深開挖基礎工法及觀測系統介紹

報告人：中華民國全國建築師公會
特殊結構審查委員會主委 陳澤修建築師

2019.3.12

中華民國全國建築師公會

隨著都會區發展，
建築設計越來越多樣化

為了增加使用空間，建築物設計逐漸朝高層及深基礎發展

深開挖基礎工程

深開挖基礎概指在地表面下所進行的工程，屬於地下室工程範疇，可粗分為深開挖與基礎兩大項，在建築領域與其他工程項目比較，具有下述特性：

1.基礎施工大多接續或伴隨著深開挖施工

2.深開挖需設置擋土壁及支撐設施，以保持開挖面的穩定

3.基礎與深開挖之施工期間，會遭遇地下水的困擾

4.設計與施工不能分離，需配合監測系統回饋實際狀況

5.地下室朝深開挖發展，須重視鄰房、工安及環保問題

地下室工程

深開挖工法

◎全開挖工法

- 內撐式工法
- 順打(Bottom-Up)
- 雙順打(Up-Up)
- 逆打(Top-Down)
- 背拉式工法

◎島區式/壕溝式/混合式工法

內撐式工法－順打

◎本工法適用於中小面積開挖工程

－基地長寬以不大於150公尺為適當，否則支撐系統架設精度困難，為都市深開挖最常採用之工法。

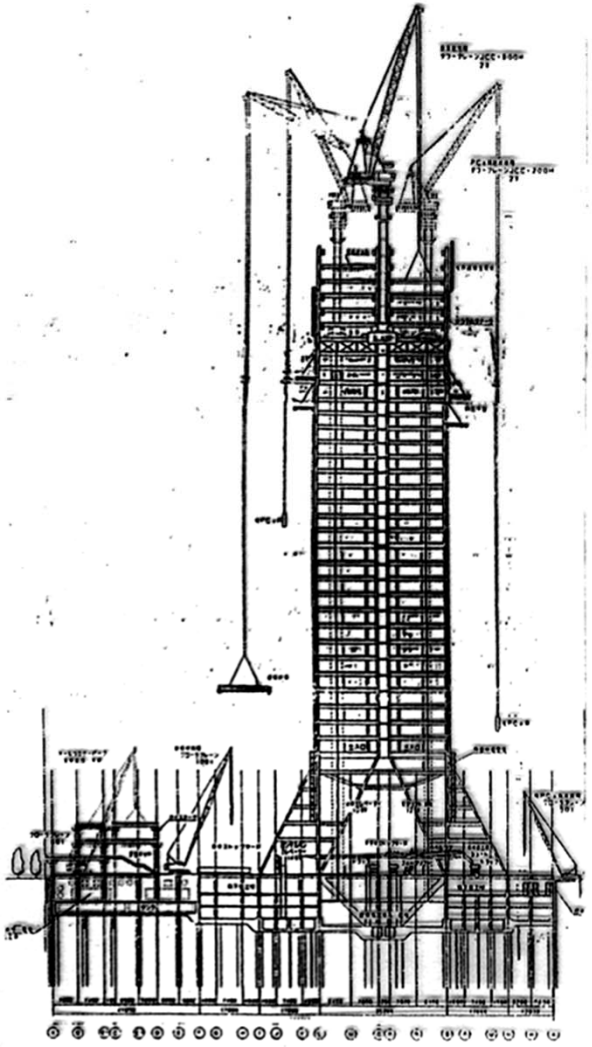
順打工法

內撐式工法－雙順打

◎本工法適用於中大型面積深開挖工程

－基地長寬可大於150公尺，主要以深度超過18公尺以上的地下室工程為主，為節省工期，於地下室開挖至大底時，先施作B1的結構樑，之後，地面層以上的結構就開始往上施工，地下室也從筏基頂版逐層往上施工，也就是地上、地下同時往上施工，節省等待地下室工程完工才能往上施工的工期。

內撐式工法－雙順打



28F 鋼構組裝（Steel Erection）
27F
26F 浪型鋼板鋪裝（Decking）
25F
24F 水電配管及樓板灌漿
23F
22F 防火被覆（fire Proofing）
21F
20F 帷幕牆放樣
19F
18F 帷幕牆吊裝、空調配管、
17F 管線吊裝、消防設備
16F
15F 機械設備吊裝
14F
13F 輕隔間安裝
12F
11F 輕隔間安裝
10F 粉刷裝修
9F

大型機械設備吊裝

（每2個樓層 1個 tier）

中華民國全國建築師公會

雙順打工法

內撐式工法—逆打

◎本工法適用於大深度開挖工程

—以地下結構本身作為支撐，可減小擋土壁體側向變形與周邊地表沉陷；同時施築上部結構與地下結構可顯著縮短工期。本工法應用於樁基礎之地下室開挖建築始展現經濟性，亦為都市深開挖常採用之工法。

