

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

從長春橋地區大南澳片岩的褶皺型式推論控制大南澳片岩 岩體分布的構造因素

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2116-M-002-016-

執行期間：92 年 08 月 01 日至 93 年 07 月 31 日

執行單位：國立臺灣大學地質科學系暨研究所

計畫主持人：楊昭男

計畫參與人員：傅文勳

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 1 月 3 日

九十三年度國科會報告

題目：從長春橋地區大南澳片岩的褶皺型式推論控制大南澳片岩岩體分佈的構造因素

摘要

中橫公路長春橋一帶曾有數個地質工作者在此研究，但是對於此地的岩層劃分以及地質構造，仍有不同的見解。顏滄波(1960)認為：崇德到溪畔地區為一個開闊的複向斜構造，此複向斜軸的走向為北北東-南南西，約通過現今的寧安橋；在這個區域出露的地層，由東而西的分佈分別為開南岡層、太魯閣層大清水相、太魯閣層東澳相、太魯閣層大清水相以及開南岡層，由中間向二側呈對稱分佈。陳培源(1963)的沙卡礑溪附近地質圖上，岩層分佈的走向大致為東北-西南向，而地層的分佈由東到西的排列分別為片麻岩、沙卡礑大理岩大理岩帶、沙卡礑大理岩帶狀大理岩及石灰質石英片岩帶、沙卡礑大理岩大理岩帶及片麻岩。在他的地質剖面圖上，三角錐山到立霧山之間的岩層為一向西北邊傾斜約 40 度的同斜構造，其岩層分佈大致以沙卡礑溪為中心，也朝二側呈對稱分佈。王執明(1992)在其太魯閣到溪畔地區地質圖中，將此區的地層分為長春層(綠色岩類、大理岩、薄石英岩互層)及九曲層(厚層塊狀大理岩)。地層的分佈由東向西的排列為開南岡層、長春層、九曲層、開南岡層。和前二者比較，和前者不同的是他將含有綠色片岩區域的厚層大理岩都劃歸於長春層。楊昭男(2002)則根據其對崇德到燕子口之間大理岩岩體以及片麻岩岩體交界面上中小型地質構造分析的結果，修改顏氏的地質剖面圖，認為此地為一個複向斜構造，且沙卡礑流域內的長春片岩岩體可能以劍鞘褶皺的形態向西延伸到九曲大理岩岩體底下。

為了釐清長春橋地區的地質構造，本研究以路線地質調查的方式

配合可見山壁露頭的描繪來製作數個地質剖面圖，並利用多重諧調褶皺(polyharmonic fold)的現象來推測岩體交界面的褶皺包洛面，並將岩體交界面的褶皺包洛面視為剖面圖(section)上的岩體界面，再把數個地質剖面製作成一個屏風圖，並用來推測區域的地質構造。研究的結果，本區片岩岩體與大理岩岩體交界面的褶皺包洛面成為一個水平擺放縱向被剖半的絲瓜狀，這個絲瓜大致呈南北走向，在靠近南邊長春橋處較粗，在北方靠近大水管處較細，而在西拉岸到寧安橋附近還成為一個扁平的舌狀，在大理岩岩體中朝西北方延伸到寧安橋附近，如圖 3.6 所示。長春橋地區片岩岩體的分佈在區域地質圖上呈現出和露頭上相同為 Type3 型的褶皺干涉圖相，顯示在大南澳片岩區長春橋一帶岩體分佈的因素的確受到重複褶皺作用的控制。

根據本文的研究結果修改楊昭男(2002)的燕子口到崇德間的地質構造剖面圖，認為溪畔到崇德之間應該是一個褶皺軸面已被褶彎的複向斜的構造，軸部出露在西拉岸附近的片岩岩體之中，褶皺軸面在西拉岸附近由近乎鉛直向西轉至近乎水平朝西延伸到大理岩岩體之中。在溪畔到崇德的區域地質圖上，岩層的分佈以長春片岩岩體(褶皺軸部)為中心，朝兩側向外呈對稱分佈，分別為大理岩岩體以及片麻岩岩體。

1、 本研究區域岩層分佈及地質構造

本研究區的褶皺構造發達，先由波長的大小將其分成幾個等級：

第一級褶皺：區域性的地質構造，表現在區域地質圖及地質剖面圖上

第二級褶皺：褶皺的波長在 2 公尺以上，可達到數公尺長

第三級褶皺：褶皺的波長在 2 公尺以下

一、 長春橋到太魯閣口之間之地質構造為一個褶皺軸面接近鉛直的向斜構造，如圖 1.2 右上小圖所示，推導過程如下：

沿著立霧溪由長春橋往下游的方向前進，一直到與沙卡礑溪匯流處之間，是一段較窄高的峽谷地形，如圖 1.1 所示。在這一段河谷的縱剖面上，長春橋以西出露的岩層為厚層塊狀大理岩(大理岩岩體)，長春橋以東出露的岩層為片岩、薄層大理岩(片岩岩體)，而大理岩岩體和片岩岩體的交界面就正好位於長春橋下方的河谷中。該岩層交界面已被褶皺，主要由波長為數公尺的褶皺所構成(第二級褶皺)，該岩層界面的褶皺包絡面很陡，位態約為北偏東 30 度 80 向西北傾斜。在長春橋下的片岩裡，我們可以觀察到岩層界面被重複褶皺成圓錐形的褶皺干涉圖像(如照片一之一所示)，屬於 Ramsay(1967)所分類的 Type3 型褶皺干涉圖像，或是 Thiessen and Means(1980)所分類的 H 型；也就是二次褶皺褶皺軸之間夾一個小角度(10-25 度)，且二次褶皺的褶皺軸面之間夾一個高角度。這些重複褶皺現象的尺度在不同的岩石中分別從數公分到數公尺都有，在綠色片岩及黑色片岩中的重複褶皺現象尺度多在十公分級左右，而在較厚層的變質燧石(矽質片岩)及大理岩中，重複褶皺現象的尺度可達數公尺或十數公尺。

由沙卡礑溪口向東一直到舊收費亭為止，出露片岩層理中第二級褶皺的褶皺包絡面位態都很陡，約為北偏東 30 度 80 度向西邊傾斜，傾角在有些地方稍緩，有些地方則接近鉛直，且這些第二級褶皺的層理常互相並行，彼此為諧調褶皺(harmonic fold)的關係。在這一段剖面上出露的岩石種類有矽質片岩、薄層的矽質片岩和大理岩互層、具有層理構造的帶狀大理岩、綠色片岩以及黑色片岩等等(都屬於片岩岩體)。

本剖面上片岩的分佈最東邊到舊收費亭為止，與其接觸的是古河階地，再往東邊一直到太魯閣口又是厚層塊狀的大理岩岩體，所以片

岩岩體和大理岩岩體的交界面就位於這塊古河階地中，但無法確知位置，但由古河階地二側岩層第二級褶皺的褶皺包絡面沿伸方向推測，兩岩體間的交界面應該也是東北—西南走向，傾角約為 80 度左右。

總結以上資料，由長春橋到太魯閣口這一段河谷出露的岩層由東而西分別為大理岩岩體、片岩岩體以及大理岩岩體，如圖 1.2 所示，其中片岩岩體的走向約為北偏東 30 度，約 80 度向西邊傾斜。假設長春橋以西的大理岩岩體和舊收費亭以東的大理岩岩體為同一岩體，則長春橋下的岩體交界面和舊收費亭附近的岩體交界面原始須為同一平面，再由長春橋下兩岩體接觸面附近出露的一些 Z 形(由北向南看)的小褶皺推測，此剖面的地質構造應該為一個向斜的構造，又此段剖面上中型褶皺的褶皺包絡面都彼此並行接近鉛直，所以此剖面的地質構造應該是一個褶皺軸面接近鉛直的向斜構造。

