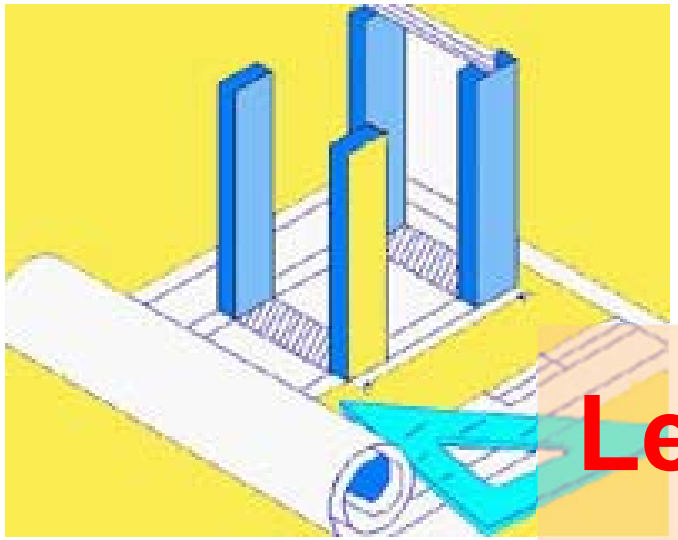


Reinforced Concrete Design II

Lecture 2 - Specification, Loads and Design Methods

- Structural Design Process
- Building Codes
- Strength Design Method
- Dead Load & Live Load
- Load Transfer in Structure

Mongkol JIRAVACHARADET

SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
INSTITUTE OF ENGINEERING
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING

Design Process

SCHEMATIC DESIGN

DESIGN DEVELOPMENT

CONSTRUCTION DOCUMENTS

Architectural Functional Plans

Select Structural System

Trial Sections, Assume Selfweight

Analysis for internal forces in member

Member Design

Redesign

NG

Acceptable?

OK

Final Design & Detailing

Design Loop

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
- ASCE = American Society of Civil Engineers
- AASHTO = American Association of State Highway and Transportation Officials
- UBC = Uniform Building Code
- BOCA = Building Officials & Code Administrators
- **ACI = American Concrete Institute**

Building Codes

- ข้อกำหนดที่มีผลบังคับใช้ตามกฎหมาย
- Minimum requirements to protect the public
  - พ.ร.บ. ควบคุมอาคาร **2522**
  - กฎกระทรวงมหาดไทย
  - มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง
  - ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร
  - เทศบัญญัติ

Design Loads

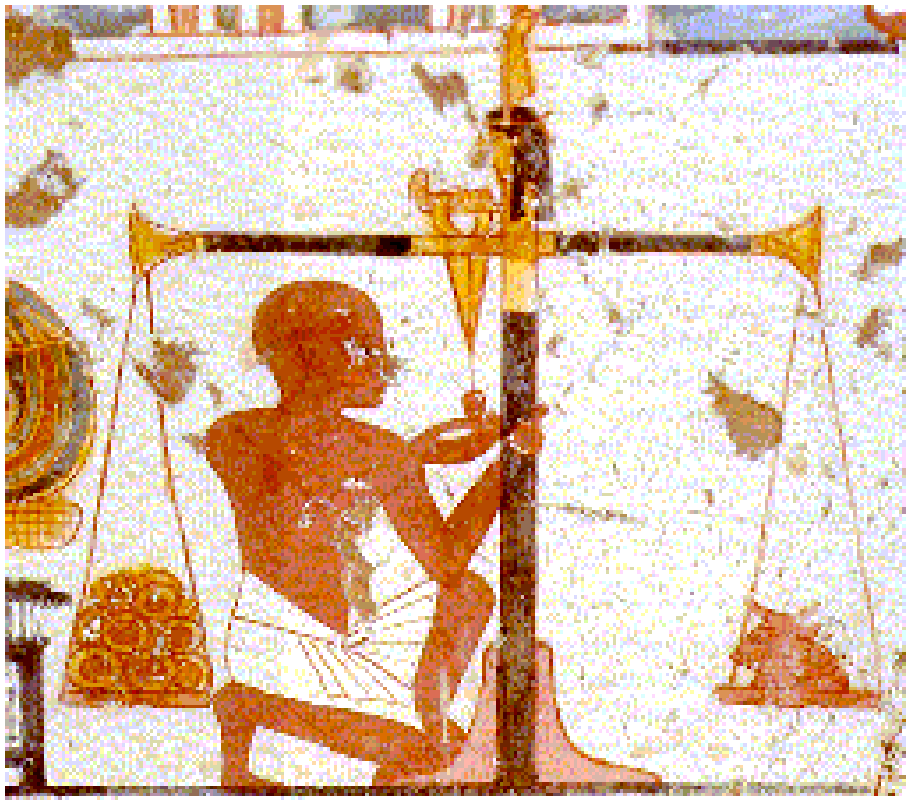
- Dead Loads - stationary loads of constant magnitude
- Live Loads - moving loads or loads that vary in magnitude

