

台塑石化 CFB 副產石灰使用於瀝青混凝土 填縫料可行性

徐榮森

台塑石化股份有限公司 高級專員

吳學禮

台灣省土木技師

摘要

近期台灣地區到處在試鋪石膠泥瀝青混凝土(SMA)，因為 SMA 需要較多填縫料，且石粉之粗細與價格不穩定，為此開發 CFB 副產石灰用於填縫料該是可行之方針。基於新竹市政府鋪築之 SMA 工程頗為成功，以致利用其所用之粗細粒料，然後填縫料以不同材料情況下，採用馬歇爾配合設計資料為基準，從事滯留強度試驗以評估使用台塑石化 CFB 副產石灰使用於瀝青混凝土填縫料的可行性。滯留強度試驗以馬歇爾方法為主，試體養治期間為 60 度 C 1 天及 3 天，室內養治 6 天及 60 度 1 天 (7 天)，室內養治 27 天及 60 度 1 天 (28 天) 等四種，予以比較其績效。

一、緒言

1.1 早期傳統密級配及粗級配瀝青混凝土使用飛灰或石粉稱為填縫料，近期因環保要求，以致拌和廠配合政策改裝設備收集較多灰塵，因此大部分使用回收料作為填縫料，惟近幾年來國內推廣石膠泥瀝清混凝土(SMA)，而造成回收料不夠使用，且石粉之品質與價格相當混淆易於導致 SMA 品質不良，為此，開發 CFB 副產石灰用於填縫料該是可行之方針，

而符合全民之利益。

1.2 本計劃以新竹市政府鋪築之 SMA 工程之配合設計為主，粗細粒料擬由營道企業有限公司拌和廠提供，然後填縫料分別使用石粉及台塑石化 CFB 副產石灰，求出滯留強度指數與養治期 1 天、3 天、7 天、28 天之變化，以資評估分析台塑石化 CFB 副產石灰之使用可行性與績效。

二、綜合資料

2.1 計劃名稱：台塑石化 CFB 副產石灰使用於瀝青混凝土填縫料研究計劃。

2.2 主辦單位：台塑石化股份有限公司煉油事業部

2.3 試驗單位：委託財團法人中華顧問工程司材料試驗部台北試驗室辦理。

2.4 研究期間：中華民國 91 年 11 月～92 年 5 月，計 7 個月。

2.5 計劃摘要：本計劃研擬依據新竹市政府鋪築之 SMA 資料，在粗細粒料不變條件下，以石粉及台塑石化 CFB 副產石灰作為填縫料，求出馬歇爾相關試驗值，作為分析評估之用。

三、計劃內容

3.1 研究背景

1. 近來台灣地區快速公路或重要幹道，因車輛增加且部分超載，因此每年花費 150 億之維修費用，為此主管道路機構推廣 SMA 以解決車轍問題。
2. 基於 SMA 級配規格為通過 4.75mm 號篩(No.4)要少於 30%，且通過 0.075mm 號篩(No.200)要 8~10%(比傳統瀝青混凝土 1~8%偏多)，以致非使用石粉不可，惟石粉市場上供應品質並不一致，故易於造成 SMA 品質不良，為此開發 CFB 副產石灰用於

瀝青混凝土填縫料，諒可確保 SMA 及多孔隙排水瀝青混凝土(PA)之品質，亦可獲得全民之利益。

3.2 目的

研擬以台塑石化 CFB 副產石灰作為瀝青混凝土填縫料之材料，在其後期強度較具凝聚力情況下，可使瀝青混凝土更具抗水性及老化之成效。尤其是 SMA 及多孔隙排水瀝青混凝土因使用填縫料較多，在 CFB 副產石灰材質較為穩定情況下，可讓瀝青混凝土之品質穩定而可靠。

3.3 研究範圍

1. 確認台塑石化 CFB 副產石灰符合 AASHTO M17，或 ASTM D242，或行政院公共工程委員會公共工程施工綱要規範第 02742 章之規定。
2. 石膠泥瀝青混凝土配合設計及馬歇爾試驗
瀝青等級及粗細粒料等固定，填縫料使用石粉及台塑石化 CFB 副產石灰，求出馬歇爾穩定值及流度等試驗值。
3. 馬歇爾滯留強度指數：比較石粉與台塑石化 CFB 副產石灰在不同養治期間之成效。

