



109.01

工程地質

Engineering Geology

第一週：課程介紹

授課教師：邱雅筑

2020/09/07



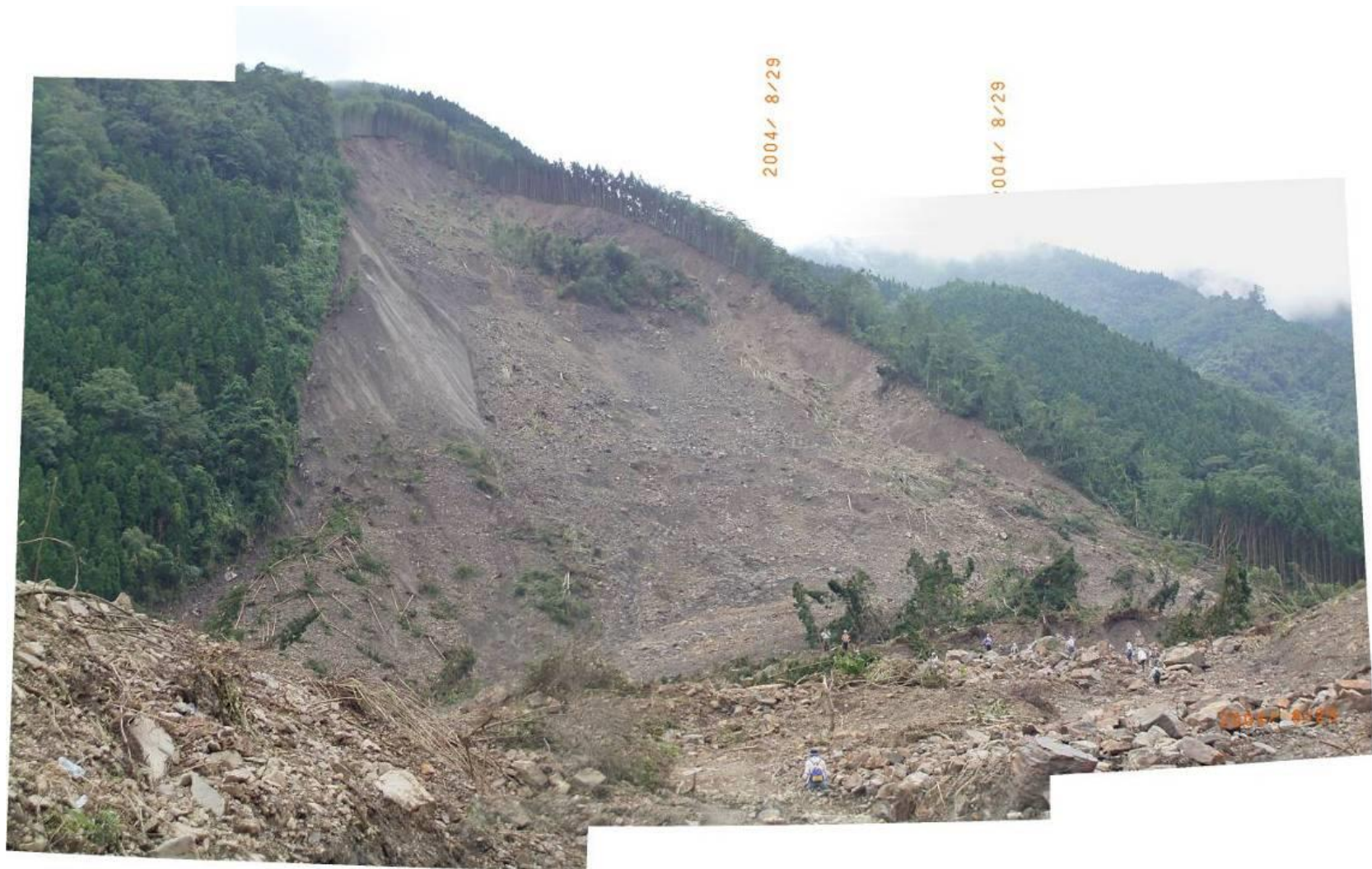
大綱

- 工程地質之定義
- 工程地質的起源
 - 土木工程、地質學、大地工程、水土保持工程
 - 工程地質
- Why?
 - 為什麼要學工程地質？
 - 工程地質可以幫助我解決什麼問題？
- 課程規定



