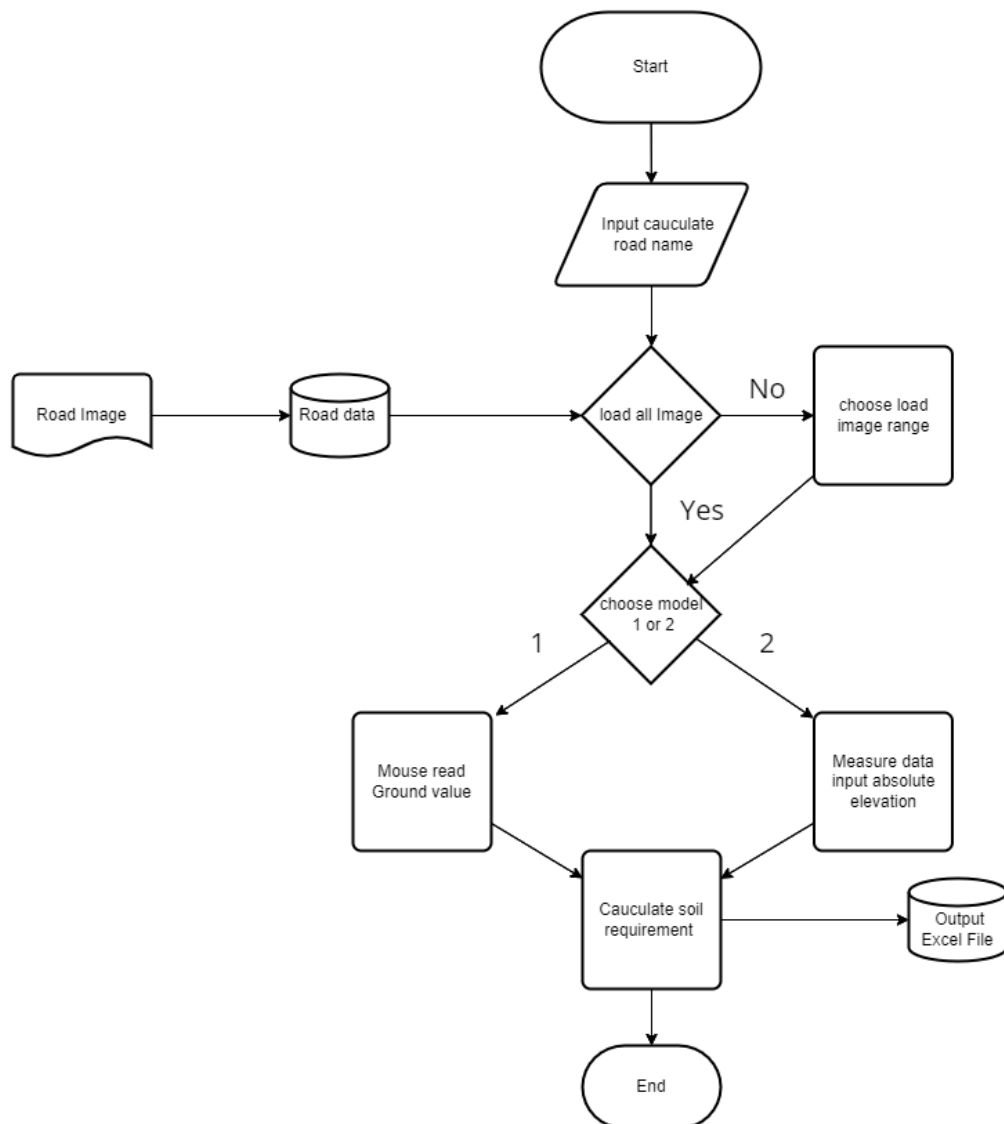


工作需求與程式設計構想

一、目的：

目前在青埔航空城擔任現場工程師一職，主要業務為土石方開挖及回填作業，由基本設計圖得知本工程有許多地勢陡峭且大量需土區域，粗估需土 100 多萬立方公尺土石方，重劃區工地幅員廣大占地約 170 公頃(相當於 514,250 坪)因而導致工地土石方管理不易，且因公司經濟考量而未使用暫時屯土區，故需要精準且快速的得知目前工地現況以及未來道路與坵塊需求土石方的數量，若在數量上錯誤會造成其他公家機關單位工程延期延宕，影響範圍不只是營造廠損失也間接損害人民的權益，為方便快速且大量計算，嘗試從原本手動使用 EXCEL 進行土石方計算，改成開發一執行程式來精準計算土石方量，一改傳統手算模式慢又有一定誤差的狀況發生。

