

鋼筋混凝土結構設計

徐百川著

龍門聯合書局出版

鋼筋混凝土結構設計

徐百川著

江苏工业学院图书馆
藏书章

龍門聯合書局出版

鋼筋混凝土結構設計

版權所有



不准翻印

著 者

徐 百 川

出版者

龍 門 聯 合 書 局

上海南京東路六一號一〇一室

電 話 一 八 八 一 九

總發行所

中國科技圖書聯合發行所

上海中央路二四號三〇四室

電 話 一 九 五 六 六

電報掛號 二 一 九 六 八

分 銷 處

龍門聯合書局及各地分局

上海總店 河南中路210號

上海支店 南京東路157號

上海支店 南京路82號

上海支店 南京路6號

漢口分局 漢口一路368號

漢口分局 漢口一路3號

瀋陽分局 太原街40號

天津分局 羅斯福路308號

西安分局 中山大街217號

序 言

本書爲敝著《鋼筋混凝土結構》的續篇，係根據各大學土木、水利及建築工程各系，所訂三四年級必修課——鋼筋混凝土結構設計——的內容而編著。講授鋼筋混凝土擋土牆、板橋、簡支梁橋、梁板式房屋、平板建築、剛架橋及拱橋的理論和設計方法，分別作出各該結構完整設計的例題，使讀者容易領悟，兼供土木、水利和建築工程師們的參考。

我國大規模經濟建設，即將開始，由於鋼筋混凝土具有耐久及耐火的特性，造價又相對地低廉，一切土木、水利及建築工程結構，必將大量採用鋼筋混凝土建造。目前我國長城、金輪及泰山等牌水泥，大量生產，質量頗佳；根據試驗結果，其性能已超過一般外國所訂的標準。至於所需鋼筋，由於我工人階級發揮積極性和創造性，亦已能大量供應建設的需要，使我們對於採用鋼筋混凝土進行大規模的經濟建設，益具充分的信心。

因爲平板建築，較採用他種建築形式者爲經濟，且具有多種優點，巨型房屋，如工廠及貨棧等，宜採用之。至於混凝土剛架橋和拱橋，於適宜的基礎上，均可建築，其跨度可達100呎以上，並可適合經濟和建築美觀的條件。上項結構的理論和設計方法，本書內研討較詳，特再重點提出介紹，希工程師們多多推廣採用。

爲充實本書內容，使儘可能的切合我國目前的需要起見，在排印期中，商得中央交通部公路總局的同意，將最新公路工程設計準則中，關於鋼筋混凝土公路橋部份編入，並作出例題，排印於第二章中，希讀者注意，並向公路總局致以謝意。

本書內演算例題時，查用的圖表，已附刊於敝著《鋼筋混凝土結構》書中者，不再刊出，希讀者注意。

本書倉促寫成，錯漏之處必多，敬請讀者隨時賜教，以便修正爲感。

目 錄

序言.....	I
第一章 擋土牆.....	1
1-1 概述.....	1
1-2 鋼筋混凝土擋土牆的式樣.....	2
1-3 穩定性及安全因數.....	3
1-4 基礎.....	5
1-5 橫向土壓力.....	7
1-6 超載.....	9
1-7 懸臂梁式擋土牆設計.....	10
1-8 扶壁式擋土牆設計.....	24
第二章 公路橋.....	39
2-1 概述.....	39
2-2 活荷重.....	39
2-3 人行道、緣石、安全緣石及欄杆的活荷重.....	42
2-4 衝擊力.....	43
2-5 荷重分配及混凝土板設計.....	44
2-6 穿過填土的輪重分配.....	47
2-7 鋼筋混凝土板橋設計.....	48
2-8 縱橫各梁所負輪重的分配.....	62
2-9 鋼筋混凝土簡支梁橋設計.....	64
I 車道橋板設計.....	65
II 人行道橋板設計.....	69
III 車道內縱梁設計.....	71

