



# 植筋設計應用手冊



## 前言

植筋工法的採用在台灣有將近二十年之久，有八成以上之鋼筋混凝土結構物都會應用到植筋工法，不論是在新建工程或者是老舊建築物的維護補強，甚至在橋樑工程、水利工程、港灣工程等，皆會採用此工法。美國ICC國際法規委員會於2014年在AC308中明確規範出化學錨栓與後置鋼筋連接兩種不同的試驗方法(規範內表3.1~3.3為化學錨栓的相關試驗，表3.6~3.7為扭矩控制式化學錨栓的相關試驗，表3.8為後置鋼筋(植筋)的相關試驗)，為化學藥劑應用在不同固定元件上立下了重要的里程碑。

喜利得在植筋工法之研究與植筋材料之研發已有數十年歷史，具有相當專業之背景。今年出版的植筋設計與應用手冊，除了簡要說明植筋工法之設計理論以及相關之性能測試方法，提供整理完成之相關參考圖說資料給予設計者使用之外，亦加入AC308規範的更新，將設計與測試 ( ACI & AC 308 ) 以及監造品管方法更加精進，並力求其明確性與簡單化。讓國內的設計工程師、監造工程師、品管工程師以及施工包商能充分了解規範要求，作為植筋設計和應用的參考依據。

本手冊大致上分為三個部份，第一部份將針對目前植筋工法應用常見之問題提出解釋與說明，第二部份介紹植筋工法之相關設計與性能規範以及現場監造品管流程，第三部份為喜利得植筋藥劑產品之技術資料，附錄則提供植筋工法常用之施工規範、大樣圖說以及單價預算等資料，另外也提供化學錨栓之大樣圖與施工規範。

HILTI 喜利得股份有限公司。

HILTI 喜利得股份有限公司

台灣區總經理 陳建忠

謹識 於民國 106 年 11 月 01 日

## 聯絡資料

喜利得有著專業且經驗豐富之工程團隊，若您在植筋設計方法、施工品管程序以及關於喜利得植筋相關產品上有任何疑問，歡迎隨時來電或來信通知：

喜利得股份有限公司免付費客服專線：0800-221036

■工程部经理 Soriano, Virgilio

E-mail : [Virgilio.Soriano@hilti.com](mailto:Virgilio.Soriano@hilti.com)

TEL : 02-66300329

■資深工程師 楊永成

E-mail : [Mark.Yang@hilti.com](mailto:Mark.Yang@hilti.com)

TEL : 02-66300324

■資深工程師 蔡宜霖

E-mail : [llin.Tsai@hilti.com](mailto:llin.Tsai@hilti.com)

TEL : 02-66300323

■專業工程師 林志軒

E-mail : [Ernest.Lin@hilti.com](mailto:Ernest.Lin@hilti.com)

TEL : 02-66300321

■專業工程師 楊明學

E-mail : [David.Yang2@hilti.com](mailto:David.Yang2@hilti.com)

TEL : 02-66300307

■專業工程師 林育澍

E-mail : [Conner.Lin@hilti.com](mailto:Conner.Lin@hilti.com)

TEL : 02-66300309

■專業工程師 劉祥宇

E-mail : [Jacob.Liu@hilti.com](mailto:Jacob.Liu@hilti.com)

TEL : 02-66300325

■專業工程師 吳汴杭

E-mail : [Henry.Wu@hilti.com](mailto:Henry.Wu@hilti.com)

TEL : 02-66300327

# HILTI 喜利得 植筋設計應用手冊

|                                          |           |
|------------------------------------------|-----------|
| 前言 .....                                 | 1         |
| 目錄 .....                                 | 3         |
| 常見問題討論 .....                             | 4         |
| <b>第一章 植筋工法概論 .....</b>                  | <b>13</b> |
| 1.1 植筋工法.....                            | 13        |
| 1.2 植筋設計原理 .....                         | 16        |
| <b>第二章 相關性能測試簡介與說明 .....</b>             | <b>19</b> |
| 2.1 ICC AC 308 後置式混凝土化學錨件測試允收標準 .....    | 20        |
| 2.2 試驗合格證明 (以Hilti HIT-RE500V3為例) .....  | 22        |
| <b>第三章 植筋工程品質管理程序 .....</b>              | <b>24</b> |
| 3.1 施工前—審查廠商提送施工計劃書 .....                | 24        |
| 3.2 施工中—鋼筋探測、孔徑、孔深、清潔度等相關檢驗 .....        | 29        |
| 3.3 現場拉拔試驗程序 .....                       | 33        |
| 3.4 驗收計價—核對藥劑使用量 .....                   | 34        |
| <b>第四章 植筋工程相關技術資料 .....</b>              | <b>37</b> |
| 4.1 HILTI HIT-RE 500V3高強度耐震植筋用化學藥劑 ..... | 37        |
| <b>第五章 相關資料參考 .....</b>                  | <b>38</b> |
| 5.1 植筋工法大樣圖.....                         | 38        |
| 5.2 植筋工法文字規範.....                        | 39        |
| 5.3 數量計算參考表.....                         | 44        |
| <b>附錄</b>                                |           |
| A 植筋工程大樣圖                                |           |
| B 化學錨栓大樣圖                                |           |
| C 植筋工程、化學錨栓相關文字規範                        |           |
| D 藥劑數量計算、單價分析、藥劑數量核對表                    |           |
| E HILTI產品相關測試報告                          |           |
| F HILTI原廠施工授權書與教育訓練證明                    |           |
| G 植筋倒吊施工文獻                               |           |
| H HILTI PS1000& PS250 鋼筋探測器              |           |

## 常見問題討論

### Q1：植筋工法之應用時機為何？

Ans：不論新建工程、補強工程皆會使用植筋工法，植筋性能必須被約束與嚴格要求才能符合結構安全。特別是新建工程，由於新建工程有可能因現場遺漏或者程序需求使用植筋工法，但往往因為無相關植筋規定，而導致施工廠商隨意使用劣質之植筋藥劑以及植入錯誤之深度，故建議設計者需事先嚴格擬定植筋施工標準，以避免施工廠商在使用植筋時無依據可參考。使用植筋建議委由專業技師就使用區域、植筋強度與深度進行簽證，經工地工程司同意後方可施工。

### Q2：材料廠商之技術資料皆為9d之基本埋深，是否在植筋設計上用此埋深即可？

Ans：絕對不可，就預埋鋼筋而言，若以鋼筋降伏為設計值，在混凝土內之伸展長度通常約為30d~40d或甚至更長，雖然植筋握裹強度較高，可降低深度，但必須通盤檢討其各種條件之計算，並非所有狀況皆可降低埋深。而9d之深度乃為植筋之試驗埋深，其設計力量不一定能達到鋼筋降伏設計要求。

### Q3：植筋可以單靠現場拉拔試驗驗證嗎？

Ans：不可。現場拉拔測試僅能確保廠商之施工品質，無法評估植筋之長期性能，而拉拔試驗無法測定某些破壞行為（如劈裂破壞或群錨效應），有限之拉拔試驗樣本亦難以代表該工程整體品質。程序上建議用以下三點項目進行評估與審查：

1. 植筋深度結構計算書（考量間邊距等設計參數，檢討其安全係數）
2. 藥劑測試認證報告（ICC AC 308 之握裹性與長期行為測試）
3. 現場拉拔測試（施工前 1.4 倍 $F_y$ ，施工後1倍 $F_y$ ）

### Q4：一般EPOXY（環氧樹脂）與植筋藥劑有何不同？

Ans：環氧樹脂與植筋藥劑其受力行為、應用工法完全不同。

植筋之要求是為了讓植入鋼筋之受力行為與預埋鋼筋近似，預埋鋼筋之受力特性，為鋼筋各個竹節點分別承受載重所傳遞之力量（詳圖 1），力量在達到降伏時，仍能充分發揮鋼筋之性能而不提前產生混凝土劈裂破壞。故植筋之鋼筋竹節受力是否均勻且對稱為重要之議題。

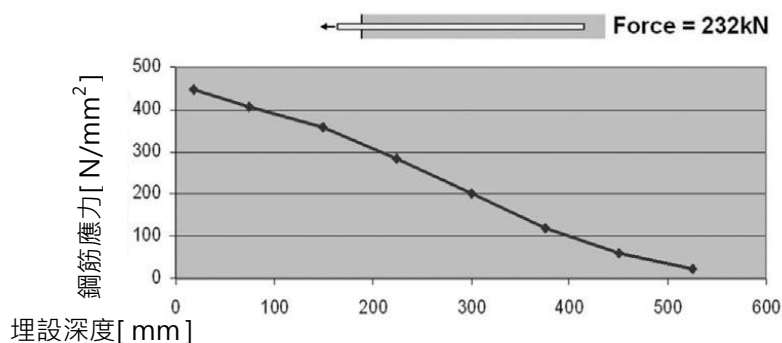


圖1 鋼筋於混凝土內之拉應力分布

經由劈裂測試（詳圖2）可得知預埋鋼筋在受力時，鋼筋之荷重分佈是呈現為平滑之曲線（詳圖3-A），反觀若以一般軟聚酯樹脂（圖3-B曲線）和硬環氧樹脂（圖3-C曲線），則會呈現荷重不對稱之現象造成鋼筋受力不均，進而提前產生劈裂破壞。以喜利得之植筋藥劑經相關測試結果可得知，其受力將最接近於原始預埋鋼筋之效果（詳圖3-D曲線）。依照此測試結果發展出可使用近似於伸展長度觀念之方法進行HILTI植筋產品深度計算（詳1-2節），於此可滿足實際結構設計上之需求。

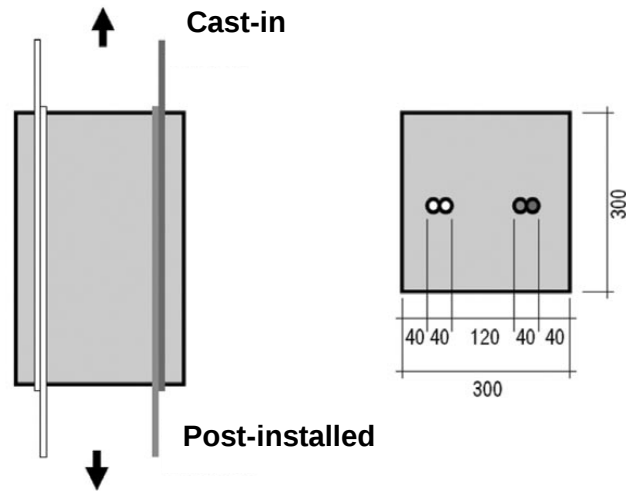


圖2 劈裂測試試體圖

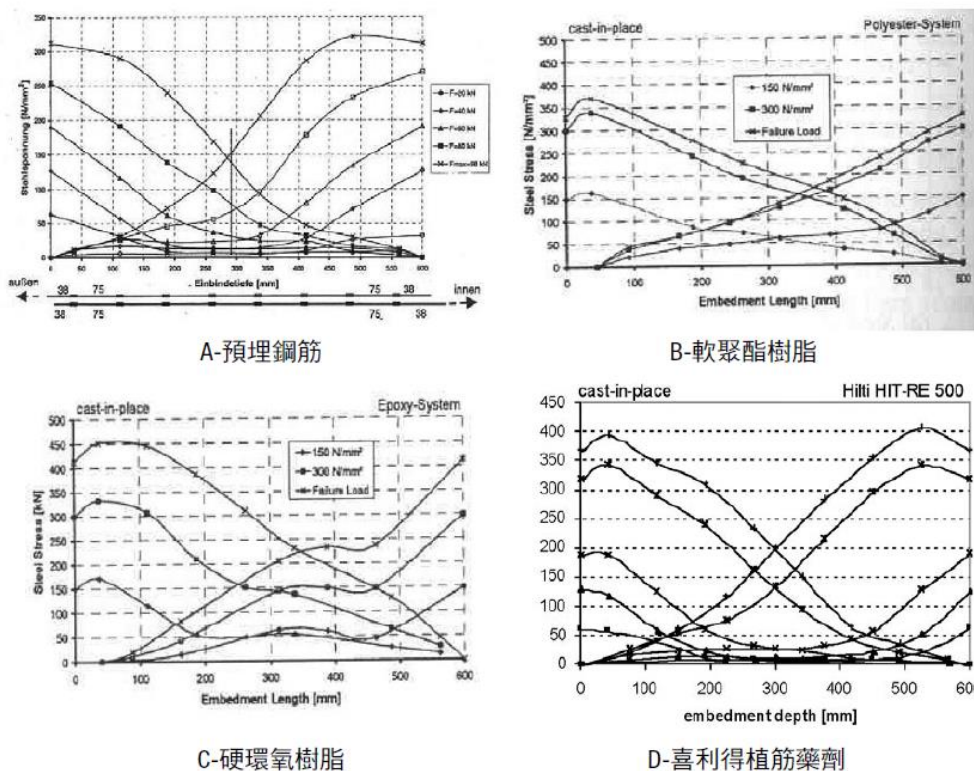


圖3 預埋鋼筋、一般樹脂類與喜利得植筋藥劑劈裂測試荷重分佈圖

### Q5：植筋行為會影響建築物之耐久性為何？

Ans：潛變（Creep）為植筋工法中影響建築物耐久性之主要因素。植筋藥劑之潛變達一定程度後，鋼筋與原有混凝土孔壁間之藥劑因受力產生體積收縮（詳圖4），若不經由試驗求證並約束其潛變量（詳圖5），藥劑將無法承受其張力而與混凝土壁體之間產生崩落之現象，此即為潛變破壞。

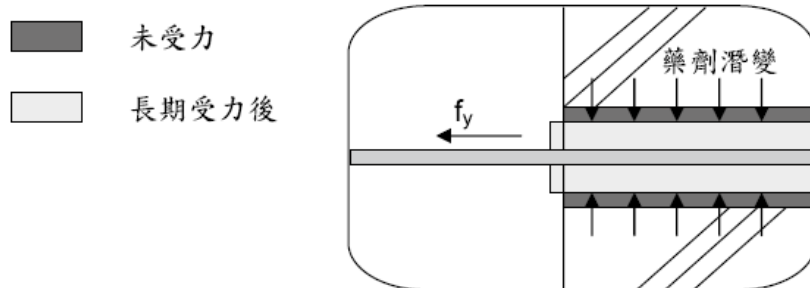


圖4 植筋潛變行為示意圖

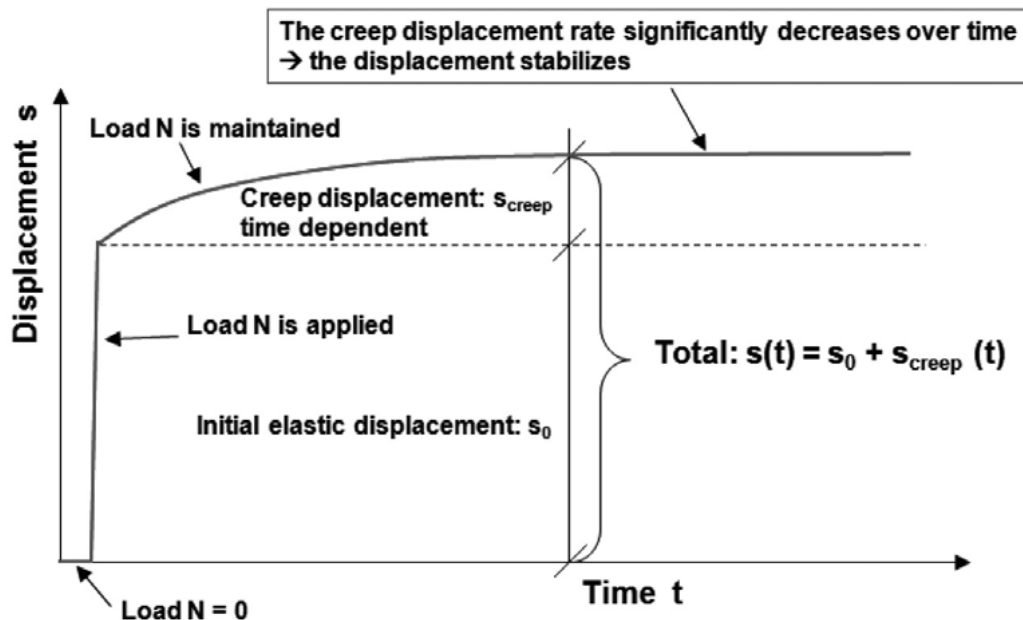


圖5 植筋潛變之定義

### Q6：水下植筋是否可行？

Ans：可行，但需要注意以下幾點重點：（詳細之水下植筋規範請詳附錄E）

1. 需與植筋藥劑廠商聯絡，確認施作之可行性與施工方式。
2. 不建議使用鑽石洗孔工法。
3. 植筋藥劑需提供相關試驗報告與水下施工程序。

### Q7：環境腐蝕因素對於植筋固定之影響？

Ans：將影響植筋長期行為。主要是因為化學藥劑握裹力高故可減低伸展長度，但相對的若鋼筋本身發生局部腐蝕，則會導致鋼筋與藥劑之間的握裹強度大量損失，並影響結構安全(如圖7、圖8 所示)。故了解植筋藥劑包覆鋼筋對於氯離子等腐蝕因子之抵抗性是有其必要的。ICC AC308已納為必做之試驗項目。

