

## 漂砂制衡設施基本諸元設計

各漂砂制衡設施的基本諸元如下表

設施	基本諸元
離岸堤	堤長、離岸距離、開口寬(群堤時)
人工礁	堤長、離岸距離、堤頂寬、堤頂水深、開口寬(群堤時)
消波堤	設置位置、堤長、開口寬(群堤時)
突堤	堤長、堤方向、間隔(群堤時)
人工岬	岬頭規模(突堤型：堤長，離岸堤型：堤長、離岸距離)，岬頭設置間隔
養灘	斷面規模(後灘高、後灘寬、前灘坡度)、養灘量、養灘材粒徑、砂迂迴、養灘材採取位置(砂回收法)
護岸	設置位置、護岸型式
降低地下水位工法	依各方法而異

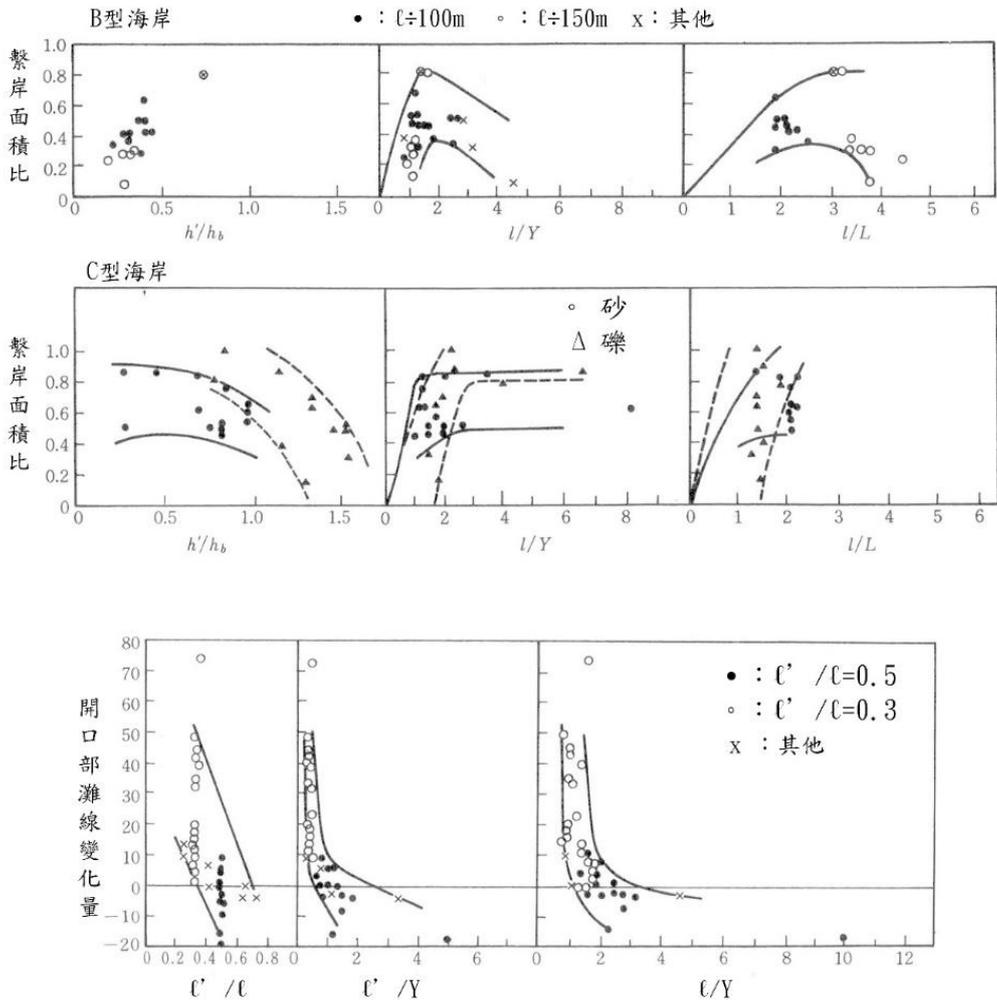
設定基本諸元時，主要以漂砂制衡機能決定，兼具其他機能時應一併考量，並檢討結構安定及施工限制，以達成下列目標設定：

