

國立交通大學

土木工程學系
碩士論文

維護更新工程之進度規劃模式

Scheduling Model for Maintenance and Renovation



研究生：姜林銘洲

指導教授：王維志 博士

維護更新工程進度規劃之研究

Scheduling Model for Maintenance and Renovation Projects

研究生：姜林銘洲

Student : Ming-Zhou Jiang Lin

指導教授：王維志

Advisor : Wei-Chih Wang

國立交通大學

土木工程學系

碩士論文

1896
A Thesis

Submitted to Department of Civil Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

In

Civil Engineering

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

維護更新工程進度規劃之研究

研究生：姜林銘洲

指導教授：王維志 博士

國立交通大學土木工程學系(研究所)碩士班

摘要

進度規劃在工程上一直是相當重要的問題，歷年來也有許多相關的研究，但現今所有進度規劃模式幾乎都著重在新建工程上，鮮少有這更新工程方面的研究，然而更新工程一直在業界中占了相當大的工程比例，在未來維護更新方面工程也只會增加不會減少。在舊有建物中，無論在使用上或者施工時，空間是一種有限且相當重要的資源，施工上的空間衝突會影響工程的進行與效率，而且在更新工程中，如果建物還在使用中，施工空間也會對使用空間造成影響，對現有的使用者或者業主來說，都是不願見到的。在施工中如何使空間使用達到最好，並降低空間阻礙與衝突來提升工作效率，以利對現有使用者造成的影響降到最低。

為使施工廠商能於施工前確定作業與空間使用衝突問題，以利工程施工時之掌控與事先業主協調空間使用狀況，建立邏輯性規劃模式，以空間語法將空間量化，再以空間為資源做資源排程，依照不同空間特性進行規劃，使不同需求之施工皆能有較合理之進度規劃為參考依據，此為主要研究問題。維護更新工程進行時並不像新建工程是從無到有，而是舊有建築進行更新，所以存在著舊有空間與格局限制，所有的施工空間會彼此進行衝突與干擾，因此本研究以空間語法來分析空間特性，並思考如何將干擾降到最低並改善進度規劃問題。

關鍵詞：更新工程、空間語法、資源排程、進度規劃。

Scheduling Model for Maintenance and Renovation Projects

Student : Ming-Zhou Jiang Lin

Advisor : Wei-Chih Wang

Department of Civil Engineering

National Chiao Tung University

abstract

Schedule planning is a quite important issue in engineering at all times. In recent years, there are several related researches on this topic. However, all of the existing schedule planning focus on new projects, but maintenance and renovation projects. Since maintenance and renovation projects are significant parts in commercial applications, the demand for these projects increase rapidly. In the case of the existing buildings, since the space is a kind of limited and critical resource in using or constructing processes, the space conflicts will decrease the rate of progress and the efficiency of project. Besides, during the duration of maintenance and renovation projects, the working areas will form influences to the using areas. It is an unacceptable condition for users and proprietor. For decreasing the effect on users and increasing the working efficiency, the optimal space usage with less space conflicts and obstructers will be determined.

In order to confirm the working and space conflicts in advance for the working-hour controlling and the space allocation, the main topic is to obtain reasonable schedule planning by constructing an logical scheduling mode, quantizing the space by space syntax and performing the resource scheduling of spaces according to different space properties. Since maintenance and renovation projects are updating the existing buildings instead of growing out of nothing, all of the working areas will interference and clash with each other and there are some constrains from the existing spaces and layouts. Thus, this work will focus on analyzing the space properties by space syntax for reducing the interferences and improving the performances of schedule planning.

Keyword : Maintenance and renovation projects 、 Space Syntax 、 resource scheduling 、 scheduling or schedule planning 。

致謝

首先誠摯的感謝指導教授 王維志博士，老師悉心的教導使我得以一窺營建管理領域的深奧，不時的討論並指點我正確的方向，在觀念上的啟發與誘導，使我的視野得以拓展，未來也將成為學生工作及處世上的圭臬，使我在這些年中獲益匪淺。老師對學問的嚴謹更是我輩學習的典範，在此謹致上最誠摯的謝意。此外口試期間，感謝 余文德教授、楊智斌教授、曾仁杰教授、楊亦東教授所給予的指正與建議，使論文內容之缺失得以補正，更臻完善。

本論文的完成另外亦得感謝交通大學營繕組的韋桂仁先生大力協助。因為有你的協助及幫忙，使得本論文能夠更完整而嚴謹。還要感謝楊亦東老師的特別指導與建議，啟發了論文撰寫方向，讓我的研究步上軌道。

兩年裡的日子，研究室裡共同的生活點滴，學術上的討論、言不及義的閒扯、讓人又愛又怕的宵夜、趕作業的革命情感.....，感謝眾位學長姐、學弟妹的共同砥礪，你/妳們的陪伴讓兩年的研究生生活變得絢麗多彩。尤其是感謝這兩年同學 鈺倫、柏勳、名修、國賓、文華、怡昀、欣怡、詠傑、柏均、嘉正、育正，跟你一同的學習與成長是我珍貴的回憶。

感謝汪俊男學長與賴宇亭學長不厭其煩的指出我研究中的缺失，且總能在我迷惘時為我解惑，也感謝同學的幫忙，恭喜我們順利走過這兩年。當然也不能忘記，學弟妹的幫忙及搞笑我銘感在心。

婉婷在背後的默默支持更是我前進的動力，沒有婉婷的體諒、包容，相信這兩年的生活將是很不一樣的光景。

最後，謹以此文獻給我摯愛的雙親，感謝你們對我的無私的付出與關愛，讓我能無後顧之憂的磚與於學習與研究，順利的邁向人生下一個旅程，你們為我所做的一切，無法一語道盡，未來將盡我所能為你們分憂解勞，不辜負你們對我的養育與栽培之恩。

姜林銘洲 民國九十六年 交通大學

章節目錄

摘要	I
abstract	II
致謝	III
第一章 緒論	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究問題.....	1
1.3 研究目的.....	2
1.4 研究範圍與限制.....	2
1.5 研究方法.....	3
1.6 研究架構流程.....	4
第二章 文獻回顧	5
2.1 圖論與拓樸學的介紹.....	5
2.1.1 圖論.....	5
2.1.2 拓樸學.....	5
2.1.3 拓樸學對方向性之規定.....	7
2.1.4 小結.....	9
2.2 工地配置理論、路徑規劃理論、空間排程理論、空間衝突之整理.....	9
2.3 現行排程工具.....	11
2.3.1 甘特圖或桿狀圖 (Bar chart)	11
2.3.2 網狀圖排程技術.....	11
2.4 傳統進度規劃.....	13
2.5 空間語法文獻回顧.....	15
2.6 小結.....	16
第三章 研究方法	17
3.1 Space Syntax.....	17
3.1.1 空間結構之分解.....	17
3.1.2 空間結構內涵之圖面表達.....	19
3.1.3 結構內涵之量化表達與解析.....	21
3.1.4 以空間語法探討空間衝突之分析.....	24
3.1.5 小結.....	25
3.2 空間單元阻塞.....	27
3.3 資源排程.....	31
3.3.1 資源分配.....	31
3.3.2 資源拉平.....	33
3.4 資源分配目標.....	34
3.4.1 目標值與目標函數之建立.....	34
3.5 資源拉平目標.....	37

3.5.1 目標值與目標函數之建立.....	37
第四章 實務更新工程案例現況分析	39
4.1 案例介紹.....	39
4.1.1 案例 1.....	39
4.2 進度規劃之比較.....	39
4.3 實務進度規劃現況分析.....	42
4.4 小結.....	44
第五章 模式架構建立	45
5.1 更新工程進度規劃模式建立.....	45
5.2 更新工程進度規劃模式步驟說明.....	47
5.3 小結.....	68
第六章 案例展示	70
6.1 案例.....	70
6.2 案例探討.....	99
6.2.1 空間探討.....	99
6.2.2 時程探討.....	99
6.2.3 規劃邏輯探討.....	100
6.3 小結.....	100
第七章 結論與建議	101
7.1 結論.....	101
7.2 建議.....	101
參考文獻	103
附錄	106



圖目錄

圖 1.1 研究流程圖.....	4
圖 2-1 柯尼斯堡七橋示意圖	6
圖 2-2 柯尼斯堡七橋圖論的表達方式	6
圖 2-3 柯尼斯堡七橋的拓樸結構	7
圖 2-4 兩個相同的拓樸結構	8
圖 2-5 圖論原則說明	8
圖 2-6 傳統規劃流程一	13
圖 2-7 傳統進度規劃一細部流程	14
圖 2-8 傳統進度規劃二	14
圖 3-1 空間單元結構圖	17
圖 3-2 動線結構圖	18
圖 3-3 空間單元結構型態圖	18
圖 3-4 動線單元結構型態圖	19
圖 3-5 單元 1、5、11 之相對深度圖	20
圖 3-6 動線 1、3、9 之相對深度圖	20
圖 3-7 相對控制值分配圖	24
圖 3-8 空間單元結構分析	28
圖 3-9 空間單元拓樸結構分析圖	28
圖 3-10 最長動線之分析結構圖	29
圖 3-11 最長動線拓樸結構圖	29
圖 3-12 啟發式方法的比較	33
圖 3-13 目標函數二，競爭淘汰式法則示意圖	36
圖 5-1 更新工程進度規劃圖	45
圖 5-2 工二館二樓原始平面圖	47
圖 5-3 工二館二樓空間單元結構分解圖	47
圖 5-4 凸視面空間與凹視面空間	48
圖 5-5 拓樸結構圖	48
圖 5-6 工二館二樓空間單元結構分解修正圖	50
圖 5-7 修正後拓樸結構圖	50
圖 5-8 工二館二樓整修工程施工圖	52
圖 5-9 工二館二樓整修施工圖 2	52
圖 5-10 阻塞比例值各工作天使用情況圖	56
圖 5-11 阻塞比例說明平面示意圖	57
圖 5-12 阻塞比例說明拓樸結構示意圖	57
圖 5-13 相對便捷值各工作天使用情況圖	58
圖 5-14 相對控制值各工作天使用情況圖	58
圖 5-15 相對便捷值各工作天使用情況圖	60

圖 5-16 阻塞比例值各工作天使用情況圖	61
圖 5-17 相對控制值各工作天使用情況圖	61
圖 5-18 相對控制值各工作天使用情況圖	63
圖 5-19 阻塞比例值各工作天使用情況圖	63
圖 5-20 相對便捷值各工作天使用情況圖	64
圖 5-21 相對控制值各工作天使用情況圖	66
圖 5-22 相對控制值說明	67
圖 5-23 相對便捷值各工作天使用情況圖	67
圖 5-24 阻塞比例值各工作天使用情況圖	68
圖 6-1 工二館原始二樓平面圖	70
圖 6-2 工二館二樓空間單元結構分解修正圖	71
圖 6-3 修正後拓樸結構圖	71
圖 6-4 工二館二樓整修工程施工圖	74
圖 6-5 工二館二樓整修施工圖 2	75
圖 6-6 工二館二樓整修施工圖 3	75
圖 6-7 工二館整修工程作業關係圖	77
圖 6-8 阻塞比例使用情況	81
圖 6-9 相對便捷值使用情況	81
圖 6-10 相對控制值使用情況	82
圖 6-11 相對便捷值使用情況	84
圖 6-12 相對控制值使用情況	84
圖 6-13 阻塞比例值使用情況	85
圖 6-14 相對控制值使用情況	87
圖 6-15 相對便捷值使用情況	87
圖 6-16 阻塞比例值使用情況	88
圖 6-17 阻塞比例值使用情況	91
圖 6-18 相對便捷值使用情況	91
圖 6-19 相對控制值使用情況	92
圖 6-20 相對便捷值使用情況	93
圖 6-21 阻塞比例值使用情況	93
圖 6-22 相對控制值使用情況	94
圖 6-23 相對控制值使用情況	95
圖 6-24 阻塞比例值使用情況	95
圖 6-25 相對便捷值使用情況	96
圖 6-26 阻塞比例值使用情況	98
圖 6-27 相對便捷值使用情況	98
圖 6-28 相對控制值使用情況	99

表目錄

表 2-1 文獻整理	10
表 2.2 現行排程工具之比較.....	12
表 2.3 空間語法文獻比較表.....	15
表 2.4 文獻比較表.....	16
表 3-1 空間語法分析參數表	26
表 3-2 各空間特性強調特色表	31
表 4-1 案例工程簡介	39
表 4-2 工程原始進度表	41
表 4-3 各角度問題彙整	44
表 5-1 工二館二樓空間單元阻塞影響比例表	49
表 5.2 修正後工二館二樓空間單元阻塞影響比例表.....	51
表 5-3 工二館二樓空間語法量化數值表	51
表 5-4 工二館整修工程進度表	53
表 5-5 施工作業關係表	54
表 5-6 阻塞比例值整平後進度表	55
表 5-7 相對便捷值資源排程後進度表	59
表 5-8 相對控制值資源排程後進度表	62
表 5-9 相對控制值資源排程修正後進度表	65
表 5-10 與傳統規劃比較表	68
表 5-11 各空間特性強調特色表	69
表 6-1 修正後工二館二樓空間單元阻塞影響比例表	72
表 6-2 空間語法量化數值	73
表 6-3 工二館整修工程進度表	76
表 6-4 工二館整修工程作業關係表	78
表 6-5 以阻塞比例資源排程後進度表	80
表 6-6 以相對便捷值資源排程後進度表	83
表 6-7 以相對控制值資源排程後進度表	86
表 6-8 第 1 天以阻塞比例資源排程後進度表	90
表 6-9 第 11 天改以相對便捷值資源排程後進度表	92
表 6-10 第 17 天改以相對控制值資源排程後進度表：	94
表 6-11 變換資源排程資源之進度表	97
表 a-1 工二館二樓空間單元阻塞影響比例表	106
表 a-2 修正後工二館二樓空間單元阻塞影響比例表	106
表 a-3 工二館二樓相對便捷值計算表	108
表 a-4 工二館二樓空間單元相對控制值計算表	110
表 a-5 工二館二樓空間語法量化數值表	111

第一章 緒論

1.1 研究動機

進度規劃在工程上一直是相當重要的問題，歷年來也有許多相關的研究，但現今所有進度規劃模式幾乎都著重在新建工程上，而更新工程方面通常作業項目較少並且相互影響關係不大，所以鮮少有這方面的研究，然而更新工程一直在業界中占了相當大的工程比例，在未來維護與更新方面工程也只會增加不會減少，所以本研究著重在更新維護工程上；而在舊有建物中，無論在使用上或者施工時，空間是一種有限且相當重要的資源，施工上的空間衝突會影響工程的進行與效率，而且在更新工程中，如果建物還在使用中，施工空間也會對使用空間造成影響，對現有的使用者或者業主來說，都是不願見到的。

更新維護工程最大的特性就是已有舊有建築空間的限制，所以隨著各位置的空間配置不同，其空間特性也都有所差異，在施工中如何使空間使用達到最好，並降低空間阻礙與衝突來提升工作效率，並且讓對現有使用者造成的影響降到最低，不論是在施工前或施工後都是重要的問題。

1.2 研究問題

維護更新工程在實際施工時，很少依照事前規劃進行，原因是進度規劃是由主觀評估與依照經驗規劃，實際施工時會產生許多問題與衝突，通常靠與業主不斷協商解決，所以進度一直無法確定造成工期延誤或趕工影響品質。

現行維護更新工程專案進度規劃展示方式，常以桿狀圖（Bar chart）及里程碑（Milestone）來呈現預定進度，如此將會有下列問題：

1. 無法明確分辨各作業在何時使用何處空間。
2. 無法明確確定各空間施工與使用衝突問題。
3. 進度規劃依照經驗主觀，沒有邏輯性原則依循，缺乏說服力。

為使施工廠商能於施工前瞭解各作業間之關聯性，並確定作業與空間使用衝突問題，以利工程施工時之掌控與事先業主協調空間使用狀況，建立邏輯性規劃模式，以空間語法將空間量化，再以空間為資源做資源排程，依照不同空間特性進行規劃，使不同需求之施工皆能有較合理之進度規劃為參考依據，此為主要研究問題。

1.3 研究目的

維護更新工程進行時並不像新建工程是從無到有，而是舊有建築進行更新，所以存在著舊有建築的空間與格局限制，所有的施工空間與動線都會彼此進行衝突與干擾，因此學生以空間語法來分析空間特性，並思考如何將干擾降到最低並改善進度規劃問題。

傳統業界中對於進度規劃一直仰賴規劃者的經驗與主觀，並沒有一個邏輯性的法則，若負責人員為新手，經驗不足時則無法進行規劃，且規劃通常缺乏說服力，若有一模式能讓規劃者可依循，也可增加業主之信心，方便雙方達成共識，進行施工進度的安排。



1.4 研究範圍與限制

主要針對維護更新工程中的建築工程。

1. 本研究施工時各空間單元視為只能單工項進行施工，同時多工項在同一空間同時施工暫時不做討論。
2. 於進度規劃時，只針對空間與時間作探討，並未對其他資源（如人、機、料成本等）作討論。

1.5 研究方法

本研究方法可分為 4 個部分，詳細說明如下：

1. 文獻回顧—參考國內、外有關空間語法(space syntax)之學術文獻，以瞭解空間特性，並歸納比較施工空間衝突之時程問題；參考國內、外有關資源排程之學術文獻，以瞭解目前資源排程規劃之研究現況。

2. 業界專家訪談—藉由業界專家訪談瞭解目前維護更新工程之進度規劃執行狀況，並蒐集維護更新工程案例分析比較，以現況問題來確認研究方向與目的。

3. 建立維護更新工程進度規劃模式—嘗試結合空間語法與資源排程，將空間語法所量化之空間特性當成資源進行資源排程，來改善現有維護更新工程傳統進度規劃方式。

4. 案例展示—透過專家訪談建議及應用維護更新工程進度規劃模式探討實際案例，做維護更新工程進度規劃問題之分析，期許所建立之排程模式能更符合實際現況及應用。



1.6 研究架構流程

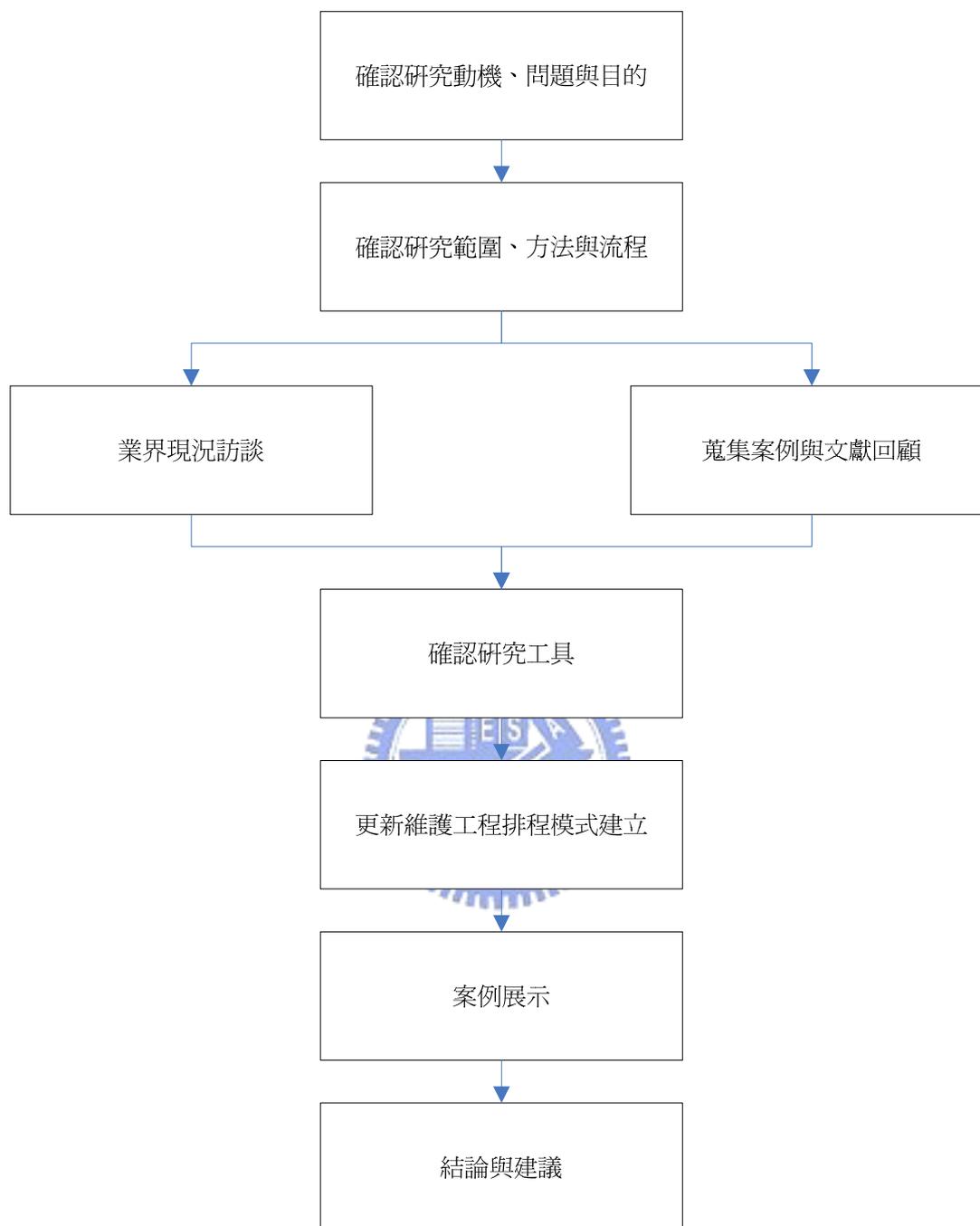


圖 1.1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

2.1 圖論與拓樸學的介紹

2.1.1 圖論

從前的東普魯士柯尼斯堡(今日俄羅斯加里寧格勒)有一條河，河中心有兩個小島，小島與河的兩岸有七條橋連接。當時的人們無法解決如何在所有橋都只能走一遍的前提下，怎樣才能夠把這把這個地方的小島都走遍。後來很多數學家都嘗試去解析這個難題，而這些解析的方法就發展成為了數學中的“圖論”。

圖論最基本也是最重要的假設就是用點和線來簡化表達一個實際的事物，以柯尼斯堡七橋為例，圖 2-1 為柯尼斯堡七橋的示意圖(示意圖 2-1 是用“點”來代表陸地(A、B、C、D)，然後用“線”來代表橋樑)。

2.1.2 拓樸學



而圖論發展到後來發展出了拓樸結構的畫法，數學家想出了以“點”來代表某項特定的“事物”，以“線”來代表某項特定“事物彼此間的某種關係”的方法來將圖論的示意圖轉換成拓樸結構的表達方式。例如圖 2-2，即用“點”來代表陸地(A、B、C、D)，然後用“線”來代表這兩個陸地彼此間有相連接的關係(橋樑)而將示意圖 2-1 轉換成圖 2-2。

而圖論發展到後來就發展出了拓樸結構的畫法，如圖 2-3。底下是拓樸結構的畫法、規則及研究限制的介紹。

方法：以“點”來代表某項“事物”，以“線”來代表“事物彼此間的某種關係”。

本研究利用拓樸結構所表達的事物有以下兩種情況：

情況一：以“點”來代表空間；並且以“線”來代表空間和空間之間是否有連接。

情況二：以“點”來代表動線；並且以“線”來代表動線和動線之間是否有連接。

規則：任何一條線，兩邊一定有點且為不同點，線亦不能重複。

研究限制：所有的點和線所代表之意義皆相同。以柯尼斯堡七橋為例：

本例中的“點”代表了陸地(包括小島)，但並無法區別島的大小或是島的高度之類的差異。而本例的“線”則代表了兩塊陸地能夠相連結(橋)，但並無法區分出橋的長短和寬度等等...也就是說以拓樸學的方法來表示圖面會造成點和線本身的差異性被忽略。

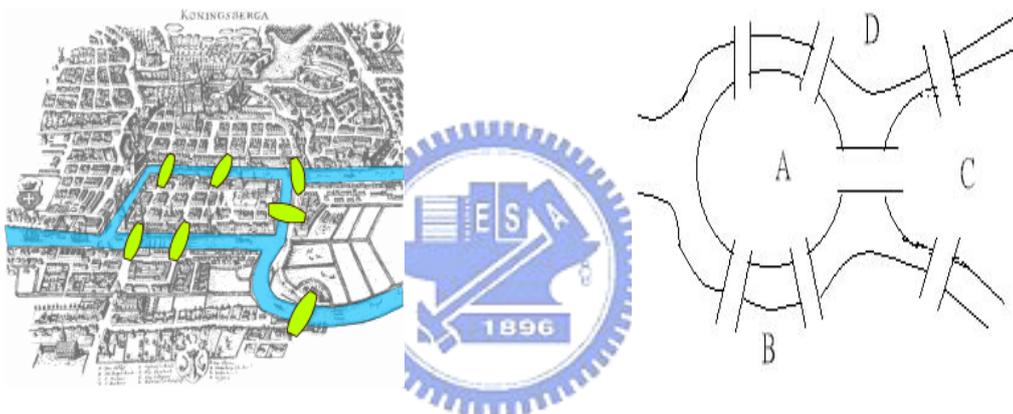


圖 2-1 柯尼斯堡七橋示意圖

資料來源：【21】

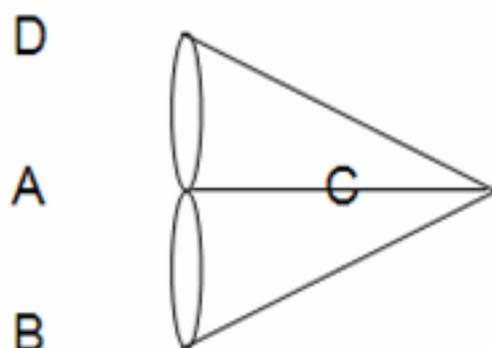


圖 2-2 柯尼斯堡七橋圖論的表達方式

資料來源：【21】

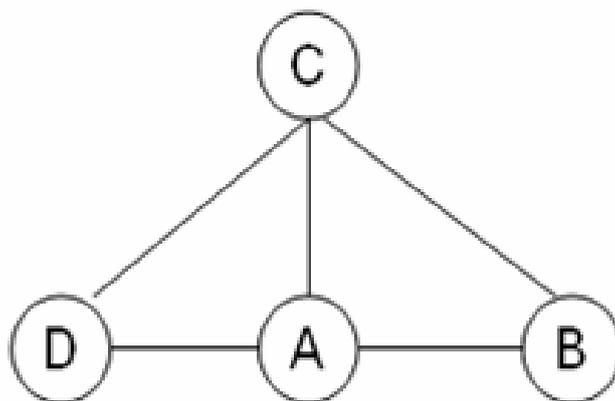


圖 2-3 柯尼斯堡七橋的拓樸結構

資料來源：【21】

2.1.3 拓樸學對方向性之規定

拓樸學，是近代發展起來的一個研究連續性現象的數學分支。中文名稱起源於希臘語Topology的音譯。Topology原意為地誌學，於19世紀中期由科學家引入，當時主要研究的是出於數學分析的需要而產生的一些幾何問題。發展至今，拓樸學主要研究拓樸空間在拓樸變換下的不變性質和不變數。

對於拓樸學，一般習慣上用 G 代表圖面， V 代表點， E 代表線，由於拓樸學的圖面是由點和線所構成的，因此可以表達為： $G = (V, E)$ 。

V 是點(vertices, nodes, points)的集合。 E 是線(邊, edges, arcs, lines) 的集合。

有時候拓樸結構畫法的不同，會讓人誤以為是在表達兩個不同的事物，例如圖 2-4，不過事實上，只要拓樸結構的單元數一樣多，而且拓樸結構單元間的連接關係是相同的，那麼儘管看起來不太一樣，但事實上卻仍然是相同的拓樸結構。

例：圖 2-4 (A)、(B)二圖的拓樸結構相同。

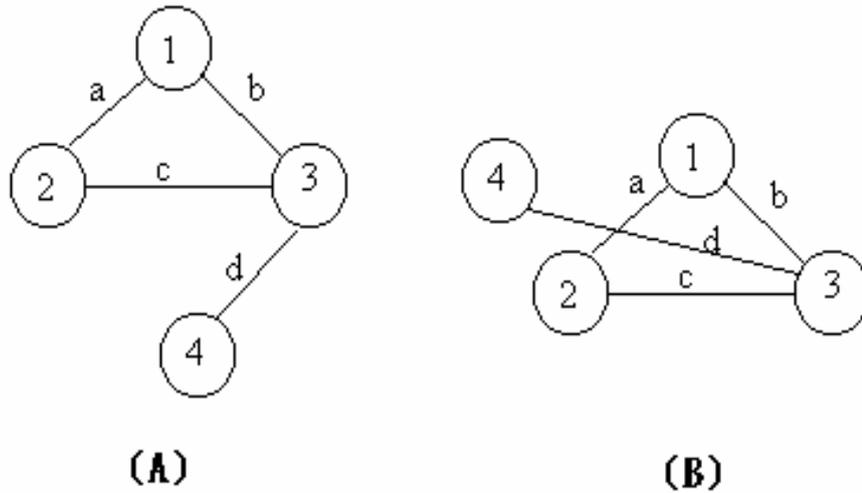


圖 2-4 兩個相同的拓樸結構

有關於圖論的探討，又可以分為有方向性的圖和無方向性的圖，一般而言，圖無方向性(即：雙向性)，若有方向性則須事先說明(通常的作法是加以註解或是以箭頭的形式來表示)。



點：標記/無標記 (labeled/unlabeled)

線：有向/無(雙)向 (directed/undirected)

無(雙)向圖：如圖 2-4 之(A)、(B)

有向圖(digraph)：其邊線具方向性，如圖 2-5 的(C)。

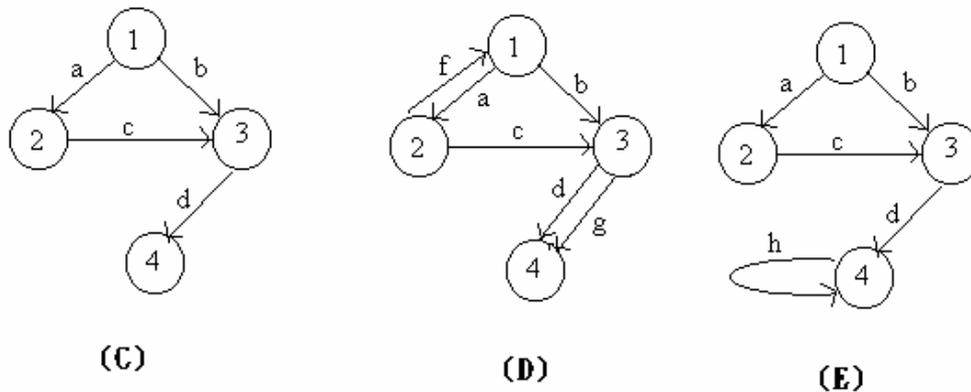


圖 2-5 圖論原則說明

有關於圖論的規定，首先，圖不能有重複的線。如圖 2-5 的(D)之 d 和 g 重覆的由 3 指向 4；但 a 和 f 方向不同，不算重覆。另外，若是無(雙)向圖，二點之間，不能以二線相連。最後，圖不能有指向自己的邊線。如圖 2-5 的(E)之 h。

2.1.4 小結

空間語法最初被應用在研究都市規劃及道路設計等”大範圍”的研究，而此類大範圍的空間，根據文獻的回顧可以發現到先前的研究均在探討空間特性的關係與影響。根據維護更新工地現場實際觀察發現，施工空間的使用會彼此干擾並且對使用者造成影響。因此，在使用空間語法來探討維護更新工程工地某些特定的空間特性，是否可以更容易表現出空間衝突關係與使用上的干擾問題。

2.2 工地配置理論、路徑規劃理論、空間排程理論、空間衝突之整理

<p>工地配置理論</p>	<p>所謂工地配置是指利用某些法則與程序，在工地內的可用空間中將工地內的各項臨時設施(Temporary facilities)如工務所、物料儲存區、物料加工區、員工宿舍的類型、大小、數量與位置作最佳之安排的方法。引用以人員、機具或是工程物料在工地內部各臨時設施之間的總旅行距離或總旅行成本最小化作為規劃的準則。地理資訊系統(GIS)、人工智慧、遺傳演算法(GA)都在先前的研究中被大量使用。Tommelein (1992,1993)、Yeh (1997)以及 Li (1998)等相繼提出各種不同的規劃技術以應用於工地配置問題中。</p>
<p>路徑規劃理論</p>	<p>路徑規劃(Path planning)是指在已知始點、終點的情形下，找尋兩點之間最短路徑的方法。路徑規劃理論多用於工程機具的施工動線規劃，某些工程會因為工程機具無適當規劃其工作路徑而明顯降低施工效率或是產生安全上的顧慮等，故有路徑規劃理論的產生。目前路徑規劃的技術甚多，包含規則格子點法、方樹法、可見視圖法、凸多邊形法等以及全球定位系統(GPS)。</p>

空間排程理論	<p>空間排程是指在工程進度表中加入空間因素的考量，工程師可將空間視為一種資源，以消除作業空間衝突(Space conflicts)為原則，透過類似資源分配(Resource allocation)的方式，來建立該工程之作業空間規劃與更可靠的工程進度表。 Thabet(1997)所建立之空間限制與資源限制排程系統(ScaRC System) 以及 Riley(1997)所提出的空間規劃法(Space planning method) 為主要之代表。</p>
空間衝突	<p>相關研究包含：空間衝突分析流程：Akinci et al. (1998a、1998b、2000)、吳俊達(2000)。</p> <p>空間衝突的分類:Akinci et al. (2000)的研究一共將衝突類型分成五類：1.設計衝突(design conflict) 2.安全上的危險(safety hazard) 3.損壞衝突(damage conflict) 4.擁擠(congestion) 5.無影響(no impact)。</p> <p>衝突解決策略：黃契介(2002)將衝突解決分為平移、時間、分割、等待、擁擠五個排除策略。</p>
空間特性	<p>透過 space syntax 對工地整體施工空間作分析，討論施工空間安排與規劃與空間衝突分析的問題，提出建議與改善來解決與避免其衝突。</p> <p>相關研究：張峻誠(2005)；仲閻立(2006)；王文錕(2003)。</p>

表 2-1 文獻整理

整理自仲閻立(2006)

由以上對於工地配置理論、路徑規劃理論、空間排程理論、空間衝突所做的文獻回顧中，可以發現在現有研究中不論是在工地配置理論、路徑規劃理論、空間排程理論、空間衝突分析皆缺乏對於施工空間特性的探討，因此本研究希望透過 space syntax 對工地整體施工空間作分析，從不同的觀點來討論空間規劃與衝突分析的問題。並將空間特性與排程規劃理論做結合，將空間特性量化分析後所得之數值，實際應用於資源排程規劃，以實務案例探討其可行性，來改善傳統進度規劃單純依靠主觀與經驗之不客觀，使進度規劃有一邏輯性推導可依循。

2.3 現行排程工具

2.3.1 甘特圖或桿狀圖 (Bar chart)

