เอกสารการบรรยายพิเศษ งาน 12 ปี TumCivil.com

Behavior and Structural Systems for Buildings

พฤติกรรมและระบบโครงสร้างสำหรับอาคาร

January 26, 2013

Anek Siripanichgorn

กำหนดการวันงานครบรอบ 12 ปี TumCivil.com 26 ม.ค. 56 (ห้องกรุงธนบอลล์รูม โรงแรมรอยัลริเวอร์)

ดำเนินรายการพิธีกรในงานโดย

คุณตั้ม อธิพัชร์ ศรเกตุ (เจ้าของ TumCivil) และ คุณตาล ฐิตพัฒน์ พรหมหลวงศรี (Admin กลุ่ม FB ของ TumCivil)

16.00 – 16.30 น.	ลงทะเบียน / รับเอกสาร **4** เล่ม + แผ่น DVD + บัตรเข้างาน + และ ซองส่ง VDO ให้
17.00 – 19.00 น. (อัด VDO ส่งให้ด้วย)	พฤติกรรมและระบบโครงสร้างสำหรับอาคาร..... Behavior and Structural Systems for Buildings บรรยาย เทคนิค / หลักการออกแบบ / แนวคิด โดย **รศ.เอนก ศิริพานิชกร (มจธ.)**
19.00 – 20.30 น. (อัด VDO ส่งให้ด้วย)	แนะนำหนังสือที่แจก วิธีการอ่านหนังสือที่แจก ฯลฯ โดย **ผศ.ดร.มงคล จิรวัชเดช และ ผศ.สมศักดิ์ คำปลิว** แนะนำการใช้งานบัตรวัดรอยแครก รอยแตกอาคาร / บัตร 12 ปี มีประโยชน์
20.30 – 21.00 น.	การเตรียมความพร้อมในการใช้ภาษาอังกฤษเพื่อรองรับ AEC โดย **ดร.ธรรมนูญ เฮงษฎีกุล** หรือ ผู้แทน / ตัวแทน วิศวกรไทยในต่างแดน โดย **อ.ณรงค์ พูลทวี และ เพื่อน ๆในกลุ่ม Facebook ของ TumCivil.com**
20.00 – 20.45 น.	TumCivil.com แนะนำบริการและระบบต่าง ๆที่เปิดตัวใหม่
20.45 – 22.00 น.	พบปะ พูดคุย สังสรรค์กัน ฟังเพลง ทานอาหาร
22.00 – 23.00 น.	พักผ่อนตามอัธยาศัย ตามความเหมาะสม

*** มีบริการอาหารว่าง / อาหารหลักแบบค๊อกเทล เครื่องดื่ม และ เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ตลอดงาน เริ่มเสริฟ์ 19.00 น.**

*** ผู้ที่เข้างาน สามารถชมและสั่งจอง เลือกซื้อโปรแกรมต่าง ๆ เยี่ยมชมบูธและหนังสือได้ตามสะดวก....**

ถ้าของหมด จะส่งให้ฟรีภายใน 2 – 3 อาทิตย์ ค่าจัดส่งฟรีตลอดงาน.....

***กำหนดการและเวลา อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม / วิทยาการบางท่านที่รับเชิญอาจจะไม่สามารถมาได้**

TUMCIVIL.COM
Engineering Software Center
engfanatic CLUB
& member

เครือข่าย Tumcivil.com

www.tumcivil.com

เว็บไซต์ให้ความรู้ อบรมสัมมนา ซอฟต์แวร์ด้านวิศวกรรม และ พูดคุยเรื่องต่าง ๆ

www.gooshared.com

แบ่งปันไฟล์ รวบรวมและแชร์เอกสารต่าง ๆทางด้านช่าง สถาปัตย์ และวิศวกรรม

รายชื่อผู้สนับสนุน และ สปอร์นเซอร์

งาน 12 ปี .... TumCivil.com

วันเสาร์ที่ 26 มกราคม 2556

ห้องกรุงธน บอลล์รูม ชั้น 3 (โรงแรมรอยัลริเวอร์ กรุงเทพฯ)

สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย
IRON AND STEEL INSTITUTE OF THAILAND

สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย (สลท.) เป็นสถาบันเครือข่ายของกระทรวงอุตสาหกรรม จัดตั้งขึ้นโดยมติคณะรัฐมนตรี เมื่อพฤศจิกายน 2543 อยู่ภายใต้ "อุตสาหกรรมพัฒนามูลนิธิ" โดยเกิดจากความต้องการของรัฐบาลและเอกชนที่ต้องการให้มีหน่วยงาน ที่ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ภายใต้กรอบความร่วมมือระหว่างกัน เพื่อเชื่อมโยงและพัฒนาอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของประเทศไทยให้มีความเข้มแข็ง

"เรามุ่งเน้นให้บริการที่ส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืนสู่อุตสาหกรรมเหล็กไทย ทั้งด้านเศรษฐกิจสังคมและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งสร้างความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน เพื่อเสริมสร้างศักยภาพและความพร้อมสูงสุดรองรับการเติบโตของประเทศและการแข่งขันในระดับนานาชาติ" โดยให้บริการด้านต่างๆ ดังนี้

1. ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมเหล็กและอุตสาหกรรมจักรกล

2. ศูนย์ให้คำปรึกษางานโครงสร้างเหล็ก (sscc)

3. บริการศูนย์ทดสอบ

ให้บริการทดสอบและวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์เหล็กและเหล็กกล้าหรือชิ้นส่วนโลหะอื่นๆ ด้วยมาตรฐานทดสอบระดับสากล (JIS, ASTM, ISO และอื่นๆ) โดยได้รับการรับรองห้องปฏิบัติการ มอก. 17025-2548 (ISO/IEC 17025 : 2005 เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนการใช้เหล็กที่ได้มาตรฐานนำไปสู่ความปลอดภัยในชีวิต และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จนเป็นที่ยอมรับจากบริษัทชั้นนำกว่าง 600 บริษัททั่วประเทศ

3.1 วิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีด้วยเทคนิค OES,XRF,ICP-OES, C/S และ O/N Analysis

3.2 ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (SEM) และกล้องจุลทรรศน์แบบ

3.3 การทดสอบทางกล

3.4 การทดสอบคุณสมบัติทางความร้อน

4. บริการเทคนิคอุตสาหกรรมและการวิจัยและพัฒนา

4.1 บริการด้านพลังงาน ตรวจวัดการใช้พลังงาน การประหยัดพลังงานในกระบวนการผลิต

4.2 บริการด้านชิ้นส่วน ตรวจวิเคราะห์ความเสียหายของชิ้นงาน ปรับปรุงวัสดุหรือหาวัสดุทดแทน

5. พัฒนาบุคคลากรภาคอุตสาหกรรม

สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย (สลท.)
อาคารสำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขาชั้น 1-2
ซอยตรีมิตร ถนนพระราม 4 แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110
โทร 02-713-6290 , 02-712-4402-7 โทรสาร 02-713-6293
www.isit.or.th
http://sscc.isit.or.th

บริษัท ว.อมรชัยวิศวกรรม จำกัด

รับเหมาก่อสร้าง ทั่วไป งานอาคารโรงงานอุตสาหกรรม โกดัง อพาร์ตเม้นต์ บ้านพักอาศัย และงานถนน และรับเหมาก่อสร้าง โดยทีมงานวิศวกร และสถาปนิก มืออาชีพมากประสบการณ์

บริษัท ว.อมรชัยวิศวกรรม จำกัด

59/24 หมู่ 1 ถนนพระราม 2 ตำบลคอกกระบือ
อำเภอเมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร
Tel: 034-441795 - 8 Fax: 034-441801 Website: www.vamonchai.com

ERC 3

Visual RC in 3D Model

Reinforced Concrete Structure

Analysis & Design

Copyright Reserved

กฤษดา รักษากุล

Excellent Solution for Your Success

mango
Grow your success

ที่สุดแห่งซอฟท์แวร์ ERP
เปลี่ยนเรื่องยากๆ ของธุรกิจรับเหมา
ให้เป็นเรื่องง่าย ภายในคลิกเดียว

Mango ERP ซอฟท์แวร์ ที่ดีที่สุดเพื่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้าง **สนองตอบทุกความต้องการได้อย่างครบถ้วน** ตั้งแต่เริ่มประมูลโครงการ ไปจนกระทั่งสรุปโครงการ พร้อมช่วยสร้างระบบเชิงปฏิบัติการภายในองค์กร รวบรวมงานหลัก (Core Business Process) ต่างๆ ในบริษัทได้ทั้งหมด โดยแบ่งการทำงานเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนควบคุมงบประมาณ (Budget Control) ส่วนควบคุมบัญชีและการเงิน (Account & Finance Control) และส่วนควบคุมการบริหารโครงการ (Project Management Control) **รองรับทุกการใช้งาน สามารถเข้าให้เห็นผลงานเพื่อแก้ไขและป้องกันปัญหาในทุกภาคส่วนได้อย่างแท้จริง**

1. บริการติดตั้งโปรแกรมและระบบฐานข้อมูลในหน่วยงานของท่าน
2. จัดอบรมระบบการใช้งานและวิธีการปฏิบัติงาน
3. บริการวางระบบสำหรับธุรกิจรับเหมา
4. บริการช่วยถ่ายโอนข้อมูลจากระบบเดิมเชื่อมต่อกับระบบใหม่
5. บริการให้คำปรึกษาและแก้ไขปัญหาโดยเร่งด่วนทางสายด่วน Mango

บริษัท แมงโก้ คอนซัลแตนท์ จำกัด
121/101 RS TOWER 37FL.,Ratchadaphisek Rd. ,Dindeang ,Dindeang ,Bangkok ,Thailand. 10400
Tel. 02-6412148-9 Hotline 084-5511044 , 084-5511066
www.mangoconsultant.com

Kirby

BUILDING SYSTEMS

CHANNAKORN M&R

บริษัท ชาญนคร เอ็ม & อาร์ จำกัด
CHANNAKORN M&R CO., LTD.

Applications :

Factories	Cold Storage	Showroom
Warehouses	School	Car parking
Offices	Sport Building	Shopping center

119/2 หมู่ 1 ถ.บางกรวย-ไทรน้อย ต.บางรักพัฒนา อ.บางบัวทอง จ.นนทบุรี 11110
119/2 Moo 1 Bangkruai-Sainoi Rd., Bangrakpatana Bangbuathong Nonthaburi 11110
Tel. (02) 920-5401-5 Fax. (02) 922-1498 www.chanmr.com

เอกสารการบรรยายพิเศษ

ช่วงที่ 1 และ 2

โดย

รศ.เอนก ศิริพานิชกร

- ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- อุปนายก ฝ่ายวิชาการ และ ที่ปรึกษา สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย
- รองประธานกรรมการวิชาการ สาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
- ผู้ชำนาญการพิเศษสาขาวิศวกรรมโยธา สภาวิศวกร
- กรรมการในคณะกรรมการพิจารณามาตรฐานผลิตภัณฑ์ สาขาวิศวกรรมโยธา สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.)

เนื่องในงานครบรอบ 12 ปี TumCivil.com

26 มกราคม 2556

17.00 – 19.00 น.

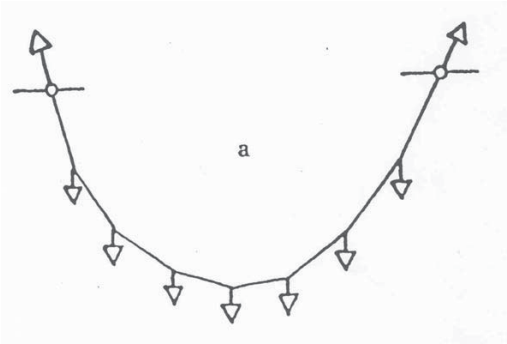
ห้องกรุงธน บอลล์รูม ชั้น 3 (โรงแรมรอยัลริเวอร์ กรุงเทพฯ)

Anek Siripanichgorn
Associate Professor
Department of Civil Engineering
KMUTT
12th Aniversay, Tum Civil Fan Club
26 January 2013

Today Presentation

- Structural concepts for building
- Structural approaches in Design
- Total schematic for structural analysis
- New building codes for rc and steel structures design
- Concept of lateral resistive system for high-rise building
- Vertical system in tall building

Initial Concept in Structural Form

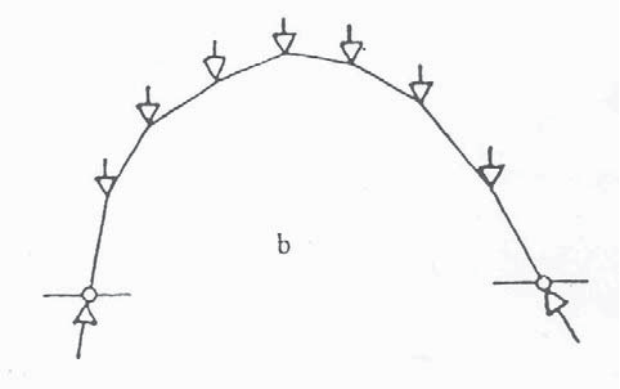


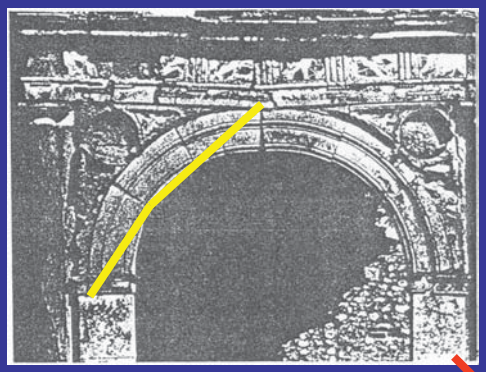
Catenary

Structure in Tension

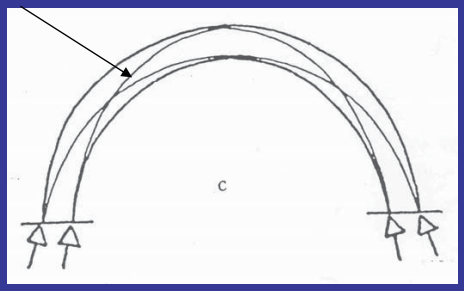
Arch (Inverse of Catenary)

Structure in Compression





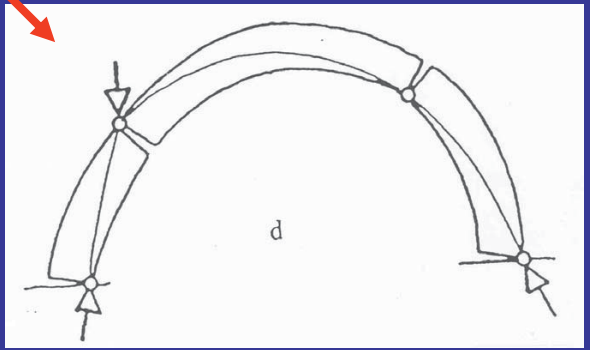
Thrust

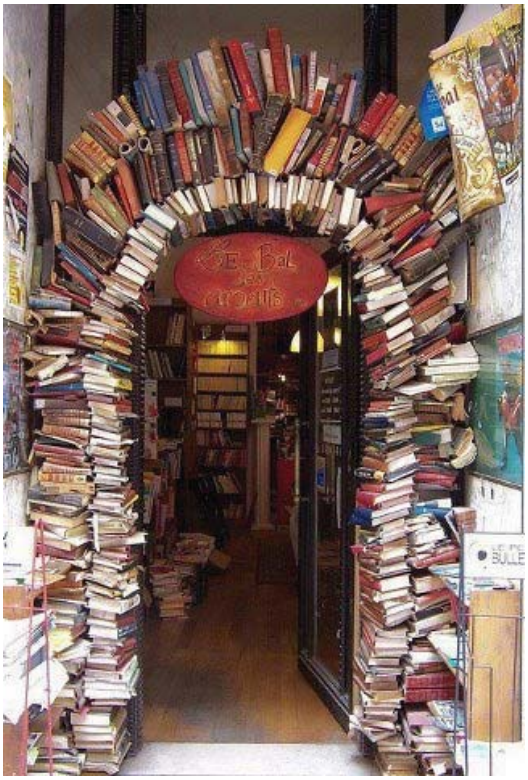


Vault Structure

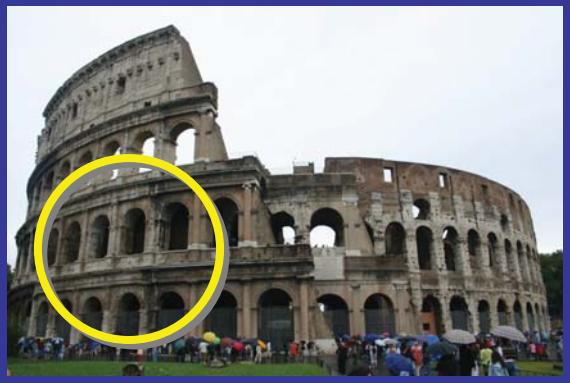
In concept of an arch using

Compression Member



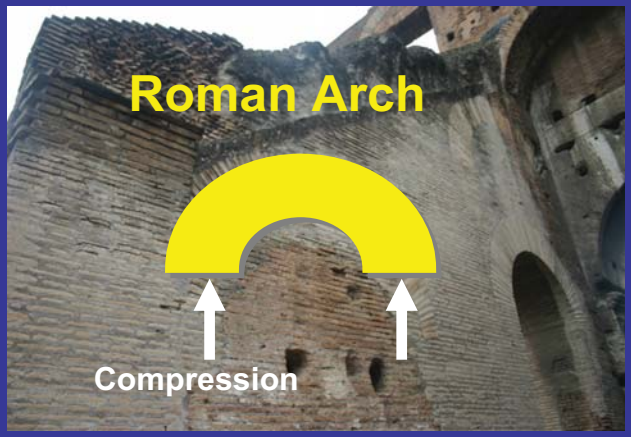


Booking
Arch



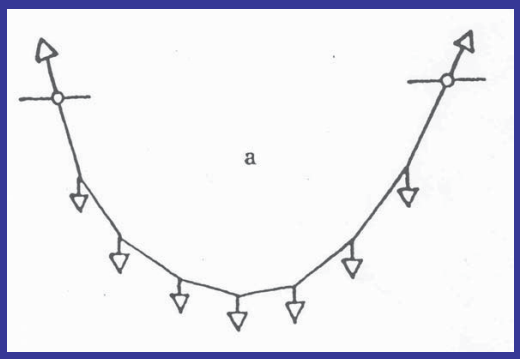
Rome Coliseum, Italy

Masonry Structures



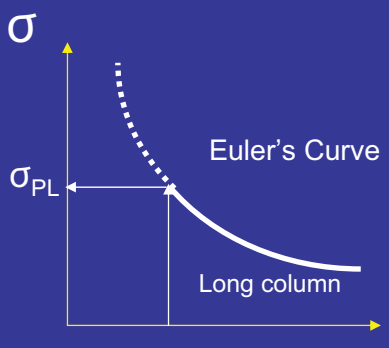
Structural Member in Tension

- Cable
- Tension Rod



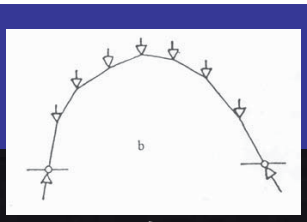
Structural Member in Compression (แรงอัด)

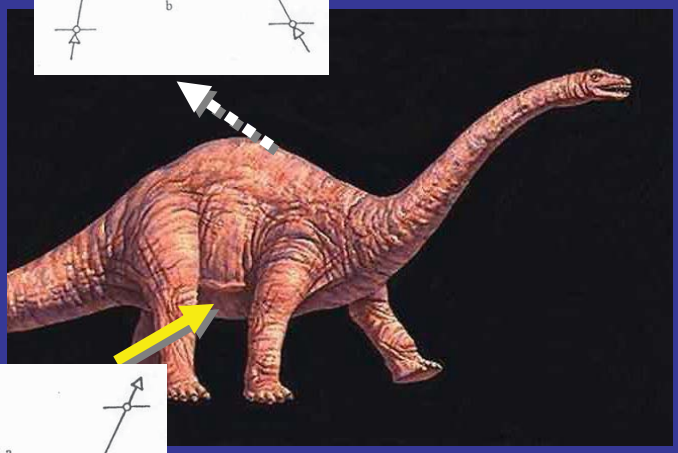
- Compression Member
  - + Member Stability (Buckling)

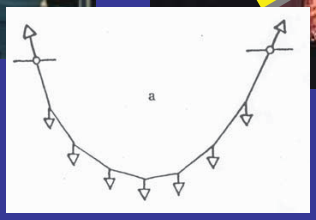


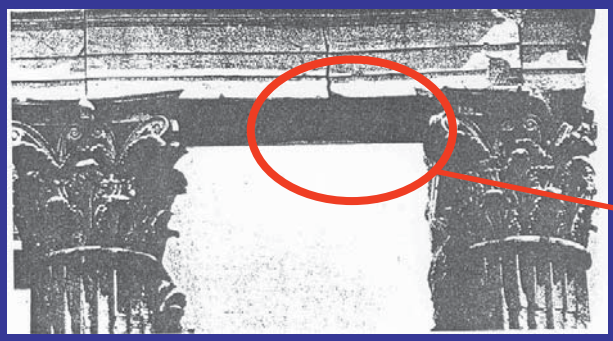
Structural System in Nature

1859 by Isambard K. Brunel
The Royal Albert Bridge

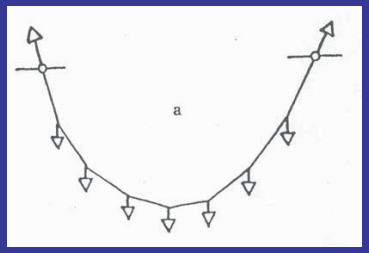


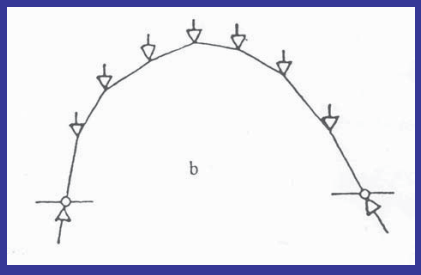


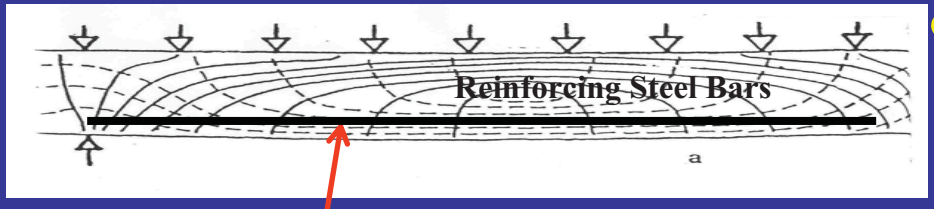




Tensile Crack





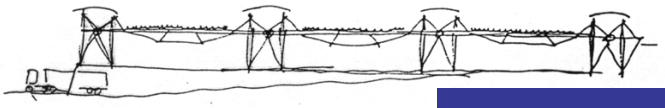


Compression

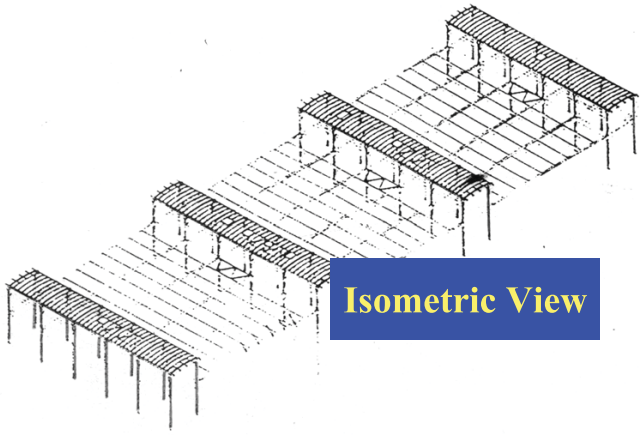
Tension

Tension zone due to Loading and Support

Sketch of Concept

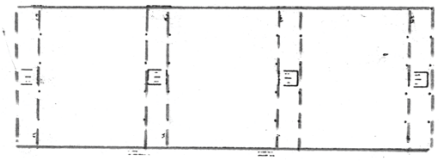


Preliminary Scheme

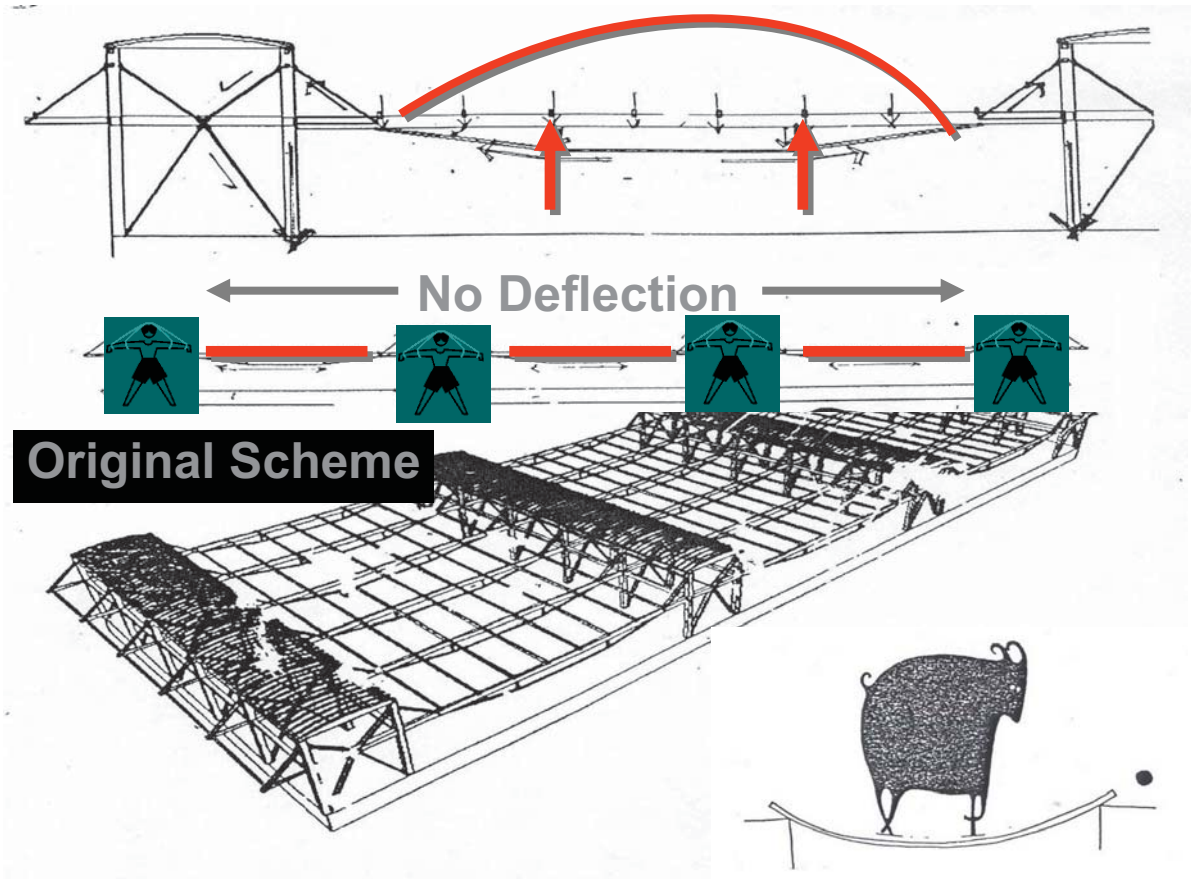


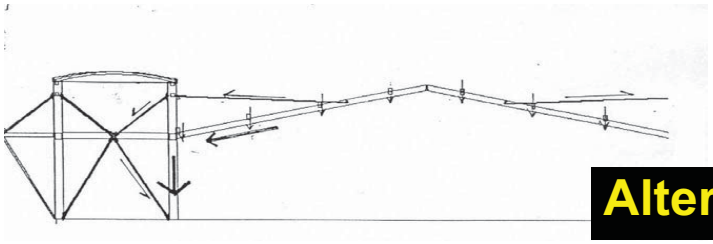
Isometric View

Farm House (150 years old)