- ① 海岸侵蝕對策  
計畫灘線(必要砂灘寬)
- ② 淤塞對策  
必要水深(航道水深、河道水深)
- ③ 環境創造對策  
計畫灘線：規劃海水浴場時，依利用必要砂灘寬決定。  
計畫水深：規劃創造環境生態時，依生態適用決定。

### 1) 離岸堤

作為漂砂制衡設施的離岸堤，其基本諸元如下圖有，堤長、離岸距離、堤頂寬、開口寬(設置間隔)及堤頂高等。堤頂寬依消波塊種類、質量、堆積方式等堤體安定性決定。





$$h' / h_b = \frac{\text{設置水深(MWL)}}{\text{碎波水深}}, \quad h_b = (H_{1/3})_5 / 0.78$$

$$\frac{\ell}{Y} = \frac{\text{堤長}}{\text{離岸距離}}, \quad \frac{\ell}{L} = \frac{\text{堤長}}{\text{波長}}, \quad L = \sqrt{gh'} (T_{1/3})_5$$

$$\frac{\ell'}{\ell} = \frac{\text{開口寬}}{\text{堤長}}$$

( $T_{1/3}$ )<sub>5</sub> :  $T_{1/3}$  的前 5 個波

由上可得下列論點：

- ① 砂洲發達，緩坡度砂質 B 型海岸的堆砂效果佳。
- ② 設置水深淺於年數次波碎波水深時，堆砂效果高。
- ③ 堤長長於年數次波在設置水深處的波長時，堆砂效果高。
- ④ 開口寬與堤長比在 0.3~0.4 間時，開口部灘線前進，0.5 以上時後退。
- ⑤ 堤長與離岸距離比越大，開口部灘線前進量越小，尤其是 C 型海岸，堤長與離岸距離比大於 2 時，開口部灘線有後退傾向。

在沿岸漂砂卓越海岸，可利用離岸堤制衡漂砂量，依水工模型試驗得知，相對離岸距離  $Y/Y_b$  越大沿岸漂砂通過率越大，相對開口寬  $l'/Y_b$  越大沿岸漂砂通過率越小。上述各項可作為，設計離岸堤漂砂制衡設施諸元的參考。

離岸堤背後的地形變化與背後形成的循環流有很大關係，依以往水工模型試驗或數值模擬得知，循環流最發達時堆砂效果佳。由於循環流是以碎波點為中心發達，在離岸堤背後水域形成 1 對循環流的條件為，離岸堤兩端部背後的碎波位置要位於離岸距離的中間，及堤長約為離岸距離的 2 倍，波浪條件是該海岸的能量等值波浪。上述僅作為參考用，實際設定平面配置時必要利用地形變化模擬預測分析決定。

