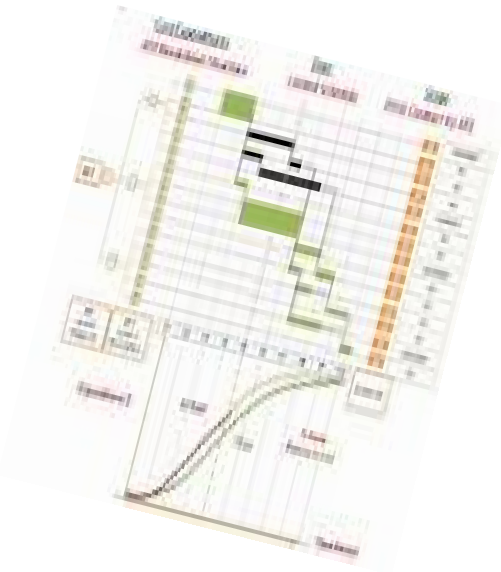
行政院公共工程委員會

工程完工啟用期程仿真評估之利器~

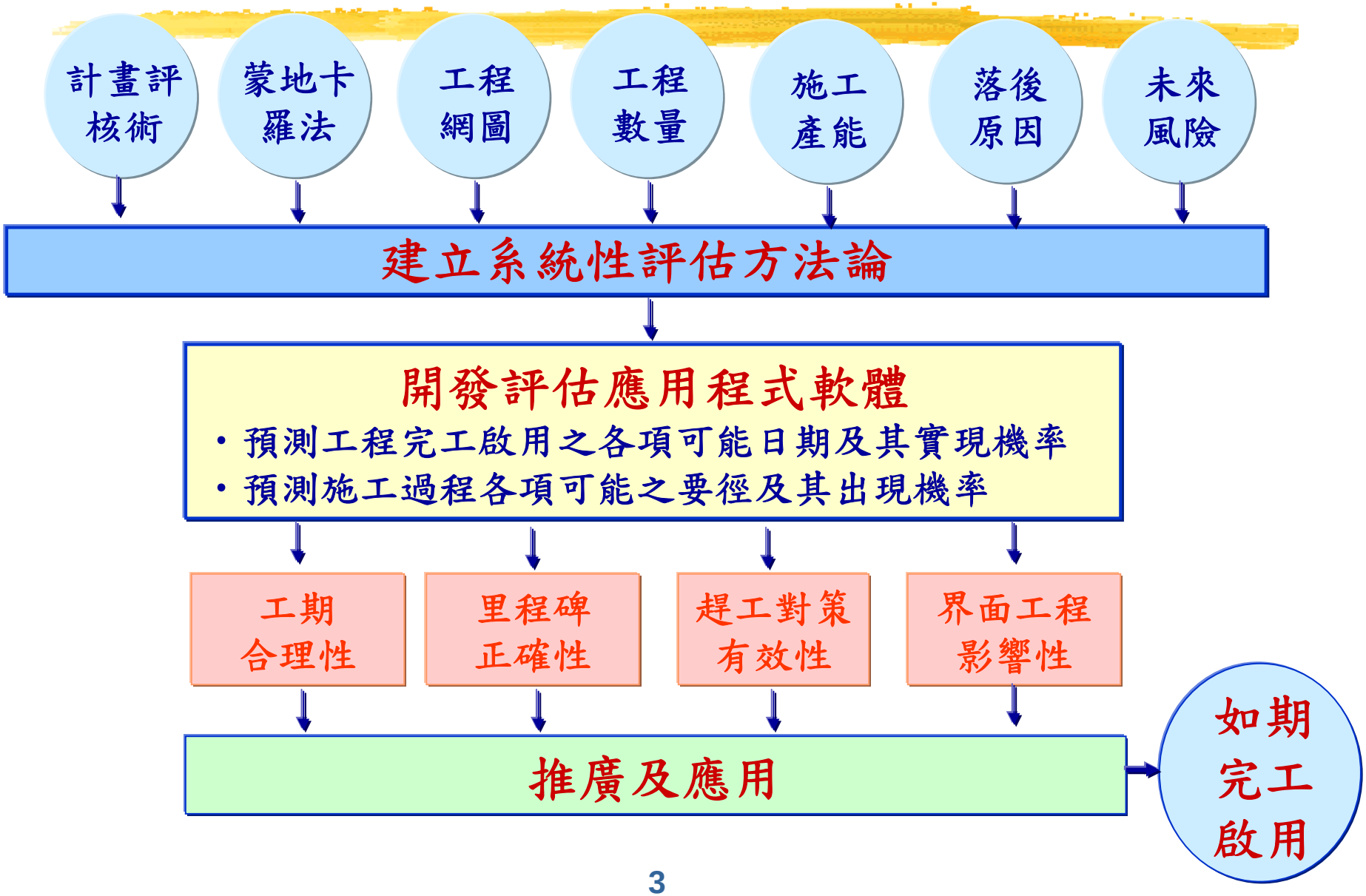
重大公共建設完工啟用期程
評估方法及應用

行政院公共工程委員會
工程管理處



如期完工啟用的機率？

完工啟用期程評估方法及應用架構圖



大　綱

一、（WHAT）甚麼是完工啟用期程評估

二、（WHY）為什麼要做完工啟用期程評估

三、（WHEN）何時要做完工啟用期程評估

四、（WHO）誰要做完工啟用期程評估

五、（WHERE）何處著手完工啟用期程評估

六、（HOW）如何做完工啟用期程評估

七、（HOW MUCH）怎樣確認完工啟用期程評估

八、結論及建議

一、（WHAT）甚麼是完工啟用期程評估(1/2)

首先請教各位公共工程主辦同仁以下幾個問題：

- ❒您所經辦工程的工期合理嗎？
- ❒管控的里程碑日期是否符合實需？是否位在要徑？
- ❒該工程施工廠商可以如期完工嗎？機率有多少？
- ❒趕工計畫對縮短工期的助益及實現機率有多大？
- ❒該工程要徑變化的可能性有多大？

一、（WHAT）甚麼是完工啟用期程評估(2/2)

- 特別是您經辦的工程，有限期完工的壓力，或出現重大落後時，當長官垂詢上開問題，您是否有肯定的答案？您的答案是否有明確的依據？
- 復當您經辦的工程施工廠商提出新的施工修正計畫或趕工計畫，您手邊是否有任何方法或工具，可幫助您判斷施（趕）工期程之合理性？

二、（WHY）為什麼要做完工啟用期程評估(1/2)

❐專案排程方法及優缺點

	甘特圖（Gantt）	要徑法（CPM）	計畫評核術（PERT）
內容	以桿狀圖呈現作業與時間之關係	以網路圖作為分析工具，時間模型是確定性；以單一估計時間建構專案排程	以網路圖作為分析工具，時間模型是機率性；以樂觀、悲觀及最可能時間的三時法為基礎，估算專案完成的可能時間及機率
優點	簡單易懂，且易於變更	適用於大型專案，作業間前後關係明確	適用於大型專案，作業間前後關係明確
缺點	無法清楚顯示各作業間之相互關係，不適用大型專案	單一估時忽略各項作業風險	不易估計樂觀、悲觀估時，作業要徑不易判斷

二、（WHY）為什麼要做完工啟用期程評估(2/2)

- 公共建設之完工啟用期程，常是計畫規劃與政策考量之綜合期望值，包含所有客觀及主觀判斷的混合，背後存有一個機率的變數；在執行過程中，往往會發生計畫比不上變化之情況
- 機關復常受限於如期完工啟用之管考目標，規劃之工程網圖多不符實際或未考慮風險
- 在多重施工路徑及諸多不確定性風險影響下，施工要徑將隨時可能產生變化
- 當**加入了風險的考量後，如何準確預測完工啟用期程，並作出積極正確之決策**，為公共建設時程管控之重要關鍵

三、（WHEN）何時要做完工啟用期程評估(1/1)

- 當政策指示相關計畫或工程需提前完工啟用
- 專案時程出現重大落後
- 契約或設計有重大變更
- 工期有重大展延
- 工法、工序或要徑有變動
- 廠商人、機、料等施工資源有重大變動

四、（WHO）誰要做完工啟用期程評估(1/1)

- ❒施工廠商：實際評估者
  - ☞公共工程施工綱要規範「第01103章 進度管理」
    - 承包商須僱用具有使用電腦排程軟體經驗之人員，排程人員之資格必須在開工前提送工程司審核
    - 承包商使用之排程軟體必須有足夠的功能，製作本章所規定之進度表、報告及處理時程資料
- ❒監造單位：監督施工廠商進行評估，並實質判斷評估結果之合理度
- ❒專案營建管理（PCM）及主辦機關：會同施工廠商及監造單位確認評估結果之合理度
- ❒主管機關：督導主辦機關適時啟動評估，提出正確之趕工對策及完工決策