น้ำหนักบรรทุกคงที่ *(Dead Load)*

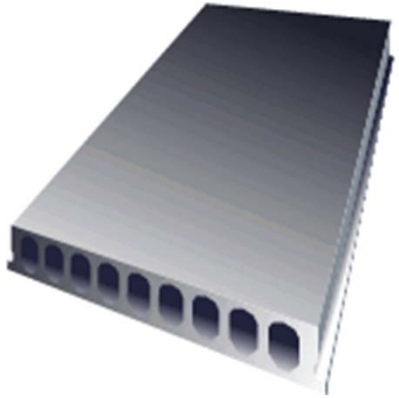
- Caused by the weight of structure
- Include both the load bearing and non-load bearing elements in a structure
- Generally can be estimated with reasonable certainty

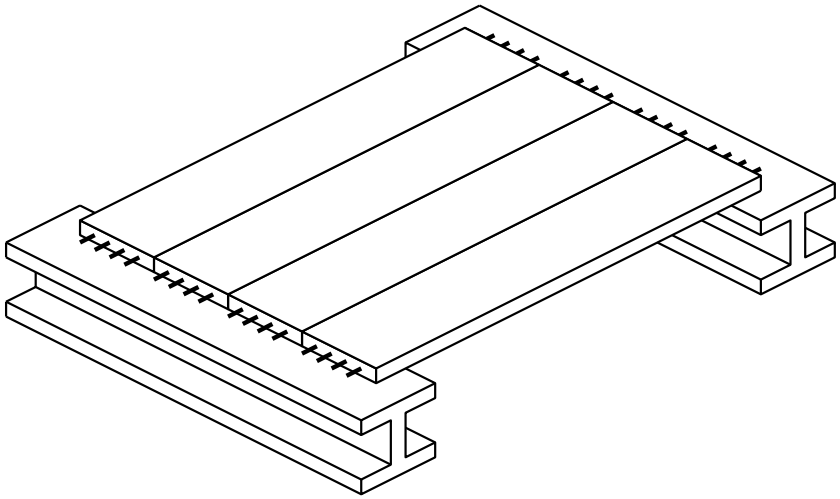
น้ำหนักวัสดุก่อสร้างทั่วไป

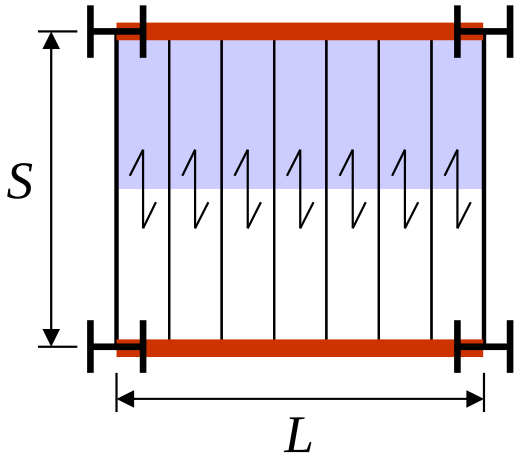
วัสดุทั่วไป	kg/m^3
คอนกรีตเสริมเหล็ก	2,400
คอนกรีตล้วน	2,320
ไม้	500-1,200
เหล็ก	7,850
วัสดุมุงหลังคา	kg/m^2
กระเบื้องลอนคู่	14
กระเบื้องซีแพคโมเนีย	50
เหล็กรีดลอน, สังกะสี	5
โครงหลังคา	10-30
แป้ไม้	5
ผนังก่ออิฐมอญ	180-360
ผนังก่ออิฐบล็อค	100-200



