

以非工程手段治理水患 柔性工法

許泰文 教授兼系主任

國立成功大學水利及海洋工程學系

中華民國 97 年 5 月 12 日

一、海岸功能

- (1) 海岸為海陸交接之處，可以作為防潮禦浪的緩衝區，保護內陸。
- (2) 提供海埔新生地，作為重工業區或親水休憩之場所。
- (3) 潮間帶孕育多種生態。
- (4) 開發成漁港、工業港及商港。



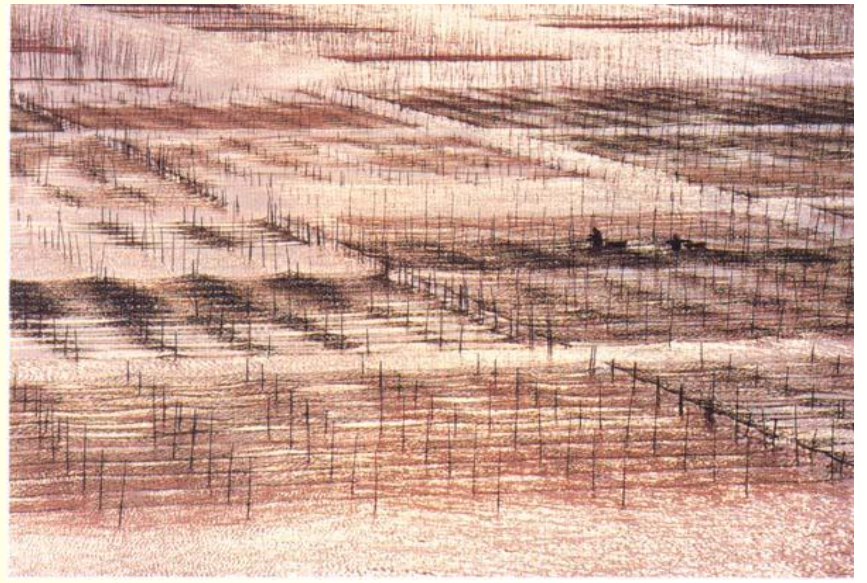
潮間帶 (日本德島縣，高島岸)



淡水港



(a)



(b)



(c)



(d)

沿岸圈的利用，(a) 海岸 (b) 養殖場 (c) 貿易 (d) 休閒

二、台灣海岸特色

(1) 海岸全長1,600公里 (含離島)

(2) 東部坡陡水深，西部坡緩潮間帶寬廣

(3) 依海岸地質分爲四個區域

i. 北部沉降海岸

ii. 西部平緩海岸

iii. 東部斷層海岸

iv. 南部珊瑚礁海岸

❖ 台灣海岸特色

➤ 北部沉降海岸

- (1) 西起淡水河口，東至三貂角，全長85公里。
- (2) 岬角、海灣和口袋沙灘交互出現。
- (3) 有蕈狀石、燭台石、海蝕洞和海蝕平台等海岸景觀。



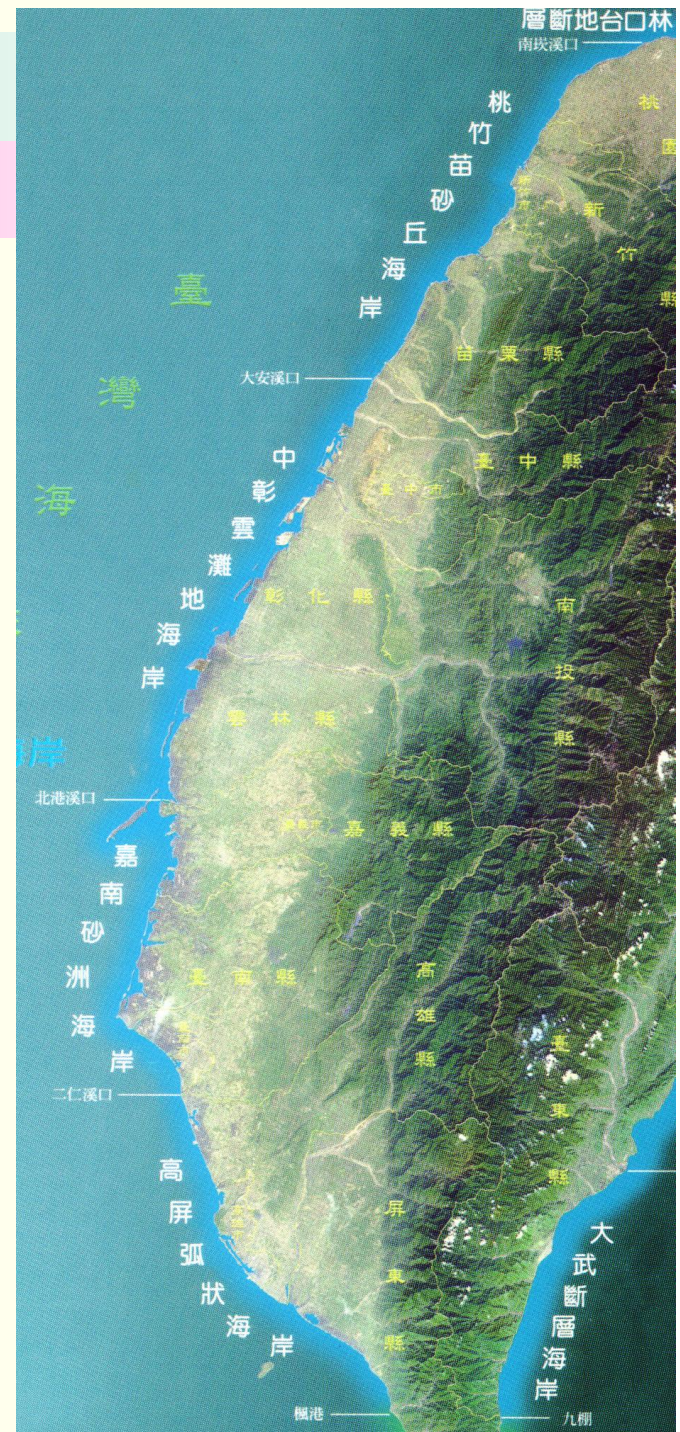


東北角海岸蜂窩石與燭台石

❖ 台灣海岸特色

➤ 西部平緩海岸

- (1) 北起淡水河口，南至屏東縣楓港附近，全長460公里。
- (2) 河口輸砂再加上沿岸流作用下，沿海形成海埔新生地、沙洲、潮汐灘地、沙嘴和潟湖等地形。





桃園縣草漯沙丘



屏東縣大鵬灣

❖ 台灣海岸特色

➤ 東部斷層海岸

- (1) 北起三貂角，南至恆春半島旭海一帶。
- (2) 宜蘭縣頭城至北方澳之間，存在蘭陽溪所形成之沖積扇與海岸沙丘。
- (3) 海岸山脈直逼海邊，腹地狹小。
- (4) 花蓮至台東之間的海岸，則多為海階地形、隆起海蝕平台、海蝕洞、海蝕凹壁、隆起珊瑚礁等。





東部海岸蘇花公路與清水斷崖



台東三仙台海岸之礫石灘

❖ 台灣海岸特色

➤ 南部珊瑚礁海岸

- (1) 主要為恆春半島珊瑚礁海岸。
- (2) 海蝕溝垂直切割入海。
- (3) 內陸則有較老的隆起珊瑚礁石灰岩分佈。





鵝鑾鼻海岸為台灣最南端之岬角，為海底隆起之珊瑚礁台地，海岸周圍為裙礁所圍繞。

三、台灣沿海開發概況

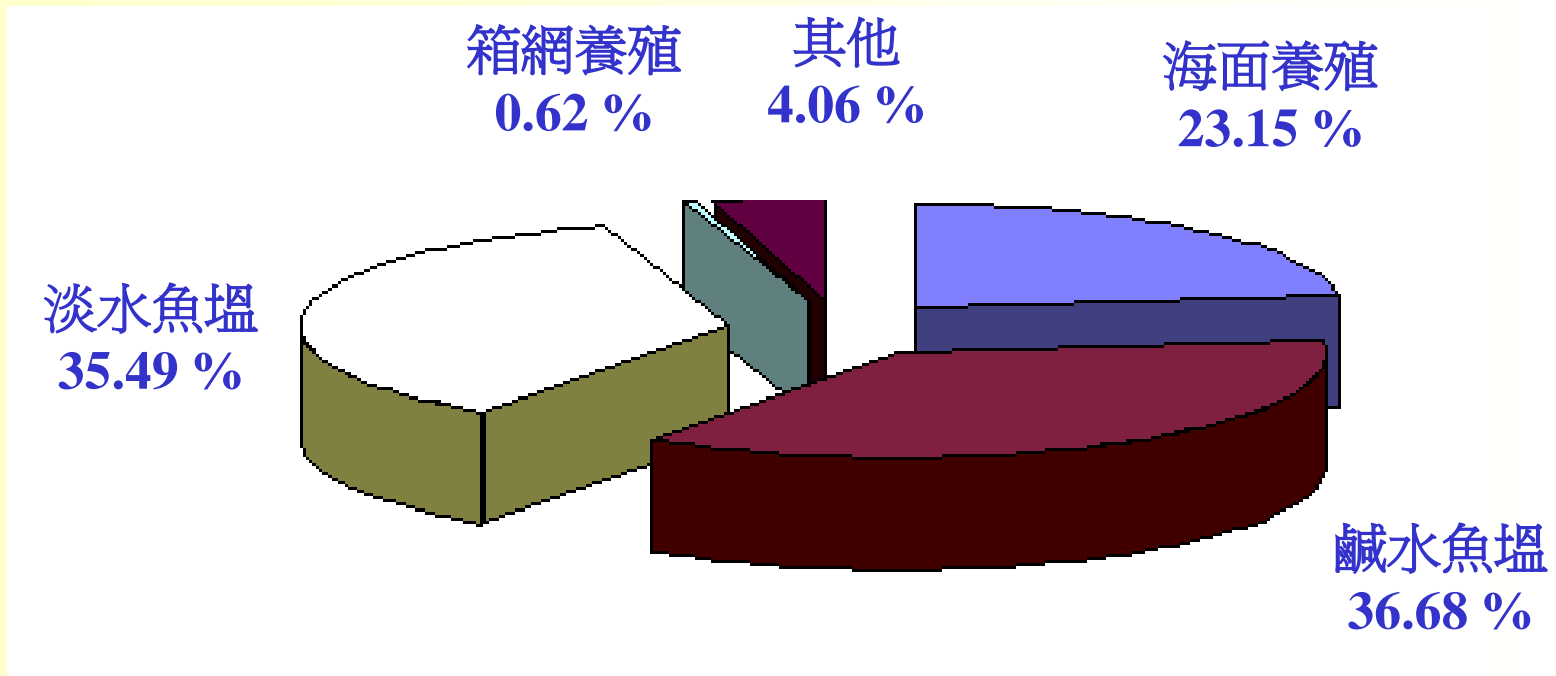
(1) 水產養殖

(2) 商港和漁港

(3) 濱海工業區

❖ 台灣沿海開發概況

➤ 水產養殖



養殖面積比例圖 (行政院農委會網站)

