



## 中華民國力學學會第155期會訊

- 【專題報導一】 程宏達老師宇泰講座 P.2
- 【專題報導二】 從固體顆粒的微觀行為淺談顆粒流的本固關係 P.5
- 【推廣活動】 焦點一：應用力學活動：
- 紙橋載重競賽-誰是大力士 P.10
- 焦點二：2023 科普營：蛋白質的力學之美 P.13

## 【近期訊息】

★力學推廣活動補助徵件，至112年12月31日(星期日)截止。

## 【專題報導一】

# 程宏達老師宇泰講座

陳正宗 國立臺灣海洋大學河海工程學系

中華民國力學學會計算力學研發小組係於2014年台大應力所吳光鐘教授任理事長委任陳正宗特聘講座教授擔任召集人至今已近十年。在這十年中，持續承辦(協辦)台灣邊界元會議至今已第14屆，組團參加國際會議，邀請知名學者前來宇泰和延平講座演講，並支助學生數學與力學相關學習社群活動，近日承辦宇泰講座在此與大家分享此次活動內容。

美國密西西比大學前工學院院長Prof. Alexander H.-D. Cheng程宏達教授，接受海大河工系NTOU/MSV團隊邀請，進行一場宇泰講座演講。程宏達教授在知名的SCI期刊Engineering Analysis with Boundary Elements擔任主編，此期刊為Q1期刊，是非常具有指標性的國際期刊。

宇泰講座是由國內首屈一指的港灣工程規劃設計公司(宇泰工程顧問有限公司)所贊助，在公司草創筆路藍縷的隔年，便回饋社會設置獎學金，提供給本校河海工程學系及國內數所大學的學生。海洋大學「宇泰講座」則是在2011年開始設立，講座演講的構想則是由當時河工系主任簡連貴老師以及陳正宗老師所提出。陳吉紀董事長考量，大學除了提供學生正規的課程以培養專業的學問與技術外，也應來提昇學生的人品及文化素養，透過不同領域的涉略。以此講座方式進行，不僅可以嘉惠海大的學生，也可以讓鄰近地區的學生或基隆市民都受益。宇泰講座便在這樣背景下成立，從2011年至2020年，陳董事長每年提供一筆經費的支持，透過講座系列演講，講題除了學術專業外也涵蓋多元領域，讓許多人受惠。陳吉紀董事長感受到宇泰講座多年來的成效與影響。自2021年開始，又加大贊助海大宇泰講座的力度，除了原本講座演講外，更鼓勵海大舉辦國際會議，讓格局規模可以更擴大，搭建平台舉行更多的學術交流活動，讓更多師生可以受益。陳董事長期盼宇泰講座的價值在於將社會成功人士(有故事的人)一生最寶貴經驗分享傳承出來，不是講座基金的多少可以衡量，年輕學子或聽眾能因而獲得啟蒙或啟發，就非常值得大家一起來把這個講座好好辦下去。

活動當天早上，講者與資深教授們一行抵達海大後，便到校長室拜訪許泰文校長，討論未來合作的機會。在簡便的午餐交流之後，就正式進行宇泰講座演講活動。程老師在這次宇泰講座暨河工系四組(結構組、大地組、海工組、水利組)聯合專討，以Fundamental and general solutions as basis functions in meshless methods為講題，分享其多年的研究經驗與成果。報告中分成三部分，首先是回顧解偏微分方程的做法，先透過一些操作去求得滿足控制方程的解，而得到的解是無窮多解，還需要透過邊界條件來去決定出未定係數，才能得到唯一解，而



## 專題報導：程宏達老師宇泰講座

這些解有時候我們會透過近似的方式去求得，透過各種函數，例如：多項式、切比雪夫多項式、三角函數（傅立葉級數）、小波、T-完備通解、基本解等方法。陳正宗老師分享他在2007年有一篇Computers and Mathematics with Applications文章曾探討Trefftz method 與MFS解空間的等價性，這些方法共同的地方都是會透過 $x^n$ 或是 $\sin(nx)$ ， $\cos(nx)$ 等 $x$ 的基底函數，滿足控制方程及邊界條件，來求得近似解。程老師先用一個常態分佈的函數當作要近似的解，選用多項式基底函數去擬合此解，發現在末端位置的解會有較大誤差，說明對於不同問題(解空間)選擇適當的方法(基底函數)很重要。介紹完了這些求解析方法也比較其與數值方法的差異，FEM的求解過程是透過形狀函數作為權重的對應的區域進行積分，然後進行能量最小化，得到的結果是平滑的，拿來解很多問題的精準度也都很良好，但其結果是純數值結果不可推得微分之結果。

演講後，陳正宗老師和大家介紹今天與會的特別來賓蒯光陸所長，蒯所長是台灣電力股份有限公司的綜合研究所的所長，他的夫人是海洋大學的前副校長蔡國珍教授。最近陳老師參加其他活動時與蒯所長偶遇，經交談得知在三十年前蒯所長就已經買過洪宏基老師和陳正宗老師的邊界元素法一書，並且對於邊界元素法頗有興趣，陳正宗老師便邀請蒯所長參加今天的演講。由於講者程宏達老師也是邊界元素法的專家，蒯所長答應會參加此場演講，今日也果真出現。在知道台電蒯所長在場後，科盛張榮語董事長憶及自己於清大化工任教時曾以套裝軟體解決廠房陰極防蝕的問題(Laplace控制方程)，後來解決後果真未見廠房爆炸，因此獲台電優良計畫獎。如今認親相見歡也是美事一樁。緊接著下半場進行專家學術指導，NTOU/MSV團隊安排了2位應屆碩二畢業生與四位執行海大暑期計畫的大專生報告其研究成果與近期研究，對於碩士畢業生與大學生，尤其是大學生就可培養做研究並發表SCI論文，大家嘖嘖稱奇。近20位老師們也都是聽得津津有味。學術指導活動在碩士畢業生天龍(戴暉宸)與地虎(周彥廷)贈碩士論文給四大天王口委老師(楊德良、程宏達、林聰悟、洪宏基)之後便告一段落。專家學術指導結束後，與會的老師們與講者一同前往和平島原住民文化會館，在其旁邊的小山丘一邊踏青，一邊進行戶外聯誼與相關學術交流。最後，前往漁品軒享受海鮮晚宴，體驗了一天豐富的學術、健身與美食之旅。

