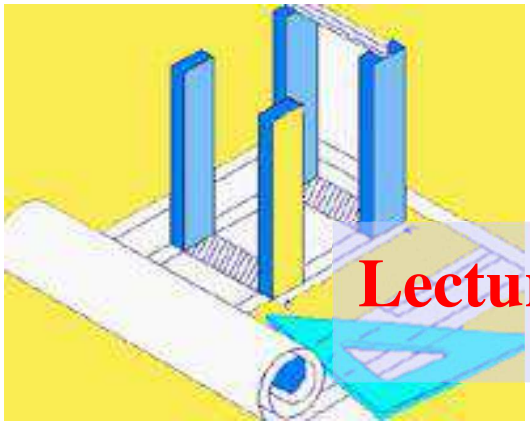


Timber and Steel Design

Lecture 2 - Specification, Loads and Design Methods

- Specifications and Building Codes
- Design Loads
- Wind Load
- Structural Members
- Load Transfer between Structural Members
- Design Methods

Mongkol JIRAVACHARADET

SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

INSTITUTE OF ENGINEERING
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING

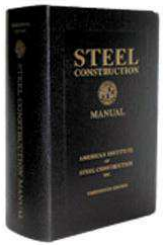
Specifications

- Developed by organizations such as AISC, ACI ASCE, and EIT
- Recommendations of good practice based on the accepted body of knowledge
- **NOT** legally enforceable

Organizations

- EIT = Engineering Institute of Thailand
- AISC = American Institute of Steel Construction
- ASCE = American Society of Civil Engineers
- AASHTO = American Association of State Highway and Transportation Officials
- UBC = Uniform Building Code
- BOCA = Building Officials & Code Administrators
- ATTC = American Institute of Timber Construction

American Institute of Steel Construction Specification



Latest: Steel Construction Manual, Thirteenth Edition

The following specifications, codes, and standards are printed in this Manual:

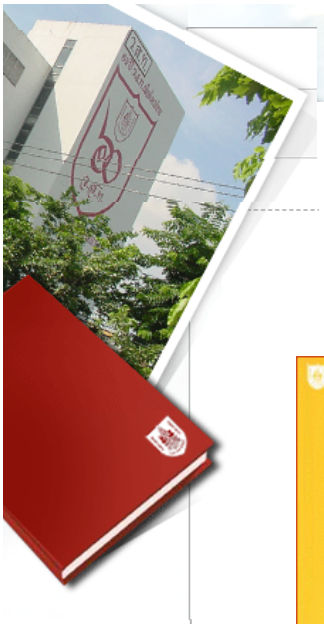
- 2005 AISC *Specification for Structural Steel Buildings*
- 2004 RCSC *Specification for Structural Joints Using ASTM A325 or A490 Bolts*
- 2005 AISC *Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges*

This Manual replaces both :

- The 9th Edition (1989) **Allowable Strength Design (ASD)** Manual and
- The 3rd Edition (2001) **Load and Resistance Factor Design (LRFD)** Manual.

Visite AISC Website @

http://www.aisc.org



วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.)

ว.ส.ท. เวบไซต์ : http://www.eit.or.th

หนังสือ ว.ส.ท.

มาตรฐานสำหรับอาคารเหล็กรูปพรรณ
รหัส 1015-40

มาตรฐานการออกแบบอาคารเหล็กรูปพรรณ
โดยวิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก
รหัส 1020-46

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
487 รามคำแหง 39 (ซอยวัดเทพลีลา) วังทองหลาง กทม. 10310
โทร 0-2319-2410~3 โทรสาร 0-2319-2710~11 E-mail: eit@eit.or.th

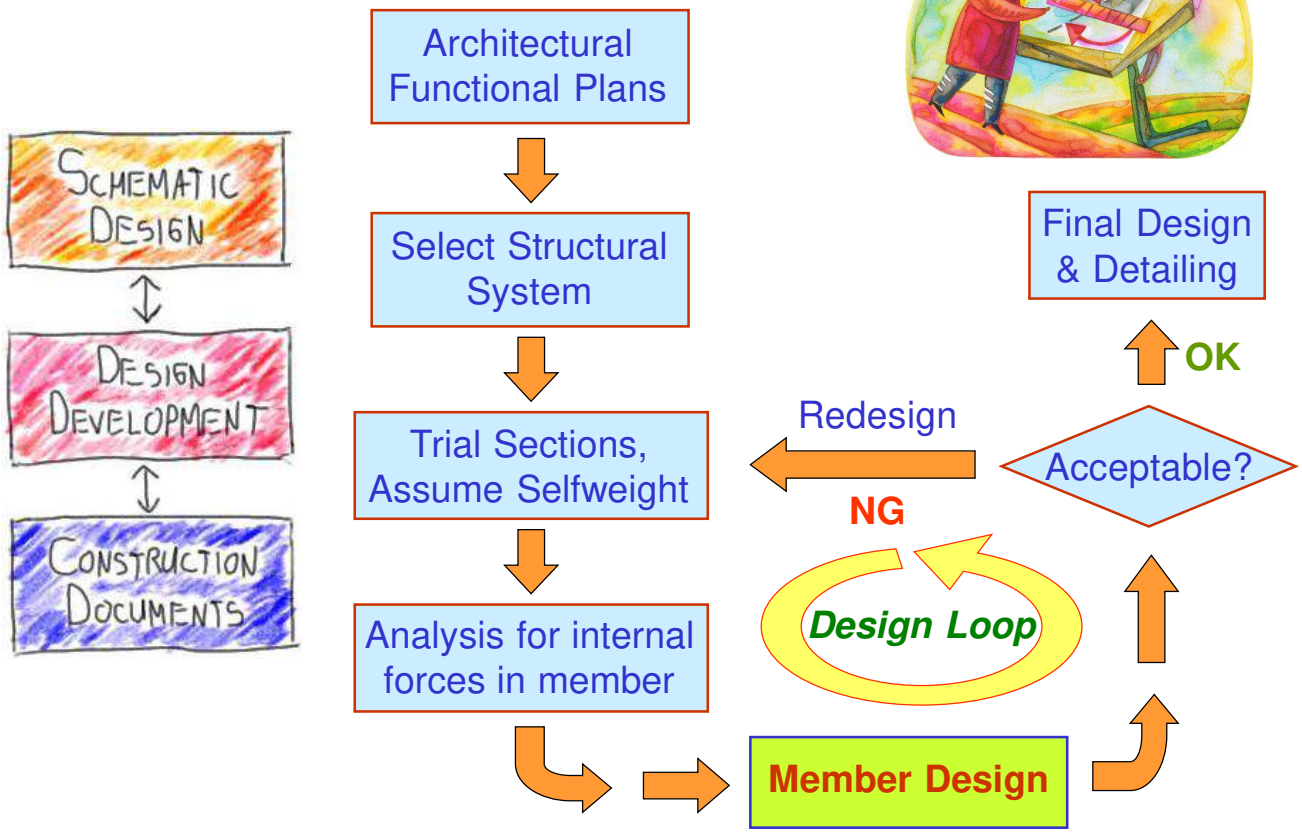
Building Codes

- ข้อกำหนดที่มีผลบังคับใช้ตามกฎหมาย
  - พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒
  - กฎกระทรวง
  - ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร
  - เทศบัญญัติ

