

目錄

1. 本書之適用對象, 及討論範圍及特色
2. 基本觀念及概述
 - 2.1 結構之邊界條件符號定義及縮寫
 - 2.2 材料力學中的線彈性, 非線彈性 & 完美塑性
 - 2.3 材料力學中的四種外力和變形
 - 2.4 微小變形之近似簡化假設
 - 2.4.1 圓周 $=2\pi r$, 弧長=弧度 x 半徑
 - 2.4.2 桁架結構的軸向變形
 - 2.4.3 忽略軸向, 剪力變位及剛接頭自身角變位
 - 2.4.4 外力加載前後, 外力內力的作用方向及原結外形都不變
- 2.5 靜態平衡
- 2.6 結構自由度數及穩定判斷
 - 2.6.1 結構自由度數
 - 2.6.2 力法自由度數
 - 2.6.2.1 條件等式 s 的判斷
 - 2.6.2.2 自由度數計算
 - 2.6.3 位移法結構自由度數
 - 2.6.4 靜定及靜不定結構的特性
 - 2.6.4.1 靜定結構特性

2.6.4.2 靜不定結構特性

2.6.5 穩定判斷

2.6.5.1 外在不穩定(邊界條件不穩定)

2.6.5.2 結構幾何不穩定

2.7 面積矩定理

2.7.1 封閉結構

2.8 變形 及 曲率

2.8.1 k 曲率 $\text{curvature} = E/MI = 1/\rho$

2.8.2 二力桿(two force member)軸向變形

2.8.3 梁, 框架(frame)桿之變形

2.9 線彈疊加

2.9.1 靜定結構疊加

2.9.2 靜不定結構疊加

2.10 簡化結構系統及等同變位觀念

2.10.1 等同變位觀念

2.10.2 對稱反對稱結構

2.10.3 倍數簡化

2.11 等式及極值

2.11.1 等式

2.11.1 極值

3. 靜定結構之彎矩及剪力圖

3.1 正負向定義

3.2 力臂

3.3 載重剪力彎矩圖之關係

3.4 彎矩圖之型態

3.5 彎矩圖之特性及疊加

3.6 靜定結構之計算, 畫內力圖步驟

4. 靜定桁架之分析

5.1 "0" 桿的判斷

5.2 節點法

5.3 剖面法

5.4 Beam-Truss 法

5. 靜定結構之變位, 力法

5.1 面積矩定理法 (moment-area theorem)

5.2 共軛梁法 (conjugate beam method)

5.2.1 原理

5.2.2 使用共軛梁法限制和步驟

5.3 單位力法

5.3.1 原理

5.3.2 使用單位力法限制和步驟

5.4 最小功法

5.4.1 原理

5.4.1.2 應變能

5.4.1.2 卡氏定理

5.4.2 使用最小功法限制和步驟

5.5 積分乘法

5.5.1 原理

5.5.2 使用積分乘法限制和步驟

5.5.3 積分乘法分圖方法

5.6 擷取結構求變位

5.6.1 使用擷取結構求變位步驟

5.6.2 擷取出靜定結構計算變位之原理

6. 靜不定結構之力法分析

6.1 靜不定結構中存在 "零" 的等式

6.2 靜不定結構之力法分析步驟

6.3 面積距定理法

6.4 共軛梁法

6.5 單位力法

6.6 積分乘法

7. 位移法

7.1 端點彎矩

7.2 典型位移法及位移法之基本觀念

7.3 無剪力直桿

7.4 Slope deflection method (變數當量法)

7.5 力矩分配法

7.6 綜合力矩分配法

7.7 矩陣法 $[K]$, $[k]$, $[a]$, $[Q]=[k][a][r]$

1. 本書之適用對象, 及討論範圍及特色

適用對象: 高中生, 大學生, 參加考試者或對結構力學

有興趣者, 讀者需先研讀過靜力學, 材料力學, 具備高中數學能力及初階微積分基礎者。

討論範圍: 本書只討論 靜力線彈性平面桿件結構靜力行為。

結構工程包含分析和設計。結構力學是分析之部份, 需計算出桿件內力, 畫內力圖, 求位移量。求出的內力供設計使用。本書第二章討論基本原理及概念, 讓讀者可以輕鬆擁有結構力學概念。第三~六章討論力法, 第七章討論位移法簡明敘述。本書能讓讀者輕鬆進入結構力學的領域, 增進得分能力。

