



宜蘭地區地質概論與土層特徵

趙紹錚¹ 周銘瑋² 徐瑩潔³

1. 國立宜蘭大學土木工程學系副教授兼系主任
2. 國立宜蘭大學土木工程學系研究生
3. 國立宜蘭大學工學院研究助理

摘要

國道 5 號北宜高速公路於 2006 年 6 月 16 日全線通車後，宜蘭地區各項重大工程之建設紛紛展開，本區域之地質概況與土層特徵值得加以研究探討。宜蘭地區就地質上來說，可以分為雪山山脈區、中央山脈區和蘭陽平原區。宜蘭縣內西北部之雪山山脈區地層主要包括西村層、四稜砂岩、乾溝層及大桶山層；縣內南部之中央山脈區地層主要包括西村層、廬山層、大南澳片岩及南蘇澳層；蘭陽平原區以蘭陽溪沖積扇為主，主要是由粘土、粉土、砂土及礫石所組成。

本研究經由蒐集宜蘭地區鑽探資料，加以統計分析並與相關研究成果比較，以探討本地區表層土壤工程特性。研究成果顯示蘭陽平原之地下土層性質，主要由粉黏土層與粉土質砂層交互沉積的沖積層所組成。其中砂土層之顆粒級配偏於均勻，SPT-N 值亦不高，顯示地下土層為疏鬆至中等緊密狀態，加上地下水位相當接近地表面，應預防地震產生之土壤液化災害；宜蘭地區之頭城區、礁溪區、宜蘭壯圍區、五結區、羅東冬山西區、羅東冬山東區、及蘇澳區有軟弱黏土層，則應注意新建結構物產生之壓密沉陷相關課題。未來宜蘭地區勢將持續蓬勃發展，各分區地質概況與土層特性若能持續研究探討，對於宜蘭地區之工程建設、地質災害防治、及土地利用皆有莫大幫助，本初步成果之發表期能成為相關研究之濫觴。

關鍵字：宜蘭、蘭陽平原、大地工程分區、地質、土層、土壤液化、壓密沉陷。



Geological Condition and Soil Characteristic of Ilan Area

Chao, Sao-Jeng¹ Chou, Ming-Woei² Hsu, Ying-Chieh³

1. Associate Professor and Chairman, Department of Civil Engineering, National Ilan University.
2. Graduate Student, Department of Civil Engineering, National Ilan University.
3. Research Assistant, College of Engineering, National Ilan University.

ABSTRACT

After the National Highway No. 5, the Taipei-Ilan Expressway, began to serve on June 16th, 2006, a lot of construction projects in Ilan area have been launched. The geological condition and soil characteristic of Ilan area are thus worthy to study in detail. Ilan area, on the geological point of view, can be divided into the Snow Mountain Range, the Central Mountain Range, and the Lanyang Plain Area. The Snow Mountain Range, which is located in the northwest region of Ilan County, consists of Hsitsun Formation, Szeleng Sandstone, Kangkou Formation, and Tatungshan Formation. The Central Mountain Range in the southern region of Ilan County consists of Hsitsun Formation, Lushan Formation, Tananao Schist, and NanSuao Formation. The Lanyang Plain Area based on the Lanyang River alluvial deposit is mainly composed of clay, silt, sand, and gravel.

This study is carried out by collecting the Ilan area's boring data and followed by performing statistical analysis. The results are compared with the associated studies in order to explore the soil characteristic of surface layers for the study area. Research results show that the subsurface deposits of the Lanyang Plain mainly are structured with the silty sand layer and the silt/clay layer of alluvial deposition. The particle size distribution of sand layer is quite uniform while the SPT-N value is fairly low. Therefore, the density of the sand strata should be in loose to medium condition, the water table very close to the ground surface as well. As a result, it is necessary to consider for prevention of earthquake and soil liquefaction disaster. Besides, Toucheng area, Jiaosi area, Ilan-Jhuangwei area, Wujie area, Western Lotong-Dongshan area, Eastern Lotong-Dongshan area, and Suao area have weak clay layers, which are likely accompanied with consolidation settlement due to the loadings come from the new structures. The Ilan area is bound to develop rapidly in the near future. Therefore, the study on geological condition and soil characteristic of Ilan area is supportive for the construction projects, the geological disaster prevention, and the land use purpose. The proposed preliminary result of this study is considered to make the first move for the associated study.

Keywords: Ilan, Lanyang Plain, Geotechnical engineering zone, Geological condition, Soil characteristic, Soil liquefaction, Consolidation settlement.

一、前言

宜蘭縣位於台灣東北隅，東臨太平洋與東海，海洋中有龜山島。宜蘭縣的北側與西北側與台北縣相接；西連新竹縣、桃園縣；南方則與花蓮縣和台中縣相連。宜蘭全縣形狀像個直角三角形，直角在右下方，斜邊在左，三個頂點為大澳、喀拉業山與漢本。全縣面積為 2,143 平方公里，地理中心為三星鄉的月眉村。全縣東西方向最寬處在蘇澳鎮的烏石鼻與大同鄉的喀拉業山，直線寬 52 公里；南北方向最長處在南澳鄉的漢本與頭城鎮的大澳，直線長 78 公里。宜蘭縣內各鄉鎮市之關係位置，詳見圖 1 宜蘭縣行政區域圖。

宜蘭縣環山面海，擁有高山、大海、平原、河川、湖泊、冷泉及溫泉等天然資源，堪稱形勢天成的「人間桃源」。過去宜蘭地區因受地形限制開發較遲、經濟較不發達，但因有豐富的天然資源，於國道 5 號北宜高速公路 2006 年 6 月 16 日全線通車後，宜蘭地區各項重大工程之建設紛紛展開，本區域之地質概況與土層特徵乃非常值得加以研究探討。

宜蘭地區中央位置之蘭陽平原由於河川沖積作用，地下土層有粒徑均勻且疏鬆的砂，且地下水位接近地表面，伴隨著地震而引起的災害不容忽視。此外，蘭陽平原地下土層含有軟弱之黏土層，則應注意結構物壓密沉陷之相關課題。宜蘭地區地質調查與土層分析，過去已有相關學者進行研究，本文收集各學者之相關研究成果，加上宜蘭大學土木工程系所蒐集之宜蘭縣內具代表性之 512 孔鑽探資料，來探討宜蘭地區地質與土層分布情形、進而統計歸納其工程特性，提供產官學界對宜蘭地區工程建設、地質災害防治、及土地利用之參考。

