

因公出國報告書

96 年 4 月 14 日

報告人姓名	彭瑞麟	服務機構 及職稱	國立雲林科技大學 營建工程系 教授
時間 會議地點	95 年 11 月 21 至 11 月 25 日 中國大陸，上海	本會核定 補助文號	計畫編號： D002 營建系推廣教育計畫節餘款
會議 名稱	(中文) 第四屆海峽兩岸及香港鋼結構技術交流會 (英文) The 4 th Workshop of Steel Structural Engineering and Technology on Taiwan, Hong Kong and Mainland China		
發表 論文 題目	(中文) 香港和台灣地區輕鋼建築和腳手架結構的穩定性分析 (英文) Influence of Concrete Pattern Loads on Door-type scaffolds in Construction		

報告內容應包括下列各項：

一、參加會議經過

為廣泛的交流海峽兩岸及香港地區鋼結構的研究和應用成果，台灣大學、香港理工大學及同濟大學於 2006 年 11 月 23 日~24 日，在上海展覽中心召開『第四屆海峽兩岸及香港鋼結構技術交流會』。為擴大交流，會議同時與 2006『上海第三屆國際鋼結構成果展覽會』同地舉行，在與會的同時及前後時間，所有參與會議的人員，可至國際鋼結構成果展覽會場參觀鋼結構的各類成品。

本次會議除學術交流外，亦研討有關鋼結構的研究、設計、製作、安裝及材料等方面的先進經驗與最新成果，包括鋼結構新理論、新技術和新材料，以及在工程中的應用。本次第四屆海峽兩岸及香港鋼結構技術交流會之研討主題，可劃分為下列部分：

- 鋼結構計算理論與計算方法
- 鋼結構設計相關問題
- 鋼結構抗震與抗火
- 鋼結構製作與安裝技術
- 鋼結構新體系與新材料
- 鋼結構設計與施工實例

此項會議，主辦單位在人員接待服務及論文發表（包含海報張貼方式）等都極有經驗，場地都有電腦及單槍投影設備等器材，便利論文發表者能做最佳之成果展示，並有專人技術服務。也因有單槍投影設備等，已完全不使用幻燈機、投影機等器材輔助論文發表，而全部使用筆記型電腦搭配單槍投影設備發表論文。本會議集結了台灣、香港、大陸各地大學教授、

工程師、政府相關機構之從業人員等共同發表多篇文章，均刊載於研討會論文集。

二、與會心得

(一) 發表論文

本鋼結構技術交流會邀請台灣、大陸、香港兩岸三地鋼結構領域學有專精的學者、研究員及工程師參加，舉辦方式為輪流在兩岸三地舉行，本次第四屆輪到在大陸舉辦。參與交流會的人員，除一般大專院校學者及學術單位研究員，多半為大陸當地鋼結構工程界之工程師及工程實務界人員。本會議舉辦以提供華人地區鋼結構研究成果交流為主，故為方便並有效將學術成果落實在工程界，交流會主要採用中文方式發表，以達充分溝通交流的目的。

本次交流會個人受邀參加香港理工大學一方，與香港理工大學土木與結構系陳紹禮教授共同發表論文，發表的論文題目為『香港和台灣地區輕鋼建築和腳手架結構的穩定性分析』，本次會議議程上雖然掛名為陳紹禮教授，但由筆者與陳紹禮教授共同發表，由於陳教授國語說的不流利，所以基本上他作約三分鐘的引言後，即由筆者完成議程中其後所有的報告，並作與會提問的回答。

筆者於本次交流會所提出之論文，內容主要在探討營造施工新澆置混凝土以區塊載重型態，施加在門型支撐架結構中涉及極限承载力、較大反力值區域、區塊與均佈載重間關係、預警規劃等問題。研究結果顯示，區塊載重作用下之極限承载力與均佈載重分析結果甚接近，設計時可以考慮以均佈載重取代；區塊載重分析之較大反力值區域比均佈載重的分佈小，故不可用均佈載重求取較大反力值。矩形、L形、冂形等結構模式在區塊載重分析所得之不同較大反力值區域，可應用在預警規劃上。建議預警規劃位置：矩形在靠近灌漿車第二排支撐附近，L形在遠離灌漿車之伸出部中段至頂端區，冂形在起始澆置的伸出部中段往外延伸區。

鋼筋混凝土建築物施工時，工地常採用門型支撐架作為模板支撐，由營造業職業災害顯示，營造施工中模板支撐的倒塌意外常發生在混凝土澆置過程中，當模板支撐倒塌時常造成現場工作人員集體性的大量傷亡，造成的生命財產損失巨大。由於新澆置混凝土在營建載重中所佔比率最大，是否因為新澆置混凝土載重特殊性而引致門型支撐架支撐的倒塌，實值得檢討，筆者論文即是針對此問題進行探討。由於本論文與其他論文性質不太相同，內容較為特殊，因此筆者報告完後，與會人士非常踴躍發問，互動甚佳。

檢附本篇論文於本報告後，詳見附件一。

(二) 上海第三屆國際鋼結構成果展覽會館參訪

本次交流會為擴大交流，同時與 2006 上海第三屆國際鋼結構成果展覽會同地舉行，所有本次交流會的參與人員，可在交流會前、後時間至國際鋼結構成果展覽會場，參觀大陸地區及國外鋼結構的成品展覽。這些數百個攤位來自於研發單位、政府部門、民間組織或企業、學術機構等，會場所提供鋼結構領域所開發出之軟硬體、元件、設備、材料等，對與會人員而言獲益良多。筆者對於大陸因應 2008 北京奧運會而開發的許多鋼結構成果，印象非常深刻，台灣若再不加油，將逐漸落後大陸鋼結構的研究。