五、（WHERE）何處著手完工啟用期程評估(1/5)

結合計畫評核術及蒙地卡羅模擬法（Monte Carlo method）評估完工啟用期程及其出現機率

- 工期存在很多不確定性之風險，無法以真實之數值公式或確定性之模型（例如常態分布）求解
- 將不確定的作業時間看成具有某種機率分配特性的隨機變數，利用隨機亂數決定作業時間，俾預估工程專案期程之累積分布
- 一種基於大數法則的實證方法，當模擬的次數越多，結果趨近於真實
- 需要大量的抽樣及計算，計算時間較長

五、（WHERE）何處著手完工啟用期程評估(2/5)

現行方式	蒙地卡羅方式
各工作項目以單時估計，未考慮風險	加入風險管控概念，考量廠商過去施工產能及未完工數量，評估各工作項目三時(最低、正常、最高估時)
最大單一時程之要徑	演算多重施工路徑及其發生機率，據以研擬趕工策略
單一完工日期	可依據不同機率對應之完工日期，提供機關首長決策參考

五、（WHERE）何處著手完工啟用期程評估(3/5)

- 首先要有一份符合實際施工現況的工程網圖
- 基於計畫評核術，就網圖中尚未完成之工作項目，依實際狀況（廠商過去施工產能、未完工數量、落後原因及可能風險等），對每個項目之最低、正常及最高估時進行估計
- 設定蒙地卡羅法之迭代次數，每次迭代對各項工作項目隨機取0至1範圍之亂數值，依三角分布函數獲得各工作項目之作業天數
- 依各項工作項目之作業天數及施工順序，決定施工要徑及其總工期
- 完成所有迭代後，統計各次迭代產生之工期出現次數，即可累算各工期之完工機率及要徑之出現機率

五、（WHERE）何處著手完工啟用期程評估(4/5)

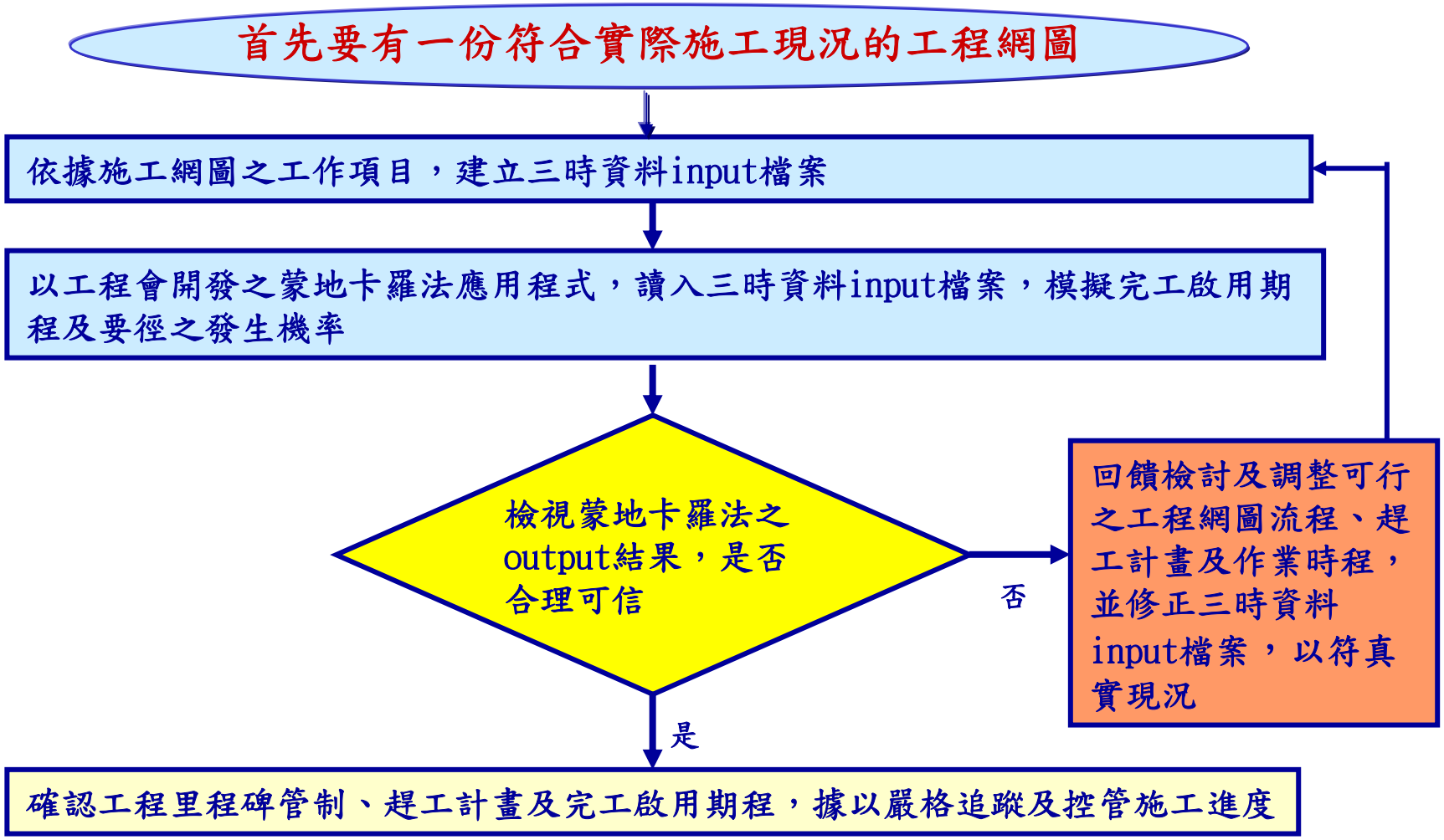
工程會已成功發展單機版之Excel VBA模擬程式軟體，可兼容應用於箭線圖示法 (ADM)及先行順序圖示法 (PDM)之網圖作業模式

- 箭線圖示法（Arrow Diagramming Method, ADM）
  適用包含虛時作業之工作項目
- 先行順序圖示法(Precedence Diagramming Method, PDM)
  適用工作項目間之完成- 開始[FS]、開始- 開始[SS]、完成- 完成[FF]，以及開始- 完成[SF]等4種邏輯順序關係；市面MS Project及P3等主要專案排程商業軟體，均採用先行順序圖示法

五、（WHERE）何處著手完工啟用期程評估(5/5)

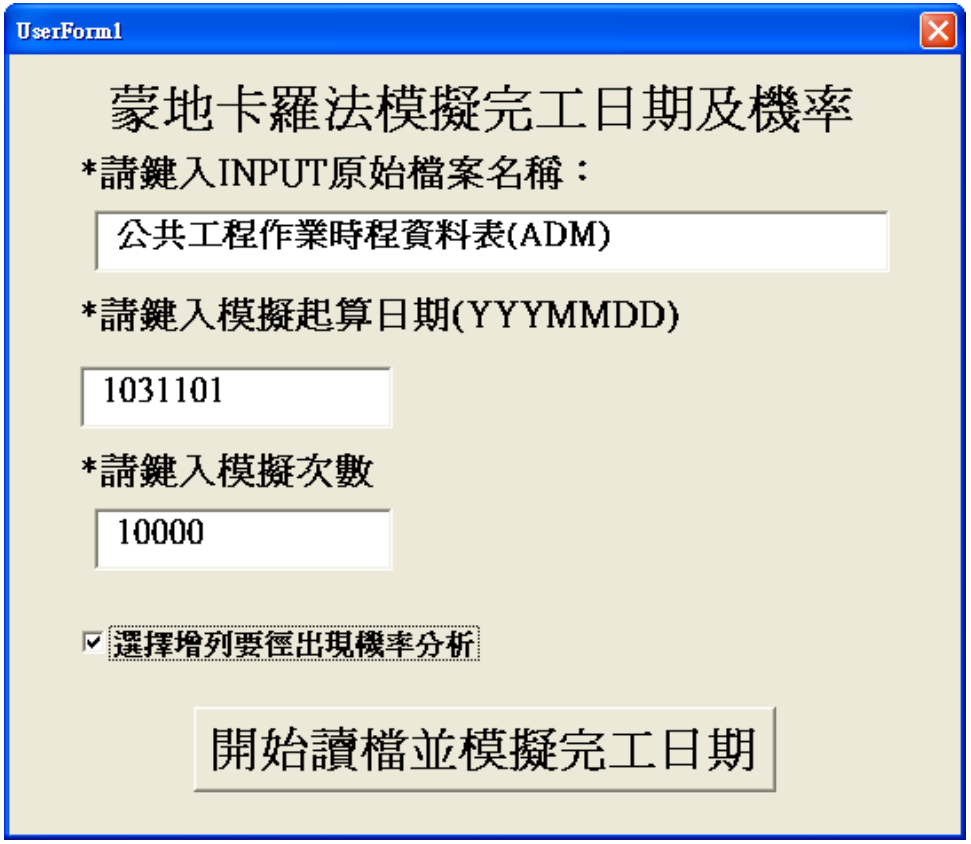
- 針對MS Project輸出之Excel排程檔案，工程會亦建置轉換程式，可自動產生符合完工啟用期程模擬程式軟體所需格式之輸入檔案
- 依MS Project之單時排程資料，工程會模擬程式軟體計算之完工日期與MS Project完全相同
- 工程會模擬程式軟體已強化輸入檔案資料是否有重複、矛盾或無限迴圈等錯誤檢核功能，並通過台中捷運系統CJ910區段標工程作業項目高達6,822項之實測，可確保程式運行效能之可靠及穩定度
- **模擬程式軟體、輸入檔案範本及操作影片等相關檔案，於工程會全球資訊網/工程管理/重大公共建設完工啟用期程評估，提供下載服務**

