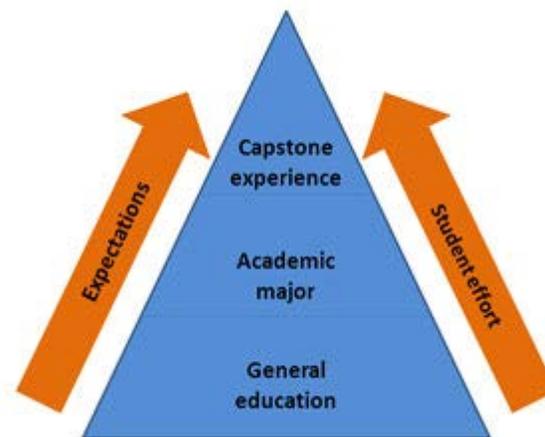
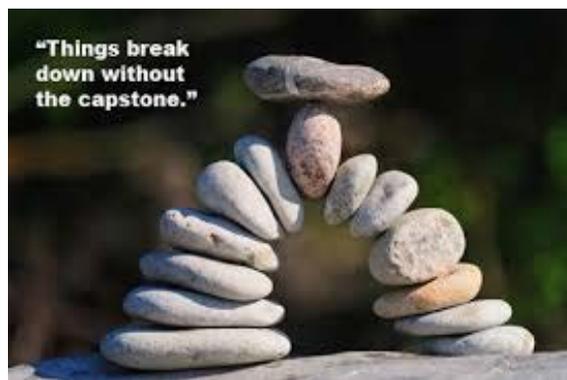
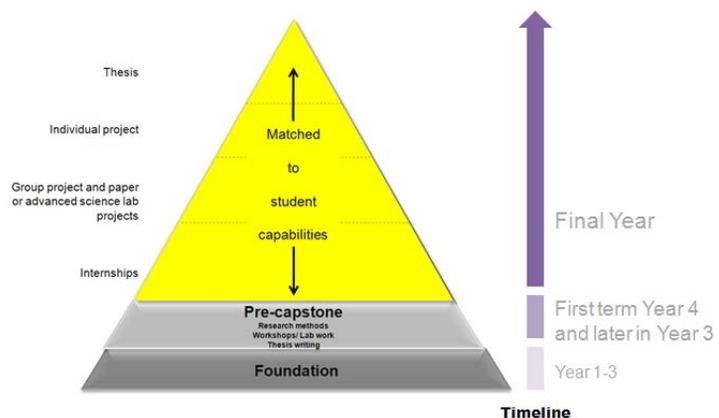


透過 Capstone 課程 評量「應屆畢業生核心能力」

呂良正教授

國立臺灣大學土木工程學系教授兼系主任
IEET 副秘書長兼認證委員會副執行長
中國土木水利工程學會理事長
中華民國結構工程學會理事長
2016年6月17日



大綱

1. IEET規範要求
2. Capstone 課程為國際趨勢
3. Capstone 課程開課模式參考
4. Capstone 課程評量應屆畢業生核心能力
5. 參考資源

大綱

1. IEET規範要求
2. Capstone 課程為國際趨勢
3. Capstone 課程開課模式參考
4. Capstone 課程評量應屆畢業生核心能力
5. 參考資源

Capstone 課程須為「必修」！

2014年後入學學生，畢業前定要修Capstone

EAC (Capstone)

- 規範
4.1.2 工程專業課程須占最低畢業學分的八分之三以上，其中須包括整合工程設計能力的專題實作。

TAC (Project)

- 規範
4.1.2 培養學生技術專精的專業與實務課程須占最低畢業學分八分之三以上，其中須包括：(1) 整合實務技術能力的專題或實作。

CAC (Capstone)

- 規範
4.1.2 專業課程須占最低畢業學分八分之三以上，其中須包括展現整合資訊設計能力的專題實作。

AAC (Studio)

- 規範
4.1.2 建築專業及實作課程須占最低畢業學分的八分之三以上，其中，建築設計實作須占最低畢業學分的四分之一以上。

DAC (Studio)

- 規範
4.1.2 設計專業與實作課程須占最低畢業學分的八分之三以上，其中，設計實作課程須占最低畢業學分的四分之一以上。

IEET認證將檢視 Capstone課程成果佐證



學程於105 學年度認證時，若尚無成果佐證，至少提供103學年度起之入學生，已列為畢業前必修課程，並有完整課程規劃。

大綱

1. IEET規範要求
2. **Capstone** 課程為國際趨勢
3. Capstone 課程開課模式參考
4. Capstone 課程評量應屆畢業生核心能力
5. 參考資源

美國 ABET 要求學程須提供學生 整合性設計課程的經驗

■ Criterion 5. Curriculum

(b) one and one-half years of engineering topics, consisting of engineering sciences and engineering design appropriate to the student's field of study.

