

Abaqus 實務攻略

— 入門必備 —

士盟科技股份有限公司 編著

推薦序

Abaqus 實務攻略 - 入門必備

有限元素法發展於 1960 和 1970 年代，至 1980 年代更臻成熟後，大型商業套裝有限元素軟體於焉逐漸成形。筆者初次接觸 Abaqus 有限元素軟體，是 1988 年在美國伊利諾大學香檳校區的國家複合材料中心（National Center for Composite Materials Research, University of Illinois at Urbana - Champaign）擔任博士後研究員時；當時該中心接到美國海軍研究部門（Office of Naval Research）的研究計畫，從事複合材料的研發工作。而美國海軍研究部門指定採用 Abaqus 軟體做為數值分析的工具，主因即是 Abaqus 是當時功能最強且廣泛的有限元素軟體，尤其是處理幾何非線性及材料非線性問題之能力。

筆者當時剛獲得土木工程博士學位，論文內容是研究鋼筋混凝土的非線性行為，自覺對用 Newton-Raphson 法解非線性問題小有心得；當時求解非線性問題最好的 Riks 法（或稱 Arc-Length 法）發表不久，在商業套裝軟體的應用上付之闕如，研究員大多自力撰寫 Riks 法的程式做分析，而 Abaqus 是最先納入 Riks 法的商業套裝軟體。一般常見結構的幾何非線性問題如梁、板及殼的後挫屈現象（Post Buckling），使用 Abaqus 中的 Riks 法，可輕而易舉的得到完整的力與變位曲線，徹底解決 Newton-Raphson 法中跳躍（Snap through）且不穩定之狀況，排除只能得到部份力與變位曲線的缺失。除幾何非線性外，Abaqus 軟體亦有完善的非線性材料模型，可以模擬韌性材料如金屬、脆性材料如混凝土、疊層材料如纖維加勁複合材料、…等工程上常見的材料。即便使用者需分析非常特殊的材料，不在 Abaqus 軟體的材料模型中，使用者亦可撰寫模擬特殊材料行為之 FOTRAN 副程式，並與 Abaqus 主程式聯結，從事後續分析，非常容易上手。

經過 30 多年的發展，Abaqus 從不易使用的指令輸入模式，逐漸改善為使用者操作簡易的視窗輸入模式，並包含強大的 Abaqus/CAE 前、後處理器，方便使用者能夠

以圖像的方式，迅速判斷分析結果之合理性。因此 Abaqus 至今已成為世界上最完善、功能最強且廣泛應用的有限元素軟體。在任何一個需要精確的分析結果或處理困難工程問題的地方，就一定會看到 Abaqus 軟體的應用。目前無論從事土木、機械、造船、航太、醫工、電子或奈米科技等行業，研究所畢業的學生必須具備的基本訓練之一就是「有限元素法」。筆者自 1992 年至成功大學土木系任教迄今將近三十年，不論開授「有限元素法」或「電腦輔助結構分析」等課程，皆以 Abaqus 軟體為輔助教學工具，教導研究生使用 Abaqus 分析工程上常見的問題，將理論實務化與應用化，俾益學生畢業後即可與未來的工作無縫接軌。

Abaqus 的內容廣闊，所能處理的學問題非常多，讓大多數的學生、工程師或研究人員初接觸時不知從何處著手。2013 年士盟科技公司出版的「最新 Abaqus 實務入門」是翻譯自 *Getting Started with Abaqus*，以 Abaqus 2012 年版為基礎編輯而成，提供新使用者一本非常實用的入門書。然而 Abaqus 版本年年更新，日新月異，故士盟科技依據 Abaqus 2019 年版，再次編輯出新版實務入門，使讀者能知曉最新的資訊。這是一本不可多得的好書，豐富的內容與詳盡的說明，配合 Abaqus 程式的執行，相信能讓讀者以最快的速度駕輕就熟。此外原廠提供之軟體光碟片中所附之線上手冊（Online Documentations）包含 Abaqus Theory Manual，對有限元素法之理論多所著墨，亦可做為一本非常好的教科書及參考書。