在二十世紀初期，甘特先生 (Mr. Gantt) 首先採用直線條 (Bars) 來代表作業項目，甘特圖或桿狀圖是以時間為橫軸，在縱軸中逐項列舉工程作業項目，並將每一作業項目以直線條 (桿狀) 畫在直線軸上，以桿之長短表達所需工作時間及作業開始與結束的一種規劃方法。此種圖表對於作業項目單純的工程較能適用，但因無法表達各作業項目間之相互關係及前後順序，因此在使用上趨向於規劃階段使用，在施工進度控制尚則需藉助其他作業網圖管理技巧 (劉福勳 1996)。桿狀圖之優點為簡單明瞭，但無法顯示作業相互關係，呈現資源的運用與調配，以及工期較長作業不易追蹤與預警等缺點，桿狀圖不適用於龐大或複雜的工程 (Moder et al. 1983)。桿狀圖之優點是容易製作、易懂且適合各階層工程人員溝通使用，但其缺點如下 (謝清俊 1998)：

- 
- * 無法明確表明先後關係。
 - * 不易掌控各作業項目間之互動關係。
 - * 不易追蹤作業進行情況對整體之影響。
 - * 不易因進度落後或超前而提供有效之預警動作。
 - * 不易將資源一併考慮。

2.3.2 網狀圖排程技術

要徑法 (Critical Path Method, CPM) 與計畫評核術 (Project Evaluation and Review Technique, PERT) 皆屬網狀圖技巧。所謂網狀圖便是將工程的工作構件，以網路的圖形來表示這些構件及其相互間之前後邏輯關係，而使整個工程的各作業及其前後順序以圖形方式予以簡單化來表示。而要徑法即是在網圖中找到最長的路徑，然後以此路徑為工程控制要點的一種方法；計畫評核術則是用來評核計畫成功機率的一種技術 (劉福勳 1996)。CPM 與 PERT 最大之不同點在於作業

時間的估計上，當施工程式確定性較高時，採 CPM 為宜；PERT 則應用於不確定因素較多的情況。而網圖有兩種主要表示方法，分為箭線法 (Arrow Diagramming Method, ADM) 與節點法 (Precedence Diagramming Method, PDM)。箭線法以箭線代表作業，節點作為作業時間點。節點法則以節點表示作業，箭線可表示作業間之多種關係，包括完成至開始(finish to start, FS)、完成至完成(finish to finish, FF)、開始至完成(start to finish, SF)、及開始至開始(start to start, SS)。而 ADM 與 PDM 乃是表現 CPM 之邏輯方法 (陳敬寬 1991)。

現行各種排程工具之比較，如下表所示：

表 2.2 現行排程工具之比較

方法	說明	適用領域
桿狀圖 (Bar Chart)	Bar Chart 是以時間為橫軸，在縱軸列舉每一作業項目以直線條 (桿狀) 畫在直線軸上，以桿之長短表達所需工作時間的一種規劃方法。	此方法對於作業項目單純的工程較能適用，但因無法表達各作業項目間之相互關係及前後順序，因此在使用上趨向於規劃階段使用。
要徑法 (Critical Path Method)	CPM 是用來協助管理者列舉作業項目、繪製網圖、進行日程計算、並辨識網圖中最長路徑，進而可以有效掌控進度。	此方法適用於作業項目關係例如一般工程施工作業。
計畫評核術 (Project Evaluation and Review Technique)	PERT 是透過最樂觀時間、最可能時間及最悲觀時間求出每一作業或全部作業之成功機率。	此方法適用於不確定因素較多的情況，例如動物實驗或分機研發等。

整理自：郭奉宜 2004 整理自謝壽明 2002

2.4 傳統進度規劃

傳統進度規劃流程：

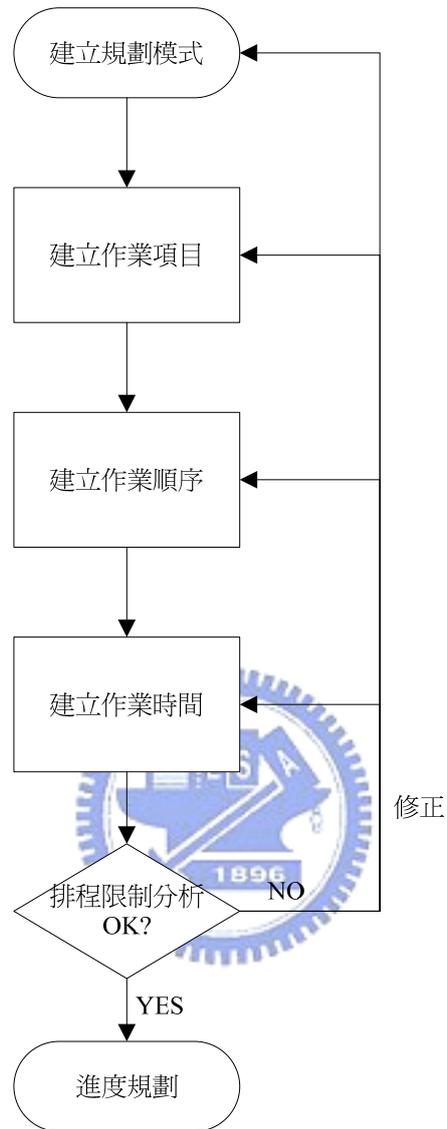


圖 2-6 傳統規劃流程一

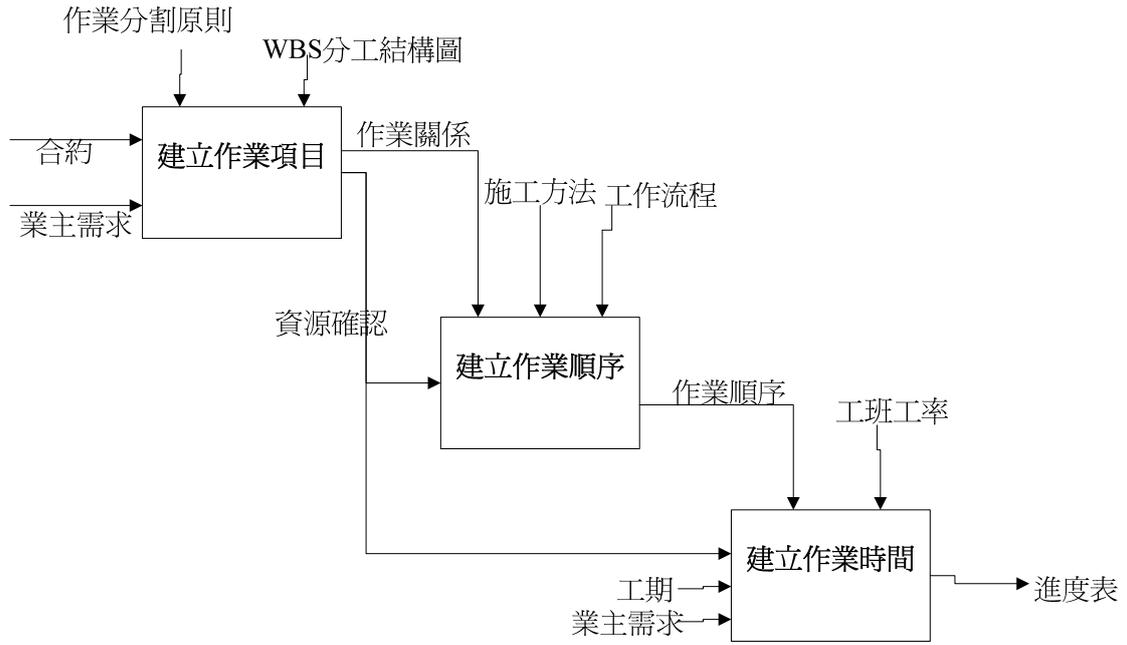


圖 2-7 傳統進度規劃一細部流程

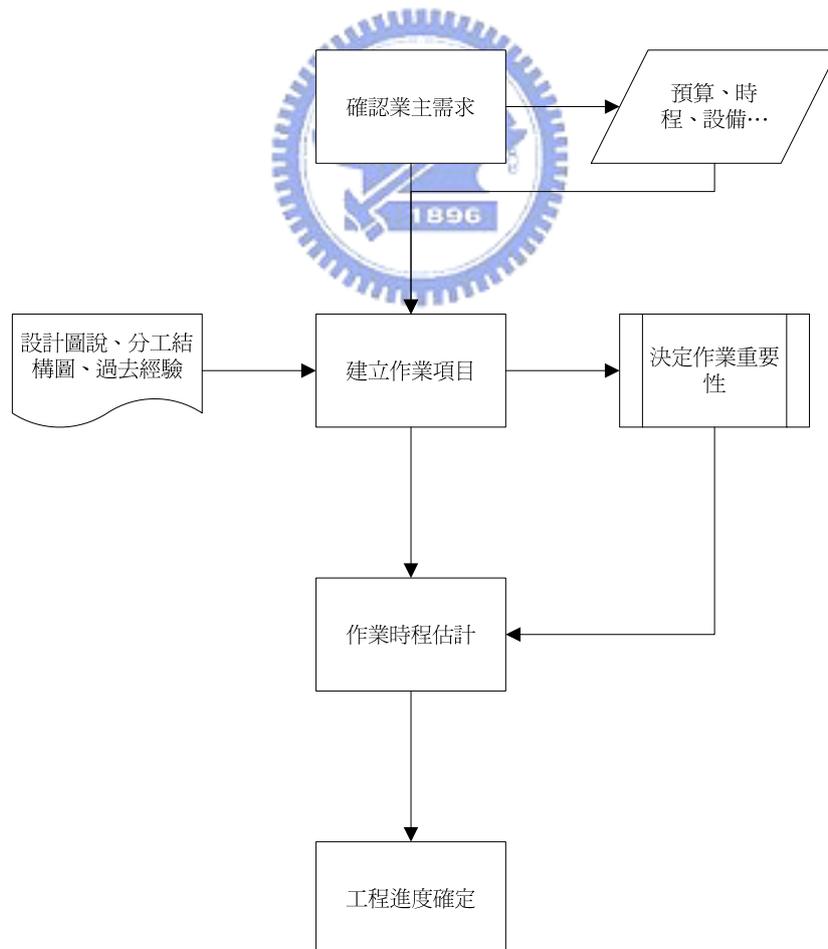


圖 2-8 傳統進度規劃二

2.5 空間語法文獻回顧

表 2.3 空間語法文獻比較表

標題	問題類型				研究方法
	空間規劃	資源量化	績效評估	排程規劃	
博物館空間組構邏輯探討—以國立自然科學博物館與國立科學工藝博物館為例	*				1.Space Syntax：(空間語法分析) 2.路徑跟蹤觀察法 3.行為問卷調查法
以 space syntax(空間語法)分析施工要徑空間特性之研究	*		*		1.Space Syntax：(空間語法分析) 2.現場觀察法 3.提出單元阻塞與流量累計法
以空間語法分析空間衝突之研究—以逆打工法為例	*		*		1.Space Syntax：(空間語法分析) 2.現場觀察法
本研究	*	*	*	*	1.Space Syntax：(空間語法分析) 2.單元阻塞法 3.資源排程

*為有針對此項問題做研究探討。

2.6 小結

空間語法提供一種便利的方法來蓋括在視覺上及量化上表達空間結構中的空間佈置及連接方式。以往空間語法研究文獻單純的以量化為依據來比較空間特性，作為空間規劃的依據，提出建議與分析效益，卻沒有更深入的應用，量化之空間特性應該可以更顯現出意義。

空間資源在進度規劃時，常常被忽略沒有考慮，空間語法為一量化空間資源的好方法，可是實務上的應用大多在規劃與建議，單純的建議與分析，本研究想更深入應用空間語法，讓空間特性更有實務上的應用意義。

表 2.4 文獻比較表

標題	作者與年代	主要研究貢獻
建築工程施工作業空間規劃與衝突分析流程之研究	吳俊達 2000	針對整個作業空間規劃也提出了一套流程，包括了空間資訊的取得、作業空間初步規劃、空間衝突的確認、空間衝突的分析與空間衝突解決對策。並提出了一套衝突作業的分析因子。
以空間語法分析空間衝突之研究—以逆打工法為例	張峻誠 2005	以拓樸結構表達工程空間，利用空間語法進行量化分析及施工空間特性分析，驗證空間語法在工地空間分析的有效性以及發生空間衝突時如何利用空間語法進行分析與選擇適合的處理方式。進而排除空間衝突或減輕衝突對工程進度造成之影響。
以 space syntax(空間語法)分析施工要徑空間特性之研究	仲閻立 2006	建立施工空間以空間單元法分割之原則，提出單元阻塞和流量累計作為新的空間量化方法。利用空間語法進行空間特性分析，利用空間語法找出施工空間的要徑空間。
本研究	姜林銘洲 2007	以空間語法切割各空間與計算量化各空間之空間特性與分析，並將空間量化為資源以資源排程方式導入進度排程，改善傳統進度規劃太依賴經驗主觀之問題，並讓使用者了解掌控空間資源，預防施工衝突並降低對現有空間使用影響。

第三章 研究方法

3.1 Space Syntax

依照 Bustard (1999)、Jiang(2000)、Neiman(2003)及蘇智峰(1999)對於空間語法的介紹，可知「space syntax」中譯為「空間語法」，最初是由 Hillier 和 Hanson (1984)提出。空間語法是應用於空間形態分析的一套理論和工具，在空間認知層面可被當作一個空間的替代模型，並且作為空間架構和模式分析的一種實用計算方法。空間語法提供一種便利的方法來蓋括在視覺上及量化上表達空間結構中的空間佈置及連接方式。

有關空間結構之解析，大致可分為三個步驟。首先是空間結構的分解，有空間單元及最長動線二種分解方式。其次是空間結構之圖面表達(分別為空間單元之相對深度圖及最長動線之相對深度圖)與量化表達。最後才是空間結構之解析。

3.1.1 空間結構之分解

空間結構之分解，主要基於二個分解元素，其一為「空間單元」(Convex Space)，另一則為「最長動線」(Axial Line)。空間單元是一個凸多邊形空間，凹多邊形空間必須被分成最少數目的凸多邊形空間，這是因為在每一完整空間單元內，所有成員均可彼此互視，以達成互動之機能。因此在任何空間平面配置上，一個屬同一使用性質之 L 型空間，就必須被分割成為二個不同之完整空間單元。如圖 3-1 所示，單元 10 與 12 (或單元 6 與 7) 及分解自一 L 型之空間。

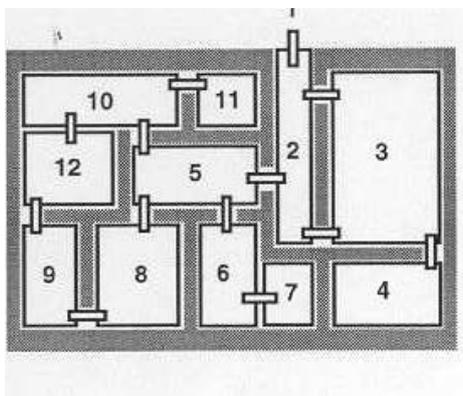


圖 3-1 空間單元結構圖

資料來源：【20】

另一分解元素即為最長動線，動線是一條在行進時可能被依循的直線，最長動線代表連結不同空間單元之最少且最長之動線。因此程序上，空間型態需先經過「空間單元」分解後，再以「最長動線」作第二次之分解。

依上述二分解元素分別對空間結構做分解後，可得二種空間結構系統圖，分別是「空間單元結構圖」(Convex Break-up)，描述涵蓋所有空間佈置的最少數目凸多邊形及凸多邊形之間的連接，如圖 3-1 所示；與「動線結構圖」(Axial Map)，描述涵蓋所有空間佈置的最少數目動線及動線之間的連接，如圖 3-2 所示。

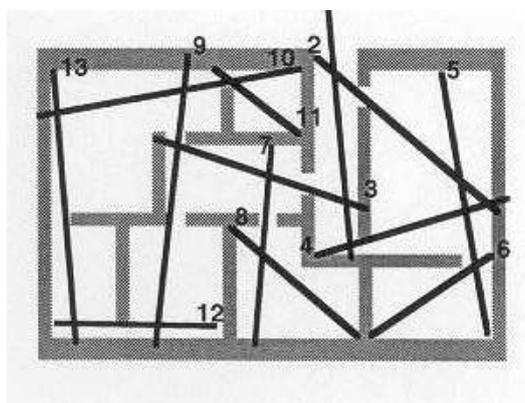


圖 3-2 動線結構圖
資料來源：【20】

a. 空間型態之內在組構邏輯—空間單元

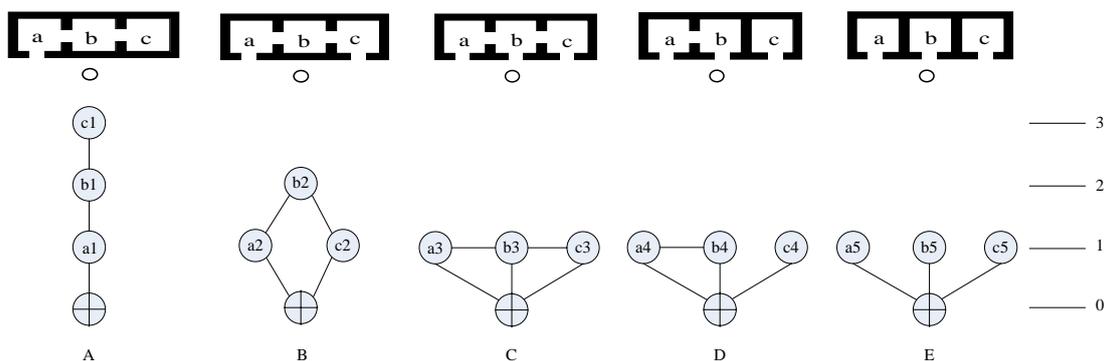


圖 3-3 空間單元結構型態圖

深性型構 (DEEP)：如圖 3-3A，從便捷度的比較之下，從外部空間到達最內部空間須經過每一空間單元，即便捷度不高，反之，亦然；但是在控制度的比

較之下，由於經過每一空間單元，所以空間單元的控制度是較高的。

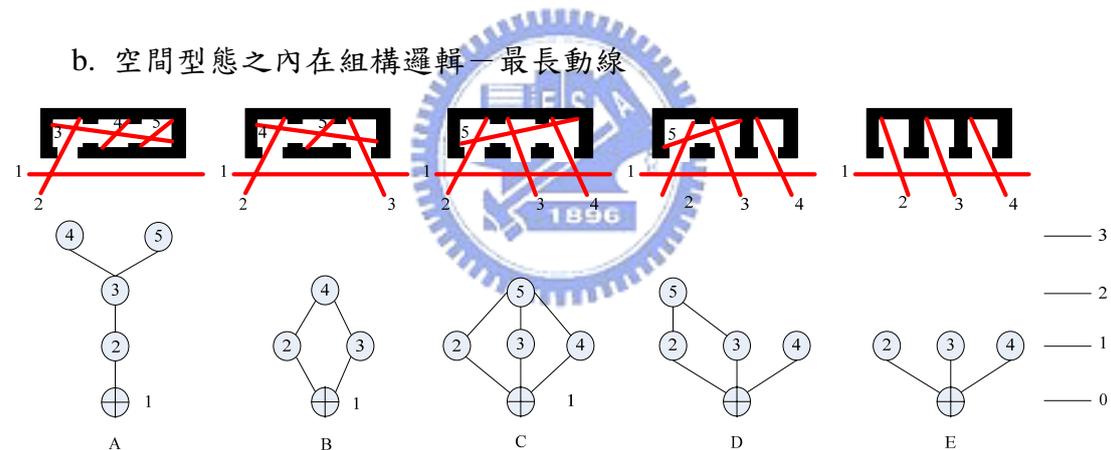
淺性型構 (SHALLOW)：如圖 3-3E，在便捷度的比較下，外部空間到達其他的空間單元只需一步即可到達，代表便捷度高；但是從各空間單元比較控制度下，由於每單元互不相通，必須經過外部單元才可以進入其他空間單元，所以其控制度是不高的。

樹狀型構 (TREE)：圖 3-3A 及圖 3-3E 為兩種不同深度的樹型結構

環狀型構 (RING)：而圖 3-3B 及圖 3-3C 則為兩種不同深度的環狀型構

此外，圖 3-3D 則是介於淺樹與淺環之間之型構特徵。

上述有關空間型態內在組構邏輯得知，其不同的空間單元分佈會影響各個空間單元的便捷度及控制度，然而在實際面對一龐大之複雜之空間體系時，就必須依據量化結果來做為評量。



3.1.2 空間結構內涵之圖面表達

空間結構經分解後，即可轉化成圖，「圖」呈現了在空間佈置中所有空間單元或是最長動線的可滲透性關係，用節點來呈現空間，用線來呈現連結。並可針對結構系統中任一結構元素（如：空間單元或最長動線）探討它與其餘所有元素間之相對深度關係，並將此結構以相對深度圖表示。

相對深度圖是重組過後的圖，特定的空間被放置在底部，稱為「根部空間」。距離根部空間一個語法台階（語法台階代表空間單元與鄰接單元間的直接連接，或是在最長動線圖中從一條動線到另一條動線時方向的改變）的所有空間被放置

在上面第一層，距離兩個語法階段的被放置在第二層，依此類推。相對深度圖提供了從其中一個元素觀看空間佈置的所有深度的視覺圖像。樹狀相對深度圖中大部分的元素距離根部空間相當遠，在這樣的系統中，平均深度較大，稱為「深型結構」。灌木狀相對深度圖中大部分的點距離根部空間相當近，稱為「淺型結構」。

以圖 3-5 有關單元 1 之相對深度圖為例，結構系統中單元 3 及單元 5 兩者與單元 1 之相對深度均為 2；單元 4、6、8 及 10 等與單元 1 之相對深度均為 3，以此類推，即可解析出單元 1 與其餘所有結構單元間之相對深度關係。

從圖 3-5 單元 1、5、11 等不同空間單元之相對深度圖之比較，可初步判斷該結構系統中，單元 5 為居於較便捷之位置，因其相對深度圖呈淺形結構；而單元 1 及單元 11 均為居於較不便捷之位置，其相對深度圖均呈現深性結構。

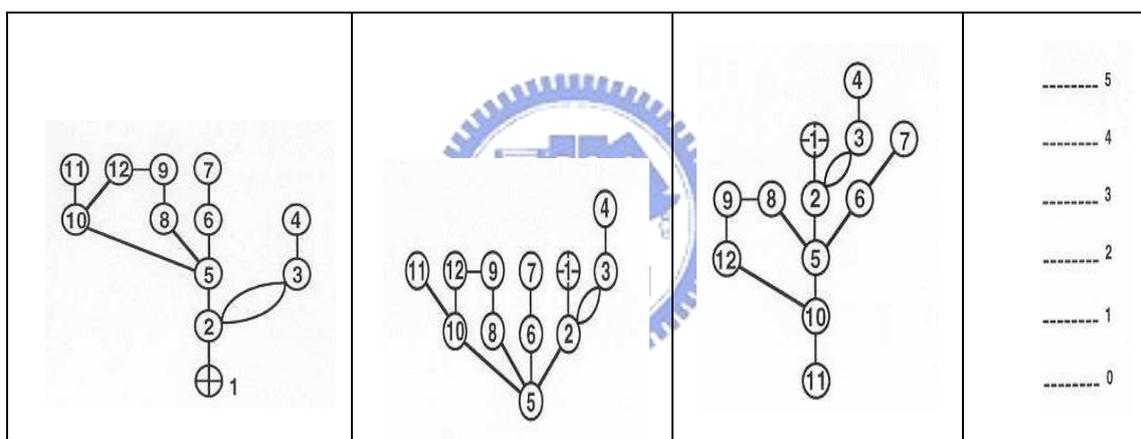


圖 3-5 單元 1、5、11 之相對深度圖

深度

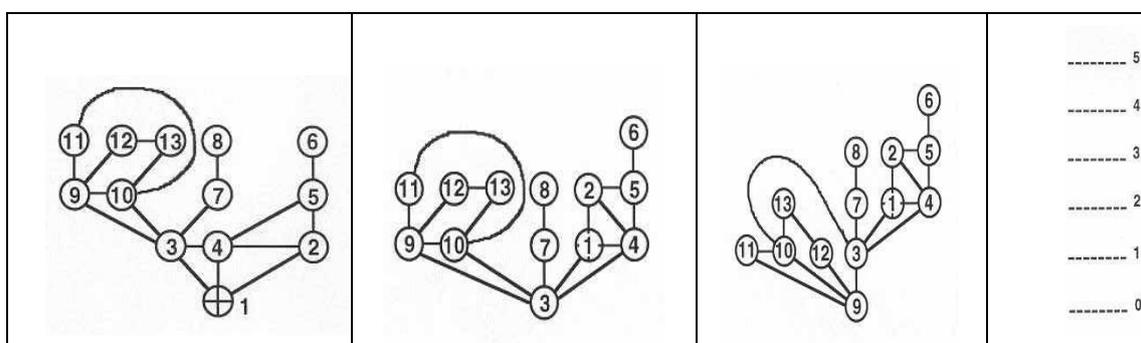


圖 3-6 動線 1、3、9 之相對深度圖

深度

資料來源：【20】

3.1.3 結構內涵之量化表達與解析

空間結構之深層結構內涵之實際內容在於結構系統中每一結構元素(如空間單元或最長動線)因二種不同基本評量方式所呈現之二個主要量化特質,其分別是「相對便捷值」(Integration Value)與「相對控制值」(Control Value)。結構系統中每一結構元素之所以具有此二種量化特質,並非源自元素本身;這些量化特質乃係每一結構元素因在系統中所居之位置及元素間彼此之連結關係而隨之自然衍生的。

結構元素之第一個量化特質,即「相對便捷值」,在空間語法文獻中最常使用的就是相對便捷值。相對便捷值是依據深度的概念而產生,「深度」計算時是把出入口當作根部元素,但在計算「相對便捷值」時,把考慮的元素當成根部元素。因此深度是計算考慮的元素與其他元素之間依最短路徑行走的語法台階數目,而相對便捷值是用系統中每一結構元素到其餘所有元素間之深度的平均值做比較計算後所得到的,即為一種代表位置便捷程度之比較值。

以下說明與相對便捷值相關之量化因子:

一個元素的總相對深度是從所有其他元素到此元素的深度(d_{ij})總和計算值。

$$\text{總相對深度} = \sum_{j=1}^n d_{ij}$$

一個元素的平均相對深度是將他的總深度除以全部的元素數目減一,即減掉正在計算的這個元素。平均相對深度越大代表著便捷程度越低;平均相對深度越小代表著便捷程度越高。

$$\text{平均相對深度} = MD_i = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij}}{(n-1)}, \quad n = \text{總元素個數}$$

以圖 3-5 單元 1 之相對深度圖為例,單元 1 到其餘個別單元之平均相對深度值 $MD_1 = (1 \times 1 + 2 \times 2 + 3 \times 4 + 4 \times 4) / (12 - 1) = 3.0$, 而圖 3-5 單元 5 之平均相對深度

值 $MD_5 = (1 \times 4 + 2 \times 6 + 3 \times 1) / (12 - 1) = 1.72$ 。

平均而言，便捷值較高的元素有較低的平均深度。空間語法常常將相對深度轉換成相對不對稱值(RA)。

$$\text{相對不對稱值} = RA_i = \frac{2(MD_i - 1)}{(n - 2)}$$

分子代表了觀察到的平均深度與最小可能深度的差，分母代表了最大可能深度跟最小可能深度的差。這個動作是為了將平均深度值標準化。

圖 3-5 中基準單元 1 之 MD_1 值等於 3.0，故其 RA_1 值 $= 2(3.0 - 1) / (12 - 2) = 0.4$ 。

然而 RA 值與系統內空間單元的個數相關，為了進一步做到不同空間單元數目系統間的比較，需要將 RA 再轉換成真正相對不對稱值(RRA)。

$$\text{真正相對不對稱值} = RRA_i = \frac{RA_i}{D}$$

D 值是與空間單元數目相關的函數，代表了鑽石型對襯的空間結構的 RA

值，通常由查表得知。 $D = \frac{2(n(\log_2((n+2)/3) - 1)) + 1}{(n-1)(n-2)}$

與圖 3-5 同系統（即 12 空間單元之結構）之鑽石對稱型相對深度圖之基準單元的 RA 值（即 D 值）為 0.285，故單元 1 之 RRA_1 值 $= 0.4 / 0.285 = 1.404$ ；另外圖 3-5 單元 5 之 MD_5 值為 1.72，故其 RA_5 值 $= 2(1.72 - 1) / (12 - 2) = 0.145$ ，於是推得其 RRA_5 值 $= 0.145 / 0.285 = 0.510$ 。

因此，當結構系統中甲元素之 RRA 值較乙元素之 RRA 值為小時，則表示甲元素之相對深度圖較乙元素淺，意即由甲元素到其餘所有元素間相對深度平均值相較於乙元素之相對深度平均值為小。此即表示甲元素在整體結構系統中相較於乙元素位居於較便捷之位置。

為了符合一般解讀之習慣，乃將上述之 RRA 值取倒數，並以 Rn 值表示之。於是結構元素之 Rn 值越大則代表其位置便捷度越高。Rn 值即為該元素在

系統中所居位置之「相對便捷值」。

$$\text{相對便捷值} = R_n = 1 / RRA$$

因此圖 3-5 單元 1 之相對便捷值 $R_n = 1 / 1.404 = 0.712$ ，而圖 3-5 單元 5 之 $R_n = 1 / 0.510 = 1.959$ ，兩單元相比較，單元 5 之 R_n 值遠大於單元 1 之 R_n 值，表示單元 5 相較於單元 1 位居於較便捷之位置。

結構元素之第二個量化特質為「相對控制值」(Control Value, 簡稱 CV 值)。相對控制值所探討的是結構元素與鄰接元素間相互控制程度之比較值。一般來說，一個元素的控制值常常與鄰接元素的連接數成反比。假設每一元素之控制權重分配值均為 1，則該元素之所有鄰接元素分別自該元素平均分配得 (1 / 鄰接元素之總數) 之控制值。當結構元素所鄰接之元素個數越多，則其對鄰接元素之相對控制值也就越高，尤其當某一結構元素所鄰接末端元素 (如圖 3-5 之元素 4、7 及 11 等) 越多時，則此元素對鄰接元素之相對控制程度也就越高，如圖 3-8 之元素 10 及元素 2。

圖 3-5 所示：元素 5 之鄰接元素總數為 4，於是元素 5 之鄰接元素分別自元素 5 平均分配得 0.25 之控制值；而元素 5 分別自元素 6 分配得 0.5，自元素 8 分配得 0.5，自元素 10 分配得 0.33，自元素 2 分配得 0.33，因此元素 5 對鄰接單元之相對控制值 CV 等於 $1.667 (= 0.5 + 0.5 + 0.33 + 0.33)$ 。元素 10 所鄰接之元素個數(3 個)雖然少於元素 5 之鄰接個數(4 個)，然而因元素 10 鄰接了 1 個末端元素 (即元素 11)，故使得元素 10 對鄰接單元之 CV 值 ($= 1.75$) 高於單元 5 之 CV 值 ($= 1.667$)。易言之，元素 10 對其鄰接元素之相對控制程度高於元素 5 對其接元素之相對控制程度。

2. 由拓樸結構計算各個元素的絕對深度、相對深度、相對便捷值及相對控制值等量化因子。
3. 利用第二步驟計算出的數值進行空間特性分析。

張俊誠(2005)將 CAD 圖面轉化為拓樸結構之方法，結合空間語法中原有之空間單元及最長動線兩種分割方法成為新的空間分割方式，得以在拓樸結構中完整呈現工程 CAD 圖面之空間結構。此外在分析實際動線流量與相對便捷值之關係，結果證明兩者之間有相當正向之關係，動線流動量的比例與相對便捷值的比例相近。

在個案實證中，由於逆打工法中物料只能堆放在出土口，因此在發生動線與物料堆放區域的衝突時，利用空間特性分析來檢視是否有較佳之物料放置區域，以減少空間衝突對工程進行造成之影響。

3.1.5 小結



由文獻回顧可看出在過去相關研究中，不論是在工地配置、空間衝突、空間排程或是路徑規劃，對於空間特性的分析研究都是較為缺乏的。以空間衝突為例，在過去空間衝突相關研究中，衝突分析因子考慮的大多是與作業項目特性相關的因子，並沒有考慮到與整體施工空間特性相關的因子，在衝突分析流程中進行的也是針對作業项目的部分，因此在衝突解決對策的選擇上，對於衝突位置的解決方法判斷上缺乏了合適的依據及準則。由此例可以看出，不論是在工地配置、空間衝突、空間排程或是路徑規劃，若能將空間特性加以分析探討，勢必能使整體的理論架構更加完善。

空間語法是一套空間分析的工具，在經過空間結構的分解、量化表達及空間結構分析三項步驟之後，可以瞭解整體空間中每個位置或是動線的特性，兩個主要的分析因子為相對便捷值及相對控制值，相對便捷值代表的是便捷程度高低，便捷程度越高代表越容易從其他位置或動線抵達(當然也就代表了越容易到達空間的其他位置或動線)；相對控制值代表的是對鄰接單元的控制程度高低，控制程度越高代表鄰接單元越容易受到本單元的影響。

空間結構的分解主要有兩種方式：一種是空間單元法，一種是最長動線法，空間單元法是利用牆面隔間或是障礙物來將整體空間分解為一個個空間單元，最長動線法則是利用最長且最少的動線來涵蓋整體空間，並串連全部的空間單元。並利用圖論的觀念把空間單元（或動線）當成一個個的點，再用一條條的線來表示彼此之間的連接關係，將空間圖面轉換成拓撲結構以進行後續量化分析。

相對便捷值及相對控制值等量化分析不僅可以針對單一個案進行分析，對於不同結構系統也可以透過標準化的程序將數值轉換成相同基準來進行比較分析，因此在進行空間分析時，對於不同時段的不同空間結構，均可利用空間語法來進行比較分析。

表 3-1 空間語法分析參數表

空間語法分析參數表			
參數名稱	中譯名稱	公式	代表意義
Rn	相對便捷值	1.計算總深度 D 2.計算平均相對深度值 MD 3.計算元素不對稱性質 RA 4.計算同系統內假設之鑽石對稱型相對深度圖值之基準元素 RA 值—Dk 5.計算真正不對稱性比較值 RRA 值 $Rn = \frac{1}{RRA}$ 6.	相對便捷度是以元素間相對深度關係為評量方式，以系統中每一組構元素到其餘所有個別元素間之最短路徑（即相對深度）之平均值作比較計算後，所得到一種代表位置便捷度之比較值。
Connectivity	鄰接個數值	$C_i = k$ K=與點(i 直接連接的點數目)	表示該元素與地方性系統的整合或分離性
Control Value(CV)	相對控制值	$CV_i = \sum_{j=1}^n \frac{1}{c_j}$ 與點 (i) 直接連結的點 i~j 之 C 值倒數之合，即稱為點 (i) 的 Control Value(CV)	表示該點對鄰接元素之控制程度
Depth	總深度	$D = \sum_{j=1}^n d_{ij}$ (i) 點到 (j) 點的最短路徑，以廣度(BFS 方式計算)	表示該點所居位置之便捷程度

