เรื่อง

# การควบคุมงานการติดตั้งพื้น POST TENSION

วันพุธที่ 27 ธันวาคม 2566

เวลา 09.00 – 16.00 น.

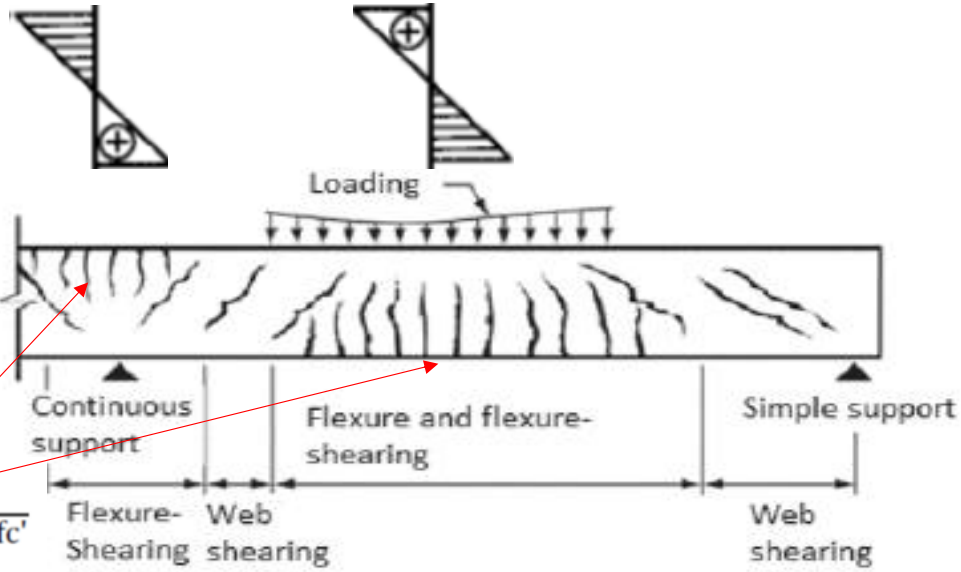
วิทยากร :

- นายภาคภูมิ วานิชกมลนันท์

จัดโดย : คณะอนุกรรมการสวัสดิการและสมาชิกสัมพันธ์

## *Content:*


1. *Concept of prestress*
2. *Standards, Laws and Codes*
3. *Materials & Equipment*
4. *Unbonded & Bonded*
5. *Rebars in post-tensioned slab*
6. *Construction drawing*
7. *Working procedures*
    - *7.1 Tendon layout*
    - *7.2 Pouring concrete*
    - *7.3 Stressing*
    - *7.4 Grouting*
8. *Scaffolding*
9. *Other Problems*

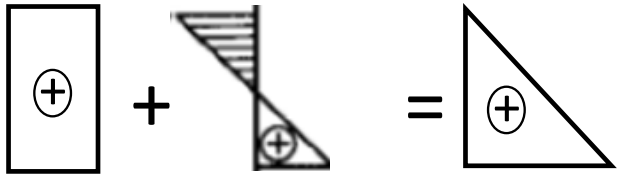


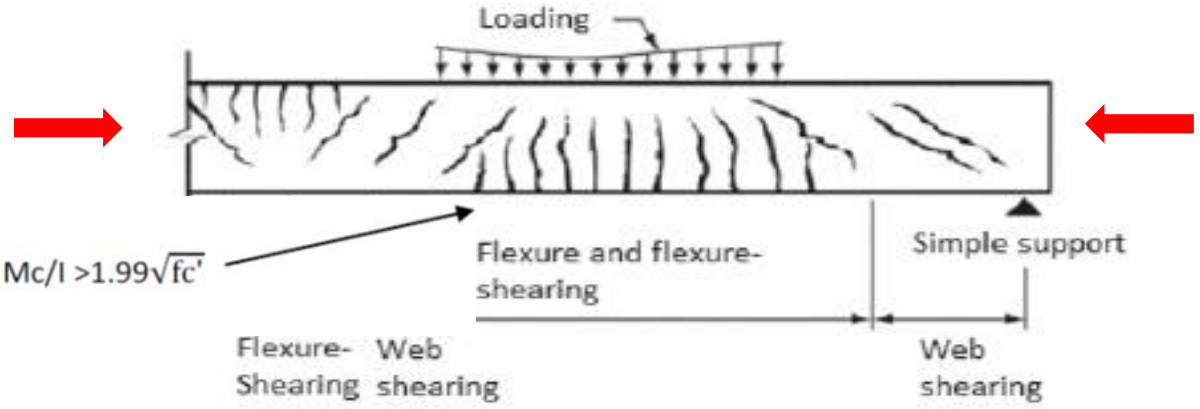

Modulus of rupture $Mc/I > 1.99\sqrt{fc'}$

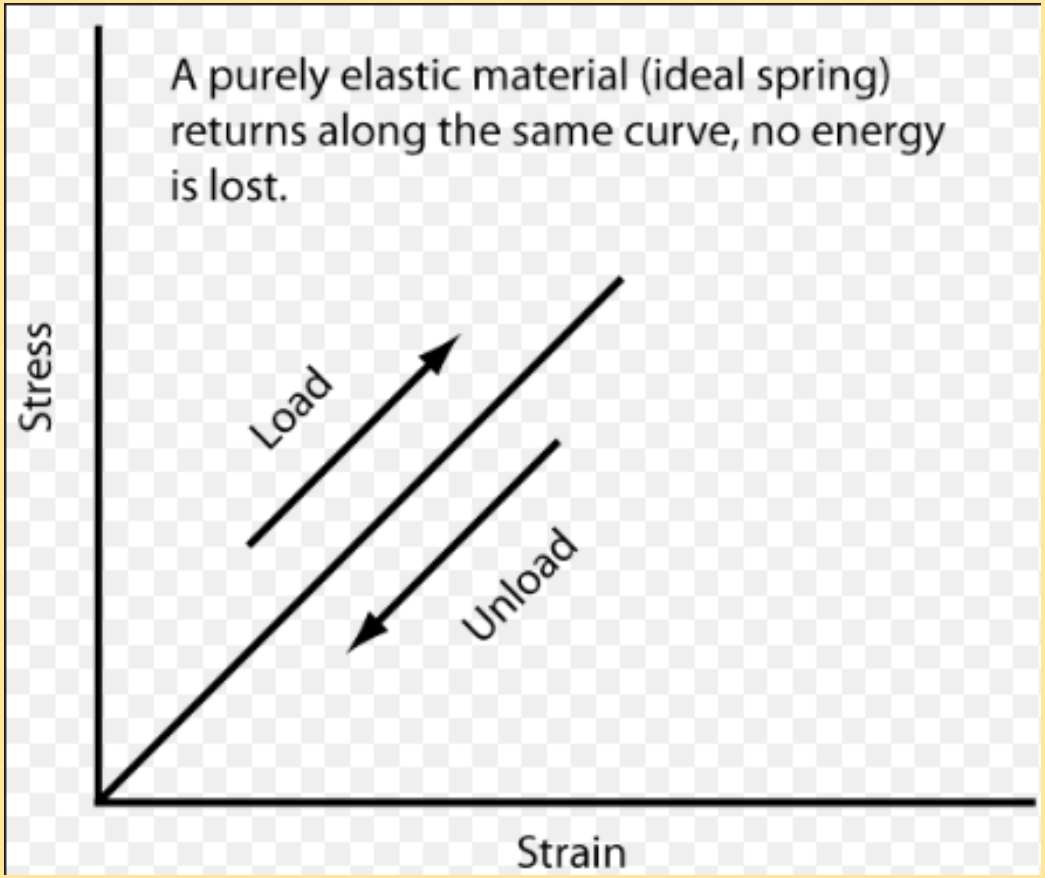
Gustave Magnel

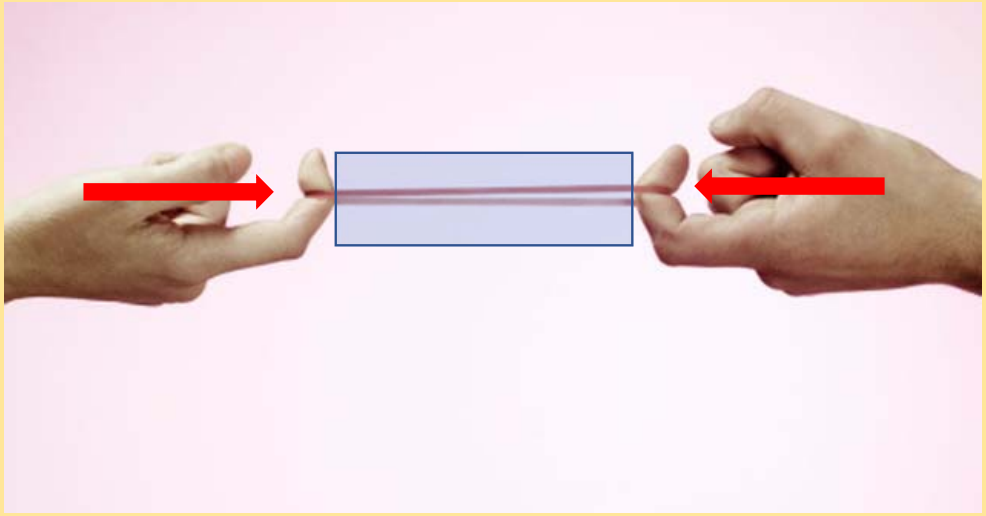
*Professor Gustave Magnel of Belgium*

Demonstrated the principle of pre-compression in 1925



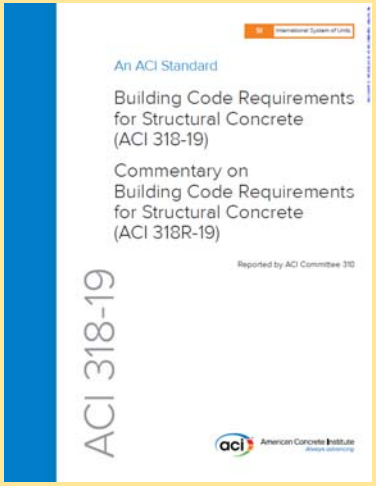

Loading
Modulus of rupture
Mc/I >1.99√fc'
Flexure and flexure-shearing
Simple support
Flexure-Shearing
Web shearing
Web shearing

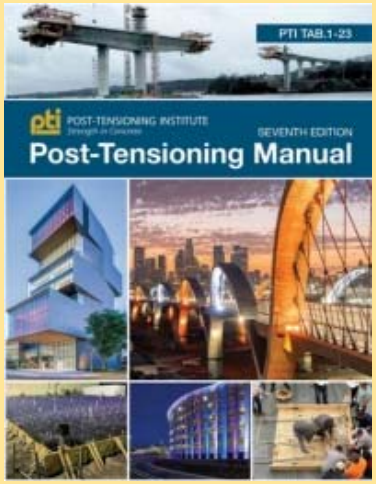

A purely elastic material (ideal spring) returns along the same curve, no energy is lost.
Stress
Load
Unload
Strain



Used high tensile steel wires, with ultimate strength as high as 1725 MPa and yield stress over 1240 MPa. In 1939, he developed conical wedges for end anchorages for post-tensioning and developed double-acting jacks. He is often referred to as the **Father of Prestressed concrete.**

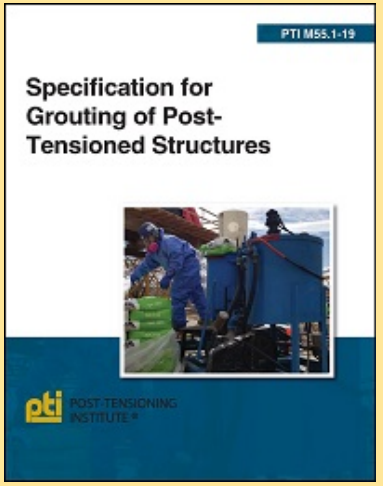
Eugene Freyssinet (France)


An ACI Standard
Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19)
Commentary on Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318R-19)
ACI 318-19
American Concrete Institute

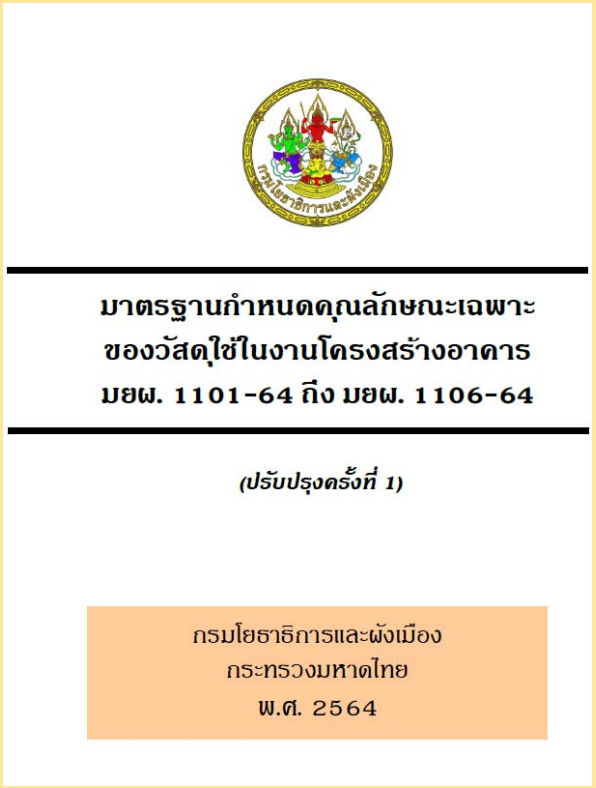

PTI TAB.1-23
POST-TENSIONING INSTITUTE
SEVENTH EDITION
Post-Tensioning Manual

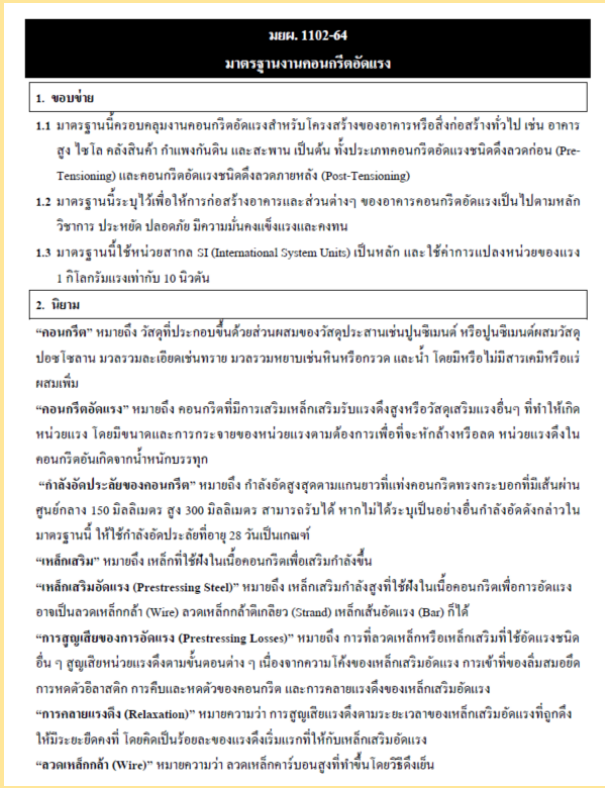
PTI C30.4-2T
Training and Certification of Field Personnel for Multistrand & Grouted Post-Tensioning
Student Manual

PTI GUIDE SPECIFICATION
ACCEPTANCE STANDARDS FOR POST-TENSIONING SYSTEMS
POST-TENSIONING INSTITUTE


PTI M55.1-19
Specification for Grouting of Post-Tensioned Structures
POST-TENSIONING INSTITUTE

# 2. Standards, Laws and Codes



## กฎกระทรวง

กำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร
และลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร
พ.ศ. ๒๕๖๖

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕ (๓) แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ มาตรา ๘ (๒) และ (๓) แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๓) พ.ศ. ๒๕๔๓ และมาตรา ๘ วรรคสอง แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๕) พ.ศ. ๒๕๕๘ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทยโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคาร ออกกฎกระทรวงไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ กฎกระทรวงนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ ๒ ให้ยกเลิก

(๑) กฎกระทรวง ฉบับที่ ๖ (พ.ศ. ๒๕๒๗) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒

(๒) กฎกระทรวง ฉบับที่ ๔๘ (พ.ศ. ๒๕๔๐) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒

(๓) กฎกระทรวง ฉบับที่ ๖๐ (พ.ศ. ๒๕๔๙) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒

ข้อ ๓ ในกฎกระทรวงนี้

"แรงลม" หมายความว่า แรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากลมที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างอาคาร

"แรงกระแทก" หมายความว่า แรงที่เป็นผลจากการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร ยานพาหนะ หรือแรงที่คล้ายคลึงกัน รวมถึงน้ำหนักบรรทุกพลศาสตร์หรือความดันที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาอย่างฉับพลัน

"หน่วยแรง" หมายความว่า แรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่รับแรงนั้น

## ประกาศกระทรวงมหาดไทย

เรื่อง การออกแบบโครงสร้างอาคารและลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร

---

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดหลักเกณฑ์การออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคารและลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคารที่เป็นรายละเอียดด้านเทคนิคและหลักวิชาการที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เพื่อให้งานโครงสร้างอาคารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความปลอดภัยต่อชีวิต ร่างกาย และทรัพย์สินของประชาชน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๘ วรรคสอง แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๕) พ.ศ. ๒๕๕๘ ประกอบกับข้อ ๓ ข้อ ๕ ข้อ ๘ ข้อ ๙ ข้อ ๑๓ ข้อ ๑๕ ข้อ ๑๗ ข้อ ๑๙ และข้อ ๒๔ แห่งกฎกระทรวงกำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคารและลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทยโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคารออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

**ข้อ ๑** ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 420– 2540

# ลวดเหล็กกล้าคาร์บอนสูงสำหรับคอนกรีตอัดแรง

STEEL WIRES STRANDS FOR PRESTRESSED CONCRETE

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 77.140.15 ISBN 974-607-781-3

**Designation: A416/A416M – 16**

# Standard Specification for Low-Relaxation, Seven-Wire Steel Strand for Prestressed Concrete[1]

This standard is issued under the fixed designation A416/A416M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.*

## 1. Scope*

1.1 This specification covers two grades of low-relaxation, seven-wire steel strand for use in prestressed concrete construction. Grade 250 [1725] and Grade 270 [1860] have minimum tensile strengths of 250 ksi [1725 MPa] and 270 ksi [1860 MPa], respectively, based on the nominal area of the strand.

1.2 A supplementary requirement (S1) is provided for use where bond strength testing of 0.600-in. [15.24-mm] diameter Grade 270 [1860] strand for applications in prestressed ground anchors is required by the purchaser. The supplementary requirement applies only when specified in the purchase order.

1.3 The text of this specification contains notes or footnotes, or both, that provide explanatory material. Such notes and footnotes do not contain any mandatory information.

1.4 This specification is applicable for orders in either inch-pound units (as Specification A416) or in SI units (as Specification A416M).

1.5 The values stated in either inch-pound units or SI units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the specification.

## 2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*[2]

A981/A981M Test Method for Evaluating Bond Strength for 0.600-in. [15.24-mm] Diameter Steel Prestressing Strand, Grade 270 [1860], Uncoated, Used in Prestressed Ground Anchors

A1061/A1061M Test Methods for Testing Multi-Wire Steel Strand

2.2 *U.S. Military Standard:*[3]

MIL-STD-129 Marking for Shipment and Storage

2.3 *U.S. Federal Standard:*[3]

Fed. Std. No. 123 Marking for Shipments (Civil Agencies)

## 3. Terminology

3.1 *Definition of Term Specific to This Specification:*

3.1.1 *strand, n*—a group of wires having a center wire enclosed tightly by six helically placed outer wires with uniform pitch of not less than 12 and not more than 16 times the nominal diameter of the strand.

3.1.1.1 *Discussion*—The direction of lay may be either right- or left-hand.

## 4. Ordering Information

4.1 It shall be the responsibility of the purchaser to specify all requirements that are necessary for material ordered under this specification. Such requirements to be considered include, but are not limited to, the following:

4.1.1 Quantity (feet [metres]),
4.1.2 Nominal diameter of strand,
4.1.3 Grade of strand,
4.1.4 Specially dimensioned strand (7.4), if desired,
4.1.5 Weldless, if desired (8.1),
4.1.6 Outside inspection, if required (11.1),
4.1.7 Load-elongation curve, if desired (13.2),
4.1.8 Packaging (14.1),
4.1.9 Supplementary Requirement S1, if desired, and
4.1.10 ASTM designation A416 [A416M] and year of issue.

## 5. Materials and Manufacture

5.1 *Base Metal*—The base metal shall be carbon steel of such quality that when drawn to wire, fabricated into strand,

[1] This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A01 on Steel, Stainless Steel and Related Alloys and is the direct responsibility of Subcommittee A01.05 on Steel Reinforcement.

Current edition approved March 1, 2016. Published March 2016. Originally approved in 1957. Last previous edition approved in 2015 as A416/A416M – 15. DOI: 10.1520/A0416_A0416M-16.

[2] For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

[3] Available from Standardization Documents Order Desk, DODSSP, Bldg. 4, Section D, 700 Robbins Ave., Philadelphia, PA 19111-5098, http://dodssp.daps.dla.mil.

## *Notation:*

| | |
|---|---|
| *Unbonded post-tensioned concrete slab* | = *แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงแบบดึงภายหลังไร้การยึดหน่วง* |
| *Bonded post-tensioned concrete slab* | = *แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงแบบดึงภายหลังชนิดยึดหน่วง* |
| *Wire* | = *ลวด* |
| *Strand* | = *ลวดเกลียว คือลวดเหล็กกล้าตีเกลียว* |
| *Tendon* | = *เทนดอน คือกลุ่มของลวดเกลียว* |
| *Sheath* | = *ท่อร้อยเทนดอน* |
| *Anchorage* | = *อุปกรณ์ยึด* |
| *Grout* | = *เกราต์ คือน้ำซีเมนต์ผสม* |
| *fpu* | = *Breaking strength* |
| *fpj* | = *Jacking strength* |

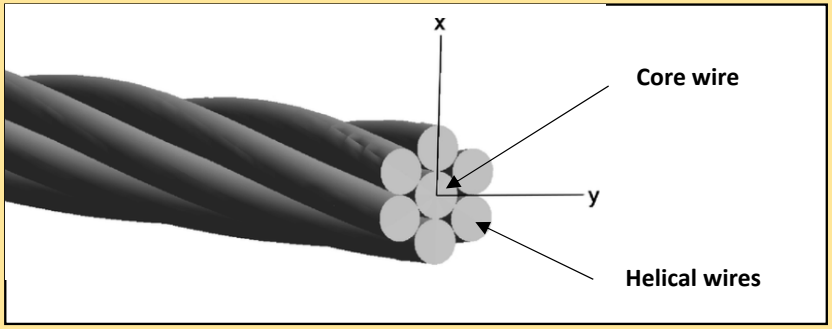
## *1. Strand*

*ลวดเกลียวเป็นชนิด ลวดเหล็กกล้าตีเกลียว*

*ชนิด 7 เส้น (7 wires strand)*

*ประเภทความผ่อนคลายต่ำ (Low relaxation)*

*ตามมาตรฐาน มอก. 420 หรือ ASTM A416*




*- ประกอบด้วย ลวดแกน (Core wire) 1 เส้นวิ่งเป็นเส้นตรง และมีลวด 6 เส้น (Helical wires) ตีเกลียวรอบลวดแกน*

*- Core wire มี Dia. ใหญ่กว่า Helical wires ไม่น้อยกว่าร้อยละ 2*

*- ระยะช่วงเกลียวอยู่ระหว่าง 12-18 เท่าของ Nominal dia. ของลวดเกลียว*

ตารางที่ 1 เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ พื้นที่หน้าตัดระบุ มวลต่อเมตร และค่าลักษณะเฉพาะของลวดดีเกลียว
(ข้อ 4.1 ข้อ 6.3.1 และข้อ 10.4.3)

| ชนิด[1] | เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ[1] มิลลิเมตร | ความทนแรงดึงระบุ[1] นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร | พื้นที่หน้าตัดระบุ[2] ตารางมิลลิเมตร | มวลต่อเมตร | | ค่าลักษณะเฉพาะ[2] ต่ำสุด | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ค่าระบุ กรัม | เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ร้อยละ | แรงดึงสูงสุด[2)3)4)] กิโลนิวตัน | แรงดึงพิสูจน์[2)4)5)] ร้อยละ 0.1 กิโลนิวตัน | แรงดึงพิสูจน์[4)5)] ร้อยละ 0.2 กิโลนิวตัน |
| 2 เส้น 2x2.90 | 5.8 | 1 910 | 13.2 | 104 | | 25.2 | 21.4 | 22.3 |
| 3 เส้น | 5.2 | 1 770 | 13.6 | 107 | | 24.0 | 20.4 | 21.1 |
| 3x2.40 | | 1 960 | | | | 26.7 | 22.7 | 23.5 |
| 3x2.90 | 6.2 | 1 910 | 19.8 | 155 | | 37.8 | 32.1 | 33.2 |
| 3x3.50 | 7.5 | 1 770 | 29.0 | 228 | | 51.2 | 43.5 | 45.0 |
| | | 1 860 | | | | 54.0 | 45.9 | 47.0 |
| 7 เส้น | 9.3 | 1 720 | 51.6 | 405 | | 88.8 | 72.8 | 75.4 |
| | 9.5 | 1 860 | 54.8 | 432 | +4 | 102 | 83.6 | 86.6 |
| | 10.8 | 1 720 | 69.7 | 546 | -2 | 120 | 98.4 | 102 |
| | 11.1 | 1 860 | 74.2 | 580 | | 138 | 113 | 117 |
| | 12.4 | 1 720 | 92.9 | 729 | | 160 | 131 | 136 |
| | 12.7 | 1 860 | 98.7 | 774 | | 184 | 151 | 156 |
| | 15.2 | 1 720 | 139 | 1 101 | | 239 | 196 | 203 |
| | 15.2 | 1 860 | 139 | 1 101 | | 259 | 212 | 220 |
| 7 เส้น | 12.7 | 1 860 | 112 | 890 | | 209 | 178 | 184 |
| อัดแน่น | 15.2 | 1 820 | 165 | 1 295 | | 300 | 255 | 264 |
| | 18.0 | 1 700 | 223 | 1 750 | | 380 | 323 | 334 |
| 19 เส้น | 17.8 | 1 860 | 208 | 1 652 | | 387 | 317 | 329 |
| | 19.3 | 1 860 | 244 | 1 931 | | 454 | 372 | 386 |
| | 20.3 | 1 810 | 271 | 2 149 | | 491 | 403 | 417 |
| | 21.8 | 1 810 | 313 | 2 482 | | 567 | 465 | 482 |

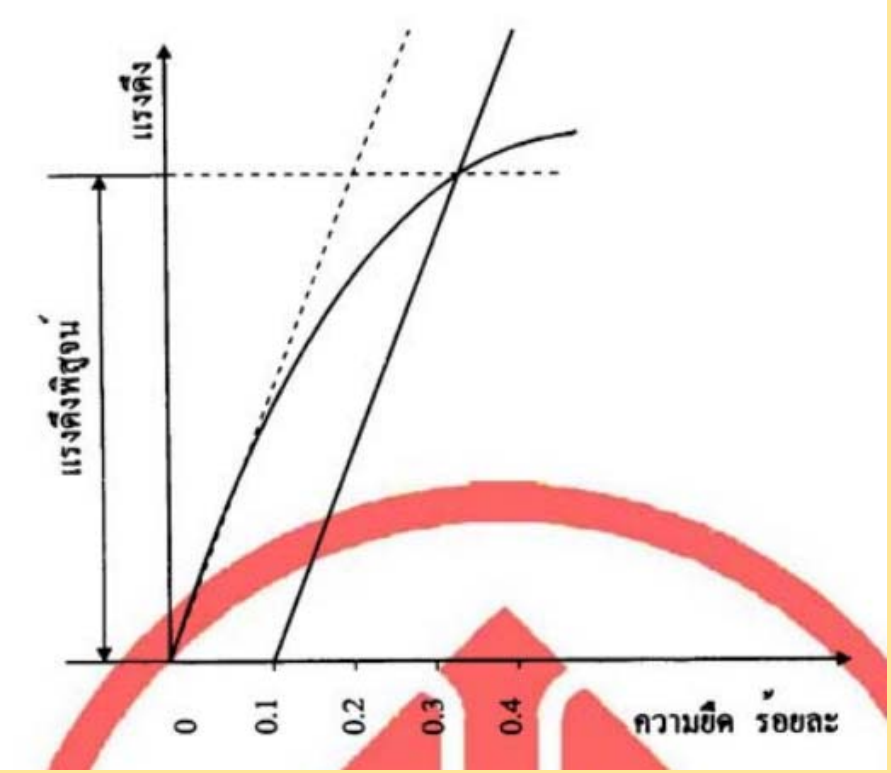
*หมายเหตุ* 1) *ชนิด เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ และความทนแรงดึงระบุใช้สำหรับเรียกชื่อเท่านั้น*

2) *ความทนแรงดึงระบุ ได้จากการคำนวณค่าพื้นที่หน้าตัดระบุกับค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงสูงสุด (ดูหมายเหตุ 5)*

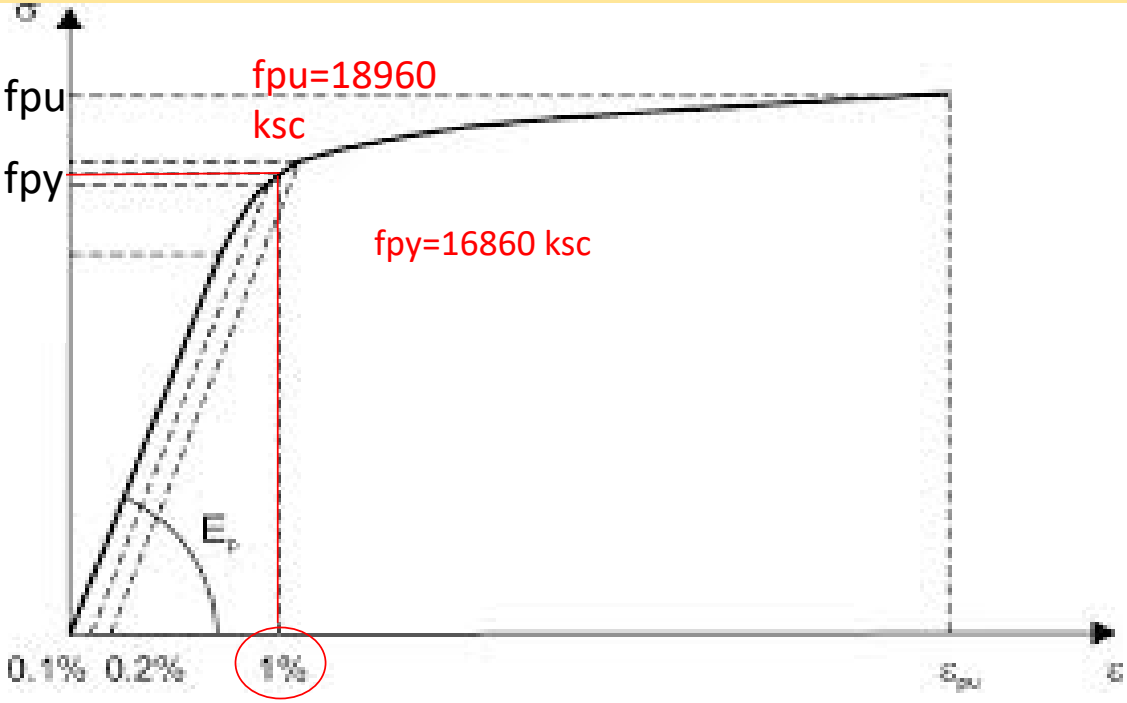
3) *ผลทดสอบแต่ละค่าต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของค่าลักษณะเฉพาะ*

4) *กำหนดให้ใช้ค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงแทนความทนแรงดึงระบุ เนื่องจากเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมวลต่อเมตรมีค่าน้อย*

5) *แรงดึงพิสูจน์ร้อยละ 0.1 เป็นค่าที่กำหนดให้ใช้ทดสอบ ส่วนแรงดึงพิสูจน์ร้อยละ 0.2 ให้ไว้เพื่อแนะนำเท่านั้น ยกเว้นเมื่อมีการตกลงเป็นอย่างอื่น*

