

水工建築物上的 減載措施

T.A.杜勃洛瓦著

丁承顯譯

丁宗炎校

人民交通出版社

水工建築物上的 減載措施

Г.А.杜勃洛瓦著

丁承顯譯
丁宗炎校



人民交通出版社

本書對減輕作用在水工建築物重力式岸牆及錨碇式鋼板樁岸牆上的主動荷載的措施作了詳盡的分析。

書中引述了堆石減載填方的新的計算方法，對各種式樣的減載措施作了評價並指出了港澳水工建築物一般應用的計算方法的缺點。

本書在翻譯過程中譯者曾對部分算式加以校核，發現若干符號及計算數字有錯誤，在譯文中已予改正。

統一書號：15044·3018-京

水工建築物上的減載措施

Г. А. ДУБРОВА

УСТРОЙСТВА ОБЛЕГЧАЮЩИЕ

НАГРУЗКИ НА

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ

СООРУЖЕНИЯ

МАШСТРОЙИЗДАТ

МОСКВА 1950

本書根據蘇聯機器製造廠建造工程部出版社1950年莫斯科俄文版本譯出

丁承顯譯

丁宗炎校

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

新華書店發行

公私合營慈成印刷工廠印刷

1956年10月北京第一版

1956年10月北京第一次印刷

開本：850×1168

印張：6張，插頁2頁

全書：170,000字

印數：1—2300冊

定價(11)：1.50元

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六號)

目 錄

緒論	4
----------	---

第一篇 減少重力式水工建築物上的 主動荷載的措施

§1. 水工建築物上所受作用力的單位值	7
§2. 石料減載填方	10
(1) 填方的作用條件、式樣和特征	10
(2) 現有的填石計算方法	15
§3. 石料減載填方的計算方法	19
(1) 計算公式制訂的基礎	19
(2) 根據簡化計算圖 A 的計算	19
根據計算圖 A 的計算步驟	22
(3) 根據完整計算圖 B 的計算 (要繪制主動 壓力分布圖)	26
壓力分布圖的繪制及計算步驟	32
§4. 複雜斷面的減載填方	55
(1) 根據簡化方法的計算	56
(2) 齒形填石柱體的施工步驟	67
§5. 減載填石計算中的錯誤。正確利用填石作為 減載措施的條件	68
(1) 牆身可能沿着它的基礎 BB_0 滑動	69
(2) 牆身沿着堆石基礎 B_1B_{01} 滑動的計算	69
§6. 減載填方的合理形狀	85
(1) 最簡單的填方式樣	86
(2) 梯形填方	88

(3) 齒形填方	91
§7. 減載填石的效率估算	95
(1) 填石效率計算的步驟	97
(2) 填石費用效益核算举例	99
§8. 結論和建議	104
(1) 填石的目的和式样	104
(2) 填石的靜力計算	106
(3) 填石的經濟效果	109
(4) 溝槽和填石的形成步驟	110

第二篇 影响錨碇式鋼板樁岸牆上荷載和作用力的措施

增加建築物的強度和穩度，減低建築物造價的減載措施

§1. 关于減載措施的概念	111
§2. 石料減載填方	111
(1) 一般考慮	111
(2) 有关計算方法的分析和建議	112
(3) 有关板樁弯矩和入土深度的計算	126
(4) 填石的效果及其实际应用的考慮	127
§3. 利用特殊的板樁錨碇方式以減少板樁的弯矩和	
入土深度	129
(1) 板樁岸牆作用的靜力条件	129
(2) 拉条水下系結法	132
(3) 多支点的板樁岸牆	144
(4) 有关水下系結拉条的結論和考慮	147
§4. 用影响土壤主动压力的方法來減少板樁的弯矩和	
入土深度	148
(1) 一般考慮	148
(2) 在溝底安放木籠以減少主动荷載	149