Students must be prepared for engineering practice through a curriculum culminating in a major design experience based on the knowledge and skills acquired in earlier course work and incorporating appropriate engineering standards and multiple realistic constraints.

■ Self-study Report in Criterion 5.

Describe the major design experience that prepares students for engineering practice. Describe how this experience is based upon the knowledge and skills acquired in earlier coursework and incorporates appropriate engineering standards and multiple design constraints.

加拿大 CEAB 要求學程 需有工程設計課程，包括 Capstone

■ 3.4 Curriculum content and quality

- ✓ Engineering design: A minimum of 225 AU in engineering design is required.
- ✓ Significant design experience: The significant design experience is based on the knowledge and skills acquired in earlier work and it preferably gives students an involvement in team work and project management.

■ Engineering design AU allocation is generally found in:

- ✓ design projects (significant design experience, or “capstone project”)
- ✓ subject courses in which elements of design are taught, often in combination with other curriculum categories

* 1 AU (Accreditation Units) = one hour of lecture (corresponding to 50 minutes of activity) ;
0.5 AU = one hour of laboratory or scheduled tutorial

韓國 ABEEK 要求學程開設 Capstone 課程

- 韓國ABEEK在課程及學生的規範，即要求要開設Capstone課程
 - **Criterion 3. Curriculum**
 - 3.3 The curriculum must require minimum of 54 credits of engineering topics including design and experiments/practices. Design courses must include basic design and capstone design course.
 - **Criterion 4. Students**
 - 4.2 Students must be advised in course design and learning.

澳洲 EA 要求學程開設 畢業實作 (Final Year Project)

- 澳洲EA要求須有20%的工程設計課程
- 3.2.3. Program Structure and Implementation Framework
 - ✓ engineering design and projects (approximately 20%)
 - ✓ integrated exposure to professional engineering practice, including management and professional ethics (approximately 10%)
 - an industry based final year project
 - industry research for feasibility studies

大綱

1. IEET規範要求
2. Capstone 課程為國際趨勢
3. **Capstone 課程開課模式參考**
4. Capstone 課程評量應屆畢業生核心能力
5. 參考資源

Capstone 開課模式參考

例子	開課教師	主題	修課時間	優缺點
Stanford-CE UC Berkeley-CE NTU-CE	少數/ 特定教師	單一主題 (教師決定)	學生依對主題的興趣規劃 修課時間，但須為高年級 學生	結構性強，主題多元， 學生自由度大，較能 引發學習動機。
MIT-CE Michigan-CE	特定教師	由學生和教師 共同討論後擇定	例如：所有大四上學生	教師負擔較重，須 指導不同主題。
-	少數/ 特定教師	單一主題 (教師決定)	例如：所有大四上學生	結構性強，但學生可 嘗試的主題較沒彈性。
-	多數/ 全部教師	由學生和教師 共同討論後擇定	學生依教師專長選擇指導 教師，但須為高年級學生	教師負擔較均衡

*無論哪種開課模式，**學生都須分組**執行計畫，而非執行個人計畫。

*無論哪種開課模式，**系應有統一的執行規則**，例如要求課程對應核心能力(應對應多數系訂能力)，一致的評量標準和表單，也可辦理全系成果發表會，並由所有教師對所有學生小組評分。

美國主要大學 Capstone 課程規劃 (以土木系為例)

依組別開設不同課程

Stanford Univ.

UC Berkeley

Stanford University Civil Engineering

Integrated Civil Engineering Design Project

- for **Structures & Construction Track**
- Spring in **Senior Year** / 4 units
- **Studio format**. Design concepts for civil engineering facilities from schematic design through construction, taking into account sustainable engineering issues. **Design exercises culminating in the design of a civil engineering facility**, emphasizing structural systems and materials and integration with construction and other project requirements.

