



港口淤積之海砂應用於控制性低強度回填材料

義守大學 土木工程學系

指導老師：王偉筑 老師

專題組員：林冠宇 陳浩鈞 郭紘睿 彭子珊 吳祥瑜 王輔齊

研究目的

本次研究之首要目的是先確認海砂是否能符合控制性低強度回填材料所需之規範(CNS 1240混凝土粒料)，試驗完畢後進行控制性低強度回填材料之配比設計，最後依據試驗結果觀察海砂之基本性質及其拌製之控制性低強度回填材料試體與一般試體有何不同。

蒐集文獻並討論後，依資料及實際拌合情形設計出海砂取代量佔粒料總重0~40%之試體，分別為取代量0%、10%、20%、30%、40%，其水灰比=1.4，水膠比=1.0，粗粒料每立方公尺使用量為376~382公斤，其各項性質及規定皆符合CLSM施工規範。

一、材料基本性質試驗結果

材料試驗結果及試驗值

	天然砂	海砂	天然三分石	天然二分石	規範值		試驗規範
					上限	下限	
比重	2.59	2.41	2.61	2.50	-	-	CNS 487 CNS 488
吸水率(%)	1.59	1.89	1.23	1.54	-	-	CNS 487
粒料孔隙率(%)	39.08	38.81	55.60	41.29	-	-	CNS 1163
單位重(kg/m^3)	1576.64	1470.65	1479.48	1464.03	-	-	CNS 1163
磨損率(%)	-	-	24.59	18.12	-	-	CNS 490
含砂當量(%)	85.78	84.01	-	-	-	-	CNS 15346
粒料氯離子含量(%)	0.0002	0.0111	0.0000	0.0000	0.012	-	CNS 1240
浸泡水溶液氯離子含量(%)	0.0002	0.0093	0.0000	0.0001	0.012	-	CNS 1240
液性限度LL	NP	NP	-	-	-	-	CNS 5088
塑性限度PL	NP	NP	-	-	-	-	CNS 5088
健度試驗損耗率(%)	4.34	9.76	1.20	1.41	10	-	CNS 1167

膠結料試驗結果及試驗值

項目	水泥	飛灰	規範值		試驗規範
			上限	下限	
比重	3.15	2.21	-	-	CNS 1127
孔隙率(%)	57.76	63.14	-	-	CNS 1163
單位重(kg/m^3)	1327.12	811.51	-	-	CNS 1163
比表面積(cm^2/g)	3834.58	3030.03	-	260	CNS 2924
稠度(%)	31.67	53.00	-	-	CNS 3590
初凝時間(分鐘)	54.5	(超過24小時)	-	45	CNS 786
終凝時間(分鐘)	220.51	(超過24小時)	375	-	CNS 786

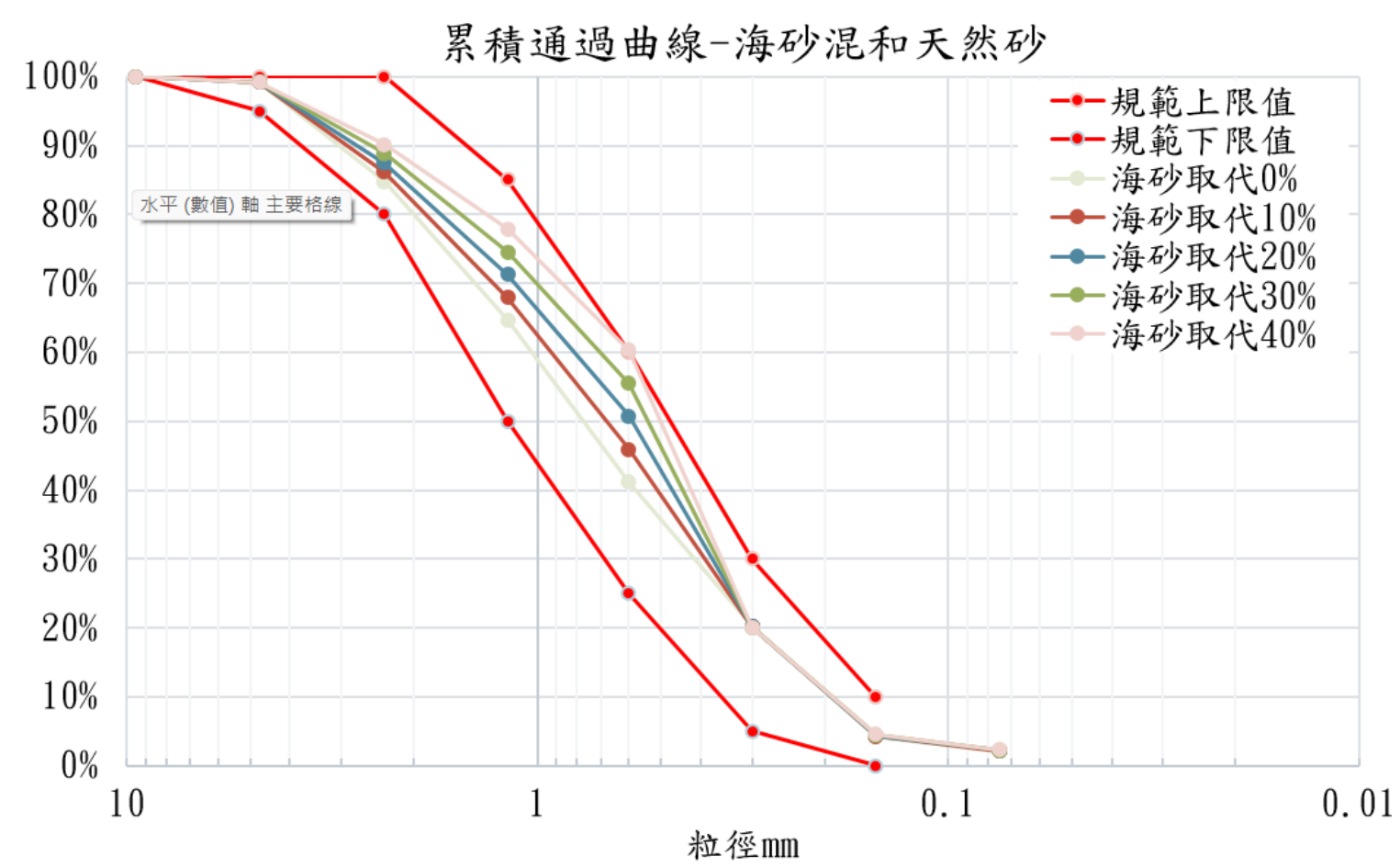


二、配比設計

海砂取代量設計

順序	設定條件	原因
1	粗粒料使用量376~383 kg/m^3	以規範使用粗粒料上限值設計
2	水灰比1.4	調製試體使坍流度達規範值
3	水泥使用量238~243 kg/m^3	控制強度
4	細粒料級配曲線符合規範上下限	使細粒料符合CNS 1240規範

累積通過曲線-海砂混和天然砂



各材料每立方公尺使用量(kg/m^3)

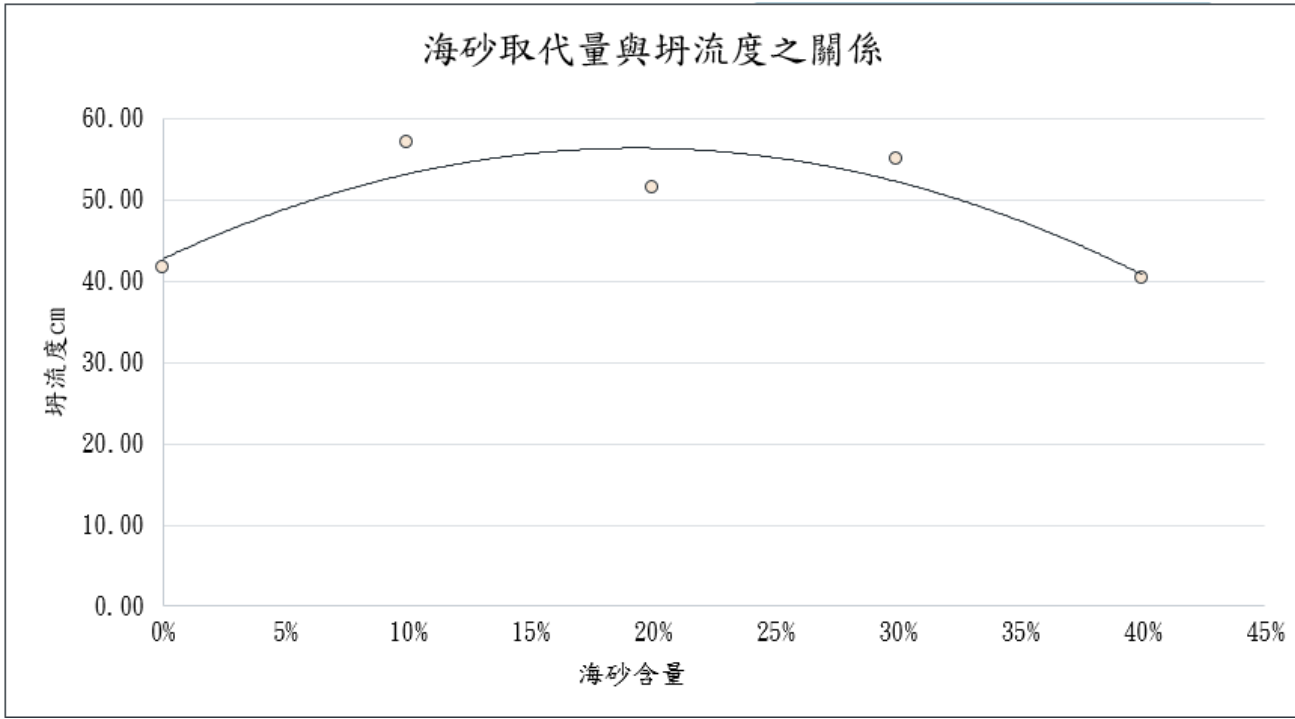
海砂 取代粒料量	膠結料		粒料				水
	水泥	飛灰	天然三分石	天然二分石	海砂	天然砂	
0%	243	87	166	217	0	1052	327
10%	241	87	165	216	142	905	326
20%	240	87	164	215	283	759	325
30%	239	86	164	215	422	616	324
40%	238	86	163	214	560	473	322

三、文獻回顧

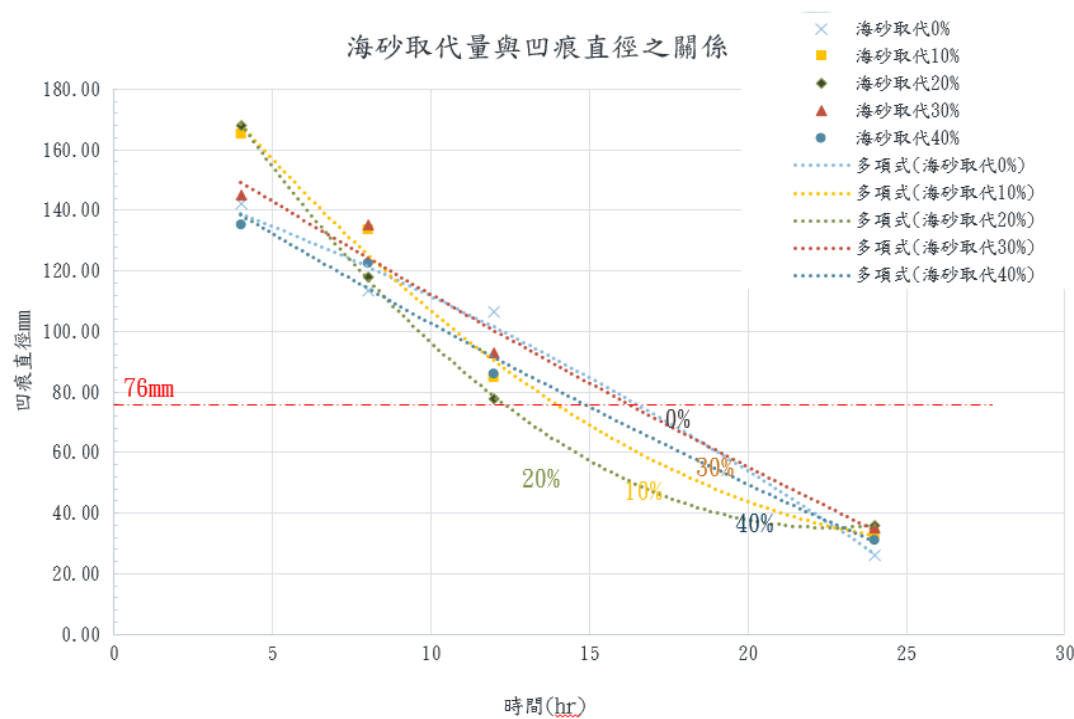
- 大部分民眾對海砂利用在工程上之認知並不全面，如大眾印象較深之海砂屋事件。
- 海砂中的氯化物會分解出氯離子，氯離子會破壞鋼筋表面的鈍化模，使其與空氣中水分接觸後氧化，導致鋼筋生鏽體積膨脹，造成房屋結構損壞。

四、規範試驗數據分析

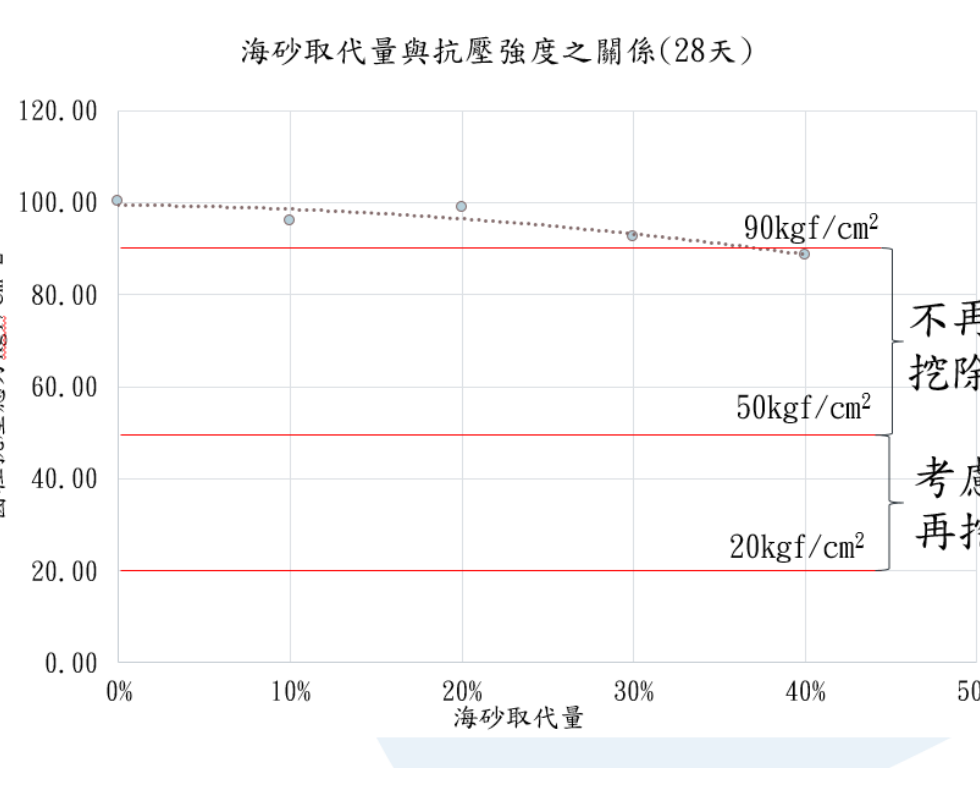
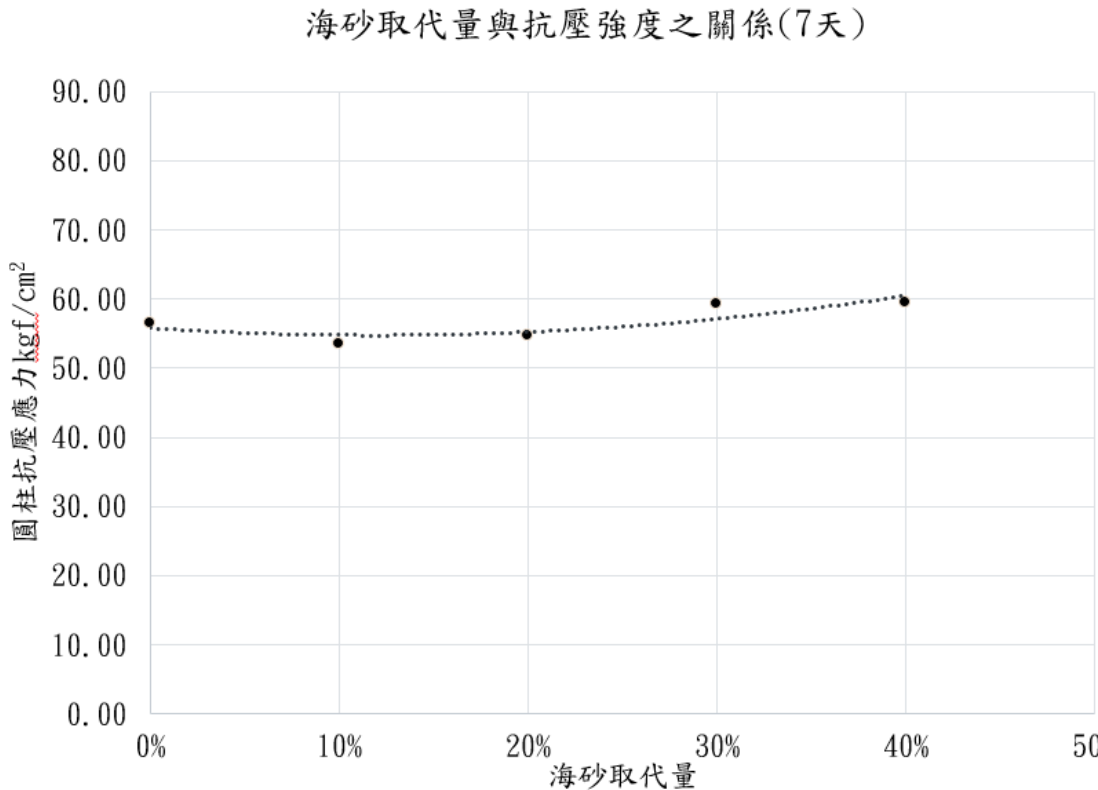
海砂取代量與坍流度之關係



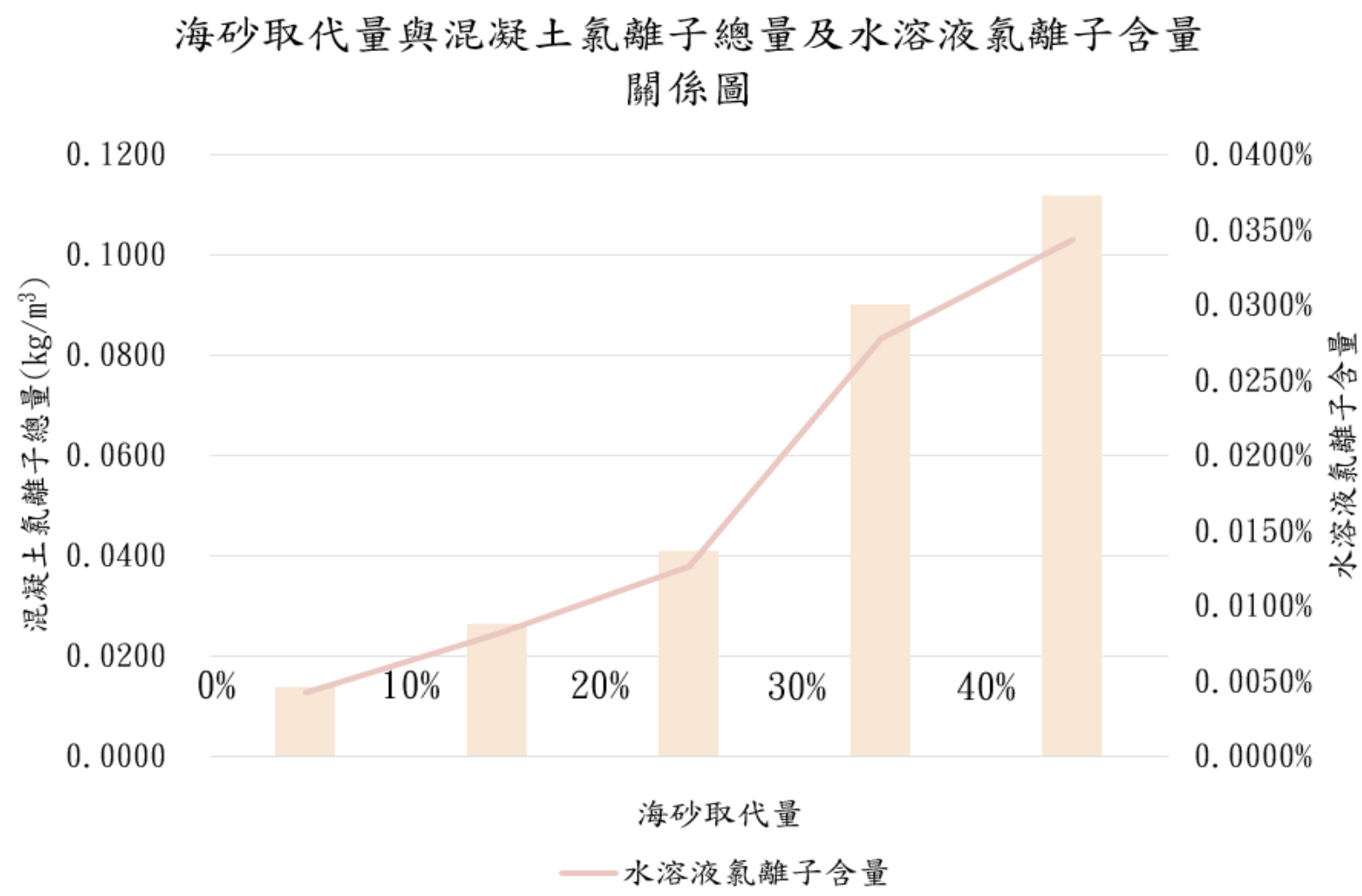
海砂取代量與凹痕直徑之關係



海砂取代量與抗壓強度之關係(7天) 海砂取代量與抗壓強度之關係(28天)



海砂取代量與混凝土氯離子總量及水溶液氯離子含量關係圖



各項檢驗數據與規範比較

項目	海砂試體					規範值		試驗規範
海砂取代總粒料量	0%	10%	20%	30%	40%	上限	下限	-
海砂取代細粒料量	0%	13.54%	27.08%	40.62%	54.16%	-	-	-
試體單位重 kg/m^3	2278.63	2101.32	2095.03	2084.34	2082.45	-	-	-
水溶液氯離子含量	0.0042%	0.0081%	0.0126%	0.0277%	0.0343%	-	-	-
混凝土氯離子含量 kg/m^3	0.014	0.026	0.041	0.090	0.112	0.15	-	CNS 13465
坍流度cm	41.65	57.05	51.40	55.00	40.25	-	40	CNS 14842
12小時之凹痕直徑mm	106.5	84.65	77.75	93.00	85.75	-	-	CNS 15862
24小時之凹痕直徑mm	26.00	33.00	36.00	35.00	31.00	76	-	CNS 15862
圓柱7天抗壓強度 kgf/cm^2	56.53	53.50	54.56	59.31	59.51	-	-	CNS 15864
圓柱28天抗壓強度 kgf/cm^2	100.29	96.10	98.86	92.48	88.64	90	20	CNS 15865

五、結論

- 海砂基本性質:**根據本次試驗結果，海沙不論比重、容積密度及空隙率皆略小於天然砂，且來自不同地段所取之海砂 也有不同的氯離子含量，推測可能與其形成原因，建議日後可進行微觀等試驗觀察。
- 海砂CLSM圓柱試體:**根據本次研究發現，添加海砂會使圓柱試體之強度及單位重下降，也使流動性略顯不佳。隨海砂取代量上升，每立方米之氯離子含量隨之提升，呈正向關係。
- 配比設計:**本次配比設計僅將海砂作為變數，固定水灰比及使用定量的水泥、粗粒料，若日後以不同配比設計施作，可能影響各項試驗結果，難以預期效益。建議往後設計時以氯離子含量為先決條件求得最佳使用量，再以水灰比進行設計為佳，藉以控制試體各項物性。



轉爐石應用於排水鋪面道路結構設計

王偉筑¹鍾昆佑²陳冠儒²蘇韋霖²許博惟²陳聖富²

義守大學土木與生態工程學系 講師¹
義守大學土木與生態工程學系 專題生²

摘要

近年來受到全球極端氣候影響，台灣常出現間歇性暴雨，對鋪面之耐久性產生不利之影響。現今天然資源減少，因此需提高其他產物之使用率。轉爐石本身有回脹特性，經安定化降低活性達到可利用之產物的目標。多孔隙瀝青混凝土具有降低打滑與排水之特性，添加轉爐石能提高抗車轍之能力以延長路面之使用年限。本研究會以廢棄物再利用符合政府之循環經濟的目標，因過往已有轉爐石替代天然石粗粒料之研究，故需深入瞭解滾筒轉爐石應用於PAC材料之成效，並進行配比設計及相關試驗研究後應用於道路上。

配比設計

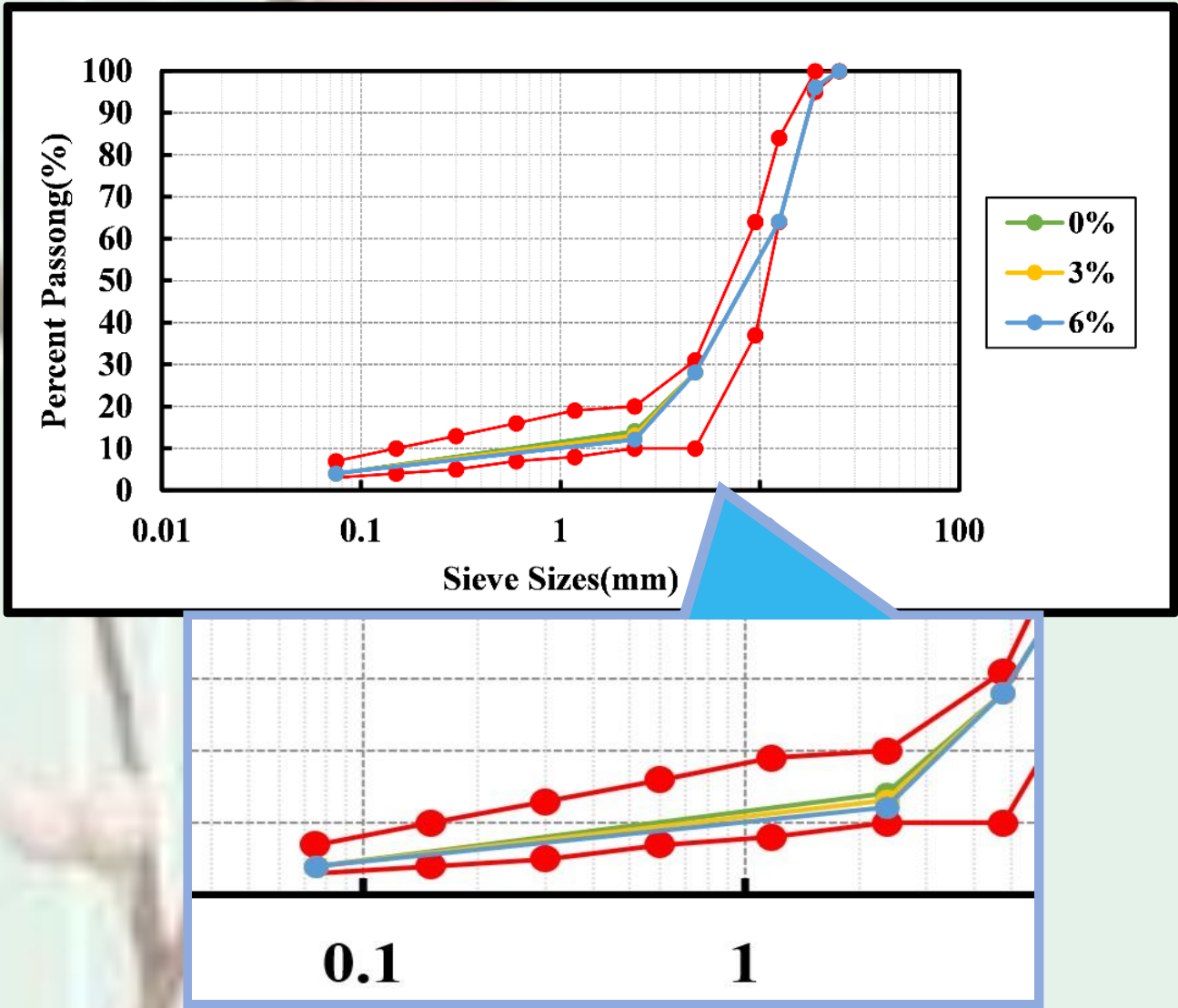
- 本研究分成3個配比，分別為轉爐石細粒料取代0%、3%和6%。
- 隨著取代量增加，粒徑2.36mm的數值逐漸下降，此現象符合轉爐石細砂的粒徑比天然細砂大。

馬歇爾配比設計

粒料種類	轉爐石	轉爐石	天然石	天然石	滾筒轉爐石	填縫料
	六分石	三分料	二分料	細砂	轉爐石	水泥粉
取代0%	11%	40%	37%	6%	0%	6%
取代3%	11%	40%	37%	3%	3%	6%
取代6%	11%	40%	37%	0%	6%	6%

材料分析

粒料級配曲線圖



基本性質試驗

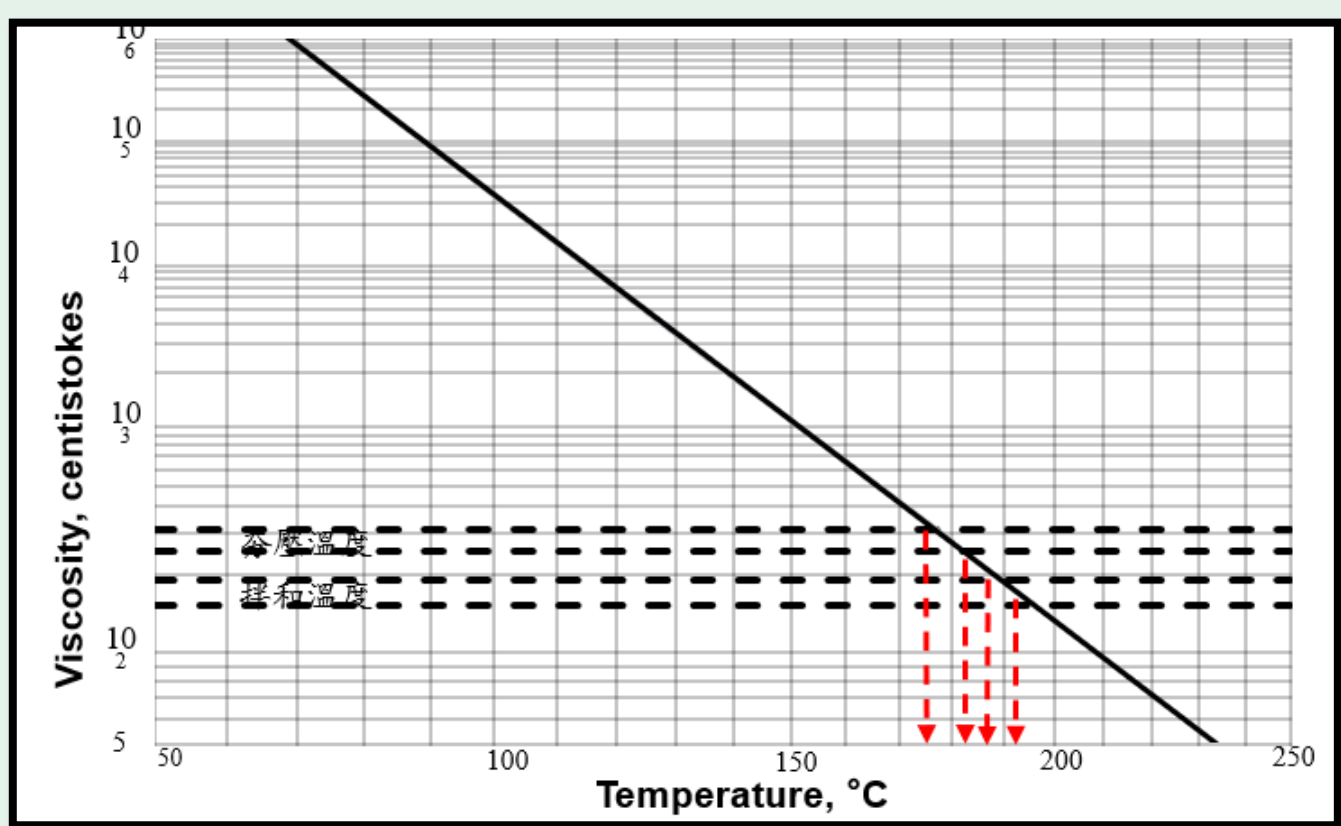
試驗項目	天然粒料		轉爐石		規範值	試驗方法
	二分石	細砂	六分石	三分石	滾筒轉爐石	
比重	2.53	2.53	3.32	3.02	3.14	-
吸水率(%)	2.75	3.51	0.72	1.49	4.01	-
磨損率(%)	14.37	-	13.39	17.64	-	< 30
健度(%)	13.18	5.74	2.07	0.02	6.13	細料 < 15
膨脹率(%)	0	-	0.372	0.257	0.478	< 0.5
粗料破碎面(%)	90.63	-	99.33	94.88	-	> 90

- 基本性質試驗表:上表試驗皆符合規範。
- 粒料級配曲線圖:左圖參考日本「排水性鋪裝技術指針」。

針入度、黏滯度試驗

針入度試驗			
瀝青種類	平均值	規範值	試驗方法
改質III型	68.9	>65	CNS10090
黏滯度試驗			
混合料種類	多孔隙瀝青混凝土-(標稱最大粒徑19mm)		
60℃黏制度為3360000cp	3478680cSt		
135℃黏制度為2417cp	2502cSt		
180℃黏制度為266.7cp	276cSt		
試驗方法	CNS14249		

