國家實驗研究院
NATIONAL INSTITUTES OF APPLIED RESEARCH

中華民國全國建築師公會
建築物軟弱層補強講習會

建物耐震弱層補強工法
與應用案例

國家地震工程研究中心

翁元滔　博士

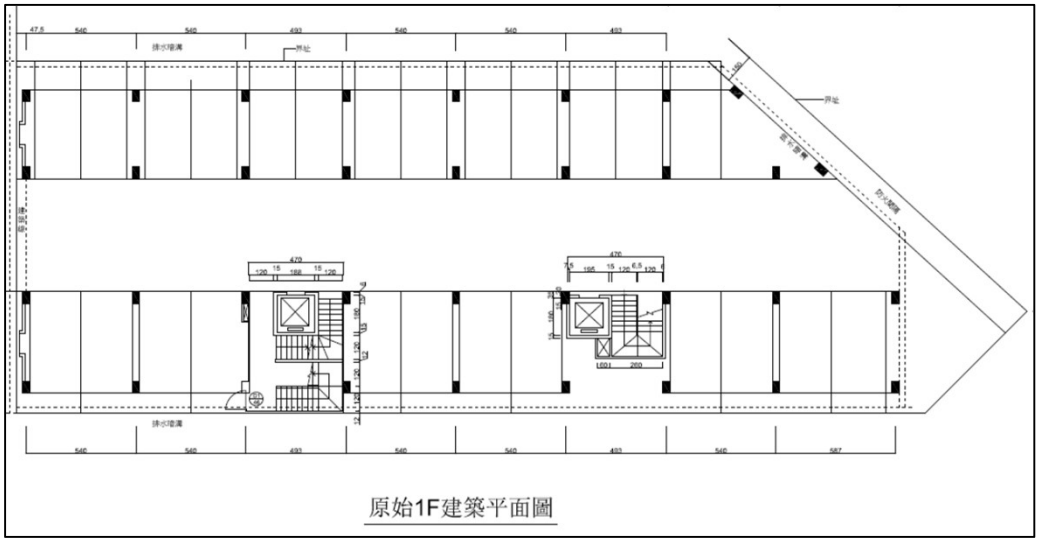
南區：114年10月31日　中區：114年11月7日　北區：114年11月14日