❖ 台灣沿海開發概況

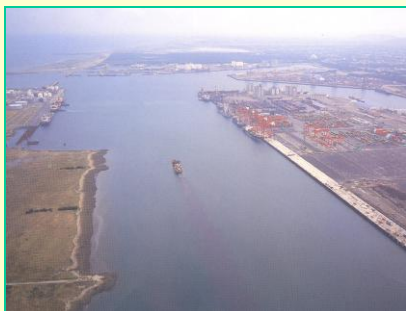
➤ 商 港



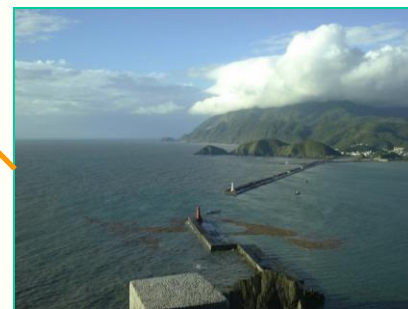
台北港



基隆港



台中港



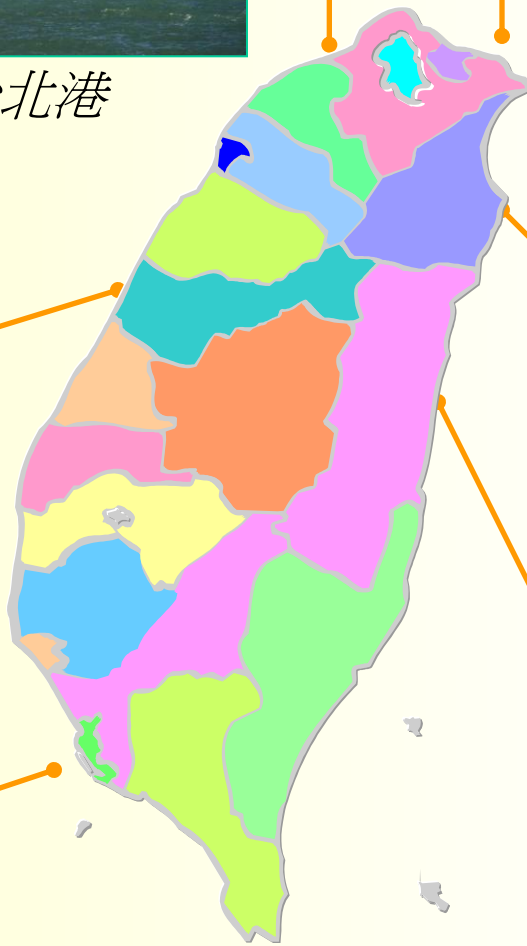
蘇澳港



高雄港

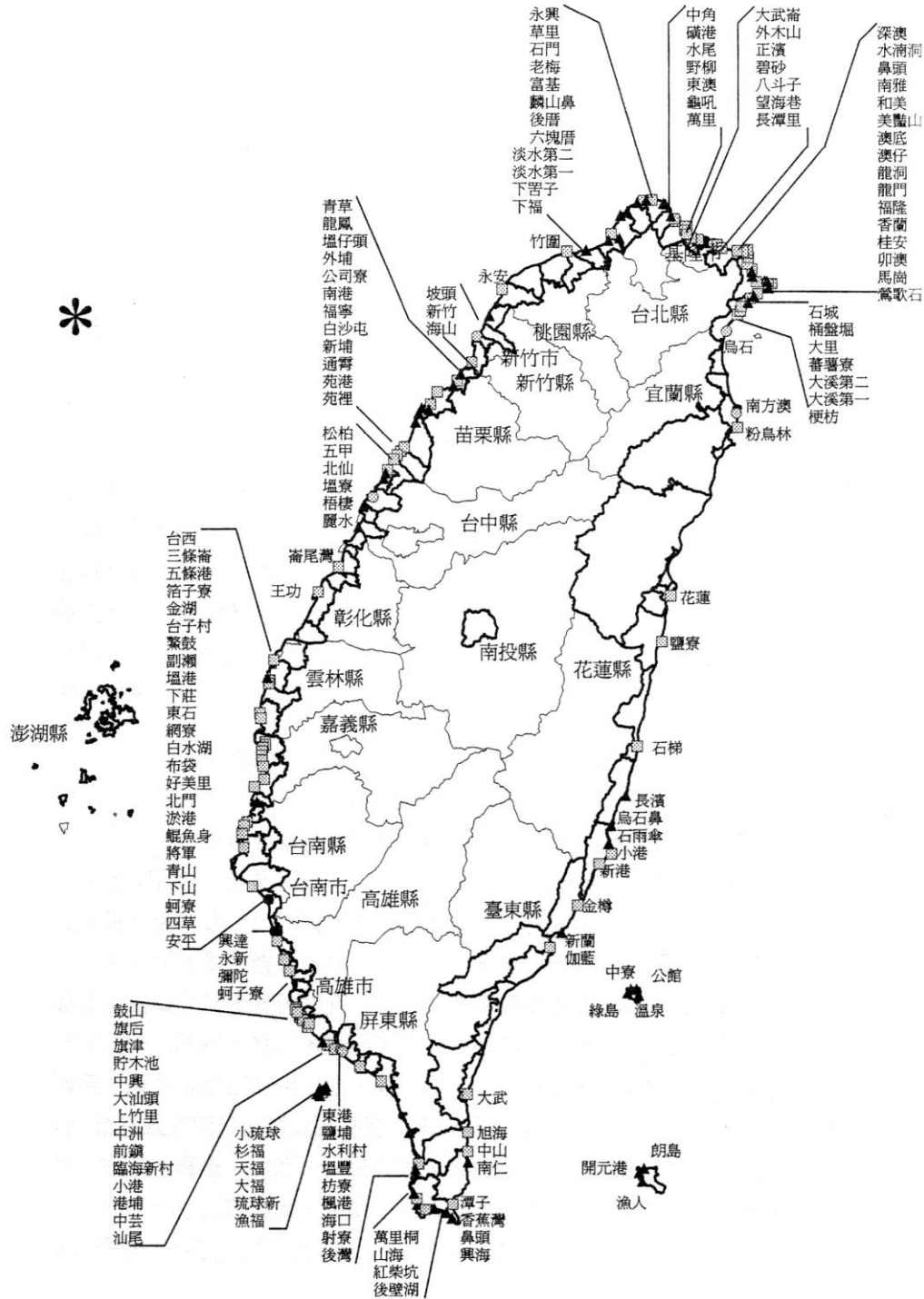


花蓮港



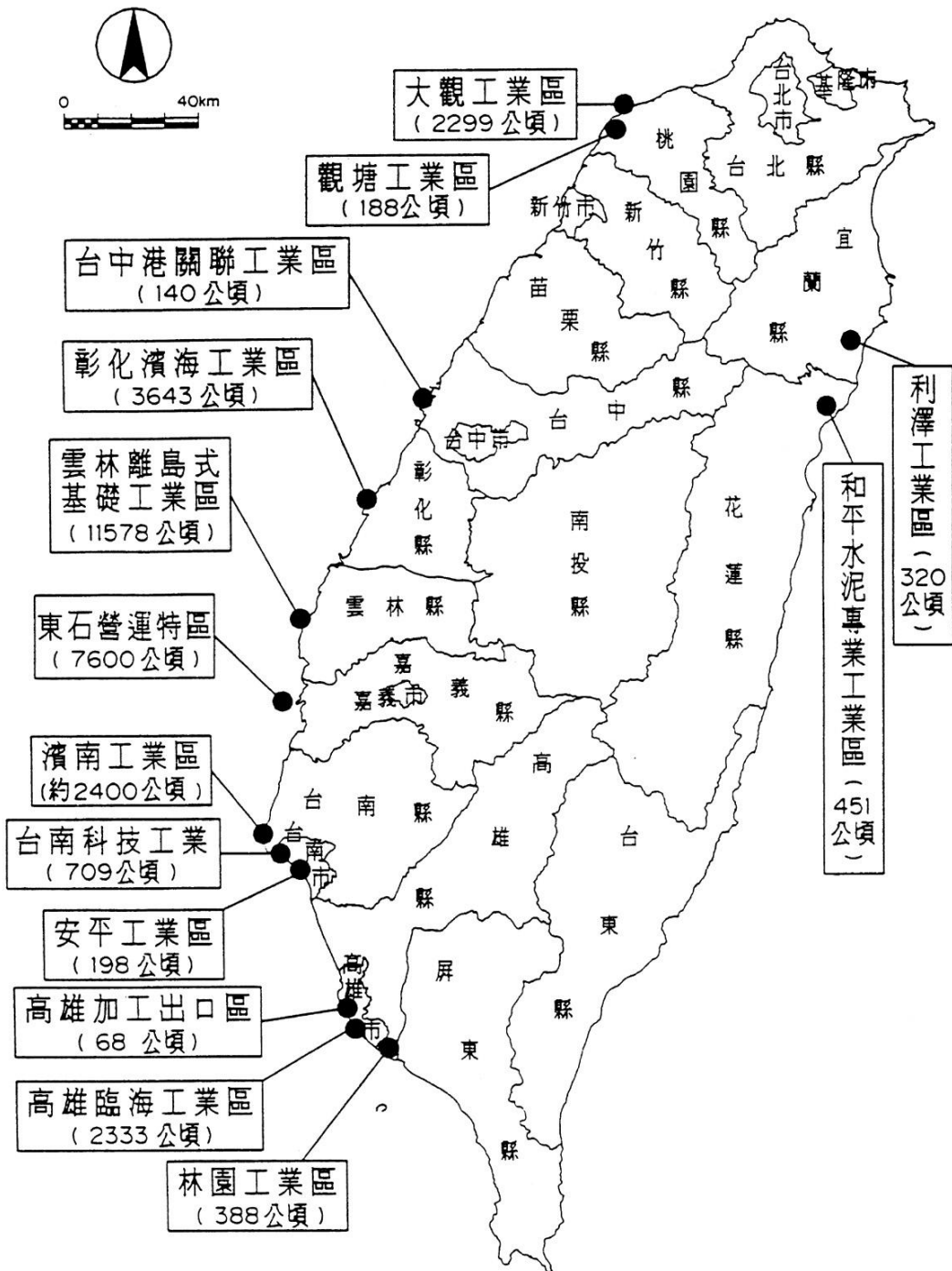
❖ 台灣沿海開發概況

➤ 漁港

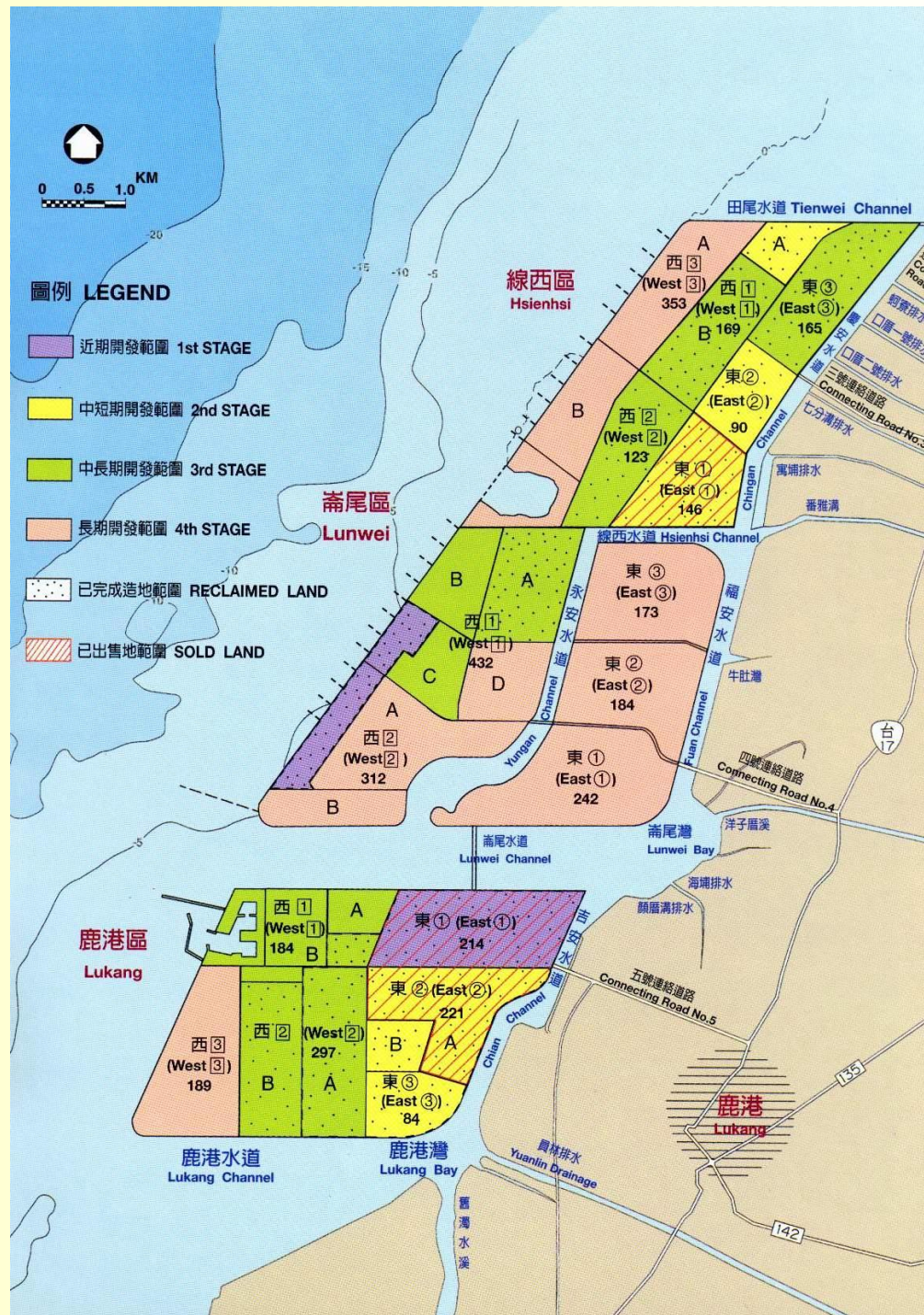


❖ 台灣沿海開發概況

➤ 濱海工業區



彰濱工業區



離島工業區





雲林台塑麥寮港

南星計畫區



高雄市南星計劃填土區



四、台灣海岸災害現況

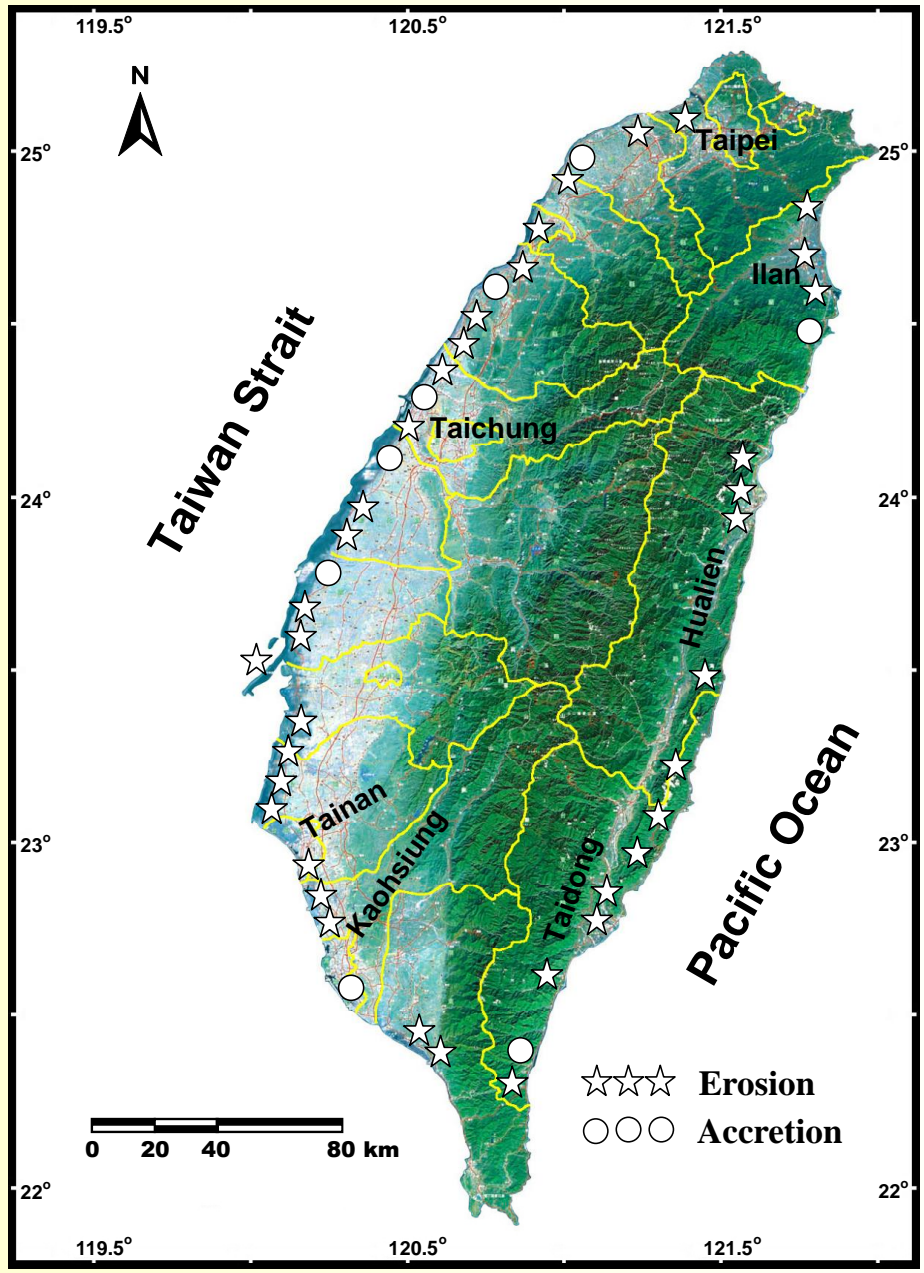
