

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

高性能混凝土 TAICON 研究詳-物化性質研究 (III) —子計畫二：
加速養護對 TAICON 樑構件銼筋界面及握裹力影響之研究

The Study of the Bond Strength of TAICON with High-Temperature & High-Pressure Steam Curing

計畫編號：NSC 89-2211-E-009-045

執行期限：88年8月1日至89年10月31日

主持人：彭耀南 國立交通大學土木工程學系

一、中英文摘要

研究之目的在於探討高溫高壓蒸氣養護的方式，對於銼筋混凝土握裹強度的影響。

經本研究結果顯示，高溫高壓蒸氣養護的方式，對於銼筋混凝土的握裹強度、混凝土的抗壓強度與劈裂強度都有顯著的提昇，且本試驗結果與 O.J.B. 握裹力預測式之趨勢相當，但試驗值卻高出預測值許多，經高溫高壓蒸氣養護過後期值更高，觀察銼筋與混凝土的接觸面情形，發現銼筋與混凝土間的接合面混凝土較為緻密，且粘結強度亦有提高的現象。

關鍵詞：握裹力、蒸氣養護、粘結強度

Abstract

This study is to investigate the influence of bonding strength of reinforcement concrete with high-temperature and high-pressure steam curing.

The test results show the high-temperature and high-pressure steam curing improves the bonding strength of reinforcement concrete, the compressive strength and splitting strength of concrete also to be improved. The test results and O.J.B. formula of bonding strength have the similar trend, but the values of test are higher than the values calculated by O.J.B. formula. Besides, the cohesive strength between rebar and concrete also increases after high-temperature and high-pressure curing.

Keywords: bond、steam curing、adhesion、TAICON、O.J.B.

二、緒論

利用蒸氣養護的方式來加速混凝土的水化反應速度，為製作混凝土預鑄構件常用的方法，而蒸氣養護的方式中，又以高溫高壓的蒸氣養護方式最有效率，此方式不但能加速水泥的水化反應，且能讓混凝土在短期中，達到養護 28 天的強度，為預鑄混凝土最有效率的方法。本研究則著重於高溫高壓蒸氣養護後，握裹界面性質之研究，以具體的銼筋拉拔試驗以及對握裹界面的微觀，找出高溫高壓蒸氣養護的握裹特性，了解銼筋混凝土構件以此方式養護的可行性。

三、試驗規劃

本研究分別以 #5、#6、#7 和 #8 四個數的銼筋、搭配 5cm、10cm、15cm、20cm 與 30cm 五種握裹長度與以正常養護及高溫高壓蒸氣養護為變數，每個變數 3 個試體，對每一變數之混凝土試體做銼筋拉拔、混凝土抗壓及劈裂試驗。混凝土設計強度為 350 kg/cm^2 。握裹試驗的方式是將 $15 \times 30 \text{ cm}$ 之混凝土圓柱試體埋入銼筋來作拉拔試驗，而高溫高壓蒸氣催化的部分，是將混凝土圓柱試體澆置完預置 4 小時後放入壓力容器中，歷經 5 小時的升溫， 180°C 8 小時的恆溫，最後 5 小時的降溫方完成養護，此養護期間，混凝土試體都在高溫高壓的環境之下。本試驗亦利用光滑面銼筋來對接觸面的性質作探討。

在大型構件試驗方面，本研究利用 #6、#7、#8 銼筋為梁的主筋，並於梁之中央下方開孔將銼筋外露，以便量測銼筋應力，且在較大之 #8 銼筋上開了 U 型槽，置

入應變規，冊以比較蒸氣催化組與一般養護組在才學行為上的差別。

四、結果與討論

本研究結果在握裹強度方面，對 27 組 84 個試體做拉拔試驗，其結果如表一所示，發現經蒸氣催化的混凝土試體，握裹力的確比一般養護的要高，其中又以 6 號錘筋，握裹長度 5cm 的平均握裹強度最高，達 4848psi，而以 8 號錘筋握裹長度 29cm 的平均握裹強度最低，有 1785psi，總觀所有標準組與催化組的試驗數據，能確定經蒸氣催化過後，握裹強度確實會提高，本研究的試驗結果以#8 錘筋平均提昇了 40% 的握裹強度最高，而以#5 錘筋的 6% 最不明顯。