成功大學土木系
胡宣德 教授

2020 年 1 月

推薦序

Abaqus 實務攻略 - 入門必備

某一天我收到士盟科技蔡協理的邀請，為本書撰寫序文，在那個當下我幾乎毫無考慮就答應了，因為我的動機很快就浮現——Abaqus 是第一流的 FEA 套裝軟體。當年，我即是由 “Getting Started with Abaqus” 這本書開始學習使用 Abaqus，並且效果很好。

數十年前，Abaqus 起源於 Brown University 的非線性固體力學的一群專家；Brown University 在力學領域的名望是世界一流的，而且超越半個世紀。Abaqus 的非線性功能被美國的產、研、學界中所有最重要的成員所信任選用，我個人認為有兩件主要因素：1.長久一貫軟體製作發展的嚴謹度；2.引用計算力學的新進展。

在 CAE 業界裏，同時要做到這兩件事是很不容易的。由此衍發出一個很有趣的現象，便是那些具有指標性的使用者與 Abaqus 製作發展、客服支援團隊之間的密切良性互動，這衍然形成一種很棒的文化；就以我的工作經驗來說，NASA 數十年持續地投入可觀資源去驗證 Abaqus，而 Abaqus 也時時引用 NASA 及其外圍組織的研發成果。另外，Abaqus 的理論文檔之詳盡、嚴謹、和適時更新亦是一明顯例證。讀者們若有機會瀏覽該文檔，即便看出在 CAE 界中投入這樣的工夫幾可謂絕無僅有乎！

過去我與 Abaqus 的 developers, application engineers, instructors 有多次互動，包括在其位於 Providence 的總部大樓內的會議。回到台灣後，士盟科技的 CAE 團隊也同樣地給我嚴謹、精確的印象。編譯一本高等工程用書確需要優良人力素質與企業文化。

這本書曾很有效地引導我進入 Abaqus 領域，所以在此毫無保留地向你推薦，
Enjoy!

國立成功大學航空太空工程研究所

許書淵 助理教授

NASA 資深研究工程師(已退休)

序

Abaqus 實務攻略 - 入門必備

Abaqus 軟體在台灣已推展了三十多年了，從一開始僅僅幾個大型公司及政府研發單位開始使用，到現在在市面上已具有相當的知名度，可想見其強大的分析能力，及結果的穩定性與精確度，是深得大家的認同及肯定。

Abaqus 軟體的訓練教材一直以來受到客戶所稱讚，但都是以原文來呈現，需要花費許多時間和功夫學習。2008 年我們曾經將入門的 ”Getting Started with Abaqus “這本書翻譯成中文出版；2014 年時根據 Abaqus 6.12 版本，也經過一次改版；但是多年來 Abaqus 軟體的功能增加許多，基於此原因，士盟科技特別重新根據最新版本 Abaqus 2019，再次翻譯、更新並重新出版，希望藉此讓更多的讀者能透過本書沉浸到 Abaqus 的世界裡。

本書是 Abaqus 軟體初學者的入門教材，結合有限元素基本原理及數值分析方法，透過一系列的例題說明，介紹如何透過 Abaqus 軟體來解決工程上的問題，非常適合藉以幫助工程師應用 CAE 軟體解決其工作上結構力學問題，更甚至作為工學院學生學習 CAE 軟體最佳的學習工具，本書也是學校老師作為教授有限元素分析軟體最佳的教材，非常高興能夠將此書推薦給大家。

