่รวมขั้วที่เป็นประธาน

# ข้อกำหนดโครงสร้างบัสบาร์และตัวนำ

## ■ ข้อกำหนดโครงสร้าง

- ใบมีดที่เปิดโล่งของสวิตช์ใบมีดต้องไม่มีไฟเมื่ออยู่ในตำแหน่งปลด
- แผงสวิตช์ต้องมีระยะห่างระหว่าง บัสบาร์กับด้านล่างของตู้  
**200 mm** สำหรับบัสบาร์หุ้มฉนวน  
**250 mm** สำหรับบัสบาร์เปลือย

# ระยะห่างของบัสบาร์

ตารางที่ 5-9

## ■ ระยะห่างต่ำสุดระหว่างส่วนที่มีไฟฟ้าเปลือย (mm)

| <u>แรงดันระหว่าง<br/>สายเส้นไฟ</u> | <u>ขั้วต่างกันบน<br/>พื้นผิวเดียวกัน</u> | <u>ขั้วต่างกัน<br/>ซึ่งในอากาศ</u> | <u>เมื่อส่วนที่มีไฟฟ้า<br/>เปลือยกับดิน</u> |
|------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|
| <u>&lt;125</u>                     | 19                                       | 12.5                               | 12.5                                        |
| <u>&lt;250</u>                     | 31.5                                     | 19                                 | 12.5                                        |
| <u>&lt;750</u>                     | 50                                       | 25                                 | 25                                          |

# การจัดเฟสบัสบาร์สำหรับแผงสวิตช์แรงสูง

- ในการทำเครื่องหมาย ให้ใช้สี**แดง เหลือง น้ำเงิน** สำหรับเฟส **R Y B** ตามลำดับ
- การจัดเฟสของบัสบาร์ในแผงสวิตช์ เมื่อมองจากด้านหน้าให้อยู่ในลักษณะ



# ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับแผงสวิตช์แรงสูง

- ต้องจัดให้มีบัสต่อลงดิน ( **Grounded Bus** ) ทำด้วย ทองแดงมีขนาดไม่เล็กกว่า

**95 mm<sup>2</sup> สำหรับระบบ 12 kV**

**50 mm<sup>2</sup> สำหรับระบบ 24 kV**

**35 mm<sup>2</sup> สำหรับระบบ 33 kV**

- ตัวนำสำหรับต่อลงดินของกับดักเสิร์จต้องทนแรงดันไม่น้อยกว่า **750 V**

## 5.18 สายไฟฟ้า

### ■ การเลือกสายไฟฟ้าที่เหมาะสม

ข้อกำหนดที่จะต้องพิจารณาในการเลือกสายไฟฟ้า ได้แก่

- พิกัดแรงดัน ( Voltage Rating )
- พิกัดกระแส ( Current Rating )
- สายควบ ( Multiple Conductors )
- แรงดันตก ( Voltage Drop )

# พิกัดแรงดันและกระแส

## พิกัดแรงดัน

สายไฟฟ้าต้องสามารถทนต่อแรงดันใช้งานได้ตาม มอก.11-2531 ได้กำหนดแรงดันใช้งานเอาไว้ 2 ระดับคือ 300 V และ 750 V

## ขนาดพิกัดกระแส

- ให้ใช้ตามตารางที่ 5-11 ถึง 5-15
- ขนาดตามตาราง ใช้สำหรับอุณหภูมิโดยรอบ 30 °C และ 40 °C แล้วแต่กรณี (ในอากาศ หรือใต้ดิน)

# ปัจจัยที่ส่งผลต่อพิกัดกระแส

- **อุณหภูมิโดยรอบ** ถ้าอุณหภูมิบริเวณรอบ ๆ ของสายไฟฟ้าที่ใช้มีค่าสูงขึ้น ก็จะส่งผลให้ค่าพิกัดของกระแสลดลงจากค่าปกติ
- **การถ่ายเทอากาศ** สายไฟฟ้าติดตั้งในบริเวณที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก ก็จะมีค่าพิกัดกระแสสูงกว่ากรณีที่ติดตั้งในบริเวณอากาศถ่ายเทไม่สะดวก

