

## 第三章 防災路網分析

### 3.1 問題陳述

防災路網有許多待釐清與解決的問題。由於現存的路網存在著多功能的使用，日常交通與緊急防救交通動線重疊，致使防災路網扮演的角色定位容易混淆；然而，由防救功能之特殊性，方可察覺對於路網的特殊需求，應有別於一般交通旅次，以下分別描述防災路網規劃時所面臨的問題。

#### 3.1.1 現況問題

由於災害的發生並非日常性，在沒有危機處理意識的情況下，防災的觀念並不是相當普遍，加上一般災害發生時，多數仍能將就臨場應對，因此不易明確區別防災道路與一般道路之間的差異。然而由道路設計的角度來看，便可以發現一般道路多以交通觀點為主要思考，而較缺乏防災觀念。因此可以說目前並沒有真正的防災道路，而僅能說是使用交通道路來作為防災活動之使用。防災道路之意義，應在於額外提供救災/避難活動所需之所需道路設備條件與適當路線，以提高救災/避難活動進行之順暢；並且對於道路使用者而言，災害發生與未發生之間的感受差異降到最低，達成使用者仍能進行日常性交通活動之目標。以下為本研究蒐集並觀察到之相關問題：

#### 1. 道路使用困難



(1) 直接災害：道路的直接災害，包括橋樑斷裂、道路隆起、道路下陷、路面破裂等，造成車輛無法順利通行。

(2) 間接災害：發生地震災害，陸橋、建築物、高架道路倒塌阻絕道路之二次災害，會造成道路無法使用之情況。此外，道路有安全風險；例如發生地震，住宅週邊道路狹窄，使民眾有危險感，甚至道路上方之廣告、盆栽、危險物品等，造成道路環境不安全。

(3) 無專用設計：救援功能無法發揮。例如發生火災，受災地之大樓本身不具備有完善消防系統，道路所提供之消防系統與受災地相距過長，造成水壓不足，無法發揮功能。尺度較大的救援車輛，例如雲梯車，災點周圍之道路無法提供合適的運作空間環境。

(4) 多功使用：路邊停車問題使道路容量相對減少；而發生災害時，無關的民眾與媒體，多無法與救災人員配合，導致災害地點事件周圍旅次與交通量提高，而使道路容易被佔用；而災害中期，可能會發生民眾臨時搭用帳棚而佔用道路的情況；此外，救護路線與其他旅次目的之交通路線混合，可能形成運行阻礙。

## **2. 災害對象主體的不確定性**

防災路網針對的對象即為災害，然而因為無法預測災害發生的時間、空間，以致規劃路線的著力點容易失焦。此外，需求地點不明確，由於無法預測災害發生的時間，而原先規劃的供給單位，亦有可能成為受援對象；同樣地，需求對象，則未必在每一次的災害之中，都具有需求性質。

## **3. 沒有絕對穩固的路網**

無法保證原先所規劃之路網可以被使用，地震災害有可能直接、間接破壞路網設施，而造成道路無法使用之情況；因此，規劃的路網，無法提供完全的保障。

## **4. 路網結構功能定位不明確**

由於沒有獨立的路網，災情發生時，救護、避難、物資輸送等運輸旅次沒有較獨立的路線，與其他旅次目的之交通混合在一起，無法相互配合；因此，會降低各種旅次運輸的效率。

## **5. 其它相關問題**

(1) 缺乏危機意識之建立：由於災害的發生並非日常性的，在沒有危機處理意識的情況下，防災的觀念並不是相當普遍；另外，一般災害發生時，多數道路仍能勉強臨場應對，因此，對道路的一般日常使用，使得防災道路動線的啟動，未必所有的使用者都清楚；因而，要達到專線專用的程度，需要緩衝時間，所以並無法立即發揮應有功能。

(2) 缺乏路網即時資訊之蒐集：地震監測網的密度、蒐集情報的種類、與適當處理為有用的資訊，都是控管路網所需情資的基礎，如何使決策者處在情資充裕的環境，左右著路網最佳使用的結果。

(3) 缺乏完善防災道路之設計準則：由道路設計的角度來看，一般道路以交通觀點思考，較缺乏防災觀念。然而造成此問題的另外一個主要因素，則是因為防災道路設計標準未明，因此對於欲落實規劃建設防災路網的相關單位，也不知從何進行。