士盟科技股份有限公司
總經理 張士為

目 錄

Abaqus 實務攻略 - 入門必備

推薦序／胡宣德 老師.....	v
推薦序／許書淵 老師.....	vii
序／張士為 總經理	ix

第 1 章 簡 介 1-1

1.1 Abaqus 產品	1-2
1.2 Abaqus 入門指南	1-6
1.2.1 如何使用本書	1-7
1.2.2 本書中的規定	1-8
1.2.3 滑鼠的基本操作	1-9
1.3 Abaqus 線上使用手冊.....	1-11
1.4 使用輔助	1-13
1.5 售後服務	1-15
1.5.1 技術支援	1-15
1.5.2 系統支援	1-16
1.5.3 學術研究機構的支援	1-17
1.6 快速回顧有限元素法	1-17
1.6.1 使用隱式方法求解節點位移	1-17
1.6.2 應力波傳遞的描述	1-19

第 2 章 Abaqus 基礎 2-1

2.1 Abaqus 分析模型的組成	2-3
2.2 Abaqus/CAE 簡介	2-5

2.2.1	啓動 Abaqus/CAE	2-5
2.2.2	主視窗的組成部分	2-7
2.2.3	何謂功能模組	2-10
2.2.4	何謂模型樹	2-13
2.3	例題：用 Abaqus/CAE 產生天車模型	2-14
2.3.1	單 位	2-15
2.3.2	建立零件.....	2-16
2.3.3	建立材料.....	2-21
2.3.4	定義和指定截面性質.....	2-22
2.3.5	定義組裝.....	2-24
2.3.6	建構讀者的分析	2-25
2.3.7	在模型上施加邊界條件和負載	2-28
2.3.8	模型的網格分割	2-31
2.3.9	建立一個分析作業	2-33
2.3.10	檢查模型.....	2-33
2.3.11	執行分析.....	2-35
2.3.12	用 Abaqus/CAE 進行後處理.....	2-36
2.3.13	使用 Abaqus/Explicit 重新執行分析.....	2-45
2.3.14	對動態分析的結果進行後處理	2-47
2.4	比較隱式與顯式程序	2-50
2.4.1	在隱式和顯式分析之間選擇.....	2-50
2.4.2	網格加密在隱式和顯式分析中的計算成本	2-51
2.5	小 結.....	2-52

第 3 章 有限元素和剛體

3-1

3.1	有限元素.....	3-2
3.1.1	元素的表徵	3-2
3.1.2	實體元素.....	3-6
3.1.3	殼元素	3-9
3.1.4	樑元素	3-12
3.1.5	桁架元素.....	3-14

3.2	剛體	3-15
3.2.1	決定何時使用剛體	3-15
3.2.2	剛體零件	3-16
3.2.3	剛體元素	3-17
3.3	小結	3-18

第 4 章 應用實體元素 4-1

4.1	元素的數學式和積分	4-2
4.1.1	全積分	4-3
4.1.2	減積分	4-6
4.1.3	不相容元素	4-7
4.1.4	混合元素	4-9
4.2	選擇實體元素	4-10
4.3	例題：連接環	4-11
4.3.1	前處理－應用 Abaqus/CAE 建立模型	4-12
4.3.2	後處理－結果視覺化	4-25
4.3.3	用 Abaqus/Explicit 重新進行分析	4-42
4.3.4	後處理動態分析結果	4-43
4.4	網格收斂性	4-48
4.5	相關的 Abaqus 例題	4-53
4.6	建議閱讀之參考文獻	4-54
4.7	小結	4-55

第 5 章 應用殼元素 5-1

5.1	元素幾何	5-2
5.1.1	殼厚度和截面點(Section Points)	5-2
5.1.2	殼法線和殼面	5-3
5.1.3	殼的初始曲率	5-4
5.1.4	參考面的偏置	5-5
5.2	殼體數學式－厚殼或薄殼	5-6

5.3	殼的材料方向	5-8
5.3.1	預設的局部材料方向	5-8
5.3.2	建立其他的材料方向	5-9
5.4	選擇殼元素	5-10
5.5	例題：斜板	5-10
5.5.1	前處理－用 Abaqus/CAE 建立模型	5-11
5.5.2	後處理	5-17
5.6	相關的 Abaqus 例題	5-25
5.7	建議閱讀之參考文獻	5-25
5.8	小 結	5-26

