



石材乾掛系統與混凝土錨固應用： 理論、設計與實務

- 主講人：李緯瀚 經理
- 富華成股份有限公司
- 115年8月18日

簡報議程 (Agenda)

石材乾掛系統概論

繫件設計與結構分析

施工與品質控管

實務案例分享

錨固設計理論及應用

後置錨栓國內外規範探討

開裂混凝土與裂縫循環開合

後置錨栓拉拔試驗流程



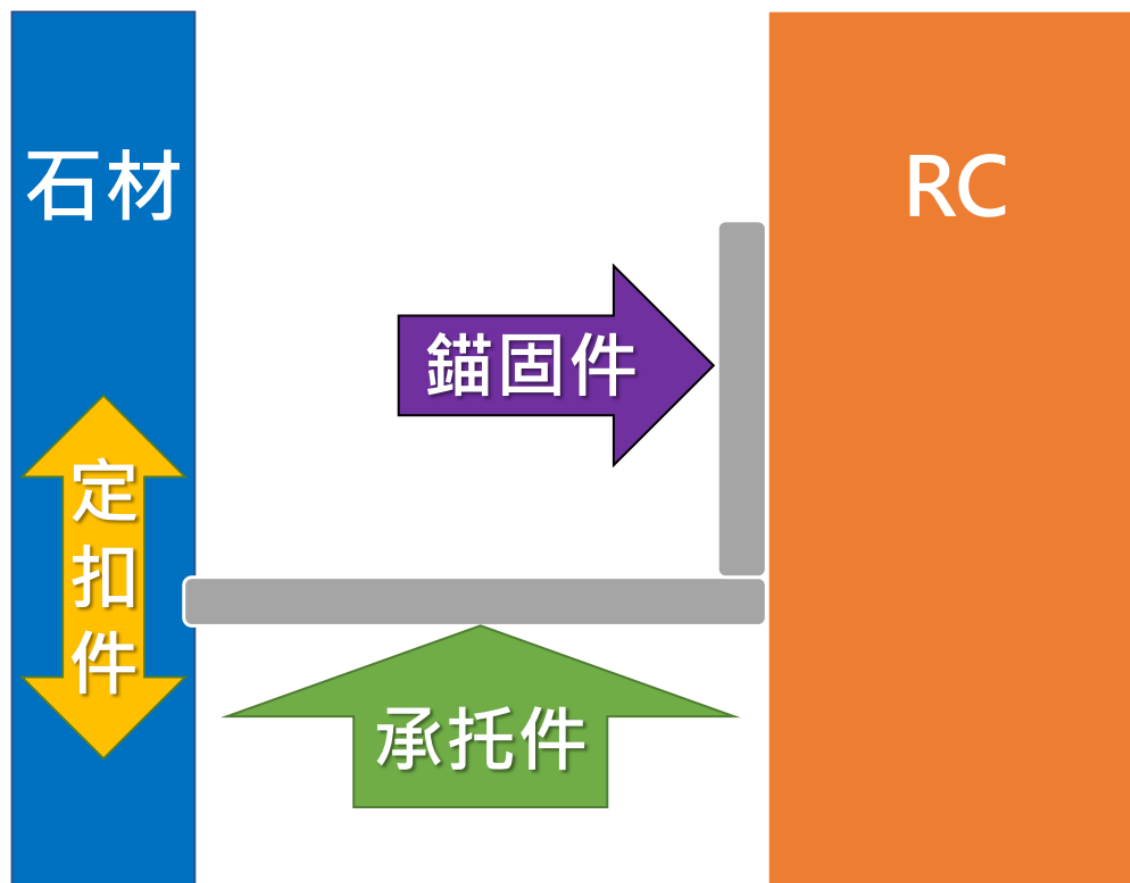


石材乾掛系統概論

石材乾掛是一種常用於建築外牆的裝修技術，透過金屬繫件將石材固定於主結構上，兼具美觀、耐候與可維修性。

石材乾式工法之繫件

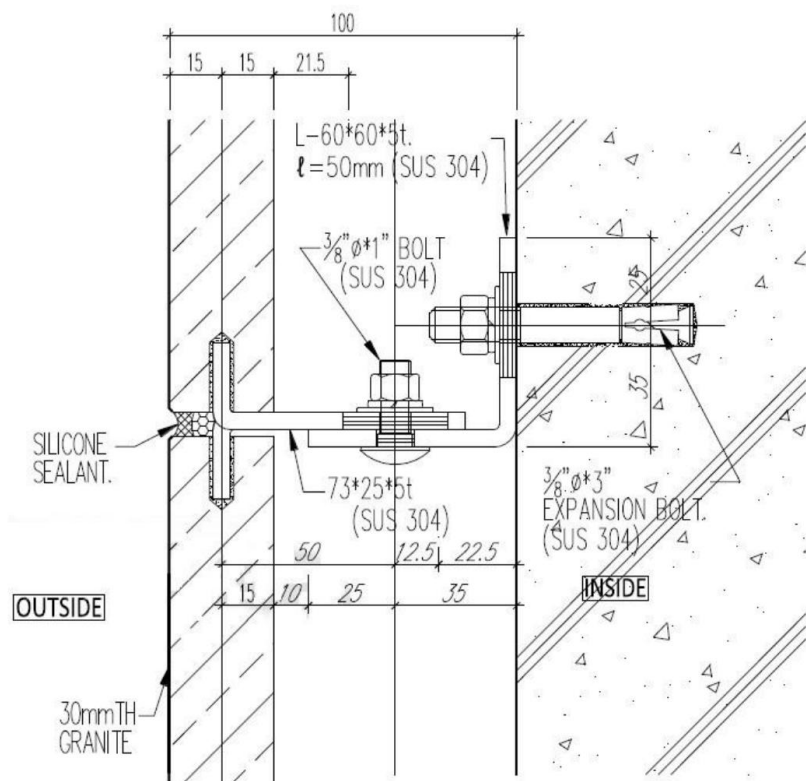
石材繫件為：「一種金屬繫件，藉以聯結石材與建築結構體」



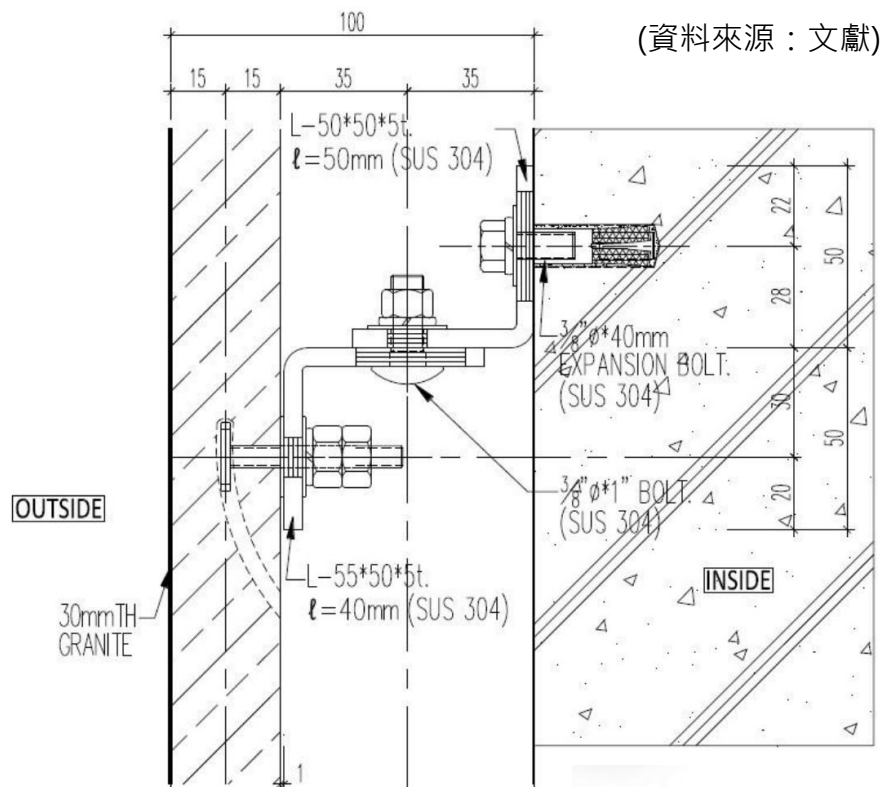
(資料來源：文獻)

常用外牆石材乾式工法種類

石材上下開槽固定圖(邊部)



石材背栓錨碇固定圖(背部)

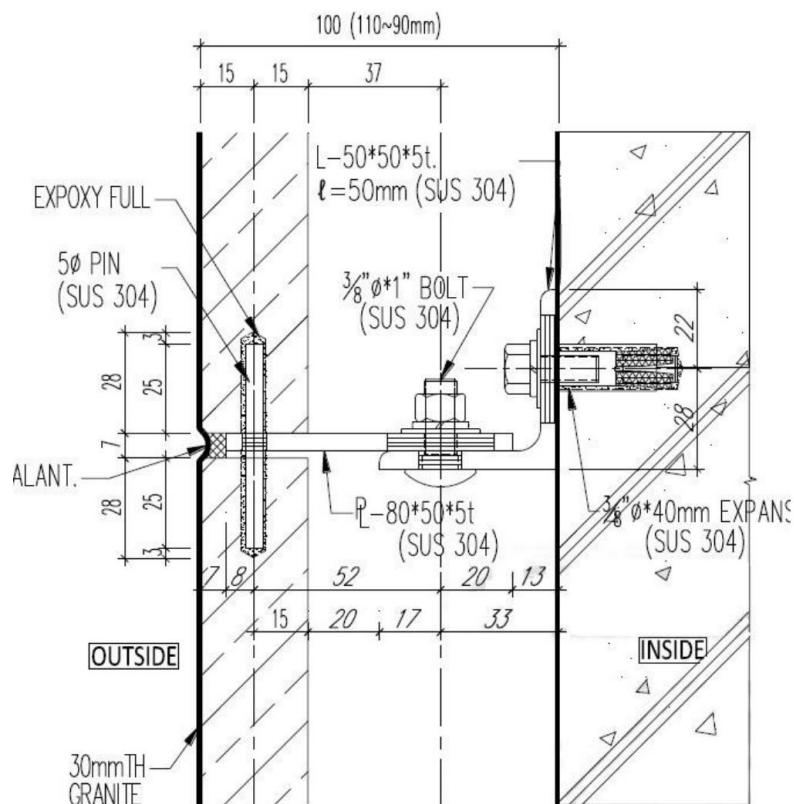


(資料來源：文獻)



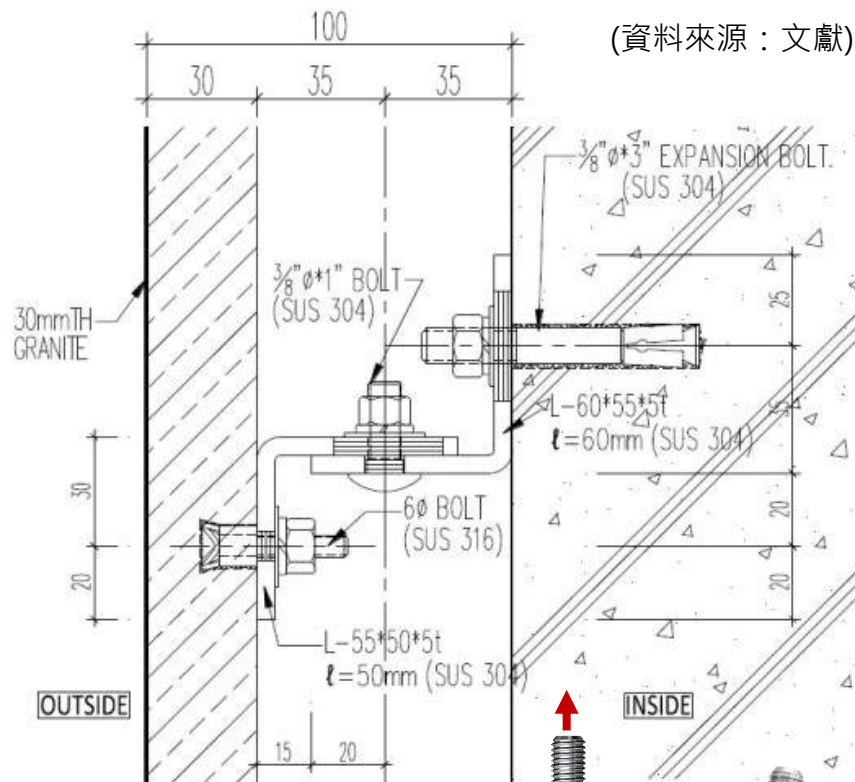
常用外牆石材乾式工法種類(主要)

石材鑽孔插梢固定圖(邊部)

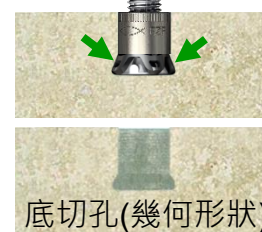


資料來源：文獻

石材背栓擴孔固定圖(背部)



(資料來源：文獻)

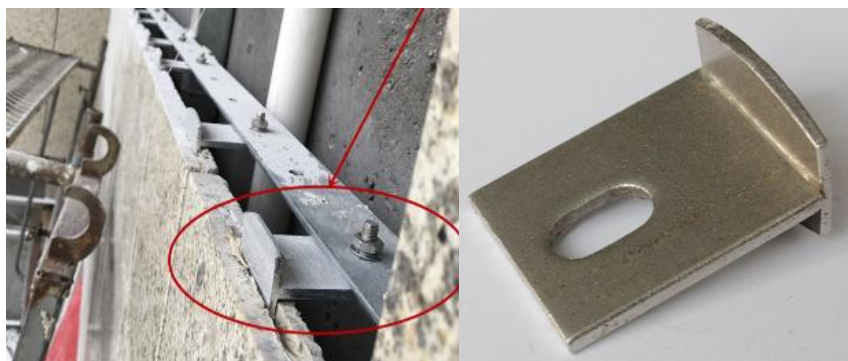


底切孔(幾何形狀)



其他外牆石材乾式工法種類

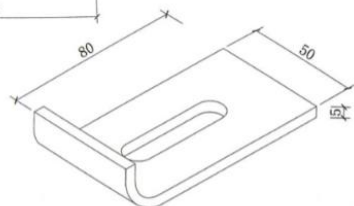
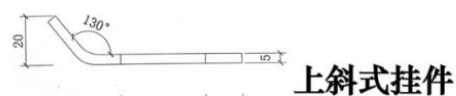
T形掛件(開槽式)



蝴蝶掛件(開槽式)



斜插入式掛件(開槽式)

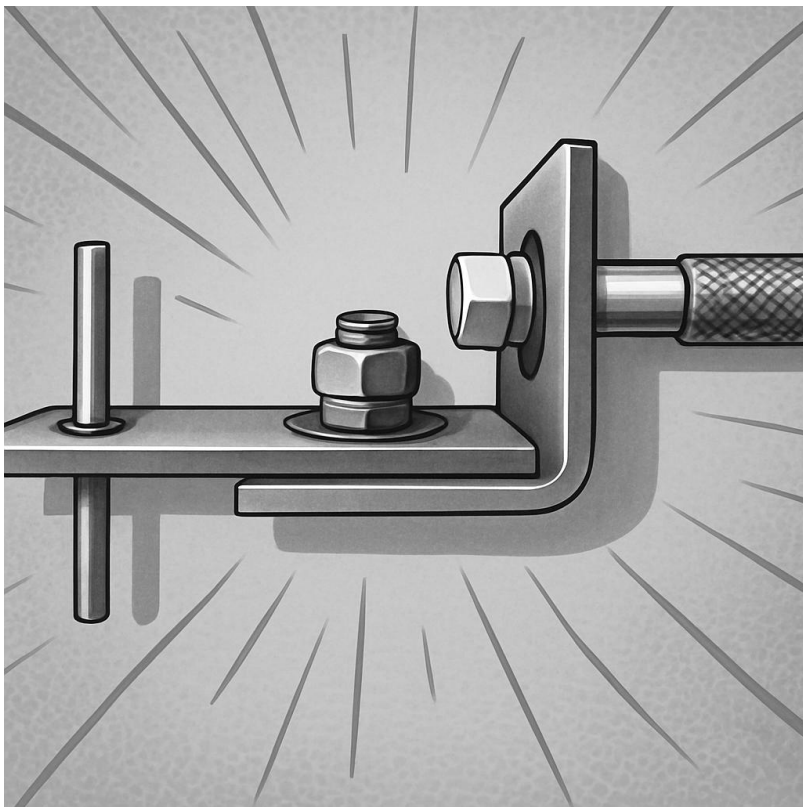


中國大陸住房城鄉建設部於**2024年11月**公告，已全面禁止以下石材幕牆工法(落後掛接工藝)。

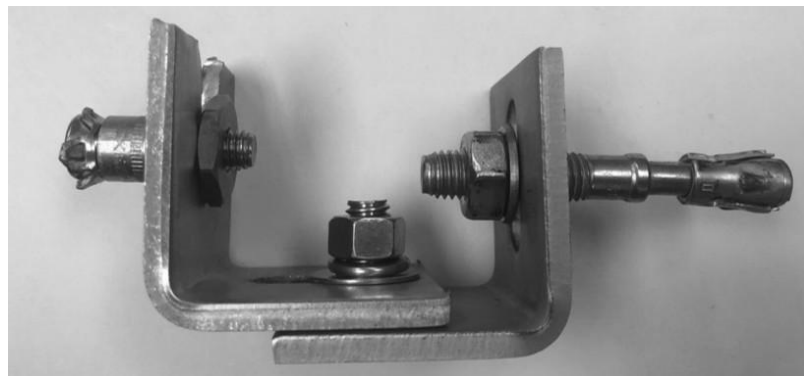
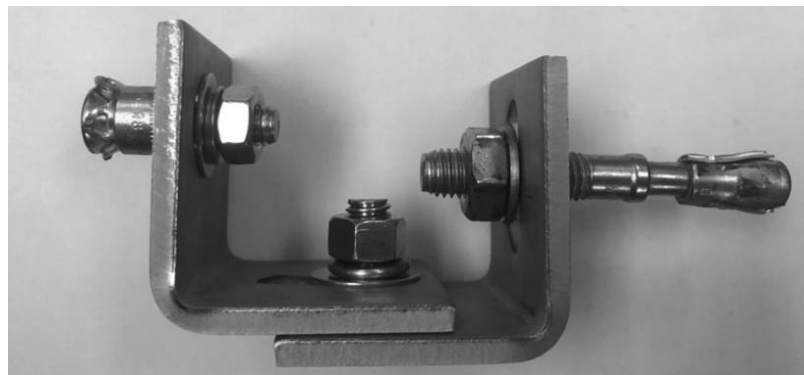
- 銷釘掛件(插梢式)
- T形掛件(開槽式)
- 蝴蝶掛件(開槽式)
- 斜插入式掛件(開槽式)
- 膠粘接連接工藝

石材乾掛主要工法

插梢工法

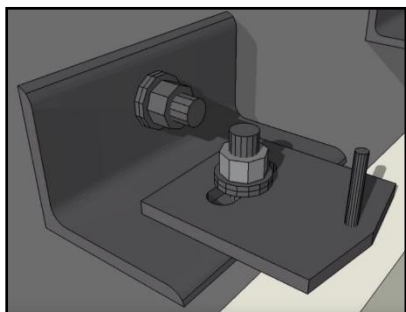
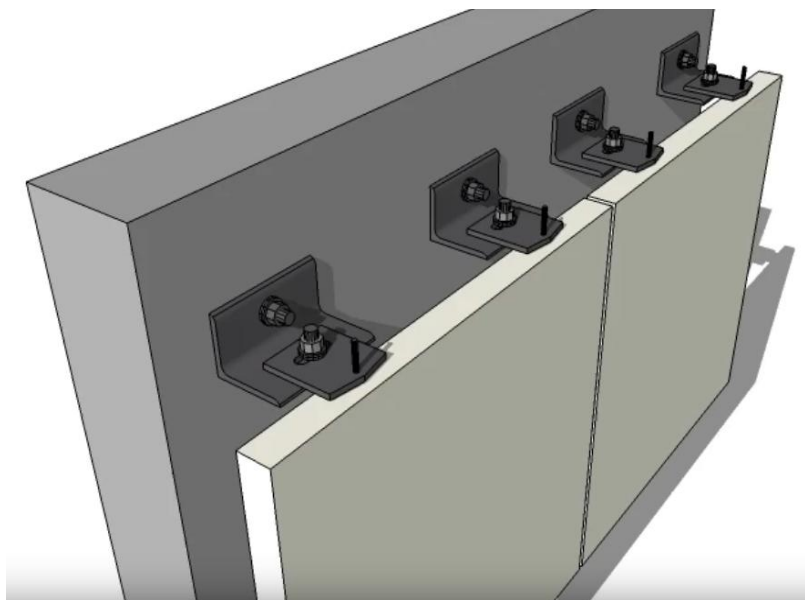


背擴孔工法

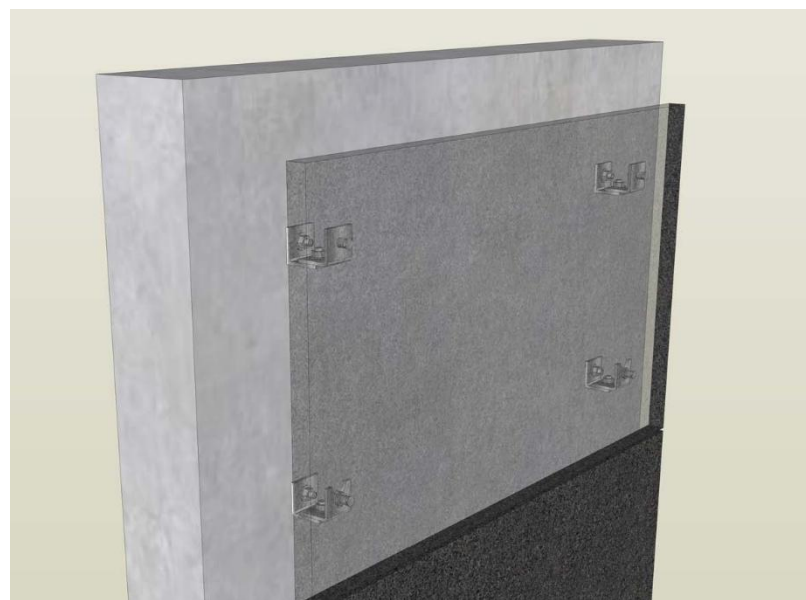


石材乾掛主要工法

插梢工法



背擴孔工法

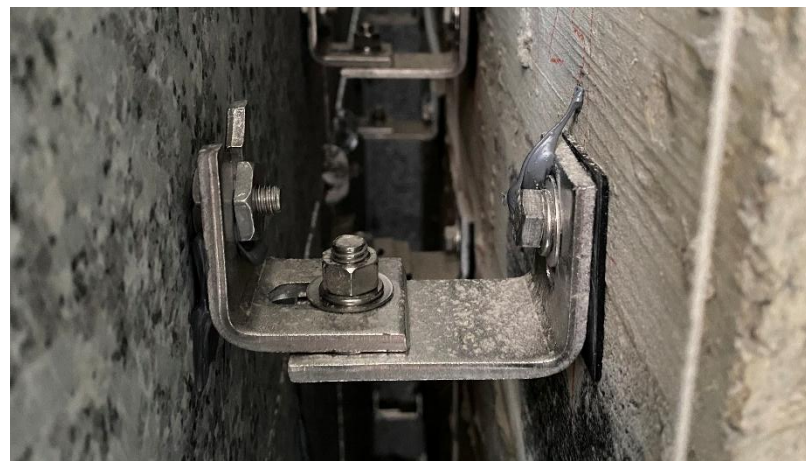


石材乾掛主要工法

插梢工法

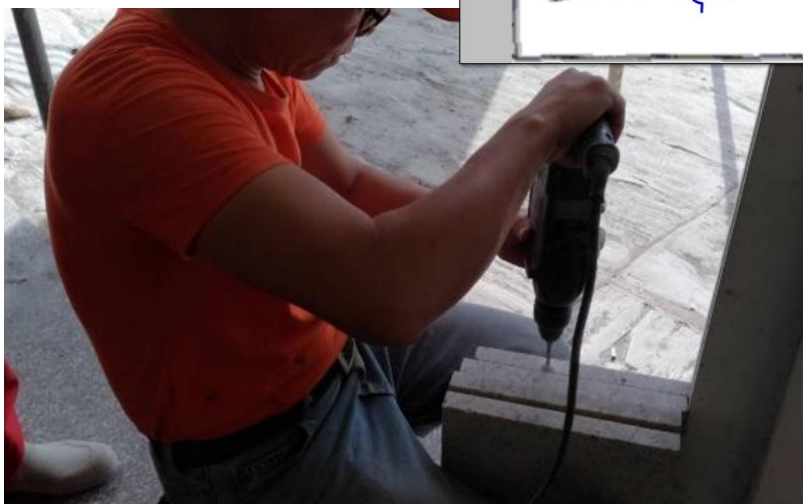
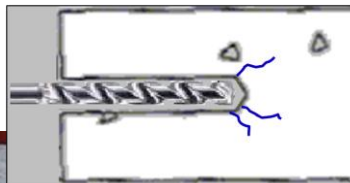


背擴孔工法



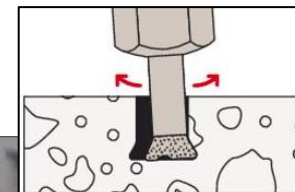
安裝原理：板片加工方式

插梢工法

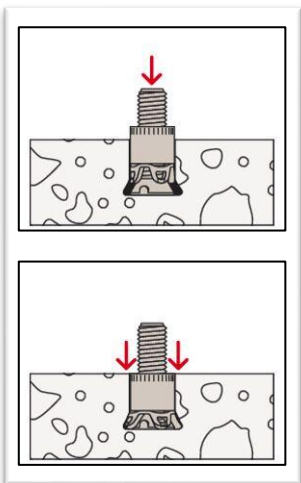


(資料來源：文獻)

背擴孔工法



石材背擴孔錨栓植釘



安裝原理：扣件與石材結合的強度

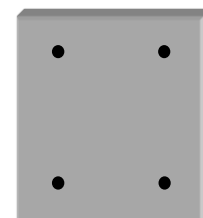
插梢工法

拉拔破壞力：1.3 kN



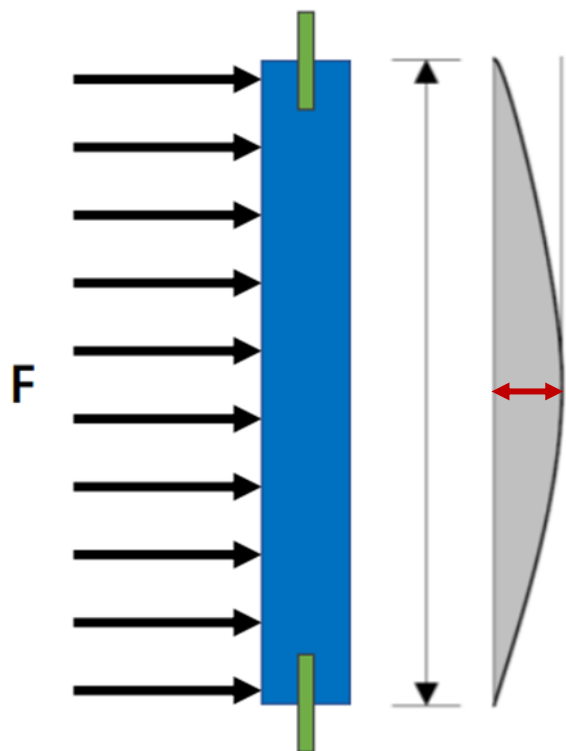
背擴孔工法

拉拔破壞力：5.6 kN

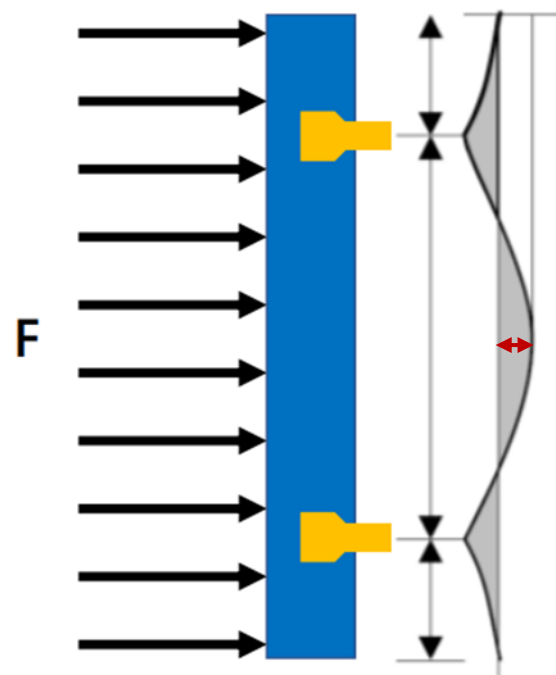


安裝原理：不同型態承托位置受外力行為

插梢工法



背擴孔工法



(資料來源：文獻)

當石材板片受到風壓時，依靠端部承載的插梢工法所產生之最大彎矩高於依靠背部承載的背擴式工法。

傳統插梢與背擴孔與工法對比

	傳統插梢	背擴孔
鑽孔	人工震動電鑽(人為控制)	專業鑽孔機(機器控制)
石材整體 受力狀態	板片層層疊加、累積承載	板片間獨立受力、獨立安裝
承載能力	?	承載力較高(高4倍)
抗變形能力	力臂較大(板片受彎較大)	力臂較小(板片受彎較小)
外觀(填縫)	不可做開縫設計(繫件外露 不美觀)需打填縫膠	背面安裝繫件不外露，可做 開縫設計無需打填縫膠，同 時減少內外壓差
外觀(汙染)	填縫膠汙染影響石材美觀	無汙染

石材破壞狀況-基隆X冠大樓



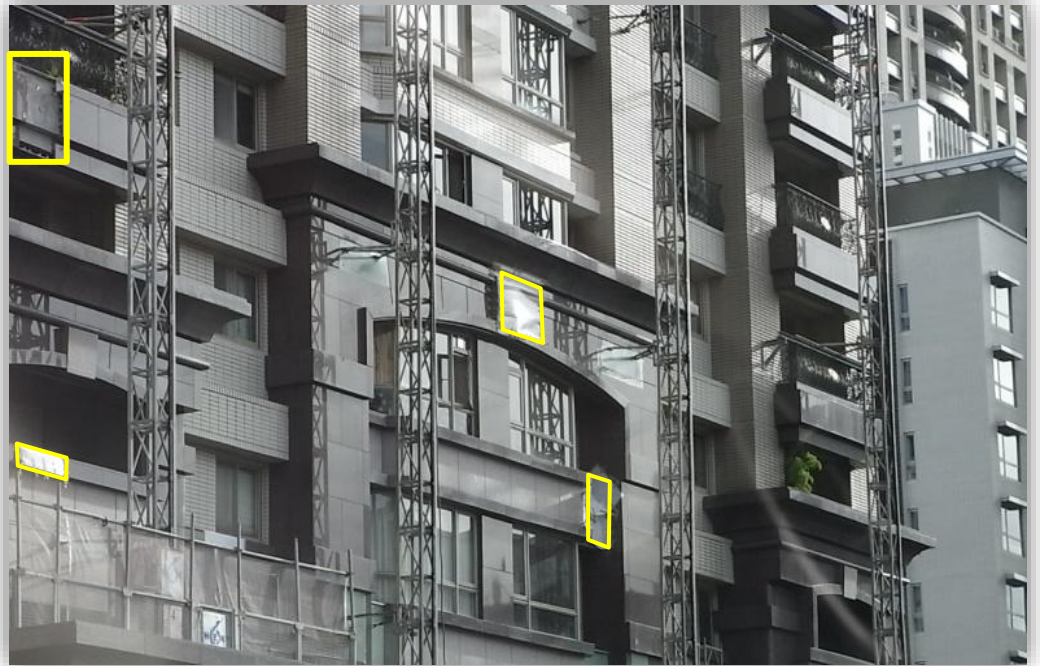
高樓磁磚殺婦 管委會竟硬拗

石材破壞狀況-聯XX大樓

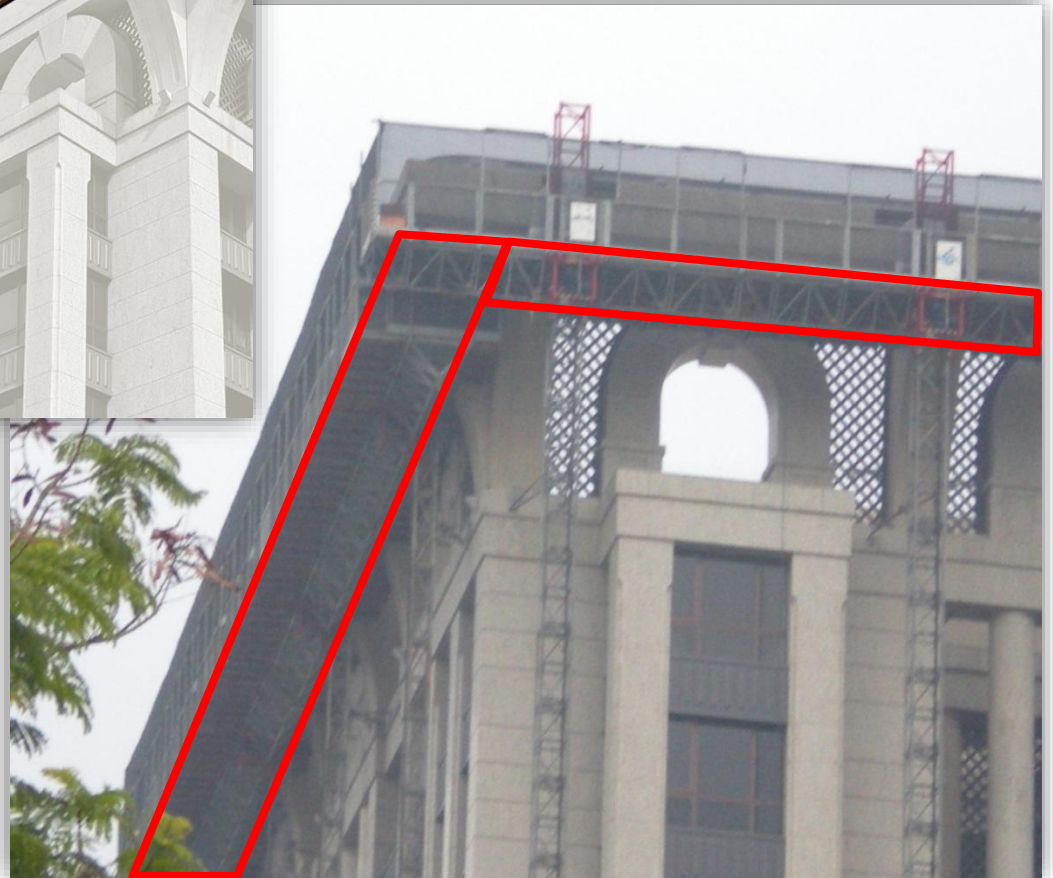
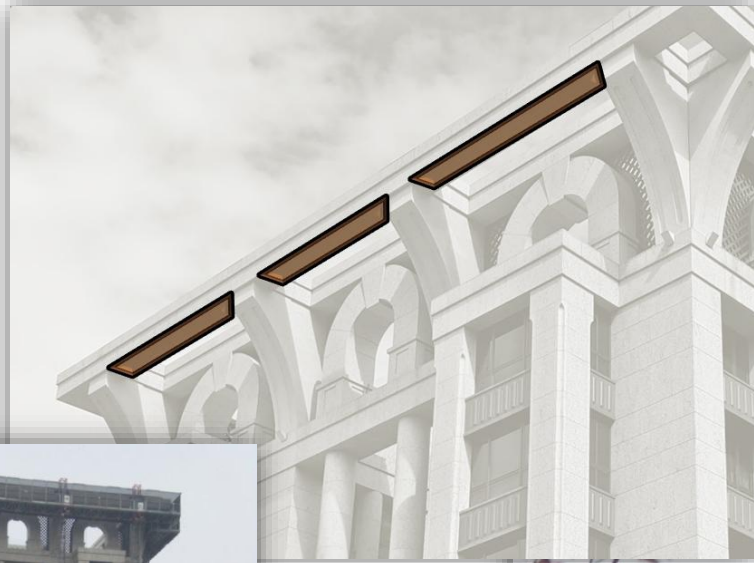
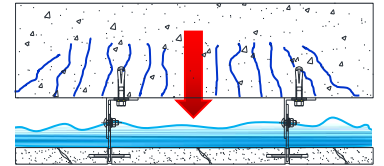
錯誤的類型與材質(內迫錨栓不適用混凝土開裂區且已鏽蝕)



石材破壞狀況-台北



石材破壞狀況-台北



石材破壞狀況-台北



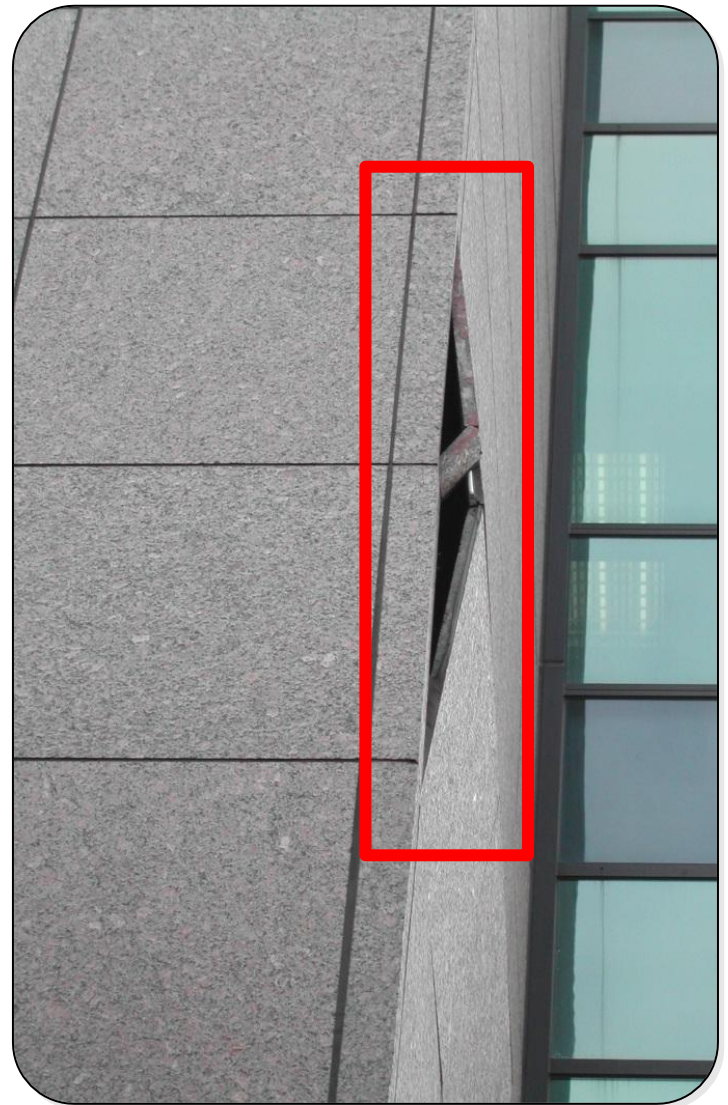
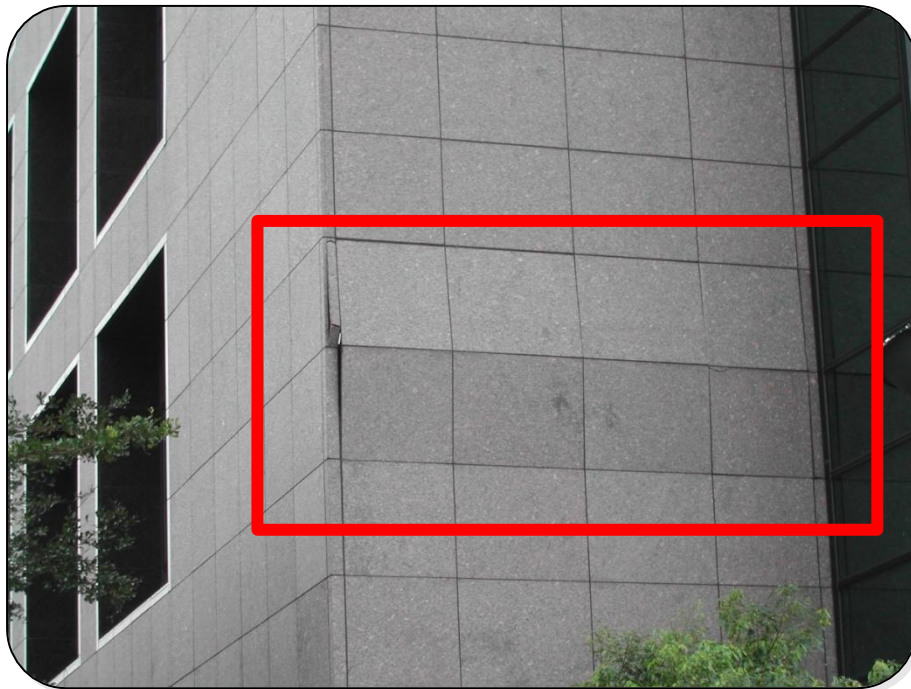
臺北市消防局 Taipei City Fire Department			
工程名稱 (Project Name)	103年度局本部暨民權分隊整修工程 2014 Head Office & Minquan Station Renovation Engineering		
監造單位名稱、網址 (或電子郵件信箱) (Supervising Supervisor)	林經國建築師事務所 C. K. Lin Architects & Associates		
施工廠商 (Contractor)	緯豐營造股份有限公司 Wei Fong Construction Engineering CO., Ltd.		
施工期間 (Duration)	民國 103 年 05 月 26 日至 103 年 11 月 21 日 (26/05/2014 ~ 21/11/2014)		
工地負責人 (Site Manager)	蔡秋明 Tsai Chiau-ming	電話 (TEL)	02-8786-2806
通報專線 (Hotline and Website)	全民警工專線及網址 (Hotline and Website)	0800-009-809, http://www.pcc.gov.tw 臺北市民黨家熱線 1999 (外縣市 02-27208889) 1999 Citizen Hotline, Taipei City Government	
	政風單位 (Government Ethics Department)	臺北市民黨家熱線 1999 (外縣市 02-27208889) 轉 2170 1999 Citizen Hotline, Taipei City Government, ext 2170	
	環保專線 (Environmental Protection Hotline)	臺北市民黨家熱線 1999 (外縣市 02-27208889) 1999 Citizen Hotline, Taipei City Government	
重要公告事項 (Notice)	空氣污染防制會報收管制編號: A158A22018-1 (Air pollution prevention for receipt number)		



