

第四章 防災道路評估

4.1 防災道路關鍵性評估

關鍵性之防災道路，係為災時運輸旅次運用最頻繁之道路；關鍵性之原因，乃在於使用率頻繁之道路若受災而發生問題，則對救災活動影響甚鉅。然隨著災害時點遷變，防災道路功能也逐漸轉換，使用頻次也將隨之不同，防災道路對於各種救災活動之關鍵性，則非全然相同；為深入了解防災道路對救災運輸所造成之影響，因而須有一評估法來衡量此關鍵性。

4.1.1 評估方法

本研究採用之關鍵性評估法，係先模擬各種防災緊急活動之車輛運行可能於現存路網中行經之路線，用以判別在防災路網中，被使用頻率較高的道路；這些道路路段於規劃防災路網時，將給予較高之優先性。

4.1.2 路網規模

若在供需全面連結的情況下，以快捷性、成本性、替代性面向說明，將防災路網之規劃分為三種規模：初級規模、二級規模、與三級規模。

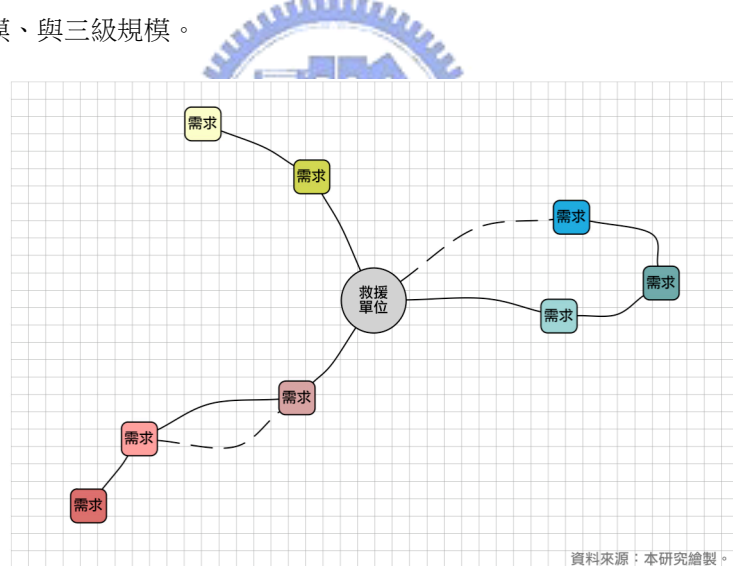


圖4.1 防災路網之設計規模

防災路網之初級規模，為全面、快捷、低成本、無替代性串接供需單位之路網，倘若以路線距離作為快捷的衡量指標，這樣的路網結構可以最短路徑樹來說明；而此路網結構的特性，各供需單位之間的可能行經路線，皆因無替代路線的緣故而僅為固定一種。防災路網之二級規模，為初級規模之部份擴展，特定供需單位之間包含替代路線以增加行經路線的多樣化，因此具有全面、快捷、中成本、中替代性連接供需單位之特性；若某緊急路段遭受破壞，則有機會採行其他路段所形成之緊急路線替代之。防災路網之三級規模，為初級規模之全面擴展，所有供需單位之間包含替代路線以增加行經路線的多樣化，因此為全面、快捷、高成本、高替代性連接供需單位之路網；若某緊急路段遭受破壞，則必有其他路段形成之緊急路線可替代之。

4.1.3 評估指標

本研究之關鍵性評估指標分為四項：消防救援關鍵性指標、醫療救護關鍵性指標、物資輸送關鍵性指標、以及整體防災關鍵性指標。

通用指標定義可以下式表式：

$$P_a(e_i) = \frac{n_{a, e_i}}{n_{a, p}} \quad (4-1)$$

a ：緊急活動類型，包含火災救援、醫療救護、以及物資輸送。

n_{a, e_i} ：在緊急活動類型 a 之中，節線 e_i 被經過的次數。

$n_{a, p}$ ：在緊急活動類型 a 之中，供需之間所有的路線數目。

$P_a(e_i)$ ：在緊急活動類型 a 之中，節線 e_i 被經過的機率。

4.1.4 指標演算

指標演算的過程，主要可分為以下主要步驟。首先為初始化動作，須先確立所有的供給單位、需求單位之地理位置，以及研究對象地區之路網結構；並從這樣的條件下，來探討供給地點至需求地點所可能行經的路線。假設從其中的供給單位集合、需求單位集合，各任取一單位作為災時可能形成的供需對，判斷此供需應歸屬於火災救援、醫療救護、或物資輸送其中之一，進行此供需對所形成到達兩地之路線方式，同樣之法，運用於同類型之供需對，進行演算之後便可獲致該緊急活動性質之關鍵性指標。

