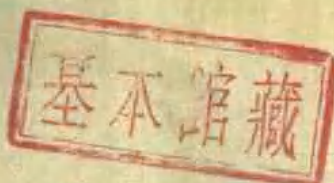


13071



鋼 鉚 樁 工 程

H. M. 索 可 羅 夫 著
C. A. 沙 士 可 夫 著
王 鄭 德 編 譯



人民交通出版社

552

5/4016

K.3

可
可

鋼 鉅 椿 工 程

H.M. 索可羅夫 著

C.A. 沙士可夫

王 鄭 德 編 譯

人民交通出版社

鋼板樁工程是在碼頭、護岸、突堤、圍堰、閘門、船塢邊
牆、橋墩、堤壩、鐵路、工廠以及其他建築物的人工基礎中
應用非常廣泛的先進結構形式。本書詳細介紹鋼板樁工程的
主要用途，理論計算與施工方法。

前 言

蘇聯海港工程專家 C.A. 沙士可夫，對港工工程富有經驗，來我國指導工作數年，貢獻很大。此書是他與索可羅夫合作的巨著之一，出版於1949年。書中對鋼板樁工程的理論計算及施工方法均有詳細的介紹。幾年以來，蘇聯對這方面知識更有進步。譯者隨沙士可夫專家工作，去年曾將原書第二章譯出，供港工技術研究班作為教材之用；後於業餘增譯第一、三、四章，始獲完整。現遵照原著者的指示，增添一部份內容，變動章節，彙編而成此冊。本書原名「水工建築物中鋼板樁的應用」，為使適合於中文習慣起見，易名為「鋼板樁工程」。譯者限於學識經驗，謬誤在所難免，尚請讀者指正。在編譯過程中，沐用中、姜鼎福、邱景行三位同志幫助甚多，謹此致謝。

王鄭德
一九五四年五月

目 錄

第一章 鋼板樁工程的一般知識

第一節	概說	1
第二節	鋼板樁的主要斷面形式	3
	板型板樁	6
	槽型板樁	7
	“Z”型板樁	7
	“工”字型板樁	9
	特種轉角板樁（簡稱角樁）	9
第三節	鋼板樁岸壁的結構形式	9
第四節	鋼板樁的材料	15
第五節	鋼板樁的耐久性	16

第二章 鋼板樁碼頭或岸壁工程的計算

第一節	頂端不錨繫的板樁牆計算法	19
	集中外力着力於頂端自由的板樁牆的頂端時	19
	(I) 雅苛培法	19
	(II) 彈性變形法	22
	(III) 圖解法	24
	壁後填土、頂端不錨繫的板樁牆	25
第二節	頂端錨繫的板樁牆計算法	28
	板樁牆因入土深度不同而產生的幾種情況	28
	利用雅苛培法計算入土不深、頂端錨繫的板樁牆	29
	用彈性變形法計算頂端錨繫的板樁牆	32
	用相當梁法計算頂端錨繫的板樁牆	33
第三節	土壓重分佈問題的研討	41
第四節	鋼板樁斷面模量的選擇	45
第五節	錨繫桿的計算	47
第六節	導梁的計算	47
第七節	錨碇結構的計算	48
	錨碇樁和錨碇牆的計算	48
	(I) 數解法	48
	(II) 圖解法	51
	錨碇板的計算	53

	鐵鏈支架樁的計算法	56
第八節	高樁架碼頭中鉚樁牆的計算法	57
	鉚樁牆在碼頭的前方	57
	鉚樁牆在碼頭的後方	59
第九節	算例	61
	第三章 鋼鉚樁碼頭整體滑動穩定性的驗算	
第一節	一般方法	70
第二節	簡便方法	75
	第四章 鋼鉚樁防波堤和圍堰工程	
第一節	雙面平行的鋼鉚樁牆防波堤計算法	80
第二節	格形鋼鉚樁建築物	83
	概述	83
	格形鋼鉚樁建築物的計算法	86
	第五章 鋼鉚樁承受垂直荷重能力的研究	
第一節	打樁時土壤所發生的物理現象	98
第二節	由貫入度決定鉚樁的支承力	99
第三節	鋼鉚樁係數“ n ”的決定	101
第四節	打鋼鉚樁時鉚樁連鎖間的阻力	104
第五節	鋼鉚樁底端削尖後對打樁時的阻力所生的影響	110
	第六章 鋼鉚樁的應用	
第一節	鋼鉚樁單壁式圍堰	117
第二節	鋼鉚樁燈塔基礎及靠船墩	119
第三節	用鋼鉚樁做繫船碼頭	121
第四節	鋼鉚樁防波堤	127
第五節	鋼鉚樁雙壁式圍堰	129
	第七章 鋼鉚樁工程的施工	
第一節	打鋼鉚樁的設備	131
第二節	施工組織和進行方法	131
第三節	打鉚樁時的導向設備	133
第四節	樁帽	134
第五節	打鋼鉚樁	134
第六節	錨繫結構的安裝	137
第七節	鉚樁牆背後的填土工作	140
第八節	打鋼鉚樁時的施工組織舉例	141
第九節	施工記錄	146

