

談土木工程教育： 台大土木近年課程改革分享

呂良正／國立臺灣大學土木工程系教授兼系主任

土木工程教育是一個很大的題目，每個人可能也會有不同的看法，不過目的很簡單，都是希望可以培育出優秀的土木工程人才。這篇文章主要是藉由本系近年來所做的一些課程改革及相關成效，希望分享這方面的經驗，同時也希望可以引起更多有關土木工程教育的關心、討論及重視。

本系近年課程改革可以分成以下幾項：(1) 規劃選修群組、(2) 開設實習課程、(3) 開設大一設計及實作課程 (Cornerstone)、(4) 開設大三、大四土木工程設計實務課程 (Capstone)。以下將就各項簡要說明之，在說明之前要強調的是本系目前規劃實作課程有三部曲，如表 1 所列。目前已經施行過的有大一的 Cornerstone 及大三、大四的 Capstone，尚缺大二 Keystone 課程，預計 100 年度第二學期（101 年春季）要嘗試將結構及流力實驗配合同步上課進行（先以一班試行），對於實驗內容也將重新設計（註：以往結構及流力上課是大二（下），實驗則是大三（上））。

表 1 台大土木系實作課程三部曲

	基石 Cornerstone	要石 Keystone	頂石 Capstone
原則	用常識、直覺作設計、啟發未來的求知欲	在知識學習的過程中即時應用所學	在學習全套的課程後提出實際工程的解決方案
修課時機	一年級	二年級	三、四年級
先修課目	無	工數、材力等基礎必修	大學部必修課目
期末成果	實體或數位模型	實體模型	口頭與上台報告

規劃選修群組

以民國 100 年入學的學生來說，畢業學分是 141，課程主要由 Level A 到 Level F，包括：(A) 校定共同必修科目 12 學分、(B) 校定通識科目 18 學分、(C) 系定共同必修科目 19 學分、(D) 系定共同必修科目 46 學分、(E) 系定各學術分組領域之必修科目 14 學分、(F) 學群課程 12 學分、土木系所其他選修科目 12 學分及自由選修 8 學分。

要提出分享的是 (F) 學群課程 12 學分，此主要是希望學生選修課不要沒有規劃，甚至是找一些營養課程來修。早在約 12 年前，首先在 F 層裡規劃有 9 門課（後來陸續有調整數目與名稱），涵蓋土木各領域，基本上都是系上老師認為最重要的選修課，學生必須於其中選修 4 門，相當於 12 學分。除了以上的土木學群外，大約於 5、6 年前於 F 層增加了建築學群及軌道工程學群，這兩個新增學群也都各自規劃了一些相關選修課（註：其中部分課程是必修）。自此學生於 F 層必須於土木、建築、軌道工程擇一完成。去年我們又增加了兩個學群：環境工程學群及天然災害學群。因此目前在 F 層裡共有 5 個學群，學生可以針對其興趣於畢業前擇一完成，當然行有餘力，還是可以修習不同學群課程，此可計入系所一般選修學分。

開設實習課程

以往系上於暑期都會由業界提供一些暑期實習的機會給學生，數目不定。系上不少老師及學生也都覺得暑期實習是認識職場不錯的機會，加上近年評鑑及工程教育認證時，部分委員也建議此方面可加強。因

此於 96 年度起開設『土木工程實習與實務』選修課，計 2 學分，開設於每年第二學期。學生兩星期上課一次，每次約 100 分鐘，內容包括各類土木相關職場介紹（請業界來演講）、工程法律及倫理、進入職場準備（如何準備履歷、面試等）。同時系上會聯絡不同性質之業界，為同學爭取暑期實習機會，過去幾年每年約爭取到 30 個。而選修該課程之人數接近 20 人（幾乎都是大三學生）。這 30 個實習機會都會列出其工作地點、性質、待遇等，由修習該課程的人優先挑選，剩下的開放給未修習該課程的人來競爭。