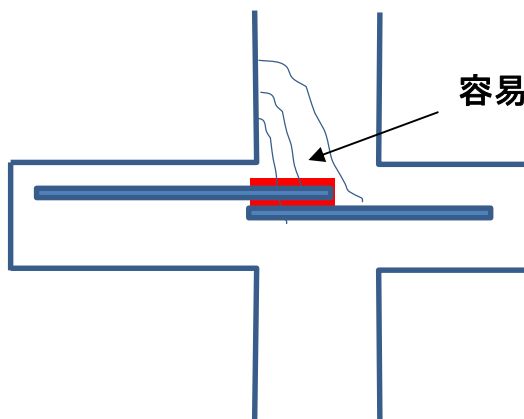


圖7 植筋產生腐蝕之情形

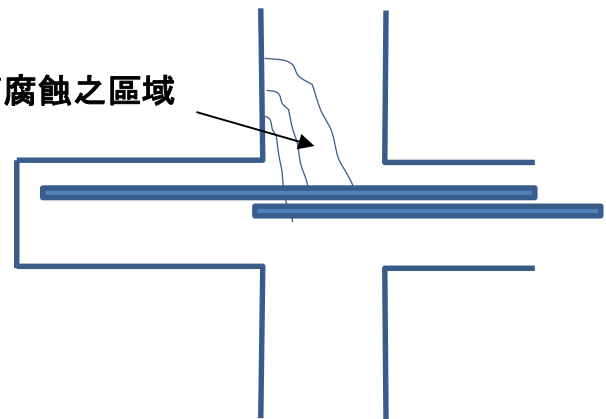


圖8 預埋鋼筋產生腐蝕之情形

### Q8：目前施工廠商常使用氣動式工具進行植筋鑽孔，此種方式與傳統使用電動電鎚鑽孔方式有何不同？

Ans：氣動式鑽孔其運作機制為以高壓空氣配合強力鎚擊鑽頭進行鑽孔，將會導致鑽孔孔徑難以控制，且強力之鎚擊將會影響植筋區域之混凝土強度，造成植筋孔徑過大與結構體局部強度減弱等後果。雖然氣動鑽孔方式其優點為快速、清孔方便且適用於特殊環境（水下），但除非必要仍建議規定施工廠商依照ICC認證報告中使用正確之電動式鎚擊鑽孔工具與施作流程進行施工(參考報告中針對不同的安裝方式與藥劑握裹力來設計所需要的植筋深度)。

### Q9：倒吊植筋施工之注意事項為何？

Ans：倒吊植筋若無妥善處理則會產生垂流之現象，垂流將有可能令植筋之效果變差甚至失效，另在將鋼筋置入倒吊孔時，若無將流出之藥劑妥善處理，將會沾滿露出之鋼筋表面，此會影響到鋼筋發揮其功能，故建議使用相關合適之配件來克服此施工狀況(如圖9、圖10所示)。另外倒吊施工部分美國 ICC機構與歐盟 EOTA在藥劑認證報告上亦有相關配件認證說明施工方式，確保倒吊施工之品質（詳附錄F內施工影片與認證）。



圖9 使用瓦楞紙防止溢流



圖10 使用楔型木片固定鋼筋

### Q10：ICC AC308為何？植筋通過其測試準則有何優點？

Ans：關於植筋之測試，其主要之目的在於要求植筋之長期性能與品質穩定（耐震、潛變、潮濕、溫度變化等），這些性能在於施工現場並無法測試出來。而植筋之測試主要分為歐規（EOTA）以及美規（ICC），由於台灣之RC設計規範是參照美規為主，故目前符合台灣之需求則以美國ICC-ES（International Code Council-Evaluation Service）之測試為準則。而ICC機構之材料測試準則發展近程，主要之分水嶺在於2006年前美國乃採用ICC AC58 為化學錨件測試標準，於此以前在美國波士頓編號 I- 90隧道，其固定化學錨件使用他牌通過ICC AC58 之化學黏著劑，但經數年後其混凝土倒吊構件仍掉落造成下方經過車輛嚴重死傷，故ICC針對此標準進行更嚴格之測試準則更新，將AC 308 取代原有之AC58 測試條款，此新標準之測試範圍將包含開裂混凝土、耐震測試、潛變、潮濕、溫度等。而2014年ICC AC308再新增了table3.8的植筋試驗，如下表所示。

表1 ICC AC 308 表3.8

| Testing                 |           |                               |                                                            | Bar size             | Assessment     |                    | $f_c^*$ | Bar<br>embed<br>ment<br>$\ell_b$ | Minimum<br>sample size<br>$n_{min}$ |
|-------------------------|-----------|-------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|----------------|--------------------|---------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Test<br>no.             | Test ref. | Purpose                       | Test parameters                                            | US/M <sup>§,  </sup> | $\alpha_{req}$ | Load &<br>displ.   |         |                                  |                                     |
| Service condition tests |           |                               |                                                            |                      |                |                    |         |                                  |                                     |
| 1a                      | 9.4.3.1   | Bond resistance               | Tension, confined, single<br>reinforcing bar <sup>†</sup>  | #4/12                | —              | 10.25.2<br>10.25.3 | low     | $7d_b$                           | Five                                |
| 1b                      | 9.4.3.1   | Bond resistance               | Tension, confined, single<br>reinforcing bar <sup>†</sup>  | #8/25                | —              | 10.25.2<br>10.25.3 | low     | $7d_b$                           | Five                                |
| 1c                      | 9.4.3.1   | Bond resistance               | Tension, confined, single<br>reinforcing bar <sup>†</sup>  | $d_{b,max}$          | —              | 10.25.2<br>10.25.3 | low     | $7d_b$                           | Five                                |
| 1d                      | 9.4.3.1   | Bond resistance <sup>§§</sup> | Tension, confined, single<br>reinforcing bar <sup>†</sup>  | $d_{b,max}$          | —              | 10.25.2<br>10.25.3 | high    | $7d_b$                           | Five                                |
| 2                       | 9.4.3.2   | Bond/splitting behavior       | Tension, confined, reinforcing<br>bars in corner condition | #8/25                | —              | 10.25.6            | low     | $35d_b$                          | Six <sup>‡</sup>                    |

*Reliability tests*

|   |         |                                                                    |                                                        |             |            |         |      |        |      |
|---|---------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------|------------|---------|------|--------|------|
| 3 | 9.4.4.1 | Sensitivity to hole cleaning, dry substrate <sup>#,**</sup>        | Tension, confined, single reinforcing bar <sup>†</sup> | $d_{b,max}$ | $\geq 0.8$ | 10.25.7 | low  | $7d_b$ | Five |
| 4 | 9.4.4.2 | Sensitivity to installation in saturated concrete <sup>#,**</sup>  | Tension, confined, single reinforcing bar <sup>†</sup> | $d_{b,max}$ | $\geq 0.8$ | 10.25.7 | low  | $7d_b$ | Five |
| 5 | 9.4.4.3 | Sensitivity to freezing/thawing conditions <sup>#</sup>            | Tension, confined, single reinforcing bar <sup>†</sup> | #4/12       | $\geq 0.9$ | 10.25.7 | high | $7d_b$ | Five |
| 6 | 9.4.4.4 | Sensitivity to sustained load at elevated temperature <sup>#</sup> | Tension, confined, single reinforcing bar <sup>†</sup> | #4/12       | $\geq 0.9$ | 10.25.7 | low  | $7d_b$ | Five |
| 7 | 9.4.4.5 | Decreased installation temperature <sup>#</sup>                    | Tension, confined, single reinforcing bar <sup>†</sup> | #4/12       | $\geq 0.9$ | 10.25.7 | low  | $7d_b$ | Five |
| 8 | 9.4.4.6 | Sensitivity to installation direction <sup>#</sup>                 | Tension, confined, single reinforcing bar <sup>†</sup> | $d_{b,max}$ | $\geq 0.9$ | 10.25.7 | low  | $7d_b$ | Five |

*Installation procedure verification*

|    |         |                                |                                               |             |   |         |   |         |       |
|----|---------|--------------------------------|-----------------------------------------------|-------------|---|---------|---|---------|-------|
| 9  | 9.4.5.1 | Installation at deep embedment | Bar installation in injected hole, horizontal | $d_{b,max}$ | — | 10.25.8 | — | $60d_b$ | Three |
| 10 | 9.4.5.2 | Injection verification         | Injection in clear tube                       | $d_{b,max}$ | — | 10.25.8 | — | $60d_b$ | Three |

*Durability*

|     |           |                                       |                            |       |   |          |     |             |       |
|-----|-----------|---------------------------------------|----------------------------|-------|---|----------|-----|-------------|-------|
| 11a | 9.4.6.1.1 | Resistance to alkalinity <sup>#</sup> | Slice test                 | #4/12 | — | 10.25.10 | low | —           | Ten   |
| 11b | 9.4.6.1.2 | Resistance to sulfur <sup>#</sup>     | Slice test                 | #4/12 | — | 10.25.10 | low | —           | Ten   |
| 12  | 9.4.7     | Corrosion resistance                  | Current and potential test | #4/12 | — | 10.25.9  | low | $2^{3/4}$ " | Three |

*Special conditions*

|    |       |                                                                     |                                                  |             |   |          |     |        |      |
|----|-------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------|---|----------|-----|--------|------|
| 13 | 9.4.8 | Seismic qualification for reinforcing bar connections <sup>##</sup> | Cyclic tension, confined, single reinforcing bar | $d_{b,max}$ | — | 10.25.11 | low | $7d_b$ | Five |
|----|-------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------|---|----------|-----|--------|------|

重點：1. 產品長期行為推估往後拉長至 10~50 年

2. 潛變測試為強制執行

## Q11：最新的AC308新增了哪些內容？對植筋工法有什麼意義？

Ans：2014 年發表的 ICC AC308 為對開裂及未開裂混凝土植筋進行的評估測試，詳細可查閱 AC308 表 3.8。這份測試的目的是證明預埋式鋼筋(允許化學黏著劑搭配鋼筋來取代預埋鋼筋)的使用和設計能符合 ACI318 規範的發展長度和鋼筋搭接要求。成功通過所有測試程序的化學黏著劑將得到 ESR 認證報告，允許此化學黏著劑搭配使用於符合 ACI318-14 第 18 章與第 25 章規範的鋼筋。

ESR 是第一個認可這種類型設計的認證報告。因此，植筋可使用 ACI318-14 第 17 章與第 25 章計算發展長度。完成 AC308 測試程序的后置式鋼筋，其設計張力( $l_d$ )發展或壓縮力( $l_{dc}$ )發展，將與預埋式鋼筋相同。

AC308 的認證測試使用 ACI318-11 附錄 D 的規定，最大埋入深度為  $20d$  (錨栓)。而依據 AC308 表 3.8，允許植筋的最大埋置深度為  $60d$  (鋼筋)。滿足 AC308 表 3.8 之測試可證明此後置化學錨栓系統可達到與預埋式鋼筋相同表現。

表2 錨栓系統概論

## 1.2 – Scope

This criteria applies to post-installed adhesive anchors, post-installed torque-controlled adhesive anchors, and post-installed reinforcing bars as defined herein.

Table 1.1 – Overview of anchor systems

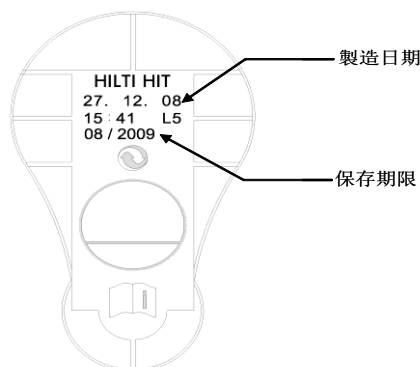
| Anchor type                    | Embedded part                                                                                             | Assessment criteria            |                          |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
|                                |                                                                                                           | Uncracked concrete             | Table 3.1*               |
| Adhesive anchor                | Threaded rods, deformed reinforcing bars, or internally threaded steel sleeves with external deformations | Cracked and uncracked concrete | Table 3.2* or Table 3.3* |
|                                |                                                                                                           | Cracked and uncracked concrete | Table 3.6 or Table 3.7   |
| Post-installed reinforcing bar | Deformed reinforcing bars, see Table 1.2                                                                  | Cracked and uncracked concrete | Table 3.8                |

For multiple anchor element types, see Table 3.4. For alternate drilling methods, see Table 3.5.

## Q12：植筋藥劑之保存條件與注意事項？

ANS：由於植筋藥劑為化學材料，在未混合施打前須依據一定之存放方法才可確保其藥劑品質。常常有發生於A工程未使用完之藥劑產品使用於B工程之情形，但因兩工程時間點有所差距，以及存放條件不正確會導致植筋藥劑變質或過期，故在藥劑檢驗與品質把關上面需要更加關注，並以專案專用之方式來要求其品質，關於植筋藥劑之相關保存與注意事項為以下各點所示：

- 存放：放在陰涼、乾燥及黑暗的地方，保持恆溫的環境，避免直接日曬。
- 注意有效期限：施工前須詳細核對藥劑是否於使用期限內如下圖所示。未開封之植筋藥劑正常保存條件下約為九個月，以瓶口標示為準，已開封之植筋藥劑建議於二個星期內使用完畢，且勿將混合噴嘴移除。



以上可於材料進場時進行檢驗，要求其材料儲存場所須符合規定。必要時，品管工程師或業主可要求查驗其材料儲存場所（包含材料廠商倉庫及工地材料儲存地點）是否有依據制式標準進行儲存安置（如圖11）。



Hilti. Outperform. Outlast.

## HIT-RE 500 V3

Safety information for 2-Component-products

Date of issue: 16/11/2015

Revision date: 12/11/2015

Version: 1.0

### SECTION 1: Kit identification

#### 1.1 Product identifier

Name

HIT-RE 500 V3



Product code

BU Anchor

#### 1.2 Details of the supplier of the Safety information for 2-Component-products

Hilti AG  
Feldkircherstraße 100  
9494 Schaan - Liechtenstein  
T +423 234 2111 - F +423 234 2965  
[www.hilti.com](http://www.hilti.com)

### SECTION 2: General information

A SDS for each of these components is included. Please do not separate any component SDS from this cover page.

This Kit should be handled in accordance with good laboratory practices and appropriate personal protective equipment should be used.

圖11 MSDS，植筋藥劑安全資料表

### Q13：植筋工程品管流程為何?重點項目為何？

Ans：植筋工程之品管流程可分為施工前、中、後進行說明：

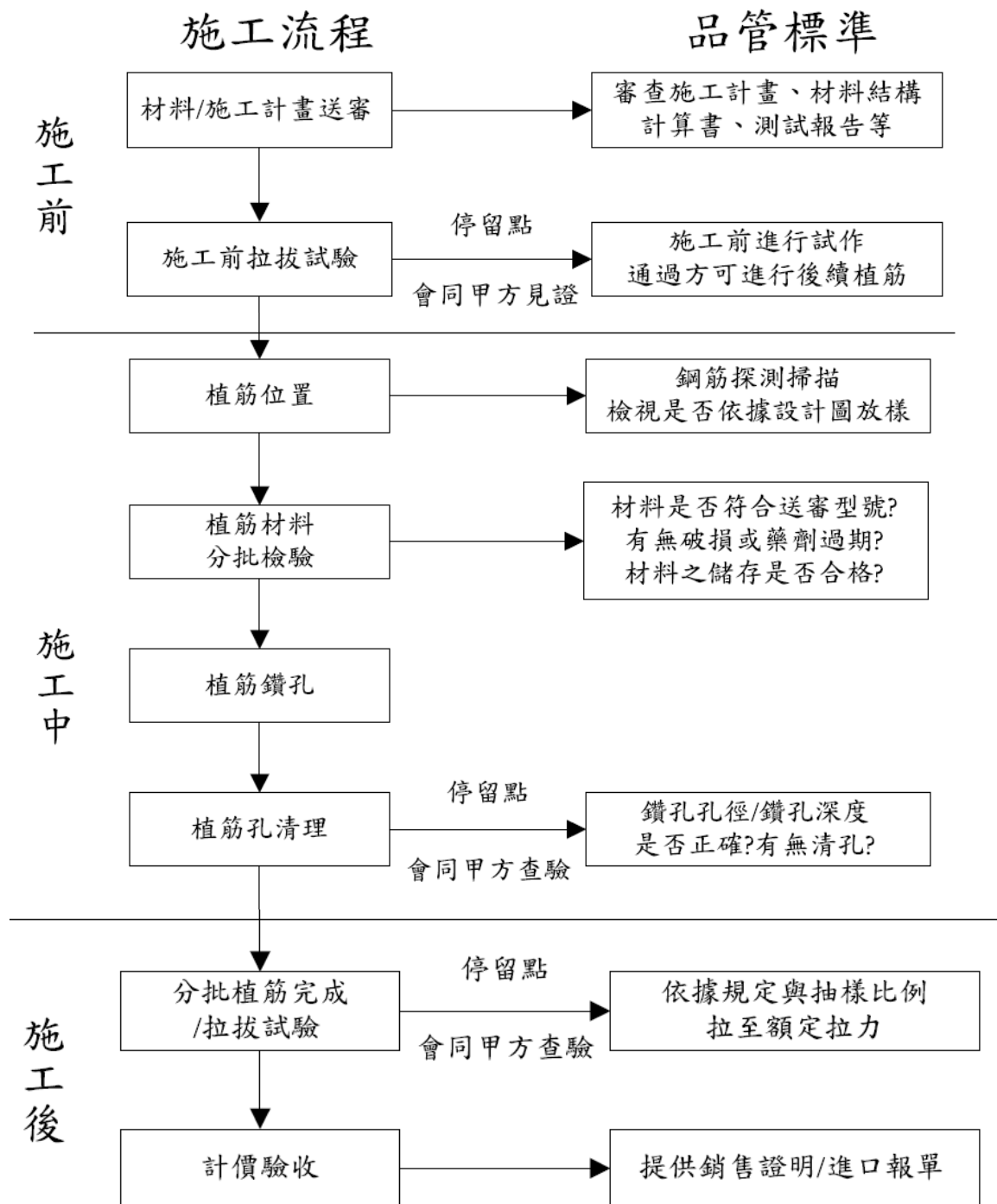


圖12 植筋工程品管流程

施工前之品管重點為審查材料與施工計畫書之正確性與合宜性並執行施工前試驗；施工中則需檢視廠商是否依照正確步驟施工；施工後則需進行拉拔測試，確認藥劑商原廠之出廠及銷售證明，並核對廠商之藥劑使用量是否與該工程設計量吻合。