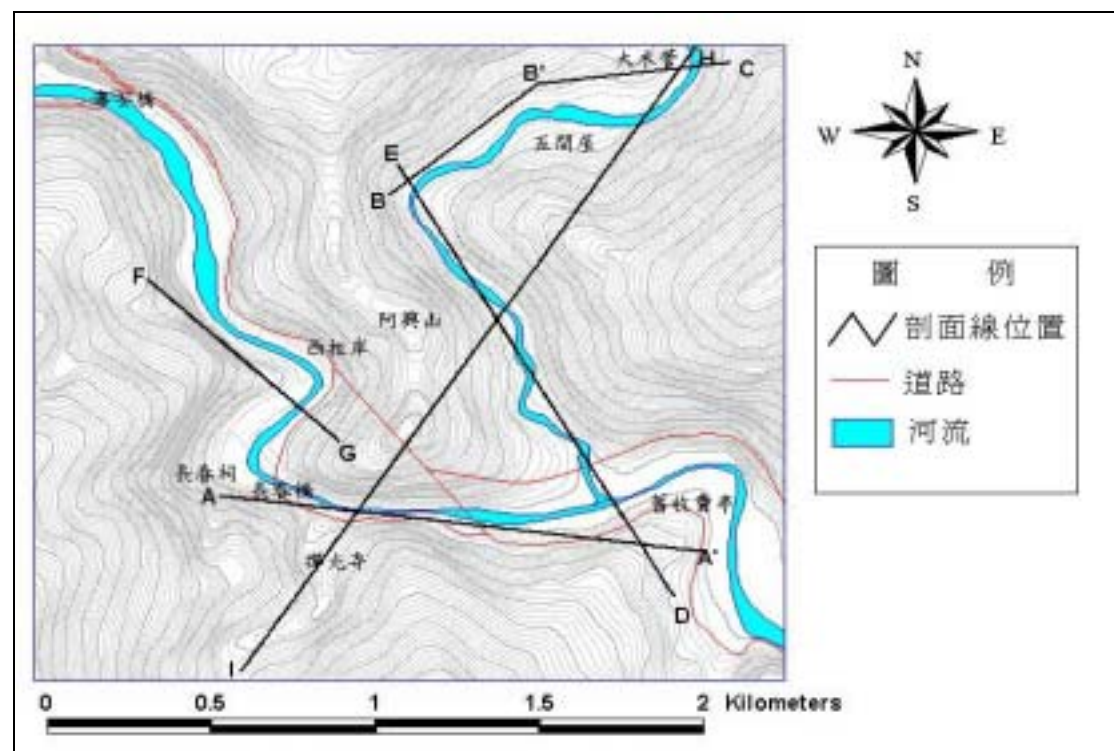


圖 1.1、本研究在調查時所作的路線剖面圖之相關位置。

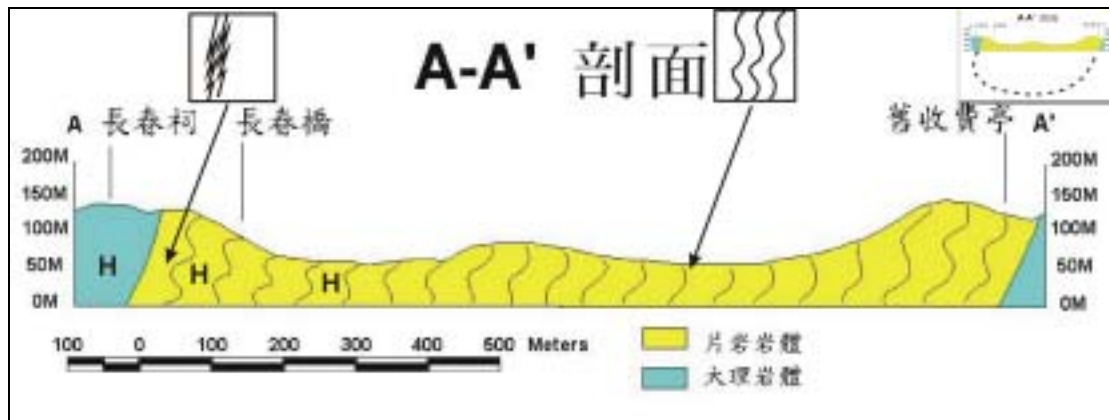


圖 1.2、本研究區 A-A' 路線地質剖面圖。左上小圖表示在長春橋下兩岩體交界面附近的小褶皺為 Z 形褶皺(由北往南看)。右上小圖則表示本剖面圖的地質構造為一向斜構造。圖中 "H" 表示褶皺干涉圖相出露的位置及種類 (為 Thiessen and Means 分類中的 H 型褶皺干涉圖相，以下簡稱 H 型)。

二、西拉岸到寧安橋之間的地質構造，為一個被再褶皺的等斜褶皺，如圖 2.1 左上小圖所示，推導過程如下：

在西拉岸到寧安橋之間的剖面上出露的岩石種類由東而西有黑色片岩、砂質片岩、綠色片岩、變質基性岩、帶狀大理岩(屬於片岩岩體)以及厚層塊狀大理岩(大理岩岩體) 圖 2.1 所示。在距離西拉岸隧道口西邊 500 公尺處河谷右岸的山壁上，可以看見一層深色的岩石被排列成一把斧頭的形狀，斧柄水平放置朝西拉岸方向，刀口向下，刀背向上，如照片一之二所示。靠近仔細觀察後發現，此深色岩石是由上部一層約 2 公尺厚的黑色大理岩以及下部一層約 1 公尺厚的綠色片岩所組成，二者並列成斧頭的形狀。此深色岩層與其圍岩的交界面以及深色岩層內部的層理被褶皺成大小不一的 Z 型褶皺(由北向南看)，因此推測此一斧頭的形狀是由褶皺作用所造成，而且是屬於 Type3 型的褶皺干涉圖像。綠色片岩內部的褶皺較小，波長只有數公

分，整層綠色片岩則形成波長為 1 公尺左右的褶皺，而在大理岩中的褶皺又更大，波長可達 1 公尺以上，如照片一之三所示。

在西拉岸到寧安橋之間的河谷剖面上，由北向南仔細觀察大理岩岩體和片岩岩體的交界面附近，可以發現很多大小不一褶皺形態為緊密(tight)到等斜(isoclino)的 Z 型褶皺，若片岩岩體原始的層位在大理岩岩體之上，這表示西拉岸到寧安橋之間的河谷剖面正位於一個向斜的左翼，換句話說就是位於一個偃臥等斜向斜的倒轉翼。再仔細觀察這些 Z 型褶皺後發現靠近西拉岸這一側 Z 型褶皺的水平翼較長，垂直翼較短；往寧安橋的方向，這些 Z 型褶皺的水平翼和垂直翼漸漸趨於等長，已接近 M 形的褶皺，這顯示往寧安橋方向正逐步接近這個大的偃臥向斜的軸部。同時，這些 Z 型褶皺的褶皺軸面也有變化，在靠近西拉岸附近的褶皺軸面為向西傾斜；越往西走，這些 Z 型褶皺的軸面越來越緩，漸趨於水平；再往西走到靠近寧安橋一帶的 Z 型褶皺的褶皺軸面轉而向東傾斜約 15 度。這個現象顯示這一個大的偃臥向斜構造已經再次受到褶皺作用的影響，如圖 2.1 所示。

當你站在長春祠這一頭向西拉岸望去，可以見到西拉岸隧道出口處附近隱約出露一個褶皺軸部，經過測量的結果褶皺軸面的位態約為北偏東 40 度，45 度向東南方傾斜，褶皺軸面以下的岩層漸趨於水平，褶皺軸面以上的岩層則趨於鉛直，如照片一之一所示。

因此，在西拉岸到寧安橋之間，片岩岩體的構造為一個被再褶皺的等斜褶皺，在地質剖面圖(cross section)上，片岩岩體呈現出一把倒置鐮刀的形狀，這把鐮刀的刀口向上方，刀背向下方，刀柄位於西拉岸附近，刀尖則是朝向寧安橋的方向，如圖 2.1 左上小圖所示。該片岩岩體受到再褶皺作用所形成的褶皺軸位於西拉岸隧道口附近，而在該地也找到了一些 H 型(type 3)的褶皺干涉圖像，也就是第一次褶皺的褶皺軸和第二次褶皺的褶皺軸夾一個小角度，而第一次的褶皺軸面

和第二次的褶皺軸面夾一個高角度。且順著褶皺軸延伸的方向一路向西南方到長春橋下都可以發現一些 Type3 的褶皺干涉圖像，這顯示該褶皺軸確實向西南方延伸至長春橋附近。