（三）參加相關主題

筆者於參加此屆大陸主辦之鋼結構交流會前，由香港理工大學陳紹禮教授介紹受邀於香港屋宇署，故於 11 月 21 日先赴香港屋宇署拜訪，與香港屋宇署副總工程師及其他建管負責人員見面，討論有關香港營造施工腳手架（台灣稱鋼管鷹架）在工程實務上安全使用的問題，並參觀腳手架使用在香港建築物中的情形，再於次日與香港方面參加會議的代表，共同赴大陸上海參加會議。

三、總結與建議

海峽兩岸及香港鋼結構技術交流會為海峽兩岸三地一年一度舉辦之會議，交流會之主題涵蓋了鋼結構分析、設計、製作、安裝及材料等方面的先進經驗與最新成果，此外對於鋼結構的新理論、新技術及新材料、工程中應用等問題也都作探討。藉由參加此次交流會除了可以將研究成果與大家共同分享外，更可以瞭解目前海峽兩岸三地，在鋼結構領域各方面研發、設計、工程應用等發展現況及遇到的瓶頸，可作為未來專案計畫執行之參考。此行不但參與交流會發表論文，並與同領域之同儕相互交換研究心得與經驗，相當有收穫。此外，對於與香港屋宇署方面交流及參觀展覽會也獲益良多。

四、攜回資料名稱及內容

攜回此次『第四屆海峽兩岸及香港鋼結構技術交流會』之論文集與大會提供的相關資料。

(附件 一)

香港和台灣地區輕鋼建築和腳手架結構的穩定性分析

彭瑞麟¹ 陳紹禮² 陳冠宏³

¹ 國立雲林科技大學營建工程系 雲林縣斗六市大學路三段 123 號

² 香港理工大學土木及結構工程系 香港九龍紅磡

³ 行政院經濟部水利署中區水資源局 台中縣霧峰鄉中正路 1340 之 6 號

摘 要

本研究旨在探討營造施工新澆置混凝土以區塊載重型態，施加在門型支撐架結構中涉及極限承載力、較大反力值區域、區塊與均佈載重間關係、預警規劃等問題。研究結果顯示，區塊載重作用下之極限承載力與均佈載重分析結果甚接近，設計時可以考慮以均佈載重取代；區塊載重分析之較大反力值區域比均佈載重的分佈小，故不可用均佈載重求取較大反力值。矩形、L 形、 Γ 形等結構模式在區塊載重分析所得之不同較大反力值區域，可應用在預警規劃上。建議預警規劃位置：矩形在靠近灌漿車第二排支撐附近，L 形在遠離灌漿車之伸出部中段至頂端區， Γ 形在起始澆置的伸出部中段往外延伸區。

關鍵詞：極限載重；門型支撐架；支撐

一、前言

由台灣地區營造業職業災害資料顯示[1]，營造施工中模板支撐的倒塌意外，多半發生在混凝土澆置過程，由於新澆置混凝土在營建載重中所佔比率最大，是否因為這些新澆置混凝土載重的特殊性而引致模板支撐的倒塌，一直是令人懷疑的地方。

以往模板支撐的研究大都著重在結構本體部份(Resistance Part)[2-10]，對於荷重部份(Load Part)的研究則不多見。目前僅有針對新澆置混凝土載重配置及其澆置路徑方面之研究[11-12]。經由台灣地區 25 個工地現場調查發現，施工時混凝土實際澆置路徑因建築物造型的不同及灌漿車位置的差異，造成以微觀式之路徑來描述混凝土澆置顯得很雜亂；但若改採巨觀式之載重區塊來描述則顯得較有規律，新澆置混凝土的特性也比較明顯而且容易比對。

此外，台灣地區挑空較大的鋼筋混凝土建築物施工時，工地常採用門型支撐架作為模板支撐。當這類模板支撐發生失敗倒塌時，常造成工作人員集體性的大量傷亡，造成的生命財產損失嚴重。如何防止門型支撐架結構於混凝土澆置時的倒塌，實為值得營造工程界深入探討。

-
- ¹ 國立雲林科技大學營建工程系 教授
 - ² 香港理工大學土木及結構工程系 教授
 - ³ 行政院經濟部水利署中區水資源局 工程師

二、研究內容及重要性

本文研究主要在探討新澆置混凝土區塊載重(Pattern Load)特性對門型支撐架力學行為間的關連性，研究時先將分析結果與現有試驗值比對，以驗證分析的相關參數及分析程式的可靠性。本研究內容分為四個項目進行，其重要性如下所述：

(1)、不同載重區塊配置下之支撐系統極限承載力

支撐結構在新澆置混凝土區塊載重下的系統極限承載力(System Critical Load)，若是較傳統設計用均佈載重下之承載力小，將造成設計承載力的誤判而影響支撐結構系統安全。

(2)、不同載重區塊配置下「較大反力值」之區域

門型支撐架結構倒塌破壞模式有二：(1)直接破壞：整個結構達到極限承載力而直接失敗倒塌；(2)間接破壞：結構局部區域的支撐因承載力不足破壞，進而連鎖的引致整個結構系統破壞。直接破壞的肇因即是第(1)項中所重視的問題。造成間接破壞的原因，則是源於影響面效應(Influence Surface Effect)。當新澆置混凝土以載重區塊的方式施加在結構體上，由於影響面效應，使得各載重區塊放置時，某支撐處會有一相應的最大反力值出現。若不考慮這些最大反力值出現時間而僅考慮出現位置，則可規劃出一個較大反力值區域。此時較大反力值區域內的支撐可能因比他處支撐先達破壞載重而先破壞，進而連鎖性的造成整個系統的倒塌。

