

## 巨蛋散場人流分析報告

### 1. 人流分析技術說明

由於電腦科技的發達，以電腦進行人員避難模擬已成為世界潮流，環顧國內，許多新設計的建築利用電腦進行人員避難模擬也所在多有，國內目前常用的人員避難電腦模擬平台為 EXODUS 及 SIMULEX，今將此二套模擬平台的特性分述於下。

#### 1.1 人員避難電腦模擬平台 EXODUS 介紹(本報告使用)

EXODUS 是由英國 Greenwich 大學的防火安全工程小組( Fire Safety Engineering Group, FSEG)所發展，其模擬可以立體的方式呈現，如圖 1(<http://fseg.gre.ac.uk/>)，EXODUS 具有以下特點：

1. 其人員避難模式可解析避難時人與人之間的相互影響、空間配置對避難的影響及火場對避難的影響。
2. EXODUS 可模擬的區域小從家庭，大至複雜的飛機場均可加以模擬。
3. 可模擬非緊急狀況的人流模擬。
4. 以立體的方式呈現人員避難的情形。
5. EXODUS 可結合火場及人員避難，可將火場溫度及產生的毒性氣體納入人員避難的模擬。
6. 由五大核心模式組合成 EXODUS 的人員決策避難模式，決定人員行進的速度及行為模式，此五大核心分別為 Occupant(人員)、Movement(行動)、Behaviour(決策)、Toxicity(毒性氣體)及 Hazard(火災危害)，其關聯圖如圖 2。
7. 可從個人電腦執行。

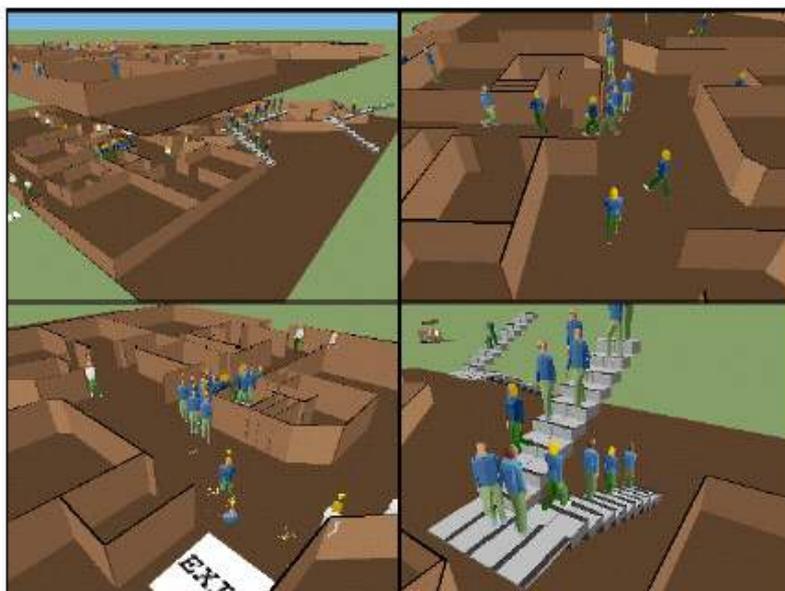


圖 1 EXODUS 即時模擬呈現畫面

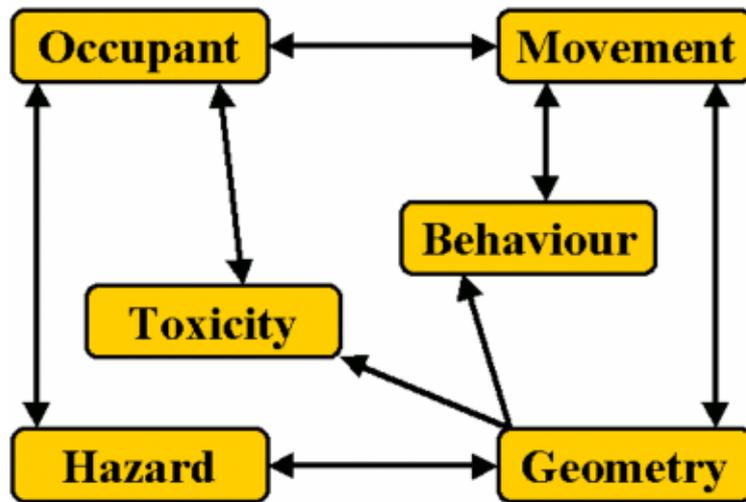


圖 2 EXODUS 五大核心關聯圖

### 1.2 人員避難電腦模擬平台 SIMULEX 介紹

SIMULEX 是由英國 Edinburgh 大學所發展，之後移轉給 Intergrated Environmental Solutions Ltd.發行，SIMULEX 是首先將人員避難時之個別行為納入考慮的人員避難模擬軟體。進行模擬時，個體間不同的行進速度及體積大小將造成追趕、自體旋轉(body-twisting)、互相超越、堵塞甚至反方向行進等現象，此種模擬方式較接近真實的人員避難行為。SIMULEX 具有以下特點：