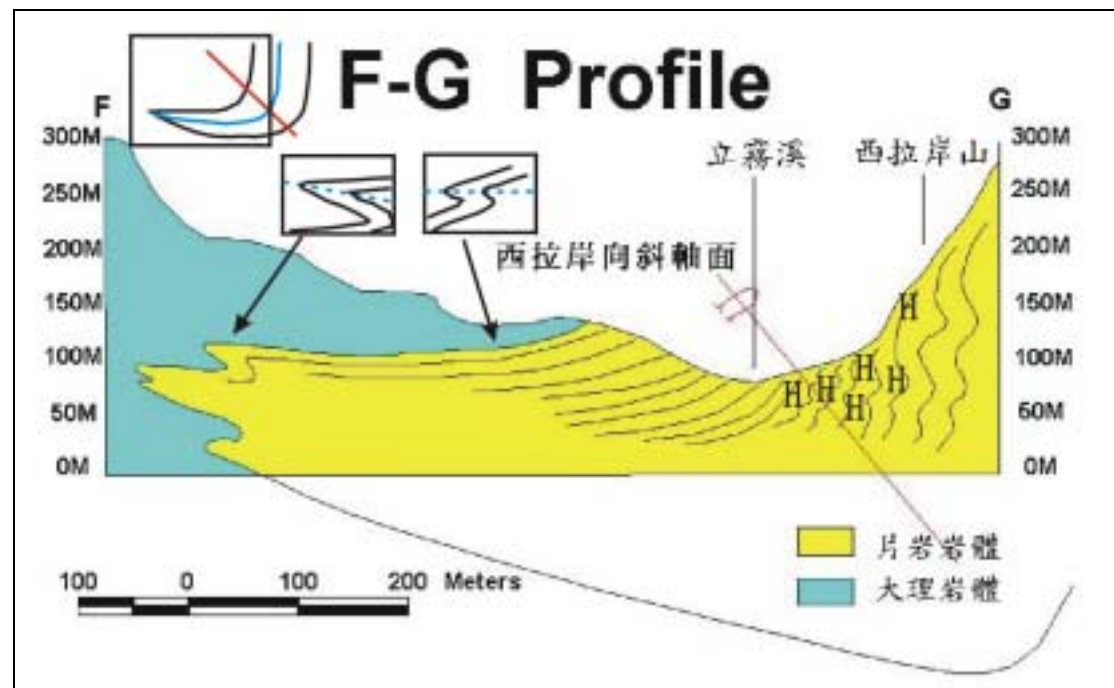


圖 2.1、本研究區 F-G 路線地質剖面圖，左上小圖表示寧安橋到西拉岸之間的剖面為一個被再褶皺的等斜褶皺，此褶皺的軸部位於西拉岸附近，黑線代表片岩岩體與大理岩岩體交界面的褶皺包絡面，藍線代表此早期等斜褶皺的褶皺軸面，紅線代表晚期的褶皺軸面，方框則表示此剖面的相對位置。中左及中右兩小圖為片岩岩體與大理岩岩體交界面上小褶皺的型態，藍色虛線表示褶皺軸面；在靠近西拉岸一側為 Z 形褶皺(由北往南看)，接近寧安橋處則較接近 M 形褶皺，顯示已接近褶皺的軸部。" H " 表是重複褶皺干涉圖像出露的位置及種類。

三、 沙卡礑溪神秘谷的岩層分佈及地質構造

在沙卡礑溪的地質剖面線上，片岩岩體和大理岩岩體的交界面應該被褶皺成一個較開闊的向斜構造，如圖 3.3 所示，推導過程如下：

在沙卡礑溪沿線的露頭上，出露的岩石種類有黑色片岩、矽質片岩、綠色片岩、帶狀大理岩(片岩岩體)以及厚層塊狀大理岩(大理岩岩體)。在這個剖面線上片岩岩體和大理岩岩體的交界面出現在神秘谷步道的大水管附近(北邊)，此一水管乃是取沙卡礑溪上游的水至溪畔發電廠。另一側(南邊)的岩體交界面則是位於沙卡礑溪口對面中橫公路的上方。

由沙卡礑溪立霧溪口沿著沙卡礑溪向上游方向走，馬上可以觀察到這個剖面上褶皺型態的特徵，就是岩層被褶皺成樓梯狀，如照片一之五所示。在沙卡礑溪口處，這些樓梯狀的褶皺往上游的方向下樓梯，其褶皺垂直翼的長度略大或等於水平翼。隨著慢慢向上游走，仔細觀察可以發現，這些樓梯狀褶皺的垂直翼相對於水平翼變得越來越短，使得樓梯的坡度越來越緩，如圖 3.2 中間小圖所示；一直到上游水濱教室時岩層中第二級褶皺的褶皺包絡面位態趨於水平，而後往上游開始緩慢的上樓梯，在該處褶皺的水平翼長度大約為垂直翼的 2-3 倍以上，如圖 3.1 及圖 3.2 所示；換句話說第二級褶皺的褶皺包絡面在南邊向北傾斜，愈往北愈平緩，到了水濱教室附近則轉而向南傾斜，這是否意謂著片岩岩體和大理岩岩體間交界面也是如此。大約在沙卡礑溪河谷五間屋上游 200 公尺的位置，河谷的右岸出露一個向斜的軸部，在此褶皺軸部西翼岩層中第二級褶皺的褶皺包絡面(波長為 2-5 公尺的褶皺)接近水平，在軸部的東翼則約為北偏東 20 度，55 度向西北傾斜；褶皺軸面的位態約為北偏東 30 度，45 度向東南傾斜，大致與西拉岸出露的那個向斜的位態相同，如圖 3.1 所示。

在這個向斜的軸部同樣可以發現到一些圓錐形的重複褶皺干涉圖形(屬於 H 型或 type3 型)。由五間屋附近向斜軸出露處，順著褶皺的走向往西南方延伸，會穿過神秘谷步道的山水壁畫平台附近，也就是先前提過岩層位態較水平的位置，同樣也能找到一些 Type3 的重複褶皺干涉圖形，如照片一之六所示。顯示此褶皺軸確實通過此處。再由圖上沿著褶皺軸的走向朝西南方延伸，剛好就接到西拉岸出露的向斜軸軸部；因為這個褶皺的連續性良好，軸面的位態也很一致，這表示從大水管到山水壁畫平台到西拉岸再到長春橋的褶皺應為同一個向斜，這個向斜構造是在這個區域裡最主要的構造之一，暫時稱之為西拉岸向斜。

在沙卡礑溪口到大水管的河谷剖面上，片岩岩體中波長為數公尺的褶皺，若由河流的左岸向右岸觀察，在靠近北方大水管處為 Z 型的褶皺，而在靠近沙卡礑溪口一帶則為 S 型的褶皺，如圖 3.1 到圖 3.3 所示。由這些階梯狀第二級褶皺的褶皺包絡面推測，片岩岩體和大理岩岩體的交界面在這一個地質剖面線上應該是一個較開闊的向斜構造，而兩岩體間的交界面北邊出露在大水管處，南邊則出露在沙卡礑溪口對面公路的上方，如圖 3.3 所示。

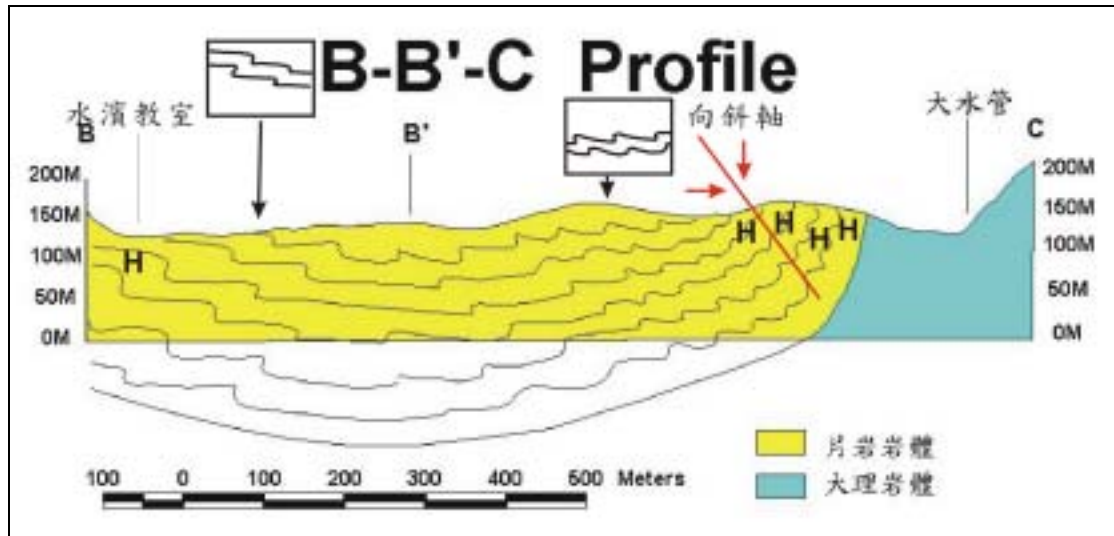


圖 3.1、本研究區 B-B'-C 路線地質剖面圖，本剖面圖和 ED 剖面在水濱教室處相銜接，請參考圖 1.1。小圖表示該處的褶皺型態。”H”表示褶皺干涉圖像出露的位置及種類。

