

# 國立交通大學

高階主管管理學程碩士班

碩士論文

制約理論在大型營建工地物料運籌之應用—以  
TFT-LCD 建廠鋼筋材料運籌為例



Applying TOC on Material Logistic in Large Scale  
Construction Site

-- A case study of Steel in TFT-LCD Factory Build-Up

研究生：黃志耀

指導教授：李榮貴 博士

中華民國九十六年七月

制約理論在大型營建工地物料運籌之應用－

以 TFT-LCD 建廠鋼筋材料運籌為例

Applying TOC on Material Logistic in Large Scale Construction Site  
-- A case study of Steel in TFT-LCD Factory Build-Up

研究生：黃志耀

Student：Chih-Yao Huang

指導教授：李榮貴

Advisor：Dr. Rong-Kwei Li

國立交通大學

高階主管管理學程碩士班



Submitted to Master Program of Management for Executives

College of Management

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Executive Master

of

Business Administration

July 2007

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十六年七月

# 制約理論在大型營建工地物料運籌之應用一

## 以 TFT-LCD 建廠鋼筋材料運籌為例

學生：黃志耀

指導教授：李榮貴

國立交通大學高階主管管理學程碩士班

### 摘要

鋼筋材料目前是營建專案中，成本比例佔很高的貨料，現行建廠專案的鋼筋材料供應方式，多是在材料運出工廠，到達工地的臨時儲存/加工場時，即算是完成交易，本研究主要是將 TOC 的“Buy-In”的觀念，導入鋼筋供應鏈中，請供應商到工地來建庫存，實際加工成型後，再運入真正工區實質施工，才能算是完成交易，並找到一個 Win-Win Solution，以達到營造商所期望的「不建庫存，要貨有貨」的目標。另外亦將傳統的鋼筋供貨/存貨方式與 TOC 的 DP 模型，進行分析比較，可以證明用 DP 的 VMI 模式，更能有效管理鋼筋材料。

關鍵詞：制約理論、供應鏈、需求-拉動、緩衝管理

Applying TOC on Material Logistic in Large Scale Construction Site  
-- A case study of Steel in TFT-LCD Factory Build-Up

student : Chih-Yao Huang

Advisors : Dr. Rong-Kwei Li

Department (Institute) of Master Program of Management for Executives  
National Chiao Tung University

## ABSTRACT

Rebar predominate a more and more large proportion of the total cost in the construction site. Current method of the rebar providing is that the supplier pushed their material to construction company's working/stock site and then the transaction is completed. Therefore I make a research about the rebar supply chain to change the original condition. The first one is to apply the "TOC Buy-In" concept into the rebar supply chain. This research set up a new model that the rebar supplier prepare inventory nearby the construction site after the rebar is carried into real site to use and then the transaction is completed. Trying to find a "Win-Win" solution to approach the target "No Inventory But Available" we expected. The second is comparing the traditional way and the demand-pull method we have a conclusion that TOC demand pull and buffer management has claimed a good solution to solve problems and proved outperform the original way.

Keywords: TOC, Supply Chain, Demand-Pull, Buffer Management

## 誌謝

身為大型營建專案主管，其實終年大部份時間，皆是與時間在競賽，能順利完成本論文，首先要感謝李榮貴教授的耐心指導與給我明確的方向，讓我能在嘗試結合廠房營建專案經驗與新的管理概念時，得以找到著力點，且漸入佳境，特別是在實務的操作中，得到許多難得的經驗，舉凡在進度，人和包商的衝突及供銷等均有新的啟發和作法。再來是工工所李明穎同學對我仔細介紹，各種傳統配銷的模式，方法與 Demand-Pull 的配銷存貨管理模式，讓我受益良多，另外需感謝我的助理，同時也是交大學弟的許志民，在協助我整理資料的過程中，我們有很多的討論與成長，帶給我很大的幫助，此外本處的許多同仁及鋼筋供應商的各位主管們在過程中的配合與熱烈討論，也讓我由衷的佩服和感激，有以上這些朋友的協助與幫忙，才得以順利完成本論文。



# 目錄

摘要 .....	I
ABSTRACT .....	II
誌謝 .....	III
目錄 .....	IV
圖目錄 .....	V
表目錄 .....	VI
第一章 緒論 .....	1
1.1 研究背景與動機 .....	1
1.2 研究目的 .....	2
1.3 研究步驟 .....	2
第二章 現行鋼筋管理方式探討 .....	4
2.1 現況背景說明 .....	4
2.2 鋼筋物料管理的現況政策 .....	4
第三章 鋼筋供貨管理系統設計(TOC WAY) .....	8
3.1 要改變什麼?(What to change?) .....	8
3.2 要改變成什麼?(What to change to?) .....	9
3.3 如何造成改變?(How to cause to this change?) .....	13
第四章 個案驗證 .....	17
4.1 現行的鋼筋補貨模式分析 .....	17
4.2 以 TOC 方式之供貨/存貨模式分析 .....	18
4.3 現行運作模式與 D-P 模式之比較分析 .....	23
第五章 結論與未來研究方向 .....	24
5.1 研究結論 .....	24
5.2 未來研究方向 .....	24
參考文獻 .....	25

## 圖目錄

圖 1 研究架構圖 .....	3
圖 2 鋼筋場硬體設置現況 .....	5
圖 3 現行的鋼筋材料的供貨/存貨管理流程圖 .....	6
圖 4 改變後的供貨模式 .....	8
圖 5 專業供應商區域倉庫 .....	9
圖 6 衝突圖說明 .....	10
圖 7 衝突圖說明 .....	11
圖 6 營造商與鋼筋供應商之 TOC 供銷模式 .....	15



## 表目錄

表 1	個案公司 TFT-LCD 新建廠房工程規模案例參考 .....	2
表 2	#8 鋼筋之 TDD 及 IDD 表 .....	17
表 3	#10 鋼筋之 TDD 及 IDD 表 .....	18
表 4	#8 鋼筋之 TOC 模式(補貨頻率：一週一次) .....	19
表 5	#10 鋼筋之 TOC 模式(補貨頻率：一週一次) .....	20
表 6	#8 鋼筋之 TOC 模式(補貨頻率：一週二次) .....	21
表 7	#10 鋼筋之 TOC 模式(補貨頻率：一週二次) .....	22
表 8	傳統運作模式與 Demand-Pull 模式 .....	23





# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

現行的鋼筋材料管理的方式，係以擬訂的排程做為進貨依據，並在工地由營造商自設的鋼筋加工場建立經驗庫存。但問題是排程乃是一連串不確定的組合，即便是有定期更新的排程，亦只是依據舊的工進資料，做一個新的預估而已，用這種方式來操作，普遍會產生兩種現象：其一是庫存不足，待料中，影響工進即有效產出。二是超額庫存，增加成本。由於資訊的不準確，供應商亦只能疲於奔命地滿足變動中的需求，特別是平均單價日漸走高的鋼筋材料，其影響面也將逐步放大，尤其是市場的競爭愈來愈激烈，客戶要求降價的壓力也愈來愈大，挑選成本比重較高的鋼筋材料，來做有效的管理，無疑將對工地管理效益的提高，帶來顯而易見的成效。

TFT-LCD 的建廠規模，如表 1，相對來看，可以說是超大型的廠房工程專案，由於時程短且工程複雜度高，主要建材中的鋼筋材料，佔成本比例高，且與進度息息相關，要如何做好材料運籌，確實需要較新的思維和模式來做規劃和管理，由於工程規模一代比一代浩大，時程亦只能縮短不能延長，為了能做到物料的精心運籌，以降低成本、確保進度，達到優質的工地管理，因此研究設計新的鋼筋材料的 VMI 模式，實屬必要。