堤頂高可以下式決定

$$\text{堤頂高} = \text{朔望平均高潮位} + H/2$$

或

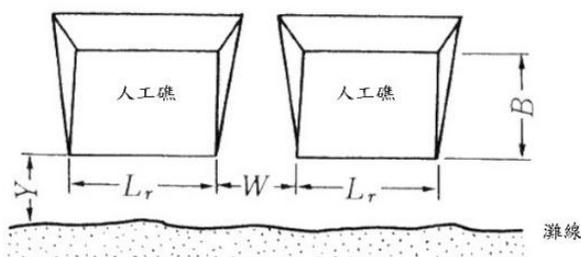
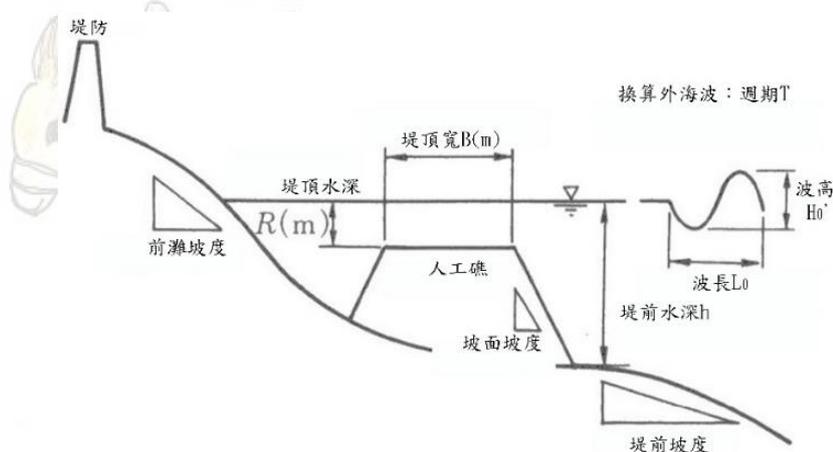
$$\text{堤頂高} = \text{朔望平均高潮位} + 1.0 \sim 1.5\text{m}$$

$H$  是設置水深處的進行波波高，以年數次波的有義波推算。

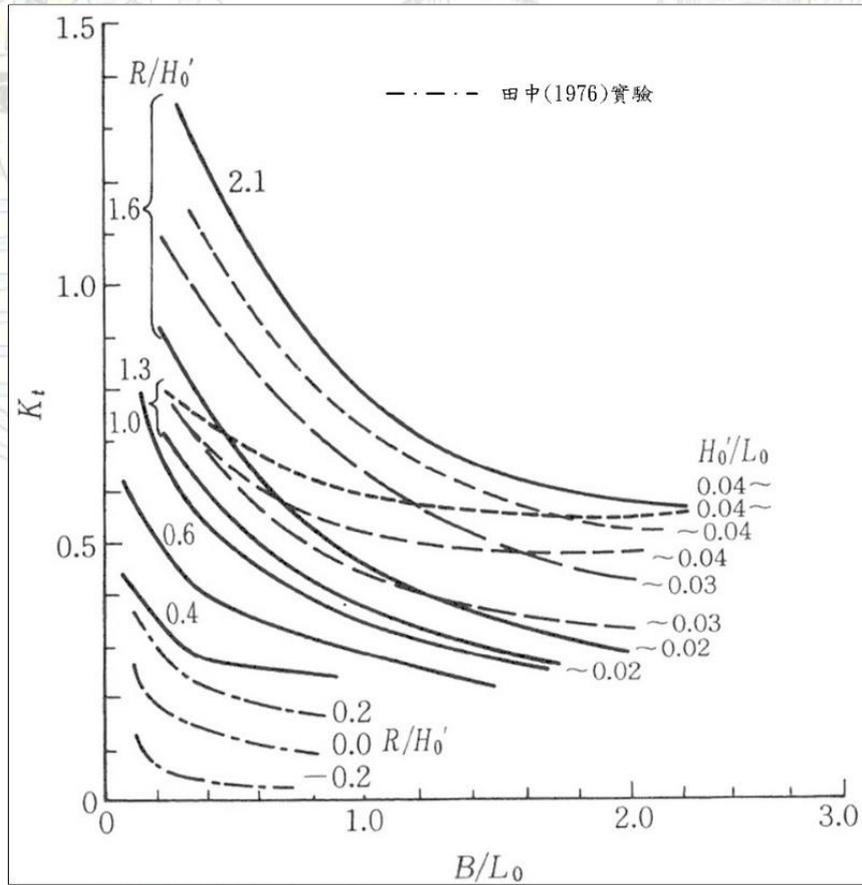
## 2) 人工礁

### 2011 埃及尼羅河之旅

人工礁基本諸元如下圖有，堤長、離岸距離、堤頂寬、堤頂水深；群堤時有開口寬(設置間隔)。



從漂砂制衡觀點，制衡對象為波高、波向及波引起流，但是以波高為主要對象。針對設定潮位時的來襲波，將人工礁背後漂砂制衡海域的透過波高抑制於規定值以下。拋石構成的人工礁，透過波高可抑制於規定值以下的堤頂水深及堤頂寬，可由下圖求得，依此設計基本諸元。