第 6 章 應用樑元素

6-1

6.1	樑橫截面幾何	6-2
6.1.1	截面點	6-3
6.1.2	橫截面方向	6-4
6.1.3	樑元素曲率	6-5
6.1.4	樑截面的節點偏置	6-5
6.2	數學式和積分	6-7
6.2.1	剪力變形	6-7
6.2.2	扭轉響應－翹曲	6-8
6.3	選擇樑元素	6-10
6.4	例題：貨物吊車	6-10
6.4.1	前處理－應用 Abaqus/CAE 建立模型	6-12
6.4.2	後處理	6-27
6.5	相關的 Abaqus 例題	6-32
6.6	建議閱讀之參考文獻	6-32
6.7	小 結	6-33

第 7 章 線性動態分析 7-1

7.1	引 言.....	7-2
7.1.1	自然頻率和模態形狀.....	7-2
7.1.2	模態疊加.....	7-4
7.2	阻 尼.....	7-5
7.2.1	在 Abaqus/Standard 中阻尼的定義.....	7-6
7.2.2	選擇阻尼值.....	7-7
7.3	元素選擇.....	7-7
7.4	動態問題的網格分割.....	7-8
7.5	例題：貨物吊車－動態負載.....	7-8
7.5.1	修改模型.....	7-10
7.5.2	結 果.....	7-14
7.5.3	後處理.....	7-18
7.6	模態數量的影響.....	7-23
7.7	阻尼的影響.....	7-24
7.8	與直接時間積分的比較.....	7-24
7.9	其他的動態程序.....	7-27
7.9.1	線性模態法的動態分析.....	7-27
7.9.2	非線性動態分析.....	7-28
7.10	相關的 Abaqus 例題.....	7-29
7.11	建議閱讀之參考文獻.....	7-29
7.12	小 結.....	7-29

第 8 章 非線性 8-1

8.1	非線性的來源.....	8-3
8.1.1	材料非線性.....	8-3
8.1.2	邊界非線性.....	8-4
8.1.3	幾何非線性.....	8-5
8.2	非線性問題的求解.....	8-6

8.2.1	分析步、增量步和疊代步	8-7
8.2.2	Abaqus/Standard 中的平衡疊代和收斂	8-8
8.2.3	Abaqus/Standard 中的自動增量控制	8-10
8.3	在 Abaqus 分析中包含非線性	8-12
8.3.1	幾何非線性	8-12
8.3.2	材料非線性	8-13
8.3.3	邊界非線性	8-13
8.4	例題：非線性斜板	8-13
8.4.1	修改模型	8-14
8.4.2	作業診斷(Job Diagnostics)	8-17
8.4.3	後處理	8-21
8.4.4	用 Abaqus/Explicit 運算分析	8-26
8.5	相關的 Abaqus 例題	8-26
8.6	建議閱讀之參考文獻	8-27
8.7	小 結	8-27

第 9 章 顯式非線性動態分析 9-1

9.1	Abaqus/Explicit 適用的問題類型	9-2
9.2	有限元素方法動態顯式分析	9-4
9.2.1	顯式時間積分	9-4
9.2.2	比較隱式和顯式時間積分程序	9-5
9.2.3	顯式時間積分方法的優越性	9-7
9.3	自動時間增量和穩定性	9-7
9.3.1	顯式方法的條件穩定性	9-7
9.3.2	穩定性限制的定義	9-7
9.3.3	在 Abaqus/Explicit 中的完全自動時間增量與固定時間 增量	9-9
9.3.4	質量縮放以控制時間增量	9-10
9.3.5	材料對穩定性的影響	9-10
9.3.6	網格對穩定性的影響	9-10
9.3.7	數值不穩定性	9-11