逆打工法

背拉式工法

◎本工法適用於大面積開挖、基地形狀不規則、地面高度差異較大及地下層高度不等之工程

—通常必須注意地質條件許可(無深厚軟弱黏土層或疏鬆砂土層)及地界條件許可(鄰近地權可利用)時，方可採用本工法。

背拉式工法

'91 1 18

基礎工程類型

◎版基礎

◎筏式基礎

◎樁基礎：

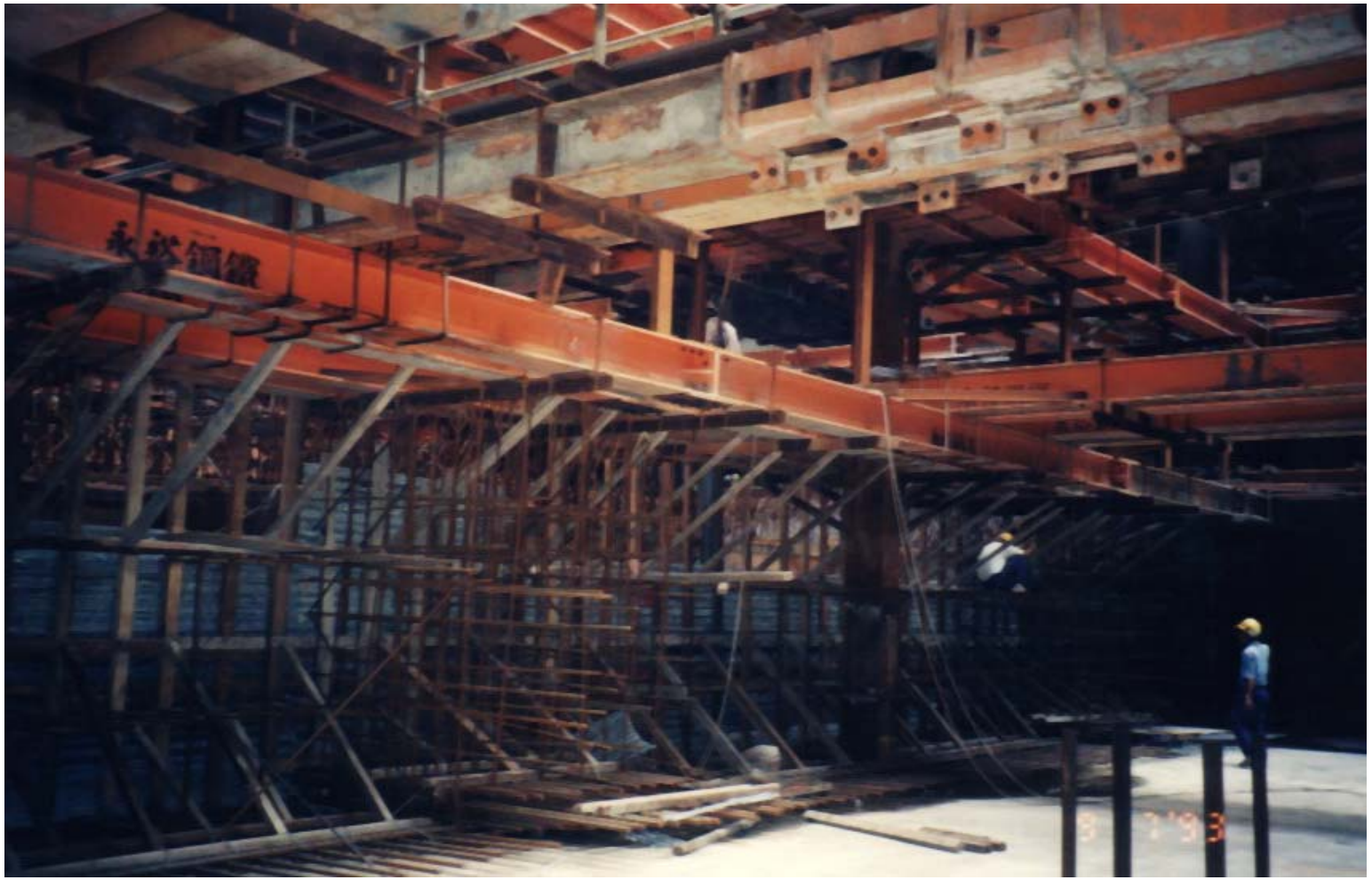
套管式基樁、反循環基樁、壁式矩形樁

◎地盤改良：

高壓噴射樁、機械攪拌樁

版基礎

筏式基礎



樁基礎

地盤改良

觀測系統的功能

觀測系統的功能

1. 對工程安全具有全面性的控制。
2. 能確實掌握施工情況的變化。
3. 防止公害的發生，清除第三者因工程施工所帶來的不安，改善施工單位與第三者間的公共關係。
4. 由實測結果與土壤調查分析相印證，以獲得分析數據的規律性，建立良好的分析模式，並可驗證原設計的正確性及實用性o
5. 降低工程成本，提高工程的經濟效益。
6. 提昇工程技術水準。
7. 評估新工程技術的效益。
8. 分析研判施工中所遭遇各種問題的癥結所在，提出解決方法，並將之收集作為將來 設計與施工的參考。

觀測儀器及觀測內容

觀測儀器：

(1)傾斜儀(Digitilt lnclinometer System)o

(2)水壓式水壓計(Hydraulic Piezometer)。

(3)氣壓式水壓計(Pneumatic Piezometer)o

(4)振動應變計(Vibrating Wire Strain Guage·)。

(5)土壓計(Earth Pressure Cell)。

(6)鋼筋應變計(Reinforcing Bar Strain Guage)o

(7)隆起桿(Heave Stake)。

(8)沉陷量(Settlement Point)o

觀測內容

- (1) 作用於擋土壁之土壓。
- (2)作用於擋土壁之水壓。
- (3)擋土壁之彎曲力矩、歪曲度。
- (4)擋土壁之變形。
- (5)作用於支撐之軸力。
- (6)支保工之變形。
- (7)溫度變化。
- (8)地盤內部之變形。
- (9)結構物的沉陷、傾斜、移動觀測。
- (10)地下水位之觀測。

基礎土層穩定性監測

一、監測目的

本項監測目的在量測出基礎土層側向移動量的大小、速率、方向及最大側向移動量的位置所在，以判定基礎土層之穩定程度，進而控制施工之安全。

二、監測儀器

本項監測所需儀器如下：

1. 傾度儀　　2. 量測儀器

三、監測方法及監測頻率

1. 監測方法

在緊臨擋土結構外側埋設傾度儀觀測管，其埋設深度須深入堅硬土層利用傾度儀進行量測。於基地開挖前建立初始值，隨著基地開挖進行量測，並將所得之值與初始值比較，即可得土層側向移動量的大小、速率、方向及最大移動量的位置。

IHI

91 1

通水管
3327578
3316660
清化實池

地下水位及水壓監測

一、監測目的

本項監測之目的在了解不同深度，不同土層，土壤孔隙水壓力，地下水位在開挖工程進行時之分佈情況以及變化之情形，並可藉以分析上層之穩定度，對開挖工程施工方法，步驟之選擇，以及工期之掌握，