設定透過波高抑制規定值，首先從防止離向岸方向漂砂侵蝕觀點考量如何制衡離向岸方向漂砂。潮位設定為朔望平均高潮位，波浪為年數次波。人工礁可衰減波高，透過波波形尖度變緩，將侵蝕性波轉換成堆積性波，其判別方法可參考徑灘及沿岸砂洲是否形成、前灘呈堆積或侵蝕等。由於通過人工礁後的透過波，其波高衰減會致使沿岸漂砂減少，減少量必要由土砂供給量補充，以達平衡。通常沿岸漂砂量約為波高的  $5/2$  次方比例，平均沿岸漂砂量為  $Q$ ，土砂供給量為  $Q_t$  時，人工礁波高透過率  $K_t$  為

$$K_t = (Q_t / Q)^{5/2}$$

此時，波浪取能量等值波，潮位為平均潮位。

人工礁設置位置，以其堤趾水深深於年數次波的碎波水深的外海為宜，即讓波浪於未設置人工礁時的碎波位置以深處發生碎波，以提昇效果。

沿岸砂洲發達海灘，因侵蝕致使沿岸砂洲消失時，可考慮在原沿岸砂洲位

置設置人工礁，但是由於該位置地形變化激烈，必要考量堤體的安定性。

堤長、離岸距離、堤群開口寬，主要受人工礁背後流況影響。通常堤長約為離岸距離的1~4倍，堤群開口寬約為1/4堤長。開口寬過寬時堤體背後的循環流無法到達開口部背後中央，因此開口寬宜小於離岸距離。設計時必要利用海濱流數值模擬預測流況，並進行海灘變形模擬決定各諸元。

### 3) 消波堤

消波堤基本諸元為設置位置、堤長、堤高及開口寬(群堤時)，消波堤不具堆砂效果，僅有維持灘線位置現狀機能，因此設計時計畫灘線採用現狀灘線。設置位置通常設置於平均潮位的灘線附近，為防止海蝕崖受侵蝕時設置於稍離崖基處，使崩落土砂可堆積於消波堤背後的空間。砂礫海岸，設置位置宜設置在平均潮位的灘線可到達消波堤岸側坡趾處，此位置大概是波浪最終碎波處，設置於此會使影響灘線侵蝕極大的波浪在灘線附近產生碎波，衰減波能達防止侵蝕效果。對潮差大、海底坡度緩海岸，灘線位置隨潮位條件變化大，設置時應考量海岸地形形狀，尤其是海底坡度。

堤長原則上應採用連續堤，考量經濟性或通往海灘通路時，可間隔一段距離使用不連續堤。堤長比照離岸堤，開口寬宜小於0.3堤長、堤高亦比照離岸堤，然因大波來襲時灘線附近水位上昇量大，視情況可使用堤趾水深+朔望平均高潮位+大波來襲時水位上昇量。

消波堤為其他海岸保育設施完成前的應急設施，有礙景觀，通常配合其他海岸保育設施的施工進度及地形變化狀況，適切變更設置狀況，待其他設施得到防止侵蝕效果時予以撤除。陡坡度海岸設置離岸堤等外海結構物時，可作為永久設施，此時應作配合景觀的措施。

