

## 「新版RC規範與基礎規範修改內容」研討會

### 新版RC規範對結構系統與載重組合之規定



彭康瑜 副總經理  
結構技師

中華民國 110 年 10 月 30 日

## 簡報大綱

- 混凝土結構系統與分析相關規定
  - 現行規範與新版規範(草案)之章節對應
- 新版規範（草案）重要增修內容
  - 第四章 結構系統要求
  - 第五章 載重
- 結語：新版規範應用之初步建議

土木401-110



# 混凝土結構系統與分析相關規定

- 現行規範與新版規範(草案)之章節對應

## 第一章 總則 ..... 1-1

- 1.1 依據 ..... 1-1
- 1.2 範圍及符號 ..... 1-1
- 1.3 設計原則 ..... 1-2
- 1.4 載重 ..... 1-3
- 1.5 材料 ..... 1-3
- 1.6 設計與施工之配合 ..... 1-3
- 1.7 混凝土規定強度 ..... 1-4
- 1.8 鋼筋強度限制 ..... 1-4
- 1.9 彈性模數 ..... 1-4
- 1.10 設計圖說 ..... 1-5

## 第二章 分析與設計 ..... 2-1

- 2.1 符號 ..... 2-1
- 2.2 強度設計法 ..... 2-2
- 2.3 設計強度 ..... 2-3
- 2.4 設計載重 ..... 2-5
- 2.5 分析方法 ..... 2-7
- 2.6 非預力連續受撓構材負彎矩之調整 ..... 2-8
- 2.7 勁度 ..... 2-8
- 2.8 跨度 ..... 2-9
- 2.9 柱 ..... 2-9
- 2.10 活載重之分佈 ..... 2-9
- 2.11 撓度之控制 ..... 2-9
- 2.12 T型梁構造 ..... 2-13
- 2.13 欄柵版構造 ..... 2-13

## ACI 318-05 ~ ACI 318-11

Description of provisions	Chapter and title
Introductory	1 - General Requirements
	2 - Notation and Definitions
	3 - Materials
Materials/ construction	4 - Durability Requirements
	5 - Concrete Quality, Mixing, and Placing
	6 - Formwork, Embedded Pipes, and Construction Joints
	7 - Details of Reinforcement
Other	8 - Analysis and Design—General Considerations
	9 - Strength and Serviceability Requirements
Behavior based	10 - Flexure and Axial Loads
	11 - Shear and Torsion

# 混凝土結構系統與分析相關規定

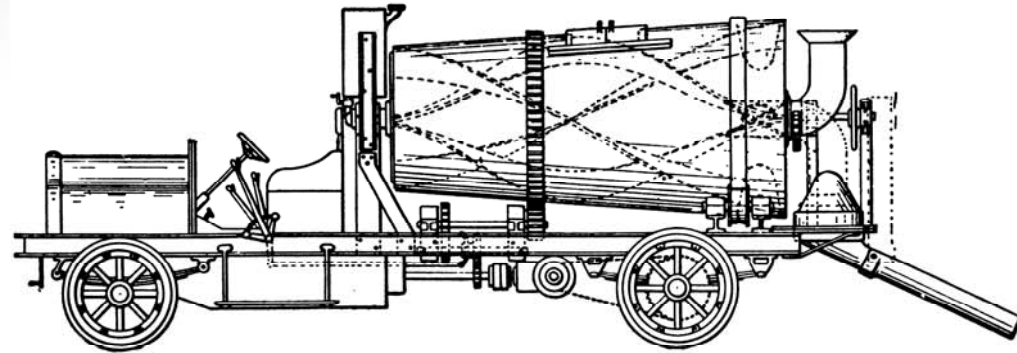
- 現行規範與新版規範(草案)之章節對應

ACI 318-05 ~ ACI 318-11		ACI 318-14 、 ACI 318-19		Comment
Description of provisions	Chapter and title	Description of provisions	Chapter and title	
Introductory	1 - General Requirements	Introductory	1 - General	
	2 - Notation and Definitions		2 - Notation and Terminology	
	3 - Materials		3 - Referenced Standards	
Materials/ construction	4 - Durability Requirements	Other	4 - Structural System Requirements	New
	5 - Concrete Quality, Mixing, and Placing		5 - Loads	
	6 - Formwork, Embedded Pipes, and Construction Joints		6 - Structural Analysis	
	7 - Details of Reinforcement	Member-based	7 - One-Way Slabs	
Other	8 - Analysis and Design—General Considerations		8 - Two-Way Slabs	
	9 - Strength and Serviceability Requirements		9 - Beams	
Behavior-based	10 - Flexure and Axial Loads		10 - Columns	
	11 - Shear and Torsion		11 - Walls	4

# 混凝土結構系統與分析相關規定

## ACI 318 History

- **1910**
  - First code
  - Working stress limit
- **1963**
  - Ultimate strength design
- **1971**
  - Emphasize USD
  - Behavior based with specialty chapters
- **2014**
  - Reorganized by member type



**Founded in 1904**

## 混凝土結構系統與分析相關規定

- 規範(草案)「系統與分析」(System Chapters)相關章節

- 第四章 結構系統要求

- ACI 318-14、ACI 318-19與規範(草案)，新增的章節內容

- 第五章 載重

- ACI 318-19採用ASCE 7-16的載重定義與載重組合
- 考量與鋼結構規範的一致性，規範(草案)採現行規範的載重組合

- 第六章 結構分析

[另詳專題報告](#)

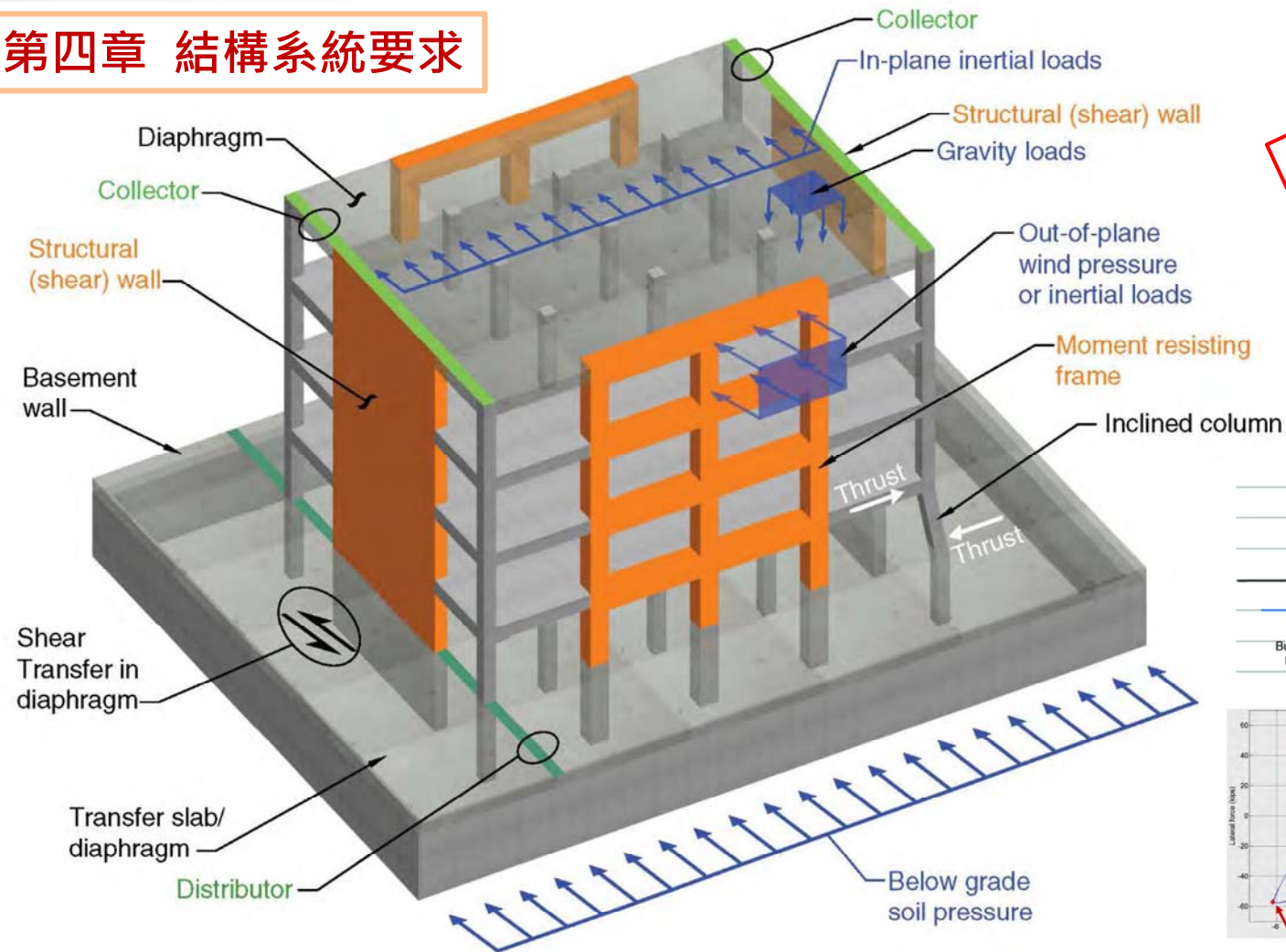
- 有限元素法分析(Finite Element Analysis)、Strut-and-Tie Method

- 第十八章 耐震結構物

- 附錄 A 使用非線性反應歷時分析進行設計驗證 (新增)

