



# 碼頭工程營建工法介紹

台北港E13.14.15號碼頭新建工程  
單HZ與AZ組合式鋼板樁工法

劉彥忠

國立成功大學土木碩士.水利技師



## 摘要

碼頭構造型式繁多，除須考慮碼頭構造形式之特性及碼頭之用途外，尚應就工址之地質狀況、水深、岸肩高、地震規模、波浪及潮差等自然條件予以綜合研究後研擬可行之形式2~3種，再就施工條件、工期、工程費、耐久性、主要材料來源等作綜合評估比較決定之。因碼頭之斷面與靠泊之船型、船席水深、碼頭面高、土壤條件，地震係數及積載荷重有密切關係，以本工程特性而言，較適合之碼頭型式為鋼板樁式、棧橋式兩種，再就工期、成本、施工難易度作深入探討後選擇單HZ與AZ組合式鋼板樁構造之碼頭，茲略述研擬過程心得，尚請本會先進多所指正。



# 目錄



- 一. 港灣工程
- 二. 碼頭工程
  1. 重力式碼頭
  2. 鋼板樁式碼頭
  3. 棧橋式碼頭
- 三. 鋼板樁型式
  1. 概述
  2. 台北港E13. 14. 15號碼頭鋼板樁型式之選擇
- 四. 單HZ與AZ組合式鋼板樁工法施工要點
- 五. 台北港鋼板樁碼頭施工照片
- 六. 單HZ與AZ組合式鋼板樁工法之優點
- 七. 各式碼頭水深與建造費用之比較
- 八. 單HZ與AZ組合式鋼板樁工法之效益分析
- 九. 結論



## 一. 港灣工程



地球之四分之一為陸地，另有四分之三為海洋，瀕臨海洋部份的國家居大多數，其商業往來、人員交流、國際互動等行為均必須透過海洋交通來達成目標，因此港灣工程則成為海上與陸上聯接必經之管道，水利工程師在陸地邊緣必須克服天然地形、潮汐、水深、地質等因素，構築可讓船隻順利靠泊的設施，我們統稱之謂碼頭，為了使碼頭附近的水域長時間維持平穩，不受波浪、颱風的作用而影響到碼頭之靠泊功能，水利工程師則須再構築可以直接阻擋風浪侵入碼頭水域之設施，這就是防波堤，因此港灣工程之主要範圍即為碼頭及防波堤之規劃、設計、施工及維護。

## 二.碼頭工程



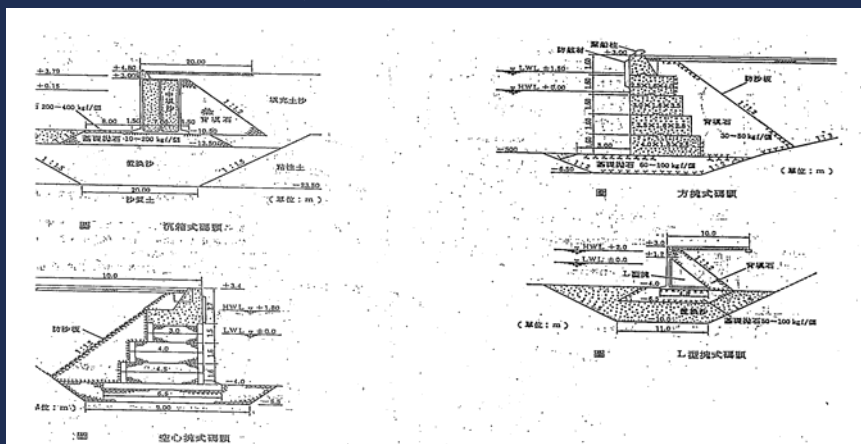
為使船舶在港內能安全繫泊、裝卸貨物或上下旅客的設施，統稱謂碼頭，其為港灣工程中與防波堤同屬重要的設備，建造時應按海底基礎的狀況、設置水深、地震大小、波浪強弱、潮差高低等自然條件及船舶的種類和大小、貨物的種類、施工的條件、工程期限、工程費用等狀況作最適當的選擇。

碼頭以構造型式可區分為：



### 1.重力式碼頭：

用沉箱、方塊、L型塊構築成壁體，以其本身的重量承受碼頭的上載荷重，並抵抗背後土壓力、海側水壓力及船舶衝擊力，適用於地質良好的地盤，但適用經濟水深約為5~6公尺之碼頭，如下圖所示



