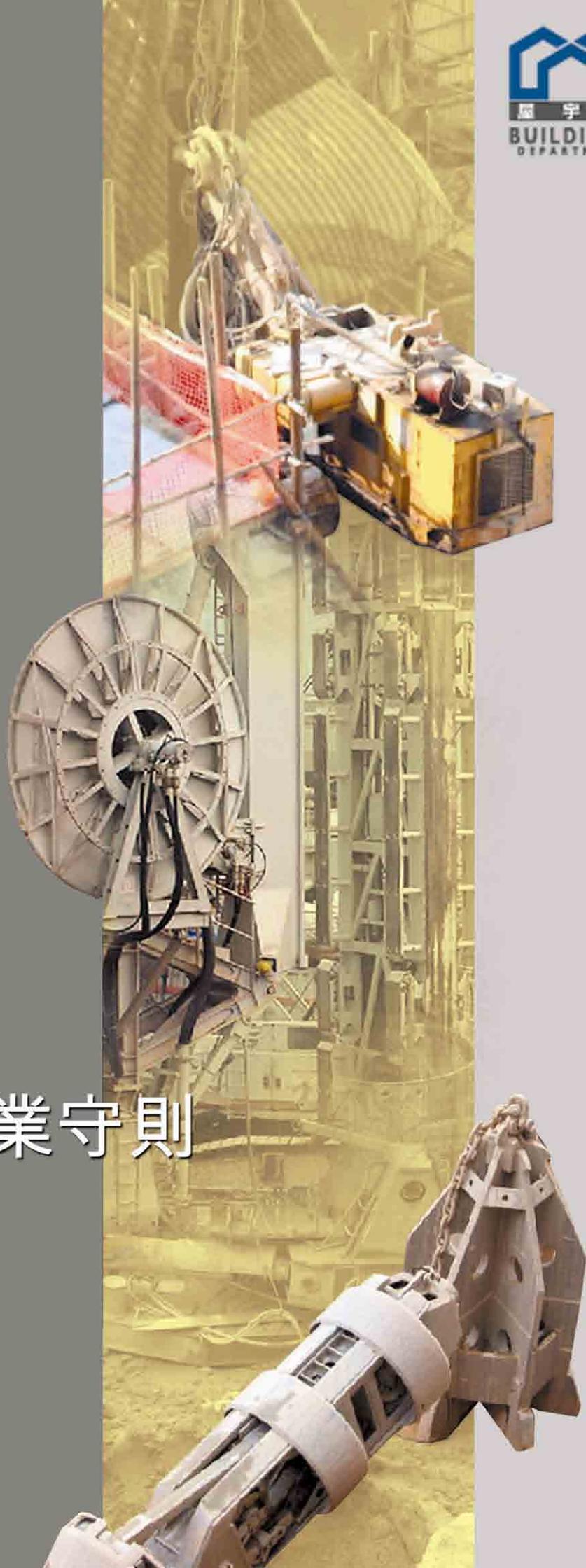


# 基礎作業守則



© 香港特別行政區政府

初版：2004年10月

撰寫：屋宇署  
香港九龍旺角  
彌敦道750號  
始創中心12-18樓

草擬委員會：

主席	： 蔡健權工程師	屋宇署
委員	： 彭達材工程師	屋宇署
	李榮華工程師	建築署
	謝少雄工程師	土木工程拓展署
	林思尊工程師	房屋署
	龔永泉工程師	香港工程師學會
	劉志宏博士工程師	香港工程師學會
	柏積琪博士工程師	香港工程師學會
	伍漢強工程師	香港工程師學會
	李永康工程師	香港建造商會
	黃乃強工程師	香港建造商會
	李啓光工程師	香港大學
秘書	： 鄭文龍工程師	屋宇署

（以下人士亦曾在初段擔任為草擬委員會委員：蘇健誠工程師（前任主席）、鄭正煒工程師（前任秘書）、戴瑋思工程師、余家傑工程師、曾建文工程師、Ir N M Walsh及韋健仕工程師。）

本《作業守則》可從屋宇署網址：<http://www.info.gov.hk>內「刊物」部分的「作業守則及設計手冊」頁瀏覽。任何人士只須遵循該網址所列的條款，便可下載本文件。

## 前 言

本《作業守則》為專業人士和從業者提供有關基礎的設計、分析和施工的指引，並由屋宇署召集的《基礎作業守則》草擬委員會撰寫。

本《作業守則》是根據《建築物條例》及有關規例的規定編撰，並且已考慮到本地情況、作業模式，以及基礎分析、設計、建造與新科技的發展。

雖然本《作業守則》並非法定文件，但遵照本《作業守則》所列的規定將視作符合《建築物條例》及有關規例的要求。

就草擬委員會各獲邀委員在撰寫本《作業守則》時曾付出的努力和貢獻，現謹此致謝。

# 目 錄

頁數

<b>1.</b>	<b>概要.....</b>	<b>1</b>
1.1	範圍.....	1
1.2	定義.....	1
1.3	縮寫.....	3
<b>2.</b>	<b>一般設計規定 .....</b>	<b>4</b>
2.1	概要.....	4
2.1.1	基本規定.....	4
2.1.2	設計和建造的配合 .....	4
2.1.3	泥土及岩石分類 .....	4
2.2	土地的容許承載壓力、黏結或摩擦力.....	4
2.2.1	合理設計方法 .....	5
2.2.2	設定數值.....	5
2.2.3	實地測試方法.....	8
2.2.4	其他方法.....	8
2.3	沉降.....	8
2.3.1	估計沉降量.....	8
2.3.2	容許沉降量.....	9
2.4	新填海土地上的構築物... ..	9
2.4.1	一般設計規則 .....	9
2.4.2	其他方法 .....	10
2.4.3	長期監察及／或維修 .....	10
2.5	結構規定 .....	10
2.5.1	概要 .....	10
2.5.2	設計荷載 .....	10
2.5.3	對滑動、上舉和傾覆的抗力.....	10
2.5.4	對浮力的抗力 .....	11
2.5.5	物料及應力 .....	12
2.6	基礎的銹蝕防護措施 .....	13
2.6.1	概要 .....	13
2.6.2	混凝土基礎 .....	14
2.6.3	鋼樁 .....	14
2.6.4	海上基礎 .....	14
2.7	基礎圖則 .....	15
2.8	附表所列地區的基礎設計 .....	16
2.9	指定地區的基礎設計 .....	17
2.10	斜坡地區的基礎設計.....	17
<b>3.</b>	<b>地盤勘測 .....</b>	<b>18</b>

3.1	概要 .....	18
3.2	文件研究 .....	18
3.3	地盤勘察 .....	18
3.4	土地勘測 .....	20
3.4.1	概要 .....	20
3.4.2	土地勘測工程的監督 .....	20
3.4.3	土地勘測報告的擬備 .....	20
3.4.4	鑽孔／探井的數目和分布 .....	20
3.4.5	土地勘測的深度 .....	21
3.4.6	地下水 .....	21
3.5	在附表所列地區進行的土地勘測 .....	21
<b>4.</b>	<b>淺基礎 .....</b>	<b>23</b>
4.1	一般規定 .....	23
4.2	容許承載壓力及沉降 .....	23
4.3	結構規定 .....	23
4.4	淺基礎的常見類別 .....	23
4.4.1	墊式基腳 .....	23
4.4.2	條形基腳 .....	24
4.4.3	筏式基礎 .....	24
<b>5.</b>	<b>樁基礎 .....</b>	<b>25</b>
5.1	概要 .....	25
5.1.1	認可樁基礎類別 .....	25
5.1.2	樁群效應 .....	25
5.1.3	最小樁距 .....	26
5.1.4	樁柱和樁帽的橫向約束 .....	26
5.1.5	提供滑動抗力的樁 .....	26
5.1.6	提供上舉、傾覆和浮動抗力的樁 .....	27
5.2	負表面摩擦力 .....	27
5.2.1	設計規定 .....	27
5.2.2	傳統方法 .....	27
5.2.3	替代方法 .....	28
5.3	樁柱的荷載能力 .....	29
5.3.1	結構強度 .....	29
5.3.2	支承壓力樁的土地抗力 .....	29
5.3.3	支承上舉力樁的土地抗力 .....	30
5.3.4	支承橫向荷載樁的土地抗力 .....	31
5.4	常見樁柱的種類 .....	32
5.4.1	工字鋼樁／鋼管樁 .....	32
5.4.2	嵌入岩石工字鋼樁 .....	33
5.4.3	預製鋼筋混凝土樁 .....	34

5.4.4	預製預應力離心澆製混凝土樁 .....	34
5.4.5	打入灌注混凝土樁 .....	34
5.4.6	小直徑鑽孔樁 .....	34
5.4.7	大直徑鑽孔樁 .....	35
5.4.8	微型樁 .....	35
5.4.9	矩形樁 .....	36
5.4.10	人工挖掘沉箱 .....	
5.4.11	打至基岩的工字鋼樁 .....	
<b>6.</b>	<b>其他基礎種類／構件 .....</b>	<b>40</b>
6.1	地庫及空心箱 .....	40
6.2	隔牆 .....	40
6.3	擋土牆 .....	41
6.4	地錨 .....	41
6.5	重新使用現有基礎 .....	42
<b>7.</b>	<b>基礎工程的建造作業和地盤安全 .....</b>	<b>43</b>
7.1	概要 .....	43
7.1.1	一般規定 .....	43
7.1.2	基礎工程的質量監督 .....	43
7.1.3	建築材料 .....	43
7.1.4	挖掘工程 .....	44
7.2	基礎工程對鄰近構築物和土地的影響 .....	44
7.2.1	評估基礎工程造成的影響 .....	44
7.2.2	撐柱和加強承托 .....	44
7.2.3	監察計劃 .....	44
7.2.4	降低地下水位 .....	45
7.2.5	震動 .....	45
7.2.6	爆石 .....	46
7.3	基礎記錄及報告 .....	46
7.4	樁的建造 .....	47
7.4.1	打樁測試及試樁 .....	47
7.4.2	預鑽 .....	47
7.4.3	建造後的驗證鑽探 .....	47
7.4.4	驗證測試 .....	48
7.4.5	進一步的現場測試 .....	48
7.5	土地處理 .....	48
7.6	控制滋擾 .....	48
7.7	附表所列地區的基礎工程 .....	49

