

科學圖書大庫

結構分析

(統一古典及矩陣求解法)

譯者 馬吉康

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

結構分析

(統一古典及矩陣求解法)

譯者 馬吉康

江苏工业学院图书馆
藏书章

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 林碧銓 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國六十六年十一月十日再版

結構分析

(統一古典及矩陣求解法)

基本定價 7.20

譯者 馬吉康 中正理工學院同工學士

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(63)局版臺業字第0116號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686號
發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號
承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

我們的工作目標

文明的進度，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成爲事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，尤爲社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啓發，始能爲蔚爲大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尙有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏爲監修人，編譯委員林碧銓氏爲編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分爲叢書，合則大庫。爲欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尙在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲。

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良出版系統，擔任傳播科學種子之媒介。尙祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

譯 序

本書幾可稱之爲古典及現代 (Classical and Modern，即過去制式及現在分析與分析工具方面) 結構分析之總匯，自初始至高深理論該括無遺。尤其矩陣代數用之于計算機處理方面實爲目前與將來唯一發展途徑。學者通乎此則思過半矣。

原著者 A. Ghali 爲 University of Calgary 土木系教授，自開羅大學畢業後並獲碩士學位；繼獲 Leeds University 土木工程系博士及開羅大學土壤力學及基礎工程研究院證書。Gohali 博士先後在開羅及 Calgary 大學教學十五年，主授結構分析及有關課程。此外身爲一設計師及顧問並曾爲埃及、瑞士及加拿大工業機構廣泛研討解決各項問題。且爲美國混凝土學會幾種會社之會員，在結構分析、設計方面頗多著作問世。

A. M. Neville 爲 Leeds 大學土木系主任及前 Calgary 大學土木工程學院院長。自倫敦大學獲得土木系學士、碩士、博士及工程博士。先後在英、加、奈及利亞及新西蘭積十五年教學經驗。Neville 博士曾獲建築工程學會，鋼筋混凝土學會，新西蘭工程學會及 University of Liege 等頒贈勳獎。並爲美國混凝土學會，美國材料試驗協會，美國標準協會，建築工程學會等會員及主席。著作有八十篇以上研究及技術性論文並出版四冊有關土木之書籍。

譯者才疏學識，雖全力以赴，其疏脫之處容有難免，尚祈方家不吝指正。屬文中或因譯意難得兩全，或出之指點效用，有以圓括號在行文中另作標註者，希對學者諸君稍有助益。

爲求充分了解，且能即學即用，書中頁下所註參考書籍及矩陣代數與計算機程式處理等各項知識都宜事先作一充分之準備與了解。

中華民國六十五年三月

譯 者

原序

本書著論旨在使任何熟悉靜定結構基本力學應用一常常包括在土木工程學系早期課程中一者都能繼起跟進。書中內容基本者與高等者兼容並蓄，強調結構分析在整體上表裡一致。實際上組合了所有靜力不定結構分析之古典及近代法則於一爐。

本書採用為加拿大卡伽利大學(University of Calgary, Canada)大學部及研究院課程，幾經增益，用之歷有年所。最初十四章為基本法則，可作為前一二學期教本；其餘部分，可按需要情況作適切之選擇，便可構成此方面較高級課程。如此編排不但恰好適合學生抑且可供實習工程師雅好自修以增進其學業者都能了解對於各型結構上最為便捷之分析方法。

各章節中分析方法都不乏完全解答之例題以資佐證。而每章末更精選例題，以其答案錄諸書末。常用數據亦附錄在書後；對不熟悉矩陣代數學者，該處並作有充分之介紹。

矩陣代數在結構分析上頗具實用，此因為藉此可以把一系列之矩陣運算經公式化後以求出解答，而便于數字計算機之處理。尤有進者，運用矩陣對各型結構便可按普遍化方式實行分析，而且因為矩陣之組織特性，即使採用手算矩陣代數時亦特具優點。矩陣公式可使其代表方程形成一種密集形式：不但省節空間，抑且使讀者集中心力作通盤之運算而不為代數或算學上細節虛耗精力。準此原因，矩陣符號乃在本書中廣泛運用。