圖一





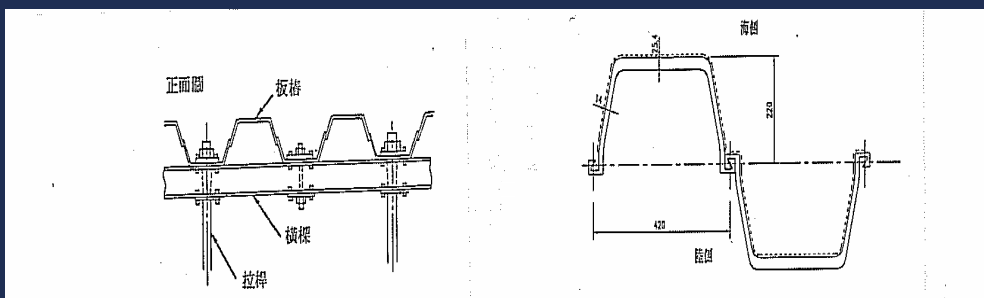
### 三.鋼板樁型式：

#### 1.概述

常用鋼板樁之型式有Z型及U型兩種，詳如下表。  
(MZ為Z型，MP為U型)

編 號	b (mm)	h (mm)	d (mm)	t (mm)	單 位 重		斷面模數 (cm <sup>3</sup> /m) Z <sub>p</sub>	Z <sub>p</sub> W
					kg/m	kg/m <sup>3</sup> (W)		
MZ-38	457	305	12.7	9.5	84.8	185.5	2516	13.6
MZ-32	533	292	12.7	9.5	83.3	156.2	2060	13.2
MZ-27	457	305	9.5	9.5	60.3	131.8	1624	12.3
MZ-22	559	241	9.5	9.5	60.0	107.4	1022	9.5
MP-117	381	84	9.5	9.5	57.7	151.3	382	2.5
MP-113	406	—	12.7	—	55.5	136.7	134	0.98
MP-112	406	—	9.5	—	45.7	112.3	129	1.1
MP-110	406	152	12.0	9.5	63.5	156.2	823	5.3
MP-116	406	127	9.5	9.5	53.6	131.8	575	4.4
MP-115	498.5	82.5	12.0	9.5	53.6	107.4	290	2.7

因鋼板樁均係成品材料，故設計時均依市場成品規格選用，而非依設計應力大小定製，市場推出之成品材料亦非一成不變，隨時間，材質規格均在改變中，上表僅資參考並非最新市場之成品。傳統鋼板樁多用U型鋼板樁片結合為鋼板樁壁體，詳如下圖。



圖四

此種U型或Z型鋼板樁雖然施工容易，工期短，成本低，但因受限於斷面模數無法增大，故超過10M水深必須改採棧橋式碼頭，因此增加之工期暫且不論而成本將大幅增加原造價之三成至五成。其他型式之鋼板樁在下節中詳細討論。



## 2.台北港E13.14.15號碼頭 鋼板樁工法之選擇



E13號碼頭水深12公尺，E14及E15號碼頭水深14公尺，均超過傳統U型或Z型鋼板樁經濟水深9公尺甚多，如改以棧橋式碼頭，造價將大幅增加三~五成，因此設計單位乃引進盧森堡單HZ與AZ組合式鋼板樁工法，使鋼板樁之斷面模數增大，可適合14公尺水深之碼頭，工期成本均不致大幅增加。