# การใช้ตัวคูณลดค่ากระแส

- **จำนวนสาย** มากกว่า 3 เส้นในช่องเดินสายไฟฟ้าเดียวกันให้ใช้ตัวคูณลดค่ากระแสเนื่องจากจำนวนสายตาม ตารางที่ 5-10
- **อุณหภูมิโดยรอบ** ต่างจาก 30 °C (กรณีสายใต้ดิน) หรือต่างจาก 40 °C (กรณีเดินในอากาศ) ให้คูณค่าขนาดกระแสด้วยตัวคูณลด

# การใช้ตัวคูณลดค่ากระแส

ตารางที่ 5-10 ตัวคูณลดค่ากระแสเนื่องจากจำนวนสาย  
หลายเส้นในช่องเดินสายไฟฟ้าเดียวกัน

| จำนวนสาย | ตัวคูณ |
|----------|--------|
| 4-6      | 0.82   |
| 7-9      | 0.72   |
| 10-20    | 0.56   |
| 21-30    | 0.48   |
| 31-40    | 0.44   |
| เกิน 40  | 0.38   |



# การใช้ตัวคูณลดค่ากระแส

ตารางที่ 5-11 อุณหภูมิโดยรอบต่างจาก 30 °C (กรณีสายใต้ดิน) 40 °C (กรณีเดินในอากาศ) ให้คูณค่าขนาดกระแสด้วยตัวคูณลด ดังนี้

| อุณหภูมิโดยรอบ<br>(องศาเซลเซียส) | ตัวคูณ                          |                                     |
|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
|                                  | วิธีเดินสาย ก-ค<br>(หมายเหตุ 1) | วิธีเดินสาย ง และ จ<br>(หมายเหตุ 1) |
| 21-25                            | -                               | 1.06                                |
| 26-30                            | -                               | 1                                   |
| 31-35                            | 1.08                            | 0.94                                |
| 36-40                            | 1                               | 0.87                                |
| 41-45                            | 0.91                            | 0.79                                |
| 46-50                            | 0.82                            | 0.71                                |
| 51-55                            | 0.71                            | -                                   |
| 56-60                            | 0.58                            | -                                   |

# ตัวอย่างผลของอุณหภูมิ

- โหลดขนาด 40 kVA, 380 V, 3 เฟส จงหาขนาดของสายไฟ ฉนวน PVC ตาราง 5-11 เดินในท่อโลหะร้อยสายในอากาศ อุณหภูมิโดยรอบดังนี้
  1. 40 °C
  2. 55 °C

# ตัวอย่างผลของอุณหภูมิ

1. Temp 40 °C จาก ตาราง 5-13 ไม่ต้องใช้ตัวคูณลด

$$I_L = \frac{40 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380} = 60.8 \text{ A}$$

จาก ตาราง 5-11 การเดินสายแบบ ด. ในท่อโลหะ  
ใช้สายขนาด 3 x 25 mm<sup>2</sup> (77 A)

# ตัวอย่างผลของอุณหภูมิ

**2. Temp 55 °C** จาก ตาราง 5-13 ต้องใช้ตัวคูณลด **0.71**

$$I_L = \frac{40 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380} = 60.8 \text{ A}$$

จาก ตาราง 5-11

ใช้ตัวคูณลด

การเดินสายแบบ ค. ร้อยท่อใน

อากาศใช้สายขนาด **3 x 35 mm<sup>2</sup>**  
**(95 A)**

$$I_C \geq \frac{60.8}{0.71} = 85.6 \text{ A}$$

# ข้อกำหนดของตัวนำนิวทรัล ( Neutral )

ในระบบ 3 เฟส ให้นำตัวนำนิวทรัลด้วยเมื่อ

โหลดส่วนใหญ่ (มากกว่าร้อยละ 50 ) ประกอบด้วยโหลดชนิดปล่อยประจุ เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ หรืออุปกรณ์อื่นที่มีลักษณะ คล้ายกันที่ทำให้เกิดกระแสฮาร์มอนิกในตัวนำนิวทรัล