(3)在溝底安放混凝土方塊以減少主動荷載	157
(4)設置下層錨碇牆以減少主動荷載	158
(5)減載平板對主動土壓力的影響	160
§5. 用影響被動土壓力的方法以減少板樁的彎矩和	
入土深度	172
(1)一般考慮	172
(2)在形成被動土壓力柱體的範圍內更換土壤	175
(3)在被動柱體範圍內安置減載木籠的影響	179
(4)在被動土壤範圍內打減載樁	181
樁的強度驗算	187
1)驗算排樁的入土深度是否足夠	191
2)驗算排樁是否穩定	191
3)驗算排樁的強度	193
4)對整個樁身擠動的驗算	194
5)牆前水底加荷載以增加被動壓力	194
板樁入土深度受到限制或不能打入土中時的	
建築物的圖說	196
§6. 板樁入土深度受到限制的建築物	196
(1)一般板樁岸牆	196
(2)在水面以下系結拉條的板樁岸牆	198
(3)有減載木籠或混凝土方塊的板樁岸牆	201
(4)牆前打有排樁的鋼板樁岸牆	203
(5)入土深度受到限制,用多重拉條的板樁岸牆	205
§7. 不打入土中的鋼板樁建築物	209
(1)一般考慮	209
(2)建築物圖說	209
1)角式鋼板樁岸牆	209
2)沒有底板的角型岸牆	212
§8. 簡單結論	213

緒 論

为了降低建築物造价，減輕建築物的重量和在土壤上的荷載，使建築物具有必要的結構式樣和大小，可以在設計和建造水工建築物時採用各種人工措施。

這些措施絕大部分是利用人為的工程方法影響作用在建築物上的力和荷載以達到上述目的。

這些工程方法在某些場合可以減少主動荷載和改變主動力的作用點和方向，在其他場合能夠增加支持建築物的被動力。

通常，這些措施是：更換建築物後面的土壤以減少主動荷載，在建築物背後修築特殊的平台和懸臂板以減少主動壓力，安裝一行或數行特殊的拉條系固設備，更換岸牆前方的土壤以增加被動力，在被动壓力區域內打下排樁，或加荷載于被动柱體等。

本書將對減少河海岸牆建築物上和各式擋土牆上（用于船閘、船塢、鐵路引橋等建築物上）的主動力和增加其上的被動力的各種習用方法和值得推薦的方法作一探討。

本書包括性質不同的兩篇。

第一篇說明更換土壤以減少主動荷載的問題，即將岸牆和擋土牆所擋住的內阻角較小的土壤換以內阻角較大的粗砂（ $\varphi=30^{\circ}\sim 35^{\circ}$ ）或拋石（ $\varphi=45^{\circ}$ ）。

第一篇全部闡明這一問題，因為這一減少主動力的方法流傳得非常廣泛，在建築各種建築物時都可採用。

雖然此一減少主動力的方法流傳很廣，但直到目前為止，在技術書籍中對這一問題尚無十分明確的闡述。

因此本書第一篇將說明有關特种填石的設計和施工問題，敘述習用的計算方法，論證我們所推薦的計算方法，並對確定合理的填石式樣的方法有所建議。

第一篇所述各問題都以重力式岸牆的設計和施工為對象，因為在此種建築物中填石的應用最廣。

在其他建築物中，例如鋼板樁岸牆中，填石的採用問題將在本書第二篇中討論。

本書第二篇將闡明建造水工建築物時所用錨碇式鋼板樁岸牆的工程設計方法。和第一篇相同，合理設計此種建築物的條件基本上是分析和說明減少主動力（推動力）、改變其作用點和方向、增加被動抵抗力的結構方法。

我們將主要討論錨碇式板樁牆，因為在近年來此種式樣的建築物採用很廣，一般認為是擋土水工建築物的最經濟式樣，可以在短期內完工，並且不需要複雜的施工設備。

在一般建築實踐中，只在能保證板樁的必要入土深度以使建築物獲得適當的強度和穩度時，才採用鋼板樁岸牆。

假使板樁不能達到必要的入土深度，此種岸牆的穩度便無保證，因此不可採用。

在水利建設（特別是海港建設）的實際工作中，常常遇到板樁不能打入預定深度的情形，但是從造價，建造期限和施工簡單等觀點來看，鋼板樁建築的效率甚高，所以在這種場合，關於鋼板樁採用問題的合理解決辦法便具有重大意義。

