

城市建設部地方建築施工技术會議

技術資料彙編

(16)

人工地基及基礎施工經驗

城市建設出版社

4
16

城市建設部地方建築施工技術會議
技術資料

(16)

人工地基的基礎施工經驗

城市建設部建築工程局編

北京市書刊出版業營業許可證出字第 088 號

城市建設出版社出版 (北京阜外大街)

公私合營東四印刷廠印刷 新華書店發行

書號075 65千字 $787 \times 1092^{1/32} \times \frac{1}{16}$ 印張

1957年 6 月第 1 版 1957年 6 月第 1 次印刷
印 數 1——2100 冊 定 價 (10) 0.55 元

前 言

城市建設部於今年8月召開了全國地方建築施工技術會議。會後，根據各省市地方建築部門的要求，將這次會議中交流的一部分技術資料整理出來，分爲18個專輯出版，以供各省市地方建築部門的技術人員參考。

但是，由於地方建築部門的條件差，有些新技術的試驗和實踐經驗尚不够完整，同時限於出版倉促和整理校訂者的水平，錯誤及不妥之處在所難免，希望讀者批評指正。

城市建設部建築工程局

1956年11月

目 錄

人工砂地基·····	遼寧省城市建設局(1)
“灰土基礎”初步總結·····	甘肅省城市建設局(15)
推廣“人工灰土基礎”技術措施草案·····	遼寧省城市建設局(19)
關於灰土試驗的初步報告·····	北京市設計院研究室(35)
地基換土施工法·····	吉林省城市建設局(42)
取土器 簡介·····	河南省洛陽市建築工程公司(63)
大型深基礎挖土施工經驗·····	上海市建築工程局(68)

人工砂地基

遼寧省城市建設局

一、人工砂地基的優缺點

(一) 優點:

1. 應用範圍廣泛 (在沖積土層上和淤泥大孔土上都可使用)。
2. 本身不需要水泥, 因而可以節約大量的水泥。
3. 可以節約砌體材料 (磚石)。
4. 由於砂的粒徑較大, 因而可以防止地下水受毛細管作用上升的現象, 並具有下列兩個優點:

(1) 砂地基不受凍結的影響;

(2) 如果地下水含有侵蝕性成分時, 砂墊層能防止有害侵蝕水的上升, 不使與基礎相接觸; 而且人工砂地基允許將基礎底面設淺。

5. 砂層厚度可達 2.5 公尺左右。

6. 在粘土性天然地基上的建築物, 會長期繼續下沉 (甚至會達幾百年), 而砂地基土的建築物, 在施工過程中, 就已經迅速地沉陷完畢; 修建後幾年再不發生沉陷。這就非常有利於防止建築物的沉陷不均現象。

7. 所用材料比較簡單, 而且可以就地取材。

8. 遇到上部土壤較弱而下部土壤較好的地基, 使用此法, 便可以將上部土壤換掉, 加大地基的耐壓力, 達到既堅固, 又節約

的目的。

9. 施工方法簡單。

(二) 缺點:

1. 如果打夯不實，會有沉陷不勻現象。
2. 計算方法比較複雜。
3. 在特殊情況下，側壓問題在理論上難以獲得圓滿的解決。

二、人工砂地基的使用和計算

當建築物基礎下的土壤沒有足夠的強度支承荷重，而深基礎的施工又不符合經濟條件時，就必須採用人工加固地基法或人工換土(砂墊)夯實法進行處理。砂墊的處理是：在基礎底面下角挖一個斜坡很陡的基坑，將原有較弱的土壤挖掉，另填入粗砂或中砂一層(如圖1)。砂墊應當分層(厚15~20公分)鋪後並用水澆濕夯實，其頂面的寬度，應比基礎底面寬大40公分，即兩側各20公分。

(一) 一般土質砂墊層的計算:

砂墊層厚度的選擇，必須使其墊下天然土壤承受的側壓力，不超過其許可耐壓力。

即：

$$P\delta h + \alpha(P - P\delta) = (P_{hc})$$

式中， P_{hc} —砂墊下天然土壤的許可耐壓力(即下臥層的許可壓力)

$P\delta$ —土壤的自重壓力(在土坑中，基礎底部標高以上的土壤的重壓力)

P —基礎下土壤計算耐壓力(即砂墊的計算耐壓力)

α —與深度有關的土壤中附加壓力變化系數(考慮到基礎底部形狀和 Z 與 b 之比)