(3)、設計上均佈載重與區塊載重間關係

新澆置混凝土是以逐次施加的方式施加在模板上，不僅相同的結構有不同的區塊施加方式，不同的結構更也有他種的施加方式。是否可使用單純的「均佈載重」代替複雜的「區塊載重」，以簡化支撐結構的分析及設計，值得探究。

(4)、不同載重區塊配置下之預警規畫

門型支撐架工程結束後即拆除，由於其為臨時性的結構較易被忽視，以致門型支撐架的施工精度及材料品質較不易達到要求，因此容易造成組搭後的強度與原設計值差距過大，在安全考量上，實有必要針對可能因這些誤差所引致的支撐倒塌預作考量。

預警系統的規畫，首要之務在於如何先定出支撐較大反力位置及分佈，可使用第 2 項所求得較大反力值區域內裝設以「荷重」量測為主之預警儀器。由於可量測到較大反力值而發出警訊，可達到預先疏散人員的預警效果。

基於上述，本文以「較大反力值區域」概念解決預警問題。在研究上先採用造成人員傷亡較大之門型支撐架為研究對象，針對不同區塊載重配置程序求取各類結構內較大反力值區域，再比較及分析各區域之共通性，即可得出一般灌漿作業下工地模板支撐通行之較大反力區。

三、材料性質與分析基本模式

本研究採用二階彈性之數值分析，使用的數值分析軟體，為香港理工大學陳紹禮教授所發展之 GMNAF 程式[13]。此 GMNAF 為 DOS 版本，相似功能之軟體目前已發展出 WINDOWS 版本之 NAF-NIDA[14]，目前此 NAF-NIDA 已廣泛的在台灣地區營造工程界門型支撐架承載力分析及設計上使用。本研究分析時為模擬支撐結構體本身之初始不完美性(Initial Imperfection)，採用總載重的 0.1% 作為結構系統之虛擬等值

側向力(Notional Lateral Force)。

3.1 材料性質

本文採用的門型支撐架及相關附件之尺寸及斷面之平均值如表 1。門型支撐架之彈性模數 E 採用一般鋼料標稱值 200 Gpa (2.04×10^6 kgf/cm²)，鋼管之降伏強度 F_y 則為 428 Mpa (4.364×10^3 kgf/cm²)。

3.2 分析模式結構本體部分 (Resistance Part)

根據台灣中部地區 25 個工地實際調查結果發現，目前房屋建築工地可歸納為「矩形」、「L 形」及「 Γ 形」三種結構模式。其中 L 形及 Γ 形結構為整體性，若非整體且具連續性，則將視為數個獨立矩形結構模式的個別組合。今將門型支撐架系統配置其中如圖 1 之上視圖結構模式，箭頭方向表示以下本文分析時門型支撐架組搭跨數增加的方向。

本文採用的基本模式如圖 2 所示，為中興大學戶外全尺寸五排三跨三層(5-Row 3-Bay 3-Story)之門型支撐架系統，藉此比對該載重試驗之結果[4]，其他分析之 L、 Γ 形結構均以此門型支撐架結構為依據來改變。

3.3 分析模式載重部分 (Load Part)

本文使用的區塊載重與傳統設計用之均佈載重不同，區塊載重施加的方式如圖 3 所示，門型支撐架頂層模板以虛線描繪的每一方格，其四個角落上各有向下垂直的箭頭，每四個箭頭表示一個載重區塊。此外，圖中以實線繪製之水平折線，其箭頭方向表示載重區塊施放順序，本文其他結構模式之載重區塊的施放，均是據此要領施加在門型支撐架結構上。

四、試驗比對

為驗證 GMNAF 分析程式在區塊載重使用時的可靠程度，研究先比對中興大學門型支撐架結構全尺寸戶外載重試驗的結果[4]。圖 4 所示為中興大學採用 Case A、B、C 三種區塊載重配置程序，實線繪製之折線表示不同載重配置下的載重區塊施加程序。分析結果發現，較大支撐反力值主要落在幾個支撐的位置上。圖 5~7 分別為 Case A、B、C 之理論數值分析（實心點）與試驗結果（空心點）比對的情形，可以發現二者配置趨勢甚為相近。

不過由於試驗與理論分析的基本假設並不完全相同，如：鋼管接頭不連續、模板版面不連續、載重區塊之分割、砂包載重堆置不均等現況和純理論分析的理想假設有所不同，故系統最大反力發生位置與試驗不可能完全一樣，不過最大反力發生區域的分佈趨勢卻很相近。本節分析結果證明程式分析的可信度頗高，以下將使用此方式針對工地調查之結構模式及不同載重區塊配置分析。

五、分析結果與討論

5.1 系統極限承載力

針對矩形五排三跨三層之門型支撐架結構系統進行「區塊載重」施加方式（如圖 3 所示）之極限承載力分析，並將分析結果與「均佈載重」施加方式作比較。此外，圖 8 顯示一均佈載重的施加方式，由此方式施載後，可得其極限承載力 520 kN (53 tonnes)，此與中興大學門型支撐架系統戶外全尺寸載重試驗之

破壞值 553 kN (56.4 tonnes)甚為接近[4]。分析時發現當逐步施加载重區塊至 53 tonnes 左右時，程式分析自動停止，故以「區塊載重」施加結果與「均佈載重」所獲結果極相近。數值分析亦顯示，當區塊載重的區塊切割越小，其承載力與均佈載重所獲得之結果將越為接近。