以上之暑期實習為期兩個月（7、8 月），學生於報到時必須繳交一份評量表給雇主，基本上我們希望瞭解每位學生的表現，而雇主給學生的評分及意見會佔該課程學期成績的 70%，平時上課的表現只佔 30%，因此該課程要到暑假結束時才有成績。另外，實習的學生必須於實習一個月後繳交實習期中報告，結束時交期末報告，我們都有一定的格式提供學生報告撰寫。即使未修習該課程的人去實習，我們仍請雇主給學生填寫評量表。表 2 列出三年度之平均（所有參與實習學生）得分，以 99 年度來說，各項幾乎都有達到 80 分以上的水準（相當於 5.6 分因為各項滿分是 7 分）。而多數參與實習的同學也都覺得暑期實習雖然只有兩個月，但是獲益很多。

表 2 「土木工程實習與實務」雇主各項平均得分

期末評估項目	96 年度	97 年度	99 年度
1. 工作表現的質量	5.3	5.4	5.6
2. 實習能力及創意	4.7	4.9	5.6
3. 沟通能力	4.8	5.2	5.5
4. 道德倫理	5.8	5.5	5.8
5. 紀律	5.1	5.0	5.6
6. 學習自發性	5.1	5.1	5.5
7. 團隊合作性	5.0	5.1	5.7
* 各項滿分為 7 分			

大一設計及實作課程

由於大學第一年土木相關課程很少，常發生的是一年過後，部分學生在不明瞭土木是什麼的情況下就轉系。因此如何在大一時加強土木相關教育並激起學習興趣是非常重要的，另外我們也相信即使尚未學到相關土木分析設計課程，但是透過「做中學」的學習

方式是非常積極有效的。為此我們將原有大一（上）的『工程概論』改為『土木工程概念設計』（1 學分變為 2 學分），另外於大一（下）新增『土木工程基本實作』一課（2 學分）。以下介紹這兩門課的上課方式。

1. 大一（上）『土木工程概念設計』

『土木工程概念設計』是大一（上）的必修課，以往稱為『工程概論』，100 年度起改名主要是想與大一（下）的『土木工程基本實作』相呼應。自 99 年度開始，該課程之上課方式做了很大改變。首先，為了讓學生參與課程討論，將學生分成三班教學，每班約 40 人（以往都是一大班約 120 人），學生三個星期上課一次（1 學分，但自 100 年度起改為三個星期上課兩次，變為 2 學分），每次三小時，老師則是每週都要授課。

上課時首先由授課老師進行案例介紹，整學期之案例介紹有四，包括雪梨歌劇院、舊金山金門大橋、員山子分洪及台灣高速鐵路，100 年度針對這四個案例，特別設計了精美小冊子（見圖 1）。工程案例解說中我們特別強調工程師所扮演的角色以及他們面對的問題，藉此訓練學生認識解決問題的能力。接著學生 3 人一組進行與案例相關之議題討論，此議題由授課老師事先擬定並印出以便繪圖，例如談雪梨歌劇院時之討論議題為想像並畫出 2060 年之建築形式，而舊金山金門大橋案例講解完後，則要求學生於圖 2 上手繪一個橋梁設計；每次分組討論及繪圖的時間只有 40 分，因此學生要集中精神並分工合作。討論結果（繪圖）由組員以實物投影機上台報告，並由邀請之與談人（一般是業界專家）針對學生的報告予以評論，最後與談人並作相關之演講。



