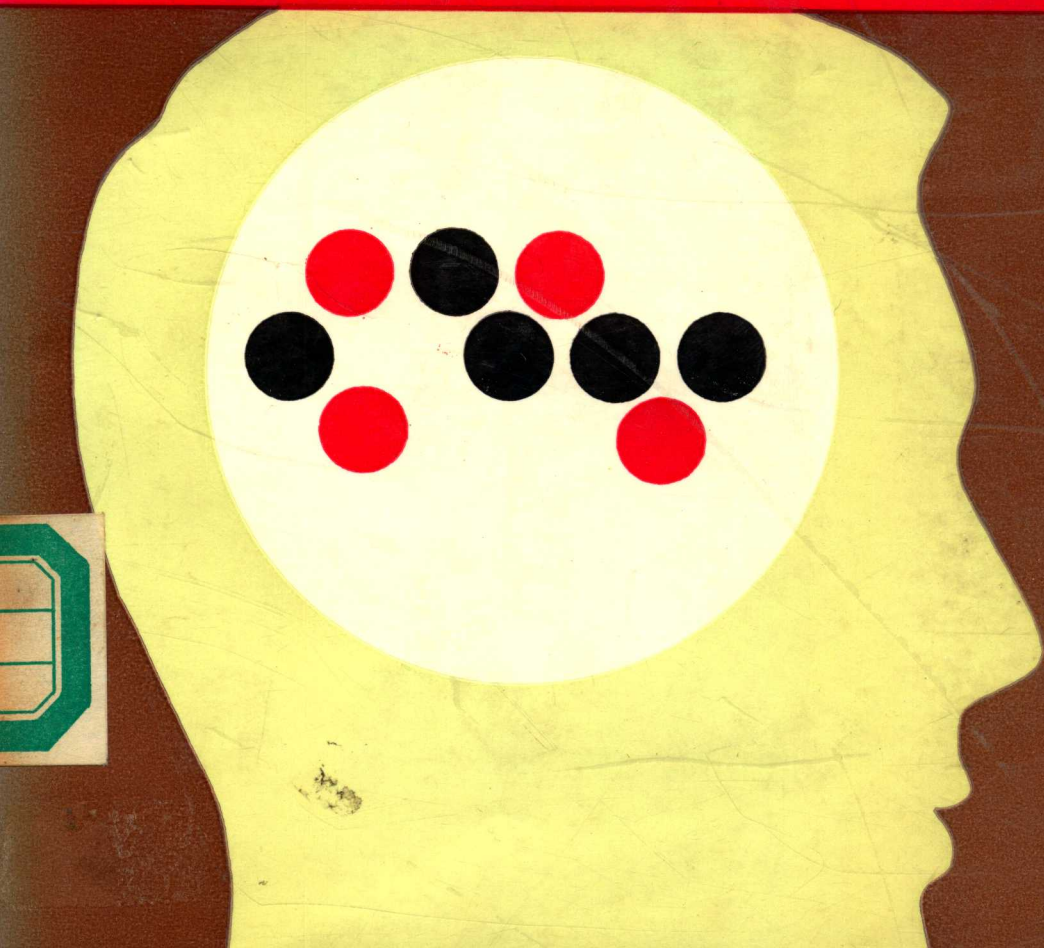


土木工程概論

常正之著

科學技術叢書 / 三民書局印行



TU36
25

土木工程概論

常正之著

學歷：國立成功大學土木工程研究所畢業

經歷：台北市政府工務技佐

彰化建國工專講師

現職：任教國立成功大學土木工程系

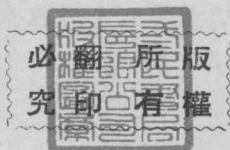
三民書局印行

中華民國七十三年六月初版

© 土木工程概論

基本定價壹元伍角陸分

行政院新聞局登記證 版業字第二〇〇號



著者 常正之
發行人 劉振強
出版者 三民書局股份有限公司
印刷所 三民書局股份有限公司

臺北市重慶南路一段六十一號
郵政劃撥九九九八號

序

本書之撰寫目的，在提供初次接觸土木工程之學生及有志從事土木工程業者，先行對於將來所學習的課程內容有一粗淺地、整體地認識，同時介紹一些土木工程所涉獵的範疇、與土木工程相關的施工技術及未來發展的趨勢，期能使初學者對於本身未來發展的方向，能有較良好的掌握。

