

水利工程中的擋土牆

A. M. 依維揚斯基 著

水利出版社

目 錄

第一章 擋土牆的構造	(1)
1. 概 論	(1)
2. 擋土牆的材料	(6)
3. 擋土牆的型式	(7)
a) 干砌毛石擋土牆	(7)
б) 混凝土擋土牆和漿砌石擋土牆	(9)
в) 鋼筋混凝土擋土牆	(12)
第二章 作用在擋土牆上的力的確定	(24)
1. 概 論	(24)
2. 確定擋土牆上的土壓力的實用方法	(25)
a) 松散體的極限平衡理論的基本原理	(25)
б) 確定土壓力的圖解法	(27)
в) 確定土壓力及其力臂的解析法	(28)
г) 用表確定擋土牆上的土壓力及其力臂	(37)
д) 全壓力圖和壓力強度圖	(61)
е) 當滑裂體上有均布的臨時荷載時土壓力圖解法的应用	(64)
ж) 當為折綫形的牆面時土壓力圖解法的应用	(65)
з) 松散體的被動壓力(抗力)	(65)
и) 水對於土壓力大小的影响	(66)
3. 在地震區域的擋土牆的計算特点	(68)
第三章 擋土牆的計算	(71)
1. 擋土牆穩定性的驗算	(71)
a) 抗傾穩定性的驗算	(71)
б) 抗滑穩定性的驗算	(72)
2. 底板下地基壓力的驗算	(73)
3. 擋土牆的強度計算	(74)

4. 擋土牆底板尺寸的解析法	(81)
第四章 板樁牆	(86)
1. 概 論	(86)
2. 板樁牆的構造	(87)
a) 木板樁牆	(87)
b) 鋼板樁牆	(89)
b) 鋼筋混凝土板樁牆	(89)
3. 板樁牆的計算	(90)
a) 自由式板樁牆在水平集中力作用下的穩定和強度	(90)
b) 自由式板樁牆在土壓力作用下的穩定和強度	(92)
b) 錨著式板樁牆的計算	(97)
第五章 擋土牆的計算和設計的舉例	(103)
1. 混凝土擋土牆	(103)
2. 角鋼形無扶壁式鋼筋混凝土擋土牆	(108)
3. 角鋼形扶壁式鋼筋混凝土擋土牆	(117)
4. 迭框型擋土牆	(139)
5. 自由式鋼板樁牆	(143)
6. 非嵌固的錨著式板樁牆	(146)
7. 嵌固的錨著式板樁牆	(151)
附錄 在設計水工建築物的混凝土和鋼筋混凝土結構時所需的	
基本知識	(157)
I. 材 料	(157)
II. 混凝土結構	(161)
III. 鋼筋混凝土結構	(162)
IV. 少筋混凝土結構	(163)
V. 關於構造方面的指示	(164)
參考文獻	(166)
中俄文技術名詞對照表	(168)

第一章 擋土牆的構造

1. 概 論

擋土牆是一種最普遍的工程結構，廣泛应用于道路建設中，民用建設中，工業建設中，而特別是水工建設中。在水工建築中，擋土牆建造在這樣的場合下，當襯砌河川樞紐、泄水建築物和進水建築物的河岸時。此外，它常常作為陡坡和消力池的壁牆。在壓力池中，人造的日調節池中，以及引水渠和泄水渠中，同樣地要遇到擋土牆。在所有這些情況下，擋土牆都為水工建築物的一部分，或包括在水利樞紐的組成中。

