

# 二十一世紀的大地工程師

莫若楫

亞新工程顧問(集團)公司

## 摘 要

本文由回顧五十年來土木工程及工程師的演變，進而討論二十一世紀土木以及大地工程師應具備的條件，包括溝通、管理與領導的能力，國際化、多元化及危機意識的遠見。要達到這些條件，正面的心態和倫理的遵守是必要的元素。

土木和大地工程師的教育及養成必須隨著社會對專業工程師的要求而加以改革。

**關鍵字：**大地工程師、土木工程師、工程教育、工作態度、工程倫理。

## Geotechnical Engineer for the 21st Century

Z. C. Moh

Moh and Associates, Inc

## Abstract

In reflection to the changing behaviors of civil engineering and engineers in the last 50 years, geotechnical engineers today face many challenges in today's fast-paced changing world. This paper discusses the various attributes needed by a geotechnical engineer to meet society's demands in the new millennium. Attributes include communication, management and leadership skills; international exposure; multi-disciplinary skills; and crisis awareness. Positive attitude and ethical practice in the profession are the basic necessity to attain the attributes. Civil and geotechnical engineering education and continual reforms in the industry laws and practices play a vital role in nurturing such needs.

**Key Words :** Geotechnical engineer, Civil engineer, Engineering education, Working attitude, Professional ethics.

## 一、土木工程及工程師的演變

### 1.1 什麼是土木工程師

土木工程(Civil Engineering)是所有工程之母。在十七世紀時代只有軍事工程(military engineering)及非軍事工程，在1828年英國土木工程師學會(The Institution of Civil Engineers)的憲章中定義為”土木工程是一種將大自然的龐大資源轉變為造福人類的藝術”。D. W. Klotz 在他的2009美國土木工程師學會理事長就職演說

中說”土木工程師是一群奇特的人，不善於表達及推銷自己，寧願默默的工作而不求人知”，他又說在今天二十一世紀我們必須改變，每一個土木工程師都是世界建設及進步的功臣，我們要讓世界上每個人知道沒有土木工程師的貢獻就沒有今天以及明天的世界文明。

### 1.2 土木工程及工程師在近五十年來的演變

自1960年代至今這50年來工程師的價值觀及心態，因為環境的變遷、供需的平衡等因素而有重大的不同，其發展大致可以分為三個時期：

註：本文係在2009年海峽兩岸地工技術岩土工程交流研討會之第一屆陳斗生博士紀念講座時發表。

### (1) 1960至1990年代

在1960年代前世界上各國主要的發展是戰後(第二次世界大戰)的重建，以及重要的國際組織的成立，如聯合國和世界銀行等；在70年代日本的再興起以及亞洲國家的快速發展，如亞洲四小龍，以及對環境影響的重視；在80年代冷戰結束，蘇聯共產國家的解體，以及對永續發展的認識。

在這一段時期內，世界上大多的國家都是在戰後重建及建設期，基礎建設是最重要的一部份，那時候的土木工程師可以說是工程界的領先者，在政府領導階層中也有多位具有土木及相關工程的技術官僚。那時期的土木工程師都是專注於技術面的發展及應用，較少重視和其他專業的互動。

### (2) 1990至2000年

在這十年中可以說是工業技術發展的繁榮期，包括電腦科技的快速發展、交通便利與運輸價格的降低、通訊成本大幅減低，使得資訊獲得便利，因而使跨國企業更易控制及管理。在同一段時間內發生了亞洲金融風暴及中國改革開放，龐大的市場吸引了全球的注意，網際網路的迅速發展使得人與人、事與事的距離大幅縮短。

在這十年中國際貿易開放，保護政策的取消或縮小範圍更增進了國際化(Internationalization)的需求，這些變化對工程師的要求與十年前大不相同。工程師必須隨著國際化、技術的快速進步、教育改革以及環境變化而調整心態及工作方式。

### (3) 2000年以後

在2000年以後的幾年，網際網路的繼續發展造就許多方面的便利，同時也產生了負面的作用，尤其很多年青學子沉緬於網路之中。在這段時間，亞洲經濟以及金磚四國的崛起，改變了世界經濟及金融的常規，世界貿易組織WTO及市場的開放以及最近的金融風暴，對全球的平衡產生了前所未有的衝擊，尤其中國大陸經濟快速成長，它的市場開放在世界經濟體系的影響不可忽略，今年四月在倫敦召開的G20會議演變成中美兩國G2的對談，可見中國市場對世界的重要性，再加上地球暖化、天然災害因不當開發的擴大，新的環境衝擊等等都需要不同的工程師。