# 第一章 植筋工法概論

植筋工法之由來乃源自於後置式錨栓的施工概念，首先先介紹錨栓固定之種類，錨栓依據其用途與原理分為多種形式，一般主要分為預埋式（Cast-In）與後置式（Post-Installed）兩大類（詳圖13）。而植筋工法為化學錨栓應用之延伸，與化學錨栓不同的地方，為植筋之受力行為若要與原有預埋鋼筋近似，在某些配置以及設計之考量上會與化學錨栓之設計方式有所不同。

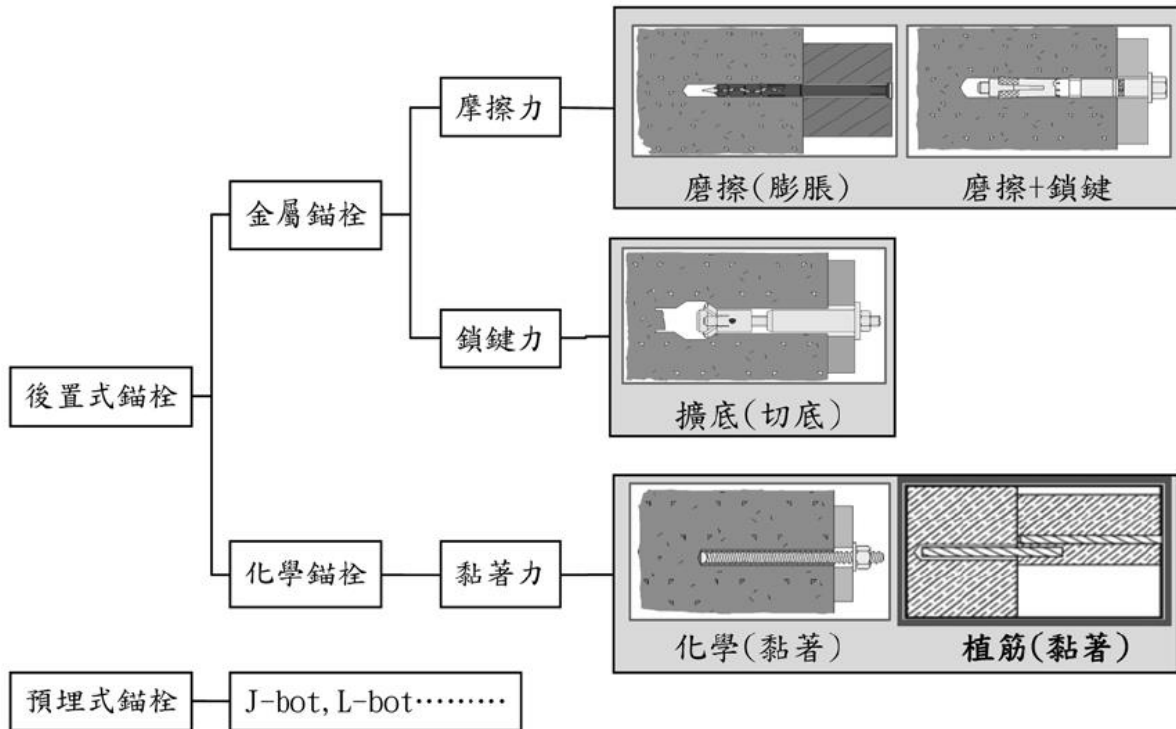


圖13 錨栓種類與形式

## 1.1 植筋工法

植筋工法之定義：乃利用化學藥劑黏著的方式，將鋼筋固定於混凝土之中，以期能充分發揮鋼筋的承載力量，達到如同預埋鋼筋的效果。而植筋工法主要為扮演新舊混凝土結構體接合之角色，有多種應用方式（詳圖 14、15），主要因為以下幾點理由採用植筋工法：

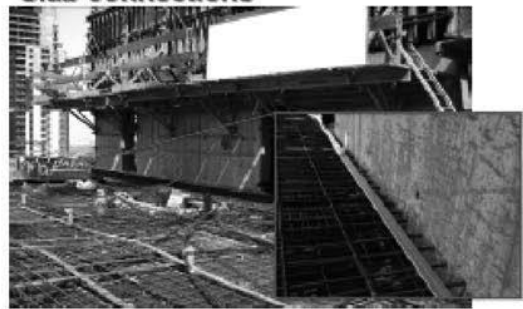
1. 施工中，應預埋而遺漏施作之鋼筋
2. 施工後，變更設計而必須增加之鋼筋
3. 預埋鋼筋無法準確定位在預定位置
4. 預埋位置偏差
5. 因環境或程序需要，必須採用植筋工法
6. 補強工法應用（剪力牆、翼牆、增設基礎等）

Post-installed rebar connections in new construction projects

### Diaphragm walls



### Slab connections



### Misplaced bars



### Vertical/horizontal connections



Post-installed rebar connections in structure upgrades

### Wall strenghtening



### New slab constructions



### Joint strenghtening



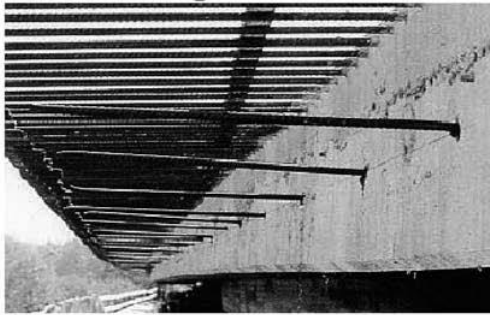
### Cantilevers/balconies



圖14 植筋工法之應用 (1)

# Post-installed rebar connections in infrastructure requalifications

## Slab widening



## Structural upgrade



## Slab strengthening



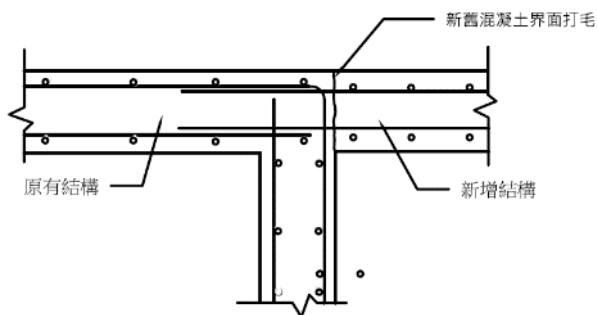
## Side-walk upgrade



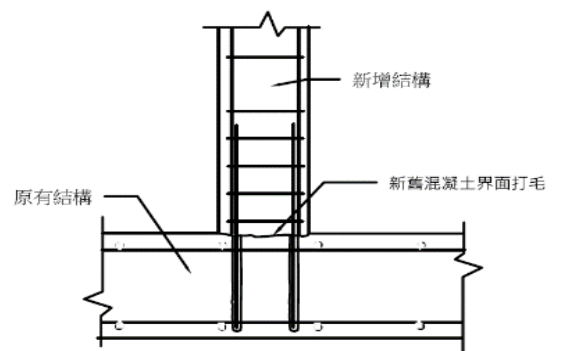
圖15 植筋工法之應用(2)

上述關於植筋的應用可以被歸類於下列三類：

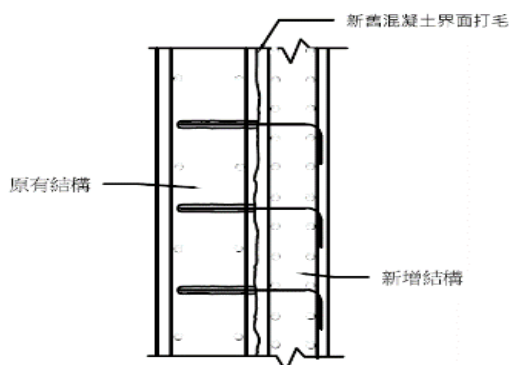
Case A.1 — 結構延伸 後置受拉搭接長度設計



Case A.2 — 新增非連續結構 後置預留搭接側筋之受拉發展長度設計



Case A.3 — 新增混凝土結構 剪力摩擦筋之發展長度設計



## 1.2 植筋工法之設計原理

依據上述三種類型的應用，有兩種不同方法設計植筋埋置深度：

方法 1: 設計結構延伸鋼筋搭接(Case 1)時，可使用ACI318-14第25章或土木401-100第5章，但化學藥劑需符合ICC AC308表3.8的測試，成功完成 AC308 測試程序之後置式鋼筋代表此鋼筋的設計符合張力( $f_t$ )發展或壓縮力( $f_c$ )發展，和預埋式鋼筋相同，因此，可以使用下列的方程式：

$$l_d = \frac{f_y}{1.1 \times \sqrt{f'_c}} \times \frac{\Psi_t \times \Psi_e \times \Psi_s \times \lambda}{\left( \frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \times d_b$$

方法 2: 設計新增非連續性結構之後置預留接搭鋼筋(Case 2)或新增混凝土結構之剪力摩擦筋 (Case 3) - 植筋之設計大致上可導向於兩種原理之思考方向。一者為錨栓理論 (圖16)，另者為將其受力行為視為預埋鋼筋之理論 (圖 17)。如使用錨栓理論設計則將植筋之行為視為植入於無筋混凝土，不考量其混凝土內原有鋼筋配置，並以後置式錨栓設計方法進行設計，此內容可參照HILTI FTM (緊固技術指南) 內之方法進行設計即可。另一種設計概念則是以類似於鋼筋伸展長度之觀念 (ACI318-14第25章；土木401-100第5章) 進行評估，可考量在間邊距有限之情形下以及既有混凝土內之鋼筋配置來決定適合之植筋深度。

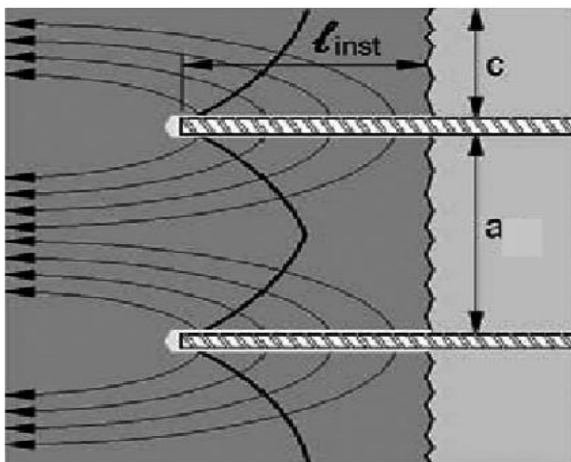


圖16 將植筋視為錨栓行為

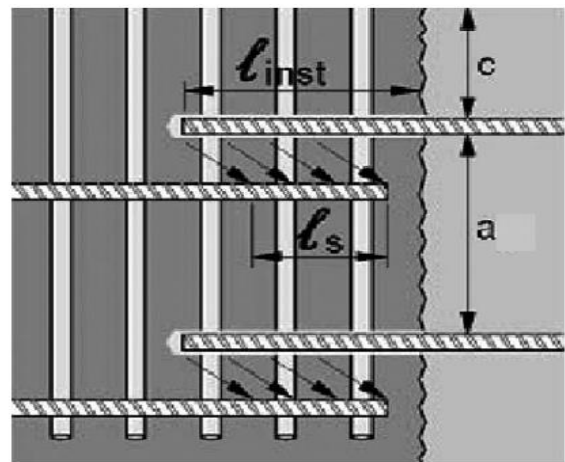


圖17 將植筋視為近似於預埋鋼筋

近似於鋼筋伸展長度之植筋設計概念，其為將植筋之受力計算導向以應力值 ( $\tau$ , MPa) 來評估，此應力值計算公式之推導流程 (圖 20)，可分開檢討三種主要破壞模式 (圖18)，另如有相關特殊考量 (如植筋之行為是否為與原有混凝土內之鋼筋搭接等)，則需另行依設計規範進行檢討。

1. 鋼筋降伏強度 (Yield)：採用  $\phi F_y$  進行推算  $\phi=0.9$ 。
2. 抗劈裂強度 (Splitting Failure)：植筋處混凝土抗劈裂強度值，分為水平式劈裂或垂直式劈裂。
3. 拔出 / 混凝土破壞強度 (Combine pullout and concrete failure)：植筋抗拔出 / 抗混凝土破壞值。

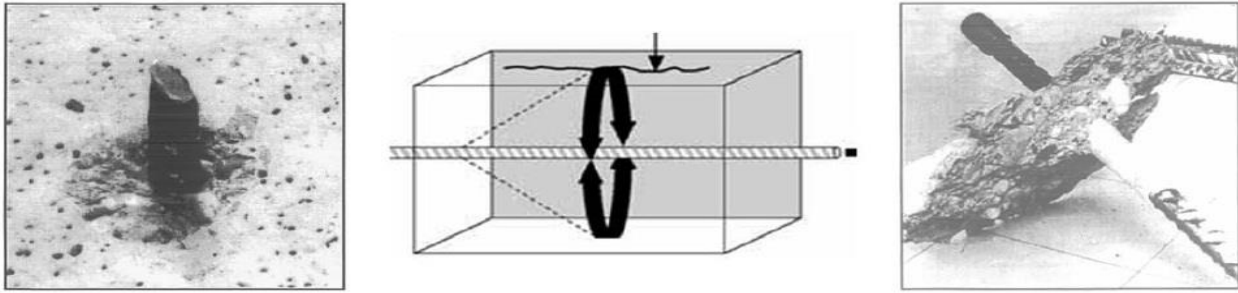


圖18 植筋破壞模式（鋼筋破壞、劈裂破壞、拔出 / 混凝土破壞）

依據該理論之特性，當  $\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} > 2.5$  之情形下，植筋將可有效發揮其握裹能力，此計算應由設計者謹慎衡量，考量其相關設計條件，且選用之產品需有相關之測試以及參考文獻。而計算之重點在於正確的評估出各種破壞模式以及擬定之安全係數是否合理，如在設計條件充裕下（間邊距足夠以及混凝土強度夠高等條件下），植筋將可充分發揮其高於混凝土之握裹強度，進而才有機會可降低其植入深度。圖19 即說明了預埋鋼筋與植筋行為之對照關係，Splitting ACI為原有混凝土包覆預埋鋼筋之抗劈裂應力線性公式（由伸展長度公式反推求得），當  $\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} = 2.5$  時，預埋鋼筋將由劈裂破壞模式轉為握裹拔出破壞模式，故在  $\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \leq 2.5$  以下，植筋與預埋鋼筋皆受制於劈裂破壞控制，其埋置長度皆會相同，但若在  $\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} > 2.5$  時，由於混凝土之抗劈裂能力提升以及植筋之握裹力較原有混凝土高，故將可有效提升其設計應力值進而推算出實際之植筋深度。

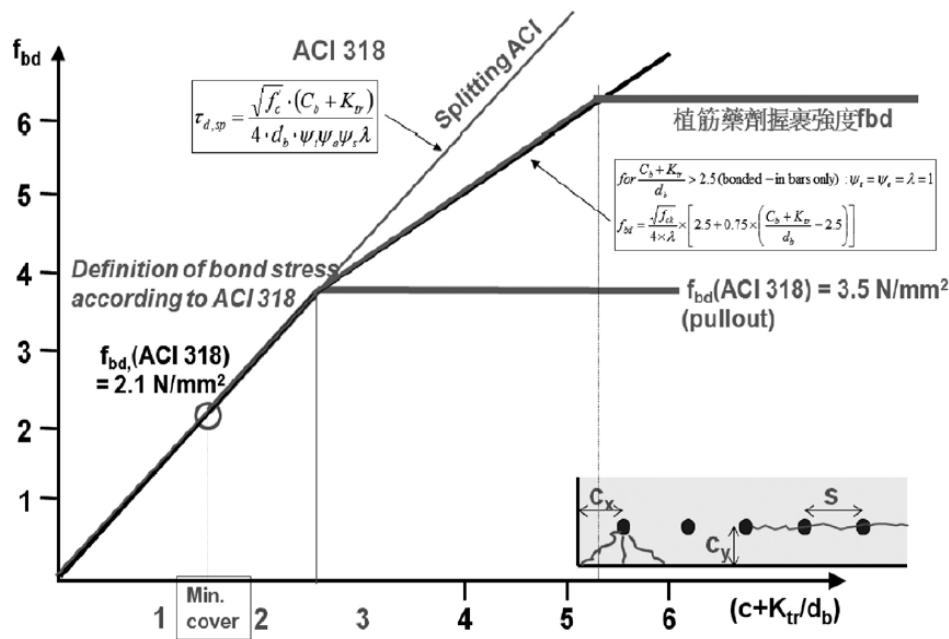


圖19 預埋鋼筋與植筋之推算理論關係

### ACI 318-14 C25.4.2.3 鋼筋基本伸展長度發展公式(詳細計算法)

$$l_{d\ ACI} = \frac{f_y}{1.1 \times \sqrt{f'_c}} \times \frac{\Psi_t \times \Psi_e \times \Psi_s \times \lambda}{\left( \frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \times d_b \quad \text{Equation: 1}$$

### A. HILTI HIT REBAR DESIGN - SPLITTING RESISTANCE

$$F_y = \phi \times A_s \times f_y = \pi \times d_b \times l_d \times f_{bd}$$

$$f_{bd} = \frac{\phi \times A_s \times f_y}{\pi \times d_b \times l_d} = \frac{\phi \times \left( \frac{1}{2} \times d_b \right)^2 \times \pi \times f_y}{\pi \times d_b \times l_d}$$

$$l_{d\ SPL} = \frac{\phi \times \frac{d_b}{4} \times f_y}{f_{bd}} \quad \text{Equation: 2}$$