# ตัวอย่างผลกระแสฮาร์มอนิก

- จงหาขนาดสายป้อนของวงจรโหลดแสงสว่างของโรงงานอุตสาหกรรม (demand factor 100% ) ขนาด **55 kVA**,  
3 เฟส, 380 V เดินในท่อโลหะร้อยสายในอากาศ สายไฟฉนวน PVC ตาราง 5-11

กรณีที่ 1: โหลดมากกว่า 50 % เป็นโหลดฟลูออเรสเซนต์

กรณีที่ 2: โหลดมากกว่า 50 % เป็น Resistive load

หมายเหตุ: การคิด demand factor  
ให้ไปดูรายละเอียดในบทที่ 3: ตารางที่ 3-1

# ตัวอย่างผลกระแสฮาร์มอนิก

- กระแสโหลดของสายป้อน 55 kVA, 380 V, 3 เฟสหาได้ดังนี้

$$I_L = \frac{55 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380} = 83.5 \text{ A}$$

**พิจารณาโหลดมากกว่า 50 % เป็นโหลด FL**

ดังนั้นจึงต้องนับสายนิวทรัลด้วย (สายรวมจึงเป็น 4 เส้น)

$$I_C \geq \frac{83.5}{0.82} = 101.8 \text{ A}$$

ใช้ตัวคูณลด 0.82 จาก  
ตาราง 5-10

# ตัวอย่างผลกระแสฮาร์มอนิก

การเดินสายแบบ ด. ตาราง 5-11

ใช้สายเฟสขนาด 3 x 50 mm<sup>2</sup> (119 A)

สายนิวทรัล 1x50 mm<sup>2</sup> (119 A)

**หมายเหตุ** กระแสโหลด  $\leq 200$  A สายเฟส = สายนิวทรัล  
 $> 200$  A ส่วนเกินคิด 70 %

# ตัวอย่างผลกระแสฮาร์มอนิก

พิจารณาโหลดมากกว่า 50 % เป็น resistive load

ดังนั้นไม่ต้องนับสายนิวทรัล (จำนวนสายจึงไม่เกิน 3 เส้น)

$$I_L = \frac{55 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380} = 83.5 \text{ A}$$

จาก ตาราง 5-11 การเดินสายแบบ ด.

ใช้สายขนาด 4 x 35 mm<sup>2</sup> (95 A)

# ข้อกำหนดการใช้งานของสาย XLPE

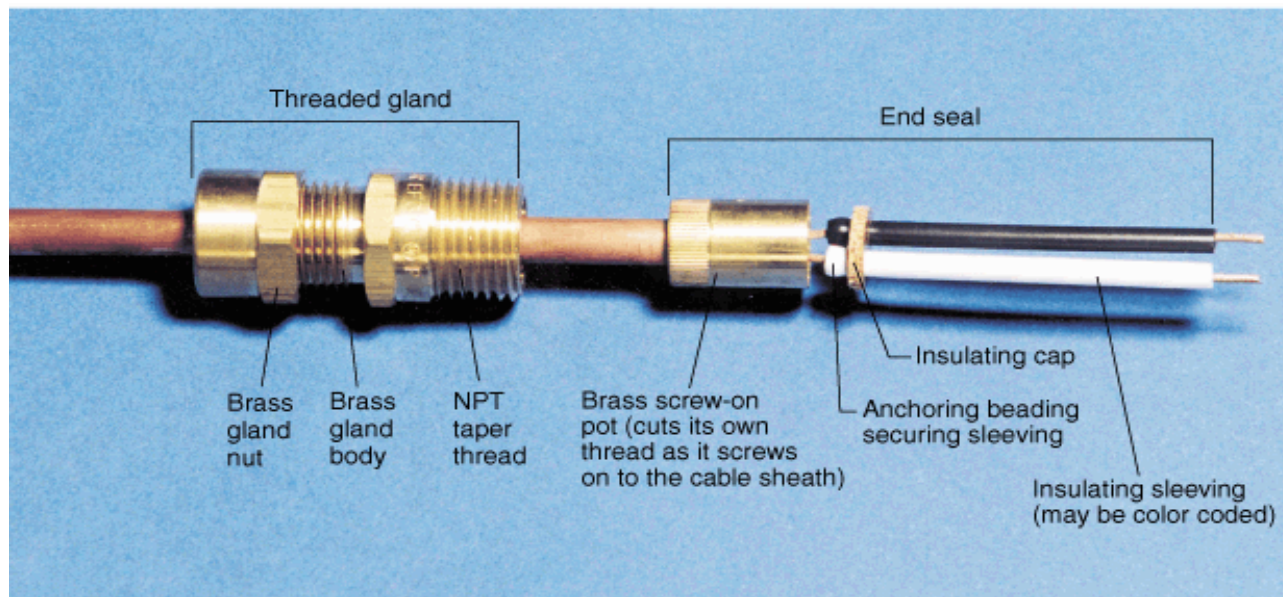
“การติดตั้งภายในอาคารต้อง  
เดินในช่องเดินสายที่ปิดมิดชิด”