在各種不同的領域中，制約理論(Theory of Constraint, TOC)已被廣泛運用，而且成效卓越，因此若在大型科技廠房專案的物料供貨管理引用 TOC 的思維與方法，建立 VMI 方案，當能收到不同以往的效益，並引起風潮和討論，以改變目前現行的鋼筋物料管理模式。

表 1 個案公司 TFT-LCD 新建廠房工程規模案例參考

項目	一期工程	二期工程	三期工程
基地面積	202,225 M2	371,080 M2	401,200 M2
總樓地板面積	407,950 M2	421,227 M2	472,865 M2
建物概要	FAB 棟-地下 2 層/地上 8 層	FAB 棟-地下 1 層/地上 8 層	L7B 棟-地下 2 層/地上 7 層
	LCM 棟-地下 1 層/地上 8 層	CUB 棟-地下 2 層/地上 3 層	C3 棟-地下 1 層/地上 4 層
	G2 棟-地下 2 層/地上 2 層	G2 棟-地下 2 層/地上 1 層	G2 棟-地下 2 層/地上 1 層
	E 棟-地下 1 層/地上 2 層	B11 棟-地下 1 層/地上 4 層	T12 棟-地下 1 層/地上 5 層
	H 棟-地上 1 層	T11 棟-地上 5 層	M12 棟-地下 2 層/地上 5 層
	CUB 棟-地下 2 層/地上 3 層		F12 棟-地下 2 層/地上 5 層
	T10 棟-地下 1 層/地上 9 層		R1 棟-地下 1 層/地上 1 層
建物尺寸	FAB 棟-162×298.8	FAB 棟-213.1×356.5	L7B 棟-211.8×240
	LCM 棟-95.8×219.6	CUB 棟-206.7×66.3	C3 棟-32.4×153.6
	G2 棟-10×192.6	G2 棟-15.8×195.2	G2-3 棟-27×66
	E 棟-21.6×66	B11 棟-155.2×109	T12 棟-62×41
	H 棟-38.4×66	T11 棟-61.25×41.25	M12 棟-240×104
	CUB 棟-177.6×66		F12 棟-75.6×216
	T10 棟-60×40		R1 棟-24×90
鋼筋用量	49,699 噸	68,890 噸	58000 噸(估)
混凝土用量	339,137 M3	455,819 M3	370,000 M3(估)
鋼構用量	105,760 噸	121,755 噸	94500 噸(估)
總承攬金額	88E	120E	108E



## 1.2 研究目的

本研究擬引用 TOC 的 VMI 觀念和方法，以個案公司 TFT-LCD G7.5 新世代廠房新建工程為個案實例，比較並驗證現行的鋼筋材料的供貨管理模式與 TOC Demand-Pull 模式，結果所得之缺貨次數、IDD 與 TDD 結果均大幅優於目前現行的方式。

此外，本研究將導入 TOC 的“Buy-In”觀念，說服鋼筋供應商到工地建立區域庫存，以貼近工地的需求，期望在鋼筋材料管理方面能創造有別於傳統，不但能保障工進(有效產出)，供應商不必建高庫存且營造商不必自己建庫存的雙贏模式，以增進建廠效益。TOC 的思維方法就是：要改善些什麼？要改善成什麼樣子？怎樣才能有效地、一步一步地執行這些改善，需摒除「救火式」的「見招拆招」方式來處理問題，而忽略了問題的本質。

## 1.3 研究步驟

本研究將應用 TOC 的觀念，使用其發展出來的需求拉式(Demand-Pull)的供應方式，以 TFT-LCD 建廠鋼筋材料為例，進行驗證分析。並請鋼筋供應商到工地建立區域

庫存，創造雙贏的結果。研究架構如圖 1：

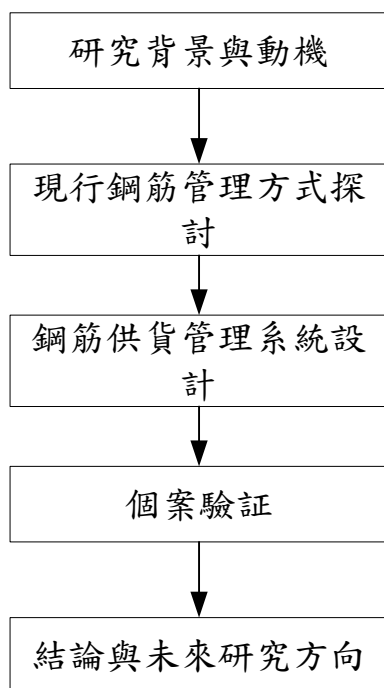


圖 1 研究架構圖

資料來源：本研究整理。

## 第二章 現行鋼筋管理方式探討

### 2.1 現況背景說明

近年來，國際新興市場(中國、印度)崛起，原物料價格波動劇烈，影響鋼筋市場之供需關係，921 地震後又改變了國內建築結構設計，SARS 後，國內房地產興起，再加上工地工安意識抬頭，都改變原營造商與鋼筋業者及鋼筋綁紮組立廠商等三方的供需結構。鋼價波動不僅影響鋼鐵廠原料的掌握，生產的計劃及庫存的變化，也改變營造業及鋼筋綁紮組立廠商的原有合約內容，營造廠不再購買板車料以降低損耗率，組立廠商把現場裁剪，成型加工的成本，由鋼筋廠商負擔，但目前為止大部份工地的訂料作業未隨市場的改變而作修正，所以大型工地鋼筋運籌人員除了掌握工地進度，設計用料，規劃進料調度，也必需了解鋼筋的生產流程，庫存狀況，運輸調度，及整個原物料價格的波動，以有效管理鋼筋並達到降低成本，提高競爭力的功能，尤其是大型 TFT-LCD 工地，一個專案的鋼筋用量動輒 5 至 6 萬噸，若能夠精心運籌，以降低 1~2% 損耗量，就可節省 1 千萬至 2 千萬的成本，若因運籌得宜，亦可因利息及運費節省而收到更大的管理效益。

### 2.2 鋼筋物料管理的現況政策

個案目前工地的鋼筋管理人員，通常由各棟工地主管直接指派 1 人或若干人來負責鋼筋的管理，範圍涵蓋了「料單整理」→「訂料」→「收料」→「儲存」→「加工」→「運至工地現場」等傳統流程，由於個案工地係依照上項傳統流程來管理筋材料的供貨與存貨，經常遇到的問題，就是急需貨料時，補貨時間過長或不可靠，按照先前排訂的進度表訂貨，因進度受各種因素的影響，變化是動態的，因此按進度表訂貨供貨所造成的現象，就是：正確的貨沒來，暫不需要的貨一堆，造成痛苦的壓倉現象，因此管理人員總是左支右絀地處理這一塊「重要任務」，其救火式的管理成果可想而知，以下是目前狀況的詳細說明：

#### 1. 鋼筋儲存場設置現況介紹

大型營建專案都會設法在鄰工地附近設置臨時鋼筋加工場及儲放場，如圖 2，但目前該場地的硬體設施通常不足，營造廠皆未標準化，而造成被“忽略”的假設設施，因此鋼筋場地的硬體鋪面，有的還只是素地面，ISO 規定要墊高，也只是隨便取用工地的丟棄角材來襯墊，而且因事先未妥善規劃，造成鋼筋堆疊凌亂，動線不佳的不良狀況，最後的結果是嚴重壓倉，損料增加，本來現在要使用的材料無法取用，因進度關係又任

意讓加工工人，以能取到的材料代替使用，或者向供貨商再叫新料來應急，這些都是造成將來損耗過高的主要原因。在管理方面鋼筋場，因為各棟管各棟的，政策及辦法並未一致，傳統常見的狀況是任意由加工廠商任意搬用、加工或置放，造成鋼筋場的管理零亂，彷彿七棟有七個工地般，嚴重造成無效率與浪費。