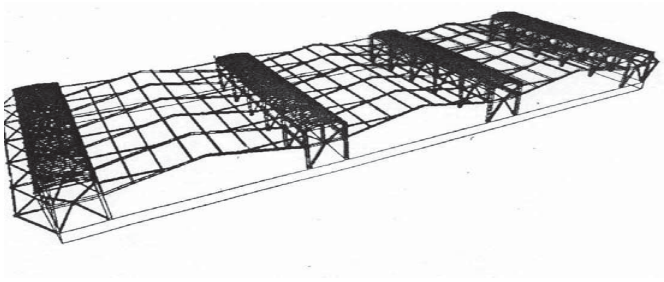


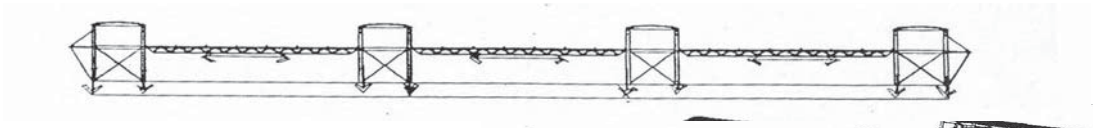
Plan



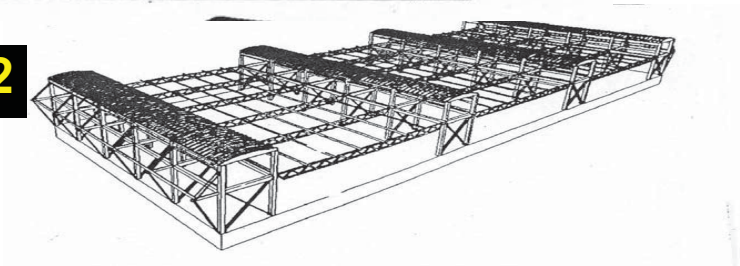


Alternative Scheme 1

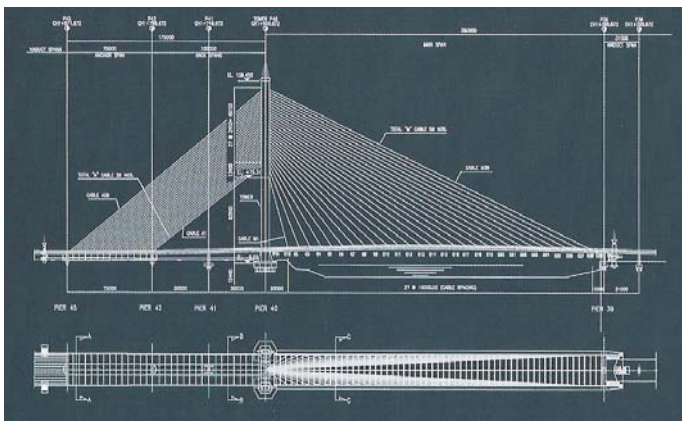




Alternative Scheme 2



Alamillo Bridge, Spain



RAMA VIII Bridge, Bangkok

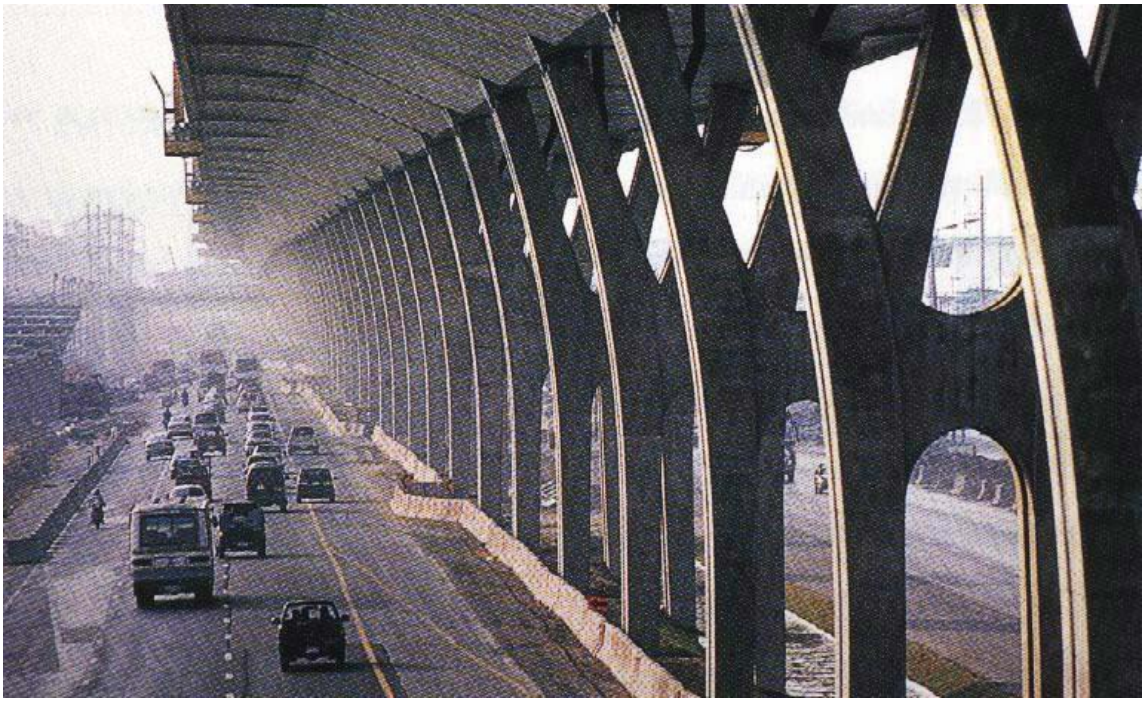
Construction Systems

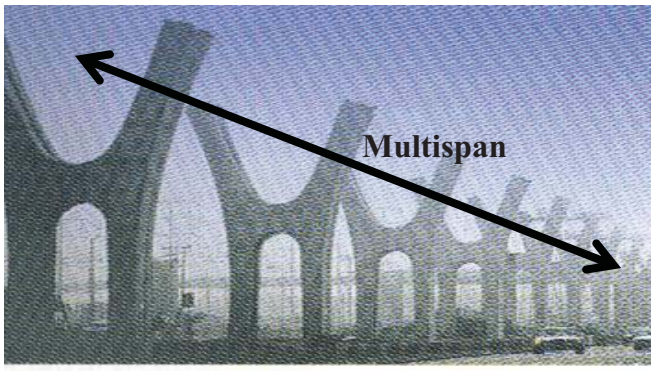
I–Girder : full span

Cast in-site

Precast Segment

Bangna – Bang Plee – Bang Prakong Expressway





Construction Process

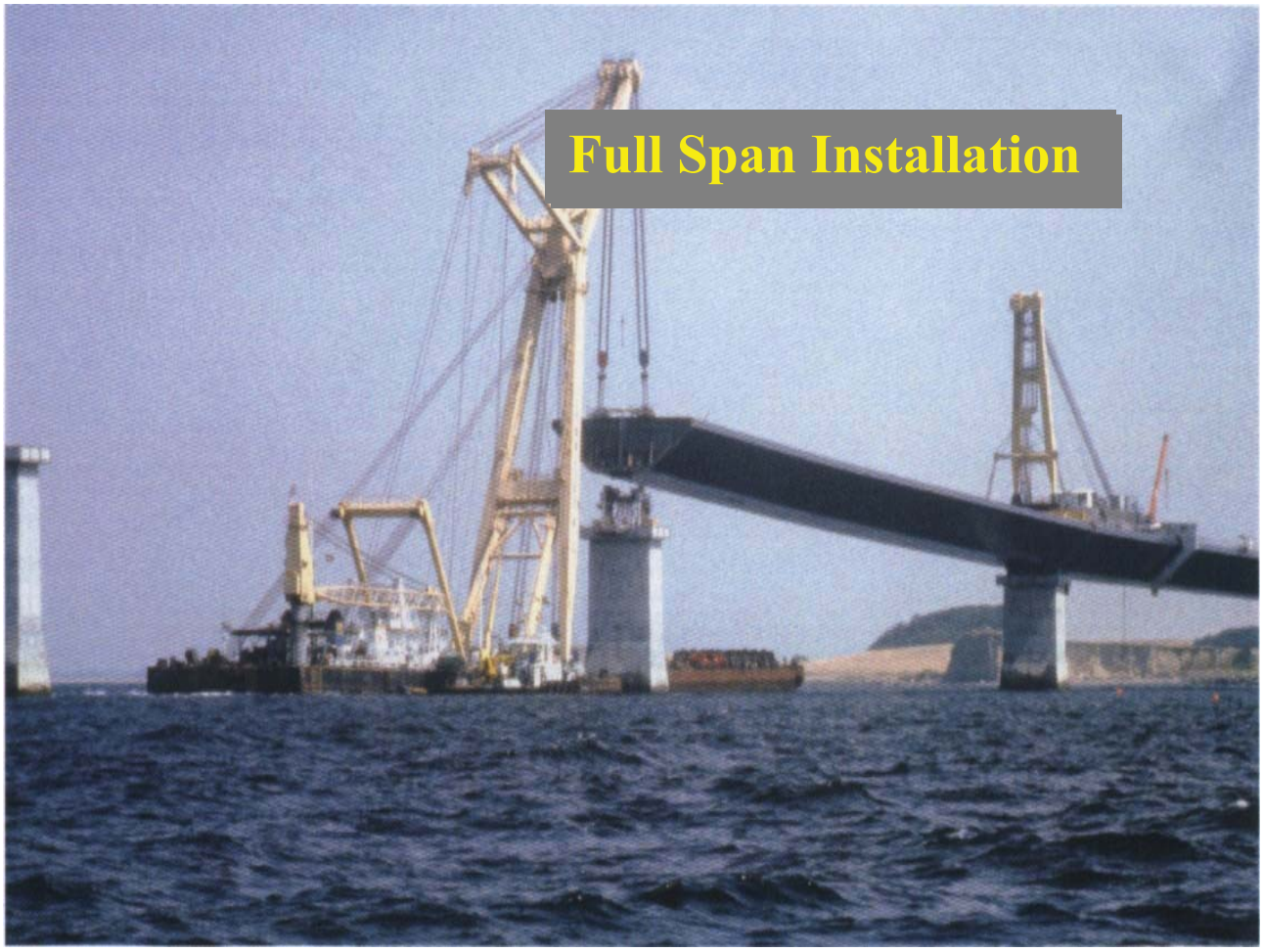
Cast In-site : Form-travelers

Loures, Portugal

Project Scheduling (Alternative)

Launching Truss Procedure

Barth



Construction Method and Types

Types: Haunched Girder

: Constant Depth Girder

- Single Box
- Two Boxes

Construction Methods : Pre-cast Full Span

: Cast-in-place (eg. Rama III Bridge)

: Pre-cast Segmental Limited Size

: Pre-cast cantilever method

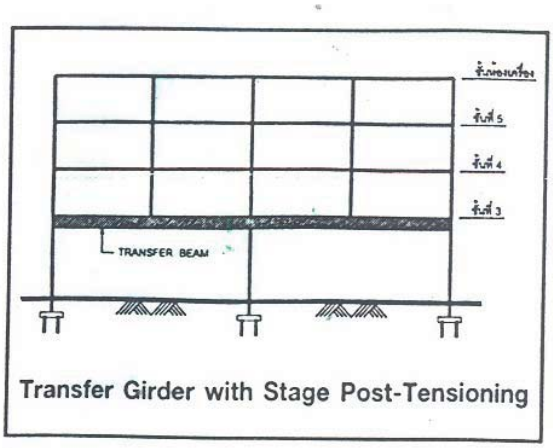
↓

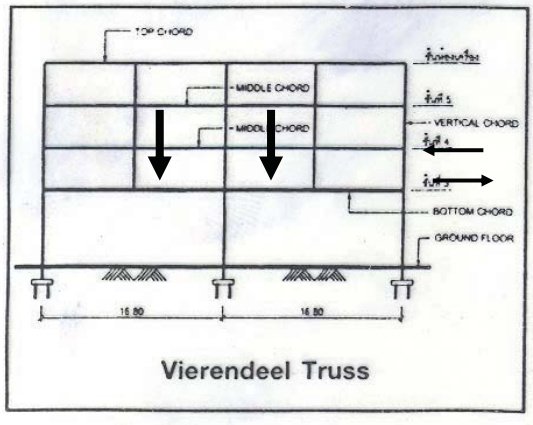
Cost and Time (value engineering)

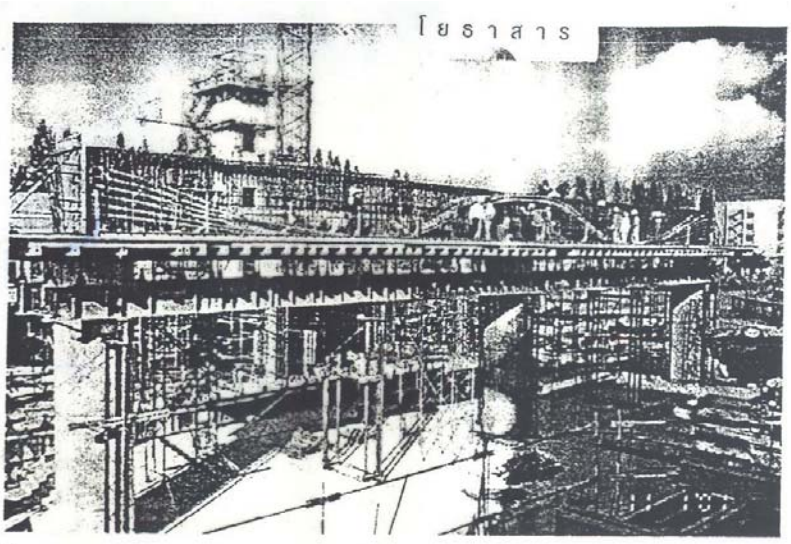
A Bridge TOO FAR
100 m. span length across the river

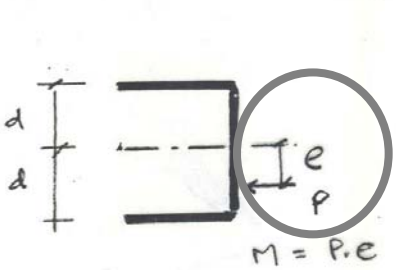
Model at Phase of Construction
Original Model

การออกแบบและก่อสร้าง Transfer Beam
โดย Stage Post-Tensioning
โครงการหอสมุดสุรัตน์
มหาวิทยาลัยกรุงเทพ เขตรังสิต


TRANSFER BEAM
Transfer Girder with Stage Post-Tensioning


TOP CHORD
MIDDLE CHORD
MIDDLE CHORD
VERTICAL CHORD
BOTTOM CHORD
GROUND FLOOR
16.80
16.80
Vierendeel Truss

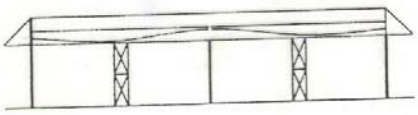




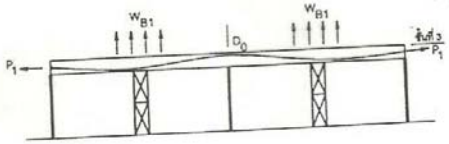
$$\sigma_t = \frac{\eta P}{A} + \frac{\eta M}{I}.d$$

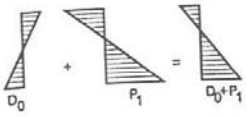
$$\sigma_c = \frac{\eta P}{A} - \frac{\eta M}{I}.d$$

Stage Post-Tensioning

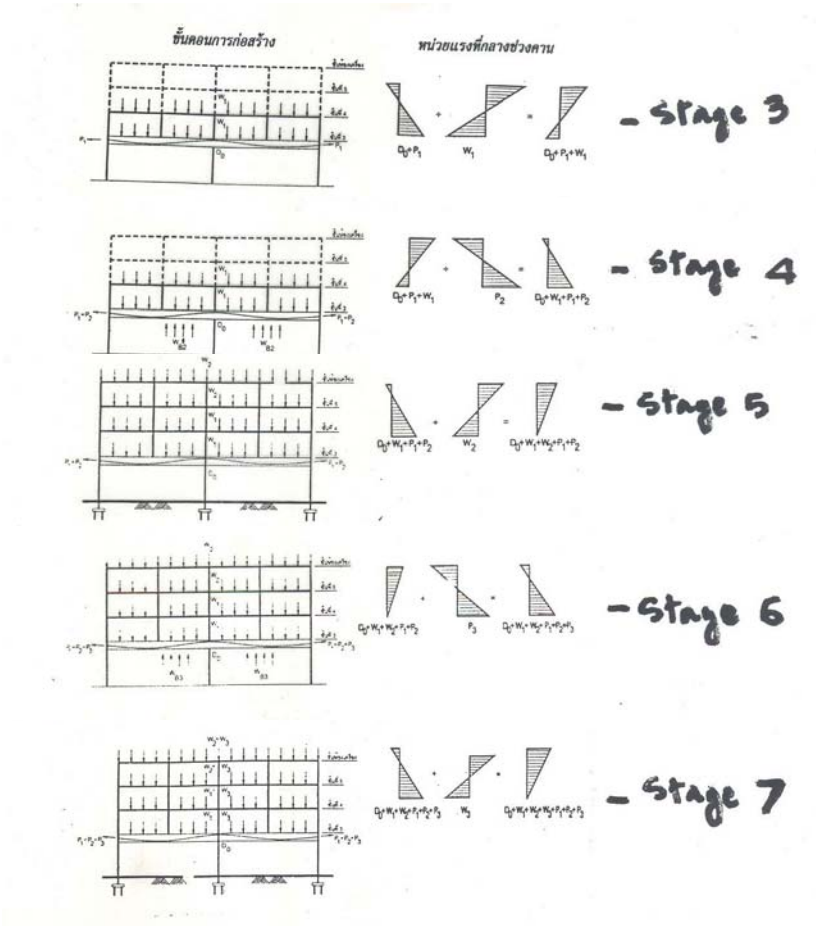


- Stage 1





- Stage 2



Stages of Construction Restraints from Structural System

↓

Cost & Time

TRUSS TUBE STRUCTURE

Empire State (1931)

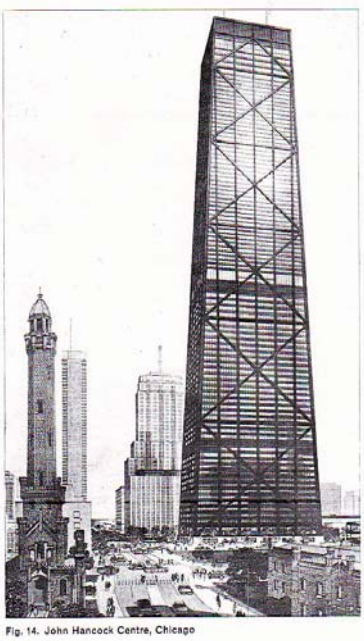
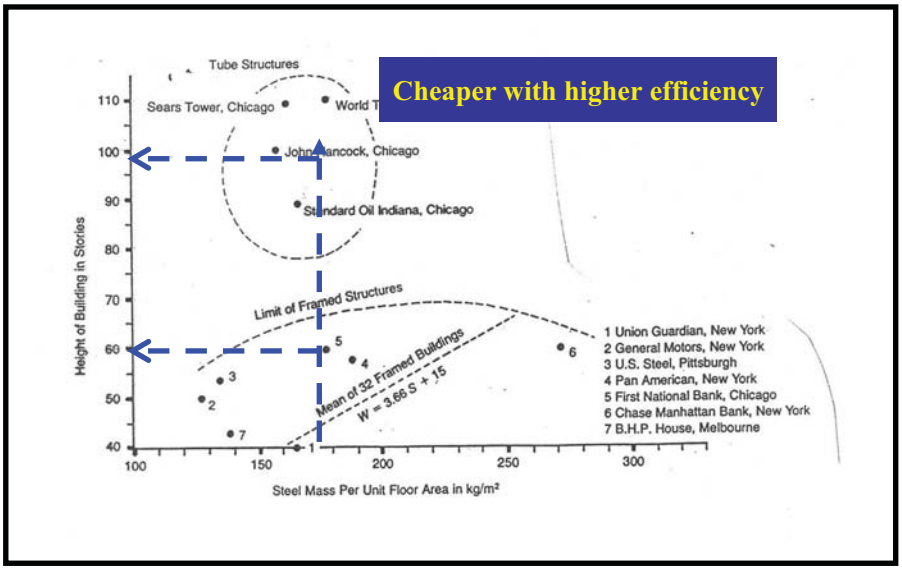


Fig. 14. John Hancock Centre, Chicago

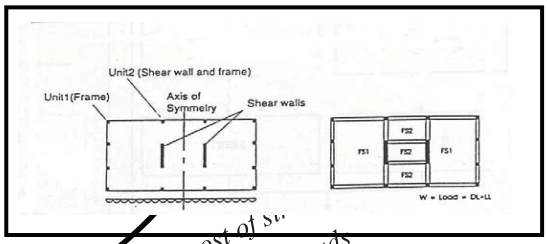
100-storey Building uses steel of 29.7 lb./ft^2 compare to Empire State Bldg. (102-Storey), use steel of 42.2 lb./ft2

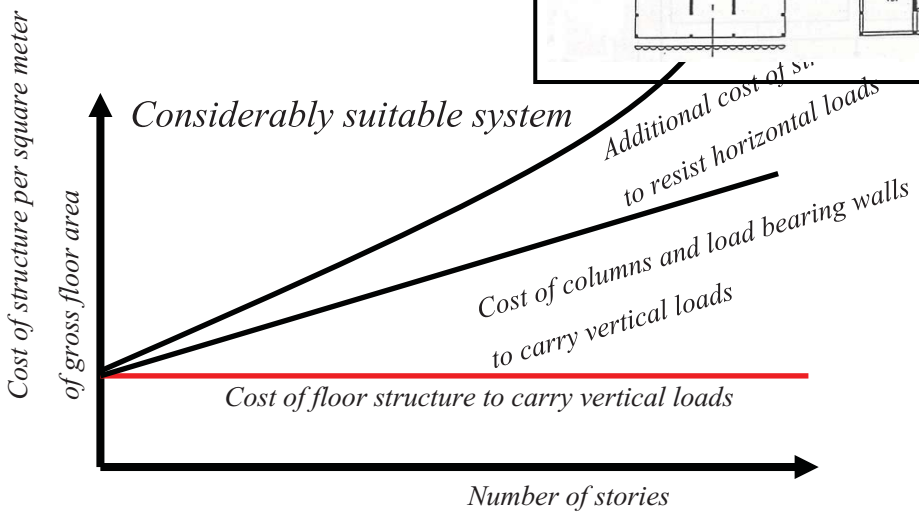


Influence of System on Cost of Building

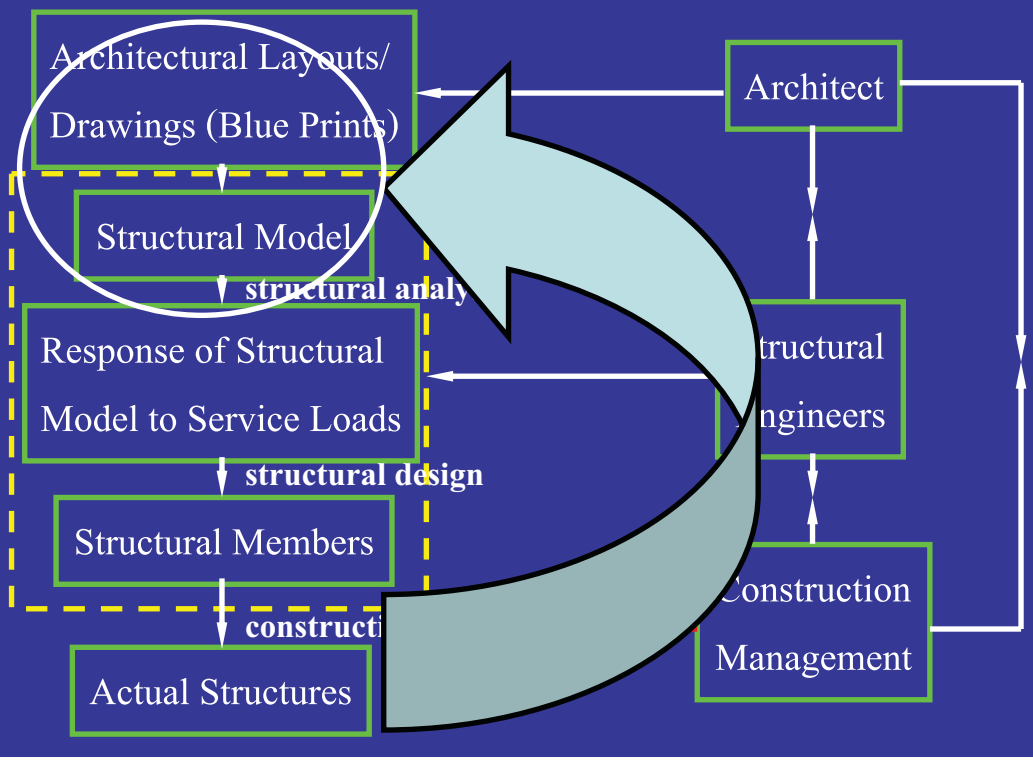
Cost of High - Rise Building

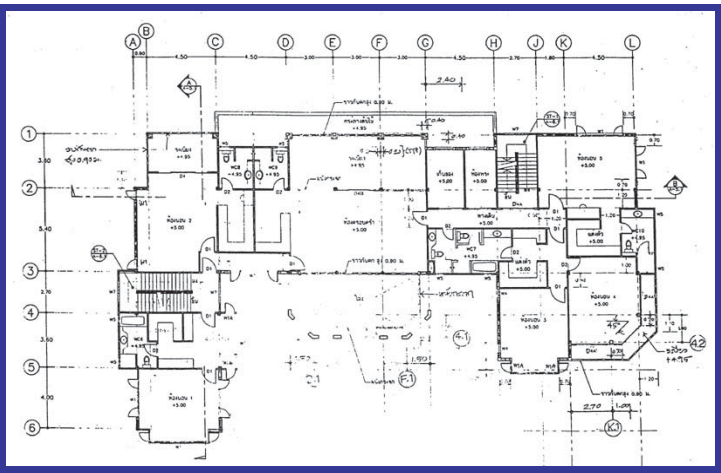
- Horizontal Subsystem
- Vertical Subsystem





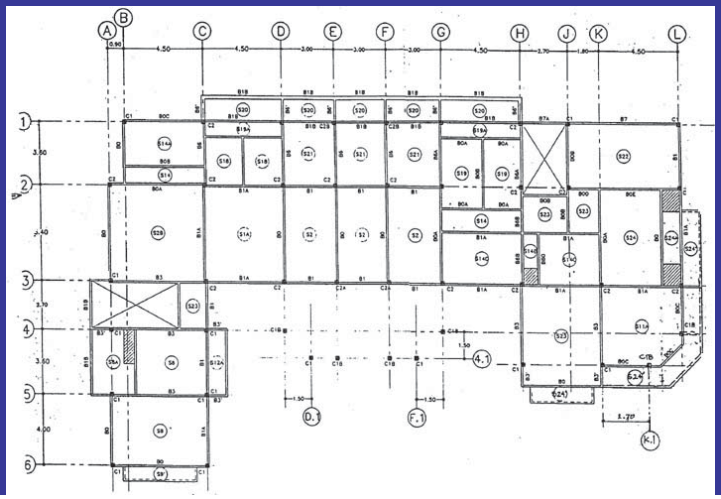
LINKAGE between ARCHITECTS and ENGINEERS