<b>8.</b>	<b>基礎及土地測試 .....</b>	<b>50</b>
8.1	概要 .....	50
8.2	平板荷載測試 .....	50
8.3	標準貫入測試 .....	51
8.4	以施加測試荷載的驗證測試 .....	51
8.5	以取芯鑽探的驗證測試 .....	52
8.6	超聲波測樁.....	53
8.7	聲波回聲測試 .....	53
8.8	震動測試 .....	54
8.9	動力荷載測試 .....	54
8.10	拉力測試 .....	55
8.11	橫向荷載測試 .....	56
8.12	超聲波回聲儀測試 .....	56

~~~~~

|      |                            |   |
|------|----------------------------|---|
| 表2.1 | 位於水平土地上的基礎的設定容許垂直承載壓力..... | 6 |
| 表2.2 | 岩石和混凝土樁之間的容許黏結或摩擦力 .....   | 8 |

# 1. 概要

## 1.1 範圍

就基礎的設計和建造而言，本《作業守則》是根據“當作符合”《建築物（建造）規例》的規定而編撰。設計基礎時，如不遵照本《作業守則》的規定和建議，或者使用了其他標準或作業守則，便須證明有關設計已符合《建築物（建造）規例》的規定。

本《作業守則》只供本地使用，並已盡量將香港目前常用的基礎設計方法包括在內。請注意，其中有些基礎設計方法是根據實際情況和經驗發展出來，經證實可行而被接納的。

除技術層面外，本《作業守則》也會簡述可能影響基礎設計和建造的本地作業程序要求，內容則以有關要求的目的和原因為主。詳細的程序要求則不會包括在內。有關人士應參閱建築事務監督最新發出的作業備考，而這些作業備考可於屋宇署網頁（<http://www.info.gov.hk/bd>）內的“刊物”部分瀏覽。

本《作業守則》現時並不包括有關地震效應的設計，但當上層結構設計已考慮地震效應時，基礎設計亦須一併加以考慮。

## 1.2 定義

就本《作業守則》而言，下述定義適用：

*容許荷載 (allowable load)* — 基礎可以安全承受的最大荷載，而在釐定時已考慮基礎的極限承載能力、負表面摩擦力、樁距、基礎以下土地的總承載力及容許沉降。

*容許承載壓力 (allowable bearing pressure)* — 基礎底部可以承受的最大容許承載壓力，而在釐定時已考慮泥土或岩石的極限承載能力、預期沉降程度和類別，以及構築物承受該等沉降的能力。  
【註：容許承載壓力是地盤各種狀況的組合函數，包括所有鄰近構築物和擬議建造的基礎／構築物的特性。】

*認可人士 (authorized person)* — 其姓名列於根據《建築物條例》第3（1）條所備存的認可人士名冊內的人士。

*擴底 (bell-out)* — 於鑽孔樁的底部，以現場削減土壤或岩石的方法，使樁柱的底部面積擴大。

*最終貫入度 (final set)* — 打入樁在到達建基水平時，每錘擊打的貫入深度。

*基礎 (foundation)* — 建築物、建築工程、構築物或街道直接與地層接觸，並將荷載傳送到土地的部分。

*土地勘測 (ground investigation)* — 為取得任何土地狀況資料而進行的勘探性鑽孔、沖孔、土地挖掘和探測工程。這包括儀器安裝、取樣、實地測試、其他實地工序及為抽取的樣本進行實驗所測試。

*現場土地勘測工程 (ground investigation field works)* — 有關土地勘測的所有地盤作業，但不包括實驗所測試樣本和實地密度測試。

*新填海土地 (newly reclaimed land)* — 填海工程於7年內完成的填海土地。

*負表面摩擦力 (negative skin friction)* — 可壓縮的土層因固結而造成的向下表面摩擦力。

*樁帽 (pile cap)* — 為了把荷載由上層構築物傳送到樁柱或樁群而於樁柱或樁群上建造的混凝土結構。

*樁距 (pile spacing)* — 相鄰樁柱的中心距。

*預先鑽孔 (pre-boring)* — 為裝置樁柱而以鑽孔或其他方法清除土地或地底的障礙物。

*斜樁 (raking pile)* — 與垂直線成斜角而裝置的樁柱。

*註冊專門承建商 (基礎工程) (Registered Specialist Contractor (Foundation Works))* — 其姓名或名稱列於根據《建築物條例》第8A條所備存的專門承建商名冊內基礎工程類別分冊的承建商。

*註冊專門承建商 (現場土地勘測工程) (Registered Specialist Contractor (Ground Investigation Field Works))* — 其姓名或名稱列於根據《建築物條例》第8A條所備存的專門承建商名冊內現場土地勘測工程類別分冊的承建商。

*註冊結構工程師 (Registered Structural Engineer)* — 其姓名列於根據《建築物條例》第3(3)條所備存的結構工程師名冊內的人士。

**岩石承接口 (rock socket)** – 在岩石內造成的貫入口，以嵌入樁柱的部分。

**嵌入岩石樁或嵌入樁 (rock socketed pile 或 socketed pile)** – 底部嵌入岩石承接口，並以岩石的承載力、黏結或摩擦力作為荷載抗力的樁柱。

**表面摩擦力 (skin friction)** – 基礎構件和周邊土地之間的交接面所產生的摩擦抗力。

**地盤勘測 (site investigation)** – 對地盤的自然特徵的勘測，包括文件研究、地盤測量和土地勘測。

**打樁測試 (test driving of pile)** – 打入一支或多支樁柱作為測試，以核證設計上採用的假定。

**測試樁 (test pile)** – 以荷載或其他合適方法來測試樁柱支承荷載能力及／或位移特性的樁柱。

**試樁 (trial pile)** – 進行主要打樁工程前裝置的樁柱，以確保選用的樁柱種類、採用的設計參數和支承荷載能力的合宜。

**極限承載能力 (ultimate bearing capacity)** – 當承重地層達到抗力全面發動或出現重大變形時，基礎所能支承的荷載強度數值。

**工作荷載 (working load)** – 基礎在設計上可支承的使用荷載。

### 1.3 縮寫

就本《作業守則》而言，下述縮寫適用：

|               |                                               |
|---------------|-----------------------------------------------|
| AP            | 認可人士                                          |
| GEO           | 土力工程處                                         |
| GEOGUIDE 2    | 土力工程處出版的“Guide to Site Investigation”         |
| GEOGUIDE 3    | 土力工程處出版的“Guide to Rock and Soil Descriptions” |
| HOKLAS (認可計劃) | 香港實驗所認可計劃                                     |
| NSF           | 負表面摩擦力                                        |
| PNAP (《作業備考》) | 《認可人士及註冊結構工程師作業備考》                            |
| RSE           | 註冊結構工程師                                       |
| SPT           | 標準貫入測試                                        |

其他縮寫會隨內文闡釋。

## 2. 一般設計規定

### 2.1 概要

#### 2.1.1 基本規定

任何建築物或構築物的基礎設計和建造應能安全地承受所有恆載、外加荷載和風荷載而不會使該建築物或任何其他建築物、街道、土地、斜坡或設施的穩定性減損或引致過度移動。

基礎建基的土／石層在承受工作荷載時的容許承載能力，必須取下列數值的較小值：

- (a) 極限承載能力、極限黏結力或極限摩擦力在加入足夠的抗損壞安全系數後的數值；或
- (b) 與承載、黏結或摩擦有關的數值，而這個數值會使該基礎在承受工作荷載時所出現的變形或移動不大於該建築物、任何其他建築物、構築物、土地、街道或設施所能容許的程度。

如果增加純粹是因風力效應，則容許承載能力可增大25%。

在釐定上述抗損壞安全系數時，必須妥為考慮基礎的形式和深度、荷載的特性、以及土地和土地四周的一般地質狀況，包括岩石的溶解現象、節理狀況和其他有關的特徵。

#### 2.1.2 設計和建造的配合

在選擇釐定極限承載能力或估計沉降的方法時，必須確保地盤勘測、測試、訂定參數、計算、建造方法及認可標準均能互相配合和一致。

#### 2.1.3 泥土及岩石分類

本《作業守則》對泥土及岩石作出的分類見於表2.1。進一步的定義和描述可參閱 GEOGUIDE 3。

## 2.2 土地的容許承載壓力、黏結或摩擦力

泥土和岩石的容許承載壓力、黏結或摩擦力應根據第2.2.1至2.2.4段所列的任何其中一種方法來釐定。

### 2.2.1 合理設計方法

計算極限承載能力的合理設計方法應根據可靠的工程方法設計，並應包括：

- (a) 對地盤勘測結果的合理闡釋；
- (b) 對現場或實驗所樣本的測試結果的評估；及
- (c) 根據物理定律及認可工程原則進行的分析，分析時須顧及土地狀況和基礎形狀；或根據已實證有足夠相關性的確立實證方法進行的設計。

在一般情況下，可以採用計算的極限承載能力除以等於3的安全系數後所得的數值作為容許承載能力的估計值。但經妥善考慮泥土或岩石的性質、於地盤的變化及設計方法的可靠性後，也可以採用其他安全系數。

### 2.2.2 設定數值

如不採用合理設計方法，只要符合下列條件，也可以採用根據經驗所得，並於下文列出的設定數值作為泥土和岩石的容許承載能力：

- (a) 計劃、進行、監管土地勘測以及闡釋有關結果時，須根據第3章所列的建議；及
- (b) 結構對在啟動容許承載能力時出現的沉降或其他位移或移動不會有過度的反應。

岩石的設定數值是基於岩石不會滑動的假定條件。因此，如岩石剖面斜向的角度會影響岩體的承載能力，便應檢測岩石節理，以確保沒有導致岩石滑動的不良節理。

#### *容許垂直承載數值*

建於水平土地的基礎，其容許垂直承載壓力是可以根據物料狀況按表2.1來估計。

#### *容許岩石橫向承載壓力*

如果沒有不良的岩石節理，容許岩石橫向承載壓力可以取容許垂直承載力的三分之一。

#### *岩石和混凝土之間的容許黏結或摩擦力*

岩石和混凝土樁之間的容許黏結或摩擦力是可以根據表2.2來估計。

表 2.1 位於水平土地上的基礎的設定容許垂直承載壓力

| 級別   | 岩石或泥土的狀況                                                                                                                             | 設定容許承載壓力<br>(kPa) |     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----|
| 1(a) | <p>岩石（花崗岩及火山岩）：</p> <p>堅硬至非常堅硬的新鮮岩石，物料風化程度為I級，總岩芯回收率為100%，沒有風化節理，以及石料最小單軸抗壓強度（UCS）不少於75 MPa（相等於集中荷載指數強度PLI<sub>50</sub>不少於3 MPa）</p> | 10 000            |     |
| 1(b) | <p>新鮮至輕度風化的堅硬岩石，物料風化程度為II級或較佳，總岩芯回收率為95%以上，以及石料最小單軸抗壓強度（UCS）不少於50 MPa（相等於集中荷載指數強度PLI<sub>50</sub>不少於2 MPa）</p>                       | 7 500             |     |
| 1(c) | <p>輕度至中度風化，中度堅硬的岩石，物料風化程度為III級或較佳，總岩芯回收率為85%以上，以及石料最小單軸抗壓強度（UCS）不少於25 MPa（相等於集中荷載指數強度PLI<sub>50</sub>不少於1 MPa）</p>                   | 5 000             |     |