為什麼要學
工程地質？

2004艾利颱風，新竹五峰鄉土場山崩



2004艾利颱風，新竹五峰鄉土場山崩



(地調所提供資料)，地形上事先已有徵兆

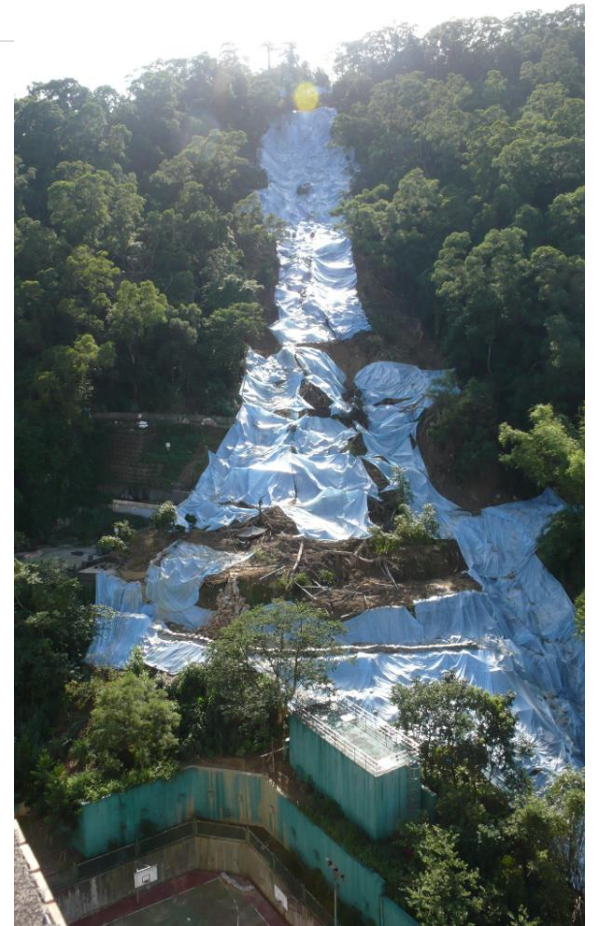
貓纜塔基附近坍滑災區全景照片



2008/10/01 拍

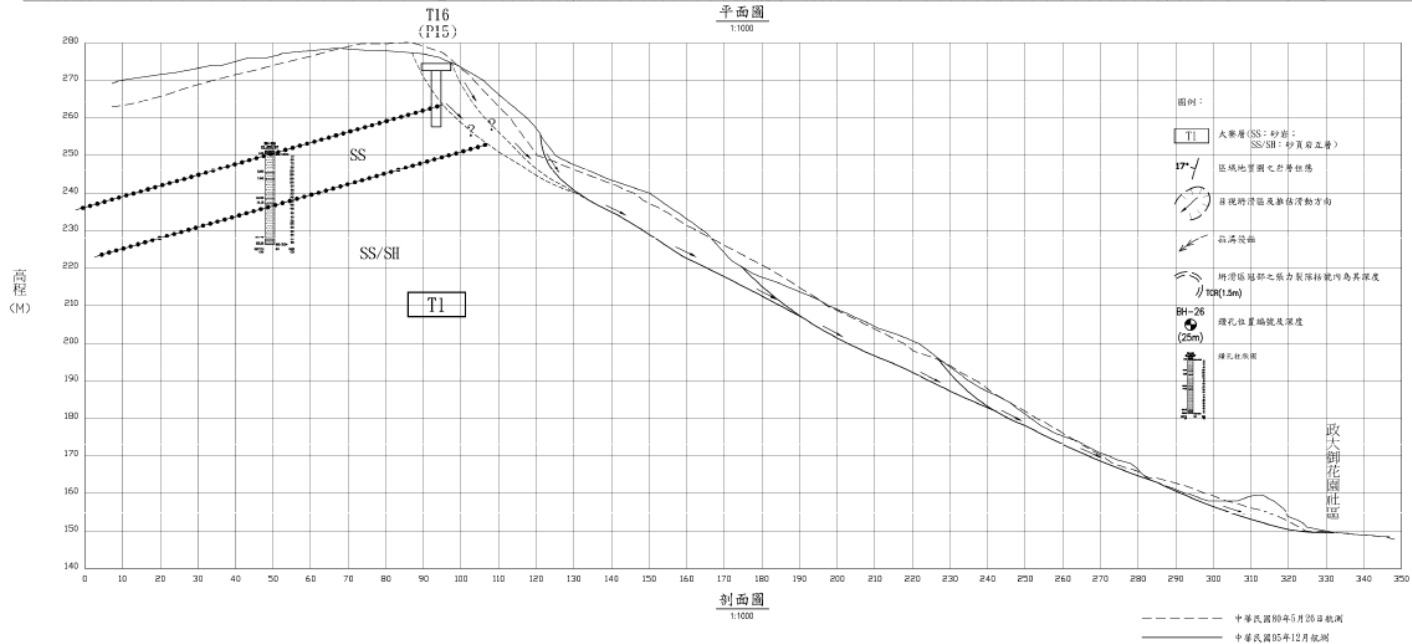
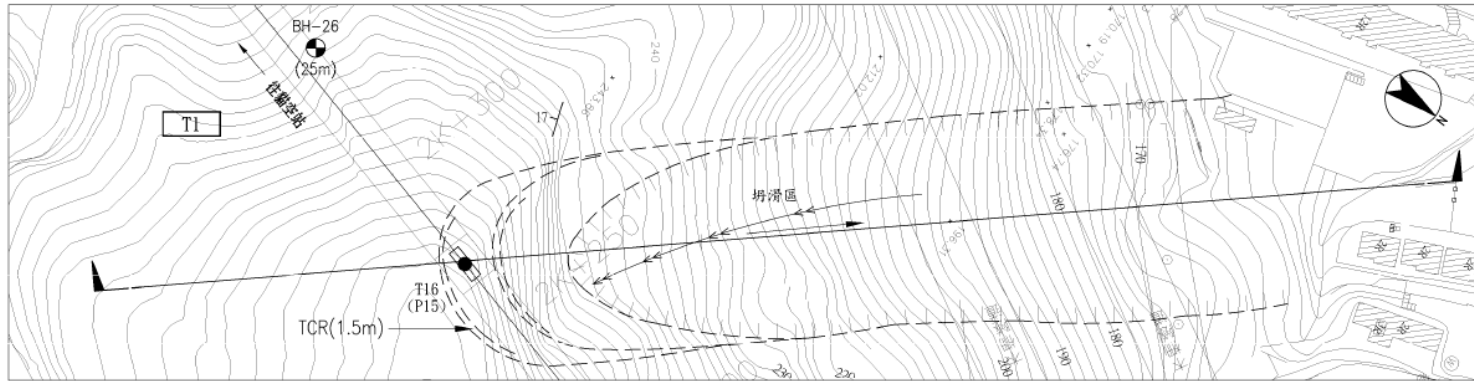


2008/10/01 拍



2008/10/19 拍

貓纜塔基附近邊坡坍塌平面及剖面圖



工程地質定義

- 工程地質與地質工程
- 研究“地質因素”與其對工程的“影響”與“後果”的科學
- 土木工程、地質學、大地工程、水土保持、工程地質



工程地質怎麼來的？

- 土木工程，在於雕塑地球以適合人類的生活
- 開運河、挖隧道是一種雕刻工作，築長城、建大壩，是一種塑造工作
- 開山機、鑽岩機以及炸藥等是土木工程師的雕刻工具，運土車、夯土機、以及混凝土施工機械就是塑造工具

土木學門的起源與地質之關聯

2400 B.C.	灌溉渠道, Tigris to Euphrates (底格里斯河和幼發拉底河)
2700 B.C.	金字塔, 埃及
1900 B.C.	導水隧道, Palestine 地下導水道, Armenians and Persia
494 B.C.	水壩, Ceylon, 223 mi ²
300 B.C.	長城, 1500 miles

地質學 Geology

- 地質(Geology) - 希臘文
Geo (earth/**地球**) + logos (thought/**學科**)
- 對象 - 地質材料 (岩石、土壤、水)--組成與排列方式隨時空的變化
 - 地質動力 (風、水流動、熱、化學反應)
- General Geology
 - Physical Geology (普通地質學)
"空間中的現象" - 地質物質的性質、成因、成份、分佈與地質作用
 - Historical Geology (歷史地質學)
"時間上的關係" - 地球的發生與演變史