1. 可模擬大型、複雜的建築內的人員避難。
2. 以平面的方式詳盡描述空間配置及隔間，再以樓梯連結各樓層，如圖 3 (<http://www.ies4d.com/>)。
3. 即時於電腦螢幕呈現人員避難的情況，如圖 4 (<http://www.ies4d.com/>)。
4. 人員避難配置可彈性的一個接一個輸入或是以群組的方式輸入。
5. 可直接讀取 Autocad 圖檔迅速建立避難空間。



圖 3 建築配置及樓梯



圖 4 人員避難即時呈現

SIMULEX 所使用之人員行為相關模式計有：

1. 人員行進速度：在 SIMULEX 中人員的行進速度決定於此人與行進方向前一人的間隔，當二人間隔小於 1.5 公尺，後面人員的行進速度將會因此而降低，至於人員間隔與行進速度的關係，如圖 5 所示。人員在上樓梯的速度為水平行進速度的 0.35 倍，而人員在下樓梯的速度為水平行進速度的 0.5 倍
2. 人員軀幹外形：在 SIMULEX 中以三個圓來形容人員的外形，如圖 6 所示，軀幹的半徑為  $R(t)$ ，肩膀部份的半徑為  $R(s)$ ，在 SIMULEX 中使用如表 1 的半徑定義，由定義的人員外形可計算相鄰人員間的距離。
3. 人員特性：在 SIMULEX 中有八種人員特性可供設定，如表 2 所示。

表 1 人員軀幹外形定義

人員外形	$R(t)$	$R(s)$	S
平均	0.25	0.15	0.10
男	0.27	0.17	0.11
女	0.24	0.14	0.09
小孩	0.21	0.12	0.07

表 2 人員特性定義

人員特性	平均特性 百分比	男性 百分比	女性 百分比	兒童 百分比
辦公室人員	30	40	30	0
通勤群組	30	30	30	10
購物群組	30	20	30	20
學校群組	10	10	10	70

