

第五章 基礎

5.1 符號與一般需求

5.1.1. 符號

d : 樁之平均直徑，見 5.5 節。

d_p : 圓樁之直徑或基腳底板 H 型樁埋置深度，見 5.4 節。

E : 群樁效應所引致每根樁之承载力折減率，見 5.5 節。

f'_c : 混凝土規定抗壓強度， kgf/cm^2 MPa，見 5.6 節。

f_{ce} : 預力混凝土基樁之有效預力對混凝土產生之壓應力，見 5.5 節。

m : 群樁之排數，見 5.5 節。

n : 每排樁之根數，見 5.5 節。

s : 樁之中心間距，見 5.5 節。

β : 基腳長邊與短邊之比，見 5.4 節。

ϕ : $\tan^{-1}(d/s)$ ， ϕ 採用角度量表示 (Degree)，見 5.5 節。

5.1.2 一般需求

基礎設計應能支承所有之活載重、靜載重、土壓力、地震力及水壓力。

鋼筋混凝土、預力混凝土及鋼材構造物其基礎應依照第七、八、九章之容許應力設計法或強度設計法設計之。承受地震力之基礎除依本章規定外，仍應符合「公路橋梁耐震設計規範」之規定。

5.2 基礎承载力

基礎設計應能提供適當之結構支承、容許沉陷範圍內之適當基礎承载力及鄰近邊坡之整體穩定。結構之容許變形由上部結構型式及跨距決定之。基礎承载力應由載重試驗或經橋梁主辦機關同意之相關規範或設計準則所規定公式決定之。

載重試驗結果須考量有限深度及無法顯示長期壓縮情形之影響。若基樁係穿過填土層者或基樁完成後鄰近填土者，則填土產生之負摩擦力須加以考量。

開挖至地下水位以下之基礎，因受水力坡降之增大，可能使基礎土壤因地下水之上湧而變鬆軟，或滲透引起之損害皆應考量。

5.3 工址調查

5.3.1 通則

工址所在區域內有影響基礎承載安全之地質及環境條件，應予以妥適考量，該等條件、狀況及其影響所及之可能範圍詳加評估後，納入工址調查計畫辦理。工址調查及相關試驗計畫之工作內容及項目，係依據該橋梁工程計畫之特訂需求予以編擬。

5.3.2 一般要求

工址調查及相關試驗計畫應評析所擬調查資料，原則上宜包括下列項目：

1. 土層
 - (1) 深度、厚度及其變異性
 - (2) 土壤鑑識及分類
 - (3) 相關工程性質(如：剪力強度、壓縮性…等)
2. 岩層(若工址調查計畫之調查深度係貫入岩層時)
 - (1) 岩層頂面深度
 - (2) 岩質(如：硬度、節理及節理裂隙內充填料、風化程度…等)
 - (3) 相關工程性質(如：單軸壓縮強度…等)
3. 地下水位高程
4. 鑽探孔口高程
5. 需特殊考慮之局部性狀況
6. 沖刷
7. 地質構造
8. 地盤下陷
9. 地滑

工址調查報告書視調查深度所涵蓋範圍之土層、岩層狀況，應包含土層之描述及貫入阻抗(如SPT或 q_c)，岩層之描述、岩心取樣率、岩石品質指標(RQD)及所有不尋常之地下情

況(如湧泉壓力、巨石、其他障礙物或空洞)。

5.3.3 最小調查深度

採用已有確切規劃尺寸之淺基礎時，工址調查應達可確認之承載層深度，最小深度至少應達到預訂基礎底面下方如下述之深度：

1. 當基腳尺寸為 $L \leq 2B$ 時，其中 L 和 B 分別為基腳長度和寬度，最小深度為基腳寬度之2倍(即 $2B$)。
2. 當基腳尺寸為 $L > 5B$ 時，最小深度為 $4B$ 深。
3. 當基腳尺寸為 $2B < L \leq 5B$ 時，最小深度為前述兩種情況之線性內插。

另為顧及局部性存在地層差異之狀況時，得視需要酌予增加調查深度。

下部構造計畫採用深基礎者，辦理工址調查之最小深度至少應達到預訂基樁底端下方至少四倍樁徑或沉箱底端下方至少三倍沉箱直徑或寬度之深度且不得少於 6.0m ，或達可確認之承載層深度。

深基礎底端承載於岩層上時，最小調查深度至少應達岩層面之下 3.0m ，以確認調查深度係貫入岩層，且應查明該調查深度範圍內影響基礎設計之岩層物理性質。

5.3.4 最小調查數量

工址調查計畫之調查範圍研擬原則為：

1. 於每一座橋梁至少需施鑽二孔。
2. 橋梁之橋址，每隔約 100m 至少應施鑽一孔，若地質與環境較為複雜，應視需要增加鑽孔。以上各項調查原則上若部份無法於設計階段完成，得保留於施工前完成。
3. 施工中應於每一下部構造之結構單元，包括：橋台、橋墩、擋土牆、基礎或其他類似構造之位置，比對是否與設計資料相符。

5.3.5 室內試驗

工址調查計畫之相關試驗工作需進行之室內試驗項目，係視所需決定之工程性質而訂，包括地層構成材料之單位重量、剪力強度、壓縮強度與壓縮性質。倘欠缺室內試驗時，地層之相關工程性質可由蒐集之試驗結果或區域性經驗推估之。

5.3.6 液化

計算承载力時，應考慮地震所引致之土壤液化潛能，對土壤強度作適度折減。

5.4 淺基礎

5.4.1 通則

本節各項規定適用於獨立基腳、連續基腳及聯合基腳之設計。

5.4.2 深度

基腳之深度應視基礎地層材料之性質及基腳淘空之可能性而定，基腳若非構築於不受剝蝕之堅固岩層面上時，應埋入承載層至少0.6m以提供適當之支承及沖刷保護。基腳若構築於邊坡上，主要應考慮邊坡之穩定性與沖蝕之影響，惟基腳頂部與邊坡最近處至少應有1.2m水平距離，且基礎底部與邊坡最近處至少應有3.0m水平距離。

5.4.3 錨碇

建造於光滑傾斜岩盤面上之基腳，如岩層面上無覆土層可阻止其滑動時，應用岩錨、岩栓或剪力樺等方法作有效之錨碇。

5.4.4 極限與容許承载力

1. 極限承载力

淺基礎之極限承载力根據5.3節工址調查結果，依下列公式估計之：

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + \gamma_2 D_f N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + 0.5\gamma_1 B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad (5-1)$$