二、宜蘭地區地質概論

宜蘭縣境內之北、西和南三面均為山地，東面向海，其中山地的面積約占四分之三，蘭陽平原懷抱於其中。依經濟部中央地質調查所出版之台灣地質概論(何春蓀，1986)得知，宜蘭地區所轄山地分別屬於中央山脈東翼地質區北段以及中央山脈西翼地質區北段。其中，中央山脈西翼地質區又可細分成雪山山脈帶和中央山脈脊樑帶(圖 2)。本研究參考歸納台灣地質概論(何春蓀，1986)、台灣

地形（林朝榮，1957）、宜蘭縣的地質與地形（宜蘭縣政府，1990）、及蘭陽地理鄉土教材（宜蘭縣政府，1992）之內容及其分區方式，將本縣概分為雪山山脈區、中央山脈區和蘭陽平原區。現將上述三區特色分別介紹如下：

2-1 雪山山脈區

宜蘭縣轄境中，蘭陽溪中、上游河谷以西的雪山山脈東翼地區，屬於本帶。雪山山脈的東翼遠較西翼陡峻，因此北部橫貫公路翻越分水嶺下降至蘭陽溪河谷的這一段路程不僅坡陡而且彎曲。除此之外，雪山山脈東翼上的溪流也普遍地短小陡急。從最東北端到最西南端，都是平行的小溪谷。其又以小礁溪、大礁溪、大湖溪、粗坑溪等稍長。

本區帶受到輕微的變質作用，主要由硬砂岩和硬頁岩組成。本區帶出露的地層包括西村層、四稜砂岩、乾溝層、大桶山層等，都屬於輕度變質的砂、頁岩層，由於經過變硬、變堅的作用，因此頁岩層有時後被稱為硬頁岩。西村層主要分布在西村向東北延伸到靠近蘭陽平原的員山附近；四稜砂岩主要分布在北宜公路石牌縣界、雙連埤及松蘿湖等地；乾溝層主要分布於蘭陽溪的左岸，而與四稜砂岩交替出現；大桶山層主要是以外澳以北的地區至縣界。

2-2 中央山脈區

宜蘭地區之中央山脈區分為中央山脈變質岩區及中央山脈脊樑帶。本區山地地形極為崎嶇，交通困難，人口稀少。本區所受到的造山作用十分強烈，復為河流所侵蝕，以致造成高差頗大的山地地形，山脈受大小溪流切割，極為破碎，而且彼此不相連貫。南澳、烏石鼻以北的山脈似無特殊明顯的平行排列。本區北段的主要溪流包括蘇澳溪、新城溪、冬山溪、羅東溪等在三星至蘇澳間流出山地的南北向溪流；清水溪、瑪崙溪、土場溪、多望溪、四重溪等位於本區西北翼，且呈東南到西北流向匯入蘭陽溪中上游的溪流；以及東澳溪、南澳北溪、南澳南溪、和平溪等位於本區東翼且直接入海的溪流。

本區的東半部屬於中央山脈變質岩區，出露在本區的岩石都是變質岩，是台灣地區最古老的岩石；本區的西半部屬於中央山脈脊樑帶，是由西村層和廬山層的硬頁岩構成。而本區之地層以蘇花海岸東澳嶺為界分為四區，東澳嶺以南地區大都是大南澳片岩，東澳嶺以北地區則由南蘇澳層、西村層及廬山層組成。大南

澳片岩主要分布在和平延伸至蘇澳一帶；南蘇澳層主要分布在東澳嶺嶺線北側山麓；西村層主要分布在宜蘭縣南部深山地區；廬山層主要分布在蘇澳地區附近。

2-3 蘭陽平原區

蘭陽平原約呈一等邊三角形之輪廓，主要是蘭陽溪和一些較小溪流的河口沖積平原，三個頂點為頭城、三星和蘇澳，每邊各長約 30 公里。三星到頭城是平原的西北邊，這一線沿著雪山山脈北段的東南邊緣，地形上是斷崖與平原的交界，斷崖向東北延伸到頭城之後，成為礁溪斷崖海岸。三星到蘇澳的一邊，走向東西，山麓線凹凸不平，有許多溪谷流出，從西向東有蘭陽溪、羅東溪、冬山溪、與武荖坑溪等。頭城到蘇澳屬臨海的一邊，海岸線大致呈南北方向，形狀呈弓形海岸，向西稍為凹入，但蘭陽溪口因淤積特別大，稍微向東突出。頭城以南至北方澳間之海岸，砂丘發達，長形砂丘沿海岸線平行，砂丘與凹地組成一連串之砂丘與濕地。砂脊的高度在 10 公尺到 20 公尺之間，東坡較緩，西坡較陡，寬度在 200 公尺到 700 公尺之間。沿岸砂丘常阻礙河水直接流入海洋，因此河川入海之前，河道常見曲折，而與砂脊平行流動一段距離。

蘭陽平原標高均在海拔 100 公尺以下，由西向東逐漸降低，鐵路線以東地形平坦，全部約在海拔五公尺以內，尤其頭城河與冬山河出海口一帶多在標高一公尺半左右。蘭陽平原由於河渠附近地勢平坦，河水容易氾濫，因此河床堆積頗為發達。蘭陽平原中央，地下水位在地面下 5~7 公尺間，而下游海岸沖積平原之地下水位均在地面下 5 公尺以內。

由於蘭陽平原各溪谷之上游侵蝕沖刷作用盛行，沖積物以較大之塊石及粗砂石為主，流經下游後河床寬廣，搬運力減弱，所搬運之沖積物大量堆積，以細砂及砂土為主，及至東部海岸，沖積物則以較細緻之砂土淤泥為主，砂丘甚為發達。陳銘鴻(2003)亦曾研究宜蘭地區地質情形，說明中央山脈與雪山山脈所沖積而成之蘭陽平原，主要以變質岩與板岩所構成的礫石、砂、粉土及黏土。厚礫石層主要集中在蘭陽沖積扇頂，卵礫石粒徑及含量由沖積扇頂三星一帶往東側漸稀。沖積扇西北側之麓山帶員山鄉約地表下 20 公尺內部有砂礫石，向東側加深，至宜蘭市砂礫石層顆粒及含量亦漸稀，濱海地帶壯圍鄉偶夾細礫石砂層。另外，於蘭陽沖積平原最南端蘇澳鎮約有 24 公尺厚含板岩塊、岩屑之卵礫石及砂礫石層。沖積平原之中央具有較厚之細粒沉積物，大部分皆為粉土質黏土與粉土質砂層，