將試驗結果與 Orangun, Jirsa 與 Breen 三位學者所提出的握裹應力預測公式

$$u = \left(1.2 + 3 \frac{C}{d_b} + 50 \frac{d_b}{l_s} + \frac{A_{sr} f_{yt}}{500 S d_b} \right) \sqrt{f'_c} \quad (\text{psi})$$

做比較後發現本試驗結果所繪之曲線與 O.J.B. 預測公式的曲線的趨勢相當，即握裹長度愈長握裹應力愈小，見圖一。但本試驗之數據比 O.J.B. 預測公式的曲線要來的高，而蒸氣催化的混凝土又比一般養護的混凝土要高，顯示高溫高壓蒸氣養護有增加握裹強度的效能。

在錘筋與混凝土接觸面的巨觀上，如圖二至圖四所示，標準組的試體，在劈裂破壞處的錘筋表面，也就是原來與混凝土粘結的接觸面，除了竹節旁有殘留一些混凝土碎屑外，大多錘筋表面是比較乾淨的，也就是說，錘筋與混凝土分離的很徹底，但在催化組的試體上卻發現，錘筋表面覆蓋著一層灰白色的混凝土粉末，甚至有一些碎塊粘在錘筋表面，可知催化組錘筋與混凝土介面粘結力有較高的趨勢。

在錘筋與混凝土的接觸面上，利用掃描式電子顯微鏡做微觀，經由圖五至圖十的觀察，發現在放大 50 倍比較時，蒸氣催化的試體在介面上的混凝土比較緻密，一般養護混凝土的孔隙較多，在放大 500 倍後，更能清楚的看出，經蒸氣催化的試體，較不像一般養護的混凝土有那麼多的裂縫與孔洞，蒸氣養護的首起來較密實，這結果說明為何經蒸氣養護過的混凝土有較高的握裹強度。

在梁構件方面，以#6、#7 錘筋為主筋的梁其 P- Δ 曲線如圖十一所示，可看出催化組的降伏強度略低於與一般養護組，而在相同的載重下，催化組有較少的中央撓度，且由圖可知一般養護組的韌性比催化組要來的好些。在#8 錘筋組由於嘗試在構件催化前先埋設應變規，結果因應變規的耐熱問題導致催化組試驗失敗，圖十二為一般養護組之握裹力試驗結果。

五、結論

1. 本研究的試驗結果與 O. J. B. 握裹強度預測公式比較，其趨勢相當，且呈現催化組最高，標準組次之，而 O. J. B. 預測式最低的情況。
2. 經高溫高壓蒸氣養護後，錘筋與混凝土的粘結力較未養護組有提高的趨勢。
3. 經高溫高壓蒸氣養護的混凝土，握裹力介面上的混凝土組織結構，比一般養護方式的混凝土要緻密。
4. 經高溫高壓蒸氣養護後的混凝土抗壓強度明顯的提高，平均提高約 40%。
5. 經高溫高壓蒸氣養護後的混凝土劈裂強度亦有所提昇，平均提高約 37.5%。
6. 光面錘筋的握裹強度，經高溫高壓蒸氣養護後約有 4.2% 的提昇。
7. 經高溫高壓蒸氣養護過後的錘筋混凝土握裹力，平均約有 27% 的提昇。
8. 利用高溫高壓蒸氣養護的方式來養護添加飛灰的混凝土，能夠增加混凝土的早期抗拉強度。

六、計劃結果自評

本研究計劃在對圓柱拉拔試體握裹力探討方面，說明了高溫高壓蒸氣養護混凝土的優點，更證實了冊高溫高壓蒸氣養護混凝土的可行性。而梁試體試驗方面亦證實了蒸氣催化並未對梁構件的才學行為產生太大的影響，唯催化組應變規耐熱的問題，無法對催化組與一般養護組的握裹應力分布作一詳細比較，此為本研究較遺憾之處。

七、參考文獻

- [1]. Orangun, C.O; Jirsa, J.O; and Breen J.E,

“A reevaluation of Test Data on Development Length and Splices,” ACI Journal, Proceeding, V.74, NO.3, Mar.1977, pp. 114-122.

