

台中大甲斷層帶西側海域之海陸構造線測繪調查

宋國士 謝凱惠
國立台灣大學理學院海洋研究所

摘要

大甲斷層位於彰化斷層的北段，在西部鰲山帶之陸上居最前線最年輕的逆衝斷層。在它的延伸線上，自活動的屯子腳右移斷層穿越過了大甲溪，大安溪北上至苗栗外海。然而這些陸上地形線，包括大甲斷層，因河流沖刷及人為開發，因此無法予以定義，以正確了解發展在大台中地區潛在的斷層構造特性。由本計劃近岸海域水下地形的表現指出大甲溪至大安溪出海口區域是一個南北海底地形轉變的過渡帶，臺中港外有的海底平臺從南方延伸到此區向北漸漸消失，過渡帶終點的大安溪外海海床變為上覆薄細泥質的礁石層。3.5KHz 震測資料顯示在南方的海底平臺上的沉積層序，及表現出的海底地形特徵，推論海底平臺並不是一個現代沉積物堆置的沉積臺地，在此臺地西緣底坡則有一個應比大甲斷層更年輕的逆斷層，這個逆斷層則被沿著陸上大安溪向西延伸入海的一個東西向的構造線截斷而消失。

一、前言

位於大肚溪及大安溪之台中港外海，其地區緊鄰著現代的沖積層。沖積層向陸側之主要地質架構為頭料山層，其上零星覆蓋現生沖積層或紅土層；頭料山層是在 1.7 百萬年前，以砂岩、礫質砂岩與水平層狀或透鏡狀礫岩所組成，膠結甚為鬆散。生成環境為河口至深度約 20 公尺的淺海沉積環境產物。以 921 大地震聞名之車籠埔斷層與彰化斷層，向北越過大肚溪後，後稱為三義與大甲斷層，由東向西分別坐落於調查地區東方陸地中；從彰化及大甲斷層不似其東側之三義等活斷層，除只能在地表或地形上位在八卦台地、大肚台地及后里台地西緣處，淺層震測也未能發現其蹤跡。大甲斷層位於后里台地的西緣（圖 1）；從大肚溪一直向北至北北東延伸至大安溪北岸。

大甲斷層其北邊為左移東西走向的大坪頂斷層截斷，其南端則延伸至呈右移的屯子腳斷層上。由大甲斷層西側由岸向外海之地形資料指出大甲溪以北和以南海域地形之差異現象（宋國士，1996），於西南部分呈現出的等深線，出現坐落中間地區南北延展之台地，坡度約為 1/2000，由南向北延伸，但是越到北部越便狹窄，向西達到水深 28 公尺處有一明顯南北走向的陡坡生成，其坡度為 1/20，該坡度的生成十分特殊。在陡坡西側地形平坦，起伏較少，形貌以堆積的地形為主。在南側平台上，地形剖面看到由岸向海方向可見有一上下起伏的海床面，震測資料顯示為非海床沈積物搬運所形成的丘狀地貌（宋，2004a），推論其應和東西向的擠壓應力有關。

當我們更向北超過大甲溪看海底地形的變化（圖 1），發覺向台中港外的台地消失等深線從岸向外，一直到水深約 45 公尺坡度變得極為一致。唐（2004）在他的論文中指出延著大甲溪存有一左移的平移斷層，在航照上其向東延伸和車籠埔北端向東轉之 921 地震破裂面重合。圖中也可看到大甲溪出海可從海床上看到一向西延伸的凹溝，出現在河口的凹溝證明其為一構造之破裂線。大安溪也看到延著其出海走向之北側海底地形線型往左移運動之現象。