(1) 海岸侵蝕

(2) 海岸溢淹

(3) 海域污染

(4) 地下水鹽化

(5) 生態萎縮或滅亡



台灣海岸侵淤分佈狀況

❖ 台灣海岸災害現況

➤ 颱風侵襲



1997年溫妮颱風侵襲前後 (海洋大學)

❖ 台灣海岸災害現況

➤ 颱風侵襲



高雄縣茄萣海堤堤內損毀情形



高雄縣彌陀海岸侵蝕情形

❖ 台灣海岸災害現況

➤ 海崖與沙丘侵蝕

(a)



(b)



高雄縣赤崁海岸之海岸侵蝕。(a) 遠看；(b) 近看

❖ 台灣海岸災害現況

➤ 河川輸砂減少

SPOT衛星 (1986)



SPOT衛星 (1994)



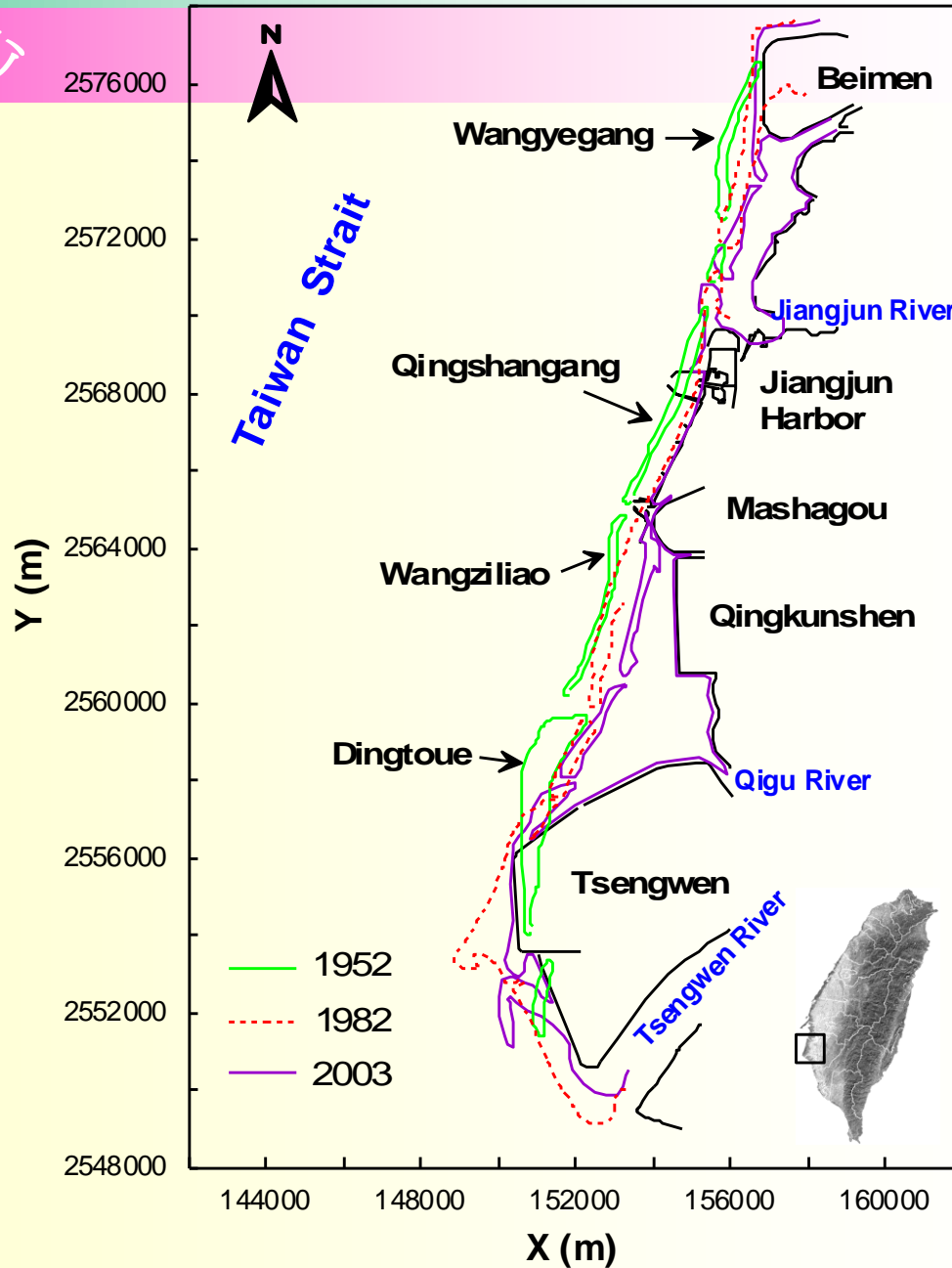
SPOT衛星 (2001)



嘉義縣外傘頂洲長約20公里，寬度在1公里至3公里之間。外傘頂洲的沙源，來自於濁水溪和北港溪所帶出的大量泥沙。濁水溪整治後再加上離島工業區之興建，造成外傘頂洲逐漸萎縮南移。

