

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果

—摘要報告

建築物行人流微觀模擬模式建立與設計應用之研究

計畫編號：NSC-89-2211-E-002-042

執行期間：88年8月1日至89年7月31日

主持人：許添本

執行單位：臺灣大學土木工程學研究所

摘要

關鍵詞：行人流理論、網路化分析、微觀模擬、人行服務水準

現行法規與規劃設計手冊對於捷運、高速鐵路車站及航空站等建築物之規劃與設計，雖已由設施服務水準與緊急疏散等方面進行相關設計標準之要求，然此等規範多從建築設計之觀點出發，且欠缺對於各項設施及建築單元相互關係之規範。因此，本研究旨在藉由行人流理論、行人緊急疏散特性、網路化概念，應用模擬方法建立建築物行人流微觀模擬模式，用以輔助建築物設計並評估其服務績效與安全。

本研究首先將綜合整理並探討行人流理論，透過攝影資料分析建築物(特別是場站)行人流之特點，並研究公共區域、非公共區域、服務設施等候空間行人之行為。其次，針對一般情況下站內服務設施、車站附屬營利設施以及緊急疏散等不同情況之行人流進行分析，以提出適合微觀模擬所需之行人流理論。

關於網路化分析方面，首先針對建築物內部各單元，包括：大廳、

通道、售票口、驗票口等平面單元及等候空間，以及電梯、電扶梯、樓梯等垂直銜接單元等，分析其特點並提出於微觀模擬時可採行之方法論。其次，將各單元利用路網結構加以串聯。利用一個模擬來將整個捷運車站之人行設施加以路網化，做為模擬的基礎。

本研究最後經由行人流理論之建立與網路化分析技巧之引入，撰寫模擬模式，並針對實例進行模式之校估與驗證，以建立本土化之建築物行人流微觀模擬模式。其次，利用模擬模式為工具，透過行人服務水準及設施服務水準指標之建立，應用來做為檢討建築物人行空間之服務水準的基礎。

Abstract

Keywords : Pedestrian Flow Theory, Network Analysis, Microscopic Simulation, Level of Service of Pedestrian Facility.

There are some Guidelines and Planning Manuals for pedestrian facility in a MRT system station,

High-Speed Railway station, or airport. The interaction between different pedestrian facilities in building is still ignored. This study try to apply Pedestrian Flow theory and involve the characteristics of evacuation and Building Network Concept, establish Microscopic Simulation Model of Pedestrian Flow in building to assist engineer to design the layout of building.

At first, the study reviews existing pedestrian low theories. Secondly, using Camera recording data the pedestrian traffic flow model is developed. And then, basing on the pedestrian traffic flow model, the microscopic simulation system is developed using the concept of combining microscopic movement with microscopic velocity determination process.

Regarding Network analysis, a network for simulation is established by analyzing the characteristics between different facilities including lobby, elevator, stairs etc. At the end, using a concept of pedestrian-oriented network method, a network is created for simulating the pedestrian of a MRT station.

Finally, a microscopic simulation model is created and taking two MRT stations in Taipei as the example to calibrate and validate the simulation model. Combing

with a Level of Service classification result by using the fuzzy cluster method, the simulation system can be used to simulate the level of service of pedestrian space in a MRT station.

一、緒論

對於捷運、高速鐵路車站及航空站等建築物之規劃與設計，現行法規與規劃設計手冊大都由設施服務水準與緊急疏散等方面進行相關設計標準之要求，包括通道最小寬度及長度、電扶梯之寬度、速度及設置數量、消防設施、防火區隔.....等。然此等規範多從建築設計之觀點出發，給定個體(單項)最大、最小限制或建議值，不單缺乏對類似建議值之科學化分析，且欠缺對於各項設施及建築單元相互關係之規範。如此一則無法提供科學化數據具體說明不同數值對於規劃設計結果之影響，其次也無法反應空間配置差異所造成之影響。因此，本研究希望針對建築物內部行人流動及服務水準相關問題進行研究，分別就一般狀況與緊急疏散兩種不同情形，利用模擬方法引入行人流理論、行人緊急疏散特性與網路化概念等，建立建築物行人流微觀模擬模式，模式雛型構建完成後，先以動線簡單之捷運車站為對象，進行相關模式測試與驗證工作，以作為未來開發建築物模擬模式之基礎。模擬程式開發完成後，將得以應用科學化方法評估建築內部設計與配置之良窳，模擬並提供建築物設計相關規範科學數據，藉以輔助建築物規劃與設計，評估其服務水準。