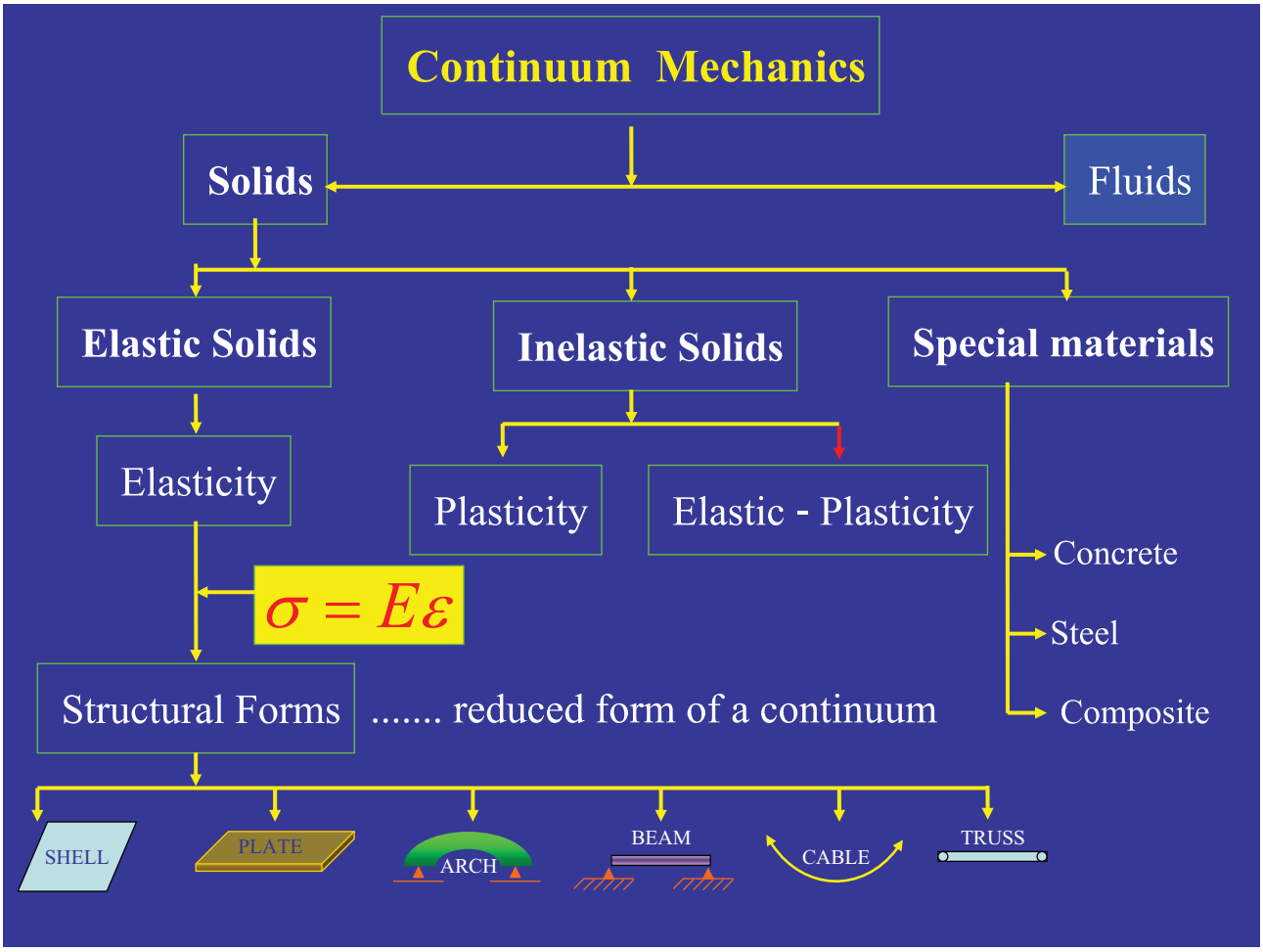


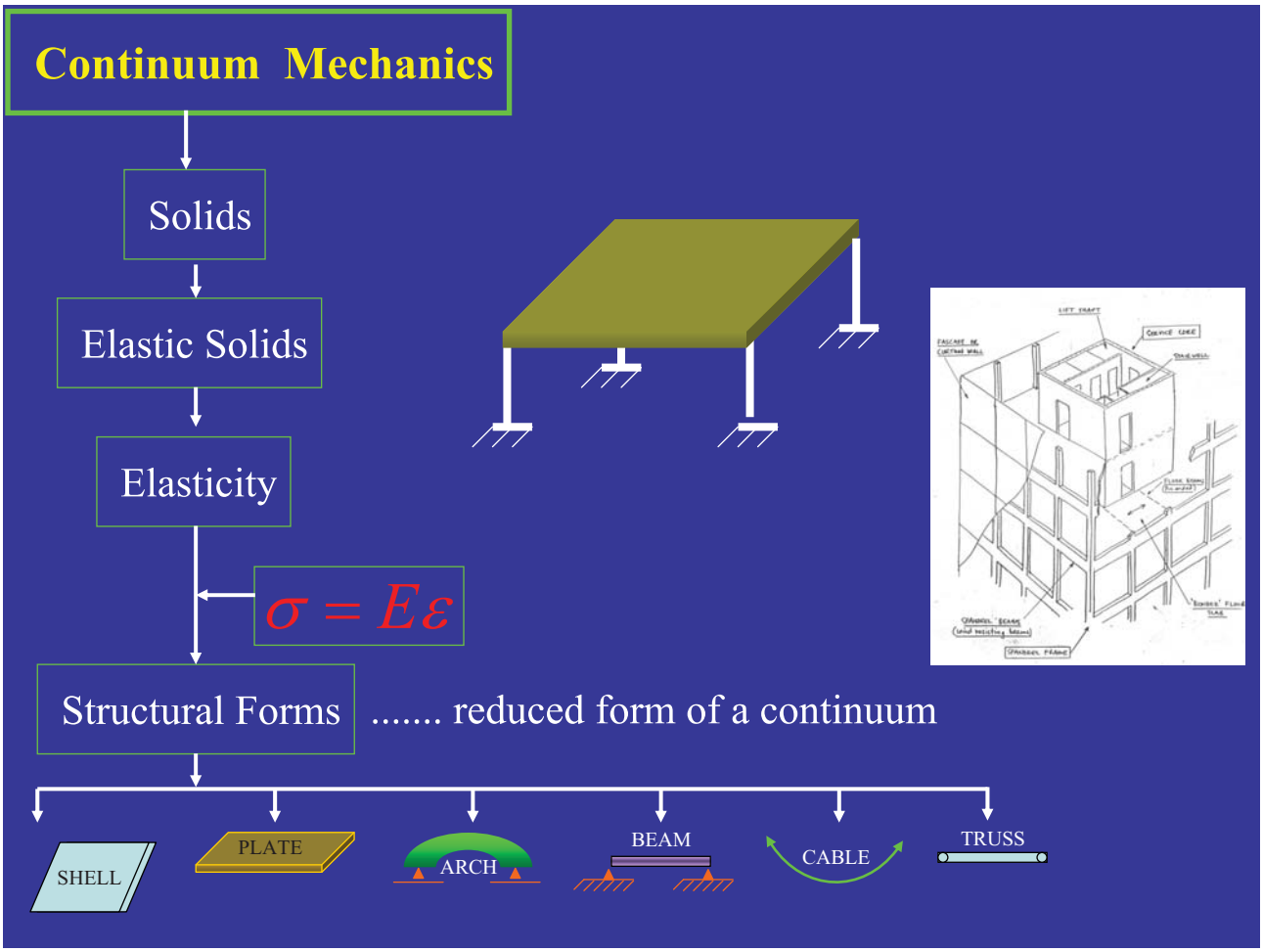
Architectural Layout

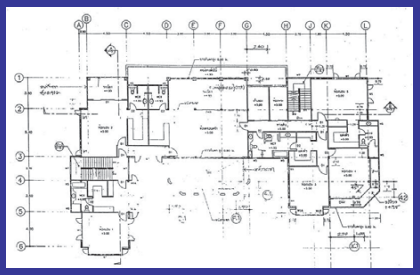
- **plans**
- **elevations**
- **sections**



Structural Engineering Layout

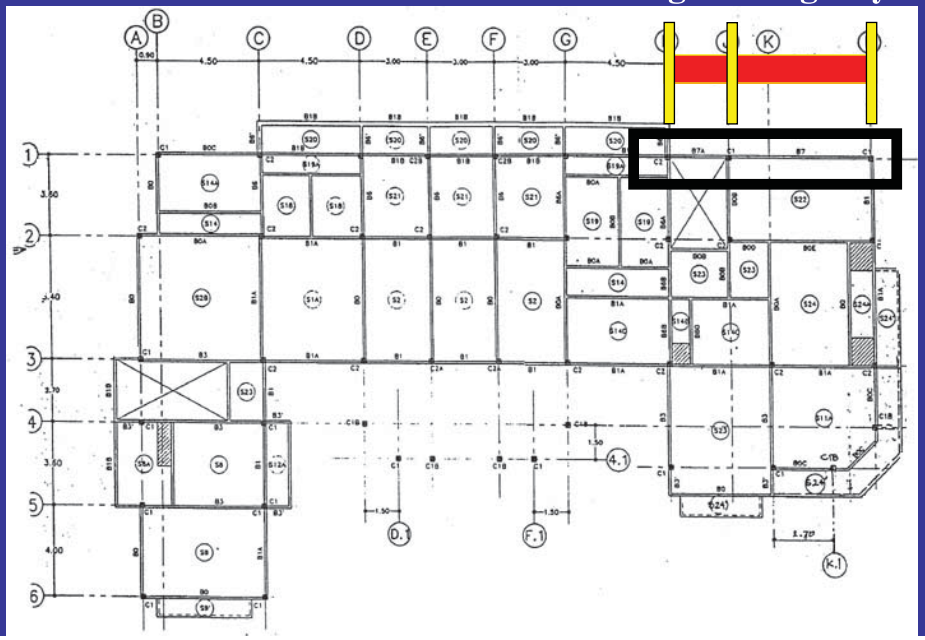

Continuum Mechanics
Solids
Fluids
Elastic Solids
Inelastic Solids
Special materials
Elasticity
Plasticity
Elastic - Plasticity
Concrete
Steel
Composite
$\sigma = E\varepsilon$
Structural Forms
..... reduced form of a continuum
SHELL
PLATE
ARCH
BEAM
CABLE
TRUSS


Continuum Mechanics
Solids
Elastic Solids
Elasticity
$\sigma = E\varepsilon$
Structural Forms
..... reduced form of a continuum
SHELL
PLATE
ARCH
BEAM
CABLE
TRUSS



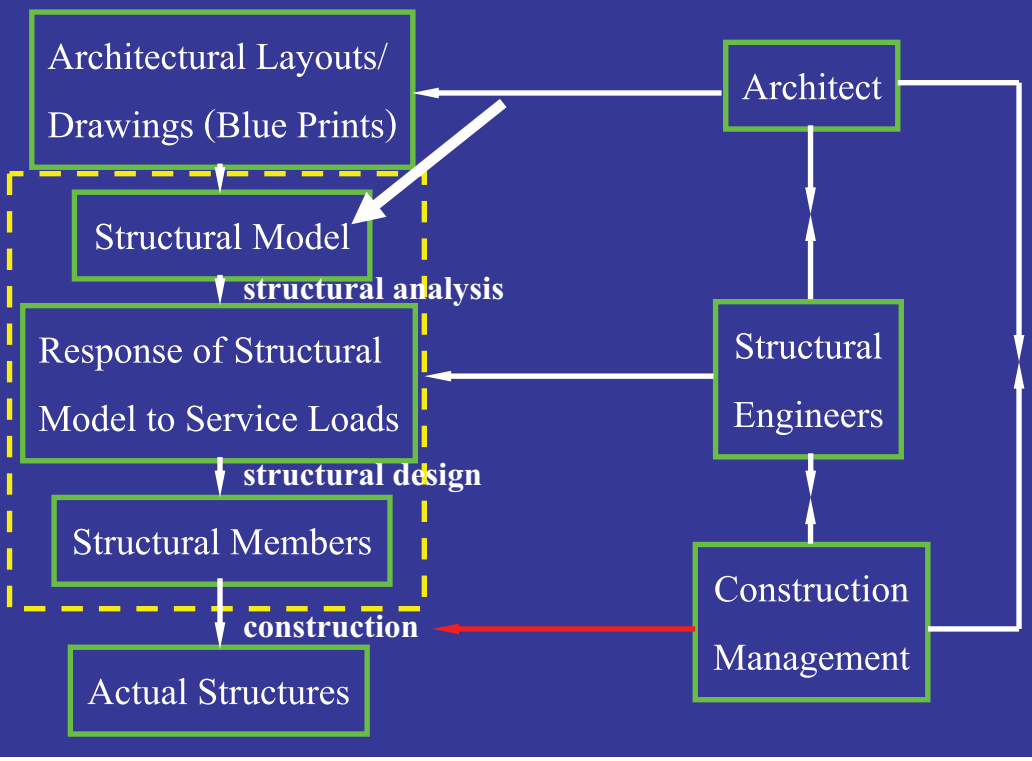
Architectural Layout

Structural Engineering Layout



Beam + Column Frame ??

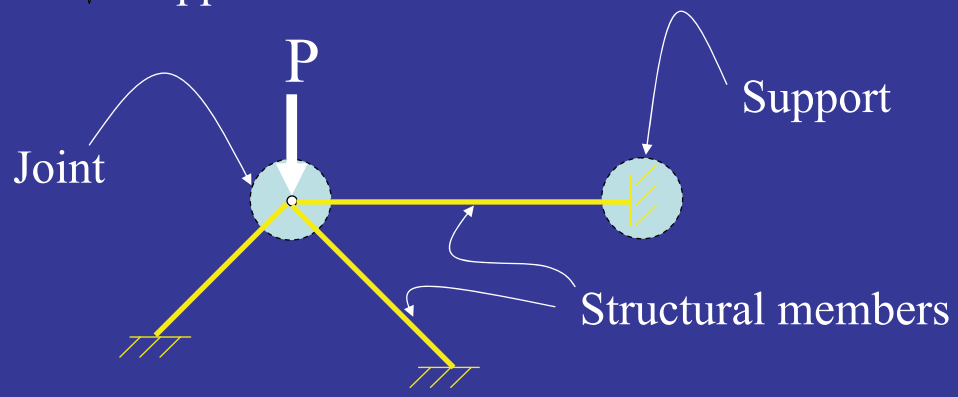
LINKAGE between ARCHITECTS and ENGINEERS



STRUCTURAL MODEL

assembly of

- structural members
- boundary conditions
  - Joints
  - Supports

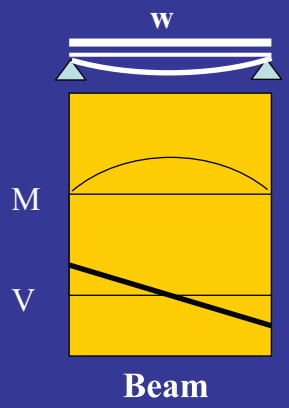


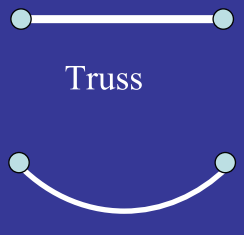
Structural Members

Types of structural member could be classified into :

- 1-D member

  Parameters e.g.. Moment, shear force, deflection varied along 1direction

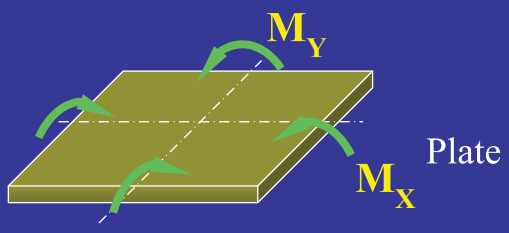




2-D member

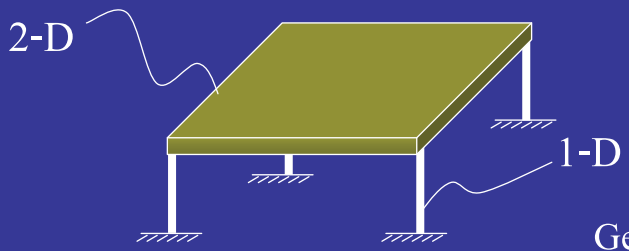
Parameters varied along 2 - direction

e.g.. SLAB, PLATE



3-D member

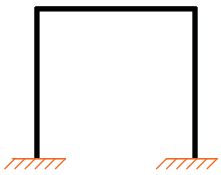
Composed of 1-D + 2- D



General Structure (3-D)

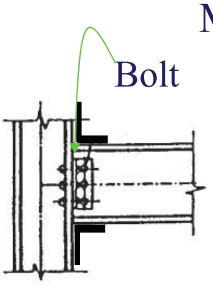
JOINT

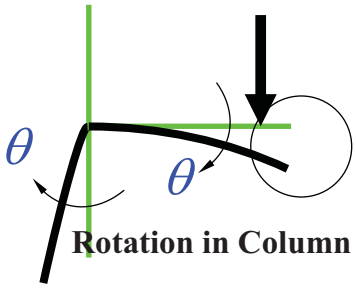
a) Rigid Joint



portal frame

M - allowed



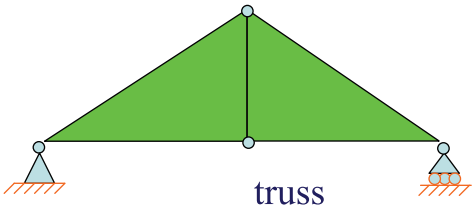


Rotation in Column ?

(A) Web and flange connection

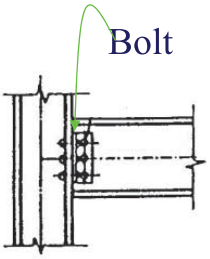
(B) Idealized web and flange connection

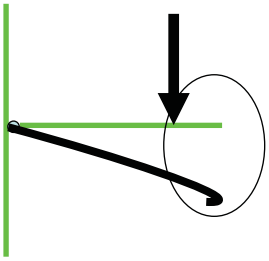
b) Pinned Joint



truss

Moment - Not allowed



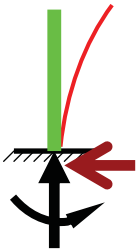


(C) Web connection

(D) Idealized web

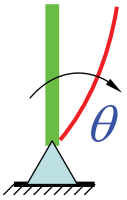
Support

- Fixed Support



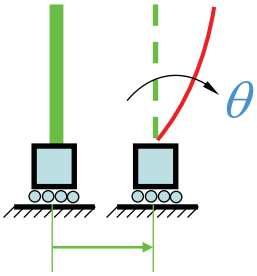
$$\delta_x = 0$$
$$\delta_y = 0$$
$$\theta = 0$$

- Hinge Support

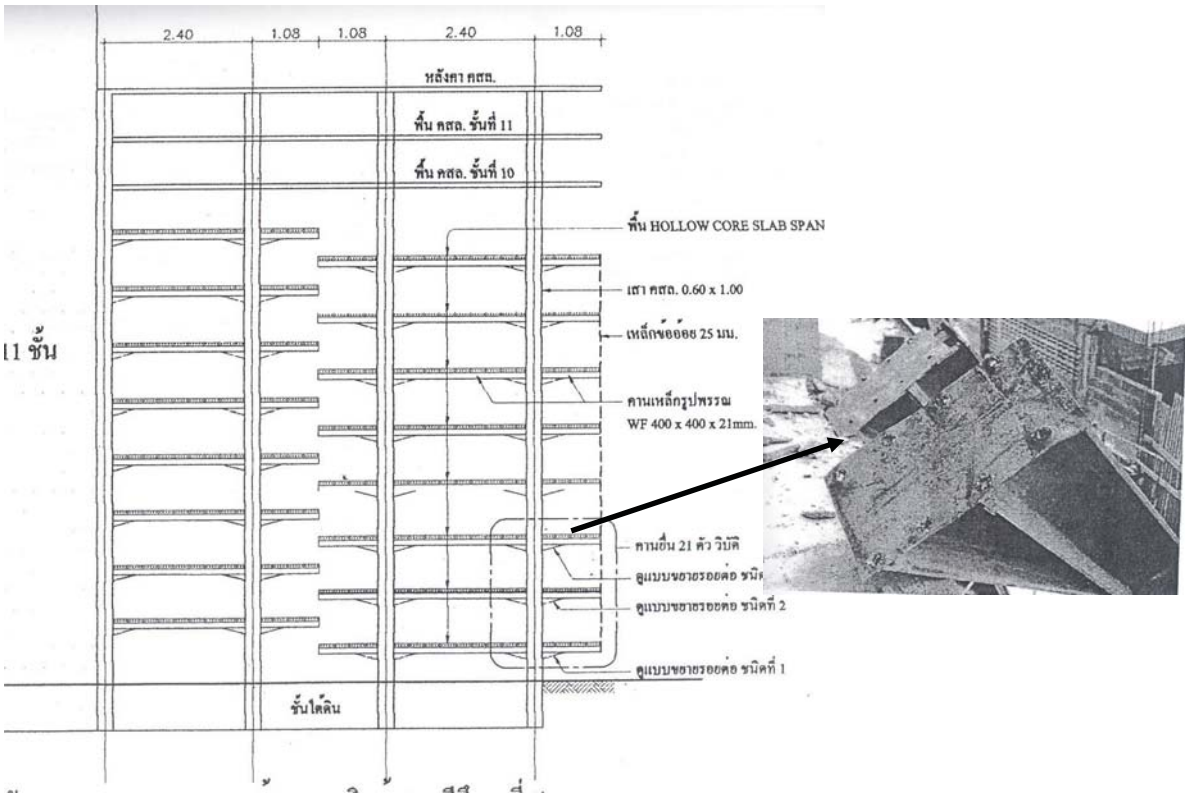


$$\delta_x = 0$$
$$\delta_y = 0$$
$$\theta \neq 0 \quad M=0$$

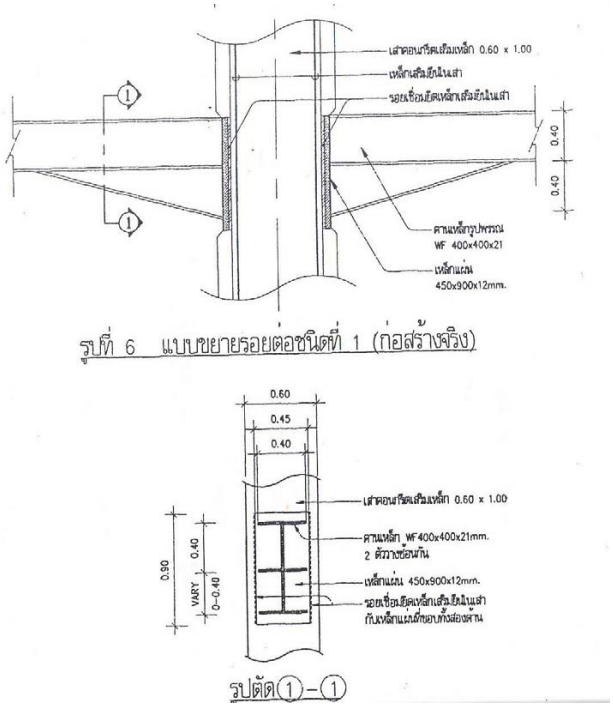
- Roller Support



$$\delta_y = 0$$
$$\delta_x \neq 0$$
$$\theta \neq 0$$

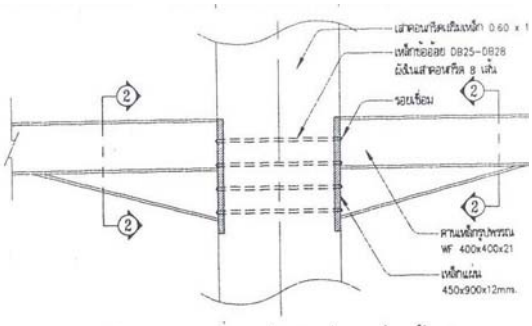


True Detail of Joint

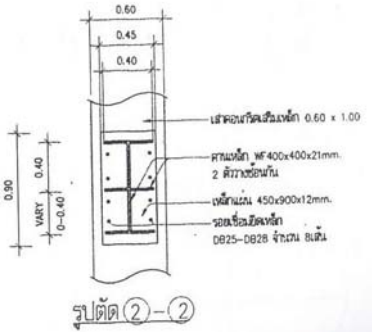


รูปที่ 6 แบบขยายรอยต่อชนิดที่ 1 (ก่อสร้างจริง)

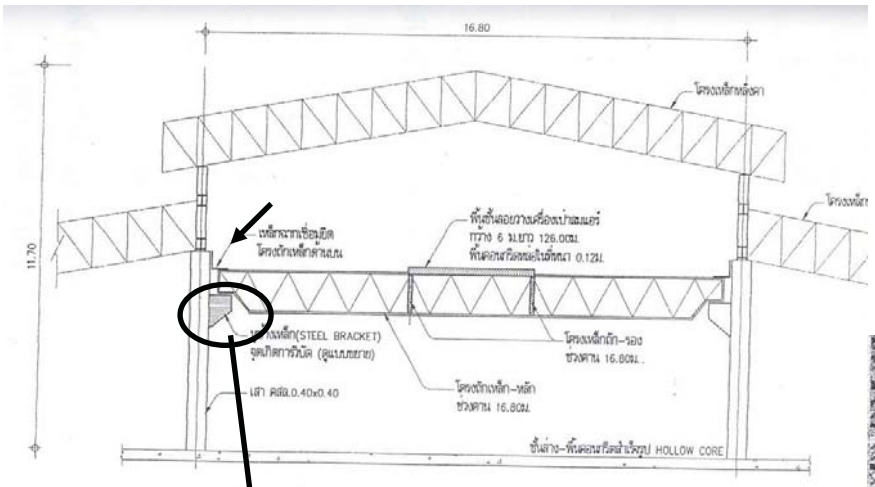
รูปตัด①-①

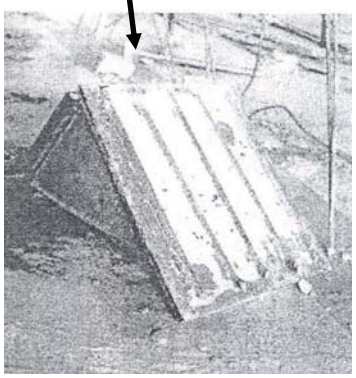


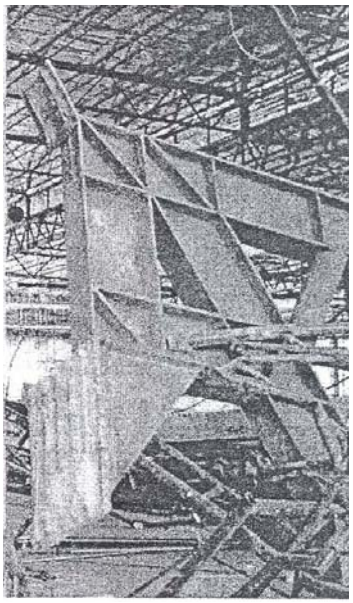
รูปที่ 7 แบบขยายรอยต่อชนิดที่ 2 (ก่อสร้างจริง)

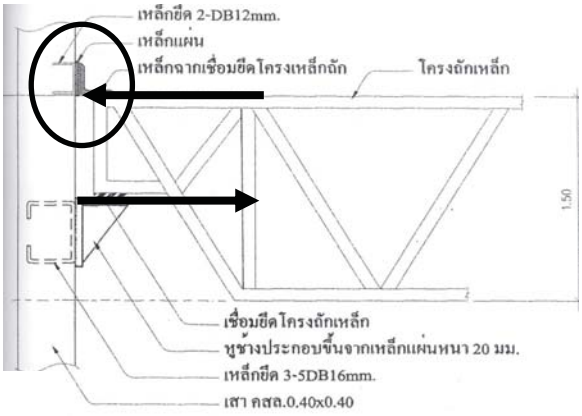


รูปตัด②-②

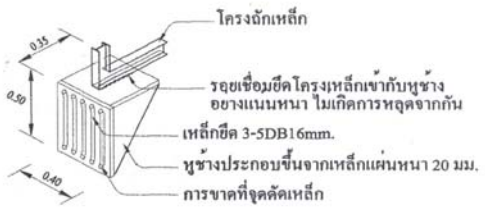






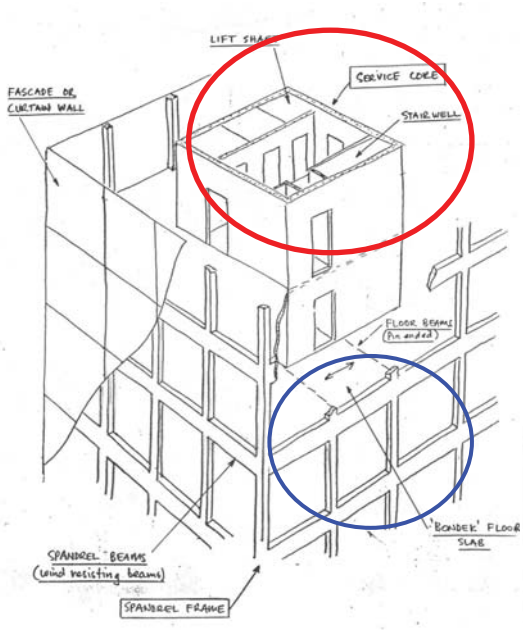


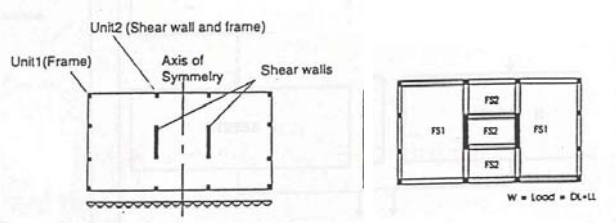
แบบขยายหูช้างเหล็ก (STEEL BRACKET)