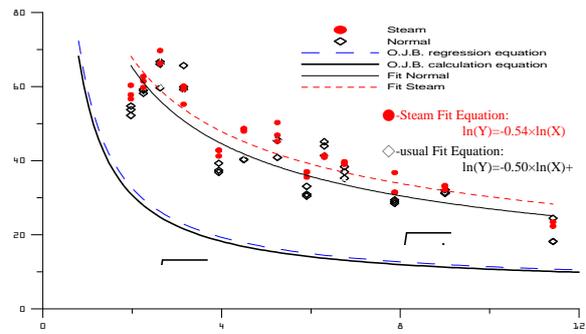
[2].ACI Committee 408, ”suggested Development, Splice and Standard Hook Provisions for Deformed Bar in Tension”, Concrete International, July, pp.44-46 (1979).

[3].Park R. and T. Paulay, “Reinforced Concrete Structures” John Wiley & Sons, Chapter 9.

[4].黃兆龍，「混凝土性質與行為」，詹氏書局，台北，民國 86 年。

[5].ACI Committee 517,“Accelerated Curing of Concrete at Atmospheric Pressure” Revised Version, American Concrete Institute, Detroit, MI, U.S.A., 1992.

[6].洪國祥，「本土化中強度高性能混凝土 (TAICON) 高溫蒸汽養護效能研究」國立交通大學，碩士論文，民國 88 年 6 月。



圖一 試驗數據與 O. J. B. 預測公式之比較



圖二 鑄筋混凝土接觸面比較



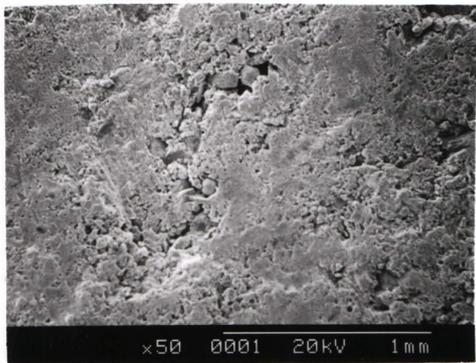
圖三 標準組鑄筋表面



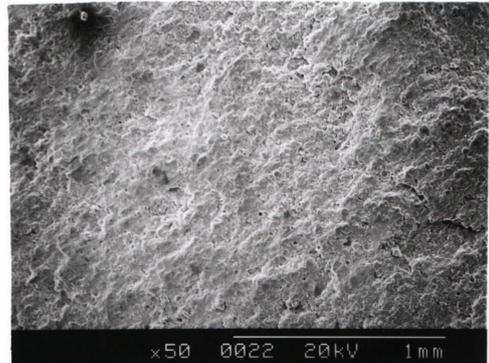
圖四 催化組鑄筋表面

表一 拉拔試驗結果

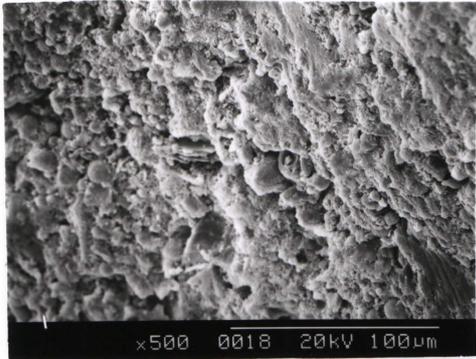
鑄筋號數	握裹長 (cm)	標準組 (psi)	催化組 (psi)	催化組/標準組
#5	5	4024	4244	1.05
	10	2866	3099	1.08
#6	5	4256	4848	1.14
	10	2874	3663	1.27
#7	5	3860	4840	1.25
	10	2605	3322	1.28
	15	2383	2922	1.23
	20	1886	2615	1.39
	29		1905	
#8	5	3671	4589	1.25
	10	2324	3337	1.44
	15	1917	2699	1.41
	20	1837	2594	1.41
	29	1390	1785	1.28



