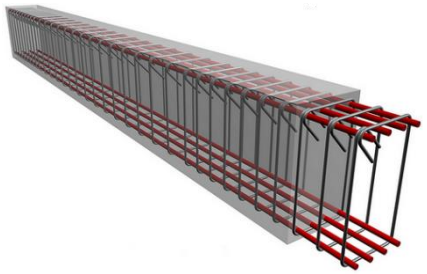
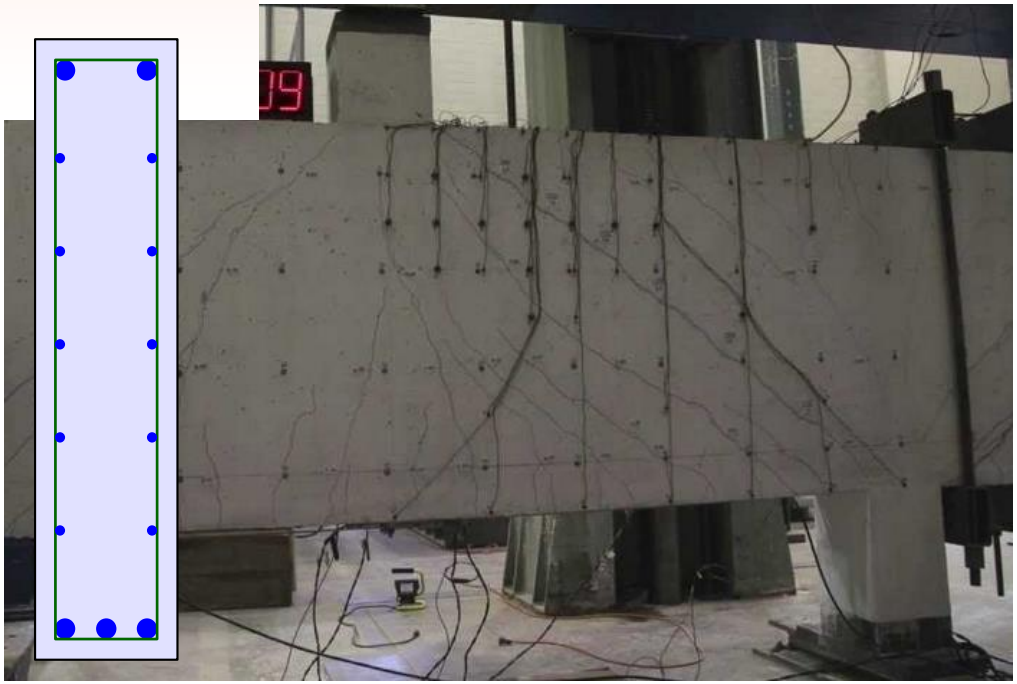
2



