



母校成功延攬國際知名構造地質學家

——美國科學院院士 Professor John Suppe 來校服務

文・照片提供／理學院

John Suppe，這名字對於非地球科學領域的人來說，或許相當陌生。但乎所有學過地質學的學生，一定會告訴你：他就是鼎鼎大名提出「推土機模型」的構造地質大師，因為他的著作《構造地質學原理》(Principles of Structural Geology)幾乎是全世界地質科學系必選的教科書。今年，這位著作等身的構造地質大師已於8月選擇臺大成為他學術生涯的第二個家，受邀前來母校擔任特聘研究講座，創造他學術第二高峰。在此之前，他在美國普林斯頓大學地球科學系任職長達三十餘年，選擇臺大作為研究生涯的下一站，並非偶然。臺灣位於兩板塊（菲律賓海板塊與歐亞板塊）的交界帶，地震與斷層運動十分劇烈，這個地質環境使臺灣成為世界上研究活動構造最好的場所。早在八〇年代初期，臺灣特殊的地質環境就已經吸引了 Professor John Suppe 二度來臺，分別於1978與1981年在臺大擔任訪問學者。已故的臺大地質系畢慶昌教授在當時為他起了個中國味十足的中文名字『蘇強』。強為其名，而蘇則取其姓氏的第一個音節發音。John Suppe 十分喜歡這個中文名字，也就一直沿用至今。臺灣特殊的地質環境與深厚的友誼，已為他日後決定長駐臺大、深耕臺



■Dr. John Suppe 與臺灣及臺大淵源深厚，今年他回到第二故鄉臺灣，並以臺大作為他學術的第二個家。

灣的生涯規劃留下了伏筆。

臺灣地質激盪「推土機模型」

蘇強教授出生在加州洛杉磯，從小就喜歡戶外活動，特別是登山。需要常跑野外的地質系自然吸引他的目光，因此他大學時代就以地質學為主修，1965年畢業於加州大學河濱分校。大學期間，結識了他的妻子 Barbara，畢業後即共結連理。懷著對科學的熱情，很快地在四年後（1969）取得耶魯大學博士學位。之後，蘇強於

加州大學洛杉磯分校做了兩年的博士後研究，然後獲聘任教於普林斯頓大學地質與地球物理學系迄今。蘇強教授於1991至1994年間擔任該系系主任，並從1988年起獲聘為普林斯頓大學著名的Blair Chair Professor。他的研究生涯中，除了多次造訪臺灣外，也在加州理工學院、西班牙巴塞隆納大學、中國南京大學、德國慕尼黑大學擔任過訪問學者。

蘇強教授畢生致力於上部地殼（約地表至十幾公里的深度範圍）變形機制的研究，希望藉由野外觀察、震測與鑽井資料對地下構造有良好的控制，了解這些構造在地形發展的長時間尺度與地震破裂的短時間尺度下是如何發育形成。其中，又特別著重在「前陸褶皺逆衝帶」(foreland fold and thrust belt)的研究。簡單來說，當兩板塊隱沒乃至碰撞的過程中，會在交界處產生一系列的地體構造，如火山島弧、增積岩體、逆衝褶皺帶與前陸盆地。對應到臺灣、蘭嶼綠島及已上陸的海岸山脈為「火山島弧」，中央山脈、西部麓山帶、西部海岸平原與其向西延伸的臺灣海峽範圍分屬「增積岩體」、「褶皺逆衝帶」與「前陸盆地」。顧名思義，褶皺逆衝帶發育了許多的褶皺與逆衝斷層，而啟動九二一集集地震的車籠埔斷層正是座落在這種地體構造上。蘇強教授藉由在臺灣的構造地質研究提出『薄皮構造理論』，也就是俗稱的『推土機模型』理論。蘇強教授與他在普林斯頓的研究夥伴 Tony Dahlen（同時也是著名的地震學者，亦為美國科學院院士）於1983年首度利用力學及運動學的模式，解釋逆衝褶皺帶與增積岩體的變形行為，將造山運動的研究推向量化的範疇。他們認為此類的運動機制好比推土機推土，並以臺灣為例：密度較大的海岸山脈可視為推土機，位在大陸邊緣密度較小的沉積物及大陸地殼則是土堆，而菲律賓海板塊以一定的速度向歐亞板塊運動則是推土機的動力來源。當

推土機向前推動時，必須滿足滑動面方向摩擦力、重力與正應力三種力量的平衡，並假設物質遵守莫爾庫倫破裂(Mohr-Coulomb failure criterion)的行為準則。此時，土堆的形貌會近似一個楔形體，其前端與底部具有強烈變形。其底部在穩定滑動的過程中，為使楔形體的角度維持一定，當土堆越堆越高（即山脈高度增高），楔形體的寬度（即褶皺逆衝帶的範圍）也必須愈益增加。這理論成功利用臺灣地質為例，解釋為何在較遠離板塊邊界的區域仍有許多斷層與褶皺的發育，更闡釋碰撞造山作用下斷層與褶皺三者之間的關係。進一步說明，他們認為地表下幾公里至十幾公里深處存在一角度相對較為平緩的「斷層滑脫面(decollement)」，地表所觀察到的斷層面都會向下連接到此滑脫面，並在高孔隙水壓的作用下使此滑脫面容易錯動；因此，幾乎所有的變形行為都發生於此滑脫面之上。