間夾砂礫石薄層。

蘭陽平原以蘭陽溪沖積扇為主，本區主要是由粘土、粉土、砂土、礫石所組成。蘭陽平原為第四紀沖積層所覆蓋，其間土層厚度深淺不一，主要由粉黏土層與粉土質砂層交互沉積的沖積層所組成。趙紹錚等(2008)曾對蘭陽平原的三維地體構造進行瞭解，在蘭陽平原上繪製二條剖面線，此兩條剖面線涵蓋了整個蘭陽平原，分別為東西向剖面與南北向剖面。在蘭陽平原東西向剖面中可知，沖積層由西向東增厚，由員山地區之無厚度，逐漸增加至壯圍濱海地區約達 0.09km 深。在蘭陽平原南北向剖面中則可知，蘭陽平原沖積層最大厚度處略為南偏。

三、宜蘭地區土層分布

為能獲得宜蘭地區具代表性之鑽探資料，以為進行本研究之依據，於分析工作進行前需進行鑽孔蒐集、檢核、抄錄、建檔、轉檔等多項工作。本研究曾抄錄鑽孔資料之單位計有：宜蘭縣政府建設處、工務處、工商旅遊處、國道新建工程局第三區工程處、水利署第一河川局、及宜蘭地區經審慎篩選過之工程顧問公司和建築師事務所等。此項鑽探資料蒐集工作共計登錄宜蘭地區之基本鑽孔資料 512 孔，為能檢測各鑽孔之座標登錄正確性及鑽孔之分佈情形，曾先以地理資訊系統 (GIS) 軟體，使用 1/25,000 之宜蘭縣鄉鎮圖，將資料檢核及進行表達(趙紹錚等，1999)。

本研究將蒐集到具代表性之 512 孔鑽孔資料，依國家地震工程研究中心規定之格式建置鑽孔資料庫，將蒐集之鑽孔資料建置於 Excel 的檔案中，並依照資料性質將資料分為兩層表單儲存。第一層表單的資料包括鑽孔編號、孔位座標(TM2 度 X、Y 座標系統 TWD97)、鑽孔地表高程、地下水位深度、鑽孔日期、鑽孔深度、鑽孔方法等。第二層表單的資料包括標準貫入試驗值 (SPT-N)、統一土壤分類 (USCS)、粒徑分布、濕密度、含水量、液限、及塑性指數等。此外，為能瞭解各土層之工程特性，鑽探報告中之各種特殊試驗結果亦細心登錄，並加以統計分析，以期畢其功於一役(趙紹錚，1999)。

宜蘭縣大地工程分區之原則，參照李咸亨等(1996)所訂之工程地質分區原則，並以宜蘭縣現有之地理資訊加上已建立之 512 孔資料為依據。現將列入考量

之原則條列如下：

1. 依行政區域
2. 依地質
3. 依地形
4. 依土壤分佈情形
5. 依河流流域及沖積環境特性
6. 依土層性質

本研究以蒐集到之宜蘭地區 512 孔鑽探資料為基礎，並利用大地工程資料庫系統(GEOLOG)，依一般物理性質、SPT-N 值、土層狀況及相關地理資訊，建立大地工程分區圖。宜蘭縣大地工程分區圖將全縣分為 11 區(圖 3)，分別為頭城區、礁溪區、宜蘭壯圍區、五結區、員山區、羅東冬山西區、羅東冬山東區、清水濱海區、蘇澳區、中央山脈區及雪山山脈區。宜蘭縣內各區之土層基本性質由上而下詳列於表 1，力學性質則詳列於表 2。茲將縣內各區地下土層之大地工程基本性質略述如下：

3-1 頭城區

頭城區土層可區分為兩個主要層次。第一次層屬統一土壤分類之 CL/ML，厚度約為 5.9m，SPT-N 值為 6，自然含水量為 31.5%。第二次層屬統一土壤分類之 SM，厚度超過 16.6m，SPT-N 值為 15，自然含水量為 23.8%。

3-2 礁溪區

礁溪區土層可區分為兩個主要層次。第一次層屬統一土壤分類之 CL/ML，厚度約為 10.0m，SPT-N 值為 5，自然含水量為 32.5%。第二次層屬統一土壤分類之 SM，厚度超過 16.8m，SPT-N 值為 25，自然含水量為 21.9%。

3-3 宜蘭壯圍區

宜蘭壯圍區土層可區分為五個主要層次。第一次層屬統一土壤分類之 CL/ML，厚度約為 8.7m，SPT-N 值為 4，自然含水量為 34.5%。第二次層屬統一土壤分類之 SM，厚度約為 11.7m，SPT-N 值為 13，自然含水量為 25.0%。第三次層屬統一土壤分類之 CL/ML，厚度約為 5.5m，SPT-N 值為 10，自然含水量為 32.3%。第四次層屬統一土壤分類之 SM，厚度約為 10.3m，SPT-N 值為 20，自然含水量為 22.8%。第五次層屬統一土壤分類之 CL/ML，厚度超過 11.0m，SPT-N 值為 14，自然含水量為 31.8%。

3-4 五結區

五結區土層可區分為四個主要層次。第一次層屬統一土壤分類之 CL/ML，厚度約為 9.4m，SPT-N 值為 6，自然含水量為 35.5%。第二次層屬統一土壤分類之 SM，厚度約為 10.2m，SPT-N 值為 17，自然含水量為 22.2%。第三次層屬統一土壤分類之 CL/ML，厚度約為 7.9m，SPT-N 值為 15，自然含水量為 29.3%。第四次層屬統一土壤分類之 SM，厚度超過 13.0m，SPT-N 值為 32，自然含水量為 19.1%。

3-5 員山區

員山區土層可區分為一個主要層次。第一次層屬統一土壤分類之 SM，厚度超過 25.0m，SPT-N 值為 20，自然含水量為 16.5%。

3-6 羅東冬山西區

羅東冬山西區土層可區分為四個主要層次。第一次層屬統一土壤分類之 CL/ML，厚度約為 10.2m，SPT-N 值為 5，自然含水量為 34.8%。第二次層屬統一土壤分類之 SM，厚度約為 10.2m，SPT-N 值為 12，自然含水量為 24.7%。第三次層屬統一土壤分類之 CL/ML，厚度約為 6.7m，SPT-N 值為 9，自然含水量為 30.1%。第四次層屬統一土壤分類之 SM，厚度超過 8.4m，SPT-N 值為 16，自然含水量為 24.3%。

3-7 羅東冬山東區

羅東冬山東區土層可區分為四個主要層次。第一次層屬統一土壤分類之 CL/ML，厚度約為 12.3m，SPT-N 值為 5，自然含水量為 35.7%。第二次層屬統一土壤分類之 SM，厚度約為 8.0m，SPT-N 值為 11，自然含水量為 25.0%。第三次層屬統一土壤分類之 CL/ML，厚度約為 8.8m，SPT-N 值為 10，自然含水量為 32.6%。第四次層屬統一土壤分類之 SM，厚度超過 7.0m，SPT-N 值為 9，自然含水量為 29.2%。