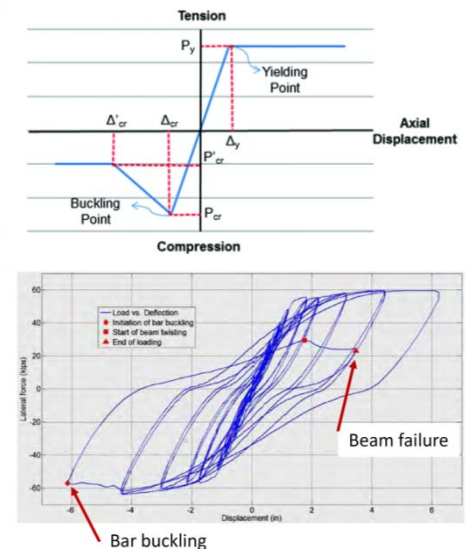
## 新版規範（草案）重要增修內容

### 第四章 結構系統要求



**NEW**

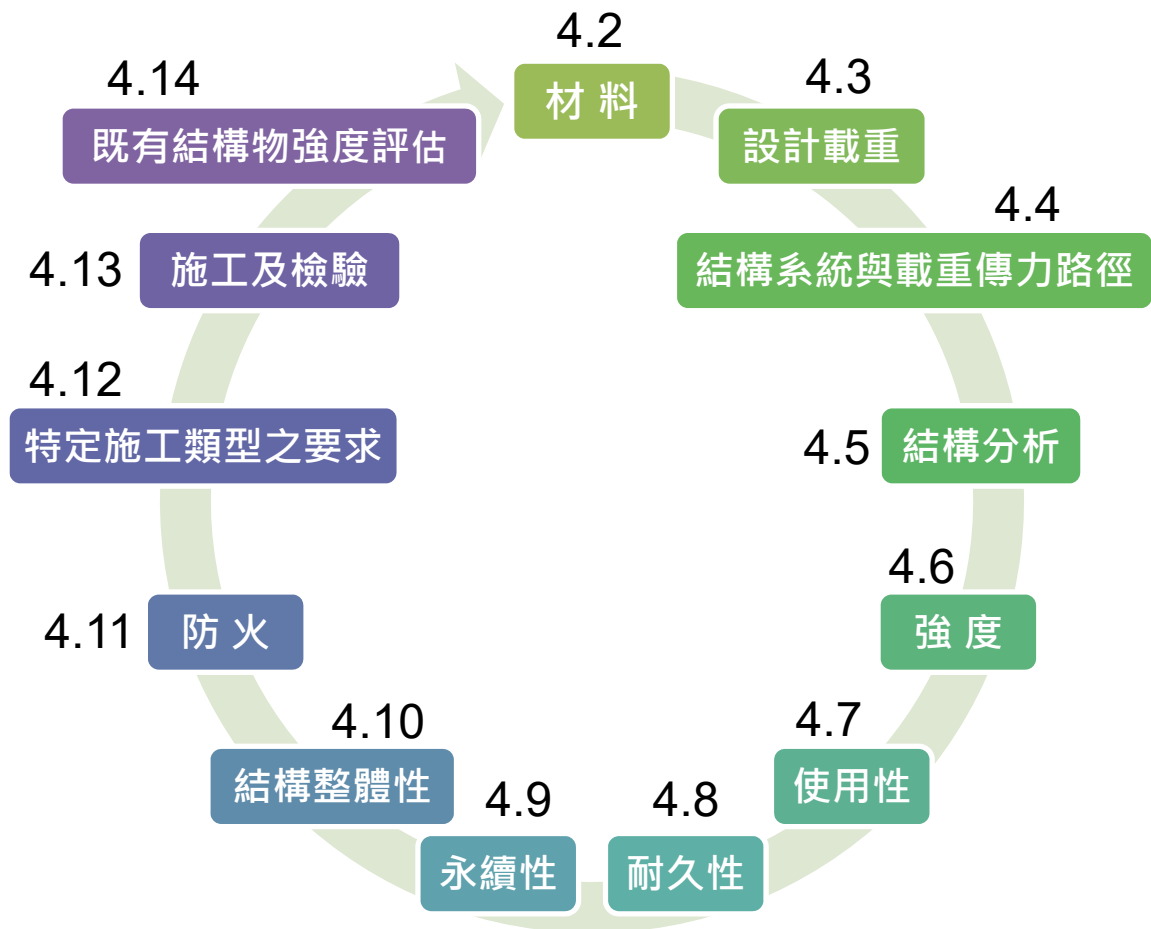
附錄 A



## 第四章 結構系統要求

### 新增加的章節

- 目的
  - － 整體結構
  - － 設計思路
- 架構
  - － 13個小節
  - － 指引章節



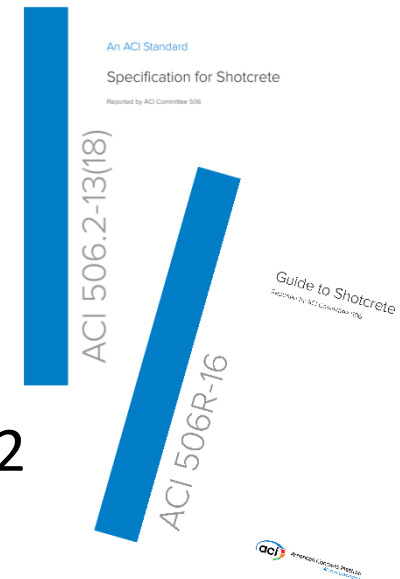
## 第四章 結構系統要求

### • 4.2 材料

- 4.2.1 混凝土設計特性之選用應依照第19章
- 4.2.1.1 除本規範另有規定者，噴凝土設計特性應符合混凝土之要求
- 4.2.2 鋼筋設計特性之選用應依照第20章

### • 新增噴凝土(Shotcrete)規定

- 噴凝土的行為與特性：與混凝土類似
- 使用噴凝土相關章節：整理於表4.2.1.1
- 其它噴凝土參考資料：ACI 506R及ACI 506.2
  - 506R-16 Guide to Shotcrete
  - 506.2-13 Specification for Shotcrete (Reapproved 2018)



## 第四章 結構系統要求

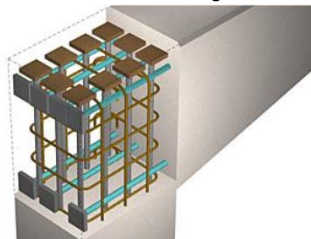
**表4.2.1.1 噴凝土之相關章節**

涵蓋主題	章節編號
凍、融	第19.3.3.3~19.3.3.6節
鋼筋	第25.2.7~25.2.10節，第25.5.1.6、25.5.1-7節
噴凝土之使用	第26.3.1、26.3.2節
材料	第26.4.1.2、26.4.1.4、26.4.1.6節
配比設計	第26.4.3節
配比紀錄	第26.4.4.1節
噴漿、搗實	第26.5.2.1節
養護	第26.5.3節
接縫	第26.5.6節
評估與允收	第26.12節

## 第四章 結構系統要求

- 4.3 設計載重
  - 4.3.1 設計考量之載重與載重組合應依照第5章
- 4.4 結構系統與載重傳力路徑 (Load Paths)
  - 4.4.1 結構系統應包括(a)至(g)之可適用項目：
    - a) 樓版構造及屋頂構造，包括單向版及雙向版
    - b) 梁及小梁
    - c) 柱
    - d) 牆
    - e) 橫隔版
    - f) 基礎
    - g) 接頭、接合部及錨栓**，能從一個元件傳遞力量至另一個元件

Beam-column and slab-column joints



Connections between members



Anchoring to concrete



## 第四章 結構系統要求

- 4.4.2 第4.4.1節中之結構構材設計，包括接頭、接合部及錨栓，應符合第7章至第18章之規定
- 4.4.3 若結構系統符合第1.9.1節規定且獲得認可，則設計之結構系統中包括不符第4.4.1節及第4.4.2節規定之結構構材，亦可被接受
  - 1.9 特殊設計、施工或替代施工材料系統之認可
  - 1.9.1 本規範適用範圍內之任何特殊設計、施工或替代施工材料系統與規範規定不符或不為本規範所涵蓋時，該系統的負責人員可由成功的使用經驗或分析或試驗證明系統的適用性，並依內政部頒布之建築新技術新工法新設備及新材料認可申請要點取得認可
- 4.4.4 結構系統須設計抵抗第4.3節載重組合中之因數化載重，而不超過構材適當設計強度，該強度乃考慮從載重施力點或起源至抵抗力終點下之一個或多個連續傳力路徑

## 第四章 結構系統要求

- 4.4.5 結構系統須設計以容納預計**體積變化及差異沉陷**
- **4.4.6 抵抗地震力系統**
  - 4.4.6.1 各結構所在之震區應依內政部頒布之「**建築技術規則**」及「**建築物耐震設計規範及解說**」規定
  - 4.4.6.2 結構系統為抵抗地震力系統之一部分時，應限定由內政部頒布之「**建築技術規則**」及「**建築物耐震設計規範及解說**」所指定之系統
    - 建築技術規則 - 建築構造編(第42條)，抵抗地震力之結構系統：
    - **(1)承重牆系統、(2)構架系統、(3)抗彎矩構架系統、(4)二元系統**
  - 4.4.6.3 耐震結構物須符合**第18章**以及其他適用章節