9.4	例題：在棒中的應力波傳遞	9-11
9.4.1	前處理—用 Abaqus/CAE 建立模型	9-12
9.4.2	後處理	9-19
9.4.3	網格對穩定時間增量和 CPU 時間的影響	9-25
9.4.4	材料對穩定時間增量和 CPU 時間的影響	9-27
9.5	動態振盪的阻尼	9-27
9.5.1	體黏性(Bulk viscosity)	9-27
9.5.2	黏性壓力	9-29
9.5.3	材料阻尼	9-29
9.5.4	離散減振器	9-30
9.6	能量平衡	9-30
9.6.1	能量平衡的敘述	9-30
9.6.2	能量平衡的輸出	9-31
9.7	小 結	9-33

第 10 章 材 料 10-1

10.1	在 Abaqus 中定義材料	10-2
10.2	延性金屬的塑性	10-2
10.2.1	延性金屬的塑性性質	10-3
10.2.2	有限變形的應力和應變的測量	10-4
10.2.3	在 Abaqus 中定義塑性	10-4
10.3	彈－塑性問題的元素選取	10-9
10.4	例題：連接環的塑性	10-10
10.4.1	修改模型	10-11
10.4.2	作業監控和診斷	10-12
10.4.3	對結果進行後處理	10-17
10.4.4	在材料模型中加入硬化特性	10-18
10.4.5	具塑性硬化的分析	10-19
10.4.6	對結果進行後處理	10-20
10.5	例題：加強板承受爆炸負載	10-27
10.5.1	前處理—用 Abaqus/CAE 建立模型	10-29

10.5.2	後處理	10-37
10.5.3	關於分析的回顧	10-45
10.6	超彈性(Hyperelasticity)	10-48
10.6.1	引 言	10-48
10.6.2	可壓縮性	10-49
10.6.3	應變勢能	10-50
10.6.4	使用實驗數據定義超彈性行為	10-51
10.7	例題：軸對稱支座	10-54
10.7.1	對稱性	10-54
10.7.2	前處理－使用 Abaqus/CAE 建立模型	10-56
10.7.3	後處理	10-65
10.8	大變形量之網格設計	10-72
10.9	減少體積自鎖的技術	10-74
10.10	相關的 Abaqus 例題	10-75
10.11	建議閱讀之參考文獻	10-75
10.12	小 結	10-76

第 11 章 多步驟分析 11-1

11.1	一般分析過程	11-3
11.1.1	在一般分析步中的時間	11-3
11.1.2	在一般分析步中指定負載	11-3
11.2	線性擾動分析	11-4
11.2.1	在線性擾動分析步中的時間	11-4
11.2.2	在線性擾動分析步中指定負載	11-5
11.3	例題：管道系統的振動	11-8
11.3.1	前處理－用 Abaqus/CAE 建立模型	11-9
11.3.2	對作業的監控	11-12
11.3.3	後處理	11-12
11.4	重啓動分析	11-14
11.4.1	重啓動和狀態檔案	11-14
11.4.2	重啓動一個分析	11-15

11.5	例題：重啓動管道的振動分析	11-17
11.5.1	建立一個重啓動分析模型	11-17
11.5.2	監控作業	11-18
11.5.3	對重啓動分析的結果做後處理	11-19
11.6	相關的 Abaqus 例題	11-23
11.7	小 結	11-23

第 12 章 接 觸 12-1

12.1	Abaqus 接觸功能概述	12-2
12.2	定義接觸面(Surface)	12-2
12.3	接觸面間的交互作用	12-5
12.3.1	接觸面的法向行為	12-5
12.3.2	表面的滑動	12-6
12.3.3	摩擦模型	12-6
12.3.4	其他接觸交互作用選項	12-8
12.3.5	基於表面的約束	12-8
12.4	在 Abaqus/Standard 中定義接觸	12-9
12.4.1	接觸交互作用	12-9
12.4.2	從屬(Slave)和主控(Master)表面	12-10
12.4.3	小滑動與有限滑動	12-10
12.4.4	元素選擇	12-11
12.4.5	接觸演算法	12-12
12.5	在 Abaqus/Standard 中的剛體表面模擬問題	12-13
12.6	Abaqus/Standard 例題：凹槽成型	12-14
12.6.1	前處理－用 Abaqus/CAE 建模	12-15
12.6.2	監視作業	12-26
12.6.3	Abaqus/Standard 接觸分析的故障檢測	12-28
12.6.4	後處理	12-30
12.7	Abaqus/Standard 的通用接觸	12-36
12.8	Abaqus/Standard 3-D 範例：在鉚接處施加剪力	12-37

