

波浪暴潮對策基本設計諸元

1. 決定堤防、護岸及胸牆堤高

1) 決定堤高基本事項

堤防、護岸及胸牆的堤高是指可期待防止越波的堤高，通常以下式計算

$$\text{堤高} = \text{計畫潮位} + \text{對計畫波必要高} + \text{餘裕}$$

2) 計畫潮位

設計計畫潮位必要注意下列事項：

- ① 坡趾水深淺於下述設計波的碎波水深時，坡趾水深越深溯上高越高，計畫潮位採用計畫高潮位。
- ② 坡趾水深深於下述設計波的碎波水深時，比較計畫高潮位及將坡趾水深調整成碎波水深的潮位(因坡趾水深與碎波水深相同時，溯上高會最大)時的越波量決定。

3) 對計畫波必要高

設計對計畫波必要高應注意下列事項：

- ① 計畫波高時的溯上高不一定為最大值，在堤防、護岸前面海底坡度突變緩處碎波時，容易出現最大值，即採用在坡度急變點發生碎波時的溯上高作為必要高，可期待較高安全性。由於求得此波高實際上有困難度，通常將從計畫波高的換算外海波高得到的設計波高，作微小範圍變動，依後述方法覓得最大溯上高。
- ② 因週期越長溯上高越高，可以計畫週期作為設計週期。計畫週期的波即使因衰減致使波高變小，計畫週期的波依然存在，無需減小週期。
- ③ 波向與堤防、護岸線呈傾斜時，溯上高變小，因此以和堤防、護岸線呈垂直時的溯上高作為設定值。
- ④ 依後述方法設定海底坡度。
- ⑤ 若全部來襲波全部不會發生越波時，堤防、護岸斷面巨大，不利工程費，亦有礙海岸利用。必要依下述(1)、(2)所述手法適切決定必要高。

4) 餘裕

餘裕是考量高於計畫潮位的異常潮位發生時的不確定性，依背後地重要度，可取至 1m 左右。

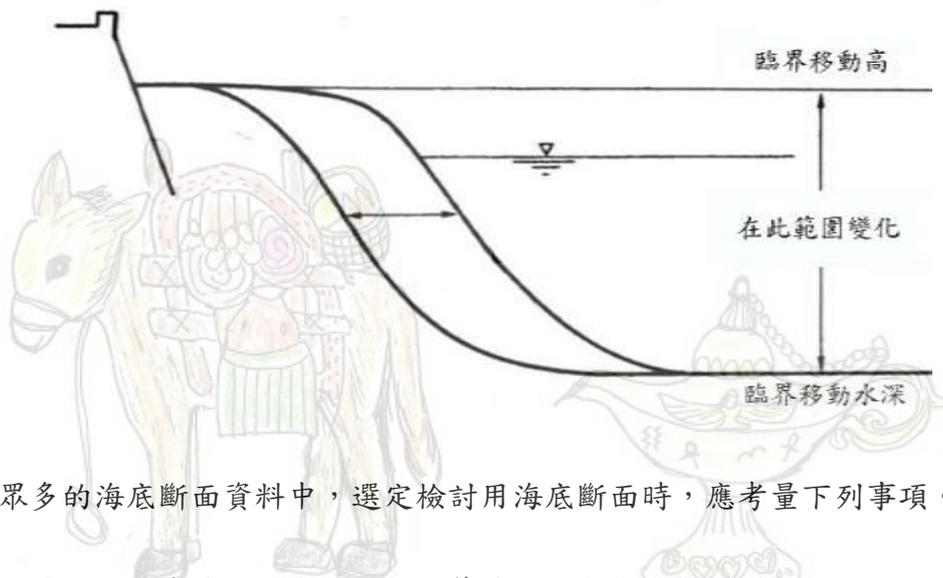
依上述各項決定堤高，若能明確預測地盤、堤體下陷量或潮位經年變化時，必要加以適切考量。

胸牆因前面會有各種設施，大波直接作用於胸牆機率較少，應考量計畫高潮位的副振動、傳達波等，將水位歷時變化模式化，計算出全越波量，加入不會使堤內地淹水的餘裕作為堤高。

檢討上述必要高時海底斷面，基本上依最新測量數據設定，必要時依下述說明處理。

- ① 無法忽略堤防、護岸在供用期間發生的長期侵蝕堆積或短期性時，可參考[海岸水力學及漂砂制衡設施](#)，採用適切手法加以預測考量。
- ② 海底斷面變化通常發生在臨界移動高至臨界移動水深間，為了解必要灘寬，變更灘寬計算溯上高，可如下圖在變化臨界移動高至臨界移動水深間的海底斷面。