為首四章中介說兩種各自不同之普遍分析法則：即是加力法及位移法(Force Method and Displacement Method)。在前者，結構經移除限制力後使之成為靜定狀態；由此獲得滿足靜力學之一解，而其幾何上相當之不相容性(inconsistency)則由外加力量加以修正。而在位移法中，則加入人為限制而計算其相當之限制力量；其平衡條件則由移去限制力以行滿足之，於是容許位移產生，再把結構歸回其實際之狀態。綜此全書都在循此二不同法則強調其整體的統一觀點。

加力及位移二法之關鍵都注重力與位移之線性聯立方程之求解。最初幾

章注重此二法則之基本觀念，並不因為導算其形成方程式所必要之係數細節因而淆亂其運算之過程。相反的，此都可以利用附錄B，C及D以得出外加單位力所形成之位移，相當單位位移所需之力量以及由於各式載重所造成之固定端力。因此位移計算方面瑣細之諸般考慮一直後延到第五至九章，顯然那時靜力不定結構之分析已屬勢所必要。讀者對於梁撓度計算方法已甚熟諳者，遵循此種教材之安排順序甚屬適切。然而為了先行了解位移計算之方法起見，便不妨在未讀第二至第四章之前先讀第五至九章；如此並不致紊亂其一慣性。

連續梁、構架及桁架之分析在第十至第十二章中加以處理。其中包括有柱類似法 (Methods of Column Analogy)，斜度撓度及力矩分配法 (Slope-Deflection and Moment Distribution)，無不是加力或位移法之應用。而採納于其間之無數例題，經過充分解答，兼括簡單題目更至於實用結構上常見更為複雜之型式。速捷分析多幾層（樓房）或幾間（平房）建築構架之方法在十二章中論述之。本質上，此等都屬古典方法，特適合手算之需用，然而結構設計師作為草創計算，用作核校計算機結果，而且自然在並無計算機可資利用時，其價值並不等而下之。

感應線及感應係數 (Influence Lines and Influence Coefficients) 用之於結構上受到運動載重或載重位置發生變異時，乃屬十分有用之分析工具。第十三及十四章便要談到如何獲得感應線之方法；密氏布氏 (Müller-Breslan) 原理經解釋後施用之於各種形態之結構，包括柵結構工事 (Gridworks) 及交錯連接橋梁系統。十三章及十四章之大部分都用來處理代表一單值重力載重效應時其感應線之有關問題。而十四章其餘部分中則討論二種其他載重型式影響下之感應線；此等感應線之一例係用在靜力不定預力結構之分析中。

構架結構 (Frame Structure) 軸向力 (Axial Forces) 之影響在第十五章中考慮之。一切長度改變及勁性特性 (Stiffness Characteristics) 改變二種影響都經過討論之後採用於桁架 (Truss) 副應力問題而且用以決定連續構架之臨界皺曲載重 (Critical Buckling Loads) 方面。

十六章論列常見於近代建築中剪力牆之分析。本章將綜察現代知識，暢論有關簡化後之假設條件並提供一種可以施之于大多實用情況而皆準的分析方法。

以目前計算機之普遍，數值計算法 (Numerical methods) 便日漸流行於實際結構分析中。有限差法 (finite-difference method) 而且乃至有限原素法 (Finite-element Method) 都為實施大量計算時之有力工具。十七章記述運用

VI

有限差為合成梁元素之分析而且推廣至軸對稱壳狀迴旋體之處理。而十八章中則用有限差法以分析平板，十九章中乃取之以獲取感應，撓曲性，及勁性係數，凡此在在都有其大用。

用以分析連續體(Continuum)問題之有限元素法乃為基礎于能量理論及基礎于前數章之位移法分析方面者。準此原因，乃可以在第二十章中表成基本普遍方程加以廣泛應用。此中即採納有限元素法之充分細論以便解答平面塑性及板彎曲諸端問題。而二十章末尾部分所討論之有限狹條(Finite Strip)法却屬有限元素法之延伸，此在省節計算量方面功不可沒。