地質學門的起源

1700's	Geological facts for miners, engineers, natural historians and geographers.
1795	James Hutton – Theory of the Earth, with Proofs and Illustrations:現在為過去之鑰
1815	William Smith – geological map of England fossils for dating → 地層學源起
1835	Geological Survey of the British Isles

工程地質學的興起

(林銘郎，2009)

- 土木工程學與地質學的發展都很早，土木工程、採礦工程的發展更早。歷史上許多重大的工程建設..必定應用到地質智識。但工程地質學之成為一門有系統學科，卻為時不久，而且，是在地質學興起之後才有工程地質學的興起。

工程地質簡史

(林銘郎，2009)

- 1928 美國 St. Francis 壩被破壞
- 1929 奧國人 Redlich & Terzaghi & Kampe 編著 "Ingenieur Geologie"
- 1933 美國胡佛總統大力推動公共工程計劃
- 1936 1. "第一屆國際土壤力學與基礎工程會議" 美國舉行
2. "Geotechnique" 於美國創刊
- 1941 草嶺山崩
- 1950 國際工程地質師學會，美國工程地質師學會成立
- 1953 英國人 Skempton (1914) 發表 "Soil Mechanics in relation to Geology"
- 1957 1. 法國人 Talobre 編著 "La Mechnique Des Rocks" 第一本岩力書
2. 美國人 Krynine & Judd 編著 "Principle of Engineering Geology & Geotechnics"
3. 英國工程地質學進入計量化 @土壤力學 @岩石力學 @基礎工程@ 工地實習
- 1959 法國 Malpasset 拱壩崩潰，造成400人死亡，主要原因為: 左壩基腳之楔形岩盤,或水壓作用而產生破壞

工程地質簡史

(林銘郎，2009)

- 1963 義大利 **Vaiont** 水庫,岩體滑落大量,造成265公尺溢水現象, 2500 人死亡
- 1963 1."Rock Mechanics and Engineering Geology" 德國創刊 1969 改稱 "Rock Mechanics"
 - 2."International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstract" 英國創刊
- 1964 "Engineering Geology" 在美國創刊，1968改稱 "Bulletin of the Association of Engineering Geologists"
- 1966 1.第一屆國際岩石力學會議：葡萄牙里斯本
 - 2.美國 Deere & Miller 創岩石材料之工程分類法
- 1966 英國南威爾斯發生**礦渣山崩**，造成兒童 116人，成人28 人死亡, 因岩渣風化降低強度以及雨水加大水壓力而引起
- 1968 1."The Quarterly Journal of Engineering Geology" 英國創刊
 - 2."Ground Engineering" 英國創刊
- 1970 1.國際工程地質學會於法國巴黎舉行
 - 2.美國 Auburn 拱壩基礎建於斷層及弱帶上，長為1220m, 高為 209m

- 1973 南非 Bieniawaski 創立岩體地質力學分類法 (RMR)，用途隧道
- 1974 挪威 Barton (NGI) 創立更詳細之岩體工程分類(Q法)，用途隧道
- 1976
 1. 內政部(中華民國)頒布 "山坡地開發建築管理辦法"
 2. 英國 Attewell & Farmer 編著 "Principles of Engineering Geology"
 3. 英國 Zaruba & Mencl 編著 "Engineering Geology"
- 1976 美國 Teton 壩(土石壩)崩潰，主因裂縫滲水產生 Piping
- 1981 花東線自強一號隧道引進 "新奧工法" (NATM)
- 1982 翡翠水庫引進 "水刀工法"(水壓高達 2400 kg/cm^2)
- 1983 "土工技術"創刊
- 1987 第一屆中英地質會議台北舉行，1989 第二屆會議倫敦舉行
- 1988 英法海峽海底隧道施工
- 1990 英法海峽海底隧道貫通

工程地質簡史

(林銘郎，2009)

- 1990 花蓮銅門村土石流(歐菲莉颱風)
- 1992 台北—宜蘭雪山隧道(坪林隧道)施工
- 1996 南投神木村土石流(賀伯颱風)
- 1997 台北縣汐止林肯大郡順向坡滑動，汐止淹水(溫妮颱風)
- 1998 義大利Campania地層滑動
- 1998 台北內湖泥流，汐止淹水(瑞伯颱風)
- 1999 921大地震
- 2000 台北縣汐止淹水，侯硐國小、三和國小土石流(象神颱風)
- 2001 南投木屐寮(東埔蚋溪)土石流，內湖有水坑遷校，台北市淹水(桃芝，納莉颱風)
- 2004 七二水災-台中縣大甲溪松鶴部落土石流(敏督利颱風)、艾利颱風災害
- 2006 雪山隧道通車