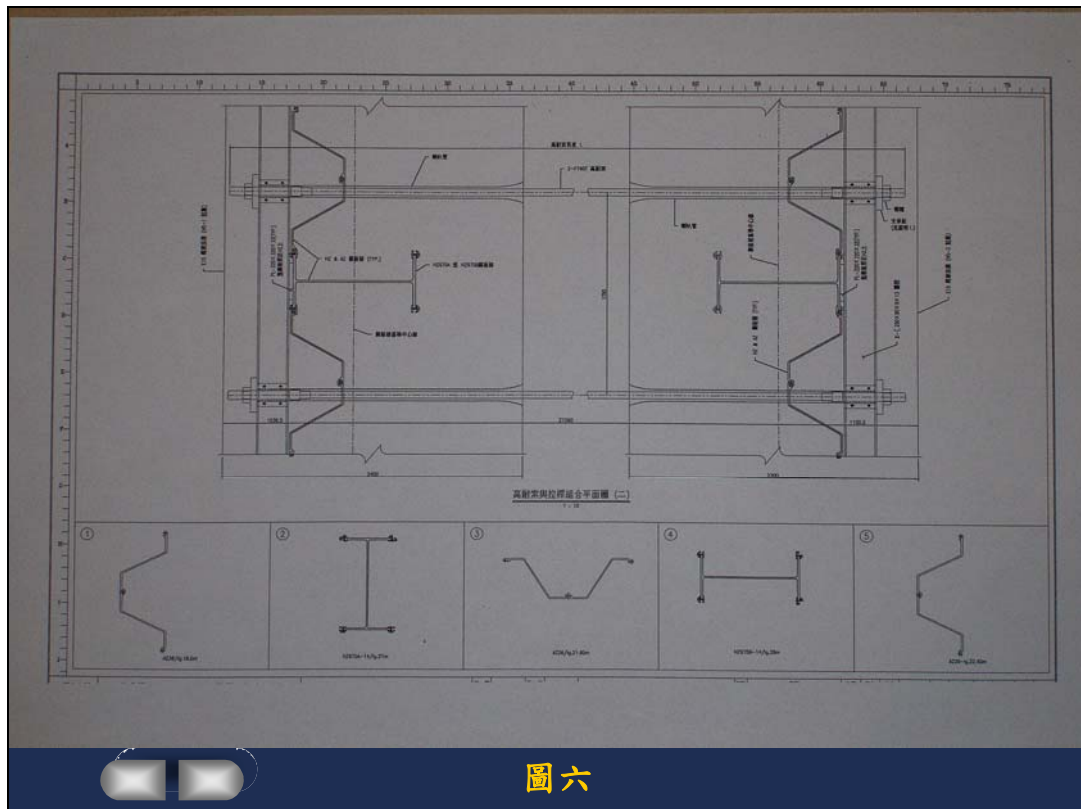
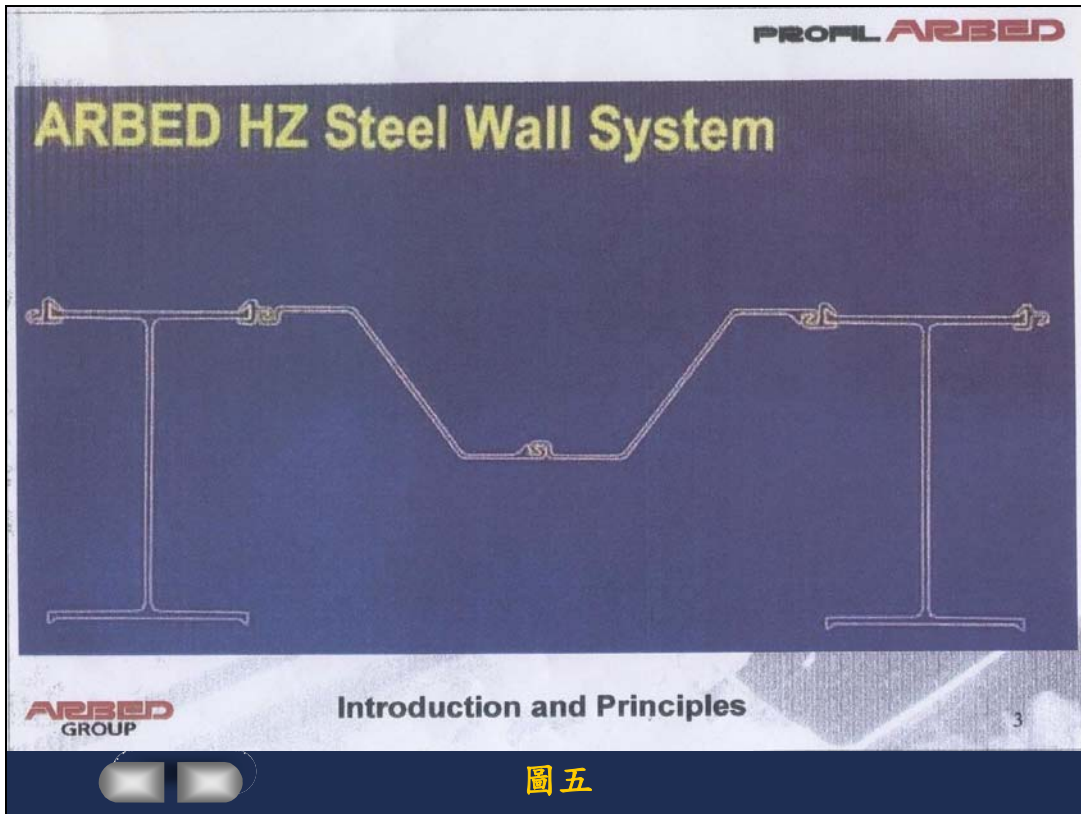
各型鋼板樁優缺點比較如附表一。

