

ระบบโครงสร้างอาคารสูง

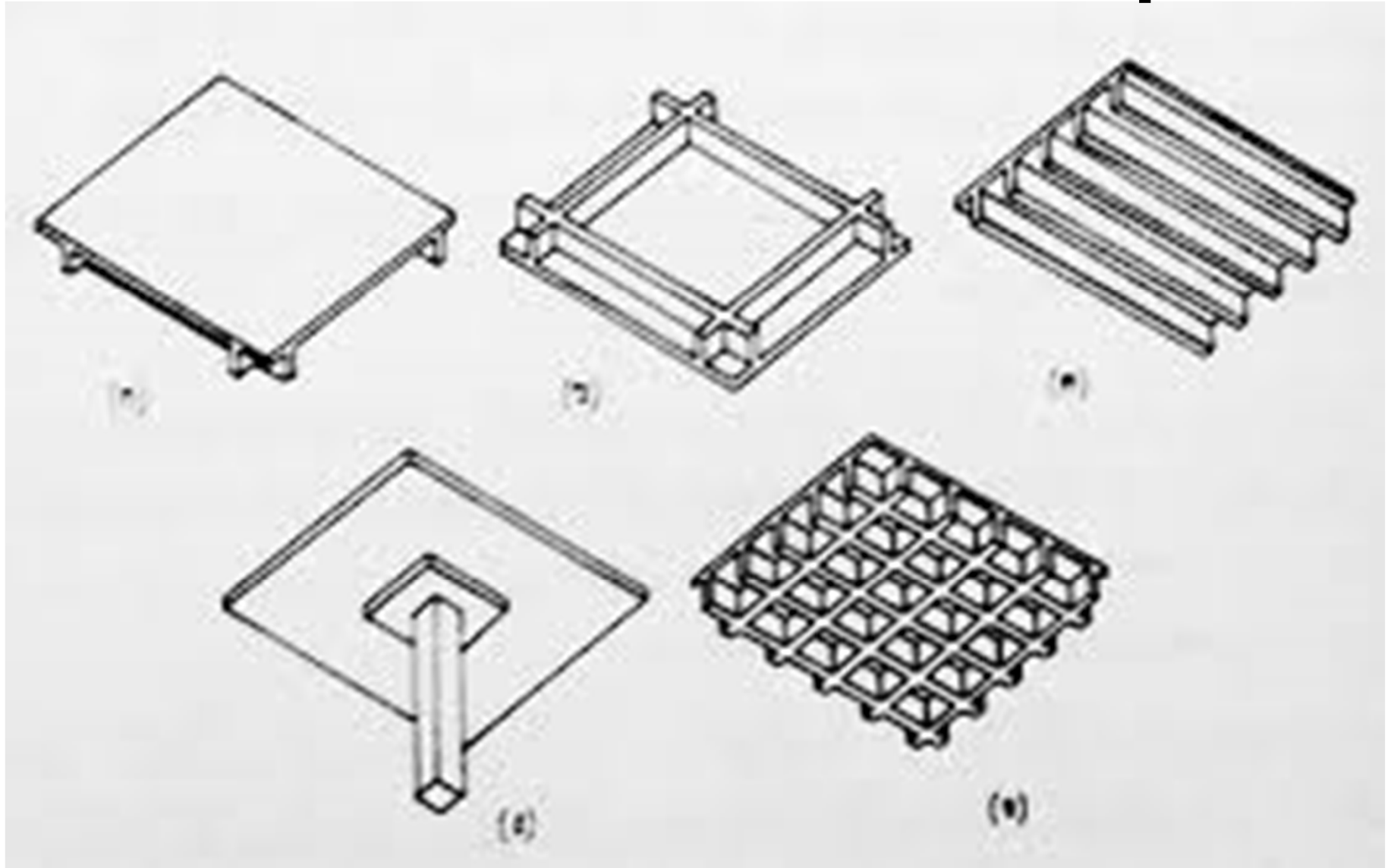
ระบบโครงสร้าง คาน – พื้น

Post-Tension ; Bonded&Unbonded

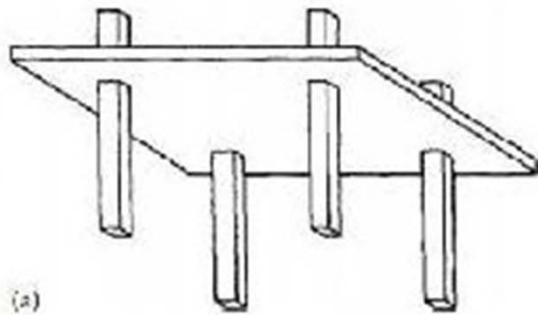
- ส่วนประกอบ, องค์ประกอบ
- โอกาส, ประโยชน์สูงสุด
- เงื่อนไข, ข้อจำกัด

รวบรวมโดย กานต์ คล้าพันธ์
สนง.สิริปัญญาออกแบบและจัดการ

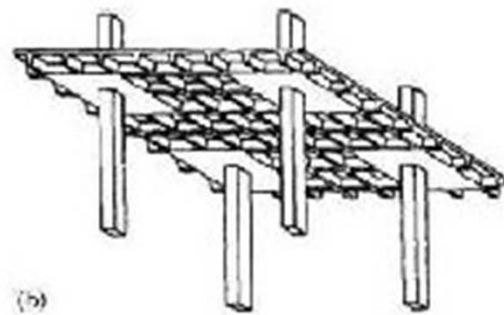
โครงสร้างพื้นประเภทต่างๆ



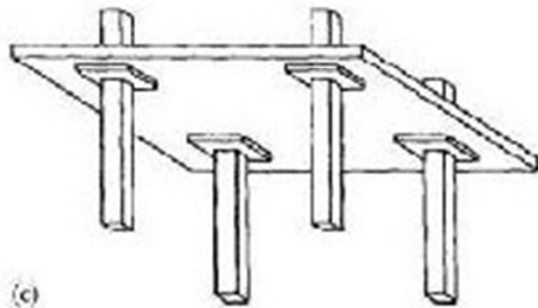
By Siripunya



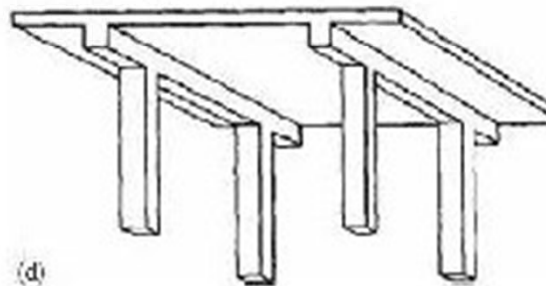
(a)



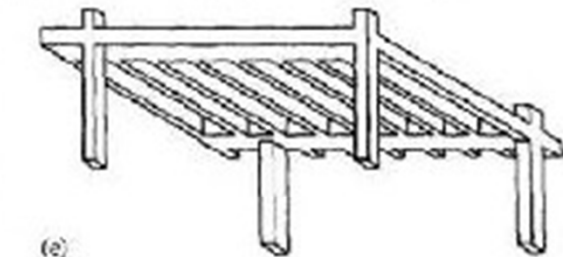
(b)



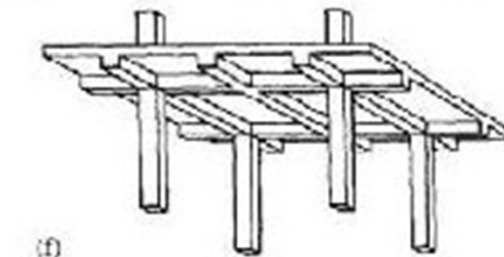
(c)



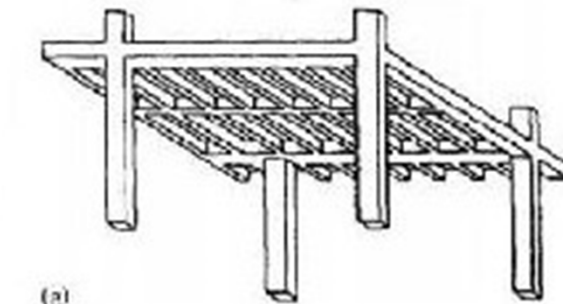
(d)



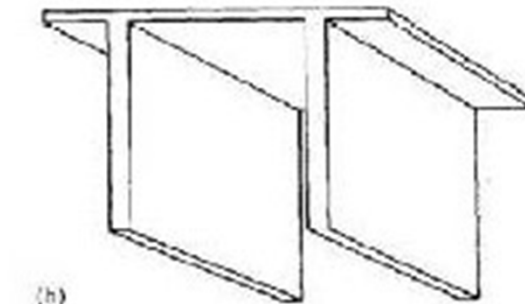
(e)



(f)

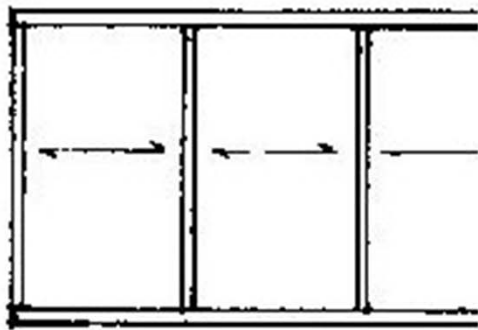
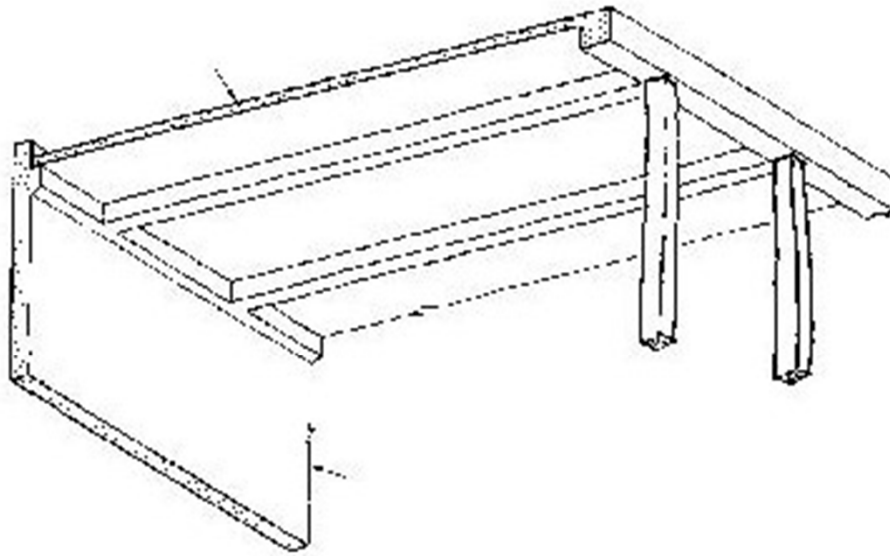


(g)

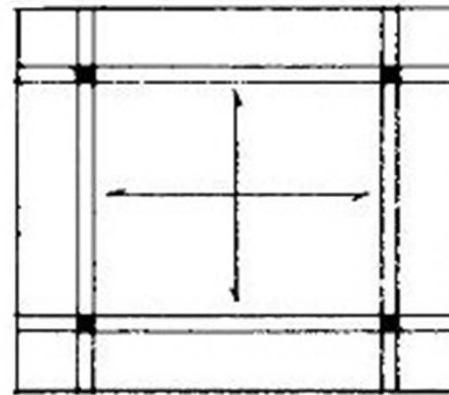
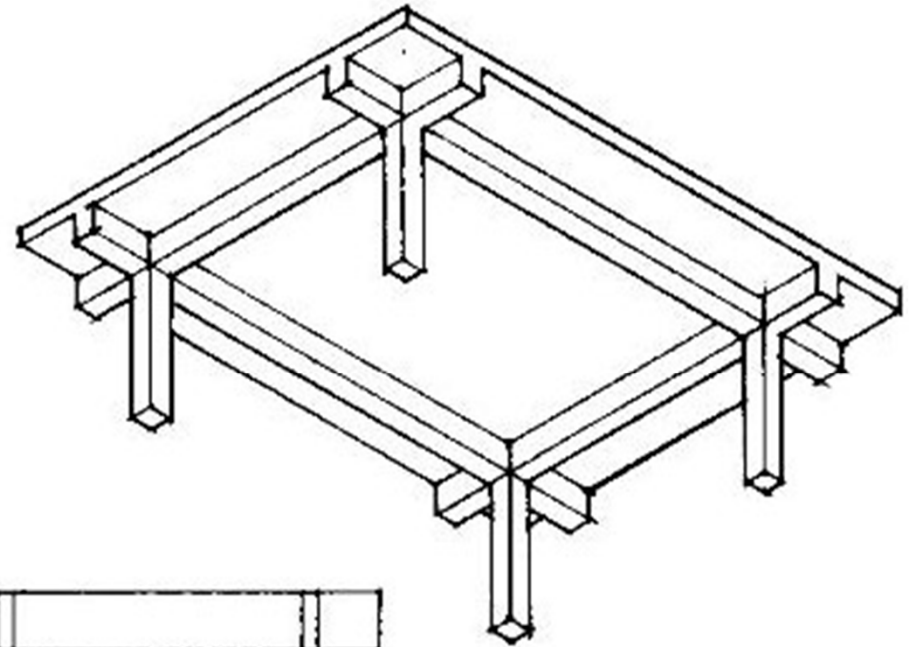


(h)

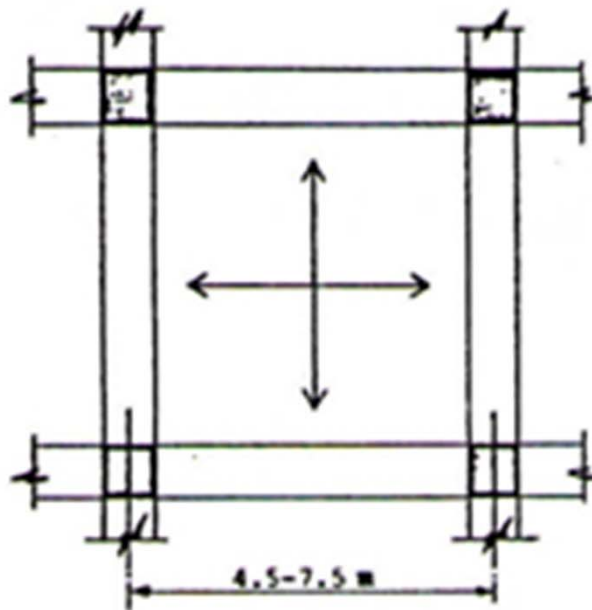
One-way , Two-way slab



One-way slab

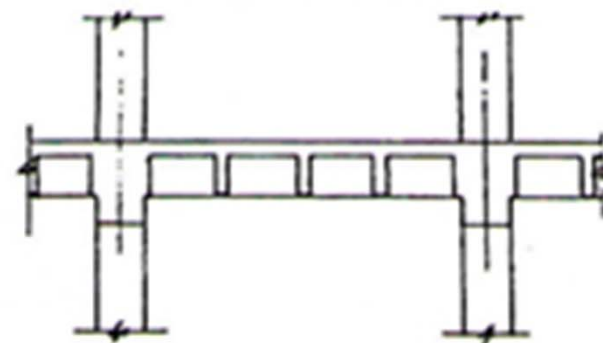
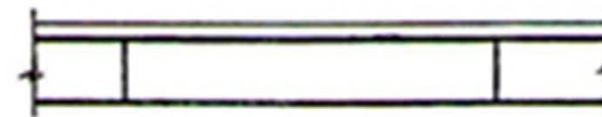
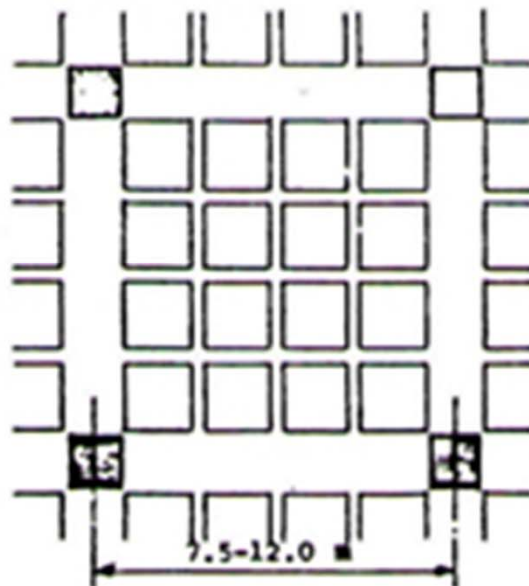


Two-way slab



(b)

(c)