此次宇泰講座的演講非常精彩，會後大家熱烈討論，感謝宇泰工程顧問有限公司、TwSIAM海洋大學學生分會、國科會彈性款、中華民國力學學會力學計算研發小組(此活動小組補助是由吳光鐘理事長開始設置，推動至今已近10年，目前僅剩計算力學研發小組持續為大家服務，舉辦計算力學交流活動)與海大河工的經費支持，以及美國密西西比大學教授程宏達、香港城市大學韓耀宗教授、台大洪宏基終身特聘教授、楊德良特聘教授、林聰悟名譽教授、陳俊杉特聘教授、海大陳正宗特聘講座教授、蔡加正特聘教授、郭世榮教授兼工學院院長、李應德副教授、楊智傑副教授、吳南靖助理教授、顧承宇特聘教授兼副校長、藍元志助理教授、科盛科技張榮語董事長、台電綜合研究所蒯光陸所長與高政宏博士等老師和各位同學們熱情參與以及NTOU/MSV團隊後勤支援人員的辛勤服務，讓本次活動能夠有此盛況並順利推展與圓滿落幕。



# 專題報導：程宏達老師宇泰講座



(a)海大與台大老師們與海大校長合影



(b)宇泰講座與會老師合影



(c)程宏達老師分享研究成果



(d)致贈程宏達老師海大演講感謝狀



(e)老師們會後踏青(原住民會館小山丘)



(f)會後漁品軒海鮮晚宴聚餐

圖一 宇泰講座花絮。



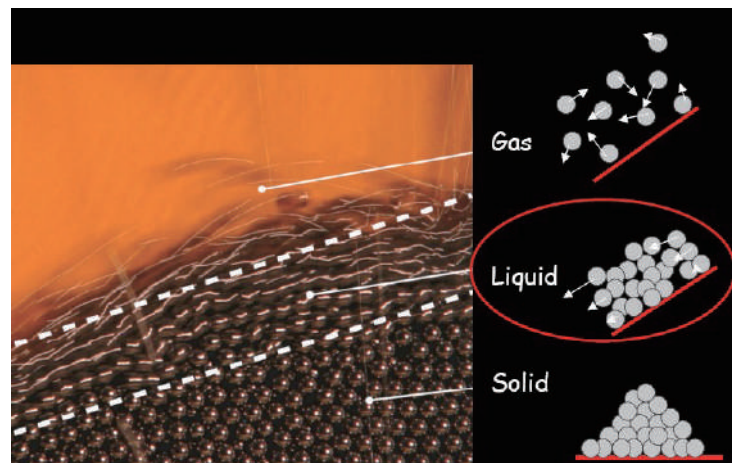
# 從固體顆粒的微觀行為淺談 顆粒流的本固關係

楊馥菱 臺灣大學機械工程學系

顆粒流是離散固體顆粒集體運動的巨觀行為，常見於大尺度自然災害（山崩、雪崩、沙塵暴等）或各種工業製程（顆粒研磨拋光、流體化乾燥床、藥丸製作、粉末冶金、雷射燒結進料、除塵、分級運送包裝等）。歷史悠久、耳熟能詳的沙漏計時器，不只是一個巧妙的工程設計，更是一個觀察並認識顆粒流特性的好例子。當沙漏計時完畢，下方堆積的小沙堆就和沙坑裡、工地邊、甚至是沙漠裡的沙丘一樣，有著特殊表面斜率、可以承受一定大小的剪切力而讓我們可以攀爬，這類似固體物質的特性，源自於固體顆粒間靜摩擦力的累積，在巨觀上呈現的是顆粒群體一種降伏強度。然而，一旦施加外力足以抗衡某些顆粒間的靜摩擦力時，局部的群體顆粒將被激發開始運動、碰撞與彈跳（例如：沙漏倒置後的快速排放、攀爬沙堆時腳邊的表層沙土團團滾落斜坡），進而形成能連續運動變形的類流體巨觀特性。由此可見，顆粒流可以同時表現既像固體承受剪切力、也像流體連續變形的行為，乃因組成顆粒可透過靜態摩擦、動態摩擦、又或碰撞來傳遞動量，進而造就了顆粒流獨有的多相傳遞機制。

## 多相特性與漸變的傳遞機制

圖二為顆粒體受重力流下斜坡的瞬時影像，表面顆粒所受之重力分量克服了靜摩擦力進而開始向下運動，因上方沒有太多的束縛，表面顆粒可以自由的彈跳發展出較快的運動速度，且多以顆粒碰撞來傳遞動量，非常類似氣體透過組成氣體分子的碰撞來交換能量，因此常將其歸類為顆粒氣體（Granular gas）、以快速顆粒流（Rapid granular flow）