### **3.1.2 課題探討**

如欲針對上述問題提出解決方案，首先須確立防災路網之樣態並指定其為防災路網，方能進一步在該路網上進行硬體設施設備擴充、措施制度控管，而確立此路網之所在即為本研究之重點項目。本研究主要研究目標，乃提出一個在地震災害時期，能提供地震災害相關運輸活動順利進行之路網結構。而這樣的路網，以四個層面考慮：一是如何將路網因災害不確定所產生不可靠的特性納入解決；二是如何以有限的救援資源使路網能合理地全面涵蓋可能的需求區域；三是如何提供救援單位至需求區域最in捷的路網結構；四是如何確保路網道路空間的安全性。在以上四個層面中，由於災害特性之故，首當重視路網的

可靠特性。因此，本研究探討的防災路網模型，首重路網的可靠性；其次，確立建立未知需求區域的原則，並在以快捷、層級等概念，使防災路網具備高效率、易運作的特性。

### 3.2 地震與防災路網

地震為一種不確定性的現象，目前尚未有精準的系統，可以正確地預測地震。而所謂的不確定性，係指：發生時間、發生地點、發生規模等的不確定。由於這些不確定因素，也造成了災害的不確定性；亦即：災害發生時間、災害發生地點、以及災害發生規模等。

地震時間不確定性所造成的災害，在白天和夜晚有很大的差異，主要是由於日間人口、夜間人口，其活動地理分布不同的關係。日間活動人口有聚集的特性，例如中心商業區，高密度、集中的地點，而夜間活動人口則有分散的特性，例如市郊住宅區，低密度、散佈的區域。地震發生的地點，範圍可以斷層帶、地震區來概分；但，關注的焦點，則在於災害發生的地點，也就是人口所在之處；此與災害發生的時間，關係密切，時間與地點的組合，會形成災害不同的特性；日間人口集中在商業地點，同時住宅地區人口密度較為下降；反之，夜間人口集中在住宅地區，同時商業地點人口密度較為下降。地震規模，慣用以1935年美國地震學家芮克特所發明的芮氏地震規模來衡量，並以對數尺度表現，每一點代表著十倍的地表運動。而地震發生則以機率概念表示；小規模的地震，發生機率高，反之，大規模的地震，發生機率低。根據芮氏地震規模的算法，六點零的地震可以造成嚴重損害，七點零則屬於重大地震，足以造成廣泛而嚴重的傷害。不過，芮氏地震規模最大的地震，不見得是造成人員及財物損傷最大的地震，此與地震發生的時間、地點有關。

建構防災路網的目的，也是在於降低不確定性。即透過一些路網規劃的手法，讓不確定的情形，落在規劃者的預期範圍之內。地震仍是不確定的，不過災害的不確定情況，則可因路網規劃之多角化的考量，而有效掌控。

防災路網的基本元素為防災道路，本研究將其定義為：地震災害時期，一個環境安全、設施充足，並能提供地震災害相關運輸活動進行之道路。而防災路網，則定義為：地震災害時期，一個可靠、全面、快捷，並能提供地震災害相關運輸活動進行之防災道路系統。其中，所謂地震災害時期，可依地震發生的時間特性定義，並區分為四個階段：準備時期、發生時期、應變時期、穩定時期。地震發生的時間點之前，皆為準備時期的階段；地震發生後，即進入發生時期，並開始進行系列的震災相關運輸活動，亦即應變時期；當活動之進行跳脫紊亂，並明顯受到掌控，則進入穩定時期；穩定時期中，當防災路網的狀況條件，趨近於上次準備時期的狀況條件時，即進入下階段的準備時期。因此，由本研究所界定的地震災害時期，係指一種長期、連續無間斷的時間概念；換言之，即使在任一看似與地震無關的時間點，都屬於地震災害時期的範疇（準備時期）。

防災路網之可靠性，與其他路網有很大的差異。防災路網是一種破壞預期的路網。地震災害的現象，會反映在路網直接、間接破壞的結果，然而路網實質的破壞，未必直指路網功能的失敗，此即可靠的概念。透過路網的規劃設計，使之在一定程度的破壞下，網路功能仍可運作順暢。防災路網之全面性，乃在於其屬道路建設的範疇，應以政府立場來予以規劃、落實。而由於地震災害的不確定性，無法預測其發生