2011 埃及尼羅河之旅



從為數眾多的海底斷面資料中，選定檢討用海底斷面時，應考量下列事項。

- ① 岬狀呈凸形海岸線，波會收斂，換算外海波高變大。
- ② 淺於淺化變形顯者水深的陸側平均海底斷面越陡，來襲波碎波點越靠近海岸線，溯上高變大。
- ③ 砂礫海灘的灘寬越窄或堤防、護岸堤趾地盤高越低時，消波效果變差，溯上高變大。
- ④ 無砂礫的海灘，堤防、護岸堤趾海底斷面突變點水深，與設計波的碎波水深一致時，溯上高呈最大值。變點水深越遠離碎波水深，溯上高有降低趨

勢。

(1) 檢討因應溯上的必要高

對堤防、護岸的表坡、裏坡及頂面均鋪裝混凝土者，依過往經驗，計畫波必要高可採用計畫高潮位時的有義波溯上高，但是必要滿足下列 3 個條件。

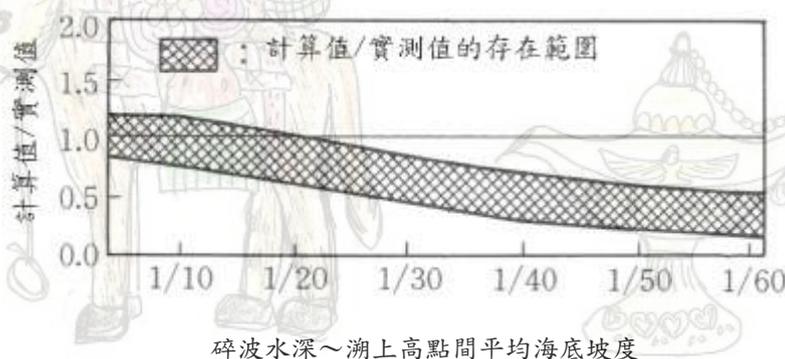
- ① 對該海岸設定的計畫潮位，檢討設施時，考量必要水位上昇量的潮位稱為設計潮位，推算溯上高使用此設計潮位。
- ② 針對碎波後的溯上，利用依有義波諸元設定的計畫波，將設計週期固定為計畫週期，設計波高則對計畫波換算外海波高作極微區間變化，推算溯上高。
- ③ 溯上高算定可參考海岸水力學，或利用水工模型實驗決定。

碎波後的溯上，即使潮位、有義波諸元、海底斷面資料正確，規則波的推算結果有過小趨勢，其因是波不規則性及風影響未被考量，故宜作下列處理。

① 波不規則性影響

2011 埃及尼羅河之旅

下圖所示帶狀圖是中村對有義波的溯上高計算值與實驗值比的存在範圍。由圖可知，在碎波水深～溯上高點間的平均海底坡度越緩，依規則波計算法所得溯上高會過小評估，尤其是平均海底坡度緩於 1/20 以緩者。其因是該規則波計算法未將長週期波影響或小溯上波被大溯上波吸收等現象考量在內。