Advanced RC Structures

Deep Beam



- Definitions
- Behaviors
- Design Steps
- Examples

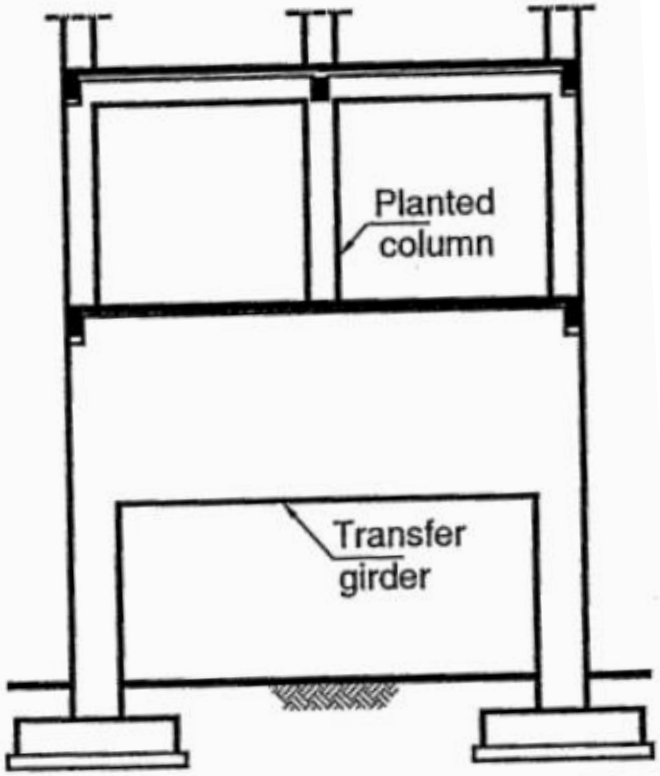
Mongkol JIRAVACHARADET

SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

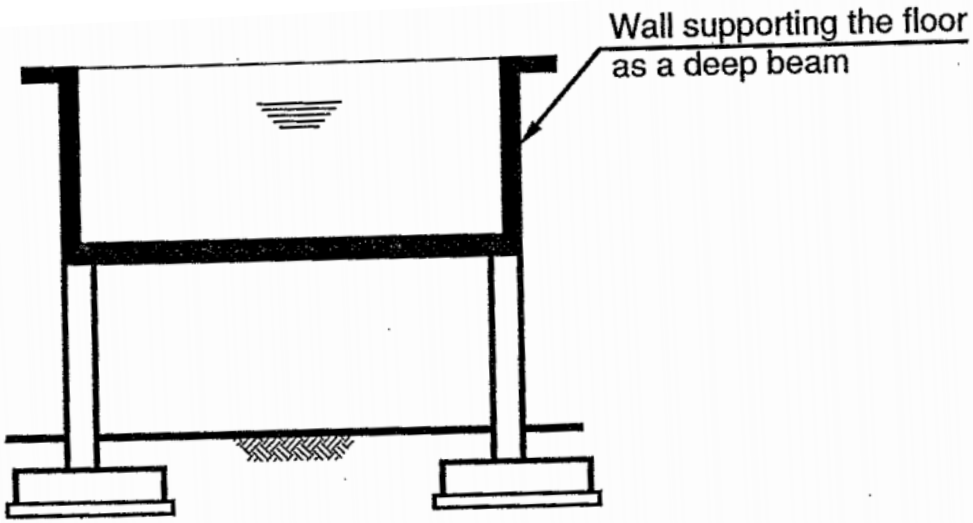
