



大學用書  
國考用書

作者：歐陽 編著 總經銷：文笙書局

國考榜首巨著

最新

# 解說建築結構

建築  
國家考試  
研究所  
解說建築結構

歐陽 編著

文笙書局 總經銷

解說建築結構

歐陽 編著 修訂一版

臺北市：文笙，民 99.12

面； 公分

ISBN 978-986-6727-87-0 (平裝)

1. 結構工程 2. 結構力學

441.21

99024363

解 說 建 築 結 構

編 著 者：歐陽<sup>(29)</sup>

hinge\_roller@yahoo.com.tw

發 行 人：陳昇一

出 版 者：文笙書局股份有限公司

地 址：(100)台北市忠孝西路一段 233 號

電 話：(02)2381-4280 (代表號)

傳 真：(02)2314-6035

電郵信箱：winsoon@winsoon.com.tw

網 址：<http://www.winsoon.com.tw>

登 記 證：行政院新聞局版台業字第 1263 號

幾 多 錢：新台幣 420 元整

中華民國 100 年元月修訂一版

版權所有

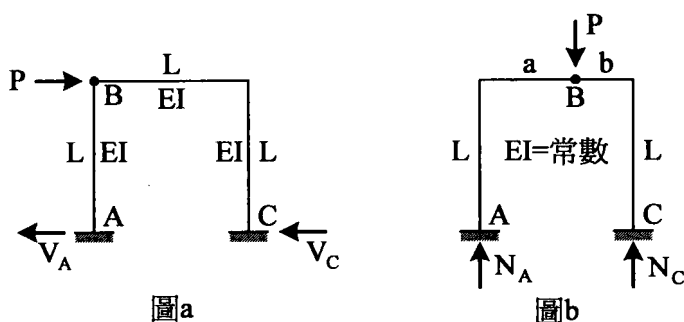
翻印者冥冥中必落榜

# 辨正與感謝

當開始蒐集資料編纂《解說建築結構》並查訪書局之後，令人驚訝的是市面上竟沒有一本適合考生練習且厚度適中的書籍，建築結構考試也行之有年，出版空窗期之長真難以置信。

很容易找到一本前人編的相似書籍，其厚度直逼年鑑，蒐集不少過時考題及不考的冷闕章節，考生若買來研讀，豈非請鬼開藥單，還需要敵人嗎？落榜綽綽有餘了。更在因緣際會之下，得以觀賞該書作者的教學功力，不看還好，一看就不好。

此獠把「卡氏第 I 定理」歸類於「力法」，又宣稱「外力作用在節點(如圖 a、圖 b)的結構，乃是題目出錯，因為不知力量如何分配」云云。問 rz，這位先生對建築結構的貢獻真是「罄竹難書」了。



過去 25 年來，讀者大眾真是太善良了，這種層次的教員，拿著消費者的血汗錢(書款、補習費)欺侮著消費者，竟沒人跳出來指責。一直到我踏進這個領域，實在不能保持沉默，決心把他的力學弊案一一揭開。

首先，「卡氏第 I 定理」是「位移法」而非「力法」。因為

卡氏第 I 定理以位移爲自變數，將應變能展開，運用定理求題目要的位移或外力，故該定理類歸於「位移法」。這是能量法的基本知識，搞錯還大聲宣揚，只剩下把伽利略軟禁終生的烏爾班八世可堪之比擬。

其次，圖 a 和圖 b 根本沒出錯。圖 a 的 P 力的確依某種比例(子結構的抗側移勁度比)分配給  $V_A$  及  $V_C$ ；圖 b 的 P 力也依據變形諧合的要求，分配給  $N_A$  及  $N_C$ 。具力學程度的人能知道由勁度(Stiffness)的觀念及「變形諧合」的要求，決定子結構抗側移勁度比例，而這僅是解靜不定問題的基礎觀念。另外，依循傾角變位法就能直接得出這兩圖的明確解，自始至終沒有題目出錯的問題，只有能力不好找藉口的問題。

