วย.331 การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก

Reinforced Concrete Design

รองศาสตราจารย์ ดร.สายันต์ ศิริมนตรี

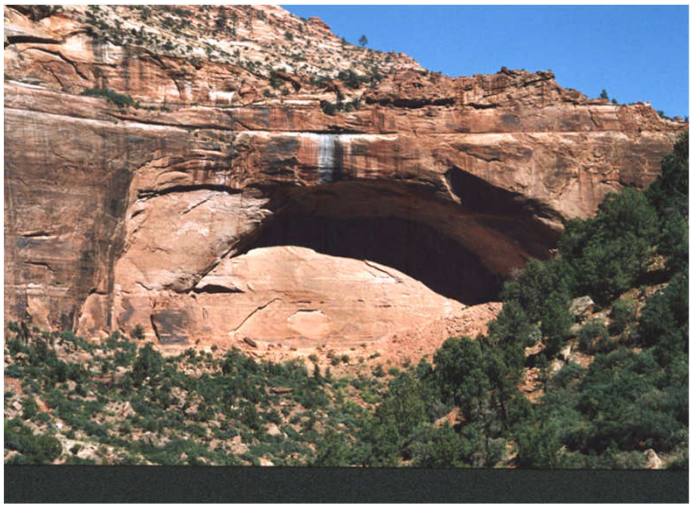
วย.1504

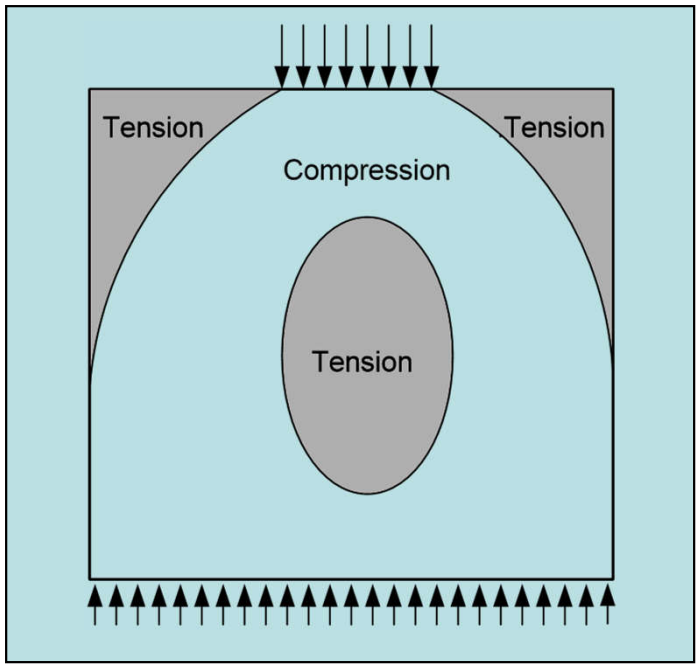
ทำไมต้องคอนกรีตเสริมเหล็ก(ข้อดี)

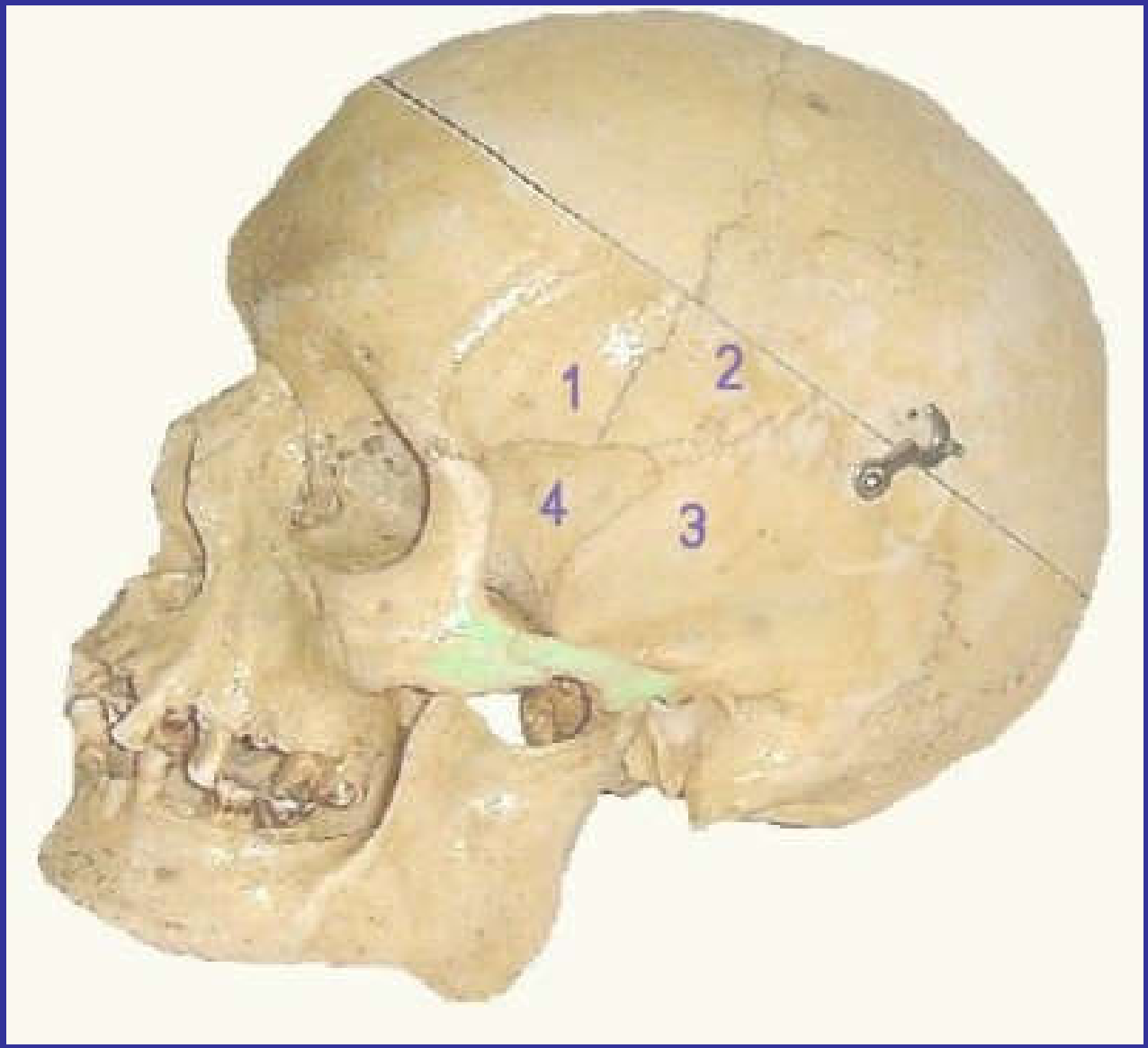
- ราคาถูก และ หาวัสดุ ได้ง่าย
- หล่อให้เป็นรูปทรงอย่างที่ต้องการได้
- ทนทานต่อสภาพดินฟ้า อากาศ ได้ดี
- ไม่ต้องใช้ เทคโนโลยี ในการก่อสร้างมาก
- ได้ใช้ความสามารถของวัสดุ อย่างเต็มที่(คอนกรีตรับแรงอัดได้ดี แต่รับแรงดึงได้ต่ำมาก เหล็กรับแรงดึงและแรงอัดได้ดี)

ข้อเสียของคอนกรีตเสริมเหล็ก

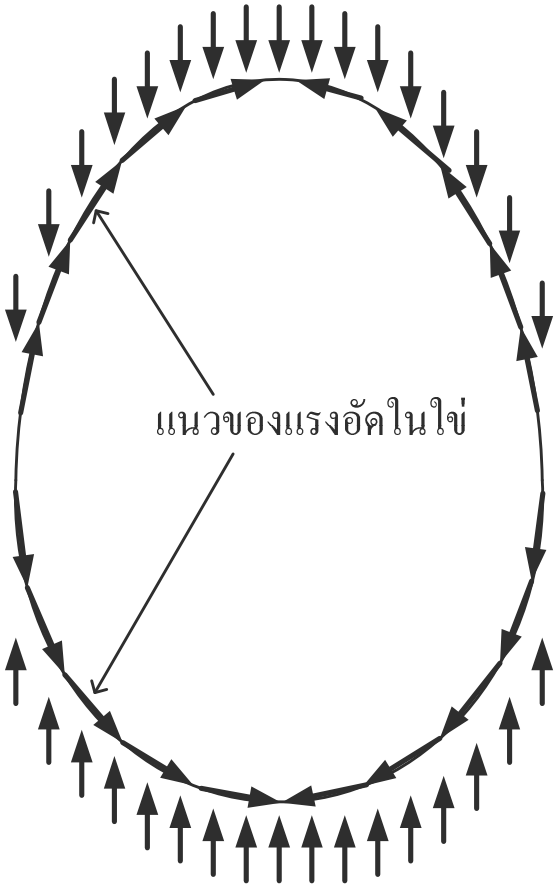
- เสียงดัง ฝุ่น
- ก่อสร้างได้ช้า ต้องรอให้คอนกรีตได้อายุ (แก้โดยใช้ชิ้นส่วนหล่อสำเร็จ พื้นไร้คาน)
- ในบริเวณที่มีแผ่นดินไหว ต้องออกแบบให้มีความเหนียวเพียงพอ
- ไม่เหมาะกับโครงสร้างช่วงยาวมาก เช่นคานสะพาน จะทำให้เกิดการแอ่นตัวมากเกินไป เนื่องจากมีการแตกร้าวในขณะใช้งาน (ต้องใช้คอนกรีตอัดแรง หรือโครงสร้างเหล็ก บางครั้งอาจต้องมีลวดขึง หรือแขวนร่วมด้วย




Tension
Tension
Compression
Tension

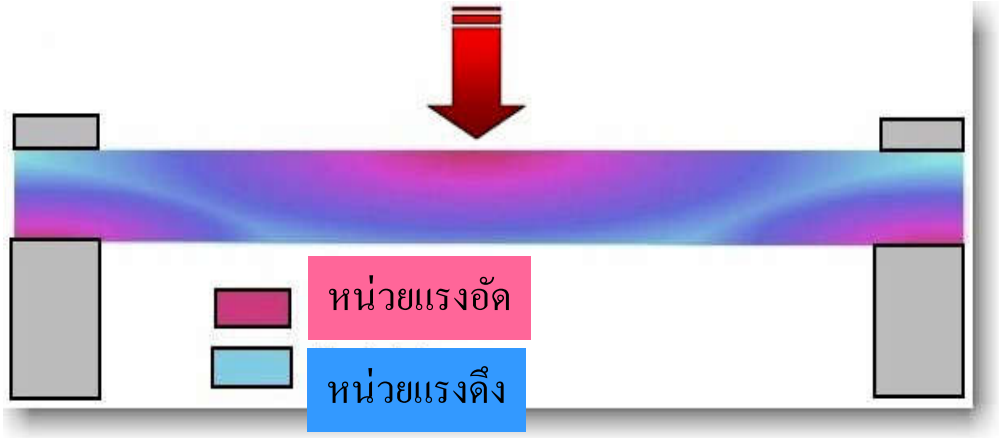

1
2
4
3

ISUZU
ปข 8085

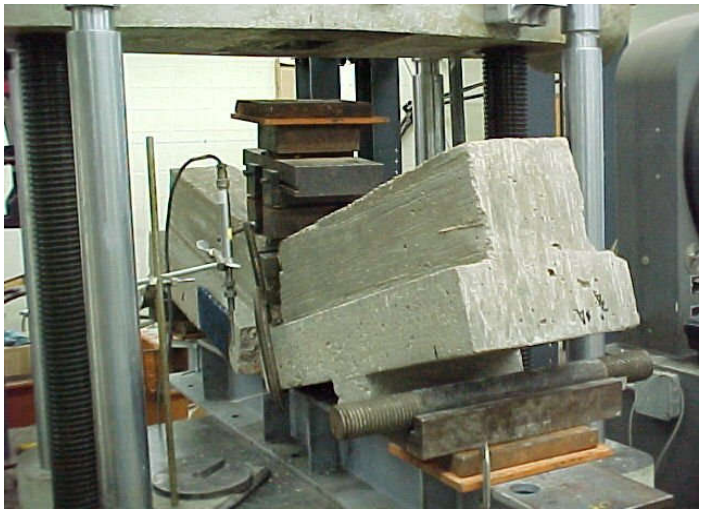

แนวของแรงอัดในใบ่

โครงสร้างในสมัยโบราณใช้หินเป็น
โครงสร้างจึงต้องออกแบบให้เกิดหน่วย
แรงอัดทั้งหมด

คานหินที่มนุษย์สร้างขึ้น



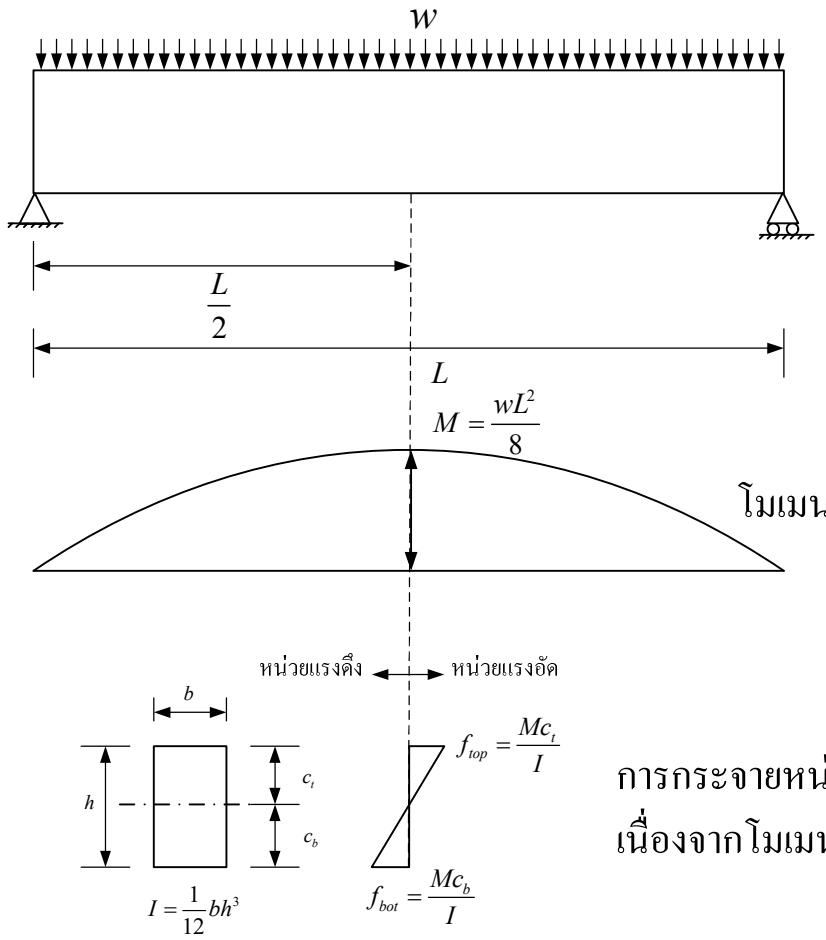
การกระจายหน่วยแรงดึงและหน่วยแรงอัด



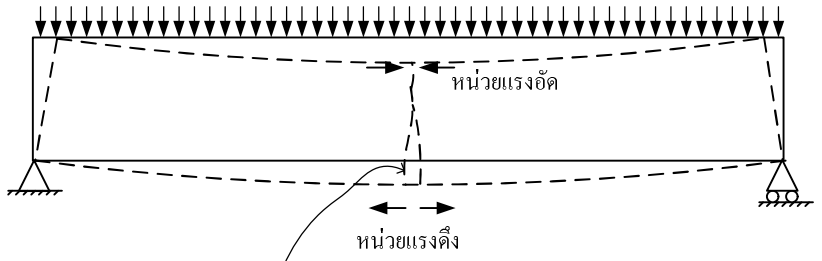
คานคอนกรีตล้วน

คานหินในสมัยโบราณช่วงคานต้องไม่ยาวเกินไปทำให้เกิดโมเมนต์ดัดสูง หน่วยแรงดึงสูง จนเกิดการแตกหักได้