分析所得之載重-位移圖 (P- Δ 圖) 如圖 9 所示，可發現區塊載重下的 P- Δ 圖與傳統結構穩定分析之 P- Δ 圖不相同。基本上，由區塊載重所得之 P- Δ 圖，無法直接以二階線性分析觀念獲得系統之極限承載力。由於區塊載重與均佈載重二者分析結果甚為相近，因此本研究可考慮以「均佈載重」的方式求取系統之極限承載力，以取代複雜之區塊載重之分析。

5.2 「較大反力值」區域

營建施工中之門型支撐架系統為一高度靜不定結構，於混凝土施載的過程中有影響面效應(Influence Surface Effect)的產生[11-12]，當支撐結構尚未達到該系統之極限承載力前，於每一載重區塊施加時，系統中支撐反力之最大值及其發生位置，常隨著載重區塊的施加而有所改變。本文「較大反力值區域」依此概念，在整個施載過程中，將支撐前數個最大反力值發生位置，規劃成為某一特定區域。

「較大反力值區域」使用前提為結構系統尚未達極限承載力，即為間接破壞。這些反力值為「相對」較大值，亦即在某特定程序下，當改變總外載重比例時，系統相對較大值亦會依比例改變，而較大反力值間之比值不會改變。以下即針對三種調查所得之結構模式進行探討：

矩形模式：

經工地調查所得區塊載重程序有矩形結構(一)及(二)兩類，載重區塊的施加情形見圖 10 及 11，圖中編號為各區塊載重施加程序。當各載重區塊逐次施加在結構上，同時將兩種結構較大反力值區域重疊繪製如圖 12，圖中實體圓及空心圓分別為矩形結構(一)及(二)分析結果。雖然載重區塊配置程序不同，但二者較大反力值區域甚為接近。

若再將分析結果與中興大學載重路徑試驗結果比較 (見圖 5 及圖 12)，可以發現矩形結構左下角附近編號 44、76、193、204 等處，均曾有最大反力值。由於這二類矩形結構載重區塊的配置，是依照工地實際調查結果所得，因此這些結果對工地矩形結構較大反力值的採用有其參考價值。

L 形模式：

依照工地現場調查結果，L 形三、六及十二跨結構之載重區塊配置程序分別如圖 13~15 所示。當各載重區塊逐次施加後，可分別得到圖 16~18 的較大反力值區域。圖中實心圓為較大反力值位置編號，而箭頭標示的數值則為分析計算的反力值，由於這些數據大小較為接近，故選取作為較大反力值之代表值。由以上不同跨數分析結果發現，其相應之最大反力發生位置多半重覆出現在少數幾個點。而其發生位置主要在 L 形伸出部份靠近外側，接近伸出部中段與頂部之間的支撐點附近。亦即隨著 L 形跨數增加時，較大反力值發生區域有向 L 形伸出方向移動的趨勢，可視為座落在 L 形伸出部的上半部附近 (見圖 16~18)。不過值得注意的是，此伸出部份為灌漿起始區域，至於非起始區之 L 形伸出部，則不是較大反力值的發生區域。

□形模式：

依照工地調查結果，□形三、六跨結構載重區塊的施加程序見圖 19 及 20。其較大反力值區域見圖 21 及 22，分佈在兩個伸出部，不過較大範圍的區域在左側伸出部，其餘則零星分佈在其他位置。

由圖 21 及 22 發現，較大反力值發生區域亦是在灌漿起始區域之 \square 形伸出部，與 L 形發生區域相當近似，不過範圍分佈零星散佈在另一伸出部份或是矩形區域塊上，在設計應用上，可忽略此零星散佈的單獨較大值，而著重在有較大範圍的區域。

5.3 設計上均佈載重與區塊載重間關係

本節主要著重在區塊載重施載過程與均佈載重完全施加後，二者支撐較大反力值的相對位置及大小的比較。藉此瞭解是否可直接使用均佈載重來取代複雜之區塊載重的分析。

本節採用工地調查所得之三種結構模式進行探討，均佈載重施加方式如圖 8，而區塊載重則如圖 3 的方式施載。詳細內容分述如下：

矩形模式：

矩形結構(一)及(二)載重區塊施加程序不同，但就均佈載重的觀點來看，此二者仍視為同一施載類型。圖 23 為均佈載重下支撐反力以三維方式分佈的情形，可看出中央部份的支撐反力值較大。

圖 24 為將圖 23 中等高線圖部份以支撐編號方式表示，可發現矩形結構外緣支撐位置內縮一圈有較大反力值，而此內縮一圈的四個角，即編號 44、76、545、577 等四個點上有較大的反力值。此外，將此內縮圈以斜線標示所得的較大反力區域，此結果與參考文獻[12]結果極為相近。

圖 25 為將均佈載重分析結果與圖 5 區塊載重結果比較的情形，為方便說明僅採用矩形結構(一)，圖中實體圓心為區塊載重分析結果，空心符號則屬均佈載重。圖中顯示二者較大支撐反力值發生位置有其相似之處，均在灌漿起始區域附近的左下角處有較大反力值的發生。矩形結構模式下，二類載重分析結果頗為近似。

L 形模式：

三、六及十二跨之 L 形結構進行均佈載重的分析，可得到等高線圖 26~28 之支撐反力值之分佈。圖 29~31 為將這些均佈載重較大反力值，與圖 16~18 之區塊載重分析結果繪製在同一張圖之情形，圖中實心符號為區塊載重分析結果，空心則為均佈載重之分析情形。比較圖 29~31 三圖可以發現，三者較大反力值位置，在 L 形伸出翼靠外緣中間部分向外延伸區域有重疊現象，雖然三圖皆有其共通性，不過差異頗大。由分析結果發現，區塊載重與均佈載重較大反力值區域雖然有其共通性，不過均佈載重之較大反力值分佈區域要比區塊載重的廣，在設計上屬於不保守，因此設計上不適合用均佈載重推測區塊載重的較大反力值區域。

