



高性能混凝土 Taicon 研究群-硬固混凝土力學行為(I)

北部地區材料對 Taicon 硬固力學性質之影響

計畫編號：NSC 87-2211-E-019-016

執行期限：86年8月1日至87年7月31日

主持人：楊仲家 國立台灣海洋大學材料工程研究所

一、中文摘要

本計劃主要探討粗、細骨材混合比例對高流動性混凝土新拌及硬固性質之影響。為符合 Taicon 高性能混凝土之基本要求。實驗中固定水泥用量，採三種不同之水膠比 (W/B=0.42, 0.45, 0.5) 之水泥漿為水泥質材料之母材，使用北部地區常用之粗細骨材(蘭陽溪)，以四種不同之粗、細骨材含量(細骨材體積/總骨材體積, S/A=0.3, 0.35, 0.4, 0.45)，探討混凝土在新拌及硬固性質之行為。研究結果顯示：S/A 對坍度及坍流度有一極值存在。

關鍵詞：S/A、Taicon 高性能混凝土、高流動性

Abstract

The main point of this study is the effect of S/A for fresh and hardened character of high fluidity concrete. The basic requirement of Taicon high performance concrete must be satisfied in the experiment. The weight of cement is fixed in the experiment. The parameters are W/B and S/A. W/B is 0.42, 0.45, 0.5. The range of S/A is 0.3 to 0.45. The interval is 0.05. Under the basic requirement of the Taicon high performance concrete that discuss the behavior of the fresh and hardened character. The result of the study appears that the effect of S/A produces a peak for the Taicon high performance concrete in the slump and slump flow test.

Keywords：S/A、Taicon high performance concrete、fluidity

二、緣由與目的

發展高流動性混凝土(self-compacting

concrete)，主要是希望藉由流動性佳的特性，使混凝土能自行流動，填滿模板內的空間，減少人工或機器搗實，降低人為所產生的失誤，一般須有 20cm 以上的坍度，根據 British Standard，這樣的坍度試驗是無價值的[1]，也就是說，坍度試驗已經無法完全詮釋高流動性混凝土的狀態，必須輔以流度試驗，而流度試驗種類繁多[2]，各國不一，如英國使用 flow table test[3]，其中以 Japanese Standard 的坍流度試驗(Slump flow test)[4]量測較為簡便，為工程界常使用之試驗方法，Domone 的研究結果亦顯示兩試驗是有關聯性的[5]。在 ACI 配比設計中[6]，為了達到高坍度的要求，高水泥用量成為必然的結果，這與預設的條件相距甚遠。因此，在水泥量受限的情況下，輔以波索蘭材料以增加膠結材料用量；再者，使用強塑劑，減少用水量，增加工作性。在骨材方面，粗、細骨材混合比例對混凝土工程性質上有一定程度的影響，隨著 S/A 的增加，混凝土的抗壓強度隨之增加，超過一定比例後，強度有些微的降低[7, 8]。S/A 對坍度的影響與抗壓強度雷同，有一極值存在，超過一定比例後，坍度降低，但之後 S/A 若持續增加，坍度可能有再上升的現象[7]。藉由增加膠結用量及改變 S/A，找出低水泥用量、高流動性，符合強度需求的配比，減少對環境的污染，並提高施工的品質。

三、試驗計劃

3-1 配比設計

Taicon 高性能混凝土的基本要求如下：

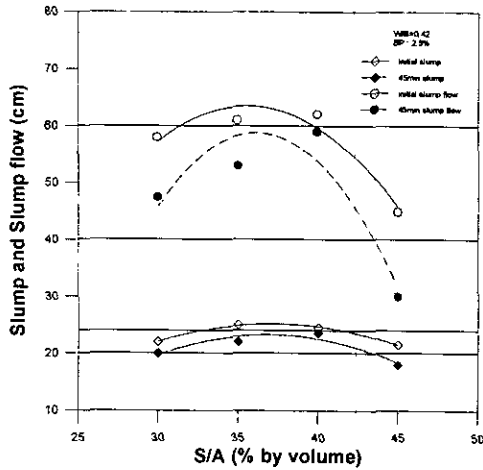
1. 抗壓強度 4000 至 5000psi(27.6Mpa 至 34.5MPa)。
2. 初始坍度 220mm±20mm，45 分鐘後坍度 ≥ 200mm。
3. 初始坍流度 400mm 至 600mm，45 分