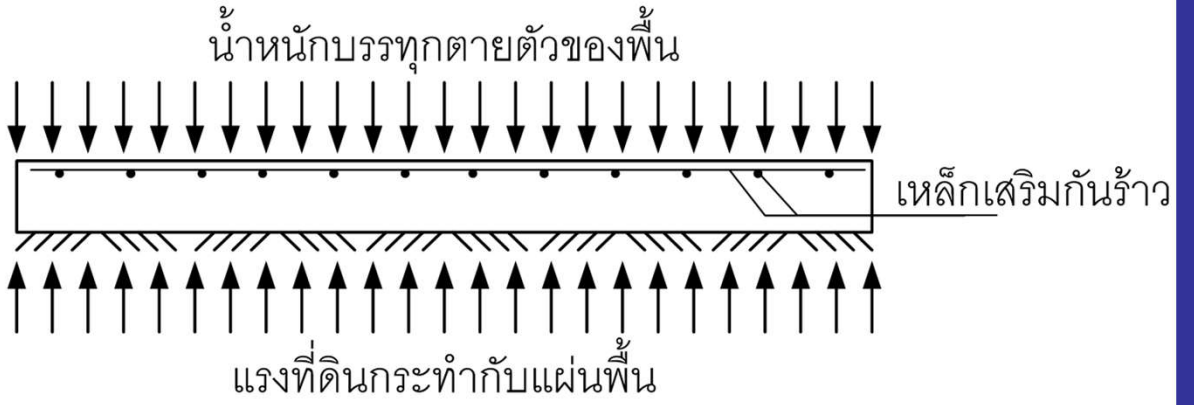
คานคอนกรีตที่ไม่มีการเสริมเหล็กเมื่อหน่วยแรงดึงที่ผิวล่างคานเกินกว่าหน่วยแรงดึงที่ยอมให้จะเกิดการวิบัติแบบทันทีทันใด

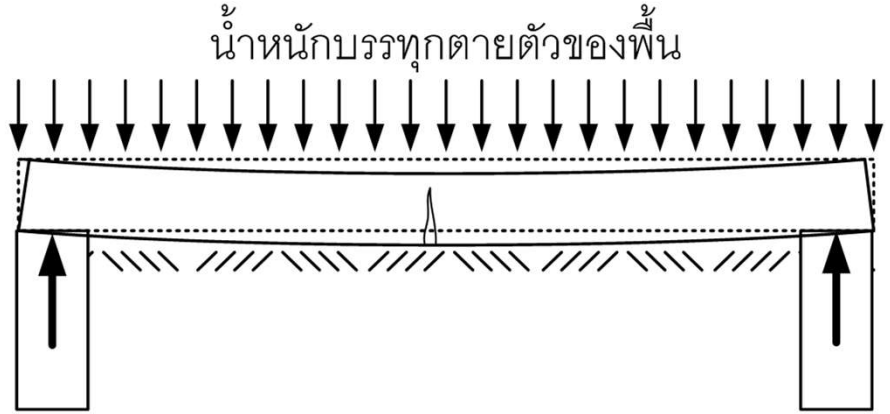


การกระจายหน่วยแรงบนหน้าตัดคานเนื่องจากโมเมนต์ดัด



การแตกร้าวของคานเมื่อหน่วยแรงดึงเกินกว่ากำลังรับแรงดึงของวัสดุเปราะทำให้คานหักกลางได้เมื่อรอยร้าวแผ่ขยายไปยังส่วนที่รับแรงอัด

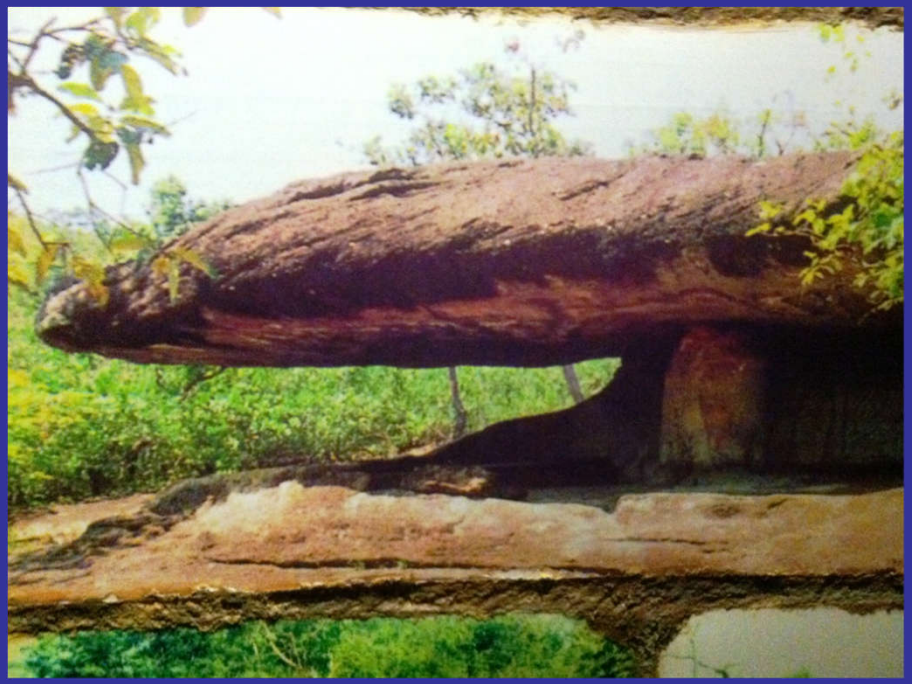


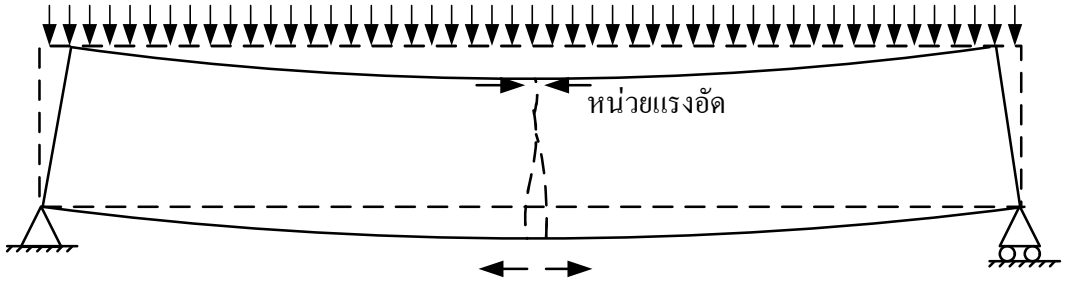


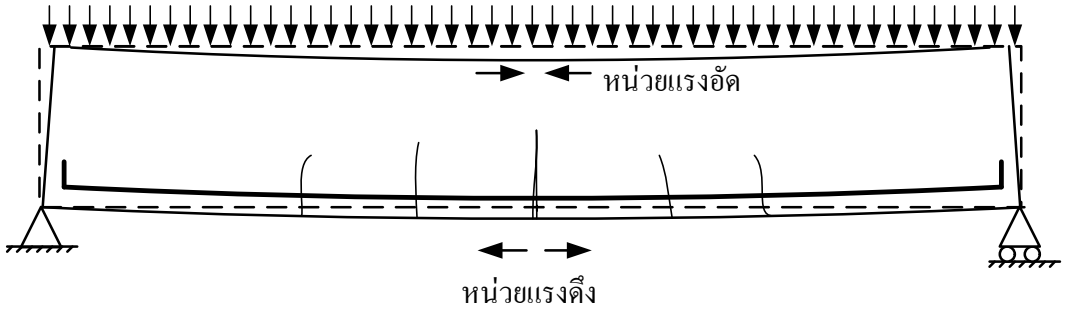
พื้นทางเชื่อมอาคารต้องการให้เป็นพื้นวางบนดิน(Slab on ground) แต่ปลายพื้นไปวางบนคานคอดิน(Ground beam) ทำให้กลายเป็นพื้นวางบนคาน (Slab on beam)

โมเมนต์ดัดทำให้เกิดหน่วย
แรงดึงที่ผิวบนแต่ยังไม่เกิน
กว่ากำลังรับแรงดึงของหิน
V
M

โมเมนต์ดัดทำให้เกิดหน่วยแรงดึงที่ผิวบนของคานหินเกินกว่ากำลังรับแรงดึงของหินจึงแตกหัก



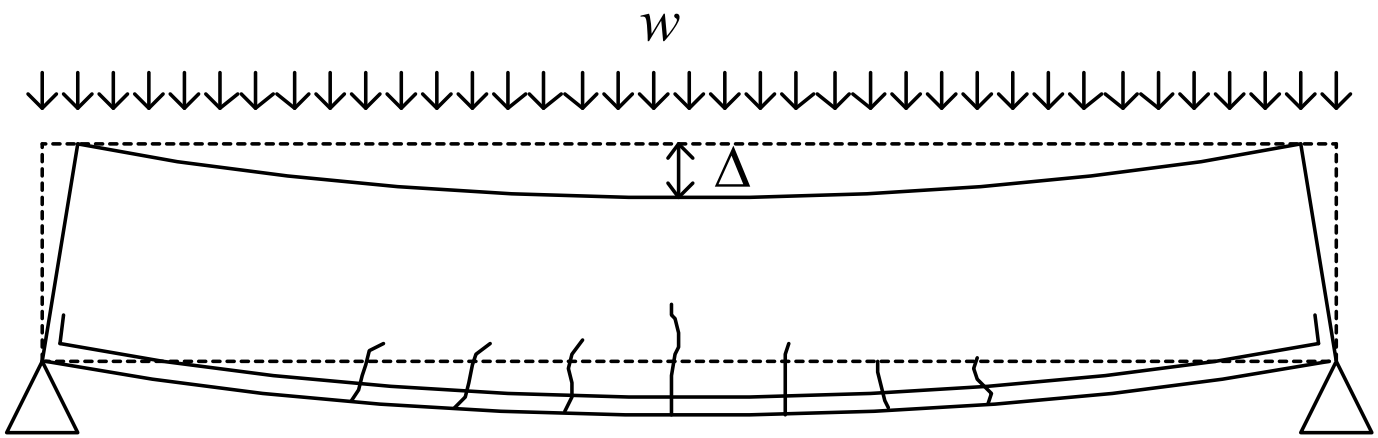




เหล็กเสริมทำหน้าที่รับแรงดึงแทนคอนกรีตเมื่อหน่วยแรงดึงในคอนกรีตเกินกว่ากำลังรับแรงดึงทำให้คานรับน้ำหนักบรรทุกได้เพิ่มขึ้น

การแอ่นตัวลดลงรอยร้าวมีลักษณะกระจายมีความกว้างของรอยร้าวน้อยมากจนไม่สามารถมองเห็นได้ชัด

ขณะที่คานรับน้ำหนักบรรทุกใช้งาน(Working Load) ถ้ามีการเสริมเหล็ก เหล็กเสริมจะทำหน้าที่รับแรงดึงแทนคอนกรีตส่วนที่ต่ำกว่าแกนสะเทินทำให้รอยร้าวมีขนาดเล็กลงจนมองเห็นได้ยากและมีการกระจายมากขึ้น



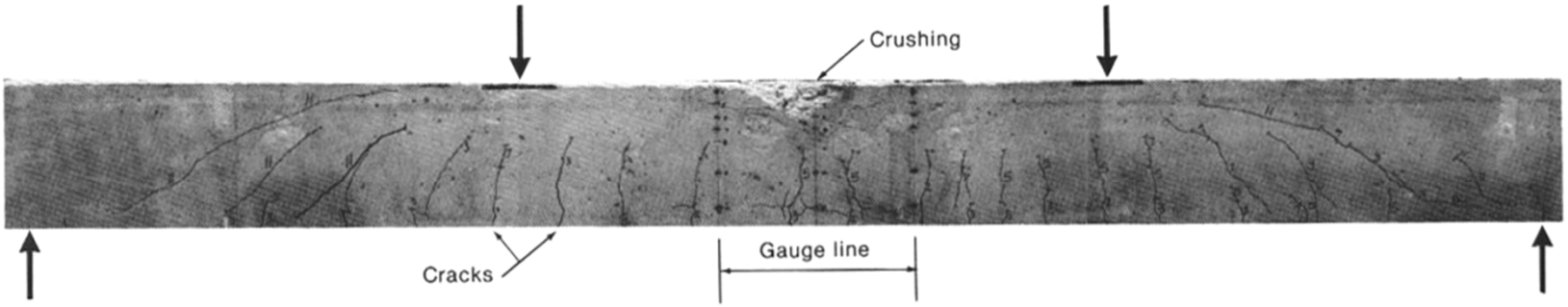
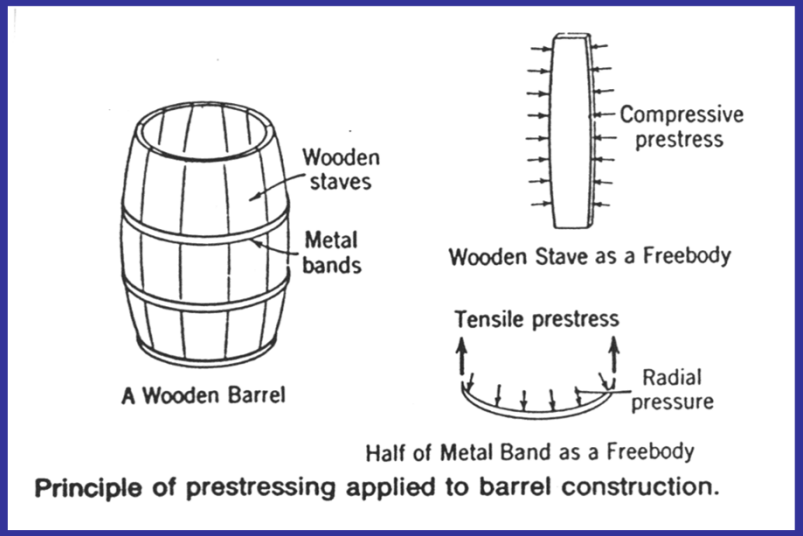


Fig. 4-6
Test beam after failure.

การวิบัติของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่สภาวะประลัย(Ultimate)

คอนกรีตอัดแรง (PRESTRESSED CONCRETE)

เป็นการเสริมกำลังให้กับคอนกรีตเหมือนกันกับ RC แต่มีการดึงเหล็กเสริมเพื่ออัดแรงในคอนกรีต
ลดการแตกร้าวเนื่องจากโมเมนต์ดัดในระหว่างการใช้งานทำให้การแอ่นตัวน้อยลง จึงเหมาะกับคานที่มีช่วงคานยาว



Principle of prestressing applied to barrel construction.

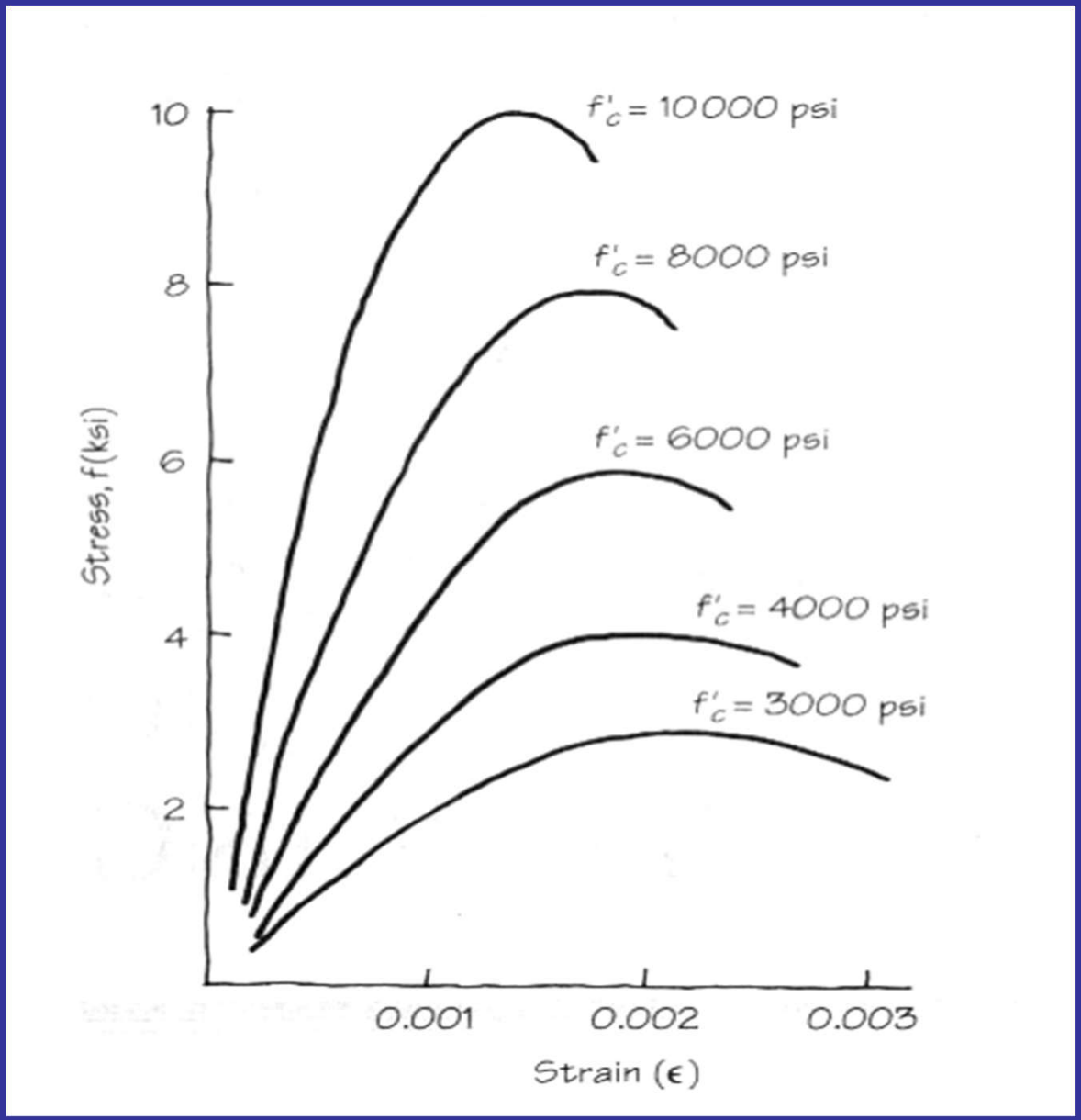
CONCRETE COMPRESSION TEST

การออกแบบตามมาตรฐาน วสท. ACI จะอ้างอิงกำลังอัดจากผลทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอก

มาตรฐานอังกฤษและยุโรปจะอ้างอิงผลทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปลูกบาศก์

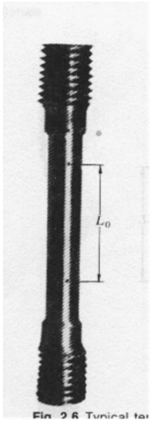
กำลังอัดของแท่งคอนกรีตทรงกระบอกจะประมาณ 80% ของกำลังอัดแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปลูกบาศก์

TYPICAL STRESS& STRAIN RELATION OF CONCRETE



คอนกรีตเป็นวัสดุที่มีรูพรุนค่า Modulus of Elasticity จะมีค่ามากขึ้นเมื่อกำลังอัดสูงขึ้น (วัดได้จากความชันของเส้นแสดงหน่วยแรงกับความเครียดในช่วงยืดหยุ่น)

การคืบตัวของคอนกรีตที่มีกำลังอัดต่ำจะสูงขึ้น ทำให้การหดตัวตามเวลามีค่ามากขึ้น



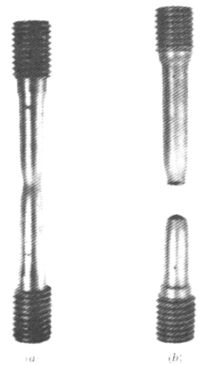
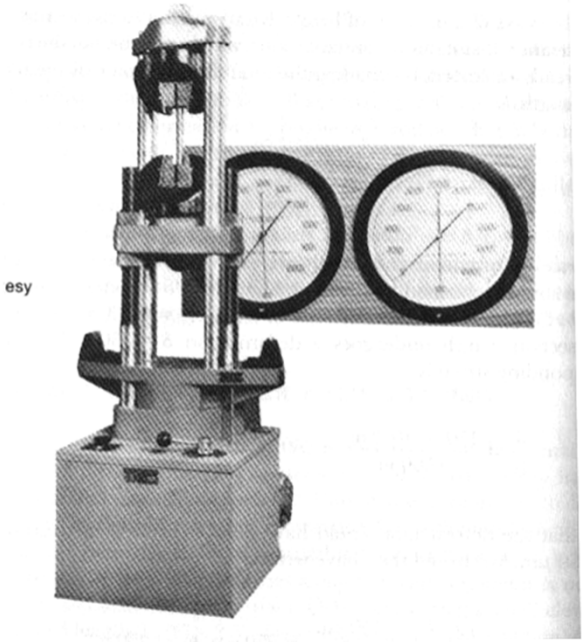


Fig. 2.10



esy

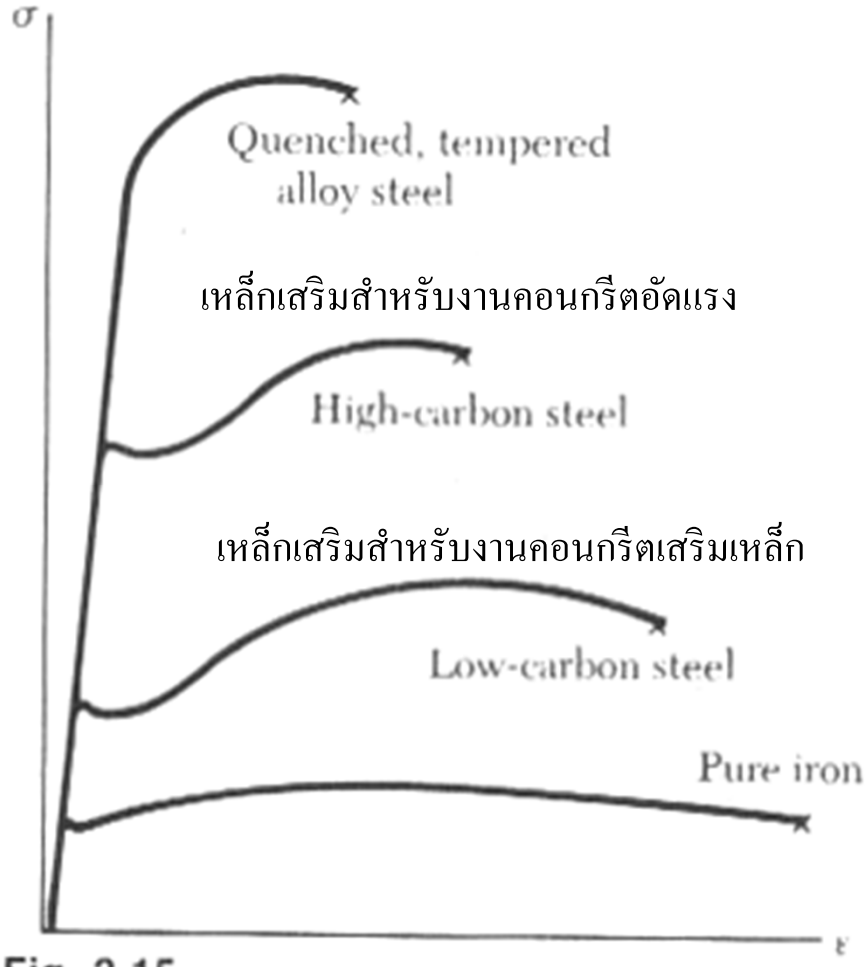


Fig. 2.15

เหล็กที่ไม่มี Carbon เลย Yield strength ต่ำแต่ความเหนียวมาก ไม่เหมาะในการนำมาใช้กับโครงสร้าง

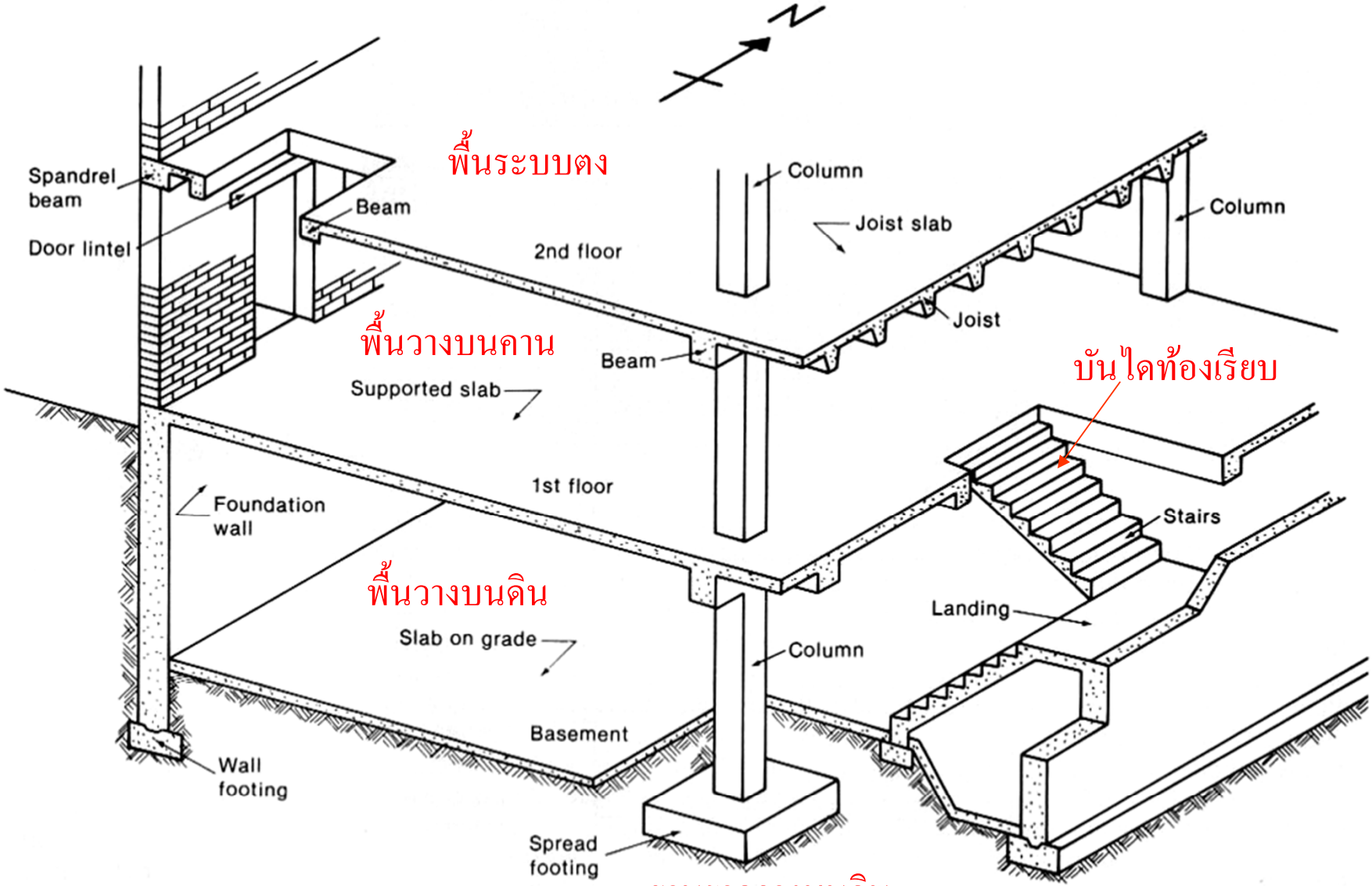
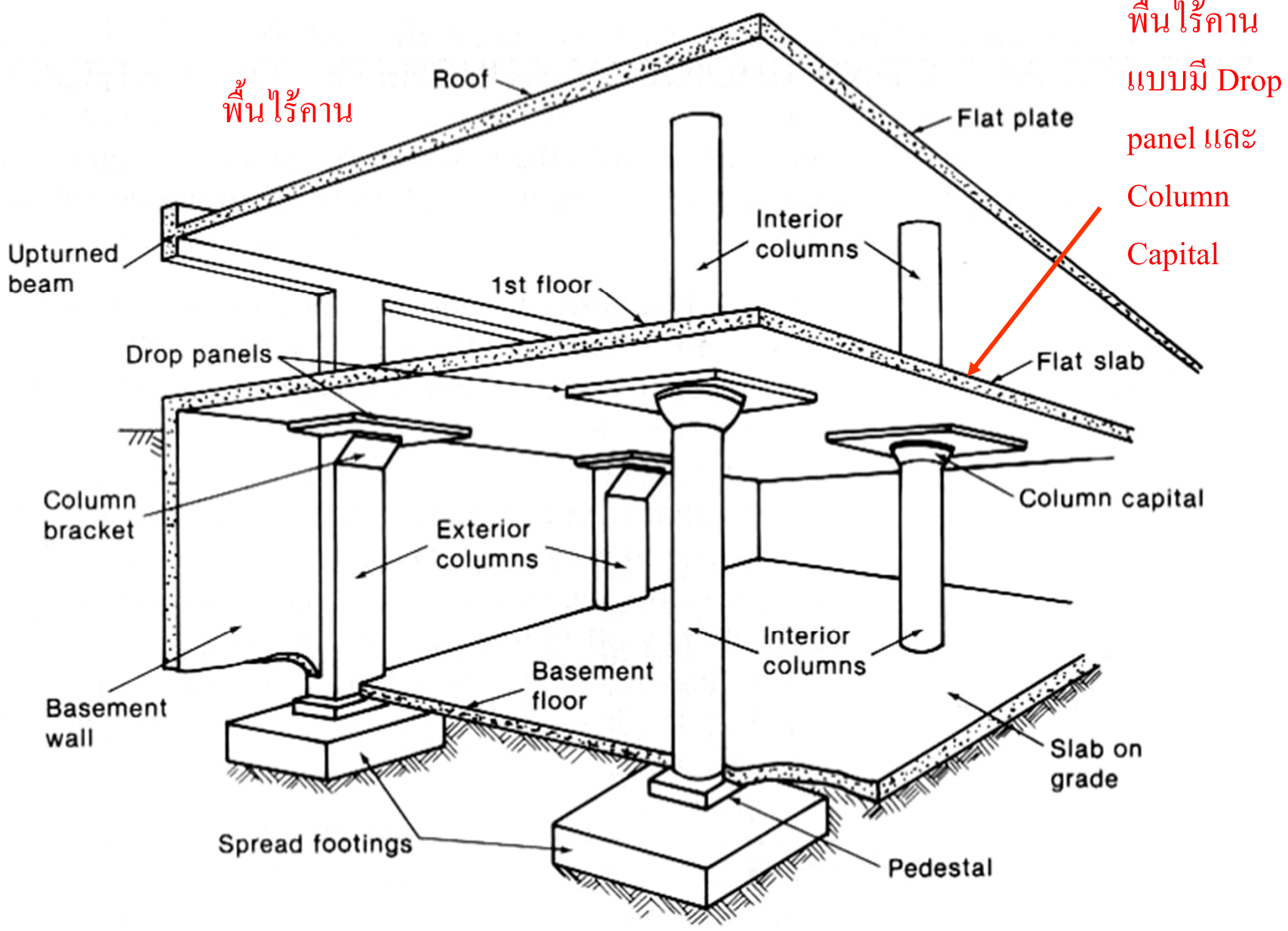
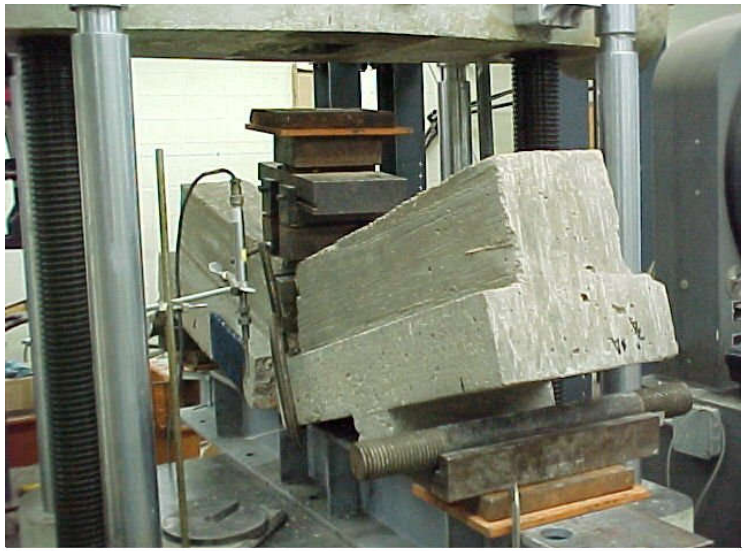