六、（HOW）如何做完工啟用期程評估(1/8)



六、（HOW）如何做完工啟用期程評估(2/8)

Excel VBA模擬軟體操作畫面



PS. 打開Excel檔案，選擇「啟用巨集」，按下「啟動」工作表之「START」鍵，即可出現本畫面

六、（HOW）如何做完工啟用期程評估(3/8)

三時輸入檔案建立原則

- 已完成之工作項目，輸入單時之實際作業天數
- 執行中之工作項目，依廠商過去施工能力、未完成數量、遭遇到之問題、落後原因及風險，具體擬訂其最低估時、正常估時及最高估時；如施工網圖符合實際並執行正常，得以施工網圖之原單時為正常估時，再延伸設定兩端之最低及最高估時
- 尚未執行之中程工作項目，儘量推估其最低估時、正常估時及最高估時；如遠程工作項目無法推估三時作業，可輸入施工網圖之原單時作業期程

六、（HOW）如何做完工啟用期程評估(4/8)

三時估計方法

1.實獲值分析法（Earned Value Method ）

(1)正常狀態：

- 最低估時=未完成比例/以往各月最高5%之單月平均完成比例
- 正常估時=未完成比例/以往各月之單月平均完成比例
- 最高估時=未完成比例/以往各月最低5%之單月平均完成比例

(2)趕工狀態：

- 最低估時=正常狀態之最低估時-趕工項目預定縮短天數
- 正常估時=正常狀態之正常估時-趕工項目預定縮短天數
- 最高估時=正常狀態之最高估時-趕工項目預定縮短天數

六、（HOW）如何做完工啟用期程評估(5/8)

2. 專家意見評估法

3. 不確定風險權重法

風險分類	風險屬性	最低估時	正常估時	最高估時
高度風險	容易控制	0.9xm	m	1.35xm
	不容易控制	0.85xm	m	1.5xm
中度風險	容易控制	0.95xm	m	1.2xm
	不容易控制	0.9xm	m	1.3xm
低度風險	容易控制	m	m	1.1xm
	不容易控制	0.95xm	m	1.15xm

六、（HOW）如何做完工啟用期程評估(6/8)

模擬軟體產出成果

- 預測工程完工啟用之各項可能日期及其實現機率
- 預測施工過程各項可能之要徑及其出現機率
- 依最低、正常及最高估時天數，分別推算要徑各工作項目之應完成日期
- 正常估時狀態下，各工作項目之最早及最晚開始日期與最早及最晚完成日期

六、（HOW）如何做完工啟用期程評估(7/8)

模擬後產出之工作表單	產出內容
模擬結果_年月	依完工年月，顯示工程於各月份之可能完工機率
模擬結果_日	依完工年月日，顯示工程於各日期之可能完工機率
完工機率統計圖_年月	將「模擬結果_年月」工作表數據，繪製成圖
完工機率統計圖_日	將「模擬結果_日」工作表數據，繪製成圖
要徑統計（全部）	顯示各項要徑之可能出現機率
要徑統計（完工機率<=68.269%）	顯示 68.269%之完工機率以下，各項要徑之可能出現機率
要徑統計（完工機率>68.269%）	顯示 68.269%之完工機率以上，各項要徑之可能出現機率
三時資料	顯示最低、正常及最高估時之要徑工作項目查核點應完成日期，各工作項目於正常估時狀態下之最早及最晚開始日期與最早及最晚完成日期

六、（HOW）如何做完工啟用期程評估(8/8)

❑工程團隊如何掌握成功評估之關鍵因素

(一)符合真實現況之三時估計資料，避免garbage in garbage out

(二)每次評估後，應對模擬結果檢視是否合理可信

❑模擬結果之回饋

(一)據以檢討工程網圖流程、趕工計畫及作業時程之可行性，並進行必要之修正

(二)依上開修正，重行調整三時估計資料（是否符合廠商目前之施工現況及作業能量？是否已考量可能遭遇之風險？ ），再次進行評估作業

(三)於獲得可信之結果後，應確實依模擬結果管控相關里程碑執行情形，如後續有重大落後或異常變更，應重新進行評估

七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(1/21)

- 應用面向1~正常狀態下驗證契約工期的合理可行性及管控里程碑的正確性

1. 團隊認為廠商較可能之完工日期，依產出之「模擬結果_日」工作表，該日之完工機率是否達68.269% 以上？

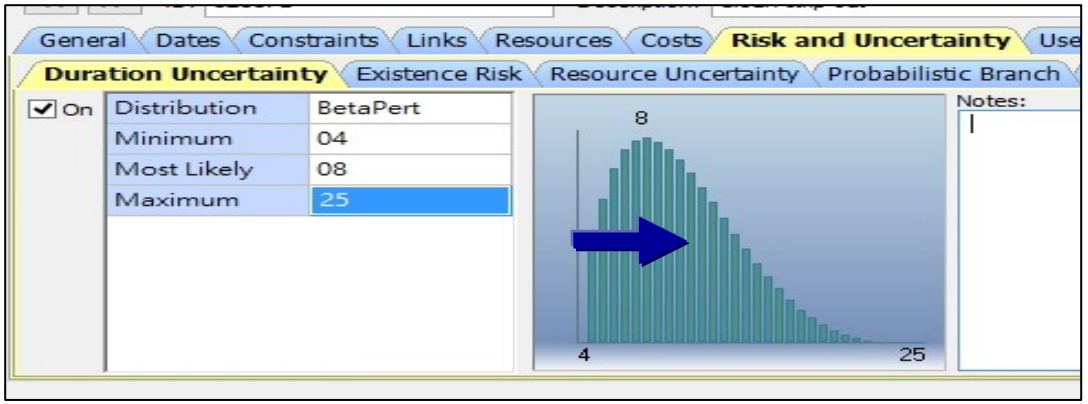
☞ 為何取68.269%？考量施工會有風險，可能之完工日期得設為70%出現機率之日期，以容許稍為延後，但本評估機制取68.269%（恰為常態分布之一個標準偏差值），較易記住且亦與70%接近

☞ 工程如執行正常，取95.44%（二個標準偏差值）以上，將趨於悲觀保守

☞ 蒙地卡羅法於完工日期時間軸之分布，係從左邊最早出現之日期開向右逐日累計次數據以獲得完工機率，此與常態分布由中間平均值分別向兩邊伸展偏差值，觀念完全不同，請勿混淆！

七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(2/21)

2. 目前既定之施工主要徑，依產出之「要徑統計（全部）」工作表，該要徑之出現機率是否達50%以上？
3. 依產出之「三時資料」工作表：
   - 「正常估時應完成日期」欄位所列之各要徑工作項目，是否為目前既定之施工主要徑？
   - 是否緊密及可發揮提前預警落後影響完工啟用期程之效果？
   - 目前執行情形是否正常？



七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(3/21)