全部老年人	50	20	30	0
全部男性	100	0	0	0
全部女性	0	0	100	0
全部兒童	0	0	0	100

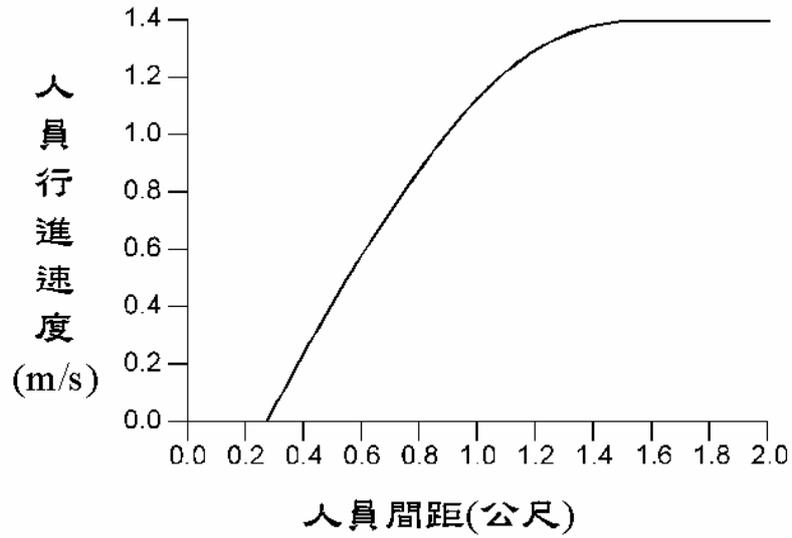


圖 5 人員間隔與行進速度關係圖

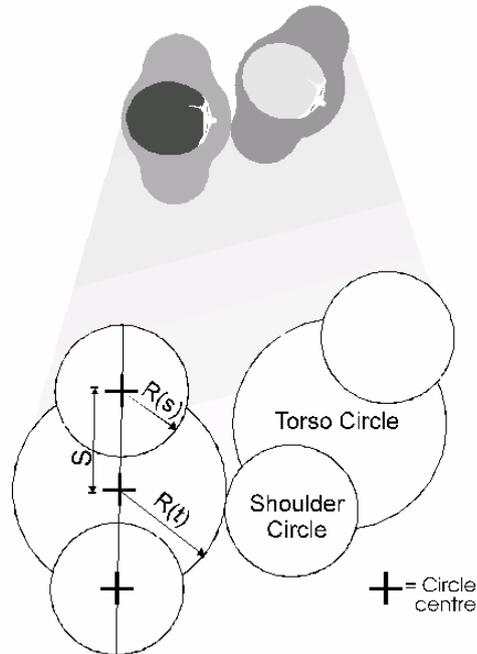


圖 6 SIMULEX 人員軀幹外形圖

## 2. 人流模擬軟體 EXODUS 案例說明

Exodus 全球之使用案例有：<http://fseg.gr.ac.uk/leaflets/exodusleaflets.html>

- i. Dusseldorf Airport
- ii. Golden Pyramids Plaza Egypt
- iii. 2<sup>nd</sup> Avenue Subway extension, New York

- iv. San Francisco Subway
- v. London Millennium Dome
- vi. Sydney Olympic Stadium
- vii. World Trade Center 9/11 evacuation analysis

EXODUS 已在全球廣泛使用，案例中亦有如台北大巨蛋之運動場館，EXODUS 應適用於本次大巨蛋的模擬。

### 3. 巨蛋散場人流分析效能改善歷程表

表 3 人流分析效能改善歷程表

編號	執行日期	42000 人離場時間	改善調整內容	改善調整情況及成效
1	98.11.21	>1 小時	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 初步建構巨蛋電腦模型</li> <li>◆ 初步散場人流分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 散場時間 1 小時以上</li> <li>◆ 找出人員壅塞點</li> <li>◆ 疏散後半段，人員集中於少數出口</li> <li>◆ 加強人員引導訓練及疏散規劃</li> </ul>
2	99.03.08	>1 小時	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 調整人員出口分配</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 散場時間 1 小時以上</li> <li>◆ 各樓層人員壅塞改善不多</li> </ul>
3	99.03.22	52 分 45 秒	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 封閉南向出口，避免人員對向衝突點，使人員行動方向一致</li> <li>◆ 以空間換取時間，將人員離場動線拉長，降低壅塞度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 散場時間改善至 1 小時內</li> <li>◆ 衝突壅塞點減少</li> </ul>
4	99.03.30	1 小時 06 分 22 秒	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 調整地面層捷運入口方向(順時間轉 45 度)</li> <li>◆ 調整 B1 層地面層捷運入口方向</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 改善地面層捷運入口壅塞度</li> <li>◆ 改善 B1 層地面層捷運入口壅塞度</li> <li>◆ 人員分配不佳，散場時間 1 小時以上</li> </ul>
5	99.04.01	39 分 26 秒	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 調整人員出口分配</li> <li>◆ 加入人員</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 散場時間改善至 39 分 26 秒</li> </ul>

			引導效應	
6	99.04.19	39 分 06 秒	◆ 地面層捷運入口加一座電扶梯	◆ 散場時間改善至 39 分 06 秒
7	99.08.10	42 分	◆ 新圖面重新模擬	◆ 散場時間 42 分
8	99.08.18	34 分 58 秒	◆ 調整人員出口分配 ◆ B1 層捷運入口加一座電扶梯	◆ 散場時間改善至 34 分 58 秒
9	100.06.21	41,493 人 32 分 52 秒	◆ 環評後修正附屬設施量體	◆ 散場人數因量體縮減，附屬設施人數改模擬 5493 人，巨蛋人數同為 36,000，總模擬人數為 41,493 人

#### 4. 散場人流模擬參數

EXODUS 提供四種人員行為模式進行人流模擬，分別說明如下，詳細參數如表 4，本案之人員散場模擬，採取 Default 模式，為一般模式，單純行為，不考慮危害情境之人流模擬。

Default：一般模式，單純行為，不考慮危害情境。

Circulation：於場館內參觀模式。

Drill：演練模式。

Evacuation：具危害情況下的緊急疏散。

表 4EXODUS 四種人員行為模式比較表

	Evacuation	Drill	Circulation	Default
Extreme Behaviour	X			
Specified Response		X		
Impatience				
Stair Packing	X			
Seat Jumping	X			
Local Familiarity	X		X	
Local Potential		X		X
Maintain Target Exit		X	X	
Maintain Itinerary		X	X	
Crawling	X	X	X	X
Gender Influence	X			
Smoke Stagger	X			
Hazard Model	X			
Angle of Movement / Avoid Pop. Density			X	
Milling			X	
Social Response			X	