二、監測儀器

1. 水位觀測井　　2. 水壓式水壓計

3. 氣壓式水壓計　　4. 電子式水壓計

5. 量測儀器

三、監測方法及監測頻率

1. 監測方法

可在基地四周各側土層內不同深度埋度水位觀測井及水壓計。

2. 監測頻率

基地不抽水時視土質情形每二至五天一次，基地抽水時每天一次。

四、儀器之埋設

1.水位觀測井之埋設

(1)鑽一直徑最少10mm的垂直孔，其深度達內置觀測井規定高程下面500mm。

(2)填充經同意之潔淨粗細砂50cm厚。

(3)接妥觀測箱，並檢查接頭有無漏水現象。

(4)將觀測井按示意圖深度放入孔中。

(5)繼以潔淨之粗細砂回填圖示地表下約1m深度。

(6)最後上部則以回填土或砂回填至地表，地表以水泥封固以避免水順壁緣下流。

(7)完成上部保護措施，並以基地內基準點引測口及地表高程。

(8)水位觀測井裝設示意圖，詳如下圖。

'92 3

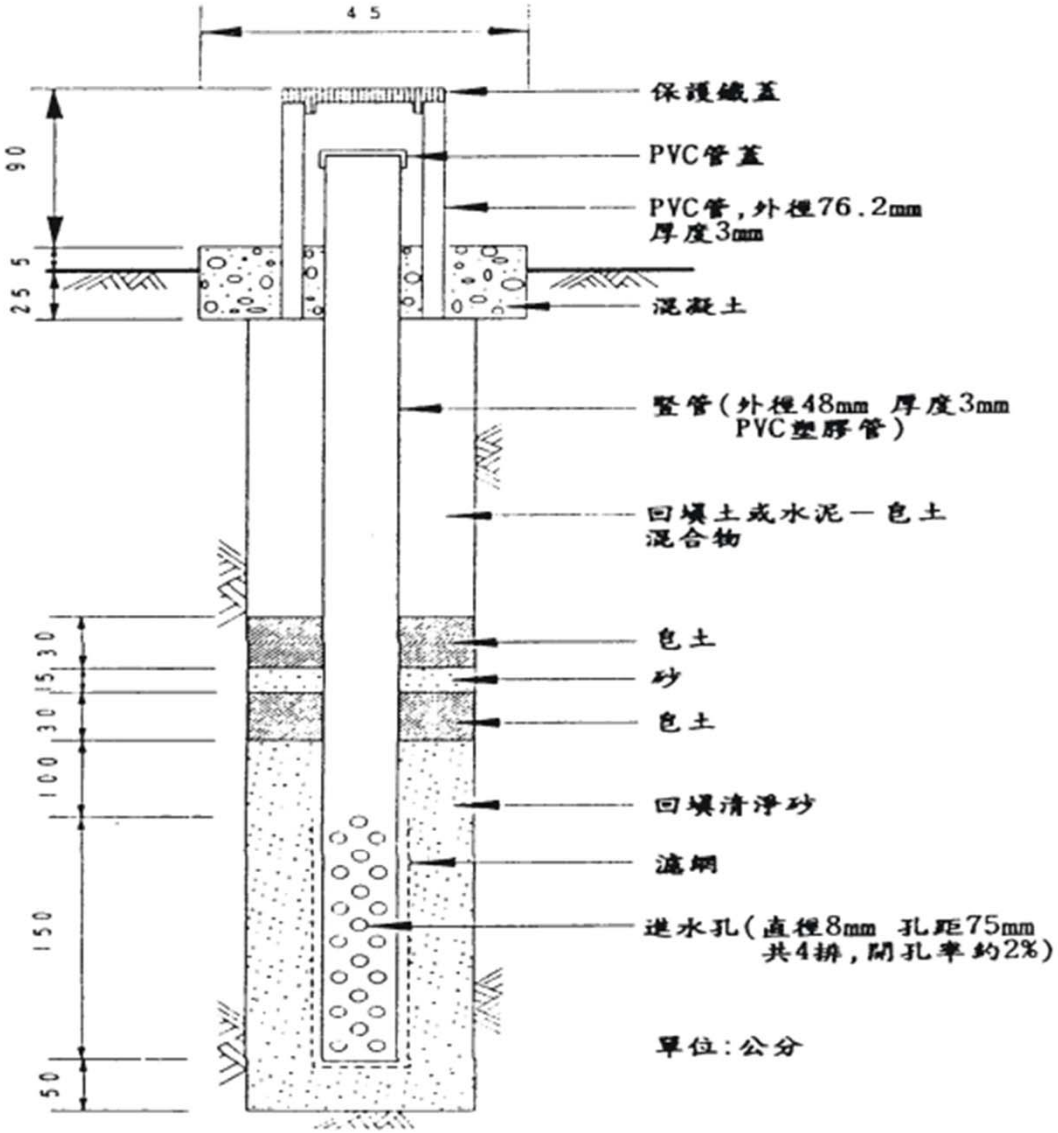


圖 19.4　水位觀測井裝設示意圖

中華民國全國建築師公會

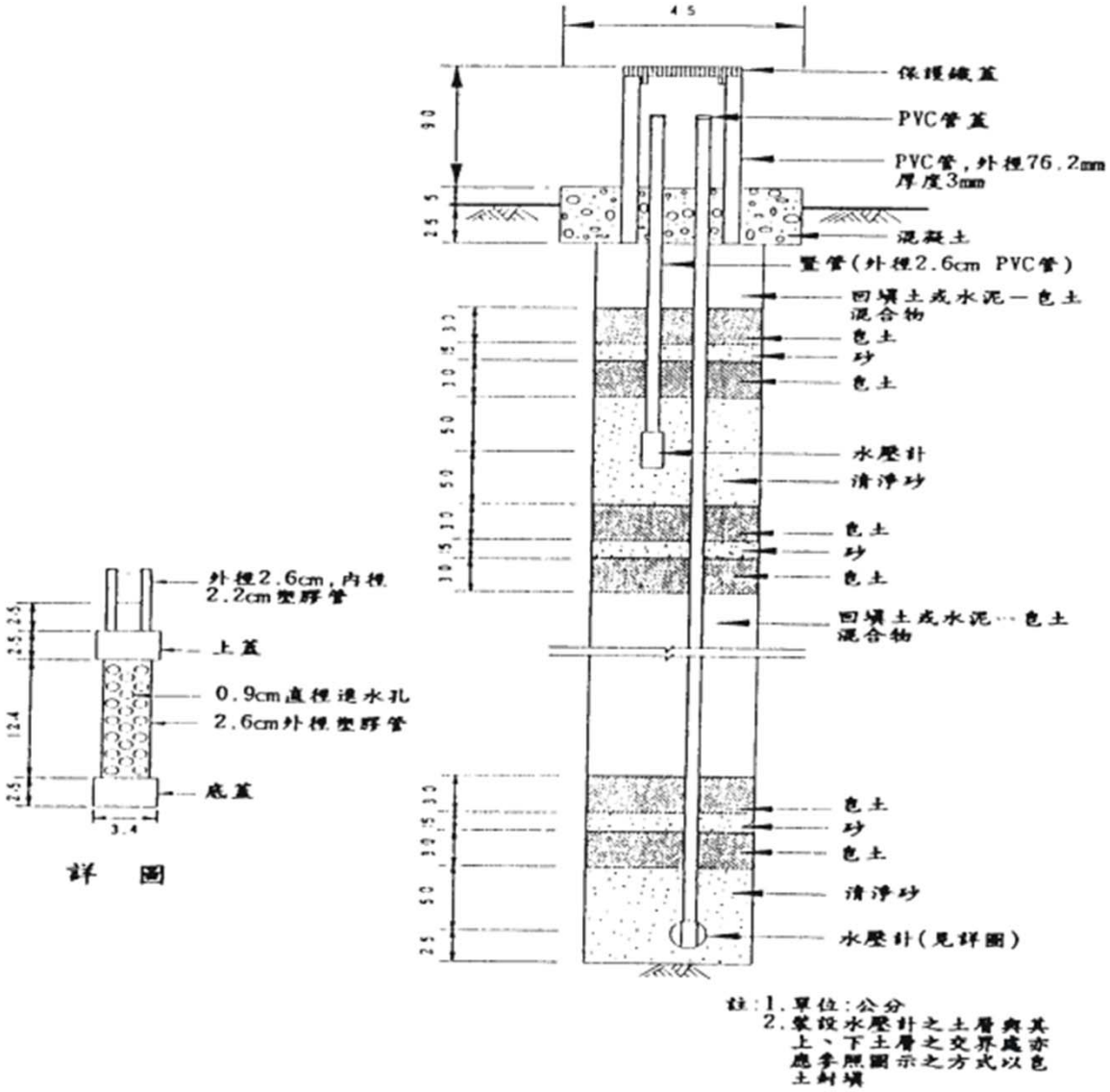
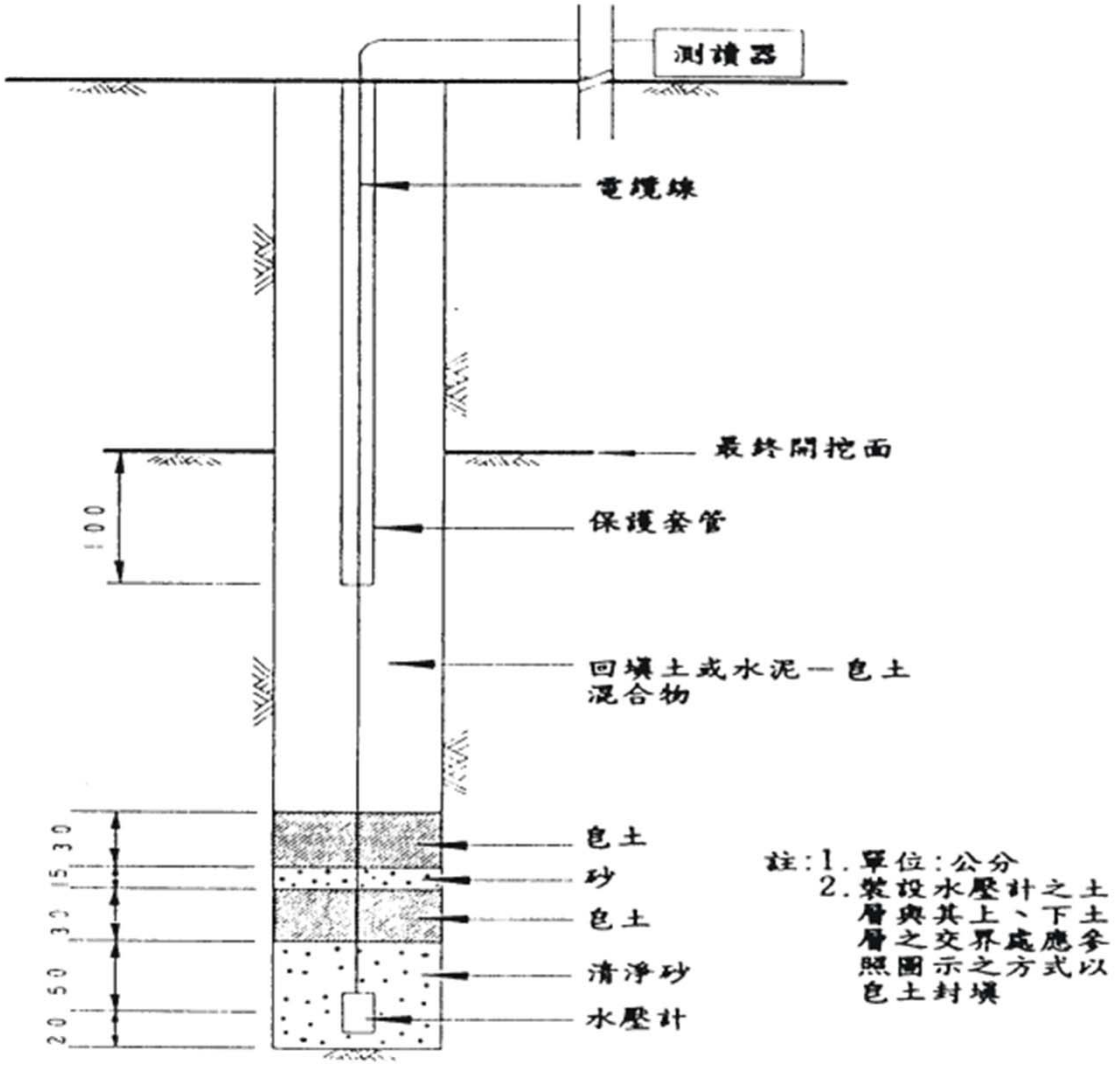


圖 19.5　水壓式水壓計裝設示意圖

中華民國全國建築師公會



電子式水壓計裝設示意圖

沉陷監測

3. 監測方法及監測頻率

(1)監測方法

(a)周圍沉陷：將觀測針平均分佈釘入沉陷影響範圍區域內，或主要控制安全之建築物及道路四周。

(b)筏基沉陷：於筏基澆置混凝土之同時，將觀測釘平均插入筏基未凝固之混凝上表面。

(2)監測頻率

周圍沉陷平均每週一次。筏基沉陷於每層樓版混凝土澆築前後量測一次，平時每十天一次。

2. 監測儀器

(1)沉陷觀測釘得視現實況作適當之選擇，其構造及規格詳　如下頁示圖。

(2)量測儀器：水準儀，箱尺及其他附件。

1. 監測目的　　·

本項監測包括基地周圍沉陷及筏基沉陷監測，前者之目的在量測基地四周因開挖土壤變位及抽水所造成的沉陷影響，後者在量測建築物構築增加之荷重而引起筏基沉陷之狀況，及瞭解大樓結構偏心載重所造成筏基差異沉陷對大樓結構的影響。