❒應用面向2~趕工狀態下確認趕工對策的有效性

1. 比較正常狀態與趕工狀態之完工日期及機率分布趨勢圖，趕工狀態是否有明顯提前？
2. 判斷趕工項目選擇的有效性，與趕工計畫對實質完工之預期績效

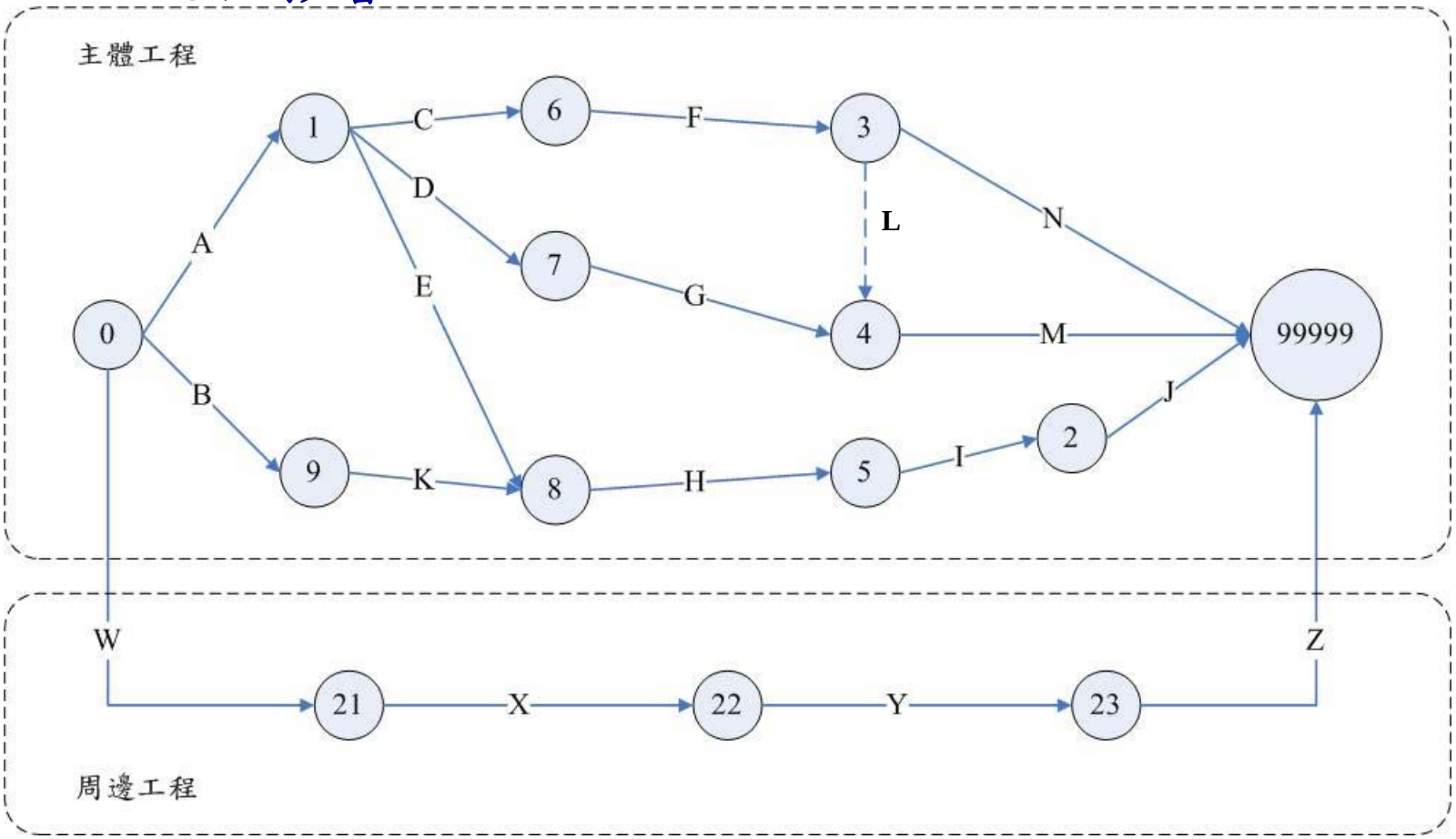
☞位於刀口

❒應用面向3~估計主體及週邊工程競合狀態下對完工啟用的影響

將週邊工程網圖加入，作為另一單獨之施工系統路徑，與主體工程施工系統併行蒙地卡羅法模擬作業，以預測週邊工程對完工啟用之可能影響

七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(4/21)

示例1 確認趕工對策的有效性及估計主體及週邊工程的競合影響



七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(5/21)

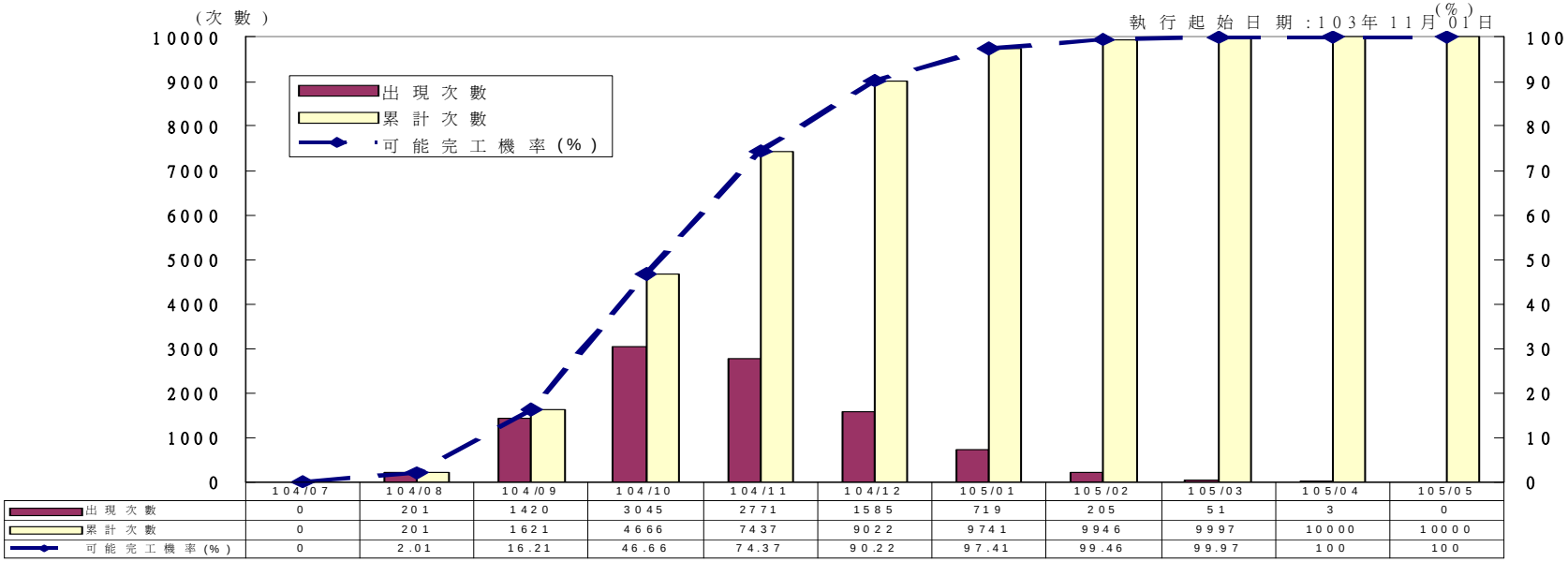
ADM模式input檔案（正常狀態）

工作項目編號	開始節點編號	結束節點編號	工作項目名稱	最低估時	正常估時	最高估時
A	0	1	TASK_A	40	50	200
B	0	9	TASK_B	10	60	150
C	1	6	TASK_C	20	30	70
D	1	7	TASK_D	30	40	150
E	1	8	TASK_E	20	30	40
F	6	3	TASK_F	15	20	60
G	7	4	TASK_G	15	30	45
H	8	5	TASK_H	25	35	75
I	5	2	TASK_I	115	120	150
J	2	99999	TASK_J	10	20	60
K	9	8	TASK_K	30	45	50
L	3	4	TASK_L	0	0	0
M	4	99999	TASK_M	140	155	180
N	3	99999	TASK_N	110	130	170
W	0	21	TASK_W	60	60	60
X	21	22	TASK_X	50	80	100
Y	22	23	TASK_Y	100	120	240
Z	23	99999	TASK_Z	10	15	20

PS. 第1個開始節點編號須設定為0

七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(6/21)

正常狀態完工期程模擬結果(68.269%機率之可能完工日期為104.11.22)



