

溫度養護對 TAICON 硬固性質影響之研究(II)

Effect of Thermal Curing on Mechanical Properties of TAICON (II)

計劃編號：NSC89-2211-E-002-067

執行期限：民國 88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：陳振川 國立台灣大學土木工程系教授

摘要

自充填混凝土(Self-Compacting Concrete)係指澆置過程中不需施加任何振動搗實，完全藉由其自身之充填能力而充填至鋼筋間隙及模板各角落之高性能混凝土。其配合蒸汽養生運用於橋梁等現地工程中，預期將可發揮最大的效益。

本研究即是在上述的想法下，透過混凝土成熟度的觀念，研究自充填混凝土的蒸汽養生問題。研究中探討了工地可能發生的養生溫度變異問題、不同種類化學摻料、不同水泥種類對蒸汽養生的影響以及不同爐灰含量的影響等。研究成果將可使 SCC 的蒸汽養生效果明確的呈現，有利於工程上的運用。

關鍵字：蒸汽養生、成熟度、自充填

混凝土 (SCC)

第一章 緒論

自充填混凝土(Self-Compacting Concrete)係指澆置過程中不需施加任何振動搗實，完全藉由其自身之充填能力而充填至鋼筋間隙及模板各角落之高性能混凝土。其運用於工程中，預期將會有如下的工程效益：

1. 應用於混凝土搗實非常困難之結構體。(鋼筋密集、斷面過大等難度較高之施工條件)。
2. 適合於外觀要求高或外型複雜之建築工程，能真正達到建築師所設計的效果。
3. 混凝土充填密實，可確保混凝土施工品質，有效提昇結構之可靠性。
4. 材料品質更容易落實。

5. 應用於巨積混凝土，以減少勞力、縮短工期。
6. 減少工地噪音，合乎環保要求。
7. 達到混凝土施工自動化、合理化。

而蒸汽養護是一種行之有年的混凝土養護方式，可以加速水化反應。其在短時間內，使混凝土提早達到所需之抗壓強度，可大幅的減少工期，但是，蒸汽養護的影響因素極多，礦物摻料、化學摻料種類等，皆會是影響養生效益的一大變數。也因為如此，自充填混凝土的蒸汽養護問題有相當探討的必要，以可提供為業界參考。

第二章 文獻回顧

根據 ACI Committee 517 的建議 [6]，關於預力及預鑄混凝土產物之蒸汽養護，由於多項因素相互作用，影響混凝土的諸多性能，且有助於提高早期強度的因素通常與提高晚期強度的互相衝突，故只有經由嘗試才得以決定最佳養護流程。蒸汽養護的最主要優點在於能快速增加混凝土強度，在適當的蒸汽養護過程下，超過 60% 之溼室養護下的 28 天混凝土抗壓強

度，可以在 24 小時內達到。隨養護進行前之前置時間愈長，其晚期強度(28 天)之強度損失也愈低。適當前置時間下，28 天強度損失約為 5% 至 15%，但若未經適當之前置時間，直接在高溫下進行養護，則 28 天之強度損失可能高達 50% [1,2]。若在適當的前置時間下，則升溫速率在 $11^{\circ}\text{C}/\text{hr} \sim 44^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ 間，都不會對混凝土早期及晚期強度造成顯著影響 [1,3]。且蒸汽養護會造成孔隙較粗之結構 [4]，也會降低混凝土乾縮與潛變量 [5]。

文獻提及的高溫延時方面，一般認為混凝土養護最高溫維持在 $66 \sim 82^{\circ}\text{C}$ 時效果最佳，養護最高溫較高時，所需的前置期較長，養護所得之早期強度也較高，但 28 天強度則較低。當預期強度增加速率較低時，即需較長的最高溫期以達到需求強度。關於蒸汽養護的降溫過程，一般認為快速冷卻很少影響混凝土強度，但有時卻在較厚且大尺寸混凝土單元表層形成裂縫，因此對於此類單元，建議採用較低冷卻速率。

第三章 試驗計畫

混凝土材料發展日新月異，自充填混凝土（SCC）的使用更能有效發揮水泥效益，有利於資源的節省。當然，上述原始材料的使用，對於蒸汽養生的影響，是本研究的重點。故本研究之主要的變數為有水泥品牌、摻料種類、不同爐灰含量以及不穩定的養生溫度歷程等。試驗使用之配比如表一。

由於自充填混凝土（SCC）需長時間確保其工作性，所以一般工程上所使用的自充填混凝土，皆添加有緩凝效果十分顯著的羧酸系強塑劑。使得初凝時間由一般混凝土的 4 小時不等延長至 12 小時以上。所以欲獲得 12 小時的早期強度，除了採用較無緩凝效果的萘磺酸系強塑劑外，尚可採用蒸汽養護的方式來達成。本研究中之養生溫度與時間延時可參酌如圖一之溫度升降曲線。