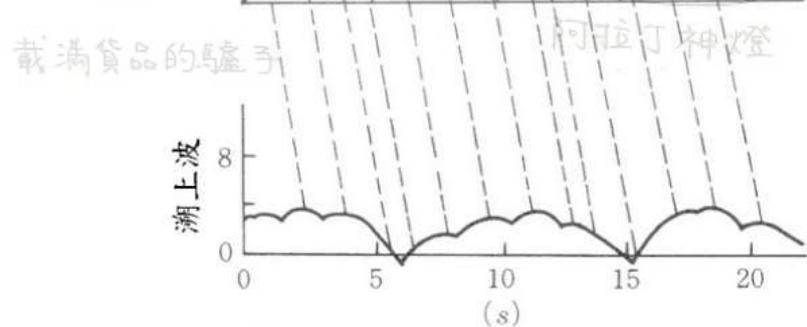
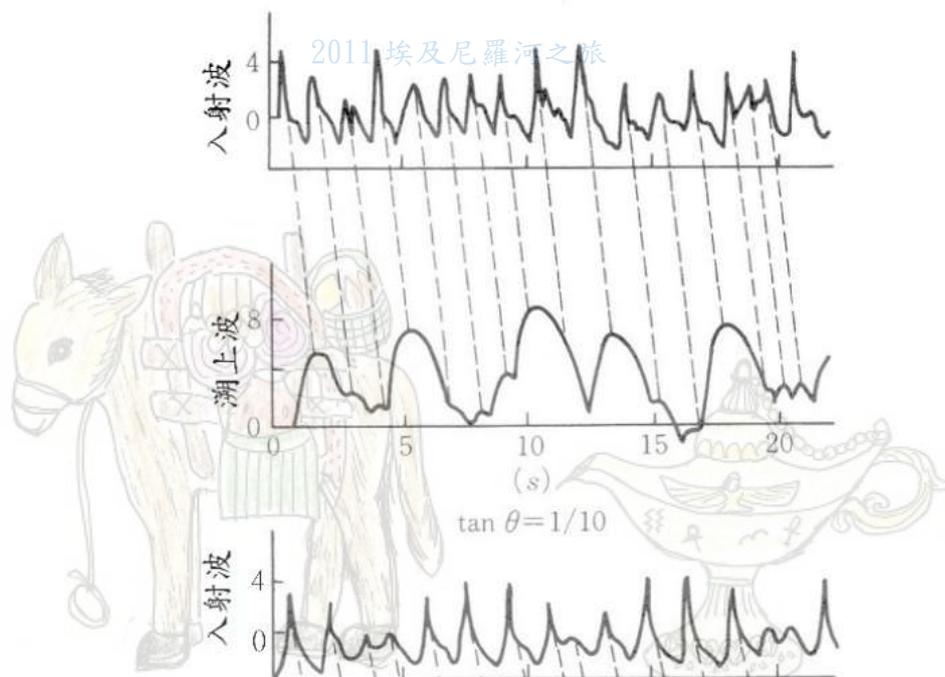
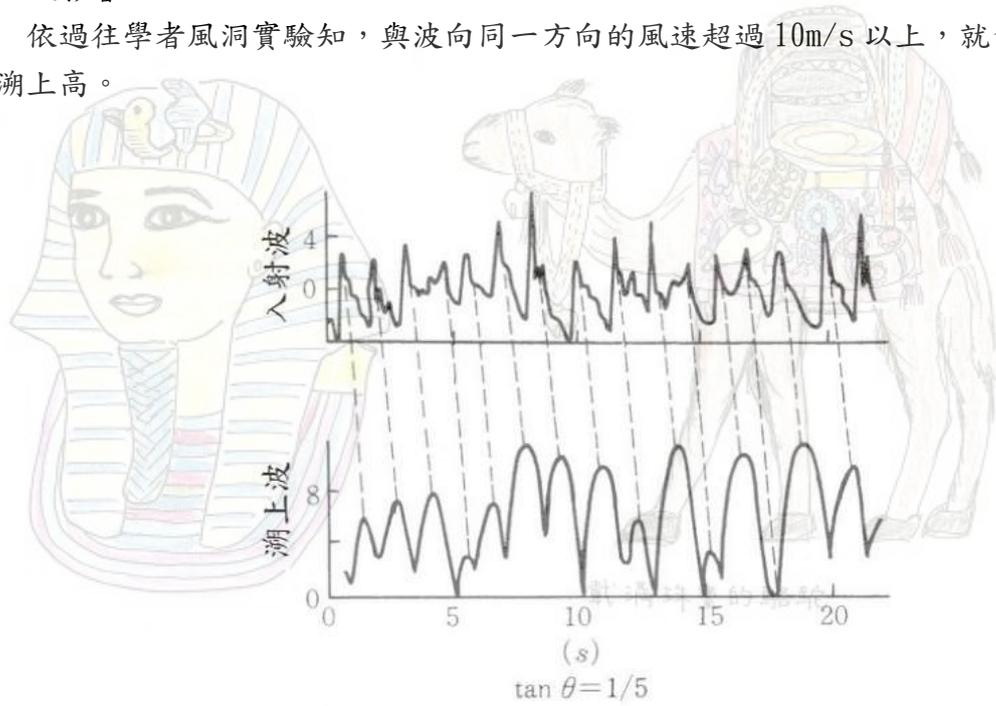


實際海浪是具有週期性出現大波的波群性的不規則波，其溯上波波形隨海底坡度而異，間瀨得下圖所示各種坡度的溯上波形與入射波的相對波形。由圖可知，在碎波水深～溯上高點間，隨著平均海底坡度變緩，波群性起因的長週期波成分溯上波形變明顯，此係隨著海底坡度變緩，各波在外海發生波，波高變小，長週期波不會碎波所致，因此平均海底坡度緩於 1/20 以緩者，必要考量長