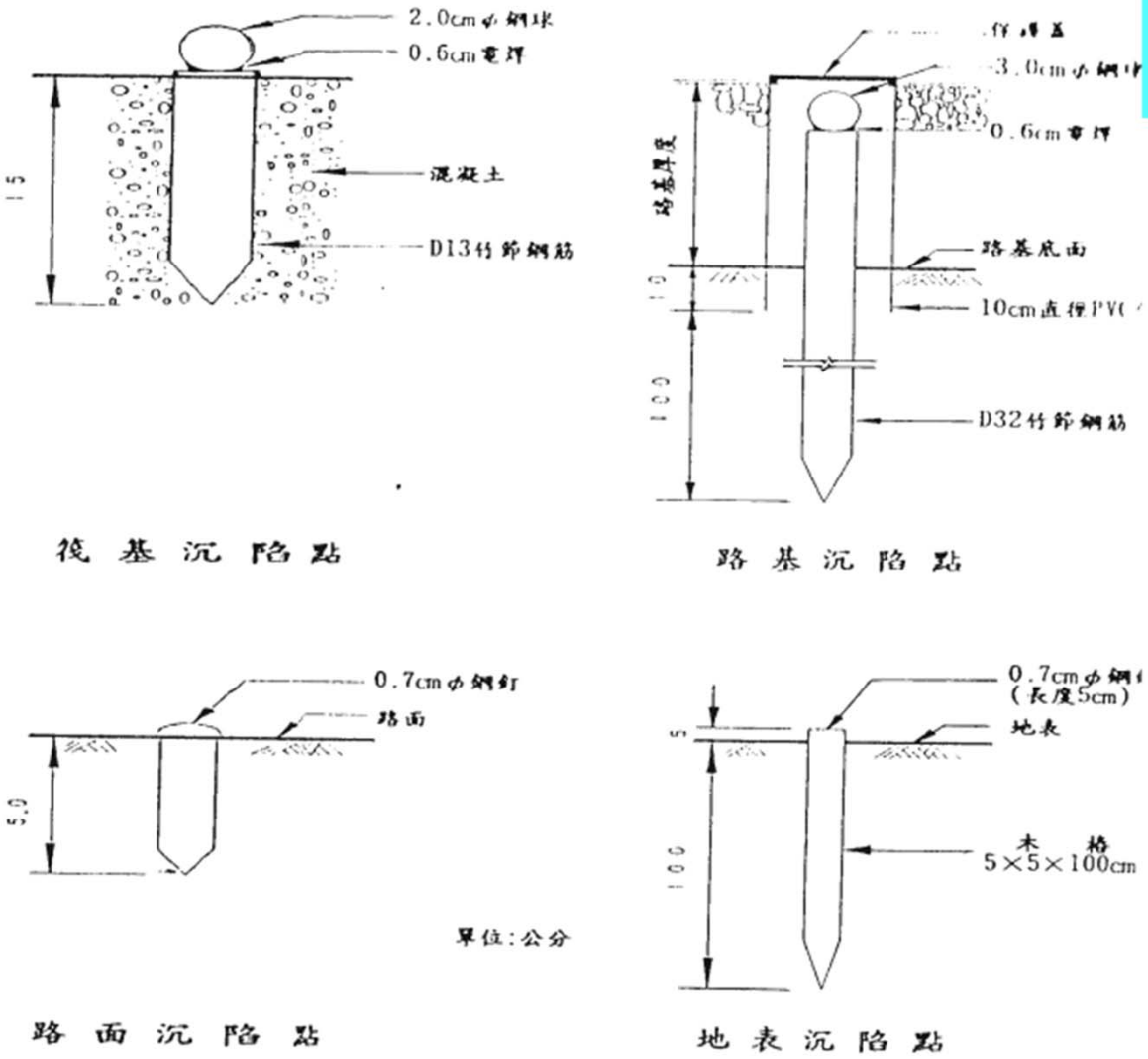


圖 19.7　沉陷點裝設示意圖

中華民國全國建築師公會

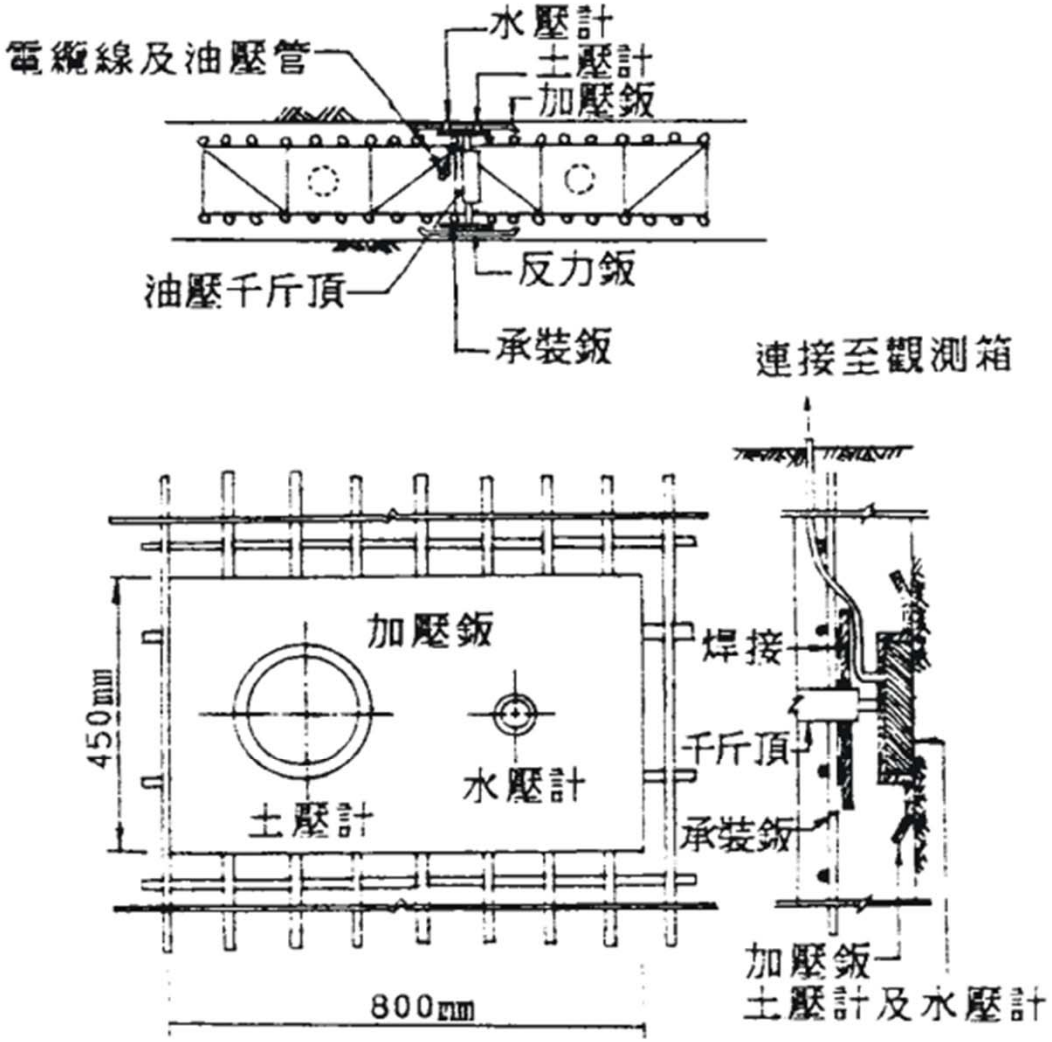
土壓計

1安裝步驟

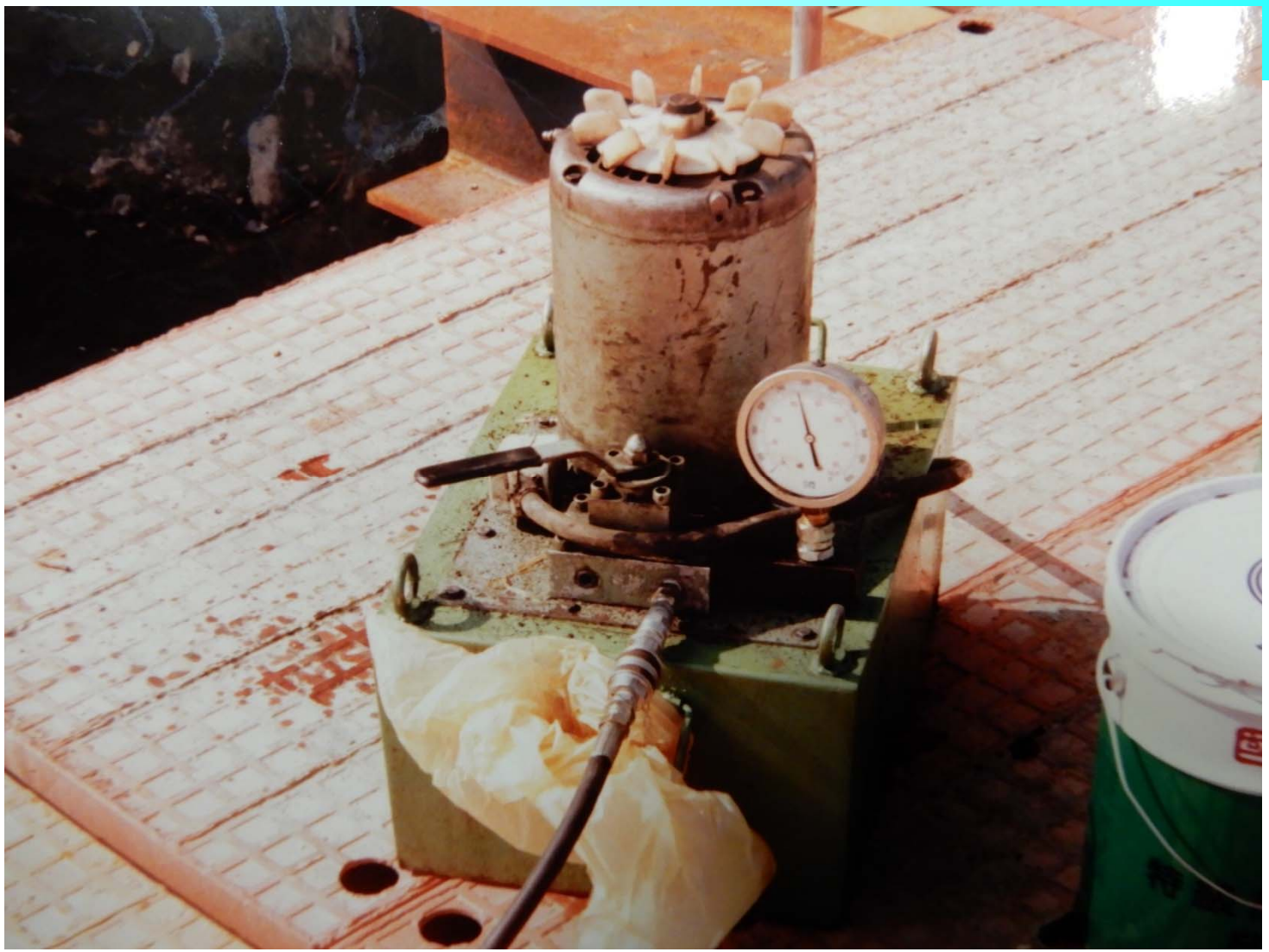
於鋼筋籠組立時，先將加壓板焊接於外側主筋後，再將千斤頂焊接於加壓板上:另側將承裝板焊接於內側主筋，再將千斤頂固定於承裝板上。俟鋼筋籠組立完成後，需將土壓/水壓計固定於加壓板上，而水壓計濾網在裝設前需泡足水份24小時或經煮沸以排除內部氣泡。