圖 2 鋼筋場硬體設置現況

資料來源：TFT-LCD 建廠專案。

## 2. 現行鋼筋供貨模式流程說明

現行鋼筋供貨的流程，主要是依工地各棟或分區的排程與總需求量來預測應有的供貨與存貨決定，且通常由分棟的主辦工程師與專業施工下包商以及供應商共同妥協決定，其說明如下：

- A. 按時程規劃，在前置時間內提出分區料單，並發分區訂單。
- B. 與供應商磋商分批交貨時程與數量(按合約規定，且最少 25T)。
- C. 供應商按照其生產排程(2 週一循環)及存貨狀況交貨。
- D. 運輸(1-2 天)到工地的鋼筋儲存/加工場。
- E. 專業施工下包商載運到工地施工。
- F. 當盤點發現用料可能不足或缺貨時，再催促供應商出貨/補貨。
- G. 回到第 3 個作業要點。

## 3. 現行的鋼筋材料的供貨流程如圖 3

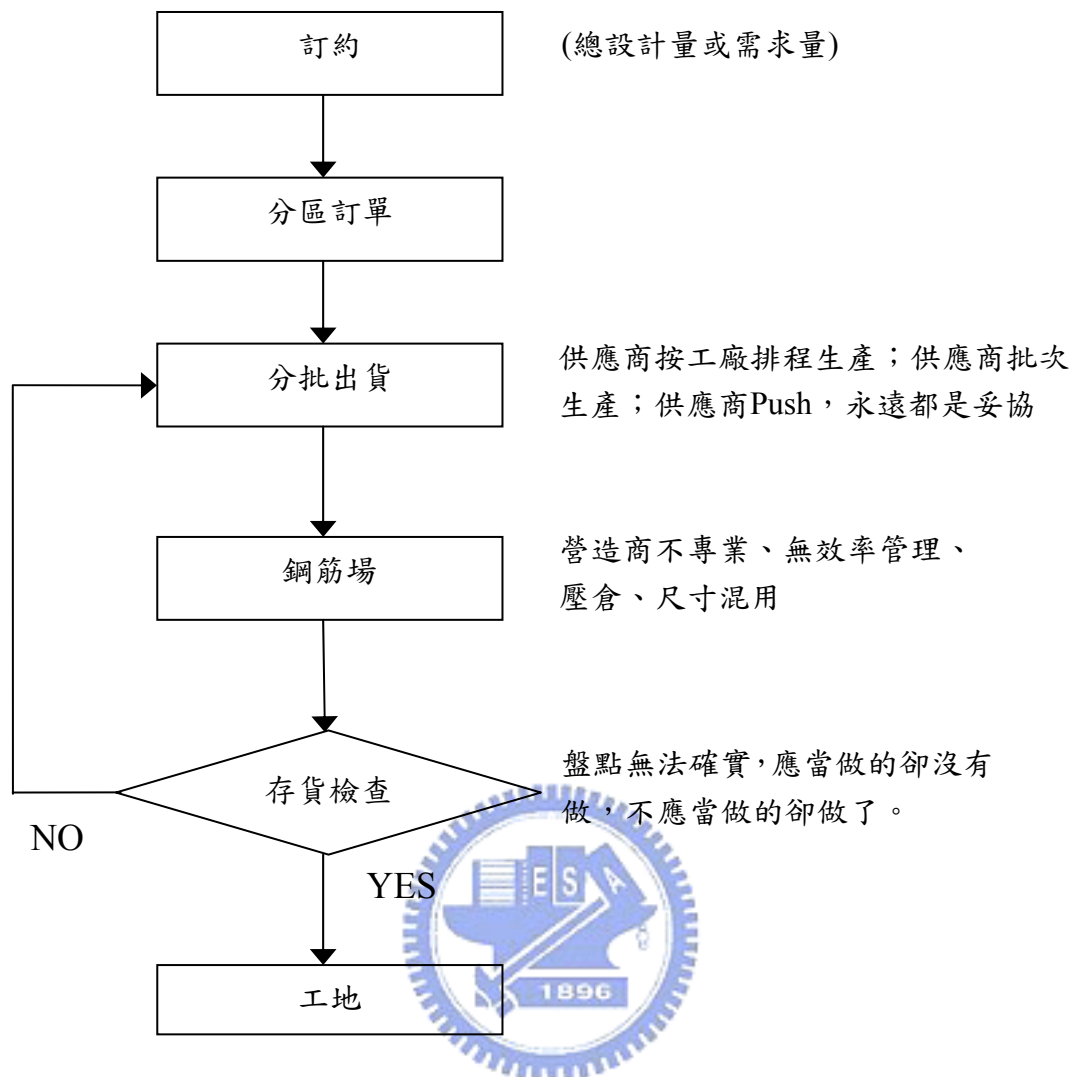


圖 3 現行的鋼筋材料的供貨/存貨管理流程圖

資料來源：本研究整理。

#### 4. 鋼筋供貨與存貨問題探討

##### A. 與供應商訂專案買賣合約

合約的主要內容，主要是雙方約訂的單價、數量、總價及最後交期等，真正的交期與分批、分段等，則再交由工地與供應商做細節上的約訂，但有載明規訂；每次下單交貨期為 A. 亂尺料 SD420W 為 7 天；B. 定尺料(含大、小定尺)為 14 天；C. D22、D29、D36 等號數之大定尺料為 25 天，若有逾期則按規訂辦理。

##### B. 分批訂料

現在的訂料流程，主辦人員通常按原進度規劃，直接以下包商的分批料單來為訂料的依據，因此並未充分考量供料廠商的生產能量，也未按工地實際進度需求去做分批訂尺、運輸、暫存等規劃，於是相對衍生的無效率可想而知。

##### C. 收料/儲存

在收料與儲存方面，由於管理上的不專業及現行亦無特別定型化的規定，於是到

場時間，會磅流程以及鋼筋場或工地下料，皆由各棟之主辦人員配合下包商之需求，無系統性的堆放，進而造成堆疊凌亂，新料、舊料或餘料，無法有效區隔，各種號數，尺寸的區隔，更是空談。

#### D. 加工成型

由於缺乏系統性的加工庫存計劃，因此鋼筋加工係依照加工包商的局部效益思維，不斷生產加工並無法完全照工地需求去安排，加工場地與加工後的成品亦隨意堆放，因此階段性需求量體或總需求加工量為未能有效控制，再加上多包加工，紀律凌亂，無異造成加工場的狀況雪上加霜，最後聽到的結果總是場地不夠用或者包商不聽指揮，無紀律，無從盤點等藉口而已。

### 5. 改善的目標

因營建專案執行過程充滿不確定，而工地為了配合進度的需求(保障有效產出)，所以一定要建庫存材料，於是才有鋼筋管理等衍生的問題，尤其是進度超趕的大型科技廠房工程，更需要建立足夠的材料庫存，來確保現場工程的推進，但因為專案的評估與特性是一連串「不確定」的組合，所以往往事先編制資材補給計劃，大多無法發揮有效的功能，不是庫存不足，就是庫存太多，不足時，因供貨商的補貨週期平均約 14 天，會嚴重阻礙工程進度，庫存太多，不僅管理成本增加，更嚴重的是，不適用的庫存，甚至會變成廢料，而且這樣的狀況已行之多年，鮮有改變，對於一個單一工地，鋼筋量體超過 6 萬噸的專案而言，若能在這方面能有一個簡單的方法來做改善，將會有顯而易見的功效。

