

## 工程品質保證計劃及程序

### 地工安全監測

#### 一、通則及適用範圍

本章內容主要適用於一般的地工工程，如建築物地下室開挖、擋土設施的施工、特殊山坡地開挖和邊坡修復等，其目的主要利用一種由不同功能監測儀器組合而成的監測系統，配合以周密而具體的監測計劃，在施工现场進行觀測、收集資料，使設計者得以在施工期間逐步研判並改進其設計，令四周設施之影響減至最小程度；施工者亦能同時提高工程品質，並控制安全性，對開挖影響範圍內有供公眾使用之設施、古蹟、或其他具重要性建築物時，更顯出安全監測的重要性，因此地工安全監測的主要功能是督管工程進行、控制工程的安全及品質、設計的修正及驗證。

#### 二、工程品質保證文件之要求

地工安全監測於各監測階段，需提交下列文件作審閱或記錄存檔：

##### 監測儀器安裝前

- ✓ 監控方案（應包括監控目的、監測項目、監控報警值、監測方法及精度要求、監測點佈置、監測週期、工序管理和記錄制度等）；
- ✓ 儀器材料資料（包括規格、測試、校正、維護須知及供應商之詳細資料）；
- ✓ 人員資格（提交可從事儀器裝設與監測工作的合格技術人員）；
- ✓ 各儀器之監測報告式樣。

##### 工地監測階段

- ✓ 儀器裝設完成，或損壞重設後，應製作儀器裝設或重設之摘要工作圖及報告；
- ✓ 監測過程中，應根據設計要求提交階段性監測結果報告，工程結束時應提交完整的監測報告，報告內容應包括：
  - 工程概況；
  - 監測項目和各測點的平面和立面佈置圖；
  - 採用儀器設備和監測方法；
  - 監測數據處理方法和監測結果過程曲線；
  - 監測結果評價。

### 三、監測工作內容

一般安全監測系統的監測項目及相關所採用的監測儀器大致可歸納如下表：

| 一般安全監測項目表               |                            |           |    |
|-------------------------|----------------------------|-----------|----|
| 安全監測項目                  |                            | 相關監測儀器    | 備註 |
| 基礎土層的穩定性                | 基礎土層移動觀測 <sup>1</sup>      | 傾度儀       |    |
|                         | 開挖面底部隆起觀測 <sup>2</sup>     | 隆起桿       |    |
| 擋土結構之變形及應力觀測            | 擋土結構變形觀測 <sup>3</sup>      | 傾度儀       |    |
|                         | 擋土結構/邊坡頂部位移觀測 <sup>4</sup> | 水準儀、全站儀   |    |
|                         | 擋土結構應力觀測 <sup>5</sup>      | 鋼筋計       |    |
| 土壓力及支撐應力觀測              | 土壓力觀測 <sup>6</sup>         | 土壓計       |    |
|                         | 支撐系統應力觀測 <sup>7</sup>      | 振弦式應變計    |    |
|                         | 支撐系統立柱位移觀測 <sup>8</sup>    | 水準儀、全站儀   |    |
| 地下水位及水壓觀測 <sup>9</sup>  |                            | 水壓式水壓計    |    |
|                         |                            | 電子式水壓計    |    |
|                         |                            | 水位觀測井     |    |
| 沉陷及鄰房結構觀測 <sup>10</sup> | 周圍地表沉陷、鄰近建築物的位移及建築物基礎本體沉陷  | 沉陷觀測釘     |    |
|                         | 鄰近建築物傾斜度                   | 建物傾斜計     |    |
|                         | 鄰近建築物結構及地表裂縫觀測             | 裂縫計       |    |
|                         | 工地周圍振動監控                   | 質點速度峰值量測儀 |    |
| 周邊地下設施                  | 周邊管線變形觀測 <sup>11</sup>     | 水準儀       |    |

註：

1 - 基礎土層移動觀測

目的主要在量測出基礎土層側向移動量的大小、方向及最大側向移動量的位置所在，以判定基礎土層的穩定程度，進而控制施工之安全。觀測儀器包括傾度儀(雙向固定軌道之觀測管、觀測管接頭、保護頂蓋及底蓋)、量測儀器(雙軸感應儀、傾度讀數器、電纜線、電纜線轉盤等)。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。基礎土層位移監測點宜佈置在基坑周邊的中部、陽角處及有代表性的部位。監測點水平間距宜為 20 米~50 米，每邊監測點數目不應少於 1 個。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

2 - 開挖面底部隆起觀測

於開挖過程中，因土壤之解壓作用將造成基地土層特別是粘土層或沉泥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，定期觀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。觀測儀器包括隆起桿(十字形鐵片、鋁管、保護套管)、量測儀器(水準儀、鋼捲尺等)。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。監測點宜按縱向或橫向剖面佈置，剖面宜選擇在基坑的中央以及其他能反映