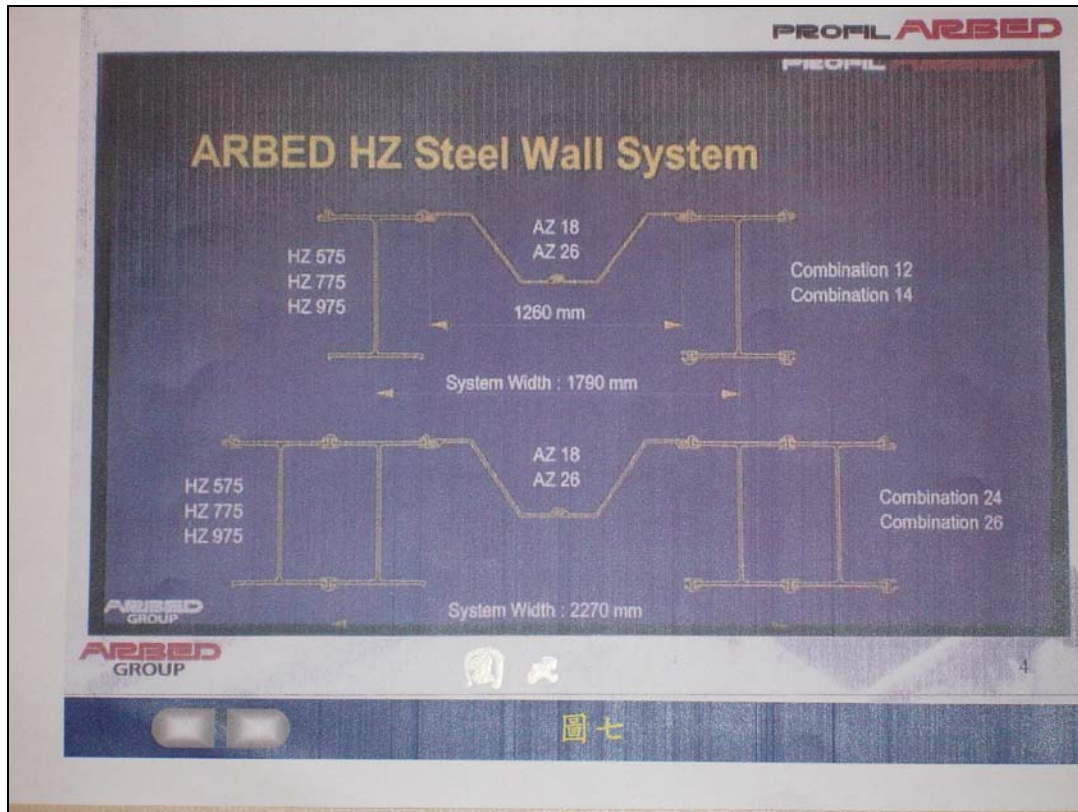
最後選定單HZ與AZ組合式板樁詳如圖五、圖六及圖七之上半部，此種組合式鋼板樁之特性及優點容後敘述。



附表一 台北港 E13、14、15 號碼頭工程設計各型主樁比較表

型式	比較	生產國	優點	缺點	國內實績
2HZ型		盧、德	(1) 等斷面積之板樁中，本型之斷面模數S值最大(抵抗彎矩最大)。 (2) 平均每m <sup>3</sup> 單位重量最輕。 (3) 打樁精度較易控制。	(1) 打雙H樁遇障礙物時，較不易排擠。	中鋼B碼頭 高港五貨櫃74-77號碼頭
蜂巢異型		英	(1) 等斷面積之板樁中，本型之慣性力矩I值最大(變位最小)。 (2) 遇障礙物易排擠。	(1) Z型樁之翼緣長較柔軟，打樁時易產生偏移、扭轉或脫槽。 (2) Z型樁與I型樁需連續焊接，若焊接不良，易產生分裂而傾倒。	高港五貨櫃78-81號碼頭
H形鋼夾板型		盧、英、德、日	(1) 雙層防漏、水密性最高。 (2) 斷面勻稱，受力分配平均。	(1) 連續方型封閉，土壤擠壓最緊密，打樁越至樁底越困難。 (2) 碰到障礙物時最不易排除。 (3) 樁頭獨立，不與主樁一體成型	—
全筒型(all box)		盧、英、日	(1) 遇較小障礙物或卵礫石較易排擠或夾除。	(1) 組合樁需焊接。 (2) 樁頭土壤擠壓大，越近樁底越難打。 (3) 等斷面積之板樁中，本型之I值與S值均較小。	高港65、66號碼頭(雙U)
鋼管夾板型		盧、英、德、日、國產	(1) 遇較小障礙物或卵礫石較易排擠或夾除。 (2) 國內可生產(內購)。	(1) 樁頭種類多，但均非與鋼管樁一體成型(需焊接)，易因土壤擠壓而損壞。 (2) 樁頭伸縮空間較多，水密性最差，易漏砂。 (3) 等斷面積之板樁中，本型之I值與S值均最小。	—