當鋼筋籠吊入導溝內未澆置混凝土前需利用油壓控制閥調整使承壓板與溝壁面密接，並以土壓計容量2－3%為接觸壓力，作為土壓計的初始值，澆置混凝土時須隨時檢視並調整該初始值。(如圖3－151)

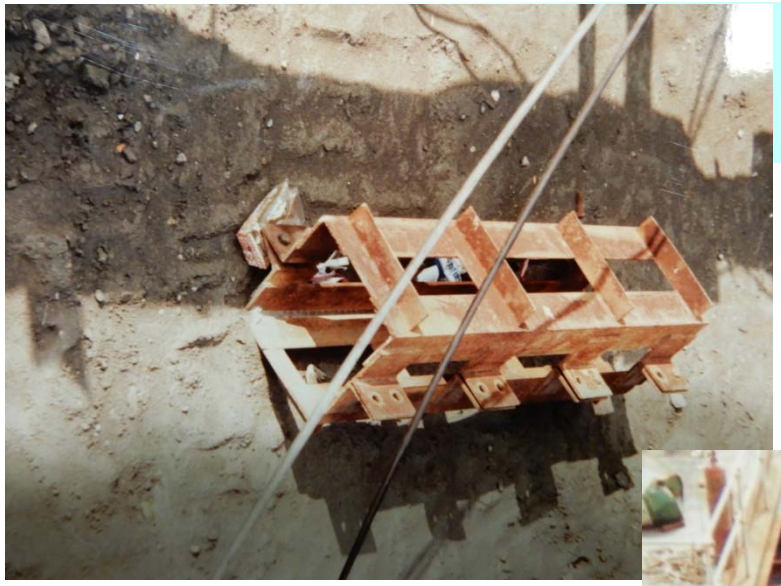
2觀測方法

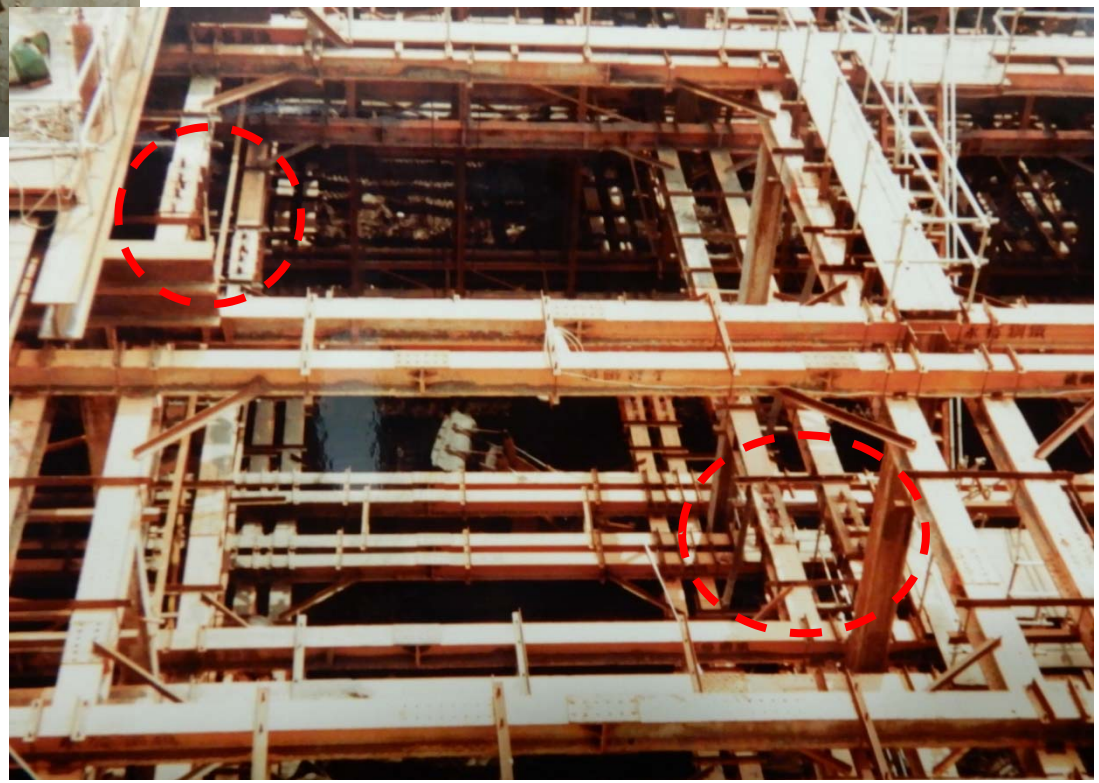
隨基礎工程之開挖，定期測試應力/應變指示器，該測試值會隨著土壓/水壓計本體的變化顯示出，再依顯示值換算出實際之土壓力與水壓力。


電纜線及油壓管
水壓計
土壓計
加壓鈑
油壓千斤頂
反力鈑
承裝鈑
連接至觀測箱
加壓鈑
450mm
焊接
千斤頂
水壓計
土壓計
承裝鈑
加壓鈑
土壓計及水壓計
800mm