式內

q_u = 極限承载力(tf/m²)

c = 基礎板底面以下之土壤凝聚力(tf/m²)

γ_1 = 基礎板底以下B深度範圍內之土壤平均單位重，在地下水位以下者，應為其有效單位重(tf/m³)

γ_2 = 基礎板底以上之土壤平均單位重，在地下水位以下者，應為其有效單位重(tf/m³)

D_f = 基礎附近之最低地面至基礎板底面之深度，如鄰近有開挖，須考慮

其可能之影響(m)

B = 矩形基腳之短邊長度，如屬圓形基腳則指其直徑(m)

N_c , N_q , N_γ = 承载力因數，與土壤摩擦角(ϕ)之關係如表 5.1 所示

F_{cs} , F_{qs} , $F_{\gamma s}$ = 形狀影響因素

F_{cd} , F_{qd} , $F_{\gamma d}$ = 埋置深度影響因素

F_{ci} , F_{qi} , $F_{\gamma i}$ = 載重傾斜影響因素

上述各形狀、埋置深度及載重傾斜影響因素如表 5.2 所示。

其中

L = 矩形基腳之長邊長度(m)

β = 載重方向與鉛直線之夾角($^\circ$)

2. 偏心載重基礎

承受偏心載重之基礎，應根據偏心狀況及偏心量大小，對承载力估計予以特殊之考慮。長期載重情況之最大偏心量不得大於基礎板寬度之六分之一，短期載重情況之最大偏心量不得大於基礎板寬度之三分之一。淨極限承载力由公式(5-2)計算，式中 $N N_\gamma^*$ 如表5.1所示，而形狀影響因素則按表5.2中公式以有效接觸面積及有效寬度 B' 計算，接觸面積可採用Meyerhof (1953)所建議之推求法推求。

$$q_u = c N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + \gamma_2 D_f N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + 0.5 \gamma_1 B' N_\gamma^* F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad (5-2)$$

式內

B' = 基腳之有效寬度 (m)

3. 容許承载力

淺基礎之容許承载力受到以下二個條件之限制：支承土層應有抵抗極限剪力破壞之安全係數，且在容許承载力下之沈陷量不得超過容許值。

淺基礎之容許承载力計算公式如下

$$q_a = \frac{q_u - \gamma_2 D_f}{FS} + \gamma_2 D_f \quad (5-3)$$

其中 FS 為安全係數

基礎板承受長期載重之承载力，其安全係數應不小於3，考量地震力載重組合時，應參照「公路橋梁耐震設計規範」之相關規定。

表 5.1 淺基礎之承载力因數

ϕ (度)	N_c	N_q	N_γ	N_γ^*
0	5.3	1.0	0.0	0.0
1	5.3	1.1	0.0	0.0
2	5.3	1.1	0.0	0.0
3	5.3	1.2	0.0	0.0
4	5.3	1.3	0.0	0.0
5	5.3	1.4	0.0	0.0
6	5.3	1.5	0.0	0.0
7	5.3	1.6	0.0	0.0
8	5.3	1.7	0.0	0.0
9	5.3	1.8	0.0	0.0
10	5.3	1.9	0.0	0.0
11	5.5	2.1	0.0	0.0
12	5.8	2.2	0.0	0.0
13	6.0	2.4	0.0	0.0
14	6.2	2.5	1.1	0.9
15	6.5	2.7	1.2	1.1
16	6.7	2.9	1.3	1.4
17	7.0	3.1	1.5	1.7
18	7.3	3.4	1.6	2.0
19	7.6	3.6	1.8	2.4
20	7.9	3.9	2.0	2.9
21	8.2	4.2	2.2	3.4
22	8.6	4.5	2.4	4.1
23	9.0	4.8	2.7	4.8
24	9.4	5.2	3.0	5.7
25	9.9	5.6	3.3	6.8
26	10.4	6.0	3.6	8.0
27	10.9	6.5	4.0	9.6
28	11.4	7.1	4.4	11.2
29	13.2	8.3	5.4	13.5
30	15.3	9.8	6.6	15.7
31	17.9	11.7	8.4	18.9
32	20.9	14.1	10.6	22.0
33	24.7	17.0	13.7	25.6
34	29.3	20.8	17.8	31.1
35	35.1	25.5	23.2	37.8
36	42.2	31.6	30.5	44.4
37	51.2	39.6	41.4	54.0
38	62.5	49.8	57.6	64.0
39	77.0	63.4	80.0	78.8
40 以上	95.7	81.2	114.0	93.6

註： N_γ^* 為偏心載重基礎使用

表 5.2 各項影響因素之計算式(Modified from Meyerhof, 1963)

提供支承力項目 考慮影響項目		凝聚力(c)	超載(q)	土重(γ)
形狀影響因素(s)	$\phi=0$ 法	$F_{cs}=1+0.2\left[\frac{B}{L}\right]\leq 1.2$	$F_{qs}=1.0$	$F_{\gamma s}=1.0$
	$(\phi\geq 10^\circ)$	$F_{cs}=1+0.2\left[\frac{B}{L}\right]\tan^2\left[45^\circ+\frac{\phi}{2}\right]$	$F_{qs}=1+0.1\left[\frac{B}{L}\right]\tan^2\left[45^\circ+\frac{\phi}{2}\right]$	$F_{\gamma s}=1+0.1\left[\frac{B}{L}\right]\tan^2\left[45^\circ+\frac{\phi}{2}\right]$
埋置深度影響因素(d)	$\phi=0$ 法	$F_{cd}=1+0.2\left[\frac{D_f}{B}\right]\leq 1.5$	$F_{qd}=1.0$	$\underline{F_{rd}}=1.0$
	$(\phi\geq 10^\circ)$	$F_{cd}=1+0.2\left[\frac{D_f}{B}\right]\tan\left[45^\circ+\frac{\phi}{2}\right]$	$F_{qd}=1+0.1\left[\frac{D_f}{B}\right]\tan\left[45^\circ+\frac{\phi}{2}\right]$	$F_{\gamma d}=1+0.1\left[\frac{D_f}{B}\right]\tan\left[45^\circ+\frac{\phi}{2}\right]$
載重傾斜影響因素(i)	$(\beta\geq \phi)$	$F_{ci}=\left[1-\frac{\beta}{90^\circ}\right]^2$	$F_{qi}=\left[1-\frac{\beta}{90^\circ}\right]^2$	$F_{\gamma i}=0$
	$(\beta<\phi)$			$F_{\gamma i}=\left[1-\frac{\beta}{\phi}\right]^2$