พระราชบัญญัติ
ควบคุมอาคาร
พ.ศ. ๒๕๒๒

กฎกระทรวง
ฉบับที่ ๒๗ (พ.ศ. ๒๕๓๔)
ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร
พ.ศ. ๒๕๒๒

Design Process



STRUCTURAL ENGINEERING IS

THE ART OF USING MATERIALS

That Have Properties Which Can Only Be Estimated

TO BUILD REAL STRUCTURES

That Can Only Be Approximately Analyzed

TO WITHSTAND FORCES

That Are Not Accurately Known

SO THAT OUR RESPONSIBILITY WITH RESPECT TO PUBLIC SAFETY IS SATISFIED

STABILITY **SAFETY** **ECONOMY**

การออกแบบโครงสร้าง

- กำหนดความต้องการในการใช้งาน – by owner
- ออกแบบสถาปัตยกรรม(รูปทรง, แบบแปลน) – by architect
- กำหนดระบบโครงสร้าง – by engineer
- ประมาณน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้าง
- วิเคราะห์โครงสร้างเพื่อหาแรงในองค์อาคารและจุดต่อ
- ออกแบบองค์อาคารและจุดต่อ
- ตรวจสอบการออกแบบ

Design Methods

Allowable Strength Design (ASD)

*"**allowable strength** of each structural component equals or exceeds the **required strength**"*

Design shall be performed in accordance with :

$$R_a \leq R_n / \Omega$$

where

R_a = required strength (ASD)

R_n = nominal strength

Ω = safety factor

R_n / Ω = allowable strength

ว.ส.ท. มาตรฐานสำหรับอาคารเหล็กรูปพรรณ รหัส 1015-40

ASD method remains practical and is still widely used

Load and Resistance Factor Design (LRFD)

"design strength of each *structural component* equals or exceeds the ***required strength"***

Design shall be performed in accordance with :

$$R_u \leq \phi R_n$$

where

R_u = required strength (LRFD)

R_n = nominal strength

ϕ = resistance factor

ϕR_n = design strength

มาตรฐานการออกแบบอาคารเหล็กรูปพรรณ
โดยวิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก

LRFD will become the dominant method in the future

$$\textbf{Factor of Safety (FS)} = \frac{\textbf{Strength of member}}{\textbf{Strength due to load}}$$

Uncertainties affecting F.S.

1) Material strength: initial variation, creep, corrosion and fatigue
2) Method of analysis
3) Disaster (hurricane, earthquake)
4) Fabrication and erection stress
5) Technology change live load ; traffic load
6) Live load estimation
7) Other → residual stress, stress concentration and variation in dimension

Design Loads

- Dead Loads - self weight not known before design
- Live Loads - change in position and magnitude
- Wind Load
- Seismic Load
- Snow/Rain Load
- Earth Pressure

Dead Loads

- Caused by the weight of structure
- Include both the load bearing and non-load bearing elements in a structure
- Generally can be estimated with reasonable certainty

น้ำหนักบรรทุกคงที่

วัสดุทั่วไป	*kg/m^3*
คอนกรีตเสริมเหล็ก	*2,400*
คอนกรีตล้วน	*2,320*
ไม้	*500-1,200*
เหล็ก	*7,850*
วัสดุมุงหลังคา	*kg/m^2*
กระเบื้องลอนคู่	*14*
กระเบื้องซีแพคโมเนีย	*50*
เหล็กรีดลอน, สังกะสี	*5*
โครงหลังคา	*10-30*
แปไม้	*5*
ผนังก่ออิฐมอญ	*180-360*
ผนังก่ออิฐบล็อค	*100-200*

Live Loads

- Floor Loads
- Snow and Ice: 50 - 200 kg/sq.m.
- Traffic Load & Pedestrian Load for Bridges
- Impact Loads
- Lateral Loads: Wind & Earthquake

น้ำหนักบรรทุกจร

กฎกระทรวง ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) พ.ร.บ. ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

ประเภทและส่วนต่างๆ ของอาคาร	หน่วยน้ำหนักจร (kg/m^2)
(1) หลังคา	30
(2) กันสาดหรือหลังคาคอนกรีต	100
(3) ที่พักอาศัย โรงเรียนอนุบาล ห้องน้ำ ห้องส้วม	150
(4) ห้องแถว ตึกแถวที่ใช้พักอาศัย อาคารชุด หอพัก โรงแรม และห้องคนไข้พิเศษของโรงพยาบาล	200
(5) สำนักงาน ธนาคาร	250
(6) (ก) อาคารพาณิชย์ ส่วนของห้องแถว ตึกแถวที่ใช้เพื่อการพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน และโรงพยาบาล	300
(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคารชุด หอพัก โรงแรม สำนักงาน และธนาคาร	300

น้ำหนักบรรทุกจร (ต่อ)

กฎกระทรวง ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) พ.ร.บ. ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

ประเภทและส่วนต่างๆ ของอาคาร	หน่วยน้ำหนักจร (kg/m^2)
(7) (ก) ตลาด อาคารสรรพสินค้า หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้องประชุม ห้องอ่านหนังสือในห้องสมุดหรือหอสมุด ที่จอดหรือเก็บรถยนต์นั่งหรือจักรยานยนต์	400
(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคารพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย และโรงเรียน	500
(8) (ก) คลังสินค้า โรงกีฬา พิพิธภัณฑ์ อัฒจันทร์ โรงงานอุตสาหกรรม โรงพิมพ์ ห้องเก็บเอกสารและพัสดุ	500
(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของตลาด อาคารสรรพสินค้า ห้องประชุม หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้องสมุด และหอสมุด	500
(9) ห้องเก็บหนังสือของห้องสมุดหรือหอสมุด	600
(10) ที่จอดหรือเก็บรถบรรทุกเปล่า	800