INSTITUTE OF ENGINEERING

SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING

Examples of Deep Beam

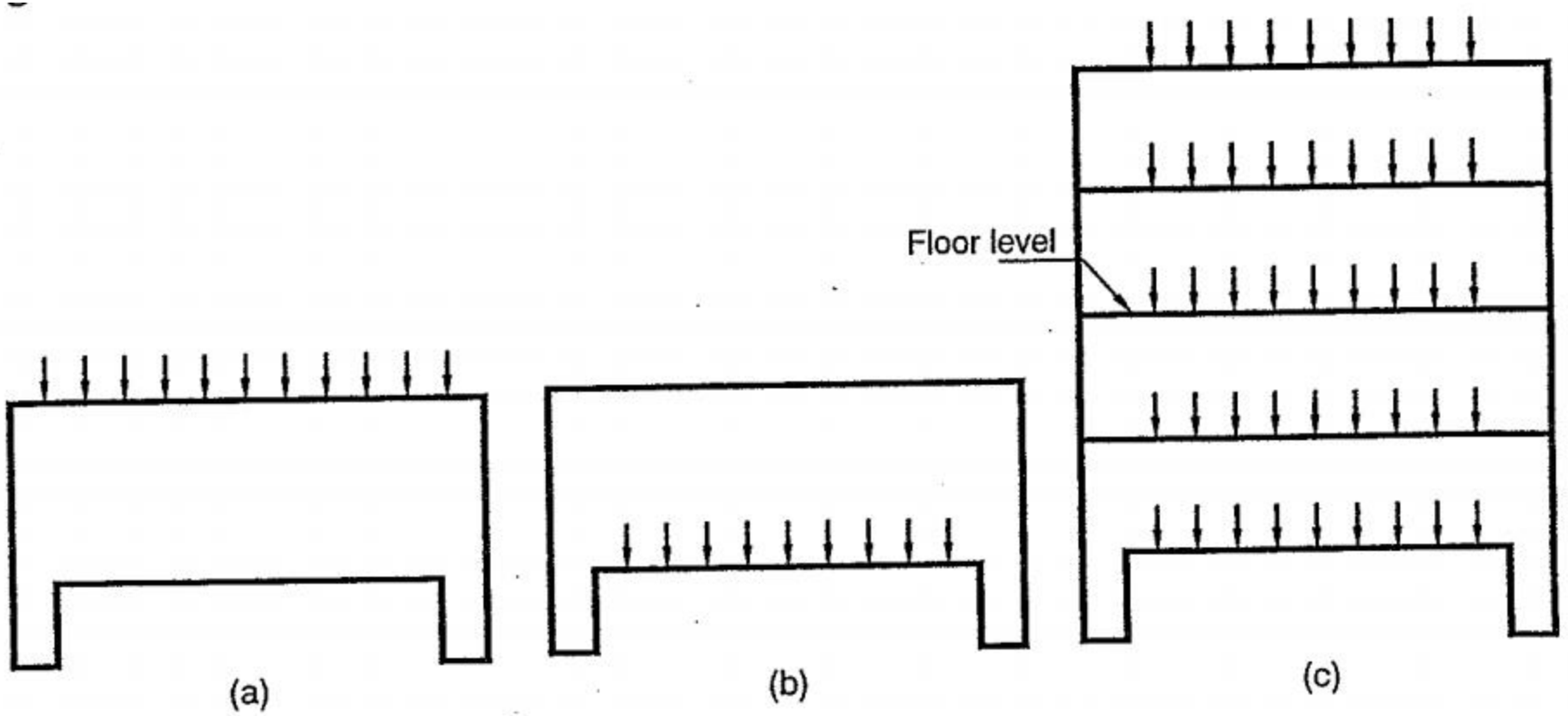


(a) Transfer girder



(b) Elevated water tank

Type of Loadings

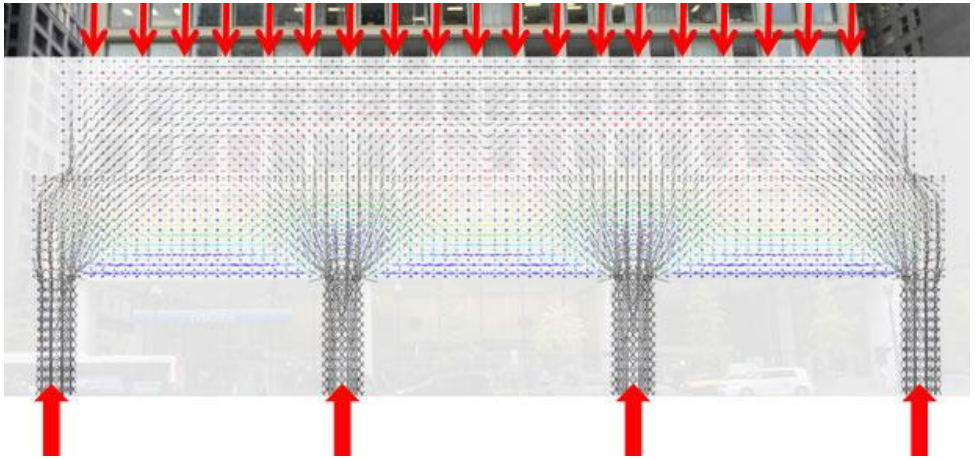


Top