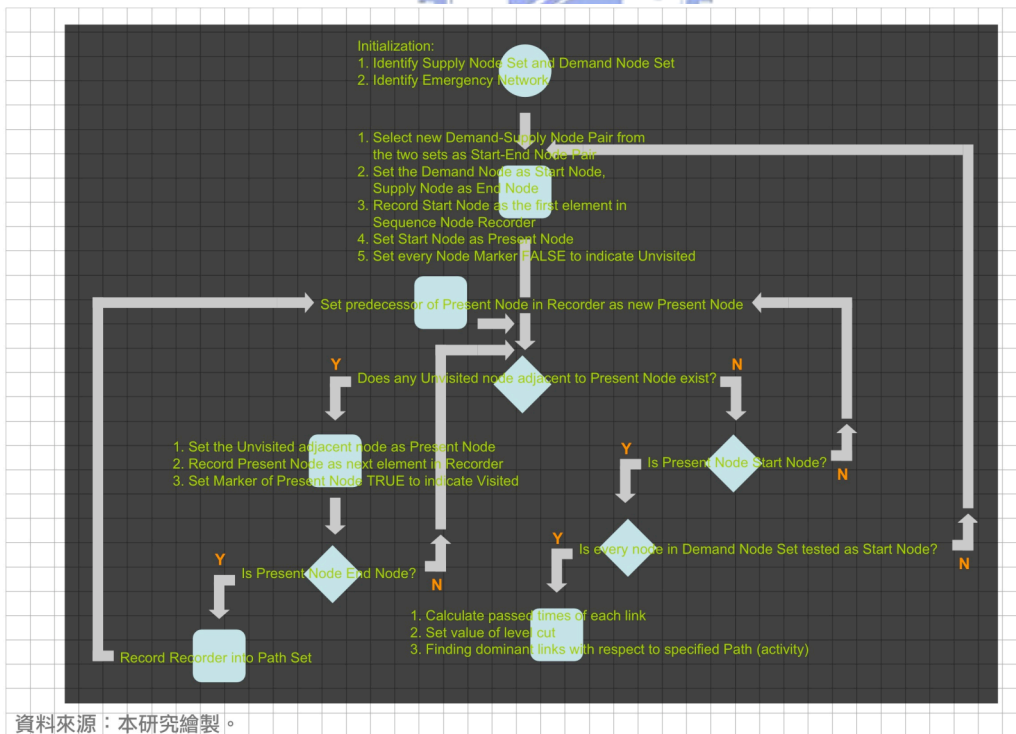


圖4.2 關鍵性指標演算流程

供需對之間的路線產生過程，係設定一當下點，作為路網中之巡遊者，其目標乃在尋找所有連結當下供需對之路線；假若路網中所有的節點皆被巡遊/拜訪過，則便完成該供需對之間所有路線之探尋；此後便設立新的供需對並重複相同過程，直至所有的供需對進行結束，如圖4.2所示。透過節點順序器之路線集合，針對同緊急活動性質之所有供需對，各種路線方式皆被掌握，而關鍵性指標值最終也可獲得。

4.2 防災道路空間性評估

目前在許多國家，例如日本與台灣等，均以道路寬度作為防災道路之分類與指定之依據。然而，道路空間的組成，並非僅為路寬之一維向度；道路之完整的空間結構體，應從三維向度評估，將能更貼近實際的道路空間狀況。因此如能加入其他衡量因子，以取代道路寬度單一指標，在未來指定防災道路的規劃過程，其空間結構則確保提供較佳的防災品質、並值得被信賴且作為防災道路。因此在空間的評估上，本節透過解構道路空間，以三維度及震災的角度來分析道路空間之品質，發展了多個指標以描述道路防災空間之性質，以表示道路路段防震效應之品質。透過道路之空間分析，這些因子以量化的方式經由專家意見的加權處理，可被計算成組成一綜合評量值，藉此進一步對路段的防災空間品質深入了解並簡化呈現，以供未來防災道路規劃之參考。

4.2.1 評量架構

眾多因素會道路空間的品質，地震發生後道路的狀態有可能會改變，而救援機具就須要隨著選擇合適的救援路線。過去的震災經驗顯示，大型救援機具，如消防車，很難通行一些狀況不良的路段，因而無法接近受災地點。根據內政部建築研究所的都市防災調查研究報告，九二一地震導致許多建築物倒塌，間接使得某部份的道路被阻隔，這些事件也揭露出道路周圍空間的重要性。對此，本研究將道路周圍的空間細分為多個組成空間，來探討各部份空間對道路直接、間接的影響。

