

出國報告（出國類別：國際會議）

第 13 屆國際破壞學研討會

服務機關：國立中興大學 材料科學與工程學系

姓名職稱：張守一 教授

派赴國家：中國大陸

出國期間：102 年 6 月 18 日至 6 月 21 日

報告日期：102 年 7 月 10 日

摘要

此次於中國大陸北京舉辦之第 13 屆國際破壞學研討會係由國際破壞學委員會主辦，研討範圍涵蓋結構破壞學、疲勞破壞學、高溫破壞學、計算力學、生物力學、破壞分析等眾多材料破壞科學領域相關研究主題，共計有 1,400 餘篇學術論文於會中發表，是一場規模盛大、學術地位高且極具重要性之材料破壞學領域國際會議。參加此次會議最主要之目的係應邀發表近年研究成果論文 “In-Situ TEM Nanoindentation of Healthy and Osteoporotic Bone Nanopillars”，並擔任子會議部分場次主持人。透過此次會議除瞭解生物組織及其他材料機械特性與破壞分析相關領域之發展現況外，更吸收國外最新之研究資訊，會議內容對目前執行與未來規劃之研究方向極有助益。

目次

一、參加會議目的	1
二、參加會議過程	2
三、心得及建議	5
四、附錄	6

一、參加會議目的

參加此次於中國大陸北京舉辦之「第 13 屆國際破壞學研討會 (13th International Conference on Fracture, ICF13)」最主要之目的係應其 “Biomechanics” 子會議委員會之邀，發表近年度研究中有關「生物體骨組織奈米機械性質與變形機制研究」之成果論文 “In-Situ TEM Nanoindentation of Healthy and Osteoporotic Bone Nanopillars” (Keynote Speech)，並擔任該子會議部分場次主持人；同時，更透過此次會議瞭解生物組織及其他材料機械特性與破壞分析相關領域之發展現況，交換並吸收國外最新之研究資訊，會議內容對本人目前執行與未來規劃之研究方向極有助益。

第 13 屆國際破壞學研討會 (13th International Conference on Fracture, ICF13) 係由國際破壞學委員會 (International Congress on Fracture) 主辦，由中國理論與應用力學學會 (Chinese Society of Theoretical and Applied Mechanics) 等單位承辦。研討範圍涵蓋結構破壞學、陶瓷複合材料破壞學、高分子材料破壞學、電子材料破壞學、薄膜材料破壞學、生醫材料破壞學與生物力學、奈米材料破壞學、差排與缺陷、塑性行為、殘留應力、疲勞破壞學、高溫破壞學、計算力學、破壞分析及可靠度分析等 50 餘個破壞學相關重要研究主題，共計有 1,400 餘篇學術論文於會中發表，是一場規模盛大、學術地位高且極具重要性之材料破壞學領域國際會議。

大會並邀請甫卸任之美國國家科學基金會主委 Suresh 教授 (MIT 材料系教授，即將接任卡內基美隆大學校長) 等多位聲譽卓著之學者出席發表專題演講，深受重視；Suresh 教授為 10 年前本人於 MIT 進行訪問研究之指導教授，其發表之開場演講由巨觀到奈米尺度並由工程到生物系統觀點探討材料斷裂及疲勞破壞科學之發展，充分述明本會議之探討主軸及涵蓋範疇。以下簡略彙整列出該會議 50 餘個子會議中極為尖端且較受到重視之 10 餘個破壞學研究主題：

- S04 破壞分析模型 (Analytical Models)
- S05 生物材料與生物組織破壞學 (Biomaterials and Tissues)
- S06 生物力學 (Biomechanics)
- S08 計算力學 (Computational Mechanics)
- S11 斷裂破壞條件 (Criteria of Fracture and Failure)
- S12 損壞與微力學 (Damage and Micromechanics)
- S17 破壞分析 (Failure Analysis)
- S18 疲勞破壞 (Fatigue)