Wind Loads

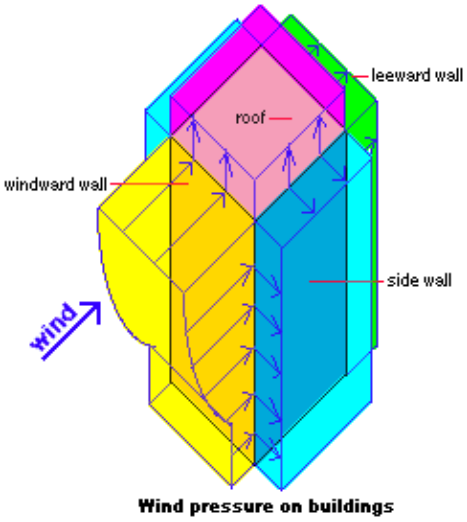
แรงลมที่กระทำกับโครงสร้างหาได้โดยการคำนวณแรงดันลมที่เกิดกับผิวอาคาร

$$q = 0.5\,\rho V^2$$ ASCE 7-98 $$q = 0.00483\,K\,V^2$$

เมื่อ q = stagnation pressure **แรงดันลม (กก./ม.^{2})**

V = basic wind speed **ความเร็วลมพื้นฐาน วัดที่ความสูง 10 เมตร (กม./ชม.)**

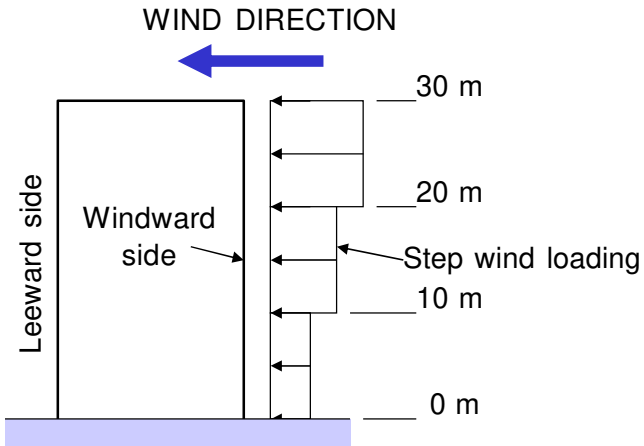
K = **แฟกเตอร์สำหรับความสูงอื่นที่ต่างจาก 10 เมตร**