擋土牆可以分為：

a) 按照材料的種類——石造的（干砌毛石的或漿砌石的），混凝土的和鋼筋混凝土的；

б) 按照構造——大體積的（石造的和混凝土的），板式的，角鋼形的和疊樞式的（鋼筋混凝土的）；

в) 按照施工的性質——整體的和裝配的。

當能就地取材時，對於低的擋土牆，採用漂礫石，毛石和磚是適宜的；對於高的和中等的擋土牆，最好採用混凝土和鋼筋混凝土的結構。

在圖 318~326 上示出了某些水工建築物，擋土牆是它們的不可缺少的部分。

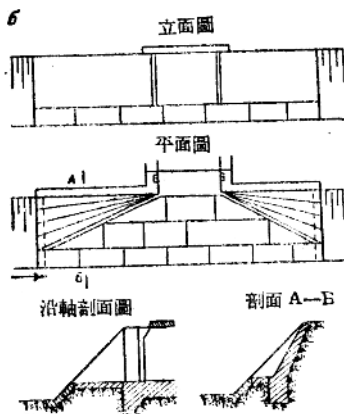
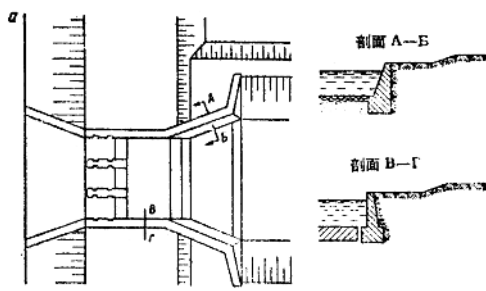


圖318 進水閘和閘的斜面型進口
a—進水閘；б—閘的斜面型進口。

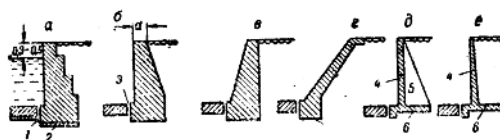


圖319 跌水和陡坡的邊牆構造

a—漿砌石；б—混凝土的（背面傾斜）；в—混凝土的（正面傾斜）；г—混凝土的（斜坡形）；л—角鋼形扶壁式鋼筋混凝土的；e—角鋼形無扶壁式鋼筋混凝土的。1—反濾層；2—混凝土墊層；3—縱縫；4—垂直板；5—扶壁；6—水平板。

