行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告

捷運地下空間通風

計劃編號:NSC 89-2212-E-002-061

執行時間:88/08/01 ~ 89/07/31

主持人: 陳發林教授 研究生：蔡龍生先生

執行單位：國立台灣大學 應用力學所

摘要

在本研究中，以台北捷運地下段中的公館站為中心，選取萬隆站、公館站、台電大樓站段為分析範圍，並且分別探討於不同地方發生不同大小的火源時(10MW & 20MW)，其濃煙飄散的情形。另外，也依照管理者所可能採取的應變措施，探討當隧道通風風扇運作時，濃煙的飄散情形又是如何。最後，再依照乘客於火災發生時所應逃的方向，給予簡單的避難建議。

1. 導言

當電聯車於隧道內發生火災時的第一措施是將電聯車先開至鄰近的車站。但是當電聯車因故障嚴重而無法行駛，以致於必須要在隧道中疏散乘客的情況也不容忽視。因此本研究就以這部分為探討的重點，討論失火電聯車於各個不同隧道時的各車站月台以及隧道等等的通風情形。另外，文中也將討論電聯車於公館站月台兩側失火之濃煙飄散情形。

2. 模擬環境的描述

本論文中模擬系統的幾何架構是選取台北捷運新店線中的萬隆站、公館站、以及台電大樓站等三個車站，以及其間的兩段隧道為主。萬隆站至公館站間隧道長約 1545 公尺，公館站至台電大樓站間隧道則約有 902 公尺。如圖 1 的系統網要圖所示，其中共包含了 43 個節點，分別編號為 1 到 40，83，88，及 93。另外，圖中則包含了 47 個環節，分別編號為 1 到 44、83、88、93 等。其中，環節 83、88、及 93 分別代表萬隆站、公館站、及台電大樓站等三站中月台層和大廳層相通之環節。

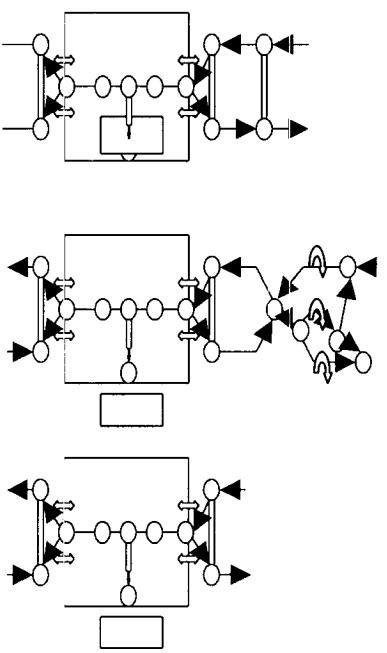

圖 1

系統中 TVF 的位置分別設於萬隆

站兩側、公館站兩側、以及台電大樓兩側。另外，於系統中的環節 17 設置一個噴流式風扇後，整個系統就算是和實際狀況相似了。

3. 使用軟體之介紹

所使用的程式軟體為捷運環境模擬的電腦程式，Subway Environmental Simulation，SES。

SES 程式它主要是由四個電算副程式所構成的，其中包含了

- 電聯車運作電算副程式
- 空氣動力電算副程式
- 溫度/溼度電算副程式
- 熱衰竭/環境控制電算副程式

這套程式功能非常廣泛，其對於電聯車的推進與煞車、周圍環境的控制（包括了通風設備、空調位置、及軌道的疲憊等等）、隧道中的空氣流方向、車站內的狀況、穩定或不穩定的熱源、突發事件電聯車緊急停止或模擬火災發生等等，皆可模擬。所以已經廣泛的使用於許多城市之中，如美國的紐約、芝加哥、多倫多、香港及台北等等。

4. 研究步驟

在捷運隧道或是車站中失火，不外乎是電聯車底盤著火或是機房著火較為嚴重。因此，於論文中，我們假設 10 MW 和 20 MW 兩種不同大小的火源，並且將其放置於不同的隧道環節及月台上，然後再依照捷運局所提供緊急狀況應變方法中的風扇開啟模式，將於不同地方發生火災時實際上所開啟的風扇模式輸入到系統中，並且以 SES 程式模擬之。最後，我們就可以得到，在捷運系統中，不同地點發生規模不等之火災時，整個系統中每一環節的空氣流動情形。