註：1. 當 $\phi<10^\circ$ 時使用 $\phi=0$ 法，此時形狀與埋置深度影響因素均有上限值。

2. 上表影響因素視實際合理性可採用其他計算式。

4. 設計考量

- (1) 計算淺基礎之容許承载力時應將地下水之影響列入考慮。位於疏鬆或可壓縮土壤上之基礎，應檢核其貫穿破壞或局部剪力破壞。
- (2) 承受偏心載重及位於邊坡上之淺基礎，其容許承载力之計算應有特殊之考量。
- (3) 計算承载力時，應考慮地震所引致土壤液化潛能，土壤強度作適度折減。
- (4) 常時載重時，基礎底面土壤支承區應維持受壓狀態，不允許拉力產生。
- (5) 除常時及極限載重載重組合，臨時載重之最不利載重情況，原則上應考慮與其他常時載重作必要之短期載重組合。

5. 基腳支承多柱、橋墩或牆時，其承載壓力分佈之假設，應考慮基礎地層及結構物之性質，並符合大地工程學之原理。

5.4.5 載重與反力

1. 基腳設計應考慮上部載重及基腳自重之向下作用力，由承載土層材料之向上接觸壓力支承，此向上接觸壓力分佈於基腳之面積由向下合力之偏心距決定之。
2. 基腳支承單柱、橋墩或牆時，基腳之力學行為可假設為懸臂梁。否則基腳板之設計應按實際之連續及束制情況計算之。
3. 基腳之設計應能承載所加之全部載重。

5.4.6 圓形、正多邊形柱或橋墩之基腳

圓形、正多邊形混凝土柱或橋墩可視為等面積之正方形柱以決定基腳中彎矩、剪力及鋼筋伸展之臨界斷面位置。

5.4.7 基腳彎矩

1. 通過基腳任何垂直斷面上之彎矩，為該斷面任一側之作用力所產生之彎矩。
2. 基腳之最大彎矩須在下述臨界斷面計算之：
 - (1) 支承混凝土柱、橋墩或牆之基腳在柱面、墩面或牆面處。
 - (2) 支承圬工牆之基腳在牆中心線與牆面之中點處。
 - (3) 支承鋼鐵底板之基腳在柱面、墩面與底板邊緣之中點處。
3. 單向鋼筋基腳與方形雙向鋼筋基腳之鋼筋須均勻配置於基腳之全部寬度。

4. 矩形雙向鋼筋基腳之鋼筋須按下述規定分佈：

(1) 長向鋼筋須均勻配置於基腳之全寬。

(2) 短向鋼筋總數量之 $\frac{2}{(\beta+1)}$ 須對稱均勻配置於柱或橋墩中心線兩側，寬度各等

於1/2基腳短向寬度之範圍內，其餘鋼筋則均勻配置於該範圍外，式中 β 為基腳之長邊與短邊之比。

5.4.8 基腳剪力

基腳剪力之計算與臨界斷面之位置應按第7.2.5節6.項或7.3.6節6.項之規定。支承柱、橋墩或牆之基腳其臨界斷面應量自柱面、橋墩面或牆面，基腳支承單柱或橋墩有鋼鐵底板者，則其臨界斷面應量自5.4.7節2項所規定之斷面。

支承在基樁之基腳，臨界斷面剪力之計算須按下列規定：

1. 樁中心在臨界斷面外側 $d_p/2$ 以上之各樁反力均須列入。
2. 樁中心在臨界斷面內側 $d_p/2$ 以上之各樁反力均不計。
3. 樁中心在上述兩範圍中間之各樁，其反力可依線性內差計算，由斷面外側 $d_p/2$ 處之全值變至斷面內側 $d_p/2$ 處之零值。

其中 d_p 為圓樁之直徑或基腳底板H型樁埋置深度。

5.4.9 基腳中之鋼筋伸展

1. 基腳鋼筋之伸展及搭接長度計算應按7.1.12至7.1.21節之規定。
2. 鋼筋伸展之臨界斷面可設與5.4.7計算最大彎矩之斷面同。垂直斷面變更處，或鋼筋變更處之鋼筋伸展亦須核算，參閱7.1.13節1.項(7)。

5.4.10 柱底或橋墩底之力傳遞

1. 作用於柱底或橋墩底之力與彎矩，應經由混凝土及鋼筋傳遞至基腳頂部。
2. 橫向力傳遞至支承基腳應按7.2.5節4.項或7.3.6節4.項剪力傳遞之規定。
3. 支承與被支承構材間混凝土接觸面之承壓力，任何一面皆不得超過7.2.2或7.3.7節規定之混凝土承壓強度。
4. 支承與被支承構材間須設置鋼筋穿過支承交接面，可延伸主筋至基腳或使用預留搭接筋。穿過交接面之鋼筋應符合下列規定：
 - (1) 鋼筋應足以傳遞超過支承或被支承構材混凝土承壓強度之所有力。

(2) 若有上揚力時，則由鋼筋承受全部拉力，參閱第3.17節。

(3) 鋼筋面積不得小於被支承構材總斷面積之0.5%，且矩形柱鋼筋不得少於4根，圓柱不得少於6根。

5. 若用預留搭接筋時，其直徑不得超過縱向主筋直徑4mm以上。

6. 以鋼筋傳遞壓力或拉力時，支承與被支承構材內鋼筋之伸展及搭接長度應按7.1.12至7.1.21節之規定。

7. 僅受壓力之縱向主筋在#14以上可用足夠面積之預留搭接筋續接至基腳。但不得小於本節第4項所規定者，預留搭接筋不得大於#11，伸入柱內之長度不得小於主筋之伸展長度或預留搭接筋之續接長度，以值大者為準，伸入基腳內之長度不得小於預留搭接筋之伸展長度。

5.4.11 純混凝土基腳或墩柱

1. 純混凝土基腳或墩柱之設計應力，應假設線性應力分佈計算。澆置於土壤上之基腳與墩柱，計算應力之有效厚度為全厚減去7.5cm，最外纖維拉應力不得超過7.2.2節A項(1)之規定。除非基腳自被支承構材面之伸出長度超過基腳厚度，否則彎矩可不必考慮。

2. 純混凝土墩柱之無支撐高度與平均最小橫向尺寸之比不得大於3。

5.5 基樁之承載力

5.5.1. 通則

基腳若不能設置於合理深度之岩層或其他堅實土層上時，通常應採用基樁。即使地層性質情況容許採用擴展基腳之處，若有發生沖刷之可能或沉陷量過大時，仍以採用基樁為宜。

通常任何基樁之貫入深度在承載土層內不得小於2.5m。樁尖下方承載土層厚度至少三倍樁徑並檢核貫穿抗剪及沉陷量。棧橋或樁排架應合乎以上要求，除非遭遇困難，其貫入深度不得小於未支撐樁長之三分之一。