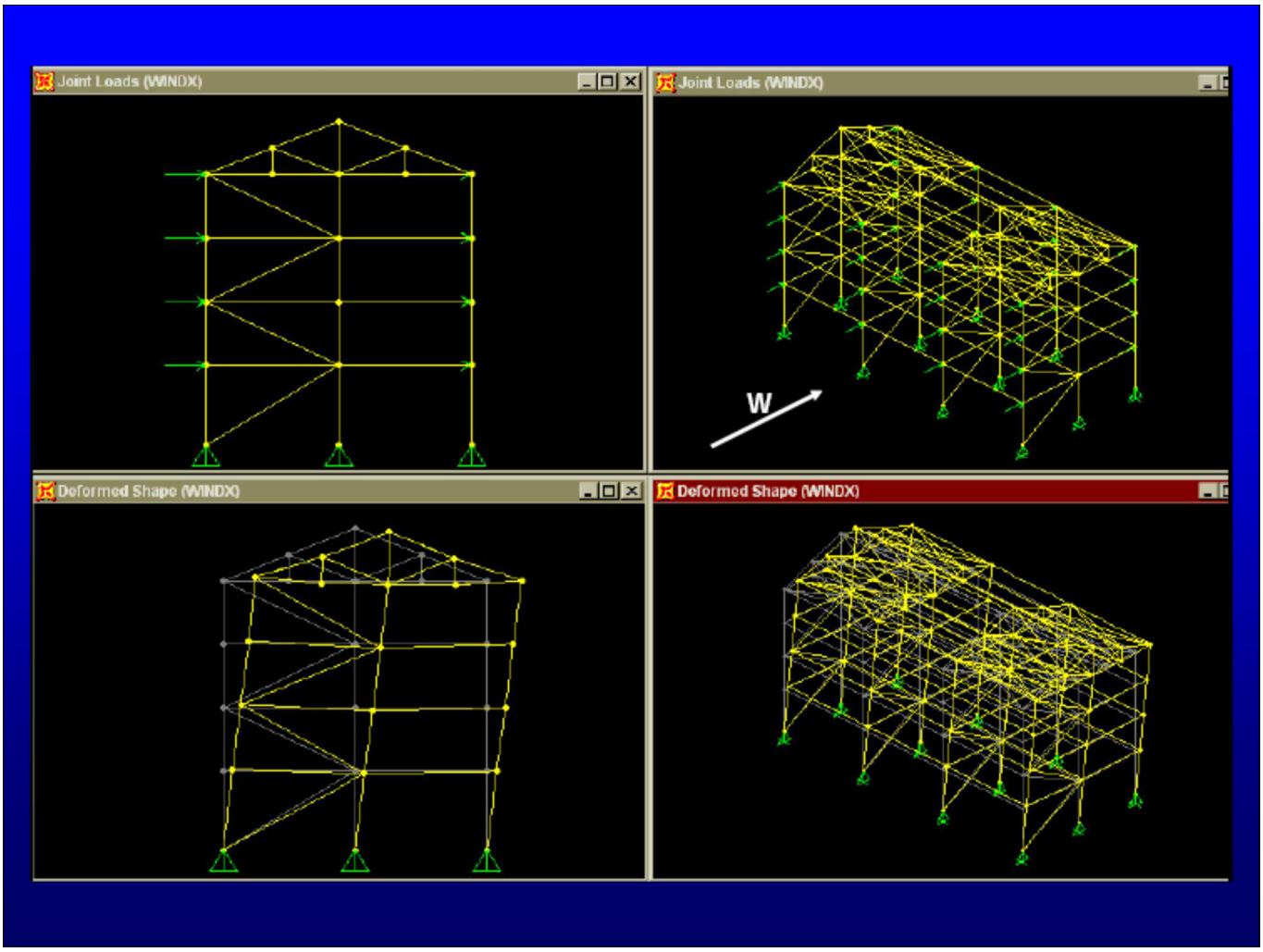


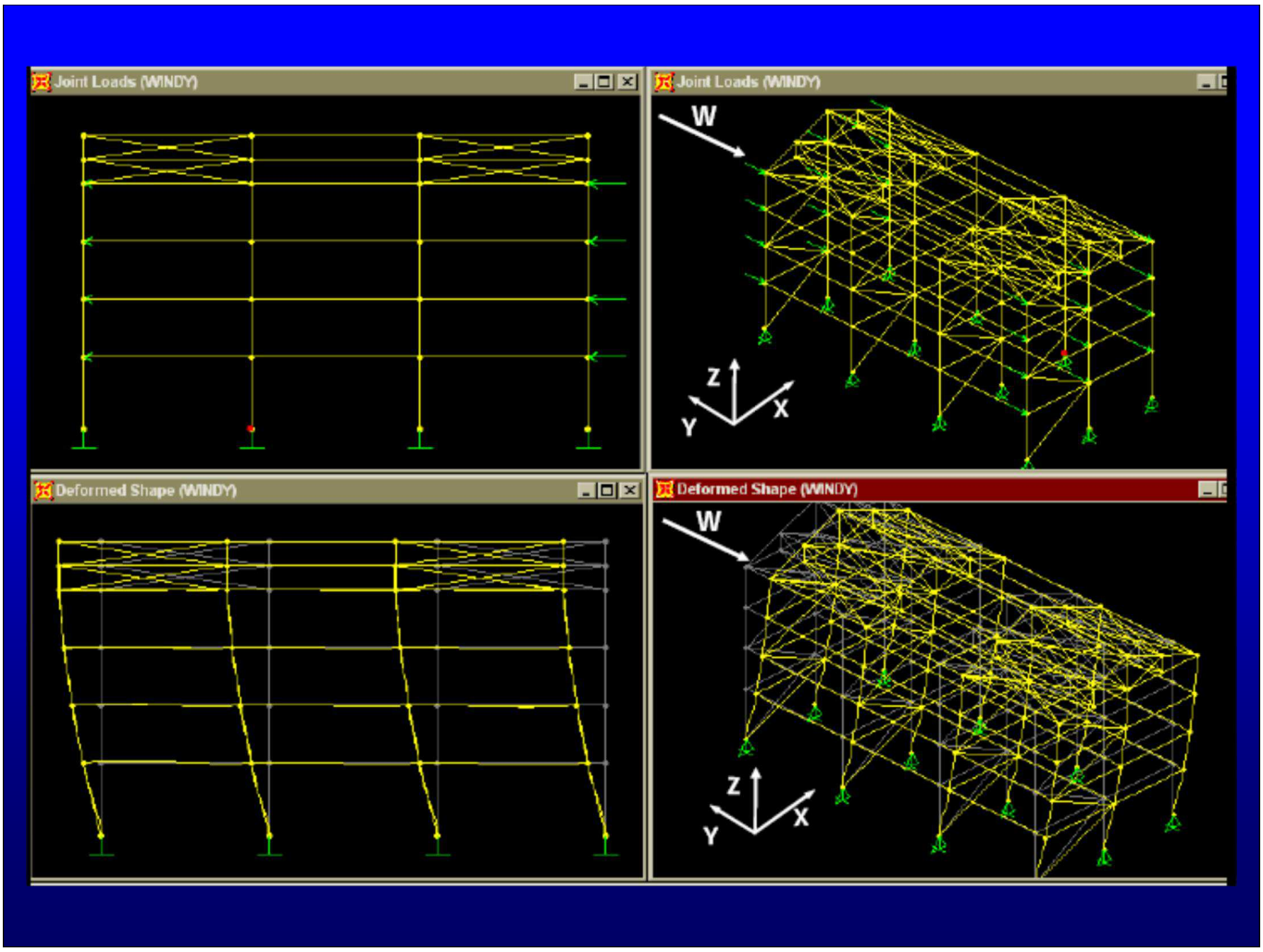
Wind pressure on buildings

แรงลมตาม พ.ร.บ. ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

ความสูงอาคาร (เมตร)	หน่วยแรงลม (กก./ตร.ม.)
น้อยกว่า 10	50
10 < *h* < 20	80