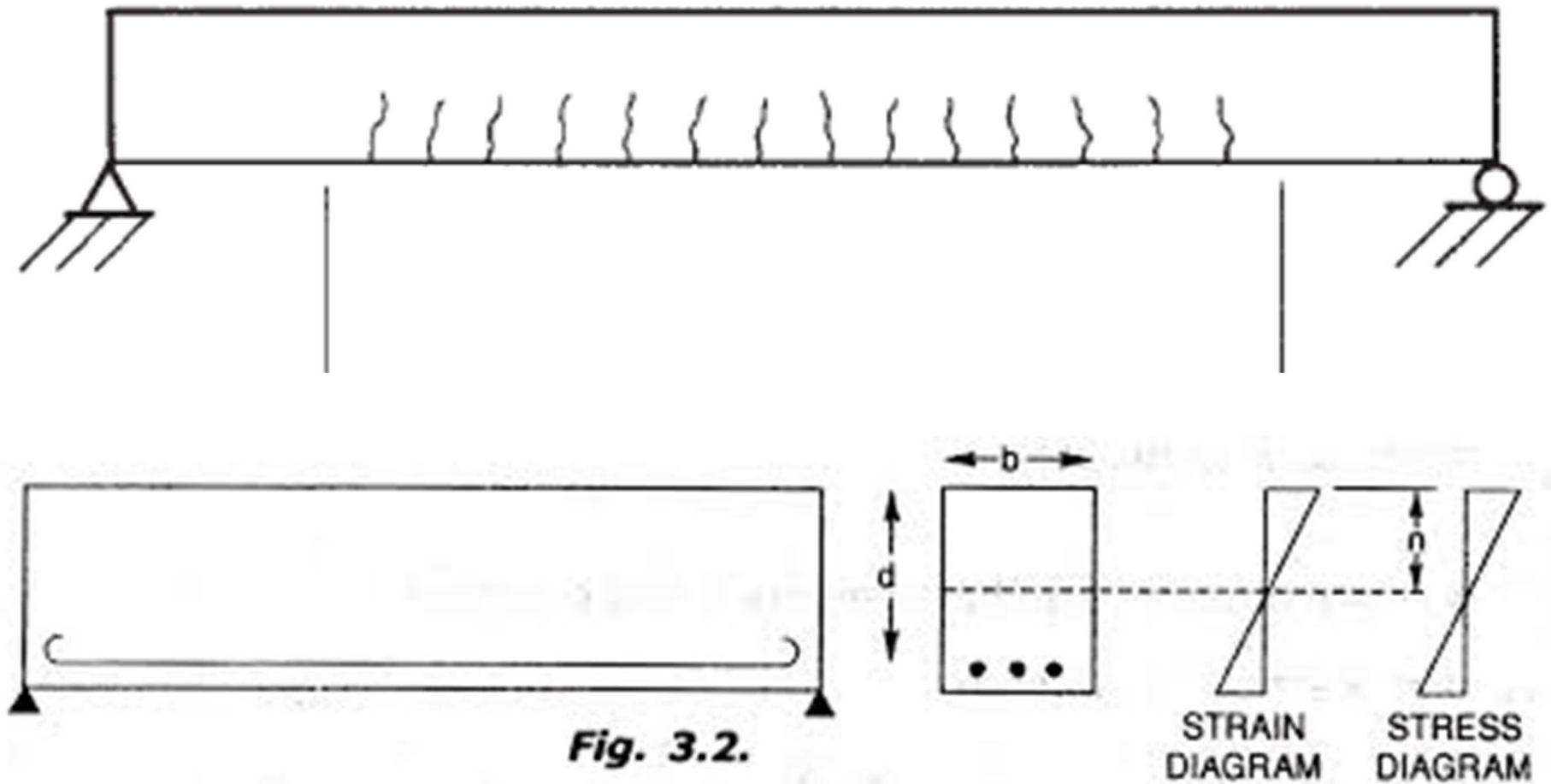


Waffle-slab

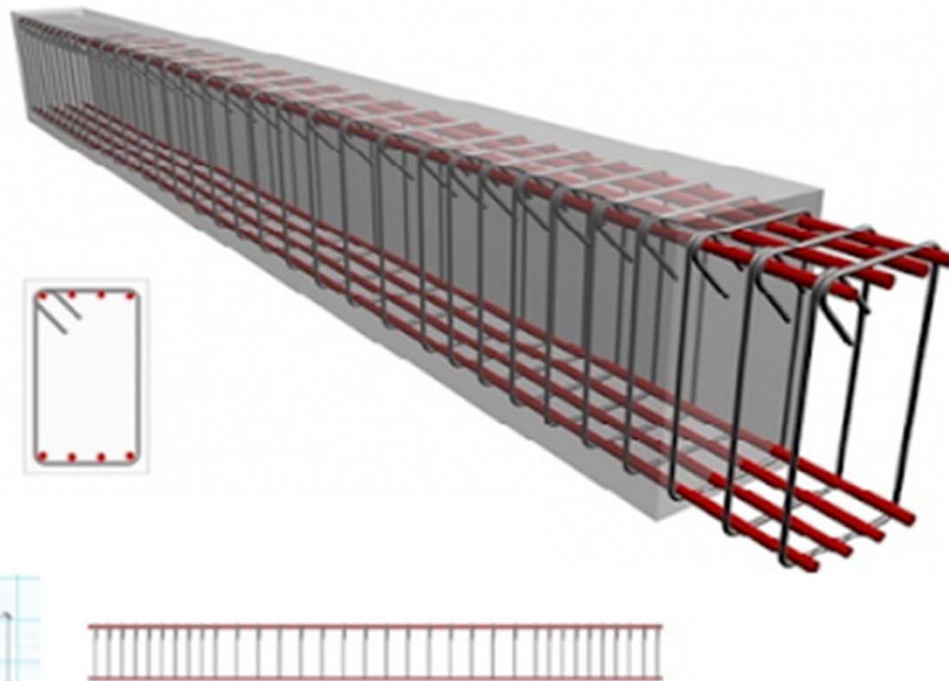
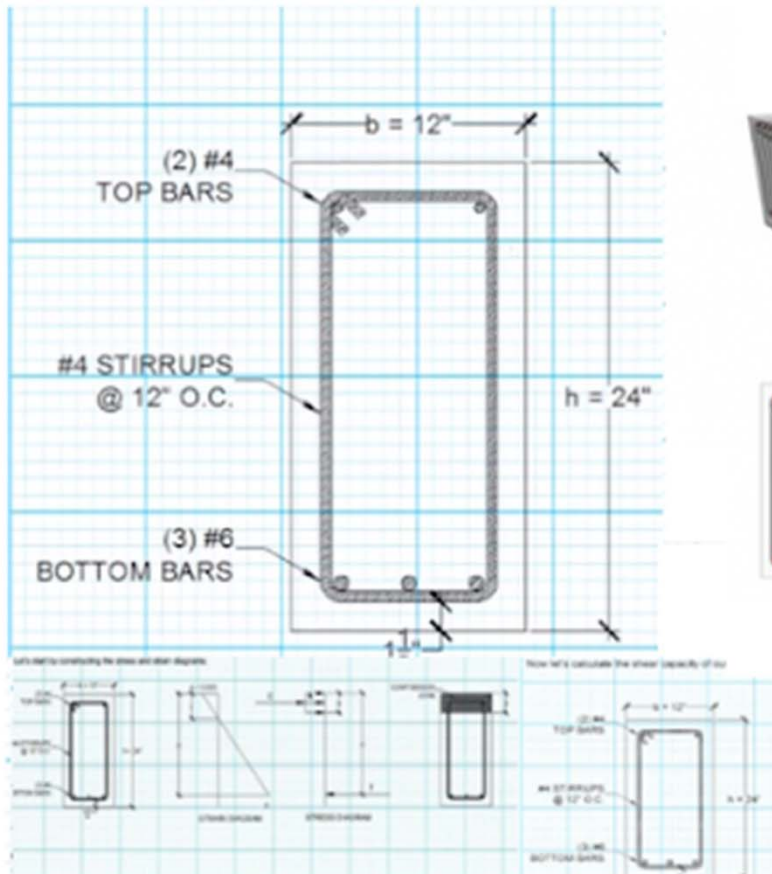