地質作用；地質現象；地質災害

- 台灣地處板塊交界，地盤的隆起作用與削平作用極為快速
- 在地震與豪雨的侵襲下，坡地災害與土石流在所難免
- 由於人口密度太高，過度開發，濫墾、濫伐、濫墾、與濫種，非常普遍，更加重了地質災難的程度
- 因此在天然災害之預防及治理方面，我們必需了演解到，地震、山崩、洪水等本是地球環境自然演育過程之一部份，人類要與自然環境和諧相處，必需努力了解其運行之道理，因勢利導，趨吉避兇

地質作用與地質災害

PART

2

Hazardous Earth Processes



CHAPTER 4
Natural Hazards: An
Overview



CHAPTER 5
Rivers and Flooding



CHAPTER 6
Landslides and Related
Phenomena



CHAPTER 7
Earthquakes and Related
Phenomena



CHAPTER 8
Volcanic Activity



CHAPTER 9
Coastal Hazards

大地工程學 Geotechnical Engineering

- **大地工程**為與「**土工技術**」（Geotechnics）有關的工程。而「**土工技術**」係使用**科學方法**以及**工程學理**以獲取**地殼材料之特性**，並加以分析與利用以解決土木工程問題俾使更適於人類居住的一門應用科學。它包含了**土壤力學**、**岩石力學**以及**地質學**，**地球物理學**、**水文學**等其他相關科學。

大地工程之工作範疇

- 以土壤或岩石作為**工程基礎**
- 以土壤或岩石作為**材料**以建造土石結構
- 在土壤或岩石**中**建構**地下工程**
- **天然災害**之預防與控制

大地工程之工作範疇-1

- 以土壤或岩石作為**工程基礎**

(Photo credit: FenlioQ / Shutterstock)









(颯捍)