本研究將建築物內部行人之流動分為一般情況與緊急疏散等兩類，本研究擬以捷運車站為對象，分別構建模擬

模式模組。其中利用網路化分析方法構建模擬路網，行人於車站建築物內不同設施，如：通道、樓梯、電扶梯等之行進模式先以巨觀模式產生速度，而推進方式則以微觀方式處理，並且預留模擬程式彈性架構，以作為研究發展微觀行為門檻推進模式之基礎。主要研究工作依行人流理論、路網構建方式、服務水準評估等三部份。

二、研究成果

本研究已完成之研究成果分述如下：

- (一)有關行人流特質、影響行人流之因素與相關文獻之彙整與探討。
- (二)針對平面交通系統、垂直交通系統之緊急疏散行人流文獻回顧與實驗資料彙整分析，做為模擬系統建立之基礎。
- (三)針對一般行走狀況下，有關平面交通系統與垂直交通系統行人流之調查與巨觀密度、速度、流量關係式之建立。所建立之關係式為模擬系統中用來決定不同行人密集程度下的行人速度的依據。
- (四)整合一般狀況與緊急疏散狀況建築物內部行人流模擬模式雛型之建立。並加以驗證。在認定初步可行之後，再配合服務水準評估方式建立未來應用體系。
- (五)針對模擬程式部份，共包括：產生源副程式，其中有月台產生源副程式及車站辦公室產生源副程式；平面通道副程式，其中有一般狀況平面通道副程式及緊急疏散通道副程式；樓梯通道副程式，其中有一般狀況樓梯通道副程式及緊急疏散樓梯通道副程式；電扶梯副程式及決策點選擇副程式等。程式目前以 Fortran 撰寫。未來考慮改成 C++，以增

加擴充可能性。

- (六)以捷運新店線公館(臺灣大學)站與板南線之忠孝復興站進行模式測試。發現最小或最大疏散時間，一般狀況下均較緊急疏散時間為長且時間分佈較廣，而緊急疏散分佈較集中且波峰較高(人數較多)。而且由另行採用模擬系統驗證服務水準模擬評估結果顯示，以忠孝復興站為例，以 15 分鐘為單位，比較觀測流量值與輸出流量值之差別相當小，且觀測之服務水準與模擬之服務水準相當一致。
- (七)由針對不同之捷運車站內部尖、離峰，行人相關設施(通道、樓梯)，分析其服務水準評估分級情形，再使用「模糊理論」分級法，利用問卷方式，完成構建一套新的捷運車站行人通道服務水準評估模式。可做為應用模擬結果的基礎。

三、結論與建議

經由行人流之文獻回顧，行人流模式之實驗與現場調查，行人流微觀模擬系統的驗證與建立，行人設施服務水準分級之建立，共同構成了一個初步可以應用來模擬評估捷運車站設施的模擬應用系統。

- 1.行人在緊急避難逃生過程的行人流模式與平時之行人流模式不同，本研究之調查結果，建立之不同的 Q (流量)， K (密度)， V (速度)之關係式將可做為比較之基礎。
- 2.由於行人在捷運站之人行通道行走時，必須經過一些不同的地點，各別會對捷運站績效有所影響，故而使用系統模擬有助於評估整體系統