拌合溫度與夯壓溫度關係圖



透過試驗得知，
最佳拌合溫度為185~192度
最佳夯壓溫度為175~182度

結果與分析

試體對照圖

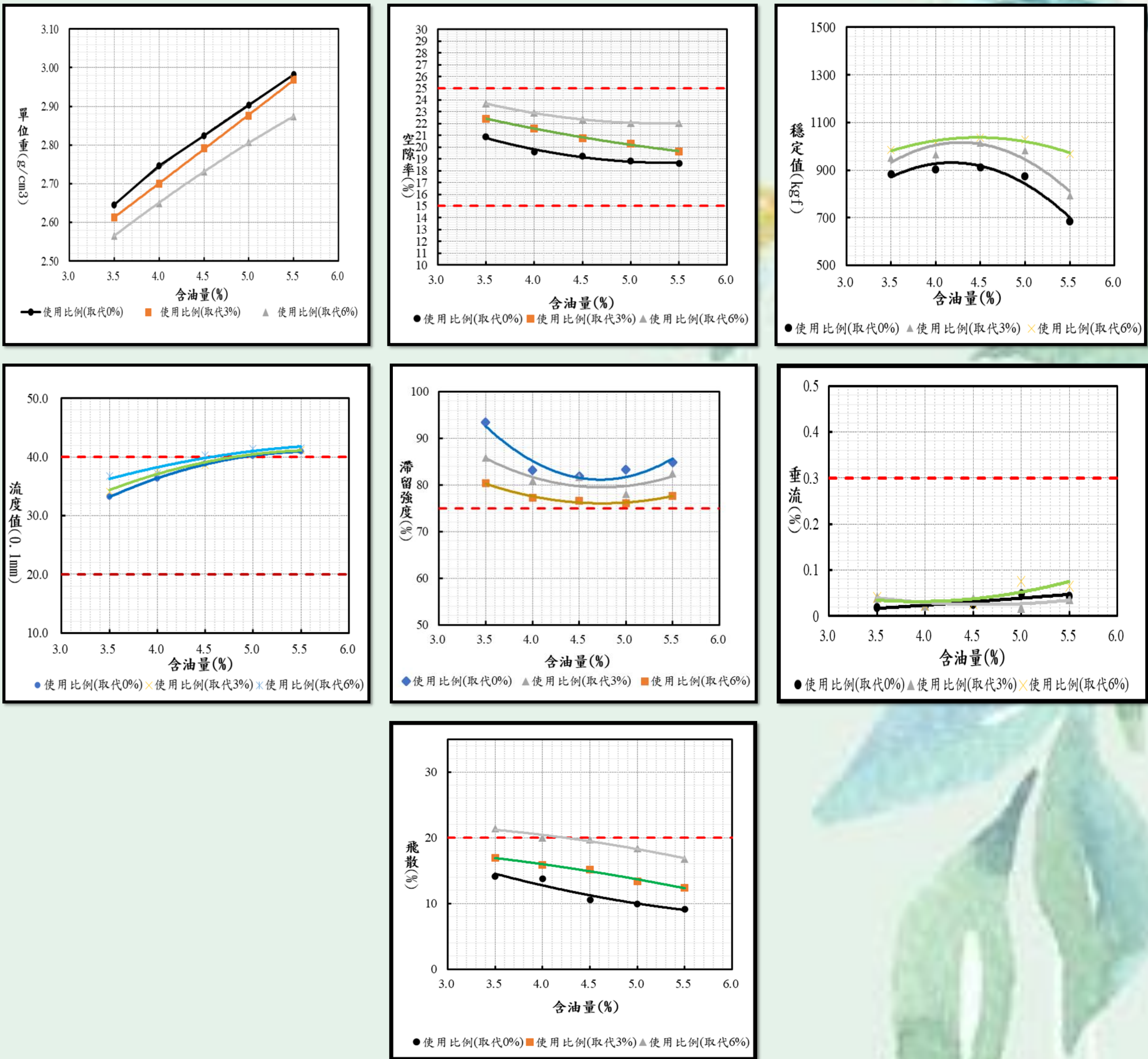
多孔隙瀝青混凝土



傳統密集配瀝青混凝土

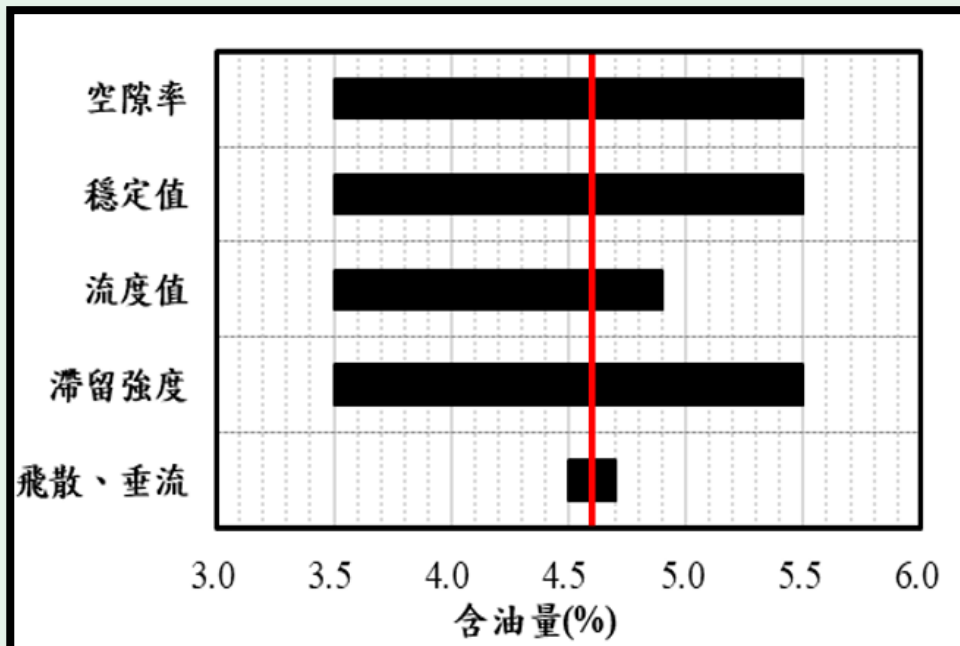


馬歇爾試驗



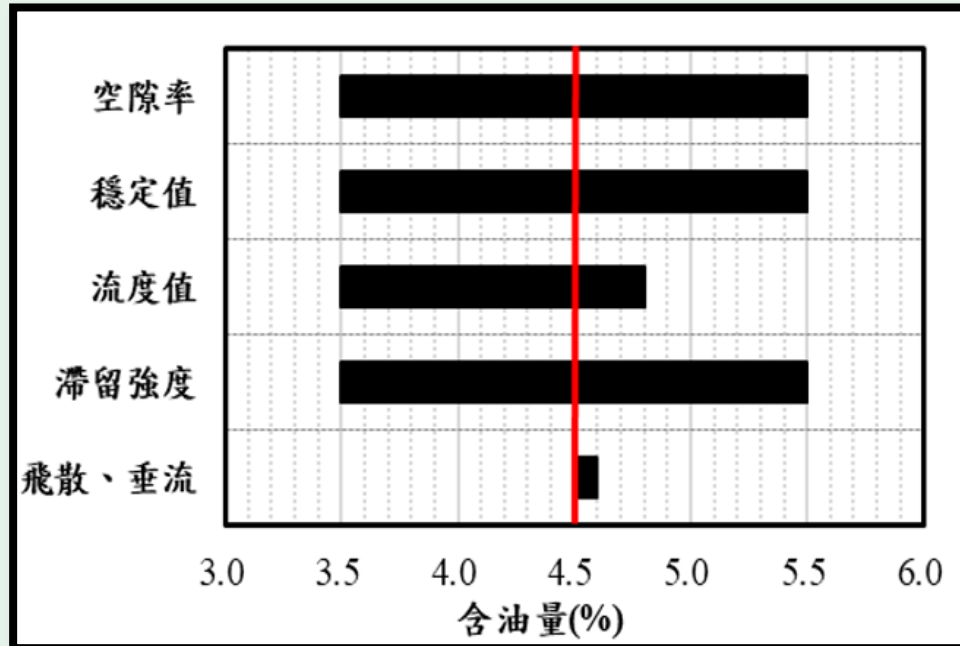
最佳含油量

取代0%



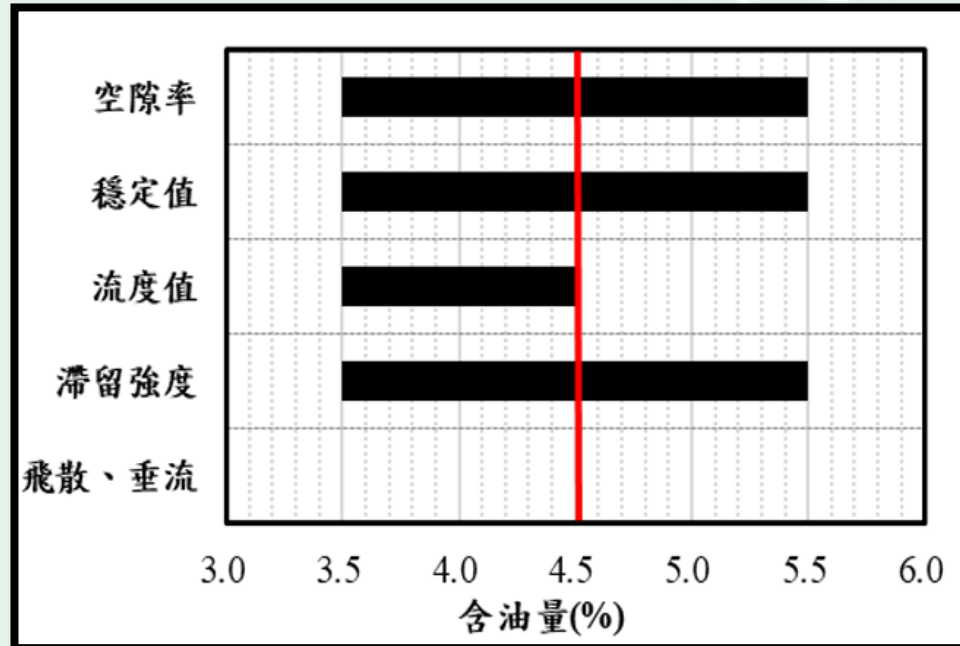
- 最終含油量值為4.6

取代3%



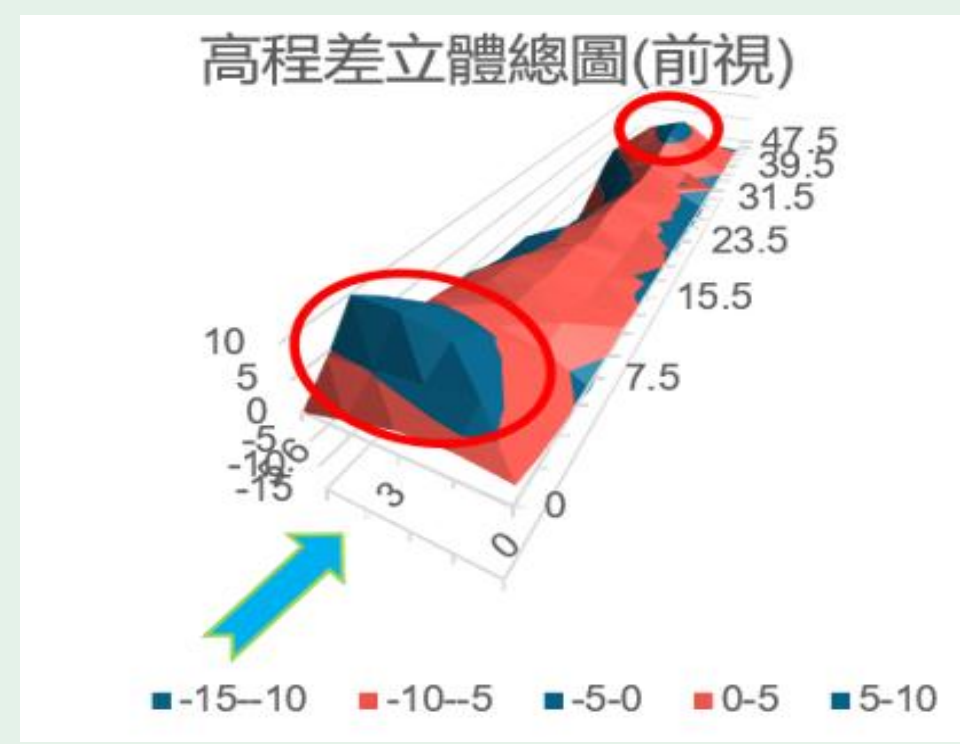
- 最終含油量值為4.5

取代6%



- 最終含油量值為4.5

工址調查



- 地點:工材實驗室入口前一段柏油路面
- 車道長度47.5M，寬度為5.6M。
- ➡: 實驗室門口目視方向

結構設計

交通量 (80KN ESAL)	路基土壤強度 Mr(psi)	△PSI	可信度 Z _R	標準差 S _O	A ₁	M ₁
58.55	9500	2.2	-0.3885	0.35	0.2514	1.2
$\log_{10}(W18) = Z_R \times S_O + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + x = \left(\frac{\Delta PSI}{0.4 + \frac{1994}{(SN+1)^{5.19}}} \right) + 2.32 \times \log_{10}(Mr) - 8.07$						
SN = a ₁ m ₁ D ₁ +a ₂ m ₂ D ₂ +a ₃ m ₃ D ₃						
	結構強度值	所需厚度值(cm)	設計結構強度值	設計厚度值(cm)		
面層	SN=0.181	D ₁ =1.524	SN = 0.67	D=5		
需求值 < 設計值, (OK)						

結論

1. 本研究採多孔隙瀝青混凝土配比設計法進行配比，其試驗結果均符合高雄市公共工程委員會第02798章規範。
2. 多孔隙瀝青混凝土之空隙率隨著取代量增加而提高，符合轉爐石之親油性。
3. 力學試驗結果顯示，多孔隙瀝青混凝土之穩定值與流度值皆隨取代量增加而增強，符合轉爐石具有良好之互鎖能力。
4. 使用含有轉爐石之多孔隙瀝青混凝土應用於試驗道路需要鋪設五公分。



碳鋼氧化矽砂應用於瀝青砂之研究



義守大學 土木工程學系

專題組員：陳霽濤 10809010A
李宗益 10806002A

許景智 10806011A
謝宗恩 10806803A

黃渝傑 10807038A
蕭柏軍 10806074A

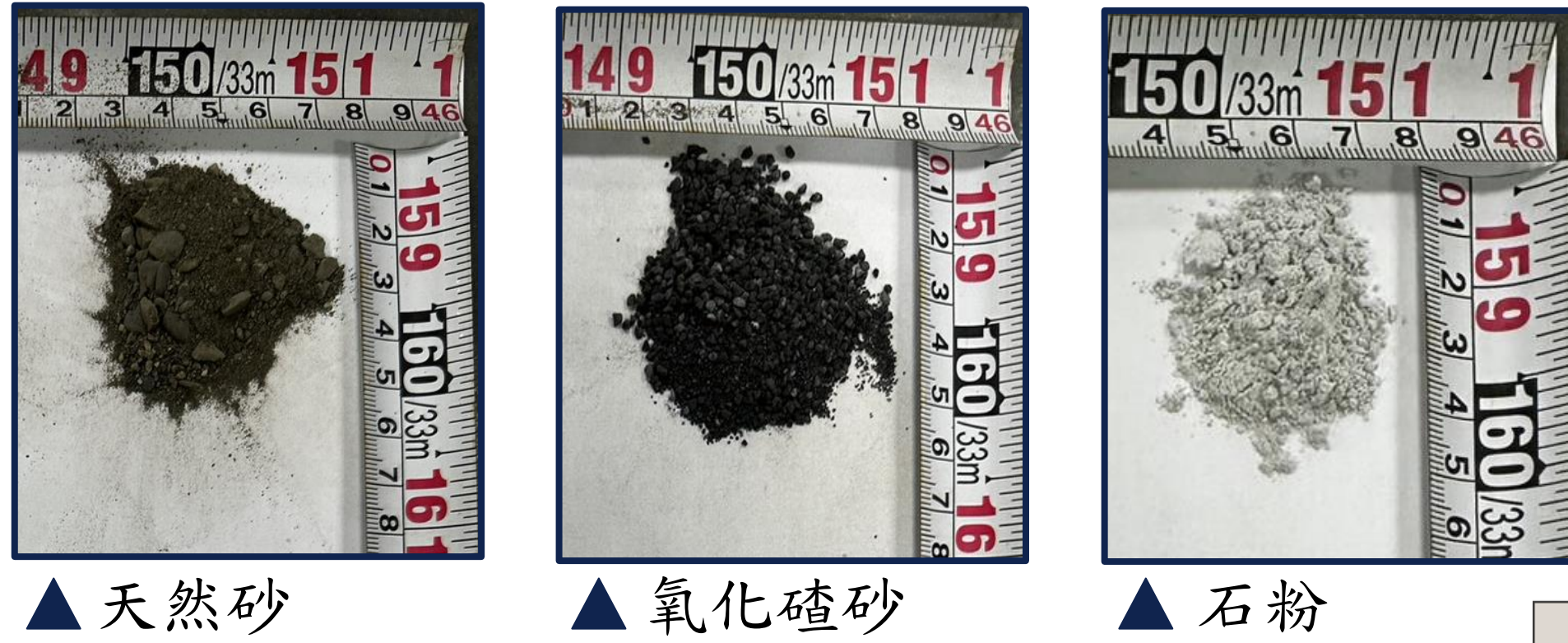
吳威漢 10806062A

指導老師：王偉筑 講師

研究背景與目的

隨著全球經濟快速發展，各國對煉鋼產量需求與日俱增，進而導致其副產物之囤積及掩埋議題受到關注，同時為了響應我國政府所提倡之永續觀念及資源再利用等綠色資源再利用原則，使得該副產物(碳鋼氧化矽)可再利用於工程中，因此本研究分別添加0%、20%、40%、60%取代量之碳鋼氧化矽砂取代天然砂於熱拌瀝青砂，並於後續探討各取代量之物理性質、穩定值、流度值及碳鋼氧化矽推行之可行性。

材料基本性質



▲ 天然砂

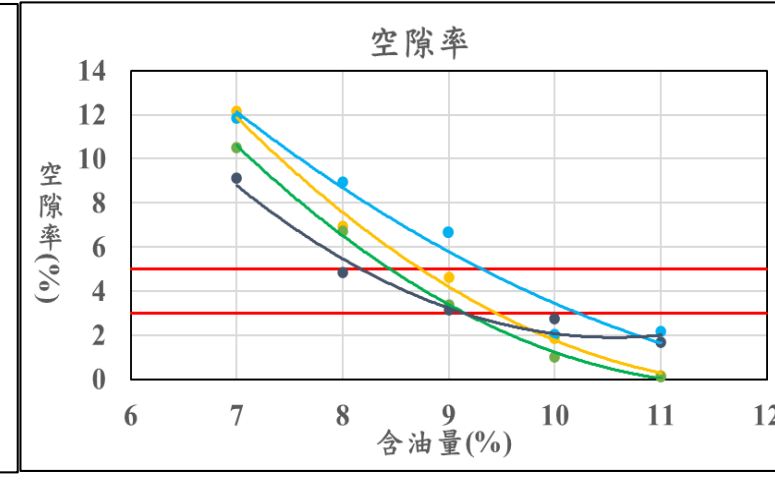
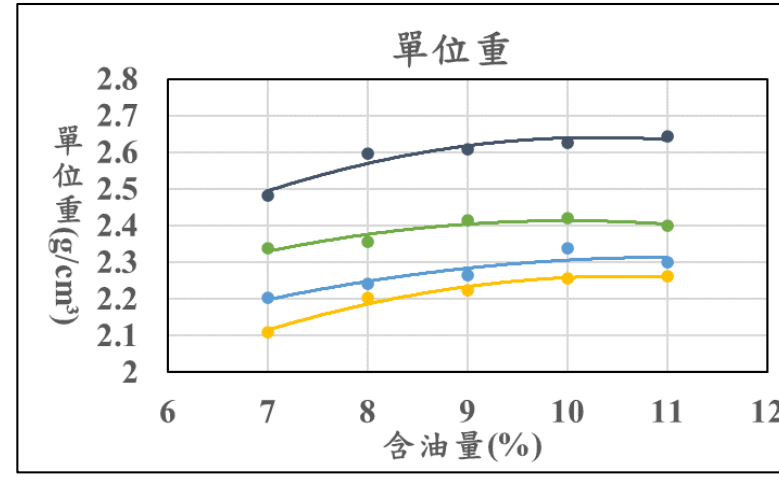
▲ 氧化矽砂

▲ 石粉

實驗項目	天然砂	氧化矽砂	石粉	規範值	規範
比重	2.67	3.47	2.65	-	CNS 487
吸水率(%)	0.61	2.05	-	-	
單位重(kg/m³)	1720	1950	1480	-	CNS 1163
含砂當量(%)	94	87	-	>50	CNS 15346
健度(%)	1.2	1.5	-	<15	CNS 1167

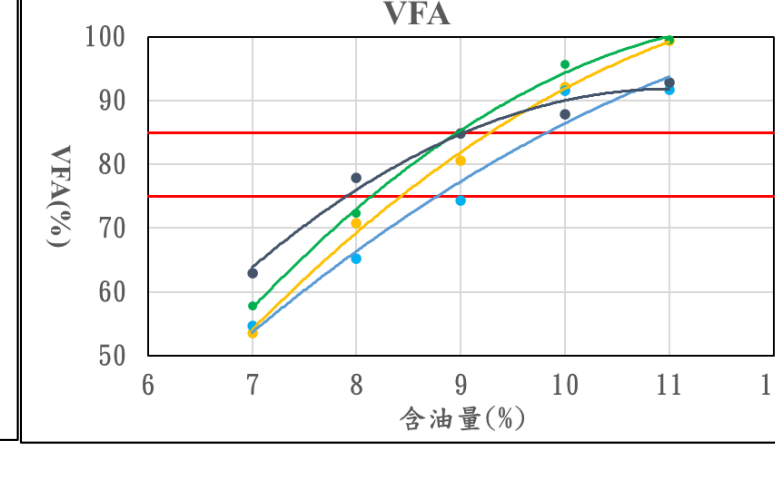
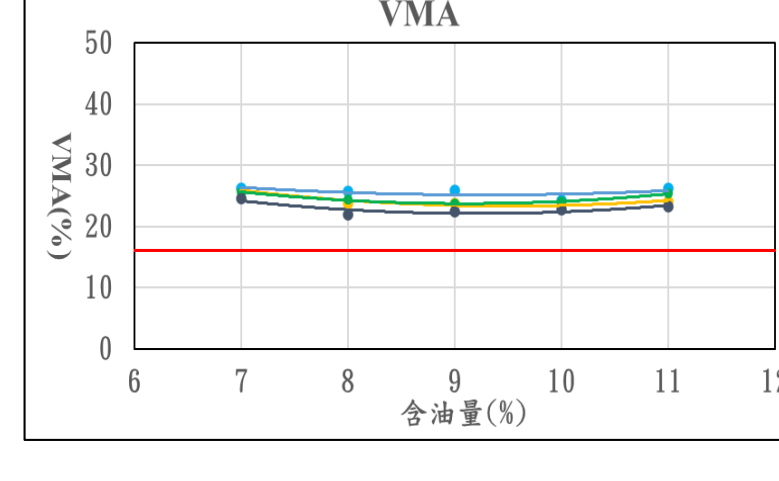
馬歇爾試驗

隨著取代量及含油量增加，單位重上升。



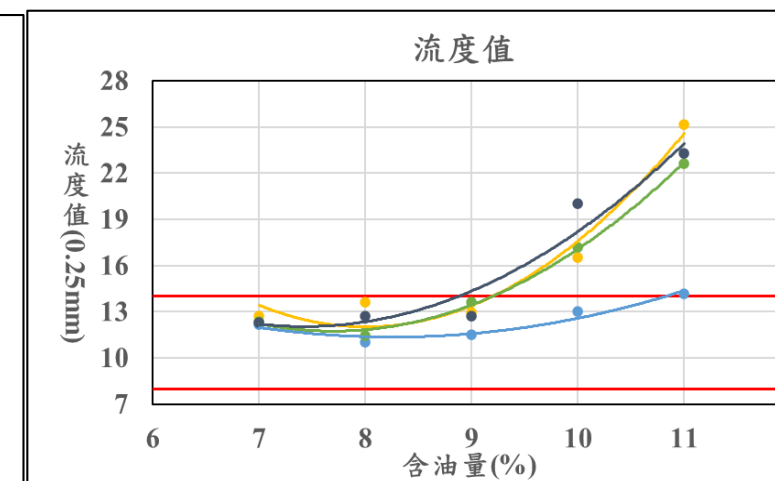
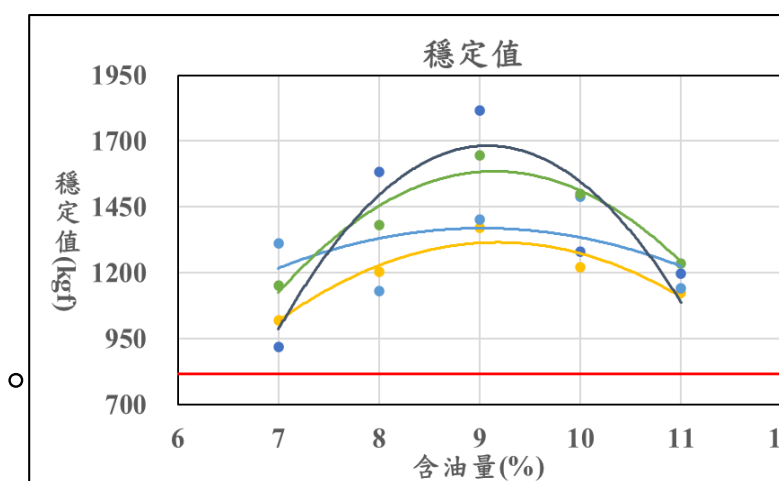
隨著取代量及含油量增加，空隙率降低。

各取代量之VMA差異性不大。



隨著含油量增加，VFA隨之上升。

隨取代量增加，穩定值越高。

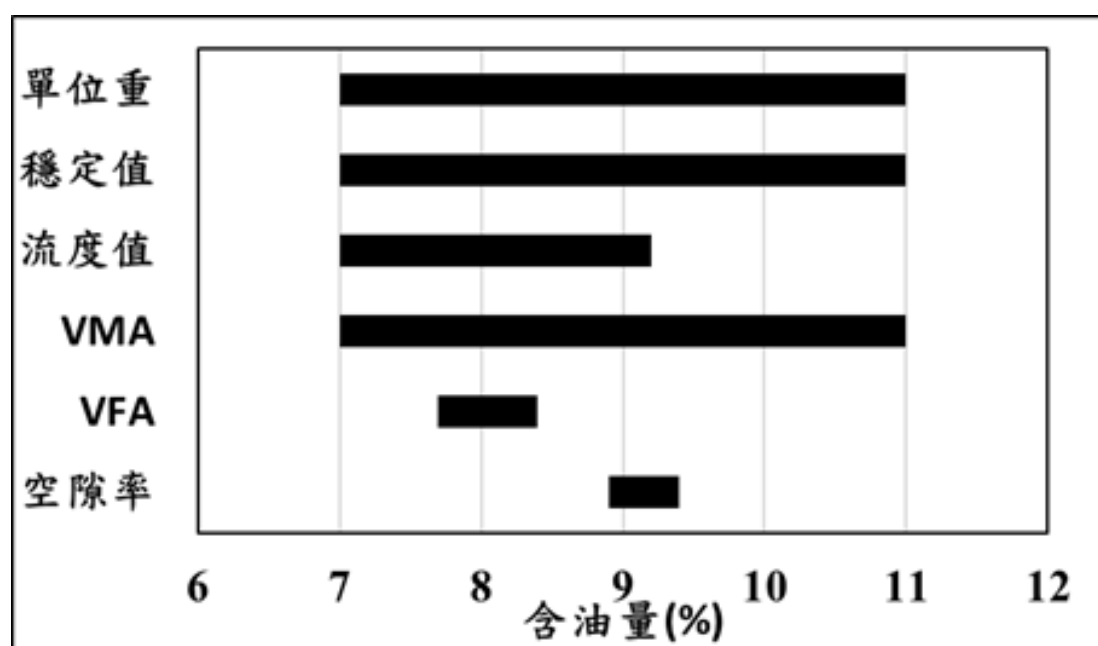


隨著含油量增加，趨勢呈現上升。

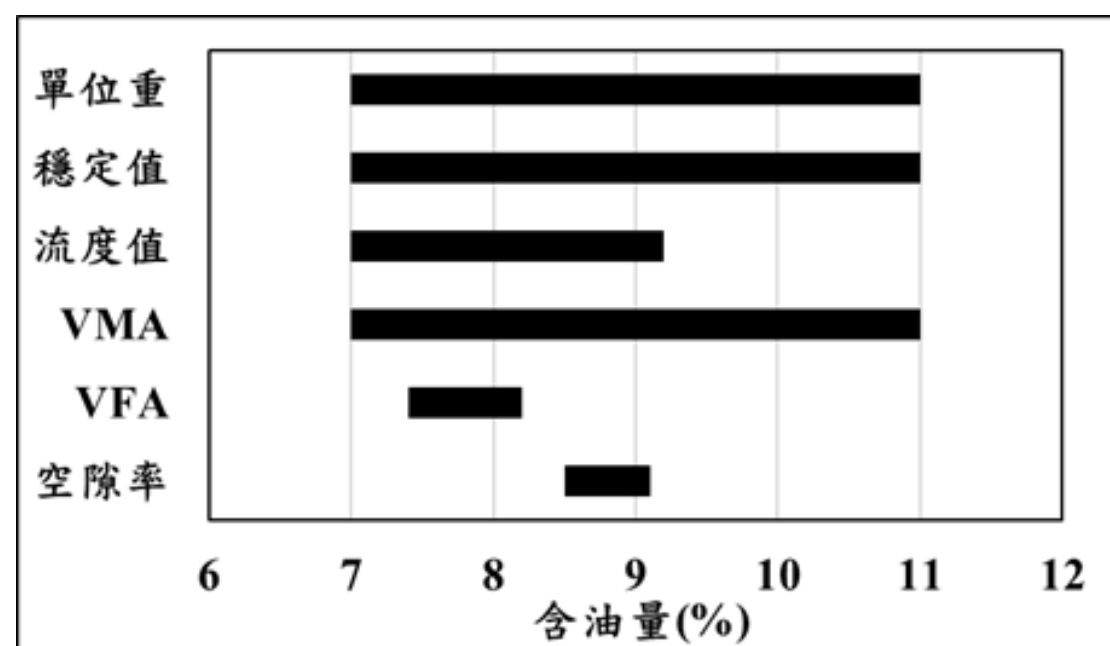
● 0%取代量 ● 40%取代量
● 20%取代量 ● 60%取代量

小結

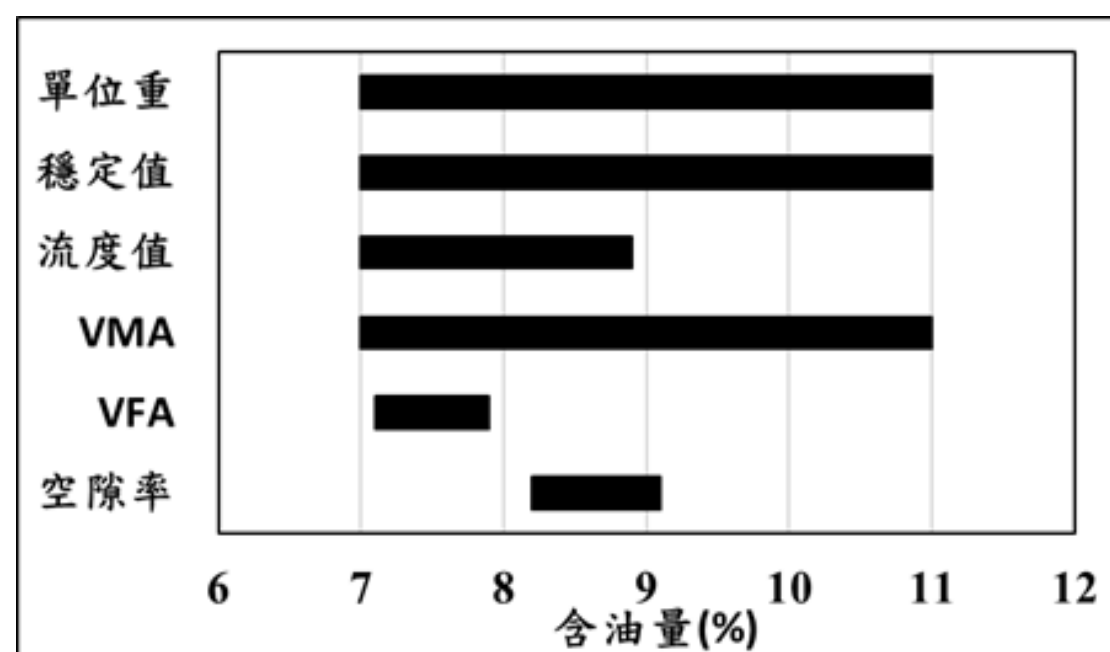
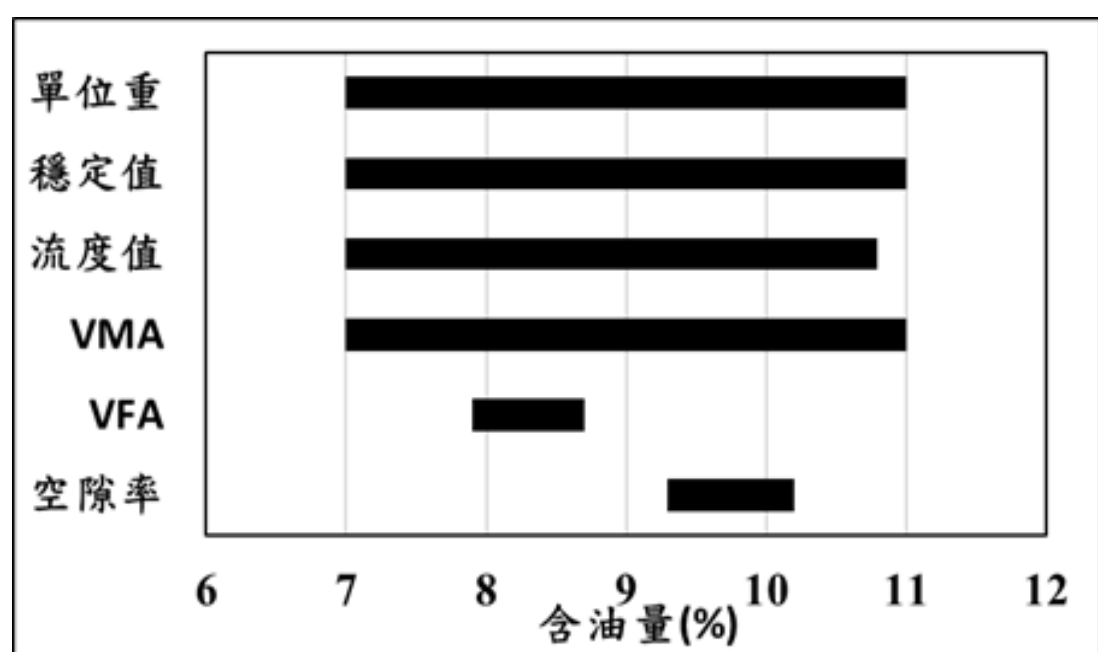
- 根據目前瀝青混凝土鋪面之規範，沒有辦法找到瀝青砂之最佳含油量，經試驗結果分析後，建議調整VFA之規範值。