近代結構設計大凡根據彈性及塑性分析(Elastic and Plastic Analysis)兩者。塑性分析並不能取代彈性分析，只是在摺斷載重及摺斷模式(Collapse Load and the Mode of Collapse(譯者試譯))方面提供有利消息加以補充。第二十一及二十二章便要分別理論構架結構及版(Slabs)之分析。

第二十三章介紹的是結構動力學(Structural Dynamics)。此乃在研究機器，爆破或是地震動力載重在結構上造成之反應。首先要討論單自由度系統之自由及強迫振動。然後再藉矩陣運算之便推展至多種自由度系統。

第二十四章研討一些大型結構分析中之計算技巧。闡述基本觀念而却未詳論計算機程式問題，此方面補充參考必須向專門性手冊或教本獲取。雖然本書中亦配合有計算機節目實作，所提供充分知識足以解決結構分析中之眾多課題。

為了便利美、加及無數英國讀者起見，凡數字例題一概採用英制單位。然而在其他讀者方面亦不致遭遇困難，原因在本書毋寧注重分析方法而非設計，一切導算及取式都以符號出之也。

卡伽利大學G.S.Tadros及Langan先生為多數問題作答；同校無數先期學生解答衆多問題；Leeds大學J.Harrop博士協助第二十二章之撰寫；以及卡伽利大學Y.K.Cheung博士對本書局部所作考訂及建白以及協助撰寫第二十二及二十四章，著者願在此篇首謹致謝忱。原稿且經K.M.F.dallas女士，S.M.Fawcett女士，C.I.Hills夫人J.M.Misaelides夫人及G.Donaldson夫人作成定稿，且經過Leeds大學P.K.Das先生苦心校讀。

A. Ghali

A.M. Neville

calgary, Canada

目 錄

譯 序

原 序

第一章 靜力不定結構分析 介說

1-1 緒 論	1
1-2 靜力不定性	3
1-3 不定度公式	7
1-4 靜力不定結構分析一般 法則	11
1-5 運動不定性	11
1-6 疊加原理	15
1-7 概 論	18
問 題	18

第二章 加力分析法

2-1 緒 論	22
2-2 方法敘述	22
2-3 撓性矩陣	24
2-4 各種負荷分析	26
2-4-1 接點上位移影響：環境 影響	26
2-4-2 坐標上位移影響	28
2-5 三力矩方程	34
2-6 概 論	38
問 題	38

第三章 位移分析法

3-1 緒 論	42
3-2 方法敘述	42

3-3 勁性矩陣	45
3-4 各種負荷之分析	56
3-5 環境影響之分析	56
3-6 坐標上位移影響	59
3-7 概 論	60
問 題	61

第四章 撓(曲)性及勁性矩 陣

4-1 緒 論	65
4-2 撓(曲)性及勁性矩陣 間關係	65
4-3 加力或位移法之抉擇	67
4-4 稜柱形梁(Prismatic Beam) 之勁性矩陣	71
4-5 勁性矩陣之併項	74
4-6 撓(曲)性及勁性矩陣 之特性	75
4-7 概 論	78
問 題	78

第五章 應變能及虛功

5-1 緒 論	83
5-2 位移幾何	83
5-3 應變能	85
5-3-1 軸向力之應變能	89
5-3-2 彎(曲力)矩之應變能	89
5-3-3 剪力之應變能	91

VIII

5-34 扭轉之應變能.....	92
5-4 補足能 (Complementary Energy) 及補足功.....	93
5-5 虛功原理.....	95
5-6 單值載重及單值位移定理.....	96
5-7 虛功變換.....	97
5-8 概 論.....	100

第六章 虛功法及其在桁架上之應用

6-1 緒 論.....	101
6-2 虛功法對位移之計算.....	101
6-3 靜力不定結構之位移.....	103
6-4 虛功法位移計算之積分法.....	105
6-5 桁架撓度.....	107
6-6 以矩陣代數求桁架撓度.....	110
6-7 概 論.....	112
問 題.....	112