土壓／水壓計裝設示意圖







鋼筋應力計

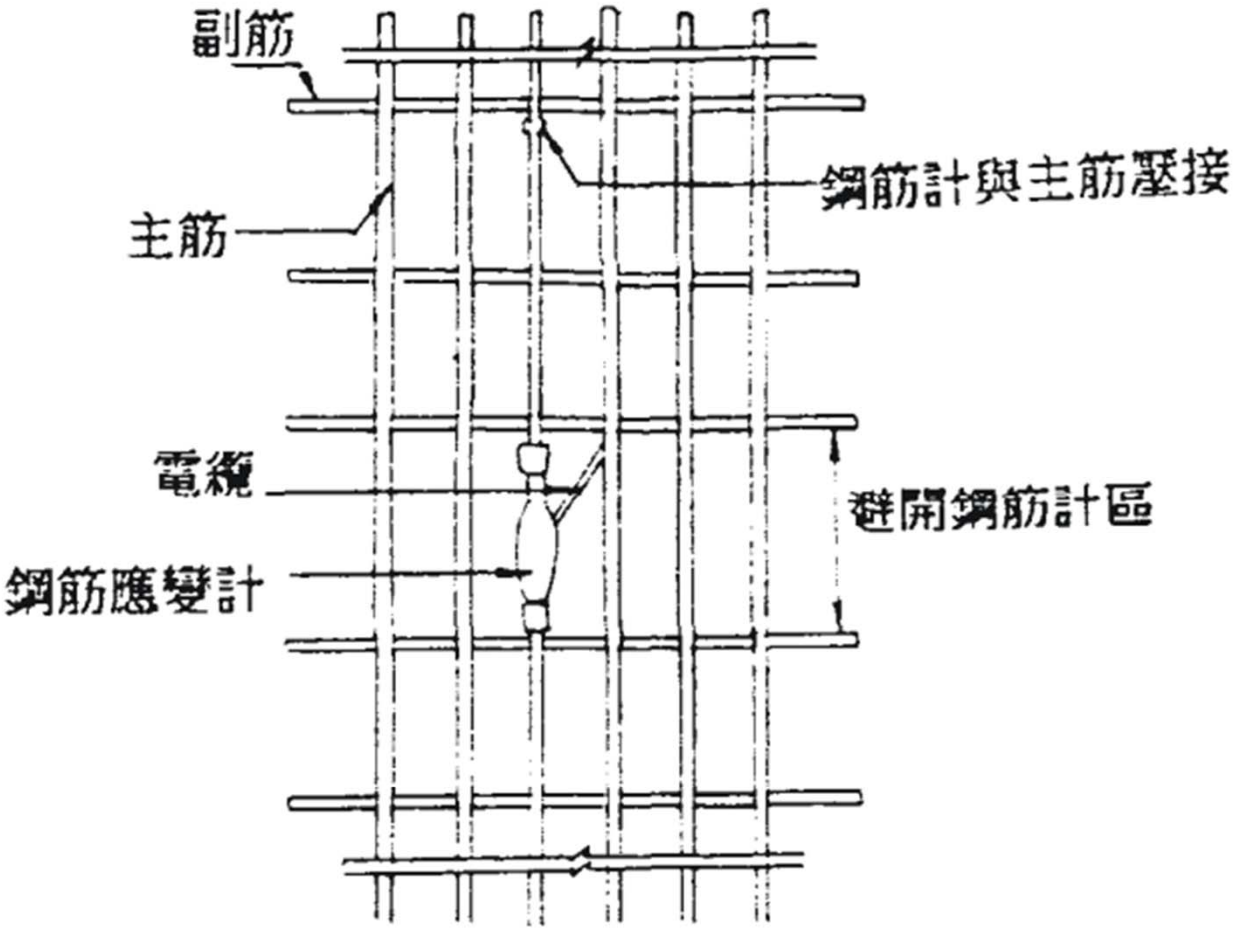
鋼筋計係將應力計安裝於鋼筋上而埋置於壁體內，主要為觀測壁體鋼筋與混凝土兩者之(應力一應變)互動關係。

1安裝步驟

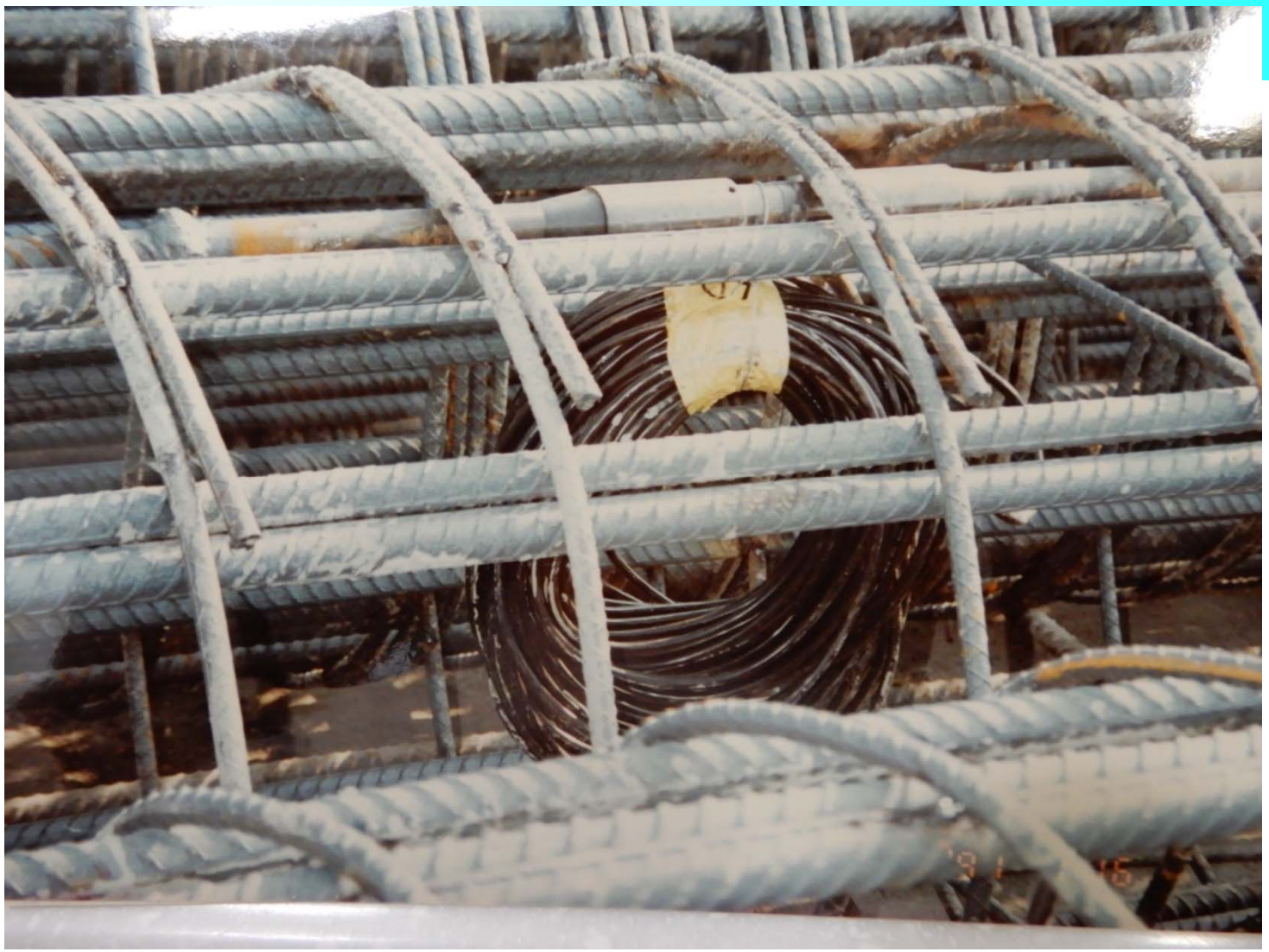
首先將鋼筋計安裝於主筋上，製作鋼筋籠時，須避開特密管插入的位置， 內側與外側之鋼筋計應於同一水平位置，並以電纜線連接端子，然後將鋼筋籠吊入壁溝，而後澆置混凝土o(參照下圖)