**ยกเว้น** ฉนวน XLPE ที่มี  
การผสมสารเพื่อให้มีคุณสมบัติไม่ไหม้ลุกลาม

## 5.19 เคเบิลชนิดเอ็มไอ

( Mineral Insulated Cable )

- เคเบิลเปลือกโลหะที่ตัวนำไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวนแร่แบบชนิดเอ็มไอ ประกอบด้วยตัวนำเดี่ยวหรือมากกว่า มีฉนวนเป็นแร่ที่ถูกอัดแรงอย่างสูงและ**ถูกล้อมในปลอกทองแดง**อย่างต่อเนื่องซึ่งกันของเหลวและกันก๊าซ



# เดเบิลแบบชนิดเอ็มไออนุญาตให้ใช้ดังต่อไปนี้

1. ใช้เป็นสายประธาน สายป้อน และสายวงจรย่อย
2. ในสถานที่แห้ง ที่เปียก หรือที่ชื้นตลอดเวลา
3. ในอาคารหรือนอกอาคาร
4. ในที่เปิดโล่งหรือที่ซ่อน
5. ฝังในปูน คอนกรีต ดินหรือในอิฐ

ขนาดกระแสน้ำเป็นตามตารางที่ 5-17 และ ตารางที่ 5-18

# ข้อห้ามสำหรับสาย MI

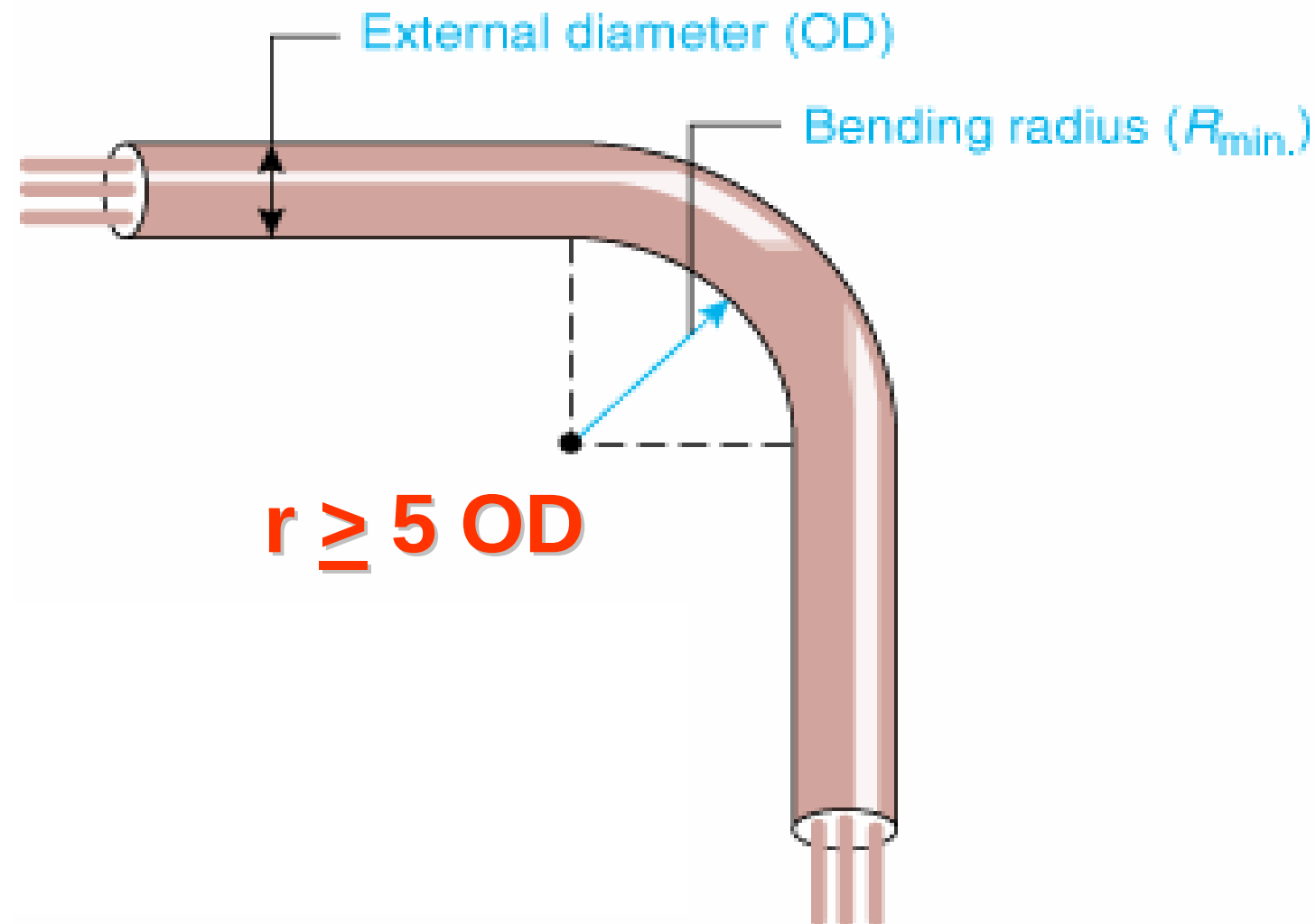
เดบิลแบบชนิดเอ็มไอห้ามใช้ในที่เปิดโล่งต่อสภาวะที่ทำให้เกิดการผุกร่อนได้