第七章 虛功法之擴大運用

7-1 緒 論.....	115
7-2 等值接點載重.....	115
7-3 梁及構架撓度.....	116
7-4 應用矩陣代數求梁及構架撓度.....	124
7-5 併裝結構之撓性矩陣.....	131
7-6 概 論.....	132
問 題.....	133

第八章 重要能量定理

8-1 概 論.....	136
--------------	-----

8-2 白蒂及馬克斯威 (Betti & Maxwell) 定理.....	136
8-3 力量及位移變換上白蒂定理之應用.....	139
8-4 勁性及撓性矩陣之變換.....	142
8-5 併裝結構之勁性矩陣.....	145
8-6 昂格塞相容性定理.....	147
8-7 卡氏 (Castigliano) 相容性定理.....	149
8-8 補足能量作位移之計算.....	150
8-9 卡氏定理.....	151
8-10 位 能.....	153
8-11 概 論.....	155
問 題.....	155

第九章 特別方法求彈性結構之位移

9-1 緒 論.....	160
9-2 平面桁架撓度之作圖法定法.....	160
9-3 受彎力梁撓度之微分方程.....	162
9-4 力矩面積理論.....	165
9-5 彈性重量 (Elastic Weights) 法.....	169
9-5-1 等值集中負荷.....	172
9-6 有限差法.....	176
9-7 以福氏級數 (Fourier Series) 表示撓度.....	178
9-8 以不定參數級數 (Series With Indeterminate Parameters) 表示撓度.....	180
9-9 概 論.....	185

問 題.....	186
----------	-----

第十章 加力法應用：柱類 似

10-1 緒 論.....	190
10-2 彈性中心及類似柱...	190
10-2-1 不對稱排架.....	195
10-3 已釋結構之選擇法...	197
10-4 平面構架之端勁性...	201
10-4-1 端旋轉.....	202
10-4-2 端平移.....	202
10-4-3 端 力.....	203
10-4-4 強迫位移.....	205
10-5 具特別端條件排架之 勁性矩陣.....	205
10-6 平直構材之端勁性...	207
10-7 拱中軸向力影響之修 正.....	212
10-8 概 論.....	213
問 題.....	214

第十一章 位移法之作用： 斜度撓度及力矩分配

11-1 緒 論.....	217
11-2 習用代字及符號.....	218
11-3 平直構材之斜度撓度 方程.....	219
11-4 平衡方程.....	220
11-5 力矩分配過程.....	225
11-6 接點不平移之平面構 架力矩分配程序.....	230
11-7 已調整端旋轉勁性...	232
11-8 已調整固定端（力）	

矩.....	236
--------	-----

11-9 概 論.....	241
---------------	-----

第十二章 具傾側(SWAY) 結構之力矩分配：多 層及多間構架

12-1 緒 論.....	242
12-2 具有接點平移平面構 架之一般程序.....	242
12-3 無剪力之力矩分配...	249
12-4 陸續傾側修正法.....	256
12-5 替代構架.....	258
12-6 倍數原理.....	262
12-7 具任一勁性型替代構 架之應用.....	263
12-8 概 論.....	266
問 題.....	266

第十三章 梁，構架及柵之 感應綫

13-1 緒 論.....	273
13-2 感應綫之觀念及應用	273
13-3 密氏布氏 (Müller Berslau) 原理	274
13-3-1 獲致感應綫之程序...	279
13-4 間接載重之修正.....	279
13-5 具端固定梁之感應綫	280
13-6 平面構架之感應綫...	283
13-7 柵之感應綫.....	287
13-8 概 論.....	295

第十四章 拱，桁架及預力 混凝土構材之感應綫

14-1	緒論	298
14-2	一般疊加方程	298
14-3	拱之感應綫	299
14-4	桁架之感應綫	301
14-5	預力力矩感應係數	304
14-6	感應綫間關係	309
14-7	構架及梁之預力力矩感應係數	311
14-8	柵之預力力矩感應係數	314
14-9	概論	316
	問題	316