## 第四章 結構系統要求

- 4.4.6.4 結構構材不屬抵抗地震力系統之一部分時，結構設計應考慮並納入該結構構材對系統反應之影響，及對該結構構材損害結果，並應符合第18章之規定
- 4.4.6.5 非結構構材之影響應依第18.2.2.1節之規定予以考量，另亦應考慮非結構構材之損害結果
- **4.4.6.6** 混凝土耐震結構之設計驗證，採用非線性反應歷時分析時，應依 **附錄A** 之規定
  - **ASCE 7-16 - Chapter 16** : Nonlinear Response History Analysis
  - **PEER Tall Buildings Initiative - Guidelines for Performance-Based Seismic Design of Tall Buildings, V2.03 (2017)**
  - **FEMA P-58-6** Guidelines for Performance-Based Seismic Design of Buildings (2018)

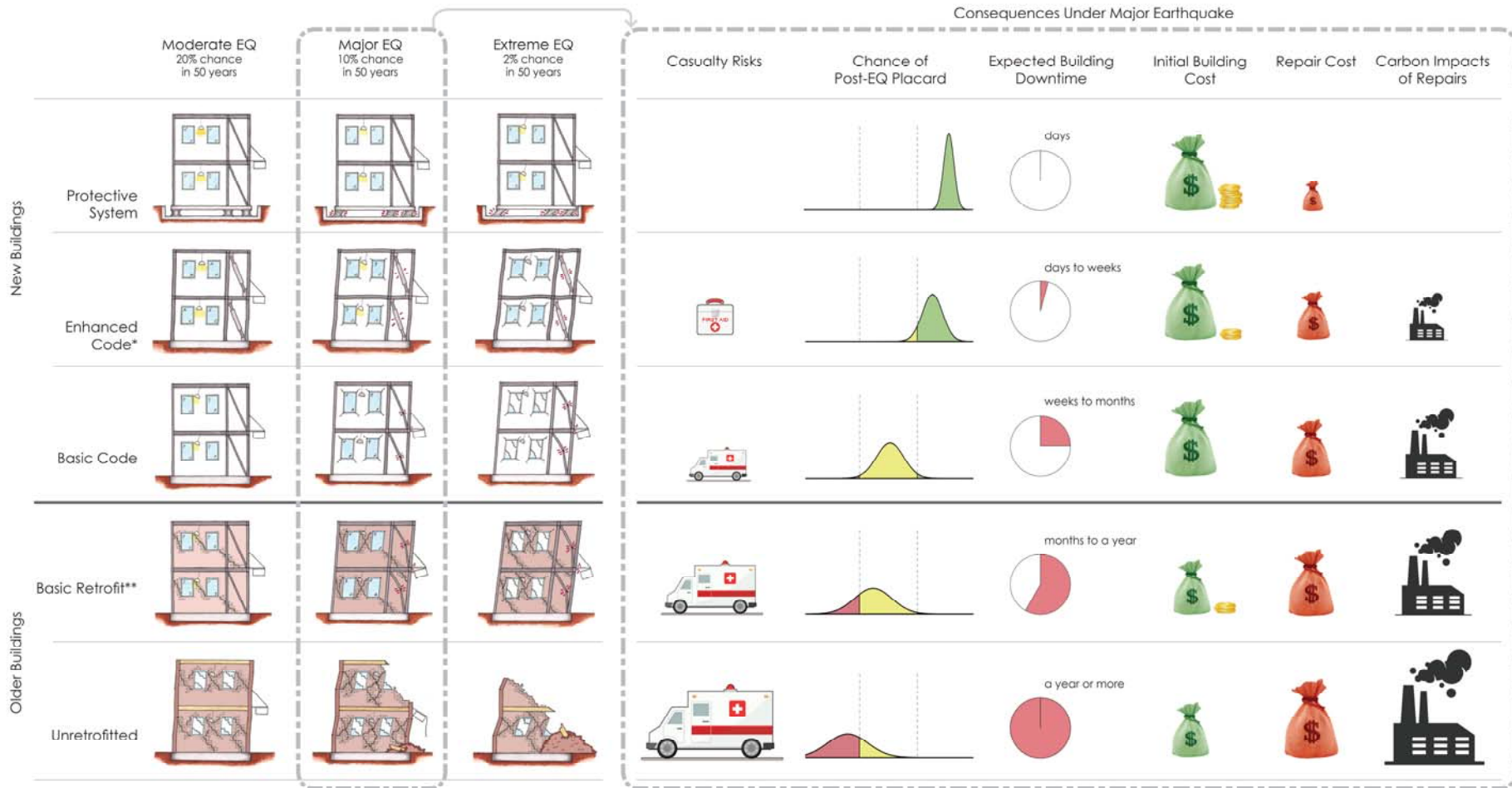
## 附錄A + ASCE 7-16 + TBI 2017 + FEMA P-58-6：提供 耐震性能設計 基礎工具



FEMA

### OPTIONS FOR EARTHQUAKE-RESISTANT DESIGN

Design Decisions Have Measurable Consequences

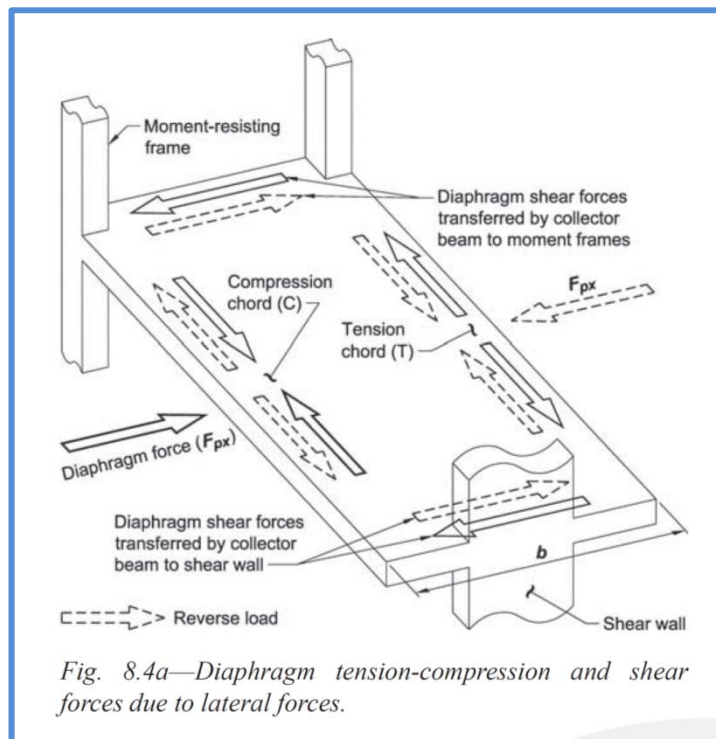


## 第四章 結構系統要求

### • 4.4.7 橫膈版 (Diaphragm)

- 4.4.7.1 如樓版或屋頂版等橫膈版應同時承擔面外重力與面內水平橫力，並依第4.3節規定之載重組合設計
- 4.4.7.2 橫膈版及其接合部組合之構材，應被設計為可於橫膈版及組合構材間傳遞力量
- 4.4.7.3 橫膈版及其接合部應設計提供對垂直、水平及斜構件之側向支撐
- 4.4.7.4 橫膈版應設計能抵抗由土壤、靜水壓力產生之可適用側向載重及由結構分析分配至橫膈版的其他載重
- 4.4.7.5 橫膈版與垂直構件間須傳力時，應配置集力構件
- 4.4.7.6 抵抗地震力系統之橫膈版，應依據 第18章 設計

## 第四章 結構系統要求



286

THE REINFORCED CONCRETE DESIGN HANDBOOK—SP-17(14)

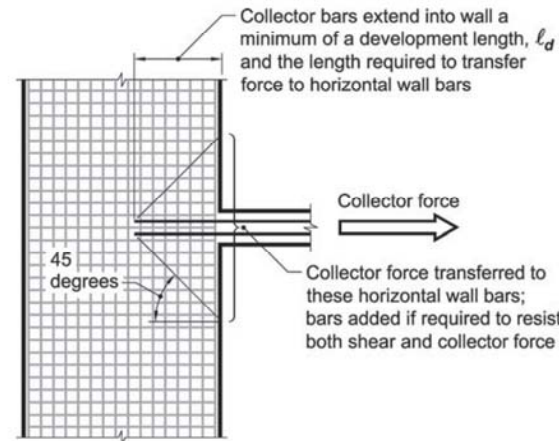


Fig. 8.6b—Collector reinforcement extended into shear wall.

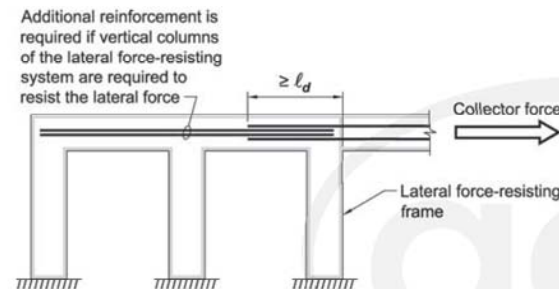
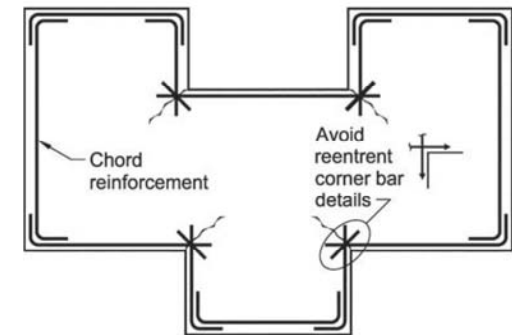
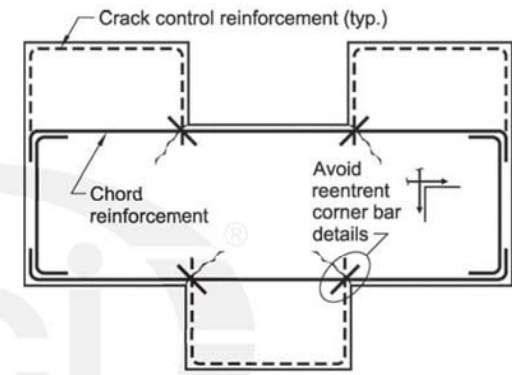


Fig. 8.6c—Collector reinforcement extended into moment frame.