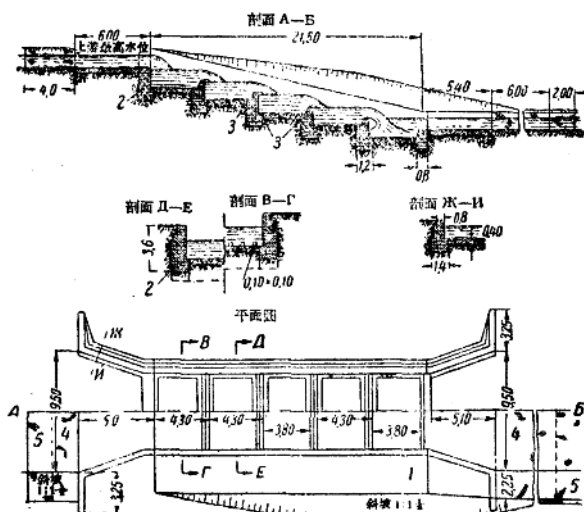


圖320 有漿砌石擋土牆的多級跌水

1—跌道；2—水泥漿砌毛石；3—構造縫；4—灰層鋪石；5—單層鋪石。

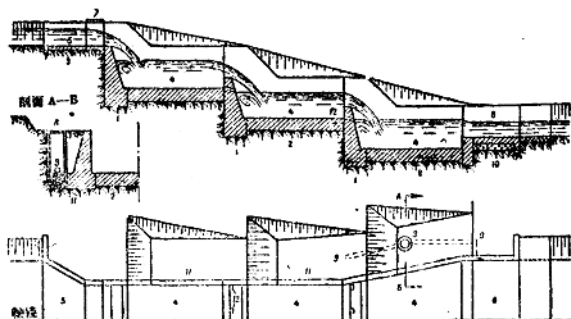


圖321 有混凝土擋土牆的多級跌水

1—跌牆；2—跌水护底；3—鋪蓋；4—消力池；5—進口；6—出口；7—便橋；8—观测井；9—排水管；10—反濾層；11—縱牆；12—排水孔。

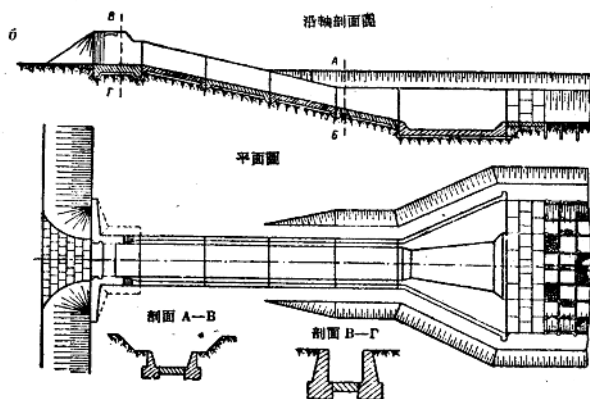


圖323 (續)

圖 318a 为進水閘，而圖 318b 为閘的斜面型進口。擋土牆都是这些建筑物的主要部分。

在跌水的構造(圖 319~322)和陡坡的構造(圖 323)中，擋土牆是不可缺少的成分。

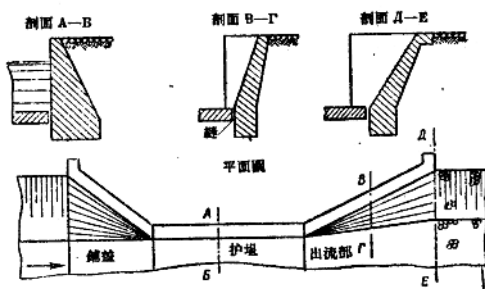


圖324 軟土上的邊墩

在圖 320 上所舉出的跌水，其擋土牆是由漿砌石做成的，圖 321 的——由混凝土做成，而圖 322 的——由鋼筋混凝土做成。

圖 323a 為有漿砌石擋土牆的陡坡，而圖 323b 為有混凝土擋土牆的陡坡。

在軟土的情況下，連接壩身和河岸的邊墩亦是具有各種正面傾角和背面傾角的擋土牆（圖 324）。

沉沙池的壁亦是擋土牆（圖 325）。山坡水槽的壁也常常為擋土牆（圖 326）。

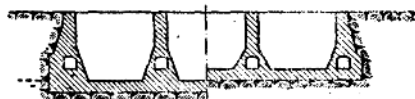


圖 325 三廂混凝土沉沙池

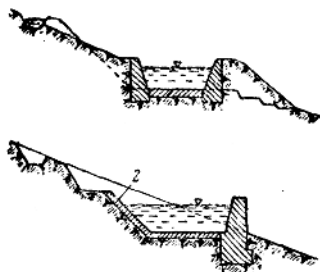


圖 326 土坡上的水槽

1—土坡截水槽；2—護面。

2. 擋土牆的材料

應用於建造擋土牆的石塊，應該具有不小於 300 公斤/平方公分的受壓極限強度，應該是均勻的構造，沒有裂縫，不會風化，且有抗凍性。當凹槽的總面積不大於石面的 60% 時，石塊的表面不應具有深度大於 2 公分的凹槽。

未經表面處理的漂礫石，不得應用於毛石砌體，亦不得應用於毛石混凝土砌體。

在完全飽和的情況下，吸水率不應大於在乾燥狀態下的石重的 6%。

被水飽和的石塊，應能經受 15 次的凍（達 -15° ）融循環，而無破壞的跡象和原始強度的損失。

在水工建筑的擋土牆中，磚應該符合 TY24-106—46 “磚的水工建築物。水工粘土磚的技術規範”的要求。

对于混凝土和鋼筋混凝土的擋土牆，采用天然的石英砂和長石砂，或由堅固而結實的岩石用人工制成的粒度在 5 公厘以下的砂。使用礫石，或軋碎結實的岩石而得的碎石，或兩者的混合體作為粗骨料。粗骨料的粒度取自 5 至 150 公厘。