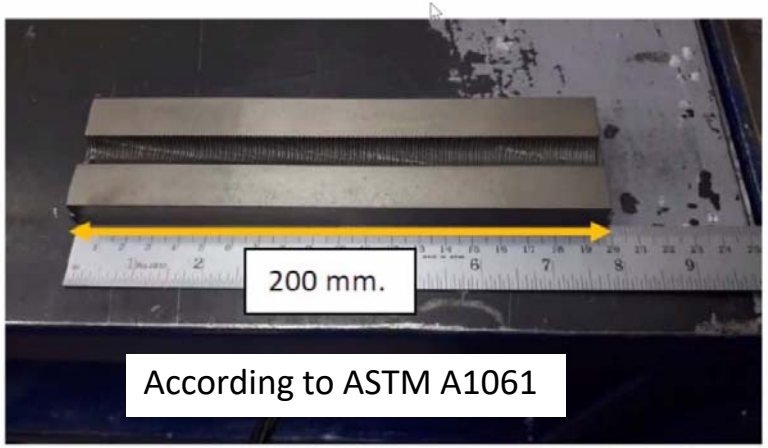



เขียนกราฟความยืด–แรงดึง ดังรูปที่ 3 แล้วลากเส้นตรงจากจุดความยืด ร้อยละ 0.1 (หรือ ร้อยละ 0.2) แล้วแต่กรณีบนแกนความยืด ให้ขนานกับส่วนที่เป็นเส้นตรงของกราฟ ไปตัดกับกราฟ แรงดึงที่ตรงกับจุดตัดของเส้นทั้งสองคือ แรงดึงพิสูจน์ที่ความยืดร้อยละ 0.1 (หรือ ร้อยละ 0.2) แล้วแต่กรณี




*ASTM A416*

# Tensile test



# Relaxation test

10.4 ความผ่อนคลาย

10.4.1 ห้องทดสอบต้องมีอุณหภูมิ 20 ± 2 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาของการทดสอบ

10.4.2 ระยะระหว่างปลายหัวจับลวดทดสอบจะต้องมากกว่า 60 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดตีเกลียว (ในกรณีที่เครื่องทดสอบความต้านแรงดึงหรือเครื่องวัดความยืดมีระยะสั้น ให้ใช้ระยะระหว่างหัวจับชิ้นทดสอบเป็น 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดตีเกลียวแทนได้)

10.4.3 ขึงชิ้นทดสอบด้วยแรงดึงทดสอบเท่ากับร้อยละ 60 70 หรือ 80 ของค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงสูงสุดตามที่กำหนดในตารางที่ 1 เพิ่มแรงดึงอย่างสม่ำเสมอจนถึงค่าแรงดึงทดสอบ ภายในระยะเวลา ประมาณ 5 นาที แล้วคงตำแหน่งหัวจับไว้ ณ ที่นั้น หลังจากที่ได้แรงดึงทดสอบแล้ว 1 นาที อ่านค่าแรงดึงเริ่มแรก และเมื่อครบ 1 000 ชั่วโมง อ่านค่าแรงดึงอีกครั้งหนึ่ง

10.4.4 หาความผ่อนคลาย จากสูตร

$$\text{ความผ่อนคลาย ร้อยละ} = \frac{(\text{แรงดึงเริ่มแรก} - \text{แรงดึงที่อ่านได้เมื่อครบ 1 000 ชั่วโมง})}{\text{แรงดึงเริ่มแรก}} \times 100$$

6.3.3 ความผ่อนคลาย

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.4 โดยใช้แรงดึงเริ่มต้นร้อยละ 70 ของค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงสูงสุด แล้วความผ่อนคลายต้องเป็นไปตามตารางที่ 2 หรือถ้าต้องการใช้แรงดึงเริ่มต้นร้อยละ 60 และร้อยละ 80 ของค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงสูงสุด ความผ่อนคลายต้องเป็นไปตามตารางที่ 2

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 10.3

***หมายเหตุ*** *กรณีที่มีผลการทดสอบความผ่อนคลายที่ 1 000 ชั่วโมง แล้วไม่ต้องทำการทดสอบเพื่อติดตามผลอีก*

**ตารางที่ 2 ความผ่อนคลาย**

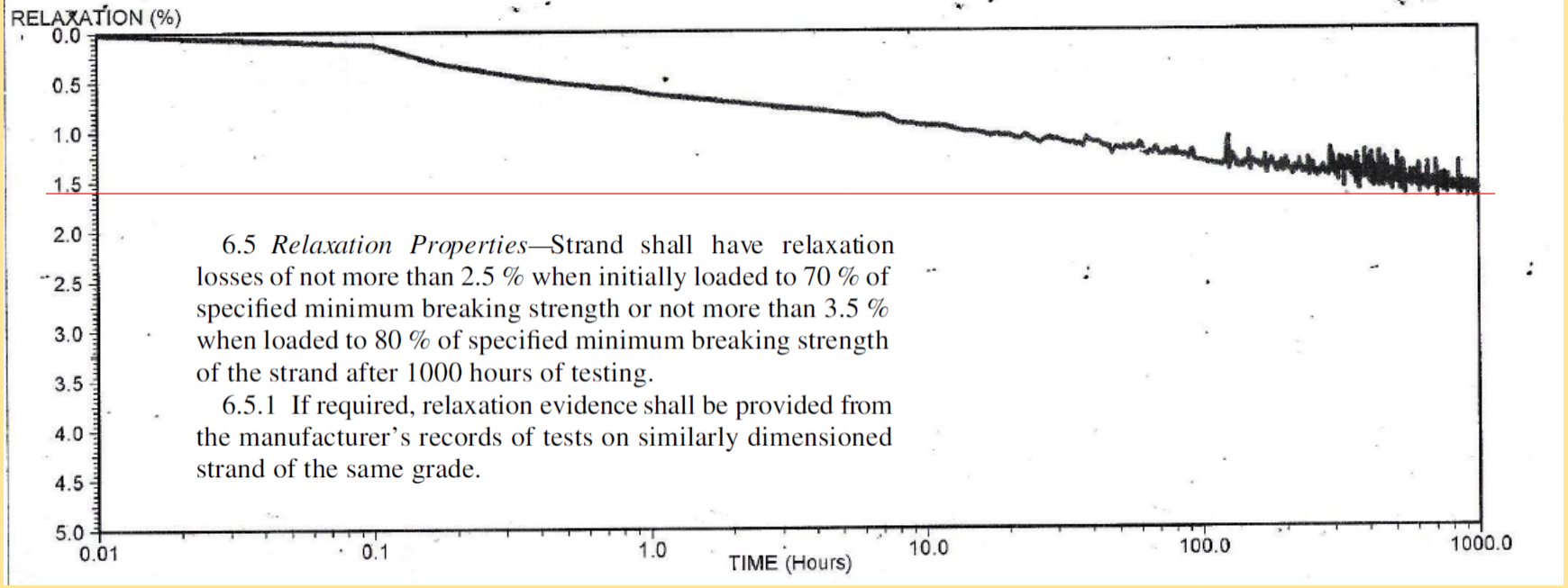
(ข้อ 6.3.3)

| แรงดึงเริ่มต้น ร้อยละของ ค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงสูงสุด | ประเภท | |
|---|---|---|
| | ความผ่อนคลายธรรมดา สูงสุด ร้อยละ | ความผ่อนคลายต่ำ สูงสุด ร้อยละ |
| 60 | 4.5 | 1.0 |
| 70 | 8.0 | 2.5 |
| 80 | 12.0 | 4.5 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| File | : SS212720846 | Standard method | : TIS420 - 2540 |
| Product code | : S-12.7-1860 | Total time | : 1000 hrs. |
| Charge No. | : 83S7937 | Date of test | : 16-02-2022 |
| Coil No. | : SS21272 0846 | Temperature | : 20.00 deg. C |
| Section area | : 97.93 sq.mm | Initial load | : 128.75 kN |
| Gripping distance | : 3000.00 mm | Finish load | : 126.68 kN |

| | |
|---|---|
| Specific breaking load | : 184.00 kN |
| Initial setting load (70% of breaking load) | : 128.80 kN |

Relaxtion loss at 1000 hrs. = 1.61%
Calculated relaxtion loss at 1000 hrs. = 0.00%
(At initial setting load is 70% of breaking load)




6.5 *Relaxation Properties*—Strand shall have relaxation losses of not more than 2.5 % when initially loaded to 70 % of specified minimum breaking strength or not more than 3.5 % when loaded to 80 % of specified minimum breaking strength of the strand after 1000 hours of testing.

6.5.1 If required, relaxation evidence shall be provided from the manufacturer's records of tests on similarly dimensioned strand of the same grade.

## *2. Ducts*

- *ท่อสามารถใช้เป็นท่อโลหะชุบสังกะสี หรือท่อ HDPE (High density polyethylene)*
- *ผิวของท่อจะมีทั้งเป็นท่อผิวเรียบ (Smooth duct) และท่อผิวเป็นลอน (Corrugated duct)*
- *พื้นที่หน้าตัดภายในของท่อร้อยเทนดอน จะต้องไม่น้อยกว่า 2 เท่าของพื้นที่หน้าตัดสุทธิของกลุ่มลวดเกลียว*
- *สามารถป้องกันการรั่วซึม, ไม่ทำปฏิกิริยากับคอนกรีต และลวดเกลียว*

## *3. Anchorage*

***อุปกรณ์ยึด ทำหน้าที่ยึดลวดเกลียวไว้ไม่ให้หดกลับหลังจากดึงลวดแล้ว ต้องสามารถรับแรงได้ไม่น้อยกว่า 95% ของ $f_{pu}$***

***ระบบไร้แรงยึดหน่วง***

Mono strand anchorage (FCD500)

***ระบบมีแรงยึดหน่วง***

Wedge plate, Anchorage block (FCD500)

Bearing plate, Anchorage guide (FC250)

## *เหล็กหล่อเทา (Gray cast iron), FC*

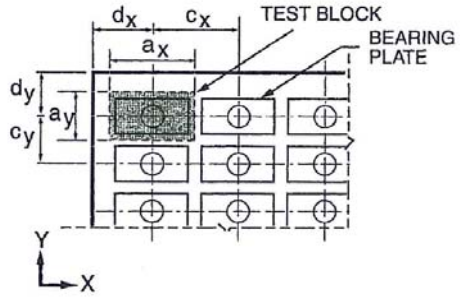
| ISO | JIS | ASTM | DIN | AS | CHEMICAL COMPOSITION | | | | | | | | | | MECHANICAL PROPERTY | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | C % | Si % | Mn % | P % | S % | Ni % | Cr % | Mo % | V % | Other % | Tensile Strength N/mm² | Proof Stress N/mm² | Elongation % | Hardness HB |
| 185<br>150 | G 5501<br>FC 150 | A 48<br>20 | 1691<br>GG 10 | 1830<br>T-150 | 3.50<br>3.80 | 2.30<br>2.80 | 0.50<br>0.80 | 0.25 max | 0.10 max | - | - | - | - | - | 150 min | - | - | - |
| 185<br>200 | G 5501<br>FC 200 | A 48<br>30 | 1691<br>GG 15 | 1830<br>T-220 | 3.30<br>3.60 | 1.80<br>2.30 | 0.60<br>0.90 | 0.20 max | 0.10 max | - | - | - | - | - | 200 min | - | - | - |
| 185<br>250 | G 5501<br>FC 250 | A 48<br>35 | 1691<br>GG 20 | 1830<br>T-260 | 3.20<br>3.50 | 1.70<br>2.20 | 0.60<br>0.90 | 0.15 max | 0.10 max | - | - | - | - | - | 250 min | - | - | - |
| 185<br>300 | G 5501<br>FC 300 | A 48<br>45 | 1691<br>GG 25 | 1830<br>T-300 | 3.10<br>3.30 | 1.60<br>2.10 | 0.60<br>0.90 | 0.12 max | 0.10 max | - | - | - | - | - | 300 min | - | - | - |

## *เหล็กหล่อเหนียว (spheroidal graphite cast iron or ductile cast iron), FCD*

| ISO | JIS | ASTM | DIN | AS | CHEMICAL COMPOSITION | | | | | | | | | | MECHANICAL PROPERTY | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | C % | Si % | Mn % | P % | S % | Ni % | Cr % | Mo % | V % | Other % | Tensile Strength N/mm² | Proof Stress N/mm² | Elongation % | Hardness HB |
| 1083<br>400-15,18 | G 5502<br>FCD 400 | A536-84<br>60-40-18 | 1693<br>GGG-40 | 1831<br>400-12 | 3.50<br>4.00 | 2.00<br>2.70 | 0.30 max | 0.05 max | 0.02 max | - | - | - | - | - | 400 min | 250 min | 12 min | 201 min |
| 1083<br>450-10 | G 5502<br>FCD 450 | A536-84<br>60-42-10 | - | - | 3.50<br>4.00 | 2.00<br>2.70 | 0.30 max | 0.06 max | 0.02 max | - | - | - | - | - | 450 min | 280 min | 10 min | 143-217 |
| 1083<br>500-7 | G 5502<br>FCD 500 | A536-84<br>80-55-06 | 1693<br>GGG-50 | 1831<br>500-7 | 3.50<br>4.00 | 2.00<br>2.50 | 0.40<br>0.50 | 0.06 max | 0.02 max | - | - | - | - | - | 500 min | 320 min | 7 min | 170-241 |
| 1083<br>600-3 | G 5502<br>FCD 600 | A536-84<br>80-60-03 | 1693<br>GGG-60 | 1831<br>600-3 | 3.50<br>4.00 | 2.00<br>2.50 | 0.50<br>0.80 | 0.06 max | 0.02 max | - | - | - | - | - | 600 min | 370 min | 3 min | 192-269 |
| 1083<br>700-2 | G 5502<br>FCD 700 | A536-84<br>100-70-03 | 1693<br>GGG-70 | 1831<br>700-2 | 3.50<br>4.00 | 2.00<br>2.50 | 0.50<br>0.90 | 0.06 max | 0.02 max | - | - | - | - | - | 700 min | 420 min | 2 min | 229-302 |

# การทดสอบ Bearing plate และ Wedge plate ตามมาตรฐาน PTI

- Basic bearing plates
- Special bearing plates




| if | then |
|---|---|
| $2d < c$ | $a = 2d$ |
| $2d > c$ | $a = c + 2 \times 3$ in. |

Fig. C 3-2—Test Block Cross Section

**Bearing plates (Special bearing plates)** ใช้วิธีหล่อคอนกรีตหุ้ม bearing plate เป็นแท่นทดสอบ แล้วนำไปทดสอบ

- ขนาดหน้าตัดของชิ้นงานทดสอบ ใช้ค่าที่น้อยกว่าของ
  1) สองเท่าของระยะขอบที่วัดจากกึ่งกลางของ bearing plate ถึงขอบคอนกรีต
  2) ระยะห่างน้อยที่สุดของ bearing plate + 75mm

- ความยาวของแท่นทดสอบ
  ถ้ากดด้วยเครื่องกด ต้องอย่างน้อยสองเท่าของระยะมากสุดของหน้าตัด
  ถ้าให้แรงอัดด้วยการดึงลวด ต้องอย่างน้อยสี่เท่าของระยะมากสุดของหน้าตัด

- ต้องเสริมเหล็กบริเวณ Local zone ตามการทำงานจริง
- กำลังอัดของคอนกรีตในช่วงที่ทดสอบ จะต้องไม่เกิน กำลังที่ระบุขณะดึงลวดหรือ 85% ของ fc' ที่ 28 วัน

*ขั้นตอนการทดสอบ Bearing plate*

- *ให้แรงกดจนถึง 40% ของ MUTS (Minimum Ultimate Tensile Strength) ค้างแรงกดไว้ 10 นาที ตรวจหารอยร้าว*
- *เพิ่มแรงกดจนถึง 80% ของ MUTS ค้างแรงกดไว้ 60 นาที ตรวจหารอยร้าว*
- *เพิ่มแรงกดจนถึง 120% ของ MUTS แล้วกดต่อไปจนวิบัติหรือสุดกำลังของเครื่องทดสอบ*

*เกณฑ์การยอมรับ*

- *ถ้ามีรอยร้าวเกิดขึ้นที่ 40% ของ MUTS จะต้องไม่เกิน 0.05mm*
- *หลังจากค้างแรงไว้ 80% ของ MUTS เป็นเวลา 60 นาที ถ้ามีรอยร้าวเกิดขึ้นจะต้องไม่เกิน 0.25mm*
- *แท่นทดสอบจะต้องไม่วิบัติก่อน 120% ของ MUTS*

***Wedge plates* ทำการทดสอบตามรูป**

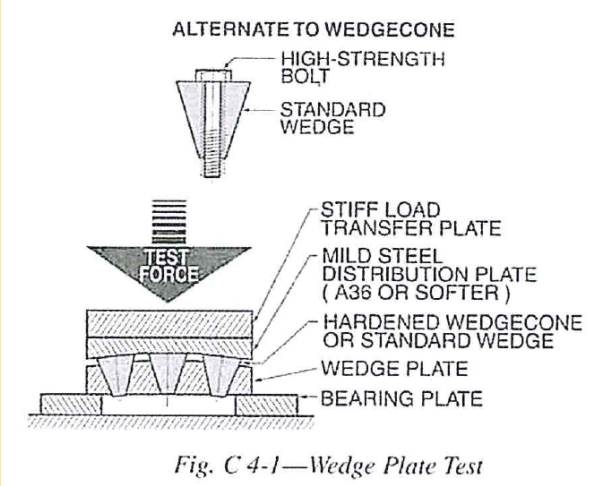
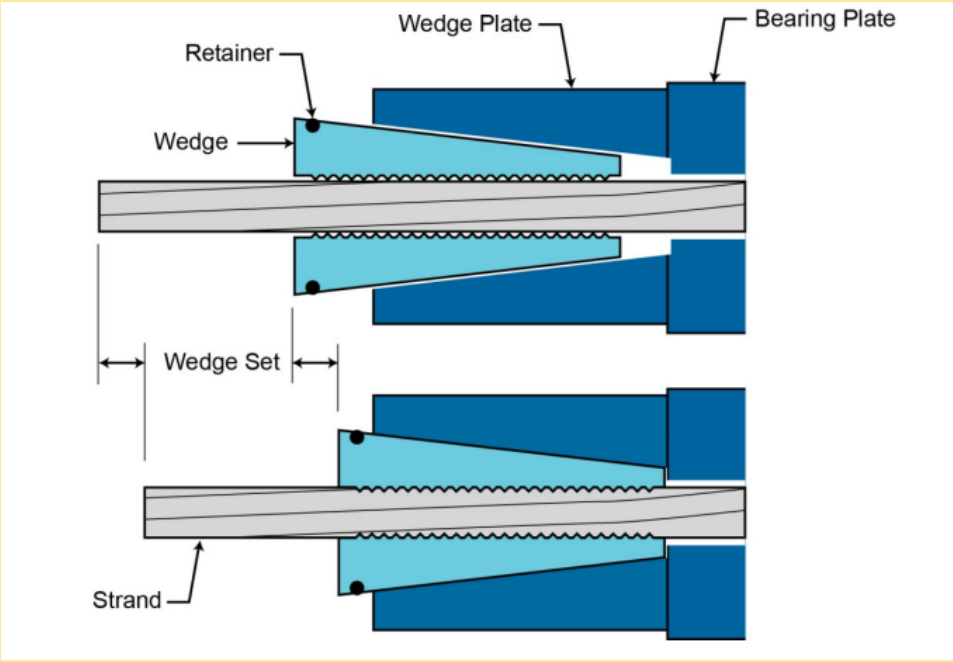



*Fig. C 4-1—Wedge Plate Test*

- ***หลังจากให้แรงถึง 95% ของ MUTS แล้วคลายแรงออก การโก่งตัวที่ผิวบนของ bearing plate ที่วัดได้จะต้องไม่มากกว่า L/600 โดยที่ L คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรู***
- ***Wedge plate จะต้องทดสอบจนถึงอย่างน้อย 120% ของ MUTS***

## *4. Wedges*

*เมื่อดึงลวดเกลียวได้ระยะยืดตามที่คำนวณไว้แล้ว จะทำการยึดโดยใส่ลิ่มไปในรูของ Wedge plate โดยให้ฟันของลิ่มจิกลวดเกลียวไว้ เมื่อปล่อยลวดเกลียวจะพยายามหดกลับ โดยลวดเกลียวจะพาลิ่มไปยันไว้กับรูของ Wedge plate ทำให้ลวดเกลียวไม่สามรถหดกลับได้ จึงถ่ายเป็นแรงอัดไปที่ Bearing plate*



*ลิ่มแบบ 2 ชิ้น*

*(2 parts wedge)*

*ลิ่มแบบ 3 ชิ้น*

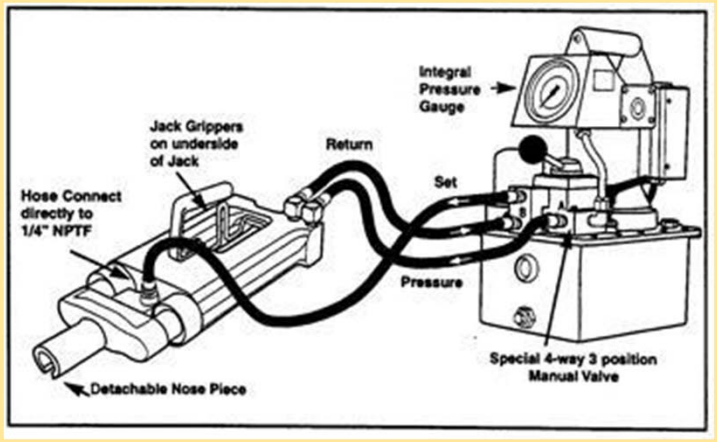
*(3 parts wedge)*

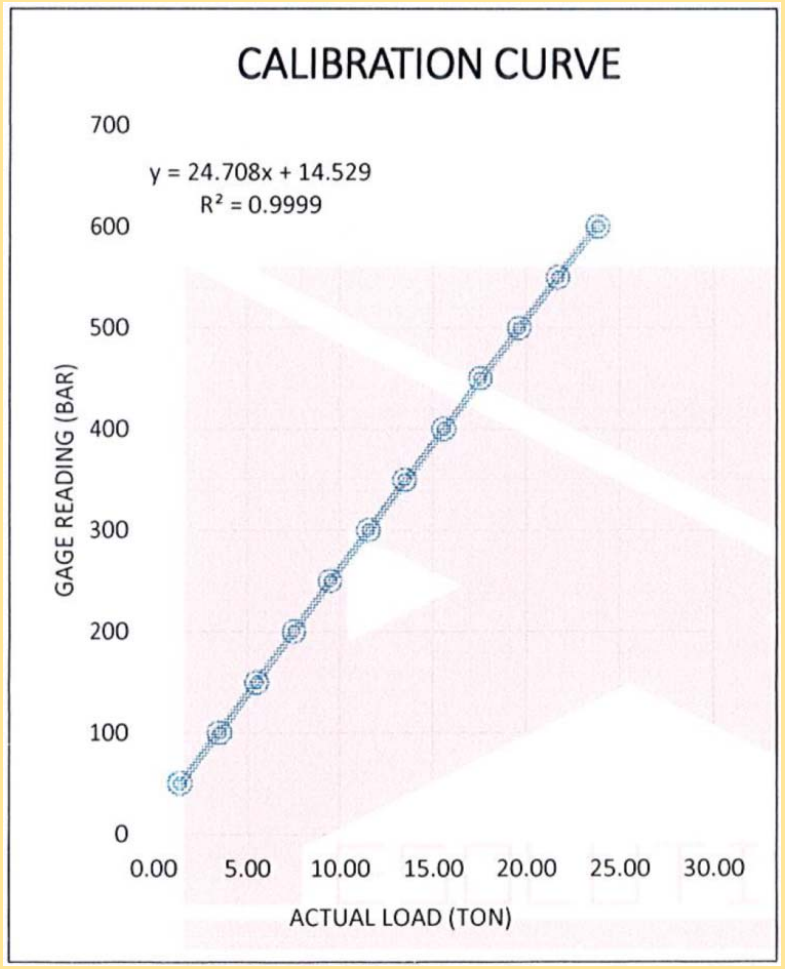
## 5. อุปกรณ์อื่นๆ

- ***Pocket former***

***- Pan box***

***- Hydraulic jack and Pump***






CALIBRATION EQUATION

| Y = AX +B |
|---|

IF X: Actual load (Ton)
Y: Gage reading (Bar)

The corresponding calibration factors are:

| | |
|---|---|
| A= | 24.708 |
| B= | 14.529 |

| Force | 37.5%fpu | 75%fpu | 80%fpu |
|---|---|---|---|
| kN | 69.0 | 138.0 | 147.2 |
| Tons | 6.9 | 13.9 | 14.8 |
| bar | 186 | 357 | 380 |

**มยผ. 1102-64**

**มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรง**

**7.3.2.5** เครื่องปั๊มไฮดรอลิกและแม่แรงไฮดรอลิกจะต้องทำงานให้เกิดแรงดึงได้อย่างสม่ำเสมอตลอดการทำงาน และชุดอุปกรณ์จะต้องมีรายงานการสอบเทียบ (Calibration and Test Report) มาแสดงก่อนใช้ชุดอุปกรณ์ดังกล่าว โดยใบรายงานต้องมีอายุไม่เกิน 6 เดือน และต้องได้รับการรับรองจากสถาบันการศึกษาหรือส่วนราชการที่เชื่อถือได้

## *พื้นไร้คานคอนกรีตอัดแรงแบบดึงทีหลังมี 2 ระบบคือ*

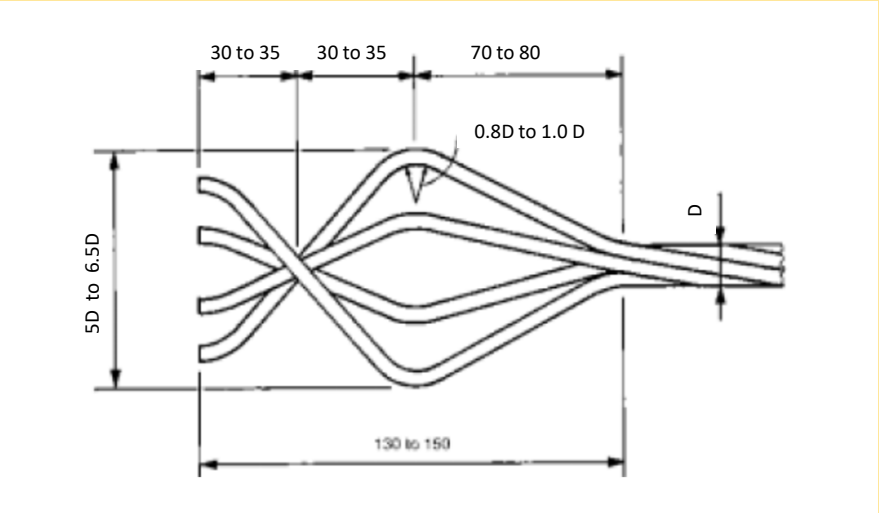
### *1. ระบบไร้แรงยึดหน่วง (Unbonded system)*

*ระบบไร้แรงยึดหน่วง ในหนึ่งเทนดอน (tendon) ประกอบด้วยอุปกรณ์ยึดที่ยึดลวดเกลียว (strand) เพียงหนึ่งเส้น และลวดเกลียวจะถูกเคลือบด้วยสารหล่อลื่น เช่น จาระบี และหุ้มด้วยท่อพลาสติกหรือท่อ HDPE เพื่อทำให้ลวดเกลียวสามารถเคลื่อนตัวได้อย่างอิสระไม่ยึดติดกับคอนกรีต*

## *2. ระบบมีแรงยึดหน่วง (Bonded system)*

*ระบบมีแรงยึดหน่วง ในหนึ่งเทนดอนประกอบด้วย อุปกรณ์ยึดที่มีหลายขนาดสามารถยึดลวดเกลียวได้ตั้งแต่ 2- 5 เส้น อยู่ภายในท่อซึ่งอาจจะเป็นท่อโลหะชุบสังกะสี หรือท่อพลาสติก หรือท่อ HDPE และหลังจากดึงลวดเรียบร้อยแล้วจะต้องอัดสารเกราต์เข้าไปในท่อ เพื่อทำหน้าที่ป้องกันการเสื่อมสภาพของลวดเกลียวและยึดลวดเกลียวกับพื้นคอนกรีต*

*สำหรับปลายลวดเกลียวที่เป็น Dead end ฝังในคอนกรีตทั้ง Unbonded และ Bonded จะทำปลายลวดเกลียวให้เป็นลักษณะเหมือนหัวตะกร้อ (Onion ring) เพื่อเพิ่มการยึดหน่วงที่ปลายลวดเกลียวกับคอนกรีต โดยมีขนาดดังรูป*



## *เหล็กเสริมในระบบพื้น Post tension*

### *1. เหล็กตะแกรงล่าง*

*โดยปกติจะใส่เป็นตะแกรงปริมาณเท่ากับ 0.001bt โดยที่ b คือความกว้างของพื้น และ t คือ ความหนาของพื้น เช่น พื้นหนา 0.23m คำนวณได้เท่ากับเหล็กตะแกรงล่าง DB12mm@0.50m*

*ในกรณีที่ใช้ wire mesh แทนเหล็กเสริม ACI318-19 กำหนดไว้ดังนี้*

**Table 20.2.2.4(a)—Nonprestressed deformed reinforcement**

| Usage | Application | | Maximum value of $f_y$ or $f_{yt}$ permitted for design calculations, psi | Applicable ASTM specification | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Deformed bars | Deformed wires | Welded wire reinforcement | Welded deformed bar mats |
| Flexure; axial force; and shrinkage and temperature | Special seismic systems | Special moment frames | 80,000 | A706[2] | Not permitted | Not permitted | Not permitted |
| | | Special structural walls[1] | 100,000 | | | | |
| | Other | | 100,000[3] [4] | A615, A706, A955, A996, A1035 | A1064, A1022 | A1064, A1022 | A184[5] |

*มอก. ของ Wire mesh*

*มอก.737-2549 สำหรับลักษณะของตะแกรงเหล็ก*

*มอก. 747-2531 สำหรับลวดเหล็กกล้าดึงเย็นเสริมคอนกรีต*

*มอก. 943-2533 สำหรับลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดึงเย็นเสริมคอนกรีต*

*ซึ่งทั้งหมด อ้างอิง ASTM A496 และ ASTM A497*

*ในปัจจุบัน ASTM ได้ระบุให้ใช้ ASTM A1064 แทน ASTM A82,A185,A496 และ A497*

**Specifications Covering Welded Wire Reinforcement**

| U.S. and Canadian Specification | Title |
|---|---|
| ASTM A1064* | Standard Specification for Steel Wire and Welded Wire Reinforcement, Plain and Deformed, for Concrete |
| * - Formerly known as: ASTM A82, ASTM A185, ASTM A496, ASTM A497 | |
| ASTM A1022 | Standard Specification for Deformed and Plain Stainless Steel Wire and Welded Wire for Concrete Reinforcement |

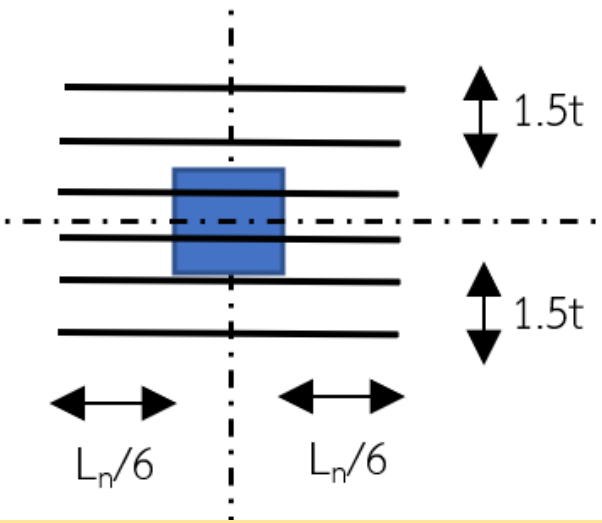
**TABLE 10 Tension Test Requirements—Deformed Wire (Material for Welded Wire)**

| | psi [MPa] min |
|---|---|
| Tensile strength | 80 000 [550] |
| Yield strength | 70 000 [485] |

## 2. เหล็กตะแกรงบนที่หัวเสา

บริเวณจุดรองรับหรือตำแหน่งเสาจำเป็นต้องมีเหล็กเสริมยึดหน่วง ปริมาณเท่ากับ $0.00075A_{cf}$ โดย $A_{cf}$ คือพื้นที่หน้าตัดขวาง ที่มีค่ามากกว่าในสองทิศทางที่ตั้งฉากกัน

การเสริมเหล็กต้องเสริมให้เหล็กเสริมยึดหน่วงที่ตำแหน่งเสา ยื่นออกไปจากขอบเสาเท่ากับ หนึ่งในหกของช่วงว่างระหว่างเสา (1/6 of clear span) และเหล็กเสริมที่คำนวณได้ต้องกระจายอยู่ในระยะเท่ากับ 1.5 เท่าของความหนาพื้นวัดจากขอบเสา



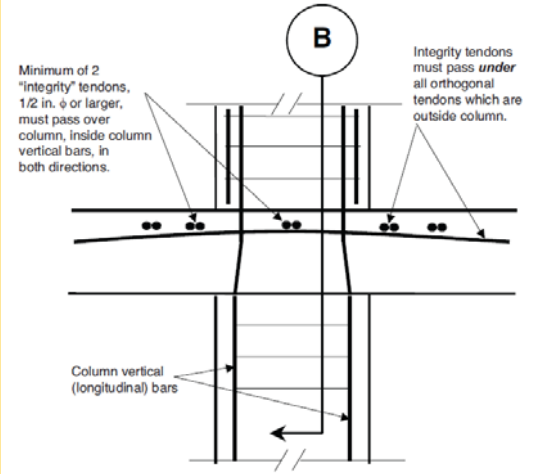
## 3. เหล็กเสริมล่างที่หัวเสา

**8.7.5.6** *Structural integrity*

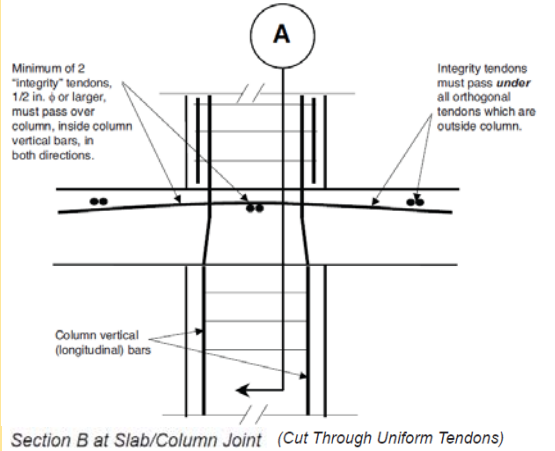
**8.7.5.6.1** Except as permitted in 8.7.5.6.3, at least two tendons with 12.7 mm diameter or larger strand shall be placed in each direction at columns in accordance with (a) or (b):

(a) Tendons shall pass through the region bounded by the longitudinal reinforcement of the column.
(b) Tendons shall be anchored within the region bounded by the longitudinal reinforcement of the column, and the anchorage shall be located beyond the column centroid and away from the anchored span.