Mean Depth	平均相對深度	$MD_i = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij}}{n-1}$ n=所有點的個數	表示該點所居位置的便捷程度比較值
RA (Relative Asymmetry)	不對稱性值	$RA_i = \frac{2(MD_i - 1)}{n - 2}$	表示該點居於整體性系統中便捷之程度
RRA (Real Relative Asymmetry)	真正不對稱性比較值	$RRA_i = \frac{RA_i}{D_k}$ $D_k = \frac{2(k(\log_2((k+2)/3)-1)+1)}{(k-1)(k-2)}$ 同系統內假設之鑽石對稱型相對深度圖值之基準元素 RA 值 (須查表)	加強系統中 RA 值之差異,以 RA 值除以假設之鑽石對稱性之相對深度
Rr (Local Integration)	r 步路遠之地方性相對便捷值	以 r 步路遠之距離計算深度,再帶入 MD 與 RA 公式中	表示該點居於地方性系統中便捷之程度 (Local Integration Value)

3.2 空間單元阻塞



定義：假設某一單元完全阻塞，使得此單元可視為障礙物，計算受阻塞與被阻塞影響而無法使用之空間單元佔所有空間單元之比例

效用：能夠簡單的檢視當某單元發生阻塞時，會有多少其他的單元遭到完全阻塞。

限制：這個方法僅能夠適用於空間單元法，因為應用在最長動線法的拓樸結構，並無法有效的表達阻塞的真實情形。

以圖 3-8、圖 3-9 為例，當空間以空間單元法進行分解時(圖 3-8)，使用”空間單元阻塞”的觀念，可以很容易直接由拓樸結構看出，當單元 20 阻塞時，會造成單元(12~14)與其他空間隔絕。所以，若假設單元 12 為一絕對不可阻塞單元時，此時就能夠很簡單的判定單元 20 為一要徑空間(因為絕對不能阻塞)。同理，單元 6 和單元 9 阻塞時，也都會造成其他單元的阻隔。所以，不同單元阻塞時，所會造成的阻塞情形也可拿來做比較，一般來說，某單元阻塞時所造成的隔離單元數越多，則此單元的重要性就越高。

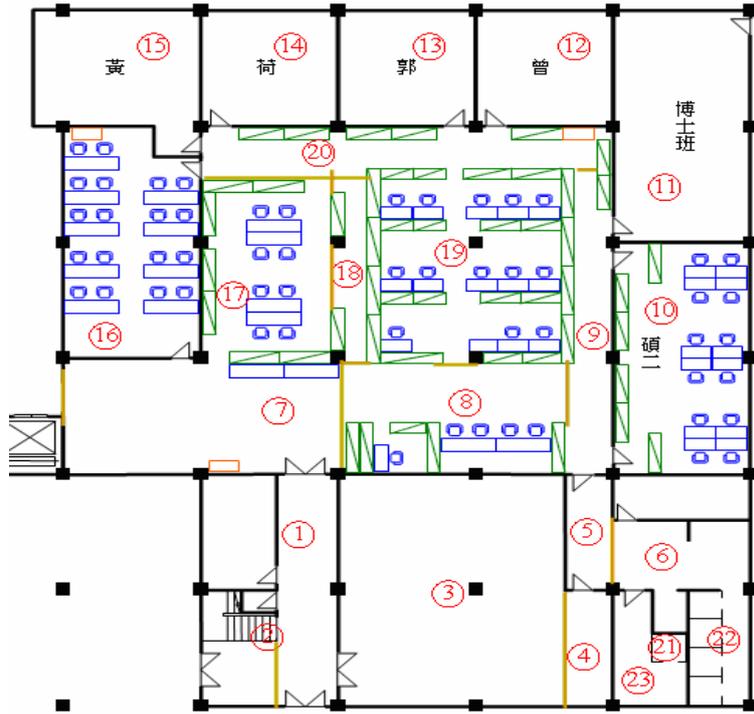


圖 3-8 空間單元結構分析

資料來源：【25】

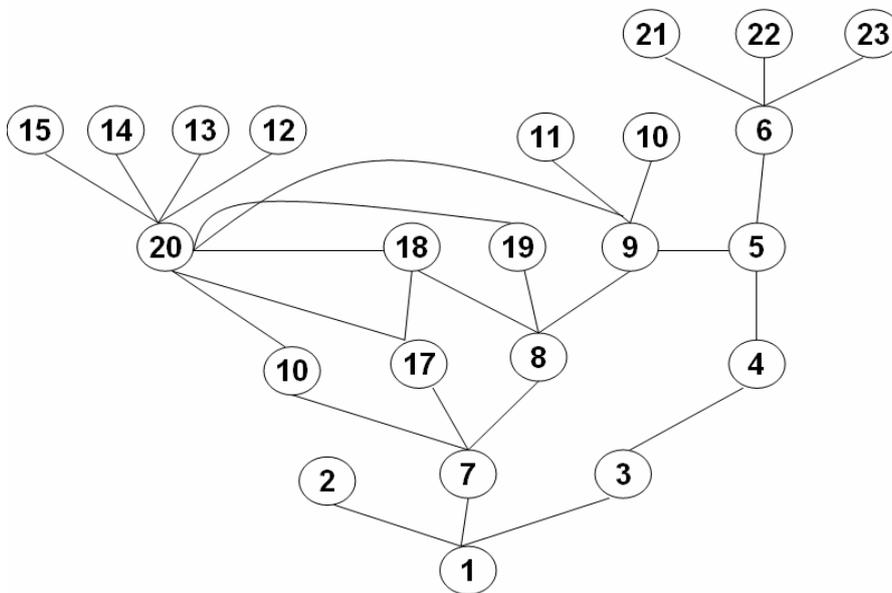


圖 3-9 空間單元拓樸結構分析圖

資料來源：【25】

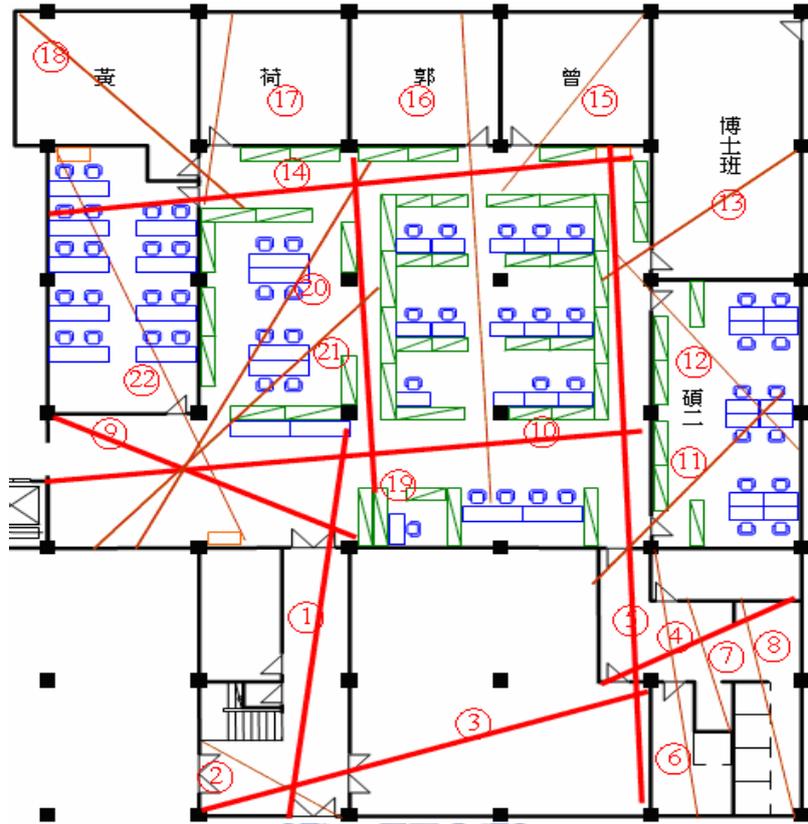


圖 3-10 最長動線之分析結構圖

資料來源：【25】

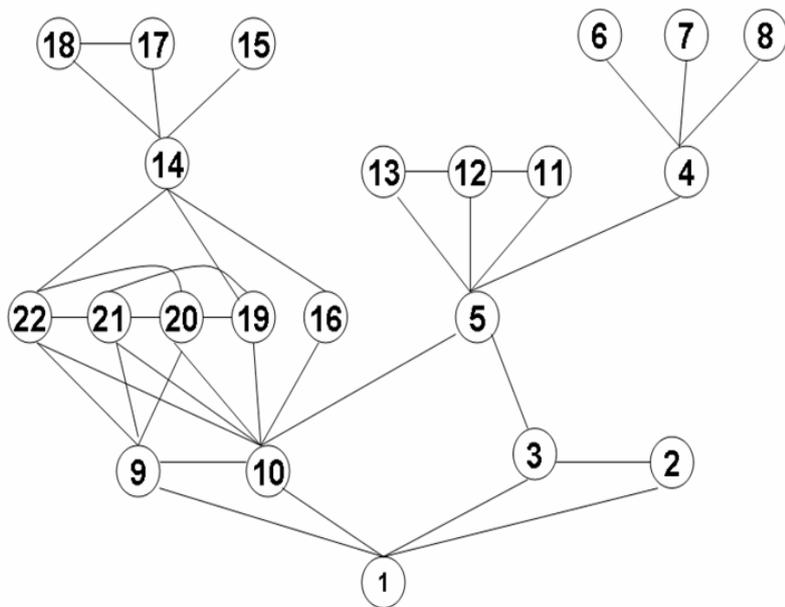


圖 3-11 最長動線拓樸結構圖

資料來源：【25】

當圖面是以最長動線法來分解時，有時並無法簡單從拓樸結構來看出阻塞的關連性。例如：假設空間 1 完全阻塞(空間 1 完全阻塞必然導致動線 1 阻塞)，那麼動線 2 和動線 3 之間，動線原本能夠相連接的關係就會因此而消失。此時，從圖 3-9 可以很容易看出空間一的阻塞導致空間 2 和空間 3 彼此原本相連結的關係消失；而從圖 3-11 之最長動線拓樸結構分析圖，卻無法藉由動線一的阻塞來發現動線二和動線三原本相連結的關係消失了。(由於最長動線的拓樸結構圖在分析上有這個盲點，因此本研究認為在分析時，空間單元的拓樸結構是不可或缺的。)若是要能夠從拓樸結構來直接分析動線之間阻塞的關係，必須做以下其中一個改變：

- (a) 重新定義最長動線的分解法。(最長動線分解法源自於視線 (Visibility) 與動線 (Permeability) 兩觀點，兩者均是人與生俱來之生活本能。最長動線代表連結不同“空間單元”之最少且最長之視覺動線。)
 - (b) 改變拓樸結構“線”所代表的意義。(目前拓樸結構的“線”都是代表動線與動線之間有互相連結。)
 - (c) 以空間單元的拓樸結構圖之分析為主軸，暫時不考慮將單元阻塞法應用在最長動線結構圖之分析上。
2. 探討單元阻塞法所造成整體單元(D、CV、Rr) 值之變化:拓樸結構中任何單元發生完全阻塞，都會造成整體空間語法的量化值發生改變，其變化數值是否能做為分析的參考依據，整體來說，當某一點阻塞時，若造成整體空間總相對深度(D)值下降越多，則此空間越便捷；反之則越不便捷。
 3. 不論圖面所代表的空間是否具有方向性，單元阻塞法都可以適用。

根據 3-1、3-2 所整理之研究方法，經過檢視本研究決定採用其中三個空間特性，分別是空間語法中的相對便捷值(Rn)、相對控制值(CV)、單元阻塞法的阻塞比例值，根據此三種空間特性之強調特色整理如下表：

表 3-2 各空間特性強調特色表

空間特性	強調特色
阻塞比例值	阻塞比例強調的是空間因施工阻塞造成的影響，主要以是否可以通往外部空間為阻塞依據，強調的是與外部空間的聯絡性，單純只是能否與外部空間連絡，並無考慮便利性。
相對便捷值	相對便捷值強調的是外部空間通往空間單元的便利性，依深度劃分，便捷度越高通常位於與外部空間連絡較便利處，深度也通常較淺，便捷也就是對外聯絡性佳。
相對控制值	相對控制值強調的是，空間單元對鄰近空間單元的控制性，相對控制值越高表示對鄰近空間單元影響程度大，因此相對控制值可顯示出各空間單元對鄰近單元之控制程度。

3.3 資源排程

資源排程問題係指在工程專案進行中，將有限的資源隨著時間的進行分配至一些等待完成的作業上，並設法達到預先訂定的目標。因此，排程結果的好壞會引發許多工程的後續問題。例如，營建工程中之資源（如：勞務、營建機械、資材等等）是否能夠有效被利用，就嚴重影響到工程的成本，因此資源排程計算之目的，不僅是在檢討日程計畫實行之可能性，同時也是謀求降低施作成本，編制出合理之資源利用計畫，其計畫內容包括資源之分配計算（山積計算）及資源之拉平計算（山崩計算）。

一般施工規劃，常將資源劃分成資源分配與資源拉平兩部分，首先在完成初步之資源分配後，通常會產生資源之需求過度集中，而有可能會產生資源供不應求，增加調度困難，或是產生資源閒置不用，造成資源浪費的情況，而這兩種現象對工程之工期及成本均不利。因此，必須進一步進行資源拉平的工作【沈進發，1997】，而其目的就是使每日資源之需求盡可能趨於平緩。

3.3.1 資源分配

資源分配是在決定分配資源給各作業開始施作之時程，故又稱為施工排程或日程計畫。資源分配是在可用資源限制條件下，作資源之分配，其基本目標為使各作業適時獲得施工所需資源之充分供應開始施工【沈進發，1997】。因此資源

分配問題即是在資源限制供應情況下，排定作業取用資源的優先順序，在盡可能不影響工期的情況下滿足限制之資源供應排程。而考慮資源限制下之資源分配，其作業取用資源的優先順序，有八種較常用的啟發式規則【Moder et al., 1983】：

1. MINSLK (MINimum activity SLacK)：作業中擁有最小作業寬裕時間(總浮時)者優先排程。

2. LFT (minimum Late Finish Time)：作業中擁有最早之最晚完成時間者優先排程。

3. RSM (Resource Schedule Method)：優先指標計算的方式是兩兩比較作業之最早完成和最晚開始時間，概略的按增加最晚完成時間的順序給予資源的優先權。

4. GRD (Greatest Resource Demand)：作業中為了完成可能的瓶頸作業，以擁有最大資源需求者優先排程。

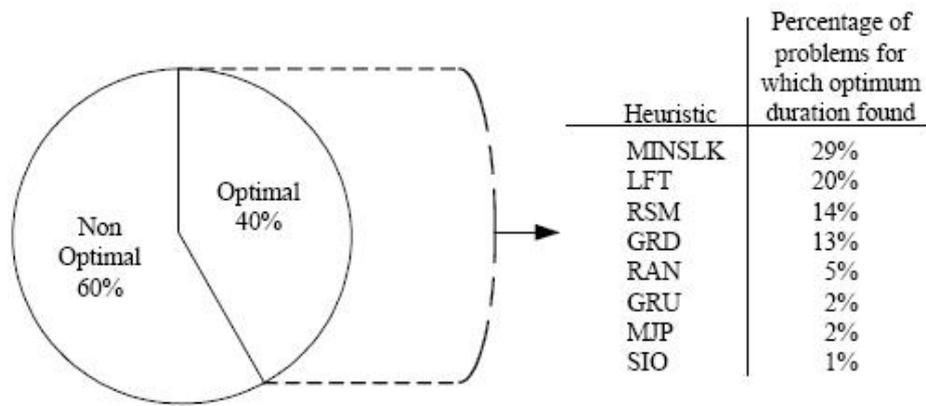
5. GRU (Greatest Resource Utilization)：每一個排程區間資源閒置量最小的作業組合，該組合擁有較高之優先權。

6. SIO (Shortest Imminent Operations)：企圖在短時間完成最多作業項目中優先分配給擁有作業時間最短者。

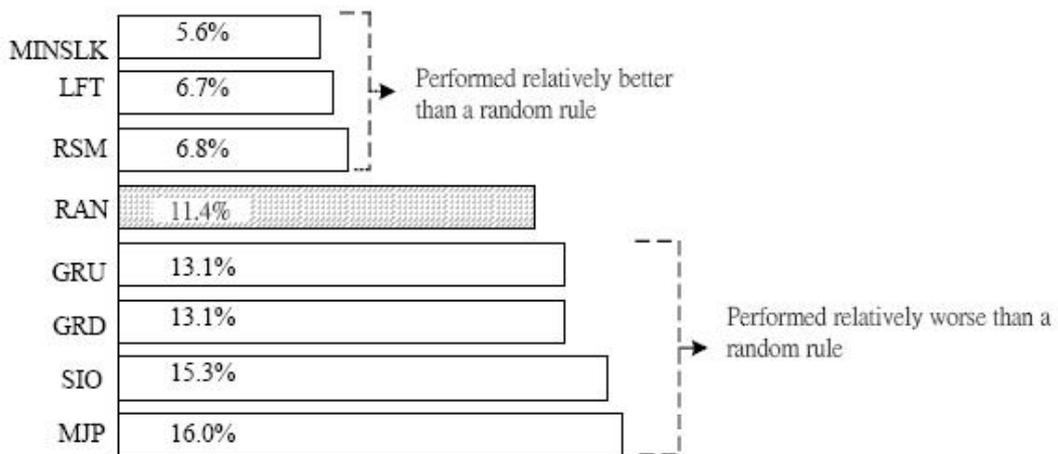
7. MJP (Most Jobs Possible)：作業群中，優先分配給可以在一次排程間完成的最大作業項目數的群體。

8. RAN (RANDOM activity selection)：資源限制下，作業優先權的決定由亂數選取。

上述八種啟發式規則中，如圖 3-12 (1) 所示，其中以 MINSLK 獲得最佳解的機率最高 (29%)，使用也最廣泛，LFT 次之 (20%)，最低為 SIO (1%)；且 MINSLK 求解過程平均會增加工期的百分比僅 5.6%，如圖 3-12 (2) 所示，比其他啟發式法則好。



(1) Percent of problem for which optimal minimum duration solution was obtained. (Optimal v.s nonoptimal totals include problem in which one or more heuristic sequencing rules produced a minimum duration solution.)



(2) Percent increase above optimal duration

圖 3-12 啟發式方法的比較

資源分配問題又可分：單一資源分配問題及多重資源分配問題。單一資源分配問題即是在考慮資源限制的情況下，適當分配資源給所需的作業項目，使得每一項作業能在充分獲得資源的情況下施作，因此每日資源之最大使用量必須小於或等於該資源限制條件之最大供應量；多重資源分配之差別在於多重資源分配必須考慮每日每種資源之最大使用量必須小於或等於其每種資源限制的最大供應量。

資料來源：Moder, J. J. et al. (, 1983) , “Project management with CPM,PERT and precedence diagramming”,p.213

3.3.2 資源拉平

資源拉平問題即是在有限的工期下及各作業施工浮時容許下，重新安排一些作業資源分派時程，以使資源之需求更加平均。其目的在對於第一階段中完成之

資源分配計畫，進一步檢討其資源分佈情形，若有資源需求量過度集中之情況則加以拉平，使資源需求量分佈盡可能相同或平均，如此可使資源作最佳運用，可充分有效利用施工資源以節省成本【沈進發,1997】。資源拉平亦可分為：單一資源拉平問題及多重資源拉平問題，分別敘述如下：

單一資源拉平：

單一資源拉平即是各項作業在容許的時間範圍內作移動，目的為平滑每日資源需求使用情形，消除資源需求之尖峰期與閒置期的現象，重新安排各項作業之開始施作時程，將施工排程作適當調整，使資源需求盡量平均化。

多重資源拉平：

多重資源拉平問題明顯較單一資源複雜許多，在考量多重資源拉平時，其求解規則複雜且難以判定拉平之先後順序，尤其在資源眾多時拉平的問題更顯複雜，因此在考慮多重資源拉平問題時，一般會加入一權重值來判定拉平之先後，依據每項資源之重要程度不同(如：成本)，給予一個代表其重要程度的權重值，以此權重值來決定多重資源拉平之優先順序。

(資料來源：2002，蕭博文，朝陽科大碩士論文，應用禁忌搜尋法求解營建工程專案多重資源排程最佳化之研究。)

3.4 資源分配目標

資源分配問題即是在有限制的資源供應下，排定各作業取用資源之優先順序，並在盡量不影響工期的情況下，滿足限制條件下的資源供應排程。本研究的目標模式分為兩部分，第一目標值為最小的施工總天數，即在資源限制下工期越短越好；第二目標值為最平滑之每日資源使用量。限制條件為作業所有資源之每日資源使用量必須小於或等於其資源之每日最大供應量。

3.4.1 目標值與目標函數之建立

資源限制分配問題即是在有限資源供應下求得最佳的施工總工期。若是兩相

異排程中有相同之最小完工工期，則擁有最平滑之每日資源使用量之排成為最佳排程，以降低每日資源之差異性。本模式主要分為兩個目標函數：（1）最小施工總天數；（2）最平滑之每日資源使用量。若是兩排程有相同之第一目標值，則考慮第二個目標值，越平滑者為競爭後之最佳值。

資源分配之目標函數：

目標函數一：

$$\text{Min}(T) \quad (\text{式 3.1})$$

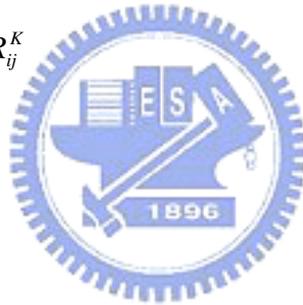
$$T = \{ \text{MAX } F_i \} \quad (\text{式 3.2})$$

$$S_i = \text{MAX } F_{bi} \quad (\text{式 3.3})$$

$$F_i = S_i + T_i \quad (\text{式 3.4})$$

$$R_{kj} \leq C_{kj} \quad (\text{for all } i) \quad (\text{式 3.5})$$

$$R_{kj} = \sum R_{ij}^K \quad (\text{式 3.6})$$



T：專案總工期。

n：作業項目總數。

i：各作業項目之編號。

b：各作業項目之先行作業項目編號。

j：各項資源之編號。

k：代表第 k 個工作天。

F_i ：作業 i 在資源限制下之最早完成時間。

F_{bj} ：作業 i 在之先行作業 b 在資源限制下之最早完成時間。

S_i ：作業 i 在資源限制下可能之最早開始時間。

T_i ：作業 i 之工期。

R_{kj} ：第 k 工作天，資源 j 之需求量。

C_{kj} ：第 k 工作天，資源 j 之限制量。

R_{ij}^k ：第 k 工作天，i 作業的資源 j 之需求量。

目標函數二：

$$\text{Min} \sum_{j=1}^m \left[\sum_{i=1}^n R_{ij}^2 + \sum_{i=2}^n (R_{ij} - R_{(i-1)j})^2 \right] \quad (\text{式 3.7})$$

i：表示第 i 個工作天。

j：各資源項目之編號。

R_{ij} ：第 i 工作天，資源 j 之需求量。

n：資源限制下之最佳施工總天數。

m：所有資源項目。

以上述兩個目標函數來看，應為單目標最佳化問題，第二目標為利用競爭淘汰的方式，將有相同目標值的排程加上第二目標，選擇每日使用資源較平滑之排程為最佳解，如圖 3-13 所示。

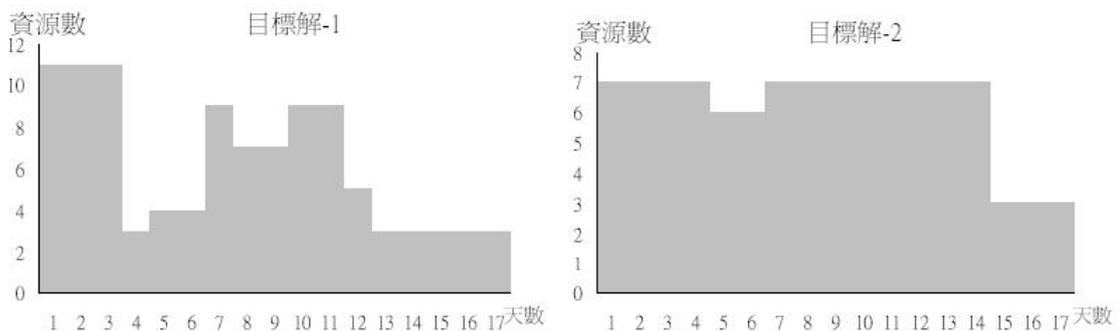


圖 3-13 目標函數二，競爭淘汰式法則示意圖

本研究主要考慮在資源限制供應情況下，求得最佳施工完成天數之排程，首先針對目標函數一，為了簡化在工期計算上之複雜性，必須先假設以下兩點限制

條件，以界定本研究之研究範圍：（1）作業為不可分割，一旦開始便不可中斷，以保持工作之連續性；（2）各單元間之關係只考慮完成-開始（FS）關係；其次針對目標函數一之限制條件必須符合以下兩點：（1）每一作業必須在其先行作業全數完成後方可開始施作；（2）各作業每日各項資源需求使用量必須小於或等於該項資源之每日最大供應量；最後針對其目標函數二，其為在符合上述所有之限制條件下，盡量平滑每日資源之使用量，應用最小平方法計算，並加入一個每日資源使用量及前一日資源使用量差額作為一放大值，用以選擇最佳之每日資源使用量，使其達到資源最佳之使用狀況。

3.5 資源拉平目標

所謂資源拉平問題即是在有限的工期下，在各作業施工浮時容許下，重新安排一些作業資源分派時程，以使資源之需求更加的平均。其目的在檢討資源分布情形，若有資源需求量過度集中之情況則加以拉平，使資源需求量分布盡可能相同或平均。因此本研究將考慮資源充分供應下分配之排程作一資源拉平動作，以消除資源過度集中或閒置之情況，使資源更能妥善利用。以下章節將針對資源拉平部分之目標函數，作一詳細介紹。

3.5.1 目標值與目標函數之建立

資源拉平的目標即是在盡量平滑每日之資源使用量，本研究是在考慮資源有限制之條件下做資源拉平，因此先針對該排程作一資源分配的動作，在滿足資源限制下之最佳工期中，將各作業在其彈性的時間內（作業之容許總浮時內）移動，用以消除作業資源需求的尖峰期與閒置期，重新安排各作業資源分配之時程，本研究之目標值即為最平滑之每日資源使用量，目標函數介紹如下：

$$\text{Min} \sum_{j=1}^m \left[\sum_{i=1}^n R_{ij}^2 + \sum_{i=2}^n (R_{ij} - R_{(i-1)j})^2 \right] \quad (\text{式 3.8})$$

i ：表示第 i 個工作天。

j ：各資源項目之編號。

R_{ij} ：第 i 工作天，資源 j 之需求量。

n ：資源限制下之最佳施工總天數。

m ：所有資源項目。

本研究目標為最佳之拉平績效，利用最小平方法（minimum moment）再加上每日資源使用量與前一日資源使用量差額平方作為一放大值，目標為盡可能平滑每日之資源需求，選擇最佳之資源使用情形，以達到最佳之資源使用。



第四章 實務更新工程案例現況分析

本研究主要以學校之更新維護工程為主要研究案例，經由現地勘查與訪談紀錄，來了解實務上更新工程之現況，以及業主與廠商和使用者所遭遇的問題，再深入了解來進行探討研究。

4.1 案例介紹

4.1.1 案例 1

表 4-1 案例工程簡介

工程所在地點	新竹某大學
本工程概要	以建築物地坪整修工程與廁所整修工程為主，地坪包含二樓走廊通道與二樓廁所，但不含教室，廁所整修包含管線工程與給排水衛生設備。
總工程經費	NT\$2,973,000
工程期限	95/09/04 ~ 95/10/20 (35 日曆天不含例假日)

本工程由於是建築物地坪與廁所整修，規模並不算大，但是在學校裡很常見，學校建築每隔一段時間，就會出現不堪使用的部份，需要更新與維護，但是建築物本身並無法停止使用，因此施工與使用是並存的，這工程麻煩就在必須不斷地與業主協商施工的工期與空間位置，使用與施工須配合使用空間，導致空間衝突與干擾，造成工期無法依照原本規劃進度進行，導致延誤工期，工程中業主與廠商都有需要改進的地方，來使工程進行更加完善。

4.2 進度規劃之比較

本工程進度規劃採用傳統之進度規劃，主要將地坪工程與廁所工程分開規劃，以桿狀圖來規劃進度，由於工項較簡單沒有太大複雜關係，以桿狀圖來表達

比較清楚易懂，桿狀圖之優點是容易製作、易懂且適合各階層工程人員溝通使用，但其缺點為，無法明確表明先後關係、不易掌控各作業項目間之互動關係、不易追蹤作業進行情況對整體之影響且不易因進度落後或超前而提供有效之預警動作，本工程依團隊過去之經驗，判斷何時及什麼團隊該溝通來解決作業上的問題。



4.3 實務進度規劃現況分析

目前維護更新工程大部分是規模都不大，除非是整個汰舊換新拆除重建，主要是部分空間的更新改善，而大部分業主都希望可以不要影響原有的使用，或者將影響程度降到最低，例如學校、醫院、廠房…等，因此廠商在規劃進度上，不但要考慮施工的順序，還要說服業主與協調業主來與現有建物的使用者配合空間上的衝突與干擾問題，以下分別對業主、廠商、使用者三個不同角度整理更新工程中最常見的問題。

- 業主問題：

1. 建築物持續使用

在施工期間，希望建物能持續使用，把影響程度降到最小，空間的使用上希望以現有的使用為主，施工盡量能在空間不使用時施工，或者盡快趕工完成。

2. 了解工程進度

工程進行中，業主希望掌握工程進度，希望廠商可以隨時回報進度，並且達到業主的需求，這樣業主才能掌握營運成本與支出，並且了解何時可回收成本。

3. 與廠商協調

對與廠商的施工進度有可能不滿意，或者不了解廠商的施工進度，在協調方面希望廠商可以提出簡單易懂的圖示或說明，來提升業主的信心，並且方便雙方溝通協調。

- 廠商問題：

1. 施工進度

施工上常常產生許多臨時的問題，進度方面也要一直更新，常常有許多不同的施工團隊需要溝通協調，並且配合彼此的進度，而掌控的主管需要針對當時的狀況去調配進度，如果加上現有使用者在空間使用上的衝突，便有更多問題產生。而傳統進度表看不出空間使用問題，都需

要靠現場人員當場協調決定，常常導致進度的停頓或延遲，因此需要更詳細與更容易掌控現場進度與空間使用的進度規劃。

2. 空間衝突

更新維護工程主要空間衝突來自於施工本身的衝突與施工和使用上的衝突，傳統上單純由團隊經驗以及主管協調來解決，常常冗長費時，並請讓進度掌控人員傷透腦筋，施工本身的衝突可由廠商團隊溝通協調來避免，但是也只是依靠團隊經驗，所以也可能出現問題；而施工與使用上的空間衝突，通常要經過廠商與業主的協調，再由業主通知使用者來協調，過程太浪費時間，並且三方溝通上不容易，彼此不容易了解對方的想法與溝通方式，問題不易解決或者難以達成共識。

3. 與業主協調

傳統進度規劃幾乎都以工項為主，在廠商與業主協調時，業主並沒辦法了解空間的使用問題，或者施工對現有使用的影響程度，所以需要不斷的協調，廠商在施工前要請示業主空間是否可以使用，業主需要查詢後才回覆，來來往往也是相當的浪費時間，如果能在事前就提出清楚的進度規劃與空間使用，與業主協調時可以方便許多。

● 使用者問題：

1. 空間使用

施工可能造成原本空間使用的不便，或者無法使用，因此在使用上可能會造成許多不便，可能要更換使用空間或者避開施工空間，如果能事先了解施工空間在何時何地，可以有規劃的避開或者更換來達到使用的最高效率。

2. 空間安全

施工空間有許多的工安因素，使用人員在沒有事先知道的情況下，很有可能發生危險，為了避免這些問題，應該事先了解施工空間，而不是看到才要避開，所以需要完整施工空間與時間關係，來讓使用者可以事先查詢，避免意外的發生。

3. 事先預防

事先知道施工空間的安排，能讓使用者在要使用空間時，先規劃好動線路徑來避開施工空間，或者避免受到干擾，例如：學校建築除了上課外可能會有活動，這些都可以經過規劃避免被干擾或者減少空間使用的麻煩。

表 4-3 各角度問題彙整

	問題	傳統解決方式	改善方法
業主	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建築物持續使用 2. 了解工程進度 3. 與廠商協調 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 趕工 2. 請廠商回報 3. 用桿狀圖說明 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 請廠商提出詳細的空間使用與施工進度說明。 2. 找有工程經驗的人幫忙協調。
廠商	<ol style="list-style-type: none"> 1. 施工進度 2. 空間衝突 3. 與業主協調 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 依經驗規劃 2. 團隊溝通協調 3. 多次協調 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 事先考慮空間衝突問題。 2. 適時更新進度規劃。 3. 以簡單易懂圖說來提升業主信心。
使用者	<ol style="list-style-type: none"> 1. 空間使用 2. 空間安全 3. 事先預防 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 等上級通知 2. 多觀察與注意 3. 自行收集資訊 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 請施工廠商與業主提供資訊。 2. 自行規劃避免與施工衝突或降低干擾。

4.4 小結

傳統進度規劃看不出空間使用情形，但是不管在溝通協調或者施工使用上，空間一直是相當重要的資源，事先的空間規劃可以減少與降低空間衝突問題，以及使用上的安全問題，也可以降低施工的干擾，業主需要明確易懂的施工順序以及施工空間影響，確實的掌握進度來計算成本，而廠商需要減少施工衝突，並以清楚的規劃來增加業主信心，減少空間衝突以及溝通協調所浪費的時間，使用者要事先知道施工空間和使用空間的衝突，以事先規劃避開施工區域，來達到空間使用的最大效率，所以進度規劃配合空間資源使用規劃，可以對業主、廠商、使用者都有相當高的效益。