By Siripunya

RC.Structure

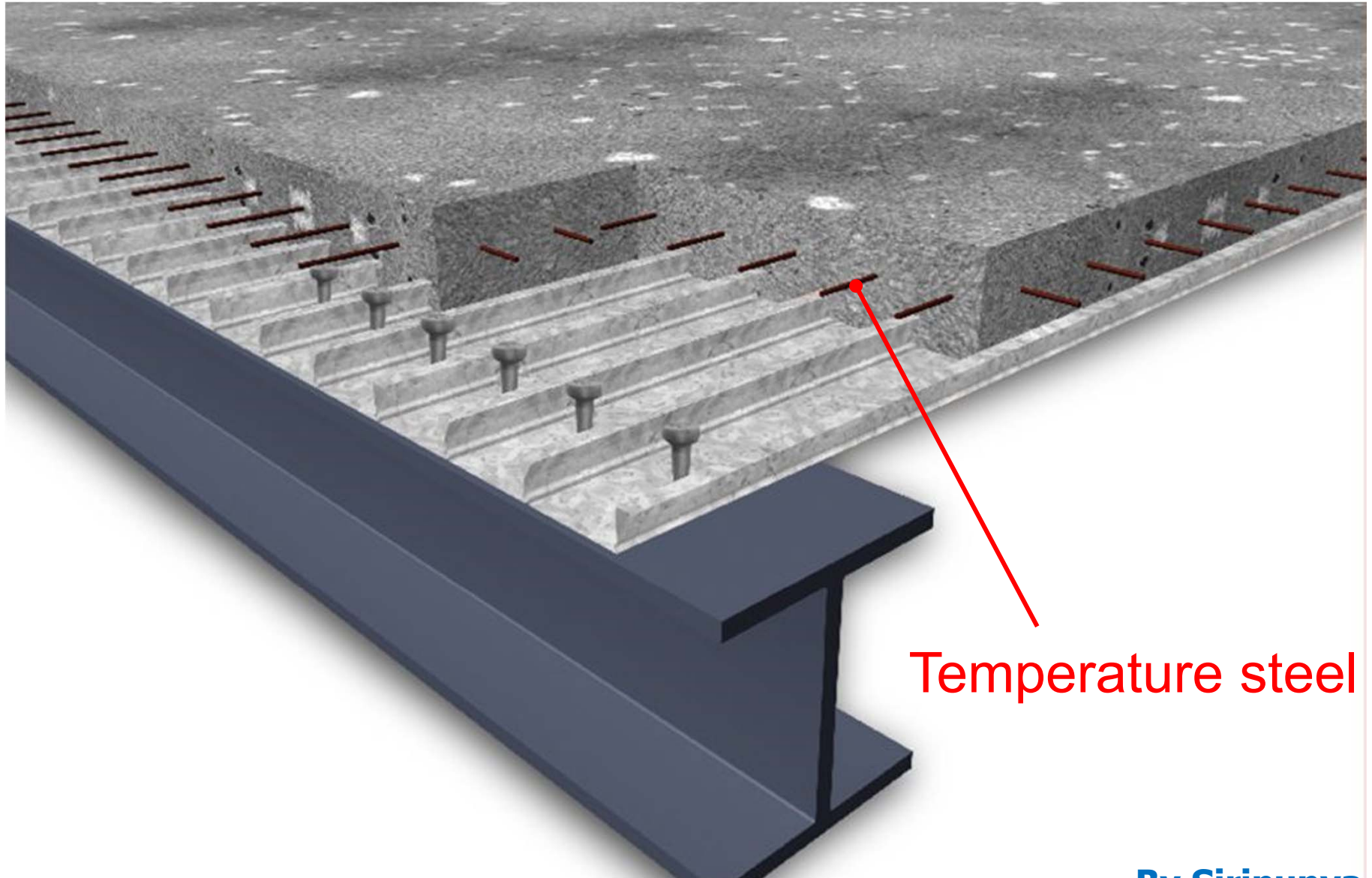


RC.Structure



By Siripunya

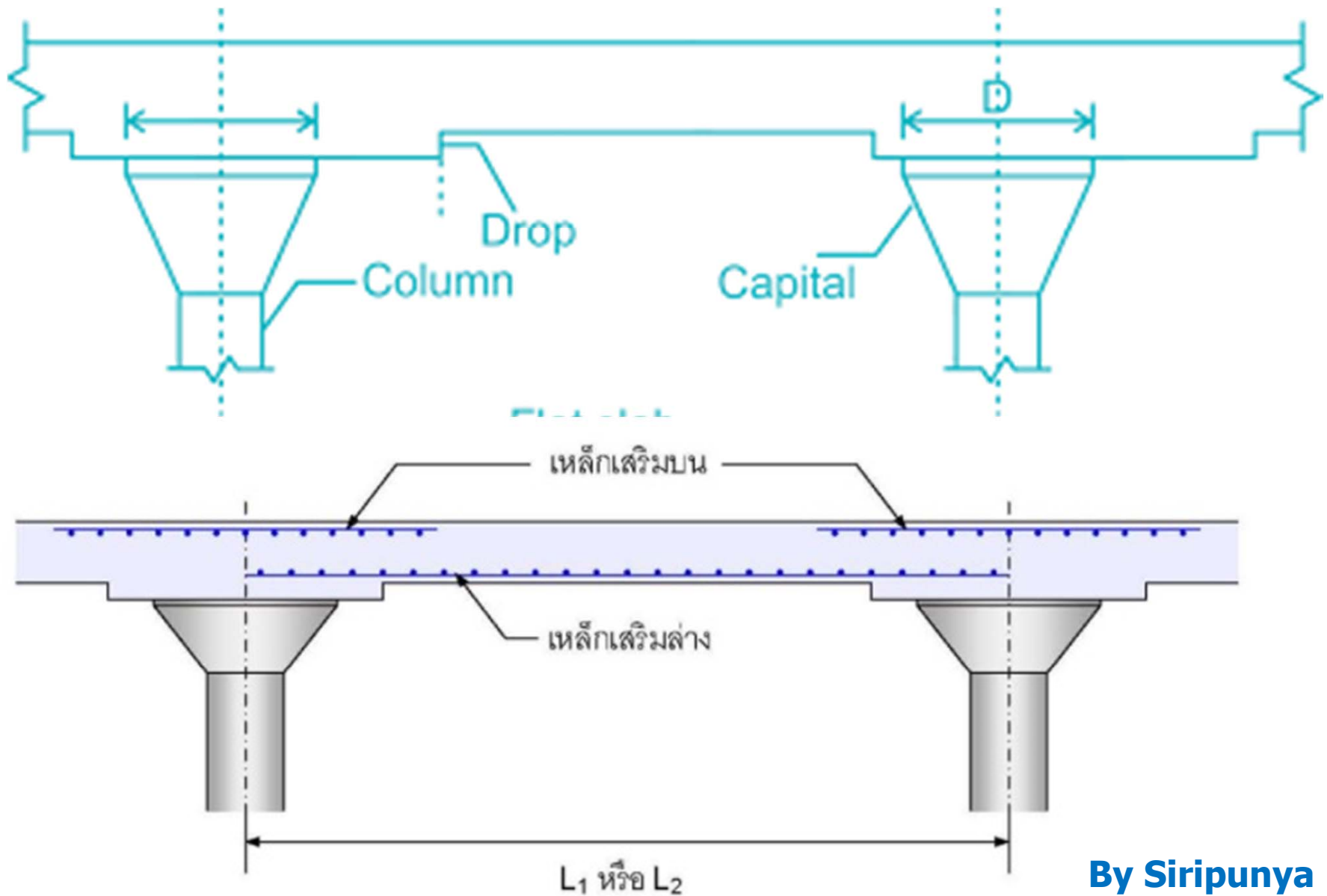
Steel-deck



Temperature steel

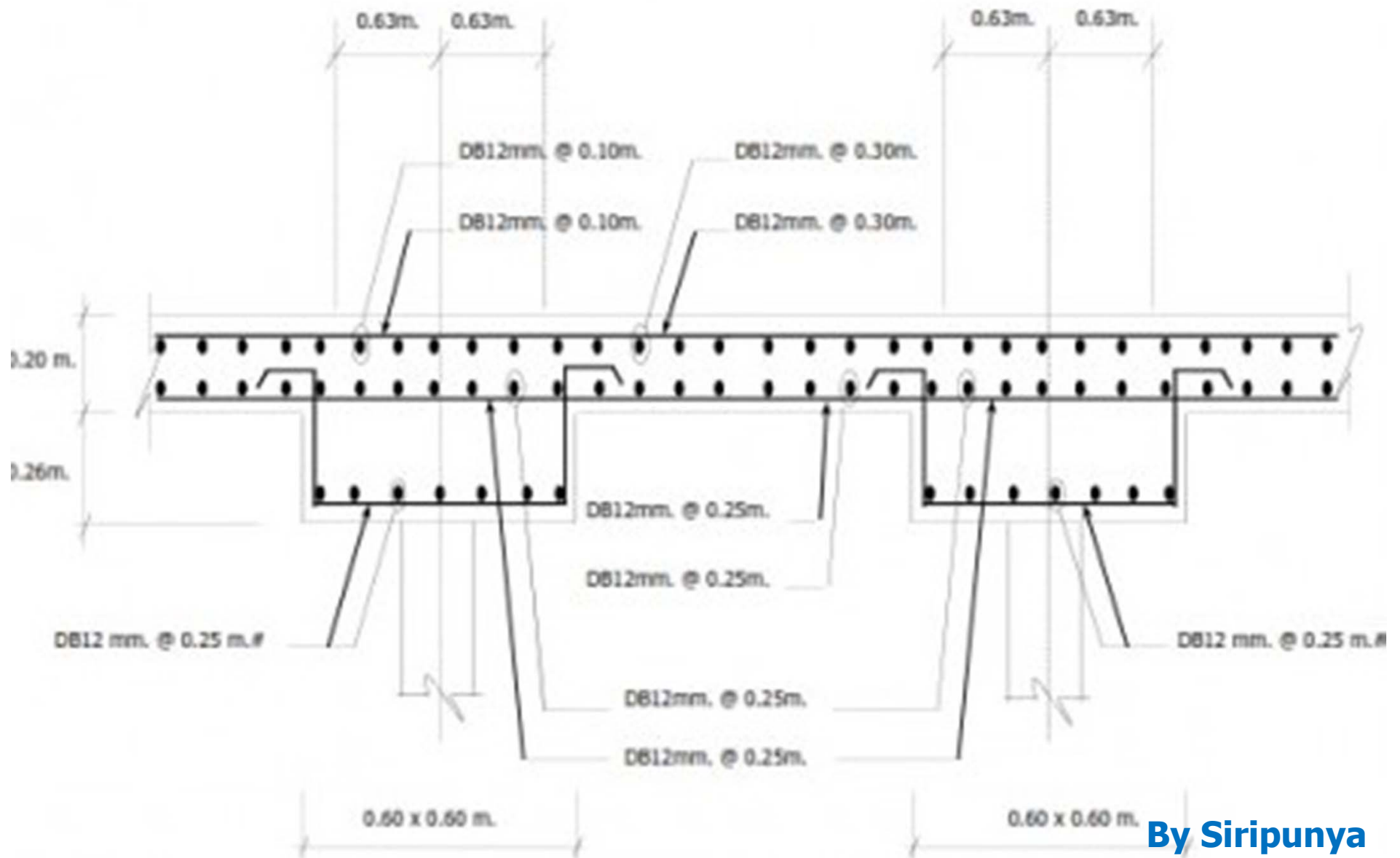
By Siripunya

RC.Flat Slab



By Siripunya

RC.Flat Slab



By Siripunya

RC.Flat Slab



By Siripunya

RC.Flat Slab



By Siripunya

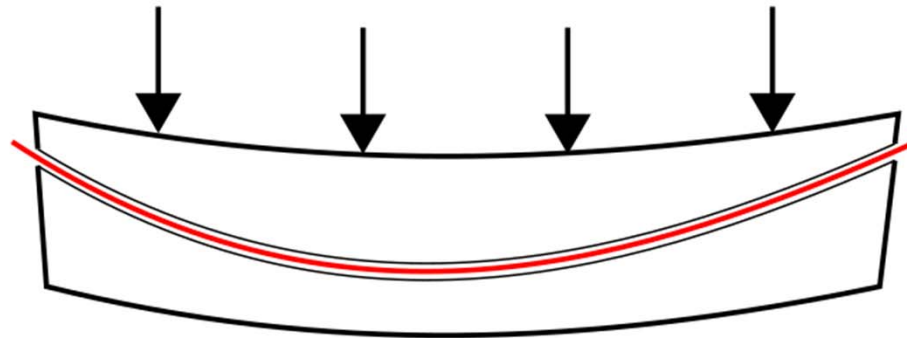
RC.Flat Slab



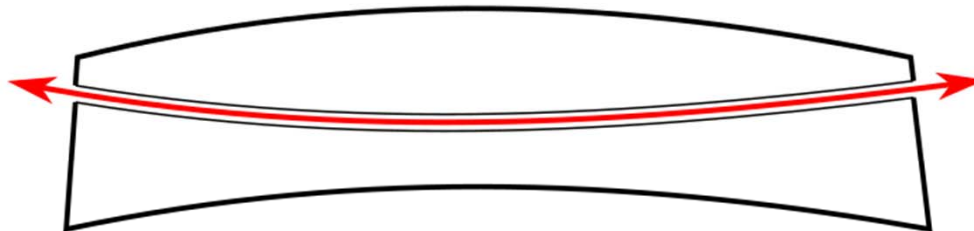
Post-Tensioned Concrete



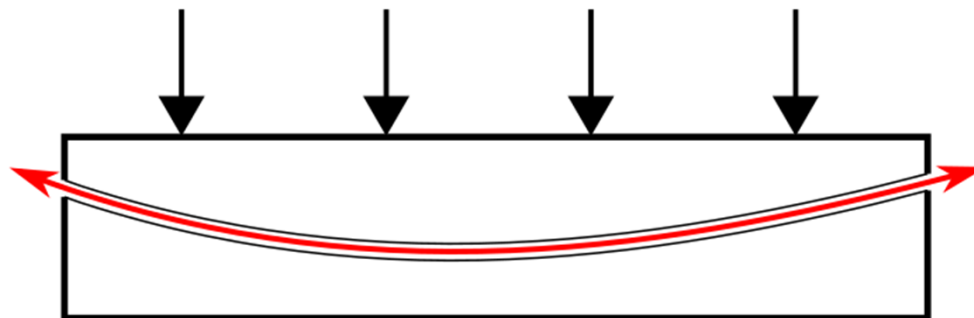
without load
without tension



with load
without tension

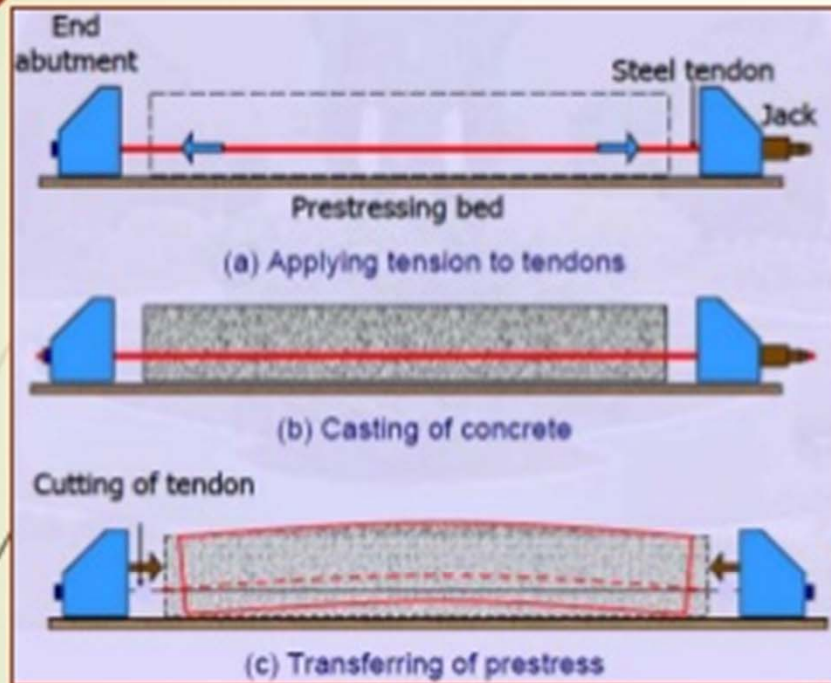


without load
with tension

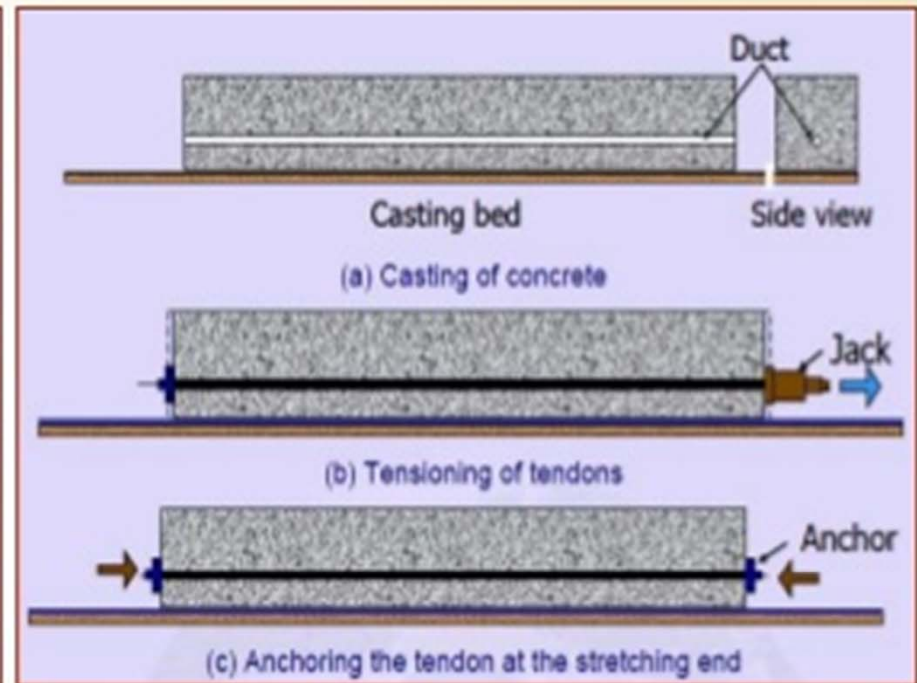


with load
with tension

METHODS OF PRE-STRESS



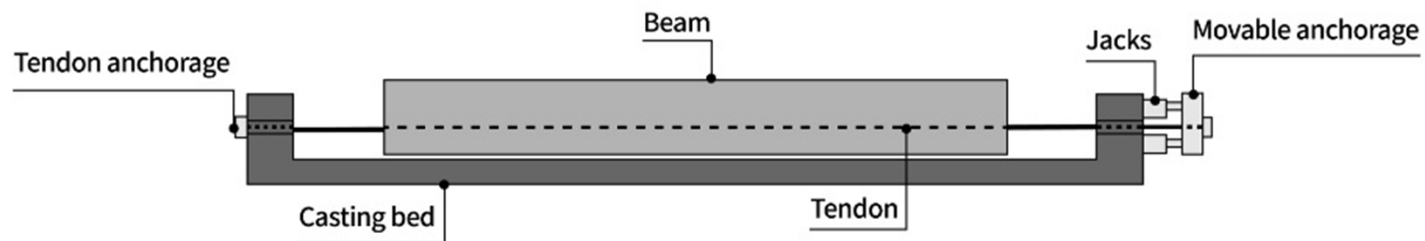
PRE-TENSIONING



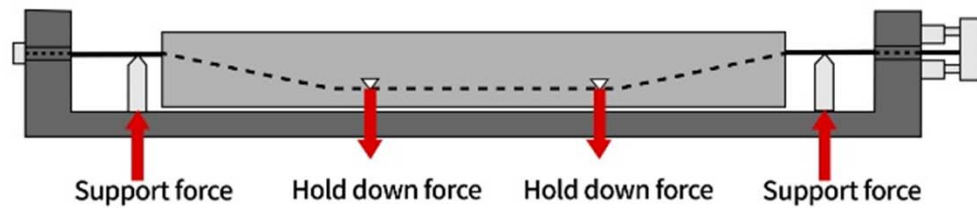
POST-TENSIONING

(Reference : NPTEL Web site)

Pre-Stress

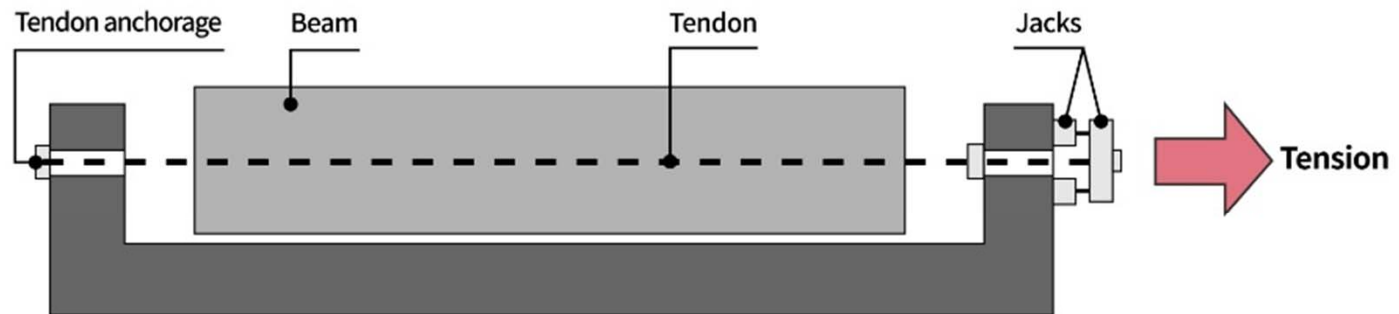


(a) Beam with straight tendon

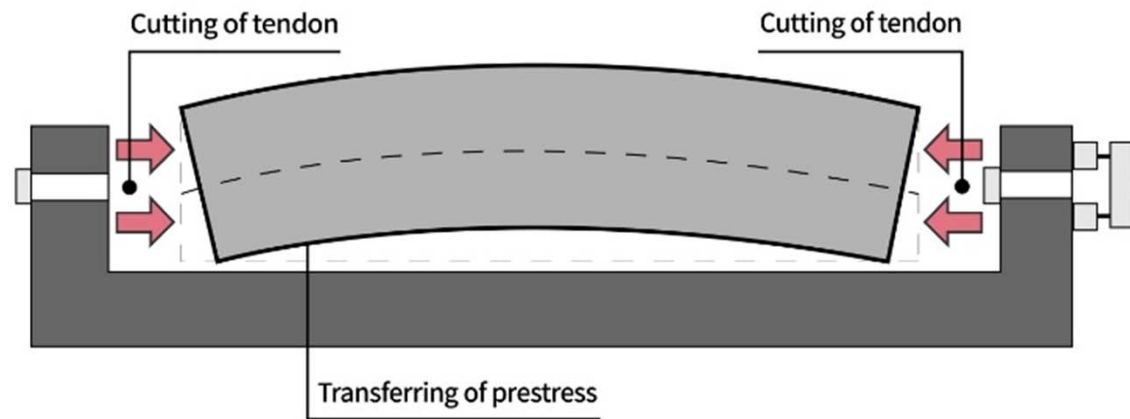


(b) Beam with variable tendon eccentricity

Pre-Stress



Pre-Stress



Pre-Stress



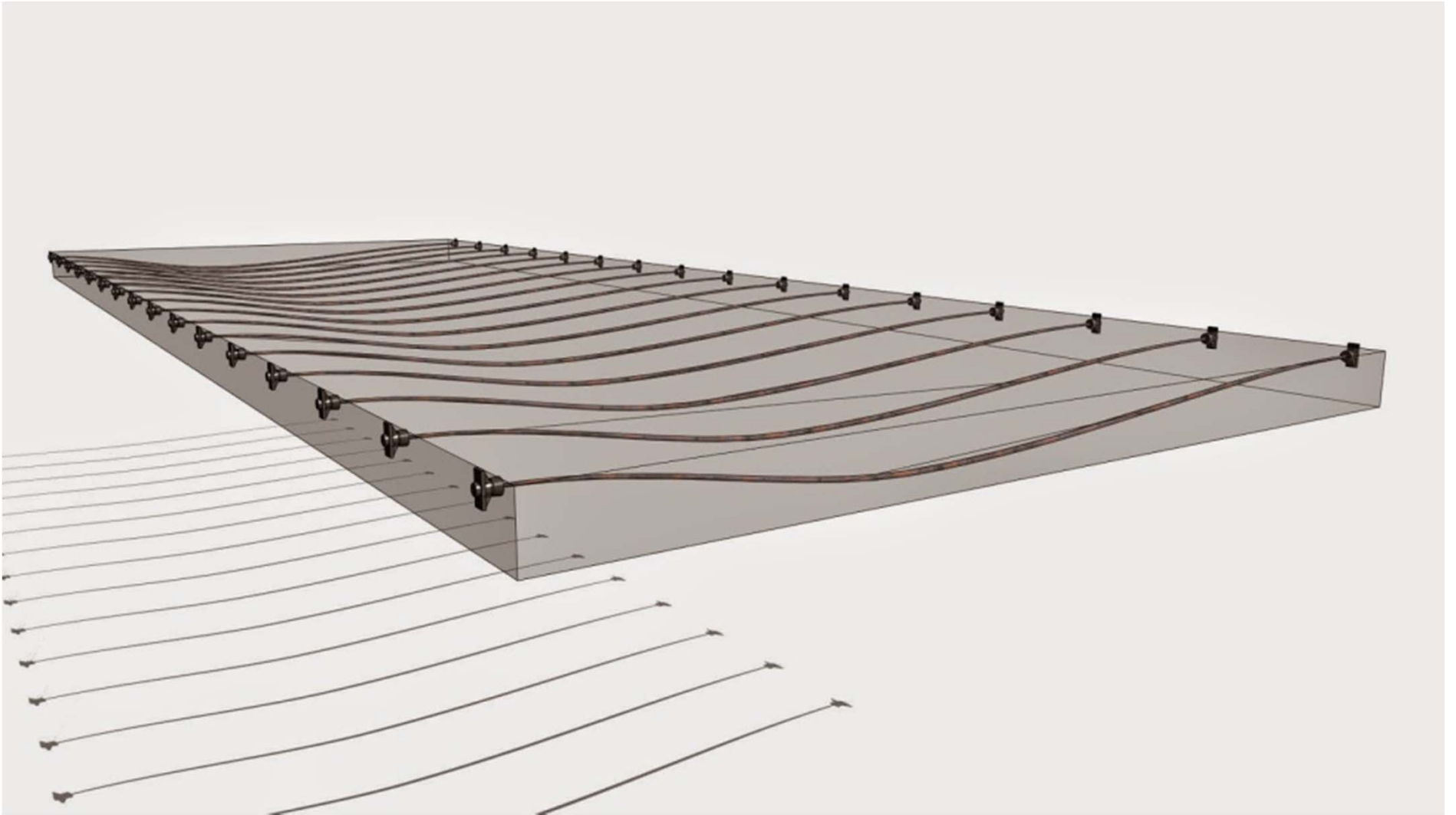
www.midasbridge.com/

Pre-Stress



<https://www.bft-international.com//>

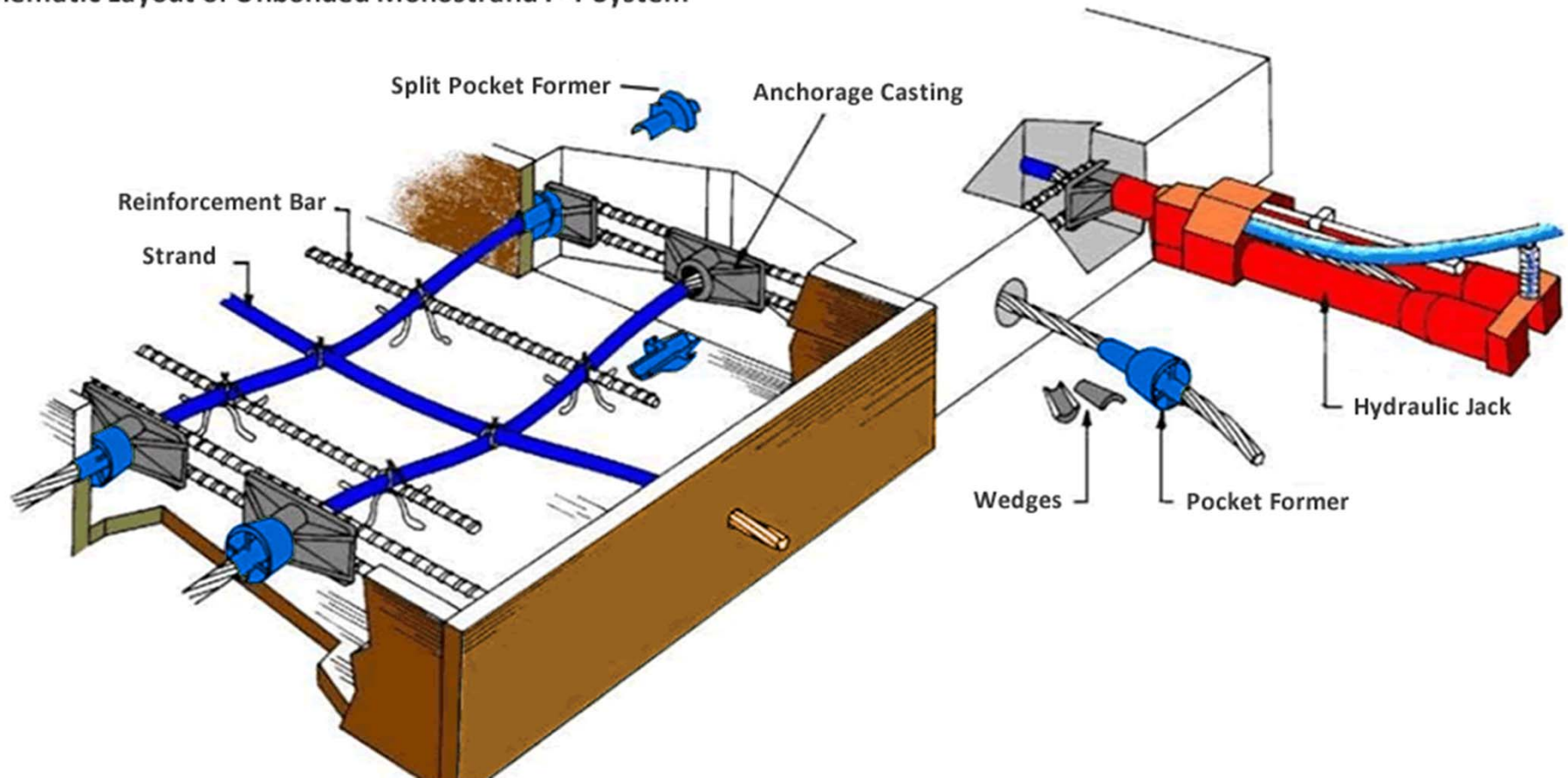
Post-Tension



By Siripunya

Post-Tension

Schematic Layout of Unbonded Monostrand P-T System



By Siripunya

Post-Tension



By Siripunya

Post-Tension



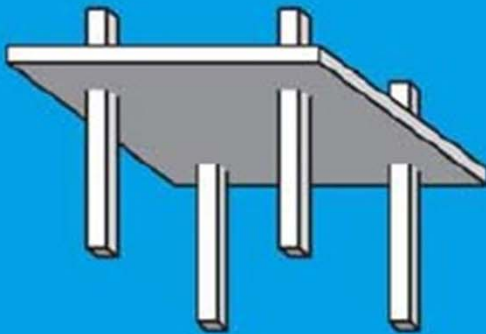
By Siripunya

Post-Tension

เบื้องต้นสามารถพิจารณาลักษณะของพื้นโพสเทนชันจากความยาว Span ได้ดังต่อไปนี้

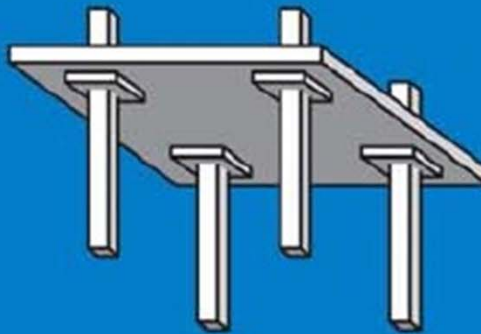
FLAT SLAB

แผ่นพื้นต้องเรียบ
ช่วงเสา 6-9 ม.