如軟弱或疏鬆地層覆蓋於堅硬地層上，基樁應貫入堅硬地層足夠之深度以固定樁尖，避免樁尖產生橫向移動。

基樁之承載力為「情況A」及「情況B」所求得之最小值。其中「情況A」係基樁做為

構材之能力，「情況B」係地基承受由基樁傳來載重之能力。

上列兩種情況，每種情況所用設計數值之決定，須由工址調查或做充分試驗，俾證實所考慮之承载力均能達到。其中基樁載重能力應由載重試驗驗證。

基樁容許承载力之決定，應注意有關地下情況之各種資料，並應注意：

1. 單樁與群樁承载力之差別。
2. 支持群樁載重之地層承载力。
3. 增打基樁之影響及其載重對於附近結構物之影響。
4. 洪水沖刷之可能性及其影響。
5. 地震時土壤液化對基樁之影響。
6. 地層下陷對基樁之影響。

5.5.2 情況A - 基樁當作構材之能力

基樁在空氣中或水中部分，或在無充分橫向支持以防止挫屈之土壤中時，應使用第七、八及第九章之受壓構材結構設計之規定設計之，如使用圓木樁其容許工作應力可參照表5.3或依CNS有關試驗規定數值辦理。

表 5.3 圓木樁容許單位應力(正常載重期)

木 材 種 類		容許單位工作應力	
		順紋壓力 kgf/cm ²	MPa
針 葉 樹	松柏檜杉等	60	6
闊 葉 樹	櫟栗櫟 等	70	7
	柳 安	60	6

填充混凝土鋼管樁(Concrete-filled Pipe Piles)，預期可能腐蝕之處，其應力計算所用厚度應以外殼之厚度減去1.6mm，以備因應腐蝕而引起之斷面減小。在決定鋼筋百分比 ρ 時，外殼之面積應包括在內。

樁尖之容許載重，不得超過下列數值：

1. 圓木樁按照表5.3所列容許順紋壓力之值。
2. 混凝土樁使用 $0.33 f'_c$ 乘以混凝土之總斷面積。
3. 填充混凝土鋼管樁，使用 $0.40 f'_c$ 及 $0.25 F_y$ 分別乘以混凝土與鋼材之實際面積。

4. H型鋼樁及無填充鋼管樁使用 $0.25 F_y$ 之容許應力，作用於樁尖處之斷面上，不包括任何樁尖加強之面積。
5. 完全埋置於土中之預力混凝土樁，並有橫向支持者，使用 $(0.33 f'_c - 0.27 f_{ce})$ 之應力乘以混凝土之總斷面積，其中 f_{ce} 為經損失後之有效預力對基樁混凝土產生之壓應力。
6. 水中或泥水中打設之場鑄混凝土樁，使用 $0.22 f'_c (\leq 60 \text{ kgf/cm}^2 \text{ } 6\text{MPa})$ 乘以混凝土總斷面積；乾燥狀況下打設時，則使用 $0.25 f'_c (\leq 70 \text{ kgf/cm}^2 \text{ } 7\text{MPa})$ 乘以混凝土總斷面積。

5.5.3 情況B - 地基承受由基樁傳來載重之能力

基樁之最大載重應由載重試驗或靜力學公式、貫入試驗公式、動態分析等方法決定之。地基承受由基樁傳來載重之能力，應由可施行之工址調查結果來決定。

1. 點承樁：基樁被放置或打入地層後，樁端之地質如由樁尖直接支承而能發揮該樁之承載能力，且具有合理之安全係數者，則該基樁應稱為點承樁。為決定能發揮點承作用之地層厚度及性質應作充分之鑽探。如該地層具有足夠之厚度，且在其下有堅實之地層，則對於群樁之作用可以不必折減。通常凡在薄而堅硬之地層下有厚而軟弱或易變形之地層者，則基樁不得置於其上。但如此種情形為不可避免者，則群樁作用應予考慮，同時承載能力亦應比照減少。
2. 摩擦樁：基樁承載處之土質，如無法承受由樁尖直接承載之載重時，則該基樁應可視為摩擦樁。

摩擦樁之載重能力，應以下列一種或數種方法決定之：

- (1) 打樁並作載重試驗，其安全容許載重按業經認可之規範作決定。
- (2) 鄰近地區之打樁經驗，如基樁之載重能力係根據鄰近地區之打樁經驗而設計者，則應注意基樁型式與長度之不同及地層類別、性質之變化。如屬可能，應詳查鄰近地區全部基樁之打樁紀錄並與本計畫之打樁紀錄作比較。
- (3) 依靜力學公式、貫入試驗公式、動態分析等方法推估之。

為判斷樁底下之地層類別及性質，鑽探工作應鑽至樁尖下相當深度。通常以研析鑽探結果就足以判斷樁底下之地層，可否承載由樁傳來之載重。但如情形可疑或特殊者，特別是大面積及重要之基腳，此種地層應以大地工程學方法作更徹

底之探討。

樁群配置時，樁與樁之中心間距不小於樁之標稱直徑或邊長之2.5倍時，則該排樁得不必視作群樁。當基樁成群打入塑性地層時，設計載重應以群樁之載重決定，或按單樁與群樁承載能力之差別依一定值折減(參見5.5.4)。

3. 容許承載力：

單樁之極限垂直承載力與容許垂直承載力得依下列公式估算：

$$Q_u = Q_s + Q_b = f_s A_s + q_b A_b \quad (5-4)$$

$$Q_a = \frac{Q_u}{FS} = \frac{Q_s}{FS_1} + \frac{Q_b}{FS_2} \quad (5-5)$$

式內

Q_u = 單樁之極限垂直承載力(tf)

Q_a = 單樁之容許垂直承載力(tf)

Q_s = 樁表面摩擦阻力(tf)

Q_b = 樁尖點支承力(tf)

FS, FS_1, FS_2 = 樁總垂直承載力、表面摩擦阻力與端點承載力之安全係數，其值按表5.4所列規定。

f_s = 樁表面摩擦阻力(tf/m²)

A_s = 樁身之表面積(m²)

q_b = 樁尖之極限承載壓力(tf/m²)

A_b = 樁尖之斷面積(m²)