本書共分十四章，每一章節，所介紹的內容，也力求淺顯，著重於觀念的啓迪及整體性概念的介紹。

在本書編印過程之中，本人首先感謝三民書局及成功大學土木系蔡教授攀鰲提供編輯的機會，對於編輯資料的提供，要感謝成功大學環境工程系助理研究員林志高碩士，水利系助教曾文哲碩士，土木系圖書館的張小姐及水利系圖書館的黃小姐，此外，對於內人在懷孕期間仍不辭辛勞的抄寫文稿並不時的給予精神上的鼓勵，尤其令本人感懷於心；另外曾文水庫管理局設計課的黃課長亦提供甚多寶貴的資料，也一併於此申謝。

最後謹以本文獻給我最敬愛的雙親、愛妻及所有關心我的人。

常正之

謹識於國立成功大學

土木工程概論 目次

第一章 土木工程簡介

一、緒論.....	1
二、未來發展之趨勢.....	2
三、結論.....	4

第二章 基本學科

一、工程力學.....	5
A.靜力學	5
B.動力學	9
C.材料力學	11
D.流體力學	13
二、工程數學.....	14
三、圖學與製圖.....	17
四、電算機之運用.....	18
五、工程經濟.....	24

第三章 測量學

一、測量之定義.....	27
二、測量工作程序.....	27
三、測量工作之內容.....	28

2 土木工程概論

四、測量儀器概說	28
五、測量在工程上之價值	29
六、測量之分類	29

第四章 土木材料

一、土木材料之意義	31
二、土木材料之分類	31
三、材料性質之考量	32
四、材料之機械性質	33
五、材料之物理性質	33
六、材料之化學性質	34
七、材料之耐久性	35
八、結論	35

第五章 大地工程

一、前言	37
二、土壤力學研究上之障礙	37
三、影響土壤行為的幾個重要因素	38
四、基礎工程	39
五、工程地質所扮演的角色	40
六、岩石力學	40
七、大地工程的展望	41

第六章 結構工程

一、前言	43
二、結構物主要部份名稱	45
三、結構的分類	52
四、與結構工程有關的課程	54

五、結構工程發展的趨勢	55
-------------	----

第七章 水利工程

一、前言	57
二、研習水利工程之方法	57
三、與水利工程有關之課程	58

第八章 交通工程

一、前言	61
二、公路工程	61
三、鐵路工程	64
四、交通工程	66
五、結論	69

第九章 環境工程

一、前言	71
二、水污染	72
三、空氣污染	75
四、固體廢棄物	77
五、結論	78

第十章 建築工程

一、緒論	81
二、建築形式及式樣	81
三、學習建築工程應有之體認及學理背景	83
四、結論	85

第十一章 都市計劃

一、緒論	87
二、現代都市發展的趨勢	88

4 土木工程概論

三、都市計劃的定義	8
四、都市計劃的要素	89
五、都市計劃學習的內容	90
六、都市計劃的特種問題	91
七、結論	93

第十二章 營建工程

一、前言	95
二、營建工程涉及之對象	95
三、土木科系畢業生在營建工程界所扮演的角色	97
四、營建工程與營建法規之關係	98
五、營建工程未來發展之趨勢	99