在本書後面部分將研究在板樁入土深度受到限制（或不可能打入）時如何改變岸牆上的力和荷載，以便使用此種岸牆的問題。

第二篇包括兩部分：

第一部分將分析在入土深度受到限制的條件下（或者不可能打入）保證採用板樁牆的可能性的各項措施。

此種措施基本上可歸納為六種影響板樁岸牆上所承受的力和荷載的方法。

1. 設法減小填方的主動壓力係數（更換填方材料）以減少主動荷載。

2. 面牆採用特殊的拉條設備。

3. 將主動荷載傳至特殊的減載混凝土方塊、木籠、圓柱以減

少牆上的主動荷載。

4. 增加被動力以減少板樁的彎矩和入土深度。

5. 採用減載板和減載平台以減少上加荷載，因此也就減少了板樁的彎矩和入土深度。

6. 板樁完全不能打入基礎中時，利用鋼板樁的措施。

研究這些措施就在於尋求構造上（用圖）和計算步驟上的相當解決辦法。

有關計算步驟問題只是作一初步介紹性質的論述。

第二部分將對各種解決方法作一圖說，並附以必要的結論和建議。

第一篇 減少重力式水工建築物上的 主動荷載的措施

§1. 水工建築物上所受作用力的單位值

作用在建築物上的力有些是經常性的，有些是臨時性的或者很少作用的。就作用力對建築物的強度和穩度的影響而論，建築物上各種力相互間也有很大的區別。有些是有決定意義的——它們決定了建築物的尺寸和體積；而另一些却是無足輕重的，如果把它們略而不計，對建築物的結構和體積並無任何重大改變。

因此，普通在設計時，主要是注意某些力和荷載，這些力和荷載的大小在建築物使用期間佔着主要地位。

作用在岸壁和擋土牆上的這些荷載有：主動荷載——填土作用在牆上的主動壓力，建築物的自重，建築物使用時的上加荷載；被動荷載——土壤對滑動的阻力和建築物基礎上的摩阻力。

為了說明上述各點，我們試看一重力式岸牆的例子，它的自重保證了它的穩度。

試用下列數據設計一岸牆，牆後並無任何人工減少牆上荷載的措施。

牆前水深 $H=10$ 公尺；牆頂出水高度 $h=2.5$ 公尺；岸上活載——5 噸/平方公尺。水面以上土壤單位容重 $\gamma=1.8$ 噸/立方公尺，內阻角 $\varphi=30^\circ$ ，水面以下土壤單位容重 $\gamma_1=1.0$ 噸/立方公尺， $\varphi=22^\circ$ （基礎中與此相同）。

牆身用混凝土做成，水面以上單位容重 $\gamma_0=2.40$ 噸/立方公尺，水面以下 $\gamma'_0=1.40$ 噸/立方公尺（圖 1）。

建築物的穩定系数:

在計算建築物沿基礎面滑动时, 应为:

$$K_{CK} \geq 1.30$$

在計算建築物連同基礎土壤一起滑动时 (土壤挤动)

$$K_B \geq 1.25$$

此处对主动土压力的計算不予詳列, 所求得的牆身和主动土压力分布圖如圖所示, 并注明荷載数字。

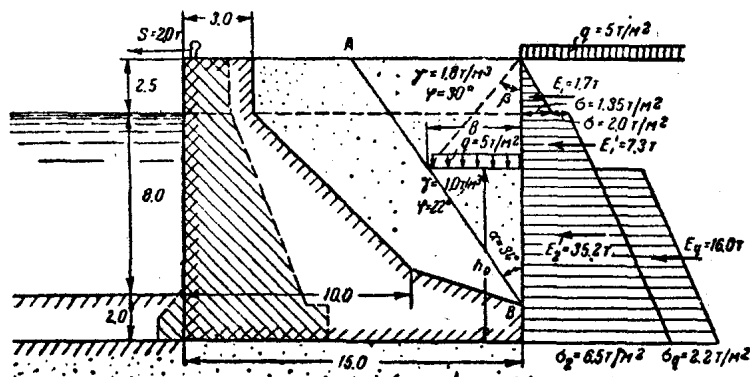


圖1 岸牆計算圖

有关主动土压力分布圖的繪制和荷載大小的決定可利用著者的“水工建築物計算中土推力的決定方法”^①中所述的計算方法 (本題用該書計算圖3)。

計算时假定在土壤中形成一內滑动面 AB。这滑动面作为牆的計算边綫 (圖1)。

水平力	百分比
由于土壤自重而產生的主动土压力 $E_r = 44.2$ 吨	 71.0
由于活載而產生的主动土压力 $E_q = 16.0$ 吨	 25.7
纜繩拉力 $S = 2.0$ 吨	 3.3