第十五章 軸向力影響

15-1	緒論	321
15-2	長度變化之影響	322
15-3	桁架中副力矩	323
15-3-1	力矩分配計算步驟	324
15-3-2	相對弦旋轉	325
15-4	受軸向力稜柱形構材之勁性	327
15-4-1	軸向壓力影響	329
15-4-2	軸向拉力影響	334
15-4-3	一般處理	336
15-5	受軸力稜柱構材已調整端旋轉勁性	336
15-6	受軸向力稜柱形構材之固定端(力)矩	339
15-6-1	均勻負荷	339
15-6-2	集中負荷	340
15-7	受軸向力稜柱形構材已調整後固定端(力)矩	341
15-8	構架彈性穩定性	347
15-9	以力矩分配法計算構	

架之彎曲負荷	351
--------	-----

15-10	概論	353
	問題	355

第十六章 剪力牆分析

16-1	緒論	358
16-2	剪力牆 (Shear Wall) 元素之勁性	360
16-3	具固定端部分梁之勁性矩陣	363
16-4	具剪力牆平面構架之分析	364
16-5	視如平面結構建築物之簡化近似分析	366
16-5-1	類似柱及梁之特例	369
16-6	具開口之剪力牆	374
16-7	三維分析	377
16-7-1	一層結構	378
16-7-2	多層結構	386
16-8	概論	390
	問題	391

第十七章 有限差法

17-1	緒論	394
17-2	有限差導數公式	394
17-2-1	有限差方程中之誤差	398
17-3	靜定梁中彎矩及撓度	399
17-4	梁撓度及外加力間有限差關係	401
17-4-1	具突變斷面之梁	404
17-4-2	邊境條件	405
17-5	梁撓度及合應力或反力間有限差關係	406
17-6	彈性基礎上梁	407

17-7	軸對稱圓筒壳.....	411
17-8	錐形及球形壳.....	415
17-9	具樞軸端柱之皺曲負荷.....	417
17-10	具拘束端柱之皺曲負荷.....	421
17-11	概 論.....	423
	問 題.....	424

第十八章 有限差對板之分析

18-1	緒 論.....	427
18-2	以有限差表示偏導數.....	428
18-3	板受同平面 (In-plane) (譯者試譯) 力時之主控微分方程.....	430
18-4	厄氏應力函數.....	431
18-5	受同平面力板之有限差方程.....	432
18-51	板邊界上應力函數值.....	435
18-6	板受彎曲時之主控微分方程 (Governing Differential Equation) (譯者試譯)	440
18-7	板受彎曲時內節點 (Nodes) 之有限差方程.....	442
18-8	板受彎曲時邊境條件.....	442
18-9	板受彎曲時之分析.....	447
18-9-1	加勁板.....	449
18-10	薄板之皺曲.....	452
18-11	概 論.....	455
	問 題.....	455

第十九章 有限差求感應係數

19-1	緒 論.....	459
19-2	等值勁性矩陣與勁性矩陣間比較.....	459
19-3	合應力之感應係數.....	464
19-4	等值勁性矩陣之變換.....	469
19-5	用有限差導算元素勁性矩陣及固定端力之位移法	471
19-6	概 論.....	473
	問 題.....	474

第二十章 有限元素法

20-1	緒 論.....	478
20-2	有限元素程序.....	479
20-3	位移函數之選擇.....	480
20-4	總位能求極小時之勁性矩陣公式法.....	481
20-5	三角形元素：板受同平面力.....	484
20-5-1	位移函數.....	484
20-5-2	應變.....	488
20-5-3	應力.....	489
20-5-4	勁性矩陣.....	490
20-5-5	相容負荷向量.....	491
20-5-6	節點力之物理解釋及勁性矩陣之另式推導法.....	492
20-6	梁元素.....	497
20-7	矩形元素：板受彎力.....	500
20-8	有限狹條法 (Finite-Strip Method) 分析彈性版..	