特色: 1.1. 本書是以著重**簡化**, 不強調在計算考題, 淺顯說明材料力學和結構力學基本原理之假設及運用, 目的是要**簡化**結構力學觀念, 結構系統和分析方法, **簡化**才能使學習者易於明瞭易記, 舉一反三, 讓讀者不害怕, 進而喜愛結構力學。書中敘述一些別書沒有的好用觀念, 全部重寫他書都已出版過觀念和方法就沒意思了。

1.2 本書中的**積分乘法**, 可以將單位力法中繁瑣的**積分計算化成乘法計算**, 圖形的表示更能顯現出結構間的關聯性, 讓讀者更能瞭解結構力學

的精神。書中的**等同變位觀念**，可以簡化對稱性結構，大大減少計算量，提高正確性。**鎖結構法**，可以輕易地求得固定端的彎距。書中尚有許多他書無的迷人的**秘笈**，會讓讀者會心一笑。

1.3 第 12 章鋼結構設計上的注意事項，這是本人多年工作心得及帶人的經驗，可讓初進入結構設計之工程師參考，避免常犯的設計錯誤，請讀者詳後之敘述。

1.4 以 A5 大小的目的是為方便攜帶翻閱。初學者常用“看結構力學”來學習之，而要熟會結構力學是須徹底了解基本概念及簡化它加上勤動手算，**並提高數學運算正確力**，且需筆記重點心得，方能得高分也。切記！切記！

2.10 簡化結構系統及等同變位觀念

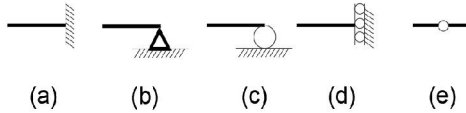


Fig.2-41

簡化才能正確快速, 有很多結構外形對稱之中央點變位特性常可等同 Fig.2-41 之邊界支點替代. 請見下說明:

2.10.1 等同變位觀念

Fig. 2. 41 之邊界變形條件為零說明如下

(a) 圖是不可移動, 不可轉動

即剪力 $\neq 0$, $M \neq 0$ 存在於多跨對稱結構中央點.

(b) 圖是不可移動, 可轉動

即剪力 $\neq 0$, $M = 0$ 存在於對稱結構中央點

(c) 圖是不可上下移動, 可左右移動, 可轉動

即剪力 $\neq 0$, $M = 0$ 存在於反對稱結構中央點

(d) 圖是可上下移動, 不可轉動

即剪力 $\neq 0$, $M \neq 0$ 存在於對稱結構中央點.

(e) 圖是可上下移動, 可轉動

即剪力 $\neq 0$, $M = 0$ 是反曲點, 存在桿中

我們可利用這些已知為零的內力和已知變形為
"零 none" 的條件, 利用此結構中央點變位之特性將對稱和反對
稱結構切半簡化, 我們稱等同變位觀念. {M2-4}