Load from Precast Concrete Slab





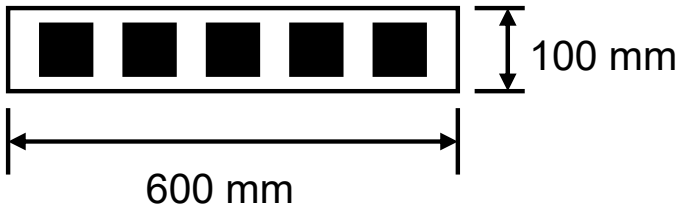


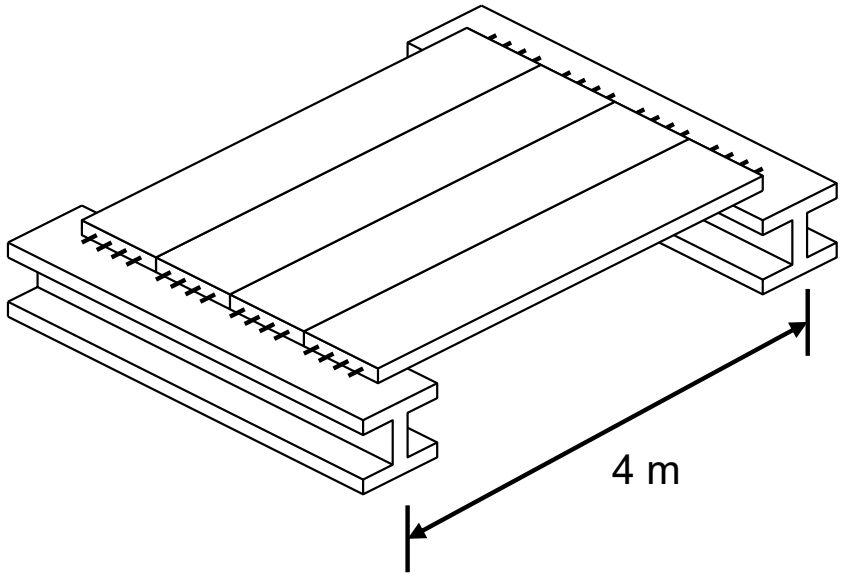
Floor load = w kg/sq.m

Tributary area = 0.5SL sq.m

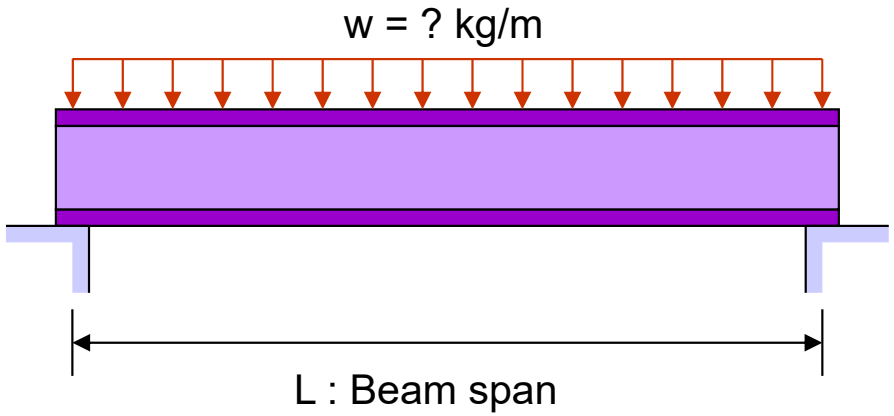
Load on beam = 0.5wS kg/m

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



น้ำหนักบรรทุกจร *(Live Load)*

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

น้ำหนักบรรทุกจรบนพื้นอาคาร

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

ประเภทและส่วนต่างๆของอาคาร	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**

น้ำหนักบรรทุกจรบนพื้นอาคาร (ต่อ)

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

ประเภทและส่วนต่างๆของอาคาร	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**

แรงลม (Wind Load)