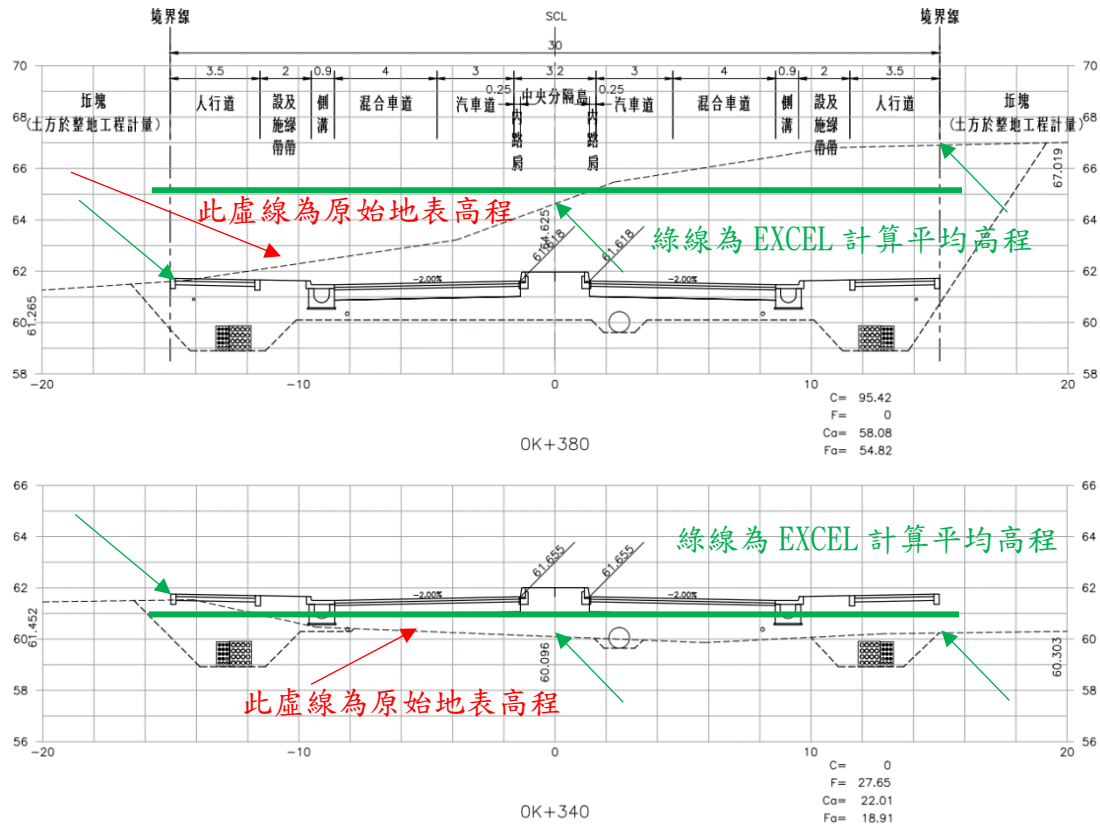
二、程式設計架構



圖一、程式設計架構

三、程式設計構想實現：

本次要利用的是由配合設計單位廠商繪製的細部設計圖來進行分析，我主要負責的項目是道路工程，因此時時的確認道路高程以及道路土方需求量是本工項的一大重點，道路設計可以參考下圖二：



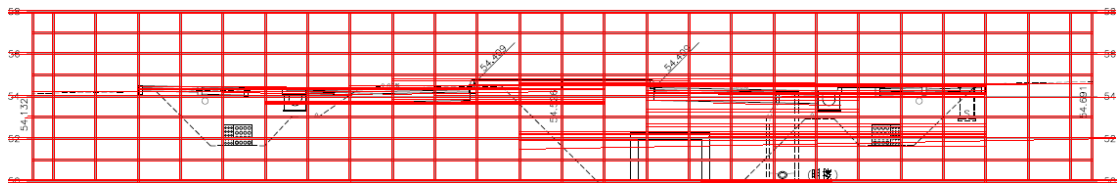
圖二、道路細部設計示意圖

從圖二得到在原始地表高程在橫斷面上是會有大幅度起伏而並非是平穩的緩坡，原本計算上是以左、中、右三點原地面高程(即綠線處)平均得到平均斷面高程，並以此高程計算截面積後得到土石方需求量，而此算法在計算上非常不準確，通常在設計上每 20 公尺為一個橫斷面計算斷面面積並加總得到整條道路之土方需求量，在 20 公尺上誤差量以 100 多萬方來看是可忽略不計，但若把每個斷面累加起來則會產生驚人的誤差，誤差量達 20% 以上。

