

## 場鑄式防波堤基礎工程

### 1. 海底地盤與基礎

#### 1) 岩盤

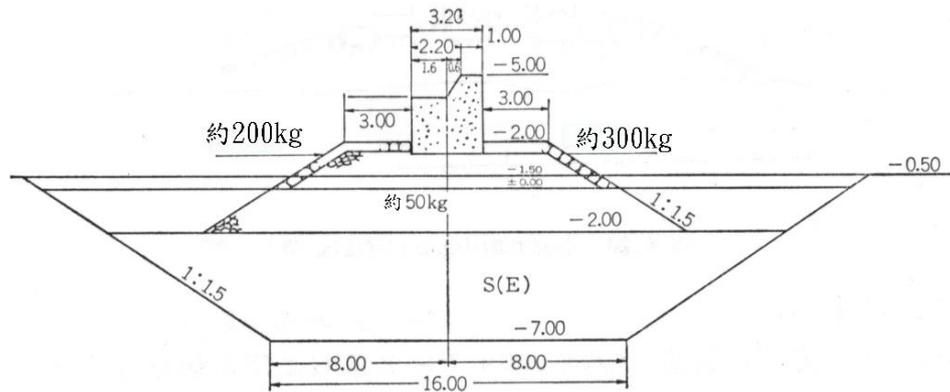
通常岩盤海底面呈凹凸起伏不平，為使模板組裝作業易於進行及不讓混凝土流出，會將原岩盤稍作切削，或在模板外拋置袋裝混凝土。

#### 2) 砂質土

先構築拋石堤基，其上建構場鑄式堤體。

#### 3) 黏性土

海底為非常優質黏性土，從土壤力學觀點亦無問題時，可直接構築堤基，其上設置沉箱。但是地質軟弱，從土壤力學觀點認為有堤體不安定問題時，應如下圖，先進行地盤改良，再構築堤基，將沉箱設置於其上。



上圖例表示黏土層剪斷強度弱，無法抵抗堤體的圓弧滑動，會引起長期壓密沈降，必要進行地盤改良，本案例使用換置工將至深層砂礫地盤間軟弱土換置成良質砂。

### 2. 拋石堤基

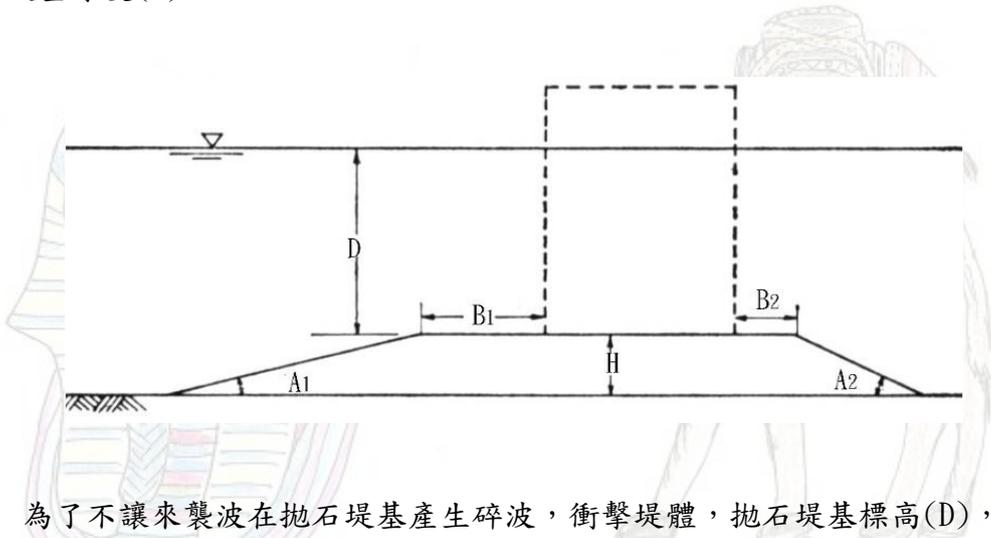
水深深時應先構築拋石堤基，使堤基上水深達可進行場鑄混凝土打設高度。

#### 1) 拋石堤基及構成

拋石堤基(基礎拋石)如下圖，通常呈梯形，相關因素如下。

(1) 堤基頂面標高(D)，即堤基頂面水深。

- (2) 前肩寬(B<sub>1</sub>)，後肩寬(B<sub>2</sub>)。
- (3) 前坡面坡度(A<sub>1</sub>)，後坡面坡度(A<sub>2</sub>)
- (4) 堤基厚度(H)



- ① 為了不讓來襲波在拋石堤基產生碎波，衝擊堤體，拋石堤基標高(D)，即頂面水深應盡可能深，使堤前只產生重複波。
- ② 拋石堤基海側肩寬(B<sub>1</sub>)，以堤體安定立場，應取充分寬裕。但是由另一觀點，肩寬大時對特定周期、波長的來襲波容易促成碎波，誘發強大衝擊波壓，可能致使堤體或堤基破壞，應納入考量。
- ③ 最適坡面坡度隨堤前水深、來襲波周期及波長、被覆材尺寸等而異，理論上坡度越緩堤基安定度越大。若坡度過緩，與②同樣理由，容易促成碎波，亦應納入考量。港內波浪遠小於港外，因此港內側坡面坡度大於港外者。但是若防波堤頂高度低，會越波或越流時，有沖壞港內側坡面的可能，亦應納入考量。
- ④ 堤基厚度事關將堤體載重廣泛分散至地盤，不宜太薄，原則上厚於 1.5m，對直線滑動破壞，可依下述作驗證。  
對如下圖所示，合成堤單一拋石基礎，假定為直線滑動時，滑動安全率為

$$F = \frac{(W - P \tan \phi)}{W \tan \alpha + P}$$

P: 波力分佈(kN/m)