3-8 清水濱海區

清水濱海區土層可區分為一個主要層次。第一次層屬統一土壤分類之 SM，厚度超過 25.4m，SPT-N 值為 17，自然含水量為 24.8%。

3-9 蘇澳區

蘇澳區土層可區分為三個主要層次。第一次層屬統一土壤分類之 SM，厚度

約為 9.7m，SPT-N 值為 19，自然含水量為 16.3%。第二次層屬統一土壤分類之 CL/ML，厚度約為 13.4m，SPT-N 值為 5，自然含水量為 40.3%。第三次層屬統一土壤分類之 SM，厚度超過 5.5m，SPT-N 值為 29，自然含水量為 87.0%。

3-10 中央山脈區

中央山脈區土層可區分為三個主要層次。第一次層屬統一土壤分類之 GP-GM，厚度約為 16.3m，SPT-N 值為 50，自然含水量為 8.3%。第二次層屬統一土壤分類之 CL/ML，厚度約為 4.0m，SPT-N 值為 7，自然含水量為 31.9%。第三次層屬統一土壤分類之 GW，厚度超過 6.5m，SPT-N 值為 44，自然含水量為 10.1%。

3-11 雪山山脈區

雪山山脈區土層可區分為一個主要層次。第一次層屬統一土壤分類之 GM，厚度超過 13.1m，SPT-N 值為 42，自然含水量為 9.7%。

四、結論

宜蘭地區之地質概況，可以分為雪山山脈區、中央山脈區和蘭陽平原區。雪山山脈受到輕微的變質作用，主要由板岩和硬頁岩組成；中央山脈脊梁帶主要是由硬頁岩、千枚岩和板岩組成，中央山脈變質岩區則為台灣地區最古老的岩石，出露在本區的都是變質岩。蘭陽溪流經兩大山脈之間，在牛鬥附近流出山谷，自此淤積作用非常顯著，蘭陽平原形狀似等腰三角形，三個頂點為頭城、三星和蘇澳，各邊長約 30 公里，面積約 360 平方公里，蘭陽平原為第四紀沖積層所覆蓋，其間土層厚度深淺不一。

本研究以宜蘭地區具代表性之 512 孔鑽探資料為基礎，並利用大地工程資料庫系統(GEOLOG)，依一般物理性質、SPT-N 值、土層狀況及相關地理資訊，建立宜蘭地區大地工程分區圖。宜蘭縣大地工程分區圖將全縣分為 11 區，分別為頭城區、礁溪區、宜蘭壯圍區、五結區、員山區、羅東冬山西區、羅東冬山東區、清水濱海區、蘇澳區、中央山脈區、及雪山山脈區。

本研究統計歸納宜蘭地區表層土壤工程特性，得知蘭陽平原之地下土層性質，主要由粉黏土層與粉土質砂層交互沉積的沖積層所組成。其中砂土層之級配偏於均勻，SPT-N 值亦不高，顯示地層應為疏鬆至中等緊密狀態，加上地下水位

相當接近地表面，可預期本區伴隨著地震而產生的土壤液化災害不容忽視，建議需審慎進行詳細之土壤液化潛能評估。此外，分析顯示宜蘭地區之頭城區、礁溪區、宜蘭壯圍區、五結區、羅東冬山西區、羅東冬山東區、及蘇澳區皆有軟弱黏土層，而在國道北宜高速公路全線通車後，各項重大工程建設紛紛展開之際，應更加注意新建結構物壓密沉陷之議題。

參考文獻

- [1] 何春蓀，1986，“台灣地質概論”，**經濟部中央地質調查所**。
- [2] 李咸亨，1996，“台北市區工程地質分區”，**地工技術**，第 54 期，pp. 25-34。
- [3] 宜蘭縣政府，1990，**宜蘭縣的地質與地形**。
- [4] 林朝榮，1957，**台灣地形**，**經濟部中央地質調查所**。
- [5] 陳銘鴻、李榮瑞、王明輝，2003，“宜蘭地區淺層剪力波速研究”，**第十屆大地工程學術研究討論會論文集**，A45。
- [6] 趙紹錚，1999，“宜蘭地區之工程地質資料分析”，**國家地震中心期末報告**，NILAT-CIVIL-88-02。
- [7] 趙紹錚、徐輝明、邱佳琪、吳佳容，2002，“宜蘭地區液化潛能及沉陷量評估”，**液化潛能評估方法及潛能圖之製作研討會**，**國家地震工程研究中心**，pp. G1-G10。
- [8] 趙紹錚、徐輝明、楊惠茜，1999，“蘭陽平原土壤工程性質圖之整合建立”，**第八屆大地工程學術研究討論會論文集**，pp. 350-362。
- [9] 趙紹錚、黃宏謀、許智豪，2008，“蘭陽平原三維淺層地下構造之探討”，**宜蘭大學工程學刊**，第四期，pp. 53-74。