第一章 鋼板樁工程的一般知識

第一節 概 說

近 20~25 年以來，工程界都普遍地採用鋼板樁，尤其是在水工建築中應用得最爲廣泛。在海港工程當中幾乎所有木板樁牆，以及鋼筋混凝土版樁牆的工程，都已經由鋼板樁牆來代替了。在目前利用鋼板樁來做的工程種類有：碼頭、突堤、護岸、船塢邊牆、閘門及堤堰等。鋼板樁應用在建造臨時性的建築物，如圍堰等，以及建造鐵路的、工業的和民用的建築物的人工基礎時最爲成功。

鋼板樁之所以被廣泛地採用，是因爲它具有下列的優點：

- (1) 材料的應力強度大。
- (2) 板樁的長度可以很長(最長的可以達到 30~35 公尺)。
- (3) 可以打入爲木樁和鋼筋混凝土樁所不能打入的地層，諸如：密實的粘土層、礫石層以及風化岩層等。
- (4) 鋼板樁建築物的結構簡單而且美觀。
- (5) 施工簡單而且迅速。

因爲鋼板樁很容易被打入土中，所以打樁速度很快，同時也毋須用像打鋼筋混凝土版樁時需用之重型打樁設備。

(6) 因爲鋼板樁在打樁時不容易壞，並且打好以後也容易將它拔出來，所以在用它來建造臨時性的圍堰時可以用許多次。

(7) 在許多情況之下，鋼板樁工程的造價比用其他工程材料做類似的工程便宜些。

(8) 因爲鋼板樁是在工廠裡預製好的，所以所用材料的成份，板樁的性能，以及由鋼板樁做成板樁牆的防水性能都能够獲得保證。其中最後一個優點還不僅是用在建造防水圍堰時，使其所圍的區域內不透水；即使用在建造碼頭的岸壁牆時，它也可以使牆後的填土不致漏去，而避免港區地面發生有塌陷的危險。

(9) 鋼板樁建築物的使用年限比較長。

蘇聯在第一個斯大林五年計劃裡就已經開始用鋼板樁來做工程了。在修建莫斯科—伏爾加運河，莫斯科地下鐵道，以及建造第聶伯河上堤壩的臨時圍堰時，都曾採用過鋼板樁。

在第二次世界大戰以前和在大戰期間，蘇聯曾用鋼板樁做了許多港工建築。

蘇聯在修復德寇佔領期間所破壞的建築物時，鋼板樁應用得最多，並且其中某些工程簡直是非用鋼板樁就不能修復的。



過去鋼飯樁的應用範圍還僅限於承受側壓力的工程，現在由於鋼飯樁有了



新的式樣和斷面的改良等條件就可以使鋼鉚樁工程不僅承受側壓力並且可以承受垂直壓力，如在蘇聯的一些碼頭岸壁就是很好的例子。圖1是蘇聯某港用 MZ-38 號“Z”型鋼鉚樁重建的碼頭岸壁結構圖。圖2是黑海某港用槽型鋼鉚樁構成的碼頭岸壁圖。以上兩個碼頭的鋼鉚樁都是兼受水平壓力和垂直壓力的。

鋼飯桶工程的式樣見圖3。

在海港建築工程中利用鋼板樁構成的建築物主要的有下列幾種：

- (1) 用鋼板樁做成的直立的，或傾斜的碼頭岸壁牆。
- (2) 海上防波堤有用兩面直立鋼板樁牆其中填充塊石築成的；有用兩面鋼板樁相對傾斜築成的；有用鋼板樁圍成格形聯接而成的。
- (3) 用兩排平行的鋼板樁牆築成的圍堰；或者用鋼板樁築成的格形圍堰。