20 < *h* < 40	120
มากกว่า 40	160



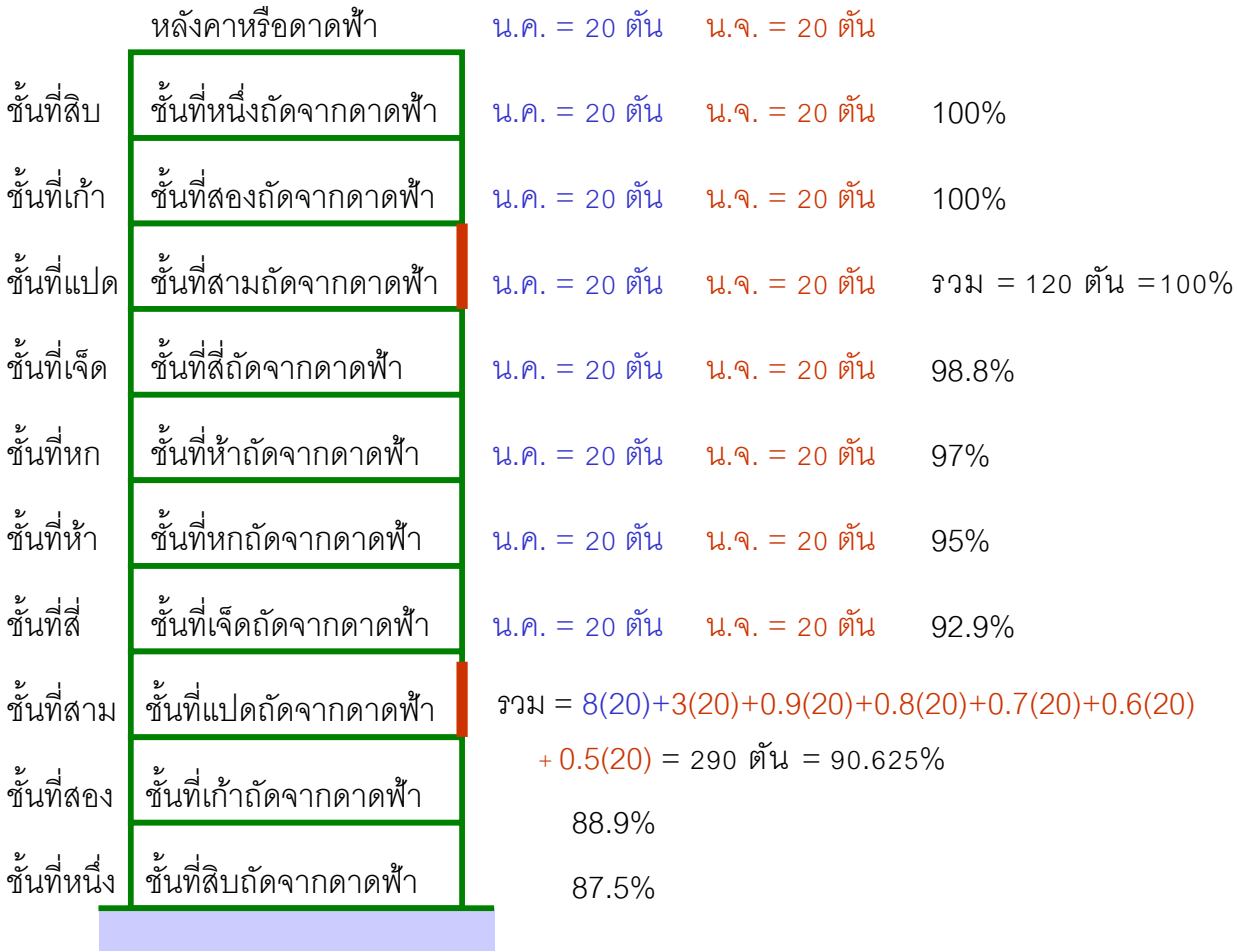

Joint Loads (WINDX)
Joint Loads (WINDX)
W
Deformed Shape (WINDX)
Deformed Shape (WINDX)


Joint Loads (WINDY)
Joint Loads (WINDY)
W
Z
Y
X
Deformed Shape (WINDY)
Deformed Shape (WINDY)
W
Z
Y
X