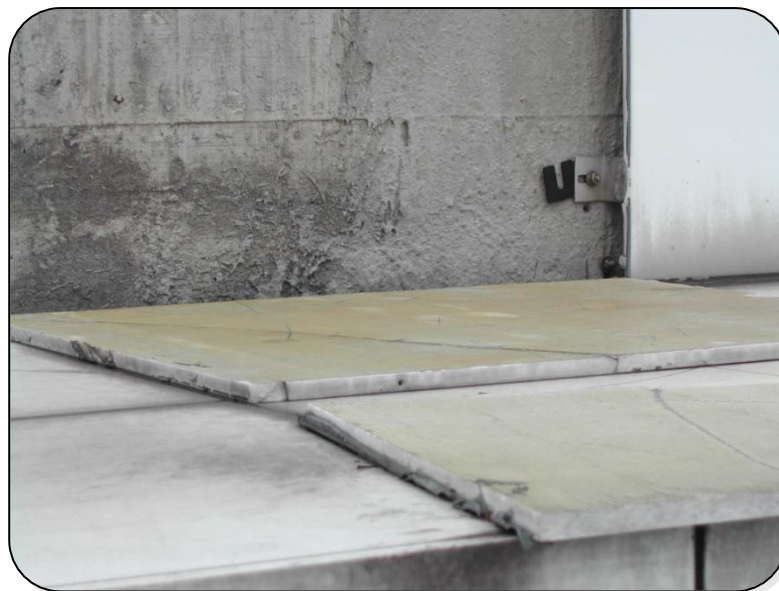
石材破壞狀況-台北



石材破壞狀況-台北



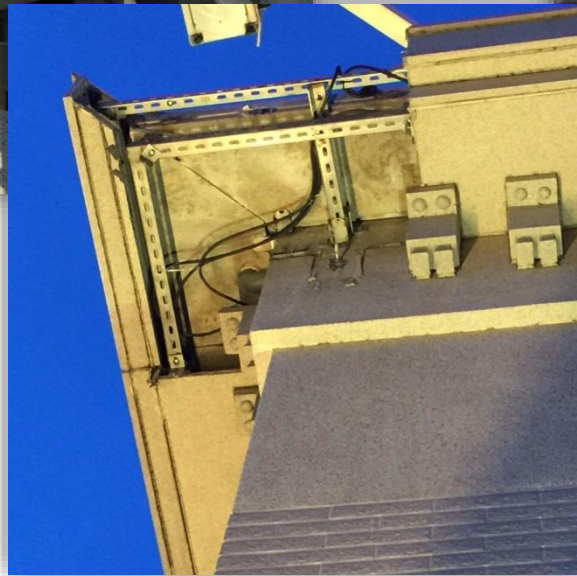
石材破壞狀況-台北



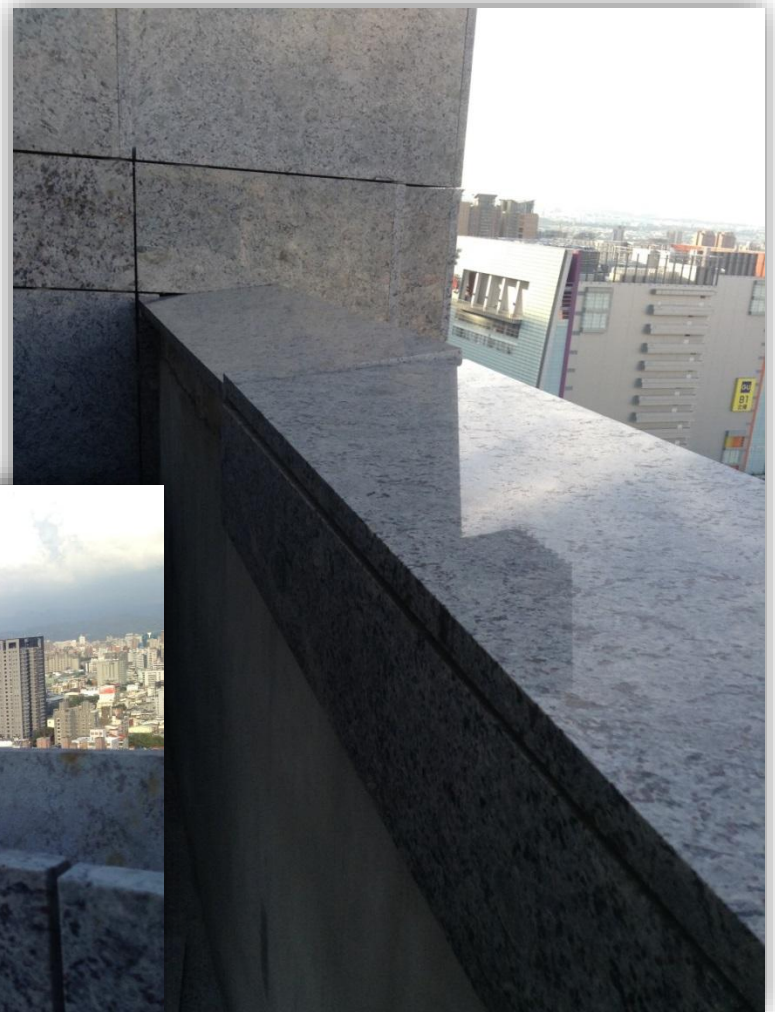
石材破壞狀況-台中



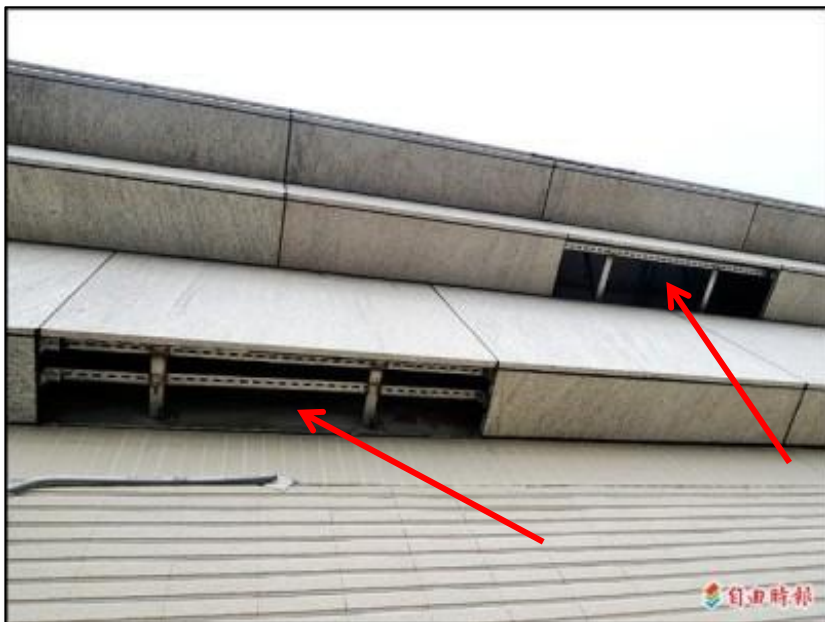
石材破壞狀況-台中



石材破壞狀況-台中



石材破壞狀況-嘉義X院

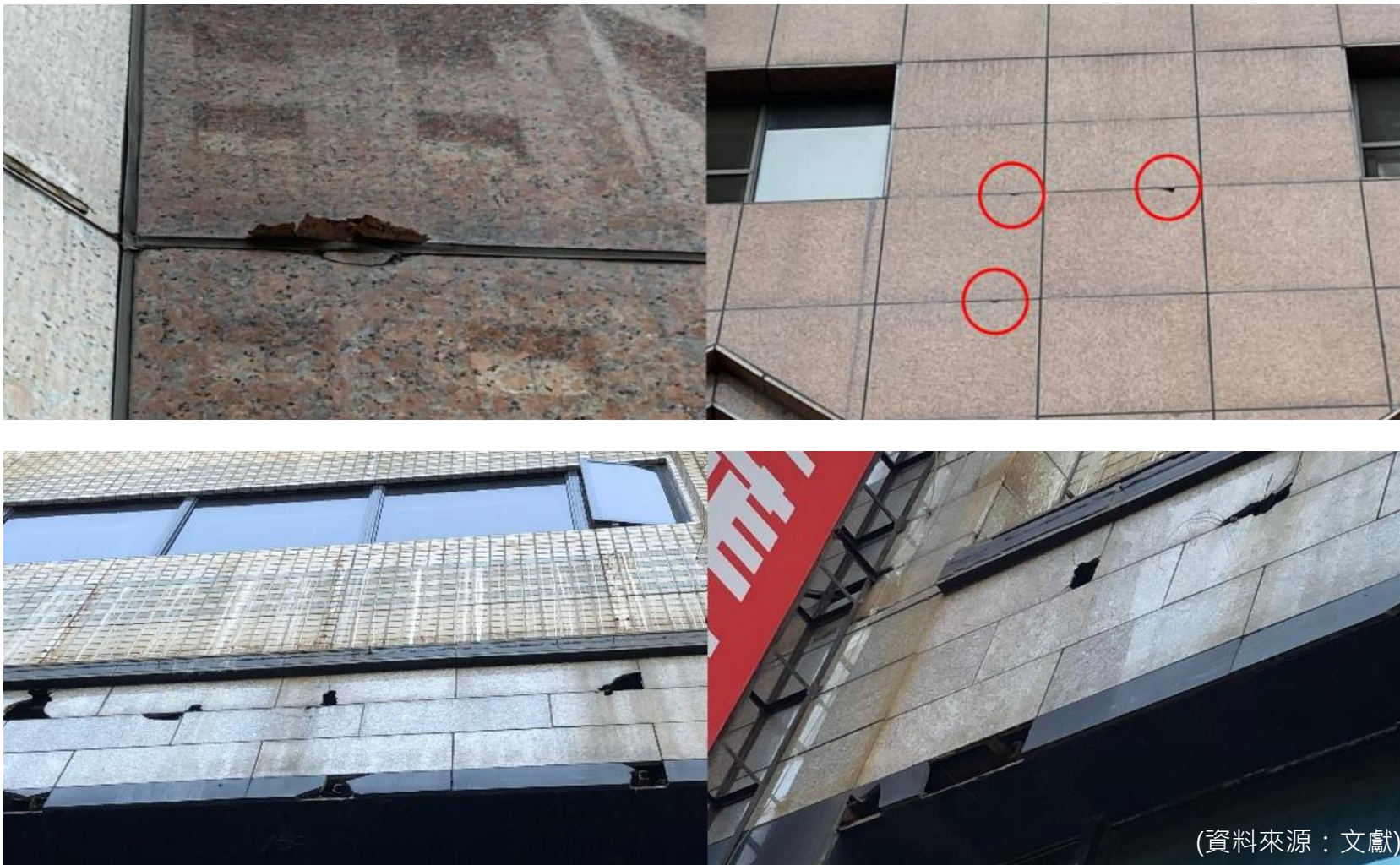


地震恐有掉落物，
請勿停留本區域。

石材破壞狀況-嘉義X院



石材破壞狀況-高雄



石材破壞狀況-高雄



石材破壞狀況-法國巴黎建案



石材破壞狀況-其他





繫件設計與結構分析

本章節探討石材乾掛系統的繫件設計與結構分析，包含力學原理、載重計算及安全係數評估，確保石材吊掛系統的穩定性與耐久性。

背擴孔錨栓設計流程



荷載計算

- 靜態荷載 (自重)
- 風荷載
- 地震作用荷載



石材驗算

- 抗彎強度驗算
- 與背擴孔錨栓承載力有關的參數測定



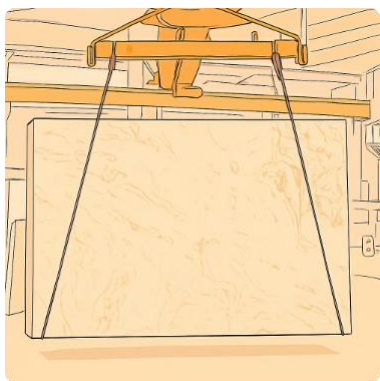
背擴孔錨栓驗算

- 抗拉、抗剪以及複合拉剪強度校核



與背擴孔錨栓性能有關的石材屬性

任何其中一項參數的變化都會導致背栓連接系統的承載力變化



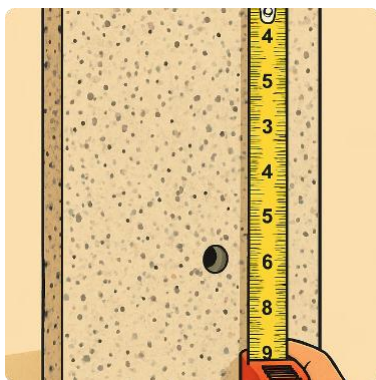
面板大小



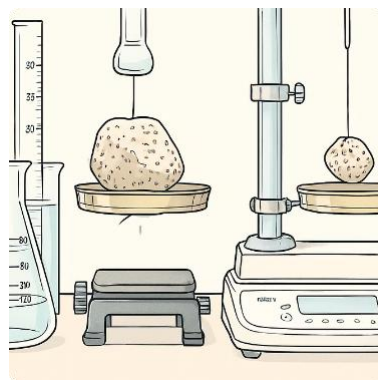
抗彎強度



石材厚度



鑽孔邊間距



密度

歐洲背擴孔錨栓認證規範中對石材的分類

適用於所有天然石材！包括：花崗岩、大理石、砂岩、石灰石

Stone group		Natural stone type	Boundary conditions
I	High quality intrusive rocks (plutonic rocks)	Granite, granitite, tonalite, diorite, monzonite, gabbro, other magmatic plutonic rocks	None
II	Metamorphic rocks with „hard stone characteristics“	Quartzite, granulite, gneiss, migmatite, slate ²⁾	None
III	High quality extrusive rocks (volcanic rocks)	Basalt and basaltic lava without harmful ingredients (like sun burner basalt)	Minimum density ρ : basalt: 2,7 kg/dm ³ basaltic lava: 2,2 kg/dm ³
IV	Sedimentary rocks with „hard stone characteristics“ ¹⁾	Sandstone, limestone and marble	Minimum density ρ : sandstone: 2.1 kg/dm ³

*石材本身符合EN1469:2015中各類要求

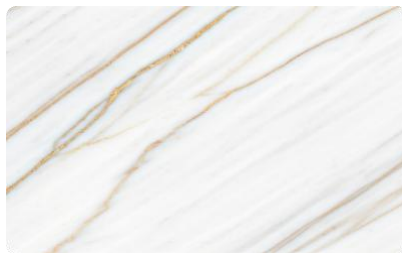
背擴孔錨栓適用石材類型



Group 1
侵入岩/深成岩

岩漿在**地底深處緩慢冷卻**所形成的**火成岩**

例如：花崗岩、閃長岩、輝長岩。



Group 2
變質岩

原岩在**高溫高壓下未熔融而重結晶**形成的**新岩石**

例如：大理石、板岩、石英岩。



Group 3
噴出岩/火山岩

岩漿在**地表或近地表迅速冷卻**形成的**火成岩**

例如：玄武岩



Group 4
沉積岩

岩石碎屑或生物、化學沉澱物經**沉積、壓實、膠結**形成

例如：砂岩、石灰石、頁岩。

背擴孔錨栓應用範圍

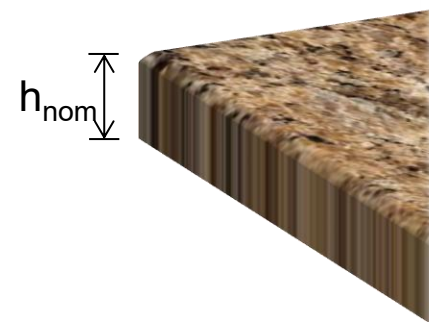
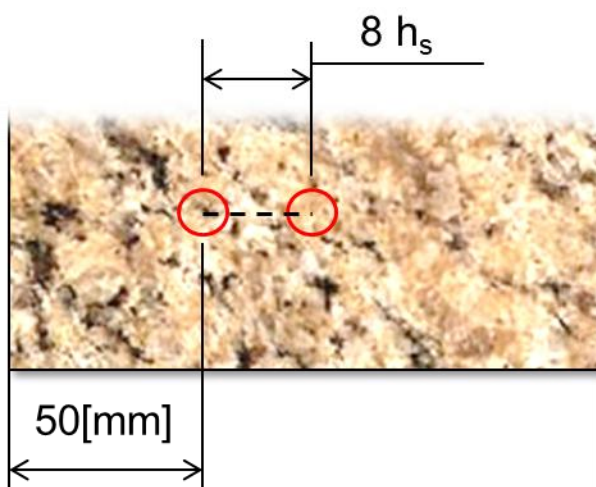
Page 10 of European Technical Assessment
ETA-11/0145 of 22 August 2024

English translation prepared by DIBt

Deutsches
Institut
für
Bautechnik

DIBt

Façade panels			
Nominal panel thickness	h_{nom}	[mm]	$20 (30)^{1)} \leq h_{nom}$
Number of anchors (rectangular arrangement) ⁵⁾	N	[-]	≥ 4
Embedment depth ²⁾	h_s	[mm]	$12 \leq h_s \leq 38$
Minimum edge distance ³⁾	a_{rL} bzw. a_{rH}	[mm]	50
Minimum spacing ³⁾	a_L bzw. a_H	[mm]	$8 h_s$
Minimum residual panel thickness ⁴⁾	h_r	[mm]	≥ 8



背擴孔錨栓連接的規範體系

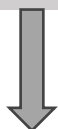
歐洲有測試-認證-設計規範系統，美國、台灣暫無相關標準

歐規

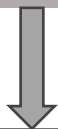
美規

台灣

Qualification
產品性能測試



Technacal data
性能評估資料

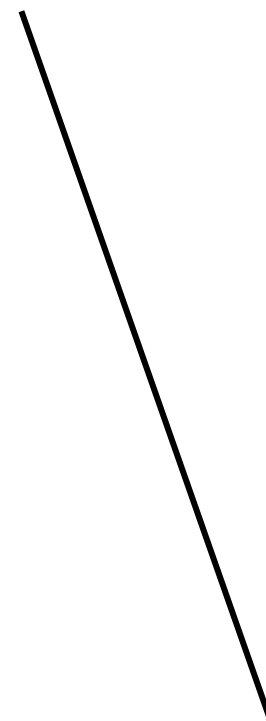
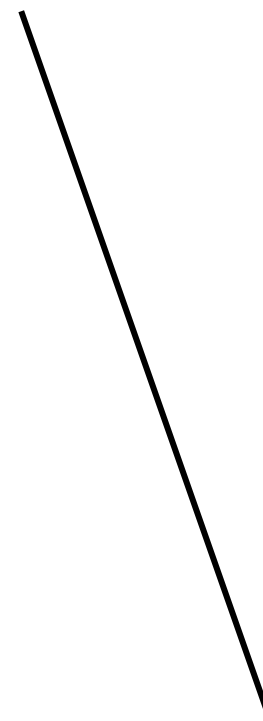


Design
應用設計

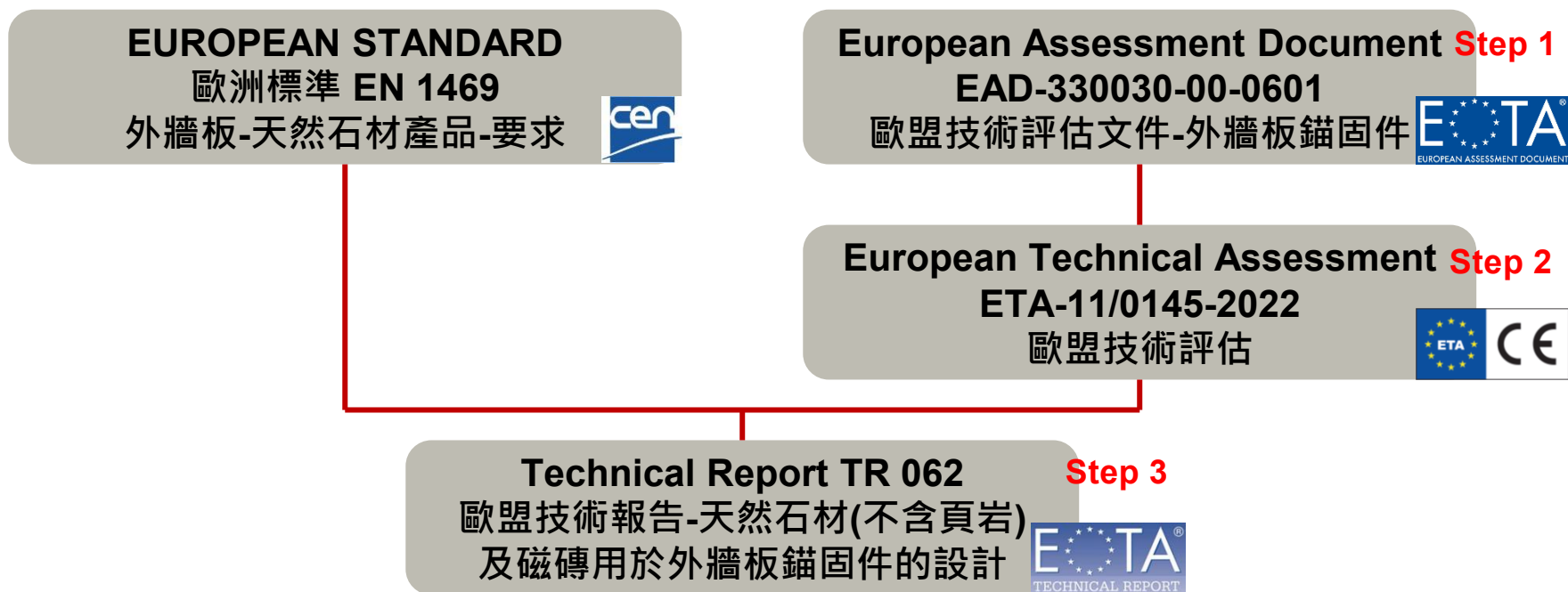
歐盟技術評估文件
(EAD)

歐盟技術認證
(ETA)

歐盟技術報告
(EOTA TR)



石材外牆乾式吊掛系統的規範及設計準則程序



歐規背擴孔錨栓評估、認證及設計準則程序

- 1.背擴孔錨栓的實際測試依歐洲評估文件European Assessment Document (EAD)的程序
- 2.背擴孔錨栓依上述程序測試後得到測試值並獲得歐盟技術評估European Technical Assessment (ETA)的報告
- 3.背擴孔錨栓進行錨固分析時根據歐盟技術報告Technical Report (TR)中給出的設計公式進行計算

產品性能聲明-fischer背擴孔錨栓

			
DECLARATION OF PERFORMANCE			
DocP 0307 for Fischer-2-iron-panels (and/or P2P)		EN	
1. Unique identification code of the product batch	DocP 8307		
2. <u>Product name:</u>	Fastener for the rear fitting of facade panels made of selected natural stones according to EN 1469, see appendix, especially annexes B1 + B2.		
3. <u>Manufacturer:</u>	Reichertwerke GmbH & Co. KG, Klaus-Fischer-Str. 5, 72179 Waiblingen, Germany		
4. <u>Authorized representative:</u>	—		
5. <u>System(s) of VACP:</u>	2+		
6. <u>European Assessment Document:</u> European Technical Assessment Technical Assessment Body notified body(s):	EAD 330919-01-001, Edition 1/2018 07/16/19/01/2022-04/24 DIN- Deutsches Institut für Bautechnik 2273 70 Germany		
7. <u>Technical characteristics:</u>	Mechanical resistance and stability (B9B1) Characteristic resistance to tensile or pull-out failure under tension load: Annex C1 Characteristic resistance to break-out or pull-out failure under shear load: Annex C1 Characteristic resistance to break-out or pull-out failure under combined tension and shear load: Annex C1 $\gamma_{M2PD}, \gamma_{M2P} = 1,0$ Edge distance and spacing: Annexes B3, C1 Driftability: Annex A3 (CR0-0) Characteristic resistance to steel failure under tension and shear load: Annex C1 Safety in case of the (B9B1) Reaction to fire: Class (K1)		
8. <u>Appropriate Technical Documentation and/or Specific Technical Documentation:</u>	—		
The performance of the product identified above is in conformity with the set of declared performance(s). This declaration of performance is issued, in accordance with Regulation (EU) No 305/2011, under the sole responsibility of the manufacturer identified above.			
Signed for and on behalf of the manufacturer by:			
			
Dr. rer. oec. Christian K. Hagen (signature) (first name and last name) Waiblingen, 2022-07-01		Dr. rer. oec. Christian K. Hagen (signature) Waiblingen, 2022-07-01	
The DocP has been prepared in different languages. In case there is a dispute on the interpretation the English version shall always prevail.			
The Appendix includes voluntary and complementary information in English language exceeding the language requirement specifically upon request.			

Fischer DATA DocP, ECU, VET-2020

1/1

 	 
DECLARATION OF PERFORMANCE	fischer背擴孔錨栓FZP II產品性能聲明
DoP 0307 for fischer-Zykon-panel anchor FZP II	
1. <u>Unique identification code of the product-type:</u>	根據 EN 1469 標準，
2. <u>Intended use/es:</u>	用於選定天然石材外牆板背面固定的緊固件
3. <u>Manufacturer:</u>	Fastener for the rear fixing of façade panels made of selected natural stones according to EN 1469, see appendix, especially annexes B1 & B7.
3. <u>Manufacturer:</u>	fischerwerke GmbH & Co. KG, Klaus-Fischer-Str. 1, 72178 Waldachtal, Germany
4. <u>Authorised representative:</u>	-
5. <u>System/s of AVCP:</u>	3+
6. <u>European Assessment Document:</u> European Technical Assessment: Technical Assessment Body: Notified body/es:	EAD 330030-00-0601, Edition 10/2018 ETA-11/0145; 2022-06-09 DIBt- Deutsches Institut für Bautechnik 2873 TU Darmstadt

EUROPEAN STANDARD EN 1469

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1469

March 2015

ICS 91.100.15

Supersedes EN 1469:2004

English Version

Natural stone products - Slabs for cladding - Requirements

Produits en pierre naturelle - Dalles de revêtement mural - Exigences

Natursteinprodukte - Bekleidungsplatten - Anforderungen

This European Standard was approved by CEN on 3 January 2015.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN-CENELEC Management Centre or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, Former Yugoslav Republic of Macedonia, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.


EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

© 2015 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.

Ref. No. EN 1469:2015 E

Provided by: www.sgs.at

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1469

March 2015

ICS 91.100.15

Supersedes EN 1469:2004

English Version

Natural stone products - Slabs for cladding - Requirements

Produits en pierre naturelle - Dalles de revêtement mural - Exigences

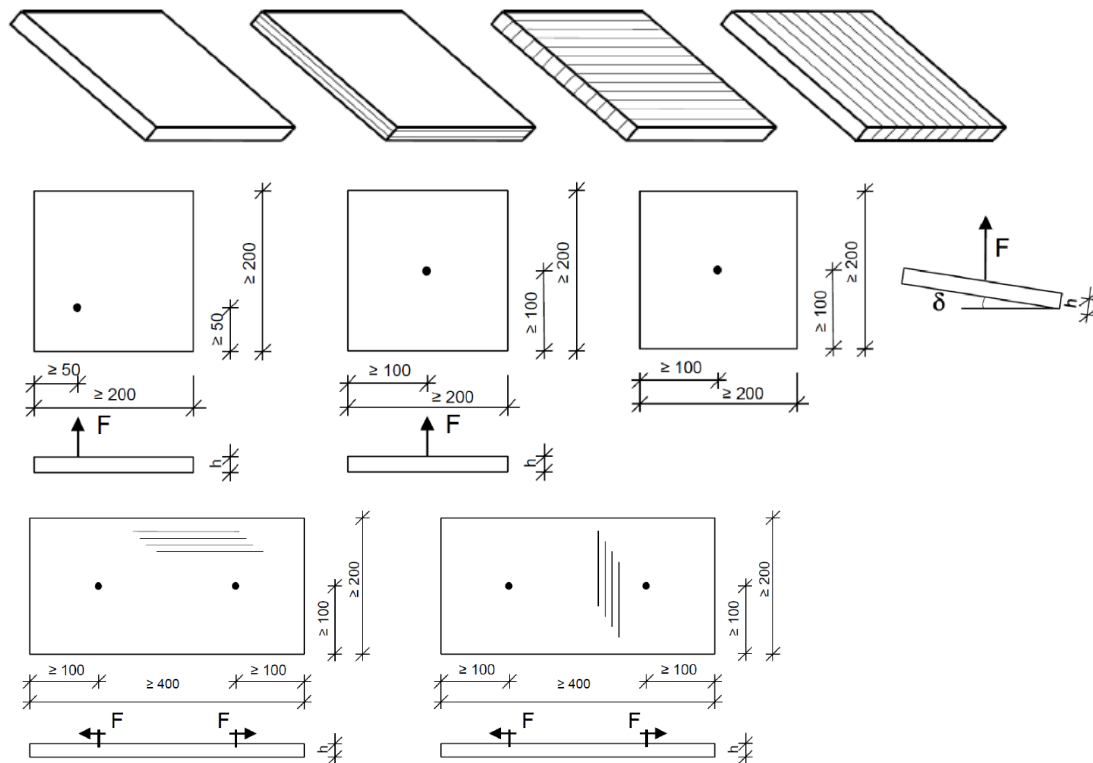
Natursteinprodukte - Bekleidungsplatten - Anforderungen

外牆板-天然石材產品-要求

歐盟技術評估文件EAD-330030-00-0601



For natural stones with planes of anisotropy the position of the planes of anisotropy shall be considered:

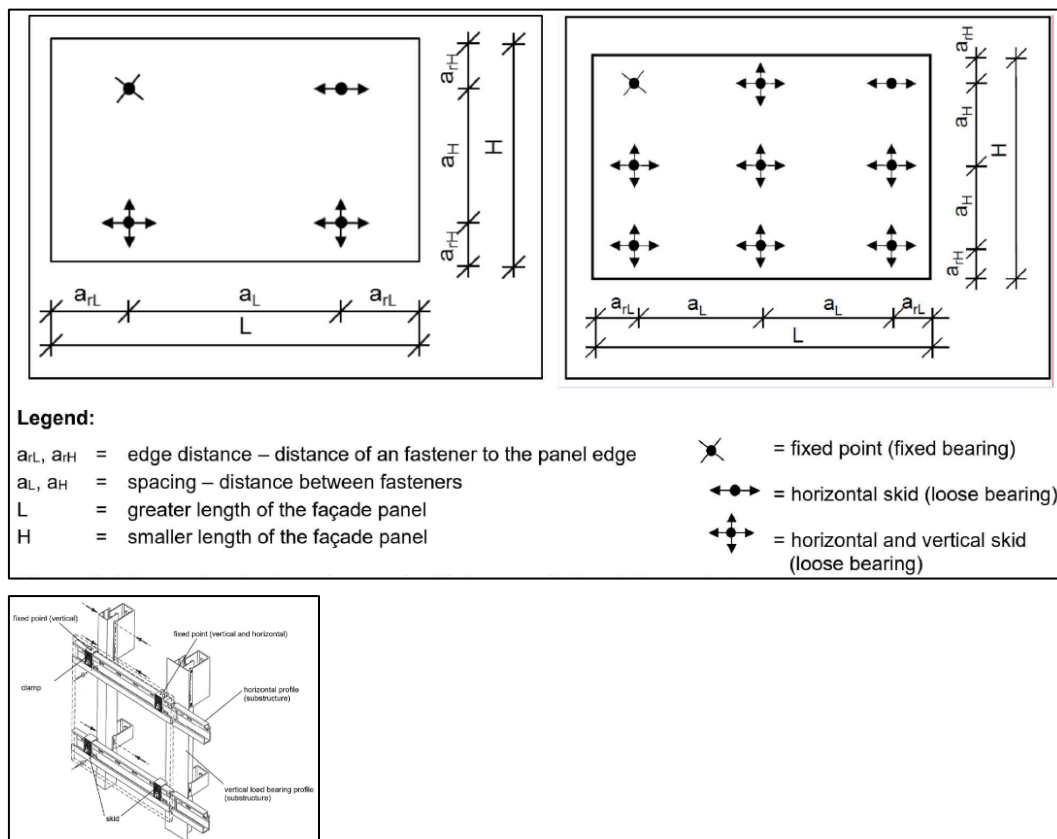
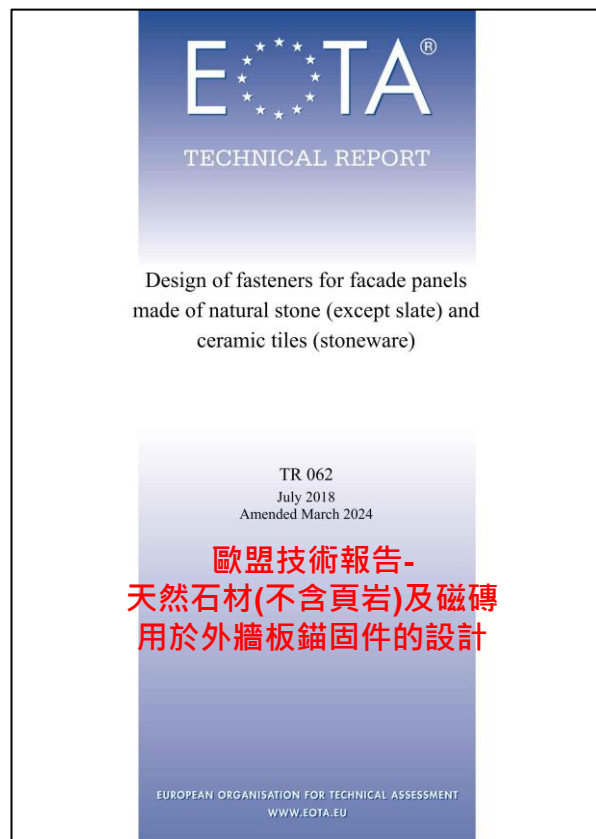


歐盟技術評估ETA-11/0145-2022

 	
Approval body for construction products and types of construction Bautechnisches Prüfamt An institution established by the Federal and Lander Governments Designated according to Article 29 of Regulation (EU) No 305/2011 and member of EOTA (European Organisation for Technical Assessment)	
European Technical Assessment ETA-11/0145 of 9 June 2022 English translation prepared by DIBt - Original version in German language	
General Part	
Technical Assessment Body issuing the European Technical Assessment:	Deutsches Institut für Bautechnik
Trade name of the construction product	fischer-Zykon-panel anchor FZP II
Product family to which the construction product belongs	Fastener for the rear fixing of façade panels made of selected natural stones according to EN 1469
Manufacturer	fischerwerke GmbH & Co. KG Klaus-Fischer-Straße 1 72178 Walddachau DEUTSCHLAND
Manufacturing plant	fischerwerke
This European Technical Assessment contains	15 pages including 3 annexes which form an integral part of this assessment
This European Technical Assessment is issued in accordance with Regulation (EU) No 305/2011, on the basis of	EAD 330030-00-0601, Edition 10/2018
This version replaces	ETA-11/0145 issued on 1 July 2018
Deutsches Institut für Bautechnik Kellernstraße 30 B 10829 Berlin GERMANY Phone: +49 30 78730-0 Fax: +49 30 78730-320 Email: dibt@dibt.de www.dibt.de Z130601.22 0.06.01.03621	

European Technical Assessment ETA-11/0145 of 9 June 2022 English translation prepared by DIBt - Original version in German language	
General Part	
Technical Assessment Body issuing the European Technical Assessment:	Deutsches Institut für Bautechnik
Trade name of the construction product	fischer-Zykon-panel anchor FZP II fischer背擴孔錨栓
Product family to which the construction product belongs	Fastener for the rear fixing of façade panels made of selected natural stones according to EN 1469
外牆板-天然石材產品-要求	
This European Technical Assessment contains	15 pages including 3 annexes which form an integral part of this assessment
This European Technical Assessment is issued in accordance with Regulation (EU) No 305/2011, on the basis of	EAD 330030-00-0601, Edition 10/2018
This version replaces	ETA-11/0145 issued on 1 July 2018
歐盟技術評估文件EAD-330030-00-0601	

歐盟技術報告TR-062



背擴孔錨栓設計簡化

根據歐洲規範，背擴孔錨栓的設計相對混凝土錨栓要簡單很多

抗拉檢核：
$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0 \longrightarrow N_{Rd} = \frac{N_{Rk}}{\gamma_M}$$

抗彎檢核：
$$\frac{\sigma_{Ed}}{\sigma_{Rd}} \leq 1,0 \longrightarrow \sigma_{Rd} = \frac{\sigma_{Rk}}{\gamma_M}$$

抗剪檢核：
$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0 \longrightarrow V_{Rd} = \frac{V_{Rk}}{\gamma_M}$$

$$\sigma_{Ed} = \frac{6 \cdot m_{Ed}}{d^2}$$

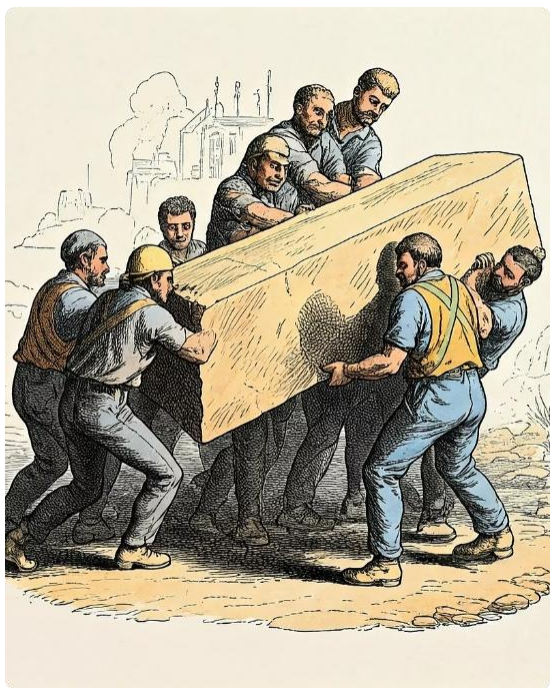
複合檢核：
(拉剪)
$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0 *$$

N_{Ed} 、 V_{Ed} ：載重係數化拉(剪)力
 N_{Rk} 、 V_{Rk} ：背栓抗拉(剪)承载力測試值
 N_{Rd} 、 V_{Rd} ：背栓抗拉(剪)承载力設計值

安全係數：
$$\gamma_M = 1,8 * \gamma_1 * \gamma_2$$

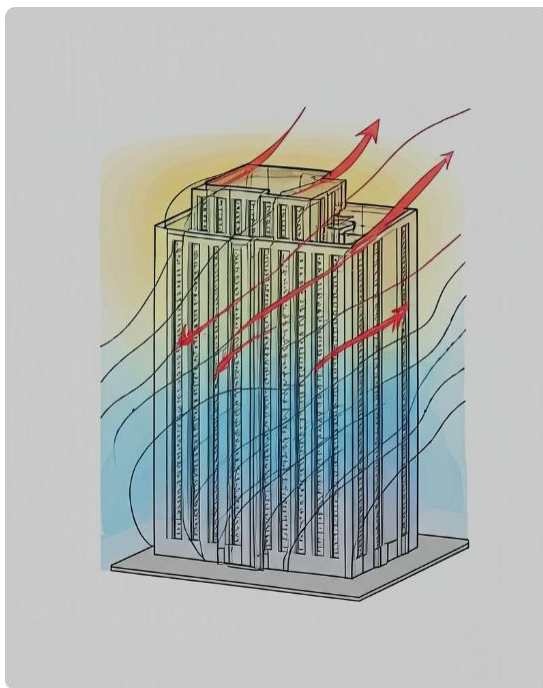
- $\gamma_1 = 1,25$, if test date > 2 years
1.00, if test date ≤ 2 years
- $\gamma_2 = 1 + (\text{deviation [\%]} - 20) * 0,03 \geq 1,0$