**ยกเว้น** ในที่มีการป้องกันด้วยสารที่เหมาะสมใน สภาวะนั้นแล้ว

# การติดตั้งสาย MI

1. ที่รองรับเคเบิลแบบชนิดเอนไวต้องถูกยึดอย่างมั่นคงช่วงละไม่เกิน **1.80 m**
2. การงอเคเบิลแบบชนิดเอนไวต้องไม่เป็นอันตรายต่อเคเบิล รัศมีความโค้งของขอบในต้องไม่น้อยกว่า **5 เท่า** ของเส้นผ่านศูนย์กลางของเคเบิล

# รัศมีความโค้งของสายเคเบิล MI



# ข้อกำหนดเกี่ยวกับโครงสร้างสาย MI

1. ตัวนำของเคเบิลแบบชนิดเอ็มไอ ต้องเป็นทองแดงเดี่ยวมีพื้นที่ภาคตัดขวางตามกำหนด
2. ฉนวนที่หุ้มสายตัวนำของเคเบิลแบบชนิดเอ็มไอ ต้องเป็นแร่ที่ถูกรีดอัดอย่างแรงที่จะมีระยะห่างระหว่างตัวนำอย่างเหมาะสม
3. เปลือกนอกของเคเบิลแบบชนิดเอ็มไอต้องเป็นทองแดงที่มีโครงสร้างต่อเนื่องเพื่อป้องกันแรงกลฉีกความชื้นและเพียงพอตามวัตถุประสงค์ในการต่อลงดิน

# Thank You