表 1 宜蘭地區之土層基本性質

土層	統一土 壤分類	統計值	厚度 (m)	SPT-N 值	礫石含量 (%)	砂土含量 (%)	粉土含量 (%)	黏土含量 (%)	自然含 水量(%)	液性限度 (%)	塑性指數 (%)	單位重 (t/m ³)	比重
頭城區													
1	ML/CL	平均值	5.86	5.51	5.83	16.00	59.50	18.67	31.53	35.44	12.55	1.94	2.68
		標準偏差	4.74	3.61	10.10	12.26	13.61	8.28	5.80	4.95	4.24	0.33	0.05
		變異係數	0.81	0.65	1.73	0.77	0.23	0.44	0.18	0.14	0.34	0.17	0.02
2	SM	平均值	16.63	14.67	6.15	73.13	21.60	1.17	23.84	—	NP	2.00	2.65
		標準偏差	7.72	6.71	8.56	4.47	2.44	1.00	2.57	—	—	0.04	0.03
		變異係數	0.46	0.46	1.39	0.06	0.11	0.86	0.11	—	—	0.02	0.01
礁溪區													
1	ML/CL	平均值	9.98	4.50	2.56	20.26	57.73	19.60	32.46	39.88	16.53	1.98	2.70
		標準偏差	6.61	1.70	4.03	12.49	11.70	9.59	6.45	6.14	5.33	0.27	0.02
		變異係數	0.66	0.38	1.58	0.62	0.20	0.49	0.20	0.15	0.32	0.14	0.01
2	SM	平均值	16.83	25.22	19.94	63.80	13.86	2.37	21.9	—	NP	2.13	2.67
		標準偏差	11.54	18.67	21.62	18.36	8.48	2.56	7.19	—	—	0.16	0.02
		變異係數	0.69	0.74	1.08	0.29	0.61	1.08	0.33	—	—	0.07	0.01
宜蘭壯圍區													
1	ML/CL	平均值	8.72	4.39	0.41	11.22	63.15	24.96	34.49	37.83	14.17	1.87	2.68
		標準偏差	6.20	2.57	1.76	9.79	14.04	12.68	4.77	3.51	3.46	0.17	0.11
		變異係數	0.70	0.59	4.34	0.87	0.22	0.51	0.14	0.09	0.24	0.09	0.04
2	SM	平均值	11.74	13.45	2.53	70.63	22.02	4.77	25.02	—	NP	2.00	2.66
		標準偏差	7.57	7.26	7.88	11.80	10.13	5.32	4.50	—	—	0.15	0.05
		變異係數	0.64	0.54	3.11	0.17	0.46	1.12	0.18	—	—	0.08	0.02
3	ML/CL	平均值	5.52	9.51	0.97	14.97	59.80	24.32	32.31	36.11	15.70	1.87	2.70
		標準偏差	4.62	5.92	4.90	12.80	12.63	16.33	4.38	5.52	13.10	0.30	0.02
		變異係數	0.84	0.62	5.04	0.86	0.21	0.67	0.14	0.15	0.83	0.16	0.01
4	SM	平均值	10.29	20.00	1.67	73.81	19.13	5.15	22.83	—	NP	2.04	2.67
		標準偏差	7.64	9.11	4.95	12.13	9.09	6.36	4.18	—	—	0.18	0.02
		變異係數	0.74	0.46	2.97	0.16	0.48	1.23	0.18	—	—	0.09	0.01
5	ML/CL	平均值	10.95	14.23	0.00	12.33	72.03	26.17	31.81	27.68	14.23	1.96	2.70
		標準偏差	7.10	6.34	0.00	8.96	18.47	29.78	4.05	3.50	2.46	0.35	0.02
		變異係數	0.65	0.45	0.00	0.73	0.26	1.14	0.13	0.09	0.17	0.18	0.01
五結區													
1	ML/CL	平均值	9.44	5.53	0.92	10.22	62.90	25.83	35.47	38.75	15.35	1.99	2.69
		標準偏差	5.77	3.87	2.20	9.53	9.47	11.30	6.48	3.69	3.57	0.80	0.04
		變異係數	0.61	0.70	2.40	0.93	0.15	0.44	0.18	0.10	0.23	0.40	0.02
2	SM	平均值	10.19	17.25	6.43	67.35	22.89	4.69	22.21	—	NP	2.03	2.67
		標準偏差	5.48	9.46	10.46	14.93	13.75	6.21	5.07	—	—	0.14	0.03
		變異係數	0.54	0.55	1.63	0.22	0.60	1.32	0.23	—	—	0.07	0.01
3	ML/CL	平均值	7.87	15.28	1.86	16.38	64.58	17.32	29.34	35.65	17.67	1.94	2.68
		標準偏差	4.50	9.65	6.65	11.39	13.26	11.32	5.30	6.18	15.45	0.18	0.09
		變異係數	0.57	0.63	3.57	0.70	0.21	0.65	0.18	0.17	0.87	0.09	0.03
4	SM	平均值	12.96	32.32	11.84	65.63	19.73	2.60	19.07	—	NP	2.09	2.67
		標準偏差	8.29	24.07	15.39	12.98	7.09	2.89	5.51	—	—	0.12	0.04
		變異係數	0.64	0.74	1.30	0.20	0.36	1.11	0.29	—	—	0.06	0.02
員山區													
1	SM	平均值	25.00	20.44	11.76	64.57	21.62	1.92	16.45	—	NP	2.28	2.66
		標準偏差	7.07	1.16	11.86	0.61	10.26	0.82	4.57	—	—	0.18	0.01
		變異係數	0.28	0.06	1.01	0.01	0.47	0.43	0.28	—	—	0.08	0.00
羅東冬山西區													
1	ML/CL	平均值	10.22	4.69	0.13	10.78	65.51	23.15	34.78	31.11	12.54	1.88	2.69
		標準偏差	6.49	2.58	0.35	11.52	9.53	11.46	5.76	8.66	4.71	0.21	0.04
		變異係數	0.64	0.55	2.64	1.07	0.15	0.50	0.17	0.27	0.38	0.11	0.01

表 1 宜蘭地區之土層基本性質(續)