表一 混凝土之配比

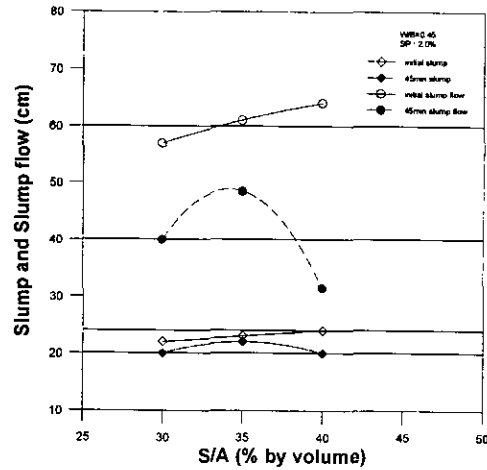
配比變數			材料用量(kg/m ³)								
W/B	S.P.(%)	S/A(%)	水泥	飛灰	水	強塑劑	粗骨材	細骨材			
0.42	2	35	300.0	128.6	171.4	8.6	1098.6	586.4			
		30			169.3	10.7	1183.8	502.9			
	35	1099.2					586.7				
	40	1014.6					670.5				
	45	930.9					754.4				
	30	167.1					12.9	1184.4	503.2		
	35							1099.8	587.1		
	40				1015.2	670.9					
	45				930.6	754.8					
	0.45	1.5			35	300.0	128.6	186.4	6.4	1075.8	574.3
					30			184.3	8.6	1159.3	492.5
		35			1076.5					574.6	
40		993.7	656.7								
30		182.1	10.7	1160.0	492.8						
35				1077.1	574.9						
40				994.3	657.1						
45				911.4	739.2						
0.5		1	35	300.0	128.6			210	4.3	1038.4	554.3
			30					207.9	6.4	1118.9	475.4
		35	1039.0							554.6	
		40	959.1							633.8	
	45	879.2	713.1								
	1.5	205.7	8.6			879.7	713.5				
	30					1038.4	554.3				
	35					1118.9	475.4				
	40					1039.0	554.6				

表二 新拌及硬固性質試驗結果一覽表

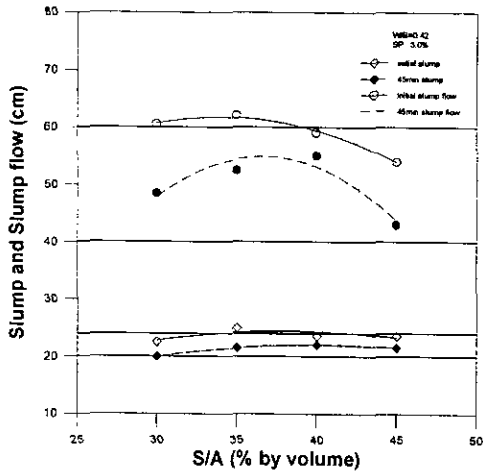
配比變數			坍度(cm)		坍流度(cm)		28天抗壓強度(MPa)	
W/B	S.P.(%)	S/A(%)	Initial	45min	initial	45min		
0.42	2	35	22.5	18.5	60	38	39.99	
		30	22	20	58	47.5	32.03	
	2.5 (A)	35	25	22	61	53	34.63	
		40	24.5	23.5	62	59	33.86	
		45	21.5	18	45	30	31.11	
		30	22.5	20	60.5	48.5	29.22	
	3 (B)	35	25	21.5	62	52.5	32.56	
		40	23.5	22	59	55	30.86	
		45	23.5	21.5	54	43	28.43	
		0.45	1.5	35	24.5	18.5	60	32
	30			22	20	57	40	38.73
	2 (C)		35	23	22	61	48.5	39.23
40			24	20	64	31.5	38.46	
30			20	20	55	53.5	29.43	
2.5 (D)	35		23	23	62.5	61	31.19	
	40		24	23	63	63	27.95	
	45		24	22	61	53.5	25.4	
	0.5		1	35	22.5	20	53	36
30				21.5	21	53	51	27.37
1.5 (E)			35	22	22	65	54	29.82
			40	22.5	22.5	63	49	30.00
		45	23.5	22	63	37	28.30	
		2	45	23	24	64	65	28.02



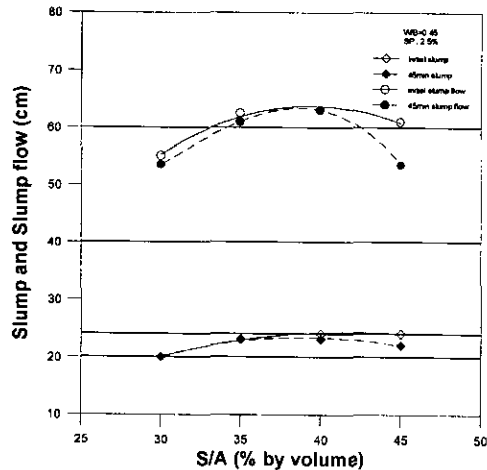
圖一 新拌性質與 S/A 之關係圖(A)