การวิบัติของเหล็กยึดเกิดการขาดที่จุดดัดเหล็ก
(หูช้างวิบัติ 13ตัวจากทั้งหมด 14ตัว)

Building





Structural Loads

- 1. Dead Loads
- 2. Live Loads
- 3. Wind Loads
- 4. Earthquake Loads
- 5. Internal & External Movements in Structures

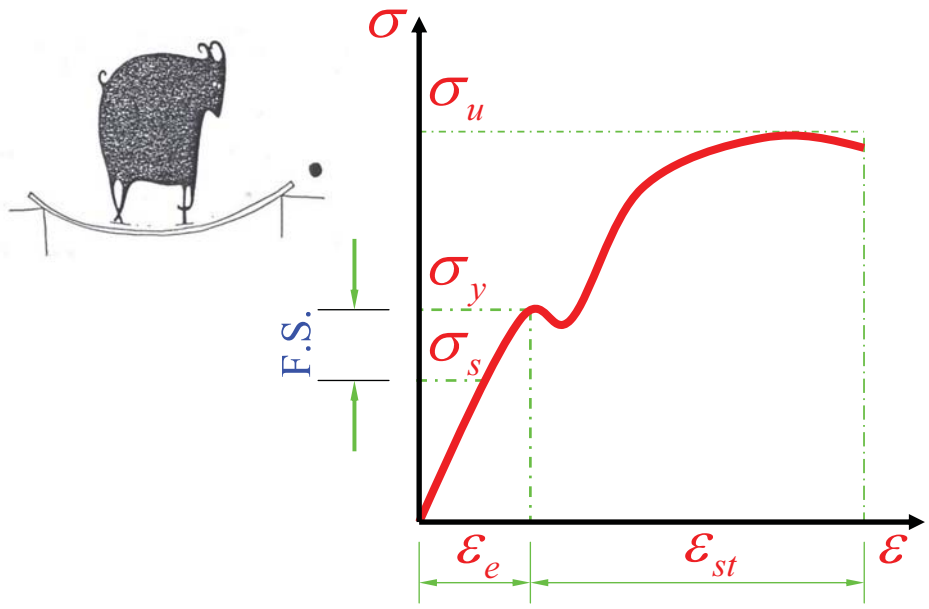
Classification of Loads

- a. Gravity Loads (1,2) -Horizontal Subsystem
- b. Lateral Loads (3,4) - Vertical Subsystem

Structural Response

$$\sigma_s \leq \sigma_a$$

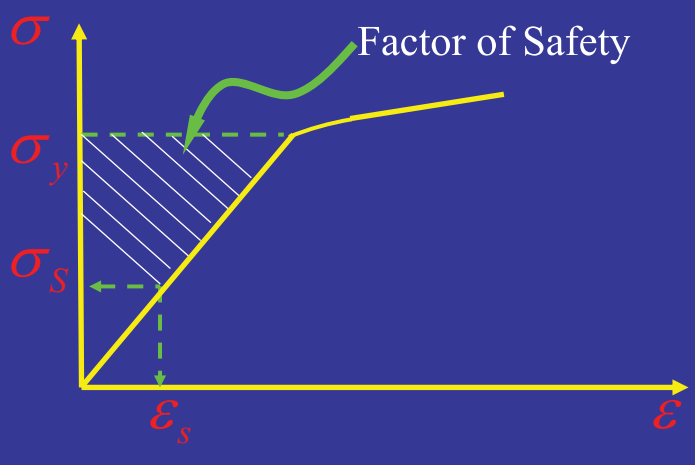
$$\sigma_a = \frac{\sigma_y}{FS}$$



STRUCTUAL RESPONSES

Satisfactory Criteria

1. Enough Strength
2. Small Displacement



DESIGN CRITERIA

1.Strength σ

(stresses, σ_S , occurred shall not be greater than ALLOWABLE STRESS σ_a)

2.Serviceability ε

- Small deflection / displacement
- Crack section ?

$\varepsilon \rightarrow \sigma \rightarrow$ internal force (M)

Reinforced Concrete Design

Structural Members

1. Flexural Member - Beam
2. Shear Behavior
3. Slab
4. Column
5. Footing

Building Code Requirements

RC. Structures (ACI 318)

1. Working Stress Design (WSD) – ACI 318-63
2. Strength Design (SD) - ACI318-89

Working Stress Design

materials

Concrete : $f_c = 0.45 f_c'$

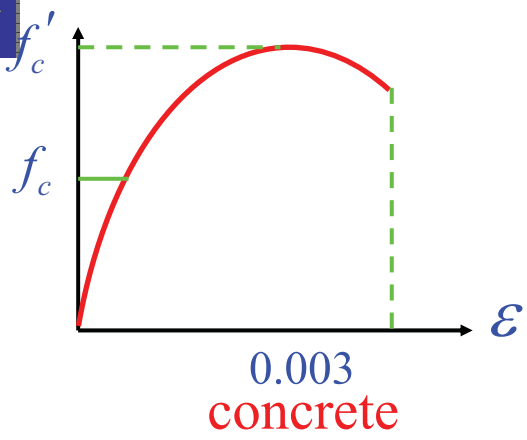
Steel bars : $f_s = 0.50 f_y$

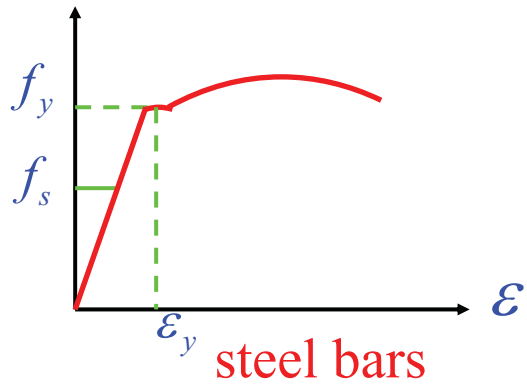
loads

service load

stresses

allowable stresses

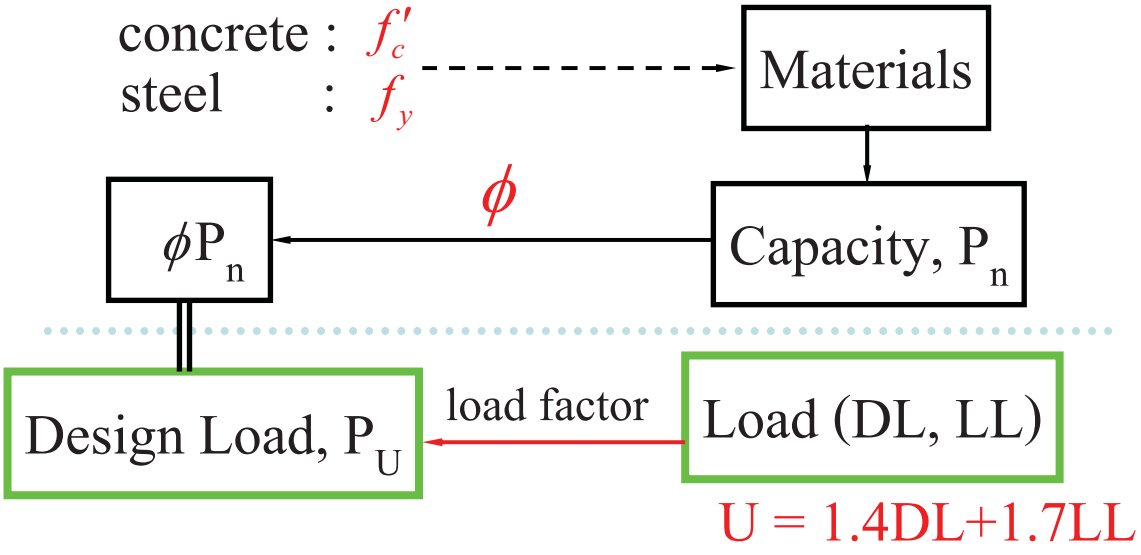




Strength Design

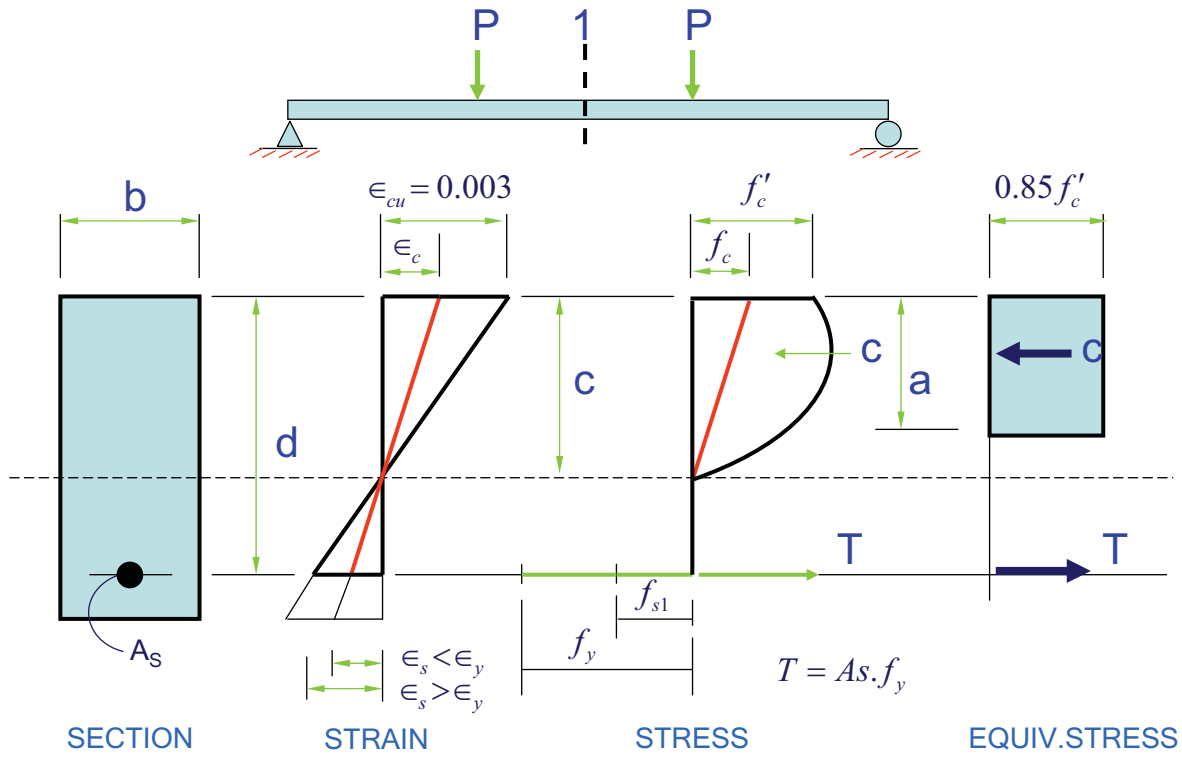
concrete : f_c'

steel : f_y



$U = 1.4DL+1.7LL$

ϕ = Reduction factor which reduces the capacity of section, depends on the type of structural members, e.g. beam, column etc.

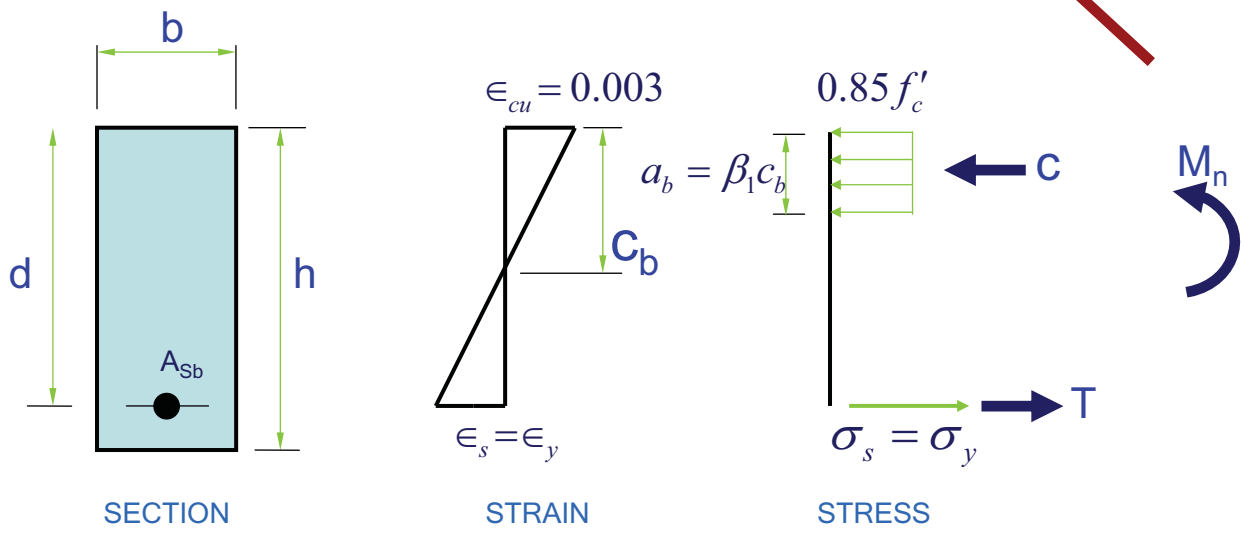


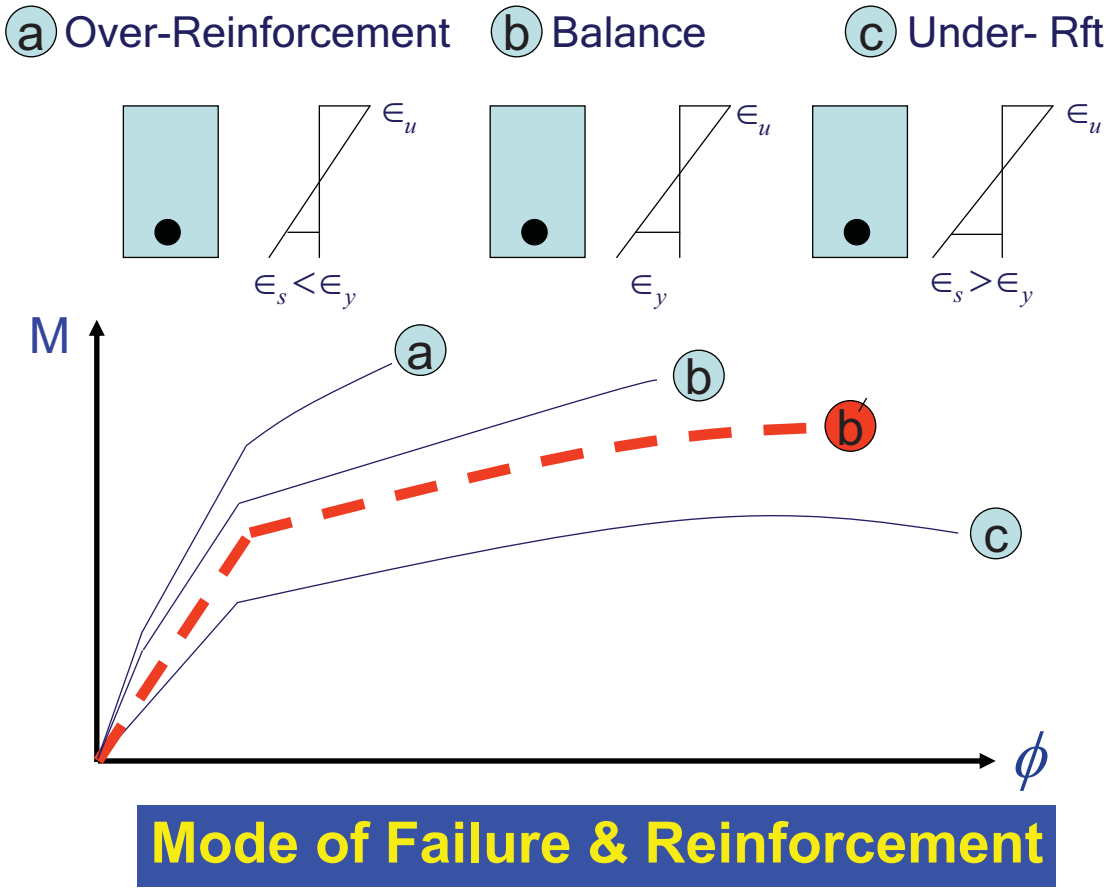
1. Elastic
2. Ultimate

Flexural Behavior of Beam

BALANCED FAILURE ($\epsilon_c = 0.003, \epsilon_s = \epsilon_y$)

(CRUSHING OF CONCRETE = YIELDING OF REINFORCEMENT)





Mode of Failure & Reinforcement

ACI 318-02

1. Major Change Version
2. Unified Code : ASCE 7

   * Concrete Structure
   * Steel Structure

U = 1.2 D + 1.6L

Safety Factor and Reliability

$$SF. = \frac{\gamma_1 D + \gamma_2 L}{D + L} \times \frac{1}{\Phi}$$

Resulting in

1. Same Safety of Factor required.
2. Change of Φ-factor provided.
3. Flexural and Compression Members have the same reduction factor
4. Allow in over-reinforcement design

New Approach in Steel Design by AISC

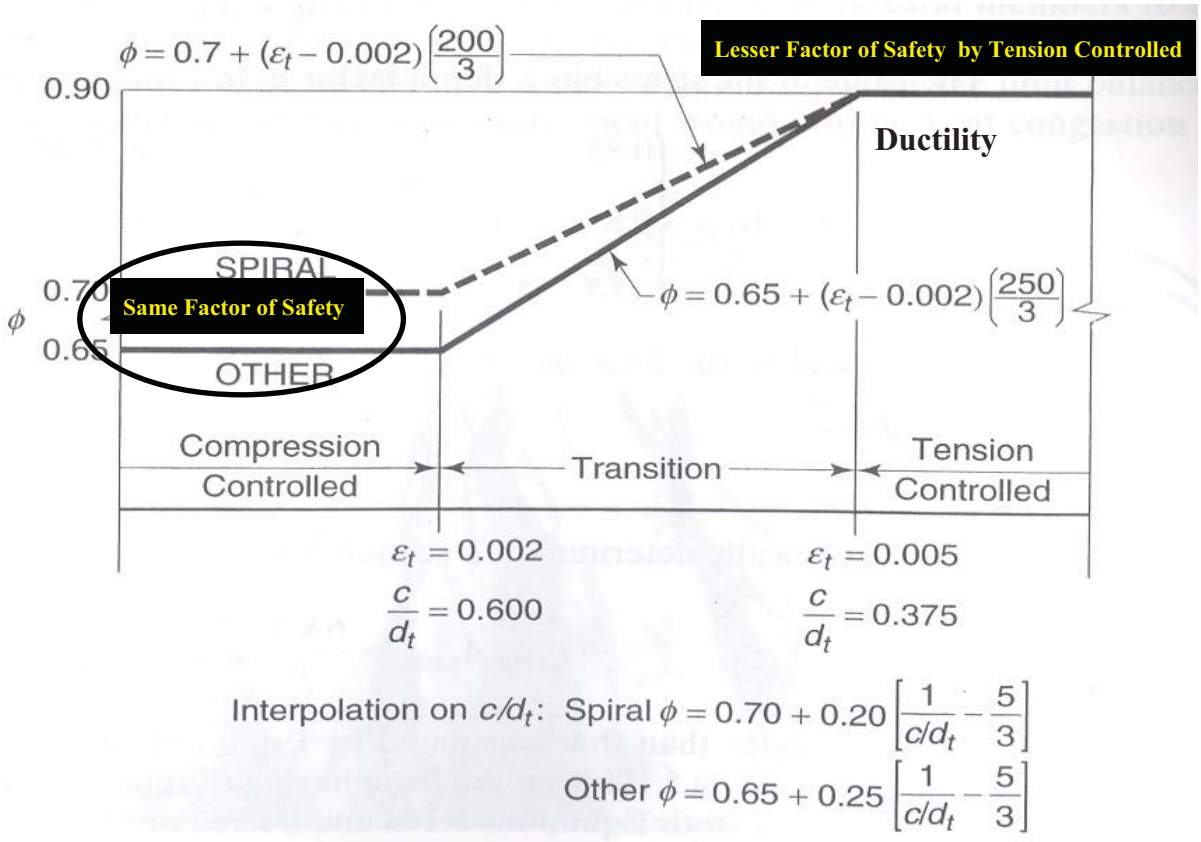
-Existing methods :
+Allowable stress design (ASD)
+Load Resistance Factored Design (LRFD)

-Unified code ASD and LRFD
-So-called “strength design”

-One section strength provided by its size and material properties

-*Allowable Strength Design* using a Factor of Safety to reduce section strength and compared with service load

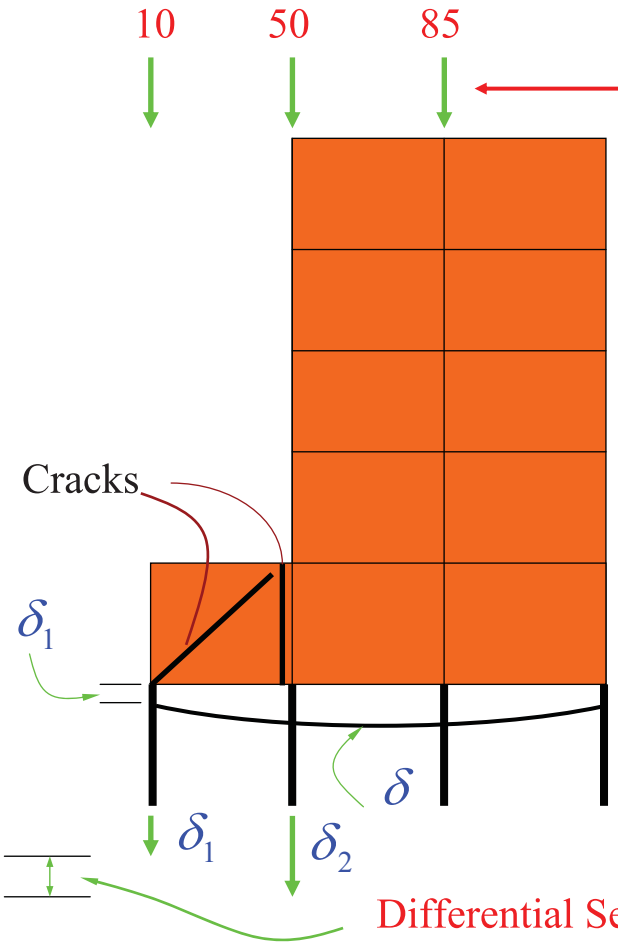
-*LRFD* using resistance factor to reduce section strength and compared with factored load



Φ-Factor for Flexure and Compression Member

Collapse of Structure

Wrong Model ????



Pile Capacity

use $\phi = 0.80 \times 23.00$

(Safe Load 90 tons)

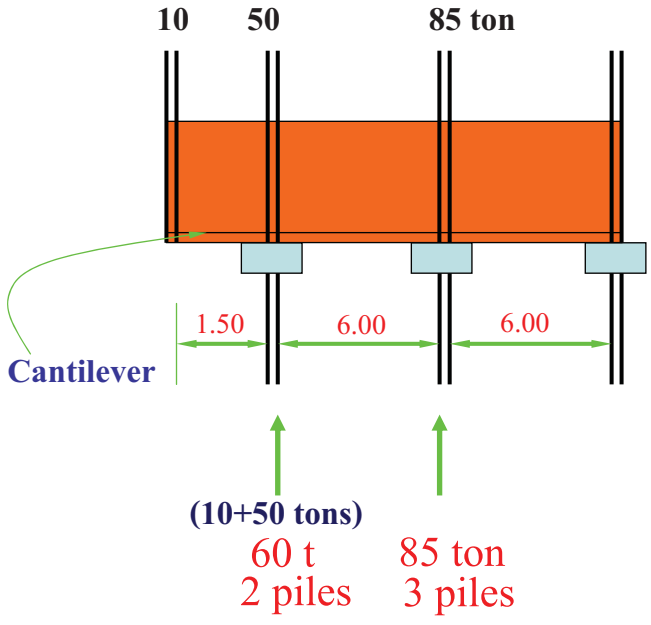
(use same pile, section & length

settlement (stress in soil)

less column load ⟶ less settle.