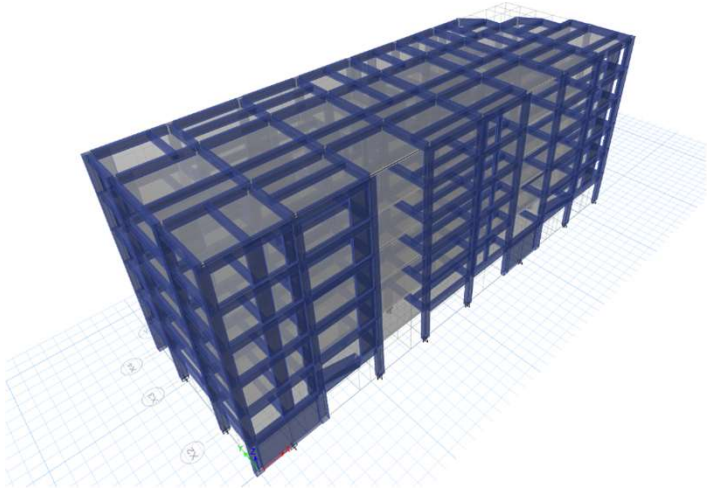
簡報大綱

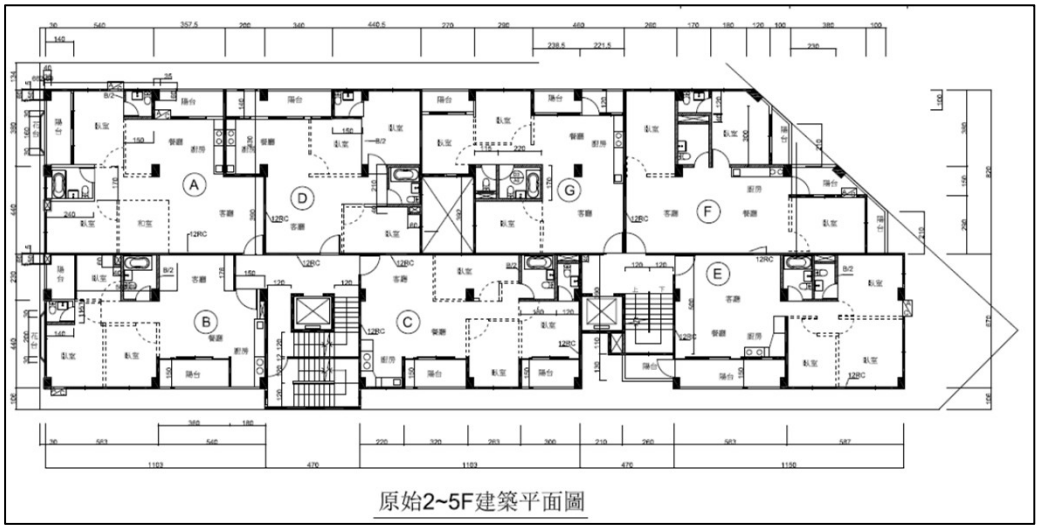
- 補強工法及施工注意事項
- 應用案例

示範案例A00100

- 樓層： 地上6層
- 樓地板面積：3,663.13 m^2
- 施作層：1F (531.44 m^2)
- 補強方案：補強方案A

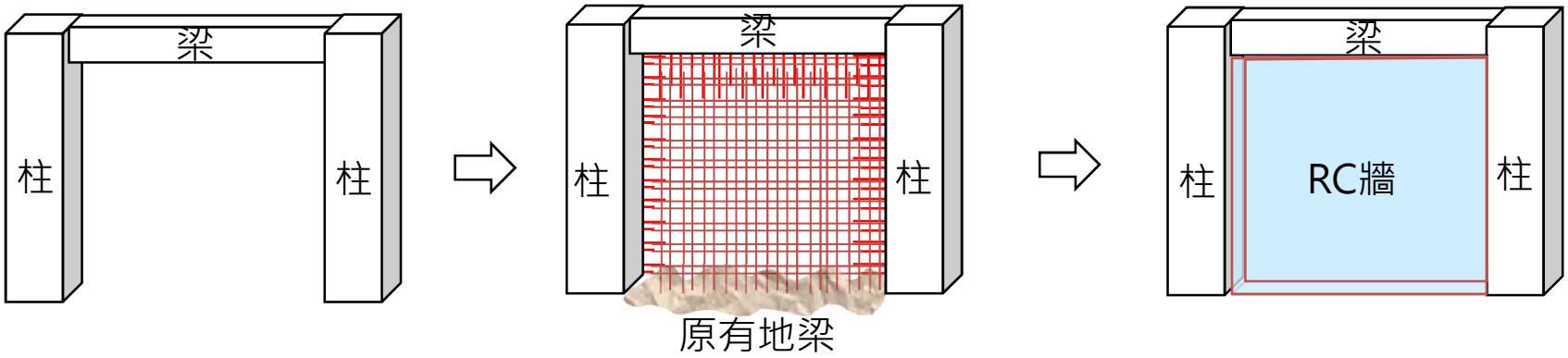


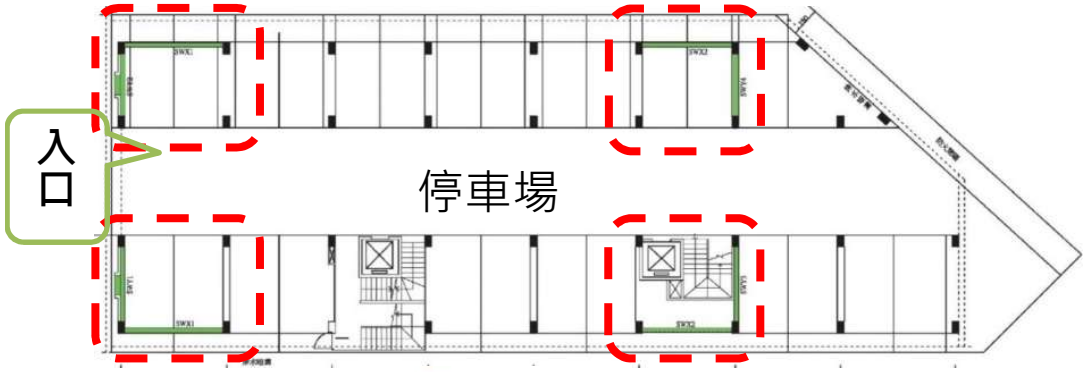




建築物結構補強方案與工法介紹

本案例於一樓增設**鋼筋混凝土牆**，共計施作**八面**鋼筋混凝土牆，X方向施作四面；Y方向亦施作四面。





適用

1. 有地下室之建築
2. 明顯軟弱底層

不適用

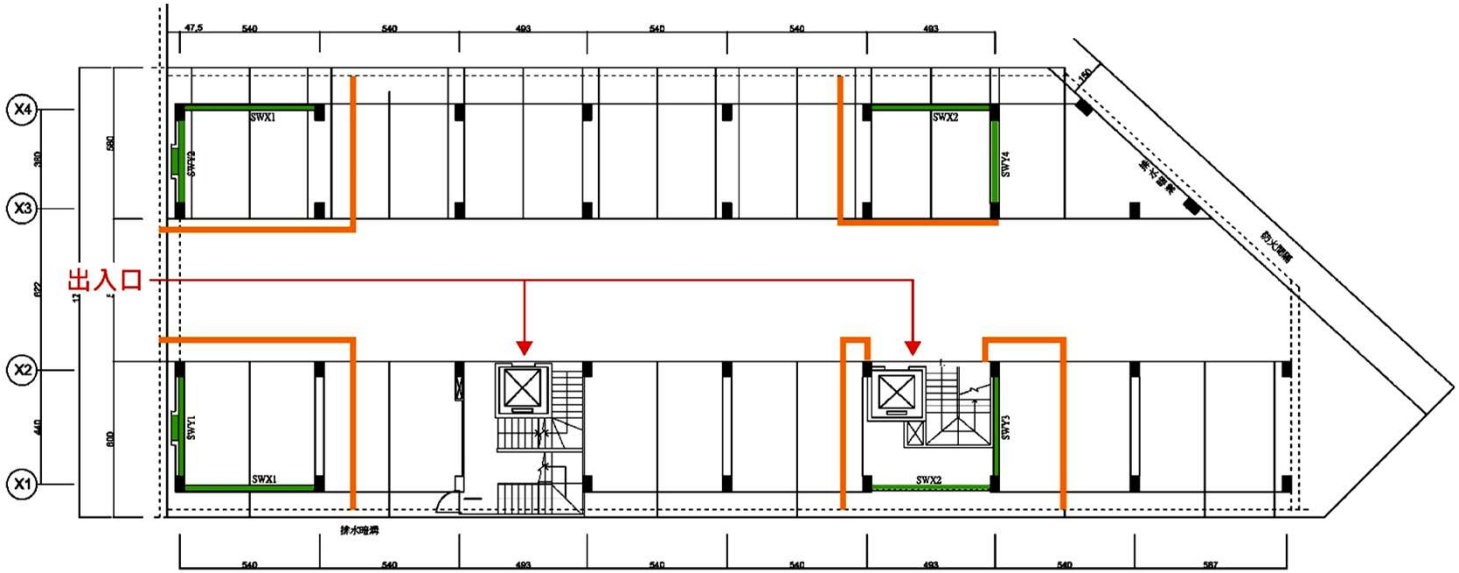
1. 梁柱混凝土強度偏低
2. 柱鋼筋間距過於緊密
3. 通風採光要求高

施工前置作業

施工前

施工中

補強施工圍籬及動線



居民動線　施工圍籬　剪力牆補強

RC剪力牆補強工法

在既有框架內加設整片鋼筋混凝土牆或將原有牆體置換為鋼筋混凝土牆

RC剪力牆補強工法

RC牆補強施工範圍內原有結構體表面

打毛至6mm粗糙度、剔除原表面粉飾水泥

RC剪力牆補強工法-模板支撐

灌漿前所有**螺桿**再次檢查是否有鬆脫、以及側向支撐是否**牢固**。

RC剪力牆補強工法-澆置混凝土

澆置混凝土時確實使用震動機進行搗實。

RC剪力牆補強工法-拆模

拆模後若有螺桿或鐵釘須拆除避免人員受傷。

RC剪力牆補強工法-混凝土養護及清潔

拆模後進行場地清潔以及混凝土養護。

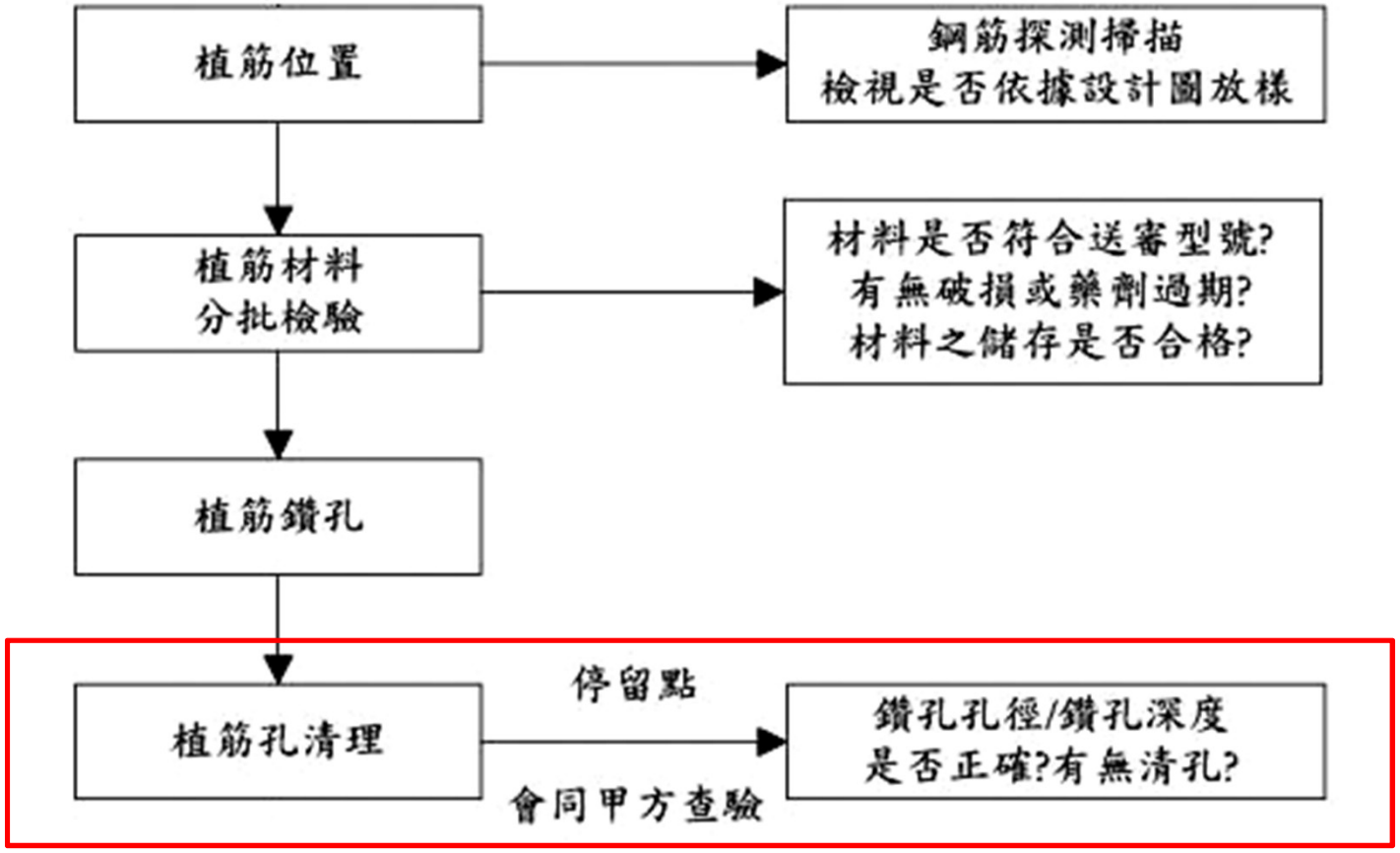
RC剪力牆補強工法-完工

施工前

施工後

完工後也不影響民眾停車空間，並提升建物安全性。

植筋施工-流程及注意事項



植筋施工-植筋施作錯誤態樣

植筋施工-拉拔試驗

1. 施工完成後，須會同監造單位進行現場拉拔試驗，並提送完整紀錄供核備。

- **施工前拉拔試驗：**

  依設計之埋深安裝黏結式錨栓，以1.25fy 為拉拔力，各號數在工地試作3支。

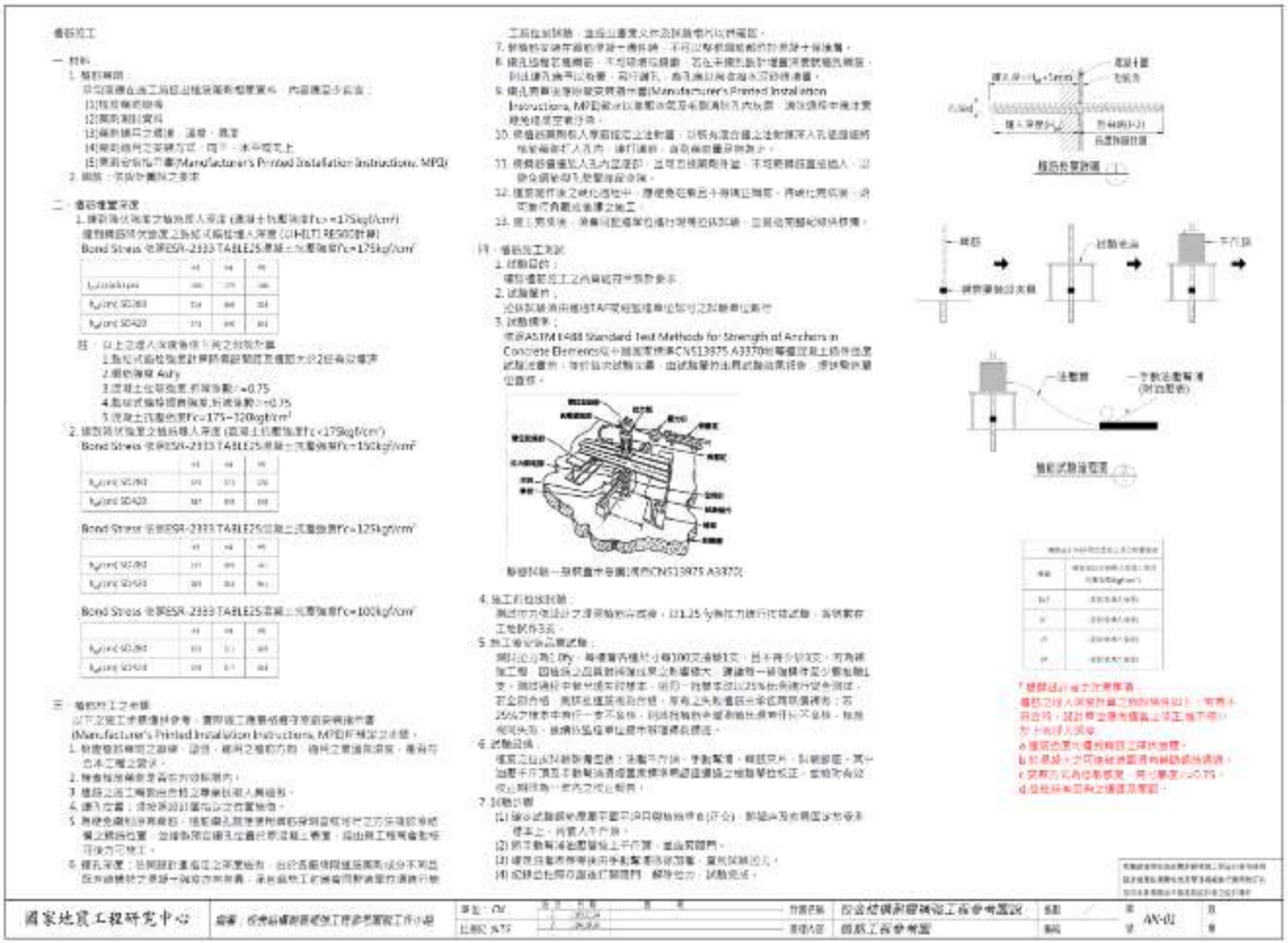
- **施工後安裝品質試驗：**

  測試拉力為1.0fy ，每樓層各種尺寸每100支抽驗1支，且不得少於3支。

植筋參考圖說

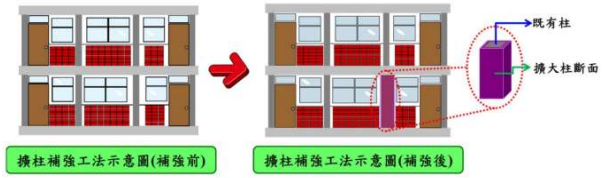
中華民國地震工程學會

-鋼筋混凝土建築物補強及修復參考圖說及解說



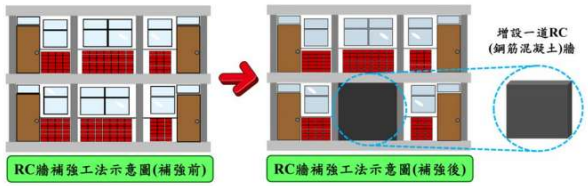
傳統補強工法

擴柱



翼牆

剪力牆