\square 形模式：

三及六跨 \square 形結構均佈載重分析之支撐反力分佈情形如圖 32 及 33，為容易判定其分佈趨勢，以立體分佈及等高線方式表示。

圖 34 及 35 是將這些均佈載重較大反力值區域，與圖 21 及 22 區塊載重分析結果繪製在同一結構的情形，符號定義與上節同。由分析結果發現，二者較大反力值發生區域有其共通性，即是以對稱方式分佈在 \square 形的兩個伸出部上，而且較 L 形結構分佈更大，此與圖 21 及 22 區塊載重集中在單一伸出部中段附近不太相同。因此，在設計上均佈載重不太適合取代區塊載重的較大反力值分析。

5.4 以反力為基礎之預警設備規畫

模板支撐預警系統在工地最常面臨的兩個問題，分別為：(1)依據什麼為量測指標？(2)裝設在何處？由於支撐系統的倒塌涉及結構不穩定破壞(Instability Failure)，因此「荷重」為指標的量測要較「位移」指標為佳，這可解決第一個問題。但是為數不多之荷重量測儀器，裝設在大面積澆灌區中什麼位置，卻一直是不易解決的第二個問題。本文提出「較大反力值區域」的概念，對於這第二項問題不啻提供了一個可行的解決方案。

本節採用台灣地區工地常見之矩形、L形及冂形結構模式，以及各結構模式常用之「區塊載重」配置程序，進行「較大反力值區域」為預警位置之規畫。由以上分析結果可以獲得預警規劃區域，本文建議之門型支撐架預警區域如下所述：

矩形模式：

如圖 36(A)所示，L 狀區域為矩形結構模式之預警規劃位置，依據圖 5 及圖 12 之試驗及分析結果，可選在靠近灌漿車附近左側第二排支撐附近，即圖中 A 點附近並向箭頭方向延伸裝設儀器，必需注意 X 及 Y 軸方向應含有兩排支撐。

L 形模式：

如圖 36(B)所示，依據圖 16~18 之分析結果，本結構模式預警規劃位置之起始點，可選定在 L 形結構伸出部中段附近，即如圖 36(B)中所示 A 點，以此中心點稍後一些再向伸出部頂端延伸數個點，即在圖中箭頭所示之方向依序裝設儀器。

冂形模式：

如圖 36(C)所示，依據圖 21 及圖 22 的分析結果，本結構模式預警規劃位置之起始點，亦可選定在冂形結構左側伸出部中段附近，如圖 36(C)中所示之 A 點，再按箭頭所示之方向，由 A 點向伸出部頂端延伸數個點依序裝設儀器。

這些預警規劃位置，主要憑藉本文初步研究的結果，由於這些「較大反力值區域」的分析例子不多，因此仍須更進一步的研究，使得研究成果之可靠度得以提高。

六、結論與建議

經由各項分析可得以下結果，不過由於本文著重在理論探討，部分結論尚需要進一步試驗作確認，本文具體之結論分述如下：

- (1)、本文分析方式與中興大學載重試驗結果比對，二者較大反力值發生區域頗為接近，可驗證本文分析方式之可靠性。
- (2)、門型支撐架結構以「區塊載重」及「均佈載重」分析所得之極限承载力甚為近似，在設計上，可考慮以「均佈載重」取代複雜之「區塊載重」。
- (3)、矩形、L形、冂形結構之區塊載重分析，可獲得不同之較大反力值區域，同類型結構有相似之分佈，其結果如圖 12，16~18，21~22 所示。
- (4)、L、冂形均佈載重之較大反力值分佈區域比區塊載重來的廣，在設計上並不保守，故不適合用均佈

載重推測區塊載重的較大反力值區域。

- (5)、矩形結構之預警規劃區域，約在靠近灌漿車附近第二排支撐位置附近；L形結構約在遠離灌漿車之L形伸出部的中段至頂端附近；T形結構與L形相似，亦在起始澆置的伸出部中段往外延伸，詳細情形如圖36所示。