IV 緣石縱梁設計.....	80
V 外縱梁設計.....	87
VI 橫隔梁.....	89
VII 支端.....	92
VIII 橋台設計.....	94
2-10 最新公路橋涵設計準則及例解.....	98
第三章 梁板式房屋設計.....	114
3-1 總論.....	114
3-2 荷重.....	115
3-3 梁板建築.....	117
3-4 設計步驟.....	118
3-5 屋頂及樓板.....	119
3-6 各梁所負荷重的劃分.....	121
3-7 梁之設計.....	125
3-8 大梁初步設計.....	129
3-9 牆梁或牆大梁設計.....	132
3-10 扭應力.....	133
3-11 扭力鋼筋.....	134
3-12 邊界梁的扭應力.....	137
3-13 攔柵樓板建築.....	142
3-14 攔柵樓板的支承梁.....	149
3-15 攔柵担负特殊荷重者.....	150
3-16 各層支柱初步設計.....	151
3-17 房屋基礎設計.....	153
3-18 地下層牆設計.....	157
3-19 樓梯.....	159
第四章 實用力矩分配法.....	164

4-1	荷重及固端力矩	164
4-2	倔強因數及傳遞因數	166
4-3	向號	168
4-4	一個節點的力矩分配	168
4-5	房屋剛架的力矩分配	170
4-6	各跨中心的最大彎曲力矩	173
4-7	各跨中心的最小彎曲力矩	175
4-8	連續梁的剪力	176
4-9	理論力矩的修正	177
4-10	柱的軸荷重及彎曲力矩	179
4-11	各肢桿設計	180

實用風應力分析法

4-12	房屋各構架風應力的分配	182
4-13	房屋負同心風壓力者	185
4-14	房屋負偏心風壓力者	189
4-15	各肢桿截面的審核	192

第五章 兩向混凝土板及平板建築

5-1	前言	193
5-2	兩向混凝土板	193
5-3	兩向混凝土板的彎曲力矩係數	196
5-4	支端不平衡彎曲力矩的修正	199
5-5	兩向混凝土板的剪力	199
5-6	兩向混凝土板最小厚度	200
5-7	四邊支承梁所負荷重及彎曲力矩	200
5-8	兩向混凝土板設計	201

平 板 建 築

5-9	平板建築	209
-----	------	-----

5-10	鋼筋配置法	211
5-11	平板應力的分析	213
5-12	抵抗力矩的分佈	218
5-13	彎曲力矩係數	220
5-14	板厚、托板尺寸及鋼筋數量	222
5-15	應剪力	223
5-16	兩向鋼筋混凝土平板設計	224
5-17	四向鋼筋混凝土平板設計	234
5-18	屋頂板設計	241
5-19	牆梁設計	241
5-20	各層支柱的初步設計	243
5-21	各層支柱彎曲應力的核算	244
5-22	各柱底腳設計	246
5-23	樓梯及梯井各梁設計	247
第六章	剛架橋	254
6-1	概述	254
6-2	傾度變位法的通用公式	255
6-3	一端為鉸的肢桿	257
6-4	C_1 、 C_2 及 C_3 三係數的計算	258
6-5	固端力矩 M_{ab}^F 及 M_{ba}^F 的算法	259
6-6	C_1 、 C_2 、 C_3 、 M_{ab}^F 及 M_{ba}^F 各值的圖表	263
6-7	單跨鋼筋混凝土剛架橋設計	265
6-8	剛架尺寸的初步擬定	266
6-9	橋板截面的厚度	267
6-10	剛架各肢桿的軸和係數	268
6-11	計算兩端力矩的公式	270
6-12	橋板兩端力矩的影響線	273