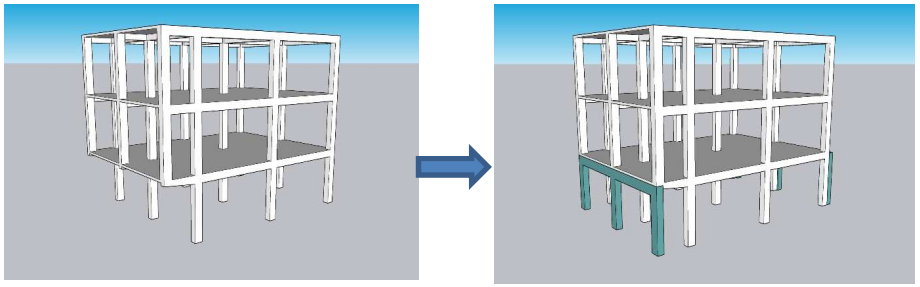


缺點

1. 施工過程影響既有建物運作
2. 破壞室內採光、裝修
3. 無法運用在重要設施上
4. 不適用於住宅、醫院、工廠

外加構架補強

- 以樓板、植筋或螺栓連接外加RC構架
- 將地震力傳遞到外加構架消散
- 提升耐震強度、勁度及韌性



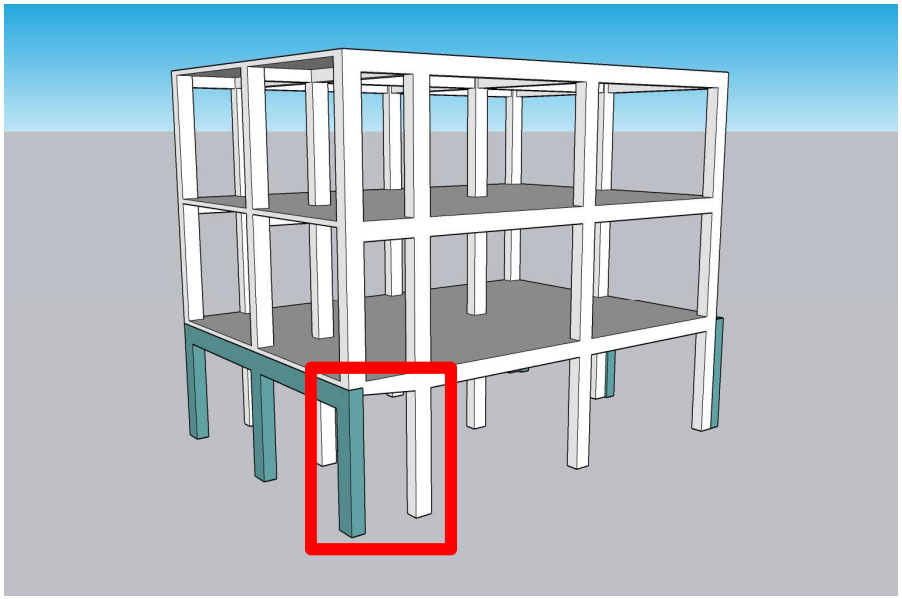
外加構架

優點

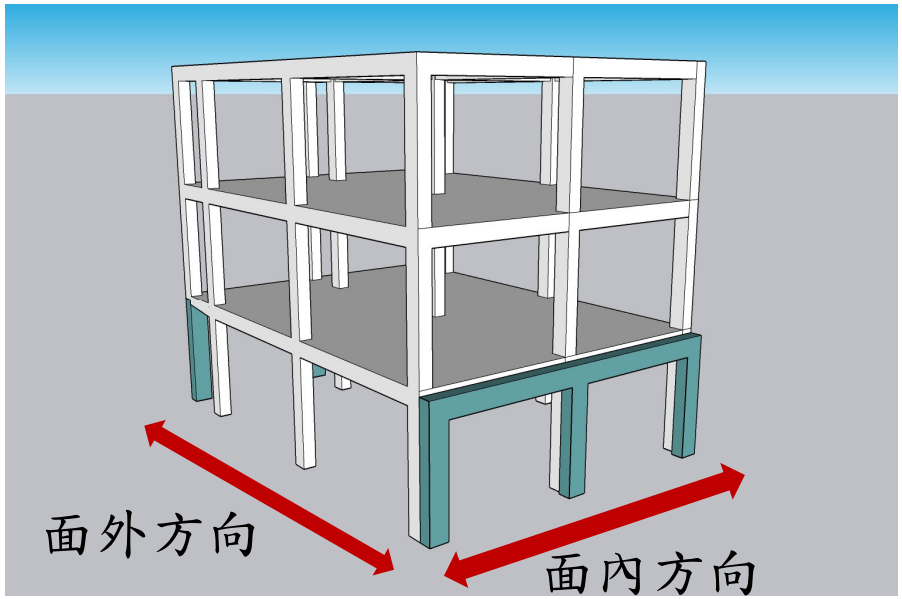
1. 施工工期短、低噪音
2. 不破壞既有建物運作
3. 不破壞室內裝修
4. 適用於住宅、醫院、工廠

住宅採外加構架補強實例

外加構架補強-補強方向



街屋正面走廊側-懸臂梁補強



屋後側增設貼附式構架補強

建築物概述

樓層： 地上5層

樓地板面積：4639.15 m^2

施作層：B1F-5F

補強方案：補強方案B

補強工法：外掛式構架(DUF)、鋼構、碳纖維

設計單位：立信工程顧問有限公司

監造單位：立信工程顧問有限公司

施工廠商：鑫峰營造有限公司

開標日期：111年10月13日

開工：111年11月01日

竣工：112年02月24日

工期：116天

驗收：112年03月09日

總補強費：5,175,000元整

建築物原況(補強前)

補強設計

- 補強設計規劃

本案為集合住宅，為免施工期間住戶室內無法使用，補強方式主要採用外掛式構架(DUF)，另針對有損壞情形之柱梁以鋼構或碳纖維方式補強，以改善原結構系統不佳問題。

- 補強設計內容

(1)外掛式RC構架(DUF)：1F~5F擇5處，進行外框架梁柱補強，共2座。

(2)鋼構補強：B1F~1F各擇2處進行鋼板包覆，共4柱；

B1F各擇1處進行鋼斜撐、鋼梁及鋼柱補強。

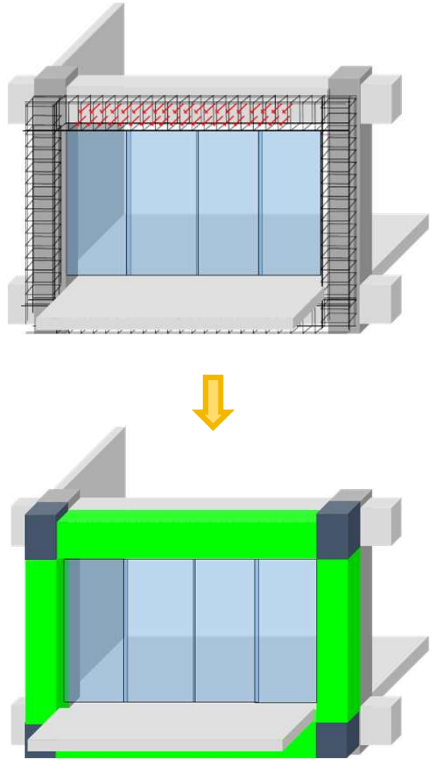
(3)碳纖維補強：B1F擇1處。

補強設計

補強立面圖

外掛式RC構架(DUF)

外掛式RC構架工法是在既有梁柱構架外施作新的鋼筋混凝土(RC)梁柱構架，其新舊構架之間須配置足夠數量之植筋，以確保其傳力機制之成立。當地震力來時，透過新舊大梁間之植筋傳遞至外加大梁上，同時伴隨地震力而產生於外加柱上之變動軸力則透過新舊柱上之植筋傳遞。



DUF工法示意圖

植筋作業

鋼筋作業

混凝土澆置

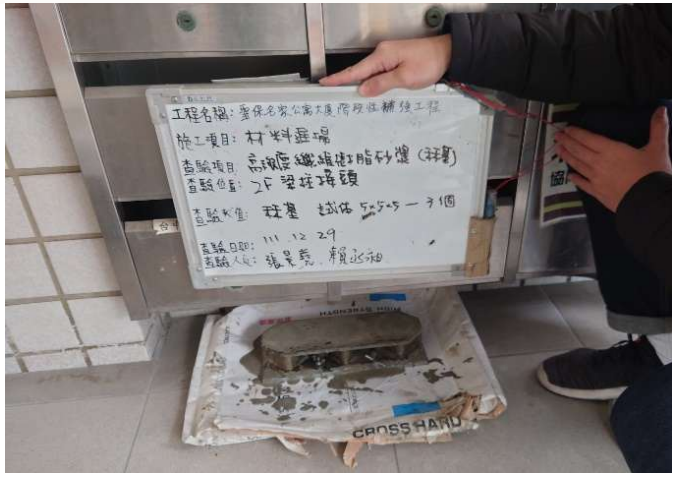
高強度樹脂砂漿澆置

泥作

面飾材復原

外掛式RC構架(DUF)

- 施工及品管執行



植筋拉拔試驗

高強度取樣及抗壓試驗

鋼構

鋼板包覆補強為利用鋼板包覆既有柱周圍,並在鋼板與既有柱之間縫隙灌入EPOXY(及以化學錨栓固定)，此法利用增加剪力強度的方式而達到增加韌性之目的，同時因為圍束效應而增加其軸向強度。