六、致謝

本計畫工地勘察由勞委會出面協調，試驗數據由中興大學土木系顏聰教授提供，分析資料吳正隆同學幫忙整理，特此一併誌謝。

參考文獻

1. 行政院勞委會，“營造業職災害實例 - 1991~2003”，共13冊。
2. 楊永斌、高健章、呂良正、張國緯、吳世雄、杜偉明，“模板支撐架縮小模型之自然頻率量測及理論分析”，勞工安全衛生研究季刊，第3卷，第4期：pp.93-104，(1995)。
3. 呂良正、高健章、楊永斌、黃偉熙、黃木源、鄒慶暉、吳世雄、林楨中，“鋼管鷹架之承載力及頻率量測研究”，勞工安全衛生研究季刊，第5卷，第2期；pp.1-13，(1997)。
4. 顏聰、黃玉麟、紀人超、林宜清，“鋼管鷹架之支撐能力”，中國土木水利工程學刊，第8卷，第1期，pp.33-34，(1996)。
5. 顏聰、林宜清、黃玉麟、彭瑞麟、蔡慰龍，“鋼管鷹架模板支撐在偏心載重作用下之承載力”，中國土木水利工程學刊，第9卷，第4期，pp.655-663，(1997)。
6. 顏聰、彭瑞麟、林宜清、陳豪吉、耿彥偉，“鷹架模板支撐系統使用木支撐之承載力”，中國土木水利工程學刊，第11卷，第1期，第55-65頁，(1999)。
7. Mosallam, K. and Chen, W. F., “Design Considerations for Formwork in Multistory Concrete Buildings.” *Engrg. Struct.*, 12(7), 163-172 (1990).
8. Peng, J.L., Pan, A.D.E., and Chen, W.F., “Approximate Analysis Method for Modular Tubular Falsework,” *Journal of Structural Engineering, ASCE*, Vol. 127, No. 3, pp.256-263 (2001).
9. Peng, J.L., Pan, A.D.E., Chen, W.F., Yen, T., and Chan, S.L., “Structural Modeling and Analysis of Modular Falsework Systems,” *Journal of Structural Engineering, ASCE*, Vol. 123, No. 9, pp.1245-1251 (1997).
10. Weesner, L.B. and Jones, H.L., “Experimental and Analytical Capacity of Frame Scaffolding,” *Engineering Structures* 23, pp.592-599 (2001).
11. Peng, J.L., Rosowsky, D.V., Pan, A.D., Chen, W.F., and Yen, T., “Analysis of Concrete Placement Load Effects Using Influence Surfaces,” *Structural Journal, ACI*, V. 93, No. 2, pp.180-186 (1996).
12. Peng, J.L., Yen, T., Lin, I., Wu, K.L., and Chen, W.F., “Performance of Scaffold Frame Shoring Under Pattern Loads and Load Paths,” *Journal of Construction Engineering and Management, ASCE*, Vol. 123, No. 2, pp.138-145 (1997).
13. Chan, S. L. and Zhou, Z. H., “A Pointwise Equilibrium Polynomial (PEP) Element for Nonlinear Analysis of Frame,” *ASCE Journal of Structural Engineering*, Vol. 120, No. 6, June, pp.1703-1717 (1994).
14. Chan, S. L., “NAF-NIDA: User's Manual,” Hong Kong Polytechnic University, 7th edition, (2006).

Influence of Concrete Pattern Loads on Door-type scaffolds in Construction

Peng Jui-Lin¹ Chan Siu-Lai² Chen Kuan-Hung³

¹ Department of Construction Engineering, National Yunlin University of Science and Technology

² Department of Civil and Structural Engineering, The Hong Kong Polytechnic University

³ Central Bureau, Water Resources Agency, Ministry of Economical Affairs, Executive Yuan

ABSTRACT

This paper investigates the critical loads, areas of larger reaction forces, relationships between pattern and uniform loads, and alarm plans induced by the pattern-type loads of fresh concrete placed on of the door-type scaffolds during construction. This research reveals that the structural design can use the uniform load since the critical loads of the scaffold system under the pattern load is closed to that under the uniform load. The uniform load is inappropriate for calculating the larger reaction force since the area of larger reaction forces induced by pattern loads is smaller than that induced by the uniform load. The alarm plan can use the three structural models of rectangle, L , and \square types since the areas of their larger reaction forces are different in the analyses under pattern loads. In the alarm plan, the suggestive position of the rectangle type locates near the second line around the concrete pump, that of L type locates near the middle to the top regions away from the concrete pump, and that of \square type locates the area extended from the middle region on the initial concrete placing place.

Keywords: Critical Load, Door-type Scaffold, Shore

¹ Department of Construction Engineering, National Yunlin University of Science and Technology, Professor

² Department of Civil Engineering, Hong Kong Polytechnic University, Professor

³ Central Bureau, Water Resources Agency, Ministry of Economical Affairs, Executive Yuan, Engineer

表 1 門型支撐架單元之斷面尺寸

Cross Section	D ₁ (cm)	D ₂ (cm)	A(cm ²)	I(cm ⁴)	J(cm ⁴)
A-A	4.30	3.86	2.82	5.88	11.77
B-B	2.70	2.40	1.20	0.98	1.96
C-C	4.30	3.86	2.82	5.88	11.77
Cross Brace	2.15	1.8	0.92	0.44	0.88

附註：

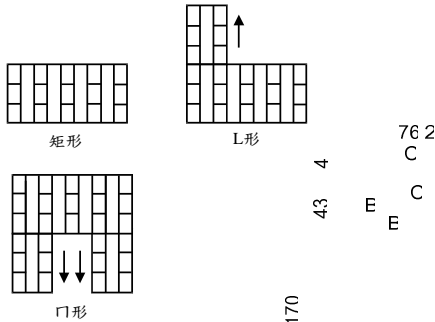
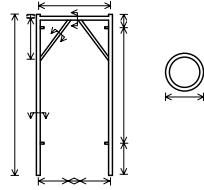


圖 1 門型支撐架配置上視圖（矩形、L、口形）

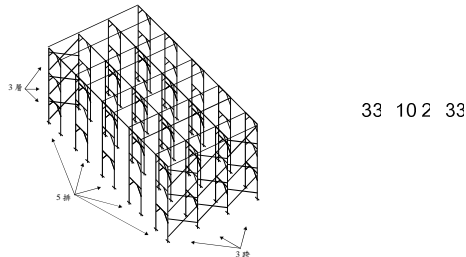


圖 2 矩形五排三跨三層門型支撐架系統示意圖

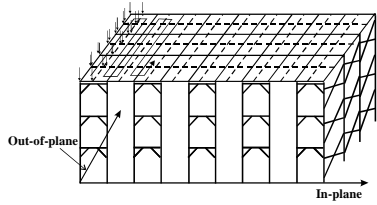


圖 3 區塊載重施放門型支撐架上示意圖

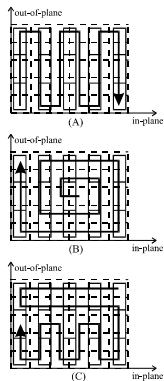


圖 4 中興大學門型支撐架載重試驗載重區塊施加程序^[3]

