

物理模型結合數值模擬於山腳斷層之應用

陳師賢 林銘郎 鍾春富 劉桓吉

台灣大學土木工程學系

中央地質調查所

摘要

展望當前台北都會區相關斷層研究，位於台北盆地西緣的山腳斷層屬於高活動度之斷層。山腳斷層為一個半地塹的正斷層構造，斷層錯動將造成覆蓋於台北盆地的第四紀沉積物變形，因此若能了解地表的變形情況以及影響範圍，便能對於山腳斷層錯動引致地表之變形有初步之了解。

因此本研究以小尺寸砂箱模型，針對斷層傾角、覆土層厚度、斷層分次錯動的影響進行試驗及討論。另利用數值模擬分析，使用有限元素分析軟體 ABAQUS 模擬正斷層錯動，並與砂箱模型做比對驗證。進而於山腳斷層不同位置，考慮現地情況，針對不同基盤深度與上覆土層厚度，切取剖面以選取合適簡化條件，進行全尺寸數值分析，模擬斷層錯動。

目前砂箱試驗的初步成果顯示，斷層傾角對於剪切線的發展及範圍有顯著的影響，斷層傾角越小，將導致地表之影響範圍越大。在數值模擬方面，可藉由塑性應變帶發展，比對砂箱模型中剪切帶發展過程與影響範圍。最後應用至山腳斷層上，利用山腳斷層附近基盤等深度線，切其剖面得到地表不同之變形量；綜合相關成果顯示，山腳斷層在未來如果再次產生錯動，因基盤深度之差異，會產生不同的剪切帶發展與地表變形範圍，導致上覆結構物之影響程度難以估計，故深入探討斷層引致地表變形範圍實屬必要。

前言

山腳斷層位於林口台地與台北盆地的交界處，為台北盆地中的重要地質構造之一。正斷層基盤錯動將造成上覆土層之變形，但對於上覆土層的變形情況仍無法進行精確的模擬；因此，蔣佳興(2006)使用越南石英砂模擬材料，考慮斷層傾角、覆土層厚度，利用小尺寸砂箱進行物理試驗觀察，並使用數值模擬軟體 ABAQUS 進行驗證。

本研究重點在於考慮小尺寸斷層錯動的分階行為，以及將數值模型應用至山腳斷層上，考慮在不同斷層位置的地層性質，切數個剖面，進行全尺寸之數值模擬分析。進而可以量化地表的位移量，對地表垂直位移進行分析。

研究方法

1. 室內物理試驗

使用越南石英砂作為模擬材料，使用 100cm×60cm×60cm 的砂箱進行正斷層分階錯動之模擬。固定砂土相對密度為 55%、覆土層厚度 20cm、向下錯移速率 2.9cm/s、基盤錯移量為 6cm，如圖 1 所示。

試驗進行方式考慮 60 度傾角，基盤錯動 3cm 時暫時停止並靜置 4 小時，接著再進行 3cm 的錯動。

2. 數值模擬試驗

如圖 5 所示，使用有限元素軟體 ABAQUS，進行山腳斷層現地數值模擬分析；分析條件為二維平面總應變模式、不考慮土壤動態分析、不考慮水壓之總應力分析。

先在山腳斷層沿線選定剖面，得到地層剖面資料，建立數值模型進行分析，考慮在不同覆土層厚度的情況下，地表的變形情況以及其影響範圍。

結果與討論

1. 由小尺寸砂箱模型初步實驗結果可知，剪切帶的影響範圍在斷層傾角為 30 度時，較斷層傾角為 60 度時來的大；如圖 2 所示。剪切帶的發展，在固定斷層傾角為 60 度的情況下，在覆土層厚度為 40cm 的情況下，剪切帶的範圍橫跨上下盤，在覆土層厚度為 20cm 的情況下，剪切帶的範圍僅在下盤處發生；如圖 3 所示。由上述現可以顯示出，斷層傾角與覆土層厚度對正斷層錯動時剪切帶的發展有很大的影響。
2. 單層的分階錯移與不分階的錯移比較，在 60 度斷層傾角下，兩者之剪切帶的發展為相似的情況，兩條剪切帶的發展僅在下盤處；如圖 4 所示。
3. 由全尺寸數值模擬分析初步成果，如圖 5 及圖 6 所示；圖 5 為基盤深度為 700m 時，基盤向下錯動 2.5m 時，土層的變形行為。圖 6 為基盤深度為 700m、500m、300m、100m 時，基盤向下錯動 2.5m 的情況下，地表垂直位移之比較，從圖中可以顯示基盤深度對地表的垂直變形量有很大的影響，基盤深度越淺，則覆土層越薄，地表的垂直變形量範圍越窄，但變化量較大。

