

苏联高等学校教学用书

地基与基础

И. В. 雅罗波尔斯基 著

地质出版社

地基与基础

И. В. 雅罗波尔斯基 著
錢家欢 徐志英 譯

苏联高等教育部审定作为
水运高等学校教学用书

地质出版社

1956·北京

Проф И. В. Яропольский
ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ
ВОДТРАНСИЗДАТ
Ленинград 1954

本書系第二版，於一九五四年在苏联出版，內容是以列寧格勒水运工程学院水道海港系的这一門課程的教学大綱为基础的，作者对一九四八年的第一版作了許多重要的修改和补充。

全書共分十章叙述：1. 影响基础和天然地基强度和穩定性的物理和力学现象；2. 建筑地段的地質和水文地質勘察；3. 土力学原理；4. 土上容許荷重的理論根据；5. 人工地基；6. 基礎及其結構；7. 施工方法；8. 为水所淹没的地区的施工方法；9. 基礎的加强和托換；10. 机器基礎概論。本書不論在实际方法方面或是在理論叙述方面都綜合了苏联近年來技術上的許多新成就，闡明了一系列在其他的“地基与基礎”教科書中所不能找到答案的問題，例如，沒有基礎設置的水工建筑物总穩定性的計算；厚層淤泥沉積上建筑物总穩定性的計算；石砌人工地基合理輪廓的計算；为水所淹没的砂类土上的容許压力；根据地質勘察結果並考虑到地下水动态來评价当地的条件等等。

本書可供水利工程学生作为“地基与基礎”課程的教科書。同时對於从事水工建筑物設計和施工的工程師們也具有很大的参考和学习价值。

地 基 与 基 礎

著 者 И. В. 雅 罗 波 尔 斯 基

譯 者 錢 家 欢、徐 志 英

出版者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3号

北京市書刊出版營業許可證出字第零壹號

發行者 新 華 書 店

印刷者 北 京 市 印 刷 一 厂

北京西便門內南大道乙一號

編輯：吳光翰 技術編輯：石志 校對：洪梅玲

印數(京)1—10300冊一九五六年十一月北京第一版

定價(10)3.20元 一九五六年十一月第一次印刷

開本31'×43' $\frac{1}{32}$ 印張17 $\frac{1}{2}$ 插頁2

字數39,000字

譯 者 的 話

本書是苏联列寧格勒水运工程学院水道和港口系雅罗波尔斯基教授所著，苏联高等教育部批准为水道和港口系的教学参考書。

这一本書的特点是：

第一，当处理地基問題时，將工程地質与土力学的观点、理論和方法联系起來，而絕不是分割開來。

第二，当解决軟弱地基上基礎的穩定性問題时，著者提出了新穎的和准确的方法。

第三，也是最重要的一点，在全書各章中貫穿了著者自己的意見和推論，特別是关于地基承載量、人工地基及基礎各章，精簡的敘述和分析使初学者容易領会这一門課程的內容，而明确的推测和判断也会增加一个水利工程师对于地基問題的預見性。

目 錄

第一版原序·····	9
編者对第二版的序言·····	11
緒論·····	13

1. 关于建筑物基础和地基的一般概念。 2. 基础的强度和稳定性的意义。
3. 对基础稳定性评价的特点。

第一章 影响到基础和天然地基的强度和稳定性的物理和力学现象

I. 基础破坏的原因·····	19
-----------------	----

1. 砌体许可压应力的超过。 2. 无钢筋基础底脚的过分加宽。
3. 悬臂加宽砌体内的过度应力。 4. 实际基础剖面为不正确的结构形式。 5. 在沒有考虑到使用期间的最大可能的偏心值时, 基础悬臂部分的过度应力。 6. 砌体周期性的冻结和融化。 7. 潛水中的化学雜質对砌体的破坏作用。 8. 冰脹土的压力。