**Note:** 結合1, 2兩公式推算混凝土握裹應力 $f_{bd}$ 基本公式

$$f_{bd} = \frac{\phi_s \times \frac{d_b}{4} \times f_y}{\frac{f_y}{1.1 \times \sqrt{f'_c}} \times \frac{\Psi_t \times \Psi_e \times \Psi_s \times \lambda}{\left( \frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \times d_b}$$

where:  $\Psi_t = \Psi_e = \lambda = 1$   
 $1.1 \times \phi_s \approx 1$

$$f_{bd} = \frac{\sqrt{f'_c} \times (C_b + K_{tr})}{4 \times \Psi_s \times d_b} \quad \text{Equation: A.1}$$

**Therefore:** use relevant  $f_{bd}$  and substitute to Equation 2 to get  $l_d$  splitting

if  $\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \leq 2.5$  (Cast – in Reinforcement and Post – in Reinforcement)

$$\text{use} \rightarrow f_{bd} = \frac{\sqrt{f'_c} \times (C_b + K_{tr})}{4 \times \Psi_s \times d_b} \quad \text{Equation: A.1}$$

if  $\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} > 2.5$  (Post – In Reinforcement only, HILTI products only)

$$\text{use} \rightarrow f_{bd} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \times \Psi_s} \times \left[ 2.5 + \delta \times \left( \frac{C_b + K_{tr}}{d_b} - 2.5 \right) \right] \quad \text{Equation: A.2}$$

### B. HILTI HIT REBAR DESIGN - BOND STRENGTH RESISTANCE

$$\text{use} \rightarrow l_{bd\ bond} = \frac{d_b \times \phi_s \times f_y}{4 \times \phi_b \times \tau_k}$$

圖20 植筋深度計算公式推導

## 第二章 相關性能測試簡介與說明

本章將介紹ICC AC308 等相關性能測試（表3）如何要求植筋工程之品質；首先須說明的是ICC機構其認可執行試驗之單位，為美國IAS體制下認證之實驗室，依據ILAC：國際實驗室認證聯盟互相承認機制之規定，美國之IAS與台灣之TAF其測試結果是有相互承認的（詳圖21），雖然在台灣對於植筋之性能尚無法測試到如地震以及長期抗潛變能力，但依據前者所述ILAC之互相承認協議，此測試報告乃具有非常高之參照價值。

資料來源：[http://service.taftw.org.tw/tafweb/collaboration\\_ilac.asp](http://service.taftw.org.tw/tafweb/collaboration_ilac.asp)

ILAC：國際實驗室認證聯盟互相承認協議

International Laboratory Accreditation Cooperation

Mutual Recognition Arrangement

ILAC MRA 簽署會員 FULL MEMBERS (MRA SIGNATORIES)

（52 個經濟體、66 個認證機構）

資料日期：2009 年 12 月 16 日(最新資訊請上 [www.ilac.org](http://www.ilac.org) 網站查詢)

|    |     |                  |    |       |
|----|-----|------------------|----|-------|
| 51 | TAF | Chinese Taipei台灣 | 45 | 測試、校正 |
| 61 | IAS | USA美國            | 51 | 測試、校正 |



- Evaluation Reports
- Report Holders
- Application Info
- Approved Criteria
- Labs/Inspections
- Criteria Development
- QC Documentation
- MFR Inspections
- Partner Programs

### Laboratories/Inspection Agencies

Under ICC-ES Rules of Procedure, it is generally true that test reports in support of evaluation-report applications must come from laboratories accredited (for the specific test method under consideration) by the International Accreditation Service, Inc. (IAS) or by another accreditation body that is a signatory to the Mutual Recognition Arrangement (MRA). As regards evaluation reports for the manufacturing facility by a third-party agency, ICC-ES Rules of Procedure require that the inspection agency must be accredited by IAS or by an accreditation body that is a partner of IAS in an MRA.

**For IAS-accredited Labs/Inspection Agencies, click here.**

Under ICC-ES Rules of Procedure, it is generally true that test reports in support of evaluation-report applications must come from laboratories accredited (for the specific test method under consideration) by the International Accreditation Service, Inc. (IAS)

圖21 ILAC國際實驗室認證聯盟互相承認機制（擷取自TAF與ICC-ES網站）

表3 相關性能要求簡表

| 性能        | 植筋藥劑       |
|-----------|------------|
| 拉力、剪力     | ICC AC 308 |
| 強震區／開裂混凝土 | ICC AC 308 |
| 長期行為（潛變）  | ICC AC 308 |
| 潮濕／溫度     | ICC AC 308 |



Table 9.2 – Required loading history for simulated seismic tension test

| Load level       | $N_{et}$ | $N_i$ | $N_m$ |
|------------------|----------|-------|-------|
| Number of cycles | 10       | 30    | 100   |

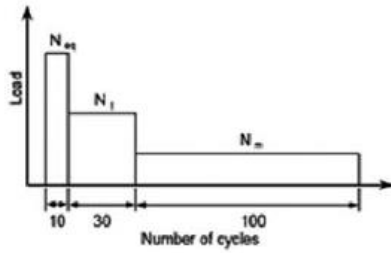


Fig. 9.4 – Required load history for simulated seismic tension test

模擬地震幅度  
與載重循環次數

Table 4.2– Test program for evaluating adhesive anchor systems for use in cracked and uncracked concrete

| Test no.           | Test ref. | Purpose                                                                          | Test parameters                                                                                | Crack width $\Delta w$<br>inches (mm) | Assessment |                              | $f_c$            | $h_e^d$        | No. of tests<br>$n_{me}$ |
|--------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------|------------------------------|------------------|----------------|--------------------------|
|                    |           |                                                                                  |                                                                                                |                                       | $\alpha_w$ | Load & displ.                |                  |                |                          |
| 13a                | §9.8      | Resistance to alkalinity                                                         | Slice tests                                                                                    | NA                                    | NA         | §11.17                       | low              | NA             | 10 <sup>b</sup>          |
| 13b                | §9.8      | Resistance to sulfur <sup>h</sup>                                                | Slice tests                                                                                    | NA                                    | NA         | §11.17                       | low              | NA             | 10 <sup>b</sup>          |
| 14                 | §9.9      | Edge distance in corner condition to develop full capacity                       | Tension, unconfined single anchor in corner with proximate edges <sup>g</sup>                  | NA                                    | NA         | §11.18                       | low              | min max        | 4 <sup>a</sup>           |
| 15                 | §9.10     | Minimum spacing and edge distance to preclude splitting                          | High installation tension (torque or unconfined tension) two anchors near an edge <sup>g</sup> | NA                                    | NA         | §11.19                       | low              | min            | 5 <sup>a</sup>           |
| 16                 | §9.11     | Shear capacity of anchor element having a non-uniform cross section <sup>i</sup> | Shear – single anchor away from edges                                                          | NA                                    | NA         | §11.20                       | low              | min            | 5 <sup>a</sup>           |
| 17                 | §9.12     | Seismic tension <sup>h</sup>                                                     | Pulsating tension, single anchor away from edges                                               | 0.020 (0.5)                           | NA         | §11.3.2<br>§11.3.4<br>§11.21 | low              | min max        | 5 <sup>a</sup>           |
| 18                 | §9.13     | Seismic shear <sup>h</sup>                                                       | Alternating shear, single anchor away from edges                                               | 0.020 (0.5)                           | NA         | §11.22                       | low              | min            | 5 <sup>a</sup>           |
| Supplemental tests |           |                                                                                  |                                                                                                |                                       |            |                              |                  |                |                          |
| 19                 | §10.1     | Round-robin tests                                                                | Tension, confined and unconfined, single anchor away from edges                                | NA                                    | NA         | §11.3.1                      | low <sup>i</sup> | 7 <sup>d</sup> | 5 <sup>a</sup>           |
| 20                 | §10.2     | Minimum member thickness <sup>h</sup>                                            | Installation tests <sup>g</sup>                                                                | NA                                    | NA         | §11.7                        | low              | max            | 10 <sup>a</sup>          |

地震裂縫假定寬度與耐震測定標準

圖23 耐震測試之假定條件 ( 引用自ICC AC308 )

ICC AC308 對於潛變測試之規定則變為更加嚴格，除將其列為必要測試項目以外，測試可望推估其最大10~50年使用年限內之潛變變化。測試結果如圖 所示，藥劑A在測試時間內即產生潛變破壞，無法通過其測試；藥劑B雖然在測試時間內符合標準，但長期之推估仍然失敗；藥劑C則在測試時間內與長期推估上都符合標準，唯有此植筋藥劑才得以通過其試驗標準之要求。

Examples for possible creep test curves

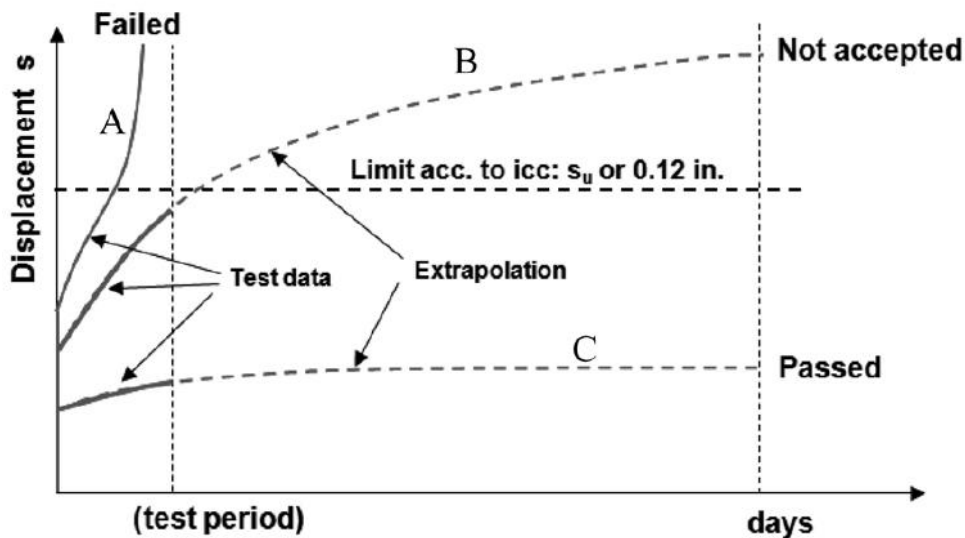


圖24 ICC AC308 植筋潛變測試



圖25 拉伸潛變試驗設備圖例

## 2.2 試驗合格證明 (以Hilti HIT-RE500V3為例)

HILTI HIT-RE500V3化學藥劑通過美國規範協會ICC AC308之認證報告，報告編號為ICC ESR-3814。符合相關規範要求說明如下：

A. 符合ICC AC308 table3.1~3.3之化學黏著錨栓試驗要求：

- 1) 螺桿之握裹力(Service Condition)，詳報告Page17 of 45 Table 11公制螺桿與Page24 of 45 Table 19英制螺桿，乾燥與水飽和混凝土下、溫度A，長期荷載下開裂混凝土下(Cracked))之握裹力 $\tau_{k,cr}$ 。如下表4與5。

TABLE 11—BOND STRENGTH DESIGN INFORMATION FOR FRACTIONAL THREADED ROD  
IN HOLES DRILLED WITH A HAMMER DRILL AND CARBIDE BIT (OR HILTI HOLLOW CARBIDE DRILL BIT)<sup>1</sup>

| DESIGN INFORMATION |                                     | Symbol                                                | Units                           | Nominal rod diameter (in.) |                        |                          |                        |                          |                 |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------|
|                    |                                     |                                                       |                                 | $\frac{3}{8}$              | $\frac{1}{2}$          | $\frac{5}{8}$            | $\frac{3}{4}$          | $\frac{7}{8}$            | 1               |
| Minimum Embedment  |                                     | $h_{ef,min}$                                          | in.<br>(mm)                     | $2\frac{3}{8}$<br>(60)     | $2\frac{3}{4}$<br>(70) | $3\frac{1}{8}$<br>(79)   | $3\frac{1}{2}$<br>(89) | $3\frac{1}{2}$<br>(89)   | 4<br>(102)      |
| Maximum Embedment  |                                     | $h_{ef,max}$                                          | in.<br>(mm)                     | $7\frac{1}{2}$<br>(191)    | 10<br>(254)            | $12\frac{1}{2}$<br>(318) | 15<br>(381)            | $17\frac{1}{2}$<br>(445) | 20<br>(508)     |
| nd Water<br>ncrete | Temperature<br>range A <sup>2</sup> | Characteristic bond strength<br>in cracked concrete   | $\tau_{k,cr}$<br>psi<br>(MPa)   | 1,280<br>(8.8)             | 1,270<br>(8.7)         | 1,260<br>(8.7)           | 1,250<br>(8.6)         | 1,240<br>(8.6)           | 1,240<br>(8.5)  |
|                    |                                     | Characteristic bond strength<br>in uncracked concrete | $\tau_{k,uncr}$<br>psi<br>(MPa) | 2,380<br>(16.4)            | 2,300<br>(15.8)        | 2,210<br>(15.3)          | 2,130<br>(14.7)        | 2,040<br>(14.1)          | 1,960<br>(13.5) |

表4 RE-500V3英制螺桿之握裹力

**TABLE 19—BOND STRENGTH DESIGN INFORMATION FOR METRIC THREADED RODS IN HOLES DRILLED WITH A HAMMER DRILL AND CARBIDE BIT (OR HILTI HOLLOW CARBIDE DRILL BIT)<sup>1</sup>**

| DESIGN INFORMATION |                                  |                                                    | Symbol                | Units       | Nominal rod diameter (mm) |              |              |               |               |               |               |               |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------|-------------|---------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                    |                                  |                                                    |                       |             | 8                         | 10           | 12           | 16            | 20            | 24            | 27            | 30            |
| Minimum Embedment  |                                  |                                                    | $h_{ef,min}$          | mm<br>(in.) | 60<br>(2.4)               | 60<br>(2.4)  | 70<br>(2.8)  | 80<br>(3.1)   | 90<br>(3.5)   | 100<br>(3.9)  | 110<br>(4.3)  | 120<br>(4.7)  |
| Maximum Embedment  |                                  |                                                    | $h_{ef,max}$          | mm<br>(in.) | 160<br>(6.3)              | 200<br>(7.9) | 240<br>(9.4) | 320<br>(12.6) | 400<br>(15.7) | 480<br>(18.9) | 540<br>(21.4) | 600<br>(23.7) |
| Cracked Concrete   | Temperature range A <sup>2</sup> | Characteristic bond strength in cracked concrete   | $\bar{\tau}_{k,cr}$   | MPa         | 8.8                       | 8.8          | 8.8          | 8.7           | 8.6           | 8.5           | 8.5           | 8.4           |
|                    |                                  |                                                    |                       | (psi)       | (1,280)                   | (1,280)      | (1,270)      | (1,260)       | (1,250)       | (1,240)       | (1,230)       | (1,220)       |
|                    |                                  | Characteristic bond strength in uncracked concrete | $\bar{\tau}_{k,uncr}$ | MPa         | 16.7                      | 16.3         | 16.0         | 15.2          | 14.5          | 13.8          | 13.2          | 12.7          |
|                    |                                  |                                                    |                       | (psi)       | (2,420)                   | (2,370)      | (2,320)      | (2,210)       | (2,100)       | (2,000)       | (1,920)       | (1,840)       |

**表5 RE-500V3公制螺桿之握裹力**

- 具抵抗長期荷載(Sensitivity to long-term load) · 詳Page5 of 45 · 第5.6節說明。
- 潮溼條件施工(water-saturated concrete) · 詳Page3 of 45 · 第4.1.4節說明。
- 具可使用於開裂混凝土(Cracked concrete) · 其地震行為(Seismic)採用ACI318 D3.3.3節或IBC、IRC之C,D,EorF設計分類要求 · 詳Page5 of 45第5.7節說明與Page4 of 45第4.1.11節說明。

B. 符合ICC AC308 table3.8之化學黏著錨筋試驗要求:

- 鋼筋之握裹力(Service Condition) · 詳報告Page15 of 45 table8 · 乾燥與水飽和混凝土下、溫度A、長期荷載下開裂混凝土下(Cracked)之握裹力 $\tau_{k,cr}$  · 如下表6。

**TABLE 8—BOND STRENGTH DESIGN INFORMATION FOR FRACTIONAL REINFORCING BARS IN HOLES DRILLED WITH A HAMMER DRILL AND CARBIDE BIT (OR HILTI HOLLOW CARBIDE DRILL BIT)<sup>1</sup>**

| DESIGN INFORMATION       |                                  |                                                    | Symbol          | Units        | Nominal reinforcing bar size          |                                       |                 |                 |                                       |                 |                 |                 |
|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                          |                                  |                                                    |                 |              | #3                                    | #4                                    | #5              | #6              | #7                                    | #8              | #9              | #10             |
| Minimum Embedment        |                                  |                                                    | $h_{ef,min}$    | in.<br>(mm)  | 2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub><br>(60) | 2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub><br>(60) | 3<br>(76)       | 3<br>(76)       | 3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub><br>(85) | 4<br>(102)      | 4½<br>(114)     | 5<br>(127)      |
| Maximum Embedment        |                                  |                                                    | $h_{ef,max}$    | in.<br>(mm)  | 7½<br>(191)                           | 10<br>(254)                           | 12½<br>(318)    | 15<br>(381)     | 17½<br>(445)                          | 20<br>(508)     | 22½<br>(572)    | 25<br>(635)     |
| Water Saturated Concrete | Temperature range A <sup>2</sup> | Characteristic bond strength in cracked concrete   | $\tau_{k,cr}$   | psi<br>(MPa) | 1,350<br>(9.3)                        | 1,360<br>(9.4)                        | 1,390<br>(9.6)  | 1,410<br>(9.7)  | 1,410<br>(9.7)                        | 1,420<br>(9.8)  | 1,390<br>(9.6)  | 1,340<br>(9.3)  |
|                          |                                  | Characteristic bond strength in uncracked concrete | $\tau_{k,uncr}$ | psi<br>(MPa) | 1,770<br>(12.2)                       | 1,740<br>(12.0)                       | 1,720<br>(11.9) | 1,690<br>(11.7) | 1,670<br>(11.5)                       | 1,640<br>(11.3) | 1,620<br>(11.2) | 1,590<br>(11.0) |