土層	統一土壤分類	統計值	厚度 (m)	SPT-N 值	礫石含量 (%)	砂土含量 (%)	粉土含量 (%)	黏土含量 (%)	自然含水量 (%)	液性限度 (%)	塑性指數 (%)	單位重 (t/m ³)	比重
2	SM	平均值	10.18	12.18	5.05	64.61	25.51	3.20	24.69	—	NP	2.02	2.65
		標準偏差	7.57	9.71	8.50	8.80	10.92	2.50	6.14	—	—	0.20	0.05
		變異係數	0.74	0.80	1.68	0.14	0.43	0.78	0.25	—	—	0.10	0.02
3	ML/CL	平均值	6.65	8.81	0.00	29.94	58.01	10.92	30.05	33.83	11.53	1.93	2.69
		標準偏差	4.05	3.87	0.00	8.78	7.10	4.87	4.21	7.79	4.57	0.18	0.04
		變異係數	0.61	0.44	0.00	0.29	0.12	0.45	0.14	0.23	0.40	0.09	0.01
4	SM	平均值	8.41	16.32	6.55	68.81	23.19	2.24	24.26	—	NP	2.00	2.65
		標準偏差	5.21	7.80	10.15	5.28	8.08	2.58	4.45	—	—	0.20	0.04
		變異係數	0.62	0.48	1.55	0.08	0.35	1.16	0.18	—	—	0.10	0.01
羅東多山東區													
1	ML/CL	平均值	12.34	4.77	0.00	7.24	66.38	26.43	35.74	37.83	15.61	1.85	2.69
		標準偏差	6.57	2.67	0.00	4.26	5.44	8.05	4.85	4.37	2.91	0.15	0.03
		變異係數	0.53	0.56	0.00	0.59	0.08	0.30	0.14	0.12	0.19	0.08	0.01
2	SM	平均值	7.97	11.30	4.53	74.38	20.98	0.13	24.95	—	NP	1.97	2.66
		標準偏差	4.22	7.46	9.05	13.69	7.41	0.25	5.47	—	—	0.15	0.06
		變異係數	0.53	0.66	2.00	0.18	0.35	2.00	0.22	—	—	0.07	0.02
3	ML/CL	平均值	8.83	10.06	0.00	22.30	61.00	16.70	32.63	39.66	17.60	1.92	2.70
		標準偏差	4.72	7.02	—	—	—	—	6.98	3.85	3.80	0.13	0.03
		變異係數	0.53	0.70	—	—	—	—	0.21	0.10	0.22	0.07	0.01
4	SM	平均值	7.00	9.00	—	—	—	—	29.15	—	NP	1.92	2.67
		標準偏差	1.13	2.83	—	—	—	—	0.49	—	—	0.01	0.00
		變異係數	0.16	0.31	—	—	—	—	0.02	—	—	0.01	0.00
清水濱海區													
1	SM	平均值	25.35	16.54	0.06	87.92	11.38	0.69	24.82	—	NP	1.95	2.67
		標準偏差	13.48	5.56	0.17	4.30	3.99	0.56	4.00	—	—	0.06	0.01
		變異係數	0.53	0.34	3.00	0.05	0.35	0.82	0.16	—	—	0.03	0.00
蘇澳區													
1	SM	平均值	9.71	18.61	19.27	61.47	13.85	4.75	16.28	—	NP	2.11	2.67
		標準偏差	5.71	12.62	12.55	10.61	5.99	7.23	5.39	—	—	0.22	0.02
		變異係數	0.59	0.68	0.65	0.17	0.43	1.52	0.33	—	—	0.10	0.01
2	ML/CL	平均值	13.44	4.83	0.00	3.00	72.05	24.10	40.31	38.12	14.03	1.86	2.69
		標準偏差	10.19	2.46	0.00	2.83	0.07	4.10	7.05	2.58	1.88	0.29	0.02
		變異係數	0.76	0.51	0.00	0.94	0.00	0.17	0.17	0.07	0.13	0.16	0.01
3	SM	平均值	5.46	28.87	5.00	67.00	22.00	6.00	17.98	—	NP	2.14	2.66
		標準偏差	5.46	15.59	—	—	—	—	8.12	—	—	0.17	0.01
		變異係數	1.00	0.54	—	—	—	—	0.45	—	—	0.08	0.01
中央山脈區													
1	GP-GM	平均值	16.30	49.84	51.35	41.88	4.53	2.60	8.30	—	NP	2.10	2.70
		標準偏差	3.77	28.59	6.49	3.34	2.91	2.25	2.81	—	—	0.16	0.05
		變異係數	0.23	0.57	0.13	0.08	0.64	0.87	0.31	—	—	0.08	0.02
2	ML/CL	平均值	3.98	6.88	0.35	11.50	53.20	35.00	31.85	36.70	15.42	2.01	2.70
		標準偏差	2.37	2.90	0.49	3.96	2.12	1.41	3.59	2.61	5.35	0.24	0.02
		變異係數	0.60	0.42	1.41	0.34	0.04	0.04	0.11	0.07	0.35	0.12	0.01
3	GW	平均值	6.50	44.15	54.40	40.50	2.25	2.90	10.10	—	NP	1.98	2.74
		標準偏差	0.14	2.62	0.14	1.41	0.35	1.56	1.56	—	—	0.19	0.00
		變異係數	0.02	0.06	0.00	0.03	0.16	0.54	0.15	—	—	0.10	0.00
雪山山脈區													
1	GM	平均值	13.13	42.48	50.82	35.65	14.65	1.05	9.72	—	NP	2.11	2.67
		標準偏差	8.86	29.93	17.43	10.71	10.02	0.88	4.01	—	—	0.24	0.02
		變異係數	0.68	0.70	0.34	0.30	0.68	0.83	0.41	—	—	0.11	0.01

表 2 宜蘭地區之土層力學性質

頭城區															
土層	統一土 壤分類	統計值	SPT-N 值	不排水 剪力強度	直接剪力試驗					三軸壓密不排水試驗 (三軸壓密排水試驗)				單向度壓密試驗	
				c_u (kg/cm ³)	c (kg/cm ³)	ϕ (度)	c' (kg/cm ³)	ϕ' (度)	c (kg/cm ³)	ϕ (度)	c' (kg/cm ³)	ϕ' (度)	C_c	C_r	P_e (kg/cm ³)
1	ML/CL	平均值	5.51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		標準偏差	3.61	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		變異係數	0.65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	SM	平均值	14.67	0.19	0.10	29.60	0.00	35.30	1.62	24.00	0.50	33.50	—	—	—
		標準偏差	6.71	—	—	—	—	—	—	—	0.14	2.83	—	—	—
		變異係數	0.46	—	—	—	—	—	—	—	0.28	0.08	—	—	—
礁溪區															
1	ML/CL	平均值	4.50	—	0.07	29.45	0.05	32.20	—	—	—	—	0.19	0.03	0.80
		標準偏差	1.70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		變異係數	0.38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	SM	平均值	25.22	—	0.12	32.85	0.00	33.0	0.16	21.45	0.08	30.34	0.60	0.27	1.88
		標準偏差	18.67	—	0.12	2.39	—	—	0.04	2.83	0.04	3.91	0.57	0.32	0.53
		變異係數	0.74	—	0.94	0.07	—	—	0.26	0.13	0.48	0.13	0.95	1.17	0.28
宜蘭壯圍區															
1	ML/CL	平均值	4.39	0.23	0.16	21.93	0.07	28.70	0.46	15.02	0.28	25.24	0.27	0.05	1.82
		標準偏差	2.57	0.10	0.24	5.96	0.03	5.36	0.76	8.14	0.55	6.14	0.12	0.05	0.83
		變異係數	0.59	0.45	1.51	0.27	0.43	0.19	1.67	0.54	1.99	0.24	0.43	1.01	0.45
2	SM	平均值	13.45	0.29	0.34	27.01	0.19	30.36	0.34	17.83	0.11	30.90	0.38	0.27	3.70
		標準偏差	7.26	0.12	0.64	11.21	0.58	4.52	0.14	4.74	0.10	2.05	0.17	0.33	1.56
		變異係數	0.54	0.42	1.88	0.42	2.96	0.15	0.42	0.27	0.92	0.07	0.46	1.25	0.42
3	ML/CL	平均值	9.51	0.53	0.12	15.15	—	—	0.19	20.10	0.06	29.78	0.27	0.05	2.14
		標準偏差	5.92	0.26	0.02	21.28	—	—	0.13	4.48	0.09	1.97	0.09	0.04	1.30
		變異係數	0.62	0.50	0.18	1.40	—	—	0.65	0.22	1.47	0.07	0.32	0.74	0.61
4	SM	平均值	20.00	—	—	—	—	—	—	—	0.05	34.87	0.25	0.05	3.50
		標準偏差	9.11	—	—	—	—	—	—	—	0.09	0.23	—	—	0.71
		變異係數	0.46	—	—	—	—	—	—	—	1.73	0.01	—	—	0.20
5	ML/CL	平均值	14.23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		標準偏差	6.34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		變異係數	0.45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
五結區															
1	ML/CL	平均值	5.53	0.26	0.39	19.53	0.02	30.85	0.19	14.22	0.08	24.81	0.28	0.03	1.23
		標準偏差	3.87	0.07	0.37	9.86	0.03	3.54	0.08	3.22	0.05	4.15	0.05	0.01	0.66
		變異係數	0.70	0.28	0.95	0.50	2.00	0.11	0.42	0.23	0.58	0.17	0.19	0.47	0.54
2	SM	平均值	17.25	0.78	0.11	27.79	0.02	30.96	0.75	22.10	0.04	33.20	0.43	0.03	1.70
		標準偏差	9.46	0.50	0.08	4.45	0.03	2.29	—	—	0.02	2.83	0.39	0.02	0.70
		變異係數	0.55	0.65	0.76	0.16	1.48	0.07	—	—	0.61	0.09	0.92	0.65	0.41
3	ML/CL	平均值	15.28	1.42	—	—	—	—	0.26	17.60	0.10	30.70	0.09	0.03	0.08
		標準偏差	9.65	2.60	—	—	—	—	0.34	18.40	0.18	30.25	0.09	0.02	2.40
		變異係數	0.63	1.66	—	—	—	—	0.11	1.13	0.11	0.64	—	0.02	2.26
4	SM	平均值	32.32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		標準偏差	24.07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		變異係數	0.74	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
員山區															
1	SM	平均值	20.44	—	—	—	—	—	0.47	23.33	0.30	31.50	—	—	—
		標準偏差	1.16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		變異係數	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
羅東冬山西區															
1	ML/CL	平均值	4.69	0.41	0.12	19.92	0.03	34.90	0.28	16.31	0.06	29.26	0.28	0.05	1.84
		標準偏差	2.58	0.28	0.07	11.39	0.02	1.21	0.27	4.12	0.03	3.88	0.09	0.05	0.54
		變異係數	0.55	0.70	0.54	0.57	0.58	0.03	0.98	0.25	0.53	0.13	0.32	0.84	0.29