| 1(d) | <p>中度風化，中度堅硬至中度弱的岩石，物料風化程度較IV級為佳，總岩芯回收率為50%以上</p>                                                                                    | 3 000             |     |
| 2    | <p>中度土壤（風化花崗岩及風化火山岩）：</p> <p>高度至全面風化，中等弱至弱的岩石，物料風化程度為V級或較佳，標準貫入測試N值 ≥ 200</p>                                                        | 1 000             |     |
| 3(a) | <p>非黏性土壤（沙粒及碎石）：</p> <p>非常高密度 – 標準貫入測試N值 &gt; 50</p>                                                                                 | 乾                 | 水下  |
| 3(b) | <p>高密度 – 標準貫入測試N值30-50；須用鋤挖掘；50 mm栓釘難以打入</p>                                                                                         | 500               | 250 |
| 3(c) | <p>中等密度 – 標準貫入測試N值10-30</p>                                                                                                          | 300               | 150 |
| 3(d) | <p>鬆散 – 標準貫入測試N值4-10，可用鏟挖掘；50 mm栓釘容易打入</p>                                                                                           | 100               | 50  |
|      |                                                                                                                                      | <100              | <50 |
|      |                                                                                                                                      | 見註 (9)            |     |

**表2.1 位於水平土地上的基礎的設定容許垂直承載壓力（續）**

| 級別   | 岩石或泥土的狀況                                                | 設定容許承載壓力<br>(kPa) |
|------|---------------------------------------------------------|-------------------|
| 4(a) | 黏性土壤（黏土及粉沙）：<br>非常堅硬或堅硬 – 不排水抗剪強度<br>> 150 kPa；可用姆指指甲壓陷 | 300               |
| 4(b) | 硬 – 不排水抗剪強度75-150 kPa；可<br>用姆指壓陷                        | 150               |
| 4(c) | 實 – 不排水抗剪強度40-75 kPa；手<br>指大力施壓可以改變其形狀                  | 80                |

**註：**

- (1) 容許承載壓力的設定數值是為在支承水平只有少至可以不必計算的橫向荷載的基礎而定。
- (2) 計算承載應力時，無須包括藏於泥土或岩石的樁段的自重。
- (3) 沿樁外圍量度的最小承口深度：屬於1(a)及1(b)級別的岩石應為0.5 m；屬於1(c)及1(d)級別的岩石應為0.3 m。
- (4) 總岩芯回收率是指在1.5 m長的取芯內回收岩石（無論是否全直徑的整體或非整體）的百分比，而取芯應深入指定級別岩石內最少5 m。
- (5) 表內列出的岩石集中荷載指數強度值是50 mm直徑岩芯的相等數值。
- (6) 對土壤的用詞有下列含義：
  - 乾 - 最高預計地下水位在基礎底部之下不少於1 m或基礎的潤度，以較大者為準；
  - 水下 - 最高預計地下水位在基礎的底部或以上。
- (7) 如土地介乎乾與水下之間，可以用直線插值法計算設定數值。
- (8) 應用設定數值並不表示無須考慮結構沉降的規定。

- (9) 如圍牆或圍板等小型或臨時構築物的基腳建於鬆散細沙或軟黏土之上，設定的容許承載壓力可以取100 kPa（如屬乾土壤）或50 kPa（如屬水下土壤）。

**表2.2 岩石和混凝土樁之間的容許黏結或摩擦力**

| 表2.1所界定的岩石級別 | 岩石與樁的混凝土或灌漿之間的容許黏結或摩擦力 (kPa) |        |
|--------------|------------------------------|--------|
|              | 在壓力或瞬時拉力下                    | 在永久拉力下 |
| 1(c)或較佳      | 700                          | 350    |
| 1(d)         | 300                          | 150    |

註：

- (1) 混凝土或灌漿於28天的最小特徵抗壓強度應達30 MPa。

### 2.2.3 實地測試方法

泥土及岩石的容許承載壓力亦可以在地盤使用合適的基礎荷載測試來評估。使用這種方法時應考慮下列各項：

- (a) 基礎測試位置和實際基礎位置之間的建基狀況變化；
- (b) 測試中支承荷載的時間與基礎使用期限的比較；及
- (c) 相對基礎實際大小的測試規模的比例效應。

### 2.2.4 其他方法

只要證實合宜，其他方法亦可用來估計泥土及岩石的承載、黏結或摩擦的容許能力。

## 2.3 沉降

### 2.3.1 估計沉降量

估計沉降量是基礎設計的重要部分，以確保基礎所支承的構築物日後的穩定性和使用性。估計沉降量時應：

- (a) 根據適當地進行地盤勘測及實驗所或實地測試而得出的結果，以鑑定會影響基礎沉降的地下水及土地狀況；
- (b) 根據力學原理或經驗累積和有足夠相關數據的實證方法；及
- (c) 適用於香港土壤，並與過往個案吻合。

### 2.3.2 容許沉降量

由於不同結構可以承受的基礎移動各異，當估計基礎沉降量是否可以接受時，應根據每宗個案的個別情況來考慮。因此，應根據基礎所支承的構築物的完整性、穩定性和發揮功效的能力來決定該基礎的容許沉降量。

如果預料會有不均勻沉降，其評估必須準確或保守，以確保對支承的構築物的強度及使用性所造成的影響，是在可以接受的水平。

## 2.4 新填海土地上的構築物

新填海的土地會因下層的可壓縮物料長期固結而大幅沉降。為在這些土地興建的構築物及基礎（包括樓板、間隔、圍牆、附屬構築物、地下設施和渠道）進行設計時，必須妥善考慮這種大幅沉降所帶來的影響。

### 2.4.1 一般設計規則

- (a) 除非另有建議，否則建築物的最底部的樓板不應設計為地面承托樓板。
- (b) 直接建造在筏式樁帽上的樓板可以設計為地面承托樓板。
- (c) 只要因沉降所造成的損毀能及時維修或更換，以下結構亦可以設計成地面承托結構：
  - (i) 圍牆、園藝結構及有輕型遮蓋的行人通道；及
  - (ii) 用作停車場、上落客貨區、車輛斜路或行人路的樓板。
- (d) 變壓房及泵房等結構的基礎應穿越填海物料並伸至堅固的地層，而最底部的樓板應設計成懸掛式。
- (e) 建築物下面的地下設施和渠道應用懸掛式樓板或樁帽支承。有結構支承部分與只有土地承托的部分的喉管，其接口應設計成可以抵受因後者下陷而造成的不均勻沉降的影響。
- (f) 如果預計土地長期固結會導致大幅沉降，則須在樁帽設計上加入措施，防止泥土遷移至樁帽下因土地固結而可能出現的空隙。

## 2.4.2 其他方法

如果選擇不遵照上文第2.4.1段所載的設計規則，則應全面考慮不均勻沉降和總沉降的問題。與時間有關的總沉降和不均勻沉降（包括估計的時間與沉降關係曲線）應根據個別地盤的土地勘測來評估，並須提出解決方法或應變方案。

為確保在設計階段時所估計的時間與沉降關係的可靠性，應於施工期間不斷監察（使用儀器裝置）沉降的情況和定時檢討沉降評估。

評估沉降時，可參照填海期間所取得的沉降數據，以及之前就填海工程而作出的任何沉降評估。除非可以保證這些數據準確，否則有關數據只可作參考之用，以助了解地盤過往沉降的特性，或者作為有關地盤評估的補充資料。有關政府填海的過往沉降記錄和沉降評估（如有的話），可向負責填海工程的部門（一般是土木工程拓展署）索閱。

## 2.4.3 長期監察及／或維修

如果構築物的設計需要長期監察及／或維修，設計者應透過認可人士知會發展商有關規定及可能引致的影響和後果，並建議發展商知會準買家，因準買家可能須承擔為符合這項規定所引致的費用。

## 2.5 結構規定

### 2.5.1 概要

基礎的結構設計必須符合《建築物（建造）規例》的規定。

### 2.5.2 設計荷載

建築物基礎的設計應可以在有足夠的安全系數下支承工作荷載。應根據《建築物（建造）規例》及相關的《作業守則》評估恆載、外加荷載和風荷載。外加荷載應包括浮力和土壓力。浮力應根據第2.5.4段進行評估，而土壓力則應以認可的岩土工程方法進行評估。

如須根據一套假定荷載來進行基礎設計，便應擬備一個假定荷載的詳細列表，並於展開興建上層結構工程前，證明從詳細計算上層結構所得的荷載值是不會超過基礎設計用的假定荷載。

### 2.5.3 對滑動、上舉和傾覆的抗力

建築物或結構的設計和建造應符合下列各項：

- (a) 滑動抗力最少應為任何荷載所產生的滑動力的1.5倍；
- (b) 上舉抗力最少應為任何荷載所產生的上舉力的1.5倍，而該上舉抗力是最低恆載和任何容許錨固抗力所產生的下向力的總和；及
- (c) 傾覆力矩的抗力最少應為風荷載所產生傾覆力矩的1.5倍，加懸浮所產生的傾覆力矩的1.5倍（或根據第2.5.4段取1.1倍），再加風和懸浮以外的荷載所產生的傾覆力矩的2倍，而該傾覆力矩的抗力是最低恆載和任何容許錨固抗力所產生的穩定力矩的總和。

基礎的設計和建造應符合上述規定。

海上構築物的設計和建造應符合有關結構設計的認可標準或作業守則對滑動、上舉和傾覆抗力所訂定的規定，例如土木工程拓展署出版的《海港工程設計手冊》。

#### 2.5.4 對浮力的抗力

構築物可以利用自重及其他如拉力樁或地錨等合適的錨固抗力來抗衡浮力。任何構築物如符合下列其中一項要求，便無須進一步驗算該構築物的穩定性是否足以抗衡因浮力所引致的傾覆：

- (a) 抗衡懸浮的安全系數最低為1.5，其中懸浮是基於最高預計地下水水位計算，而抗浮力則取恆載與容許錨固抗力的總和。
- (b) 抗衡懸浮的安全系數最低為1.1，其中懸浮是基於最高可出現地下水水位計算，而抗浮力則只取最低恆載值。

在計算對浮動抗力時，恆載應取結構構件的重量、任何永久修飾和回填土重量的總和。計算恆載時，應使用保守設定的數值或飾面和回填土的實際厚度和密度。可以移除的飾面和回填土不應計算在內。

##### *最高預計地下水水位*

釐定最高預計地下水水位時，應考慮下列因素：

- (a) 現在及推算的潮汐變化；
- (b) 因風暴、風力激增及波浪拍打引致的設計自由水位；
- (c) 設計地下水水位時應已考慮雨水、地面水徑流和地下水的流動；
- (d) 中介土地對海潮的緩衝作用；
- (e) 降低地下水水位工程；
- (f) 海面的長遠上升情況；及

(g) 地層滲透度。

#### *最高可出現地下水位*

最高可出現地下水位是指在暴雨、水浸、水管爆裂等任何一種極端情況下，地下水都不會超越的水位。如沒有可靠數據，可以將地面視作爲最高可出現地下水位。但在低窪地區（例如填海區），最高可出現地下水位有可能高過地面。

## 2.5.5 物料及應力

### (1) 概要

物料及應力須符合《建築物（建造）規例》及有關《作業守則》的規定。

當基礎構件的結構設計是使用容許應力方法時，只要增加幅度是全因風荷載引致，則工作應力最多可增加25%。

### (2) 混凝土

基礎構件使用的混凝土應符合《建築物（建造）規例》及有關《作業守則》的規定。在符合本《作業守則》的規定的情況下，基礎構件的鋼筋混凝土設計應遵照《混凝土結構作業守則》所列的規定，可選擇使用極限狀態或容許應力的設計方法。

對於現場灌注混凝土的基礎，凡灌注混凝土時可能遇上地下水，或混凝土是在水中灌注，則混凝土的強度值應扣減20%。

