

## 海上地盤改良換置工施工法

換置工施工法是將軟弱土去除後換置良質砂，對非常軟弱黏性土層存在於地表附近時，為最有效的施工法，有助於改善土壤的剪刀特性及壓縮性。海事工程稱本法為挖基換置法，護岸、碼頭、防波堤等工程經常使用，施工時應注意下列幾點：

- ① 確保軟弱土的棄置場地
- ② 可否取得廉價的良質換置砂
- ③ 防止水質污染的環境保育
- ④ 確保既有結構物附近挖掘時的安定
- ⑤ 處理沈積於挖掘底面浮泥或軟泥
- ⑥ 換置砂必須充分搗固始有功效，檢討施工法適當與否
- ⑦ 考量最大挖掘深度

依換置材強度、原地盤條件及上部結構物尺寸，按下述順序進行設計，視情況有時必要檢討液化。

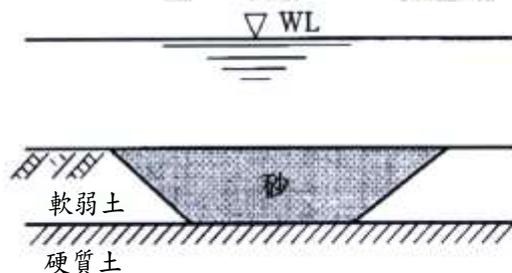
### 2011 埃及尼羅河之旅

1. 假定挖掘坡面坡度、換置深度、底面寬度  
換置斷面可利用變更下列項目，以滿足必要安全率。

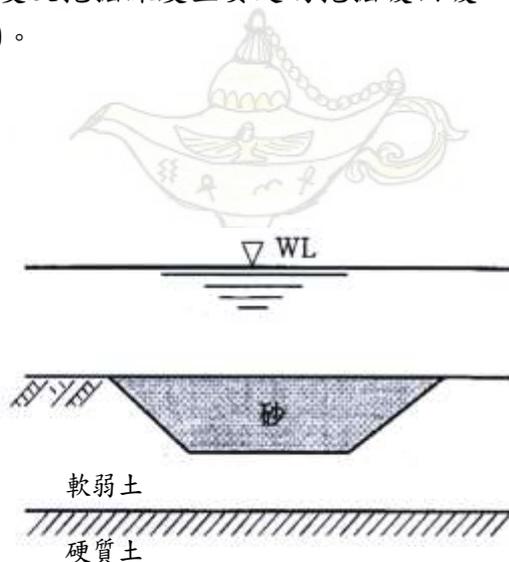
- 1) 挖掘坡面坡度

利用圓弧滑動計算，覓得對原地盤強度及挖掘深度呈安定的挖掘坡面坡度，海上工程通常約在 1.0:1.5~1.0:3.0。

- 2) 換置深度



(a) 全部挖掘換置法

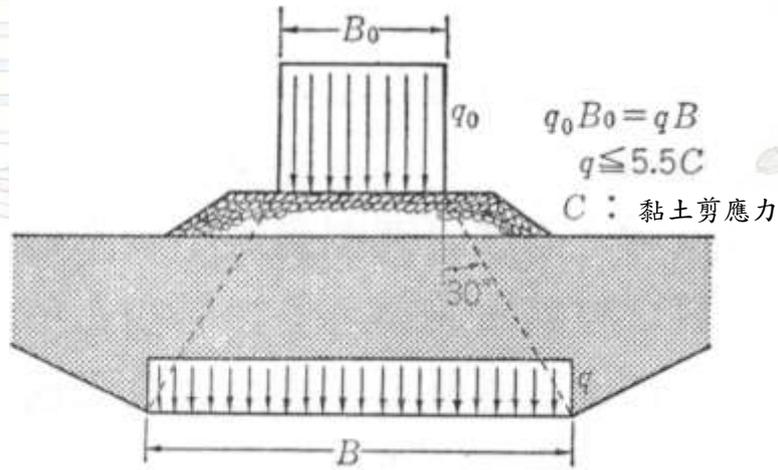


(b) 部份挖掘換置法

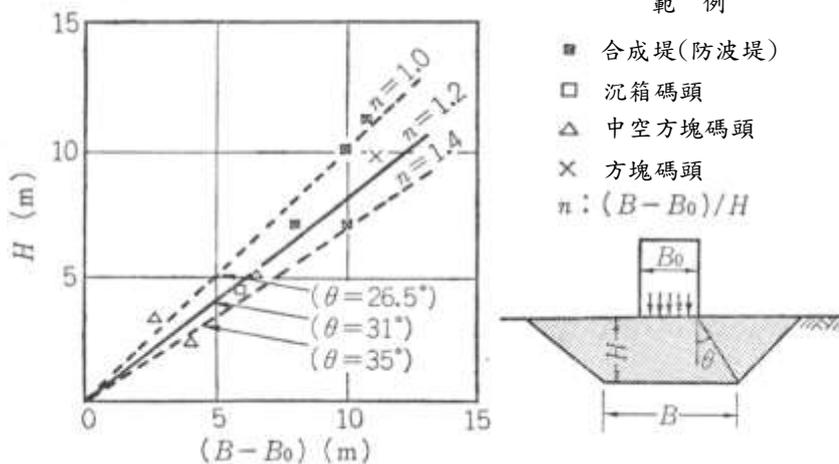
軟弱層薄時如上圖(a)全部換置，稱為全挖掘換置法。軟弱層厚如上圖(b)時，挖掘至滿足圓弧滑動安全率、載重引起地中垂直應力小於地盤承载力及下陷量不會對結構物產生不良影響等3個條件的深度，稱為部份挖掘換置法，決定換置深度亦須考量施工能力等問題。