6-13	M_2 、 M_4 及 M_6 的影響線	277
6-14	忽視或包括橫移影響	279
6-15	靜荷重彎曲力矩	281
6-16	橋板曲線軸的修正	284
6-17	活荷重彎曲力矩	285
6-18	由於靜活荷重所生橋板各截面的軸向力和剪力	289
6-19	由於溫度變遷及混凝土收縮性所生橋板各截面的彎曲 力矩及軸向力	295
6-20	土壓力	300
6-21	橋板各截面所負最大及最小負或正彎曲力矩	302
6-22	橋板各截面所負絕對最大剪力	304
6-23	橋台所負彎曲力矩、剪力及軸荷重	306
6-24	橋板及橋台各截面的設計	308
6-25	鋼筋配置及其他細節	314
第七章 拱橋		318
7-1	概述	318
7-2	式樣和名稱	319
7-3	拱圈尺寸的擬定	320
7-4	拱圈的初步分析	324
固端拱的分析		
7-5	基本理論	326
7-6	彈性中心的求法	329
7-7	決定共軛軸	333
7-8	求 D_x 、 D_y 及 D_z 諸常數	334
7-9	X 、 Y 及 Z 的影響線	335
7-10	各截面的 M 、 N 及 V 影響線	340

7-11	由於拱肋縮短所生的彎曲力矩及軸向力·····	342
7-12	由於均勻溫度變遷所生的應力·····	343
7-13	由於混凝土收縮性所生的應力·····	344

拱 橋 設 計

7-14	填腹式混凝土拱橋設計·····	345
7-15	拱圈尺寸的初步擬定·····	345
7-16	拱圈應力的初步分析·····	347
7-17	彈性重·····	349
7-18	決定彈性中心、共軛軸及 D_x 、 D_y 和 D_z 諸常數·····	349
7-19	X 、 Y 及 Z 影響線·····	351
7-20	拱脚、拱冠及 $\frac{1}{4}$ 拱軸處各截面的 M 、 N 及 V 影響線·····	351
7-21	由於靜荷重所生彎曲力矩及軸向壓力·····	353
7-22	由於活荷重所生彎曲力矩及軸向壓力·····	355
7-23	由於拱肋縮短、溫度變遷及混凝土收縮性所生彎曲力矩及軸向力·····	356
7-24	各截面所負最大及最小彎曲力矩和軸向力·····	359
7-25	審核各截面的實際纖維應力·····	360
7-26	橋台設計·····	364
7-27	其他細節·····	367
中英文專門名辭對照表·····		369
參考書目錄·····		372

第一章

擋土牆

1-1. 概述 擋土牆是以磚石、單純混凝土或鋼筋混凝土砌造的牆，用來抵擋高於牆前地面線的牆後填土或他種材料，使之不致崩塌。牆後填土的崩塌作用，將發生很大的橫向土壓力，有推倒該牆的傾向，故擋土牆必須能安全抵抗這項橫向土壓力，發揮其最高結構效能。

普通用磚、石或單純混凝土砌造的擋土牆如圖(1-1)(a)所示者，完全利用其本身重量，抵抗填土的推倒作用，就稱為重力式擋土牆。這種重力式擋土牆，高度不能過大，其所用材料，又不能發揮較大功用，故不甚經濟。如採用巨石混凝土砌造，造價可相當的減低。

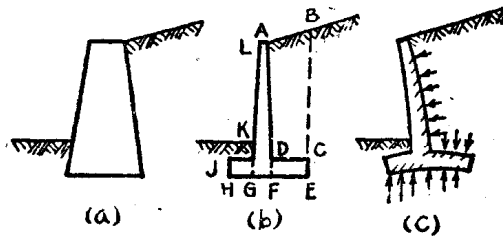


圖 (1-1)

因鋼筋混凝土建造的擋土牆，如圖(1-1)(b)所示者，為普通懸臂梁式擋土牆。因其本身重較重力式者大為減少，故對橫向土壓力的抵抗將部份利用底板上的填土(ABCD)重量，更依賴各懸臂梁的結構作用，抵抗一切破壞力量，其所負各力分佈情形，及各懸臂梁彎曲狀況，大致如圖(1-1)(c)所示。擋土牆的詳細尺寸，將根據所用材料的許用應力而決定，俾使充分發揮其功用；底板寬度則可隨意增減，以便調整底面所受向上壓力的大小，以策安全。故鋼筋混凝土擋土牆既便利，且經