變形特徵的位置，剖面數量不應少於 2 個。同一剖面上監測點橫向間距宜為 10 米~30 米，數量不應少於 3 個。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

### 3 - 擋土結構變形觀測

目的主要在量測擋土結構傾斜及變形撓曲之程度，以研判擋土結構之安全度。觀測儀器與基礎土層移動觀測所採用的儀器相同。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。擋土結構變形監測點宜佈置在基坑周邊的中部、陽角處及有代表性的部位。監測點水平間距宜為 20 米~50 米，每邊監測點數目不應少於 1 個。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

### 4 - 擋土結構/邊坡頂部位移觀測

目的主要在量測擋土結構/邊坡頂部位移，以研判基坑之安全度。觀測儀器主要包括但不限於沉陷觀測釘、水準儀、全站儀等。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。監測點應沿基坑周邊佈置，周邊中部、陽角處應佈置監測點。監測點水平間距不宜大於 20 米，每邊監測點數目不應少於 3 個。水平和豎向位移監測點宜為共用點，監測點宜設置在擋土結構頂或基坑坡頂上。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

### 5 - 擋土結構應力觀測

目的主要在量測擋土結構受力情形，以明瞭擋土結構之安全度。觀測儀器包括鋼筋計(鋼筋計本體、電纜線)、量測儀器(應力/應變指示儀)。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。監測點應佈置在受力、變形較大且有代表性的部位。監測點數量和水平間距視具體情況而定。豎直方向監測點應佈置在彎矩極值處，豎向間距宜為 2 米~4 米。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

### 6 - 土壓力觀測

目的主要在量測擋土結構體所承受之總土壓力及有效土壓力，以作為地下室施工過程中分析擋土結構安全度之重要資料。觀測儀器包括土壓計(土壓計本體、反力板、油壓千斤頂、加壓板電纜線、油壓管等)、量測儀器(應力/應變指示儀)。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。監測點應佈置在受力、土質條件變化較大或其他有代表性的部位。平面佈置上基坑每邊不宜少於 2 個監測點。豎向佈置上監測點間距宜為 2 米~5 米，下部宜加密。當按土層分佈情況佈設時，每層應至少佈設 1 個測點，且宜佈置在各層土的中部。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

### 7 - 支撐系統應力觀測

目的主要能隨時通過量測的資料得知支撐系統荷重及應力分佈的情況，便可分析支撐系統穩定及安全的程度，以控制施工安全。觀測儀器包括應變計(振弦式應變計、電阻式應變計、保護蓋、固定鋼釘、絕緣電線等)、量測儀器(頻率指示儀)。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。監測點宜設置在支撐內力較大或在整個支撐系統中起控制作用的桿件上。每層支撐的內力監測不應少於 3 個，各層支撐的監測點位置在豎向上宜保持一致。鋼支撐的監測截面宜選擇在兩支點間 1/3 部位或支撐的端頭；混凝土支撐的監測截面宜選擇在兩支點間 1/3 部位，並避開節點位置。每個監測點截面內傳感器的設置數量及佈置應滿足不同傳感器測試要求。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

### 8 - 支撐系統立柱位移觀測

目的主要在量測支撐系統立柱水平和豎向位移，可反映開挖時基坑內土體的隆起或沉降；立柱的豎向位移對支撐軸力的影響很大，對立柱變形監測可以預防支撐失穩。觀測儀器主要包括但不限於水準儀、全站儀等。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。監測點宜佈置在基坑中部、多根支撐交匯處、地質條件複雜處的立柱上。監測點不應少於立柱總根數的 5%，逆作法施工的基坑不應少於 10%，且均不應少於 3 根。立柱的內力監測點宜佈置在受力較大的立柱上，位置宜設在坑底以上各層立柱下部的 1/3 部位。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

### 9 - 地下水位及水壓觀測

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及變化之情形，並可藉以分析土層之穩定性，對開挖工程施工方法、步驟之選擇、以及工期之掌握，具有相當重要的參考價值。觀測儀器包括水壓計(電子式、水壓式等)、水位觀測井(多孔或穿孔 PVC 豎管、尼龍網等)、量測儀器(壓力測定儀、三用電錶和水位指示儀等)。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。基坑內地下水位當採用深井降水時，水位監測點宜佈置在基坑中央和兩相鄰降水井的中間部位；當採用輕型井點、噴射井點降水時，水位監測點宜佈置在基坑中央和周邊拐角處，監測點數量應視具體情況確定。基坑外地下水位監測點應沿基坑、被保護對象之周邊或在基坑與被保護對象之間佈置，監測點間距宜為 20 米~50 米。相鄰建築、重要的管線或管線密集處應佈置水位監測點；當有止水帷幕時，宜佈置在止水帷幕的外側約 2 米處。水位觀測點的管底埋置深度應在最低設計水位

