

逆打施工PC支撐工法介紹

簡報者：姚村淮/結構技師
永峻工程顧問公司協理

1

逆打施工PC支撐工法介紹

PC = Plain Concrete

A.緣由

B.案例說明

C.逆打PC支撐工法設計考量

D.施工實務相片、開挖過程變形觀測

E.結語

2

簡報內容

A. 緣由

B. 案例說明

C. 逆打PC支撐工法設計考量

D. 施工實務相片、開挖過程變形觀測

E. 結語

3

緣由

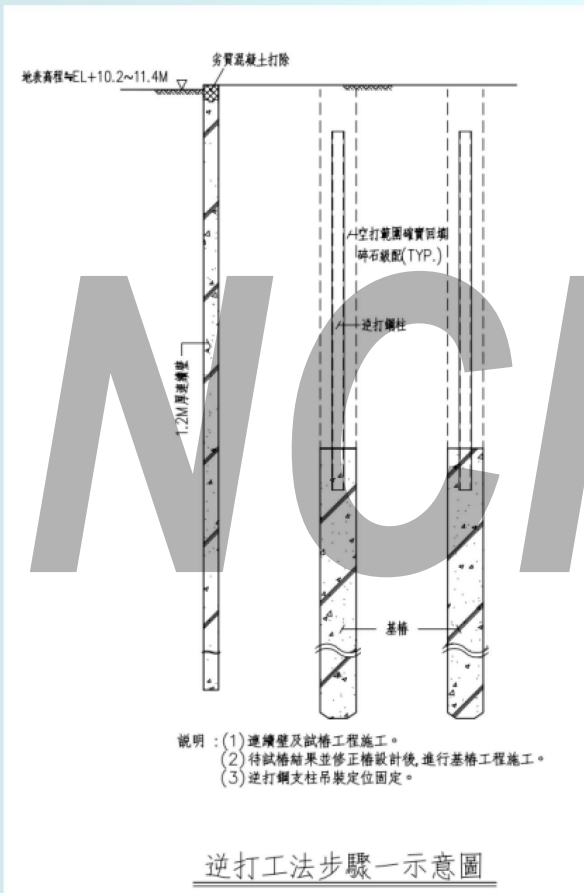
- 大台北區域房屋價格高，採用縮短工期工法，以降低資金成本、投資快速獲利。

快！快！還要更快！

- 安全性高、可縮短工期之“逆打施工法”（Top-down Construction Method）在台北區域廣為採行

4

傳統逆打工法施工說明



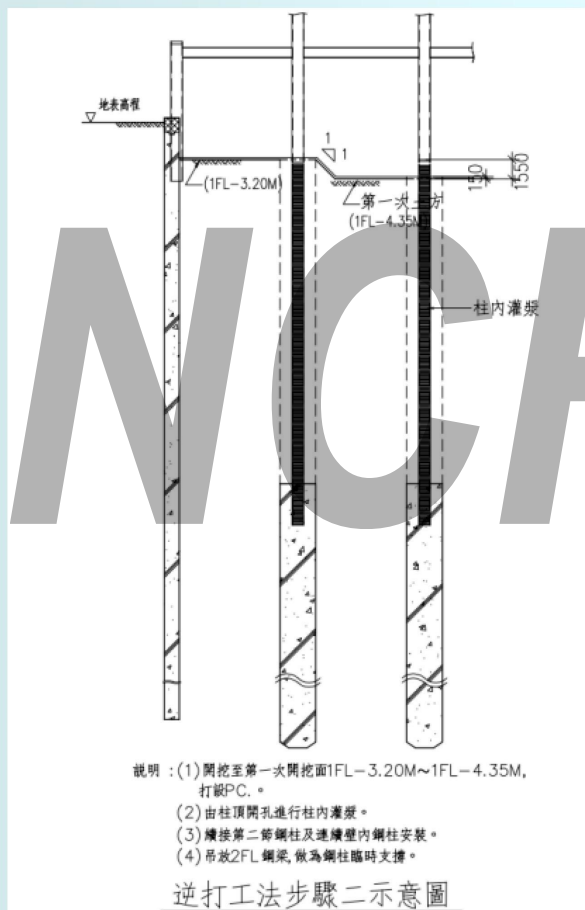
以上部37F地下B6F案例
(開挖24.3M)

步驟一：

- 施工連續壁、基樁
- 基樁插入逆打鋼柱

5

傳統逆打工法施工說明

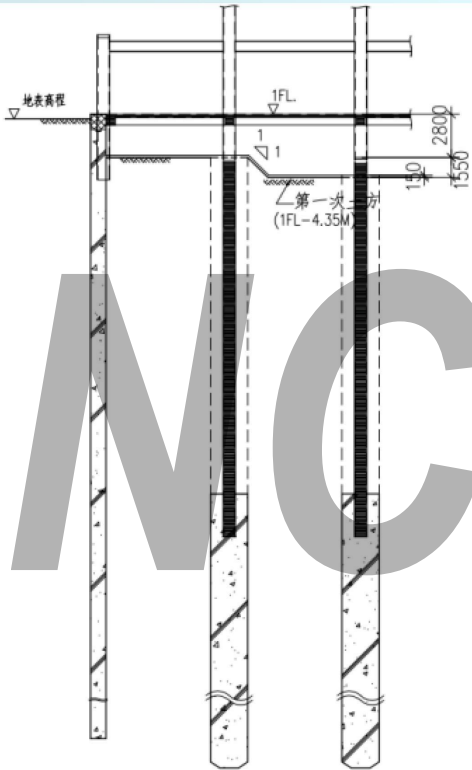


步驟二：

- 挖出B1F逆打鋼柱頭
- 鋼柱內混凝土灌漿、續接鋼柱
- 架設2F鋼樑

6

傳統逆打工法施工說明



步驟三：

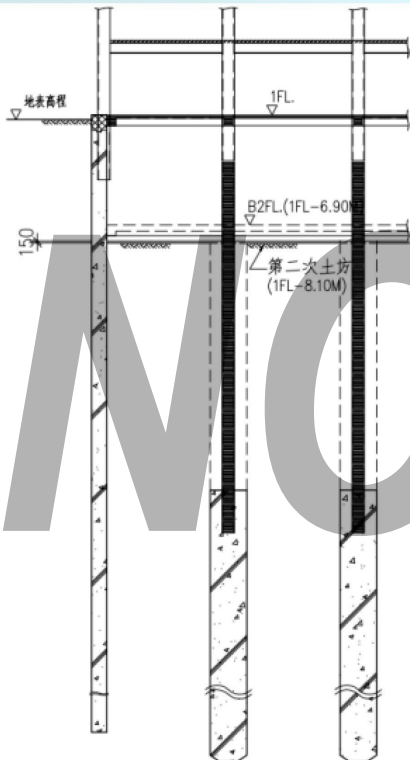
- 施工1F梁版當逆打基面

說明：(1)1F樓板、梁組模、排筋、澆柱混凝土。
 (2)以1F當基面，施工上部結構，承商施工前應先安排施工進度計劃，原則上部結構施工不做高度限制，唯施工計劃仍需報業主同意後方可施工。其中需特別留意鋼柱內之內澆混凝土進度以不落後鋼骨兩節為原則。

逆打工法步驟三示意圖

7

傳統逆打工法施工說明



步驟四：

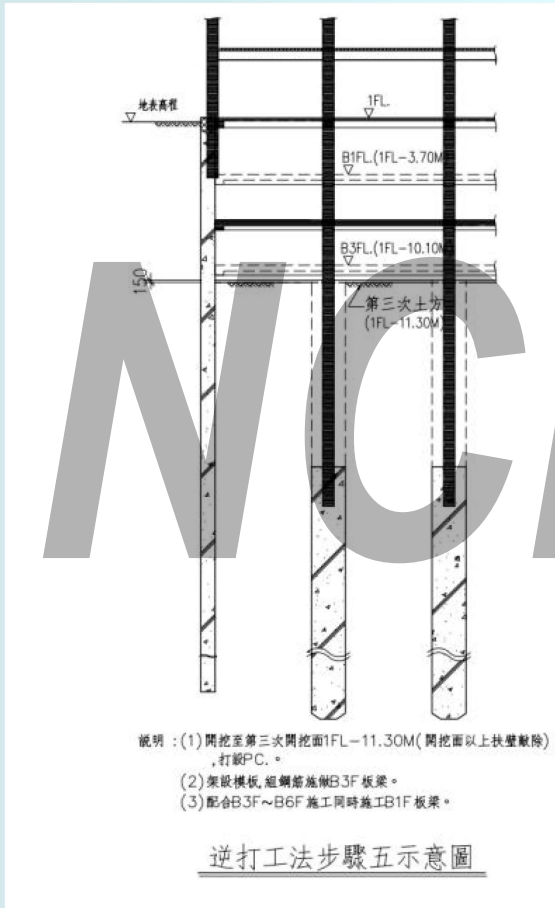
- 第二階段開挖到FL- 8.1M
- 施工B2F梁樓版
- 2F以上同步施工上方結構體