Bottom

Along height

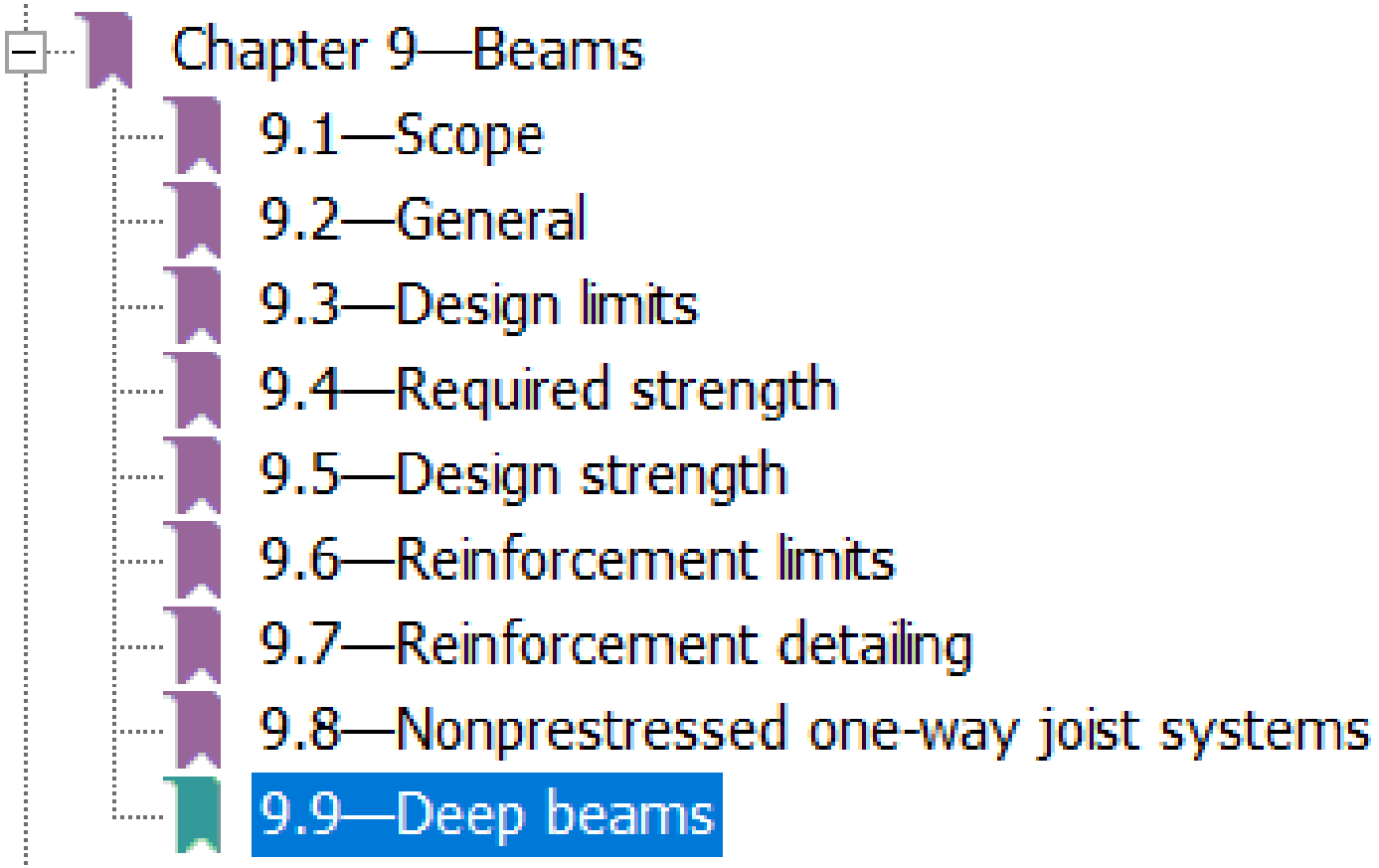
Brunswick Building, Chicago



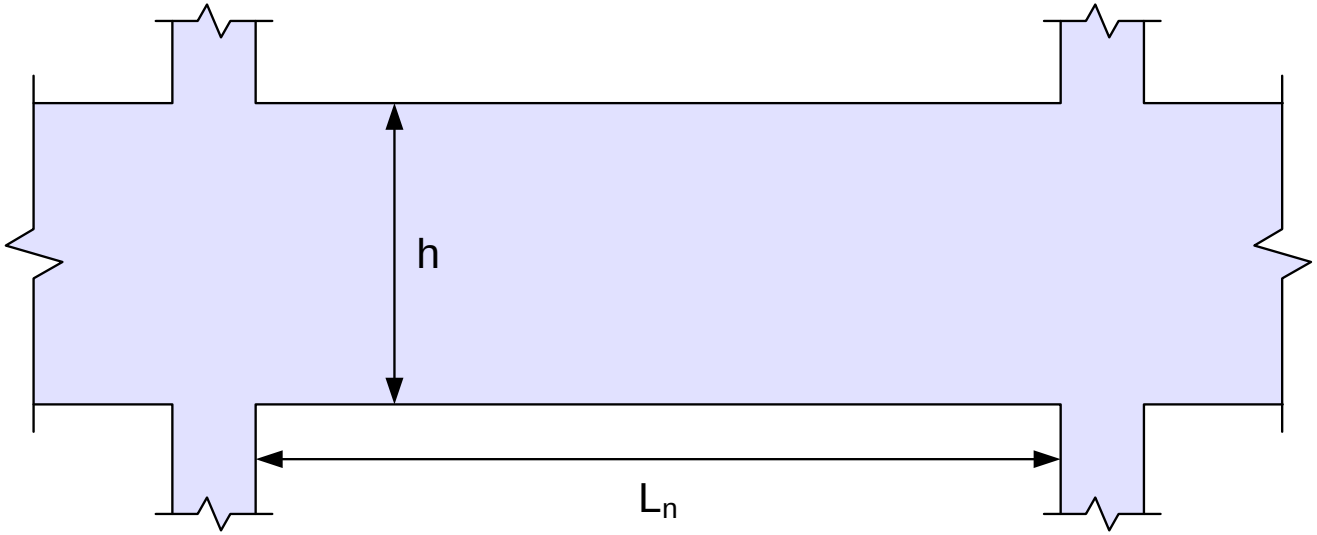
ACI 318-19

An ACI Standard

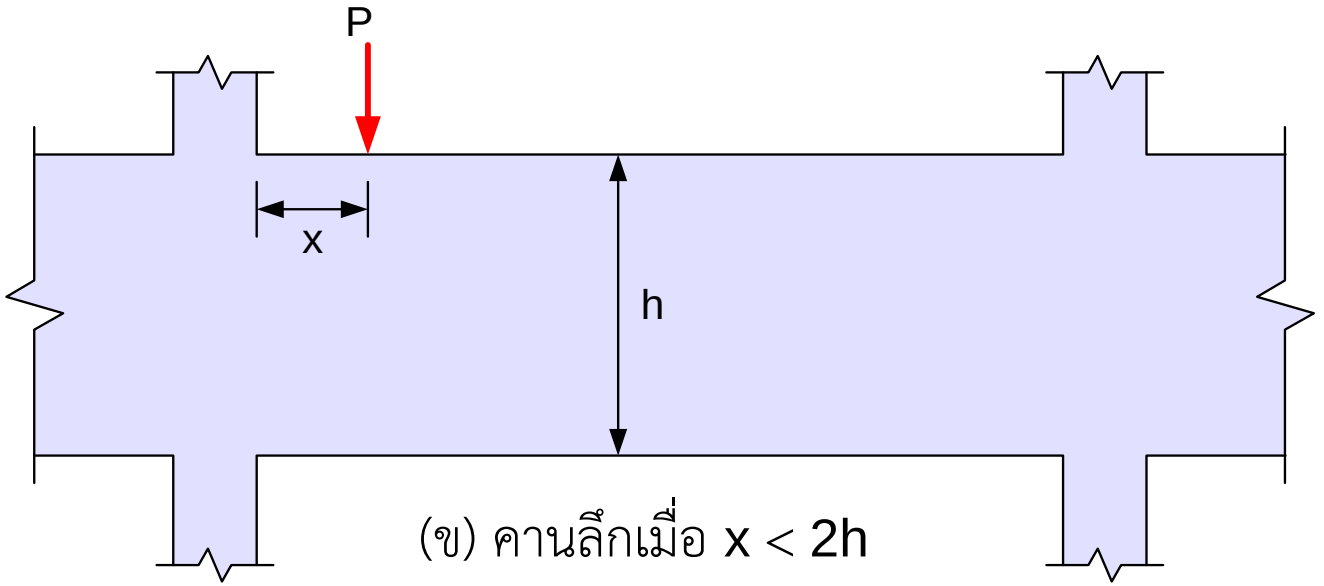
Building Code Requirements For Structural Concrete