5. 結果

下列 8 個範例的結果又分別有溫度圖以及氣流的體積流率圖兩種。由各範例的圖可以看出在系統不同地方中的濃煙擴散速度及範圍。此處只列出 10MW 火源的結果圖。

(1)範例 1:下行萬隆站右側 500m 隧道處，電聯車前端著火，30 秒後相對應之 TVF 作用。見圖 2 及圖 10。

(2)範例 2:下行萬隆站右側 500m 隧道處，電聯車後端著火，30 秒後相對應之 TVF 作用。見圖 3 及圖 11。

(3)範例 3:下行公館站右側 250m 隧道處，電聯車前端著火，30 秒後相對應之 TVF 作用。見圖 4 及圖 12。

(4)範例 4:下行公館站右側 250m 隧道處，電聯車後端著火，30 秒後相對應之 TVF 作用。見圖 5 及圖 13。

(5)範例 5:下行公館站右側 500m 隧道處，電聯車前端著火，30 秒後相對應之 TVF 作用。見圖 6 及圖 14。

(6)範例 6:下行公館站右側 500m 隧道處，電聯車後端著火，30 秒後相對應之 TVF 作用。見圖 7 及圖 15。

(7)範例 A: 公館站月台左側，電聯車著火，30 秒後相對應之 TVF 作用。見圖 8 及圖 16。

(8)範例 B: 公館站月台右側，電聯車著火，30 秒後相對應之 TVF 作用。見圖 9 及圖 17。

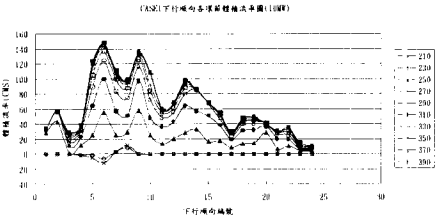

圖 2

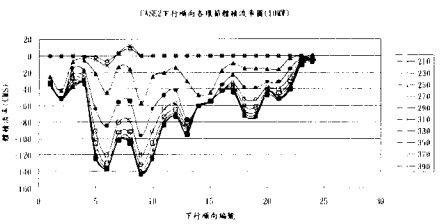

圖 3

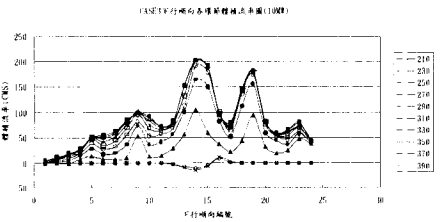

圖 4

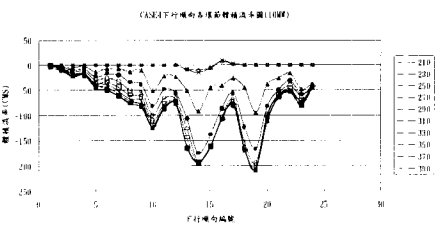

圖 5

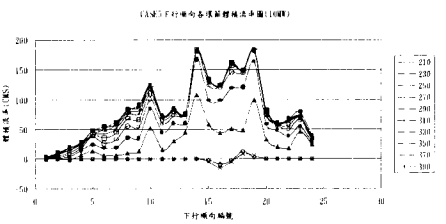

圖 6

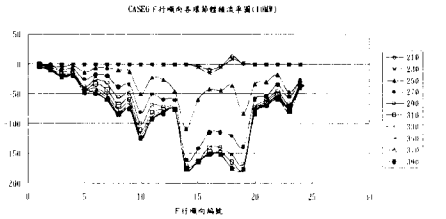

圖 7

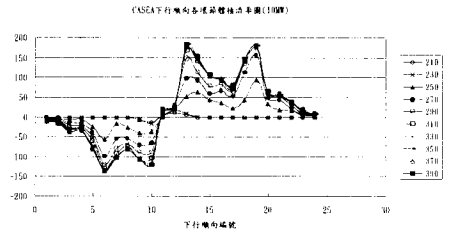

圖 8

