

# 褶皺的曲滑作用模式數值模擬初探

鄭添耀\* 鄭富書\*\* 林銘郎\*\* 冀樹勇\*\*\*

## 摘 要

本研究採用數值方法針對褶皺構造在曲滑作用下的力學行為進行分析。在前人的研究中，已成功推導出單層與複層褶皺的彈性理論解，惟理論背景有相當的簡化，無法全然反應出自然界所見褶皺軸部產生破碎空洞、層面間相互滑動產生擦痕之地質構造，故本研究以前人提出之彈性理論解為基礎，使用彈塑性材料進行模擬比對，並探討曲滑作用對褶皺構造之影響，最後以分離元素法進行褶皺大變形行為之模擬，期望能更近似的模擬自然界所見之褶皺構造。

關鍵字：尖頂褶皺、曲滑作用、挫屈、彈塑性、界面性質、數值模擬

## 一、前 言

台灣位於歐亞板塊與菲律賓海板塊之斜向聚合帶上，地質活動相當頻繁，地質構造之形成與演化十分活躍，地質構造之形成與演化和地質災害之防治息息相關，地質學上就褶皺構造之形成與演化，已有長足研究與了解。但理論背景則相當簡化，對於自然界所見之褶皺構造而言，仍有許多變因待進一步研究與討論。

前人的研究中，對褶皺構造形成機制的研究方法主要分為三種：野外調查、物理模型試驗和數值模擬。野外調查對當地不同露頭資料之整合，以推理地質構造可能的演化過程，較難以從大尺度的眼光去了解地質構造演化的過程與力學機制。物理模型分析，主要是透過相似性分析來對褶皺進行研究。但仍有許多限制：（1）尺度效應－模型大小或時間尺度與實際狀況有所不同，如何評估、控制尺度效應一直深具挑戰性；

（2）邊界效應－模型之邊界條件（如應力、未能無限延伸、…）與現地之狀況，很難完全契合，如何設定合適之邊界效應及評估其影響，亦深具挑戰性；（3）材料性質－由於尺度不同，材料性質必須作合適之調整（如單壓強度、變形模數、…），此外，材料特性（如具延性或粘滯性）亦常在要求之列，增加了實驗技術之難度。由於物理模型試驗受到尺寸和試驗時間的限制，對模型之力學行為與變形過程較難以仔細的加以觀察。相較之下，數值模擬方法較容易模擬不同的材料性質對褶皺力學機制之影響，並可模擬影響地質構造之各種作用力，以觀察褶皺構造之演變過程與內部應力場分布、變形量與應變量分布等等，故本研究以數值分析方法對褶皺構造之演化進行模擬與分析。

對於褶皺的生成機制，已有許多學者推導出各種不同材料性質之理論解，由於複層岩層中相互影響之機制複雜而難以理論解模式加以探討，故就理論解而言，至今學者多僅針對單層岩層之

\* 中興工程顧問社防災科技研究中心研究助理

\*\* 台灣大學土木工程研究所教授

\*\*\* 中興工程顧問社大地工程研究中心、防災科技研究中心經理