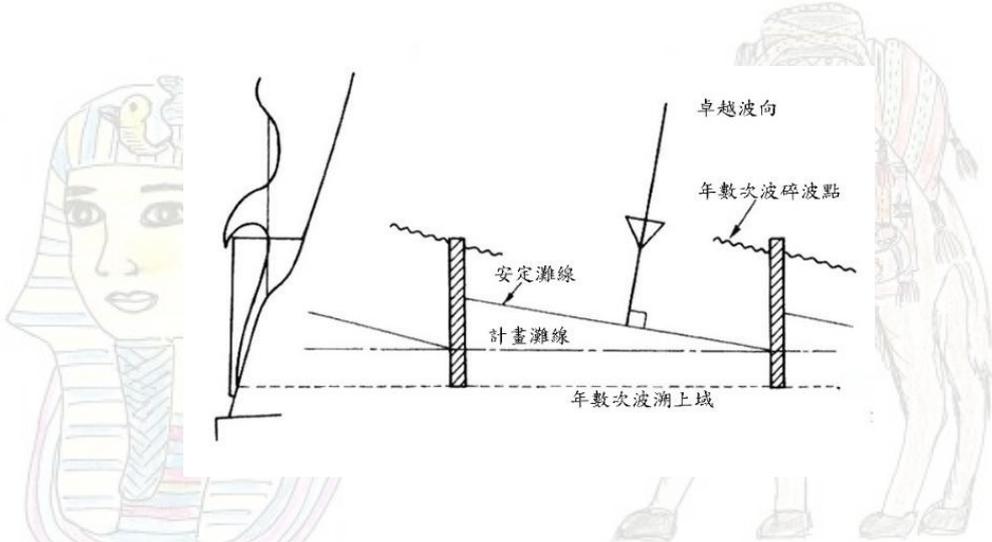
沿岸漂砂卓越陡坡度海岸，漂砂移動集中於灘線附近，設置消波堤會使海岸漂砂下游側的漂砂供給明顯減少，必要利用實驗或數值解析確認其配置。

### 4) 突堤

突堤基本諸元如下圖，為堤長、堤高、堤軸方向及設置群堤時的設置間隔。突堤機能為捕捉沿岸漂砂，改變灘線形狀，制衡沿岸漂砂量，突堤漂砂上游側灘線前進，下游側灘線後退。



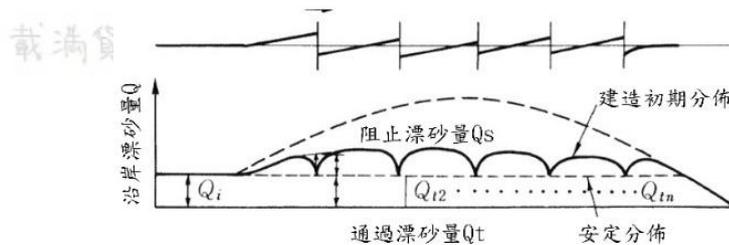
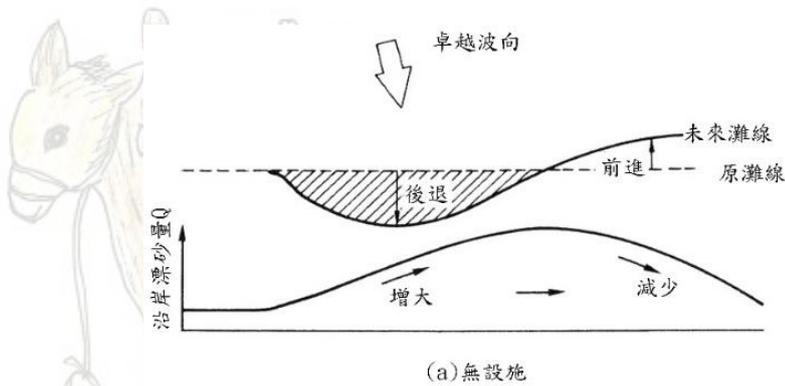
設置單一突堤，突堤漂砂上游側灘線前進，下游側灘線後退現象極明確，原則上必要如下圖，設置堤群以維持計畫灘線，對沿岸漂砂卓越方向隨季節而異時，應檢討各方向的灘線變化。