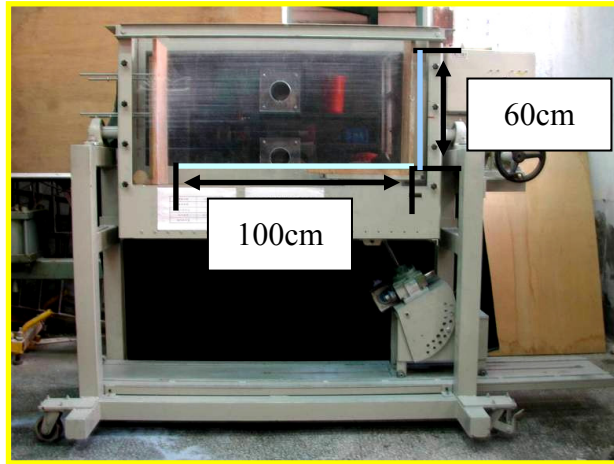


圖 1、物理模型試驗示意圖

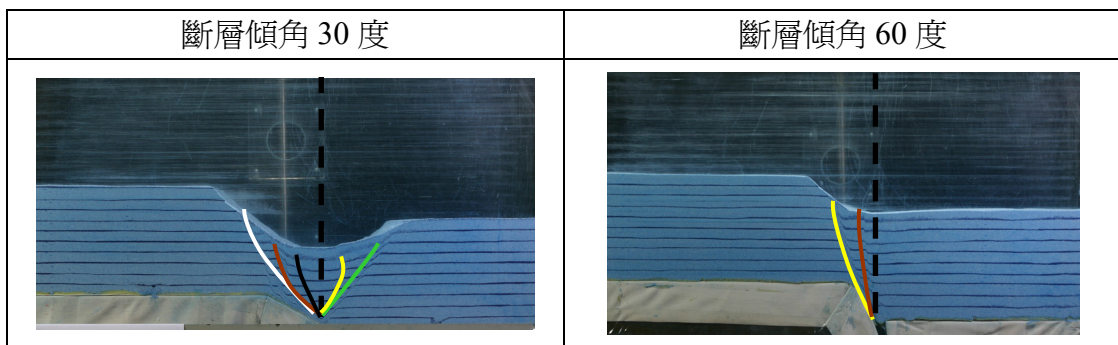


圖 2、斷層傾角之影響



圖 3、覆土層不同之影響(不分階)

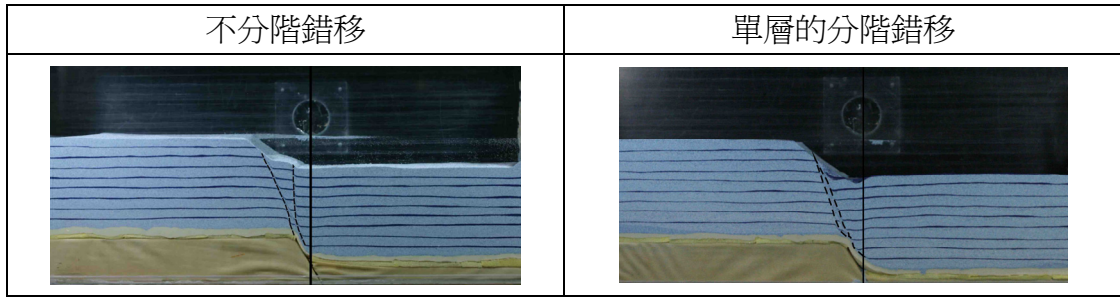


圖 4、分階錯動之影響

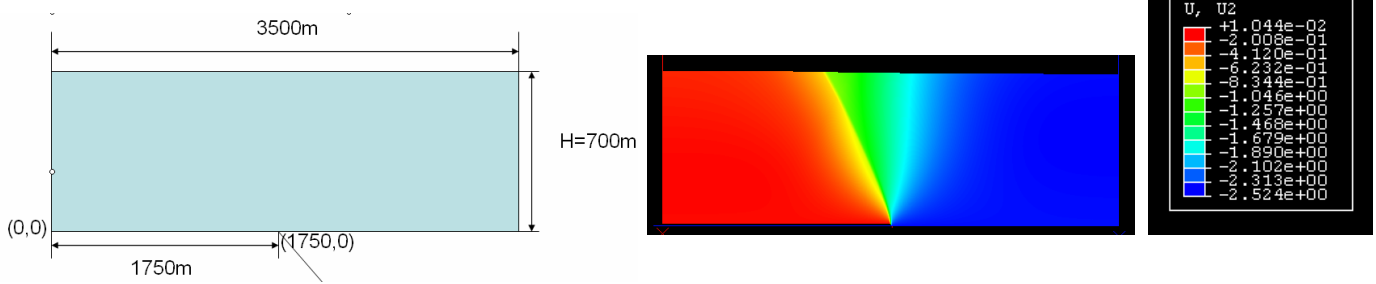


圖 5、全尺寸數值模擬示意圖(H=700m 為例)

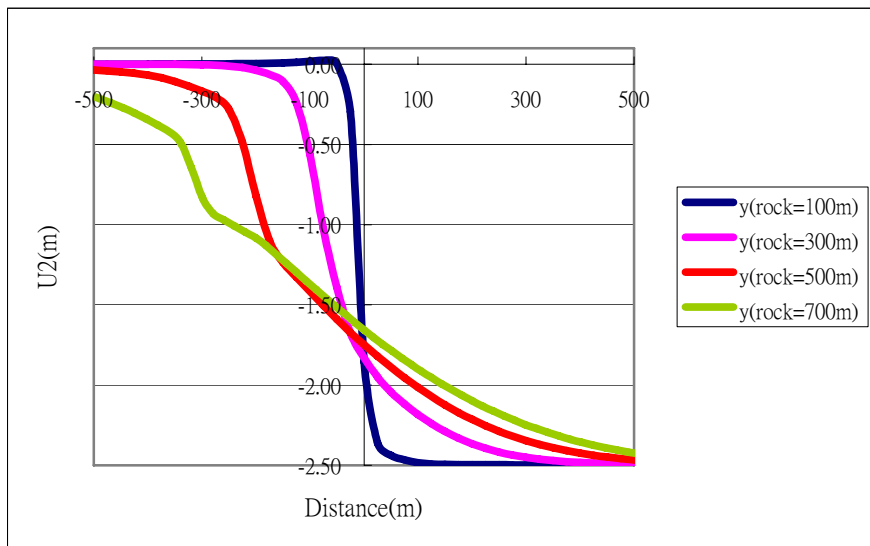


圖 6、基盤深度(rock)之不同對地表垂直位移(U2)之影響