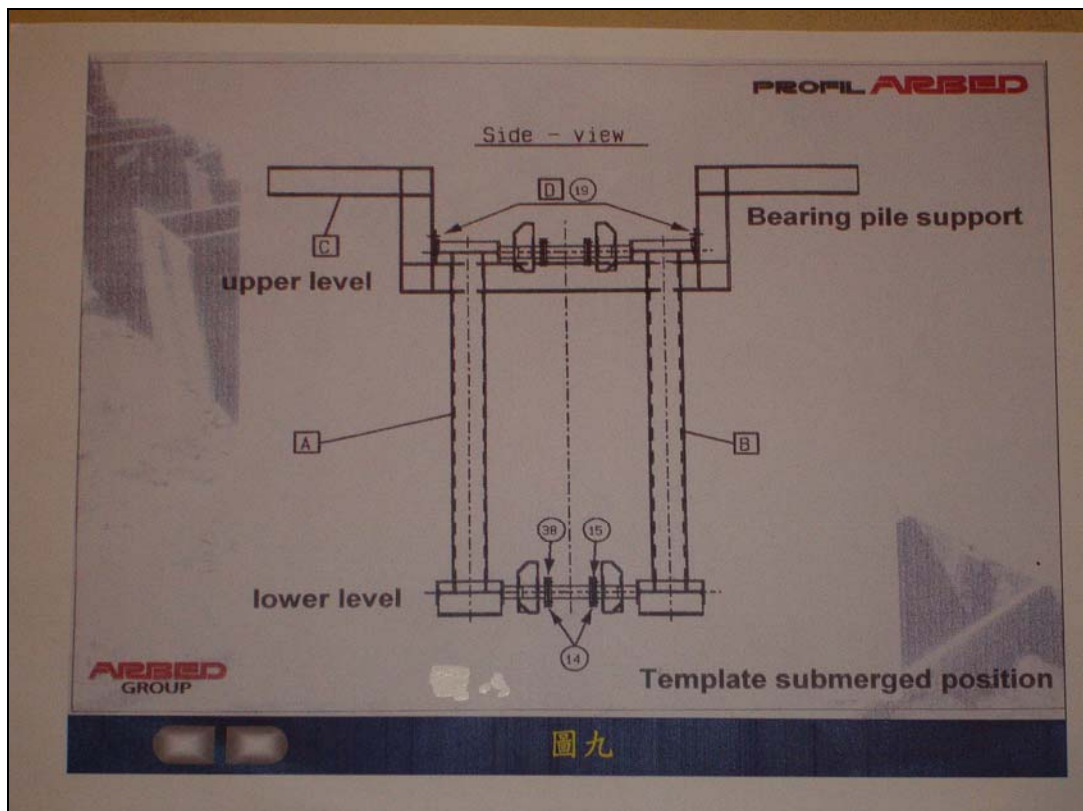
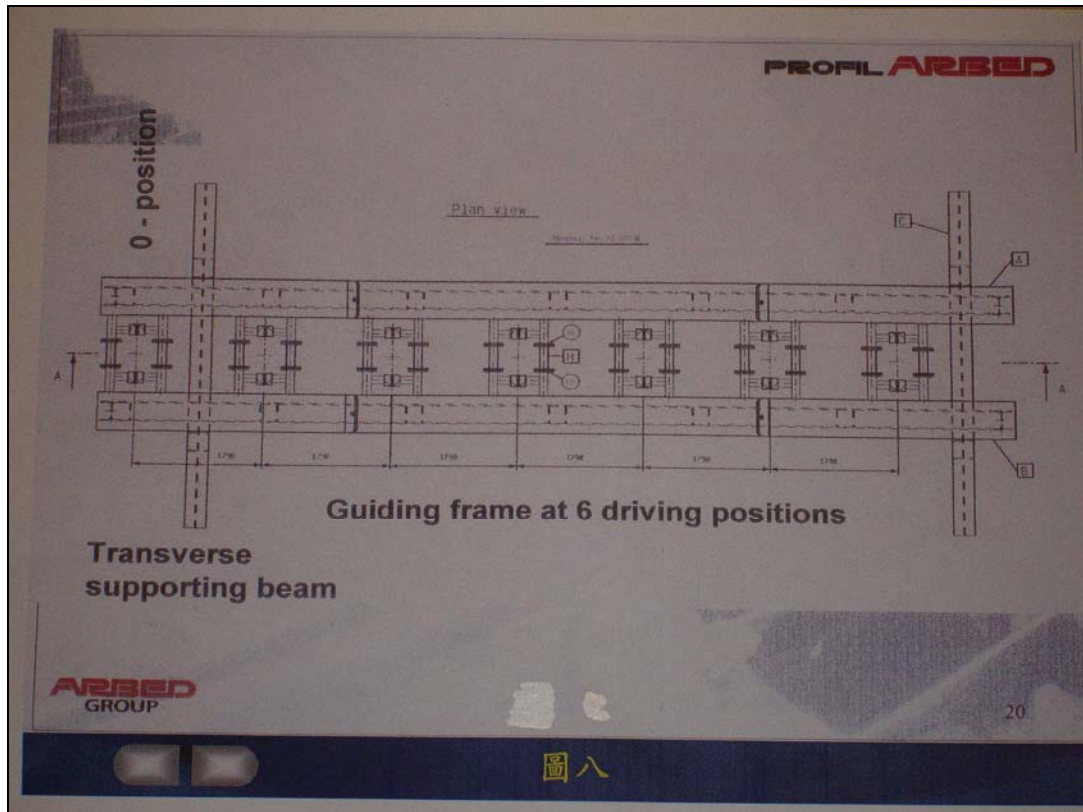