以上的名詞，或許有些您不懂，尚不影響您分數，但站在講台上的教員，沒有資格說不懂。您願意讓五流的教員教嗎？

是到了建築人覺醒，唾棄力學騙子的時候了。

這本書的特色在於絕大部分的考題均是近年內建築結構的考古題，有題目就有解答，再加上觀念說明；編纂內容完全跟著考古題方向走，不考的不教，考的仔細教；務必使研讀有效率，同時揚棄錯誤觀念，力求在最短時間內上榜。

出書過程當中，感謝孟杰、舜勤、耀昇、培修、德鴻、玉玲、家琪、子暉、振銘(提供上榜經驗與智慧、態度)、融、Swallow 的熱情協助與提供意見；景婷精心的繪圖亦爲本書增色不少；更謝謝 Roller 在我寫書時的幫忙。若各位讀者老爺有任何想法，敬請不吝賜教。

歐陽 2010 筆於台北富邦路跑後

# 建築結構學紀事參照編年表

| 年代   | 西 方                                                                      | 中 國、台 灣                                                       |
|------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1717 | 約翰柏努利(John Bernoulli)提出虛功原理。氏為萊不尼茲之擁護者，隔海與牛頓大唱反調。                        | 時康熙 56 年，因官府苛政擾民，朱一貴舉事攻打安平城，後全台俱陷，旋又為清軍收復。                    |
| 1807 | 湯瑪士楊格(Thomas Young)提出彈性係數。他著名的雙狹縫試驗證明光有波的性質。                             | 時嘉慶 12 年，基督教第一位傳教士馬禮遜抵達澳門及廣州，並將聖經譯成中文。                        |
| 1864 | 馬克士威(James Clerk Maxwell)提出諧合變形法解靜不定結構。馬氏為近代電磁學之父，提出四條馬克士威方程式統一電、磁、光。    | 時同治 3 年，安平、高雄開港。簽塔城界約，塔城以西盡歸俄。長達 15 年的太平天國之亂，於同年結束。           |
| 1868 | 莫爾(Otto Christian Mohr) 提出影響線觀念。某些考生有點熟又不太熟的應力及應變莫爾圓亦出其手。                | 時同治 7 年，上海第一座公園黃浦公園建立，只對歐美人開放，「華人與狗不得入內」，60 年後(1928 年)方撤此令。   |
| 1872 | 馬克士威(James Clerk Maxwell)提出位移互換定理。                                       | 時同治 11 年，馬偕牧師由淡水上岸，開始宣教、教育、醫療。清廷遣幼童至美留學，詹天佑在其中。               |
| 1873 | 卡氏(Alberto Castigliano) 提出卡氏定理，該定理包含最小功法。同年 Charles E. Greene 提出力矩一面積定理。 | 1874 年，日本藉口生番殺害琉球人，出兵恆春半島發生牡丹社事件，清廷賠款 50 萬兩，承認琉球為日本保護國。       |
| 1885 | 穆勒(Henrich Müller-Breslau)提出共軛樑法。                                        | 1883~1885(光緒 11 年)爆發中法戰爭，越南、馬尾、基隆、淡水、沙崙、澎湖均為戰場，互有勝負，清廷下令台灣建省。 |
| 1886 | 穆勒(Henrich Müller-Breslau)提出 Müller-Breslau 定理，對影響                       | 時光緒 12 年，劉銘傳在台廣設電線、砲台，如澎湖西嶼西臺、淡水                              |