最小橫向尺寸不超過750 mm的灌注混凝土基礎更須符合下列規定：

- (a) 對於承受軸向力的樁柱而言，如使用的混凝土等級高於20D，作設計用途時則只可假設等級爲20D；
- (b) 對於承受橫向力的樁柱而言，不應使用等級低於25D的混凝土。如果指定要使用較高等級的混凝土，作設計用途時亦只可假設等級爲25D；及
- (c) 對於直徑少於400 mm的樁柱而言，不應利用因彎曲而產生的橫向抗力。

打入預製混凝土樁在承受工作荷載時的軸向壓應力，不得超過指定混凝土等級強度的20%。

根據第2.6.4段的規定，海上基礎的混凝土的等級不應低於45D。當混凝土是於水中灌注時，作設計用途的等級則應假設為25D。

### (3) 鋼材

在符合本《作業守則》的規定的情況下，基礎鋼鐵構件的設計應遵照《鋼結構作業守則》。

對於採用2為打入抗力的安全系數的打入承重鋼樁，鋼材在承受工作荷載時的應力不應超過屈服應力的30%。軸荷載及彎曲作用合併而導致的設計工作應力可增至屈服應力的50%。

就裝置於預先鑽孔或壓入至所需深度的承重鋼樁而言，如沒有因撞擊而引致的高應力，便可使用高達屈服應力50%的較高工作應力。

就受壓的鋼樁而言，其鋼材和灌漿（28天的最小特徵抗壓強度為30 MPa）之間的容許黏結應力應定為600 kPa（如於水中灌漿，則應定為480 kPa）。

就受拉力的鋼樁而言，其鋼材和灌漿（28天的最小特徵抗壓強度為30 MPa）之間的容許黏結應力應定為600 kPa（如於水中灌漿，則應定為480 kPa），惟須設有標稱抗剪嵌釘。一般而言，標稱抗剪嵌釘應足以抗衡不少於25%的拉力。

對於依靠鋼材和灌漿之間的黏結力來抗衡拉力或壓縮荷載的鋼樁，樁柱表面不可有鬆散的鱗狀物、銹粒或其他會減低黏結力的物質。

海上基礎的銹蝕防護措施應遵照第2.6.4段所列的指引。

## 2.6 基礎的銹蝕防護措施

### 2.6.1 概要

基礎應有足夠的銹蝕防護，或因應在設計使用期限內可能出現的銹蝕而作出合適的設計。

要確保銹蝕防護措施的設計有效和符合經濟原則，應收集有關土地內含有任何具銹蝕性物質，以及地下水位變化幅度的資料。

## 2.6.2 混凝土基礎

如遇下列情況，基礎圖則應列出混凝土基礎的銹蝕防護措施：

- (a) 土地含硫酸鹽、氯化物、侵蝕性化學品或其他引致混凝土變壞的物質；
- (b) 混凝土含鹼及環境濕度高；
- (c) 基礎建於堆填區；或
- (d) 可能出現磨損。

為避免鋼筋混凝土構築物出現鹼性骨料反應，相等於混凝土每立方米氧化鈉含量的活性鹼成分不應超過3.0千克。

## 2.6.3 鋼樁

如遇下列情況，基礎圖則應列出鋼樁的銹蝕防護措施：

- (a) 土地含硫酸鹽、氯化物、侵蝕性化學品或其他會引致鋼材變壞的物質；
- (b) 樁柱處於海水浪濺區及潮位變動的範圍內；
- (c) 樁柱接觸到其他金屬；
- (d) 有雜散的直流電；或
- (e) 可能出現磨損。

## 2.6.4 海上基礎

海上基礎的銹蝕防護措施應根據有關海事基礎設計的認可標準或作業守則而提供，例如土木工程拓展署出版的《海港工程設計手冊》第一冊。此外，亦須符合下列的一般指引：

### (1) 混凝土

混凝土應高密度及低滲水度，等級不可低於45D，而水／水泥比例不應超過0.38。

如遇下列情況，所有鋼筋的標稱混凝土保護層應有：

- (a) 75 mm如所處位置全被浸沒或處於潮位變動和浪濺區的範圍內；
- (b) 50 mm如處於浪濺區之上。

處於潮位變動和浪濺區範圍內的混凝土的裂縫濶度，在一般平均長期荷載下不可超過0.1 mm；而在設計及控制彎曲裂縫濶度時，可增至1.25倍。

在混凝土拌合料中正確使用煤灰可加強混凝土抗衡硫酸鹽的侵蝕。

## (2) 鋼材

所有置於海床以上的結構鋼材，無論是全被浸沒或是在潮位變動或浪濺區的範圍內，或者是通常處於浪濺區之上，在設計使用期限內應有足夠的銹蝕防護。置於海床以下的鋼材，如果沒有銹蝕防護，預計其表面會因銹蝕而每年耗損0.05 mm的設計方法可視為合理。

在海洋環境使用的不銹鋼，應屬完全不含氯化物的等級。海上工程不應使用含氯化物的一般等級不銹鋼。

在同一個基礎內，裝置於混凝土內的鋼材與裝置於海水中的鋼材應予以分隔，因為相對之下前者屬於陰極。

## 2.7 基礎圖則

基礎圖則必須提供足夠和相關的資料，以顯示整個實體和概念設計。一般的基礎圖則應包括下列兩部分：

### (1) 基礎圖則包括：

- (a) 顯示地盤位置的區劃圖；
- (b) 顯示地盤和附近範圍特徵的詳圖，包括土地勘測鑽孔、斜坡、現有基礎、溝渠、擋土牆等的位置；
- (c) 基礎的分布安排、識別標記、預計深度和建基水平、結構詳圖及物料規格；
- (d) 樁帽的分布安排（如適用）；
- (e) 基礎的承載能力和實地驗證的方法；

- (f) 特徵恆載、外加荷載和風荷載的量值，以及其關鍵組合對基礎產生的作用（如屬打樁基礎，則須為每支樁柱或每組樁柱訂明此量值）；
- (g) 安裝規格，例如建基準則、裝置方法、解決地底障礙的方法；
- (h) 監察毗鄰及附近建築物、構築物、土地、街道及設施的規定的細節；
- (i) 如屬樁基礎，則須列明裝置樁柱時如何控制及監測樁柱的垂直度、傾斜度及定線；
- (j) 如使用動力打樁公式，則須列明評估樁柱的極限承載能力時使用的參數，例如每錘擊打的有效能量、擊打的效率和每錘擊打時把樁柱打入的深度。

**(2) 輔證文件：**

- (k) 地盤勘測報告，列明土地勘測、實地和實驗所測試的結果及所有土壤樣本和岩芯的照片；
- (l) 根據認可基礎工程原理擬訂的設計計算；及
- (m) 基礎工程對周圍土地、構築物及設施的影響的評估報告，包括任何預防及防護措施的建議。

就上述第(m)項而言，應參閱第7.2段。

## 2.8 附表所列地區的基礎設計

根據《建築物條例》附表5，香港現時有五個附表所列地區：

| <u>地區編號</u> | <u>附表所列地區</u>              |
|-------------|----------------------------|
| 1           | 半山區                        |
| 2           | 新界西北部                      |
| 3           | (1) 地下鐵路保護區<br>(2) 九廣鐵路保護區 |
| 4           | 馬鞍山                        |
| 5           | 污水隧道保護區                    |

附表所列地區的基礎設計規定，詳載於建築事務監督發出的相關《認可人士及註冊結構工程師作業備考》內。在附表所列地區內規劃和設計基礎時，須參考這些《作業備考》。

## **2.9 指定地區的基礎設計**

指定地區（例如北大嶼山）是指那些地質複雜的地區，而這些地區可能對基礎的設計和建造構成很大限制。在某些情況下，由於基礎的成本可能相當高昂，因此必須修訂發展分布或棄用有關的地盤。爲了鑑辨所有的地質限制，全面的土地勘測是無可避免的，而且應在規劃發展前進行。有關指定地區的位置和其他資料，請參閱建築事務監督發出的相關《認可人士及註冊結構工程師作業備考》。

## **2.10 斜坡地區的基礎設計**

如果基礎對斜坡或擋土牆造成額外荷載，或影響到地下水體系，則基礎設計應包括驗算受影響的斜坡或擋土牆的穩定性。

## 3. 地盤勘測

### 3.1 概要

凡建造基礎，必須進行地盤勘測，以便為基礎的設計和建造提供所需的資料。為此，須擬備一份地盤勘測報告，詳列任何文件研究、地盤勘察和土地勘測的結果，以及對地盤地面及地底情況所作的評估。

應根據GEOGUIDE 2及GEOGUIDE 3進行地盤勘測，並須符合本《作業守則》的規定。

### 3.2 文件研究

為基礎工程的設計策劃地盤勘測前，應先進行文件研究。土木工程拓展署轄下土木工程圖書館的岩土工程資料庫備存了有用的資料。但是，使用任何從過往建築工程所取得的土地勘測數據時，必須要謹慎，並應先驗證其準確性才可應用於基礎設計上。遇有懷疑，應摒棄使用那些數據。

### 3.3 地盤勘察

地盤勘察應包括詳細勘察地盤的內外和毗鄰土地、構築物及設施。勘察取得的所有有關資料均應顯示在基礎圖則上。

#### (1) 地形勘察

地形勘察旨在辨別有關範圍的地形，包括地盤內和毗鄰土地的性質和狀況。要找出地盤內和毗鄰地方的斜坡狀況，須檢查下列各項：

- (a) 從地盤某一邊界到另一邊界，或在橫跨地盤內任何50 m的帶狀地帶內，任何平均傾斜度大於15°的土地；及
- (b) 地盤內或地盤界線50 m範圍內，任何平均傾斜度大於15°的斜坡。

#### (2) 地質勘察

地質勘察旨在辨別地盤所有的地質資料，包括任何獨特的地質特徵、露出的岩石、過往山泥傾瀉記錄和曾進行的地盤平整工程等。

### **(3) 結構勘察**

結構勘察旨在辨別下列各項：

- (a) 地盤附近任何現存建築物、構築物和基礎；及
- (b) 地盤和毗鄰地區內任何現存擋土牆。

鄰近範圍的任何現存建築物和構築物（特別是戰前建築物、外牆附建物和共用牆等）的穩定性和結構狀況，可能會受擬進行的基礎工程影響，因此須進行評估及記錄在案。應備存包括顯示現存建築物損毀情況的相片等的正式記錄，以供日後參考。

為進行評估，應先取得有關這些建築物或構築物基礎的資料。如沒有這些資料，便須以探井或從基礎鑽取縱向及橫向勘查孔來進行檢查，從而取得有關基礎尺寸和物料的資料。

### **(4) 廢棄隧道、暗渠、溝渠或河道勘察**

有關勘察應找出地盤和鄰近範圍內任何廢棄隧道、暗渠、溝渠、河道或地錨。

廢棄隧道會對基礎的設計和建造造成重大影響，並可能會對基礎的設計構成限制。有關廢棄隧道的記錄可向土木工程拓展署轄下土木工程圖書館的岩土工程資料庫索取。

暗渠、溝渠或河道可能會嚴重影響擬議進行的發展計劃。一般而言，不可在主要雨水渠上興建建築物。至於在旱季可能不容易察覺到的溝渠和河道，可向土木工程拓展署轄下土力工程處或渠務署索閱有關這些溝渠和河道的資料。

### **(5) 地底設施勘察**

進行地盤勘測時應找出地盤內和鄰近範圍的所有地底設施。地底設施的常見類別包括水管、污水隧道、供電電纜、供氣主喉、排水管道、電話及其他通訊喉管。

有關地底設施以及其可容許的沉降或移動等資料，可向有關政府部門及公用事業機構索取。該等資料多屬指標性，必須在地盤加以核實。

## 3.4 土地勘測

### 3.4.1 概要

土地勘測工程包括在現場收集土地狀況的資料，例如勘探性鑽孔、土地挖掘和探測、儀器裝置、抽樣和實地測試等，以及在實驗所測試在現場收集得到的樣本。

除實地密度測試外，所有現場土地勘測工程均須由註冊專門承建商（現場土地勘測工程）進行，而所有實驗所測試樣本和實地密度測試須由香港實驗所認可計劃（簡稱「認可計劃」）認可的實驗所進行。

設計基礎之前，必須先進行充足的土地勘測工程，確保已取得地盤內和鄰近範圍地下狀況的足夠資料。

### 3.4.2 土地勘測工程的監督

須妥善監管所有土地勘測工程的進行。為確保工程的品質，有關人士須根據屋宇署發出的相關《認可人士及註冊結構工程師作業備考》或《作業守則》的規定，監管在設計前所進行的各階段現場土地勘測工程。

### 3.4.3 土地勘測報告的擬備

應編製正式的土地勘測報告，以作為基礎設計的依據。報告應備存足夠進行基礎設計及隨後建築工程的資料；而在有需要時，也應包括足夠進行其他用途（例如地盤平整工程）的資料。有關土地勘測報告內容的規定細節，請參閱GEOGUIDE 2及屋宇署發出的相關《認可人士及註冊結構工程師作業備考》和《作業守則》。

### 3.4.4 鑽孔／探井的數目和分布

鑽孔／探井的分布和間距應能反映地層性質、厚度或深度的重要變化。需要鑽孔／探井的數目會因應構築物的大小、類別和性能規定、地盤一般狀況，以及地質記錄的完整性和有否該等記錄而有所不同。

應注意的是，香港的土地狀況（包括基岩深度）在短距離內可能會有很大的差異。因此，鑽孔／探井的數目應能足以顯示該等差異。

如擬議將基礎興建於岩石上，便應有足夠鑽孔以確保能可靠地預測岩石面的深度。

### 3.4.5 土地勘測的深度

鑽孔及探井的深度必須足夠，以便能全面勘探所有可能受基礎荷載影響的地層。土地勘測的深度會視乎構築物的類別、承載面積的大小、形狀分布以及地層性質而定。一般須考慮下列各項：

- (a) 切勿將大石塊當作基岩，尤其是在有高度風化岩石的地盤進行鑽探時，必須小心。當鑽探至基岩時，須取芯至最少5 m深，以作證實。
- (b) 遇有可能會使基礎大幅度沉降的可壓縮黏性泥土時，勘測應達到任何應力增加所造成的應變或位移已小得不具重要性的深度。
- (c) 為設計樁基礎或分析基礎的沉降量而進行的勘探，其深度應足以顯示基礎之下的地層的特徵。
- (d) 就擴展基腳而言，勘測的深度應：
  - (i) 深入岩石5 m；或
  - (ii) 到達可以明確證明導致的應變或位移已小至可以不必理會的深度。

### 3.4.6 地下水

地下水對基礎設計及建造可能會有關鍵性的影響，特別是那些需要進行降低地下水位工程的地盤，應就地下水和地質狀況收集足夠資料，包括各土層的滲透性、壓縮性和固結特性、微粒大小的分析，以及與降低地下水位工程和預防沉降措施有關的測試結果。