II. 基础沉陷或滑动的原因以及天然地基的破坏·····	26
------------------------------	----

1. 地基的彈性压缩。 2. 松软土的压实。 3. 土自基底下的挤出。 4. 沿着圓筒形面的旋轉滑动。 5. 着力層挤向軟弱的下臥土層。 6. 由於土浸湿而產生的压实。 7. 滑坡。 8. 細粒的滲流冲刷。 9. 土被地面水流的冲刷。 10. 坚硬岩石被水溶解和冲蚀的作用。 11. 沒有考虑到当地条件, 形式上核算基底平面上基础对滑动的稳定性。

第二章 建筑地段上的地質和水文地質勘测

I. 执行建筑地段上地質和水文地質勘测的方法和工具·····	41
--------------------------------	----

1. 总的任务和地質-技術勘测的方法。 2. 土样的採取。 3. 地下水埋藏的种类。 4. 潛水位及其变动。

II. 按照地質勘测結果对当地条件评价·····	57
--------------------------	----

1. 对岩石風化作用影响的評價。 2. 查明潛水的侵蝕性程度。

3.查明岩石的建築性質。 4.沉積層的埋藏形態和岩石破壞形式的評價。

第三章 土力學原理

I. 土的物理及力學性質.....68.

1.比重。 2.土的容重。 3.天然狀態的土的孔隙度。 4.孔隙比。 5.在天然狀態下土的含水量。 6.土的濕度指標。 7.土的相對密度的指標(系數)。 8.土的粒度成分。 9.土的透水性。 10.土顆粒上的靜水壓力與動水壓力。 11.土的粘結性。 12.土的排水與持水能力。 13.土的側壓力系數。 14.由靜壓力產生的土的密實與壓縮的關係。 15.水容積定律。 16.按照壓縮曲線決定內結構壓力。 17.外界荷重對於內結構壓力的影響。 18.粘土質土的稠度及塑性指數。 19.細粒土傳遞壓力的特性。 20土的內摩擦角。 21.基底平面上的抗滑阻力。

II. 應力理論與強度條件的原理..... 111

1.已知點上的應力。 2.土的強度條件。 3.土樣強度試驗。 4.按照土樣的抗拉與抗压試驗的結果決定內摩擦角及內結構壓力的大小。

III. 擋土牆上的土壓力與垂直边坡的穩定性..... 128

1.絕對不動的牆。 2.具有不大位移的擋土牆。 3.平行牆。 4.局部荷重對於主動壓力大小的影響。 5.垂直边坡的極限高度。

IV. 關於固體的平面應力狀態的概念..... 159

1.關於土層中外界荷重傳遞的物理概念。 2.平衡微分方程式與相容方程式。 3.應力函數。 4.平面問題解答的特殊情形。 5.關於在空間問題條件中由集中力所引起的垂直應力分佈的概念。 6.關於在平面問題的條件時，土體中應力分佈的概念。 7.受到局部荷重作用的，土體內顆粒的相對穩定性。 8.當天然地基破壞時的滑面。

第四章 土上許可荷重的理論根據

I. 按天然地基強度條件的許可荷重..... 186.

- 1.有限寬度的垂直荷重。 2.垂直土坡。 3.擋土牆。 4.壩。
- 5.依据着力土層厚度決定許可荷重。
- II. 确定土的压实所引起的基礎預期沉陷…………… 253
 - 1.总論。 2.整个坐空間体上的均佈荷重。 3.帶形均佈荷重(寬度为有限,但長度为無限)。
- III. 以靜荷重法進行土的現場試驗…………… 271
 - 1.試驗的一般目的。 2.土的試驗裝置。 3.試驗和观察的过程。 4.土的試驗結果的評價。
- IV. 承受側向压力的建筑物基礎的穩定性計算原則…………… 280
 - 1.作用於建筑物的力系。 2.校核基底平面上对傾复和滑动的穩定性。 3.校核對於沿着圓筒形面的滑动。 4.考慮到塑性变形区域的影响,校核基礎的总的穩定性。 5.計算示范步驟。