對大多數的工程管理者而言，鋼筋材料與鋼筋場的管理，無疑是一團迷霧，而且高階主管通常亦不願意在建置或管理方面有太多的投資，能省則省，是主流的思考。對主辦鋼筋工作的工程師而言，往往是責任重且無明顯績效，而無投入工作的熱情，再說對於鋼筋管理這項工作，大概就是依既往經驗來判斷，甚且其經驗往往是不足的或者是說不正確的。就管理者的角度而言，則希望庫存是愈有效率愈好，不但不用因租用一大塊地而付出大筆租金，而且可省下一筆可觀的利息支出，最佳的狀態就是「不建庫存，要貨有貨」，果真能有一套思維和方法來建構這種鋼筋供應的 VMI 系統，就鋼筋管理的工作而言，真的會是一大進展。

### 第三章 鋼筋供貨管理系統設計(TOC WAY)

本研究將引用 Goldratt 所提出的 TOC 中的「配銷模型」((Distribution)來分析在工地上存放鋼筋之作法可行性。TOC 認為傳統上將存貨盡可能放置在靠近客戶端的區域倉庫來因應市場需求變動的做法，容易使企業產生更高的成品庫存，因此限制理論建議將庫存存放在供給的源頭，並以「拉」的方式取代傳統上「推」的配銷方式。並且建議區域倉庫的庫存量應等於物料由中心倉庫到區域倉庫的配送時間的平均需求+安全庫存；而中心倉庫的庫存量應等於物料製造時間內的需求量加上安全庫存。此做法更容易對市場需求之變動有因應的彈性，不但能滿足客戶的需求也更能減少不必要的庫存。

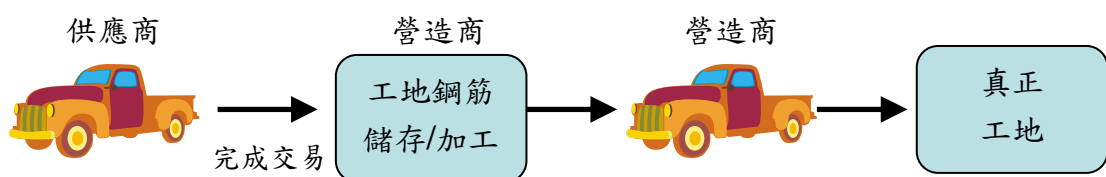
本節將使用 Goldratt 的三個重要思考步驟：改變什麼、要改變成什麼、如何造成改變來探討。

#### 3.1 要改變什麼?(What to change?)

##### 1. 建庫存的角色需改變

傳統的鋼筋供貨模式是由供貨商，依照工地(營造商下訂單)需求，將材料依買賣合約規定的期限，送至工地的鋼筋場來，讓工地施工備用，即由工地自建庫存，然庫存會衍生增加許多成本，且難以管理，因此若可能由供應商來工地建庫存，藉由供應商較專業的庫存場管理經驗，來工地建立類似「區域倉庫」的方式，用「Buy-In」的觀念，來改變原來的供貨模式，如圖 4。

以前



以後

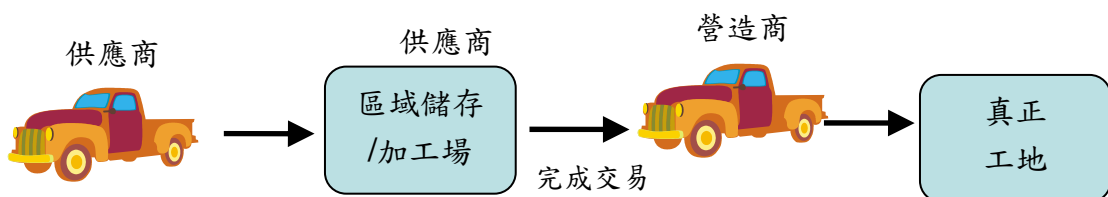


圖 4 改變後的供貨模式

資料來源：本研究整理。



這樣的結果，對營造商而言，優點如下：

- A. 不建庫存，意謂著降底投資，現金流量壓力減輕，零損耗。
- B. 免除管理鋼筋料場的管理成本(包括：軟、硬體、人力，保全等)。
- C. 叫貨/取貨更方便有效率且可靠。
- D. 隨時可監控庫存水準。
- E. 引進較專業需有效率的倉儲/加工形式，如圖 5。



圖 5 專業供應商區域倉庫

資料來源：鋼筋供應商區域倉庫。

## 2. 補貨模式需改變

現行的補貨模式係依照排訂的進度表來訂貨及供貨，由於進度是一連串不確定的組合，進度的變動是動態的，因此庫存不是無法正確回應工地的需求，就是因設計變更或時程變動而堆貨如山,正確的料沒有,而不對的貨料一堆，本研究擬改變原來傳統的供貨模式，引用 TOC 的 Demand-Pull 供貨模式，以實際的使用量做為補貨的依據，讓需求更貼近於事實，而工地也能保有較大的彈性、提升效率及降低成本。

## 3.2 要改變成什麼?(What to change to?)

### 1. TOC 邏輯

在工地的管理上必須建立高庫存來確保不會缺料；而另一方面又認為要減低成本，必須儘量減低庫存水準，這兩者之間有很明顯的衝突存在，如圖 6 與圖 7 衝突圖(Cloud)，依照 TOC 的邏輯，需挑戰假設，以解決衝突。為了讓工地利潤增加，所以要降低成本，而且避免材料浪費且增加管理上的成本負擔，因此庫存應該愈低愈好，另一方面，為了保障有效產出，需確保準時的工進，因此必須有足夠的庫存來因應可能的不確定因素，在圖 6 的衝突圖中，存在兩個需要挑戰的假設，鋼筋庫存場，如此難以管理，且成本高而無效率，管理單位又無專業的管理知識來管理，所以是否一定要由營造商來建置鋼筋

庫存場來建庫存呢？庫存量是有什麼樣的指標來決定，才更貼近事實而不只是憑經驗或不準確的補給計劃來判斷呢？是否可以找到既可降低成本且確保工進，以保障有效產出的雙贏策略呢？以上就是本研究想要改變的目標，總體而言就營造商的立場就是「不建庫存，要貨有貨」。