石材板片最主要受到之外力



靜態荷載

石材自重



風荷載

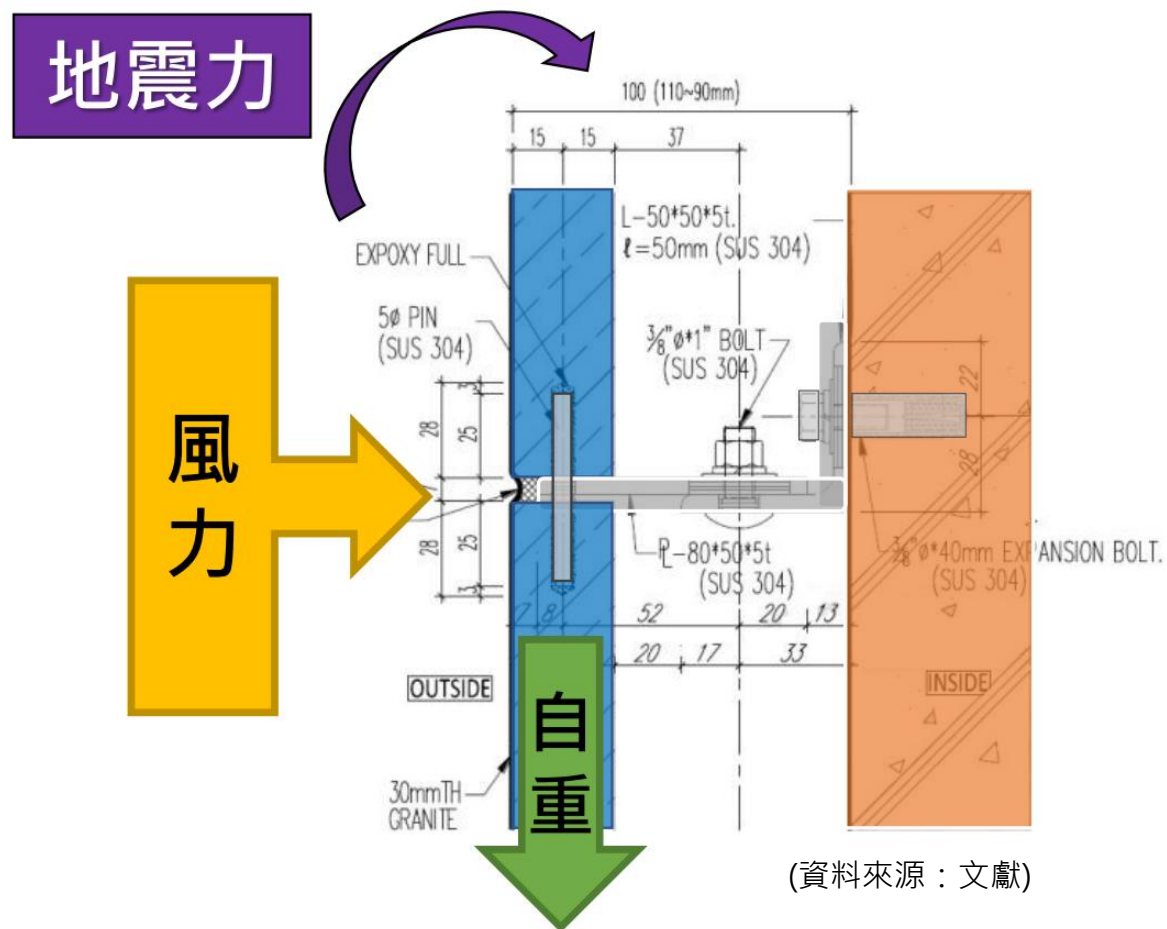
正、負風壓



地震作用荷載

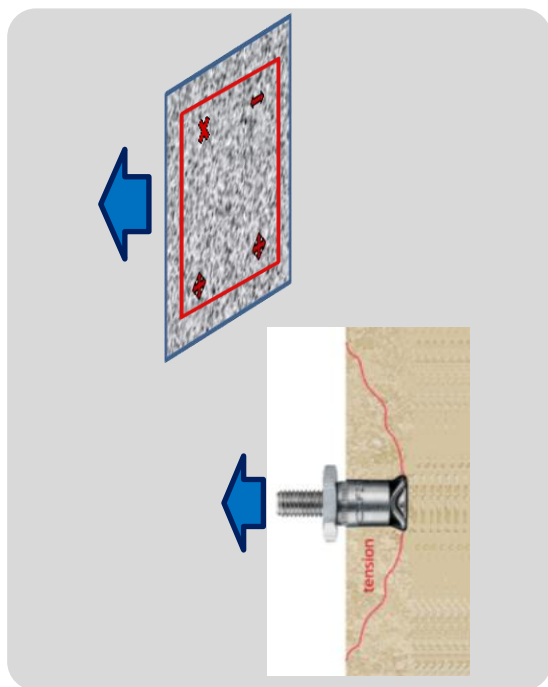
垂直、水平地震力

外牆石材傳力路徑

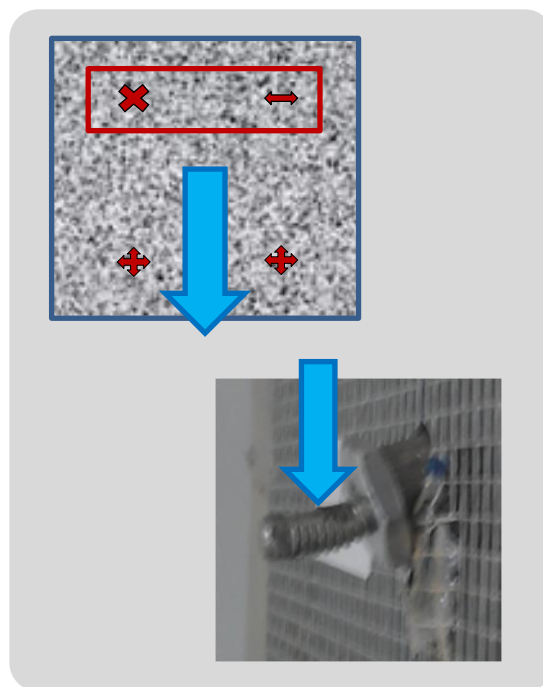


石材板片檢核項目

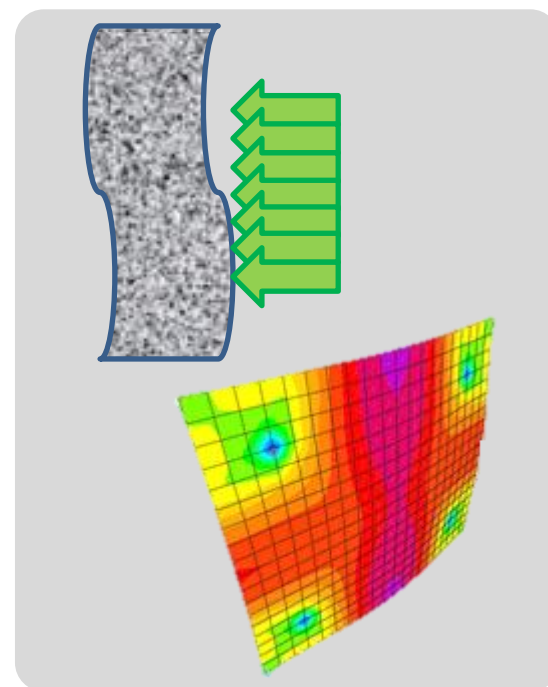
乾式工法在設計上的考量，主要是以風力造成板面受彎矩破壞及繫件與石材接合部位受剪力及拉力破壞之因素為主。



拉拔(正負風壓)

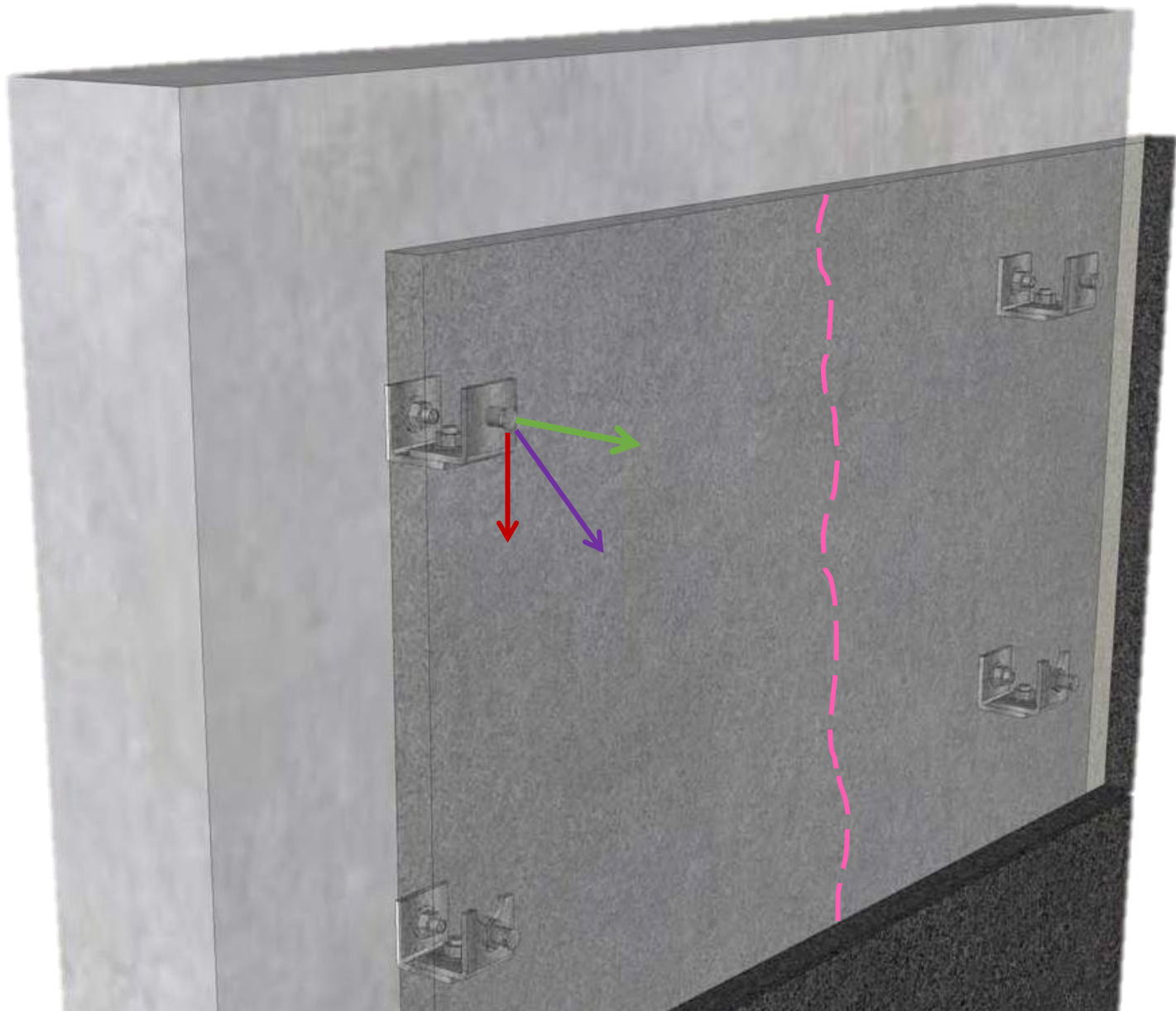


剪力(板片自重)



彎曲(石材撓曲強度)

石材板片檢核項目



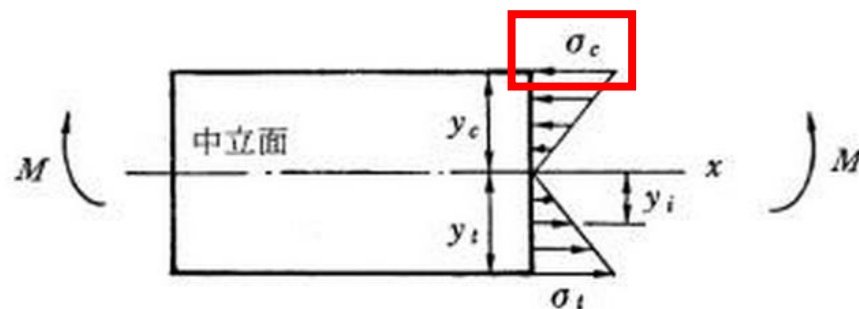
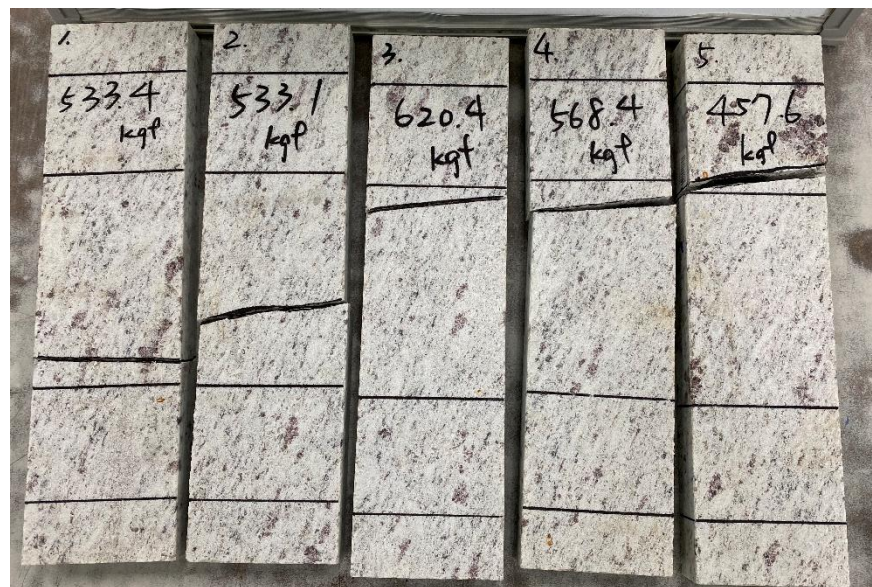
花崗石石材物理性質試驗要求標準表

各項測試需按照台灣**CNS**或國際**ASTM**標準執行

物理要求	CNS	ASTM	標準值
抗壓強度	CNS 11319	ASTM C170	min. 1336 kgf/cm ²
彎曲強度	CNS 13976	ASTM C880	min. 84.35 kgf/cm ²
破壞模數	CNS 11322	ASTM C99	min. 105.47 kgf/cm ²
體比重	CNS 11321	ASTM C97	min. 2.56
吸水率	CNS 11321	ASTM C97	max. 0.4%

試驗過程及結果-板片彎曲

標準值：min. 84.35 kgf/cm²



試驗過程及結果-插梢剪力

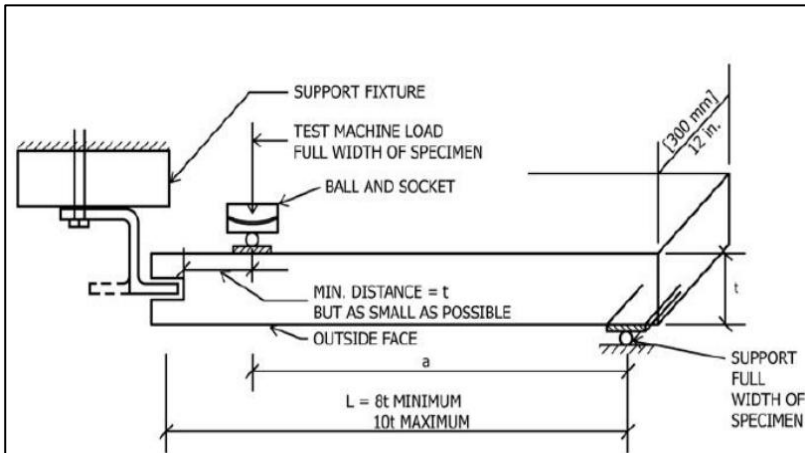


FIG. 1A Edge of Panel Supported by Tab Inserted into Kerf in Edge of Panel

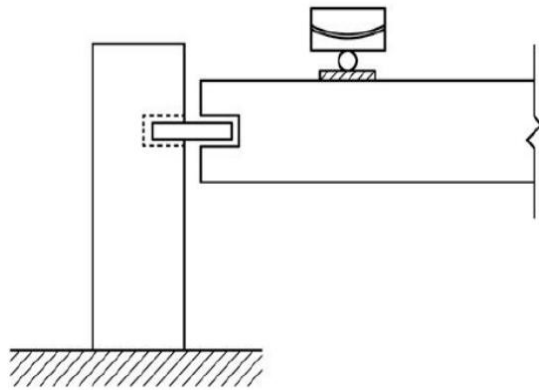
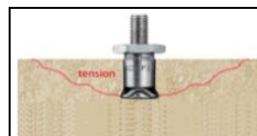
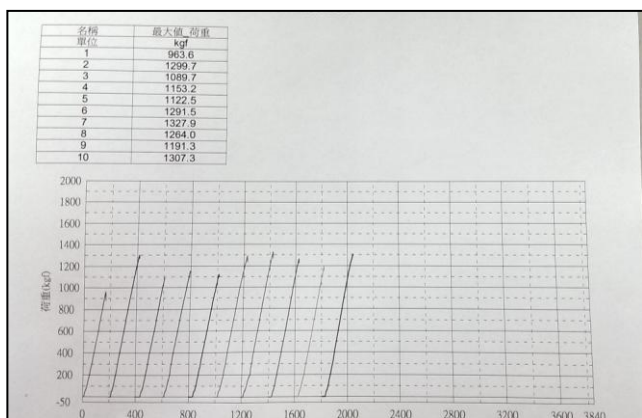


FIG. 1B Edge of Panel Supported by Pin Installed into Hole Drilled into Edge of Panel



試驗過程及結果-背擴孔拉力

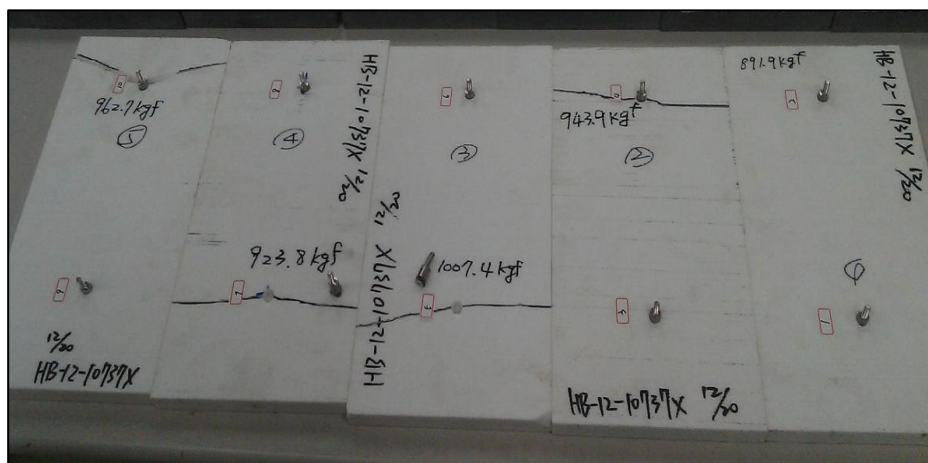
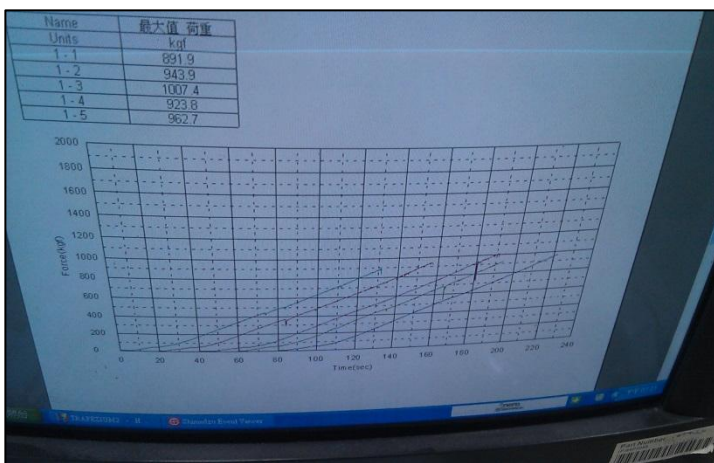
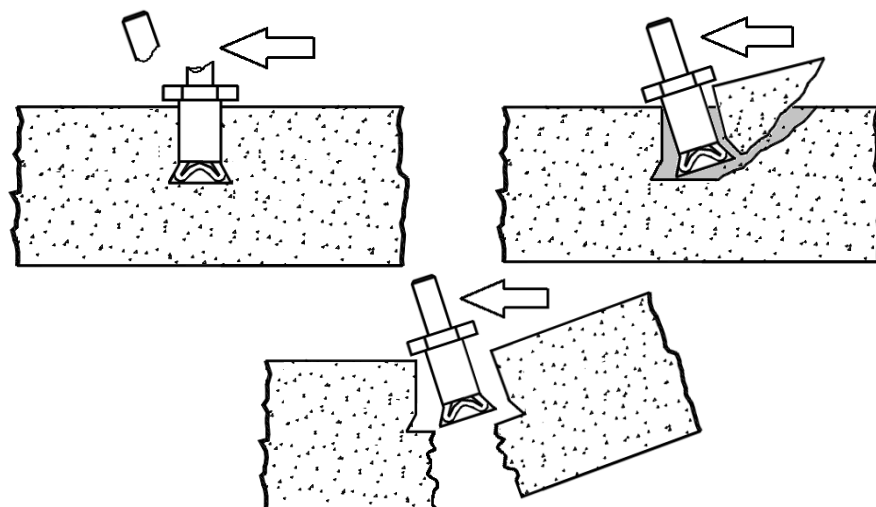
觀察強度及破壞狀況



破壞狀況：石材錐狀

試驗過程及結果-背擴孔剪力

非必要



歐規背擴孔錨栓檢核結果

板片尺寸：1280(W)x1087(H)x30mm

依據負風壓 466kgf/m² 經外力有限元素分析求得極限力

$$N_{Ed} = 125.63 \text{ kgf} = 1.23 \text{ kN}$$

考量風力放大係數1.6

$$N_{Ed} = 1.23 \text{ kN} \times 1.6 = 1.97 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 58.51 \text{ kgf} = 0.57 \text{ kN}$$

考量自重放大係數1.2

$$V_{Ed} = 0.57 \text{ kN} \times 1.2 = 0.68 \text{ kN}$$

石材背擴孔錨栓檢核 (莎曼珊藍石材)

錨栓之設計拉力依據前頁計算方式取得

$$N_{Rd} = 4.58 \text{ kN}$$

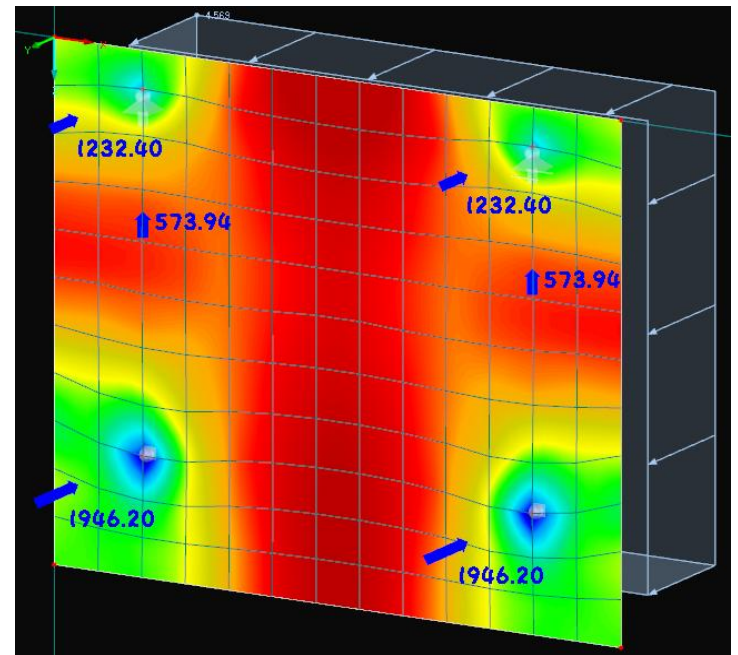
錨栓之設計剪力取設計拉力75%

$$V_{Rd} = 4.58 \text{ kN} \times 0.75 = 3.43 \text{ kN}$$

$$N_{ed} / N_{Rd} = 1.97 / 4.58 = 0.43$$

$$V_{ed} / V_{Rd} = 0.68 / 3.43 = 0.20$$

$$N_{ed} / N_{Rd} + V_{ed} / V_{Rd} = 0.63 < 1 \text{ -----O.K.}$$



錨栓左右邊距 200mm

錨栓上邊距 80mm

錨栓下邊距 200mm

歐規板片撓曲檢核結果

板片尺寸：1280(W)x1087(H)x30mm

依據負風壓 466kgf/m² 經外力有限元素分析求得最大彎矩

$$m_{Ed} = 427.786 \text{ Nm/m}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{Ed} &= 6 \times m_{Ed} / d^2 \\ &= 6 \times 427.786 / 30^2 \\ &= 29.07 \text{ kgf/cm}^2\end{aligned}$$

考量風力放大係數1.6

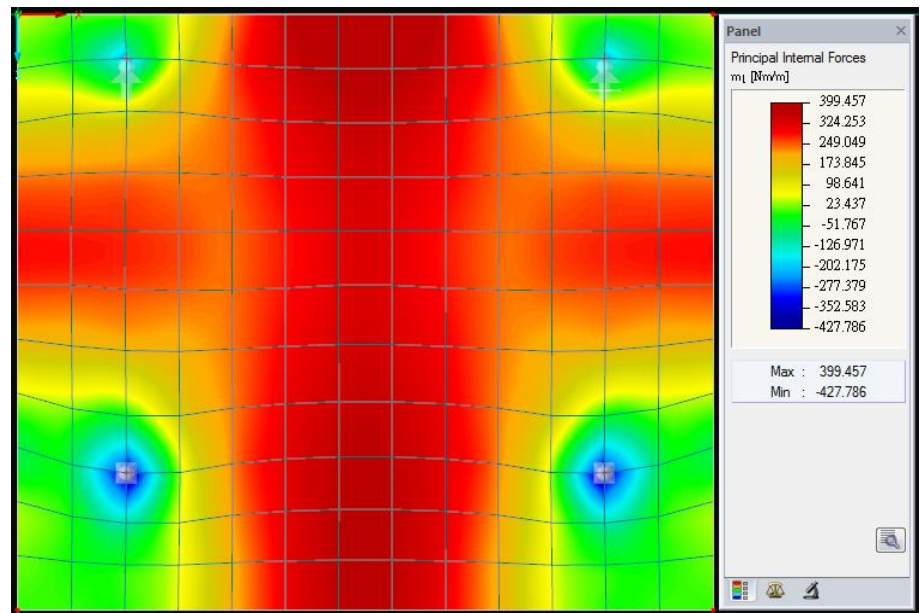
$$\begin{aligned}\sigma_{Ed} &= 29.07 \text{ kgf/cm}^2 \times 1.6 \\ &= \mathbf{46.51 \text{ kgf/cm}^2}\end{aligned}$$

石材板片撓曲檢核 (莎曼珊藍石材)

板片之設計撓曲依據前頁計算方式取得

$$\sigma_{Rd} = \mathbf{64.76 \text{ kgf/cm}^2}$$

$$\sigma_{ed} / \sigma_{Rd} = \mathbf{46.51 / 64.76 = 0.72 < 1 \text{ -----O.K.}}$$



不同型態承托位置受撓曲差異

板片尺寸：1200(W)x900(H)x30mm (橫向)，山東白麻

插梢工法

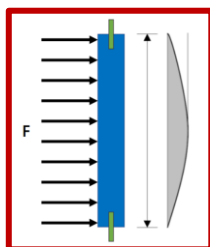
負風壓 500kgf/m^2

最大彎矩 $m = 506.371\text{ Nm/m}$

最大撓曲 $f_b = 34.41\text{ kgf/cm}^2$

板片設計撓曲 $F_b = 37.50\text{ kgf/cm}^2$

$f_b / F_b = 34.41 / 37.50 = 0.92 < 1$ ---O.K.



背擴孔工法

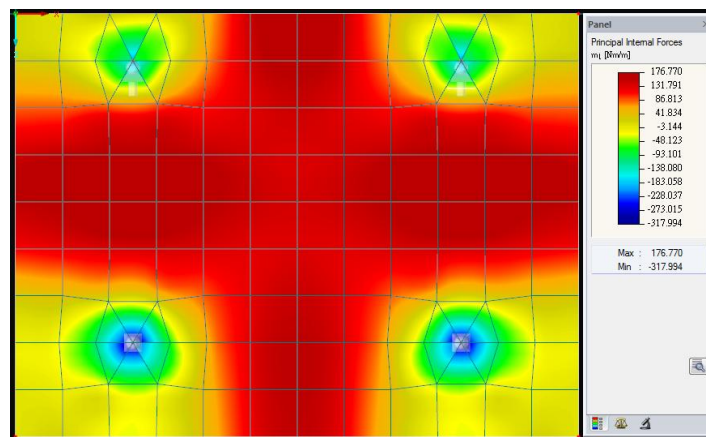
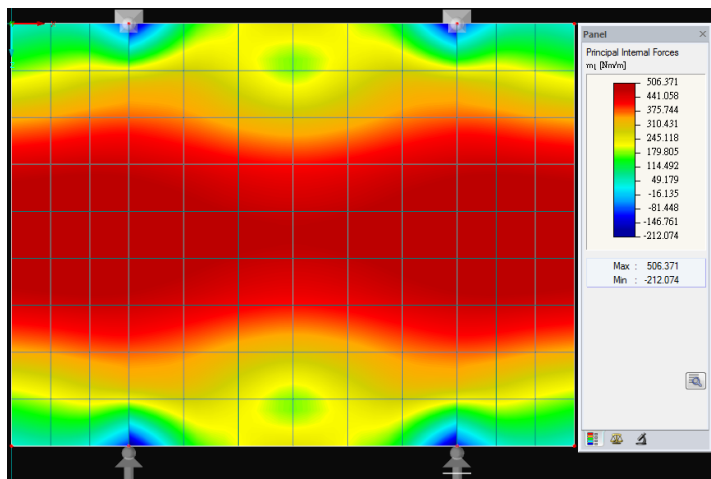
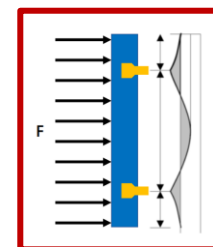
負風壓 500kgf/m^2

最大彎矩 $m = 317.994\text{ Nm/m}$

最大撓曲 $f_b = 21.61\text{ kgf/cm}^2$

板片設計撓曲 $F_b = 37.50\text{ kgf/cm}^2$

$f_b / F_b = 21.61 / 37.50 = 0.58 < 1$ ---O.K.



不同型態承托位置受撓曲差異

板片尺寸：900(W)x1200(H)x30mm (直向)，山東白麻

插梢工法

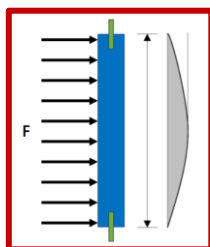
負風壓 500kgf/m^2

最大彎矩 $m = 897.340\text{ Nm/m}$

最大撓曲 $f_b = 60.98\text{ kgf/cm}^2$

板片設計撓曲 $F_b = 37.50\text{ kgf/cm}^2$

$f_b / F_b = 60.98 / 37.50 = 1.63 > 1$ ---N.G



背擴孔工法

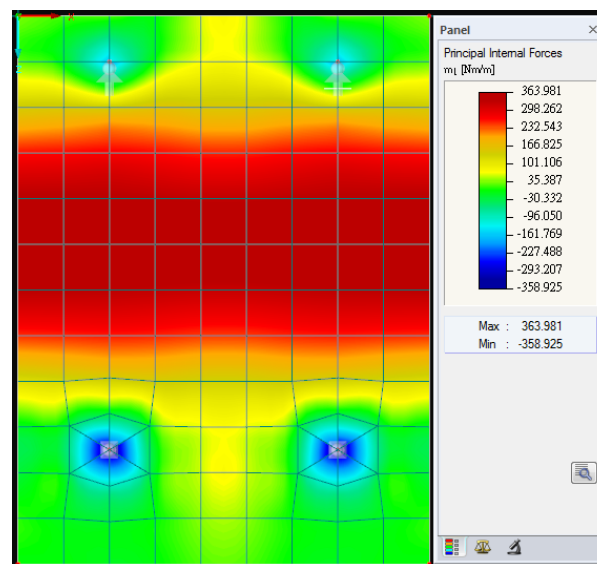
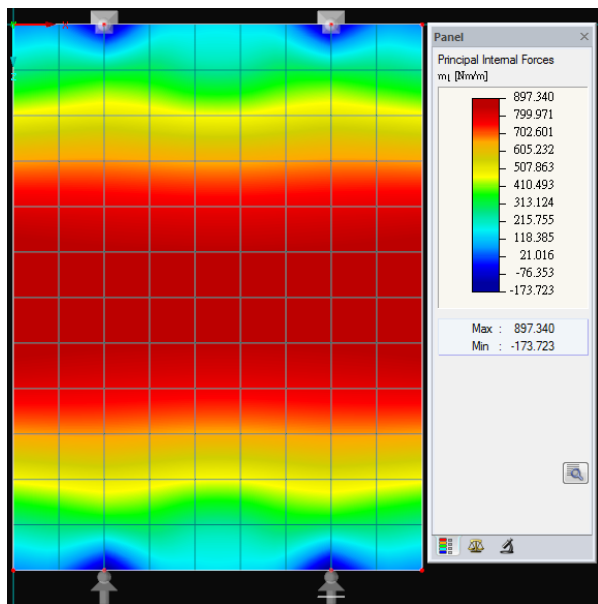
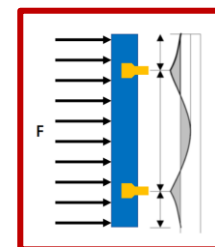
負風壓 500kgf/m^2

最大彎矩 $m = 363.981\text{ Nm/m}$

最大撓曲 $f_b = 24.74\text{ kgf/cm}^2$

板片設計撓曲 $F_b = 37.50\text{ kgf/cm}^2$

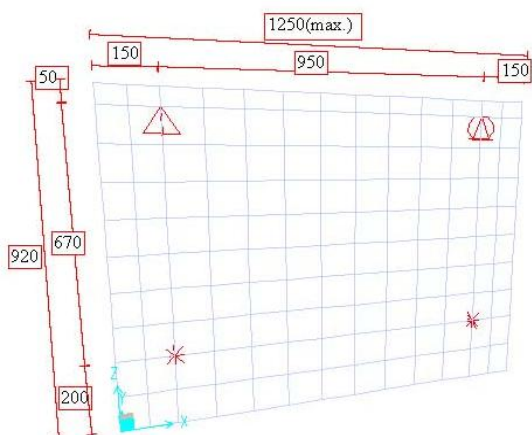
$f_b / F_b = 24.74 / 37.50 = 0.66 < 1$ ---O.K



安全評估報告-背擴孔工法

Check 背擴孔錨栓與石材接合部位

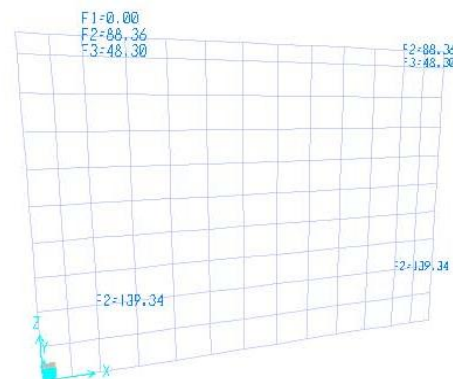
"Gr1"CHECK THE STRESS OF 30t GRANITE PANEL
WITH 4 FZP ANCHOR BOLTS
(for Zone5)



(此石材尺寸依據石材及背擴孔的測試報告，反推適用4顆背擴孔的固定之最大尺寸，若於5區風壓區域實際尺寸有超過此尺寸，則須採用6顆背擴孔的固定(最大容許寬1650 詳GR2))

PANEL WIDTH:	$B := 1250\text{mm}$	$e_B := \begin{pmatrix} 150 \\ 150 \end{pmatrix}\text{mm}$
PANEL HEIGHT:	$H := 920\text{mm}$	$e_H := \begin{pmatrix} 50 \\ 200 \end{pmatrix}\text{mm}$
PANEL THICKNESS:	$t := 30\text{mm}$	
WIND LOAD:	$WL := 0.7 \cdot 565 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} = 395.5 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$	(Zone5 考慮空縫採70%WL)

REACTION FORCES



ANCHOR WORKING LOAD:

$$T_{\text{anchorT}} := 88\text{kgf}$$

$$T_{\text{anchorB}} := 139\text{kgf}$$

$$V_{\text{anchorT}} := 48\text{kgf}$$

ref. to APP-1~7
容許值為221kgf >
139kgf O.K.

SAFTY FACTOR OF ANCHOR:

$$SF_{\text{anchor}} := 3$$

ANCHOR TENSION STRENGTH:

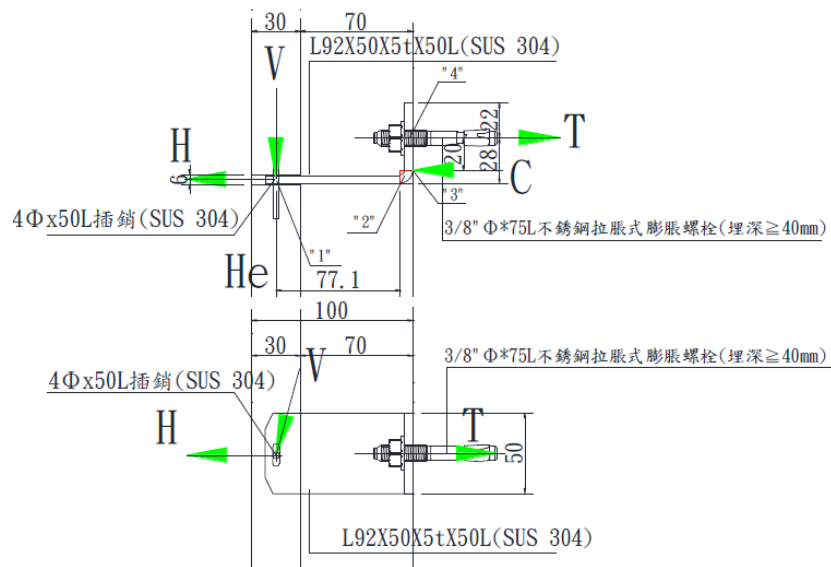
$$T_{uREQ} := \max(T_{\text{anchorT}}, T_{\text{anchorB}}) \cdot SF_{\text{anchor}} = 417\text{kgf}$$

ALLOWABLE SHEAR:

$$F_v := 200\text{kgf} > V_{\text{anchorT}} = 48\text{kgf} \quad \text{O.K.}$$

安全評估報告-插梢工法

Check 插梢 $4\Phi \times 50L$ pin (SUS 304)



插銷最大偏心應力分析 ($\phi = 4\text{mm}$)

插銷偏心應力分析

Use 插銷鐵件 (SUS-304), $\phi = 4\text{mm}$, $L = 50$ mm

$$A_v = 0.4^2 \times 3.1416 / 4 = 0.126 \text{ cm}^2$$

$$F_y = 2100 \text{ kgf/cm}^2$$

插銷提供剪力

$$F_v = 0.4 \times F_y \times 1.2 \times A_v = 126.7 \text{ kgf} \quad (\text{瞬時荷重提升20\%})$$

石材厚度 $t = 18 \text{ mm}$

鑽孔直徑 $\phi = 7 \text{ mm}$

鑽孔最大偏差 $e = 4 \text{ mm} \quad (\pm 2\text{mm})$

石材破壞模數 $R = 534.4 \text{ kgf/cm}^2 \quad (\text{詳P.14})$

安全係數 $FS = 3$

$$L = (t - \phi) / 2 = 3.5 \text{ mm}$$

$$\text{石材提供剪力 } F_v = 2 \times L \times \sqrt{2} \times R / FS = 176.34 \text{ kgf/cm}^2 > 126.7 \text{ kgf/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

石材插銷最大偏心距 $e < \pm 4\text{mm}$

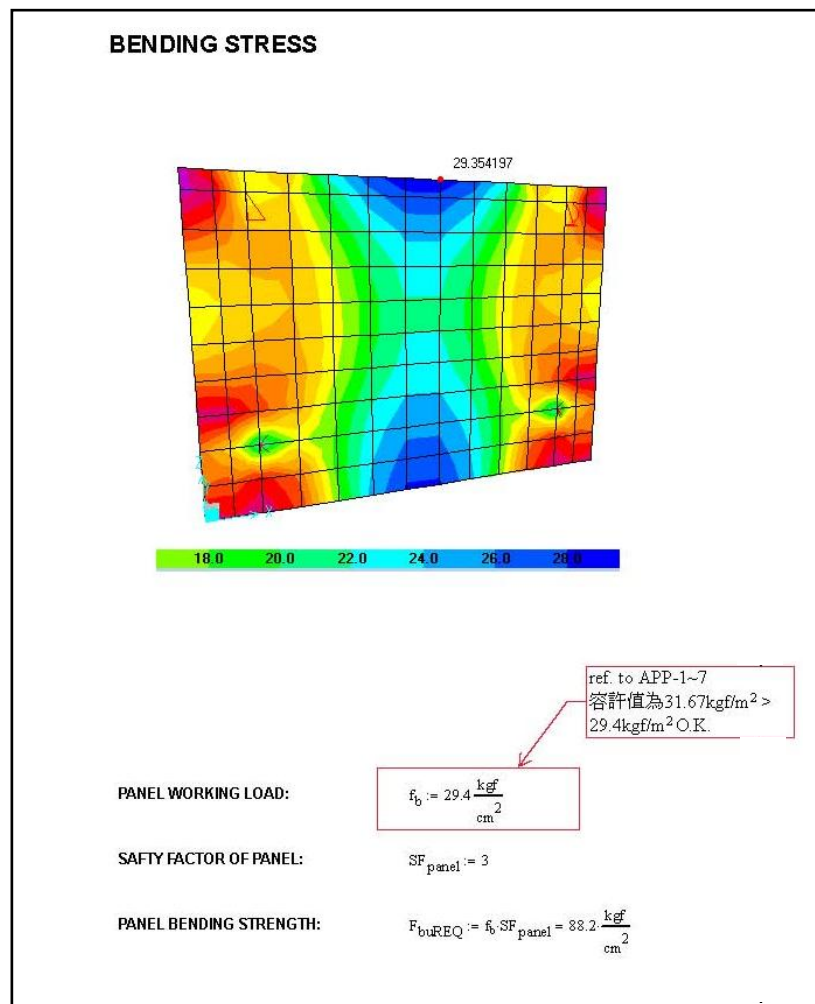
$$\text{即石材外緣距插銷孔外緣需大於 } L = (t - \phi) / 2 = 3.5 \text{ mm}$$

Stone Cladding Engineering

通常只會檢討插梢圓棒本身的金屬強度！！

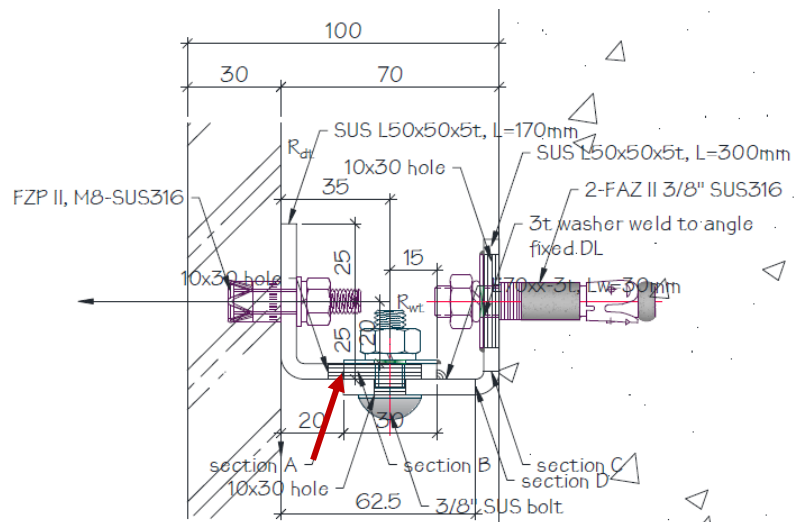
安全評估報告

Check 石材撓曲強度

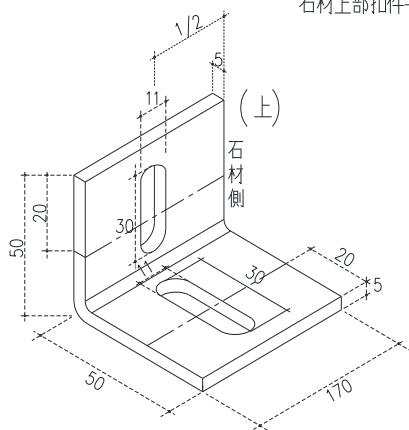


安全評估報告

Check 二次繫件角鐵 L2=L50×50×5t , W=170mm (SUS304)



石材上部扣件—石材側



check the section A

thickness of angle $t_{LA} := 5\text{mm}$

width of angle $b_{LA} := 170\text{mm} - 10\text{mm} = 160\text{mm}$

bending moment of the bracket

$$M_{LA} := R_{wt} \cdot \left(20\text{mm} + \frac{t_{LA}}{2} \right) + R_{dt} \cdot (20\text{mm} + d_{adj}) = 96278.388 \cdot \text{N} \cdot \text{mm}$$

section modulus of the bracket

$$S_{LA} := \frac{b_{LA} \cdot t_{LA}^2}{6} = 666.667 \cdot \text{mm}^3$$

bending stress of the bracket

$$f_{by,LA} := \frac{M_{LA}}{S_{LA}} = 144.418 \cdot \text{MPa}$$

allowable stress of SUS angle steel

$$F_{by,L} := 0.75 \cdot 30\text{ksi} = 155.132 \cdot \text{MPa}$$

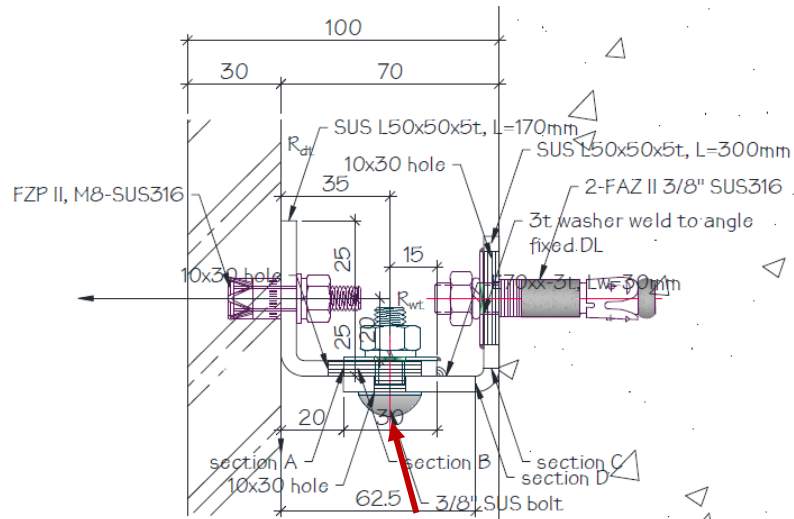
stress ratio

$$r := \frac{f_{by,LA}}{F_{by,L}} = 0.931$$

if($r < 1.0$, "O.K.", "N.G.") = "O.K."