表 2 宜蘭地區之土層力學性質(續)

土層	統一土壤分類	統計值	SPT-N 值	不排水	直接剪力試驗					三軸壓密不排水試驗 (三軸壓密排水試驗)				單向度壓密試驗		
				剪力強度	c _u (kg/cm ²)	c (kg/cm ²)	φ (度)	c' (kg/cm ²)	φ' (度)	c (kg/cm ²)	φ (度)	c' (kg/cm ²)	φ' (度)	C _c	C _r	P _c (kg/cm ²)
2	SM	平均值	12.18	—	0.34	29.74	0.05	32.64	0.00	29.00	9.98	33.43	—	—	—	
		標準偏差	9.71	—	0.41	1.36	0.05	3.92	—	—	—	—	—	—	—	
		變異係數	0.80	—	1.21	0.05	1.12	0.12	—	—	—	—	—	—	—	
3	ML/CL	平均值	8.81	0.44	0.16	20.00	0.03	32.50	—	—	—	—	0.27	0.04	1.49	
		標準偏差	3.87	0.04	0.06	3.54	—	—	—	—	—	—	—	—	1.29	
		變異係數	0.44	0.10	0.35	0.18	—	—	—	—	—	—	—	—	0.86	
4	SM	平均值	16.32	—	—	—	—	—	0.12	24.70	0.01	32.20	0.20	0.07	1.80	
		標準偏差	7.80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		變異係數	0.48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
羅東冬山東區																
1	ML/CL	平均值	4.77	0.18	0.11	16.45	0.06	31.63	0.27	18.07	0.05	30.50	0.31	0.92	2.35	
		標準偏差	2.67	0.07	0.03	0.78	0.04	2.14	0.09	6.57	—	—	0.09	1.26	0.77	
		變異係數	0.56	0.40	0.24	0.05	0.73	0.07	0.32	0.36	—	—	0.29	1.36	0.33	
2	SM	平均值	11.30	—	—	—	0.01	34.70	—	—	—	—	0.21	0.02	2.00	
		標準偏差	7.46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		變異係數	0.66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	ML/CL	平均值	10.06	0.07	—	—	0.01	34.70	0.16	20.70	0.05	29.10	0.50	0.09	1.75	
		標準偏差	7.02	—	—	—	—	—	0.05	4.10	0.00	1.98	0.11	0.00	0.35	
		變異係數	0.70	—	—	—	—	—	0.20	0.20	0.00	0.07	0.22	0.04	0.20	
4	SM	平均值	9.00	0.24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		標準偏差	2.83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		變異係數	0.31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
清水濱海區																
1	SM	平均值	16.54	0.15	—	—	0.08	32.30	0.85	26.82	0.19	34.86	0.11	0.01	2.17	
		標準偏差	5.56	—	—	—	0.04	1.28	0.24	5.63	0.21	0.82	0.01	0.00	0.76	
		變異係數	0.34	—	—	—	0.46	0.04	0.28	0.21	1.12	0.02	0.07	0.20	0.35	
蘇澳區																
1	SM	平均值	18.61	—	—	—	0.07	50.45	—	—	0.00	36.50	—	—	—	
		標準偏差	12.62	—	—	—	0.01	3.32	—	—	—	—	—	—	—	
		變異係數	0.68	—	—	—	0.2	0.07	—	—	—	—	—	—	—	
2	ML/CL	平均值	4.83	0.28	—	—	—	—	0.00	14.9	0.14	19.1	—	—	—	
		標準偏差	2.46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		變異係數	0.51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	SM	平均值	28.87	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		標準偏差	15.59	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		變異係數	0.54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
中央山脈區																
1	GP-GM	平均值	49.84	—	—	—	0.18	34.50	1.38	13.80	0.60	28.40	0.11	0.01	2.18	
		標準偏差	28.59	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.04	0.00	0.69	
		變異係數	0.57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.35	0.07	0.32	
2	ML/CL	平均值	6.88	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.22	0.04	2.40	
		標準偏差	2.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.00	0.28	
		變異係數	0.42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.03	0.02	0.12	
3	GW	平均值	44.15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.08	0.02	3.00	
		標準偏差	2.62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		變異係數	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
雪山山脈區																
1	GM	平均值	42.48	—	—	—	0.00	32.10	—	—	—	—	—	—	—	
		標準偏差	29.93	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		變異係數	0.70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