SOLUTION

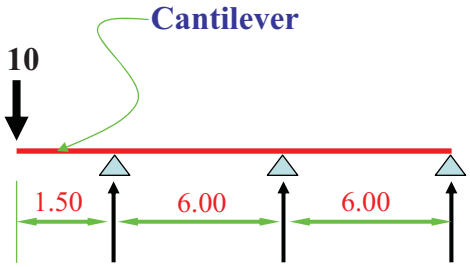
introduce New MODEL

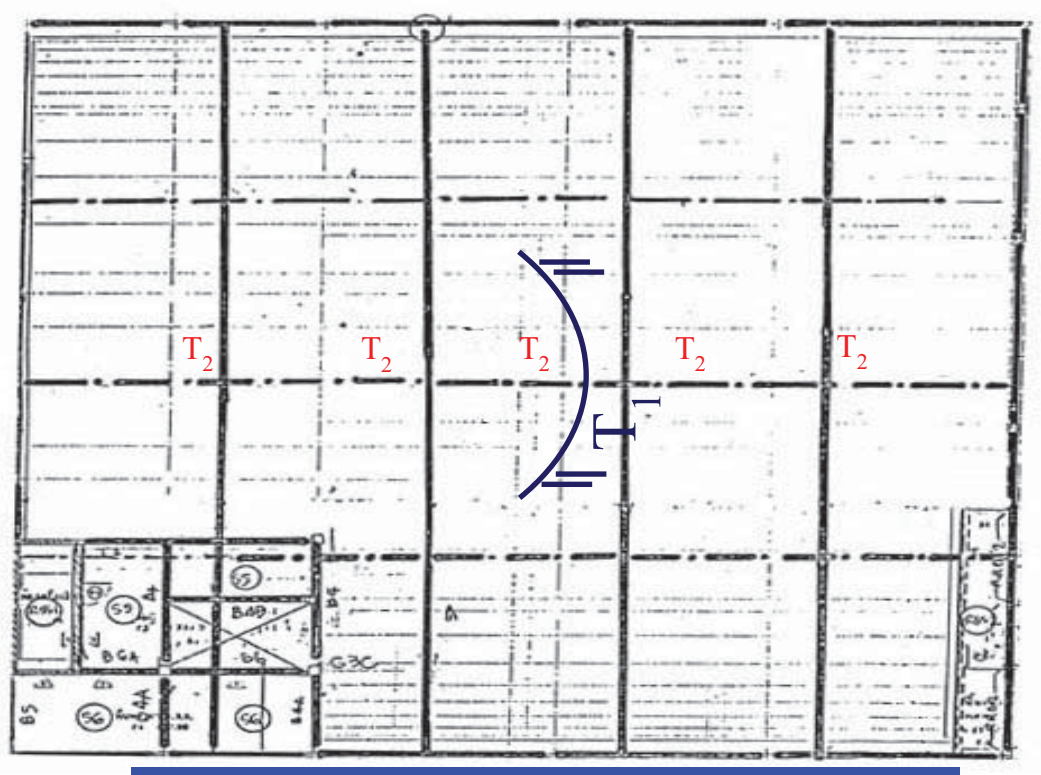


use pile

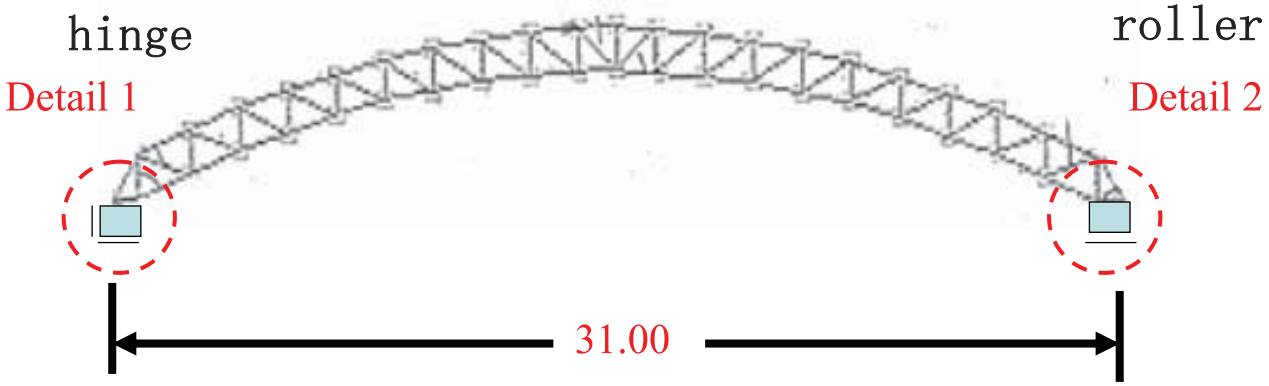
$26 \times 26 \times 21.00m.$

(safe load 30 Ton/ea)



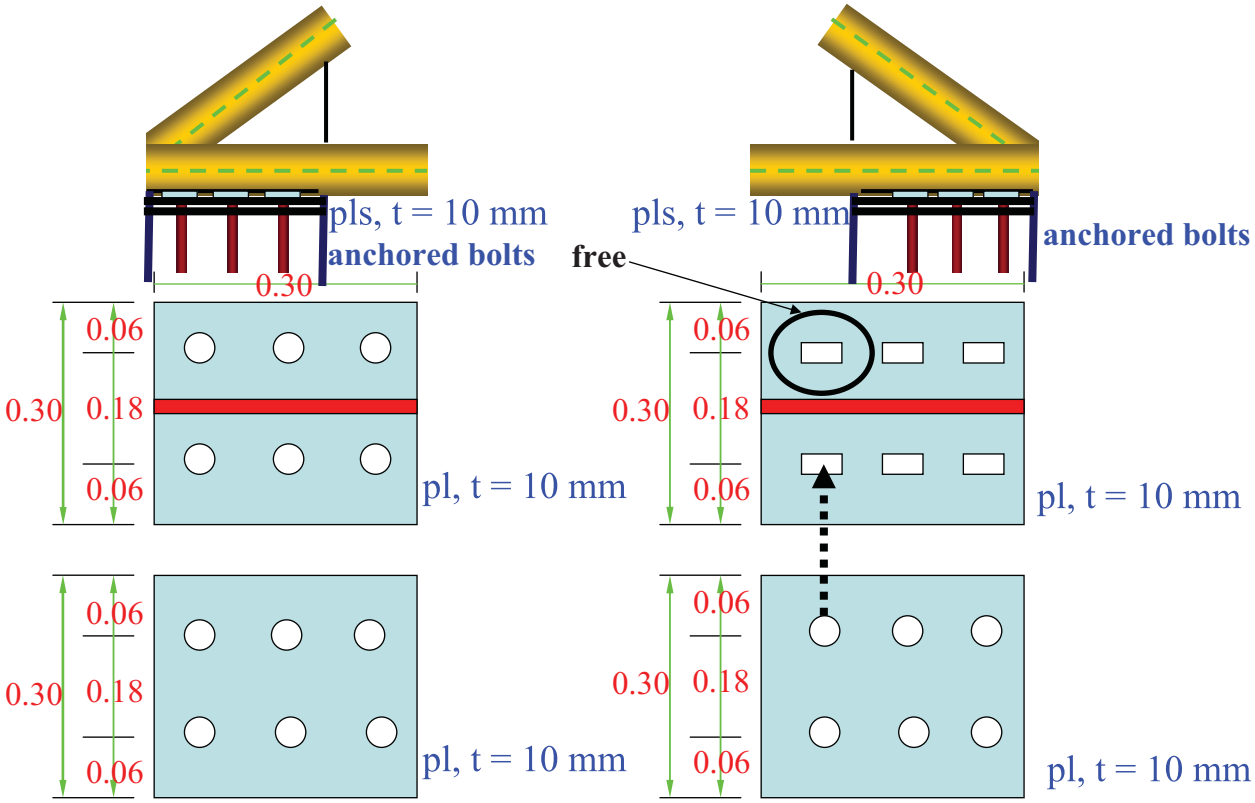


Roof Plan for Long–span Truss



Section of Design Truss

Detail of Supports according to Structural Model



SCHEMATIC ANALYSIS of BUILDING

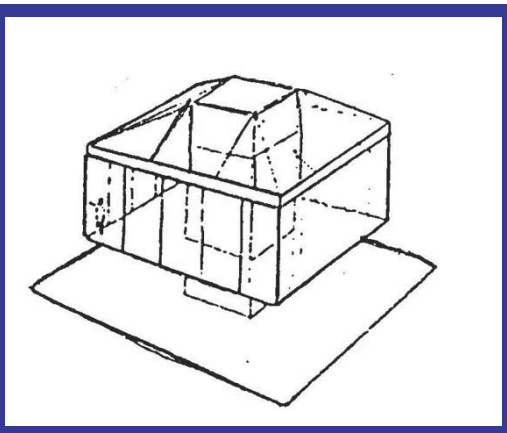
Architect's Design Thinking

1. Space required
2. Functional use required

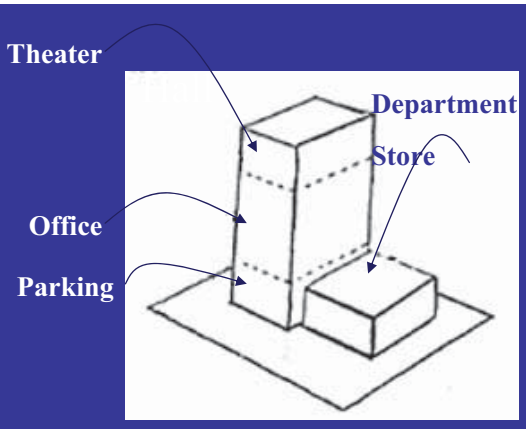
Concerned Problem

a. span — Grouping

b. load — & Zoning



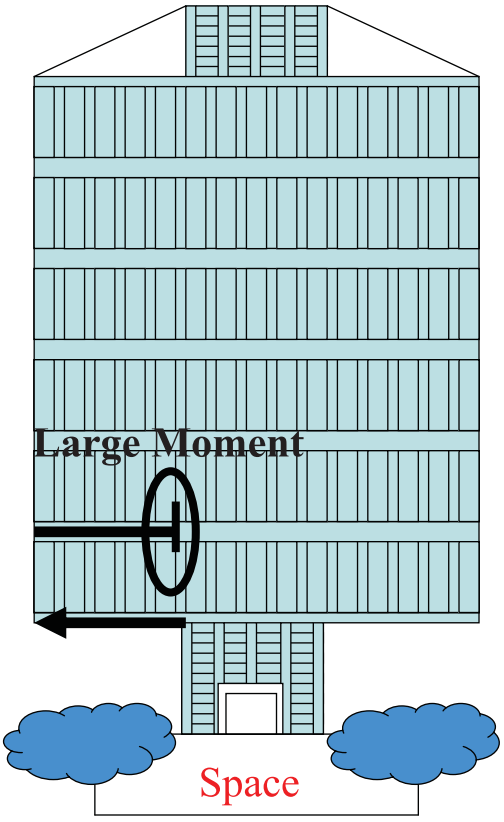
SPACE



FUNCTIONAL USE

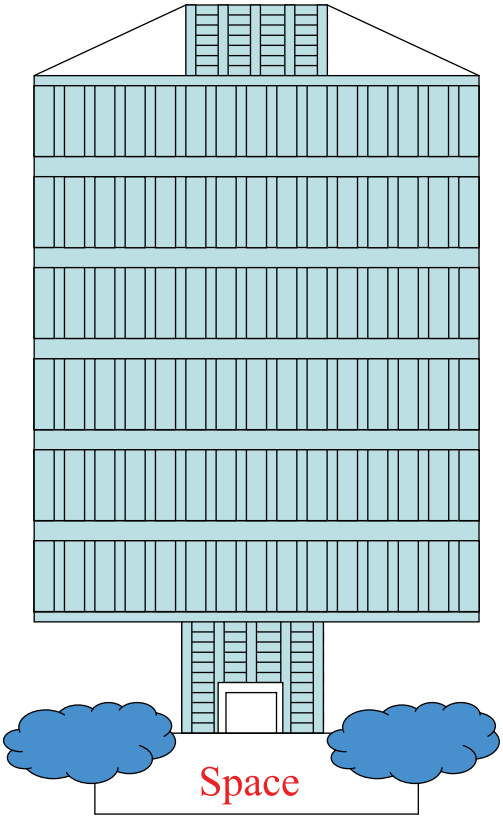
for example

1. parking lot, L = 8.00 m.
2. department store, LL 500 kg/sq.m
3. conventional hall, L = 30 ─ 60 m.

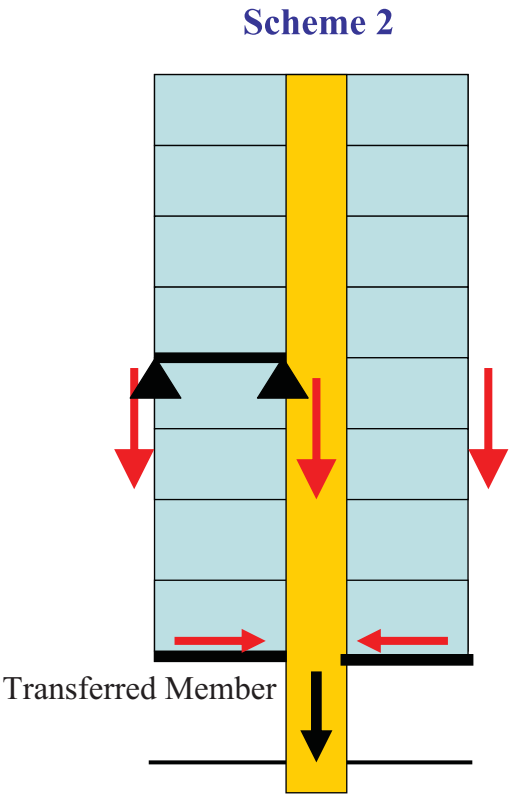


Appearance of Structure

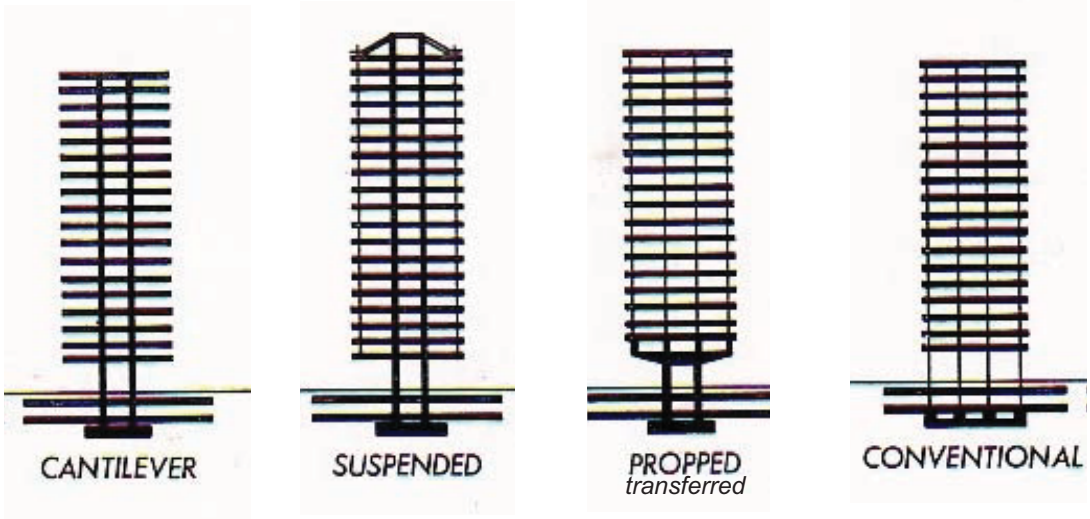
Schematic Analysis of Structure



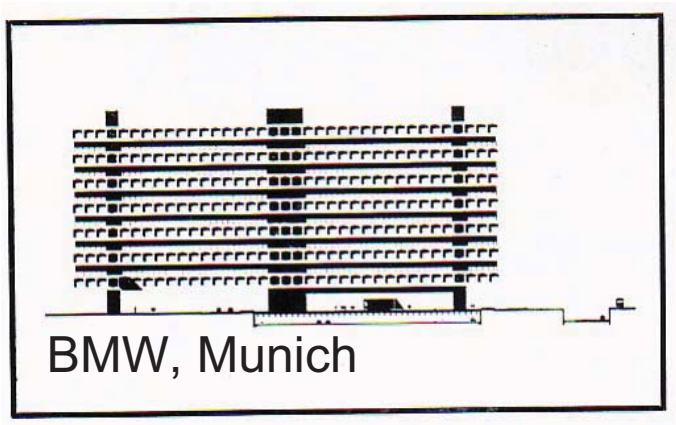
Appearance of Structure

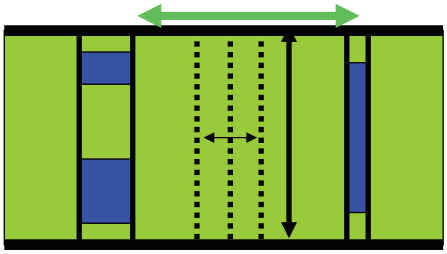


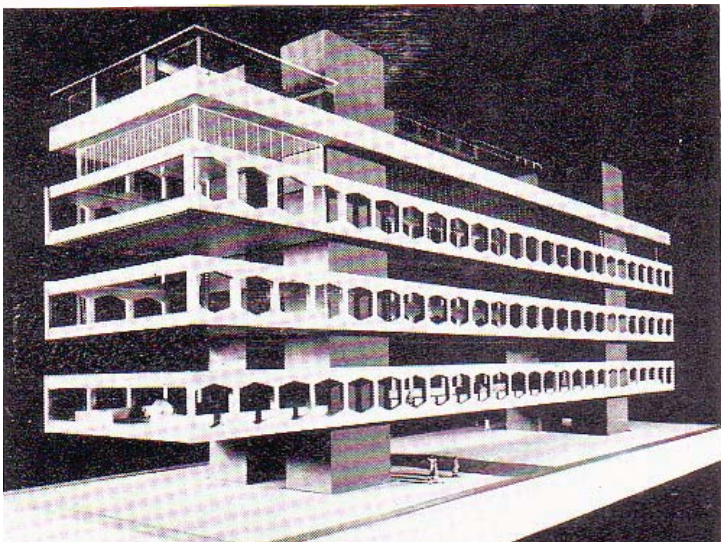
Schematic Analysis of Structure



Competitive Structural Systems



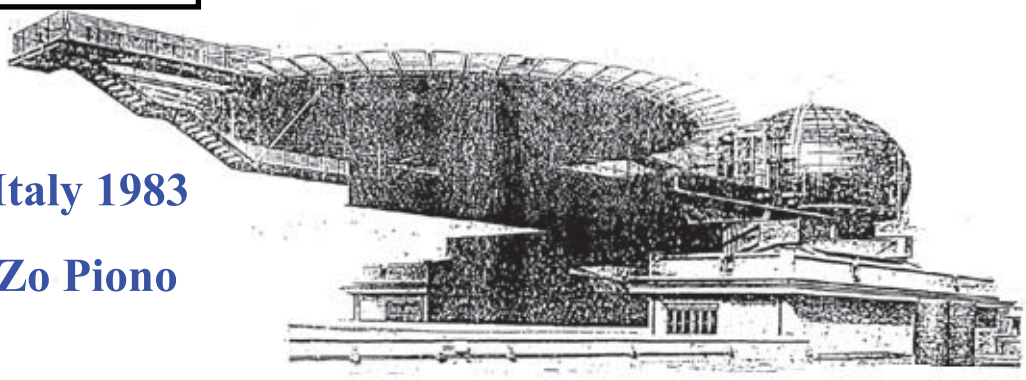


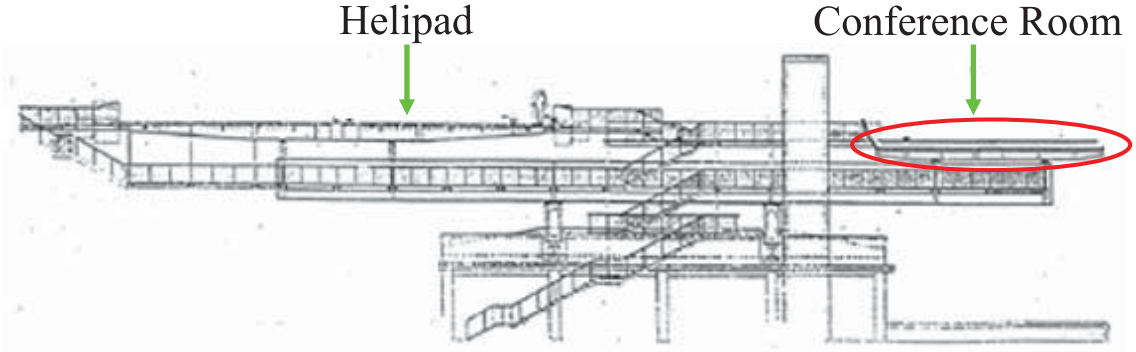


Lingotto Factory Rehabilitation

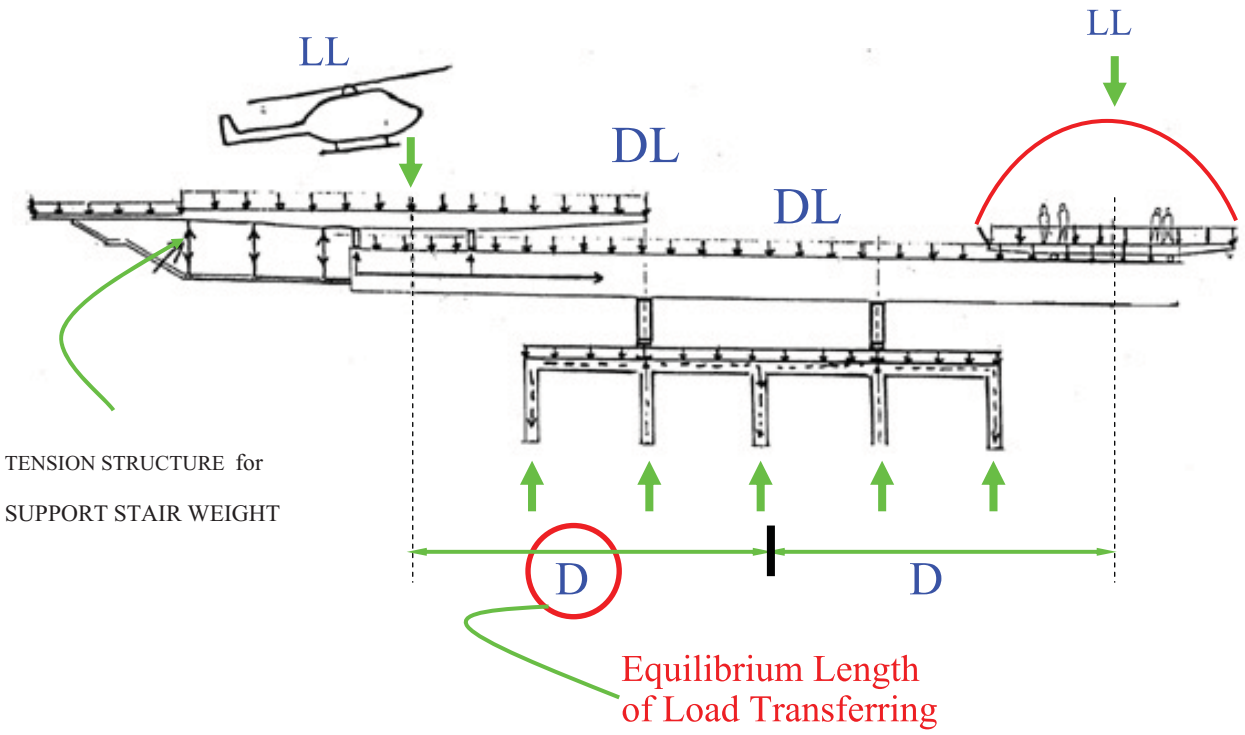
Turin, Italy 1983

By RenZo Piono

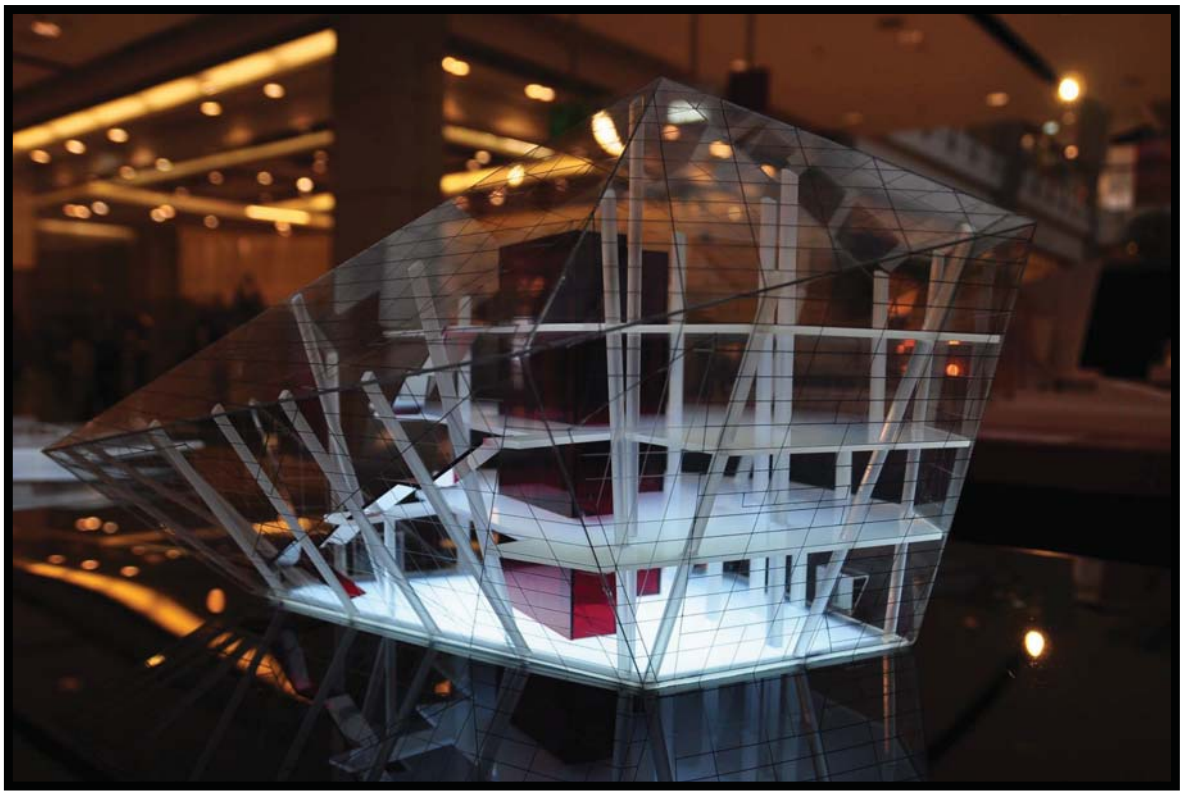




DL/LL = Great

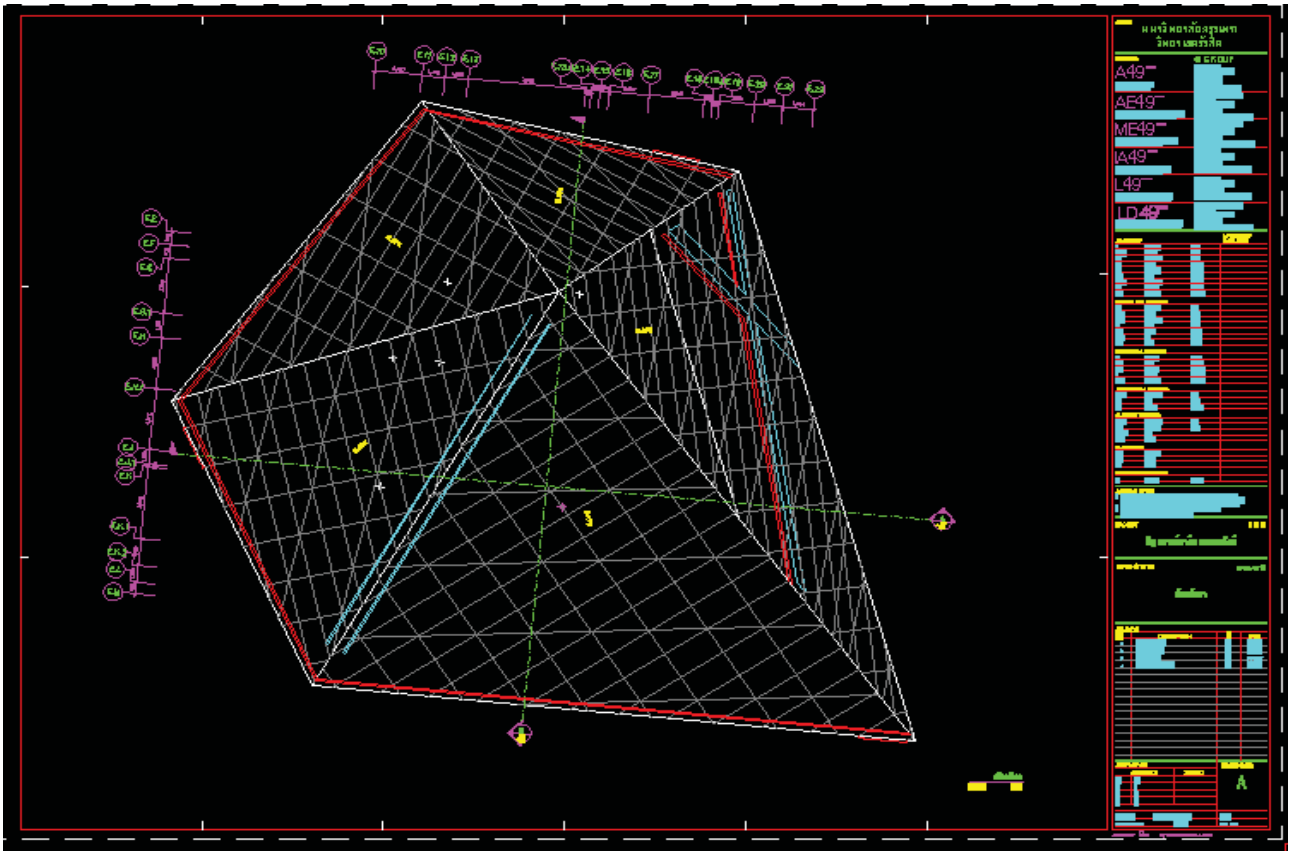

LL
LL
DL
DL
TENSION STRUCTURE for
SUPPORT STAIR WEIGHT
D
D
Equilibrium Length
of Load Transferring