安全評估報告

Check 3/8"馬車螺栓 (SUS304)



tension of the bolt $f_{tb} := \frac{R_{wt} \cdot 25\text{mm}}{(15\text{mm} - 5\text{mm}) \cdot \frac{5}{6}} = 3666.36 \text{ N}$

A1-50 3/8" bolt unified coarse threads per AAMA TIR-A9-1991 Table 10 3/8"-16

TABLE 10 STAINLESS STEEL - Alloy Groups 1, 2 and 3 Condition A												
Nominal Thread Diameter & Thread Pitch	D Nominal Thread Diameter (Inch)	A(S) Tensile Stress Area (Sq. In.)	A(R) Thread Root Area (Sq. In.)	Allowable Tensile (Pounds)	Allowable Shear		Bearing (Pounds)			Minimum Material Thickness to Equal Tensile Capacity of Fastener (In.)		
					Single (Pounds)	Double (Pounds)	18" AL A36	18" AL 6063-T3	18" AL 6063-T6	A36	6063-T5	6063-T6
#6-32	0.1380	0.0091	0.0078	205	101	203	1201	276	414	0.084	0.168	0.125
#8-32	0.1640	0.0140	0.0124	315	161	322	1427	328	492	0.105	0.221	0.161
#10-24	0.1900	0.0175	0.0152	394	197	395	1653	380	579	0.114	0.227	0.169
#12-24	0.2160	0.0242	0.0214	544	278	556	1879	432	644	0.131	0.271	0.199
1/4-20	0.2500	0.0318	0.0280	716	364	727	2173	500	750	0.149	0.305	0.224
5/16-18	0.3125	0.0524	0.0469	1179	609	1218	2719	625	934	0.184	0.387	0.282
3/8-16	0.3750	0.0775	0.0690	1744	908	1816	3262	750	1125	0.219	0.466	0.338
7/16-14	0.4375	0.1063	0.0961	2392	1248	2497	3806	875	1313	0.234	0.380	0.392
1/2-13	0.5000	0.1419	0.1302	3193	1678	3357	4350	1000	1500	0.290	0.672	0.453
9/16-12	0.5625	0.1819	0.1664	4093	2162	4323	4894	1125	1688	0.324	0.754	0.507
5/8-11	0.6250	0.2260	0.2071	5085	2690	5381	5431	1250	1875	0.356	0.832	0.559
3/4-10	0.7500	0.3345	0.3091	7526	4015	8031	6325	1500	2250	0.427	1.011	0.576
7/8-9	0.8750	0.4617	0.4286	10388	5568	11135	7612	1750	2625	0.494	1.180	0.785
1-8	1.0000	0.6057	0.5630	13628	7314	14627	8700	2000	3000	0.561	1.340	0.892

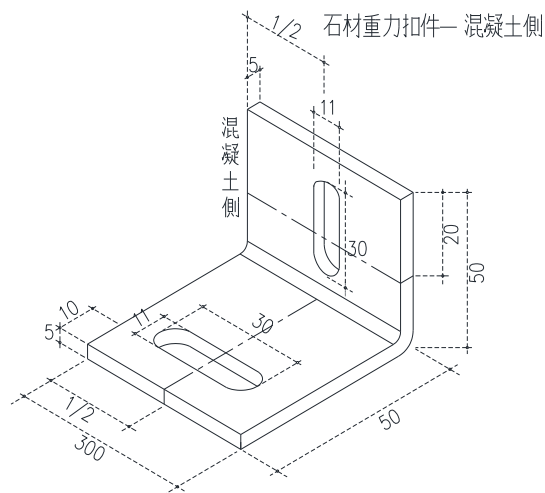
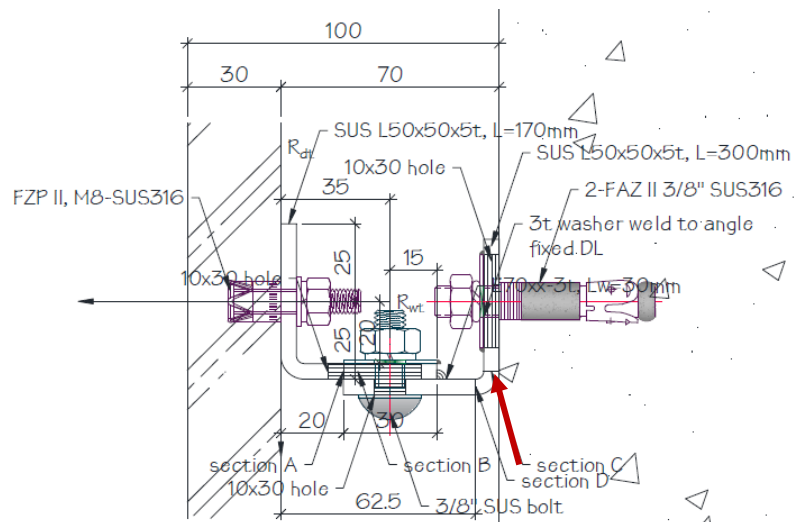
allowable tension force $F_{tb} := 1744\text{lb} = 7758 \text{ N}$

tensile force ratio $r := \frac{f_{tb}}{F_{tb}} = 0.473$

if ($r \leq 1$, "O.K.", "N.G.") = "O.K."

安全評估報告

Check 一次繫件角鐵 L1=L50×50×5t , W=300mm (SUS304)



check the section C

thickness of angle $t_{LC} := 5\text{mm}$

width of angle $b_{LC} := 300\text{mm}$

bending moment of the bracket:

$$M_{LC} := R_{wt} \cdot \left(25\text{mm} - \frac{t_{LC}}{2} \right) + R_{dt} \cdot \left(70\text{mm} - \frac{t_{LC}}{2} + d_{adj} \right) = 177955.453 \cdot \text{N} \cdot \text{mm}$$

section modulus of the bracket:

$$S_{LC} := \frac{b_{LC} \cdot t_{LC}^2}{6} = 1250 \cdot \text{mm}^3$$

bending stress of the bracket:

$$f_{by,LC} := \frac{M_{LC}}{S_{LC}} = 142.364 \cdot \text{MPa}$$

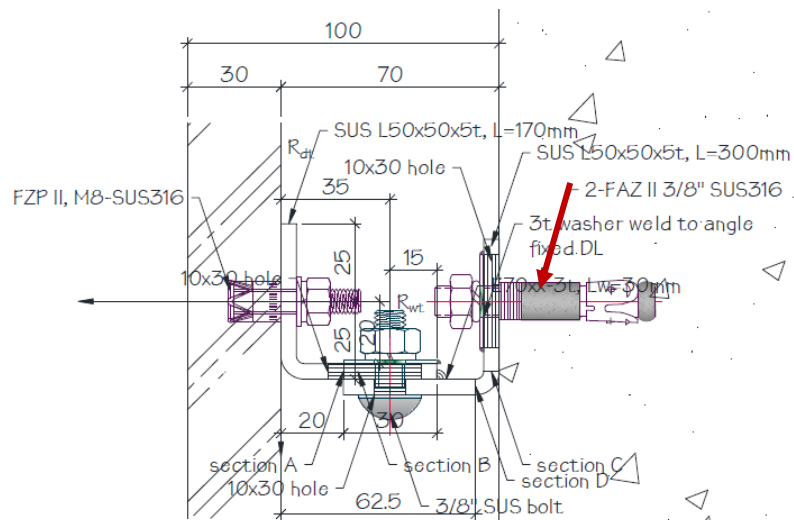
stress ratio

$$r := \frac{f_{by,LC}}{F_{by,L}} = 0.918$$

if ($r < 1.0$, "O.K.", "N.G.") = "O.K."

安全評估報告

Check 膨脹螺栓, 2-FAZ II Plus M10, $h_{ef}=60\text{mm}$ (SUS316)





C-FIX 1.101.0.0
數據庫版本
2021.6.25.14.17
日期
2022/11/25



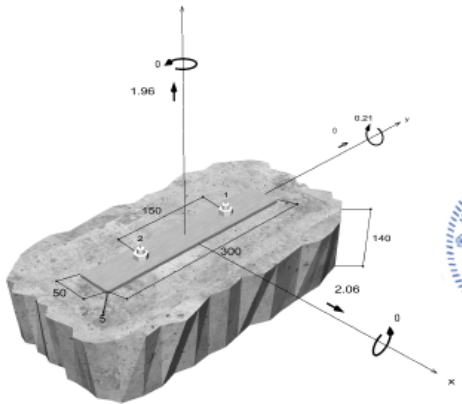
Fischer Technology Corporation
11F-B, No. 141, Sec.1, Keelung Rd.,
Xinyi Dist.,
Taipei City 11070, Taiwan (R.O.C.)
phone: +886 2 2996 5680
傳真: +886 2 2996 5608
fischertechno@gmail.com
www.fischer-tech.com.tw

设计标定

锚栓
锚栓系统
锚栓
锚固深度
fischer 螺杆锚栓 FAZ II
螺杆锚栓 FAZ II 10/10 R,
不锈钢
60 mm

尺寸/荷载/单位刻度
mm, kN, kNm

黑色: 设计值 (荷载分项安全系数已经考虑在内)
蓝色: 根据ACI, 需要重视锚栓荷载

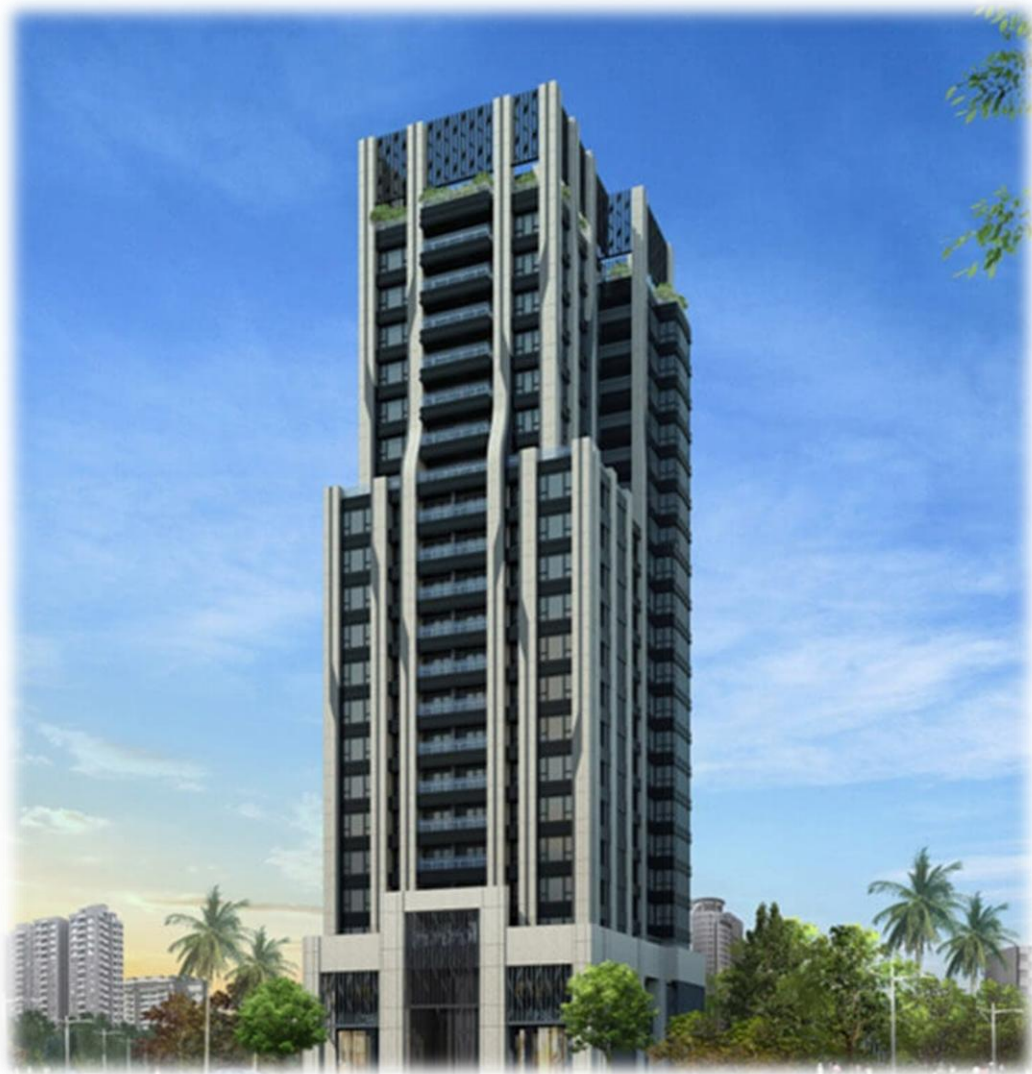




林黃欽
林黃欽
土木結構工程師
105000000

非等比例縮制

特殊案例-信義御邸



板片資訊：(立面厚板)

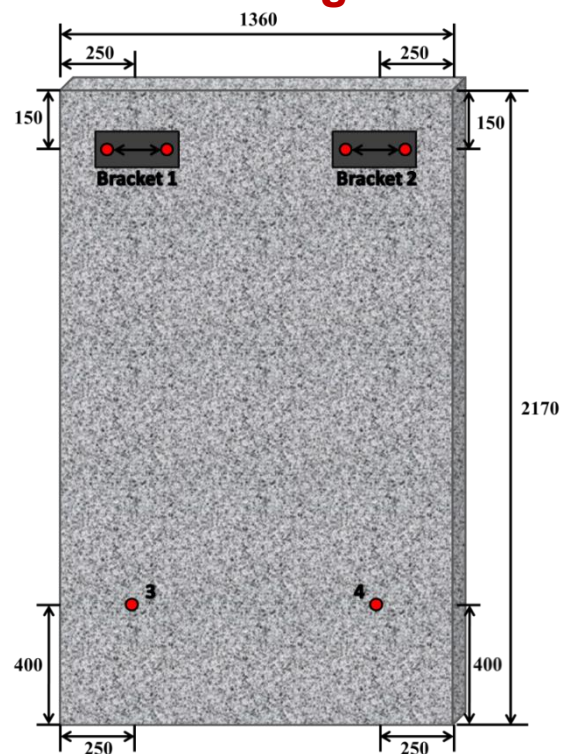
寬度(W)1360mm

高度(H)2170mm

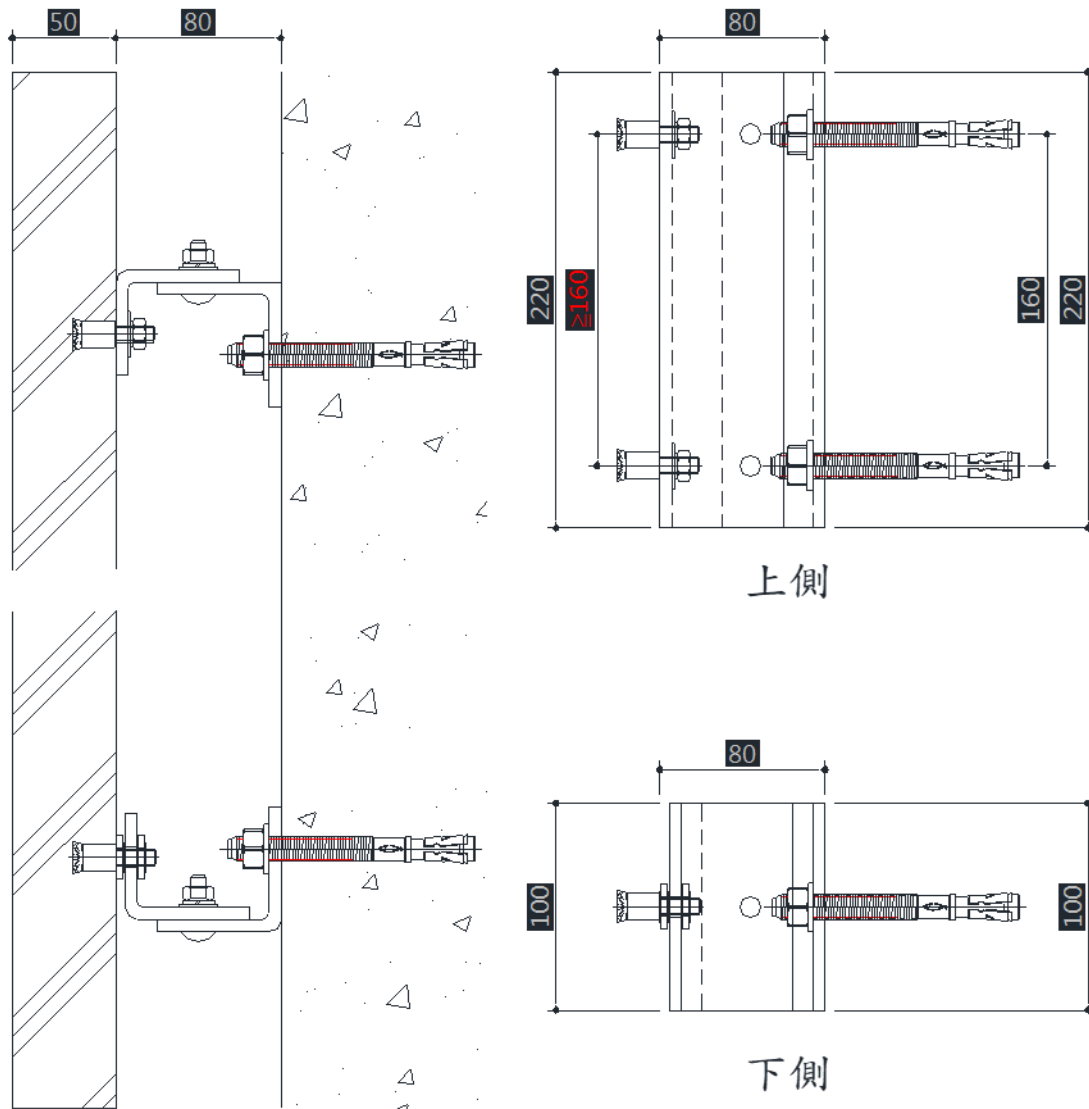
厚度(T)50mm

重量：400 kgf

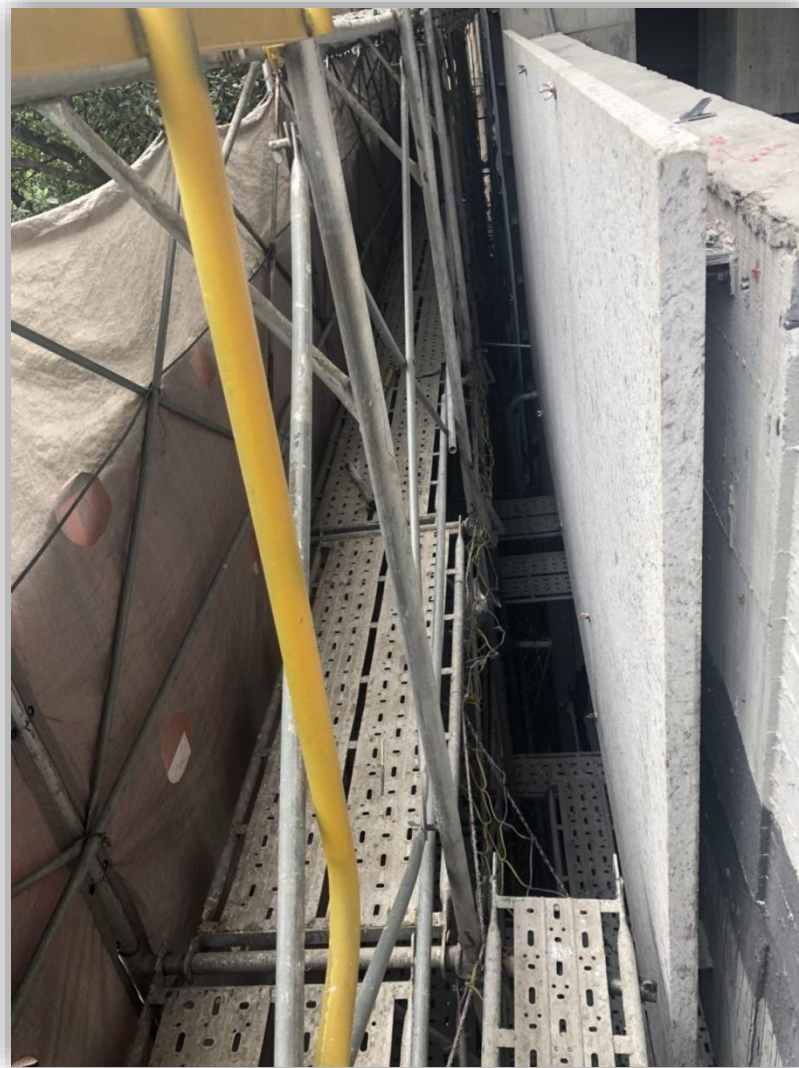
風壓：421 kgf/m²



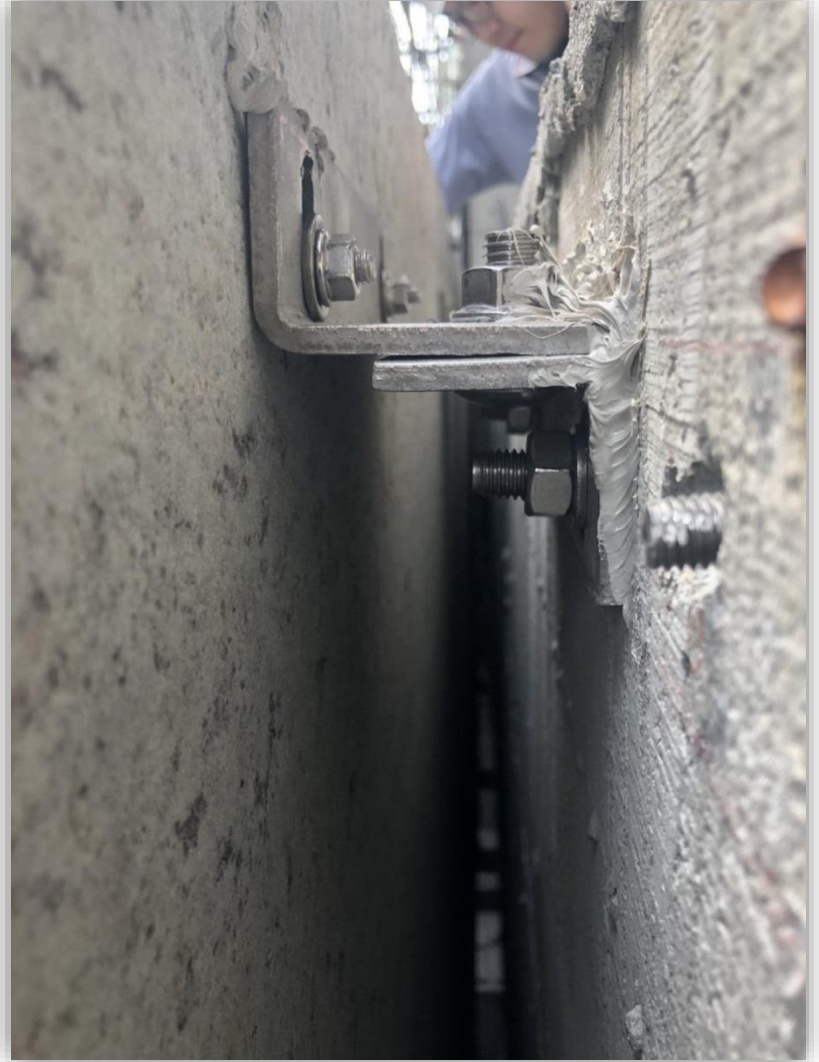
特殊案例-信義御邸



特殊案例-信義御邸



特殊案例-信義御邸



特殊案例-信義御邸





施工與品質控管

透過標準流程與品管檢核，確保施工品質與安全

標準作業流程

施工前、中、後第三方檢查服務

✓ 德國整套作業流程：

施工前：確認風壓、板片、錨栓與設計間的安全關係

加工前：廠驗重點

加工中：機器校正與鑽孔自主品管

工地施作前：監督者與施作工班教育訓練

工地施工中：自主品管 + 富華成品管報告

結構側錨固：錨栓選用 + 錨固檢核報告

✓ 雙層的保障：

板材側 ➡ Fischer背擴孔錨栓



結構側 ➡ Fischer膨脹錨栓(ACI認證,適用於地震帶)



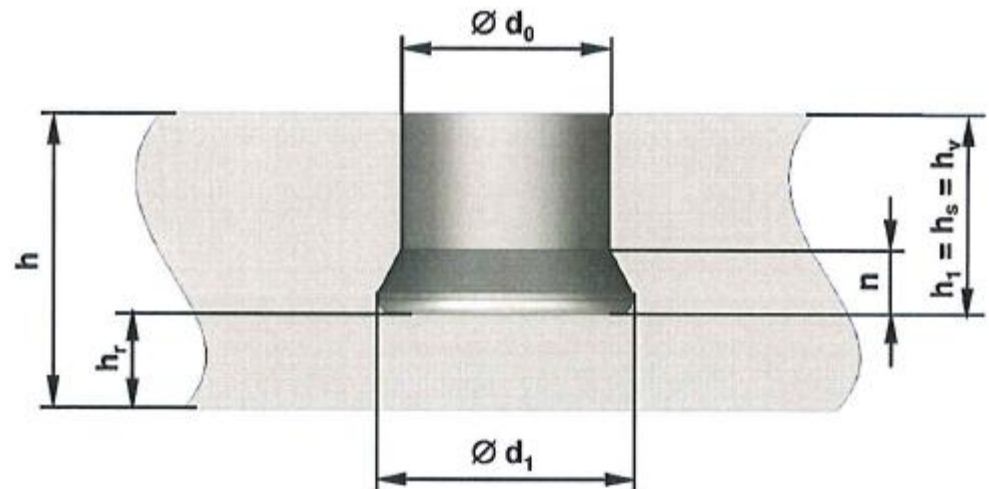
鑽孔尺寸

Drill hole						
Drill bit $\varnothing$	$\varnothing d_0$ 【mm】	$\varnothing d_1$ 【mm】	FZP II	n	h_1 【mm】	h_r 【mm】
FZPB 11	$13^{+0.4}_{-0.2}$	15.5 ± 0.3	M8/M6i	≈ 4	$12 \leq h_1 \leq 38$	$\geq 0.4h$
FZPB 13						

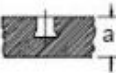
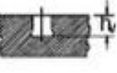
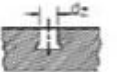
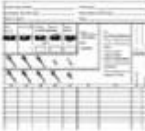
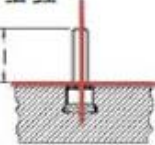
鑽頭樣式



鑽孔幾何圖形



品管時機與工具

QC場所	QC時機	校正 Fischer 鑽孔機  	板片厚度  	鑽孔深度  	直孔孔徑 mm   	擴孔孔徑   	自主品管表 	錨栓 搖一下 	錨栓 扭一下 	套筒與石材 齊平 螺桿與石材 垂直 
工廠	鑽孔時	*	*	*	*	*	*			
工地現場	植釘前		*	*	*	*				
工地現場	植釘後							*	*	*

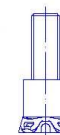
專用鑽孔品管表



富華成股份有限公司
FU HAU ENGINEERING CORP.
費雪科技有限公司
FISCHERTECH CO., LTD.

台北市大安路一段84巷7號一樓
No. 7, Lane 84, Sec. 1, Da-An Rd.,
Taipei, Taiwan, R.O.C.

Fischer 擴孔螺栓鑽孔品管表(定深)



案名：

頁數：_____

內擴孔錨栓：FZP II 13x15 M8/18 A4

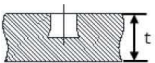
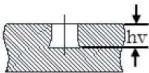
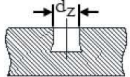
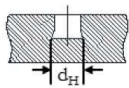
Fischer 型號：530880-30

鑽孔人名：_____

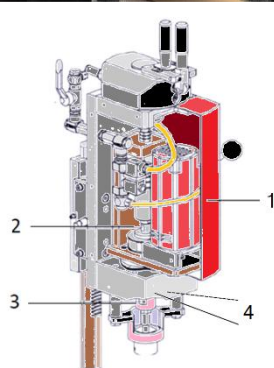
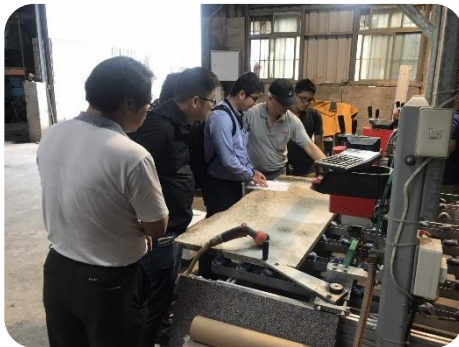
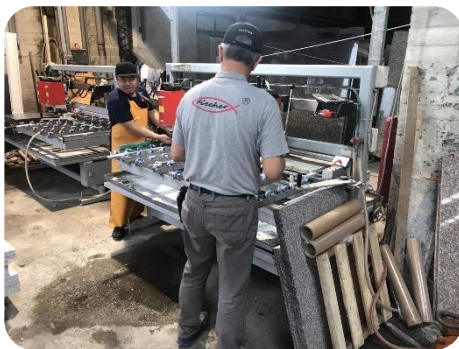
總鑽孔數：_____

石材名稱：_____

品檢員：_____

鑽孔日期 年/月/日	(1) 石材厚 30+2 -2mm 	(2) 孔 深 15+0.4 -0.1mm 	(3) 直孔直徑 13+0.4 -0.2mm 	(4) 擴孔直徑 15.5+0.3 -0.3mm 	鑽孔數	鑽孔操作員 簽名
	品管 工具 					

工廠鑽孔查驗



工地現場鑽孔查驗



FHC 宏華科技股份有限公司
HWA HUA TECHNOLOGICAL CO., LTD.
宏華科技有限公司
FHC 宏華科技 (C.O.) LTD.

宏華科技第一經銷商
宏華科技第一經銷商
宏華科技第一經銷商
宏華科技第一經銷商

Fischer 鑽孔螺絲植釘前品質管表 (定厚 M8)

案 名: 道隆 THE ONE 石 材 廠 商: 東 光

型 號: 530635-33 定厚 16.5 鑽 孔 廠 商: 登 豐

FZP113x24.5 M8/50/15.5AL 石 材 名 稱: 灰 鑽 水 沖 面

六角螺絲扭力: 4-7 N.m 日 期: 108.02.26

品 名	石 材 厚 度 33+2 mm	孔 徑 16.5-18.5mm	孔 徑 正 誤 差 16.5+0.3 -0.3mm	螺 絲 直 徑 13+0.4 -0.3mm	螺 絲 直 徑 15.5+0.3 -0.3mm	凸 出 螺 絲 高 度 (≥15.5mm)
圖 示						
圖 示						
試 驗	1 34.0	17.2	16.8	13.1	15.3	
	2 33.6	16.5	17.1	13.2	15.5	
	3 33.3	16.6	16.7	13.3	15.5	
	4 33.7	16.6	17.1	13.1	15.3	
	1 34.3	17.6	16.7	13.3	15.3	
	2 34.4	17.7	16.7	13.3	15.3	
	3 34.6	17.8	16.8	13.3	15.3	
	4 34.8	17.8	17.0	13.4	15.4	

石 材 一 N2-A2-02 852

石 材 二 N4-A3-01 895

905

852

宏華成 趙信輝

宏華成 內年 906



合計：27次工地現場品管！

A hand is holding a vernier caliper against a rough, textured surface, likely concrete. The caliper is positioned vertically, with the main scale and vernier scale visible. The main scale has markings in millimeters and centimeters. The vernier scale provides a more precise reading. The hand is holding the caliper from the side, with the thumb and fingers visible. The background is a dark, textured surface, possibly a wall or floor.





富春科技股份有限公司
FUCHUN TECHNOLOGY CO., LTD.
富春科技有限公

台安東亞二號一路四號一樓
No. 7, Lane 04, Sec. 1, An-An Rd.
Tainan, Taiwan, R.O.C.



台安東亞二號一路四號一樓
No. 7, Lane 04, Sec. 1, An-An Rd.
Tainan, Taiwan, R.O.C.