$\phi$ : 拋石內部摩擦角(度)

W: W<sub>B</sub> +  $\sum$  W<sub>i</sub>(kN/m)

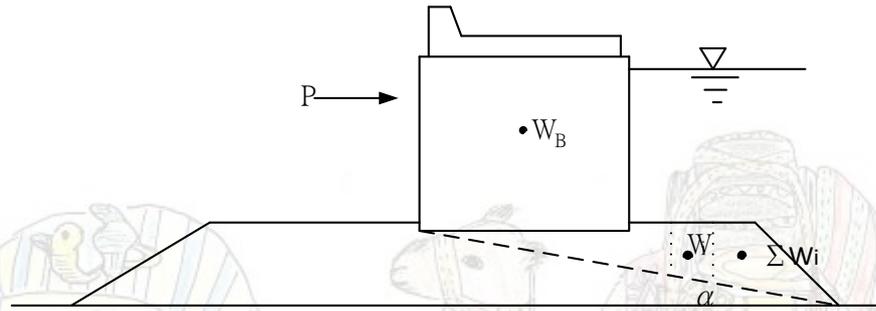
W<sub>B</sub>: 堤體重量(kN/m)

W<sub>i</sub>: 拋石分割片有效重量(/m)

$\alpha$ : 滑動面與水平線夾角



阿拉丁神燈



- ⑤ 前肩寬( $B_1$ )至少 5m 以上，後肩寬( $B_2$ ) 為前肩的 2/3 倍左右。
- ⑥ 拋石堤基斷面非由均一特定尺寸拋石構成，參考拋石堤。

## 2) 防止下陷工及防止淘刷工

(1) 拋石堤基施工時最常遭遇問題是，在砂質海岸當強風大浪時，海底變動激烈海岸線附近或碎波帶施工者，在洪水發生時急流河口附近海底變化激烈處施工亦有同樣問題。在上述位置直接拋石構築拋石堤基，會有大量拋石陷入地層、散亂、流失等，應極力避免在上述水域構築防波堤。不得已非構築時，使用直接拋石方法，若不計工期及龐大費用，或許有成功的一天。現今，在此狀況非構築防波堤不可，大致有下列 2 種構想。

- ① 預測強浪來襲時海底地形變化，將會發生變動海底全部挖掘，再拋放拋石構築堤基，並在防波堤底面及堤基坡趾處配置必要的防止下陷工及防止淘刷工。
- ② 在原地盤直接構築拋石堤基，強浪來襲時當然會被淘刷下陷，但是應可期待保留部分，因此沿此構想，事先就將肩寬及坡面設計多餘長度，作為損耗用，此時當然要作好防止下陷工及防止淘刷工。

(2) 近年來有各種防止下陷工及防止淘刷工被開發，可有效保護拋石堤基。

(3) 拋石堤基淘刷不限於碎波帶。在海域構築新結構物會可能導致附近海底水理條件產生變化，局部形成強烈流而沖刷拋石堤基，尤其是在堤頭，可注入瀝青砂膠等，使拋石固結成一體。

(4) 在洪水期河口附近海底及河底可能會發生極大變動處，構建防波堤或導流堤，有被破壞之虞應留意。

## 3) 施工法及施工上應特別注意事項如下

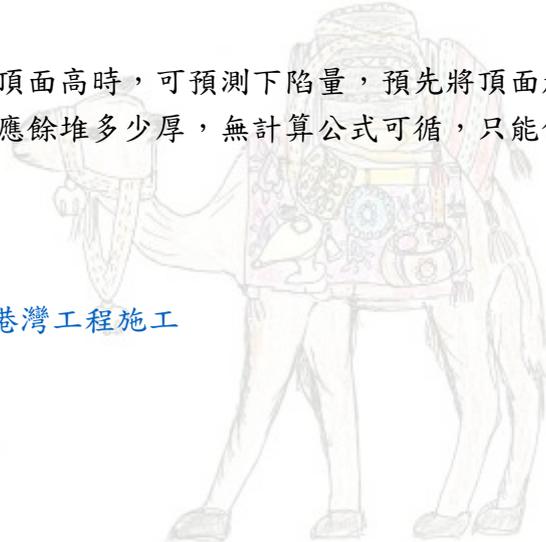
- ① 從海上拋放堆積如山的拋石，應使用潛水夫手動或水中鏟斗機、或步行整平機加以鋪整平，將堤基造形成預定的梯形斷面，但是隨著時間，受波浪作用或承受堤體，當然會產生壓縮下陷。構築於軟質砂地盤時，可能會發生陷入或被淘刷，導致堤體整個下陷的狀況。下陷程度隨設置水深、海底

砂的比重及粒徑、波高、波長等而異，不能一概而論。

- ② 為盡可能防止下陷，通常會先行構築拋石堤基(基礎拋石)，經過1季的強風大浪作用，使堤基產生壓縮下陷，再行補充整平，待堤基呈安定狀態再設置防波堤堤體。
- ③ 基於上述理由，設計拋石堤基頂面高時，可預測下陷量，預先將頂面加高，稱為餘堆。應餘堆與否，應餘堆多少厚，無計算公式可循，只能仰賴工程司的經驗。



回港灣工程施工



載滿珠寶的駱駝

### 2011 埃及尼羅河之旅



載滿貨品的驢子



阿拉丁神燈