圖三 新拌性質與 S/A 之關係圖(C)



圖二 新拌性質與 S/A 之關係圖(B)



圖四 新拌性質與 S/A 之關係圖(D)

鐘後坍流度 ≥ 40 mm。

4. 每立方混凝土之水泥用量 < 300 kgw。
5. 水灰比 ≥ 0.42 。
6. 波索蘭材料 $\leq 30\%$ (膠結材料重)。

本研究將水泥用量固定在 $300\text{kg}/\text{m}^3$ ，波索蘭材料方面，採用飛灰當波索蘭材料，取代量為膠結物重量的 30%。水膠比採 0.42、0.45、0.5 三組，由水膠比可計算出用水量，根據 ACI 配比設計，絕對體積法的觀念，以每方體積扣除漿體體積及假設之空氣體積 (0.02m^3)，剩餘體積即骨材體積，由 (S/A) 的比值分別計算出細骨材及粗骨材體積，即得完整配比。本研究中 (S/A) 取 0.3、0.35、0.4、0.45 四組，強塑劑添加量原則上低於膠結材料重的 3%，而以坍度、坍流度均能達上述條件為主。每組配比之各材料用量如表一所示。

3-2 試驗材料及方法

本研究採用波特蘭第一型水泥，飛灰來自深澳火力發電廠，符合 ASTM C618 之規定，屬 F 級飛灰。粗骨材取自蘭陽溪的三分石，比重為 2.64，級配分佈符合

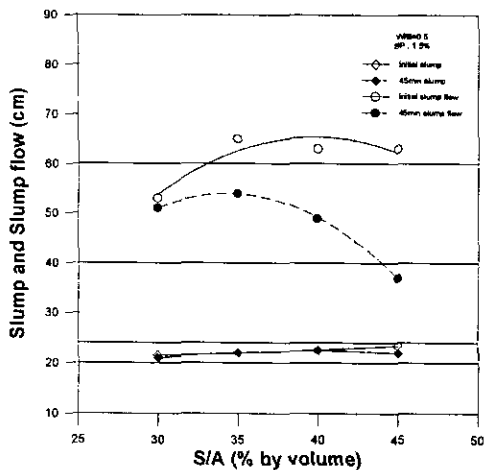
ASTM 規範。細骨材取自蘭陽溪的粗砂，比重為 2.62，細度模數 3.1，級配分佈符合 ASTM 規範。強塑劑：採用 Type G 之強塑劑，為茶磺酸鹽甲醛縮合物。

坍度之測定是依 ASTM C143 之規定來量測，坍流度測定則是在坍度量測後，直接量測混凝土試樣之直徑，採對角方式量測兩次，加以平均，視為坍流度 [4]。初始坍度及坍流度量測完畢後，將混凝土靜置 45 分鐘，靜置期間，以麻布袋覆蓋，避免混凝土水分大量蒸發，45 分鐘後，再量測一次坍度及坍流度。試體在拆模後，置於常溫下水中養生，直至抗壓試驗前。混凝土抗壓試驗則是依據 ASTM C31 進行抗壓試驗，試體進行試驗前均以高強度石膏蓋平。

四、結果與討論

4-1 坍度

由圖一到圖五中觀察，試驗結果經迴歸分析後，初始坍度及 45 分鐘後坍度均有一極值，超過極值後，初始坍度及 45



圖五 新拌性質與 S/A 之關係圖(E)

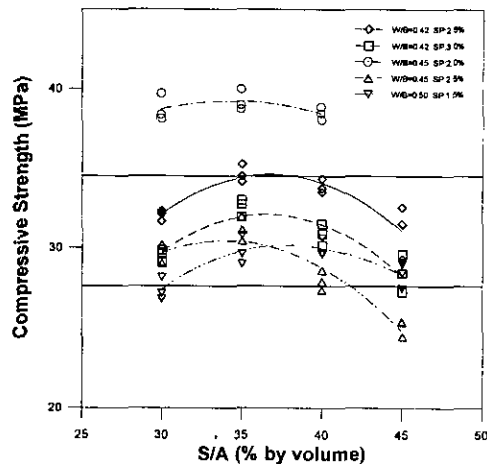
分鐘後坍度隨 S/A 增加而降低，由 A~E 五組配比組合中可發現，為達到同一坍度範圍，而膠結材料又受限的情形下，只有提高水膠比，以增加漿量，達到坍度要求，或者增加強塑劑用量，單以增加強塑劑來看，45 分鐘後的坍損也將加大，因此成效未必能如預期。若增加用水量，在抗壓強度的要求下，用水量的增加有限，若兩者搭配使用，則用量需注意，在膠結物用量有限的情形下，多量的水混合太多的強塑劑，容易使漿體黏稠度不夠，