采用符合于國定全蘇標準的相應要求的波特蘭水泥，火山灰波特蘭水泥，礦渣波特蘭水泥和砂質火山灰波特蘭水泥作為膠結材料。水泥的選擇應按照 ГОСТ 4796—49 “水工混凝土。環境水侵蝕性的特征和標準”的指示，而考慮到環境水的侵蝕性。

对于毛石砌體的水泥砂漿，一般采用 80 號。对于較大體積的砌體，如果沒有侵蝕水，允許采用 50 號的砂漿。

水工擋土牆所用的混凝土應采用水工混凝土，並应符合 ГОСТ 4795—53、4796—49~4801—49。

对于混凝土和少筋混凝土的擋土牆，ГОСТ 4286—48（混凝土和鋼筋混凝土水工建築物的結構）建議采用 90、110、140、170、200 和 250 號混凝土，而对于鋼筋混凝土的擋土牆，則采用 110、140、170、200、250 和 300 號混凝土。

在大體積的混凝土中，允許含有個別的毛石，其總體積在全部砌體體積的 20% 以下（毛石混凝土）。

3. 擋土牆的型式

a) 干砌毛石擋土牆

干砌毛石擋土牆系用片石鋪設成有規則的錯縫，并用碎石加以精細地填塞而造成。當沒有動荷載時，擋土牆的頂部的厚度採取不小于 1 公尺；當有動荷載時，擋土牆的厚度是很大的。