Fischer 鑽孔螺絲鑽孔品管表 (壁厚 M8)

案 名: 聯新社區大樓新工程

型 號: MS5010 M8

F22PI 13±25 ML/50/18AL

六角螺絲扭力: 3.5 Nm

石 材 廠 商: 建 元

鑽 孔 廠 商: 世 明

石 材 名 稱: 愛 琴 岩

日 期: 113/10/1

品 管	1.石材厚 30±4mm	2.孔 徑 26.5~29.3mm	3.石材厚度 131~133mm	4.孔徑公差 13.0~0.4mm	5.鑽孔公差 15.5±0.3	6.孔徑公差度 ±17.5mm
項目						
品質 工具						
試 驗	20.9	12.7	12.2	13.03	15.37	
一 試 驗	20.9	12.9	12.8	12.04	15.35	
二 試 驗	20.9	12.9	12.9	12.75	15.35	
三 試 驗	20.9	12.5	13.0	12.0	15.35	
四 試 驗	20.0	16.7	13.3	12.08	15.66	
五 試 驗	20.0	16.7	13.3	12.0	15.00	
六 試 驗	20.3	12.3	13.4	12.33	15.24	
七 試 驗	20.2	16.6	13.6	12.26	15.65	

建元-MF 32-1-3

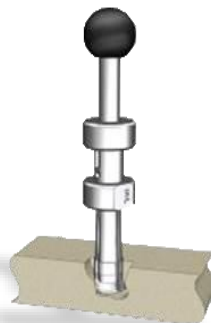


10.10.2024

富春
技研部

世明-MF 49-4-3





工地現場施工查驗



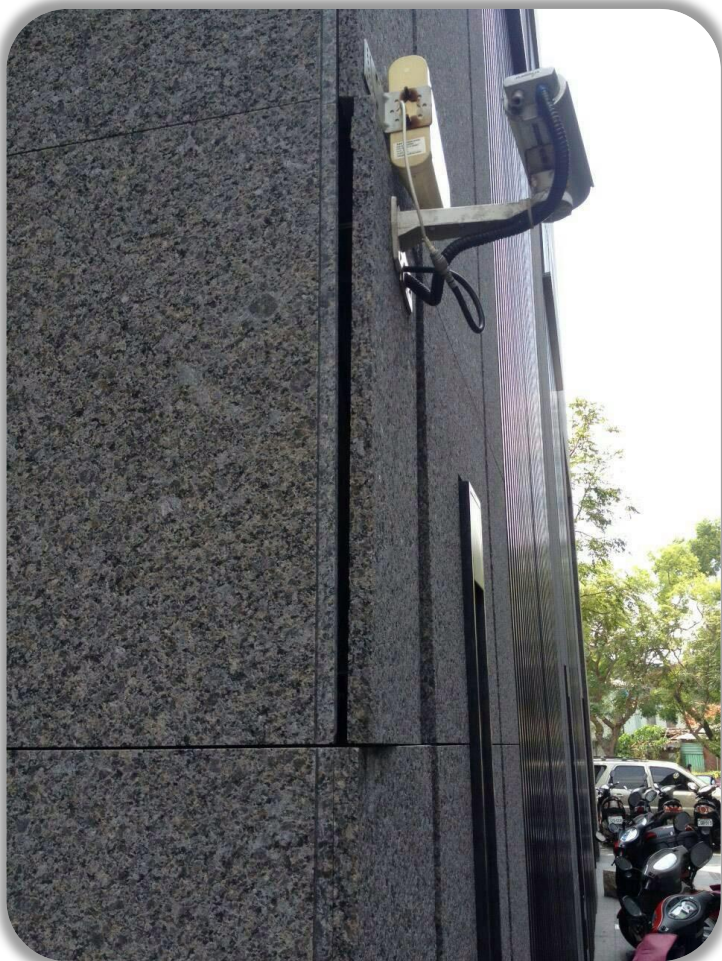


實務案例分享

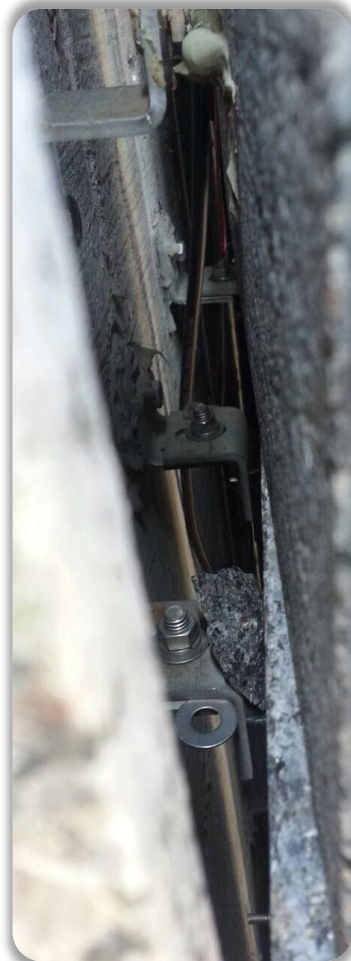
分析及探討幾個石材背擴孔工法失敗案例，從這些案例中汲取經驗，避免未來工程出現類似狀況。

案例1-現況照片

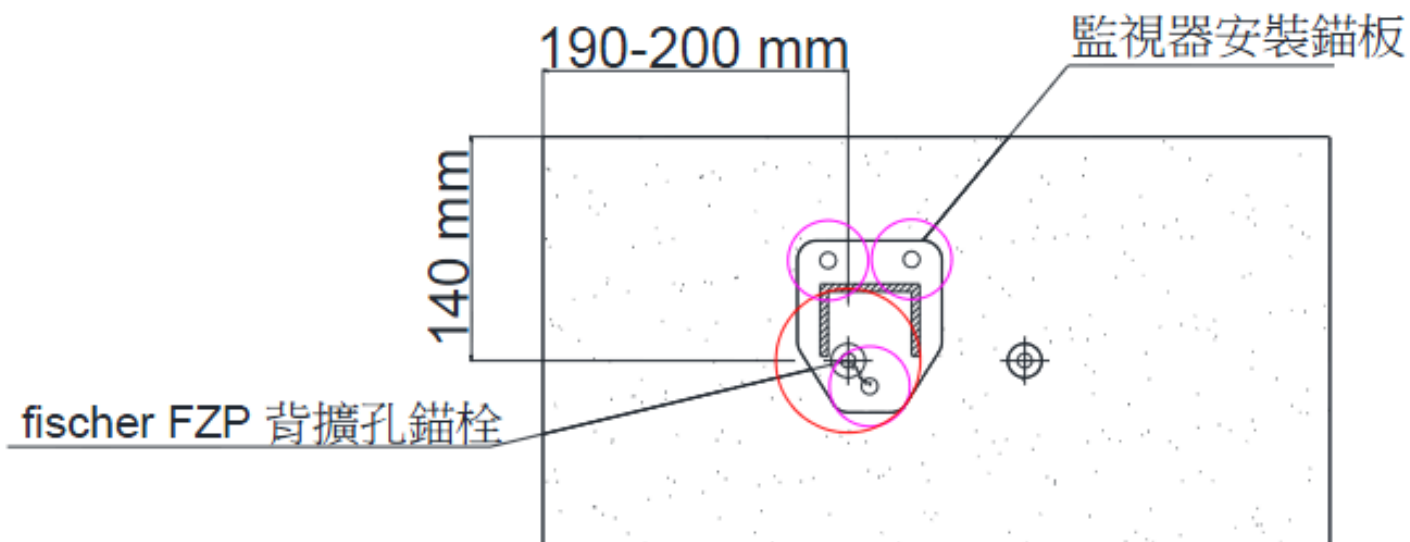
一樓北向板片位移情形



板片背後繫件



案例1-評估結果

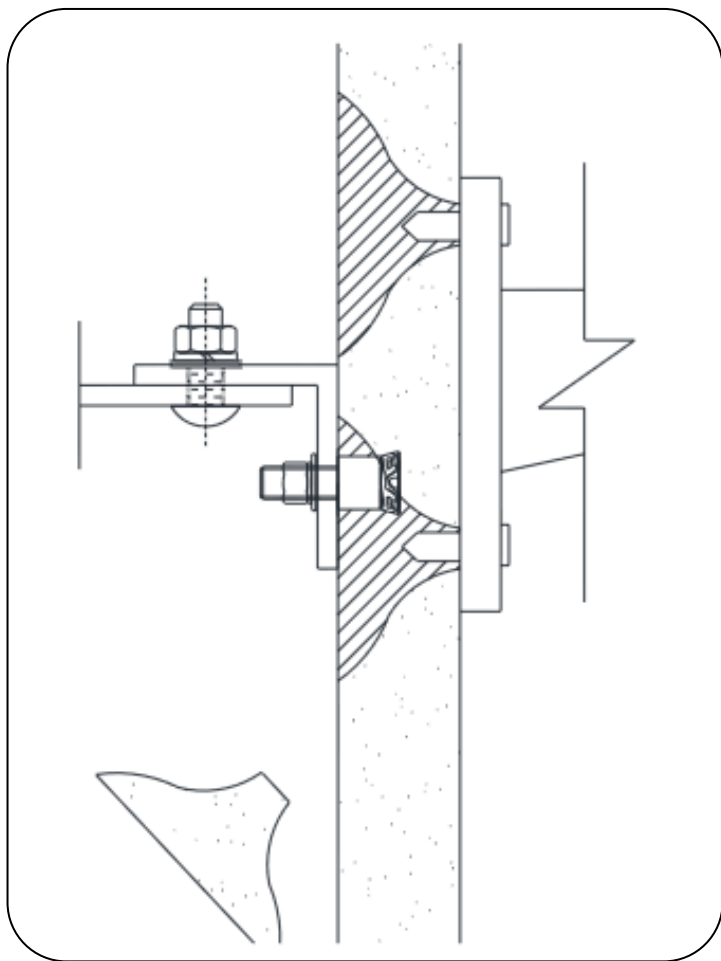


- 背擴孔拉破錐狀體
(當承受拉力超過容許拉力(預測))
- 監視器安裝錨固所造成的石材崩壞錐狀體

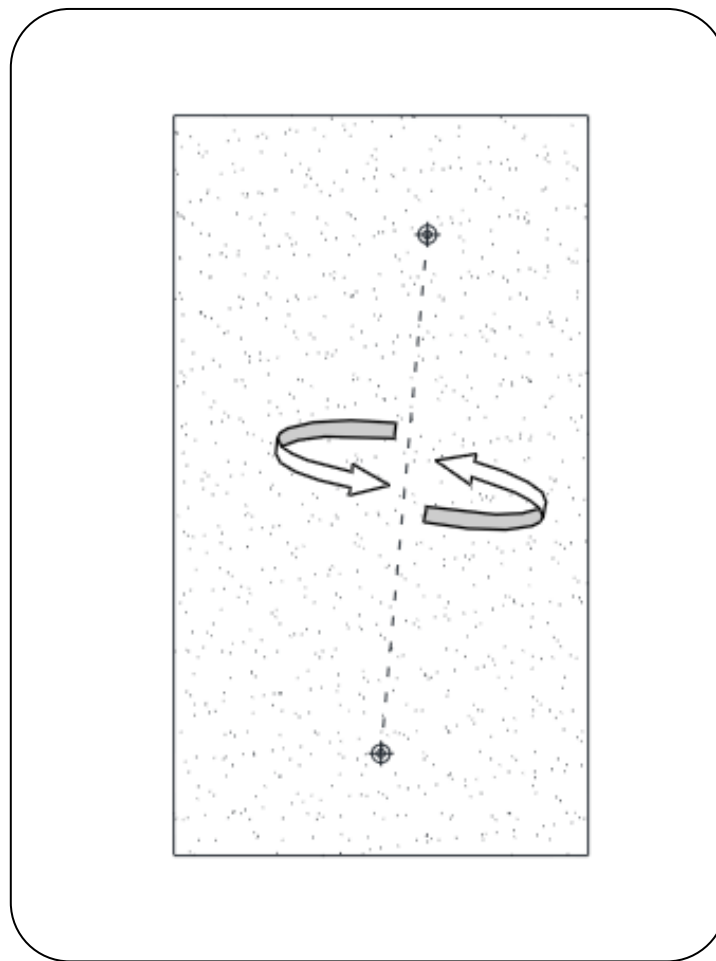
錨固位置示意圖

案例1-評估結果

石材破壞示意圖



石材旋轉示意圖



案例1-現況照片



案例1-現況照片

拆下之板片

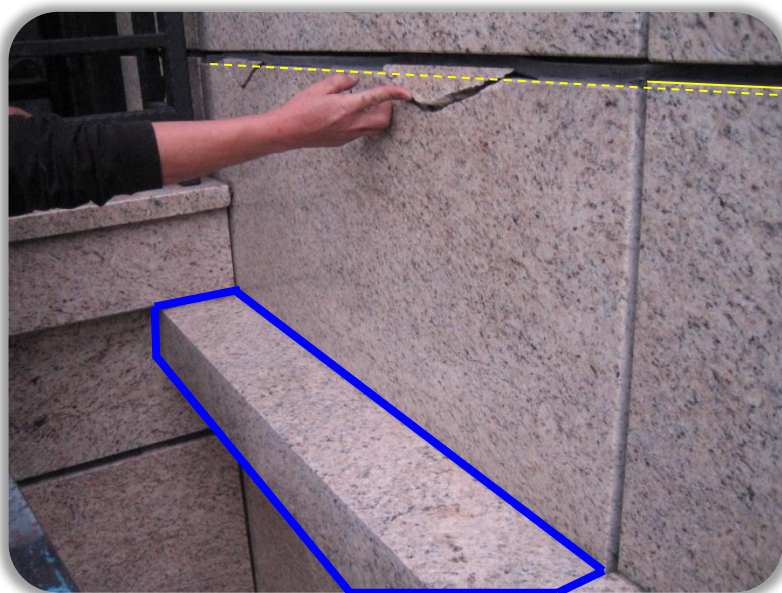


掛環鬆脫

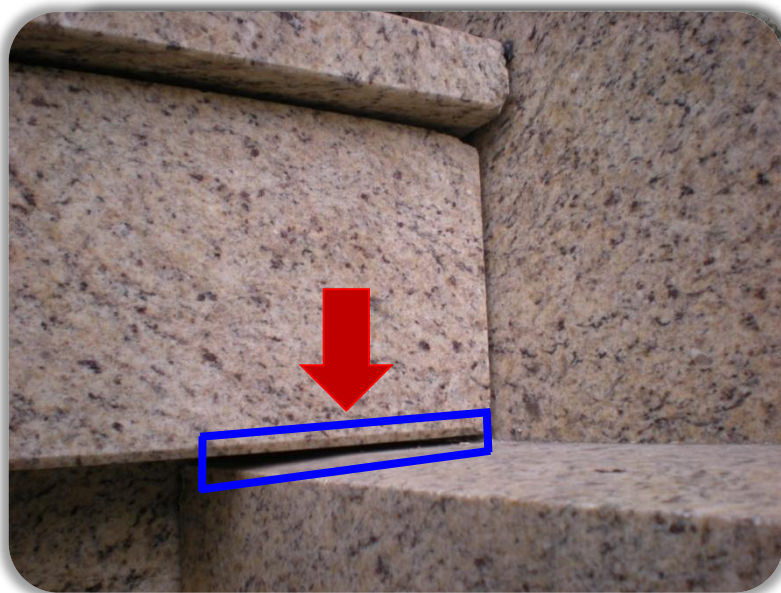


案例2-現況照片

板片受損



受力來源



案例2-現況照片

拆下之板片



邊緣剪力破壞

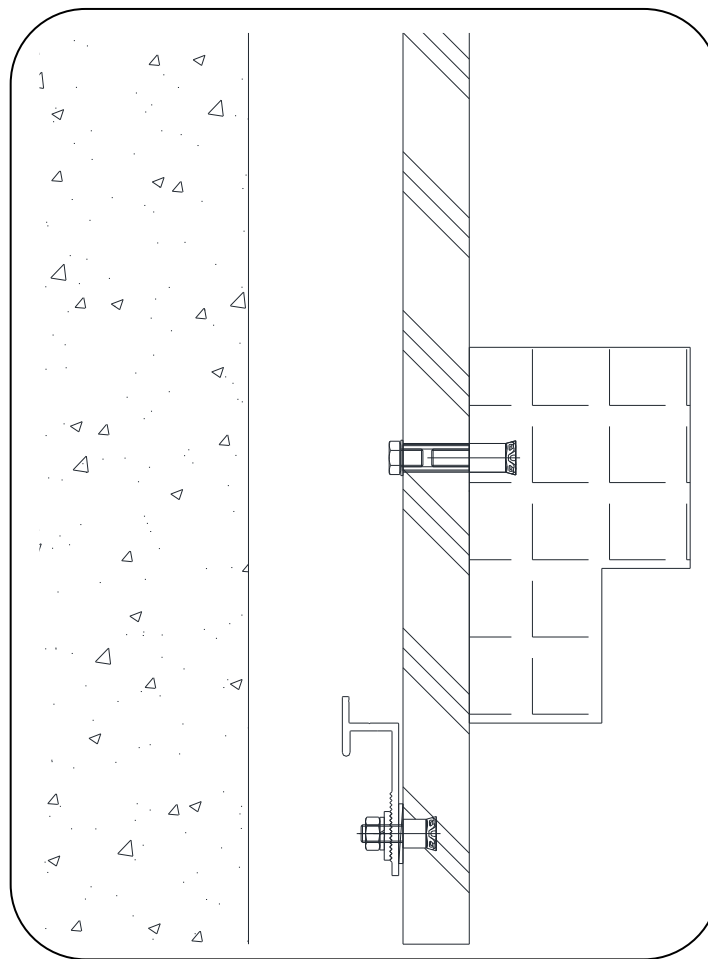


案例2-現況照片

板片組合(平板背角材)

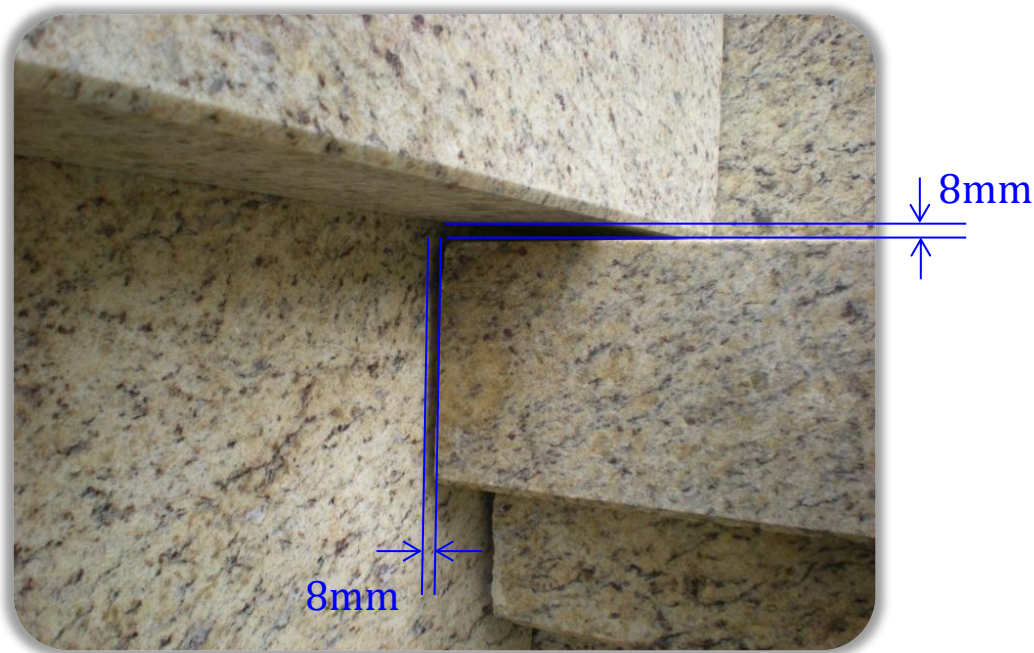


連結示意圖



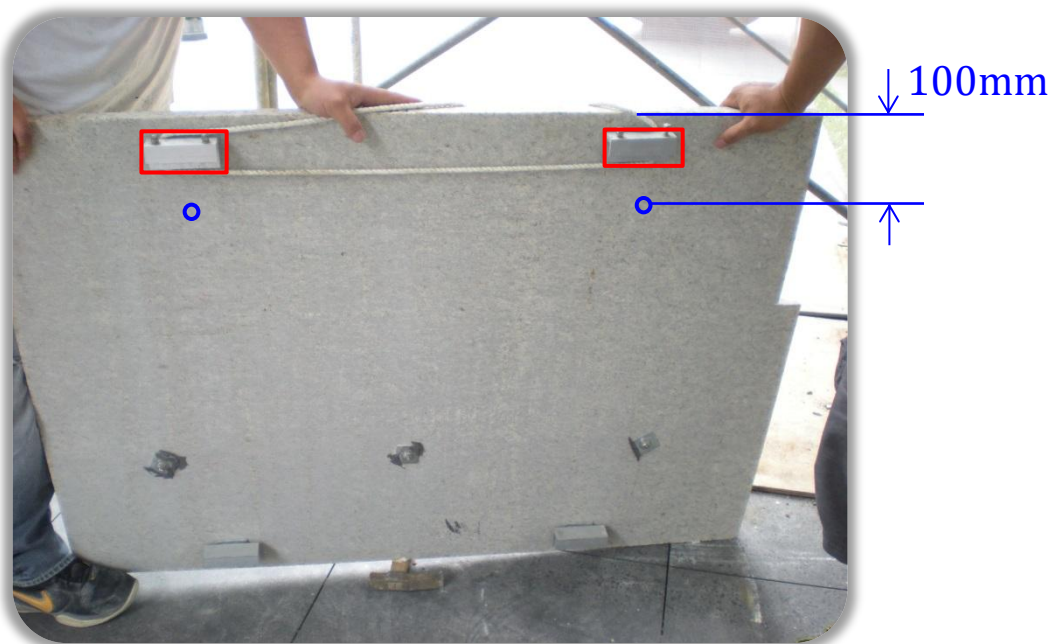
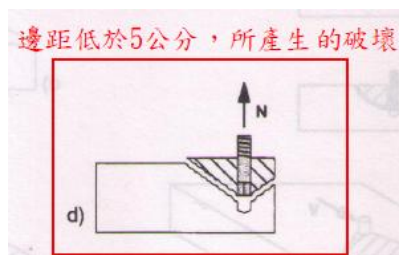
案例2-原因探討

石材安裝時，如有石材交接處，須留有適當的伸縮縫距離，以避免地震衝擊下，石材板片互相摩擦及碰撞，造成固定處的載重增加，以致石材破壞，通常以 8mm 作為設計標準。



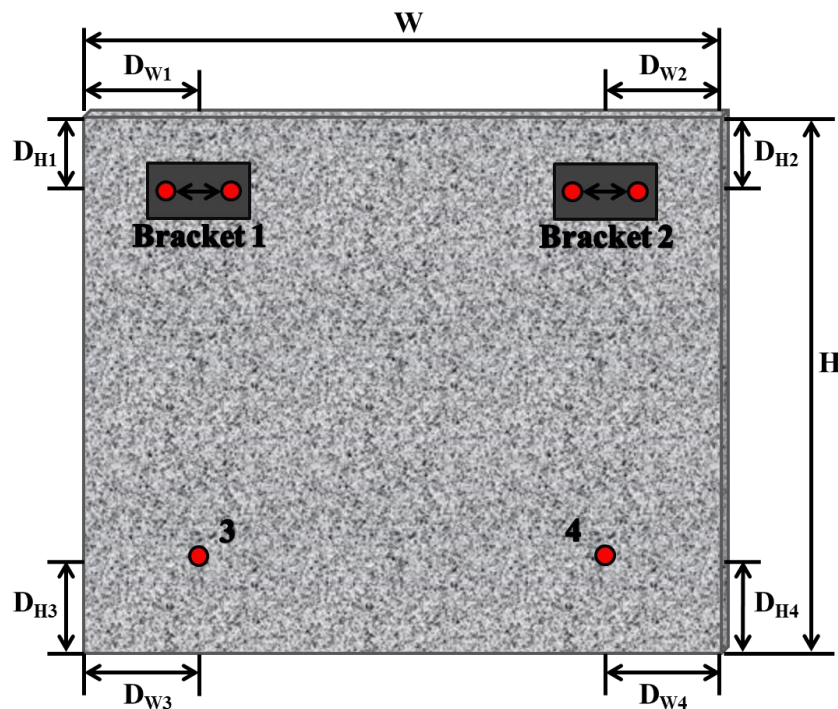
案例2-原因探討

石材固定處的選定；以本案為例，由於固定處的位置過於靠邊，而未考慮其錨固之安全邊距，故造成上端固定處之剪破力大幅降低，其剪破力未達拉破力之75%，以致上端固定處遭剪破；此處建議邊距為 100mm。

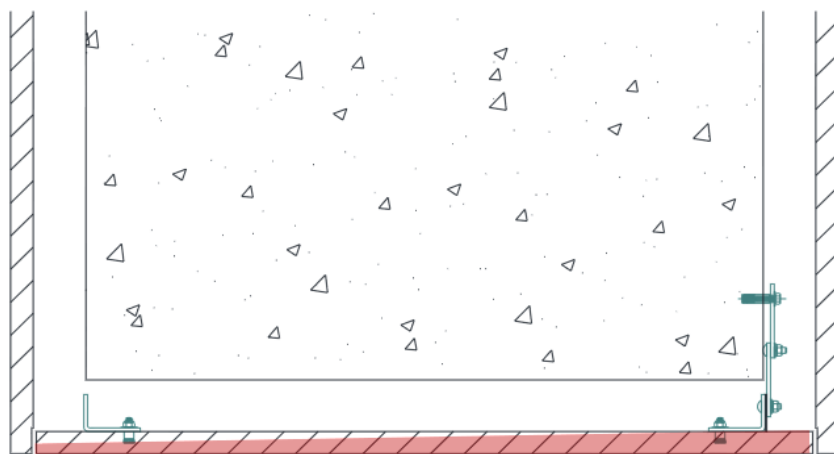


案例2-原因探討

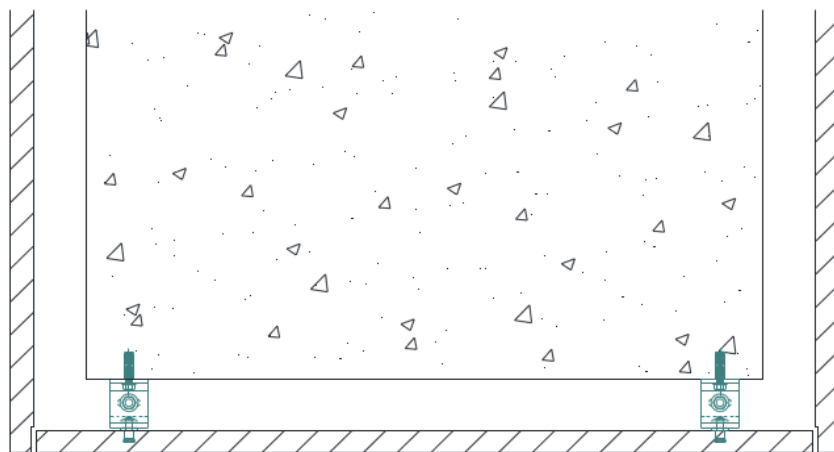
若以本案為例，附加的異形石材體積較大、重量較重，其錨固四點，上端兩固定處之乘載剪力過大，則可考慮六點固定，錨固位置如下。



案例3-現況照片



正剖圖(前固定點)



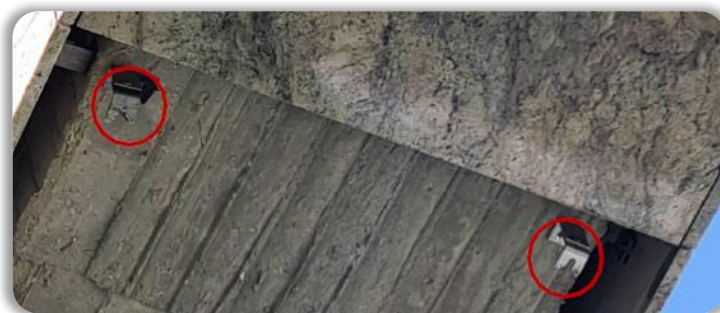
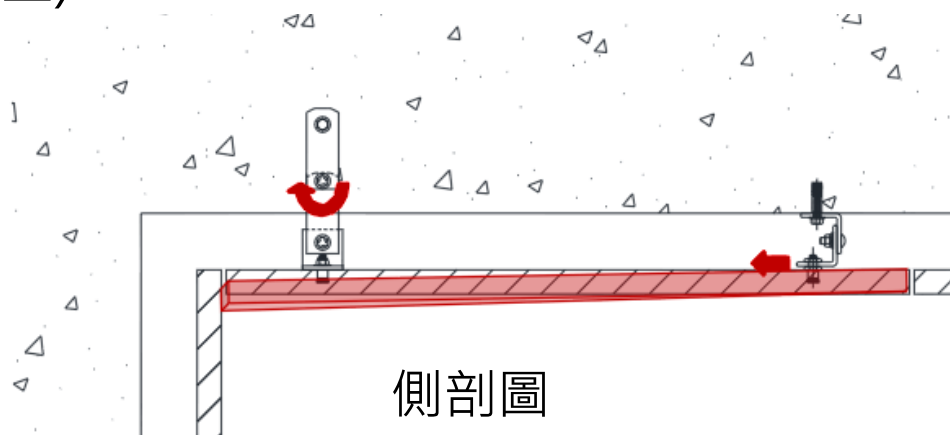
正剖圖(後固定點)

由現場照片發現，板片原為4點錨固，但前固定點其一(可能施作空間不足)未與混凝土錨定，僅剩3點錨固，造成板片有偏心傾斜現象，如圖所示。



案例3-原因探討

前固定點安裝方式，馬車螺絲會形成軸心，板片受外力(如風力、地震)，造成板片產生鞦韆效應，掛環位置脫溝(角鐵繫件仍在混凝土構體上)。



案例3-原因探討

掛環位置脫勾後，僅剩單側前固定點，板片掉落力量的拉扯，使得鐵件變形及內迫錨栓拉出(內迫錨栓並未完全打開)，最終造成板片掉落。

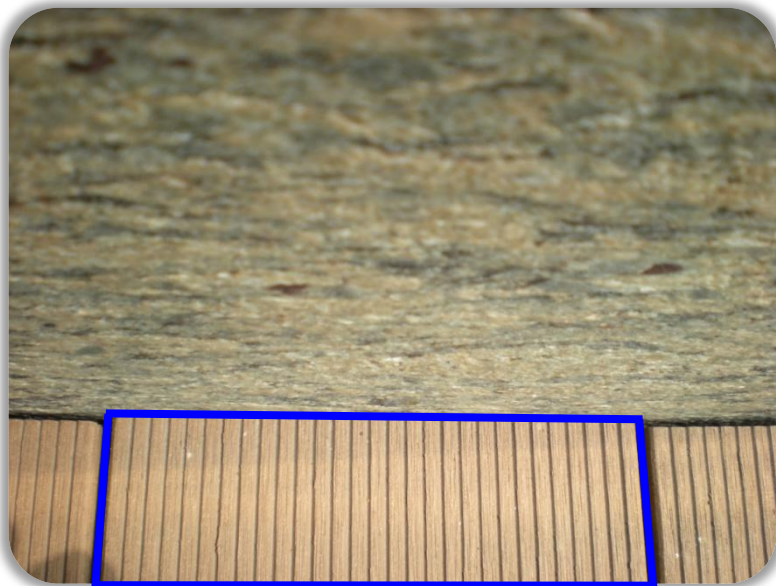


案例4-現況照片

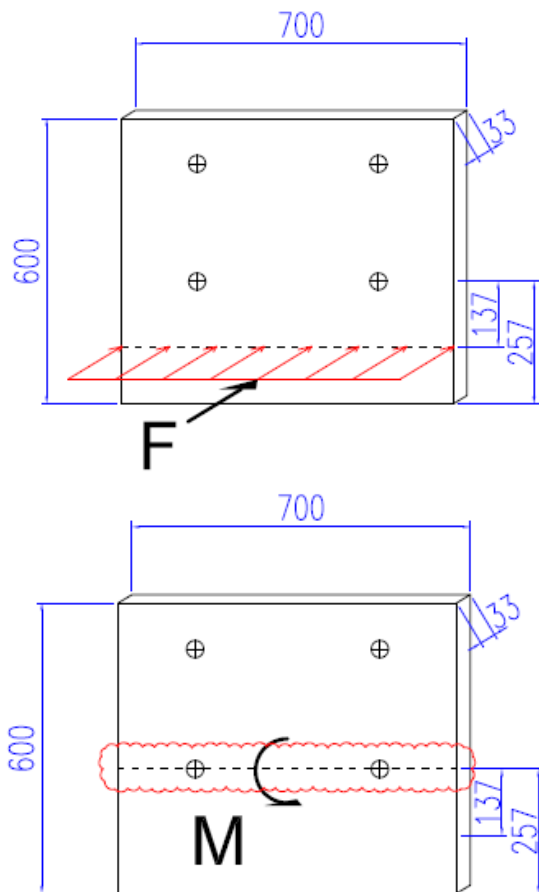
板片受損



受力來源



案例4-檢核圖說



石材強度 $\sigma_u = 80kgf/cm^2$

假設塑化木地板對石材產生之作用力 F

即對於石材固定處產生彎矩

$$M = 13.7 \times F$$

$$\sigma_u = F \times 13.7 \times 6 / (70 \times 3^2)$$

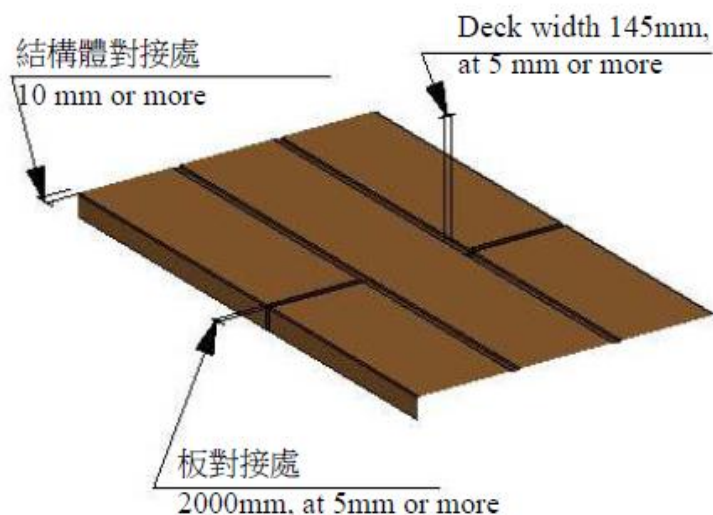
$$= 80kgf/cm^2$$

$$\rightarrow F = 610kgf$$

→當 F 大於等於 $610kgf$ 時，板片將於下方固定處斷裂。

案例4-檢核圖說

地板接合例



塑化木吸水後尺寸伸縮率0.26%(L) 及0.73%(W)

伸縮量 [mm] = [M-Wood2 的熱膨脹係數] x (溫度差) [°C] x (素材長度) [mm]

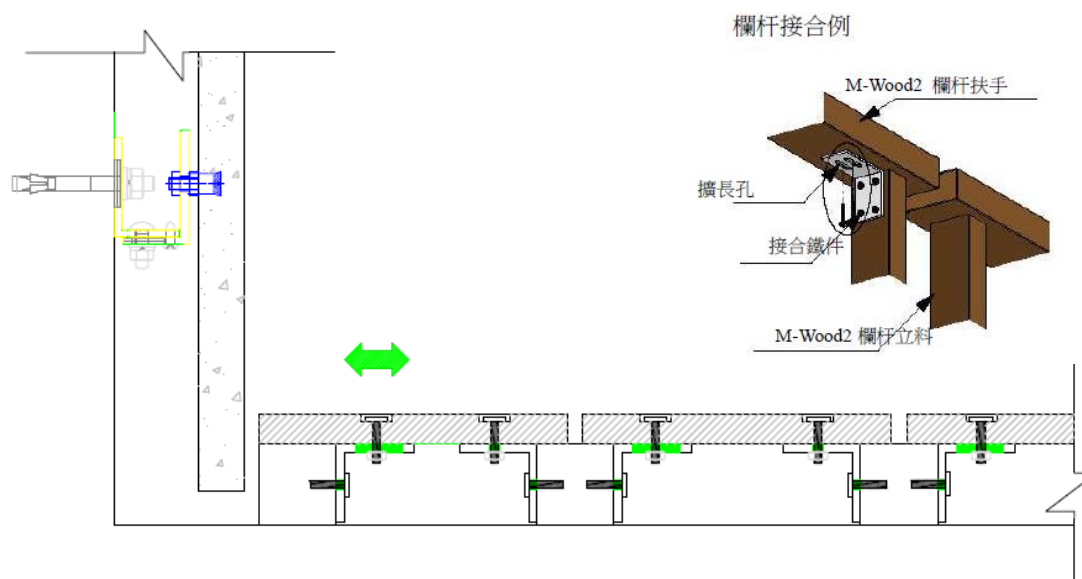
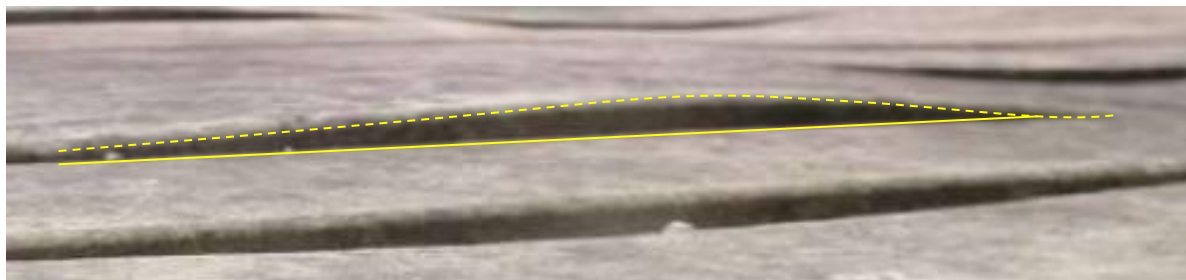
項目		數值
M-Wood2 的熱膨脹係數	長向	5.0×10^{-5}
	寬向	7.0×10^{-5}

塑化木之熱膨脹係數： 5.0×10^{-5} (L) 及 7.0×10^{-5} (W)

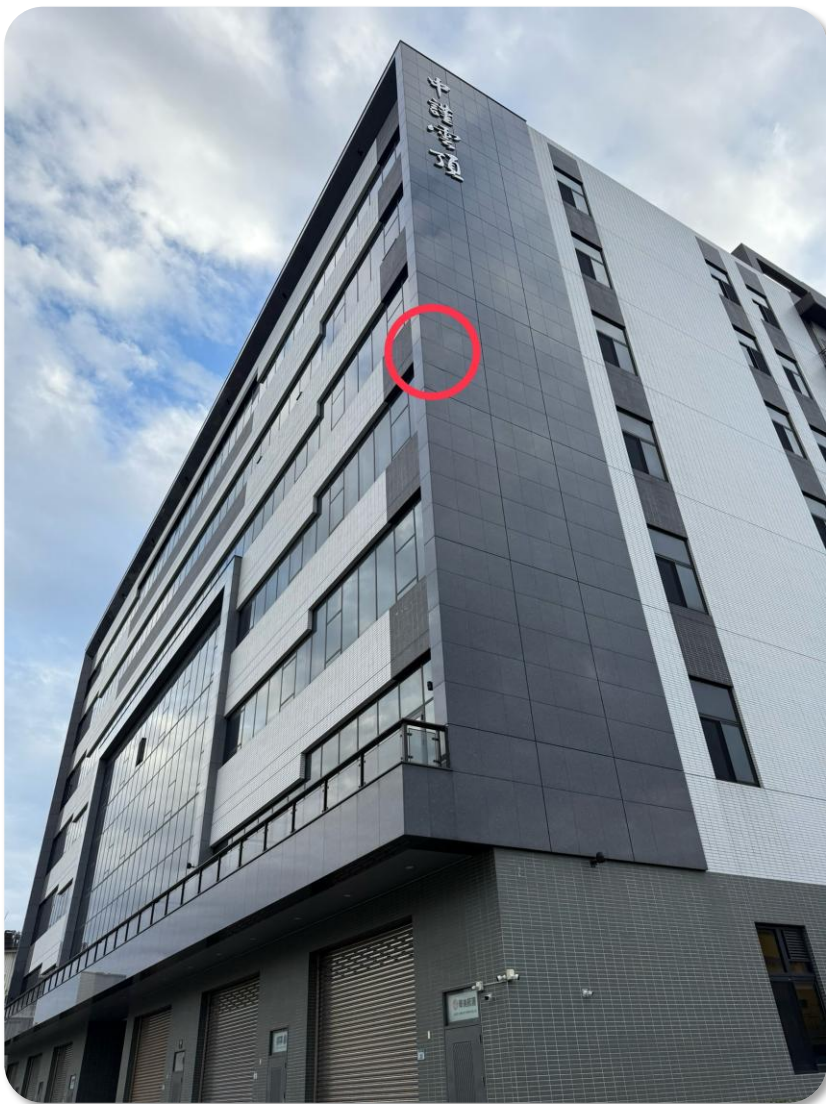
伸縮量[mm] = [M-Wood2 的尺寸伸縮率] x (素材長度) [mm]

Item		Value
尺寸伸縮率 (材料尺寸的最大擴張)	長向	0.26%
	寬向	0.73%

案例4-檢核圖說



案例5-現況照片



案例5-現況照片

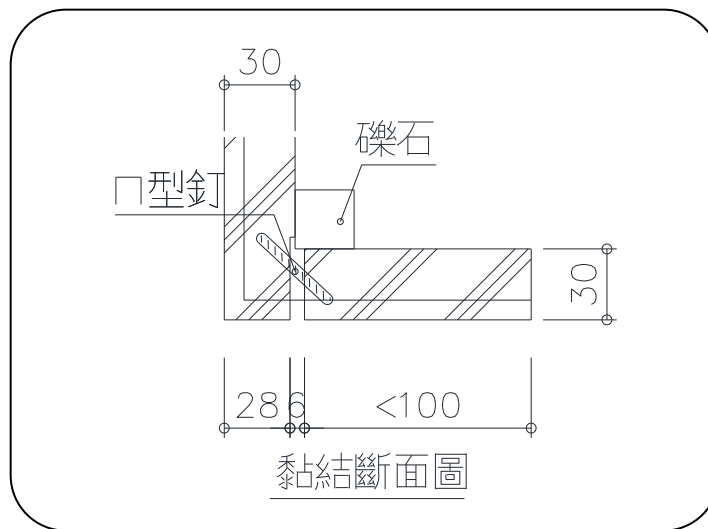


案例5-現況照片



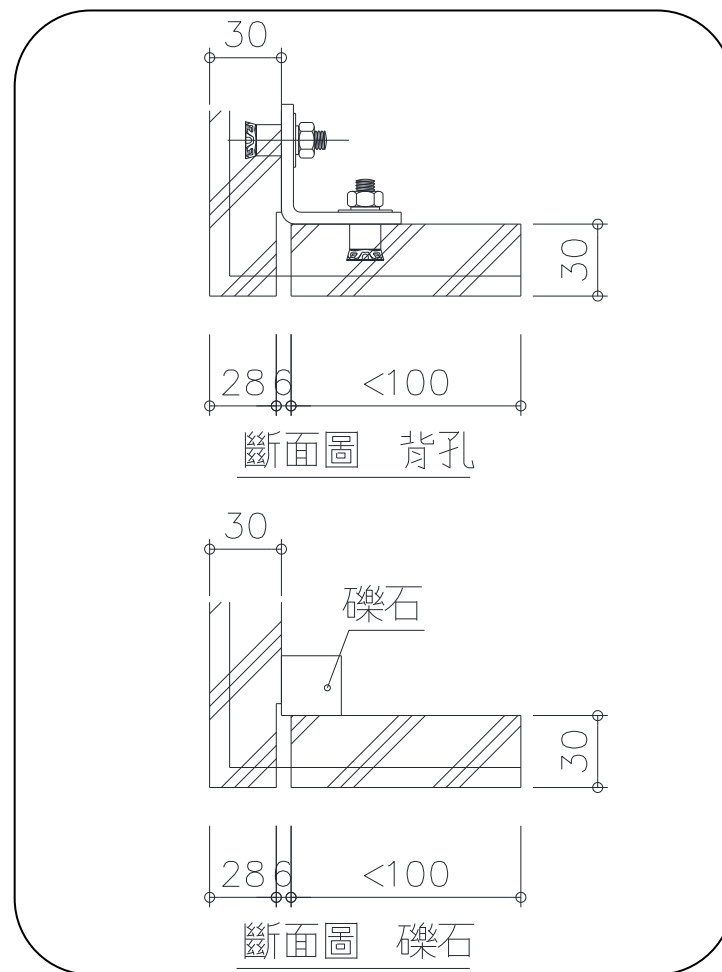
案例6-現況照片(原始)

轉角-□型釘及礫石黏結



案例6-現況照片(改善)

轉角-擴孔及礫石黏結





錨固設計理論及應用

本節介紹錨固設計理論的基本概念與設計應用

接合設計及應用範圍

接合設計：

凡是透過黏著、焊接、預埋固定或機械原理固定(如膨脹、擴底、擊入、咬合、對鎖接合等)方式，將主結構物或附屬結構物與主結構物連結者，均統稱為接合。

接合種類：

焊接: 鋼構剪力釘等。

預埋固定: 預埋螺栓、預埋件等。

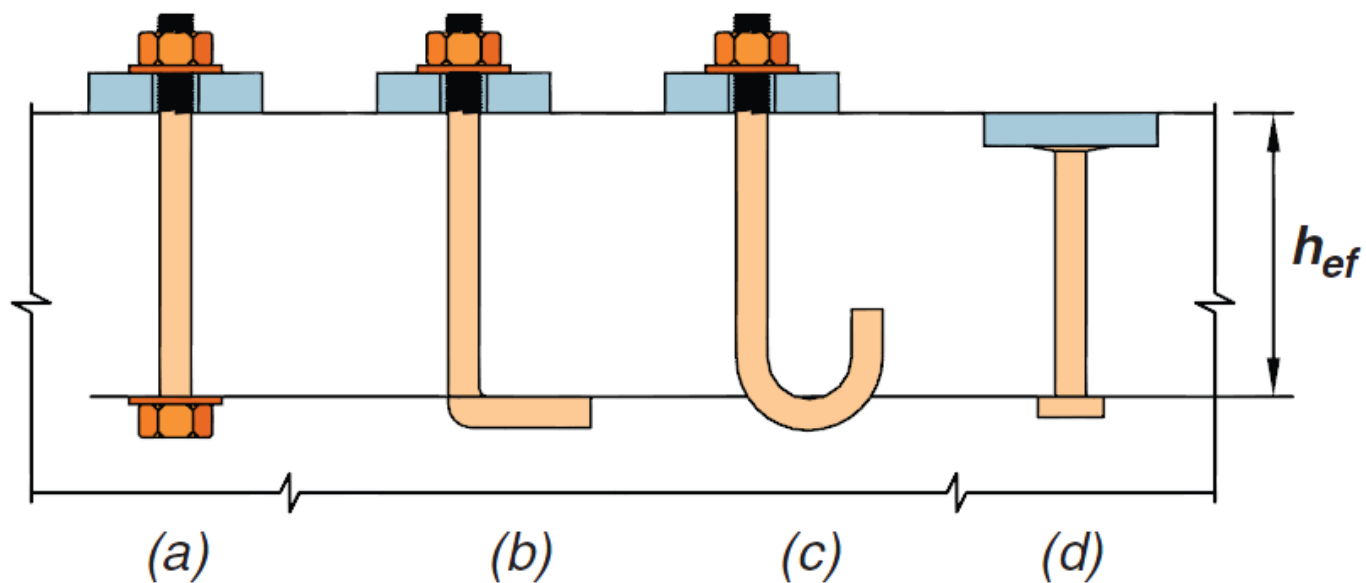
黏著: 化學錨栓、植筋等。

機械原理固定:

- 膨脹錨栓(膨脹摩擦力)
- 擴底錨栓(切底鍵鎖力)
- 火藥瓦斯擊釘(衝擊擊入)
- 虎口鉗-swivel beam clamp(咬合)
- 對鎖螺栓(對鎖)
- 自攻螺絲(旋轉擊入)

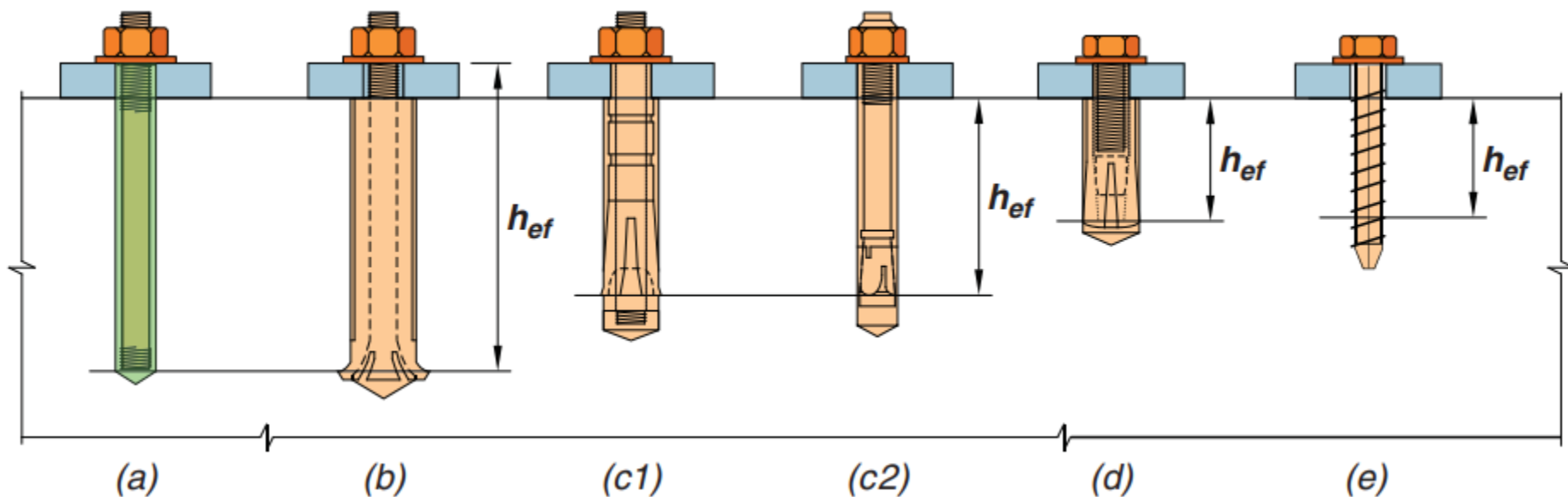


混凝土結構用錨栓的類型(預埋)



- a) 含墊圈之六角螺栓
- b) L型螺栓
- c) J型螺栓
- d) 焊接擴頭剪力釘

混凝土結構用錨栓的類型(後置)



- a) 黏結式(化學)錨栓
- b) 擴底、切底(削切)式錨栓
- c) 扭力控制型之膨脹式錨栓
- d) 位移控制型之膨脹式錨栓
- e) 自攻切底式錨栓

黏著力
鎖鍵力，削切混凝土底部使之形同預埋
摩擦力，有後續膨脹性
摩擦力，無後續膨脹性
鎖鍵力，削切混凝土孔壁使之形同預埋

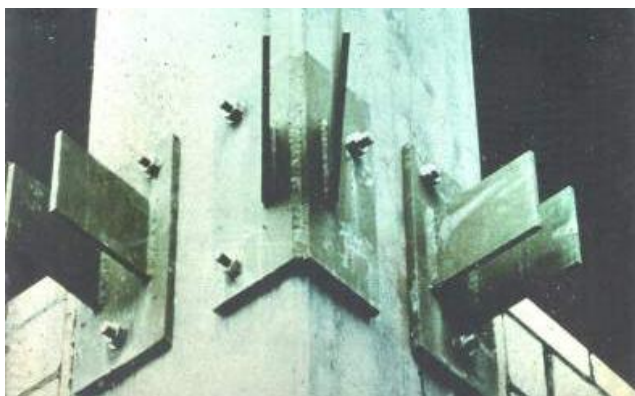
後置錨栓用於結構性(結構工程、補強)應用



鋼結構(柱)錨固



結構補強



鋼結構(樑)錨固



植筋工程

後置錨栓用於非結構性(附屬構造)應用



管架系統



帷幕牆



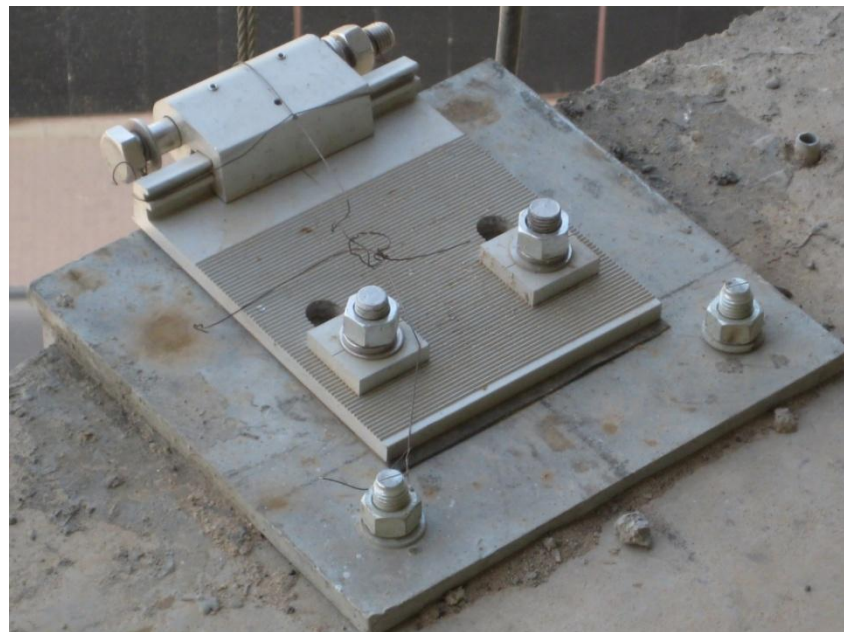
玻璃欄杆



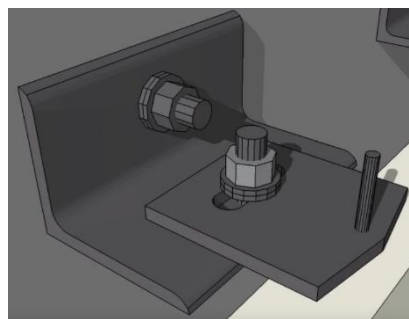
格柵

後置錨栓於建築外牆的應用

帷幕預埋件無法設置或變更設計



石材外牆乾掛



機械錨栓的特性說明

機械錨栓集中抗力於混凝土底部

施工特性

- 安裝後可立即達到設計承載能力
- 對清孔程度較不敏感
- 安裝流程簡單，操作便利

設計考量

- 對工作環境溫度較不敏感
- 大部分機械錨栓的埋深是固定的
- 相較於化學錨栓，對邊距與間距的要求較大



化學錨栓的特性說明

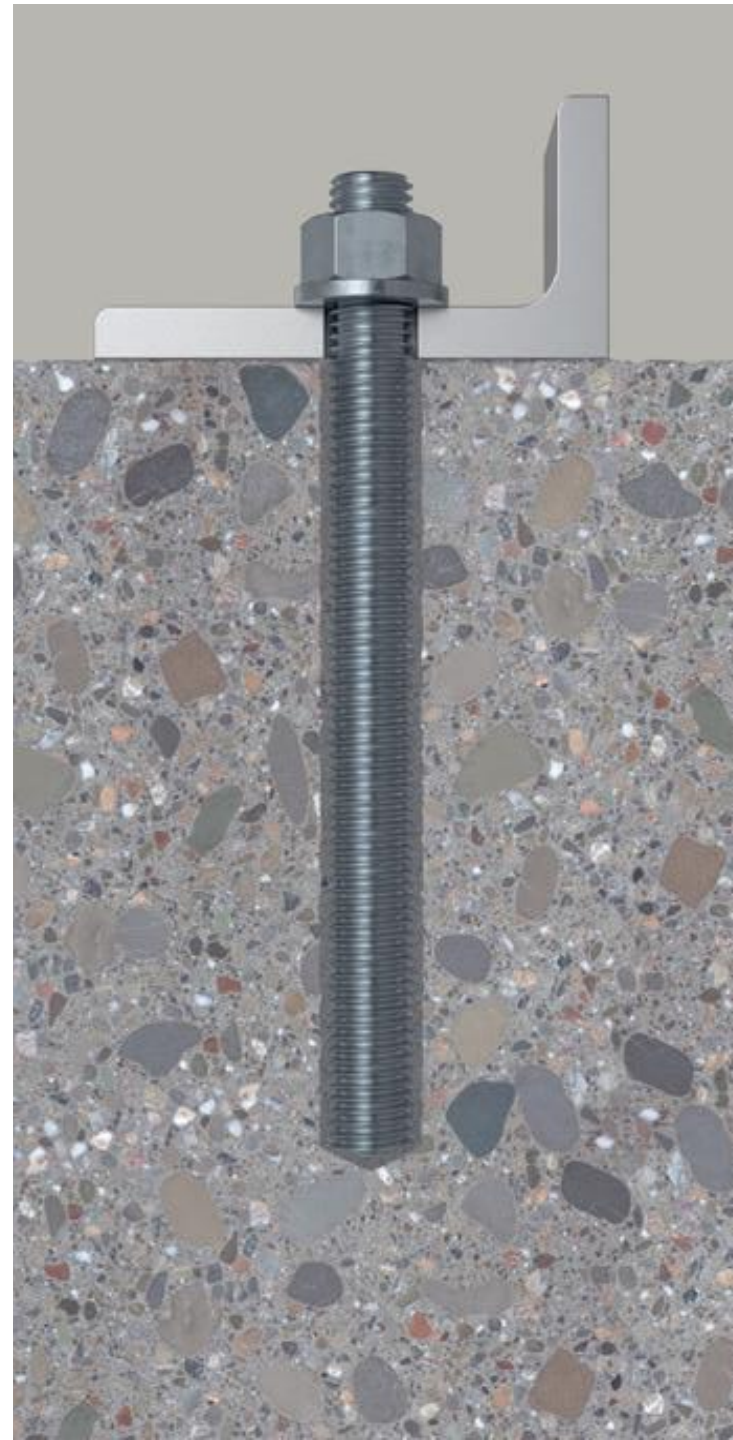
化學錨栓散步抗力於混凝土孔壁周圍

施工特性

- 安裝過程中通常需進行清孔
- 無法立即固定，須等化學藥劑凝固
- 可搭配不同物件進行固定（螺紋桿件與鋼筋）

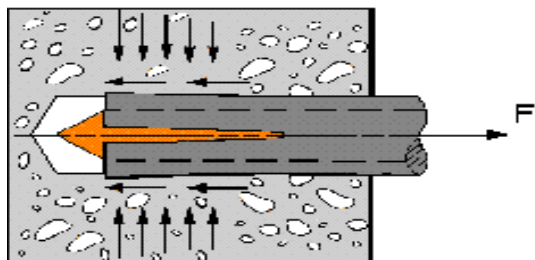
設計考量

- 可使用於多種基材（混凝土、磚材、砂岩等）
- 可使用於較深埋深或選用較大錨栓
- 適用於較小邊距與間距的工作需求



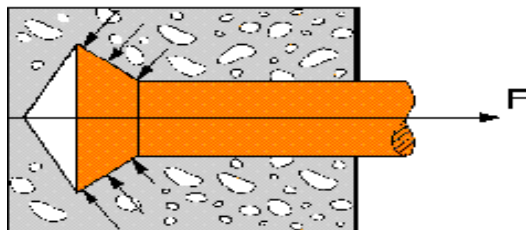
後置錨栓功能原理：承載機制

錨栓主要透過以下三種機制在基材中傳遞力量



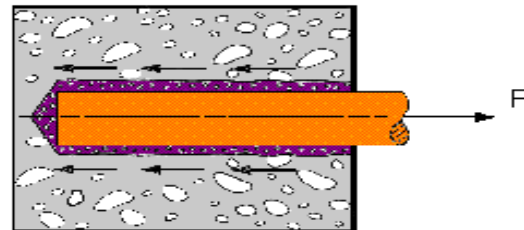
摩擦力

擴張錨固件與基材之間的摩擦力，通過擴張部分產生壓力，確保穩固連接



鍵鎖力

錨固件的幾何形狀與基材相匹配，如螺紋翼部切入混凝土，形成機械互鎖結構

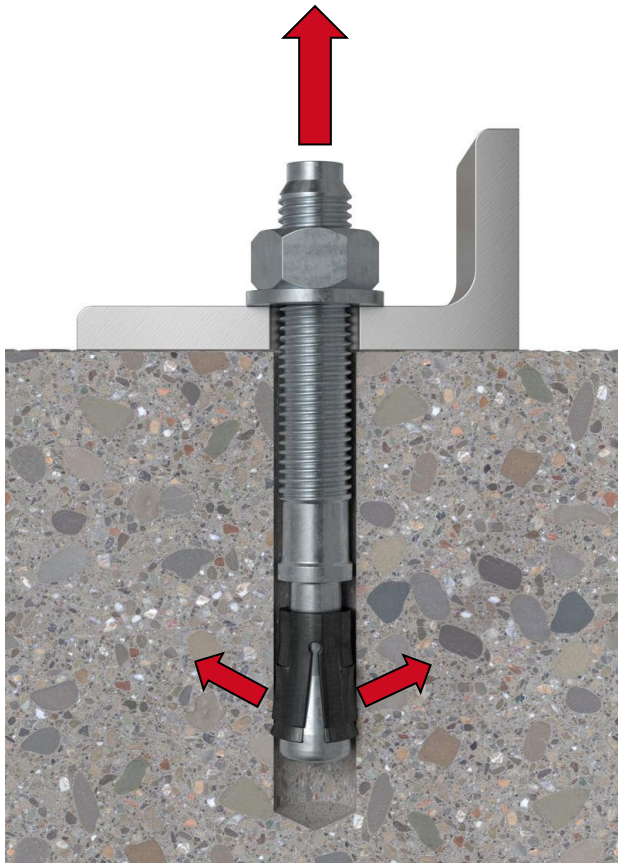


黏著力、鍵結力

通過化學黏合劑（如環氧樹脂或聚酯）將錨固件與基材連接，形成堅固的化學鍵結

後置錨栓功能原理：承載機制

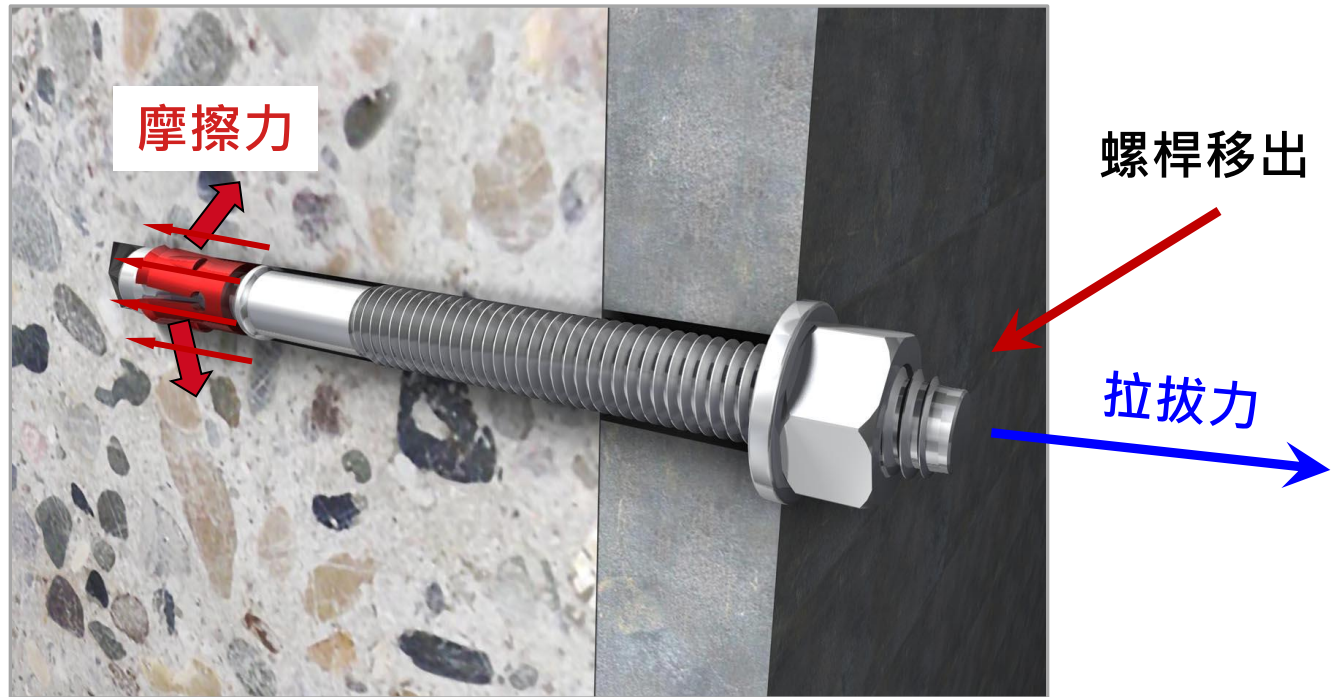
錨栓膨脹與孔壁產生→摩擦力



後置錨栓功能原理：承載機制

在基材中傳遞力量方式：摩擦鎖定

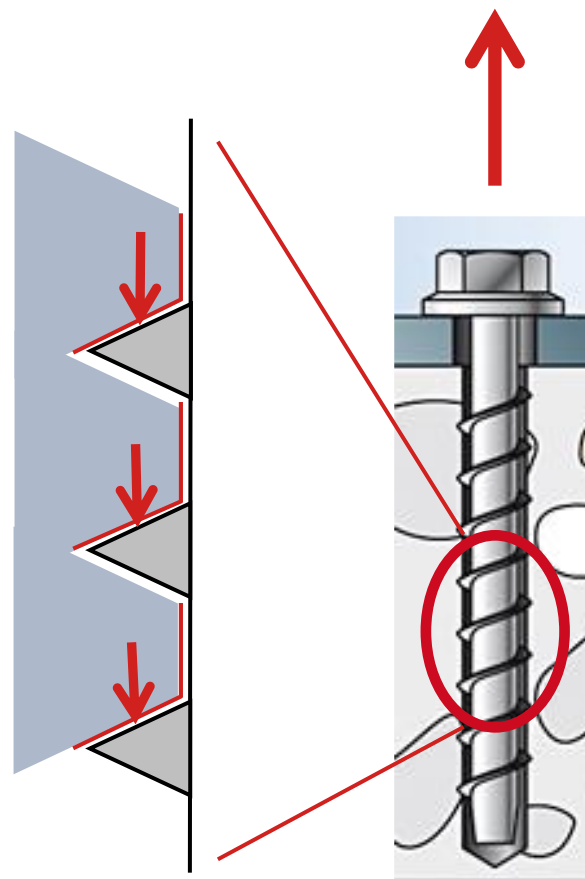
膨脹錨栓與基材(混凝土)之間的摩擦力



後置錨栓功能原理：承載機制

在基材中傳遞力量方式：形狀鎖定

螺紋齒牙切削基材(混凝土)形成幾何鍵鎖力



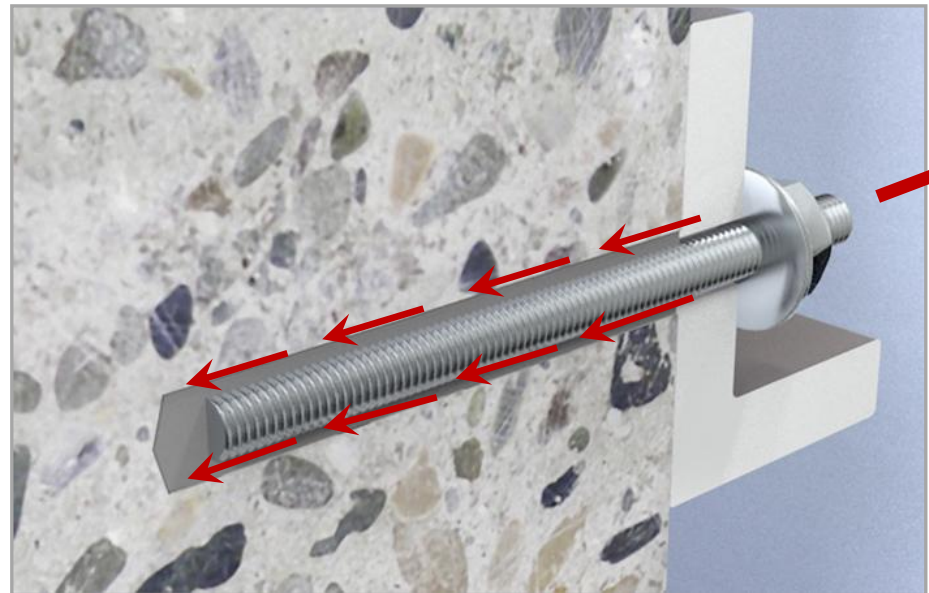
混凝土螺絲的拉力負載

→ 螺紋齒牙對混凝土施加壓力

後置錨栓功能原理：承載機制

在基材中傳遞力量方式：黏著結合

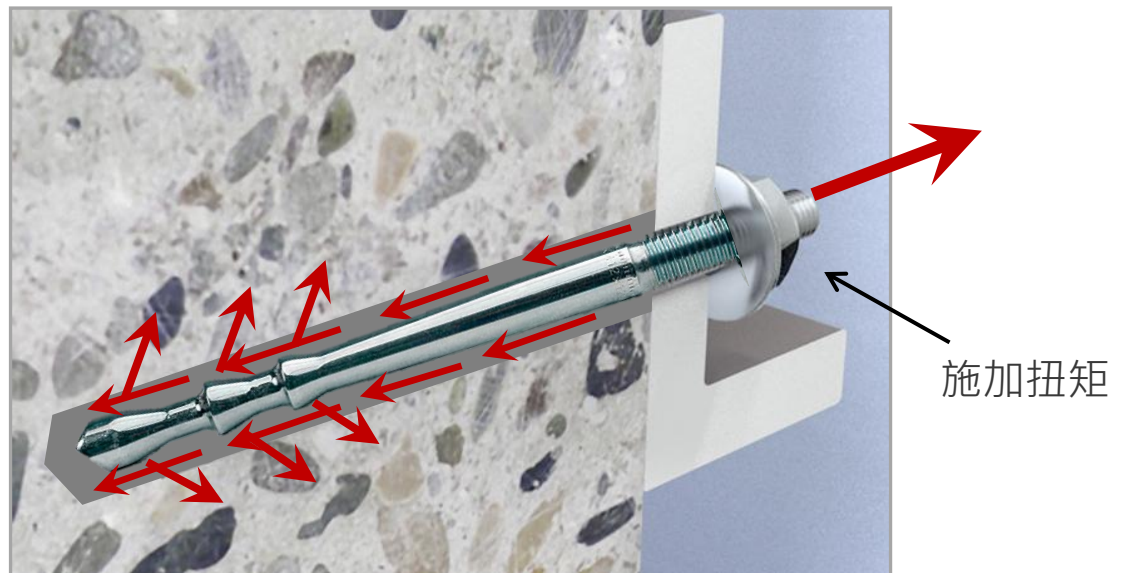
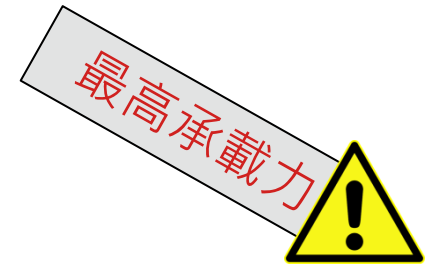
- 化學藥劑將錨栓與基材(混凝土)黏結
- 負載傳遞：沿圓周的剪切力(黏著力)
- 2個「接觸區域」：錨固件/化學藥劑和化學藥劑/混凝土



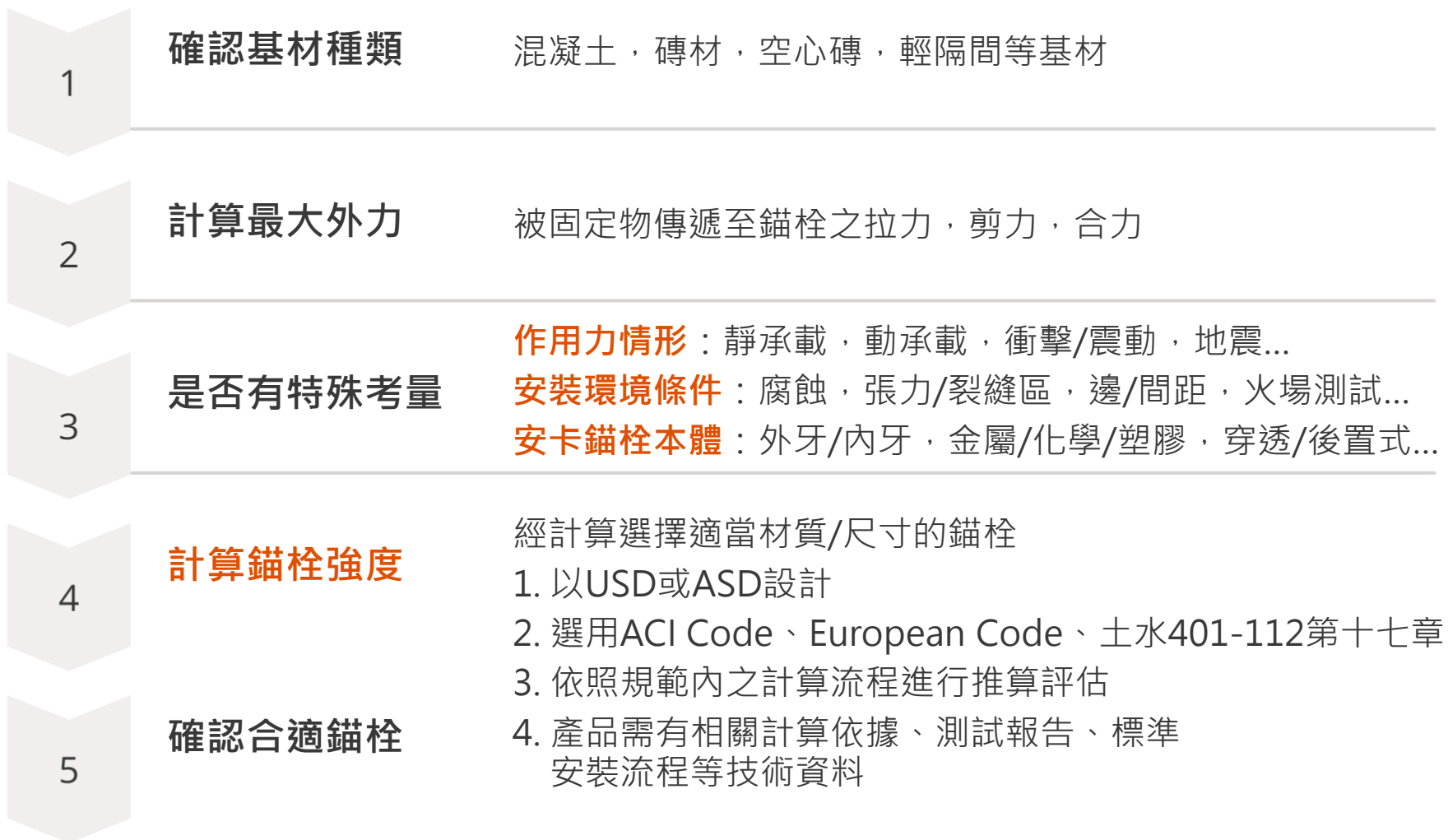
後置錨栓功能原理：承載機制

在基材中傳遞力量方式：黏著結合及形狀鎖定

- 化學藥劑將錨栓與基材(混凝土)黏結
- 負載傳遞：沿圓周的剪切力(黏著力)及錐體上的鍵鎖力
- 2個「接觸區域」：錨固件/化學藥劑和化學藥劑/混凝土



如何選擇適當的錨栓？



錨栓設計理論

設計外力(U)不能超過設計抗力值(ΦR_n)

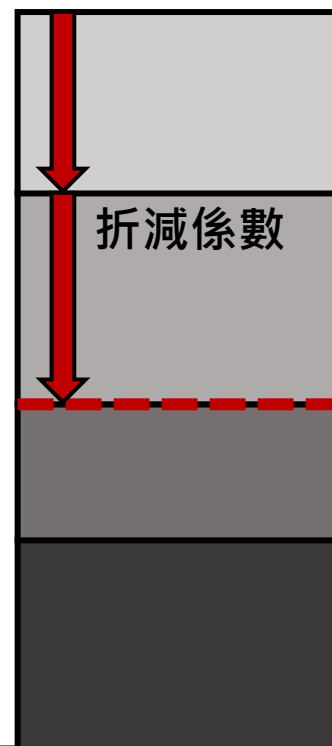
對於所有破壞模式！

$$U \leq \Phi R_n$$

設計外力 U

需求外力 U_n

放大係數



平均極限抗力 R_{ult}

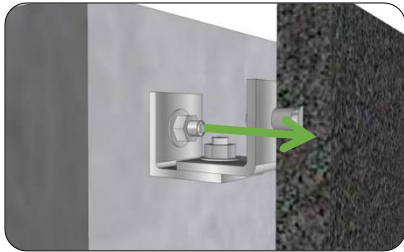
特性抗力 (ETA) R_n
(5% fractile)

折減係數

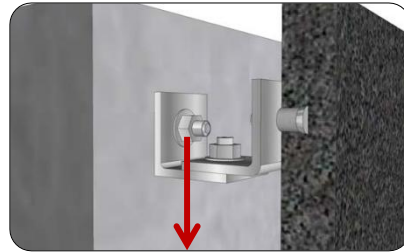
設計抗力 ΦR_n

建議抗力 F_{rec}

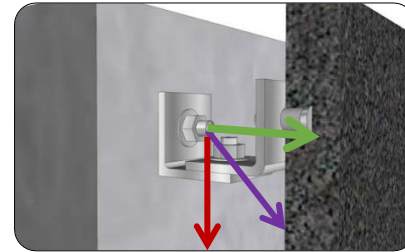
錨栓是設計來抵抗各種外力



拉力



剪力



合力



彎矩



靜載重

結構本身的固定重量
所產生的力



活載重

人員、設備等移動物
體所產生的力



風載重

風力對結構產生的側
向力



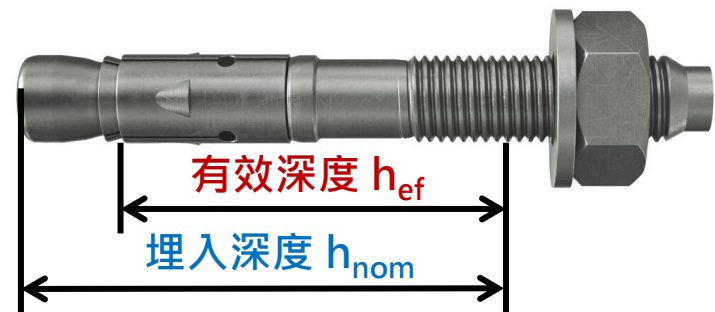
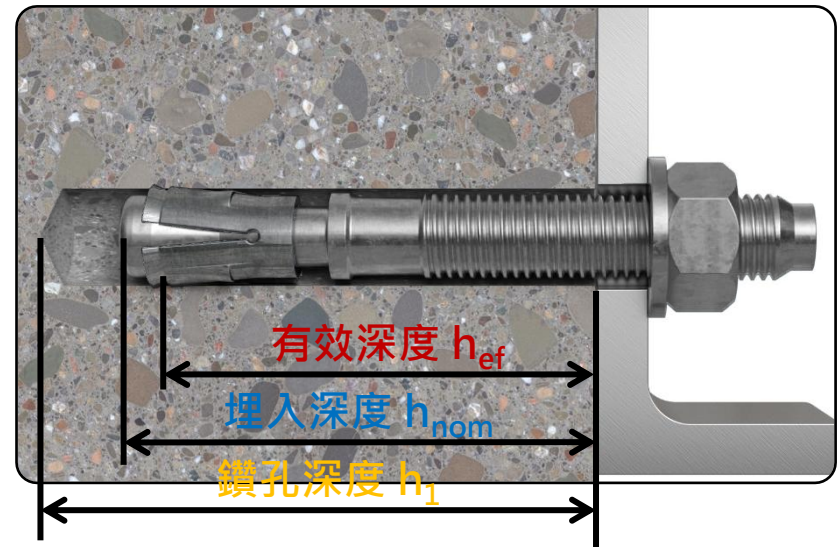
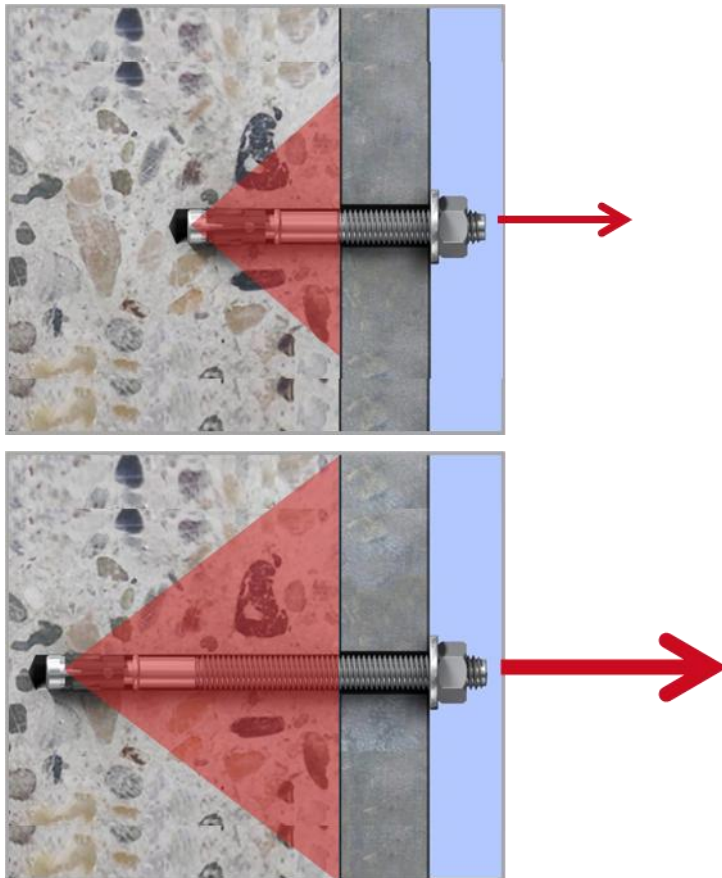
地震載重

地震時產生的水平及
垂直振動力

錨栓設計的影響因子

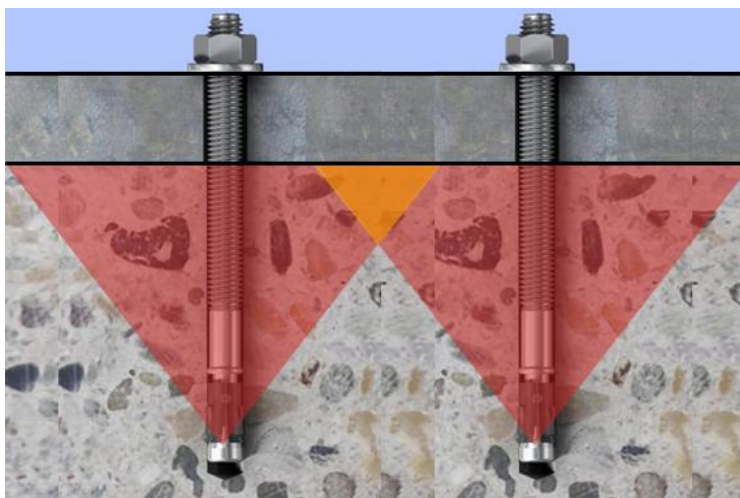
埋深：

埋入深度 h_{nom} $\neq$ 有效深度 h_{ef}

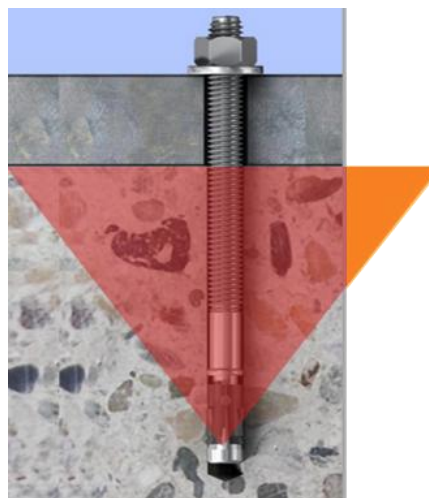


錨栓設計的影響因子

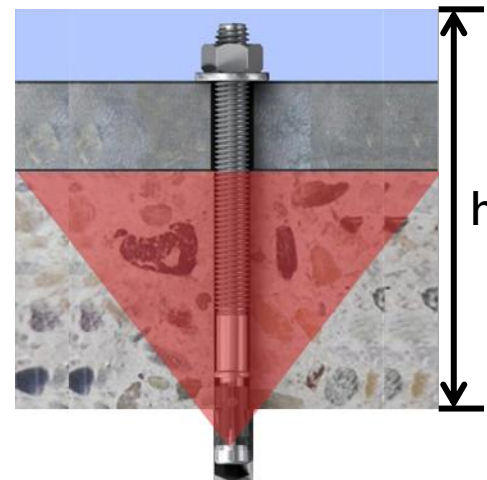
錨栓間距、邊距及基材厚度：



間距太小



邊距太小



基材太薄

錨栓設計的影響因子

抗壓強度與基材狀態(開裂混凝土)：



抗壓強度

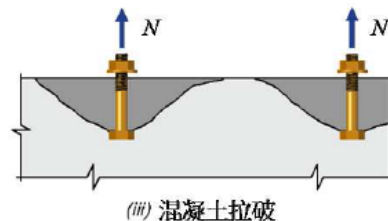
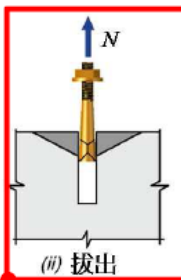
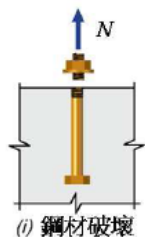
混凝土抗壓強度直接影響錨栓拉拔強度。每增加10 MPa抗壓強度，錨栓容許荷載約增加15%。



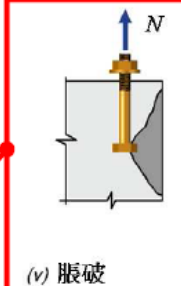
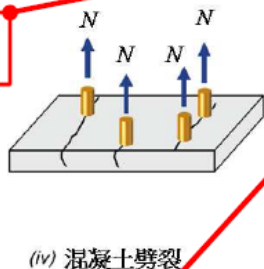
基材狀態(開裂混凝土)

開裂混凝土會顯著降低錨栓承載力。在開裂混凝土中，錨栓容許荷載可能降低30%。

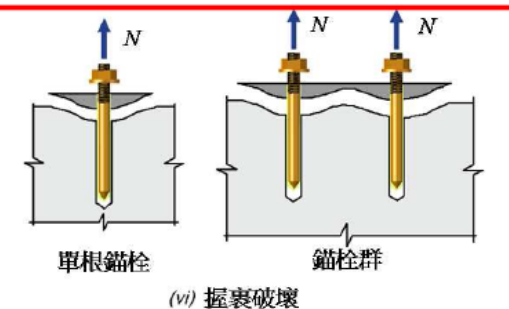
錨栓之各種破壞模式



針對非黏結式錨栓

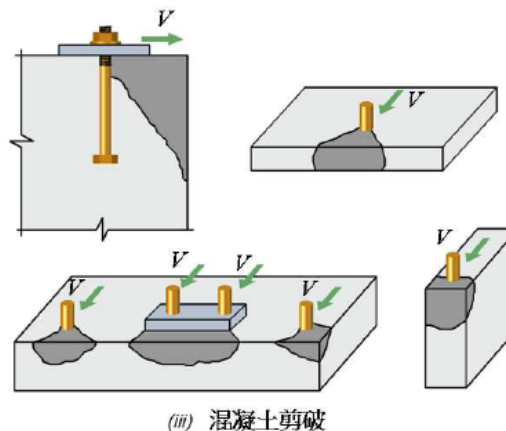
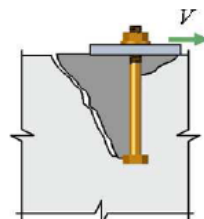
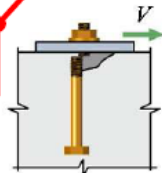