Environmental and Water Resources Engineering Design

- for **Environmental & Water Studies Track**
- Spring in **Senior** Year / 5 units
- Application of fluid mechanics, hydrology, water resources, environmental sciences, and engineering economy fundamentals to the **design of a system addressing a complex problem** of water in the natural and constructed environment. **Problem changes each year**. Student **teams prepare proposals, progress reports, oral presentations**, and a **final design report**.

University of California, Berkeley

Civil and Environmental Engineering

Areas	Design Elective	Time / Units
Engineering and Project Management	Design, Construction, Maintenance of Civil and Environmental Engineered Systems	Spring in Senior Year / 4 units
Environmental Engineering	Environmental Engineering Design	Fall in Senior Year / 3 units
GeoSystems (Geoengineering)	Foundation Engineering Design	Spring in Senior Year / 3 units
Structural Engineering	<ul style="list-style-type: none"> • Design of Steel Structures • Structural Steel Design Project 	Senior Year / 3+1 units
Transportation Engineering	Transportation Facility Design	Fall in Senior Year / 3 units

<http://engineering.berkeley.edu/academics/undergraduate-guide/academic-departments-programs/civil-environmental-engineering#civil-note7>

美國主要大學Capstone課程規劃 (以土木系為例)

所有學生修習同一課程
但學生可以自訂題目

MIT

Univ. of Michigan

Massachusetts Institute of Technology Civil and Environmental Engineering

Senior Civil and Environmental Engineering Design

- 2-6-4 units
- **Synthesizes prior coursework and experiences** through a semester-long design project and related assignments. **Students form teams to work on projects of their choosing**, focusing in depth on the diverse areas within civil and environmental engineering. Teams demonstrate creativity in applying theories and methodologies while considering their project's technical, environmental and social feasibility.
- Includes lectures on a variety of related engineering concepts, as well as scholarship and engineering practice and ethics. Provides **instruction and practice in oral and written communication**.
- Students **are required to prepare a portfolio describing his or her work in the class. Displayed and tested outside Student Center.**

- <http://student.mit.edu/catalog/m1a.html>
- <http://cee.mit.edu/news/releases/2011/senior-bridge-design>
- <http://cee.mit.edu/news/releases/2013/senior-civil-and-environmental-engineering-design-course>

University of Michigan Civil & Environmental Engineering

- **Professional Issues and Design**
- Students work with classmates from their own concentration, along with students from each of the other CEE disciplines.
Multidisciplinary team design experience including consideration of codes, regulations, alternate solutions, economic factors, sustainability, constructability, reliability and aesthetics in the solution of a civil or environmental engineering problem. It also covers professionalism and ethics in the practice of engineering.

每個領域都不同
同個領域每位學生修課也不同
Capstone課程具整合性
但並非能整合所有課程
還是需要系上教師共同思考課程設計
主要是讓學生有機會
運用所學，嘗試解決實際的問題
(Real-world Problem)



有時可能是業界
提供的問題

大綱

1. IEET規範要求
2. Capstone 課程為國際趨勢
3. Capstone 課程開課模式參考
4. **Capstone 課程評量應屆畢業生核心能力**
5. 參考資源

畢業生核心能力 vs 教育目標



畢業生核心能力
Graduate Attributes
(畢業時)