說明：(1)開挖至第二次開挖面1FL-8.10M，打設PC。
 (2)架設模板，組鋼筋施做B2F板梁。

逆打工法步驟四示意圖

8

傳統逆打工法施工說明

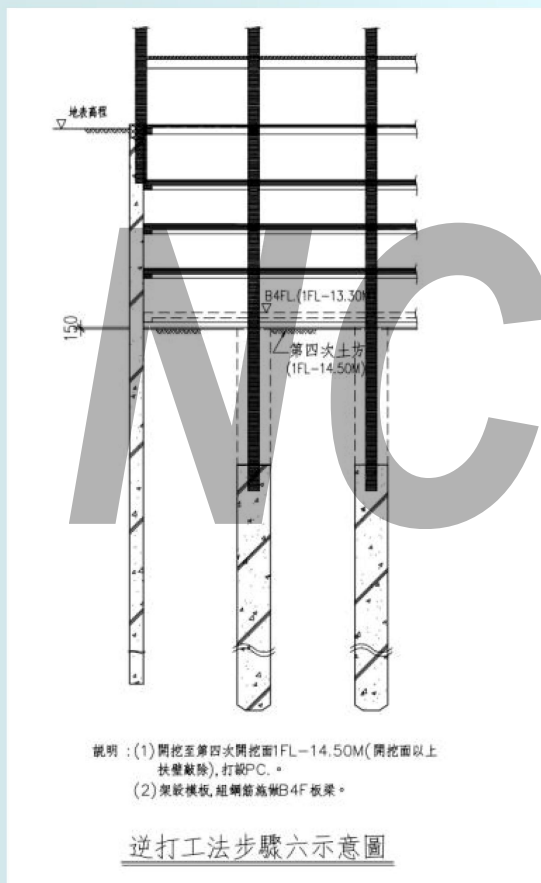


步驟五：

- 第三階段開挖到FL- 11.3M
- 施工B3F梁樓版
- 同時施工B1F梁版

9

傳統逆打工法施工說明

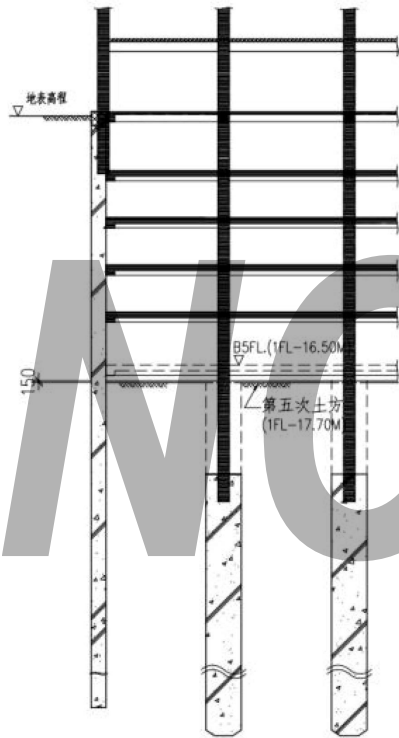


步驟六：

- 第四階段開挖到FL- 14.5M
- 施工B4F梁樓版

10

傳統逆打工法施工說明



說明：(1) 開挖至第五次開挖面1FL-17.70M(開挖面以上扶壁剷除), 打設PC。
(2) 架設橫板, 組鋼筋施做B5F板樓。

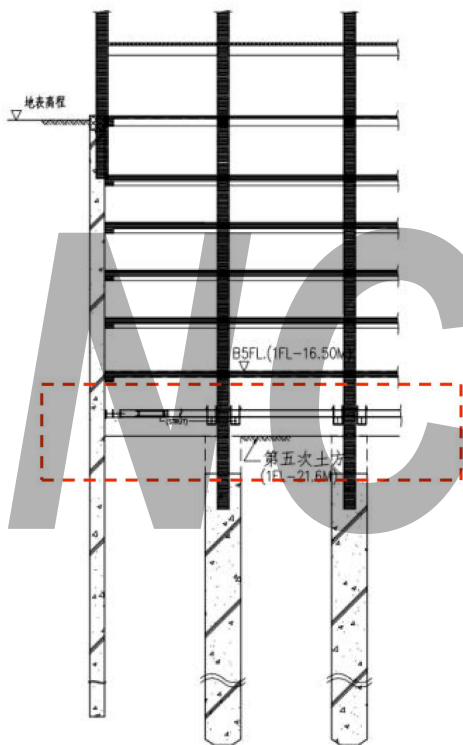
逆打工法步驟七示意圖

步驟七：

- 第五階段開挖到FL-17.7M
- 施工B5F梁樓版

11

傳統逆打工法施工說明



說明：(1) 開挖至最終開挖面1FL-21.6M。
(2) 於GL-20.5M 高程架設型鋼斜支撐。

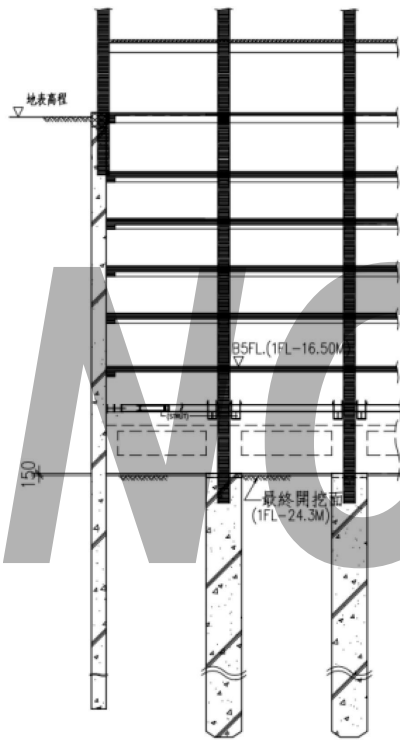
逆打工法步驟八示意圖

步驟八：

- 第五階段開挖到FL-21.6M
- 設立鋼支撐於FL-20.5M

12

傳統逆打工法施工說明



說明：(1) 開挖至第最終開挖面GL-24.3M, 打斷PC。
(2) 綁紮筏基礎板及地梁鋼筋, 澆注地梁混凝土。

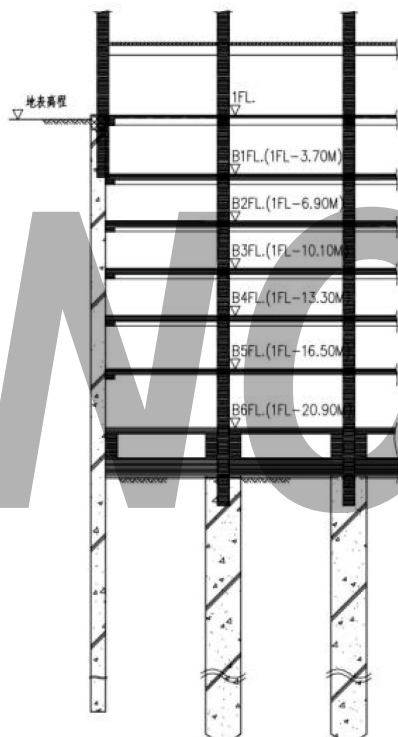
逆打工法步驟九示意圖

步驟九：

- 最終階段開挖到FL-24.3M
- 施做筏基層梁版

13

傳統逆打工法施工說明



說明：(1) 拆除型鋼斜支撐。
(2) 逆打施工完成。