12.8.1	前處理—以 Abaqus/CAE 產生模型	12-37
12.8.2	後處理	12-48
12.9	在 Abaqus/Explicit 中定義接觸	12-51
12.9.1	Abaqus/Explicit 的接觸公式	12-52
12.10	Abaqus/Explicit 建模之考量	12-54
12.10.1	正確的定義表面	12-54
12.10.2	模型的過約束	12-59
12.10.3	網格細化	12-59
12.10.4	初始過盈接觸	12-60
12.11	Abaqus/Explicit 例題：電路板落下試驗	12-61
12.11.1	前處理—Abaqus/CAE 建模	12-62
12.11.2	後處理	12-77
12.11.3	用輸出過濾功能再執行一次分析	12-85
12.12	Abaqus/Standard 和 Abaqus/Explicit 的比較	12-97
12.13	相關的 Abaqus 例題	12-98
12.14	建議閱讀之參考文獻	12-98
12.15	小 結	12-99

第 13 章 Abaqus/Explicit 準靜態分析 13-1

13.1	顯式動態問題模擬	13-2
13.2	負載速率	13-3
13.2.1	平滑幅值曲線	13-3
13.2.2	結構問題	13-4
13.2.3	金屬成型問題	13-6
13.3	質量放大	13-7
13.4	能量守衡	13-8
13.5	例題：Abaqus/Explicit 凹槽成型	13-9
13.5.1	前處理—用 Abaqus/Explicit 重新運算模型	13-9
13.5.2	成型分析—嘗試 2	13-16
13.5.3	兩次成型嘗試的討論	13-18

13.5.4	加速分析的方法	13-23
13.5.5	Abaqus/Standard 的回彈分析	13-26
13.6	小 結	13-29

附錄 A 計算範例檔 A-1

A.1	天車	A-1
A.2	連接環	A-1
A.3	斜板	A-2
A.4	貨物吊車	A-2
A.5	貨物吊車－動態載荷	A-2
A.6	非線性斜板	A-2
A.7	在棒中的應力波傳播	A-2
A.8	連接環的塑性	A-2
A.9	加強板承受爆炸載荷	A-3
A.10	軸對稱支座	A-3
A.11	管道系統的振動	A-3
A.12	凹槽成型	A-3
A.13	電路板落下試驗	A-3

附錄 B 在 Abaqus/CAE 中建立與分析一個簡單的模型 B-1

B.1	了解 Abaqus/CAE 模組	B-2
B.2	了解模型樹	B-4
B.3	建立零件	B-5
B.4	建立材料	B-9
B.5	定義與指定截面性質	B-11
B.5.1	定義均質實體截面	B-11
B.5.2	指定懸臂梁的截面性質	B-12

B.6	組裝模型	B-12
B.7	定義分析步	B-14
B.7.1	建立分析步	B-14
B.7.2	設定輸出參數	B-15
B.8	施加模型的邊界條件與負載	B-16
B.8.1	施加一個邊界條件在懸臂樑的一端	B-17
B.8.2	施加負載在懸臂樑頂部	B-18
B.9	網格模型	B-19
B.9.1	指定網格控制	B-20
B.9.2	指定 Abaqus 的元素類型	B-20
B.9.3	建立網格	B-21
B.10	建立分析作業與提交分析	B-22
B.11	檢視分析的結果	B-23
B.12	小結	B-25