Fig. 1-4
Reinforced concrete building elements. (Adapted from Ref. 1-2.)


พื้นไร้คาน
Roof
Flat plate
พื้นไร้คาน
แบบมี Drop
panel และ
Column
Capital
Upturned
beam
Interior
columns
1st floor
Drop panels
Flat slab
Column
bracket
Column capital
Exterior
columns
Interior
columns
Basement
floor
Basement
wall
Slab on
grade
Spread footings
Pedestal

)

การวิบัติของคานคอนกรีตเนื่องจากโมเมนต์ดัด



คานคอนกรีตล้วน

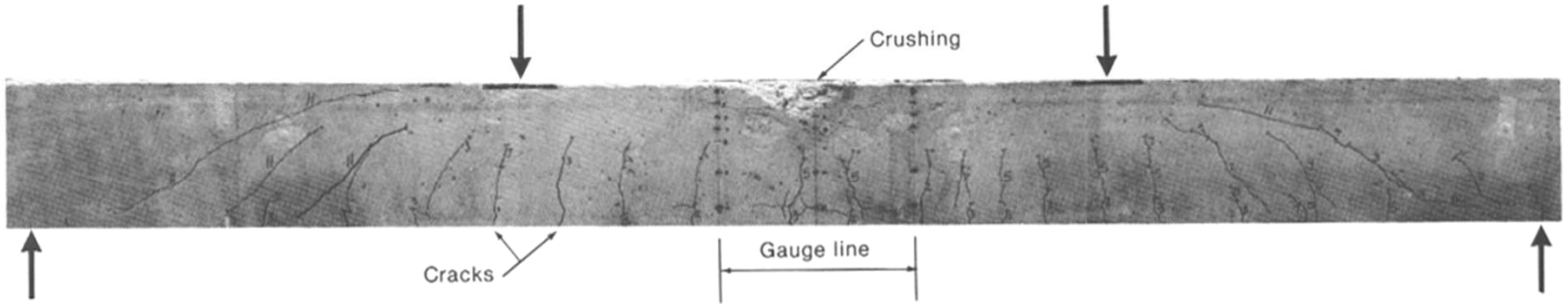
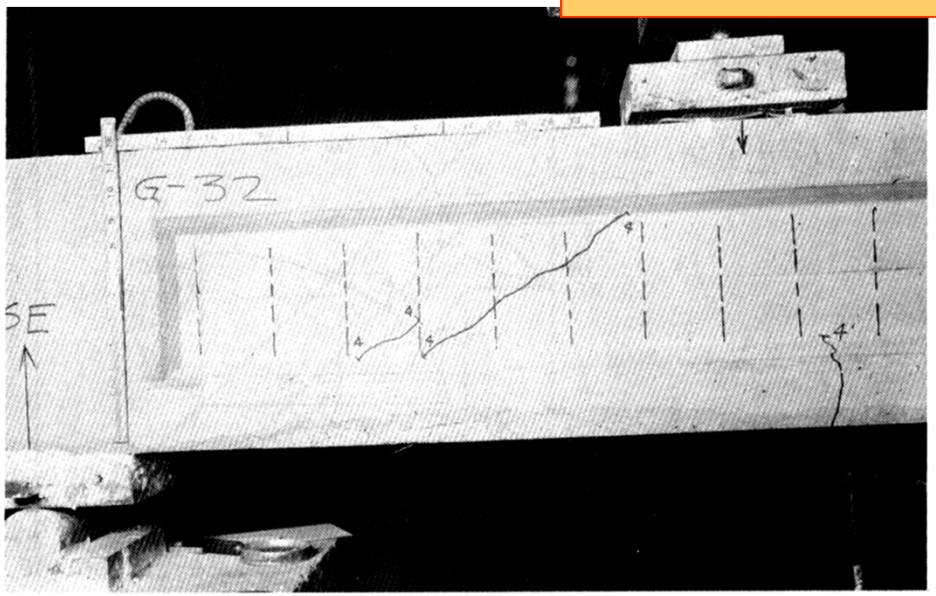


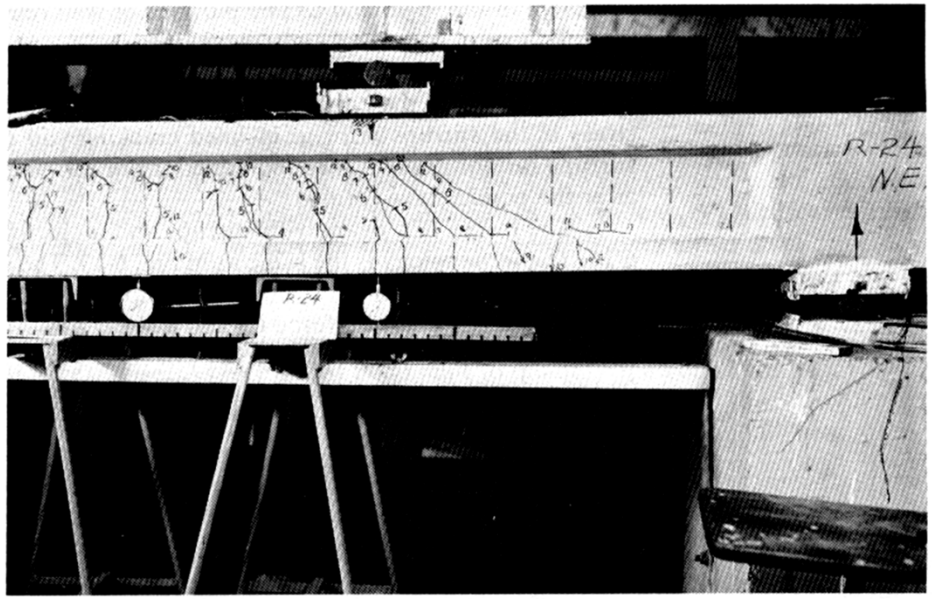
Fig. 4-6
Test beam after failure.

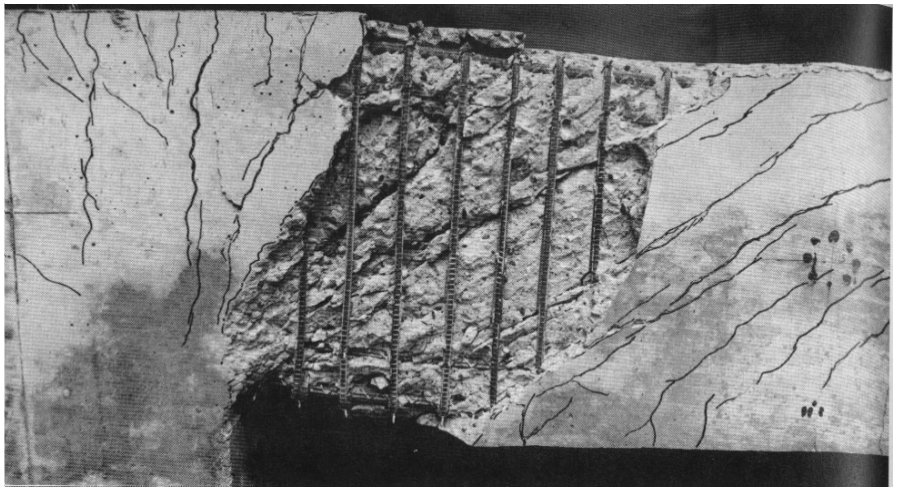
คานคอนกรีตเสริมเหล็ก

การวิบัติของคานเนื่องจากแรงเฉือน



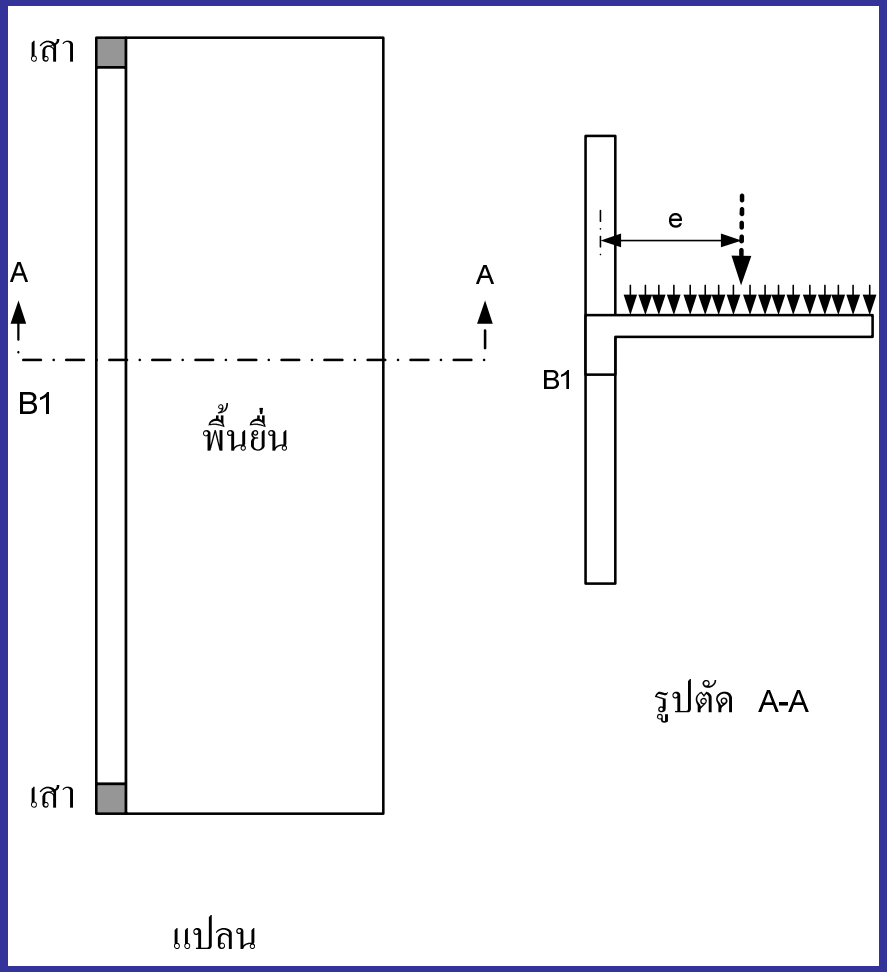
(a) Web-shear crack.