四、效益

4.1 由於填縫料影響石膠泥瀝青混凝土及多孔隙排水瀝青混凝土較大，因此使用台塑石化 CFB 副產石灰，可確保品質穩定可靠。

4.2 台塑石化 CFB 副產石灰因含有氧化鈣，以致後期強度更具有凝聚力，尤其是台灣地區多雨潮濕，若用 CFB 副產石灰倍具抗水性耐用之功能。



五、試驗項目與數量

5.1 一般物性試驗：表 5.1 台塑石化 CFB 副產石灰與石粉一般物性試驗

試驗項目	試驗方法		擬用規範	試驗數量	備註
	AASHTO	ASTM			
1.篩分析試驗	T37	D546	AASHTO M17 或 ASTM D242	2	1.台塑石化 CFB 副產 石灰與石粉各作一組
2.比重試驗	T100 或 T133	D854 或 C188		2	
3.阿太保試驗	T89	D4318		2	2.阿太保試驗樣品以 通過 0.075mm 篩進行 試驗
	T90				

5.2 馬歇爾配合設計

擬以新竹市政府辦理之西大路、明湖路等道路改善工程之石膠泥瀝青混凝土配合設計資料為依據(91 年 9 月 12 日報告)。

5.3 滯留強度與養治時間關係試驗：列於表 5.2

六、試驗結果與分析[1]

6.1 一般物性試驗結果分析：

依據中華顧問工程司材料試驗部台北試驗室 92/04/21,B-0300437 報告列述之。

1.石粉及台塑石化 CFB 副產石灰一般物性試驗結果：列於表 6.1 內



表 5.2 滯留強度與養治時間關係試驗

養治時間	試體編號	填縫料名稱	試體數量 (只)	試驗方法	備註
60°C 養治 30 分鐘	A-1	石粉	3	1.T245 2.T166	滯留強度指數求法依工程會第 02742 章規定
	A-2	CFB 副產石灰	3		
60°C 養治 1 天	B-1	石粉	3	3.T165 求滯留強度指數，惟試驗為馬歇爾試驗(T245) 或工程會第 02742 章	
	B-2	CFB 副產石灰	3		
60°C 養治 3 天	C-1	石粉	3		
	C-2	CFB 副產石灰	3		
室溫養治 6 天 60°C 養治 1 天	D-1	石粉	3		
	D-2	CFB 副產石灰	3		
室溫養治 27 天 60°C 養治 1 天	E-1	石粉	3		
	E-2	CFB 副產石灰	3		

表 6.1 石粉及台塑石化 CFB 副產石灰一般物性試驗值

試驗項目		試驗方法	填縫料		註 ¹ 施工規範	備註
			石粉	CFB 副產石灰		
1. 篩分析 通過百分率(%)	0.6mm(No.30)	AASHTO T37-95 (1999)	100	100	100	(1) AASHTO M17 -95(1999)
	0.3mm(No.50)		100	100	95-100	
	0.15mm(No.100)		99.3	99.9	-	
	0.075mm(No.200)		90.1	94.4	70-100	
2. 塑性指數%(PI)		T89-96	註 ²		ASTM-D242 (2000), 工程會第 02742 章	
		T90-00	NP	3	4 以下	
3. 視比重(20)°C		T100-95 (1999)	2.710	2.952	-	(2) 通過 0.075mm 篩 進行試驗



2.一般物性試驗結果分析

(1).石粉及台塑石化 CFB 副產石灰皆合乎施工規範之規定。

(2).基於台塑石化 CFB 副產石灰通過 0.75mm 之百分率多於石粉 4.3%，致在同一級配規格下大約可少用 0.5~1.0% 之填縫料，也就是每公噸之瀝青混凝土，台塑石化 CFB 副產石灰可少用 5~10kg。