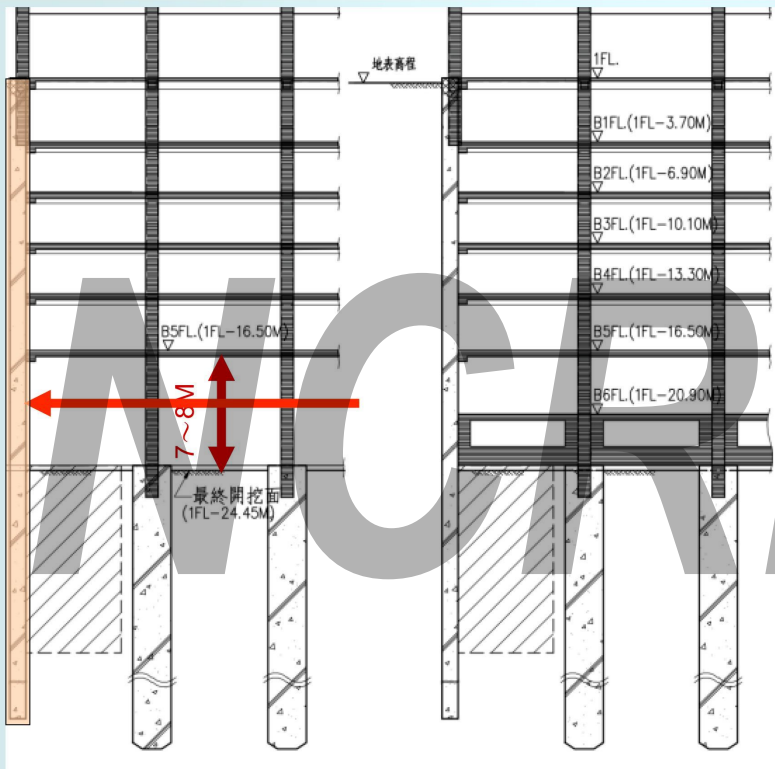
逆打工法步驟十示意圖

步驟十：

- 拆除鋼支撐，開挖完成
- 上部結構按規劃同時完成

14

逆打工法難題——最終開挖7~8M挑高



傳統克服方式：

- 加設支撐：妨礙施工、工期增加
- 增厚擋土壁：增加成本，減少可用面積

有無兩全方案？！

15

加設鋼支撐施工案例照片



16

簡報內容

A. 緣由

B. 案例說明

C. 逆打PC支撐工法設計考量

D. 施工實務相片、開挖過程變形觀測

E. 結語

17

B. 案例說明

1. 案例背景

2. 開挖擋土工法規劃

3. “逆打PC擋土施工法”介紹

4. 差異及效益評估

18

1、案例背景

- 地理位置新台北市板橋區，車站特定區
- 地下6層樓、地上1F~3F商場、4F以上4棟分別31，33，35，37層住宅大樓

19

建築規劃圖、現場完工照片



20

2.開挖檔土工法規劃

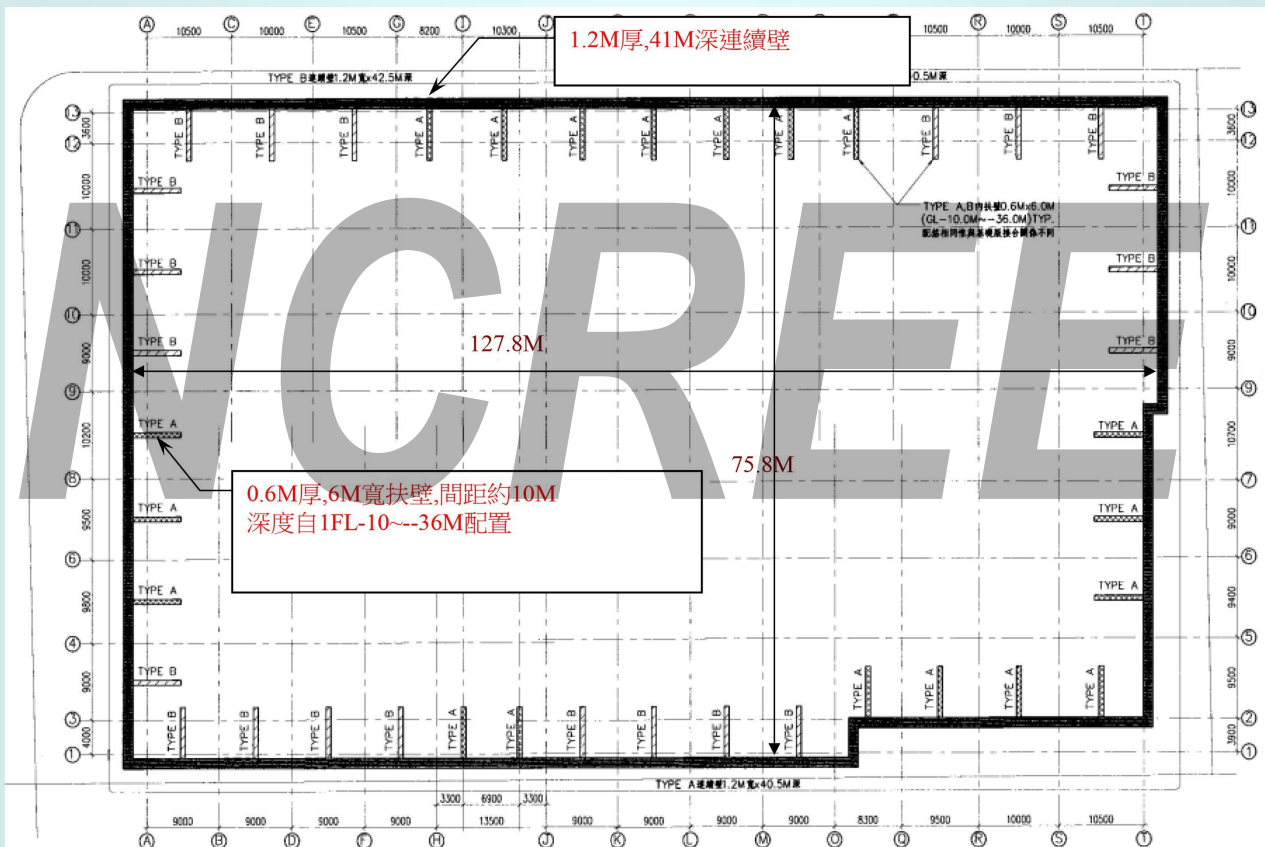
- 節省工期：採逆打工法施工
- 法規要求：採用連續壁擋土

評估扶壁必要性？

評估鋼支撐必要性？

21

基地開挖範圍及連續壁配置



A~F方案 價值工程評比、安全性評估

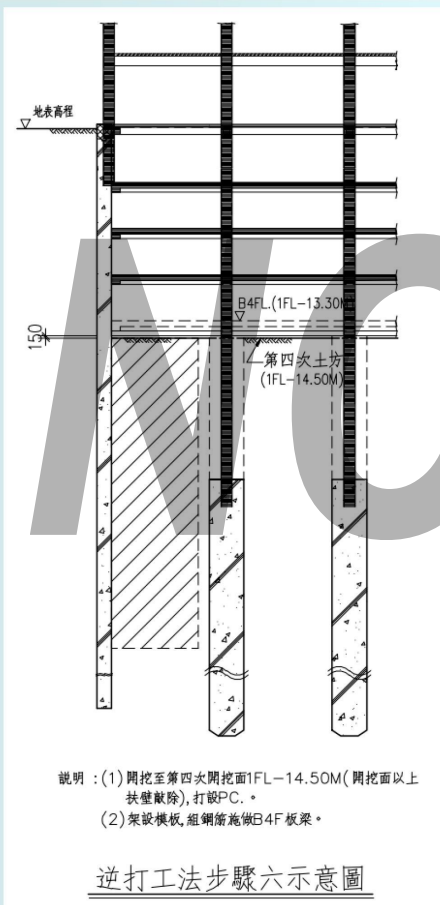
表2-1擋土方案評估

方案	連續壁厚度	是否設置扶壁	B5F~B6F間是否設支撐	連續壁最大變形	連續壁最大彎矩
A	1.5M	X	X	157 mm	705 TM/M
B	1.5M	✓	X	81 mm	494 TM/M
C	1.5M	✓	✓ (H型鋼)	71 mm	392 TM/M
D	1.2M	✓	X	102 mm	453 TM/M
E	1.2M	✓	✓ (H型鋼)	89 mm	355 TM/M
F	1.2M	✓	✓ (扶壁+PC)	65 mm	381 TM/M