ACI Definitions of Deep Beam

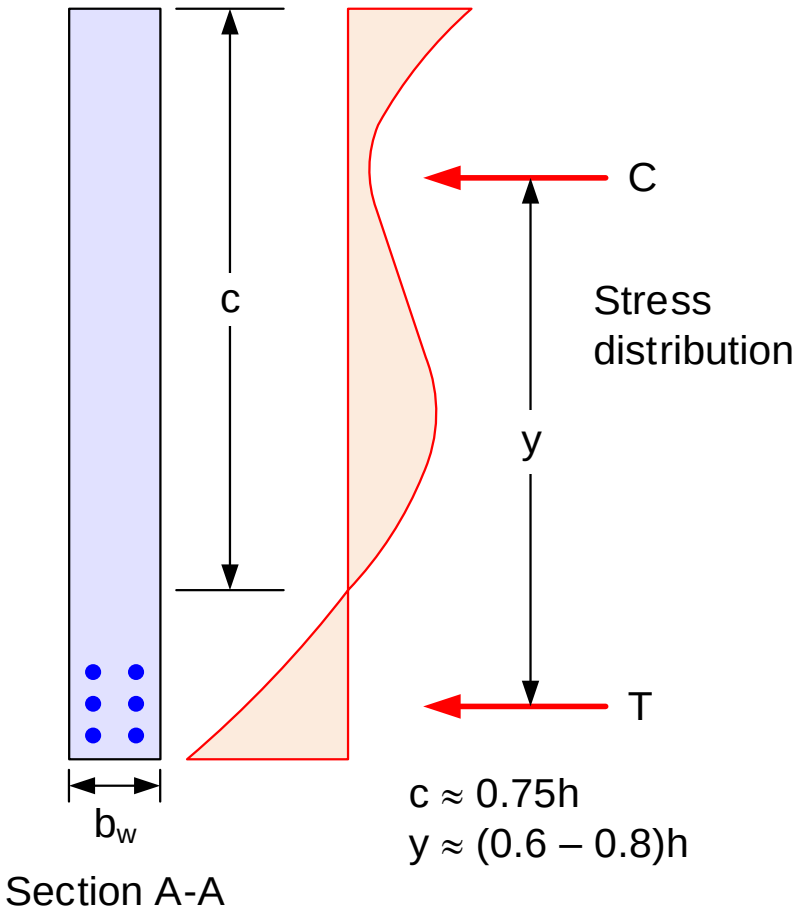


(ก) คานลึกเมื่อ $L_n/h \leq 4$

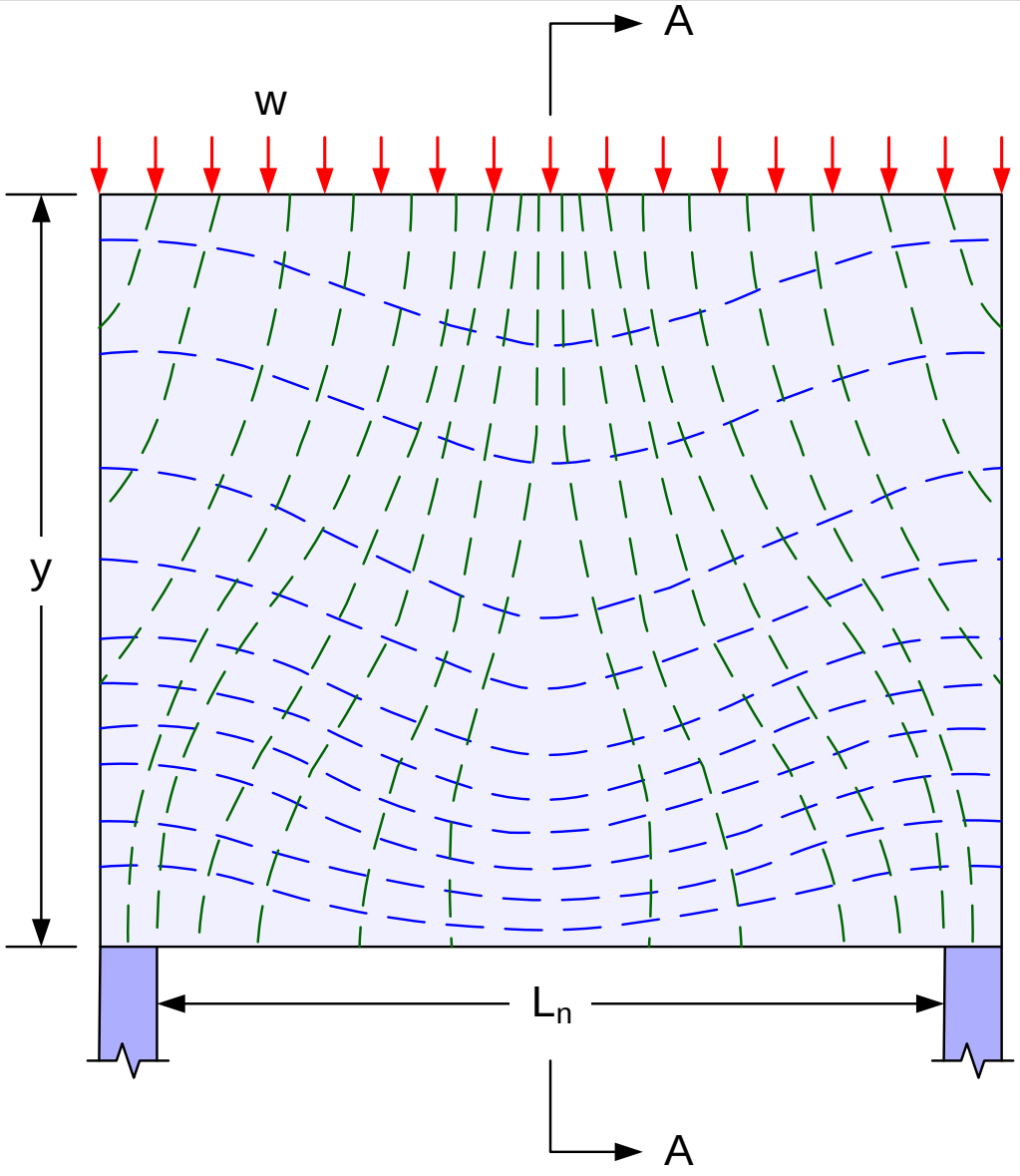


(ข) คานลึกเมื่อ $x < 2h$

Stress Distributions

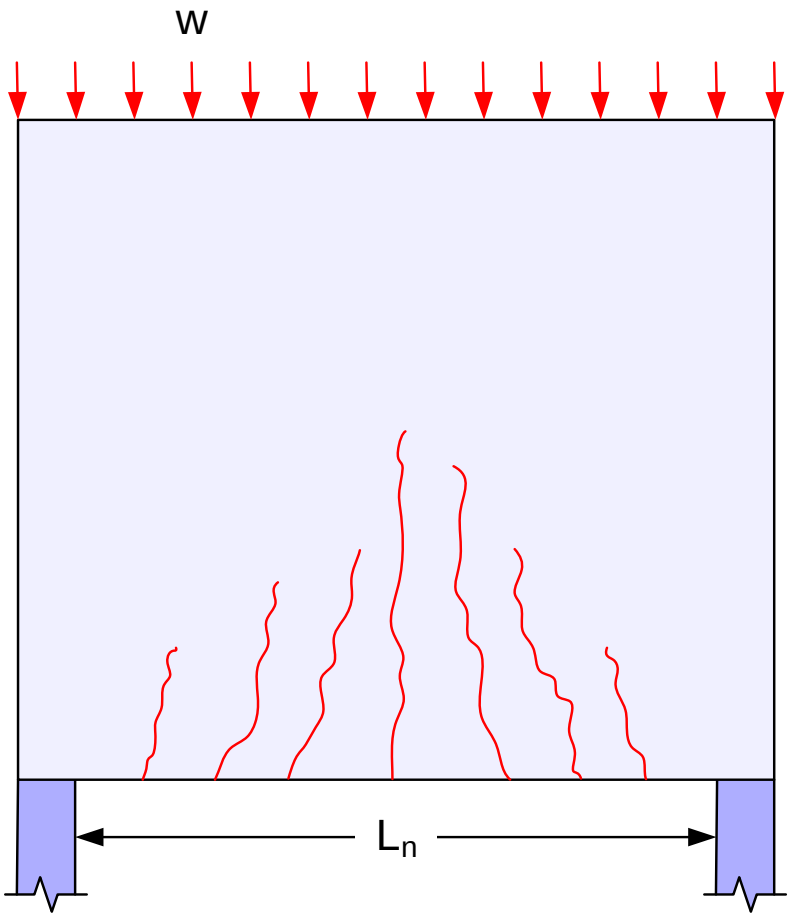


(ก) การกระจายหน่วยแรง

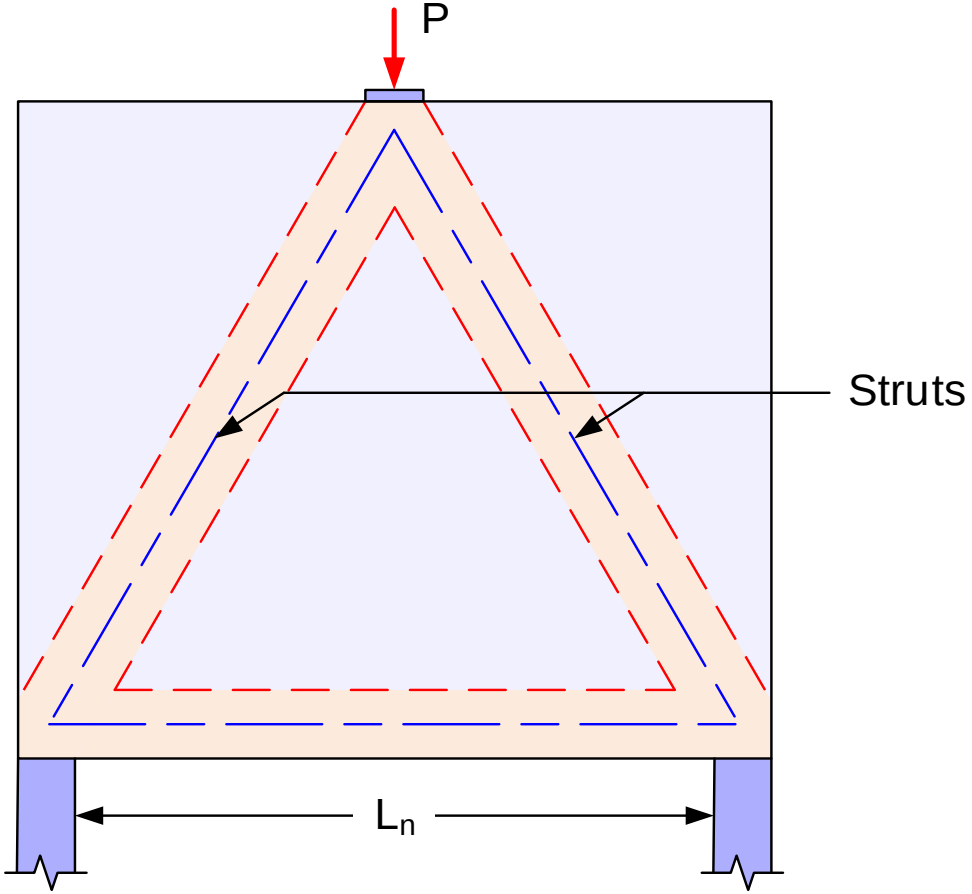


(ข) เส้นทางหน่วยแรง

Crack Pattern



(ค) รูปแบบการแตกร้าว



(ง) โมเดลโครงถักสำหรับแรงกระทำเป็นจุด