第十三章 營運與管理

一、前言	101
二、營運的意義	101
三、營運的內涵及關係	102
四、管理的意義	105
五、工程管理	106

第十四章 工程之維護

一、前言	111
二、工程維護所考慮之因素	111
三、道路及其附屬設施之維護	113
四、工程維護時之檢視方法	116
五、結論	116

第一章 土木工程簡介

一、緒論

自有人類以來，由於人類在生活上追求安全、方便、迅速、舒適，因此不斷地對其生活環境進行改造與整理，此種改造與整理的工作，即可謂之土木工程。大凡如穿鑿隧道，修築道路、架設橋樑、構築堤壩、建造房屋等皆屬之。也可以說，凡是在地球上我們所能接觸到的地方，都與土木工程發生或多或少的關係，就以各位同學在校求學來說吧，教室的建造，教室外道路的修築、體育館、運動場的修建，更甚而自來水的供應，提供電力的發電廠、廢水、污水的排除處理，放學以後，所搭乘的汽車、火車，它們所行駛的公路，鐵路、高速公路、道路兩旁高壓電線的輸送塔，田間灌溉用的渠道，或商店住宅，電影院、任何建築物都與土木工程有極密切的關係。

多年來政府投下龐大財力，物力，人力所積極從事各項建設，例如：港口（臺中、蘇澳）道路（高速公路、鐵路電氣化、北迴鐵路），電廠（核能發電廠），造船廠、煉鋼廠、石油化學工業，桃園中正國際機場等十項建設，皆與土木工程發生相當密切的關係，緊接著而來的十二項建設，亦復如此。目前國內所正在進行的翡翠谷水庫、明湖抽蓄工程、南迴鐵路、鐵路地下化、興達火力發電廠、高雄過港隧道等工程，無不均是以土木工程部分為主要本體，投資金額均高達數十億臺幣以上，同時在國防上，軍事上也有其重要的使命。尤其是一旦國家進入戰爭狀態時，無論在前線或在後方，道路、鐵路、港灣、機場等設備，都對軍事作戰、運輸具有很大的影響。此外如要

塞、軍港、修船塢、航空站等建築、在攻擊和防守兩方面，也都擔負了極其重要的地位。

更進一步的說，當前線橋樑被破壞時的緊急修復，渡過河渠時所迅速架設的臨時橋如M 2 桁架橋，浮橋、便力橋等，佔領都市時，恢復動力系統，修復給水、修復交通線、重整市容，均屬土木工程技術的範圍。

二、未來發展之趨勢

由於地球陸地面積之有限，人口數量的日益增加，未來人類生活的空間，將趨向平面及立體面來擴充，所謂平面擴充，就是由平地往山坡地，甚至深山裏發展。所謂立體擴充，就是往空中——樓房愈蓋愈高，往地下——兩層以上的地下構造，地下鐵路、甚至向海底工程等方面來尋求發展。又爲了要解決都市內停車的問題，勢必需要大量建造立體停車場，包括地上停車場：如臺北市西門鬧區之立體停車場。地下停車場：如臺北市中山堂地下停車場等。因此爲了實際的需要，土木工程技術，必須不斷地創新，不斷地研究，所以經常有適合於各種特殊情況的工法（施工方法）產生，用來解決工程上所遇到的難題。譬如；隧道鑽掘技術的日新月異（如大約翰開挖機之使用，冷凍工法及新奧地利工法之採行），擋土防水設備的日漸改善（如地下連續壁），模板（由木模進步到鋼模、活動模板），鷹架（由孟宗竹編鷹架進步到鋼管鷹架）及混凝土拌合，澆灌，運送方式的進步（由人工拌合，進步到利用拌合斗拌合，甚至採用預拌混凝土；由獨輪手推車運送進步到利用輸送帶運送及壓力泵灌漿），此皆能使得施工品質控制精確，節省人力，縮短工期，降低施工成本，也由於我國工程界的施工技術日漸提高，施工機具益見擴充，因此有能力遠赴國外（如

沙烏地阿拉伯、約旦、印尼、關島等地) 承包土木工程，為國家賺取大量外匯，同時也提高了我國的國際地位，塑造了良好的國家形象。

其次，隨著資訊工業的迅速發展，未來土木工程界無論在設計，施工及施工管理上，均可藉助於電子計算機，快速有效的大量資料處理能力，進行繁雜的設計（包括結構設計、動力分析、應力分析及航空照片圖配合進行之公路、鐵路定線，縱橫斷面繪圖，土方計算、工料分析、工期估量等），亦可作為施工時進料，用料、人工管理、薪資發放、施工進度分析等之控制工具，節省了大量的人力及時間，也就因為電子計算機之運用為未來工程界必定之趨勢，因而全國各大專院校之土木科系、均已將電子計算機課程列為必修的課程之一，足見其重要性。