地點的特性，防災路網所觸及的角落，應完整而全面，以達社會公平的期待。防災路網之快捷性，於地震災害發生時，為發揮路網功能、檢驗路網功能成敗的關鍵時刻。在這個階段中，時間最為寶貴，社會損失、成本隨著時間流逝而快速提高，因而路網快捷的概念，成為各地震災害相關運輸活動，立即體驗路網效果的第一感受。

地震災害會造成交通供給、需求量，在短時間內劇烈變化，這種異於一般日常交通的現象，應有良好的管理機制來予以控制，方能提高運輸效率，進而順暢地完成立即的避難、救援、後續的物資輸送、以及盡速讓日常交通回到正軌；然而若有良好的路網架構，則管理機制的運作便能更有效的實行。

地震災害相關的運輸活動，包括有：避難、救援、物資輸送。而此三種運輸活動，又皆可細分為兩種類型：系統性（可規劃）、非系統性（不可規劃）。所謂的避難，可分為臨時避難、階段避難；臨時避難為人群立即、非系統性的反應，故就範圍尺度而言，屬於步行距離的範疇。階段避難係指經過規劃安排、系統性的作為，故就範圍尺度而言，除了步行距離的範疇，亦包含了車輛距離的範疇。救援、物資輸送，以車輛距離的範疇為主，但亦可輔以直昇機、飛機、船舶距離的範疇。一般而言，救援、物資輸送皆可屬於系統性的運輸活動，然而必須在資訊充裕、可互相協調、並有主導單位的情況下，方可稱上系統性的行為。防災路網，就地震災害相關的運輸活動而言，屬於車輛距離的範疇、並以主要支援系統性活動、次要輔助非系統性運輸活動之路網。