(a) Chord reinforcement placed around the perimeter of the diaphragm



(b) Chord reinforcement of irregular diaphragms

Fig. 8.6e—Chord reinforcement of irregular diaphragms.

## 第四章 結構系統要求

### • 4.5 結構分析

- 4.5.1 分析程序應滿足變位的一致與力的平衡
- 4.5.2 結構分析之方法應可依照第6章

### • 4.6 強度

- 4.6.1 構材與其接頭及接合部之設計強度，就力矩、剪力、扭力、軸力及承壓強度而言，應取其標稱強度 $S_n$ 乘上可適用之強度折減因數 $\phi$
- 4.6.2 結構物及結構構材所有斷面之設計強度 $\phi S_n$ ，應大於或等於依據本規範或一般建築規範所規定，將因數化載重及外力之組合後所計算的需求強度 $U$

$$\phi S_n \geq U$$

## 第四章 結構系統要求

### • 4.7 使用性

- 4.7.1 在使用載重條件下之性能評估，須考慮由預力、潛變、收縮、溫度變化、軸力變形、連接結構構材之束制及基礎沉陷引起之反力、彎矩、剪力、扭力及軸力
- 4.7.2 結構物、結構構材及其接合部，若依照適用之構材章節設計，應可視為滿足第4.7.1節要求

### • 4.8 耐久性

- 4.8.1 混凝土拌成物設計應依照第19.3.2節及第26.4節之需求，考慮適用的環境暴露以提供要求的耐久性
- 4.8.2 鋼筋應依照第20.6節保護規定以避免腐蝕

## 第四章 結構系統要求

### • 4.9 永續性

- 4.9.1 設計者在施工圖說中，除本規範規定之強度、使用性及耐久性外，得指定額外之永續性要求
- 4.9.2 本規範規定之強度、使用性及耐久性，應列為永續性之優先考量

### • 4.10 結構整體性

- 4.10.1.1 鋼筋及接合部應足夠詳細，俾將結構有效聯繫一起，並改善全部結構的整體性
- 4.10.2 結構整體性的最低需求
  - 4.10.2.1 結構構材及其接合部應依照表4.10.2.1之結構整體性的最低需求

## 第四章 結構系統要求

**表4.10.2.1 結構整體性之最低需求**

構材類型	節 次
非預力現場澆置單向版	第 7.7.7 節
非預力雙向版	第 8.7.4.2 節
預力雙向版	第 8.7.5.6 節
非預力雙向格柵小梁系統	第 8.8.1.6 節
現場澆置梁	第 9.7.7 節
非預力單向格柵小梁系統	第 9.8.1.6 節
預鑄接頭及結合部	第 16.2.1.8 節

## 第四章 結構系統要求

### • 4.11 防火

- 4.11.1 混凝土構材應符合建築技術規則之防火相關規定
- 4.11.2 建築技術規則的**防火要求**之混凝土保護層厚度大於第20.5.1節之規定時，應由此較大之保護層厚度控制

**建築技術規則 (建築設計施工編)**

**第三章 建築物之防火，第三節 防火構造，第 69 ~ 74 條**



**Table 3 – Minimum Concrete Cover for Reinforced Concrete Beams<sup>1</sup>**

Restraint <sup>2</sup>	Beam Width <sup>3</sup> (in.)	Minimum Concrete Cover (in.) for Fire Rating of				
		1 hr	1½ hr	2 hr	3 hr	4 hr
Restrained	5	¾	¾	¾	1	1¼
	7	¾	¾	¾	¾	¾
	≥10	¾	¾	¾	¾	¾
Unrestrained	5	¾	1	1¼	NP	NP
	7	¾	¾	¾	1¾	3
	≥10	¾	¾	¾	1	1¾

1 inch = 25.4 millimeters

Source: IBC Table 722.2.3(3)

## 第四章 結構系統要求

### • 4.12 特定施工類型之要求

#### – 4.12.1 預鑄混凝土系統

– 4.12.1.1 預鑄混凝土構材及接合部之設計應包括**載重及束制條件**，從開始製造至結構最後使用包括拆模、儲放、搬運及吊裝

– 4.12.1.2 預鑄構材及其接合部之設計、製造及施工應包括**許可差**之影響

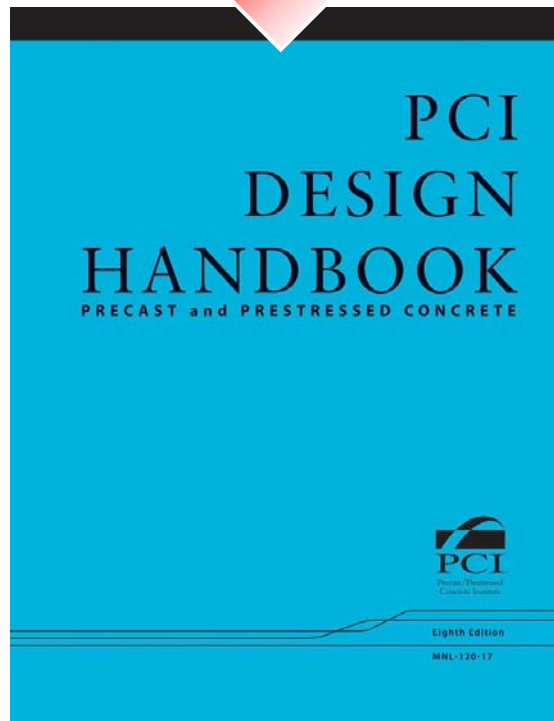
- 有關施工許可差造成影響的指引，可參考**PCI Design Handbook (PCI MNL 120)**、社團法人臺灣混凝土學會「**預鑄混凝土工程設計規範與解說**」與「**預鑄混凝土工程施工規範與解說**」(2017)

– 4.12.1.3 預鑄構材納入結構系統時，接合部內及其相鄰發生之力與變形應於設計中考慮

## 第四章 結構系統要求

### CHAPTER 13

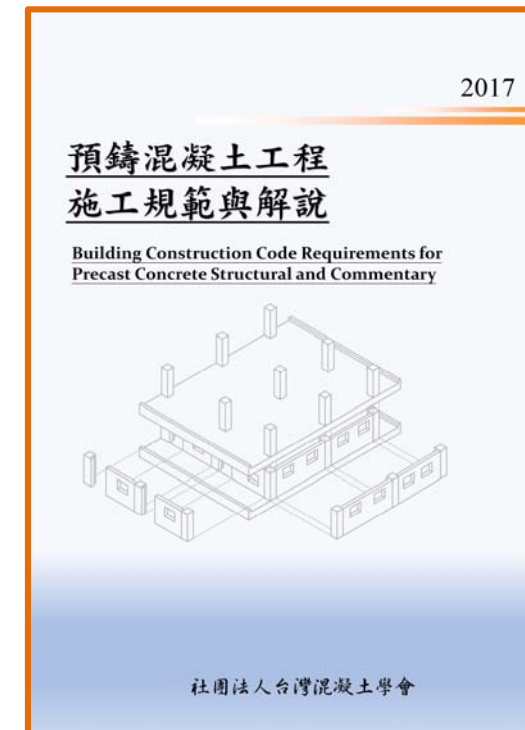
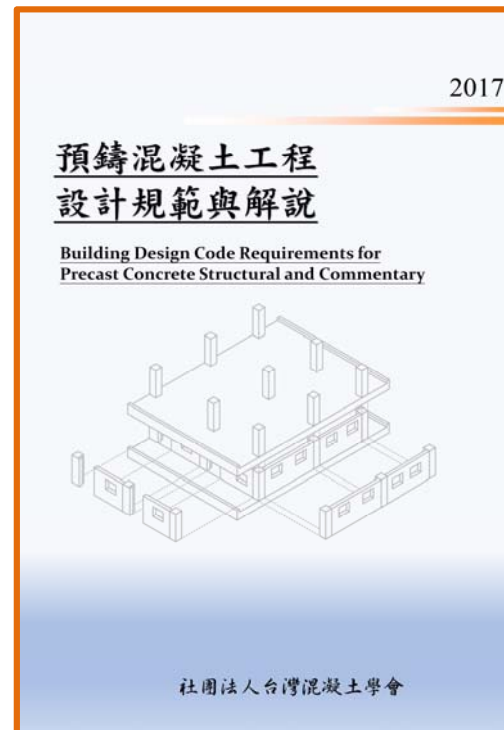
### TOLERANCES FOR PRECAST AND PRESTRESSED CONCRETE