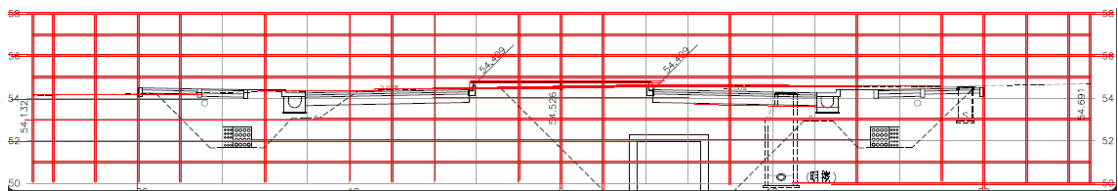
由以上資訊策畫所需要資料為完整的抓取**原始地表高程**以及得到道路設計高程，由兩項數據乘上各道路寬度得到樁號斷面積後再得到整條道路的挖填土方量以及需土方量，而本次題目最艱難部分將是如何精準地抓取圖片上的數據。

四、解決方法：

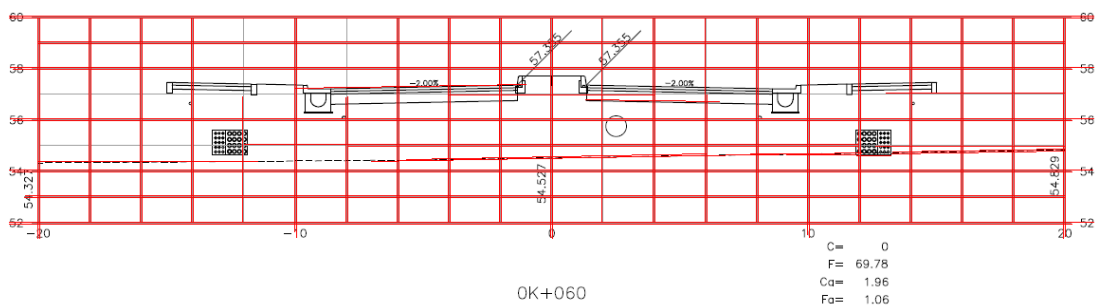
由於道路屬於黑白色系且含有構造物示意圖與開挖線，背景另有方便工程師判讀用的網格資料與其他資訊，因此**第一目標**就是先從圖片中鎖定網格位置作為後續計算上判斷依據，在判讀時遇到第一個障礙即是線段抓取時因每條道路的差異，構造物以及道路部分寬度、高度不盡相同因此也會一併嵌入如圖三，若調整輸入參數會造成如圖四狀況，抓取線段數目無法契合每條網格線。



圖三、抓取過多資料影響判讀網格線



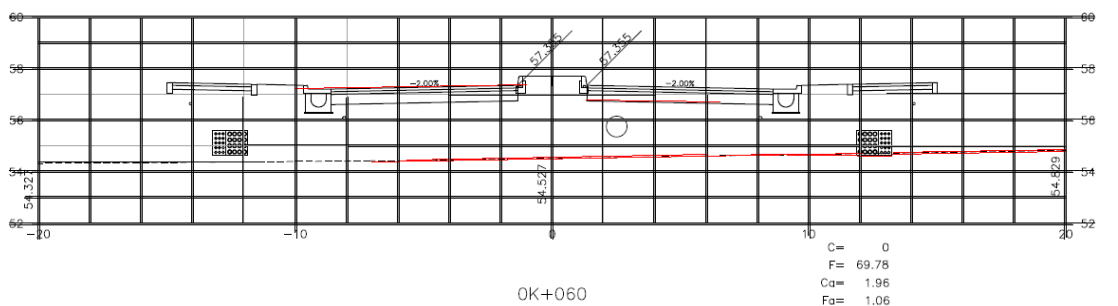
圖四、抓取過少資料無法契合網格線



圖五、大部分但無法完全契合網格線

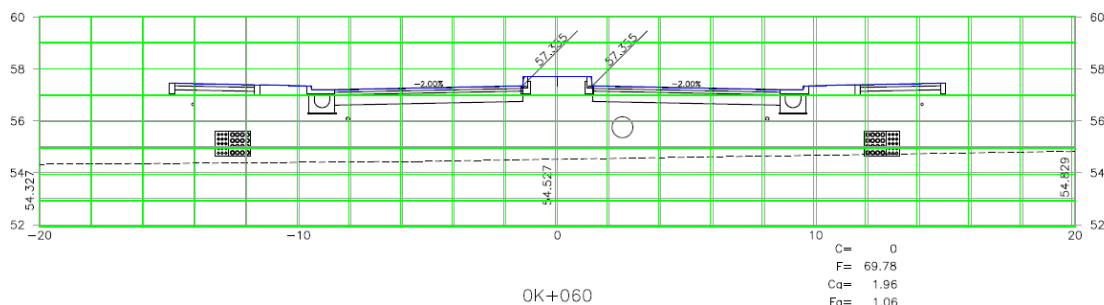
縱使調整至大部分契合網格線但若無法完全契合如圖五，沒被判讀出的部分將沒有辦法作為後續計算的依據，且道路寬度從 8 米寬至 50 米寬皆有各種不同地下構造物，尺寸也不盡相同因此在設定上無法一勞永逸，需要再使用不同方法來解決本次專案最棘手的判讀問題。