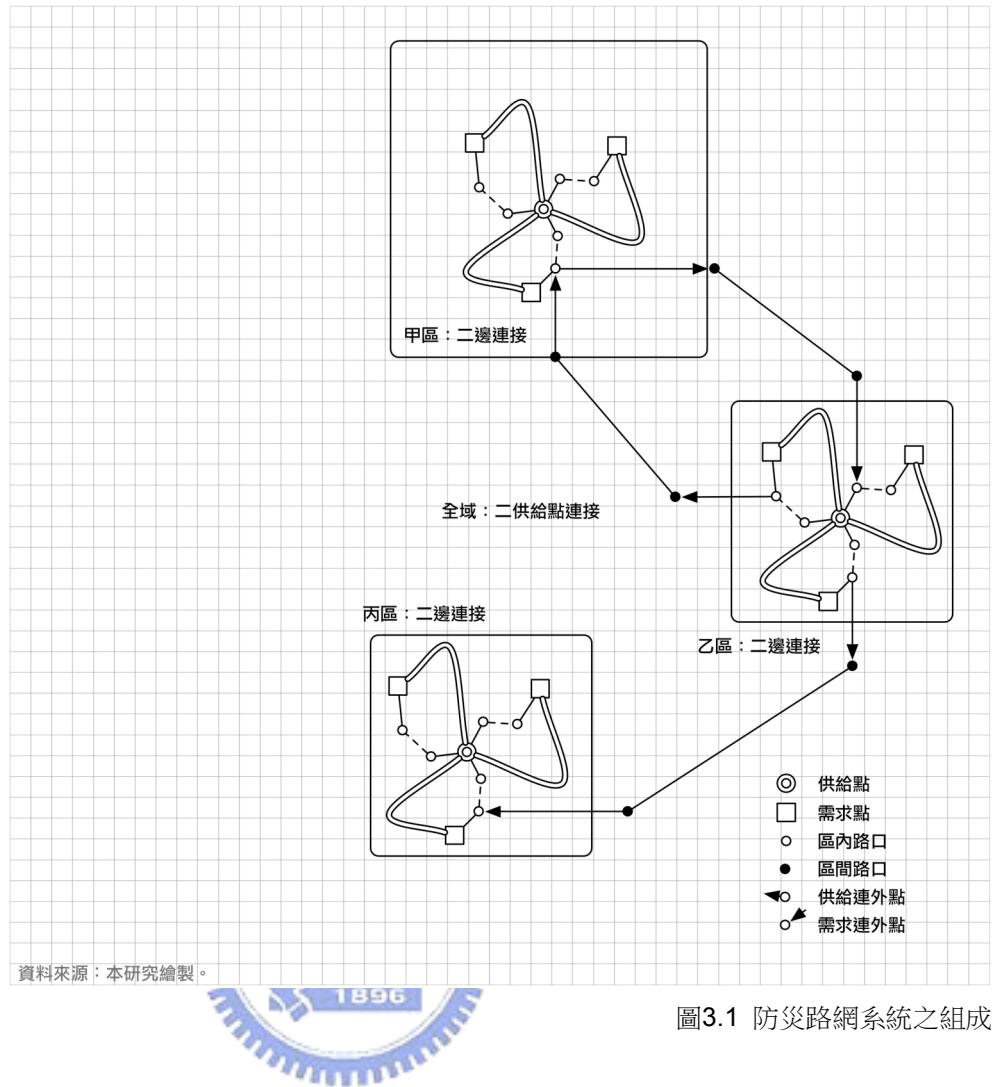
### 3.3 防災路網系統之組成



路網係由路口、路段兩種基本元素所組成；而路網之防災特性，則表現於供給點與需求點之關係。

依據防災供給單位、防災據點之特性，本研究將防災路網區分為兩種尺度來探討防災路網：局部地區、全域地區。局部地區乃以單一供給點為中心，藉以發展局部有效率的防災路網系統；全域地區乃探討各區相互救援的模式，增加防災能力，因而發展出全域的防災路網結構。

考量防災路網型態配置之理由在於：1.現實供給單位具有區域考量；2.透過設施備援方式來提高供給的可靠性。以圖3.1為例，全域地區共可分為甲、乙、丙三個局部地區；每一區內各自發展其防災道路系統，而其中之防災道路，都應具備一個環境安全、設施充足，並能提供地震災害相關運輸活動進行之道路條件。因此，在本研究的「第四章 防災道路評估」中，將提出防震觀點下，建立合宜的道路空間品質架構與模式，以作為評估現有道路狀況之方法，進而可以優先考量作為防災道路路段。



其次，在路網結構方面，面臨地震災害所帶來的種種不確定因素，如未知的破壞路段地點、未知的不足供給設施，本研究認為應找出特殊路網結構的設計方式，應掌握及降低不確定性之衝擊。此外，合宜範圍範圍的形成之法，也在「第五章 防災路網建構」中詳加探討。

### 3.4 防災路網系統之功能

防災道路的功能，本研究採用供給面、需求面的方式進行探討。防災道路為救援活動的媒介通道，應配合救援供給的消防、警察、醫療、物資等單位，來連接受災需求的地區，方能發揮最大效用。

由於災害不確定性的因素很多，而實際的災害情況，在災害尚未發生之前，也無從準確判斷。因此，災情之情境推演，就顯得非常重要。雖然情境無法窮舉，然而面對有限的供給設施與固定的路網結構，合理運用的規劃方式應有跡可循；若能再配合擬定多個可能發生的主要情境，則遭遇災害時，便可套入類似的情境之中。憑藉著合理規劃的防災路網以發揮其功能性，即可快速因應災情、並有效率地降低社會成本損失。

### **3.4.1 需求面**

在需求方面，由於災害發生時刻，真確的避難行為不易預測；初期的避難行為混亂，難以掌控避難人群並進行規劃。應於平時培養民眾之防災觀念，並提供安全的步行避難路線空間，以供隨機的緊急避難人流使用；民眾依其自主性，以反應其避難行為。

然而，混亂的避難行為在階段避難過程中，便可受到掌控而成為系統性的行為。階段避難，係為由分散的臨時避難場所集中至大型收容場所之過程。此乃經過規劃之程序，並可由步行方式與車輛運送方式同時進行。

### **3.4.2 供給面**

在供給方面，災害發生時，包含了消防、警察、醫療、物資等明確的救援單位，收到充分的訊息後，即可進行系統性的規劃措施。救援行動與隨機的避難行為不同，任何一趟救援旅次，無論規模大小，皆是在特定目規劃下的結果。單位內的獨立行動，以各單位之目標邁進；而單位間的合作行動，則以全面資源考量，以系統性之目標邁進。