2觀測方法

基地開挖前須先測定初始值，開挖後，再定期測試記錄擋土壁體內鋼筋計之電阻變化與初始值比較推算o



鋼筋計裝置示意圖



IHI

支撐應力計

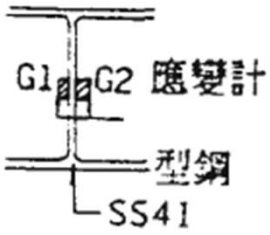
主要為觀測水平支撐梁之支撐應力及彎曲應力o

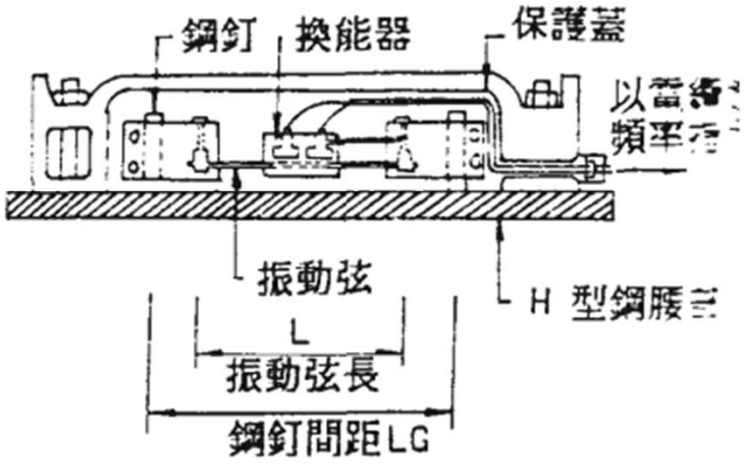
1安裝步驟

在H型鋼水平支撐梁尚未固接前，將應變計安裝於H型鋼之梁腹，先測試所有應變計的初始值，再進行各支撐的銜接預壓工作，並記錄預壓施力之大小，供作日後測試比對的依據o(如圖)

2觀測方法

當開挖工作進行時，由於土壓力之變化使H型鋼梁承受應力產生變化，應變計之振動弦頻率亦隨而變，經定期測試其頻率變化，以推算鋼梁支撐的應力狀況o





振動式應變計裝置示意圖

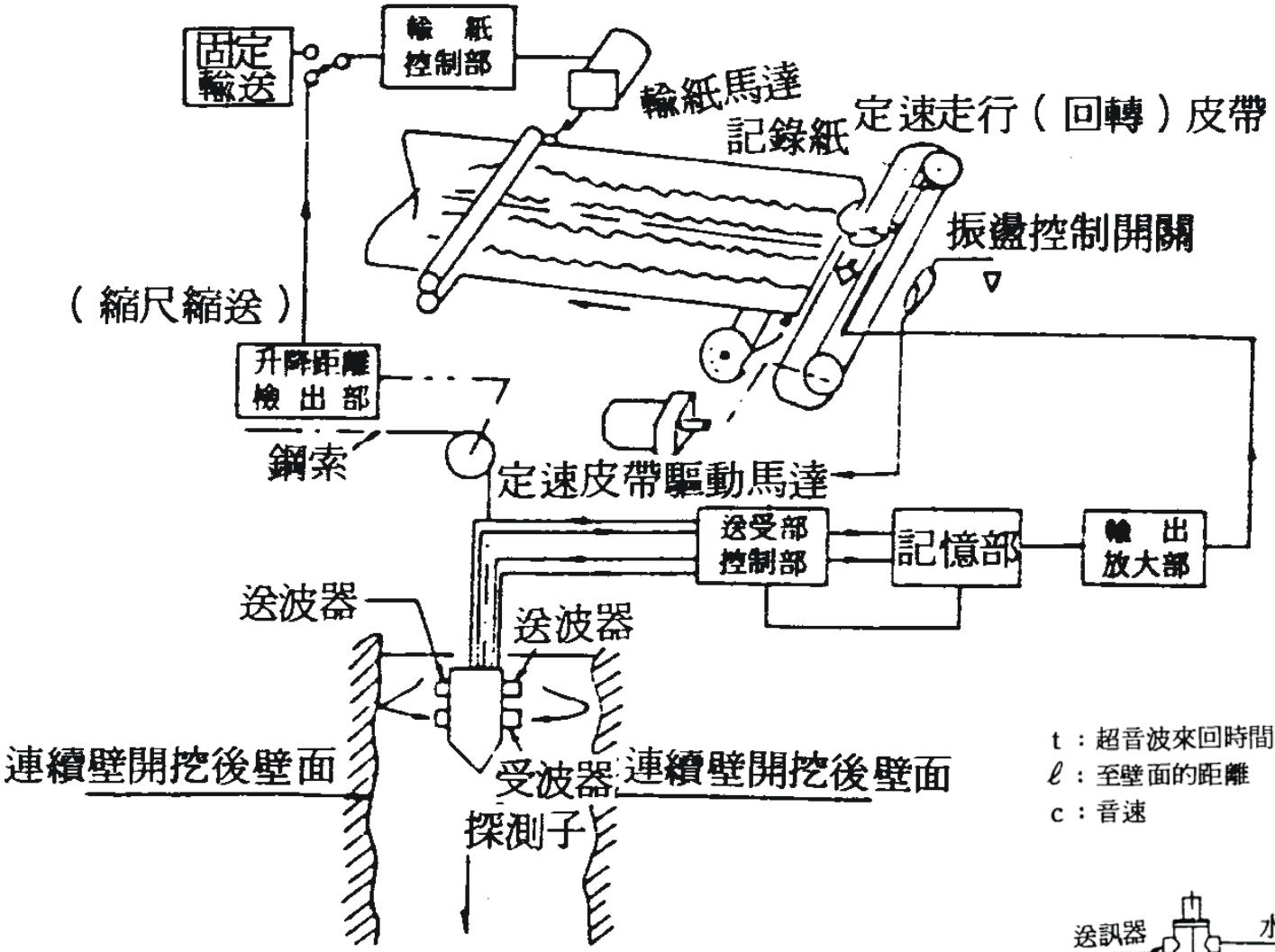
超音波測壁儀

由於地下連續壁之製作均在地下進行，工程人員並無法了解壁體之品質及精度，因此必須借助地下觀測系統之測定來判斷，連續壁之垂直度，目前大多使用超音波測壁儀來測定。

動作與原理：

記錄器本體電源開啟後，皮帶開始迴轉，此迴轉使振盪控制開關成閉路而令送受訊控制部開始動作，產生振盪脈衝，從左右之發振子交叉傳播至泥水中。

當振盪脈衝到達壁面即反射回來，這超音波訊號的反射波由受波器變換為電氣訊號，然後再傳至受訊控制部之受訊元件，放大後傳至記憶部暫時記憶左右反射波的訊號，而當劃針迴轉至記錄紙上時，由記憶部依序有規則地取出訊號，送至輸出放大器再由劃針顯示出記錄，記錄紙的傳送有兩種，一為與探測子之升降速度成比例，另一種為保持定速度，此兩種都可以連續記錄深坑裏的側壁形狀。

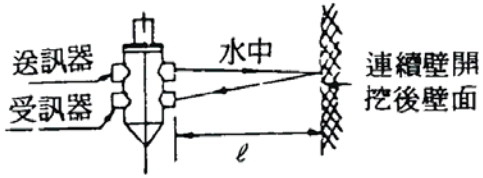


t：超音波來回時間

ℓ：至壁面的距離

c：音速

$$\ell = \frac{tc}{2}$$



中華民國全國建築師公會

30'91

開挖面底部隆起監測

一、監測目的

在開挖過程中，因土壤之解壓作用將造成基地土層特別是粘土層或粉土層開挖面底部之隆起，往往危及支撐系統之安全，並引起鄰近地區地層之下陷，定期量測開挖面土壤隆起量可以研判基地土層穩定之程度，而使開挖工作控制在安全範圍內進行。