突堤可幾乎完全阻止沿岸漂砂時，如圖所示，灘線形狀會幾乎與卓越波向呈垂直，因此從計畫灘線與第1條欲設置突堤的交接點，繪出與卓越波向呈垂直的預測安定灘線，假定某一設置間隔，設置第2條突堤，以此類推。設置間隔越寬堤長越長，設置間隔越窄堤長越短。卓越波向越傾斜海岸線，堤長變長。

### 2011 埃及尼羅河之旅

上述為突堤群制衡沿岸漂砂期待靜安定化的概念，可適用於海岸線延長較短、海底坡度陡海岸，但是對長海岸線延長、緩海底坡度砂礫海岸，成功機率較少。



(b) 建造突堤群

沿岸漂砂起因侵蝕，通常會如上(a)圖，向漂砂下游方向呈沿岸漂砂量分布增大的趨勢。此增大比降意味著沿岸漂砂量不平衡，故可思考如何減少比降。如上(b)圖，將突堤以適當的長度及間隔設置，可減少沿岸漂砂，緩和現狀沿岸漂砂量分布比降，期待其防止侵蝕效果。防止侵蝕效果取決於下式所示各突堤的漂砂阻止率

$$\text{沿岸漂砂阻止率} = \frac{Q_s}{(Q_s + Q)}$$

漂砂阻止率推定，可利用含陸上部分的水深方向地形變化狀況加以推算方法、水工模型實驗、海濱流數值計算方法等，將此漂砂阻止率作為灘線變化模擬的參數，適切檢討突堤配置計畫。

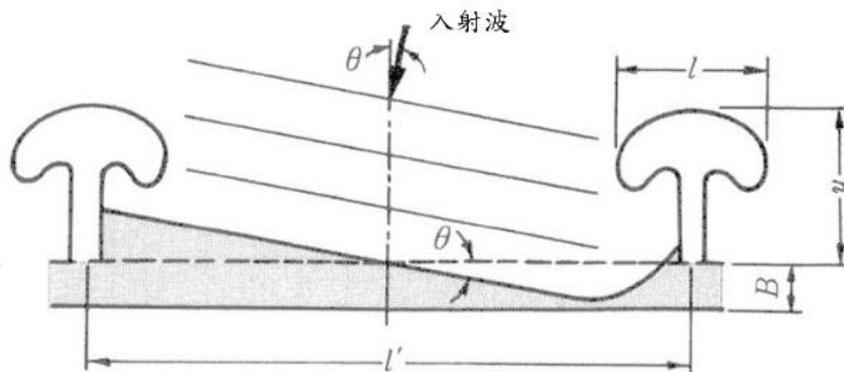
陡坡度海岸，沿岸漂砂量分布集中於灘線附近，過度捕捉沿岸漂砂會致使下游側灘線後退，檢討阻止率時必要包含波浪溯上域。

堤高會影響岸漂砂的阻止效果，基本上沿岸漂砂不宜越過堤高，阻止率以堤長控制較為經濟，一般選用朔望平均高潮位時年數次波不會越過的堤高。堤軸方向通常採與灘線呈垂直方向。

突堤兼具人工海灘的維護結構物、港內防止堆砂或河口導流堤的機能，其設計基本諸元相同。作為人工海灘的維護結構物，必要有相當程度的靜安定，突堤堤頭必要到達臨界移動水深。作為港內防止堆砂機能，因堆砂主因為循環流，必要利用數值模擬覓出可有效阻絕循環流的位置及堤長。河口導流堤參照後述河口處理工。