圖 1 四個案例教材

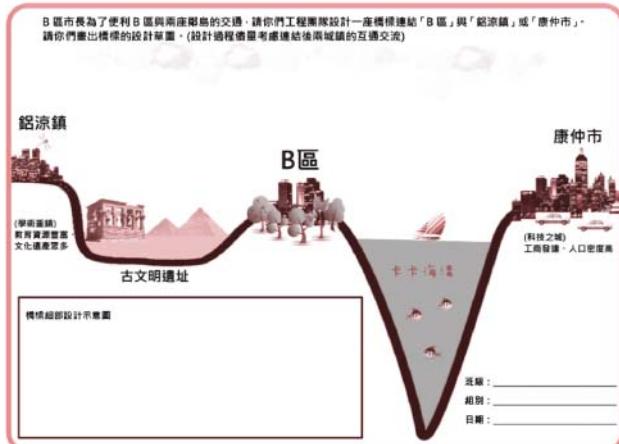


圖 2 學生分組討論題目之一（主題：橋梁）

再者，我們增加工程參觀的廣度，會安排一整天的工程參觀，一般是三個地點。例如 100 年度我們參觀了中山高五楊段擴建工程、潤弘精密楊梅預鑄廠及捷運松山線的松江南京站（含潛盾隧道）。學生對工程參觀普遍有高度興趣，特別是參觀施工中的工程，學生會瞭解到土木人的辛苦與榮耀。

另外本課程的重頭戲是期末設計，99 年度首度嘗試將『工程概論』、『工程圖學』及『測量學』（包括實習）作結合，學生三人為一組，針對台大校園內兩棟建築物規劃設計連接通道，成果以一張海報呈現。最後同學呈現的作品讓我們感到很欣慰，除集結成冊外也辦理比賽及展覽，第一名作品見圖 3。有鑑於去年期末設計擠在期末一個月較為匆忙，今年我們改由學期一開始即著手進行期末設計，另外為了讓學生對於設計更有實際感覺，我們增加了模型實作課（Studio）（見圖 4）。因此學生除了以上說明的 3 小時上課外，還配合 3 小時模型製作課，也就是 3 週內會有一週上課另一週到 Studio，都各是 3 小時，Studio 主要是想藉由模型製作來實際感受設計，100 年期末設計的題目是在校園內設計一個戶外的表演舞台，學生學期一開始即進行選址，可選在自己認為適合的校園任意一處，其後進行模型製作及作品海報設計。

海報設計過程中我們會讓同學先報告初步結果，由老師予以講評，最後再修訂及繳交成果海報，並進行評審，評審除授課老師參與外，也邀請結構技師及建築師。同時我們也將這些學生的海報作品張貼於土木館的 2、3 樓中庭公佈欄（見圖 5 ~ 8），並於寒假期間展出一個月，也會寄信邀請學生的家長於展覽期間到校參觀。



圖 3 99 年度大一（上）第一名設計作品



圖 4 Studio 上課情況



圖 5 100 年度土木工程概念設計作品展

以往這門課學生上課不會有壓力，學生學習處於被動狀態，而改成目前的小班及多元活潑化教學，學生處於主動學習。另外經由期末設計，激發學生的創新能力，因此學生對本課程之滿意度比以往高出不少。

2. 大一（下）『土木工程基本實作』

『土木工程基本實作』這門大一（下）必修新課（99 年度下學期開始）是我們這系列課程改革的重點之一，主要是銜接大一（上）的『土木工程概念設



圖 6 100 年度土木工程概念設計作品集及第一名作品



圖 7 100 年度土木工程概念設計期末海報評審

計』。這門課的重點是實作，強調做中學的精神，學生雖然還沒有學習到土木工程分析、設計等課程，但是透過動手製作模型，實驗室載重試驗，到最後的競賽，常常可以激發出他們學習潛能，進而提高學習興趣。整個學期都以小班教學、分組實作進行，因此與老師、助教的互動變得更多了，團隊合作精神也無形中養成了。在期末問卷中，學生也確實有很

好的回應，約 80% 的人都希望有更多類似的課程。與『土木工程基本實作』對照的新課程是開給大三、大四同學的選修課『土木工程設計實務』，這是以專題為主，目的是希望讓學生有機會整合及應用所學的知識來解決實際問題。

99 年度第二學期『土木工程基本實作』是第一次開授，整學期實作以三個單元串連而成，包括織布石膏屋頂結構、空間鋁結構（以水刀切割）及結合以上兩種技術之空間結構（期末創作）。前面兩個單元基地都為矩形，但期末創作之基地為兩塊矩形所拼接（如 L