- 知識
- 技術
- 態度



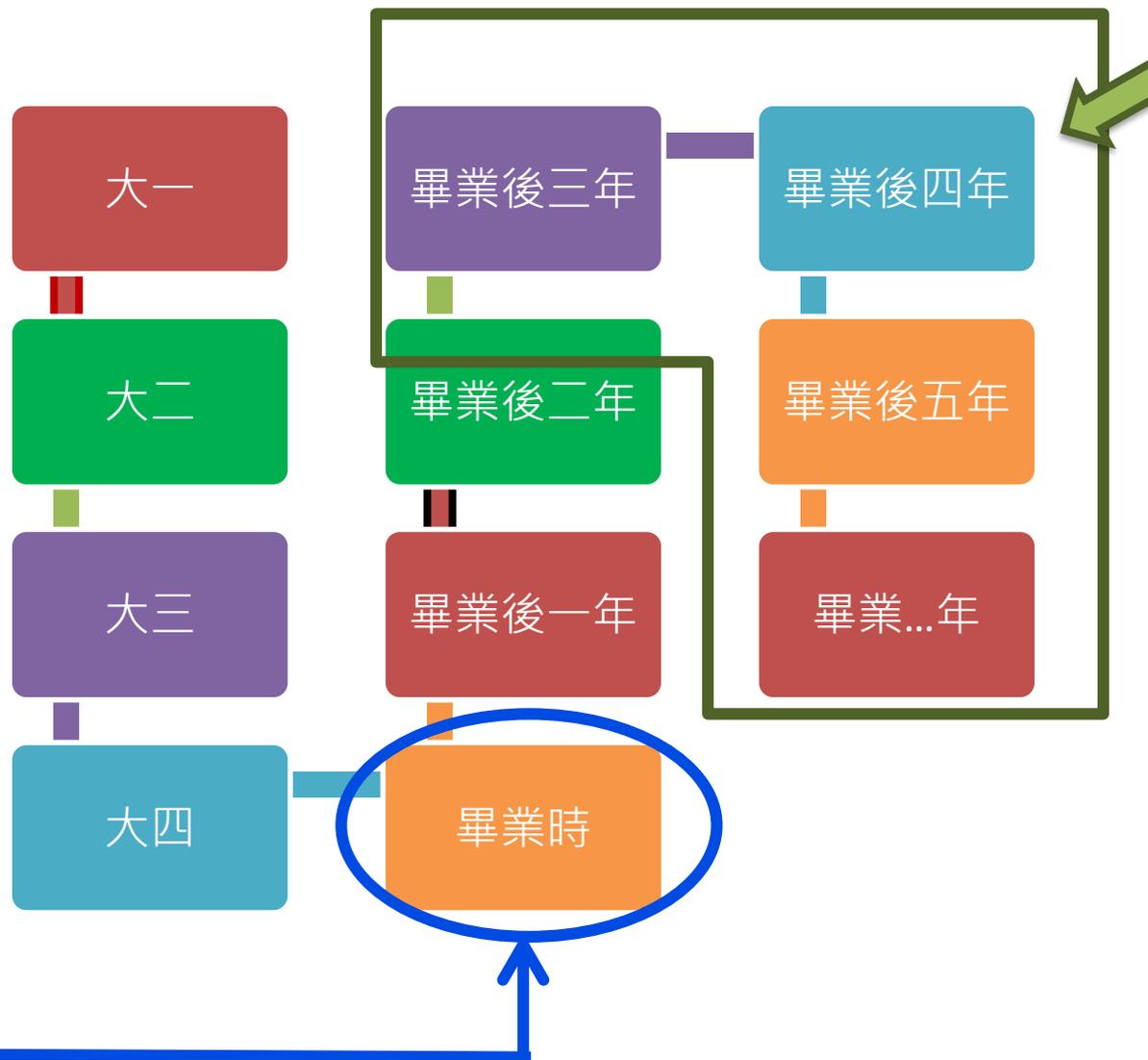
教育目標
Educational Objectives
(畢業後3~5年)

- 能解決問題，造福社會的工程師
- 能持續成長的工程師

核心能力、教育目標評估時間點

評量 應屆畢業生 核心能力

- 3.1 運用數學、科學及工程知識的能力。
- 3.2 設計與執行實驗，以及分析與解釋資料的能力。
- 3.3 執行工程實務所需技術、技巧及使用現代工具的能力。
- 3.4 設計工程系統、元件或制程的能力。
- 3.5 專案管理（含經費規劃）、有效溝通、領域整合與團隊合作的能力。
- 3.6 發掘、分析、應用研究成果及因應複雜且整合性工程問題的能力。
- 3.7 認識時事議題，瞭解工程技術對環境、社會及全球的影響，並培養持續學習的習慣與能力。
- 3.8 理解及應用專業倫理，認知社會責任及尊重多元觀點。