6.2 馬歇爾配合設計

1.新竹市政府施工資料[2]

基於新竹市政府西大路、明湖路等道路改善工程，鋪築 SMA 時使用 91 年 9 月 12 日，B-0201130 號配合設計成功，因此在相距不到半年使用相同之粗細粒料之料源及級配，作為研發填縫料乃最恰當之措施，現將其相關資料列述之。

2.配合設計主要資料：(試驗方法 NCHRP REPORT 425)

(1).瀝青 : 中油公司 ACI-20。

(2).粒料、石粉 : 營道企業股份有限公司。

(3).礦物纖維 : 卓仕實業有限公司。

(4).粒料使用率：

(A).2cm 碎石 : 30%。

(B).1cm 碎石 : 44%。

(C).0.8cm 碎石 : 7%。

(D).砂 : 10%。

(E).填縫料(石粉) : 9%。

(F).礦物纖維 : 0.4%(對瀝清混合料重量比)。



(5). 混合料級配：

篩號 mm(in)	通過質量百分率(%)		備註
	配合設計值	規範	
25 (1 in)	100	100	
19 (3/4 in)	96	90-100	
12.5 (1/2 in)	64	50-74	
9.5 (3/8 in)	45	25-60	
4.75 (No.4)	23	20-28	
2.36 (No.8)	17	16-24	
1.18 (No.16)	14	13-21	
0.6 (No.30)	13	12-18	
0.3 (No.50)	12	12-15	
0.15 (No.100)	11	--	
0.075 (No.200)	8.4	8-10	

(6). 最佳瀝青含量 6.3%(對混合料)下，各種相關試驗值如下：

項目	配合設計試驗值	規範	備註
單位重 kg/m^3	2287	—	(1) 馬歇爾 4 寸鐵模，夯壓溫度 145°C 上下面各打 50 次。
穩定值 lbf	1521	≥ 1395	夯垂重 10lb，落距 18 吋。
流度(0.25mm)	11	≤ 20	
空隙率%	4.2	3-5	(2) 粒料烘乾比重：2.593
VMA%	17.1	≥ 17	
VFA%	75	—	(3) 瀝青比重：1.030
垂流量($160^\circ\text{C}, 1\text{hr}$)%	0.2	≤ 0.3	(4) 粒料有效比重：2.629 (5) 吸油率：0.54%(對粒料)

6.3 滯留強度與養治時間關係試驗結果及分析

1. 馬歇爾試體製作：標準試體與浸水養治試體

(1)材料：

(A)瀝青：中油 ACI-20。

(B)粒料：營道企業股份有限公司提供。

(C)填縫料：

(a).石粉：營道企業股份有限公司提供。

(b).台塑石化 CFB 副產石灰：台塑石化股份有限公司。

(D).礦物纖維：卓仕實業有限公司提供。

(E).材料使用率：與級配設計相同(本文 6.2(4)節)惟台塑 CFB 石灰使用 8.5%。

(2)混合料級配

粗細粒料與配合設計使用率相同，只有填縫料之台塑石化 CFB 副產石灰使用 8.5%，

石粉仍然維持原來之 9%，其級配列於表 6.1 內。

表 6.1 滯留強度試驗試體級配

篩號 mm(in)	通過質量百分率(%)				備註
	石粉	台塑石化 CFB 副產石灰	配合設計值	規範	
25 (1 in)	100	100	100	100	(1).粗細粒料 與配合設計 使用量相同。
19 (3/4 in)	96	96	96	90-100	
12.5 (1/2 in)	64	64	64	50-74	
9.5 (3/8 in)	45	45	45	25-60	(2).填縫料石 粉使用 9%台 塑石化 CFB 副產石灰使 用 8.5%。
4.75 (No.4)	23	23	23	20-28	
2.36 (No.8)	17	17	17	16-24	
1.18 (No.16)	15	15	15	13-21	
0.6 (No.30)	14	14	14	12-18	
0.3 (No.50)	12	12	13	12-15	
0.15 (No.100)	11	10	12	—	
0.075 (No.200)	8.9	8.9	8.4	8-10	