|      |                                                                                                              |                                                                                    |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|      | 線的計算作出定量描述。                                                                                                  | 油車口北門鎖鑰。1887 年，台灣正式設省，劉為首任巡撫。                                                      |
| 1889 | 德國人 Friedrich Engesser 提出補能的觀念與 Crotti-Engesser 定理。但其實早於 1878 年義大利人 Francesco Crotti 就導出 Crotti-Engesser 定理。 | 1894 年甲午戰爭開打，孫文創興中會；1895 簽訂馬關條約，割台、澎、遼東半島。1898 年百日維新銳意改革，同年慈禧太后等守舊派發動戊戌政變反撲，六君子被殺。 |
| 1909 | 雷利和里茲(Lord Rayleigh、Walter Ritz)提出 Rayleigh-Ritz Method。Rayleigh 因對氣體密度的研究，於 1904 年獲頒諾貝爾物理獎。                 | 1908 年，台灣縱貫鐵路 405 公里全線通車，1911 年為宣統 3 年，清王朝最後一年，1912 年為民國 1 年。                      |
| 1915 | 美國人 George A. Maney 提出傾角變位法。                                                                                 | 時民國 4 年，台中一中開校，中國持續內亂，討伐袁世凱。                                                       |
| 1932 | 美國人 Hardy Cross 提出彎矩分配法。同年德國人海森堡因對量子力學貢獻而獲頒諾貝爾物理獎。                                                           | 時民國 21 年，日本於上海發動 128 事變，同年挾溥儀於東三省成立偽滿洲國。                                           |
| 1957 | 楊振寧、李政道因發現弱交互作用下宇稱不守恆而獲該年諾貝爾物理獎。                                                                             | 時民國 46 年，台灣大學虞兆中教授發表綜合分配法(Method of Synthetic Distribution)。                       |
| 2003 | 時民國 92 年，歐陽發表靜不定結構影響線必為三次方程式。桁架之對角拉桿(Counter,或稱反桿)同時受拉是有可能的，其關鍵取決於力的三要素：大小、方向、作用點，一舉突破東、西方各大學的錯誤迷思。          |                                                                                    |
| 2005 | 時民國 94 年，歐陽發表撓度影響線必為三次方程式。                                                                                   |                                                                                    |
| 2006 | 時民國 95 年，歐陽指出彎矩分配法之計算表格若停在 DM，係違反變形諧合。這對要求計算表格停在 DM 的教員，無疑是一沉重打擊。                                            |                                                                                    |
| 2009 | 時民國 98 年，歐陽提出「擬一度靜不定法」解複雜桁架。                                                                                 |                                                                                    |

# 作 者 簡 介

作者出生於府城，足跡遍及成功國小、後甲國中與台南二中。於南二中求學時，因挑戰威權之志趣與教官辦學理念相距甚遠，生活輔導組的目標就是「輔導筆者」，遂為教官等一千人著想，自力救濟轉學考上台中一中與台北師大附中，後選擇至師大附中(619班)。

淡大時期，即被教授批為「眼高手低」。大四那年，系辦助教不敢收作者之選課小表，因該表橫跨理、工、文、商四大領域，超越助教智慧極限。此表因深奧之故，後轉給系主任理解，系主任四平八穩地對作者說「你以後要出國，不要找我寫推薦信。」

四年之末，因在校成績與報考研究所之門檻相去甚遠，故憤而入伍。經歷工兵 M4T6 浮橋、框桁橋、M2 臂力橋、野營地、操舟、拂曉攻擊、…等不斷徹夜教特訓洗禮，革除陋習，以男子漢的姿態退伍。

退伍後原本欲開「小黃」，在台南後火車站占有一席之地，卻誤打誤撞去補習班聽課，從此與國考結下不解之緣。自 1995 年起迄今，已有 16 年操盤(操作國考、研究所)經驗，在別人下洗我上沖、別人空頭我多頭中，考上三次公務高考榜首，一次技師榜首，期間並自台大土研所結構組畢業。16 年來，有患得患失、高分落榜、險勝與大勝，心得燦爛，著作十餘本，也因此對「如何考上國考、研究所」這個問題特別有興趣和見解。希望能以本身知識的力量及實踐的經驗對您提供更多貢獻和服務。若您有需要，可利用後附之電郵信箱、部落格與作者聯繫。

學 歷： 國立台灣大學土木工程研究所結構組畢業  
私立淡江大學土木系畢業

考 試： 2004 年高考二級榜首  
2001 年結構高考橋樑結構組榜首



2000 年結構高考房屋結構組榜首

1998 年大地技師榜首      1997 年結構技師及格

1997 年基層特考及格      1996 年土木技師及格

1996 年土木高、普考及格

經 歷： 補習班專任力學老師      核能研究所工程師  
營造廠監工，主任技師      工程顧問公司工程師  
國立臺灣大學土木系助教

著 作： 材料力學論衡      解說結構學  
解說建築結構      解說結構矩陣  
薦任升等考精解      結構動力精解  
解說工程力學      與地震共舞  
機械研究所材料力學精解  
土木研究所材料力學精解  
國立研究所結構學精解左冊《82~92 年版》  
國立研究所結構學精解左冊《93~96 年版》  
國立研究所結構學精解右冊《83~92 年版》  
高考技師檢察事務官工力、材力、結構題解  
《87~91 年版》、《92~94 年版》