**表6 RE-500V3英制鋼筋之握裹力**

- 具抵抗長期荷載(Sensitivity to long-term load) · 詳Page5 of 45 · 第5.6節說明。
- 潮溼條件施工(water-saturated concrete) · 詳Page3 of 45 · 第4.1.4節說明。
- 具可使用於開裂混凝土(Cracked concrete) · 其地震行為(Seismic)採用ACI318 D3.3.3節或IBC、IRC之C,D,EorF設計分類要求 · 詳Page5 of 45第5.7節說明與Page5 of 45第4.2.4節說明。

## 第三章 植筋工程品質管理程序

### 3.1 施工前—審查廠商提送施工計劃書

在工程施作前廠商需送審植筋施工計畫書，監造人員需審查計畫書內容是否符合設計要求與施工品質，而審查廠商提送之施工計畫書，其審核重點必須包含以下幾點項目：

- 1.是否提供規範要求之相關測試報告，並審核其報告內容。
- 2.是否提供植筋結構計算書（含深度、間距、邊距、安全係數等）。
- 3.施工前後拉拔測試方式。
- 4.施工鑽孔方式，是否使用鋼筋探測，清孔處理，廢孔處理等。
- 5.承商是否有施工授權書與教育訓練證明。
- 6.是否提供國內相關工程使用實績

審查施工計畫書需針對廠商提送之植筋藥劑結構計算與測試報告內容進行審查是否符合規範規定，接下來以喜利得HIT-RE500-V3藥劑之相關文件進行舉例說明：

**3.1.1 ICC AC308測試認證（圖26）：**植筋藥劑通過ICC AC308測試，ICC將會發予正式測試核可報告，各產品會被賦予特定編號，這些資訊可從報告第一頁得知，審查內容需核對測試報告內之相關內文如以下所示：

- a.機構名稱
- b.報告認證編號
- c.報告有效期限
- d.產品名稱
- e.適用性：開裂混凝土、耐震等規定

注意：並非所有具ICC AC308試驗報告之植筋藥劑都有通過開裂混凝土與耐震測試。

a.



**ICC-ES Evaluation Report**

Most Widely Accepted and Trusted

**ESR-3814**

C. Reissued January 2017  
Corrected May 2017

*This report is subject to renewal January 2019.*

b.

[www.icc-es.org](http://www.icc-es.org) | (800) 423-6587 | (562) 699-0543

A Subsidiary of the International Code Council®

**DIVISION: 03 00 00—CONCRETE**  
Section: 03 16 00—Concrete Anchors

**DIVISION: 05 00 00—METALS**  
Section: 05 05 19—Post-installed Concrete Anchors

**REPORT HOLDER:**

**HILTI, INC.**  
7250 DALLAS PARKWAY, SUITE 1000  
PLANO, TEXAS 75024  
(918) 872-8000  
[www.us.hilti.com](http://www.us.hilti.com)  
[HiltiTechEng@us.hilti.com](mailto:HiltiTechEng@us.hilti.com)

**EVALUATION SUBJECT:**

**HILTI HIT-RE 500 V3 ADHESIVE ANCHORS AND POST-INSTALLED REINFORCING BAR CONNECTIONS IN CRACKED AND UNCRACKED CONCRETE**

## 1.0 EVALUATION SCOPE

Compliance with the following codes:

- 2015, 2012, 2009 and 2006 *International Building Code*® (IBC)
- 2015, 2012, 2009 and 2006 *International Residential Code*® (IRC)
- 2013 *Abu Dhabi International Building Code* (ADIBC)

The ADIBC is based on the 2009 IBC. 2009 IBC code sections referenced in this report are the same sections in ADIBC.

**Property evaluated:**

Structural

## 2.0 USES

The Hilti HIT-RE 500 V3 Adhesive Anchoring System and Post-Installed Reinforcing Bar System are used to resist static, wind and earthquake (Seismic Design Categories A through F) tension and shear loads in cracked and uncracked normal-weight concrete having a specified compressive strength,  $f'_c$ , of 2,500 psi to 8,500 psi (17.2 MPa to 58.6 MPa) (minimum of 24 MPa is required under ADIBC Appendix L, Section 5.1.1).

The anchor system complies with anchors as described in Section 1901.3 of the 2015 IBC, Section 1909 of the 2012 IBC and is an alternative to cast-in-place anchors

described in Section 1908 of the 2012 IBC, and Sections 1911 and 1912 of the 2009 and 2006 IBC. The anchor systems may also be used where an engineered design is submitted in accordance with Section R301.1.3 of the IRC.

The post-installed reinforcing bar system is an alternative to cast-in-place reinforcing bars governed by ACI 318 and IBC Chapter 19.

## 3.0 DESCRIPTION

### 3.1 General:

The Hilti HIT-RE 500 V3 Adhesive Anchoring System and Post-Installed Reinforcing Bar System are comprised of the following components:

- Hilti HIT-RE 500 V3 adhesive packaged in foil packs
- Adhesive mixing and dispensing equipment
- Equipment for hole cleaning and adhesive injection

The Hilti HIT-RE 500 V3 Adhesive Anchoring System may be used with continuously threaded rod, Hilti HIS-(R)N internally threaded inserts or deformed steel reinforcing bars as depicted in Figure 4. The Hilti HIT-RE 500 V3 Post-Installed Reinforcing Bar System may only be used with deformed steel reinforcing bars as depicted in Figures 2 and 3. The primary components of the Hilti Adhesive Anchoring and Post-Installed Reinforcing Bar Systems, including the Hilti HIT-RE 500 V3 Adhesive, HIT-RE-M static mixing nozzle and steel anchoring elements, are shown in Figure 6 of this report.

The manufacturer's printed Installation instructions (MPII), as included with each adhesive unit package, are consolidated as Figure 9A and 9B.

### 3.2 Materials:

**3.2.1 Hilti HIT-RE 500 V3 Adhesive:** Hilti HIT-RE 500 V3 Adhesive is an injectable, two-component epoxy adhesive. The two components are separated by means of a dual-cylinder foil pack attached to a manifold. The two components combine and react when dispensed through a static mixing nozzle attached to the manifold. Hilti HIT-RE 500 V3 is available in 11.1-ounce (330 ml), 16.9-ounce (500 ml), and 47.3-ounce (1400 ml) foil packs. The manifold attached to each foil pack is stamped with the adhesive expiration date. The shelf life, as indicated by the expiration date, applies to an unopened foil pack stored in a dry, dark environment and in accordance with Figure 9A.

d.

e.

圖26 HILTI HIT-RE 500-V3 ICC AC 308 試驗報告

3.1.2 抗腐蝕測試報告 (圖27)：在AC308中已經包含抗腐蝕測試，針對植筋藥劑是否會影響鋼筋腐蝕速率進行相關檢驗，因此獲得ICC AC308認證之產品，即具有抗腐蝕性能。

From: Hilti Taiwan Co., Ltd 喜利得股份有限公司   T 0800- 221 036  
F 02-2397 3683  
E  
Subject: Corrosion resistance of rebar with HIT-RE 500V3 ← 測試產品

References: AC308 Table 3.8, ICC-ESR 3814

To whom it may concern:

The verification for corrosion resistance of rebar is now being covered by the AC308 ACCEPTANCE CRITERIA FOR POSTINSTALLED ADHESIVE ANCHORS IN CONCRETE ELEMENTS as per Table 3.8 (see below).

Referring to AC308 Table 3.8 and the procedures it defines in Test ref 9.4.7, we hereby confirm the corrosion resistance of rebar of Hilti HIT-RE500V3 adhesive anchoring system with the ICC-ESR No. 3814 dated January 2017, as proof.

**Table 3.8– Test program for evaluating deformed reinforcing bars for use in post-installed reinforcing bar connections**

| Testing           |           |                                       |                                                         | Bar size            | Assessment |                    | $f_c^*$ | Bar embedded $\ell_b$ | Minimum sample size $n_{min}$ |
|-------------------|-----------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------|------------|--------------------|---------|-----------------------|-------------------------------|
| Test no.          | Test ref. | Purpose                               | Test parameters                                         | US/M <sup>4,5</sup> | $a_{req}$  | Load & displ.      |         |                       |                               |
| 1d                | 9.4.3.1   | Bond resistance <sup>§§</sup>         | Tension, confined, single reinforcing bar <sup>†</sup>  | $d_{b,max}$         | –          | 10.25.2<br>10.25.3 | high    | $7d_b$                | Five                          |
| 1e <sup>††</sup>  | 9.4.3.1   | Bond resistance <sup>§§</sup>         | Tension, confined, single reinforcing bar <sup>†</sup>  | #4/12               | –          | 10.25.2<br>10.25.3 | high    | $7d_b$                | Five                          |
| 2                 | 9.4.3.2   | Bond/splitting behavior               | Tension, confined, reinforcing bars in corner condition | #8/25               | –          | 10.25.6            | low     | $35d_b$               | Six <sup>‡</sup>              |
| <i>Durability</i> |           |                                       |                                                         |                     |            |                    |         |                       |                               |
| 11a               | 9.4.6.1.1 | Resistance to alkalinity <sup>§</sup> | Slice test                                              | #4/12               | –          | 10.25.10           | low     | –                     | Ten                           |
| 11b               | 9.4.6.1.2 | Resistance to sulfur <sup>§</sup>     | Slice test                                              | #4/12               | –          | 10.25.10           | low     | –                     | Ten                           |
| 12                | 9.4.7     | Corrosion resistance                  | Current and potential test                              | #4/12               | –          | 10.25.9            | low     | $2^{3/4}$             | Three                         |

圖27 HILTI HIT-RE 500 V3對於鋼筋抗腐蝕影響測試報告

**3.1.3 植筋深度結構計算書：**檢核植筋深度結構計算書是為了瞭解藥劑強度與計算方法是否能對應到實際要求之植筋深度，以避免產生無法預警之混凝土脆性破壞。埋深推算則是依據各藥劑廠商所提出之理論依據進行計算。以HILTI產品而言，由於原廠在其抗劈裂之行為有進行額外之測試求證，可依照近似於鋼筋伸展長度之概念進行評估。例如混凝土基材受限的應用，根據HILTI進行的性能測試使用替代設計方法，計算植筋的設計埋深（如表 7）。而安全係數之擬定，以植筋抵抗混凝土劈裂之安全係數為：1.54（ $\phi=0.65$ ，ACI 318），植筋抵抗拔出 / 混凝土破壞之安全係數則為：2.1（EOTA TR029）為最低標準，並以0.9 Fy進行設計，而計算評估過程當中相關之設計參數則為以下所述：

- a.混凝土強度
- b.採用鋼筋尺寸
- c.採用鋼筋強度
- d.植筋淨間距與淨邊距
- e.植入鋼筋之混凝土內既有之鋼筋配置概況

**備註：**應檢討使用之植筋產品其技術資料、計算原理、安全係數等，其數據之引用來源是否正確與合理。

**表7 植筋設計埋深表 (適用於混凝土基材受限，非延續性結構之設計)**

|          | 鋼筋尺寸                      | #3  | #4  | #5  | #6  | #7  | #8  | #9  |  | #10 | #11 |
|----------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|-----|-----|
| 鋼筋強度     | f'c(kgf/cm <sup>2</sup> ) | D10 | D13 | D16 | D19 | D22 | D25 | D29 |  | D32 | D36 |
| SD280(W) | 210                       | 90  | 135 | 175 |     |     |     |     |  |     |     |
|          | 245                       | 80  | 125 | 165 |     |     |     |     |  |     |     |
|          | 280                       | 75  | 115 | 155 |     |     |     |     |  |     |     |
|          | 350                       | 70  | 105 | 135 |     |     |     |     |  |     |     |
|          | 420                       | 65  | 95  | 125 |     |     |     |     |  |     |     |
|          | 淨間距                       | 55  | 70  | 90  |     |     |     |     |  |     |     |
|          | 淨邊距                       | 35  | 35  | 45  |     |     |     |     |  |     |     |
| SD420(W) | 210                       | 120 | 185 | 250 | 295 | 355 | 445 | 545 |  | 630 | 810 |
|          | 245                       | 110 | 170 | 230 | 275 | 330 | 410 | 495 |  | 585 | 750 |
|          | 280                       | 105 | 160 | 215 | 255 | 310 | 385 | 465 |  | 545 | 700 |
|          | 350                       | 95  | 145 | 195 | 230 | 275 | 345 | 415 |  | 490 | 630 |
|          | 420                       | 90  | 130 | 175 | 210 | 250 | 315 | 380 |  | 445 | 570 |
|          | 淨間距                       | 70  | 80  | 100 | 130 | 210 | 220 | 230 |  | 240 | 240 |
|          | 淨邊距                       | 35  | 40  | 50  | 65  | 105 | 110 | 115 |  | 120 | 120 |

備註：單位：mm

|                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                    |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 工程名稱                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 聯絡人                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |           |
| 地址                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                    |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 電話                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |           |
| 公司名稱                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    | 應用                                                | Starter Bars                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 日期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2017年8月4日 |
| 設計方法:                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Hilti Rebar Method |                                                   | 產品:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | HIT-RE500 V3 Injectable Adhesive                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |           |
| 鋼筋號數、混凝土強度、鋼筋強度                                                                                                                                                                                                                                                                               |                    |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
| 基材強度與鋼筋尺寸強度<br>鋼筋 #5 號 db<br>$f'_c$ 210 kgf/cm <sup>2</sup> 混凝土強度<br>$f_y$ 2800 kgf/cm <sup>2</sup> 中拉鋼筋                                                                                                                                                                                      |                    |                                                   | ACI 318-14 C25.4.2.3 鋼筋基本伸展長度發展公式(詳細計算法)<br>$l_{dACI} = \frac{f_y}{1.1 \times \sqrt{f'_c}} \times \Psi_t \times \Psi_e \times \Psi_s \times \lambda \times d_b \times \left( \frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right)$ Equation: 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
| 設計相關參數                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                    |                                                   | A. HILTI HIT REBAR DESIGN - SPLITTING RESISTANCE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
| h                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 400 mm             | 基材厚度                                              | hmin ≥ hef+30mm or hef+2do                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
| cc                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 40 mm              | 底端距離                                              | cc ≥                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
| s                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 90.00 mm           | 心至心距離                                             | $\Psi_t = \begin{cases} 1 & \text{if } db \leq 6, C_b, \min = 40 \text{ mm} \\ 1.3 & \text{if } db > 6, C_b, \min = do/2 + C_c, \min \\ 1.7 & \text{if } db > 6, C_b, \min = do/2 + C_c, \min \end{cases}$<br>$\Psi_e = \begin{cases} 1 & \text{if } db \leq 6, C_b, \min = 40 \text{ mm} \\ 1.3 & \text{if } db > 6, C_b, \min = do/2 + C_c, \min \\ 1.7 & \text{if } db > 6, C_b, \min = do/2 + C_c, \min \end{cases}$<br>$\Psi_s = \begin{cases} 1 & \text{if } db \leq 6, C_b, \min = 40 \text{ mm} \\ 1.3 & \text{if } db > 6, C_b, \min = do/2 + C_c, \min \\ 1.7 & \text{if } db > 6, C_b, \min = do/2 + C_c, \min \end{cases}$ | $A_s \times f_y = \pi \times d_b \times l_d \times f_{bd}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |           |
| c                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 45.00 mm           | 心至邊緣距離                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $f_{bd} = \frac{\phi_s \times A_s \times f_y}{\pi \times d_b \times l_d} = \frac{\phi_s \times \left( \frac{1}{2} \times d_b \right)^2 \times \pi \times f_y}{\pi \times d_b \times l_d}$                                                                                                                                                                         |           |
| do                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 20 mm              | 鑽孔直徑                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $l_{dSPL} = \frac{\phi_s \times d_b \times f_y}{4 \times f_{bd}}$ Equation: 2                                                                                                                                                                                                                                                                                     |           |
| $\Psi_s$                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0.80               | 鋼筋尺寸修正係數                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
| $\phi_s$                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0.90               | 鋼材修正係數                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
| $C_b$                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 45.00 mm           | min (s/2, c)                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
| $d_b$                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 15.88 mm           | 鋼筋直徑                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
| $(C_b + K_{tr})/db =$                                                                                                                                                                                                                                                                         | 4.32               | 圖束條件                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Note: 結合4.2兩公式推算混凝土側向壓力 $f_{cd}$ 基本公式<br>既有混凝土內之側向鋼筋<br>$f_{bd} = \frac{f_y}{1.1 \times \sqrt{f'_c}} \times \frac{\Psi_t \times \Psi_e \times \Psi_s \times \lambda}{\left( \frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \times d_b$ where: $\Psi_t = \Psi_e = \lambda = 1$<br>$f_{bd} = \frac{\sqrt{f'_c} \times (C_b + K_{tr})}{4 \times \Psi_s \times d_b}$ Equation: A.1 |           |
| $K_{tr} =$                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 23.65              | $(A_{tr} \times f_{yt}) / (10 \times s \times n)$ |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
| 圖束鋼筋# 4<br>$f_{yt} =$ 2800 kgf/cm <sup>2</sup><br>$n_{At} =$ 1 ( $A_{tr} = n_{At} \times A_s$ )<br>$n =$ 1<br>$s =$ 150 mm<br>$n_{At} =$ 握裹劈裂面橫向鋼筋支數 $S =$ 橫向鋼筋間距<br>$n =$ 握裹劈裂面上待伸展鋼筋根數                                                                                                      |                    |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
| Calculated Design Embedment Depth                                                                                                                                                                                                                                                             |                    |                                                   | Therefore: use relevant $f_{bd}$ and substitute to Equation 2 to get $l_d$ splitting                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
| 計算埋深 $l_{dbond}$ :                                                                                                                                                                                                                                                                            | 211 mm             |                                                   | 植筋所需埋設深度                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
| proposed $l_{dinstall}$ :                                                                                                                                                                                                                                                                     | 125 mm             |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
| 抗劈裂安全係數:                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0.98               | outside safety factor!!!                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
| 抗拔出安全係數:                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1.08               | outside safety factor!!!                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
| Safety Factors based on Chemical Adhesive:                                                                                                                                                                                                                                                    | 抗劈裂安全係數 1.43       | 抗拔出安全係數 1.82                                      | 安全係數                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
| For holes deeper than 250mm please refer below:                                                                                                                                                                                                                                               |                    |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                    |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
| Mark Injection tubes from end (lm) n/a mm                                                                                                                                                                                                                                                     |                    |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
| The correct amount of chemical adhesive volume can be injected by marking the injection tube as shown. Stop injecting as soon as the mark appears out of the hole. Adjust this mark's position after site trial. Please refer below for the appropriate size piston plugs and extension hose. |                    |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                    |                                                   | B. HILTI HIT REBAR DESIGN - BOND STRENGTH RESISTANCE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                    |                                                   | $l_{bd\ bond} = \frac{d_b \times \phi_s \times f_y}{4 \times \phi_b \times \tau_k}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |

圖28 植筋深度結構計算書範例

**3.1.4 原廠施工授權書與教育訓練證明：**進場之施工廠商須完整了解藥劑相關特性與正確的技術與產品知識，並能依循原廠製造商安裝指示說明書(MPII)中的施工程序施工，原廠製造商會提供施工廠商化學黏著錨筋及錨栓的教育訓練證明。並開立原廠的施工授權書與教育訓練證明，請詳附錄 F。

## 3.2 施工中—鋼筋探測、孔徑、孔深、清潔度等相關檢驗

### 3.2.1 鋼筋探測

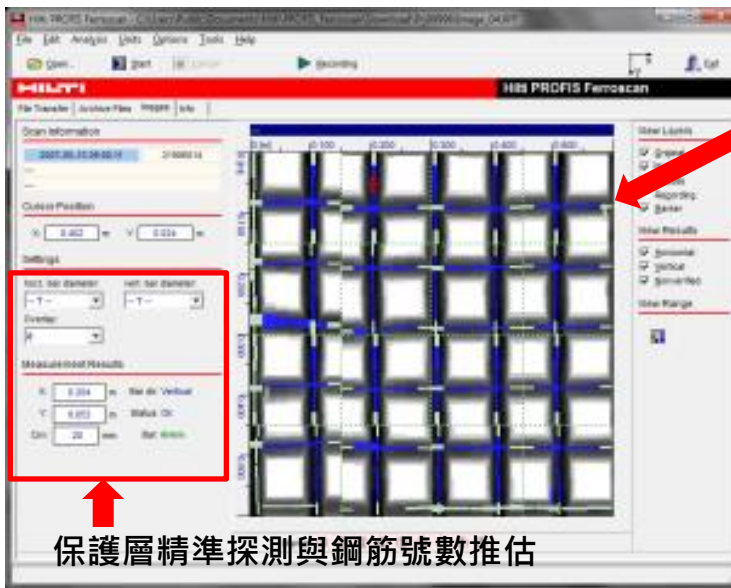
施工中需檢查包商是否有確實執行鋼筋探測，主要目的係為了避免鑽孔過程當中破壞鋼筋或造成過多廢孔，探測可選擇合適之鋼筋探測儀 (如表8)。探測成果需要有相關書面報告備查 (如圖30或31所示)；鋼筋探測可以採用HILTI PS250 Ferrosan 或 HILTI PS1000 X-scan。

**表8 鋼筋探測儀器性能比較一覽**

| 鋼筋探測儀          |  |  |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 型號             | HILTI PS250 Ferrosan                                                               | HILTI PS1000 X-scan                                                                 |
| 鐵金屬位置探測        | ■                                                                                  | ■                                                                                   |
| 非鐵金屬位置探測       |                                                                                    | ■                                                                                   |
| 塑膠非鐵物件位置探測     |                                                                                    | ■                                                                                   |
| 雙層探測顯示 (無遮蔽效應) |                                                                                    | ■                                                                                   |
| 混凝土保護層精準探測     | ■                                                                                  |                                                                                     |
| 鋼筋直徑探測演算推估     | ■                                                                                  |                                                                                     |
| 可探測最大深度        | 160mm                                                                              | 300mm                                                                               |



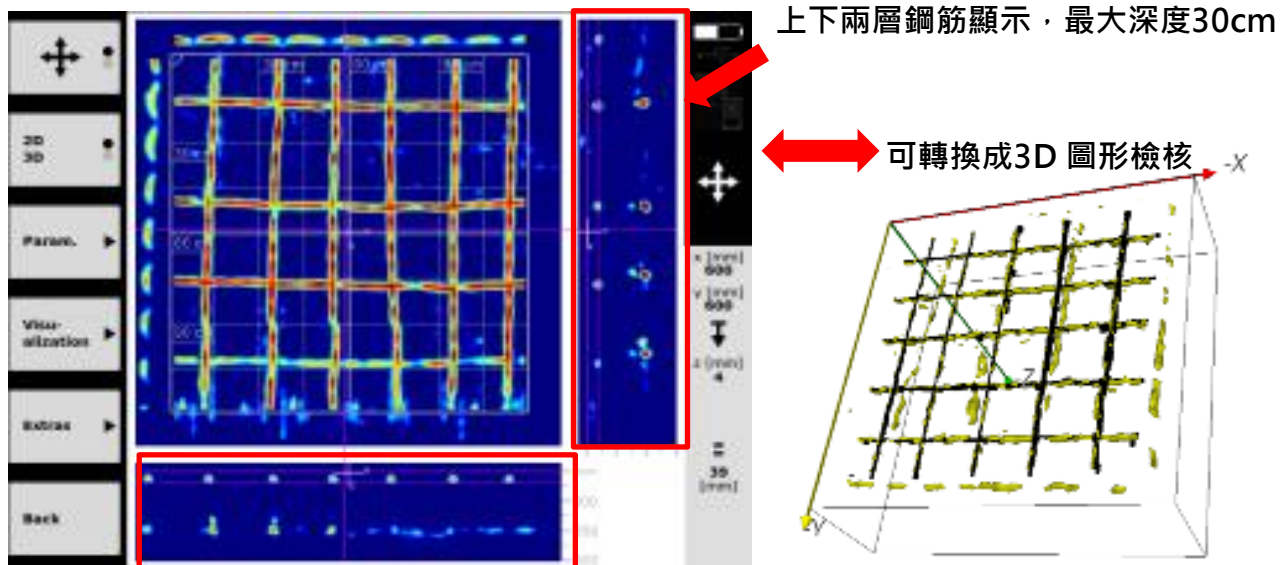
圖29 鋼筋探測流程範例



表層鋼筋顯示，最大深度16cm

保護層精準探測與鋼筋號數推估

圖30 HILTI PS250 Ferroskan 鋼筋探測圖



上下兩層鋼筋顯示，最大深度30cm

可轉換成3D 圖形檢核

圖31 HILTI PS1000 X-scan 鋼筋探測圖

### 3.2.2 施工位置混凝土表面劣化之處理

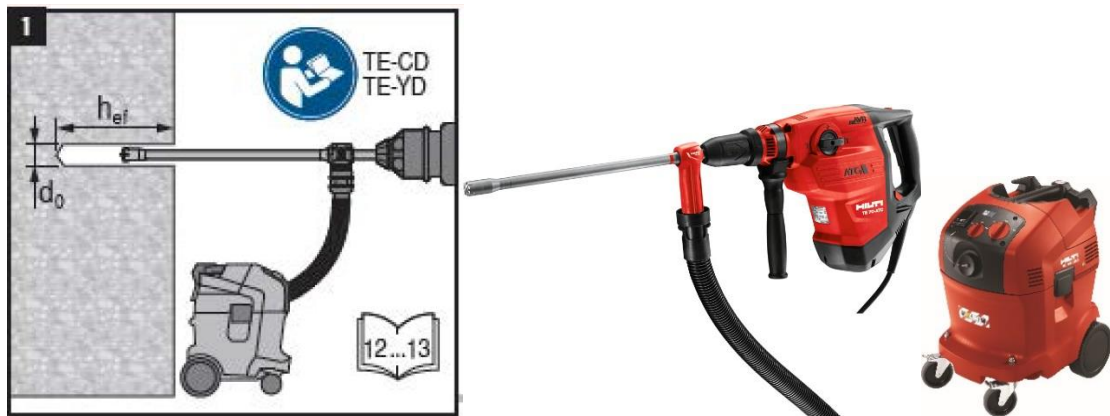
化學錨筋與錨栓於施工位置之混凝土表面狀況處理如下：

- a) 僅混凝土表面有劣化  
統計混凝土劣化範圍與位置數量，並報工程司代表。處理方式為採用水洗打毛，在移除表面的劣化混凝土，經工程司代表檢查核可後，方可鑽孔施工。
- b) 混凝土表面劣化且嚴重剝落及內部鋼筋已有外露腐蝕  
統計相關位置與數量。修補方式則採取鋼筋除鏽後並塗抹 HILTI RE500V3 化學黏著藥劑於鋼筋表面，藥劑本身具抗腐蝕之效果，處理完成後需經工程司代表檢查核可，方可鑽孔施工，並於植筋施工完成後灌注新增混凝土後，即為完成整體修補之工作。而孔徑、孔深與清潔度需於灌注藥劑以前進行隨機抽驗，以確保工程品質；灌注藥劑之方法與養護時間須依據材料廠商之施工標準執行。

### 3.2.3 鑽孔方式與採用工具

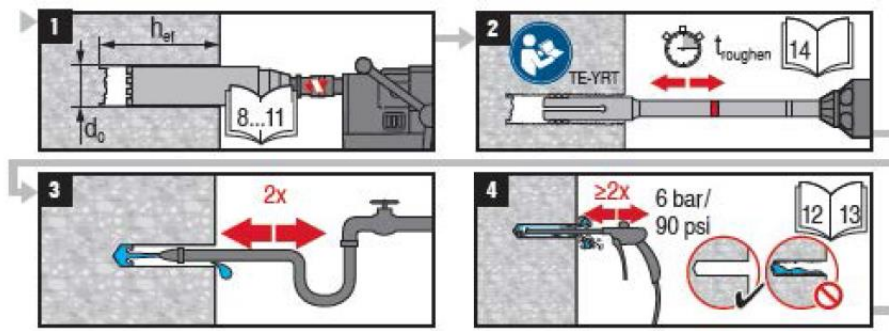
為讓藥劑發揮穩定之效能，鑽孔方式係遵循 ICC ES ESR-3814 Page10 of 45 之規定辦理。並依規範 3.2.1 之要求為避免粉塵之空污大量影響，採用之鑽孔設備需具吸塵處理能力或避免產生粉塵之效果。故採用鑽孔方式建議如下：

- a) 中空鑽頭吸塵安全安裝系統(Safe-set system)  
此系統為採用 HILTI RE500V3 ICC ES ESR-3814 認證內之鑽孔方式之系統工具，採用 TE-CD 或 TE-YD 之中空鑽頭設計，並搭配 HILTI VC20/40 吸塵器，於鑽孔時將粉塵於孔內透過中空鑽頭設計將粉塵直接吸入吸塵器中，相關示意圖詳下圖所示。而採用此系統即為清孔之流程，不需要再使用空壓機除塵與鋼刷刷孔的清孔動作。



中空鑽頭吸塵安全安裝系統 鑽孔示意圖

- b) 鑽石鑽孔水洗除塵與內孔壁打毛  
鑽石鑽孔方式為施工過程中，搭配水冷卻鑽石鑽頭同時以水流方式帶出粉塵。鑽石洗孔方式為光滑孔壁，故需再搭配打毛工具，表面打毛完後，再以水洗除塵二次，再以空壓機吹乾孔壁二次。施工流程詳下示意圖。



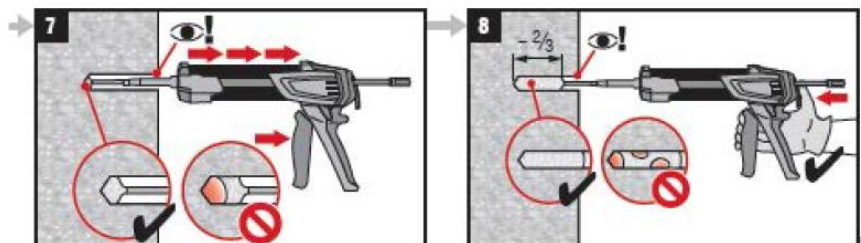
鑽石鑽孔與打毛施工示意圖

#### c) 廢孔處理

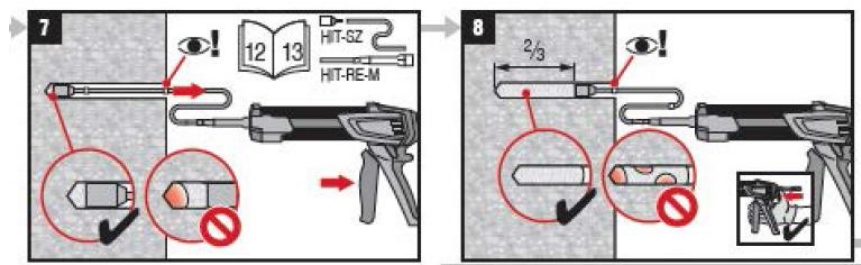
鑽孔過程中如仍遇鋼筋仍未達設計孔深時，則此鑽孔廢棄不用，並依工程司代表之指示另行鑽孔，該廢孔以 350 kg/cm<sup>2</sup> 無收縮水泥砂漿填實，無收縮水泥砂漿應符合施工技術規範第 03601 章之規定。

#### 3.2.4 化學黏著藥劑注射與錨筋錨栓之安裝

以 HITLI HIT-RE500V3 化學藥劑為例，兩劑混合式藥劑包，注射時以藥劑混合嘴深入孔底緩緩將化學黏著藥劑打入孔內，混合嘴長度不足時可搭配延長管注射，注入之藥劑為六分滿為止，再將鋼筋或螺栓慢慢旋入孔內，直至混凝土表面可目視藥劑外溢，注射流程如下示意圖所示



化學黏著藥劑混合嘴注射 示意圖



化學黏著藥劑延長管注射 示意圖

化學黏著藥劑的注射施作與鋼筋或螺桿旋入孔內施工完成後，應靜置避免擾動，並確認原廠藥劑膠凝施工時間資訊，化學黏著藥劑膠凝時間相關資訊詳表 9。施工完成後，必須經工程司代表檢驗合格，完成記錄備核。

表 9 化學黏著藥劑膠凝時間相關資訊

| 乾燥混凝土下溫度(度 °C) | 初凝時間  | 可施工鋼筋搭接時間 | 終凝可拉拔試驗時間 |
|----------------|-------|-----------|-----------|
| 0              | 2h    | 24h       | 36h       |
| 4              | 2h    | 16h       | 24h       |
| 10             | 1.5h  | 12h       | 16h       |
| 16             | 1h    | 8h        | 16h       |
| 22             | 25min | 4h        | 6.5h      |
| 29             | 15min | 2.5h      | 5h        |
| 35             | 12min | 2h        | 4.5h      |
| 41             | 10min | 2h        | 4h        |

### 3.3 現場拉拔試驗程序

現場拉拔試驗建議以施工前可行性拉拔測試以及施工後拉拔測試進行，詳細之拉拔儀器架設可參照圖32。

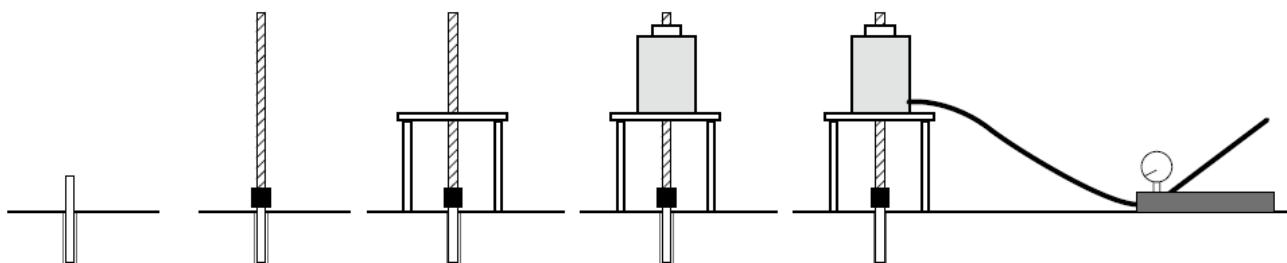


圖32 拉拔測試機具架設流程圖

#### 3.3.1 施工前可行性拉拔測試：

a. 拉拔試驗目的：

- 確認藥劑性能符合廠商技術資料的數據
- 確認現場基材狀況符合設計條件

b. 設備：油壓千斤頂、手動幫浦、校正報告、螺桿夾具等。

c. 拉拔試驗要求：

由具TAF或ISO認證之國際知名廠商或政府核可專業機構執行由試驗單位出具試驗結果證明。拉拔試驗所用之油壓千斤頂及手動幫浦，需提供財團法人全國認證基金會（TAF）認可之實驗單位或經濟部標準檢驗局認證通過之校正期限為一年內之校正報告。

d. 施作環境於相同工地環境或可採用210kg/cm<sup>2</sup>之抗壓強度混凝土塊為試驗試體，並以同尺寸10.9級以上之高拉螺桿於不得小於15d之最小埋深作為測試標準，化學黏著錨筋以1.4fy鋼筋降伏拉力施測，化學黏著錨栓以1.25倍螺桿降伏為測試拉力在工地依所需植筋號數各測試 3 支，藥劑錨碇不可破壞，並紀錄孔深、使用藥劑品牌及型號。同尺寸之化學黏著錨筋與錨栓取最大值作為拉力測試依據。