再者，早期土木工程界所採用的施工材料，大多笨重且強度低，因此結構物承受本身靜載重（自重）之餘，所能承受的外加活載重的能力甚差，也就是說其所能承受活載重與本身材料之靜載重之比率偏低，如此一來，有許多不甚理想的情況出現，譬如就以樓房而言，由於材料本身之靜載重大而強度差，因此必須加大樑、柱之斷面積，減少柱之間隔距離，加多柱子的數量，使得原本甚為理想之居住（或其他用途）空間，被樑、柱、隔間牆佔去大部分，使得空間縮小，景觀上也令人覺得不適。在本省住宅面積極為有限的情況下，此種空間上的浪費，更形嚴重，因此，未來在建材方面的發展，有傾向於質料輕，強度高的趨勢，一如輕質混凝土，塑膠混凝土，樹脂混凝土，玻璃纖維混凝土，高強度鋼筋預力混凝土等。最近，美國密蘇里大學更從事於冷型鋼之研究，將對未來土木工程界提供一種新而可用之優良建材。

目前本省由於預力混凝土的廣泛運用，使得大型構造物之造型更為美觀，各桿件之斷面積減少，支承距離加大；譬如高速公路圓山

4 土木工程概論

橋，跨徑達 150 公尺，採用預力箱形斷面，並利用懸臂式工作車施工，無論就現場地形，交通狀況之配合與造形上之美觀而言，均不失為一良好之設計。此外，國內外並積極從事於預鑄房屋之研究，一旦臻於完美境地，則對於建築界而言，可大大的縮短施工時間，並可降低房屋造價，提高品質，控制精度。

三、結論

土木工程與人類生活息息相關，爲了追求更完美更舒適的將來，新的材料，新的技術，新的觀念不斷的創造出來，因此就各位有志修習土木工程的同學而言，未來是無可限量的；而土木工程，除了學理上的探究，尤重實地現場的經驗，所以各位同學除了在校接受學理的薰陶外，可利用課餘的時間，實際參與各項工程建設，吸收土木先進的經驗，佐以學理基礎，必能建立整體的觀念，進而成爲一優秀的土木工程師。

第二章 基本學科

吾人欲學習一項專門技能，必須先了解其在學理上的依據，才能徹底曉悟，然後運用到實際的工作上去，方能收事半功倍之效，與土木工程有關之學理，可謂包羅萬象，其中有道理較深奧者，也有較粗淺者，其各個課程之間皆有所關聯，我們研習有關土木工程的課程，必須循序漸進，由淺入深，方能學得踏實，不致使初學者感到某些課程過於深澀難懂，以免揠苗助長之害。

在這一章中，我們將介紹一些與土木工程有關之基本學科；包括：1.工程力學。2.工程數學。3.圖學與製圖。4.電算機之應用。5.工程經濟。以上諸科，均將分別敘述於后；至於其他學科，如物理、化學，皆與土木工程亦有相當的關係，但對於各位同學而言，因皆已接觸頗多，於此便不再贅述。

一、工程力學

工程力學係由物理學中，力學的部份衍生而來，包括靜力學，動力學，材料力學與流體力學等四大單元，茲再將其每一單元中，各位同學將接觸和學習的部分，略作一簡單的介紹。

A. 靜力學：

一般介紹靜力學的書籍，大約都包括以下數個章節：

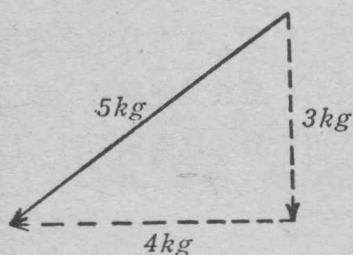
1. 有關靜力學的基本觀念：在這一章中，介紹各位同學甚麼是力？力的構成要素包括了力的大小，方向及作用點，我們通常是以向量來表示力，並藉著作圖法及計算法分別求得力的合成及分解，譬