(3) 其他製作條件

(A) 漆青含量% (對混合料)：6.3%。

(B) 添加礦物纖維 0.4% (對混合料)

(C) 試體：馬歇爾 4 吋鐵模，夯壓溫度 147°C ，夯打次數為上下面各打 50 次，夯垂重 10 磅，落距 18 吋。

2. 馬歇爾試驗結果

(1) 石粉：列於表 6.2 內。

(2) 台塑石化 CFB 副產石灰：列於表 6.3 內。

表 6.2 填縫料石粉滯留強度試驗結果

試驗項目	試驗值				
	A-1	B-1	C-1	D-1	E-1
25°C 容積比重	2.307	2.308	2.302	2.306	2.307
單位重 kg/cm^3	2300	2301	2295	2299	2300
穩定值 lbf	1441	1220	1038	1089	1097
流度 0.25mm	12	20	25	21	17
滯留強度指數%	—	85	72	76	76

附註：(1) 試驗方法：AASHTO T245-97。

(2) 試體編號及養治時間：請看表 5.2。

(3) 表內之試驗值為 3 只試體之平均值。

(4) 滯留強度指數： $si/s \times 100$, $si =$ 浸水養治之試體標準方式為 49°C 之水中養治 4 天，或浸水 60°C 之水中養治 1 天，本研究計劃有各種養治方式。S=標準方法計求得之穩定值，也就是本表中之 A-1 穩定值為標準方法所得之值。

3. 馬歇爾試驗結果的比較與分析：

(1) 標準試體(A-1 及 A-2)與配合設計值之比較

(A) 各種試驗值之比較列於表 6.4 內。

(B) 從表 6.4 可得知填縫料使用石粉或台塑石化 CFB 副產石灰所得之穩定值(配合設

計值 $+/-250\text{lb}$ 或 $+/-20\%$)流度($+/-3(0.25\text{mm})$)及空隙率($+/-1\%$)等皆符合施工檢驗之容許限度內，因此標準試體可作為評估其他試驗值之依據。

表 6.3 填縫料 CFB 副產石灰滯留強度試驗結果

試驗項目	試驗值				
	A-2	B-2	C-2	D-2	E-2
25°C 容積比重	2.306	2.300	2.300	2.303	2.305
單位重 kg/cm^3	2299	2293	2293	2296	2298
穩定值 lbf	1441	1261	1228	1264	1407
流度 0.25mm	12	23	22	14	25
滯留強度指數%	—	89	87	89	100

附註：(1)試驗方法：AASHTO T245-97。

(2)試體編號及養治時間：請看表 5.2。

(3)表內之試驗值為 3 只試體之平均值。

(4)滯留強度指數：求法與表 6.2 附註(4)相同。

表 6.4 標準試體與配合設計值之比較

試驗項目	試驗值			規範值	備註
	石粉	台塑石化 CFB 副產石灰	配合設計值		
單位重 kg/m^3	2300	2299	2287	—	1.標準試體依照配合設計之最佳瀝青含量 6.3% (對混合料)及細粒料相同,填縫料不同之情況下夯製而成。
穩定值 lbf	1441	1414	1521	≥ 1395	
流度(0.25mm)	12	12	11	≤ 20	
空隙率%	3.7	3.7	4.2	3-5	
VMA%	16.9	16.9	17.1	≥ 17	
VFA%	78.1	78.1	75.0	—	

(2)台塑石化 CFB 副產石灰比石粉更具績效：

(A)石粉之穩定值因試體浸水日期之持久而降低，惟台塑石化 CFB 副產石灰反而增加。

- (a)從表 6.2 及表 6.3 可會製成圖 6.1。
- (b)從圖 6.1 可得知台塑石化 CFB 副產石灰優於石粉，石粉 28 天穩定值降低 344lbf，而 CFB 副產石灰沒什麼變化。
- (c)當試體養治 60°C 三天時其穩定值比養治 1 天降低者屬於正常現象。