- S22 高溫破壞與潛變 (High Temperature and Cree)
- S28 輕材料與結構破壞學 (Lightweight Materials and Structures)
- S32 混合模型與限制效應 (Mixed Mode and Constraint Effects)
- S35 奈米與微米尺度破壞學 (Nano- or Micro-Scale)
- S36 奈米材料破壞 (Nanomaterials)
- S41 塑性變形行爲 (Plasticity)
- S42 高分子基與金屬基複合材料破壞學 (Polymer/Metal-Matrix Composites)
- S43 高分子材料破壞學 (Polymers)
- S48 機能材料與結構破壞學 (Smart Materials and Structures)
- S50 統計物理與破壞學 (Statistical Physics and Fracture)
- S53 薄膜、鍍膜與隔膜破壞學 (Thin Films, Coating, and Membranes)

二、參加會議過程

6月18日上午啓程前往中國北京參加此次會議(圖1左);原安排與10年前本人於MIT進行訪問研究之指導教授Suresh教授(甫卸任之美國國家科學基金會主委)及MIT資深研究員Dao博士短暫會面(其二位當日將搭機由北京前往西安),但因延誤以致無法順利碰面。之後隨即搭乘地鐵前往位於北京奧林匹克公園之國家會議中心(圖1右)會場辦理註冊報到手續(圖2左),並領取會議名牌(圖2右)與手冊等資料,展開此次會議。當日下午“Biomaterials and Tissues”子會議有兩場重要演講,分別由加拿大McGill大學Barthelat教授講述生物及仿生複合材料之變形及破壞機制,以及由美國加州大學Ritchie教授講述人類緻密骨多尺度斷裂阻抗機制與老化或疾病造成之退化行爲,內容與本人研究方向接近且相當具有助益。其中Barthelat教授提及天然貝殼與骨組織乃由堅硬之礦物質與柔軟之有機物所構成之鋸齒狀微結構,其研究顯示此柔軟有機物界面具可延展性但相當脆弱,而堅硬礦物質則爲脆性,但一旦構成鋸齒狀微結構則其斷裂韌性將可大幅提昇,主要原因爲裂隙架橋現象可消耗大量能量,進而阻礙裂隙前進,此發現對於仿生材料之設計具有相當大的幫助。而Ritchie教授研究內容則提及人類緻密骨乃由奈米尺度氫氧基磷灰石與膠原纖維所構成,由裂隙架橋、裂隙偏折與纖維滑動等機制提供韌性,但當受老化或疾病等因素影響時,骨骼微結構將改變且將變得脆弱,膠原纖維分子之交鏈密度將上升,增加骨骼剛性但卻造成骨骼脆化,

此研究結果對於骨骼醫學之發展相當具有助益，也與本人之研究內容相近，對於未來研究方向之規劃極有幫助。當日傍晚會後即回住宿飯店休息。

6月19日上午由住宿飯店步行前往會場繼續參加會議。上午場次大會演講係由奧地利 Leoben 大學 Pippan 教授講述材料疲勞破壞之破裂表面接觸行為，包括低週次與高週次疲勞微米尺度裂隙到小尺度降伏等對裂隙閉合之影響，以及不同施力條件及不同尺度裂隙閉合之機制，並介紹微米與奈米結構材料之疲勞破壞行為，內容深入且精彩，對於材料破壞及使用壽命之評估具有很大的幫助。之後緊接著前往聆聽 “Biomaterials and Tissues” 子會議之演講，其中中國科學院力學中心 Chen 博士講述之生醫材料破裂行為微觀機制以及中國蘇州大學 Yang 教授講述之奈米晶鑽石鍍膜於骨植入應用 (圖 3 左) 兩篇論文內容均相當豐富。Chen 博士之研究內容係與國際知名學者美國布朗大學 Huajian Gao 教授合作，提及類似骨組織等含蛋白質之生物材料在破壞時裂隙容忍度與其微米尺度黏彈性破壞力學有關，並受施力速率、斷裂能量與楊氏模數等因素影響，同時可藉由裂隙容忍度與裂隙敏感度調整施力速度，進而控制骨骼等多層次結構之破壞行為，頗值得生醫材料開發領域相關學者參考。而 Yang 教授所開發之奈米晶鑽石鍍膜則具有相當特殊之奈米結構，晶粒尺寸僅不到 80 奈米且生物相容性極佳，可促進骨細胞生長與貼附，於骨植入方面之應用具有很大的潛力。同時段並抽空參觀廠商儀器設備展示會場 (圖 3 右)，瞭解最新發展之設備與最近發行之書籍。