第五章 人工地基

- I. 人工墊層…………… 292
 - 1.碎石夯实。 2.粗砂人工墊層。 3.人工塊石墊層。
- II. 人工压实…………… 294
 - 1.砂樁。 2.深層振動。 3.电滲透法。
- III. 結構措施…………… 296
 - 1.格床及鋼筋混凝土墊座。 2.連續板。
- IV. 土的人工硬化…………… 299
 - 1.土的人工硬化的本質及其应用場合。 2.砂質土的水泥膠結。 3.砂質土的砂化。 4.砂質土的瀝青膠結。
- V. 在坚硬土中填塞裂縫…………… 306
 - 1.以水泥漿充塞裂縫。 2.以瀝青充塞裂縫。
- VI. 樁 基…………… 309
 - 1.在各种不同地質条件下的樁基工作方式。 2.單樁对垂直荷重的阻力。 3.樁在平面内的分佈。 4.樁基对垂直荷重的阻力。 5.樁对水平荷重的阻力。

第六章 基礎及其結構

I. 对基礎結構的基本要求	347
II. 建造基礎的材料	350
III. 基礎的砌置深度	351
IV. 關於基礎計算的指示	353

第七章 施工方法

I. 事先的工作	360
1. 区域规划。 2. 建筑基礎时軸綫和边界的定位。	
II. 基坑的开挖和支撑	362
1. 总的要求。 2. 不支撑的边坡。 3. 垂直土坡的支撑方法。	
III. 人工降低潛水位	369
IV. 含水層的人工冻结	379
V. 沉 井	383
1. 概念总則。 2. 建造基礎的次序。 3. 沉井的形狀和結構。	
4. 挖土和除土的方法。 5. 關於井壁計算的指示。	
VI. 沉 箱	393
1. 一般概念。 2. 沉箱工作的过程及其程序。 3. 自沉箱工作室中挖土和除土的方法。 4. 沉箱工作室的結構类型。 5. 關於工作室計算的指示。	

第八章 被水淹沒地区的施工方法

I. 由木籠和混凝土塊造成的建筑物	413
II. 浮运箱	414
III. 沉井与沉箱	416
1. 利用臨時填土。 2. 浮运箱与沉箱或沉井相配合。 3. 臨时的脚手架。	
IV. 可撤式沉箱	423
V. 圍 堰	425
1. 圍堰的用途。 2. 圍堰的类型。 3. 關於圍堰計算的指示。	

第九章 基礎的加固与托換

I. 概 述	440
--------	-----

II. 基礎加固的基本方法.....	443
--------------------	-----

第十章 機器基礎概論

I. 冲击机械錘的基礎.....	450
II. 機器基礎.....	456
附錄: 三角函数表.....	459
参考文献.....	460
主要名詞俄華对照表.....	463
主要人名俄華对照表.....	469

第一版原序

本教程是按照列寧格勒水运工程学院水道和港口系的教学大綱寫成的。按照这个大綱，必須闡明水运的水利技術工程師在現有“地基与基礎”教科書中未能找到答案的問題，亦即：

(а)沒有基礎設置而建造的水工建築物(駁岸、直碼頭、防波堤)总穩定性計算的特点。

6)建於很厚的淤泥層上的建築物总穩定性的計算。

(в)填石式人工地基的合理形狀的确定。

(г)被水淹蓋的砂类土的許可压力。

(д)根据地質勘测結果並考慮到地下水动态对当地的条件進行評價。

研究天然地基和人工地基的强度和穩定性的这一門科学尚在發展階段。

在十九世紀五十年代之前，關於土的許可压力問題是沒有任何理論根据的，而僅依据統計資料。

俄國帕烏克尔(Паукер)和英國朗肯(Ренкин)曾經首次試作了基礎埋置深度的理論根据。

兩位作者在不同的解決問題方法之下得到了完全相同的最后公式，这公式到現在为止在教学参考書中还常被引用。俄國工程師揚可夫斯基(П. Янковский)曾將帕烏克尔的計算公式加以修正。但是庫尔裘莫夫(В. Н. Курдюмов)教授在1889年所作的試驗已經証明了所觀察出來的荷重与按照公式計算出的荷重是不相符合的。