$P\delta h$ —從天然地面 $h+Z$ 深度範圍內土壤的重量壓力。

$\alpha(P-P\delta)$ —由於往土壤持力層上加計算壓力 P 所引起的下臥層砂墊的許可耐壓力。可按下表查得：

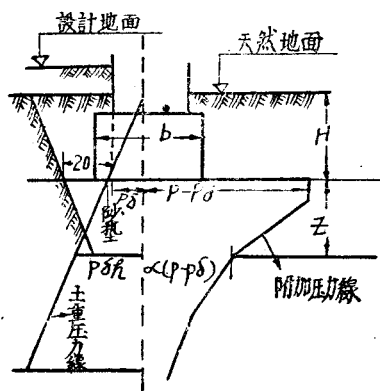


圖 1

地基土壤的許可耐壓力 (P_2)

表 1

土 壤 名 稱	許可耐压力 (P ₂) 公斤/平方公分						備 註
	一		二		三		
	計算主要荷重時		計算同時作用主要荷重和一個或若干個附加荷重時		計算特殊荷重時		
	密實的	中實的	密實的	中實的	密實的	中實的	
1. 礫砂及粗砂 (不論其濕度)	4.5	3.5	5.5	4.0	6.5	5.0	如果基礎砂底(礫砂、粗砂、中砂)的許可耐壓力, 是以15~20公分的層, 分別加水搞成的, 則可和天然組成的適當土壤一樣, 由中實的一欄求出
2. 中砂 (不論其濕度)	3.5	2.5	4.0	3.0	5.0	4.0	
3. 細砂 稍濕的 很濕的飽和的	3.0	2.0	3.5	2.5	4.5	3.0	
	2.5	1.5	3.0	1.8	3.5	2.0	
4. 粉砂 稍濕的 很濕的 飽和的	2.5	2.0	3.0	2.5	4.0	3.5	
	2.0	1.5	2.5	2.0	3.0	2.5	
	1.5	1.0	1.8	1.2	2.0	1.5	

砂墊方法適用於：(1)寬度小於1~1.5公尺的單獨或條形磚石基礎；(2)許可耐壓力在1~2.0公斤/平方公分的粘土，砂質粘土及砂土；(3)砂墊面在地下水位以上；(4)如有明溝掘坑通過砂墊時，應當採取加固的技術措施。

上表所指出的砂地基本基本的耐力，中砂為2.5公斤/平方公分、粗砂為3.5公斤/平方公分。由於考慮到將基礎深度設淺及其操作上的偏差等因素，在施工中，中砂的許可耐壓力採用2.0公斤/平方公分、粗砂則為3.0公斤/平方公分。用在幾個工地採用人工砂墊基礎時，將滅好了的砂和同樣的天然砂，用同樣的鋼條試驗其插入深度，結果，以人工砂為淺。可見，滅好了的人工砂按中實的計算，是十分可靠的。

砂墊層下部天然土壤的地耐力，可以根據鑽探資料上所記錄的基本耐壓力求出。基本耐壓力是指天然地面2公尺深的基礎、其寬度為0.6~1.0公尺的耐壓力而言的，如果基礎深度小於2公尺，則應按照表2來計算。

基礎砌於2.00公尺以上時，土壤許可耐壓力修正係數表 表2

砌置深度	修正係數	砌置深度	修正係數	砌置深度	修正係數
0.5	0.63	1.05	0.76	1.60	0.83
0.55	0.64	1.10	0.77	1.65	0.90
0.60	0.65	1.15	0.78	1.70	0.91
0.65	0.66	1.20	0.79	1.75	0.93
0.70	0.67	1.25	0.81	1.80	0.94
0.75	0.69	1.30	0.82	1.85	0.95
0.80	0.70	1.35	0.83	1.90	0.96
0.85	0.71	1.40	0.84	1.95	0.97
0.90	0.72	1.45	0.85	2.00	1.00
0.95	0.74	1.50	0.87		
1.00	0.75	1.55	0.88		

註：基礎寬度大於1公尺的，可以增加其耐壓力，但增加的數值並不大，一般都沒有考慮。

例題：1 已知條件：

(1) 基本耐壓力 15 噸/平方公尺；

(2) 設計地面高於天然地面 30 公分；

(3) 地槽深度為天然地面以下 0.7 公尺（指假定的砂墊夯實後的人工砂墊地基地耐力為 20 噸/平方公尺）；

(4) 基礎上部荷重 $N=18$ 噸/公尺。

則，基礎寬度

$$\alpha = \frac{N}{(P_0) - rh} = \frac{18}{20 - 2.2 \times 1.00} \div 1.10 \text{ 公尺}$$