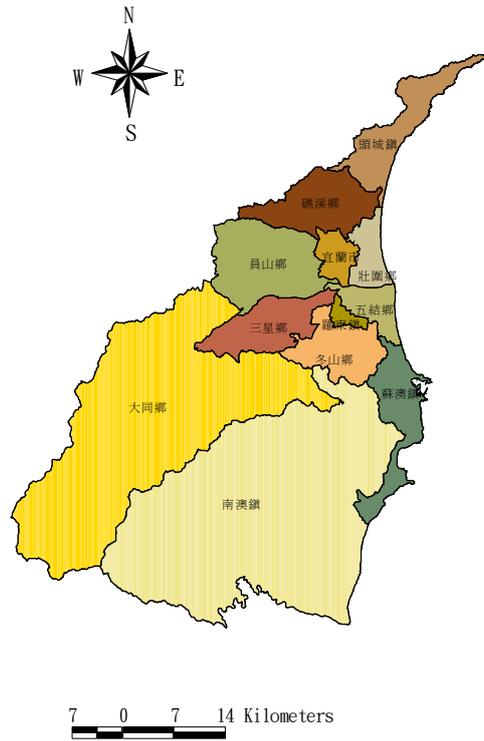


圖 1 宜蘭縣行政區域圖

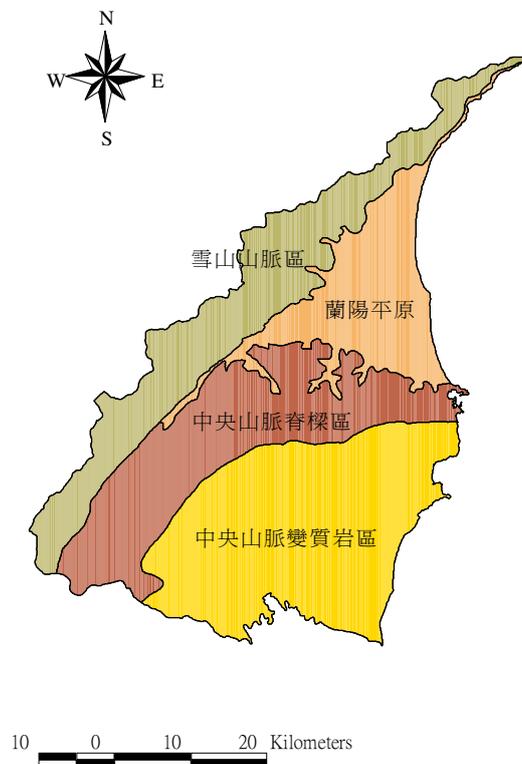


圖 2 宜蘭縣地質圖

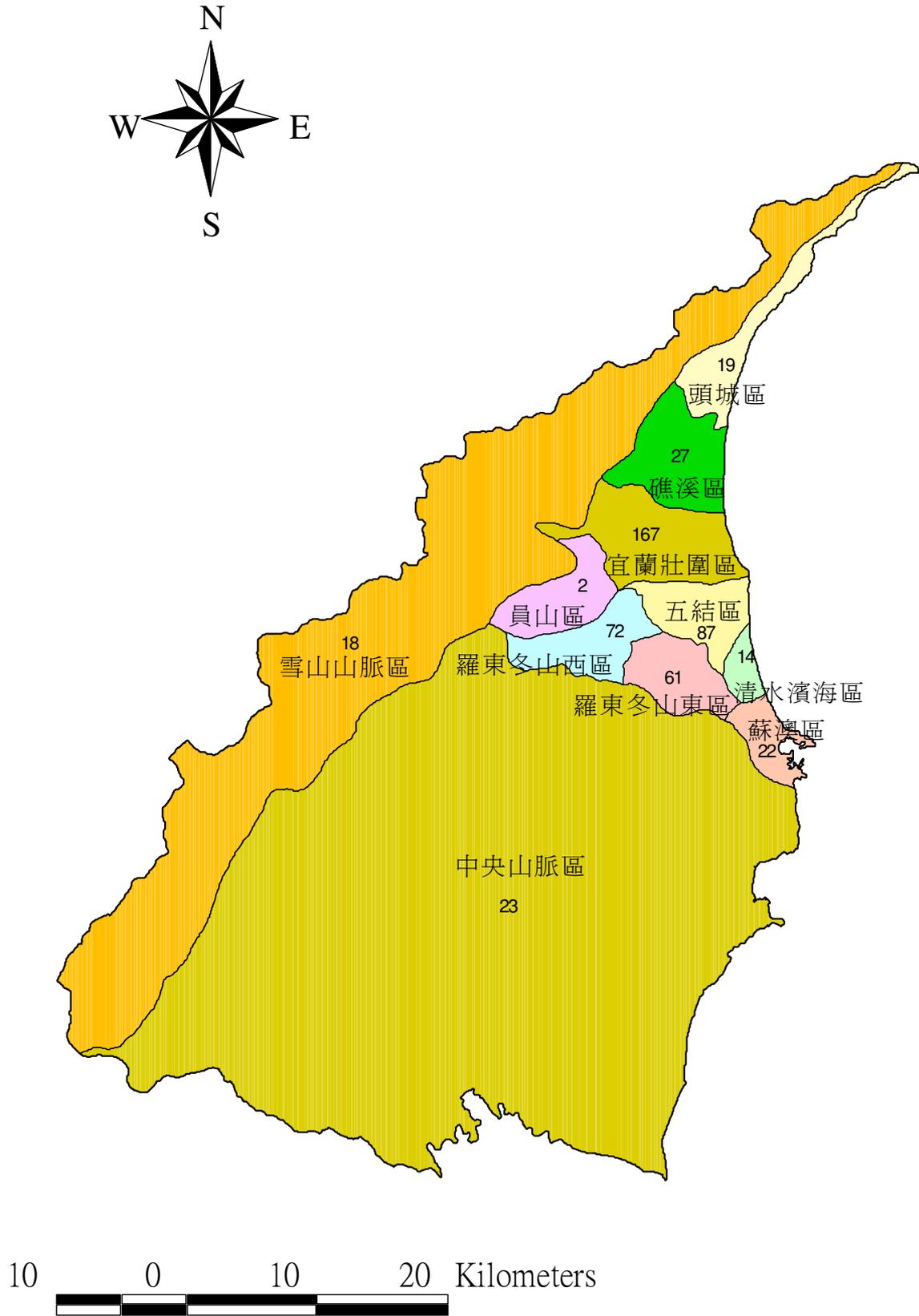


圖 3 宜蘭縣大地工程分區圖