### 第八章 接合部

8.1.6 接合部之設計應考慮預鑄構材在製作與組立過程的容許誤差(許可差)所引致之效應

9.3.2 接合用金屬配件及接合用鋼筋之裝設位置與頂部高度的許可差，應特別記載並依第11章辦理



## 第四章 結構系統要求

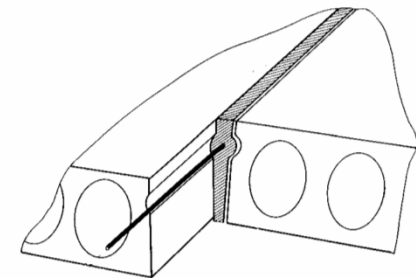
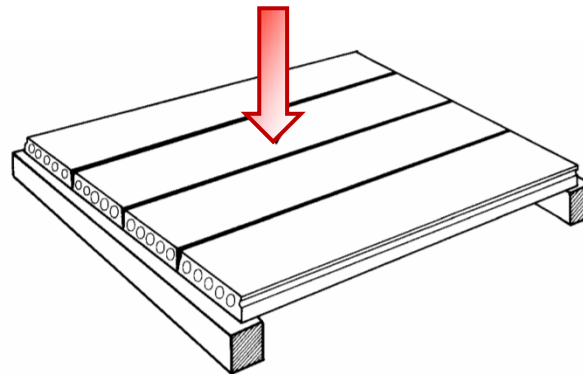
### • 4.12 特定施工類型之要求

– 4.12.1.4 凡系統行為需要面內載重在預鑄樓版或牆系統之構材間進行傳遞時，(a)及(b)須滿足：

(a) 面內傳力路徑應在接合部及構材間連續

(b) 若產生拉力載重，不論有無續接，應提供鋼材或鋼筋之傳力路徑

– 4.12.1.5 作用垂直於預鑄構材平面的力分布，應由分析或試驗來確定



## 第四章 結構系統要求

### • 4.12.2 預力混凝土系統

- 4.12.2.1 預力構材和系統之設計應根據結構物使用期間，自開始施加預力所有臨界階段的強度和使用條件下的行為而定
- 4.12.2.2 對相鄰構造的彈性和塑性變形、變位及由於預力造成之長度改變和旋轉等影響應予規定。**對於溫度變化、連接結構構材束制、基礎沉陷、潛變和收縮的影響也應加以考慮**
- 4.12.2.3 設計時應考量預力造成之應力集中
- 4.12.2.4 後拉法中，在套管灌漿達到設計強度前，因套管造成斷面減小之影響應予考量
- 4.12.2.5 後拉預力鋼腱應可延伸至混凝土構材之任一斷面，本規範強度及使用性設計，可用於混凝土結構之外置預力

## 第四章 結構系統要求

### • 4.12.3 合成混凝土受撓構材

- 4.12.3.1 本規範適用於**第2章**定義的合成混凝土受撓構材
- 4.12.3.2 個別構材應按所有臨界載重階段設計
- 4.12.3.3 各構材應被設計為在合成構材的設計強度全面發展前，可支撐所有導入的載重
- 4.12.3.4 鋼筋細節應足夠詳細，俾減小開裂和防止合成構材的個別構材分離

### • 4.12.4 結構純混凝土系統

- 4.12.4.1 結構純混凝土構材設計，包括場鑄及預鑄，應依照**第14章**之規定

## 第四章 結構系統要求

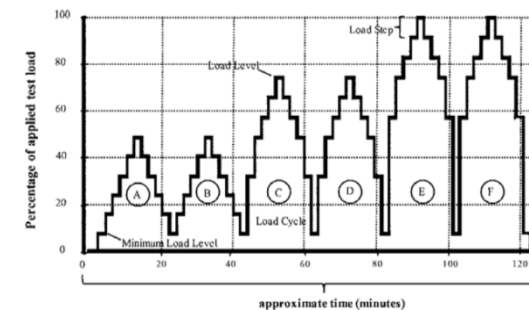
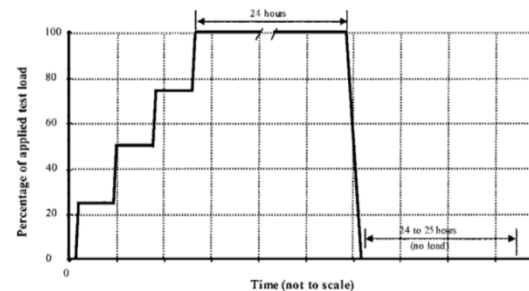
### • 4.13 施工及檢驗

- 4.13.1 施工規範應依照**第26章**之規定
- 4.13.2 施工期間之檢驗應依照**第26章**及一般建築規範

### • 4.14 既有結構物之強度評估

- 4.14.1 既有結構物之強度評估應依照**第27章**之規定
- 當結構物之強度有疑慮時
  - Well understood : Analytical Evaluation
  - Not well understood : Load Test

Monotonic procedure, ACI 318  
Cyclic procedure, ACI 437.2



## 第五章 載重

### ■ 地震力、震區、鄰近斷層

#### 建築物耐震設計規範及解說

### ■ 風力、基本設計風速

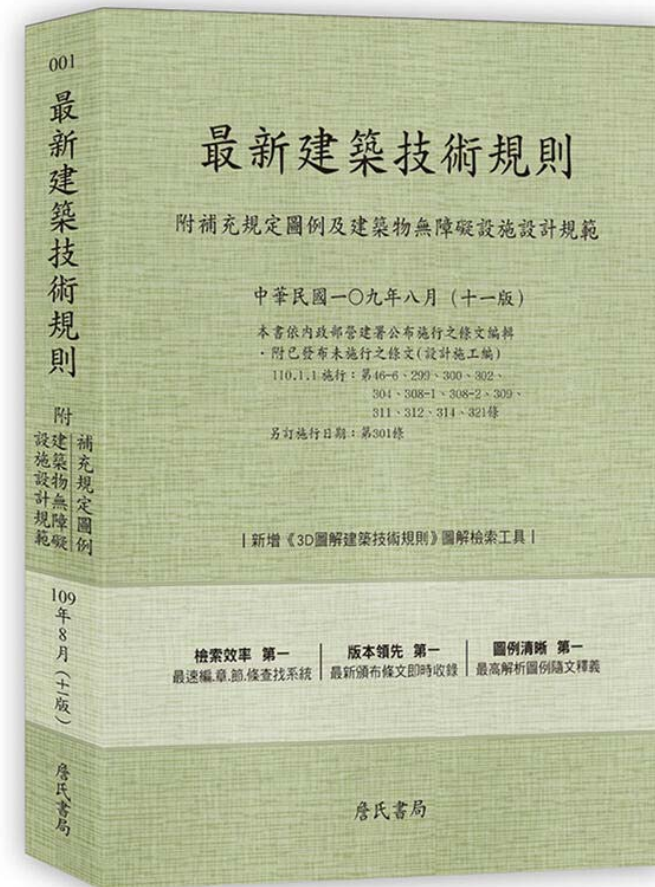
#### 建築物耐風設計規範及解說

### ■ 土壤作用力、不均勻沉陷

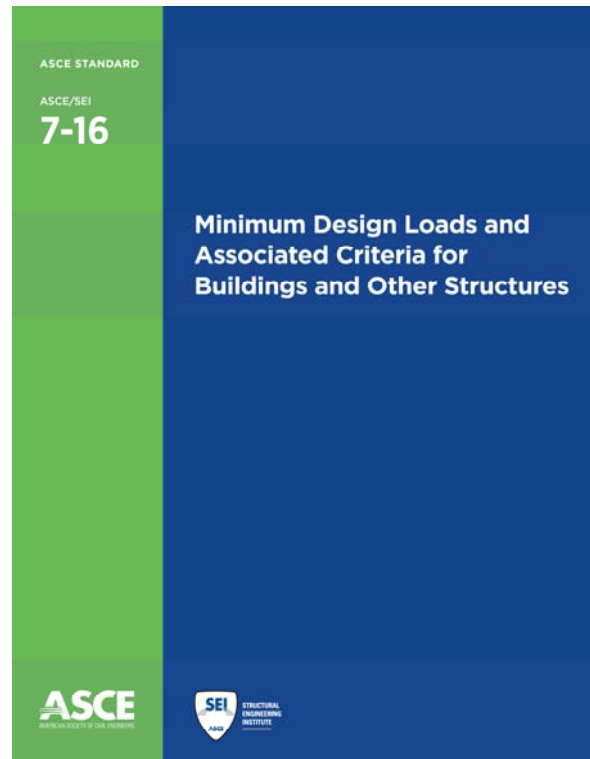
#### 建築物基礎構造設計規範

#### 鋼結構極限設計法規範及解說

#### 鋼結構容許應力設計法規範及解說



## 第五章 載重



### 2.3 LOAD COMBINATIONS FOR STRENGTH DESIGN

**2.3.1 Basic Combinations.** Structures, components, and foundations shall be designed so that their design strength equals or exceeds the effects of the factored loads in the following combinations. Effects of one or more loads not acting shall be considered. Seismic load effects shall be combined loads in accordance with Section 2.3.6. Wind and seismic loads need not be considered to act simultaneously. Refer to Sections 1.4, 2.3.6, 12.4, and 12.14.3 for the specific definition of the earthquake load effect  $E$ . Each relevant strength limit state shall be investigated.