以圖五(與圖六同底圖)為例，先將抓到之線段做處理分離出垂直線與水平線，並將不是垂直線與水平線的部分挑選出來並刪除，詳下圖六。



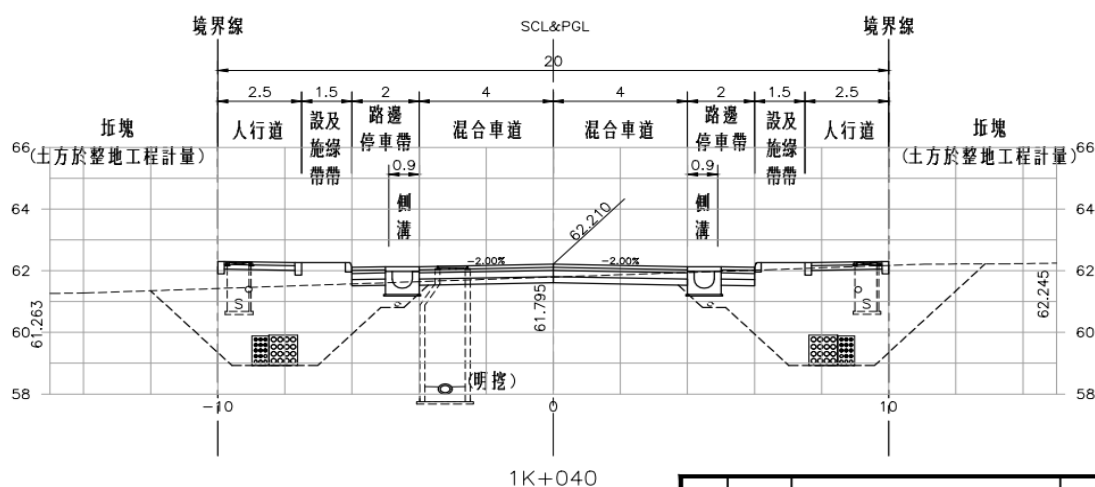
圖六、分離垂直線與水平線以外多餘線段

經過處理後將垂直與水平線段保留下來，但仍可能會遇到如圖四狀況，於不同道路樁號或是不同道路寬度與設計導致有約 2 成甚至更多條線段無法被抓到情況發生，因此作為本次專案的核心基礎功能，若有逾 2 成無法獲得資料狀況則會使得後續計算上產生誤差過大甚至無法計算，於是利用保留下來的線段經過處理再產生新的網格並覆蓋原本的底圖網格，如下圖七。

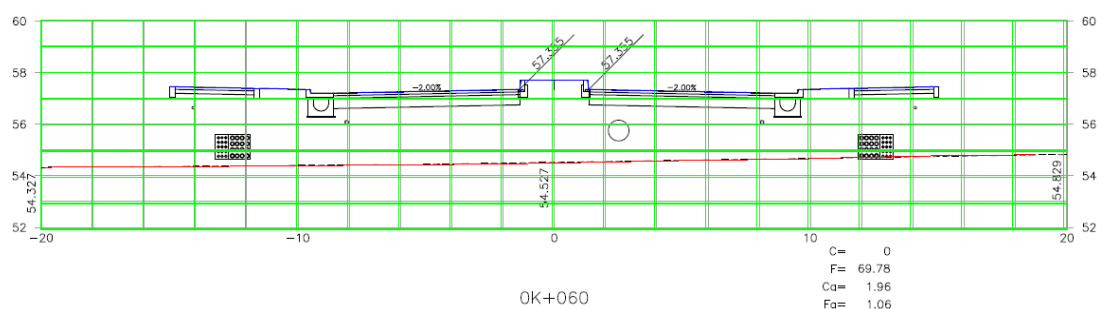


圖七、產生新網格圖並取代原本底圖網格

自此**第一目標**功能建置完成，下一步即是開始獲取本專案**最重要的原始地表高程**，因原地面線有平緩也有陡峭，甚至高程與道路相仿直接與道路線融合的狀況如下圖八，因此決定採用滑鼠點擊原地面線，描繪出原地面線之線段後得到原始地表高程，詳下圖九，後續以類似積分方式計算出道路斷面積，將道路與原始地表位置相同處之高程進行相加減，累加至整條道路就可算出道路面積，此處完成最重要的**原始地表高程**設定。