擺在研究家面前的問題是：查明土沿其發生挤出的滑动面的实际形狀，以及了解土体中由於局部荷重所引起的应力分佈定律。这个

問題的解答應歸功於我們祖國的科學家。在1889年，庫爾裘莫夫用基礎模型得到了土體擠出時砂粒運動綫的照片，並擬定了數學解決該問題的方向。在1934年，普茲列夫斯基(Н. П. Пузыревский)發表了兩種荷重方案的土體滑動綫的方程式。而在1942年，索珂洛夫斯基(В. В. Соколовский)深入和擴展了這一領域內的理論解答。基礎砌置深度和土上許可荷重的理論根據的進一步深入，也應歸功於我們祖國的研究家。在1923年，普茲列夫斯基教授首次提出了應用彈性理論解答來計算天然地基強度的問題，這也是目前所有研究家採用的。這樣便為在不同荷重方案下更精確地從數學上分析天然地基的強度和穩定性开辟了新的道路。伊凡諾夫(Н. Н. Иванов)、卡林諾維奇(Б. Ю. Калинович)、波克羅夫斯基(Г. И. Покровский)、弗洛林(В. А. Флорин)等后繼的理論研究，促進了天然地基的穩定性和強度問題的發展。

特別必須指出科學研究家和思想領導者格爾謝凡諾夫(Н. М. Герсеванов)教授的成果卓著的活動，他在土力學領域內已創造了一系列的卓越著作和培養了許多科學工作者。

開始永久凍土帶研究的是已故的蘇姆金(М. Н. Сумгин)，這一科學部門的研究，現今崔托維奇(Н. А. Цытович)教授正在繼續發展着。

薩瓦連斯基(Ф. П. Саваренский)、別爾納茨基(Л. Н. Бернацкий)、馬斯洛夫(Н. Н. Маслов)教授等的著作在建築工程師和地質師之間建立了連接環節，並為評價建築地區的當地條件擬定了地質勘察的正確方法。

我們祖國的學者就是這樣地正在發展着的科學部門中樹立了堅強的基礎，而年青的一代今天正光榮地繼承着這已開始了的事業。

土，作為建築材料來說，具有變化的性質。在建築物建造後以及由於建築物建造時某種當地條件發生改變，地基中土的建築性質就可能惡化起來。因此，為了正確地解決實際問題，在擬定設計書和建造

建筑物的地下部分时，不僅必需具备有相当丰富的一般知識，而且需要發展分析許多物理現象相互关系的技能，並預料这些現象在施工期間和建筑物使用期間的可能变化。

在教程的理論部分中，作者特別注意到評價天然地基的一般应力状态的方法以及确定塑性变形区域形状的方法。利用这些方法可以使沒有地下部分的建筑物的总穩定性的計算更加正确，並可簡化關於以砂土、礫石、塊石作为人工垫層的厚度和合理形状問題的解答。

本教程簡縮的內容是供学生和首次學習这科目的讀者用的，但是作者認為，所述的材料對於在水运方面的設計和施工機構中工作的工程师也是有用的。

在教程的第一版中，可能在文句中遇到某些不清楚的地方和不确切的部分，因此，作者將以很大的謝意來接受所有的批評。

И. В. 雅罗波尔斯基

編輯者对第二版的序言

雅罗波尔斯基教授所著“地基与基礎”的第二版是按照列寧格勒水运工程学院水利工程系这一課程的教学大綱寫成的。在准备本書的第二版时，作者對於1948年出的第一版作了一系列的重要的修改和补充。