- 初步評比：E方案及F方案較為適合本案
- E方案為傳統型鋼支撐工法
- F方案” PC擋土工法” 為創新施工方式

23

3. “逆打PC擋土施工法”介紹



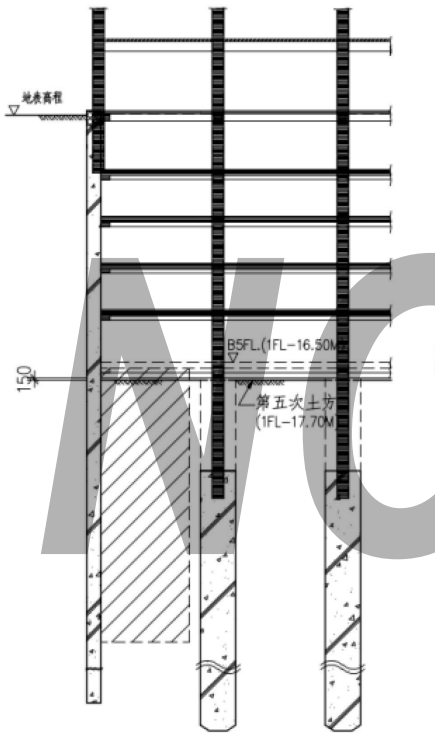
步驟一~六：同傳統逆打工法

步驟六：

- 第四階段開挖到FL-14.5M
開挖面上扶壁打除
- 施工B4F梁樓版

24

“逆打PC擋土施工法”介紹



說明：(1)開挖至第五次開挖面1FL-17.70M(扶壁打除至B5F板下緣),打設PC。
(2)架設模板,組鋼筋施做B5F板梁(扶壁預留鋼筋與B5F板聯結)。

逆打工法步驟七示意圖

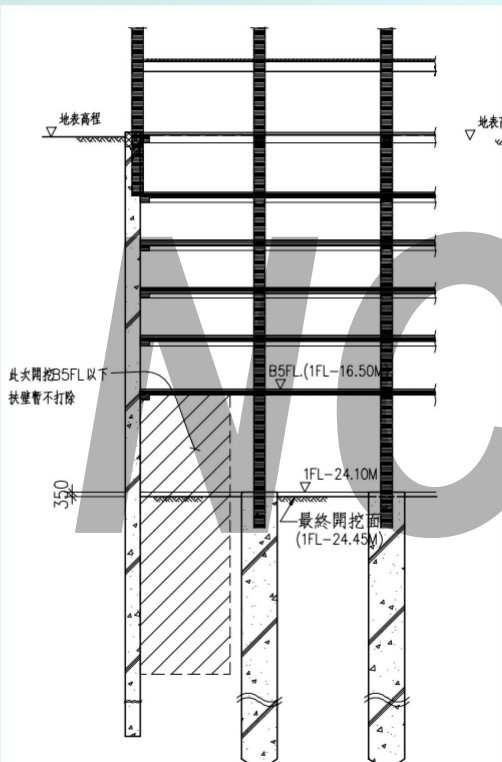
步驟七：

- 第五階段開挖到FL- 17.7M
- 施工B5F梁樓版
- 扶壁鋼筋與B5F樓版連結

差異：傳統扶壁隨土方敲除不與B5F連結

25

“逆打PC擋土施工法”介紹



說明：(1)開挖至最終開挖面1FL-24.45M,打設35cm無筋PC。

逆打工法步驟八示意圖

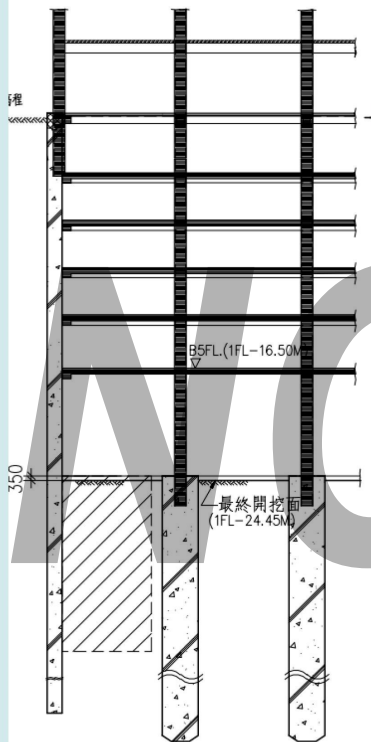
步驟八：

- 最終階段開挖到FL- 24.45
- 此階段扶壁暫不打除
- 打設35cm PC

差異：傳統B5F以下分兩次開挖、設立鋼支撐、15cm PC
挖土時有鋼支撐妨礙

26

“逆打PC擋土施工法”介紹



說明：(1) 拆除B6F~B5F間之扶壁。

逆打工法步驟九示意圖

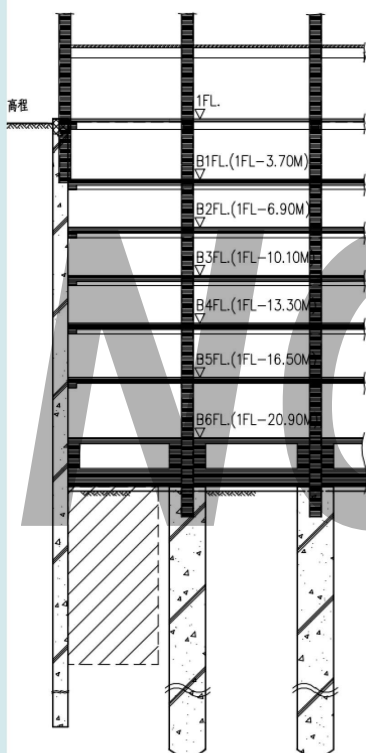
步驟九：

- 敲除B5F~PC上方扶壁

差異：傳統扶壁隨土方敲除

27

“逆打PC擋土施工法”介紹



說明：(1) 綁架筏基梁、板鋼筋，澆注混凝土。
(2) 逆打施工完成。

逆打工法步驟十示意圖

步驟十：

- 施做筏基層梁版

差異：傳統施做筏基層結構時
鋼支撐妨礙，施工困難

28

4. 差異及效益評估

設計差異項目	傳統型鋼支撐逆打	PC支撐工法
扶壁	2000Psi無筋扶壁	4000Psi有筋扶壁
最終開挖面PC	15cm,2000Psi	35cm,4000Psi,開挖深度多20cm
對擋土壁支撐方式	型鋼支撐	扶壁 + PC支撐

29

效益評估

- **工期**：PC工法支撐有7.65m淨空間，施工動線佳，工期少45~60天。
- **費用**：PC工法增加混凝土及鋼筋費用，減少支撐型鋼費用。試算後兩工法工程費約略相當
- **設計、施工團隊及業主一致同意採"PC支撐方式"進行規劃設計**