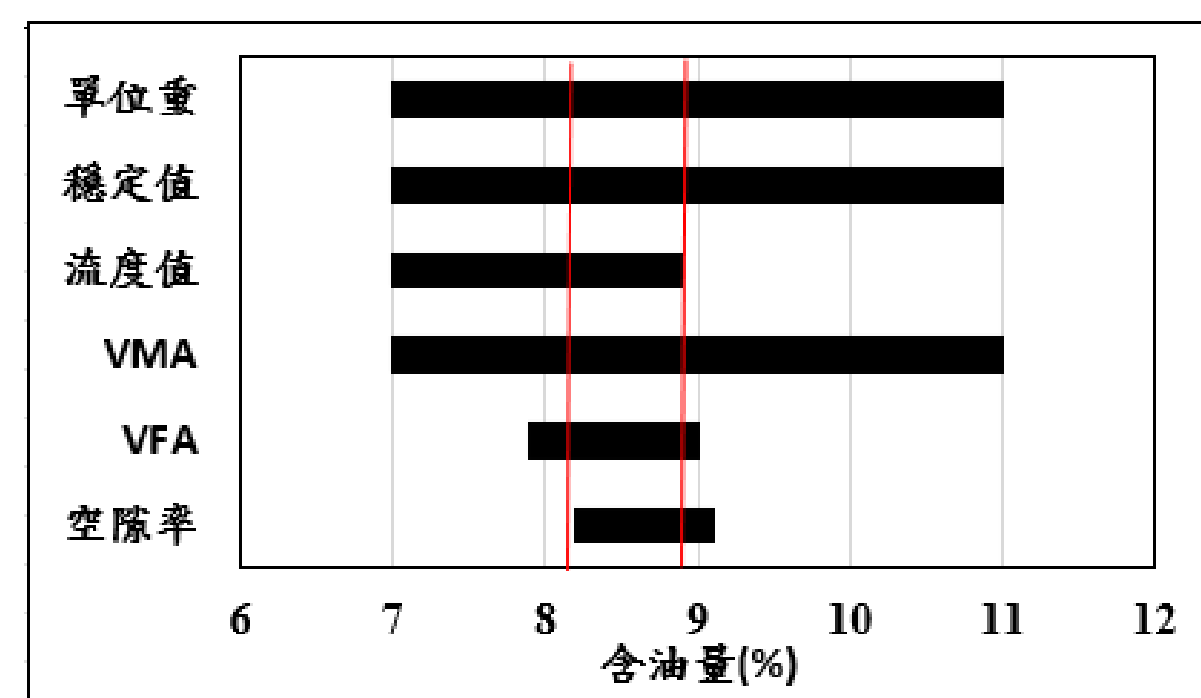
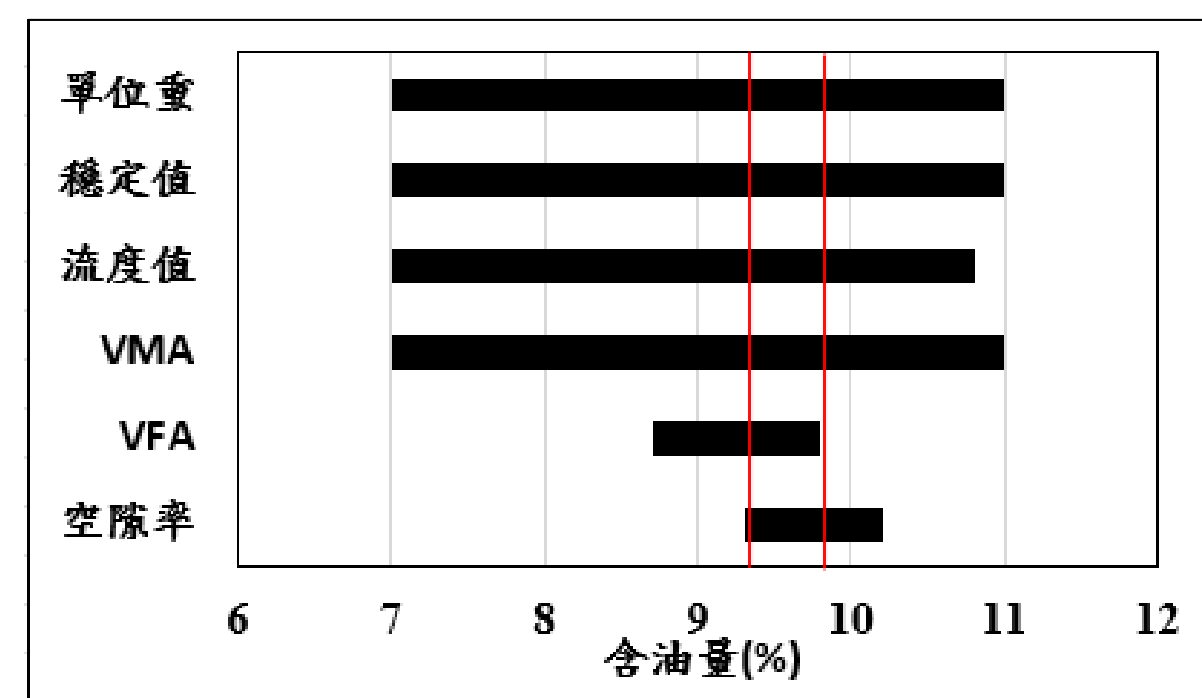
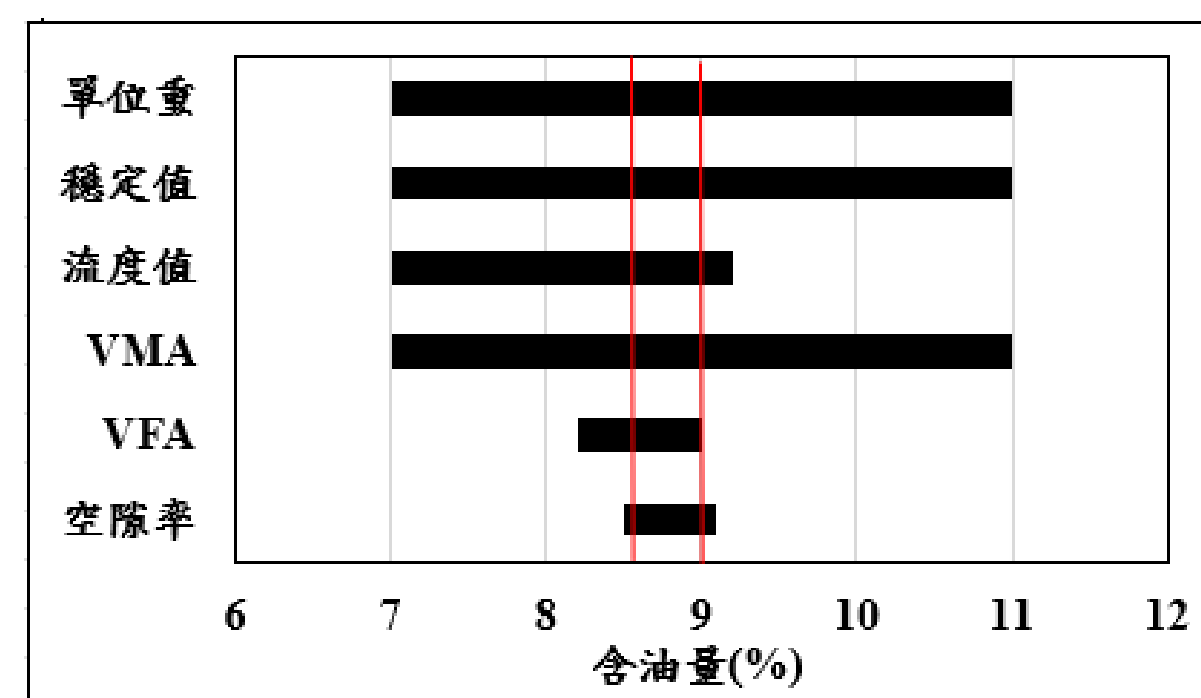
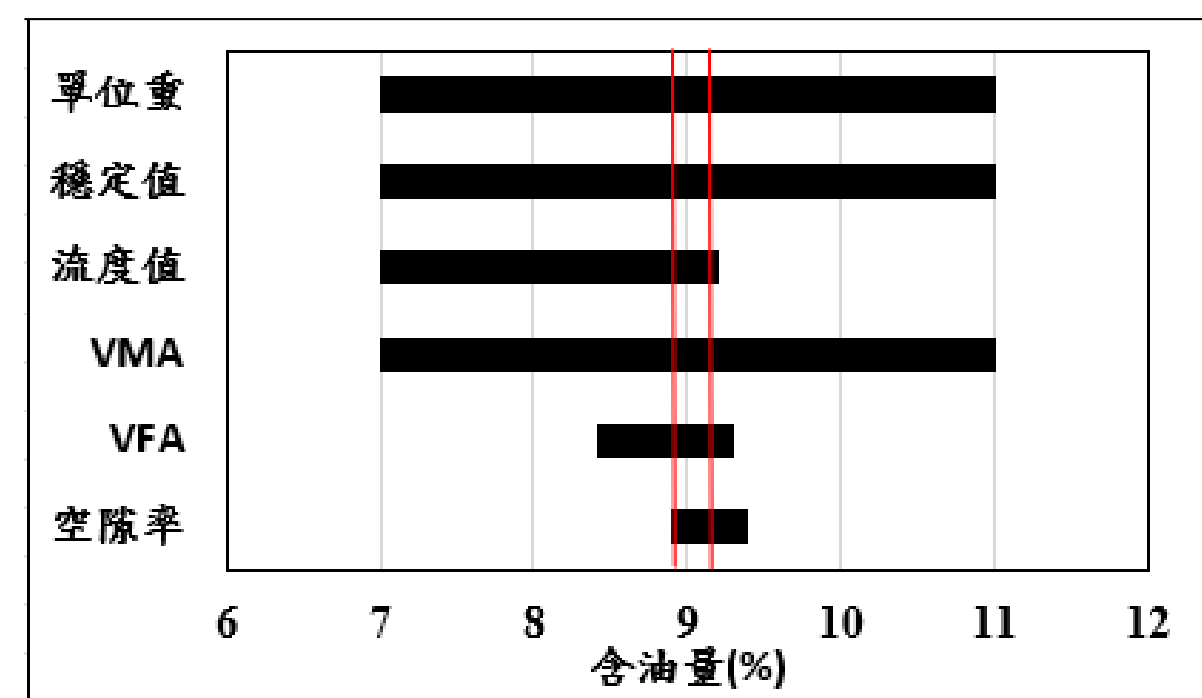
◀ 0%取代量 ▶ 40%取代量



◀ 20%取代量 ▶ 60%取代量



修改後之最佳含油量



氧化矽砂之最佳取代量

氧化矽砂取代量	取代量	含油量	穩定值	流度值	空隙率	積分
0%	4	3	4	4	1	16
20%	3	4	3	1	4	15
40%	2	2	2	2	2	10
60%	1	1	1	3	3	9

分數越低，品質越好

成本分析

材料占比	天然砂	氧化矽砂	石粉	AC-20	總比例
0%	88.3%	0%	2.7%	9%	100%
60%	33.9%	55%	2.8%	8.3%	100%
材料單價(元/公噸)	272	免費	29000	16000	合計(元)
0%	240.2	0	783	1440	2463.2
60%	92.2	0	812	1328	2232.2

在不考慮運費的情況下，計算成本後，得知60%取代量較0%取代量節省近10%的成本

結論

一. 氧化矽砂與天然砂的基本性質，除比重及吸水率外，其差異性不大。

➢ 比重：氧化矽砂因具有鐵質氧化物含量，故比重較天然砂高。

➢ 吸水率：氧化矽砂為多孔隙結構，故較天然砂高。

二. 馬歇爾配比設計：

經由馬歇爾穩定值試驗及流度值試驗得知，各取代量之含油量約為9%時，表現出最優異之表現。

三. 根據施工綱要規範第02742章-瀝青混凝土鋪面中所訂定之規範，進行馬歇爾配比設計後，我們發現任何取代量都達不到規範要求。若依現有規範，無法得出合格的瀝青砂，建議未來研究學者及相關單位能夠進行更深入之探討，或許需建立一套屬於瀝青砂之規範。

四. 依據本研究建議修改之相關規範，所求得各取代量之最佳含油量為：

取代量	0%	20%	40%	60%
最佳含油量	9%	9.4%	8.6%	8.3%

五. 針對各取代量之最佳含油量進行比對後，得出氧化矽砂最佳取代量為60%。

六. 針對氧化矽砂60%取代量與0%取代量進行成本分析得出，添加高達60%取代量能夠節省約莫10%之材料成本。



深開挖工程規劃設計與實務探討

*古志生¹ 郭永騏²陳易廷²林楷諭²王彥皓²歐昱賢²

¹,教授 土木工程系/義守大學(csku@isu.edu.tw)

²,學士 土木工程系/義守大學

摘要

本專題以高雄市三民區明仁路段某社會住宅建案之深開挖工程為案例，配合鄰近地區之土壤鑽探資料作為深開挖結構設計參考與軟體模擬之參數設定，此次深開挖結構設計包含地下連續壁、水平擋土支撐等，再搭配現地安全監測，以掌控開挖時鄰近地區沉陷與擋土結構變位等，以外再利用有限元素分析軟體-PLAXIS 2D作為軟體分析工具，以確保此次結構設計在安全方面是無疑慮的，最後再將此次施工過程中所使用之材料與機具，及工程歷時天數做計算，以得到本工程所花費金額與工期，結合以上所有重點來模擬實際工程問題。將在大學所學到的專業知識靈活運用在實務上。

一、前言

- 在大學期間我們學習過諸多各式各樣的力學與數學，而深開挖這項工程不僅僅是結構方面的考量，還牽扯到土壤的現地情況，為土壤與結構互制問題，而本次我們選擇此題目能將在大學所學到之靜力學、材料力學、結構學、土壤力學、基礎工程、工程地質學、工程數學、鋼筋混凝土學、鋼結構設計、工程數學、營建管理、有限元素軟體分析之邏輯及現地安全監測之專業知識靈活運用在實務上。呈現於此次的專題內容。

二、主題實務概述

- 基地位置：高雄市三民區明仁段
- 基地尺寸：約長 50 m，寬35 m
- 主要用途：社會住宅
- 建築概述：地上 15 層、地下 3 層
- 開挖深度：13.5 m 圖1所示



圖1

三、擋土結構設計

- 連續壁擋土設計
- 採用極限強度設計法(LRFD)，假設開挖基地中間斷面擋土牆呈現單向度變形，設計時取單位寬度 (b=1m) 的連續壁，利用撓曲梁的方法進行設計。設計過程參考規範主要設計項目包含四項：垂直主鋼筋一採用#10 (D32) @30cm，兩側配置水平主鋼筋一採用 #5 (D16) @30cm，兩側配置剪力鋼筋一採用#3 (D10) 作為繫筋配置，以便吊掛鋼筋籠鋼筋伸展及續接長度一參照乙級搭接或螺紋續接器其相關規定。鋼筋公母單元配筋圖為圖2、公母單元場內位置圖為圖3、圖4所示。

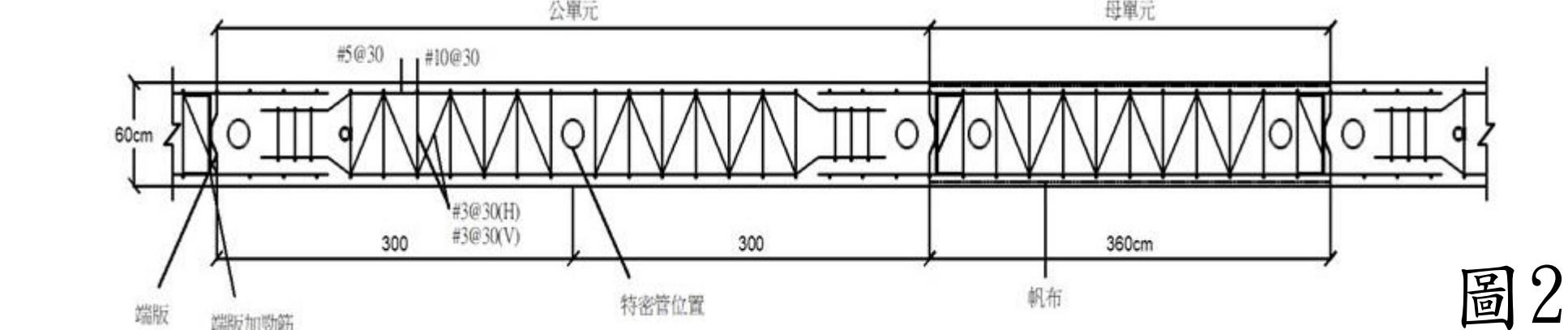


圖2

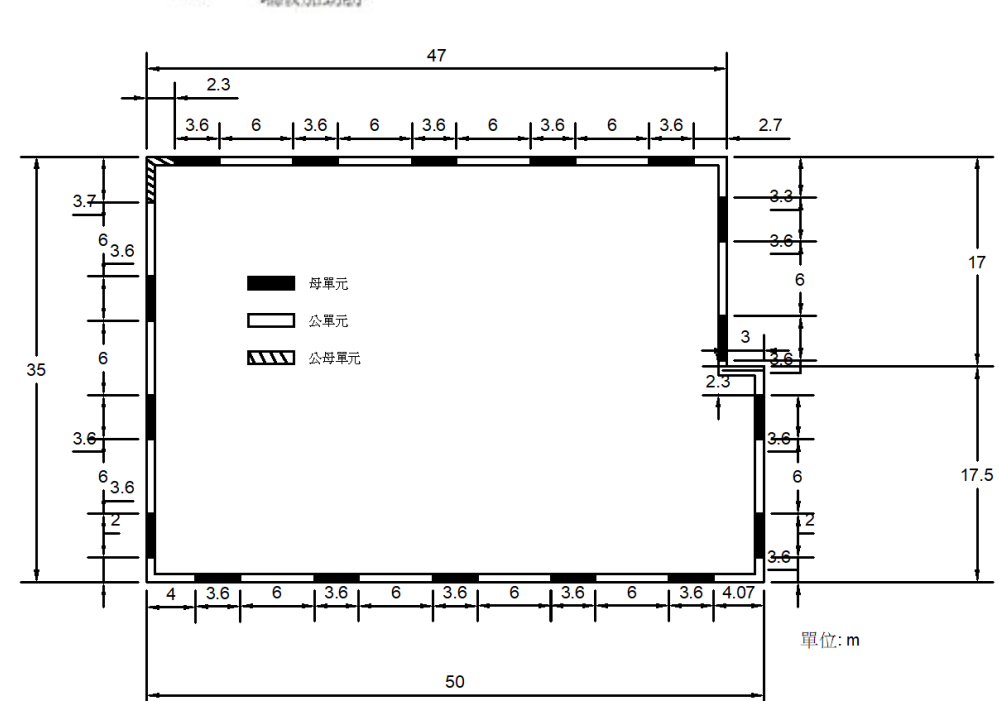


圖3

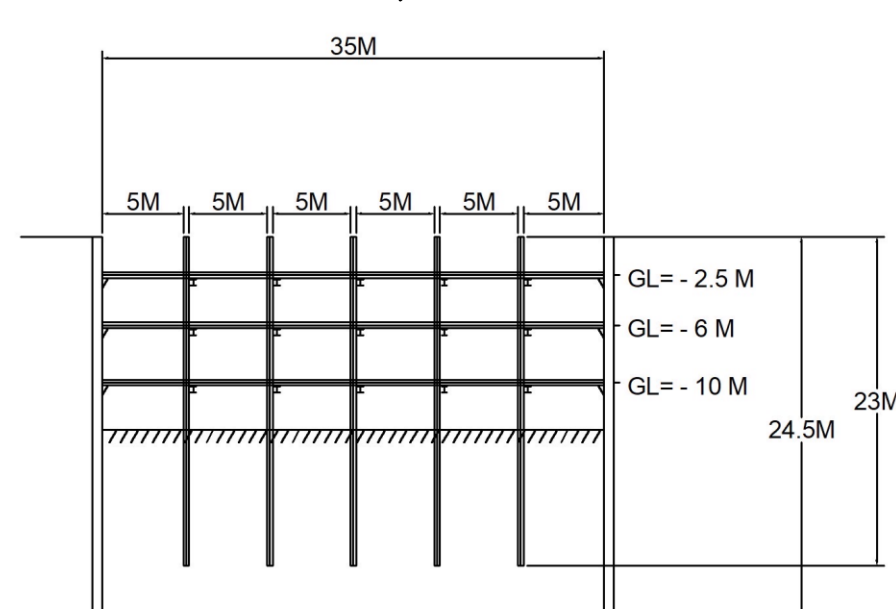


圖4

四、水平支撐系統設計

- 4.1水平支撐系統檢核
- 使用容許應力設計法(ASD)，而為使施工過程與後續的工程估價方便，故本工程所使用之型鋼皆為使用400x400x13x21mm型鋼作為強度檢核，其中水平支撐最大受力值位於深度10m處，其受力值為177.4T，而在長邊50公尺的容許壓力為186.6T，短邊35公尺的容許壓力為195.9T。
- 4.2擋土圍令結構設計與檢核
- 圍令無支撐間距為5m，而容許彎曲強度為4085tf*cm，而在深度10公尺深處其橫檔受力為0.06t*cm之均佈載重，其所受彎矩為3675tf*cm。
- 4.3中間著垂直支承力設計與檢核
- 中間柱所受重量為62.545T，故設計強度需大於62.545T。
中間柱垂直支承力計算方式: $Q_u = Q_p + Q_s = f_s A_s + q_p A_p = 185.305$ 。
 $Q_a = Q_u / FS = 185.305 / 2 = 92.653$ 中間柱容許垂直支承力 = 92.653 > 62.545 故此結構無安全疑慮！水平支撐設計圖4所示

五、PLAXIS 2D軟體分析

- 5.依據設計以下為PLAXIS軟體所分析的變位圖5、剪力圖6、彎矩圖7、鄰房沉陷量圖8、水平支撐受力圖9結果皆為安全數值，具有可信度。

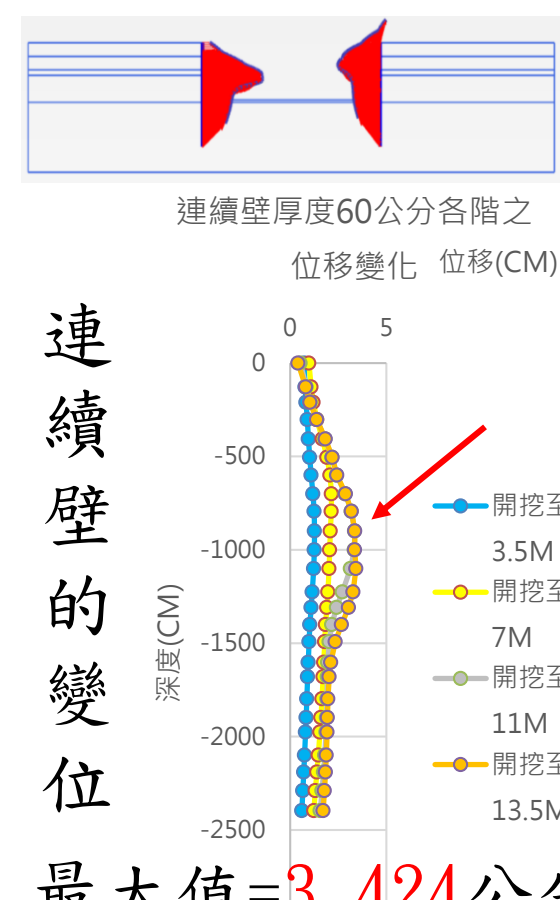


圖5

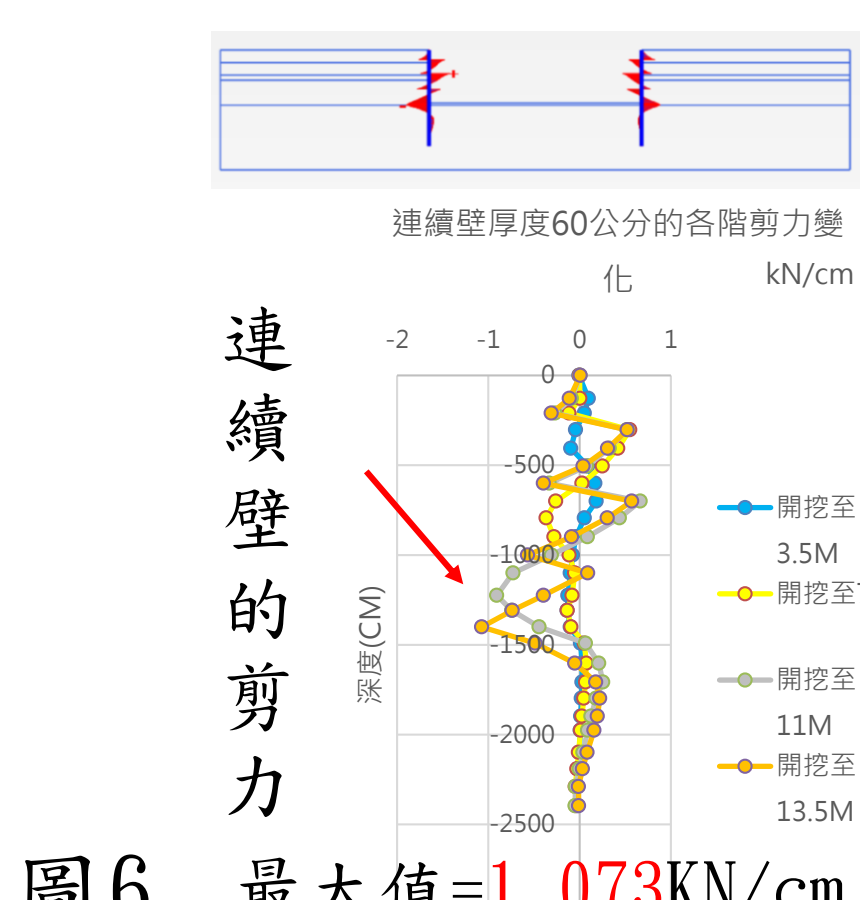


圖6

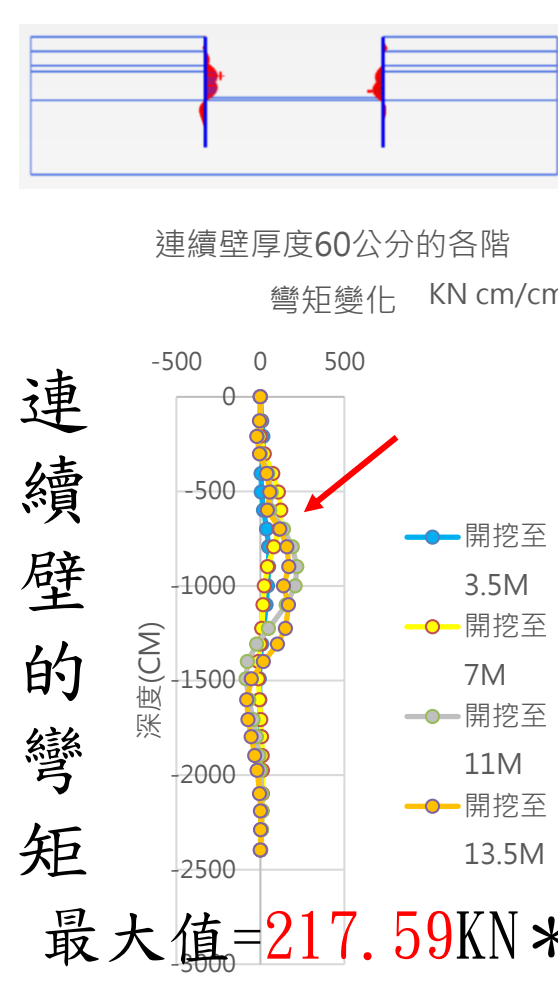


圖7

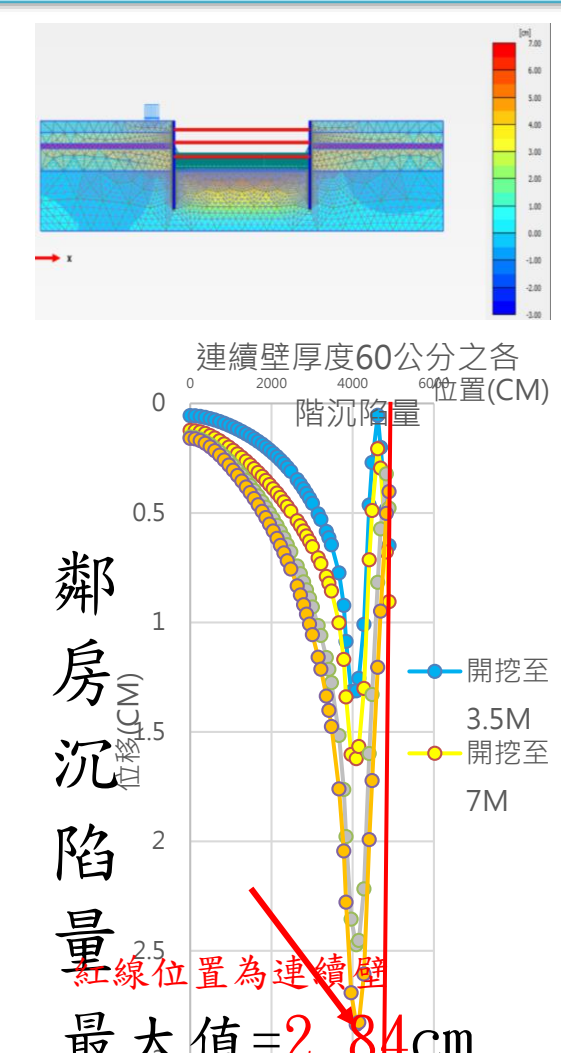


圖8

水平支撐各階的受力情形

圖9

	開挖至3.5M	開挖至7M	開挖至11M	開挖至13.5M
第一支支撐	N/A	-463.8	-577.9	-616.6
第二支支撐	N/A	N/A	-691.7	-695
第三支支撐	N/A	N/A	N/A	-563.4

(KN)

六、安全監測設計

圖10

- 高雄施工規範 - 第02259章 (開挖安全監測)，本次工程所需使用的安全監測儀器以及頻率為圖10所示。

監測儀器	監測頻率		
	連續壁施作、地下室開挖前	基礎開挖中	基礎構築中
1.壁內傾度管	二周一次	二天一次	一周二次
2.壁內鋼筋計	二周一次	一天一次	一周二次
3.振弦式應變計	--	一天一次	一周二次
4.中間柱沉陷點	--	二天一次	一周一次
5.隆起桿	一周一次	三天一次	一周三次
6.沉陷觀測釘	一周一次	二天一次	一周二次
7.水位觀測井	二周一次	一周二次	一周一次
8.水壓計	二周一次	一周二次	一周一次

七、工期與估價

- 本次工期及價格估算部分皆參考政府機關所公佈之工率分析手冊及估價系統作為依據，計算所得出需要272天為圖11，以及需要柒仟玖佰壹拾壹萬柒仟柒佰貳拾貳圓整為圖12，本專案地上建物為4,535.685坪，換算總價17443.3元/坪。

		基礎工程時程表																											
工期表		序	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270		
開挖工程		30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
地盤連續壁工程		53																											
深開挖支撐工程		99																											
拆除支撐		90																											

圖11 工期時程表

古氏營造 工程估價單						111年12月19日
工程名稱:	大樹區開工工程					
工程地點:	本工區範圍有從舊橋為民國111年12月31日截止為止					
項目	項目及說明	單位	數量	單價	總價	備註
一	基礎工程	天	1.000	1,172,171	1,172,171	
二	連續壁工程	天	1.000	21,484,863	21,484,863	
三	安全支撐	天	1.000	38,315,881	38,315,881	
四	安全鋼筋工程	天	1.000	1,475,211	1,475,211	
五	安全鋼筋工程	天	1.000	185,243	185,243	
六	安全鋼筋工程	天	1.000	1,115,588	1,115,588	
七	鋼筋工程	天	1.000	274,121	274,121	
八	鋼筋工程	天	1.000	185,243	185,243	
九	鋼筋工程	天	1.000	6,982,581	6,982,581	
合計					51,958,511	
稅金					5,195,851	
總價(總計)					57,154,362	

圖12為本次專案估價單

八、結論

- 本次深開挖工程共開挖13.5m，且在開挖至3.5、7、11 m時架設支撐，支撐位置在2.5、6、10 m位置處。
- 連續壁厚度為60cm，深度24.5 m
- 本專案地上建物為4,535.685坪，換算總價17443.3元/坪。
- 水平支撐最大受力處在地下十米處，為177噸，而結構設計容許最大值为186噸及195噸，故結構安全無疑慮。
- 軟體分析結果連續壁最大變位3.424 cm，剪力最大值为1.073kN/cm，彎矩最大值为217.59kN*cm/cm，鄰房沈陷量最大值为2.84cm。

參考文獻

- 書籍:歐章煜 - 進階深開挖分析與設計(2003)
- 書籍:劉志祥、張海清 - PLAXIS 2D基礎教程(2017)
- 高雄施工規範 - 第02259章(開挖安全監測)
- 書籍:王珏 - CSI見築現場工程數量計算
- 公共工程價格資料庫

BIM建築模型結合AR/VR在視覺上的呈現



學生:周沛昱、謝少彬、陳思詠、謝博仲、黃奕棋、黃國清、張佑丞
指導老師:林國良
土木工程學系

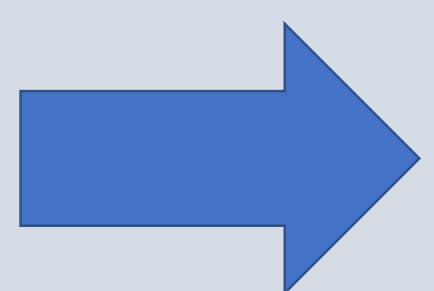
摘要:

本研究主要探討BIM建築模型結合AR/VR在視覺上的呈現之應用。目前國內外建築圖、結構圖大多都是2D呈現，想觀看到細節勢必得到現場看樣品屋或者建物蓋完成後才能看到實體，其中呈現設計方式大多是以傳統的實體模型或樣品屋為基礎，輔以2D平面設計圖而成。因為大多數人並沒有學過土木相關知識，使得大多數一般人並不是能看懂建築圖或施工圖，而且當遇到較為複雜的建築物時，平面的2D圖更為複雜，所以使得識圖上之設計與製造對一般人變得極為複雜且不易判讀。再者，有時候施工上把施工位置弄錯誤的發生，大部份是因人為的疏失及施工圖判別影響。是故，設計探討一BIM建築模型結合AR/VR在視覺上的呈現之應用，以取代目前傳統式施工建築製圖系統，是有其必要性及迫切性。

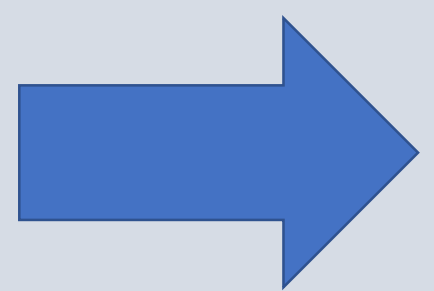
本文用一BIM建築模型結合AR/VR在視覺上的呈現之應用，學習法則為主要將建築物用AUTOCAD REVIT 3D建置出來後，再加上SAP2000對建築物結構進行分析，建築物結構檢核完後放進blender軟體建置VR的模型放置虛擬實境內，搭配3D頭戴立體VR虛擬眼鏡以第一視角的方式清楚看到建築物內外格局及門窗樓梯樑柱的位置為參考。

研究方法:

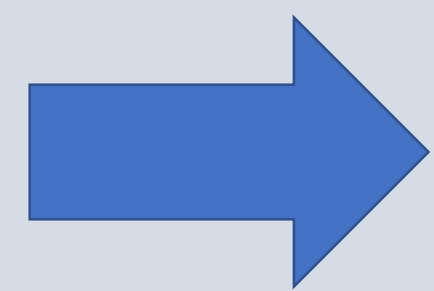
AUTODESK®
REVIT®



SAP2000



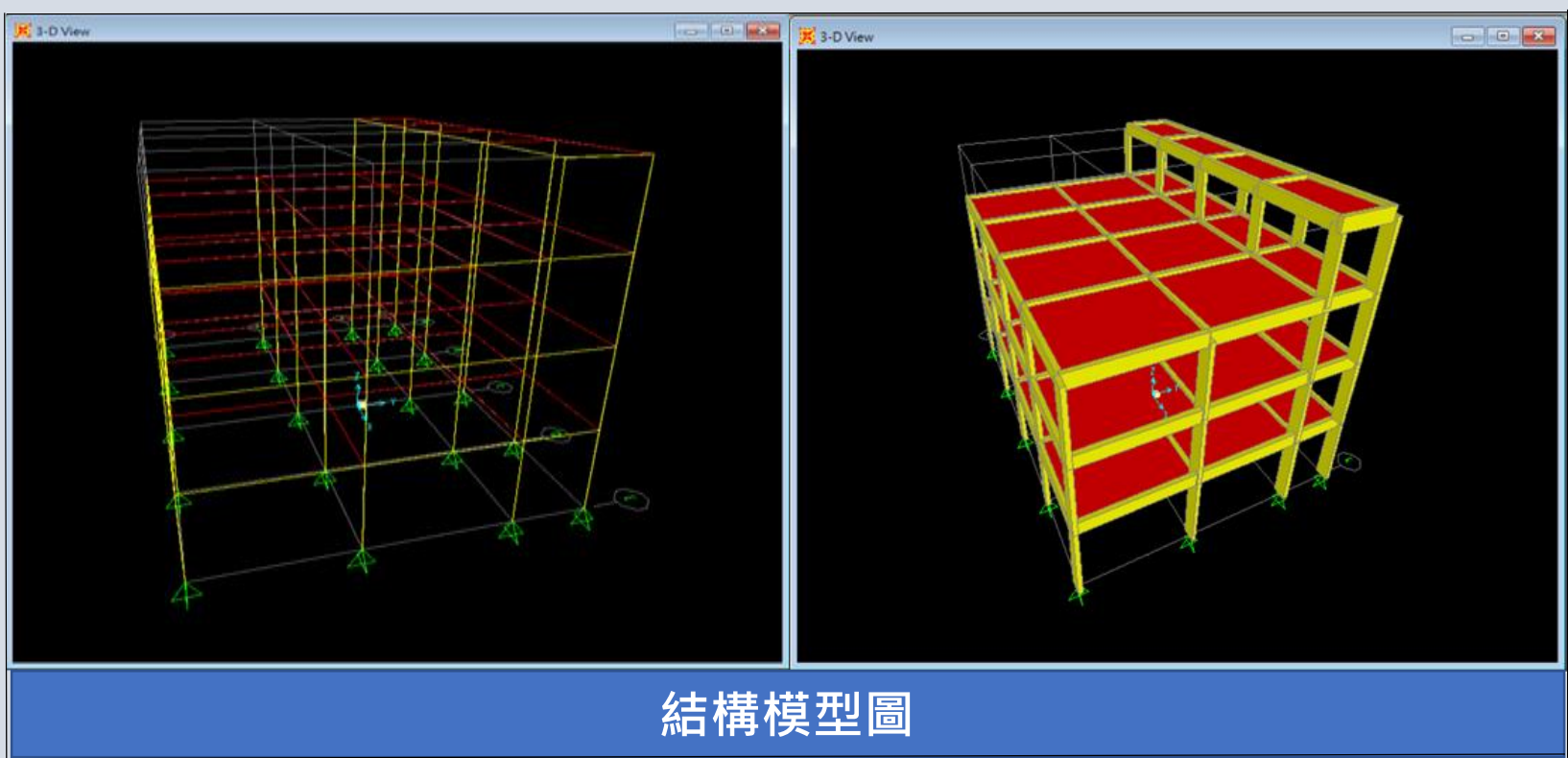
blender®



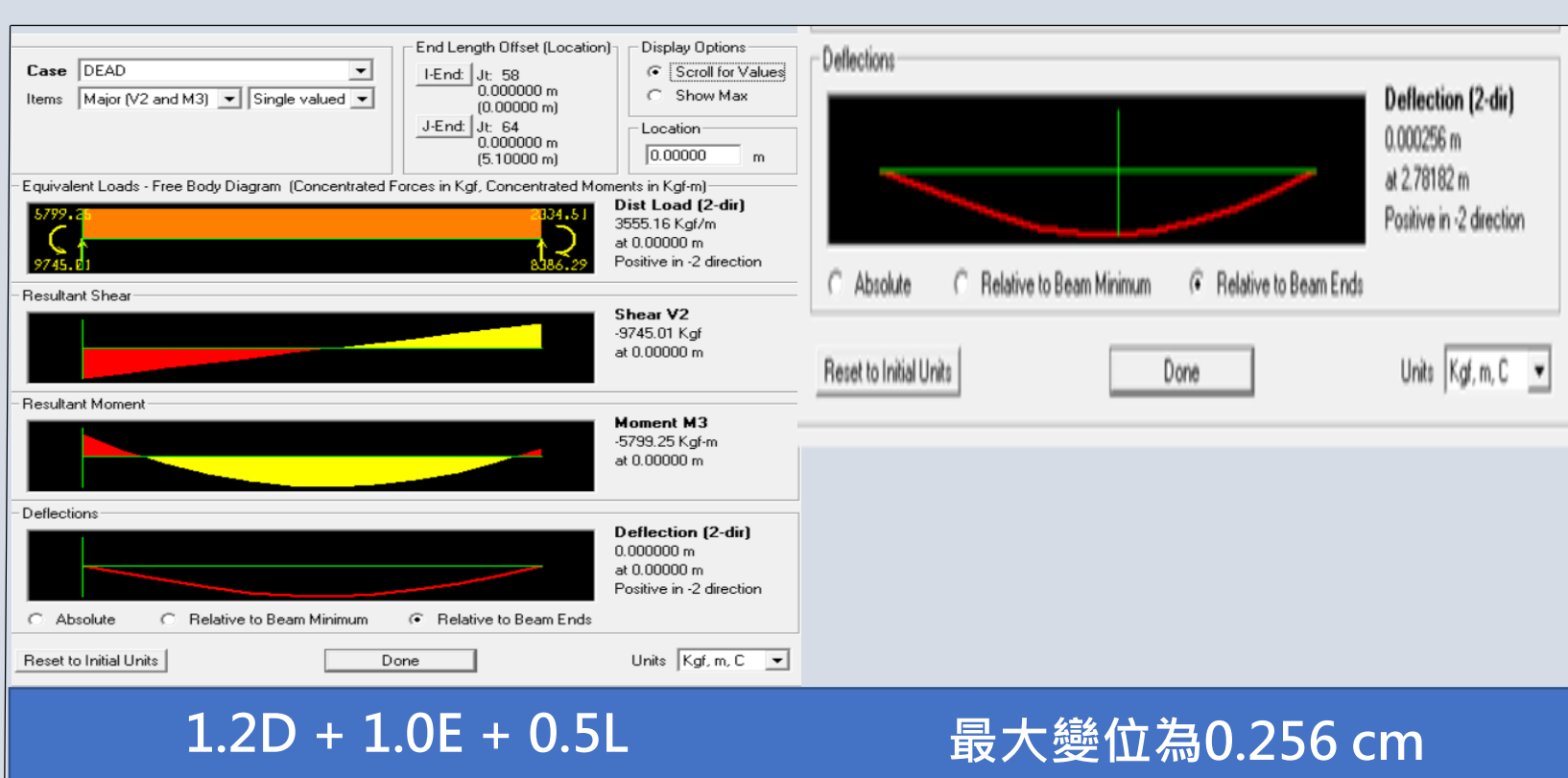
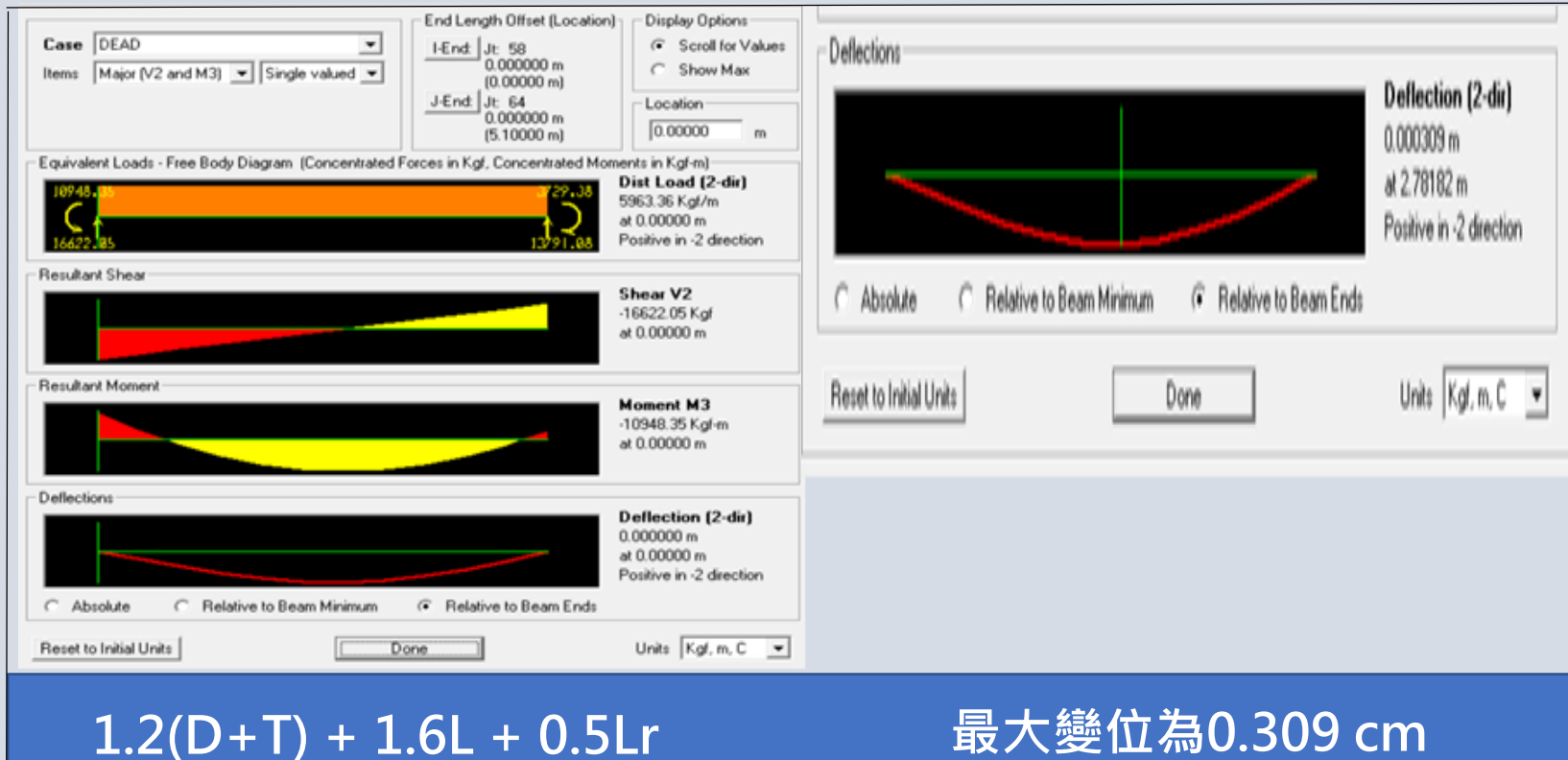
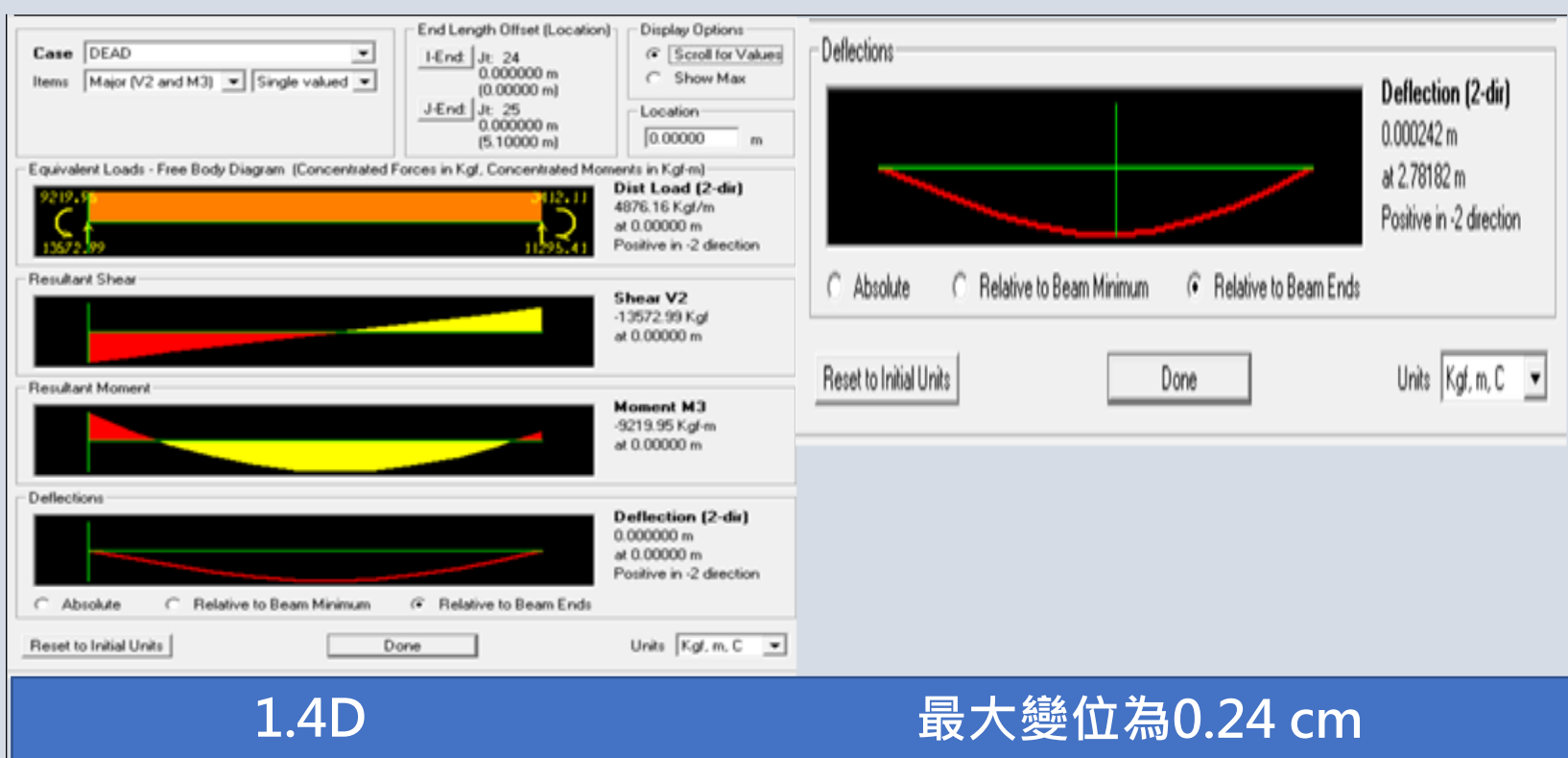
Unity®

成果與討論:

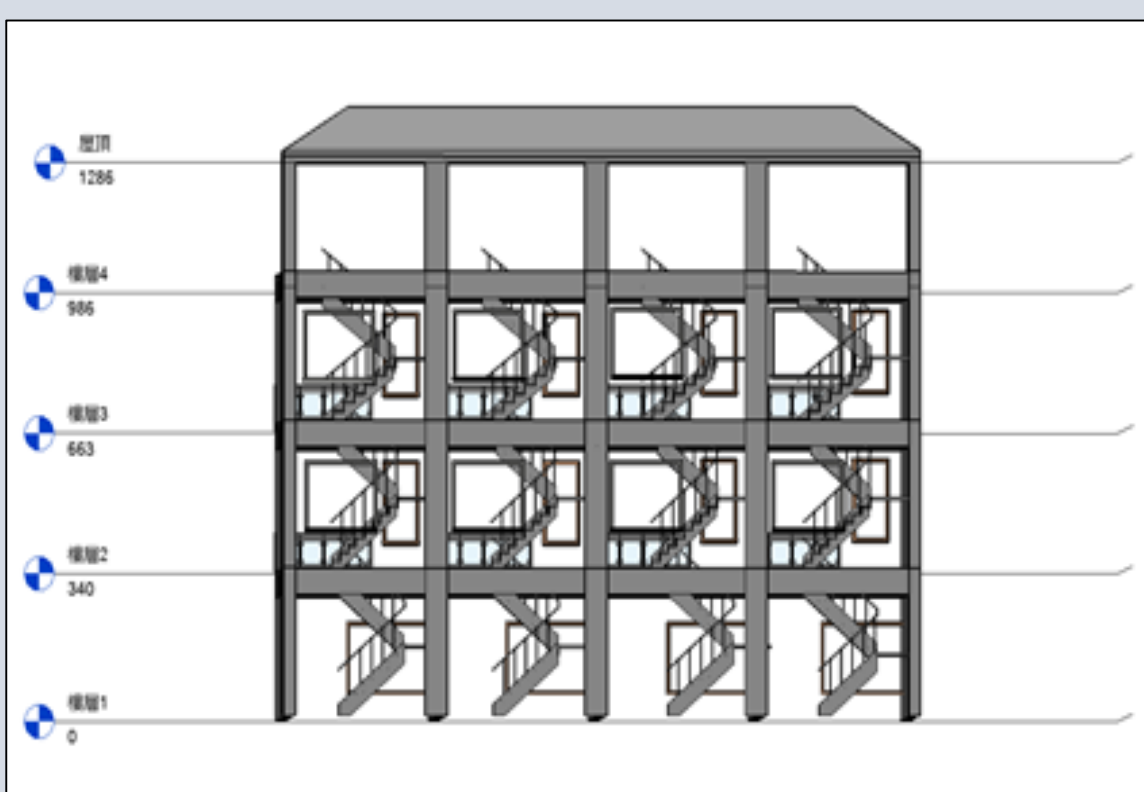
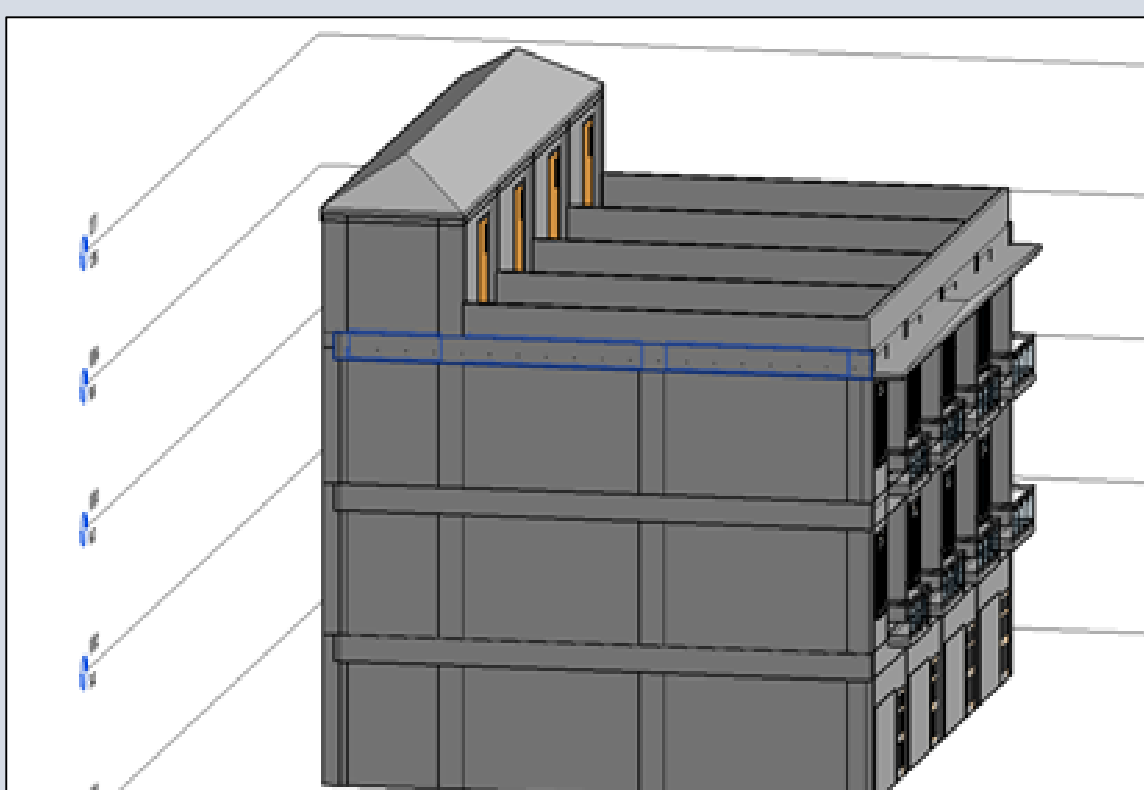
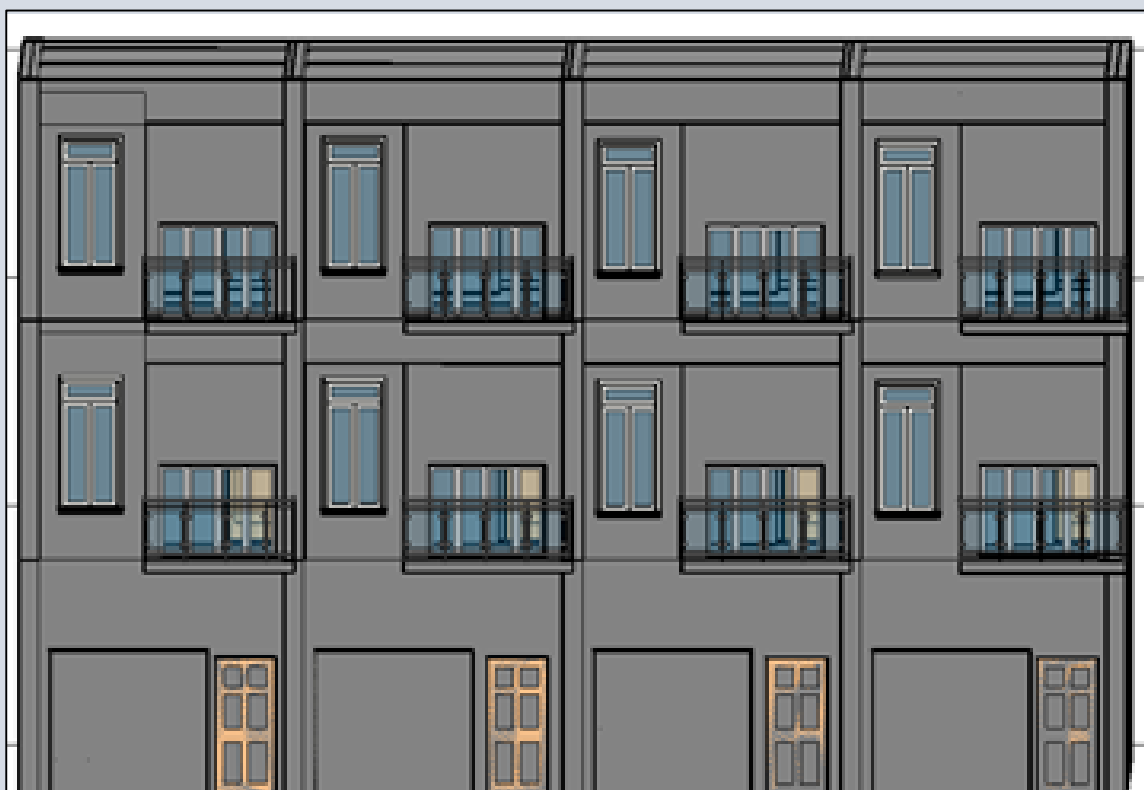
SA2000



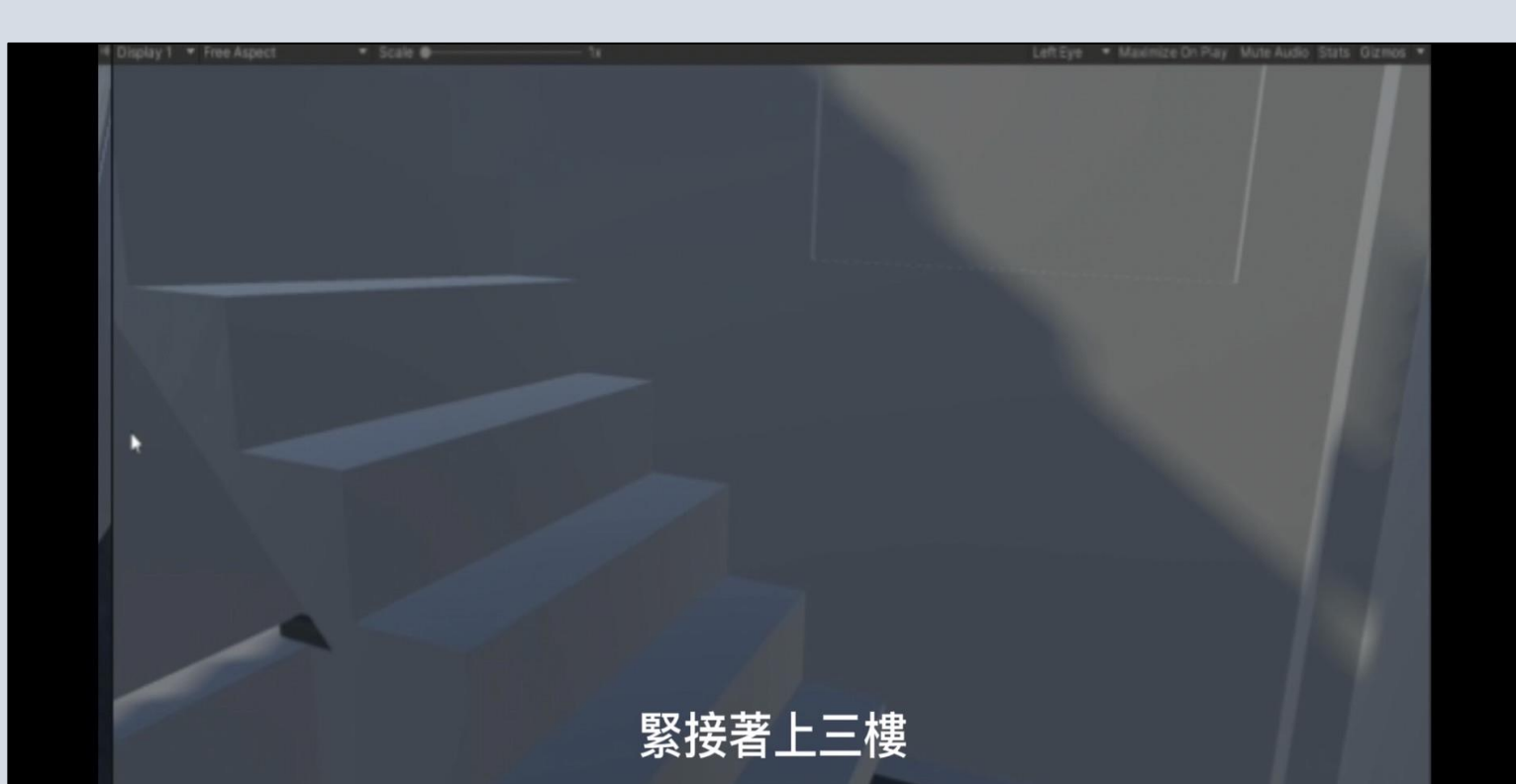
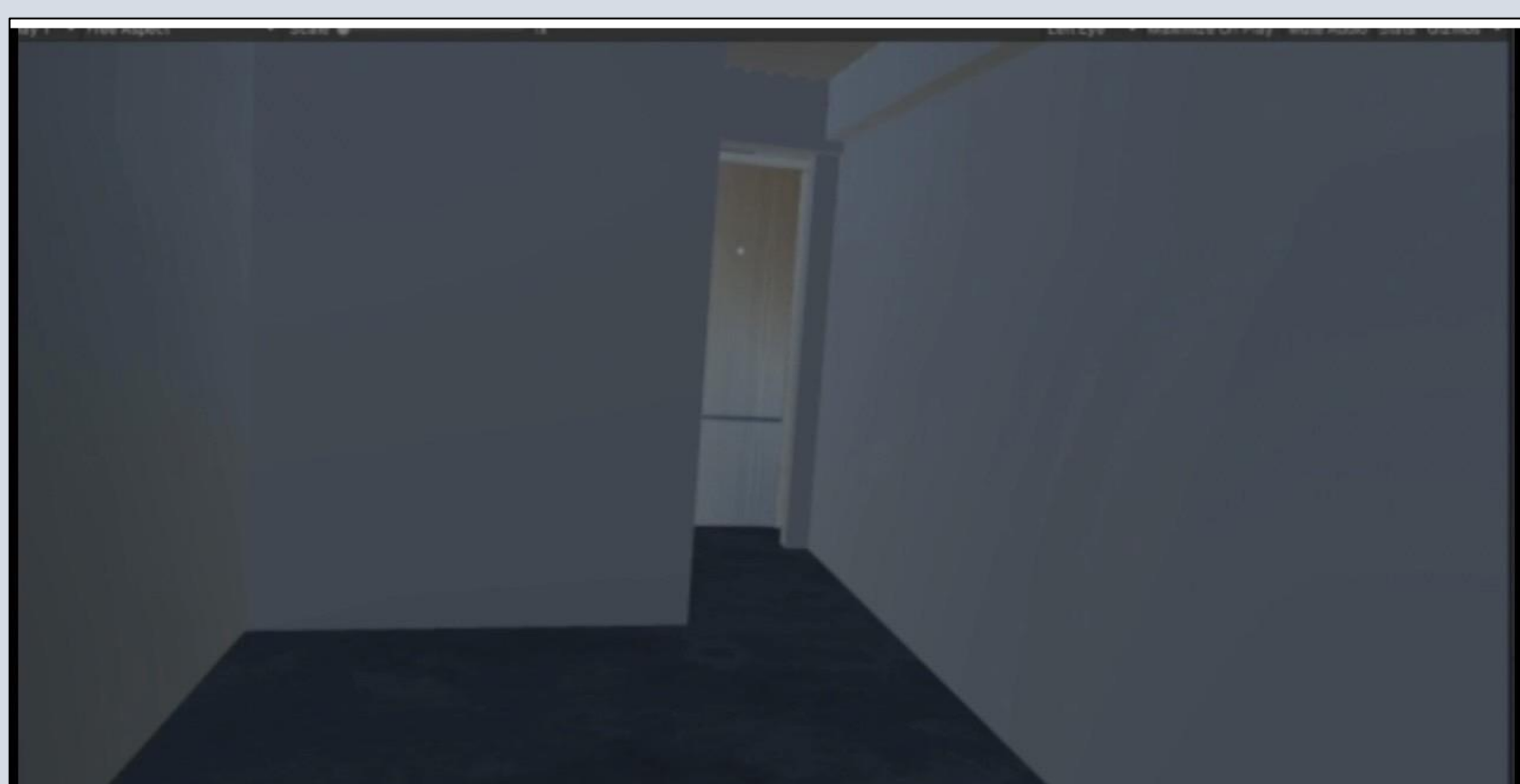
結構模型圖