- 之績效。
3. 本研究所建立之模擬系統，係以微觀行人推進，在不同之人行空間上，以時間掃描方式前進，可在不同之人行設施上使用不同的推進邏輯。而其中決定每個時間的行人速度則依據行人流模式之巨觀判斷，以克服目前尚無法模式化的微觀行人互動之速度決定問題。
 4. 由於模擬過程發現有許多地方，特別是樓梯口或驗票口等地方無法建立適當的模式來加以分析，因此，本研究將之只先納入巨觀模式中綜合考慮，可以模擬行人過程，亦可做為進一步探討更精緻之分析方法的基礎。
 5. 目前在服務水準分級上，發現各國所用之分級方式大同小異，可以採用任何一種做為分級之基礎，只是本研究再自行使用民眾觀感的模糊分級法，所訂之分級方式應較符合現階段民眾之看法。
 6. 建立模擬系統有助於針對不同的未來可能之乘客數量模擬評估服務水準。有助於改善捷運車站之設計。只是模擬系統之建立相當困難。本研究也只能取得初步之建立成果。
 7. 本文雖然曾嘗試探討是否可以採用比較類似車流跟車行為方式，來建立微觀行人模式，但是因為無法取得有效及有規則之數據資料，故而先以密度之巨觀決定速度方式進行研究。有關比照跟車之跟人模式，是否可以建立，尚有待未來進一步研究。
 8. 本研究發現行人流之調查分析及模擬研究，與行人設施服務水準方

面，有相當多的研究課題，在追求提供乘客及行人更好的交通空間的目標下，須要更多人投入研究，希望本研究能做為一個起點，綜合出行人流觀測到服務水準模擬評估，到取得更好的設計成果，也引起更多人投入此一研究領域。

四. 參考文獻

內政部建築研究所籌備處，高層建築物防災設計準則之研究，79年8月。

黃文旭，建築物避難通道安全性評估方法之研究 — 以電影院為例，成大建築研究所碩士論文，77年6月。

蔡輝昇，行人道系統之研究，台大土研碩士論文，68年6月。

曹壽民等，行人道系統改善規劃，台大土研，76年5月。

張益城，捷運車站規劃專家系統雛型之研究，台大土研碩士論文，80年6月。

沈東石，建築物內部人員交通系統緊急疏散效率之評估模型與應用，台大土研碩士論文，83年6月。

日本建設省建築研究所，建築物的防火設計法的開發，昭和58年3月。

Abishai P. Joesph L. Schofer, and Ariela Ushpiz, Pedestrian Flow and Level of Service, Vol. 109, No.1 January, 1983, PP.46~56, Journal of Transportation.

A. Tom Habicht and John P. Braksma, Effective Width of Pedestrian Corridors, Vol. 110, No. 1, January, 1984, PP.80~93, Journal of Transportation.

C.J. Khisty , Pedestrian Flow Characteristics Stairways During Disasten Evacuaton , Transportation Research Record 1047 ◦

Feb. 1991, PP.75 ~ 78, Traffic Engineering + Control.

Dennis G. Davis and Jhon P. Braaksma, Level-of-Servic Standards for Platooning Pedestrians in Transportation Terminals, April 1987, PP. 31~35.

Fred. Stahi, HBFIRES-II: A Behavior Based Computer Simulation for Emergency Egress During Fires, Fire Technology.

Geoffrey N. Berlin, A Simulation Model for Assessing Building Firesafety, Fire Technology.

Geoffrey N. Berlin etc., Modeling Emergency Evacuation from Group Homes, Sep. 1980, PP.38 ~ 48, Fire Technology.

Gunnar G. Lovas, Modeling and Slimulation of Pedestrian Traffic Frow, Transportation Research, B Vol28B, No 6, pp429-443,1994.

Jhon J. Fruin, Pedestrian Planning and Design, 1971.

John J. Fruin, Pedestrian System Planning for High-Rise Buildings, Vol. 100, No. TE3, August, 1973, PP.675~686, Journal of Transportation.

Jake Pauls, The Movement of People in Buildings and Design Solutions for Means of Egress, Feb. 1984, PP.27~47, Fire Technology.

Masamitsu Mori and Hiroshi Tsukaguchi , A New Method for Evaluattion of Level of Service in Pedestrian Facilities , Transpn. Res. A Vol.21A. No.3 , 1987.

P. N. Daly, F. Magrath and T.J. Annesley, Pedestrian Speed/Flow Relationships for Underground Stations,