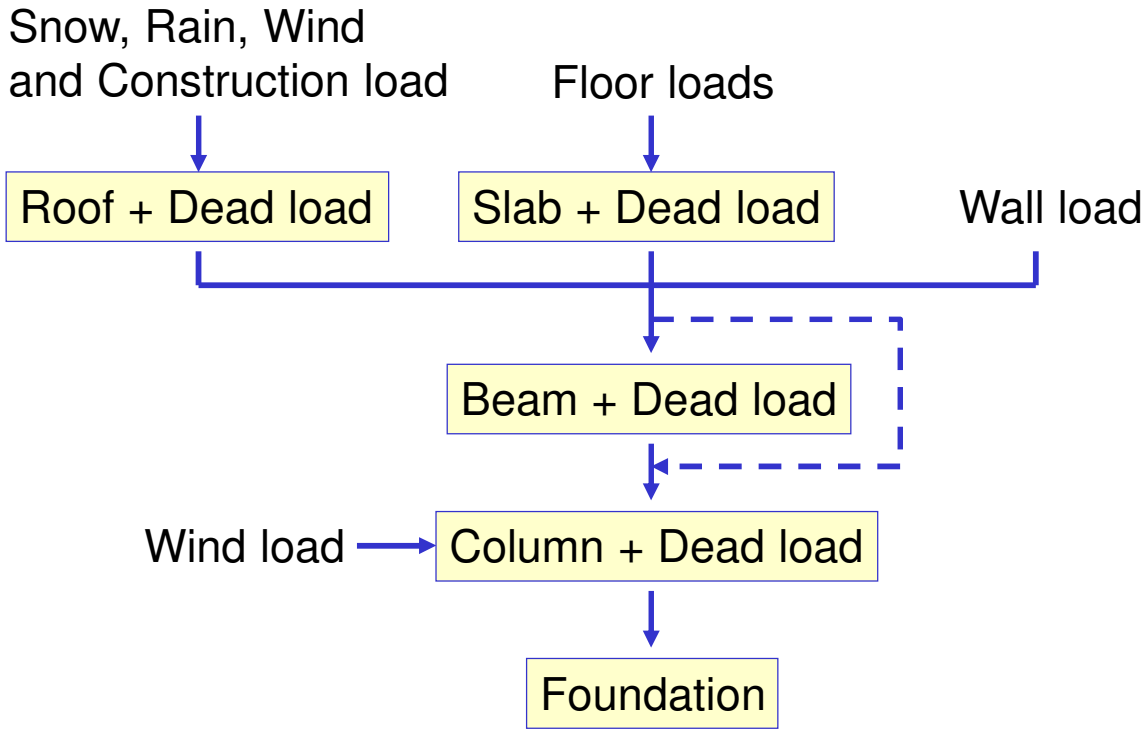
ข้อ 19 ในการคำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงเสา คาน หรือโครงที่รับเสาและฐานราก ให้ใช้น้ำหนักของอาคารเต็มอัตรา ส่วนหน่วยน้ำหนักบรรทุกจร ให้ใช้ตามที่กำหนดไว้ โดยให้ลดส่วนลงได้ตามชั้นของอาคารดังต่อไปนี้

การรับน้ำหนักของพื้น	อัตราการลดน้ำหนักบรรทุกจร บนพื้นแต่ละชั้นเป็นร้อยละ
(1) หลังคาหรือดาดฟ้า	0
(2) ชั้นที่หนึ่งถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้า	0
(3) ชั้นที่สองถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้า	0
(4) ชั้นที่สามถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้า	10
(5) ชั้นที่สี่ถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้า	20
(6) ชั้นที่ห้าถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้า	30
(7) ชั้นที่หกถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้า	40
(8) ชั้นที่เจ็ดถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้าและชั้นต่อลงมา	50

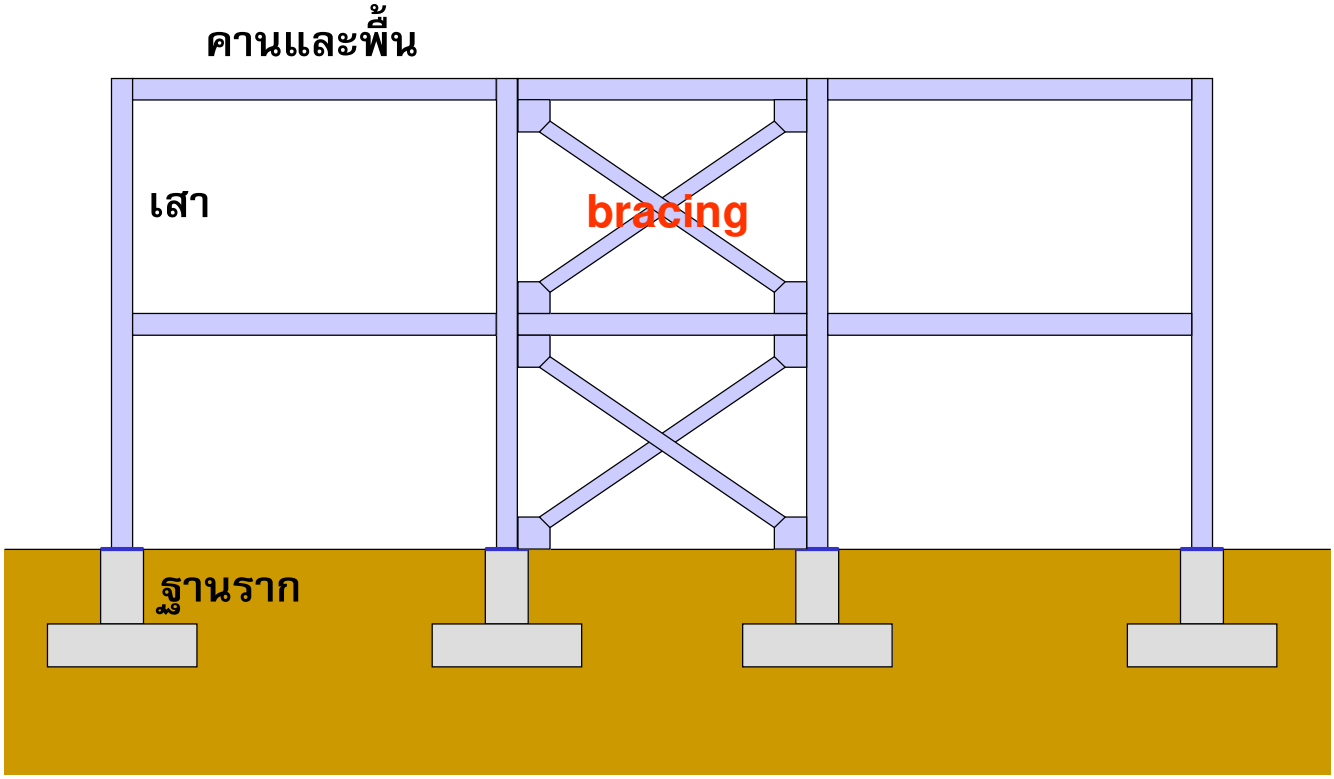
สำหรับโรงมหรสพ ห้องประชุม หอประชุม ห้องสมุด หอสมุด พิพิธภัณฑ์ อัฒจันทร์ คลังสินค้า โรงงาน อุตสาหกรรม อาคารจอดหรือเก็บรถยนต์ หรือจักรยานยนต์ ให้คิดหน่วยน้ำหนักบรรทุกจรเต็มอัตราทุกชั้น