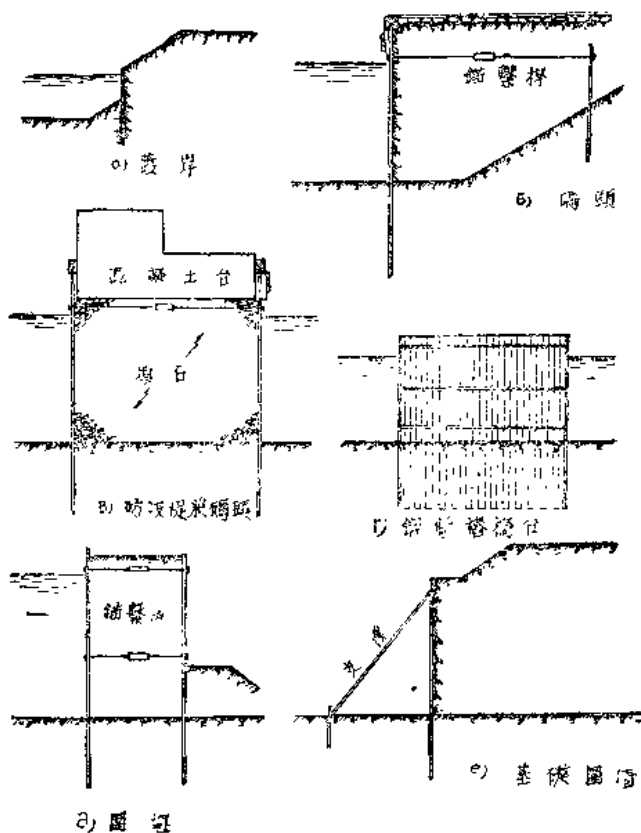


圖5 主要的鋼板樁建築物

第二節 鋼板樁的主要斷面形式

目前鋼板樁的主要斷面形式約可分為下列數種：

- (1) 板型(圖4)。
- (2) 槽型(圖5)。

(3)“Z”型(圖6)。

(4)“工”字型(圖7)。

爲了能使鋼板樁拼聯爲一體,所以每塊鋼板樁的兩側邊緣都鑄壓有連鎖,連鎖的種類很多,大致可以歸納爲下列數種:

(1)陰陽連鎖(圖46)。

(2)環型連鎖(圖46)。

(3)套型連鎖(圖56)。

(4)“工”字型連鎖(圖7)。這種連鎖插於兩塊鋼板樁之間,用這種連鎖的鋼板樁,邊緣無須鑄有連鎖,因此也就簡化了鋼板樁製造時的鑄壓手續。這種連鎖大多用之於“工”字型鋼板樁,每一“工”字型鋼板樁需用四根“工”字型連鎖。用“工”字型連鎖,在打鋼板樁牆的過程中,鋼板樁和連鎖都須個別的打,因此也就比打普通鋼板樁複雜和費時間。