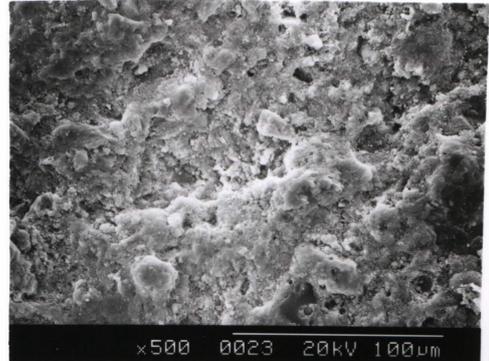
圖五 標準組握裹介面 50 倍微觀



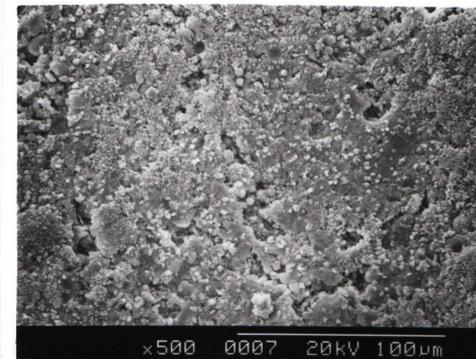
圖六 催化組握裹介面 50 倍微觀



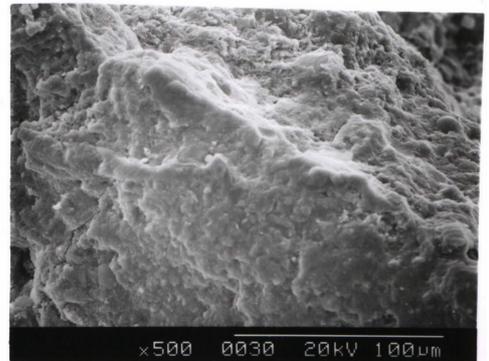
圖七 標準組握裹介面 500 倍微觀



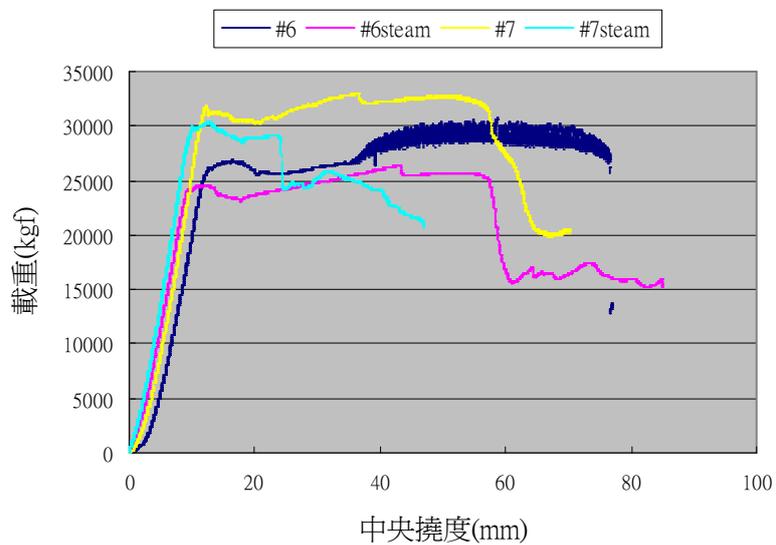