Load Transfer between Structural Members



โครงสร้างเหล็ก



ตัวอย่างอาคารสำนักงาน 4 ชั้น

- Pin/hinge connection
- Fix/moment connection

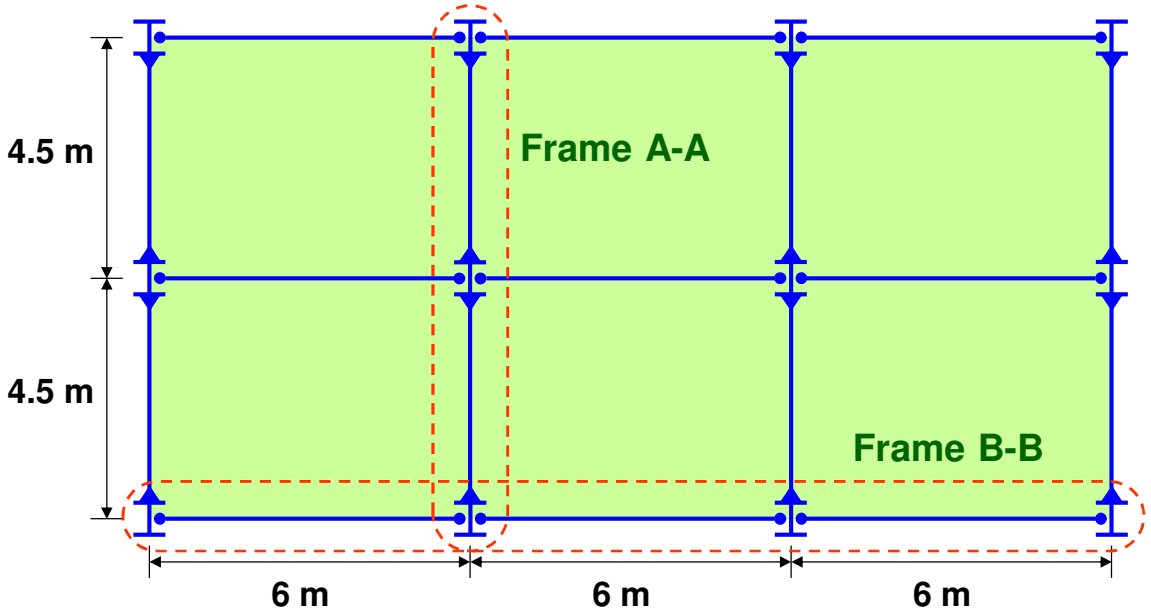


Figure 1 ▸ Structural floor plan and layout

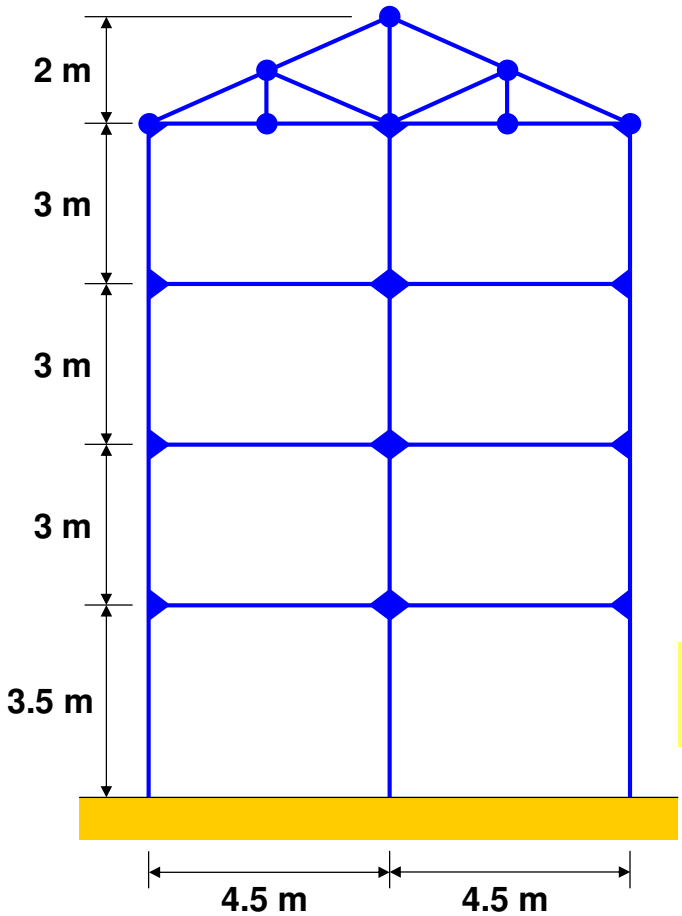


Figure 2 ▸ Structural elevation of frame A-A

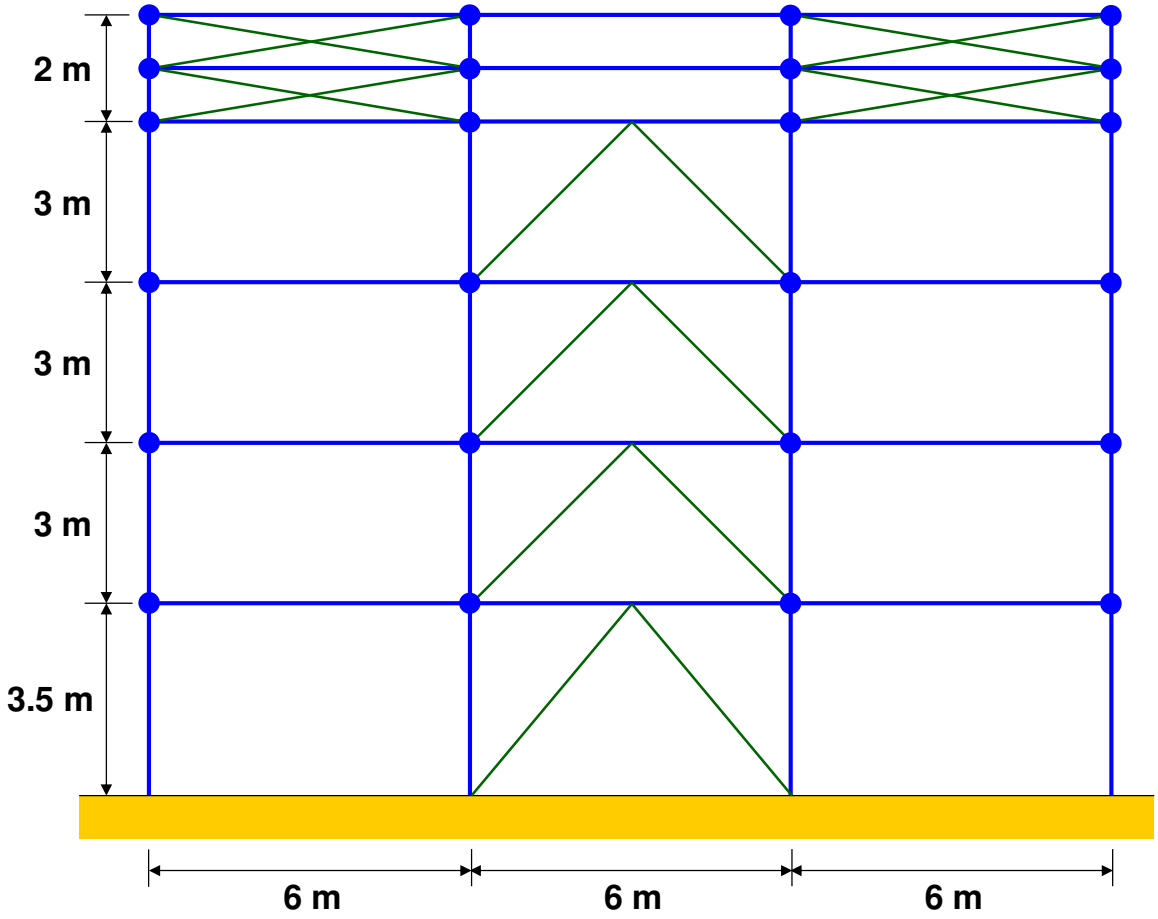
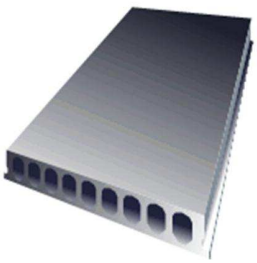
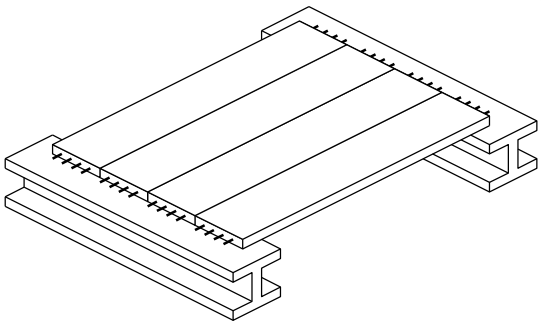
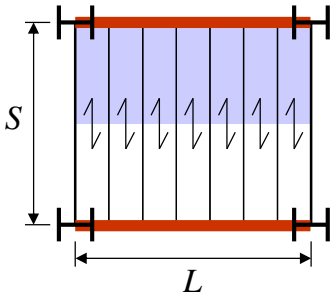


Figure 3 ▸ Structural elevation of frame B-B

Load from Precast Concrete Slab





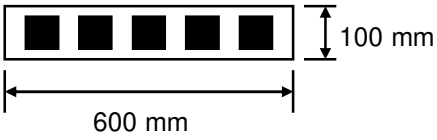


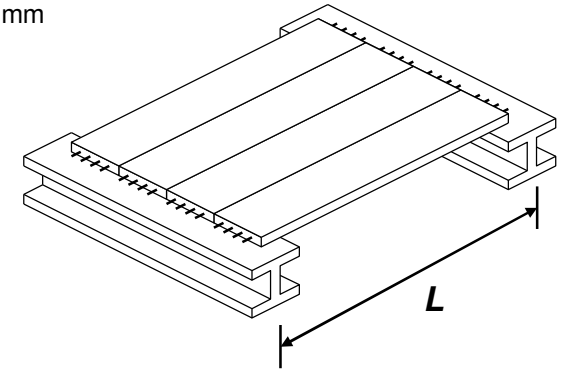
Floor load = w kg/sq.m

Tributary area = $0.5SL$ sq.m

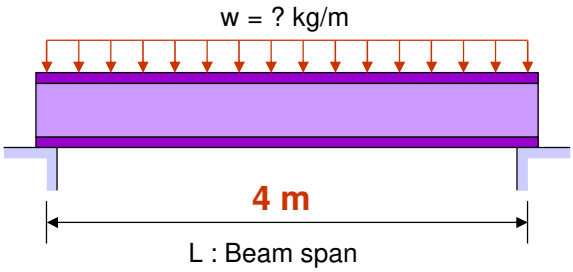
Load on beam = $0.5wSL$ kg/m

Example: CPAC Hollow Core Slab HC100





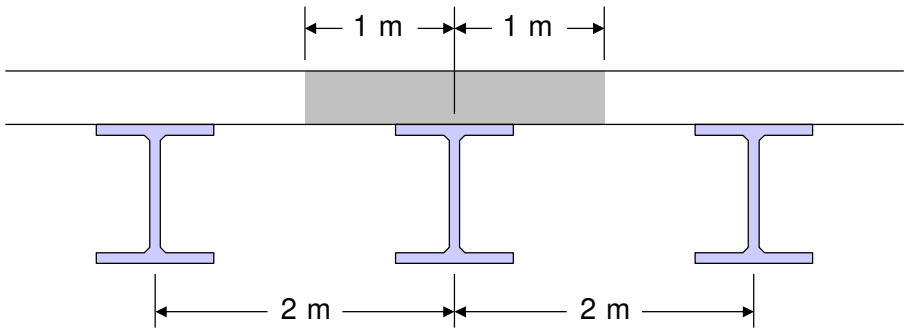
SLAB WEIGHT	296	KG/M^2
PC WIRE	6 ∅ 4	MM.
SPAN	4	M.
LIVE LOAD	300	KG/M^2