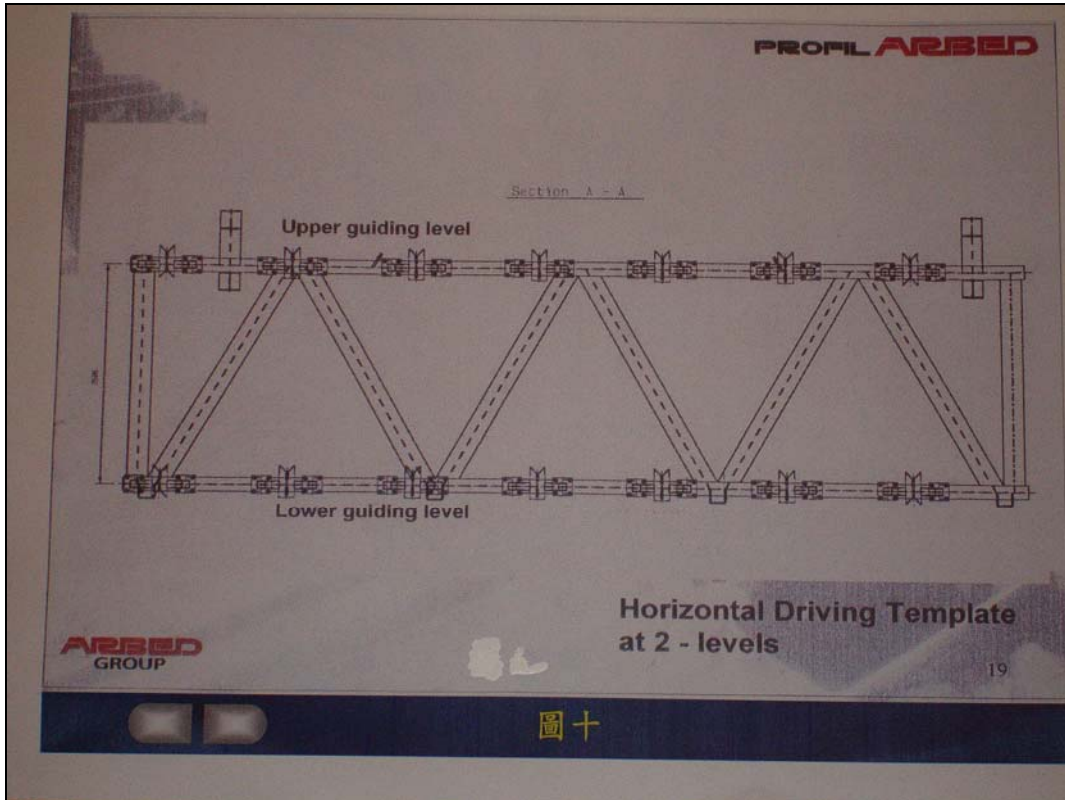
圖七

#### 四. 單HZ與AZ組合式鋼板樁工法施工要點

- 本工法鋼板樁之打設與傳統式均相同，唯在打設過程中必須精準的置放樣架，樣架細部圖如圖八~十。
  - 樣架內有6個樁位孔，樣架外還有1個樁位孔是為順利啣接下一個新位置而用的，樣架施工步驟如下(附原文說明)：
    - 步驟1 先打設樣架支撐樁1及2再打設樣架支撐樁3及4
    - 步驟2 樣架準確定位安裝妥當之後，插入6支預備打設之HZ鋼板樁(須再作一次定位測量)
    - 步驟3 開始1-2-3-4-5-6之順序打設HZ鋼板樁
    - 步驟4 打設完成後立即檢查位置，如果無誤移除樣架，否則拔除重打
    - 步驟5 樣架移除後再複測一次樁位，無誤後安置下一個位置的樣架，但必須以打好的最後一支樁當作0
- 備註：** 1.各轉角點位必須精準固定，故反覆測量是必要的  
 2.打樁順序必須嚴格遵守步驟3之規定  
 3.樣架支撐樁應採用圓筒形狀  
 4.已打好的樁不可作為支撐樣架之用
- 誤差範圍：** 1.樁頂法線方向 $\pm 5\text{CM}$ ，高程 $\pm 2\text{CM}$   
 2.HZ樁間之誤差以能順利打設AZ樁為原則  
 3.每支樁之垂直誤差 $\pm 10\text{CM}$

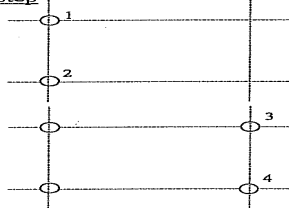






**Recommendation for driving HZ – AZ combination wall.**

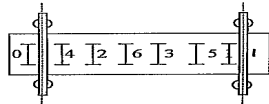
**1. step**



Positioning of the piles for the template. Support piles need to be leveled in both directions before the template is positioned.

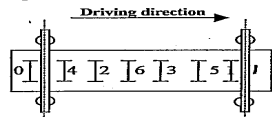
- a: drive + level support pile 1 + 2
  - b: drive + level support pile 3 + 4
- After positioning and leveling of the support piles is complete, the template can be positioned.

**2. step**



Install the template on the four piles, level and fix it. After leveling and fixing the template, the HZ steel sheet piles should be all installed in the template. Verticality of the HZ-piles should be checked in both directions.

**3. step**



After having installed all the HZ-piles into the template, the driving work should start according to the 'pilgrim step', which means: Start with 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6.

**4. step**

Verticality in both directions should be checked after having driven the HZ-piles.

If the verticality is correct, the template can be removed.