濟，牆後填土較高者，宜採用之。

如圖(1-1)(b)所示， $ADKL$ 爲垂直前牆， $JGEH$ 爲底板， $JKGH$ 爲前趾， $CDFE$ 爲後踵， AD 爲背面， LK 爲前面，及底面 HE 以下爲基礎。

1-2. 鋼筋混凝土擋土牆的式樣 普通鋼筋混凝土擋土牆，可分爲兩類，一爲懸臂梁式者，一爲扶壁式者，茲分述如下：

(1) 懸臂梁式擋土牆，因其前牆位置的不同，又分下列數種：

(a) T 形擋土牆 如圖(1-2)(a)所示者，爲 T 形擋土牆，是懸臂梁式擋土牆中，最普通的式樣。其底寬約爲全高度 AH 的百分之四十到百分之六十，但因垂直前牆位置的不同，及基礎安全承托力的大小，可能有若干變化。前趾 JK 的長度，約爲底寬的 $\frac{1}{4}$ 到 $\frac{1}{2}$ ；如欲使底面所受向上壓力，儘可能予以減少，成爲近似均勻壓力，將垂直前牆的位置，向後移動，增加前趾長度，即可辦到。但牆後填土減少，將使底面抗滑力相當的減低，爲其缺點。

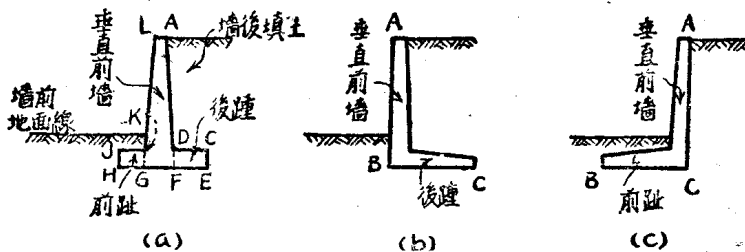


圖 (1-2)

(b) L 形擋土牆 有時因爲擋土牆建造在基地界線上或爲他種實際情況所限制，不能建造前趾部份，則可築成 L 形擋土牆，如圖(1-2)(b)所示者。此種 L 形牆的建築，在底面前邊 B 點處，將受較大的向上壓力，在垂直前牆與後踵接合處，抵抗彎曲力矩，亦較困難。底寬 BC 約爲全高度 AB 的百分之五十到百分之五十五。

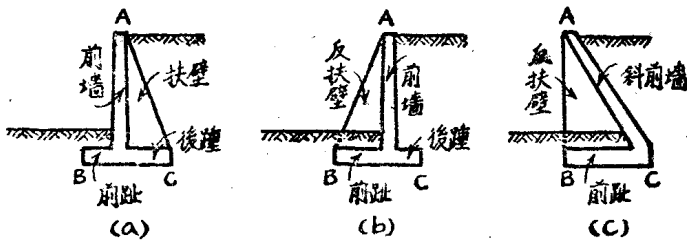
(c) 反 L 形擋土牆 如圖(1-2)(c)所示者，爲反 L 形擋土牆。這種式樣，因其本身重較輕，不易保持其原來位置的穩定，和防止任何滑