- แรงดันลมบนผิวอาคารแนวดิ่งตั้งฉากกับทิศทางลมในแนวราบหาได้จาก

$$q = 0.5\,\rho V^2$$

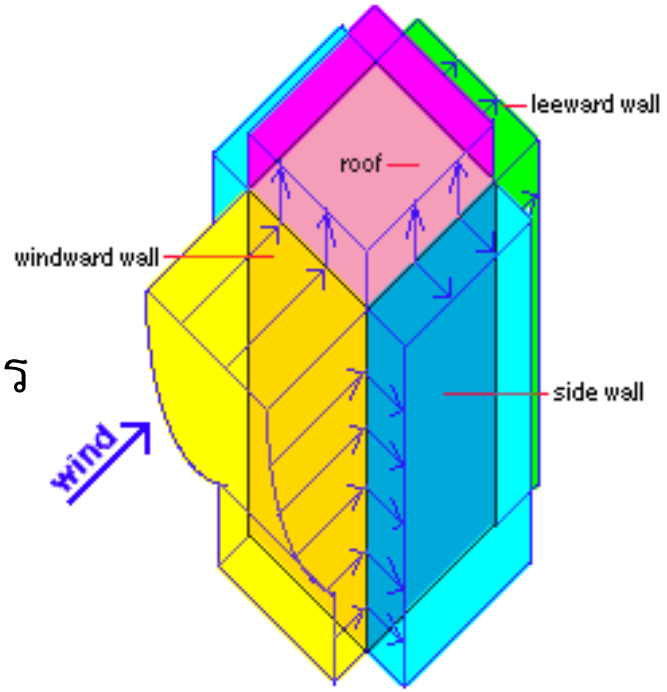
ASCE 7-98

$$q = 0.00483\,K V^2$$

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

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

K = แฟกเตอร์สำหรับความสูงอื่นที่ต่างจาก 10 เมตร

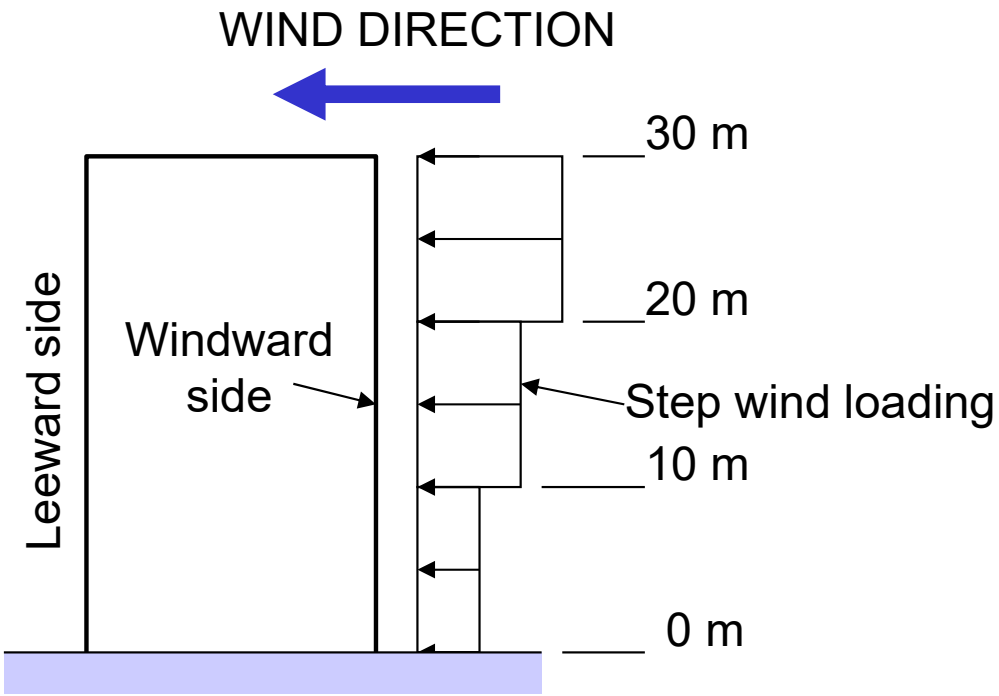


Wind pressure on buildings

แรงลมตาม พ.ร.บ. ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

- หากไม่มีข้อมูลที่เชื่อถือได้ให้ใช้ค่าแรงดันลมตาม พ.ร.บ. ควบคุมอาคาร 2522

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

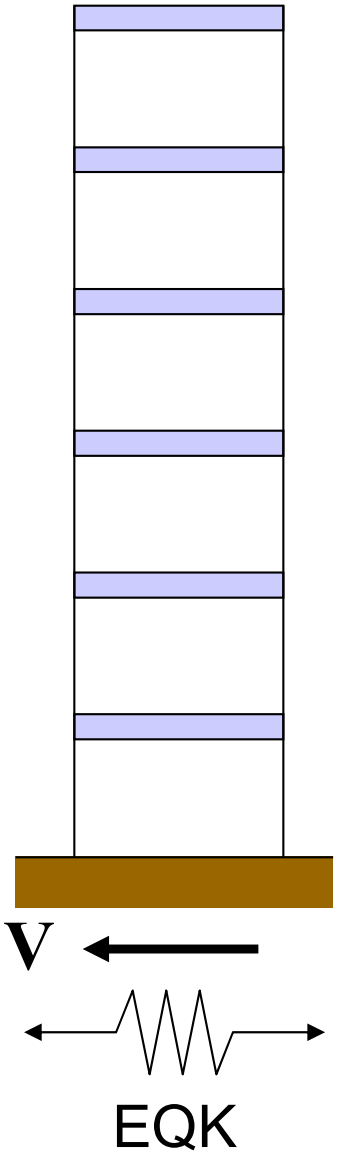


ข้อ 19 ในการคำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงเสา คาน หรือโครงที่รับเสาและฐานราก ให้ใช้น้ำหนักของอาคารเต็มอัตรา ส่วนหน่วยน้ำหนักบรรทุกจร ให้ใช้ตามที่กำหนดไว้ โดยให้ลดส่วนลงได้ตามชั้นของอาคารดังต่อไปนี้

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

แรงแผ่นดินไหว กฎกระทรวง พ.ศ. 2550



กฎกระทรวง พ.ศ. 2550 กำหนดให้พิจารณาแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินโดยคำนวณเป็นแรงเฉือนที่ฐาน (Base Shear) ดังนี้

$$V = ZIKCSW$$

เมื่อ V = แรงเฉือนที่ฐานอาคาร

Z = สัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหว

I = สัมประสิทธิ์ความสำคัญของอาคาร

K = สัมประสิทธิ์โครงสร้าง

C = สัมประสิทธิ์คุณสมบัติทางพลศาสตร์ของโครงสร้าง

S = สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นดินและโครงสร้าง

W = น้ำหนักโครงสร้าง

Reinforced Concrete

Design Methods

- Working Stress Design (WSD)
- Ultimate Strength Design (USD)
- Limit State Design (LSD)
- Performance-based Design (PBD)

aci 318

Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI318-XX) and Commentary (ACI318R-XX)

Early 1900s: WSD was mainly used.

ACI 318-56: USD was first introduced.

ACI 318-63: Treated WSD and USD on equal basis.

ACI 318-71: Based entirely on strength approach (USD)
WSD was small part called Alternate Design Method (ADM).

ACI 318-77: ADM moved to Appendix A
USD was called Strength Design Method.

aci 318

Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI318-XX) and Commentary (ACI318R-XX)