樁基礎設計時採用之安全係數如表5.4所示：

表 5.4 樁基礎設計之安全係數

考慮因素	載重組合	安全係數
		常時載重
樁尖支承力 FS_2		3.0
樁表面摩擦阻力 FS_1		3.0
抵抗拉拔力		不允許拉力產生

註：1.當樁尖之極限承載力係由載重試驗求得，其安全係數於常時載重可採用 2.0。

2.考量地震力載重組合時，應參照「公路橋梁耐震設計規範」之相關規定。

(1) 以靜力學公式推估基樁極限承載力時，以下方式推估：

a. 樁表面之摩擦阻力

$$f_s = c_a + K\sigma'_v \tan \delta \quad (\text{tf/m}^2) \quad (5-6)$$

式內

$c_a = \alpha c_u$ 為土壤與樁身之附著力(tf/m^2)

α = 對 c_u 之經驗折減值，與土壤強度、樁長、樁徑及施工方法等有關，一般介於0.25~1.0之間

c_u = 沿樁身之平均土壤不排水抗剪強度(tf/m^2)

K = 側向土壓力係數，與土壤及基樁施工方法有關

σ'_v = 有效覆土壓力(tf/m^2)

δ = 樁身與土壤間之摩擦角，與土壤、基樁材料及施工方法等有關，一般約為土壤內摩擦角之1/3~2/3

土壤如為粘性土壤，則上式之後項不計；如為砂質土壤，則前項不計。

b. 樁尖之極限承載壓力

$$q_b = cN_c^* + \sigma'_v N_q^* + 0.5\gamma DN_\gamma^* \quad (\text{tf/m}^2) \quad (5-7)$$

式內

N_c^* 、 N_q^* 、 N_γ^* = 承載力因數，其值與土壤性質、基樁施工方法及貫入承載層深度等有關(見表5.5及表5.6)。

c = 樁底部土壤之凝聚力(tf/m^2)

σ'_v = 樁端點之有效覆土壓力(tf/m^2)

γ = 土壤之有效單位重(tf/m^3)

D = 樁身之有效直徑，如係擴座基樁，其底部有效直徑不得超過樁身直徑之兩倍(m)

表 5.5 樁基礎之承載力因素 N_q^*

ϕ	26	28	30	31	32	33	34	35	36	37	38	40
打入式基樁	10	15	21	24	29	35	42	50	62	77	86	145
鑽掘式基樁	5	8	10	12	14	17	21	25	30	38	43	72

表 5.6 樁基礎之承载力因素 N_c^*

打入式基樁	9	註： N_r^* 值很小,予以忽略不計。
鑽掘式基樁	6	

- c. 砂質地層中，基樁之表面摩擦力及端點承载力，應根據土層之相對密度、地下水位深度、樁徑及基樁施工方法，適當考量臨界深度效應，或根據樁載重試驗結果考量之。

(2) 以貫入試驗公式推估基樁極限承载力時，以下方式推估：

- a. 以現場標準貫入試驗 N 值推估基樁承载力，僅限用於砂性土層，此時樁表面之摩擦阻力 f_s ，及樁尖之極限承載 q_b 得依表 5.7 所列推估之。

表 5.7 基樁最大表面摩擦阻力及樁尖極限承载力 (tf/m²)

施工 承载力	打撃式基樁	鑽掘式基樁	植入式基樁	
			預鑽孔工法	中掘工法
f_s	$N/3 (\leq 15)$	$N/3 (\leq 15)$	$N/5 (\leq 15)$	1.5
q_b	$30 \bar{N}$	$7.5 \bar{N}$	$25 \bar{N}$	$25 \bar{N}$

註：表中 $\bar{N}$ 值均採樁端點上方 4 倍樁徑範圍內土壤平均 N 值與樁端下方 1 倍樁徑範圍內土壤平均 N 值之平均值，其值均不得超 50。

- b. 對於樁底座落於礫石層或堅硬岩盤中之基樁，其端點承载力可依載重試驗結果或當地經驗推估之。
- c. 如係底端開口之打撃式基樁，應考慮土栓效應，對端點承载力作適當之修正。

5.5.4 群樁載重

打入塑性土壤之摩擦群樁，如其載重能力不能以載重試驗決定時，可按下列 Converse-Labarre 公式計算該群樁中每根樁之載重折減率。若有其他更合理之估算方式亦得採用之。

$$E = 1 - \phi \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (5-8)$$

式中 E = 群樁中每根樁之載重折減率。

n = 每排樁之根數。

m = 群樁之排數。

d = 樁之平均直徑。

s = 樁之中心間距。如縱橫方向之中心間距不同時，二者之中取較小者。

$\phi = \tan^{-1}(d/s)$ ， ϕ 採用角度量表示。

5.6 打擊樁

5.6.1 通則

打擊樁採用打擊方式將基樁埋置於地層中，適用於基礎不能設置於合理深度之堅實土層且無遭遇阻礙而難以施工之情況；若有發生沖刷之可能時，亦可採用打擊樁以取代擴展基腳；當容許變形量小時，亦可採用打擊樁以抵抗側向載重及上揚力。

5.6.2 使用年限

未經防腐處理之木樁，僅可用於臨時構造物如護岸、護柱及其他類似之工程，如其符合下列條件，始可用於永久構造物：

1. 在永久地下水位以下切斷之基樁。
2. 為經濟理由經適當之防腐處理者得用於棧橋構造。

經防腐處理之木樁，其使用範圍，應依經認可之規範為準。

5.6.3 基樁之側向載重

承受側向載重之基樁，其設計通常是由容許側向位移所控制，亦應考慮地層與結構間互制之效應。極限承载力或位移之計算方法，僅可做為初步評估基樁斷面之用。

5.6.4 基樁之抗拉拔力

基樁與樁帽應有適當之錨碇。

1. 單樁

單樁之設計抗拉拔力與載重型態(短期或長期)及決定方式等關聯，按照本章5.2節應由載重試驗或依經主管單位認可之相關規範或設計準則所規定公式決定之。

2. 群樁

群樁之設計抗拉拔力不可大於：

- (1) 單樁之設計抗拉拔力乘以基樁數目。
- (2) 群樁之有效重量、群樁周圍與基樁埋入深度所包含地層有效重量、及樁周圍地層剪力除以安全係數之總合。

5.6.5 間距、淨距與埋設

樁基腳之尺寸原則上應使基樁之中心間距不小於樁之直徑(或邊長)之2.5倍，且不小於基樁直徑加1m，基樁側面距基腳最近一邊之距離不得小於23cm。一切基樁受損材料清除以後，基樁頂部埋入混凝土中不得小於30cm，但特殊情形(如樁基腳下層主筋無法穿越基樁埋置處)時可減為10cm，但基樁主筋須伸出足夠之長度。