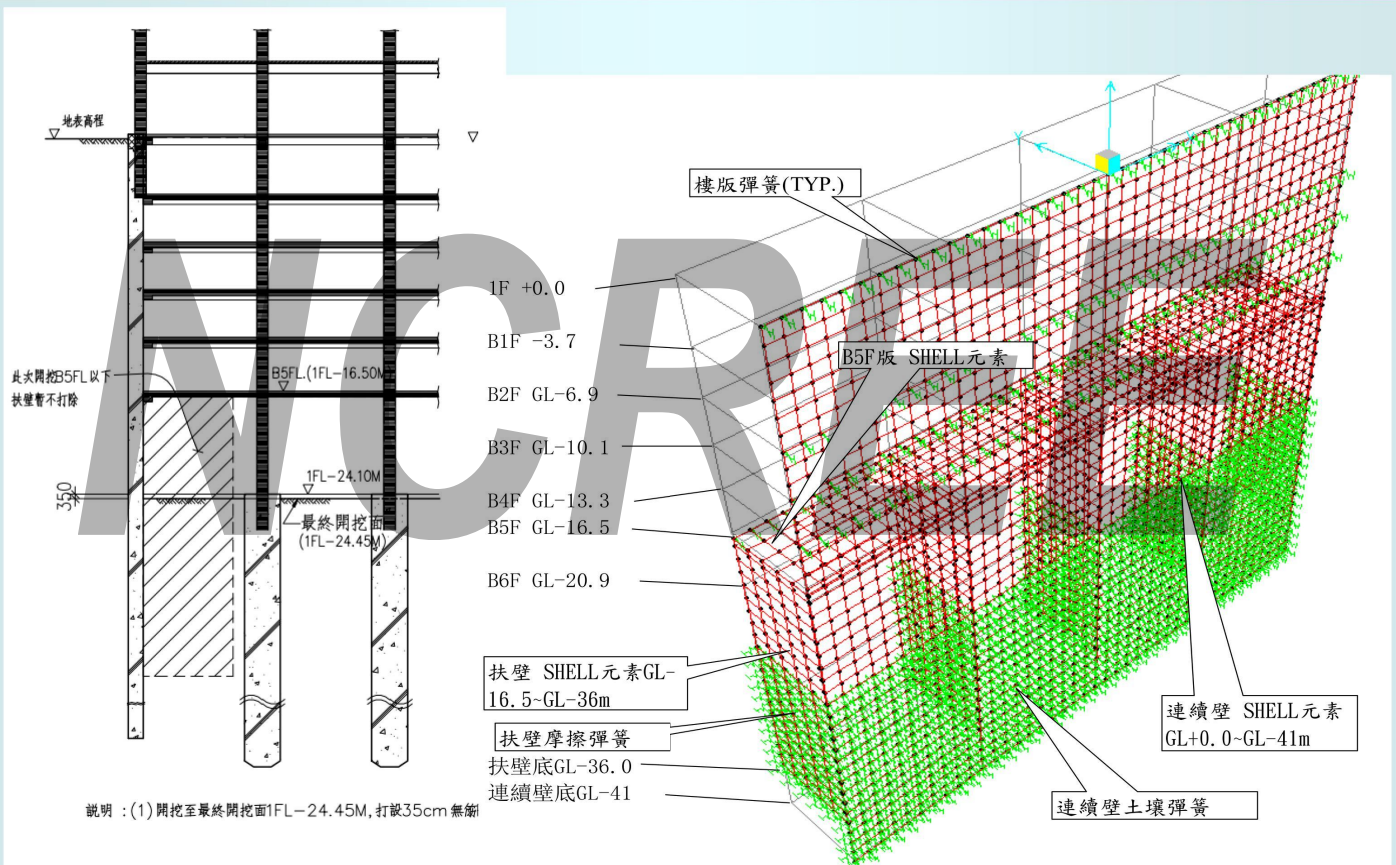
30

C. 逆打PC支撐工法設計考量

1. 步驟八、扶壁擋土設計檢討

2. 步驟九、無筋PC設計檢討

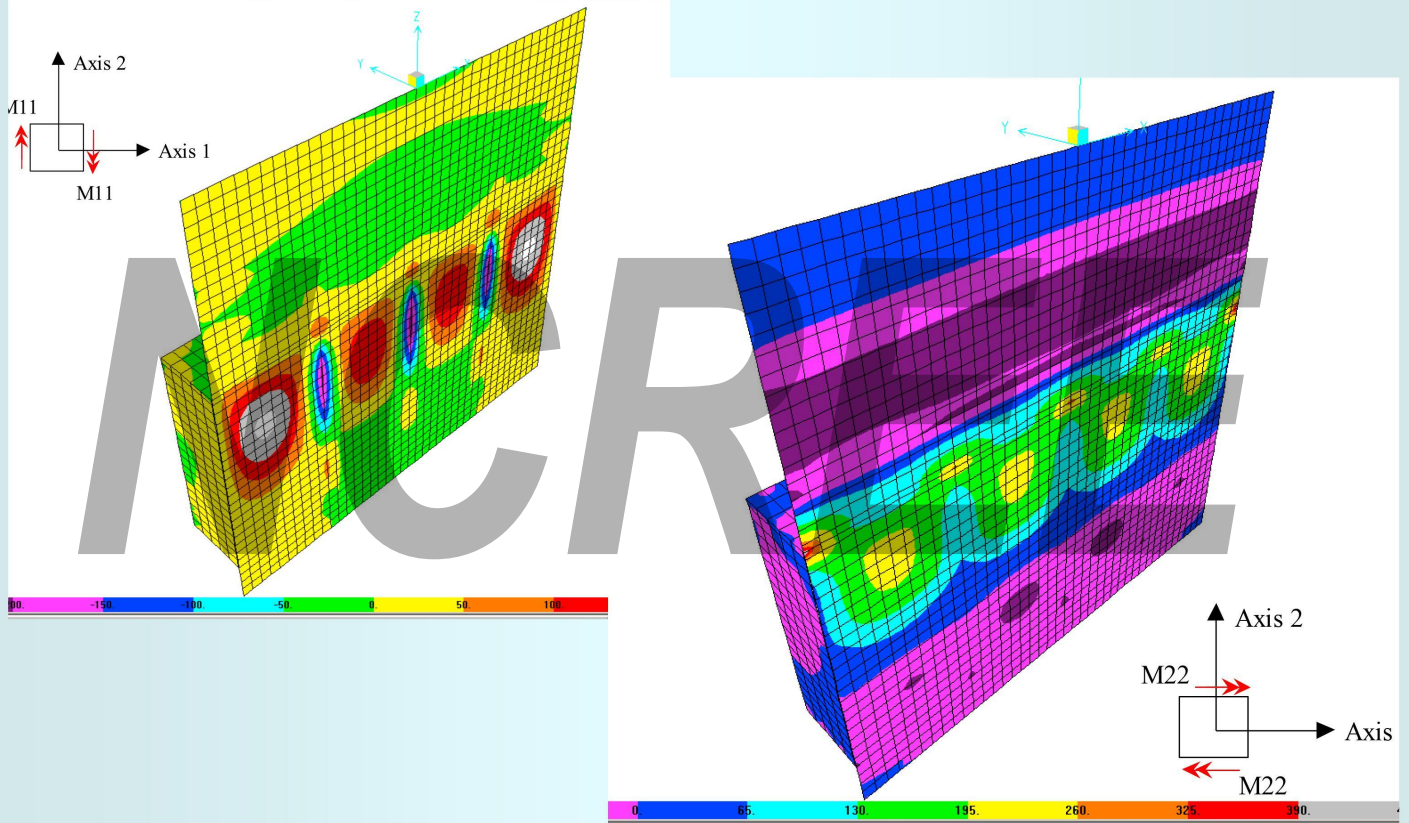
1. 步驟八、扶壁擋土設計檢討 (1/2)