总 計 $\Sigma E = 62.2$ 吨

① Г.А. дуброва Методы определения распорного давления грунта при расчете гидротехнических сооружений, изд « Морской транспорт » М.-Л. 1947.

垂直力

百分比

牆身混凝土体積为95立方公尺

混凝土重

$$Q_6 = 141.0 \text{ 吨 } 49.7$$

填土重

$$Q_r = 118.0 \text{ 吨 } 41.7$$

由于荷載而產生的主动土压力的垂直分力 $q = 24.5 \text{ 吨 } 8.6$

总 計 $\Sigma Q = 283.5 \text{ 吨}$

这些数字說明了牆的大小和体積完全决定于主动土压力的大小。

圖 1 所示的岸牆虽然很大，但是它的穩度指标却并不寬裕。

建築物沿基礎面滑动的穩定系数：

$$K_{cx} = \frac{\Sigma Q \times f}{\Sigma E} = \frac{283.5 \times 0.30}{62.2} = \frac{85}{62.2} = 1.36$$

建築物連同基礎土壤一起滑动的穩定系数（根据沿着曲折滑动面滑动的計算）：

沒有基礎加深度时（ $h=0$ ）

$$K_B = \frac{47.0}{62.2} = 0.76$$

有基礎加深度 $h=2.0$ 公尺时

$$K_B = \frac{77.0}{62.2} = 1.24$$

这說明了虽然建築物十分巨大，但是如果直接放在土壤上面，它是完全不穩定的，如果將基礎在土壤中挖深 2.0 公尺也只勉强符合規定的穩定安全度。

在实际港埠建設工作中，如果要建築得相当合理而又經濟，則建築物的一般大小应如圖 1 中虛綫及影綫部分所示。

这些岸牆的体積一般为 45~50 立方公尺，比上例所示的断面大約要小一半。

岸牆混凝土体積之所以能大大減少是由于采用各种減輕荷載的設施所致。

这些設施的經濟效果視減載設施应用的合理性、何種式樣、混凝土工程的价格和用來減輕建築物荷載的材料的价格而定。

在实际水利建設工作（特别是海港建設）中，可以采用下列办法作为減載措施：

1) 在牆后堆填內阻角較大的物料。

石料減載填方应用得特別廣泛，一般認為是減輕牆上土壤主动荷載的基本方法。

2) 設置特殊的屏障、排椿和減載平台等以減輕土壤压力。

3) 設置錨錠拉条以承受水平荷載，減輕岸牆上同样大小的水平荷載。

4) 使牆身断面具有特殊的結構式樣和外形，減輕建築物上的主动荷載或者改变这些力的方向，使它們对建築物的穩度更为有利。

5) 采用不同的措施，影响土壤的結構性質或防止在建築物的基礎中形成最不利的滑动面和滑动柱体。

在本書中，对上列措施中的第一种——采用石料減載填方將作比較詳盡的闡述。

§2. 石料減載填方

(1) 填方的作用条件、式樣和特征

利用石料填方堆置在牆后面以減輕主动土压力，它的基本原理是在破坏柱体範圍內用內阻角較大的石料（內阻角为 φ_k ）代替內阻角較小的土壤（ φ_r ）。

換去的土壤的內阻角愈小，这方法的效用愈顯著。

將牆背为垂直、牆后填方頂面为水平的岸牆上所受的主动土压力 E_r 和石压力 E_k 的值比較一下，可以看出这一替換的效率大小。

在这簡單的場合，牆上所受的土压力可以用下列公式計算

$$E = \frac{\gamma H^2}{2} \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2) \quad (1)$$