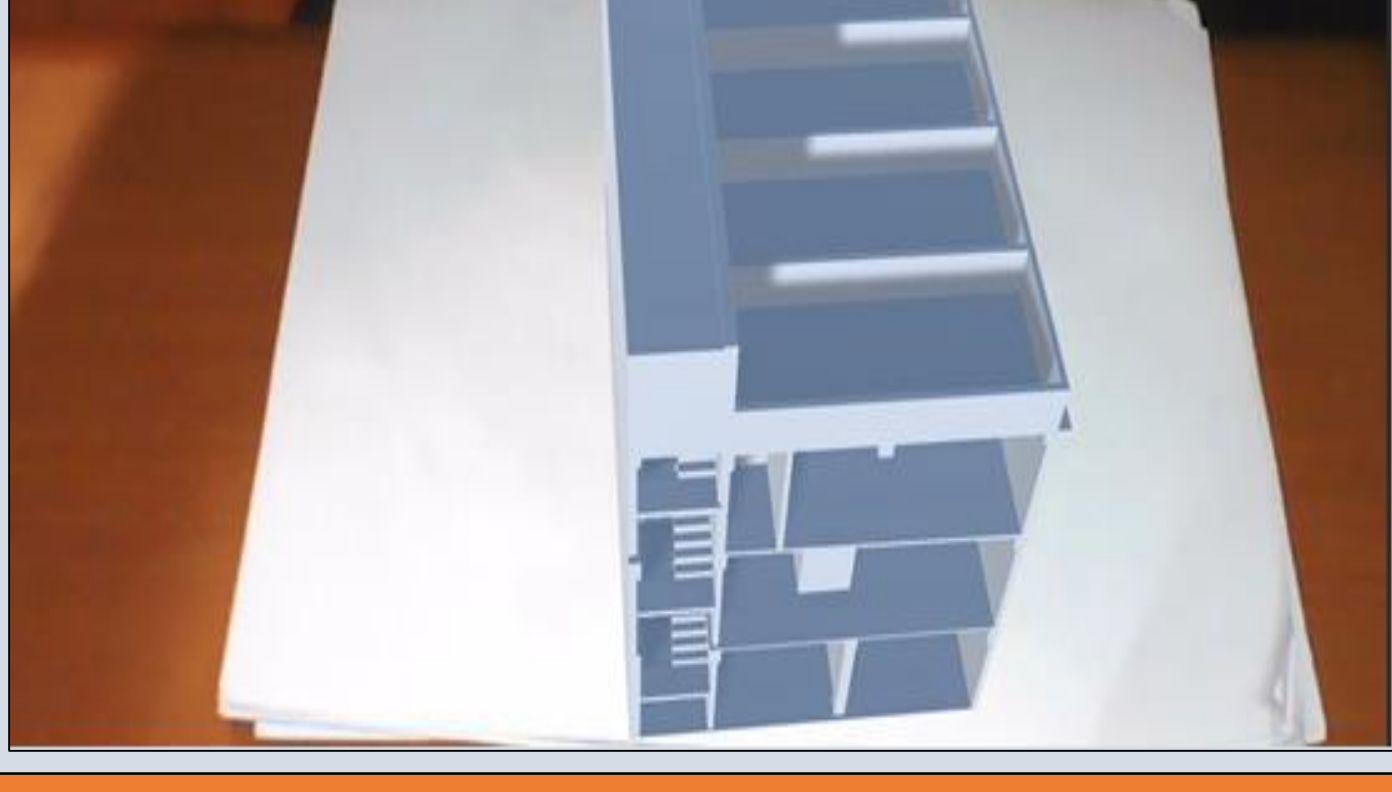
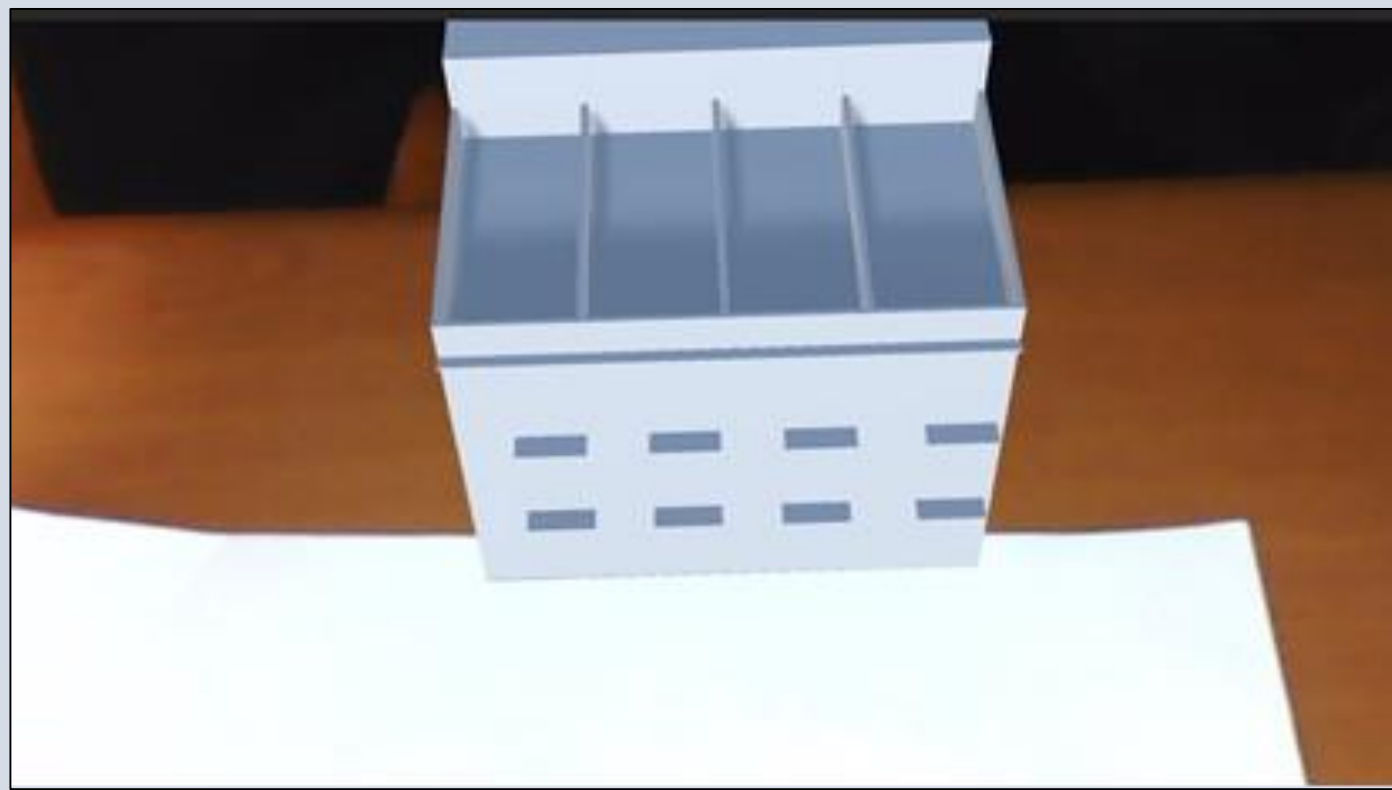
REVIT



VR



AR



討論

- 1.表現真實尺度及空間感
- 2.視覺的沉浸式體驗
- 3.解明複雜造型、結構
- 4.互動式體驗

結論:

- 1.工程設計階段時，VR可結合空拍與BIM資訊，藉以更深入瞭解設計發展與圖面上可能疏忽的地方。
- 2.設計師可輕鬆建立以第一人稱為視角的3D互動場景，當消費者走進屋內時，房間門便會隨著用戶的腳步而打開或關閉，而光照也將根據位置和時間變換進行調整。建案預售時可透過AR/VR，增加房屋空間概念，在虛擬環境中瀏覽公共空間，並切換至不同樓層的各個戶型，進行材料替換、選色選樣、家具選配等，讓客戶提前感受未來的真實建築。
3. 結合AR技術並加上對應圖像的技術，將虛擬世界「套入」於現實世界當中，並提供互動體驗，強調虛實結合，可以提早的發現，設計建築圖與結構圖套疊上的衝突，並提早改進。
- 4.由操作範例得知，可以針對施工規劃預先模擬實際情況，確定合理沒問題才開始施工，也可以根據模擬的結果進行造價管控，進而實現成本控制。
- 5.加上BIM建築的繪製上可即時出圖性的優點，可以將發現的問題立即在軟體上做修正，隨即立刻更改，能有效提升施工效率。
- 6.能更進一步設計自己房屋，且一般人不會遇到2D設計圖或建築結構圖上不易理解的問題。



學城陸橋設計與實作

指導教授：林國良 教授

專題組員：10806005A 白育瑞、10806026A 蔡宗儒、10806037A 蘇俊鵬

10806053A 劉冠宏、10806060A 葉釗彤、10806071A 楊凱荃、10806087A 林雋書

一、前言

依在校生來說，學校與商城距離會有發生發生交通意外的風險，然而紅綠燈號誌對學生和身心障礙者來說時間偏短。而紅燈時間太長導致行人等待過久，而現有的陸橋又需繞遠路導致意願不高，因此計劃將在學城路一段和學城路一段八巷設計一座橋，可讓行人、身心障礙者輕鬆且安心的通過。

二、計畫之目標

擬定出人行陸橋規範需求，位於學城路一段8巷和學城路一段，設置供行人通行之路橋和電梯。

三、人行陸橋設計規範

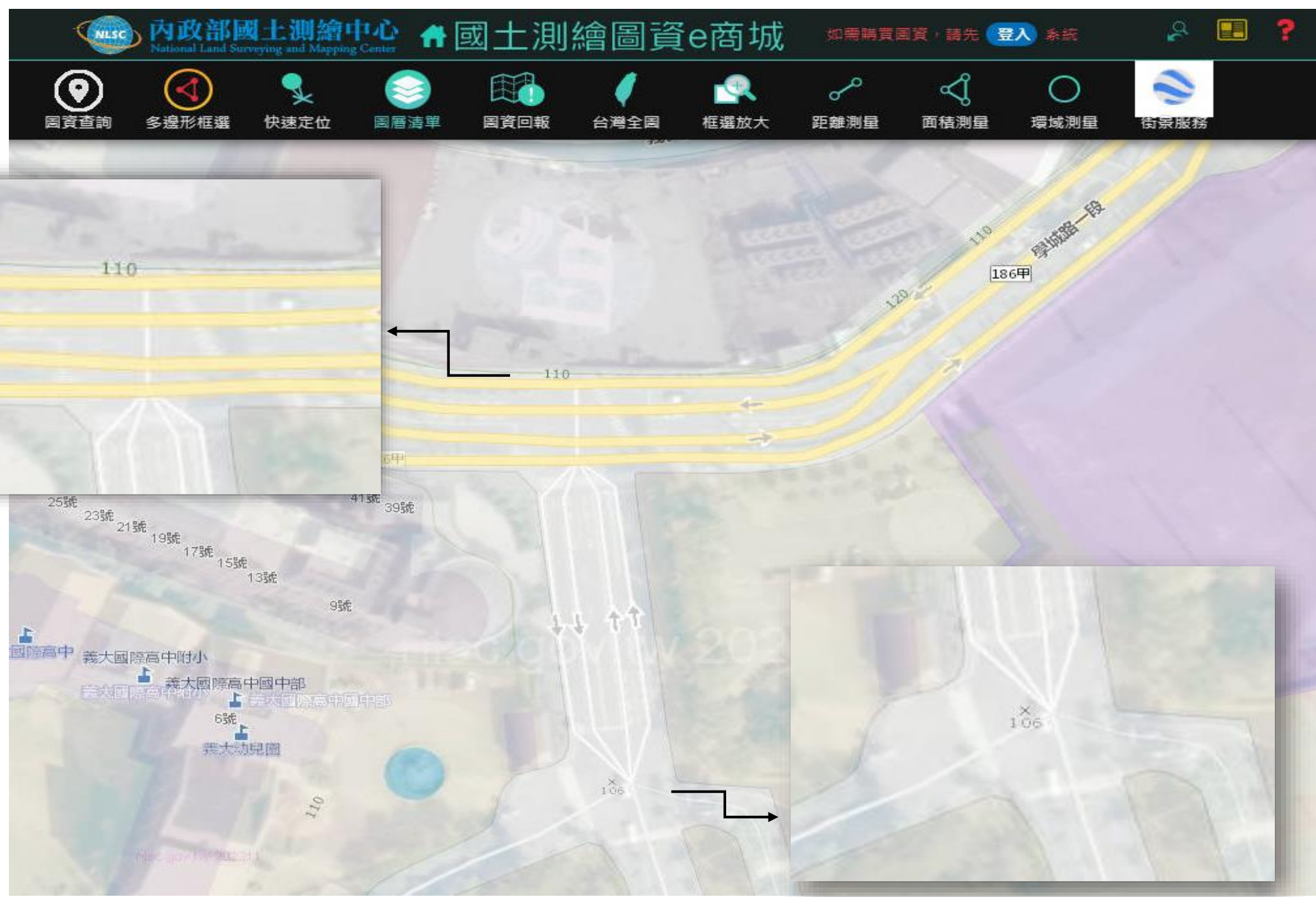
根據交通部「公路橋梁設計規範」，整合要點如下

- 一、橋梁之路面寬包括車道寬及路肩寬，橋面之車道寬及路肩寬應與前後路段一致。
 - 二、橋梁淨高應以 4.9 公尺以上為宜，最小不得少於 4.6 公尺。
- 依據內政部「市區道路及附屬工程設計規範」第三篇第十一章人行天橋及人行地下道11.4.1 人行天橋及人行地下道之最小淨寬度
- 一、人行天橋及人行地下道之最小淨寬度，得參考表 11.4.1 之規定，因用地或其他限制，得酌予縮減其寬度，但不得小於 1.5 公尺。

四、基地資料



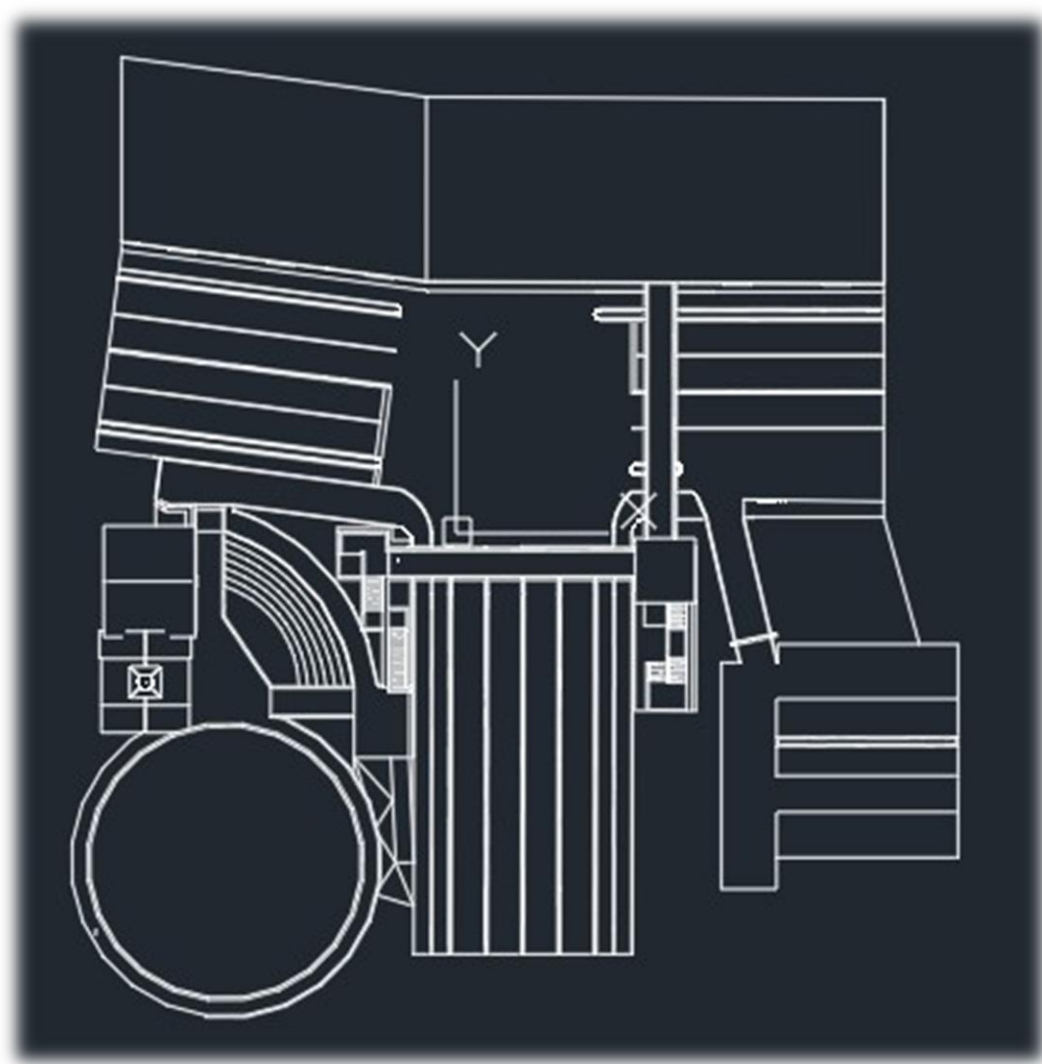
現場實景圖



五、規劃項目

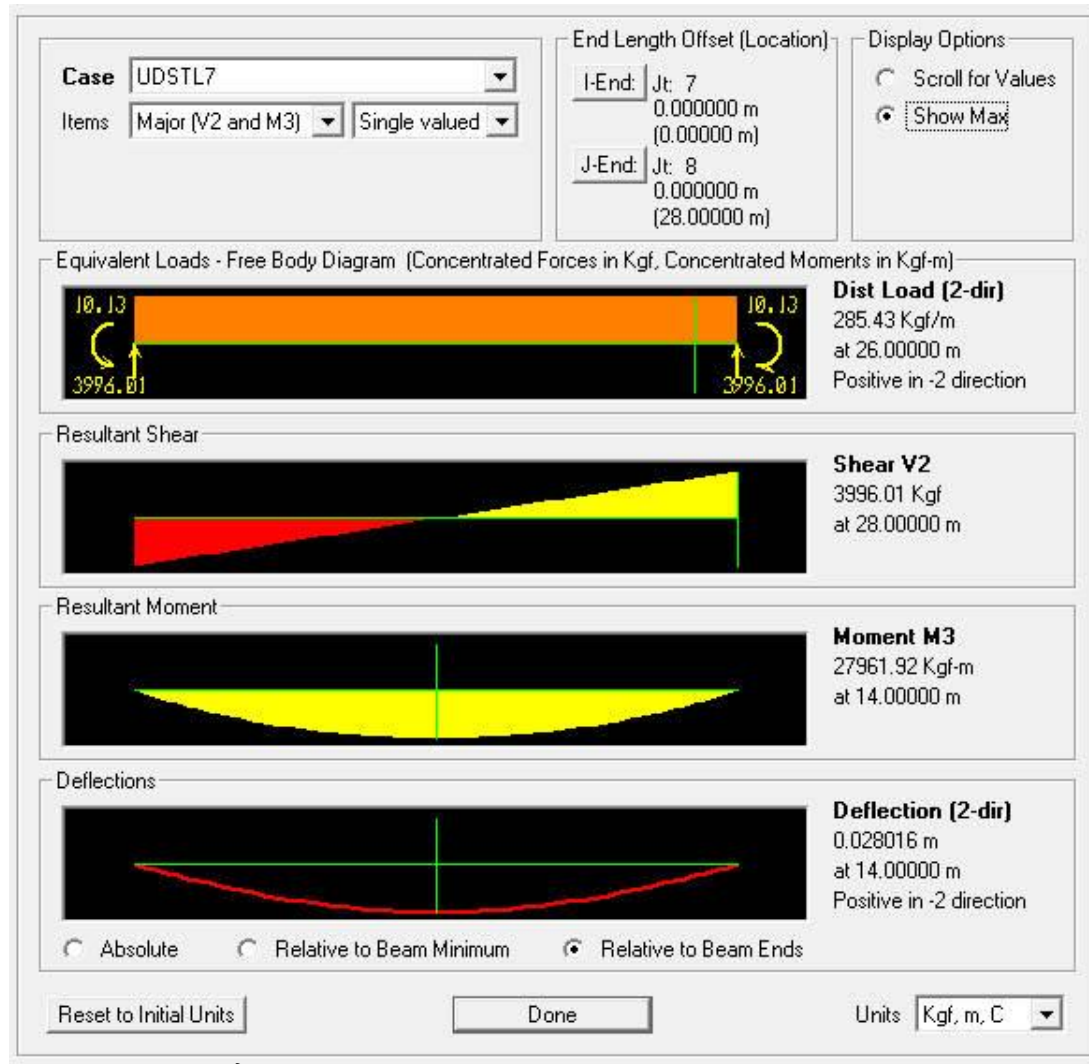
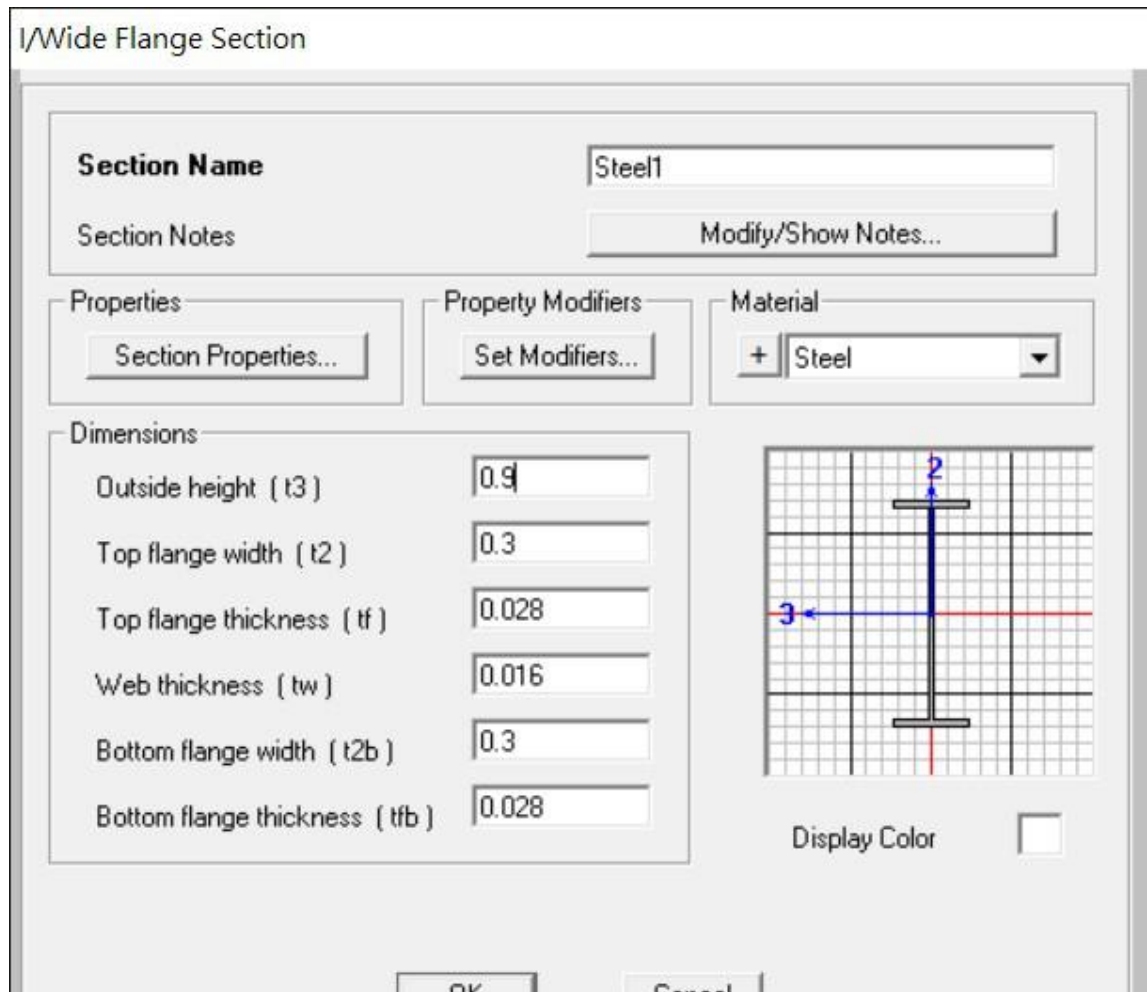
- 一、測量
- 二、橋梁設計
- 三、SketchUp繪製3D圖
- 四、Blender渲染
- 五、計算所需重量
- 六、SAP2000結構檢核
- 七、Revit建模
- 八、材料估價

六、實地測量、呈現方式

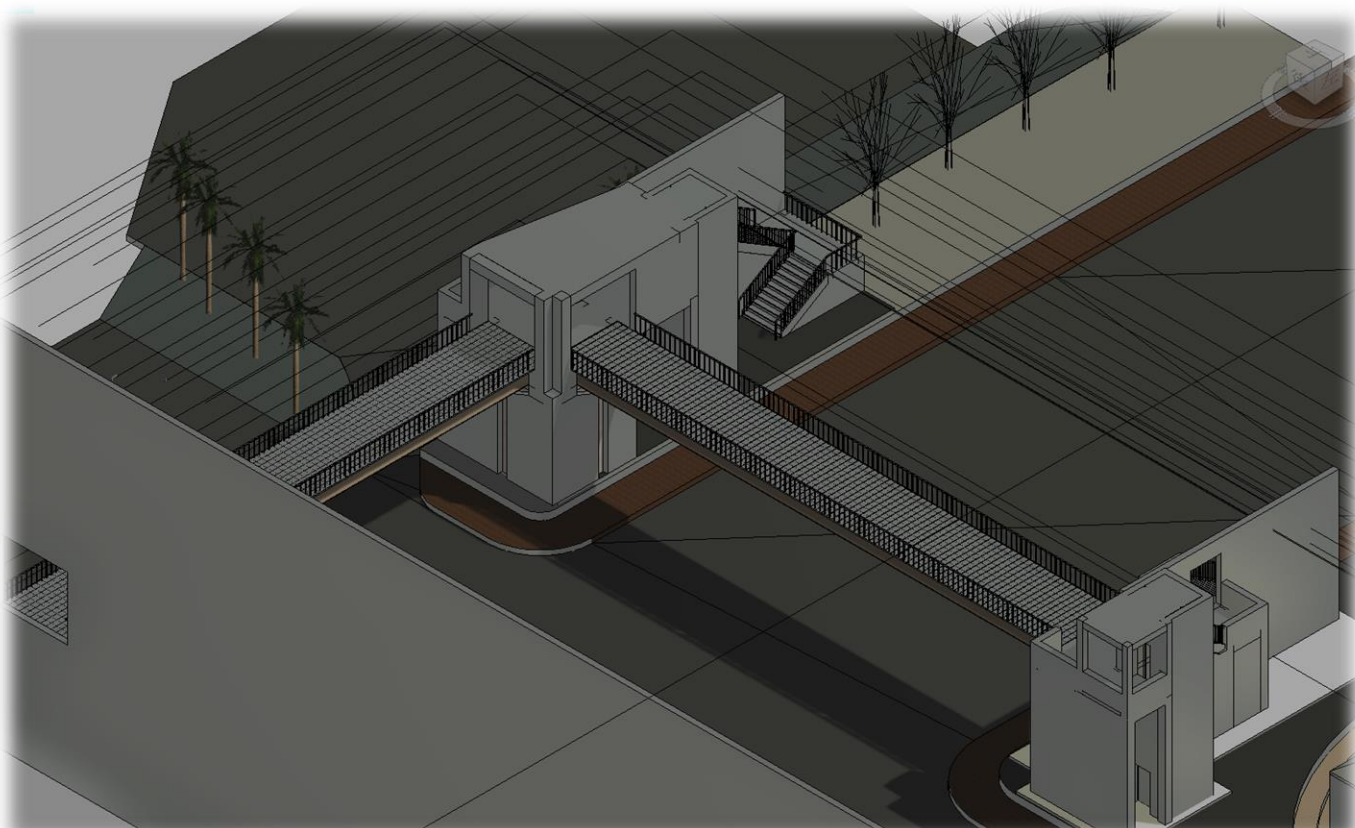
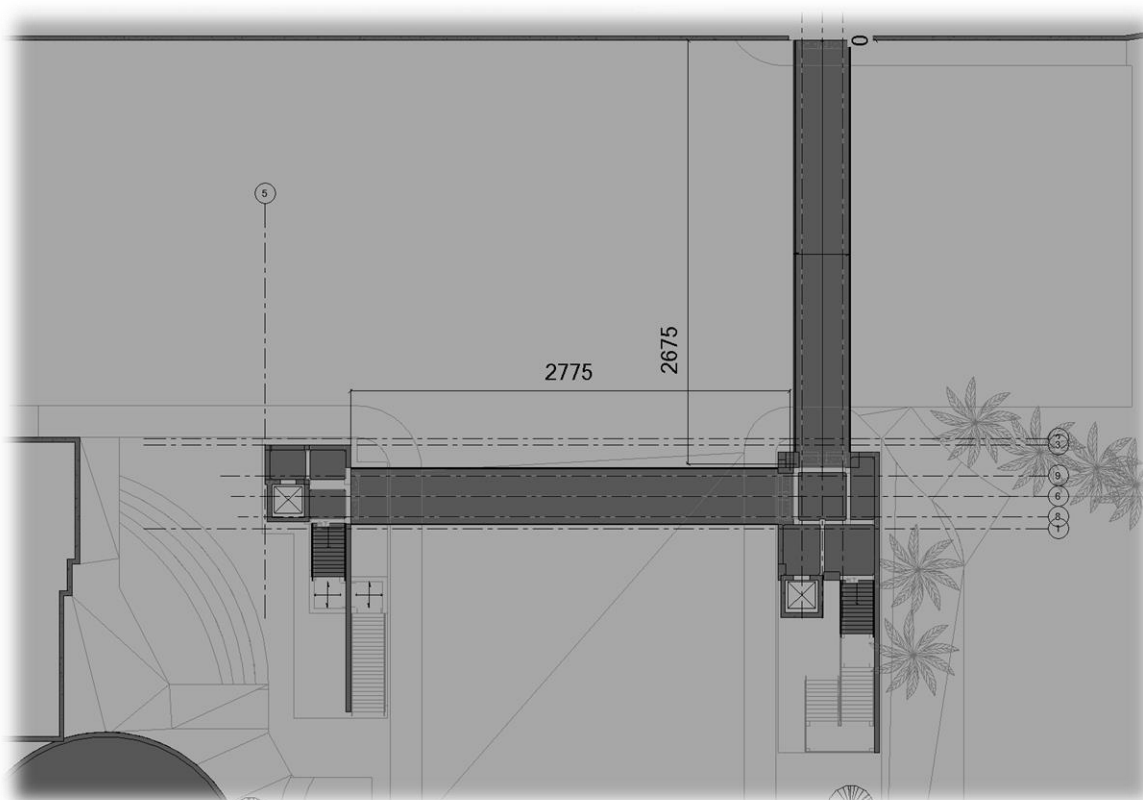


◆將數據轉換成3D模型

七、SAP2000結構檢核



八、Revit建模



九、橋墩檢核

設計軸力 P_u =載荷平分於兩橋墩 $52899\text{kg}/2=26450\text{kg}$

橋墩尺寸: $50\text{cm} \times 50\text{cm} = 2500\text{cm}^2$

有效抗壓面積(減去鋼筋面積): $2500 - 6.5 \times 4 = 2474\text{cm}^2$

抗壓強度: $280\text{kgf}/\text{cm}^2 \times 2474\text{cm}^2 = 6.9 \times 10^5\text{kg}$

橋樑重量 $2.645 \times 10^4\text{kg} < \text{抗壓強度 } 6.9 \times 10^5\text{kg}$

◆Ex.以知一鋼筋混凝土柱之條件如下:

設計軸力 $P_u = 26450\text{kg}$ (橋梁總重/橋墩數量)、偏心距 $e = 0.05$

強度折減因子 $\phi = 0.65$ 、混凝土之抗壓強度 $f_c' = 280\text{kg}/\text{cm}^2$

鋼筋之降伏強度 $f_y = 4200\text{kg}/\text{cm}^2$ 、斷面為 $50\text{cm} \times 50\text{cm}$

◆試設計其主筋及箍筋之配置

斷面之設計彎矩 $M_u = P_u \times e = 19170 \times 0.05 = 959\text{ (kgf-m)}$

偏心距 $e = 5\text{cm}$ ， $e/h = 0.1$

$K_n = \frac{P_u}{\phi f_c' A_g} = \frac{26450}{0.65 \times 280 \times 50^2} = 0.058$

$R_n = \frac{M_u}{\phi f_c' A_g h} = \frac{(958.5 \times 10^2)}{0.65 \times 280 \times 50^2 \times 50} = 0.005$

查表得鋼筋百分比 < 0.01 ，採最小鋼筋量 $\rho = 0.01$ 、

鋼筋量 $A_{st} = 50^2 \times 0.01 = 25\text{ cm}^2$

選用主筋#9

$25/6.4 = 3.9$ 直接進位為偶數 得斷面鋼筋4支

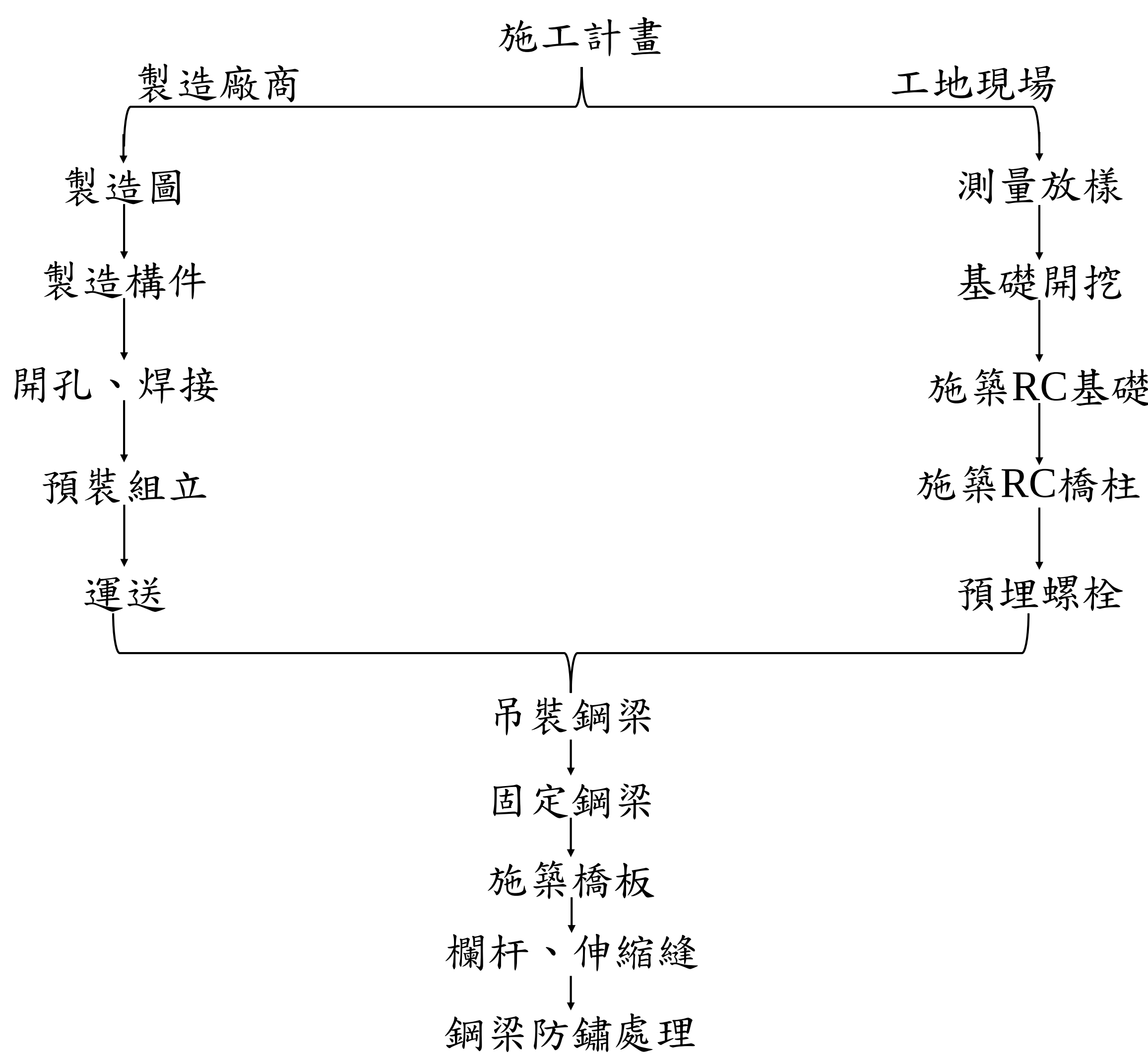
選用箍筋#4(只求上下間距，無強度設計)