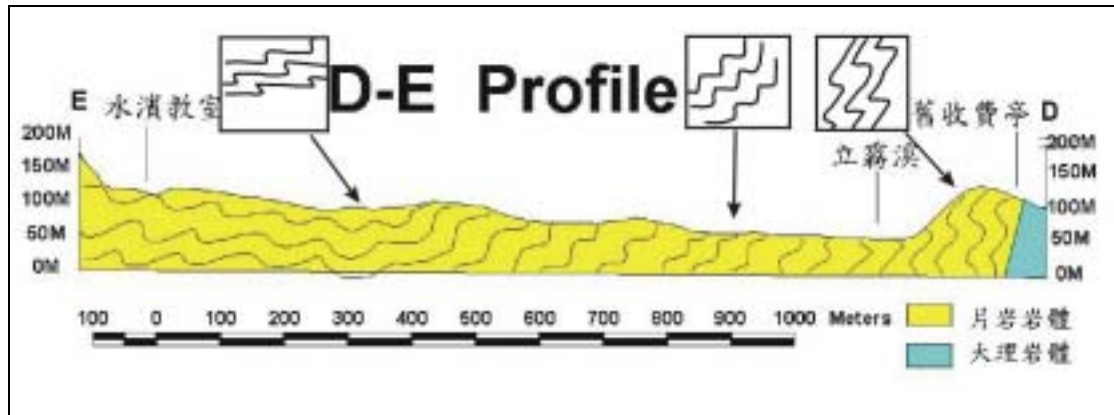


圖 3.2、本研究區 D-E 路線地質剖面圖，本剖面圖和 B-B'-C 剖面在水濱教室處相銜接。小圖表示該處的褶皺型態。

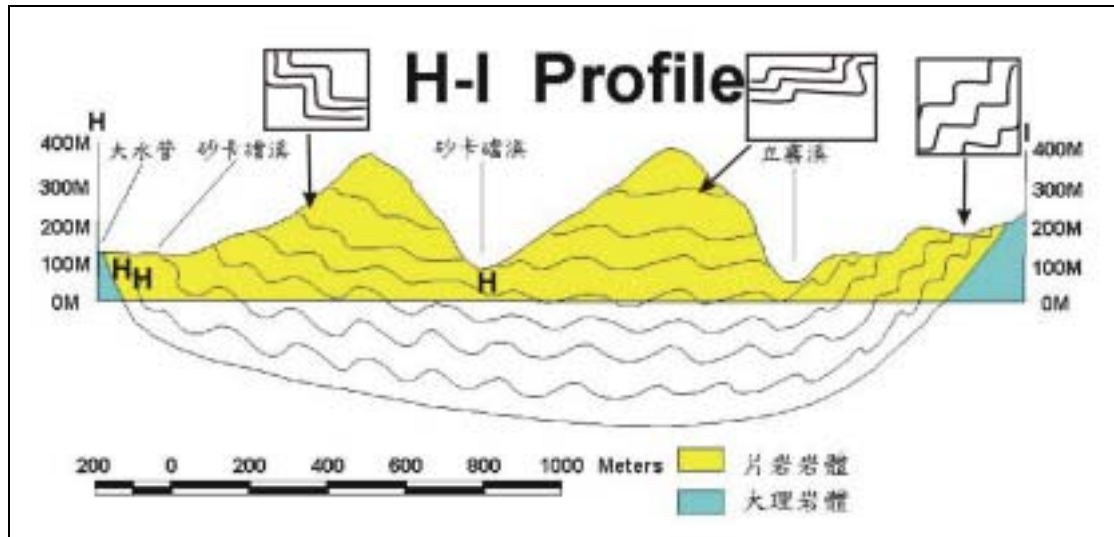


圖 3.3、本研究區 H-I 路線地質剖面圖。從大水管到沙卡礫溪口之間的剖面應為一個較開闊的向斜構造。

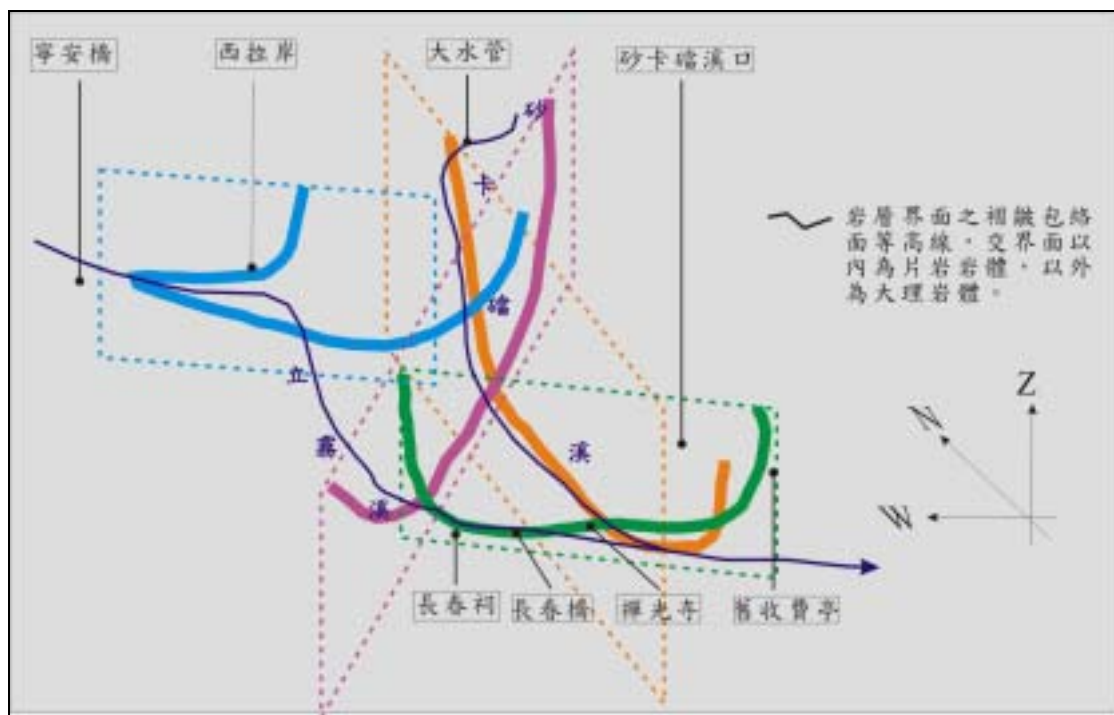


圖 3.4、本研究區路線地質剖面屏風圖，虛線為剖面位置，每個剖面上的線條代表在該剖面上大理岩岩體和片岩岩體的交界線。藍色剖面表示寧安橋到西拉岸剖面(F-G profile)，橘色剖面代表沙卡礫溪剖面(E-D profile)，紫色代表大水管到蟬光寺剖面(H-I profile)，綠色代表長春橋到舊收費亭剖面(A-A')。