#### 3.3.2 施工後拉拔測試：

a. 拉拔試驗目的：

- 掌握植筋與化錨施工品質。

b. 設備：油壓千斤頂、手動幫浦、校正報告、螺桿夾具等。

c. 拉拔試驗要求：

由具TAF或ISO認證之國際知名廠商或政府核可專業機構執行由試驗單位出具試驗結果證明。拉拔試驗所用之油壓千斤頂及手動幫浦，需提供財團法人全國認證基金會（TAF）認可之實驗單位或經濟部標準檢驗局認證通過之校正期限為一年內之校正報告。

d. 化學黏著錨筋以1.0倍鋼筋降伏拉力施測，化學黏著錨栓以1.0倍螺桿降伏為測試拉力。

e. 拉拔試驗比例：

於每批完成之有效化學黏著錨筋或化學黏著錨栓，分別做2%隨機取樣抽測，每批最少取樣5支。其中，若該批包含仰角施工者，則其有效成品應至少取樣抽測1支。如化學黏著錨筋或化學黏著錨栓未依設計圖示角度鑽孔，則每批為有效成品分別做4%隨機取樣抽測，每批最少取樣10支。若於測試過程有任一失敗樣本，則對同一批樣本改採25%比例進行測試；若25%比例全部合格，則該批化學黏著錨筋或化學黏著錨栓視為合格，原有之失敗化學黏著錨筋由承包商無償補設；若25%之樣本中有任何一支不合格，則該批化學黏著錨筋或化學黏著錨栓應全部予以測試，若出現有任何不合格者，則此整批化學黏著錨筋或化學黏著錨栓視同失敗，並依工程司代表之指示辦理。

### 3.4 驗收計價—核對藥劑使用量

驗收時建議監造單位可要求施工廠商提供材料銷售證明與進口報單，以避免偷工減料或者使用非原始送審之植筋藥劑，檢核項目有以下幾點：

1. 銷售證明與進口報單，含品名包裝容量、銷售總量、銷售日期與對象等。植筋工程藥劑數量核對表範例請詳附錄D。
2. 現場植筋後使用過之藥劑空包總量。
3. 計算設計需求量與實際是否吻合。

以HILTI植筋藥劑為例，假設某專案由廠商採購 420包 500ml植筋藥劑（銷售證明與進口報單範例請詳圖33、34），執行時間為民國 102年9月5日～ 102年12月5日，核對現場使用 410包（剩空包）及10包未使用。該案須使用#4號鋼筋10,000支，深度18cm，設計需求總量計算為： $1.12 \text{ ml (每公分深度所需的量)} \times 18 \text{ (公分)} \times 10,000 \text{ (支)} = 201,600 \text{ ml}$ ，除以每包容量 500ml約需要403包，與現場使用過之數量近似且符合銷售證明上之數量、日期與對象且與近期之進口報單數量吻合，故判定產品與數量確實使用於該工程。

喜利得股份有限公司  
台北市中正區 100 仁愛路 2 段 2 號 4F  
電話：(02)2357-9090 傳真：(02)2397-3683



HILTI TAIWAN CO., LTD.  
4F, No.2, Jen Ai. ROAD, SEC. 2  
TAIPEI, TAIWAN, R.O.C.  
TEL: (02)2357-9090 FAX: (02)2397-3683

## 銷售證明書

文件編號

編號：2010-00016

茲證明本公司銷售以下產品予：

1. 銷售對象

公司名稱：XXX 企業有限公司  
承包商：XXX 營造有限公司  
工程名稱：XXXXX 國小校舍補強工程。

2. 品名、數量與日期

| 產品品名                          | 數量    | 銷售日期       |
|-------------------------------|-------|------------|
| 注射式化學錨栓 HIT-RE 500/330/1 (25) | 200 組 | 2010/01/07 |
|                               |       |            |
|                               |       |            |

\* 附註：

、據「XXX 企業有限公司」稱以上銷售之產品及數量用於：  
承包商：XXX 營造有限公司  
工程名稱：XXXX 國小校舍補強工程。  
因本公司並未參與承攬工程，本公司不證明此點。

3. 工程名稱

- 2、本證明書僅證明喜利得股份有限公司之銷售行為，不證明廠商間之工程承攬關係或產品轉賣行為。
- 3、本銷售證明書、或其增刪修改，未經本公司蓋章，不生效力；影本亦不具效力。
- 4、本銷售證明書僅用於客戶所稱之上述工程專案。

此致 商祺

喜利得股份有限公司  
法定代理人：夏博天  
地址：台北市中正區仁愛路 2 段 2 號 4 樓

4. 原廠用印



中華民國 102 年 04 月 25 日

圖33 銷售證明範例

(簡5105)

關01001

# 進口報單

進口報單號碼

文件編號：020D4006 資訊文件等級：敏感

|                                                                                                                           |  |                                             |  |                            |  |                              |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------|--|----------------------------|--|------------------------------|--|
| 類別代號及名稱(7)<br>G1 外貨進口                                                                                                     |  | 聯別<br>2. 進口證明用聯                             |  | 共 2 頁<br>第 1 頁             |  | 收單                           |  |
| 報單號碼(8)<br>AT / BC / 01 / V573 / 3224                                                                                     |  | 報單(收單類別 轉自關別 民國年度 船或關代號 船單或收序號)             |  | 理單編號                       |  |                              |  |
| 報關人名稱、簽章<br>專責人員姓名、簽章<br>洪媛                                                                                               |  | 統一編號<br>22348814                            |  | 海關監督編號(10)                 |  | 進口日期(民國)(16)<br>101年11月22日   |  |
| 1.進口對象<br>喜利得股份有限公司<br>HILTI TAIWAN COMPANY LTD.<br>臺北市中正區文北里仁愛路2段2號4樓                                                    |  | 納稅義務人(中、英文)名稱、地址                            |  | 報關日期(民國)(17)<br>101年11月23日 |  | 離岸價格18 幣別 金額<br>*****        |  |
| J18 (1) 00B36 (2)                                                                                                         |  | 案號 (12)                                     |  | 特 (13) N                   |  | 運費(19) *****                 |  |
| 提單號數(3)<br>3068332040-0                                                                                                   |  | 賣方國家代碼、統一編號、海關監督編號<br>DE HIAT               |  | 加(21) 費用減(22) *****        |  | 保險費20 *****                  |  |
| 貨物存放處所(4)<br>003A1090 貿聯                                                                                                  |  | 運輸方式(5)<br>2                                |  | 起岸價格23 *****               |  | CIF Value TWD *****          |  |
| 起運口岸及代碼(6)<br>Hong Kong                                                                                                   |  | 進口船(機)名及呼號(班次)(15)<br>NORTHERN JAMBOREE 5/E |  | A8SZ9                      |  | 國外出口日期(民國)(24)<br>101年11月21日 |  |
| 外幣匯率 *****                                                                                                                |  | 輸入許可證號碼-項次(30)                              |  | 淨重(公斤)(33)                 |  | 進口稅率 (37)                    |  |
| 貨物名稱、牌名、規格等(28)                                                                                                           |  | 輸出入貨品分類號別(31)                               |  | 條件、幣別                      |  | 完稅價格 (36)                    |  |
| 1 256691 ADHESIVE CAPSULE HVU M8x80 粘著劑                                                                                   |  | NIL 3 2 1 4 1 0 9 0 0 0 5                   |  | 稅則號別統計號別 (32) 金額           |  | 數量(單位)(34) (統計用)(35)         |  |
| 2 256696 ADHESIVE CAPSULE HVU M24x210 粘著劑                                                                                 |  | NIL 3 2 1 4 1 0 9 0 0 0 5                   |  | (H11) *****                |  | 600 PCE                      |  |
| 3 426675 INJECTABLE MORTAR HIT-RE 500/330/1 INT 粘著膏                                                                       |  | NIL 3 2 1 4 1 0 9 0 0 0 5                   |  | (H31) *****                |  | 540 PC                       |  |
| 4 426672 INJECTABLE MORTAR HIT-RE 500/500/1 INT 粘著膏                                                                       |  | NIL 3 2 1 4 1 0 9 0 0 0 5                   |  | (H31) *****                |  | 4,000 PCE                    |  |
| 總計數(25) 17 單位 PKG                                                                                                         |  | 總毛重(公斤)(26) 2895                            |  | 海關簽註事項                     |  | 進口稅 *****                    |  |
| 標記及貨權號碼<br>HILTI TAIWAN<br>OOLU3873084                                                                                    |  | 4.銷售品名與數量                                   |  | 商港建設費 *****                |  | 推廣貿易服務費 *****                |  |
| 收檔建檔補檔 核發稅單                                                                                                               |  | 分估計稅銷證 稅款登錄                                 |  | 貨物稅 (公賣利益) *****           |  | 營業稅 *****                    |  |
| 分估複核 放行                                                                                                                   |  | 稅費合計 *****                                  |  | 基隆關稅局 桃園分局                 |  |                              |  |
| 其他申報事項<br>長期委任書編號：41400235 INV.NO.1050822113 13/11/2012<br>HTW3800 HONG KONG<br>G 1050822114 13/11/2012 HTW3800 HONG KONG |  | 通關方式 C1                                     |  | (申請)審驗方式                   |  | 滯納金 (日) *****                |  |

範例說明 嚴禁複製

圖34 進口報單範例

## 第四章 HILTI 植筋藥劑相關技術資料

### 4.1 HILTI HIT-RE 500 V3高強度耐震植筋用化學藥劑

通過最新ICC AC308認證；適用於開裂混凝土及強震地區（台灣）

#### 基礎材料

- 天然石材
- 混凝土（未開裂）
- 混凝土（開裂）

#### 應用

- 錨定結構性鋼材（如鋼柱、鋼樑等）
- 二級鋼結構錨定
- 用作結構連結與補強的植筋，如牆、石板、樓梯、柱、地基等的延伸／連接作業
- 翻新建築物、橋樑和其他土木結構，改造和加固混凝土結構
- 應用在鋼筋誤裝或遺漏時的補救措施
- 需要絕緣的特別應用，如緊固隧道內的緊急逃生扶手欄杆

#### 優點

- 市面上固化最快的環氧樹脂黏著劑
- 適用在開裂及非開裂混凝土基材上做化錨應用
- 具有抗震認證
- 高效能的表現及優越的產品科技，均得到國際認可
- 亦適合滿水孔洞與水下應用
- 慢乾型給予更大的安裝彈性



SAFE-SET

這是簡要說明，在不同應用可能會有所差別。請務必詳閱/遵循產品隨附的完整指示說明，或參閱您當地喜利得網站的下載區。

#### 技術資料

|               |                              |
|---------------|------------------------------|
| 材料構成          | 環氧樹脂 黏著劑                     |
| 認證 / 測試報告     | ETA, ICC-ES 報告 (混凝土), 抗震, 防火 |
| SAFEset       | 是                            |
| 固定類型          | 穿透式固定                        |
| 居於能源與環保設計領導地位 | 是                            |
| 環境狀況          | 室內, 乾燥條件, 室內, 濕潤環境, 水下, 淡水   |

| 指定訂購                | 每罐/匣容量 | 清孔程序                | 鑽石鑽頭檢測/認證 | 基材狀況          | 錨栓螺桿及組件    | 料號      |
|---------------------|--------|---------------------|-----------|---------------|------------|---------|
| HIT-RE 500 V3/500/1 | 0.5 升  | 壓縮空氣清潔, 自動清孔喜利得空心鑽頭 | 是         | 乾燥, 水下, 注水, 濕 | HAS 螺桿, 鋼筋 | 2123406 |

#### 備註：

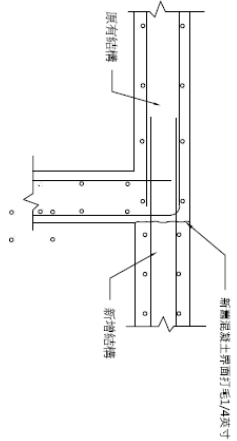
- 各化學藥劑之混合器不可互用。

# 第五章 相關資料參考(其他資料收錄於附錄內)

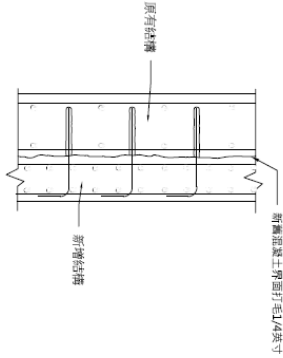
## 5.1 植筋工法大樣圖

### A. 植筋應用類型

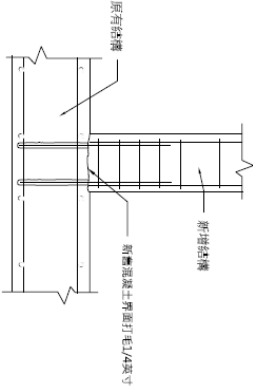
Case A.1 — 結構受拉壓力傳導



Case A.2 — 結構牆壁, 剪力傳導



Case A.3 — 新灌植牆面結構



#### 施工參考資料

| 鋼筋尺寸      | #3(D10)       | #4(D13) | #5(D16) | #6(D19) | #7(D22) | #8(D25) | #9(D29) | #10(D32) | #11(D36) |
|-----------|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| 鋼孔直徑 (mm) | 12-14         | 16-18   | 20-22   | 25-28   | 27-29   | 30-32   | 35-37   | 40       | 42       |
| 鋼孔深度      | 植筋埋設深度-5mm    |         |         |         |         |         |         |          |          |
| 灌漿土最小厚度   | 植筋埋設深度-兩倍鋼筋直徑 |         |         |         |         |         |         |          |          |

灌漿時應隨時攪拌, 攪拌後應儘快使用, 攪拌後應儘快使用

### B. 植筋工法一般規定:

- 植筋工法(後置鋼筋工法 post-installed reinforcing bar)應用中, 鋼筋應按之化學藥劑須通過CC-AC 308 表3.8之化學藥劑相關試驗項目, 並於CC-E5 認證報告中有說明可適用於預設之混凝土並可替代ACI 318所規定之預埋鋼筋設計。
- 廠商之相關應用技術資料應公佈於CC-E5 認證評估報告中, 並應具備 a. 可適用於長期荷重(long-term loads), b. 植筋評估應符合IBC或IRC所規定之地震設計類別C、D、E、F之結構, c. 安裝方式須具備(Water-saturated)之評估說明。

3. 鋼筋應按CNS 560 進行試驗, 並應提供強度 (Fy 單位kgf), 如下表所示。

| 鋼筋尺寸     | #3   | #4   | #5   | #6    | #7    | #8    | #9    | #10   | #11   |
|----------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 鋼筋強度     | D10  | D13  | D16  | D19   | D22   | D25   | D29   | D32   | D36   |
| SD28(XV) | 1988 | 3556 | 5572 |       |       |       |       |       |       |
| SD24(XV) | 2982 | 5334 | 8358 | 12054 | 16254 | 21294 | 27174 | 34188 | 42294 |

4. 對於Case A.1, 植筋應按拉拔力傳導設計, 應按ACI 318 結構混凝土建築規範 (ACI 318-14 第25 章或 ACI 318-11 第12 章) 計算作為後置植筋之埋深如下表所示(單位mm), 自依ACI 318 之規範埋深不得小於305mm(SD28(XV)之鋼筋需為505mm)。

| 鋼筋尺寸     | #3        | #4        | #5         | #6         | #7         | #8         | #9         | #10        | #11        |
|----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 鋼筋強度     | D10 (F60) | D13 (F81) | D16 (F106) | D19 (F135) | D22 (F164) | D25 (F203) | D29 (F242) | D32 (F281) | D36 (F320) |
| 埋深       | 210       | 305       | 335        | 419        | 503        | 734        | 838        | 943        | 1048       |
| SD28(XV) | 245       | 305       | 311        | 388        | 466        | 679        | 776        | 873        | 970        |
| SD24(XV) | 280       | 305       | 305        | 363        | 436        | 635        | 726        | 817        | 908        |
|          | 330       | 305       | 305        | 325        | 390        | 568        | 649        | 731        | 812        |
|          | 420       | 305       | 305        | 305        | 356        | 519        | 595        | 671        | 741        |