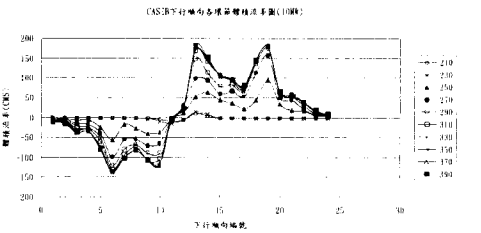

圖 9

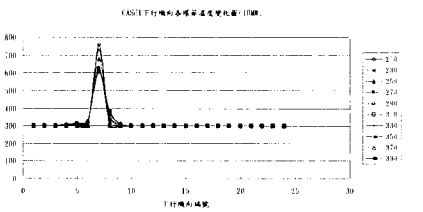

圖 10

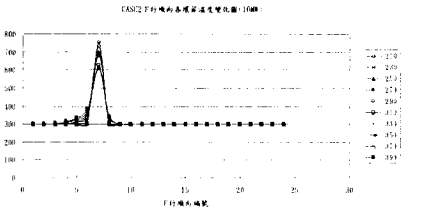

圖 11

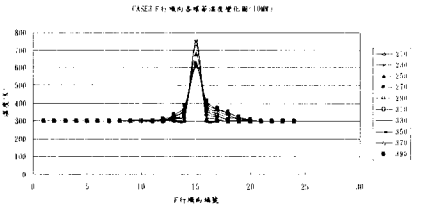

圖 12

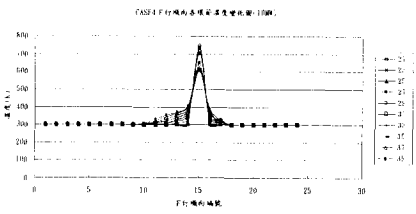

圖 13

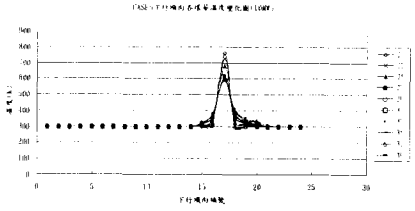

圖 14

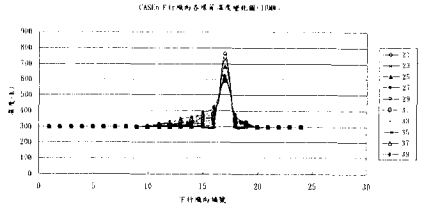

圖 15

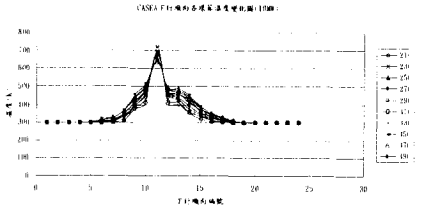

圖 16

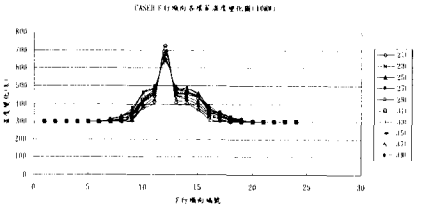

圖 17

6. 結論

當在隧道內發生火災時，不論火源的大小是 10MW 還是 20MW，TVF 開啟約 300 秒後，整個系統內的空氣流量均能達到穩定狀態。而且 TVF 對於阻止及排除火災所產生的濃煙，其效果也是非常良好。然而，就避難的角度來看，雖然知道 TVF 能夠有效的阻止濃煙擴散，但是其驅離濃煙所需要的時間，是否能夠和乘客逃離時所需要的時間相配合，則是值得注意的重點。

範例一及範例二中的火源所在位置為下行萬隆站右側 500m 隧道中。而 10MW 火源及 20MW 火源於此處所造成的濃煙速度分別為 0.6m/s 及 1.0m/s 左右，這表示此時的乘客必須以大於 0.6m/s 及 1.0m/s 的速度逃離，才不至於被濃煙所傷害。對於在崎嶇難行又陰暗的隧道中，且面對的可能是上千位人數的狀況下，是否能夠達成這種速度，將是相關單位值得注意的地方。另外，在範例一 10MW 中，當風扇開啟並達穩定之後，乘客只要往萬隆站方向行走約 390 公尺左右就幾乎不會受到濃煙的影響。而在範例二 10MW 中，當風扇開啟後，乘客亦只要往公館站方向行走約 600 公尺也就不會受到濃煙的影響。