週期波影響。

② 風影響

依過往學者風洞實驗知，與波向同一方向的風速超過 10m/s 以上，就會提高潮上高。



(2) 檢討因應越波的必要高

背後地利用密度高，例如作為海岸道路必要確保適度交通機能，不會破堤的基準，必要以能滿足背後地利用條件的容許越波量決定堤高，其決定基準如下。

計畫波必要高 = 設計潮位時不規則波的越波量低於容許越波量的高度

具體計算方法如下：

- ① 越流量約為越波溯上高減去堤防(或護岸)堤高的值，由於越波量約為越流量的平方倍，越波量發生極值的條件與溯上高類似，設計潮位及設計波的處理同於溯上高。有義波的溯上高即使低於堤頂，實際海岸的越波量不會為 0，有可能超過容許越波量而越波，其因是波的不規則性，因此必要採用不規則波的越波量計算法，取其平均越波量。
- ② 越波量計算可利用越波量中的不規則波計算法。
- ③ 碎波水深～溯上高點間的平均海底坡度緩於 1/20 時，必要考量長週期波的影響。

依越波量檢討堤高時，必要考量堤體結構、背後地重要度及利用目的、地形、排水能力等，設定容許越波量。推算越波量，與推算波溯上高同樣，必要考量風及波不規則性的影響。

① 長週期波影響

大波群來襲時會間歇發生越波，使用一般計測期間的平均越波量評估有其危險，應定義短期間越波量，越波間歇性顯著發生於碎波水深～溯上高點間的平均海底坡度緩於 1/20 的海灘或礁石海岸。長週期波致使水位高於平均水位，產生越波。將長週期波的 1 個週期間的總越波量除以同週期的 1/2 時間作為平均值，將平均越波量的 2 倍與容許越波量比較即可。

② 最大越波量考量

井上等發現最大越波量約為平均越波量的 10～20 倍，因此背後地有住家或重要設施時非常危險，應整建排水設施。重要海岸的堤高應選定最大越波量小於容許越波量的堤高，作為必要高。

③ 風影響

風向與波向相同時，越波量會增加，與溯上高同樣，風速超過 10m/s 以上，就會提高越波量。

2. 消波設施設計諸元

防止越波對策為目的時，是覓得可使堤防(或護岸)的基本堤高降低至計畫堤高以下的消波設施的基本諸元，設計注意事項如下。

- ① 依 1. 所述，使越波呈最大值，設定設計潮位及設計波即可。冬季季風或颱風來襲時，越靠近灘線，碎波致使平均水位上昇或風吹壓引起水位上昇越明顯，必要將之納入考量。
- ② 海岸斷面資料亦依 1. 所述處理。
- ③ 依後述各項消波設施各項說明設定基本諸元，覓出傳達波高，除以淺化係數換算成外海波高，將之依 1. 所述推算溯上高及越波量。重複變更消波設施基本諸元，直至溯上高、越波量等達計畫堤高以下為止。

靜穩海域為目的時，是覓得可使海域得到必要靜穩度以下的消波設施的基本諸元。

- ① 設計潮位可採用朔望平均高潮位，或平均潮位+計畫偏差，設計波由年數次來襲波至計畫波間依目的設定，特異水位上昇量顯著時必要加入考量。
- ② 依後述各項消波設施各項說明設定傳達波高，重複變更消波設施基本諸元，直至傳達波高達目標值以下為止。