直徑 $d_s = 1.27\text{cm}$

間距 $S \leq 16db$ (主筋直徑) $= 45.9\text{cm}$ 、 $48d_s = 61.0\text{cm}$ 、 $b = 50\text{cm}$

檢核: $(45.9 - 4 \times 2 - 2 \times (2.87))/1 = 32.1\text{cm} > 4.3\text{cm (o.k.)}$

十、施工流程



十一、材料估價

◆28m橋樑(含橋墩)

工料名稱	單位	數量	單價	複價	備註
H鋼	T	21	31,600	663600	H900*B300
混凝土	M³	8	2,530	20240	
鋼承板	M³	101	730	73730	VERSA-DEK 76H
不銹鋼	M	56	5,300	296800	
塑木	支	56	1300	72800	
鋼筋	T	0.2	27,900	5580	

◆27m橋樑(含橋墩)

工料名稱	單位	數量	單價	複價	備註
H鋼	T	20	31,600	632000	H900*B300
混凝土	M³	8	2,530	20240	
鋼承板	M³	98	730	71540	VERSA-DEK 76H
不銹鋼	M	54	5,300	286200	
塑木	支	54	1300	70200	
鋼筋	T	0.2	27,900	5580	

十二、結論

設計過程中，遇到的題目都是互相牽扯的，運用過去課程所學之知識，拼湊出一座橋的樣貌，從橋的形狀到場景建模，從結構分析到施工估價，學過的固然偏容易，而其他項目自學能力有限，只能大致將半成品擺上去，還是有需精進的地方等著學弟妹們完成。

龍水一街、河西一路交叉口穿越愛河至同盟三路之人行陸橋設計及分析

林國良¹ 林品濬² 高綾婕² 吳仕翔² 蘇士誠² 黃詩媛² 朱曜聖²

義守大學土木工程學系 教授¹

義守大學土木工程學系 專題生²

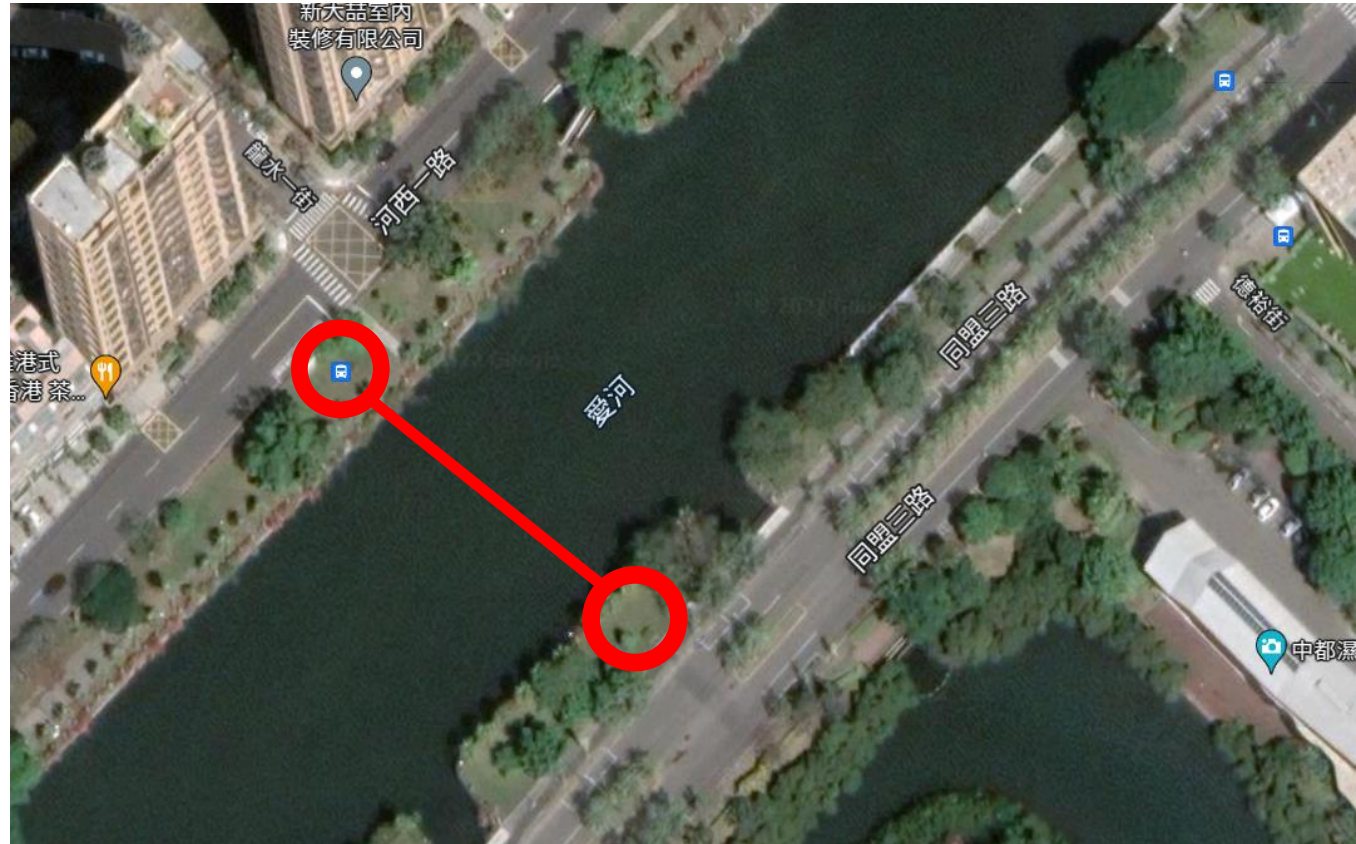


摘要

本專題為延伸土木工程學系過去主題式課群中設計工程結構課程，延續深入探討研究。於高雄市鼓山區龍水一街、河西一路交叉口穿越愛河至三民區同盟三路設置一座提供人行穿越之人行陸橋，根據《高雄市市區道路工程設計自治條例》及中華民國內政部營建署《市區道路及附屬工程設計規範》以及中華民國交通部《公路橋梁設計規範》擬出人行陸橋規範需求，參考高雄市鼓山區哨船街 30 號一號橋渠景觀橋設計本橋樑。首先利用電腦輔助設計軟體 AutoCAD 進行橋樑型式設計並繪出平面圖，再利用結構分析軟體 SAP2000 進行橋樑結構設計及力學分析，最後使用建築資訊模型軟體 Revit 建製整體橋樑 3D 模擬圖，並利用 3D 建模程式 SketchUp 配合 google 地圖街景模式，與製作的橋樑結合，呈現周遭環境模擬圖，且有多方角度觀看建物實景的結合，最後進行工程估價計算。

一、地點

高雄市鼓山區龍水一街、河西一路交叉口穿越愛河至三民區同盟三路



二、相關法規

《高雄市市區道路工程設計自治條例》第十五章 人行陸橋與地下道設置標準第一百二十條、第一百二十一條、第一百二十二條、第一百二十四條；中華民國內政部營建署《市區道路及附屬工程設計規範》第十一章 人行天橋及人行地下道 11.4 人行天橋及人行地下道之設計；中華民國交通部《公路橋梁設計規範》第七章 鋼筋混凝土設計 7.3.12 上部結構之撓度限制。

三、設計概念

橋長：67.5公尺、橋寬：3公尺、淨高：5.42公尺、護欄高：1.3公尺、鋼橋面板厚度：0.015公尺、多孔隙瀝青混凝土厚度：0.04公尺、樓梯緩衝平台深：1.6公尺、樓梯緩衝平台淨高：3公尺、樓梯級深：0.25公尺、樓梯級高：0.2公尺、樓梯寬：1.1公尺、柱長：2.25公尺、柱寬：0.6公尺、柱高：3公尺。

四、SAP2000分析

I型鋼材料屬性：A36、護欄材料屬性：玻璃、鋼橋面板材料屬性：A572Gr50

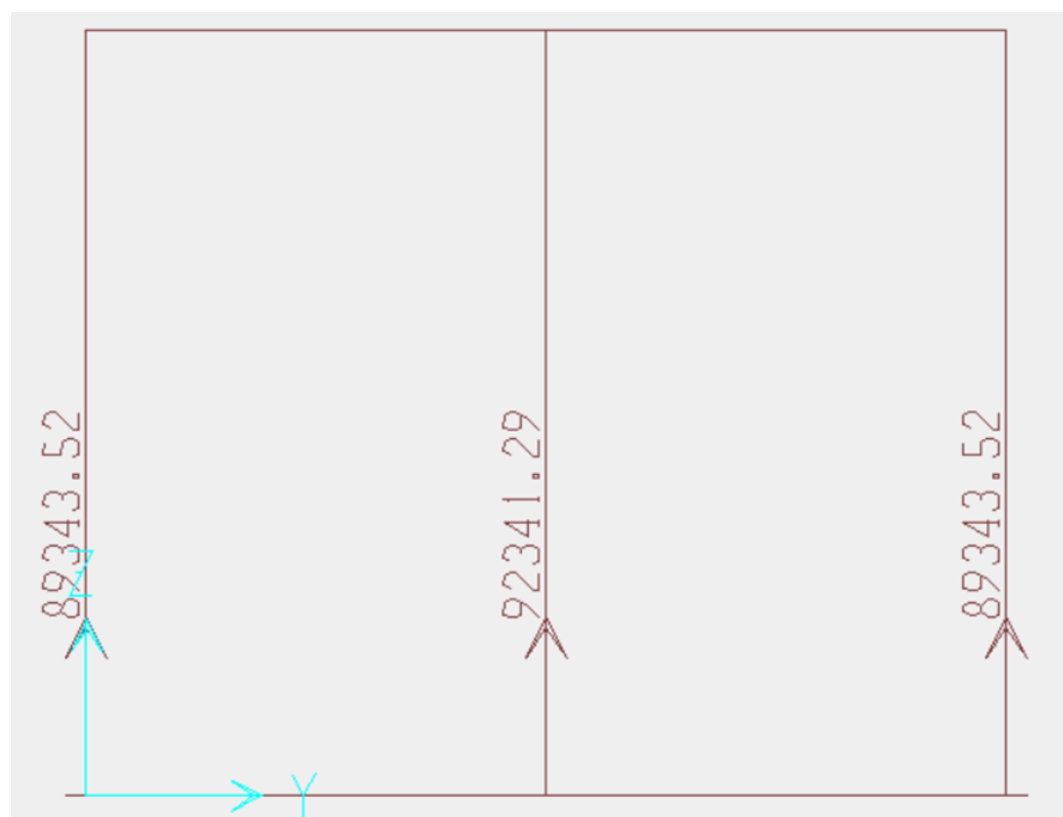
桁架（I型鋼尺寸）：上下桿件-W24x306（A36）、中間桿件-W12x190（A36）、中間連接桿件-M6x4.4（A36）

載重計算

人載重			
人	80/(2.25*2.25)	kgf/m ²	單位
橋長	67.5	m	
橋寬	3	m	
總重	3200	kgf	
鋼橋面板(A572Gr50)			
長	3.3405	m	單位
寬	2.25	m	
厚	0.015	m	
單位重	7849.05	kgf/m ³	
重量	884.92	kgf	
數量	30		
總重量	26547.49	kgf	
玻璃護欄上方欄杆(單邊兩隻)			
長	2.25	m	單位
寬	0.02	m	
高	0.02	m	
單位重	7850	kgf/m ³	
重量	7.07	kgf	
數量	123.56		
總重量	872.92	kgf	
活載重	3200	kgf	單位
上方桿件總長	295.5	m	
均佈載重	10.83	kgf/m	

玻璃護欄重			
長	2.25	m	單位
寬	0.01	m	
高	1.3	m	
單位重	2500	kgf/m ³	
重量	73.13	kgf	
數量	61.78		
總重量	4517.5	kgf	
多孔隙瀝青混凝土鋪面			
長	67.5	m	單位
寬	3	m	
厚	0.04	m	
單位重	2300	kgf/m ³	
重量	18630	kgf	
靜載重	50567.91	kgf	單位
上方桿件總長	295.5	m	
均佈載重	171.13	kgf/m	
靜載重	50567.91	kgf	單位
桿件重	357092.04	kgf	
橋梁上部結構總重	407659.95	kgf	
	407.66	tf	

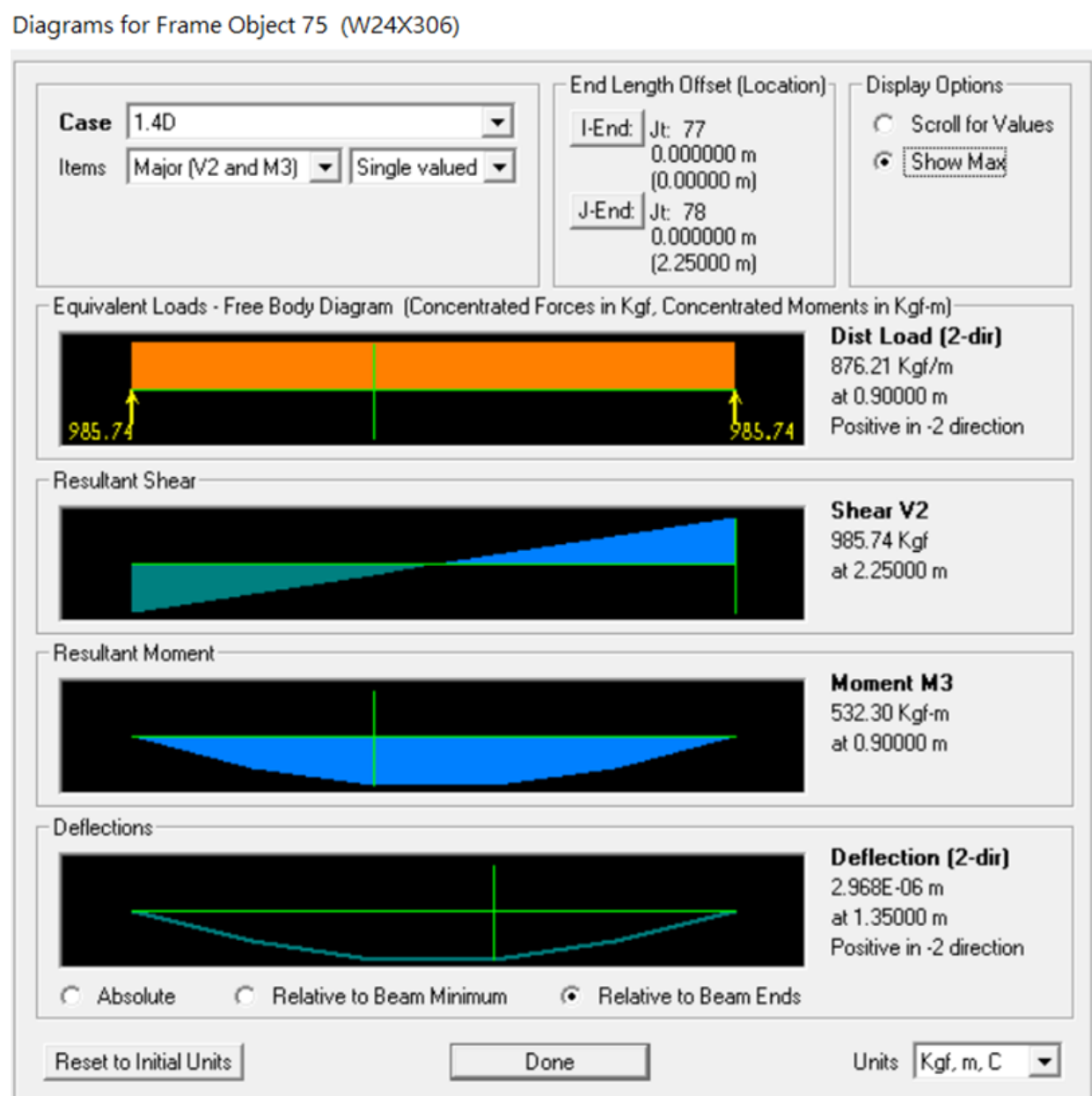
支承反力（單位：Kgf, m, C）



中間桁架最大變位

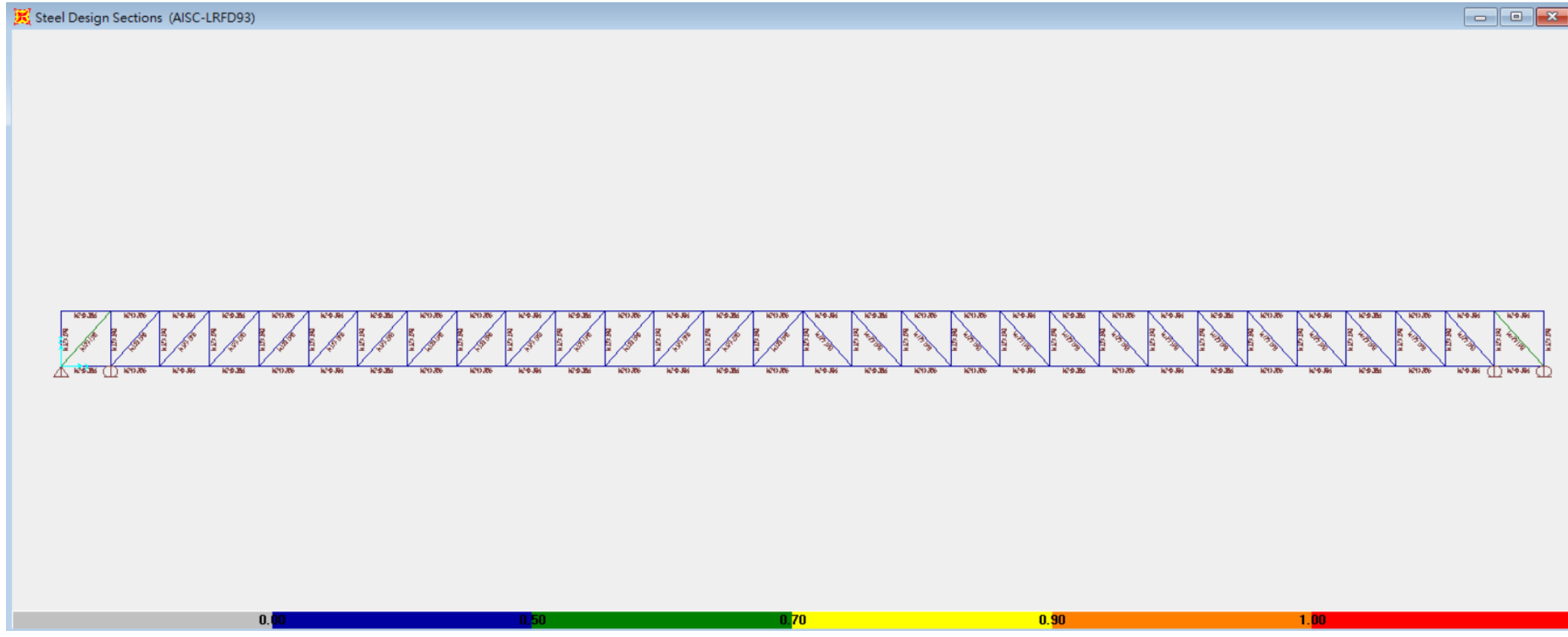
Joint Displacements			
Joint Object	78	Joint Element	78
Trans	0.00224	0.00000	-0.06568
Rotn	0.00000	0.00000	0.00000

剪力、彎矩、變位

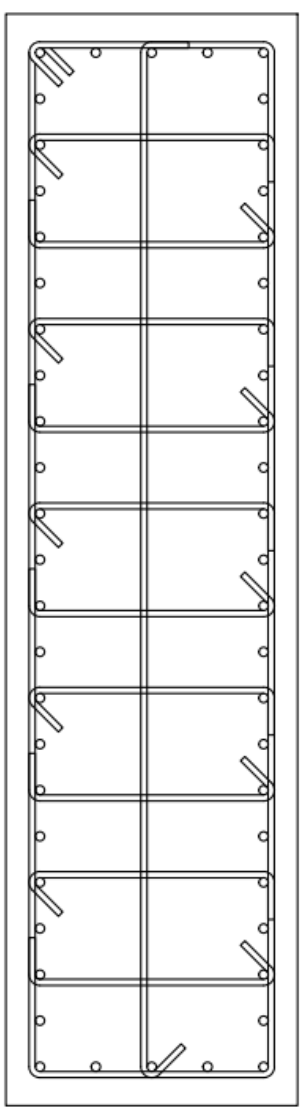


五、結構分析檢討

檢視桿件是否被破壞



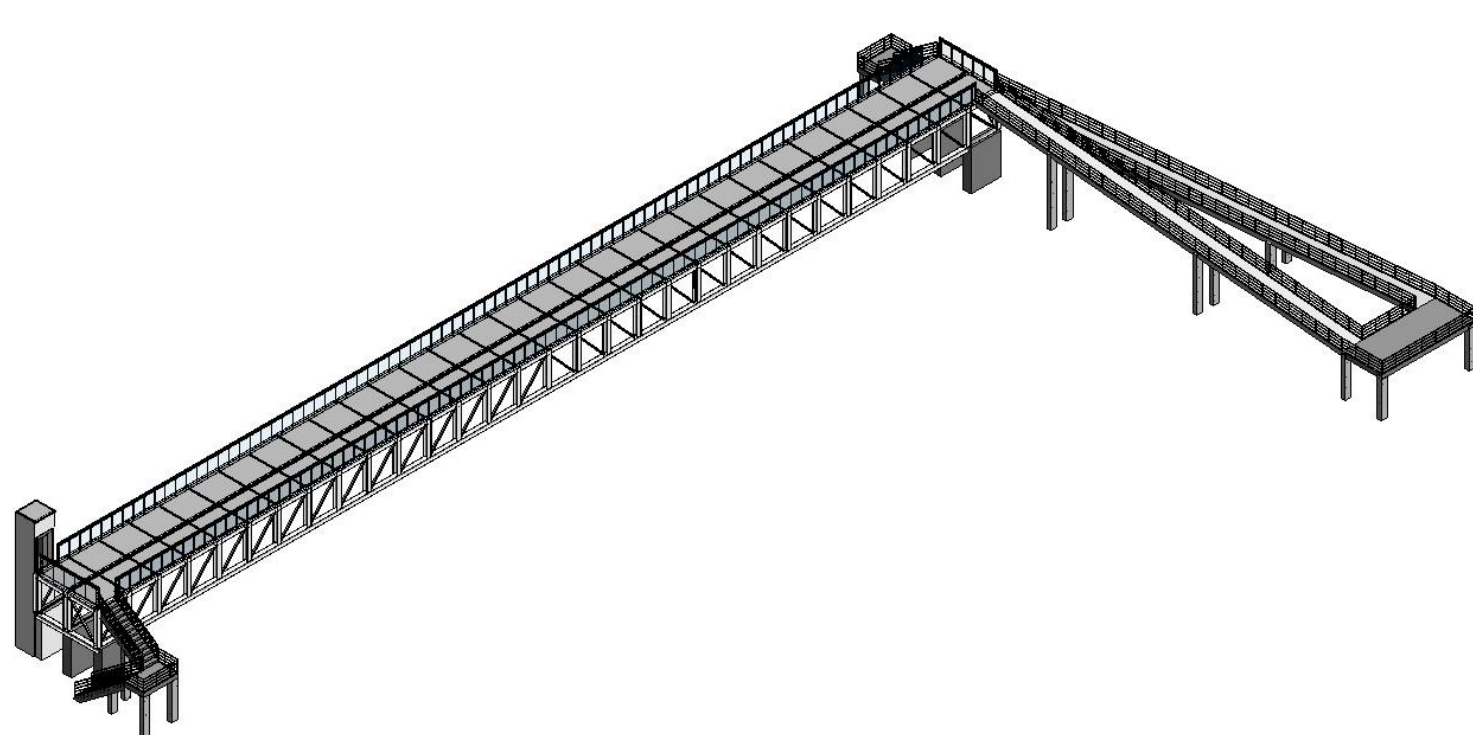
67.5/800=0.084m 撓度無超出跨徑之1/800（合格）



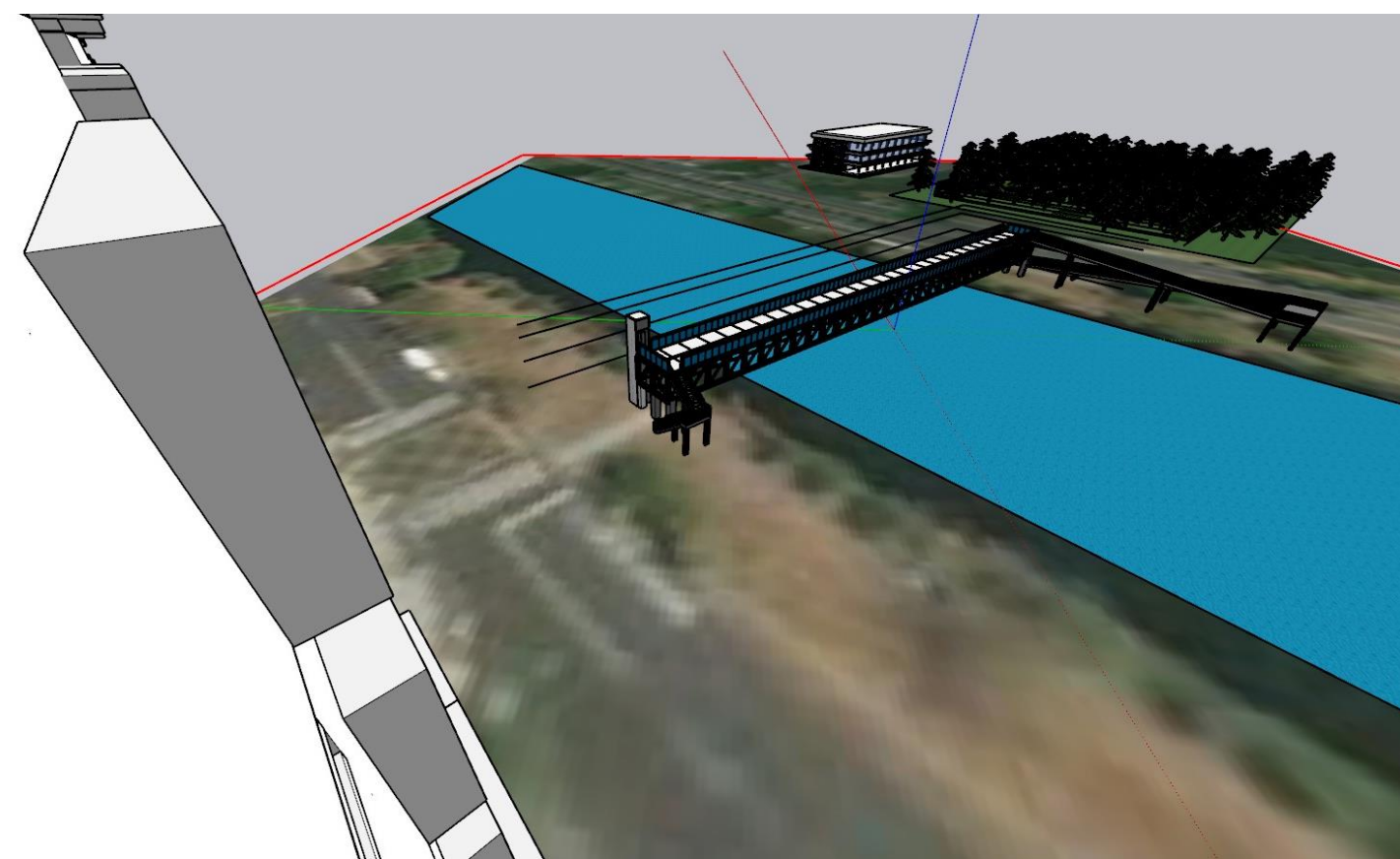
單位			
fc'	210	kgf/cm ²	混凝土抗壓強度
fy	2800	kgf/cm ²	鋼筋降伏強度
Ag	13500	cm ²	柱之總斷面積
Ast	149.24	cm ²	軸向鋼筋總斷面積
軸力計算強度 P ₀ =0.85fc'Ag+Ast (fy-0.85fc')			
P ₀	2800982.66	kgf	軸力計算強度
斷面軸力計算強度最大允許值 P _{n,max} =aP ₀			
Ø	0.65	-	橫樑柱強度折減係數
a	0.8	-	橫樑柱折減係數
P _{n,max}	2240786.12	kgf	斷面軸力計算強度最大允許值
ØP _{n,max}	1456510.98	kgf	軸力計算強度最大允許值
ε _C	0.003		混凝土壓縮應變

ØP_{n,max}：1456510.98 Kgf > 軸力：92341.29 Kgf（合格）

六、Revit模擬圖



七、SketchUp



八、工程估價

工程估價單					
工程名稱：	龍水一街、河西一路交叉口穿越愛河至同盟三路之人行陸橋				
項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價
壹	工程預算				
一	橋墩土層開挖費用	式	1.00	137,880.00	137,880.00
二	橋墩工程	式	1.00	524,425.00	524,425.00
三	橋體組裝	式	1.00	22,173,472.00	22,173,472.00
四	電梯工程	式	1.00	1,072,253.00	1,072,253.00
五	殘障坡道及樓梯工程	式	1.00	617,316.00	617,316.00
六	橋面PAC鋪設	式	1.00	158,458.00	158,458.00
七	零星工程及材料損耗	式	1.00	246,838.04	246,838.04
八	勞工安全衛生設備及保險費用	式	1.00	740,514.12	740,514.12
貳	其他預算				
一	利潤	式	1.00	2,567,115.62	2,567,115.62
二	税金	式	1.00	1411913.589	1,411,913.59
總計				29,650,185.36	

施工名稱	期間(天)
橋墩土層開挖	7天
橋墩工程	25天
橋體組裝	40天
電梯工程	28天
殘障坡道及樓梯工程	26天
橋面PAC鋪設	2天
預定施工總工期	約70天

九、結論

設計該橋，主要運用 SAP2000 進行結構分析，並運用 BIM 相關軟體：Revit 及 SketchUp 這兩者軟體來進行整體橋梁顯現，Revit 能將橋體整體較詳細的設計出來，之後導入 SketchUp 將橋體周遭環境顯現出來。

該橋長為 67.5 公尺，經分析，橋梁最大垂直變位為 0.06568 公尺，根據公路橋梁設計規範，橋梁撓度不可超出跨徑之 1/800，檢核出最大變形量於規範內。橋墩依照鋼筋混凝土中的設計規範進行設計，再將橋墩所計算出的軸力最大允許值與橋梁在 SAP2000 分析出來的支承反力做比對，皆符合設計規範。



比較超聲波與紫外線燈活化過硫酸鹽 對直接性染料廢水之降解效果



義守大學 土木與生態工程學系



專題組員: 官承毅、黃柏嘉、林劭穎、鍾蕙晴、陳藝、高聖恩

指導教授 翁誌煌

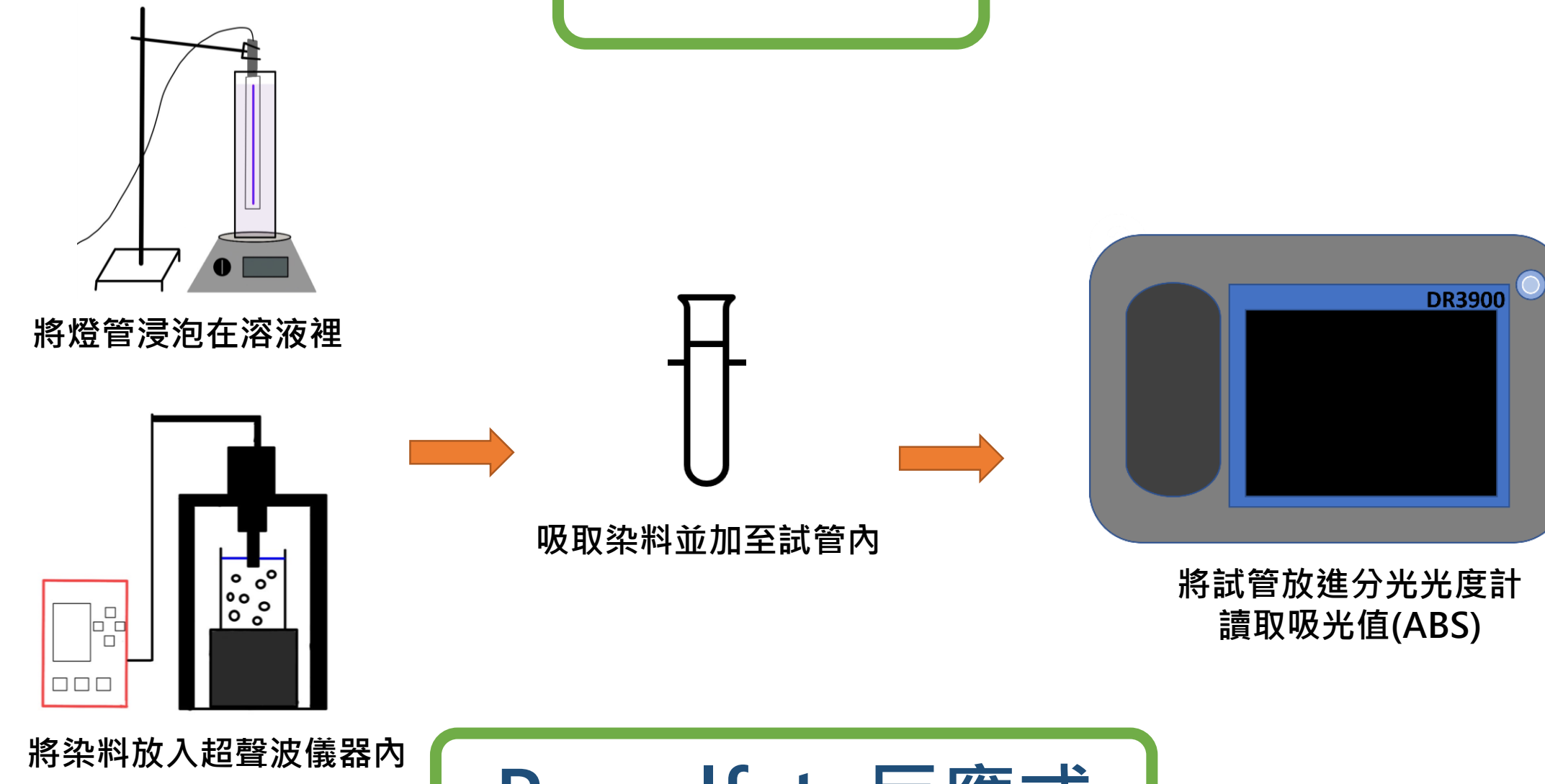
前言動機目的

前言:染整工業為紡織工業產業體系中之重要產業，透過化學或物理的方式對染織品處理的過程，透過染色整理等加工製成，使其含有更高的價值。然而印染廢水具有水質變異度大、有機汙染物含量高、色度高、鹼度大等特點且其排出廢水量多、濃度高，對環境污染構成嚴重危害