**8.7.5.6.2** Outside of the column and shear cap faces, the two structural integrity tendons required by 8.7.5.6.1 shall pass under any orthogonal tendons in adjacent spans.




*Section A at Slab/Column Joint* *(Cut Through Banded Tendons)*




*Section B at Slab/Column Joint* *(Cut Through Uniform Tendons)*

**8.7.5.6.3** Slabs with tendons not satisfying 8.7.5.6.1 shall be permitted if bonded bottom deformed reinforcement is provided in each direction in accordance with 8.7.5.6.3.1 through 8.7.5.6.3.3.

**R8.7.5.6.3** In some prestressed slabs, tendon layout constraints make it difficult to provide the structural integrity tendons required by 8.7.5.6.1. In such situations, the structural integrity tendons can be replaced by deformed bar bottom reinforcement (ACI 352.1R).

**8.7.5.6.3.1** Minimum bottom deformed reinforcement $A_s$ in each direction shall be the larger of (a) and (b). The value of $f_y$ shall be limited to a maximum of 550 MPa:

(a) $$A_s = \frac{0.37\sqrt{f_c'}c_2 d}{f_y} \qquad (8.7.5.6.3.1a)$$

$$A_s = \frac{1.2\sqrt{f_c'}c_2 d}{f_y}$$ in MKS unit

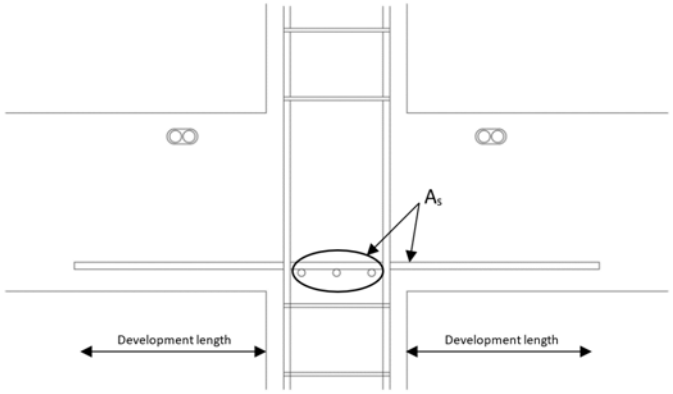
(b) $$A_s = \frac{2.1 c_2 d}{f_y} \qquad (8.7.5.6.3.1b)$$

$$A_s = \frac{21 c_2 d}{f_y}$$ in MKS unit

where $c_2$ is measured at the column faces through which the reinforcement passes.

**8.7.5.6.3.2** Bottom deformed reinforcement calculated in 8.7.5.6.3.1 shall pass within the region bounded by the longitudinal reinforcement of the column and shall be anchored at exterior supports.

**8.7.5.6.3.3** Bottom deformed reinforcement shall be anchored to develop $f_y$ beyond the column or shear cap face.



# DPT 1301/1302-61

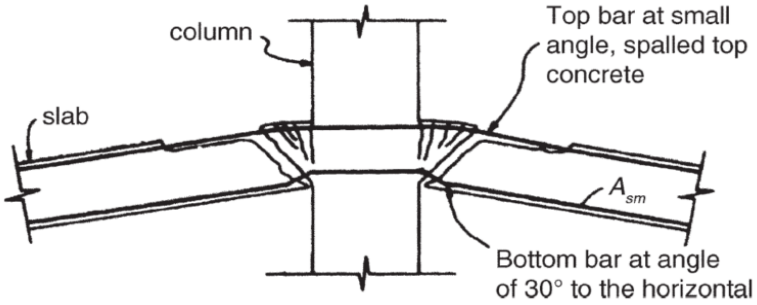



*Fig. 6.3.1—Model of connection during punching failure.*

**6.3.1** *Connections without beams*—At interior connections, continuous bottom slab reinforcement passing within the column core in each principal direction should have an area not less than

$$A_{sm} = \frac{0.5 w_u \ell_1 \ell_2}{\phi f_y} \qquad (6.3.1)$$

in which $\phi = 0.9$. The quantity of reinforcement $A_{sm}$ may be reduced to two-thirds of that given by Eq. (6.3.1) for edge connections in the direction perpendicular to the slab edge, and to one-half of that given by Eq. (6.3.1) for corner connections in each principal direction. Where the calculated values of $A_{sm}$ in a given direction differ for adjacent spans, the larger value should be used at that connection.

# 5. Rebars in post-tensioned slab

| | |
|---|---|
| หน้า ๑๗<br>เล่ม ๑๒๔ ตอนที่ ๕๖ ก ราชกิจจานุเบกษา ๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๕๐<br> <br>กฎกระทรวง<br>กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร<br>และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว<br>พ.ศ. ๒๕๕๐ | หน้า ๑๓<br>เล่ม ๑๓๘ ตอนที่ ๑๖ ก ราชกิจจานุเบกษา ๔ มีนาคม ๒๕๖๔<br> <br>กฎกระทรวง<br>กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร<br>และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว<br>พ.ศ. ๒๕๖๔ |
| "บริเวณเฝ้าระวัง" หมายความว่า พื้นที่หรือบริเวณที่อาจได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหว<br><br>7 จังหวัด<br>กระบี่ ชุมพร พังงา ภูเก็ต ระนอง สงขลา สุราษฎร์ธานี | "บริเวณที่ ๑" หมายความว่า บริเวณหรือพื้นที่ที่ต้องเฝ้าระวังเนื่องจากมีความเป็นไปได้ว่าอาคารอาจจะได้รับผลกระทบทางด้านความมั่นคงแข็งแรงและเสถียรภาพเมื่อมีแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว<br>14 จังหวัด<br>กระบี่ ชุมพร สงขลา สุราษฎร์ธานี ตรัง นครศรีธรรมราช สตูล<br>ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี<br>นครพนม บึงกาฬ เลย หนองคาย<br>พิษณุโลก |
| "บริเวณที่ ๑" หมายความว่า พื้นที่หรือบริเวณที่เป็นดินอ่อนมากที่อาจได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวระยะไกล<br><br>5 จังหวัด<br>กรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ สมุทรสาคร | "บริเวณที่ ๒" หมายความว่า บริเวณหรือพื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ว่าอาคารอาจได้รับผลกระทบทางด้านความมั่นคงแข็งแรงและเสถียรภาพในระดับปานกลางเมื่อมีแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว<br>17 จังหวัด<br>กรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ สมุทรสาคร<br>สมุทรสงคราม ราชบุรี นครปฐม<br>พระนครศรีอยุธยา สุพรรณบุรี ชัยนาท อุทัยธานี นครสวรรค์ กำแพงเพชร<br>พังงา ภูเก็ต ระนอง |
| "บริเวณที่ ๒" หมายความว่า พื้นที่หรือบริเวณที่อยู่ใกล้รอยเลื่อนที่อาจได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหว<br><br>10 จังหวัด<br>กาญจนบุรี เชียงราย เชียงใหม่ ตาก น่าน พะเยา แพร่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน | "บริเวณที่ ๓" หมายความว่า บริเวณหรือพื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ว่าอาคารอาจได้รับผลกระทบทางด้านความมั่นคงแข็งแรงและเสถียรภาพในระดับสูงเมื่อมีแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว<br>12 จังหวัด<br>กาญจนบุรี เชียงราย เชียงใหม่ ตาก น่าน พะเยา แพร่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน<br>สุโขทัย อุตรดิตถ์ |

# ประกาศกระทรวงมหาดไทย

เรื่อง การออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคารเพื่อต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

หมวด ๓
ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว

ข้อ ๗ การออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวตามประกาศนี้แยกเป็น ๒ กรณี ดังนี้

(๑) สำหรับบริเวณที่ ๑ ต้องออกแบบให้มีความเหนียวอย่างน้อยตามที่กำหนดในข้อ ๒๖ หรือข้อ ๒๗ โดยไม่จำเป็นต้องคำนวณแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

(๒) สำหรับบริเวณที่ ๒ และบริเวณที่ ๓ จะแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวออกเป็นสี่ประเภท ได้แก่ ประเภท ก ประเภท ข ประเภท ค และประเภท ง โดยเริ่มจากระดับที่ต้องออกแบบให้มีความเหนียวอย่างน้อยตามที่กำหนดในข้อ ๒๖ หรือข้อ ๒๗ แต่ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว (ประเภท ก) ไปจนถึงระดับที่ต้องออกแบบอย่างเข้มงวดที่สุด (ประเภท ง) การกำหนดประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวพิจารณาจากประเภทความสำคัญของอาคารตามข้อ ๘ และความรุนแรงของแผ่นดินไหว ณ ที่ตั้งอาคาร ซึ่งแสดงโดยค่า $S_{DS}$ และ $S_{D1}$ ตามข้อ ๖ และผนวก ก ท้ายประกาศนี้ โดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดไว้ในตารางที่ ๑ และตารางที่ ๒ ซึ่งการแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า $S_{DS}$ และ $S_{D1}$ ตามประกาศนี้ กำหนดให้ใช้อัตราส่วนความหน่วงเท่ากับร้อยละห้ากับอาคารทุกประเภท

ข้อ ๒๘ การก่อสร้างอาคารที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่ ๒ หรือบริเวณที่ ๓ ที่มีการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว ประเภท ข ประเภท ค และประเภท ง ตามข้อ ๗ ต้องมีการจัดระบบและกำหนดรายละเอียดของโครงสร้างให้มีความเหนียวตามมาตรฐานอื่นที่ได้รับการยอมรับทั่วไปและกรมโยธาธิการและผังเมืองเห็นชอบ กรณีที่ยังไม่มีมาตรฐานในเรื่องดังกล่าวที่กรมโยธาธิการและผังเมืองเห็นชอบ การออกแบบรายละเอียดโครงสร้างให้มีความเหนียวตามข้อนี้ให้กระทำโดยนิติบุคคลซึ่งได้รับ

**ตารางที่ ๑** การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า $S_{DS}$

| ค่า $S_{DS}$ | ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว | | |
|---|---|---|---|
| | ประเภทความสำคัญ **I** (น้อย) **หรือ II** (ปกติ) | ประเภทความสำคัญ **III** (มาก) | ประเภทความสำคัญ **IV** (สูงมาก) |
| $S_{DS} < ๐.๑๖๗$ | ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง) | ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง) | ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง) |
| $๐.๑๖๗ \le S_{DS} < ๐.๓๓$ | ข | ข | ค |
| $๐.๓๓ \le S_{DS} < ๐.๕๐$ | ค | ค | ง |
| $๐.๕๐ \le S_{DS}$ | ง | ง | ง |

**ตารางที่ ๒** การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า $S_{D1}$

| ค่า $S_{D1}$ | ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว | | |
|---|---|---|---|
| | ประเภทความสำคัญ **I** (น้อย) **หรือ II** (ปกติ) | ประเภทความสำคัญ **III** (มาก) | ประเภทความสำคัญ **IV** (สูงมาก) |
| $S_{D1} < ๐.๐๖๗$ | ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง) | ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง) | ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง) |
| $๐.๐๖๗ \le S_{D1} < ๐.๑๓๓$ | ข | ข | ค |
| $๐.๑๓๓ \le S_{D1} < ๐.๒๐$ | ค | ค | ง |
| $๐.๒๐ \le S_{D1}$ | ง | ง | ง |

# 5. Rebars in post-tensioned slab

ข้อ ๒๖ การก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่ ๑ หรือในบริเวณที่ ๒ กับบริเวณที่ ๓ ที่มีการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว ประเภท ก ตามข้อ ๗ ต้องมีรายละเอียดการเสริมเหล็กให้มีความเหนียวอย่างน้อยเป็นไปตามข้อกำหนด ดังต่อไปนี้

(๑) การเสริมเหล็กในเสา ข้อกำหนดการเสริมเหล็กในเสาของโครงต้านแรงดัดมีรายละเอียดดังนี้ (รูปที่ ๒)

(ก) ในกรณีเหล็กปลอกเดี่ยว จะต้องเสริมเหล็กปลอกเดี่ยวที่มีระยะเรียงทางขวาง ($s$) ตลอดช่วงความยาวที่วัดออกมาจากขอบของข้อต่อเสา ($l_o$) ไม่มากกว่าค่า $s_o$ ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุดของค่าดังต่อไปนี้

๑) แปดเท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมตามยาวที่มีขนาดเล็กสุด
๒) ยี่สิบสี่เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กปลอก
๓) ครึ่งหนึ่งของมิติที่เล็กที่สุดของหน้าตัดเสา ($c_b$)
๔) สามร้อยมิลลิเมตร

และเหล็กปลอกแรกจะต้องอยู่ห่างจากขอบของข้อต่อเป็นระยะไม่มากกว่า ๐.๕ $s_o$

(ข) สำหรับความยาว $l_o$ ในข้อ (ก) จะต้องไม่น้อยกว่าค่าที่มากที่สุดของค่า ดังต่อไปนี้

๑) หนึ่งในหกของความสูงจากขอบถึงขอบของเสา
๒) มิติที่มากที่สุดของหน้าตัดเสา ($c_a$)
๓) ห้าร้อยมิลลิเมตร

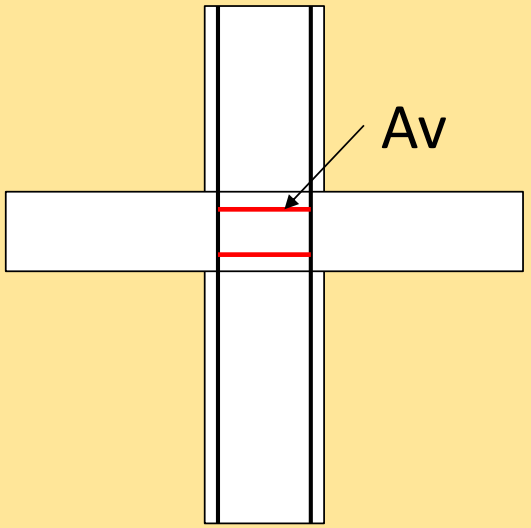
(ค) ข้อต่อระหว่างเสาและคานหรือระหว่างเสาและแผ่นพื้นในกรณีแผ่นพื้นไร้คานจะต้องมีการเสริมเหล็กปลอกเดี่ยวเป็นปริมาณไม่น้อยกว่าพื้นที่หน้าตัดรวมของเหล็กปลอกเดี่ยว ($A_v$ หน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร) ที่คำนวณจาก

$$A_v = \frac{1}{3}\frac{c_1 s}{f_y} \qquad \text{(สมการ ๑๙)}$$

โดยที่ $s$ คือ ระยะเรียงของเหล็กตามขวาง (มิลลิเมตร)

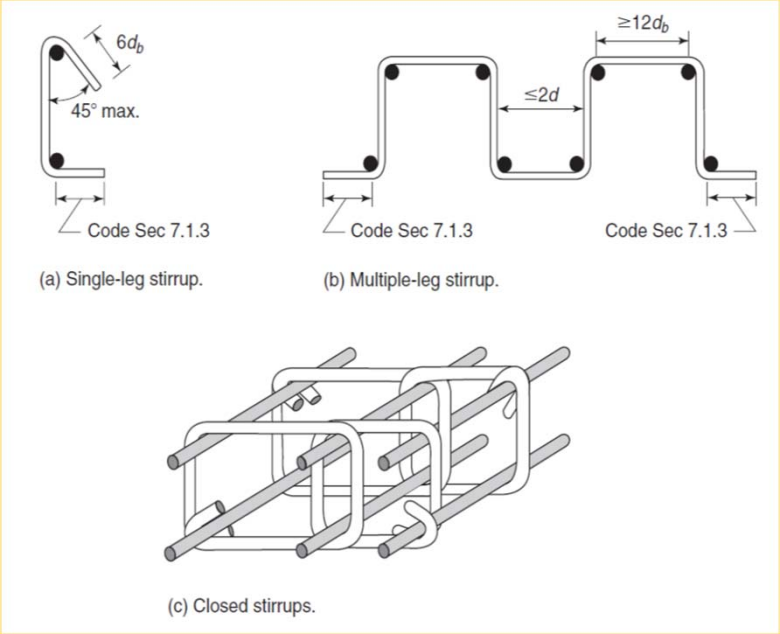
$f_y$ คือ กำลังครากของเหล็กปลอกเดี่ยว (เมกาปาสกาล)

โดยที่เหล็กเสริมนี้จะต้องเสริมภายในเสาเป็นความลึกไม่น้อยกว่าความลึกของคานที่ลึกที่สุดที่ข้อต่อนั้น



## *4. เหล็กเสริมรับแรงเฉือนเจาะทะลุ*

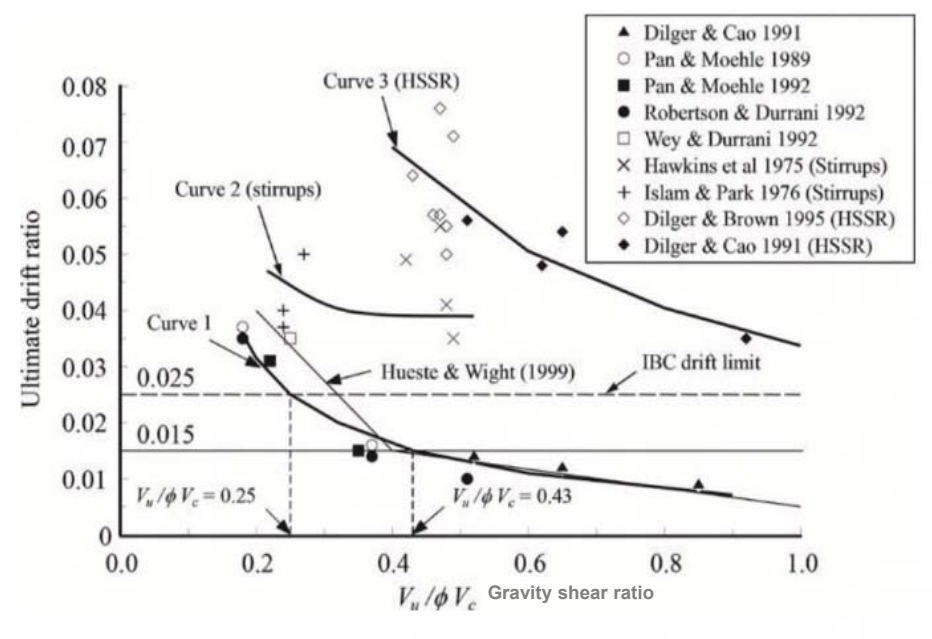
*เป็นเหล็กเสริมที่จำเป็นต้องใส่ในกรณีที่แรงเฉือนเจาะทะลุที่เกิดขึ้นมากกว่ากำลังรับแรงเฉือนเจาะทะลุที่คอนกรีตรับได้*



***Shear stud สำหรับเพิ่มกำลังรับ Punching shear ในพื้นไร้คาน***

$\phi\ 1.06\lambda\sqrt{f'_c}\ b_o.d \leq Vu \leq \phi\ 1.59\lambda\sqrt{f'_c}\ b_o.d$ for shear reinforcement

$\phi\ 1.06\lambda\sqrt{f'_c}\ b_o.d \leq Vu \leq \phi\ 2.12\lambda\sqrt{f'_c}\ b_o.d$ for shear stud




**20.4—Headed shear stud reinforcement**

**20.4.1** Headed shear stud reinforcement and stud assemblies shall conform to ASTM A1044.

**R20.4—Headed shear stud reinforcement**

**R20.4.1** The configuration of the studs for headed shear stud reinforcement differs from the configuration of the headed-type shear studs prescribed in Section 7 of AWS D1.1 (2015) and referenced for use in Chapter 17 of this Code (Fig. R20.4.1). Ratios of the head to shank cross-sectional areas of the AWS D1.1 studs range from approximately 2.5 to 4. In contrast, ASTM A1044 requires the area of the head of headed shear stud reinforcement to be at least 10 times the area of the shank. Thus, the AWS D1.1 headed studs are not suitable for use as headed shear stud reinforcement. The base rail, where provided, anchors one end of the studs; ASTM A1044 specifies material width and thickness of the base rail that are sufficient to provide the required anchorage without yielding for stud shank diameters of 9.5, 12.7, 15.9, and 19.1 mm. In ASTM A1044, the minimum specified yield strength of headed shear studs is 350 MPa.

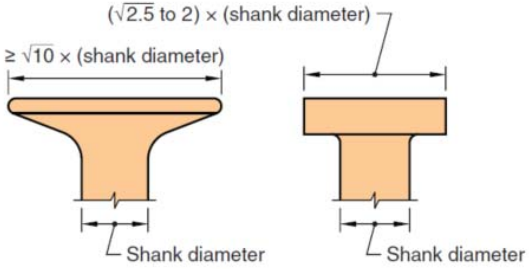



*Fig. R20.4.1—Configurations of stud heads.*

Designation: A1044/A1044M – 05 (Reapproved 2010)

**Standard Specification for Steel Stud Assemblies for Shear Reinforcement of Concrete**[1]

## 5. Materials and Manufacture

5.1 Headed studs shall be manufactured from steel conforming to Specification A29/A29M, Grades 1010 through 1020. The stud material shall conform to the requirements for tensile properties prescribed in Table 1.

A 29/A 29M – 05

**TABLE 1 Grade Designations and Chemical Compositions of Carbon Steel Bars**

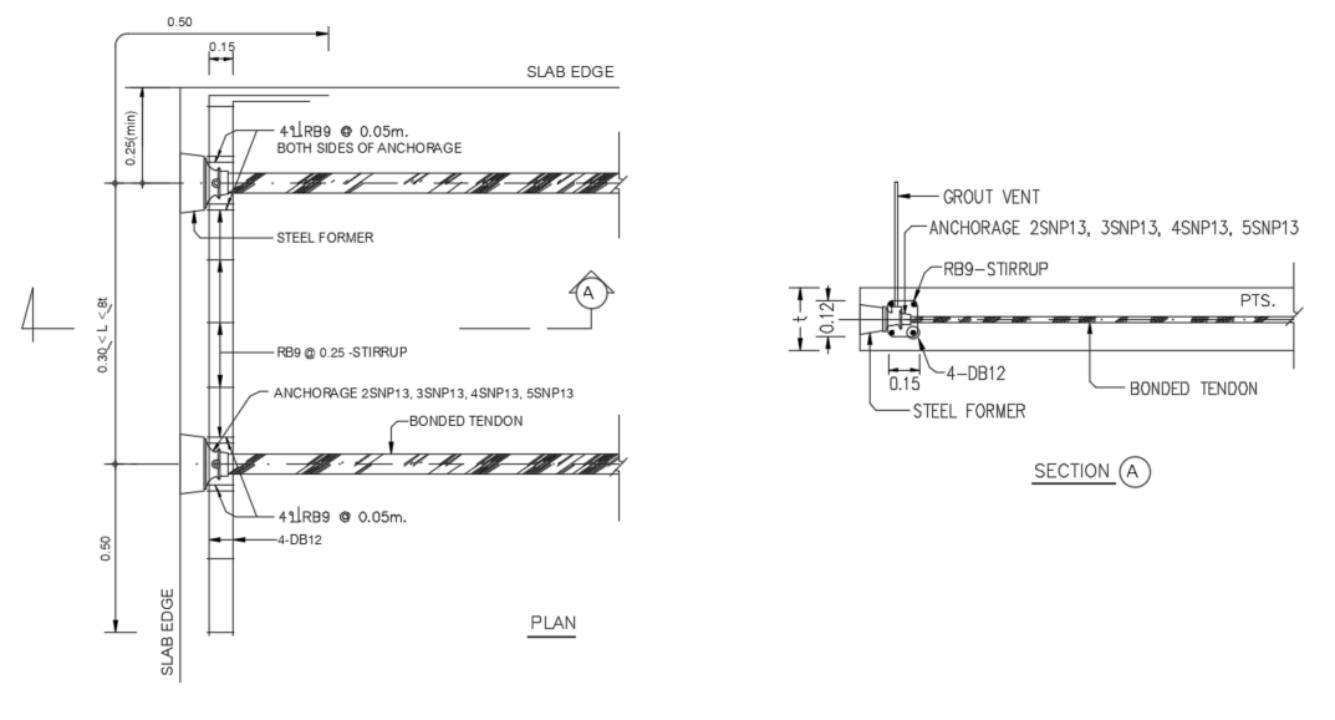
| Grade Designation | Heat Chemical Ranges and Limits, % | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Carbon | Manganese | Phosphorus, max | Sulfur, max[A] |
| | Nonresulfurized Carbon Steels[B,C,D,E,F] | | | |
| 1005 | 0.06 max | 0.35 max | 0.040 | 0.050 |
| 1006 | 0.08 max | 0.25–0.40 | 0.040 | 0.050 |
| 1008 | 0.10 max | 0.30–0.50 | 0.040 | 0.050 |
| 1010 | 0.08–0.13 | 0.30–0.60 | 0.040 | 0.050 |
| 1011 | 0.08–0.13 | 0.60–0.90 | 0.040 | 0.050 |
| 1012 | 0.10–0.15 | 0.30–0.60 | 0.040 | 0.050 |
| 1013 | 0.11–0.16 | 0.50–0.80 | 0.040 | 0.050 |
| 1015 | 0.13–0.18 | 0.30–0.60 | 0.040 | 0.050 |
| 1016 | 0.13–0.18 | 0.60–0.90 | 0.040 | 0.050 |
| 1017 | 0.15–0.20 | 0.30–0.60 | 0.040 | 0.050 |
| 1018 | 0.15–0.20 | 0.60–0.90 | 0.040 | 0.050 |
| 1019 | 0.15–0.20 | 0.70–1.00 | 0.040 | 0.050 |
| 1020 | 0.18–0.23 | 0.30–0.60 | 0.040 | 0.050 |

**TABLE 1 Tensile Requirements—Stud Material**

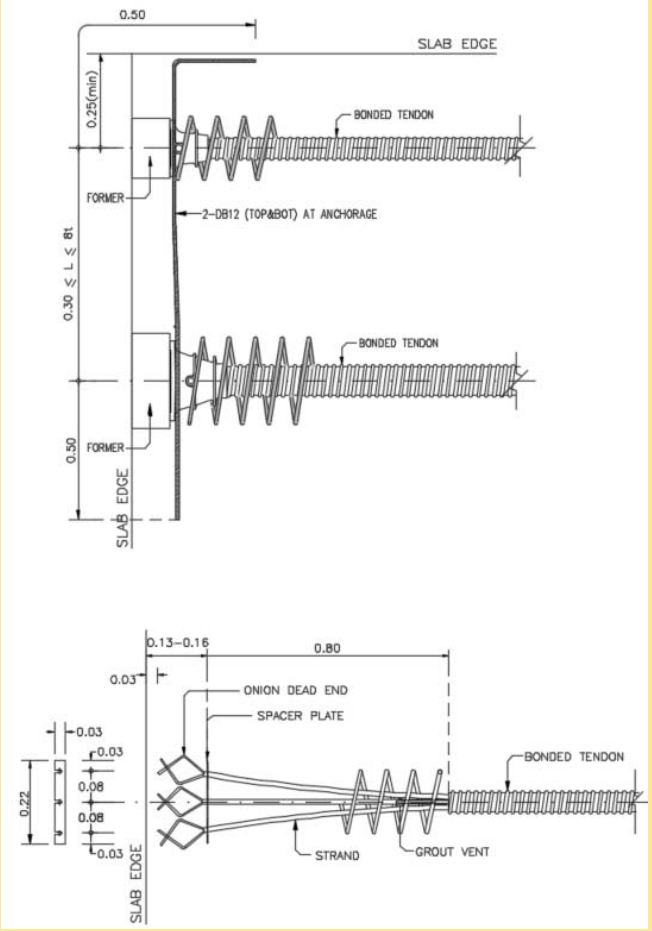
| | |
|---|---|
| Tensile strength, min, psi [MPa] | 65 000 [450] |
| Yield strength, min, psi [MPa] | 51 000 [350] |
| Elongation in 2 in. [50 mm], min, % | 20 |
| Reduction of area, min, % | 50 |

## 5. *เหล็กกันระเบิด (Anti-bursting reinforcement)*

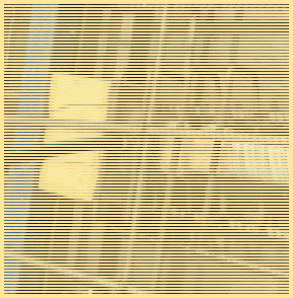
*เป็นเหล็กเสริมที่จำเป็นต้องใส่ในกรณีที่แรงเฉือนเจาะทะลุที่เกิดขึ้นมากกว่ากำลังรับแรงเฉือนเจาะทะลุที่คอนกรีตรับได้*

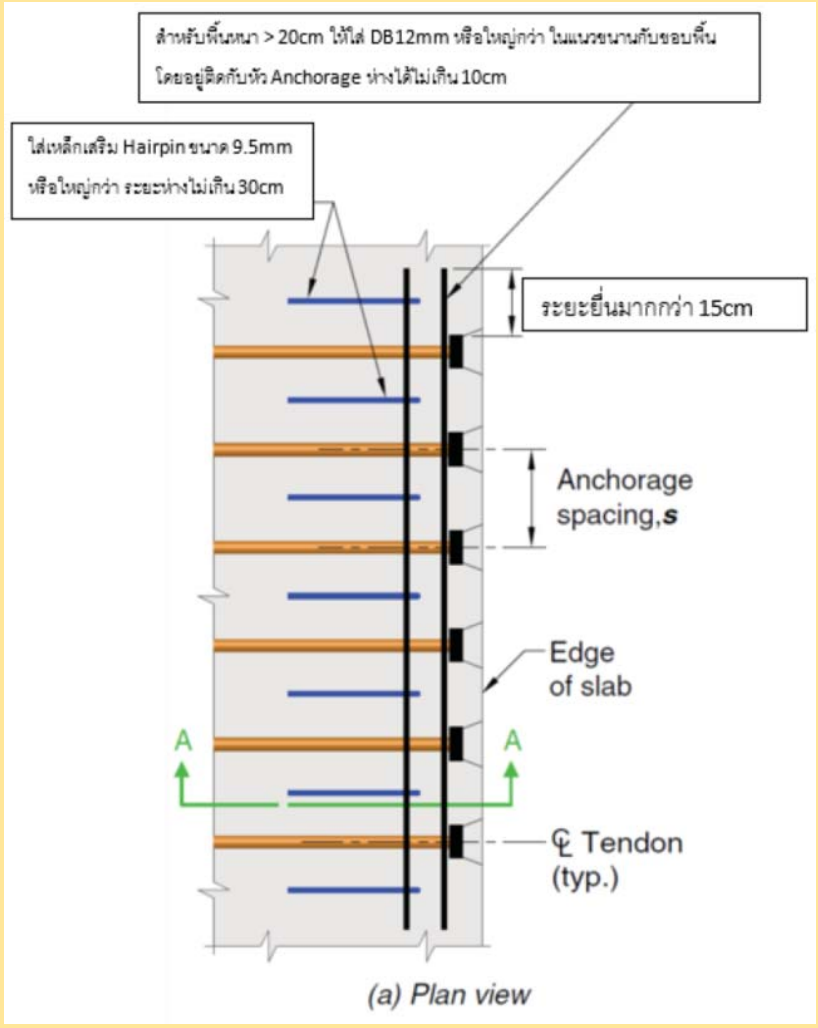


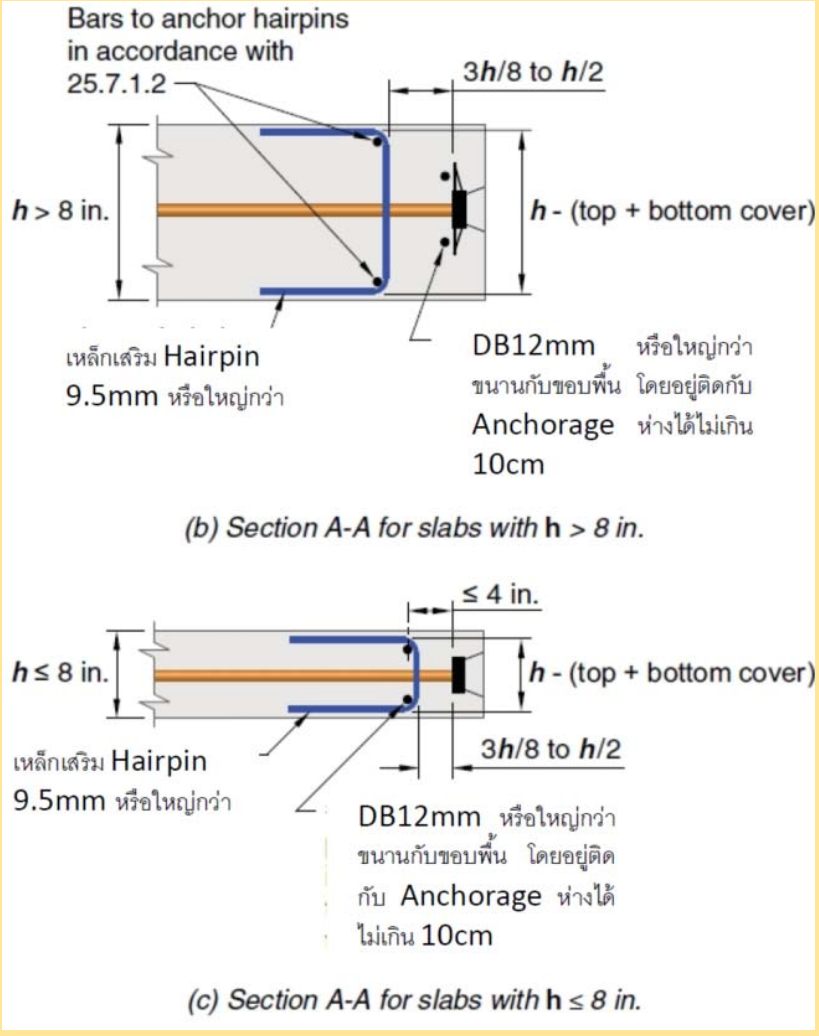
***ในกรณีที่ใช้เหล็กกันระเบิดเป็น Spiral***