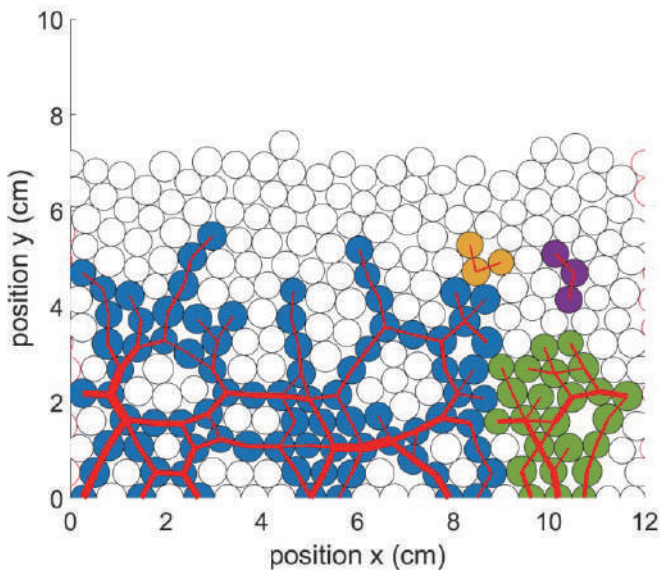
圖二 重力驅動顆粒流之不同流態[1]。

統稱，此種顆粒流態也常見於流體化床中。但接近斜坡流底床的顆粒，因上方堆疊顆粒的重量強化了內摩擦力，或保持靜止、或僅有緩慢(Creeping)甚至是間歇(Intermittent)的運動，顆粒間持續的摩擦成為主要的傳遞機制，也因此被歸類為顆粒固體(Granular solid)，也常見於磨床與壓縮成形這種需施加巨大壓力的製程中。然又顆粒的堆疊並非真如連續固體的晶格結構般整齊，因此堆積較緊密的區域會發展出較強的摩擦力、甚至相連鋪出力鏈結構(Force chain)與接觸力網絡(Force network)，提供一個比碰撞—擴散更快且更廣的傳遞效應。為了視覺化此力鏈

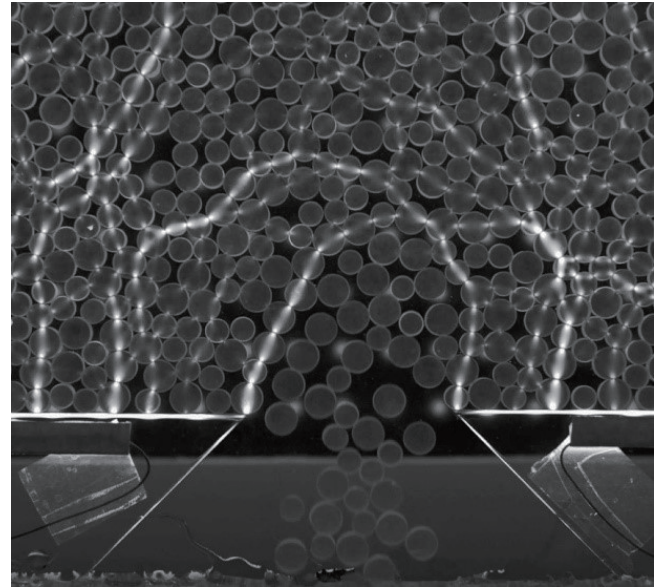


## 專題報導：從固體顆粒的微觀行為淺談顆粒流的本固關係

結構，我們可透過顆粒計算(如Discrete element simulation)搭配適當的演算法而擷取(圖三(a))，或是以核磁共振或以光彈材料顆粒做實驗(圖三(b))等方法來觀測此力鏈結構。而組成顆粒的離散特性，容許顆粒在碰撞與摩擦兩種交互作用模式間轉換，常在顆粒氣態與顆粒固態間觀察到，稱之為顆粒液態(Granular liquid)，其運動統稱為濃密顆粒流(Dense granular flow)。



(a)



(b)

圖三 (a)以離散顆粒法計算搭配演算法擷取靜態堆積顆粒體內部之力鏈結構；(b)一個穩定釋放的儲槽光彈顆粒流的瞬時影像(以偏光光路觀測光彈顆粒流內部發展出的力鏈結構，此材料折射率依受力狀況改變而成像)。

因為快速顆粒流以碰撞為主要傳遞機制的特性類比於氣體，科學家已經在統計力學氣體分子動力論的架構上發展出顆粒分子動力理論(Granular Kinetic Theory)[4]，很好的描述了巨觀應力場如何隨體積分率(Solid volume fraction、代表顆粒流中單一體機內的顆粒體積分率)、剪切率(Shear strain rate  $\dot{\gamma}$ )、以及顆粒溫度(Granular temperature  $T$ )而變化，進而推導出對應的黏性係數。值得注意的是顆粒分子動力理論裡的顆粒溫度，並非傳統的熱力學溫度，而是量化觀察空間內單一顆粒速度( $\vec{u}_{pk}$ ，第 $k$ 顆粒)與流場平均速度( $\vec{U} = \sum_k \vec{u}_{pk} / N$ ，假設觀察空間內有 $N$ 顆顆粒)差異所造成的顆粒亂度動能均方根( $T \sim \sqrt{\sum_k (\vec{u}_{pk} - \vec{U}) \cdot (\vec{u}_{pk} - \vec{U}) / N}$ )有關的一個特徵速度尺度，溫度越高，代表微觀運動與平均運動的差異越大，也因而提升了碰撞頻率以及傳遞效率。在此架構下，若進一步搭配適當的邊界條件，科學家可以捕捉到不少完整激發、進入顆粒氣態的快速顆粒流運動行為。

然而，一旦驅動力不足以克服顆粒重量或摩擦力、或無法有效地補充由非彈性碰撞或摩擦所致消散的顆粒動能時，顆粒將受重力或外加力而開始堆疊，進而發展出對顆粒流整體運動不可忽略的摩擦傳遞機制，進入顆粒液態甚至顆粒固態時，此顆粒分子動力理論模型將需要修正，也引發了新的研究面貌。