沃伊科夫工廠製造的環型連鎖鋼板樁(見圖46)。捷爾任斯基工廠製造的套型連鎖槽型鋼板樁(見圖56)。

陰陽連鎖和套型連鎖的縫隙很小,這兩種連鎖是比較緊密的。

環型連鎖的縫隙比其他形式連鎖的縫隙大些。

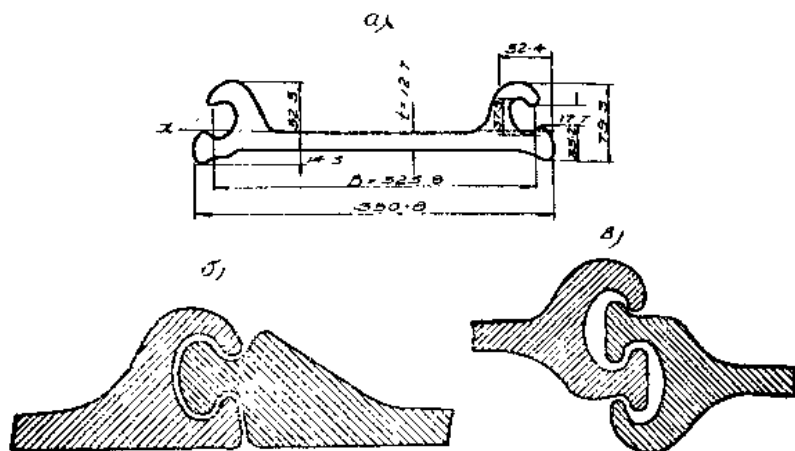


圖 1
a—板型鋼板樁 b—陰陽連鎖 c—環型連鎖

由鋼板樁組成的鋼板樁牆受力彎曲時,在緊密的連鎖裏會產生摩擦力。這種摩擦力阻止了相鄰板樁的轉動,使得板樁牆受力時所起的作用和一個整體結構

一樣。

由環型連鎖鋼板樁所組成的鋼板樁牆受力彎曲時連鎖間所產生的摩擦力是比其他較緊密的連鎖裏小些。雖然如此，但是我們認為由環型連鎖鋼板樁組成的鋼板樁牆受力時所起的作用，仍然和一個整體結構一樣。

進行打板樁牆的工作時，打陰陽連鎖或套型連鎖的鋼板樁比打環型連鎖的鋼板樁困難些。此外陰陽連鎖或套型連鎖能限制板樁間的扭動，因此可應用於建造弧形的鋼板樁結構而不致變形。

根據用一段短的鋼板樁做試驗所得的結果，可以知道，若是環型連鎖鋼板樁連鎖處能扭動 24° 角度的話，則陰陽連鎖或套型連鎖能扭動的角度不致超過 $10^\circ \sim 15^\circ$ ，可以說幾乎沒有什麼扭動。

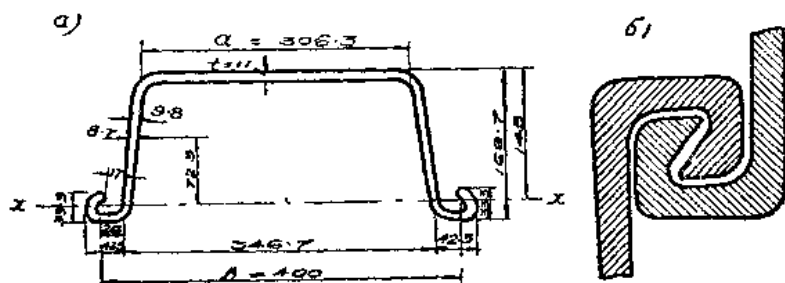


圖 5
a—環型鋼板樁 b—套型連鎖

雖然環型連鎖間的縫隙很大，然而用環型連鎖鋼板樁做成的鋼板樁牆，它的防水效能却很强。當含泥的水穿過環型連鎖時，淨水流去，水中泥砂容易沉澱在環型連鎖的縫隙裏，經過相當時日，泥砂淤塞很多就形成一緊密的防水層，所以這種連鎖的防水能力是比較大的。

環型連鎖和套型連鎖縫隙的彎曲長度比陰陽連鎖長，也就是說泥砂過濾的路程較遠，所以它的防水作用比較可靠。

用鋼板樁來做圍堰工程，要使它立時起防水作用，如果水中的含泥量並不大，此時可以在鋼板樁前的水中撒些木屑或者是篩過的炭化錫，利用它來填塞連鎖的縫隙。因為這些東西質量很輕，我們可以將它盛在吊籠裡，上面蓋上帆布或是布袋，這樣就可以使它不致立即漂浮起來。

環型連鎖鋼板樁有它一定的缺點，就是向着打樁方向的連鎖裏在打板樁時充滿了泥砂，使得打第二根板樁時發生困難。由陰陽連鎖鋼板樁組成的結構物雖

不如環型連鎖鋼板樁組成的結構物緊密，但是也沒有更大的缺點，因為打陰陽連鎖的板樁，如木質板樁，就是使板樁的凸突的一邊指向打樁的進行方向，這樣可以減少打樁工作中的許多困難。