## 5) 人工岬

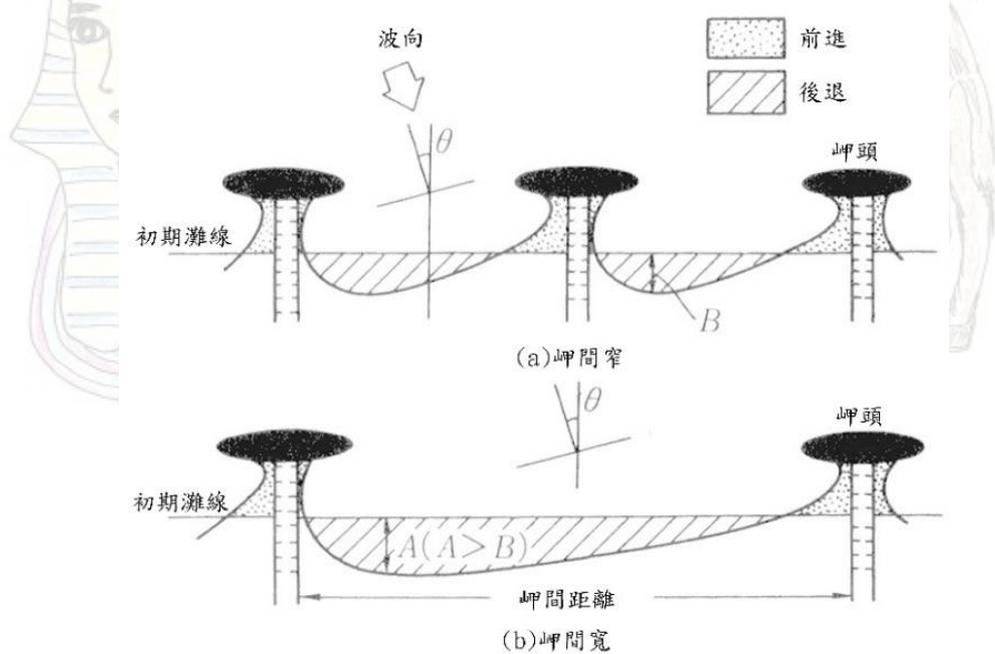
人工岬基本諸元為岬頭規模(突堤型：堤長，離岸堤型：堤長、離岸距離)，岬頭設置間隔。



人工岬工法是如下圖，模仿自然海灣地形的安定海灘，依灘線預測計算，以在預測灘線後退最深點可維持計畫灘線時，決定岬頭設置間隔。欲形成安定

海灘必要有相當大的灣或大規模岬頭，因此灘線為在計畫灘線附近的直線砂礫海灘時，人工岬工法成功機率不大。

人工岬工法如下圖是擴展突堤工法，在突堤堤頭配置橫堤其目標為，提高沿岸漂砂捕捉率，以期可放寬岬間設置距離。本工法特徵是為欲在岬頭附近形成彎曲灘線形狀以期分散波能量，並可防止如實施突堤工法時下游側顯著的灘線後退。

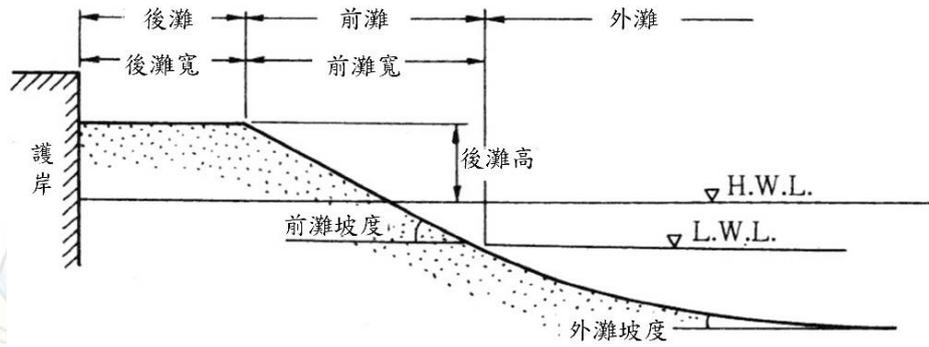


檢討岬頭部及設置距離時，如同突堤工法，必要推定沿岸漂砂量分布，檢討應如何配置才能在盡可能不影響周邊海灘下防止侵蝕。利用灘線變化模擬檢討岬頭規模及設置距離，以達預期沿岸漂砂量分布及計畫灘線。