場鑄鋼筋混凝土梁用作樁排架之樁帽時，樁邊以外之混凝土厚度至少應有15cm。樁頂埋入樁帽至少15cm。倘若樁內鋼筋伸出之長度，能發揮足夠之黏裹力時，此項樁頂之埋入長度可以減少。樁帽鋼筋之最大間距不得大於45cm。

5.6.6 斜樁

如基樁四周地層之側向阻抗不足以抵抗傳至基礎之水平力、或需要增強整個結構物之剛度時，則基礎可採用斜樁。惟可能產生基樁負摩擦力或基樁施工困難成本高時，應避免使用斜樁，並提供另外之側向束制。

5.6.7 基樁穿過路堤填土

基樁穿過路堤填土時必須貫入原地層中至少3m(除非原地層為岩層或堅實之土層時可減少貫入之深度)。路堤填築材料必須有所選擇，不應阻礙基樁貫入至所需之深度。填築材料之粒徑最大尺寸不應超過15cm，惟必要時，可採預鑽或小鋤頭挖掘之方式設置基樁。

5.6.8 浮力

設計時對於靜水壓力之影響應加以考慮，詳見3.19節之規定。

5.6.9 預鑄混凝土樁

1. 基樁全長可用同一斷面或逐漸變小者，通常頭大尾小之基樁不得用於棧橋，但在地面下之部分除外。頭大尾小之基樁亦不得當作柱使用。通常混凝土基樁在尖頭以上之斷面積不得少於 625cm^2 ，如用於海水中者不得少於 900cm^2 。如斷面為正方

形，其四角均應有2.5cm以上之截角。樁底宜作成尖端，並套以核定之鐵靴，以便於貫入土層。

2. 頭大尾小之基樁其距尖端60cm處之直徑不得小於20cm，在任何情況下，所謂直徑係指通過斷面中心之最短尺寸而言。如不用鐵靴，則不論情況如何其尖端之直徑均不得小於15cm，基樁應由距尖端60cm處開始削尖或作成均勻之斜面。
3. 基樁內之垂直鋼筋不得少於四根，且應均勻配置於樁之周圍。鋼筋面積應不得少於尖頭以上斷面積之1.5%。但如所用鋼筋在四根以上時，則樁之尖端1.2m長範圍內，鋼筋之數量可減少為四根。
4. 垂直鋼筋之全長均應以螺旋箍筋或其他相當之箍筋圍繞之。基樁兩端螺旋箍筋之螺距不得大於7.5cm，箍筋應採用直徑5mm以上之鋼線。此外自樁頂15cm長度內應有箍筋五圈，螺距為2.5cm。基樁其餘部分之垂直鋼筋，均應以螺旋箍筋圍繞之，且螺距不得大於15cm，或用直徑6mm圓形箍筋，其間距不得大於15cm。基樁表面與鋼筋之淨距不得少於7.5cm。
5. 計算搬運或吊裝時之應力，為考慮衝擊或震動應增加50%之樁重。續接若能傳遞基樁之全部強度，則基樁可以續接，續接應詳繪於設計圖內。

5.6.10 填充混凝土鋼管樁

1. 一般填充混凝土鋼管樁係將混凝土灌入於金屬管殼內，而該金屬管殼應仍永久留置於該處者。但其他式樣之填充混凝土鋼管樁，倘經主管工程司認定適合該處之土壤，且設計與施工均能符合其要求者，則不論其為有鋼筋或無鋼筋，或套管有無抽取均可使用。填充混凝土鋼管樁可為均一或頭大尾小或為兩種併用者。樁頭或樁尖之最小尺寸及鋼筋之埋置均應遵照預鑄混凝土樁之規定，但基樁樁頭之最小斷面積應達 700cm^2 ，樁之尖端最小直徑不得小於20cm。
2. 填充混凝土鋼管樁如僅承受軸向載重，且可能作用於樁之橫向力甚小者，若土壤具有適當之側向支承時，則無需配置鋼筋。填充混凝土鋼管樁無側向支承部分應按照7.2.4與7.3.5節之規定以鋼筋混凝土柱設計之，但其鋼筋應伸至土壤有足夠側向束制處以下3m。如管殼為平滑管，且管殼厚度超過3mm時，若無侵蝕，則管殼可視為能支承載重。如管殼為波狀，且管殼厚度超過2mm，若無侵蝕，管殼可視為能提供束制。基樁與上部結構相連處應備有充分之鋼筋，以提供適當之連

接。管殼應有足夠之厚度與強度，俾使該樁與其鄰近之樁打入土層、或樁導錘打入後再抽出時，該管殼仍能保持原來之形狀而無不良之變形。續接若能傳遞基樁之全部強度，則基樁可以續接。續接應詳繪於設計圖內。

5.6.11 H型鋼樁

1. 鋼料厚度

鋼樁腹板之最小厚度為11mm。續接板之厚度，不得小於10mm。

2. 續接

鋼樁之續接應能傳遞基樁淨斷面之強度。翼板與腹板之連接可用對銲或用續接板以電銲、鉚釘或螺栓連接之。續接應詳繪於設計圖內。預先製造之續接器必須能提供基樁淨斷面之壓力、張力、剪力、及彎矩始可使用。

3. 樁帽

通常埋入混凝土梁內等之鋼樁無需樁帽。

4. 突緣、凹眼及樁心檔(Lugs, Scabs and Core-Stopppers)