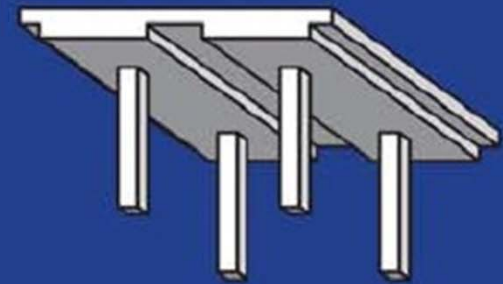
DROP PANEL

แผ่นพื้นต้องเรียบ
แบบมีแป้นหัวเสา
ช่วงเสา 9-12 ม.



BAND BEAM

แผ่นพื้นแบบมีคานกว้าง
ช่วงเสามากกว่า 12 ม.



Post-Tension



By Siripunya

Post-Tension



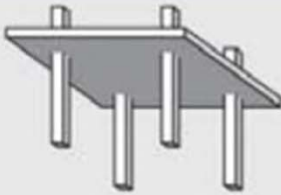
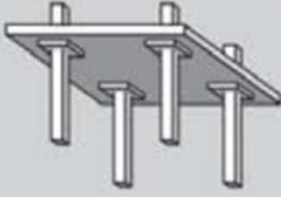
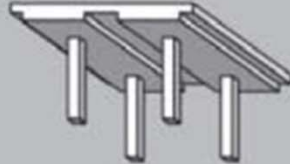
By Siripunya

Post-Tension



By Siripunya

Post-Tension

คำแนะนำ			
Section Type	Loading (LL) Kg/m ²	Span/depth ratio 6m. ≤ L ≤ 13 m.	
1. Flat plate 	250 500 1,000	40 36 30	
2. Flat slab with drop panel 	250 500 1,000	44 40 34	
3. Flat slab with banded beam 	250 500 1,000	SLAB 45 40 35	BEAM 25 22 18

By Siripunya

Post-Tension

น้ำหนักที่ใช้ออกแบบ (Design Load)

SDL ; Superimposed Dead Load (น้ำหนักที่เกิดขึ้นเพิ่มเติมจากน้ำหนักเดิมที่มีอยู่แล้ว)

LL ; Live Load (น้ำหนักจร)

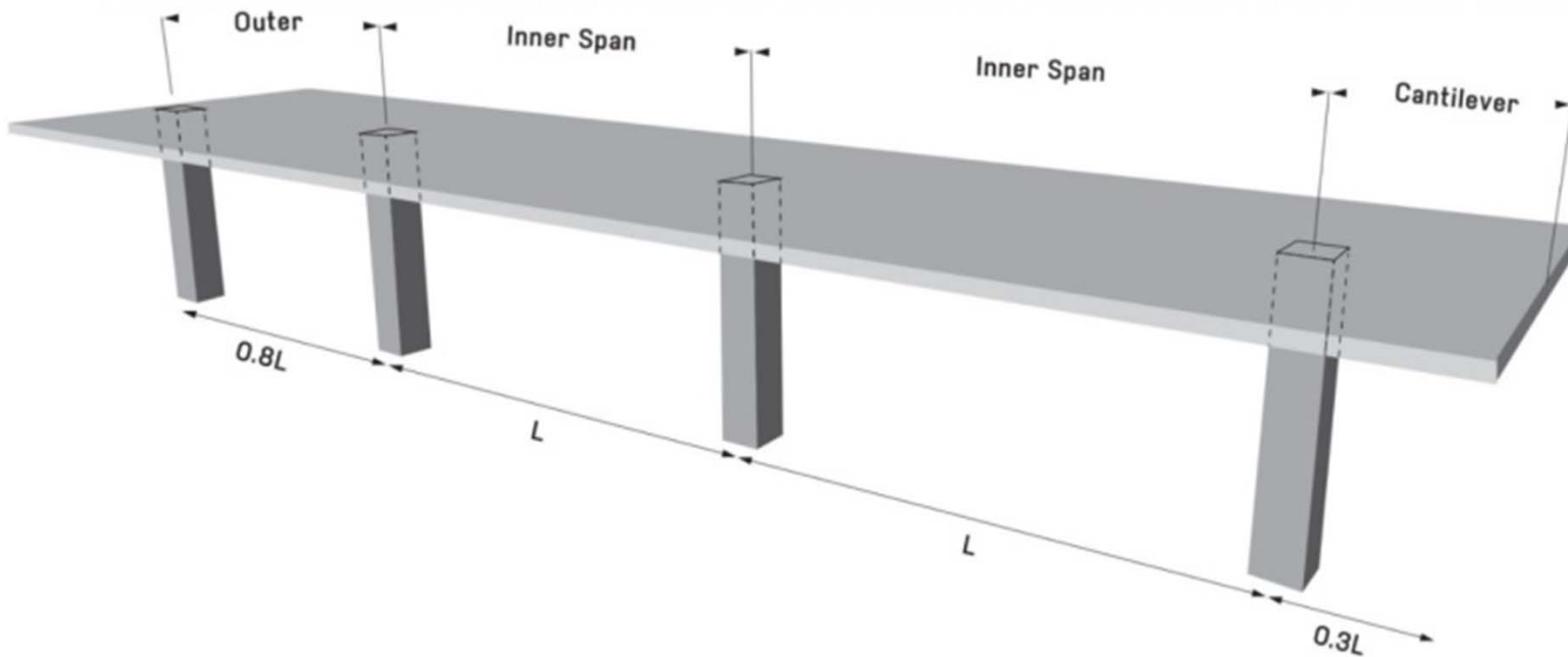
	SDL (Kg/m ²)	LL* (Kg/m ²)
อาคารพักอาศัย	250	200
อาคารสำนักงาน	200	300
ห้างสรรพสินค้า	200	400
อาคารจอดรถ	0	400

By Siripunya

ประเภทและส่วนต่างๆ ของอาคาร (ตามกฎกระทรวงฉบับที่6(2527) ; สำหรับการออกแบบทางวิศวกรรม)	หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรเป็น กิโลกรัมต่อตารางเมตร
(1) หลังคา	30
(2) กันสาดหรือหลังคาคอนกรีต	100
(3) ที่พักอาศัย โรงเรียนอนุบาล ห้องน้ำ ห้องส้วม	150
(4) ห้องแถว ตึกแถวที่ใช้พักอาศัย อาคารชุด หอพัก โรงแรมและห้องคนไข้ พิเศษของโรงพยาบาล	200
(5) สำนักงาน ธนาคาร	250
(6) (ก) อาคารพาณิชย์ ส่วนของห้องแถว ตึกแถวที่ใช้เพื่อการพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน โรงพยาบาล	300
(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคารชุด หอพัก โรงแรม สำนักงาน และธนาคาร	300
(7) (ก) ตลาด อาคารสรรพสินค้า หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้อง ประชุม ห้องอ่านหนังสือในห้องสมุดหรือหอสมุด ที่จอดหรือเก็บรถ ยนต์นั่ง หรือรถจักรยานยนต์	400
(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคาร พาณิชยกรรม มหาวิทยาลัย วิทยาลัยและโรงเรียน	400
(8) (ก) คลังสินค้า โรงกีฬา พิพิธภัณฑ์ อัฒจันทร์ โรงงานอุตสาหกรรม โรง พิมพ์ ห้องเก็บเอกสารและพัสดุ	500
(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของตลาด อาคารสรรพสินค้า ห้อง ประชุม หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้องสมุดและหอสมุด	500
(9) ห้องเก็บหนังสือของห้องสมุดหรือหอสมุด	600
(10) ที่จอดหรือเก็บรถยนต์บรรทุกเปล่า	800

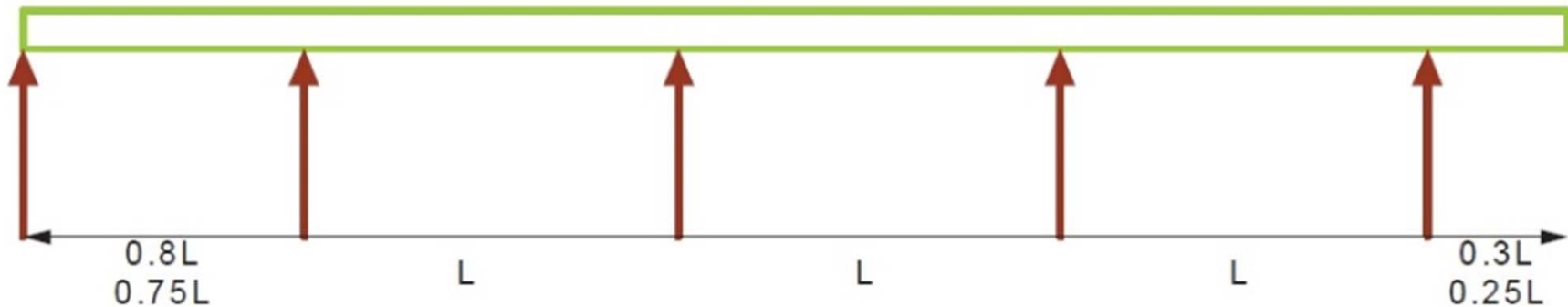
Post-Tension

โดยระยะห่างระหว่างเสาช่วงริมและพื้นยื่นอิสระที่เหมาะสม อาจพิจารณาจากระยะห่างระหว่างเสาช่วงใน ดังรูป



Post-Tension

การกำหนดช่วงเสาเข็มและพื้นที่ยื่นปลายอิสระ

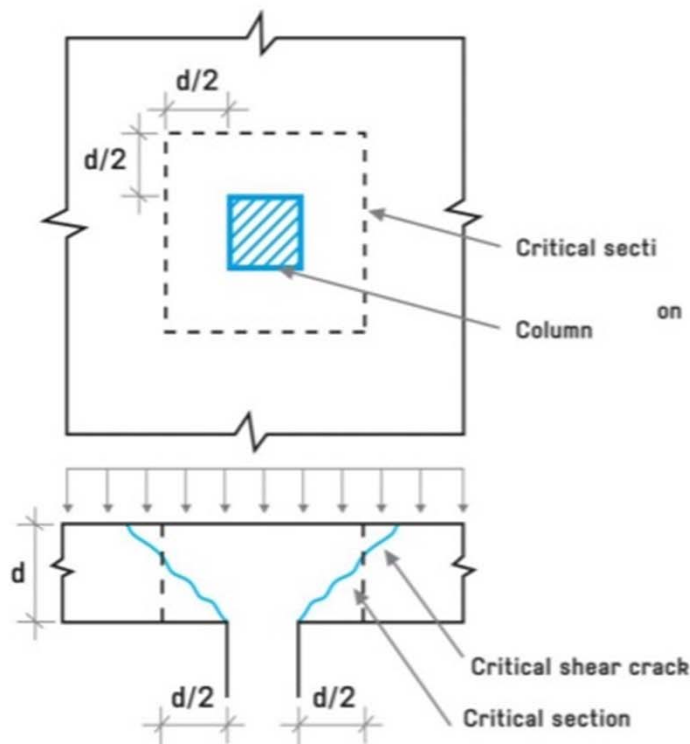


ช่วงเสาเข็มที่เหมาะสมและประหยัด = $0.75 - 0.8 L$

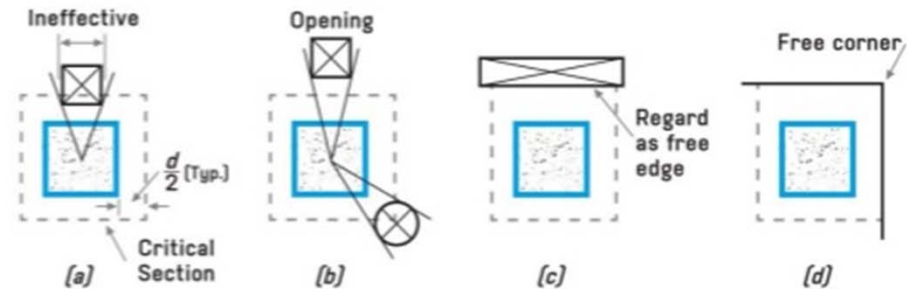
ช่วงพื้นที่ยื่นปลายอิสระที่เหมาะสมและประหยัด = $0.25 - 0.3 L$

Post-Tension

เส้นแนวคอนกรีตที่ระยะ $d/2$ ห่างออกมาจากหน้าเสาทั้ง 4 ด้าน เรียกว่า Critical section หรือแนวคอนกรีตที่ทำหน้าที่รับ แรงเฉือนทะลุ (Punching shear)



ลักษณะการวิบัติเนื่องจากแรงเฉือนทะลุ (Punching shear)



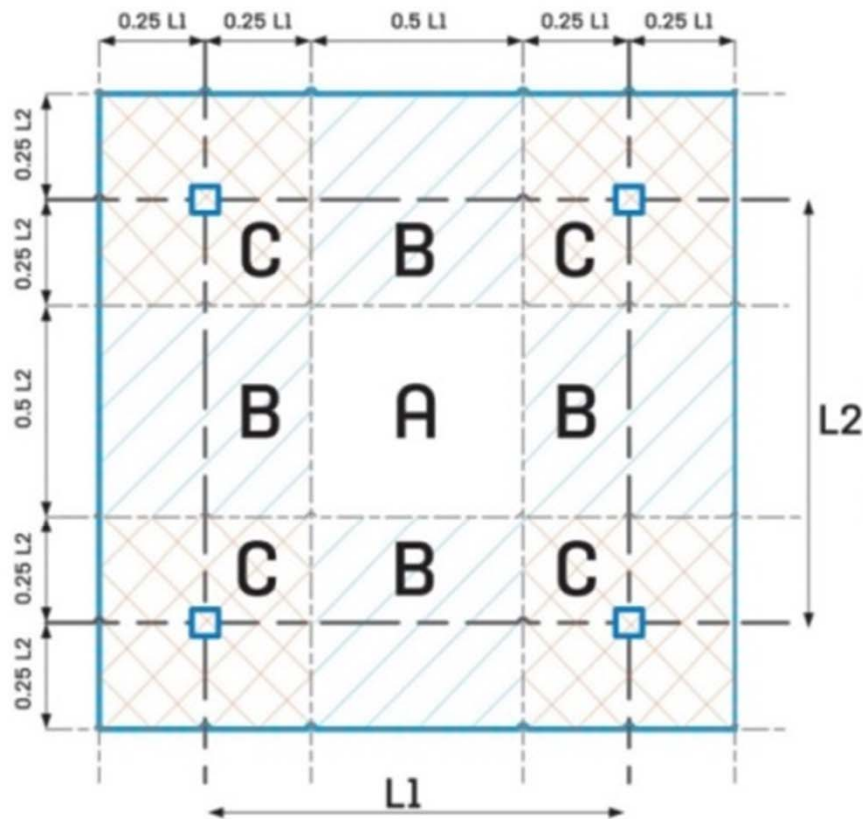
ผลกระทบจากช่องเปิด และริมอาคาร

ตามข้อกำหนด ACI ช่องเปิดที่อยู่ห่างจากเสาไม่เกิน 10 เท่าของความหนาพื้น ($10h$) จะส่งผลให้เส้นแนวคอนกรีตที่ทำหน้าที่รับแรงเฉือนทะลุ (Critical section) ลดลง ทำให้ความสามารถในการรับแรงเฉือนทะลุ (Punching shear) ลดลงตามไปด้วย ซึ่งการที่ความสามารถในการรับแรงเฉือนทะลุ (Punching shear) ไม่เพียงพออาจต้องมีการเสริมเหล็ก Shear stirrup, เพิ่มความหนาพื้น, เพิ่มแป้นหัวเสา (Column capital) หรือคาน เพื่อมาช่วยในการรับแรง

By Siripunya

Post-Tension

ผลกระทบของตำแหน่งช่องเปิดบนพื้นโพสเทนชันที่ตำแหน่งต่างๆ



พื้นที่ A: มีผลกระทบต่อพื้น Post-tension น้อย หรือไม่มีเลย

พื้นที่ B: มีผลกระทบต่อพื้น Post-tension ปานกลาง

พื้นที่ C: มีผลกระทบต่อพื้น Post-tension อย่างมาก ควรหลีกเลี่ยง

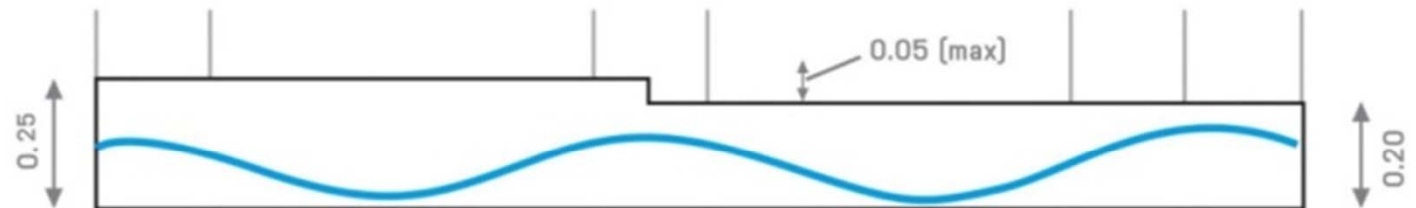
Post-Tension

หมายเหตุ : ความหนาพื้นชั้นต่ำของพื้นโพลีเทนชัน คือ 18 ซม.