完工機率統計圖_年月

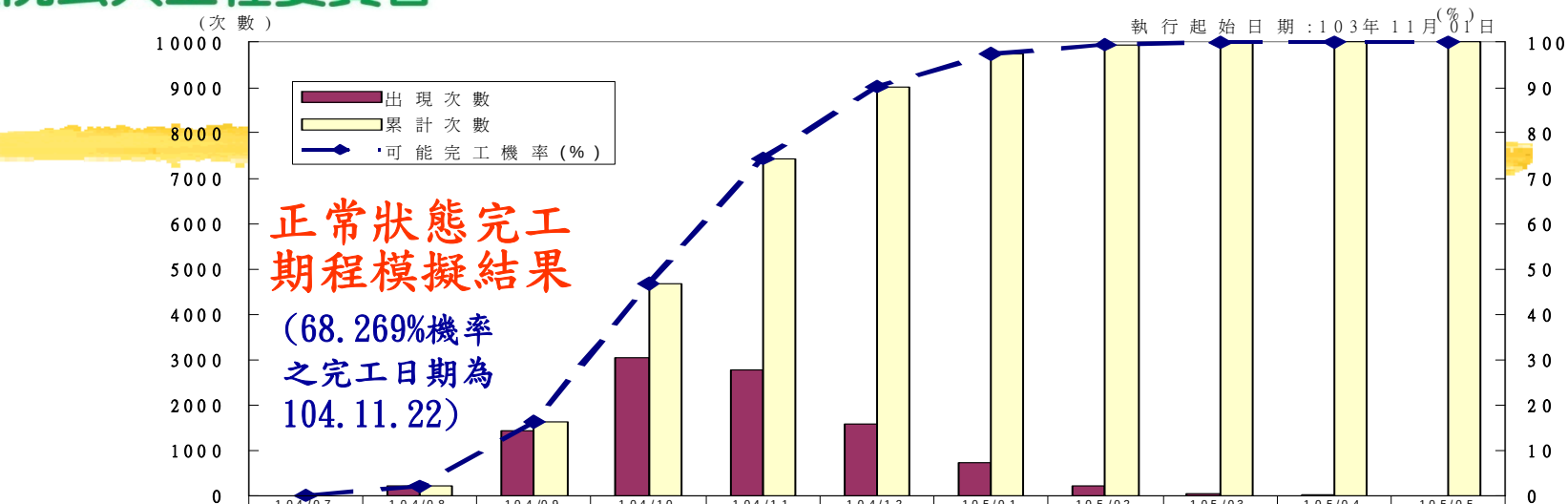
要徑(工作項目編號)	最低作業天數	最高作業天數	出現次數	出現機率(%)
[A][D][G][**M**]	274.807	536.01	5531	55.31
[B][K][H][**I**][J]	283.848	441.097	1787	17.87
[W][X][Y][Z]	281.665	408.511	1075	10.75
[A][E][H][**I**][J]	283.763	466.5	901	9.01
[A][C][F][L][M]	287.125	462.555	626	6.26
[A][C][F][N]	280.497	438.288	79	0.79
[A][E][F][H][N][I][J]	395.548	395.548	1	0.01

七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(7/21)

ADM模式input檔案（趕工狀態－M及I項目之三時較正常狀態分別縮短60及45天）

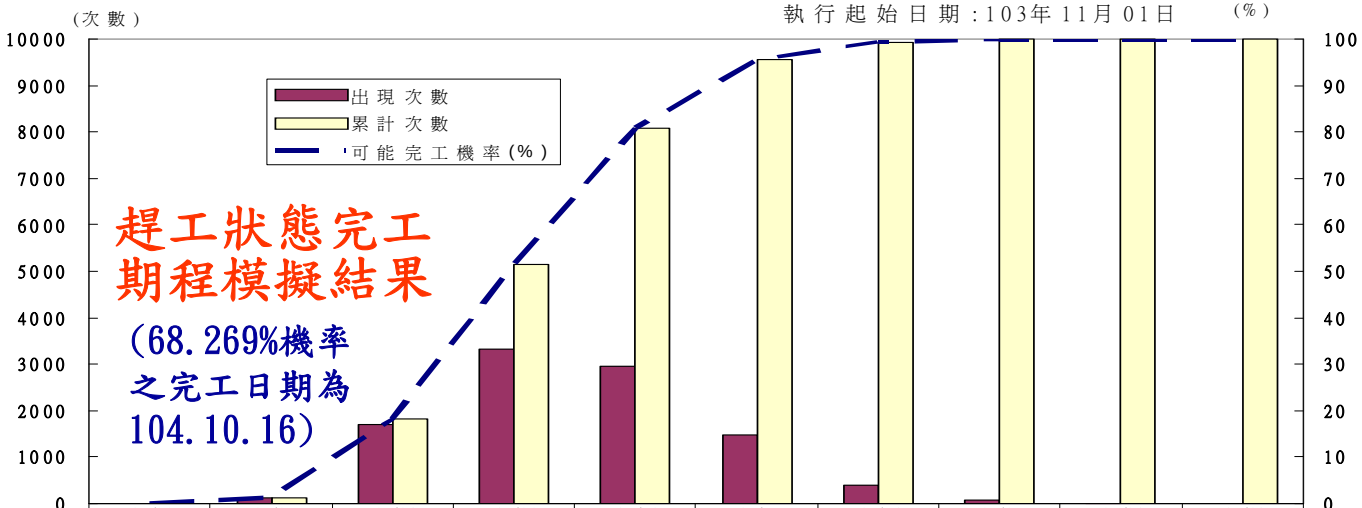
工作項目編號	開始節點編號	結束節點編號	工作項目名稱	最低估時	正常估時	最高估時
A	0	1	TASK_A	40	50	200
B	0	9	TASK_B	10	60	150
C	1	6	TASK_C	20	30	70
D	1	7	TASK_D	30	40	150
E	1	8	TASK_E	20	30	40
F	6	3	TASK_F	15	20	60
G	7	4	TASK_G	15	30	45
H	8	5	TASK_H	25	35	75
I	5	2	TASK_I	70	75	105
J	2	99999	TASK_J	10	20	60
K	9	8	TASK_K	30	45	50
L	3	4	TASK_L	0	0	0
M	4	99999	TASK_M	80	95	120
N	3	99999	TASK_N	110	130	170
W	0	21	TASK_W	60	60	60
X	21	22	TASK_X	50	80	100
Y	22	23	TASK_Y	100	120	240
Z	23	99999	TASK_Z	10	15	20

PS. 第1個開始節點編號須設定為0



	104/07	104/08	104/09	104/10	104/11	104/12	105/01	105/02	105/03	105/04	105/05
出 現 次 數	0	201	1420	3045	2771	1585	719	205	51	3	0
累 計 次 數	0	201	1621	4666	7437	9022	9741	9946	9997	10000	10000
可 能 完 工 機 率 (%)	0	2.01	16.21	46.66	74.37	90.22	97.41	99.46	99.97	100	100

完 工 機 率 統 計 圖 _年 月



	104/06	104/07	104/08	104/09	104/10	104/11	104/12	105/01	105/02	105/03
出 現 次 數	0	127	1693	3321	2946	1470	381	59	3	0
累 計 次 數	0	127	1820	5141	8087	9557	9938	9997	10000	10000
可 能 完 工 機 率 (%)	0	1.27	18.2	51.41	80.87	95.57	99.38	99.97	100	100

完 工 機 率 統 計 圖 _年 月

七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(8/21)

正常狀態下各要徑之發生比例—機率最大為主體工程之[A][D][G][M]項目

要徑(工作項目編號)	最低作業天數	最高作業天數	出現次數	出現機率(%)
[A][D][G][M]	274.807	536.01	5531	55.31
[B][K][H][I][J]	283.848	441.097	1787	17.87
[W][X][Y][Z]	281.665	408.511	1075	10.75
[A][E][H][I][J]	283.763	466.5	901	9.01
[A][C][F][L][M]	287.125	462.555	626	6.26
[A][C][F][N]	280.497	438.288	79	0.79
[A][E][F][H][N][I][J]	395.548	395.548	1	0.01

趕工狀態下各要徑之發生比例—機率最大為週邊工程之[W][X][Y][Z]項目

要徑(工作項目編號)	最低作業天數	最高作業天數	出現次數	出現機率(%)
[W][X][Y][Z]	253.37	407.257	3697	36.97
[A][C][F][N]	250.626	452.136	2522	25.22
[A][D][G][M]	255.338	469.245	2197	21.97
[B][K][H][I][J]	248.738	397.73	1088	10.88
[A][E][H][I][J]	265.119	429.577	493	4.93
[A][C][F][L][M]	276.933	340.849	3	0.03