式中， (p_0) —砂墊耐壓力（噸/平方公尺）

r —砌體及土方的平均單位體積重量（噸/立方公尺）

h —基礎深度（公尺）

(二) 計算步驟：

1. 計算前，先假定砂墊厚度；經過計算，如厚度不夠時，則應增加厚度。隨着厚度的增加，必然引起下列的變化：

(1) 增加了耐壓力；

(2) 減少了附加壓力；

(3) 增加了土壤自重。

在這種情況下，前兩者起了有利的作用，後者起了不利的作用。假定砂墊層為 1 公尺（即 $Z=1$ 公尺），則有利的因素在其變化中佔了主導的地位。

2. 按 $\frac{Z}{b}$ 求出 α 值。可根據 $b=1.00$ 公尺，則 $\frac{1.0}{1.0} = 1.0$ ；按此數。

a ： b 之值從表 3 中求出系數 α 的值。

求出 α 值為 0.55，代入上述公式

$$P\delta h + \alpha(P - P\delta) \leq \{P_{hc}\}$$

式中, $P\delta$ —基礎上土自重 ($q_w h = 0.16 \times 0.7 = 0.112$ 公斤/平方公分)

$P\delta h$ —砂墊層底部即下臥層上部的土壤。

自重壓力 ($P\delta + q_w, z = 0.112 + 0.2 \times 1 = 0.312$ 公斤/平方公分)

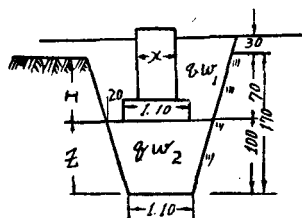


圖 2

P —人工砂墊地計算壓力 (20 噸/平方公尺)

$[P_{hc}]$ —砂墊下天然土壤的許可耐壓力 (即下臥層上部 $h + z = 0.7 + 1.00 = 1.70$ 公尺, 基本地耐力為 15 噸/平方公尺 (按 1.70 公尺深修正 $1.5 \times$

$0.91 = 13.65$ 噸/平方公尺)

將以上數字代入原式中:

即得, $0.312 + 0.55(2 - 0.112) = 1.35$ 公斤/平方公分 = 13.5 噸/平方公尺 < 13.65 噸/平方公尺

系 數 α 的 值

表 3

Z	矩形基礎底邊的比 (a: b)				備 註
	b	1	2	3	
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1. 關於 Z: b 的中間值、矩形基礎底部尺寸以及 a: b 係數 α 的值, 可用插入法求出。 2. 對抗形或正多邊形的基礎, 其 α 值與正方形基礎間同邊長為: $\alpha = b = \sqrt{F}$ 式中, F—此種基礎的底面積
0.2	0.96	0.96	0.98	0.98	
0.4	0.80	0.87	0.88	0.88	
0.6	0.61	0.73	0.75	0.75	
0.8	0.45	0.53	0.63	0.64	
1.0	0.34	0.48	0.53	0.55	
1.2	0.26	0.39	0.44	0.48	
1.6	0.16	0.27	0.32	0.37	
2.0	0.11	0.19	0.24	0.31	
2.4	0.08	0.14	0.19	0.26	
3.0	0.05	0.10	0.13	0.21	
4.0	0.03	0.06	0.08	0.16	
5.0	0.02	0.04	0.05	0.13	

三、推行人工砂基礎的經濟效果比較

我公司從1956年5月份起，先後在11個工地上進行了人工砂基礎的施工。經過我們的統計，共降低造價10,000元左右，節省水泥達130噸；其工程的質量也是相當高的，茲將我省制葯學校主樓工程原設計改為砂基礎後的對比情況，介紹如下：

(一) 原設計外牆作：

全荷重 $N=17.136$ 噸/公尺 基本地耐力 20 噸/公尺 (爲細砂層)