動。祇能在建築後踵太不經濟，甚至不可能建築後踵時，方可採用。底寬 BC 約為全高度百分之五十到百分之六十。

(2) 扶壁式擋土牆，分為下列兩種：

(a) 扶壁式擋土牆 這種式樣，是根據 T 形或 L 形擋土牆，修改而成的，如圖(1-3)(a)所示。在前牆與後踵間的垂直支承肢桿，就是扶壁；因為扶壁內，可以多置鋼筋，將前牆與後踵拉牢，使前牆與後踵皆成為多跨連續混凝土板，支承於各扶壁上。此式牆的建築高度，可較他種為高。雖然前牆與後踵的厚度較薄，可節省若干費用，但模型板及細節構造的費用，則相對的增加，可能將節省部份予以抵銷。此式牆的底寬與 T 形或 L 形擋土牆所規定者，大致相同。

(b) 反扶壁式擋土牆 如圖(1-3)(b)所示者為反扶壁式擋土牆，其作用與扶壁式者，大致相同，惟前牆與前趾間的垂直支承肢桿，所受者為壓力，而非拉力。前牆與前趾均可按連續混凝土板設計。前牆有時可築成傾斜式，如圖(1-3)(c)所示者。底寬約為全高度的百分之五十到百分之六十。



圖(1-5)

1-3. 穩定性及安全因數 擋土牆的穩定性，就是保持擋土牆的固定位置，並安全完成其結構作用的能力。安全因數，是使擋土牆損壞所應加的力量，與該牆實際所負荷重的比率。例如安全因數等於 2，即指在擋土牆的傾覆力矩，或水平土壓力，增至實際數值的兩倍時，該牆有損壞的危險。安全因數，可由設計者根據其經驗而決定，或遵照各地工務機關規範書的規定辦理之。

擋土牆在下列四種情形下，均可能遭受損壞：

1. 擋土牆的一部份，不能安全負擔其所負荷重。
2. 整個擋土牆，發生對前趾端的傾覆轉動現象。
3. 基礎所受壓力太大，超過基地安全承托力。
4. 沿底面在基礎上發生滑動現象。

擋土牆的設計，對於上述四種可能的損壞，應均屬安全。普通規定擋土牆的扶正力矩，至少應為傾覆力矩的一倍半。如擋土牆建築於土質基地上，其綜合壓力與底面的相交點，應在中間三分之一寬度範圍內。如牆後填土上所負活荷重可能發生震動，則該相交點應向中心靠攏，減少發生不均勻沉陷的可能。底面的磨擦抗滑力，至少應為土壓力水平分力的二倍，以策安全。

如圖(1-1)(a)所示，為擋土牆各部份所受壓力及其彎曲情形，各部份皆可作懸臂梁設計之。至於擋土牆的

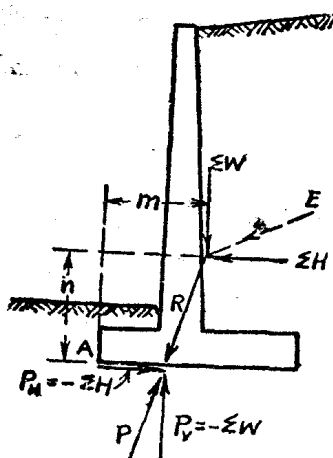


圖 (1-4)

傾覆問題，可從圖(1-4)中予以說明。

設 ΣW 為所有垂直荷重的合力，包括前牆及底板重量、土壓力 E 的垂直分力，及後踵上的填土重量等在內。 ΣH 為所有水平各力的合力。 ΣHn 為傾覆力矩，使整個擋土牆發生對 A 點的反時針方向的轉動，而 ΣWm 則為扶正力矩，阻止該牆的傾覆轉動。若 ΣHn 比 ΣWm 大，則 ΣW 與 ΣH 的合力 R ，將與底面相交於 A 點的左方，擋土牆即有傾覆危險。

因為擋土牆的傾覆傾向，將使基礎上受到很大的壓力，如超過基地的安全承托力，則發生較大沉陷，即有損壞危險。如該牆建築在岩石基礎上，因為岩石的安全承托力很大，故實際上可對 A 點發生轉動；但在土質基地上，如 A 點所受壓力太大， A 端遂即沉陷；而改對 A 端右方某點發生傾覆轉動，則 m 的有效值即行減小， ΣWm 扶正力矩隨之大減；