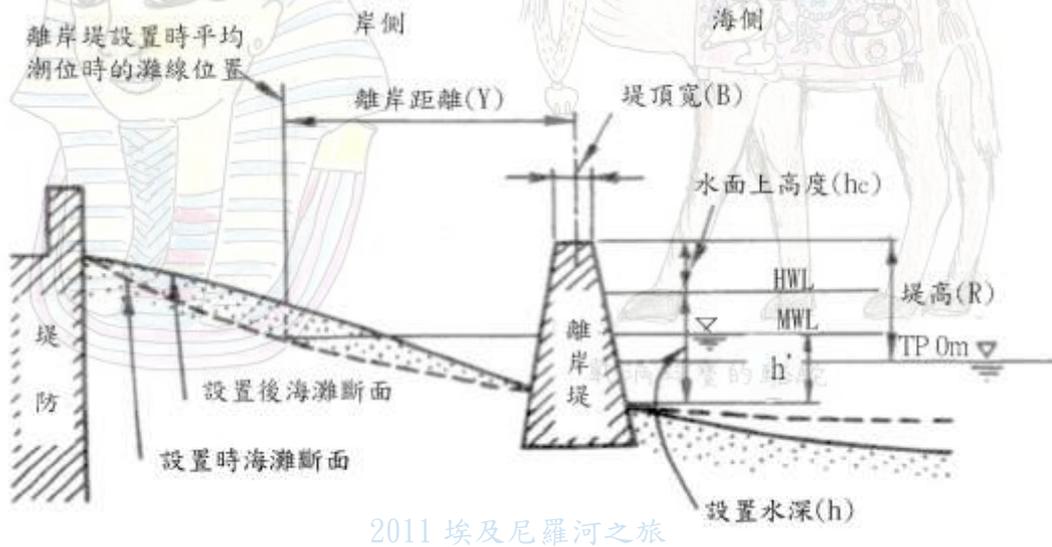
消波設施機能設計時，必要注意下列事項。

- ① 消波設施為提高越波或波高的減低效果，通常會採用連續堤或是縮短開口部寬度(堤間距離)，消波設施陸側海域，通常會因設施設置導致平均水位上昇。透過消波設施的透過波會生成小非線性波，波短週期化。前者會增加越波，後者則會減少越波，應加以考量。
- ② 消波設施開口部寬度(堤間距離)放寬時，消波設施陸側海域排水條件變好，平均水位上昇量極少，反面從開口部進入波浪變大。
- ③ 透過設置於外海的消波設施的透過波高會再次碎波水深以淺位置，設置堤防或護岸時，消波設施的越波降低效果非常小。
- ④ 設計出可得到需要的越波降低效果，是必然之事，但是必要考量維護管理成本、景觀生態系保育及海岸利用。

⑤ 不可妨礙其他設施的機能。

1) 離岸堤

離岸堤是直接制衡波浪的結構物，並具有間接制衡陸側漂砂及越波的功能。以減低波浪及越波為目的的離岸堤的平面配置及基本斷面，如下圖，必要考量下列事項決定。



2011 埃及尼羅河之旅

(1) 平面配置

因離岸堤背後水位上昇或開口部存在，可能無法達到預期消波效果。離岸堤背後堆砂時，可期待較高的消波效果。正確評估離岸堤的越波或減波效果，實際上有困難度，必要利用數值模擬或水工模試驗加以確認。

消波效果相關堤長、開口寬(堤間距離)的關係如下，可作為決定平面配置諸元時參考用。

- ① 堤長短於離岸堤設置位置的波長(L)的 $1/2$ 時，消波效果減弱。
- ② 除堤頂不會沒入水中變成潛堤的狀況外，離岸堤背後的波高幾乎全依堤長決定。設置水深 3m 時，堤長在 1.2~1.6 倍波長間或 3.2 倍波長以上時，波高明顯降低，其值隨海底坡度越緩越顯著。設置水深 6m 時，堤長在 2 倍波長以上時，波高明顯降低，此時開口寬約為 0.4~1.0 倍波長 L。
- ③ 開口部背後波高幾乎全依開口寬決定，開口寬取 0.6 倍波長 L 時，開口部背後波高會降低。堤長長於 3 倍波長 L 時，開口部影響小。設置水深越，開口部影響越小。
- ④ 堤長長於 2 倍波長以上的離岸堤，開口部影響小，消波效果依堤體透過率決定，透過率可對連續堤由透過波高求得。