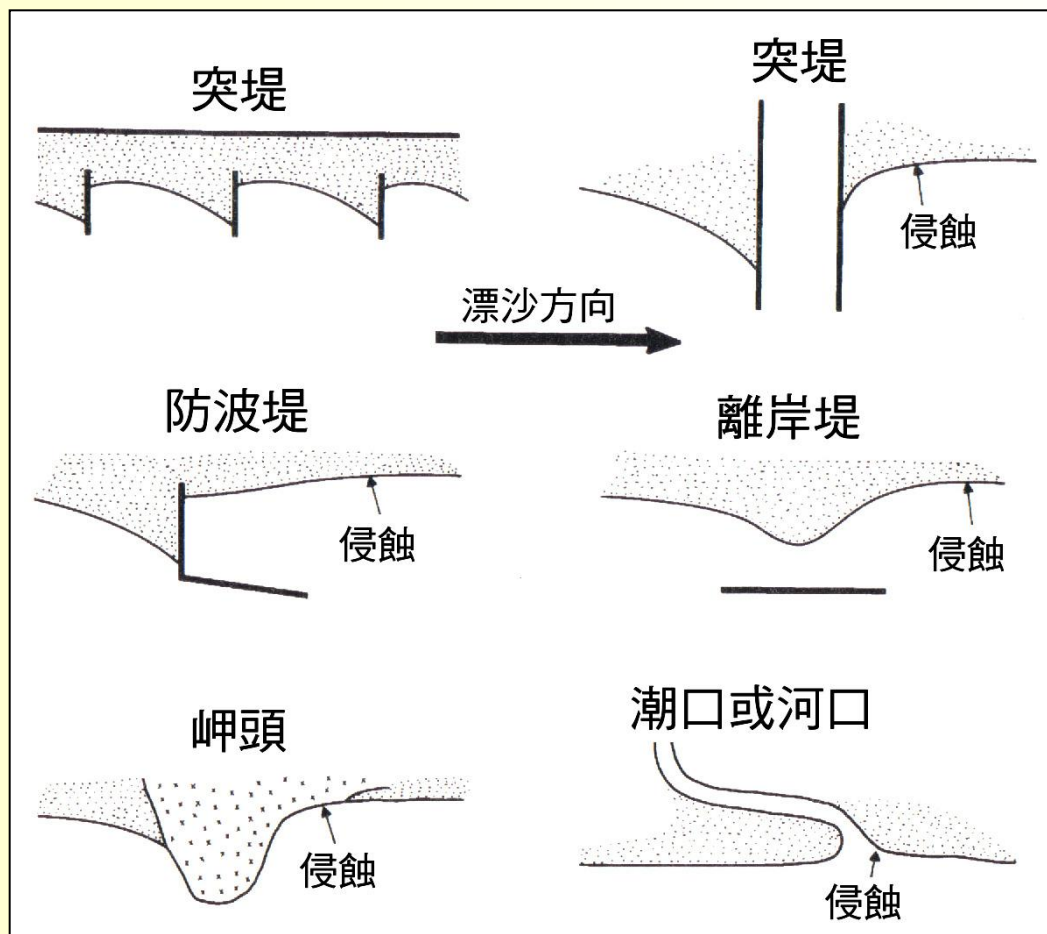
❖ 台灣海岸災害現況

➤ 河川輸砂減少



❖ 台灣海岸災害現況

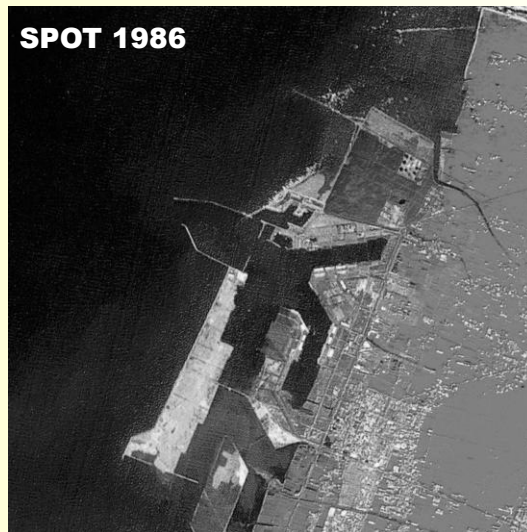
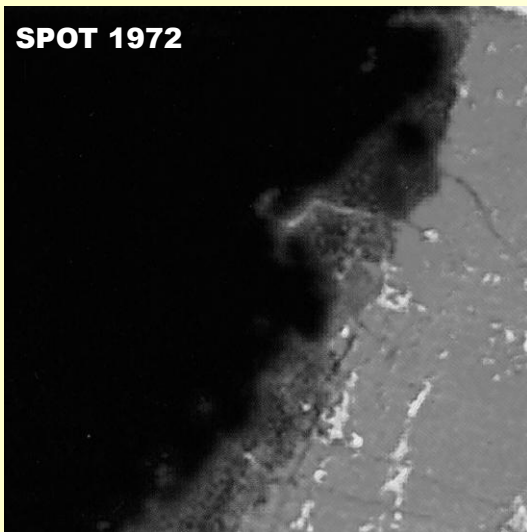
➤ 海岸結構物影響



沿岸結構物或特殊地形對下游海岸之侵蝕情形 (Komar , 1998)

❖ 台灣海岸災害現況

➤ 海岸結構物影響



台中港北防波堤擴建前後之淤積情形

❖ 台灣海岸災害現況

➤ 海岸結構物影響



台北縣和美漁港港池淤沙與金沙灣海灘侵蝕

❖ 台灣海岸災害現況

➤ 海岸結構物影響



台南黃金海岸之觀海台階與侵蝕情形

❖ 台灣海岸災害現況

➤ 海岸結構物影響



高雄旗津海岸之觀景台侵蝕與復育情形

❖ 台灣海岸災害現況

➤ 地層下陷

彰化縣 (1985~2001)

SA = 408 km²

AS = 2.02 m

SR = 17.6 cm/yr

雲林縣 (1975~2002)

SA = 610 km²

AS = 2.15 m

SR = 5.3 cm/yr

嘉義縣 (1988~2002)

SA = 212 km²

AS = 1.29 m

SR = 5.3 cm/yr

台南縣 (1988~2001)

SA = 294 km²

AS = 0.80 m

SR = 8.1 cm/yr

宜蘭縣 (1984~2002)

SA = 0 km²

AS = 0.42 m

SR = 2.5 cm/yr

SA = 持續下陷面積

AS = 最大累積下陷量

SR = 最近四年下陷速率

高雄縣 (1987~2000)

SA = 10 km²

AS = 0.25 m

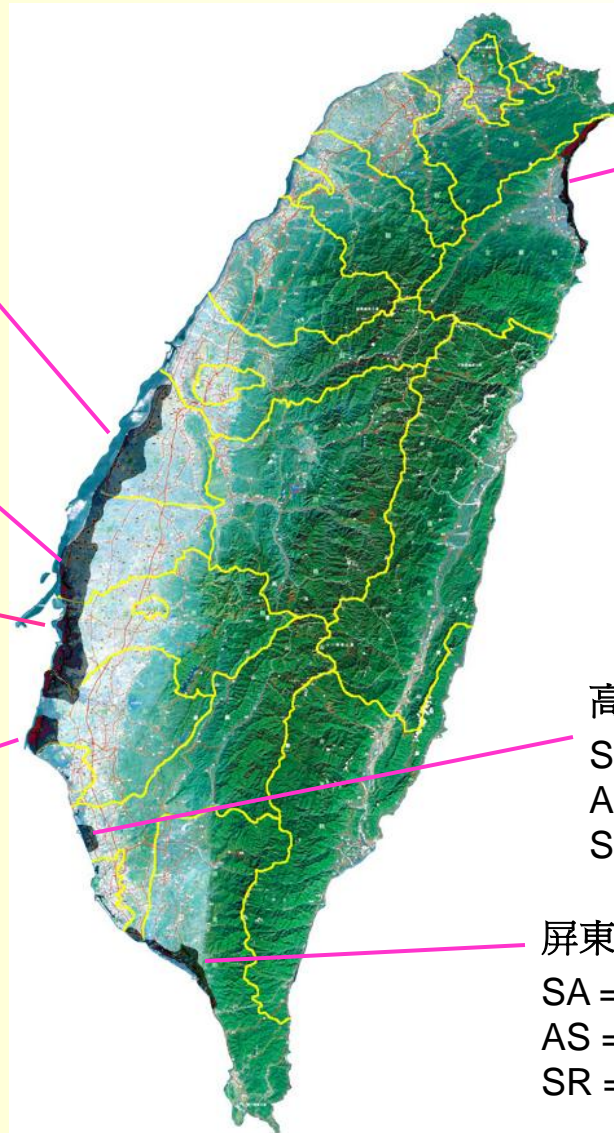
SR = 3.8 cm/yr

屏東縣 (1972~2001)