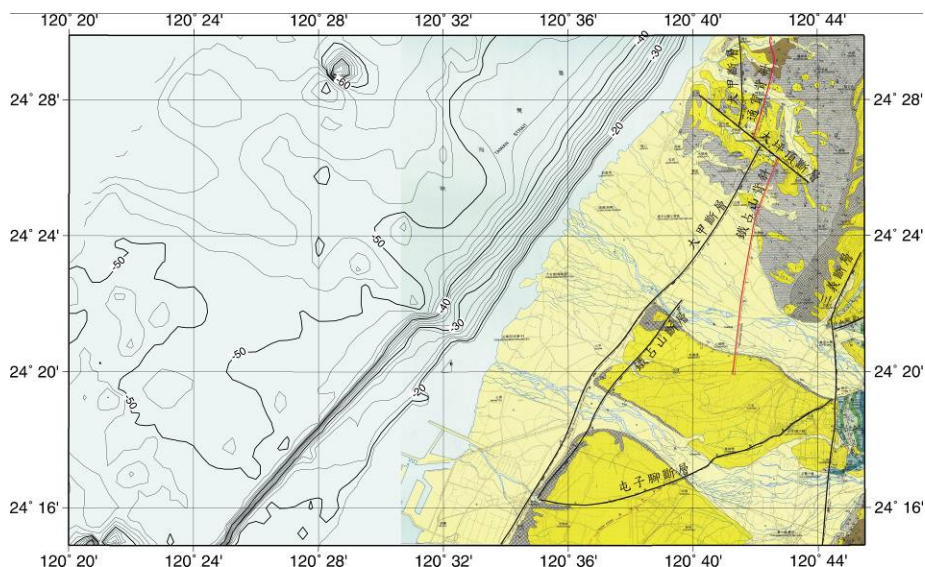


圖 1 台中港外海海底地形的變化。從圖中可看到大甲溪出海可從海床上看到一向西延伸的凹溝，出現在河口的凹溝證明其為一構造之破裂線。

綜合以上討論，本計畫要利用高解析地形、地貌去看不受人為干擾的海床上是否能清楚指出：(1)大安溪底或大甲溪底是否有一左移之斷層；及(2)大甲溪的運動和其南方的近岸台地生成是否有關，近岸台地是否為另一比大甲斷層更年輕的逆衝斷層運動所致。台地西側的平坦海床區（>水深 45 公尺），出現屬現代沉積的斷續細質沈積層達 10 公尺厚(宋，2004a)，如果其東側台地為一火炎山相的礫石層，並在台中港外被輕微抬升，抬升高度起碼有 20 公尺，抬升運動將為板塊擠壓之結果，將和陸上呈現的一系列的覆瓦排列由西向東的大甲斷層、車籠埔斷層、雙冬斷層形成之機制相同。更年輕的大甲斷層形成了所謂的大肚山台地，因沿著台地坡角線附近，在過去也曾發生過四級之地震，是否隱喻會有一個更年輕的逆斷層存在於台中港西側海床水深約 45 公尺的台地坡腳線位置。

二、研究方法

在陸地上利用航照上所顯示出的線型，很容易發現其和陸上的構造線相吻合，Chen et. al (2003)，針對 921 大地震，曾用相同方法去分析沿著或切過大安及大甲溪可看到因地震運動在斷層線上之地形抬升結果。由於大甲溪、大安溪河床佈滿卵礫石，反射震測法或野外觀察都無法去定義其位置，或進一步去推論斷層錯

動的特性和機制，故去觀察斷層線向海延伸的線型，是為斷定其是否曾錯動之証據之一。調查區域為沿岸自大肚溪口北側向北一直延伸至大坪頂斷層應出海位置之北方通霄外海處，南北共約 30 公里，垂直岸線寬約 6 公里的區域。在調查區域，進行射距 200 公尺的側掃聲納海床地貌及底質分布的調查工作，航線為垂直岸走向間距 0.2 分。在進行測量中，亦同時進行單音束水深的測量工作，以得到更新且一致的調查區域內的基本地形資料；並可用做多音束測深選用區域的參考選定在大甲溪的出海口位置，因顧及資料的完整性，多音束測深的目標區只有 3 公里×3 公里範圍內，水深範圍從 25 公尺深到 50 公尺。另外選擇 10kW 的 3.5kHz 高頻震測儀，共有二條平行岸線的震測線，一條座落在 30 公尺的近岸台地上或坡上，另一條位在台地外的深水平坦海床上。