待傾覆力矩超過扶正力矩時，牆立即傾覆。

如圖(1-4)所示， R 為 ΣW 及 ΣH 的合力；在基礎上必有一相反而相等的向上壓力 P ，與 R 相抗衡； P 的水平分力為 P_H ，垂直分力為 P_V ；水平分力 P_H ，係由底腳在基礎上的摩擦力而產生， $P_H = -\Sigma H$ 。假設 f 為摩擦係數，則 $P_H = \Sigma W f$ 。如 P_H 可以抵抗所有水平各力的合力 ΣH ，則該牆可以穩定，不致發生滑動現象。如擋土牆建築在不平坦的岩石上，則底面的抗滑力甚大，穩定更無問題。

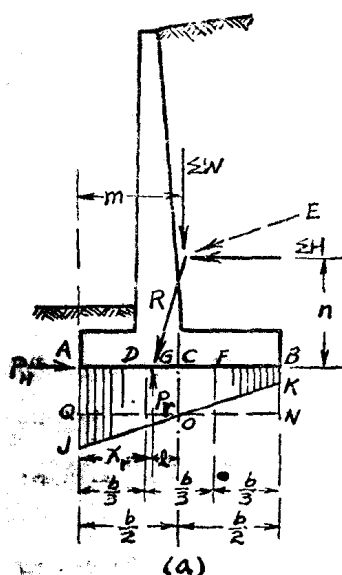
從以上分析，得悉擋土牆需要相當的重量，方能抵抗傾覆和滑動傾向，故通常擋土牆所用混凝土的強度，不宜太大，因為截面太薄，重量一輕，對牆的穩定性反有影響。擋土牆通常不置腰鋼筋，因其施工較難，故採用無腰筋的許用應剪力，作為設計依據。

擋土牆底面在基礎上的磨擦力，有時很難維持規定的抗滑安全因數。牆前填土雖具有相當的被動抗壓力，但不能依賴其協助抵抗滑動。當牆後填土時，牆前挖去泥土可能尚未填妥；牆前填土在某種情況下有被挖去的可能，亦可能被水所沖刷；上述種種皆為不能依賴其阻止滑動的原因。如能保證牆前填土，不致發生任何變動，並在嚴密控制工作情況下，完成其填土工作，則牆前填土亦有抵抗滑動的效能。

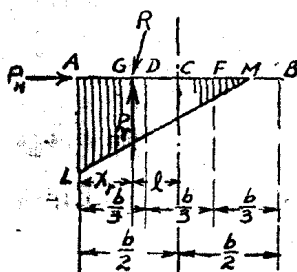
1-4 基礎 在土質基地上，建築擋土牆的各項問題，較在岩石上建築者為複雜。由於直接垂直荷重 ΣW 及傾覆力矩 ΣHn 的結合作用，使基礎上所生的壓力，以前趾端下所受者為最大；岩石基礎可以勝任，毫無問題，但在土質基礎上，如此項壓力超過其安全承托力，前趾沉陷，牆即傾覆，必須詳加審核，以策安全。

如圖(1-5)所示，底面所受的向上壓力，由於 ΣW 及 ΣH 的合力，與底面相交點的不同，其分佈情形亦互異。因為直接垂直荷重 ΣW 與傾覆力矩 ΣHn 的比例不同，就影響合力 R 與底面相交點的位置。相交點 G 的位置，可根據對 A 點的力矩總和而求得，故

$$x_r = \frac{\Sigma W m - \Sigma H n}{\Sigma W} \dots\dots\dots (1-1)$$



(a)



(b)

圖 (1-5)