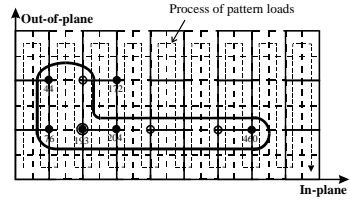


圖5 Case A較大反力分析值與試驗值位置比較

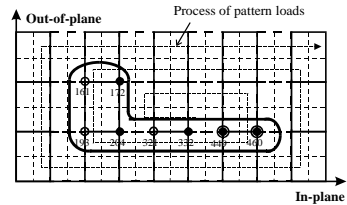


圖6 Case B較大反力分析值與試驗值位置比較

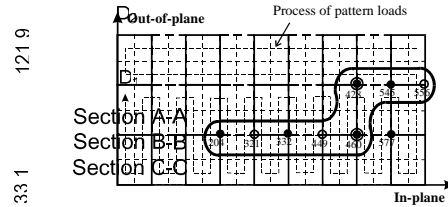


圖7 Case C較大反力分析值與試驗值位置比較

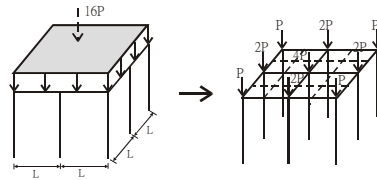


圖8 均佈載重施放點配置

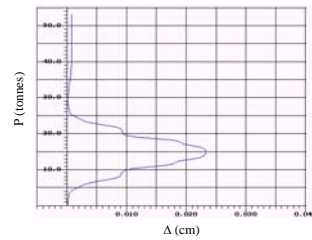


圖9 CaseA區塊載重下門型支撐架受力之P-Δ圖

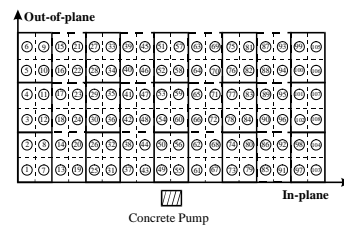


圖10 工地調查矩形結構(一)區塊載重配置程序

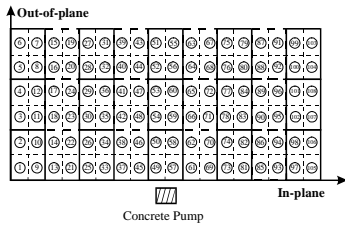


圖11 工地調查矩形結構(二)區塊載重配置程序

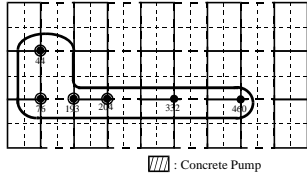


圖12 矩形結構(一)與(二)最大反力發生位置比較

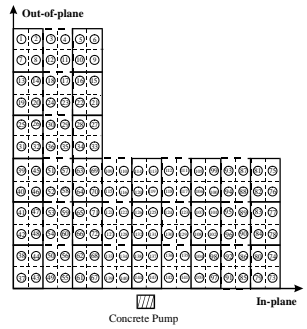


圖13 工地調查L形三跨結構區塊載重配置程序

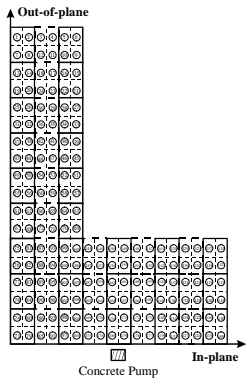


圖14 工地調查L形六跨結構區塊載重配置程序

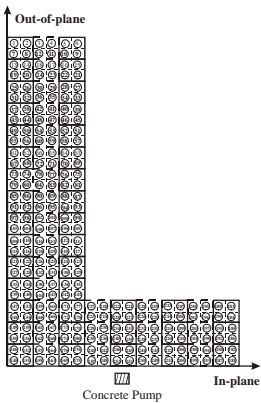


圖15 工地調查L形十二跨結構區塊載重配置程序

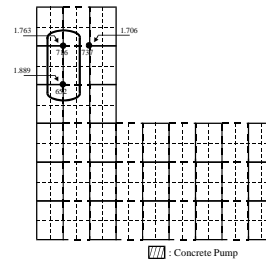


圖16 L形三跨結構區塊載重路徑下較大反力區域

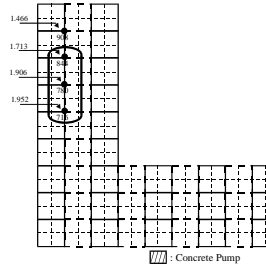


圖17 L形六跨結構區塊載重路徑下較大反力區域

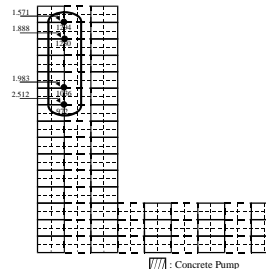


圖18 L形十二跨結構區塊載重路徑下較大反力值區域

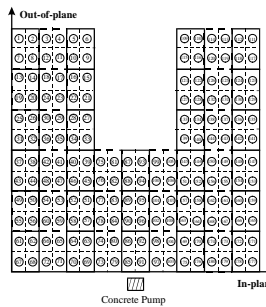


圖19 工地調查U形三跨結構區塊載重配置程序

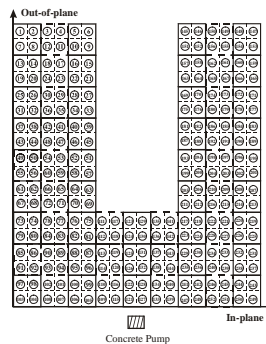


圖20 工地調查U形六跨結構區塊載重配置程序

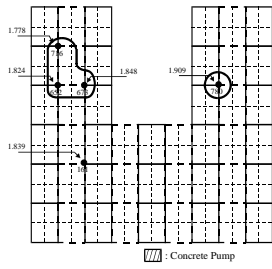


圖 21 ㄇ形三跨結構區塊載重路徑下較大反力值區域

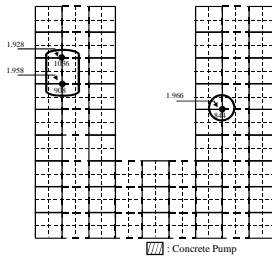