### **3.4.3 可控制的路線系統**

一般道路網應區分為：無控制的路線系統、與可控制的路線系統兩者。若現存的路網結構為無控制的路線系統，則各救援單位依據單一小規模災害事件，各自單獨進行路網運用。若現存的路網結構隱含可控制的路線系統，則所有救援單位可遵循全面性的整體規劃，以系統性地有效運用路網，來因應大規模的災害事件。



由於災害發生地點的不確定性，使得真實災害的情況中，需求地點成為未知；而救援的對象無法確立，則救援路線的規劃便無端點。而若將整個城市中，所有的地點皆視為可能的受災害地，固然理想，但也將導致路網規劃過於綿密而成本極高的情形。

防災路網應為可控制的路線系統。防災路網之規劃目的，乃在提供需求、供給雙方面之最佳連結路網。由圖3.2之供需架構分析，防災路網結構規劃需先確立路網的服務對象。供給單位因為功能明確，位置所在相對容易確立；然而需求地點，則可能散佈整個城市之中；根據以往的相關研究，防災據點多為明確、且可供中長期避難之場所，包括公園、綠地、學校等可作為收容之場所。因此，防災路網應提供這些場所與供給單位之間的連結道路。包括了：(1) 消防／警察單位與避難／收容場所之間的路網系統；(2) 醫療／物資單位與避難／收容場所之間的路網系統。

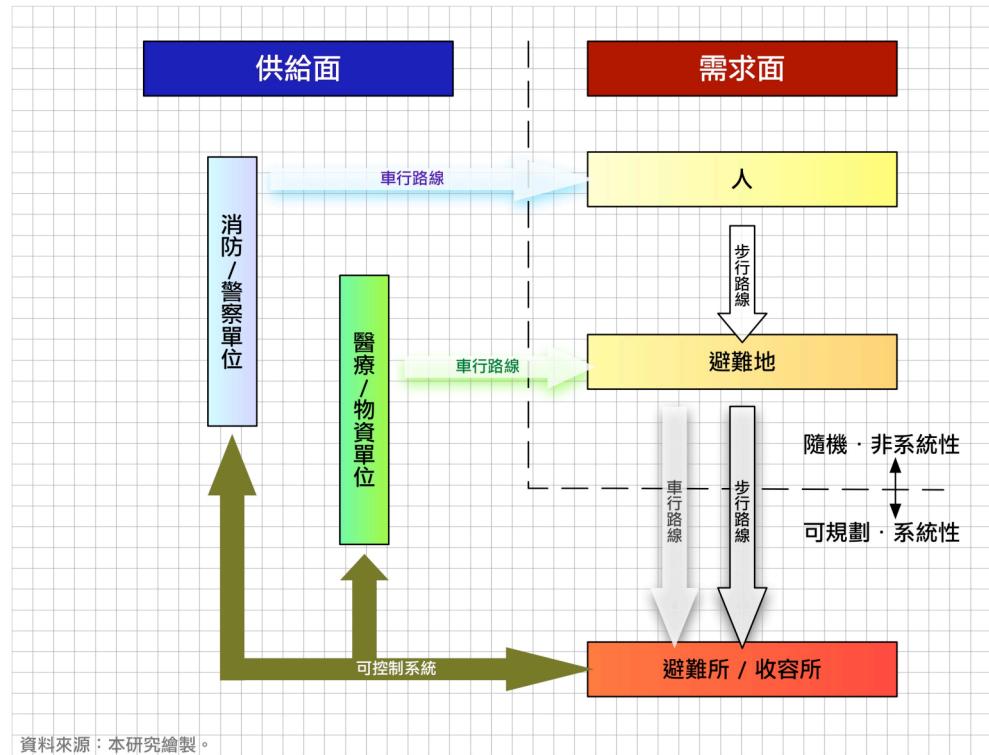


圖3.2 防災路網之供需架構

### 3.5 防災路網系統之架構

#### 3.5.1 功能架構



防災路網連結供給面之救援單位與需求面之避難據點，因此防災路網的結構，與這些功能單位、據點緊密相關；亦成為基礎路網篩選為防災路網的準則。在消防、醫療方面，以快捷性為主要考量準則。在物資、避難據點方面，則以全面性為主要考量準則。而原本的路網結構，則以道路關鍵性、空間性等準則，用來作為篩選出可能的防災路網結構。

圖3.3顯示，防災路網將路網系統，緊密與消防、醫療、物資等功能結合，並與避難據點連結。而這些據點，消防方面，包含了消防隊、警局；醫療方面，包含了醫學中心、地區醫院等；外來物資方面，包含了機場、港口、或聯外道路；避難據點方面，包含了綠地公園、學校等。