# Spiral at anchorage zone

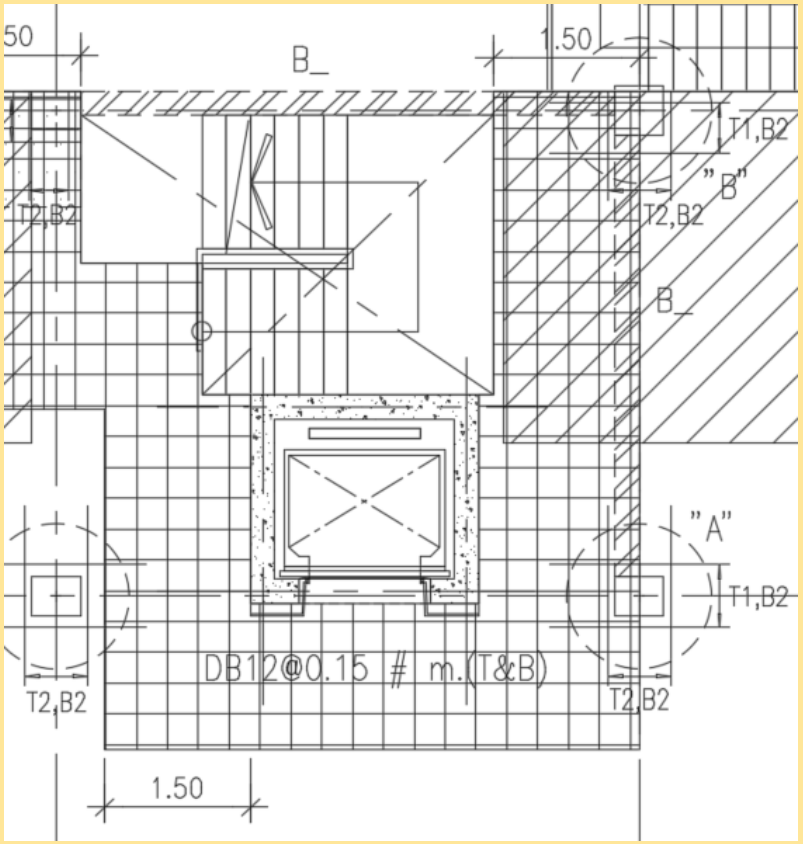




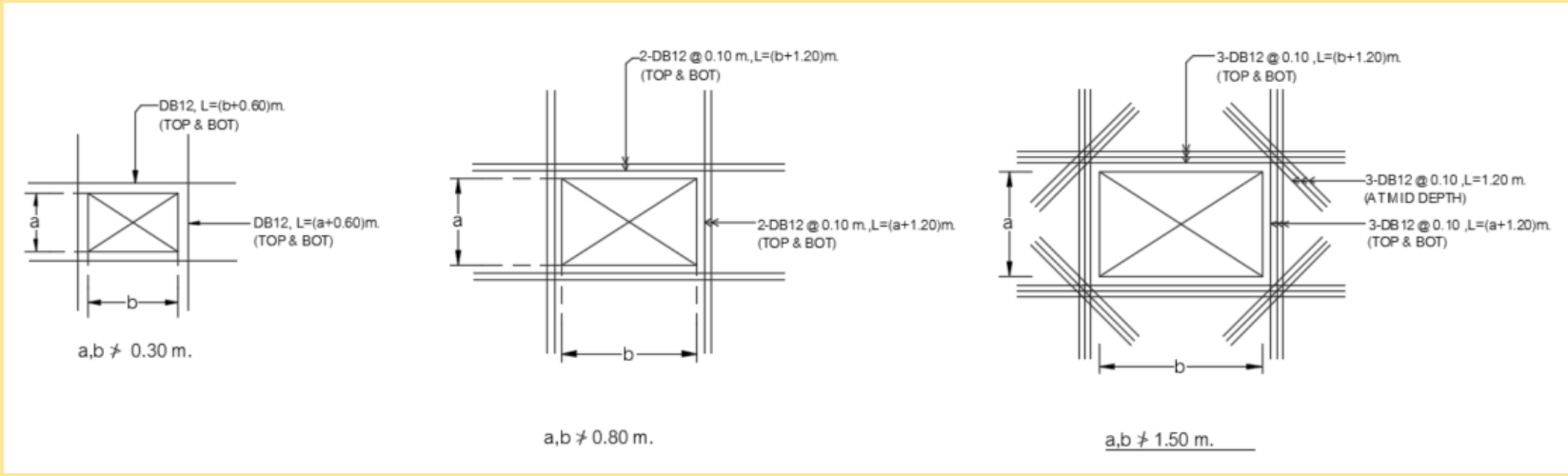



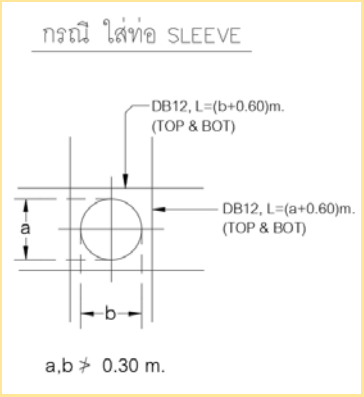
5. Rebars in post-tensioned slab

## 6. เหล็กเสริมรอบผนัง คสล.

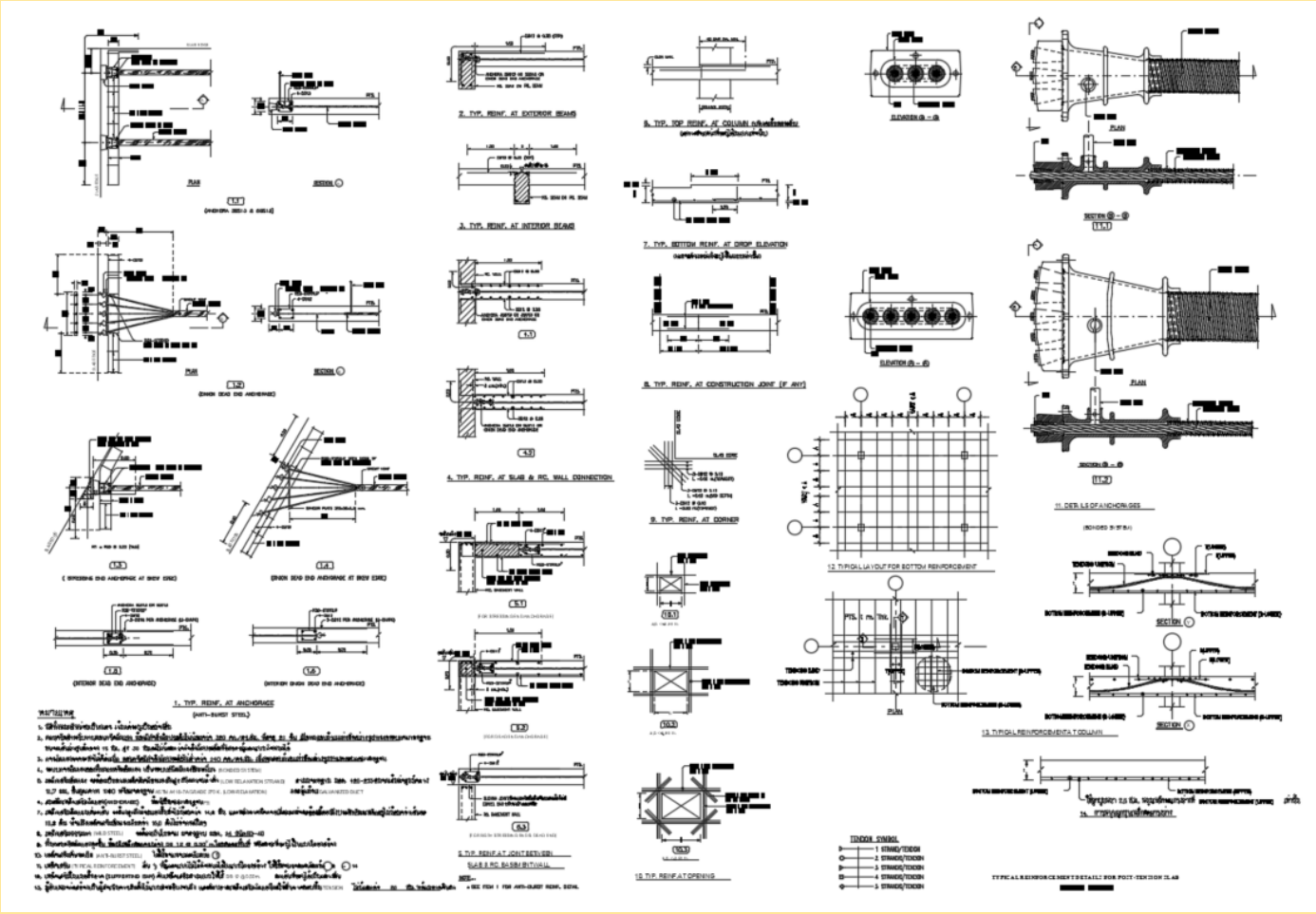


## 6. เหล็กเสริมประกอบอื่นๆ



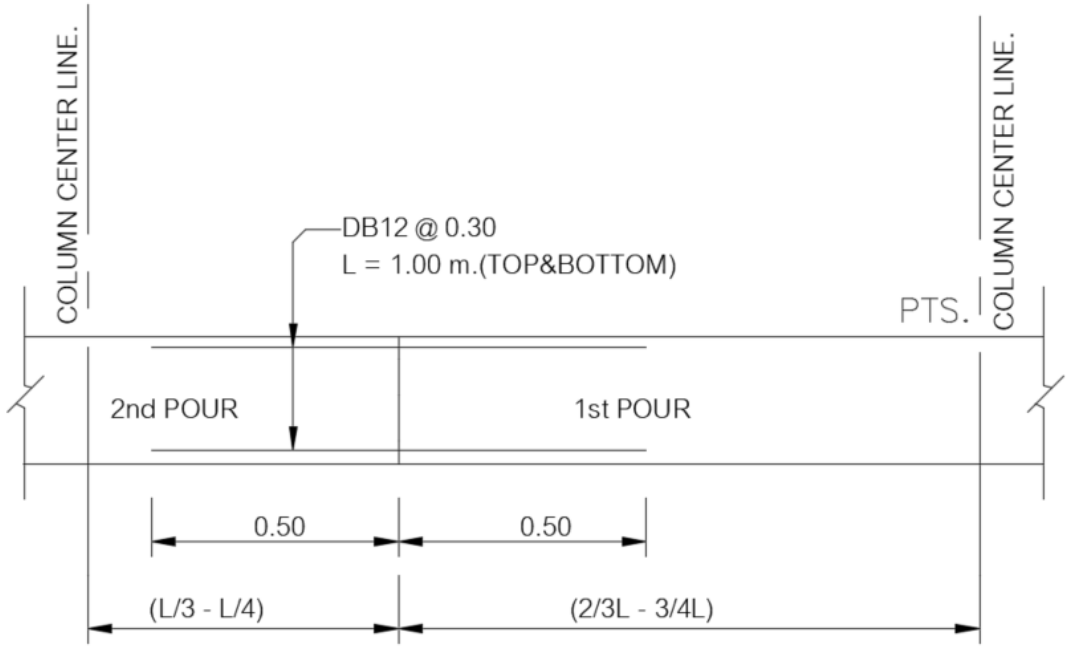


# 1. Typical detail of post-tensioned slab works



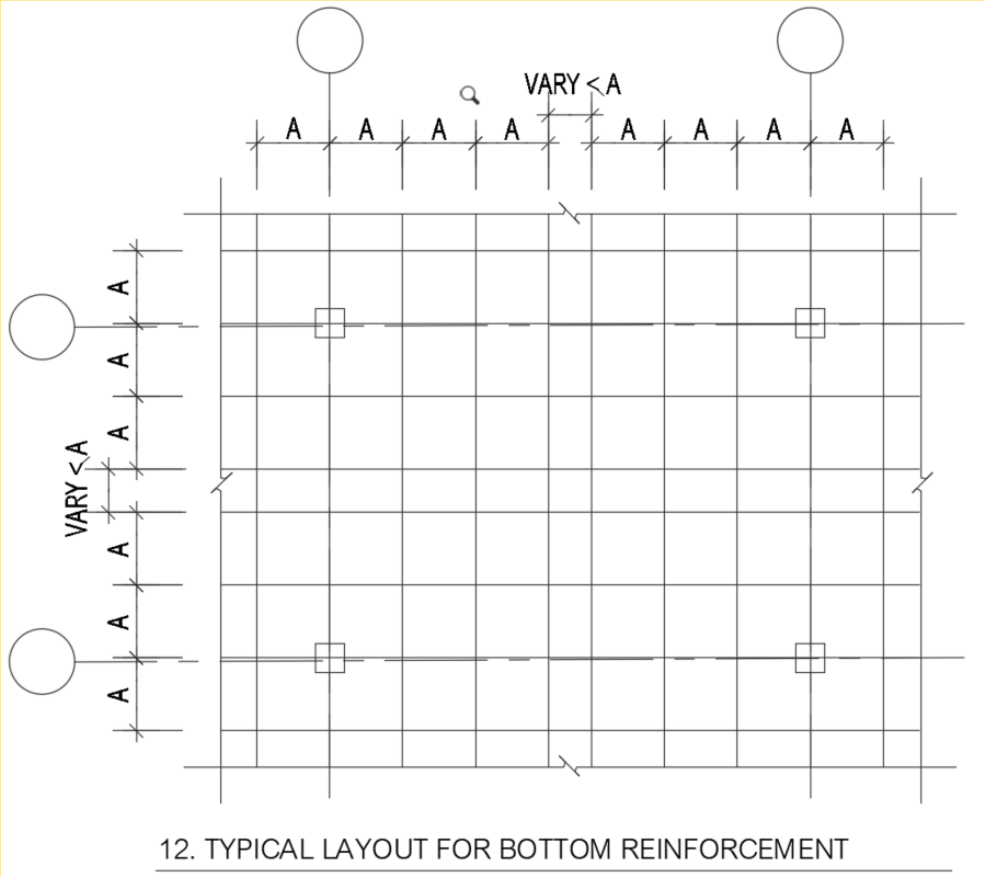
## หมายเหตุ

1. มิติทั้งหมดมีหน่วยเป็นเมตร เว้นแต่ระบุเป็นอย่างอื่น
2. คอนกรีตสำหรับงานคอนกรีตอัดแรง ต้องมีกำลังอัดประลัยไม่น้อยกว่า 320 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน เมื่อทดสอบด้วยแท่งตัวอย่างรูปทรงกระบอกมาตรฐาน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. และไม่น้อยกว่ากำลังอัดประลัยที่วิศวกรออกแบบกำหนดไว้
3. การอัดแรงจะกระทำได้ก็ต่อเมื่อ คอนกรีตมีกำลังอัดประลัยไม่ต่ำกว่า 240 กก./ตร.ซม. เมื่อทดสอบด้วยแท่งตัวอย่างรูปทรงกระบอกมาตรฐาน
4. ระบบการอัดแรงของพื้นคอนกรีตอัดแรง เป็นระบบชนิดมีแรงยึดเหนี่ยว (BONDED SYSTEM)
5. เหล็กเสริมอัดแรง จะต้องเป็นลวดเหล็กติเกลียวแรงดึงสูง ชนิดความล้าต่ำ (LOW RELAXATION STRAND) ตามมาตรฐานมอก 420-2540 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.7 มม. ชั้นคุณภาพ 1860 หรือมาตรฐาน ASTM A416-96 GRADE 270 K. (LOW-RELAXATION) และหุ้มด้วย GALVANIZED DCUT
6. เหล็กเสริมอัดแรงแต่ละเส้น จะต้องถูกดึงด้วยแรงขั้นต่ำไม่น้อยกว่า 14.2 ตัน และหลังจากหักการสูญเสียต่างๆแล้ว จะต้องมีแรงดึงประสิทธิผลเหลืออยู่ไม่น้อยกว่าเส้นละ 10.8 ตัน ห้ามดึงเหล็กเสริมอัดแรงเกินกว่า 15.0 ตัน ไม่ว่ากรณีใดๆ
7. เหล็กเสริมอัดแรงธรรมดา (MILD STEEL) จะต้องเป็นไปตาม มาตรฐาน มอก.24 ชนิด SD-40
8. พื้นคอนกรีตอัดแรงทุกชั้น ต้องมีเหล็กตะแกรงล่าง DB12 @ 0.50$^{\#}$m. โดยตลอดพื้นที่ หรือตามที่ระบุไว้ในแบบโครงสร้าง
9. เหล็กเสริมกันระเบิด (ANTI-BURST STEEL) ให้ใช้ตามรายละเอียดข้อ (1)
10. เหล็กเสริม (TYPICAL REINFORCEMENT) อื่นๆ ที่ผู้ออกแบบไม่ได้กำหนดไว้ในแบบโครงสร้าง ให้ใช้ตามรายละเอียดข้อ (2) - (14)
11. ผู้รับเหมาก่อสร้างเป็นผู้ดำเนินการติดตั้งไม้แบบสำหรับงานดึง และตัดปลายเหล็กเสริมอัดแรงโดยให้ยื่นจากขอบพื้น POST-TENSION ไม่น้อยกว่า 80 ซม. พร้อมราวกันตก

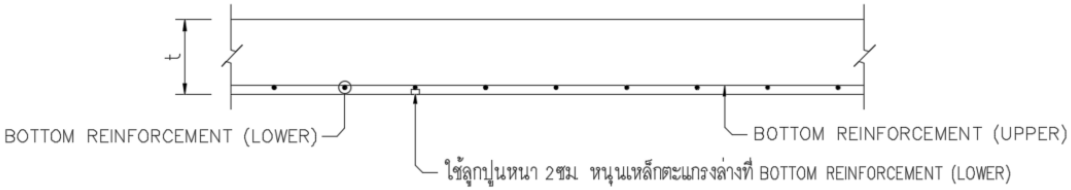



8. TYP. REINF. AT CONSTRUCTION JOINT (IF ANY)

# 6. Construction drawing

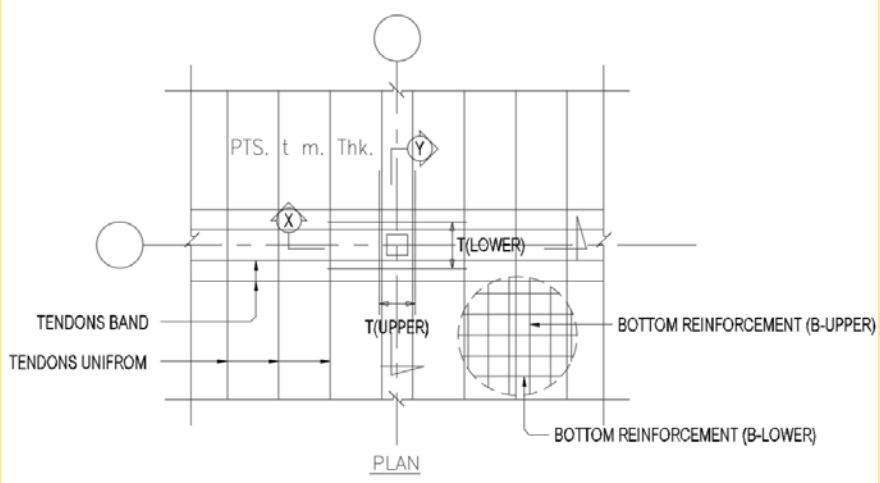


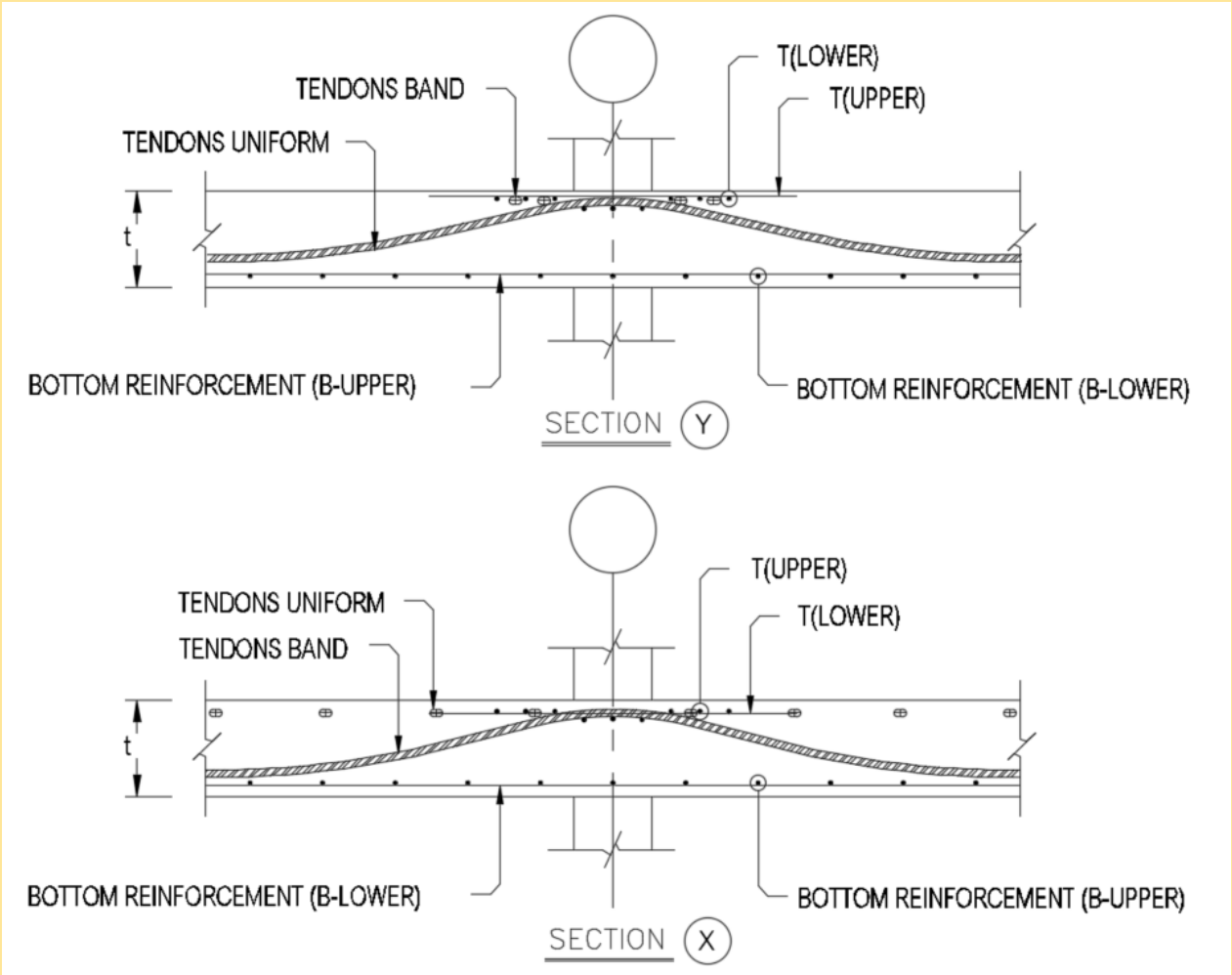

12. TYPICAL LAYOUT FOR BOTTOM REINFORCEMENT




การหนุนลูกปูนเหล็กตะแกรงล่าง

# 6. Construction drawing



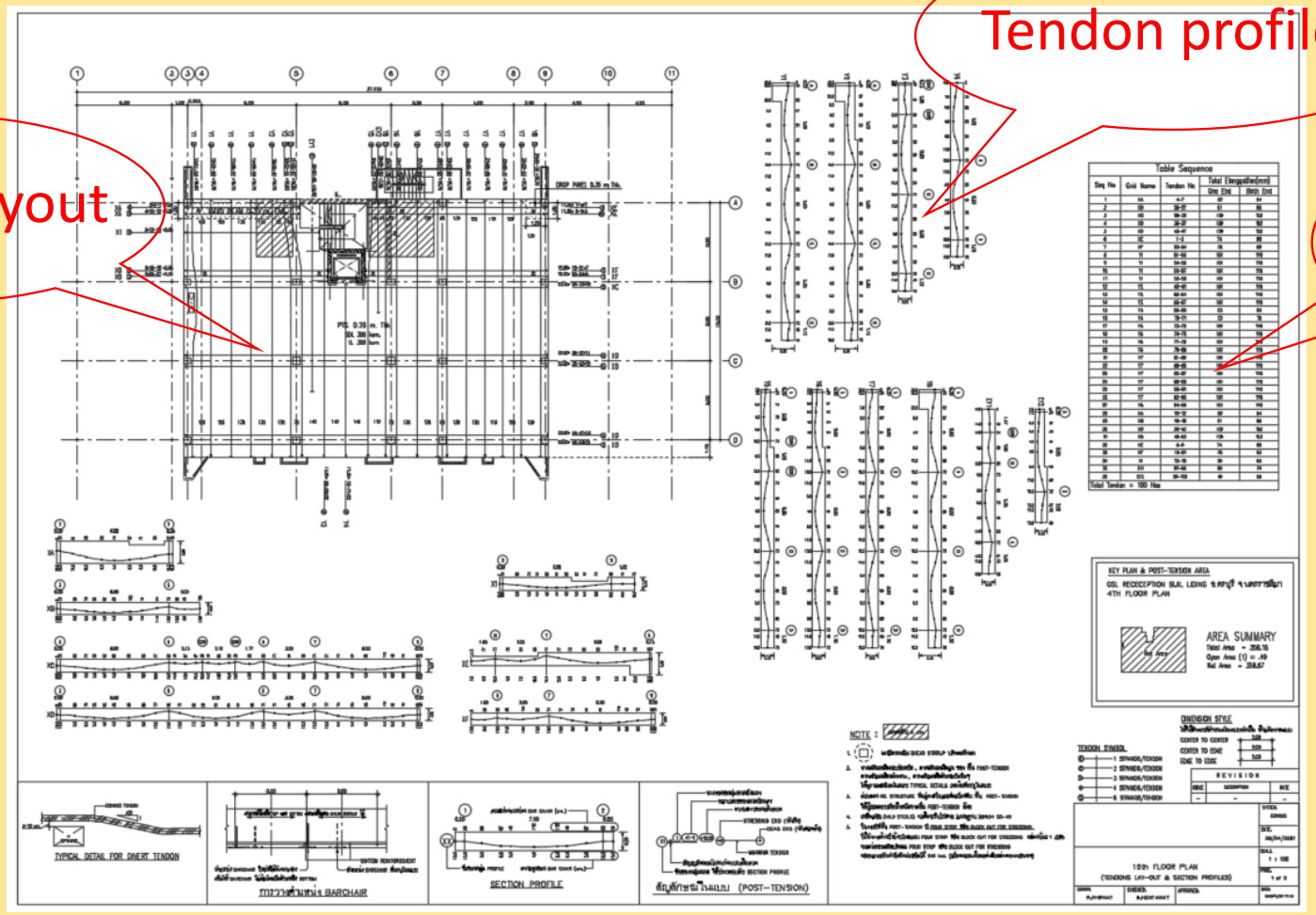
# 2. Tendon Layout

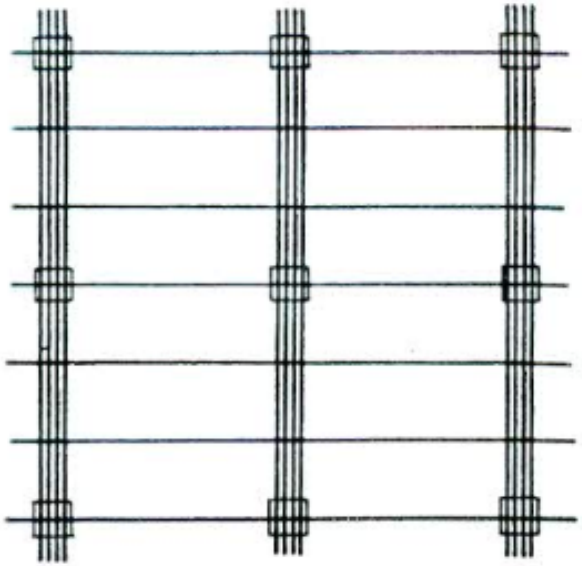
Tendon profiles

Tendon layout

Sequence&Elongation Table

x = Band
y = Uniform





(b) 100% banded through columns in one direction with uniform distribution in other direction

The slab acts as a one way slab in the direction of distributed direction supported by “prestressed concrete beam” formed by the tendon bands.

- Achieve uniform load balancing
- Simple to place tendon
- Excellent performance at both service and ultimate load (Observed in test)

**Post-tensioning Manual:**

The most prevalent tendon layout for two-way post-tensioned slabs consists of tendons located in a narrow band over columns in one direction and uniformly distributed tendons in the orthogonal direction. This layout offers ease of placement and faster overall construction as compared to the other layouts.