一般需要安裝直立式測水管或測壓計以量度地下水位，並且需要有一段較長的量度期，以確保能準確鑑辨地下水的情況和核實設計假定。

如果地下水或泥土含有足以損壞或影響基礎結構的成分，則應為地下水及泥土樣本進行化學分析。如有需要，應提供防止該成分影響基礎結構或其他合適的措施。

## 3.5 在附表所列地區進行的土地勘測

在附表所列地區進行的土地勘測工程受《建築物條例》和《建築物規例》的特別監管。必須根據《建築物（管理）規例》第8(1)(1)條的規定，獲得土地勘測圖則的批核和取得建築事務監督的同意，方可在地盤展開該土地勘測工程。

有關在附表所列地區進行土地勘測的特別規定列於建築事務監督發出的相關《認可人士及註冊結構工程師作業備考》。擬在附表所列地區進行基礎工程的土地勘測工程時，應參閱這些《作業備考》。

## 4. 淺基礎

### 4.1 一般規定

淺基礎的結構應足以支承所有施加的荷載，並可以將荷載安全地傳送至地層而不會引致過度沉降。淺基礎一般以鋼筋混凝土建造，並建基於有足夠承載力和離地面不深的岩石或土層上。

淺基礎不應使毗鄰建築物的基礎或結構，或者所支承的地層負荷過重；也不應令任何山坡或斜坡出現不穩的狀況，以及不應妨礙鄰近範圍的任何排水渠、大溝渠、污水渠或其他設施。

### 4.2 容許承載壓力及沉降

支承淺基礎的岩石或泥土的容許承載壓力應根據第2.2段來釐定。

基礎的沉降量應根據第2.3.1段估計，以及按第2.3.2段核實。

### 4.3 結構規定

淺基礎的鋼筋混凝土結構設計應根據《混凝土結構作業守則》的規定進行。

淺基礎的穩定性必須符合第2.5.3.段所列的規定。

### 4.4 淺基礎的常見類別

香港經常使用的淺基礎類別有三種，分別是墊式基腳、條形基腳和筏式基礎。

#### 4.4.1 墊式基腳

設計非建於岩石上的墊式基腳時，須根據第2.3.1段作出估計，並根據第2.3.2段核實各基腳可能出現的總沉降，以及基腳之間可能出現的不均勻沉降。在某些情況下，還可能需擴闊一些基腳，以防止支承同一幢建築物的基腳所承受的承載力和沉降出現太大的差異。如果基腳出現不均勻沉降，則上層結構的構件設計應足以承受不均勻沉降所引致的彎曲力矩和剪力。

#### 4.4.2 條形基腳

對墊式基腳訂定的規定亦適用於條形基腳。

條形基腳的建基狀況應要一致，以免不均勻的沉降沿著其長度出現。但如出現不均勻沉降的話，則條形基腳的設計應有足夠的強度，以抗衡不均勻沉降所帶來的影響。

#### **4.4.3 筏式基礎**

對墊式基腳和條形基腳訂定的規定亦適用於筏式基礎。

如果筏式基礎需要因應不均勻沉降而設計，則筏式基礎在縱橫兩個方向都應有足夠強度，以抗衡不均勻沉降所帶來的影響。

## 5. 樁基礎

### 5.1 概要

所有樁基礎必須耐用、具有足夠的支承荷載能力，以及屬適合土地狀況的認可類別。在樁柱支承的上層結構的設計使用期限內，樁柱必須能抵受預期的磨損和變壞。

樁基礎的容許荷載須根據下列方法釐定：

- (a) 認可的基礎工程原理；或
- (b) 在地盤現場為基礎進行的測試，

並且具有足夠的安全系數。該安全系數須適用於有關樁柱類別，以及已考慮土地狀況、裝置方法、樁群效應和基礎所支承構築物的容許位移。

#### 5.1.1 認可樁基礎類型

認可樁基礎類型是指已向建築事務監督證明及格，並已納入有關清單內的樁基礎系統。該清單可於屋宇署網頁瀏覽。

對於未獲接納為認可樁基礎類型的樁基礎系統，註冊結構工程師（RSE）一般可聯同對該樁基礎系統具備經驗的註冊專門承建商，向建築事務監督申請確認該樁基礎系統為認可樁基礎類型。申請時須遞交所有有關該樁基礎系統的技術詳情，包括物料規格、生產過程、埋置方法、樁柱的承載能力的評估方法、適用的土地狀況，以及該系統在其他地方的使用實例（如適用的話）。在一般情況下，還須進行示範，以證明該樁基礎系統的效能。

應盡可能先申請確認為認可樁基礎類型，才就使用該等樁柱的基礎圖則申請審批。

#### 5.1.2 樁群效應

當樁柱很接近以致其支承荷載能力和沉降表現會互相影響時，便會形成樁群現象。

在這種情況下，應以一個樁群折減系數折減樁群的總容許支承荷載能力，而該系數應以認可基礎工程原理釐定。對於有5支或以上垂直荷載樁柱的樁群，一般可採用0.85為折減系數。如果已考慮地盤土地狀況並證明符合認可工程原理，可採用其他數值的樁群折減系數。

一般來說，下列情況不必採用樁群折減系數：

- (a) 樁柱的中心與中心之間的距離是樁柱周界（如屬工字鋼樁，則樁柱的外矩形周界）的3倍或以上；或
- (b) 樁柱的荷載能力是來自端承載；或
- (c) 樁柱屬嵌岩樁；或
- (d) 樁柱打至抗沉的程度，而樁腳緊貼基岩（見第5.4.11(2)(c)段）。

### 5.1.3 最小樁距

樁距須根據土地性質、建造方法和樁群效應來釐定，而且必須能避免對樁柱或毗鄰建築造成損壞。

就承載力主要來自摩擦抗力的打入樁及其他樁柱而言，最小樁距不應少於樁柱周界的長度或1 m（以較大者為準），而樁位離地盤的界線亦不應少於樁柱周界長度的一半或500 mm（以較大者為準）。

就承載力主要來自灌漿與岩石間的黏結強度的微型灌注樁而言，最小樁距應為750 mm，或者是樁的外直徑的2倍（以較大者為準）。

就承載力主要來自端承載的鑽孔樁及類似的樁柱而言，在釐定與毗鄰樁柱表面的最小淨距時，應基於對樁柱位置和垂直差限的實際考慮。建議樁身面層或擴底邊（如適用）之間要有標稱的最小橫向淨距500 mm。

### 5.1.4 樁柱和樁帽的橫向約束

樁柱和樁帽必須有足夠的橫向穩定性，並能抵受容許的建築偏差。就打入樁和小直徑樁而言，其個別樁柱或樁帽必須在最少兩個方向有足夠的橫向約束。

### 5.1.5 提供滑動抗力的樁

如樁柱須對滑動提供橫向抗力，則應證明樁柱和支承土地有足夠的橫向承載能力，以符合第2.5.3(a)段所列的規定。

### 5.1.6 提供上舉、傾覆和浮動抗力的樁

如樁柱須對上舉、傾覆及／或浮力提供錨固抗力，則須證明樁柱及支承土地有足夠錨固力，以符合第2.5.3(b)和(c)段及／或第2.5.4段所列的規定。

如在連接兩個或以上樁帽時已有足夠的結構連續性，使樁帽成爲一個整體，則只須對該整體單元進行上述的穩定性驗算，即是只須驗算整體單元內關鍵樁的受力。

另一選擇是證明樁基礎的每支樁柱均符合下列條件，便可視作符合上述要求：

$$D_{\min} + 0.9R_u - 2.0I_a - 1.5U - 1.5W \geq 0$$

$D_{\min}$  = 最小恆載

$R_u$  = 樁的極限錨固抗力（見第5.3.3段）

$I_a$  = 不利外加荷載，包括活荷載和土荷載

$U$  = 因預計最高地下水位造成的上舉力

$W$  = 風荷載

## 5.2 負表面摩擦力

### 5.2.1 設計規定

如樁基礎裝置的地層可能在基礎裝置後出現固結，則在釐定支承荷載能力時，不應計算該地層及覆蓋泥土的摩擦抗力。地層及覆蓋泥土所產生的下向摩擦力，通稱爲負表面摩擦力（NSF）。在設計基礎時，可使用第5.2.2段的傳統方法或第5.2.3段的替代方法處理。

在樁柱表面塗上瀝青或柏油可減低樁柱的負表面摩擦力，而一般應使用專用系統，並須慎防損壞塗層。同時，也可能須要在地盤進行測試，以證明塗層不會在裝置樁柱時損壞。其他細部設計，例如使用注入惰性柔韌物料的雙層永久襯墊等，亦可減低或消除負表面摩擦力。

### 5.2.2 傳統方法

使用這方法，地層和覆蓋泥土的下向摩擦力應視作外加荷載，而一般須符合下列條件：

$$P \geq D + L + NSF ; \text{ 及}$$

$$P_w \geq D + L + W + NSF$$

其中  $P$  是沒有風力時的樁承載能力，  
 $P_w$  是有風力時的樁承載能力，  
 $D$  是恆載，  
 $L$  是活荷載，  
 $W$  是風荷載，及  
 $NSF$  是負表面摩擦力。

除非有更準確的評估，否則可使用以下方程式來估計樁柱承受的負表面摩擦力：

$$NSF = \int_0^l K_o \sigma' \tan \delta p dl$$

其中  $K_o$  = 靜止泥土壓力系數；  
 $\sigma'$  = 有效垂直壓力；  
 $\delta$  = 樁表面和泥土間的摩擦角度；  
 $p$  = 樁周界，如屬工字鋼樁則為外矩形周界；  
 $l$  = 固結地層深度；及  
 $dl$  = 樁的單元長度。

如有樁群，並按第5.1.2段應用了樁群折減系數，則負表面摩擦力可使用同一折減系數計算。

### 5.2.3 替代方法

在替代方法中，地層承載能力、樁的結構完整性和沉降表現應根據以下原則分別考慮：

- (a) 樁柱的容許地層承載能力應該足以抗衡在不包括負表面摩擦力下樁柱的總荷載，即：

$$P_c \geq D + L ; \text{ 及}$$

$$P_{cw} \geq D + L + W$$

其中  $P_c$  是樁柱在沒有風力時的容許地層承載能力，  
 $P_{cw}$  是樁柱在有風力時的容許地層承載能力，  
 $D$ 、 $L$  和  $W$  的定義見第5.2.2段。

註：

這準則是根據當支承樁的地層已到了承載極限的極限狀態而定。在這極限狀態下，樁柱沉降程度會大於負表面摩擦力所引致的沉降，因而可消除樁柱的所有負表面摩擦力，而無須在下列方程式／情況內加以考慮：

樁柱的極限地層承載能力  $\geq$  不包括負表面摩擦力的極限荷載

假設樁柱的容許地層承載能力安全系數不少於2，而極限荷載的荷載系數又不大於2，上述方程式／情況便可簡化為：

樁柱的容許地層承載能力  $\geq$  不包括負表面摩擦力的工作荷載

即相等於上述方程式／情況。

- (b) 樁柱的結構完整性應足以抗衡樁柱的總荷載（包括負表面摩擦力）即：

$$P_s \geq D + L + NSF ; \text{ 及}$$
$$P_{sw} \geq D + L + W + NSF$$

其中  $P_s$  是沒有風力時的樁柱結構強度，  
 $P_{sw}$  是有風力時的樁柱結構強度，  
 $D$ 、 $L$ 、 $W$  及  $NSF$  的定義見第5.2.2段。

- (c) 樁柱支承總荷載（包括負表面摩擦力）時的沉降表現應屬良好。

負表面摩擦力數值可按第5.2.2段的建議計算出來。如以替代方法進行設計，則樁柱的靜荷載測試的測試荷載不應小於  $2P_c + NSF$ 。

### 5.3 樁柱的荷載能力

樁柱的容許荷載能力應根據其結構強度及支承樁土地抗力來釐定。樁群的容許荷載能力應考慮到第5.1.2段所述的樁群效應。

#### 5.3.1 結構強度

樁柱的結構強度應按第2.5.5段所提供有關設計應力的合適限制釐定。埋置於軟土層的樁柱，應檢測其壓曲承載能力。

#### 5.3.2 支承壓力樁的土地抗力

打入樁和非打入樁的極限或容許承載力可用下列的方法評估：

##### (1) 打入樁

打入樁的極限承載能力可用下列一個或多於一個方法評估：

- (a) 根據現場測試打樁所得數據而釐定的動態公式；  
(b) 根據以合適測試取得的支承泥土設計參數而釐定的靜態公式；或

(c) 在現場進行的樁荷載測試。

打樁錘的大小應足以克服樁的慣性。在動態公式計算中，可達到所需極限抗力的最終貫入，不應少於每10錘貫入25 mm，但已觸到岩石者例外。

計算樁的容許承載力時應採用適當的安全系數。一般來說，靜態公式和沒有確定更低安全系數的公式，都應採用不少於3的安全系數。在任何情況下，安全系數均不得少於2。

## (2) 非打入樁

非打入樁的容許承載能力應按下列項目釐定：

- (a) 樁柱的建基狀況；及
- (b) 按第2.2段所述的土地容許承載壓應力及黏結或摩擦抗力。

如樁柱嵌入1(a)、1(b)、1(c)或1(d)級別的岩石（見表2.1），只要用於計算黏結或摩擦抗力的承口長度不超過樁直徑的兩倍或6 m（以較短者為準），樁柱的支承荷載能力可以是岩石承口黏結或摩擦抗力和樁端承載抗力的總和。計算黏結或摩擦抗力時，不應包括按表2.1註(3)規定的最小承口深度所提供的抗力。也不應包括鑽孔樁擴底傾斜面的黏結或摩擦抗力。

至於其他樁柱，樁柱的支承荷載能力不應同時依靠樁身的抗力及樁端承載抗力，除非已證明在承受工作荷載時的沉降狀況屬於可以接受，並能夠同時啟動所需樁身抗力及樁端承載抗力。此外，或須以裝有儀器的試樁驗證測試及／或監測沉降情況。

### 5.3.3 支承上舉力樁的土地抗力

支承上舉力的樁柱應符合下列要求：

- (a) 樁柱的極限錨固抗力符合第5.1.6段的規定；及
- (b) 樁柱的容許錨固抗力 $R_a$ 能承受樁柱在工作荷載時所承受的上舉力，即是：

$$R_a = I_a + U + W - D_{\min}$$

其中  $I_a$ 、 $U$ 、 $W$ 和 $D_{\min}$ 的定義見第5.1.6段。

一般來說，樁柱的容許錨固抗力計算如下：

$$R_a = \text{樁身容許上舉抗力} + \text{樁身的有效重量}$$

當樁身的容許上舉抗力是根據樁身的極限上舉抗力釐定時，除非該極限上舉抗力或用作評估該極限上舉抗力的參數已以測試驗證，否則採用的安全系數不得少於3。在任何情況下，採用的安全系數均不得少於2。