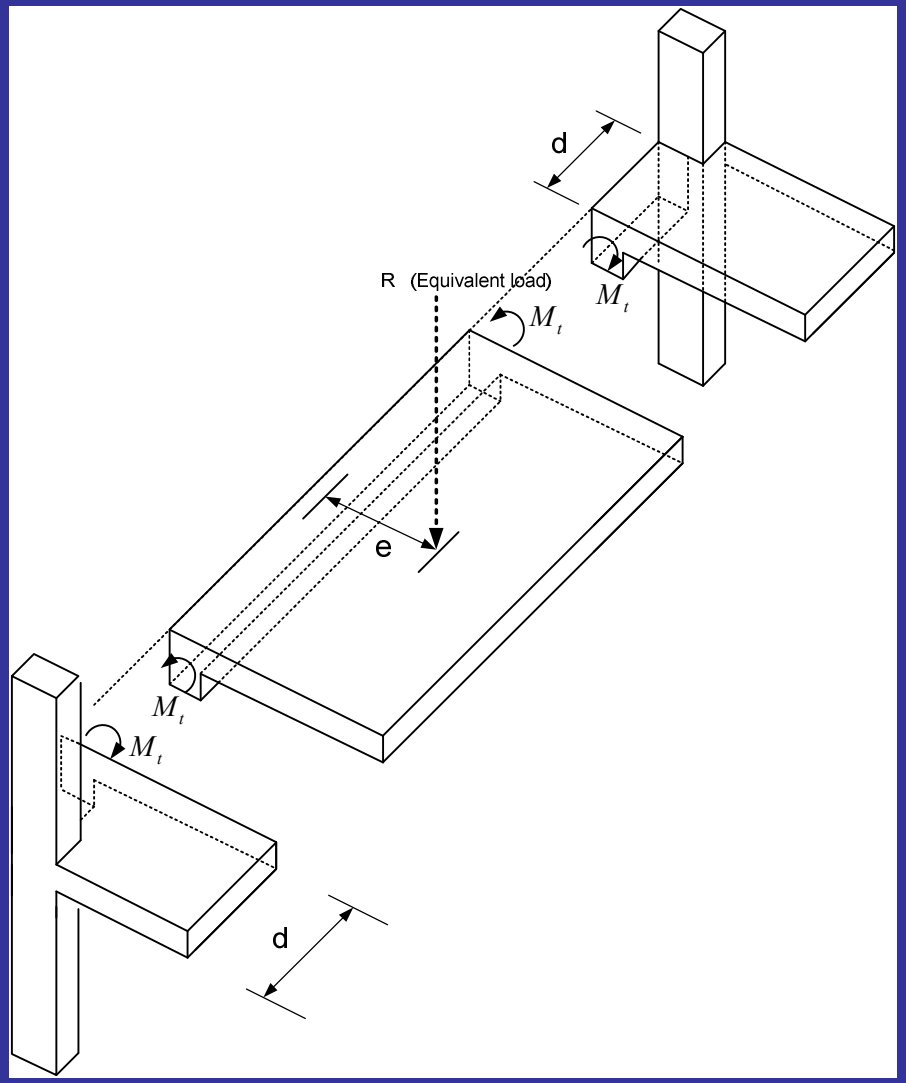


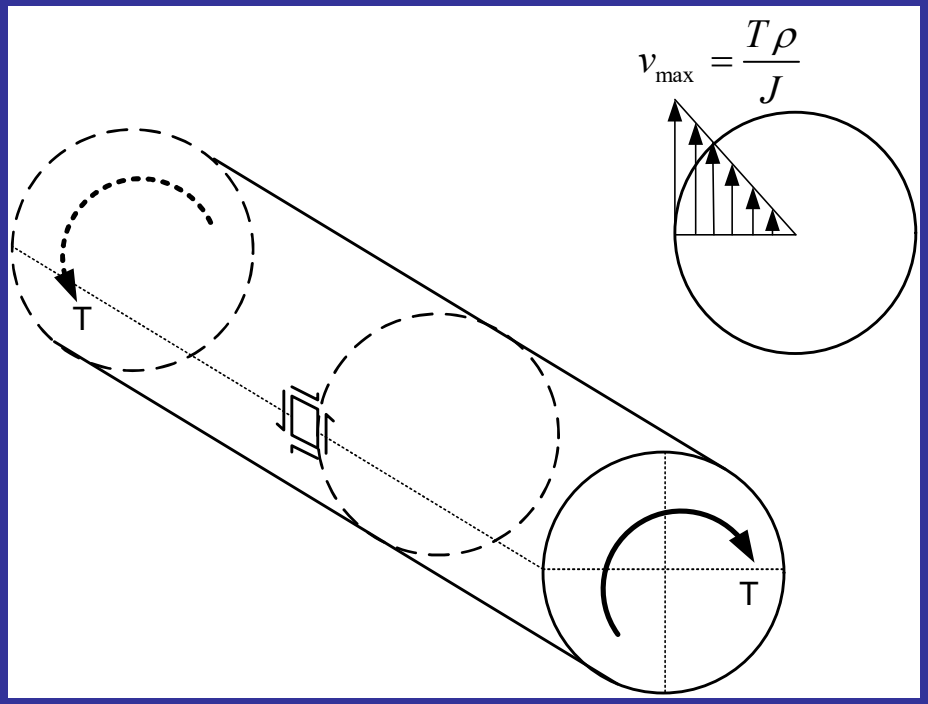


(b) Flexure-shear cracks.

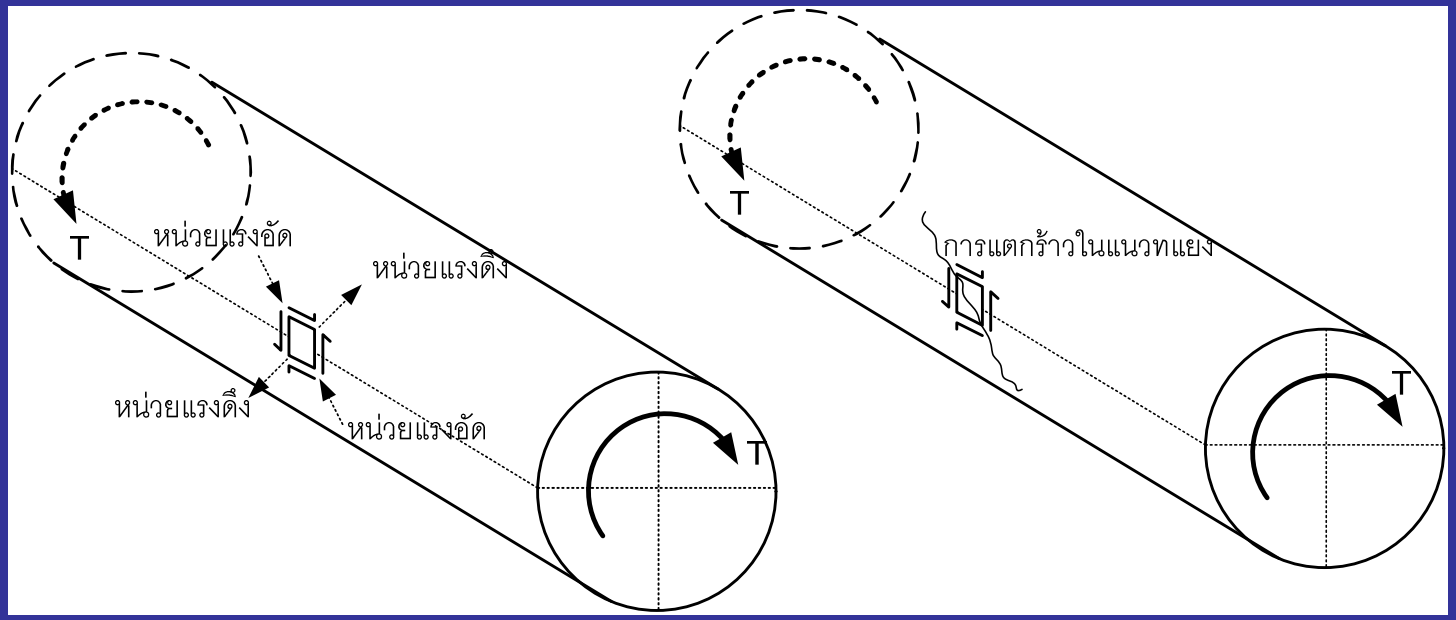
คานรับ BENDING+SHEAR+TORSION

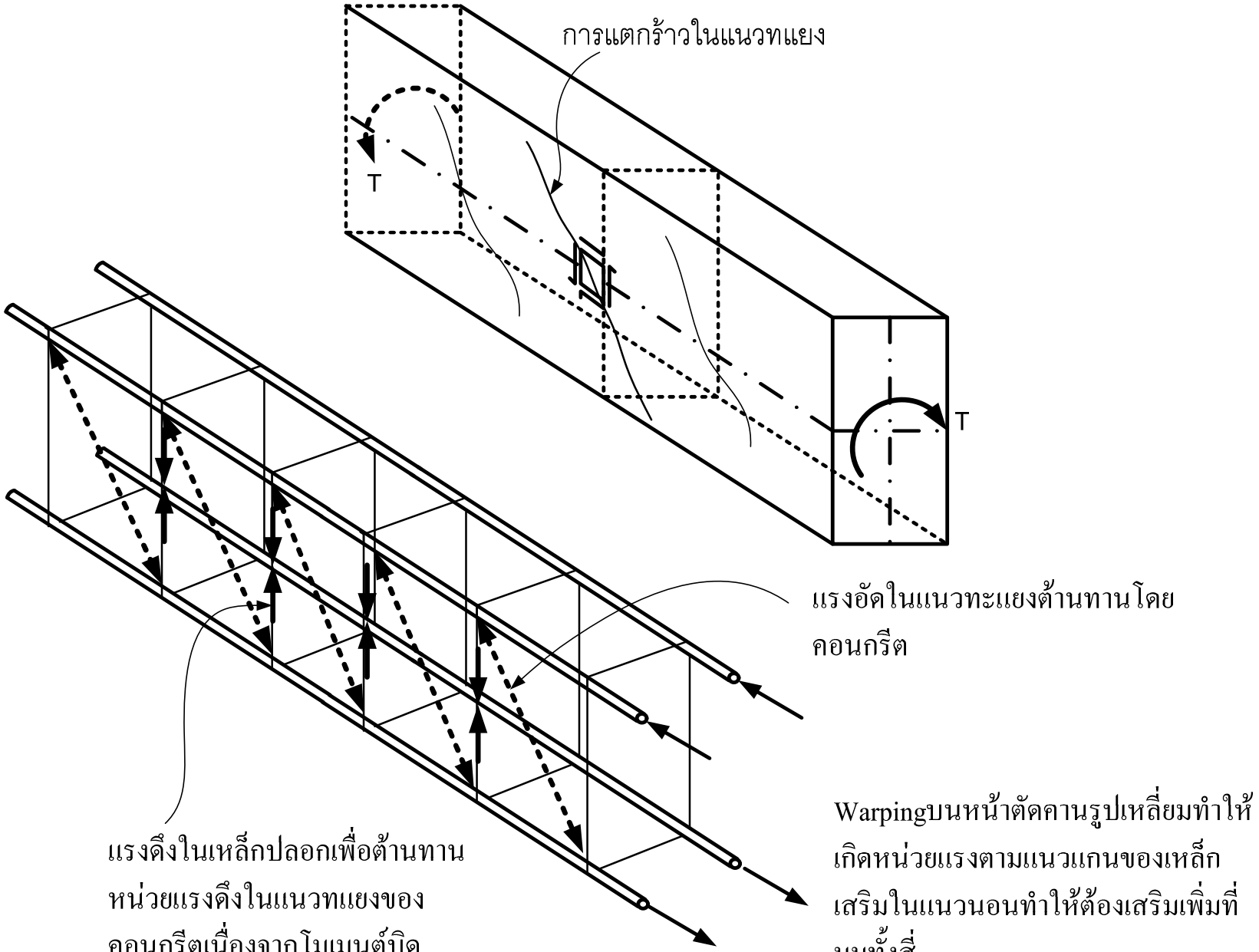




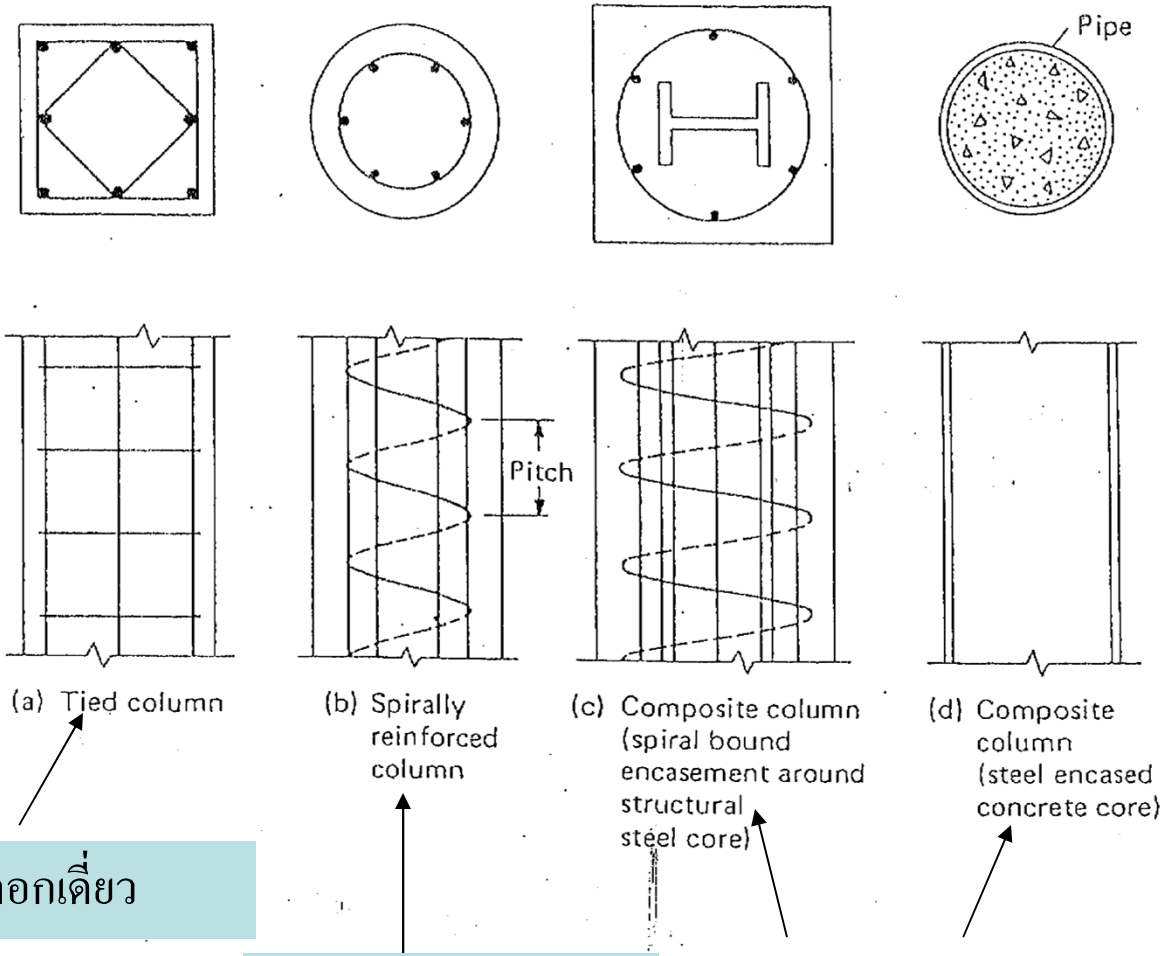


การแตกร้าวในแนว Diagonal เนื่องจากTorsion




การแตกร้าวในแนวทแยง
T
T
แรงอัดในแนวทะแยงต้านทานโดย
คอนกรีต
แรงดึงในเหล็กปลอกเพื่อต้านทาน
หน่วยแรงดึงในแนวทแยงของ
คอนกรีตเนื่องจากโมเมนต์บิด
Warpingบนหน้าตัดคานรูปเหลี่ยมทำให้
เกิดหน่วยแรงตามแนวแกนของเหล็ก
เสริมในแนวนอนทำให้ต้องเสริมเพิ่มที่
มุมทั้งสี่

เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

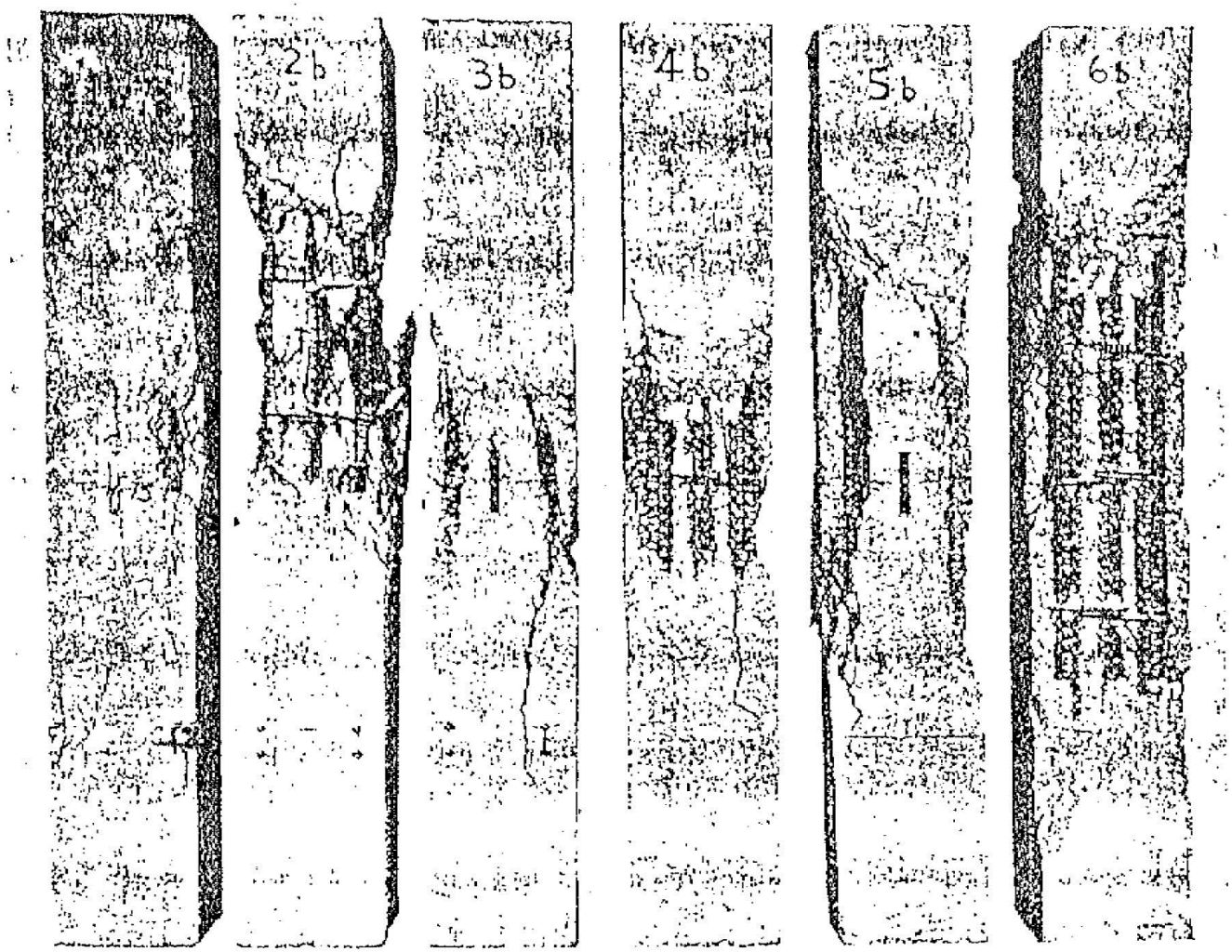


เสาปลอกเดี่ยว

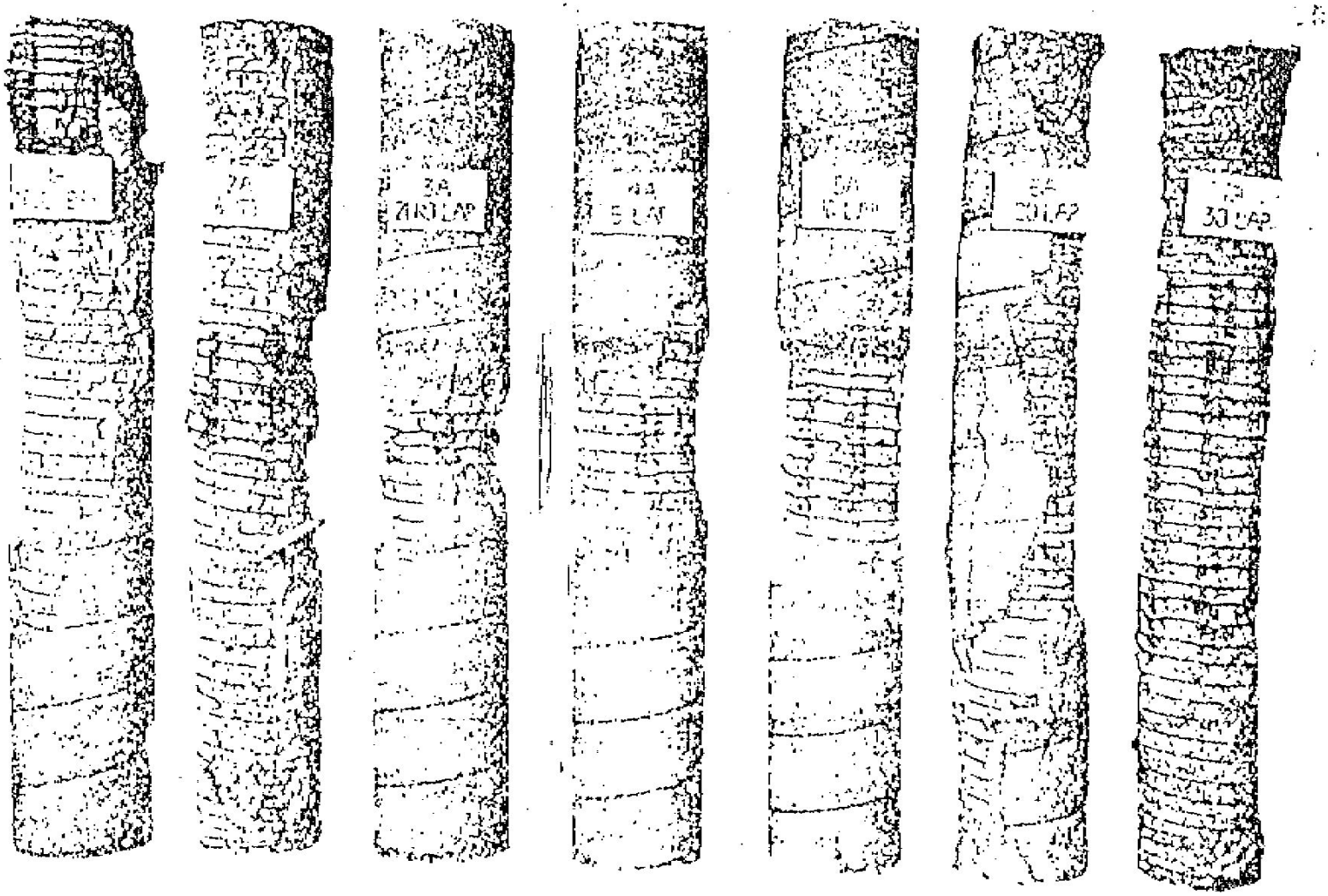
เสาปลอกเกลียว

เสาประกอบ**(Composite column)**

เสาหินในสมัยโบราณไม่มีการเสริมเหล็กจะมีขนาดใหญ่

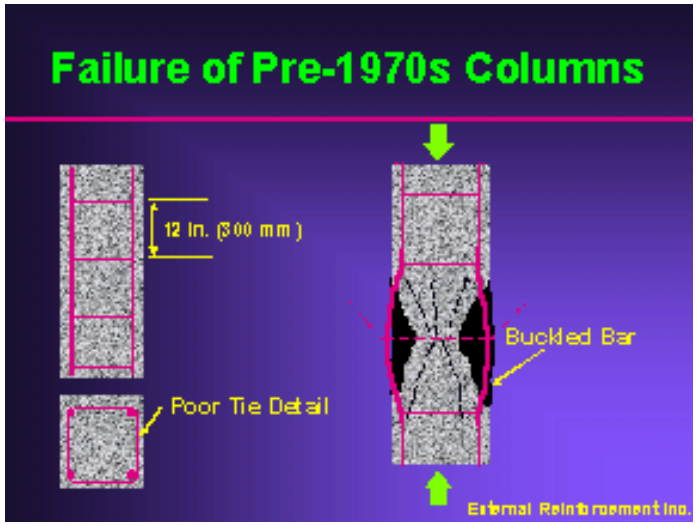


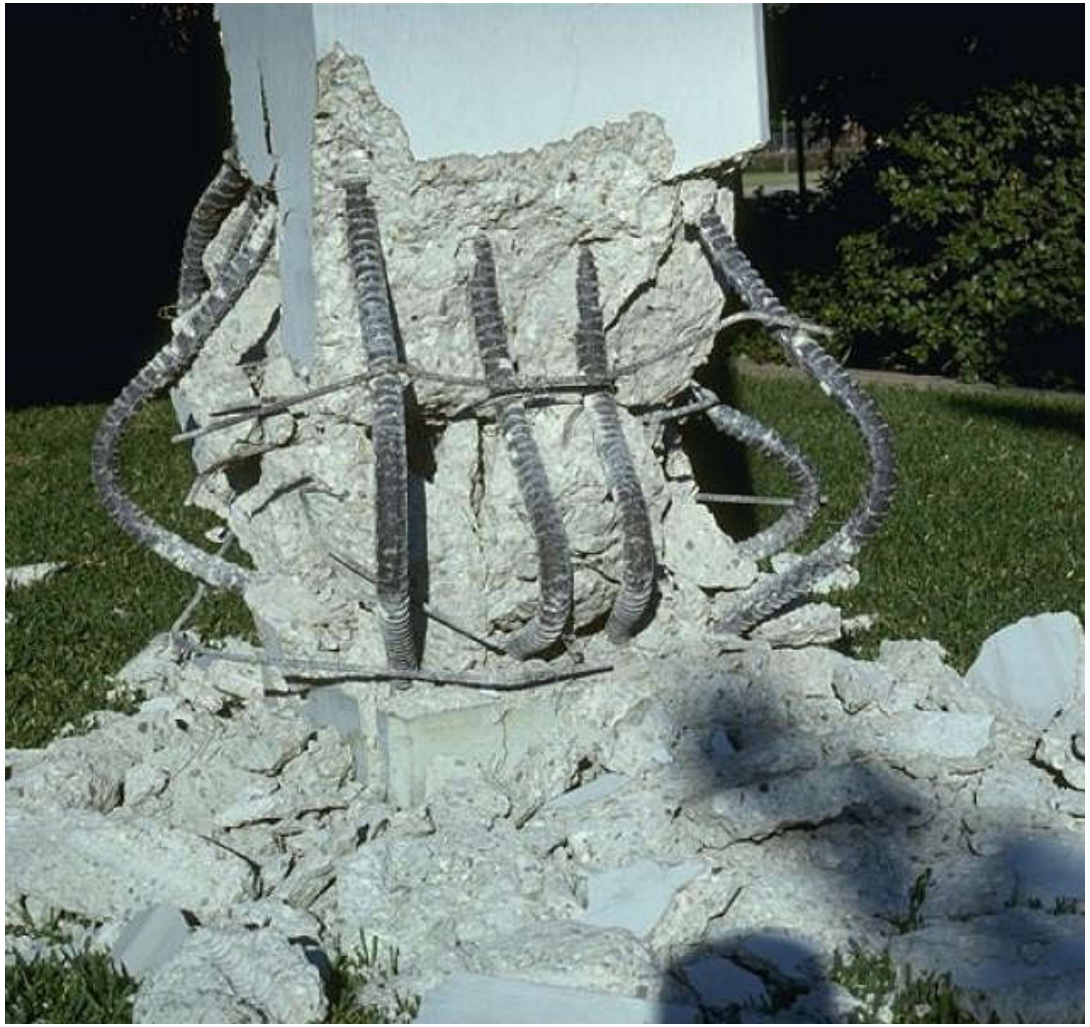
การวิบัติของเสาปลอกเดี่ยว(Tied Column)



การวิบัติของเสาปลอกเกลียว

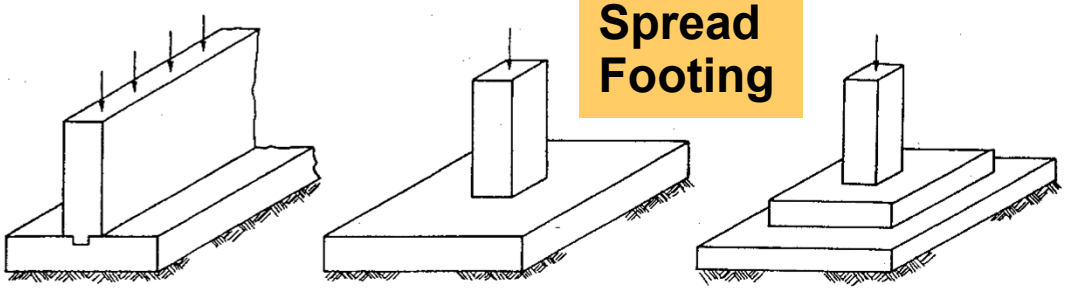
การวิบัติของเสาปลอกเดี่ยวเนื่องจากแรงกระทำที่เกิดจากแผ่นดินไหว

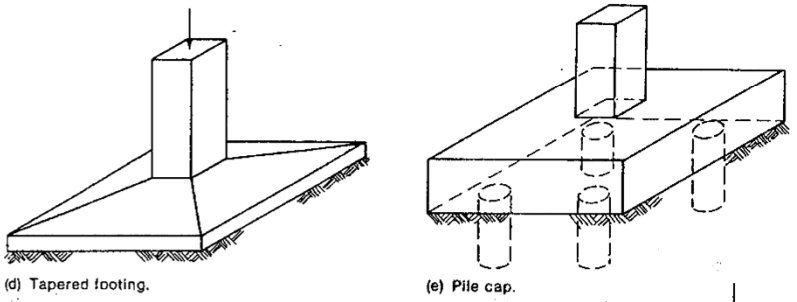




Wall Footing

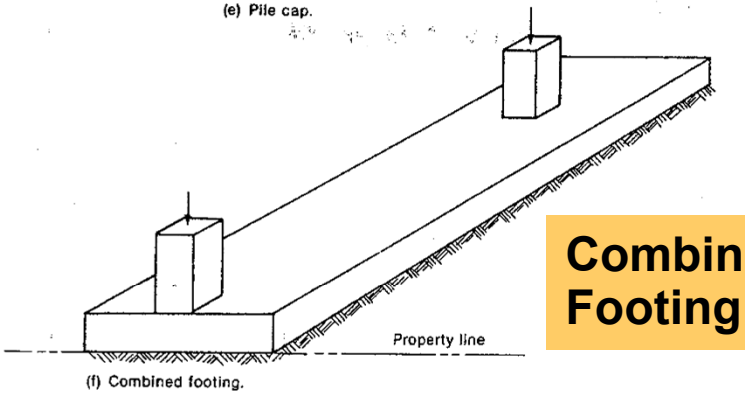
Spread Footing





Pile Footing

ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก



Combine Footing

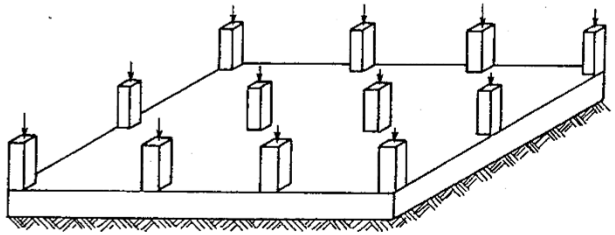
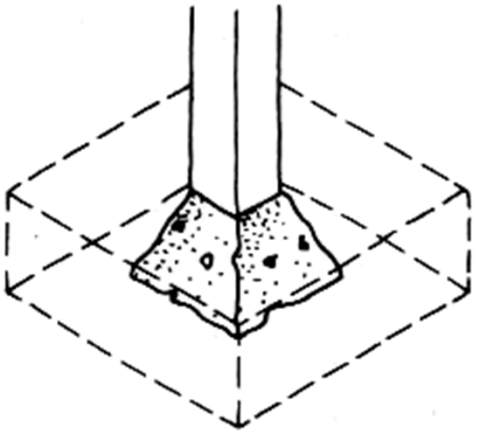


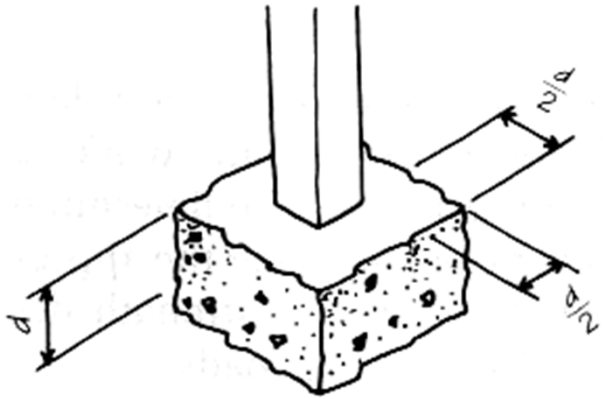
Fig. 16-1
Types of footings.