鋼筋掃描

植筋作業

鋼板組立

EPOXY灌注

面飾裝修

管線復原

植筋拉拔試驗

銲道檢測

施工及品管執行

施工照片

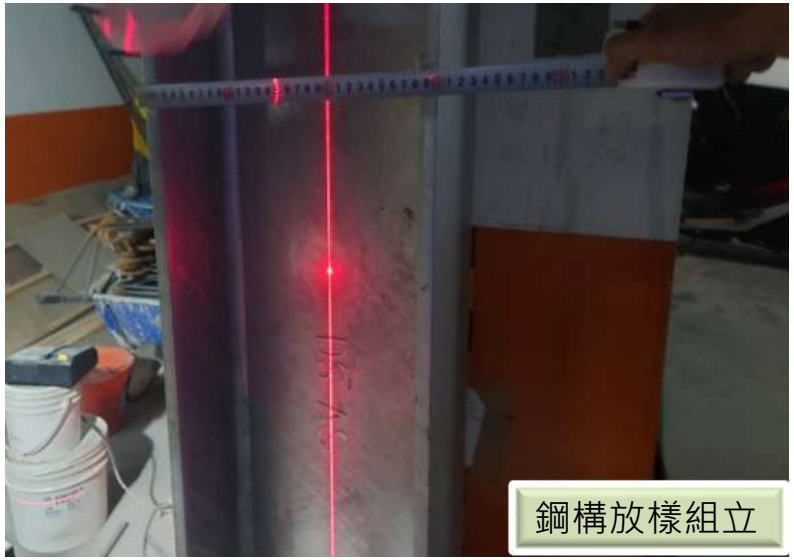
前置木作保護作業

打除作業

植筋鑽孔作業

植筋清孔作業

施工照片



鋼構放樣組立

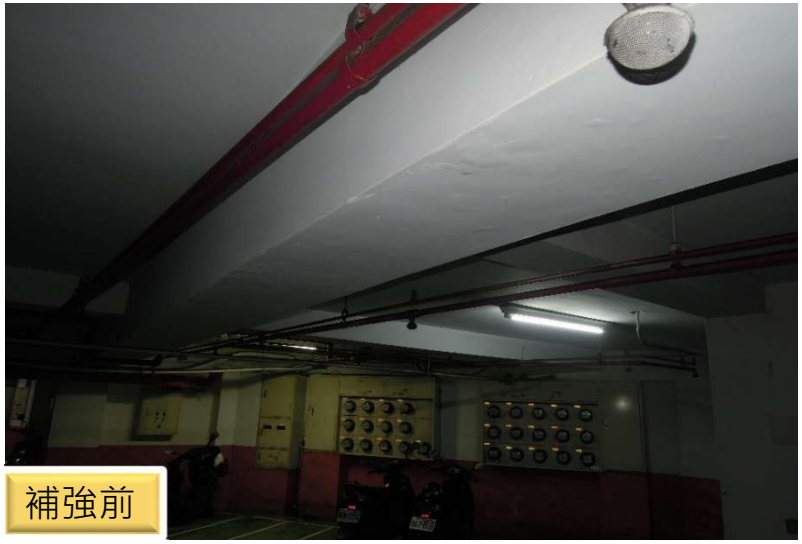
植筋劑灌注

鋼構焊接作業

碳纖維包覆

補強成果

補強成果

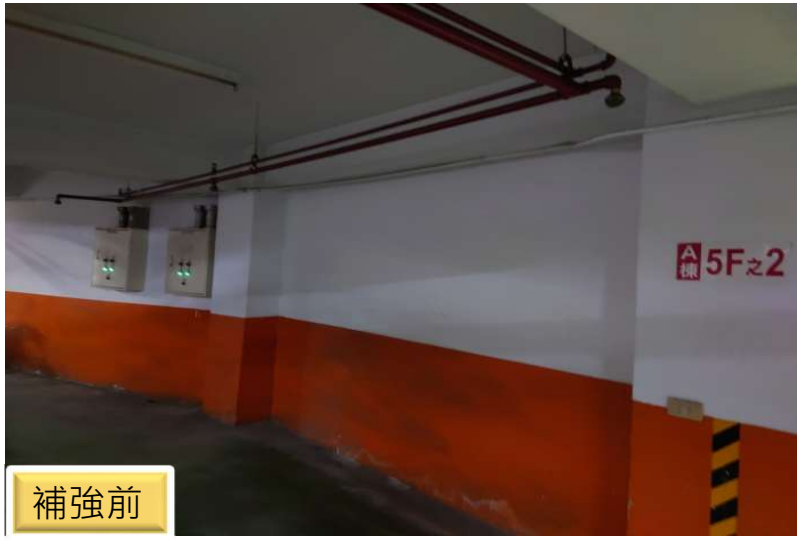


補強成果

補強前

鋼板包覆

補強後

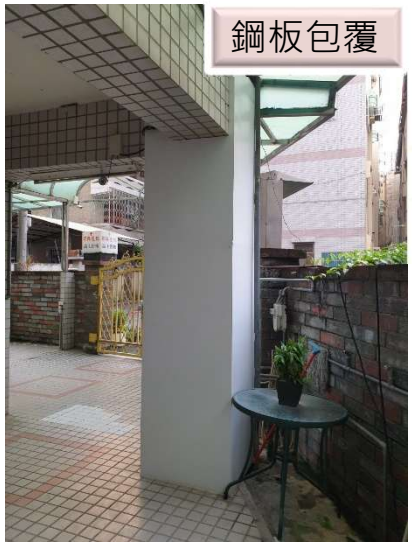


補強前

補強後

鋼板包覆、鋼斜撐

0403花蓮地震後現況



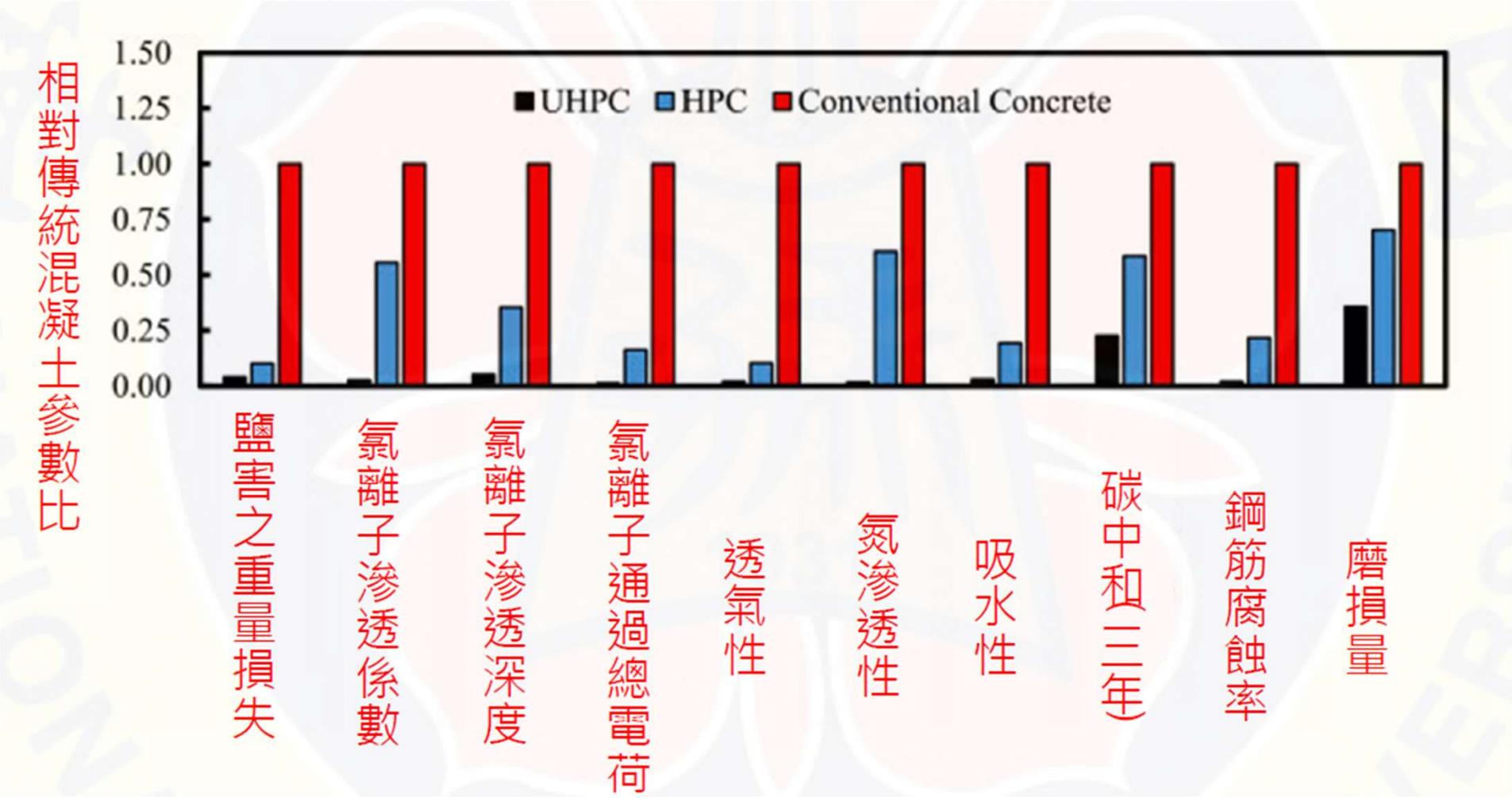
地震後現況無損壞

超高性能纖維混凝土UHPC補強工法

1.超高性能混凝土(UHPC)
- 包覆柱補強工法

2.超高性能混凝土(UHPC)
- RC牆補強工法

超高性能混凝土(UHPC)：耐久性質



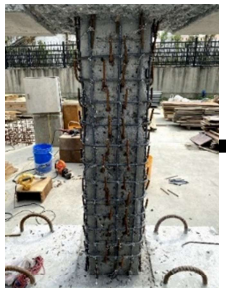
超高性能混凝土(UHPC)：性能總表

	項目	傳統混凝土	UHPC	UHPC/傳統混凝土
力學性質	抗壓強度(kgf/cm^2)	200-500	1000-1800	4
	抗拉強度(kgf/cm^2)	10-30	60-120	4
	撓曲強度(kgf/cm^2)	20-100	250-400	5
	彈性模數(10^{5}kgf/cm^2)	2-3	3-6	2
	單位密度(kgf/cm^3)	2300	2500	1.1
耐久性指標	孔隙率(%)	14-20	1.5-5	1/5
	吸水率(kgf/cm^3)	2.4-2.7	0.1-0.2	1/25
	透氣性(m^2)	10^{-16}	$<10^{-19}$	1/1000
	氯離子滲透係數(m^2/s)	2×10^{-11}	2×10^{-14}	1/1000

超高性能混凝土(UHPC)：小結

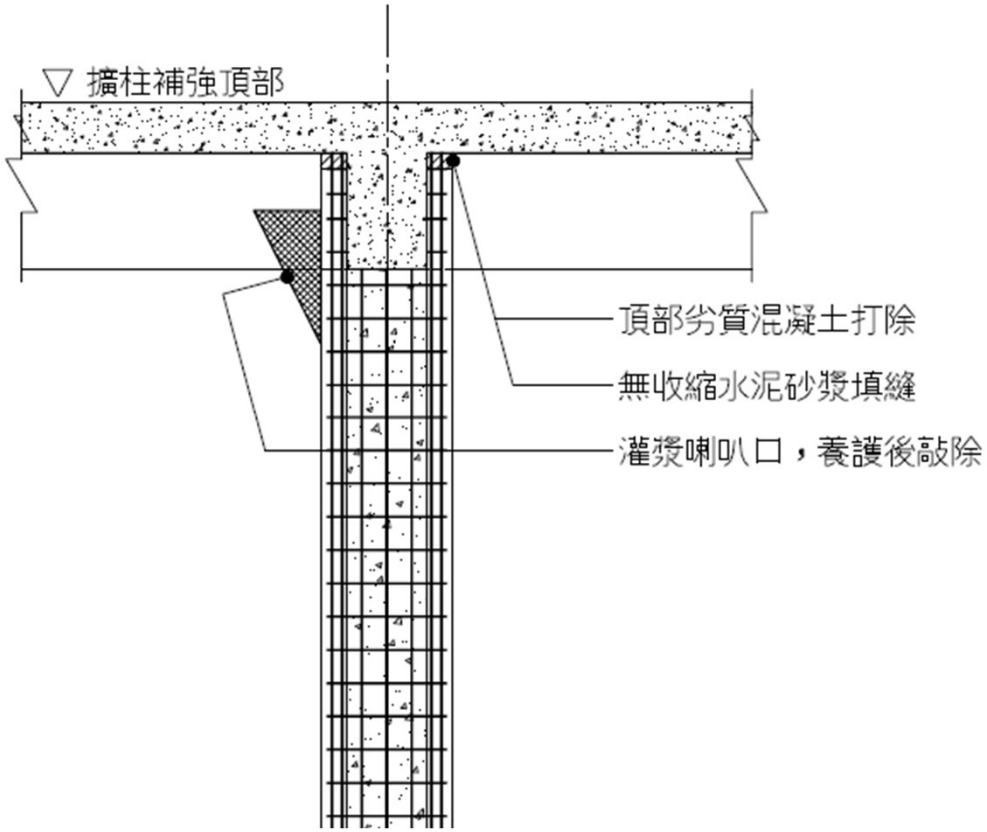
- **超高性能混凝土(UHPC)：新型纖維混凝土**
  - 高度抗拉及可變形能力
  - 高度抗壓能力
  - 優異抗開裂能力
  - 優異防水能力
  - 優異耐腐蝕能力
  - 優異耐磨能力
  - 材料使用及碳排放量較少-高永續性