1.  $1.4D$
2.  $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
3.  $1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (L \text{ or } \underline{0.5W})$
4.  $1.2D + \underline{1.0W} + L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
5.  $0.9D + \underline{1.0W}$

**W：基本設計風速 $V_{10}(C)$ 之回歸期(MRI)，300年、700年、1700年**

## 第五章 載重

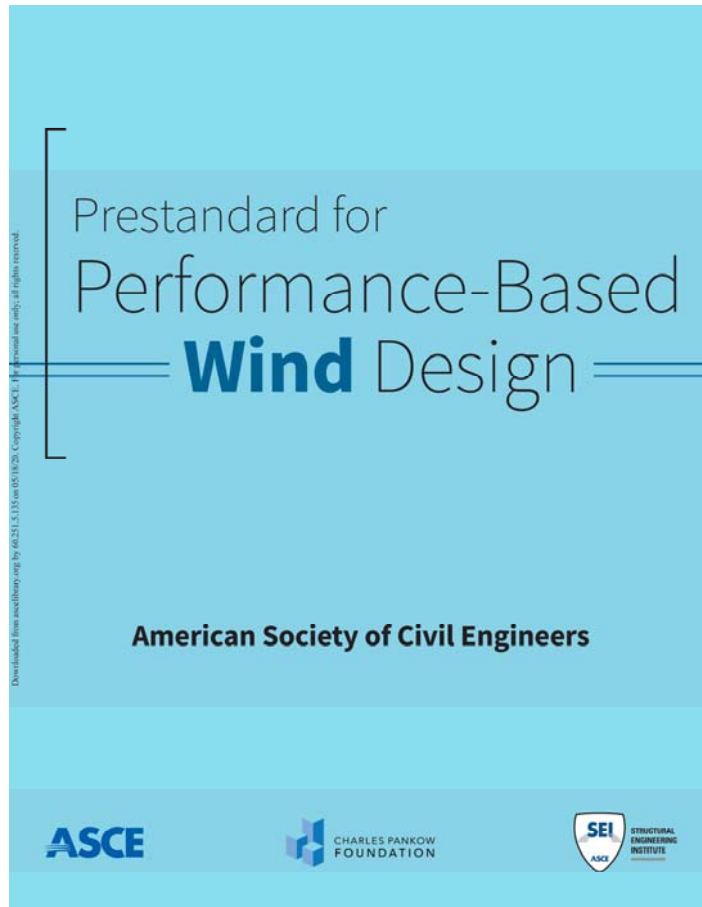


Table 4-1. Performance Objectives and Acceptance Criteria.

	Occupant Comfort	Operational	Continuous Occupancy, Limited Interruption
Risk Category II	Risk category independent	10-years MRI	700-years MRI
Risk Category III		25-years MRI	1,700-years MRI
Risk Category IV MWFRS		50-years MRI	3,000-years MRI
	<b>Performance Objective:</b> The structural system shall remain elastic. The building motions and vibrations shall minimize occupant discomfort at design wind 1-month, 1-year, and 10-years MRI. <b>Acceptance Criteria:</b> See Section 7.2	<b>Performance Objective:</b> The structural system shall remain elastic. The building systems shall remain operational during the wind event for the building risk category. <b>Acceptance Criteria:</b> See Section 7.3	<b>Performance Objective:</b> Specific elements or components of the structural system shall be permitted to become inelastic. The structural system shall withstand a design wind event for the building risk category with a low probability of partial or total collapse. <b>Acceptance Criteria:</b> See Section 7.4
Building Envelope		<b>Performance Objective:</b> The building envelope shall remain attached to the structure. The building envelope shall maintain wind-driven rain resistance. <b>Acceptance Criteria:</b> See Section 8.3	<b>Performance Objective:</b> The building envelope shall remain attached to the structure. The building envelope system shall be designed to maintain wind-driven rain resistance for 25-year MRI wind events for Risk Category II and 50-year MRI wind events for Risk Category III and IV. <b>Acceptance Criteria:</b> See Section 8.3
Nonstructural		Performance	Performance Objective:

## 第五章 載重

- **ASCE 7-16** : Performance-Based Procedures
- **ACI 318-19** : service-level loads 、 **strength-level loads**

64

ACI 318-19: BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR STRUCTURAL CONCRETE

### CODE

**5.3.5** If wind load  $W$  is provided at service-level loads,  **$1.6W$**  shall be used in place of  **$1.0W$**  in Eq. (5.3.1d) and (5.3.1f), and  **$0.8W$**  shall be used in place of  **$0.5W$**  in Eq. (5.3.1c).

**Table G3.1. Probabilities of Exceeding Wind Loads**

Annual probability	MRI (years)	Life of a building (years)		
		25	50	100
0.00333	300	8.0%	15.4%	28.4%
0.00143	700	3.5%	6.9%	13.3%
0.000588	1,700	1.5%	2.9%	5.7%
0.000333	3,000	0.8%	1.6%	3.3%
0.00010	10,000	0.3%	0.5%	1.0%

### COMMENTARY

**R5.3.5** In **ASCE/SEI 7-05**, wind loads are consistent with service-level design; a wind load factor of 1.6 is appropriate for use in Eq. (5.3.1d) and (5.3.1f) and a wind load factor of 0.8 is appropriate for use in Eq. (5.3.1c). **ASCE/SEI 7-16** prescribes wind loads for strength-level design and the wind load factor is 1.0. Design wind speeds for strength-level design are based on storms with mean recurrence intervals of 300, 700, and 1700 years depending on the risk category of the structure. The higher load factors in 5.3.5 apply where service-level wind loads corresponding to a 50-year mean recurrence interval are used for design.

## 第五章 載重

- **ASCE 7-10 & ASCE 7-16** : Performance-Based Procedures
- **ACI 318-11, -14 & -19** : service-level loads 、 **strength-level loads**

- **Added commentary**

- ASCE 7-05

- Wind = service-level wind
    - Use 1.6 load factor

- ASCE 7-10 & ASCE 7-16

- Wind = strength-level wind
    - Use 1.0 load factor



## 第五章 載重

### ACI 318-19

#### 5.3—Load factors and combinations

**5.3.1** Required strength  $U$  shall be at least equal to the effects of factored loads in Table 5.3.1, with exceptions and additions in 5.3.3 through 5.3.13.

**Table 5.3.1—Load combinations**

Load combination	Equation	Primary load
$U = 1.4D$	(5.3.1a)	$D$
$U = 1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$	(5.3.1b)	$L$
$U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (1.0L \text{ or } 0.5W)$	(5.3.1c)	$L_r \text{ or } S \text{ or } R$
$U = 1.2D + 1.0W + 1.0L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$	(5.3.1d)	$W$
$U = 1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S$	(5.3.1e)	$E$
$U = 0.9D + 1.0W$	(5.3.1f)	$W$
$U = 0.9D + 1.0E$	(5.3.1g)	$E$

**5.3.5** If wind load  $W$  is provided at service-level loads, **1.6W** shall be used in place of **1.0W** in Eq. (5.3.1d) and (5.3.1f), and **0.8W** shall be used in place of **0.5W** in Eq. (5.3.1c).

## 第五章 載重

### 規範(草案)：載重因數及組合

載重組合	公式	主要載重
$U = 1.4D$	(5.3.1a)	D
$U = 1.2D + 1.6L + 0.5 (L_r \text{ 或 } S \text{ 或 } R)$	(5.3.1b)	L
$U = 1.2D + 1.6 (L_r \text{ 或 } S \text{ 或 } R) + (1.0L \text{ 或 } 0.8W)$	(5.3.1c)	$L_r$ 或 S 或 R
$U = 1.2D + 1.6W + 1.0L + 0.5 (L_r \text{ 或 } S \text{ 或 } R)$	(5.3.1d)	W
$U = 1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S$	(5.3.1e)	E
$U = 0.9D + 1.6W$	(5.3.1f)	W
$U = 0.9D + 1.0E$	(5.3.1g)	E

W = 風力載重，依據「建築物耐風設計規範及解說」之規定。50年、100年回歸期設計風速

E = 地震力載重，依據「建築物耐震設計規範及解說」之規定。

## 第五章 載重

### 現行混凝土結構設計規範

#### 2.4.2 設計載重之組合如下：

- (1)  $U=1.4(D+F)$
- (2)  $U=1.2(D+F+T)+1.6(L+H)+0.5(L_r \text{ 或 } S \text{ 或 } R)$
- (3)  $U=1.2D+1.6(L_r \text{ 或 } S \text{ 或 } R)+(1.0L \text{ 或 } 0.8W)$
- (4)  $U=1.2D+1.6W+1.0L+0.5(L_r \text{ 或 } S \text{ 或 } R)$**
- (5)  $U=1.2D+1.0E+1.0L+0.2S$
- (6)  $U=0.9D+1.6W+1.6H$**
- (7)  $U=0.9D+1.0E+1.6H$

各符號之說明詳見本規範第 2.1 節及其他有關規定。以上各種組合遇下列情況，可作調整：

- a) 除**供公眾使用之場所**、停車場或活載重 $L$ 超過 $500 \text{ kgf/m}^2$ 之區域外，上述(3)、(4)及(5)式中： $1.0L$ 可減至 $0.5L$ 。

~~b) 風力不受方向因數折減時，上述(4)及(6)中： $1.6W$ 可減為 $1.3W$ 。~~

本次規範(草案)修訂，採「鋼結構極限設計法規範及解說」第2.2節解說之研究，**刪除 $1.6W$ 可減為 $1.3W$ 的條文**

**「供公眾使用之場所」修改為「公共聚集區域」，避免與建築法第五條混淆**

## 第五章 載重

### 現行混凝土結構設計規範

解說：

本規範之第2.4.2節之各種設計載重組合方式係直接採用美國混凝土協會出版之ACI 318-05中第9.2節式(9.1)至式(9.7)之規定；此等設計載重組合方式原係ACI 318-95附篇C之解說部份，移置修正而成。