評估 教育目標

1. 培養基本的專業知識及技能。
2. 培養實務執行與領導統禦之基本能力。
3. 培養從事研究之基本能力。
4. 培養服務社會之能力。

檢核應屆畢業生核心能力的方式



1. 應屆畢業生問卷調查



2. Capstone 課程評量

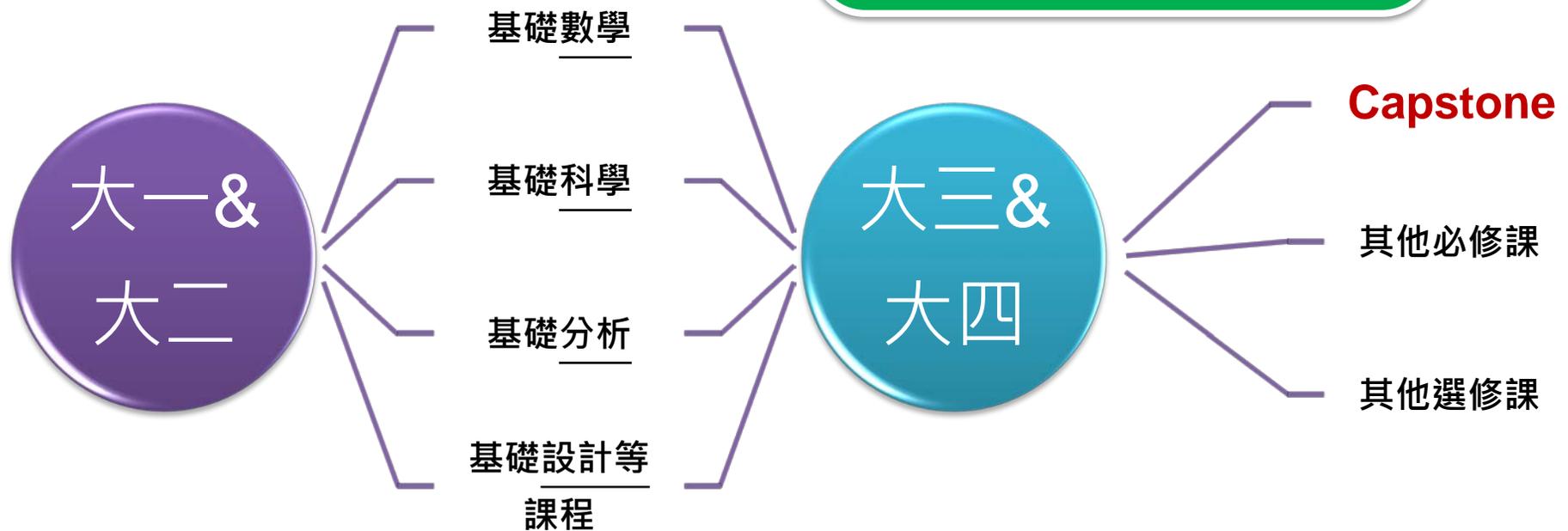
Capstone 課程（以工程教育為例）

受認證學程須能培養學生將所學應用在工程實務的能力，因此在課程組成中必須包括整合工程設計能力的專題實作，藉此讓學生運用過去所學的知識及技術，嘗試解決複雜且整合性問題 (complex problem)