二、監測儀器

1. 隆起桿之構件包括:十字形鐵片、鋁管、保護套管。
2. 量測儀器:水準儀、箱尺，鋼捲尺及其他附件。

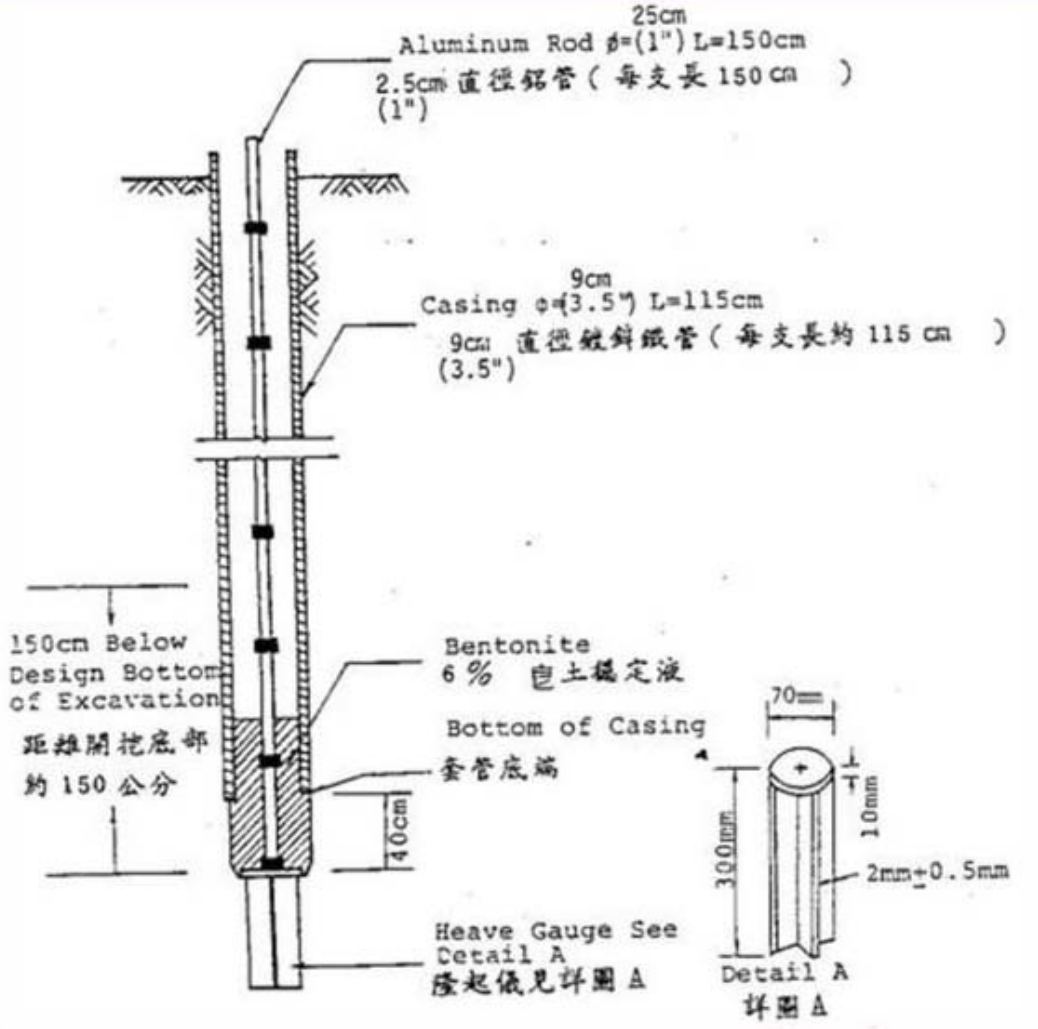
三、監測方法及監測頻率

1. 監測方法:在開挖區內埋設隆起桿，於開挖前利用水準儀量測隆起桿的桿　頂標高為其初始值，隨著基地開挖進行水準量測所得之隆起桿標高與其初始值比較，即得隆起量之大小。
2. 監測頻率:每達基地開挖前後，必要時每天一次。

四、隆起桿之埋設

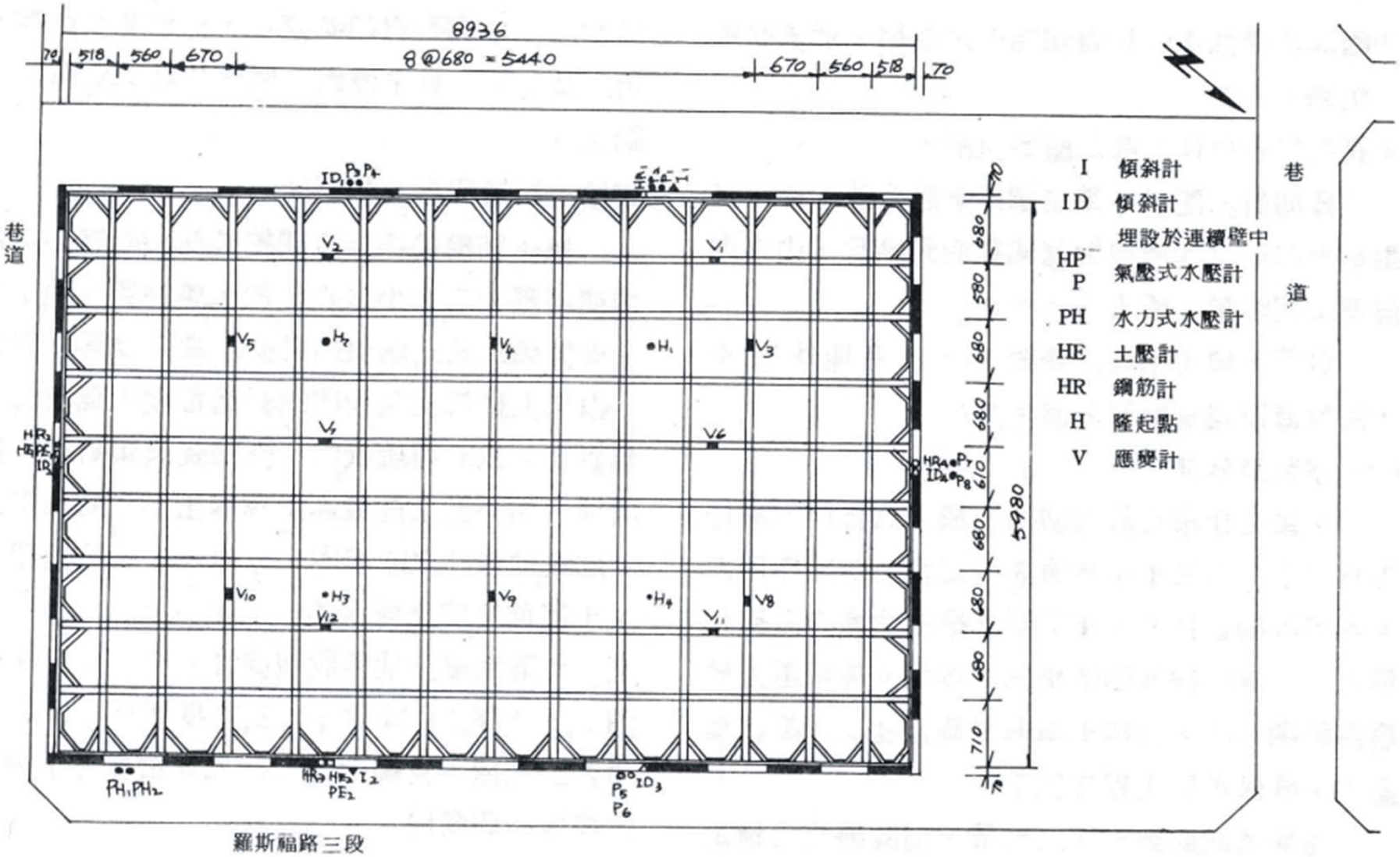
1. 以鑽機將保護套管鑽至預定埋設深度，通常距開挖底部約150Cm　。
2. 於鑽孔中灌入約1m深之6%朋脫土穩定液。
3. 插入事先接好之十字型鐵片與鋁管至預定深度，即告完成。

隆起桿



中華民國全國建築師公會

項目	量測儀器	觀察儀器
開挖面內土壤隆起	隆起桿 Hearestake	水準儀
陷量觀測	沉陷觀察釘 Settement Point	水準儀
支撐應變觀測	振動式應變觀測器 Vibrating Wire Strain Gange	應變測讀器
擋土結構變形及傾斜度	傾斜儀 Digitilt Inclinometer	傾度讀數器及經緯儀
擋土結構內鋼筋應力觀測	鋼筋應變器 Feinforcing Bar Strain Gange	應變測讀器
擋土結構土壓力觀測	土壓計 Oil Filled Pressnre cells	壓力觀測儀
地下水位及土壓觀測	水壓式水壓計 Open Tube Hydraulic Piezometer	水位測定器
	氣壓式水壓計 Pneumatic Piezometer	壓力觀測儀



圖七 台電大樓基礎開挖面內及連續壁面內安全觀測系統裝設位置

中華民國全國建築師公會

表三　觀測系統儀器使用數量及觀測頻率統計表

項目	儀器使用數量	觀測頻率
隆起桿	4支	每逢基地挖土前後，必要時每天一次
沉陷觀察釘	周圍沉陷74個 筏基沉陷25個	每十天觀測一次 每層澆築水泥前後，平時每週一次
水壓計	水壓式水壓計4支 氣壓式水壓計16支	每二天一次 每二天一次
推動式應變觀測器	106個	每天二次
傾度觀測管，	6支	每逢基地挖土前後，支撐施預力前後，拆除支撐前後各觀測一次，平時每週一次
鋼筋應變計	32	每二天一次
土壓計	8個	每二天一次

深開挖災變案例
連續壁漏水及噴砂

'92

謹此介紹給各位工程界同行做為參考

謝 謝！