6 土木工程概論

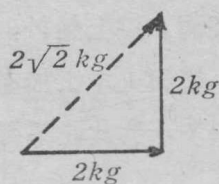
如；同時有兩個不同或兩個以上不同大小，不同方向，相同或不同作用點的力，施加於某一物體上，我們可藉著力合成的方法，將其簡化一個單一的力作用於該物體上，再利用牛頓定律，判斷該物體會處於一種靜止的狀態，或者沿力的方向產生移動，並可計算其移動的速度及加速度的大小。

對於該物體上某一特定點，如果作用力之作用點與該特定點間有距離存在，這距離，我們稱之為力臂。力的大小與力臂的相乘積，我們稱之為力矩；大小相同，方向相反，間隔一定距離的兩個力，就形成了所謂的力偶。

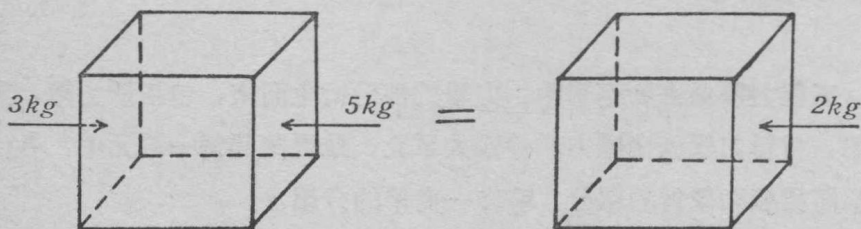
如圖 2-1 所示：



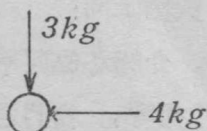
(a) 力的分解



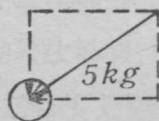
(b) 力的合成

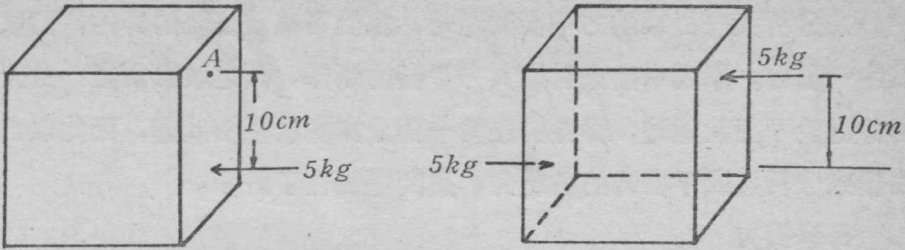


(c) 力的合成



(d) 力的合成





(e) 對於A點而言5kg力之力臂為10cm (f) 力偶 = $5 \times 10 = 50\text{kg-cm}$
(力矩 = $5 \times 10 = 50\text{kg-cm}$)

圖 2-1

2. 力系的合成：在這一章中，將介紹何謂平面交會力系？何謂空間交會力系？何謂平面非交會力系及何謂空間非交會力系？分別將一物體（或桿件、梁、柱等）可能的受力型態，介紹給各位同學，並介紹如何將這許多同時作用的力，化簡成相等值的單一力或力矩，使得我們在進行更高深的學習及設計時，能將繁雜的問題簡化。

3. 合力形心及重力重心：(Centroid and centers of gravity)

在這一章中，將介紹何謂合力形心及重力重心？如何求得數個力同時作用下的合力形心點位置及一個規則或不規則斷面，其重心位置何在？提供我們對於物體所受作用力合力的位置，及該物體發生的位移、傾倒、旋轉等一個事先的判斷，以便採取適當的措施來預加防範。

4. 力的平衡

關於力的平衡，我們通常需考慮三部分，即水平方向合力為 0，($\sum F_x = 0$)，垂直方向合力為 0，($\sum F_y = 0$) 及合力矩為 0 ($\sum M = 0$)；對於某些特定的情況，則需考慮其合力為 0 ($\sum F = 0$) 及對二特定參考點或方向 a, b 合力矩為 0，($\sum M_a = 0$, $\sum M_b = 0$)，利用此一力平衡觀念，吾人可解決一些桿件的平衡問題，桁架的平衡問題及構架的平衡問題，進而求出每一桿件所受應力及彎矩、剪力的大小，再利用經由試驗及規範所定得的材料容許強度，進行桿件斷面設計及鋼筋用量等的計算。