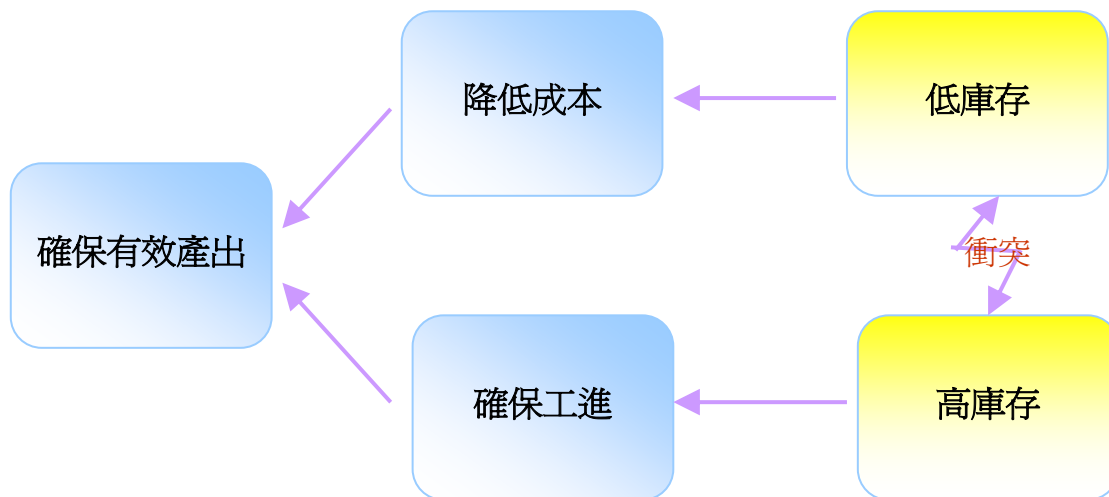


圖 6 衝突圖說明

資料來源：Goldratt 配銷講義。



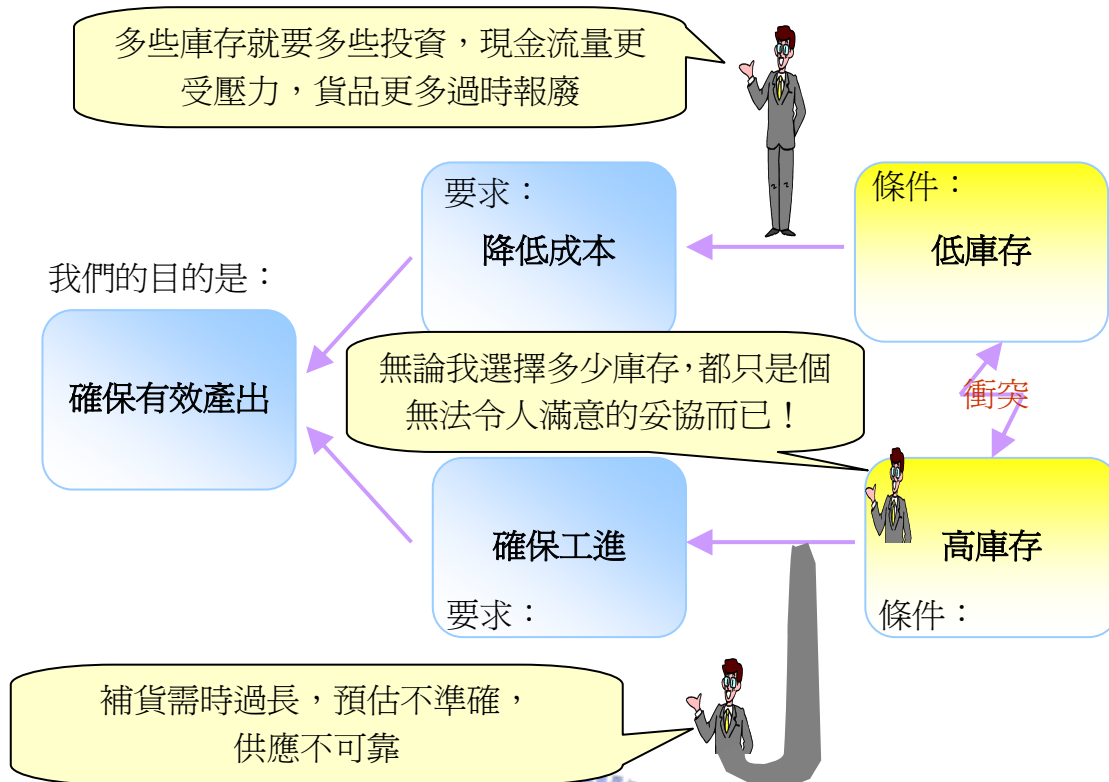


圖 7 衝突圖說明

資料來源：Goldratt 配銷講義。

## 2. 挑戰假設

圖 7 的核心問題與假設是，營造商為了保障有效產出，因此一定要在鄰工地現場附近設置鋼筋儲存/加工場並建立庫存，以確保工進執行，但因鋼筋場的無效率管理，且庫存高會增加管理成本，但問題是營造商為什麼一定要建庫存呢？假設條件許可的話，可不可以由供應商，以特許設立區域倉庫的型式，來工地的鋼筋場建立庫存呢？那麼營造商就可以不在工地建庫存，但實際上確有庫存可以保障有效產出，這樣的改變需要什麼樣的配套，可找到與供應商雙贏的策略呢？若營造公司無專業的管理人員來管理工地的鋼筋儲存場，那麼由專業的供應商，以其既有的區域配銷/加工中心的模式來管理，不也可以打破無法有效管理鋼筋場的迷思呢？有何種方式或工具，可以衡量適量庫存呢？是不是可以引用 TOC 的配銷模式來建立 VMI 的模式，以有效管理庫存呢？因為以 TFT-LCD 廠的大型規模工地為例，為了服務客戶的需求，供應商應就近設立倉庫並建立庫存來提供較佳的供貨服務，透過由原來的「推式」(Push)供給，改以「拉式」(Pull)的供貨與建庫存的模式，以達到「要貨有貨，不建庫存」的目標。

## 3. TOC 方法

讓我們用 TOC 聚焦五步驟來分析鋼筋的供銷系統：第一步先找出系統的制約因素，

制約因素支配著系統的有效產出，什麼因素支配著系統的有效產出呢？工程進度水準才是系統的制約因素，進度愈快，業主支付的錢愈多也愈快，若無法滿足工進的需求，是與「挖盡」相違背的，而第二步是要挖盡制約因素的潛能，就是要在適當的時間，在適當的地點存放符合工進需求的鋼筋庫存。第三步是要令一切遷就以上決定，要怎樣管理鋼筋材料的供貨，以保證在正確的時間、地點有正確的庫存？很明顯庫存量與施工使用量成比例，但不是唯一的因素，補貨時間這個因素，亦同等重要，補貨時間長，工地就必須備有更多的鋼筋庫存，因此結論是，工地應按目標庫存量訂貨，亦即補貨時間的使用量。

#### 4. Demand-Pull 模型

補貨時間=發訂單所需時間+生產所需時間+運輸所需時間，透過頻密發訂單與頻密交貨，以縮短發訂單所需時間，例如我們可以每月訂一次，用每週訂一次四分之一量體來代替。然而我們都了解，使用量與補貨時間都是會變動的，當需求超過平均使用量，為避免缺貨，另需考量「補貨時間內的不可靠性」，這樣工地庫存就等於目標庫存量了。

決定目標庫存的主要參數：使用量、補貨時間、使用量的變數、補貨時間的變數補貨時間是決定目標庫存量的關鍵因素！使用量和補貨時間都直接影響目標庫存量，但補貨時間還帶來間接的影響：1. 預估時間越長，預估的準確性就越低，補貨時間越大，使用量的變數就越大。2. 在大多數環境下，補貨時間越長，補貨時間的變數就越大。因此補貨時間加倍，目標庫存量就會遠超雙倍！以下是 D-P 模式的名稱參數說明：

$$\text{目標庫存量} = (P + F) \times u + Z_{\alpha} \times \sqrt{(P + F)} \times \sigma$$

P：前置時間(製造鋼筋及運送的前置時間)。

F：補貨頻率

(P+F)：補貨前置時間

$Z_{\alpha}$  = 服務水準

$\mu$  = 平均需求量

$\sigma$  = 需求變異數

高庫存意謂著高投資，現金流量更多壓力，更多過時貨品亦即高庫存，會使成本大增，但實際的狀況是有此備品庫存是零，而另一些備品也許可使用一年，為了打破有效產出與庫存間的衝突，我們必須設計一個可以保障有效產出，又不需要自建高庫存的解決方案。

### 3.3 如何造成改變?(How to cause to this change?)

#### 1. 說服供應商到工地來建庫存

將庫存原由營造商建立，改由供應商建立，對營造商的好處很大，但是對供應商是否有吸引力呢？首先我們來探討這流程中，供應商彷彿會增加了什麼樣成本或負擔和疑慮呢？

- A. 增加一處配銷儲庫/加工廠的投資。
- B. 若規模與可營運年限，不達經濟規模，勢必划不來。
- C. 買賣合約是不是到最後時刻，還是以「單價」來決定？
- D. 效益如何共享？
- E. 可否供貨給其他客戶嗎？