修正地耐力 19 噸/公尺 (1.90)

$$b = \frac{17.136}{19 = 2.2 \times 1.90} = 1.158$$

取 1.20 公尺

改為砂墊基礎：

砂墊層的計算耐壓力 $P=20$ 噸/公尺
基本地耐力 $P_0=20$ 噸/公尺 荷重 $N=17.136$ 噸/公尺

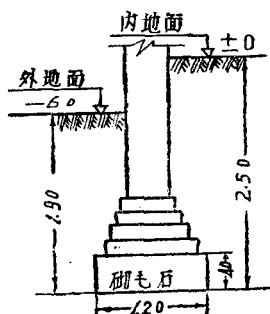


圖 3

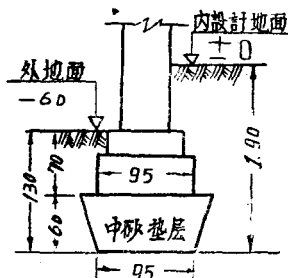


圖 4

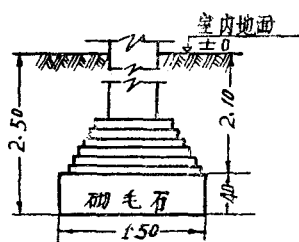


圖 5

$$D = \frac{N}{P - \gamma h} = \frac{17.136}{20 - 22 \times 1.00} = 93.3 \text{ 公分}$$

採取 95 公分 (設砂墊高爲 0.6 公尺) $Z:b = 0.6:95 = 0.632 \alpha =$

0.72

$$P\delta h + \alpha(P - P\delta) \leq [P_{hc}]$$

$$P\delta = 0.16 \times 0.7 = 0.112 \text{ 公斤/平方公分}$$

$$P\delta + q_{w_2}Z = 0.112 + 0.2 \times 0.6 = 0.232 \text{ 公斤/平方公分}$$

$$0.232 + 0.72(2 - 0.112) = 1.491 \text{ 公斤/平方公尺} = 14.91 \text{ 吨/平方公分}$$

$$P_z = P_0 \times 0.82 \text{ (按1.30公尺深考慮)} = 20 \times 0.82 = 16.40 \text{ 吨/平方公尺}$$

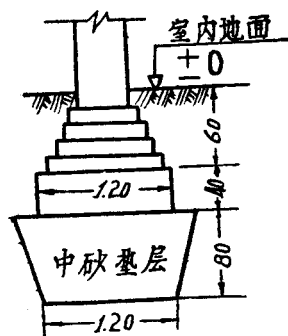


圖6

(二) 原設計內牆:

荷重為20.772吨/公尺

$$b = \frac{20.772}{19 - 1.9 \times 2.5} = 1.46 \text{ 公尺}$$

取1.50公尺

改為砂墊基礎

荷重 $N = 20.772$ 吨/公尺

$$b = \frac{20.772}{20 - 1.0 \times 2.0} = 1.15 \text{ 取1.20公尺}$$

設砂墊厚度為0.8公尺

$$Z:b = 0.8:1.20 = 0.666 \quad L = 0.7$$

$$P\delta = 0.16 \times 1.00 = 0.16 \text{ 公斤/平方公分}$$

$$P\delta + q_{w_2}Z = 0.16 + 0.2 \times 0.8 = 0.320 \text{ 公斤/平方公分}$$

$$P\delta h + 2(P - P\delta) = 0.320 + 0.7(2.0 - 0.16) = 1.608 \text{ 公斤/平方公分} = 16.08 = 16.00 \text{ 吨/平方公尺}$$