圖 8 100 年度土木工程概念設計期末設計頒獎並與評審合影

形)，且要求需有綠建築的元素被納入設計中。期末創作共有 22 組作品，展現許多不同的設計，而作品的素質都相當好，遠超乎我們的預期。期末創作評選，除了所有授課老師參與之外，我們也邀請到專家及學者一同來參與評審。相關照片見圖 9~17。

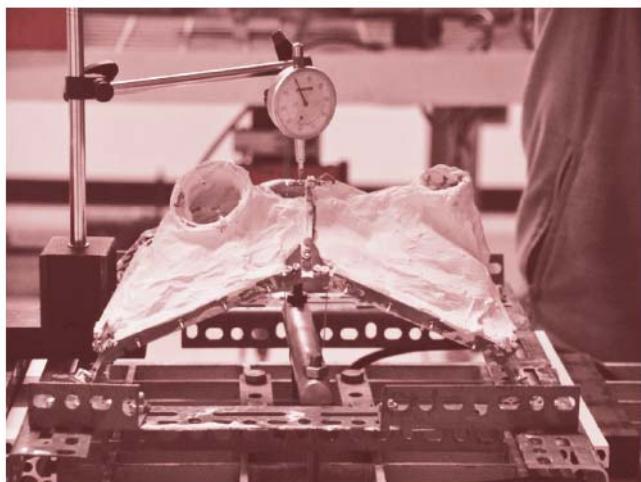


圖 9 打上石膏屋頂結構的載重試驗

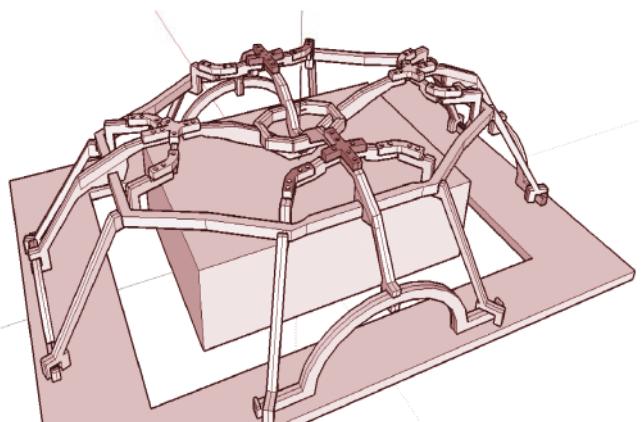


圖 10 空間鋁結構設計圖



圖 11 依照設計圖進行空間鋁結構裁切與組裝

值得一提的是這門課開課的前一學期，我們就已經開始進行規劃與試作，期間幾位擬合授該課程老師也進行了多次討論。為此，我們甚至開了一門研究所的課，主要是讓幾位研究生來參與規劃與試作。



圖 12 空間鋁結構載重試驗



圖 13 學生對自己的作品很滿意



圖 14 期末作品評審



圖 15 部分期末作品及作品集（工程教育認證佐證材料）

大三、大四『土木工程設計實務』

現在不少學生於學習上常有一種感覺，就是不曉得課程上學的各種分析與設計方法到底於實務工作上如何應用，這也直接影響到學生上課的興趣。為此，我們希望結合老師的研究專長及外面工程師的專業，以擬定的案例來進行分析與設計。修習的對象以大三、大四學生為目標，學生分組（約 5 人一組）進行案例研究，其角色相當於顧問公司承攬一個規劃設計案。這個課的名稱我們稱為『土木工程設計實務』，每學期上課的實際內容會於前一學期的期末事先公布，讓有興趣的學生可以組隊來修課。



圖 16 期末作品得獎頒獎（獎牌以水刀雕刻鋁板製作）



圖 17 期末作品於總圖書館前草坪進行評審並於評審後大合照

為此門課，系上所提供的資源包括相關之辦公室與實驗室空間、進行現地踏勘訪察之交通住宿費補助、由授課老師與顧問公司工程師針對相關主題提供課程講授、研究上由研究生、教授、導師、顧問公司工程師提供之指導、電腦模擬與各種軟硬體的支援、相關各種技術文件與資料之提供。最後學生成果除以海報展示外，另完成一本期末報告，類似服務建議書。