首先，道路周圍的空間之劃定，可依實質三維空間位置特性，劃分為道路空間和近鄰空間，近鄰空間可再細分為上部空間、側部空間，如圖4.3所示。道路空間係為車輛運行所在之空間。道路寬度基本上決定了道路空間的規模大小，過去的許多文獻也指出道路寬度是影響緊急運輸的重要因素之一。道路空間應保持暢通，並避免潛在的物體影響道路空間的品質，例如上部空間之陸橋及電線塌落、側部空間建築物傾倒等，都有可能間接影響道路有效空間，因而規劃震災路網，如能先行確認各路段之空間品質，對於防災路網之規劃，有正面積極的意義。

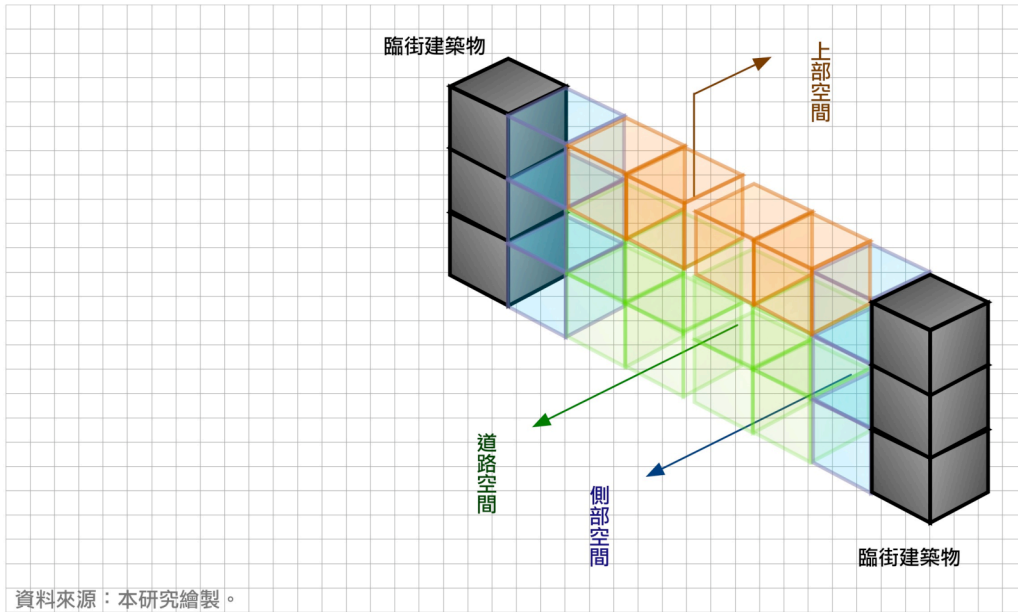


圖4.3 道路空間解構

從道路周圍空間區塊的角度來分析，可以區分為：

1. 道路空間

道路空間係指道路面上方，車輛運行之空間。因此道路空間關係著緊急運具能否運行順利之關鍵，狹窄的道路將不利於運具之運作。

2. 近鄰空間

近鄰空間係指道路空間周遭之空間。可再細分為上部空間、側部空間。

(1) 上部空間：上部空間位於道路車輛運行空間之正上方；此空間之物體，包括有陸橋、高架橋、電線等。

(2) 側部空間：側部空間位於道路車輛運行空間之兩側，此空間範圍包含人行道、建築物退縮空間等。存在於側部空間的物體，包含廣告招牌、建築物本身。

4.2.2 道路空間評估指標

根據以往相關研究，影響道路防災空間品質之因素，可包括道路寬度、路邊停車格位面積、道路活動人口、道路交通量、道路地下管線、地層地盤、臨街建築物高度、臨街建築物數量、臨街建築物外牆與結構、臨街建築物屋齡、高架橋、陸橋、路側人行道行人流、路側土地使用型態、路側招牌廣告等；本研究篩選採用道路寬度、電線密度、建築物高度、人行道寬度等四種評估指標為代表來進行研究，經過調查並且歸一化為 X_{ij} 值。所有的準則都以百分率之概念做數值量化，此舉理由，乃在於避免短路段道路必相對優於長路段道路之不合理情形發生。

(1) 道路寬度：車道寬度即為道路空間寬度，就單向道路而言，道路寬度等於車道寬度，如道路為雙向道，則道路寬度則分割成各半。

$$RW_i = (\text{Vehicle Lane Width in Meter})_i \quad (4-2)$$

(2) 電線密度：考慮電線當成潛在的空中障礙物影響道路淨高、或掉落物影響道路空間，電線的計算方式乃以橫跨上部空間次數計算之。

$$WD_i = (\text{Times of Wires across per Road Length})_i \quad (4-3)$$

(3) 建築物高度：建築物隱含人口及災害後造成的旅次意義，道路承受更多的交通負擔，尤其在兩側有更高的建築物。建築物的高度相對於道路，可考慮為一項指標。假定路段 i 的長度為 L_i ，建築物在道路的兩側可能有許多不同的高度，如以 I_{ij} 來表示各高度之建築物沿著路段 i 的長度，則路段之建築物高度即可轉換為百分率之概念。

$$BH_i = \sum_j (\text{Building Height in Floor})_{ij} \times \frac{I_{ij}}{2L_i} \quad (4-4)$$