勘誤部落格 <http://tw.myblog.yahoo.com/hinge.roller>

解疑、交流信箱 E-mail : [hinge\\_roller@yahoo.com.tw](mailto:hinge_roller@yahoo.com.tw)

讀者可以用筆徑 0.5mm 以上的黑色中性筆，以徒手方式將問題畫成圖，用數位相機拍照成\*.jpg 檔，夾帶寄過來討論。

# 解說建築結構 目錄

辨正與感謝

建築結構學紀事參照編年表

作者簡介

頁次

## 第一章 概論與支承

|                   |      |
|-------------------|------|
| §1-1 作者的觀點.....   | 1-1  |
| §1-2 力學之前情提要..... | 1-2  |
| §1-3 支承的種類.....   | 1-7  |
| §1-4 縮寫字頭.....    | 1-13 |
| 【力必然成對嗎？】 .....   | 1-16 |

## 第二章 穩定判別及靜不定度判別

|                                         |      |
|-----------------------------------------|------|
| §2-1 穩定的意義.....                         | 2-2  |
| §2-2 靜不定度(Degree of Indeterminacy)..... | 2-7  |
| §2-3 歷年考題精選.....                        | 2-22 |

## 第三章 靜定桁架

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| §3-1 彈性係數.....               | 3-2 |
| §3-2 平衡與自由體(Free Body) ..... | 3-5 |

|                                   |      |
|-----------------------------------|------|
| §3-3 桁架特性與相關名詞.....               | 3-8  |
| §3-4 桁架種類.....                    | 3-14 |
| §3-5 節點法(Method of Joints).....   | 3-17 |
| §3-6 剖面法(Method of Sections)..... | 3-20 |
| §3-7 維氏(Williot)圖解法.....          | 3-23 |
| 【楊格與你和我】 .....                    | 3-29 |
| §3-8 歷年考題精選.....                  | 3-32 |

## 第四章 靜定樑與靜定剛架

|                                  |      |
|----------------------------------|------|
| §4-1 樑符號法則(Sign Convention)..... | 4-2  |
| §4-2 微分關係.....                   | 4-5  |
| §4-3 剪力圖與彎矩圖.....                | 4-8  |
| §4-4 靜定剛架.....                   | 4-26 |
| §4-5 桿件接合.....                   | 4-34 |
| 【符號法則與你和我】 .....                 | 4-43 |
| §4-6 歷年考題精選.....                 | 4-45 |

## 第五章 樑基本變形

|                                                     |      |
|-----------------------------------------------------|------|
| §5-1 面積慣性矩(Moment of Inertia of An Area).....       | 5-2  |
| §5-2 連續積分法(Method of Successive Integrations) ..... | 5-6  |
| §5-3 重疊原理.....                                      | 5-13 |
| §5-4 撓曲正向應力(Flexural Normal Stress).....            | 5-18 |
| §5-5 歷年考題精選.....                                    | 5-26 |

## 第六章 傾角變位法

|                   |      |
|-------------------|------|
| §6-1 基本假設與名詞..... | 6-2  |
| §6-2 傾角變位法公式..... | 6-6  |
| §6-3 桿件遠端修正.....  | 6-27 |
| §6-4 桿件變形對稱.....  | 6-46 |
| §6-5 桿件變形反對稱..... | 6-58 |
| §6-6 歷年考題精選.....  | 6-65 |

## 第七章 組合結構

|                     |      |
|---------------------|------|
| §7-1 觀念說明.....      | 7-2  |
| §7-2 卡氏第 II 定理..... | 7-10 |
| §7-3 歷年考題精選.....    | 7-20 |

## 第八章 挫屈

|                     |      |
|---------------------|------|
| §8-1 臨界載重與平衡種類..... | 8-3  |
| §8-2 彈性桿之挫屈.....    | 8-6  |
| §8-3 有效長度.....      | 8-14 |
| 【歐拉與你和我】 .....      | 8-27 |
| §8-4 歷年考題精選.....    | 8-30 |