(波長 $L=42\text{m}$) 堤頂寬 $B=15\text{m}$

堤頂寬 $B=20\text{m}$

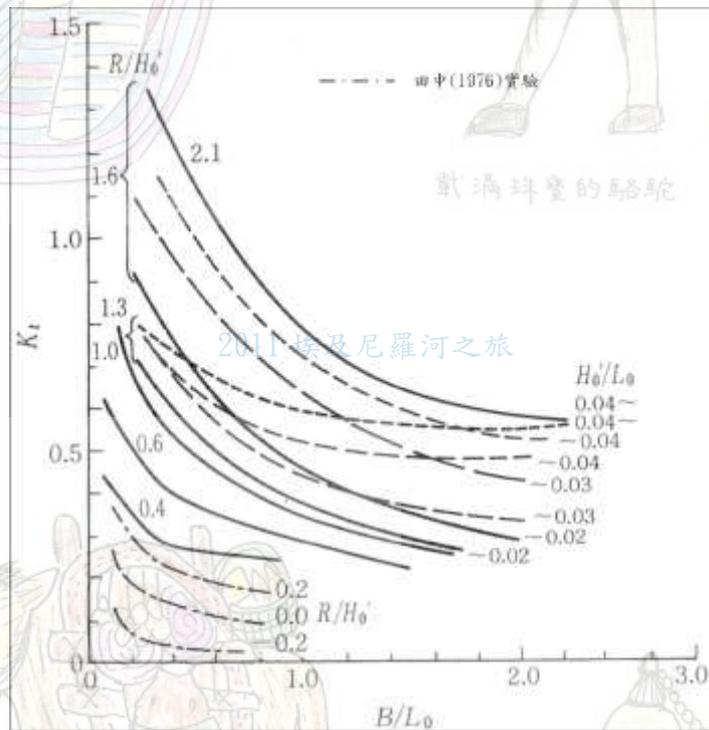
堤頂寬 $B=25\text{m}$

堤頂寬 $B=30\text{m}$

2) 人工礁

① 平面配置

人工礁的平面配置如同離岸堤，宜利用數值模擬或水工模試驗加以確認。



② 斷面諸元

人工礁考量背後地利用條件，設定背後的波高容許值，進而決定斷面諸元，即依需求波高透過率決定堤頂上水深及堤頂寬。

拋石構築的人工礁，其波高透過率可依水工實驗求得，田中依實驗求得波高透過率如上圖。由圖可知，堤頂上水深極淺時，堤頂寬可變窄，較為經濟，但是必要考量漁船航行安全。冬季季風期水位上昇量大，必要加以考量，否則會致使消波效果評估過大，越波量亦同。

3) 消波堤

消波堤設置目的是抑制波力以達防止海崖或海灘侵蝕，亦可期待消波機能。

① 平面配置

消波堤通常以連續堤方式沿平行海岸線設置，必要時確認其保護效果後，可以不連續堤方式設置。

② 斷面諸元

依要求的防止越波或波高的減低效果，求出堤高及堤頂寬，前面水深夠深時可比照離岸堤辦理。

設置於灘線附近，尤其是在陸上時，比照消波工辦理，依水工型實驗結果。越靠近灘線碎波引起水位上昇越大，長週期波卓越時估算結果會失準，宜依不規則波實驗結果。

2011 埃及尼羅河之旅

4) 養灘工

養灘工是在養灘斜坡上，利用碎波及溯上過程時的能量衰減而具有高消波效果，並具減低越波機能。與消波工比較，反射率、飛沫發生度低，可降低堤防護岸的堤高，前面海灘可供休憩或海洋性娛樂活動用。