在圖 327a 上，示出了當填土高度為 4 公尺時的具有垂直側面

的公路擋土牆的橫剖面（根據全蘇格魯吉亞道路設計公司的定型設計）。

為了提高抗滑的穩定性，使底板的底部具有反坡（在 15° 以下）。擋土牆的上部（在圖上用斜綫表示的）用漿砌體做成。

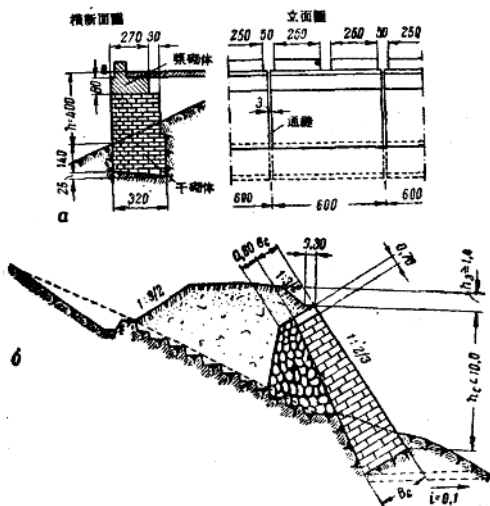


圖327 干砌石擋土牆

a—兩側邊為垂直的；b—兩側邊為傾斜的。

擋土牆常常建為向填土方面傾斜（圖 327b）。這時擋土牆獲得較大的傾復穩定性。此外，亦減少了水平土壓力。

傾斜擋土牆的大約尺寸可取為：

$$\text{頂部寬度 } b_c = 1.20 + \frac{h_a}{5},$$

$$\text{底部寬度 } B_c = b_c + \frac{h_c}{5},$$

式中 h_a ——擋土牆以上的填土高度（公尺）；

h_c ——擋土牆的高度（公尺）。

為了保證傾斜擋土牆在建築時期的穩定性，將它的內面靠在預先堆筑的礫石堆或碎石堆的石體上。

干砌塊石擋土牆需要大量的石料，因而僅在有便宜的當地材料時才可建造。

6) 混凝土擋土牆和漿砌石擋土牆

漿砌石擋土牆由毛石建成。取用水泥砂漿作為膠結材料。

這種牆的厚度比干砌擋土牆要小得多，但仍然是相當大的（不少於75公分）。在決定牆的厚度時，允許在牆的砌體中產生不大的拉應力。

漿砌石擋土牆的一般形狀可見圖328。圖328a所示的擋土牆具有傾斜的正面，這可大大地增加傾覆的穩定性。

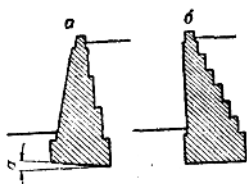


圖328 漿砌石擋土牆

a—正面傾斜的；b—正面垂直的。

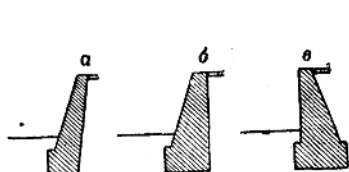


圖329 混凝土擋土牆

a—正面和背面均為傾斜的；b—正面傾斜和背面垂直的；b—正面垂直和背面傾斜的。

擋土牆的背面做成有階梯的。處在階梯上的土造成了支持擋土牆抵抗傾覆的力矩，此外，亦增加了牆底的垂直壓力，因而就提高了它的滑動穩定性。使底板的底部具有反坡，同樣是為了提高滑動的穩定性。

在圖328b上，示出有垂直正面和階梯式背面的擋土牆。

在圖329上示出了混凝土擋土牆的各種型式：有傾斜正面和傾斜背面的，有傾斜正面和垂直背面的，以及有垂直正面和傾斜背面的。

在選擇漿砌石擋土牆或混凝土擋土牆的剖面時，應遵照下列原則：對於低的擋土牆，有傾斜正面的剖面或矩形的剖面是最合理的；對於中等的和高的擋土牆，宜於採用這樣的剖面，其正面和背面均向填土方面傾斜，且底板向前凸出。

擋土牆往往在不同的地段具有不同的高度。這就需要相應地改變橫斷面。自擋土牆的一種厚度到另一種厚度的過渡，是用在平面中的階梯式形狀或用相應於高度的變化而漸漸改變擋土牆的厚度的方法而實現的。

擋土牆須用永久縫沿長度分為若干段。

對於水工建築的擋土牆，永久縫應具有可以修理的止水。這種縫的間距是按照建築物的尺寸，混凝土的標號，氣候的條件，所需相互變位的自由程度，和建築物的地基性質等而採取的。對於混凝土擋土牆，按照 ГССТ 4286—48，縫的間距應不大於 15 公尺。

對於民用建築和工業建築的擋土牆，按照 1954 年的“建築標準和規程”（СН и П 54，II—БЗ и II—Б2），永久縫的間距不應超過：對於混凝土擋土牆為 10 公尺，而對於石造的擋土牆，按照計算的外界溫度和砂漿的標號，為 25~100 公尺。