โครงการ BU LANDMARK COMPLEX
มหาวิทยาลัยกรุงเทพ วิทยาเขตรังสิต

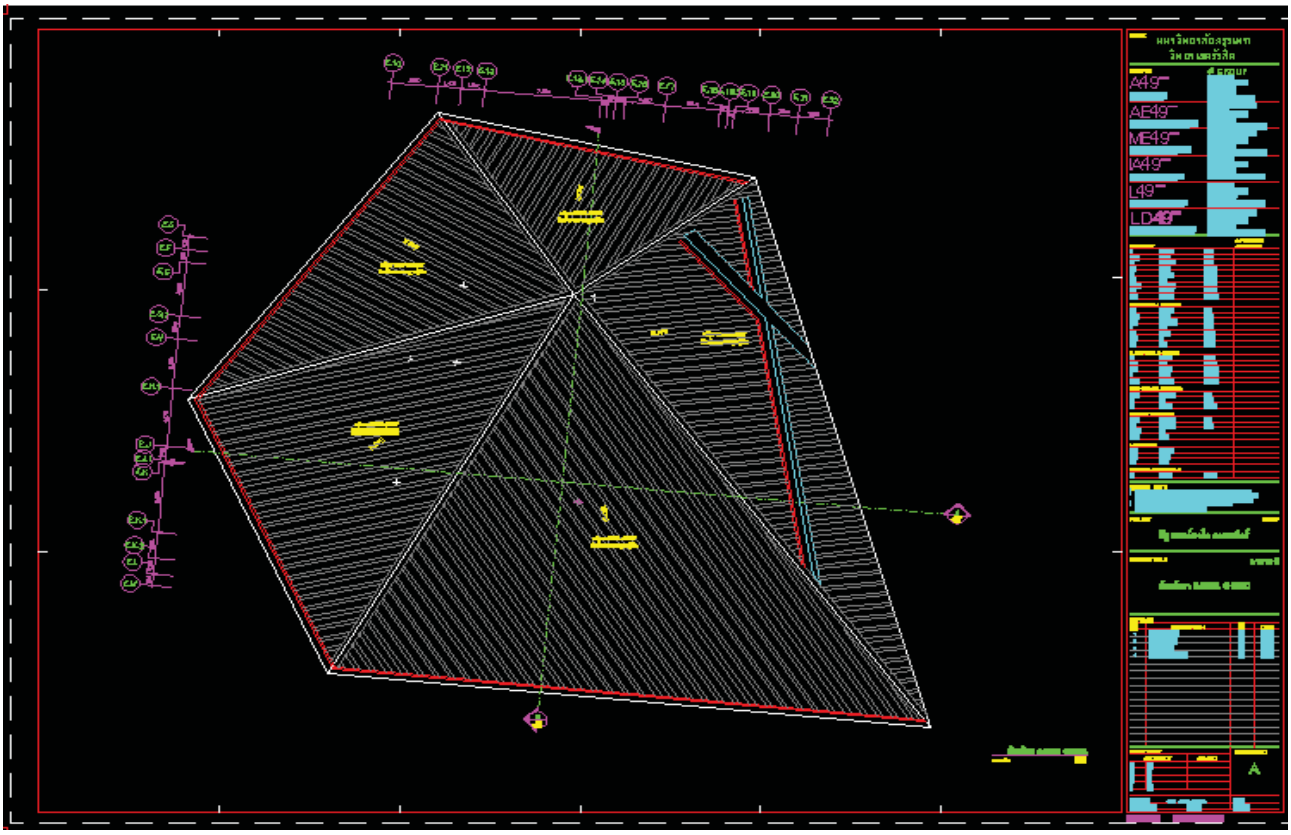


แบบจำลอง อาคาร **BU Landmark Complex**

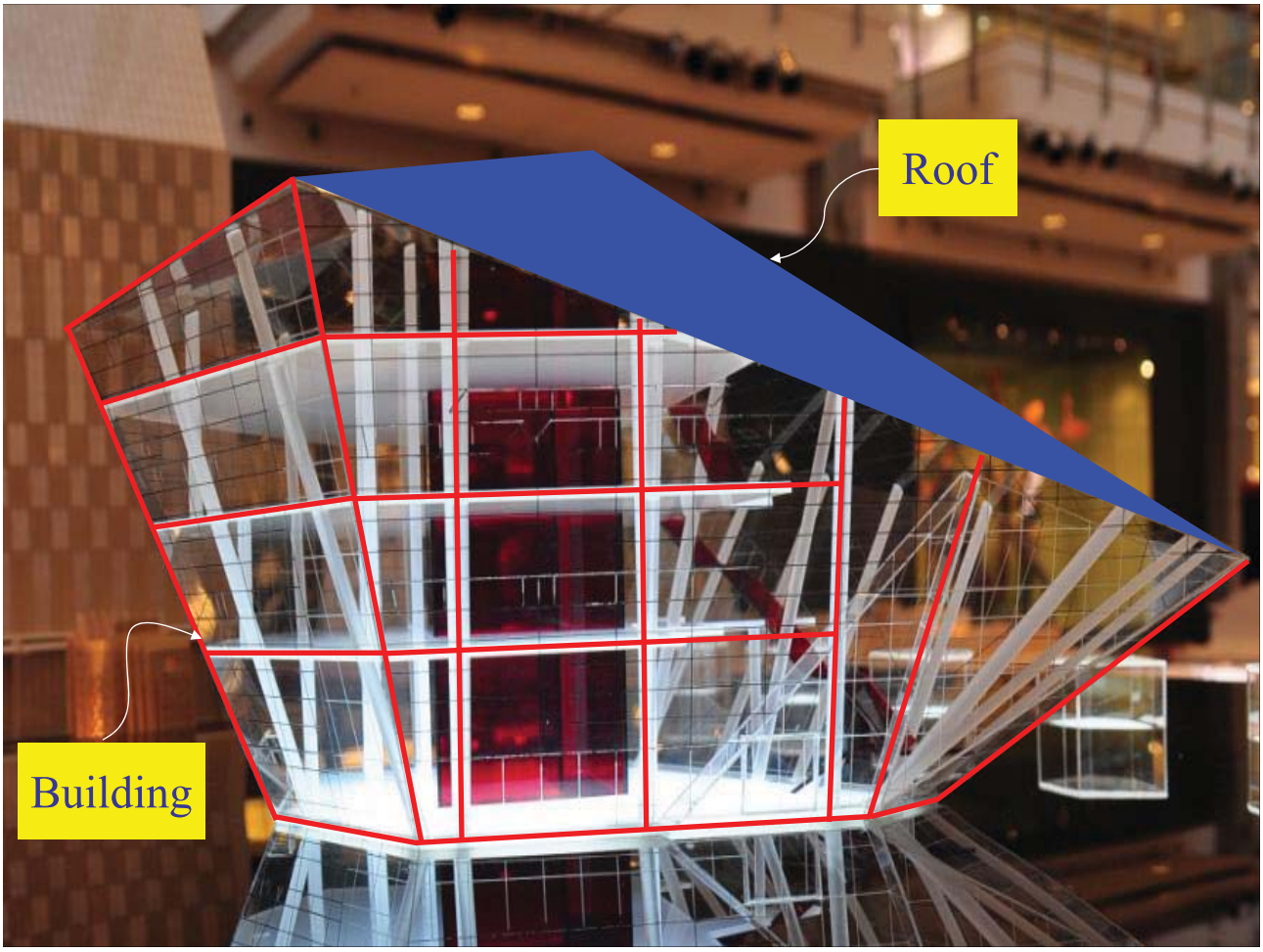
ผังพื้นชั้นที่ 2.

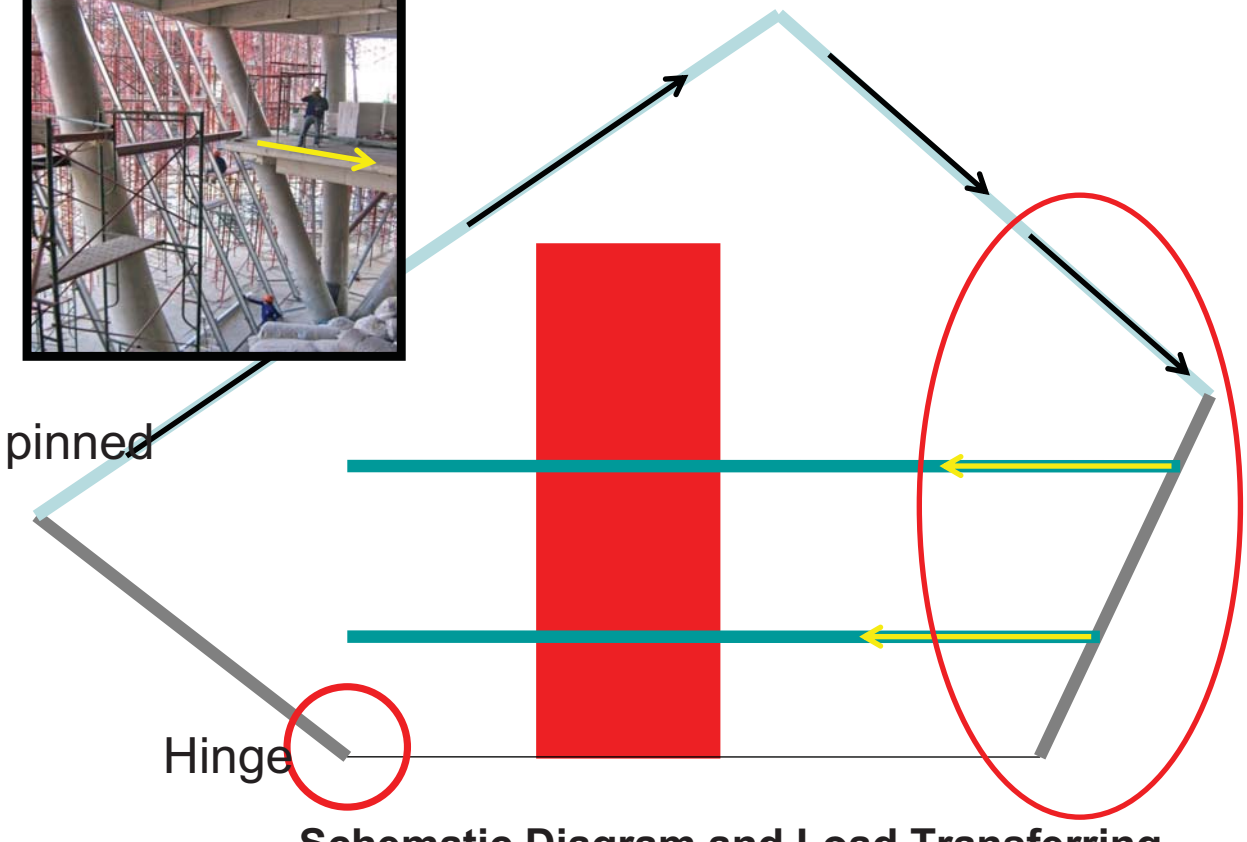


ผังหลังคา

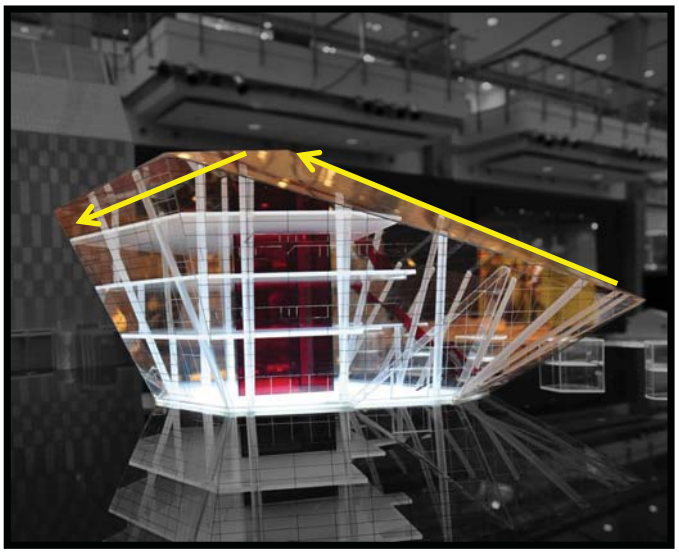


ผังหลังคา (METAL SHEET)

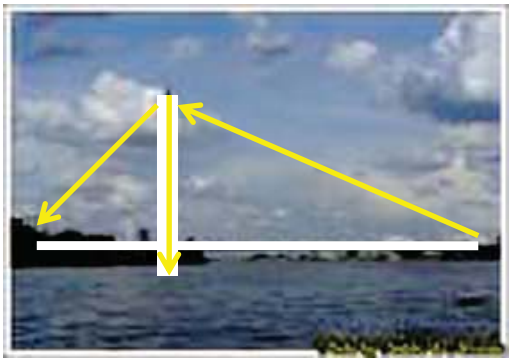




Schematic Diagram and Load Transferring

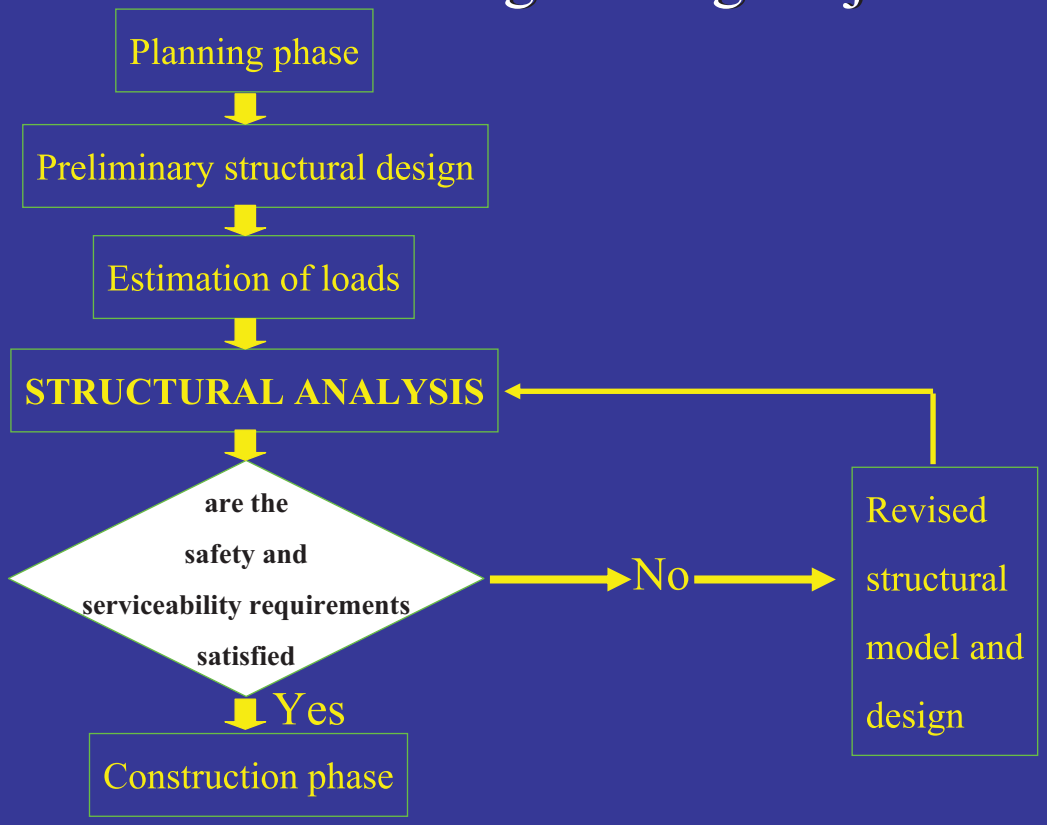


อาคาร BU Landmark Complex

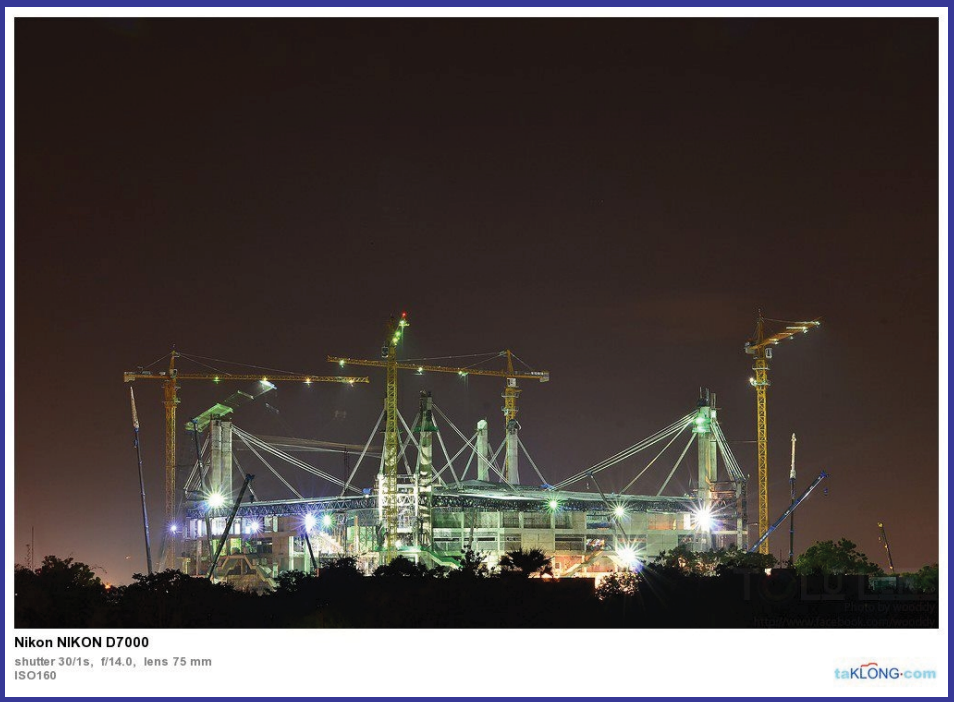


สะพานพระราม 8

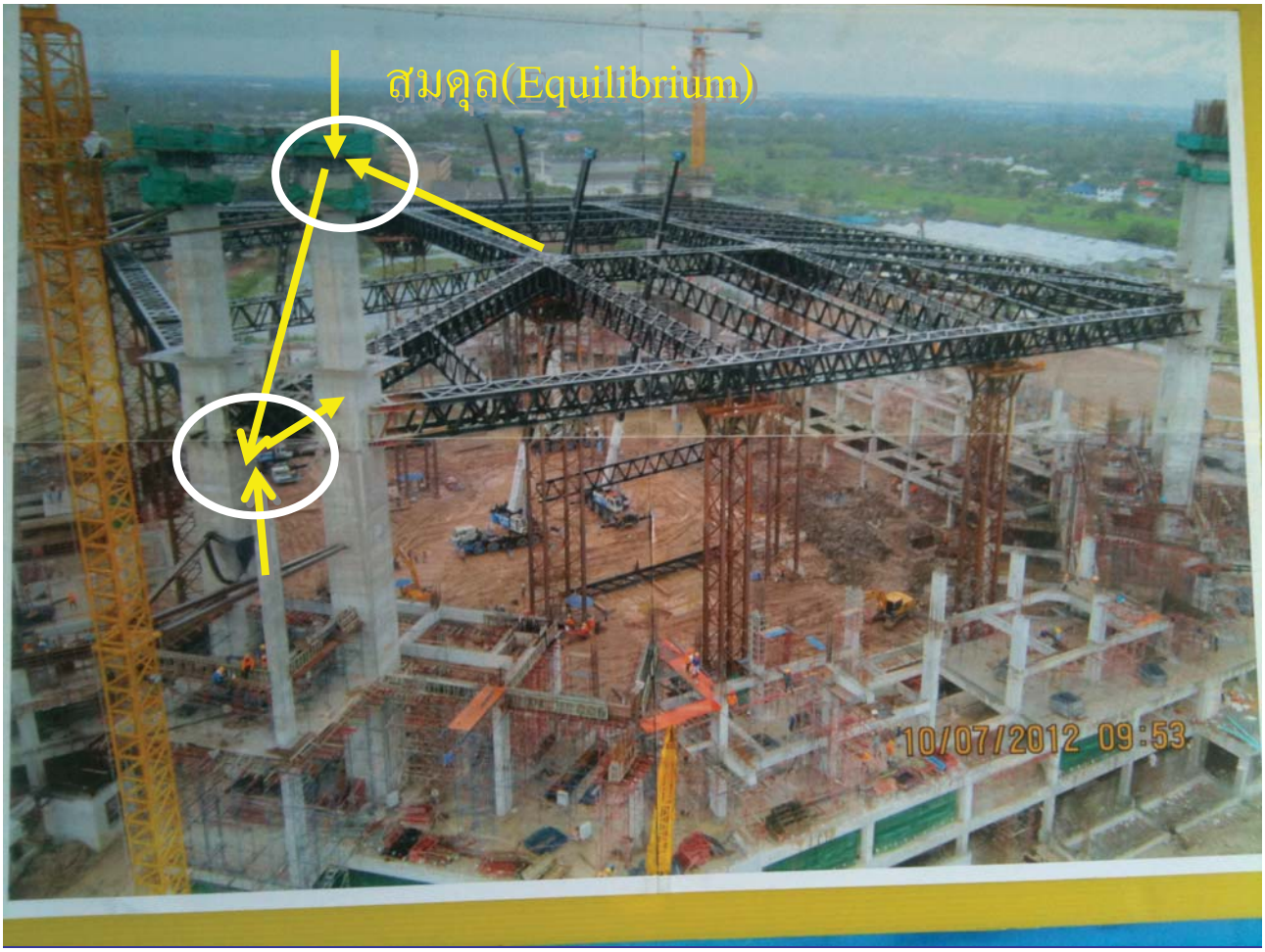
Role of Structural Analysis in Structural Engineering Project



Structural Systems for Vertical System



เอนก ศิริพานิชกร
รองศาสตราจารย์
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา พระจอมเกล้าธนบุรี
๒๖ มกราคม ๒๕๕๖



Steel Structures

+ Semi-rigid Frame
+ Rigid Frame
+ Braced Frame
+ Rigid Frame with Braced Frame
+ Framed Tube Structure
+ Cellular Tube Structure

Higher

STRUCTURAL SYSTEMS FOR CONCRETE BUILDINGS

No.	SYSTEM	NUMBER OF STORES 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120
1	Flat slab and columns	
2	Flat slab and shear walls	
3	Flat slab , shear walls and columns	
4	Coupled shear walls and beams	
5	Rigid frame	
6	Widely spaced perimeter tube	
7	Rigid frame with haunch girders	
8	Core supported structures	
9	Shear wall - frame	
10	Shear wall - Haunch girder frame	
11	Closely spaced perimeter tube	
12	Perimeter tube and interior core walls	
13	Exterior diagonal tube	
14	Modular tubes	

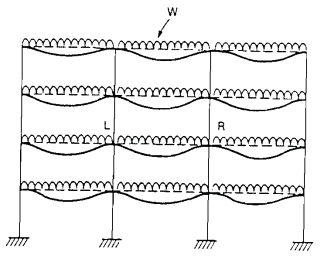
Vertical Subsystem

+ Concept
+ Behaviour
  - *Steel Structures*
  - *Concrete Structures*
  - *Composite Structures*

Vertical Linear Component
+ Column
+ Wall
  - *shear wall*
  - *braced framed*
  - *tube structure*
  - *cell & multicell*

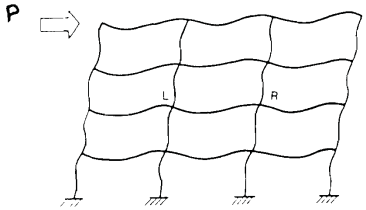
Vertical Component → service to → Lateral Loads
- *wind*
- *earthquake*

Structural Performance in servicing Loads

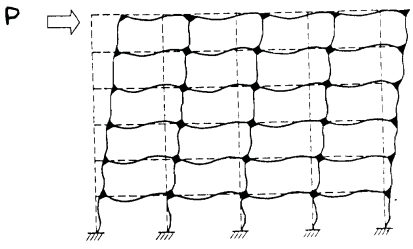


Gravity

+



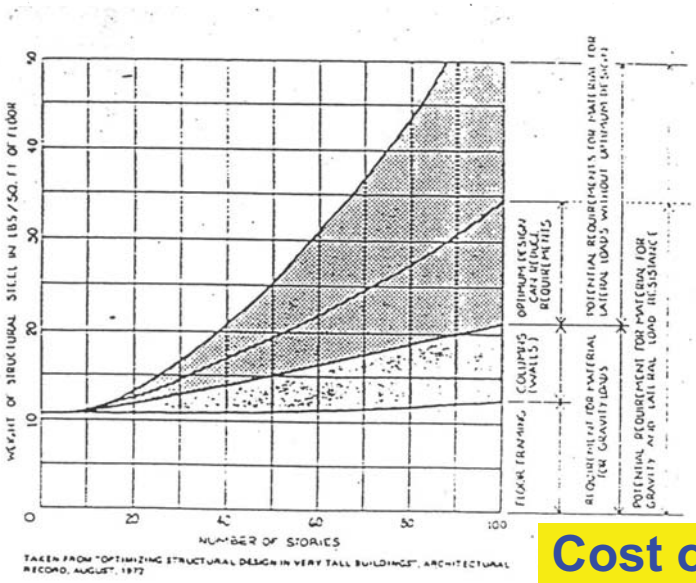
Lateral



Combined

Safe and Economical Building (High-rise Building)

1. Height of Building
2. Slenderness of Building
3. Wind Conditions
4. Risk of Earthquake
5. Architectural Requirements



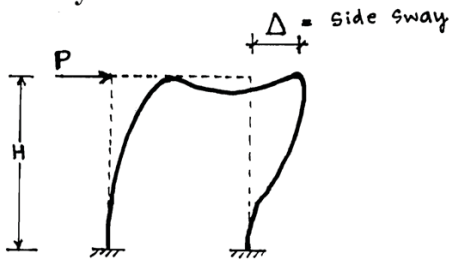
TAKEN FROM "OPTIMIZING STRUCTURAL DESIGN IN VERY TALL BUILDINGS", ARCHITECTURAL RECORD, AUGUST, 1972

Cost of a Building

Parameter Governing Vertical Subsystem

Significant parameter is DRIFT.

as defined by



$$\text{Drift} = \frac{\Delta}{H}$$

↓ *indicates*

* comfortable use
* prevention from Motion Sick
* not allow P-Δ effects

Basic Components of Lateral Load Resistive System

composed of
- Horizontal Components
- Vertical Components

Horizontal Components

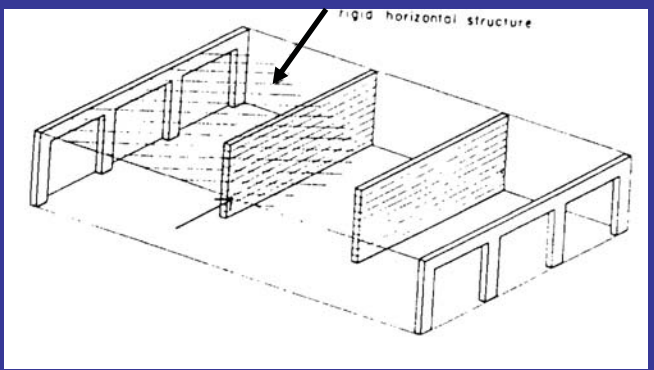
- floor framing & deck system
  + precast slab system
  + conventional slab
  + flat slab/ plate
  etc.

- horizontal components should have
  + sufficient *strength*
  + sufficient *stiffness*

} *HORIZONTAL DIAPHRAGMS*

Function of Horizontal Diaphragms

With the sufficient strength and stiffness of a horizontal diaphragms, the lateral resistive system utilize them to *collect* the lateral forces at a particular level of building and then *distributing* to the vertical elements.

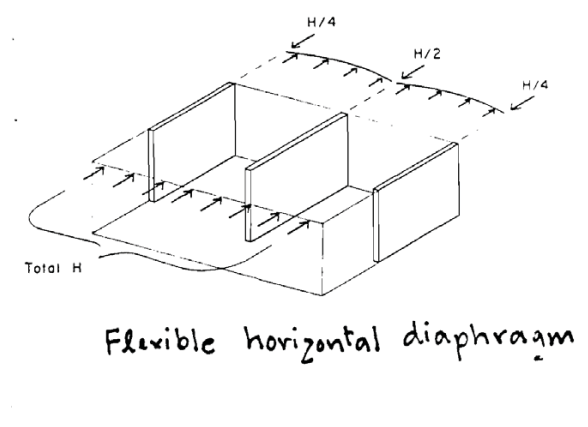


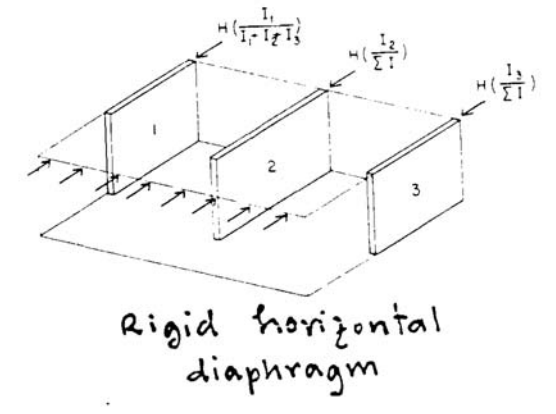
Lateral Resistive System

composed of
+ Rigid horizontal structure
+ Strong vertical elements
  * column
  * wall
  * frame

Relative Stiffness of Horizontal Diaphragms

physical property whether ??