ตัวอย่าง : พื้นโพลีเทนชันมีระยะห่างระหว่างเสาทั่วไป 8 ม. และ LL 250 กก./ตร.ม.

ความหนา : จากตาราง Span/depth ratio ที่เหมาะสมคือ 40 ดังนั้นความหนาพื้นชั้นต่ำเท่ากับ $800/40 = 20$ ซม

1. กรณีลดระดับหลังพื้น
แบบท้องเรียบ



2. กรณีลดระดับหลังพื้น
แบบลดท้องพื้นตาม



Post-Tension

การลดระดับ

ระบบพื้น Post-tensioned สามารถลดระดับได้สูงสุด 5 ซม. โดยมีรูปแบบของการลดระดับ 2 วิธี ดังนี้

1. ลดระดับแบบท้องเรียบ



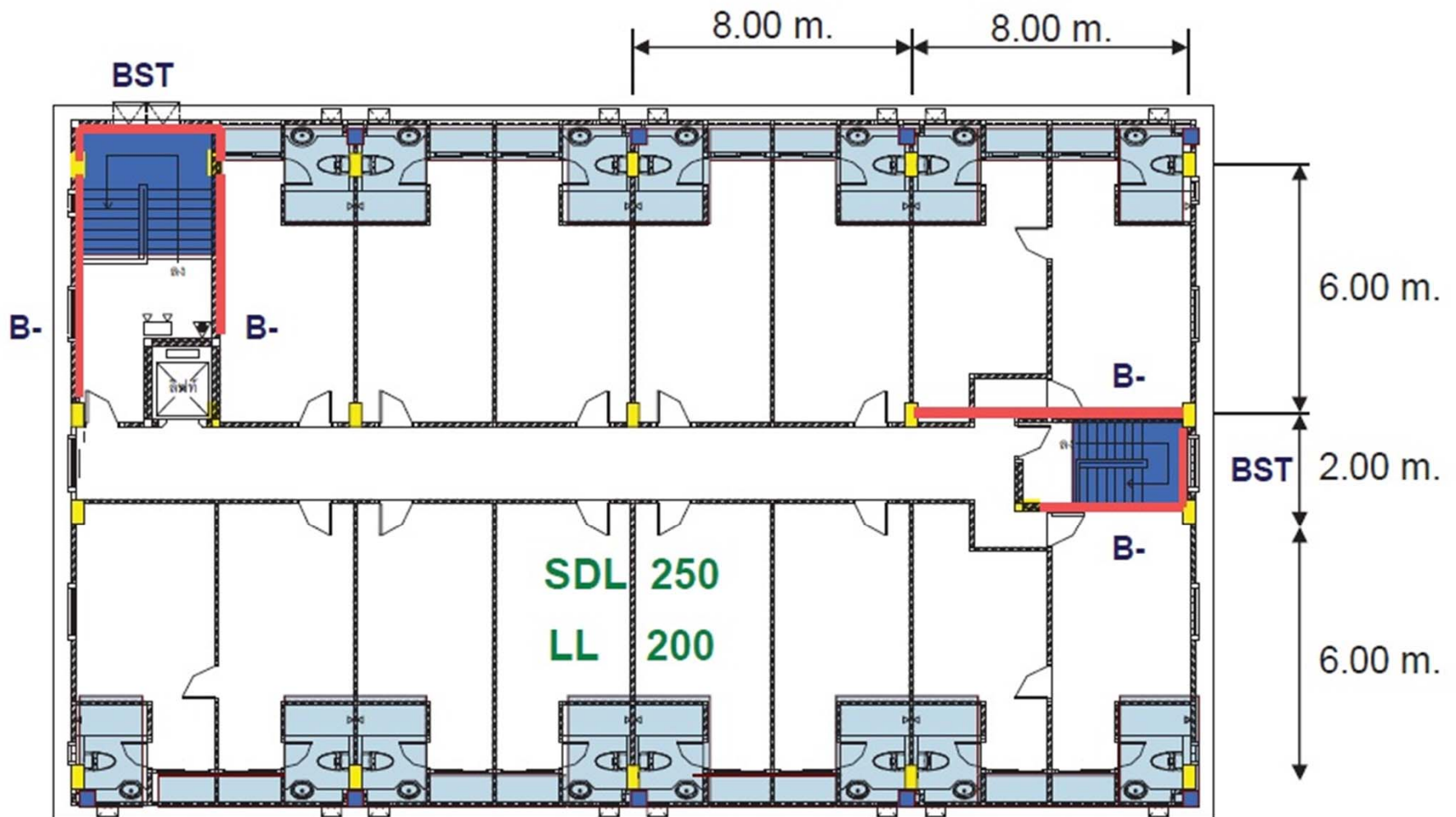
2. ลดระดับแบบลดท้องพื้นตาม



กรณีลดระดับมากกว่า 5 ซม. จะต้องออกแบบบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก หรืออาจออกแบบเป็นคานเหล็ก (Band Beam) ซึ่งการทำงานจะมีความยุ่งยากมากขึ้น

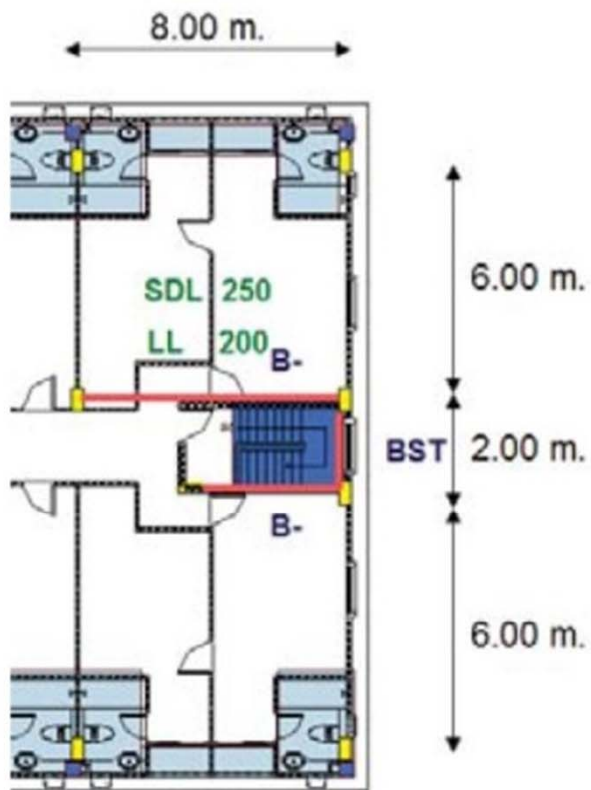
Post-Tension

ตัวอย่างการวาง Concept และกำหนดความหนาพื้น



Post-Tension

ตัวอย่างการคำนวณความหนาพื้น*



ข้อกำหนดของแผ่นพื้น: ช่วงเสายาวสุด = 8 ม.

Live Load = 200 กก./ม²

สำหรับช่วงเสา 8 ม. : ใช้ concept 'Flat Slab'

สำหรับ LL = 200 กก./ม² ใช้ 'Span/Depth Ratio' = 40

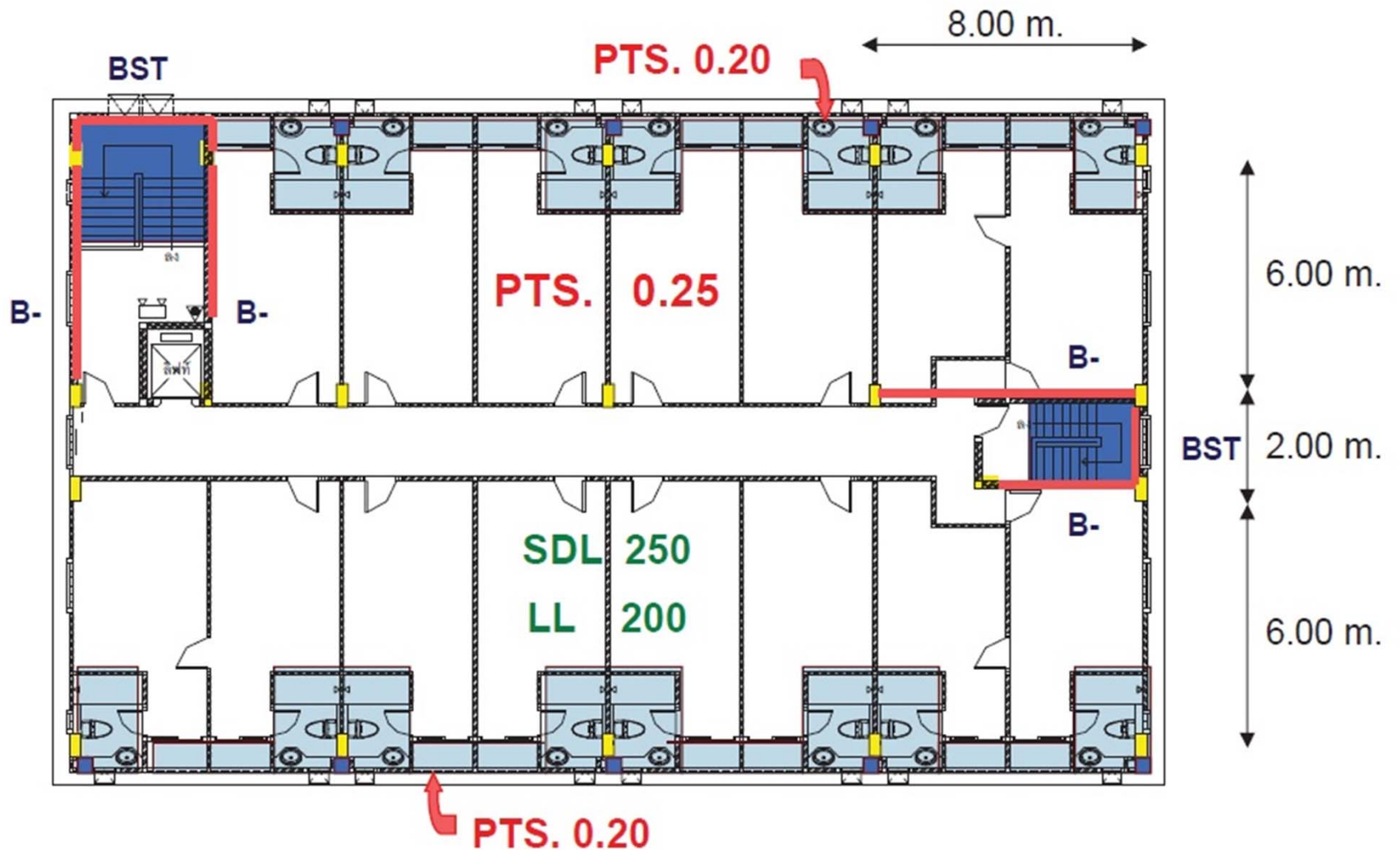
$$\text{ความหนาพื้นขั้นต่ำ} = \frac{8 \times 100}{40} = 20 \text{ ซม.}$$

ดังนั้น ใช้ความหนาพื้นส่วนที่ลดระดับ = 20 ซม.

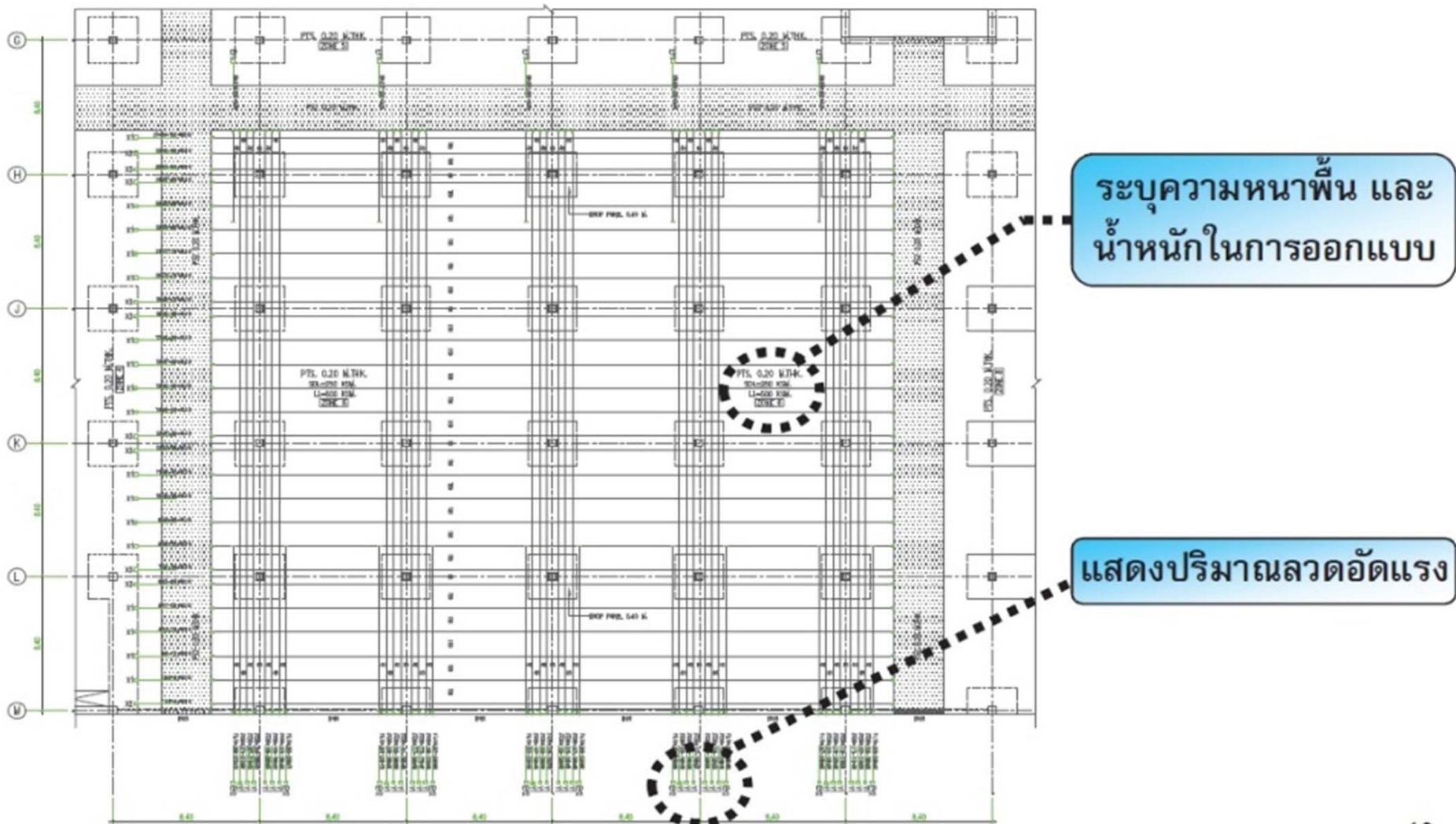
ใช้ความหนาพื้นทั่วไป = 25 ซม.