沿岸漂砂卓越方向季節性變化海岸，灘線形狀呈蹺蹺板狀變化，計畫時必要留意。檢討岬頭規模及結構型式的沿岸漂砂捕捉阻止效果，可利用灘線變化模式模擬確認。針對設定沿岸漂砂捕捉率，突堤者決定堤長，離岸堤者決定堤長及離岸距離。

## 6) 養灘工

養灘工基本諸元如下圖為斷面規模(後灘高、後灘寬、前灘坡度)、養灘量、養灘材粒徑、砂迂迴、養灘材採取位置(砂回收法)。



養灘工設置目的分成海灘利用及侵蝕對策 2 類，前者必要依利用目的確保其必要灘寬，後者必要確保不會因波浪影響背後地的後灘高及後灘寬，各諸元依波溯上高及容許越波量決定。檢討各諸元時，必要前灘坡度，與養灘材粒徑  $d$  有關，養灘材粒徑確定時，前灘坡度  $\tan \beta_f$  可依下式計算。

$$\tan \beta_f = \frac{0.12}{\left( H_b / (g^{0.5} d^{0.5} T) \right)^{0.5}}$$

$H_b$ ：碎波波高， $T$ ：波週期

考量靜養灘時，作為侵蝕對策的養灘材粒徑，以粗粒徑為宜。考量動養灘時，以和周邊海灘底質粒徑相近者為宜。海灘利用為目的粒徑，應以可形成適合利用形態的海底坡度為宜。

養灘工與其他漂砂制衡設施不同處為養灘工會受波浪影響而變形，因此機能設計時必要預想可能變形。考量靜安定時，除設置防止砂流出設施外，配合背後狀況配置可得安定海灘平面形狀的設施。考量動安定時，必要依現場調查或漂砂量計算掌握維持海灘的必要投砂量及投放位置。實施砂迂迴或砂回收再利用工法時，必要從土砂收支觀點檢討養灘土砂的採集地點。無法確保養灘土砂量時，可設置突堤等漂砂制衡設施，以降低沿岸漂砂量。

## 7) 護岸

護岸設計基本諸元為設置位置、護岸型式、堤線及堤高等，通常依波浪暴潮制衡決定，作為侵蝕對策時，應留意下列事項：

### ① 護岸堤線

護岸堤線原則沿海岸線設定，決定堤線時必要考量背後地土地用狀況、海

岸利用、與鄰接結構物的關係、波集中、周邊海岸影響、施工性、維護管理等。不宜於會破壞現有砂灘的位置設置護岸，因除會消失具有天然消波效果外，當波溯上到達護岸時，反射波會助長侵蝕。不得已必要在大波來襲的波會到達位置設置護岸時，應盡量不使反射波發生，在護岸設置消波工等措施。可設計低反射波結構的緩傾斜護岸或階梯式護岸，但是由於坡面長可能破壞砂灘，必要考量坡趾位置，設定坡面坡度及護岸堤頂位置。

必要在水中設置護岸，堤體位置介於灘線與碎波位置間靠近岸側時，堤體引起的反射波不可影響入射波的碎波條件，此時緩傾斜護岸前面的沿岸漂砂量會減少。

## ② 護岸堤高

護岸堤高原則上由暴潮及越波決定，通常希望能和其他工法併用，期待降低堤高，例如與作為侵蝕對策的離岸堤併用，以期降低越波量，並期待離岸堤的堆砂效果，能確保砂灘，進而發揮砂灘的消波效果，即可降低溯上，換言之，可降低護岸堤高。

## 8) 降低地下水工法

### 2011 埃及尼羅河之旅

地下砂過濾法設計基本諸元為集水管理設深度及位置，埋設透水層法則為透水層埋設深度、範圍及排水口位置等。降低地下水工法尚在研發階段。



載滿貨品的驢子

### 回海岸設施設計



阿拉丁神燈