## 第九章 結構矩陣

|                         |      |
|-------------------------|------|
| §9-1 矩陣定義.....          | 9-2  |
| §9-2 矩陣計算.....          | 9-3  |
| §9-3 手算的直接勁度法.....      | 9-7  |
| §9-4 歷年考題精選.....        | 9-18 |
| 【無間道——被遺忘的時光與你和我】 ..... | 9-22 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 附錄 A 建築結構公式彙整 ..... | A-1 |
|---------------------|-----|

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 附錄 B 解題手段分辨要領 ..... | B-1 |
|---------------------|-----|

|                  |     |
|------------------|-----|
| 附錄 C 上榜經驗談 ..... | C-1 |
|------------------|-----|



# 第一章 概論與支承

## §1-1 作者的觀點

建築系學生經歷大學、研究所的磨練後，在美學設計上，已非其他科系學生能比擬，再加以日後自身人文文化涵養、社會經歷的沉澱與提升，說不定就可以設計出勇奪「普立茲克建築獎」(Pritzker Architecture Prize)的作品。至於結構問題，通常是請另一方面的專家解決，however，品嚐大餅之前，您得先通過建築師的考試。

綜觀歷年建築結構考試的題目，真是包山包海，涉及材料力學、結構學、結構矩陣、土壤力學、基礎工程、地震工程、…等等，令人眼花撩亂，不知從何開始。若每一科都詳細了解後，再來參加考試，約莫在 50 歲時可進考場。

建築結構考試的題目，可以用廣博但不精深來形容，各科均只點到皮毛，考生學習時，跟著考古題走，廣度比深度略重要。這不是說深度可忽略，凡是無法了解考古題觀念，就要放下面子問題勇敢問，問懂了，深度才足夠。遇到計算題時，計算品質比計算速度重要，計算題要自己動手算，看十題不如算一題的效果。

本書的編輯，儘量由簡而難。第一章先介紹力的觀念與單位，例如力的分解與合成。第二章介紹判別結構物是否穩定的方法，還有介紹判別靜不定次數的方法。各種應力中，由單純軸拉力、軸壓力造成的正向應力最簡單，而桁架桿件的內力只有正向應力，所以第三章介紹桁架。第四章介紹樑與剛架，樑與剛架的桿件斷面，除了軸力外，還多了剪力與彎矩。第五章介紹樑受載重後的變形曲線，以及因斷面彎矩引發的撓曲應力。第六章介紹一級方程式——

傾角變位法公式，務必要會才去考試。第七章介紹組合結構，組合結構內會有桁架桿件與樑桿件，計算量較多，故在此介紹。第八章介紹挫屈，它是軸力桿件受壓力後的特殊行為，牽涉到桿件穩定性的突然喪失。第九章介紹結構矩陣，運用到矩陣數學。至於大地工程的專有名詞、建築物承受地震下的反應，以及人類如何對抗地震力，因考量本書厚度，故編者另撰書介紹。

換個觀點，從我們在考場會遭遇的結構型式來分，有桁架(Truss)、樑(Beam)、剛架(Frame)、組合結構(Composite Structure) 與細長柱(Slender Column)，本書按順序將一一論及。

再換個角度，從我們在考場會遭遇的結構靜不定度來分，有靜定結構與靜不定結構兩種。本書的第三章及第四章會討論靜定結構；第六章及第七章會討論靜不定結構。

從我們會採取的解法來分，有力法(Force Method)及位移法(Displacement Method)兩種，位移法簡稱位法。爾後的第三、四、七章內所敘述的解法均歸為力法，而第六章傾角變位法則屬於位移法。

考古題是考試者在茫茫考海中的燈塔，指引著上榜的方向。綜觀近年考題數量，以第六章的傾角變位法最多，約占 40%，居次為第四章的靜定樑與靜定剛架，約占 25%。另外要注意的就是第二章穩定判別及靜不定度判別和第八章的挫屈。