於 99 年度第一學期，我們首先以兩個題目來進行該課程，包括 (1) 臺大溪頭自然教育園區纜車系統可行性評估與規劃興建和 (2) 雾社水庫排砂防淤系統初步規劃及可行性評估。我們嘗試了兩種不同的教學模式：纜車組，業界的專家和教師提供技術指導以及在過程中各設計階段的意見給予（圖 18 ~ 20）。水庫組，校外專家過程中不參與，僅於期末的評選會上給予意見，教師也不主動提供清淤方法的技術指導，僅針對想法提供建議及相關的資源，給與學生更多的發揮空間（圖 21 ~ 24）。



圖 18 專家參與纜車系統設計課程討論



圖 19 纜車組教師和專家帶領學生現地勘查

Civil Engineering Capstone Challenge

The misty wonderland-Shitou cable car

霧裡仙境-溪頭纜車

圖 20 纜車組成果海報之一



圖 21 土木工程設計實務課程：水庫組現地勘查



圖 22 水庫組現地測量



圖 23 水庫組學生利用實驗測試設計



圖 24 水庫組成果海報之一

於期末進行之問卷顯示，這兩個議題的學生對於課程內容、就業幫助及整合所學幾乎全部的人都填滿意。但是對於教學方法滿意度方面，纜車組的學生僅有一半滿意，而水庫組則全部滿意。追究原因，主要是纜車組方面老師及專家之指導較為積極，過程中每個階段都會給與意見與指導，造成學生覺得主動創新的機會相對變少，特別是期初學生想法較不成熟時，常因負面意見讓學生有受挫的感覺。而水庫組則是由學生主動提出解決方法，老師及專家屬於被動諮詢對象。

『土木工程設計實務』除了以上兩個議題外，於 99 年度第二學期，我們也進行了一個有關台大人文大樓規劃設計檢討的議題，當時台大人文大樓之設計引起很多討論，甚至上了報章媒體，因此我們希望學生就此大樓設計以自己的觀點重新提出設計（見圖 25），參與的學生對於該議題之課程也相當滿意。



圖 25 台大人文大樓再設計

100 年度第二學期也已經規劃好兩個題目：包括(1) 土木系學會交誼空間改造計畫及(2) 蒼濃溪洪水監測與緊急撤離之便橋設計。在主題 1 中，學生將要深入了解系學會空間、設計改造方案，最後選出一最佳方案，以 BIM (Building Information Modeling) 編列預算、擬定細部計畫、採購和招標，充分利用到許多技術。在主題 2 中將以蒼濃溪為目標，設計專為洪水監測與緊急撤離之便橋。學生由現地調查著手，進而學習數值模擬、橋梁設計及模型製作等相關知識，最後將發展出之模型與現地資料相互驗證。

課程改革・學生具高滿意度

本文簡要說明台大土木系近年課程改革的一些內容，主要包括以下幾項：(1) 規劃選修群組、(2) 開設實習課程、(3) 開設大一設計及實作課程 (Cornerstone)、(4) 開設大三、大四土木工程設計實務課程 (Capstone)。以上這些課程改革基本上都獲得學生相當高的滿意度，也讓整個學習變為更活潑主動、激發更多創新能力並整合所學解決具體問題，此外也提早認識土木職場。這些改革大都是近年的事，其長期影響還有待觀察及評估，但我們認為這應該是對的方向。當然要做這些改革需要許多老師一起參與，很慶幸系上有許多老師願意一起參與，特別要感謝卡艾瑋副系主任及康仕仲教授的大力整合與幫忙。另外，系上也投入許多協助的人力（專任助理、研究生、助教）、經費、設備與空間。以上這些課程改革詳細內容與成果及未來一些相關改革，我們都不定期報導於本系每個月所發行之杜風電子報 (<http://www.ntuce-newsletter.tw/>)，歡迎大家閱讀並給予建議。