超高性能混凝土(UHPC)包覆柱補強工法

工法 項目	超高性能混凝土(UHPC)應用於柱之場鑄包覆補強工法
簡介	類似傳統濕式工法，於現場綁紮鋼筋或鋼筋網並架設模板，澆置UHPC包覆層之包覆補強
補強目標	有效提升軸向、撓曲與剪力強度、以及勁度與韌性需求。
特性	(1)既有混凝土品質不佳或耐久性須提升者。(2)減少補強鋼筋握裹長度。 (3)補強後影響使用空間甚小。 (4)高流動性，適用於緊密鋼筋配置。
施工照片	鋼筋網架設  → 模板組立 → 灌漿 → 喇叭口打除

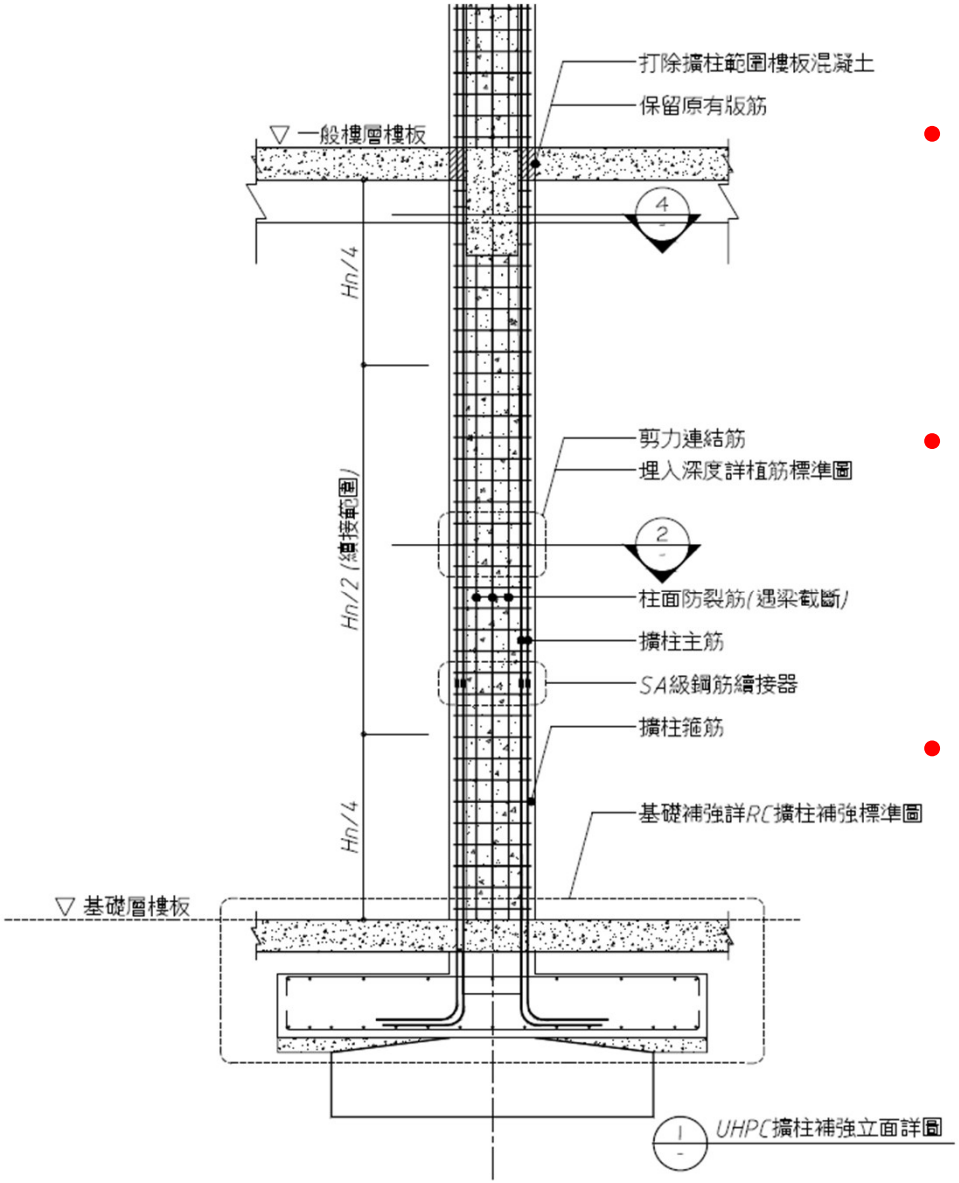
超高性能混凝土(UHPC)包覆柱補強工法

上半柱



(1) 妨礙施工之設施應先行移除。
(2) 基礎施工需先敲除樓版，再開挖至柱基腳結構體頂面位置。
(3) 補強施工範圍內之**原有結構體表面應先打毛至6mm粗糙度**。
(4) 敲除時不可損傷鋼筋，敲除完後應清理粉塵碎屑。
(5) 敲除面較大之缺損應以UHPC修補。
(6) 模板組立後，上方預留喇叭孔以利灌漿。
(7) 澆置UHPC。
(8) 澆置完成後清除頂面混凝土殘渣，敲除喇叭孔附近混凝土。
(9) 水泥粉刷恢復原有外觀，管線或設施需復原並恢復原有功能

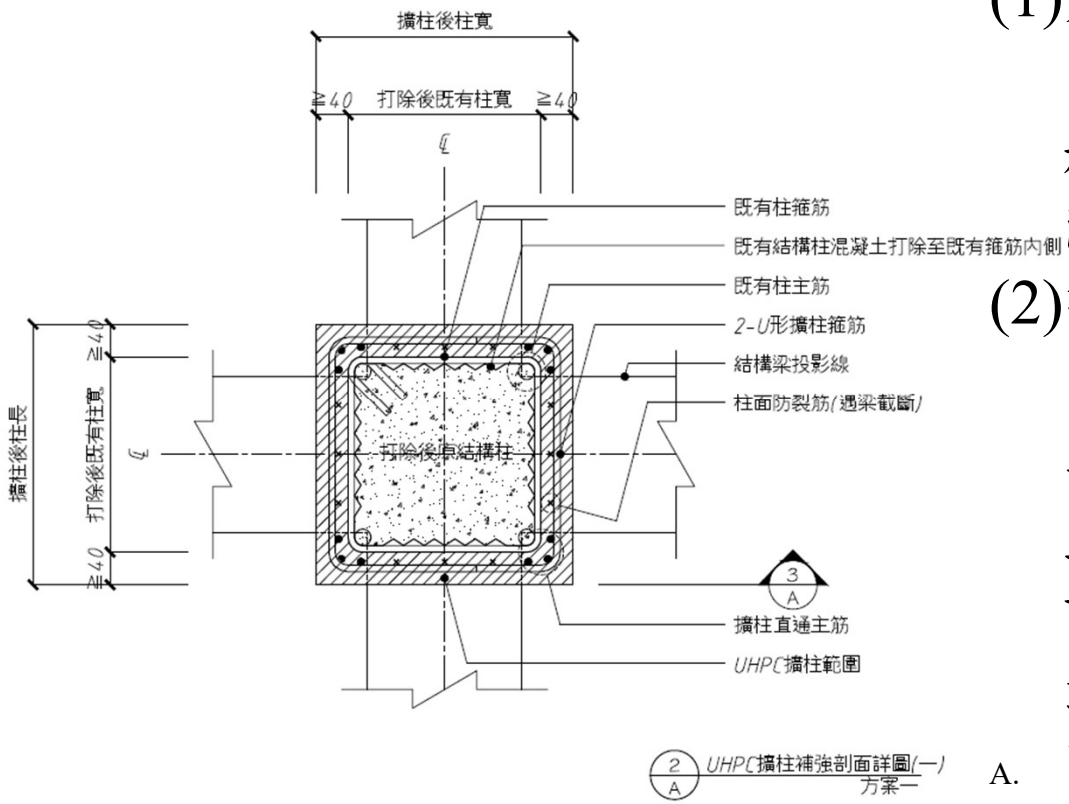
超高性能混凝土(UHPC)包覆柱補強工法



- 擴柱主筋續接範圍設定為樓層淨高H_n中段($H_n/2$)，主筋續接建議採用第三類(SA級)鋼筋機械式續接。
- 擴柱工法補強主筋置於四個角隅直通上下樓層，其餘柱面防裂鋼筋不直通上下樓層，並無受力需求，遇梁或版可截斷。
- 若擴柱工法柱主筋採貫穿樓版設計，則需使柱主筋具足夠錨定長度，且建議保留既有版筋。

超高性能混凝土(UHPC)包覆柱補強工法

下半柱：補強斷面剖面詳圖(方案一)