各配比未養生試體之中心點溫度發展歷程如圖二所示。由圖二可看出配比中羧酸系強塑劑具有明顯的抑制水化放熱效果。使用羧酸系強塑劑時之溫度峰值明顯較為延後。

水泥種類問題的探討上，試驗結

果顯示，細度相近之水泥在水灰比相同之狀況下，混凝土強度發展並不會有太大不同之結果(圖三)。

而一旦進行蒸汽養生，化學摻料對於強度與成熟度曲線影響，亦將有所顯現(圖四)。圖四配比 B、配比 C 的強度成長狀況顯示使用羧酸系強塑劑時之配比 B 混凝土成熟度明顯較使用萘磺酸系的配比 C 低。顯示為追求高流動性、低坍損的羧酸系強塑劑，對於蒸汽養生效果的呈現為不利的影響。

當蒸汽養生時溫度產生變異下，其對於混凝土的成熟度影響可由圖五看出。試驗結果顯示，當溫度在變化攝氏五度之內時，對於混凝土成熟度幾無任何影響。此對於不易控制之現場溫度問題，實屬正面效益。

同一配比，蒸汽養生溫度越高，養生效益越見顯著，亦可由圖六中顯見出來。此與常理的推想是不謀而合的。

圖七顯示不同爐灰使用量時，其初期成熟度無甚大影響，但當成熟度指標超過 40 以後，爐灰含量高者之成

熟度曲線成長較爐灰含量低者緩慢，亦即波所藍材料的存在，其會減緩成熟度的成長狀況，太高的波所藍材料摻加，蒸汽養生結果會有負面效益。

第四章 結果討論

歷經年餘的研究，本文獲致以下之結論與建議：

1. 水泥種類與溫度歷時不穩定，對蒸汽養護中混凝土強度發展影響不大。
2. SCC 中所採一般用採用之羧酸系強塑劑，確實對蒸汽養護中混凝土強度發展形成負面影響，此工作性需求與強度發展需求二者呈現抵觸現象，欲使用 SCC 於蒸汽養生工法中，得仔細評估優劣。
3. SCC 高粉體量的特性，使得波所藍材料的添加為必須之原始材料之一，但波所藍材料對於蒸汽養生呈現負面效益。
4. 蒸汽養生溫度越高，對於蒸汽養生後，混凝土材料的成熟度越有助益。

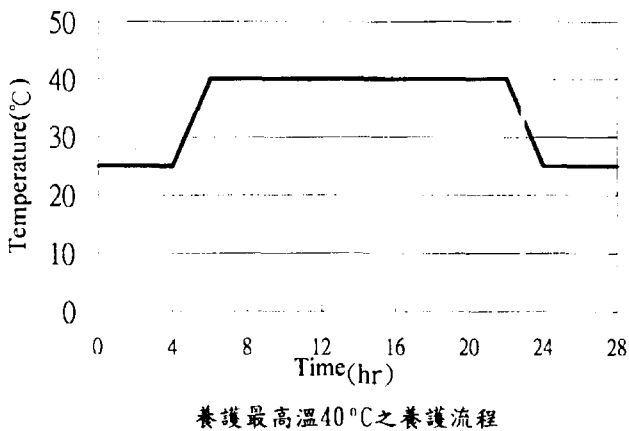
- [1] Nurse, R.W., and T. Whitaker (1964), "Strength Test on Steam Curing Concrete," International RILEM Conf. The Problem of Hardening of Concrete in Manufacturing Precast Reinforced Concrete Units, Moscow.
- [2] Pfeifer, D.W., and S. Marusin (1981), "Energy-Efficient Accelerated Curing of Concrete," PCI Technical Report No.1, TR 1-82, 188pp.
- [3] Hanson, J.A. (1963), "Optimum Steam Curing Procedure in Precasting Plants," ACI Journal, Proceedings V.60, No.1, pp.75-97.
- [4] Radjy, F., and C.W. Richards (1973), "Effect of Curing and Heat Treatment History on the Dynamic Mechanical Response and the Pore Structure of Hardened Cement Paste," Cement and Concrete Research, V.3, No.1, pp.7-21.
- [5] Hanson, J.A. (1964), "Prestress loss as Affected by Type of Curing," PCI Journal, V.9, pp.69-93.
- [6] ACI Committee 517 (1992), "Accelerated Curing of Concrete at Atmospheric Pressure," American Concrete Institute, Detroit, MI.
- [7] 丘惠生 (1998), 「現地蒸汽養護加速混凝土橋梁自動化施工法之研發 (II)」, 財團法人臺灣營建研究院專案報告, 臺北。
- [8] 丘惠生、王瑞禎 (1999), 「橋梁現地蒸汽養護講習班講義」, 財團法人臺