此項設置必要時可用作增強基樁之承载力，其組成可為各種結構型鋼或用鋼板以電銲、鉚釘或螺栓等連接於兩翼板之間，或用木塊或混凝土塊妥為連結之。

5.6.12 無填充鋼管樁

1. 鋼材厚度

鋼管樁之最小壁厚，不得小於表5.8所列：

表 5.8 無填充鋼管樁之最小壁厚

外 徑	小於 36cm	36cm 及 36cm 以上
壁 厚	6mm	10mm

2. 續接

無填充鋼管樁之續接，應能傳遞基樁全斷面之強度。續接應使用對銲或用套管銲接。續接應詳繪於設計圖內。

3. 打樁

鋼管樁打樁時，底端可用開口或用封口。封口板不得延伸至樁之周邊以外。

4. 柱作用

鋼管樁如為彎矩結構之一部分，或預期有嚴重之沖刷使部分基樁外露，則基

樁應考慮柱之作用。

5.6.13 鋼樁及鋼樁管殼之保護

如對暴露情況需防護時，鋼樁及鋼管樁可用混凝土裹之，否則暴露部分之鋼樁及管殼厚度，至少應減去1.6mm厚度計算面積。

5.6.14 預力混凝土樁

1. 基樁受冰凍融解、及潮濕乾燥反覆作用時需用輸氣混凝土。預力樁之混凝土規定抗壓強度(f'_c)最小應為350kgf/cm² 34.47MPa以上。
2. 預力樁可為實體或空心。空心樁應監測防範打樁時因樁內水壓力、排樁冰壓力及形成空隙物質分解而產生之氣體壓力使基樁發生破壞。主鋼筋之配置及預力，應使其預力損失後之有效壓應力(f_{ce})不小於50kgf/cm² 4.826MPa，以防止操作及安裝時產生裂縫，基樁設計應能抵抗操作及服務載重，分析操作之彎矩應力時，樁重應增加50% 以應付衝擊，其拉應力不得大於 $1.33\sqrt{f'_c}$ 0.415 $\sqrt{f'_c}$ MPa。
3. 預力樁之表面與鋼筋間之淨距不得小於5cm，但以離心式製造者除外。大口徑空心圓樁之壁厚不得小於13cm。
4. 垂直鋼筋全長應以螺箍筋圍繞之：
 - (1) 基樁直徑在60cm以下者，螺箍筋應採用直徑5mm以上之鋼線，基樁兩端螺箍筋之螺距不得大於7.5cm，約繞十六圈，此外自樁頂15cm長度內應有箍筋五圈，螺距為2.5cm，基樁其餘部分之垂直鋼筋均應以螺箍筋圍繞之，且螺距不得大於15cm。
 - (2) 大於60cm直徑之基樁，螺箍筋應採用直徑6mm以上之鋼線，基樁兩端螺箍筋之螺距不得大於5cm，約繞十六圈，此外自樁頂15cm長度內應有箍筋四圈，螺距為4cm，基樁其餘部分之垂直鋼筋，均應以螺箍筋圍繞之，且螺距不得大於10cm。

5.7 鑽掘樁

5.7.1 通則

鑽掘樁係採用鑽掘機具鑽掘樁孔至預定深度後，吊放鋼筋籠，安裝特密管，澆置混凝

土而成。適用於基腳之承載層過深而無法設置、打擊樁施工時遭遇阻礙難以施工或因高載重採用打擊樁不經濟之情況；若有發生沖刷之可能時，亦可採用鑽掘樁以取代擴展基腳；當容許變形量小時，亦可採用鑽掘樁以抵抗高側向載重及上揚力。

5.7.2 材料

鑽掘樁為場鑄混凝土樁，可內插鋼筋或結構鋼材，必要時亦可外加永久性鋼套管。

5.7.3 施工

鑽掘樁施工可採用乾式、濕式、臨時性套管、永久性套管或上述之組合方式施工。

5.7.4 樁徑

若鑽掘樁採套管施工以穿過覆蓋土層嵌入岩層時，套管內徑須大於樁徑，俾便鑽掘機具於套管中進出。若鑽掘樁施工不需用套管以穿過覆蓋土層時，則入岩之樁徑與覆蓋土層中之樁徑可以相同。若套管完全旋入設計樁長，套管前端外徑須大於設計樁徑。

5.7.5 斜樁

由於鑽掘式斜樁之施工極困難且成本高，因此不建議採鑽掘式斜樁來增加基礎之側向承載力，而建議以增加樁徑或樁數之方式以達到需要之側向承載力。

5.7.6 設計載重

基樁之設計載重按照本章5.5節規定辦理之。基樁之設計應能承載所施加之全部載重。基樁之承載力得由載重試驗或依經認可之規範所規定之公式決定之。

5.7.7 基樁穿過路堤填土

基樁穿過路堤時必須延伸進入原地層中至少3m，若岩層或適當之支承土層深度小於3m時，可減少貫入深度。構築路堤之填土材料應有適當之承載力，且不應阻礙基樁之貫入及施工。由於路堤本身或其下基礎地層之沈陷及壓密行為造成基樁之負摩擦力應詳加以評估。

5.7.8 基樁結構設計及樁徑尺寸

1. 縱向鋼筋之最小淨間距不應小於3倍鋼筋直徑及3倍最大骨材粒徑。如果鋼筋籠是以捆束之鋼筋組立而成時，則縱向鋼筋之最小淨間距亦不應小於3倍捆束鋼筋之

直徑。

2. 鋼筋續接可以採用搭接、焊接或經核准之續接器，應按照7.1.21規定辦理之。
3. 橫向鋼筋可採箍筋或螺旋箍筋。
4. 鋼筋保護層厚度於有永久性套管時不可小於5cm，無套管時不可小於7.5cm。當基樁置於具腐蝕或鹼性環境、或於水中或泥漿中澆置混凝土時，則無套管之基樁或具永久性套管但腐蝕抵抗能力不足之基樁，其鋼筋保護層厚度不應小於10cm。
5. 樁底擴座時，其底座斜邊與垂直線夾角不應大於30°，但特殊情形除外。
6. 鑽掘樁之中心間距不宜小於2.5倍樁徑，以避免鄰近基樁施工時之干擾。

5.7.9 間距、淨距與埋設

樁基腳之尺寸應使基樁之中心間距原則上不得小於樁之直徑(或邊長)之2.5倍，且不得小於基樁直徑加1m，基樁側面距基腳最近一邊之距離不得小於23cm。一切劣質材料清除以後，基樁頂部埋入混凝土中不得小於10cm，但基樁主筋須伸出足夠之長度。

場鑄鋼筋混凝土梁用作樁排架之樁帽時，樁邊以外之混凝土厚度至少應有15cm。樁頂埋入樁帽至少15cm。倘若樁內鋼筋伸出之長度，能發揮足夠之握裹力時，此項樁頂之埋入長度可以減少。樁帽鋼筋之最大間距不得大於45cm。

5.8 沈箱

5.8.1 通則

沈箱基礎係以機械或人工方式分段挖掘地層，以預鑄或場鑄構件逐段構築之深基礎，其分段構築之預鑄或場鑄構件，可於孔內形成亦可於地上完成後以沈入方式施工。

沈箱設計，除應考慮上部構造物所傳遞之各向載重及傾覆力矩外，並應注意：

1. 沈箱本身之重量與施工中之各項作用力，並檢核其安全性。
2. 沈箱設計應檢核施工中沈箱體各構件所承受之應力，以及完工後整體結構之穩定性。
3. 沈箱設計應考慮施工可能發生之偏心及所引致之額外彎矩。設計時所採用之最小偏心量不得小於10cm。
4. 沈箱原則上應座落於堅實之地層上，其厚度至少為基礎寬度之1.5倍以上。
5. 沈箱底面下，基礎寬度3倍以內之地層，原則上不得有高壓縮之軟弱地層存在。