If not, the bad driven pile should be

---

removed immediately and re-driven again with the same care as before.

5. step

After the template has been removed, verticality, position and distance of the HZ-piles should be checked again.

If every pile has been checked and approved, the driving can continue in the given direction.

Pile 1 of the last driving sequence is used for the next driving sequence as the pile 0.

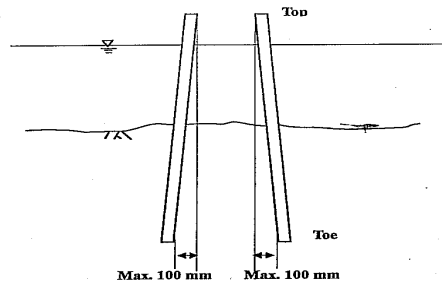
For installing the template again see step 1 to 3.

**General remarks:**

- Starting point of driving should be fixed.
- After the first driving sequence has been achieved, the driving direction according to the driving drawing should in any case be respected.
- All driving sequence should follow the 'pilgrim step' as described in step 3.
- Due to statically reasons, it is preferable to use a support for the template tubular piles as they show in all directions the same statically behavior.
- In no case the already driven HZ-pile should be used as support for the template.

**Tolerances for HZ-AZ combination walls:**

- Deviation normal to the wall line at the top of the pile for the total sheet pile wall: +/- 50 mm.  
Deviation between two adjacent HZ beams should be limited to values so that threading of the intermediate AZ steel sheet pile is possible without deforming.
- Finished level deviation from nominal level at the top of the pile: +/- 20 mm.
- Deviation of verticality along line of pile: max. 100 mm.



Valid for HZ-AZ combination walls system. AZ intermediate pile: AZ 13, AZ 18, AZ 26.

For other combination, values must be adapted.

For very difficult driving conditions, values must be adapted.