圖八、原始地表高程線與道路設計線交織



圖九、讀取原始地表高程線

從上圖九得到紅線(原始地表高程)、藍線(道路設計高程)，並將原始地表高程線利用新建網格圖作為計算依據，求得每一個微小線段的高程以及位置，得到斷面積，後續將每一張圖之面積使用平均斷面法乘上道路長度，得到該道路整體所需挖填土方量以及需土量。

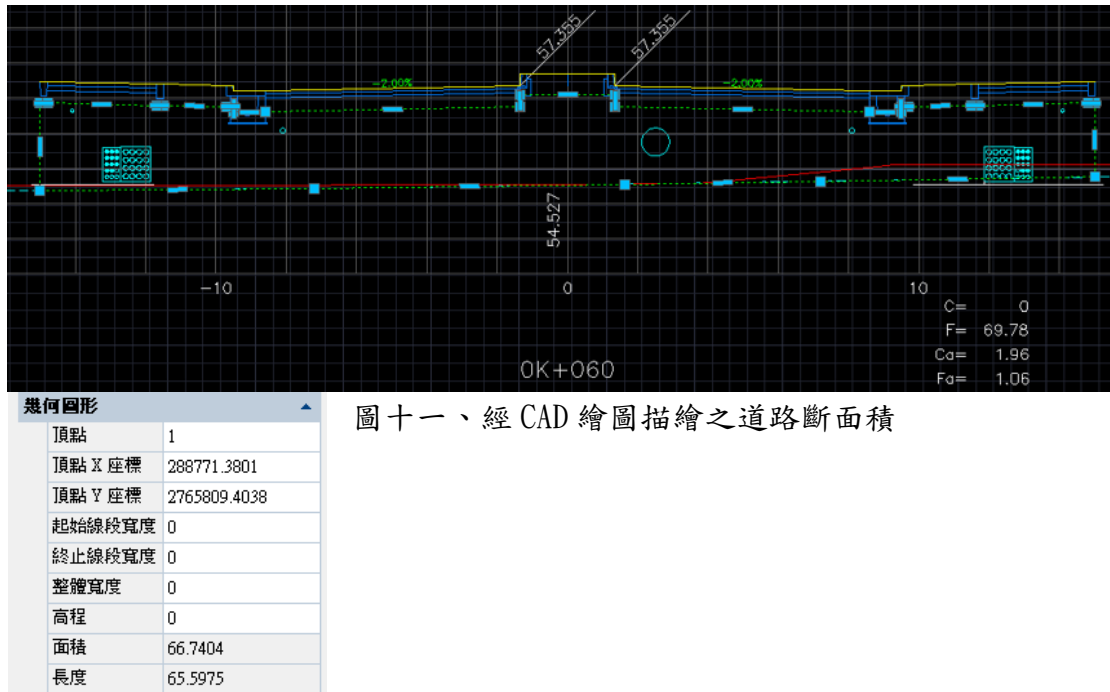
得到之數據為方便與同事以及主管討論，因此將計算結果自動生成為 EXCEL 檔案方便人為判讀以及同事進行加工，如下圖十。

1	Station	Cut_area	Fill_area	Need_area	挖方	填方	需土	總需土量
2	0K+000	0	71.89966	71.89966	0	1813.783	1813.783	52811.93
3	0K+025.022	0	73.07542	73.07542	0	1074.204	1074.204	
4	0K+040	0	70.36213	70.36213	0	1362.578	1354.052	
5	0K+060	0	65.89562	65.89562	0	1336.141	1327.616	
6	0K+080	0	67.71852	67.71852	0	1418.25	1418.25	
7	0K+100	0	74.10651	74.10651	0	2242.202	2242.202	
8	0K+128.285	0	84.43704	84.43704	0	2311.364	2311.364	
9	0K+153.283	0	100.4869	100.4869	0	695.6817	695.6817	
10	0K+160	0	106.6537	106.6537	0	2237.291	2237.291	
11	0K+180	0	117.0754	117.0754	0	2451.048	2451.048	
12	0K+200	0	128.0293	128.0293	0	2714.482	2714.482	
13	0K+220	0	143.4189	143.4189	0	3035.647	3035.647	
14	0K+240	0	160.1458	160.1458	0	3341.921	3341.921	
15	0K+260	0	174.0463	174.0463	0	3504.884	3504.884	
16	0K+280	0	176.4421	176.4421	0	3383.655	3383.655	
17	0K+300	0	161.9233	161.9233	0	3019.659	3019.659	
18	0K+320	0	140.0426	140.0426	-3.59476	1663.318	1659.724	
19	0K+340	-0.35948	26.28923	25.92975	-1004.6	262.8923	-741.71	
20	0K+360	-100.101	0	-100.101	-2019.83	0	-2019.83	
21	0K+380	-101.882	0	-101.882	-1128.73	0	-1122.57	
22	0K+394.032	-58.9979	0	-58.9979	-1180.96	1645.938	464.9766	
23	0K+434.066	0	82.227	82.227	0	493.7742	493.7742	
24	0K+440	0	84.19503	84.19503	0	1711.908	1711.908	
25	0K+460	0	86.99578	86.99578	0	1884.176	1884.176	
26	0K+480	0	101.4219	101.4219	0	2099.038	2099.038	
27	0K+500	0	108.4819	108.4819	0	2326.784	2326.784	
28	0K+520	0	124.1965	124.1965	0	2458.739	2458.739	
29	0K+540	0	121.6774	121.6774	0	2396.116	2396.116	
30	0K+560	0	117.9342	117.9342	0	2320.243	2320.243	
31	0K+580	0	114.0901	114.0901	0	2146.16	2146.16	
32	0K+600	0	100.5258	100.5258	0	808.6522	808.6522	
33	0K+608.751	0	84.28781	84.28781				
34								
35								
36								