# 6. Construction drawing

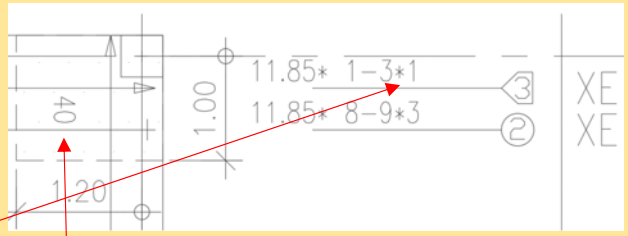
1. ความหนาพื้น 20cm
2. SDL 300 ksm, LL 300 ksm
3. Drop panel 35cm หนาเพิ่มจากพื้นปกติ 15cm
4. เทนดอนแนว band

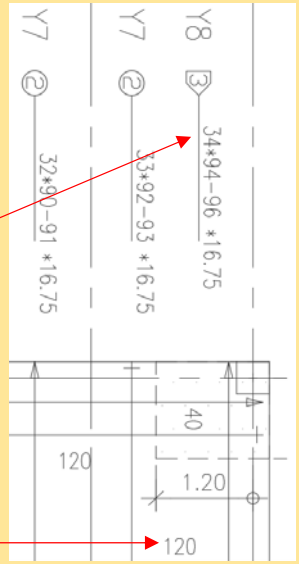
- เทนดอน XE หมายเลข 1 เป็นด้าน stressing end มี 3 strands เป็น strand หมายเลข 1-3 แต่ละ strand ยาว 11.85m

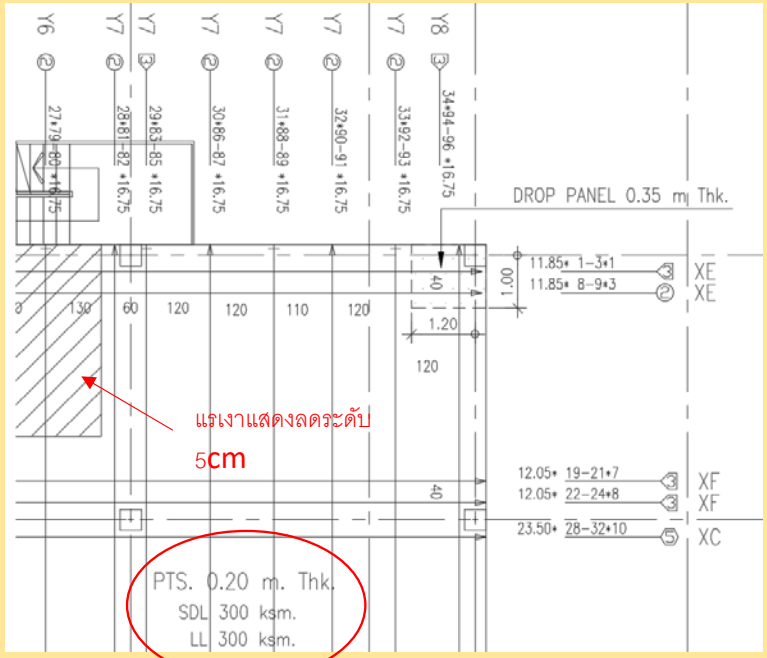
- เทนดอน XE หมายเลข 3 อยู่ห่างจากเทนดอนด้านบน 40cm เป็นด้าน dead end end มี 2 strands เป็น strand หมายเลข 8-9 แต่ละ strand ยาว 11.85m

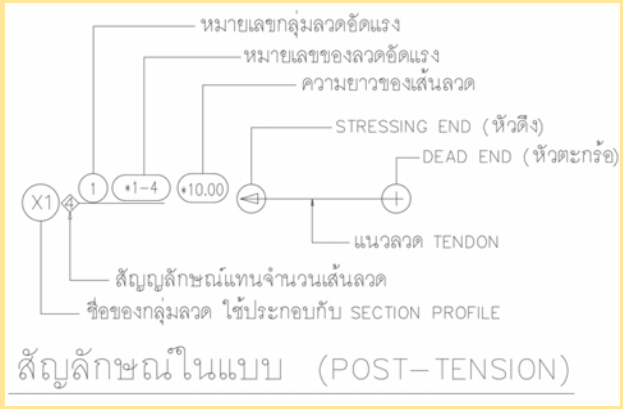
5. เทนดอนแนว uniform

- เทนดอน Y8 หมายเลข 34 เป็นด้าน stressing end มี 3 strands เป็น strand หมายเลข 94-96 แต่ละ strand ยาว 16.75m
- เทนดอน Y7 หมายเลข 3 อยู่ห่างจากเทนดอนY8 120cm เป็นด้าน dead end end มี 2 strands เป็น strand หมายเลข 92-93 แต่ละ strand ยาว 16.75m

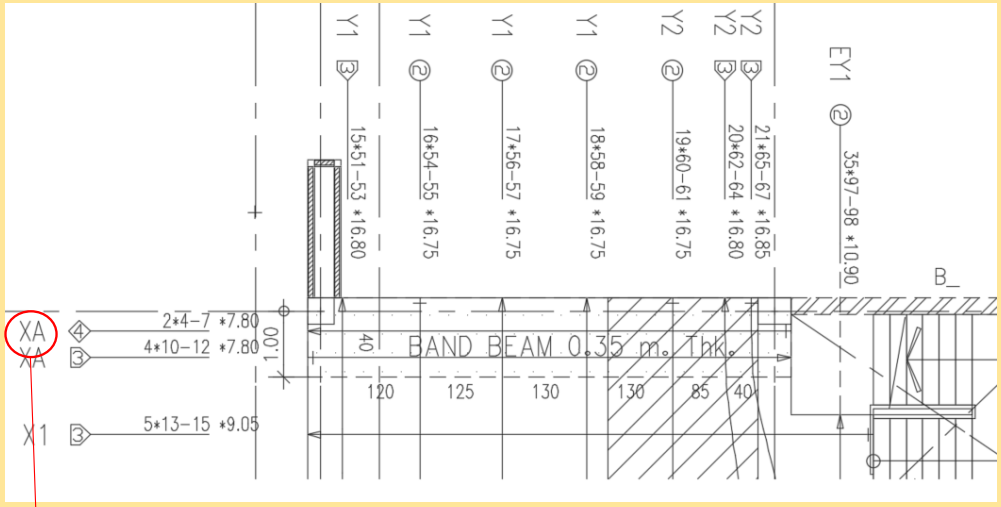


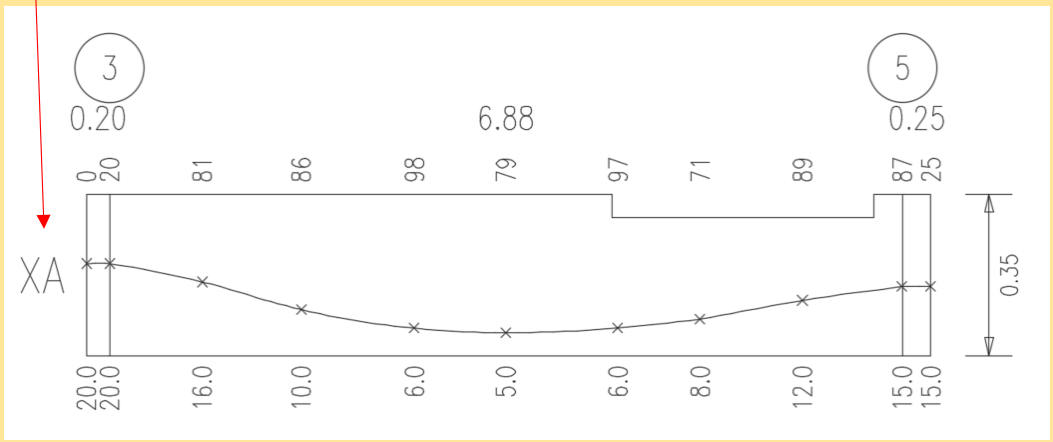



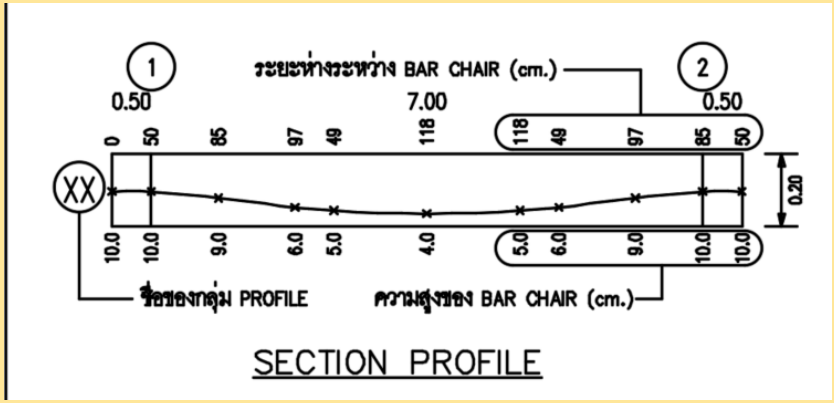



# Tendon profiles




*เริ่มจากตำแหน่งของพื้นด้านซ้าย ตัวเลขด้านบนเป็น 0 ตัวเลขด้านล่างเท่ากับ 20*

*หมายถึงที่ตำแหน่งขอบพื้นเทนดอนอยู่สูงจากท้องพื้น 20.0cm*

*จากนั้นตัวเลขถัดไปด้านบนคือ 20 ด้านล่างคือ 20.0*

*หมายถึงวัดออกมาจากจุดก่อนหน้าไปทางขวาเป็นระยะ 20cm เทนดอนอยู่สูงจากท้องพื้น 20.0cm*

*จากนั้นตัวเลขถัดไปด้านบนคือ 81 ด้านล่างคือ 16.0*

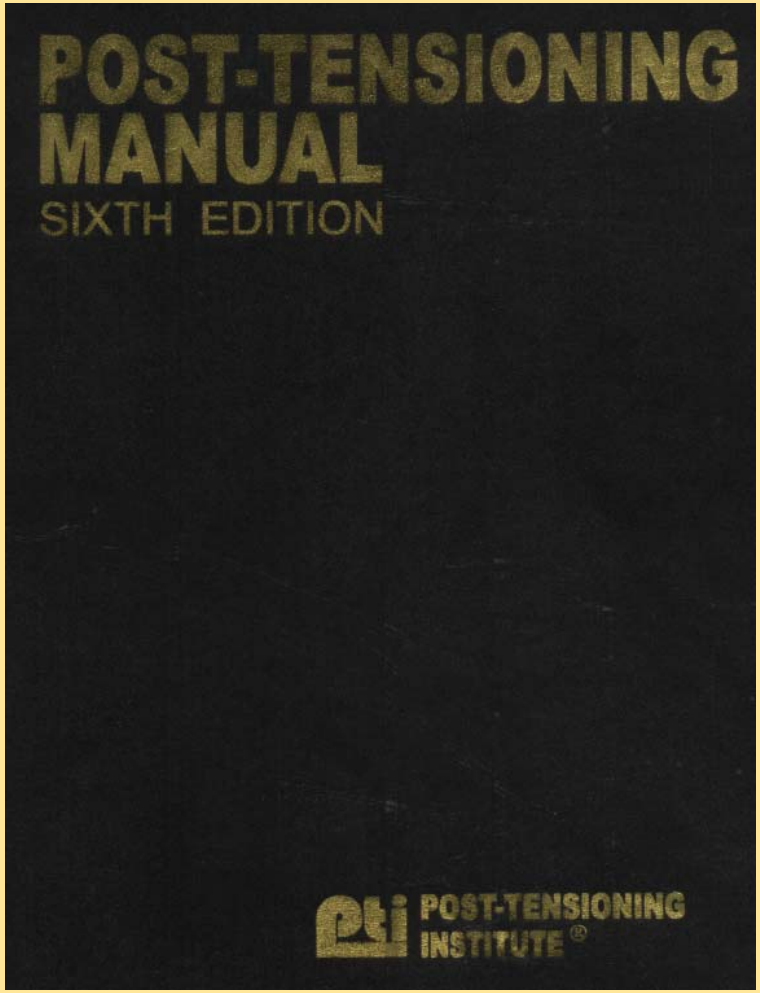
*หมายถึงวัดออกมาจากจุดก่อนหน้าไปทางขวาเป็นระยะ 81cm เทนดอนอยู่สูงจากท้องพื้น 16.0cm และเป็นลักษณะนี้ซ้ำไปเรื่อยๆ จนสุดขอบพื้นอีกด้าน*

Table 4.2 - Typical Profile Tolerances[4.2,4.15]

| Member Depth | Deviation from Tendon Design Profile |
|---|---|
| Elevated concrete with depths less than or equal to 8 in. (200 mm) | ¼ in. (6 mm) |
| Elevated concrete with depths greater than 8 in. (200 mm) and less than 24 in. (610 mm) | ⅜ in. (9.5 mm) |
| Elevated concrete with depths greater than 24 in. (610 mm) | ½ in. (13 mm) |
| Slabs-on-ground with ribbed slabs with depths greater than 4.5 in.(114mm) | middle third of slab thickness |
| Slabs-on-ground with ribbed slabs with depths less than 4.5 in.(114mm) | middle half of slab thickness |
| Slabs-on-ground with uniform thickness | ⅓ of slab thickness not exceeding 1 in. (25 mm) |

| Table Sequence | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Seq No | Grid Name | Tendon No | Total Elongation(mm) | |
| | | | One End | Both End |
| 1 | XA | 4–7 | 50 | 54 |
| 2 | XB | 25–27 | 61 | 65 |
| 3 | XC | 28–32 | 139 | 152 |
| 4 | XD | 33–37 | 139 | 152 |
| 5 | XD | 43–47 | 139 | 152 |
| 6 | XE | 1–3 | 74 | 80 |

# 6. Construction drawing




6. **Stressing Sequence**: To prevent overloading of the forming system during the stressing operation, the type of formwork system being used shall be considered when determining the appropriate stressing sequence. In general, uniformly distributed tendons shall be stressed before banded tendons in two-way slab construction. Slab tendons shall be stressed before beam tendons in one-way slab construction. Additional stressing sequence requirements shall be as specified below. Special consideration shall be given to the stressing sequence of transfer girders.

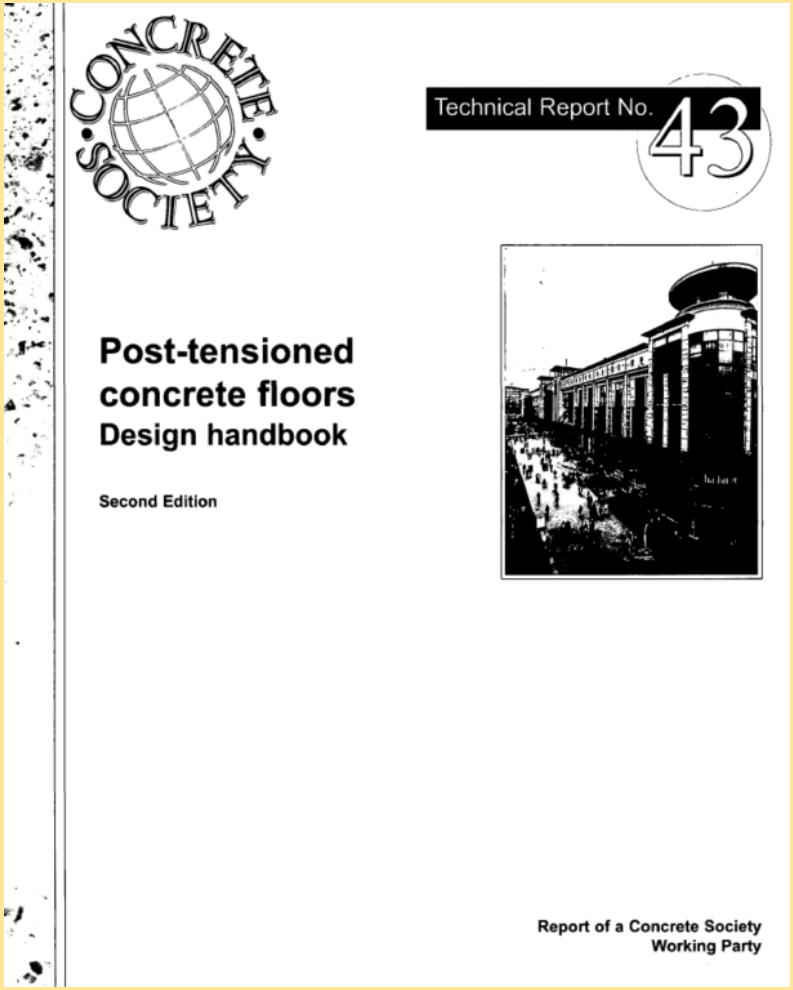
*(Insert one of the following as appropriate)*

Two-Way Slab Sequence

1. Stress continuous distributed tendons
2. Stress continuous banded tendon
3. Stress added distributed tendons
4. Stress added band tendons

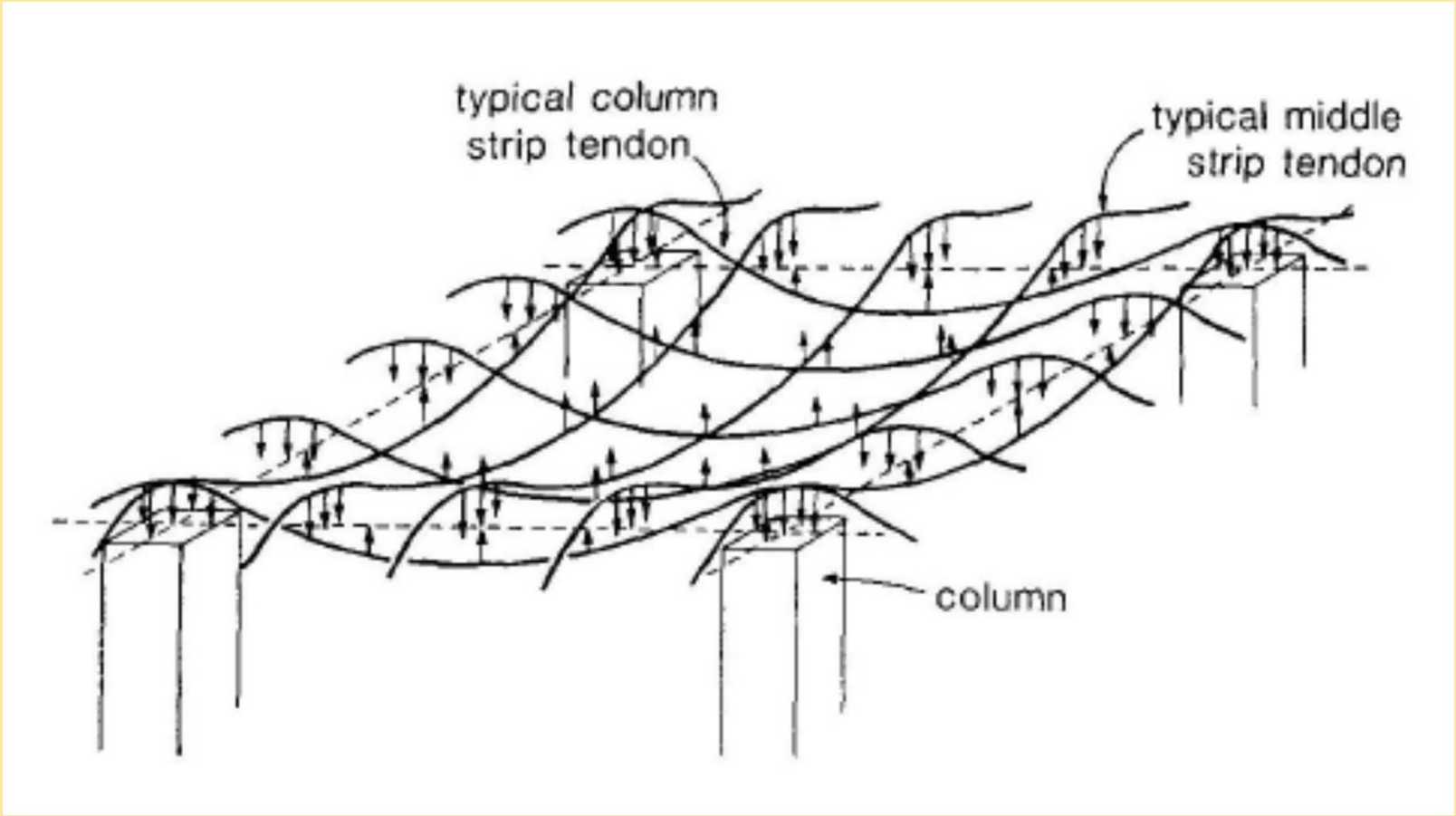
One-Way Slab and Beam Sequence

1. Stress temperature tendons
2. Stress continuous uniform slab tendons
3. Stress beam tendons "




## 7.6 STRESSING PROCEDURE

The stressing forces and sequence of stressing should be specified on the drawings. This has to be planned in such a way that the prestress is applied as uniformly as possible, and that no overloading of the formwork occurs. For systems with banded and uniformly distributed tendons, the banded tendons should normally be stressed first to ensure this is the case (see Figure 64). Wherever possible the use of different forces for tendons of the same size should be avoided.


typical column
strip tendon
typical middle
strip tendon
column

## *ลำดับการดึงลวดเกลียว (Stressing sequence)*

1. *ดึงลวดเกลียวแนว Band 50% ของจำนวนเทนดอน*
2. *ดึงลวดเกลียวแนว Uniform ให้ครบทุกเส้น*
3. *ดึงลวดเกลียวแนว Band ที่เหลือให้ครับ*
4. *ดึงลวดเกลียวเสริมพิเศษแนว Band*
5. *ดึงลวดเกลียวเสริมพิเศษแนว Uniform*

NOTE :


1. เสามีการเสริม SHEAR STIRRUP บริเวณหัวเสา

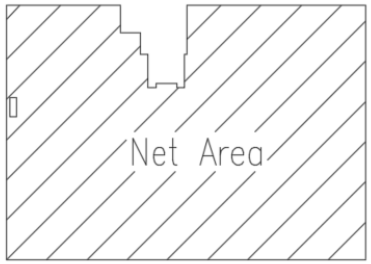
2. การเสริมเหล็กรอบช่องเปิด , การเสริมเหล็กมุม ของ พื้น POST-TENSION
การเสริมเหล็กหลังคาน , การเสริมเหล็กกันระเบิดอื่นๆ
ให้ดูรายละเอียดในแบบ TYPICAL DETAILS ยกเว้นที่ระบุในแบบ

3. ส่วนของ RC. STRUCTURE ที่อยู่ภายในและต่อเนื่องกับ พื้น POST-TENSION
ให้ผู้ออกแบบเผื่อน้ำหนักจากพื้น POST-TENSION ด้วย

4. เหล็กเสริม (MILD STEELS) จะต้องเป็นไปตาม มาตรฐาน มอก.24 SD-40

5. ในกรณีที่พื้น POST-TENSION มี POUR STRIP หรือ BLOCK OUT FOR STRESSING
ให้ทำการค้างนั่งร้านโดยรอบ POUR STRIP หรือ BLOCK OUT FOR STRESSING อย่างน้อย 1 เมตร
จนกว่าคอนกรีตบริเวณ POUR STRIP หรือ BLOCK OUT FOR STRESSING
มีกำลังอัดประลัยตามที่ออกแบบไว้ เมื่อทดสอบด้วยแท่งตัวอย่างทรงกระบอก

KEY PLAN & POST-TENSION AREA

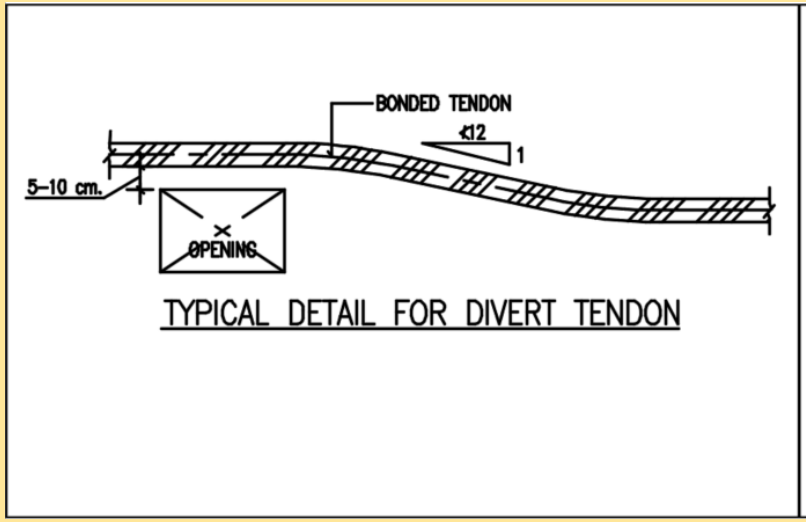



AREA SUMMARY

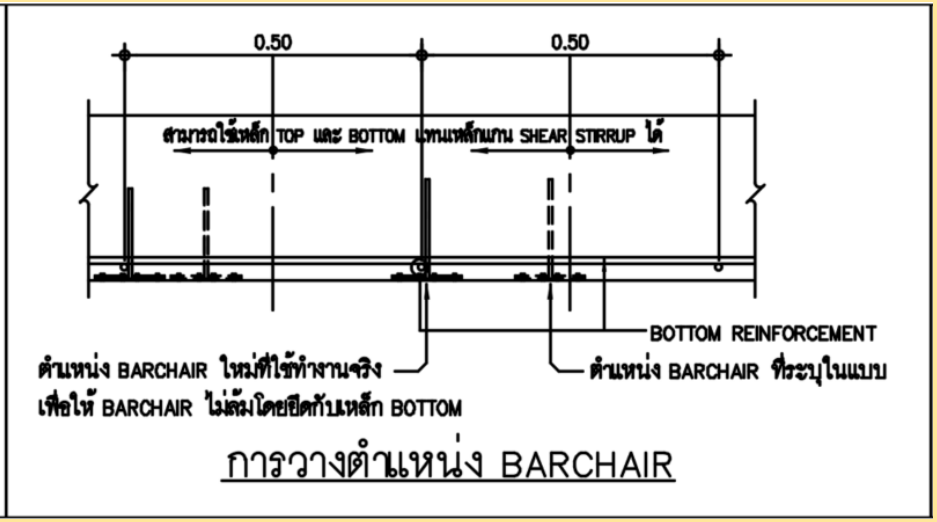
Total Area = 359.16

Open Area (1) = .49

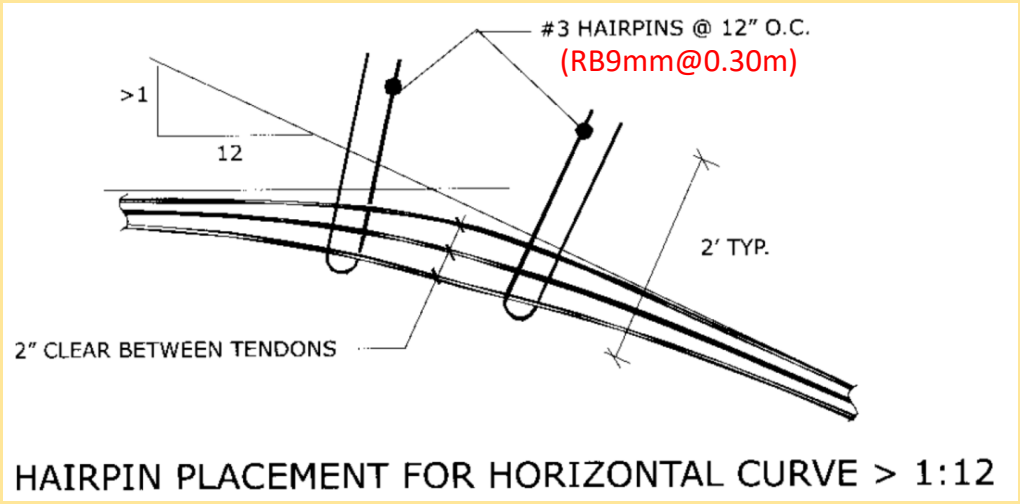
Net Area = 358.67




TYPICAL DETAIL FOR DIVERT TENDON

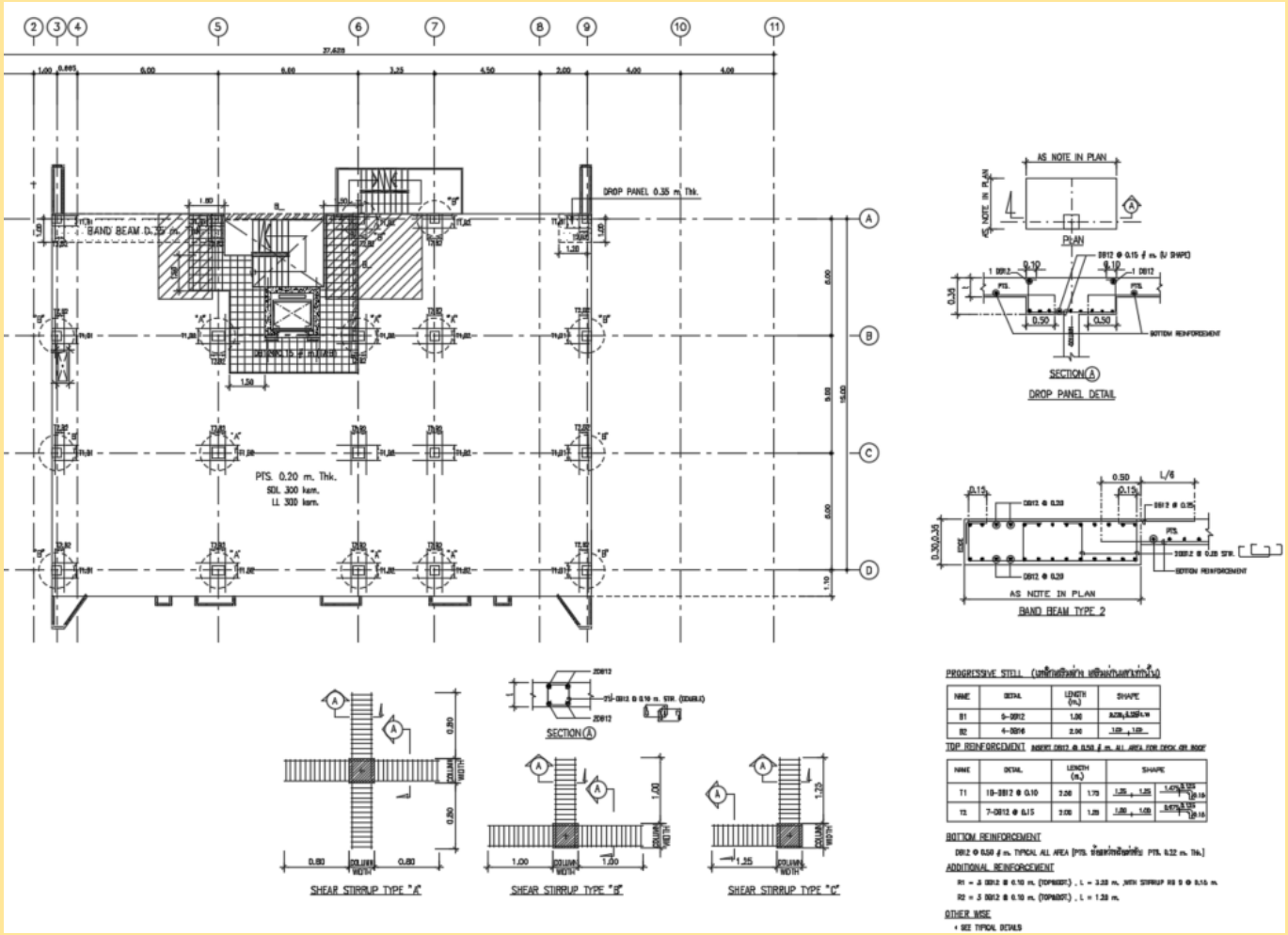


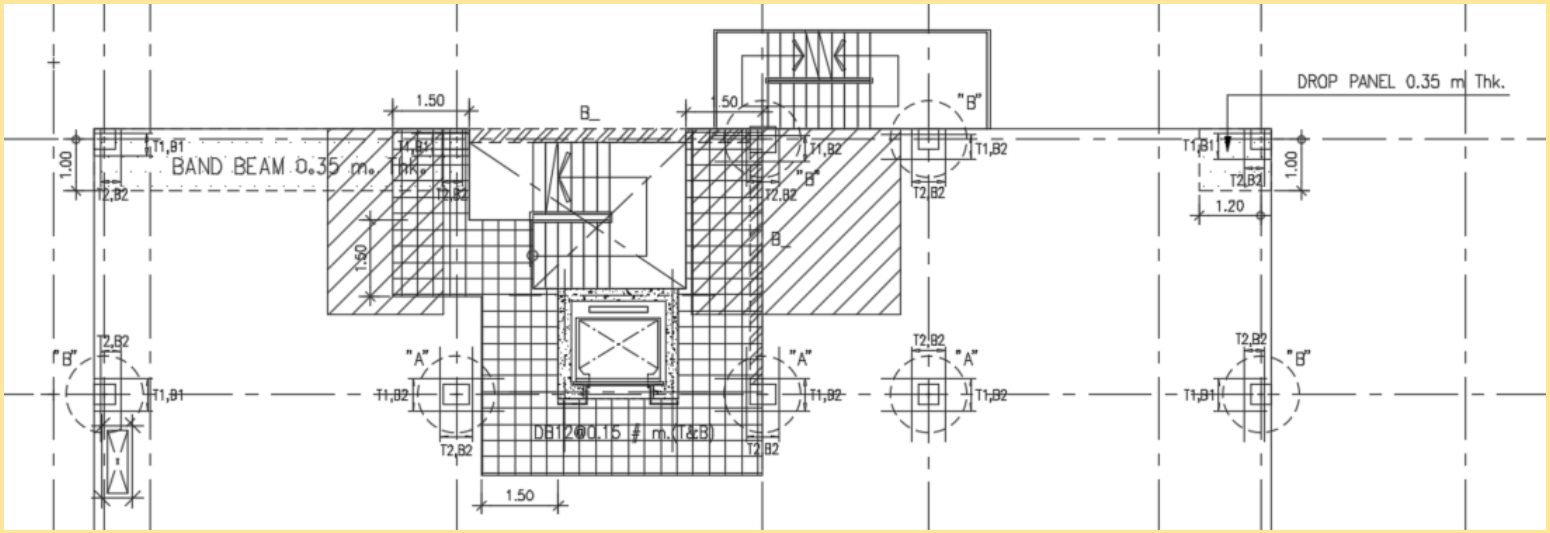

การวางตำแหน่ง BARCHAIR




HAIRPIN PLACEMENT FOR HORIZONTAL CURVE > 1:12

# 3. Reinforcement plan






1. *ตารางเหล็ก Top และ Bottom ที่หัวเสา*
2. *เหล็กเสริมรับแรงเฉือนเจาะทะลุ*
3. *เหล็กเสริมรอบผนังลิฟท์*
4. *เหล็กเสริม Band beam*
5. *เหล็กเสริม Drop panel หรือ Column capital*

## *ตารางเหล็ก Top และ Bottom ที่หัวเสา*

PROGRESSIVE STELL (เหล็กเสริมล่าง เสริมผ่านเสาเท่านั้น)

| NAME | DETAIL | LENGTH (m.) | SHAPE |
|---|---|---|---|
| B1 | 5–DB12 | 1.00 | 0.725 \| 0.125 \| 0.15 |
| B2 | 4–DB16 | 2.00 | 1.00 \| 1.00 |

TOP REINFORCEMENT INSERT DB12 @ 0.50 # m. ALL AREA FOR DECK OR ROOF

| NAME | DETAIL | LENGTH (m.) | | SHAPE | |
|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 10–DB12 @ 0.10 | 2.50 | 1.75 | 1.25 \| 1.25 | 1.475 \| 0.125 \| 0.15 |
| T2 | 7–DB12 @ 0.15 | 2.00 | 1.25 | 1.00 \| 1.00 | 0.975 \| 0.125 \| 0.15 |

BOTTOM REINFORCEMENT

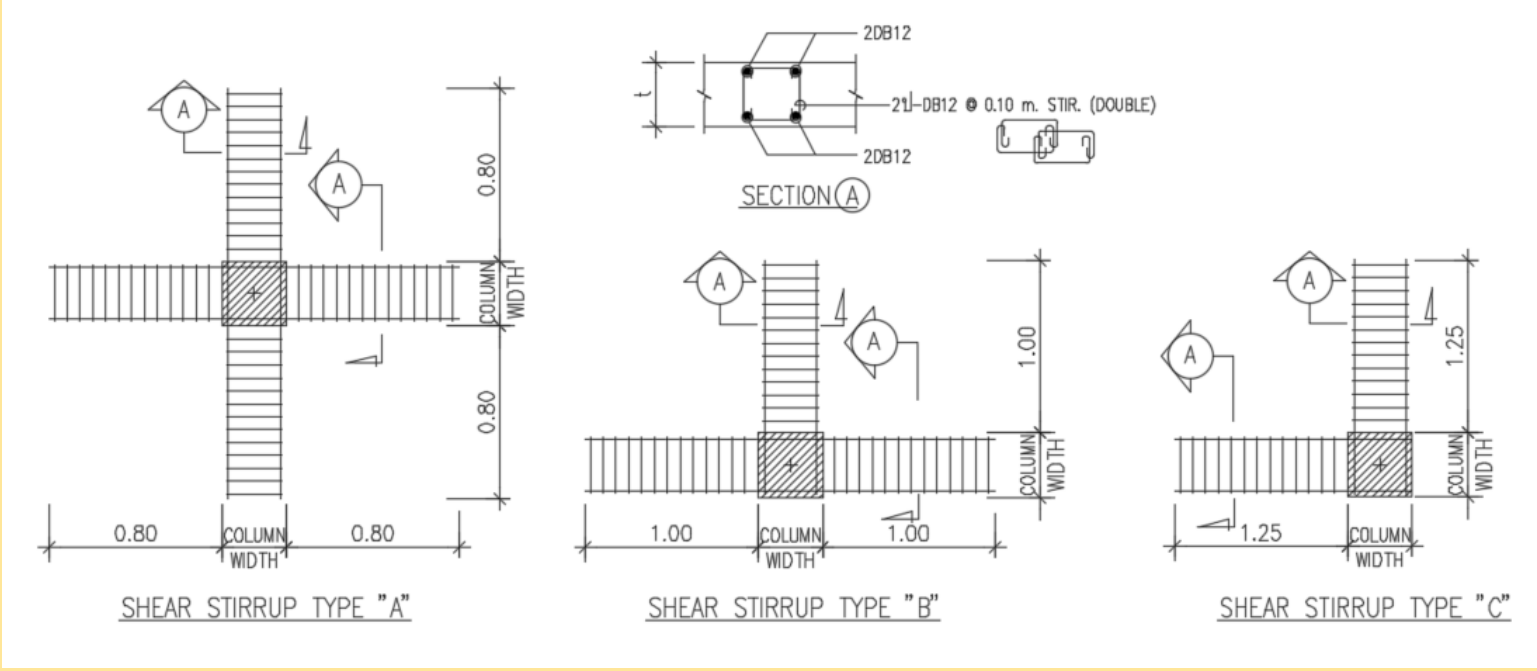
DB12 @ 0.50 # m. TYPICAL ALL AREA [PTS. น้อยกว่าหรือเท่ากับ PTS. 0.22 m. Thk.]