## 二、二十一世紀的土木工程師

### 2.1 二十一世紀土木工程師應具備的條件

因為時代的轉變、科技的發展及世界金融的相互牽連，社會對工程師的要求也有重大的改變。二十一世紀的工程師必須能跨越國家境域的限制、文化背景的相異、社會習俗的不同，並且還要能和非工程人員有效的合作。

當一個社會越來越國際化，土木工程師的任務和做法也必須改進，而這種改進必須從工程教育的改革來著手。工程教育課程不能再沉緬於過去四、五十年的形態，二十一世紀的工程教育必須要考慮到全球化、多元化及世界文化和語言，以培養出具有溝通能力、領導能力、工作倫理以及危機意識的工程師。

Ralph R. Peterson, CH2MHILL董事長在2005年的一篇論文「二十一世紀領袖的挑戰」中寫道：“單單設計和建造是不夠的，土木工程師必須：(1)對業主的目標充分瞭解，(2)能對業主的目標有增值的作用，(3)將報酬和增值連在一起...做這些事不是一個工程師、一個公司能夠改變這現況，但是我們整個工程界聯合起來我們可以改變...”

筆者在1999年於亞洲理工學院畢業典禮的演講中，亦曾強調一個成功的現代土木工程師除了他本身的技術能力外，必須具備領導的能力、溝通的能力、管理的能力以及遠見。

### 2.2 態度及行為(Attitude and Behavior)

#### 2.2.1 工程師應有的態度

態度(Attitude)和行為(Behavior)在經濟學、心理學及管理科學等都有不同的解釋，但不可否認的這兩者之間有密切的關係。在土木工程師以最直接的看法來說，態度(尤其是心態)直接影響一個人的行為，反過來說，行為也可能影響態度，其中的關係錯綜複雜，本節以最簡單的關係來討論二十一世紀的土木工程師應有的態度。

態度可以很簡單的分為正面的態度(positive attitude)以及負面的態度(negative attitude)。一個工程師的態度受到他個人的背景、家庭、教育、成長環境及個性等因素影響，

但也可受到外來因素的影響而改變。一個抱有正面態度的工程師能使他有創意，敢於面對挑戰及風險，願意和同僚溝通；因此做事有信心，生活也過得更快活。反過來，一個總抱持負面態度的工程師，對每件事總會抱有疑惑的想法而又不設法解決，整天生活在疑慮、不信任、不合作的情況下，如何能有一個快樂的人生。所以態度和行為可以合稱為“心態”。

正面的心態會帶來：

- (a). 彈性 (resilience)
- (b). 樂觀 (optimism)
- (c). 信心 (confidence)
- (d). 創造性 (creativity)
- (e). 解決衝突 (conflict resolution)
- (f). 誘導性 (motivation)
- (g). 專注性 (focus)

### 2.2.2 工作的態度

當一個工程師具有正確及正面的心態，他就有能力面對下列的問題並做出正確的判斷及執行：

- (a). 專業倫理與商業行為的選擇
- (b). 寬廣與狹隘的觀念
- (c). 長期與短期的思考
- (d). 解決問題與推卸責任
- (e). 溝通與對立
- (f). 團隊合作與個人主義
- (g). 從經驗所得的觀察
- (h). 對危機意識的處理

工作態度（心態）會受到全球化(Globalization)、科技發展(Technology Impact)、教育(Education)、工作場所(Workplace) 及環境(Environment)影響而改變。

## 2.3 全球化(Globalization)與國際化(Internationalization)

全球化是指經濟活動的日趨集成(integration)以及世界上人民的互相依賴。主佔世界經濟的跨國企業是全球化最好的原動力，在面臨經濟及金融的全球化影響下，土木工程師也面對國際化的需要。

最近這幾年來兩岸政府都在強調工程產業的國際化，中國大陸在強大的經濟條件下已涉足世界各國，尤其是在開發中及尚未開發的地區為

主，透過經濟援助達到工程業的國際化。在台灣方面，這一點是落後很多，雖然最近政府各部會曾多次舉辦研討會討論如何輔導營建產業國際化，但缺乏具體的配套措施，進展有限。在工程師跨國執業方面，台灣則已成功的走出第一步，成為非政府組織的亞太工程師協調委員會(APEC Engineer)及工程師流動論壇(Engineer Mobility Forum)的會員而邁向國際工程師(International Engineer)。但是國內因為技師(在其他國家稱為註冊專業工程師)分類繁多，在保護心態的作祟下，還不能對以平等互惠的條件積極進行雙邊或多邊的跨國服務談判。在國際貿易開放協定下，這是一個必然的趨勢，現在不積極，將來就可能後悔。