三、研究成果與結論

從收集資料所看到的此區域地形，從南方看起，在水深 20 公尺的地方存在著一個垂直岸線方向最寬達 3、4 公里的海底平臺，平臺上的坡度變化很小形貌很平坦，水深多維持在 19 公尺，圖經過打光之後更顯得臺地上非常的光滑（圖 2）。此時平臺往外海的方向高程驟降 30 公尺，變成水深近 50 公尺的平地，而平臺往岸的方向則是屬於近岸的地形。

圖 3 是將各個剖面依相關位置疊加在一起，海底平臺的變化趨勢更加的顯然易見，臺地的水深及面積從南到北漸漸的在改變，最北邊的剖面 1~6 中見到在這裡的地形坡度大約一致。剖面 1~16 疊起來的剖面圖，顯示了臺地從南方最寬廣往北漸漸變小，從一個有明顯陡坡及平臺的剖面，到最後這個陡坡消失了，從外海即以一緩坡向陸地延伸上來。

總之，這個區域的海底地形可以大安溪口為界，區分成兩個區塊，大安溪口以北近岸的海底地形坡度平緩變化，和大安溪口以南近岸處有一個臺地之地貌不同。臺地的面積從南到北越來越小，水深越來越深，直到大甲溪口臺地就完全消失了，臺地西側下坡後與深水處平地的交接線，呈現由南到北很筆直的形貌，大安溪至大甲溪出海口則是一個地形或構造過渡帶。

在大安溪出海口海床處發現了斷斷續續出露的礁石區，側掃聲納影像呈現細的礁石狀紋路。此區底下的礁石上覆薄層細泥，在有礁石的海底，因為地形的高低起伏，水流在此比較紊亂，所以在側掃聲納影像上呈現出一些不規則的紋路，大體上而言這裡的礁床覆蓋了一些泥質沉積物，含有少量的細砂。因為沉積層很薄，所以即使有流也無法形成砂丘或砂波，只造成一些細微的小紋路，此區域範圍不大，這種類型的影像只出現在大安溪出海口附近。在大安溪出海口以南和以北表層上廣佈著沙泥質沉積物，海底平臺上的表層沉積物是與下坡之後的平地沉積物類型較為相似，與陡坡上的表層沉積物較為不同。

由於大甲溪出海可從海床上看到一向西延伸的凹溝，故在此進行多音束測深和施行震測作業，將收集到的水深資料所繪製出的地形圖如圖 4，水深小於 30 公尺及大於 46 公尺處的坡度較為一致，水深 30 公尺到 46 公尺是一個圓弧型且坡度漸變的坡面，可看到水深 30 公尺到 39 公尺的坡度是 1/70，水深 39 公尺到 46 公尺的坡度是 1/30，水深 46 公尺以上的坡度為 1/320。地形從最外海處上坡了之後是海底平臺的部份，平臺在此稍微的傾斜，東南方地勢較高，若將等深線與下坡處一樣拉直來看，高程相差了 1、2 公尺。圖 5 的立體地形圖中所示，臺地是以一個如此大的坡度向外海延伸，下坡之後的平地又是如此的平坦，在這裡高度落差了 20 公尺上下，陡坡與下坡之後的平地交界處離岸約 5 公里，呈現非常線性及弧形的海床形貌，說明此處應屬構造應力下的產物。

從最外海水深平行岸線往岸方向震測線看(圖 6)，震測線 1 有厚厚的一層層的沉積，震測線 2 位於斜坡上有些微穿透力及層序，震測線 3 及震測線 4 夾雜著泥砂，無明顯層序且較為凌亂屬近岸沉積。