### 5. 散場人流模擬說明

本次模擬，為環評後修正附屬設施量體模擬，散場人數因量體縮減，附屬設施人數改模擬 5493 人，巨蛋人數同為 36,000，總模擬人數為 41,493 人(之前為 42000 人)，採用 EXODUS 之 Default 模式進行模擬，程式內部參數設定如圖 7 及圖 8，分別為行為模式及細部行為模式設定。

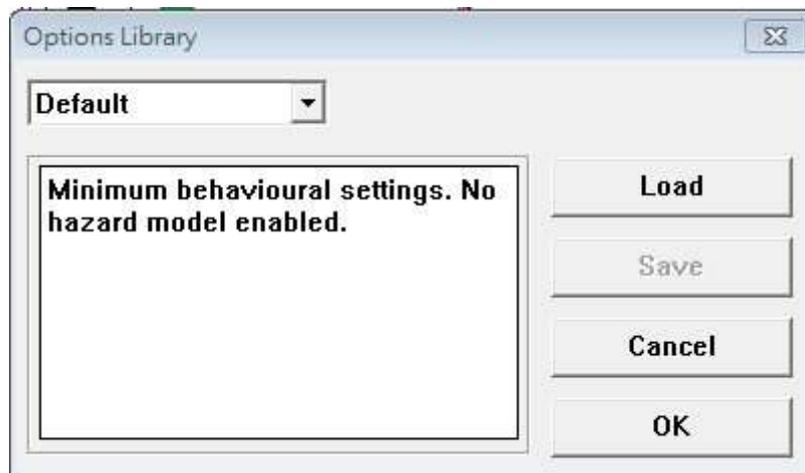


圖7 Default模式設定

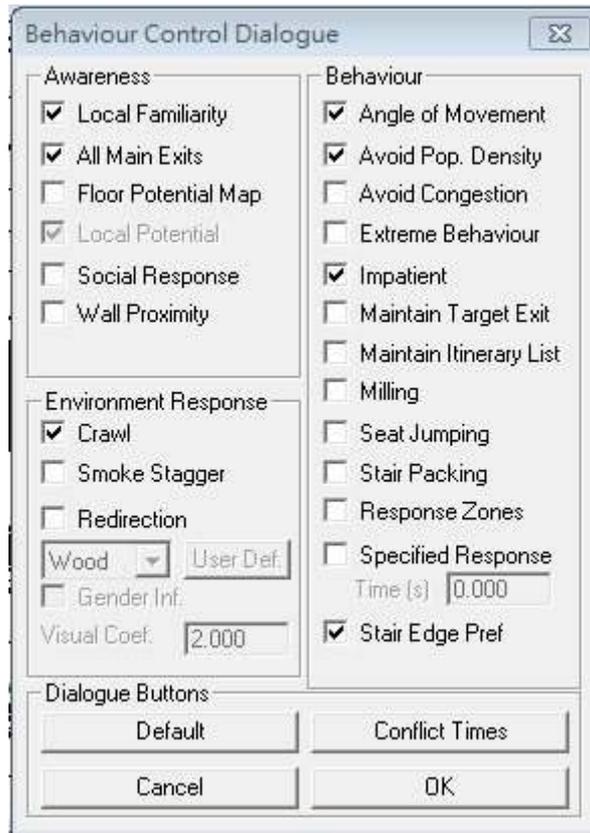


圖8 細部人員行為模式設定

## 6. 41493 人散場人流模擬結果說明

本次模擬之量體如圖 9，大巨蛋與前次模擬相同，但廣場及附屬設施有變動，故本次模擬，將電腦模型修改如圖 10，針對修改的部份進行模型重建及重新人流模擬，由於主體大巨蛋本體及人數未有變更，而大巨蛋本體有 36000 人，附屬設施為 5493 人，總人數減少但變化不大，且由之前的模擬可發現，大巨蛋的人數是散場時間的關鍵，故在大巨蛋人數未改變的情形下，本次模擬的結果與前次相近，所需散場時間稍有改善為 32 分 52 秒，人員散場速度如圖 11。