SA = 5 km²

AS = 3.20 m

SR = 4.3 cm/yr

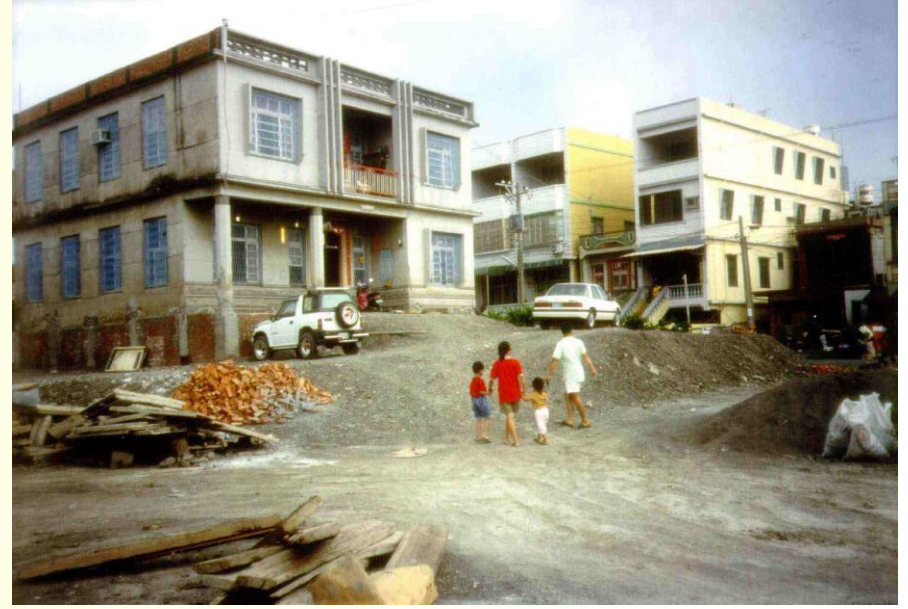


❖ 台灣海岸災害現況

➤ 地層下陷



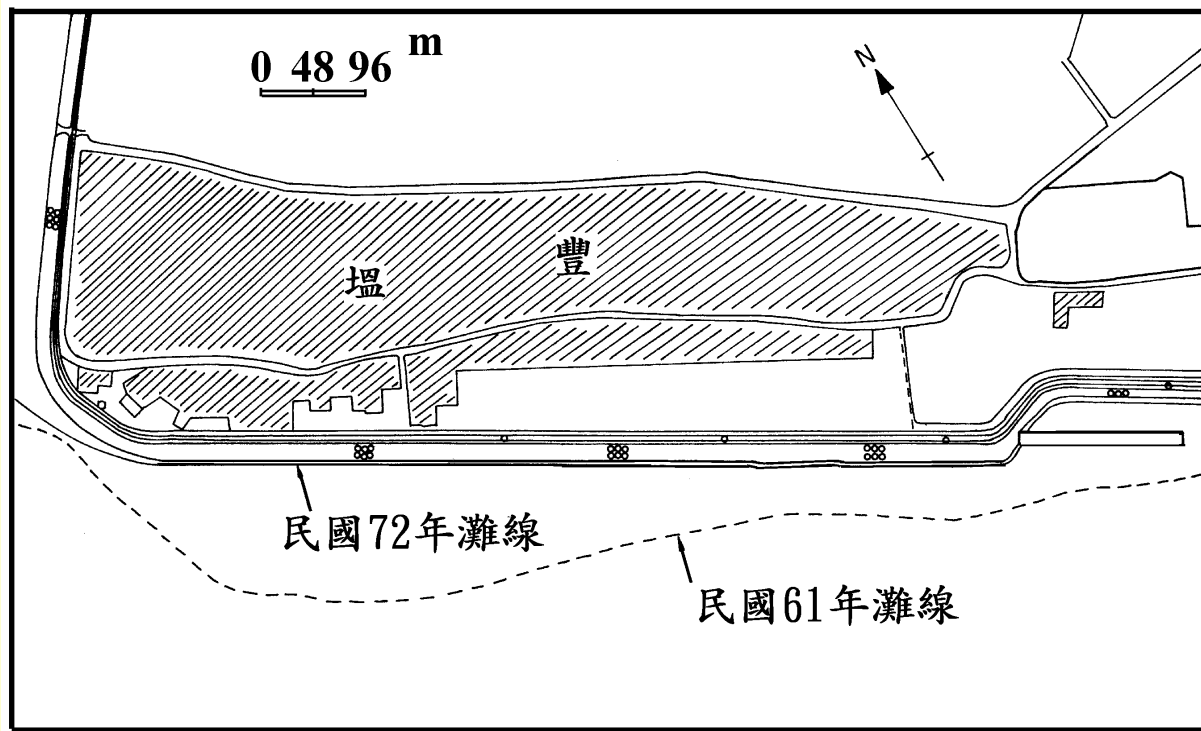
新舊房屋位置高程差異極大



新建房屋之基礎需預先挑高

❖ 台灣海岸災害現況

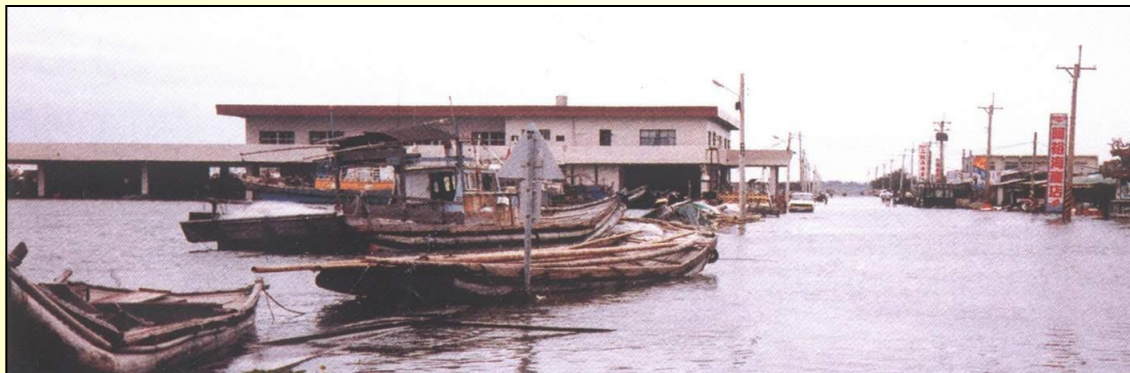
➤ 地層下陷



屏東縣塽豐海岸灘線平均後退80公尺

❖ 台灣海岸災害現況

➤ 沿海低地溢淹



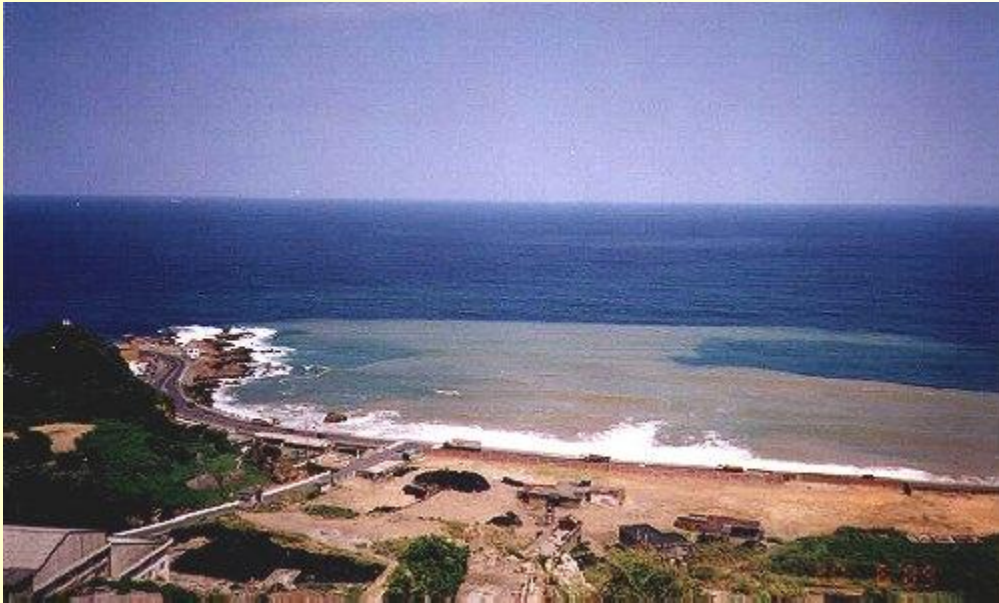
雲林縣口湖之淹水情形



嘉義縣東石之淹水情形

❖ 台灣海岸災害現況

➤ 排放污染



持續了近50年的採礦、建廠、煉鋼作業，致紅鏽色的酸水大量流入灣內，造成環境環境生態的破壞(東北角陰陽海)



海洋污染導致魚類病變死亡

❖ 台灣海岸災害現況


➤ 油污染



阿瑪斯號(Amorgos)希臘貨輪於墾丁龍坑地區擱淺漏油造成嚴重海洋污染

五、海岸防禦侵蝕工法

(1) 傳統工法 — 剛性工法

(2) 近代工法 —  軟性工法
綜合性工法
近自然工法

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 過去海岸工法（剛性工法）

1. 海堤、護岸
2. 突堤
3. 離岸堤

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 海堤分佈現況

- 台灣海岸災害面積為 65,000 公頃，必須興建海堤 586 公里加以保護。
- 目前已完成海堤長度約 510 公里，保護面積達 49,800 公頃。



台灣現有海堤分佈

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 過去海岸工法（海堤與護岸）

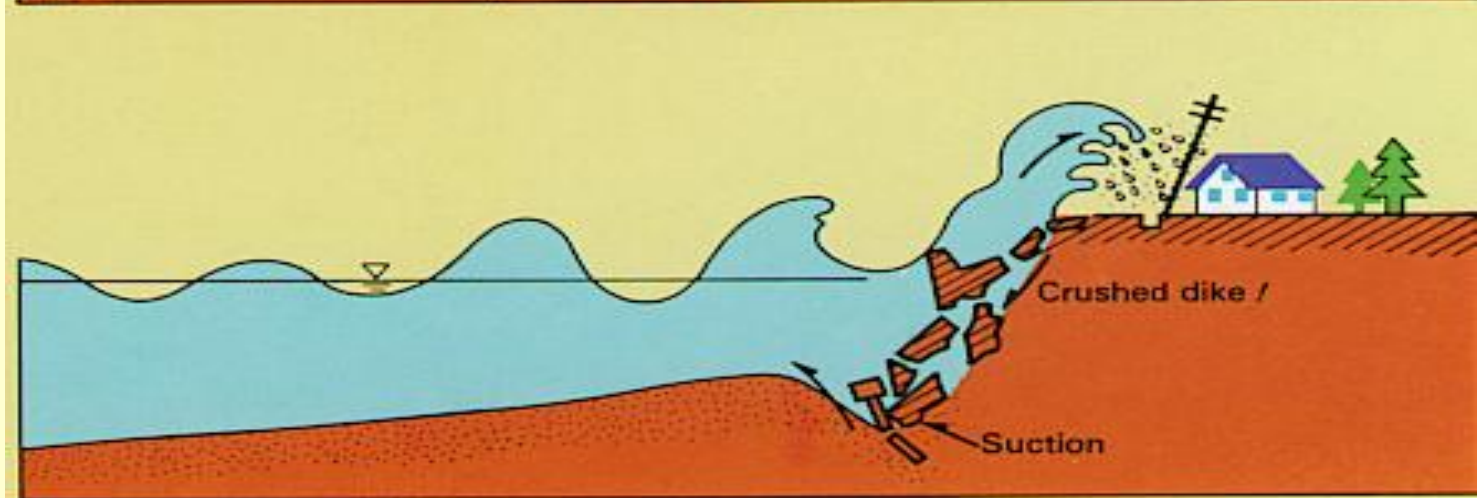
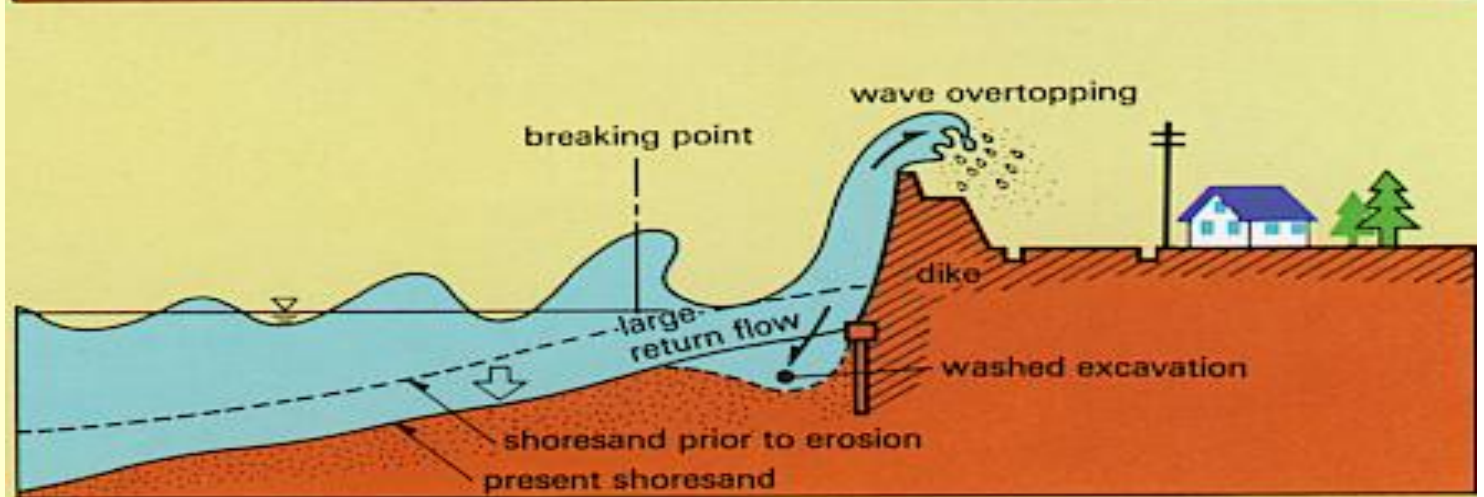
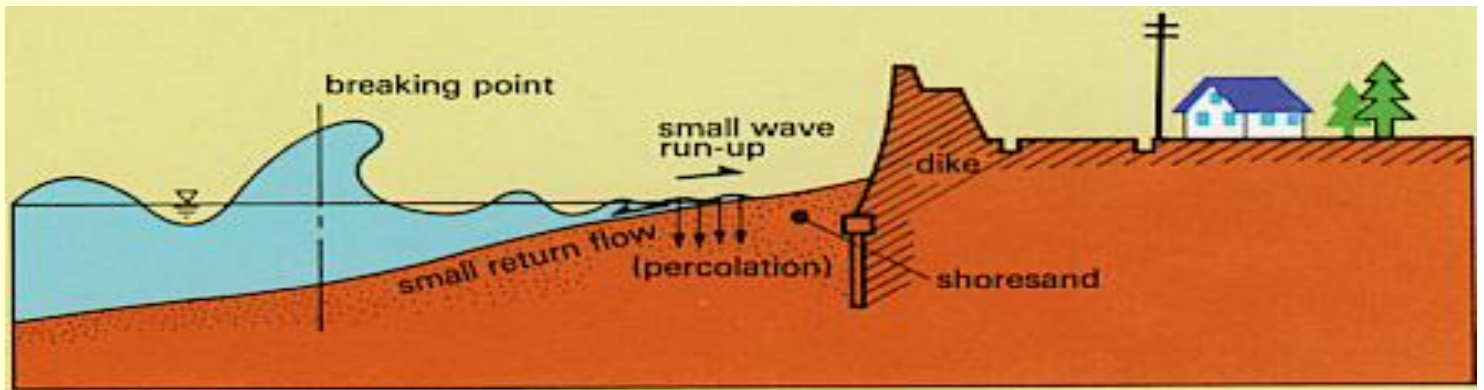
- 最容易興建及普遍使用的工法
- 不當設計增加堤前反射波能加速侵蝕
- 缺乏親水性