參考文獻

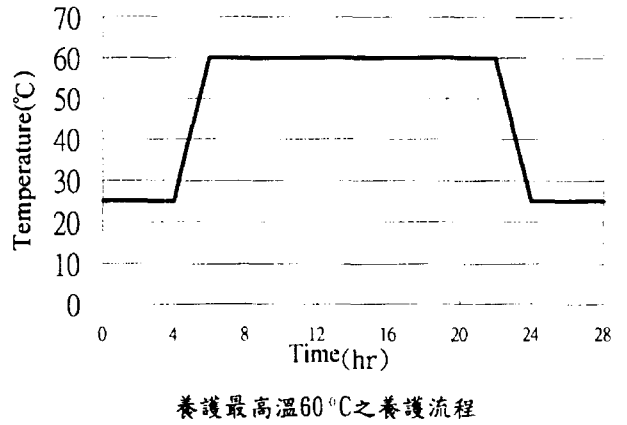
灣營建研究院，臺北。

配比編號	A	B	C
配比種類	目標配比 HP	奈磺酸系 SCC	羧酸系 SCC
水 (kg/m ³)	175	175	175
水泥 (kg/m ³)	385	385	335
爐灰 (kg/m ³)	35	115	115
粗骨材(3/4") (kg/m ³)	550	0	0
粗骨材(3/8") (kg/m ³)	344	750	750
粗砂 (kg/m ³)	739	717	721
細砂 (kg/m ³)	86	179	130
強塑劑型號	Mighty150	Hicon HPC1000	冠翳 326
強塑劑 (kg/m ³)	4.4	7.50	4.50
28 天強度 (psi)	7200	8520	8248

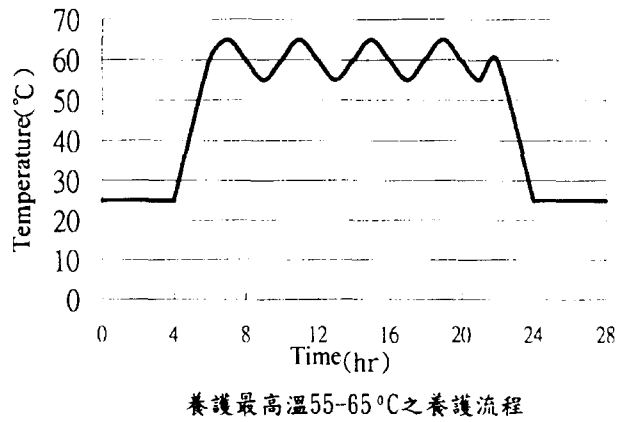
表一 拌和配比表



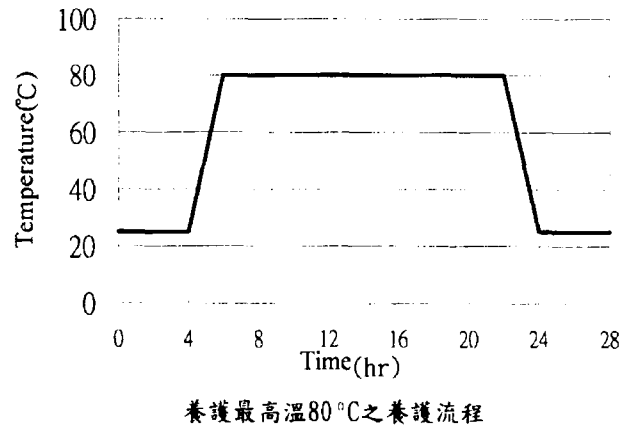
(a)



(b)

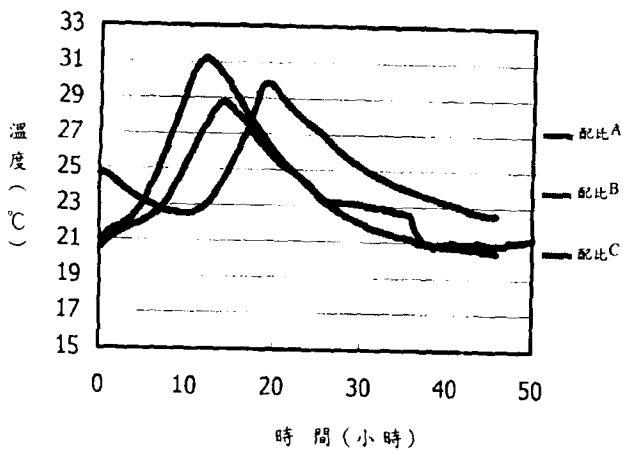


(c)