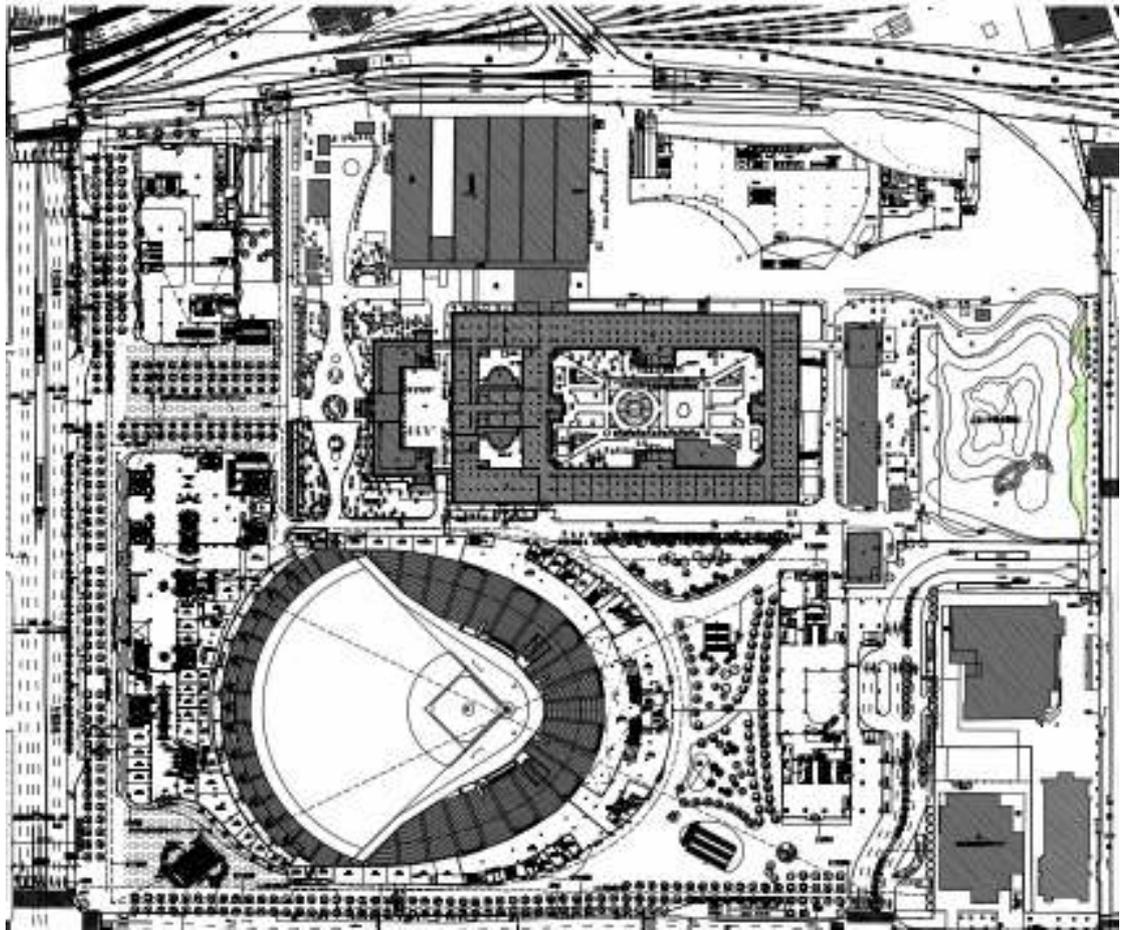


圖 9 模擬量體一樓建築圖

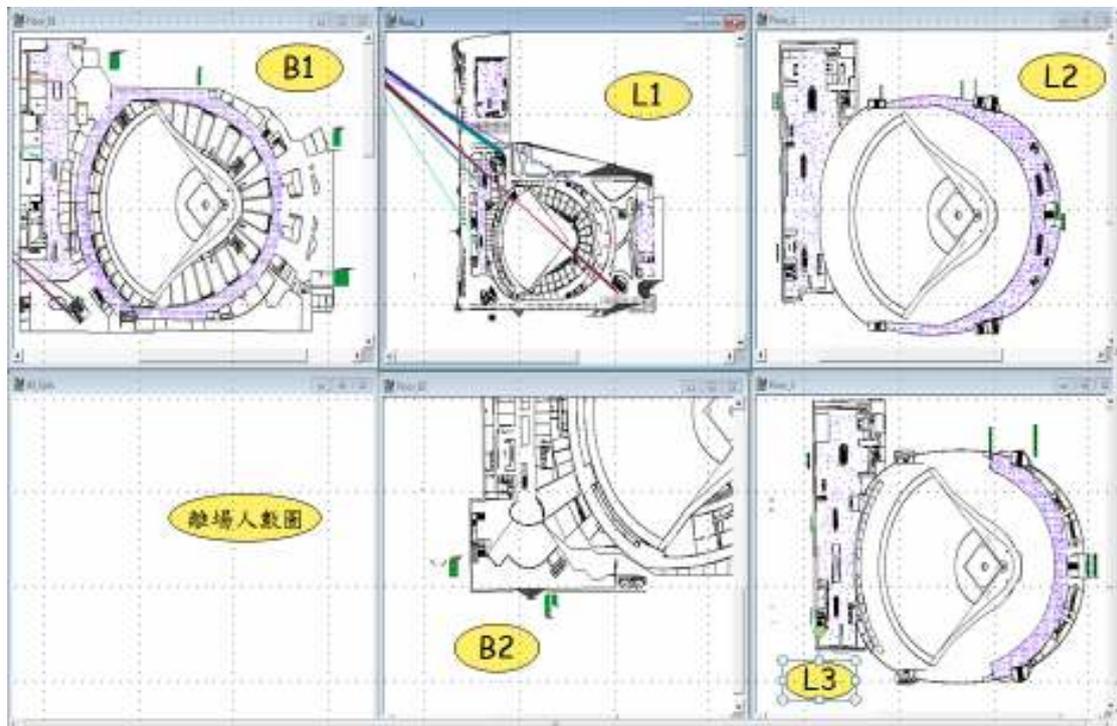