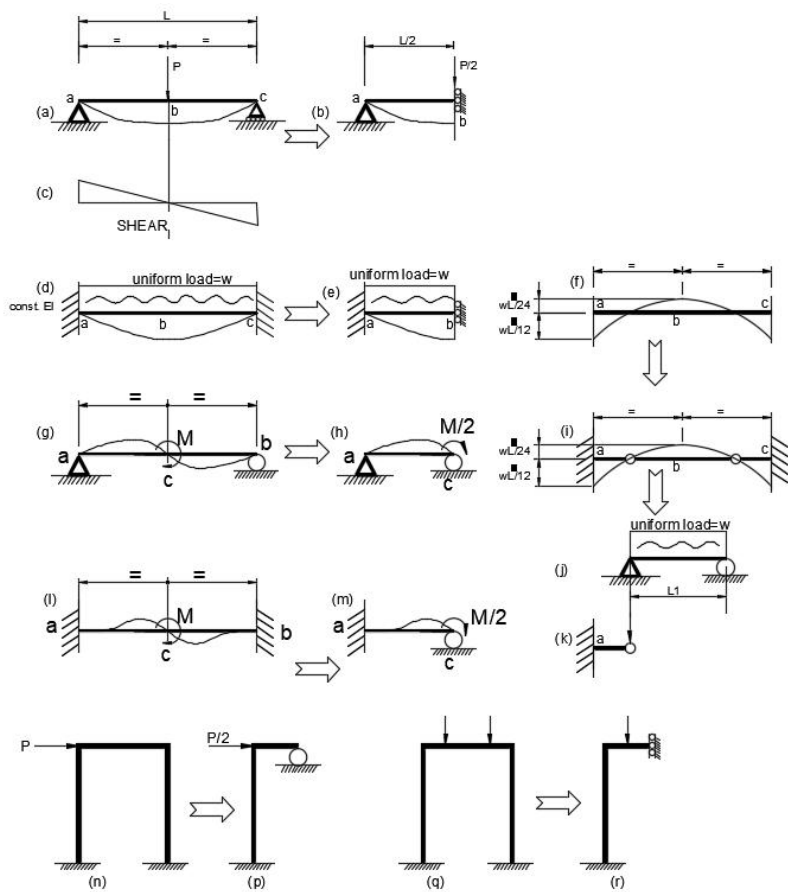


Fig.2-42

2.10.2 對稱反對稱結構

對稱結構：對稱外力和對稱結構外形，由中線分開，像左右手合掌的結構稱之。

反對稱結構：反對稱外力和對稱結構外形，由中線分開，需旋轉 180 度而重合的結構稱之。

對稱結構，只有對稱位移和內力，無反對稱位移和內力。

反對稱結構，只有反對稱位移和內力，無對稱位移和內力。

對稱結構外形可將載重分解成對稱和反對稱的兩種情形分析再組合。請見 Fig. 2-43 (h)(i)(j)

Fig. 2. 42(a)圖是對稱結構，**中點** b 點是可上下移動，由(c)圖可知剪力為零，不可轉動 $M \neq 0$, b 點的變形行為和內力等同 Fig. 2-41(d)，則可簡化成(b)圖。圖(d)，(q) 同理。

Fig. 2-42(g)圖是反對稱結構，**中點** c 點是不可上下移動，可轉動 $M=0$ ，c 點的變形行為和內力等同 Fig. 2. 41(c)，則可簡化成(e)圖。圖(l)，(n) 同理。

Fig. 2-42(f)圖是對稱結構(d)之彎距圖，我們觀察到梁中有兩點彎距等於零，等同 Fig. 2. 41(e)之反曲點，我們可簡化成(i)(j)(k)圖。

Fig. 2-42 及 2-43(a)(c)(e)，我們可中央對切簡化結構。

Fig. 2-42 簡化圖針對彎距之分析正確的，而(n)(p)圖的梁軸內力是不對的。

5.5 積分乘法 {M5-1}

單位力法和最小功法需利用微分計算求解，較為繁瑣。

積分乘法就是 Timoshenko 之 Mechanics of Materials 一書中的 Evaluation of Product Integrals 法。以圖形值相乘求變位 Δ ，是單位力法之簡化版，以乘法替代積分運算，較為方便，不易錯。此法好處很多，值得學習和推廣，說明如下：

5.5.1 原理 ※部份參考自參考文獻-7.