Post-Tension

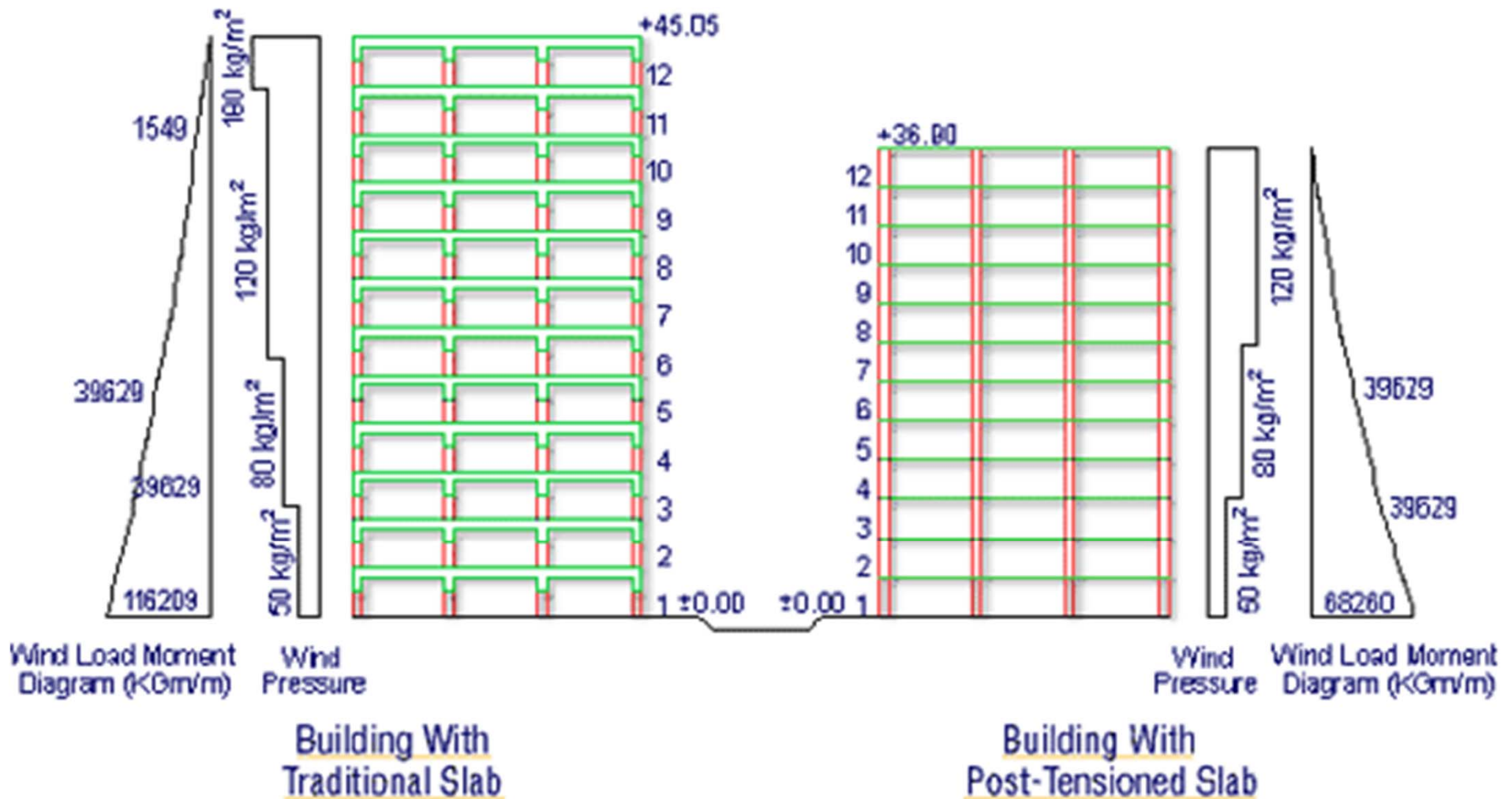
ตัวอย่างการคำนวณความหนาพื้น



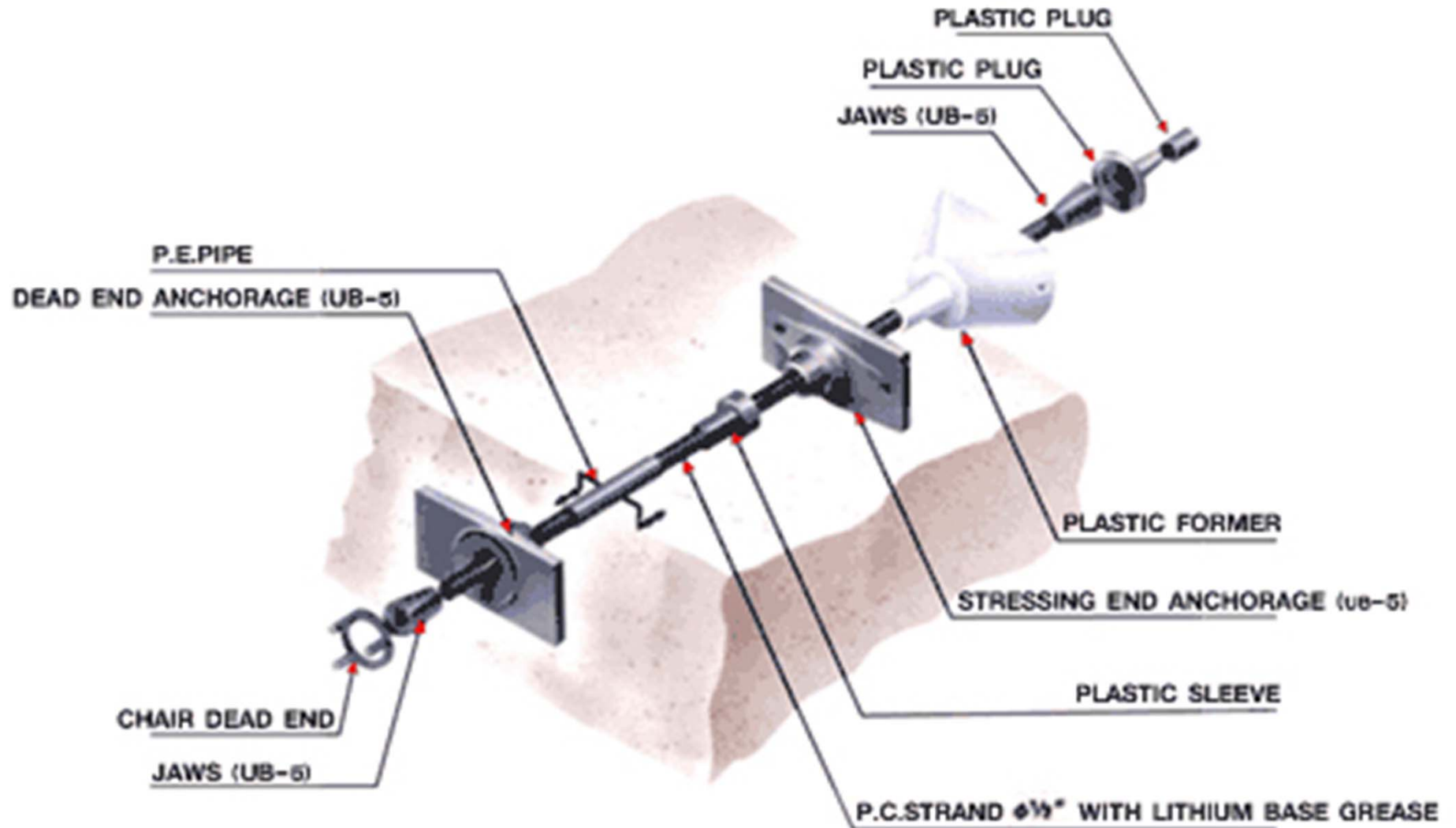
Post-Tension



Post-Tension



UnBonded System



UnBonded System



UnBonded System



UnBonded System



UnBonded System



UnBonded System



UnBonded System



UnBonded System



UnBonded System



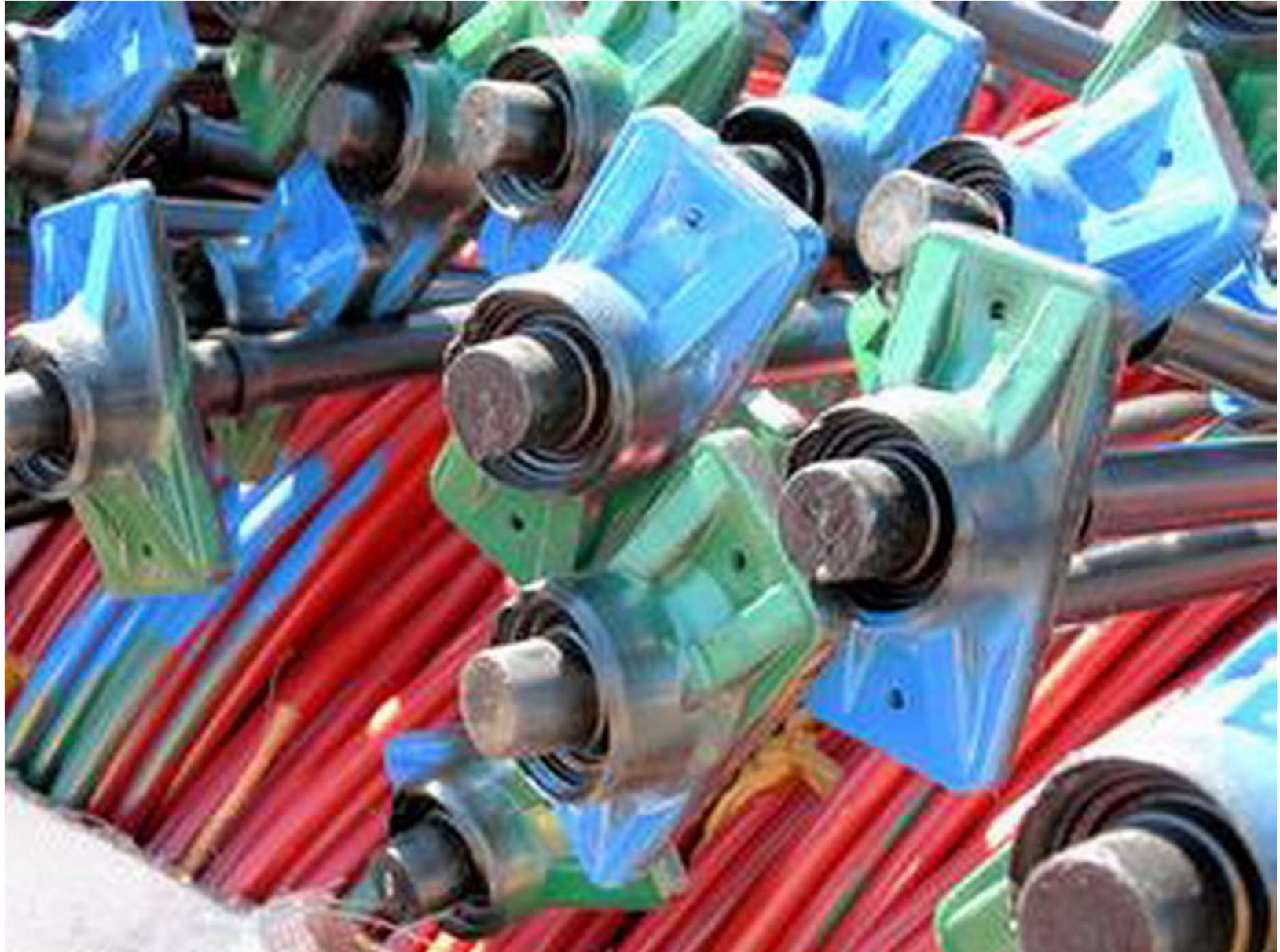
UnBonded System



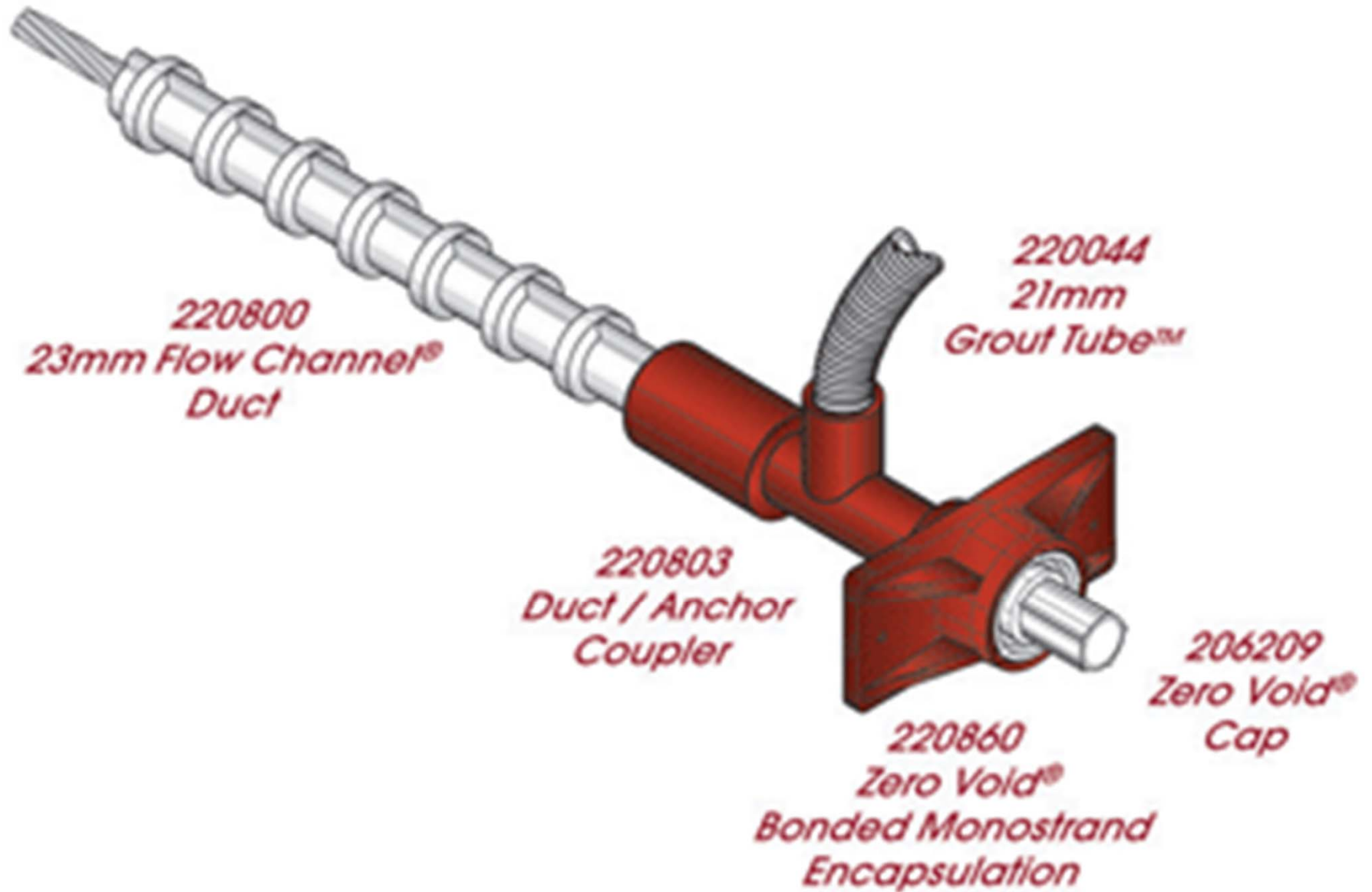
UnBonded System



UnBonded System



Bonded System



Bonded System

ลวดอัดแรง [Strand]

ชุดสมอยึดในระบบงาน Bonded นี้
เหมาะสมกับ Strand ที่มีคุณสมบัติ
สอดคล้องกับมาตรฐานสากล ASTM
A416 ชั้นคุณภาพ 1860 PC Strand
จะประกอบด้วยลวดอัดแรงดิ่งสูงจำนวน
7 เส้น มัดตีเกลียวเข้าด้วยกรรมวิธี
Stress-Relieved จนได้ Strand ที่มี
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 มม.

ท่อซึก [Galvanized Steel Sheath]

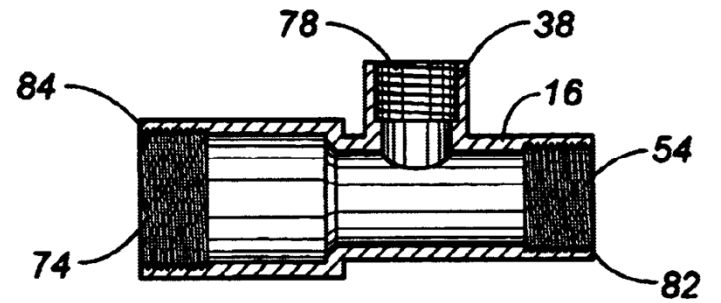
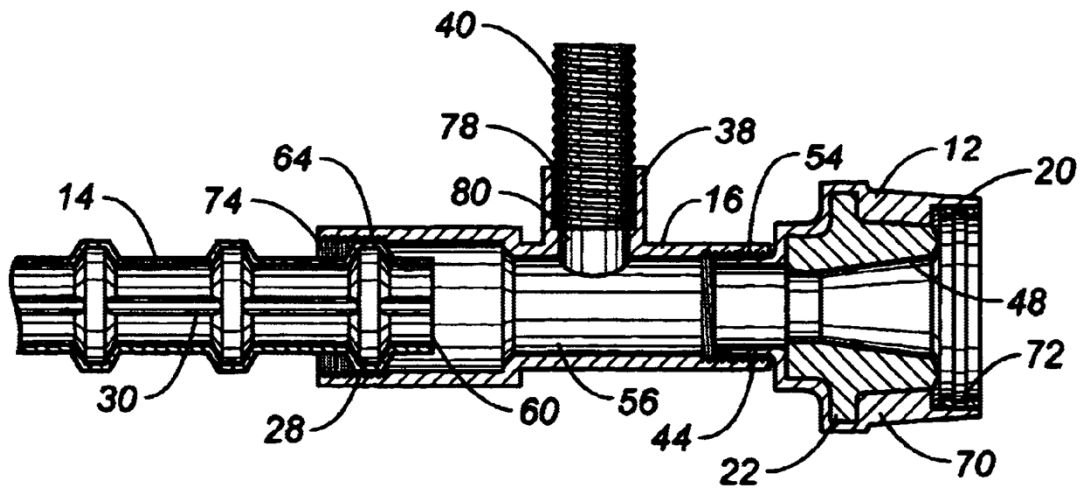
แผ่นเหล็กชุบสังกะสีตีเกลียว ซึ่งยึดเกาะ และถ่ายแรง
เข้าพื้นคอนกรีตได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่เป็นสนิม
และสามารถดัดงอได้ง่าย จึงสามารถจัดวาง Profile
ลวดได้สูงต่ำตามที่ต้องการ

ชุดสมอยึด [Anchorage]

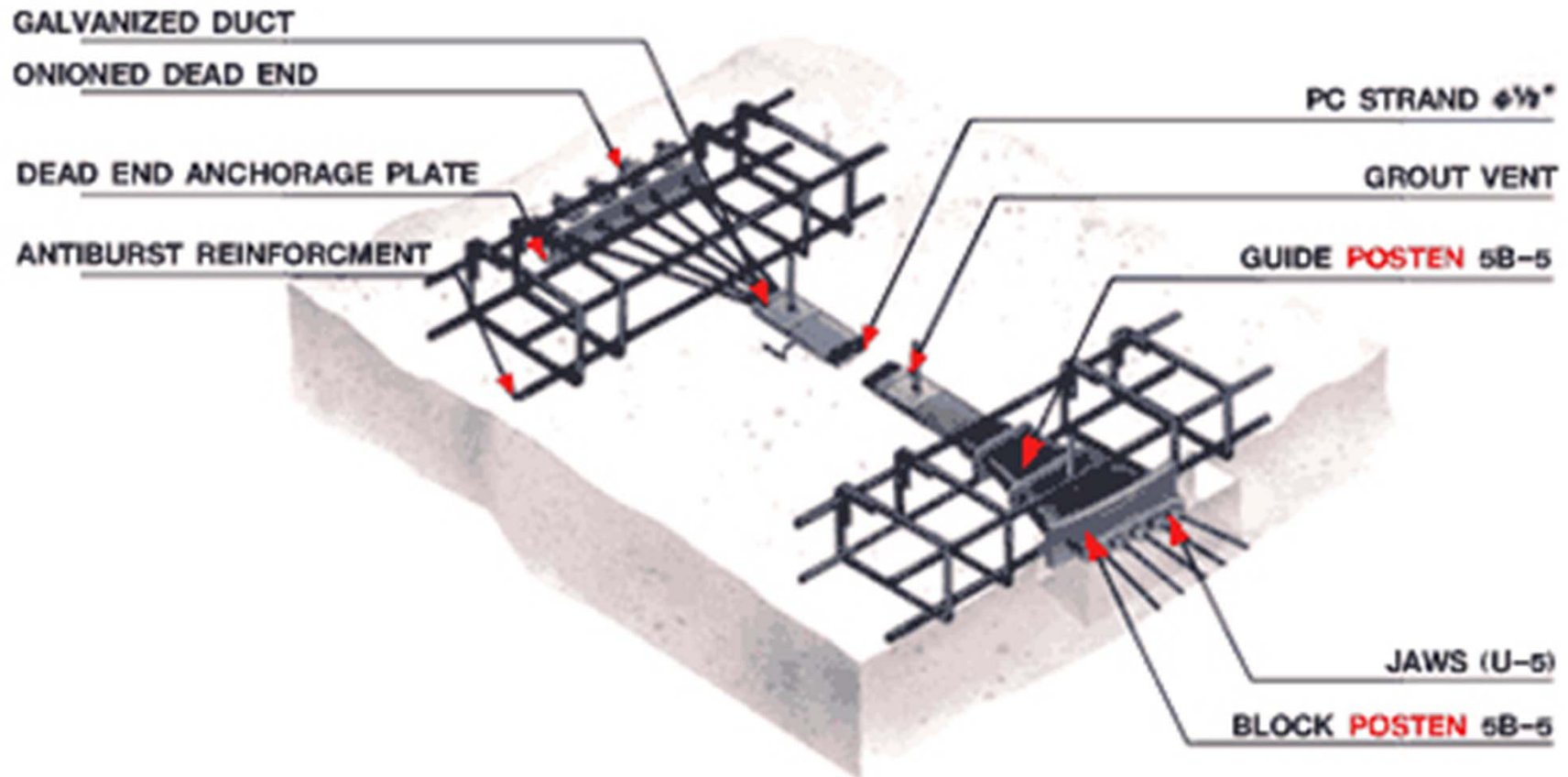
ชุดสมอยึดจากเหล็กหล่อ Nodular ที่มีความแข็งแรง
สูง จะประกอบด้วย Guide และ Anchor Block
สำหรับยึด Strand โดยใช้ Jaws ชนิดสองซีกเป็น
ตัวจับยึด