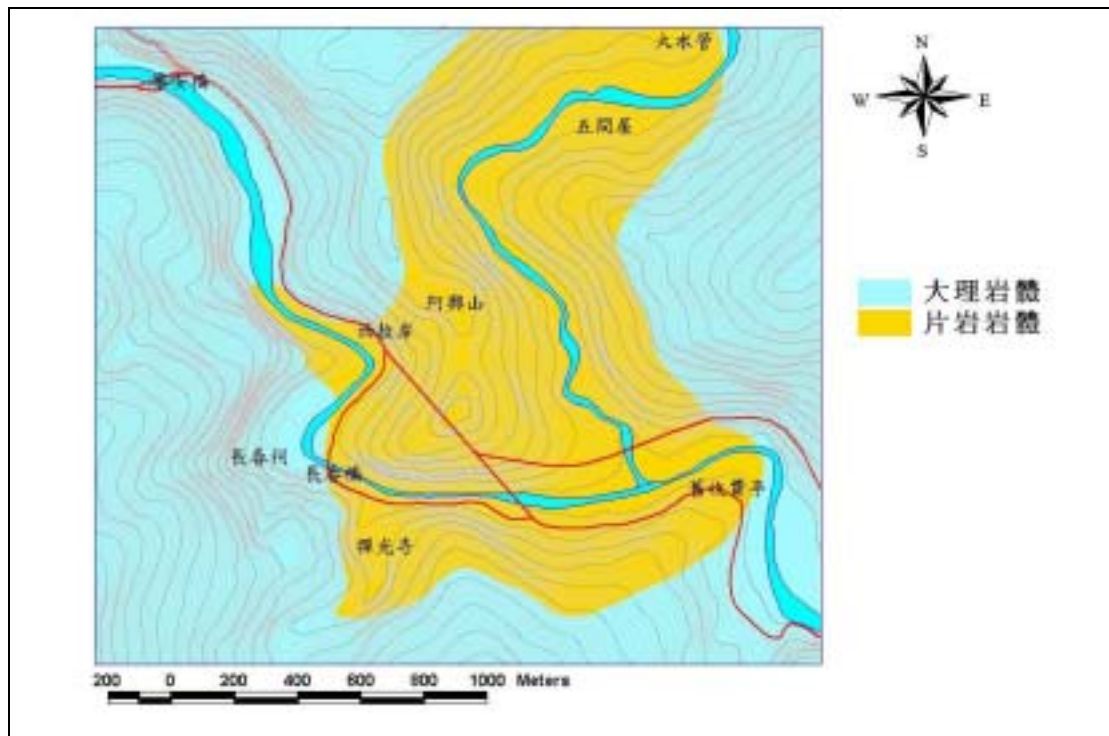


圖 3.5、本研究區域岩體分佈圖。黃色部份表示片岩岩體，藍色部份表示大理岩岩體。

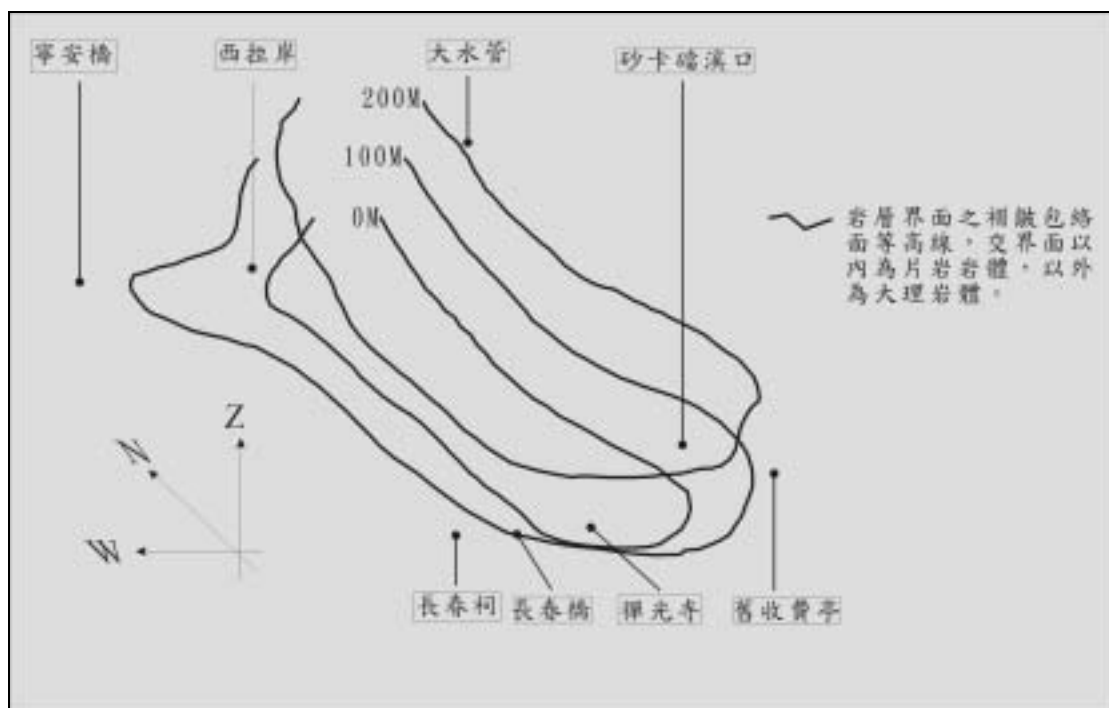


圖 3.6、片岩岩體和大理岩岩體間交界面的立體圖，黑線代表岩體交界面的等高線，單位為海拔高度。

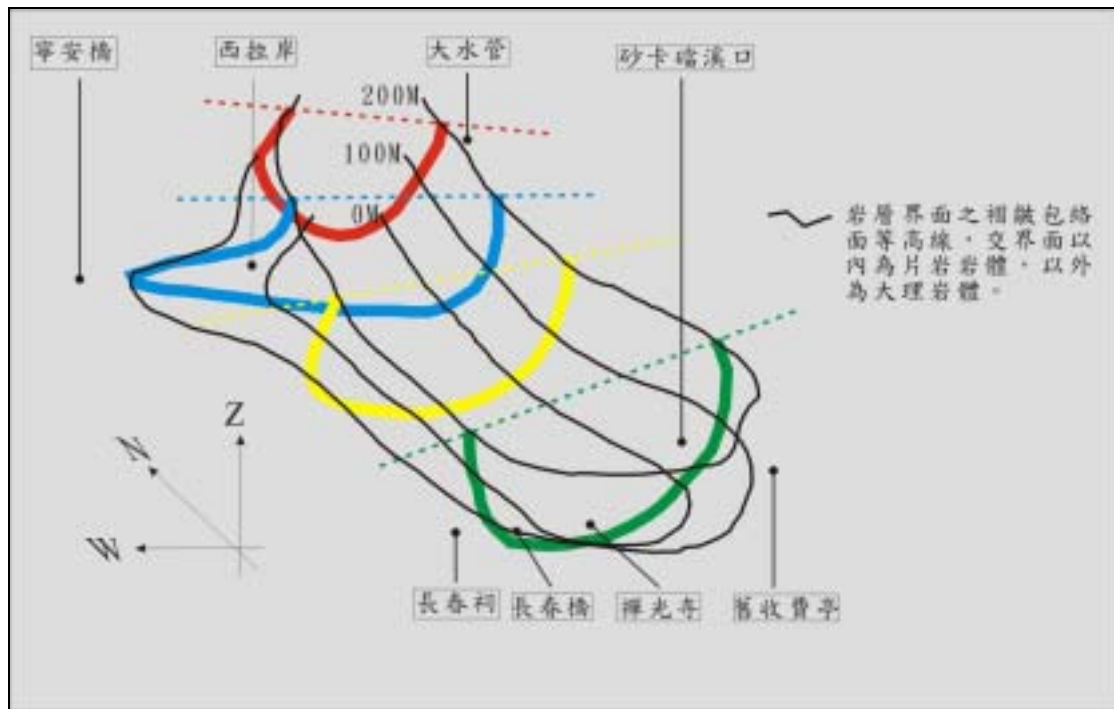


圖 3.7 紅色 藍色 黃色 綠色線分別代表片岩岩體在該處剖面(Profile)的形狀，虛線表示剖面線的方向。在南邊較粗，北邊較細，且在西拉岸附近還成為一個舌狀向下往西方伸出(藍色剖面處)。

四、 本研究區域的岩層分佈和地質構造

完成上述多個路線地質剖面圖後，先將每個剖面上的資料簡化，只留岩體界面的褶皺包絡面，再將這些路線地質剖面圖組合成屏風圖，如圖 3.4 所示。對照野外地質調查所完成的路線地質圖及山壁的剖面圖來繪出區域的岩體分佈圖，如圖 3.5 所示，片岩岩體的分佈在區域地質圖上呈現出一個倒置雞頭的形狀，雞脖子朝北，在西拉岸到五間屋之間，雞頭在長春橋到舊收費亭之間，雞冠朝南約在禪光寺一帶，喙則在西拉岸處朝寧安橋的方向伸出，而這個看似複雜的形狀，其實也屬於 Ramsay(1967)的 Type3 型褶皺干涉圖像的一種。最後再依據屏風圖以及區域岩體分佈圖繪出片岩岩體和大理岩岩體間交界面的立體圖。如圖 3.6 所示，圖中黑線代表岩體交界褶皺包絡面的等高線，單位為海拔高度。

由圖 3.6 可知，本區片岩岩體與大理岩岩體的交界面如一個水平擺放縱向被剖半的絲瓜狀，這個絲瓜大致呈南北走向，在靠近南邊長春橋處較粗，在北方靠近大水管處較細，而在西拉岸到寧安橋附近還成為一個扁平的舌狀朝西北方延伸到寧安橋附近，如圖 3.6 所示。



照片一之一、長春橋下大理岩岩體和片岩岩體接觸面附近存在一些圓錐形的褶皺干涉圖像，屬於 Ramsay(1967)所分類的 Type3 型褶皺干涉圖像，或是 Thiessen and Means(1980)所分類的 H 型。