逆打工法步驟八示意圖

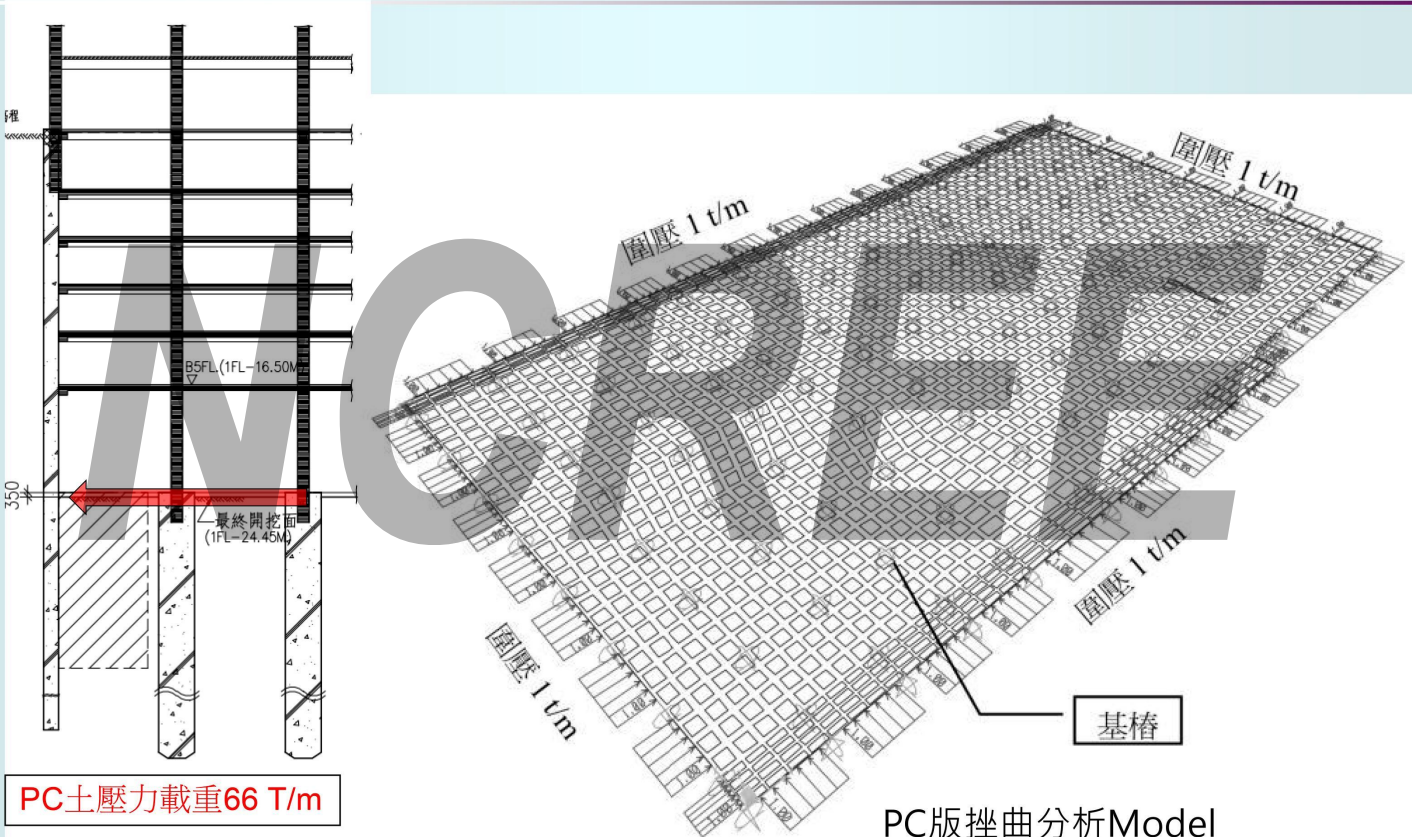
圖3-1、PC工法步驟八分析3D立體模式圖

1. 步驟八、扶壁擋土設計檢討 (2/2)