Relative **Flexible** Elements

↓

Deflection

No continuity of system

No actual distribution of vertical elements

Relative **Rigid** Elements

↓

Distribution of Lateral Load

Proportion to Their relative stiffness

Torsional Effects

caused by

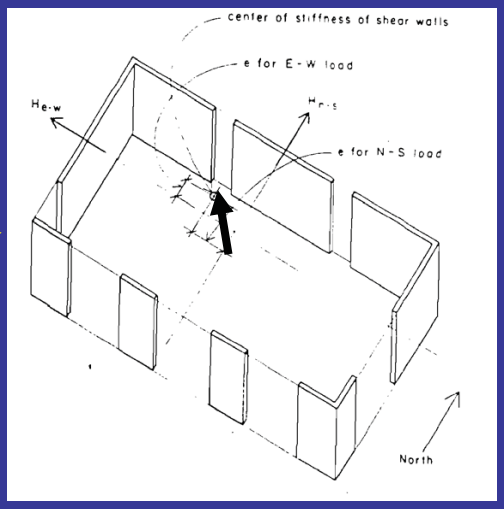
Centroid of Lateral Load in Horizontal Diaphragms — Not Coincide with — **Centroid of Stiffness of Vertical Elements**

↓

Twisting Effects (torsional effects)

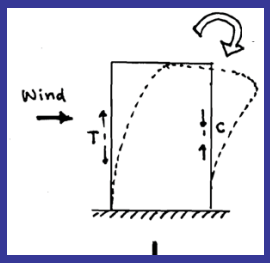
depend on

Stiffness of horizontal diaphragms,
Stiff element caused Significant problem

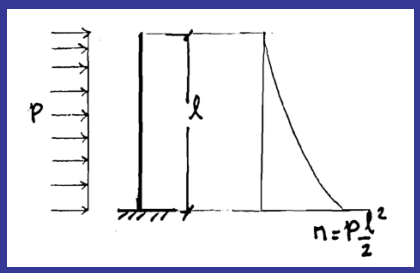


Deflection Characteristic

a) Cantilever Bending Component (Chord Drift)



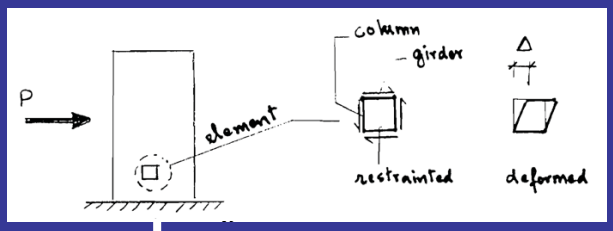
M_O = Overturning Moment

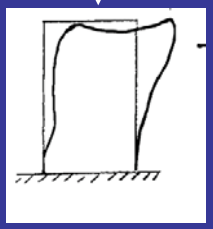


distortion (deformed) due to → **20% of total drift of Building**

Axial deformations – Axial forces, C and T of column

b) Shear Racking Component



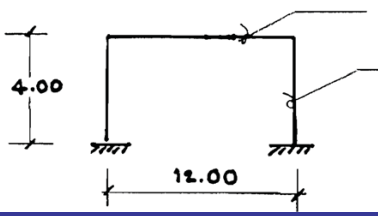


→ **80% of total drift of Building** →

column 10-20 % + girder 50-65%

Much sway caused by girder flexure since ratio of column stiffness to girder stiffness is high.

for a given frame below



girder flexure gave 50-65% of total sway

Column flexure gave 10-20% of total sway

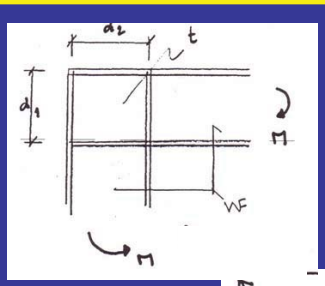
Lateral Deflection (sway)

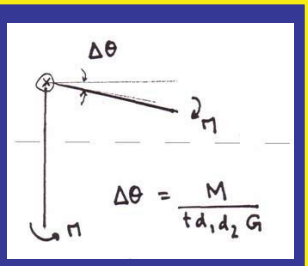
combinations of

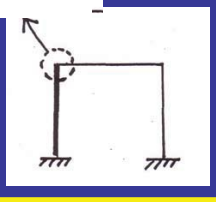
1. Deflection due to axial deformations (15-20 %) - *cantilever*
2. Frame racking due to girder rotations (50-60 %) - *shear*
3. Frame racking due to column rotations (15-20 %) - *shear*
4. Panel Zone effect

Panel Zone Effect

caused by semi-rigid joint, especially in steel structure.





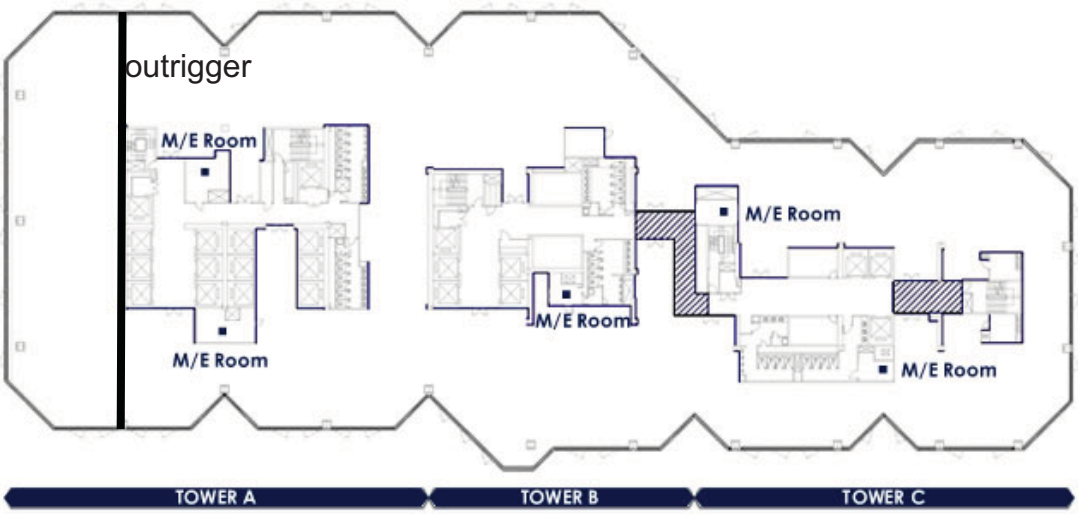


belts

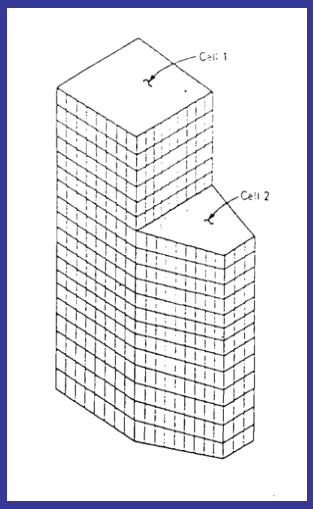
EMPIRE TOWER

58 floors – Office Tower @ Chongnonsee

Main Building



Cellular Tube Structures



Bundle

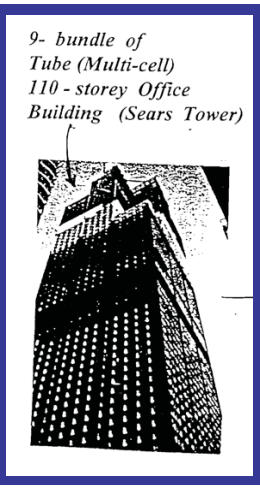
combined

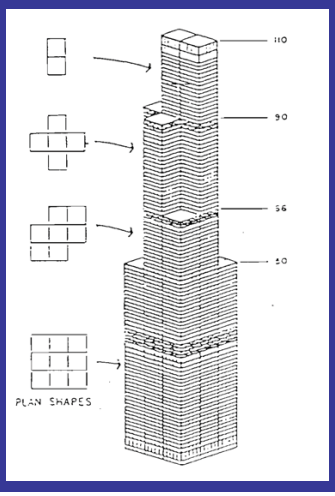
of

Tube Structure (Truss Tubes)

obtain

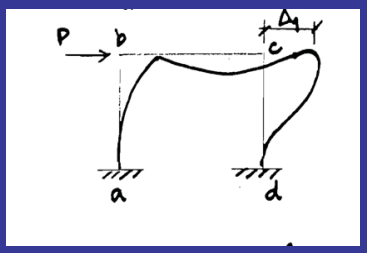
Strongest System

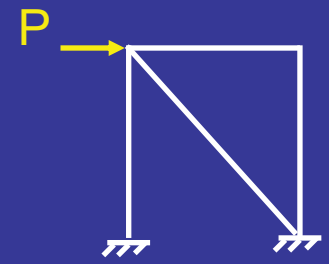




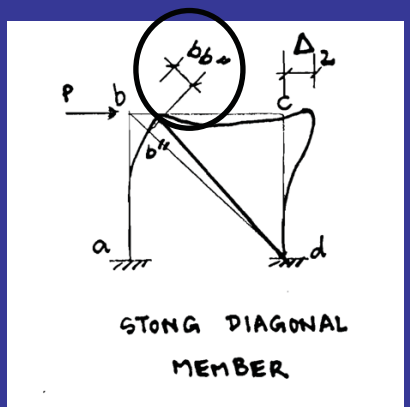
Deformed Configuration of a Structure

in order to reduce sway(Δ), the *bracing* is introduced.





Sway Reduction by Bracing



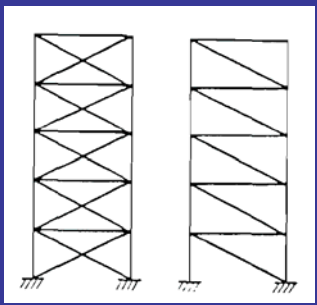
STONG DIAGONAL MEMBER

In strong diagonal member, the member tries to the keep the length of member unchange, ie. $bb'' << bb'$

hence

$$\Delta_2 << \Delta_1$$

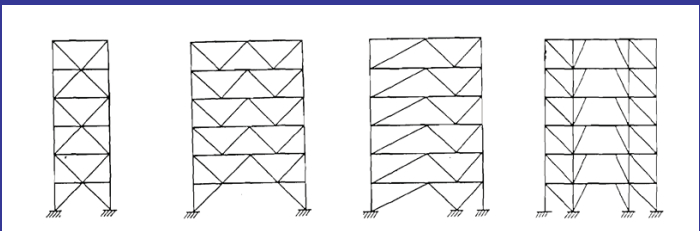
Braced Frame



Type of Braced Frame

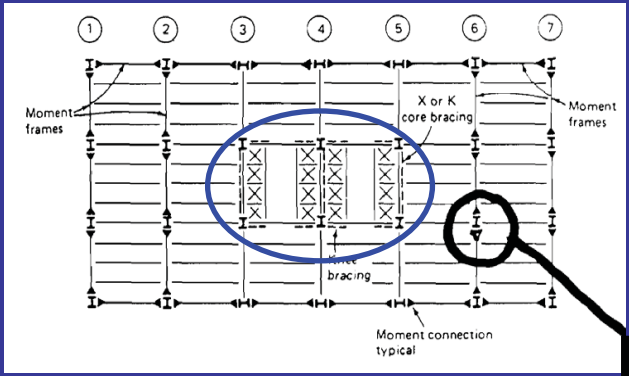
* K-shape
* X-shape

} *Braced between Columns*

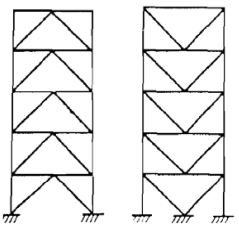


Common Types of Braced Frames

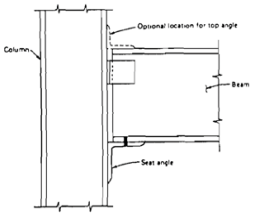
Rigid Frame and Braced Frame (configuration of steel building)



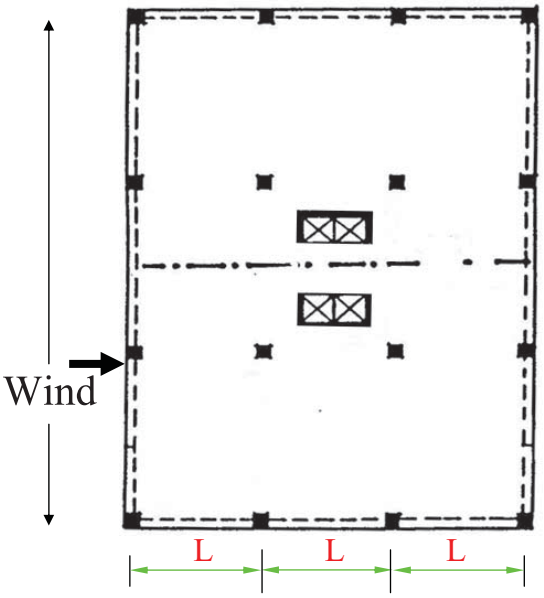
Core Bracing (X or K - type)



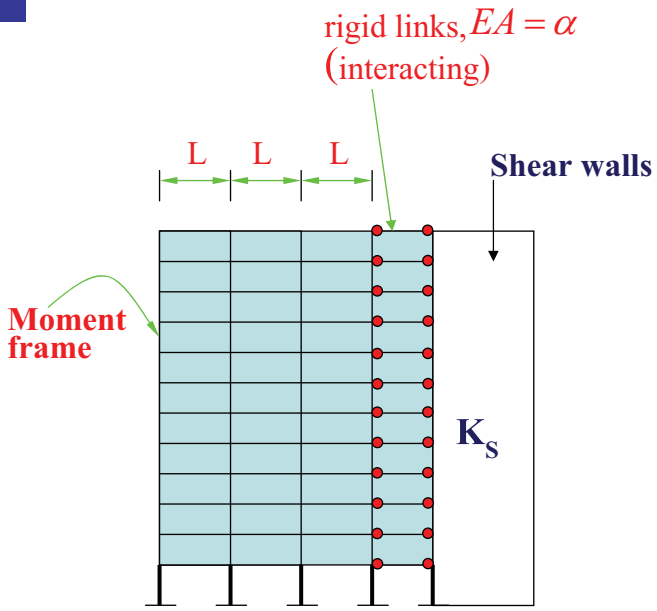
Moment Frame



Shear Wall and Rigid Frame

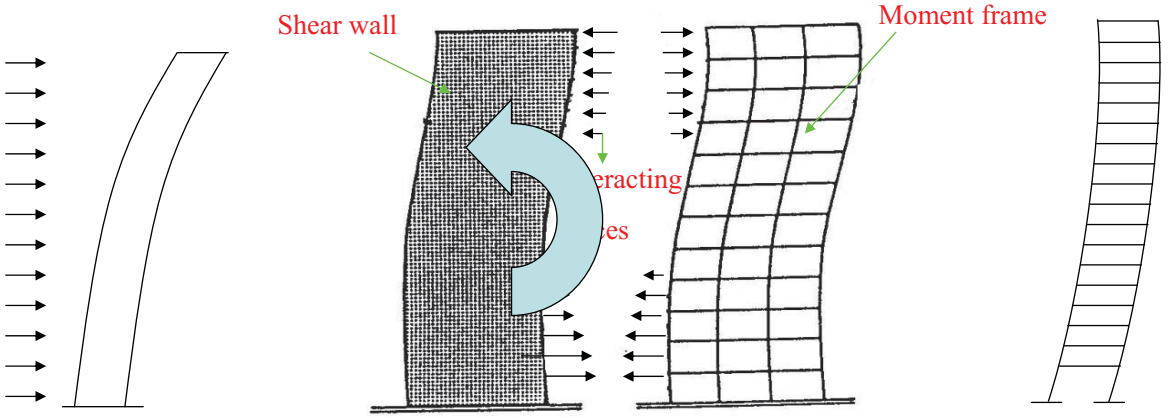


Plan of Building



Model in Analysis

Interaction Between SHEAR WALL AND RIGID FRAME



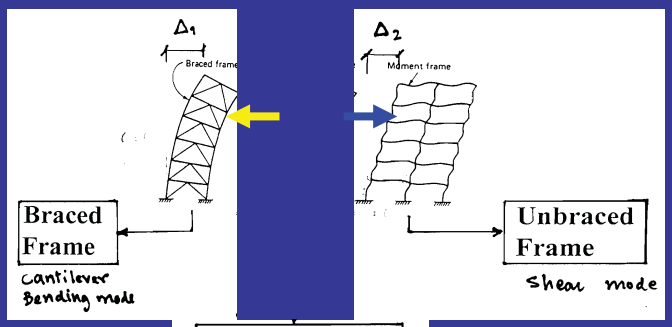
SHEAR WALL
BENDING MODE
DEFORMATION

Constrained Configuration

RIGID FRAME
SHEAR MODE
DEFORMATION

Interaction between Braced and Unbraced Frame

* *Deflected Characteristic*



Δ_1 = large > limitation

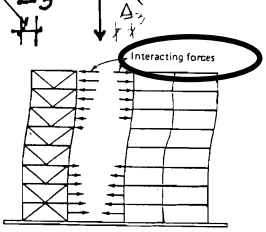
Δ_2 = small

Free deformed Configuration

Less Sway

Δ_3

once combined (interacting)



(Δ_3 is reduced)

$\Delta_3 < \Delta_1$

Constrained Configuration

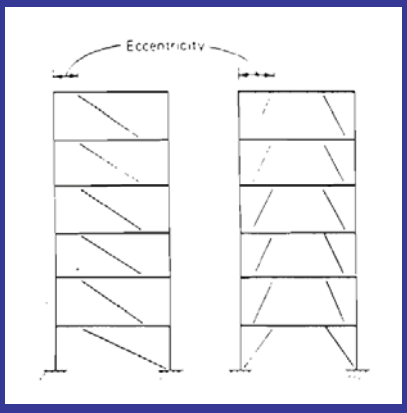
Eccentric Bracing System

(Prof. E.P. Popov, UC Berkeley)

Braced Frames → Excellent – *in wind resisting*
- strength
- stiffness

STIFF and STRONG Structure

Question : How does it suitable for Seismic Region ?



Strong Joint Of Braced Frame

Energy dissipation ???

Eccentric Braced System

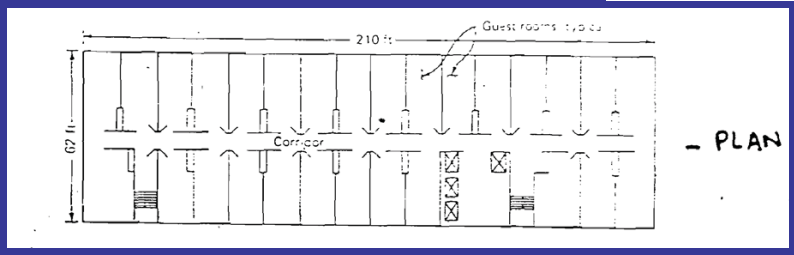
system of

- Combined strength and stiffness of braced frame and energy dissipation characteristic.
- One serve as a FUSE that limits large force from entering and causing buckling of braced frames.
- Easily erection and assembly by eccentric joints.

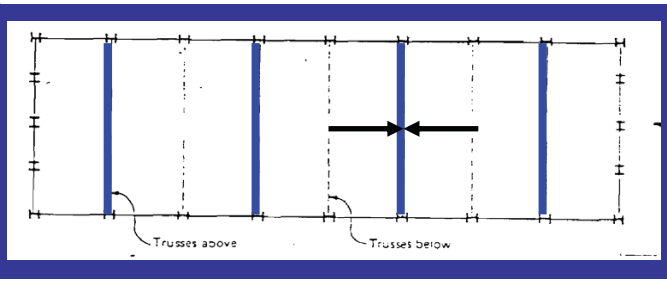
Staggered Truss System

suitable for
+ apartment *tall and narrow, long building*
+ hotel *with double-loaded corridor*

introduced by
MIT in mid-1960s - developing of an economic framing system for such *Tall, Narrow Structure.*



– PLAN



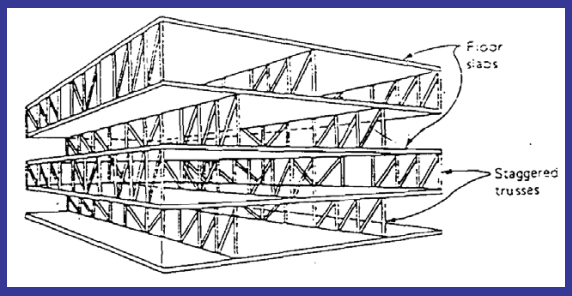
Truss assignment
(Full Depth)

Staggered Truss System

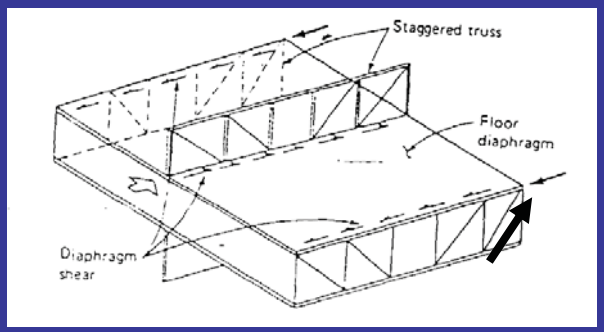
provides

- Truss spanning in the transverse direction between the exterior column.
- Floor system acts as a horizontal diaphragms in transferring the lateral and gravity loads to the trusses.

Vertical Loads Transferring by Trusses



Staggered Truss in different floors



Lateral Load - resisted by TRUSS DIAGONAL and directly transfer to the columns. NO BENDING occurre on columns.

Staggered Truss System

resist + gravity load
also + lateral load

staggered truss spanning
between exterior columns
gives

1. require *less amount of material used* as compared to the conventional moment frame.
2. Since trusses are supported between the exterior columns, *need for interior columns* and associated *foundations is eliminated.*

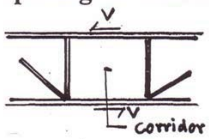
Stiff System

Need of no Drift Control

Up to 35-40 Storey

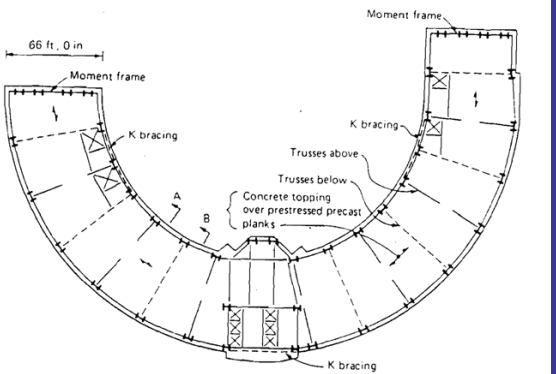
Economical System

Note
Configuration of truss due to the opening at corridor location,

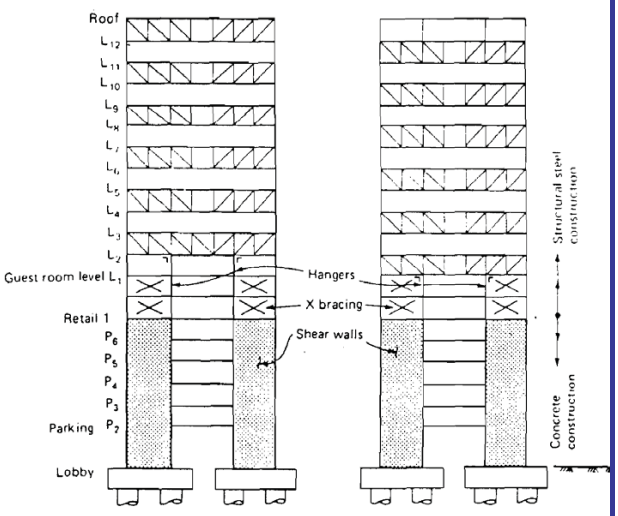


Need of stiff TOP & BOTTOM chords of truss by BEAM ACTION.