5. 若混凝土基材受損 (Case A.2 和 A.3) 的應用, 則應按化學藥劑廠商進行的性能測試使用替代設計方法。參考設計方法: HIT-HIT-RE500 V3 的植筋深度計算(單位mm), 下表為設計埋深。

| 鋼筋尺寸     | #3        | #4        | #5         | #6         | #7         | #8         | #9         | #10        | #11        |
|----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 鋼筋強度     | D10 (F60) | D13 (F81) | D16 (F106) | D19 (F135) | D22 (F164) | D25 (F203) | D29 (F242) | D32 (F281) | D36 (F320) |
| 埋深       | 210       | 90        | 135        | 175        |            |            |            |            |            |
| SD28(XV) | 245       | 80        | 125        | 165        |            |            |            |            |            |
| SD24(XV) | 280       | 75        | 115        | 155        |            |            |            |            |            |
|          | 350       | 70        | 105        | 135        |            |            |            |            |            |
|          | 420       | 65        | 95         | 125        |            |            |            |            |            |
| 淨埋深      | 55        | 70        | 90         |            |            |            |            |            |            |
| 淨埋深      | 35        | 35        | 45         |            |            |            |            |            |            |
| 淨埋深      | 210       | 170       | 185        | 250        | 295        | 355        | 445        | 545        | 650        |
| 淨埋深      | 245       | 110       | 170        | 220        | 275        | 330        | 410        | 495        | 585        |
| 淨埋深      | 280       | 105       | 160        | 215        | 265        | 310        | 385        | 465        | 545        |
| 淨埋深      | 350       | 95        | 145        | 195        | 240        | 275        | 345        | 415        | 490        |
| 淨埋深      | 420       | 90        | 130        | 175        | 210        | 250        | 315        | 380        | 445        |
| 淨埋深      | 70        | 80        | 100        | 120        | 140        | 160        | 180        | 200        | 220        |
| 淨埋深      | 35        | 40        | 50         | 65         | 80         | 95         | 110        | 125        | 140        |

同等品應符合美國於混凝土開裂下之應變強度, 若低於表中之要求值, 新發展長度(Ld)應做以下調整:  
 $Ld = d \times (f_{ct} / f_{cr})$  (熱開天開裂混凝土下之應變強度)(同等品未開裂混凝土下之應變強度)

| 鋼筋尺寸 | #3  | #4  | #5  | #6  | #7  | #8  | #9  | #10 | #11 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 鋼筋強度 | D10 | D13 | D16 | D19 | D22 | D25 | D29 | D32 | D36 |
| 埋深   | 9.3 | 9.4 | 9.6 | 9.7 | 9.7 | 9.8 | 9.6 | 9.3 | 9.3 |

6. 承包商應在施工前向監造單位提交以下文件:

a. 產品數據 b. ICC-ES 認證報告 需有開裂混凝土測試

7. 植筋工法應由受過培訓之人員進行, 依據廠商提供之標準安裝流程(MAP), 需安排相關製造商代表提供現場植筋安裝培訓。所有植筋工程人員應接受原廠標準安裝流程(MAP)之教育訓練, 且應定期更新或紀錄於施工前培訓記錄中。

8. 鋼筋孔應少填出現有鋼筋位置應位於使用Hilti Ferrosan PZ50 或 P51000 鑽取後應填補鋼筋的位置之前。

9. 新灌漿土表面應打毛1/4英寸

10. 為確保工程品質, 承包商應提供化學藥劑之構成或進口證明文件(在材料商開具)及工程紀錄使用數量。呈交品管工程師及業主查核, 以利工程品質。

11. 符合上述規範1-6之植筋工程紀錄應在以下條件下進行:

a. 施工前可行性試驗: 依設計埋深以同尺寸鋼孔力選擇 (ISO 8884) 以 25 或 1.4 倍鋼筋拉拔力在工地依所需植筋數量試作3支。藥劑應從不可破壞, 並紀錄孔深、使用藥劑品牌及型號作為日後施工之依據。

b. 施工後拉拔試驗: 於植筋完成之各尺寸鋼孔以有效樣本三分之一隨機取樣拉拔(不足3支則以3支計)。或施工後採用空心鑽頭及吸墨器配合鋼孔須通過CC AC308 認證之規範, 則可降低抽樣率為十分之一。若於抽樣時受若失敗樣本, 於同一批樣本或作

25 比例進行測試, 若全部合格, 則該批化學藥劑應被認為合格, 原有之失敗化學藥劑應由承包商同向廠商報廢; 若25%之樣本中有任何一支不合格, 則該批化學藥劑應全部報廢, 若出現有任何不合格, 化學藥劑應向失敗, 並依業主或設計單位指示辦理。

12. 上述測試應由TAA或ISO認證之公司進行測試。

## 5.2 植筋工法文字規範

### 植筋工法

#### 1. 通則

##### 1.1 本章概要

說明植筋工法及其相關規定。

##### 1.2 工作範圍

植筋作業係指在既有之混凝土表面鑽孔注入化學黏著藥劑植入鋼筋以作混凝土二次澆灌之準備工作。

##### 1.3 相關章節

1.3.1 第 01330 章--資料送審

1.3.2 第 01450 章--品質管理

1.3.3 第 03210 章--鋼筋

1.3.4 第 03601 章--無收縮水泥砂漿

##### 1.4 相關準則

1.4.1 中華民國國家標準(CNS)

(1)CNS 560 A2006 鋼筋混凝土用鋼筋

1.4.2 國際建築法規 (IBC)

(1)International Building Code 國際建築法規

1.4.3 國際住宅區法規 (IRC)

(1)International Residential Code 國際住宅區法規

1.4.4 美國國際規範協會 (International Code Council, ICC)

(1)ICC AC308 後置式混凝土化學錨件測試允收標準

(ACCEPTANCE CRITERIA FOR POST-INSTALLED ADHESIVE ANCHORS IN CONCRETE ELEMENTS)

## 1.5 資料送審

### 1.5.1 品質管理計畫

#### (1)品質管理

- A. 化學藥劑之包裝必須清楚標記使用期限，並且在使用期限之內，於材料進場時應分批抽驗。  
廠商得提供購買或進口證明文件及藥劑廠商所授權之教育訓練證明，提供品管工程師及業主審核及驗收用。
- B. 化學藥劑的儲存環境，應置放於陰涼處所，避免陽光直接照射，必要時品管工程師及業主可要求查驗其材料儲存場所(包含材料廠商倉庫及工地材料儲存地點)，是否符合藥劑存放標準。
- C. 廠商需提送化學藥劑通過 ICC AC308 在開裂混凝土(Cracked Concrete)下測試之握裹性、潛變、耐震及潮溼環境測試，且通過針對後置植筋應用(post-installed reinforcing bar connections)測試(ICC AC308 Table 3.8)之認證報告。
- D. 前項所提之耐震測試，需符合 IBC 或 IRC 規定之地震設計類別 (Seismic Design Category: C、D、E 或 F)。
- E. 植筋埋設深度:
  - i. 需依據前項認證報告內之植筋計算方式或乙級搭接長度為植筋埋設深度。
  - ii. 若植筋位置為非延續結構之設計(剪力磨擦筋)應以 HIT-500 V3 藥劑之技術資料為基準，依下表埋設深度施作。若採用其他廠牌藥劑，應以 ICC AC308 認證報告中所列之鋼筋握裹強度，進行深度修正計算。並提送符合設計需求之植筋埋深結構計算書並需經過工程司審查合格後始能施工。

|          | 鋼筋尺寸                      | #3  | #4  | #5  | #6  | #7  | #8  | #9  | #10 | #11 |
|----------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 鋼筋強度     | f'c(kgf/cm <sup>2</sup> ) | D10 | D13 | D16 | D19 | D22 | D25 | D29 | D32 | D36 |
| SD280(W) | 210                       | 90  | 135 | 175 |     |     |     |     |     |     |
|          | 245                       | 80  | 125 | 165 |     |     |     |     |     |     |
|          | 280                       | 75  | 115 | 155 |     |     |     |     |     |     |
|          | 350                       | 70  | 105 | 135 |     |     |     |     |     |     |
|          | 420                       | 65  | 95  | 125 |     |     |     |     |     |     |
|          | 淨間距                       | 55  | 70  | 90  |     |     |     |     |     |     |
|          | 淨邊距                       | 35  | 35  | 45  |     |     |     |     |     |     |
| SD420(W) | 210                       | 120 | 185 | 250 | 295 | 355 | 445 | 545 | 630 | 810 |
|          | 245                       | 110 | 170 | 230 | 275 | 330 | 410 | 495 | 585 | 750 |
|          | 280                       | 105 | 160 | 215 | 255 | 310 | 385 | 465 | 545 | 700 |
|          | 350                       | 95  | 145 | 195 | 230 | 275 | 345 | 415 | 490 | 630 |
|          | 420                       | 90  | 130 | 175 | 210 | 250 | 315 | 380 | 445 | 570 |
|          | 淨間距                       | 70  | 80  | 100 | 130 | 210 | 220 | 230 | 240 | 240 |
|          | 淨邊距                       | 35  | 40  | 50  | 65  | 105 | 110 | 115 | 120 | 120 |

備註:

- ✓ 本表深度為依據 ACI 318 鋼筋伸展長度推算之原理，考量抗劈裂安全係數約為 1.54，抗拔出安全係數約為 1.54，並假設植入面之圍束鋼筋為 #4 (SD280)，間距：150mm。
- ✓ 本表僅提供既定淨間距與淨邊距下各號數之植筋深度參考，若間邊距與圍束鋼筋之條件有所不同，需另行推算求證。

- F. 為確保以化學藥劑代替混凝土與鋼筋黏著不會提高鋼筋的腐蝕速率，廠商需提送化學藥劑不會加速鋼筋腐蝕的測試報告。試驗內容需考量氯離子與碳酸鹽對受植筋藥劑包覆後之鋼筋腐蝕影響。
- G. 拉拔試驗所用之油壓千斤頂及手動幫浦，需提供財團法人全國認證基金會 (TAF) 認可之實驗單位或經濟部標準檢驗局認證通過之校正期限為一年內之校正報告。
- H. 現場拉拔試驗單位應由 TAF 或 ISO 認證之公司擔任，並於每次試驗完畢由該單位出具試驗結果報告證明。

## (2) 施工前拉拔試驗

- A. 設備：油壓千斤頂、手動幫浦、校正報告、螺桿夾具等。
- B. 試驗以同尺寸高拉力螺桿 (CNS 3934 之 8.8 級) 以 1.4 倍鋼筋降伏拉力在工地依所需植筋號數各測試 3 支，藥劑錨碇不可破壞，並紀錄孔深、使用藥劑品牌及型號。
- C. 試驗時，確定樣本其周圍表面平坦且與螺桿垂直，以提供千斤頂施力時之反力。
- D. 將夾具固定於受測樣本上，再套入千斤頂並裝上夾具。測試時可裝置腳座以利測試進行。
- E. 將手動幫浦油壓管接上千斤頂，並旋緊閥門。
- F. 確定油壓表歸零後由手動幫浦持續加壓，直到測試拉力。
- G. 記錄並拍照存證後打開閥門，解除壓力，試驗完成。

## (3) 施工後拉拔試驗

- A. 試驗之設備及步驟同施工前拉拔試驗。
- B. 試驗以鋼筋 1 倍降伏拉力為測試拉力。
- C. 拉拔試驗比例：於每批完成之各尺寸植筋以有效樣本做三百分之一隨機取樣抽測(不足 3 支則以 3 支計)。若於測試過程若有失敗樣本，於同一批樣本改作 25% 比例進行測試，若全部合格，則該批植筋視為合格，原有之失敗植筋由承包商無償補設；若 25% 之樣本中有任何一支不合格，則該批植筋全部測試，若出現有任何不合格，植筋視同失敗，並依業主或設計單位指示辦理。

### 1.5.2 施工計畫

### 1.5.3 廠商說明書

規格產品目錄，包括廠商標準施作說明，化學黏著劑，材料接合強度符合規定之試驗證明文件。

## 1.6 品質保證

1.6.1 化學黏著劑必須符合第 01450 章「品質管理」相關規定。

1.6.2 所使用之各項材料，必須在廠商出廠後有效使用期間內。

## 1.7 儲存及處理

1.7.1 化學藥劑應按照製造廠商之儲存方式保管，現場放置於陰涼處所以避免陽光直接照射。

## 2. 產品

### 2.1 材料

#### 2.1.1 鋼筋

鋼筋係指一般用於鋼筋混凝土構造物之竹節鋼筋材料，鋼筋應符合 CNS560 A2006 鋼筋混凝土用鋼筋之規定。

#### 2.1.2 化學黏著劑

化學黏著劑需通過 ICC AC308 認證報告( 其中包含拉力、剪力、開裂、潛變、耐震及潮溼環境等測試資料)

## 3. 施工

### 3.1 準備工作

3.1.1 植筋之施工安裝需要有藥劑廠商之教育訓練證明，方可施工。

3.1.2 植筋鑽孔前為避免鑽到原有鋼筋，應使用鋼筋探測器確認並繪置鑽孔位置於原有結構物上，掃描結果需列印留存，交由業主或現場工程師審查核可後方可施工。

### 3.2 施工方法

#### 3.2.1 鑽孔

(1) 鑽孔按照預定之位置，使用電鎚鑽，連續鑽孔以達到規定鑽孔深度及大小，不得使用氣動工具鑽孔以避免過大之震動影響混凝土結構。

(2) 施工時於鑽孔過程中，如遇鋼筋及未達設計孔深而遇到既有鋼筋時，則此鑽孔應予以廢棄不用，另行鑽孔，而廢孔以  $350 \text{ kg/cm}^2$  無收縮水泥砂漿填實，無收縮水泥砂漿參照第 03601 章之規定。

(3) 鑽孔完畢後需以吹氣筒或其他空壓設備將孔內灰屑吹出。

### 3.2.2 化學藥劑

(1) 將植筋藥劑裝入注射器中，再將混合器安裝完成。若鑽孔深度超過混合器長度時，可加裝延長管使用。

### 3.2.3 植筋

(1) 注射時深入孔底緩緩將植筋膠打入孔內，依刻度邊打邊退，直到注入至少六分滿為止，再將準備好之鋼筋慢慢旋入孔內，直至底部且可目視藥劑外溢。

(2) 植筋施作完成後，應靜置避免擾動，待超過藥劑膠凝時間，即可硬化完成進行負載或施工。

(3) 待施工完成後，必須經業主或監造人員檢驗合格，完成記錄備核。

## 4. 計量與計價

除合約或設計圖說另有規定外，計量與計價依下列規定辦理：

### 4.1 計量

4.1.1 植筋按契約以實作支數為計量標準。

4.1.2 驗收時需核對材料銷售證明，文件需詳述工程名稱、採購廠商、型號數量等供監造查驗，並核對使用過與未使用之藥劑包之總數應與該案設計量須吻合。

4.1.3 本項作業之附屬工作(如拉拔試驗)除另有規定者外，將不予計量，其費用應視為已包括於各計價之項目內。

### 4.2 計價

4.2.1 植筋按契約以支數為單價給付。

4.2.2 本項單價已包括供應所用之人工、材料、機具、與附帶設備、運輸、專利費等及為完成本工作所需之費用在內，依契約項目「植筋」計價。

〈本章結束〉

### 5.3數量計算參考表

| 鋼筋基本資料 |                              |                         |          |               |              | RE500 V3                                          | 每CM深度之藥劑量 |
|--------|------------------------------|-------------------------|----------|---------------|--------------|---------------------------------------------------|-----------|
| 鋼筋號數   | 鋼筋斷面積(As)<br>cm <sup>2</sup> | 鋼筋降伏強度fy                | 降伏所須拉力F  | 植筋施工孔徑D<br>mm | 鑽頭尺寸         | 鋼筋降伏所需埋深(握裹力)<br>( f c' = 210kg/cm <sup>2</sup> ) |           |
| #3     | 0.71                         | 2800 kg/cm <sup>2</sup> | 1988 kg  | 12.6          | TE-C3X 1/2"  | 9 cm                                              | 0.92      |
| #3     | 0.71                         | 4200 kg/cm <sup>2</sup> | 2982 kg  | 12.6          | TE-C3X 1/2"  | 12 cm                                             |           |
| #4     | 1.27                         | 2800 kg/cm <sup>2</sup> | 3556 kg  | 16            | TE-C3X 16/17 | 13.5 cm                                           | 1.12      |
| #4     | 1.27                         | 4200 kg/cm <sup>2</sup> | 5334 kg  | 16            | TE-C3X 16/17 | 18.5 cm                                           |           |
| #5     | 1.99                         | 2800 kg/cm <sup>2</sup> | 5572 kg  | 20            | TE-CX 20/22  | 17.5 cm                                           | 1.74      |
| #5     | 1.99                         | 4200 kg/cm <sup>2</sup> | 8358 kg  | 20            | TE-CX 20/22  | 25 cm                                             |           |
| #6     | 2.87                         | 4200 kg/cm <sup>2</sup> | 12054 kg | 25            | TE-YX 25/32  | 29.5 cm                                           | 3.09      |
| #7     | 3.87                         | 4200 kg/cm <sup>2</sup> | 16254 kg | 28            | TE-YX 28/32  | 35.5 cm                                           | 3.42      |
| #8     | 5.07                         | 4200 kg/cm <sup>2</sup> | 21294 kg | 32            | TE-YX 32/37  | 44.5 cm                                           | 4.46      |
| #9     | 6.47                         | 4200 kg/cm <sup>2</sup> | 27174 kg | 36            | TE-YX 35/37  | 54.5 cm                                           | 6.51      |
| #10    | 8.14                         | 4200 kg/cm <sup>2</sup> | 34188 kg | 40            | TE-YX 40/57  | 63 cm                                             | 6.97      |
| #11    | 10.07                        | 4200 kg/cm <sup>2</sup> | 42294 kg | 42            | 建議洗孔         | 81 cm                                             | 6.41      |



喜利得股份有限公司  
106台北市中正區仁愛路二段2號4樓  
[www.hilti.com.tw](http://www.hilti.com.tw)

客服專線 0800-221-036  
傳真 02-2397-3683