前版規範附篇C第C.4節之訂定亦係根據ACI 318-95附篇C之解說部份，加以整理修正而成，較符合附篇C之精神，本規範第2.4節條文亦依此修定。

#### 9.2 — Required strength

9.2.1 — Required strength  $U$  shall be at least equal to the effects of factored loads in Eq. (9-1) through (9-7). The effect of one or more loads not acting simultaneously shall be investigated.

$$U = 1.4(D + F) \quad (9-1)$$

$$U = 1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) \quad (9-2)$$

$$+ 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$$

$$U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (1.0L \text{ or } 0.8W) \quad (9-3)$$

$$U = 1.2D + 1.6W + 1.0L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R) \quad (9-4)$$

$$U = 1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S \quad (9-5)$$

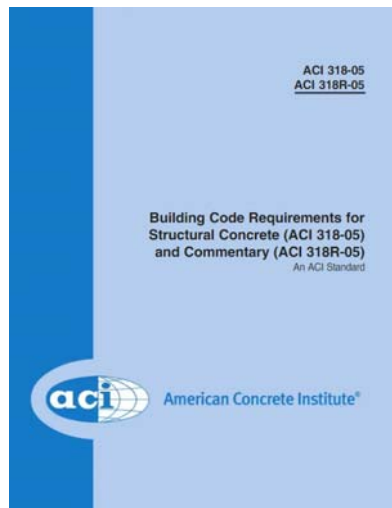
$$U = 0.9D + 1.6W + 1.6H \quad (9-6)$$

$$U = 0.9D + 1.0E + 1.6H \quad (9-7)$$

(b) Where wind load  $W$  has not been reduced by a directionality factor, it shall be permitted to use  $1.3W$  in place of  $1.6W$  in Eq. (9-4) and (9-6).



| The wind load equation in SEI/ASCE 7-02<sup>9.1</sup> and IBC 2003<sup>9.2</sup> includes a factor for wind directionality that is equal to 0.85 for buildings. The corresponding load factor for wind in the load combination equations was increased accordingly ( $1.3/0.85 = 1.53$  rounded up to 1.6). The code allows use of the previous wind load factor of 1.3 when the design wind load is obtained from other sources that do not include the wind directionality factor.



ACI 318-05

## 第五章 載重

ACI BUILDING CODE/COMMENTARY

318/318R-355

### APPENDIX C — ALTERNATIVE LOAD AND STRENGTH REDUCTION FACTORS

#### 2.4 — Combining Loads Using Strength Design

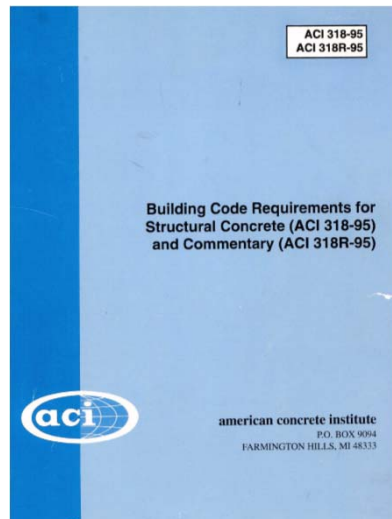
**2.4.1 — Applicability.** The load combinations and load factors given in 2.4.2 and 2.4.3 shall be used only in those cases in which they are specifically authorized by the applicable material design standard.

**2.4.2 — Basic Combinations.** Except where applicable codes and standards provide otherwise, structures, components, and foundations shall be designed so that their design strength exceeds the effects of the factored loads in the following combinations:

1.  $1.4D$
2.  $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
3.  $1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (0.5L \text{ or } 0.8W)$
4.  $1.2D + 1.3W + 0.5L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
5.  $1.2D + 1.5E + (0.5L \text{ or } 0.2S)$
6.  $0.9D - (1.3W \text{ or } 1.5E)$

*Exception: the load factor on  $L$  in combinations (3), (4), and (5) shall equal 1.0 for garages, areas occupied as places of public assembly, and all areas where the live load is greater than 100 lb/ft<sup>2</sup> (pounds-force per square foot).*

The load and strength reduction factors in Chapter 9 of this code have evolved since the early 1960s.<sup>C.2</sup> There have been advances in recent years in understanding the probabilities of structural failure. Probability considerations provide a basis for assessing relative measures of structural safety if the variables affecting safety are distributed randomly and if the natures of the distributions are known. The load factors in Section 2.4.2 of ASCE 7 are said to be based on a survey of “reliabilities inherent in existing design practice.”<sup>C.1</sup> For reinforced concrete buildings in countries where the ACI Building Code and similar codes have been used, the best and most compact survey of “reliabilities inherent in existing design practice” are the load and strength reduction factors used in the ACI Building Code. Currently, the strongest support for the strength reduction factors in Appendix C is the fact that, used with the load-factor combinations from ASCE 7, the results are generally compatible with those obtained using Chapter 9.



**ACI 318-95**

## 第五章 載重

### 鋼結構極限設計法規範及解說

#### 2.2 載重係數與載重組合

結構及其構件所需提供之強度，須依係數化載重組合後之臨界狀況決定。臨界狀況可能在一種或多種載重作用時發生，其對應之標稱載重與載重組合應依據建築技術規則及相關規範之規定辦理。若建築技術規則及相關規範中並無相關規定，則須檢核下列之載重組合：

$$1.4D$$

$$1.2D + 1.6L \text{ (2.2-2)}$$

$$1.2D + 0.5L \pm 1.6W$$

$$1.2D + 0.5L \pm E$$

$$0.9D \pm E$$

$$0.9D \pm 1.6W$$

其中，

$D$  = 靜載重，結構物構件重量及永久附加物重量。

$L$  = 活載重，包括室內人員、傢俱、設備、貯存物品、活動隔間等。

$W$  = 風力載重，依據「建築物耐風設計規範及解說」之規定。

$E$  = 地震力載重，依據「建築物耐震設計規範及解說」之規定，惟其中起始降伏地震力放大係數  $\alpha_y$  取 1.0。

式(2.2-3)與(2.2-4)中，若結構物之用途為車庫、公眾使用場所或活載重大於  $0.5\text{tf/m}^2$  時， $L$  之載重係數應為 1.0。

由研究顯示(陳生金等 1992)，臺灣地區與臺北市、高雄市、臺中市的風力載重係數變化約在 1.4 至 1.6 之間，因此可保守的取  $\gamma_w = 1.6$ ，於是式(C2.2-1)可寫為：

$$\phi R_n \geq 1.2D + 0.5L + 1.6W \quad \beta \geq 2.5 \quad (\text{C2.2-3})$$

同理在空載時受風力作用時， $\gamma_w$  的分佈在 1.4 至 1.7 之間，取  $\gamma_w = 1.6$ ，而式(C2.2-2)變為：

$$\phi R_n \geq 0.9D - 1.6W \quad \beta \geq 2.0 \quad (\text{C2.2-4})$$

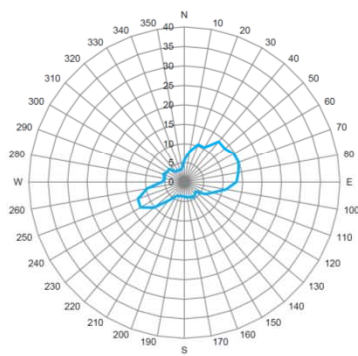
## 第五章 載重

### 建築物耐風設計規範及解說

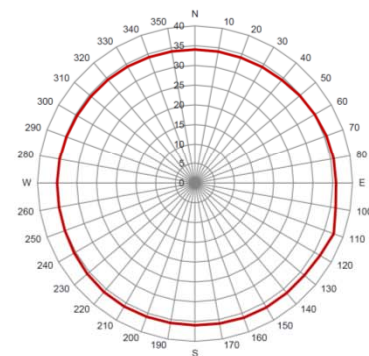
#### 6.1 基本設計風速之方向性

基本設計風速得依風速統計資料，考慮不同風向所產生的效應。不同風向風速的統計分析應採用可信的資料與方法，計算不同風向的基本設計風速。其分析結果，應檢附申請書及統計分析報告書，向中央主管建築機關申請認可後，始得運用於建築物耐風設計。該統計分析報告書應包括風速統計紀錄、風向統計分析方法及不同風向 50 年回歸期之基本設計風速分析結果等事項。