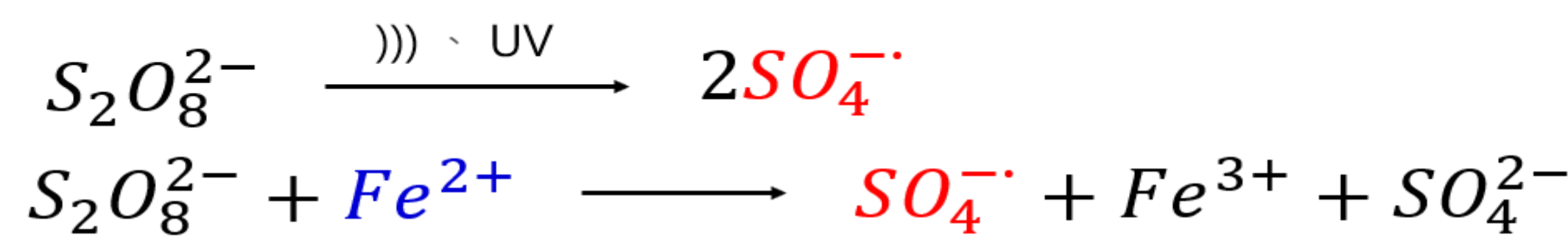
研究動機:現今紡織業最常使用的染料為直接性染料、活性染料(易反應染料)、酸性染料，而作為最多用途為直接性染料，現今紡織廢水以生物處理技術為主，物理化學處理技術為輔，過去有很多人做過化學處理技術相關的研究，而最常見的高級氧化法為Fenton氧化法與Persulfate氧化法

研究目的:比較紫外線燈管(VUV、UVC)、超聲波兩種不同輔助實驗對於降解染劑的效果並且探討三種輔助實驗對FeS₂、Persulfate的作用效果差異，以及比較不同活化過硫酸鹽氧化技術，對於高色度廢水之處理效果的好壞以及是否達到放流水標準。

實驗流程



Persulfate反應式



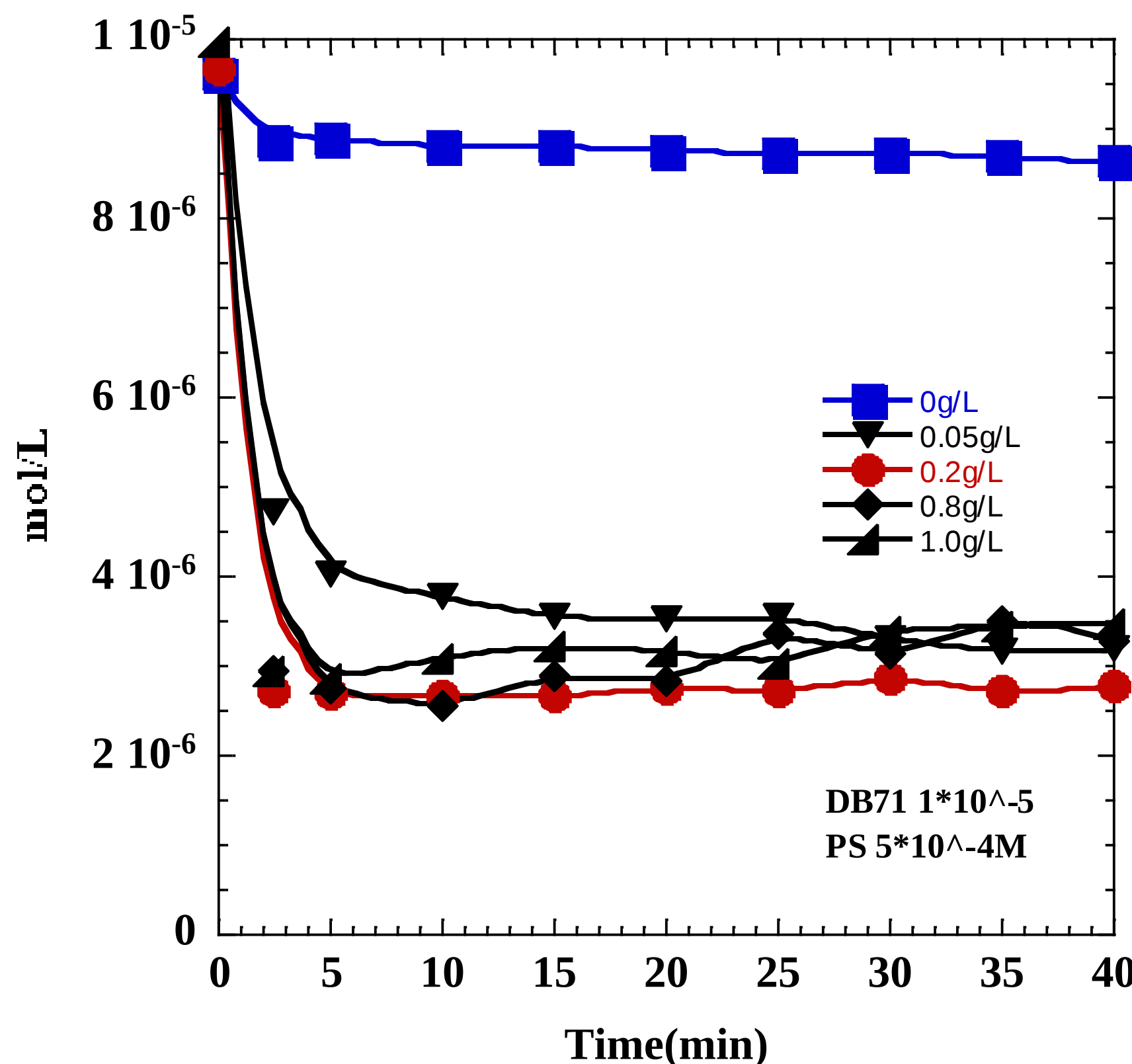
實驗結果

材料介紹

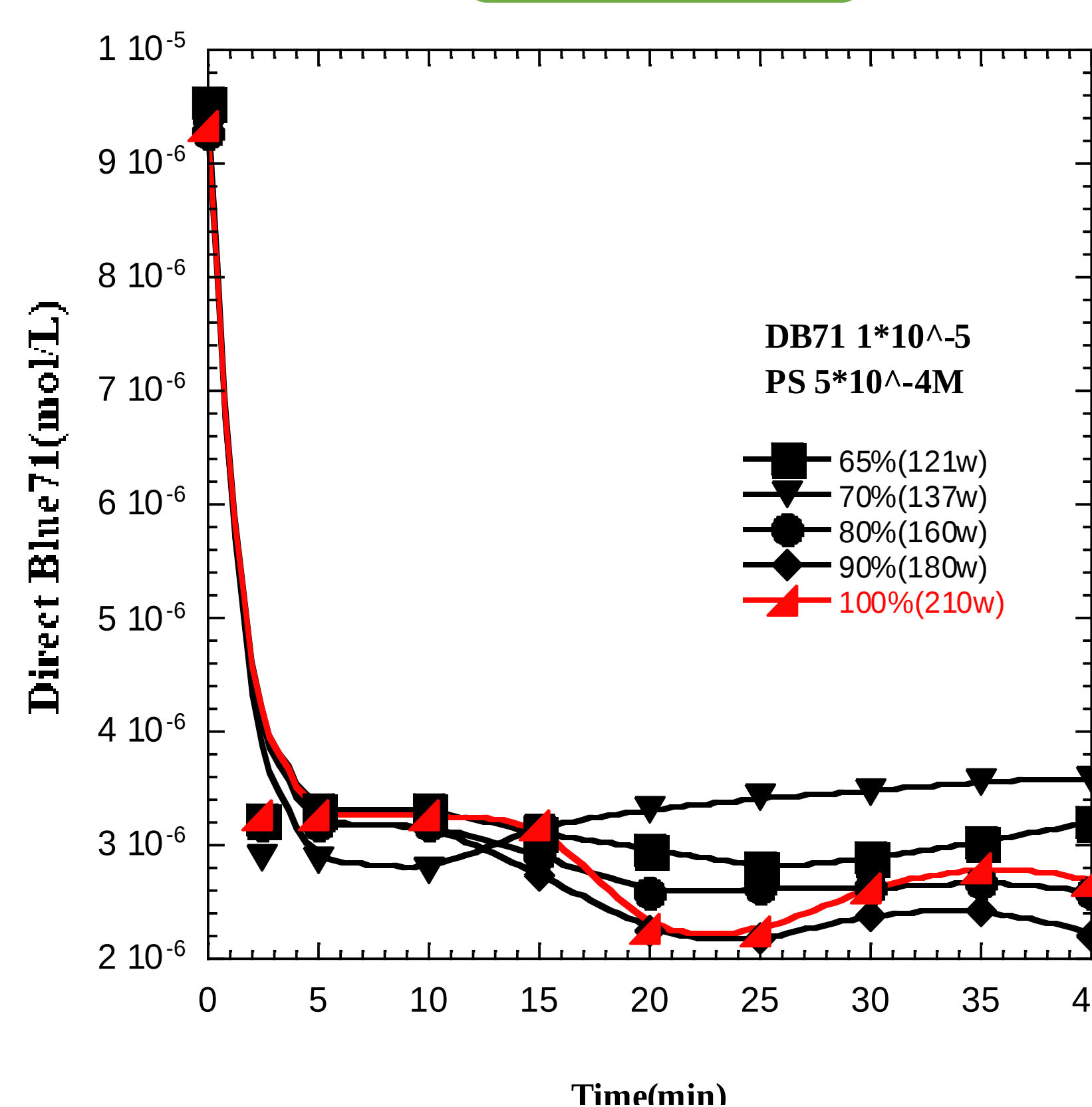
直接性染料可直接於中性或弱鹼性之介質中直接對纖維進行染色無須媒染劑(固色作用)
*分子較大，故容易分解、牢靠度差、毒性小及價格低等

Sodium Persulfate(過硫酸鈉 Na₂S₂O₈):是一種無機化合物，溶於水但不溶於乙醇，是一種強氧化劑。
*在自然界存在時間長、可適用較廣pH範圍

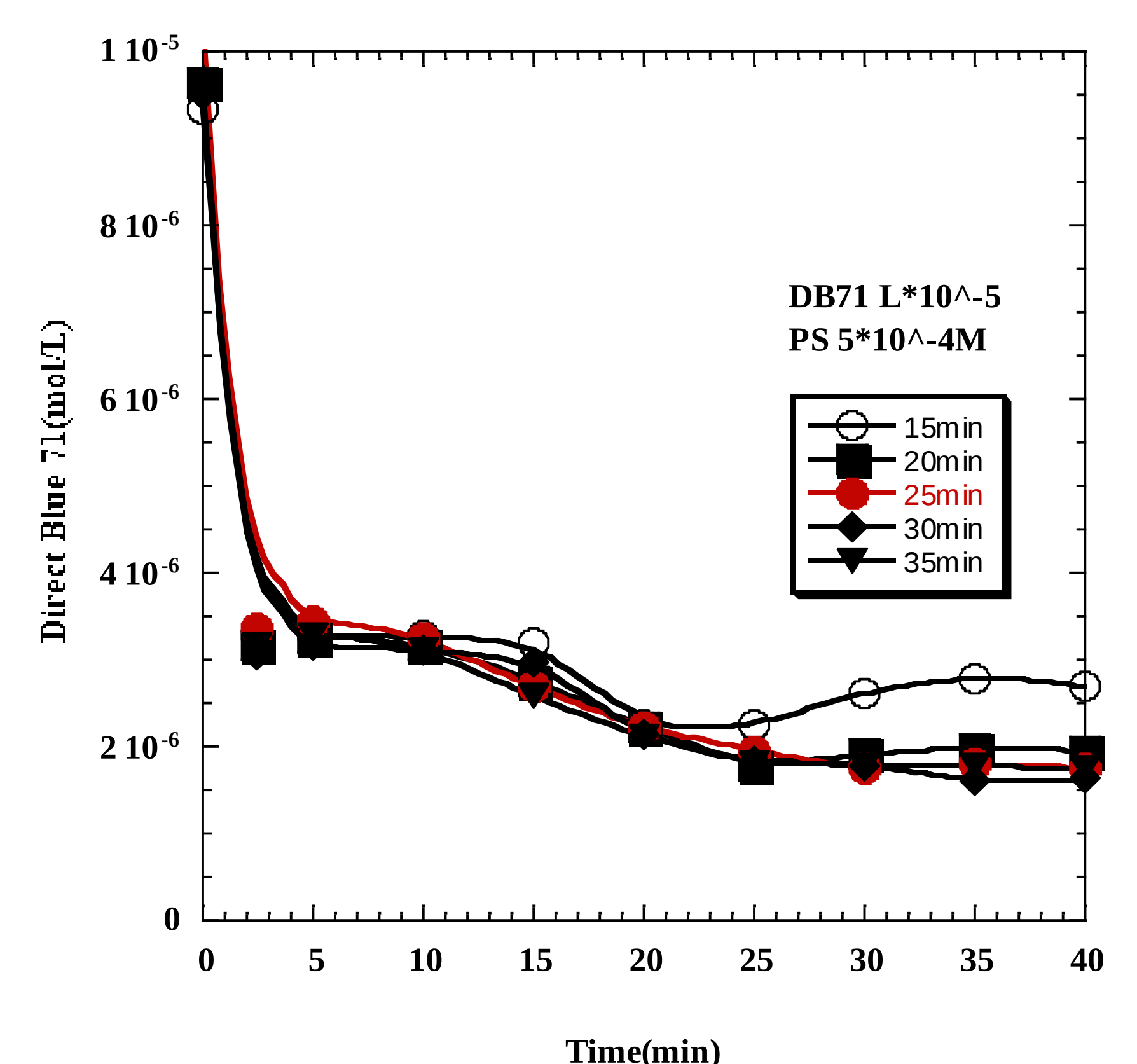
FeS₂(二硫化鐵):本身具有較高光吸收係數，在空氣中氧化成氧化鐵(Fe₂O₃)和二氧化硫(SO₂)，在本實驗是作為催化過硫酸鹽的角色(催化劑)。
*廉價易得、環境污染小、放電電壓高且平穩



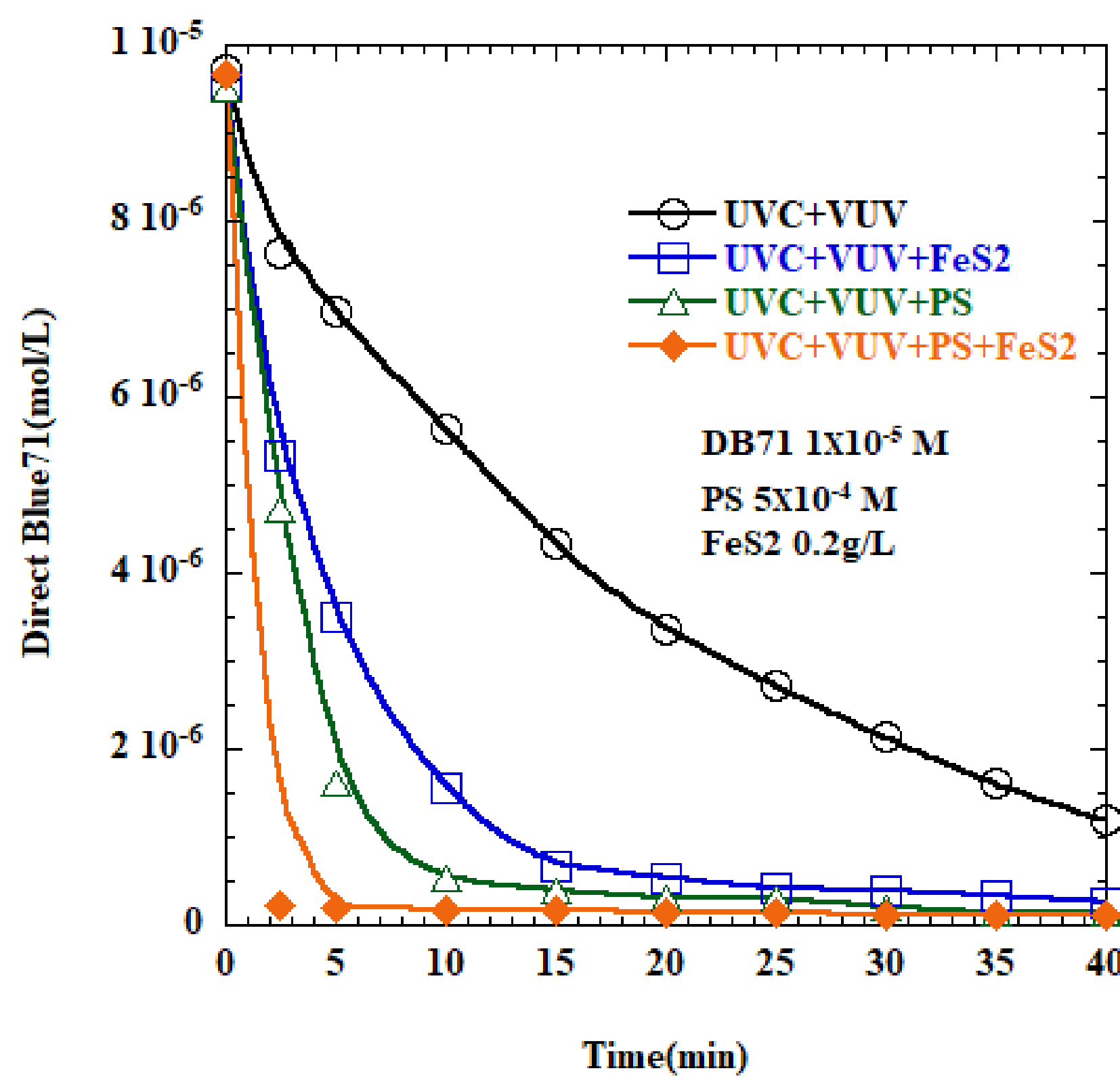
不同克數催化劑之比較



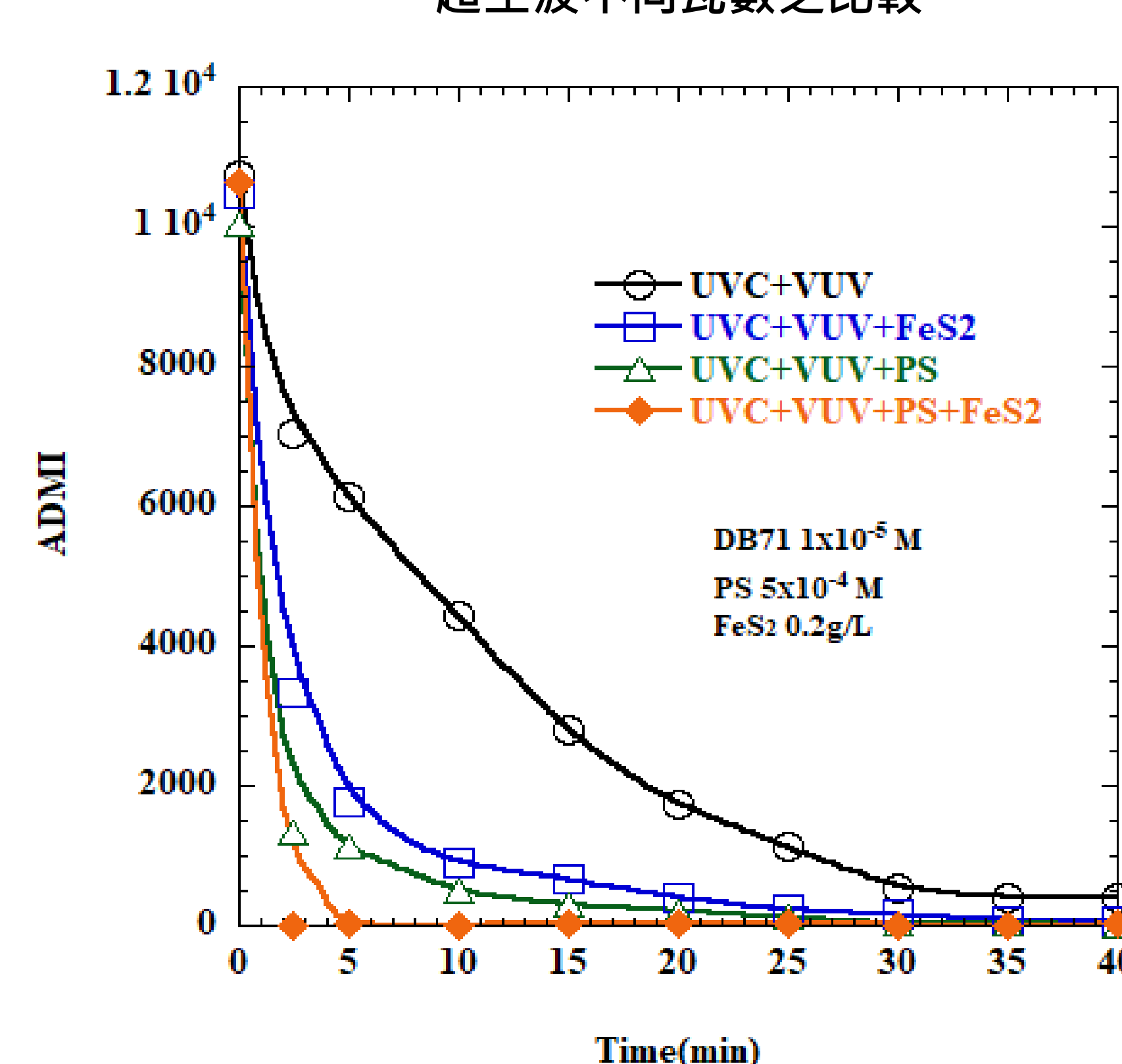
超生波不同瓦數之比較



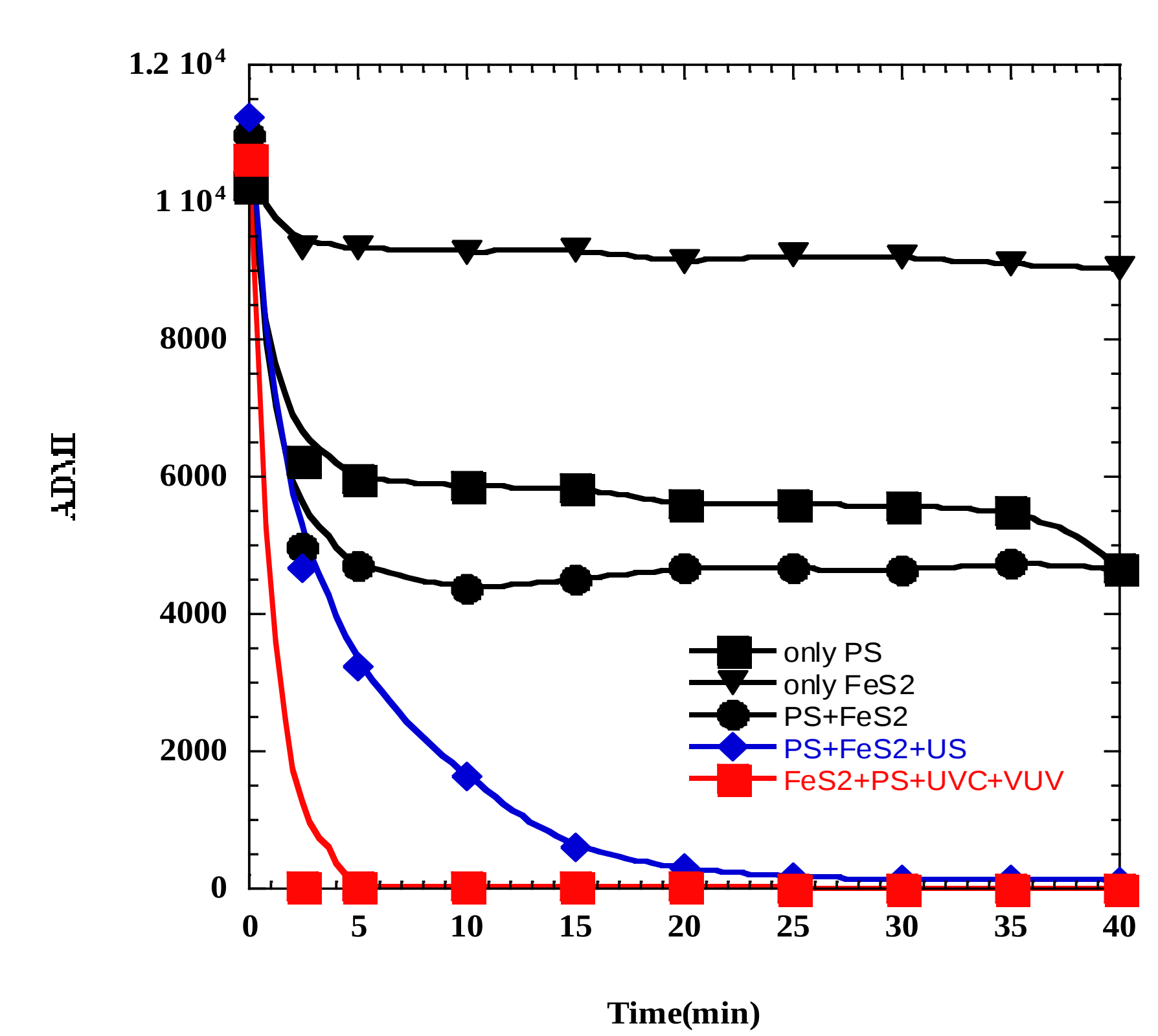
超生波不同時間之比較



UVC/VUV-不同程序對染劑的影響



UVC/VUV-ADMI圖

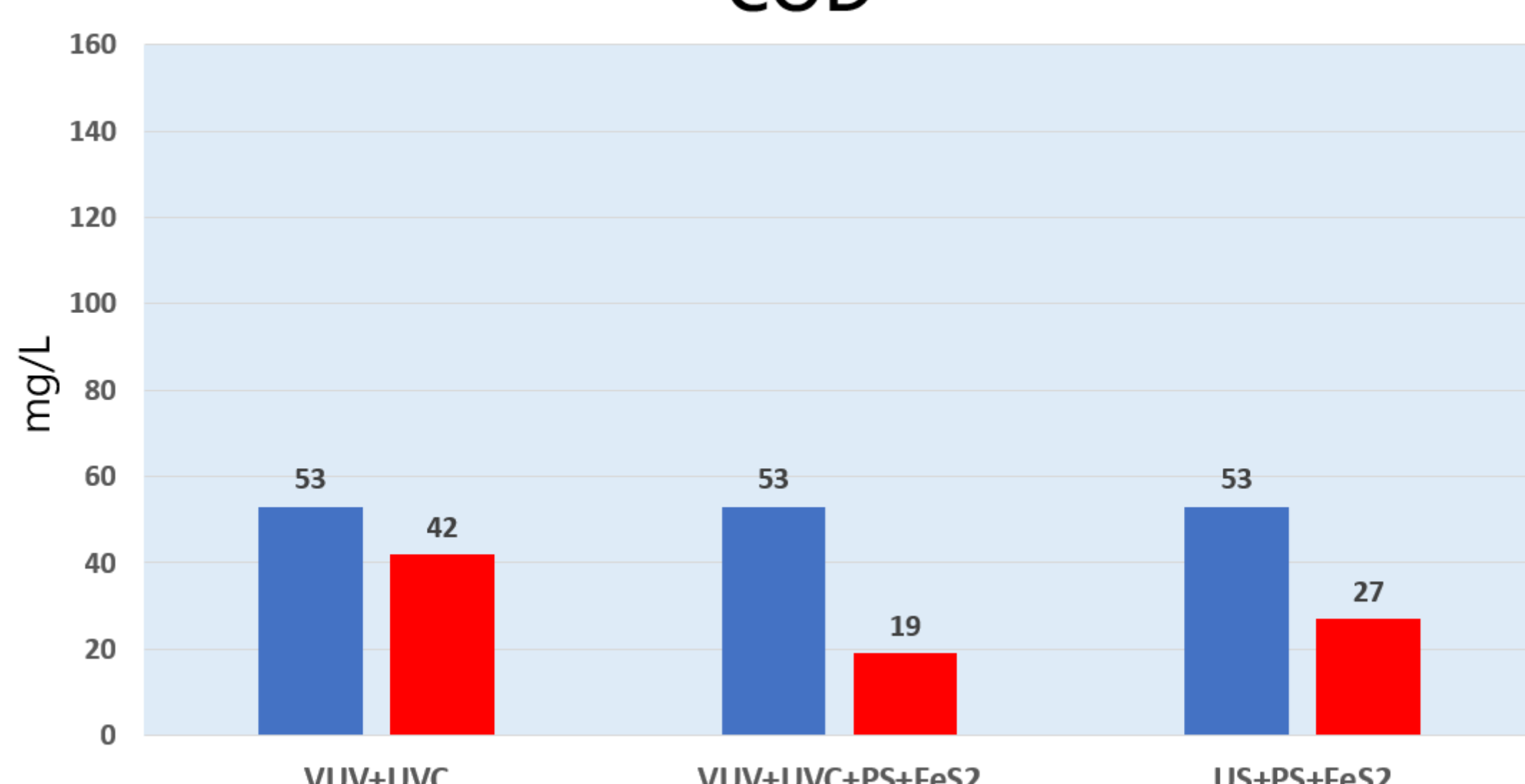


UVC/VUV與超生波之ADMI比較圖

實驗結果

- 二硫化鐵(FeS₂)提供大量的Fe²⁺來活化Ps，而產生的**自由基能夠打斷偶氮鍵結**，使染料**脫色**。
- 據實驗結果得知超聲波與紫外線燈管皆可使ADMI值有效降低且在法規內，**紫外線燈管效果較佳**。
- 然而COD值是由於本實驗調配的染料成分單純(染劑+水)，有機物含量不高，所以在實驗前呈現的數值也與實際的廢水有所差異，而在實驗後得知COD值也會有所降低。
- 相較於傳統染整廢水處理法，FeS₂活化PS的程序能夠快速且有效的使染料降解脫色，但染整廠使用的染料種類眾多，且參雜各種輔助劑，這次加入的輔助實驗可以應用在其他染料上，使用其方法前應進行各方面的評估，**有效利用紫外線及超聲波之特性才能更好的降解染料**。

COD



火山浮石應用於紐澤西護欄

紅隊第二組 黃文琛老師

陳柏融、劉育維、陳彥學、陳守諒、陳淑梅、鄭仔真

摘要

台灣地區位處地震帶，近年來由於鄰近國家火山活動頻繁，隨之浮石漂流造成台灣周遭環境迫害，以及漁民生計困擾。再者，由於國內工程建設蓬勃發展，混凝土材料的需求量大增，本研究以浮石來取代非結構性混凝土之骨材，將有助緩解日益嚴重的砂石短缺問題，並可緩和海洋汙染環境所造成之危害。本研究主要以浮石當作混凝土的骨材，以「絕對體積法」作為配比設計方法，並針對材料上之差距加以修正，除了考量質輕與基本強度要求外，亦期望藉此達到經濟性以及實際製造需求。

浮石基礎分析

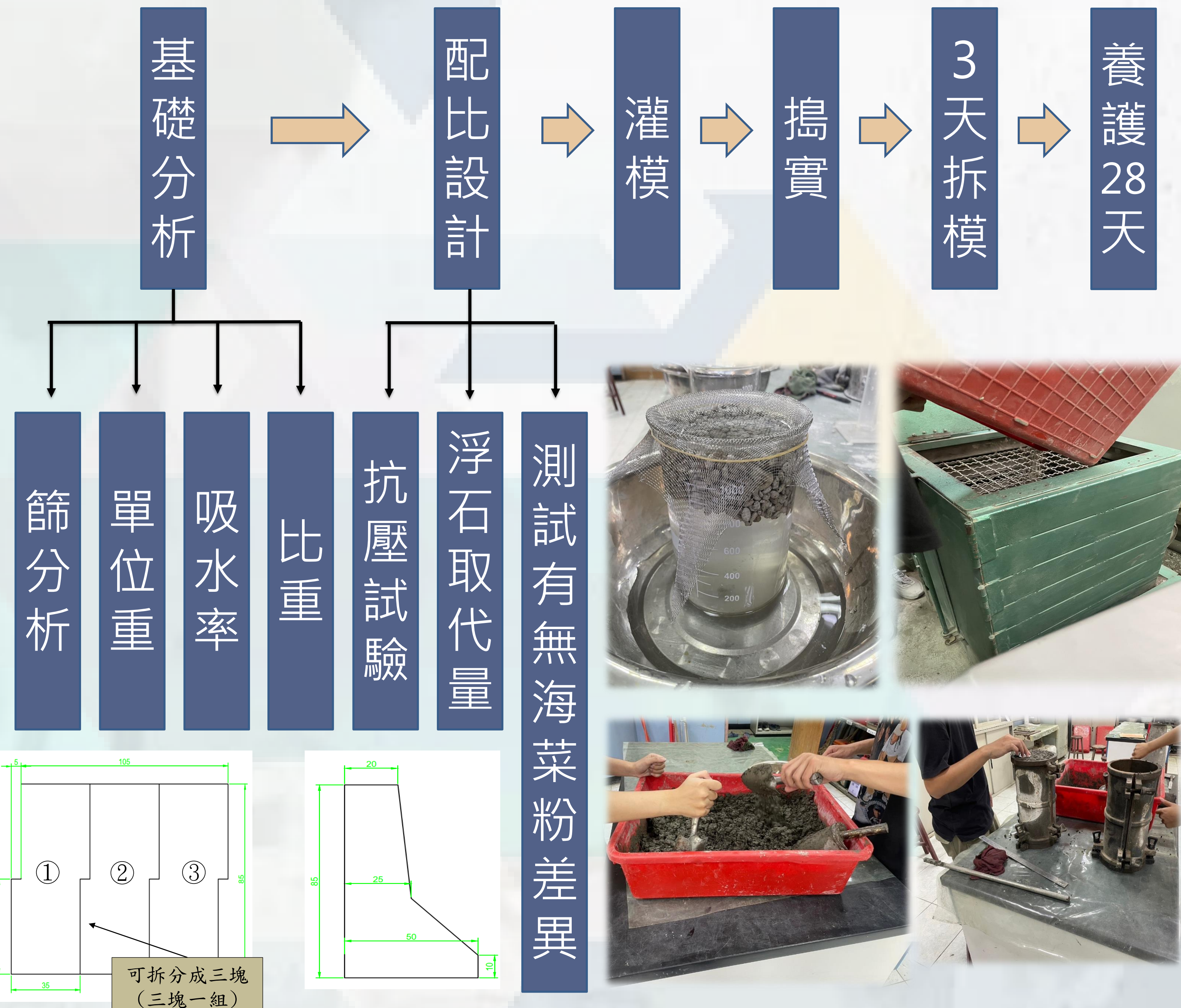
化學成分	酸性火成岩 (Felsic)
礦物成分	火山玻璃質 (二氧化矽SiO ₂) 80%、磁鐵礦、磷灰石與鋁石等礦物質
特點	質地軟，多孔隙，比重小，含鹽分高
比重	0.58 (故會漂浮在水面上)
孔隙率	71.8-81%
吸水率	28.7%
限制	為海漂浮石，含鹽量高，故避免碰觸鋼筋