依照 TOC 的 Thinking Process，唯有開創 Win-Win 的 Solution，才有可能讓兩造願意充份合作，以下是以 TFT-LCD G7.5 專案工程營造商-A 公司及供應商-B 公司為例，來檢視雙方如何找到一個雙贏的策略，來達成供應商同意在工地建庫存的過程。以下是兩造，商談本案的過程與要點：

A. 問題：營造商要求由供應商到工地來建庫存，以 B 公司的立場來看，因為客戶有此需求，基本上是以配合辦理的立場來看待這一個改變 (Buy-In)。

回答：以 A 公司承包的 TFT-LCD 建廠的規模與現況，每年一個廠的鋼筋量約 6 萬 T(12E 新台幣)，往後在相同基地內預計還有三個廠的計劃，我們認為有足夠的條件，才會提出這樣的要求。

B. 問題：對 B 公司而言，一個區域倉庫的硬體投資，至少要 1500 萬新台幣，這個增加的成本，該由那方負擔呢？

回答：就 A 公司來看，以往工地就有一筆預算，是做為鋼筋儲存/加工場的投資，而且場地，依事實了解，都比 B 公司的任一區域倉庫大(因為無效率使用)，投資金額也約同等於 1500 萬新台幣，因此這個問題是可以彈性解決的，由營造商依區域倉庫的需求來建設，或者預算給 B 公司來建設也可以。

C. 問題：新增區域倉庫的經營效益或使用年限可否達到經濟規模呢？

回答：營造商 A 公司，除了要求 B 公司按工地的工進需求建立目標庫存外，不反對這個區域倉庫同時可供貨給該基地區域的其他客戶或工地，而且以一個科學工業園區的開發建廠；依照經驗，至少都會有平均 15 年的開發期，竹科已經 20 年以上了，我們想，這種開放式的作為，等同免費為 B 公司建一座區域倉庫，B 公司應該會欣然接受才對。

D. 問題：貴公司 (A 公司) 是否到最後，還是以「價錢」決定一切呢？

回答：我方會以長期特許合約的方式來處理，單價則依市場行情為準，我們關心的

是，這樣的模式，會帶給營造商本身的好處是否大於每噸幾佰元的價差？

E. 問題：想起來，這樣帶來的效益，應該很大，那麼有沒有可能共享效益呢？

回答：依往例平均都會有因管理鋼筋庫存帶來 10~15% 的成本增加約 1.2E~1.8E 新台幣，現在因為模式改變所節省的成本，是可以討論如何共享的。

F. 問題：頻發訂單與頻密補貨如何解決經濟批量及運費的問題？

回答：在工地建立區域倉庫/加工場，原本就已讓 B 公司省掉一趟運費，因為原來的運輸流程是先由工廠到區域貨倉再到工地，現在則可工廠直達工地的區域倉庫，因此過程中已省掉一趟制式的運費，至於訂單及運輸的經濟批量問題，因工地每日平均的使用量均超過 25 噸，是至少一部車的運量，也是原來買賣合約所規定的經濟打單批量，所以整個改變 B 公司也是得利者。

G. 問題：目標庫存要如何決定？

回答：本公司(A 公司)的目標是：「要貨有貨，不建庫存」，因此會依照實際情況，構建一個 VMI(A 公司 VS B 公司)的系統，來管理目標庫存，細節配合問題，可再約集雙方的主辦團隊進行研商。經由上述的研商過程，已初步成功地達成雙贏模式：亦即請 B 公司要在工地建立區域庫存/加工場。

## 2. 導入 TOC 的 D-P 補貨模式

接下來的研究，是要如何將原來的庫存管理政策改變？原來整個專案的運作模式，因為同時有七棟，甚至七棟以上的廠房同時興建，因此會分棟配置分區鋼筋儲存/加工場及分棟下單叫貨，依照 TOC 的思維，應該統一由一組窗口來整合用料需求，會比較準確，然後由原來各自擁有鋼筋/加工場的方式，改由統一向「A 公司/B 公司」的工地區域倉庫/加工場取貨。這樣類似「準中央庫存」的概念，如圖 8，將大大減少營造商鋼筋管理，與投資的投入，而且工地會因氣候、出工、需求變等不確定因素而影響用料需求，整合過後，需求的可靠性將會大增。剩下來的問題，就是如何建立這個區域倉庫/加工場的目標庫存了。我們將依照前段的 TOC 模式來建立目標庫存，請 B 公司再依照其全國需求，在其工廠端建立庫存，透過頻密的發訂單和補貨，來降低區域倉庫/加工場的庫存，以達到兩造的雙贏模式，以下是 TOC 式的供銷模式說明：

A. 以建立「工廠中央倉庫」(Plant Warehouse)來供應各「區域倉庫」所需，取代了原先直接由工廠生產後，分別供應給各區域倉庫的做法。由於補貨所需時間(Replenishment time)等於「訂單時間」(Order lead time) + 「生產時間」(Production lead time) + 「運輸時間」(Transportation lead time)。這麼做之後，各「區域倉庫」補貨所需時間將只剩「運輸時間」，而「工廠中央倉」所面對之變異也會更小。

B. 以「拉動式」(Pull) 代替「推壓式」(Push)供給，只有在區域倉庫真正消耗掉

該產品時才依實際消耗量補貨。並且利用電腦科技做到讓區域倉庫每天回報銷耗量(下單)並由工廠中央倉庫實施頻繁密集的補貨。如此做法,可使工廠不再需以不準確的預測生產,也不需要應付小量急單。

- C. 設定各產品之應有之庫存量,並以實際生產消耗變化(而非預測)用紅、黃、綠三個燈號顏色來監控庫存量是否在合適區間或者已經過高或過低了,然後因應需要來調整庫存目標。用以上三種方式可以解決,(1)可根據更準確的預估來運作。(2)將補貨時間大大縮短。(3)增加供貨的可靠性。