.....	508
20-8-1 程 序.....	509
20-8-2 基本函數.....	516
20-8-3 簡支狹條.....	518
20-9 概 論.....	524
問 題.....	525

第二十一章 連續梁及構架之塑性分析

21-1 緒 論.....	527
21-2 極限力矩.....	528
21-3 簡(支)梁之塑性行爲.....	529
21-4 固定端及連續梁之極限強度.....	530
21-5 矩形橋門構架.....	534
21-5-1 均佈負荷下塑性樞軸之定位.....	536
21-6 元素機構之組合.....	538
21-7 具斜傾構材之構架.....	538
21-8 軸向力對塑性力矩容量之影響.....	540
21-9 剪力對塑性力矩容量之影響.....	542
21-10 概 論.....	542
問 題.....	543

第二十二章 版降伏線及狹條法

22-1 緒 論.....	545
22-2 降伏綫理論基本.....	545
22-2-1 習用表示法.....	546
22-2-2 版在二垂直方向相等	

加強時極限力矩.....	547
22-3 能量法.....	548
22-4 直生版 (Orthotropic Slabs) (譯者試譯).....	550
22-5 版之平衡.....	553
22-5-1 節點力.....	554
22-6 平衡法.....	556
22-7 不規則版.....	559
22-8 狹條法.....	562
22-9 帶式鋼筋之應用.....	564
22-10 概 論.....	564
問 題.....	567

第二十三章 結構動力學

23-1 緒 論.....	570
23-2 坐標及塊集物質.....	570
23-3 相容性質量矩陣.....	573
23-4 單自由度系統之無阻尼自由振動.....	575
23-5 單自由度無阻尼系統之響應.....	577
23-5-1 特例：諧和振力.....	577
23-5-2 通例：任一擾動力.....	578
23-6 單自由度系統之滯性阻尼振動.....	580
23-6-1 自由滯性阻尼振動.....	580
23-6-2 加諧和振力，滯性阻尼振動.....	582
23-6-3 任一擾動力之響應.....	584
23-7 多自由度系統無阻尼自由振動.....	584
23-8 自然模式之正交性.....	587
23-9 正常坐標 (Normal Coord-	

dinate) (譯者試譯)	A-10 特徵數值.....639
.....588	問 題.....641
23-10 結構對地震之響應...591	附錄B
23-11 概 論.....593	稜柱形構材之位移.....645
問 題.....593	附錄C
第二十四章 計算方法	稜柱形構材固定端力.....648
24-1 緒 論.....596	附錄D
24-2 數據準備.....596	稜形構材端位移造就之端力650
24-3 個別勁性及變換矩陣	附錄E
之計算.....599	支點單值位移連續梁在支點之
24-4 勁性矩陣之組合.....602	反力及彎矩.....652
24-4-1 以連結矩陣實行組立602	附錄F
24-4-2 以觀察法實行組立...605	幾何形狀之面積及重心.....659
24-5 預置位移條件發凡...606	附錄G
24-6 聯立方程求解.....610	扭轉常數 J661
24-7 內力計算.....614	附錄H
24-8 構架法之塑性分析...616	積分 $\int M_u M dl$ 之數值.....663
24-81 引發塑性樞軸時構材	附錄I
勁性之修正.....618	定值 $E I$ 簡(支)梁受單值端
24-82 逐步程序.....619	力矩時之撓度.....665
24-9 概 論.....624	附錄J
附錄A 矩陣代數	柱類似法中常用平面面積之幾
A-1 緒 論.....625	何特性.....667
A-2 定 義.....625	
A-3 矩陣易位.....627	
A-4 矩陣之加減法.....627	
A-5 矩陣乘法.....628	
A-6 區間矩陣.....629	
A-7 矩陣反式.....630	
A-8 行列式.....632	
A-9 聯立綫性方程解.....634	

XIV

一般參考書籍.....	668
問題答案.....	669
中英名詞對照	699