圖十、將程式計算結果輸出為 Excel 檔案

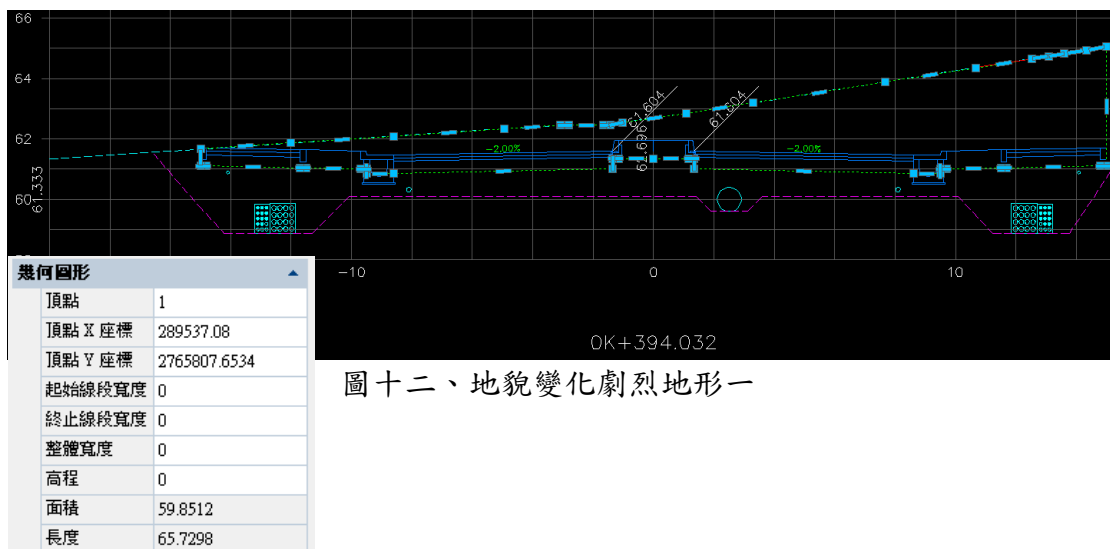
五、驗算結果正確性與實測：

程式雖能正常運行並如預期產生想要的結果，但目前並無從得知程式設計是否有計算錯誤，因此需要進行驗證，本次驗證方法使用營造業最廣泛使用繪圖技術 CAD(Computer Aided Design 電腦輔助設計)，與我設計出的土方量計算程式進行資料對比，對比結果如下圖十一。