# 專題報導：從固體顆粒的微觀行為淺談顆粒流的本固關係

## 濃密顆粒流之局部流變定律

近年來描述濃密乾顆粒流本固關係最成功的模型，是由一群法國學者所提出的 $\mu(I)$ 流變關係[5]。在假設正向應力 $P$ 能有效估算的前提下(與驅動外力、或重力有關)，學者透過因次分析找到描述剪應力 $\tau$ 的兩個關鍵無因次參數，其一是著眼於“因顆粒摩擦而發展出抗剪強度的類固體特性”所定義的有效摩擦係數 $\mu$  (Effective friction coefficient)，參照描述固體連續滑動摩擦力的庫倫摩擦係數，定義為兩應力分量比值：

$$\mu = \frac{\tau}{P}$$

但不同的是此 $\mu$ 不一定是常數，而是隨著組成顆粒在不同流況下進入摩擦交互作用模式的數量以及作用力而改變。為量化這個隨巨觀流況而變化的微觀行為的多尺度特性，科學家從因次分析建議了一個全新的無因次參數，稱作慣性數(Inertial number)，定義如下：

$$I = \frac{\dot{\gamma}D}{\sqrt{P/\rho_s}}$$

此參數可視作直徑為 $D$ 的顆粒受剪切率( $\dot{\gamma}$ )驅動往主流方向運動的速度( $\sim\dot{\gamma}D$ )與受正向應力場侷限而沉降的側向速度( $\sim\sqrt{P/\rho_s}$ )的比值，值得注意的是，此側向速度有著類似固體音速的表示式，與組成物的密度( $\rho_s$ )有關。因此當顆粒處在高慣性數的顆粒流中時，在主流方向將發展出較大的運動速度，代表足夠的流體化(如圖二表面層的顆粒)，接近顆粒氣態，因而多以碰撞來傳遞動量與能量、偶有摩擦接觸的發展；反之，低慣性數的濃密顆粒流，貼近顆粒固態，內部傳遞仰賴力鏈結構中的摩擦接觸。由此，可以合理的猜測針對濃密顆粒流所定義的慣性數，應與前述量化顆粒運動亂度的顆粒溫度有一對一的關係，也在近年獲得實驗與計算數據的支持。

在此理解下，學者統整了實驗與計算數據，發現了如圖四所示漂亮的局部 $\mu(I)$ -流變定律，並針對擬二維、或三維的穩態流動擬合出關係式：

$$\begin{cases} \mu_{2D}(I) = \mu_s + bI \\ \mu_{3D}(I) = \mu_s + \frac{\mu_g - \mu_s}{I_0/I + 1} \end{cases}$$

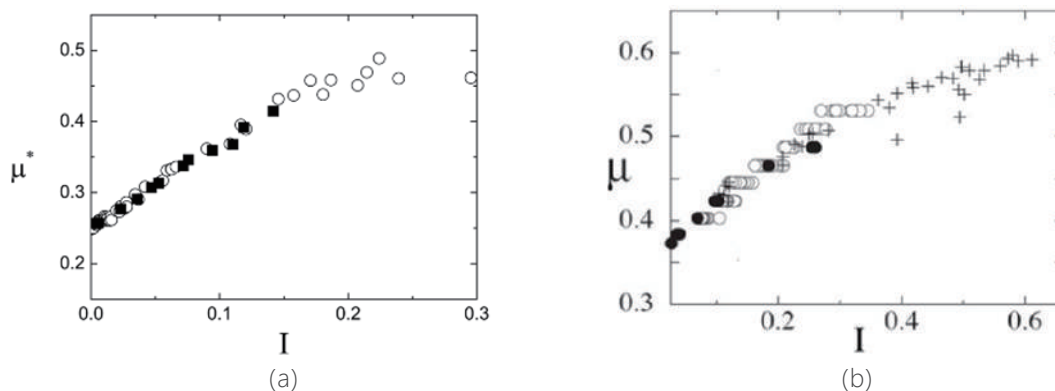
描述 $\mu$ 如何從降伏強度 $\mu_s$ 開始隨 $I$ 單調遞增，飽和於快速顆粒流(氣態)的值 $\mu_g$ ，而 $I_0$ 與 $b$ 則為擬和參數，與組成物之材料特性相關。若進一步假設應力張量( $\tau_{ij}$ )與應變率張量( $\dot{\gamma}_{ij} = (\partial u_i/\partial x_j + \partial u_j/\partial x_i)/2$ )有相同的特徵向量(Eigenvectors)，科學家推出

$$\tau_{ij} = \mu(I)P \dot{\gamma}_{ij}^*$$

來描述濃密顆粒流的應力場隨 $\mu(I)P$ 改變大小、並與無因次的應變率張量 $\dot{\gamma}_{ij} = \dot{\gamma}_{ij}/|\dot{\gamma}_{ij}|$ 同方向。若代入動量方程式，並使用合理的邊界條件，可成功預測許多穩態濃密顆粒流。



## 專題報導：從固體顆粒的微觀行為淺談顆粒流的本固關係



圖四 穩態顆粒流所量得之有效摩擦係數  $\mu_{2D}$ 與 $\mu_{3D}$  隨慣性數  $I$  的變化趨勢[4]：(a)二維；(b)三維。

### 非局部流變定律的本質

然近期文獻也發現此模型無法完整描述濃密顆粒流慢速將止或起動的運動行為，不同的研究也屢次發現非單調的 $\mu(I)$ 關係式，即 $\mu$ 從 $\mu_s$ 開始先下降到一個發生在 $I_c$ 的最小值 $\mu_m$ ，再回歸隨 $I$ 單調遞增的模式(如圖五)。這個  $\mu_m < \mu_s$  的現象暗示濃密乾顆粒流啟動時有個比靜止時更低的有效摩擦係數，代表一旦克服 $\mu_s$ 慢速顆粒流在 $I_c$ 附近某個極小區段有個摩擦係數更小的狀態，而更容易流動。我們認為此特殊現象源自於力鏈結構因剪切破壞、造成顆粒崩塌啟動的頻率與時間尺度，與顆粒運動因摩擦而停止的不同，進而擴充Landau相變化經典理論中對整齊性指標的對稱特性。我們利用慣性數 $I$ 當作相變理論中的整齊性指標 (Order parameter)，取代經典相變模型的溫度，小 $I$ 的流動狀況代表力鏈結構更接近整齊的類固態、反之大 $I$ 則對應因高頻率碰撞而不規則的類氣態，與原始慣性數作為顆粒於流場中運動狀態指標的物理意義相符，也可很好的類比於溫度與熱力學相變化的對應。