ACI 318-83: ADM moved to Appendix B

ACI 318-89: ADM back to Appendix A

ACI 318-95: Unified Design was introduced in Appendix B

ACI 318-99: Limit State at Failure Approach was introduced

ACI 318-02: Change load factor to 1.2DL + 1.6LL

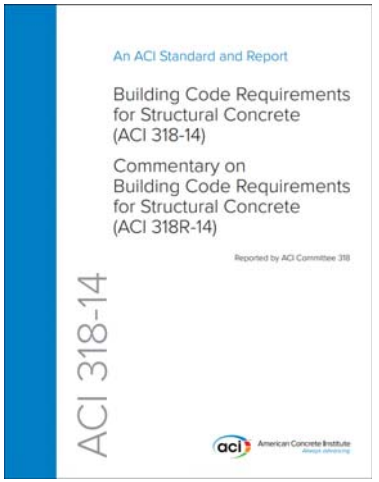
ACI 318-05

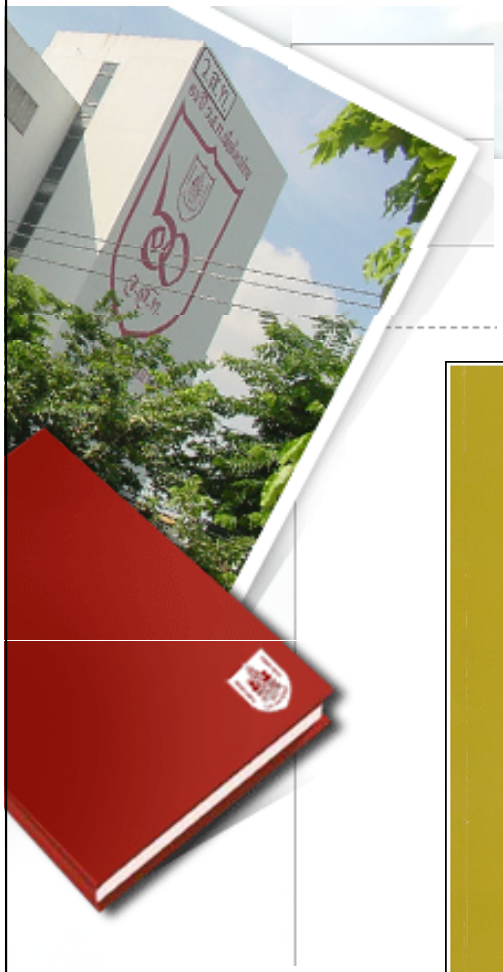
ACI 318-08

ACI 318-11

ACI 318-14

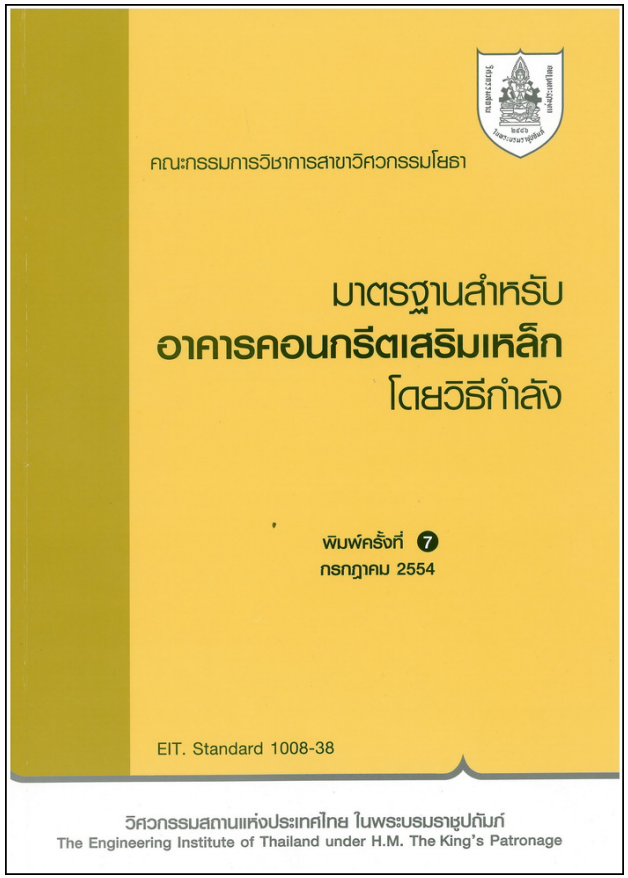
American Concrete Institute®
Advancing concrete knowledge





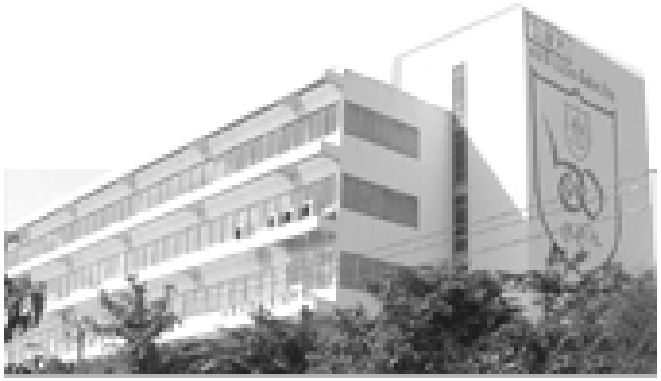
วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.)

ว.ส.ท. เวบไซต์ : http://www.eit.or.th



มาตรฐานสำหรับ
อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก
โดยวิธีกำลัง (2554)

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



วิธีหน่วยแรงใช้งาน (Working Stress Design)

WSD

aci 318 Alternate Design Method

- ออกแบบเพื่อรับน้ำหนักในสภาวะใช้งาน (service load)
- หน่วยแรงที่เกิดขึ้นจะต้องไม่เกินหน่วยแรงที่ยอมให้

Working Stress $\leqslant$ Allowable Stress F_a

Concrete : $F_a = 0.45\ f'_c$ (ACI และ วสท.)