書中刪除了其他課程中重复敘述的所有材料（鑽探工作和工具——屬於“工程地質学”課程；摩尔圖解法——屬於“材料力学”課程等等）。这些材料的刪除並不使本書的篇幅減少，因为又引進了許多易於解决水工建筑物設計問題的許多补充材料。最有意义的这种补充材料是：

(1) 關於在設計重力建筑物时計算塊石垫層对基土穩定性問題的新的敘述。作者對於这情况所作的解答在某些程度上消除了古典土力学的建議与一般工程解答間存在的不協調現象。

(2) 便於利用彈性理論解答來估計地基穩定的新的輔助表格。

(3) 精確與發展了以往引用的計算方法：將內結構壓力的計算引入格爾謝凡諾夫的計算方法內，對於所推薦的樁的承載量計算法定出應用限度等等。

在第二版中改進了本書有系統的結構，準確了名詞：特別是在整個課文中用比較適當的名詞“內結構壓力”來代替名詞“毛管壓力”。而毛管壓力只作為對土的粘結性程度有影響的一個因素來研究。

在敘述施工方法的各章中，考慮了近年來在大型水工建築上在設計和修建天然和人工地基中祖國技術的最新成就（伏爾加-頓河運河等）。

在敘述本課程的理論部分時，亦像在第一版中一樣，作者利用彈性理論解答；對於可以根據塑性理論的其他解答在課文中僅給出了參考文獻。這是由於本書的任務，應當用作水利系學生的“地基與基礎”課程的教本。這樣的敘述方法，可以使作者不僅給出土力學的实际問題，而且也指明在建築物施工和使用時的物理現象的相互聯繫。全書的精神是力圖使讀者能善於分析建築物下地基中所發生的物理現象，以及不僅可預料在建築物建造時土的性質變化的可能性，而且也預見到其變化特性。正因為如此，雅羅波爾斯基教授所出版的書，對於從事於水工建築物設計和施工的工程師也將是有用的。

緒 論

1. 關於建築物基礎和地基的一般概念 几乎所有建築物——住宅房屋、桥梁、水壩等等都具有地下部分，它們承受着所有上層結構部分引起的荷重並隨同其本身自重傳給基土。这种地下部分叫做建築物的基礎（圖 1、2 和 3）。这些部分的下表面（*CD*）叫做基底，而从地面至基底平面的距离，即 h 的数值，叫做基礎的埋置深度。

基底支承在建築物的地基上。

建築物的地基有天然的和人工的。

如果在建造基礎時，支承基底的土層保持其天然狀態條件者，那末建築物的地基叫做天然地基，而如果在建造基礎之前應用過不論什麼樣的人工措施者，例如打樁（圖 3，基礎 1），那末就成為建築物的人工地基。在圖 4 上表示建於塊石墊層（*acdb*）上的擋土牆。這墊層也是人工地基。

建造人工地基的方法將在今後的敘述中研究。

2. 基礎的強度和穩定性的意義 所有建築物的強度和穩定性均與基礎的強度和穩定性有關。例如，在房屋的一個牆下的基礎的沉陷引起其他兩相鄰牆壁中發生裂縫；塊石拱橋或鋼筋混凝土拱橋的橋座基礎的不均勻沉陷可以引起橋拱的整個破壞（圖 3）。高水頭壩的基礎，如果其強度和穩定性不足的話，不僅可以引起壩的破壞，而且由於洪水突然通過壩的破壞部分發生潰決，兇湧的水流淹沒附近區域，可以造成毀滅性的災禍。這些例子使我們深信，為了補救由於不正確地估計基礎強度和穩定程度所引起的有害後果，必須追加費用，而該費用的數值可能是等於或甚至大於整個建築物的總的造價。