石料的內阻角 $\varphi_K=45^\circ$ ，填土的內阻角 φ_r 一般在 10° 到 45° 之間。

在 φ_r 角的值不同（从 10° 到 45° ）时，我們求得下式关系，如图2曲线所示：

$$\frac{E_r}{E_K} = \frac{0.5\gamma_r H^2 \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi_r/2)}{0.5\gamma_K H^2 \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi_K/2)} \quad (2)$$

从圖中可以看出， $\varphi_r=10^\circ$ 的劣質土壤如果在全部高度內用石料替換后，牆上所承受的主动压力可以減小3/4， $\varphi_r=35^\circ$ 的良好沙土如果用石料替換后，压力減小36%。

普通在港埠建設中，新築岸牆后面的溝槽大都用水下挖起的淤泥填实。

这种土壤有各种不同的性質，一般都是十分潮湿的粉土及淤泥沉澱層，內阻角为 $12\sim 15^\circ$ 。

因此在港埠中，填石的应用十分廣泛，很久以前已經用作減載措施。

在个别場合，填沙也可作为減載的一种方法，但是填沙（如图2所示）的效益很小。例如在同样的場合下用填石替換內阻角为 $15\sim 25^\circ$ 的土壤可以減小压力3/5 $\sim$ 5/7，用填沙只能減小牆身压力1/5 $\sim$ 3/7。