Staggered Truss System

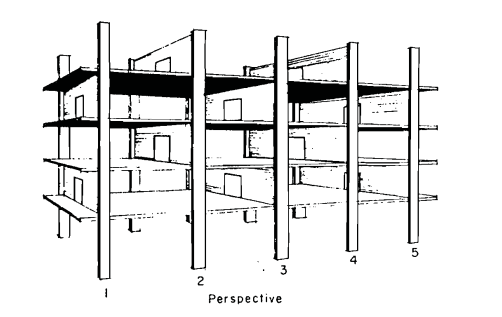


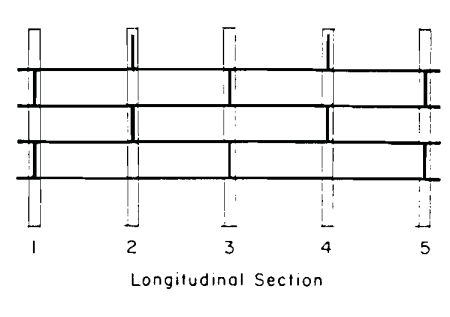
Layout Plan

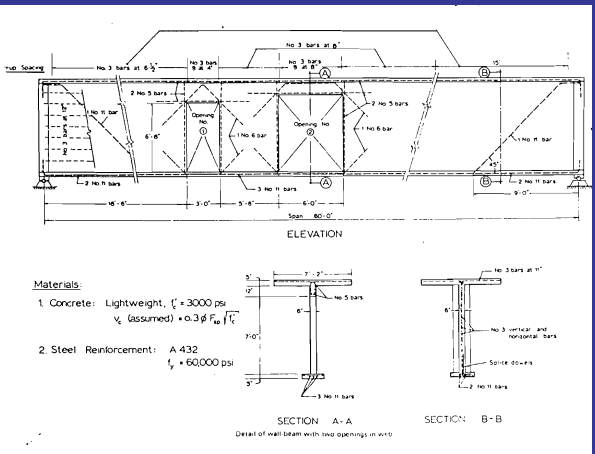


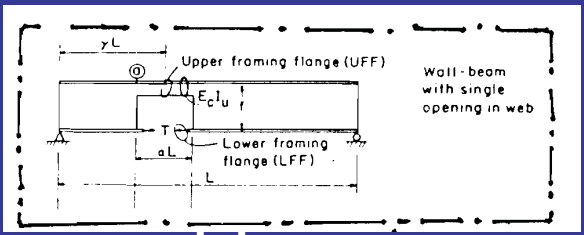
Section

RC Staggered Wall System





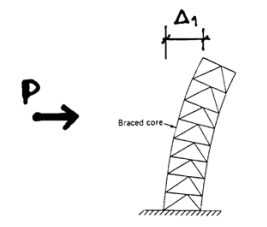


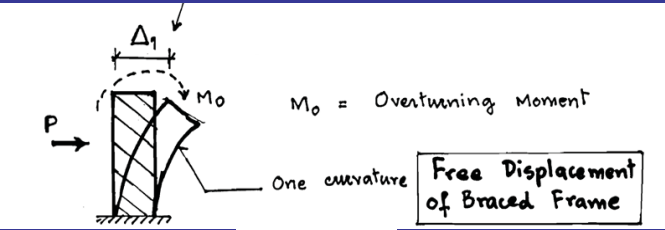


model

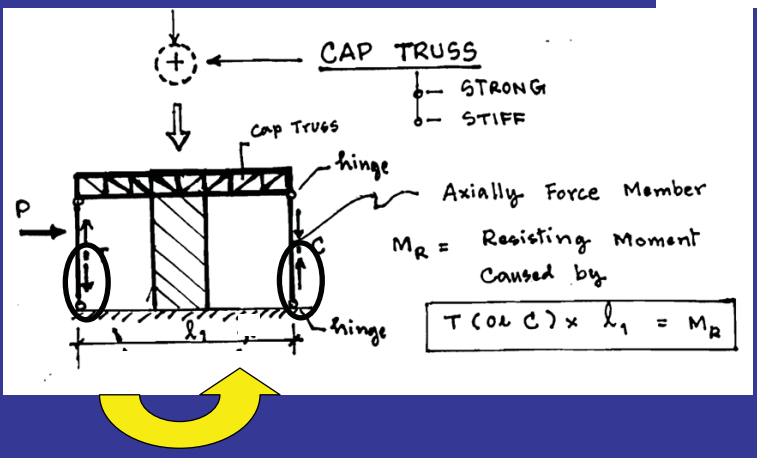
In lieu of using Reinforced Concrete Structure, the similar element to staggered truss are used as R.C. Staggered Wall System

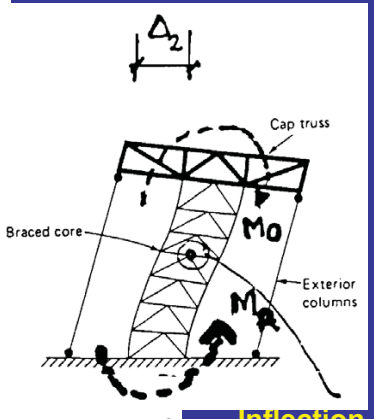
Outrigger and Belt Truss Syste
(Re-habitation of Braced Frame by Cap Truss)





$\Delta_2 < \Delta_1$

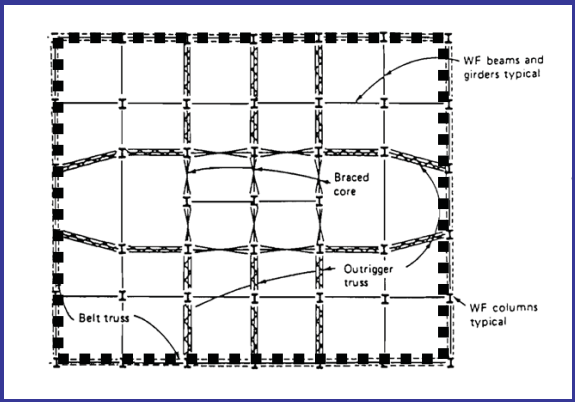




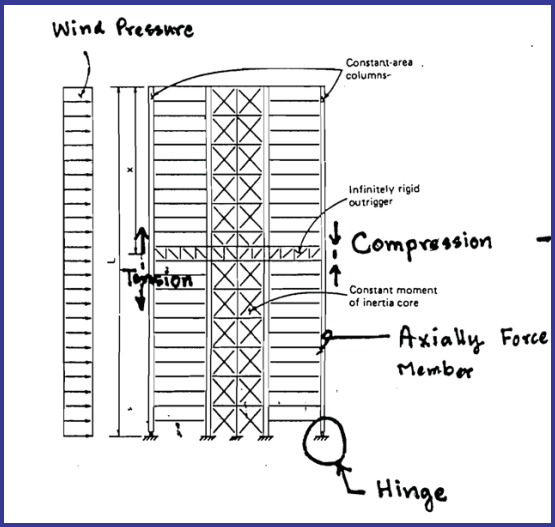
Note
$M_o > M_R$

Inflection point

Belt Truss System

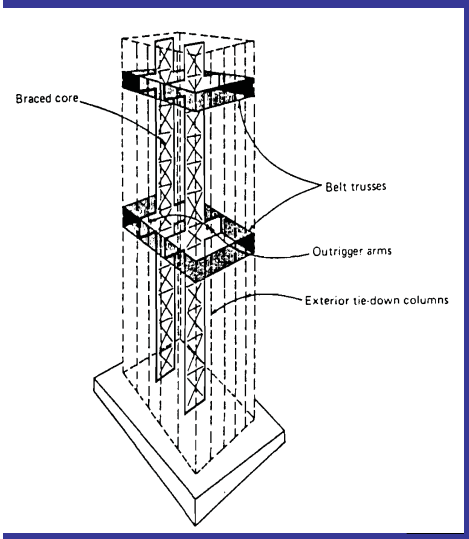


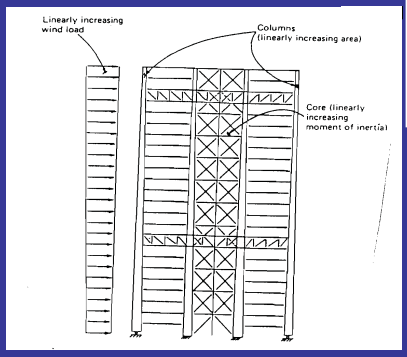
Plan



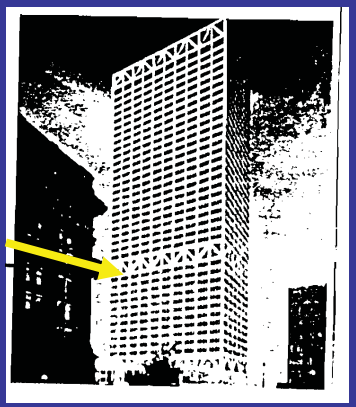
Elevation

Elevation of Two Outrigger and Belt Truss



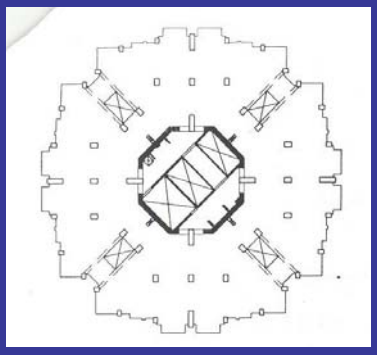


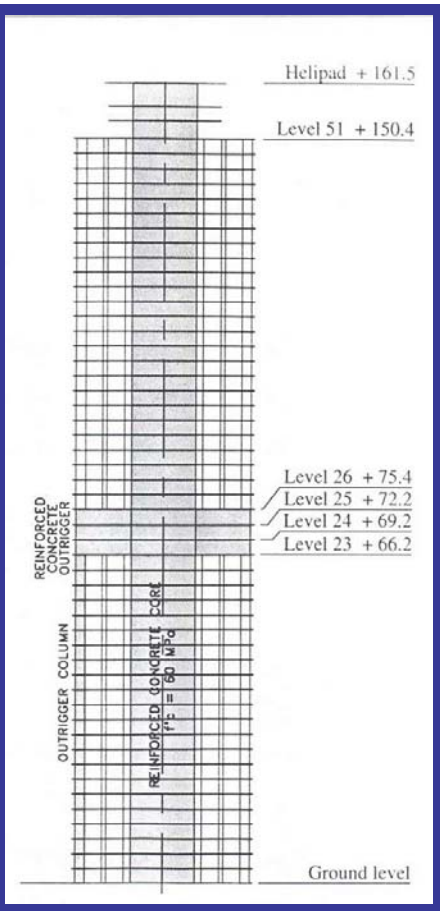
In higher building, the use of one outrigger resulting In heavy axially loads on tied columns which reflect to the complexity in anchorage and large size of tied column.



Reinforced Concrete Outrigger System
52-storey Building, Indonesia

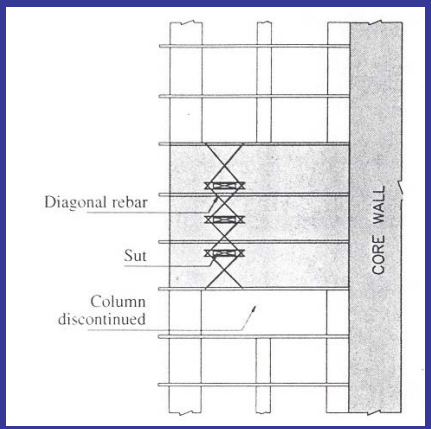
Typical Floor Plan



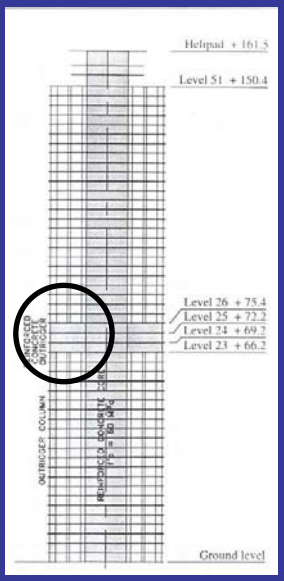


Schematic of Structural System

Reinforced Concrete Outrigger System
52-storey Building, Indonesia



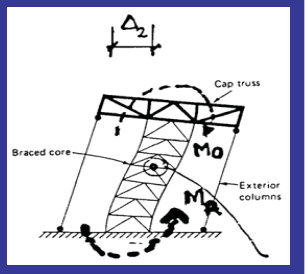
Detail of Outrigger Beam



Schematic of Structural System

Building System :

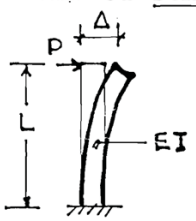
- Three – storey Depth -Beam
- Large Moment Capacity Beam
- A Model of Pinned Column (smaller section)



Properties of Section Influence on the Drift Control

Sway (Δ), resulted from the lateral load, could be controlled by the consideration on the stiffness of the building.

(easy term of stiffness is EI /L)

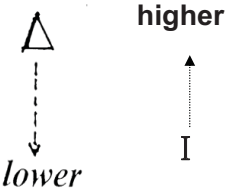


E = Young's Modulus

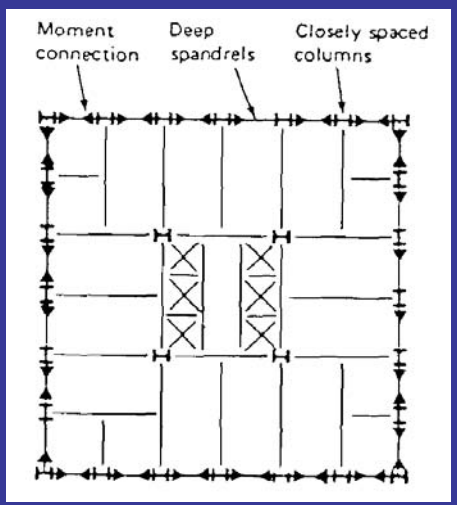
I = Moment of Inertia of section

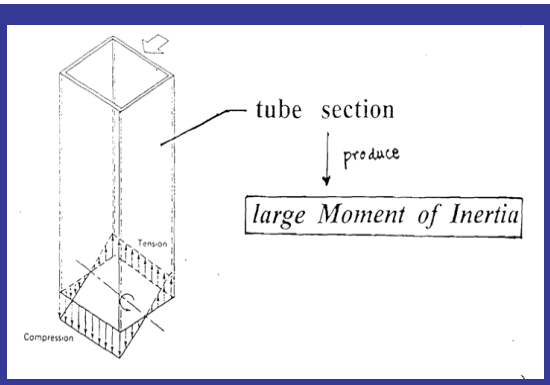
$$\Delta = PL^3/3EI$$

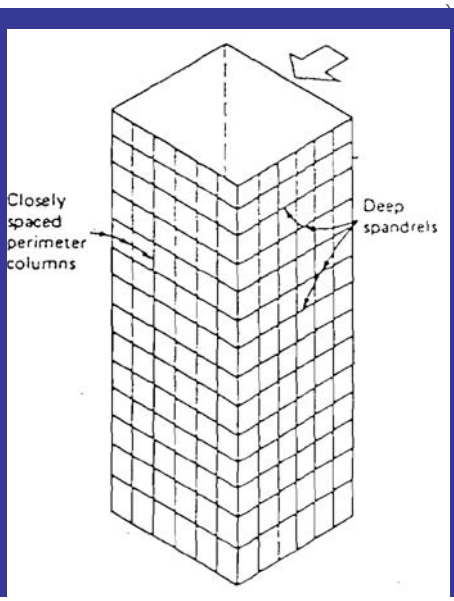
for instantly
P, L, E = Constant
hence,



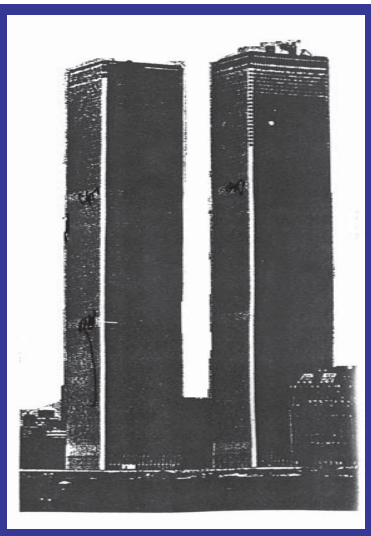
Frame Tube







Formed by
+ *closely spaced* column
+ *deep spandrels* (edge bean) with moment connection

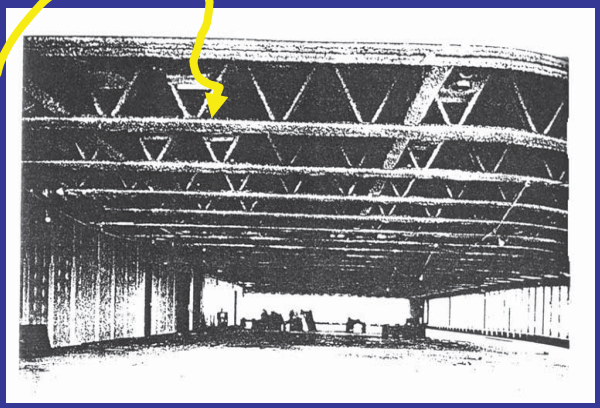


World Trade Center (1976)

TUBE in TUBE Structure

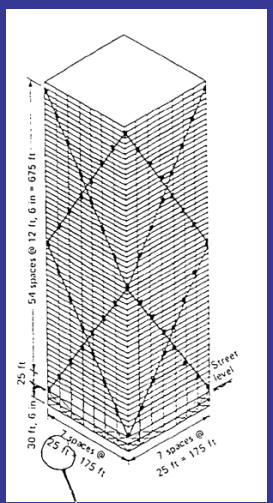
Steel Truss Floor (Open-web JOIST) bridging tube to tube

Braced Frame (Lift)

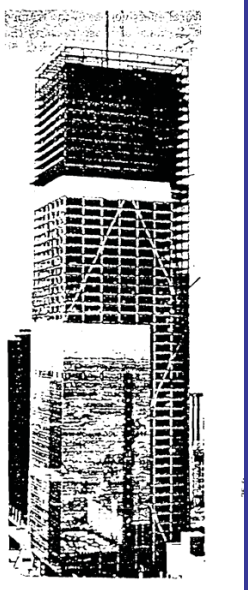


Truss Tube (wider spaced columns)

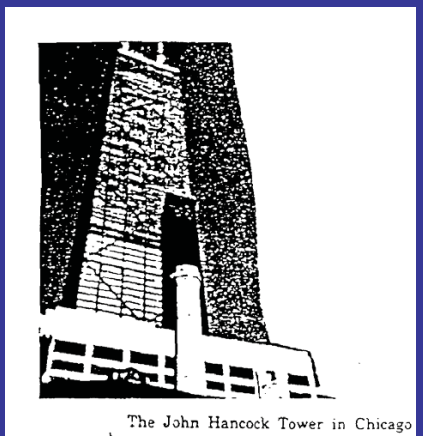
In lieu of highrise building, *diagonal truss tube* shall provide high performance in *Lateral Load Resistance.*



More spaced columns needed, might be met with the architectural requirements.



56- storey Building



The John Hancock Tower in Chicago

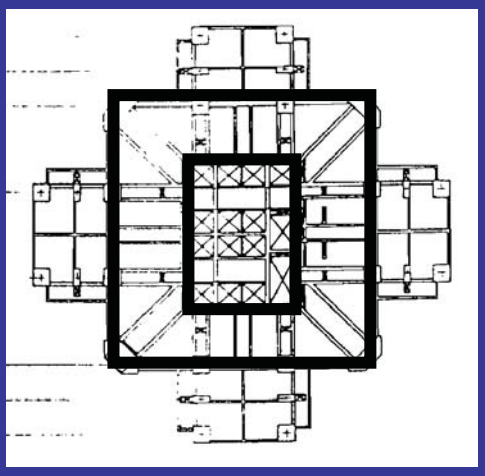
100-story building use of steel of 29.7 lb/ft^2 while Empire State Building use steel of 42.2 lb/ft^2.

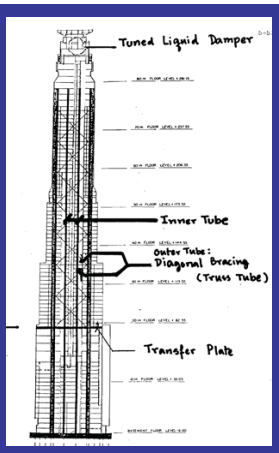
Baiyoke II Structural System

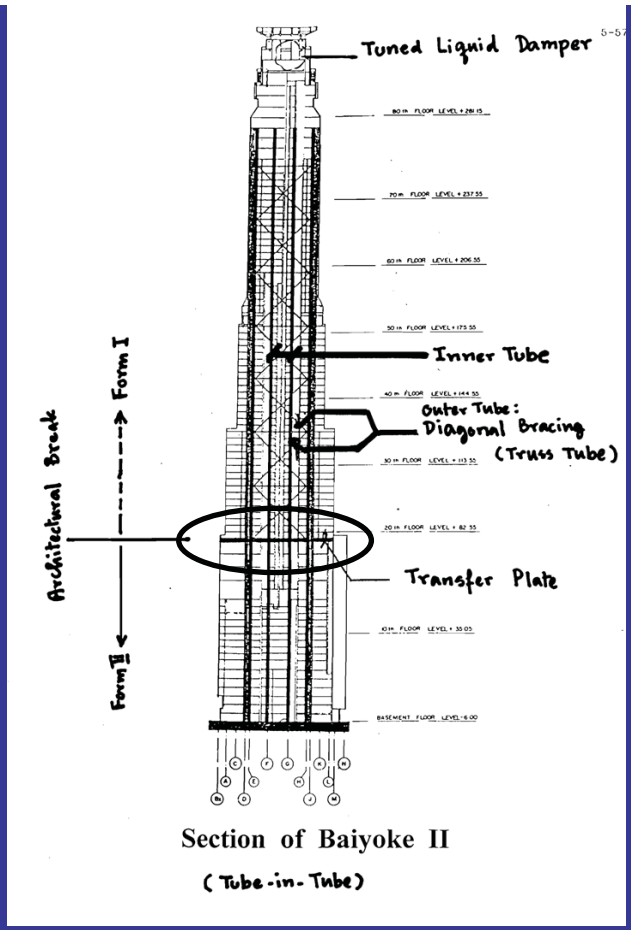
+ horizontal subsystem
  - conventional beam-slab

+ Vertical Subsystem
  - Tube in Tube
    * Inner Tube (Service Cores)
    * Outer Tube
      - Column with large spandrel beams
      - Diagonal Truss Tube

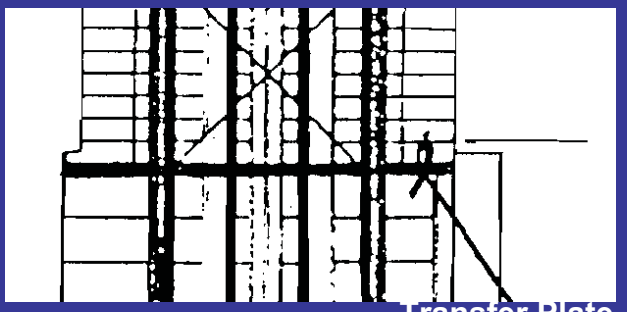
- Transfer Plate (serving two different architectural layouts)
- Tuned Liquid Damper
  + reduce building vibration





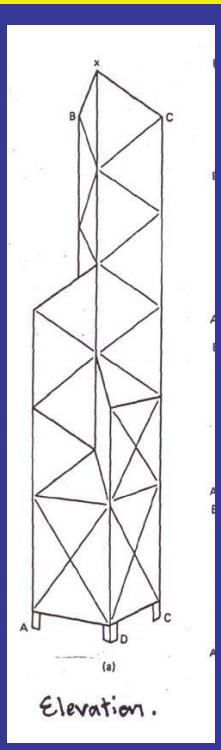


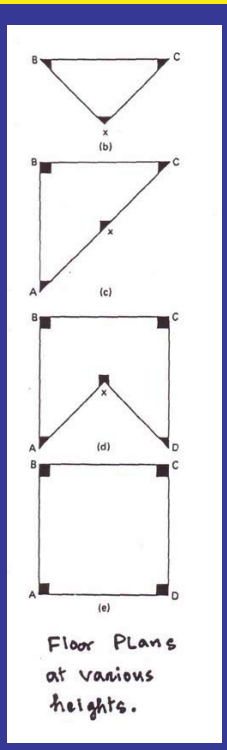
Section of Baiyoke II
(Tube-in-Tube)

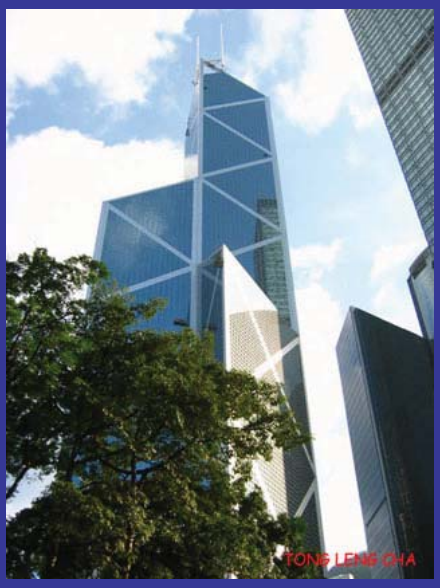


Transfer Plate

Truss Tube System (Bank of China Tower)

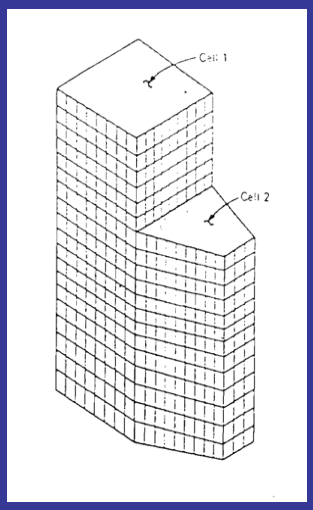






in assembly of multi-sections of truss tube

Cellular Tube Structures



Bundle

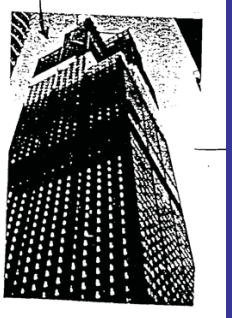
combined of

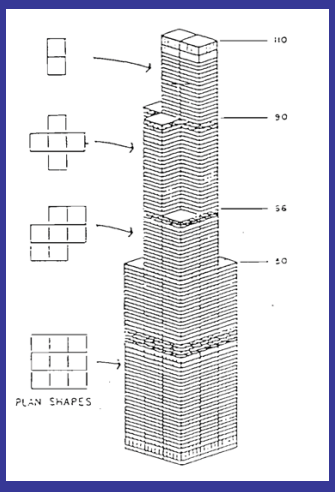
Tube Structure (Truss Tubes)

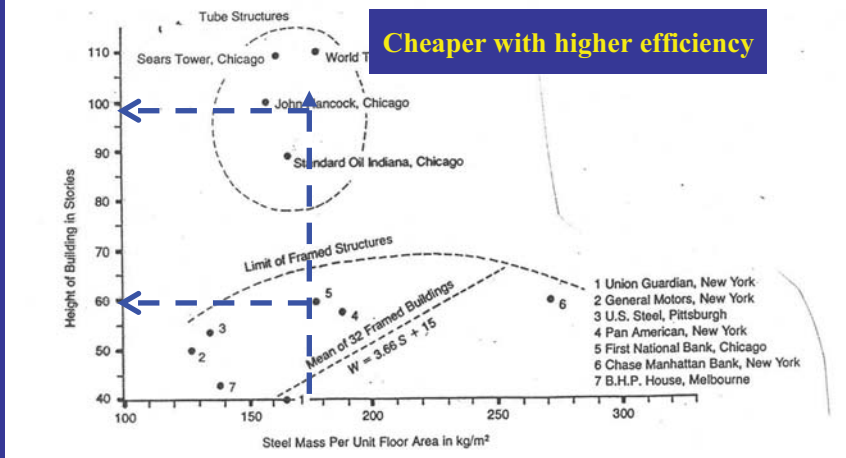
obtain

Strongest System

9- bundle of Tube (Multi-cell) 110 - storey Office Building (Sears Tower)



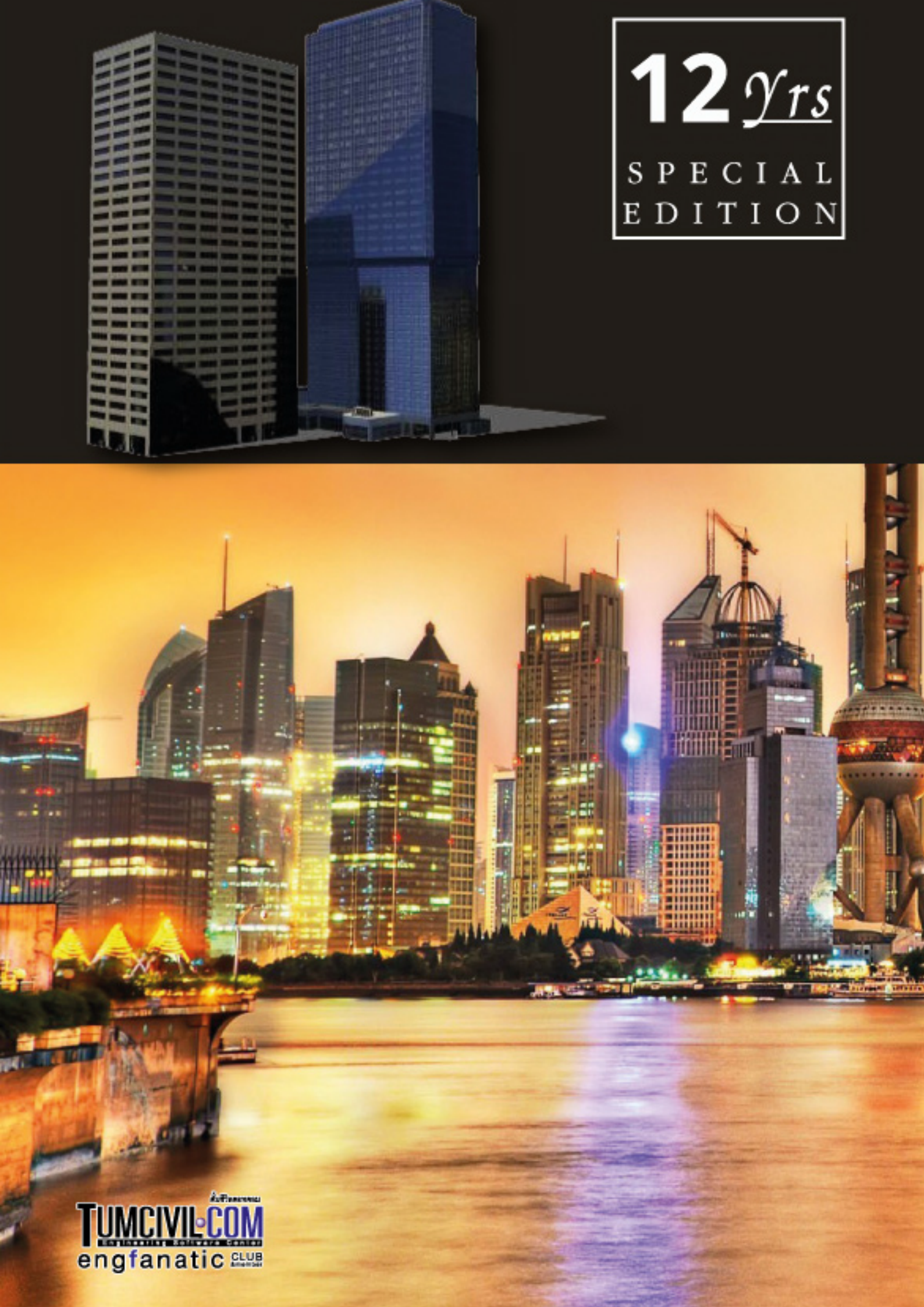




Cheaper with higher efficiency

Influence of System on Cost of Building

TUMCIVIL.COM
Engineering Software Center
engfanatic CLUB
& member


12 Yrs
SPECIAL
EDITION
TUMCIVIL.COM
engfanatic CLUB