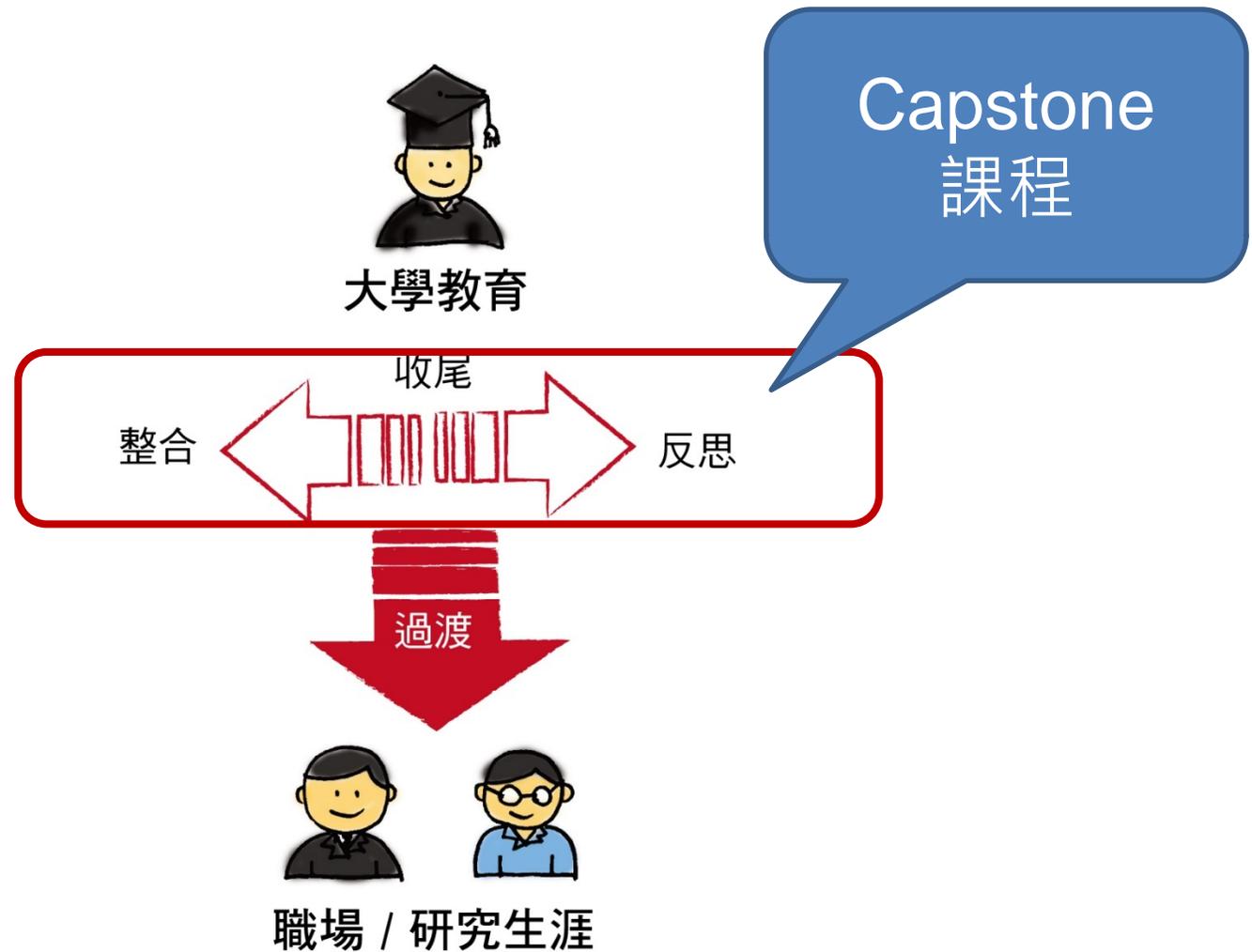
- 需較深的知識才可解決的問題。
- 問題本身是多面向的，或在技術、專業與其他層面上相互衝突的。
- 是一個實際的問題，沒有顯而易見的解決方法。
- 需創新應用專業基本原則及實務上最新研究成果才可解決的問題。
- 需考慮現實環境的多方限制，如人力、成本、設備、材料、資訊及技術等。
- 問題本身可能對社會及環境有廣而遠的影響。

Capstone是大學教育最後一哩

Capstone課程要求
僅對應學士學位課程
非碩博士學位課程



Capstone 課程銜接過去和未來



註：圖示取自台大總整課程介紹。

過去可能有專題課程，
但幾乎都未對應核心能力

Capstone 要能對應多數系訂的核心能力

核心能力	1 具有應用科學、物理學、微積分、工程數學及工程統計知識之能力	2 具有設計及執行實驗，以及分析解釋數據的能力	3 具有設計工程系統、元件或流程之能力	4 具有辨識、分析規劃及解決工程問題的能力	5 具有有效溝通、團隊合作及領導統禦的能力	6 具有寬廣的國際視野及外語能力	7 具備專業倫理、人文素養及社會責任	8 具備跨領域之學習能力
土木工程設計實務 (Capstone)	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓

因為 Capstone 是整合性課程， 可檢視專業性&通用性的核心能力

Hard-專業性

解決整合性
問題

執行設計

Soft-通用性

團隊合作、領域整合

有效溝通

專案管理(含經費)