海堤



護岸



❖ 目前海岸防禦工法

➤ 過去海岸工法（海堤與護岸）



海堤破壞



護岸破壞

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 過去海岸工法（突堤）

- 攔阻沿岸漂沙，上游堆積，下游侵蝕
- 堤線附近因反射波而沖刷，使灘線後退堤趾侵蝕
- 較不適合波浪垂直入射之海岸



台南鹽水溪口之突堤群

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 過去海岸工法（離岸堤）

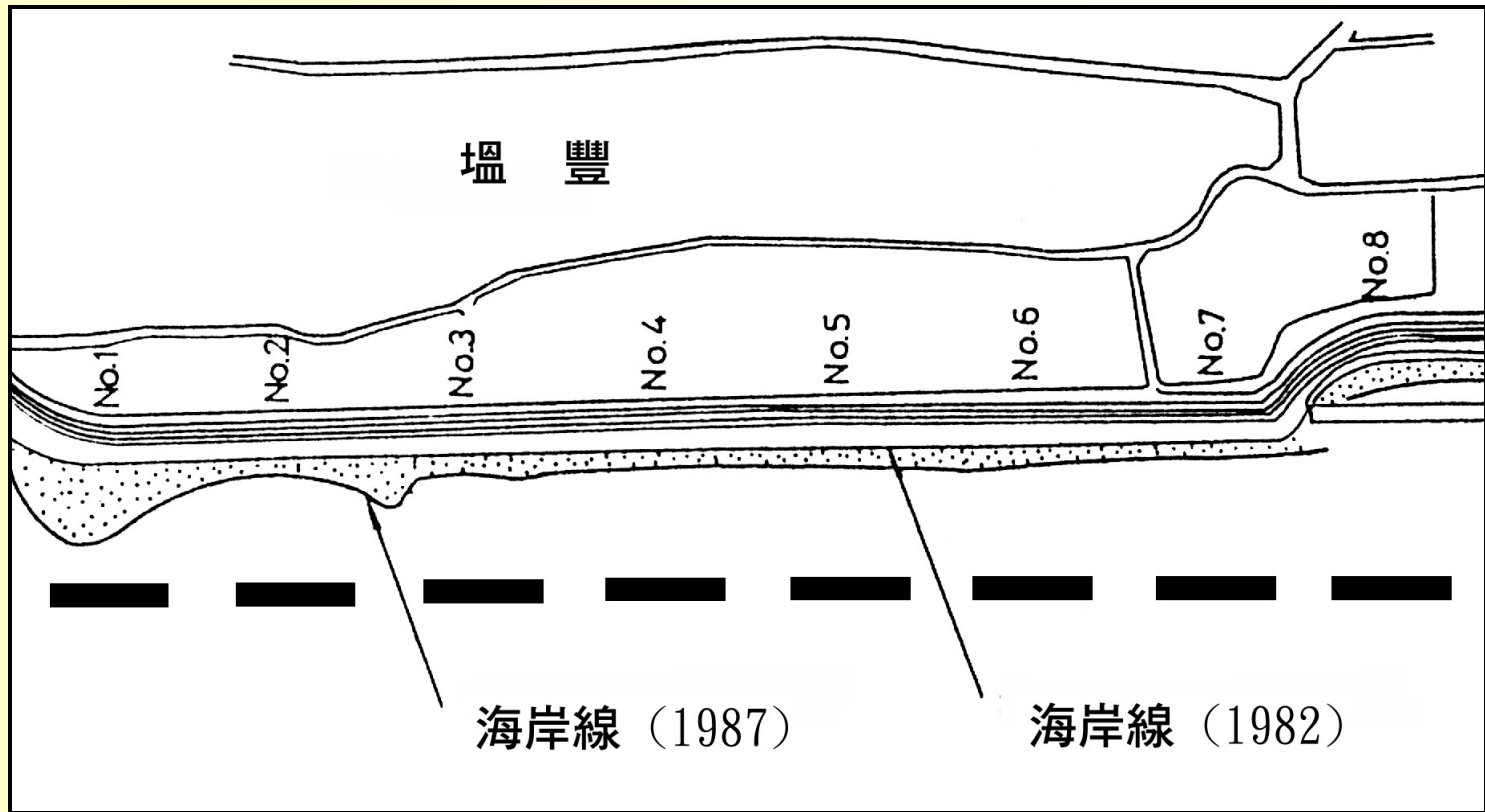
- 波浪於堤前衰減
- 堤後波浪繞射形成遮蔽區
- 堤前反射波易使堤趾沖刷
- 開口部份流速增加，形成海岸侵蝕



高雄茄定海岸離岸堤

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 過去海岸工法（離岸堤）

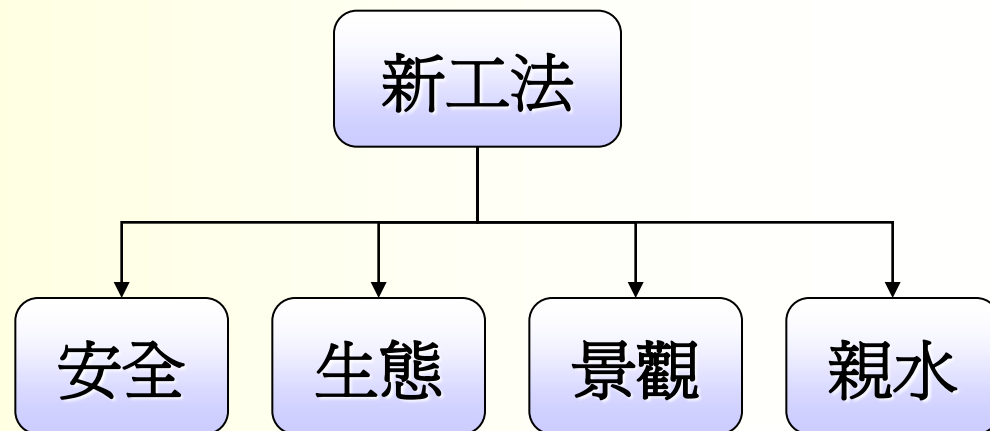


屏東縣塭豐海岸離岸堤興建前後之比較

❖ 目前海岸防禦工法

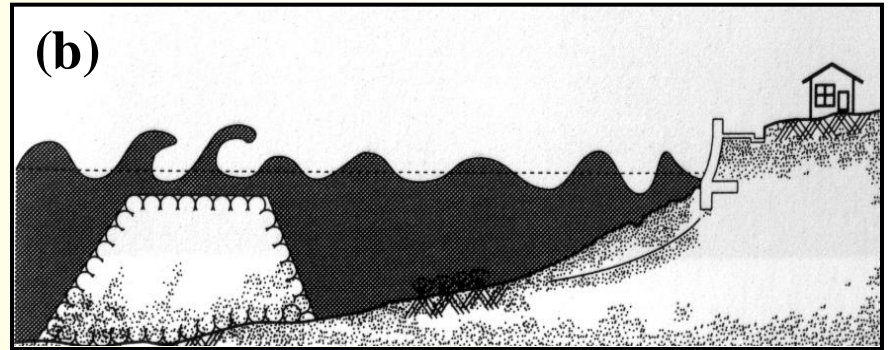
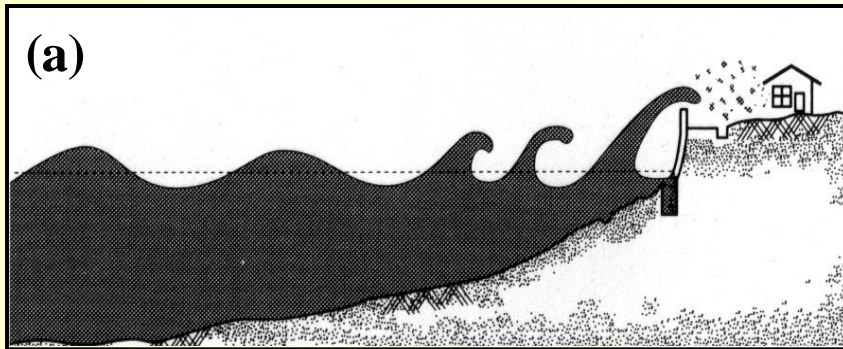
➤ 海岸新工法