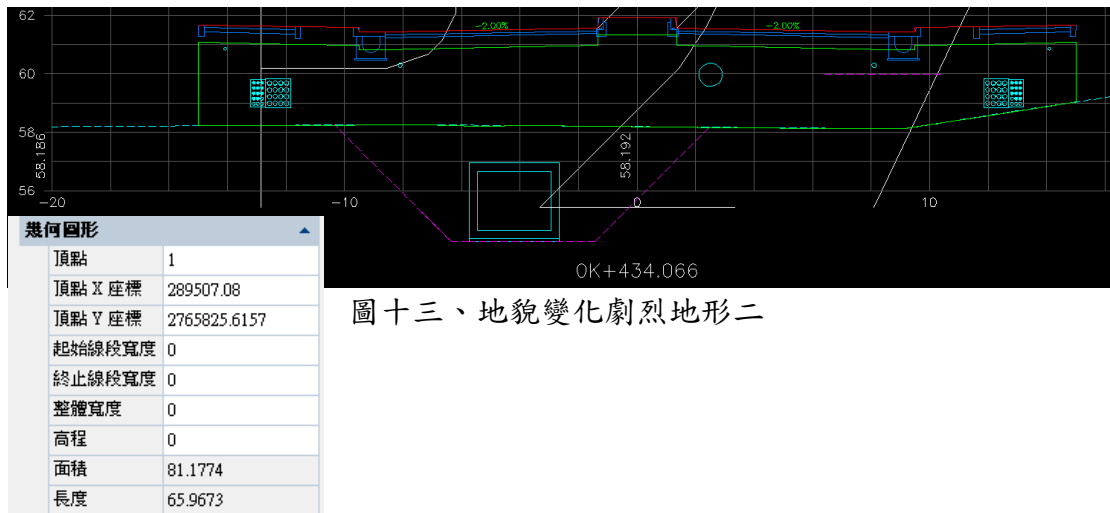


圖十一、經 CAD 繪圖描繪之道路斷面積

本斷面為 3-19-30M 道路 0K+060 樁號位置，因此從圖十中能看到在 0K+060 樁號部分土方計算程式得到的值為 65.89562，而 CAD 計算結果為 66.7404(假設為真解)，另外以原本 EXCEL 取左、中、右三點之平均高程法得到結果為 70.105，以 Python 設計出之程式誤差為 $((66.7404-65.89562) \div 66.7404) * 100\% = 1.266\%$ ，以 Excel 設計之程式誤差為 $((70.105-66.7404) \div 66.7404) * 100\% = 5.041\%$ ，此處採用的原地面線為平緩地貌，而 Excel 依然有 5%誤差，地貌變化劇烈處則誤差值將更大，詳下圖十二、圖十三。



圖十二、地貌變化劇烈地形一



圖十三、地貌變化劇烈地形二

延續 3-19-30M 道路找尋地貌變化劇烈地形處，因此挑選兩處 0K+394.032 樁號與 0K+434.066 樁號，因此從圖十二中能看到在 0K+394.032 樁號部分土方計算程式得到的值為-58.9979(負號代表挖)，而 CAD 計算結果為 59.8512(假設為真解)，另外以原本 EXCEL 取左、中、右三點之平均高程法得到結果為 54.345，以 Python 設計出之程式誤差為 $((59.8512-58.9979) \div 59.8512) \times 100\% = 1.425\%$ ，以 Excel 設計之程式誤差為 $((59.8512-54.345) \div 59.8512) \times 100\% = 9.2\%$ ，從圖十三中得到樁號 0K+434.066 樁號部分土方計算程式得到的值為 82.227，而 CAD 計算結果為 81.1774(假設為真解)，另外以原本 EXCEL 取左、中、右三點之平均高程法得到結果為 89.475，以 Python 設計出之程式誤差為 $((82.227-81.1774) \div 81.1774) \times 100\% = 1.293\%$ ，以 Excel 設計之程式誤差為 $((89.475-81.1774) \div 81.1774) \times 100\% = 10.22\%$ ，由此可知以 Python 取得之數值誤差範圍皆在 2%內屬於合理值，而 EXCEL 計算會隨地貌改變而造成可能多於 10%誤差的計算結果。

表一、三種地形與程式計算誤差比較值

道路樁號	0K+060	0K+394.032	0K+434.066
CAD	66.7404	59.8512	81.1774(挖)
Python	65.89562	58.9979	82.227(挖)
Excel	70.105	54.345	89.475(挖)
Excel 誤差	5.041%	9.2%	10.22%
Python 誤差	1.266%	1.425%	1.293%

由上表一結果顯示，程式設計時計算方法與點位抓取數據是屬於可以信賴的邏輯判斷與設計。

六、測試與實用結果

此程式完成後我將檔案從.py 轉為.exe 檔案並放置在公司雲端系統上，所有辦公室同仁皆可以自由地從網路上將檔案下載至各自電腦上進行作業，在同事使用後的反饋下決定新增功能 2，因滑鼠點擊屬於抓取原始地表高程的部分，而原始地貌將因土方回填作業進行後而破壞，因此若需要