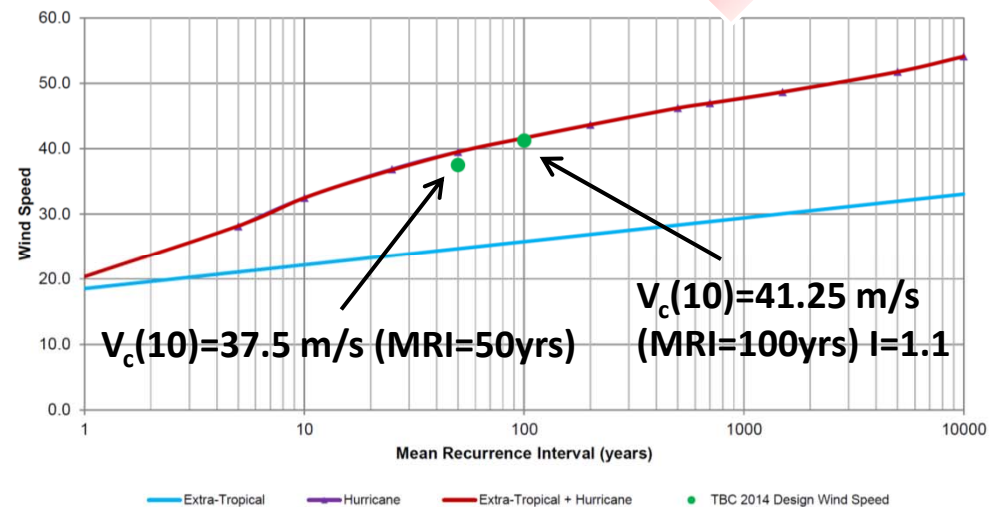
台灣北部某建築物  
風洞試驗報告之風場研究



Common Winds



Design Winds



## 第五章 載重

### 建築物耐風設計規範及解說

#### 【解說】

第 2.4 節臺灣地區基本設計風速釐訂時，係將各個風向的風速合併在一起加以統計分析，並假設各個方向的基本設計風速均相等。事實上，由於侵臺颱風的路徑有其幾種固定的模式，季風之吹襲也有其方向性，因此嚴格來說某工址不同方向的五十年回歸期基本設計風速是不同的，而且會小於 2.4 節求得之基本設計風速。盛行風向十分顯著的地區或幾何形狀不對稱的建築物對不同風向的效應尤其重要，若涉及建築物舒適性的計算時亦須考慮盛行風向對建築物的影響。

風向的統計分析可以採用可信之風速資料與方法，計算不同風向之基本設計風速，若各個不同的風向範圍中有足夠多的風速記錄可準確進行 50 年回歸期基本設計風速的分析，則其分析結果經中央主管建築機關認可後，始得運用於建築物耐風設計上。

## 第五章 載重

### Significant Changes to the Minimum Design Load Provisions of ASCE 7-16

**Table 1.3-1 C.1.3.1.3a Acceptable Target reliability (maximum Annual Probability of Failure,  $P_F$ ) and associated reliability indices<sup>1</sup> (  $\beta$  )<sup>1</sup> for Load Conditions That Do Not Include Earthquake<sup>2</sup>, Tsunami, or Extraordinary Events<sup>2</sup>**

Basis	Risk Category			
	I	II	III	IV
Failure that is not sudden and does not lead to widespread progression of damage	$P_F = 1.25 \times 10^{-4} / \text{yr}$ $\beta = 2.5$	$P_F = 3.0 \times 10^{-5} / \text{yr}$ $\beta = 3.0$	$P_F = 1.25 \times 10^{-5} / \text{yr}$ $\beta = 3.25$	$P_F = 5.0 \times 10^{-6} / \text{yr}$ $\beta = 3.5$
Failure that is either sudden or leads to widespread progression of damage	$P_F = 3.0 \times 10^{-5} / \text{yr}$ $\beta = 3.0$	$P_F = 5.0 \times 10^{-6} / \text{yr}$ $\beta = 3.5$	$P_F = 2.0 \times 10^{-6} / \text{yr}$ $\beta = 3.75$	$P_F = 7.0 \times 10^{-7} / \text{yr}$ $\beta = 4.0$
Failure that is sudden and results in widespread progression of damage	$P_F = 5.0 \times 10^{-6} / \text{yr}$ $\beta = 3.5$	$P_F = 7.0 \times 10^{-7} / \text{yr}$ $\beta = 4.0$	$P_F = 2.5 \times 10^{-7} / \text{yr}$ $\beta = 4.25$	$P_F = 1.0 \times 10^{-7} / \text{yr}$ $\beta = 4.5$

<sup>1</sup>The target reliability indices are provided for a 50-year service reference period, while the probabilities of failure have been annualized. The equations presented in Section 2.3.6, Load Combinations for Nonspecified Loads, are based on reliability indices for 50 years because the load combination requirements in Section 2.3.2 are based on the 50-year maximum loads for the 50-year reference period.

<sup>2</sup> Commentary to Section 2.5 includes references to publications that describe the historic development of these target reliabilities.

## 第五章 載重

- 規範(草案)，5.3.1解說：
  - 需求強度U係以因數化載重表示，因數化載重為第5.2.2節決定之載重乘以適當的載重因數而得。若載重效應，如內力及彎矩，與載重呈線性關係，則需求強度U可以載重效應乘以適當載重因數表示之，其結果相同。若載重效應與載重呈非線性關係，如構架的PΔ效應(Rogowsky and Wight 2010)，決定載重效應前，須將載重乘以載重因數。基礎設計之代表性案例於第R13.2.6.1節討論。採用因數化載重案例之非線性有限元素分析於第R6.9.3節討論。



### First order, linear analysis

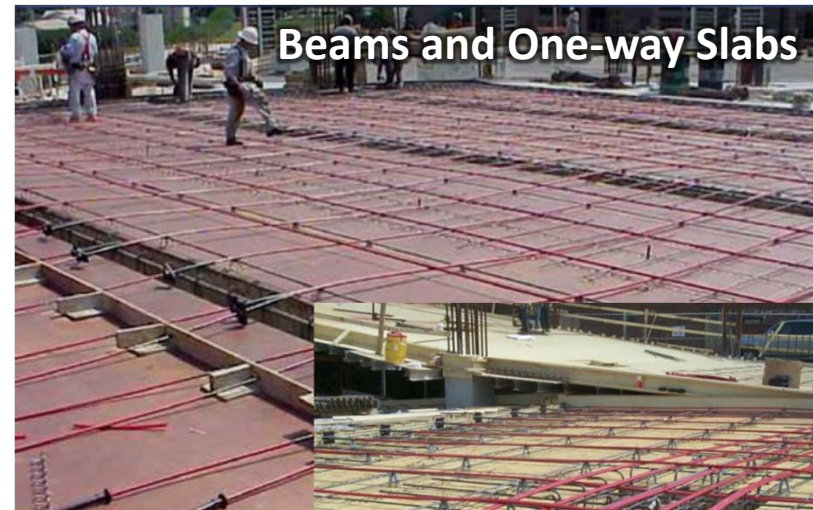
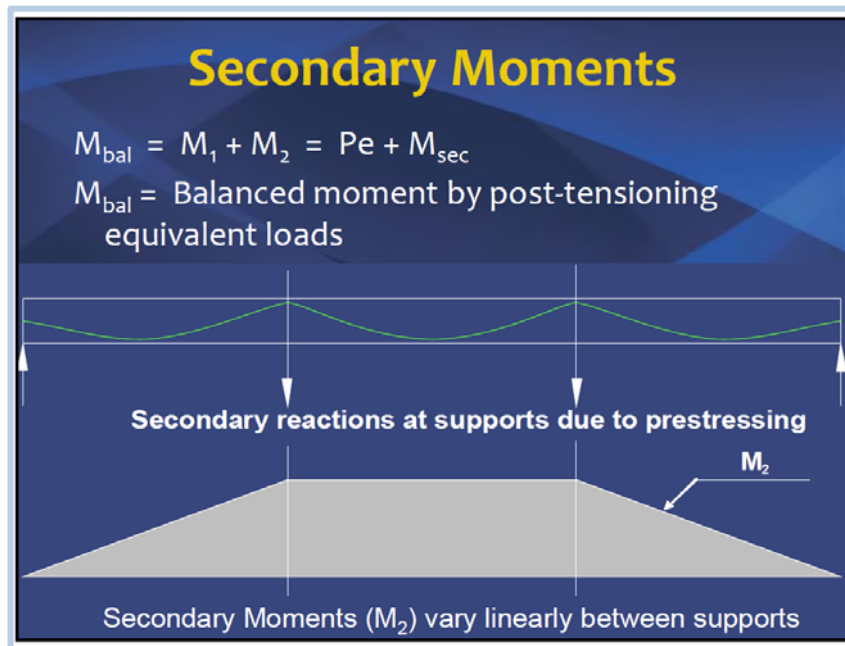
$$M_{1.2D+1.6L} = 1.2M_D + 1.6M_L$$

### Second order or nonlinear analysis

$$M_{1.2D+1.6L} \neq 1.2M_D + 1.6M_L$$

## 第五章 載重

- **5.3.10** 需求強度U須納入預力作用所引致之內力效應，此內力效應之載重因數應採**1.0**
  - 對於**靜不定結構**，由於施加預力所造成之內載重效應，有時稱為**二次彎矩(Secondary Moments)**，會非常顯著



## 結語：新版規範應用之初步建議

- **第四章-結構系統要求**，是全新增加的章節，提供設計者於規劃結構系統時，具有整體思考傳力路徑的優點
- 新增**噴凝土**的設計與施工規定，提高使用噴凝土的品質
- 刪除現有規範「**鋼及混凝土合成結構**」條文與解說；鋼及混凝土合成結構的設計，另應依據內政部「**鋼結構極限設計法規範及解說**」或AISC規範(AISC 360-16)
- **含風力(W)載重組合之載重因數**，ACI 318-19、AISC 360-16均依循ASCE/SEI 7-16的規定，並往性能設計法與時俱進，規範(草案)仍維持現行規範的架構，設計者應予注意瞭解

**For further information,**  
please contact Kang-yu Peng at  
[kypeng@tylin.com.tw](mailto:kypeng@tylin.com.tw)

簡報結束  
敬請指教