นอกจากนั้น CPAC Smart Structure Post-tension ยังมีบริการให้คำปรึกษาในเรื่องการปรับปรุงพื้นอาคาร , การปรับเปลี่ยนการใช้งาน [Renovation] เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับลูกค้าทั่วประเทศ

Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



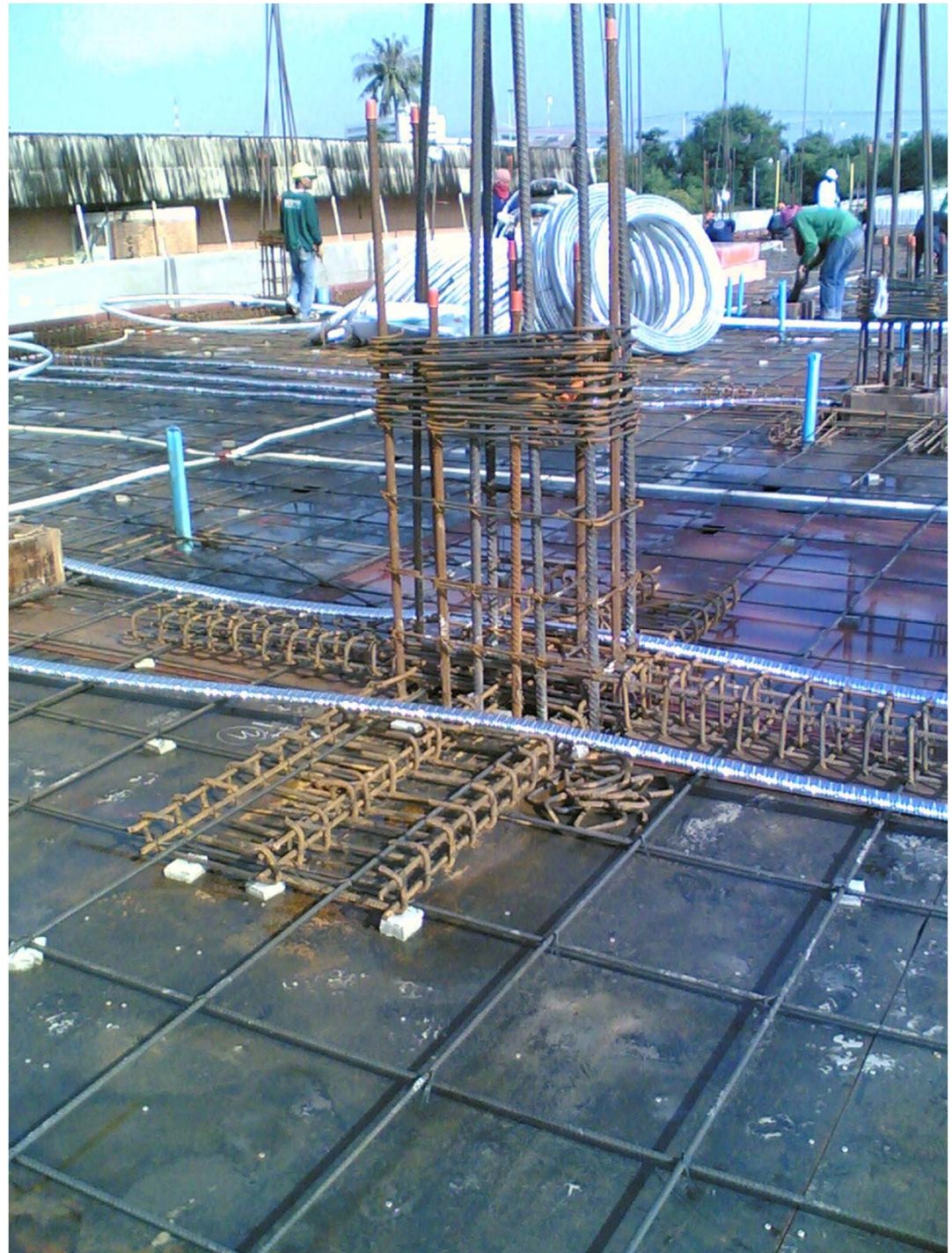
Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



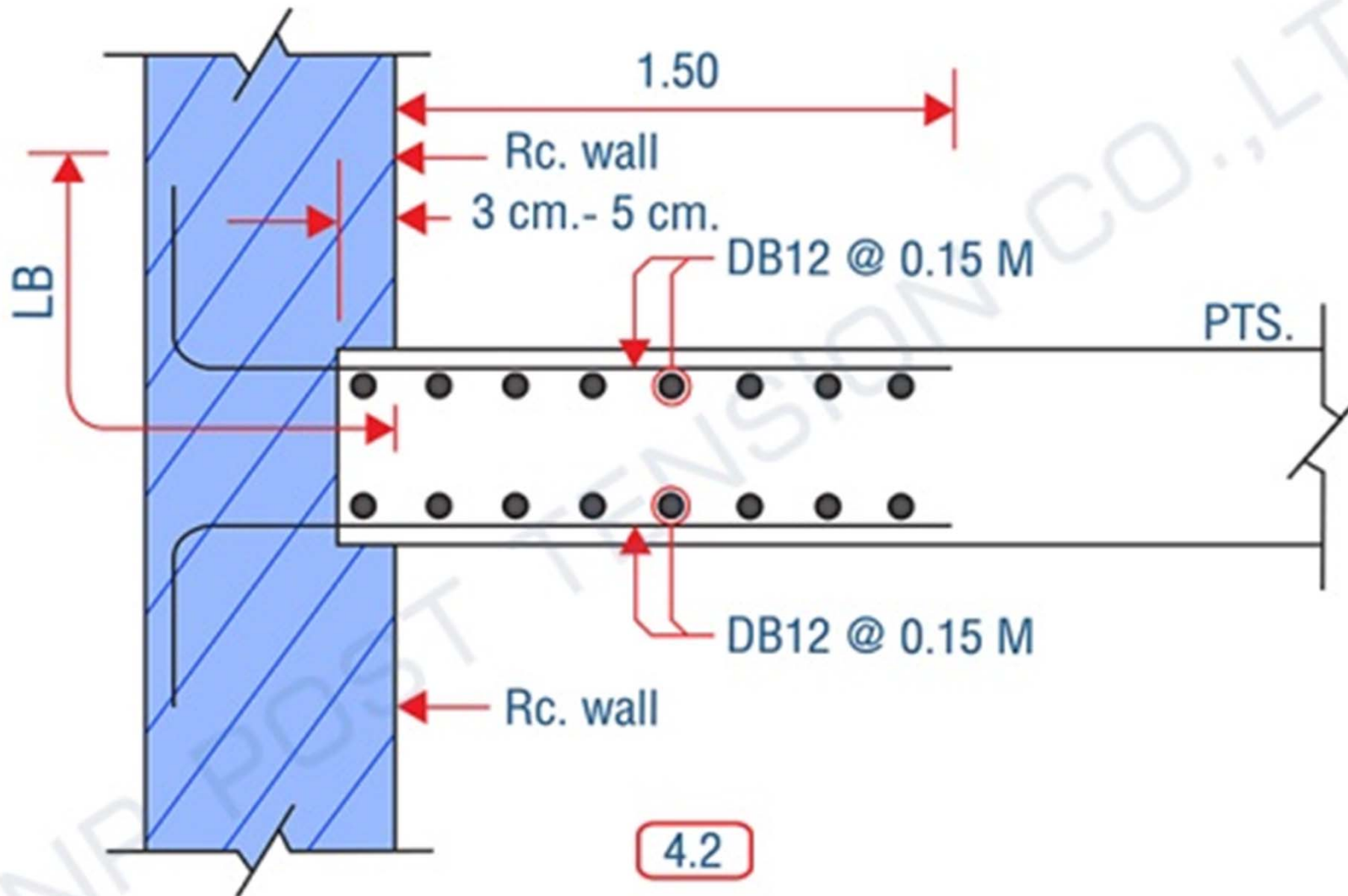
Bonded System



Bonded System



Detail การเสริมเหล็กรับ Floor Slab



TYP. REINF. AT SLAB & RC. WALL CONNECTION

Bonded System



By Siripunya

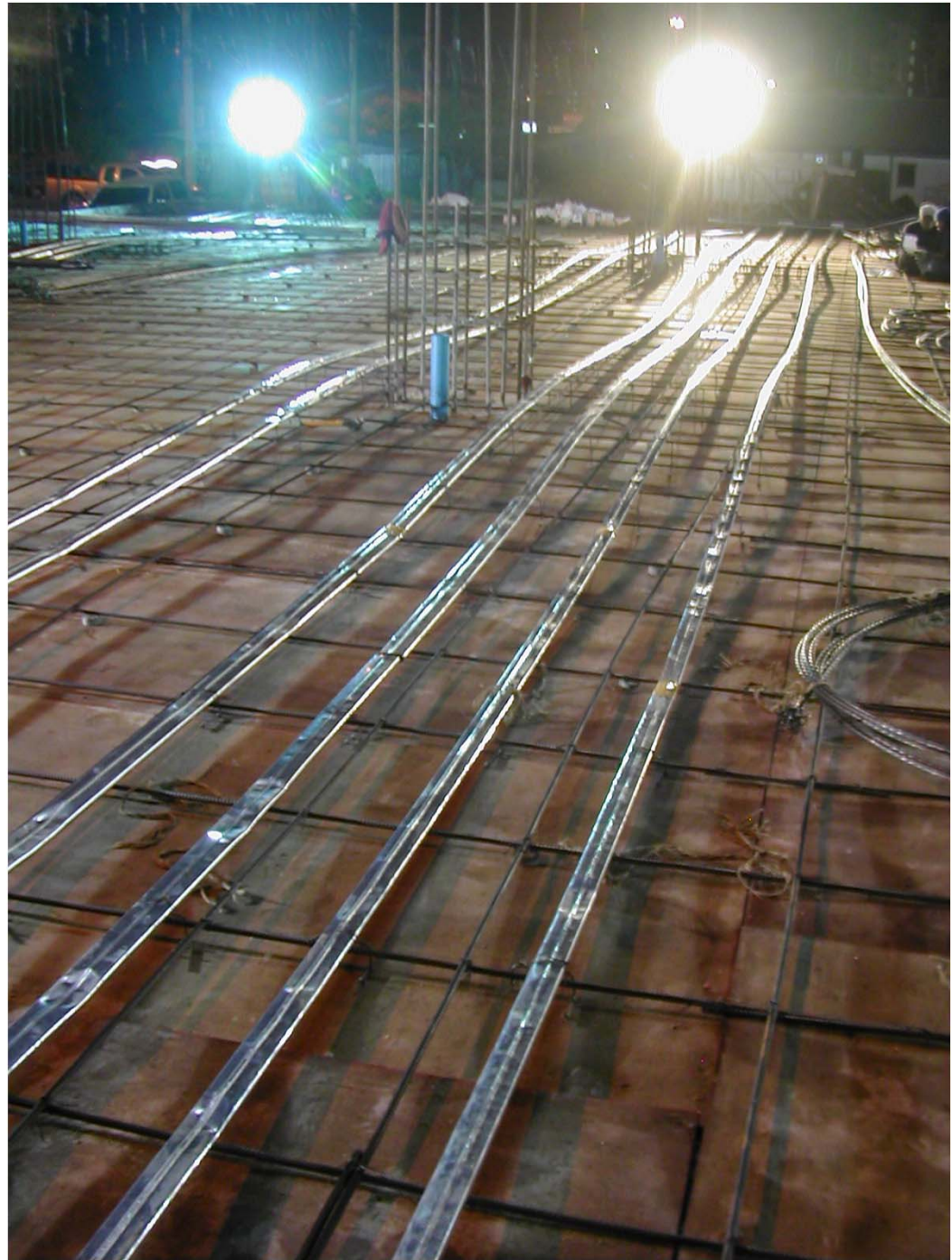
Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



By Siripunya

Bonded System



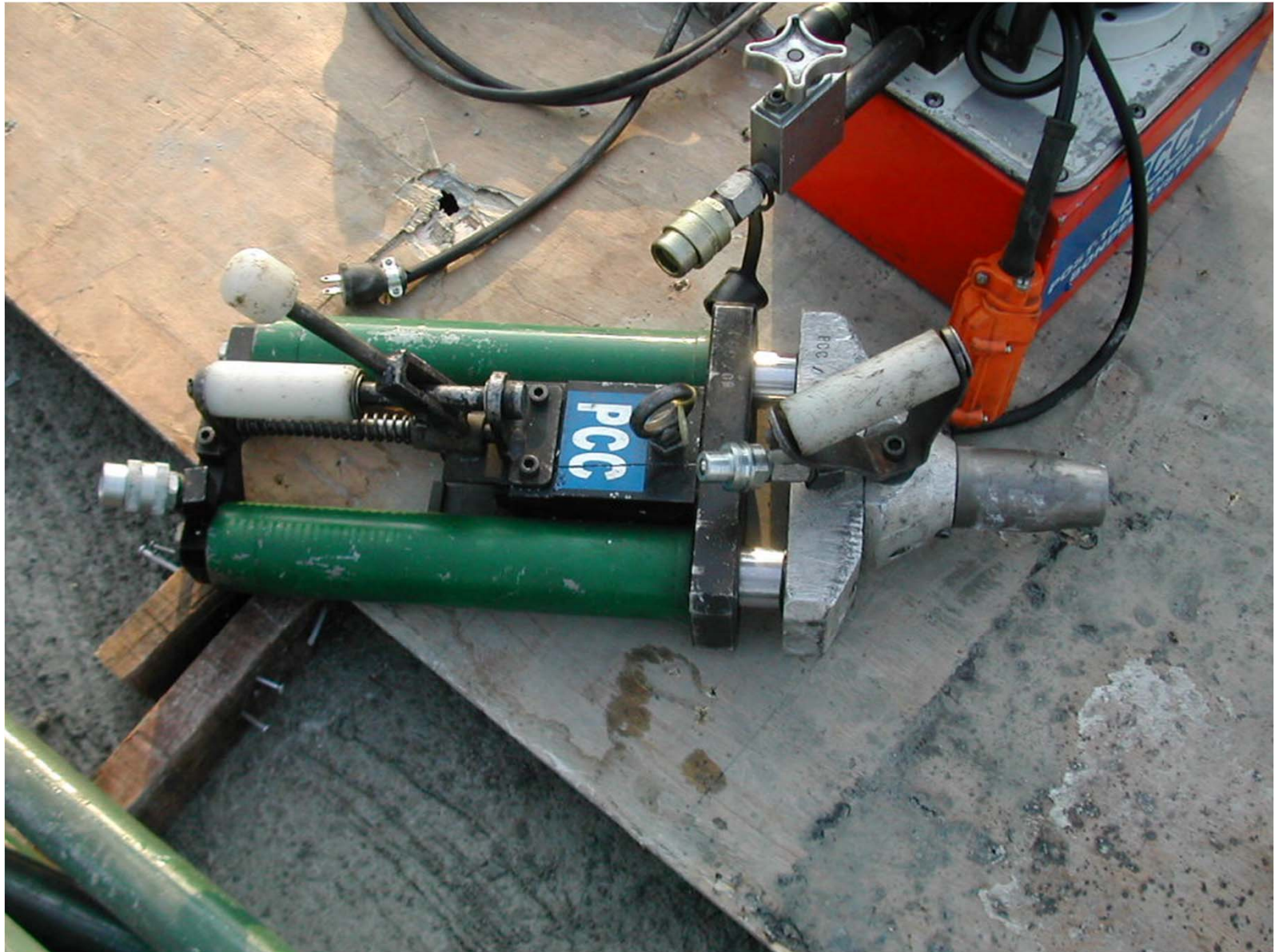
Bonded System



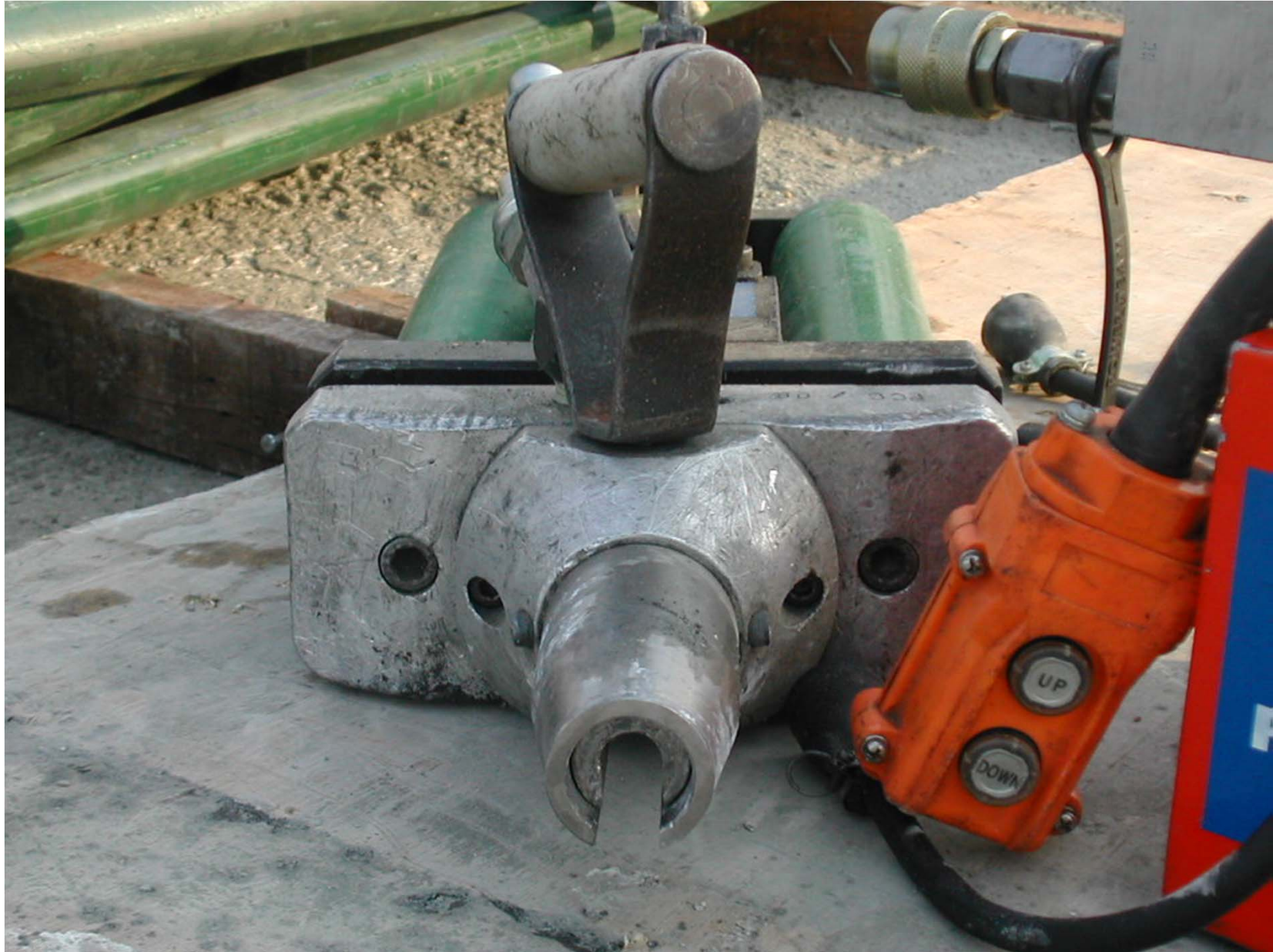
Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