我們建構一個如下的類狀態方程式[8]，描述慣性數如何隨流動、受力狀況在時空中轉變，進而改變應力場：

$$t_0 \frac{\partial I}{\partial t} = \xi^2 \nabla^2 I - \left( \frac{\mu - \mu_s}{\mu_g - \mu} \right) I - I_c^{-\alpha} (\chi^2 - r_c) I^{(1+\alpha)} + I_0^{-2} I^3$$

其中 $t_0$ 可以理解成力鏈受影響後影響局部整齊指標的鬆弛時間， $\xi$ 是不均勻整齊性指標的空間耦合尺度(Cooperative length scale)，我們認為也可能與力鏈結構的尺寸有關，相關的項次( $\nabla^2 I$ )將空間中不均勻之慣性數(力鏈狀態)與流場中某點的狀態耦合，因此跳脫了局部流變學(Local rheology，某點的應力只與該點性質有關)的範疇。而 $\mu_m$ 發生的 $I_c$ 值則可理解成發生顆粒流固態—流態相變轉化的關鍵慣性數，類似經典的相變化溫度。我們收集穩態流動的文獻數據，可擬合出相變時的最小摩擦係數 $\mu_m$ ，進而可決定有關的驅動分量的 $r_c = (\mu_m - \mu_s)/(\mu_g - \mu_m)$ ，以及相關的 $\chi = I_0/I_c$ 與 $\alpha = 2/(1 - r_c \chi^{-2})$ 。

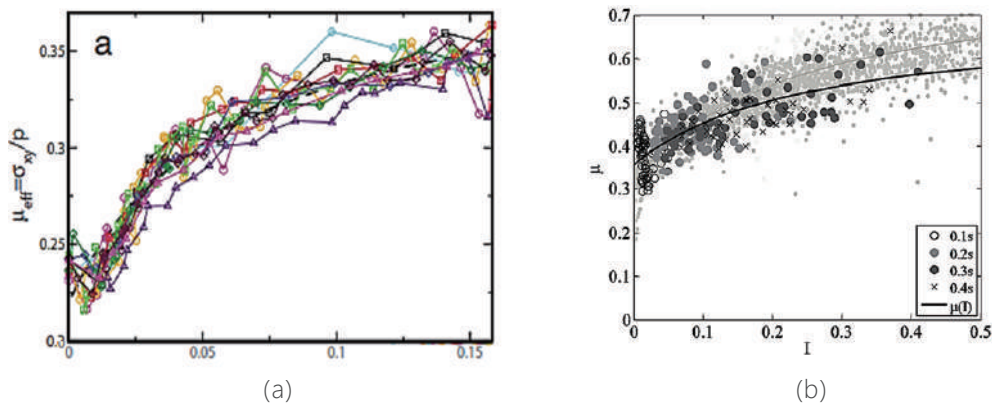




## 專題報導：從固體顆粒的微觀行為淺談顆粒流的本固關係

在擬穩態的過程中，此模型是文獻上第一個沒有人為擬合參數的非局部模型，可以成功描述前述的非單調  $\mu(I)$  關係式 (如圖五)，並賦予清晰的物理解釋。也能更清楚的釐清流場在  $(I_c, \mu_m)$  附近的變化：當流場由固態  $I=0$  往  $I_c$  增大時，阻力主要來自力鏈結構的剛度，也因此當顆粒慣性隨著  $I$  發展而更能瓦解力鏈結構時， $\mu$  隨之下降至最小值  $\mu_m$ ，有利於啟動；但若應力狀態無法持續瓦解力鏈驅動顆粒運動時，顆粒間的摩擦與非彈性碰撞將快速消耗動量，將流場  $I < I_c$  帶回靜止態 ( $I=0$ )。反之，若流場應力狀態能持續破壞力鏈結構驅動顆粒，顆粒慣性將增強，使得  $I > I_c$  進入流體化的階段，非彈性碰撞頻率提升，使  $\mu$  重回單調遞增的局部  $\mu(I)$  關係。

後續的一些研究包括非牛頓計算流體求解[9]、以及微擾解析(進行中)，均可證明此非局部模型可以重現局部模型無法描述的特殊現象，是近期相關領域一個進展；然工作尚未完成，上式中仍未知的鬆弛時間的預測，還在本實驗室進行的研究中。