33

步驟九、無筋PC設計檢討



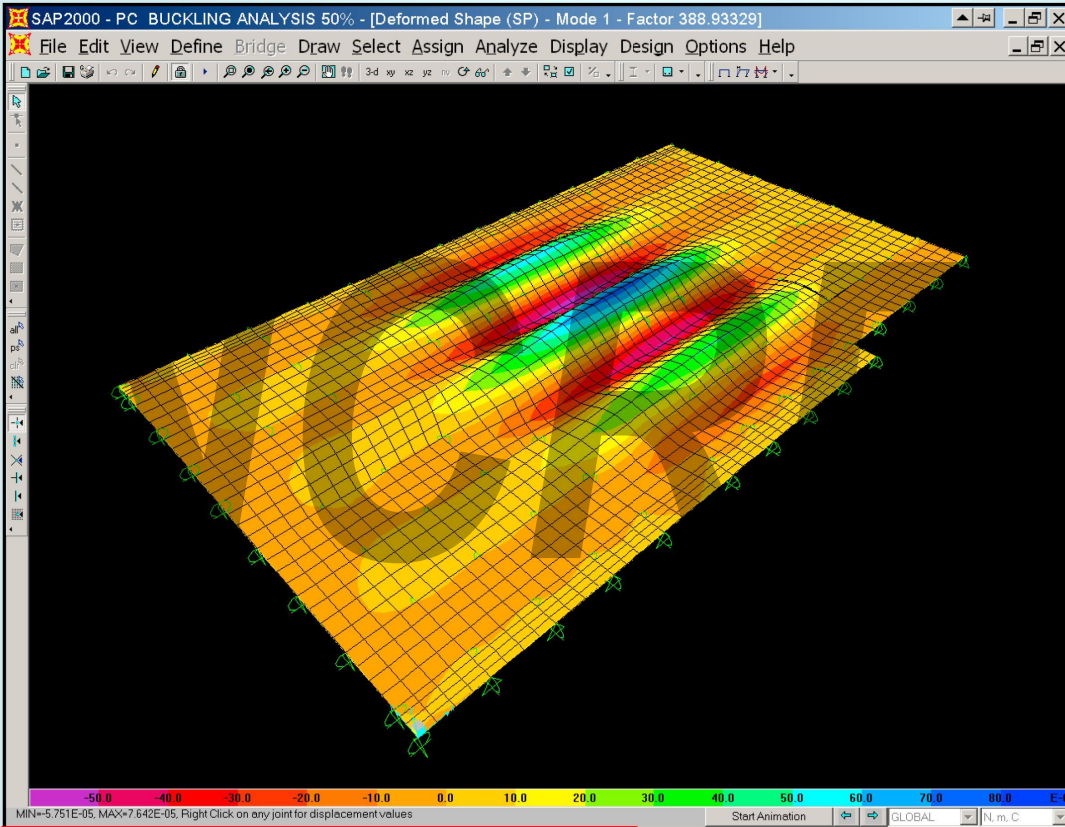
PC土壓力載重66 T/m

PC版挫曲分析Model

逆打工法步驟九示意圖

34

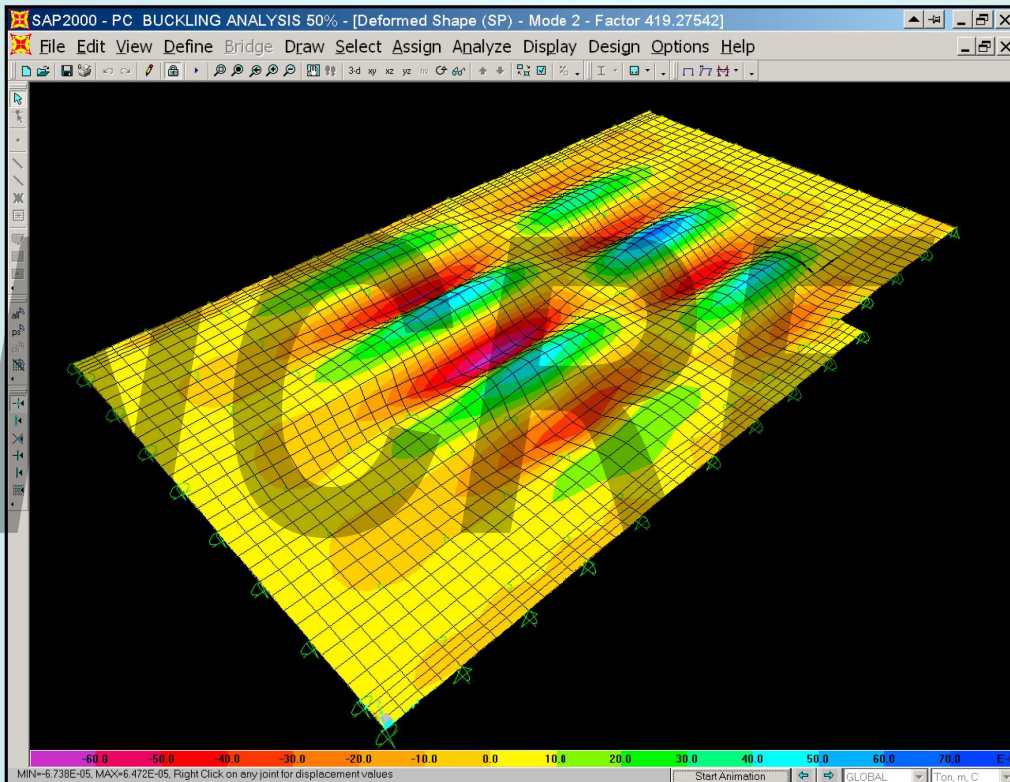
PC挫曲分析結果 - PC土壓力載重66 T/m



MODE 1 388.9 T/M
FS=6.0

PC版挫曲模態圖

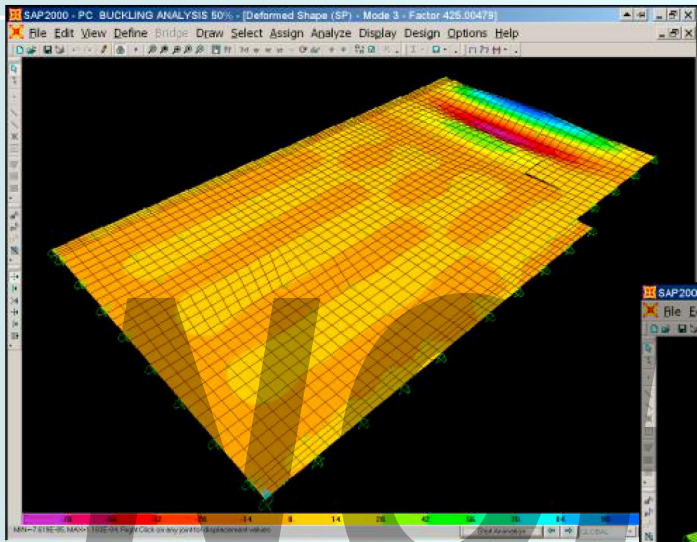
PC挫曲分析結果 - PC土壓力載重66 T/m



MODE 2 419 T/M
FS=6.3

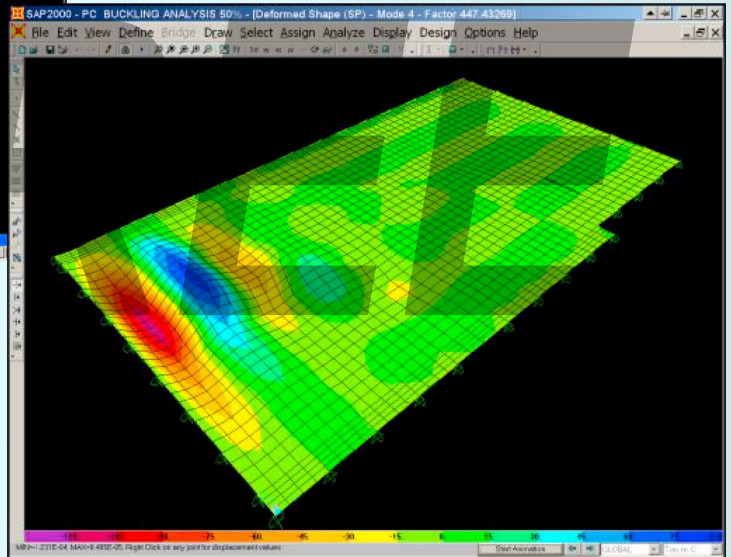
PC版挫曲模態圖

PC挫曲分析結果 - PC土壓力載重66 T/m



MODE 3 425 T/M
FS=6.4

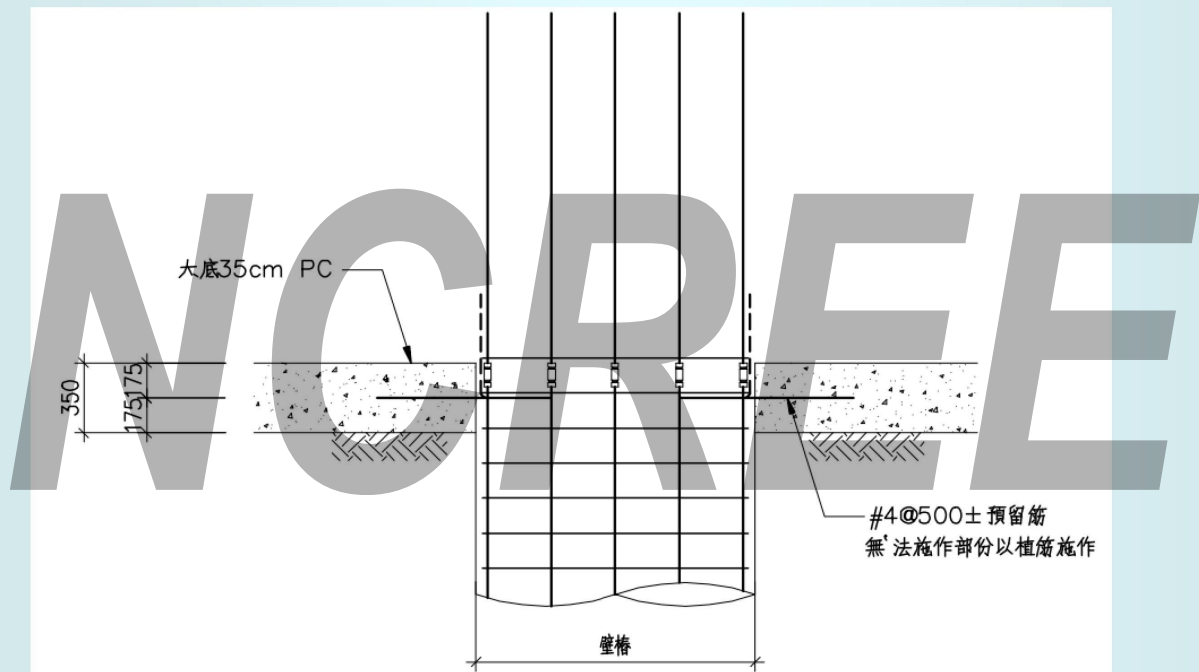
PC版挫曲模態圖



MODE 4 447 T/M
FS=6.7

37

無筋PC - 與基樁連接



38

無筋PC設計 - 承壓強度檢核

混凝土結構設計規範，7-1無筋混凝土

$$\phi P_n = \phi 0.6 f_c' \left[1 - \left(\frac{l_c}{32h} \right)^2 \right] A$$

強度與無支撐長度及寬度比值 l_c/h 有關！

h 為版厚30cm，無支撐長度L如何決定=？

39

無筋PC設計 - 承壓強度檢核

挫曲分析1st Mode vale， $P_{cr} = 388.9t/m$

帶入Euler formula $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(kl)^2}$

$$kl = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{P_{cr}}} = 7.6m$$

$$\phi P_n = 0.65 \times 0.6 \times 2450 \left[1 - \left(\frac{7.6}{32 \times 0.3} \right)^2 \right] (1.0 \times 0.3) = 102.7t/m$$

$$\phi P > P_u = 66.0 \times 1.5 = 99.0 \text{ OK!}$$

41

NCREEE

D. 施工實務相片、開挖過程變形觀測

42

施工實務相片



機械於B5F版下挖土



43

施工實務相片



開挖到預定高程、外圍密排扶壁

44

施工實務相片



基樁以化學植筋與35cmPC與連結

45

施工實務相片



35cmPC打設情形，PC上淨空7.25m



46

施工實務相片



35cmPC 硬固後打除外圍扶壁



47

施工實務相片



PC上方綁紮基礎梁鋼筋，淨高7.25M



48

施工實務相片



PC上方綁紮基礎梁鋼筋，淨高7.25M



49

施工實務相片



基礎梁混凝土澆灌

綁紮筏基上版鋼筋

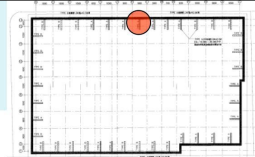
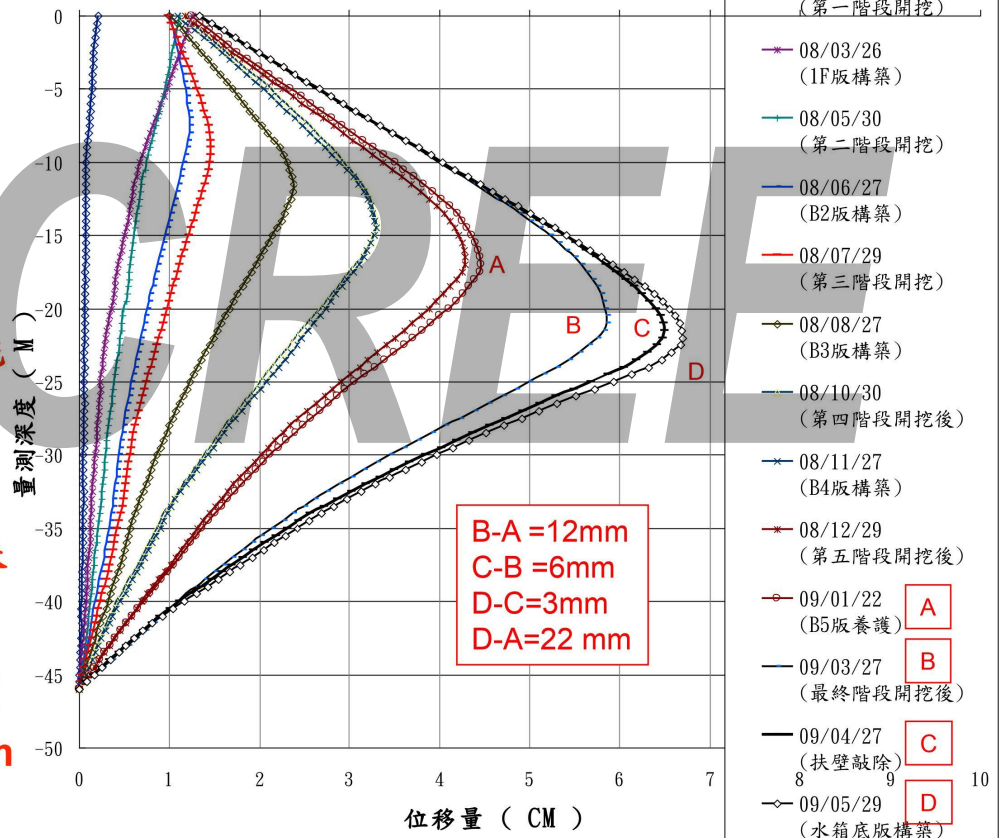