上述減載填方的效率只是在牆后整个溝槽中直到牆頂都用石

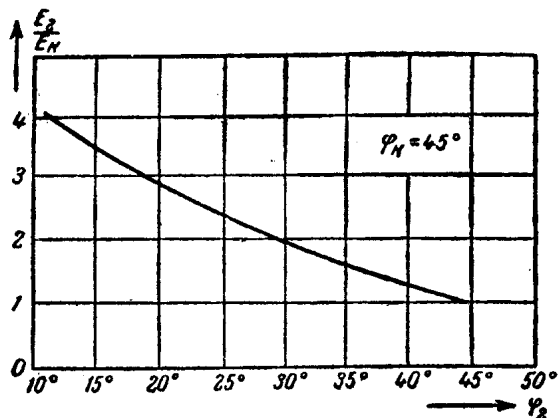


圖2 填石效率 $\left(\frac{E_r}{E_K}\right)$ 和土壤內阻角 (φ_r) 的关系圖

料或沙填实，計算时全部破坏柱体都在人工填方內时，方會發生。

实际上，为了更適当地利用石料作为減載材料，并且为了減少牆后的拋石数量，填方有各种各样的形狀。

圖 3 所示的五种填石式样在港埠建設中都很实用。

有一种場合破坏柱体完全位于填石的範圍內（如 θ 式），另一些場合只是滑动柱体的下面部分在填石範圍內，其他上面部分仍旧在土壤內（ a 式与 ι 式）。

所築填石的效果随着这些情况而改变。

a 式填方的效果最差，它的效率很小，只 $\frac{E_r}{E_k} = 1.30$ 。

这种填方式样的优点是所用石料数量不大（每公尺牆高需石方約 3 立方公尺），而且工作十分簡單。

这种古老的填石式样曾經为有些著作如紐倍克教授所著的 1895 年出版的“港埠建築物”所推荐。

就是在現代，因为这种式样施工簡單，需用石料数量較小，应用仍很廣泛。

ι 式和 a 式相似，所不同的是填石下面部分的一边支放在溝槽的斜坡上。

在苏联 6 式和 θ 式的填石流傳很廣，这些式样的特点是上戙伸展得寬些（戙台 a ），填石的下面部分做成反坡。

反坡在这里截去了填石中不起作用和需要的部分。

6 式的效率大致可以用系数 $\frac{E_r}{E_k} = 1.60$ 、填石体積 V 和牆高 H 之比 $\frac{V}{H} = 4.2$ 來說明。

和 a 式比較，填石效率 $\left(\frac{E_r}{E_k} \right)$ 增加了 30%，同时所需填石数量也增加了很多（約 50%）。

θ 式基本上和 6 式相同，但比 6 式更为完善。

在这里，做成反坡的下面部分的形狀適合溝槽的形狀，在柱

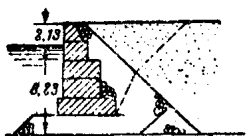
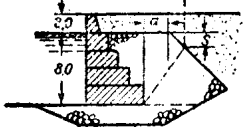
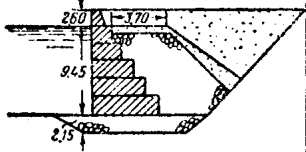
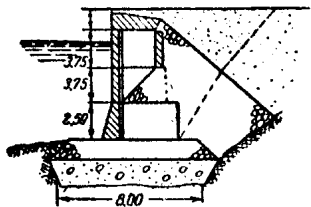
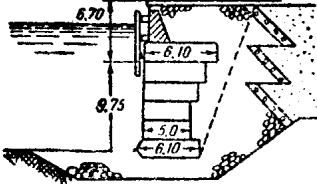
建筑物型式	填石 体积 V_{H3}	建筑物 高度 H_H	体积比 高度 $\frac{V}{H}$	$\frac{E_{20}}{E_H}$
a) 	30.0	10.36	2.9 + 戲台	$\frac{30}{2.4}$ (125)
b) 	42.0	10.00	4.2	$\frac{36}{21.2}$ (160)
c) 	65.0	12.00	5.4	$\frac{39.2}{21.8}$ (182)
d) 	48.0	10.30	4.6	$\frac{30}{2.0}$ (150)
e) 	145.0	16.50	8.8	$\frac{0.49}{0.17}$ (2.9)
b) $\frac{\lambda_2}{\lambda_H}$ 当 $\varphi_2 = 20^\circ$ 及 $\varphi_H = 4.5^\circ$				

圖3 用于港埠建設中的填石式样

体的坡面上再鋪放一層較細的石料，以防止土壤漏入填石的空隙中去。

这种式样的填石的效率大致可用系数 $\frac{E_r}{E_k} = 1.70 \sim 1.80$ 来表示（比 δ 式稍大些）。由于鋪放倒滤层，石料費用大大增加了。

∂ 式最为有效（根据 $\frac{E_r}{E_k}$ 比）。

在这里减載效率 $\frac{E_r}{E_k} = 2.9$ ，近乎充分發揮。但是在圖中所示的特殊場合中填方所需的石料数量却很大，可以用 $\frac{V}{H} = 8.8$ 的龐大比数表示之。

圖4 是三种典型填石式样，圖中所示牆身所受填方主动压力的分布圖清楚地解釋了这几种填石效率不同的原因。

在該圖中，較密影綫所表示的压力圖面積就是因为有了減載填石設施而使牆上所受主动压力減小的数量（ $E_r - E_k$ ）。

可以看出 a 式的（ $E_r - E_k$ ）值最小， ∂ 式的最大。

直到現在，对如何設計在技術上合理的及經濟上合算的減

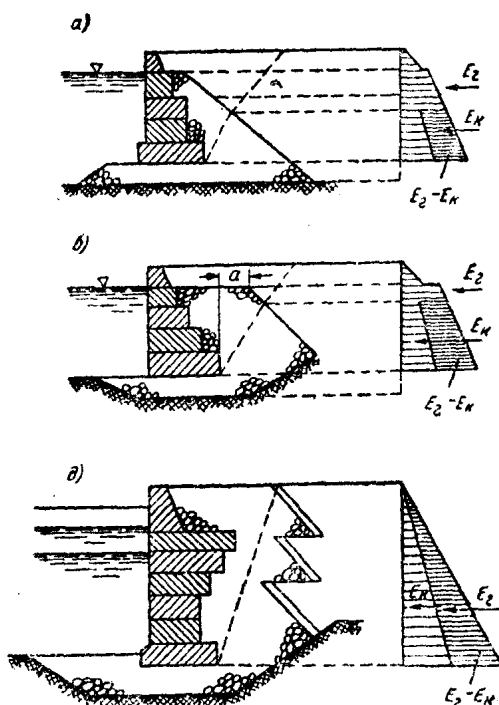


圖4 填石式样和牆上主动土石压力分布圖