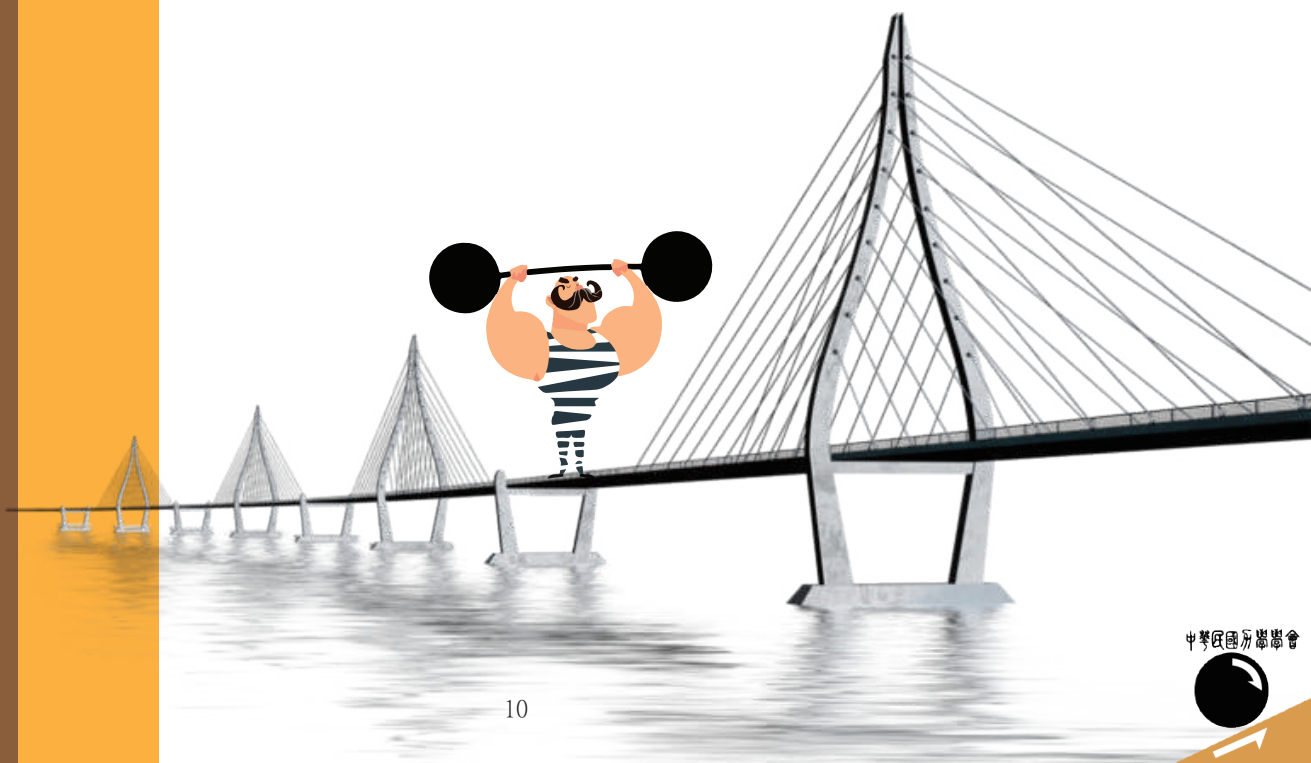


圖五 慢速流動狀態下非單調的  $\mu$ - $I$  關係：(a)穩態剪切DEM模擬結果[6]；(b)暫態顆粒崩塌過程(DEM計算之結果)[7]。

- [1] Y. Forterre & O. Pouliquen, Granular Flows, Séminaire Poincaré XIII, 69-100 (2009).
- [2] C.T. Tsai, C.Y. Cheng & F.-L. Yang, Investigation of internal force structure for non-Bagnold transition of inclined surface granular flows via discrete element simulation, Journal of Mechanics, Accepted (2023).
- [3] H.T. Chen, A novel image-processing algorithm to study the dynamics of photoelastic disks during silo discharge, Master Thesis, National Taiwan University (2019).
- [4] J.T. Jenkins & S.B. Savage, A theory for the rapid flow of identical, smooth, nearly elastic, spherical particles, Journal of Fluid Mechanics, 130, 187-202 (1983).
- [5] GDR MiDi, On dense granular flows, European Physical Journal E, 14, 341-365 (2004).
- [6] I.S. Aranson, L.S. Tsimring, F. Malloggi & E. Clément, Nonlocal rheological properties of granular flows near a jamming limit, Physical Review E, 78, 031303 (2008).
- [7] F.-L. Yang & Y.T. Huang, New aspects for friction coefficients of finite granular avalanche down a flat narrow reservoir, Granular Matter, 18, 77 (2016).
- [8] K.L. Lee & F.-L. Yang, Relaxation-type nonlocal inertial-number rheology for dry granular flows, Physical Review E, 96, 062909 (2017).
- [9] C.-C. Lin & F.-L. Yang, Continuum simulation for regularized non-local  $\mu(I)$  model of dense granular flows, Journal of Computational Physics, 420, 109708 (2020).



# 應用力學活動： 紙橋載重競賽 誰是大力士



本活動以建造橋梁為主軸，如何在有限的經濟資源下，建造橋梁及確保安全性並發揮其最大效益，是工程師學習的重要課題。除此之外，科技進步及時代環境的變遷，橋梁設計上更須考慮提升安全性、實用性、經濟性及兼具環保性與美學，因此本活動採理論與實作結合模式，以大一、大二應用力學、材料力學及結構學等理論課程為基礎，搭配活動競賽前，講師傳述淺顯易懂的力學科普知識，讓學生了解橋梁型式、載重種類、載重方式、使用材料等內容，再以團隊合作進行可行性設計簡報，過程中評審會進行初步設計作品講評，最後進行實作競賽，包括載重評比、造型評比等。整個活動涵蓋理論教學、設計思考與實作競賽，希望藉由此活動增加學生多元軟硬實力，以及對橋梁結構之認識與理解，最終達到推廣力學科普相關教育之目的。

活動由中央大學工學院、土木工程系、機械工程系及中華民國力學學會共同主辦跨系的紙橋力學競賽活動，籌備委員包括土木系王韡菡教授、賴勇安教授、陳鵬宇教授、蘇昱臻教授、林志軒教授、黃冠嶺教授、洪汶宜教授及機械系蔡錫錚教授、黃以攻教授。競賽對象為中央大學土木系及機械系在學學生，自行組隊報名(可混系)，每隊四人，因報名踴躍，增額錄取至12隊共計48位學生參賽，競賽活動為期一個月，分三階段進行，活動規劃讓學生對橋梁力學的觀念由書面轉換成實體作品，並由競賽過程中展現自主學習成果。相關文宣參見圖六。