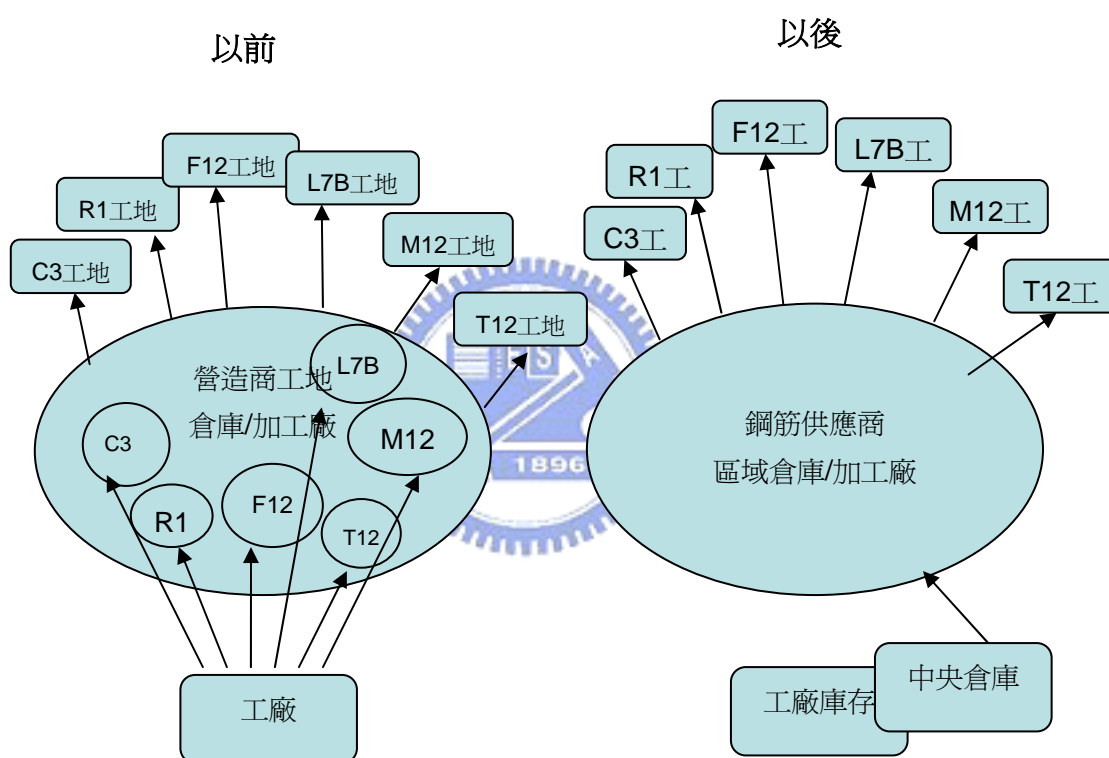


圖 6 營造商與鋼筋供應商之 TOC 供銷模式

資料來源：本研究整理。

### 3. 新補貨模式的操作方法 (Demand-Pull)

- 建立工廠端(B公司)的中央廠庫與區域倉庫/加工場。
- 根據公式和需求為各種號數的鋼筋定下目標庫存。
- 實行頻發訂單與頻密補貨
- 根據紅、黃、綠等三個燈號區,來檢視目標庫存
- 重新檢討”為可得性而生產”及”按訂單生產”的政策。

F. 教導各個次系統如何利用之一天衡量，執行以 (T. I. OE) 來做為績效衡量指標，使每個環結能因有正確的衡量指標而做出正確的因應動作，達到整體最高的效益，也使管理者易於管理。其中：

T (TDD - Throughput-Dollar-Day = 成品價值 x 工程延遲天數；

I (IDD - Inventory-Dollar-Day) = 庫存價值 x 庫存天數；

OE (Local Operating Expense) = 每個環結之營運費用

而目標是在將 IDD 與 OE 最小化的同時追求“零”TDD。





## 第四章 個案驗證

### 4.1 現行的鋼筋補貨模式分析

現行鋼筋材料的補貨模式，主要是依工地各棟或分區的排程與總需求量來預測應有的供貨/存貨決定，且通常由分棟的主辦工程師與專業施工下包商以及供應商共同妥協決定。

本研究將以個案公司 TFT-LCD G7.5 之主廠房棟基礎大底#8、#10 兩種規格之鋼筋材料為例，將這段期間之進貨量、使用量及庫存等輸入表中，所得結果如表 2、3：

表 2 #8 鋼筋之 TDD 及 IDD 表

週別	進貨	使用量	庫存量	TDD	IDD
1	165		165	0	20,790,000
2	29		194	0	24,444,000
3	8		202	0	25,452,000
4	636		838	0	105,588,000
5	357	502	693	0	87,318,000
6	506	537	662	0	83,412,000
7	0	498	164	0	20,664,000
8	554	585	133	0	16,758,000
9	249	699	-317	39,942,000	0
10	539	721	-499	62,874,000	0
11	970	650	-179	22,554,000	0
12	865	758	-72	9,072,000	0
13	772	100	600	0	75,600,000
14	193	102	691	0	87,066,000
15	193	130	754	0	95,004,000
16	0	154	600	0	75,600,000
17	0	165	435	0	54,810,000
18	127	179	383	0	48,258,000
19		186	197	0	24,822,000
20		197	0	0	0
總計	6,163	6,163	5,644	134,442,000	845,586,000
平均			282	960,300	6,039,900

資料來源：本研究整理

表 3 #10 鋼筋之 TDD 及 IDD 表

週別	進貨	使用量	庫存量	TDD	IDD
1	988		988	0	124,488,000
2	304		1,292	0	162,792,000
3	314		1,606	0	202,356,000
4	333		1,939	0	244,314,000
5	920	430	2,429	0	306,054,000
6	694	447	2,676	0	337,176,000
7	283	479	2,480	0	312,480,000
8	185	515	2,150	0	270,900,000
9	633	589	2,194	0	276,444,000
10	243	597	1,840	0	231,840,000
11	230	608	1,462	0	184,212,000
12	274	700	1,036	0	130,536,000
13	34	98	972	0	122,472,000
14		79	893	0	112,518,000
15		122	771	0	97,146,000
16		130	641	0	80,766,000
17		130	511	0	64,386,000
18		149	362	0	45,612,000
19		169	193	0	24,318,000
20		193	0	0	0
總計	5,435	5,435	26,435	0	3,330,810,000
平均			1,322	0	23,791,500

資料來源：本研究整理

## 4.2 以 TOC 方式之供貨/存貨模式分析

### 1. TOC Demand-Pull 補貨模式

D-P 之補貨模式，主要的觀念是將主要庫存建在後端(工廠端/中央倉庫)，而以鄰近客戶的區域倉庫，來貼近使用者，針對本個案，其操作要點如下：

- A. 請鋼筋供應商(B 公司)在工廠端建庫存或中央倉庫。
- B. 請供應商在鄰近工地位址，設區域倉庫/加工場。
- C. 以補貨期間的最大使用量，作為目標庫存。

- D. 以前期真正的使用量，作為訂貨/補貨的依據。
- E. 實施頻密發訂單與補貨的政策，本案係以一週補貨一次和兩次為例。
- F. 以 TDD 與 IDD 作為績效衡量指標。

## 2. 實施 D-P 模式的結果

本節同樣是以 4.1 節之兩種鋼筋各期使用量，套用在 Demand-Pull 的模式中，其結果如表 4、5、6、7：

表 4 #8 鋼筋之 TOC 模式(補貨頻率：一週一次)

週別	進貨	使用量	庫存量	TDD	IDD
1					
2					
3					
4					
5	758	502	256	0	32,256,000
6	502	537	221	0	27,846,000
7	537	498	260	0	32,760,000
8	498	585	173	0	21,798,000
9	585	699	59	0	7,434,000
10	699	721	37	0	4,662,000
11	721	650	108	0	13,608,000
12	650	758	0	0	0
13	758	100	658	0	82,908,000
14	100	102	656	0	82,656,000
15	102	130	628	0	79,128,000
16	130	154	604	0	76,104,000
17	123	165	562	0	70,812,000
18		179	383	0	48,258,000
19		186	197	0	24,822,000
20		197	0	0	0
總計	6,163	6,163	4,802	0	605,052,000
平均			300	0	5,402,250

資料來源：本研究整理。

表 5 #10 鋼筋之 TOC 模式(補貨頻率：一週一次)

週別	進貨	使用量	庫存量	TDD	IDD
1					
2					
3					
4					
5	700	430	270	0	34,020,000
6	430	447	253	0	31,878,000
7	447	479	221	0	27,846,000
8	479	515	185	0	23,310,000
9	515	589	111	0	13,986,000
10	589	597	103	0	12,978,000
11	597	608	92	0	11,592,000
12	608	700	0	0	0
13	700	98	602	0	75,852,000
14	98	79	621	0	78,246,000
15	79	122	578	0	72,828,000
16	122	130	570	0	71,820,000
17	71	130	511	0	64,386,000
18		149	362	0	45,612,000
19		169	193	0	24,318,000
20		193	0	0	0
總計	5,435	5,435	4,672	0	588,672,000
平均			292	0	5,256,000

資料來源：本研究整理。

表 6 #8 鋼筋之 TOC 模式(補貨頻率：一週二次)