中午與來自羅馬尼亞 Politehnica 大學 Constantinescu 教授及日本東北大學 Shindo 教授一同用餐，當中談及各自研究領域與未來可合作之研究方向，並相互留下聯絡資料；Constantinescu 教授主要研究方向為高分子基複合材料，並探討複合材料之斷裂力學，Shindo 教授則為陶瓷材料破壞領域之知名學者，研究範疇著重於陶瓷週期性彎曲疲勞破壞行為，兩位學者之專長恰可對於本人研究中有關陶瓷礦物質強化有機高分子之骨組織破壞機制釐清有所助益。餐後則前往 “Thin Films, Coating, and Membranes” 子會議會場與來自國立清華大學材料系李三保教授打招呼，李教授將於該子會議下午場次發表演講並擔任子會議主持人。之後便回到 “Biomechanics” 子會議會場聆聽當日下午場次演講，其中由美國 Colorado 大學 Qi 教授發表有關生物組織成長力學之演講 (圖 4 左) 以及中國清華大學 Xu 教授發表仿生網狀結構材料多尺度力學之演講 (圖 4 右) 最為吸引聽眾，內容頗值得參考。Qi 教授之研究分析生物組織在成長時受學因素之影響而改變其生長型態，對於控制生物材料之結構發展很有幫助；而 Xu 教授之論文中則介紹具有網狀結構之仿生材料其自巨觀、微觀至奈米尺度等多尺度力學行為，對於釐清骨骼組織之力學分佈極有助益。當日傍晚會後則再步行回住宿飯店休息。

6月20日本人受邀主持“Biomechanics”子會議上午場次演講，會議進行過程緊湊而順暢，並有眾多學者參與聆聽演講。其中首兩場邀請演講分別是由中國北京理工學院 Ji 教授講述細胞於彈性基板上之遷移行為力學分析 (圖 5 左) 以及由香港城市大學 Niu 教授講述牙齒多層材料之破壞機制 (圖 5 右)，演講內容最為豐富也最吸引聽眾注意。其中 Ji 教授介紹細胞等軟性生物組織在彈性基板上培養時之偽足伸展與細胞遷移等行為，並介紹細胞遷移行為之力學計算分析，其研究發現彈性基板之楊氏模數將影響細胞之形狀、動態安定性與黏附行為，進而影響細胞之遷移，並定義所謂之移動因子，可作為細胞遷移驅動力之定量描述工具，該研究結果對於本人未來切入軟性生物材料機械特性分析相關領域之研究極有幫助。而 Niu 教授研究中探討牙齒多層結構之破壞機制與韌化行為則與本人之研究主題相當接近，其透過單次與週期式施力模式深入分析裂隙於牙齒多層結構中前進與受阻行為，發現施力速率與牙齒週期性疲勞破壞有極大之關連性，可作為牙齒填充材料開發設計之依據，參考價值頗高。