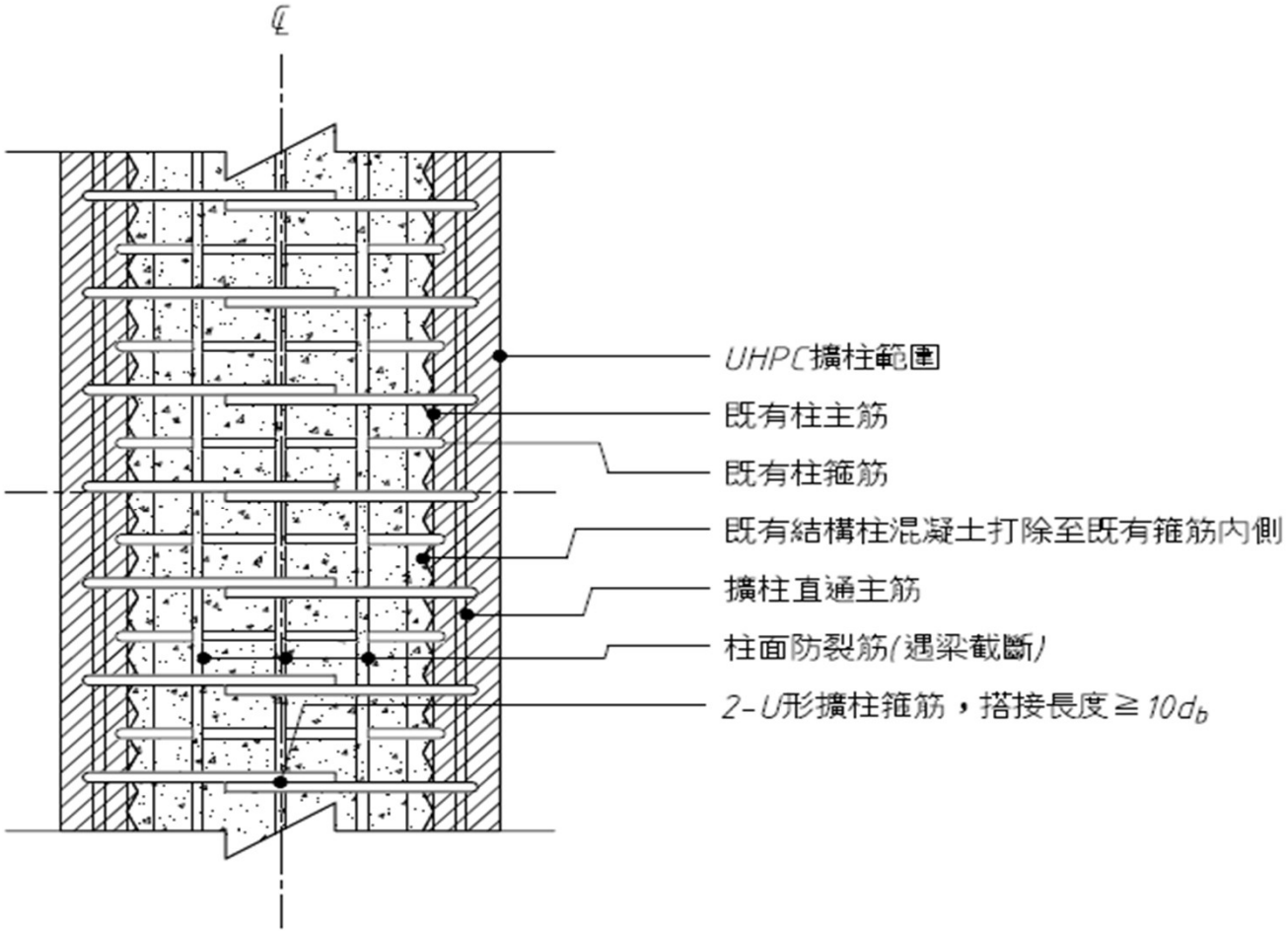
(1)若採用不配置鋼筋之UHPC補強，但厚度限制於4至6公分，超過則需配置防裂鋼筋，建議配置#4@15~20 cm。

(2)敲除既有保護層並打至既有柱主筋外緣後，建議補強厚度為單面包覆4公分以上之UHPC，並使得新增之鋼筋有適當之保護層，適當之保護層為下列取最大值：

A. 1.5倍纖維長度
B. 縱向鋼筋直徑
C. 10mm
D. 粒料最大粒徑+5mm

超高性能混凝土(UHPC)包覆柱補強工法

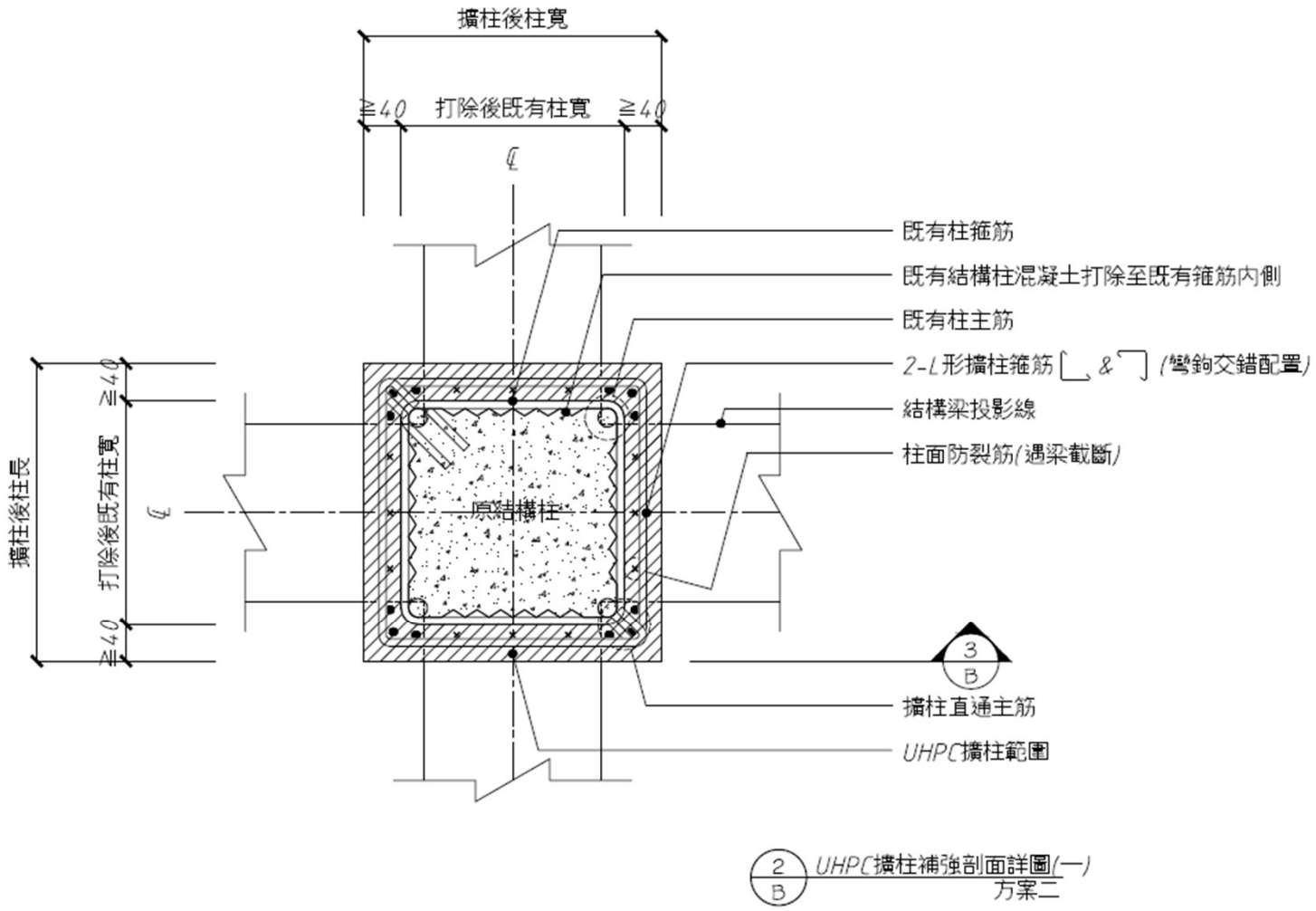
下半柱：補強斷面剖面詳圖(方案一)



3/A UHPC擴柱補強剖面詳圖(二)
方案一

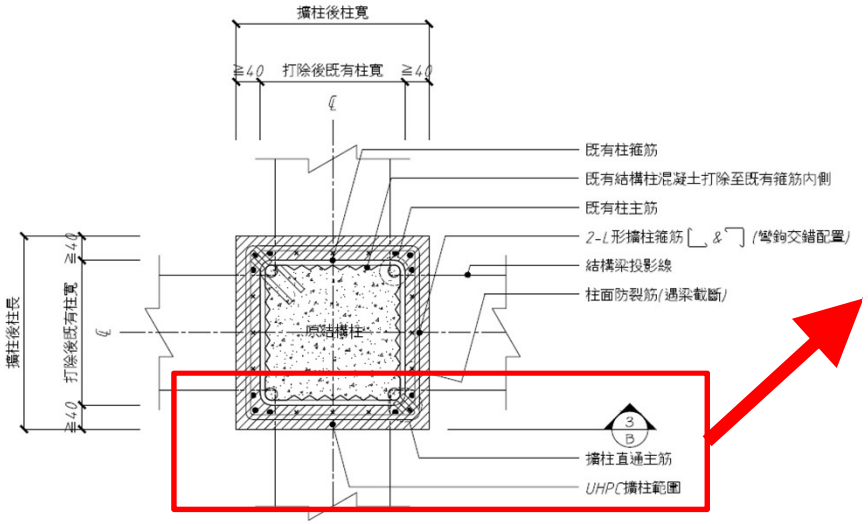
超高性能混凝土(UHPC)包覆柱補強工法

補強斷面剖面詳圖(方案二)

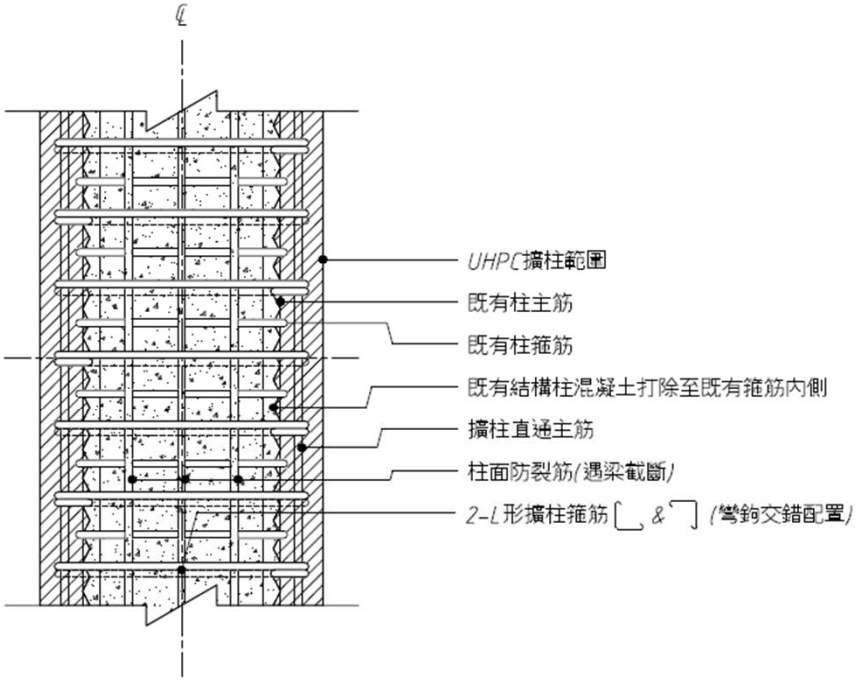


超高性能混凝土(UHPC)包覆柱補強工法

補強斷面剖面詳圖(方案二)