- 人工潛礁
- 人工岬灣
- 魚尾型防波堤
- 人工養灘
- 地工沙管
- 定沙造灘、人工植栽



❖ 目前海岸防禦工法

➤ 海岸新工法（人工潛礁）



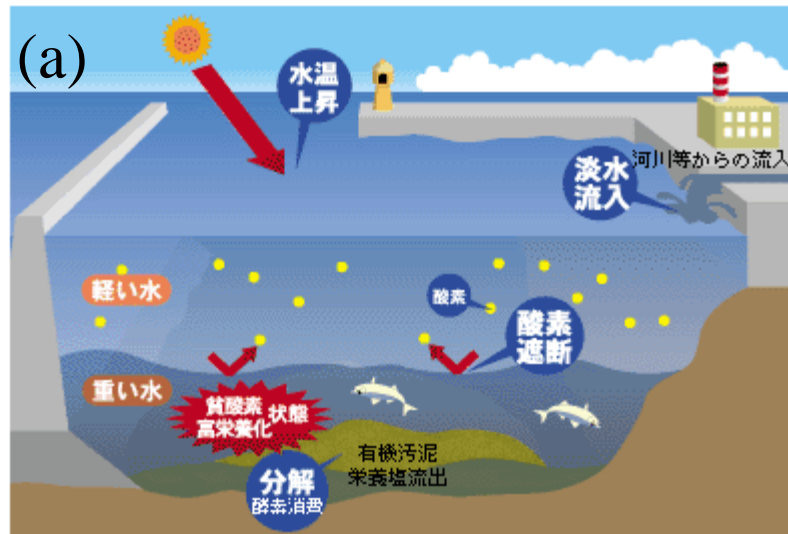
潛礁設置前後波浪碎波之情形 (a) 設置前；(b) 設置後

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 海岸新工法（人工潛礁）

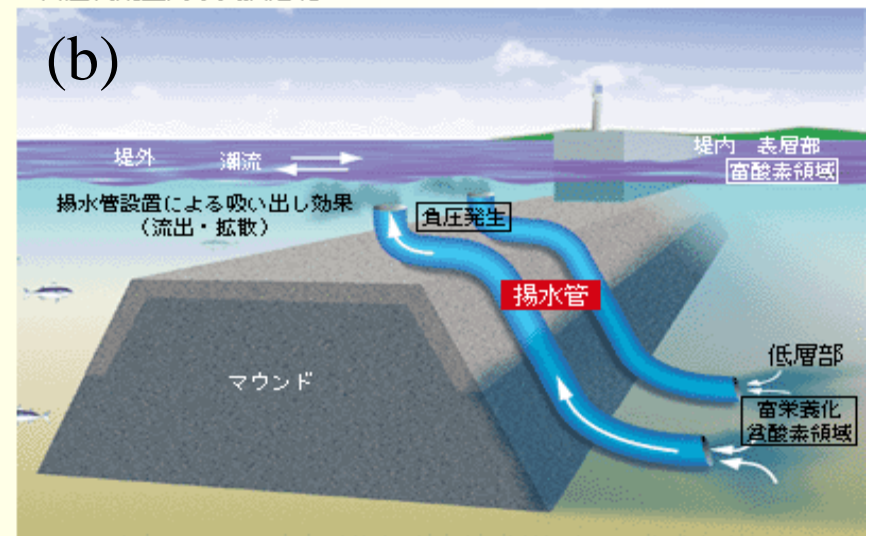
封閉型海域導致水質優養化

■ 密度成層の形成と低層の貧酸素化



透過型結構物促進海水對流

■ 負圧利用型海水交換潜堤イメージ



潛礁有助海水循環。(a) 一般性海岸防禦工法；(b) 人工潛礁

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 海岸新工法（人工潛礁）

Iberostar Resort

Gran Dominicus Resort

278 Ultra Reef Balls

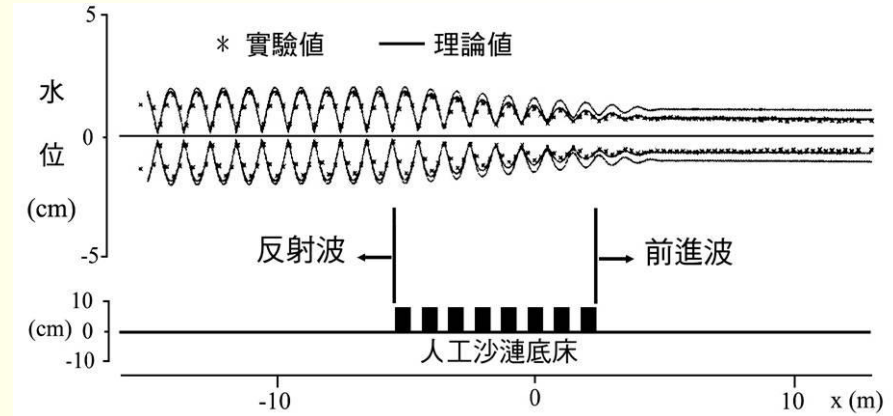
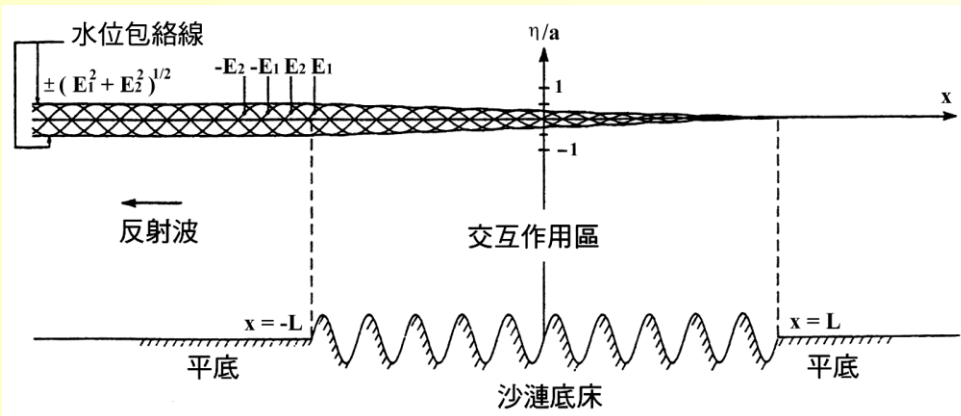
400+ Ultra Reef Balls

— Original Beach

人工潛礁在多明尼加共和國Gran Dominicus 海灘養灘及灘線穩定之成效 (Harris, 2001)

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 海岸新工法（系列潛堤）

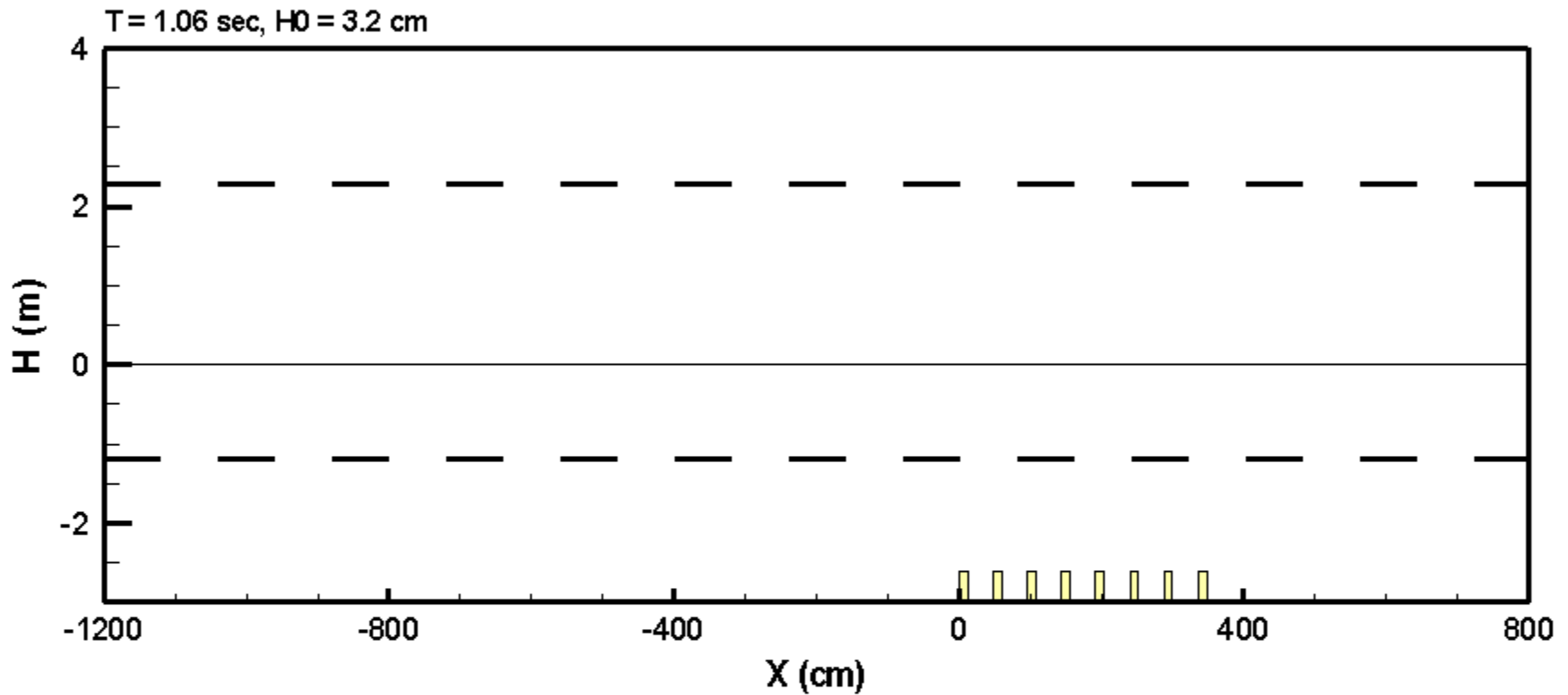


波浪行經沙漣底床產生之布拉格共振

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 海岸新工法（系列潛堤）

Frame 001 | 21 Mar 2006 | UPPER



❖ 目前海岸防禦工法

➤ 海岸新工法（天然岬灣）



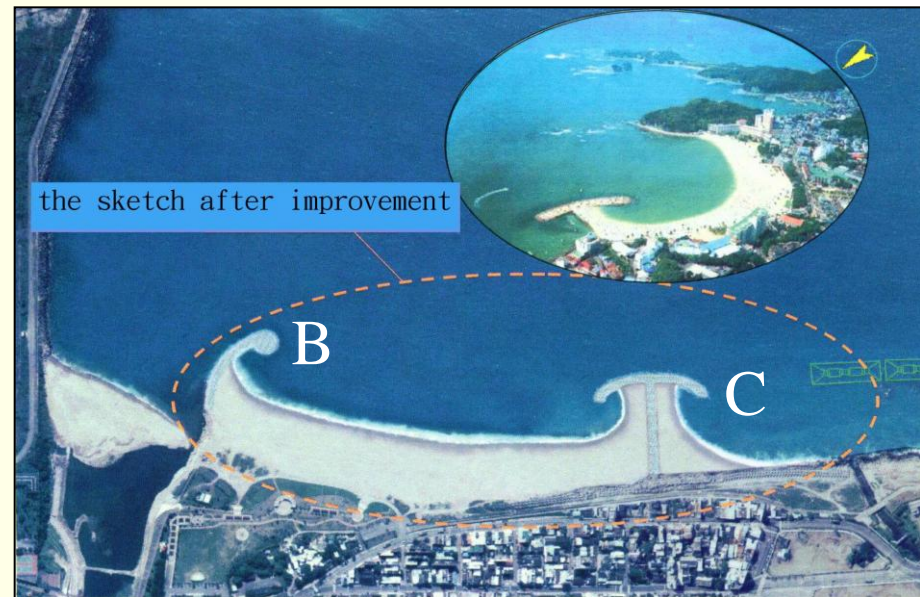
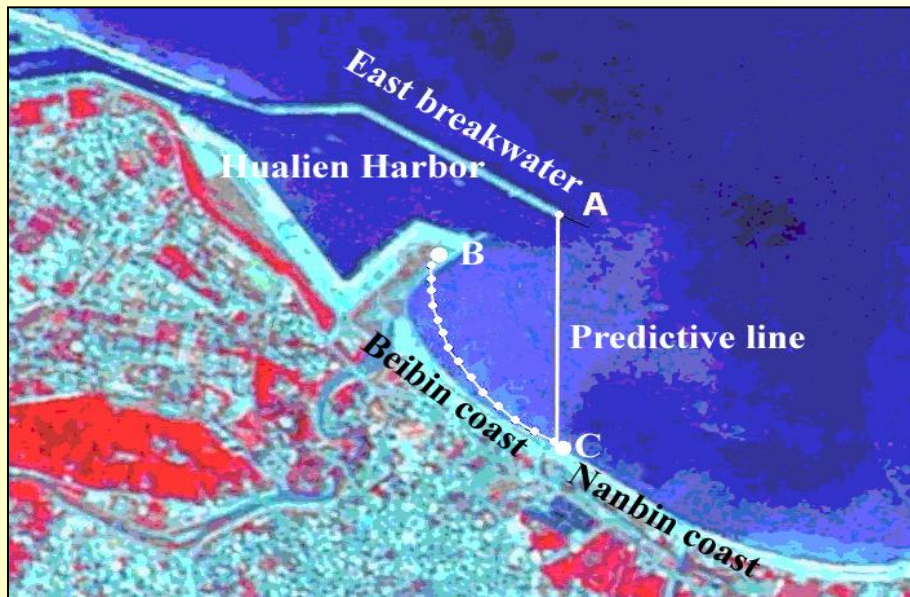
宜蘭縣南方澳天然岬灣



宜蘭縣內埤天然岬灣

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 海岸新工法（人工岬灣）



利用岬頭佈置配合養灘之海岸工法

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 海岸新工法（人工岬灣）



(a)



(b)

高雄西子灣海岸復育 (a) 規劃方案；(b) 現況

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 海岸新工法（魚尾型防波堤）

- 突堤或岬灣控制之工法對於垂直入射波浪之遮蔽效果不佳。
- 融合突堤、離岸堤及岬灣控制等工法之優點發展出魚尾型防波堤工法。



英國 Morecambe 海岸魚尾型防波堤現場實例

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 海岸新工法（人工養灘）

- 養灘直接提供沿岸漂沙的沙源，獲得保護海岸之效果。
- 配合突堤、離岸堤、岬灣控制或其他工法實施。
- 海灘能吸收波能與陽光熱量，使海風吹在身上覺得涼爽，並有淨化海水的功能。