當日下午“Biomechanics”子會議首場演講即是由本人應邀發表 Keynote Speech “In-Situ TEM Nanoindentation of Healthy and Osteoporotic Bone Nanopillars” (圖 6)；一般受邀演講多安排為 20 分鐘的 Invited Talk (即稱邀請演講)，而此次本人能受邀發表 30 分鐘的 Keynote Speech (可稱為主題演講) 除為一項榮譽外，更顯示本研究相當受到國外學者之重視。該發表論文創新利用穿透式電子顯微鏡臨場奈米壓痕測試技術分析健康與骨質疏鬆骨奈米柱於奈米尺度下之變形破壞行為，研究首先利用聚焦離子束將緻密骨切割成直徑僅 100 奈米之微小骨奈米柱，置於穿透式電子顯微鏡內觀察健康與骨質疏鬆骨奈米結構之差異，再以奈米壓痕測試模組對骨奈米柱施加應力，並同步以電子顯微鏡即時臨場觀察骨奈米柱之變形破壞行為。研究明確觀察到健康骨因由連續之膠原纖維韌化連續之多邊形氫氧基磷灰石晶體而呈現裂隙架橋等現象，具有較佳之斷裂韌性，並首度發現脆性氫氧基磷灰石晶體受力時內部仍會產生差排活動行為之韌化機制；但骨質疏鬆骨則由不連續之球形氫氧基磷灰石晶體散佈於軟性有機基質中所構成，透過臨場分析可清楚看到受力破壞時裂隙將沿脆弱之有機基質處前進，氫氧基磷灰石晶體無法提供強度，而鬆散之短膠原纖維也無法提供韌性，故整體骨質疏鬆骨呈現出較低之強度以及較差之斷裂韌性。由於該研究所採用之分析技術非常尖端，目前國際上少有研究團隊具有該項分析能力，而研究內容實際臨場觀測骨組織內部奈米結構於奈米尺度甚至原子尺度下之變形破壞行為，乃屬重大突破，該演講因而相當受到矚目，有眾多學者蒞場聆聽，也有眾多學者紛紛提出問題討論。會後並與來自紐約大學牙醫學院從事生醫材料研究之 Zhang 教授繼續針對本人之研究發現進行更深入之討

論，同時針對雙方研究內容以及生醫材料奈米尺度破壞行為多所交流，並談及包括臨場奈米機械分析等多項可合作之研究主題，收穫頗豐，雙方並留下聯絡資料以利日後建立合作研究關係。當日傍晚會議結束後便回住宿飯店休息。

6月21日清晨收拾行李後即前往機場搭機並於中午抵台，結束4天「第13屆國際破壞學研討會」行程。

三、心得及建議

此次「第13屆國際破壞學研討會」係由國際破壞學委員會主辦，由中國理論與應用力學學會等單位承辦，共計有1,400餘篇學術論文於會中發表，規模盛大。會議研討範圍涵蓋結構破壞學、疲勞破壞學、高溫破壞學、計算力學、生物力學、破壞分析等眾多破壞學相關研究主題，是工程與材料破壞斷裂科學領域中相當重要的一場國際會議；除提供學術研究單位一交流平台外，更對相關領域研究推動之資訊獲得有很大之幫助，極具學術參考價值。

近年來，中國大陸學術界非常積極於拓展其國際化，不論在爭取舉辦大型國際會議或參與發表論文上，皆不遺餘力；其學習新加坡學術界模式，透過經費補助、廣邀國際知名學者出席其所舉辦之國際會議，藉以凸顯該會議之學術地位。反觀我國學術界之積極度則較不足，相關政府單位雖鼓勵並補助國內學術單位爭取舉辦國際會議，但仍鮮少有單位能順利獲得學術地位崇高之國際會議主辦權；其主要因素可能在於國內學者參與國際學術委員會之運作者少，因此較難直接影響委員會之決策。

此外，該會議因在中國大陸舉辦，故有許多來自大陸之學者參加，但除此之外，仍有眾多來自歐美國家、新加坡、香港等地之華人學者參加；這些華人學者均相當年輕，雖其研究內容不甚深入、成果亦非具突破性，但從其身上均可看到積極、自信之態度，且與歐美知名學者間之互動良好，這些方式無疑地應可獲得國際知名學者相當程度之肯定。相較之下，雖然該會議為材料破壞學領域極重要之國際會議，但來自國內之學者卻寥寥可數，更幾乎無年輕學者參與，稍嫌可惜；相關單位應多加鼓勵並補助國內年輕學者積極參與國際學術會議，以提昇我國學術地位。

