

五、結論與建議

1. 在生產自充填混凝土的過程中，骨材的含水量是最難掌握的一點，而按照拌合機電流的大小，來判斷混凝土的流動性，實為一種可行的方法。因為當混凝土的流動性較差時，拌合機的葉片在拌合時所遭遇的阻力自然就會比較大，而所反映出來的電流值也就會比較大，如此可避免人為判斷的誤差。
2. 新拌階段混凝土的流動性並不能代表實際澆置混凝土時的流動性，因為經過長時間的輸送過程，可能會因為混凝土發生坍塌（slump loss），而導致實際施工時混凝土的流動性及充填性能大幅度的折減，因此在混凝土廠拌配比調整時，應將混凝土運送所需之時間加以考慮，而以經過運送時間後之充填性能為考慮之重點，以確保實際施工時，混凝土能夠達到設計之流動性及充填性。
3. 混凝土的澆置速度與其充填性能有很大的關係，適當的澆置速度能使混凝土發揮最佳的填充效能。然而並非相同的澆置速度，就能達到相同的充填效果，不同的結構物形式，不同的模版尺寸，其最適合的澆置速度便不盡相同，但可以確定的是，若混凝土的流動性及抗析離性能良好，則混凝土澆置的最佳速度，以能保持混凝土整個輪廓線向前平移為最佳，而其斜率愈平緩越好。
4. 根據實驗的結果指出，自充填混凝土的乾燥潛變比普通混凝土小很多，除此之外，自充填混凝土幾乎沒有比克效應（Pickett effect），而自充填混凝土的乾燥潛變量較小，主要是由於基本潛變與乾縮量增加了，而乾燥試體的總潛變量卻與普通混凝土差不多，因此，自充填混凝土幾乎沒有乾燥潛變量。
5. 由於自充填混凝土中採用高漿量，及添加強塑劑，而使得 BP-KX model 在預測自充填混凝土之潛變量時會產生低估的現象，但只要適當的修正 BP-KX model 中的材料參數，即可準確的預測自充填混凝土的潛變變形量。

參考文獻

- [1]詹穎雯、廖基良、謝明宏，「自充填混凝土之化學摻料種類與用量之設計方法」，混凝土施工自動化-化學摻料、配比、品管與施工研討，台灣營建研究院，pp.85-96，Taipei，November 1998。
- [2]土木學會，「高流動性混凝土施工指針」，July 1998。
- [3]牧保峰，「高流動性混凝土流動性檢測規範-日本現行規範與探討」，混凝土施工自動化-化學摻料、配比、品管與施工研討，pp.125-149，Taipei，November 1998。

表一 自充填混凝土配比廠拌調整過程

配比調整編號	No.1	No.2	No.3	No.4
拌合機電流 (A)	113	116	119	116
強塑劑用量 (kg/m ³)	8.5	8.5	8.0	8.0
Slump (mm)	270 (N.A.)	270 (270)	270 (255)	275 (270)
Slump flow (mm)	715 (N.A.)	690 (730)	720 (520)	670 (615)
B ₅₀ (sec)	4.5 (N.A.)	8.1 (5.0)	3.4 (4.7)	4.5 (5.5)
V-funnel Test(sec)	13.4 (N.A.)	4.2 (5.1)	5.4 (6.1)	7.0 (6.6)
U-box Test(mm)*	R2- (N.A.)	R2-325 (R2-)	R1-325 (R1-295)	R1-325 (R1-320)
粗骨材下沉	YES	YES	NO	NO
含氣量	N.A.	N.A.	1.1%	1.0%

：表示粗骨材發生阻塞的現象

(刮號內之數字)：45 分鐘後之實驗數據

表二 實尺寸 SCC 樑均勻性試驗混凝土流動性之經時變化

Test Items	Time Elapsed(min.)		
	0	45	120
Slump (mm)	270	265	245
Slump flow (mm)	630/650	600/600	420/430
B ₅₀ time (sec)	6.2	6.5	N.A.
V funnel Test (sec)	13.7	9.3	N.A.
U-box Test (mm)	305(R1)	310(R2)	N.A.