圖10 修改後電腦模型

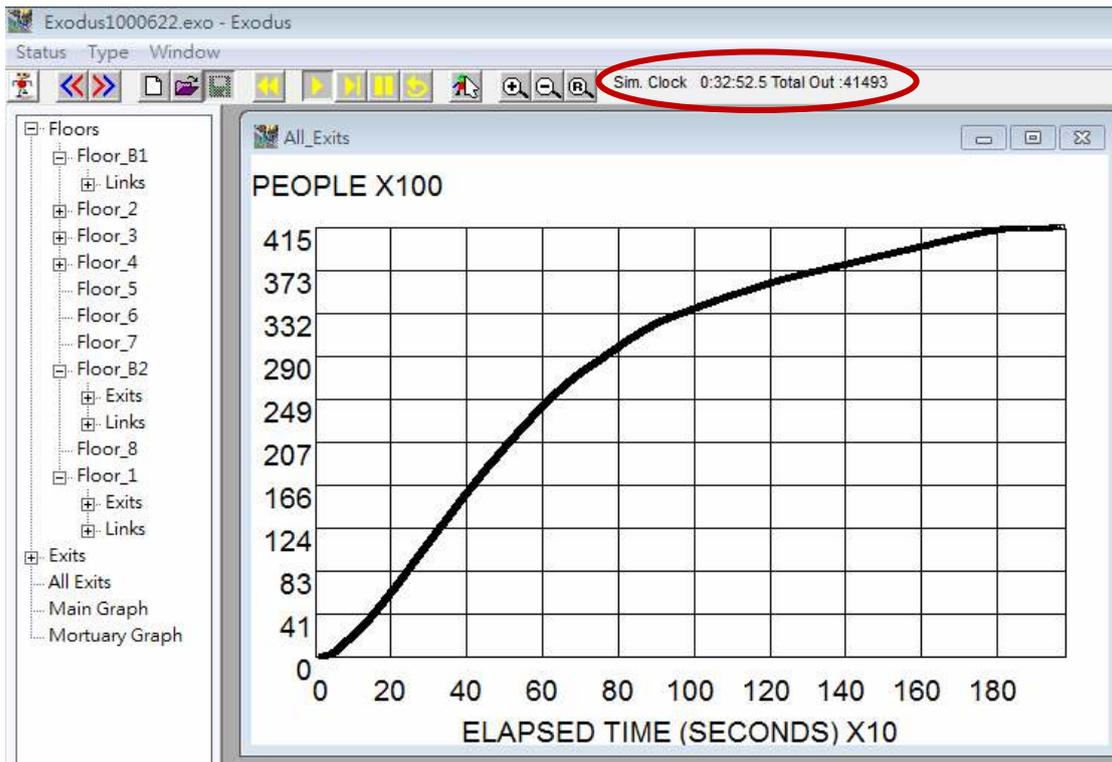


圖11 人員散場速度圖