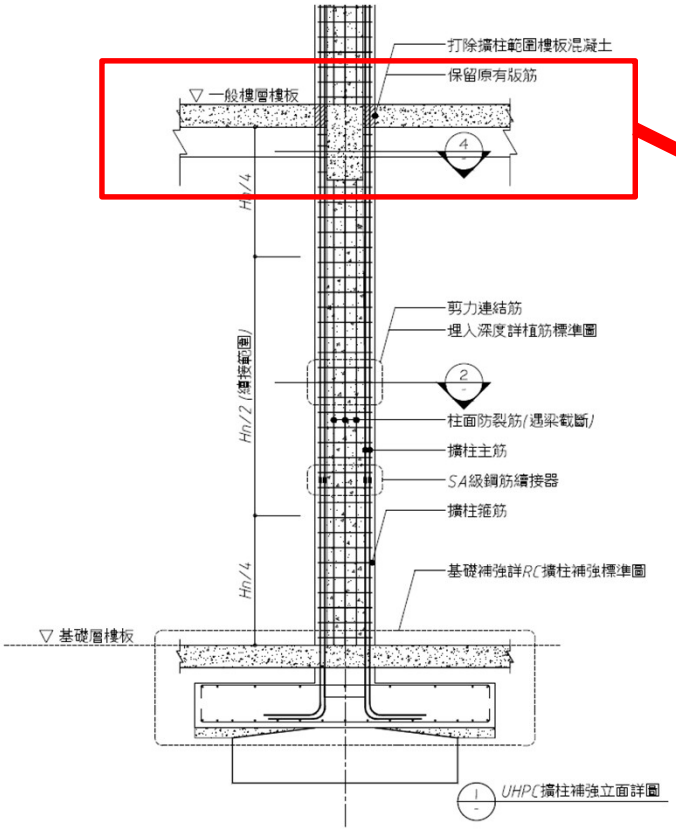
2/B UHPC擴柱補強剖面詳圖(一)
方案二

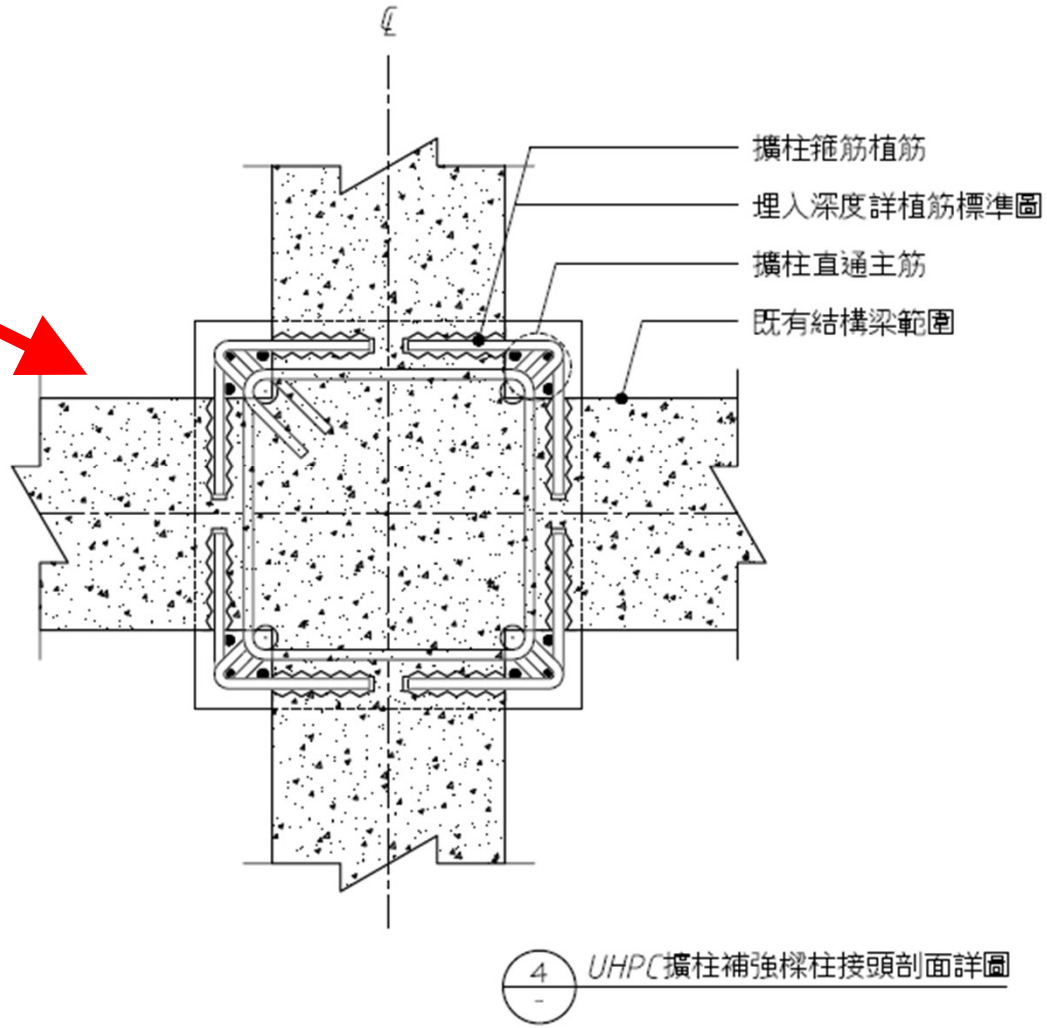


3/B UHPC擴柱補強剖面詳圖(二)
方案二

超高性能混凝土(UHPC)包覆柱補強工法

梁柱接頭剖面詳圖





超高性能混凝土(UHPC)包覆柱補強工法

設計/審查要項

1. 強度設計考量時，所採用之包覆厚度應使得補強後之構件具充分之彎矩與剪力強度。
2. 若採用不配置鋼筋之UHPC補強，但厚度限制於4至6公分，超過則需配置防裂鋼筋，建議配置#4@15~20 cm。
3. 敲除既有保護層並打至既有柱主筋外緣後，建議補強厚度為單面包覆4公分以上之UHPC，並使得新增之鋼筋有適當之保護層，適當之保護層為下列取最大值：
   - 1.5倍纖維長度
   - 縱向鋼筋直徑
   - 10mm
   - 粒料最大粒徑+5mm

超高性能混凝土(UHPC)包覆柱補強工法

設計/審查要項

4.擴柱主筋續接範圍設定為樓層淨高H_n中段(H_n/2)，主筋續接建議採用第三類(SA級)鋼筋機械式續接。

5.擴柱工法補強主筋置於四個角隅直通上下樓層，其餘柱面防裂鋼筋不直通上下樓層，並無受力需求，遇梁或版可截斷。

6.若擴柱工法柱主筋採貫穿樓版設計，則需使柱主筋具足夠錨定長度，且建議保留既有版筋。

7.若屋頂防水層不易處理，補強柱頂可採不貫穿屋頂層樓版處理。

8.擴柱工法柱主筋頂部及混凝土澆築頂面亦可設置於梁底，版下空隙可採裝修方式自行設計，惟應注意避免裝修材墜落。

超高性能混凝土(UHPC)包覆柱補強工法

設計/審查要項

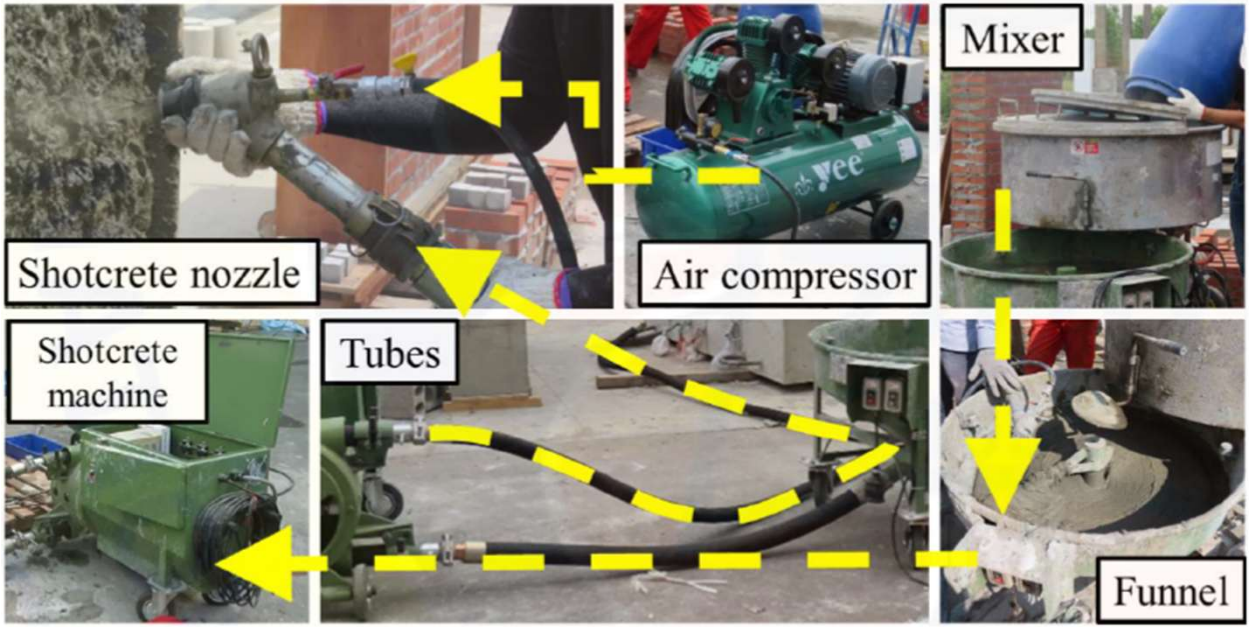
相關材料試驗項目與要求

- UHPC之28天抗壓強度需>1000kgf/cm^2。(CNS1010)
- UHPC之28天抗彎強度需>150kgf/cm^2。 (CNS1233或ASTM C1856與ASTM C1609)
- UHPC之水溶性氯離子含量須≤ 0.15 kg/m^3。 (CNS 14703)
- UHPC之坍流度約為50-70公分。 (CNS 1176 或CNS 14842)

超高性能混凝土(UHPC)應用於RC牆補強工法

工法 項目	超高性能混凝土(UHPC)應用於RC牆之場鑄補強工法
簡介	提升RC牆或其它牆式結構之耐震與抗倒塌之能力。包覆施工方式可分為灌漿、手鏝、噴漿、以及預鑄版接合。
補強目標	提昇牆體結構面內之剪力強度以及面內外之變形韌性，以有效提升牆體結構之抗震與抗倒塌能力
特性	(1)毋須組立模版與可有效減少假設工程 (2)噴漿補強之施工效率佳 (3)節省施工時間與物料成本。
施工照片	既有混凝土打毛 → 牆面與上下梁植筋，鋪上鋼筋網 → UHPC墁砌補強 → 灑水養護