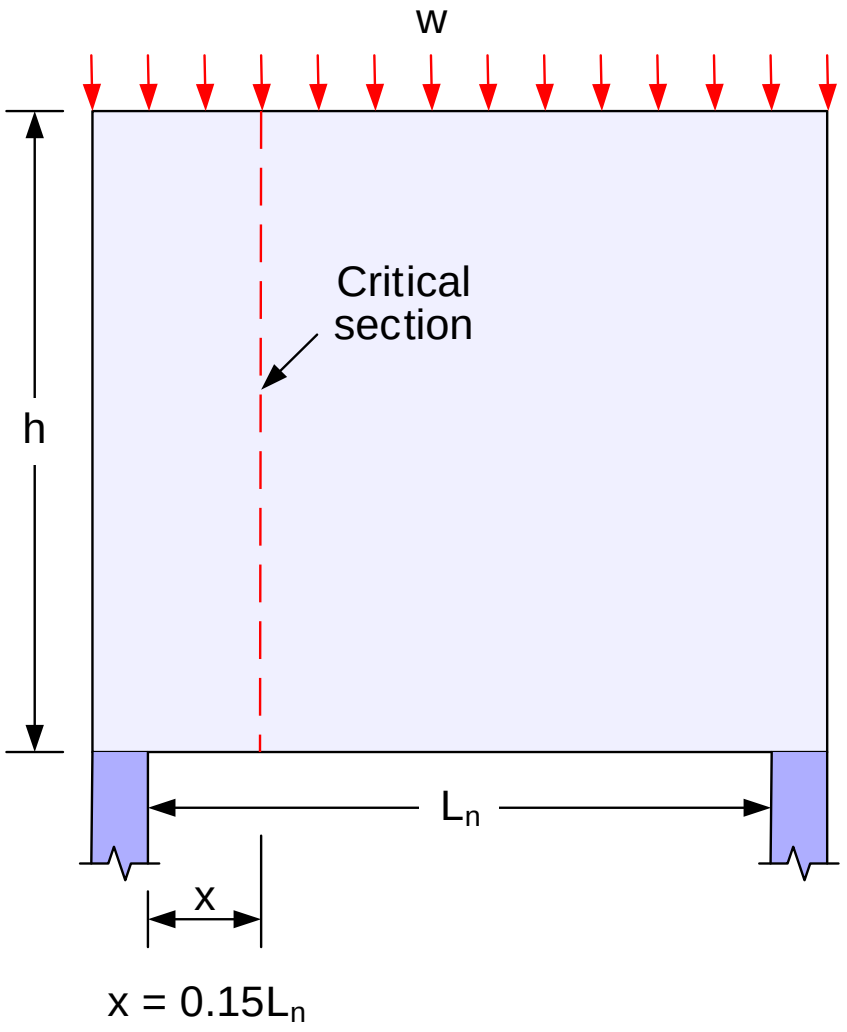
Deep Beam Design

STEP1 : Critical Section

(ก) สำหรับคานลึกรองรับน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอ

หน้าตัดวิกฤตใช้อยู่ที่ $x = 0.15L_n$

เมื่อ L_n คือระยะช่วงว่าง (Clear span)



Deep Beam Design

Flexural Design

พฤติกรรมการดัดของคานลึกซับซ้อนและต้องวิเคราะห์แบบไม่เป็นเส้นตรงเพื่อหาหน่วยแรงและหน่วยการยืดหดตามความลึกอาคาร