$F_a = 0.375\ f'_c$ (พ.ร.บ. ควบคุมอาคาร 2522)

Steel: $F_a = 0.50\ F_y$

ข้อดี และ ข้อเสีย ของวิธีหน่วยแรงใช้งาน

WSD

- เป็นวิธีที่ใช้กันมานานมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย
- เข้าใจง่ายเพราะพิจารณาพฤติกรรมของวัสดุในช่วงอิลาสติก
- ไม่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของกำลังวัสดุและน้ำหนักบรรทุก
- ไม่สามารถระบุอัตราส่วนความปลอดภัยได้อย่างชัดเจน

วิธีกำลัง (Strength Design Method)

SDM

วิธีกำลังประลัย = Ultimate Stress Design (USD)

- รับน้ำหนักเพิ่มจนถึงสภาวะก่อนเกิดการวิบัติ (ultimate load)
- ออกแบบให้กำลังต้านทานมากกว่ากำลังที่ต้องการรับน้ำหนัก

Design Strength N $\geqslant$ Required Strength U

- กำหนดอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety: FS) โดย
  - ตัวคูณเพิ่มน้ำหนัก (Load Factor > 1.0)
  - ตัวคูณลดกำลัง (Strength Reduction Factor < 1.0)

วิธีกำลัง (Strength Design Method)

SDM

หลักการออกแบบ:

กำลังออกแบบ $\geq$ กำลังที่ต้องการ

$$\phi S_n \geq U$$

เมื่อ S_n คือ **กำลังระบุ (Nominal Strength)** ที่คำนวณตามทฤษฎี

U คือ กำลังที่ต้องการโดยใช้ตัวคูณน้ำหนักกับน้ำหนักบรรทุกใช้งาน ได้แก่ น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load, D), น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load, L), แรงลม W และ แรงแผ่นดินไหว E

การใช้งาน:

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

กำลังที่ต้องการ (U)

วสท

Required Strength (U) = Load Factors × Service load

= Factored Load

= **น้ำหนักบรรทุกประลัย**

Dead Load Factor	=	1.4
Live Load Factor	=	1.7
Factored Load	=	1.4 DL + 1.7 LL
Service Load	=	DL + LL

กำลังที่ต้องการ (U)

วสท

ในกรณีที่ต้องคำนึงถึงผลของแรงลม **W** ในการออกแบบร่วมกับน้ำหนักบรรทุกอื่น ต้องพิจารณา **U** เพิ่มขึ้นอีกกรณีเพื่อนำมาเปรียบเทียบใช้ค่าที่มากกว่าไปการออกแบบ

$$U = 0.75 (1.4 D + 1.7 L + 1.7 W)$$

$$U = 0.9 D + 1.3 W$$

ถ้าต้องคำนึงถึงการต้านทานแรงเนื่องจากแผ่นดินไหว หรือแรง **E** ที่รวมอยู่ในการคำนวณออกแบบให้แทนค่า **W** ด้วย **1.1E**

$$U = 0.75 (1.4 D + 1.7 L + 1.87 E)$$

$$U = 0.9 D + 1.43 E$$

ถ้าต้องคำนึงถึงการต้านทานแรงดันดิน **H** ในการคำนวณออกแบบ กำลังที่ต้องการ **U** อย่างน้อยที่สุดต้องเท่ากับ