Mat Footing

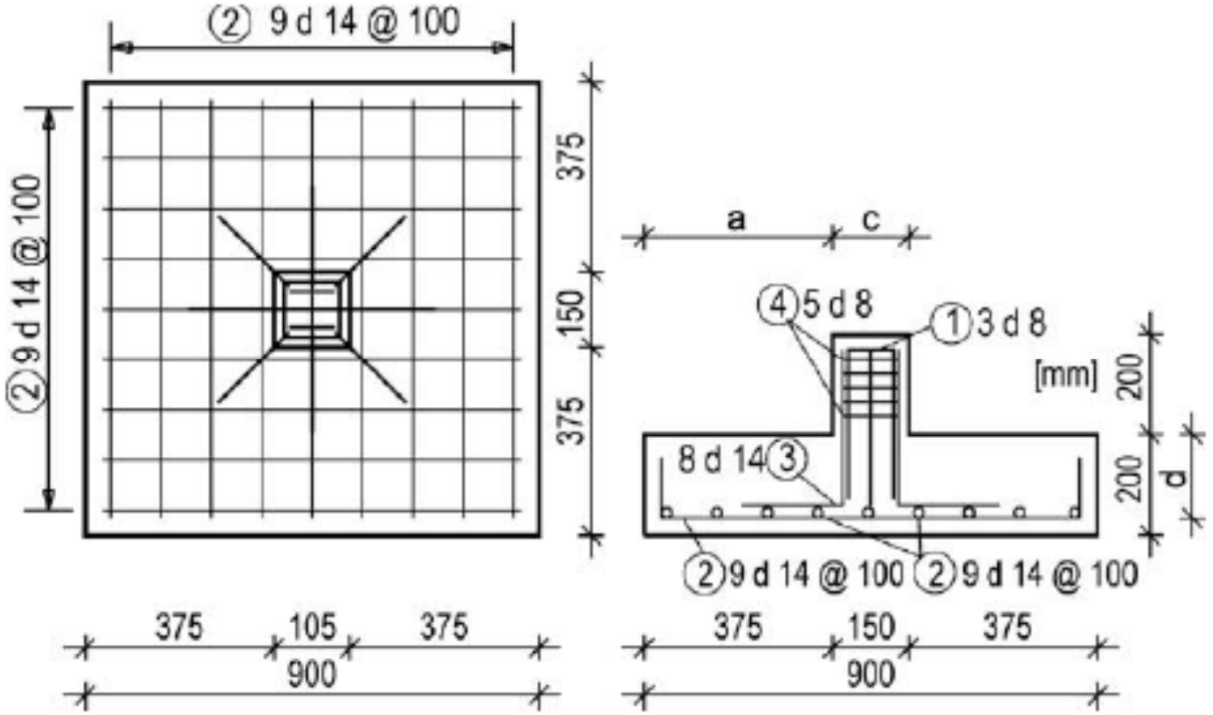
Punching shear failure

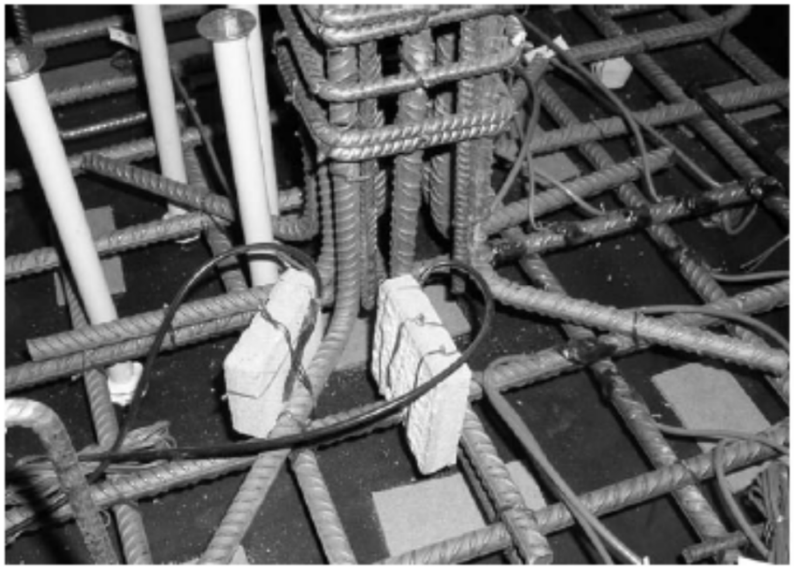


(a)



(b)


② 9 d 14 @ 100
② 9 d 14 @ 100
375
150
375
a
c
④ 5 d 8
① 3 d 8
[mm]
200
200
d
8 d 14 ③
② 9 d 14 @ 100
② 9 d 14 @ 100
375
105
375
900
375
150
375
900



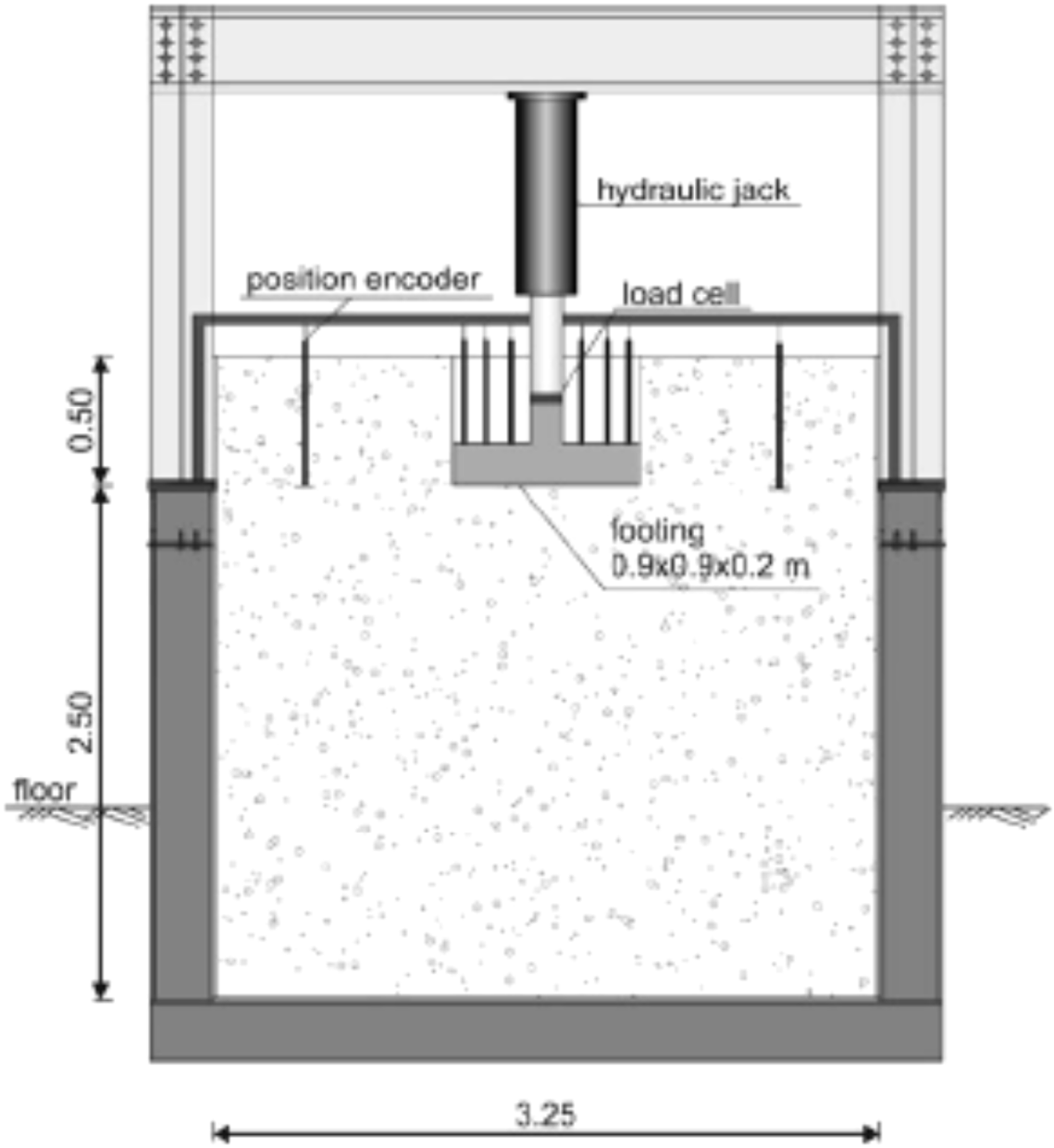


Fig. 4. Section of the test setup.

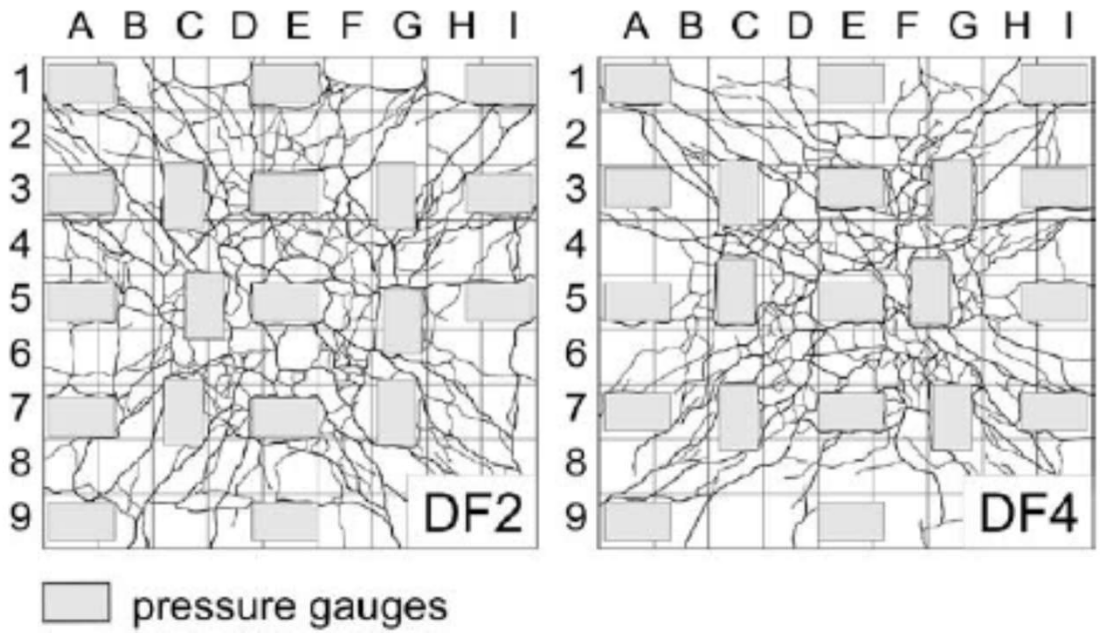


Fig. 5. Typical failure patterns of the test footings.

(a) Test DF1. (b) Test DF3.

Fig. 6. Punching cone of test DF1 (a) and saw-cut of footing DF3 (b).

การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก

- **การออกแบบโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (Working stress design)**
  ใช้น้ำหนักบรรทุกใช้งานและหน่วยแรงใช้งานของคอนกรีตและเหล็กเสริมในการออกแบบ
- **การออกแบบโดยวิธีกำลังประลัย (Ultimate strength design)**
  ใช้น้ำหนักบรรทุกประลัยและหน่วยแรงประลัยของคอนกรีตและเหล็กเสริมในการออกแบบ
- การออกแบบโดยวิธีภาวะสุดขีด (Limit state design)

ขอบเขต

- ออกแบบคาน ช่วงเดียว คานยื่น และ คานต่อเนื่อง
- ออกแบบพื้นหล่อในที่วางบนคาน แบบทางเดียว(one way slab) และแบบสองทาง (Two way slab)
- ออกแบบ บันไดท้องเรียบ
- เสา
- ฐานรากแบบวางบนดิน(ไม่มีเสาเข็ม) และฐานรากวางบนเสาเข็ม