กำลังโมเมนต์ดัด $M_n = A_s f_y y$

เมื่อ y คือแขนโมเมนต์ ประมาณได้จาก

คานช่วงเดี่ยว:

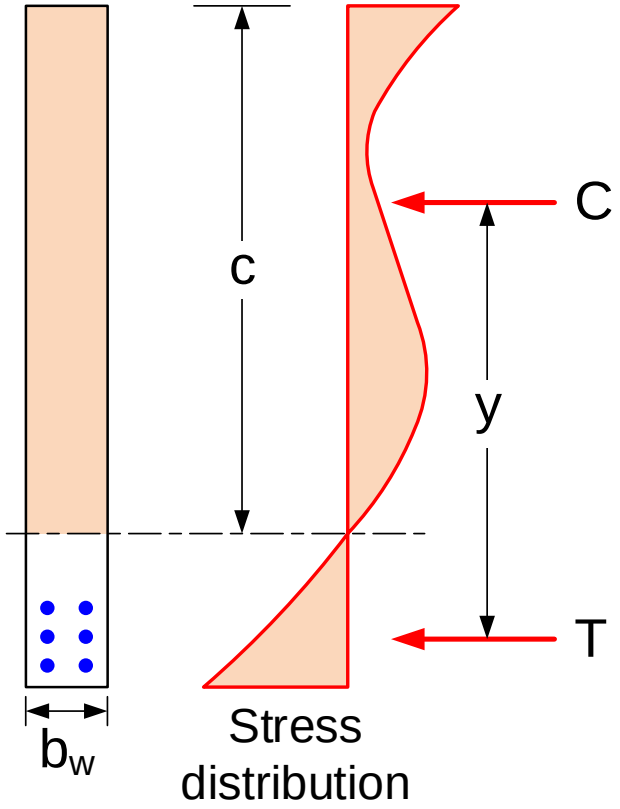
$y = 0.2(L_n + 2h)$ สำหรับ $1 \le L_n/h \le 2$

$y = 0.6L_n$ สำหรับ $L_n/h < 1$

คานต่อเนื่อง:

$y = 0.2(L_n + 1.5h)$ สำหรับ $1 \le L_n/h \le 2.5$

$y = 0.5L_n$ สำหรับ $L_n/h < 1$



From Park, R., and Paulay, T., 1975, *Reinforced Concrete Structures*, Wiley-Interscience, New York