養灘工分成下列 2 類：

① 人工海灘

配合配置突堤或離岸堤等防止養灘材料流出工，以期達成靜平衡。

② 砂迂迴或砂再利用法

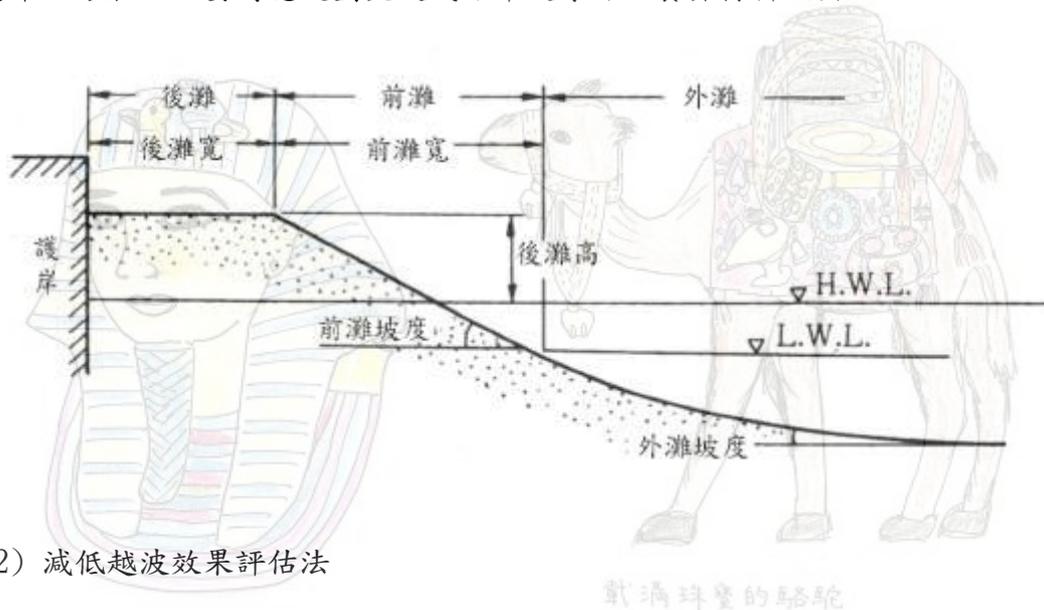
以人工手法促進養灘砂供給，以期達成動平衡。

(1) 安定斷面設定法

養灘工基本斷面如下圖，依大波時的碎波水深(幾乎等於顯著臨界移動水深)、海灘坡度、後灘高、後灘寬等表示，由設計條件及養灘材中央粒徑決定安

定各諸元，宜利用數值模擬或水工模試驗加以確認。

實際上，沿岸漂砂顯著海岸極多，應利用數值模擬或水工模試驗檢討海灘的平面形狀，必要時應規劃突堤或離岸堤等防止養灘材料流出。



利用中村的改良假想坡法，可簡便估算陡坡度養灘的溯上高或越波量。灘坡度越緩，養灘工的降低越波效果越高。後灘高過低越波量可能會變高，應以望平均高潮位時，年數次來襲波的溯上高作為基準。後灘寬可由水工模試驗，依容許溯上高及越波量決定，必要時可在前面設置離岸堤，或將養灘材粒徑變大，提高粗度及透水性，即可提高降低越波效果。

5) 消波工

消波工是在堤防(或護岸)前面設置消波塊，用於減弱波力，並降低波的溯上高或越波量的堤防(或護岸)的附屬設施。

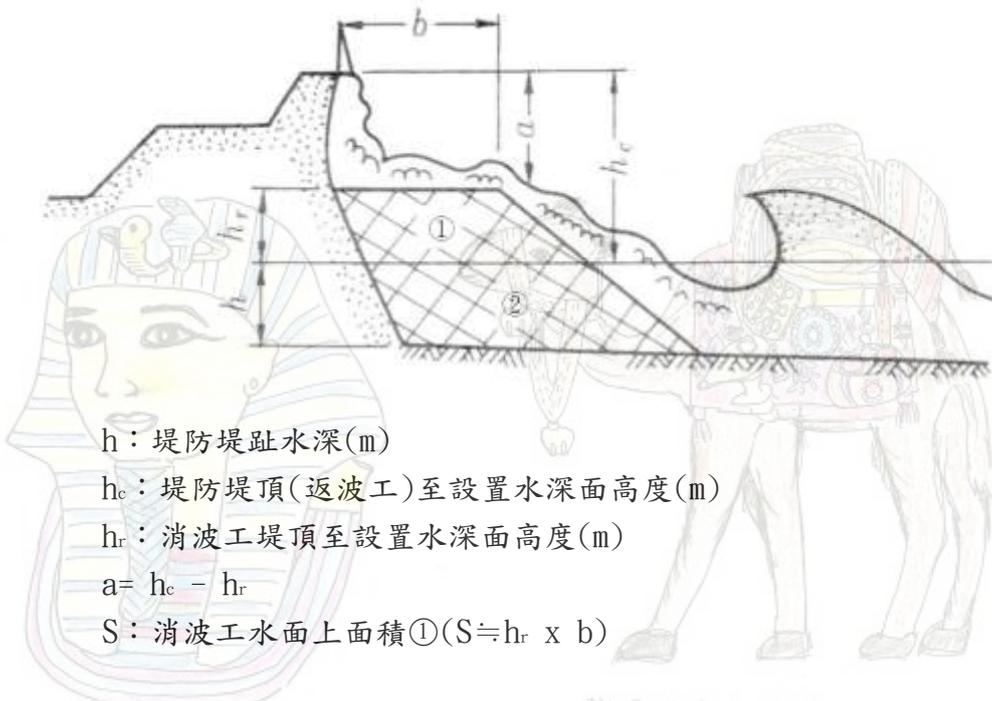
① 平面配置

消波工通常以連續堤方式沿平行海岸線設置，必要時確認其保護效果後，可以不連續堤方式設置。

② 斷面諸元

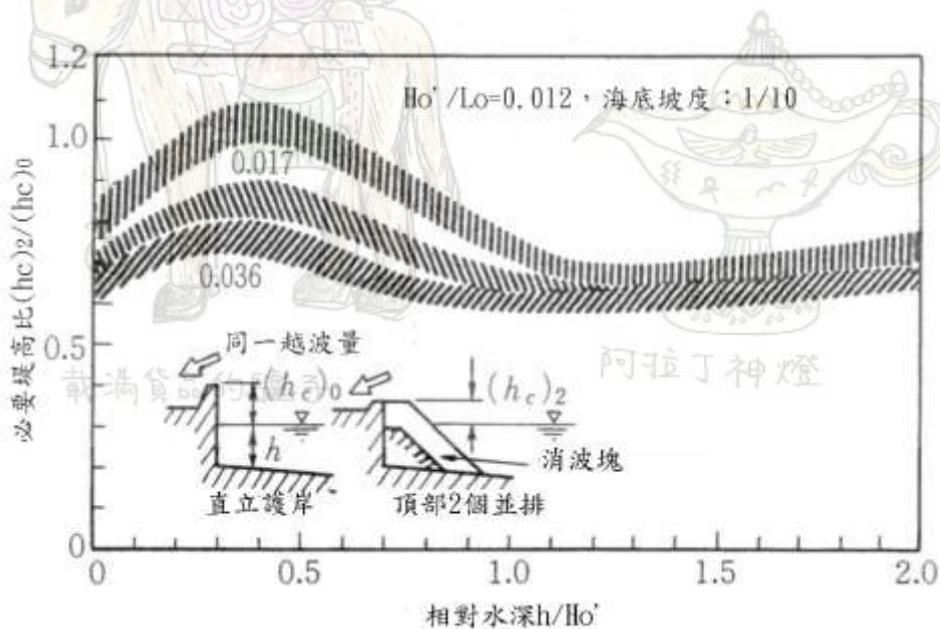
消波工無法如離岸堤或人工礁利用透過率評估降低越波效果，必要由消波工的堤高、堤頂寬與降低越波效果間的關係求得。