關鍵性、空間性將於第四章詳述其指標與準則；而全面性、快捷性則於「第五章 防災路網建構」，會有更深入的討論。防災路網之功能架構，依照相關準則，可篩選出重要、條件優良之道路，以作為車輛觀點之防災路網的候選路網結構。

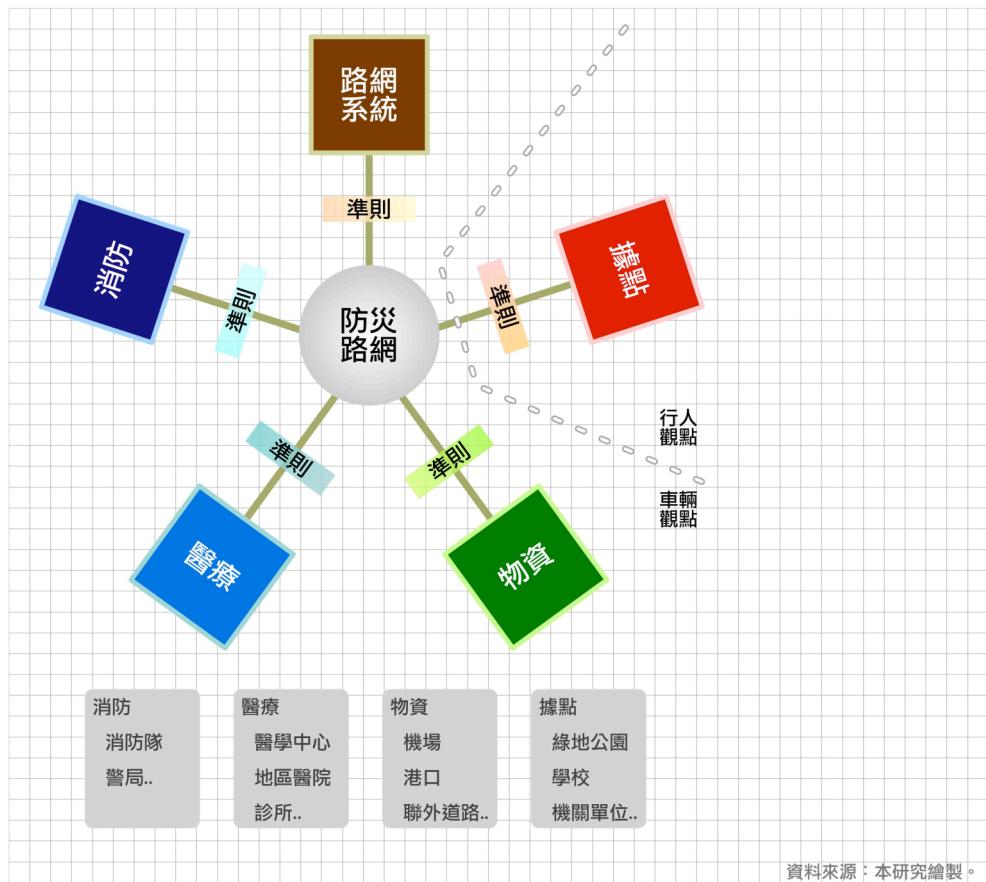


圖3.3 防災路網之功能架構

### 3.5.2 系統架構



本研究發展之防災路網系統架構，共分為「防災道路評估」與「防災路網構建」兩個階段，及「道路關鍵評估」、「道路空間評估」、「責任分區路網模型」、「系統繞路路網模型」、「互援路網模型」五個模組，以求得防災路網結構。最後並發展「防災路網評估」模組，以提供不同防災路網間的衡量比較基準（圖3.4）。

第一階段「防災道路評估」從現存路網中，評估道路環境條件較好及道路關鍵性較高之路段，以篩選作為第二階段輸入的基礎路網。第一階段以道路段為對象，先分析道路與相關據點之關係，再透過「道路關鍵評估」模組來衡量路段之關鍵性，並進行「道路空間評估」模組來衡量路段之空間性，以作為防災道路之綜合評估。