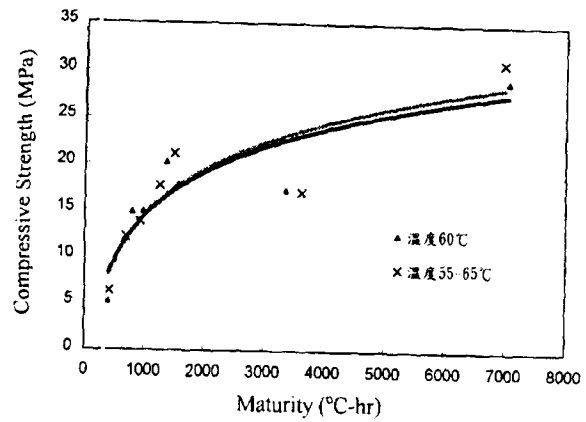


(d)

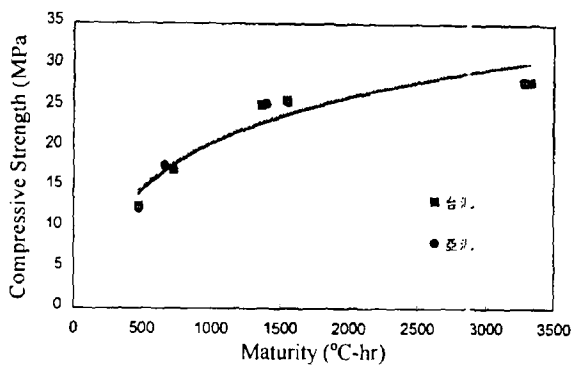
圖一 蒸汽養生使用之不同溫度歷程



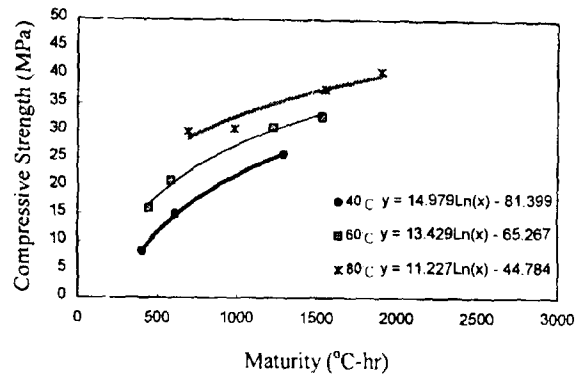
圖二 各配比之試體中心點溫度



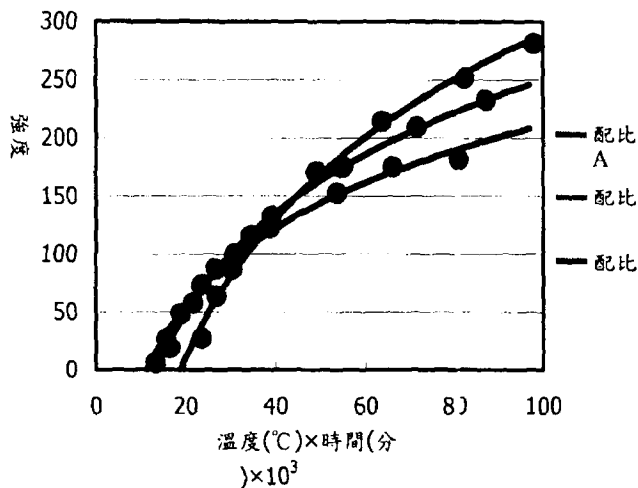
圖五 溫度變異的蒸汽養生結果



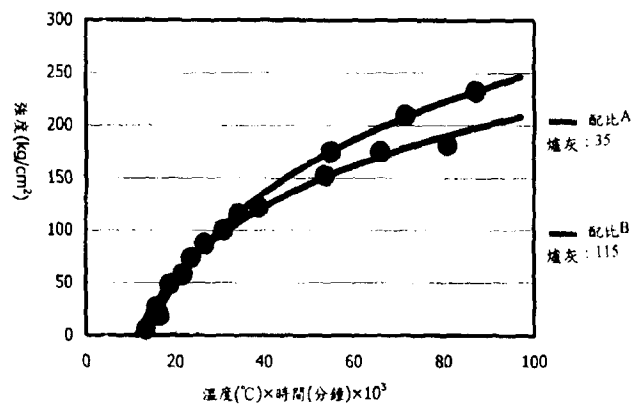
圖三 不同水泥種類蒸汽養生結果



圖六 養生溫度越高，強度發展越快



圖四 不同化學摻料的蒸汽養生結果



圖七 不同爐灰使用之成熟度曲線