在不利的地質條件下，特別是在有可能發生不均勻沉陷時，必須沿著擋土牆的長度設立沉陷縫，以將擋土牆分為長度不大於 10~15 公尺的各個段。

布置在不同土上的或具有不同基礎深度的各擋土牆段，必須用永久縫分開。

在建造水工建築的擋土牆時，為了減小水平壓力，常常設立牆後排水，借此以取消擋土牆上的滲透水壓力（見圖 321）。

在工業建設和道路建設的擋土牆中，為了排走其後面的積水，常常設立尺寸不少於 15 × 15 公分的排水漏斗（沿擋土牆的長度大約每隔 3 公尺）。

使擋土牆的橫斷面具有相應於壓力曲線形狀的合理剖面，可使石造的擋土牆或混凝土擋土牆的體積減少。

梯形的，近似于梯形的和由实际上亦是梯形的各部分組合成的擋土牆，應該認為是混凝土擋土牆橫斷面的實用形式。

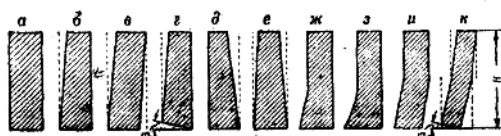


圖 330 混凝土擋土牆橫斷面的類型

對於各種最簡單形狀的擋土牆（圖 330a~e）的初步經濟比較，可以利用列在表 1 中的資料，在編制該表時，採取了：

1) 土體頂部限于水平面，而在側面由高度為 H 的擋土牆所支持；

2) 土的內摩擦角 $\varphi = 35^\circ$ ；

3) 土的容重和擋土牆砌體的容重的比值等於 0.8。

按照這些資料算出土壓力，然後確定擋土牆在底部的厚度，並最後求出橫斷面的面積。

由表 1 可以看出，形式 Γ 在實用上是最有利的，這種形式相當於有傾斜砌縫和正面填土方面傾斜的擋土牆。形式 Δ 是最不利的。在比較形式 ж 、 з 、 и 、 к （在表中沒有列出的）和形式 Γ 時，得知當這些形式的擋土牆有相等的穩定程度和相同的其他條件時，形式 ж 和 з 較形式 Γ 需要稍多一些的砌體體積，在形式 и 和 к ——稍少一些的體積。

當擋土牆的尺寸很大時，為了減少材料的用量，有時採用有支墩擋土牆。

這時，大量地節省了支墩間的砌體。在圖 331 a 上示出了有支墩的混凝土擋土牆。

採用分荷台（圖 331б），同樣地可以獲得砌體的大量節省，這種分荷台減小了擋土牆上的土壓力，且提高了抵抗力矩（分荷力矩）的作用點（見下面“鋼筋混凝土擋土牆”）。

表 1 混凝土擋土牆橫斷面的基本指數[●]

擋土牆橫斷面的形式	側面的坡度		擋土牆在底部的厚度	橫斷面的面積	相對面積
	正面	背面			
a	—	—	$0.380 H$	$0.380 H^2$	1.000
б	1:10	—	$0.365 H$	$0.315 H^2$	0.829
	1:5	—	$0.367 H$	$0.267 H^2$	0.703
в	1:10	1:10	$0.279 H$	$0.279 H^2$	0.734
	1:5	1:10	$0.287 H$	$0.237 H^2$	0.624
г	1:5	—	$0.342 H$	$0.237 H^2$	0.624
	1:5	1:10	$0.270 H$	$0.220 H^2$	0.579
д	—	1:10	$0.461 H$	$0.411 H^2$	1.082
	—	1:5	$0.530 H$	$0.430 H^2$	1.132
е	1:10	1:10	$0.441 H$	$0.341 H^2$	0.897

注: $\beta = 11^\circ 19'$ 。

б) 鋼筋混凝土擋土牆

鋼筋混凝土擋土牆的斷面尺寸較混凝土擋土牆的要小得多。

為了使在混凝土收縮和溫度變化的影響下能安全變形，在鋼筋混凝土擋土牆中，應設置溫度收縮縫。這種縫的最大間距應不大於25公尺。

按照構造，鋼筋混凝土擋土牆可以分為三種主要的型式：

a) 有石支墩或混凝土支墩的板式擋土牆；

б) 角鋼形扶壁式和無扶壁式擋土牆；

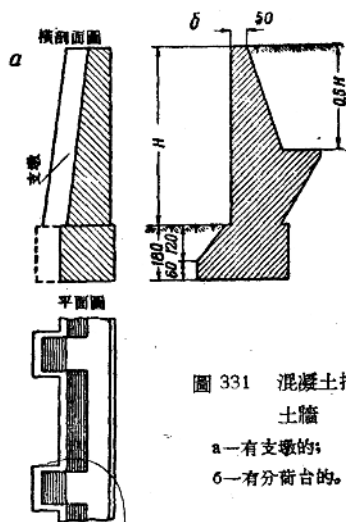


圖 331 混凝土擋土牆

a—有支墩的；

б—有扶壁的。

● 取自蘇聯電站部的水工建築物的設計技術規範和標準。牆土牆 (TY 16—51)。

Б) 裝配式擋土牆。

板式擋土牆 板式擋土牆由大體積支墩和蓋住支墩至支墩的空間的鋼筋混凝土板所組成（圖 332）。

土壓力由板承受并傳遞到支墩上。板可為單跨的（圖 332a），或為連續多跨的（圖 332б）。鋼筋混凝土板的受力鋼筋沿水平布置，而分布鋼筋——垂直布置。因為土壓力向擋土牆的下面漸漸增加，所以或沿高度改變板的厚度，或在擋土牆的下面採用大于上面的鋼筋百分率。