附錄 C 在 Abaqus/CAE 中使用額外的技巧 來建立和分析模型

C-1

C.1	總覽	C-2
C.2	建立第一個鉸鏈	C-3
C.2.1	建立方塊	C-3
C.2.2	於基礎特徵上加入凸緣	C-5
C.2.3	修改特徵	C-10
C.2.4	建立草圖平面	C-11
C.2.5	繪製潤滑孔	C-14
C.3	指定鉸鏈零件的截面性質	C-18
C.3.1	建立材料	C-18
C.3.2	定義截面	C-19
C.3.3	指定截面	C-19
C.4	建立及修改第二個鉸鏈零件	C-20
C.4.1	複製鉸鏈	C-20

C.4.2	修改複製的鉸鏈.....	C-20
C.5	建立插銷	C-21
C.5.1	建立插銷.....	C-21
C.5.2	指定剛體參考點.....	C-22
C.6	組裝模型	C-23
C.6.1	建立零件的組成件	C-24
C.6.2	建立實心鉸鏈組成件.....	C-25
C.6.3	定位實心鉸鏈組成件.....	C-25
C.6.4	建立及定位插銷的組成件	C-31
C.7	定義分析步.....	C-34
C.7.1	建立分析步	C-34
C.7.2	要求變數輸出	C-35
C.7.3	監控選擇的自由度	C-36
C.8	建立用於接觸交互作用的面集合	C-38
C.8.1	指定插銷的面集合	C-38
C.8.2	指定鉸鏈的面集合	C-40
C.9	定義模型區域之間的接觸	C-41
C.9.1	建立交互作用性質	C-41
C.9.2	建立交互作用	C-42
C.10	指定邊界條件及負載於組裝.....	C-44
C.10.1	拘束含潤滑孔的鉸鏈.....	C-45
C.10.2	拘束插銷.....	C-47
C.10.3	修改插銷上的邊界條件	C-48
C.10.4	拘束實心鉸鏈	C-49
C.10.5	指定負載於實心鉸鏈.....	C-49
C.11	組裝的網格分割	C-50
C.11.1	決定何處必須分割	C-51
C.11.2	分割含潤滑孔的凸緣.....	C-53
C.11.3	指定網格控制	C-55
C.11.4	指定 Abaqus 的元素類型.....	C-56
C.11.5	舖上組成件種子	C-57
C.11.6	建立組裝的網格.....	C-57

C.12	建立分析作業與提交分析	C-58
C.13	檢視分析的結果	C-59
C.13.1	顯示及客製化分布雲圖	C-60
C.13.2	使用顯示群組	C-62
C.14	小結	C-63

附錄 D 從分析裡查看輸出 D-1

D.1	綜覽	D-1
D.2	在輸出資料庫檔裡有甚麼輸出變數？	D-2
D.3	讀取輸出資料庫檔	D-4
D.4	客製化模型圖	D-6
D.4.1	客製化模型圖	D-6
D.5	顯示變形圖	D-7
D.5.1	顯示變形圖	D-7
D.5.2	將未變形圖疊加在變形圖上	D-9
D.6	顯示並客製化分布雲圖	D-10
D.6.1	顯示分布雲圖	D-11
D.6.2	選擇變數繪圖	D-11
D.6.3	客製化分布雲圖	D-12
D.7	分布雲圖的動畫	D-13
D.8	顯示並客製化向量圖	D-15
D.8.1	顯示向量圖	D-16
D.8.2	客製化向量圖	D-17
D.9	顯示並客製化材料方向圖	D-18
D.9.1	顯示材料方向圖	D-18
D.9.2	客製化材料方向圖	D-19
D.10	顯示並客製化 XY 圖	D-20
D.10.1	顯示 XY 圖	D-20
D.10.2	客製化 XY 圖	D-21
D.11	對現有的 XY 圖生成新的 XY 圖	D-24

D.11.1	建立應力對時間以及應變對時間的資料.....	D-24
D.11.2	合併資料.....	D-25
D.11.3	繪製與客製化應力應變曲線.....	D-26
D.12	查詢 XY 圖	D-27
D.13	顯示沿著路徑上的結果.....	D-28
D.13.1	建立一組節點的路徑.....	D-28
D.13.2	顯示節點路徑上的結果	D-29
D.14	總結	D-30