近幾年參與國際學術會議一重要感想在於亞洲地區中包括日本、韓國、中國大陸、香港、新加坡等地，除投入大筆經費於學術研究外，更透過整合方式動員多個學術單位，甚至成立專責行政單位，整體性地規劃、舉辦、參與國際會議，較能發揮群體力

量；而我國學者則多獨力研究、獨力參與，能見度與影響力較為有限。若能透過政府單位（如學門）與學術團體（如學會）協力，規劃設定出各領域較重要之國際學術會議，傾全力爭取主辦或僅補助參與此類重要會議，而非補助學者參與零散小型會議，應可較有效提昇我國之學術能見度。此外，資深學者因學術成就較高，多能獲得研究計畫與出席國際會議經費補助，但年輕學者能否有足夠經費參與國際會議乃我國學術地位提昇與延續之要素，國內年輕學者卻多因研究計畫爭取不易而未能獲出國旅費補助，相關政府單位或許可以思考在常規計畫經費補助之外，針對「年輕學者團隊」參與國際學術會議規劃一特定補助預算，以建立長期學術影響力之基礎。

四、附錄



圖 1 左：抵達中國北京國際機場，右：北京國家會議中心會場。



圖 2 左：大會註冊報到處，右：本人會議名牌。

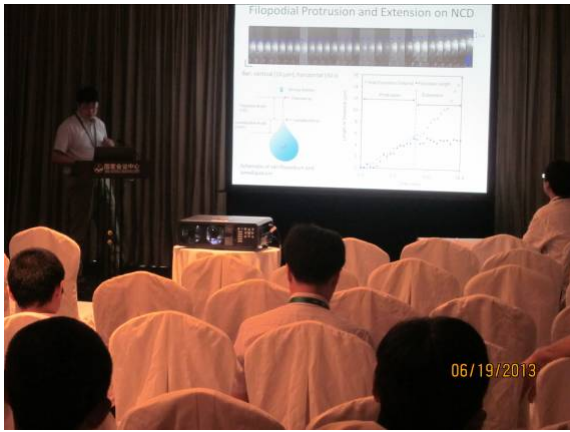


圖 3 左：“Biomaterials and Tissues” 子會議演講會場，右：廠商儀器設備展示會場。

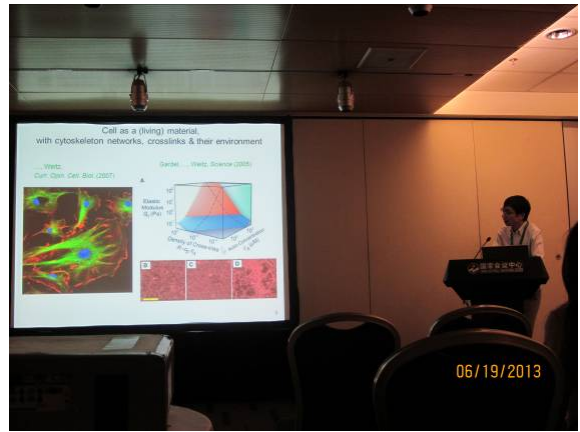
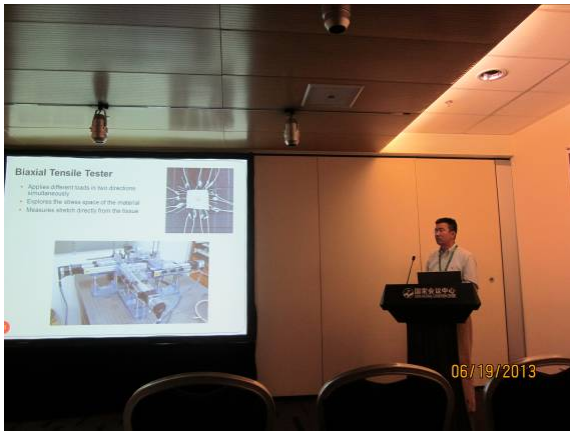