(4) 人行道寬度：台灣之人行道沿著路段通常具有不連續之特性，且人行道亦可能僅出現在路段的一側，或可能在同時出現雙側但兩側寬度不同；此處，寬度百分率單位用來處理此種情況，甚為簡易合適。假設路段 i 有分離的人行道片段，其中之一表示為 j ，而該片段之人行道長度為 I_{ij} ，所有的片段的人行道空間貢獻於一路段的人行道空間，如此可描述如式 (4-5) 如下：

$$SW_i = \sum_j (\text{Sidewalk Width in Meter})_{ij} \times \frac{I_{ij}}{2L_i} \quad (4-5)$$

由式 (4-2) 至式 (4-5)，四類指標可由實際情況的調查資料計算獲得，然而，由於彼此之間單位不同而無法比較，因此須以標準化方式處理。對於道路空間正面的保護因子，如 RW_i 和 SW_i ，將與道路網中的最高理想值做比較，同時負面指標，如 WD_i 和 BH_i ，則透過相比於道路網中最高理想值之間的落差距離，再與最高理想值本身比較，計算方式可參考式 (4-6) 如下：

$$\begin{aligned} LOS_i &= \sum_j W_j X_{ij} = W_1 X_{i1} + W_2 X_{i2} + W_3 X_{i3} + W_4 X_{i4} \\ &= W_1 \frac{RW_i}{\text{Max } RW_k} + W_2 \frac{\text{Max } WD_k - WD_i}{\text{Max } WD_k} + W_3 \frac{\text{Max } BH_k - BH_i}{\text{Max } BH_k} + W_4 \frac{SW_i}{\text{Max } SW_k} \end{aligned} \quad (4-6)$$

由4.2.1與4.2.2節，建立起評估道路路段空間品質指標，其評估架構如圖4.4所示，包括四個層級：(1) 目標層顯示道路對於防制震災的品質；(2) 標的層代表相關的因子；(3) 準則層評估道路之路段；(4) 對象層即為針對實際調查該路段對象所獲得之資料，進行量化評量之工作。權重獲取方法可採用多準則評估等方法 (馮、林，2000)。

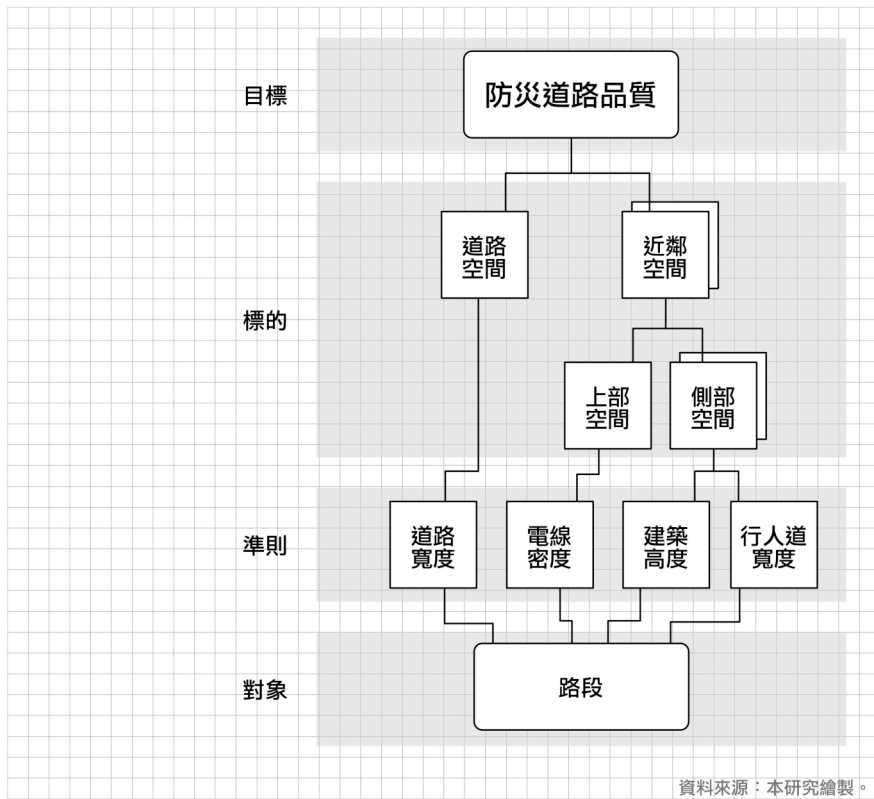


圖4.4 防災道路空間之評量架構