ADDITIONAL REINFORCEMENT

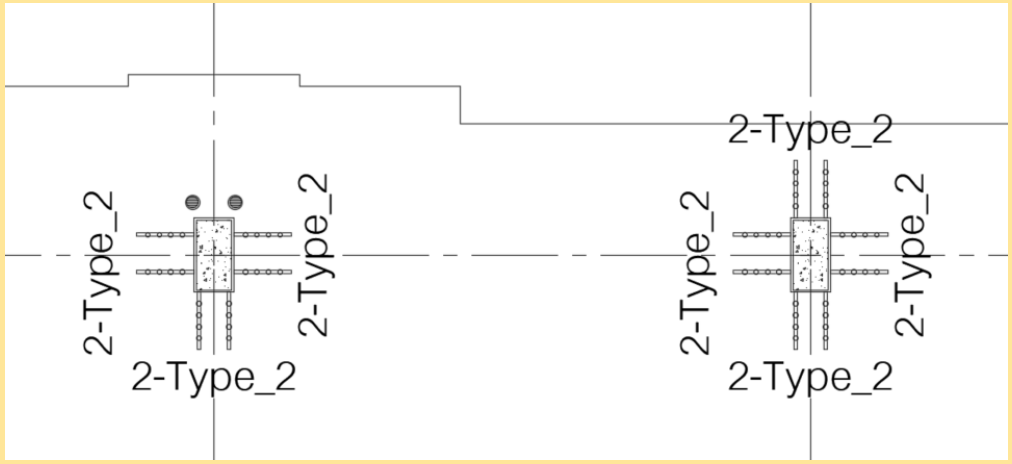
R1 = 3 DB12 @ 0.10 m. (TOP&BOT.) , L = 3.20 m. ,WITH STIRRUP RB 9 @ 0.15 m.

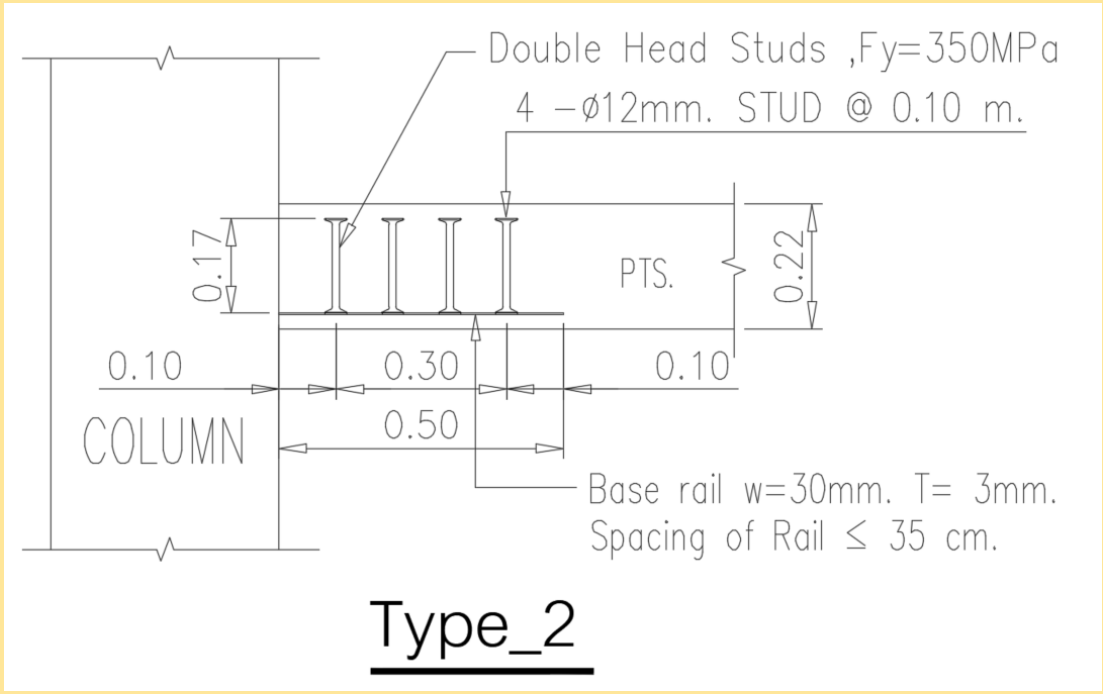
R2 = 3 DB12 @ 0.10 m. (TOP&BOT.) , L = 1.20 m.

## *เหล็กเสริมรับแรงเฉือนเจาะทะลุ*



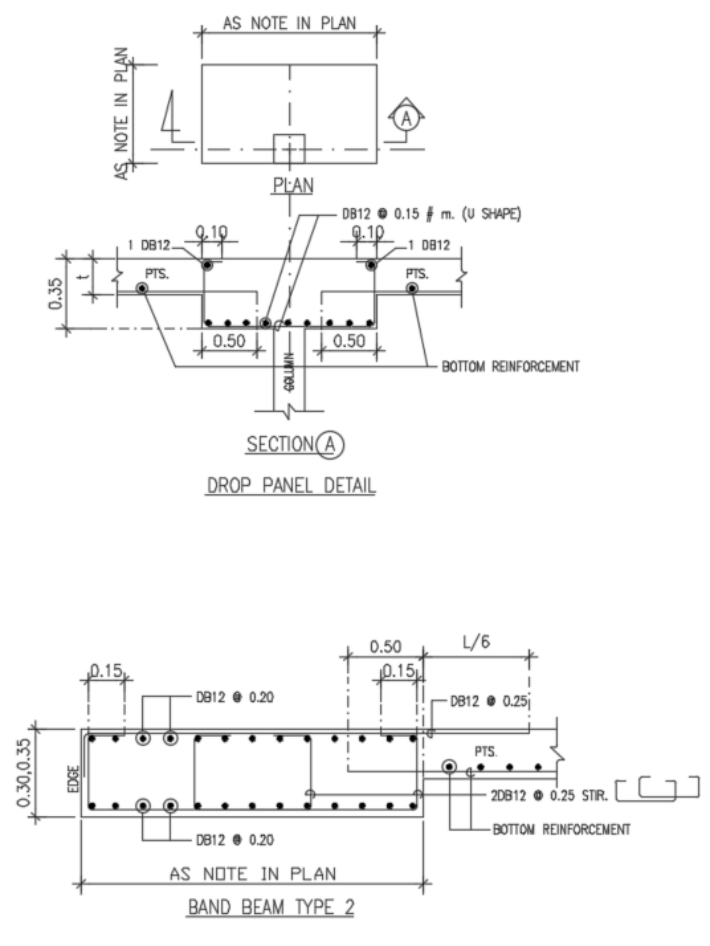
## *เหล็กเสริมรับแรงเฉือนเจาะทะลุ*



*เหล็กเสริม Drop panel หรือ Column capital*

*เหล็กเสริม Band beam*



***ช่วงเตรียมงานก่อนวางเทนดอน***
***ตั้งนั่งร้านและวางแบบท้องพื้น***

***ช่วงเตรียมงานก่อนวางเทนดอน***

***วางเหล็กเสริมล่างและขนวัสดุ***

***ช่วงเตรียมงานก่อนวางเทนดอน***

***สัญลักษณ์ที่ไม้แบบพื้นตามแบบ Tendon layout***

*ช่วงวางเทนดอน*

*วางท่อร้อยเทนดอนตามสัญลักษณ์ที่เขียนไว้*

*ช่วงวางเทนดอน*

*สอดลวดเกลียวเข้าไปในท่อร้อยเทนดอนตามจำนวนที่ระบุ*

***ช่วงวางเทนดอน***

***วาง Barchair ตามแบบ Tendon profiles***

***ช่วงวางเทนดอน***

***หลังจากติดตั้งแบบข้างพื้น เจาะรูแบบข้างพื้นให้ลวดเกลียวออก และใส่ Former กับ Bearing plate จากนั้นใส่ Bearing plate กับท่อร้อยเทนดอน***

*ช่วงวางเทนดอน*

*ติดตั้งเหล็กกันระเบิดและใส่ท่อ Grout*

*ช่วงเทคอนกรีต*

*งานเทคอนกรีต ควรมีทีมติดตั้ง post tension เพื่อคอยแก้ไข*

ACI 332R-84
(Reapproved 1999)

**Guide to Residential Cast-in-Place Concrete Construction**

Reported by ACI Committee 332

## CHAPTER 10-CURING, SAWING, SEALING, AND WATERPROOFING

### 10.1-General

Properly mixed, placed, and finished concrete also requires proper curing. This involves preventing loss of moisture from the concrete and maintaining a temperature in the concrete-40 to 90 F (4 to 32 C) - suitable for maturing of concrete. Favorable curing conditions should be maintained as long as practical. Three to five days are considered minimum requirements for summer conditions. In the winter, favorable curing conditions should be maintained even longer.

The importance of curing cannot be overemphasized. This is particularly true of slabs, where improper or inadequate curing can severely diminish serviceability by causing soft and dusting surfaces, scaling surfaces, porous concrete, or cracked and scaled concrete. The desirable properties of concrete such as strength, watertightness, durability, and wear resistance of the surface are enhanced by proper curing. In residential work the curing is still widely omitted. Anyone concerned about good quality residential concrete should make sure that curing is properly carried out.

***ช่วงเทคอนกรีต***

## *การบ่มพื้นหลังเทคอนกรีต*

## *ช่วงหลังเทคอนกรีต*

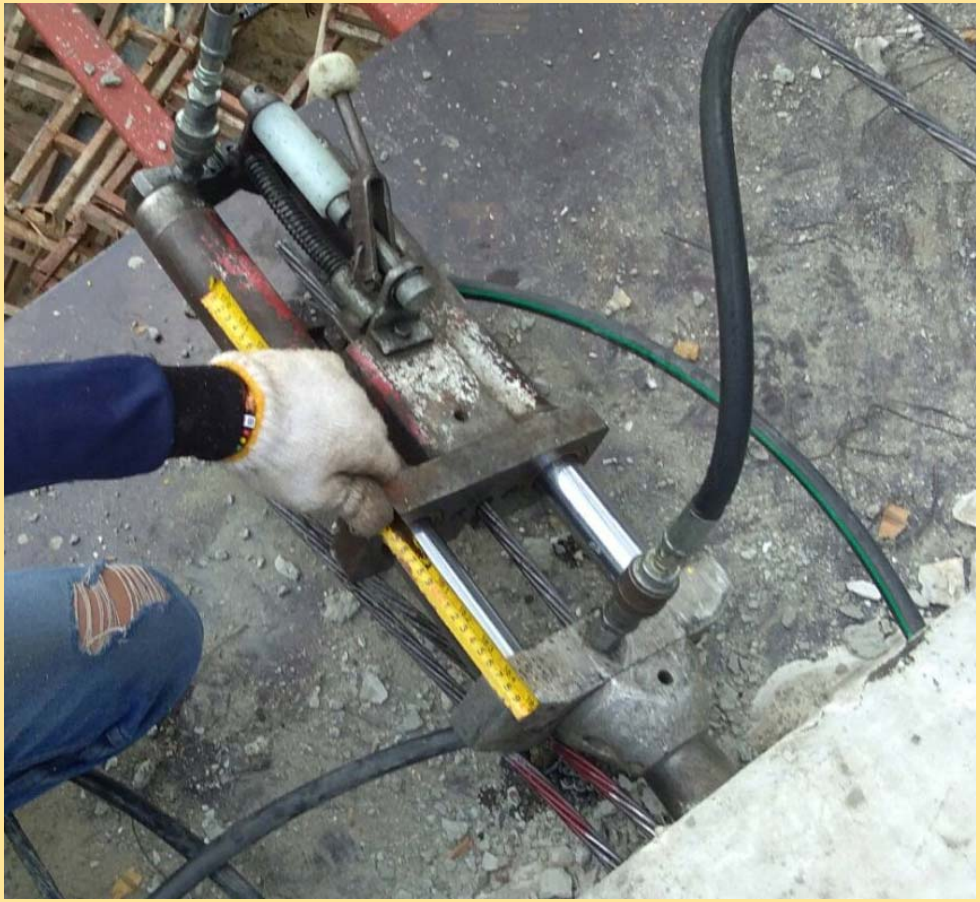
ภาพแสดงการใช้เครื่องเป่าลมร้อนช่วยในการแกะหัว Former ที่ทำจากโฟม

*ช่วงหลังเทคอนกรีต*

*ใส่ Wedge plate แล้วพ่นสี*

## *ช่วงดึงลวด*

*ช่วงดึงลวด*

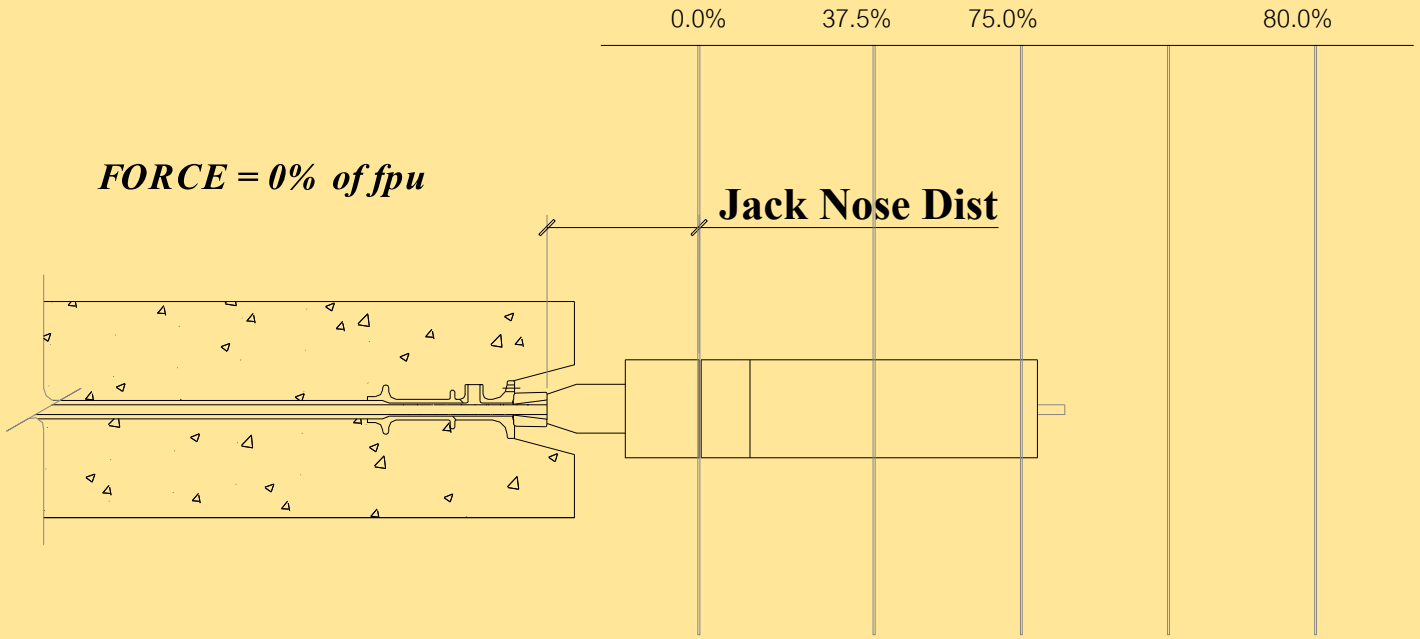


*ช่วงดึงลวด*

# Stressing Method

1. Stressing to 7.10 Tons (37.5 % fpu) for making strand is tightened
2. Continue stressing to 14.20 Tons (75 % fpu) measure and calculate elongation.
   Stop when total elongation within 0.93 to 1.07 of theoretical elongation
3. Continue stressing to 15.00 Tons (80 % fpu) measure and calculate elongation.
   Stop when total elongation within 0.93 to 1.07 of theoretical elongation

## ช่วงดึงลวด

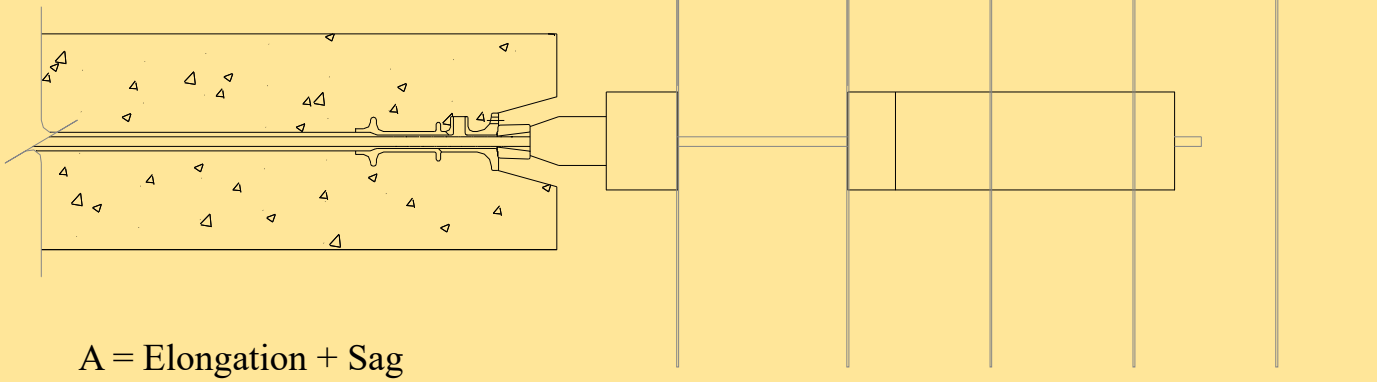


## *ช่วงดึงลวด*

**FORCE = 37.5 % of Fpu**

**Distance=A**

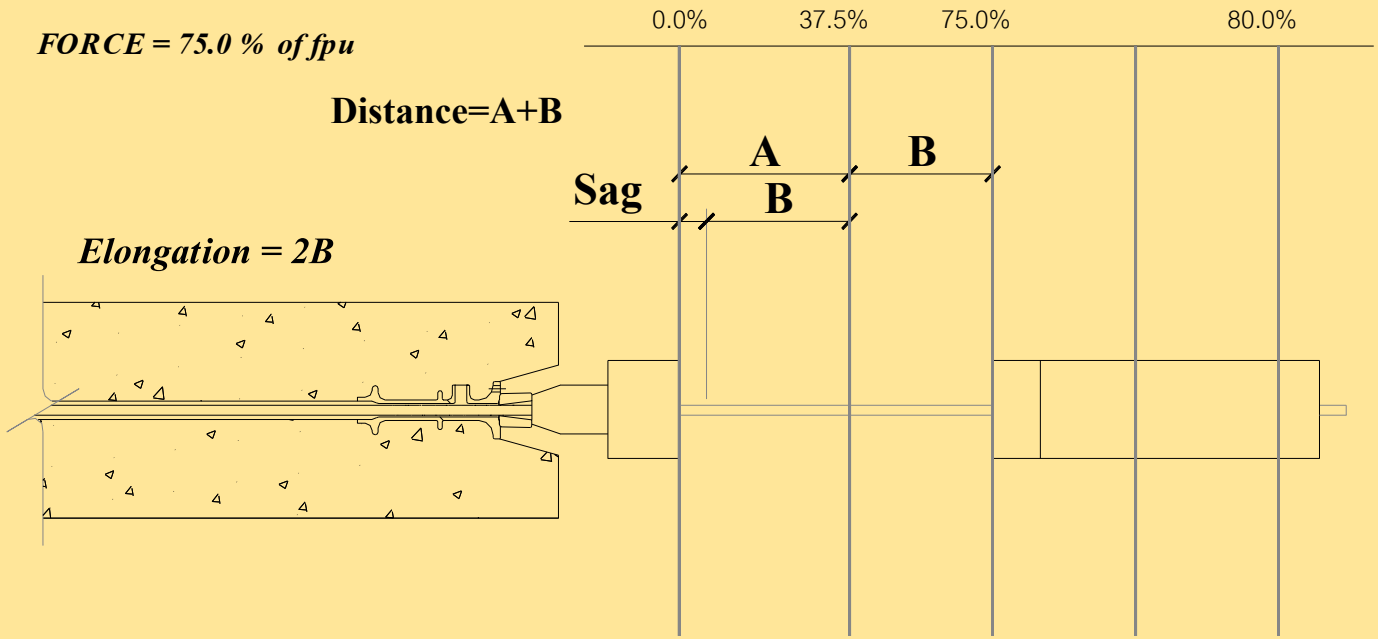
**Elongation = N/A**



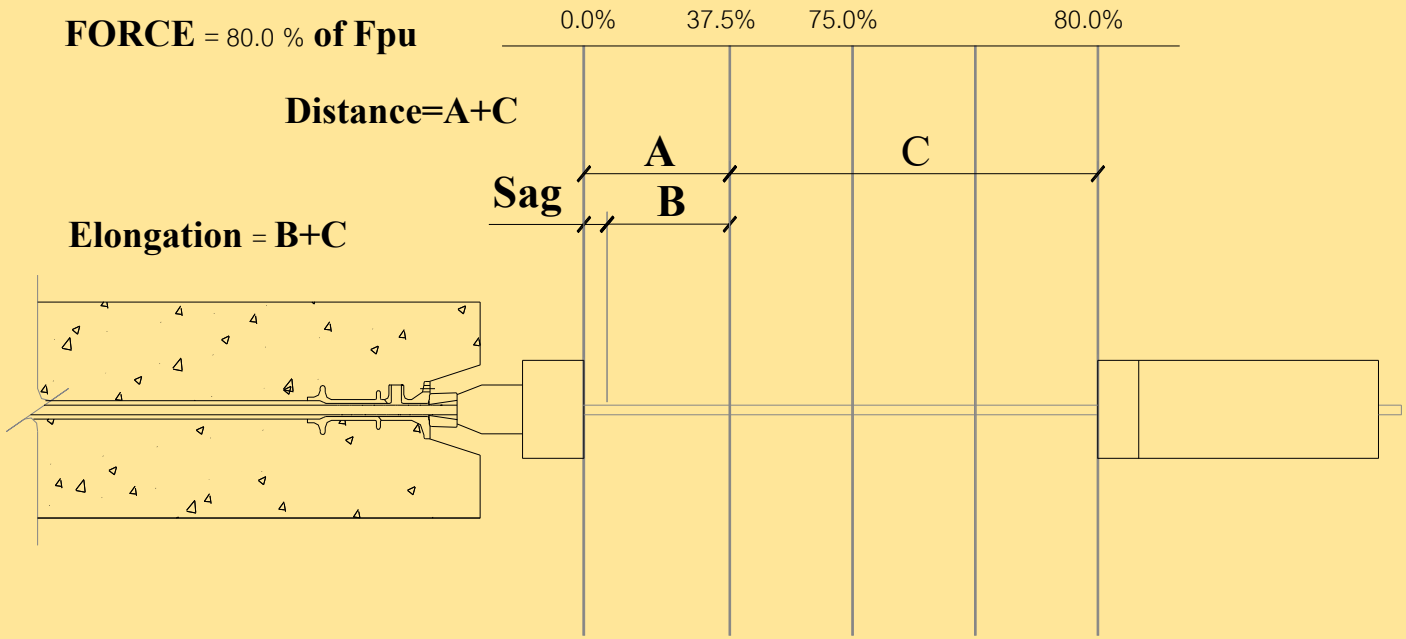

A = Elongation + Sag

Now strand is tightened

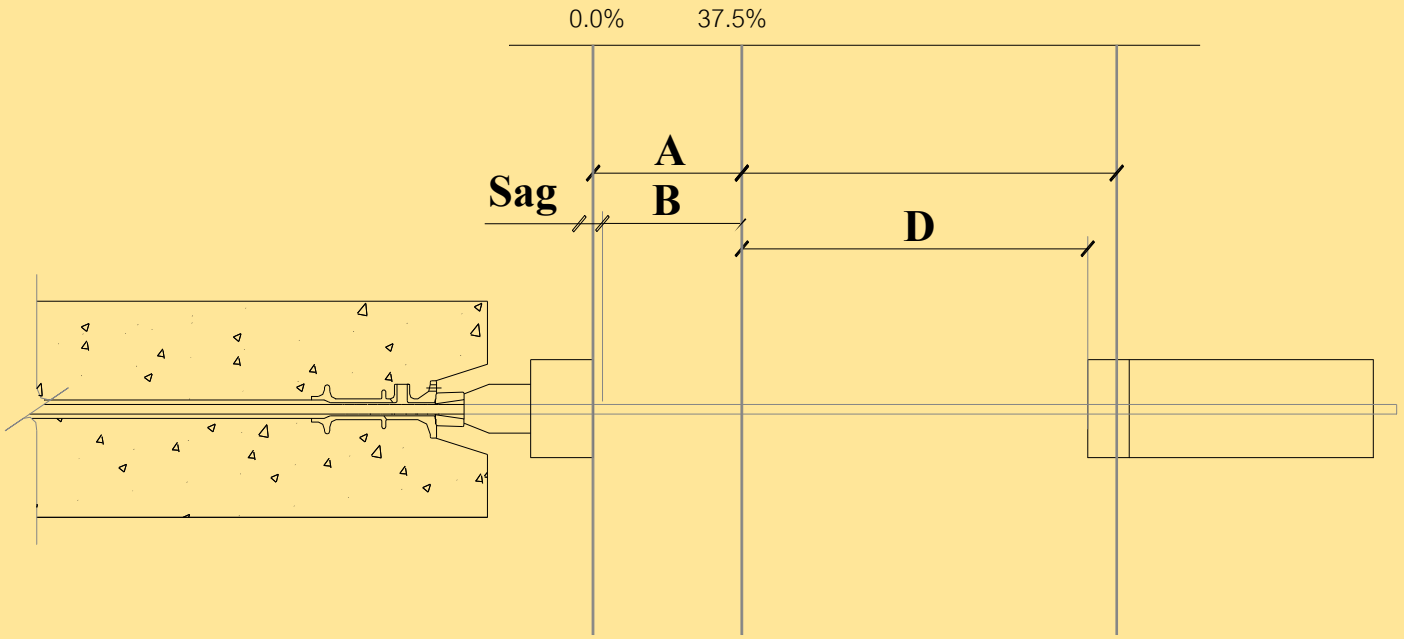
# ช่วงดึงลวด


FORCE = 75.0 % of fpu
Distance=A+B
Elongation = 2B
0.0%
37.5%
75.0%
80.0%
A
B
Sag
B

## *ช่วงดึงลวด*


FORCE = 80.0 % of Fpu
Distance=A+C
Elongation = B+C
0.0%
37.5%
75.0%
80.0%
A
C
Sag
B

## *ช่วงดึงลวด*

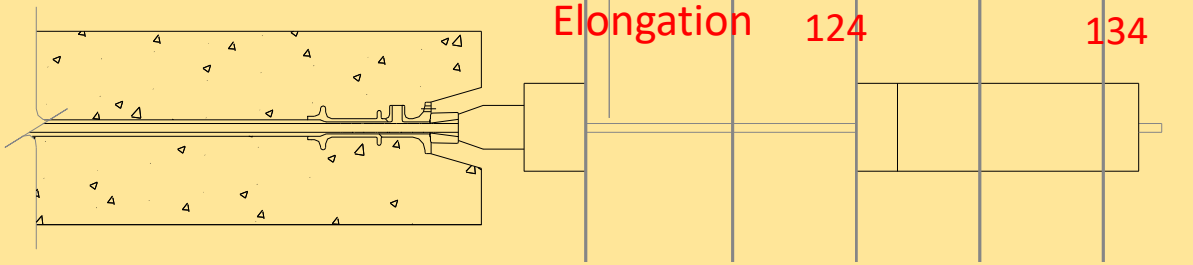


# ช่วงดึงลวด

*FORCE = 75.0 % of fpu*

*Distance=A+B*

*Elongation = 2B*




Elongation = 62x2 = 124

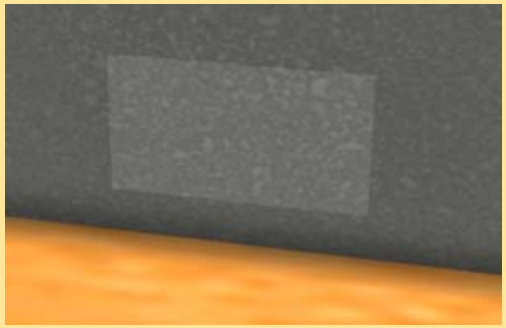
Elongation = 124+(72-62) = 134

| PROJECT : | | | | | | DATE : | | | | | | 00/01/1900 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FLOOR / ZONE : | | | | | | PAGE : | | | | 2 | of | | 0 |
| Strand No. | Theoretical Elongation (mm.) | | | [Left].Jack No. 0 / [Left].Pump No. 0 — Elongation At Scale Reading (mm.) | | [Right].Jack No. 0 / [Right].Pump No. 0 — Elongation At Scale Reading (mm.) | | Total Elongation (mm.) | After Tranfer (mm.) | | Slip (mm.) | Remark |
| | 0.95 | 1.00 | 1.05 | 75.0% | 80.0% | 75.0% | 80.0% | | L | R | | |
| 36 | 127 | 134 | 141 | 62 | 72 | | | 134 | 67 | | 2 | |
| 37 | 127 | 134 | 141 | 65 | 70 | | | 135 | 65 | | 2 | |
| 38 | 127 | 134 | 141 | 69 | | | | 138 | 64 | | 2 | |

***ช่วงดึงลวด***

*ช่วงอัดน้ำปูน*

*ตัดหางลวดและอุดปิดเบ้าเพื่อป้องกันน้ำปูนออกและป้องกันสนิมที่ Wedge plate*



*ช่วงอัดน้ำปูน*
*เตรียมเครื่องมือการผสมปูนเกราต์*

## *ช่วงอัดน้ำปูน*

***ช่วงเวลาที่ยอมให้หลังจากการวางเทนดอนถึงการอัดน้ำปูนไว้ไม่ให้เกินค่าในตารางดังนี้ (PTI)***

| สภาวะแวดล้อม | ช่วงเวลาที่ยอมให้หลังจากการวางเทนดอนถึงการอัดน้ำปูน ในกรณีที่ไม่มีการป้องกันสนิม |
|---|---|
| บรรยากาศชื้น หรือ ใกล้น้ำเค็ม (ความชื้น > 70%) | 7 วัน |
| บรรยากาศปานกลาง (40% <ความชื้น < 70%) | 20 วัน |
| บรรยากาศแห้งมาก (ความชื้น < 40%) | 40 วัน |

## *ช่วงอัดน้ำปูน*

In high ambient temperatures (e.g., above 100°F [38°C]), the temperature of the grout shall not exceed 32°C (90°F). Since the length of time over which the grout is workable reduces with high temperature, the contractor should be required to demonstrate that the actual grouting could be accomplished within the expected temperature range; the use of pumping equipment with extra output capacity may be necessary.