圖 4 “Biomechanics” 子會議會場，左：Qi 教授演講，右：Xu 教授演講。

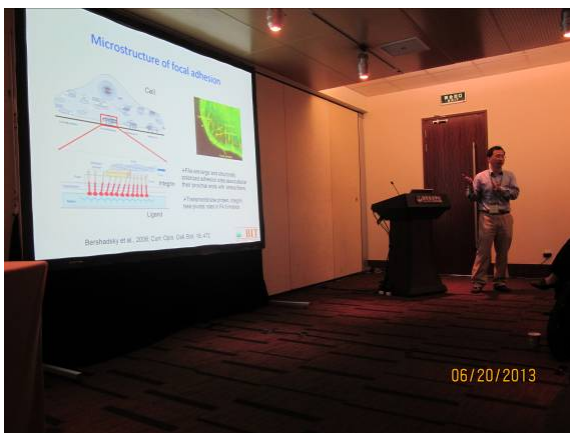


圖 5 “Biomechanics” 子會議會場，左：Ji 教授演講，右：Niu 教授演講。



***In-Situ* TEM Nanoindentation of Healthy and Osteoporotic Bone Nanopillars**

Shou-Yi Chang^{1,*}, Ying-Ting Wang¹, Yi-Chung Huang¹,
Tung-Chou Tsai², Chuan-Mu Chen², and Chwee Tech Lim^{3,4,*}

¹ Department of Materials Science and Engineering, National Chung Hsing University, Taiwan

² Department of Life Sciences, National Chung Hsing University, Taiwan

³ Department of Bioengineering & Department of Mechanical Engineering, National University of Singapore, Singapore

⁴ Mechanobiology Institute, National University of Singapore, Singapore

奈米暨生物機械技術實驗室
 Nano & Bio Mechanical Technology Lab.

S.Y. Chang, DMSE, NCHU 2013/06/20 1

圖 6 本人應邀發表演講，左：演講議程投影片，右：演講投影片首頁。

本次會議攜回資料：「第 13 屆國際破壞學研討會 (13th International Conference on Fracture, ICF13)」會議手冊 (圖 7 左) 及論文摘要集 (圖 7 右) 各一本。

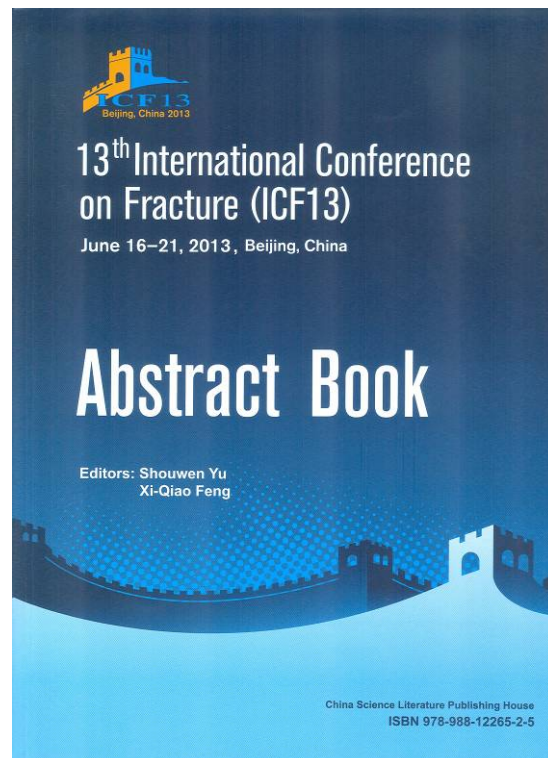


圖 7 左：大會會議手冊封面，右：論文摘要集封面。