(a)賴勇安教授講授課程



(b)蘇昱臻教授講授課程



(c)陳鵬宇教授講授課程



(d)橋梁設計可行性評估簡報競賽

圖七 課程截影

本活動以建造橋梁為主軸，如何在有限的經濟資源下，建造橋梁及確保安全性並發揮其最大效益。

**中華民國力學學會 (STAM) 應用力學活動 紙橋載重競賽-誰是大力士**

報名對象：本校土木系及機械系在學學生  
 報名名額：6至8隊 每組四人 (可土木系與機械系混隊)  
 截止時間：即日起至112年9月30日(六) (下午五點報名截止)  
 活動獎項：  
 第一名頒發獎金5,000元及獎狀  
 第二名頒發獎金3,000元及獎狀  
 第三名頒發獎金1,500元及獎狀  
 佳作頒發獎金500元及獎狀  
 團體優良獎頒發獎狀  
 最佳造型獎頒發獎金500元及獎狀  
 活動地點：國立中央大學工程一館 (土木系會議室)  
 活動時間：112.10.04至 112.10.27 (詳細行程詳列於簡章)  
 主辦單位：中央大學工學院、土木系、機械系  
 協辦單位：中華民國力學學會

全程免費 名額有限 欲搶要快

(a)文宣海報

國立中央大學 紙橋載重競賽 - 誰是大力士

10/31

**賽程時間表**

項目	時間	地點
報到及繳交作品	09:00-10:10	工程一館 後樓一樓中庭
加數順序抽籤	09:00-09:05	
橋梁尺寸檢核	09:00-10:20	
試車比賽	10:30-11:50	
午餐時間 (報到處領取)	11:20-11:55	
頒獎典禮	賽券發回	E-135講堂
	頒獎	
	大會閉	

主辦單位：國立中央大學工學院、土木系、機械系  
 協辦單位：中華民國力學學會

(b)活動海報

圖六 海報

第一階段「基礎力學教學活動」安排三個課程，首先由賴勇安教授講述「紙橋載重競賽細節及規則說明」、其次由蘇昱臻教授講述「橋梁型式與建造材料」、最後由陳鵬宇教授講述「不同橋梁的力學分析與設計」，讓同學更加了解橋梁結構基本力學概念。第二階段為「橋梁設計可行性評估簡報競賽」，給予學生近三週時間進行資料蒐集分析並發揮團隊合作精神進行橋梁設計可行性簡報製作，提出橋梁設計理念、製作方法、可能會遭遇到的問題、以及如何在有限經濟材料設計下確保橋梁安全性及發揮其最大效益，並由評審老師給予講評與指導，引導學生提出問題、發現問題及解決問題，再進行修正橋梁設計體現於實作競賽中。第三階段為「紙橋載重競賽-誰是大力士」實作競賽活動，是一場跨系的君子之爭、是一場優質的學術交流、更是一場展現自主學習成果的競賽活動，分為造型評比及載重評比兩部分，造型評比為各團隊製作20秒的作品360度旋轉動畫影片，並由23位校內外教師及校內助理進行盲選投票，其中機械系「紙橋印象」隊伍以桁架橋搭配現地拍攝及聲光效果震撼評審，拿下最佳造型獎；載重評比競賽，質量塊加載前由評審先進行尺寸檢核及重量量測，再分兩組進行加載，同學均可於加載區外觀賽，活動熱鬧有趣，同學們的團隊名稱更具創意，無論是加載前後所展現之成果優劣，大家都給予熱烈掌聲與肯定，最後由土木系「姓鮑菇」隊伍拿下效率比第一名。這場競賽就在中央大學工學院吳子嘉副院長、土木系陳世晃主任及機械系李朱育主任的勉勵下，進行收穫滿滿的頒獎典禮，也為活動畫下圓滿句點。



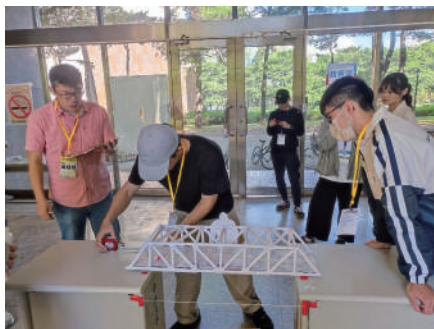
(a)作品 360 度旋轉影片



(b)誰是大力士競賽團體照



(c)作品試坐



(d)橋梁尺寸檢核



(e)加載失敗



(f)頒獎(第一名)

圖八 活動花絮



2023 科普營

# 蛋白質 的 力學之美

本學會為了推廣力學之普及，延續去年的台東女中2022科普營活動，今年8月由臺灣大學應用力學研究所、臺灣大學土木工程學系、中原大學土木工程學系、中華民國力學學會、台灣生物力學學會、創創文化科技股份有限公司、三聯科技教育基金會共同主辦2023科普營。在國立花蓮女中詹滿福校長、何恩原主任秘書、教務處黃文琴主任等人的協助之下，由周佳靚老師、張書瑋老師及黃仲偉老師規劃了本次三天的花蓮科普營隊，讓30位參與的花蓮女中同學們透過體驗各種結合虛實模擬及遊戲的活動，在輕鬆愉快的氛圍當中，由主講老師深入淺出地帶領同學們從零開始一點一點建立力學與空間概念、並應用於微觀生物材料，啟發同學們對生物材料蛋白質力學性質的初步認識。



在第一天的活動裡，台大應力所的周佳靚老師先以生活中的例子向同學們介紹蛋白質，再從巨觀講到微觀，解釋蛋白質的組成和結構，以及不同蛋白質的結構如何造就了它們獨特的功能，藉此引領同學們進入微觀力學的世界，探索生命與力學的奧秘。有了一些蛋白質結構序列的概念之後，開始當天的第一個課程活動：蛋白質桌遊。這套由張書瑋老師、周佳靚老師團隊以及創創文化科技公司共同開發的教育桌遊，旨在透過遊戲競爭的方式讓玩家熟悉胺基酸序列的建構、以及序列對結構力學穩定和蛋白質特性的影響。遊戲過程很需要動腦筋思考怎樣的胺基酸排列能夠達到最穩定的力學結構，讓不少同學傷透腦筋，但逐漸熟悉上手之後也大呼過癮。