3. 對基礎穩定性評價的特點 基礎，作為建築物的支座，它的

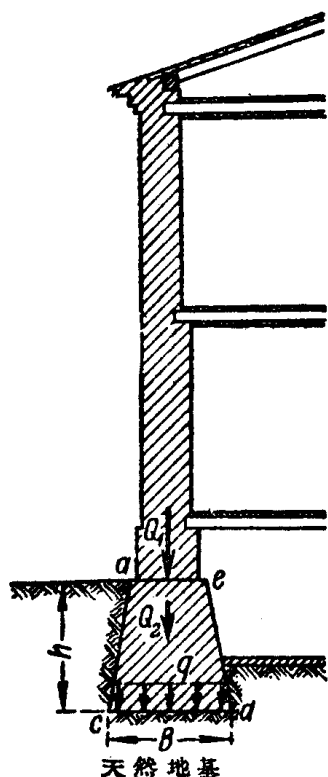


圖 1. 住宅房屋牆的橫断面
acdb—基礎；B—基底寬度；h—
基礎砌置深度cd—基底

確地核算基礎的穩定性。例如為了核算 1 單位（延向）公尺擋土牆（圖 5）基礎的穩定性，可以利用平面力系的三個平衡條件，即

$$\Sigma X=0; \quad \Sigma Y=0; \quad \Sigma M=0.$$

按照第一個條件（ $\Sigma X=0$ ），所有力對水平軸的投影的總和應等於零，即是說， $T_f - \Sigma E_i = 0$ 。但是我們必須使基礎沿着基底平面上對滑動的穩定有某種安全，那末我們規定一要求，摩擦力（ $T_f = f \Sigma Q_i$ ）要大於滑動力（ ΣE_i ），即 $T_f > \Sigma E_i$ 。

利用第三個條件（ $\Sigma Y=0$ ），我們規定一要求，使實際真正的地基的總阻力，即最大可能的反力 R_0 應稍大於所有力在垂直軸上的投影

穩定性一方面與它的形狀以及按其作用力所擬定的尺寸有關，另一方面，與支承基底的地基性質有關。保證基礎的穩定性，亦應像保證該建築物的（例如拱橋的）結構所要求的一樣地重視，這一點在很多情況下是整個建築物設計中的最複雜和最重要的部分，因為在土力學中現今還缺乏如像材料力學課程中去計算建築物其他部分強度所具有的那樣完全精確的理論原理，所以對土的強度和地基穩定性進行評價是非常困難的。

土是極端複雜和多样性，同一名稱的土有不同的建築性質，在建築物建造於土上之後土的性質就有可能發生變化，同時還有各種各樣的地質條件特征，這一切使設計水工建築物基礎和人工地基的一般標準規程大大地發生困難。