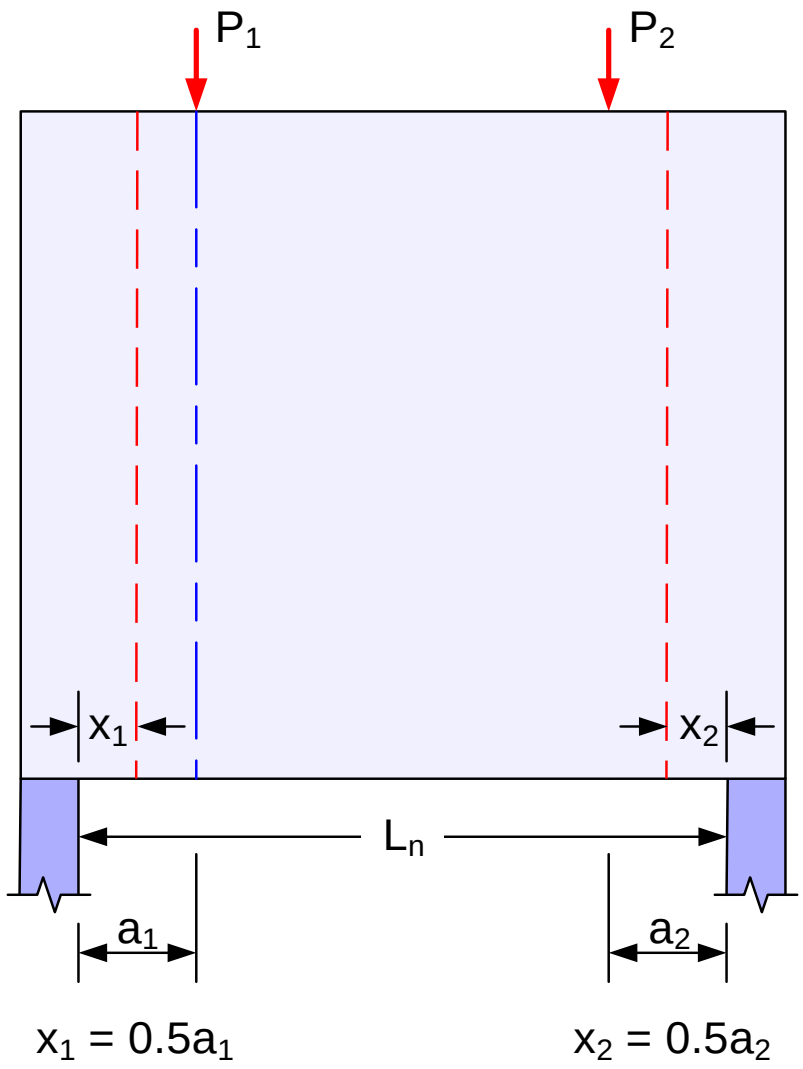
Deep Beam Design

Critical Section for Shear

(ข) สำหรับน้ำหนักกระทำเป็นจุดใช้ $x_1 = 0.5a_1$ (จุดรองรับข้างซ้าย) หรือ $x_2 = 0.5a_2$ (จุดรองรับข้างขวา)

เมื่อ a_1 และ a_2 คือความยาวช่วงเฉือน (Shear span) จากแต่ละจุดรองรับ ความยาวช่วงเฉือนคือระยะระหว่างน้ำหนักเป็นจุดและผิวจุดรองรับ

ในทุกกรณีระยะ x, x_1 และ x_2 จะต้องไม่เกินความลึกประสิทธิผล d

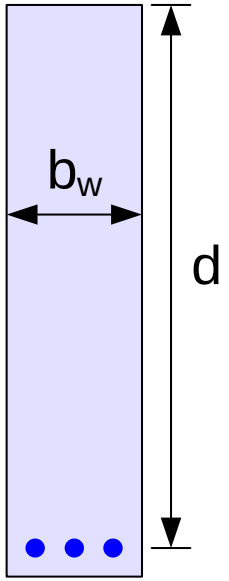


Deep Beam Design

Max. Shear Strength

หน้าตัดคานลึกต้องมีขนาดเพียงพอที่จะทำให้ $V_u \le \phi V_{n,max}$

$$V_{n,max} = 2.65\sqrt{f'_c}\, b_w d$$



Shear Strength of Concrete

วิธีคำนวณอย่างง่าย $V_c = 0.53\sqrt{f'_c}\, b_w d$

วิธีคำนวณโดยละเอียดใช้ค่าที่น้อยที่สุดของ (a), (b) และ (c)

$$V_c = \left(0.50\sqrt{f'_c} + 176\rho_w \frac{V_u d}{M_u}\right) b_w d \quad \text{(a)}$$

$$V_c = \left(0.50\sqrt{f'_c} + 176\rho_w\right) b_w d \quad \text{(b)}$$

$$V_c = 0.93\sqrt{f'_c}\, b_w d \quad \text{(c)}$$

โดยที่ M_u เกิดขึ้นที่หน้าตัดวิกฤตเดียวกับ V_u

Deep Beam Design

Shear Reinforements เมื่อแรงเฉือน $V_u > \phi V_c$ ต้องเสริมเหล็กรับแรงเฉือน

กำลังเฉือนเหล็กเสริมที่ต้องการ $V_s = (V_u - \phi V_c)/\phi$

$$V_s = \left[\frac{A_v}{s}\left(\frac{1+L_n/d}{12}\right) + \frac{A_{vh}}{s_2}\left(\frac{11-L_n/d}{12}\right)\right] f_y d$$

เมื่อ A_v = พื้นที่เหล็กเฉือนในแนวดิ่งมีระยะห่าง s ตั้งฉากกับเหล็กเสริมหลักรับการดัด

A_{vh} = พื้นที่เหล็กเฉือนในแนวนอนมีระยะห่าง s_2 ขนานกับเหล็กเสริมหลักรับการดัด

ระยะห่างเหล็กเสริมเฉือน:

$s \le d/5 \le 30$ ซม.

$s_2 \le d/5 \le 30$ ซม.

เหล็กเสริมเฉือนน้อยที่สุด:

$\min A_v = 0.0025\, b_w s$

$\min A_{vh} = 0.0025\, b_w s_2$