因為全部水平土壓力都應由支墩承受，所以使得支墩的尺寸很大。因而板式擋土牆僅在所擋的土體不很高時才可採用。

角鋼形擋土牆 角鋼形擋土牆得到廣泛的採用。借牆內水平板上的土重，而使這種結構能夠造成抵抗力矩。這種擋土牆是簡易和便宜的。

角鋼形擋土牆可以建為無扶壁式的（圖 333），亦可建為扶壁式的（圖 337）。

在無扶壁式擋土牆中，垂直板和水平板都像懸臂一樣起受彎的作用。

在垂直牆中，拉應力將發生在內面，因此由垂直筋組成的受力鋼筋布置在牆的內面。在水平板中，對於外面部分，拉應力將發生在下面，而對於內面部分，則發生在上面（見角鋼形擋土牆的計算）。因而在水平板的外面部分，受力鋼筋應相應地布置在下面，而在內面部分，則布置在上面。受力鋼筋與沿着擋土牆布置的分布鋼筋相結。

受力鋼筋通常由單獨的直筋所組成（圖 333a）。有時採用整根的受力鋼筋，既穿過垂直板，亦穿過水平板（圖 333б）。按照

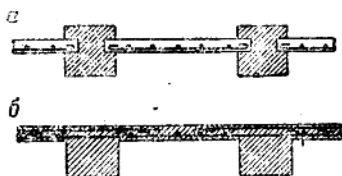


圖 332 鋼筋混凝土板式擋土牆

a—有單跨板的；б—有多跨板的。

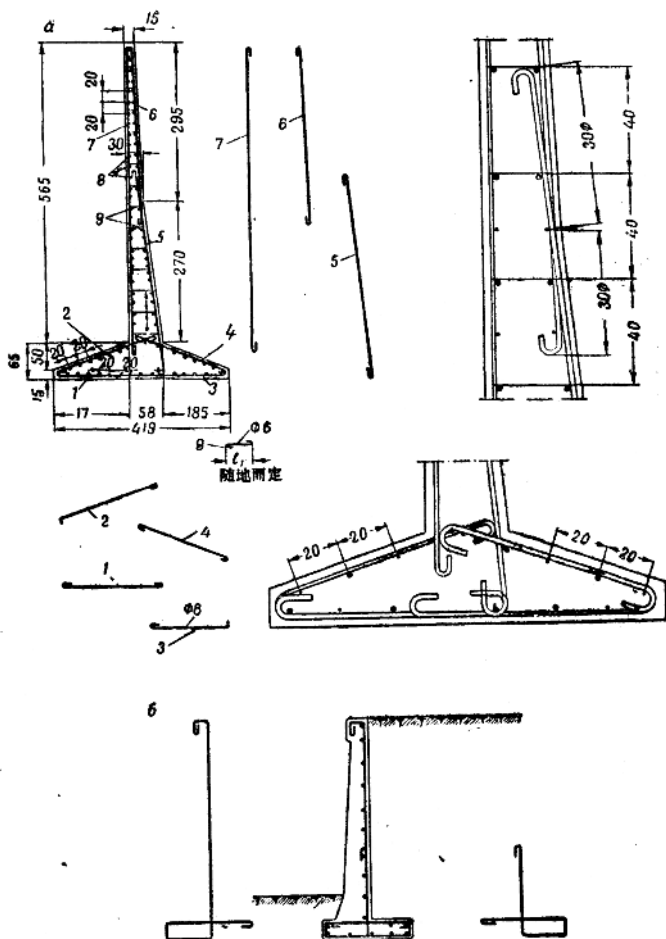


圖 333 角鋼形無扶壁式鋼筋混凝土擋土牆
a—單獨配筋的；6—整體配筋的。