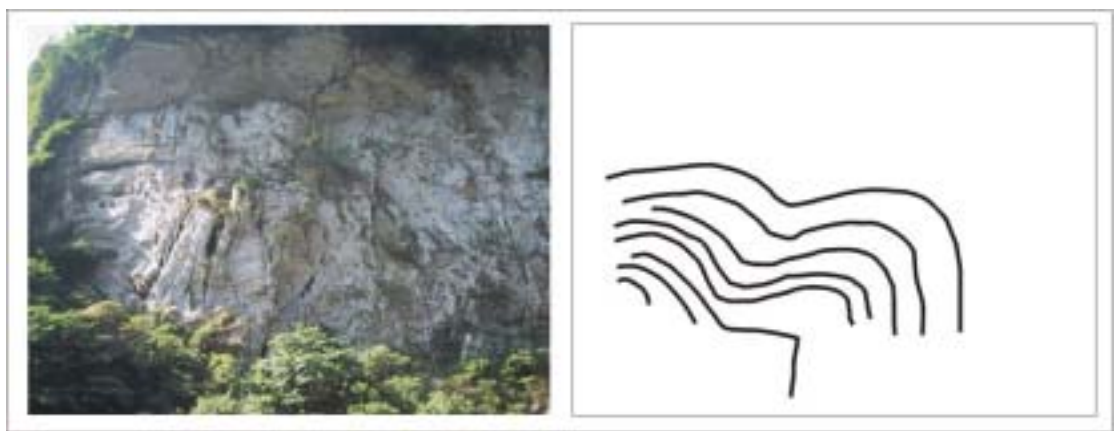
照片一之二、在距離西拉岸隧道口西邊 500 公尺處河谷右岸的山壁上，可以看見一層深色的岩石被褶皺成一把斧頭的形狀，斧柄水平放置朝西拉岸方向，刀口向下，刀背向上。



照片一之三、寧安橋到西拉岸河谷右岸的剖面上，片岩岩體和大理岩岩體交界面上呈現出一系列 Z 形的褶皺。



照片一之一、由長春祠這一頭向西拉岸望去，可以見到西拉岸隧道出口處附近出露一個褶皺軸部。



照片一之五、沙卡礑溪剖面上片岩岩體常呈現出樓梯型的褶皺。在靠近步道入口處一帶，這些岩層往上游的方向下樓梯。



照片一之六、沙卡礑步道水濱教室處的褶皺干涉圖像，圖中的屬於 type 3 型中的 Z on Z 型褶皺干涉圖像。

11、 溪畔到崇德間的地質構造

根據以上的研究結果，長春橋附近的片岩岩體為一個被再褶皺的等斜向斜，在西拉岸附近朝西向下伸入到大理岩岩體底下。那麼長春橋附近的片岩岩體就是顏滄波(1960)所認為溪畔到崇德間向斜構造軸部的位置，而岩層的分佈也以長春橋地區的片岩岩體為中心，向兩側呈對稱分佈。以長春橋一帶片岩岩體為中心向東的岩層分佈為大理岩岩體(舊收費亭到立霧發電廠)以及片麻岩岩體(崇德)；向西的岩層分佈也為大理岩岩體(寧安橋以西)以及片麻岩岩體(白沙橋到溪畔)。但溪畔到崇德間向斜構造並不如顏滄波(1960)所認為的那麼開闊(open)，且岩層間的交界面也不像其地質圖中所表現的那樣平整，而楊昭男(2002)：『長春片岩岩體以劍竅褶皺的型式向西伸入九曲大理岩岩體底下』的推論，則與本研究的結果較為吻合。

根據本文對於長春橋附近片岩岩體地質構造的研究結果，參考楊昭男(2002)對溪畔到崇德間片麻岩岩體及大理岩岩體間交界面上中小型地質構造分析的結果推論：溪畔到崇德之間應該是一個複向斜的

構造，此複向斜的向斜軸在地表出露的位置約通過西拉岸到寧安橋之間，為北北東—南南西走向。在區域地質圖上，岩層的分佈則大致以長春橋附近的片岩岩體為中心，朝兩側向外呈對稱分佈，由溪畔到崇德(由西到東)分別為溪畔片麻岩岩體(溪畔到白沙橋)、九曲大理岩岩體(白沙橋到寧安橋)、長春片岩岩體(寧安橋到舊收費亭)、九曲大理岩岩體(舊收費亭到立霧發電廠)以及崇德大理岩岩體(崇德)。在溪畔到崇德之間的地質剖面圖上則表現出一個褶皺軸面已被褶曲的向斜構造，如圖 2.1.2 所示，此褶皺軸面的位態在沙卡礑溪口到舊收費亭之間大約向西傾斜 80 度，在西拉岸附近開始轉折趨於平緩，約在西拉岸西方 500 公尺處接近水平(前述深色斧狀岩層出露處)，再往西則逐漸轉而向東傾斜，至寧安橋處褶皺軸面位態已接近 20 度向東傾斜。

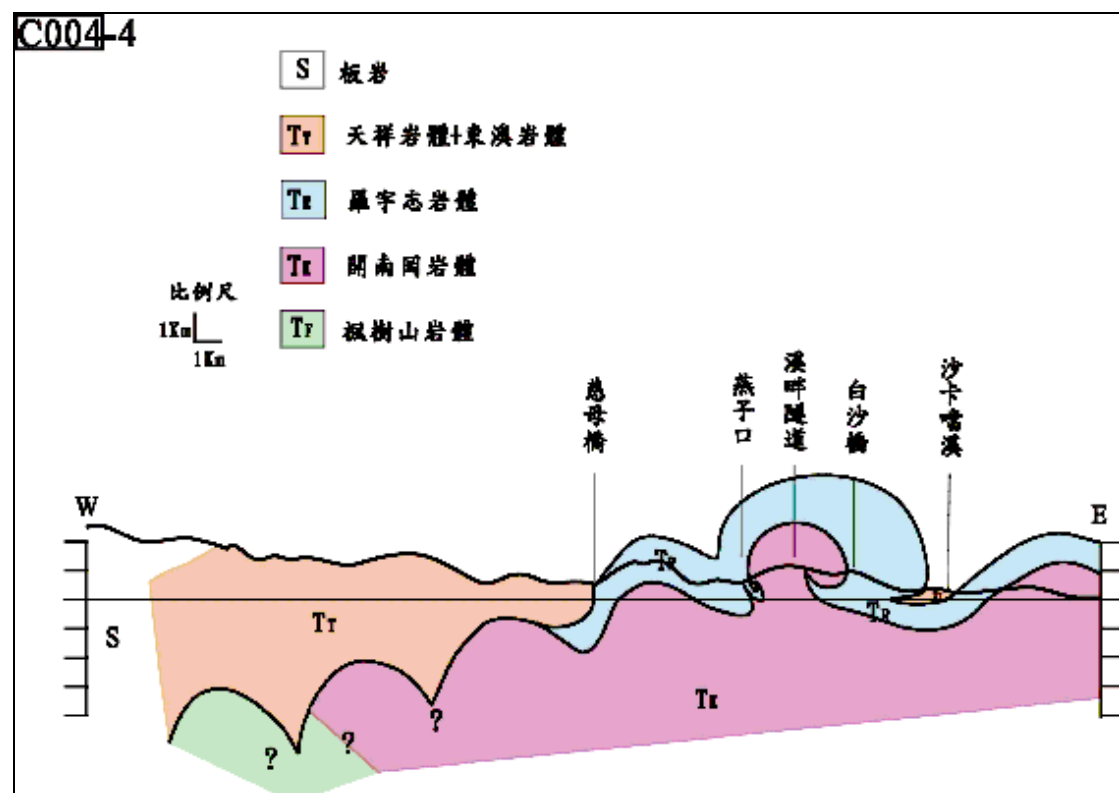


圖 2.1.1、楊昭男(2002)中橫公路東段地質構造剖面圖。

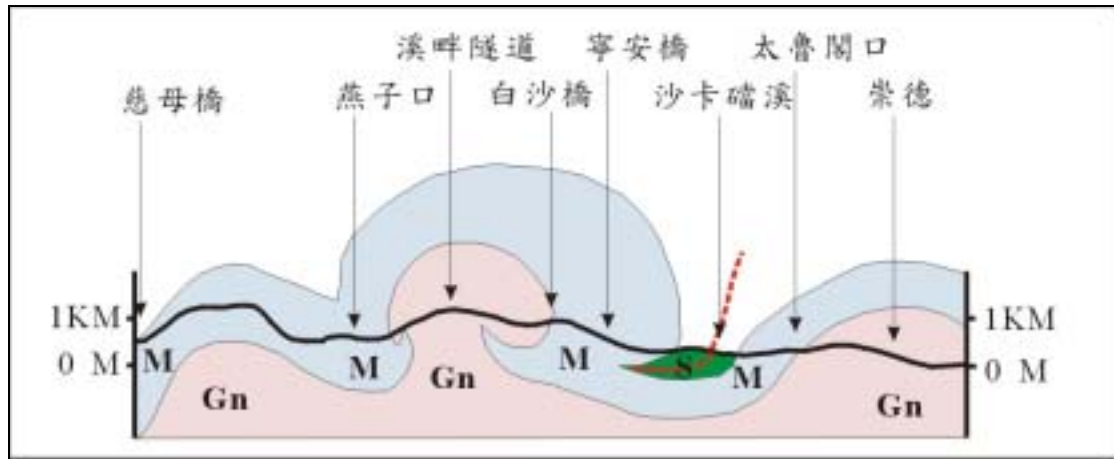


圖 2.1.2、燕子口到崇德之間地質剖面圖，綠色 S 為長春片岩岩體，藍色 M 為九曲大理岩岩體，紅色 Gn 為溪畔片麻岩岩體，紅色虛線為已被褶彎的褶皺軸面，修改自楊昭男(2002)。此圖與其(參考圖 2.1.1)不同之處在於沙卡礑溪附近長春片岩岩體和大理岩岩體之間交界面的位態，楊昭男(2002)所推測該兩岩體之間交界面在沙卡礑溪處的傾角很緩，約只有 30 度左右向西傾斜；經過本文的研究結果發現，在沙卡礑溪附近的長春片岩岩體和大理岩岩體之交界面應該更陡，約為 80 度向西傾斜。