## 2.4 工程教育與工程師的養成

### 2.4.1 工程教育

工程尤其是土木工程目前已面臨一個重要的轉變點，土木工程師的任務，從一個僅為業主解決一些技術的問題而演變成一個必須對社會的發展負責任的專業。在目前的教育制度下，土木工程師變成越來越“專”，越來越“窄”。但是我們面對現在及將來的社會需要，土木工程必須是團隊合作的產品，包括和非工程專業的合作，而不是單純的技術專業。二十一世紀的工程教育必須要考慮到全球化、多元化、世界文化及語言、溝通能力、領導能力以及工作倫理。

直至目前，工程教育把重點全放在技術面，而忽略了更重要的對社會大眾的責任。在大多數國家包括台灣，工程教育的發展主要是控制在學界而不是在業界，但是唯有學界及產業界共同合作方能發展出一套工程課程，來符合教育現代社會所需要的工程師。

在1950-80年代，土木工程師在台灣，甚至於世界上很多國家，都是被年青人羨慕的一個行業，那時台灣的大學聯考，土木工程系常常是甲組最高分的科系，而最近幾年來已落到榜尾。土木工程師的社會地位聲望也是每下愈況，這除了因為社會環境的變遷，如新興的電子業和金融業，年青學子對物質要求的觀點有改變外，工程教育不能及時改進，也是一個主要原因。

近年來美國土木工程師學會等組織，包括很

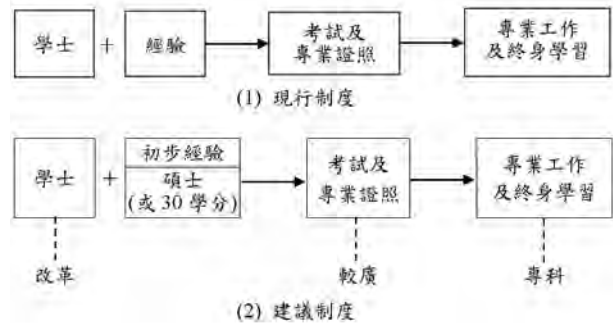
多專家與學者針對美國土木工程師的教育有很多的論文及研討，都認為目前的四年學士課程應是工程先修班 (pre-engineering or engineer-in-training)，再加上二年的碩士學科，方能達到專業工程師的教育水準。這和醫科的先修班(pre-medical)，醫科教育及專科教育類似。

2.4.2 專業執業

一個土木工程師於學校畢業後，僅學得一些本學科的基本觀念及技能，必須經過相當多的工作經歷後才能成為一個真正的工程師。國際上可以說每個國家都對土木工程師的專業執業實施證照制度，有的必須經過正式的學徒制(如英國系統的國家)，有的必須經過二至四年的實際工作後再考試(如美國)，但是台灣的證照制度是四年大學畢業後就可以參加考試獲得”技師”資格，考試的命題大部份是由學校的教授負責，對實務工作(因沒有實際

的工作經驗)無法涉及，與世界其他國家的註冊專業工程師(Registered Professional Engineer)無法相提並論，這是值得改革的地方。

美國土木工程師學會的第465號政策宣言，將現行及極需改革的學經歷制度建議如圖一所示。同時也對二十一世紀土木工程專業在教育及實務上達到24個成效(outcome)的需求作出建議如圖二。