當樁身極限上舉抗力是根據樁身的容許上舉抗力釐定時，則採用的荷載系數不得大過2。

樁群的容許錨固抗力應以下列較小者為準：

- (a) 樁群內所有樁的容許錨固抗力的總和；及
- (b) 在樁群表面周界啓動的容許抗剪力，加上該周界之內的泥土和樁的有效重量。

除非樁柱的抗拉能力取值小於只計算樁身與周圍泥土之間的摩擦和黏結力的抗壓能力的一半，否則在一般的情況下，須要以驗證測試來證實樁柱的抗拉能力。在任何情況下，均應確保支承樁的土體和錐形石體足以抗衡上舉效應。

#### 5.3.4 支承橫向荷載樁的土地抗力

設計可抗衡橫向力的樁柱時，必須考慮下列各項：

- (a) 泥土抗剪能力，還須考慮樁群效應（如適用者）；
- (b) 樁柱的結構承載能力；及
- (c) 上層結構可承受樁柱的位移幅度。

樁柱的橫向荷載能力應以認可基礎工程方法釐定，並須全面考慮周圍泥土特徵、樁柱或樁群特性，以及周圍泥土和樁柱或樁群的互動作用。如果分析的方法是根據簡化假定和圖表資料，則使用的參數必須能代表樁和泥土的特徵。

除非可以證明樁和樁帽的力度分配，否則二者不得同時用來抗衡橫向力。評估基礎的橫向抗力時，不應包括樁帽邊和底部、地庫牆壁、拖牆或其他底層結構的摩擦力，除非能證明這些摩擦力是互相配合以及可以同時產生，並且沒有對土地或相鄰構築物和設施造成不可接受的影響。

如樁柱設有岩石承接口以產生橫向抗力，則應核實岩體穩定性。對於設於基岩的承接口，岩石的容許橫向抗力可以取岩石容許垂直承載能力的三分之一，但須沒有不良岩石節理。

裝置在斜坡上的樁柱如須抗衡橫向荷載，則須考慮斜坡對樁橫向荷載能力的影響，並須遵照第2.10段的規定。

## 5.4 常見樁柱的種類

本段列明香港某些常用樁柱種類的特別規定。

### 5.4.1 工字鋼樁／鋼管樁

工字鋼樁和鋼管樁通常以打樁或預先鑽孔的方法裝置。工字鋼樁和鋼管樁的設計應依照第5.1至5.3段的建議。

除了第2.7段列明者外，上述樁的基礎圖則還應包括：

- (a) 樁柱的物理特性和化學成分，特別是國際標準未有涵蓋的樁截面特性；
- (b) 樁接駁和樁頭細節；
- (c) 如預期須進行強力打樁，則應列出保護樁端的細節；及
- (d) 用來抗衡橫向荷載的工字鋼樁的裝置方向。

#### *接駁樁*

如要加長樁段，可使用焊接方式接駁：

- (a) 進行焊接方式接駁時，須遵照認可標準和供應商就焊枝的指示和建議。
- (b) 可能須要進行預熱，以防止焊口可能因氫而引致破裂。
- (c) 須為焊接口進行非破壞性測試方可打入樁的拼接段，而抽樣不得少於全數焊口的10%。有關測試報告須包括接口位置，並存於打樁記錄中。

#### *樁頭設計*

樁頭和樁帽設計必須足以傳送最大樁荷載。當樁頭採用固定設計以加強樁的穩定性時，樁頭的設計和建造必須達致固定樁頭的情況。

### 5.4.2 嵌入岩石工字鋼樁

裝置嵌入石層工字鋼樁是把工字鋼樁放入預先在基岩鑽好的承接口內，然後再用水泥物料灌注。

## 設計原則

一般須採用下列設計原則：

- (a) 容許軸向工作應力或軸向與彎曲組合應力不應大於工字鋼樁屈服應力的50%；
- (b) 岩石承接口應建於按表2.1級別1(a)、1(b)或1(c)的岩石；
- (c) 岩石和灌漿之間的設計黏結強度不應超過第2.2.2段所列的容許數值；
- (d) 灌漿和工字鋼樁之間的設計黏結強度不應超過第2.5.5(3)段所列的容許數值；
- (e) 灌漿應是不收縮的，其28天的最小特徵抗壓強度應達30 MPa；及
- (f) 對於支承橫向荷載的岩石承接口，應核算所承受的額外應力。

## 建造考慮

裝置嵌岩工字鋼樁時，必須充分考慮下列各項：

- (a) 預造鑽孔尺寸應足以放入工字鋼樁，並可有最少40 mm的灌漿保護層（樁底部除外）；
- (b) 在進行預先鑽孔工程時，必須在泥土層配上臨時套管，防止地層下陷及泥土陷入預造鑽孔內；及
- (c) 必須在完全清除預造鑽孔內的碎石或泥土後，方可把鋼樁放入。
- (d) 有關樁接駁和樁頭的設計，參閱第5.4.1段。

### 5.4.3 預製鋼筋混凝土樁

土層如沒有過多巨型石塊或岩芯石塊，則可使用預製鋼筋混凝土樁來支承高度屬於低或中等的建築物。

設計預製鋼筋混凝土樁時，須考慮樁在吊起、運輸和打樁過程中出現的應力。應避免強力打樁，並應小心注意樁頭和樁腳可能出現特別強的應力。

#### 5.4.4 預製預應力離心澆製混凝土樁

這類樁應被打至較堅硬的地層，並有足夠長度埋置於殘積土或風化岩石地層，才能達到其高承載能力，以及減低長期沉降的程度。必須小心評估泥土移動和打樁時的衝擊對相鄰建築物、構築物、土地、街道及設施穩定性的影響。

這類樁一般須採用較嚴格的效能測試和品質管制。

如樁柱須要打入厚層的堅硬泥土，則應使用附有十字加勁杆的錐形鋼樁靴。

#### 5.4.5 打入灌注混凝土樁

打入灌注混凝土樁的直徑最大為750 mm，裝置方法是把加帽鋼套管打至所需的深度，然後把混凝土注入套管。鋼套管的接縫或接駁應有妥善設計，以防止打樁時受到損壞。樁的設計應遵照第5.1至5.3段的規定。

為避免影響土地的穩定性或新造成灌注樁的完整性，在距離挖空的樁孔或注入混凝土不超過24小時的灌注混凝土樁少於5倍樁直徑的範圍內，不應進行打樁或其他會引起震動或土地移動的工序，例如鑿石和挖泥。

#### 5.4.6 小直徑鑽孔樁

小直徑鑽孔樁直徑不應超過750 mm。建造方法是先用套管鑽入土地，然後把混凝土注入孔內。樁柱的抗力通常取自樁身摩擦力，也可以加上泥土或岩石的端承載力，但須充分考慮應變的配合。樁的設計應遵照第5.1至5.3段規定。

如有填土或海洋沉積層，其提供的摩擦抗力一般都不應計算在內，除非可以證實固結已不會出現。負表面摩擦力則須根據第5.2段的規定加以考慮。

#### 5.4.7 大直徑鑽孔樁

大直徑鑽孔樁直徑應大於750 mm，通常以機械鑽孔至所需深度，然後再把混凝土注入鑽孔內。鑽孔工程應在水底或膨潤土等合適流質內進行，並且不應為挖掘工程降低地下水位。除非使用膨潤土泥漿，並有足夠水壓頭以維持挖掘工程的穩定性，否則進行鑽孔工程時須使用鋼套管臨時支撐土地。樁的設計應遵照第5.1至5.3段規定。

樁底部可以擴大以增加末端承載能力，而採用的傾斜度與垂直面不應超過30度，擴大的尺寸亦不應超過1.5倍樁身直徑。

如有陡斜的基岩剖面，除非已根據認可工程原理考慮樁下岩石的穩定性，包括考慮任何存在的不良節理，否則相鄰樁的建基水平差異不應大於樁底部的淨距。

#### 5.4.8 微型樁

微型樁通常是由一條或以上鋼筋組成，而這些鋼筋藏於直徑不超過400 mm和注滿灌漿的鑽孔內，主要在有進出困難的地盤用來支承壓力或拉力荷載。

#### 設計原則

一般須採用下列設計原則：

- (a) 微型樁的結構承載力只應取自鋼筋，不應包括灌漿和鋼套管的承載力，原因是鋼筋應力較高和應變不協調。鋼筋的容許應力必須符合《混凝土結構作業守則》；
- (b) 微型樁的正常設計應是嵌入基岩內，而容許承載能力應取自灌漿和岩石間的黏結強度。岩石承接口應建造於按照表2.1級別1(a)、1(b)或1(c)的岩石內。黏結強度不應超出第2.2.2段的容許數值；
- (c) 在特殊情況下，微型樁的設計若須依靠泥土摩擦力，便須以試樁進行測試以核實設計假定；
- (d) 由於抗彎曲能力有限，微型樁不應以彎曲方法來抗衡橫向荷載。如以樁帽來抗衡橫向荷載，則應限制橫向位移，以不會對樁的強度和完整性造成不良影響為原則；
- (e) 如使用斜的微型樁來抗衡橫向力，則須確保力度和彎矩都能夠保持平衡，並且須要考慮到樁缺乏彎曲剛度，以及樁頭和樁底部的效能上呈鉸接狀況。

- (f) 由於微型樁較為細長，故須檢測其容許壓曲承載能力。評估樁的壓曲承載能力時，可考慮灌漿、永久鋼套管和周圍泥土所提供的橫向約束。

## 建造考慮

建造微型樁時應仔細考慮下列各項：

- (a) 在進行鑽孔工程時，應設置鋼套管，以支承泥土及／或斷裂岩石內的鑽孔；
- (b) 應設置永久鋼套管，以加強銹蝕防護；
- (c) 應以28天最小特徵抗壓強度達30MPa 的不收縮水泥漿，將鋼筋封密；
- (d) 裝置微型樁時須監察其垂直度、傾斜度和定線，以核實對樁偏心彎矩的設計假定。

### 5.4.9 矩形樁

矩形樁又稱方形樁，是在灌入膨潤土泥漿的坑道內，用機械挖掘至建基深度，放入鋼筋籠，然後用導管方法把挖掘的坑道澆灌混凝土。矩形樁一般屬矩形截面，並以端承載在岩石上建基。只要已證實合適，其他建基標準也可應用。樁的設計應遵照第5.1至5.3段的規定。

挖掘坑道內的膨潤土泥漿應有足夠水壓，以維持坑道的穩定性，包括抵禦相鄰構築物和建築荷載所引致的附加荷載。通常會設置堅硬的鋼筋混凝土導牆，以維持挖掘工程的定線和垂直度。

### 5.4.10 人工挖掘沉箱

基於安全和健康理由，一般情況已禁用人工挖掘沉箱工程。不過，如果符合下列任何一項情況，仍可能獲准使用附有人工挖掘沉箱工程的基礎圖則：

- (a) 該人工挖掘沉箱的深度不超過3 m，而該人工挖掘沉箱的內接圓面的直徑不少於1.5 m；
- (b) 就有關地盤而言：
  - (i) 使用人工挖掘沉箱是唯一實際的建造方法；或
  - (ii) 並無其他安全的工程方法可供選擇。

### 5.4.11 打至基岩的工字鋼樁

#### (1) 一般考慮

在基岩較淺及泥土層又未達足夠強度以讓樁建基於其內的情況下，有時會採用的方案是，把工字鋼樁打至抗沉點以及樁端達到或貼近基岩。可是這種樁柱常會出現下列問題：

- (a) 以硬力把樁柱打入基岩或貼近基岩，導致樁的底部容易受損毀；
- (b) 樁的底部很容易會在岩石面層上變位，特別是在基岩剖面傾斜或有起伏的地方；
- (c) 因基岩上的泥土層較淺和較弱，使樁柱沒有足夠的橫向抗力，導致樁柱容易有壓曲或穩定性問題。

如果未能有效解決上述問題，則須考慮其他基礎方案，例如嵌入岩石樁等。如果註冊結構工程師認為可以成功建造這類樁柱，則須使用認可工程方法去解決上述問題，或遵照下面第(2)及(3)段提出的設計原則和建造規格指引。

#### (2) 設計原則

- (a) 最大容許軸向工作應力不應超過工字鋼樁屈服應力的30%；
- (b) 軸荷載和彎曲力矩造成的最大組合應力不應超過工字鋼樁屈服應力的50%；
- (c) 樁柱應建造在岩石上或貼近岩石，岩石質量不得低於表2.1的1(d)岩石級別。凡以足夠打樁能量（見第5.3.2(1)段）打至抗沉點的樁柱，則可視作建造在岩石上。把樁打至抗沉點是指：每十次擊打，樁柱的實際貫入深度不多於10 mm。為避免過度擊打樁柱，應按情況用打樁分析儀或其他合適方法監察最大的打樁應力；
- (d) 樁底部的設計應可承受在岩石面或貼近岩石面的強力打樁；如有需要，應以適當方法強化樁底部，例如焊接樁靴。
- (e) 樁底部的設計應能防止樁在觸及岩石面層時變位；如有需要貫入或嵌入岩石，樁底部應設有入石釘或其他合適方法；

- (f) 應仔細評估樁基礎的穩定性，尤其是當樁柱的深度較淺和嵌入的泥土較為薄弱的時候；在這情況下，建議應採用固定樁頭設計，並提供適當詳圖；
- (g) 應驗算樁柱的壓曲表現，須考慮樁柱的長度、有否橫向荷載、嵌入狀況及末端接口；及
- (h) 因特殊情況而有必要在有傾斜或起伏岩石面層的地盤內使用這種樁柱時，便應評估每支樁柱、整個樁群以及基礎下岩石的穩定性，並須考慮岩石的節理方向。

### (3) 建造規格

- (a) 由於準確估計預期建基的標高對能否成功裝置這種樁柱是很重要的，因此土地勘測應為基岩剖面提供相當準確的估計；
- (b) 裝置工字鋼樁時，應監察其垂直度；及
- (c) 註冊結構工程師必須充分監管打樁工程，當最終貫入讀數或其他跡象顯示樁底部損毀或變形時，便須棄用該樁並更換新樁。
- (d) 有關樁接駁和樁頭設計，見第5.4.1段。

### (4) 試樁

在下列情況下，可能需要以試樁證實這種樁柱是否合適：

- (a) 基岩剖面傾斜或有起伏；
- (b) 基礎有短於10 m（從樁頂標高量度）的樁柱；或
- (c) 基礎有打入弱地層的樁。

註：當沒有更好準則時，如果土層沒有5 m深泥土層，而其平均標準貫入測試N值不少於10，及其個別標準貫入測試N值不少於5的情況下，則可被視為弱地層。

試樁的完整性和承載能力應以下列方法確定：

- (a) 打樁分析測試以及模擬樁波分析程式；及
- (b) 靜荷載測試。

## (5) 附加測試要求

除打樁工程的正常測試要求外，這種樁還須符合下述測試要求。

在展開打樁工程前，註冊結構工程師應進行足夠數量的打樁測試，以確定設計假定及確保可以成功裝置這種樁。在任何情況下均不能少於2支樁柱。

可能會附加較普通打樁工程更嚴格的驗證測試要求。在一般情況下，會要求以打樁分析測試驗證最少10%的工作樁的完整性和承載能力。

## 6. 其他基礎種類／構件

### 6.1 地庫及空心箱

地庫或空心箱可用作基礎支承上層結構，其設計應符合第2章所述的一般設計規定。

支承地庫或空心箱土地的縱向抗力可包含下列一項或多項元素：

- (a) 邊牆底邊的端承載；
- (b) 底板的端承載；及
- (c) 邊牆外表層的黏結或摩擦抗力。

支承地庫或空心箱土地的橫向抗力可包含下列一項或多項元素：

- (a) 泥土的被動抗力；
- (b) 邊牆外表層的黏結或摩擦抗力；及