大壩與斷層作用-石岡壩

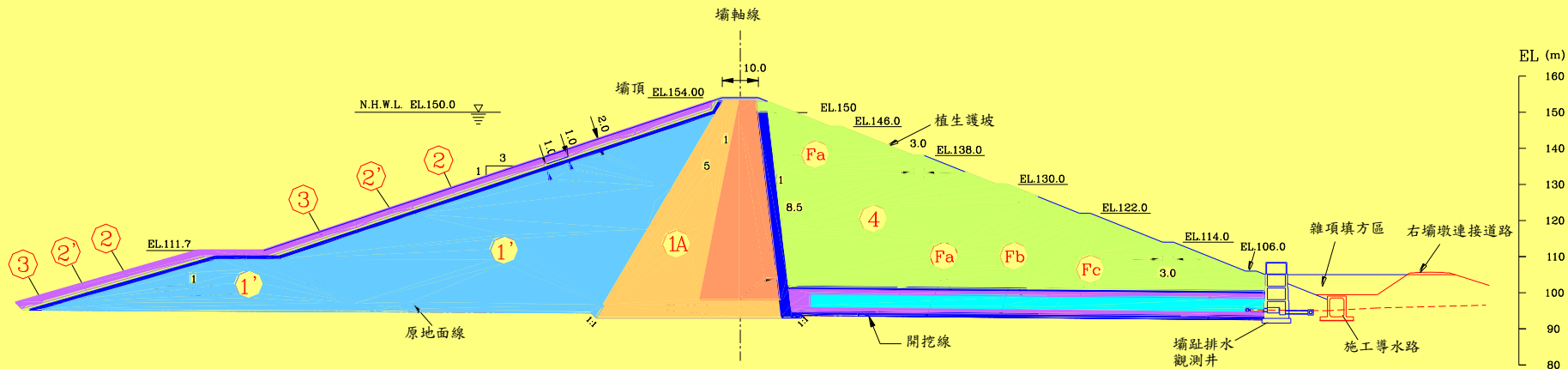


大地工程之工作範疇-2

- 以土壤或岩石作為材料以建造土石結構
- 土石壩、公路鐵路路堤、長城、擋土牆

寶山第二水庫土壩工程

土壩標準斷面圖



壩體工程

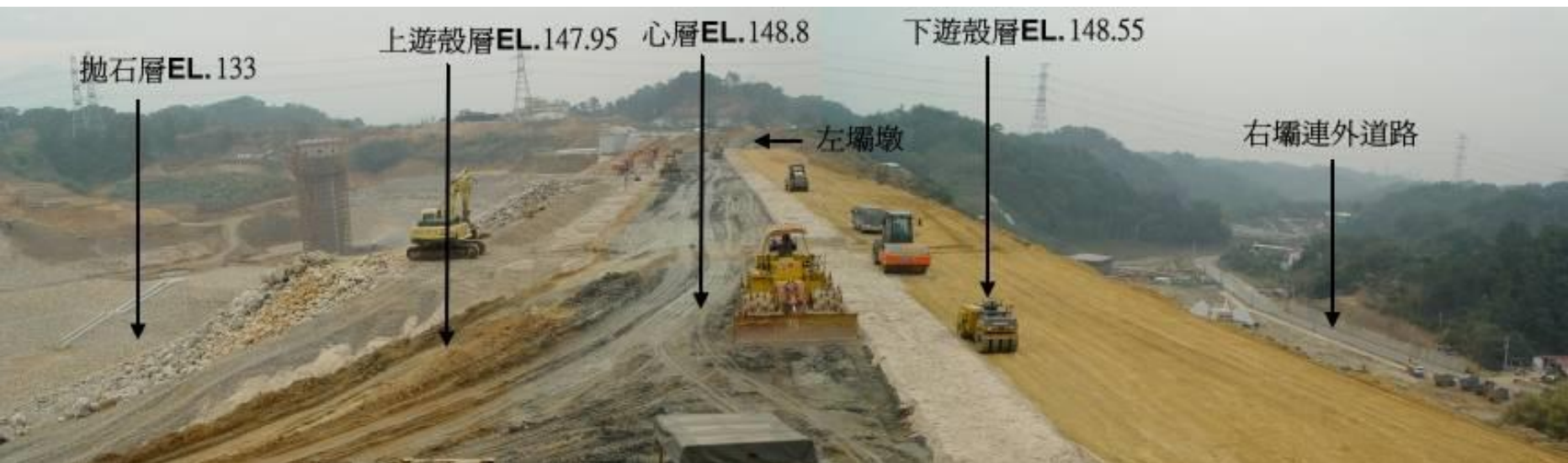
壩型	中央不透水層分區滾壓型土石壩
壩頂標高	154公尺
滿水位標高	150公尺
壩頂長度	345公尺
壩頂寬度	10公尺
壩體最大高度	61公尺
壩體體積	225萬立方公尺
集水區面積	2.88平方公里
蓄水容量	3.218萬立方公尺

符號及代表分區	材料分區說明	材料來源	填方數量 (m ³)
不透水層	①A 精選不透水料 (CL, ML, ML-CL)	取土A-K區	165,200
	①B 不透水料 (CL, ML, ML-CL, SM)	取土A, B, C, J區	133,342
上游殼層	①' 半透水料或不透水料 (SP, GP, SM, ML, ML-CL)	取土L區	810,537
上游濾層	② 小於1公分, 砂、礫石級配混合料	價購	70,301
	②' 小於7.5公分, 砂、礫石級配混合料	價購	66,418
	③ 拋石料	價購	158,789
下游殼層	④ 土壤, 風化及未風化岩石材料	取土L區, 壩基, 溢洪道開挖料	625,824
下游濾層	Fa 小於1公分, 砂石廠製砂, 河砂或製砂與河砂之級配料.	價購	139,248
	Fb 小於3.8公分之礫及砂石級配透水料.	價購	14,956
	Fc 15公分以下之礫, 砂卵石級配透水料.	價購	27,955

寶山第二水庫土壩工程



寶山第二水庫土壩工程



大地工程之工作範疇-3

- 在土壤或岩石中建構地下工程
 - 英法海底隧道、金門擎天崗醫院、佳山計畫、阿爾卑斯山隧道、地下電廠、三峽大壩船閘、地鐵、捷運地下化
 - 一公里造價：
 - 路堤:橋:隧道=1:2:5

大地工程之工作範疇-4

- **天然災害**之預防與控制-地質作用與地質災害
 - 山崩、地滑、土石流-大地工程、水土保持工程
 - 地震災害-大地地震工程
 - 洪水與淹水-水利工程、水土保持工程