式內 x_r 爲自 A 點到 G 點間的水平距離。則 G 點對底面中心點 O 的偏心距離 e , 就等於底寬的 $\frac{1}{2}$ 減去 x_r 。

如相交點 G 在 D 點的右方, 即在底板的中间三分之一寬度範圍以內, 則底面所受壓力分佈情形如圖 (1-5)(a) 所示。壓力圖 $ABKJ$, 係由中心垂直荷重所生的均勻壓力 BN , 及由偏心力矩所生的均勻變化壓力 KN 或 QJ 組合而成。牆每呎長所受均勻壓力 BN 等於 $\frac{P_v}{b}$, 牆每呎長所負偏心力矩爲 $M = P_v e$, 故底板兩端所受最大均勻變化壓力 QJ 或 KN 爲

$$(KN) \text{ 或 } (QJ) = \frac{MO}{I} \\ = P_v e \times \frac{6}{1 \times b^3} \dots (1-2)$$

今底寬爲 b , 則底板兩端所受最大或最小垂直向上壓力爲

$$p = \frac{P_v}{b} \pm \frac{6P_v e}{b^2} = \frac{P_v}{b} \left(1 \pm \frac{6e}{b} \right) \dots (1-3)$$

在上式中如採用正號, 可求得最大壓力 AJ ; 用負號即求得最小壓力 BK 。

如合力 R 與底面的相交點 G , 在 D 點的左方, 即在底板中间三分之一寬度範圍以外, 其壓力圖如圖 (1-5)(b) 所示。因爲底板 B 端不能負擔任何拉力, 故 (1-3) 式不能應用。壓力圖可假定爲三角形, 全部面積等於 ΣW , 其形心與 G 點在同一垂直線上。故 $AL \times \frac{AM}{2} = \Sigma W$, 則 A 端所受最大壓力 AL 爲

$$p = \frac{2\Sigma W}{AM} = \frac{2\Sigma W}{3AG} \dots (1-4)$$

基礎上抗壓力的精確分佈情形, 並非成直線變化者, 但爲適應設計

目的起見，假定其為直線變化，可得合理的結果，故採用之。

表 (1-1) 混凝土與各種土壤間的摩擦係數

土 壤	磨 擦 係 數 ($\tan \alpha$)	靜止角
卵石及粗砂	0.6 到 0.7	37°
乾砂	0.4 到 0.6	33°
濕細砂	0.3 到 0.4	25°
粘土與細砂混合者	0.4 到 0.5	36°
硬粘土	0.4 到 0.6	36°
軟粘土	0.3	26°

當擋土牆在基礎上發生滑動時，其摩擦抗滑力情況如何，亦未能完全確悉。有些土質自身間的摩擦抗滑力，比混凝土在該種土質上滑動時所生者為大，當混凝土牆在各種土質基地上滑動時，其摩擦係數可從表(1-1)查出，作為參考。為增強抗滑力起見，必要時可在底板下，添設突出部分，就是小隔牆，如圖(1-6)(a)及(b)所示，或將前趾底面作成斜坡，如圖(1-6)(c)所示。如採用前法，在挖溝時可能使基礎土壤鬆動，減低其安全承托力，施工時必須嚴密注意。上述各種辦法，均由於底腳前部基礎土壤的剪力和被動抗壓力，使抗滑力大為增強，俾可維持一定的安全因數。

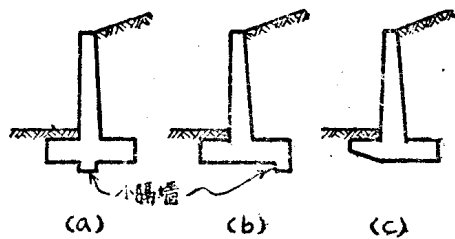


圖 (1-6)

1-5. 橫向土壓力 如在土質基地上進行挖土工作或堆土築堤，土壤必現坍塌傾向，作橫向移動，如圖(1-7)所示者。無論挖土或填土，如因基地的限制，或他種原因，不能做成斜坡，以防坍塌，就必須建築擋土牆，阻止這種橫向移動。土壤的坍塌，對阻止這項移動的結構上發生