此理論將臺灣造山運動推介給國際地球科學界，並廣泛應用於美洲安地斯山、中國天山等世界著名的造山帶，並衍伸出許多的相關研究，如配合斷層崖或褶皺崖的定年結果，探討現今所見的大尺度構造是如何由無數次地震活動之形變累積而成。此外，若沈積作用伴隨斷層活動，則受到褶皺撓曲的沈積層將是生成石油的最佳環境。了解斷層的形貌和其滑移的速率，對石油探勘方面也有相當的貢獻。這些創新卓越的研究為蘇強教授贏得兩次（1986、1996）「美國地質協會構造地質與大地構造領域最佳文章獎」殊榮，奠定了他崇高的學術地位。

投注地震災害研究胸懷人民

不僅如此，他也將部分的心力投注於與人類生活息息相關的地震災害評估，尤其是他所生長的加州地區。加州聖安德魯斯斷層(San Andreas



Fault)是世界上最著名的平移斷層，此斷層滑移以水平方向為主。理論上，斷層的走向應與此地區最大主應力的方向夾45度角，然而現地測量結果卻發現與理論預測大不相同：最大主應力方向竟與斷層走向垂直。這暗示聖安德魯斯斷層本身的斷層強度非常弱，只要外在的應力分布有些微改變，便能引發聖安德魯斯斷層的錯動。這項觀察在當時引發軒然大波，也促使蘇強教授投入地震災害與地震預測的研究。當然，他的觸角不只侷限在腳踏的地球上，蘇強教授也將此一構造模式成

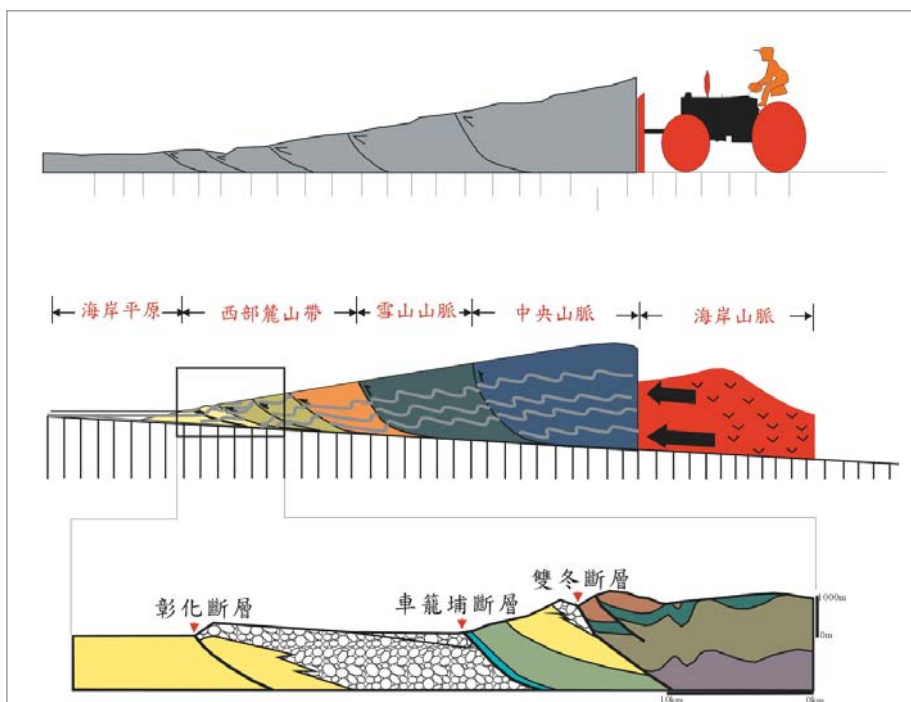
功運用於金星研究計畫上。蘇強教授利用美國太空總署麥哲倫計畫(Magellan mission)取得的金星地表合成孔徑雷達遙測影像，計算金星表面隕石坑密度的分布，以估計金星上裂谷與火山的年齡。

地球科學一代宗師著作等身

由於蘇強教授豐富且重要的貢獻，許多榮譽也隨之而來：美國國家科學院院士、美國太空總署麥哲倫計畫的特聘研究員，以及表彰耶魯大學校

友在學術方面有卓越貢獻的獎章(Wilbur Lucius Cross Medal)與象徵學術上終生成就的漢堡德研究獎(Humboldt Research Award)。這些名望對發表過百餘篇重要學術論著與近十本專書著作的他而言，絕對是實至名歸的肯定。然而，錦上添花的喝采並沒有減緩他在學術上的步履。他眼中依舊閃爍著對科學高度熱忱的光芒，並且走的飛快；而我們依然只能望著他的背影，讚賞他提出的理論不斷地被成功驗證。若問誰是當今地球科學界的一代宗師，蘇強教授當之無愧！

臺大師生深感榮幸，獲得蘇強教授肯首來校服務，吸引更多人才，培育下一代菁英，協助臺大成為活動構造與地震地質的研究重鎮，邁向國際頂尖。 本文策畫／大氣學系郭鴻基教授)



什麼是「推土機模式」？

關於 John Suppe 教授所提出之造山運動及斷層的「推土機模式」，以臺灣為例，海岸山脈是推土機，大陸邊緣的沉積物及大陸地殼則是土堆，菲律賓與歐亞板塊聚合的力量提供了推土機的動力來源。當推土機向前推動，土堆的形狀像楔形體，底部會沿著一個斷層滑脫面滑動，並產生許多斷層延伸至地表。在造山運動的過程當中，楔形體的角度維持一定，當土堆越堆越高（即山脈高度增加），楔形體的寬度（即褶皺逆衝帶的範圍）也會增加。這樣的造山運動模式使得臺灣產生許多斷層與褶皺，九二一大地震活動的車籠埔斷層即是造山帶前緣一系列的斷層之一。（原圖／Dr. John Suppe；修圖及解說／地質學系劉聰桂教授）