- (c) 邊牆及／或底板底邊的黏結或摩擦抗力。

如縱向或橫向抗力取自多於一項元素，則須證實抗力的所有元素可同時發揮作用，而不會對土地或相鄰構築物及設施造成不可接受的影響。

地庫或空心箱邊牆和底板混凝土應有足夠防水效力，不應低於35級的設計配合比。

抗浮力穩定性應按第2.5.4段的規定驗算，而完成上層結構前的抗浮力穩定性亦應加以驗算。須考慮到最差的地下水狀況、地下水位可能變動的影響，以及施工期和完工後可能水浸所造成的影響。

設計永久結構時，應顧及因各階段的施工程序而可能存在的應力。

### 6.2 隔牆

隔牆可用作深層挖掘的臨時側向承托牆或地庫永久牆，用途可屬臨時或永久性；也可以用作支承垂直荷載。

隔牆的建造，一般是以導管方法現場澆注混凝土進入用抓斗或其他機械挖掘而成的膨潤土泥漿坑道內。隔牆的厚度視乎強度要求而定，但不應少於600 mm；隔牆的牆板長度由3 m至7 m不等，須視乎挖掘工具和地層泥土狀況而定。

隔牆的分析應包括以下各項：

- (a) 截斷水流的滲水分析；
- (b) 橫向穩定性分析，包括牆腳穩定性；
- (c) 因建議建造次序的橫向荷載而引致的彎曲力矩、剪力和撓曲；
- (d) 垂直荷載承載能力；
- (e) 挖掘期間泥漿坑道的穩定性；及
- (f) 評估施工期所引致鄰近構築物、設施和土地的沉降程度。

可以用臨時支撐來減低橫向荷載所引致隔牆的彎曲力矩、剪力或撓曲。隔牆牆腳長度應足以維持穩定性或截斷地下水。可以用鑽入基岩的剪力栓釘來加強牆腳穩定性。也可於牆腳位置下灌漿，以加強截斷地下水效果。

### 6.3 擋土牆

設計和建造擋土牆必須遵照《建築物（建造）規例》的規定。

設計擋土牆時，可參照土力工程處出版的“Guide to Retaining Wall Design” (GEOGUIDE 1)(second edition)。加固填築擋土牆的設計可參照土力工程處出版的“Guide to Reinforced Fill Structure and Slope Design” (GEOGUIDE 6)。

當下列情況出現時，擋土牆設計應同時符合第2章列出的規定：

- (a) 擋土牆用作支承建築物或其他構築物的基礎；或
- (b) 擋土牆用作抗衡基礎或其他構築物所引致的外來附加荷載。

### 6.4 地錨

地錨可用作抗衡基礎結構上舉力，可屬於預應力或非應力的地錨。

使用永久預應力地錨的工程會將長期維修的責任加於負責維修者。一般來說，這方面的經常費用相當可觀；如發現失效，補救工程亦可能會非常困難，費用亦昂貴。過往記錄顯示，由業主自行遵守這項要求並不可行，故此，需作長期監測的永久地錨只可被視為短使用期的臨時建築工程，而不可作為永久建築物的一部分。

在特殊情況下，如使用永久地錨，其設計及裝置應遵照土力工程處出版的“Model Specification for Prestressed Ground Anchors” (GEOSPEC 1)的規定和程序。

必須在預應力地錨的整個使用期內進行監測，以確保其良好性得以持續。在使用預應力地錨前，須與將來負責維修者商討及取得他們的同意，並為他們提供一套完整的‘竣工’詳圖。

## 6.5 重新使用現有基礎

現有基礎如符合現行設計和建造規定，只要符合下列條件便可重新使用：

- (a) 可取得如第2.7段所列有關的現有基礎資料，而這些資料是準確及可靠的；
- (b) 可取得準確及可靠的“竣工”基礎記錄和報告，所需記錄和報告如第7.3段所示；如有需要，應進行鑽探或其他完整性測試，以核實竣工記錄正確；及
- (c) 現有基礎的完整性、耐用性、強度及合適性被證實符合預期的日後用途，這方面應包括：
  - (i) 對會影響基礎完整性及耐用性的環境因素進行充分的地盤勘察，例如：潮水或地下水水位變動、在泥土或地下水中的硫酸鹽和氯化物含量或其他具侵蝕性的生物；
  - (ii) 進行充分的土地勘測，核實承載地層的狀況；
  - (iii) 檢查現有基礎完整性；
  - (iv) 現有基礎支承荷載能力、完整性或物料性質的任何測試報告；及
  - (v) 就現有基礎支承荷載能力、完整性或物料性質的任何建議荷載測試、取芯鑽探測試或其他測試。

當測試現有樁柱的完整性時，需顯露的樁柱深度不應少於2倍樁的最少橫向尺寸或樁頂標高下1500 mm。

當重新使用基礎時，拆卸期間應加倍小心，特別是在拆卸樁上的樓板或樁帽之時。

如一併使用新舊基礎，則須考慮新舊基礎二者可能會出現不均勻沉降，以及舊基礎的預加荷載效應。

現有基礎的可用性會受多個不同因素所影響，所以每個個案應根據其個別情況而作出考慮。

## 7. 基礎工程的建造作業和地盤安全

### 7.1 概要

基礎工程應遵照下列規定進行：

- (a) 基礎應按照建築事務監督批核的圖則建造；
- (b) 使用合適方法和工序，不可使任何建築物、構築物、土地、街道或設施的安全度不足夠，或損壞其穩定性或導致其受損壞；及
- (c) 提供充足的預防和防護措施，確保地盤工人、鄰近人士及相鄰建築物、構築物、土地、街道及設施安全。

#### 7.1.1 一般規定

除基礎構件的貫入深度少於3 m者外，所有基礎工程均屬基礎類別的專門工程，並須由註冊專門承建商（基礎工程）負責進行。

基礎工程應符合：

- (a) 《地盤安全監督作業守則》及《監工計劃書的技術備忘錄》列出的地盤安全監督規定；及
- (b) 質量監督的規定（見第7.1.2段）。

#### 7.1.2 基礎工程的質量監督

基礎是建築物或構築物的重要結構構件，須有足夠監管以確保基礎工程質量，在物料、一般安排、裝置程序、施工技術及測試上，均符合要求的標準和本《作業守則》的所有有關規定。關於基礎工程質量監督的規定，應參考相關的《作業備考》。

#### 7.1.3 建築材料

##### (1) 混凝土及灌漿

混凝土的抽樣和混凝土測試立方塊的抗壓測試應按照CS1:1990規定的方法進行。測試應由香港實驗所認可計劃的認可實驗室負責處理，測試結果須填報在香港實驗所認可計劃認許的試驗證書。現場灌注樁的混凝土灌注應於一個連續的工序內完成。

## **(2) 鋼筋**

抽樣和測試鋼筋應按照CS2:1990規定的方法進行。測試應由香港實驗所認可計劃的認可實驗室負責處理，測試結果須填報在香港實驗所認可計劃認許的試驗證書。

## **(3) 鋼樁**

結構鋼材的出廠證明書應交予屋宇署，並付上由註冊結構工程師簽署的聲明，證明鋼材種類符合規定的化學成分和機械特性。

### **7.1.4 挖掘工程**

基礎工程經常需要挖掘；即使挖掘不深，不當的設計也會造成危險。應提供足夠的預防和防護措施，以確保挖掘工程有妥善的防護，以及基礎工程能安全地進行。

## **7.2 基礎工程對鄰近構築物和土地的影響**

### **7.2.1 評估基礎工程造成的影響**

應評估基礎工程對周圍土地、構築物和設施造成的影響。評估應包括：

- (a) 一份詳盡報告，內容包括四周的建築物、構築物和現有設施的結構狀況，及可能受基礎工程影響的周圍土地的地質狀況；
- (b) 估計基礎工程對這些建築物、構築物、設施及土地造成的影響及反應；及
- (c) 建議施工前和進行工程期間所須採取的預防措施、監察計劃和應變計劃。

### **7.2.2 撐柱和加強承托**

作為預防措施而對建築物、構築物、土地或設施提供的撐柱或加強承托，其詳圖應包括在基礎方案內。

### **7.2.3 監察計劃**

如建造基礎會影響任何建築物、構築物、土地、街道或設施，則須設有監察計劃，包括：

- (a) 設置足夠監察站，詳細監察建築物、構築物、土地、街道或設施的移動和震動；
- (b) 設置足夠測壓計，詳細監察地下水情況；
- (c) 記錄或查取讀數的頻率；
- (d) 行動級數和應變措施。

地盤施工活動應妥為記錄，以便在有需要時可與監察讀數對照；這些對照常常常可以用來解釋一些明顯不正常的讀數。

如與某類設施有關，其行動級數須與有關政府部門或公用設施公司達成協議，並須考慮該設施可承受的移動幅度。

#### 7.2.4 降低地下水位

如果降低地下水位工程的設計或施工不當，便可能導致建築物、構築物、街道、土地和地下設施過度沉降。如須進行降低地下水位工程，則應評估降低地下水位工程對毗鄰建築物、構築物、街道、土地及地下設施造成的影響。如有需要時應考慮進行補充地下水工程，並應按照第7.2.3段的規定設立監察計劃。

施工期內須妥善控制地下水位，保持在降低地下水位工程設計的容許限度內。如果地下水位被降至低於容許限度，則須通知有關設計者並採取恰當措施，例如立即暫停降低地下水位工程。

#### 7.2.5 震動

基礎工程造成的震動不應導致任何建築物、構築物、土地、街道或設施出現裂縫或其他損壞。

如須防護歷史建築物或構築物，有關當局通常會訂出嚴格控制震動的規定。如須防護鐵路，則應參考有關《認可人士及註冊結構工程師作業備考》列出的規定。

就建築物的一般防護而言，震動所引致的地層移動不應超出15 mm/s的峰值粒子速度。

如有需要，例如醫院內有敏感儀器、舊磚石建築物、破爛構築物或對震動反應敏感的易受損公用設施，便須進行試樁，以便為建議的打樁方法所引致的震動訂立可容許的限度。應於需要時採取減少震動的措施，例如：用預鑽孔埋置樁柱、限制同時進行打樁的數目等。

### 7.2.6 爆石

基礎工程如需進行爆石，便須妥為設計及監控，避免因土地震動或其他效應而對鄰近斜坡、擋土牆、建築物、構築物及設施的穩定性造成不良影響。有關人士且應做足措施防止飛石，確保工人和公眾安全。基礎工程若採用爆石的方法時，應參考下列各項：

- (a) 《建築物（建造）規例》第23條；
- (b) 《危險品（一般）規例》第46條；
- (c) 《認可人士及註冊結構工程師作業備考》77—地下鐵路保護區
- (d) 《認可人士及註冊結構工程師作業備考》279—九廣鐵路保護區
- (e) 《認可人士及註冊結構工程師作業備考》178—爆石管制；及
- (f) 《土木工程一般規格》。

### 7.3 基礎記錄及報告

基礎工程竣工時，須向建築事務監督提交記錄圖則、報告及由有關人士證明已完成基礎工程的指定表格。

#### *基礎記錄圖則*

記錄圖則應包括地盤特徵及每個基礎單位實際建造的編號、位置、尺寸、深度及標高。

#### *基礎報告*

報告應包括：

- (a) 每個基礎單位的施工／裝置日期、使用物料品質和數量、及任何對其承載地層進行的測試；
- (b) 打入樁在打入時的表現效能；及
- (c) 鑽孔樁的混凝土立方塊測試結果、挖掘記錄、預先鑽孔及建造後的驗證鑽探的記錄。

### 7.4 樁的建造

### 7.4.1 打樁測試及試樁

使用打入樁前必須進行打樁測試，以驗證樁和建基地層的設計假定。

遇有特殊土地狀況或使用新類型的樁時，可能須於裝置其他工作樁前進行試樁，以驗證樁的設計假定和表現效能。該試樁還須按第8.4段的程序和標準以施加測試荷載進行測試。

### 7.4.2 預鑽

如樁柱建基於岩石或岩石承口上，便須進行足夠預先鑽探，以確定建基岩石的深度和質量。預先鑽探應最少鑽入指定作建基或承口的岩石級別 5 m，或承口的設計長度，以較深者為準。

對於大直徑鑽孔樁、矩形樁及其他類似的樁類型，預先鑽探應在每枝樁柱位置進行。

至於微型樁、嵌岩工字鋼樁、打入基岩的工字鋼樁以及建基於岩石或岩石承口的類似的小直徑鑽孔樁，預先鑽探應足以使每枝樁柱末端可在鑽孔的5 m範圍之內。預先鑽探應最少鑽入指定建基或承口的岩石級別 5 m，或最接近的樁柱的岩石承口的設計長度，以較深者為準。

### 7.4.3 建造後的驗證鑽探

#### *大直徑鑽孔樁、矩形樁及其他類似的樁類型*

為確定混凝土和岩石界面妥當，應在每枝大直徑鑽孔樁、矩形樁及其他類似的樁類型的界面處進行取芯鑽探。取芯鑽探應最少包括接面上下各1 m。

#### *嵌岩工字鋼樁、打入基岩的工字鋼樁及微型樁*

為驗證建基或承口的岩石質量，應額外加設驗證鑽孔，深度應達至竣工岩石承口頂部之下最少5 m或最接近樁的竣工岩石承口長度，以較深者為準。如地盤有樁柱100枝或以下，該等鑽孔數目則最少要有兩個；如地盤有樁柱100枝以上，鑽孔數目則為樁數的1%（計算鑽孔數目時，不足正數的部分應當作一個鑽孔計算）。向建築事務監督提交建樁記錄圖則時，應夾附包括基岩等高線圖的評估報告。該基岩等高線圖應按土地勘測、預先鑽探和竣工後的驗證鑽探的結果而擬定。

### 7.4.4 驗證測試

根據《建築物（建造）規例》規定，基礎工程必須進行驗證測試，一般須遵照第8章有關驗證測試的程序和標準。

除了測試荷載或取芯鑽探，其他驗證測試程序和認可標準，只要是基於認可基礎工程原理的可靠理據，以及適用於有關地盤和建築物，也可以採用，惟須向建築事務監督遞交下列文件，以證明建議測試方法合適使用：

- (a) 建議驗證測試有關的認可工程原理；
- (b) 詳細的測試程序和認可標準；
- (c) 測試結果的闡釋；及
- (d) 任何為證明驗證測試中使用的參數而進行的測試。

#### **7.4.5 進一步的現場測試**

如對任何樁基礎的設計假定或支承荷載能力存有懷疑，則須進行進一步的現場測試。

### **7.5 土地處理**

如土地的支承荷載能力要以土地處理來改善，則須全面證實使用方法和物料適合。如土地處理已經完成，則須充分測試該經處理的土地。