III、 本研究區域構造地史

本研究區域片岩岩體為一個被再褶皺的向斜構造，如圖 3.1.1 所示，後期褶皺作用的褶皺軸與先期褶皺作用的褶皺軸夾一個小角度約 10-20 度左右，而二期褶皺軸面之間則夾一個高角度，約 80-90 度，這可由中視構造的褶皺干涉圖像以及分析巨視構造的位態來求得。

這裡的後期褶皺即指西拉岸向斜，因為在這個區域裡中型褶皺的褶皺軸面以及岩層褶皺包絡面的位態可以分成兩組，分別位在西拉岸向斜的兩翼，岩層褶皺包絡面在西拉岸向斜西北翼很平緩接近水平，東南翼則接近鉛直，這顯示這些中型的褶皺構造的確受到再次的褶皺作用而構成西拉岸向斜。以下分成兩個部份來闡明本研究區域之地質構造：

1. 中視構造的褶皺干涉圖像：

我們在西拉岸向斜軸部沿線出露的位置上，找到了一些因為再褶皺作用而造成的褶皺干涉圖像，以 Ramsay(1963)所分類的 Type3 型為主，大部份都是界於 Type3 型到 Type2 型或 Type3 型到 Type1 型之間，但都很接近 Type3 型。這些褶皺干涉圖相也屬於 Thiessen and Means(1980)所分類的 G、H、I、J 型。這些褶皺干涉圖相的形成是由於第二次褶皺剪切(shear)的方向和第一次褶皺的褶皺軸面夾一個中到高的角度，且第一次褶皺的褶皺軸和第二次褶皺的褶皺軸共軸或是夾一個小的角度，所以支持上述關於本研究區地質構造的論點。

2. 巨視構造的分析：

西拉岸向斜兩側片岩岩體的位態由片岩岩體內中形褶皺的褶皺包絡面得知，分別為西北翼的接近水平以及東南翼的北偏東 30 度，80 度向西北邊傾斜。其褶皺軸面位態為北偏東 30 度，45 度向東南方傾斜，在西拉岸到寧安橋之間出露先期褶皺的褶皺軸約為水平(位於先期的褶皺軸面上)，走向則為北偏東 30-45 度之間。用赤平投影圖將西拉岸向斜還原，得到先期褶皺的褶皺軸面為北偏東 30 度，向西北方傾斜約 40 度，先期的褶皺軸在褶皺軸面上的 Rake 角為 0-15 度向北，故得到的結果為：先期和後期褶皺的褶皺軸面夾約 80 幾度的高角度，先期和後期褶皺的褶皺軸則是夾一個 0-15 度的小角度。這也支持上述關於本研究區地質構造的論點。

由此可知，本研究區內之片岩岩體，先被褶皺成一個褶皺軸面走向為北偏東 30 度，向西北邊傾斜 45 度的等斜向斜構造，而後又受到後期褶皺作用，將原本的等斜向斜再度褶皺成現在像一個被水平縱剖的絲瓜狀，且在西拉岸附近片岩岩體還以一個扁平舌狀的劍鞘褶皺朝西邊伸出，並造成東西向地質剖面圖上一個褶皺軸面由垂直往下朝西彎曲的等斜褶皺，後期褶皺作用所形成的褶皺軸面位態為北偏東 30

度向東南傾斜 45 度。

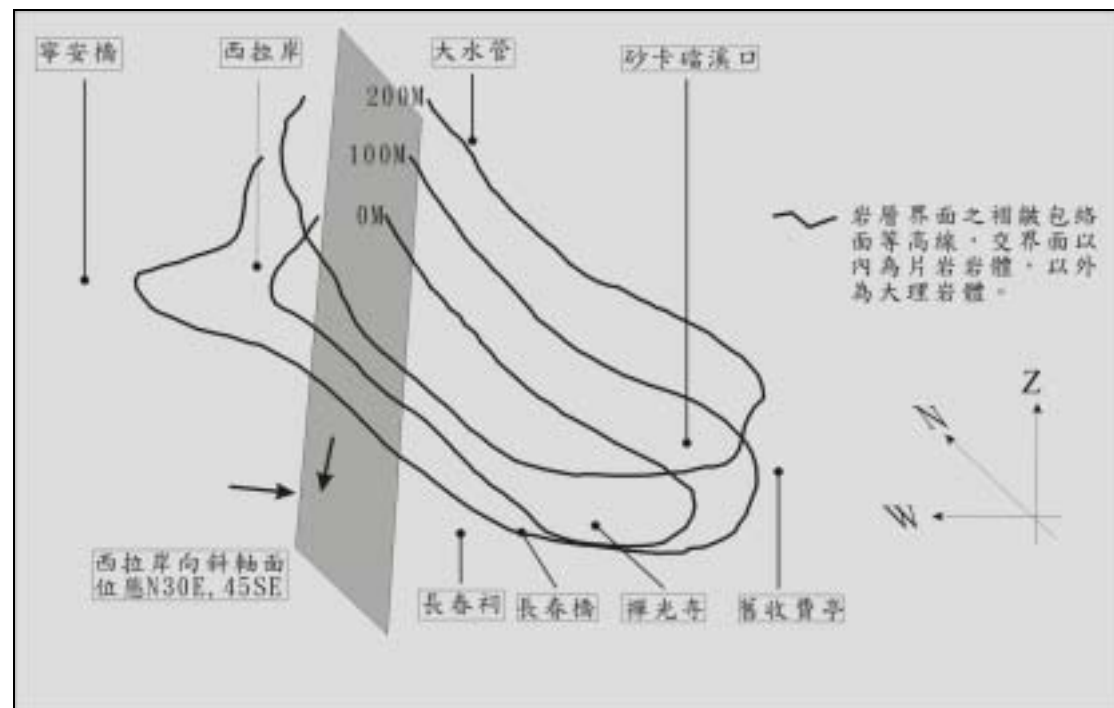


圖 3.1.1、本研究區域內片岩岩體受到後期的褶皺作用而產生一區域性(巨視)的向斜構造，向斜軸部通過西拉岸附近，軸面的位態為北偏東 30 度，45 度向西北傾斜。

討 論

Ramsy(1987)劍鞘形(Sheath)褶皺在構造剖面(profile)上呈現出緊密或等斜的褶皺型態，具有在褶皺軸面上彎曲的褶皺軸線，在切面上則呈現出圈合的同心圓狀，常在高度應變(High Strain state, ex: $R_{x/y} > 10$)的情況下出現，特別是在韌性剪切帶裡。他認為劍鞘形褶皺形成的原因有兩種：

1. 在高度應變帶中，特別是在兩個硬的塊體中間較軟的夾層，因為某種原因(不平動的應變或是原本就是楔形)使得中間的軟層變成楔形(Wedge)；兩個硬的塊體持續壓扁中間軟的夾層，使得軟的夾層向外凸出，X、Y 方向的應變量有極大的差異，而產生彎曲的褶

皺軸線(hinge line)，在下一步的應變中持續加強，而產生劍鞘形的褶皺。

2. 另一種形成原因是由於在一系列的造山運動中，由不同時期不同相(phase)的褶皺互相疊加而形成，如 Type1 褶皺干涉圖像也屬於一種劍鞘形褶皺。

就型態上而言，劍鞘褶皺和重複褶皺現象兩者非常類似，那麼劍鞘褶皺和重複褶皺現象如何區別呢？

重複褶皺：顧名思義必須要經由再褶皺作用來造成，必須要有再褶皺的證據，如兩期不同褶皺面；這樣才能稱作是重複褶皺的現象。

劍鞘褶皺：劍鞘褶皺這個名詞是指其形態而言，凡是構造剖面上呈現出緊密或等斜的褶皺形態，橫切面上呈現出同心圓，都可以叫作劍鞘形褶皺，不管是由剪切作用 壓縮作用或是由再褶皺作用所產生。