### 3) 底面寬度

挖基底寬如下圖，通常將上載重分散至  $30^\circ$  以上的寬度。即使不用擔心圓弧滑動而將底幅取狹時，在挖基坡面上發生承载力不足的案例時有所聞，應加注意。



底面寬度必須滿足考量上部結構物下陷、變形時的承载力安全率。承载力由換置層上面及下面雙方檢討結構物的傳播載重，換置層下面有黏性土層時，必須以採用透水性良好的換置材為前提，壓密亦有可能使下部黏性土層的強度增強。考量換置深度在圓弧滑動安定範圍內進行換置。挖基寬及挖基厚依過往經驗，如下圖。



B：換置斷面底面寬(m)

B<sub>0</sub>：上載結構物底寬(m)

H：換置斷面底面至上載結構物底面間的高度(m)

## 2. 圓弧滑動計算

參考邊坡穩定

## 3. 下陷

換置層下面有黏性土層時，必要檢討基礎地盤下陷。

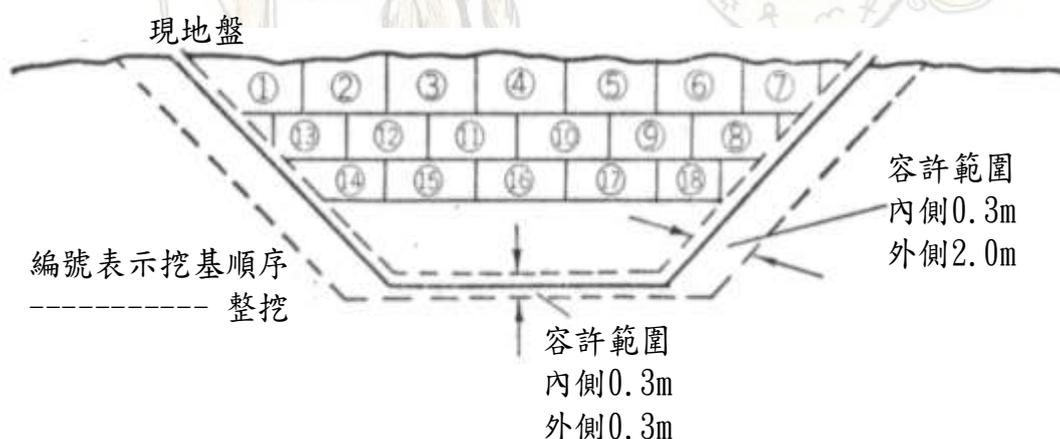
## 4. 換置材

換置材通常使用泡水亦不會使承载力降低很多的粗料，海上底床挖基換法通常採用 0.074mm 以下細料含有比 20% 以下者，其設計係數如下表，但受砂粒徑、投入方法、投入順序、放置時間、載重等影響，有時會呈非常鬆軟狀態，宜注意。

	內部摩擦角 $\phi$ ( $^{\circ}$ )	單位體積重量 $\gamma$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	水中單位體積重量 $\gamma'$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )
砂	30	18	9.8
礫石	35	18	9.8

## 5. 施工及施工管理

使用抓斗船挖基時，1 層厚約 2~4m，利用段挖進行粗挖後，在規定斷面附近進行整挖，抓斗船 1 艘的作業範圍約為 70~100m 長。施工容許範圍如下圖，考量餘挖決定。通常坡面為垂直於計畫面內側 0.3m、外側 2.0m，底面  $\pm 0.3\text{m}$ 。



施工管理上應注意下列事項：

### (1) 決定挖基深度

挖基深度在設計上是依地質調查決定，但實際施工時可能會有不一致狀況發生。為判斷挖基深度是否到達承載層，應事先由施工區域的地質柱狀圖預估、製作承載層深度圖，調查下列事項：

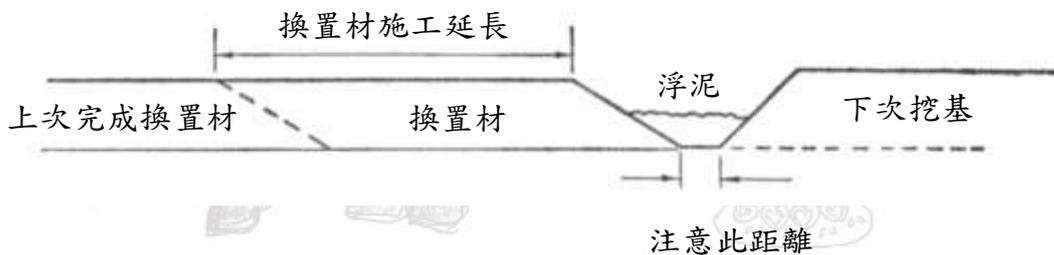
- ① 抓斗(幫浦)挖取(吸入)作業的難易度。
- ② 由底質土粒徑試驗了解泥以下細粒徑含有量。
- ③ 利用挖坑調查承載層是否連續。