再用刮刀刮平，並靜置 1 分鐘。

6. 一口氣拉起隔間門，混凝土就通過流動障礙流入 B 室，充填 B 室至靜止流動。
7. 用量尺量測 B 室容器底端至填充混凝土上面之高度，測到 1mm 為填充高度。

三、實驗計畫

本實驗計畫分為兩個階段，第一階段先根據修正之自充填混凝土配比設計方法，設計出不同等級需求之混凝土配比，並在台大土木系材料實驗室內進行多次的試拌，來進行配比之調整，接著從中挑選出一組具有良好流動性，同時在流動的過程中骨材不析離及具有良好的鋼筋間隙通過能力之配比，交給利揚預拌內湖廠進行廠拌之配比調整，而調整後之配比仍具有良好流動性、骨材不析離及良好的鋼筋間隙通過能力，接著進行第二階段的實驗。

第二階段的實驗分成兩個部分，第一個部分為自充填混凝土體積穩定性的研究，研究的項目包括自體收縮、乾燥收縮、基本潛變及乾燥潛變等項目；第二個部分則是自充填混凝土的均勻性試驗，實驗的內容是在完全不震動的情況下，將混凝土澆置到所設計樑構件的模版內，待 28 天齡期後，分別進行破壞性檢測及非破壞性檢測來檢視混凝土自己填充的效果。而第二階段實驗所需之混凝土，由利揚預拌內湖廠之水平單軸式大型拌合機拌合，再經由混凝土預拌車運送（行駛北二高），經 45 分鐘之後由內湖運至位於辛亥路的國家地震中心澆置，而所拌合之自充填混凝土的配比，即為經過預拌廠廠拌調整過後之配比。

四、實驗結果與討論

配比廠拌之調整

在整個配比調整的過程，除了將原先實驗室使用 7:3 的爐灰調整為預拌廠現有之 8:2 的爐灰之外，同時考慮拌合機的形式（實驗室：水平雙軸；預拌廠：水平單軸）及拌合混凝土的數量（實驗室：0.04m³；預拌廠：2m³），因此先將強塑劑的用量由 7.6kg/m³ 提高為 8.5kg/m³，接著只進行用水量及強塑劑使用量些微的調整，由表一所示，經過 3 次調整之後，已經具有相當好的充填性，但考慮坍流度經過 45 分鐘後仍有不小的折減，因此最後決定採用 8.5kg 的強塑劑。

混凝土運送期間流變性質變化

由表二所示，在初下料時，除了坍流度（64cm）略低於 R1 標準之外，B₅₀（達到 50cm 坍流度所需之時間）及 V 漏斗流下時間均滿足 R1 的標準，特別是箱型試驗的充填高度能夠達到 30.5cm（R1），代表混凝土具有足夠的模版充填能力，經過 45 分鐘混凝土運送至現場時，坍流度值降低為 60cm，V 漏斗流下時間亦略為超過 R1 的標準，而進行箱型試驗時，使用 R1 等級的障礙物發生阻塞的現象，但仍能達到 R2 等級的充填高度 31.0cm，代表混凝土仍具有 R2 等級的模版充填能力，而經過 120 分鐘之後，進行坍流度試驗，仍有坍度 24.5cm 及坍流度 42.5cm 的流動性，雖然這樣程度的流動性，已不具有模版的充填能力，但在流動性的表現上仍較普通混凝土良好。

SCC 樑之破壞性檢測

為檢驗混凝土在所設計之 SCC 樑之充填效果，採用破壞性檢測的方法為到達 28 天齡期時，對實驗的 SCC 樑進行鑽心（Take core）取樣，並對鑽心試體進行抗壓強度試驗。

鑽心出來的圓柱試體依其鑽心的方向及尺寸的大小分成三類。第一類為垂直方向鑽心的試體（V 試體），觀察 V1、V2、V3 試體粗骨材分佈均勻，同時並無隨著距離下料處距離的增加，而產生粗骨材下沉的現象，表示粗骨材隨著漿體的流動，均勻的分佈。

SCC 樑之非破壞性檢測

自充填混凝土基本潛變及乾燥潛變與 BP-KX model 之比較

本實驗採用的方法為利用實驗的結果，經過線性回歸的方式，修正潛變的預測模式，而修正過後之預測模式不論對基本潛變或乾燥潛變，都有相當的準確性，而修正過後的材料參數分別為 $q_1 = 1.6731$ 、 $q_2 = 1.4064$ 、 $q_3 = 0.0234$ 、 $q_4 = 0.0834$ （基本潛變）； $q_1 = 1.0065$ 、 $q_2 = 1.2355$ 、 $q_3 = 0.0022$ 、 $q_4 = 0.1061$ （乾燥潛變）。自充填混凝土乾燥收縮與 BP-KX model 之比較