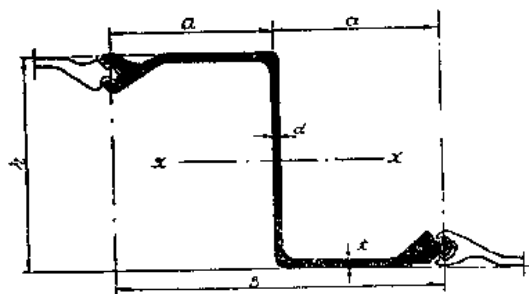


圖6 “Z”型鋼板樁

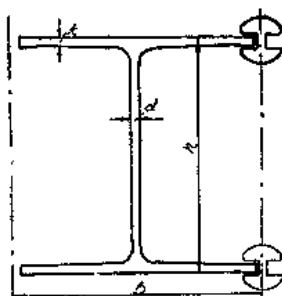


圖7 “I”字型鋼板樁

鋼 型 板 樁

鋼型板樁的斷面模量比其他形式的板樁小些。沃伊科夫工廠所出的鋼型鋼板樁(圖4a)的規格如表1。

表 1

尺寸，公厘		斷面面積 平方公分	重 量，公斤		斷面模量 w ，立方公分		每公尺長板樁牆的斷面模量與每平方公尺板樁牆重量的比值。
寬 b	厚 t		每公尺板樁	每平方公尺板樁牆	每根板樁	每公尺長板樁牆	
323.8	12.7	85.0	65.5	204.0	75.0	210.0	1.05

鋼型板樁的寬度為200~215公厘，厚度約為5公厘時，它的斷面模量在15~18立方公分範圍之內。寬度為380~400公厘，厚度約為12.5公厘時，它的斷面模量在60~70立方公分範圍之內。

鋼型板樁的斷面模量如此的小，用它做成板樁牆來承受相當大的水平力是不可能的。

鋼型板樁的用途：做堤壩及船塢等工程的土內防水牆；做格形鋼板樁工程，在這種結構裡，鋼板樁僅受拉力；做臨時性的圍堰牆，內部另外用牢固的支架撐着它。

鋼型鋼板樁的抗力大小，不僅決定於它的厚度，尤其重要的是連鎖的抗張能力。因此鋼型鋼板樁的連鎖，應該採用環型連鎖，這種連鎖的抗張能力比陰陽連鎖和套型連鎖都大些。

表 2

尺 寸, 公厘			斷面面積		重 量, 公斤		斷面模量立方公分		斷面慣性		每公尺長鋼樁牆 的斷面模量與每 平方公尺鋼樁牆 重量的比值
h	b	a	t	平方公分	每公 尺 鋼 樁 的 重 量	每平方公 尺鋼樁牆 的斷面模量	每根鋼樁 的斷面模量	每平方公 尺鋼樁牆 的斷面慣性	每平方公 尺鋼樁牆 的斷面慣性		
145.0	400.0	306.3	11.0	72.9	67.3	143.0	560.0	1400.0	20573	9.78	

鋼型鋼樁的連鎖必須很堅固,這樣在懸吊、搬運,尤其是在打鋼樁時才不致變形。

槽 型 鋼 樁

同樣斷面面積的鋼樁,槽型鋼樁的斷面模量比鋼型鋼樁的大些。

捷爾任斯基工廠所出的槽型鋼樁(圖 5a)的規格見表 2。

槽型鋼樁用於建造碼頭岸壁、堤堰、護片以及深水橫堤等工程,都有顯著的成績。重型槽型鋼樁也同樣應用於防波堤等防護建築工程。

“Z” 型 鋼 樁

利用同等數量的材料去做“Z”型鋼樁比做其他型式的鋼樁經濟得多。每公尺長“Z”型鋼樁的斷面模量,它的斷面模量與每平方公尺鋼樁牆重量的比值,也就是經濟係數可以到達 13.5。

重型“Z”型鋼樁的斷面模量僅僅是 108.2 立方公分時,它對 $x-x$ 軸的斷面模量就可以達到 1150 立方公分。

表 3 所列的是蘇聯現用的“Z”型及槽型鋼樁的規格。

“Z”型鋼樁的連鎖多半是橫壓成陰陽連鎖。有陰陽連鎖的鋼樁,它的斷面形式是不對稱的。

由於“Z”型鋼樁的斷面形式不對稱,所以單獨夯打這種鋼樁時會繞着垂直中心軸而旋轉,因此在實際施工時最好事先將它成對的拼連在一起然後夯打,這樣,可以避免上述的旋轉現象發生。