2009/07/06 10:10

開挖過程變形觀測

- 最大變形6.8cm
(設計值6.5cm)
- 第一~六階段挖土
變形增量(1.17,
0.06, 1.15, 0.91,
1.36, 2.15) cm
- 最終階段PC工法施
工變形增量2.15
cm，可分為挖土
變形1.21 cm，扶
壁敲除變形0.64
cm，PC版支撐到
基礎梁完成0.3 cm

壁體傾度儀位移量變化



NCREE

E.結語

52

結語

- 在計畫工期及原預算內，以全新施工方法完美解決設計、施工單位及業主三方需求
- ”PC支撐工法”施工時，以臨時扶壁及最底層PC抵擋土壓力、於挑空7.65m空間下採用機械大面積開挖土方，接續3.2M深基礎梁施工時，也不會鋼支撐妨礙施工，由於施工空間大、效率奇佳
- 本工法我們公司已經使用約10年，歷經數十案例驗證堪稱成功！

53

高樓基礎深開挖特殊案例 -逆打最終階段無支撐工法介紹

姚 村 淮*
劉 明 鈞*
甘 錫 滢**

摘 要

大樓深開挖採用逆打工法施工, 上構、下構兩施工基面一起施做可大幅縮短結構體施工時程, 最多可減為傳統施工法之 1/2~2/3 時間。然而在採用逆打工法時經常面臨最後一階段開挖時, 其最下層樓高加上基礎樁深度將產生 6m-8m 高之挑空挖土區。一般擋土壁將無法承受如此巨大之土壓力, 故通常考慮於開挖面上增設一層型鋼支撐連續壁, 但此設計將造成施工空間不足、成本增加、工期增長及工程界面複雜等問題。

本文介紹地下 6 層開挖 24.5m 深, 地上 37 層之建築案例, 於地下 5 層樓版完成後, 往下開挖地下 6 層時支撐間挑空 7.65m 不設置傳統型鋼支撐, 故稱為無支撐工法。實際係於四周連續壁內側設置臨時扶壁抵擋土壓力, 並以大型機械快速開挖土方。當開挖到最終開挖

面 GL-24.5m 時, 打設 35 cm 大底 PC 支撐連續壁後, 再打除扶壁並於 7.3M 淨空間下大面積施作 B6F 結構體。

本案例已施工完成, 經承商估算新式工法較傳統增設鋼支撐工法, 經費約略相當, 工期則可縮短 1.5 個月左右, 本文介紹此案採無支撐施工方法之緣由、思維及設計考慮, 並詳列施工可能發生之問題與施工相片以利同業觀摩與指正。

關鍵字: 逆打工法、支撐、連續壁、型鋼支撐、PC 支撐、扶壁、挫曲模態分析

1、緣由

大台北地區由於房屋價格高昂, 開發團隊常以縮短工期來思考最有利之營造工法, 以期於最短時程回收投資成本。因此, 能大幅縮短建造工期之“逆打工法”(Top-down Construction

* 永峻工程顧問公司經理

**永峻工程顧問公司總工程師

NCRREE

扶壁後敲工法案例-國美寶清案



扶壁後敲工法案例-元利金山南路



地上38F+地下B7
開挖26.2M



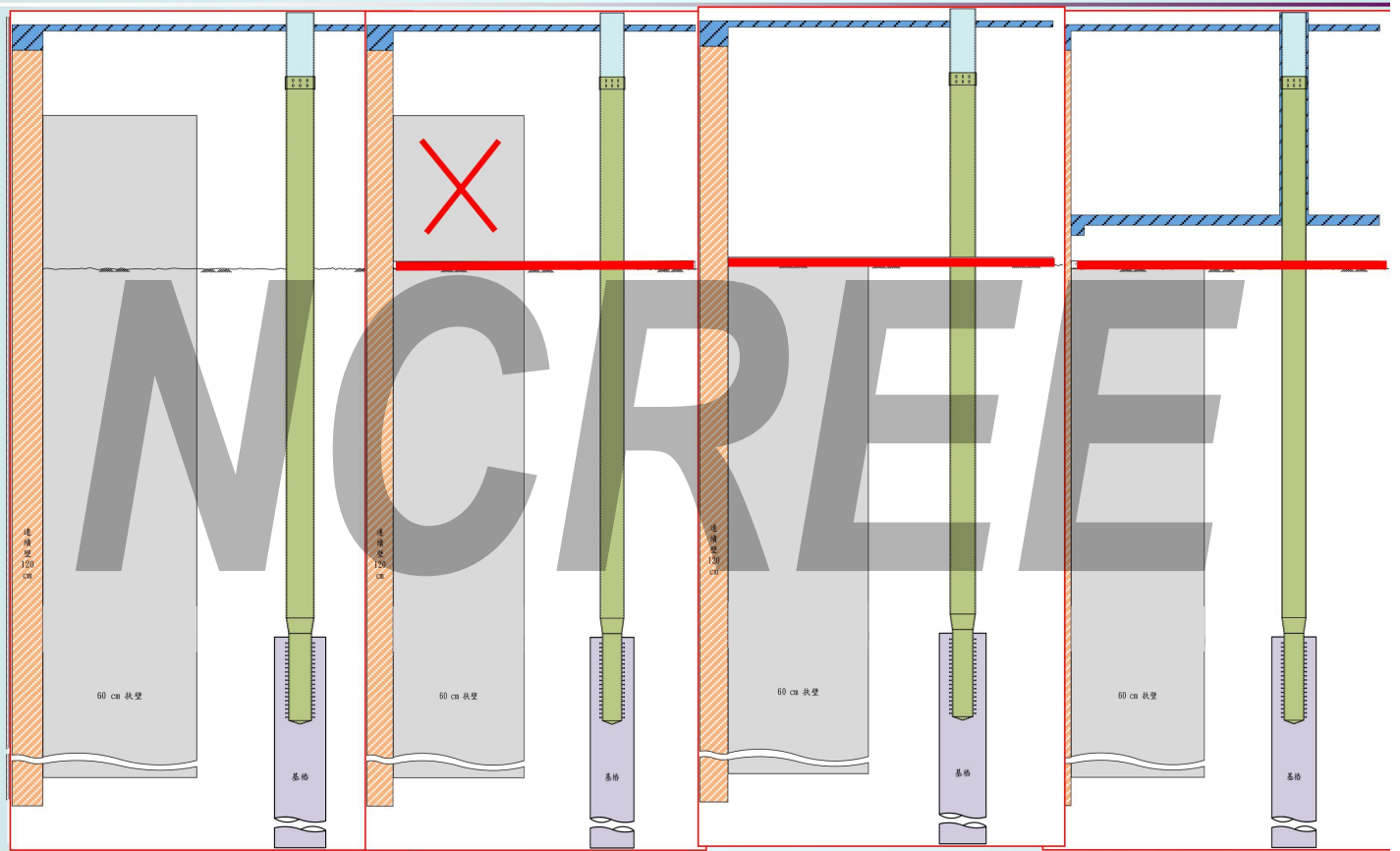
扶壁後敲工法案例-南山廣場



地上48F+地下B5F
開挖25.1M



PC工法 2.0+版要點



謝謝指教!