主動學習、終身學習

Capstone 關鍵在 團隊合作、動手做、整合所學



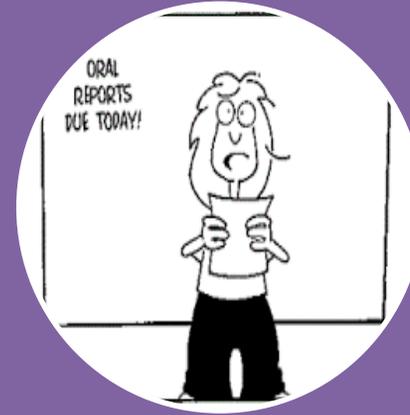


端看領域和課程內涵，
實作成果可以是多元

- 實體成品
- 實體模型
- 電腦模擬或其他形式的設計結果 (設計圖說呈現)



應要求學生小組製作
書面報告，並簡報說明，以做為教師評量
依據



宜提供**成果發表會**，
讓學生**口頭報告**，教
師共同評量學生成果



宜提供**競賽機會**，以
提高學生學習動機

Capstone 課程之實作成果展現

過去可能有專題課程，
但幾乎都未對應核心能力

透過 Capstone 課程評量核心能力 (1/2)

課程：土木工程設計實務

年級：大三下(必修)

教師：呂○○教授

學生：A組/ 李○○、林○○、沈○○

專題題目：淡江大橋規劃與設計

成績：82分

核心能力	權重	得分	權重得分
1. 具有應用科學、物理學、微積分、工程數學及工程統計知識之能力	10%	90	9
2. 具有設計及執行實驗，以及分析解釋資料的能力	15%	80	12
3. 具有設計工程系統、元件或流程之能力	20%	70	14
4. 具有辨識、分析規劃及解決工程問題的能力	20%	90	18
5. 具有有效溝通、團隊合作及領導統禦的能力	15%	80	12
6. 具有寬廣的國際視野及外語能力	0%	-	-
7. 具備專業倫理、人文素養及社會責任	10%	87	8.7
8. 具備跨領域之學習能力	10%	85	8.5
總分			82

透過 Capstone 課程評量核心能力 (2/2)

核心能力	權重	A組	B組	C組	D組	...組	全班平均
1.具有應用科學、物理學、微積分、工程數學及工程統計知識之能力	10%	90	90	91	89	...	90
2.具有設計及執行實驗，以及分析解釋資料的能力	15%	80	67	87	74	...	80
3.具有設計工程系統、元件或流程之能力	20%	70	85	90	85	...	88
4.具有辨識、分析規劃及解決工程問題的能力	20%	須加強第4及第5項核心能力的養成					68
5.具有有效溝通、團隊合作及領導統禦的能力	15%						80
6.具有寬廣的國際視野及外語能力	0%	-	-	-	-	...	-
7.具備專業倫理、人文素養及社會責任	10%	87	80	93	80	...	85
8.具備跨領域之學習能力	10%	85	78	90	85	...	86
各組總分		82	76	86	76		80

透過 Capstone 課程評量核心能力，請留意：

1. 此課程的評量除任課教師外，尚可邀請如其他教師、業界專家、學生同儕共同參與評量，如任課教師評量占50%，業界專家20%，其他教師20%，學生同儕10%等。

2. 任課教師的評量應對應核心能力，但其他人員的評量無需對應核心能力。

Capstone 課程 Checklist

IEET對課程名稱無一定要求，可為一新設課程或由現有實作/實驗課程調整

- 校內外實習、個人論文、大會考或Seminar無法算是Capstone課程

開設在學生修習完基礎數學、基礎分析及基礎設計課程後，建議在大三或大四

關鍵在團隊合作(非個人參與)、動手做(教師少授課多指導)及整合所學

要對應多數系訂之核心能力

重在驗證學生專業性及通用性的核心能力

- 解決複雜問題能力、執行設計能力 / 團隊合作能力、有效溝通能力、專案管理(含經費規劃)能力、終身學習能力

須要求有實作成品展現 (包括實作成果作品、小組書面報告及簡報等)