或最低允許地下水水位之下 3 米~5 米。承壓水水位監測管的濾管應埋置在所測的承壓含水層中。回灌井點觀測井應設置在回灌井點與被保護對象之間。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

#### 10 – 沉陷及鄰房結構觀測

目的在觀察基地四周鄰房建物及地表因工地開挖土壤變位及抽水所造成的沉陷影響，以及工地施工機具的振動對鄰房結構及地表的影響等，此外，亦可觀察新建建築物構築增加之荷重而引起本身基礎沉陷之狀況，進而了解大樓結構偏心載重所造成基礎差異沉陷對大樓結構的影響，以研判建築物之安全性。觀測儀器包括沉陷觀測釘、建物傾斜計、裂縫計、量測儀器(水準儀、鋼捲尺、傾斜計讀數儀、質點速度峰值量測儀等)。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。從基坑邊緣以外 1~3 倍基坑開挖深度範圍內需要保護的周邊環境應作為監測對象，必要時尚應擴大監測範圍。位於重要保護對象安全保護區範圍內的監測點的佈置，尚應滿足相關部門的技術要求。建築物沉陷監測點應佈置於：a)建築物四角、沿外牆每 10 米~15 米處或每隔 2~3 根柱基上，且每側不少於 3 個監測點；b)不同地基或基礎的分界處；c)不同結構的分界處；d)變形縫、抗震縫或嚴重開裂處的兩側；e)新、舊建築或高、低建築交接處的兩側；f)高聳構築物基礎軸線的對稱部位，每一構築物不應少於 4 點。建築物水平位移監測點應佈置在建築物的外牆牆角、外牆中間部位的牆上或柱上、裂縫兩側以及其他有代表性的部位，監測點間距視具體情況而定，一側牆體的監測點不宜少於 3 點。建築物傾斜監測點應佈置於：a)監測點宜佈置在建築角點、變形縫兩側的承重柱或牆上；b)監測點應沿主體頂部、底部上下對應佈設，上、下監測點應佈置在同一豎直線上；c)當由基礎的差異沉降推算建築傾斜時，監測點的佈置應符合建築物沉陷監測點的佈置規定。基坑周邊地表豎向位移監測點宜按監測剖面設在坑邊中部或其他有代表性的部位。監測剖面應與坑邊垂直，數量視具體情況確定。每個監測剖面上的監測點數量不宜少於 5 個。建築物裂縫、地表裂縫監測點應選擇有代表性的裂縫進行佈置，當原有裂縫增大或出現新裂縫時，應及時增設監測點。對需要觀測的裂縫，每條裂縫的監測點至少應設 2 個，且宜設置在裂縫的最寬處及裂縫末端。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

#### 11 – 周邊管線變形觀測

目的主要在量測周邊管線變形(隆起或沉降)，以評估周邊管線之影響程度。在特製的圓環(也稱抱箍)上連接固定測桿，圓環固定在管線上，將測桿與管線連接成一個整體，測桿不超過地面，地面處設置相應的窰井；或採用一根硬塑料管或金屬管打設或埋設於所測管線頂面和地表之間，量測時將測桿放入埋管內，再將標尺放置在測桿頂端，只要測桿放置的位置固定不變，量測結果就能反映出管線的沉降變化。觀測儀器主要包括但不限於水準儀等。監測點佈置及監測頻率應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。應根據管線修建年份、類型、材料、尺寸及現狀等情況，確定監測點設置。監測點宜佈置在管線的節點、轉角點和變形曲率較大的部位，監測點平面間距宜為 15 米~25 米，並宜延伸至基坑邊緣以外 1~3 倍基坑開挖深度範圍的管線。供水、煤氣、暖氣等壓力管線宜設置直接監測點，在無法直接埋設監測點的部位，可設置間接監測點。而在無數據異常的情況下，監測頻率建議可按照 GB 50497[6]的要求進行。

### 四、引用法規/參考技術文件

- [1] 法令第 32/97/M 號，擋土結構與土方工程規章，澳門政府
- [2] 基礎設計指引，土地工務運輸司，澳門政府
- [3] 法令第 47/96/M 號，地工技術規章，澳門政府
- [4] GB 50202，建築地基基礎工程施工質量驗收規範
- [5] GB 50330，建築邊坡工程技術規範
- [6] GB 50497，建築基坑工程監測技術規範
- [7] JGJ 120，建築基坑支護技術規程
- [8] 基礎工程施工規範與解說，科技圖書
- [9] Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance, John Dunncliff, Wiley Interscience