燒腦的桌遊結束之後登場的活動是虛擬實境(Virtual reality, VR)，我們利用匹茲堡大學開發的一款蛋白質虛擬實境教材ProteinVR，讓使用者透過虛擬實境的頭戴裝置在VR環境中觀察任何蛋白質結構。而戴上頭戴裝置之後，剛剛在課程和桌遊中認識的蛋白質結構，如COVID-19病毒的棘蛋白，就可以在同學們的眼前以3D立體的方式呈現，可以走動或使用手中的控制器，從不同的角度觀察這個蛋白質模型的立體結構。

下午的活動以台大土木系張書瑋老師介紹的蛋白質計算模擬揭開序幕。活動中老師介紹了電腦模擬與計算力學的概念，以及科學研究如何利用電腦模擬去瞭解蛋白質分子行為。同學們在電腦教室中使用NAMD(Nanoscale Molecular Dynamics)及亞佛加厥(Avogadro，一款可以建立及編輯分子模型的自由軟體)，跟著老師的示範一同操作，建立上午在蛋白質桌遊中自己創造的胺基酸序列，讓同學們不僅透過桌遊認識抽象的知識概念，還能實際看到胺基酸序列長什麼模樣。活動中老師也介紹了蛋白質分子的力學拉伸模擬，讓同學們感受到微觀世界中分子結構在受到力學刺激時的變化。



(a)活動前花蓮女中校長致贈錦旗



(b)周佳靚老師介紹國際生物力學日



(c)張書瑋老師介紹蛋白質結構模擬



(d)使用手機 app 配合蛋白質桌遊



(e) 使用頭戴裝置體驗 ProteinVR



(f) 張書衡老師說明藝術創作的概念



(g) 黃仲偉老師介紹無人機種類及功能



(h) 使用手機 app 體驗空拍機飛行操作

圖九 活動花絮

第二天的活動由花蓮女中的張書衡老師帶領大家暫時拋開邏輯思考，進入藝術創作的世界。同學們已經在先前的各項活動中認識到蛋白質分子的一些形象、特性、結構、力學以及蛋白質與人生活的連結，在這個美術創作的活動中，老師要引導同學們把心中對蛋白質的感受用畫筆實現。首先展示了各種創作的概念及發想，鼓勵每個人打破既有的慣性框架進行突破性思考，盡量分享自己觀看作品的感受、聯想到的事物、試著去分析自己的思考方向與作品之間的連結關係，為什麼這樣的表現方式會讓自己有這樣的感覺。最後讓同學們以自己選擇的形式進行「蛋白質印象」的美術創作，同學們用上午的時間以及課程空檔，把這兩天接觸到的、學習到的、對蛋白質的感覺畫下來。在有限的創作時間內，同學們都充分發揮豐富的創造力完成作品。

午休過後，由創創文化科技帶來的空間邏輯桌遊——【空間迷失】登場，讓同學們分組進行對抗挑戰。這款結合了密室逃脫以及空間邏輯概念的實境遊戲，參與的小隊必須在規定的空間中團隊分工盡快找出提示的道具，並透過事先準備的平板App，以擴增實境(Augment reality, AR)技術設計的介面在App中解決一道道空間邏輯的難題。

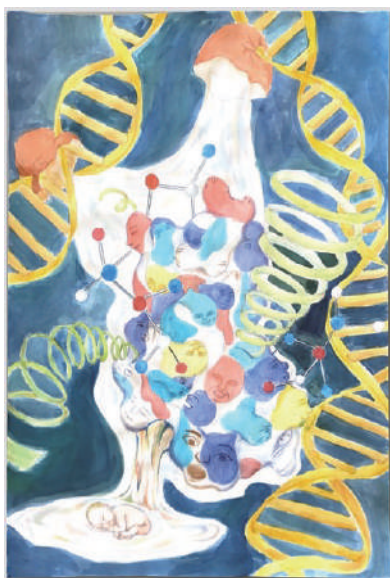
第三天一早進行了空拍機的飛行體驗。由中原大學土木系黃仲偉老師向同學們介紹了無人飛行器的演進、應用及重要性，隨後讓同學們分組實際體驗操作迷你空拍機。所使用的空拍機只要與手機連線即可透過手機進行操控，並且可以直接從手機畫面看到空拍機的拍攝畫面，使用上簡單直觀、容易上手，只是第一次操作還是會需要一些練習適應。在老師和助教的協助下，同學們在花蓮女中操場輪流練習操控空拍機，執行起飛、飛行、巡航、翻滾、降落等操作，上手比較快的同學也嘗試使用空拍機拍照錄影的功能實際拍攝一段飛行影片。



活動尾聲進行了美術創作的頒獎活動以及活動問卷填寫。同學們給予了相當肯定的回饋以及寶貴的建議。我們也持續累積經驗，期許未來若有機會再次舉辦類似的營隊活動能帶給同學們更多收穫。



(a)活動結束所有老師、助教與同學進行合影



(b)花蓮女中吳欣臻同學的作品



(c)花蓮女中蕭秉欣同學的作品



(d)花蓮女中王胤恩同學的作品

圖十 活動成果





## 誌謝

本期刊物由出版委員會主委、陽明交大土木系楊子儀教授編輯與潤飾文字，誠摯感謝海大河工系陳正宗特聘講座教授允諾撰稿(周彥廷同學報導)、台大機械系楊馥菱教授允諾撰稿、以及學會秘書處提供力學推廣活動資料、彙編與排版。



秘書處地址：320桃園市中壢區中大路300號  
國立中央大學工學院工程五館一樓A103室  
網 址：<http://www.stam.org.tw>  
電 話：(03)4250476  
E - m a i l： [society.stam@gmail.com](mailto:society.stam@gmail.com)