七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(9/21)

❒正常狀態

1. 68.269%機率之完工日期為104年11月22日
2. 出現機率較大之要徑，依序為主體工程之[A][D][G][M]及[B][K][H][I][J]

❒趕工狀態（M、I項目之三時較正常狀態分別縮短60、45日）

1. 68.269%機率之完工日期為104年10月16日，較正常狀態提早37日
2. 出現機率較大之要徑，依序為週邊工程之[W][X][Y][Z]及主體工程之[A][C][F][N]

❒調整趕工狀態（M、I、Y、N項目之三時較正常狀態分別縮短60、45、45 、45日）

1. 68.269%機率之完工日期為104年9月29日，較正常狀態提早57日
2. 出現機率較大之要徑，依序為主體工程之[A][D][G][M]及[B][K][H][I][J]

七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(10/21)

案例2 衛武營藝術文化中心興建計畫

- **歸屬計畫**：衛武營藝術文化中心興建計畫
- **主辦機關**：文化部衛武營藝術文化中心籌備處
- **契約金額**：3,350,000千元(第2標) 199,080千元(第5標)
- **完工效益**：配合整體計畫之完成，提升南部地區文化服務和環境品質，進而與台北市兩廳院及國際知名表演場所接軌，整合南北兩大都會的藝文產業活力，形成台灣藝文走廊

標案名稱	契約金額（千元）	決標日期	工期（日曆天）
衛武營藝術文化中心建築裝修水電空調工程（第 2 標）	3,350,000	99/12/29	785
衛武營藝術文化中心特殊設備工程（第 3 標）	1,180,000	101/5/8	837
衛武營藝術文化中心景觀工程（第 5 標）	200,093	102/1/23	570
衛武營藝術文化中心營運辦公空間內部裝修及雜項工程（第 7 標）	116,777	103/4/29	300

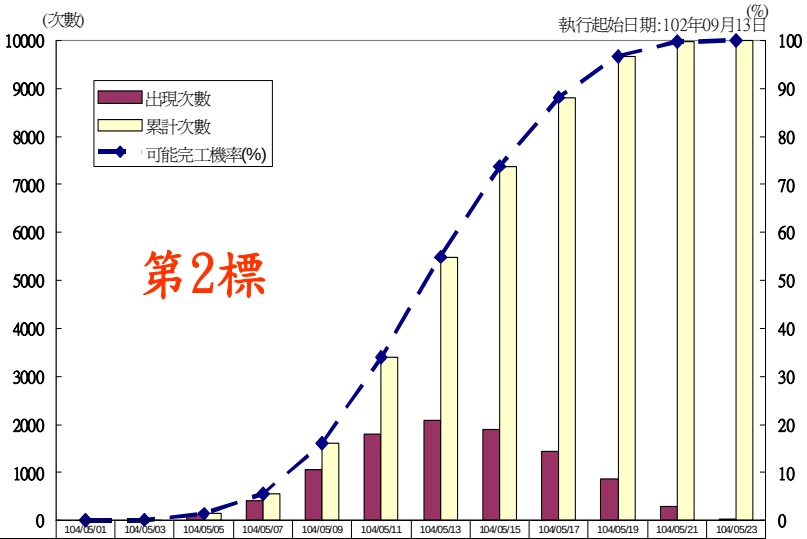
七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(11/21)

1.103年11月第1次模擬結果

(1)為符合辦理使用執照期程，當時最關鍵性之工程為第2標建築裝修水電空調工程及第5標景觀工程，第2及5標分別預定於104年5月10日及5月6日完工

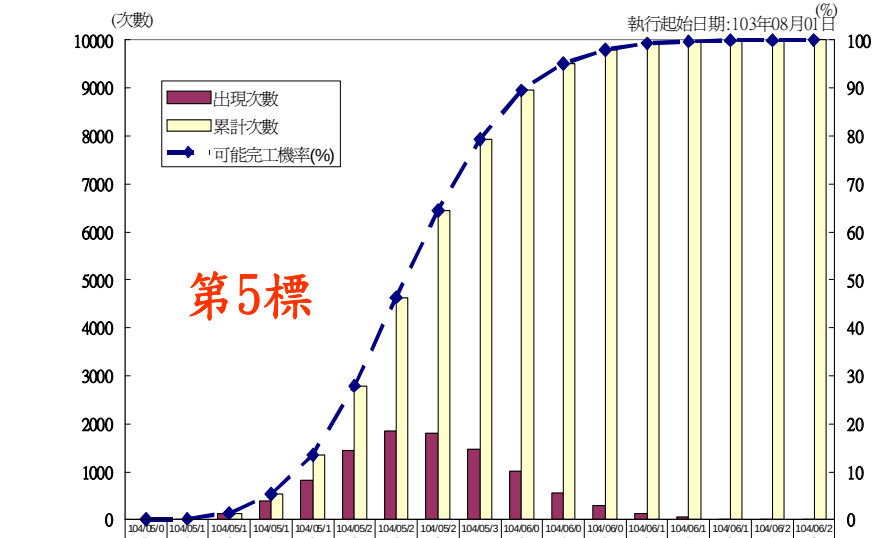
(2)依籌備處資料進行模擬：

第2標104年5月10日如期完工機率24.47%，第5標104年5月6日如期完工機率0%



	104/05/01	104/05/03	104/05/05	104/05/07	104/05/09	104/05/11	104/05/13	104/05/15	104/05/17	104/05/19	104/05/21	104/05/23
出現次數	0	14	126	416	1049	1800	2084	1886	1434	858	299	34
累計次數	0	14	140	556	1605	3405	5489	7375	8809	9667	9966	10000
可能完工機率(%)	0	0.14	1.4	5.56	16.05	34.05	54.89	73.75	88.09	96.67	99.66	100

完工機率統計圖_日



	104/05/07	104/05/10	104/05/13	104/05/16	104/05/19	104/05/22	104/05/25	104/05/28	104/05/31	104/06/03	104/06/06	104/06/09	104/06/12	104/06/15	104/06/18	104/06/21	104/06/23
出現次數	0	20	116	396	819	1441	1845	1811	1478	1021	563	287	134	45	19	3	2
累計次數	0	20	136	532	1351	2792	4637	6448	7926	8947	9510	9797	9931	9976	9995	9998	10000
可能完工機率(%)	0	0.2	1.36	5.32	13.51	27.92	46.37	64.48	79.26	89.47	95.1	97.97	99.31	99.76	99.95	99.98	100

完工機率統計圖_日

七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(12/21)

(3)第2及5標施工界面間互有影響問題，截至103年9月底進度分別落後14.56%及5.51%

(4)第2標之正常估時出現雙重要徑，但除 C區屋面底層工程之最遲應完成日期為103年12月22日，其餘要徑工項之最遲應完成日期均在104年4月1日之後，不足以產生預警管制之用途，顯示網圖所列工作項目仍屬大略之上層工項，建議再予以細部分解至下層之工項，以緊密追蹤及提早預警

(5)綜上分析，第2標之工作項目及其三時估計作業天數，**尚無法充分支撐該標可於104年5月完成趕工**

七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(13/21)

2.104年3月上旬第2次模擬結果

(1)104年1月28日公共建設督導會議決議請籌備處就本計畫完工期程進行全面評估，工程會爰於104年3月2日現場訪談籌備處、PCM及各標施工廠商，以協助後續模擬作業

(2)目前施工中之4項標案模擬結果：

標案	工作項目數	目前預定完工日期	68.269%機率下之可能完工日期	最可能之要徑	出現機率(%)
第 2 標 建築裝修機電空調工程	352	104/12/31	105/01/12	【四.廳院外工程】【2.機電設備測試】【3.收尾、整理清潔、申報竣工(含拆架)】	57.6
第 3 標 特殊設備工程	648	104/09/14	104/09/22	【engineering 準備工作】【approval 送審】【purchasing 採購】【manufacturing 製造】【packing 打包】【shipping (S3) 運送】【installation 安裝】【視訊系統設定與測試 Setting up video system and testing】	44.07
第 5 標 景觀工程	41	105/01/15	105/01/24	【北側排水設施(配合二標)】【北側花崗石緣石.混凝土路緣石】【東側花崗石緣石.混凝土路緣石】【東側花崗石(高壓混凝土磚)地坪】【旱地噴泉水景設備】【旱地噴泉水景電氣設備】【噴灌工程測試】【機電測試】【環境整理】	100
第 7 標 營運辦公空間內部裝修及雜項工程	80	104/10/30	104/10/11	【機電設備工程】【單機及洩漏測試】【調整平衡及功能驗證】【教育訓練】	91.16