$$P_z = 20 \times 0.8 = 16 \text{ 吨/平方公尺}$$

這種基礎砌置深度比原設計改淺，這是由於在施工時，將砂層較深的個別部分採用了個別換砂的辦法的緣故。因而其平均的砌置深度，就減小60公分~70公分。

從以上兩種方法的比較可以了解，採用人工砂墊基礎，一方

面，不能改淺基礎砌度；另一方面，又可以縮小基礎的寬度。同時，還可以保證工程質量和降低造價。

四、在特殊情況下嵌砂問題的討論及施工

在正常的情况下，可以參照施工操作規程，進行施工，這里不作重複的介紹。現只將在特殊的情况下施工較易碰到的一些問題，提出來跟大家一起討論：

（一）水中嵌砂含水的問題：

當砂類土壤加荷載時，其孔隙體積便急驟縮小。這情況的發生，是由於砂中的孔洞粗大，而水通過孔隙時即很快地流出的緣故。而且規範中也指出中砂，礫砂的耐壓力與溫度完全無關；砂土的固結速度相當快，每級荷載下壓縮儀中砂的固結在幾分鐘內就完成了。由於粗砂的透水性很大，當壓縮厚度很小時，其固定速度幾乎與孔隙中水分擠出的速度不發生關係，而是由顆粒相互移動時所受到的摩阻力來確定的；所以乾砂和水量飽和的壓縮速度差不多相同。因而，我們認為在水中進行嵌砂，還是許可的，尤其是在地下水位逐漸下降的時候施工，砂層的自重壓力與操作中施加的打夯附加壓力被濾流力所加大的情況下，就更加有利了。但是，當地下水位逐漸上升，即水流從下往上時，其濾流力便會將土壤的自重壓力減小。為了防止水力坡角接近臨界坡度水壓過大，而發生流砂或發湧現象，以致沖鬆砂層，我們就不應當在地下水位上升或水位過高的時候進行施工；這也就是說，當水位上升或水位昇漲到槽底50公分以上時，在沒有適當的降低水位的有效措施的情況下，不能進行汗砂操作（鋪砂、撤水夯實等操作過程合稱“汗砂”）。

（二）在水中施工的方法：

1. 在水中汗砂時，為了抵稍浮力作用，避免發生流砂現象，

必須使用粗砂；

2. 當地下水水位不超過槽底面上50公分時，則將粗砂鋪填到超過水面10公分高，然後用棒型振動器進行搗固；

3. 或分層鋪打夯有粒徑大於砂粒10~15倍的礫石，上面鋪以 25×120 的木板；并由2人站在板上打夯。這樣就能有效地防止因動水浮力和管湧而把砂墊沖刷或沖走，或砂面突起。

(三) 在大孔性土壤處理砂墊基礎：

在“地基和基礎”（蘇聯鮑高斯洛夫斯基著）一書中，已經明確地指出：無論沉陷性大的大孔土壤或非沉陷性大孔土壤，對於砂墊的利用都是適當的，特別是在沉陷不一致的土壤中，更能發揮它的效能。因為，砂墊唯一的特性，就在於能使它所荷載的重量均衡地沉降，而它的沉陷期又最短，幾乎在建築物施工過程中就沉陷完了，不像粘土地基沉陷得那樣長久。

(四) 大孔土層上建築物在設計與施工上的特殊要求：

1. 建築物能適應基礎的不均衡沉降。在施工中應當作出防止水分浸入槽溝的有效措施，並且在決定採用合理的基礎形式問題上，應遵照建築物基礎設計規程中“基礎砌置在第Ⅲ和Ⅳ級土層的大孔性土壤上時須採用長條形基礎”的規定進行。

2. 土壤經過加固減少下沉危險。在設計和施工方面，必須採取適當的措施，在第一類大孔土土層上進行施工時，必須注意建築物場地的整平工作，使在建築物修建和使用期間的雨水和生產污水能夠通暢地排出，不向地基滲透。同時還應當注意上下水道漏水對其地基的危害。

3. 地基土壤應不受水浸。回填土一定要用粘土夯實。

4. 關於在大孔土層上進行建築的設計與施工方面應採取的若干措施，在“工業與民用建築物及構築物天然地基設計標準及技術規範”第七章第38~41頁及建築工程部“建築工程施工及驗收

暫行技術規程”中，都有了明確的規定。

5. 人工砂基礎施工遇到階段基礎時，撼砂工作應當根據其階段的具體情況汗好，不可忽略。

五、我們對兩個公式的看法

我公司在輕工業制葯學校主樓進行人工砂基礎時，遼寧省城市設計院向我們提出幾點意見：

(一) 該院建議我們採用 $(b = B + 2htg\phi)$ 這個公式，來對砂墊進行處理。經過我們細心的研究和討論，認為這個公式比較保守，而且在施工上，這個公式也欠周密。我們的理由是這樣的：