圖一 美國土木工程師學會政策宣言(ASCE Policy Statement)第465號

Outcome Number and Title	Level of Achievement					
	1	2	3	4	5	6
	Compre- Knowledge hension Application Analysis Synthesis Evaluation					
<i>Foundation</i>						
1. Mathematics	B	B	B			
2. Natural sciences	B	B	B			
3. Humanities	B	B	B			
4. Social sciences	B	B	B			
<i>Technical</i>						
5. Materials science	B	B	B			
6. Mechanics	B	B	B	B		
7. Experiments	B	B	B	B	M/30	
8. Problem recognition and solving	B	B	B	M/30		
9. Design	B	B	B	B	B	E
10. Sustainability	B	B	B	E		
11. Contemp. Issues & hist. perspectives	B	B	B	E		
12. Risk and uncertainty	B	B	B	E		
13. Project management	B	B	B	E		
14. Breadth in civil engineering areas	B	B	B	B		
15. Technical specialization	B	M/30	M/30	M/30	M/30	E
<i>Professional</i>						
16. Communication	B	B	B	B	E	
17. Public policy	B	B	E			
18. Business and public administration	B	B	E			
19. Globalization	B	B	B	E		
20. Leadership	B	B	B	E		
21. Teantwork	B	B	B	E		
22. Attitudes	B	B	E			
23. Lifelong learning	B	B	B	E	E	
24. Professional and ethical responsibility	B	B	B	B	E	E

Key:

- B** Portion of the BOK fulfilled through the bachelor's degree
- M/30** Portion of the BOK fulfilled through the master's degree or equivalent (approximately 30 semester credits of acceptable graduate-level or upper-level undergraduate courses in a specialized technical area and/or professional practice area related to civil engineering)
- E** Portion of the BOK fulfilled through the precicensure experience

圖二 土木工程師進入專業所需的成效(American Society of Civil Engineers, 2008)

### 2.4.3 基礎建設 (Infrastructures)

一個國家的進步與發展和基礎建設不可分離，而土木工程師更是基礎建設的推動者。已發展國家如美、歐等國大部份的重要基礎建設都是建於50年代，近年來各式災害接連發生，如2007年明尼蘇達州州際公路35W的斷橋事件，反應出這些年來美國政府對重要的基礎建設的維護改善缺乏整體的計畫及經費。美國土木工程師學會在2008年曾發表一篇有關“基礎建設”的危機報告，指出其嚴重性。

台灣大部份的重要基礎建設如十大建設也已有四、五十年的歷史，它們的生命週期及安全性也必須重視，才能避免斷橋等問題。去年起因為世界金融風暴，各國紛紛推出擴大內需，其中最大的部份就是基礎建設的興建和改建。台灣除了年度的正常預算外，擴大內需對公共工程的投入又增加四年五千億台幣；中國大陸單在鐵路建設方面，這三年就擴大投資到每年人民幣6,000億的鉅大金額，但是這些龐大的擴大內需工作，都希望在極壓縮的時程內完成。工程界尤其土木工程界包括規畫、設計、施工、管理是否有足夠的人力來應付，尤其在品質安全管理上令人擔憂。

## 2.5 工程倫理

### 2.5.1 倫理的定義

#### (A) Webster's Dictionary

(1) Ethics are the rules of conduct governing a particular class of human actions or a particular group, culture etc.

(2) Ethics is the branch of philosophy dealing with values relating to human conduct, with respect to the rightness and wrongness of action and the goodness & badness of motives and end.

#### (3) Ethics are Moral Principles

#### (B) Encyclopaedia Britannica

(1) The ethics or morality of person or groups consists not merely in what they habitually or customarily do but in what they think it is fitting, right or obligators to do.

(2) The central concern of moral philosophy has two tasks:

(i) Of analyzing the meaning and nature of this normative moral element in man's action, thought and language.

(ii) Of evaluation this element by presenting and appraising criteria for justifying rules and judgments of what is morally right and wrong, good or bad.

#### (C) 美國土木工程師學會(1914, 1996)

- (1) 四大基本原則 Fundamental Principles
- (2) 七大基本準則 Fundamental Canons
- (3) 十四專業規範 Guidelines

#### (D) 中國工程師學會信條及倫理規範

- (1) 對社會的責任－守法奉獻、尊重自然
- (2) 對專業的責任－敬業守法、創新精進
- (3) 對業主、雇主的責任－真誠服務、互信互利
- (4) 對同僚的責任－分工合作、承先啟後

#### (E) 行政院公共工程委員會工程倫理手冊八大倫理守則

- (1) 善盡個人能力，強化專業形象
- (2) 涵蘊創意思維，持續技術成長
- (3) 發揮合作精神，共創團隊績效
- (4) 維護雇主權益，嚴守公正誠信
- (5) 體察業主需求，達成工作目標
- (6) 公平對待包商，分工達成任務
- (7) 落實安全環保，增進公眾福祉
- (8) 重視自然生態，珍惜地球資源

#### (F) 國際工程顧問聯盟 (International Federation of Consulting Engineers, FIDIC)

- (1) Responsibility to Society and the Profession
- (2) Competence
- (3) Integrity
- (4) Impartiality
- (5) Fairness to others
- (6) Corruption