七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(14/21)

(3)上開4項標案模擬68.269%機率下之可能完工日期均與其預定完工日期相當接近，**整體完工日期為105年1月24日**

(4)**最大可能之要徑顯示第2標與他標間，仍有明顯之施工界面關係**，特別是要徑工作項目「四.廳院外工程 」之最低、正常及最高作業估時各長達337、350及381天，完成日期分別為104年11月17日、12月1日及12月30日，104年大部時間將受彼此界面影響

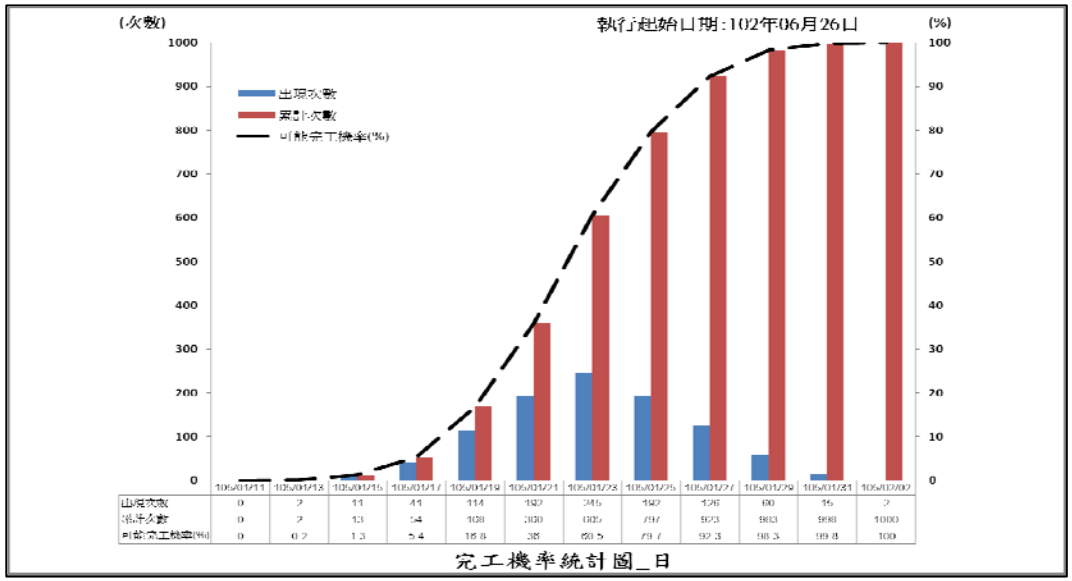
(5)建議**整合施工界面相關之標案個別輸入三時資料**，並標註各標間施工界面相關工作項目之先行順序及邏輯條件，**繼續進行整體性之模擬**

七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(15/21)

3.104年3月中旬第3次模擬結果

(1)本次模擬請籌備處第2、3、5、7標整合為一（工作項目計1,121項），並將第2標交付第3標安裝各廳院座椅之時間納入關連（第5標及第7標之作業三時，已考量他標之影響）

(2)68.269%機率下之整體完工日期仍為105年1月24日



七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(16/21)

(3)**最大可能之要徑工作目項及其於正常估時狀態之完成日期為第5標**之北側排水設施(配合二標)(104.5.11)、北側花崗石緣石(104.6.12).混凝土路緣石(104.7.3)、東側花崗石緣石(104.11.14).旱地噴泉水景設備(104.12.21)、旱地噴泉水景電氣設備(105.1.1)、噴灌工程測試(105.1.7)、機電測試(105.1.18)、環境整理(105.1.24)，**出現機率為94.7%**

(4)上開要徑里程碑之**後續執行如有明顯落後，應重行提報可行之趕工估時，並再次模擬完工期程據以控管**

(5)另第5標與第2標之個案模擬完工日期相差僅12天，亦應注意二標間未來之施工競合，是否影響整體期程

七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(17/21)

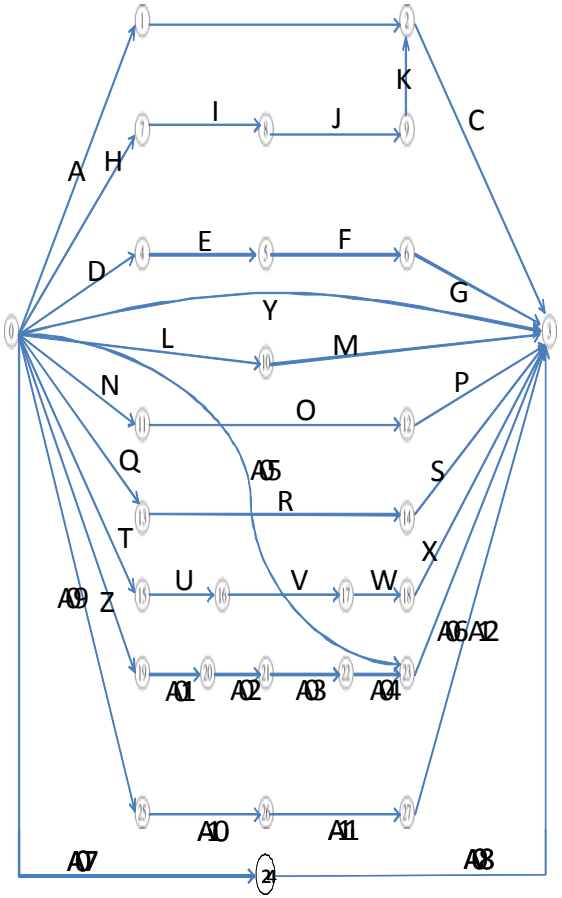
示例3 臺灣桃園國際機場聯外捷運系統建設計畫機電系統統包工程

- **歸屬計畫**：臺灣桃園國際機場聯外捷運系統建設計畫
- **主辦機關**：交通部高速鐵路工程局
- **契約金額**：27,042,527千元
- **決標日期**：94年12月9日
- **完工期程**：預定104年3月底全線實質完工
- **工程概要**：包含電聯車、供電系統、號誌與行車控制系統、通訊系統、中央監控系統、月台門設備、軌道工程、兩座機廠(含主變電站)土建及其他機電設備工程與維修設備、以及捷運系統營運、維修、管理所需之軟、硬體設備等
- **完工效益**：配合整體計畫之完成，改善機場聯外交通，連結台北車站、臺灣桃園機場、高鐵桃園車站等交通運輸樞紐，期使國際航線與國內交通網路得以緊密連結

七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(18/21)

七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(19/21)

臺灣桃園國際機場聯外捷運系統建設計畫機電系統統包工程(ME01)