$$1 \Delta = \int \frac{M M u}{EI} dx \quad \text{取自 [5-10]}$$

我們需將上式之積分簡化為乘法已化除積分之計算。

M：實外力之彎矩

Mu：一單位虛力之彎矩

見 Fig. 5-15

$$dA = M dx$$

$$Mu = X \tan \alpha$$

$$1 \Delta = \int \frac{X \tan \alpha}{EI} dA$$

$$1 \Delta = \frac{\tan \alpha}{EI} \int X dA$$

$$\int X dA = A X_c$$

$$1 \Delta = \frac{\tan \alpha}{EI} A X_c, \quad A \text{ 是 } M \text{ 之面積, } h \text{ 是 } A \text{ 之形心對應之 } Mu \text{ 值}$$

$$\tan \alpha X_c = h; \quad 1 \Delta = \frac{A h}{EI} \quad [5-15]$$

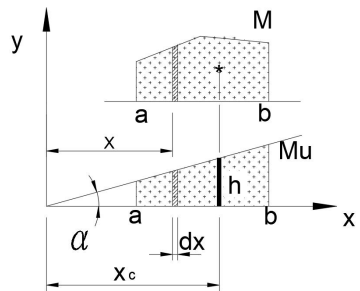


Fig.5-15

$$1 \quad \Delta = \sum \frac{Ah}{EI} \quad (\text{多桿相加}) \quad [5-16]$$

5.5.2 使用積分乘法限制和步驟

- (1) 只適合直桿結構樑及框架且線彈性材料。
- (2) 不適用於圓及拱之曲桿結構
- (3) 用於求彎距之彎曲變形，而二力桿之軸力是常數不需此法。
- (4) EI 需是常數。
- (5) 畫出結構真實外力之彎距圖，並計算各圖之面積 A 及形心位置。（見 Table2-1, (7) 及 5.5.3）
- (6) 在要求變位向之結構點下一單位力（同單位力法），並劃出彎距圖，並求出步驟(5)形心位置對應之一單位力彎距圖之彎距值 h 。
- (7) 以一單位力彎距圖**直線段**對應的面積分開計算再總和。
如有尖峰需分兩側計算。同單位力法如簡支梁中有集中力。需分左右兩個三角形積分計算，有不連續的尖峰需分開計算。
- (8) 計算面積 A 和高 h 有正負值。（ Ah 圖同側為正）
- (9) 利用公式 [5-16]，將相對應的 A 乘 h 再總和 求 Δ

$$1 \quad \Delta = \sum \frac{Ah}{EI}$$

積分就這麼簡單化成上式。迷人吧！

計算公式中存在著 E 楊氏系數時（見 2.2 節及 Fig. 2-2）是限制在線彈性範圍。[N5-1]

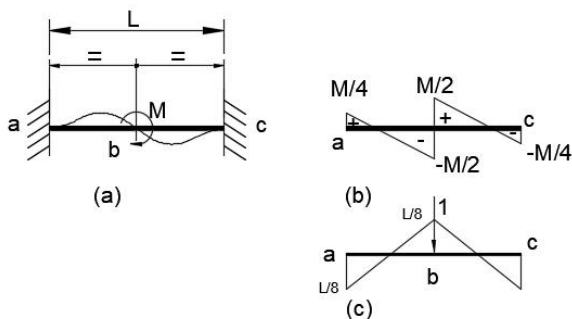


Fig.5-21

例題 5.6-2 見 Fig. 5-21(a) (取自 Fig. 2-29(f)) 求 b 點之 σ 解:

由於 Fig. 5-20(b) 反對稱, (c) 對稱 h 值相同

Ah 左右抵銷, 所以

$$\delta = 1 \quad \Delta = \sum \frac{Ah}{EI} = 0, \quad b \text{ 點不動, Fig. 2-29(f-3) 等同變位可}$$

設成 roller

用比較的完全不必算.

本題以上法為快, 今再擷取出最簡單的靜定結構只是證明用

以虛線大三角計算

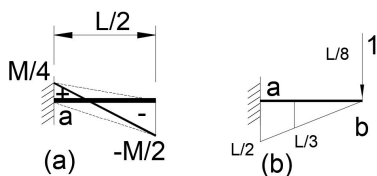


Fig.5-21-1

面積: A 上

$$= (M/4) (L/2) / 2 = ML/16$$

$$h \text{ 上} = (-L/2 \times 2/3) = -L/3$$

$$A \text{ 下} = (M/2) (L/2) / 2 = -ML/8$$

$$h \text{ 下} = (L/2 \times 1/3) = L/6$$