如土地處理可能會影響任何建築物、構築物、土地、街道或設施，便須採取足夠的預防措施。

### **7.6 控制滋擾**

進行基礎工程的建築地盤可能引致環境滋擾，這不但會影響地盤工人，還會影響毗鄰建築物佔用人及公眾人士，故須採取恰當措施避免滋擾他人。

#### **(1) 噪音**

有關噪音的詳細規定，請參閱《噪音管制條例》（香港法例第400章）。

須特別注意，如進行撞擊打樁工程，便須向環境保護署申請准許證。

如有需要，必須執行足夠的消滅噪音措施，以符合環境保護署的規定。

## **(2) 煙和煙霧**

有關煙和煙霧的詳細規定，請參閱《空氣污染管制條例》（香港法例第311章）。

根據《空氣污染管制條例》（香港法例第311章），柴油機汽錘如釋出過量黑煙或煙霧，環境保護署有權提出起訴。

## **(3) 廢水和化學廢料**

有關廢水和化學廢料的詳細規定，請參閱《公眾衛生及市政條例》（香港法例第132章）。

須特別注意，建築地盤的泥水或化學廢料不應排放至排水系統。渠務署會勒令違例的承建商就該種行為引起的所有費用向政府作出賠償。

## **(4) 震動**

除第7.2.5段規定外，震動不得為鄰近建築物的佔用人帶來難於忍受的不適。

## **7.7 附表所列地區的基礎工程**

在附表所列地區進行的基礎工程，建築事務監督一般都有特殊規定，包括沉降監測、震動控制及基礎工程的表現性能檢討。在施工前，應參閱建築事務監督公布的相關《認可人士及註冊結構工程師作業備考》。

## 8. 基礎及土地測試

### 8.1 概要

基礎測試可能會因下列一個或多個原因而須進行：

- (a) 確定基礎在接受荷載時的表現效能；
- (b) 確立或驗證設計參數；及
- (c) 驗證基礎單元的結構完整性。

選擇的測試種類和數目應適合有關基礎種類，以及符合測試目的。

### 8.2 平板荷載測試

平板荷載測試可以用來釐定粒狀土的容許承載能力，並估計其沉降量。不過，估計的沉降量未必能反映所有被基腳影響泥層的性能。此外，如以外推法將測試結果應用在大於測試板的基腳上，則要加倍小心，特別在土質不均勻的狀況下為甚。

任何測試程序和認可標準，只要有足夠理據核實，均可採用。以下測試程序和認可標準可視作適用於非黏性泥土的平板荷載測試：

- (a) 荷載平板不應少於300 mm的方形或圓形；
- (b) 最大測試荷載是3W，其中

$$W = \text{容許工作壓力} \times \text{荷載平板面積}$$

- (c) 測試荷載應以0.5W的增幅加至W，然後卸除；再以0.5W的增幅加至2W，然後卸除；再以0.5W的增幅加至3W，並維持在3W最少達72小時，方予卸除；
- (d) 每個增幅階段的荷載必須維持10分鐘或以上，直至沉降率為每10分鐘少於0.05 mm為止；
- (e) 如測試平板的最大沉降量大於下列方程式的 $S_p$ ，則測試效果屬不及格：

$$S_p = 3 \times S_f \times \left( \frac{B+b}{2B} \right)^2 \times \frac{m+0.5}{1.5m}$$

其中  $S_f$  = 基腳支承容許工作荷載時的容許沉降量；

- $B$  = 基腳直徑或最小尺寸；
- $b$  = 測試板直徑或最小尺寸；
- $m$  = 基腳長闊比例，而  $m \geq 1$ 。

### 8.3 標準貫入測試

標準貫入測試是對粒狀土的實地測試，以泥土的壓實度或相對密度配對出泥土的強度。許多經驗公式都使用標準貫入測試來釐定粒狀土的固硬度、強度、磨擦力和承載能力。使用如海洋沉積等黏性土的標準貫入測試結果時應極之謹慎。

標準貫入測試的程序及儀器可參照GEOGUIDE 2的說明。

### 8.4 以施加測試荷載的驗證測試

在樁柱施加測試荷載，是被認為最能反映樁柱的表現效能，因此廣為應用於打入樁、小直徑鑽孔樁、嵌入岩石樁和微型樁上。進行荷載測試時，應注意：

- (a) 樁的荷載測試應於樁頂標高點進行，不必計算樁群效應；
- (b) 測試荷載應以兩個等量增至樁柱在工作荷載下的設計承載能力，然後卸除；再以四個等量增至2倍樁柱在工作荷載下的設計承載能力，並維持最少72小時才卸除；
- (c) 每個增量階段的荷載須維持10分鐘或以上，直至沉降率每10分鐘少於0.05 mm為止；
- (d) 測試荷載必須以校準的荷載量度儀器量度，和在液壓系統加上由校準的壓力計量度；及
- (e) 對於直徑或最少橫向度不超過750 mm的樁柱，如有下列其中一種情況，測試則屬不及格：
  - (i) 測試期間樁頂的最大沉降量超過以下數值

$$\frac{2WL}{AE} + \frac{D}{120} + 4\text{mm},$$

其中， $W$ 是在工作荷載下的樁設計承載能力（以kN為單位）；

$L$ 是樁柱以 mm為單位的長度（有岩石承口的樁， $L$ 應量度至岩石承口的中心

點；沒有岩石承口的樁柱，一般取樁柱的整個長度為L)；

A是樁柱橫截面面積（以 $\text{mm}^2$ 為單位）；

E是樁柱物料的楊氏模量（以 $\text{kN}/\text{mm}^2$ 為單位）；及

D是樁柱最少橫向尺寸（以 $\text{mm}$ 為單位）；

- (ii) 當卸除最大測試荷載後的復原率在最少15分鐘的觀察時間內都少於每小時 0.1 mm 時，樁頂的剩餘沉降超出下列較大數值：

$D/120 + 4 \text{ mm}$ ；及

測試期間最大樁頂沉降量的25%。

- (f) 計算測試樁的彈性壓縮／拉伸，須考慮下列各項：
- (i) 如屬微型樁，整個長度L內鋼筋、水泥漿及鋼套管的影響；及
- (ii) 如屬嵌入岩石工字鋼樁，岩石承口長度內水泥漿的影響。
- (g) 如屬大直徑鑽孔樁、矩形樁及人工挖掘沉箱，可使用其他合適的荷載測試認可標準，惟須提供充足的支持理據。

## 8.5 以取芯鑽探的驗證測試

取芯鑽探驗證測試通常用於大直徑鑽孔樁、矩形樁及其他類似的樁類型，可測試建基岩石、混凝土以及樁和岩石界面是否妥當。進行取芯鑽探測試時，應注意：

- (a) 取芯鑽探應貫穿整枝樁柱，並鑽入建基地層最少半個樁底部直徑或600 mm，以較大者為準；
- (b) 取出芯樣須妥為標示和排列，方便檢驗；
- (c) 混凝土芯不應出現蜂窩狀或個別成分物料分離現象；
- (d) 須觀察檢查岩芯，以確保符合設計規定的岩石物料；
- (e) 亦須觀察檢查芯樣，以確保混凝土和岩石界面足夠和妥當；及

- (f) 如樁柱建基於泥土上，則須從樁建基標高至最少3倍樁底直徑或5 m（以較大者為準）的深度內，每隔最多1.5 m 便進行標準貫入測試，驗證所需要的泥土強度。

## 8.6 超聲波測樁

超聲波測樁是最常用而不破壞樁完整性的測試方法之一，適用於灌注混凝土樁、隔牆和矩形樁。原理是量度兩個測壓器（置於澆注入樁內的筒管中）之間超聲波傳輸的傳送時間。測試必須由香港實驗所認可計劃的認可實驗室負責進行。

這方法也可以用來測試混凝土的均勻程度，以及檢查混凝土欠妥之處，例如出現蜂窩狀、分離、頸縮、包含物或裂縫。

因這測試方法有下列限制，所以不應在超出這些限制的情況下使用：

- (a) 這方法不能鑑辨欠妥之處的性質；
- (b) 這方法或會因澆注樁內的測試筒管，而對樁的澆灌混凝土造成影響或欠妥之處；及
- (c) 因筒管和混凝土的黏結差劣，而可能造成的異常反應。

## 8.7 聲波回聲測試

這是在樁頂進行的快速測試，於樁頭處發出聲波（例如以手柄錘敲打樁頭），聲波沿樁柱向下傳送，受樁腳反射而傳回樁頭。如樁段有欠妥之處，便可能記錄得中間的回音。因此以聲波的假定傳送速率，可計出樁的長度和欠妥之處的位置。測試須由香港實驗所認可計劃的認可實驗室負責進行。

這測試方法可用來測試混凝土和承重鋼樁的連續性。

這測試應於灌注混凝土最少7天後進行，以確保使用的傳送速率準確。

因這測試方法有下列限制，所以不應在超出這些限制的情況下使用：

- (a) 這方法不適用於有接駁口的樁柱；
- (b) 這方法對樁內的小泡或頸縮有敏感反應；
- (c) 樁柱的長度與直徑比例不應超過30，以確保量度準確；
- (d) 其他建築工程所引致的土地震動會影響訊號；

- (e) 近樁頭之處容易產生異常反應或數據偏差；及
- (f) 測試結果不容易顯示出斜裂縫或混凝土的質量改變。

## 8.8 震動測試

這也是在樁頂進行的快速測試。在樁頭施加寬頻波段內的定量調幅力度，最佳波段是從0至5000 Hz，同時按這施加的力度去量度在樁頭的震動速度。可以用電動震動機或裝有內置荷載轉感器的小型手錘發出施加力度，並以震動轉感器量度在樁頭的速度。量度所得的樁頭震動速度除以施加的力度，則可取得樁柱的機械阻抗或導納。以該阻抗或導納和震動頻率兩組數據繪製震動激發和反應曲線後，則可釐定樁柱的特性，包括樁頭固硬度、樁腳處錨固狀況、共振長度、特徵移動性及減震因素等。從總括測試結果及樁特性，可知道樁柱的完整性是否正常，或樁段、混凝土等級和樁柱錨固狀況有沒有異常或欠妥之處。

測試須由香港實驗所認可計劃的認可實驗室負責進行。這測試方法因有下列限制，所以不應在超出這些限制的情況下使用：

- (a) 如果樁長度與直徑比例大約是20，而地質又屬固硬和密度高泥土，或樁長度與直徑比例大約是30而地質屬於鬆土，則測試訊號會容易被減弱；
- (b) 不能辨別在弱混凝土區內微小但在結構上具重要性的震動波速；
- (c) 可感應到樁柱橫截面的突變，但測不到漸變；
- (d) 不能量度截面在垂直方向的改變或缺陷點在橫截面的準確位置；及
- (e) 不能找出垂直的裂縫。

## 8.9 動力荷載測試

動力荷載測試較適用於打入樁，可以用以偵測樁柱有沒有欠妥之處，或取得資料進行分析，以估計樁柱的承載能力、打樁應力，以及樁柱可承受的最高撞擊能量。分析方法的執行應基於準確的測試結果，以及正確假設的參數數值。可能需要為設定的參數數值提供支持理據。測試須由香港實驗所認可計劃的認可實驗室負責進行。

測試時，用作產生應力波的錘應足以使樁有足夠的移動，以致可以全面啟動其應力波。如實際可行的話，每一下擊打應最少把樁貫入大約2至3 mm，尤其是在需要預測樁承載能力之時。

鑑於香港對動力荷載測試和靜荷載測試的相關性的研究和結果不多，動力荷載測試尙未能獲得一般性的接受作為正常情況下的基礎驗證測試，但這種方法可作下列用途：

- (a) 偵測樁柱的欠妥之處；
- (b) 在大型樁群中分辨出有問題的樁；
- (c) 監測樁柱的打樁抗力及打樁應力；及
- (d) 監測錘擊效能的一致性。

這測試方法因有下列限制，所以不應在超出這些限制的情況下使用：

- (a) 估計樁承載能力的準確程度取決於正確選擇泥土的減震系數；及
- (b) 只可以分辨樁柱的主要欠妥之處，因為細小裂縫會於擊打樁時閉合。

## 8.10 拉力測試

如用反應樁作拉力測試，則應盡量把反應樁放置在遠離測試樁的位置，以減低交互作用。在任何情況下，反應樁與測試樁的距離（以中心距計算）最少應為3倍測試樁的直徑或2 m（以較大者為準）。測試應按照第8.4段所載有關靜荷載測試程序進行，如有下列任何一種情況，測試便算不及格：

- (a) 測試期間，樁頂最大拉伸超過彈性拉伸加4 mm；
- (b) 當卸除最大測試荷載後的復原率在最少15分鐘的觀察時間內都少於每小時0.1 mm時，樁頂的剩餘拉伸超過4 mm或樁頂最大拉伸的25%（以較大者為準）；或
- (c) 樁柱出現結構性損壞。

最大測試荷載不應使測試樁或地錨所受的應力超過屈服應力。如測試樁的設計上舉能力是根據黏結應力和拉應力釐定，而該等應力的取值是受壓時的對應數值的50%，則測試荷載可取樁柱在工作荷載下的設計上舉能力的1.5倍。

## 8.11 橫向荷載測試

進行樁橫向荷載測試的方法有：

- (a) 兩樁中間施加撐力；或
- (b) 利用對撐力可提供應力的合適結構，向測試樁施加撐力。

在第一個方法中，兩枝樁柱都可視作測試樁，可能須要證明樁柱之間有足夠的距離。在第二個方法中，合適結構可以是一個臨時的「錨栓」或為測試而設加重的平台。

橫向荷載測試通常都是用作核實設計所用的參數和方法。在這情況下，必須有沿整枝樁柱深度的地層準確資料，並且應在測試前進行分析，以預測樁在測試荷載下的性能。應量度樁柱在實地的表現效能，並與預測性能作一比較。

測試結果應顯示：

- (a) 設計方法可準確預測樁柱在指定土地狀況下支承橫向荷載的性能；及
- (b) 樁柱在指定土地狀況下可抗衡設計橫向荷載，且有足夠安全系數，而土地並無不可接受的變形或移位。

## 8.12 超聲波回聲儀測試

超聲波回聲儀測試可量度樁身挖掘的剖面，例如鑽孔樁擴底的尺寸；還可在須進行精確的建造工程時，監測挖掘工程的垂直度。

儀器包括傳感器、絞車和紀錄儀。測試時，把傳感器放下至挖掘處，以量度傳感器四邊及挖掘壁的距離；一般會用導線使到傳感器在放下時不會旋轉。紀錄儀會把量度的距離和深度以圖型形式顯示出來。

傳感器量度距離的方法是發放超聲波脈衝，然後量度回聲返回傳感器所需的時間。脈衝的傳送速度則視乎挖掘時應用液體的密度而定。一般需要在挖掘液體內為傳感器作現場校準。懸浮在挖掘液體的氣泡和沉澱物，可能會影響量度的準確性，因此，在挖掘後應讓挖掘液體靜下來，讓液體內的氣泡消失和懸浮沉澱物沉降。

儀器的使用不應超乎其使用範圍的限制，例如儀器可以量度尺寸的程度、適合儀器使用的挖掘液體密度範圍。