第二階段「防災路網構建」從篩選路網中，構建路網可靠性、快捷性、全面性之結構，以決定做為防災路網之最終結果。第二階段以道路網為對象，透過「責任分區路網模型」模組探討供給單位間的最佳界線；運用「系統繞路路網模型」模組來提高路網之可靠性，以解決路網遭受地震破壞的問題；使用「互援路網模型」模組來消彌巨觀路網觀點下，救援單位供給量能不足的情形。

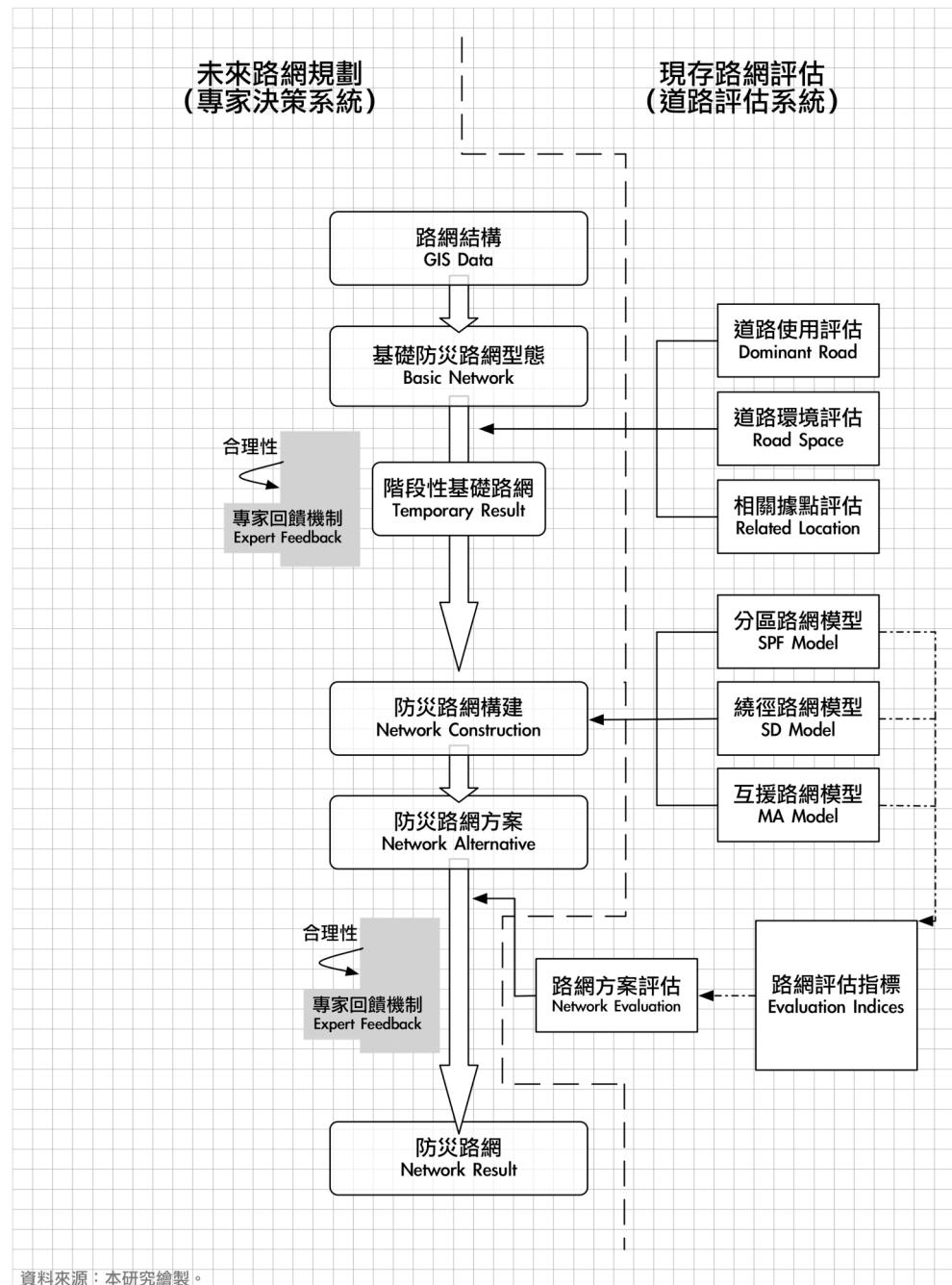


圖3.4 防災路網之系統架構