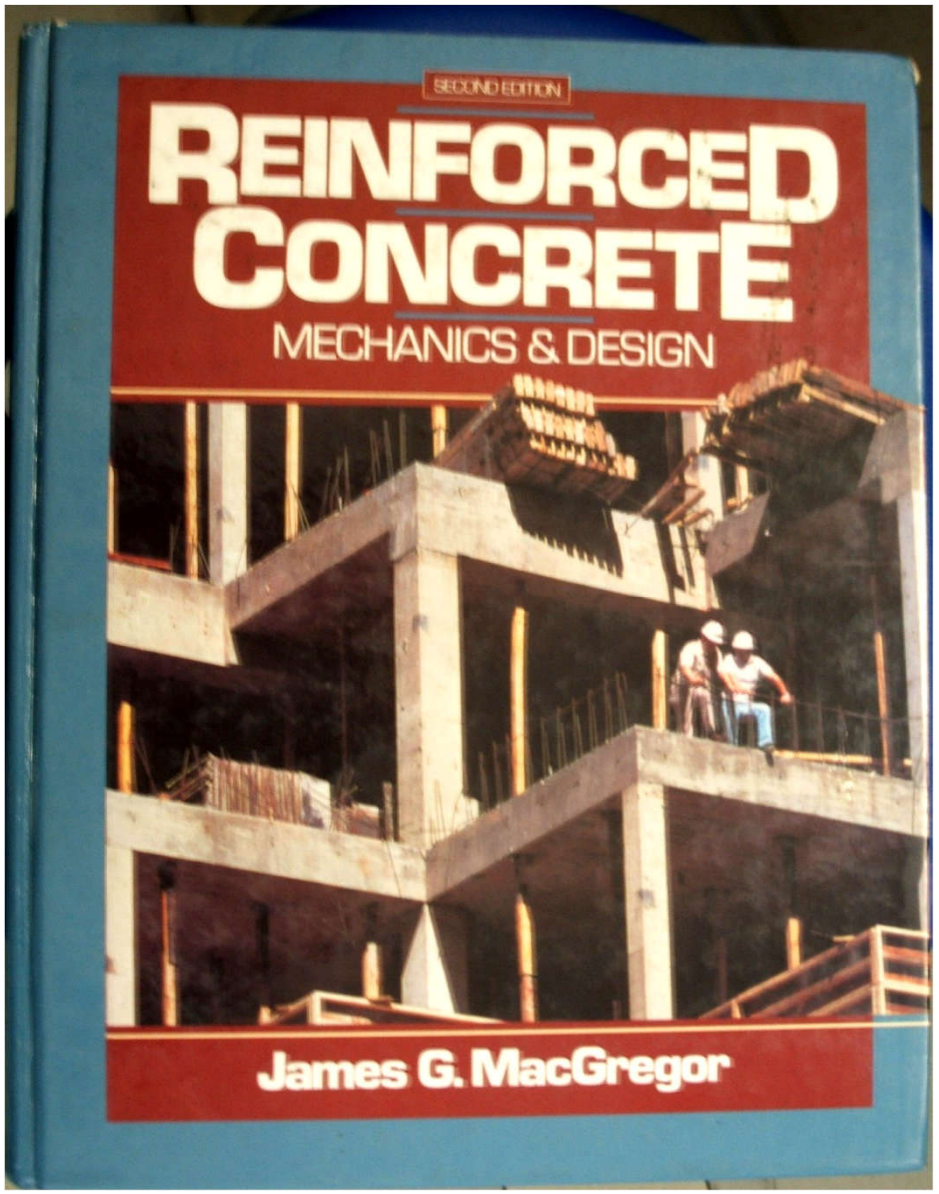
เอกสารอ้างอิง

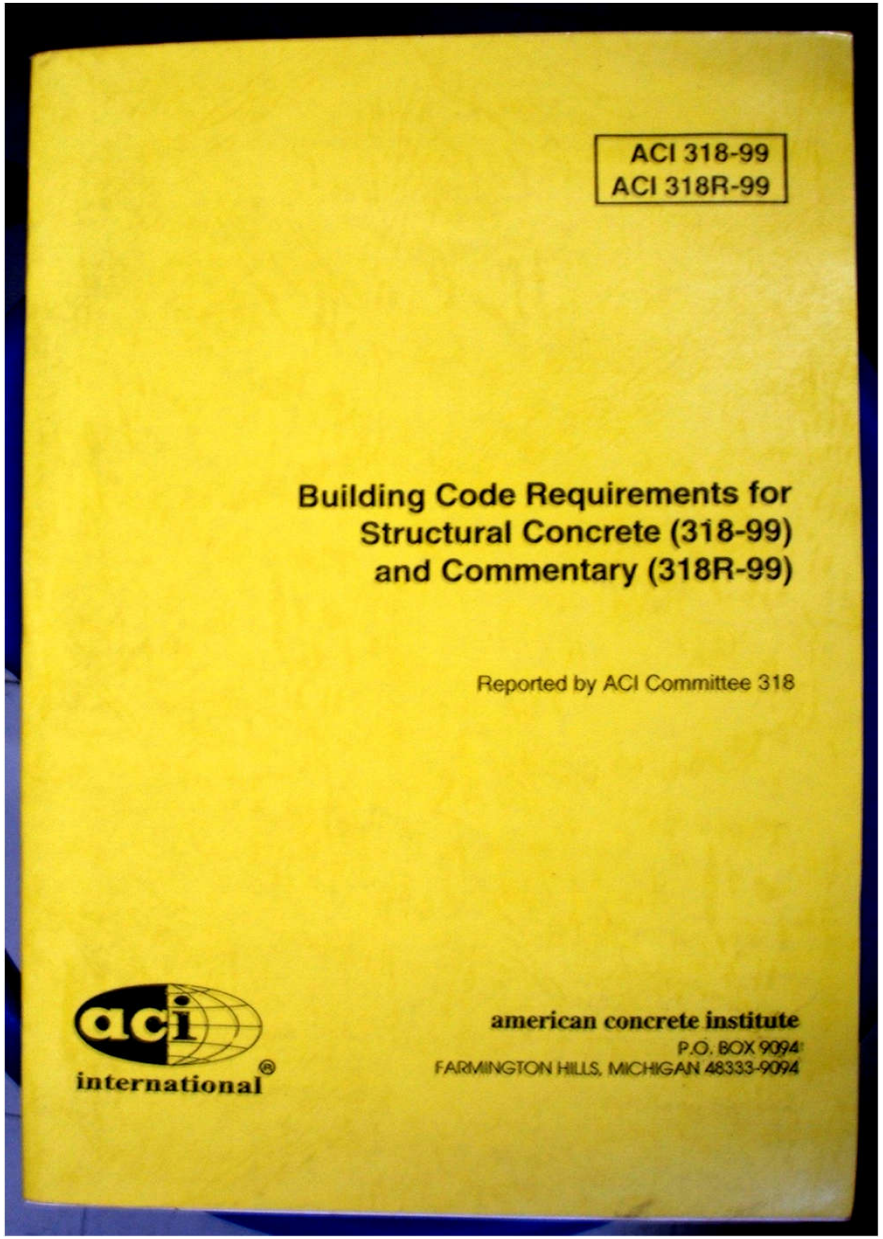
- การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน
  : ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร
- การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง :ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร
- มาตรฐานการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน: วสท
- มาตรฐานการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง: วสท
- มาตรฐานการเขียนแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก: วสท.
- Reinforced concrete mechanics & design : James G McGregor

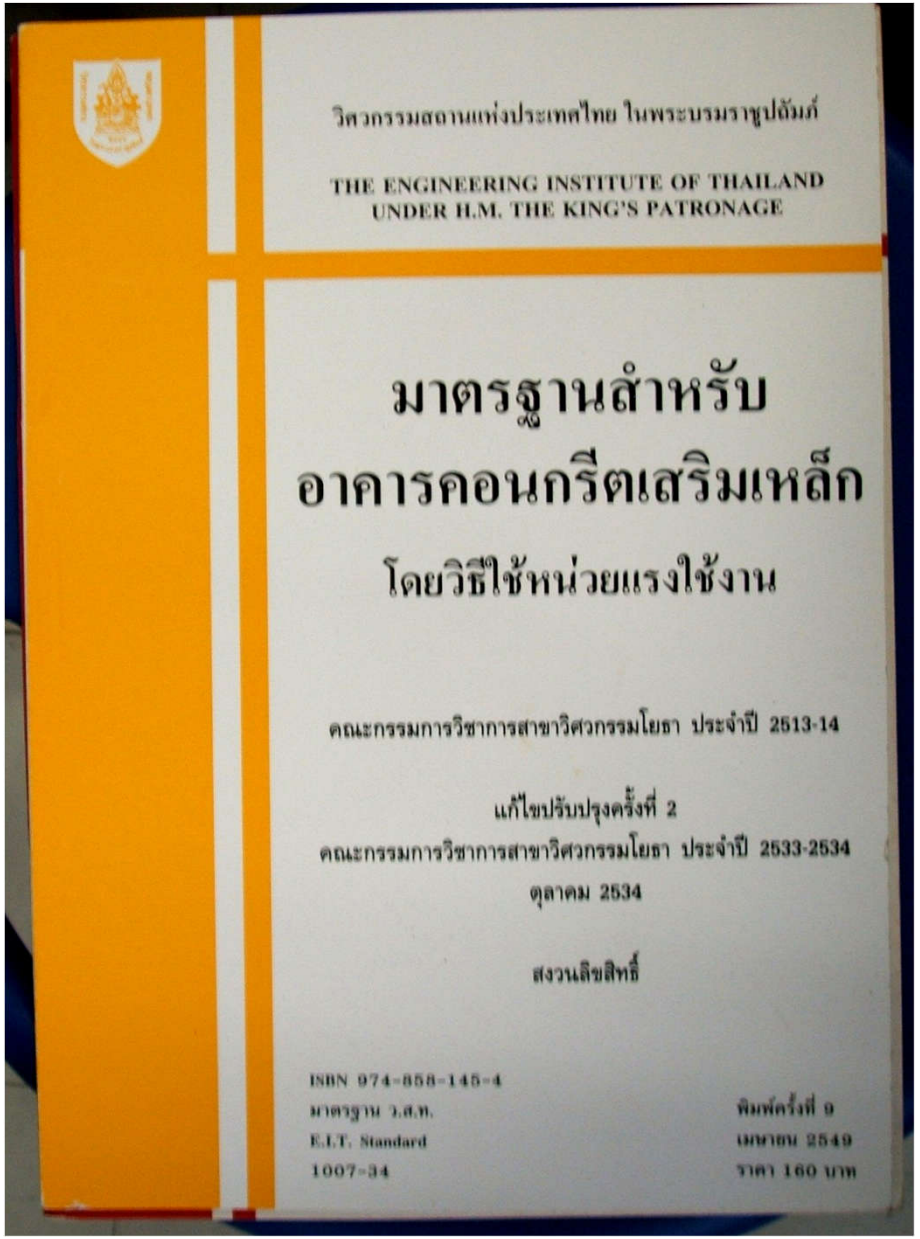
การออกแบบโครงสร้าง
คอนกรีตเสริมเหล็ก
โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน
REINFORCED CONCRETE DESIGN
(Working Stress Design : WSD)
ศาสตราจารย์ ดร. วินิต ช่อวิเชียร

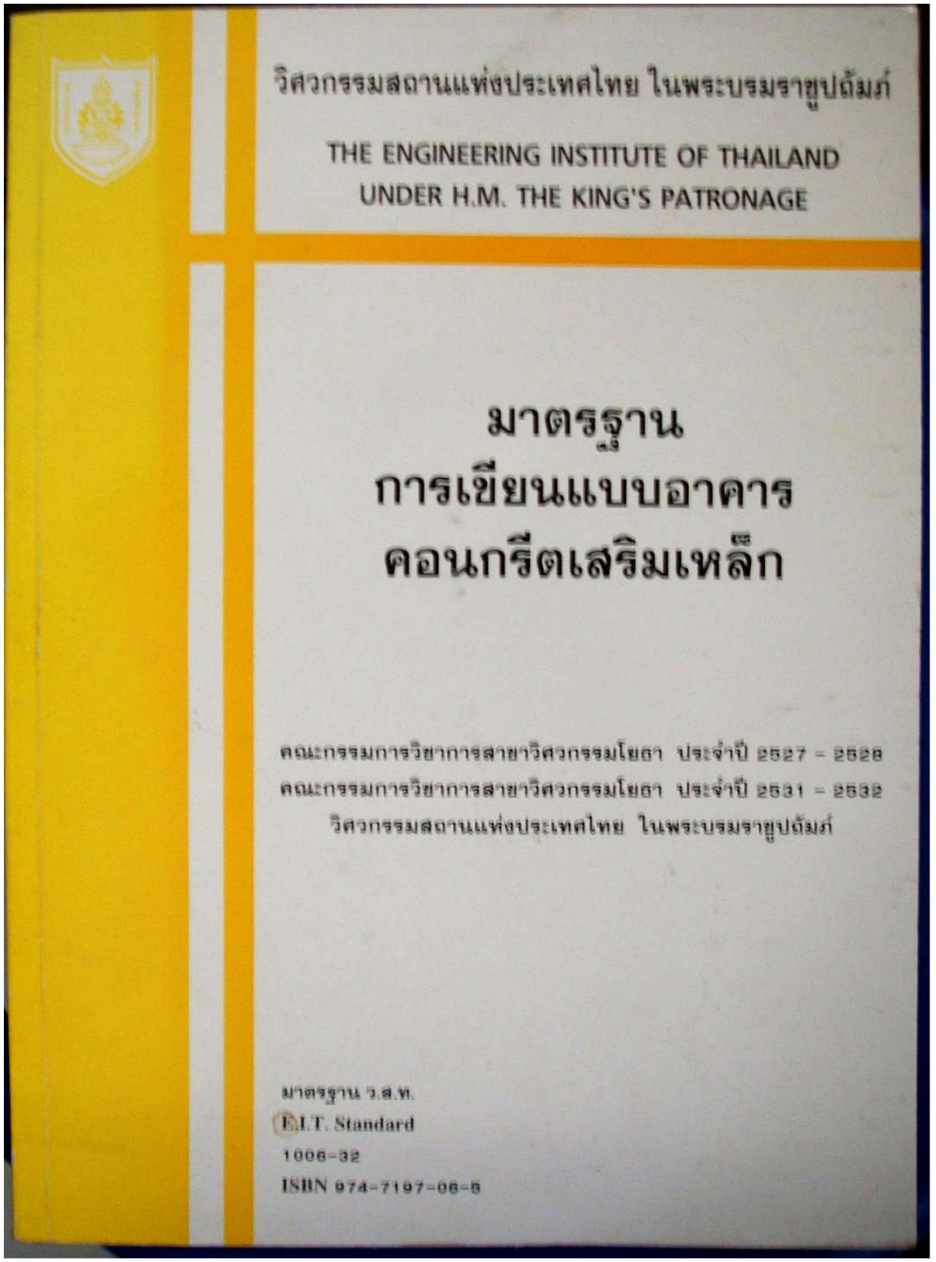
การออกแบบโครงสร้าง
คอนกรีตเสริมเหล็ก
โดยวิธีกำลัง
Reinforced Concrete Design
(Strength Design Method : SDM)
ศาสตราจารย์ ดร. วินิต ช่อวิเชียร

การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก
โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน
สายันต์ ศิริมนตรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต


SECOND EDITION
REINFORCED CONCRETE
MECHANICS & DESIGN
James G. MacGregor


ACI 318-99
ACI 318R-99
Building Code Requirements for
Structural Concrete (318-99)
and Commentary (318R-99)
Reported by ACI Committee 318
aci
international
american concrete institute
P.O. BOX 9094
FARMINGTON HILLS, MICHIGAN 48333-9094


วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
THE ENGINEERING INSTITUTE OF THAILAND
UNDER H.M. THE KING'S PATRONAGE
มาตรฐานสำหรับ
อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก
โดยวิธีใช้หน่วยแรงใช้งาน
คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา ประจำปี 2513-14
แก้ไขปรับปรุงครั้งที่ 2
คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา ประจำปี 2533-2534
ตุลาคม 2534
สงวนลิขสิทธิ์
ISBN 974-858-145-4
มาตรฐาน ว.ส.ท.
E.I.T. Standard
1007-34
พิมพ์ครั้งที่ 9
เมษายน 2549
ราคา 160 บาท


วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
THE ENGINEERING INSTITUTE OF THAILAND
UNDER H.M. THE KING'S PATRONAGE
มาตรฐาน
การเขียนแบบอาคาร
คอนกรีตเสริมเหล็ก
คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา ประจำปี 2527 - 2528
คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา ประจำปี 2531 - 2532
วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
มาตรฐาน ว.ส.ท.
E.I.T. Standard
1006-32
ISBN 974-7197-06-5