長春橋一帶出露一些劍鞘形的褶皺，現在依其褶皺波長的大小將其分成：

第一級劍鞘形褶皺：巨視構造，只有一個，即寧安橋附近朝西伸入大理岩岩體之下的片岩岩體。

第二級劍鞘形褶皺：褶皺波長為一公尺以下到數公分之間。

根據本文研究的結果，長春橋一帶第二級劍鞘形褶皺伸長的方向都是朝北至北偏東 30 度之間，而第一級劍鞘形褶皺伸長的方向則是朝西北西的方向，為何會有如此大的差異？

仔細比較歸納後發現，長春橋一帶第二級劍鞘形褶皺，均可找到兩組主要的褶皺軸面，似乎都是由重複褶皺作用所造成，其出露的位

置在長春祠到西拉岸之間、大水管附近以及長春橋下，也就是西拉岸向斜軸部的位置，均屬於 Type3 型的褶皺干涉圖像。相反的，第一級劍鞘形褶皺出露的位置在西拉岸向斜(後期褶皺作用)的西北翼，因此該劍鞘形褶皺的成因應該和後期的褶皺作用無關，似乎是後期褶皺作用之前就已經存在。對於第一級劍鞘形褶皺構造的成因，作者提出一個想法：

羅偉(2002)的新城圖幅中，呈現出片麻岩穹丘(Gneiss domes)構造，在長春片岩岩體的四周，剛好是四個片麻岩岩體，分別是西北方的溪畔片麻岩岩體、東北方的崇德片麻岩岩體、東南方的新城附近片麻岩岩體以及西南方丹錐山附近的片麻岩岩體；假設這四個片麻岩岩體都是穹丘的型式，跟據本文以及楊昭男(2002)研究的結果：大理岩岩體在片麻岩岩體之上，而片岩岩體又在大理岩岩體之上，由於長春橋地區周圍分別有四個片麻岩穹丘，所以片岩岩體不論在南北方向或是東西方向的剖面上，在長春橋附近都為向下凹的向斜構造，就好像穹丘-盆地(domes and basins)構造中，被四個穹丘所包圍的盆地一樣，如圖 4.1 所示，又因為形成褶皺時大理岩岩體的粘滯性(viscosity)略大於片岩岩體，而導致片岩岩體和大理岩岩體的交界面產生尖瓣型(Cuspate-lobate)的褶皺，尖入大理岩岩體之中，使得片岩岩體不論在東西方向或南北方向的區域構造剖面上，成為緊密的褶皺型態，而形成巨視構造的劍鞘形褶皺，最後這個巨型的劍鞘褶皺再受到後期的褶皺作用，分別成為西拉岸向斜的兩翼，而在西拉的位置朝西北西向寧安橋的方向伸出，也就是說長春片岩岩體是一個受過再褶皺作用的劍鞘形褶皺。

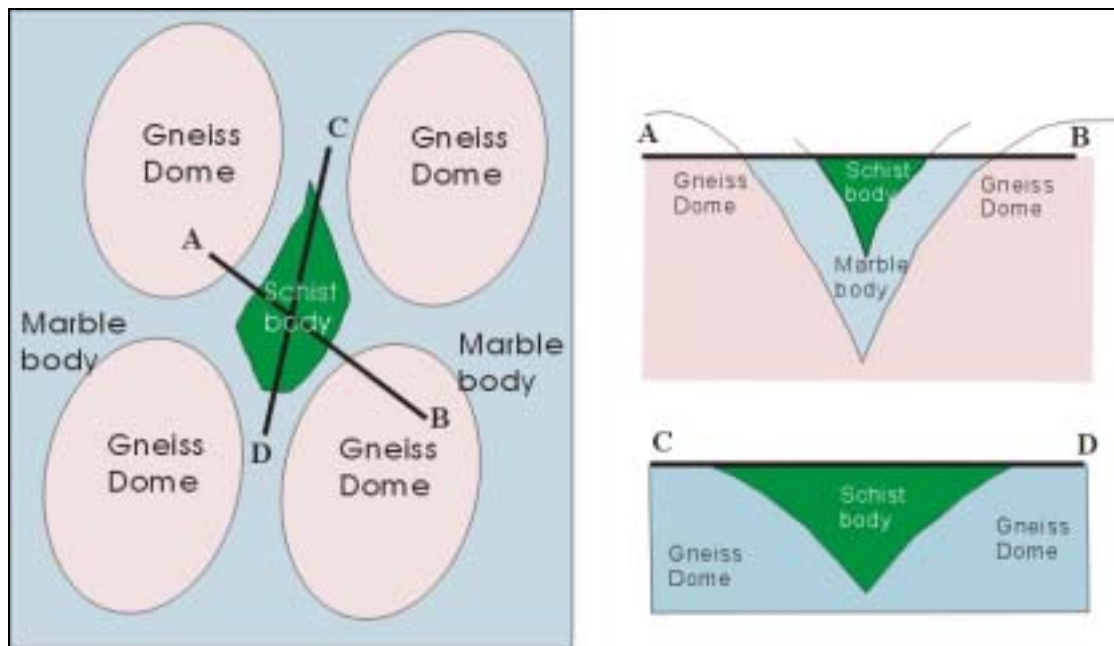


圖 4.1、夾在四個片麻岩穹丘中的片岩岩體，呈現出劍鞘形褶皺的型態，向下伸出。

結 論

本文以野外調查的方式配合褶皺理論製成區域地質圖以及地質構造剖面圖後發現：長春橋一帶片岩岩體在區域地質圖上的分佈呈現出和在露頭上所看見相同的 Type3 型褶皺干涉圖相，這顯示在大南澳片岩地質區長春橋一帶控制岩體分佈的因素的確與重複褶皺作用有關，且由於此區域內褶皺的波長較短，在一個兩公里長寬大小的區域內，就可以在區域地質圖上顯現出巨視的褶皺干涉圖像。

跟據本文對於長春橋一帶片岩岩體和大理岩岩體接觸面的研究結果來修改『楊昭男(2002)對溪畔到崇德之間地質構造長春片岩岩體部份所做的推論』，認為溪畔到崇德之間應該為一個褶皺軸面已被褶彎的複向斜構造，褶皺軸部出露在西拉岸附近，該褶皺軸面在砂卡礫溪口附近的位態為北北東—南南西走向，80 度向西傾斜；該褶皺軸面在西側西拉岸向斜軸部附近轉褶趨於平緩，再往西至寧安橋附近，

片岩岩體中的褶皺軸面轉而向東傾斜 20 度，此長春片岩岩體以一個扁平舌狀，在西拉岸的位置朝寧安橋的方向(朝西北西)伸入大理岩岩體之下。由於溪畔到崇德之間為一個複向斜的構造，故溪畔到崇德之間所出露的岩層以向斜軸(長春橋附近)為中心，向兩側呈對稱排列，由西至東分別為溪畔片麻岩岩體、九曲大理岩岩體、長春片岩岩體、九曲大理岩岩體、崇德片麻岩岩體。

參考文獻

王執明(1991) 太魯閣之變質岩 pp1-244

楊昭男(2002) 90 年度國科會計劃,

羅 偉(2002)五萬分之一地質圖幅, 第 28 號新城

顏滄波(1960) 台灣北部大南澳片岩之地層學研究。台灣省地質調查所彙刊, No12,pp53-66

顏滄波(1967) 台灣大南澳片岩之構造分析。台灣省地質調查所彙刊, No18, pp 1-100

Chen. P.Y. (1963) Mineralogy and petrology of the choritoid rock from shakatangchi and Loahsichi area Taiwan: Acta Geol. Taiwanica , 10, 11-27

Hedberg, H.D. (1976) “International Stratigraphic Guide- A guide to stratigraphic classification, Terminology and Procedure”, ISSC of IUGS publication,200pp.

N.J.PRICE and J.W.COSROVE (1990) Analysys Of Geological Structures. pp241-330

R.L. Thiessen and W.D. Means(1980) Classification of fold interference patterns: a reexamination. Journal of structural geology, Vol.2 ,No3, pp311-316

Ramsay J. G. (1962) Interference patterns produced by the superposition of folds of similar folding. Journal of structural geology, 60 ,pp466-481.

Ramsay J. G.(1987) The techniques of Modern Structural Geology Volume2: Folds and Fractures . session 20

The North American Commission on Stratigraphic Code (1983) Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., no 67 ,841-875.