圖八 催化組握裹介面 500 倍微觀



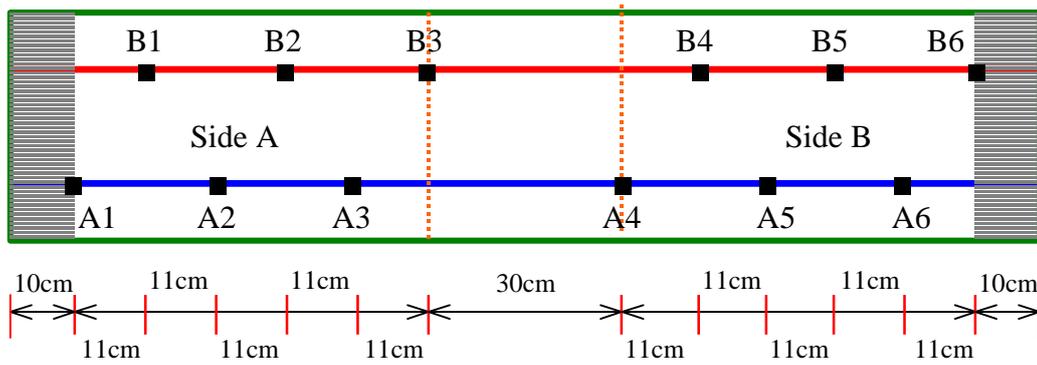
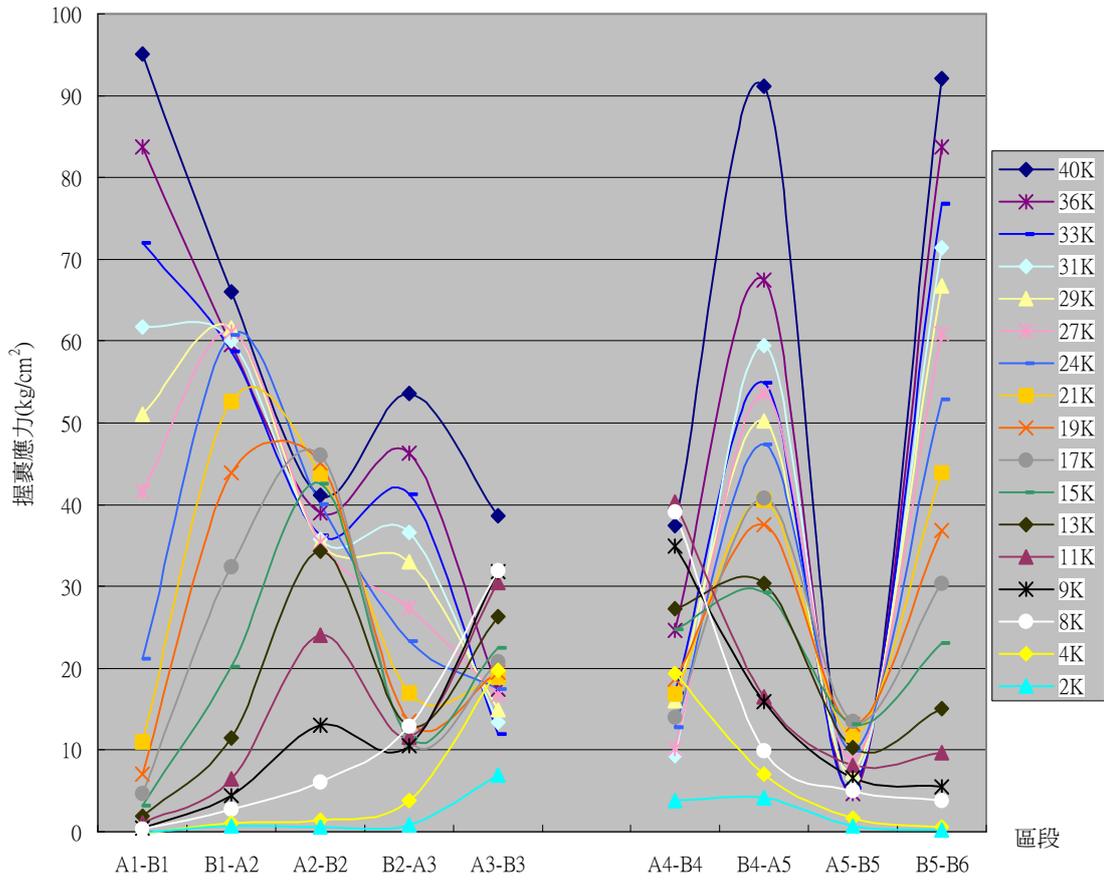
圖九 標準組握裹介面 500 倍微觀



圖十 催化組握裹介面 500 倍微觀



圖十一 梁載重試驗之 P- Δ 曲線圖



圖十二 一般養護組隨載重增加之握裹應力發展圖