Superimposed DL = 80 KG/M^2

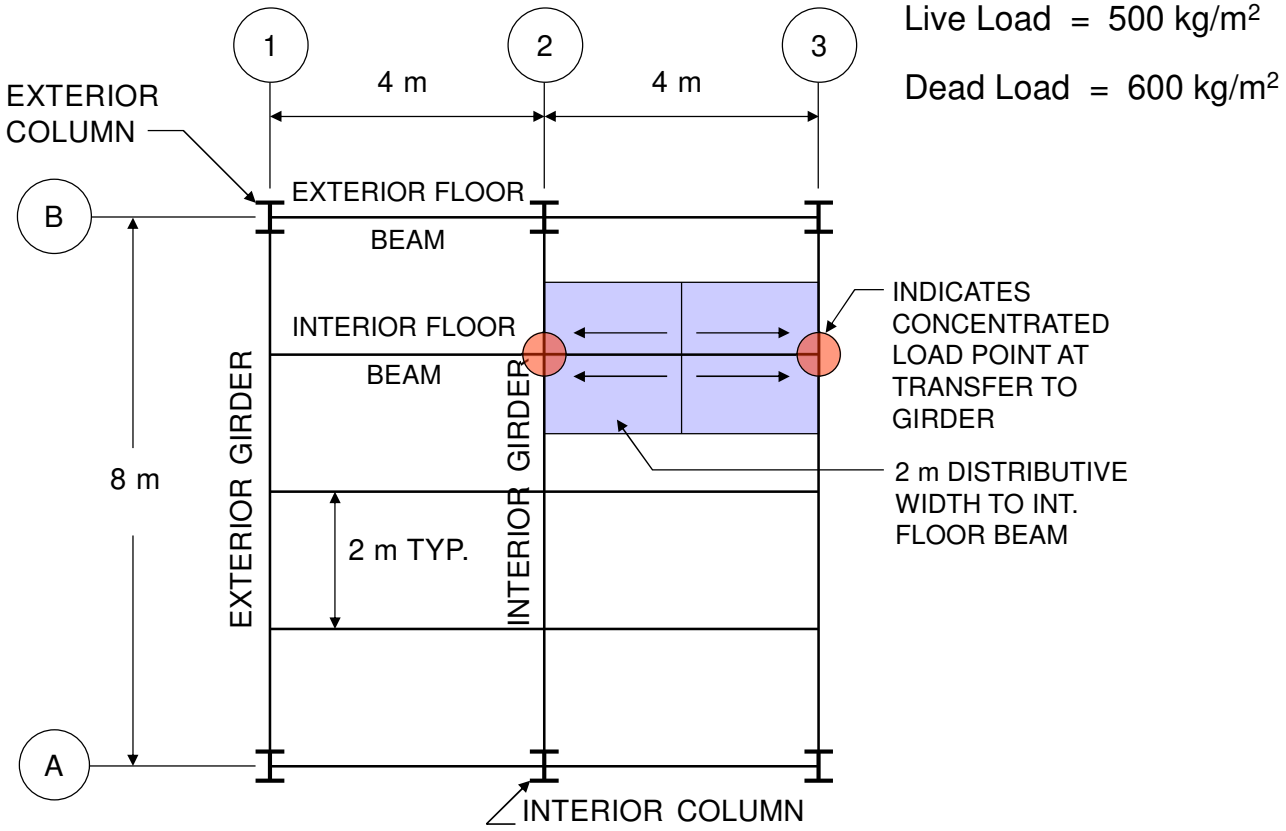
Total Load = 296 + 300 + 80 = 676 KG/M^2

Load on Beam = 676 × 4 / 2 = 1,352 KG/M

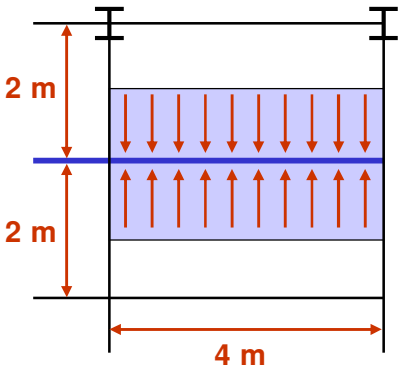


Load Tributary Area on Beam

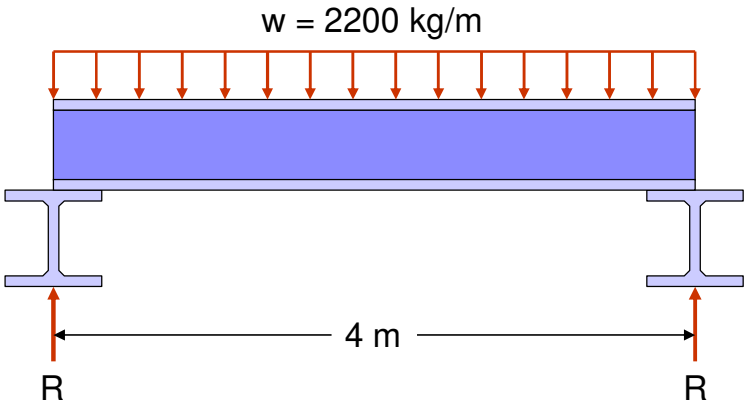
Example 2.1: Compute load on structural members



INTERIOR FLOOR BEAM :

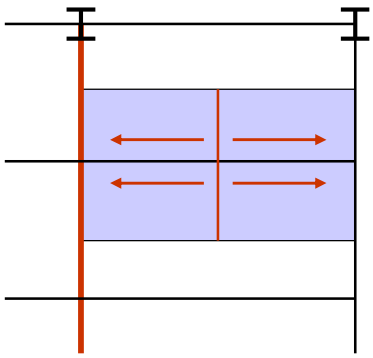


w = 2 (500 + 600) (2) / 2 = 2,200 kg/m

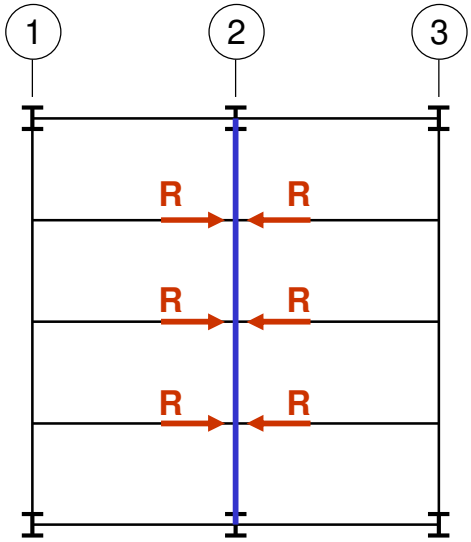


Reaction @ Beam End :

R = (2,200) (4) / 2 = 4,400 kg/m

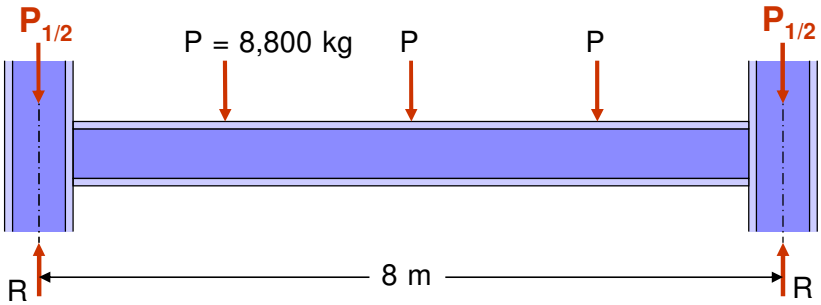


INTERIOR GIRDER :



Point Load on Girder :

P = 2 R = 2 × 4,400 = 8,800 kg/m



Reaction transfer to Column :

R = 3 P / 2 + $P_{1/2}$ = 3 × 8,800 / 2 + 4,400 = 17,600 kg/m