第五章 模式架構建立

5.1 更新工程進度規劃模式建立

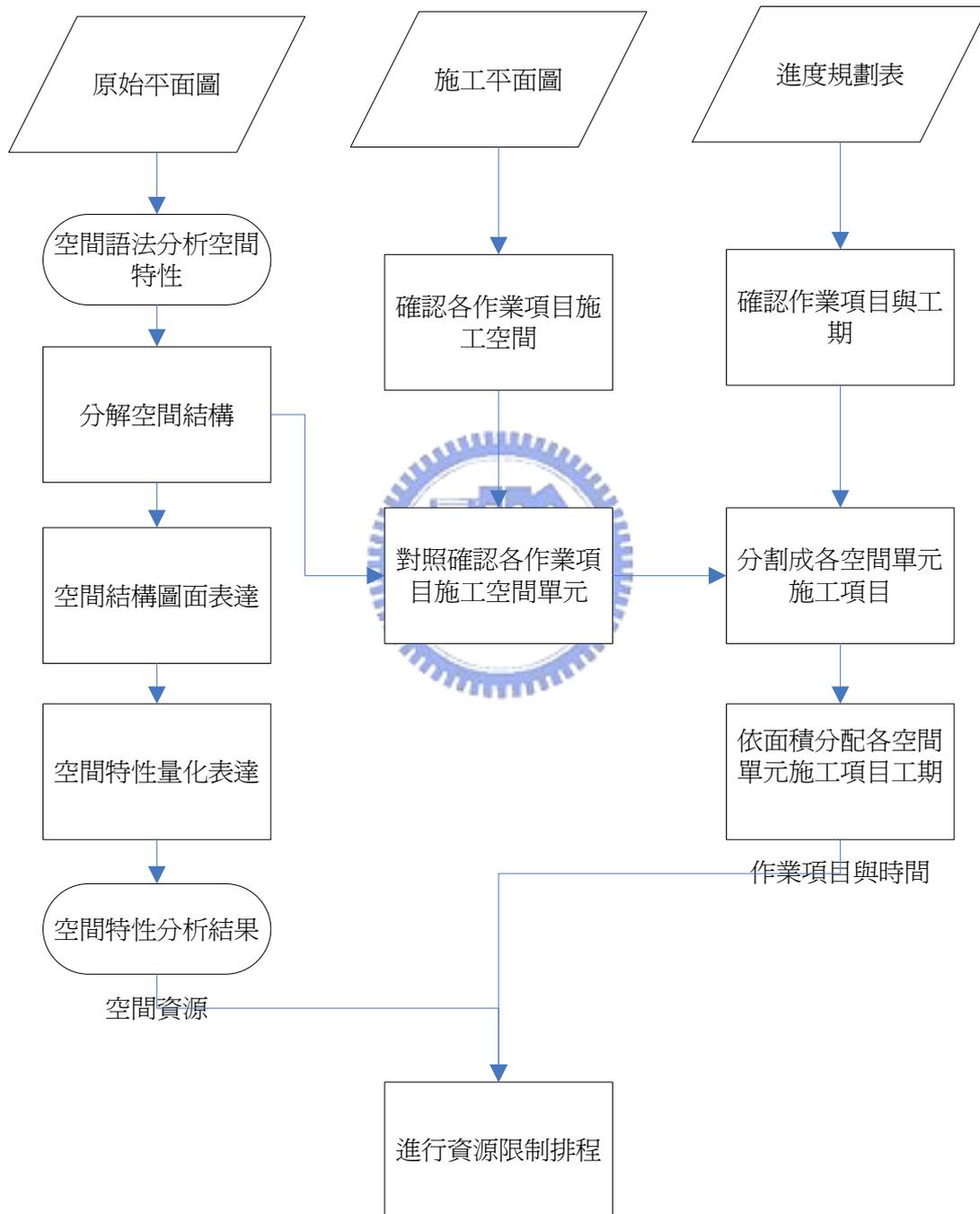
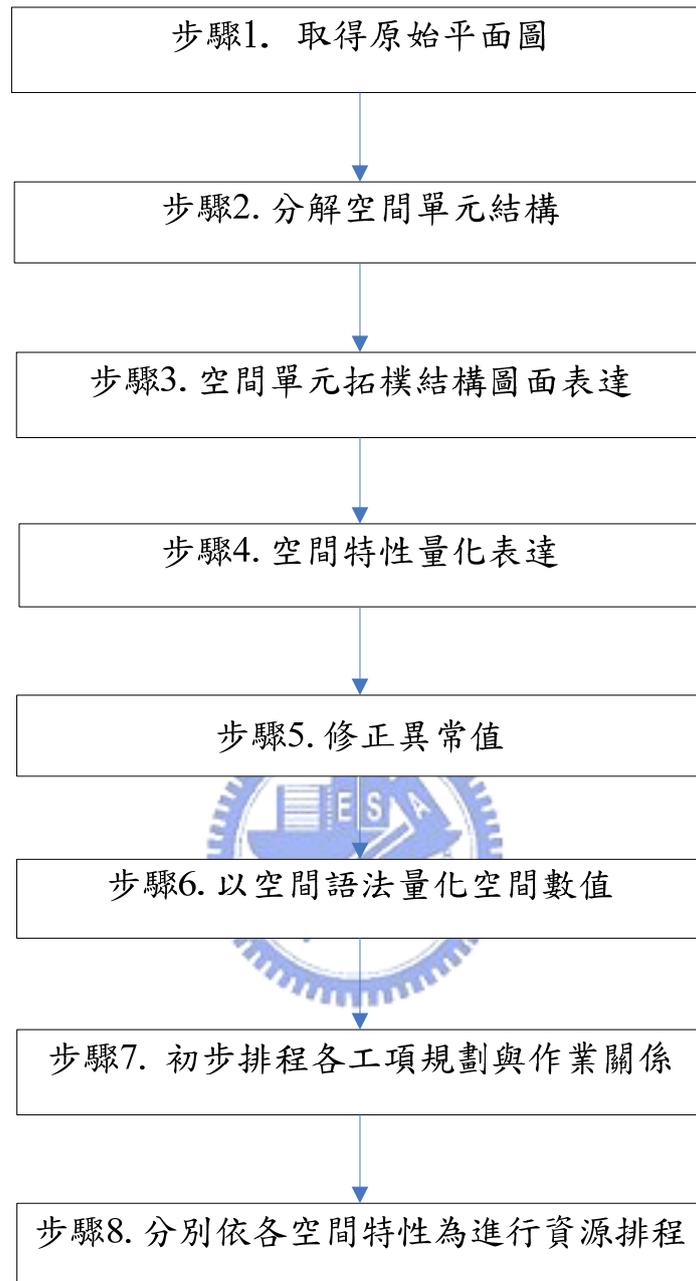


圖 5-1 更新工程進度規劃圖

步驟流程：



5.2 更新工程進度規劃模式步驟說明

以工二館二樓地坪整：

步驟 1. 首先取得原始平面圖：

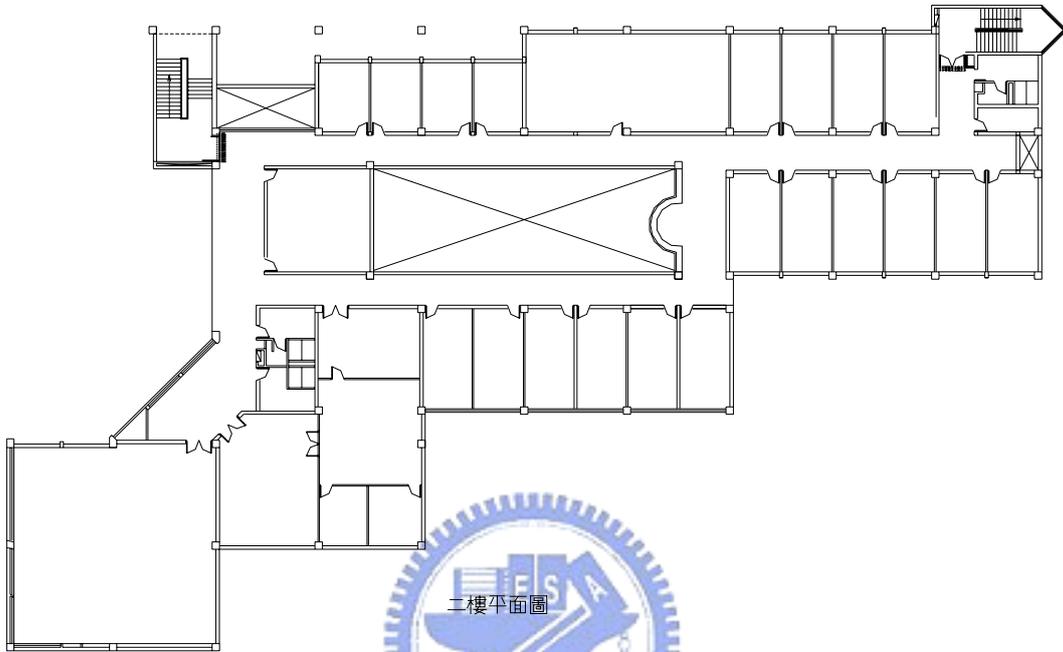


圖 5-2 工二館二樓原始平面圖

步驟 2. 分解空間單元結構：

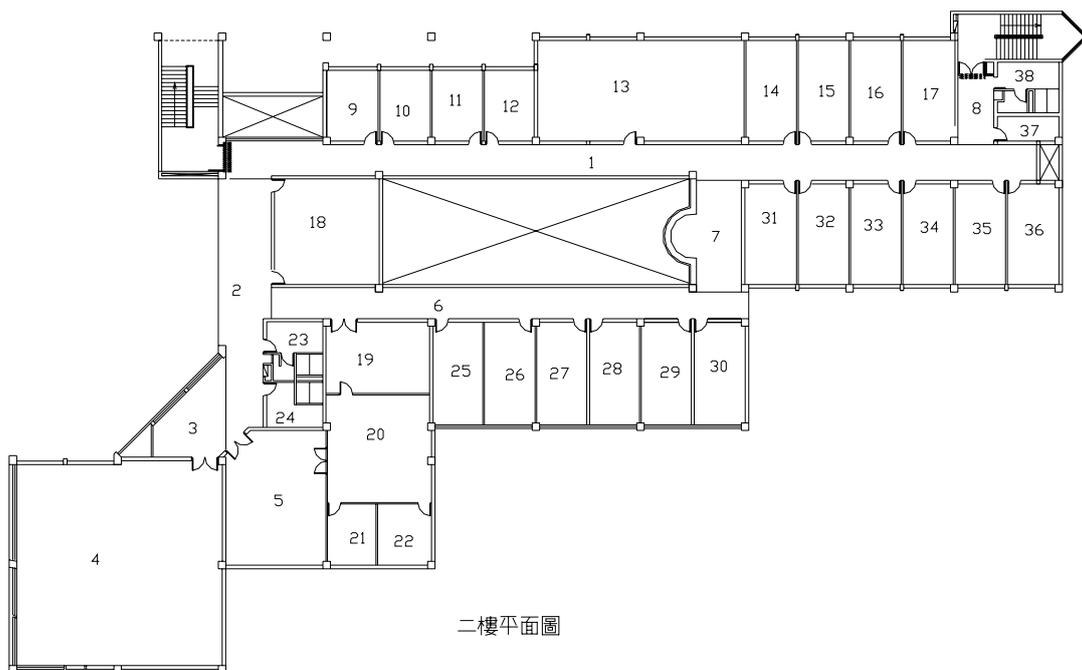


圖 5-3 工二館二樓空間單元結構分解圖

空間分解原則：將每個空間都分解成凸視面空間，是為了讓每一個凸視面空間內，所有的成員都能夠彼此互視，以達到互動的機能。當空間單元依照空間分解原則分解後，可以得到空間單元結構分析圖(圖 5-3)。

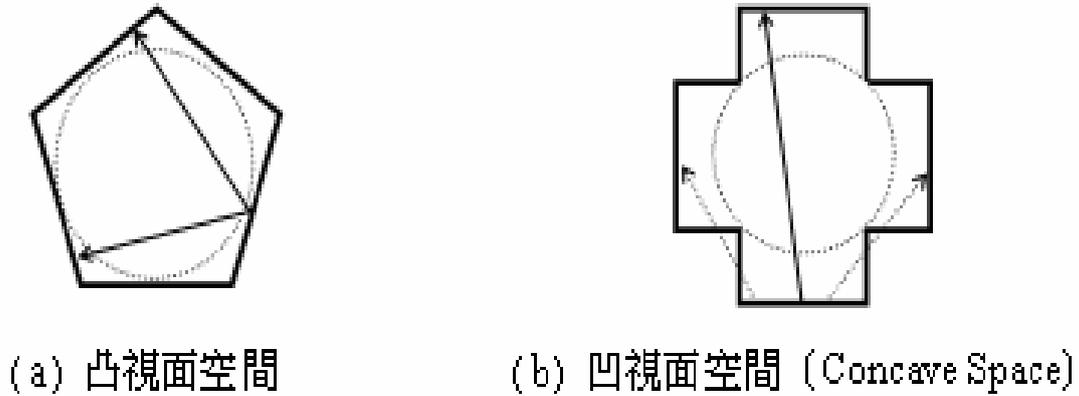


圖 5-4 凸視面空間與凹視面空間

步驟 3. 空間單元拓樸結構圖面表達：

接著本研究將以“點”代表空間，“線”代表兩個空間彼此能夠相連接(互通)的原則畫出圖 5-3 對照的拓樸結構圖(圖 5-5)。(空間單元 0 代表外部空間。)

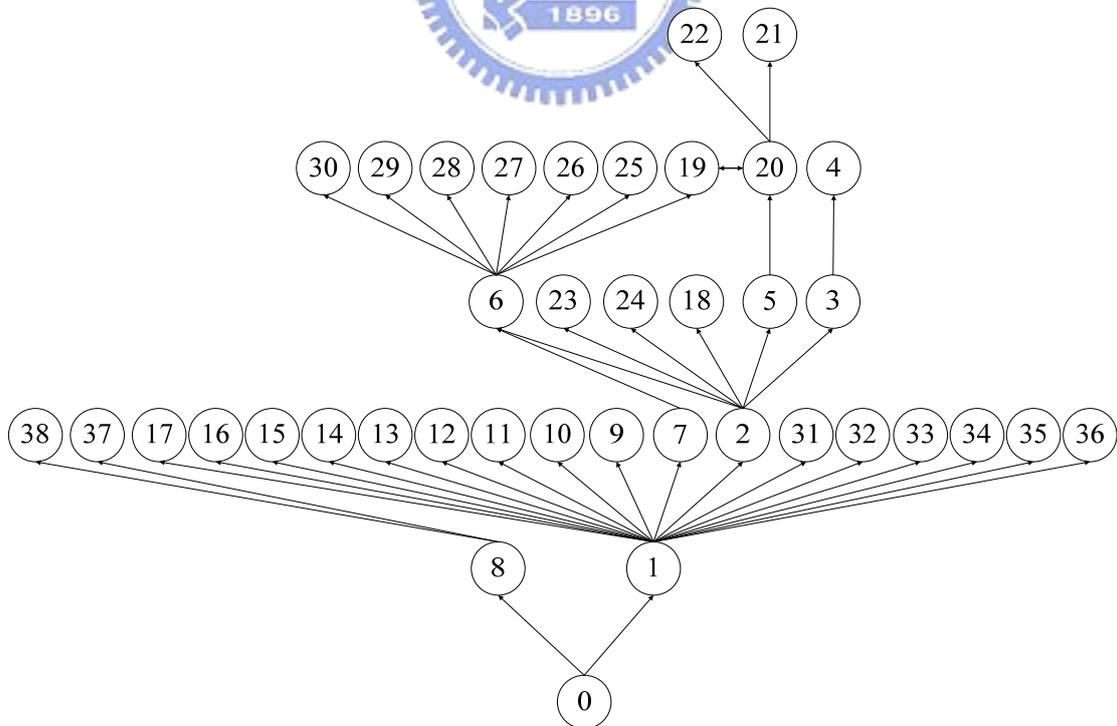


圖 5-5 拓樸結構圖

步驟 4. 空間特性量化表達：

畫出了圖 5-5 後，再利用 3.2 節所介紹的阻塞比例量化方式來計算出工二館空間單元的阻塞比例，算出所有空間單元的阻塞比例(表 5-1)後，需檢查是否有過大的阻塞比例，本研究以 0.5 為限制值，(阻塞比例 0.5 以上表示有 50%的空間受到阻塞而無法對外聯絡，視為無法使用之空間，因此在更新工程中，通常業主為了保持現有使用狀況不受影響，並且施工廠商為了避免施工衝突與保持施工空間的暢通，通常需要一半以上的暢通空間，因此本研究將阻塞比例 0.5 訂訂為限制值。)若有超過限制值者，表示此空間若在施工成為阻塞單元時，對其他空間影響過大，需要將此空間再切割為兩個以上空間單元，才能在施工時降低影響程度並避免施工衝突，以本案例為例，空間單元 1 阻塞值為 0.92，遠大於限制值，因此需要再切割。

$$\begin{aligned} \text{單元阻塞影響比例} &= (\text{阻塞單元數} + \text{受影響單元數}) / \text{總單元數} \\ &= (1 + \text{受影響單元數}) / \text{總單元數} \end{aligned}$$

表 5-1 工二館二樓空間單元阻塞影響比例表

阻塞單元	受影響單元數	影響比例	受影響單元
1	34	0.92105	2~7,9~36
2	4	0.13158	3,4,23,24
3	1	0.05263	4
6	6	0.18421	25~30
7	0	0.02632	
8	2	0.07895	37,38

註：空間 1 阻塞比例過高(超過 0.5)，因此需修正，將空間 1 再切割。

步驟 5. 修正異常值

將阻塞比例過高單元再分割之後，畫出分解空間單元結構(圖 5-6)、依照步驟 3 之原則畫出圖 5-6 對照的拓樸結構圖(圖 5-7)，重複步驟 4 之計算將各空間單元之阻塞比例計算出來(表 5-2)。若依然有異常值則重複步驟 5，確定沒有異常值之後可接下一步驟。

修正後之空間單元結構分解：

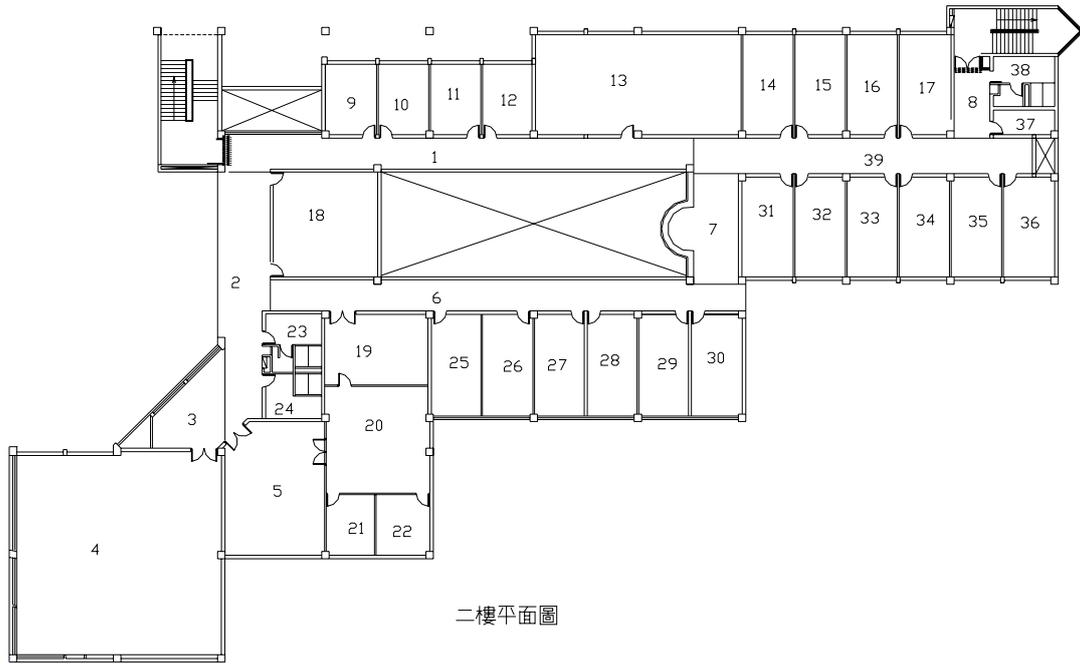


圖 5-6 工二館二樓空間單元結構分解修正圖

修正後空間單元結構圖面表達：

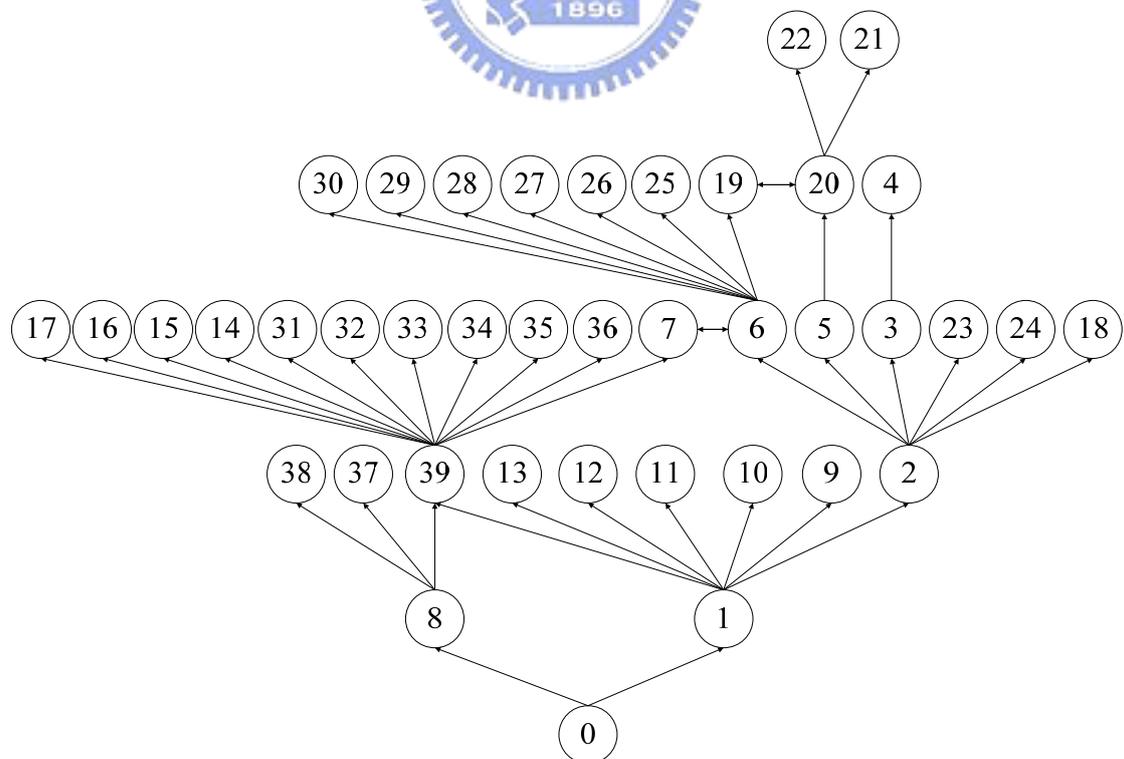


圖 5-7 修正後拓樸結構圖

修正後之空間量化表：

表 5.2 修正後工二館二樓空間單元阻塞影響比例表

阻塞單元	受影響單元數	影響比例	受影響單元
1	5	0.15385	9,10,11,12,13
2	4	0.12821	3,4,23,24
3	1	0.05128	4
6	6	0.17949	25~30
7	0	0.02564	
8	2	0.07692	37,38
39	10	0.28205	14~17,31~36

步驟 6. 以空間語法量化空間數值：

再利用 3.1 節所介紹的空間語法量化方式來計算出工二館二樓空間單元的相對便捷值和相對控制值，(過去的研究認為相對便捷值和相對控制值都是越大越重要。)

表 5-3 工二館二樓空間語法量化數值表

單元	絕對深度	平均相對深度	相對便捷值	相對控制值	鄰接單元數
1	0	2.08	2.65	5.47	8
2	1	2.15	2.48	5.25	7
3	2	3.03	1.41	1.14	2
6	2	2.31	2.19	6.64	8
7	2	2.38	2.06	0.20	2
8	0	2.62	1.77	2.20	4
39	1	2.18	2.42	10.88	13

步驟 7. 初步排程各工項規劃與作業關係：

首先需先確認施工平面圖(圖 5-8、圖 5-9)，以及傳統規劃進度表(表 5-4)。

確認工二館地坪整修工程施工圖面：

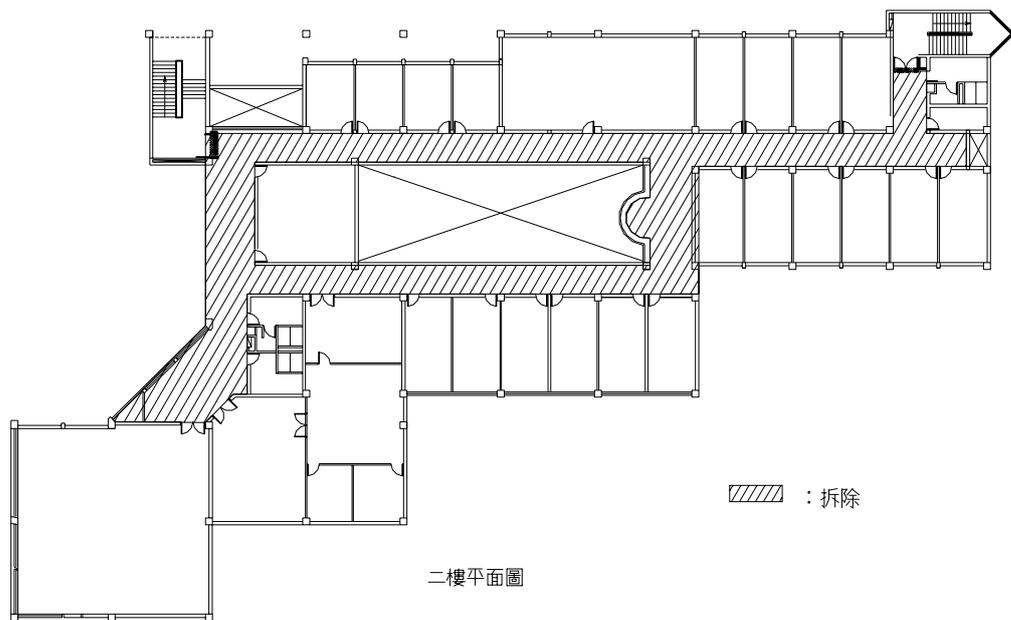


圖 5-8 工二館二樓整修工程施工圖 1

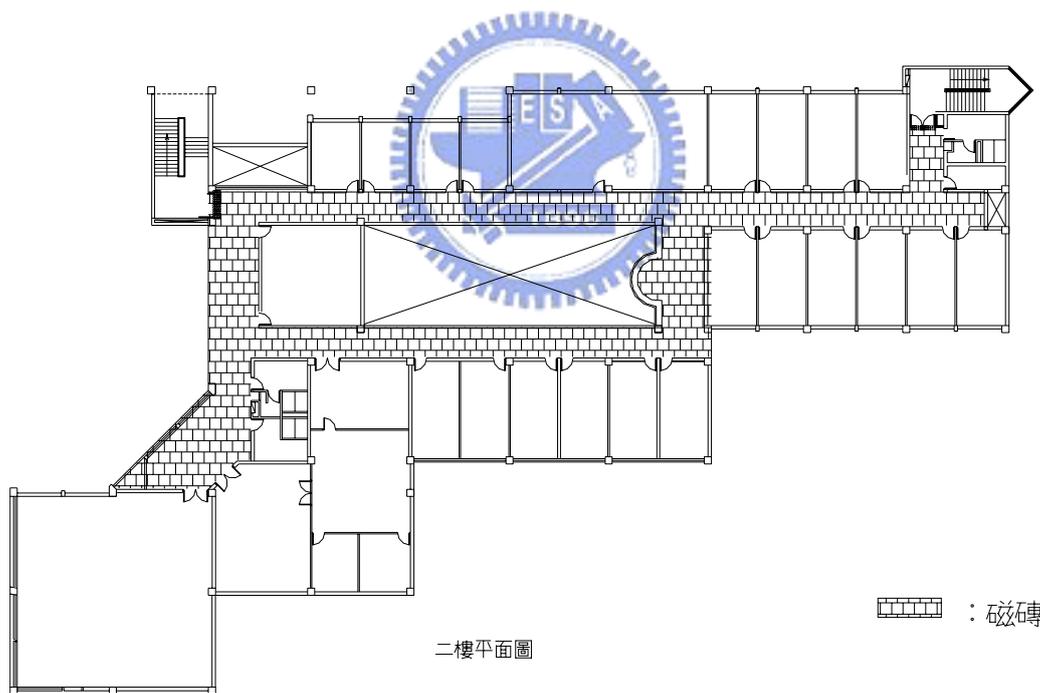
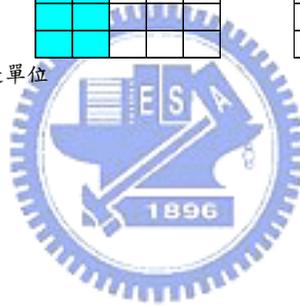


圖 5-9 工二館二樓整修施工圖 2

確認工二館地坪整修工程進度表：

表 5-4 工二館整修工程進度表

月份		九月																																					
日數		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6		
星期		五	六	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五		
貳	工程四館地坪整修工程費																																						
一	地坪整修工程																																						
~1	假設工程																																						
~2	拆除及運棄																																						
~3	地坪貼30*30通體石英磚																																						
~4	地坪貼30*60通體石英磚																																						
~5	地坪貼30*60石英施釉磚																																						
~6	地坪貼60*60石英施釉磚																																						
	業主																																						
	設計監造單位																																						



確認施工圖與舊有傳統規劃進度表後，將施工圖(圖 5-8、圖 5-9)對照修正後空間單元分解圖(圖 5-6)：

進行施工的空間單元有：1，2，3，6，7，8，39 等七個空間單元。

對照進度表(表 5-4)：

工作項目有拆除+清運(20 工作天)、鋪設磁磚(17 工作天)。

將兩個工作項目切割成每個空間單元分別工作：

拆除清運：1，2，3，6，7，8，39。

鋪設磁磚：1，2，3，6，7，8，39。

再依據面積分配各空間單元施工項目工期：

拆除清運 1(4 工作天)，拆除清運 2(3 工作天)，拆除清運 3(2 工作天)，拆除清運 6(3 工作天)，拆除清運 7(2 工作天)，拆除清運 8(2 工作天)，拆除清運 39(3 工作天)。

鋪設磁磚 1(3 工作天)，鋪設磁磚 2(3 工作天)，鋪設磁磚 3(2 工作天)，鋪設磁磚 6(3 工作天)，鋪設磁磚 7(2 工作天)，鋪設磁磚 8(1 工作天)，鋪設磁磚 39(3 工作天)。

表 5-5 施工作業關係表

施工項目	編碼	工期(工作天)	後續作業
拆除清運 1	X1	4	Y1
拆除清運 2	X2	3	Y2
拆除清運 3	X3	2	Y3
拆除清運 6	X6	3	Y6
拆除清運 7	X7	2	Y7
拆除清運 8	X8	2	Y8
拆除清運 39	X39	3	Y39
鋪設磁磚 1	Y1	3	
鋪設磁磚 2	Y2	3	
鋪設磁磚 3	Y3	2	
鋪設磁磚 6	Y6	3	
鋪設磁磚 7	Y7	2	
鋪設磁磚 8	Y8	1	
鋪設磁磚 39	Y39	3	

步驟 8. 以空間特性之量化數值作為限制資源，配合各空間單元施工項目進行資源排程：

依阻塞比例值資源排程後進度表：

表 5-6 阻塞比例值整平後進度表

				總工期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
作業項目	工期	阻塞值	Rn值	Cv值																	
x1	4	0.15	2.65	5.47																	
x2	3	0.12	2.48	5.25																	
x3	2	0.05	1.41	1.14																	
x6	4	0.18	2.19	6.64																	
x7	2	0.03	2.06	0.2																	
x8	2	0.08	1.77	2.2																	
x39	3	0.28	2.42	10.88																	
y1	3	0.15	2.65	5.47																	
y2	3	0.12	2.48	5.25																	
y3	2	0.05	1.41	1.14																	
y6	3	0.18	2.19	6.64																	
y7	2	0.03	2.06	0.2																	
y8	1	0.08	1.77	2.2																	
y39	3	0.28	2.42	10.88																	
				阻塞值：	0.21	0.21	0.21	0.21	0.2	0.32	0.32	0.32	0.46	0.46	0.46	0.36	0.36	0.36	0.27	0.27	0.27
				Rn值：	4.25	4.25	4.25	4.25	4.06	6.54	6.54	6.54	4.61	4.61	4.61	4.19	4.19	4.19	5.13	5.13	5.13
				Cv值：	6.84	6.84	6.84	6.84	6.61	11.86	11.86	11.86	17.52	17.52	17.52	13.08	13.08	13.08	10.72	10.72	10.72

本進度表為桿狀圖(Bar Chart)橫軸為工作天數，而縱軸為切割後各空間單元之作業項目，紅色代表此工項在此工作天有施工，與表 5-4 有差異的地方為工期是以工作天數而並不是以日期的方式呈現，需注意工期因方便看出長短，以工作天數表示。

資源排程後資源使用量：

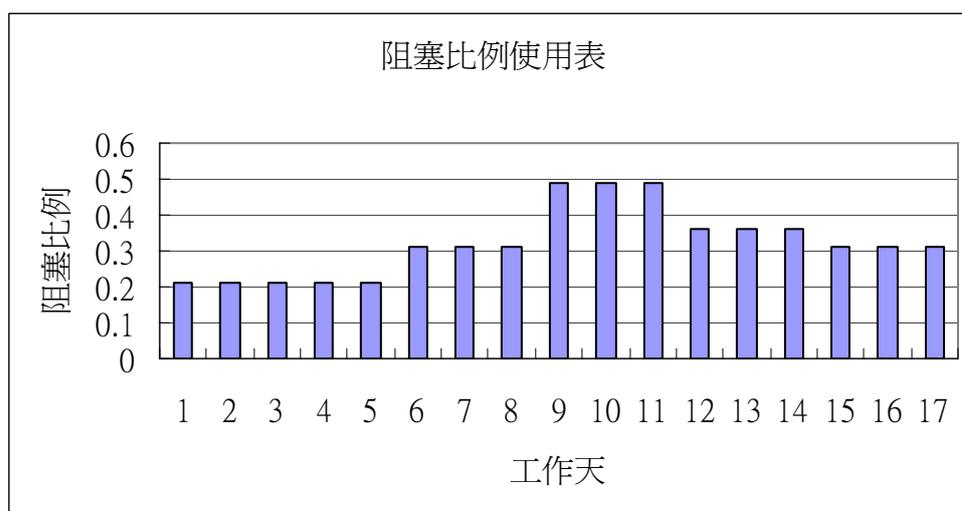


圖 5-10 阻塞比例值各工作天使用情況圖

單元阻塞影響比例 = (阻塞單元數+受影響單元數) / 總單元數

= (1 + 受影響單元數) / 總單元數

每個工作天之限制情況為 0.5。

(阻塞影響比例 0.5 以上，使用與施工空間影響過大)

阻塞比例強調的是空間因施工阻塞造成的影響，主要以是否可以通往外部空間為阻塞依據，強調的是與外部空間的聯絡性，單純只是能否與外部空間連絡，並無考慮便利性。

說明：如圖 5-11 與圖 5-12，例如阻塞單元為 6，因此受到影響單元為 25、26、27、28、29、30。表示當空間單元 6 施工阻塞時，單元 25、26、27、28、29、30 等六個空間單元都會受到阻塞影響而無法對外聯絡，而單元 19 雖然有與單元 6 連接可是因為還有其他空間單元可以通往單元 19，因此單元 19 依然可以對外聯絡，因此不算在受影響單元中，則空間單元 6 之單元阻塞影響比例為 $(1 + 6) / 39 = 0.18$ 。而單元阻塞影響比例 = 0.18 意謂著因施工阻塞而造成影響無法使用的空間佔了所有空間的 18%。