## §1-2 力學之前情提要

電視連續劇為了服務觀眾，通常有所謂「前情提要」，引領觀眾勾起回憶。為了勾起大家對高中、大一物理的回憶，我們也來個前情提要吧！

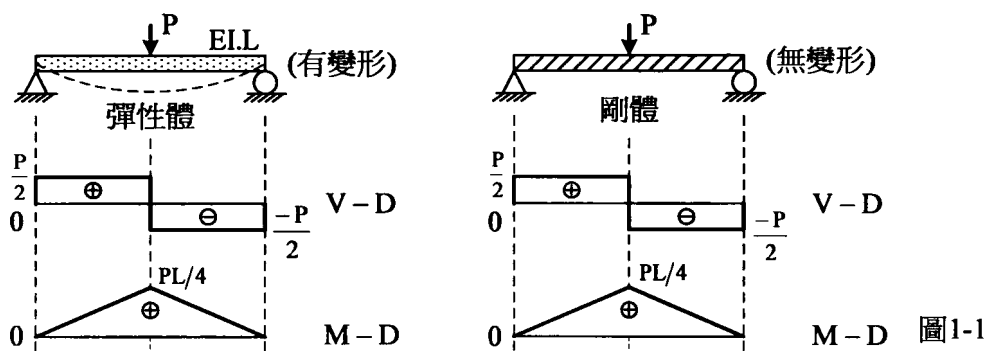
質點(Particle)：

當被研究的物體，其尺寸大小並不顯著影響問題的答案時，或者可以忽略物體的旋轉效應時，則該物體可被視為僅佔據空間中之一點，亦即可被視為「質點」來研究。

### 剛體(Rigid Body)：

剛體乃質點的集合，且在受力前後，剛體內部各點的相對位置永遠是固定的。例如剛體內 A、B 兩點原先相距 100cm，受力後，這兩個點永遠相距 100cm。換言之，剛體可以承受力量，絕不發生變形，剛體的應變能恆為零。

彈性體受力後，有彈性變形曲線，剛體則無彈性變形曲線。



彈性體與剛體皆可承受力量，受力後皆可畫出剪力圖、彎矩圖。

### 力(Force)<sup>註 1</sup>：

力代表在空間中，一物體對另一物體的作用，力必然是成對的。欲詳細描述一力，必須指出力的三要素：大小、方向及作用點。

### 純量(Scalar)：

註 1：人類的力學發展史上，出現「力」這個抽象概念不啻為一大進步。因為力並不容易直接看到，我們看到的其實是「變形」，它是力作用後的效果。就連實驗室常用的荷重計(Load Cell)，表面上雖然告訴你荷重是多少，實際上荷重計內部是先測量荷重計的變形，變形再乘以比例常數而得力量。



僅具有大小而無方向的物理量稱為純量，如面積、體積、能量、速率(Speed)、…等。

**向量(Vector)：**

具有大小和方向的物理量稱為向量，如力、位移、轉角、動量、衝量、速度(Velocity)、…等。

以下複習基本的高中數學觀念，在國考及研究所考試中會用到。

正弦定律(Sine Law)  $\frac{A}{\sin \alpha} = \frac{B}{\sin \beta} = \frac{C}{\sin \gamma}$  (參考圖 1-2)

餘弦定律(Cosine Law)<sup>註 2</sup>  $A^2 = B^2 + C^2 - 2BC \cos \alpha$  (參考圖 1-2)

$$B^2 = A^2 + C^2 - 2AC \cos \beta$$

$$C^2 = B^2 + A^2 - 2AB \cos \gamma$$

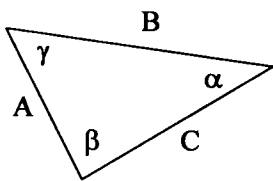


圖 1-2

畢氏定理(Pythagorean Theorem)  $A^2 = B^2 + C^2$  (參考圖 1-3)

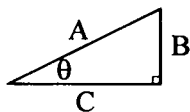


圖 1-3

|         |                             |                             |                             |
|---------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 常用的三角函數 | $\sin \theta = \frac{B}{A}$ | $\cos \theta = \frac{C}{A}$ | $\tan \theta = \frac{B}{C}$ |
|         | $\cot \theta = \frac{C}{B}$ | $\sec \theta = \frac{A}{C}$ | $\csc \theta = \frac{A}{B}$ |

註 2：餘弦定律的功能比畢氏定理還大，畢氏定理不過是餘弦定律的特例而已。當三角形有一個內角是直角時，因為  $\cos 90^\circ = 0$ ，就可以從餘弦定律證明出畢氏定理。