根據“標準規範”來計算許可耐壓力時，關於擠出的驗算，在普通的民用及工業房屋的設計工作中，我們採用了這個公式：

$$(P_h) = (P_2) + \frac{bg\omega_0}{10}(h-2)$$

$$(P_h) = (P_2) - 0.5(2-h)$$

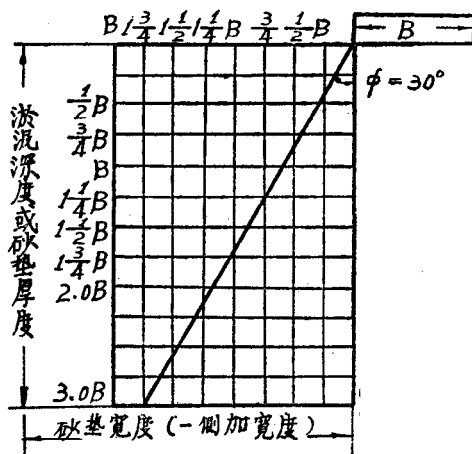
當考慮到基礎的砌置深度，而求出土壤的許可耐壓力之後，就不必再作擠出試驗。這是因為在標準規範的表內所作出的各種土壤的許可耐壓力數值，已經考慮到了保證建築物支座的地基內不會發生土壤擠出的安全系數，並且，在蘇聯全蘇標準9000~38內，也沒有關於土壤擠出的計算法這一部分。這也就是說，只要砂墊底面上的地耐力，足以支承上面的附加壓力和土壤壓力，就够安全了， $(P\delta h + \alpha(P - P\delta) \leq P_{hc})$ 。並沒有必要在任何情況下，都採用“ $b = B + 2htg\phi$ ”這個公式的。

該院還提出砂墊厚度不應小於1公尺、大於3公尺的問題，這也引起我們的討論。如果，砂墊層的厚度按照那樣處理的話，那末，“ $P\delta h + \alpha(P - P\delta) \leq P_{hc}$ ”這個公式，在某些情況下就不能成立了；也就是說，“ $P\delta h + \alpha(P - P) \leq P_{hc}$ ”這公式只能在1~3

公尺的土壤內才能應用的。我們認為這樣做法，勢必使砂墊基礎受到了限制。

(二)遼寧省城市設計院關於省委行政處地下室砂墊基礎寬度的決定：

省委行政處地下室砂墊基礎工程，是在有地下水、其砂墊兩側具有不同深度淤泥的情況下修築的。該院考慮其淤泥的側壓，決定採用“ $b = B + 2htg\phi$ ”的公式來處理砂墊的寬度，也就是說，利用砂的安息角 30° ，不使壓力傳佈到兩側淤泥上。其處理情況如下（用線表來說明）：



按照這種安息角的道理是說：淤泥越深則砂墊越寬，同時深和寬又是直線成正比的。我們對這一計算提出幾個疑問：

1. 當砂層在水中或飽和水分時，安息角和乾砂的安息角應有所不同，一般說是應該比較小的（水中或飽和水分時）；

2. 如果它的直線比是無限制的話，那和“規範”17條就有了抵觸了；

3.“地基和基礎”上冊第60頁上，也批判了這種公式是初期概念，一般只能作為假設之用。茲轉載如下：

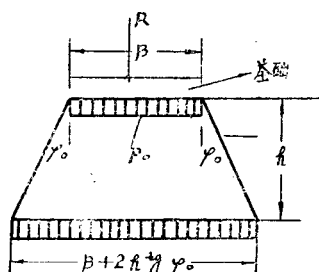


圖 7

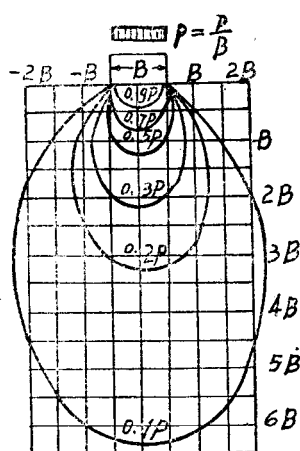
壓力分布的計算圖形

土壤中壓力擴散的初期概念

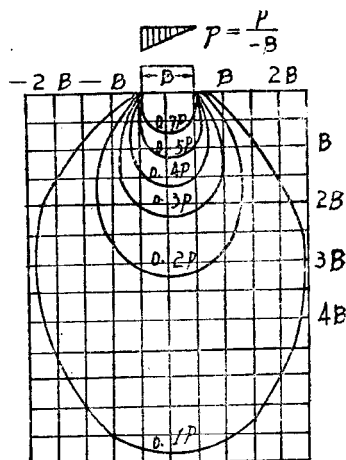
$$P_z = \frac{P_0 B}{B + 2h \operatorname{tg} \phi}$$

這種計算土壤中壓力的方法，雖被一般工程師所採用，但究竟是不周密和不科學的。在“地基和基礎”上冊第60頁中早就指出，這個計算方案顯然是和試驗結果及近世理論研究成果不相符合的，在某些情況下，甚至於不能容許這種方案來做近似計算。

(三) 我們對等壓分布圖形在使用上的體會：



條形基礎在中心荷載下的等壓線的計算圖形



條形基礎在偏心荷載（三角形的承壓力圖）等壓線的計算圖形