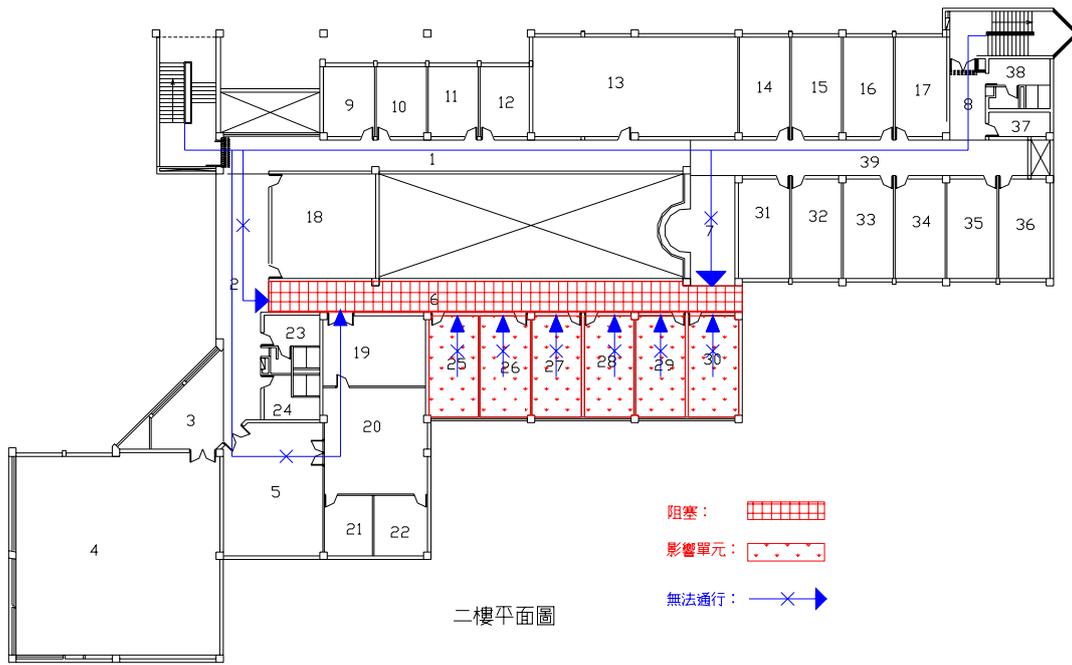


圖 5-11 阻塞比例說明平面示意圖

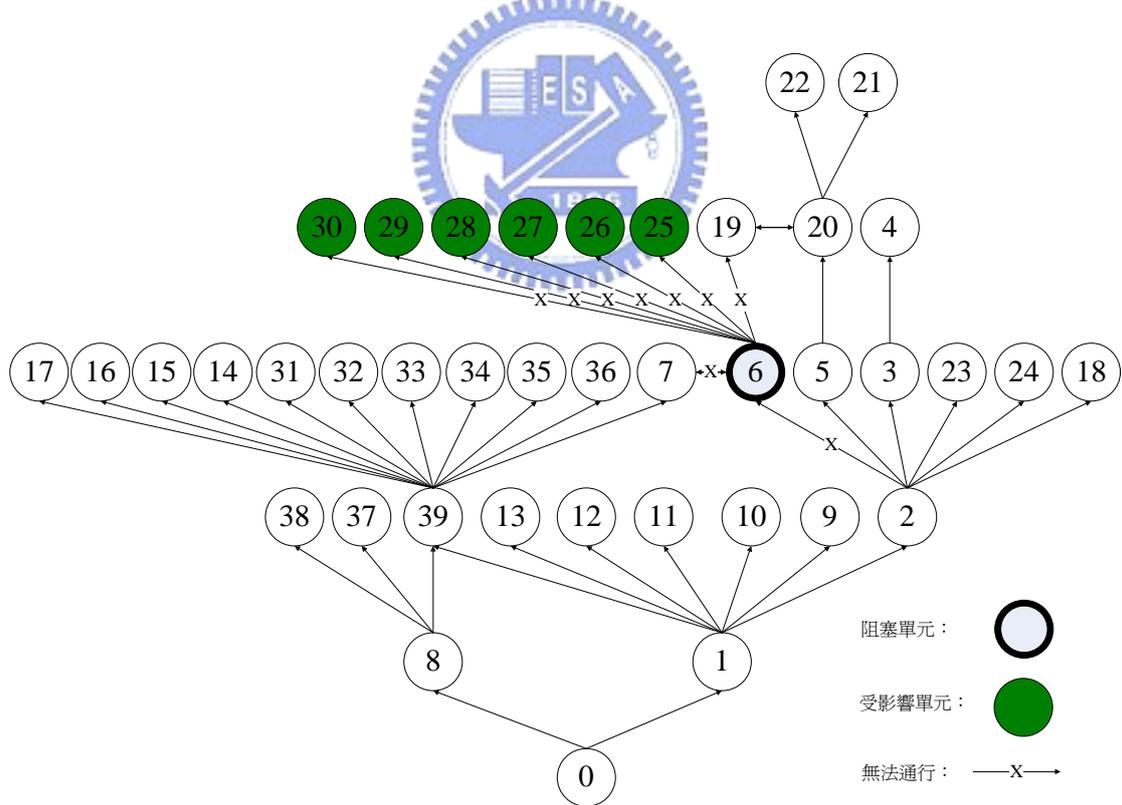


圖 5-12 阻塞比例說明拓樸結構示意圖

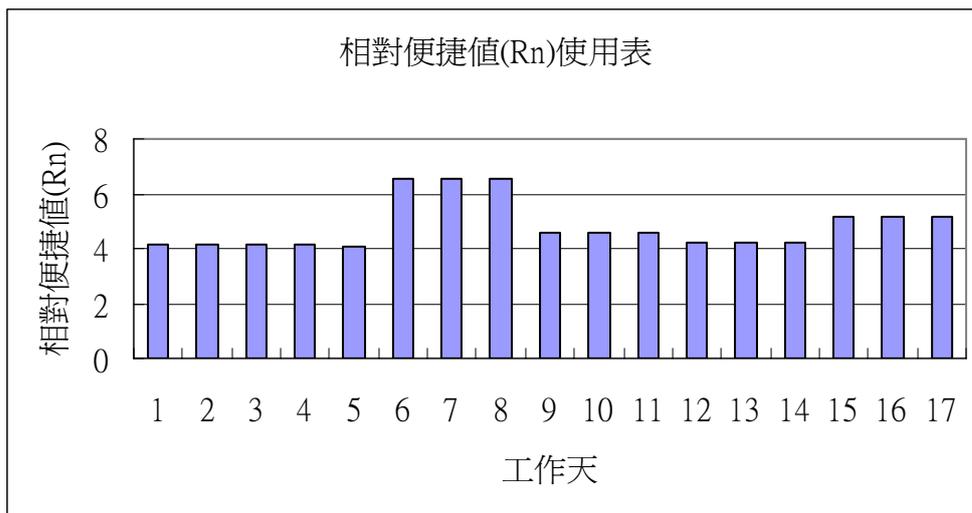


圖 5-13 相對便捷值各工作天使用情況圖

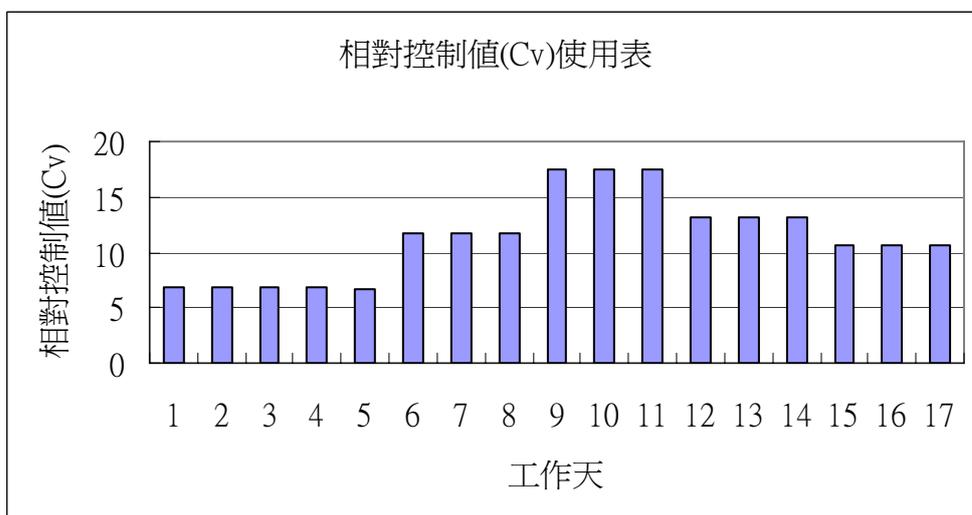


圖 5-14 相對控制值各工作天使用情況圖

本研究之空間語法計算，為人工手動計算，而資源排程的部份，是依空間語法與單元阻塞法計算出之空間特性之量化數值，當成一般資源依照 3.4.1 之兩目標函數為限制式以 EXCEL 手動操作計算。

依相對便捷值(Rn 值)資源排程後進度表：

表 5-7 相對便捷值資源排程後進度表

				總工期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
作業項目	工期	阻塞值	Rn值	Cv值																	
x1	4	0.15	2.65	5.47																	
x2	3	0.12	2.48	5.25																	
x3	2	0.05	1.41	1.14																	
x6	4	0.18	2.19	6.64																	
x7	2	0.03	2.06	0.2																	
x8	2	0.08	1.77	2.2																	
x39	3	0.28	2.42	10.88																	
y1	3	0.15	2.65	5.47																	
y2	3	0.12	2.48	5.25																	
y3	2	0.05	1.41	1.14																	
y6	3	0.18	2.19	6.64																	
y7	2	0.03	2.06	0.2																	
y8	1	0.08	1.77	2.2																	
y39	3	0.28	2.42	10.88																	
				阻塞比例	0.15	0.27	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26	0.26	0.46	0.46	0.46	0.36	0.36	0.36	0.27	0.27	0.27
				Rn值：	2.65	5.13	5.13	5.13	5.66	5.66	5.66	5.66	4.61	4.61	4.61	4.19	4.19	4.19	5.13	5.13	5.13
				Cv值：	5.47	10.72	10.72	10.72	7.98	7.98	7.98	7.98	17.52	17.52	17.52	13.08	13.08	13.08	10.72	10.72	10.72

資源排程後資源使用量：

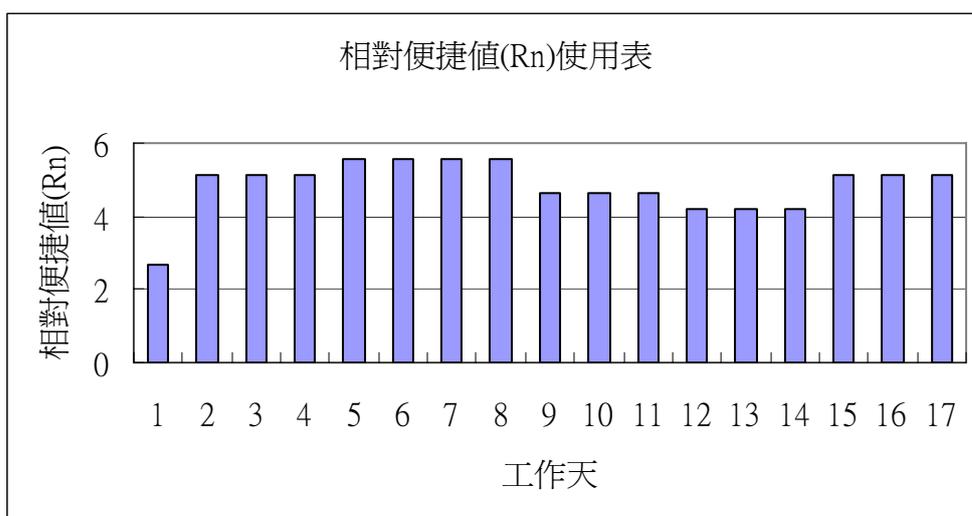


圖 5-15 相對便捷值各工作天使用情況圖

每個工作天之限制情況為 5.76。

相對便捷值強調的是外部空間通往空間單元的便利性，依深度劃分，便捷度越高通常位於與外部空間連絡較便利處，深度也通常較淺，也是所謂交通要道，便捷也就是對外聯絡性佳。

說明：整體來說，當某一點阻塞時，若造成整體空間總相對深度(D)值上升越多，則此空間越便捷；反之則越不便捷。

EX：當單元 39 阻塞時：

	單元	總相對深度	平均相對深度	相對便捷值	相對控制值
原本	8	102	2.62	1.77	2.08
阻塞後	8	109	3.89	0.99	2

平均相對深度上升 1.61、相對便捷值下降 0.78，表示當單元 39 阻塞時，單元 8 到各空間平均的深度會增加 1.61，也就是到達每個空間平均得多經過 1.61 個空間，而單元 39 之便捷度為 2.42，此便捷度越高，當阻塞時對其他空間的影響就越大，便捷度越高空間被佔用，其他空間之便捷度下降越多。

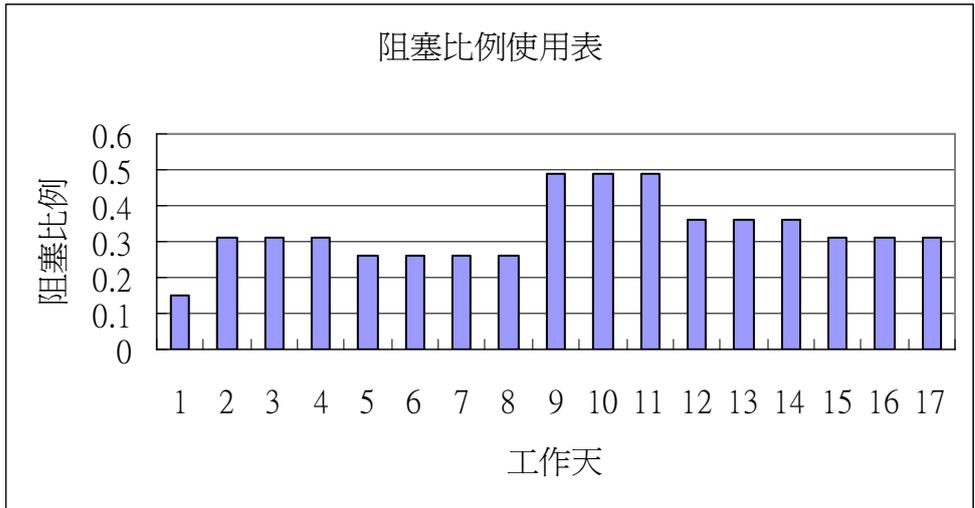


圖 5-16 阻塞比例值各工作天使用情況圖

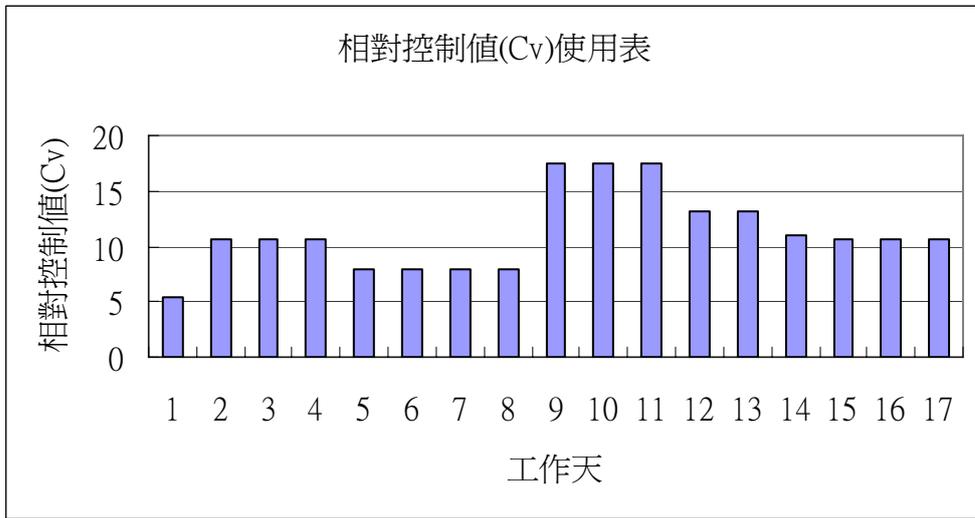


圖 5-17 相對控制值各工作天使用情況圖

依相對控制值(Cv 值)資源排程後進度表：

表 5-8 相對控制值資源排程後進度表

				總工期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
作業項目	工期	阻塞值	Rn值	Cv值																				
x1	4	0.15	2.65	5.47																				
x2	3	0.12	2.48	5.25																				
x3	2	0.05	1.41	1.14																				
x6	4	0.18	2.19	6.64																				
x7	2	0.03	2.06	0.2																				
x8	2	0.08	1.77	2.2																				
x39	3	0.28	2.42	10.88																				
y1	3	0.15	2.65	5.47																				
y2	3	0.12	2.48	5.25																				
y3	2	0.05	1.41	1.14																				
y6	3	0.18	2.19	6.64																				
y7	2	0.03	2.06	0.2																				
y8	1	0.08	1.77	2.2																				
y39	3	0.28	2.42	10.88																				
				Cv值：	6.84	6.84	7.98	7.98	10.72	10.72	10.72	7.67	8.84	7.78	9.98	10.72	10.72	10.72	10.88	10.88	10.88	10.88	10.88	10.88
				阻塞比例	0.21	0.21	0.26	0.26	0.27	0.27	0.27	0.23	0.26	0.23	0.31	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
				Rn值：	4.25	4.25	5.66	5.66	5.13	5.13	5.13	4.42	3.96	3.6	5.37	5.13	5.13	5.13	2.42	2.42	2.42	2.42	2.42	2.42

資源排程後資源使用量：

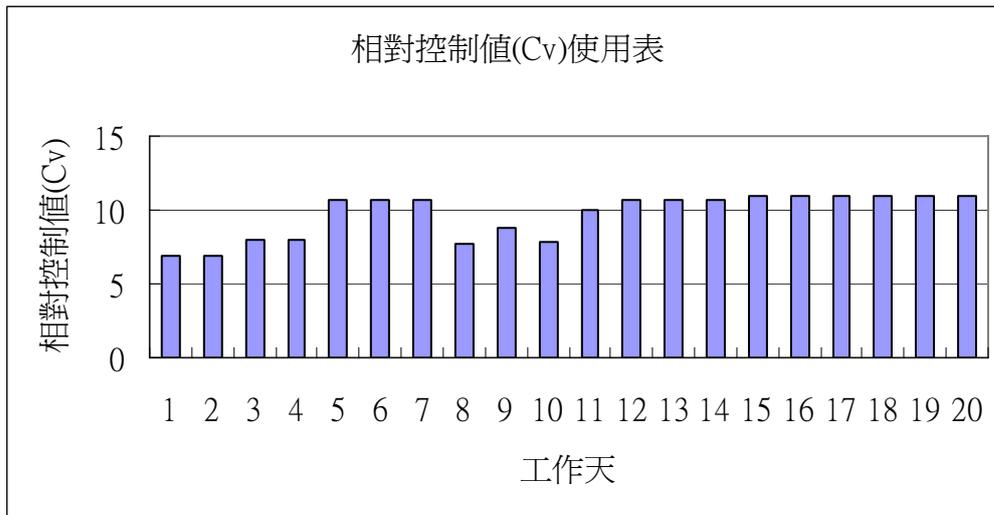


圖 5-18 相對控制值各工作天使用情況圖

每個工作天之 CV 值限制為 12。

相對控制值強調的是，空間單元對鄰近空間單元的控制性，相對控制值越高表示對鄰近空間單元影響程度大，通常是連接的空間單元數較多，或連接較多的末端空間單元，末端空間單元由於無法通往其他空間，因此其連接之空間單元對此末端單元的控制力會提高，若連接末端空間單元之空間單元遭受阻塞，末端空間單元也會受到阻塞，因此相對控制值可顯示出各空間單元對鄰近單元之控制程度。

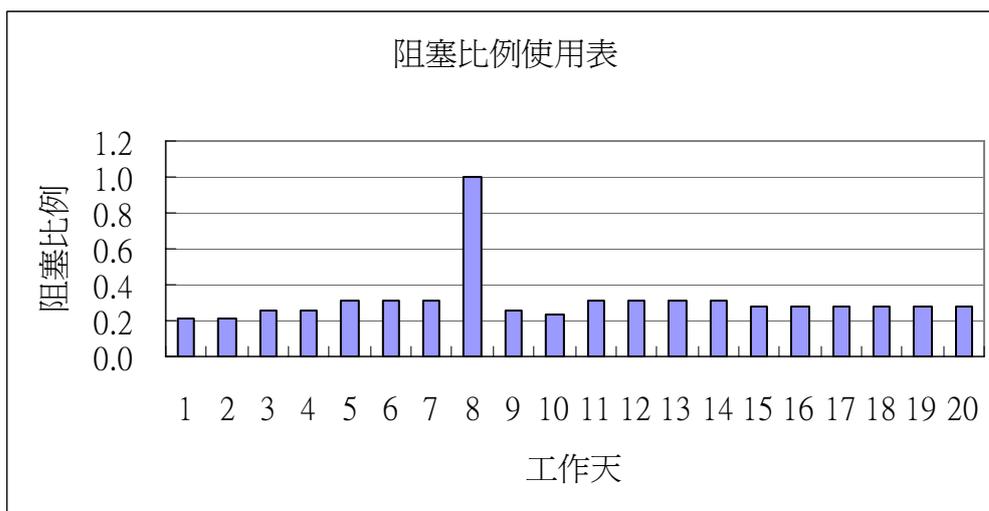


圖 5-19 阻塞比例值各工作天使用情況圖

由於第 8 工作天，造成完全阻塞，因此需要再修正。

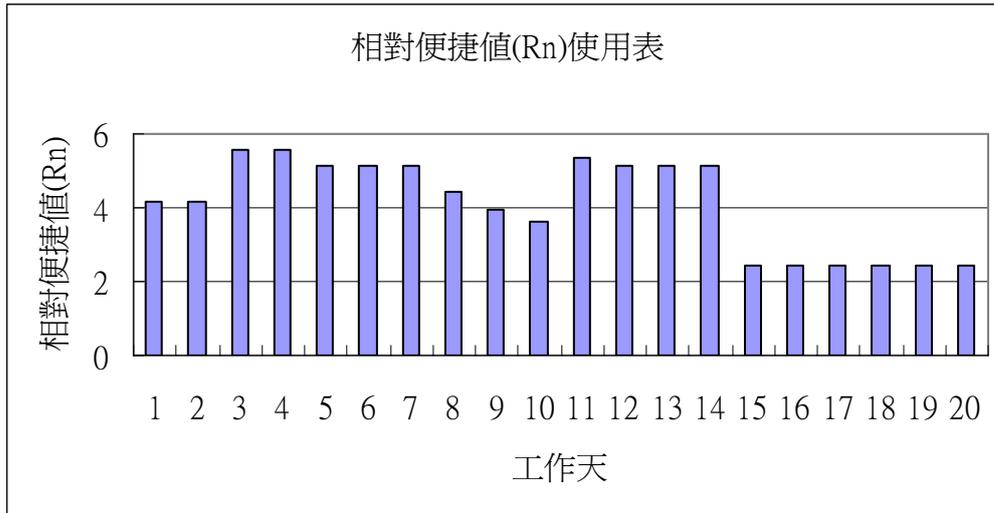


圖 5-20 相對便捷值各工作天使用情況圖



依相對控制值資源排程修正後進度表：

表 5-9 相對控制值資源排程修正後進度表

				總工期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
作業項目	工期	阻塞值	Rn值	Cv值																				
x1	4	0.15	2.65	5.47																				
x2	3	0.12	2.48	5.25																				
x3	2	0.05	1.41	1.14																				
x6	4	0.18	2.19	6.64																				
x7	2	0.03	2.06	0.2																				
x8	2	0.08	1.77	2.2																				
x39	3	0.28	2.42	10.88																				
y1	3	0.15	2.65	5.47																				
y2	3	0.12	2.48	5.25																				
y3	2	0.05	1.41	1.14																				
y6	3	0.18	2.19	6.64																				
y7	2	0.03	2.06	0.2																				
y8	1	0.08	1.77	2.2																				
y39	3	0.28	2.42	10.88																				
				Cv值：	6.84	6.84	7.98	7.98	10.72	10.72	10.72	5.47	8.84	9.98	9.98	10.72	10.72	10.72	10.88	10.88	10.88	10.88	10.88	10.88
				阻塞比例	0.21	0.21	0.26	0.26	0.27	0.27	0.27	0.15	0.26	0.31	0.31	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
				Rn值：	4.25	4.25	5.66	5.66	5.13	5.13	5.13	2.65	3.96	5.37	5.37	5.13	5.13	5.13	2.42	2.42	2.42	2.42	2.42	2.42

修正資源排程後資源使用量：

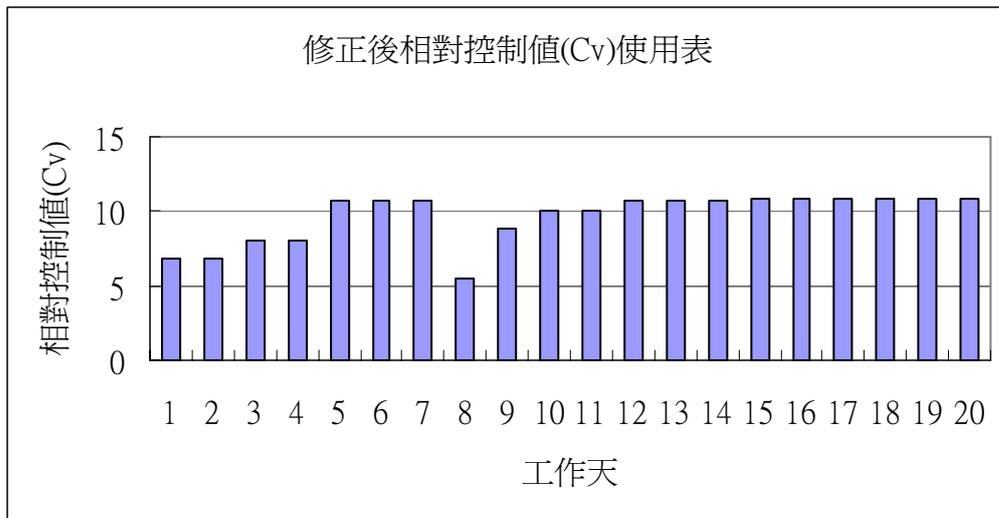


圖 5-21 相對控制值各工作天使用情況圖

說明：假設從每一單元控制權中分配值均為 1，以單元 39 為例，有 13 個空間與單元 39 連接，則該單元之所有鄰接單元分別自該單元平均分配得（ $1 / \text{鄰接單元之總數} = 1/13$ ）之控制值。當結構單元所鄰接之單元個數越多，則其對鄰接單元之相對控制值也就越高，尤其當某一結構單元所鄰接末端單元越多時，則此單元對鄰接單元之相對控制程度也就越高，控制程度高代表對鄰接單元影響越大。

單元	輸出單元數	輸出值	相對控制值 輸入總值	連接單元
39	13	0.08	10.98	1,7,8,14,15,16,17,31,32,33,34,35,36

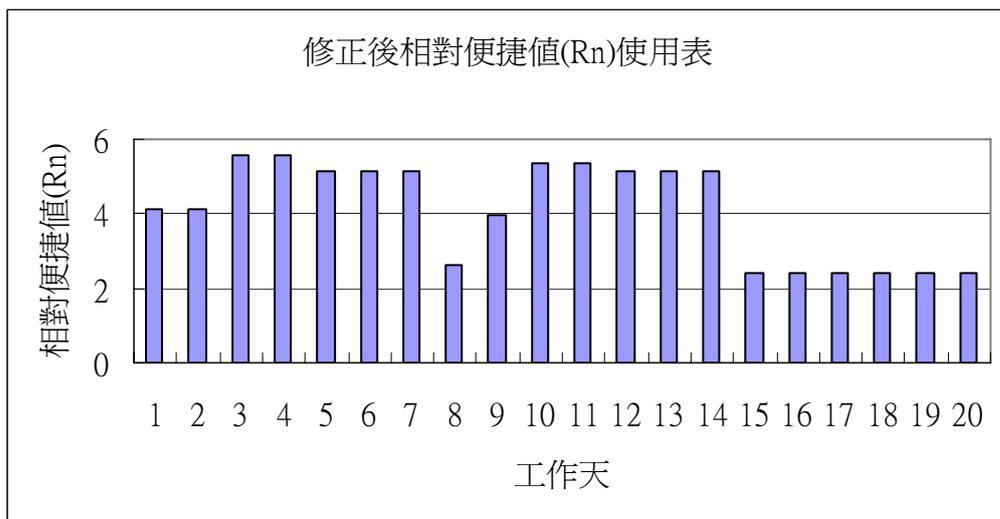
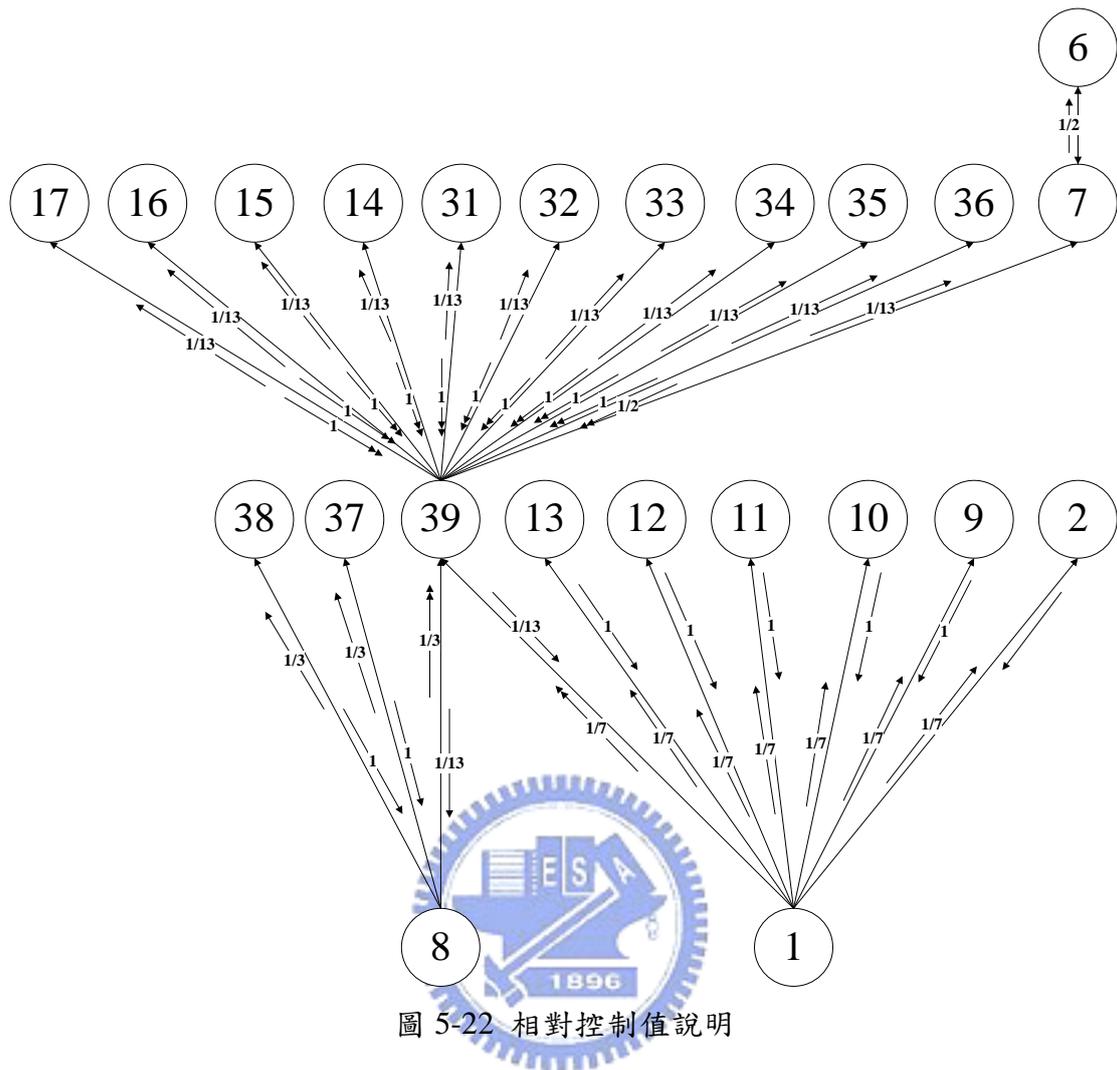


圖 5-23 相對便捷值各工作天使用情況圖

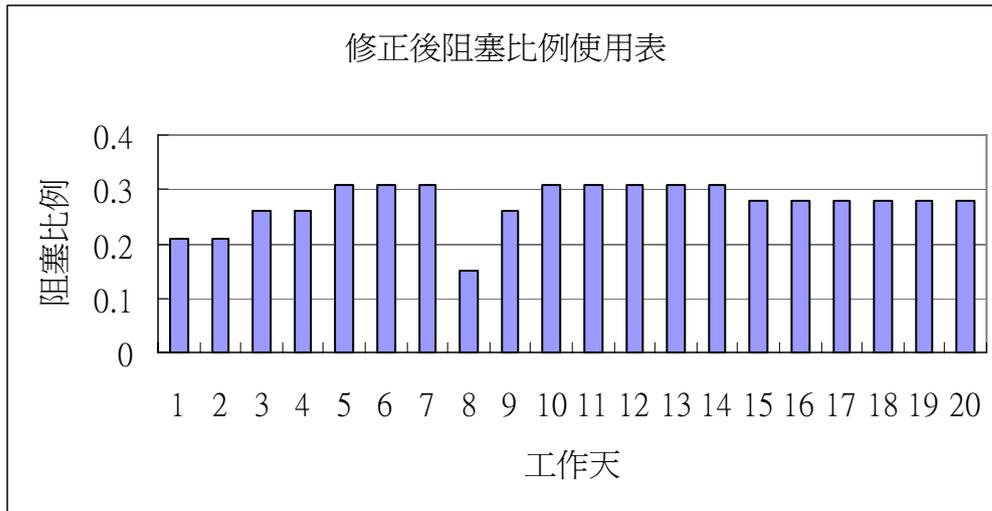


圖 5-24 阻塞比例值各工作天使用情況圖

5.3 小結

探討比較：

表 5-10 與傳統規劃比較表

	案例工期	優點	缺點
傳統進度規劃	20 工作天	※ 規劃憑經驗，不麻煩。	<ul style="list-style-type: none"> ※ 太籠統。 ※ 無法得知現況並準確掌握。修改與更新無從下手。 並無考慮空間特性，使用與施工常有衝突。
更新工程進度規劃	17 工作天	<ul style="list-style-type: none"> ※ 較詳細明確。明確的知道何時該在何處做何事。 ※ 各工項施工與空間關係清楚，修改更新較方便。 ※ 有考慮空間特性，在空間使用上可因業主需求進行規劃。 ※ 可依照不同空間特性進行資源排程規劃。 	<ul style="list-style-type: none"> ※ 需要資料較多，規劃過程較麻煩。

表 5-11 各空間特性強調特色表

空間特性	強調特色
阻塞比例值	阻塞比例強調的是空間因施工阻塞造成的影響，主要以是否可以通往外部空間為阻塞依據，強調的是與外部空間的聯絡性，單純只是能否與外部空間連絡，並無考慮便利性。
相對便捷值	相對便捷值強調的是外部空間通往空間單元的便利性，依深度劃分，便捷度越高通常位於與外部空間連絡較便利處，深度也通常較淺，便捷也就是對外聯絡性佳。
相對控制值	相對控制值強調的是，空間單元對鄰近空間單元的控制性，相對控制值越高表示對鄰近空間單元影響程度大，因此相對控制值可顯示出各空間單元對鄰近單元之控制程度。



第六章 案例展示

本章將依前章所建立之更新工程進度規劃模式以一個假設案例(第4章所提之案例工程假設在工二館施工)套用展示,所得之進度表,可提供參考,讓使用者可以掌握工程進度,以及建築物之空間施工使用情形,再與傳統進度規劃情形做一分析比較。