$$U = 1.4 D + 1.7 L + 1.7 H$$

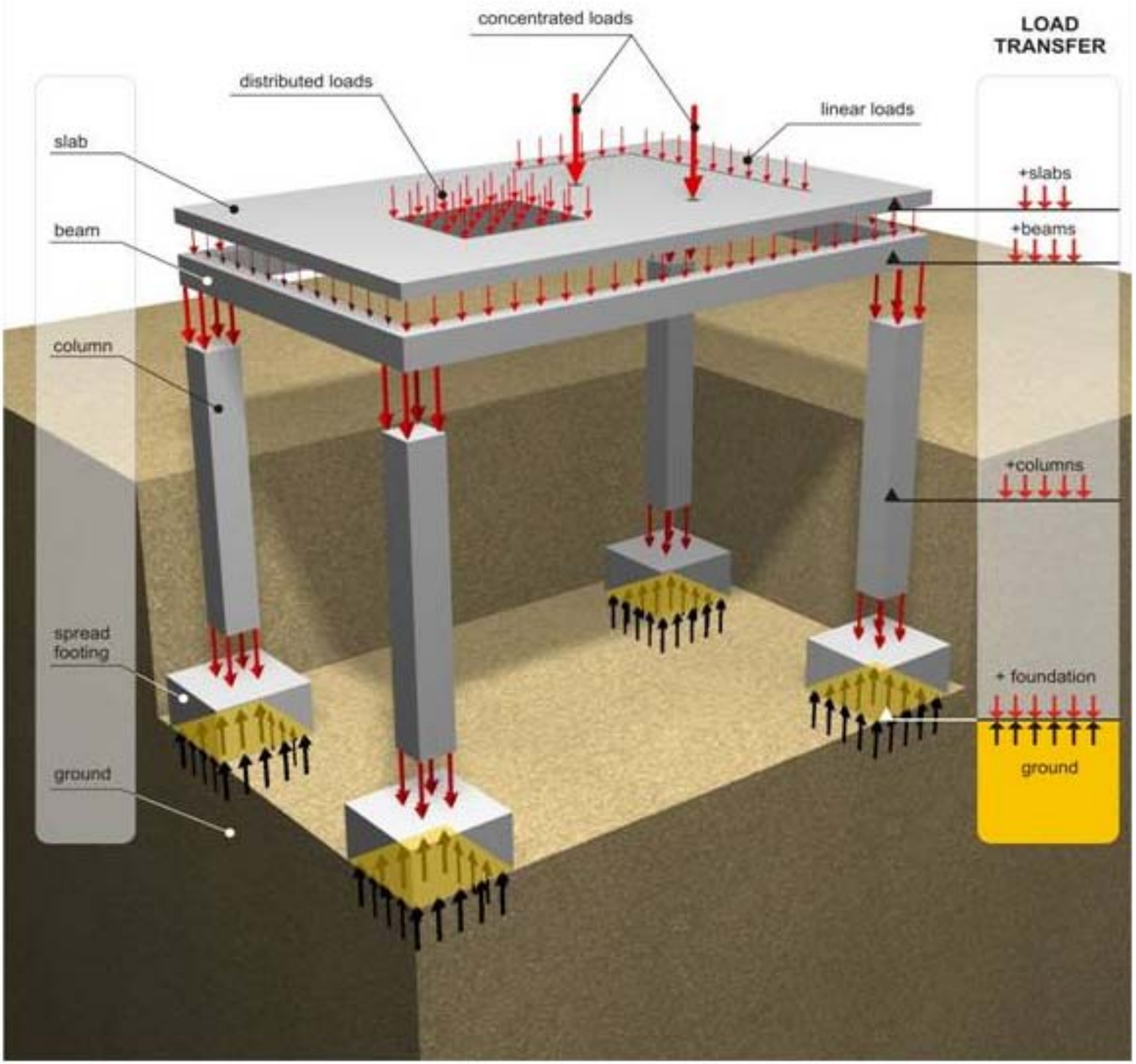
$$U = 0.9 D + 1.7 H$$

กำลังออกแบบ (S_n)

วสท

วสท. ให้ใช้ค่าตัวคูณลดกำลัง ϕ ในกรณีที่ 1 เมื่อมีการควบคุมงานและคุณภาพวัสดุเป็นอย่างดี มิฉะนั้นให้ใช้กรณีที่ 2

	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
1. แรงดัดที่ไม่มีแรงตามแนวแกน	0.90	0.80
2. แรงตามแนวแกน และแรงตามแนวแกนที่มีแรงดัด		
2.1 แรงดึงตามแนวแกนและแรงดึงตามแนวแกนที่มีแรงดัดร่วม	0.90	0.80
2.2 แรงอัดตามแนวแกนและแรงอัดตามแนวแกนที่มีแรงดัดร่วม		
– องค์อาคารที่ใช้เหล็กปลอกเกลียว	0.75	0.65
– องค์อาคารอื่นๆ	0.70	0.60
3. แรงเฉือนและแรงบิด	0.85	0.75
4. แรงแบกทานบนคอนกรีต	0.70	0.60



Load path from the structure's slab to the ground

Load Transfer in Structure

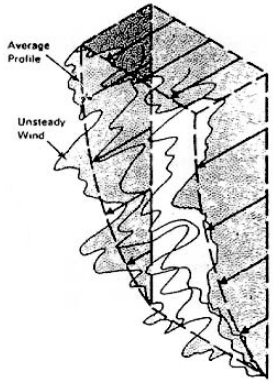
Snow, Rain, Wind
and Construction load

Floor loads

Roof + Dead load

Slab + Dead load

Wall load



Beam + Dead load

Wind load → Column + Dead load

Earthquake ↔ Soil ↔ Foundation