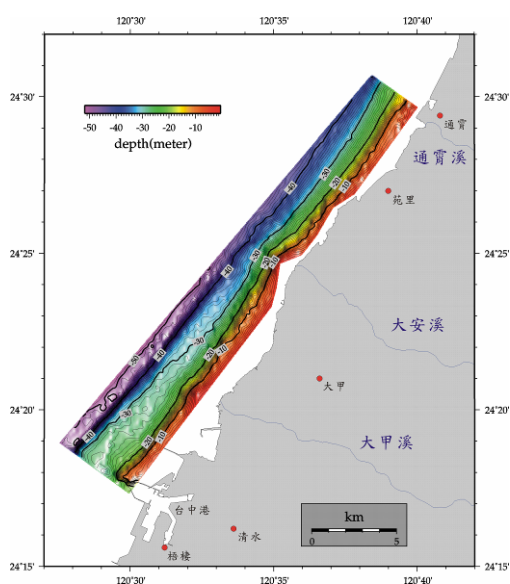


圖 2 研究區域之單音束彩色水深地形圖，採用一個方位角 100 度的人工光源，等深線間距為 1 公尺。

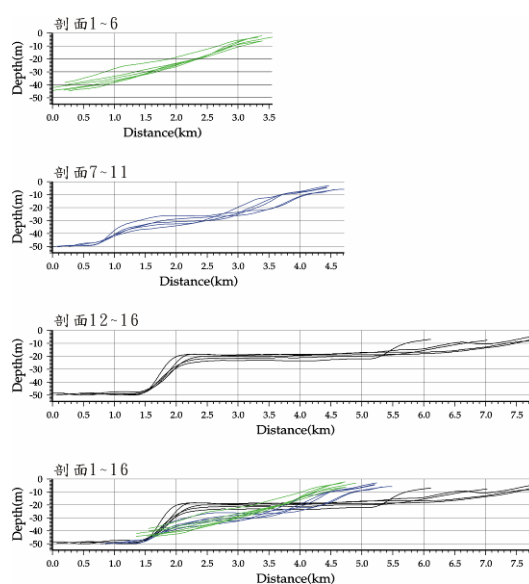


圖 3 測區垂岸各個剖面依相關位置疊加在一起之剖面圖(從北到南)。

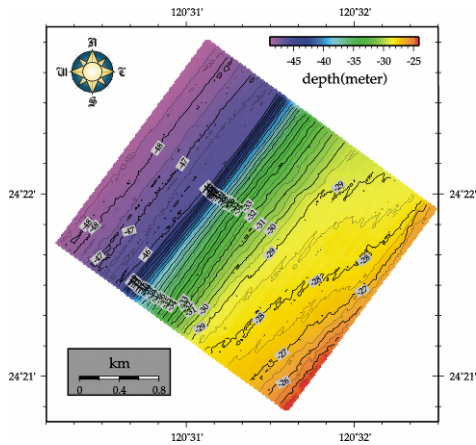


圖 4 多音束測深系統水深資料所繪之海底地形圖，等深線間距 0.5 公尺。

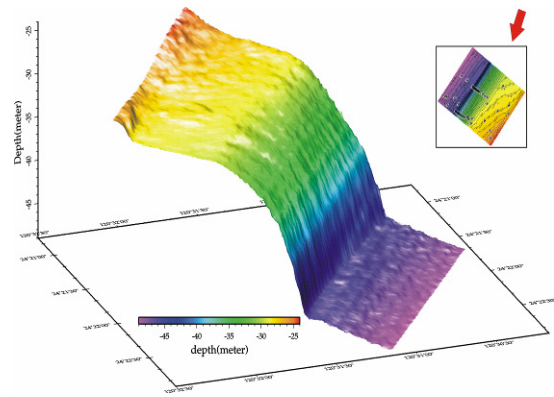


圖 5 大甲溪口海底地形 3D 圖，視角 20 度、俯角 20 度、人工光源 45 度。

此圓弧型的斜坡從形貌上看，明顯的與堆積出來的地形不同，在斜坡底的震測剖面上，圖中斜坡上的沉積層序是與坡面平行的。當沉積物被搬運沉積時的沉積層序，從斜坡的最上方到坡腳的層次越來越薄呈上覆層序，沉積物在斜坡上堆積時往往先堆積在搬運動力剛開始消失之處，接著往坡下堆積，層次在坡上方較厚，越往坡下方層次越薄直到層次消失。但在這個海底平臺西側的斜坡上所見到的沉積層序卻是從坡上方到坡腳都是與坡面平行的。又斜坡的坡腳下之層序中，水深大於 46 公尺中本來水平的層序是往坡腳方向向下傾斜，因此可推論，在海底平臺西側陡坡的坡腳處受到一東西向的擠壓應力造成一逆斷層，海底平臺是一個延逆斷層上升的臺地。震測圖中所見到的層序原本是水行的，但是因為抬升的作用力而曲折傾斜(圖 7)。