週別	進貨	使用量	庫存量	TDD	IDD
1					
2					
3					
4					
5	391	244	147	0	9,261,000
6	244	258	133	0	8,379,000
7	258	224	167	0	10,521,000
8	224	313	78	0	4,914,000
9	313	257	134	0	8,442,000
10	257	242	149	0	9,387,000
11	242	303	88	0	5,544,000
12	303	282	109	0	6,867,000
13	282	379	12	0	756,000
14	379	320	71	0	4,473,000
15	320	359	32	0	2,016,000
16	359	362	29	0	1,827,000
17	362	387	4	0	252,000
18	387	262	129	0	8,127,000
19	262	391	0	0	0
20	391	366	25	0	1,575,000
21	366	56	335	0	21,105,000
22	56	44	347	0	21,861,000
23	44	51	340	0	21,420,000
24	51	51	340	0	21,420,000
25	51	65	326	0	20,538,000
26	65	65	326	0	20,538,000
27	65	69	322	0	20,286,000
28	69	85	306	0	19,278,000
29	85	82	309	0	19,467,000
30	82	83	308	0	19,404,000
31	83	79	312	0	19,656,000
32	79	100	291	0	18,333,000
33	93	84	300	0	18,900,000
34		102	198	0	12,474,000
35		77	121	0	7,623,000
36		121	0	0	0
總計	6163	6163	5788	0	364,644,000
平均			181	0	3,255,750

資料來源：本研究整理。

表 7 #10 鋼筋之 TOC 模式(補貨頻率：一週二次)

週別	進貨	使用量	庫存量	TDD	IDD
1					
2					
3					
4					
5	391	223	168	0	10,584,000
6	223	208	183	0	11,529,000
7	208	216	175	0	11,025,000
8	216	231	160	0	10,080,000
9	231	257	134	0	8,442,000
10	257	222	169	0	10,647,000
11	222	249	142	0	8,946,000
12	249	265	126	0	7,938,000
13	265	289	102	0	6,426,000
14	289	300	91	0	5,733,000
15	300	302	89	0	5,607,000
16	302	294	97	0	6,111,000
17	294	289	102	0	6,426,000
18	289	319	72	0	4,536,000
19	319	330	61	0	3,843,000
20	330	369	22	0	1,386,000
21	369	49	342	0	21,546,000
22	49	52	339	0	21,357,000
23	52	41	350	0	22,050,000
24	41	37	354	0	22,302,000
25	37	62	329	0	20,727,000
26	62	61	330	0	20,790,000
27	61	66	325	0	20,475,000
28	66	63	328	0	20,664,000
29	63	69	322	0	20,286,000
30	69	62	329	0	20,727,000
31	62	75	316	0	19,908,000
32	75	74	317	0	19,971,000
33	44	89	272	0	17,136,000
34		80	192	0	12,096,000
35		98	94	0	5,922,000
36		94	0	0	405,246,000
總計	5,435	5,435	6,432	0	
平均			201		3,618,000

資料來源：本研究整理。

### 4.3 現行運作模式與 D-P 模式之比較分析

本節主要是將實際的鋼筋使用量套用在 Demand-Pull 的模式中，然後將所得的結果與目前的模式做一比較。目前傳統的運作模式是依照進度推估預測各種不同 Type 的鋼筋需求量，區域倉庫按照預測下訂單，鋼筋工廠則以批量的方式進行生產；D-P 的模式則是根據實際的使用量向工廠下訂單，而工廠依據訂購量來補貨，背景說明如下及表 8：

1. 個案鋼筋供應商-B 公司，係目前全台最大的鋼筋供應商，其各種號數鋼筋的保守生產補貨週期是二週，最大生產是單批為 2000T，最低訂購量為 25T。
2. 補貨的頻率，有一週一次與一週兩次。
3. 比較傳統模式與 D-P 模式的結果分析。
4. 縮短補貨時間及加密補貨頻率結果分析。

表 8 傳統運作模式與 Demand-Pull 模式

傳統運作模式與 Demand-Pull 模式						
補貨時間	傳統運作模式			一週一次		
運作模式	傳統運作模式			Demand-Pull 模式(D-P)		
項目	平均庫存	TDD	IDD	平均庫存	TDD	IDD
#10 鋼筋	1,322	\$0.00	\$23,791,500	292	\$0.00	\$5,256,000
#8 鋼筋	282	\$960,300	\$6,039,900	300	\$0.00	\$5,402,250
補貨時間	傳統運作模式			一週兩次		
運作模式	傳統運作模式			Demand-Pull 模式(D-P)		
項目	平均庫存	TDD	IDD	平均庫存	TDD	IDD
#10 鋼筋				201	\$0.00	\$3,618,000
#8 鋼筋				181	\$0.00	\$3,255,750

資料來源：本研究整理。

由表 8 可歸納如下的結論：

1. D25 用傳統模式，發生了 4 次缺貨，而 D-P 模式沒有發生。
2. D32 用傳統模式與 D-P 模式，在都沒有發生缺貨的情形下(TDD=0)，D-P 模式則可以非常低的平均庫存量滿足工進，也就是保障有效產出。
3. 由上表中的 IDD 值，也可以看出傳統的模式，亦比 D-P 模式高很多。
4. 透過縮短補貨時間與頻密補貨，則平均庫存與 IDD 值，也會下降很多。

## 第五章 結論與未來研究方向

### 5.1 研究結論

本研究以 TOC 的配銷思維為基礎，將鋼筋材料的供應鏈導入準 TOC 式的 VMI 模型，改變了原傳統的供應商與營造商的供貨模式，對客戶而言，提出要達成”不建庫存，要貨有貨”的可行性研究，並創造鋼筋供應商與營造商的雙贏模式：「既可保障有效產出又沒有高鋼筋庫存的方法」，從而建立以(T.I.OE)做為績效衡量的指標。

### 5.2 未來研究方向

本研究雖提出了一套新的思考與管理方式，來改變鋼筋的供貨模式，並提高效率，以保障有效產出，研究過程中，仍有許多問題尚未討論，可做為未來研究發展的相關議題：

1. 整個鋼筋產業，供應鏈的研究，包括鋼筋製造商及製造商的原料上、下遊，若能審視研究整個產業供應鏈及產業特性，則研究結論將更完整，且可窺全貌。
2. 以 Critical Chain 的 TOC 式建廠專案排程的方法，結合資訊科技，作為準確材料預估的可行性研究。
3. 除鋼筋材料外，混凝土產業鏈的供貨模式探討，也是值得研究的議題。
4. 鋼筋存貨管理若導入傳統存貨管理模式，如 $(s, S)$ ， $(s, Q)$ ， $(R, S)$ ， $(R, s, S)$ ， $(s, Q, R)$ 等與 D-P 模式之比較分析。



## 參考文獻

1. Eliyahu M.Goldratt and Jeff Cox, 齊若蘭譯, 1996, The Goal, 天下遠見出版股份有限公司
2. Eliyahu M.Goldratt, 1998, Project Management the TOC Way, The North River Press Publishing Corporation
3. Eliyahu M.Goldratt, 周伶利譯, 1997, It's not luck, 天下遠見出版股份有限公司
4. Eliyahu M.Goldratt, 羅嘉穎譯, 1997, Critical Chain, 力天香港有限公司
5. Eliyahu M.Goldratt with Eli Schragenheim and Carol A. Ptak, 羅嘉穎譯, 2004, Necessary But Not Sufficient, 天下遠見出版股份有限公司
6. 翁立宇, 2004, 限制理論應用在配銷管理之實證研究, 國立交通大學工業工程與管理學系碩論文
7. Simchi-Levi et al, 2001, Designing and Managing the Supply Chain, the McGraw -Hill Companies
8. 張家寶, 2004, 限制理論問題管理模式之建構, 中原大學工業工程學系碩士學位論文
9. 廖國禎, 1994, 營建管理-專案管理系統 P3(4.1 版/5.0 版)要徑法與施工管理資訊系統, 科技圖書股份有限公司