如果地基確實是堅固的和穩定的，那末我們可用熟知的力的平衡條件，足夠精

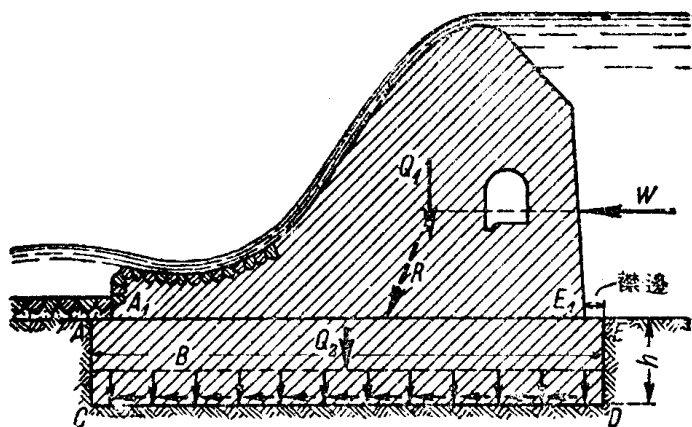


圖 2. 滾水壩的橫断面
 $ACDE$ —基礎; AA_1 和 EE_1 —襟邊

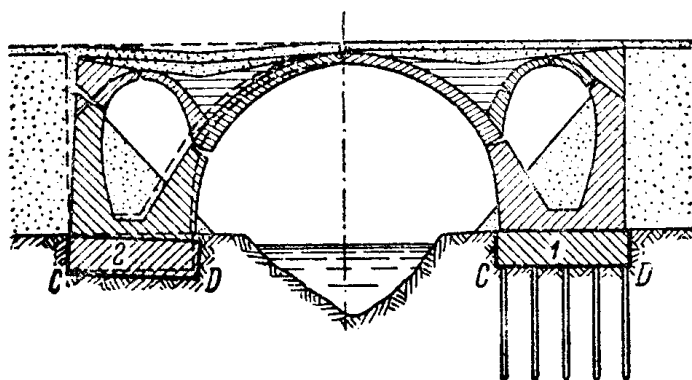


圖 3. 拱橋的橫断面; 基礎 2 的沉陷引起了橋拱的破壞; 基礎 1 具有人工樁基

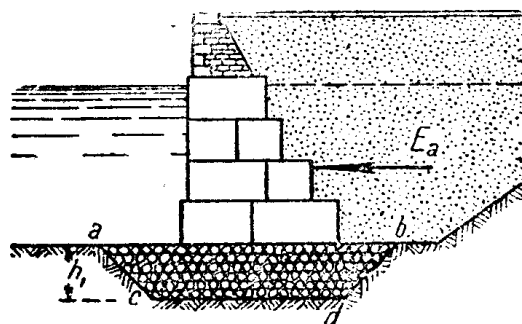


圖 4. 駁岸淤土牆的橫断面
 acd' —圓石人工地基

总和，即是：

$$R_0 > [\Sigma Q_i - \Sigma T_i].$$

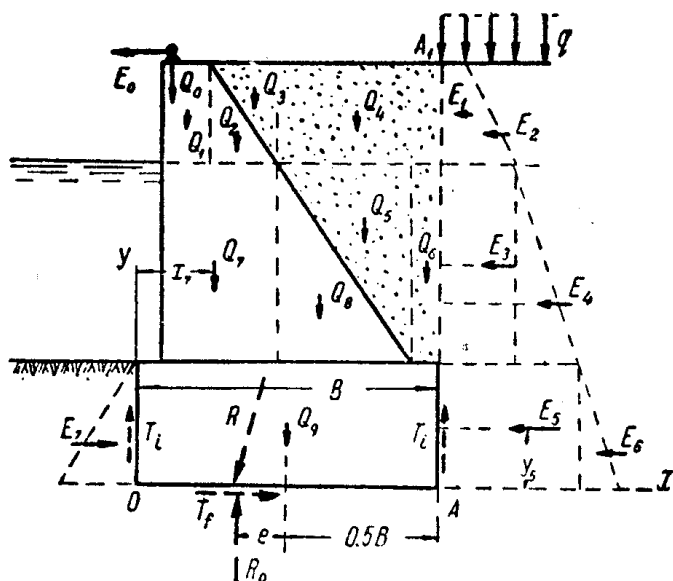


圖 5. 擋土牆上及其基礎上的力的作用圖

按照第三个条件，核算基礎对傾复的穩定性。为此規定一要求，使對於 O 緣的所有抵抗力矩之和 $\Sigma Q_i x_i$ 大於所有傾复力矩之和 $(\Sigma E_i y_i)$ ，即是

$$\Sigma Q_i x_i > \Sigma E_i y_i.$$

如果基底支承在整體的、完全堅固和穩定的岩石層上，那末可以認為上述的穩定核算方法是完全足夠了。而如果擋土牆地基是砂土、砂質粘土、或粘土層，則首先在決定實際可能的反力 R_0 及摩擦系數 f 和摩擦力 T_f 的大小時，就發生很大的困難。

在某些情況中，當完全滿足所有的三個基本要求時，我們還不能確信該建築物的穩定性，因為我們按照作用於基礎的力的平衡條件來進行計算，還不能證明天然地基的本身是完全穩定的。