從水深、側掃聲納影像及 3.5KHz 震測資料的結果，暗喻從大甲溪口到大安溪口的近岸段為一個地形與地貌轉變的過渡帶，此處可能存在一個從陸上向海外海延伸的斷層存在(圖 8)，主斷層線從陸上經由大安溪出海口附近出海，此斷層線出海之後截斷了因受到東西向擠壓應力而抬升的海底平臺及其西側平行岸線的斷層，所以在大安溪出海口南方的海底平臺漸漸的到了大安溪口就消失不見了，而大安溪出海口以北的海岸地形下坡梯度極為一致。所以可隱喻無論是陸上或海上，大安溪的南方皆有因為受到擠壓應力影響而抬升的臺地，以北則沒有，推測延大安溪有一個斷層存在。以本研究海上的資料來看，或許主斷層線是沿著大安溪，而附屬的斷層線則是沿著大甲溪，組成一個左移斷層之破碎帶，將來可在此施行穿透力較大的震測作業加以證實，將會對此區域的構造加以更清楚的描繪。

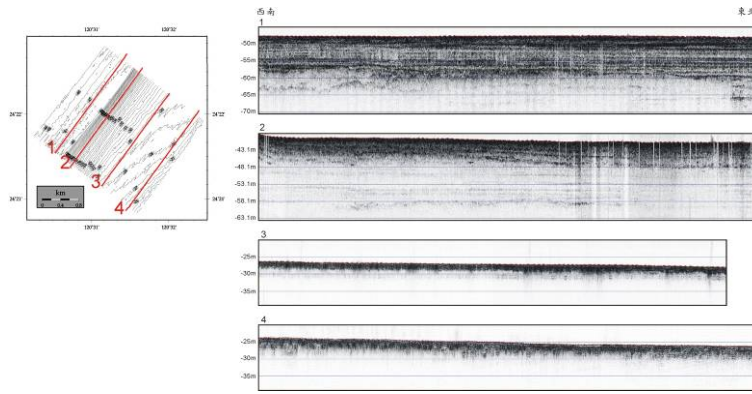


圖 6 大甲溪口外由外海到近岸之震測剖面圖，圖中縱軸的刻度為水深。

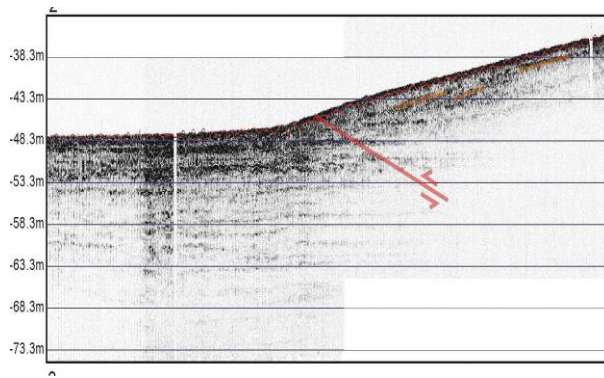


圖 7 海底平臺西側之震測圖，縱軸刻度為水深，橫軸的實際長度為 0.5 公里。

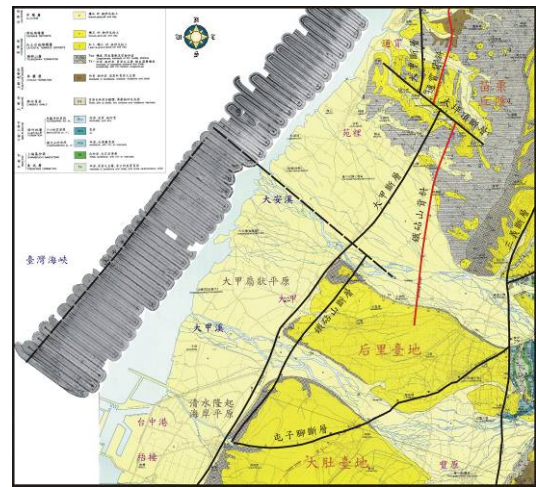


圖 8 側掃聲納影像及地質構造線之示意圖