圖 22 ㄇ形六跨結構區塊載重路徑下較大反力值區域

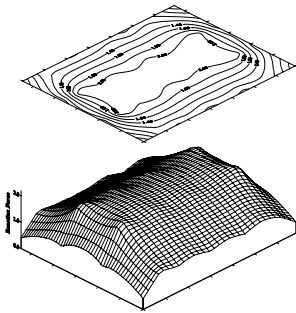


圖 23 均佈載重下矩形結構(一)及(二)均佈施載下軸力反應圖

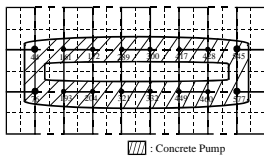


圖 24 矩形結構(一)(二)全部加載後較大反力值發生位置比較

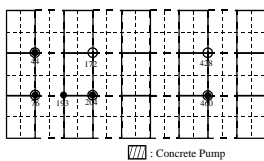


圖 25 矩形結構(一)區塊載重與均佈施載較大反力值發生位置比較

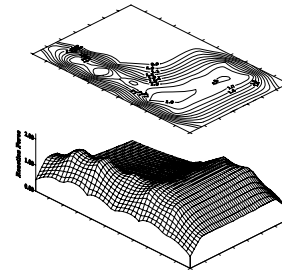


圖 26 均佈載重下 L 形三跨門型支撐架之鋼管軸力反應圖

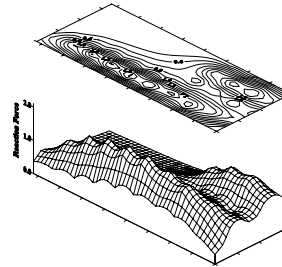


圖 27 均佈載重下 L 形六跨門型支撐架之鋼管軸力反應圖

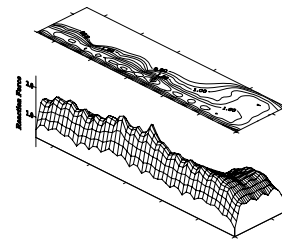


圖 28 均佈載重 L 形十二跨門型支撐架之鋼管軸力反應圖

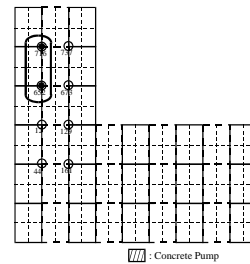


圖 29 L 形三跨結構區塊載重與均佈施載較大反力值位置比較

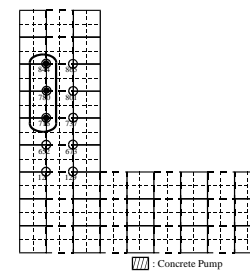


圖 30 L 形六跨結構區塊載重與均佈施載較大反力值位置比較

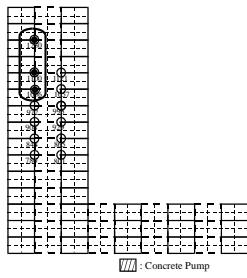


圖 31 L形十二跨結構區塊載重與均佈施載較大反力值位置比較

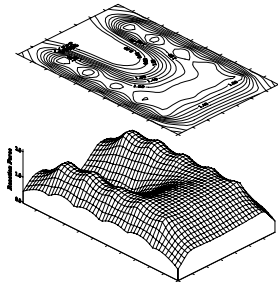


圖 32 均佈載重下口形三跨門型支撐架結構之鋼管軸力反應圖

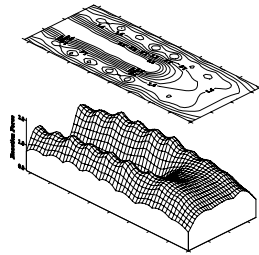


圖 33 均佈載重下口形六跨門型支撐架結構之鋼管軸力反應圖

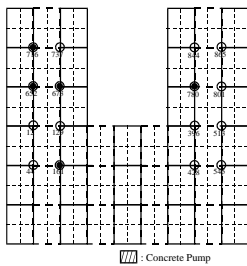


圖 34 口形三跨結構區塊載重與均佈施載較大反力值位置比較

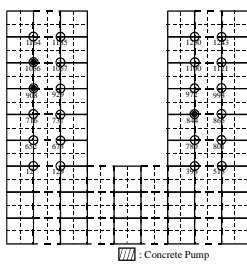
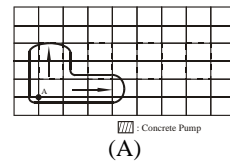
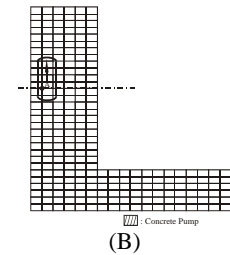


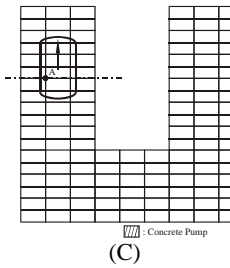
圖 35 口形六跨結構區塊載重與均佈施載較大反力值位置比較



(A)



(B)



(C)

圖 36 矩形、L形、口形結構模式預警規劃建議位置