水土保持工程的範疇

(水土保持法，2016)

- 集水區治理
- 農林漁牧地之開發利用
- 探礦、採礦、鑿井或採取土石
- 修建鐵路、公路、其他道路或溝渠
- 於山坡地或森林區內開發建築用地，或設置公園、墳墓、遊憩用地、運動場地或軍事訓練場、推積土石、處理廢棄物或其他開挖整地
- 防止海岸、湖泊及水庫沿岸或水道兩岸之侵蝕或崩塌
- 沙漠、沙灘、沙丘地或風衝地帶之防風定砂及災害防護
- 都市計畫範圍內保護區治理
- 其他

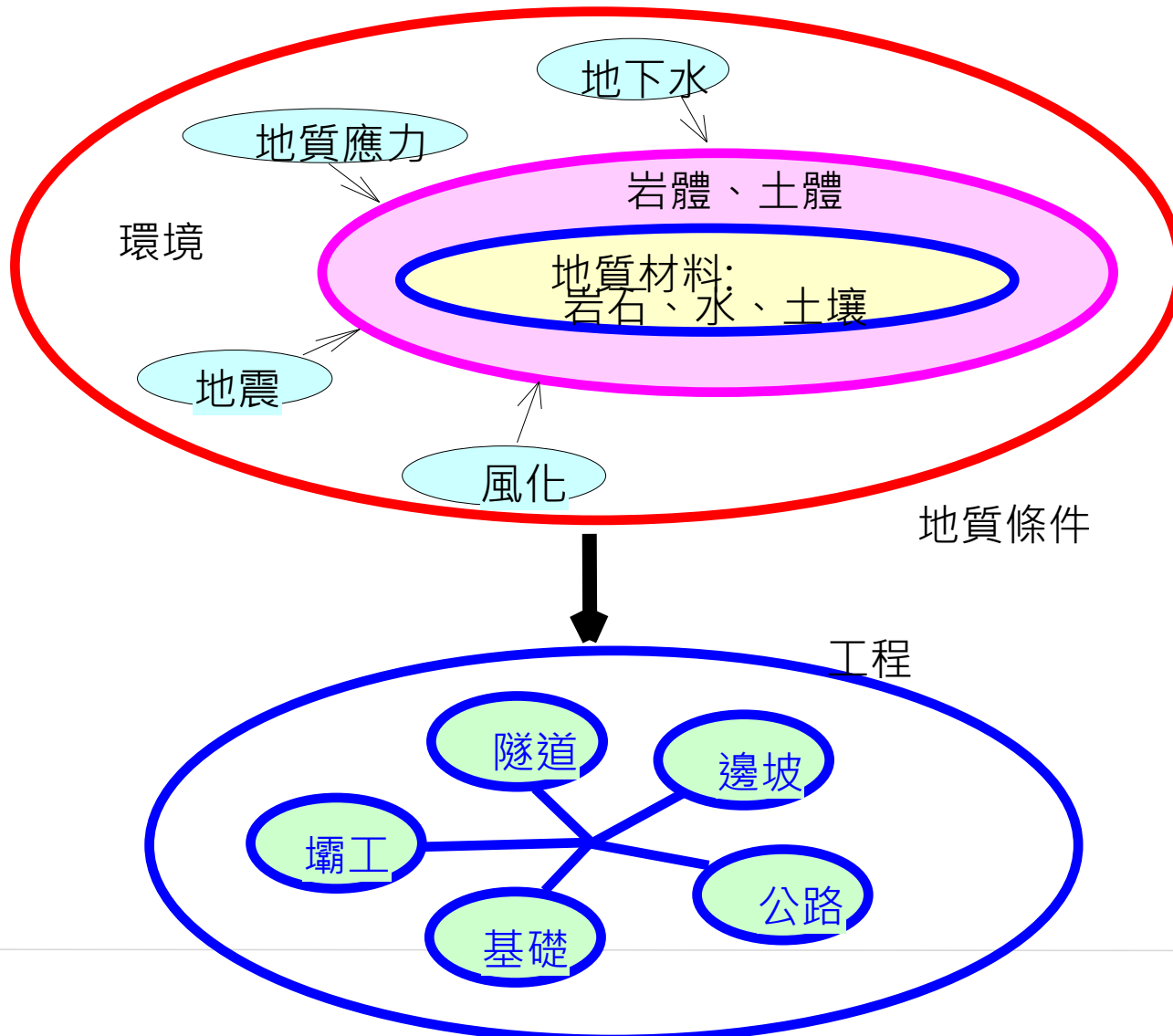
水土保持工程的調查項目

(水土保持技術規範，2016)