4-2 坍流度

從圖一到圖五中觀察 A~E 五組配比的坍流度，可以發現，S/A 對坍流度也有一極值存在，在此極值兩側的坍流度均較低的，在坍流度損失方面，情形雷同，在最佳的範圍內，坍流度損失最小。S/A 的增加，使水泥砂漿增加，也增加了流動性，但超過了最佳的範圍後，過多的細骨材反而不易流動，亦使 45 分鐘後的坍流度損失增加，損失的幅度也較坍度損失來得大。由圖看來，S/A 對坍流度有影響，且影響程度甚於坍度。僅觀察圖一及圖四，A、D 兩組變數，兩者僅水膠比不同，但在膠結材料用量固定下，也可說是單位用水量的改變而已，由圖上觀察得知，用水量的增加，在原本已是最佳範圍內的初始坍度及坍流度增加並不明顯，在 S/A=45% 時，坍度及坍流度有大幅的改善，但在 S/A=30% 時，坍度及坍流度不升反降，則是由於水量過多，使水泥砂漿黏稠度降低所導致，在 45 分鐘後的工作性方面，無論是坍度或坍流度均有改善，亦即坍度損失及坍流度損失減少，顯示用水量的增加對 45 分鐘的工作性有正面的影響，但 S/A 不可太小，否則將有析離的危險。

4-3 抗壓強度

圖六為抗壓強度與 S/A 的關係圖，由



圖六 抗壓強度與 S/A 之關係圖(28 天齡期)

圖上迴歸分析後的曲線來看，S/A 對抗壓強度而言，有一極值存在，與新拌性質雷同，大於或小於此極值，強度均會下降。顯示 S/A 對本配比之抗壓強度亦有影響。

五、計劃成果自評

綜觀圖一到圖六，無論在新拌性質或抗壓強度方面，其極值均集中在 S/A=35%~40% 間，對混凝土有著不可忽視的影響，因此，在高流動性的混凝土配比中，應考慮使用之骨材性質，選用適當的混合比，才能有最佳的效果。而在膠結材料受限的前提下，要產生高流動性的效果，除了最佳的 S/A 外，用水量與強塑劑的使用量也須格外注意，由研究過程中發現，高流動性混凝土對於用水量極為敏感，因此，對於實際拌和水量的掌控須相當注意，尤其是拌和粗、細骨材表面含水率的量測工作更是不可草率，至於強塑劑的用量方面也是如此，應留意其坍度及坍流度損失的情形，以達最佳的效果。

本研究成果中，找出數組符合預設條件之配比，達成預期的目標，由於使用飛灰作為波索蘭材料，兼顧經濟性及廢棄物回收再利用的觀念，增加本配比在實務應用上的價值，但由於國內飛灰品質仍不夠穩定，若使用爐石作為波索蘭材料，相信能提高混凝土品質的穩定性，亦可能降低化學摻劑用量的空間，使本配比更具實用性。

六、參考文獻

- [1] BS1881 Testing Concrete: Part 102, Method for the determination of slump, British Standards Institution, 1983.
- [2] A. M. Neville, "Properties of Concrete", Fourth edition, pp.189~200, 1995.
- [3] BS1881 Testing Concrete: Part 105, Method for

the determination of flow, British Standards Institution, 1984.

- [4] JSCE-F503, Method of Test for the Slump flow of Concrete, Standards of Japan Society of Civil Engineers, 1990.
- [5] P. Domone, "The Slump Flow Test for High-Workability Concrete", Cement and Concrete Research, Vol.28, No.2, pp.177~182, 1998.
- [6] 沈進發, "混凝土品質控制", 第八版, pp.119~141, 1989.
- [7] A. F. Abbasi, Munir Ahmad, and Mohammad Wasim, "Optimization of Concrete Mix Proportioning Using Reduced Factorial Experimental Technique", ACI Materials Journal, pp.55~63, January-February 1987.
- [8] 郭一羽, 鍾朝恭, 葉春爐, 駱承利, "海砂混凝土配比與對抗壓強度之影響", 土木水利, 第20卷, 第3期, pp.35~49, 民國82年11月.