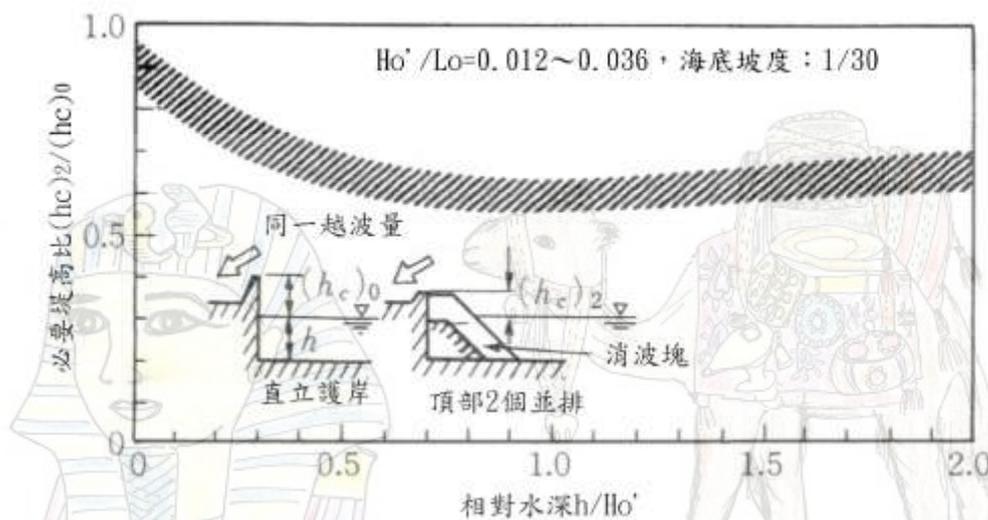




消波工高 \ 水深	(1)	(2)	(3)	(4)
	$\frac{h_r}{H_o}$	$\frac{h_r + h_c}{H_o}$	$\frac{h_r + h_c}{h}$	$\frac{2\pi S}{H_o L_o}$
$h/H_o=0$	0.5	1.0	-	0.0
$h/H_o=0.5$	0.6	1.5	3.5	0.2
$h/H_o=1.0$	0.8	2.0	2.5	0.4
$h/H_o \geq 2.0$	0.7	1.7	1.0	0.2

消波工基本諸元可依上表求得，降低越波效果由下圖得到，





選定滿足下表所示基本諸元時，要求堤高可降低 70%

消波工堤頂寬	消波工堤高
消波塊 2 個並排	0.8Hc 以上
消波塊 3 個並排	0.7Hc 以上
消波塊 4 個並排	0.5Hc 以上

Hc：相當於堤防(或護岸) 70%基本堤高

本手法屬經驗手法，未必全部適用，必要依水工試驗驗證。在堤防(或護岸) 與消波工間規劃靜水室會提高降低越波效果。

3. 暴潮防波堤配置

暴潮防波堤是設置於外海，以減衰入侵波、降低堤內水位為目的，暴潮防波堤引起暴潮偏差及波高減低效果，可利用各種數值計算決定。沿岸的防潮堤高原則上，以「望平均高潮位」+「最高潮位偏差」+「考量地盤下陷或波高的餘裕」決定。暴潮防波堤配置可依各種數值計算估算，覓出能滿足降低暴潮偏差及沿岸波高的配置。

開口寬不可妨礙正常船舶航行，內陸的填海造地會使水域面積變小。堤內水域面積顯著變化時可能會改變原本設計的效果，必要利用數值計算重新檢討。

因地盤下陷致使防波堤堤頂降低，會導致越波量增加，擾動港內水面靜穩，故必要考量施工後的下陷。