(a) 拉力載重



針對黏結式錨栓

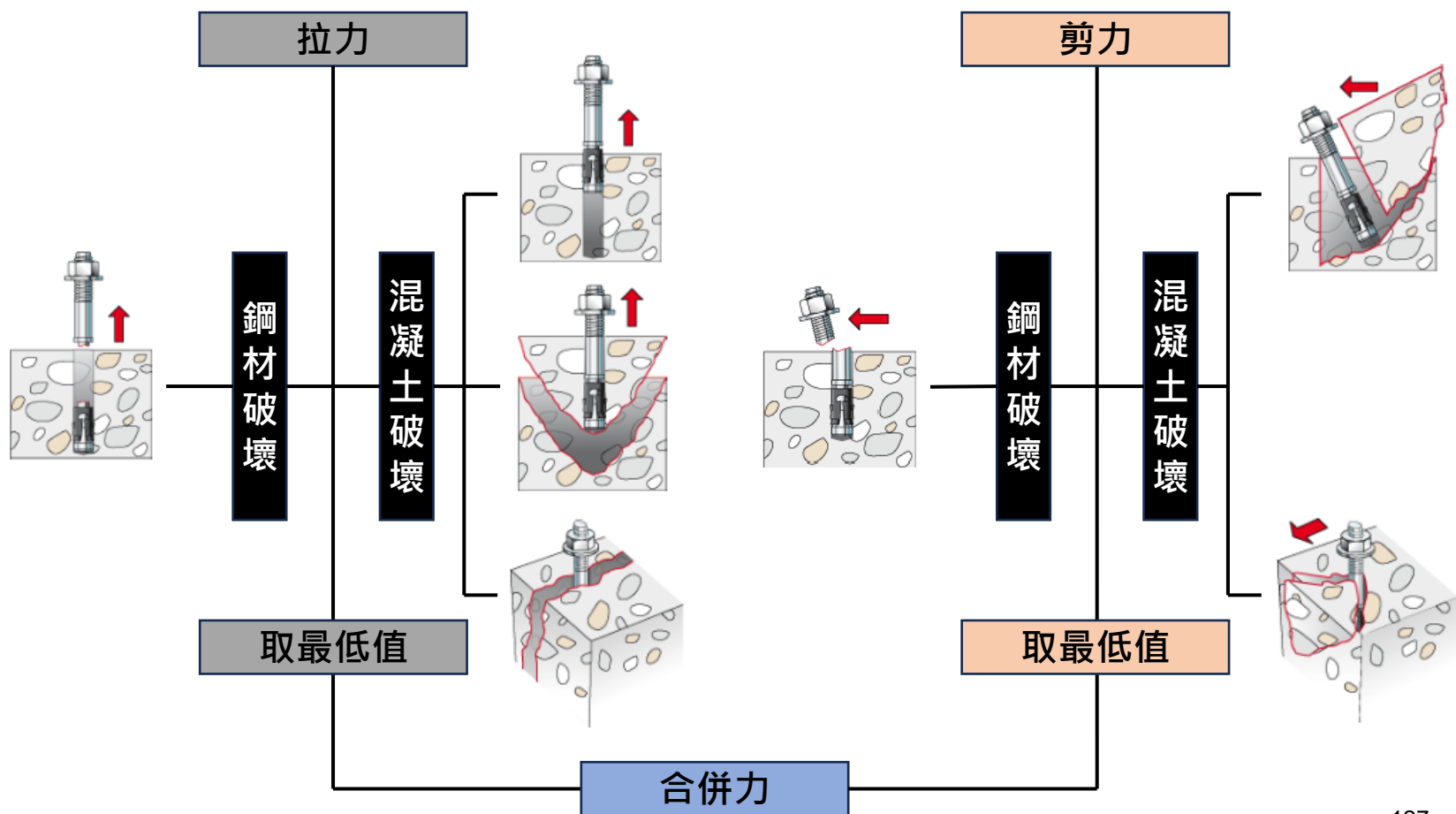
針對預埋式擴頭錨栓



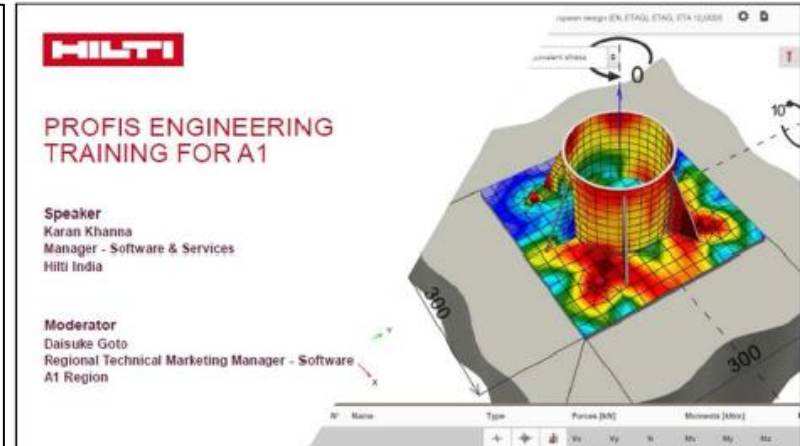
(b) 剪力載重

錨栓設計強度計算

- ✓ 考量所有可能的鋼材與混凝土破壞模式
- ✓ 選擇最低值作為設計依據



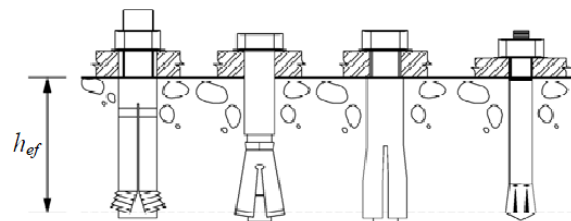
錨栓計算之相關免費輔助工具



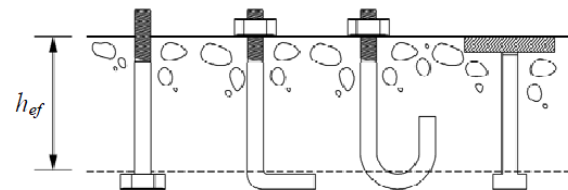


後置錨栓國內外規範探討

本節探討國內外後置錨栓相關規範與耐震探討



(a) 後置式錨栓



(b) 預埋式錨栓

國內設計法規-混凝土工程設計規範與解說(土木401-100)

內政部營建署頒佈之「混凝土結構設計規範」，已於100年7月1日實施。除修正全文，另增加錨栓設計「附篇D 混凝土結構用錨栓」等其他規範。

行政院公報

第 017 卷 第 108 期

20110613

內政篇

內政部令

中華民國 100 年 6 月 9 日

台內營字第 1000801914 號

修正「結構混凝土設計規範」為「混凝土結構設計規範」，並修正全文，自中華民國一百年七月一日生效。

附修正「混凝土結構設計規範」

部 長 江宜樺

附篇D 混凝土結構用錨栓分為後置式錨栓與預埋式錨栓
(法規設計方法翻譯於ACI 318 code)

ACI 318-14後 附篇D 轉為正式章節第17章

後置混凝土錨栓品質試驗方法

國內未訂定相關試驗方法，則可參考美國混凝土學會 ACI 355.2 之相關規定。

每日即時刊登行政院及所屬各機關公布之法令規章等資訊

對於本網站提供之相關資訊，如有任何疑義，請逕向公（發）布機關洽詢。

內政部令：修正「混凝土結構設計規範」第1.3.8點規定 (108年2月25日起生效)

正本	檔 號： 保存年限：
內政部 函	
機關地址：10556臺北市松山區八德路2段342號(管建署) 聯絡人：黃珮璇 聯絡電話：02-8771-2345#2697 電子郵件：ina@cpami.gov.tw 傳真：02-8771-2709	
108 臺北市萬華區開封街2段40號2樓 受文者：中華民國營造工程工業同業公會全國聯合會 發文日期：中華民國108年2月25日 發文字號：台內營字第1080802216號 類別：普通件 密等及解密條件或保密期限： 附件：	
主旨：「混凝土結構設計規範」第1.3.8點規定，業經本部於108年2月25日以台內營字第1080802216號令修正發布，如常修正發布規定，請逕至行政院公報資訊網（網址： http://gazette.nat.gov.tw ）下載，請查照並轉知所屬。	
正本：6直轄市政府、臺灣省14縣(市)政府、金門縣政府、連江縣政府、行政院農業委員會屏東農業生物技術園區籌備處、交通部高速公路局、科技部新竹科學工業園區管理局、科技部南部科學工業園區管理局、科技部中部科學工業園區管理局、經濟部水利署臺北水源特定區管理局、經濟部加工出口區管理處、陽明山國家公園管理處、墾丁國家公園管理處、太魯閣國家公園管理處、玉山國家公園管理處、雲嘉國家公園管理處、金門國家公園管理處、海洋國家公園管理處、台江國家公園管理處、中華民國全國建築師公會、中華民國土木技師公會全國聯合會、中華民國結構工程技師公會全國聯合會、中華民國不動產開發商業同業公會全國聯合會、中華民國營造工程工業同業公會全國聯合會、中國土木水利工程學會、社團法人臺灣混凝土學會、立法委員蔡宜津國會辦公室、立法委員陳歐陽國會辦公室、台灣物業管理學會 副本：本部建築研究所、營建署（資訊室(請刊登網站)、建築管理組)	
部長徐國勇	
中華民國聯合營造業同業公會全國聯合會 108.2.27 總收文號：20	

行政院公報

第 025 卷 第 036 期

20190225

內政篇

中華民國 108 年 2 月 25 日

內政部令

台內營字第 1080802216 號

修正「混凝土結構設計規範」第一．三．八點，自即日生效。

附修正「混凝土結構設計規範」第一．三．八點

部 長 徐國勇

混凝土結構設計規範第一．三．八點修正規定

1.3.8 本規範附篇 D「混凝土結構用錨栓」之規定，應於結構混凝土構材須用錨栓連結時設計應用之。

每日即時刊登行政院及所屬各機關公布之法令規章等資訊

對於本網站提供之相關資訊，如有任何疑義，請逕向公（發）布機關洽詢。

混凝土結構設計規範第一．三．八修正草案總說明

混凝土結構設計規範（以下簡稱本規範）係內政部依建築技術規則建築構造編第三百三十二條授權，於九十一年六月二十七日以台內營字第○九一○○八四六三三號令訂定發布結構混凝土設計規範，復以一百零六年六月九日台內營字第一○○○八○一九一四號令修正名稱為混凝土結構設計規範並修正全文，嗣於一百零六年五月三十一日台內營字第一○六○八○五八二九號令修正部分規定。茲因建築物外牆飾材之安裝，應以錨栓做連接固定，查本規範已訂有附篇D混凝土結構用錨栓，惟第一．三．八點敘明，該篇之規定，得於結構混凝土構材須用錨栓連結時設計應用之，較無強制性，爰予以修正，以確保公共安全。

混凝土結構設計規範第一．三．八修正草案對照表

修正規定	現行規定	說明
1.3.8 本規範附篇 D「混凝土結構用錨栓」之規定， 應 於結構混凝土構材須用錨栓連結時設計應用之。	1.3.8 本規範附篇 D「混凝土結構用錨栓」之規定， 得 於結構混凝土構材須用錨栓連結時設計應用之。	建築物外牆飾材之安裝，應以錨栓做連接固定，惟現行規定並未強制應依附篇 D 設計，為確保工程品質，爰予修正。

每日即時刊登行政院及所屬各機關公布之法令規章等資訊

對於本網站提供之相關資訊，如有任何疑義，請逕向公（發）布機關洽詢。

內政部令：修正「混凝土結構設計規範」附篇D第D.2點規定 (110年3月2日起生效)

檔 號：
保存年限：

內政部 函

地址：105404臺北市松山區八德路2段342
號(管建署)
聯絡人：方洪鎮
聯絡電話：02-87712695
電子郵件：cpl080101@cpani.gov.tw
傳真：02-87712799

受文者：臺北市府

發文日期：中華民國110年3月2日
發文字號：台內營字第1100801841號
類別：普通件
需等及解密條件或保密期限：
附件：

主旨：「混凝土結構設計規範」附篇D第D.2點規定，業經本部於
110年3月2日以台內營字第1100801841號令修正發布，如
需修正發布規定，請至行政院公報資訊網
(<http://gazette.nat.gov.tw>)下載，請查照並轉知所
屬。

正本：各直轄市政府、臺灣省14縣(市)政府、金門縣政府、連江縣政府、海洋國家公園
管理處、墾丁國家公園管理處、玉山國家公園管理處、陽明山國家公園管理處、
太魯閣國家公園管理處、雪霸國家公園管理處、金門國家公園管理處、台江國家
公園管理處、科技部新竹科學園區管理局、科技部中部科學園區管理局、科技部
南部科學園區管理局、經濟部加工出口區管理處、經濟部水利署臺北水源特定區
管理局、交通部高速公路局、行政院農業委員會屏東農業生物技術園區籌備處、
社團法人中國土木水利工程學會、社團法人台灣混凝土學會、中華民國不動產開
發商業同業公會全國聯合會、中華民國全國建築師公會、臺灣區綜合營造業同業
公會、中華民國土木技師公會全國聯合會、中華民國結構工程師公會全國聯合會、
中華民國工程技術顧問商業同業公會、中華民國全國營造業工地主任公會、
立法委員余天國會辦公室

副本：本部法規委員會、營建署(建築管理組)

中華民國110年3月2日
內政部 令

行政院公報

第 027 卷 第 037 期 20210302 內政篇

內政部令

中華民國 110 年 3 月 2 日

台內營字第 1100801841 號

修正「混凝土結構設計規範」附篇 D 第 D・二點，自即日生效。

附修正「混凝土結構設計規範」附篇 D 第 D・二點

部 長 徐國勇

每日即時刊登行政院及所屬各機關公布之法令規章等資訊

對於本網站提供之相關資訊，如有任何疑義，請逕向公（發）布機關洽詢。

混凝土結構設計規範第附篇D第D.2點修正草案總說明

混凝土結構設計規範（以下簡稱本規範）係內政部依建築技術規則建築構造編第三百三十二條授權，於九十一年六月二十七日以台內營字第○九一○○八四六三三號令訂定發布結構混凝土設計規範，復以一百零六年六月九日台內營字第一○○○八○一九一四號令修正名稱為混凝土結構設計規範並修正全文，嗣於一百零六年五月三十一日台內營字第一○六○八○五八二九號令修正部分規定及一百零八年二月二十五日台內營字第一○八○八○二二一六號令修正第一．三．八點規定。茲因現行市面上之後置混凝土錨栓，除符合 ACI 355.2 之相關規定者外，尚有符合 EOTA(European Organisation for Technical Assessment，歐洲技術評估組織)發表之 EAD 330232-00-0601 者，且其多數試驗型式與 ACI 355.2 尚具對應性，為符合實務需求及落實，爰予以修正。

混凝土結構設計規範附篇D 第D.2點修正規定

後置混凝土錨栓品質試驗方法

國內未訂定相關試驗方法，則可參考美國混凝土學會 ACI 355.2 或歐洲技術評估組織(EOTA)EAD 330232-00-0601 之相關規定，其中引用 EOTA 發表之評估準則時，設計者應評核其合格標準與 ACI發表之評估準則具有等值性。

每日即時刊登行政院及所屬各機關公布之法令規章等資訊

對於本網站提供之相關資訊，如有任何疑義，請逕向公（發）布機關洽詢。

內政部令：修正「混凝土結構設計規範」為「建築物混凝土結構設計規範」，並修正全文。(113年1月1日起生效)

法規

檔 號：
保存年限：

內政部 函

地址：105404臺北市松山區八德路2段342號(營建署)
聯絡人：方洪鎮
聯絡電話：02-87712695
電子郵件：cp1080101@cpami.gov.tw
傳真：02-87712709

受文者：中華民國全國建築師公會

發文日期：中華民國112年8月10日
發文字號：台內營字第1120809921號
類別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：

主旨：修正「混凝土結構設計規範」，名稱並修正為「建築物混凝土結構設計規範」，業經本部於112年8月10日以台內營字第1120809921號令修正發布，如需修正發布規定，請至行政院公報資訊網（網址：<https://gazette.nat.gov.tw/egFront>）下載，請查照並轉知所屬。

正本：各直轄市及縣(市)政府、海洋國家公園管理處、墾丁國家公園管理處、玉山國家公園管理處、陽明山國家公園管理處、太魯閣國家公園管理處、霧峰國家公園管理處、金門國家公園管理處、台江國家公園管理處、國家科學及技術委員會新竹科學園區管理局、國家科學及技術委員會中部科學園區管理局、國家科學及技術委員會南部科學園區管理局、經濟部加工出口區管理處、經濟部水利署臺北水源特定區管理局、交通部高速公路局、農業部農業科技園區管理中心、社團法人中國土木水利工程學會、社團法人台灣混凝土學會、中華民國不動產開發商業同業公會全國聯合會、臺灣區綜合營造業同業公會、中華民國全國建築師公會、中華民國土木技師公會全國聯合會、中華民國結構工程技師公會全國聯合會、社團法人中華民國大地工程技師公會、社團法人中華民國大地工程學會

副本：本部法規委員會、建築研究所、營建署(建築管理組)

文
交
換
章

行政院公報

第029卷 第149期 20230810 內政篇

內政部令

中華民國112年8月10日
台內營字第1120809921號

修正「混凝土結構設計規範」，名稱並修正為「建築物混凝土結構設計規範」，並自中華民國一百十三年一月一日生效。

附修正「建築物混凝土結構設計規範」

部 長 林右昌

每日即時刊登行政院及所屬各機關公布之法令規章等資訊

對於本網站提供之相關資訊，如有任何疑義，請逕向公（發）布機關洽詢。

第十七章 混凝土結構用錨栓

原附篇D混凝土結構用錨栓調整至正篇第十七章，並修正內容， 混凝土結構用錨栓皆須考慮開裂混凝土計算

解說：

擴頭幾何外型符合ASME B1.1，B18.2.1和B18.2.6之標準型預埋式擴頭螺栓和擴頭錨釘，已有試驗證明其行為是可預測的，因此其計算之拔出強度是可被接受的。

囿於國內CNS或相關學會尚無類似機械式錨栓評估準則和黏結式錨栓評估準則，為管理本章之混凝土結構用錨栓相關品質試驗方法和試驗成果合格標準，建議參考美國混凝土學會（American Concrete Institute, ACI）之ACI 355.2 (Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete) 規定有關混凝土後置機械式錨栓品質管理之評估準則，和ACI 355.4 (Qualification of Post-Installed Adhesive Anchors in Concrete and Commentary) 規定有關混凝土後置黏結式錨栓品質管理之評估準則相關規定。另，歐洲技術評估組織（European Organisation for Technical Assessment, EOTA）之（European Assessment Document, EAD）EAD-330232-00-0601 (Mechanical fasteners for use in concrete) 規定有關混凝土後置機械式錨栓品質管理之評估準則，和EAD-330499-00-0601 (Bonded fasteners for use in concrete) 規定有關混凝土後置黏結式錨栓品質管理之評估準則相關規定亦為本規範之建議參考評估準則。引用EOTA發表之評估準則時，建議評核其合格標準與ACI發表之評估準則具有等值性。

台北市外牆飾材法規 (105年7月1日起生效)

臺北市政府都市發展局 函

檔 號：
保存年限：

地址：臺北市信義區市府路1號
承辦人：陳明徽
電話：1999(外縣市 02-27208889)轉8378
傳真：27203922
電子信箱：1723@dba2.tcg.gov.tw

受文者：臺北市建築師公會

發文日期：中華民國105年5月30日
發文字號：北市都授建字第10563375700號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：

主旨：為加強本市新建建築物外牆飾材施工管理，有關新建建築物外牆飾材施工管理制度將於105年7月1日執行一案，請轉知貴會所屬會員依說明事項配合辦理，請查照。

新北市外牆飾材新法規 (109年1月1日起生效)

正本

檔 號：
保存年限：

新北市不動產公會
收第108285號
文108年10月7日

新北市政府工務局 函

地址：22001新北市板橋區中山路1段161號5樓
承辦人：郭百胤
電話：(02)29603456 分機5745
傳真：(02)29668144
電子信箱：ah8184@ntpc.gov.tw

新北市中和區中山路二段118號3樓之2

受文者：新北市不動產開發商業同業公會

發文日期：中華民國108年10月3日
發文字號：新北工施字第1081849730號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：如主旨

主旨：為加強本市新建建築物外牆飾材施工管理，配合修正「新建建築物外牆飾材施工管理制度」，自109年1月1日起適用所有使用執照申請案件，惠請轉知貴會會員配合辦理，請查照。

臺北市、新北市-新建建築物外牆飾材施工管理制度

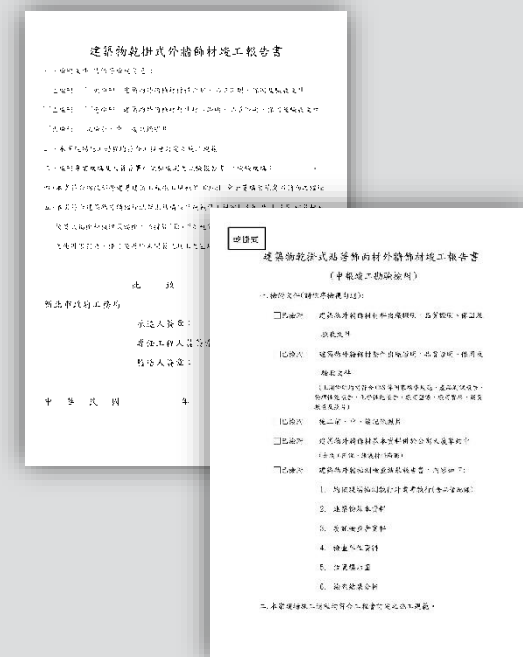
乾掛式

建築物乾掛式貼著飾面材外牆飾材竣工報告書

(申報竣工勘驗檢附)

四、本案符合建築物外牆錨栓混凝土結構設計規範修正規定 1.3.8 及 1.3.9 相關規範。後置式錨栓和預埋式錨栓，依據 ACI355.2 之規定設置。外牆未能符合開裂混凝土之使用限制時，僅可使用於未開裂混凝土之區域。

臺北市



建築物乾掛式外牆飾材竣工報告書

五、本案符合建築物外牆錨栓混凝土結構設計規範修正規定 1.3.8 及 1.3.9 相關規範。

後置式錨栓和預埋式錨栓，依據 ACI355.2 之規定設置。外牆未能符合開裂混凝土之使用限制時，僅可使用於未開裂混凝土之區域。

新北市

**兩市文中皆提及後置式錨
栓和預埋式錨栓需依據
ACI355.2 之規定設置**

**ACI355.2：
錨栓必須符合開裂混凝土
之使用認證**

相關法規變更期程整理

混凝土結構設計規範			
單位	發布日期	內容	相關說明
內政部營建署	100.6.9	修正「結構混凝土設計規範」為「混凝土結構設計規範」，並修正全文	增加「附篇D 混凝土結構用錨栓」規範。
內政部營建署	106.5.31	修正部分規定	
內政部營建署	108.2.25	修正第1.3.8點規定	“得” 改 “應”
內政部營建署	110.3.2	修正附篇D第D.2點規定，自即日生效	增加可參考符合歐洲技術評估組織之相關規定
內政部營建署	112.8.10	修正「混凝土結構設計規範」為「建築物混凝土結構設計規範」，並修正全文	原附篇D混凝土結構用錨栓調整至正篇第十七章，並修正內容，混凝土結構用錨栓皆須考慮開裂混凝土計算

新建建築物外牆飾材施工管理制度			
單位	生效日期	內容	相關說明
台北市都發局	105.7.1	本案符合建築物外牆錨栓混凝土結構設計規範修正規定1.3.8 及 1.3.9 相關規範。	後置式錨栓和預埋式錨栓，依據ACI355.2之規定設置。外牆未能符合開裂混凝土之使用限制時，僅可使用於未開裂混凝土之區域。
新北市工務局	109.1.1		

土木401-112與新版國家「建築物混凝土結構設計規範」內容一致，係以美國ACI318-19規範為基礎。



17.6.2.5 解說：

後置式錨栓未符合機械式錨栓評估準則或黏結式錨栓評估準則在開裂混凝土之使用要求時，宜使用於未開裂混凝土之範圍。決定開裂形成之分析宜包含束制收縮之效應（參見第24.4.2節）。機械式錨栓評估準則或黏結式錨栓評估準則檢核錨栓適用性係要求錨栓在開裂混凝土區當裂縫寬度為0.03 cm時仍表現良好。當混凝土開裂比預期較大時，宜提供圍束鋼筋以控制裂縫寬度約為0.03 cm。更多的資料可參考ACI 224R。

17.10.3 解說：

不適用於開裂混凝土之錨栓不可用於抵抗地震載重。使用於開裂混凝土之後置式錨栓之品質控制，是機械式錨栓評估準則和黏結式錨栓評估準則中，抵抗地震載重品質控制中不可或缺的一部分。機械式錨栓評估準則和黏結式錨栓評估準則中，由模擬地震試驗獲得之設計值可預期小於使用靜力載重之值。

17.10.5.4 解說：

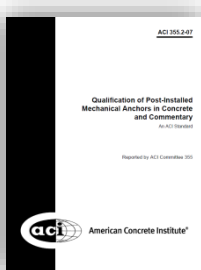
錨栓標稱拉力強度之折減與混凝土破壞模式相關，其係考量在地震力作用下混凝土所增加之開裂和剝落。因為耐震設計係假設結構體全部或部分已受力降伏，故於決定錨栓強度時，一般將混凝土視為已全部開裂。當某區域之混凝土可顯示並未開裂，則可假設未開裂混凝土之破壞模式以決定錨栓之強度。





Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete and Commentary

Reported by ACI Committee 355



ACI 355.2-07

Table 4.2—Test program for evaluating anchor systems for use in **cracked and uncracked concrete**

Test number	Section	Purpose	Description	Crack opening width w , in. (mm)	Concrete strength	Member thickness	Drill bit diameter	Minimum sample size * n
<i>Reference tests</i>								
1	7.2	Reference test in uncracked low-strength concrete	Tension—single anchor with no edge influence	—	Low	$\geq h_{min}$	d_m	5
2	7.2	Reference test in uncracked high-strength concrete	Tension—single anchor with no edge influence	—	High	$\geq h_{min}$	d_m	5
3	7.2	Reference test in low-strength, cracked concrete	Tension—single anchor with no edge influence	0.012 (0.3)	Low	$\geq h_{min}$	d_m	5
4	7.2	Reference test in high-strength, cracked concrete	Tension—single anchor with no edge influence	0.012 (0.3)	High	$\geq h_{min}$	d_m	5
<i>Reliability tests</i>								
5	8.2	Sensitivity to reduced installation effort	Tension—single anchor with no edge influence	0.012 (0.3)	Varies with anchor type	$\geq h_{min}$	$d_m^{\dagger}$	5
6	8.3	Sensitivity to crack width and large hole diameter	Tension—single anchor with no edge influence	0.020 (0.5)	Low	$\geq h_{min}$	d_{max}	5
7	8.4	Sensitivity to crack width and small hole diameter	Tension—single anchor with no edge influence	0.020 (0.5)	High	$\geq h_{min}$	d_{min}	5
8	8.6	Test in cracks whose opening width is cycled	Sustained tension—single anchor with no edge influence, residual capacity	0.004 to 0.012 (0.1 to 0.3)	Low	$\geq h_{min}$	$d_{max}^{\dagger}$	5
<i>Service-condition tests</i>								
9	9.2	Verification of full concrete capacity in corner with two edges located at $1.5h_{ef}$	Tension—single anchor in corner with two edges located at $1.5h_{ef}$	—	Low	h_{min}	d_m	4
10	9.3	Minimum spacing and edge distance to preclude splitting on installation in uncracked concrete	High installation tension (torque or direct)—two anchors near edge	—	Low	h_{min}	d_m	5
11	9.4	Shear capacity of anchor steel [§]	Shear—single anchor with no edge influence	—	Low	$\geq h_{min}$	d_m	5
12	9.5	Seismic tension	Pulsating tension, single anchor, with no edge influence	0.020 (0.5)	Low	$\geq h_{min}$	d_m	5
13	9.6	Seismic shear	Alternating shear, single anchor, with no edge influence	0.020 (0.5)	Low	$\geq h_{min}$	d_m	5

地震帶拉力與剪力試驗須符合開裂混凝土裂縫寬度至0.5mm



台灣(環太平洋地震帶)大部分的建築都應符合抗震性能類別C2

非結構構件		
地表加速度 (g)	重要性等級 II or III	重要性等級 IV
≤ 0.05 g	非地震帶($\leq 0.3\text{mm}$)	
0.05 g~ 0.1 g	C1($\leq 0.5\text{mm}$)	C2($\leq 0.8\text{mm}$)
≥ 0.1 g	C2($\leq 0.8\text{mm}$)	

主要結構構件		
地表加速度 (g)	重要性等級 II or III	重要性等級 IV
≤ 0.05 g	非地震帶	
0.05 g~ 0.1 g	C2($\leq 0.8\text{mm}$)	
≥ 0.1 g		

重要性等級	建築物用途	建物舉例
II	其他一般建築物	住宅
III	公共建築	活動中心、博物館、百貨公司、大賣場、電影院、車站等等
IV	災後地震後，必須維持機能以救濟大眾之重要建築物	消防警政單位、學校、醫院、電廠、自來水廠等等



依“建築物耐震設計規範及解說”，台灣地區共分為地震甲區及地震乙區，其對應的加速度係數分別為0.33g及0.23g，皆大於EN 1998-1規範之0.1g，故建議使用有符合C2認證之錨栓。



開裂混凝土與裂縫循環開合

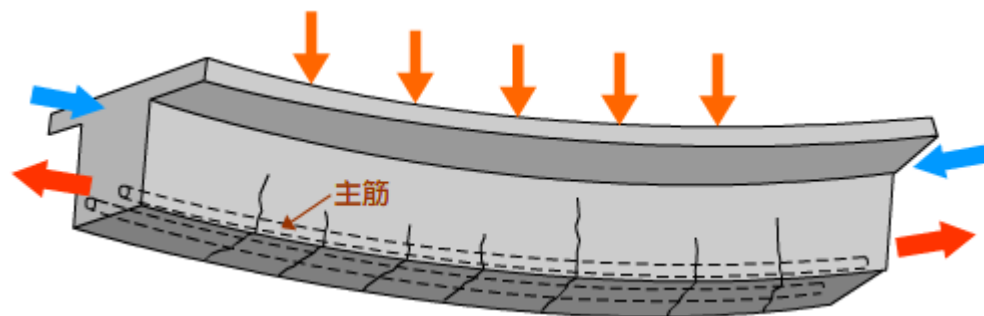
開裂混凝土是錨固工程中的關鍵考量因素，影響錨栓性能和耐震表現。

混凝土裂縫產生的原因

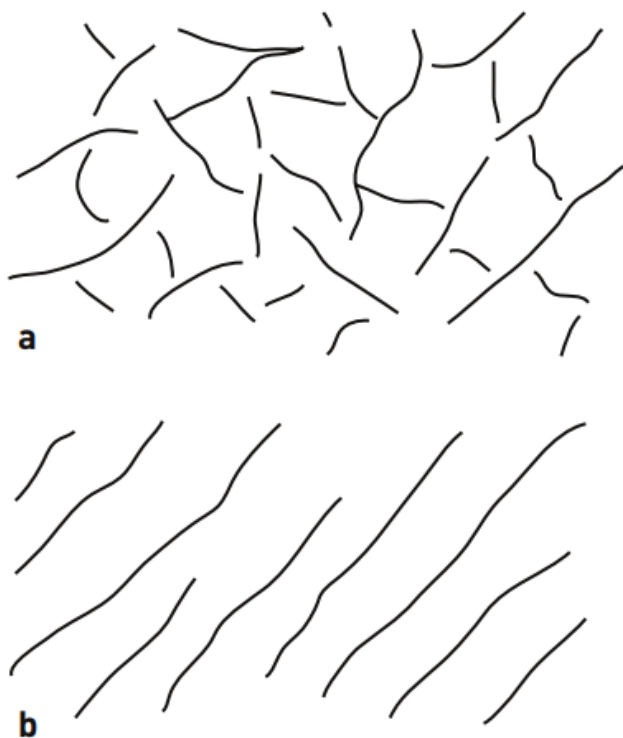
混凝土產生裂縫的原因很多，主要原因如下：

1. 混凝土之體積變化-乾縮及溫度應力造成混凝土受拉
2. 混凝土受張力及撓曲

結合以上之原因可知，由於混凝土**乾縮**和**抗拉低**...
等特性，故混凝土結構物或多或少都會有裂縫之產生。



混凝土裂縫產生的原因

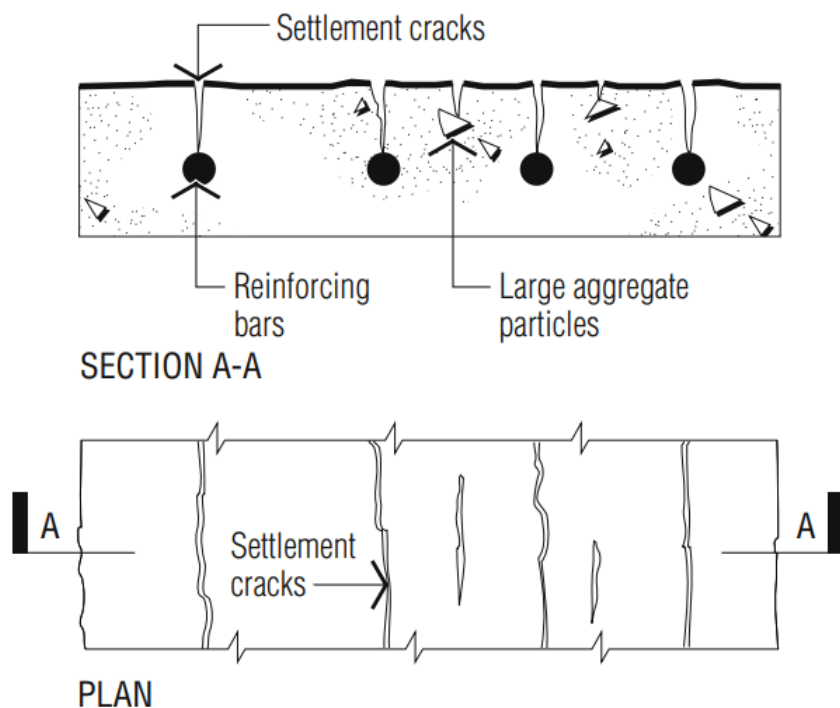


Figures 1a and 1b: Typical shrinkage cracking

塑性收縮裂縫(硬固前)

它是指混凝土尚未凝固時，在其表面所產生的細微裂縫。其原因是由於混凝土澆築後數小時、硬化之前仍處於塑性狀態的時刻，混凝土澆築後表面沒有及時覆蓋及澆水養護，由於水分過快的蒸發，混凝土產生急劇的體積收縮而導致塑性收縮裂縫。

混凝土裂縫產生的原因



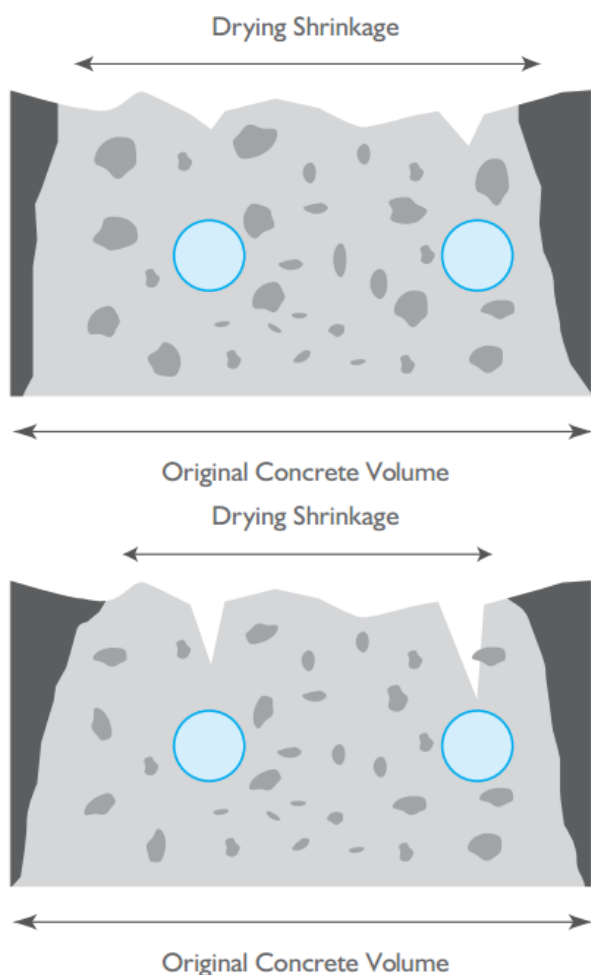
沉降收縮裂縫(硬化前)

在混凝土澆灌後的1-2小時內，當混凝土尚未凝固期間，主要是沿鋼筋的走向，在混凝土表面產生的裂縫。

形成原因

其形成原因是由於混凝土澆置後，骨料沉落受到鋼筋、預埋件等局部阻礙，在鋼筋骨架上方的混凝土因為有鋼筋拖著與鋼筋間隙間的混凝土收縮下沉不一致而產生的。

混凝土裂縫產生的原因



乾燥收縮裂縫(硬固後)

混凝土的乾燥過程是由表面逐步擴展到內部的，在混凝土內部呈現出水的分佈梯度，於是產生了表面收縮大、內部收縮小的不均勻收縮。

應力產生

致使表面混凝土受到拉應力，內部混凝土承受壓應力。

裂縫形成

當表面混凝土的拉應力大於混凝土抗拉強度時，便使得混凝土表面開裂，而形成乾縮裂縫。

混凝土裂縫產生的原因

溫度收縮裂縫(硬固後)

熱脹冷縮特性

混凝土和其他材料一樣，有著熱漲冷縮的特性。

裂縫產生機制

這種應力通常為拉應力，當這種拉應力超過混凝土的抗拉強度時，裂縫就會產生。

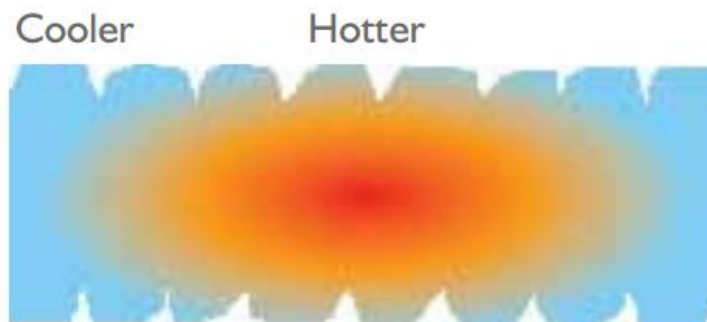


水化熱影響

在混凝土凝固和初期硬化過程中，由於水和水泥之間發生化學反應而釋放出大量的水化熱。

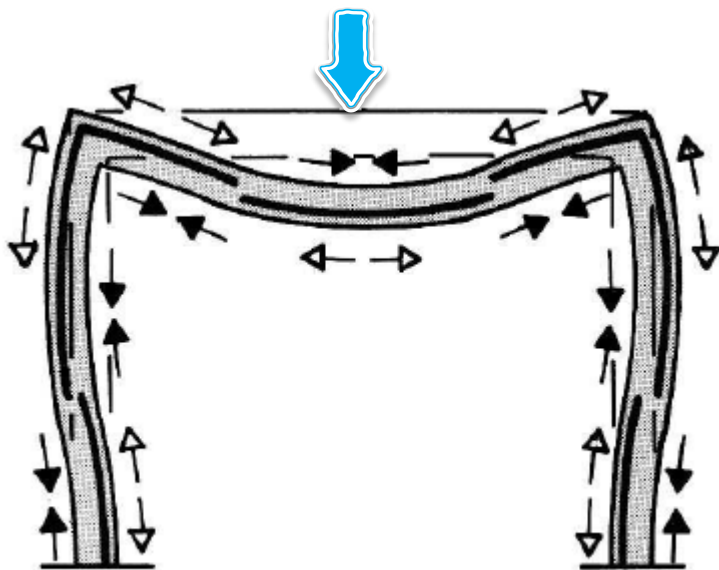
溫度梯度與應力

混凝土是熱的不良導體，造成混凝土內部溫度較高，由此使混凝土內外產生較大的溫度差，形成溫度應力。

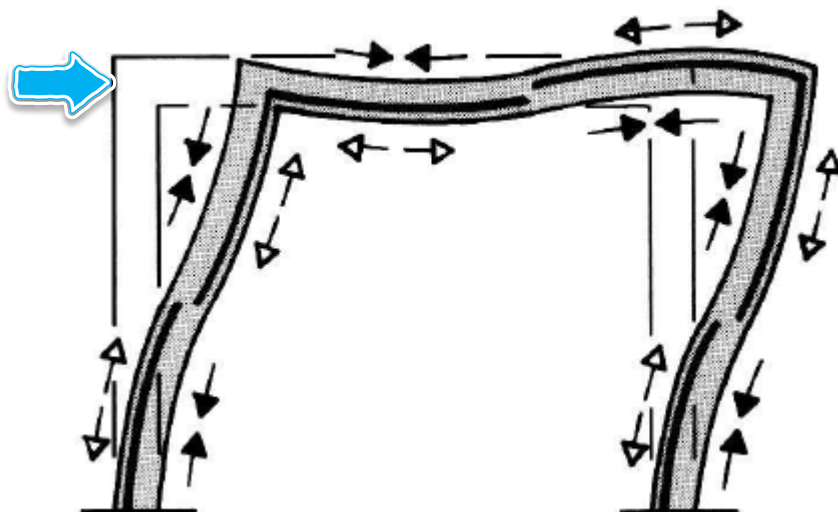


開裂/非開裂位置概述(整體)