6.1 案例

步驟1. 首先取得原始平面圖：

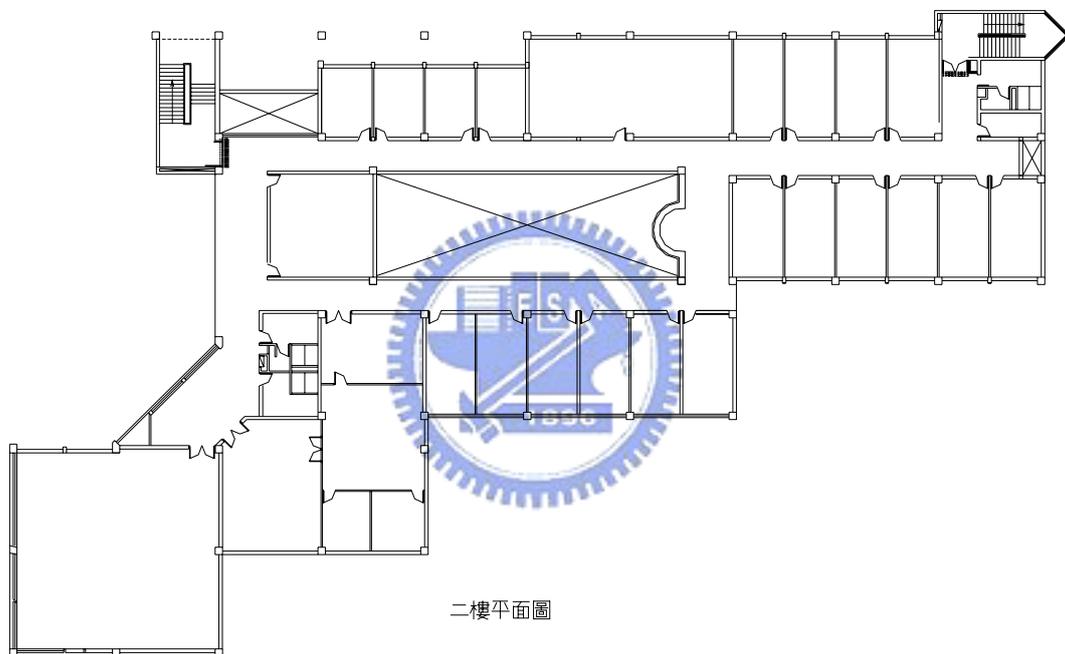


圖 6-1 工二館原始二樓平面圖

步驟2. 分解空間單元結構：

直接採用修正後之空間單元結構分解。(參照 5-2 步驟 2~步驟 5。)

修正後之空間單元結構分解：

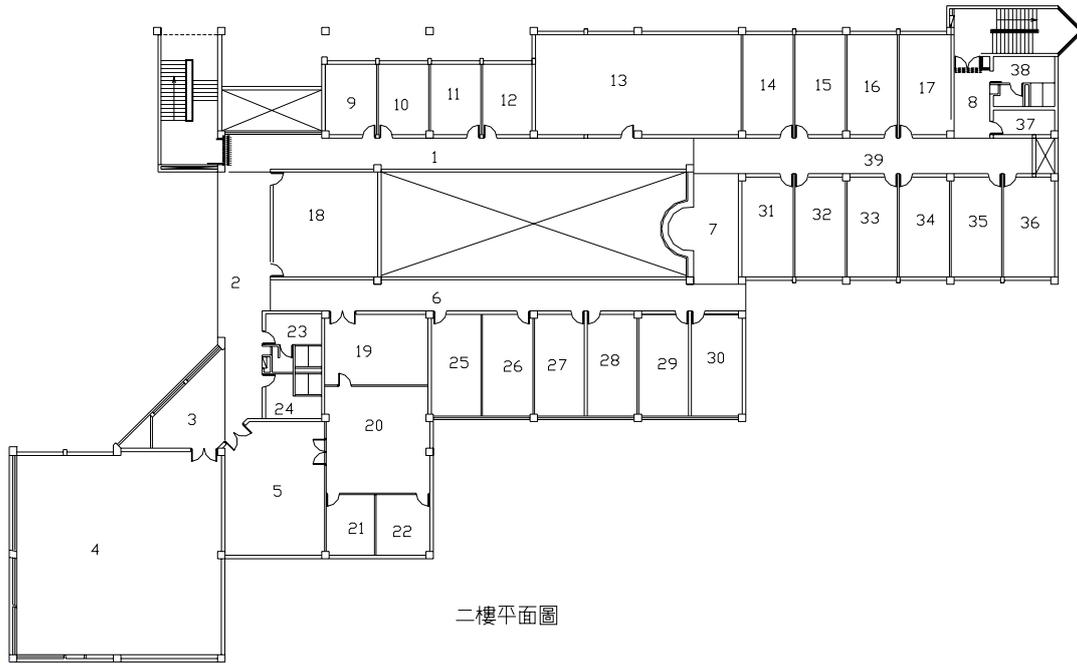


圖 6-2 工二館二樓空間單元結構分解修正圖

修正後空間單元結構圖面表達：

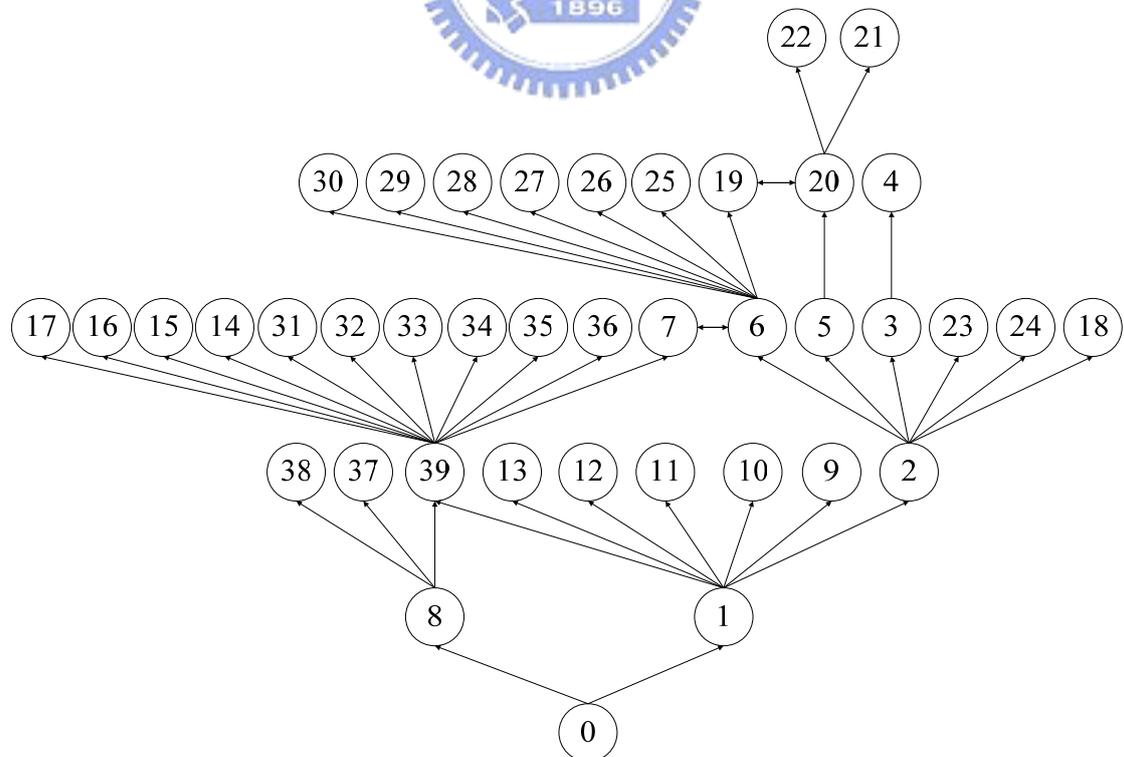


圖 6-3 修正後拓樸結構圖

修正後之空間量化表：

表 6-1 修正後工二館二樓空間單元阻塞影響比例表

阻塞單元	受影響單元數	影響比例	受影響單元
1	5	0.15385	9,10,11,12,13
2	4	0.12821	3,4,23,24
3	1	0.05128	4
4	0	0.02564	
5	0	0.02564	
6	6	0.17949	25~30
7	0	0.02564	
8	2	0.07692	37,38
9	0	0.02564	
10	0	0.02564	
11	0	0.02564	
12	0	0.02564	
13	0	0.02564	
14	0	0.02564	
15	0	0.02564	
16	0	0.02564	
17	0	0.02564	
18	0	0.02564	
19	0	0.02564	
20	2	0.07692	21,22
21	0	0.02564	
22	0	0.02564	
23	0	0.02564	
24	0	0.02564	
25	0	0.02564	
26	0	0.02564	
27	0	0.02564	
28	0	0.02564	
29	0	0.02564	
30	0	0.02564	
31	0	0.02564	
32	0	0.02564	
33	0	0.02564	
34	0	0.02564	

35	0	0.02564	
36	0	0.02564	
37	0	0.02564	
38	0	0.02564	
39	10	0.28205	14~17,31~36

步驟 6. 以空間語法量化空間數值：

表 6-2 空間語法量化數值

單元	絕對深度	平均相對深度	相對便捷值	相對控制值	鄰接單元數
1	0	2.15	2.48	5.22	7
2	1	2.21	2.37	5.27	7
3	2	3.10	1.36	1.14	2
4	3	4.05	0.94	0.50	1
5	2	2.97	1.45	0.39	2
6	2	2.31	2.19	6.64	8
7	2	2.38	2.06	0.20	2
8	0	3.03	1.41	2.08	3
9	1	3.10	1.36	0.14	1
10	1	3.10	1.36	0.14	1
11	1	3.10	1.36	0.14	1
12	1	3.10	1.36	0.14	1
13	1	3.10	1.36	0.14	1
14	2	3.13	1.34	0.08	1
15	2	3.13	1.34	0.08	1
16	2	3.13	1.34	0.08	1
17	2	3.13	1.34	0.08	1
18	2	3.15	1.33	0.14	1
19	3	3.08	1.38	0.38	2
20	3	3.56	1.11	3.00	3
21	4	4.51	0.81	0.25	1
22	4	4.51	0.81	0.25	1
23	2	3.15	1.33	0.14	1
24	2	3.15	1.33	0.14	1
25	3	3.26	1.27	0.13	1
26	3	3.26	1.27	0.13	1
27	3	3.26	1.27	0.13	1

28	3	3.26	1.27	0.13	1
29	3	3.26	1.27	0.13	1
30	3	3.26	1.27	0.13	1
31	2	3.13	1.34	0.08	1
32	2	3.13	1.34	0.08	1
33	2	3.13	1.34	0.08	1
34	2	3.13	1.34	0.08	1
35	2	3.13	1.34	0.08	1
36	2	3.13	1.34	0.08	1
37	1	3.97	0.96	0.33	1
38	1	3.97	0.96	0.33	1
39	1	2.18	2.42	10.98	13

步驟 7. 初步排程各工項規劃與作業關係：

首先需先確認施工平面圖(圖 5-8、圖 5-9)，以及傳統規劃進度表(表 5-4)。

確認工二館地坪整修工程施工圖面：

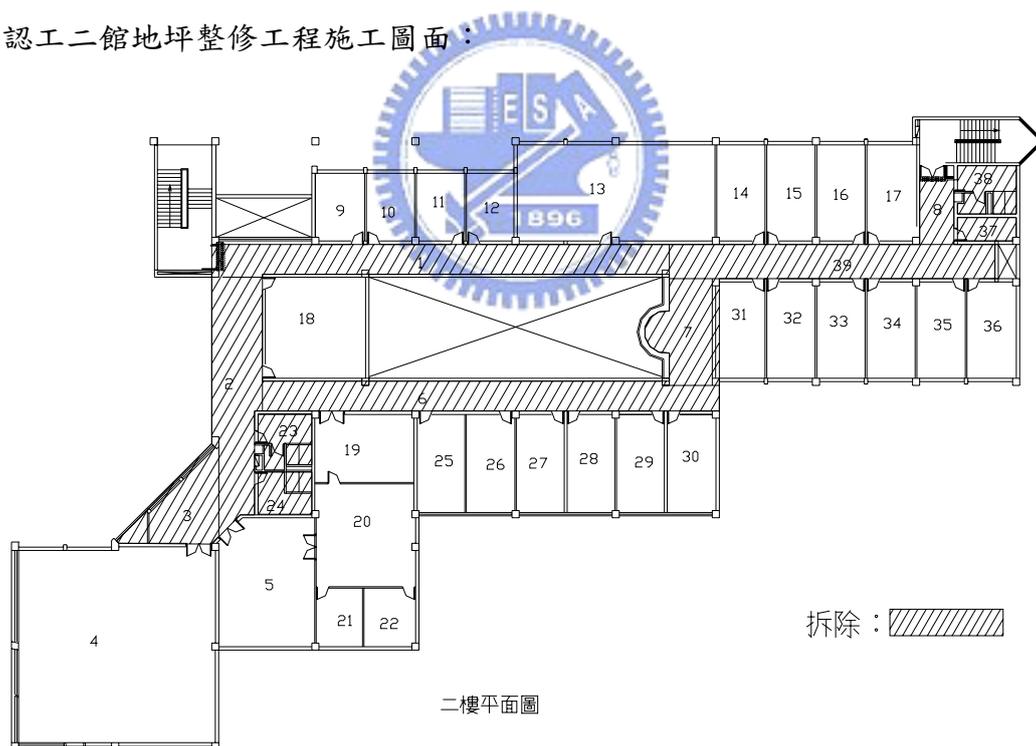


圖 6-4 工二館二樓整修工程施工圖1

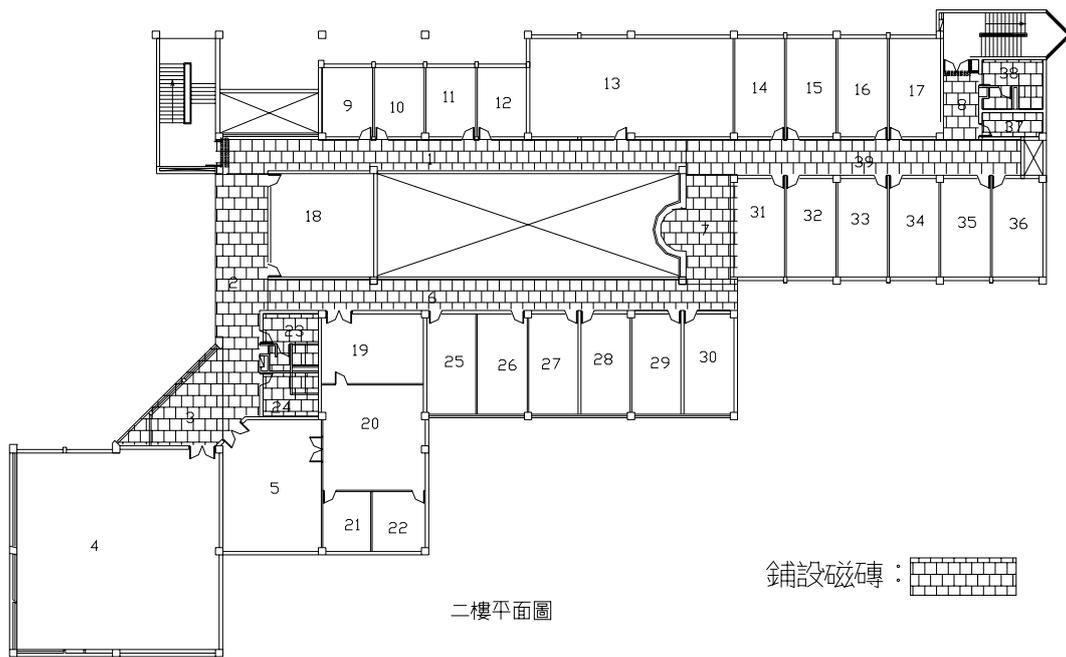


圖 6-5 工二館二樓整修施工圖 2

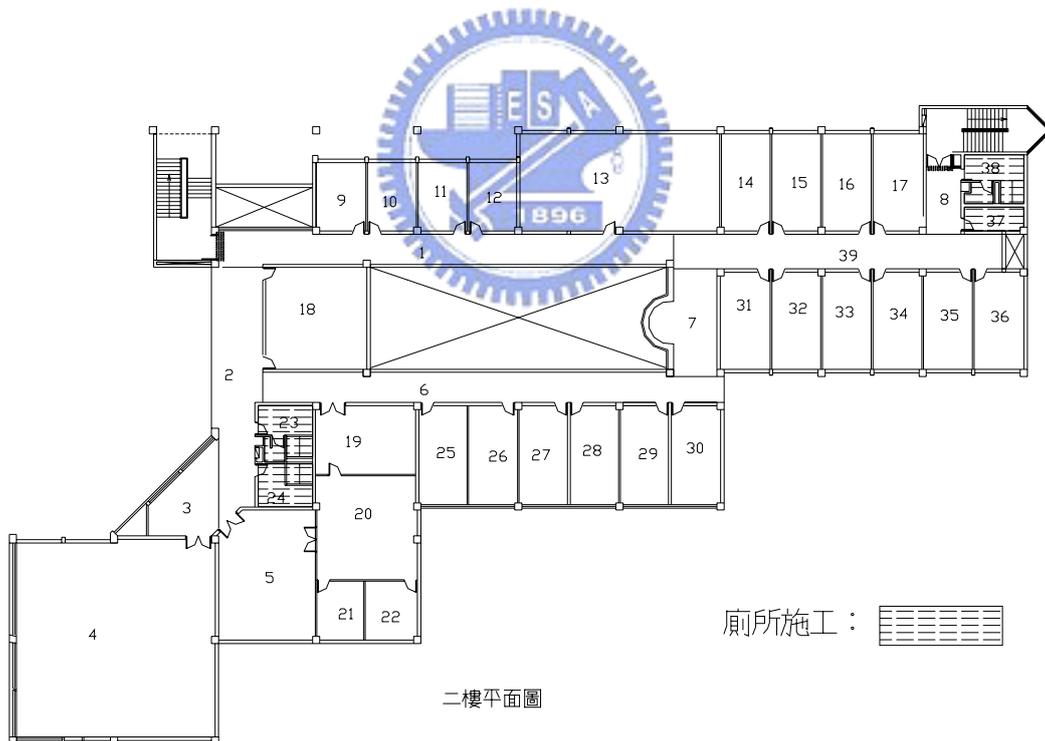


圖 6-6 工二館二樓整修施工圖 3

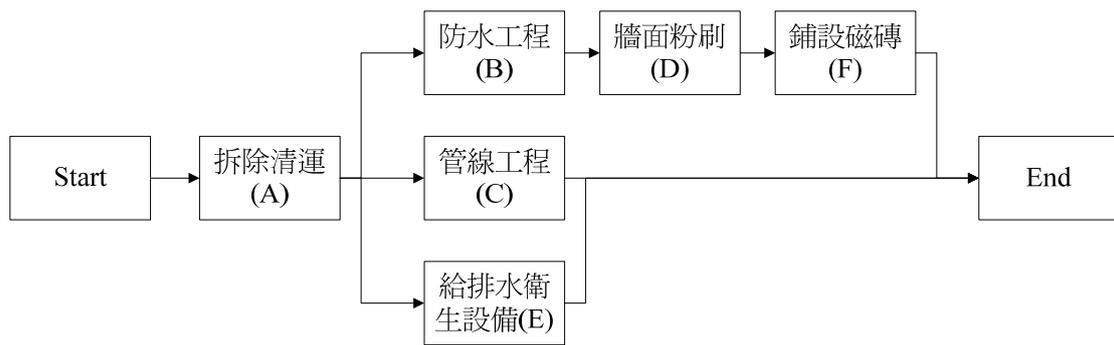


圖 6-7 工二館整修工程作業關係圖

確認施工圖與舊有傳統規劃進度表後，將施工圖(圖 6-3、圖 6-4、圖 6-5)對照修正後空間單元分解圖(圖 6-2)：

進行施工的空間單元有：1，2，3，6，7，8，39、23、24、37、38 等 11 個空間單元。



將工作項目切割成每個空間單元分別工作：

拆除清運：1，2，3，6，7，8，39，23，24，37，38。

防水工程：23，24，37，38。

管線工程：23，24，37，38。

牆面粉刷：23，24，37，38。

鋪設磁磚：1，2，3，6，7，8，39，23，24，37，38。

給排水衛生設備：23，24，37，38。

分配各空間單元施工項目工期：

拆除清運 1(4 工作天)、拆除清運 2(3 工作天)、拆除清運 3(2 工作天)、拆除

清運 6(3 工作天)、拆除清運 7(2 工作天)、拆除清運 8(2 工作天)、拆除清運 39(3 工作天)、拆除清運 23(3 工作天)、拆除清運 24(3 工作天)、拆除清運 37(3 工作天)、拆除清運 38(3 工作天)。

防水工程 23(2 工作天)、防水工程 24(2 工作天)、防水工程 37(1 工作天)、防水工程 38(1 工作天)。

管線工程 23(3 工作天)、管線工程 24(3 工作天)、管線工程 37(2 工作天)、管線工程 38(2 工作天)。

牆面粉刷 23(3 工作天)、牆面粉刷 24(3 工作天)、牆面粉刷 37(2 工作天)、牆面粉刷 38(2 工作天)。

鋪設磁磚 1(3 工作天)、鋪設磁磚 2(3 工作天)、鋪設磁磚 3(2 工作天)、鋪設磁磚 6(3 工作天)、鋪設磁磚 7(2 工作天)、鋪設磁磚 8(1 工作天)、鋪設磁磚 39(3 工作天)、鋪設磁磚 23(2 工作天)、鋪設磁磚 24(2 工作天)、鋪設磁磚 37(2 工作天)、鋪設磁磚 38(2 工作天)。

給排水衛生設備 23(1 工作天)、給排水衛生設備 24(2 工作天)、給排水衛生設備 37(2 工作天)、給排水衛生設備 38(1 工作天)。

表 6-4 工二館整修工程作業關係表

施工項目	編碼	工期(工作天)	後續作業
拆除清運 1	A1	4	B1、C1、E1、F1
拆除清運 2	A2	3	B2、C2、E2、F2
拆除清運 3	A3	2	B3、C3、E3、F3
拆除清運 6	A4	3	B6、C6、E6、F6
拆除清運 7	A5	2	B7、C7、E7、F7
拆除清運 8	A6	2	B8、C8、E8、F8
拆除清運 39	A39	3	B39、C39、E39、F39
拆除清運 23	A23	3	B22、C23、E23
拆除清運 24	A24	3	B24、C24、E24
拆除清運 37	A37	3	B37、C37、E37
拆除清運 38	A38	3	B38、C38、E38
防水工程 23	B23	2	D23
防水工程 24	B24	2	D24
防水工程 37	B37	1	D37

防水工程 38	B38	1	D38
管線工程 23	C23	3	
管線工程 24	C24	3	
管線工程 37	C37	2	
管線工程 38	C38	2	
牆面粉刷 23	D23	3	F23
牆面粉刷 24	D24	3	F24
牆面粉刷 37	D37	2	F37
牆面粉刷 38	D38	2	F38
給排水衛生設備 23	E23	1	
給排水衛生設備 24	E24	2	
給排水衛生設備 37	E37	2	
給排水衛生設備 38	E38	1	
鋪設磁磚 1	F1	3	
鋪設磁磚 2	F2	3	
鋪設磁磚 3	F3	2	
鋪設磁磚 6	F6	3	
鋪設磁磚 7	F7	2	
鋪設磁磚 8	F8	1	
鋪設磁磚 39	F39	3	
鋪設磁磚 23	F23	3	
鋪設磁磚 24	F24	3	
鋪設磁磚 37	F37	3	
鋪設磁磚 38	F38	3	

步驟 8. 以各空間特性之量化數值作為限制資源，配合各空間單元施工項目進行資源排程：

以阻塞比例值資源排程：

表 6-5 以阻塞比例資源排程後進度表

作業項目	工期	阻塞值	Rn值	Cv值	總工期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A1	4	0.15	2.48	5.22																										
A2	3	0.13	2.37	5.27																										
A3	2	0.05	1.36	1.14																										
A6	3	0.18	2.19	6.64																										
A7	2	0.03	2.06	0.20																										
A8	2	0.08	1.41	2.08																										
A39	3	0.28	2.42	10.98																										
A23	3	0.03	1.33	0.14																										
A24	3	0.03	1.33	0.14																										
A37	3	0.03	0.96	0.33																										
A38	3	0.03	0.96	0.33																										
B23	2	0.03	1.33	0.14																										
B24	2	0.03	1.33	0.14																										
B37	1	0.03	0.96	0.33																										
B38	1	0.03	0.96	0.33																										
C23	3	0.03	1.33	0.14																										
C24	3	0.03	1.33	0.14																										
C37	2	0.03	0.96	0.33																										
C38	2	0.03	0.96	0.33																										
D23	3	0.03	1.33	0.14																										
D24	3	0.03	1.33	0.14																										
D37	2	0.03	0.96	0.33																										
D38	2	0.03	0.96	0.33																										
E23	1	0.03	1.33	0.14																										
E24	2	0.03	1.33	0.14																										
E37	2	0.03	0.96	0.33																										
E38	1	0.03	0.96	0.33																										
F1	3	0.15	2.48	5.22																										
F2	3	0.13	2.37	5.27																										
F3	2	0.05	1.36	1.14																										
F6	3	0.18	2.19	6.64																										
F7	2	0.03	2.06	0.20																										
F8	1	0.08	1.41	2.08																										
F39	3	0.28	2.42	10.98																										
F23	3	0.03	1.33	0.14																										
F24	3	0.03	1.33	0.14																										
F37	3	0.03	0.96	0.33																										
F38	3	0.03	0.96	0.33																										
			阻塞值：		0.31	0.31	0.26	0.26	0.21	0.23	0.23	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.21	0.26	0.23	0.23	0.21	0.21	0.23	0.23	0.15
			Rn值：		6.49	6.49	7.05	7.05	6.95	8.36	8.36	6.76	7.87	7.50	2.42	2.42	2.42	2.42	2.42	2.42	2.42	4.25	6.91	4.84	8.36	8.31	8.31	7.05	4.40	2.48
			Cv值：		6.65	6.65	6.17	6.17	6.22	8.30	8.30	7.60	7.46	7.65	10.98	10.98	10.98	10.98	10.98	10.98	6.84	7.13	6.93	8.30	7.36	7.36	6.17	5.89	5.22	

假設情況為業主要求建物中需要有三分之二以上空間可持續使用，因此將阻塞比例限制在 0.33 以下，進行資源排程之後，需要 25 工作天，由於並沒有考慮其他資源限制，假設所以空間單元都有足夠資源可能同時施工，只針對空間資源中阻塞比例值進行資源限制，得到此進度規劃，以下分別為三種空間特性之資源使用情況。

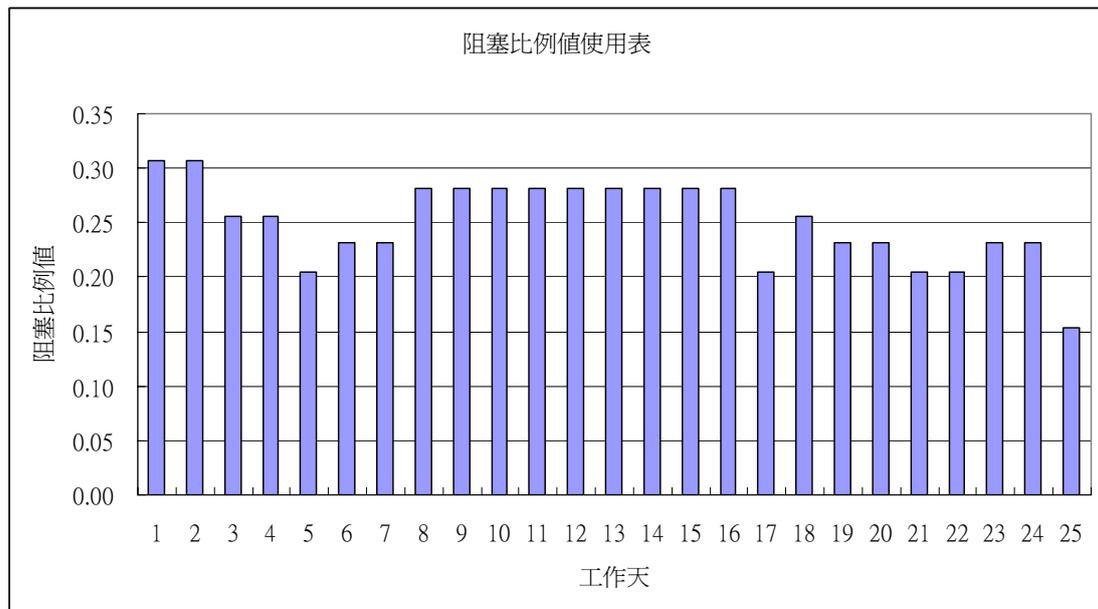


圖 6-8 阻塞比例使用情況

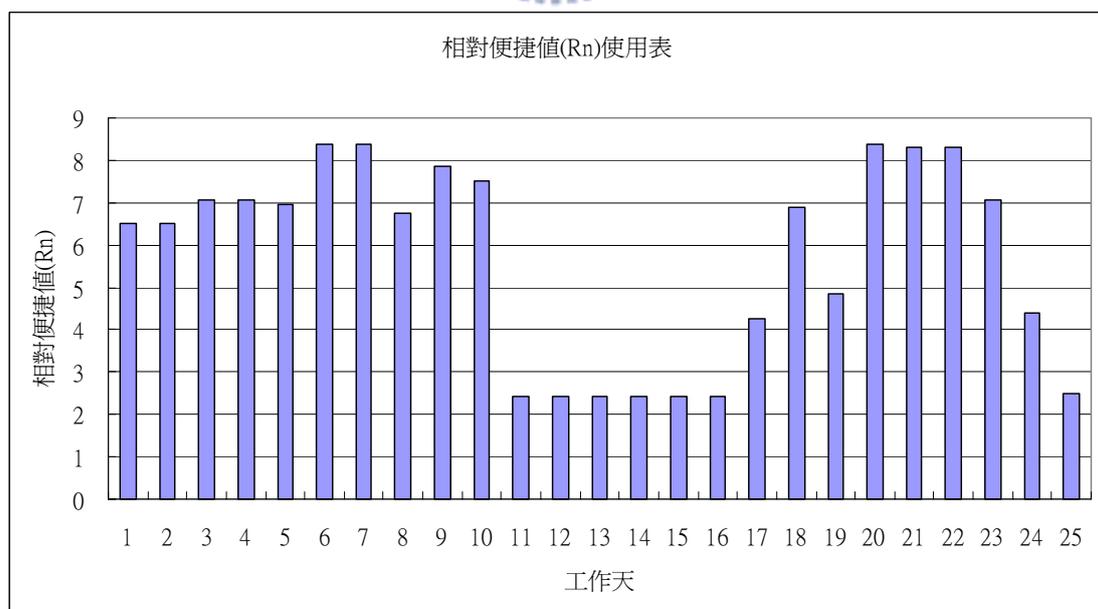


圖 6-9 相對便捷值使用情況

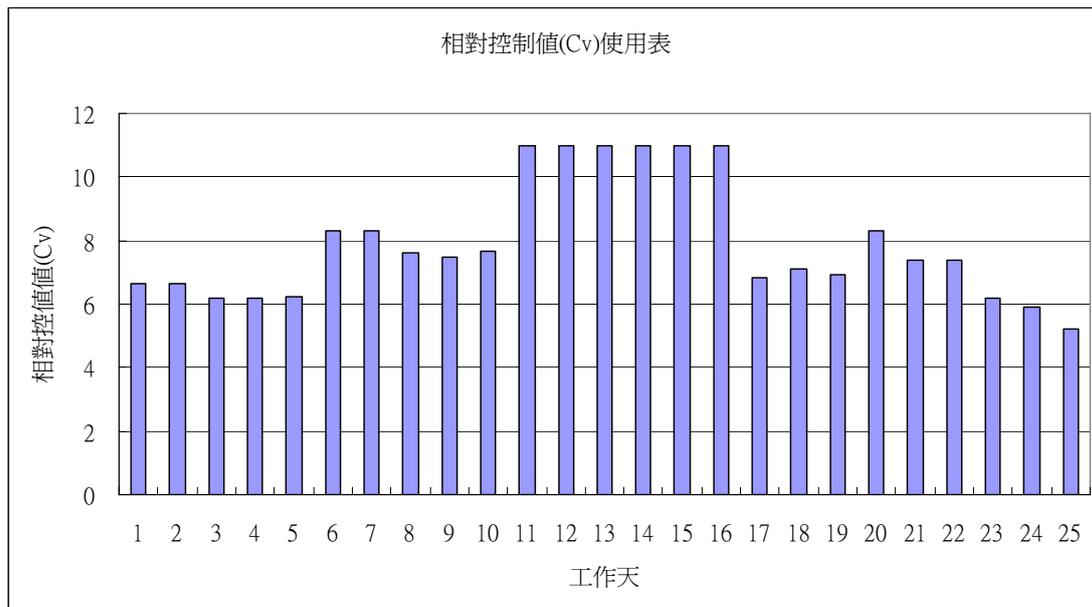


圖 6-10 相對控制值使用情況

由以上三種空間特性使用情況圖中可看出，因為是針對阻塞比例進行資源排程，所以相對便捷值與相對控制值的使用情況比較沒有那麼平整，尤其相對便捷值的使用情況(圖 6-6)可看出，每個工作天的使用情況很不一致，相對便捷值代表空間到其他空間的便捷程度，如果施工空間佔用的空間便捷值越高，表示施工時可能會影響到其他空間連絡通行的影響程度也會越高，尤其除了第 11 工作日到 16 工作日使用量是較低之外，其他使用情況都相當高，可能會造成空間單元之間通行不便。

而相對控制值是空間對鄰近空間的影響程度，以(圖 6-7)可看出，使用情形還算平整，除了在第 11 工作日到第 16 工作日使用程度明顯高出許多，可能是這幾個工作天有個對鄰近空間單元影響程度很大的空間單元在施工，對照進度表(表 6-5)查看，應該就是空間單元 39，在對照空間分解圖(圖 6-2)之後，發現空間單元 39 為走廊，連間許多教室，皆為末端單元，出入口都只有一個，且都必須經過空間單元 39，因此空間單元 39 對這些單元的影響程度很高，一旦施工造成的影響相當大，值得特別注意。