同樣的，在範例三及範例四中的火源所在位置為下行公館站右側 250m 處的隧道中， 而 10MW 火源及 20MW 火源於此處所造成的濃煙速度分別為 0.75m/s 及 1.35m/s 左右，這表示此時的乘客必須以大於 0.75m/s 及 1.35m/s 的速度逃離，才不至於被濃煙所傷害。對於在緊急的情況之下，要乘客們以 1.35m/s 的速度逃離，似乎是有點困難。另外，在範例三 10MW 中，TVF 開啟之後，乘客只要往公館站方向行

走約 265m 左右，就大概不會受到濃煙的波及。而在範例四 10MW 中，乘客則只需要往台電大樓站的方向行走約 245m 左右就也能夠算是安全點了。

另外，在範例五及範例六中的火源所在位置為下行公館站右側 500m 處的隧道中， 而 10MW 火源及 20MW 火源於此處所造成的濃煙速度分別為 0.75m/s 及 1.4m/s 左右，這表示此時的乘客必須以大於 0.75m/s 及 1.4m/s 的速度逃離，才不至於被濃煙所傷害。對於在緊急的情況之下，要乘客們以 1.4m/s 的速度逃離，似乎是有點困難。再則，於範例五 10MW 中，TVF 開啟之後，乘客只要往公館站方向行走約 360m 左右，就大概不會受到濃煙的波及。而在範例六 10MW 中，乘客則只需要往台電大樓站的方向行走約 380m 左右就也能夠算是安全點了。

最後，範例 A 中的火源所在位置為下行公館站月台左側上。 而 10MW 火源及 20MW 火源於此處所造成的濃煙速度分別為 0.22m/s 及 0.375m/s 左右。這表示此時的乘客必須以大於 0.22m/s 及 0.375m/s 的速度逃離，才不至於被濃煙所傷害。在此範例中，乘客是直接由公館站中的樓梯疏散的。也就是說，如果乘客能以 3.75m/s 的速度離開月台層的話，那他則是安全的。問題是當乘客人數眾多時，必定還是有人來不及逃生。因此 TVF 還是必須正確且快速的開啟。因為，當 TVF 開啟之後，月台層和大廳層間的樓梯天井，將由排風狀態變為吸風狀態。也就是說，TVF 開啟之後，乘客只要到達月台層和大廳層相通的樓梯天井，就已經算是到達安全點了。不過還是得將最後一個乘客到達此安全點的時間做一計算考量，並且將 TVF 開啟及熱機時間的因素加入考慮，這條件才算是有考慮周詳。

範例 B 中的火源所在位置為下行公館站月台右側上。 而 10MW 火源及 20MW 火源於此處所造成的濃煙速度分別為 0.24m/s 及 0.35m/s 左右。這表示此時的乘客必須以大於 0.24m/s 及 0.35m/s 的速度逃離，才不至於被濃煙所傷害。在此範例中，乘客是直接由公館站中的樓梯疏散的。也就是說，如果乘客能以 3.5m/s 的速度離開月台層的話，那他則是安全的。同樣的，問題是當乘客人數眾多時，必定還是有人來不及逃生。因此，TVF 還是必須正確且快速的開啟。因為，當 TVF 開啟之後，月台層和大廳層間的樓梯天井，將由排風狀態變為吸風狀態。也就是說，TVF 開啟之後，乘客只要到達月台層和大廳層相通的樓梯天井，就已經算是到達安全點了。不過還是得將最後一個乘客到達此安全點的時間做一計算考量，並且將 TVF 開啟及熱機時間的因素加入考慮，這條件才算是有考慮周詳。

總而言之，由上述各個範例可知，不論火源發生的位置是在隧道還是月台，也不論火源發生的大小，正確且迅速的開啟相對應的 TVF 並疏散乘客才是比較有效率的避難建議。

7. 參考文獻

(1) Final Report On The Subway Environment Simulation For The Environmental Control Systems Vol.III — Analyses For HSINTIEN Line,General Consultant / American Transit Consultant, December 1990

(2) Subway Environmental Design Handbook Volume II,U.S Department of Transportation , December 1997

(3) 楊冠雄，台北都會區捷運系統火災煙控策略與緊急運轉程序分析，民 86 年

(4) 周湘魁，陳景池，捷運地下站適用排煙模式的探討。台北捷運 10 週年工程研討會專輯，台北捷運工程局，民 86 年

(5) 周湘魁，環控控制系統概述，捷運車站規劃講習教材(一)，台北市政府捷運局，民 82 年

(6) 台北市政府捷運工程局，台北都會區大眾捷運系統規劃手冊，民 87 年