表 3

式樣	號碼	斷面尺寸(公厘)					斷面面積 (平方公分)	重量(公斤)			斷面模量 (立方公分)		經濟係數
		b	h	a	t	d		每尺板槽	每方尺飯槽	每公尺長飯槽			
“Z”型	ZP-38	457.2	304.8	228.6	12.7	9.6	108.2	84.6	135.0	1150	2513	13.6	
	ZP-32	533.4	252.1	231.8	12.7	9.5	106.2	83.2	153.0	1097	2057	13.2	
“Z”型	ZM-38	457.2	304.8	—	12.7	9.5	108.2	84.6	135.0	1150	2513	13.6	
	ZM-32	533.4	252.1	—	12.7	9.5	106.2	83.2	153.0	1097	2057	13.2	
槽型 Ia		400	150		7			32.8	82		380	4.6	
槽型 Ia (新式)		400	220		7.5			35.5	89		600	6.7	
槽型 I		400	150		8			40	103		500	5.0	
槽型 II		400	200		10.2			48.8	122		850	7.0	
槽型 II (新式)		400	270		9.5			48.8	122		1100	9.0	
槽型 III		400	247		14.2			62	155		1350	8.7	
槽型 III (新式)		400	290		13			62	155		1600	10.3	
槽型 IV (新式)		400	360		14.8			74	185		2200	11.8	
槽型 V		420	360		20.5			100	238		5000	12.6	
槽型 VI		420	440		22			121.8	290		4200	14.5	
槽型 VII		460	460		26			142.5	310		5000	16.1	

利用槽型鋼樁所做的工程，同樣也可以用“Z”型鋼樁來做。

“工”字 型 鋼 樁

“工”字型鋼樁(圖7)的斷面模量最大。已知的“工”字型鋼樁斷面模量，每公尺長“工”字型鋼樁牆可以到達24000立方公分。港工建築工程中，深水和負荷較大的工程就可以用“工”字型鋼樁來建造。

特型轉角鋼樁(簡稱角樁)

鋼樁牆轉角處的角度不同，因此鋼樁牆工廠就製造了一些專為轉角處應用的角樁。

圖8a所繪的是鋼樁牆轉角處成直角時所用的最簡單的角樁結構形式。這種角樁就是利用做鋼樁牆的鋼樁順縱長方向裁開拼接而成的。沿接縫處加墊一塊直角形襯板，它的長度與角樁相等。

這種角樁做起來並不費事，可以在工地現場臨時製造。

兩道平行的鋼樁牆做成的防護工程中，往往就用鋼樁做成隔牆來加固它。

圖8b就是隔牆與平行的兩道鋼樁牆相接處垂直角樁的結構情況。這種角樁是用一塊整的鋼樁和另一半塊的鋼樁加襯板銲接而成的。這種角樁也可以在工地現場臨時製造。

圖8c, 8d所繪的是其他角度的角樁。

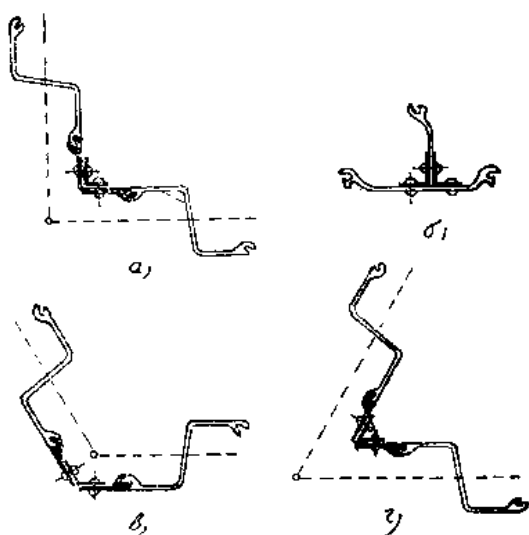


圖8 特型轉角鋼樁

a, b, 直角接聯的轉角鋼樁 c, d, 不同角度接聯的轉角鋼樁

第三節 鋼樁岸壁的結構形式

用鋼樁築成的岸壁可以分為下列兩種：

頂端自由，無鎖繫的岸壁牆。

頂端鎖繫著的岸壁牆。

第一種式樣，頂端自由，無錨繫的鈹樁牆，受力時如懸臂梁一樣，鈹樁本身所受力矩大，入土深度深，應用方面很不經濟，除用於受土壓力不大的護岸工程而外，在港工方面用於修建碼頭和防波堤工程還很少見。在這種情形之下不用鋼鈹樁，用木板樁來代替也就可以了。

第二種式樣，頂端錨繫著的鈹樁牆，在海港建築工程中應用得比較廣泛。這種式樣的結構因為頂端有一支點，跨間力矩比第一種式樣小，也就是說比第一種式樣經濟。這種結構主要部分有：