### 2.5.2 工程倫理的廣義解釋

上節所提到的幾個倫理規範都是針對工程人員，但是一個工程的成功不是單靠工程人員而是一個團隊的努力，這個團隊至少包含了下列三個次團隊：

- (1) 業主－政府單位或民間
- (2) 工程規畫、設計及營建管理－顧問公司、技師事務所等，及
- (3) 工程施工－營造業

每一個次團隊所牽涉的人員極廣。業主方面包含有行政主管、主計、法務、審計、政風以及工程人員；在規畫、設計及管理次團隊主要是工程人員；施工次團隊則又包括工程人員、施工人員及採購。很明顯的一個工程的成功與否(成功不單是指該工程是否能建造成而是指這個工程是否能達到預期的成效，包括安全、經濟及效能)，端賴這三個次團隊的合作、相互信任及支援配合，因此真正的工程倫理必須將倫理的觀念推廣到整個社會，尤其是業主及雇主，甚至於政府決策者。

### 2.5.3 工程利潤與倫理

從事工程工作的業界是否應有利潤，雖然這是一個淺而易見的問題，工程業是一個服務業，有服務就應有利潤，但是也有一些自命“清高”的人士認為這是對國家的貢獻，就不應有利潤甚至應該給予最低的酬勞，這也是台灣工程界今天的困境，造成工程師在社會上沒有地位沒有適當的報酬，因而影響到年青學子欠缺進入工程界的決心。

利潤的決定也可以說是工程倫理的一部份，如何來決定利潤及什麼是合理的利潤。利潤應根據投入的人力資源、研究成果、資產設備來計算，同時也應考慮市場上對服務業的要求與期望。當然利潤的決定必須是合法、合情及合理，要能造成啟發性及上進性而不是惡性競爭，這是工程主管機關必須面對的課題。

## 三、大地工程師

### 3.1 大地工程的特點

依照Webster辭典，大地工程(Geotechnical Engineering)是地質應用的工程，但是大地工程

實際上比這定義或解釋更為廣和複雜，專業大地工程師必須瞭解我們的土地，清楚它的過去而來預測未來。

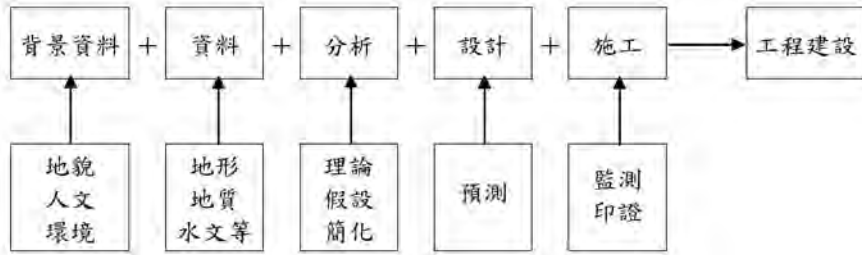
大地工程所處理或針對的物料性能變化多端不能以一種物料，如水泥、鋼材來分析及處理。大地工程師必須具有廣泛的基本科學知識及專業能力，方能針對複雜的環境及自然因子來尋找安全及經濟的方案。

任何一個土木工程建設實際上都是一個預測，用各種理論及方法來分析設計進而建造，究竟這建造出來的構造物，不論是橋樑、隧道、鐵路或高樓大廈都是在預測最後的成果是否能符合需求，如安全度、沉陷量等能否承受所需擔負的載重或可能發生的自然災害，簡單來說一個土木工程建設的過程可簡化為圖三所示的步驟。

除了發展的歷史在土木工程各領域中是最年輕的之外，大地工程師所面對的問題是更複雜及不定，大地工程不是一個很確定的科學學科(exact science)，必須依賴累積的經驗及正確的判斷，因為每一個工址其地質、地理情況均不相同，正確的資料更為重要，圖三中所示的正確的資料收集及判斷，以及工程的印證，在大地工程中更為重要。其實一個大地工程師的培養、成長及成功可以和眾人都熟悉的醫師作一比較，如圖四所示。醫師是針對人而大地工程師是針對一個複雜的“地”，沒有兩個人是完全一樣的，也沒有兩處工址是完全相同的，醫師醫人，大地工程師則是地球的醫師。