超高性能混凝土(UHPC)噴漿系統



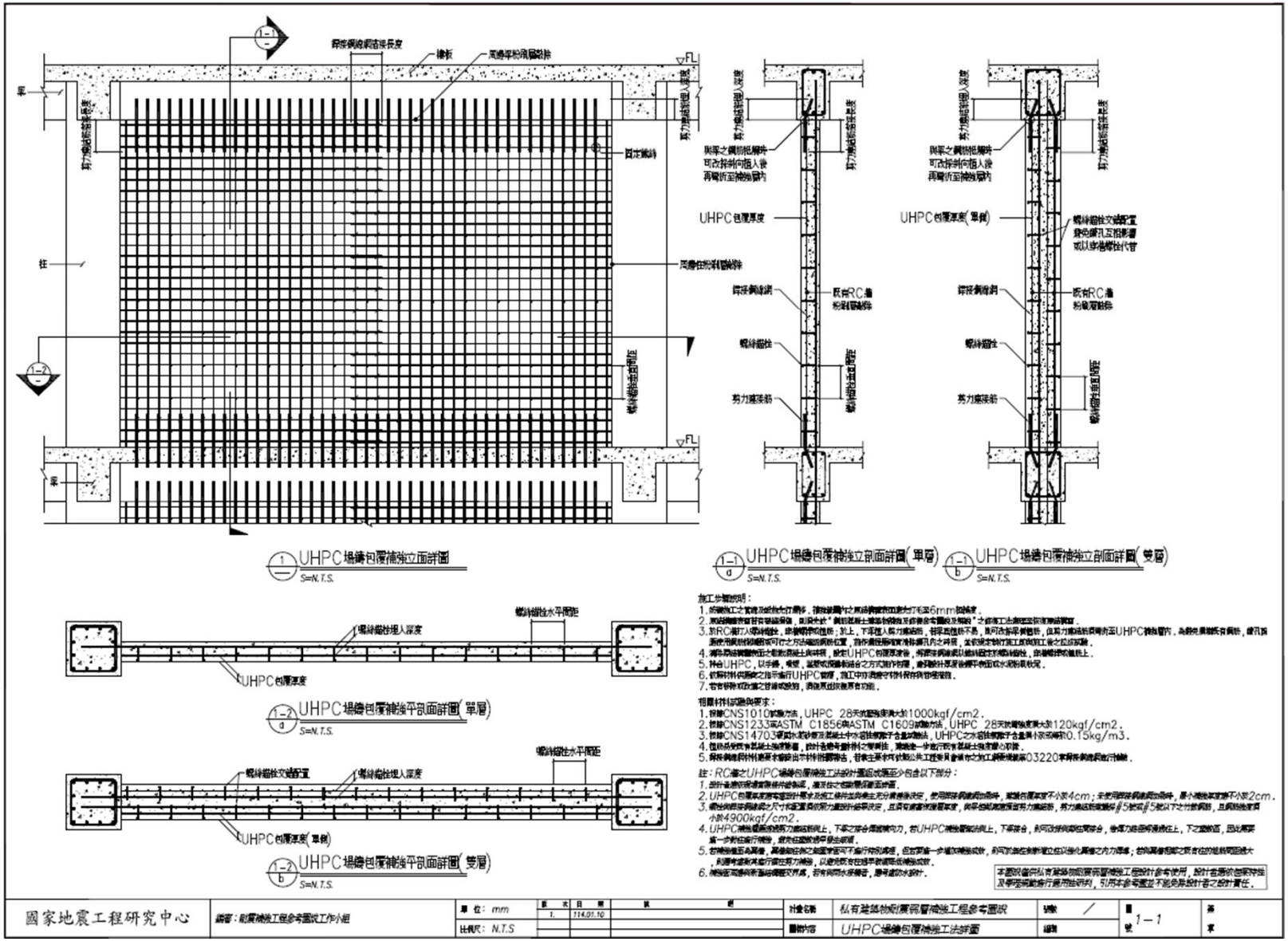
UHPC噴漿系統示意圖

UHPC噴漿補強施工

超高性能混凝土(UHPC)應用於RC牆補強工法

（中興顧問社提供）

超高性能混凝土(UHPC)應用於RC牆補強工法



設計注意事項

1. 包覆工法是在牆體表面新增補強層，因此有關新舊介面間的接合方式應審慎進行評估與施作，以利力量傳遞。施作前應該對原結構包含鋼筋設計與牆體材料品質情況，進行調查以作為補強設計與施作之參考依據。
2. 包覆施作前應對牆體表面進行打毛與清潔，以確保新舊介面接合品質。另外，噴漿工法需要配合較多的機具，因此對於場地大小、供水與供電需求，在施工前必須進行詳細評估。
3. 鋼筋網搭接可參考營建署建築工程施工規範第03220章採用重疊搭接方式，若考量保護層可將鋼筋網置於同平面並額外增加等效強度之鋼筋(As fy)進行焊接搭接，搭接長度建議為10倍鋼筋直徑以上。
4. 相關材料試驗項目與要求
   - 根據CNS1010試驗方法，UHPC 28天抗壓強度需大於1000 kgf/cm2
   - 根據CNS1233或ASTM C1856與ASTM C1609試驗方法，UHPC 28天抗彎強度需大於120kgf/cm^2
   - 根據CNS 14703 硬固水泥砂漿及混凝土中水溶性氯離子含量試驗法，UHPC之水溶性氯離子含量須小於或等於0.15 kg/m^3

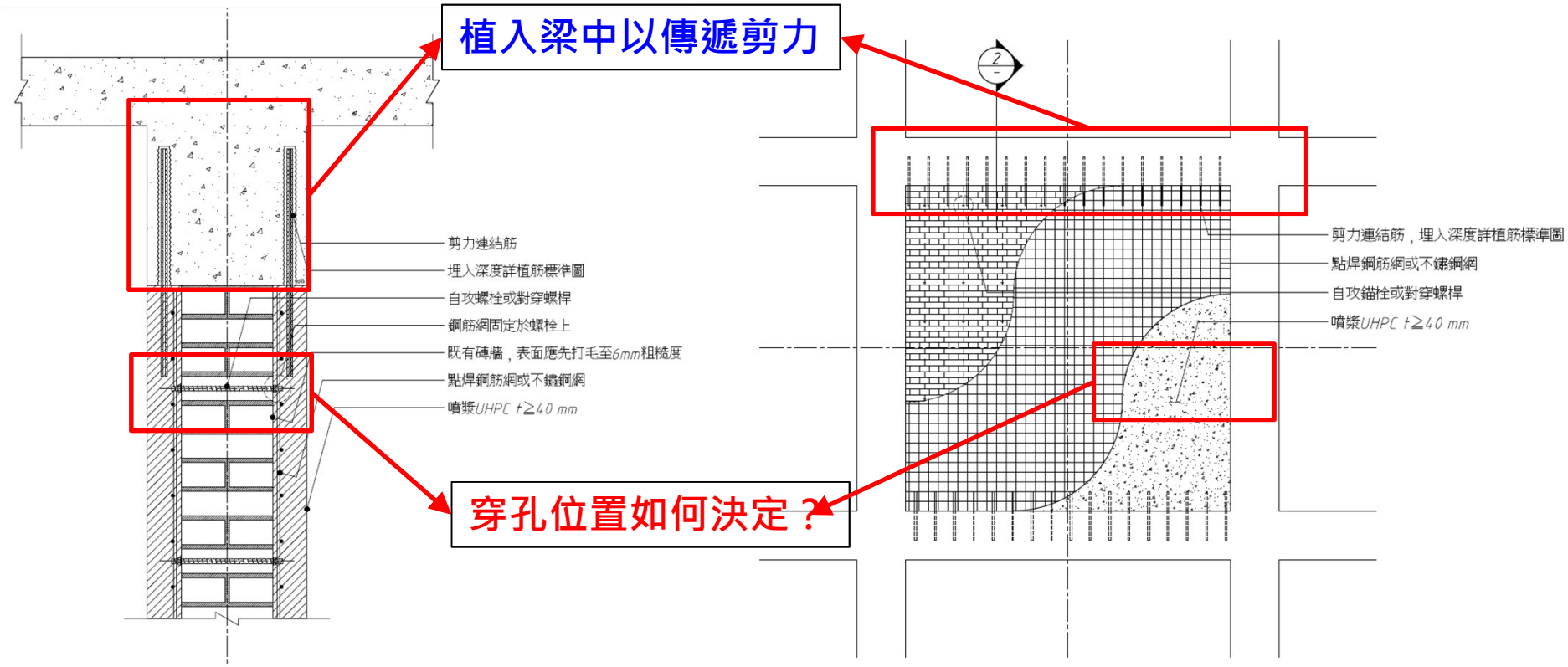
UHPC之RC牆補強場鑄工法之施工步驟

1. 妨礙施工管線與設施先行遷移。
2. 對牆體表面進行打毛與清潔。
3. 裂縫處理：使用鋼刷清除裂縫中碎屑，並使用吸塵器或工業用吹氣機清灰塵和顆粒；對於較嚴重的裂，需使用強度較高之修補材，對於較深或較寬之裂縫，需以砂漿、環氧樹脂或UHPC進行修補，表面幔平時須使用抹刀幔平表面，確保修補處與周圍平齊。
4. UHPC養護：須遵循材料廠商對養護需求之指示，且須保持濕潤，對於較大面積之修補，保持修補區域濕潤有助於UHPC強度發展，可覆蓋濕布或塑膠薄膜以保持濕度。
5. 牆體上鑽孔後，打入自攻螺栓或對穿螺桿並清除髒汙。
6. 探測上下梁既有鋼筋位置後，避開原結構鋼筋位置，並依設計結果，植入剪力連結筋。
7. 設定噴漿厚度之後，將鋼筋網固定於自攻螺栓或對穿螺桿上。
8. 補強施工範圍內之原有結構體表面應先打毛至6mm粗糙度。
9. 拌合UHPC，透過噴漿機具進行施作噴漿。
10. 表面抹平或水泥粉刷。
11. 若有移除或改道之管線或設施，需復原並恢復原有功能

設計/審查要項

1. 相關材料試驗項目要求
   - 根據CNS1010試驗方法，UHPC 28天抗壓強度需大於1000kgf/cm^2。
   - 根據ASTM C1856與ASTM C1609試驗方法，UHPC 28天抗彎強度需大於120kgf/cm^2
   - 根據CNS 14703 硬固水泥砂漿及混凝土中水溶性氯離子含量試驗法，UHPC之水溶性氯離子含量須小於或等於0.15 kg/m^3。
   - 植筋易受既有混凝土強度影響，設計者應考量材料之變異性，建議進一步進行既有混凝土強度鑽心取樣。
   - 鋼筋網材料應要求廠商出示材料相關報告，若業主要求可依照公共工程委員會頒布之第03220章焊接鋼線網進行檢驗
2. 鋼筋網或鋼筋尺寸選擇應依照分析後結果配置，需有適當之保護層
3. 接合開口位置應依照所設計的自攻螺絲孔位進行開口設計，惟其螺栓或螺桿數量應足以傳遞UHPC補強層之剪力。

超高性能混凝土(UHPC)應用於RC牆補強工法



私有建築物耐震弱層補強資訊網

http://privatebuilding.ncree.org.tw/

點選**下載專區**，即可了解相關資訊。

國家實驗研究院
NATIONAL INSTITUTES OF APPLIED RESEARCH

報告完畢，敬請指導