(1) 打入土內的鈹樁牆。

(2) 順着鋼鈹樁岸壁方向安置的導梁。它在結構中起的作用是将每一塊鋼鈹樁上的水平力通過導梁傳遞到錨繫桿上去。

(3) 錨繫桿。

(4) 穩定錨繫桿的錨碇結構，如錨碇樁或錨碇牆等。

導梁和錨繫桿都是金屬的，向廠家訂貨時可以和鋼鈹樁一同訂購。它的化學成份也應該和鋼鈹樁一樣。

假若鋼鈹樁是由不同化學成份的金屬做成的，則在不同金屬的接觸部分會產生電流，這種電流將加速鋼鈹樁的銹蝕作用。

導梁通常都由槽鐵做成，以安置在鈹樁牆的背面較為合理，這樣可以減輕導梁的銹蝕。

將導梁釘在鋼鈹樁牆上，宜用直徑較大的螺栓。因為用一個較大直徑的螺栓，它的受侵蝕的表面面積比幾個小直徑螺栓的表面面積小些。同時用直徑較大的螺栓在安裝導梁時也比較方便些。錨繫桿宜採用圓形斷面。因為圓形錨繫桿的表面面積比其他形式的表面面積較小，所以受侵蝕的耗損率也小些。

錨繫桿係用兩根鋼桿和一個鬆緊螺旋扣連接而成。鬆緊螺旋扣起調節鬆緊作用，可以使所有錨繫桿受力一致。每段鋼桿的長度不宜超過 12 公尺。

錨碇建築物大多採用牆壁的形式，即俗稱之錨碇牆。錨碇牆平行於鋼鈹樁岸壁，用鋼鈹樁，鋼筋混凝土，或者是木料築成。因為考慮到機具設備和人員配備等問題，所以錨碇牆以用與鈹樁岸壁同一種材料的鋼鈹樁最為相宜。

在個別情況下，也有不用錨碇牆而用錨碇樁架來錨碇各個錨繫桿的。

用木樁或者是鋼筋混凝土樁來做錨碇樁架時，在樁架的頂端與錨繫桿接連處應加設鋼筋混凝土蓋梁。如果錨碇樁架受力不大，可以不設蓋梁，而在樁頂各壓一槽相互咬接以資牢固。木質錨碇樁架的頂端不應高於地下水的最低水位 20 ~ 30 公分。