研究目的

浮石混凝土之研究，除了考量質輕之基本要求外，亦期望藉此達到經濟性以及實際製造需求；具體而言能滿足經濟性與基本強度之浮石混凝土，並分析對其材料性質的影響性。

本研究之目的，主要在探討研究「浮石取代混凝土中細粒料的比例」以及如何「不讓浮石在製作過程中浮起」，對其材料性質作初步之了解，做為未來業界量產推廣之參考。以傳統混凝土理論基礎，對浮石混凝土新拌及硬固後之工程性質作其分析。

研究流程



試驗成果

	水泥混凝土	浮石代替砂 25%	浮石代替砂 50%	浮石代替砂 75%
重量	11.32kg	10.8kg	9.5kg	9.2kg
最大荷重	19220.627kgf	14155.552kgf	12961.747kgf	11368.011kgf
最大應變	0.0020	0.00137	0.00163	0.00166
抗壓強度	108.8kgf/cm ²	85.8kgf/cm ²	73.3kgf/cm ²	64.3kgf/cm ²

重量折減：4.5%
強度折減：21.1%

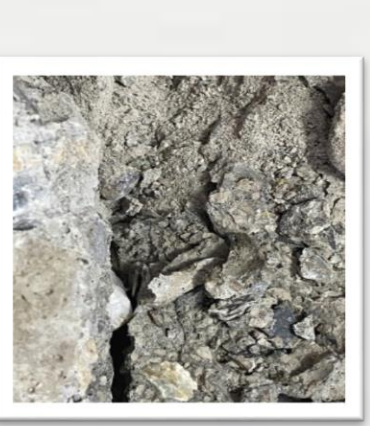
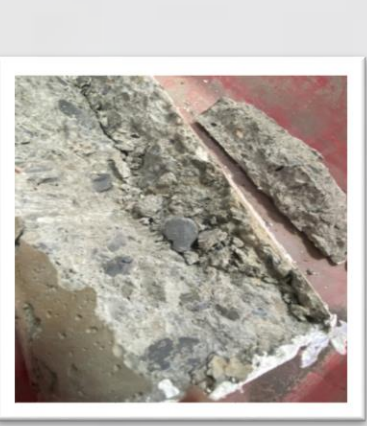
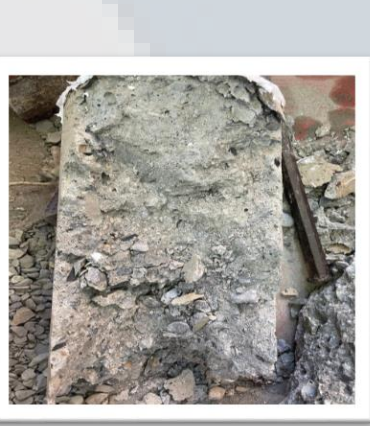
重量折減：16.1%
強度折減：32.6%

重量折減：18.7%
強度折減：40.9%

使用50%浮石取代量原因為重量折減較75%浮石取代量變化不明顯，強度卻已折減至40.9%，故最終選擇50%浮石取代量。

浮石屬於輕質骨材如何避免產生浮起或析離

採用低坍度低工作拌合 (使用海菜粉增加稠度)

浮石代替砂75%	浮石代替砂 25%	浮石代替砂 25%+海菜粉	浮石代替砂 50%+海菜粉	浮石代替砂 75%+海菜粉
				
皆無浮石浮起之現象				

估價

	水	水泥	粗粒料	浮石	砂	海菜粉
實際大小用量 (公斤)	81.528	133.1592	210.528	26.3676	118.68	1.084
價錢(元)	1	359	2632	0	41	340
總價(元)						3373

結論

- ◆ 卡樁組合化：**未達成**，原先設計挖孔減輕護欄重量，但因製作模型難度太大未能實現，故未達到組合化之效用及實現人工搬運。在製作過程也發現卡樁形狀的設計及容錯率是一大挑戰，也未考量到使用的便利性。
- ◆ 浮石材質輕量化：**達成**，傳統灌漿混凝土一塊重約580公斤，浮石紐澤西護欄一整塊重約481.96公斤，浮石紐澤西護欄重量較傳統灌漿混凝土紐澤西護欄減少17.2% (約98公斤)。
- ◆ 資源永續利用：**達成**，聯合國永續發展目標 (Sustainable Development Goals, SDGs) 的第十二項目標是「促進綠色經濟，確保永續消費及生產模式」，透過再利用大幅減少廢棄物產生。實現自然資源的永續管理。





校園水資源改造計畫

義守大學 土木工程學系

指導教授：黃文琛

專題生：洪鈺淞 吳雅琪 陳易聖 蘇嵩家 張鎧麟 李長璋



摘要

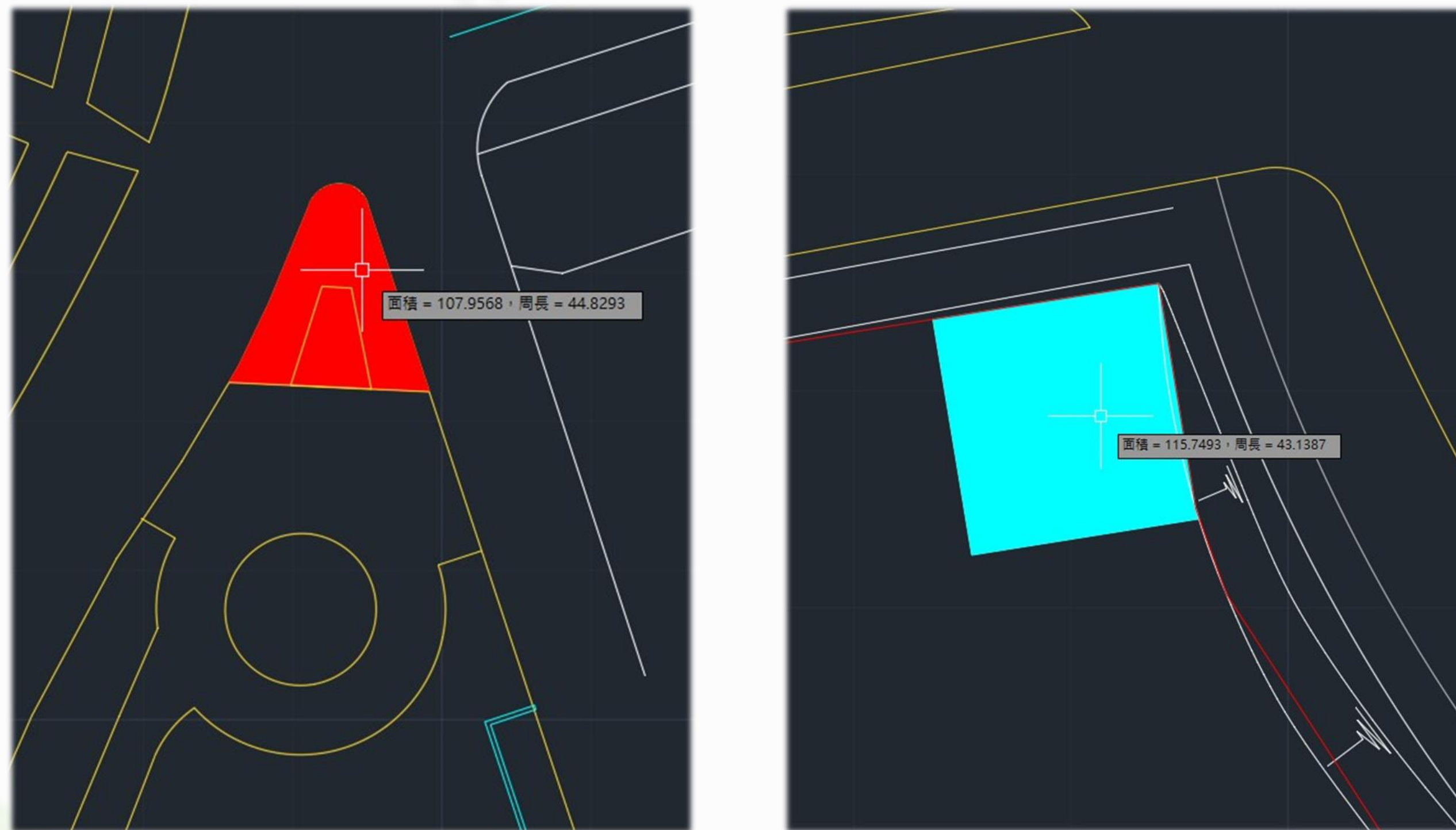
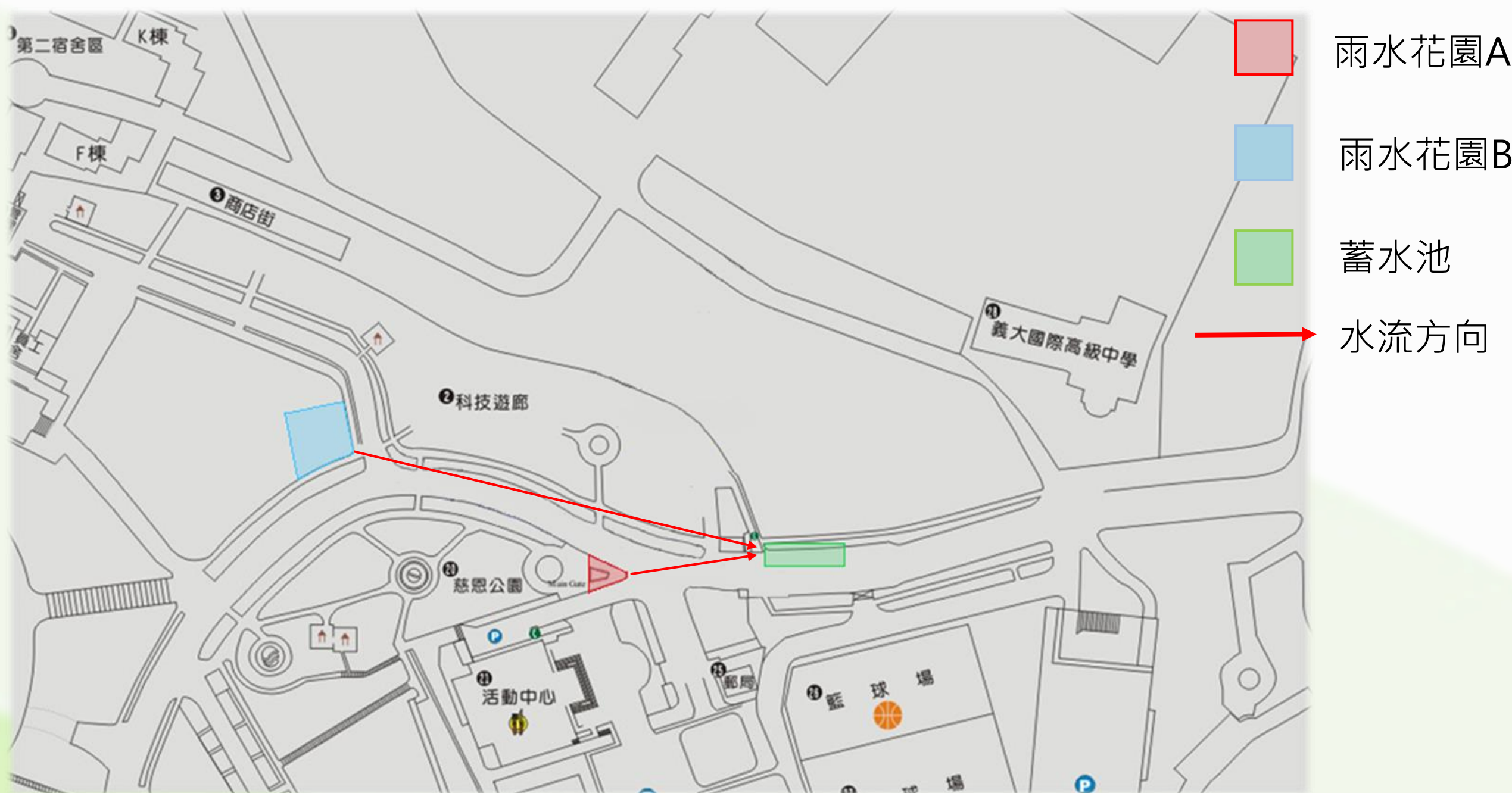
造成台灣屬於缺水地區的原因為地勢高聳，河川短小流急，降雨月份集中，導致非降雨量大之月份容易出現水庫低水位警報。因應上述問題，期望將校園內之雨水儲存並加以利用，遵循這項理念，本次計畫將以雨水花園及地下蓄水池兩者結合的方式盡可能收集每次降雨所得到的水資源，在後續進行分析及規劃。

一、設計理念

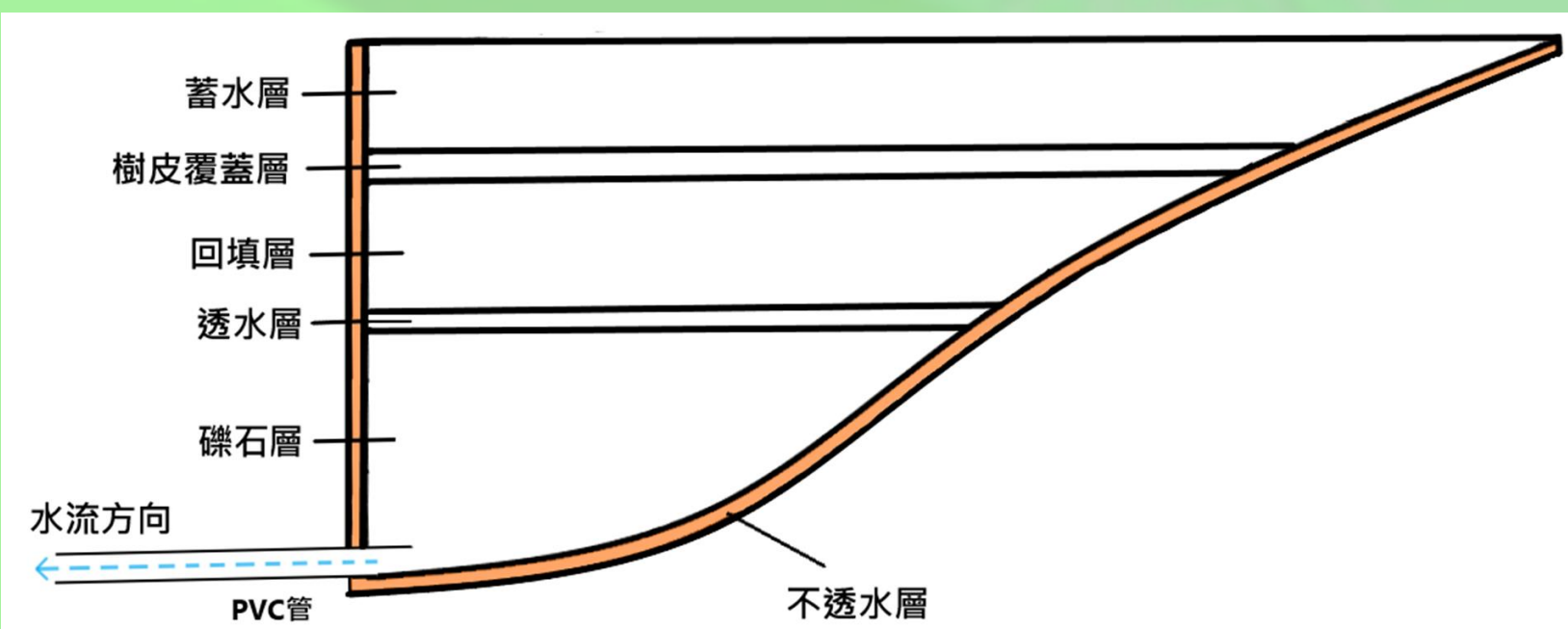
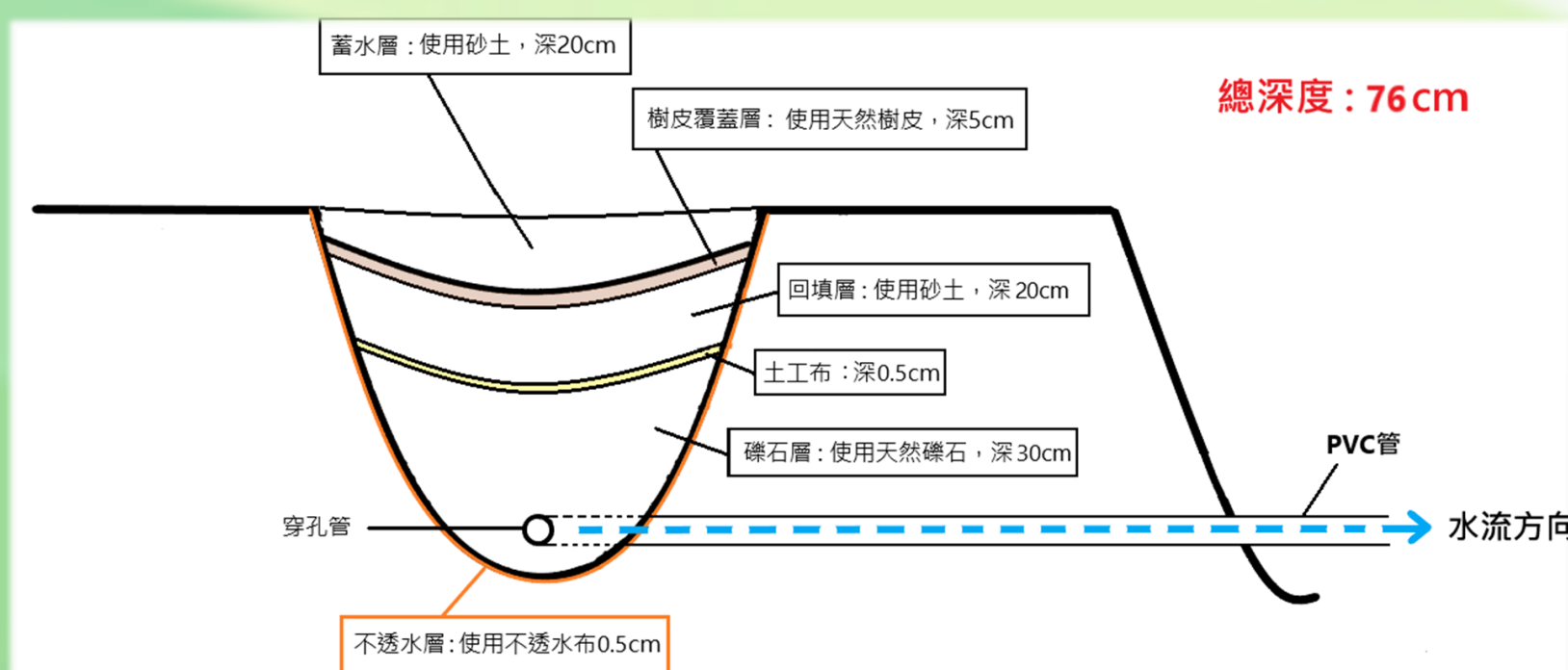
本次計畫預計將校內噴水池、傑森草坪小區塊改造成雨水花園，並且於校門口地下設置雨水蓄水池。因應地勢關係，校內大部分區域的排水方向會流往雨水花園A、B區，因此能收集到該場降雨最大水量。最後將蓄水池設置在全校地勢最低區，讓乾淨的雨水能應用至校園他處。

二、雨水花園尺寸

雨水花園A區設置在原噴水池區前方的三角植栽區，周長約為44.8公尺，面積約為108平方公尺。雨水花園B區設置在傑森草坪最低窪處取一矩形，周長約為43.1公尺，面積約為115.7平方公尺。



三、雨水花園結構剖面圖



四、雨水花園模型

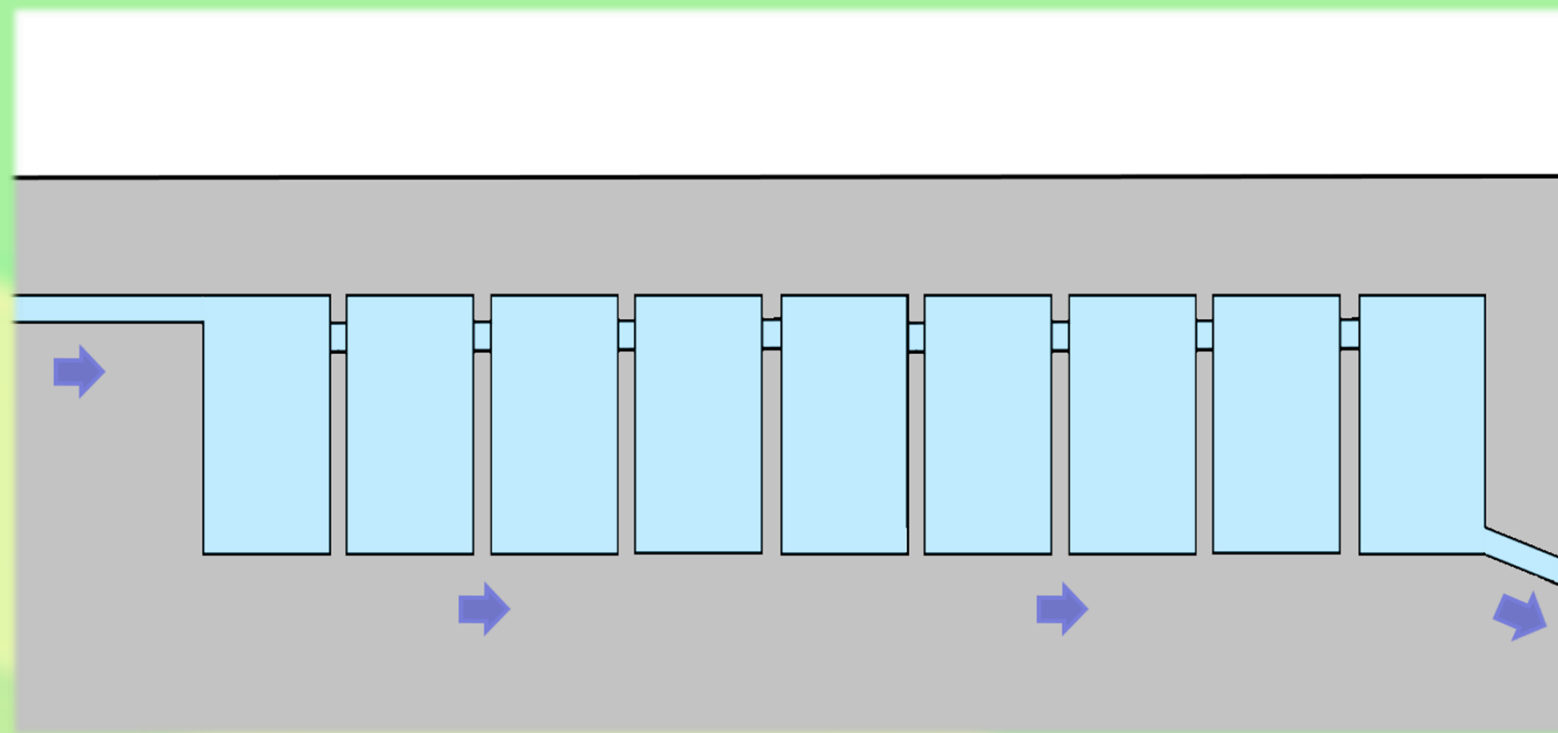


五、雨水花園基本資料

設定項目	結構資料	
雨水花園	蓄水層滲透係數	$3.22 \times 10^{-3}(\text{cm/s})$
	樹皮覆蓋層滲透係數	$2.25 \times 10^{-2}(\text{cm/s})$
	回填層滲透係數	$3.22 \times 10^{-3}(\text{cm/s})$
	透水布滲透係數	$2.82 \times 10^{-2}(\text{cm/s})$
	礫石層滲透係數	$1.13 \times 10^{-2}(\text{cm/s})$
	總透水係數	$4.96 \times 10^{-3}(\text{cm/s})$

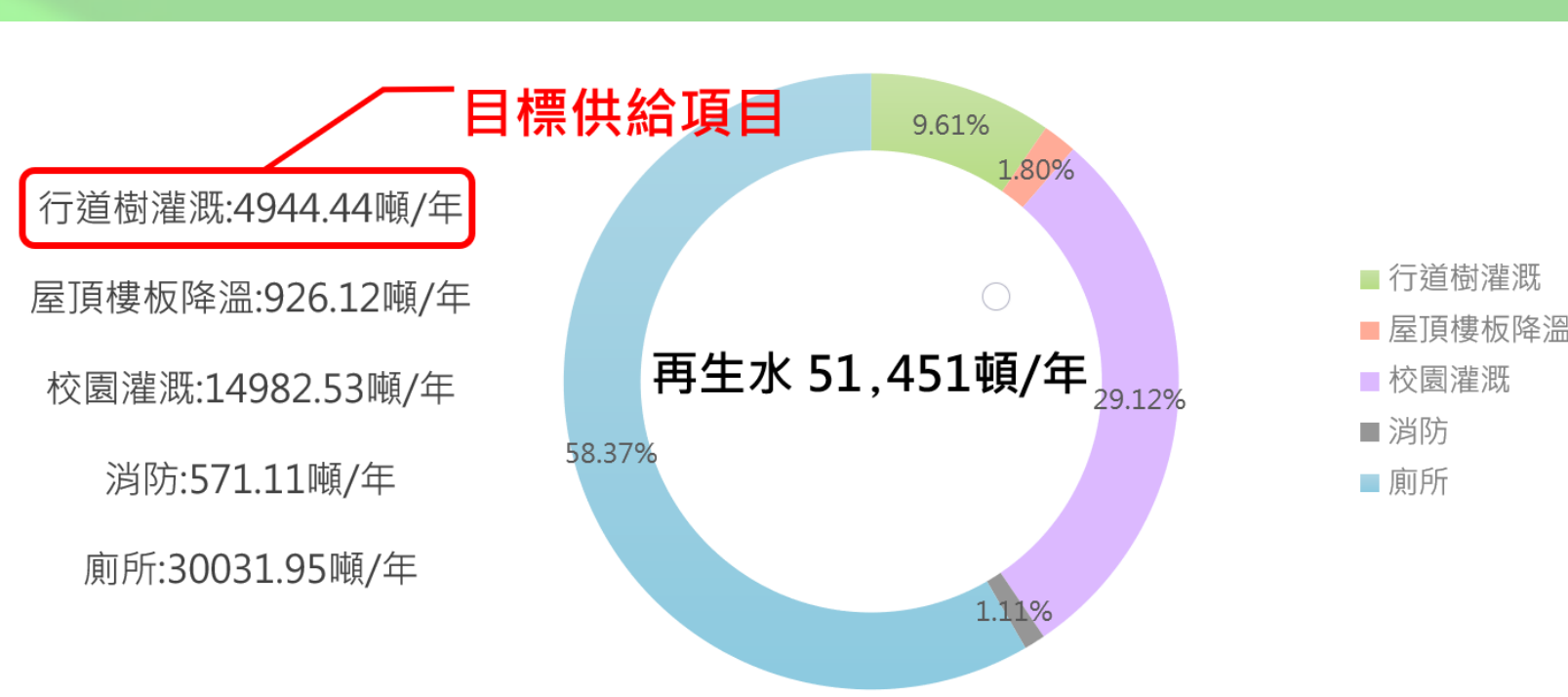
	A區	B區
降雨強度I(mm/hr)	62.8	
逕流係數C	0.419	0.41
逕流量Q(cms)	3.2×10^{-3}	9.4×10^{-3}
滲透排水管Q7(m³)	65.28	205
雨水花園滯蓄洪容量Q9(m³)	3.89	4.17
最高水量排出時間T	≤1小時	

六、蓄水池設計

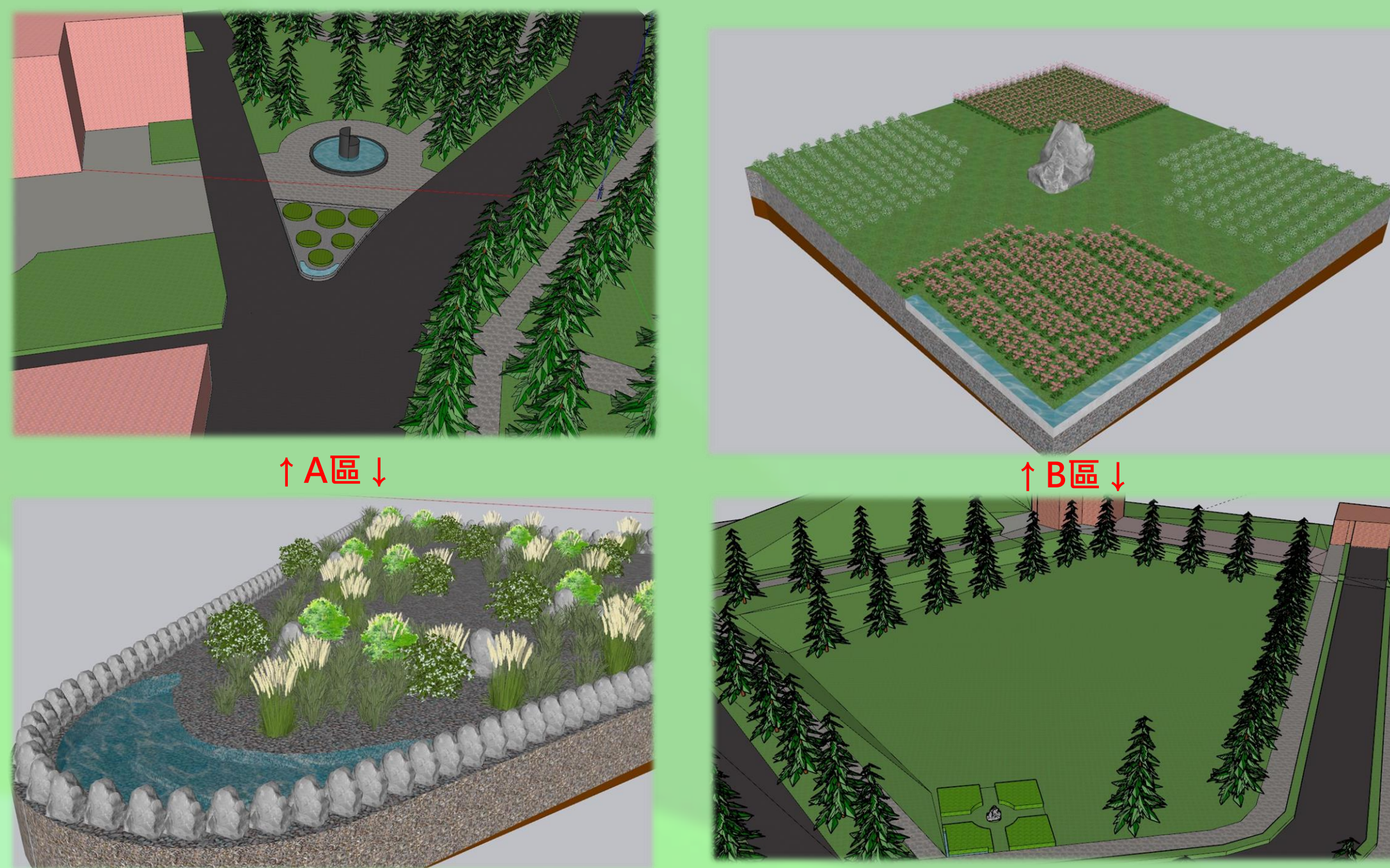


總長度	45.3m
總寬度	2.4m
深度	2.4m
總噸數	216噸
使用	24噸*8 12噸*1

七、再生水各項用途比例



八、SketchUp建模



最終目標

將目前校內所有由校內再生水所提供之項目，其中行道樹澆置的水量由雨水花園收集之雨水代替。

序號 (項)	A 長度	B 寬度	C 高度(米表面)	D 總厚	結構層厚 (mm)	鋪子厚度 (mm)	鋪子厚度
0.95	120	105	100	6	0.8	0.16	5
1	120	120	120	10	1.6	1	10
1.4	150	120	100	6	1	0.22	5
1.5	180	90	120	6	1.1	0.2	5
1.8	150	150	120	9	1.9	0.6	10
2.8	180	180	120	9	2.4	0.8	10
2.8	180	150	150	10	2.8	0.7	10
3	240	120	150	10	3.8	0.7	10
3.5	180	150	150	10	3.1	0.8	10
6	200	200	200	10	4.5	1.2	12
6.5	240	180	200	10	4.7	1.3	12
7.5	200	200	240	10	5.2	1.2	12
8	240	180	240	10	5.5	1.4	12
10	330	200	200	10	6	2	12
12	330	200	240	10	7	2	12
15	400	240	200	12	9.4	3	12
18	400	240	240	12	11.5	3	12
24	625	240	240	12	13.5	4	12