By Siripunya

Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



By Siripunya

Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



By Siripunya

Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



By Siripunya

Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



Bonded System



องค์ประกอบ และ เงื่อนไข





การวางท่องานระบบบริเวณห้องน้ำ

By Siripunya



Plate รั้ว Precast



ขอบอาคารโค้ง / Plate รับ Precast



องค์ประกอบ



องค์ประกอบ

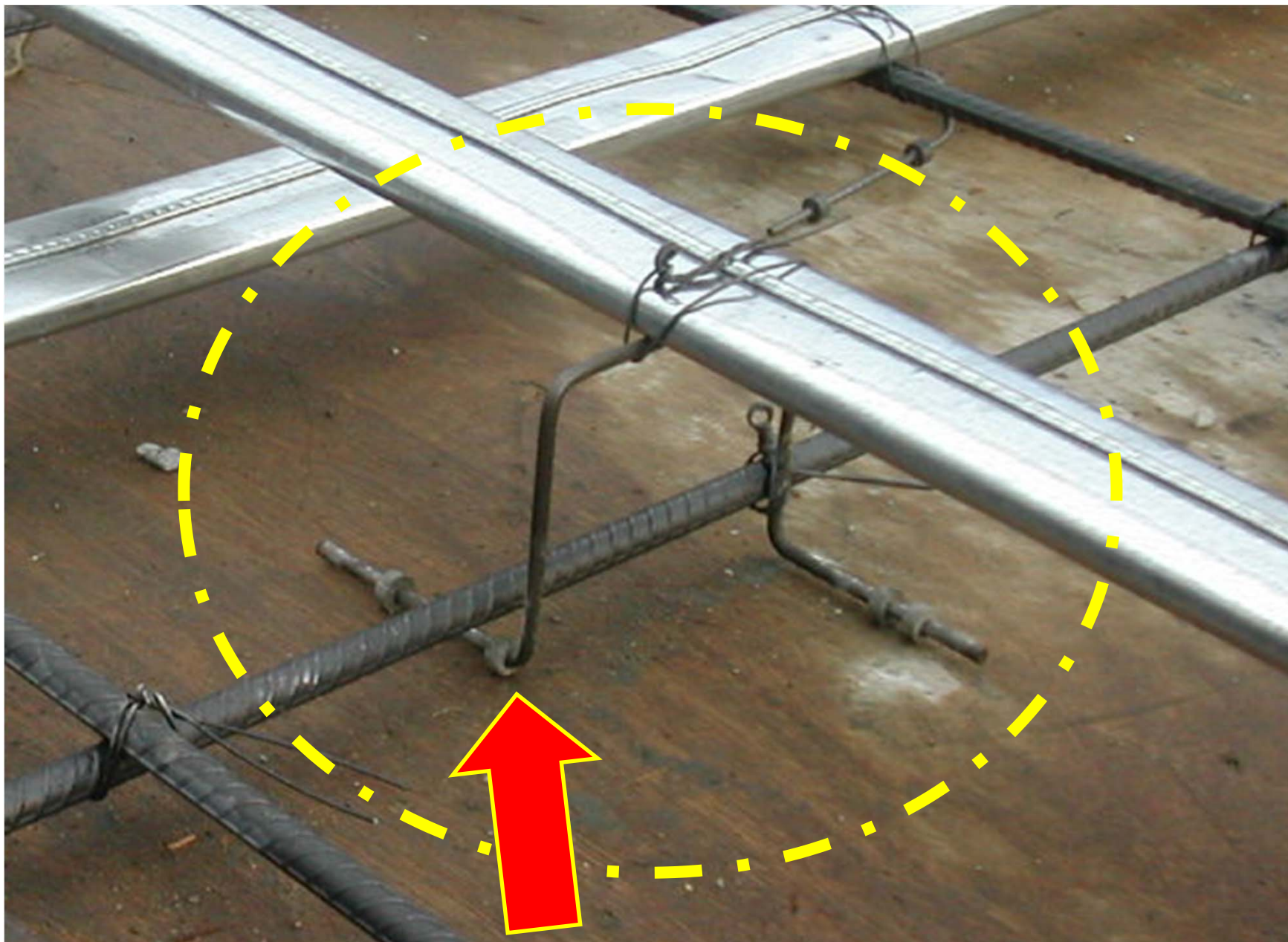
By Siripunya



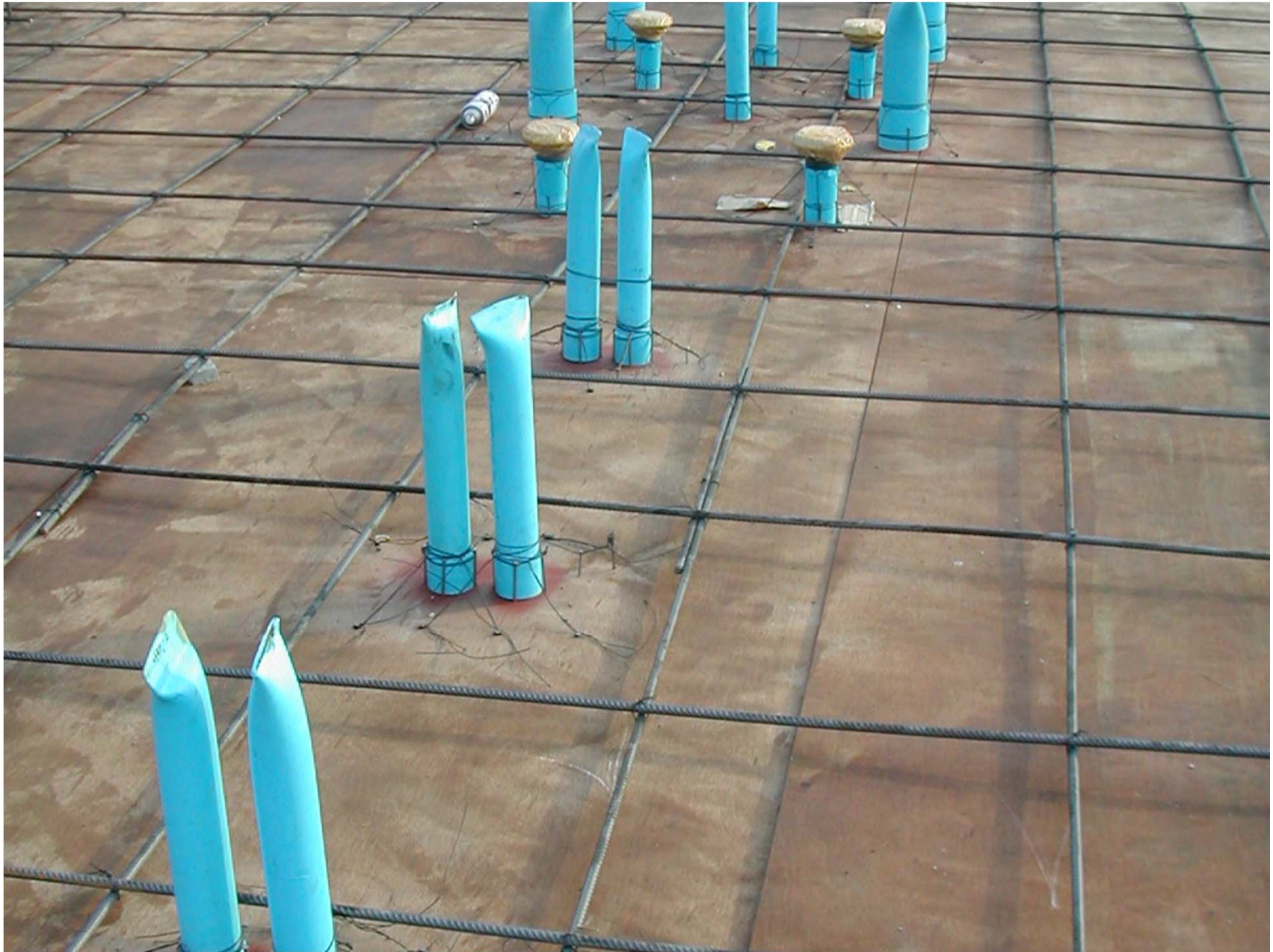
การจัดระดับ



การจัดระดับ

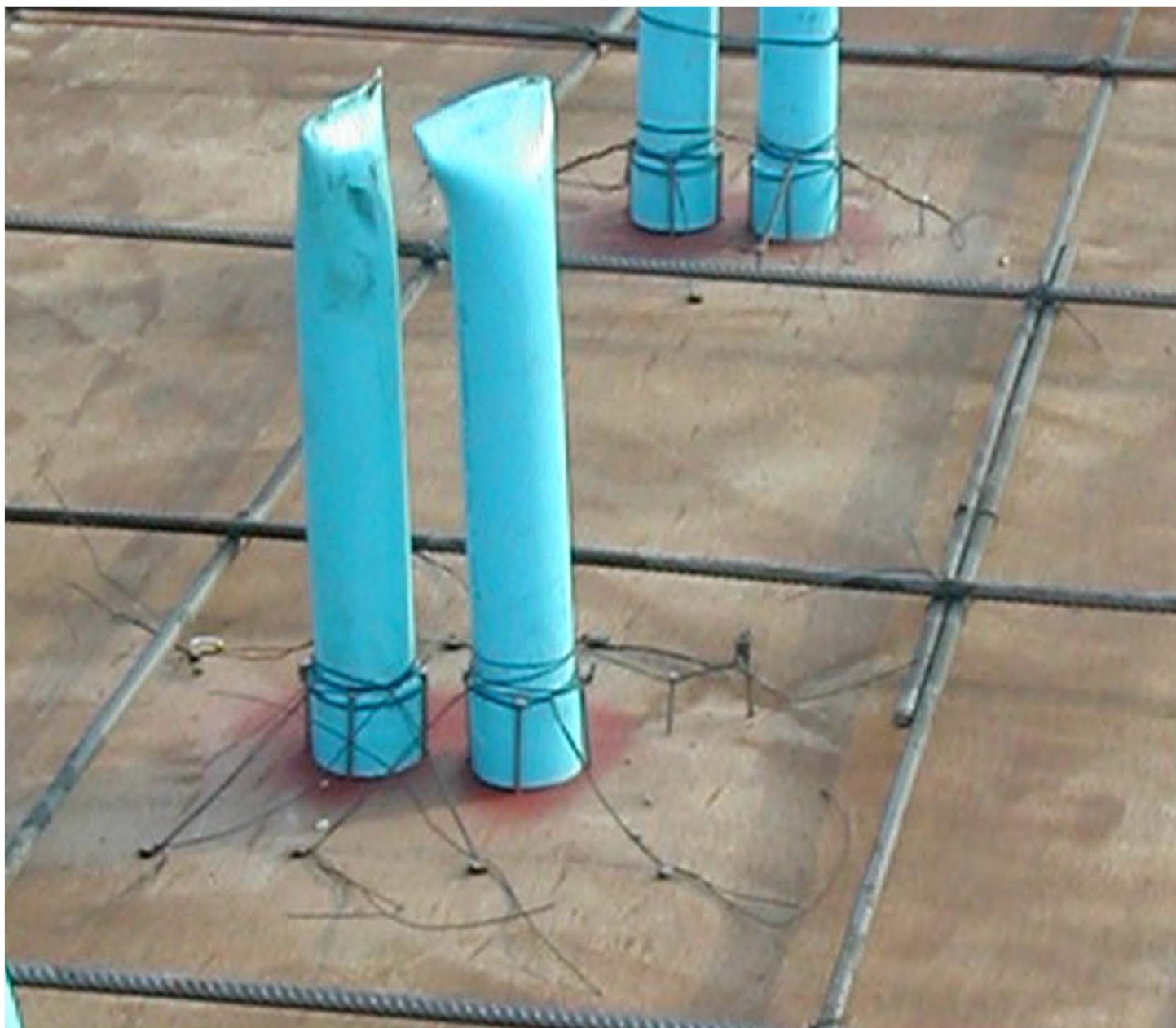


การจัดระดับ (BAR CHAIR)



การวางท่องานระบบบริเวณห้องน้ำ

By Siripunya



การวางท่องานระบบบริเวณห้องน้ำ



ปลายพื้นอาคาร



ขอบอาคารโค้ง



ปลายพื้นอาคาร



ระหว่างก่อสร้าง



ระหว่างก่อสร้าง

By Siripunya



ระหว่างก่อสร้าง



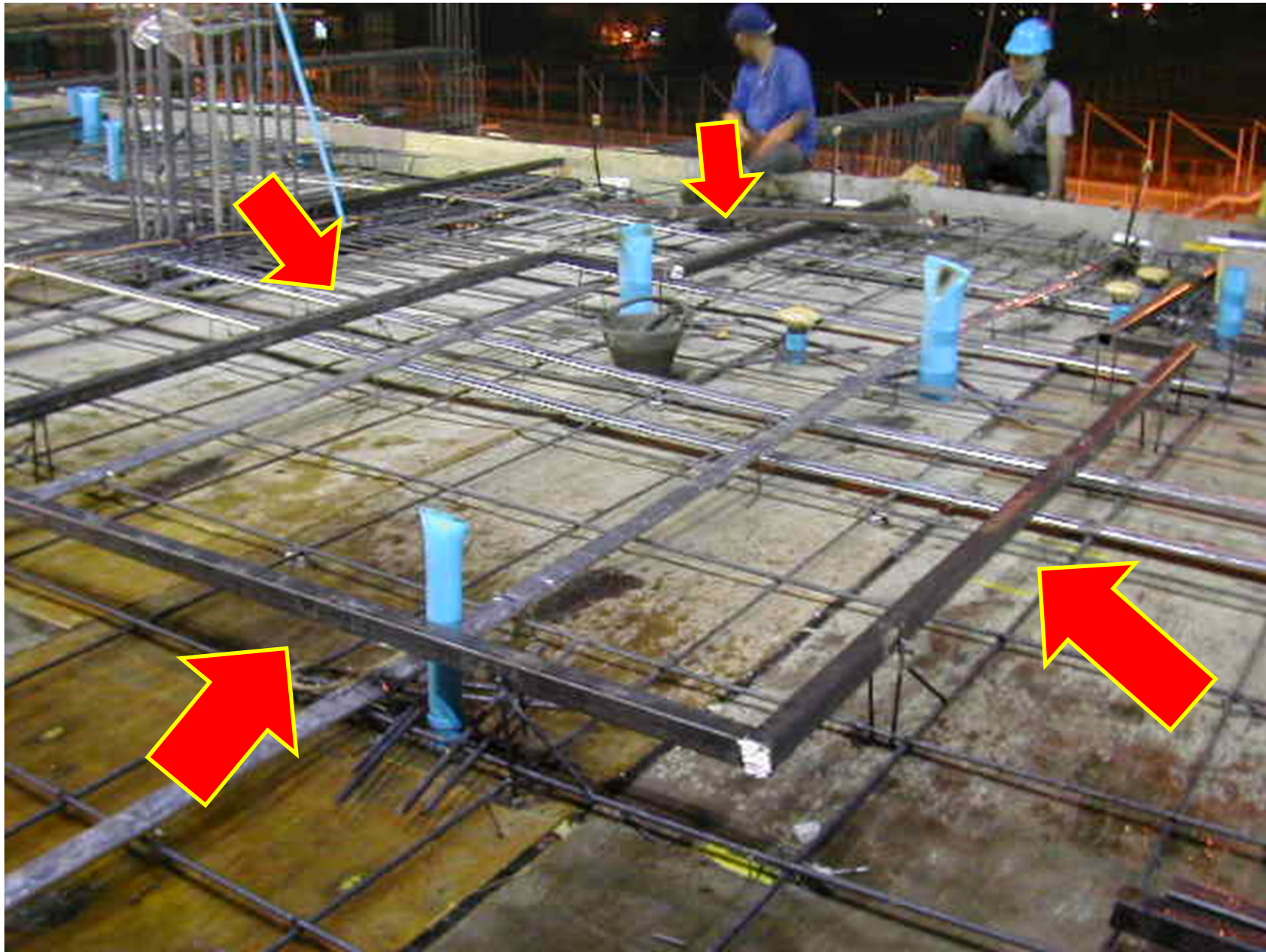
Table Form



Table Form



ข้อจำกัด หัวเสา



การเปลี่ยนระดับ ห้องน้ำ

By Siripunya



การเปลี่ยนระดับ ห้องน้ำ



รอยต่อระหว่างระบบโครงสร้าง

สรุป ข้อดีในการเลือกใช้

1.ก่อสร้างได้เร็ว

2.ระยะFloor to Floor ต่ำ

3.ทำระยะช่วงพาดได้มาก (6 – 10
เมตร)

สรุป ข้อจำกัดในการออกแบบ

1.การเปลี่ยนระดับพื้น

2.การกำหนดตำแหน่งช่องเปิดต่าง ๆ บนพื้น

3.การวางงานระบบท่อใกล้หัวเสา

4.ความไม่เสถียรขององค์อาคาร

ความไม่เสถียรขององค์อาคาร จากระบบโครงสร้าง Post Tension



Detail เฉพาะ
ทางสถาปัตยกรรมที่เกี่ยวข้อง

Detailเฉพาะ ทางสถาปัตยกรรมที่เกี่ยวข้อง



By Siripunya

ความไม่เสถียรขององค์อาคาร
จากระบบโครงสร้างPost Tension



*ความไม่เสถียรขององค์อาคาร
จากระบบโครงสร้างPost Tension*



By Siripunya