- 建議可提供成果發表會或以競賽方式執行，提高學生學習動機

大綱

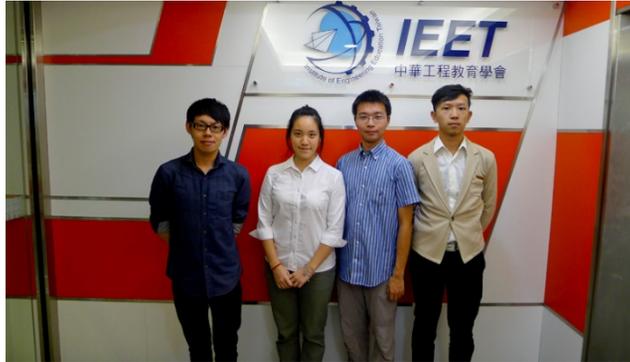
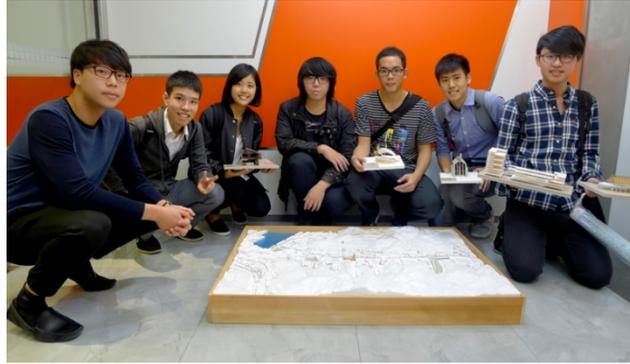
1. IEET規範要求
2. Capstone 課程為國際趨勢
3. Capstone 課程開課模式參考
4. Capstone 課程評量應屆畢業生核心能力
5. 參考資源

2015 全國大專校院工程創意競賽



中華民國工程技術顧問商業同業公會
中國土木水利工程學會
中華工程教育學會

共同主辦



← 金獎得主
木款隊
台大土木系



中華民國工程技術顧問商業同業公會：2016全國大專校院工程創意競賽
http://www.caec.org.tw/webc/html/news/show.aspx?pg=2&Page=&bg_kind=15

Capstone Course 網頁資源

IEET 官網左方選單 → 知識庫 → Capstone Course

Google™ 自訂搜尋

[f](#) | [中文](#) | [English](#) | [聯絡我們](#)

- ▶ 關於IEET
- ▶ 關於認證
- ▶ 認證對誰有利
- ▶ 工程教育會議
- ▶ 國際接軌
- ▶ 關於免評鑑
- ▶ 教學成就獎
- ▶ **知識庫**
 - 常見問題
 - **Capstone Course**
 - 認證專欄
- ▶ 年度認證資料填報
- ▶ 出版品
- ▶ 會議影像

※ 知識庫

IEET要求
課程定義
課程設計
課程評量
課程報導

課程提問

自103學年度起入學的大一生，於畢業前一定要修習專題或實作課程。此課程之成果佐證：

1. 課程內涵符合IEET規範要求。
2. 評量學生於此課程上核心能力的達成度。
3. 核心能力評量的分析、檢討及改進成效。

認證 範疇	EAC (Capstone)	TAC (Project)	CAC (Capstone)	AAC (Studio)	DAC (Studio)
規範 4.1.2	工程專業課程須占最低畢業學分的八分之三以上，其中須包括整合工程設計能力的	培養學生技術專精的專業與實務課程須占最低畢業學分八分之三以上，其中須包括	專業課程須占最低畢業學分八分之三以上，其中須包括展現整合資訊設計能力的專	建築專業及實作課程須占最低畢業學分的八分之三以上，其中，建築設計實作須占	設計專業與實作課程須占最低畢業學分的八分之三以上，其中，設計實作課程須占

▶ 最新消息

- 2016-05-10 IEET誠徵「認證專員」一名
- 2016-05-06 2016年IEET教學與評量策略研討會(I)開放報名
- 2016-04-19 5月27日IEET將舉辦第七屆第二次會員大會
- 2016-04-13 2016年工程及科技教育校院長論壇 開放報名
- 2016-03-14 104學年度認證結果公告

MORE ▶

105學年度 認證文件

年度認證資料填報

謝謝聆聽！

www.ieet.org.tw