(B)流度值的比較：

- (a)從表 6.2 及表 6.3 可會製成圖 6.2。
- (b)從圖 6.2 可知流度值會因浸水養治而增加，惟與養治時間之長短並無一定之軌跡可尋，其因可能 SMA 試體因粗細粒料佔有 70%以上而導致流度增加而無法顯示固定之變化。

(C)滯留強度指數的比較：

- a).從表 6.2 及表 6.3 可繪製成圖 6.3。
- b).從圖 6.3 可獲得台塑石化 CFB 副產石灰之滯留強度指數不但高於石粉，且與養治與時間長短成正比，而石粉則成反比現象，因此台塑石化 CFB 副產石灰作為填縫料優於石粉。
- c).C-1 及 C-2 之滯留強度指數低於標準方法 60°C 養治 1 天，屬於正常現象，惟台塑石化 CFB 副產石灰只降低 2.2%，石粉則降低 15.3%，因此惡劣的天候長期之雨季，使用石粉比較容易損壞。

七、經濟分析

7.1 石粉價格因通過 0.075mm 號篩(No.200)多或少而異，大約從 1.0 元/kg~3.0 元/kg，新竹市政府所用者屬於 2.5 元/kg，也就是每公噸 2500 元。

7.2 使用台塑石化 CFB 副產石灰每公噸的瀝青混合料可節省新台幣 97.5 元。



1. 每公噸少用 5kg 計算： $2.5 \text{ 元} \times 5 = 12.5 \text{ 元}$ 。
2. 每公噸台塑石化 CFB 副產石灰便宜 1.0 元計算： $1.0 \text{ 元} \times 85 = 85 \text{ 元}$ 。
3. 合計 $1+2=97.5 \text{ 元}$ 。

八、結論及建議事項

8.1 結論

1. 台塑石化 CFB 副產石灰依據表 6.1 各種試驗值已可符合工程會第 02741 章及第 02742 章，或 AASHTO M17-95(1999) 或 ASTM D242-95(2000) 之規定，致可使用於瀝青混凝土之填縫料。
2. 使用新竹市政府西大路、明湖路等道路改善工程資料作為評估試驗之依據，係因配合設計業已補築完成，且已證實配合設計資料可作為施工作業之依據，為此選用其級配規格，粗細粒料相同之料源及瀝青(中油 ACI-20)可評定只有填縫料變化時之馬歇爾試驗有何差異。
3. 以粗細粒料相同及填縫料不同之比較下，台塑石化 CFB 副產石灰優於石粉，其因可從表 6.2 及表 6.3 或圖 6.1、6.2 及 6.3 圖查出穩定值、滯留強度指數等皆高於石粉，同時流度值亦較大可承受較大之壓變量。
4. 連續 3 天的浸水 60°C 養治，可證實瀝青混凝土的確與水不相容，其滯留強度指數石粉不符合要求(少於 75%、減少 13%)，惟台塑石化 CFB 副產石灰仍有 87%(只減少 2%)。
5. 室溫養治 6 天或 27 天然後浸水 60°C 養治 1 天，石粉之滯留強度 76%，證實選用之石粉、粒料及瀝青等尚可符合一般規範之規定，惟台塑石化 CFB 副產石灰反而增加到

100%，顯然地其後期強度增加，同時流度值亦增加，故不會有脆裂之現象。

6.經濟上台塑石化 CFB 副產石灰優於石粉，其因乃台塑石化 CFB 副產石灰每公噸之瀝青混凝土可少用 5kg(通過 0.075mm 號篩百分率較多)。

8.2 建議事項

- 1.基於本計劃之試驗結果分析，業已證實台塑石化 CFB 副產石灰可用於瀝青混凝土之填縫料，且具有經濟價值，為此維持品質之穩定乃材料供應者之責任，因此每個月定期作一般物性試驗已是負責或改良品質之依據。
- 2.建議道路主管機構儘量鼓勵廠商使用，以節省公帑求得全民利益。

中南部之拌和廠可率先使用，尤其是石膠泥瀝青混凝土或多孔隙排水瀝青混凝土等使用較多填縫料時，可即刻予以使用台塑石化 CFB 副產石灰。

試驗日期：92年3月1日~92年4月21日