- 水文調查與分析
- 地形調查與測繪
- 地質調查
- 土壤調查與分析
- 泥砂生產調查
- 土地利用現況調查
- 植生調查

工程地質領域關係圖

(林銘郎，2009)



工程地質在我國研究之重要

- 地域性:因地制宜
- 地域性:自己的問題自己解決
- 變異性與不確定性:經驗很重要

工程地質與土木工程之整合

(林銘郎，2009)

- 地質師與土木工程師使用不同的專科語言，難於溝通
- 地質師常使用描述性語言；而土木工程師制慣用數字性的文字，計算的輸出(input)與輸出(output)都要是數字。舉例而言，若地質報告只說某一砂岩為「厚層、堅硬」者，大部份土木工程師都難了解，土木工程師一定要知道所謂厚層，究竟是幾公尺？所謂堅硬，究竟強度是每平方公分幾公斤？
- 而愈沒有工地經驗的資淺工程師，愈是只會從事計算、玩弄數字，而難於體會工程作業之中，除了計算與數字之外，還許多非計算、非數字的事情。假使說地質學不使用數字性的文字，也非事實，只不過兩方面：地質師與土木工程師所使用的尺度常有差別。台灣之大地之父認為，兩方面都沒有錯，只是「言語不通」罷了，土木工程師看不懂地質報告，地質師也難於發現設計書缺乏考慮重要的地質因素。

土木工程師缺乏地質學智識

(林銘郎，2009)

- 原因是我國大專土木系課程，工程地質學的學分(2至3學分)太少，在職訓練也缺乏機會，因此難體認地質的重要而高喊電腦萬能。但筆者也常聽到一些工程地質師談到。愈有豐富工地經驗之土木工程師愈重視工程地質工作。而純坐辦公廳的工程師(俗稱arm chair engineer)或剛出校門的工程師則不太重視工程地質工作。
- 同樣，也有太師椅地質師([arm chair geologist](#))，從來不跑野外或工地，卻反而批評工程地質師不務正業，此外，許多工程師以為土壤力學及岩石力學，甚至計算機，就能解決問題。其實土壤力學及岩石力學的計算，常基於許多假設，以簡化問題。簡化與假設。必製造誤差。

Karl von Terzaghi (1961)

- 土壤力學之父
- 一再強調工程地質學對土壤與岩石工程的重要，並主張土壤力學與岩石力學的學者，應有地質學訓練，而且最好由一般地質學開始，再及於應用地質學，最後學習工程地質學。



- 從事任何與地質有關的土木工程，都必須從事工址調查。在舊式的土木工程作業，先辦理**調查**，然後**規劃**，再**設計**、**施工**。
- 現代大型土木水利工程作業，分段更趨精細，有踏勘、環境評估、可行性分析、規劃、基本設計、招標及發包、施工及細部設計、營運及維護，等階段。每一階段皆需工址調查，但範疇圍與精度不同。愈是前面的階段，調查範圍愈大，但精度愈低；愈是後面的階段，調查範圍愈小，但精度愈高。各階段之工址調查，是不能互相替代的。
- 對於地質之了解，可以避免盲目之鑽探，可以針對工程目標，作出最佳工址調查計畫。

野外調查格言

If you do not know what you should be looking for in a site investigation, you are not likely to find much of value.

----Glossop R. 1968—8th Rankine Lecture—The rise of geotechnology and its influence on engineering practice.

為什麼要學工程地質？

- 工程地質是處理地質災害的工具
- 台灣的地質災害多
- 氣候變遷使地質災害規模和頻率加劇
-想想看，你的理由是什麼？

工程地質可以幫助我解決什麼問題？

- 知道地質調查、土壤調查與分析、泥砂生產調查...等該怎麼做
- 學習如何調查工址(目的事業所在地)
- 知道野外調查前、中、後應該做哪些準備
- ...還有哪些呢？

回家要唸書唷。