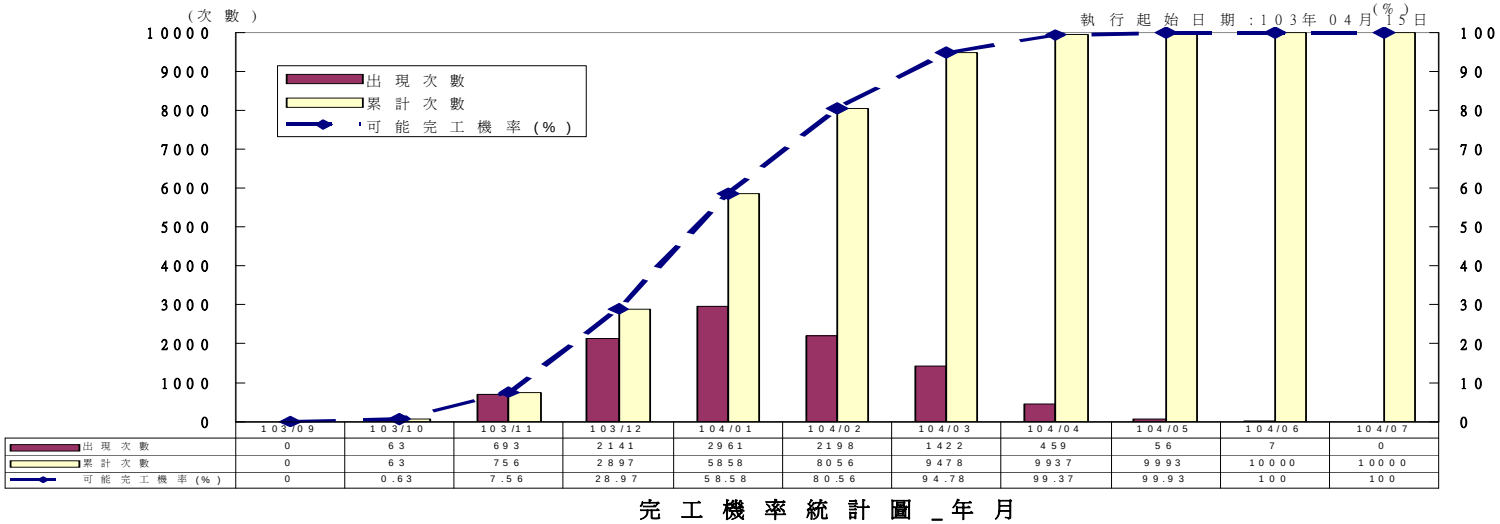


工作項目編號	開始節點編號	結束節點編號	工作項目名稱	最低估時	正常估時	最高估時
A	0	1	通訊系統功能測試 (A2-A1, OCC間各系統 with BTN)	30	60	120
B	1	2	通訊系統靜態測試 (A2-A1,OCC)	60	118	236
C	2	3	通訊系統動態測試 (A2-A1,OCC)	15	30	60
D	0	4	PSD 電器/控制設備安裝 -A01	30	60	120
E	4	5	PSD 門框/控制盤安裝 - A01	15	30	60
F	5	6	PSD 工地安裝驗證測試 - A01	10	20	40
G	6	3	PSD 調整測試 - A01	5	10	20
H	0	7	SCADA 設備安裝-A01	23	45	90
I	7	8	SCADA 低壓送電準備/工地安裝驗證測試 - A01	10	20	40
J	8	9	SCADA 靜態測試 - A01	8	15	30
K	9	2	SCADA動態測試 (A2-A1)	9	17	34
L	0	10	供電-靜態動態整合測試	15	30	60
M	10	3	系統整合測試	45	90	180
N	0	11	SSS-A1送電及相關測試	2	3	6
O	11	12	SSS-A1靜態測試	6	12	24
P	12	3	TSS-A1靜態測試	8	15	30
Q	0	13	車輛原型測試 (1)-2	11	22	44
R	13	14	車輛原型測試 (4)	7	14	28
S	14	3	車輛原型測試 (5)	18	35	70
T	0	15	Vehicle Test (6) -- Test Track	60	130	260
U	15	16	Vehicle Test (2) -- Routes LSC 3	21	42	84
V	16	17	Vehicle Test (3) -- Routes LSC 4	18	35	70
W	17	18	Vehicle Test (4) -- Routes LSC 5	7	14	28
X	18	3	Vehicle Test (5) -- Full Fleet	7	14	28
Y	0	3	Vehicle Test (1) -- Routes LSC 1 -> LSC 2	49	98	196
Z	0	19	系統整合測試：A17-A21, OCC (Series 10)	30	50	100
A01	19	20	系統整合測試：A17-A21, OCC (Series 20)	2	5	20
A02	20	21	系統整合測試：A16-A21, OCC (Series 80)	5	10	30
A03	21	22	系統整合測試：A1, A2, OCC (Series 70)	3	7	30
A04	22	23	系統整合測試：A13, OCC (Series 60) - B	3	7	30
A05	0	23	系統整合測試：CPD, LZD (Series 100) - A	3	5	25
A06	23	3	系統整合測試：CPD, LZD (Series 100) - B	3	5	25
A07	0	24	系統整合測試：A17-A21, A1-A21 (Series 40) - A	5	10	35
A08	24	3	系統整合測試：A17-A21, A1-A21 (Series 40) - B	10	21	50
A09	0	25	系統整合測試：CPD, A6, A7, OCC (Series 50) - A	3	5	15
A10	25	26	系統整合測試：CPD, A6, A7, OCC (Series 50) - B	3	5	15
A11	26	27	系統整合測試：CPD, A6, A7, OCC (Series 50) - C	3	5	15
A12	27	3	系統整合測試：CPD, A17-A21 (Series 300)	7	14	60

七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(20/21)

模擬結果（於103年12月進行模擬）

1. 依據高鐵局103年10月27日發布之新聞稿，機場捷運預定於104年3月底全線實質完工， ME01標為其中最關鍵性之工程，經依高鐵局提供資料模擬ME01標屆時完工之發生機率為94.78%
2. 模擬發生機率最大之施工要徑[T][U][V][W][X]為67.5%，係進行各個區段號誌系統之動態測試，與總顧問中興工程顧問公司所評估要徑相同



	103/09	103/10	103/11	103/12	104/01	104/02	104/03	104/04	104/05	104/06	104/07
出現次數	0	63	693	2141	2961	2198	1422	459	56	7	0
累計次數	0	63	756	2897	5858	8056	9478	9937	9993	10000	10000
可能完工機率(%)	0	0.63	7.56	28.97	58.58	80.56	94.78	99.37	99.93	100	100

七、(HOW MUCH)怎麼確認完工啟用期程評估(21/21)

3. 截至104年3月底工程預定進度為100%，實際進度94.18%；總顧問表示就實質完工的時間點，可從兩方面預測：

- 就功能面：約5月底可達成
- 就合約面：約在6月，因為相關測試報告要提送完成

4. 本工程於103年12月模擬時，預測3、4、5、6月底之完工機率分別為94.78%、99.39%、99.93%、100%

☞工程進度於正常狀態，建議以68.269%（一個標準偏差）機率下之預測日期為可能之完工日期

☞工程進度於落後狀態建議以95.44%（二個標準偏差）或99.74%（三個標準偏差）機率下之預測日期為可能之完工日期

八、結論及建議(1/1)

(一)本案係工程會於執行管考外，以「工程管理知識平台」之服務概念為試點，發展一套工地實務可自主評估工程完工啟用期程實現機率之方法論及應用軟體

(二)工程會已赴水利署、公路總局蘇花改工程處、高雄市捷運工程局及衛武營文化中心籌備處辦理說明及訪談

(三)工程會104年3月27日於新北市政府舉辦「重大公共建設完工啟用期程研討會」，計有產官學界350餘人參加，十分踴躍熱烈

(四)經相關重大計畫工程之模擬經驗，本案之應用發展已具相當之成熟度，特別是用於評估完工啟用或趕工期程達成之可能性，可提供各機關作為完工或趕工決策之參考；工程會將持續推廣，並強化公共建設進度管理工作

簡報完畢
敬請指教

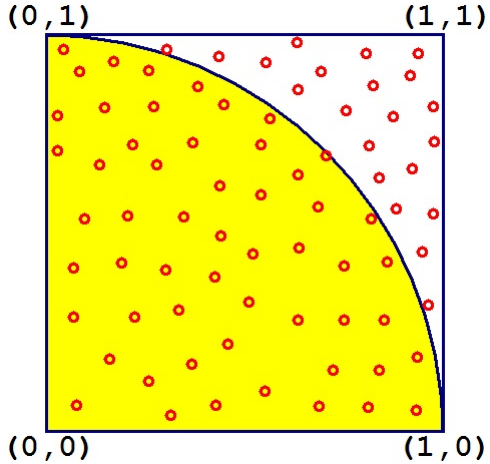
附錄、蒙地卡羅法(Monte Carlo method)簡介

- 蒙地卡羅法為一種隨機模擬方法，係使用亂數隨機抽樣的方式以計算某種解答的演算法
- 此方法於1940年代問世，據傳係因其中一發明者的叔叔經常在蒙地卡羅賭場輸錢而得名
- **特點：**

1. 用以計算其它方法無法解決的複雜問題之近似數值解
2. 雖然有些數值計算的問題可以用確定性的方法求解，但若採用蒙地卡羅法在邏輯上較簡單
3. 一種基於大數法則的實證方法，當實驗的次數越多，它的平均值也就會越趨近於理論值

蒙地卡羅法求解圓周率(PI)

- 正方形邊長為1單位，面積為1平方單位；黃色扇形面積等於半徑為1單位的1/4圓，面積為PI/4
- 在正方形內均勻隨機丟石頭，落在扇型內的機率=扇型面積÷正方形面積=PI/4
- 隨機產生N個座標(x, y)，看看座標(x, y)落在扇形中(x^2+y^2<=1)的次數有幾次。落在扇形中的次數除以N再乘上4的數值理論上就會接近圓周率PI



隨機模擬次數	落在扇形中的次數	圓周率
100	80	3.2
1000	776	3.104
10000	7866	3.1464
100000	78434	3.13736
1000000	785632	3.142528