結構物(柱、梁、版)承受載重下變形情況

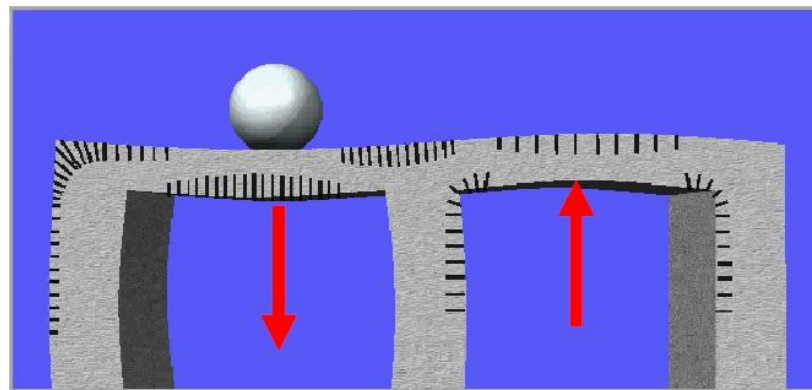
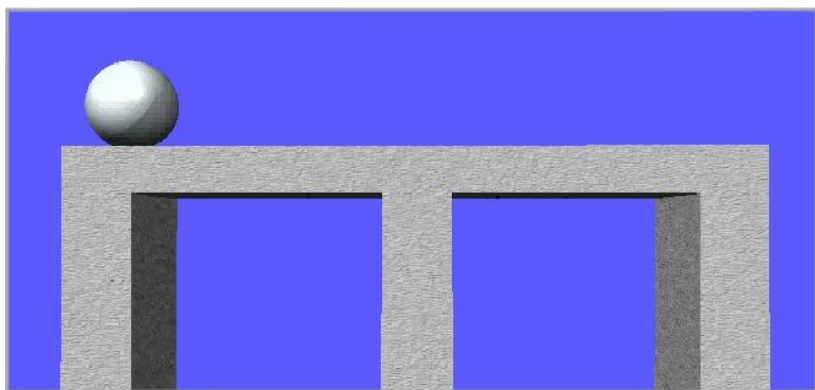


垂直載重下的結構變形



水平載重下的結構變形

混凝土建築在其使用壽命期間， 裂縫會發生什麼變化？



(ETAG 001 預期最低使用壽命為 50 年)



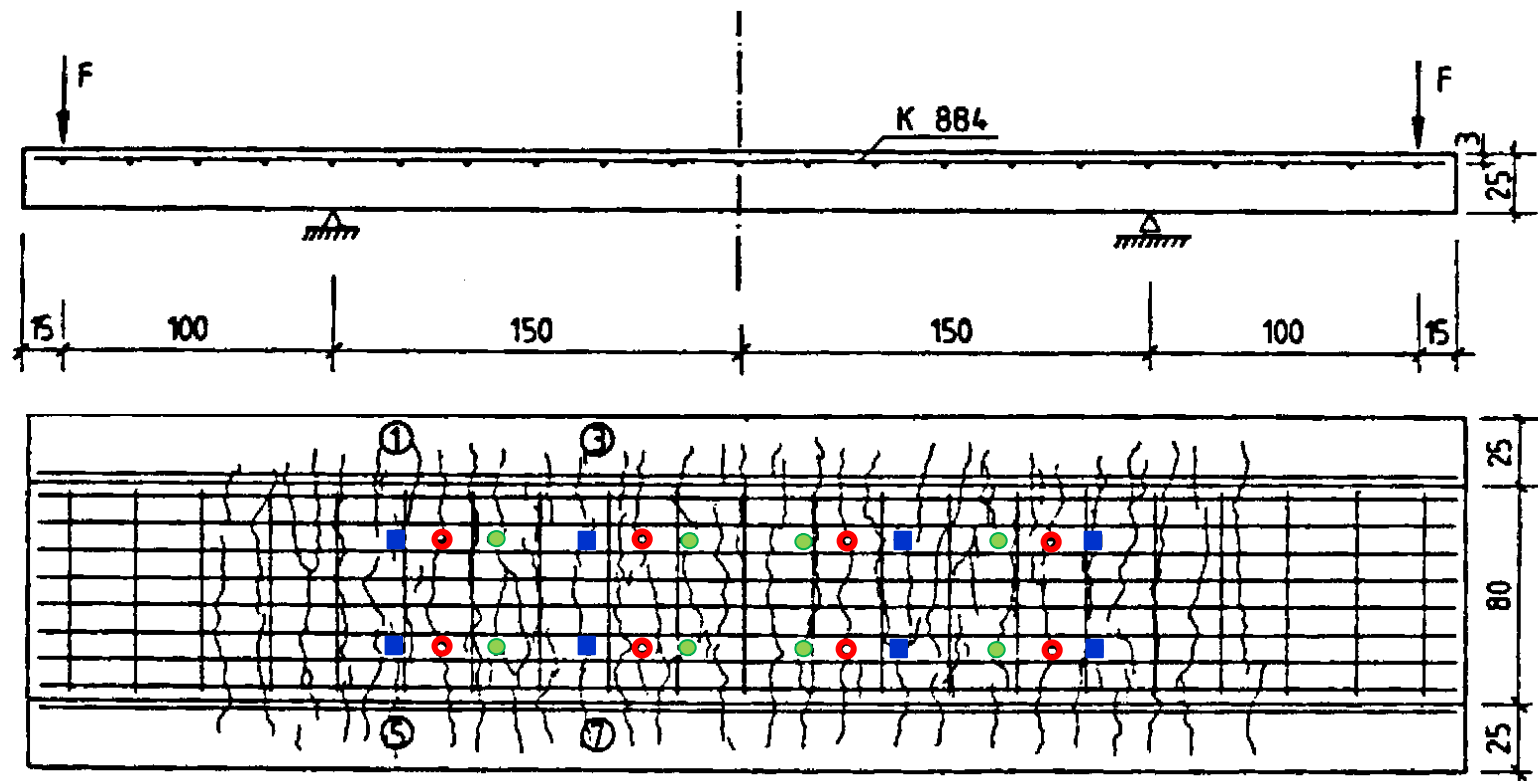
改變荷載會影響及改變裂縫的路線和位置



裂縫會因移動荷載的變化而開合

梁下裂縫與錨固圖

結構物(柱、梁、版)承受載重下變形情況



■ 承載錨栓

● 未承載錨栓

○ 僅鑽孔

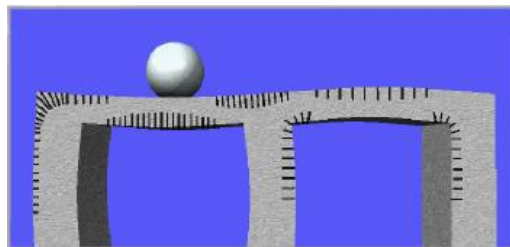
總結

Cracks can occur **in any** concrete
任何混凝土都可能出現裂縫

Cracks can occur **at any time** during the lifetime, even after several years
即使在幾年之後，裂縫也可能在使用壽命期間的任何時間發生

Cracks are strongly "**attracted**" by existing anchor holes
裂縫被現有的錨孔強烈"吸引"

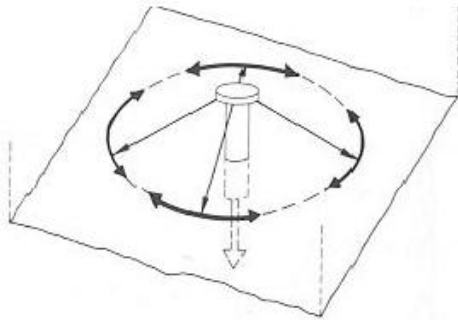
The **depth** of cracks are not **predictable**
裂縫的深度是不可預測的



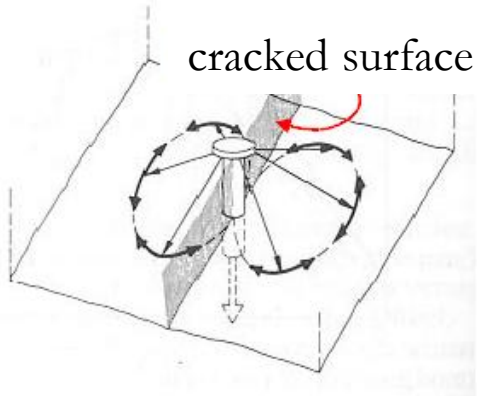
Changing loads can influence and change the **course and the position of cracks** during the building's life.
在建築的使用壽命期間，改變荷載會影響及改變裂縫的路線和位置

裂縫對錨栓承載能力的影響

非開裂混凝土



開裂混凝土

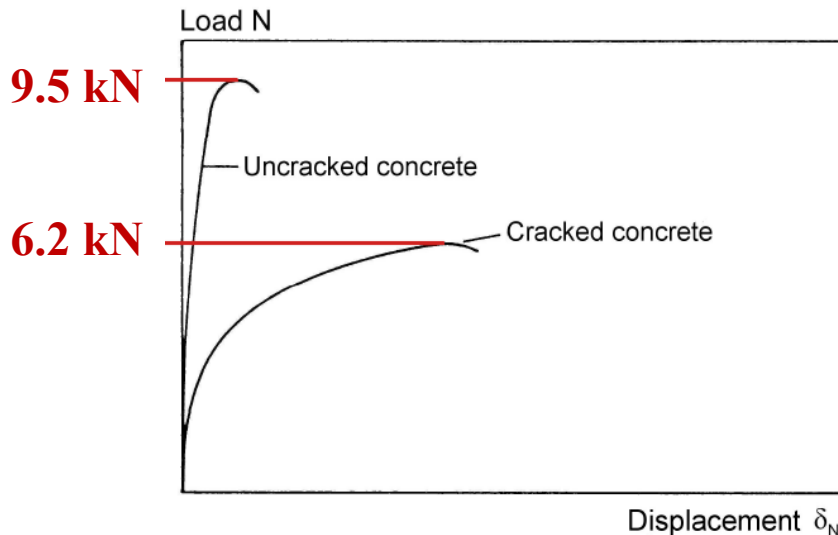


Cracks have 2 effects on the concrete failure of anchors:

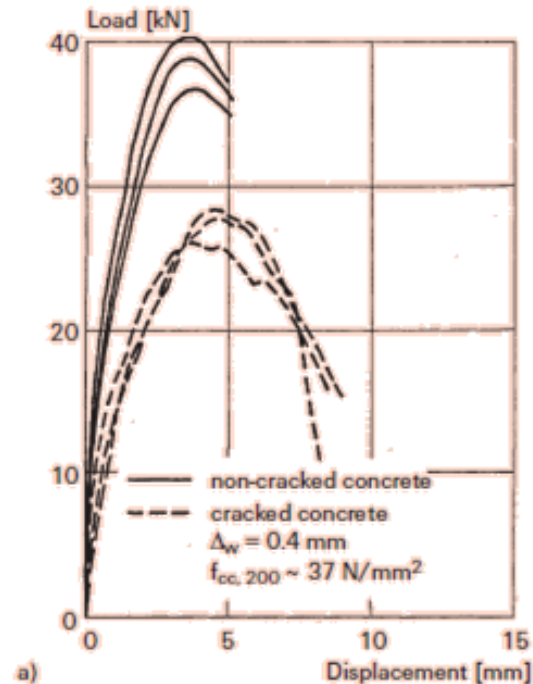
- **Reduces the hoop tensile stress (for all anchors)**
- **Impairs load transmission (composite anchor, expanding anchor)**

裂縫對錨栓承載能力的影響-開裂式錨栓

- 1) Anchor is approved for cracked concrete
→ Load bearing capacity is **about 30%**
higher in non-cracked concrete



e.q. FAZ II M10



**Load displacement curve of
force-controlled anchors M12**

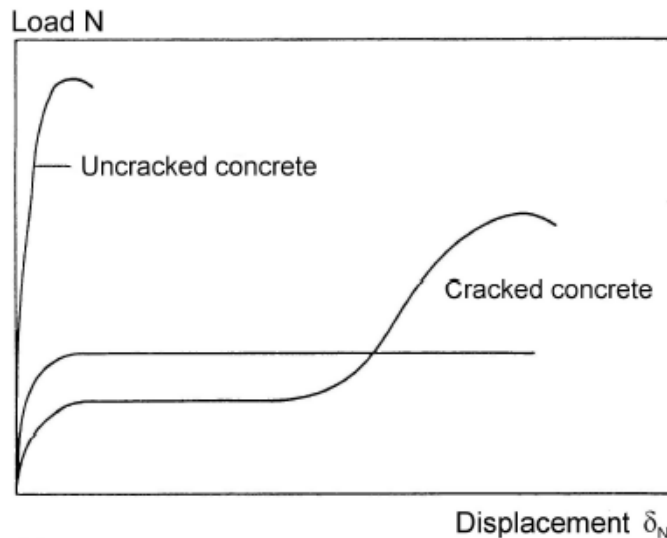


裂縫對錨栓承載能力的影響-非開裂式錨栓

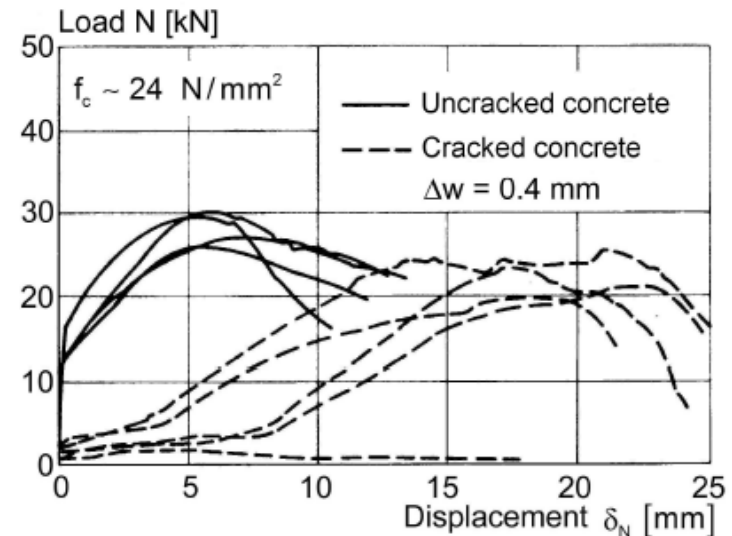
2) Anchor is **not** approved for cracked concrete

→ Cracks **reduce** load capacity by **approx. 50-80%**

→ Load capacity is **not predictable**



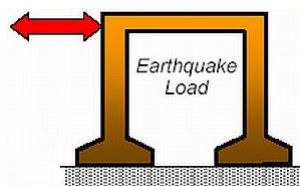
e.g. FBN II M10



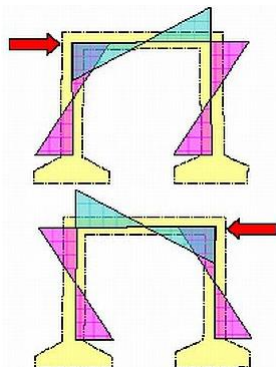
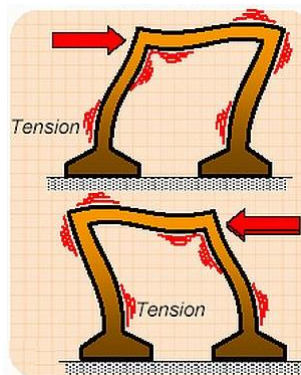
**Load displacement curve of
force-controlled anchors M12**

混凝土開裂的因素

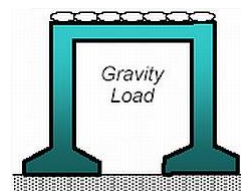
地震載重



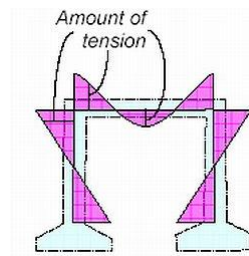
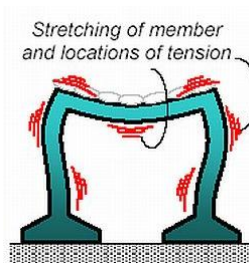
地震載重作用情況下，**混凝土構建幾乎到處都會開裂**。



靜載重

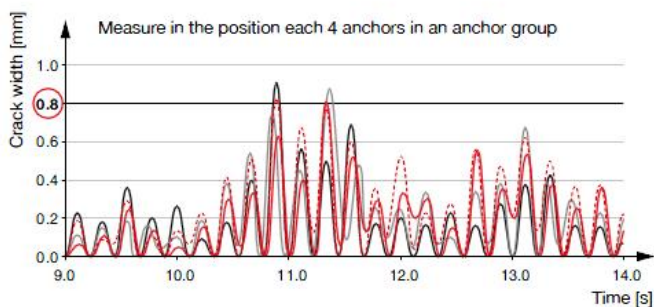


靜載重作用情況下，**僅張力區會發生裂縫**。

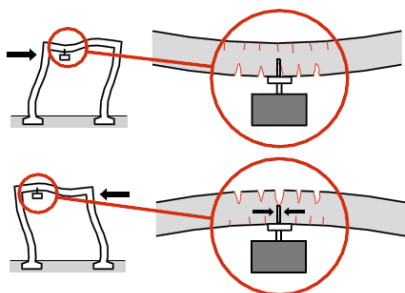


混凝土裂縫寬度與循環

地震載重

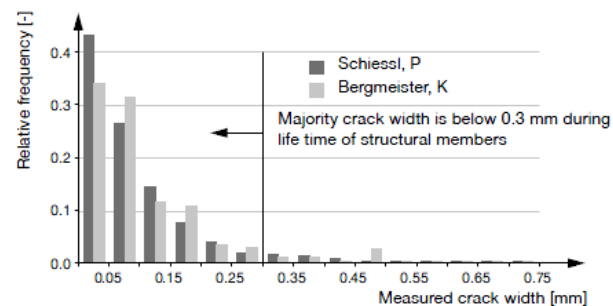


地震載重作用情況下，裂縫寬度可達0.8mm

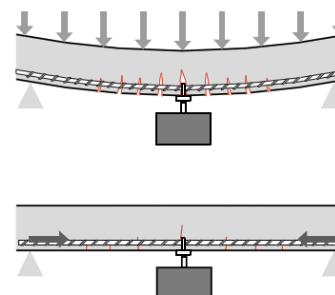


明顯的裂縫開合現象，錨栓傾向在裂縫開合循環過程中滑出

靜載重



使用條件設計限制裂縫寬度0.3mm

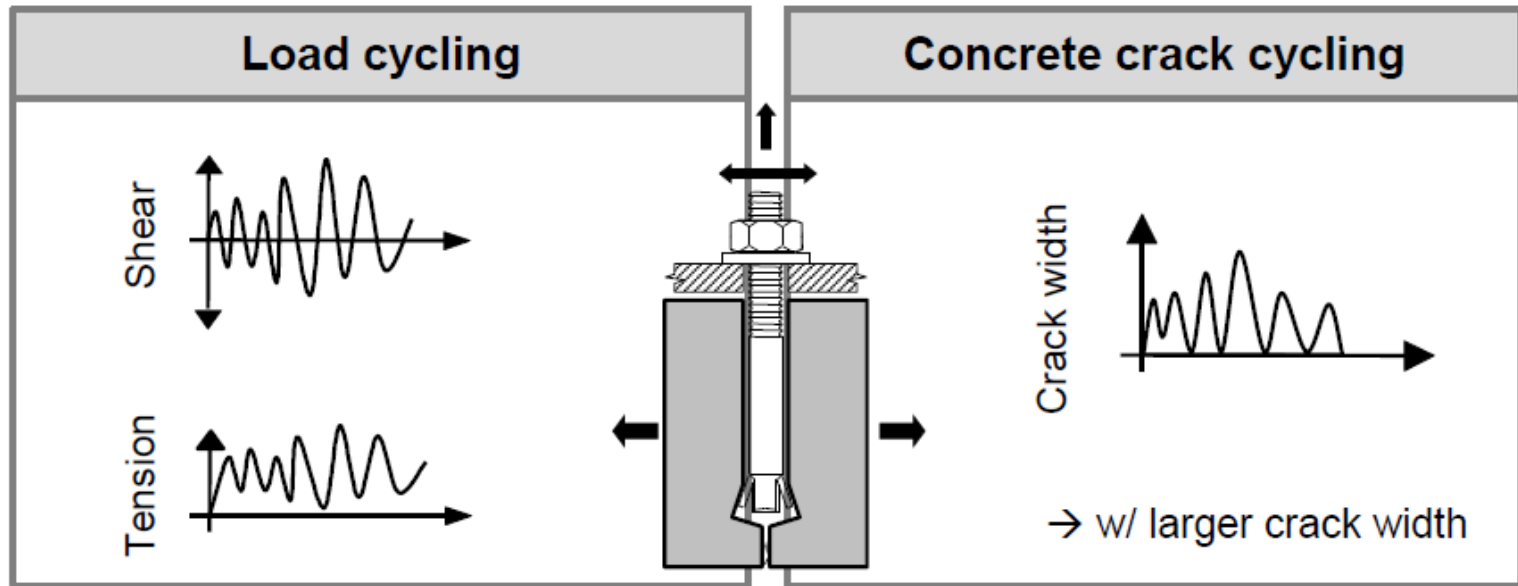


裂縫隨著載重變化而開合，錨栓不會滑出

裂縫循環及地震測試

Seismic loading induces extreme conditions in the fastenings, much above concrete cracks

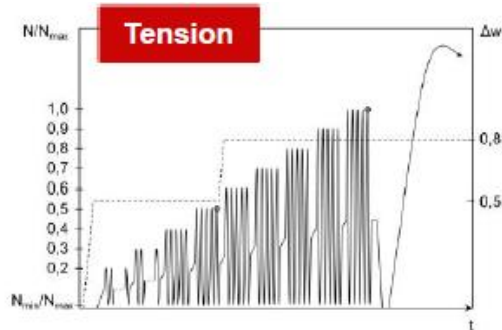
- during an earthquake the anchors will need to cope with



Anchor design for seismic loading requires a set of specific prequalification, approval document and design regulations

裂縫循環及地震測試

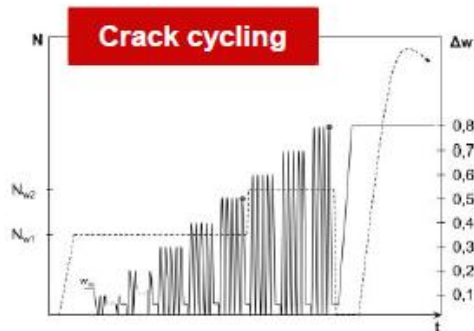
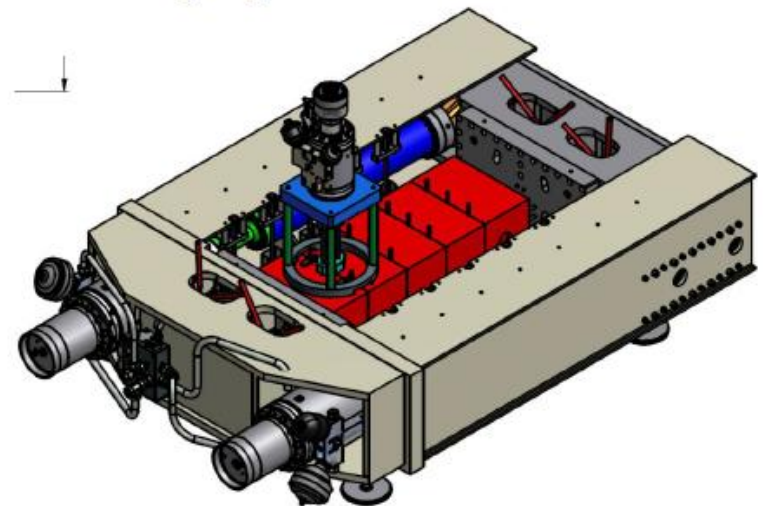
Test program : Seismic Category C2



$$N_{max} = 0,75 \cdot N_{u,m,ref}$$

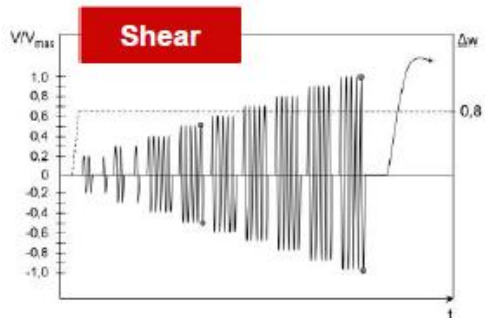
- Const. crack: $\Delta w = 0.5 \text{ mm} / 0.8 \text{ mm}$
- provides anchor capacities in terms of strength (forces) and deformations

High sophisticated test frame for crack cycling test:



$$N_{w1} = 0,4 \cdot N_{u,m,ref}$$

$$N_{w2} = 0,5 \cdot N_{u,m,ref}$$

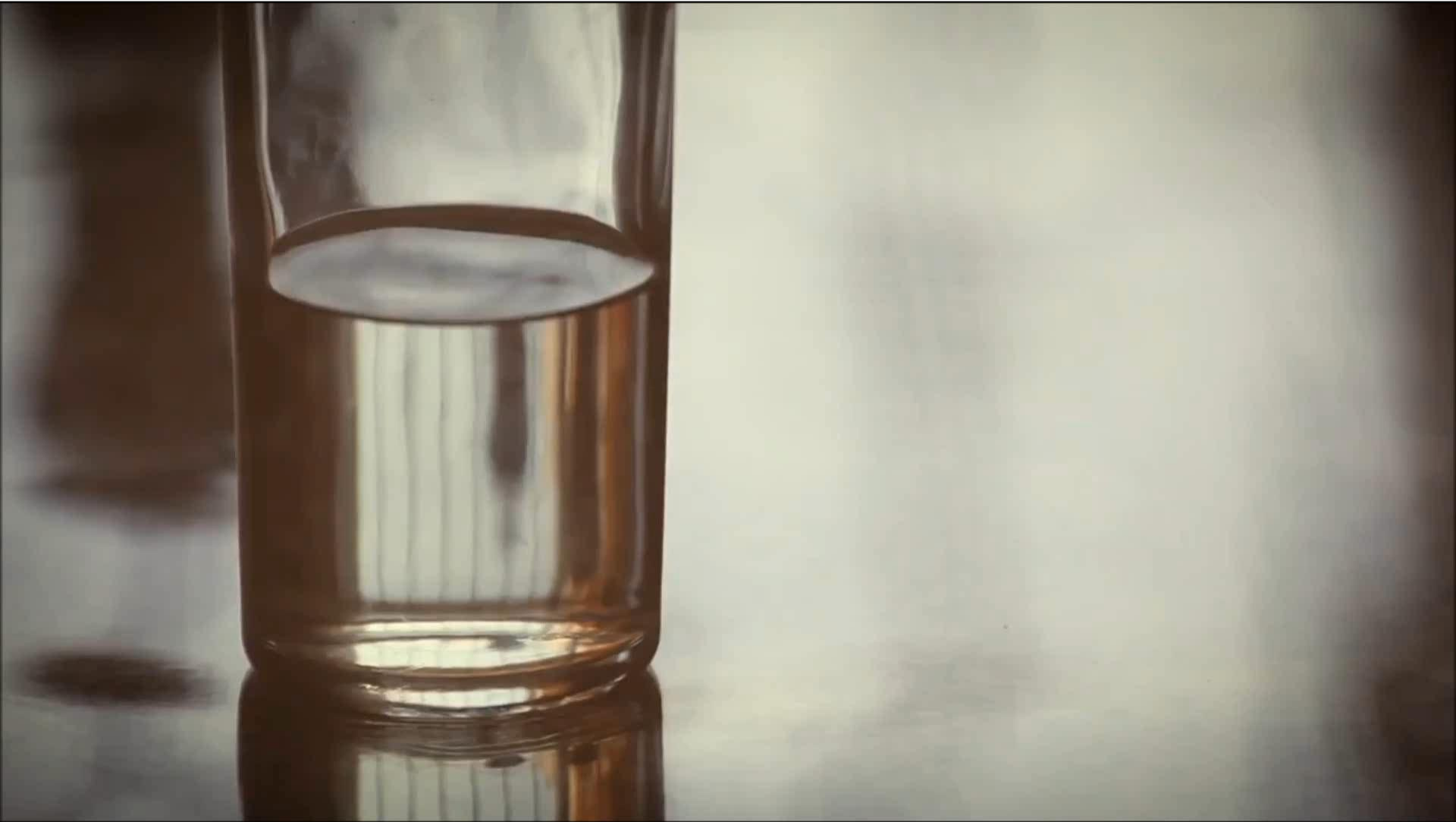


$$V_{max} = 0,85 \cdot V_{u,m,ref}$$

$N_{u,m,ref}$ = normalized mean tension capacity (C20/25, $\Delta w = 0.8 \text{ mm}$)

$V_{u,m,ref}$ = normalized mean shear capacity (C20/25, $\Delta w = 0.8 \text{ mm}$)

地震測試對錨固性能的影響



地震作用下錨栓的抗震行為



FISCHER通過ICC與歐盟開裂認證的錨栓產品

歐規ETA

非地震帶混凝土裂縫寬度：0.3mm

地震帶混凝土裂縫寬度(C1)：0.5mm

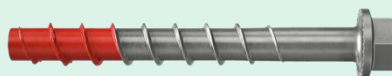
地震帶混凝土裂縫寬度(C2)：0.8mm

機械&化學錨栓

ACI 355.2 Mechanical



FAZ II Plus 扭力控制型膨脹錨栓
ICC-ESR/ETA C1/C2
M10~M20



FBS II 自攻式螺紋錨栓
ETA C1/C2
M8~M12



FH II 高性能套管錨栓
ETA C1/C2
M10~M24



FZA 底切式錨栓
ICC-ESR/ETA C1/C2
M10~M16

ACI 355.4 Adhesive



Superbond-System FSB
ICC-ESR/ETA C1/C2



FIS EM PLUS
ICC-ESR/ETA C1/C2

HILTI通過ICC與歐盟開裂認證的錨栓產品

歐規ETA

非地震帶混凝土裂縫寬度：0.3mm

地震帶混凝土裂縫寬度(C1)：0.5mm

地震帶混凝土裂縫寬度(C2)：0.8mm

機械&化學錨栓

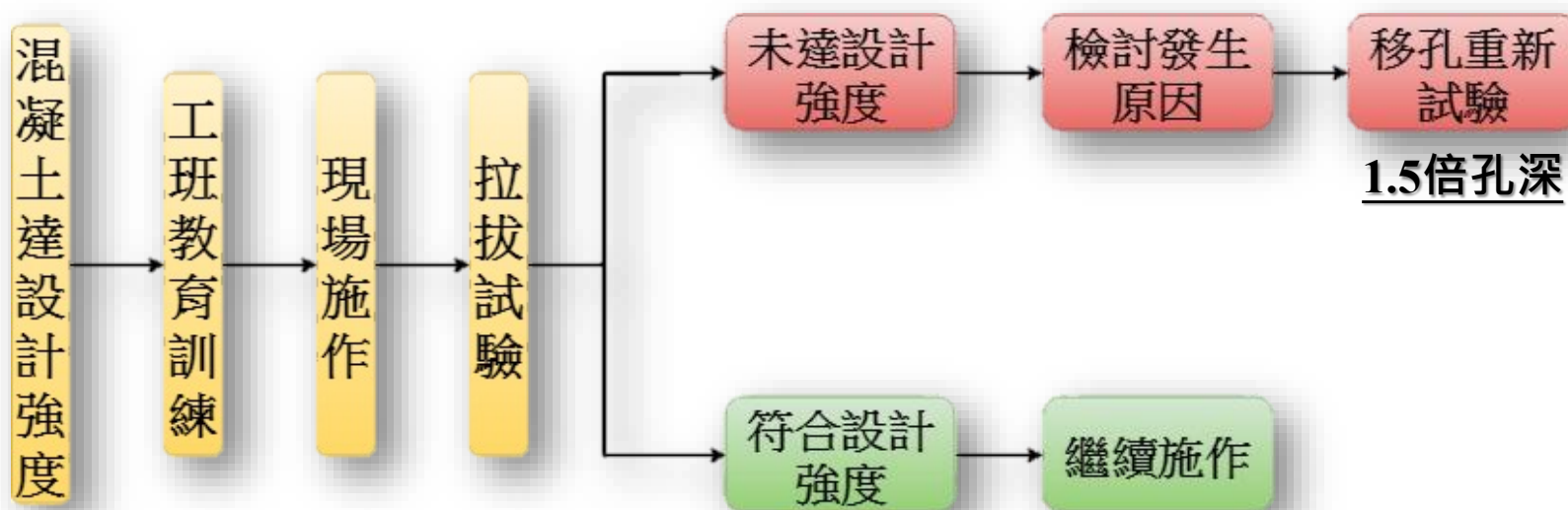
 HUS4自攻錨栓 ETA Cracked concrete and C1/C2	 HST3 扭矩控制型膨脹錨栓 IAPMO-ER ETA Cracked concrete and C1/C2	 HSL4 高荷載膨脹錨栓 ICC-ESR ETA Cracked concrete and C1/C2	 HDA 自切底錨栓 ICC-ESR ETA Cracked concrete and C1/C2
ICC ESR-3027 ETA-20/0867	IAPMO ER-578 ETA-98/0001	ICC ESR-4386 ETA-19/0556	ICC ESR-1546 ETA-99/0009
 HVU2 + HAS-U ICC-ESR ETA Cracked concrete and C1/C2	 HY200-R V3 + HIT-Z ICC-ESR ETA Cracked concrete and C1/C2	 RE500V3 + HAS-U ICC-ESR ETA Cracked concrete and C1/C2	
ICC ESR-4372 ETA-16/0515	ICC ESR-4868 ETA-19/0632	ICC ESR-3814 ETA -16/0143	



錨栓拉拔試驗流程

本試驗流程介紹錨栓拉拔的步驟與注意事項

試驗流程圖



拉拔試驗資料



CFA Guidance note: **Procedure for Site Testing Construction Fixings - 2012**

1 INTRODUCTION

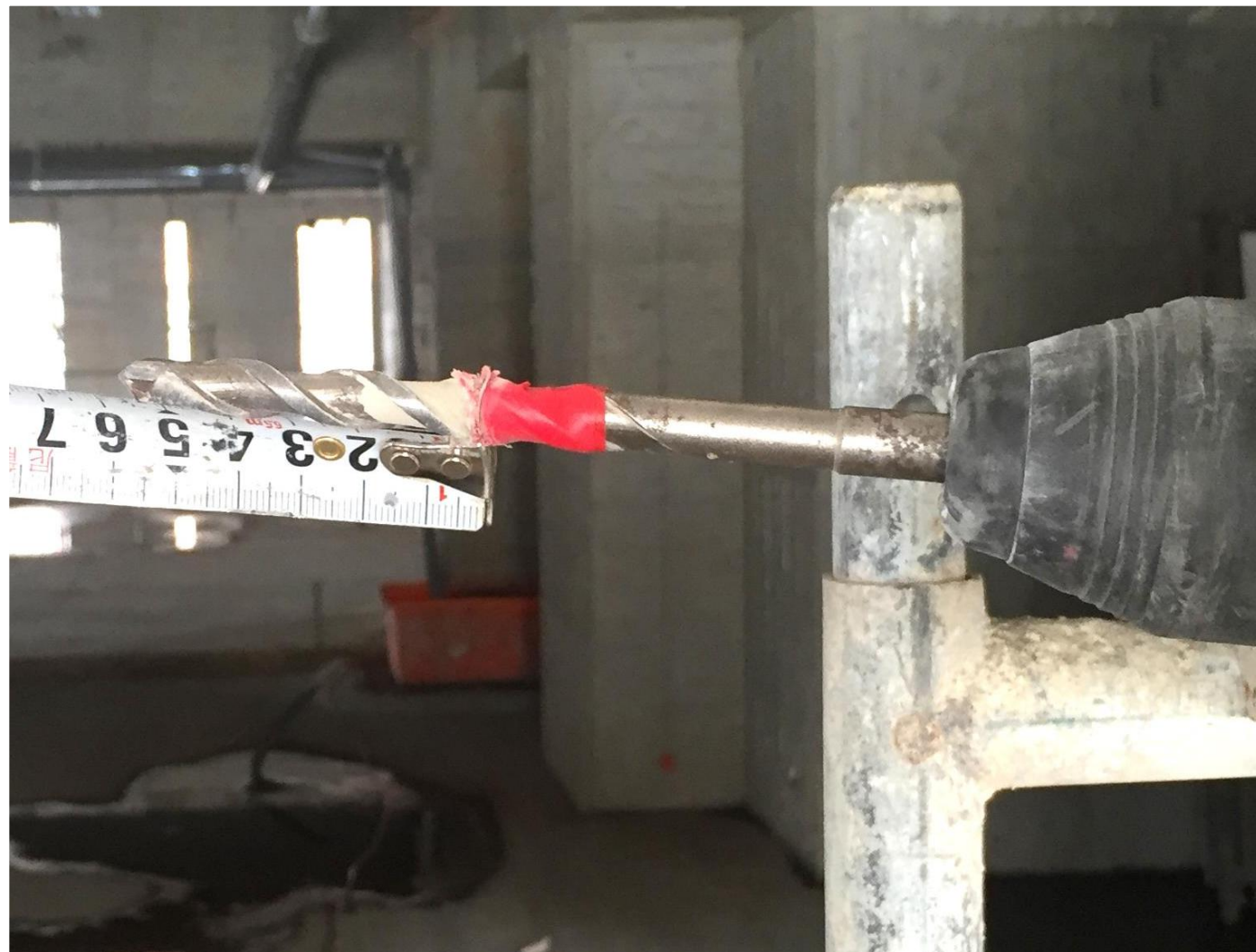
The primary purpose of this Guidance Note is to provide guidance as to how anchors should be tested when it is necessary to do so on the construction site, in particular when this is being carried in accordance with the recommendations of the **British Standard BS 8539:2012 Code of Practice for the selection and installation of post-installed anchors in concrete and masonry**¹. The Code of Practice sets out the roles and responsibilities of all stakeholders in the use of construction fixings including testers for whom it defines the test regimes. This Guidance Note is a Normative Reference within the code i.e. it is indispensable for its application, and provided details of how tests should be carried out. Testers should have a copy of the code and be familiar with especially clauses 4.7, 9 and Annex B.



c) Where there is no anchor available on the market which carries a **CE mark** Annex B 2.3 should be carried out as long as the proposed anchors are of a type approved by the manufacturer for use

確認鑽孔深度

每隻錨栓都有其對應的鑽孔深度



混凝土鑽孔



清孔



植入錨栓



施以固定扭矩確保安裝完成

每隻錨栓都有其對應的鎖固扭力值



施以固定扭矩確保安裝完成

每隻錨栓都有其對應的鎖固扭力值



安裝的時候到底發生什麼事？

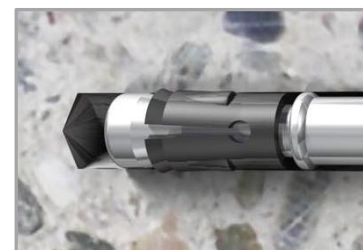
考量所有可金屬膨脹錨栓的安裝成敗取決於膨脹錐的位置

- 施以特定扭力①於螺母上②
 - 膨脹片在過程中③是不會移動的
 - 隨著螺母旋轉②膨脹錐將被往外拉抬④
 - 擠入膨脹片中將膨脹片向外推③
 - 膨脹片就會撐開③
 - 最終膨脹片將施力於混凝土產生緊固效果
-
- **扭力過大：**膨脹錐過度擠壓膨脹片，混凝土產生破壞，喪失應有承載力，甚至錨栓被扭斷。
 - **扭力不足：**膨脹片並未充分展開，無法提供應有承載力，長時間負載下，有機會被拔出。

扭力過大



扭力不足



開始拉拔

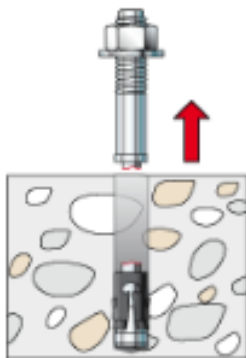


拉拔結果

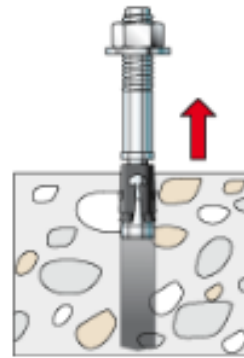


拉拔破壞型式-概述

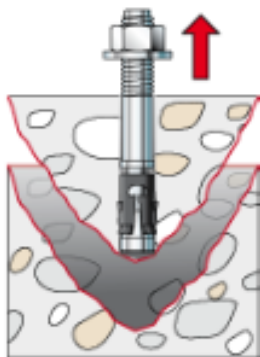
鋼材破壞



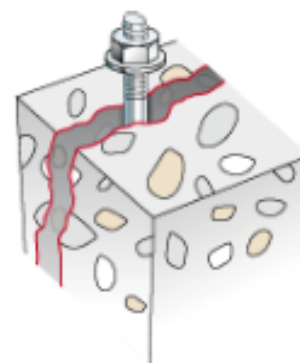
拔出破壞



混凝土錐狀破壞 (基材破壞)



混凝土劈裂破壞



→ 最小破壞荷載為決定性因素

Q & A 時間

感謝您的聆聽與參與！！