以相對便捷值資源排程：

表 6-6 以相對便捷值資源排程後進度表

作業項目	工期	阻塞值	Rn值	Cv值	總工期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
A1	4	0.15	2.48	5.22																														
A2	3	0.13	2.37	5.27																														
A3	2	0.05	1.36	1.14																														
A6	3	0.18	2.19	6.64																														
A7	2	0.03	2.06	0.20																														
A8	2	0.08	1.41	2.08																														
A39	3	0.28	2.42	10.98																														
A23	3	0.03	1.33	0.14																														
A24	3	0.03	1.33	0.14																														
A37	3	0.03	0.96	0.33																														
A38	3	0.03	0.96	0.33																														
B23	2	0.03	1.33	0.14																														
B24	2	0.03	1.33	0.14																														
B37	1	0.03	0.96	0.33																														
B38	1	0.03	0.96	0.33																														
C23	3	0.03	1.33	0.14																														
C24	3	0.03	1.33	0.14																														
C37	2	0.03	0.96	0.33																														
C38	2	0.03	0.96	0.33																														
D23	3	0.03	1.33	0.14																														
D24	3	0.03	1.33	0.14																														
D37	2	0.03	0.96	0.33																														
D38	2	0.03	0.96	0.33																														
E23	1	0.03	1.33	0.14																														
E24	2	0.03	1.33	0.14																														
E37	2	0.03	0.96	0.33																														
E38	1	0.03	0.96	0.33																														
F1	3	0.15	2.48	5.22																														
F2	3	0.13	2.37	5.27																														
F3	2	0.05	1.36	1.14																														
F6	3	0.18	2.19	6.64																														
F7	2	0.03	2.06	0.20																														
F8	1	0.08	1.41	2.08																														
F39	3	0.28	2.42	10.98																														
F23	3	0.03	1.33	0.14																														
F24	3	0.03	1.33	0.14																														
F37	3	0.03	0.96	0.33																														
F38	3	0.03	0.96	0.33																														
			阻塞值：		0.15	0.15	0.15	0.26	0.26	0.21	0.21	0.33	0.33	0.33	0.26	0.26	0.26	0.26	0.23	0.23	0.21	0.21	0.21	0.15	0.18	0.21	0.33	0.33	0.33	0.13	0.13	0.08		
			Rn值：		5.03	5.03	5.03	5.76	5.76	4.40	5.13	5.08	4.35	5.08	6.91	6.91	6.17	6.17	4.84	4.84	5.13	4.40	4.40	5.03	4.66	4.29	5.08	5.08	5.08	4.69	4.69	3.33		
			Cv值：		5.55	5.55	5.55	7.03	7.03	5.89	5.51	11.26	11.64	11.26	7.13	7.13	7.51	7.51	6.93	6.93	5.51	5.89	5.89	5.55	5.74	5.93	11.26	11.26	11.26	3.89	3.89	2.74		

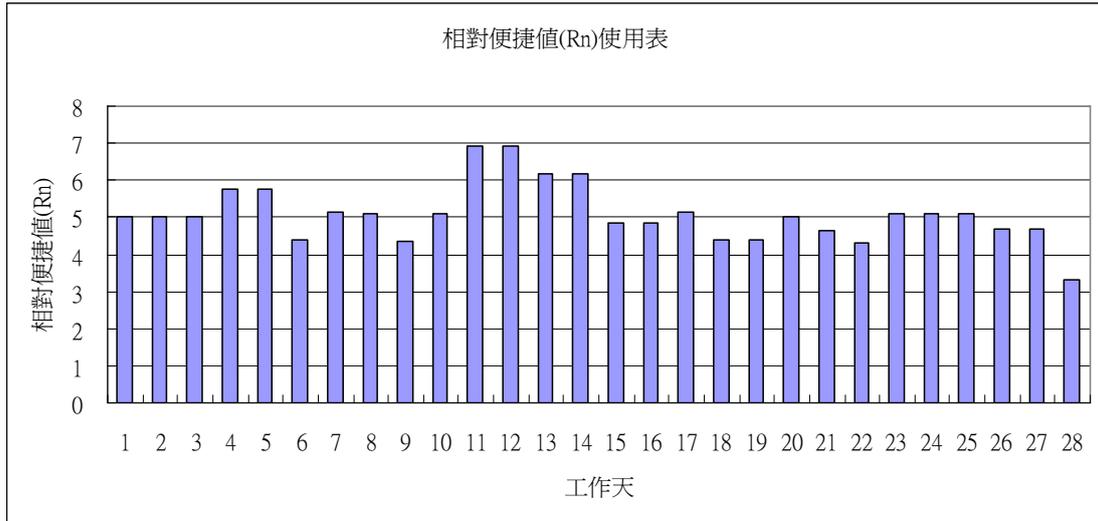


圖 6-11 相對便捷值使用情況

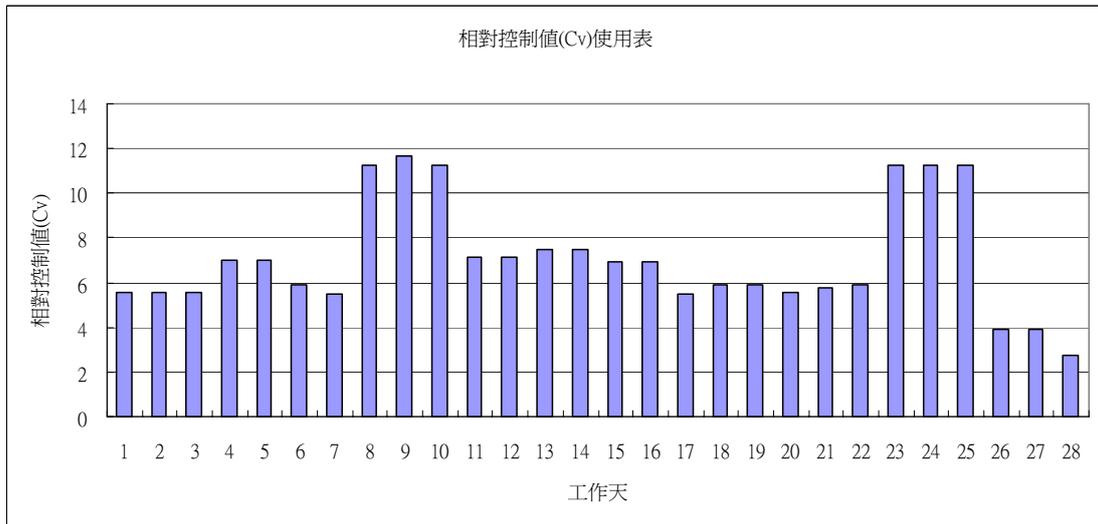


圖 6-12 相對控制值使用情況

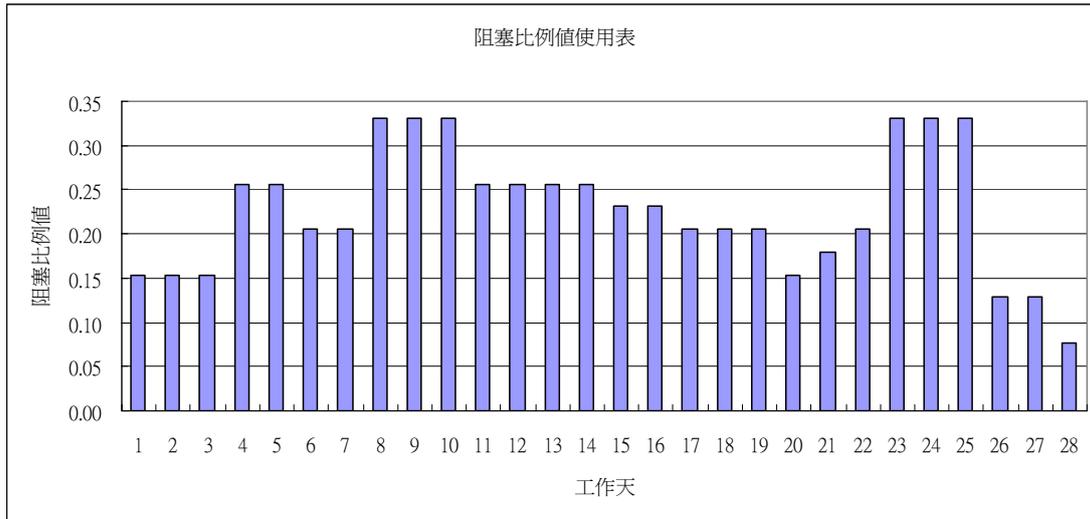


圖 6-13 阻塞比例值使用情況

若假設業主要針對相對便捷值進行資源排程，可能考慮的是空間之間通行的便捷程度，以限制值為 7 來做資源排程，工期為 28 天，比用阻塞比例值多 3 天，但是阻塞比例值也都在 0.33 以下，算是很不錯的，但相對控制值在 8、9、10 與 23、24、25 使用狀況高了點，要注意這些工作日中，施工的空間單元對鄰近單元的影響可能較大，阻塞情況也是這幾天較為阻塞，應該多注意，或許可以考慮與業主協調這幾天空間使用應盡量避開施工空間。

以相對控制值資源排程：

表 6-7 以相對控制值資源排程後進度表

作業項目	工期	阻塞值	Rn值	Cv值	總工期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A1	4	0.15	2.48	5.22																										
A2	3	0.13	2.37	5.27																										
A3	2	0.05	1.36	1.14																										
A6	3	0.18	2.19	6.64																										
A7	2	0.03	2.06	0.20																										
A8	2	0.08	1.41	2.08																										
A39	3	0.28	2.42	10.98																										
A23	3	0.03	1.33	0.14																										
A24	3	0.03	1.33	0.14																										
A37	3	0.03	0.96	0.33																										
A38	3	0.03	0.96	0.33																										
B23	2	0.03	1.33	0.14																										
B24	2	0.03	1.33	0.14																										
B37	1	0.03	0.96	0.33																										
B38	1	0.03	0.96	0.33																										
C23	3	0.03	1.33	0.14																										
C24	3	0.03	1.33	0.14																										
C37	2	0.03	0.96	0.33																										
C38	2	0.03	0.96	0.33																										
D23	3	0.03	1.33	0.14																										
D24	3	0.03	1.33	0.14																										
D37	2	0.03	0.96	0.33																										
D38	2	0.03	0.96	0.33																										
E23	1	0.03	1.33	0.14																										
E24	2	0.03	1.33	0.14																										
E37	2	0.03	0.96	0.33																										
E38	1	0.03	0.96	0.33																										
F1	3	0.15	2.48	5.22																										
F2	3	0.13	2.37	5.27																										
F3	2	0.05	1.36	1.14																										
F6	3	0.18	2.19	6.64																										
F7	2	0.03	2.06	0.20																										
F8	1	0.08	1.41	2.08																										
F39	3	0.28	2.42	10.98																										
F23	3	0.03	1.33	0.14																										
F24	3	0.03	1.33	0.14																										
F37	3	0.03	0.96	0.33																										
F38	3	0.03	0.96	0.33																										
			阻塞值：		0.31	0.31	0.26	0.26	0.21	0.23	0.23	0.28	0.28	0.31	0.26	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.21	0.26	0.23	0.23	0.21	0.15	0.23	0.23	0.21
			Rn值：		6.49	6.49	7.05	7.05	6.95	8.36	8.36	6.76	8.83	6.54	2.42	2.42	2.42	2.42	2.42	2.42	2.42	6.91	6.91	4.84	5.71	8.31	6.39	7.05	4.40	4.40
			Cv值：		6.65	6.65	6.17	6.17	6.22	8.30	8.30	7.60	7.80	7.32	10.98	10.98	10.98	10.98	10.98	10.98	7.13	7.13	6.93	8.01	7.36	6.70	6.17	5.89	5.89	

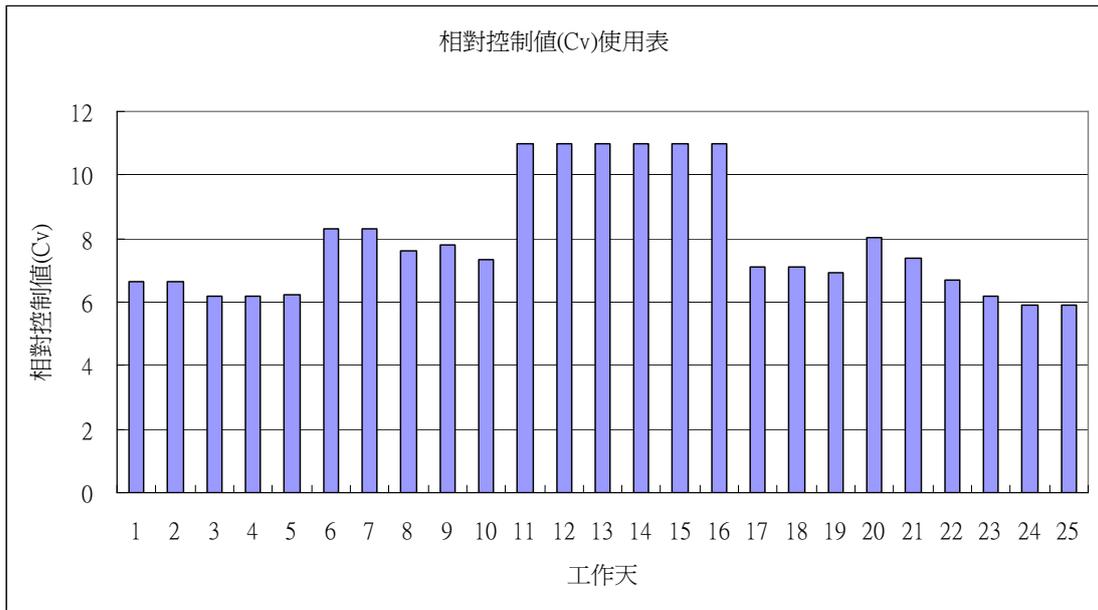


圖 6-14 相對控制值使用情況

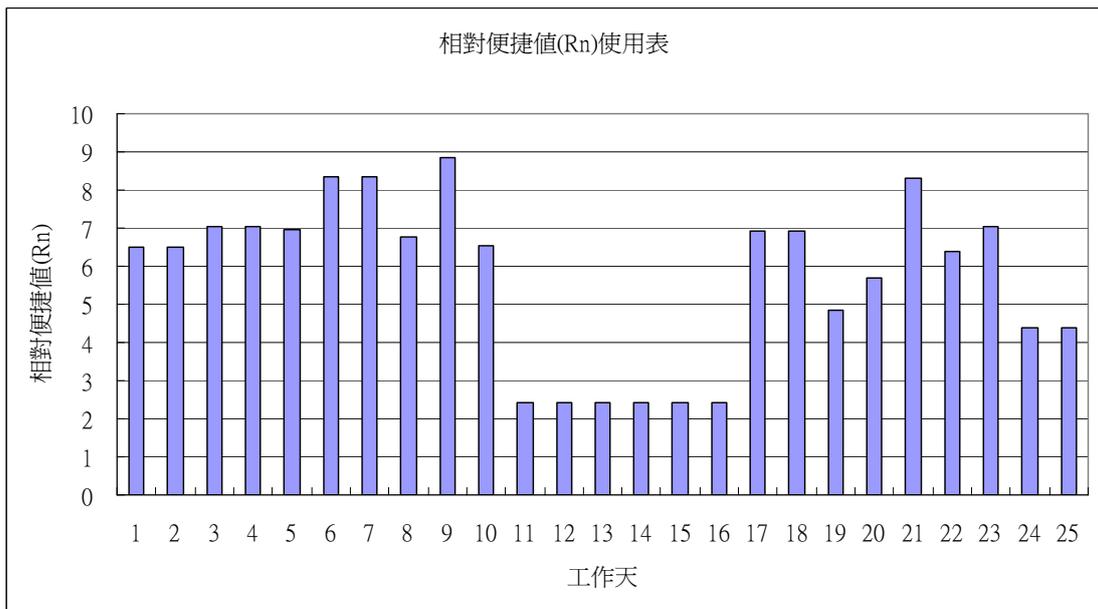


圖 6-15 相對便捷值使用情況

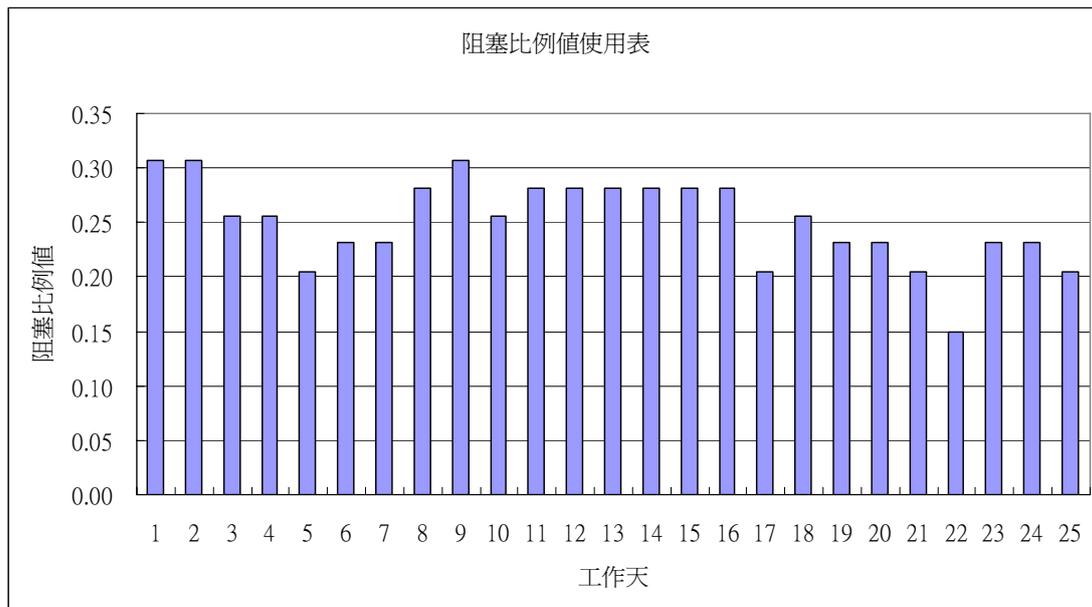


圖 6-16 阻塞比例值使用情況

以相對控制值來做資源排程，因為單元 39 對鄰接單元之控制程度，比其他單元大很多，也就是此空間單元施工時，對鄰接單元影響程度較大，所以限制值以其單元控制值 10.98 為限制進行資源排程，資源排程結果工期為 25 天，但是相對便捷值得使用情況很不佳，起伏相當大，但是阻塞比例使用情況相當平整，甚至阻塞比例都在 0.31 以下，表示三分之二以上的空間，都可以對外聯絡通行為可使用之空間，或許空間單元之間連絡會較不便捷，或者各工作天便捷程度差別很大，可能會造成使用者不便，但是基本上來講，施工空間對鄰接單元的影響程度都在一定限制下，每個工作天也差異不大，阻塞情況也相當良好，起伏也不大，如果我是廠商我會考慮以此進度規劃來施工，與業主討論各工作天施工空間安排情形時，可以增加業主信心，減少衝突產生。

本研究也考慮到進度更新之問題，假設業主需求會改變，可能在一開始業主比較在意阻塞問題，因為會使空間無法對外通行使用，但可能在施工期間，暫時空間對外通行使用的狀況沒一開始那麼重要與在意，改變成在意空間與空間之間的通行便捷程度，又或者會改變成注重施工空間對鄰接空間的控制影響程度，都可能需要進行進度的更新與重新安排，以本模式來講，就是把已完成的工項去除，然後再將剩餘的工項進行資源排程來規劃進度，來產生新的進度規劃表，與未來各空間特性之使用情況，來提醒業主與廠商，有哪些該注意之情形。



第一天進度規劃，業主考慮大部分空間為教室與老師研究室，希望盡量能對外通行使用，因此要求以阻塞比例值為資源排程資源：

表 6-8 第 1 天以阻塞比例資源排程後進度表

作業項目	工期	阻塞值	Rn值	Cv值	總工期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A1	4	0.15	2.48	5.22																										
A2	3	0.13	2.37	5.27																										
A3	2	0.05	1.36	1.14																										
A6	3	0.18	2.19	6.64																										
A7	2	0.03	2.06	0.20																										
A8	2	0.08	1.41	2.08																										
A39	3	0.28	2.42	10.98																										
A23	3	0.03	1.33	0.14																										
A24	3	0.03	1.33	0.14																										
A37	3	0.03	0.96	0.33																										
A38	3	0.03	0.96	0.33																										
B23	2	0.03	1.33	0.14																										
B24	2	0.03	1.33	0.14																										
B37	1	0.03	0.96	0.33																										
B38	1	0.03	0.96	0.33																										
C23	3	0.03	1.33	0.14																										
C24	3	0.03	1.33	0.14																										
C37	2	0.03	0.96	0.33																										
C38	2	0.03	0.96	0.33																										
D23	3	0.03	1.33	0.14																										
D24	3	0.03	1.33	0.14																										
D37	2	0.03	0.96	0.33																										
D38	2	0.03	0.96	0.33																										
E23	1	0.03	1.33	0.14																										
E24	2	0.03	1.33	0.14																										
E37	2	0.03	0.96	0.33																										
E38	1	0.03	0.96	0.33																										
F1	3	0.15	2.48	5.22																										
F2	3	0.13	2.37	5.27																										
F3	2	0.05	1.36	1.14																										
F6	3	0.18	2.19	6.64																										
F7	2	0.03	2.06	0.20																										
F8	1	0.08	1.41	2.08																										
F39	3	0.28	2.42	10.98																										
F23	3	0.03	1.33	0.14																										
F24	3	0.03	1.33	0.14																										
F37	3	0.03	0.96	0.33																										
F38	3	0.03	0.96	0.33																										
			阻塞值：		0.31	0.31	0.26	0.26	0.21	0.23	0.23	0.28	0.28	0.28	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.18	0.21	0.21	0.15	0.15	0.23	0.26	0.26	0.26	
			Rn值：		6.49	6.49	7.05	7.05	6.95	8.36	8.36	6.76	7.87	7.50	4.71	4.71	4.71	4.71	5.08	5.08	2.19	4.25	4.25	3.73	3.73	3.78	7.05	7.05	7.05	
			Cv值：		6.65	6.65	6.17	6.17	6.22	8.30	8.30	7.60	7.46	7.65	11.45	11.45	11.45	11.45	11.26	11.26	6.64	6.84	6.84	6.41	6.41	7.34	6.17	6.17	6.17	

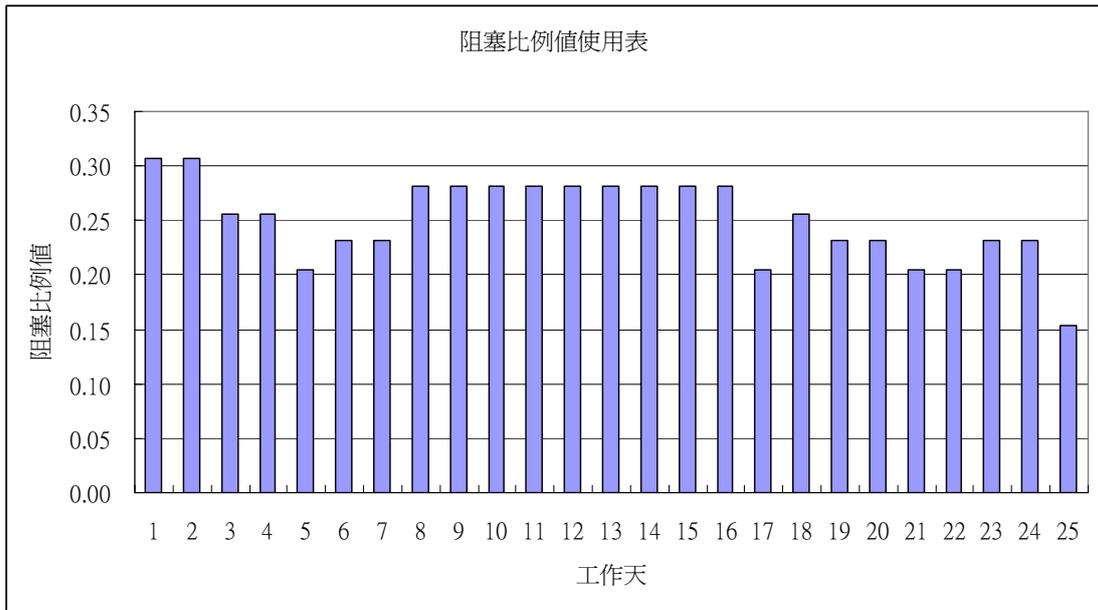


圖 6-17 阻塞比例值使用情況

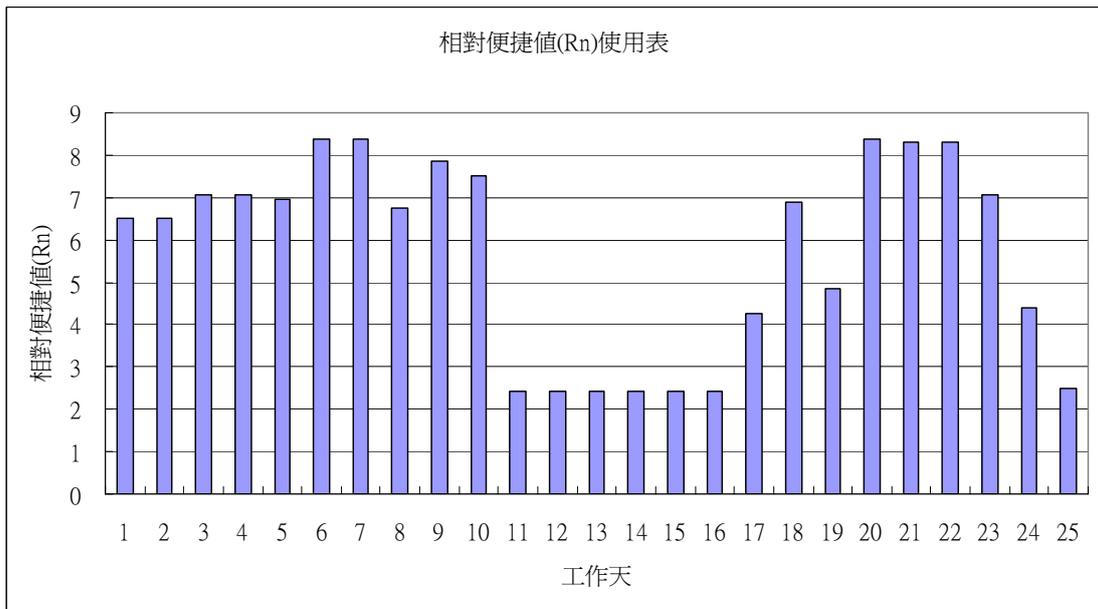


圖 6-18 相對便捷值使用情況

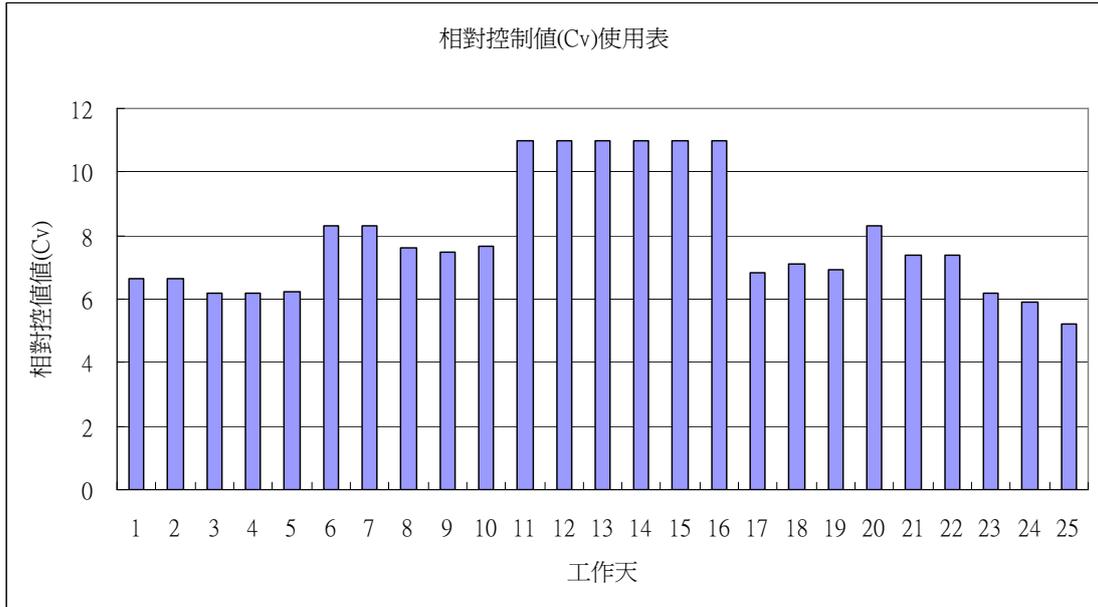


圖 6-19 相對控制值使用情況

十天之後，可能放暑假了，教室使用與老師研究室不需要常使用，所以業主希望施工時，可能工人在空間之中穿梭使用空間不方便，希望以空間之間溝通方便為主，所以希望改以相對便捷為資源排程資源。

表 6-9 第 11 天改以相對便捷值資源排程後進度表

				總工期	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
作業項目	工期	阻塞值	Rn值	Cv值															
A39	3	0.28	2.42	10.98															
D23	3	0.03	1.33	0.14															
D24	3	0.03	1.33	0.14															
D37	2	0.03	0.96	0.33															
D38	2	0.03	0.96	0.33															
F1	3	0.15	2.48	5.22															
F2	3	0.13	2.37	5.27															
F3	2	0.05	1.36	1.14															
F6	3	0.18	2.19	6.64															
F7	2	0.03	2.06	0.20															
F8	1	0.08	1.41	2.08															
F39	3	0.28	2.42	10.98															
F23	3	0.03	1.33	0.14															
F24	3	0.03	1.33	0.14															
F37	3	0.03	0.96	0.33															
F38	3	0.03	0.96	0.33															
			阻塞值：		0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.28	0.21	0.21	0.18	0.18	0.18	0.23	0.23	0.18
			Rn值：		4.71	4.71	4.71	3.75	5.08	5.08	3.51	4.25	4.25	4.66	4.66	4.66	4.80	4.80	3.44
			Cv值：		11.45	11.45	11.45	11.12	11.26	11.26	6.79	6.84	6.84	5.74	5.74	5.74	6.70	6.70	5.55

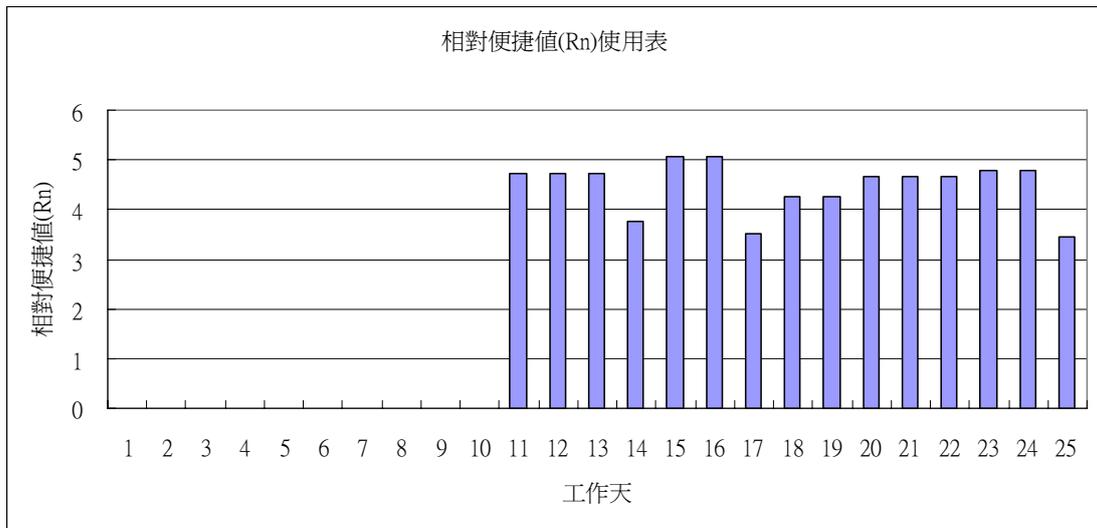


圖 6-20 相對便捷值使用情況

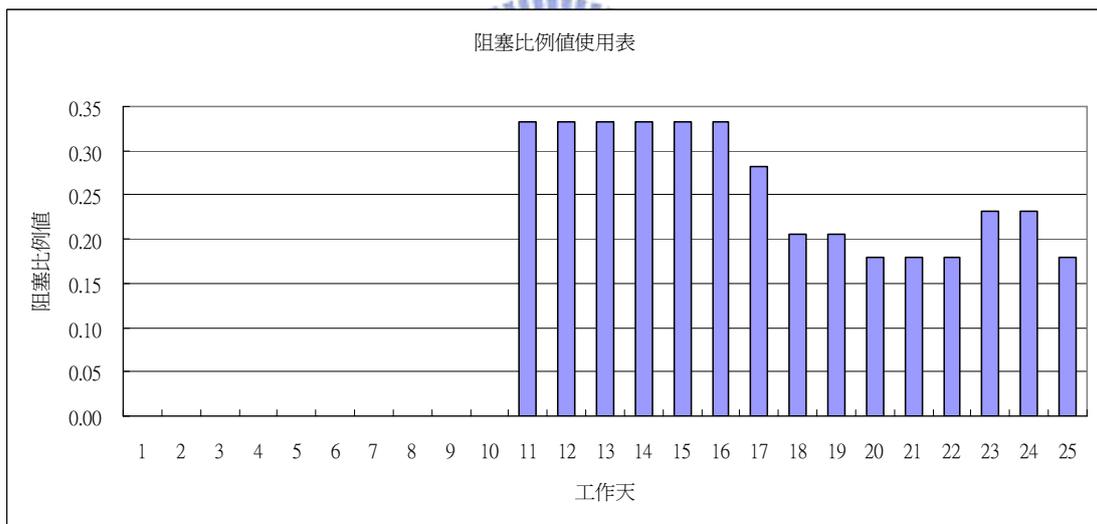


圖 6-21 阻塞比例值使用情況

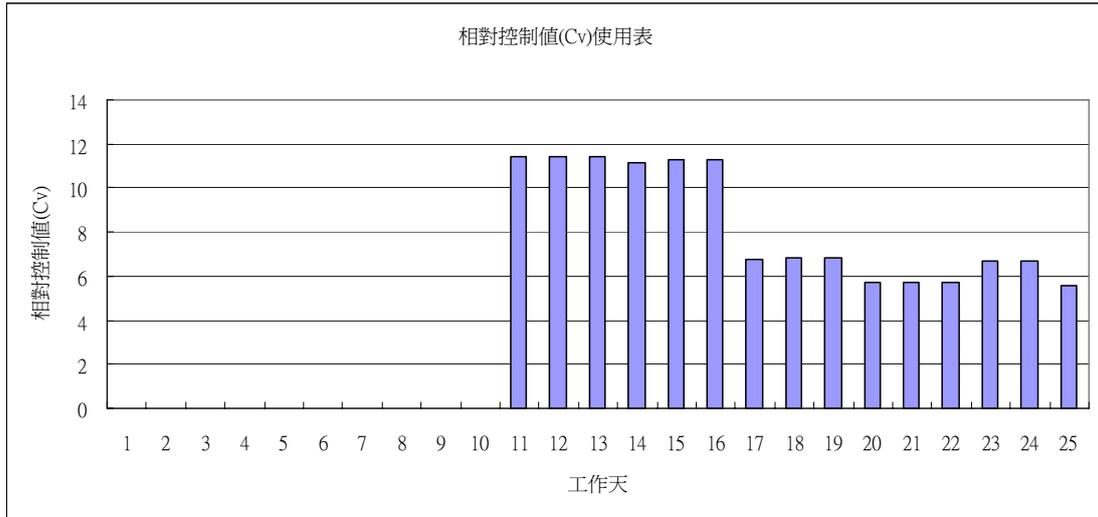


圖 6-22 相對控制值使用情況

又過了六天，工人進行施工在空間中連絡不會常常換來換去，或者一下子便捷一下子不便捷，各空間聯絡情況改善，但是業主又考慮到施工空間對鄰接單元影響程度太大或變換不定，想再改以相對控制值進行資源排程，來讓施工空間對鄰接單元影響程度穩定一點。