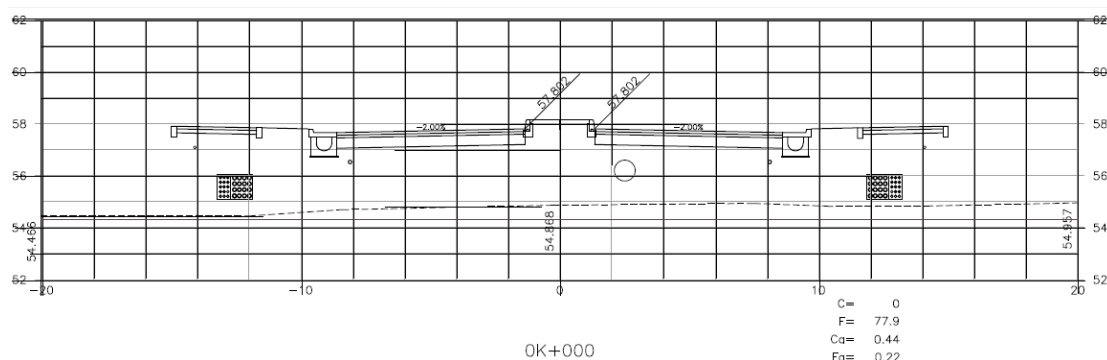
更新**目前地表高程**最新進度會因為滑鼠點擊的誤差影響需土量判讀值，土方回填時在斷面上是以同樣高程為回填目標，並不會回填成斜坡，不美觀亦不好進行地下構造物作業，回填後將會經由 RTK 或者經緯儀將地表絕對高程收測回來，因此可直接輸入於本程式之中，另原本程式為第一張圖直接讀取至最後一張無法選定讀取範圍，因此在本次進版決定一併新增能夠選擇回填斷面的功能，如下圖十四、圖十五、圖十六、圖十七、圖十八。

請輸入路名3-19-30M
請輸入要第幾張圖開始1
請問要直接一路計算到最後一張嗎？
Y/Nn
請輸入要到哪一張？
不可超過32

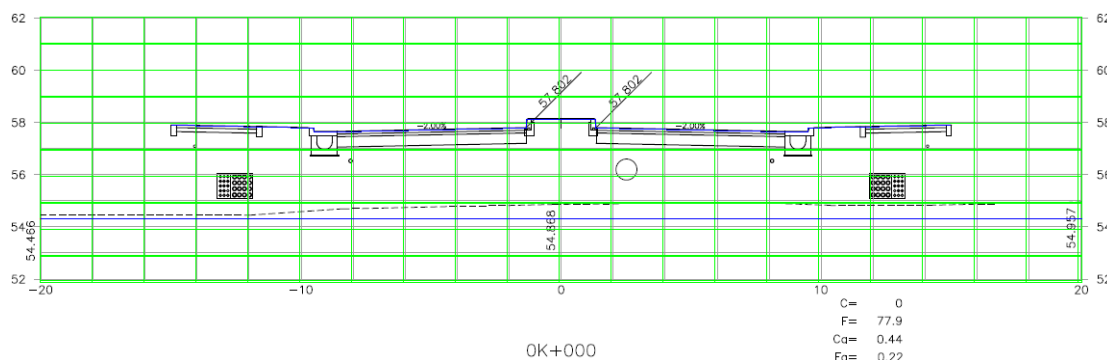
圖十四、新增選擇讀取範圍

請輸入計算模式1:用滑鼠點選原地面線
2:輸入絕對高程直接產生整條水平直線2
輸入絕對高程值54.412

圖十五、提供功能 2 直接輸入絕對高程值，產生水平直線



圖十六、輸入高程值後產生紅線確認輸出值是否有誤



圖十七、完成計算並確認新增網格是否完整覆蓋原網格

1	Station	Cut_area	Fill_area	Need_area	挖方	填方	需土	路床高程	目前高程	到路床高程需多少公尺
2	0K+000	0	84.78182	84.78182	0	2053.186	2053.186	57.202	54.412	2.79
3	0K+025.02	0	79.32862	79.32862	0	1034.867	1034.867	56.95	54.32	2.63
4	0K+040	0	58.85633	58.85633	0	967.6677	967.6677	56.817	54.85	1.967

圖十八、新增目前高程到路床高程差值

七、結論

因為本重劃區在不合工期展延情況下會施工至 116 年 6 月，若以目前人力與土方分配收容來進行土方管理，將會無法可控土方需土量，以 10% 來計算且不含土壤孔隙比將達 15 萬以上，因此本程式開發不僅可精準追蹤回填作業的需土量以及高程，亦可大量節省資料處理的時間，使目前短缺的人力缺口能夠以更有效率且優質的方法來得到填補。

程式還有許多可以改善空間以及程式碼編寫時的優化與增加功能，在目前的程式上需要利用外部 Excel 檔案去讀取每張圖片上最上方的高程值，再利用讀取到的像素點差值去將像素值轉換為高程值，最後再將高程值換回像素點繪製於圖上，在此過程中因為像素最小單位為 1 的限制將會在高程實際值小於 1 像素點代表的值時產生無法計算到的誤差，另外目前原始地表高程的讀取方法是使用滑鼠進行讀取的方式，因此在點擊時較容易產生誤差，若提高點擊精度則點擊時間則會提升，惟目前程式功力無法完成自動讀取功能，故未來目標為繼續研究自動讀取原始地表高程值的部分，讓滑鼠點擊產生的人為誤差降至為 0，並把 Excel 讀取高程值作為像素點轉換基準部分也一併改為自動讀取圖片上的文字來取代從 Excel 讀取高程值的動作。