將試驗中圓柱試體於標準乾燥室（23℃，50%R.H.）內所進行乾縮試驗的結果與 BP-KX model 的預測公式相比較時，發現三個不同乾燥齡期 t' （3 天、7 天、28 天）的試驗結果均與預測模式相近。

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

TAICON 早期束制開裂行為與體積穩定性之研究(II) The Resistance to Restrained Cracking at Early Age and Volumetric Stability of TAICON (II)

計畫編號： NSC 88-2211-E-002-039

計畫期間： 民國 87 年 8 月 1 日至民國 88 年 7 月 31 日

計畫主持人： 詹穎雯 國立台灣大學土木工程研究所

一、緒論

新頒行的結構物耐震設計，模內之鋼筋密佈，澆置搗實不易，再加上工地於施工時噪音防制之環保需求，為達成施工省力化及自動化之目標，使得強調免搗實及自己填充特性的自充填混凝土（Self-Compacting Concrete，簡稱 SCC）之市場需求大為增加。使用自充填混凝土可使混凝土的施工能自動澆置，並因具高度流動性，且流動時不會骨材析離，可使混凝土流通狹窄鋼筋間距完全充填至模版各角落，因混凝土良好而確實的填充，可提高結構物之耐久性及強度，確保構造物之品質及可靠度。這對於澆置條件不良或技術困難之工程問題可有效解決，對未來營造業之影響及衝擊將是相當深遠。

二、自充填混凝土-定義、材料與測試

本研究所研究的重點---自充填混凝土 SCC，在定義上，只著重在其新拌混凝土（Fresh Concrete）階段之流動性及模版充填能力，並不對其硬固後之物理性質或力學性質加以任何的限制。而使用自充填混凝土的觀念，是在於以改良混凝土的物理性質（流動性/模版充填能力）為手段，來達到確保鋼筋混凝土構造物品質與可靠度的目的，同時藉由良好而確實的模版填充，亦可提高鋼筋混凝土構造物整體的耐久性及強度，至於自充填混凝土之設計強度則仍依結構設計之需要而定【1】。

自充填混凝土流動性測試方法

自充填混凝土是指在新拌階段不損害材料分離抵抗性而顯著提高其流動性的混凝土，以下根據日本土木學會所提出的，對於自充填混凝土在新拌階段時的品質特性，如流動性、

材料分離抵抗性、間隙通過性及充填性等評價及試驗檢測的項目做一說明【2,3】。

坍流度試驗方法

試驗步驟：

1. 坍度錐內側及表面用濕布擦拭後置於水平之平板上，且平板表面亦需先用濕布擦拭。
2. 試料採用免搗實、免震動的方法，一次填滿坍度錐，且試料填充的動作需在 2 分鐘內完成。
3. 將充滿混凝土的坍度錐上面用刮刀刮平後，將坍度錐垂直向上拉起，拉上 300mm 的時間約 2~3 秒，待混凝土停止流動後，量測擴散圓形的最大直徑及與其垂直的另一直徑，兩者之平均值即為坍流度值（混凝土的坍流度如偏離圓形，當兩直徑相差 50mm 以上時，則需以同一盤試料再做一次試驗），而混凝土中央部分的坍下量即為坍度值，並用目視觀察混凝土有無材料分離的現象。
4. 同時記錄自拉起坍度錐開始至混凝土流到 500mm 的時間，並用馬錶量測到 1/10 秒精度。

使用填充裝置的間隙通過性試驗方法（Box-test）

試驗步驟：

1. 填充裝置垂直放置，上面保持水平。
2. 裝好填充裝置隔間門的流動障礙隔版。
3. 容器內面、隔間門、流動障礙隔版用濕布擦乾淨。
4. 關閉隔間門，將混凝土試料注入 A 室，不使用搗棒或敲打，連續將混凝土注入至 A 室上端。
5. 用金屬製規尺或刮刀除去多餘的試料後，