5.8.2 極限承載力與容許承載力

1. 極限垂直承載力

沈箱基礎之垂直極限承載力應根據5.3節工址調查結果，依下列公式估算：

$$q_u = \alpha c N_c + \gamma_2 D_f N_q + 0.5 \beta \gamma_1 B N_\gamma \quad (5-9)$$

式內

q_u = 基礎底面地層之極限承載力(tf/m²)

c = 基礎底面下土壤之凝聚力(tf/m²)

γ_1 = 基礎底面下土壤之有效單位重(tf/m³)

γ_2 = 基礎底面以上土壤之平均有效單位重(tf/m³)

B = 基礎寬度

D_f = 基礎之有效埋置深度

N_c, N_q, N_γ = 承載力因素，見表5.9

α, β = 基礎底面形狀影響因素，見表5.10

表 5.9 沉箱基礎之承載力因素 N_c, N_q, N_γ

ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5.14	1.0	0.0
5	6.49	1.6	0.1
10	8.34	2.5	0.4
15	10.97	3.9	1.2
20	14.83	6.4	2.9
25	20.71	10.7	6.8
26	22.25	11.8	7.9
28	25.79	14.7	10.9
30	30.13	18.4	15.1
32	35.47	23.2	20.8
34	42.14	29.4	28.7
36	50.55	37.7	40.0
38	61.31	48.9	56.1
40 以上	75.25	64.1	79.4

表 5.10 沉箱基礎底面之形狀影響因素 α ， β

基礎底面形狀 形狀因素	條形	正方形或圓形	矩形或長圓形
α	1.0	1.3	$1+0.3\frac{B}{D}$
β	1.0	0.6	$1-0.4\frac{B}{D}$

註：B 為沈箱基礎之寬度(m)，D 為沈箱基礎之長度(m)。

2. 容許垂直承載力

沉箱基礎之垂直容許承載力，除依下列公式估算外，並應檢核其垂直容許承載力之上限值，以避免產生過量沉陷：

$$q_a = \frac{1}{FS} (q_u - \gamma_2 D_f) + \gamma_2 D_f \quad (5-10)$$

其中

$$q_a = \text{基礎底面地層之容許承載力}(\text{tf/m}^2)$$

3. 水平極限承載力

沉箱基礎之水平極限承載力，以沉箱正前方地層之水平反力與沉箱底面之摩擦阻力綜合考慮，依下列公式估算：

沉箱基礎之水平極限承載力

$$\sigma_P = \sigma'_z K_P + 2c\sqrt{K_P} \quad (5-11)$$

$$\sigma_{PE} = \sigma'_z K_{PE} + 2c\sqrt{K_{PE}} \quad (5-12)$$

式內

$$\sigma_P = \text{平時地表下}z\text{深度處之被動土壓力}(\text{tf/m}^2)$$

$$\sigma_{PE} = \text{地震時地表下}z\text{深度處之被動土壓力}(\text{tf/m}^2)$$

$$\sigma'_z = \text{地表下}z\text{深度處之有效垂直覆土壓力}(\text{tf/m}^2)$$

$$K_P = \text{平時之被動土壓力係數}$$

$$K_{PE} = \text{地震時被動土壓力係數}$$

$$c = \text{土層之凝聚力}(\text{tf/m}^2)$$

沉箱底面之摩擦阻力

$$R_f = N \tan \delta + AC_a \quad (5-13)$$

式內

R_f = 基礎板底面之摩擦阻力 (tf)

N = 作用於基礎板底面之有效垂直載重 (tf)

δ = 基礎板底面與地層間之摩擦角 ($^{\circ}$)

A = 基礎板底面與地層之有效接觸面積 (m^2)

C_a = 基礎板底面與地層之有效附著力 (tf/m^2)

4. 安全係數

沈箱容許承载力之安全係數如表5.11之規定。沈箱基礎之水平極限承载力，以沈箱正前方之水平反力與沈箱底面之摩擦阻力綜合考慮。

表 5.11 沈箱容許承载力之安全係數

考慮因素 \ 載重組合	常時載重
垂直承载力	3.0
水平抗力	1.5
底面抗剪力	1.5

註：沈箱基礎承受常時載重之垂直承载力，其安全係數不小於3，考量地震力載重組合時，應參照「公路橋梁耐震設計規範」之相關規定。

5.8.3 沈箱負摩擦力

沈箱設計應檢討負摩擦力發生之可能性及大小，並按公式(5-14)與(5-15)檢核其安全性：

$$(P + P_{fn}) / A_c \leq \sigma_{sa} \quad (5-14)$$

$$P + P_{fn} \leq (Q_b + R_f) / 1.2 \quad (5-15)$$

式內

P = 沈箱頂部之軸向長期載重 (tf)

P_{fn} = 中立點以上之負摩擦力總和 (tf)

Q_b = 沈箱底面地層之極限承载力 (tf)

R_f = 中立點以下之正摩擦阻力 (tf)

A_c = 中立點位置之沈箱斷面積 (m^2)

σ_{sa} = 沈箱材料之短期容許應力 (tf/m^2)

5.8.4 沈箱體結構設計

1. 使用材料

沉箱基礎之材料，可採用鋼筋混凝土構材或以型鋼及鋼管加強之合成構材。

沈箱式基礎之混凝土規定抗壓強度不得小於 245kg/cm^2 。

2. 結構設計

沈箱基礎各構件之結構設計可參考國內相關設計規範，或依學理分析設計之。設計時除應考慮上部結構載重所引致之應力外，尚應依地層狀況及施工方法等考慮施工中可能發生之各項應力。

5.9 沈陷及水平變位

1. 沈陷

橋梁基礎設計時，應考慮短期與長期沉陷量，作為橋梁結構設計之依據。

2. 水平變位

基樁或沈箱承受側向力時將產生水平變位，此一水平變位將由前述基礎體周圍之土壤承受。隨著水平變位之增加，將使土壤產生塑性變形，而降低側向抵抗力。上述基礎容許水平變位規定如表5.12所示：

表 5.12 基礎容許水平變位

基礎型式	基準	常時載重	極限載重
沈箱	頂端垂直軸側向變位	不大於沈箱寬度之 1%， 且以 50mm 為限	不落橋
基樁	長期設計基盤面	10mm	不落橋