綜合上述結果決定挖基深度，若粒徑試驗費時，可使用容積率法(量筒法)。容積率法是在1000cc的量筒放入約一半的底質土，注水攪拌放置一段時間，以目測方式測定砂與泥以下細粒土的容積比，泥以下細粒土含有量少於30%時，可判定已達承載層。為精確判定，可事先製作時間~細粒分離率換算表。

### (2) 挖基後浮泥處理

2011 埃及尼羅河之旅

挖基後的浮泥(軟泥)是因挖掘時的擾動、坡面崩塌、段挖、換置材投入引起細粒土流出及其他(潮流或棄土場流出)等而發生的無法避免問題。一般10~20cm左右的浮泥在投入換置材時會被自然排除，不會造成問題，但隨著換置深度變大浮泥層亦隨之變厚，通常約為挖基層的10%、即1.0~2.0m左右，此時只靠投入換置材無法排除浮泥，在本體工完成後曾有發生異常下陷案例，宜加注意。



在完成挖基數日後，浮泥厚約為可用抓斗挖取程度，此時如上圖，將換置材從一端投入，浮泥被擠出堆積於換置材另端趾部，須在各換置材施工延長完成後，立即去除浮泥。此時亦有，限定挖基施工區間延長，在浮泥堆積前將之去除方法，但因施工速度限制，必要使用真空幫浦、密閉式抓斗等作特別去除作業。

因換置材投入被擠至另端趾部的浮泥，可在下次挖基時同時去除，但必要注意換置材坡趾部與挖基完成坡趾部間的距離，避免重覆作業。換置材亦可使用空隙率大的拋石或砂礫將之放於空隙內，或使用引水路排至施工區域外的儲泥池等方法，但非屬一般正常工法。

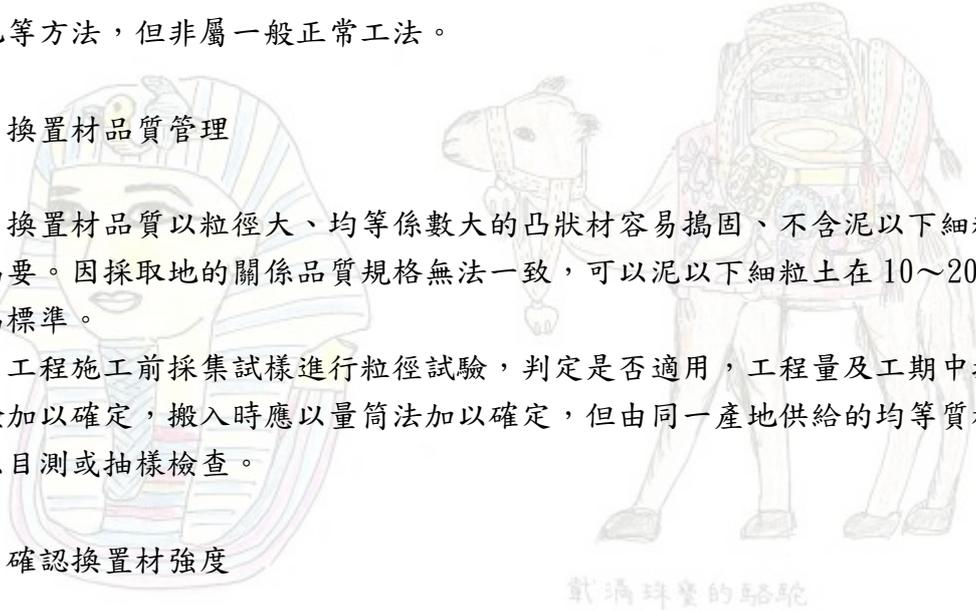
### (3) 換置材品質管理

換置材品質以粒徑大、均等係數大的凸狀材容易搗固、不含泥以下細粒土者為要。因採取地的關係品質規格無法一致，可以泥以下細粒土在 10~20% 以下為標準。

工程施工前採集試樣進行粒徑試驗，判定是否適用，工程量及工期中抽樣試驗加以確定，搬入時應以量筒法加以確定，但由同一產地供給的均等質材時可以目測或抽樣檢查。

### (4) 確認換置材強度

為確認換置後地盤是否到達規定強度，應進行檢測鑽探，但有施工期間或經濟性等問題，亦可依工程規模判斷是否實施地質調查。依過往經驗，大型駁船瞬間大量投入時的 N 值約為 10，**吊斗船**投入時 N 值約為 5，**幫浦船**時 N 值會更小，應注意。



載滿料籃的駱駝



回海洋工作站

載滿貨品的驢子

回港灣工程施工



阿拉丁神燈