## *ช่วงอัดน้ำปูน*

*เทน้ำปูนลงในกรวยมาตรฐานในชุดทดสอบ เริ่มปล่อยให้น้ำปูนไหลออกจากกรวยแล้วจับเวลา โดยจะต้องไหลออกจากกรวยจนหมดภายใน 10 วินาที ตามที่ระบุใน PTI M55.1-12 Specification for grouting of post-tensioned structures ข้อ 4.4.5*

## *ช่วงอัดน้ำปูน*

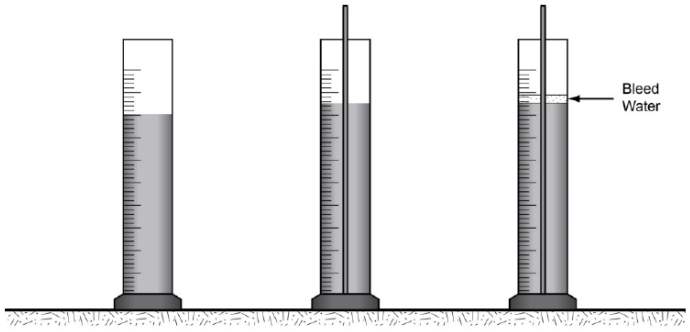
*เทน้ำปูนลงในกระบอกทดสอบมาตรฐานแล้วปล่อยไว้ 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียส จะต้องไม่เกิดการเยิ้มเกิน 2-4%*

## *ช่วงอัดน้ำปูน*

*ใน PTI M55.1-12 Specification for grouting of post-tensioned structures ข้อ 4.4.6*

- *ท่อทดสอบ Dia. 80cm สูง 100cm*
- *เติมปูนเกราต์ 90cm แล้วใส่ลวดเกลียว dia. 12.7mm หรือ 15.2mm*
- *เมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง จะต้องไม่เกิดการเยิ้มตัว*

The "Wick Induced Bleed Test" involves immersing a 1000 mm (40 in) length of conditioned, clean, seven wire strand (either 0.5" or 0.6" in diameter) in a cylinder with a height of 1000 mm (40 in) and diameter of 80 mm (3 mm), filled with 900 mm (35 in) of carefully prepared grout and following a modified version of ASTM C940 to record the bleed water above the grout as detailed in the Section 4.4.1 of "Specification for Grouting of Post-Tensioned Structures," PTI M55.1-12. A bleed of 0.0% after 3 hours at normal ambient room temperature of approximately 20°C (68°F) is acceptable (Figure 2.14).



## 7. Working procedures

*ช่วงอัดน้ำปูน*

*เทตัวอย่างน้ำปูนลงในแบบหล่อรูปลูกบาศก์ขนาด 50x50x50 มม.*

*แล้วนำไปทดสอบกำลังอัดประลัย*

*โดยที่อายุ 7 วัน ต้องไม่น้อยกว่า 175 กก./ตร.ซม.*

*และที่ 28 วัน ต้องไม่น้อยกว่า 280 กก./ตร.ซม.*

*ตามที่ระบุใน ACI318-11 ข้อ 18.18.3*

ภาพการทดสอบกำลังอัดของก้อนปูน

*ช่วงอัดน้ำปูน*

*ปั๊มน้ำเปล่าเพื่อทำความสะอาดท่อ แล้วจึงเริ่มอัดน้ำปูนจากท่อด้านหนึ่งไปจนล้นออกท่ออีกด้านหนึ่ง*

ภาพการอัดน้ำปูนเข้าท่อ Grout Vent

ภาพน้ำปูนไหลออกปลายท่ออีกด้าน

## *ช่วงอัดน้ำปูน*

*หลังจากที่น้ำปูนล้นออกจากท่ออีกด้านหนึ่งแล้ว ให้พับปลายท่อแล้วมัดด้วยลวดผูกเหล็กเพื่อเป็นที่สังเกตุว่าเป็นท่อที่อัดน้ำปูนแล้ว จากนั้นอัดด้วยความดัน 3 bar จนกระทั่งความดันคงที่*

ZULIN

ASCE 37 ให้ตารางในการใช้น้ำหนักบรรทุกจรในการออกแบบ ดังนี้

**Table 2 Classes of Working Surfaces for Combined Uniformly Distributed Loads**

| Operational Class | Uniform Load[a] *psf (kN/m²)* | |
|---|---|---|
| Very light duty: sparsely populated with personnel; hand tools; *very small amounts of construction materials* | 20 (0.96) | → [ 98 kg/m² ] |
| Light duty: sparsely populated with personnel; hand operated equipment; staging of materials for lightweight *construction* | 25 (1.20) | → [ 122 kg/m² ] |
| Medium duty: concentrations of personnel; staging of materials *for average construction* | 50 (2.40) | → [ 244 kg/m² ] |
| Heavy duty: material placement by motorized buggies; staging of materials for heavy construction | 75 (3.59) | → [ 366 kg/m² ] |

[a] Loads do not include dead load, D; construction dead load, $C_D$; or fixed material loads, $C_{FM}$.

$4^{th}$ slab + construction load

480+250 = 730 kg/m$^2$

$3^{rd}$ slab load (SDL+LL)

0.75(300+300) = 450 kg/m$^2$

Concrete age < 28 days

$2^{nd}$ slab load (SDL+LL)

300+300 = 600 kg/m$^2$

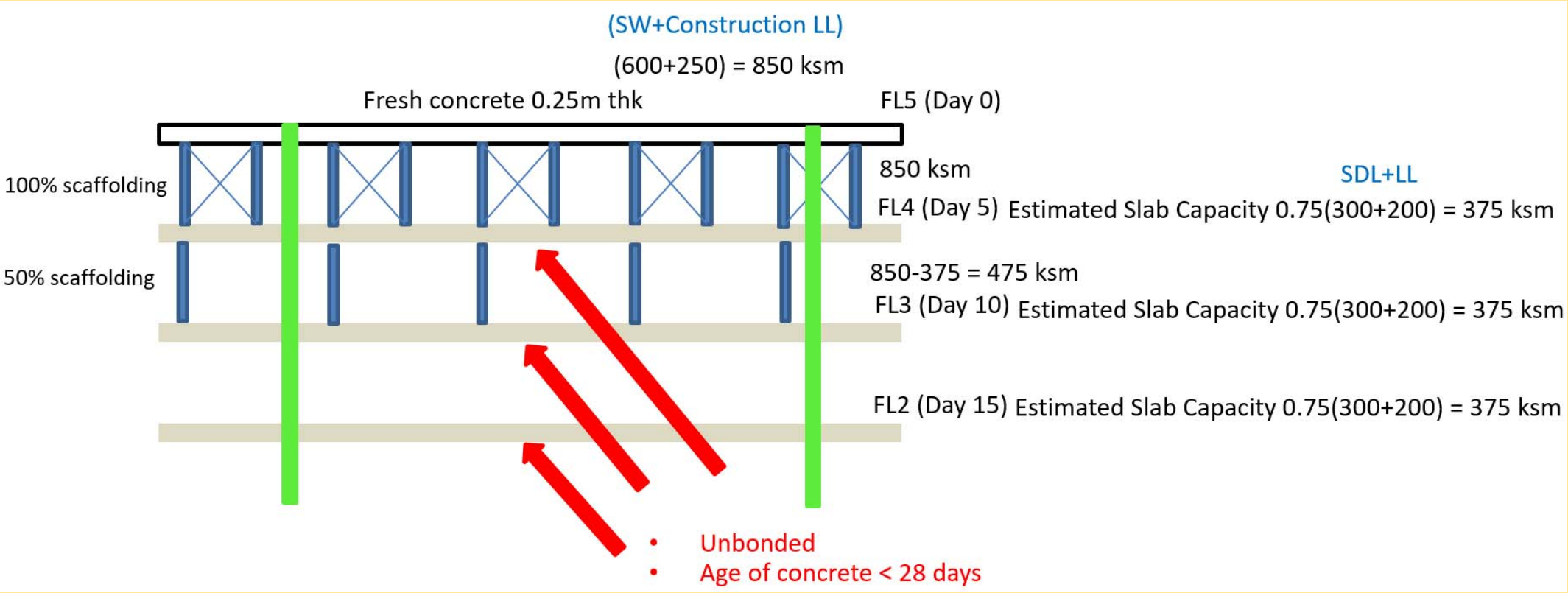
นั่งร้านสามารถรับน้ำหนัก 730 kg/m$^2$ ได้

นั่งร้านรับน้ำหนักส่วนเกิน 730 – 450 = 280 kg/m$^2$ ได้

พื้นชั้น 2 สามารถรับน้ำหนักที่ถ่ายลงมาได้แล้ว

(ในกรณีที่พื้นชั้นที่ 2 ไม่สามารถรับน้ำหนักได้ ก็ต้องคำนวณน้ำหนักส่วนเกินให้นั่งร้านชุดนี้กับพื้นชั้นที่ 1 รับน้ำหนัก)

# 8. Scaffolding



*การเทพื้น Post tension ชั้นที่สอง พื้นชั้นที่ 1 จะต้องรับน้ำหนักคอนกรีตสด + น้ำหนักบรรทุกระหว่างการก่อสร้างได้*

# 8. Scaffolding

# 8. Scaffolding

# 8. Scaffolding



## ข้อบังคับสภาวิศวกร

ว่าด้วยหลักเกณฑ์และคุณสมบัติของผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมแต่ละระดับ
สาขาวิศวกรรมโยธา
พ.ศ. ๒๕๖๖

**10. นั่งร้านหรือค้ำยันชั่วคราว**

| งาน | ภาคีวิศวกร | สามัญวิศวกร | วุฒิวิศวกร |
|---|---|---|---|
| (1) งานให้คำปรึกษา | ทำไม่ได้ | ทำไม่ได้ | ทำได้ทุกขนาด |
| (2) งานวางโครงการ | | ทำได้ทุกขนาด | |
| (3) งานออกแบบและคำนวณ | ที่มีความสูงไม่เกิน 25 เมตร | | |
| (4) งานควบคุมการสร้างหรือการผลิต | ที่มีความสูงไม่เกิน 42 เมตร | | |
| (5) งานพิจารณาตรวจสอบ | ทำได้ทุกขนาด | | |
| (6) งานอำนวยการใช้ | | | |

# กฎกระทรวง
## ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2526)
ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร
พ.ศ. 2522

### หมวด 1
### การก่อสร้างอาคาร

**ข้อ 3** ในการก่อสร้างอาคาร ผู้ได้รับใบอนุญาตหรือผู้ดำเนินการต้องดำเนินการให้เป็นไปตามเงื่อนไขแห่งการอนุญาต และต้องมีผู้ควบคุมงานตามที่ระบุชื่อไว้ในใบอนุญาตอยู่ ณ ที่ทำการก่อสร้าง ถ้าผู้ควบคุมงานไม่อยู่ ต้องตั้งตัวแทนไว้ ทั้งนี้ไม่ทำให้ผู้ควบคุมงานหลุดพ้นความรับผิด การสอบถามข้อเท็จจริงหรือคำสั่งของนายช่างหรือนายตรวจที่ได้สอบถามหรือสั่งแก่ผู้ควบคุมงานหรือตัวแทนนั้น ให้ถือว่าได้สอบถามหรือสั่งแก่ผู้ได้รับใบอนุญาตหรือผู้ดำเนินการแล้ว

**ข้อ 11** ในระหว่างการก่อสร้างอาคาร ผู้ดำเนินการต้องตรวจสอบความแข็งแรงและความปลอดภัยของนั่งร้านที่สร้างขึ้นเป็นประจำ โดยบันทึกผลการตรวจสอบและลงลายมือชื่อไว้ทุกเดือน เก็บไว้ ณ สถานที่ที่ก่อสร้าง เพื่อให้นายช่างหรือนายตรวจตรวจดูได้ การสร้างนั่งร้านต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไข ดังต่อไปนี้

(ก) นั่งร้านที่ใช้สำหรับการก่อสร้างอาคารที่สูงเกินห้าชั้นหรือมีความสูงเกิน 21.00 เมตร ผู้ดำเนินการต้องยื่นแผนผังบริเวณ แบบแปลน และรายการประกอบแบบแปลนของนั่งร้าน ซึ่งออกแบบคำนวณโดยผู้ได้รับใบอนุญาตให้เป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพวิศวกรรมต่อเจ้าพนักงานท้องถิ่น เพื่อเป็นหลักฐานก่อน จึงจะสร้างนั่งร้านดังกล่าวได้

(ข) นั่งร้านที่สร้างด้วยโลหะรวมทั้งฐานรองรับนั่งร้านต้องรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่าสองเท่าของน้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่บรรทุกบนนั่งร้านนั้น และไม่น้อยกว่าสี่เท่าสำหรับนั่งร้านที่สร้างด้วยไม้

# กฎกระทรวง

กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับนั่งร้านและค้ำยัน

พ.ศ. ๒๕๖๔

---

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕ วรรคหนึ่ง และมาตรา ๘ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. ๒๕๕๔ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงแรงงานออกกฎกระทรวงไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ กฎกระทรวงนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดเก้าสิบวันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ ๒ ในกฎกระทรวงนี้

“นั่งร้าน” หมายความว่า โครงสร้างชั่วคราวที่สูงจากพื้นหรือพื้นของอาคาร หรือส่วนของสิ่งก่อสร้าง สำหรับเป็นที่รองรับผู้ทำงาน วัสดุ หรือเครื่องมือและอุปกรณ์

“ค้ำยัน” หมายความว่า โครงชั่วคราวที่รองรับ ยึดโยง หรือเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างสิ่งก่อสร้าง นั่งร้าน แบบหล่อคอนกรีต หรือเครื่องจักรและอุปกรณ์ในระหว่างการก่อสร้าง การติดตั้ง หรือการซ่อมบำรุง

ข้อ ๗ ในการสร้าง ประกอบ ติดตั้ง ทดสอบ ตรวจสอบ ใช้ เคลื่อนย้าย และรื้อถอนนั่งร้าน นายจ้างต้องปฏิบัติตามรายละเอียดคุณลักษณะและคู่มือการใช้งานที่ผู้ผลิตกำหนดไว้ หากไม่มีรายละเอียดคุณลักษณะและคู่มือการใช้งานดังกล่าว นายจ้างต้องดำเนินการให้วิศวกรเป็นผู้จัดทำรายละเอียดคุณลักษณะและคู่มือการใช้งานเป็นหนังสือ และต้องมีสำเนาเอกสารดังกล่าวไว้ให้พนักงานตรวจความปลอดภัยตรวจสอบได้

รายละเอียดคุณลักษณะและคู่มือการใช้งานตามวรรคหนึ่งต้องเป็นภาษาไทย หรือภาษาอื่นที่ลูกจ้างสามารถศึกษาและปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยในการทำงานได้

ข้อ ๘ นายจ้างต้องจัดให้มีการคำนวณออกแบบและควบคุมการใช้นั่งร้านโดยวิศวกร ทั้งนี้ตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขที่อธิบดีประกาศกำหนด

# ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน

เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการคำนวณออกแบบและควบคุมการใช้นั่งร้านโดยวิศวกร

---

โดยที่กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับนั่งร้านและค้ำยัน พ.ศ. ๒๕๖๔ กำหนดให้นายจ้างต้องจัดให้มีการคำนวณออกแบบและควบคุมการใช้นั่งร้านโดยวิศวกร ทั้งนี้ ตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขที่อธิบดีประกาศกำหนด

อาศัยอำนาจตามความในข้อ ๘ แห่งกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการและดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับนั่งร้านและค้ำยัน พ.ศ. ๒๕๖๔ อธิบดีกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน จึงออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ ๒ ในประกาศนี้

“จุดคราก” (yield point) หมายความว่า จุดที่หน่วยแรงดึงที่วัสดุเริ่มยืดโดยไม่ต้องเพิ่มแรงดึงขึ้นอีก

“น้ำหนักบรรทุกใช้งาน” (working load) หมายความว่า ผลรวมของน้ำหนักบรรทุกทั้งหมดที่กระทำต่อโครงสร้าง

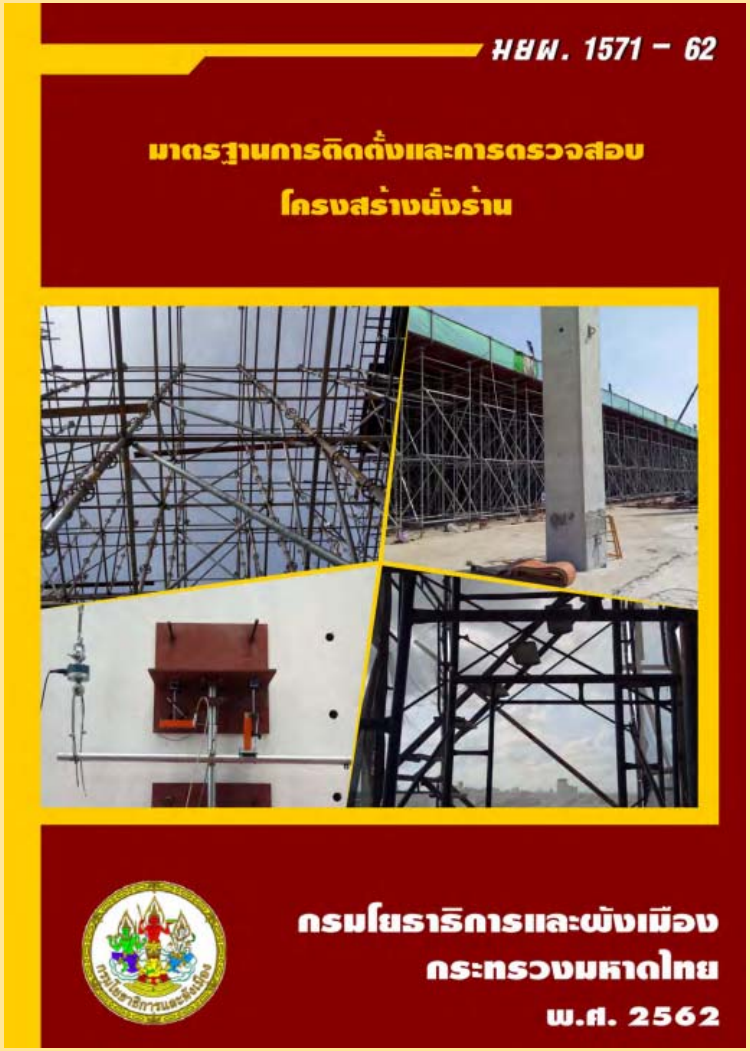
“น้ำหนักบรรทุกคงที่” (dead load) หมายความว่า น้ำหนักของนั่งร้านที่พิจารณาน้ำหนักรวมของอุปกรณ์ทั้งหมดของนั่งร้านร่วมด้วย

“น้ำหนักบรรทุกจร” (live load) หมายความว่า น้ำหนักบรรทุกที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและตำแหน่ง เช่น น้ำหนักบรรทุกของผู้ปฏิบัติงาน วัสดุ หรือรถเข็นซีเมนต์

หมวด ๑
ข้อกำหนดทั่วไป

หมวด ๒
การคำนวณออกแบบ

หมวด ๓
การควบคุมการใช้นั่งร้าน


มยผ. 1571 – 62
มาตรฐานการติดตั้งและการตรวจสอบ
โครงสร้างนั่งร้าน
กรมโยธาธิการและผังเมือง
กระทรวงมหาดไทย
พ.ศ. 2562

### 8.4 การตรวจสอบนั่งร้านหลังการติดตั้ง

ภายหลังการติดตั้งนั่งร้าน ต้องจัดให้มีการตรวจสอบเพื่อให้การติดตั้งนั่งร้านเป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐานนี้ ผู้ตรวจสอบต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามหัวข้อ 10.2.2 สำหรับนั่งร้านที่มีความซับซ้อนมาก ต้องผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญหรือวิศวกรที่มีประสบการณ์ร่วมด้วย ตารางที่ ก1 และ ก2 แสดงตัวอย่างรายการตรวจสอบความปลอดภัยในการประกอบติดตั้งนั่งร้านสำหรับการทำงานและนั่งร้านแบบโครงค้ำยันตามลำดับ ภาคผนวก ฉ แสดงตัวอย่างการติดตั้งนั่งร้านแบบโครงค้ำยันที่ไม่ถูกต้อง การตรวจสอบนั่งร้านมีรายละเอียดดังนี้

(1) การตรวจสอบความครบถ้วนของวัสดุและอุปกรณ์ รวมถึงการตรวจหาชิ้นส่วนที่ประกอบอย่างไม่ถูกต้องเพื่อเสนอให้มีการแก้ไข

(2) การตรวจสอบความเสียหายของวัสดุและอุปกรณ์ รวมถึงการพิจารณาความเหมาะสมของการใช้งานนั่งร้าน

(3) การตรวจสอบการใช้งานและน้ำหนักบรรทุกให้สอดคล้องกับการออกแบบ และการใช้อุปกรณ์นั่งร้านแต่ละประเภท

(4) การแสดงผลการตรวจสอบสถานะของนั่งร้าน ดังแสดงตัวอย่างป้ายอนุญาตและไม่อนุญาตใช้นั่งร้านในภาคผนวก ช โดยมีรายละเอียดดังนี้

(ก) สถานะปลอดภัยสำหรับการใช้งาน ให้ทำการติดแถบป้ายสีเขียว (green tag) ซึ่งมีข้อมูลอย่างน้อย คือ วันที่ตรวจสอบและชื่อผู้ตรวจสอบ

(ข) สถานะไม่ปลอดภัยต่อการใช้งาน ให้ทำการติดแถบป้ายสีแดง (red tag)

หากนั่งร้านที่ทำการตรวจสอบ อยู่ในสถานะไม่ปลอดภัยต่อการใช้งาน ต้องแจ้งยุติการใช้งานนั่งร้าน และทำการแก้ไขจุดบกพร่องก่อนการนำกลับมาใช้งานต่อไป

### 10.2.2 ผู้ตรวจสอบนั่งร้าน

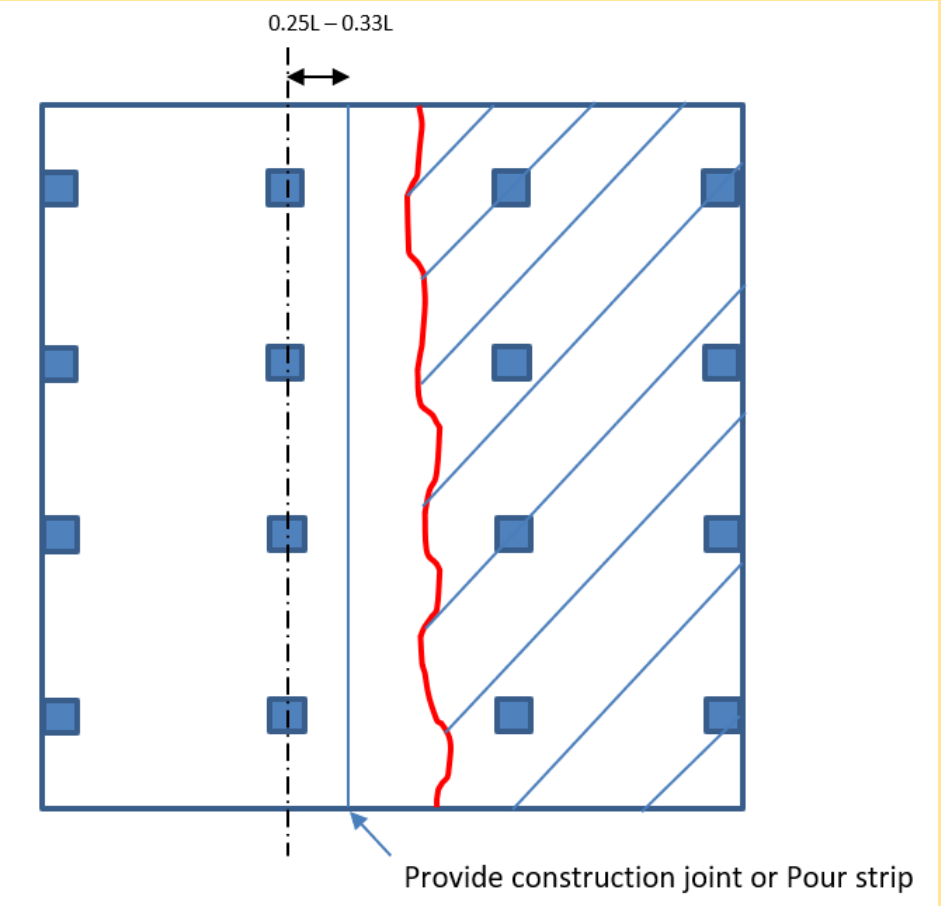
ผู้ตรวจสอบนั่งร้าน (inspector) คือ บุคคลที่มีหน้าที่ตรวจสอบการติดตั้ง การรื้อถอน และการบำรุงรักษานั่งร้าน ผู้ตรวจสอบนั่งร้านต้องมีคุณสมบัติดังนี้

(1) ผู้ตรวจสอบนั่งร้านภายหลังการติดตั้งตามข้อ 8.4 สำหรับนั่งร้านแบบโครงค้ำยันที่ใช้ในงานที่เข้าข่ายประเภทและขนาดของงานวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมต้องเป็นวิศวกรที่ผ่านการอบรมหลักสูตรที่เกี่ยวข้องกับนั่งร้านตามกฎหมายว่าด้วยความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน

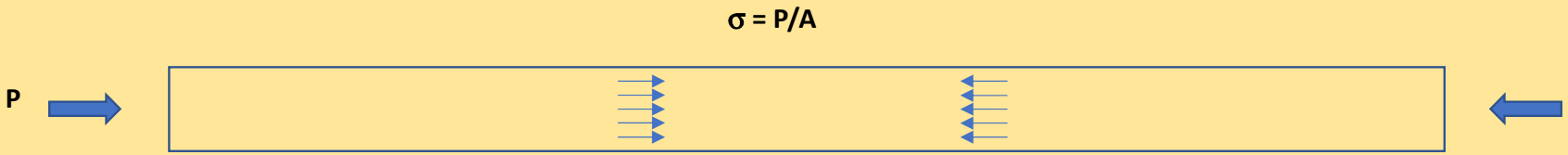
(2) ผู้ตรวจสอบนั่งร้านหลังการติดตั้งตามข้อ 8.4 สำหรับนั่งร้านสำหรับการทำงานและนั่งร้านประเภทอื่นที่ใช้ในงานที่ไม่เข้าข่ายประเภทและขนาดของงานวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ต้องจบการศึกษาไม่น้อยกว่าระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) และผ่านการอบรมหลักสูตรที่เกี่ยวข้องกับนั่งร้านตามกฎหมายว่าด้วยความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน

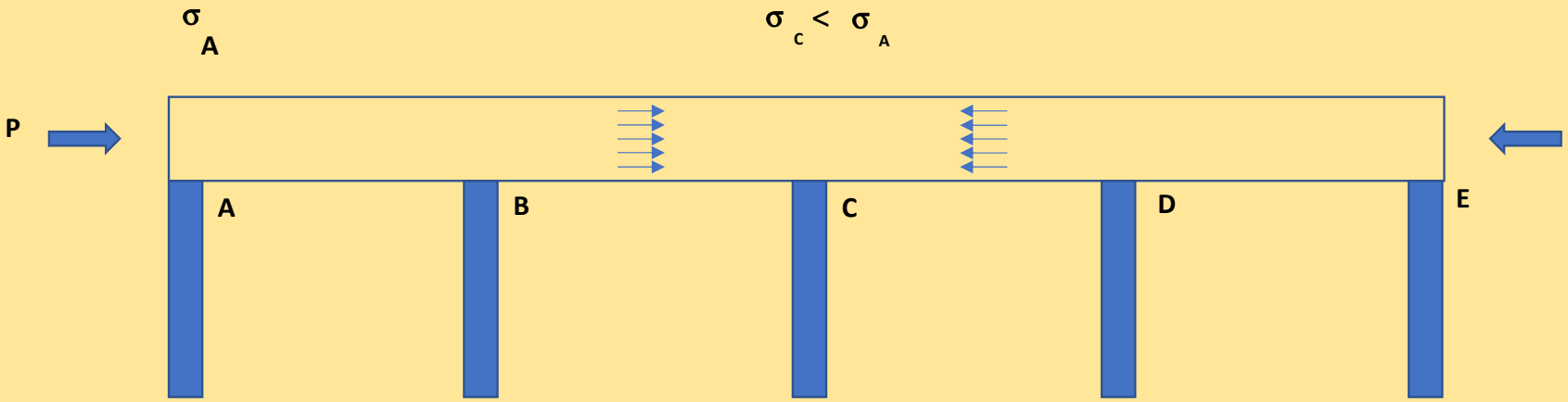
(3) ผู้ตรวจสอบความปลอดภัยในการใช้งานนั่งร้านตามข้อ 8.5 ต้องจบการศึกษาไม่น้อยกว่าระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) และผ่านการอบรมหลักสูตรที่เกี่ยวข้องกับนั่งร้านตามกฎหมายว่าด้วยความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน

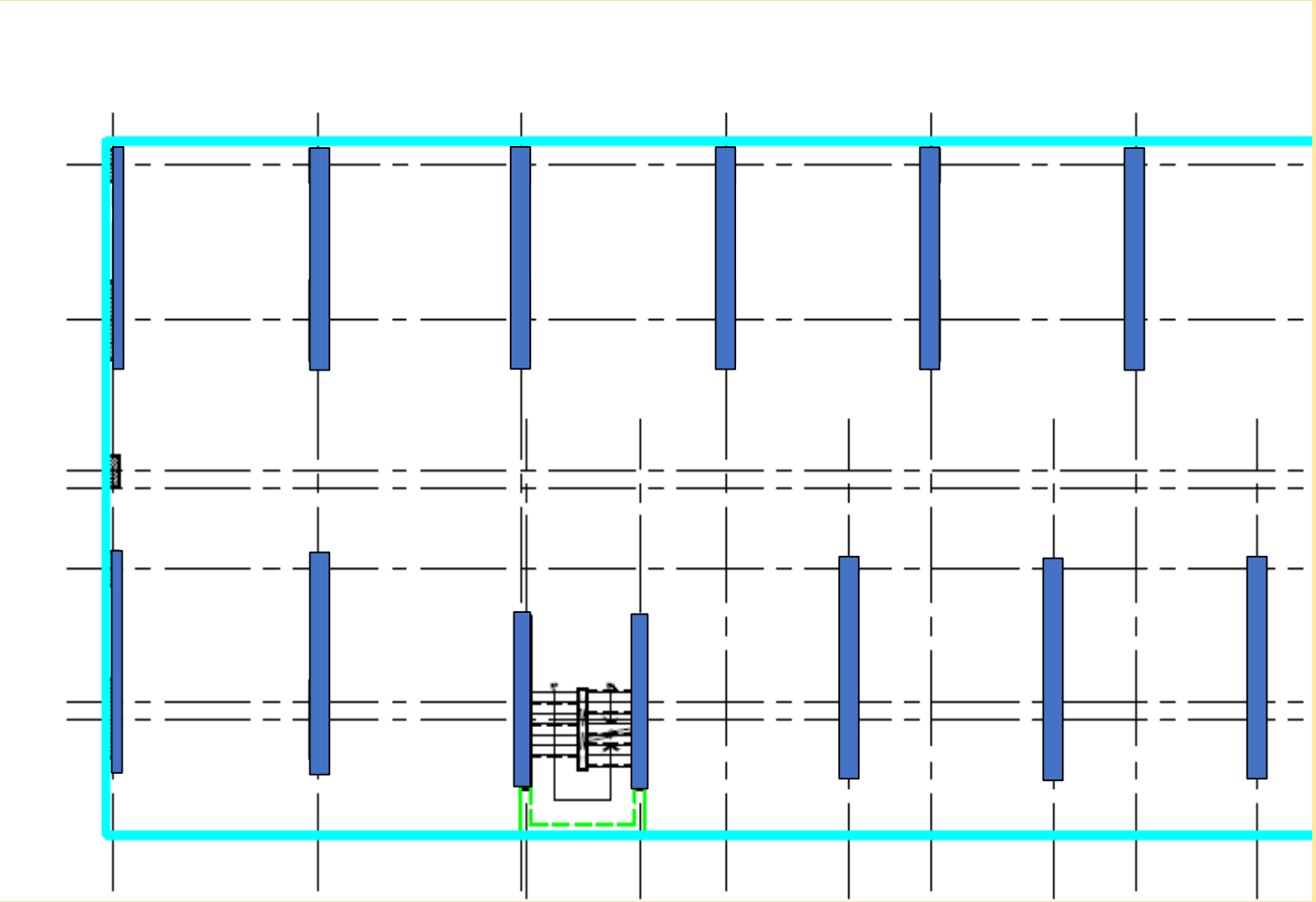
# 9. Other problems



## 9. Other problems

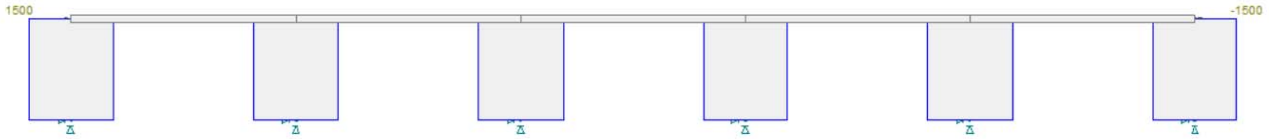

σ = P/A
P


σ A
σ C < σ A
P
A
B
C
D
E

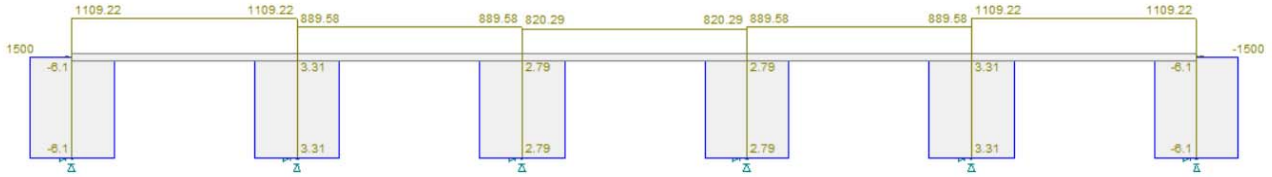


# 9. Other problems

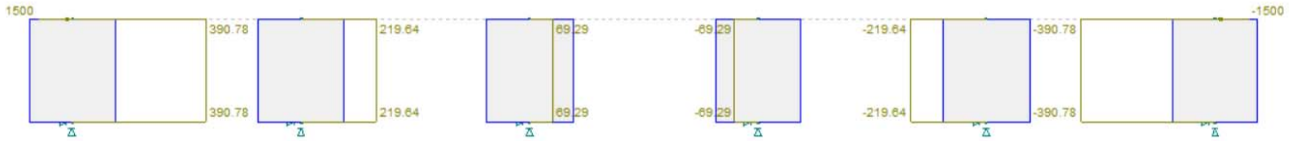
Restrain



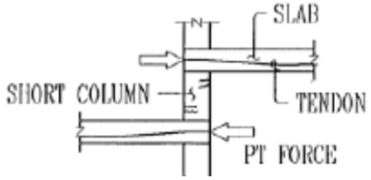

Axial forces in slab

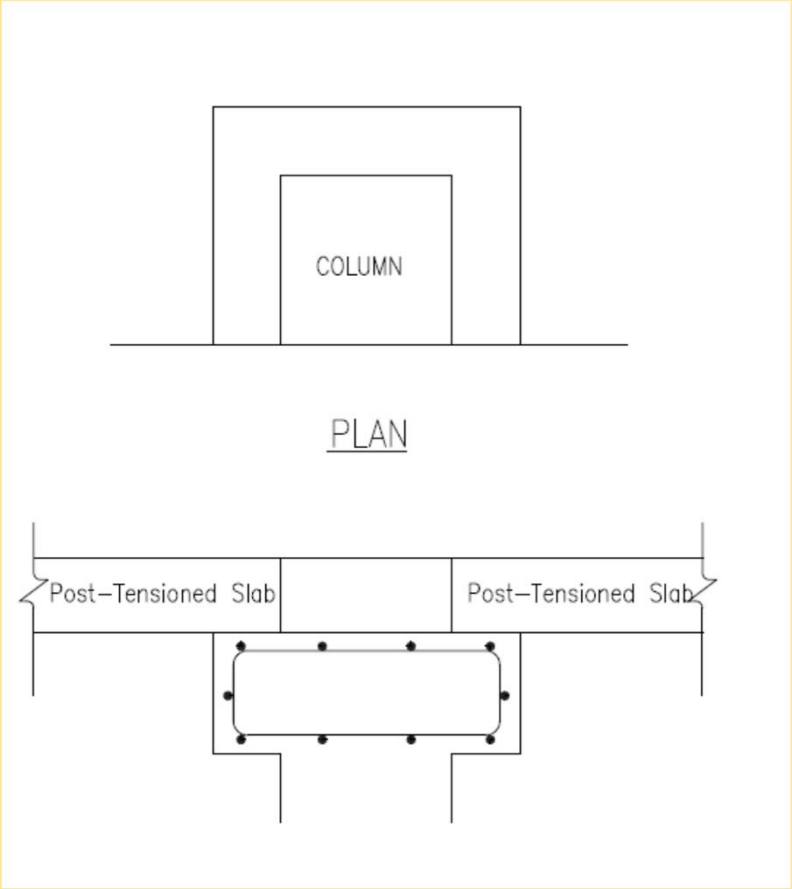


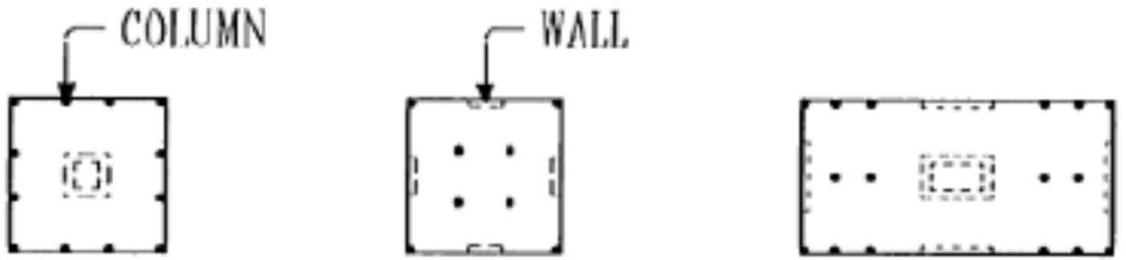

Shear in columns




Moment in columns




COLUMN
PLAN
Post–Tensioned Slab
Post–Tensioned Slab




(a) FAVORABLE ARRANGEMENT OF RESTRAINING WALLS

(b) UNFAVORABLE ARRANGEMENT OF RESTRAINING WALLS

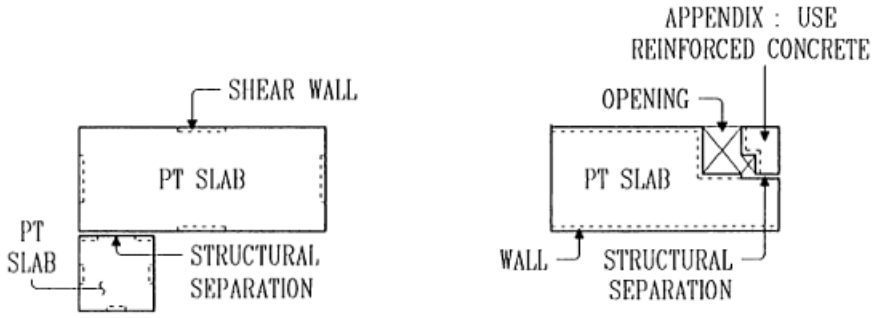



Fig. 2.2--(left) Separation between large areas forming an irregular shape, (right) separation between a large area and a small appendix

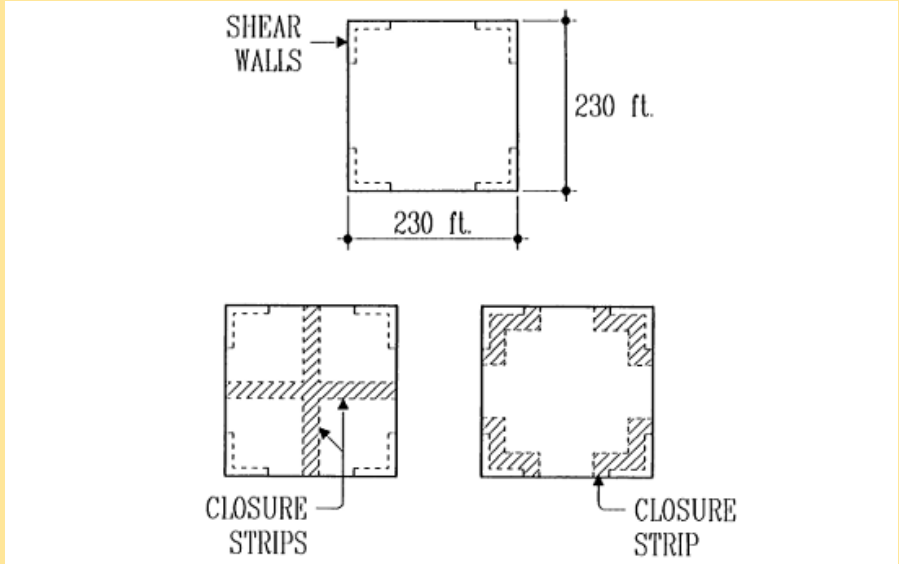
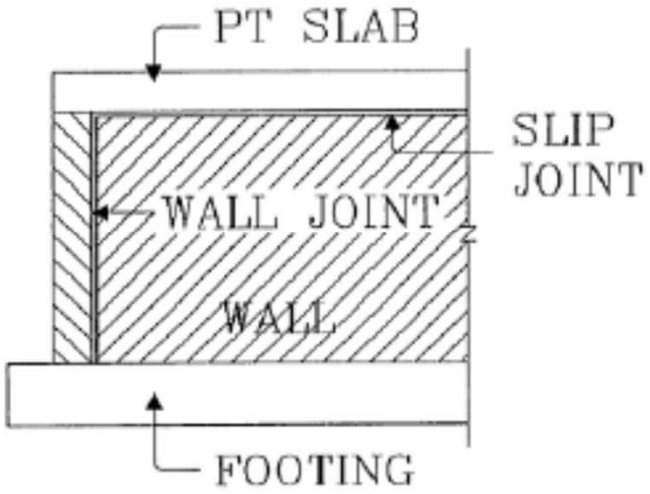
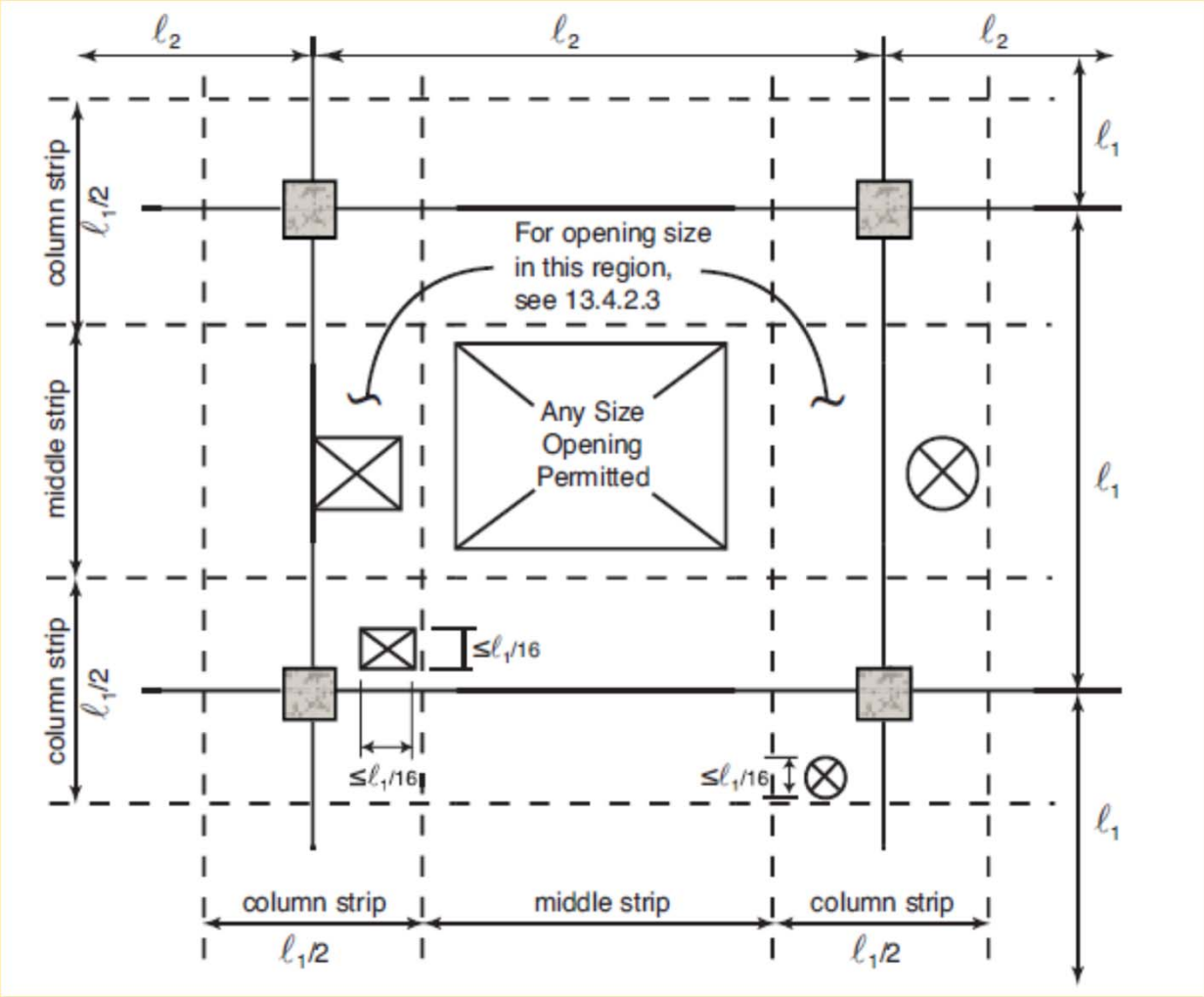


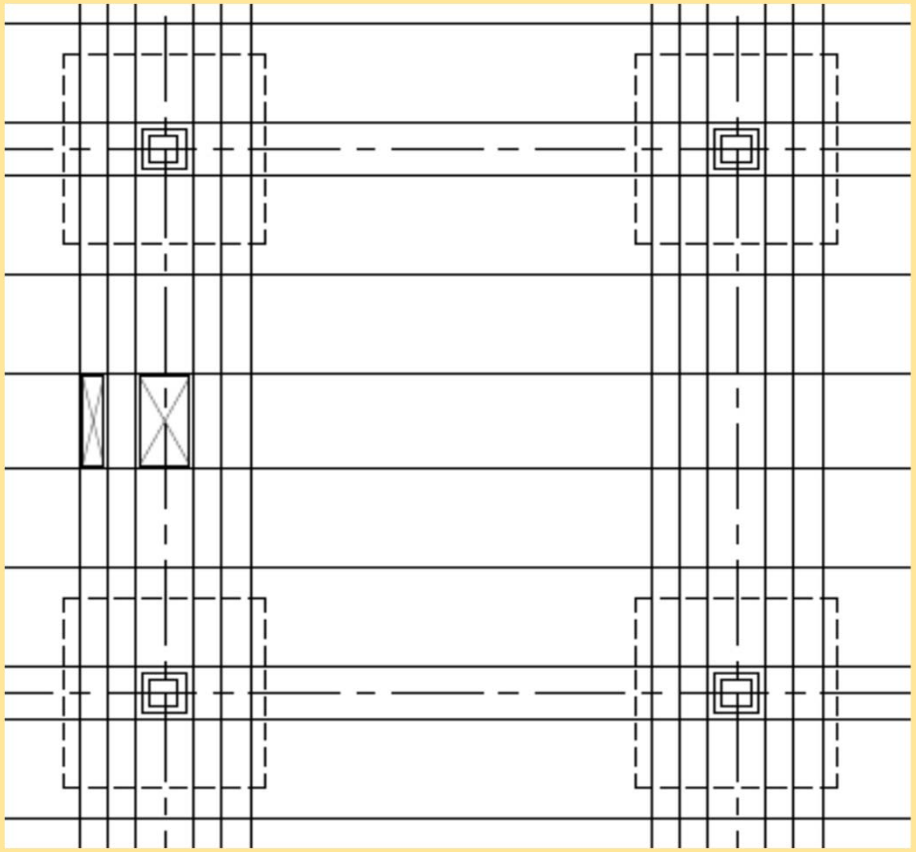

Fig. 2.11--(top) plan of slab with four corner shear walls, (bottom) alternative plans for placement of closure strips


PT SLAB
SLIP JOINT
WALL JOINT
WALL
FOOTING

# 9. Other problems


$\ell_2$
$\ell_2$
$\ell_2$
$\ell_1$
column strip
$\ell_1/2$
For opening size
in this region,
see 13.4.2.3
middle strip
Any Size
Opening
Permitted
$\ell_1$
column strip
$\ell_1/2$
$\leq \ell_1/16$
$\leq \ell_1/16$
$\leq \ell_1/16$
$\ell_1$
column strip
middle strip
column strip
$\ell_1/2$
$\ell_1/2$

$$\ell_1 < \ell_2$$



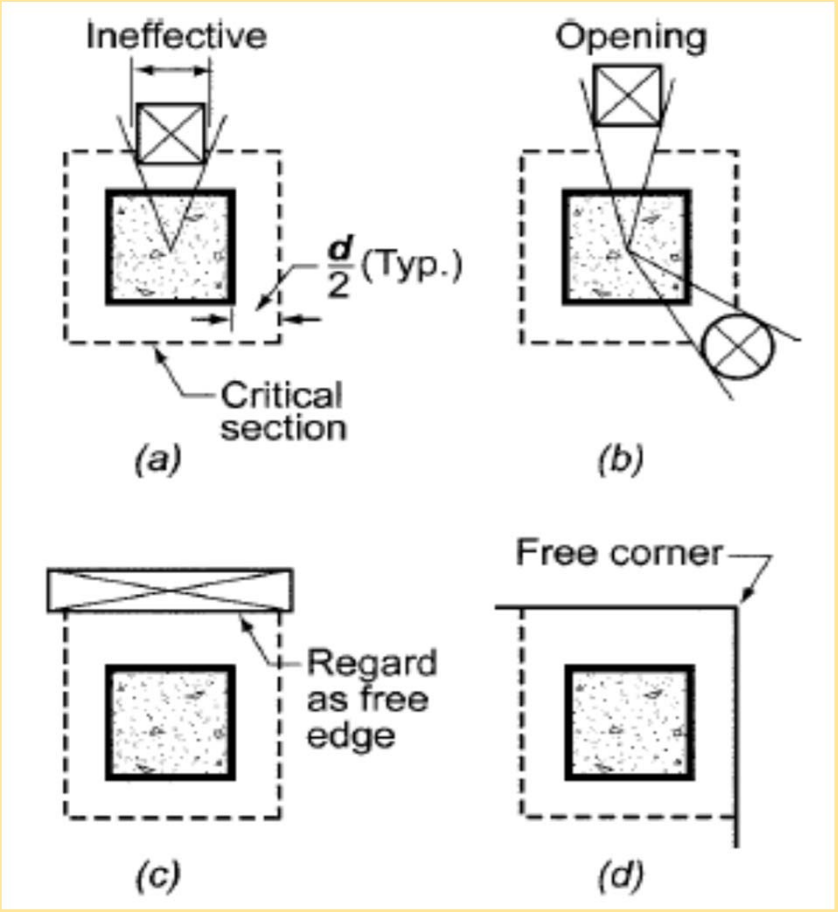
- *สำหรับบริเวณ Column strip ตัดกับ Middle strip ใน ACI318 หัวข้อ 13.4.2.3 กำหนดไว้ว่า เหล็กเสริมที่โดนช่องเปิดขวางจะต้องไม่เกิน ¼ ของปริมาณเหล็กเสริมทั้งหมดในแถบเสาหรือแถบกลางนั้นๆ (ACI 13.4.2.3) สำหรับพื้น post tension ในบริเวณนี้ การจัดระยะลวดอัดแรงในแนว Band direction จะเป็นตัวกำหนดขนาดของช่องเปิด แสดงดังรูปด้านล่าง ดังนั้นในบริเวณนี้ การออกแบบพื้น post tension จึงควรวิเคราะห์โดยคำนึงถึงผลของช่องเปิดด้วย*

*ระยะห่างระหว่างลวดแนว Band direction ประมาณ 40cm*

*ระยะห่างระหว่างลวดแนว Distribute direction ประมาณ 150cm*

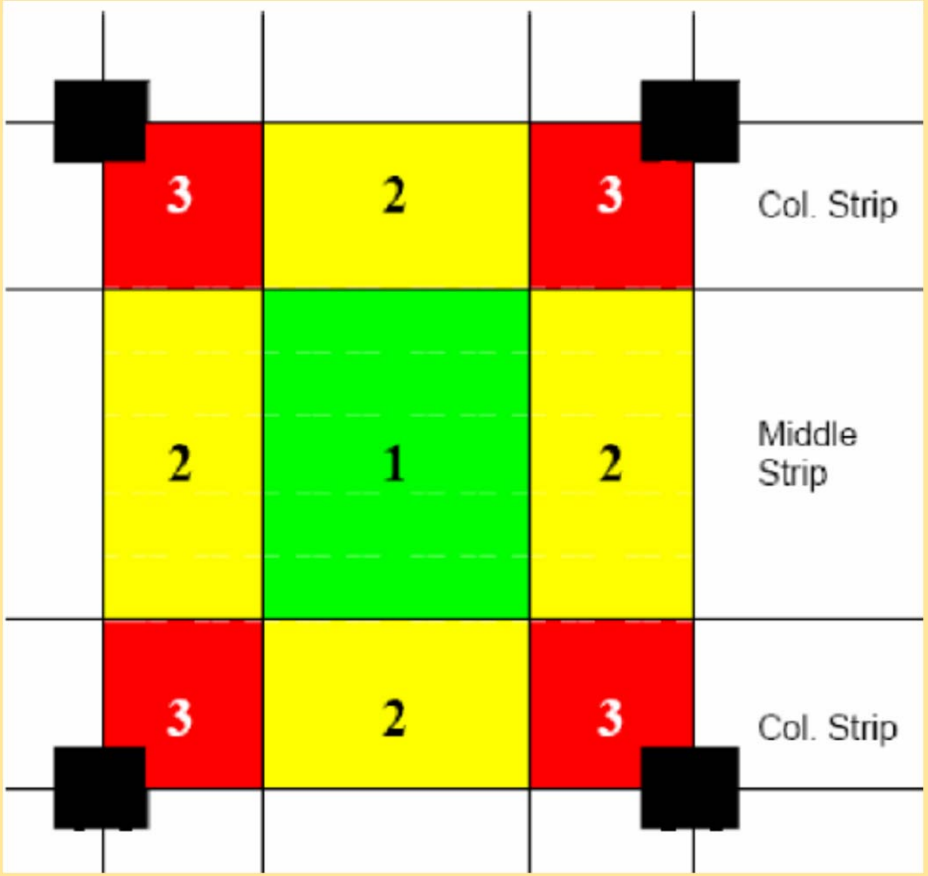
*ช่องเปิด A จะมีขนาดใหญ่สุดประมาณ 0.30x1.40m*

*ช่องเปิด B จะมีขนาดใหญ่สุดประมาณ ขนาดเสาx1.40m*

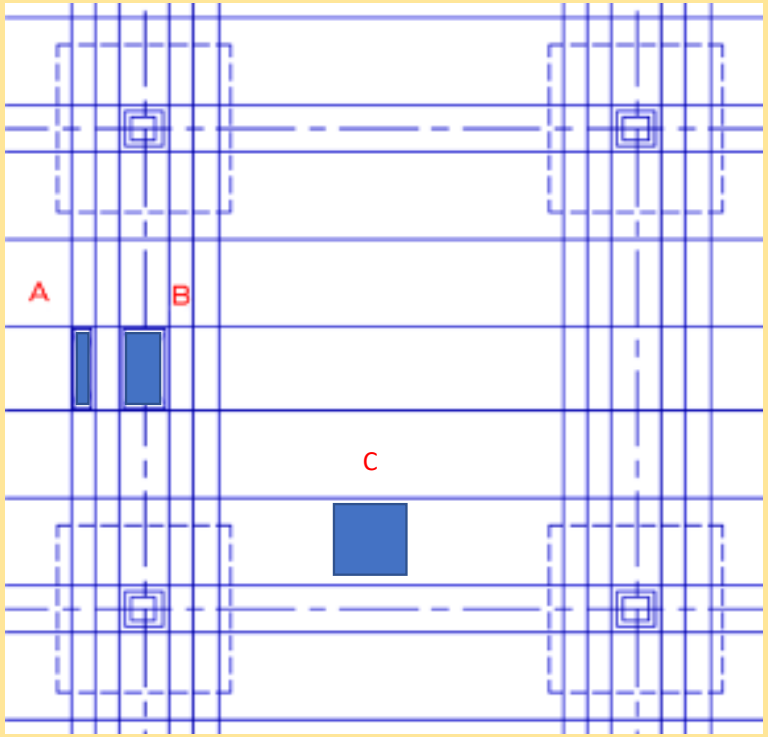


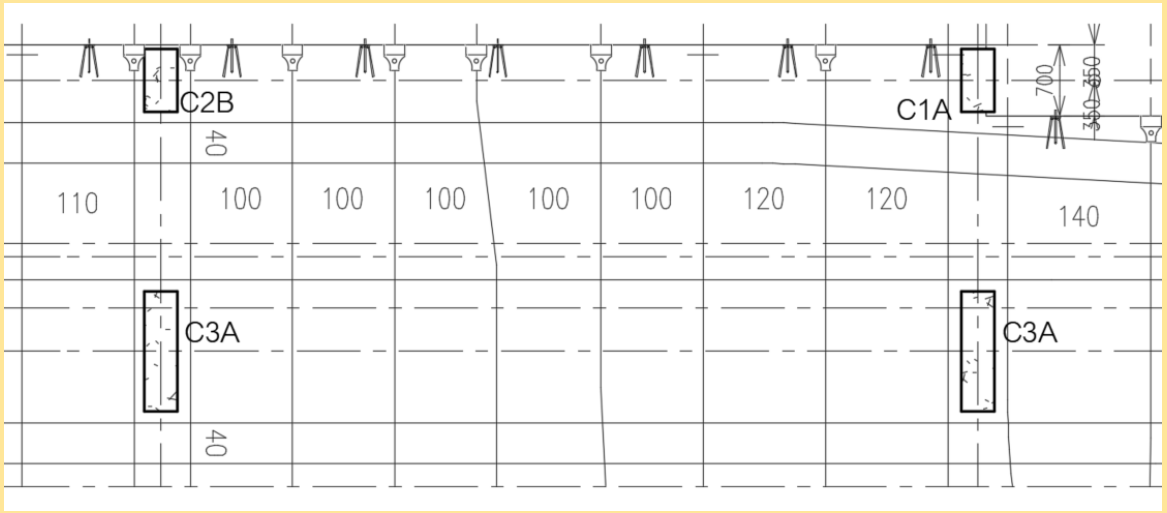

นอกจากนี้ ACI 13.4.2.4 ยังกำหนดให้ตรวจสอบกำลังรับแรงเฉือนในบริเวณที่มีช่องเปิด โดยช่องเปิดที่อยู่ในระยะน้อยกว่า 10 เท่าของความหนาพื้น (ACI 11.11.6) จะมีผลต่อการคิดระยะเส้นรอบรูปของหน้าตัดวิกฤติ,$b_o$ แสดงดังรูป

โดยทั่วไปจะเลือกเจาะช่องเปิดในตำแหน่งที่ส่งผลกระทบกับพื้นน้อยที่สุด
และที่สำคัญจะพยายามไม่ให้ตัดลวดอัดแรงขาด



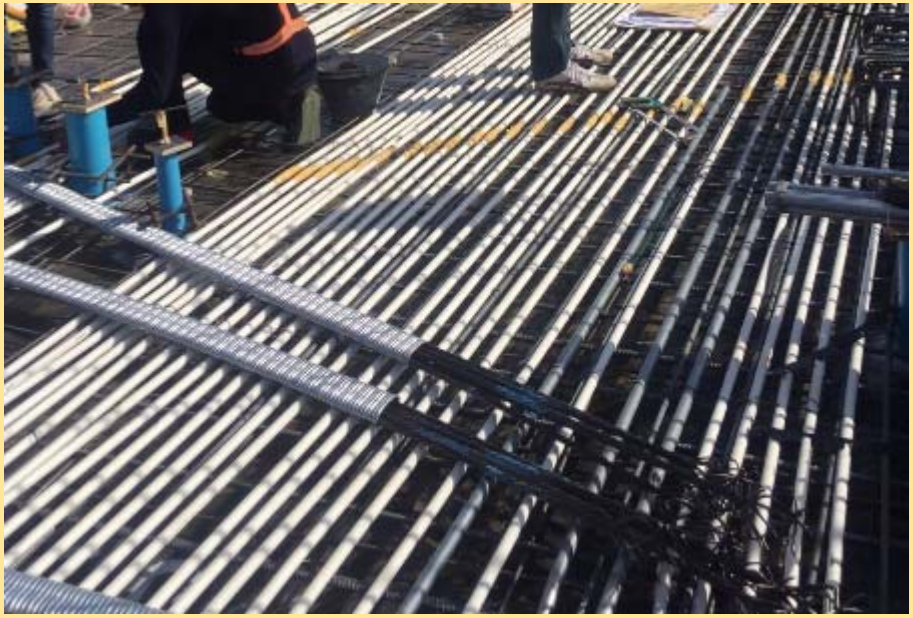
# 9. Other problems



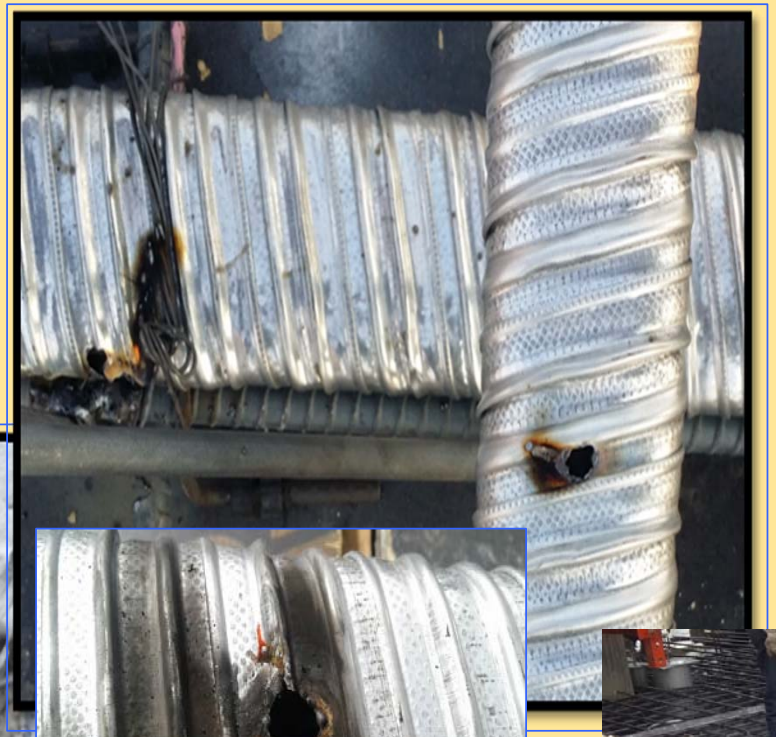



# 9. Other problems

ท่องานระบบฝังในพื้น **Post tension** ทำให้สูญเสียกำลัง



# 9. Other problems



# THANK YOU
# FOR YOUR ATTENTION