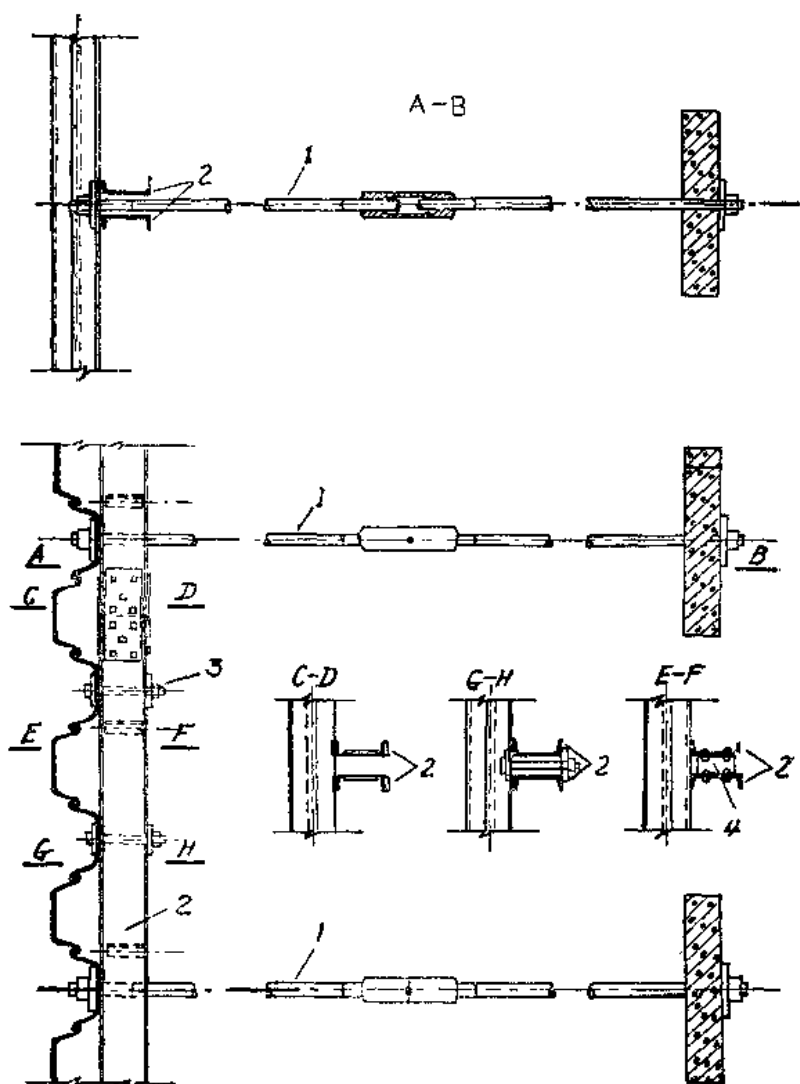


圖9 錨繫結構

1 錨繫桿 2 導梁 3 螺栓 4 槽型墊板

在某些情況之下，因受地區條件的限制，錨碇建築物不允許設置在距離碼頭岸壁太遠的地方，距離岸壁近時，錨碇牆前的土壤又不可能產生足夠的被動土壓力來錨碇它，此時就應考慮用錨碇樁架來錨碇錨繫桿。

錨碇建築物也有用鋼筋混凝土和混凝土版的，但是很少用石牆。鋼筋混凝土錨碇版有時就澆築，有時事先在工廠內做好，運到現場再行安置。

當鋼板樁岸壁牆高度很大時，有時就需安上下兩排，或者兩排以上的錨繫桿。通常每排錨繫桿用單獨的錨碇牆或錨碇板來錨碇，而不是兩排錨繫桿共用一個錨碇建築物的。

圖 9 是由槽型鋼板樁做成的錨碇結構圖。錨繫桿“1”前端通過由兩根槽鐵拼成的導梁“2”與鋼板樁岸壁相連結。

導梁用直徑較大的，帶墊圈的螺栓“3”釘在板樁檢上。導梁的上下槽鐵間嵌以槽型墊板“4”以資加固。導梁與導梁的接頭處用鋼板鑲接。錨繫桿的另一端襯以墊板與鋼筋混凝土錨碇牆相連結。錨繫桿由兩節鋼桿和一個鬆緊螺旋扣組成。鬆緊螺旋扣起調節鬆緊的作用。

圖 10 是由鋼板樁做成的錨碇牆“2”與鋼板樁岸壁“1”聯系結構圖。此處鋼板樁岸壁牆與錨碇牆的導梁都是利用鋼板樁組成的。連接導梁的連接板“3”也同樣利用鋼板樁做成。

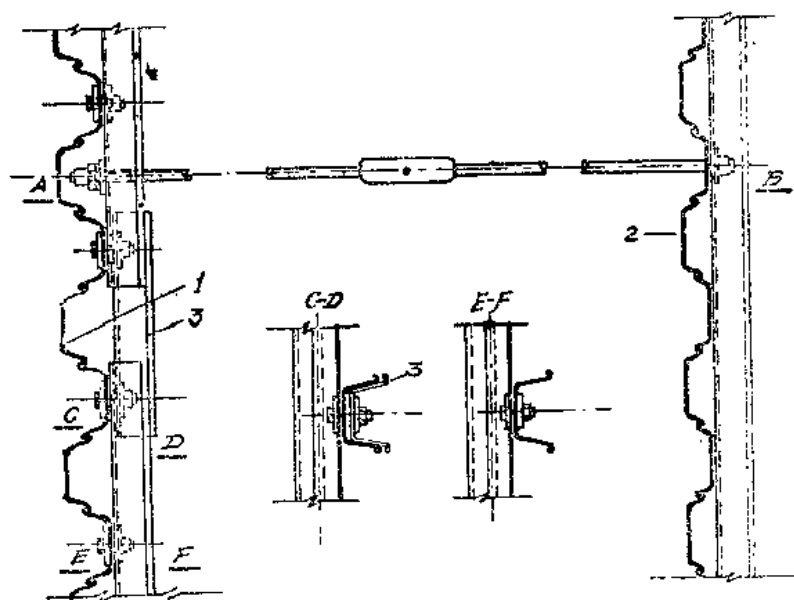


圖 10 用鋼板樁做的導梁和錨碇牆
1 鋼板樁岸壁 2 錨碇牆 3 連接板

錨繫桿埋在土內，因受土壓力的影響會下垂而產生額外的張力，因此在設計