### 3.2 大地工程師的教育與養成

在前節曾將大地工程師和醫師比較，前者醫地，後者醫人，但是在目前大地工程師的教育與養成似乎不及醫師那麼嚴謹。在歐美國家，醫師的教育過程是必須先唸四年的醫預科，再加三年的醫科本科，然後經過二年的住院醫師實習方能成為一個普通科的醫師(General Practitioner)。要成為一個專科醫師，除了實務經驗外還需經過特別訓練及考試，才能拿到專科證照。在大地工程師方面則很多人經過大學四年土木工程科的一般課程加上一、二年的工作經驗或進修一個碩士學位就可稱為大地工程師，在專業證照獲得的條件比起醫師更容易。台灣目前的考試制度只要在大專土木有關科系畢業就可直



圖三 土木工程流程



圖四 大地工程師與醫師的比較

接參加大地技師的考試，比一個專科醫師的證照所需的時間差了六、七年之多，且考試也偏重學科而缺乏對實務經驗的要求。

在國際上頒發大地專業工程師的國家不多，美國亦僅有加州等少數州，在亞洲則有新加坡、馬來西亞、香港等少數國家，這些國家的要求比台灣嚴格，除了在實務工作經驗的要求外，考試也注重實務。在跨國互認的亞太工程師及國際工程師都有大地工程一科，雖然對學歷(除了基本的四年大學課程外)沒有特別額外的要求，但對工作實務經驗要求至少七年，並且是審核及考試的重點。為了達到二十一世紀大地工程師的要求，台灣的證照制度必須加以改進。

## 四、結論

(1) 因為時空的變遷、工程技術的進步、工程規模的擴大和網際網路的快速發展，二十一世紀的工程師除了技術能力外必須具備領導、溝通、管理的能力、具有危機意識以及遠見，並且尊重工程倫理。

(2) 二十一世紀的土木工程師應有國際化、多元化的概念來從事永續發展。

(3) 工程教育制度(包括課程、方法等)需要改革，以達到教育新一代工程師的任務。

(4) 工程師尤其專業工程師，如大地技師等的證照制度需要深入研討改革，以達到專業的要求。

(5) 心態是影響價值觀以及行為最重要的因素；心態可以受教育及實務來改善。

(6) 工程倫理應推廣到所有與工程有關的人，包括政府官員、業主、工程人員以及行政人員。

(7) 工程倫理簡單來說就是”廉正 (Integrity)”、”榮譽 (Honor)”及”尊嚴 (Dignity)”。任何一件事必須合法、合理、合情。

(8) 工程倫理不僅是如何去做，與如何想法有密切的關係，換句話說”心態”決定一切。

## 參考文獻

- 李建中 (2008), 「量身打造新世紀營建人才」, 營建知訊, 第 311期, 9-11頁.
- 莫若楫 (2008), 「拓展國際生機－營建業再起」, 營建知訊, 第 305期, 9-13頁
- American Society of Civil Engineers (2008), “Civil Engineering Body of Knowledge for the 21<sup>st</sup> Century”, 2<sup>nd</sup> Edition, ASCE, U.S.A.
- Galloway, P.D. (2007), The 21<sup>st</sup> Century Engineer: “A Proposal for Engineering Education Reform”, ASCE Press.
- Klotz, D. W. (2009), The Year of the Civilization Engineer, ASCE Presidential Inaugural Address, <http://content-asce.org>
- Moh, Z.C. (1977), “Site Investigation and Soil Testing—Purpose, Methods and Application”, Proc. Seminar on Soil and Foundation Engineering, CIE and CICHE, Taipei, pp. 69-92
- Moh, Z.C. (1999), “The Engineers of Society”, 85<sup>th</sup> Graduation Address at the Asian Institute of Technology, Bangkok.
- National Academy of Engineering (2005), Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century, National Academies Press, Washington, D.C.
- National Academy of Engineering, The Engineer of 2020, [www.nae.edu](http://www.nae.edu)
- Peterson, R.R. (2005), “Twenty-First Century Leadership Challenges, Engineering Times”, National Society of Professional Engineers, U.S.A.
- Reid, R.L. (2008), The Infrastructure Crisis, Civil Engineering, ASCE, vol. 78, No. 1, pp. 40-65.
- Vlachos, E., The Future of Civil Engineering in a Transforming World, [elvachos@engr.colostate.edu](mailto:elvachos@engr.colostate.edu)  
[www.attitudeworks.com.au](http://www.attitudeworks.com.au)  
[www.career-success-for-newbies.com](http://www.career-success-for-newbies.com).