表 6-10 第 17 天改以相對控制值資源排程後進度表：

作業項目	工期	阻塞值	Rn值	Cv值	總工期	17	18	19	20	21	22	23	24	25
F1	3	0.15	2.48	5.22										
F2	3	0.13	2.37	5.27										
F3	2	0.05	1.36	1.14										
F6	3	0.18	2.19	6.64										
F7	2	0.03	2.06	0.20										
F8	1	0.08	1.41	2.08										
F23	3	0.03	1.33	0.14										
F24	3	0.03	1.33	0.14										
F37	3	0.03	0.96	0.33										
F38	3	0.03	0.96	0.33										
			阻塞值：			0.18	0.21	0.21	0.15	0.15	0.23	0.26	0.26	0.26
			Rn值：			2.19	4.25	4.25	3.73	3.73	3.78	7.05	7.05	7.05
			Cv值：			6.64	6.84	6.84	6.41	6.41	7.34	6.17	6.17	6.17

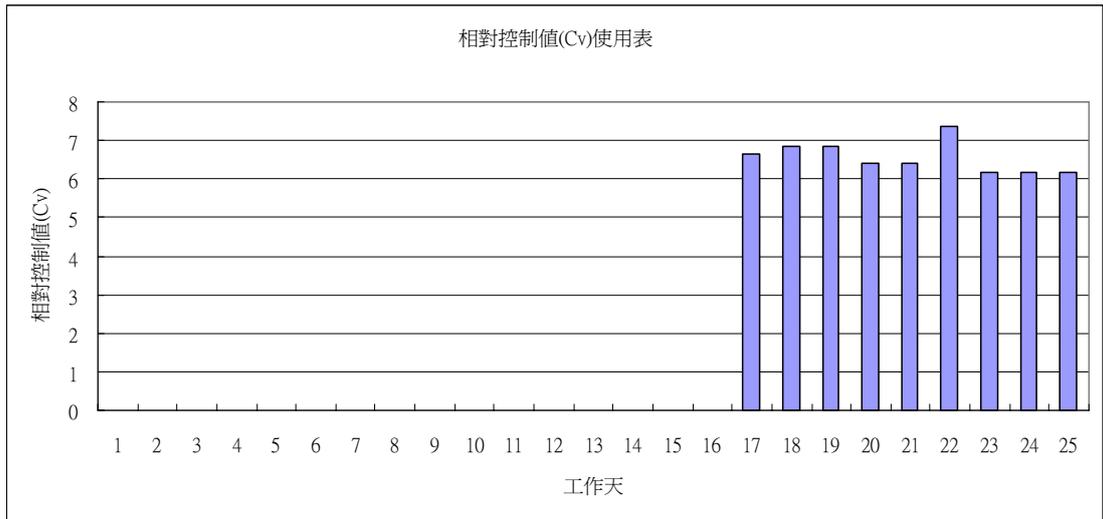


圖 6-23 相對控制值使用情況

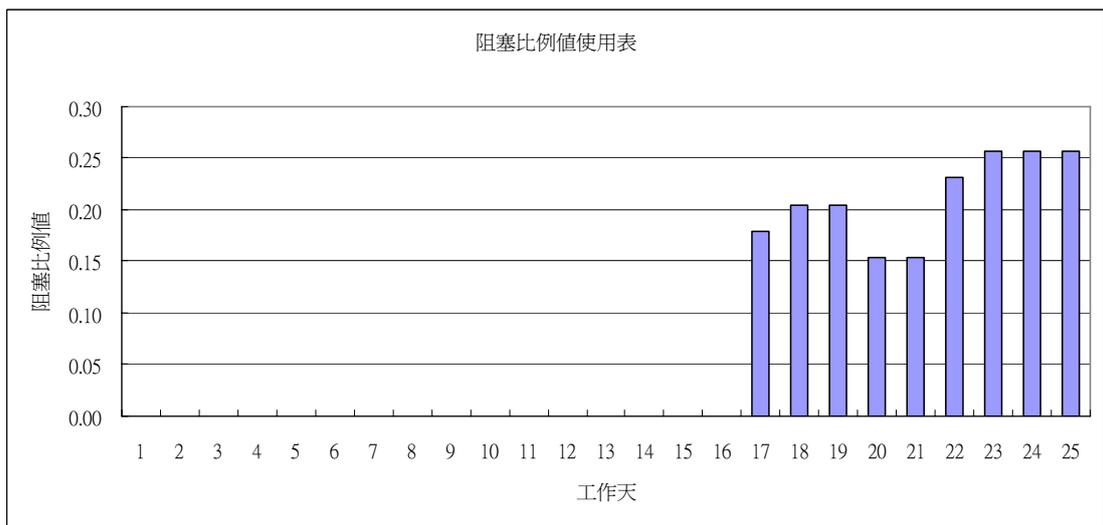


圖 6-24 阻塞比例值使用情況

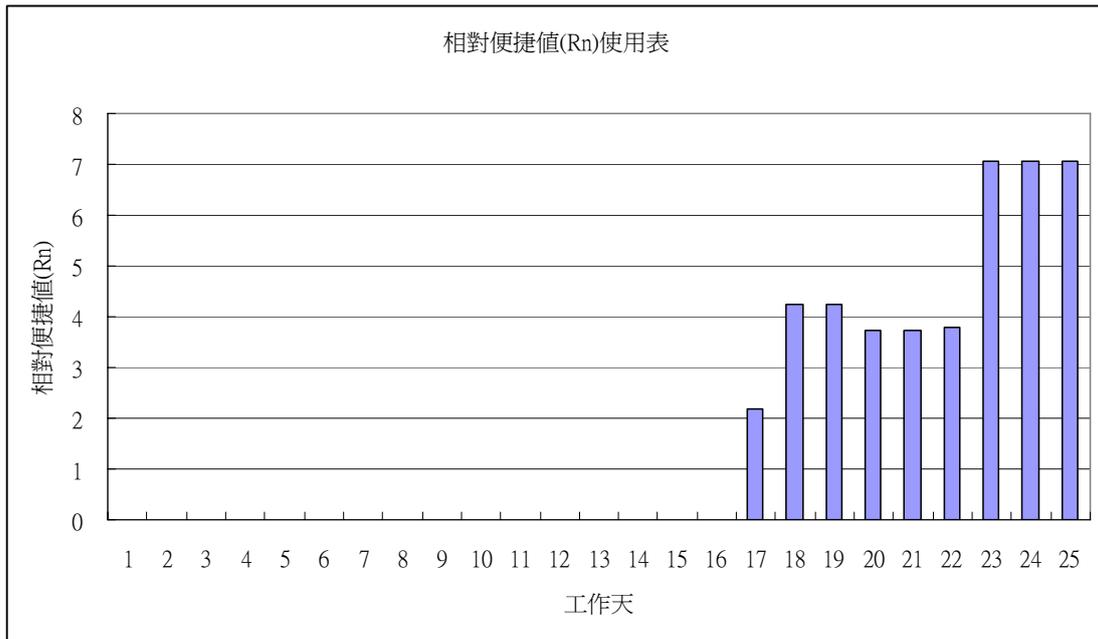


圖 6-25 相對便捷值使用情況

就這樣到完工，總共工期為 25 日。而整個過程之進度表如下：



表 6-11 變換資源排程資源之進度表

作業項目	工期	阻塞值	Rn值	Cv值	總工期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A1	4	0.15	2.48	5.22																										
A2	3	0.13	2.37	5.27																										
A3	2	0.05	1.36	1.14																										
A6	3	0.18	2.19	6.64																										
A7	2	0.03	2.06	0.20																										
A8	2	0.08	1.41	2.08																										
A39	3	0.28	2.42	10.98																										
A23	3	0.03	1.33	0.14																										
A24	3	0.03	1.33	0.14																										
A37	3	0.03	0.96	0.33																										
A38	3	0.03	0.96	0.33																										
B23	2	0.03	1.33	0.14																										
B24	2	0.03	1.33	0.14																										
B37	1	0.03	0.96	0.33																										
B38	1	0.03	0.96	0.33																										
C23	3	0.03	1.33	0.14																										
C24	3	0.03	1.33	0.14																										
C37	2	0.03	0.96	0.33																										
C38	2	0.03	0.96	0.33																										
D23	3	0.03	1.33	0.14																										
D24	3	0.03	1.33	0.14																										
D37	2	0.03	0.96	0.33																										
D38	2	0.03	0.96	0.33																										
E23	1	0.03	1.33	0.14																										
E24	2	0.03	1.33	0.14																										
E37	2	0.03	0.96	0.33																										
E38	1	0.03	0.96	0.33																										
F1	3	0.15	2.48	5.22																										
F2	3	0.13	2.37	5.27																										
F3	2	0.05	1.36	1.14																										
F6	3	0.18	2.19	6.64																										
F7	2	0.03	2.06	0.20																										
F8	1	0.08	1.41	2.08																										
F39	3	0.28	2.42	10.98																										
F23	3	0.03	1.33	0.14																										
F24	3	0.03	1.33	0.14																										
F37	3	0.03	0.96	0.33																										
F38	3	0.03	0.96	0.33																										
			阻塞值：		0.31	0.31	0.26	0.26	0.21	0.23	0.23	0.28	0.28	0.28	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.18	0.21	0.21	0.15	0.15	0.23	0.26	0.26	0.26	
			Rn值：		6.49	6.49	7.05	7.05	6.95	8.36	8.36	6.76	7.87	7.50	4.71	4.71	4.71	4.71	5.08	5.08	2.19	4.25	4.25	3.73	3.73	3.78	7.05	7.05	7.05	
			Cv值：		6.65	6.65	6.17	6.17	6.22	8.30	8.30	7.60	7.46	7.65	11.45	11.45	11.45	11.45	11.26	11.26	6.64	6.84	6.84	6.41	6.41	7.34	6.17	6.17	6.17	

以下便為，三種空間特性在工期中之使用情況：

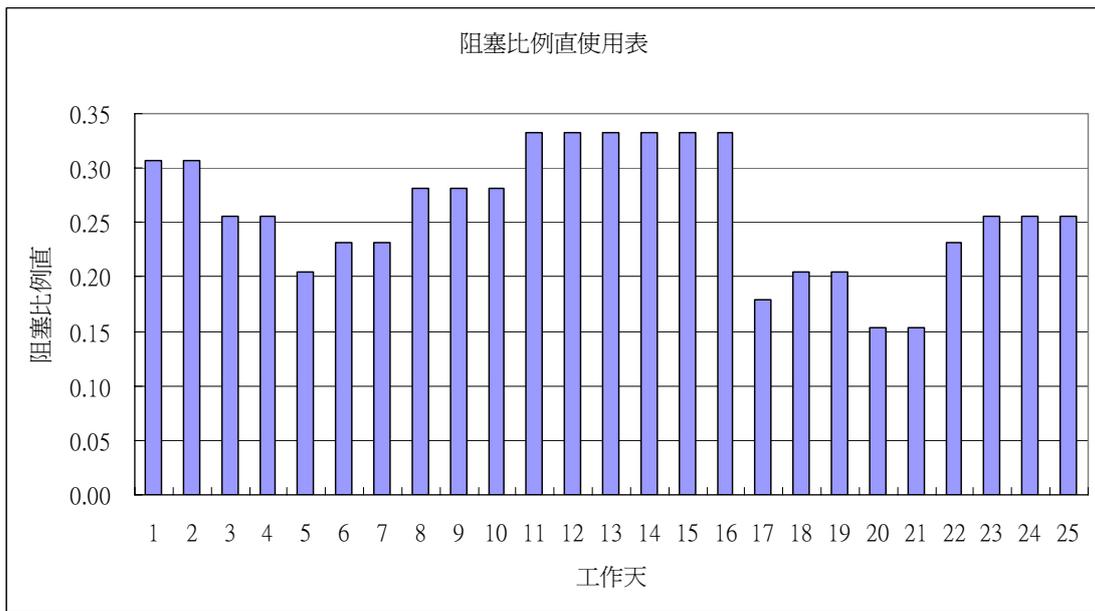


圖 6-26 阻塞比例值使用情況

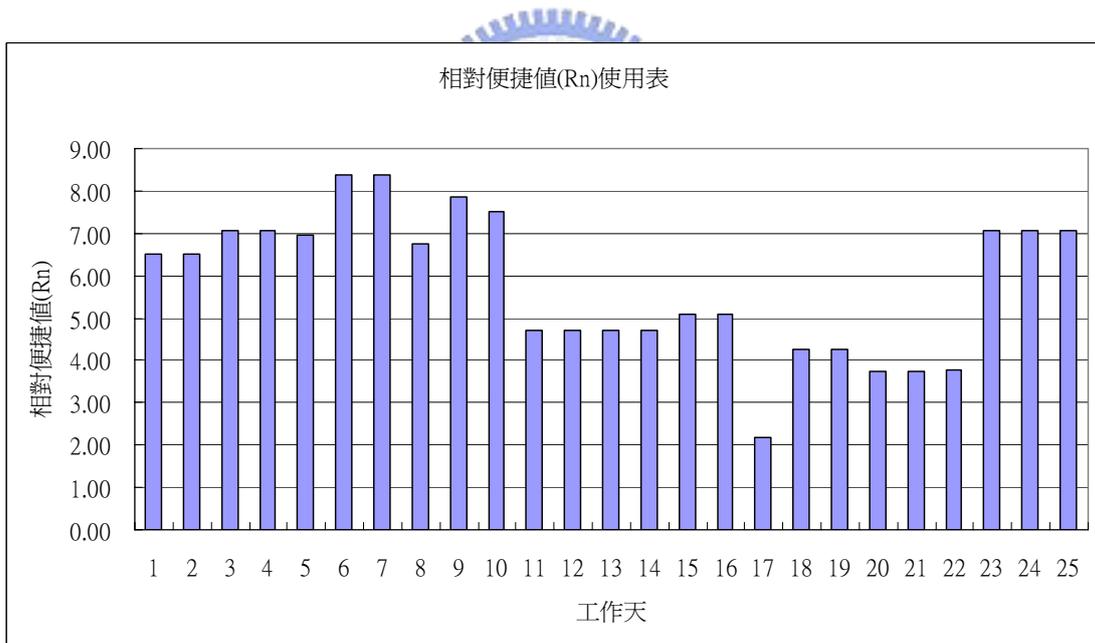


圖 6-27 相對便捷值使用情況

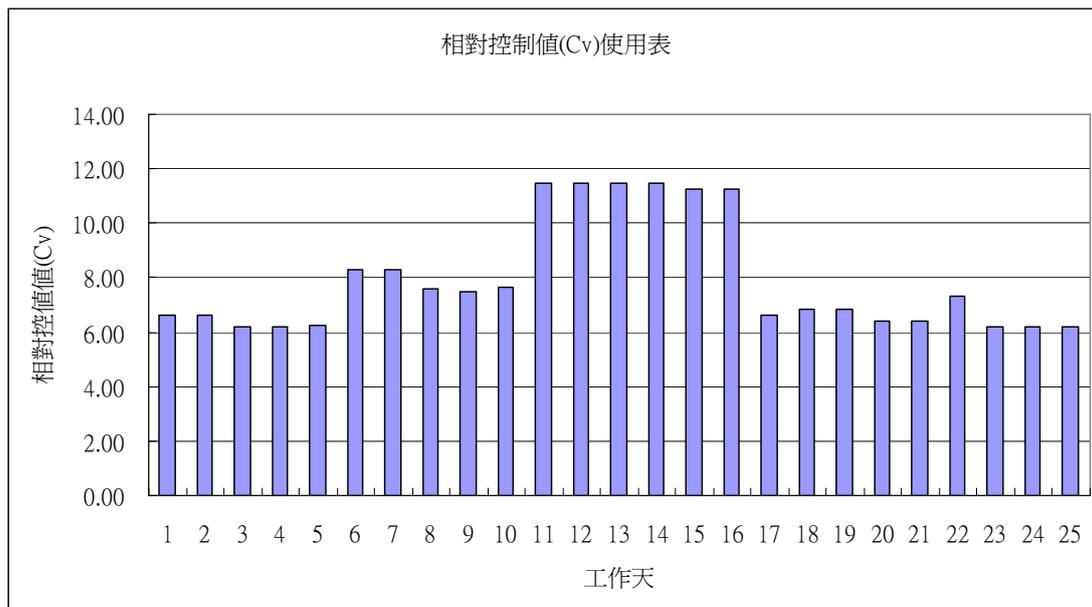


圖 6-28 相對控制值使用情況

6.2 案例探討

本節整理案例展示之結果，針對 1.2 節所列之研究問題作探討，檢視本研究之進度規劃模式是否解決前述所列之研究問題。



6.2.1 空間探討

案例中原本傳統進度規劃並沒有辦法了解空間使用情形，而套用本研究之進度規劃模式後之進度表可知在每個工作天中各空間特性之使用情況，也可以對照平面圖了解各工作天中施工空間為哪些空間，並且可以配合業主需求採用針對不同空間特性做不同的限制，來維持空間資源的使用平衡，並且方便廠商與業主溝通協調，可以明確的只做何時何處該進行施工，讓業主方便配合。

6.2.2 時程探討

案例中，原本的進度規劃較籠統，但本研究之規劃模式規劃出之進度表，由於並沒有考慮人、機、料…其他資源限制，而將各工項切割成更細的空間項目，視為都可以同時施工，因此在只有空間資源的限制下，資源排程之後反而是將工期縮短，如果考慮套用本模式，在其他資源充足情況下，是可以縮短時程的，但本模式的最大效益還是在可以了解施工時間與空間，來降低施工的影響。

6.2.3 規劃邏輯探討

實務中傳統憑經驗主觀之進度規劃，缺乏說服力，而本研究提供一套模式依照考量不同空間特性，可依需求做限制與資源分配來排程，增加信心與說服力。

6.3 小結

本模式以空間語法(Space Syntax)做為基礎，明確切割出各空間單元，將空間特性量化，且視為空間資源納入進度規劃之考量，改善傳統進度規劃並無考慮空間資源問題，協助施工廠商可以有一模式依循，讓業主與廠商溝通協商更加明確清楚，不再冗長費時，減少施工衝突與降低施工對現有使用的影響，最後讓廠商與業主都更容易掌控整個專案之進度，解決傳統進度規劃之問題。



第七章 結論與建議

維護更新工程在實際施工時，很少依照事前規劃進行，原因是進度規劃是由主觀評估與依照經驗規劃，實際施工時會產生許多問題與衝突，通常靠與業主不斷協商解決，所以進度一直無法確定造成工期延誤或趕工影響品質。

現行維護更新工程專案進度規劃展示方式，無法明確分辨各作業在何時使用何處空間、無法明確確定各空間施工與使用衝突問題、進度規劃依照經驗主觀，沒有邏輯性原則依循，缺乏說服力。

本研究透過專家訪談及文獻回顧，釐清為護更新工程現行之問題，再以空間語法(Space Syntax)為方法，建立一維護更新工程進度規劃模式，以利施工廠商掌控整個更新工程。最後，針對本研究未臻完善之處提出建議，以供後續研究者釐清研究方向，使維護更新工程之進度規劃模式更加有效可行。

7.1 結論

本研究之研究結論如下：

1. 透過本研究建立之維護更新工程進度規劃模式，以空間語法切割各空間與計算量化各空間之空間特性，確實可幫助廠商能明確了解掌握空間資源。
2. 現況維護更新工程執行時之進度表，無法明確了解施工空間情形，故難以安排整體工程，透過本研究建立之維護更新工程進度規劃模式，以空間語法之方法，使施工廠商能將施工工項再細分為各空間單元之工項，以達成各施工空間之掌控，可以預防施工衝突情形與降低對現有使用空間之影響程度。
3. 本研究所建立之維護更新工程進度規劃模式，改善傳統進度規劃太依賴經驗主觀之問題，增強廠商說服力與業主信心，方便業主與廠商溝通協調，減少協商之冗長費時過程。

7.2 建議

整個研究過程中，仍有未臻完善與需要改進之處，因此建議後續相關之研究可朝下列幾個方向著手，俾使維護更新工程之進度規劃模式更加有效可行，建議如下：

1. 本研究建構出維護更新工程之進度規劃模式，只針對空間資源做討論，對其它資源(人、機、料…)並無考慮，後續研究者若能加入其他資源限制，會更加符合實務情形，並使此模式更加完善。

2. 本研究之空間特性是以專家之主觀判斷，後續研究者可試著找出更多其他空間特性影響因子，或者對不同空間特性因子給予權重，作多目標之資源排程。使規劃模式會更加符合實際現況。
3. 本研究以空間單元做為空間特性量化之基礎，並沒有對動線作討論，後續研究者可以嘗試將動線之特性列入參考規劃，對更新工程進度規劃與施工動線規劃上會有很大的幫助。
4. 由於本研究以定值之方式探討各工項工期，建議後續研究者能以不確定性之角度來探討，如採機率分佈或模擬的方式來定義工期，以期為護更新工程進度規劃模式更符合實際現況。
5. 本研究之模擬案例為樓層平面，尚未加入垂直動線之討論，後續研究者可加入垂直動線之影響，使規劃模式更加完善。
6. 本研究之空間佔用只考慮施工，後續研究可考慮加入其他佔用空間因素，如物料堆放、運輸、機具佔用空間之問題來討論，或者透過實地探查這些因素，與施工空間佔用有何差異？
7. 本研究施工空間佔用，視為單工項佔用，後續研究可加入討論，多工項同在共同空間施工問題，譬如天花板與地坪在同一空間可同時進行施工問題，讓規劃模式各符合實際現況。



参考文献

1. Akinci, B. and Fischer, M (1998a) "Time-space conflict analysis based on 4D production models." Proceeding of Computing in Civil Engineering, ASCE, pp.342-353.
2. Akinci, B., Fischer, M. and Zabelle, T. (1998b) . "Proactive approach for reducing non-value adding activities due to time-space conflicts." Proceeding of the 6th Ann. Conference Lean Construction, Guaruja, Brazil, August.
3. Akinci, B., Fischer, M., Kunz, J. Levitt, R. (2000) . "Formalization and Automation of Time-Space Conflict Analysis" CIFE working paper 58, Stanford University.
4. Akinci, B., Fischer, M., Kunz, J. Levitt, R. (2002) . "Representing Work Spaces Generically in Construction Method Models." Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 128 (4) , pp.296-305.
5. Akinci, B., Fischer, M., Kunz, J. Levitt, R. (2002) . "Automated Generation of Work Spaces Required by Construction Activities." Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 128 (4) , pp.306-315.
6. Bustard, Wendy. (1999) . "evolution and the function the houses of Chaco Canyon. " Environment and Planning B 26(2):219-240.
7. Neiman, D. (2003). A Very Brief Introduction to Space Syntax Analysis, University of Virginia.
8. Hillier, B. (1996). Space is the Machine: a configurational theory of architecture, Cambridge University Press, Cambridge.
9. Hillier, B. & J. Hanson. (1984). The Social Logic of Space, Cambridge University Press, Cambridge.
10. Hillier, B. (1993). "SPECIFICALLY ARCHITECTURAL THEORY: A Partial Account of the Ascent from Building as Cultural Transmission", < THE HARVARD ARCHITECTURE REVIEW > , volume 9, 1993, pp.17-19.
11. Jiang B., Claramunt C. and Klarqvist B. (2000), "An Integration of Space Syntax into GIS for Modelling Urban Spaces", International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol.2, pp.161-171.
12. Moder, J. J. (1983) , " Project management with CPM, PERT and precedence diagramming.", pp.191-227

13. Riley, D.R. and Sanvido, V.E. (1995) . “Patterns of construction-space use in multistory buildings.” Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 121 (4) , pp.464-473.
14. Riley, D.R. and Sanvido, V.E. (1997). “Space planning method for multistory building construction”°. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 123(2), 464-473.
15. Thabet, W.Y. and Beliveau, Y.J. (1994) .“Modeling work space to schedule repetitive floors in multistory buildings.” Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 120 (4) , pp.96-116.
16. Thabet, W.Y. and Beliveau, Y.J. (1997). “SCaRC: Space-constrained resource- constrained scheduling system.” Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, 11(1), 48-59.
17. Tommelein, I., Dzung, R., and Zouein, P. (1993). “Exchanging layout and schedule data in a real-time distributed environment.” 5th Int. Conf. on Computing in Civil and Building Engineering, ASCE, New York, 947-954.
18. 張俊誠，「以空間語法分析空間衝突之研究—以逆打工法為例」，國立台灣大學土木工程學研究所營建工程與管理組，碩士論文，2005。
19. 吳俊達，「建築工程施工作業空間規劃與衝突分析流程之研究」，國立台灣大學土木工程學研究所營建工程與管理組，碩士論文，2000。
20. 蘇智鋒，「空間型態之內在組構邏輯 SPACE SYNTAX (空間型構法則分析) 之介紹」，建築向度—設計與理論創刊號，1999。
21. 仲閻立，「以 space syntax(空間語法)分析施工要徑空間特性之研究」，國立台灣大學土木工程學研究所營建工程與管理組，碩士論文，2006。
22. 王文錕，「博物館空間組構邏輯探討—以國立自然科學博物館與國立科學工藝博物館為例」，逢甲大學建築及都市計畫研究所，碩士論文，2004。
23. 劉福勳，實用工程進度規劃與控制，漢天下管理顧問公司，1996。
24. 謝清俊，「網圖模組應用於營建工程進度管理之研究」，國立交通大學土木工程學研究所營建工程與管理組，碩士論文，1998。
25. 陳敬寬，「工程計畫施工進度管理系統之研究」，國立交通大學土木工程學研究所營建工程與管理組，碩士論文，1991。
26. 郭奉宜，「統包工程之進度規劃模式」，國立交通大學土木工程學研究所營建工程與管理組，碩士論文，2005。

27. 沈進發，「營建管理工程規劃與管制」，台灣營建研究，1997。
28. 蕭博文，「應用禁忌搜尋法求解營建工程專案多重資源排程最佳化之研究」，朝陽科技大學營建工程系，碩士論文，2002。



附錄

表 a-1 工二館二樓空間單元阻塞影響比例表

阻塞單元	受影響單元數	影響比例	受影響單元
1	34	0.92105	2~7,9~36
2	4	0.13158	3,4,23,24
3	1	0.05263	4
4	0	0.02632	
5	0	0.02632	
6	6	0.18421	25~30
7	0	0.02632	
8	2	0.07895	37,38
9	0	0.02632	
10	0	0.02632	
11	0	0.02632	
12	0	0.02632	
13	0	0.02632	
14	0	0.02632	
15	0	0.02632	
16	0	0.02632	
17	0	0.02632	
18	0	0.02632	
19	0	0.02632	
20	2	0.07895	21,22
21	0	0.02632	
22	0	0.02632	
23	0	0.02632	
24	0	0.02632	
25	0	0.02632	
26	0	0.02632	
27	0	0.02632	
28	0	0.02632	
29	0	0.02632	
30	0	0.02632	
31	0	0.02632	
32	0	0.02632	
33	0	0.02632	
34	0	0.02632	
35	0	0.02632	
36	0	0.02632	
37	0	0.02632	
38	0	0.02632	

表 a-2 修正後工二館二樓空間單元阻塞影響比例表

阻塞單元	受影響單元數	影響比例	受影響單元
1	5	0.15385	9,10,11,12,13
2	4	0.12821	3,4,23,24
3	1	0.05128	4

4	0	0.02564	
5	0	0.02564	
6	6	0.17949	25~30
7	0	0.02564	
8	2	0.07692	37,38
9	0	0.02564	
10	0	0.02564	
11	0	0.02564	
12	0	0.02564	
13	0	0.02564	
14	0	0.02564	
15	0	0.02564	
16	0	0.02564	
17	0	0.02564	
18	0	0.02564	
19	0	0.02564	
20	2	0.07692	21,22
21	0	0.02564	
22	0	0.02564	
23	0	0.02564	
24	0	0.02564	
25	0	0.02564	
26	0	0.02564	
27	0	0.02564	
28	0	0.02564	
29	0	0.02564	
30	0	0.02564	
31	0	0.02564	
32	0	0.02564	
33	0	0.02564	
34	0	0.02564	
35	0	0.02564	
36	0	0.02564	
37	0	0.02564	
38	0	0.02564	
39	10	0.28205	14~17,31~36

表 a-3 工二館二樓相對便捷值計算表

								絕對深度	總相對深度	平均相對深度	相對不對稱值	真正相對不對稱值	相對便捷值
深度	1	2	3	4	5	6	7						
單元	個數		D	MD	RA	RRA	Rn						
1	7	18	11	2	0	0	0	0	84	2.15	0.06	0.40	2.48
2	7	16	13	2	0	0	0	1	86	2.21	0.07	0.42	2.37
3	2	6	15	13	2	0	0	2	121	3.10	0.11	0.74	1.36
4	1	1	6	15	13	2	0	3	158	4.05	0.16	1.07	0.94
5	2	9	14	11	2	0	0	2	116	2.97	0.11	0.69	1.45
6	9	8	19	2	0	0	0	2	90	2.31	0.07	0.46	2.19
7	2	20	13	3	0	0	0	2	93	2.38	0.07	0.48	2.06
8	3	12	7	12	2	2	0	0	118	3.03	0.11	0.71	1.41
9	1	6	18	11	2	0	0	1	121	3.10	0.11	0.74	1.36
10	1	6	18	11	2	0	0	1	121	3.10	0.11	0.74	1.36
11	1	6	18	11	2	0	0	1	121	3.10	0.11	0.74	1.36
12	1	6	18	11	2	0	0	1	121	3.10	0.11	0.74	1.36
13	1	6	18	11	2	0	0	1	121	3.10	0.11	0.74	1.36
14	1	12	9	12	2	2	0	2	122	3.13	0.12	0.74	1.34
15	1	12	9	12	2	2	0	2	122	3.13	0.12	0.74	1.34
16	1	12	9	12	2	2	0	2	122	3.13	0.12	0.74	1.34
17	1	12	9	12	2	2	0	2	122	3.13	0.12	0.74	1.34
18	1	6	16	13	2	0	0	2	123	3.15	0.12	0.75	1.33
19	2	11	6	17	2	0	0	3	120	3.08	0.11	0.73	1.38
20	4	2	12	7	11	2	0	3	139	3.56	0.14	0.90	1.11

21	1	3	2	12	7	11	2	4	176	4.51	0.19	1.23	0.81
22	1	3	2	12	7	11	2	4	176	4.51	0.19	1.23	0.81
23	1	6	16	13	2	0	0	2	123	3.15	0.12	0.75	1.33
24	1	6	16	13	2	0	0	2	123	3.15	0.12	0.75	1.33
25	1	8	8	19	2	0	0	3	127	3.26	0.12	0.79	1.27
26	1	8	8	19	2	0	0	3	127	3.26	0.12	0.79	1.27
27	1	8	8	19	2	0	0	3	127	3.26	0.12	0.79	1.27
28	1	8	8	19	2	0	0	3	127	3.26	0.12	0.79	1.27
29	1	8	8	19	2	0	0	3	127	3.26	0.12	0.79	1.27
30	1	8	8	19	2	0	0	3	127	3.26	0.12	0.79	1.27
31	1	12	9	12	2	2	0	2	122	3.13	0.12	0.74	1.34
32	1	12	9	12	2	2	0	2	122	3.13	0.12	0.74	1.34
33	1	12	9	12	2	2	0	2	122	3.13	0.12	0.74	1.34
34	1	12	9	12	2	2	0	2	122	3.13	0.12	0.74	1.34
35	1	12	9	12	2	2	0	2	122	3.13	0.12	0.74	1.34
36	1	12	9	12	2	2	0	2	122	3.13	0.12	0.74	1.34
37	1	2	12	7	12	2	2	1	155	3.97	0.16	1.04	0.96
38	1	2	12	7	12	2	2	1	155	3.97	0.16	1.04	0.96
39	13	9	12	2	2	0	0	1	85	2.18	0.06	0.41	2.42

表 a-4 工二館二樓空間單元相對控制值計算表

單元	輸出單元數	輸出值	相對控制值	
			輸入總值	連接單元
1	7	0.14	5.22	2,9,10,11,12,13,39
2	7	0.14	5.27	1,3,5,6,18,23,24
3	2	0.50	1.14	2,4
4	1	1.00	0.50	3
5	2	0.50	0.39	2,20
6	8	0.13	6.64	2,19,25,26,27,28,29,30
7	2	0.50	0.20	6,39
8	3	0.33	2.08	37,38,39
9	1	1.00	0.14	1
10	1	1.00	0.14	1
11	1	1.00	0.14	1
12	1	1.00	0.14	1
13	1	1.00	0.14	1
14	1	1.00	0.08	39
15	1	1.00	0.08	39
16	1	1.00	0.08	39
17	1	1.00	0.08	39
18	1	1.00	0.14	2
19	2	0.50	0.38	6,20
20	4	0.25	3.00	5,19,21,22
21	1	1.00	0.25	20
22	1	1.00	0.25	20
23	1	1.00	0.14	2
24	1	1.00	0.14	2
25	1	1.00	0.13	6
26	1	1.00	0.13	6
27	1	1.00	0.13	6
28	1	1.00	0.13	6
29	1	1.00	0.13	6
30	1	1.00	0.13	6
31	1	1.00	0.08	39
32	1	1.00	0.08	39
33	1	1.00	0.08	39
34	1	1.00	0.08	39
35	1	1.00	0.08	39
36	1	1.00	0.08	39
37	1	1.00	0.33	8
38	1	1.00	0.33	8

39	13	0.08	10.98	1,7,8,14,15,16,17,31,32,33,34,35,36
----	----	------	-------	-------------------------------------

表 a-5 工二館二樓空間語法量化數值表

單元	絕對深度	平均相對深度	相對便捷值	相對控制值	鄰接單元數
1	0	2.08	2.65	5.47	8
2	1	2.15	2.48	5.25	7
3	2	3.03	1.41	1.14	2
4	3	3.97	0.96	0.50	1
5	2	2.90	1.51	0.39	2
6	2	2.31	2.19	6.64	8
7	2	2.38	2.06	0.20	2
8	0	2.62	1.77	2.20	4
9	1	3.03	1.41	0.13	1
10	1	3.03	1.41	0.13	1
11	1	3.03	1.41	0.13	1
12	1	3.03	1.41	0.13	1
13	1	3.03	1.41	0.13	1
14	2	3.13	1.34	0.08	1
15	2	3.13	1.34	0.08	1
16	2	3.13	1.34	0.08	1
17	2	3.13	1.34	0.08	1
18	2	3.08	1.38	0.14	1
19	3	3.08	1.38	0.38	2
20	3	3.49	1.15	3.00	3
21	4	4.44	0.83	0.25	1
22	4	4.44	0.83	0.25	1
23	2	3.08	1.38	0.14	1
24	2	3.08	1.38	0.14	1
25	3	3.26	1.27	0.13	1
26	3	3.26	1.27	0.13	1
27	3	3.26	1.27	0.13	1
28	3	3.26	1.27	0.13	1
29	3	3.26	1.27	0.13	1
30	3	3.26	1.27	0.13	1
31	2	3.13	1.34	0.08	1
32	2	3.13	1.34	0.08	1
33	2	3.13	1.34	0.08	1
34	2	3.13	1.34	0.08	1
35	2	3.13	1.34	0.08	1
36	2	3.13	1.34	0.08	1

37	1	3.56	1.11	0.25	1
38	1	3.56	1.11	0.25	1
39	1	2.18	2.42	10.88	13