## 五.台北港鋼板樁碼頭施工照片

工程 施工 過程 紀錄		1/7	
工程名稱	台北港東 13~15 碼頭新建工程	施工項目	鋼板樁打設
施 工 照 片			
施 工 說 明	HZ 鋼板樁	AZ 鋼板樁	



工程施工過程紀錄

2/7

工程名稱	台北港東 13~15 碼頭新建工程	施工項目	鋼板樁打設
施 工 照 片			
施 工 說 明	打樁樣架	樣架安裝完成	

工程施工過程紀錄

3/7

工程名稱	台北港東 13~15 碼頭新建工程	施工項目	鋼板樁打設
施 工 照 片			
施 工 說 明	HZ 插樁作業	第一支 HZ 樁即將完成	


工程施工過程紀錄

4/7

工程名稱	台北港東 13~15 碼頭新建工程	施工項目	鋼板樁打設
施工照片			
施工說明	樣架中吊打第 3 支 HZ 樁	工程人員檢查 HZ 樁之垂直度	

工程施工過程紀錄

5/7

工程名稱	台北港東 13~15 碼頭新建工程	施工項目	鋼板樁打設
施工照片			
施工說明	HZ 鋼板樁吊打施工	815 震動樁錘施打 HZ 樁	

工程施工過程紀錄

6/7

工程名稱	台北港東 13~15 碼頭新建工程	施工項目	鋼板樁打設
施 工 照 片			
施 工 說 明	移除樣架固定 HZ 樁	後線錨錠 AZ 鋼板樁打設	

工程施工過程紀錄

7/7

工程名稱	台北港東 13~15 碼頭新建工程	施工項目	鋼板樁打設
施 工 照 片			
施 工 說 明	已完成之 HZ-AZ 組合壁體	部份完成之鋼板樁法線	



## 六. 單HZ與AZ組合式鋼板樁工法之優點

1. 斷面模數S值相等時，此種組合方式單位面積鋼板樁總重量最輕，可大量節省購料成本、運費及打樁費用。  
說明：以台北港為例，此種組合方式所使用之鋼板樁總重量較全筒四Z型節省15%，較2HZ型節省20%，較全筒雙U型更節省到50%。
2. 單位面積鋼板樁總重量相同時，此種組合方式之斷面模數S值僅次於2HZ型，但均大幅超前其他型式之組合方式。
3. 此種組合方式對稱且結實，打樁時不易產生扭轉、脫槽及傾倒，因僅為單HZ，故較2HZ遇障礙物時更容易穿透地層，施工期容易掌握。
4. 打樁時先依即經定位之樣架施工，獨立打入HZ後，再插入AZ，故打樁之精確度可達甚高之標準。
5. 此種組合之鋼板樁構件，均經廠內加工組立完成，不必像蝴蝶翼型、全筒型、鋼管矢板型均必須在現場電焊，故品質強度較其他型式更不易受天候及人為之影響。
6. 此種鋼板樁之工法除被採用在台北港E13. 14. 15碼頭之外，在中油專用59. 102號碼頭、高雄港73. 74. 75. 76. 77. 58號碼頭均採用本工法，預計日後仍將被廣泛採用。

## 七. 各式碼頭水深與建造費之比較



水深 (公尺)	重力式	鋼板樁式		棧橋式
		U或Z型聯結	HZ與AZ聯結	
5~6	25萬元/公尺	20-25萬元/公尺		
7~9	70萬元/公尺	50萬元/公尺		60萬元/公尺
10~12		70萬元/公尺	45-50萬元/公尺	90萬元/公尺
14以上		90萬元/公尺	60-90萬元/公尺	120萬元/公尺



## 八.單HZ與AZ組合式鋼板樁 之效益分析



台北港E13.14.15號碼頭均採用單HZ與AZ組合式鋼板樁作為法線擋土壁體，獲得效益如下表所示

碼頭	水深 (公尺)	長度 (公尺)	實際 造價 (萬元/公尺)	U或Z型鋼板樁		棧橋式	
				造價 (萬元/公尺)	節省金額 (萬元)	造價 (萬元/公尺)	節省金額 (萬元)
E13	12	200	65	70	1,000	90	5,000
E14	14	300	75	90	4,500	120	13,500
E15	14	250	75	90	3,750	120	11,250
合計					9,250		29,750

本工法較採U或Z鋼板樁結合工法節省9,250萬元(節省造價之16%)，較採棧橋式構造節省2億9750萬元(節省造價之53%)。

## 九.結論



鋼板樁碼頭壁體之斷面係數均採等值時，U或Z型結合方式之鋼板樁總重量會大於單HZ與AZ結合式總重量之15%，故前者造價偏高。水深相同之碼頭，棧橋式承载力雖可大於單HZ與AZ鋼板樁式承载力之5倍，但造價亦相對高出30%~50%以上。

綜上而論，建議本企業日後再興建碼頭時，如符合以下條件時，可採用單HZ與AZ鋼板樁工法為最經濟安全之結構方式：

- 1.水深在12~15公尺之間。
- 2.地質條件-土壤貫入測驗N值在20~50之間。
- 3.碼頭法線30公尺範圍內之承载力約為5~10公噸/平方公尺。