在分析某一複雜的力平衡問題時，我們可將該複雜的桿件，切取其中一部分，單獨拿出來討論其力平衡的關係，謂之取自由體，由於桿件處於平衡狀態時，桿件的任何一部分亦處於平衡狀態，因此取自由體來分析達成平衡時的各種力，將問題簡化了許多。

5. 摩擦力

除了假設的理想光滑體以外，任何物體，置於一粗糙或平滑的面上，承受一外力作用時，則沿著粗糙或平滑的面上，或多或少會產生摩擦力，此摩擦力的大小，與該粗糙面或平滑面法線方向對該物體之反力成某種比例關係，此一比值，謂之摩擦係數，包括靜摩擦係數及動摩擦係數兩種。摩擦係數的大小與接觸面間的材質及其粗糙程度有關。

瞭解了摩擦力的生成及其大小以後，我們可以用來更正確的研判物體受力運動的情形，或是估量一靜止物體穩定的程度及吾人欲使它動所需施加的力量。

6. 慣性矩 (Moments of Inertia)

請參閱圖 2—2，對於一規則或不規則斷面中之一單元面積 dA 而言，其對某一特定軸之慣性矩定義為：該單元面積與該單元面積重心與特定軸間距離平方之乘積；如 $dI_y = X^2 dA$ 為單元面積 dA 對 y 軸之慣性矩。因此，該規則或不規則斷面上所有單元面積對 y 軸慣性矩之總和可表為

$$I_y = \int X^2 dA$$

同理 $dI_x = y^2 dA$

$$I_x = \int y^2 dA$$

經由此基本定義，我們可求得各種不同形狀斷面對於某一參考軸之慣性矩，慣性矩知道後，各位同學在學習材料力學以後，可以將各桿件承受外力作用時，斷面上每一點所承受的應力大小求得，並藉以判斷該桿件在承受該作用力時是否安全，是否會產生永久變形。

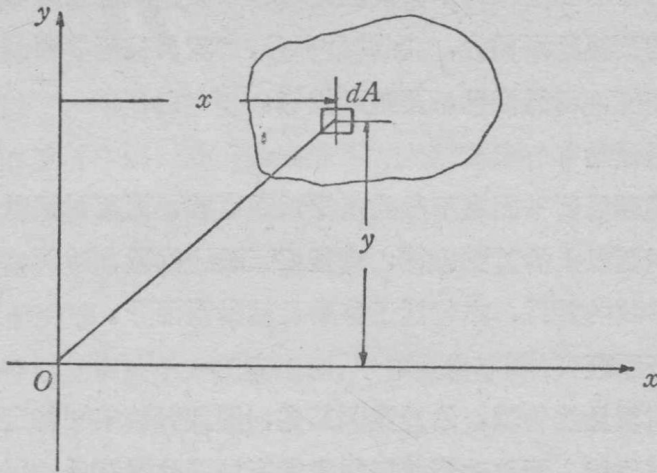


圖 2-2

靜力學為土木工程學理的基礎，幾乎所有與土木工程有關之課程，都應用到靜力學的觀念及方法，因此各位同學在學習靜力學時，務必將各章節的道理、學得融會貫通，課後的習題，要勤加習作，一方面加深印象，一方面訓練解決問題的思路，以培養正確的邏輯推斷的能力。

B. 動力學

動力學研究的範圍與靜力學不同，靜力學研討的對象侷限於物體或桿件的靜態平衡方面，而動力學則以靜力學的觀念為基礎，再加上牛頓等學者的運動定律，用來研討物體承受外力作用下之移動，轉動，振動等問題。

動力學研討的範疇，大約包括以下數個章節：

1. 絕對運動

包括質點、線及剛體的絕對運動，討論其受不平衡外力作用時，位置、時間、速度、加速度及位移間的關係，而在研討的過程中，通常會預先選定一組參考座標軸作為解決問題的工具。我們常用的參考