日本東播海岸之人工養灘

❖ 目前海岸防禦工法

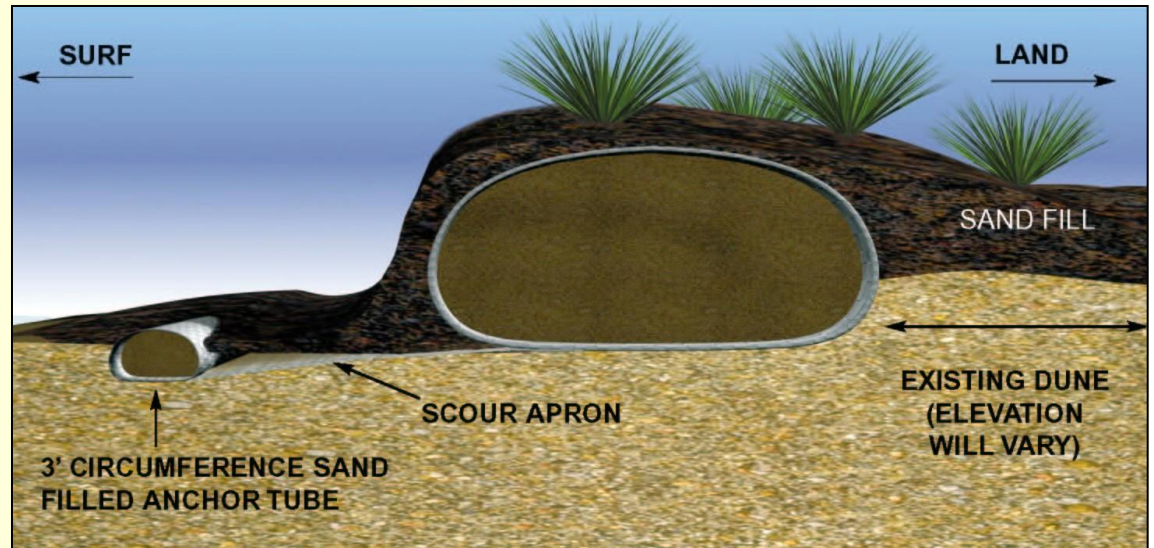
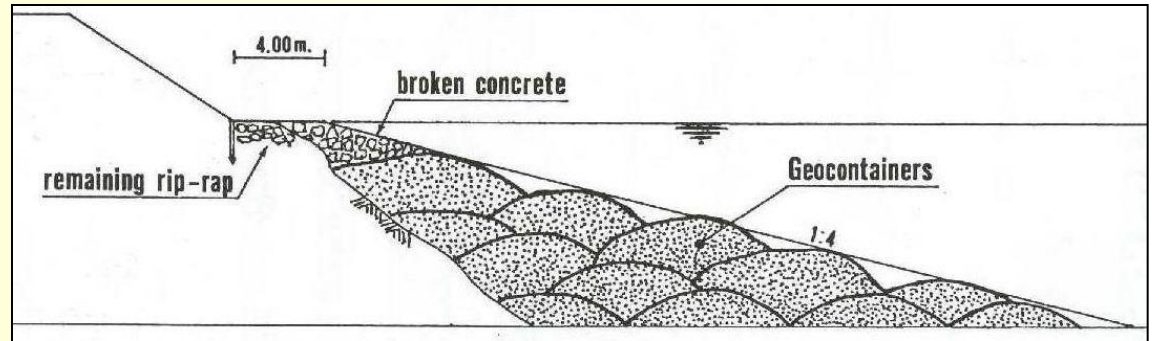
➤ 海岸新工法（人工養灘）



❖ 目前海岸防禦工法

➤ 海岸新工法（土工沙管）

- 水庫清淤
- 港口浚深
- 河口清淤
- 底泥過細，懸浮質造成海域污染



土工沙管佈置意圖 (覆蓋現場土砂)

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 海岸新工法（土工沙管）

土工砂管為利用高強度土工織物縫合成密閉結構，內部填入泥砂。可應用於構築防波堤、突堤、護岸及離岸堤，並配合海岸綜合性工法，如人工養灘、海岸景觀再造。



沙腸護岸 (美國紐澤西州)



沙腸突堤工法 (澳洲飛魚岬海岸)

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 海岸新工法（定沙造灘與植栽）

飛沙盛行的海岸，可以使用定沙造灘。此工法分爲人工構造物定沙工和植栽之定沙工。



宜蘭海岸編籬造灘



馬鞍藤植栽之生長情形

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 日本實例



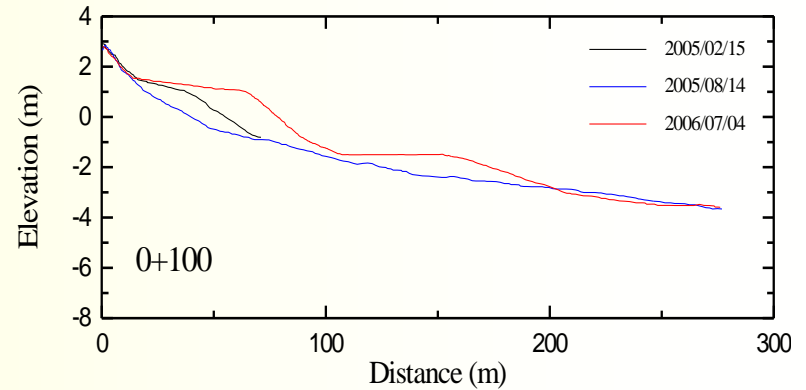
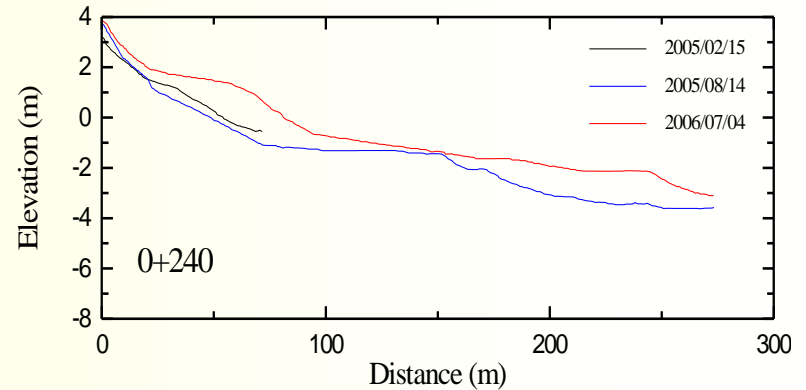
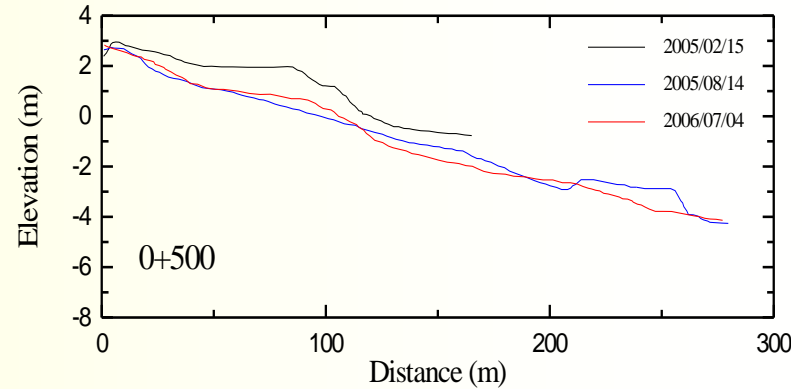
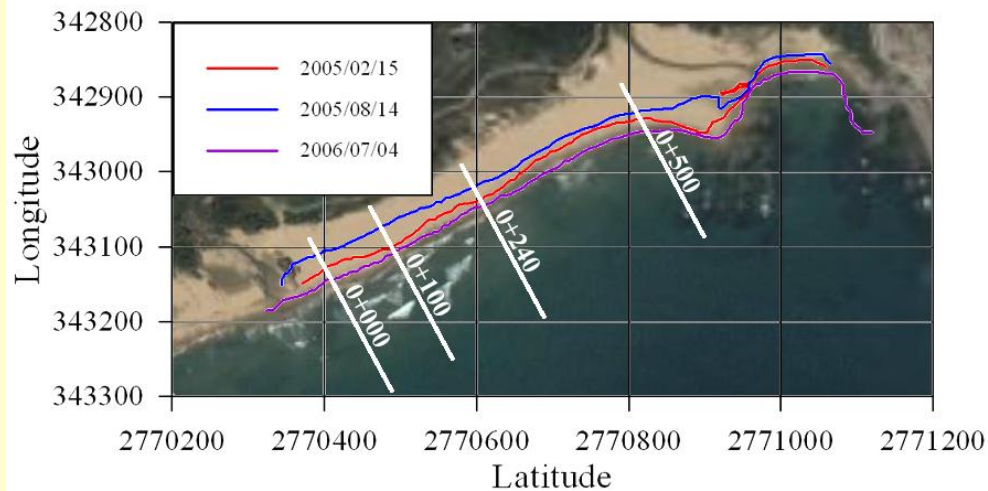
人工養灘之實例 (1987)，為日本靜岡縣熱海的「海岸社區」CCZ 計劃，從消波塊防禦轉型為人工養灘。



日本靜岡縣海岸之親水海灘

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 台灣實例—鹽寮福隆海岸養灘



❖ 目前海岸防禦工法

➤ 日本實例

綜合工法：離岸堤 + 人工養灘 + 親水海堤



日本運輸省倡導的「整合型海岸保護系統」ISPS計畫示意圖 (1980)

(計畫前)



(計畫後)



日本四國香川縣土田港海岸改善計畫

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 日本實例

綜合工法：親水海堤、景觀再造



日本外海府親水海堤



日本熊本縣茂木根港海堤

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 西班牙實例

綜合工法：岬灣+養灘



西班牙Rihuete海岸計畫前、後比較(MOPU, 1988)

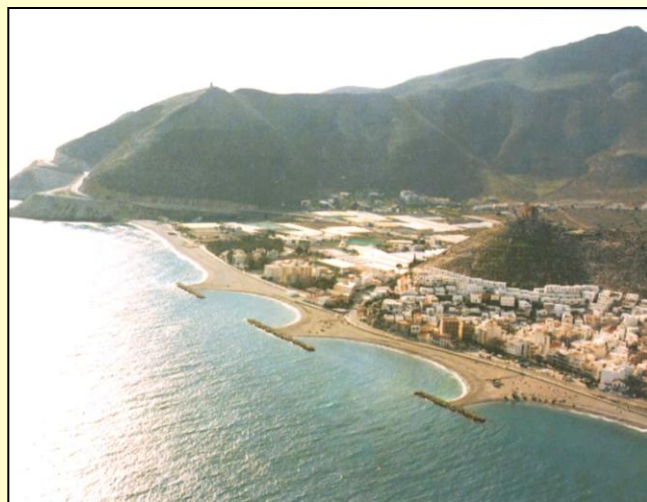


西班牙Pedregalejo海岸計畫前、後比較(MOPU, 1988)

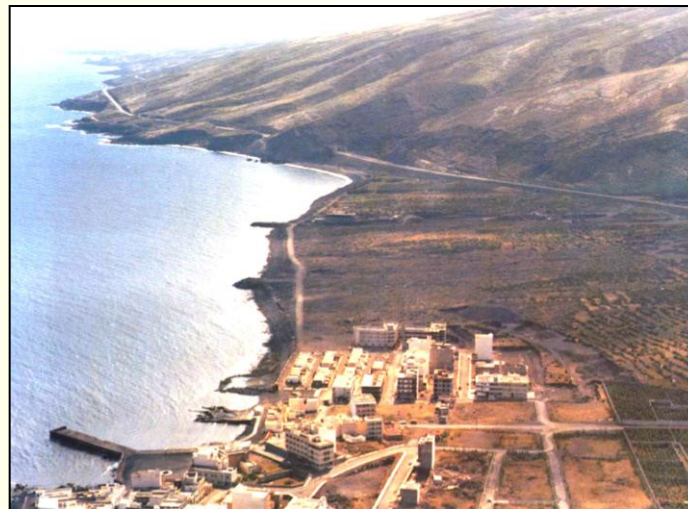
❖ 目前海岸防禦工法

➤ 西班牙實例

綜合工法：離岸堤+養灘



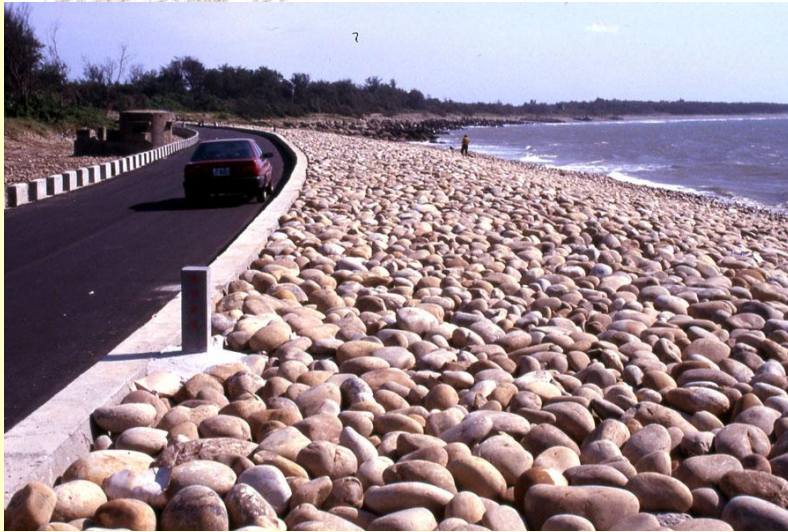
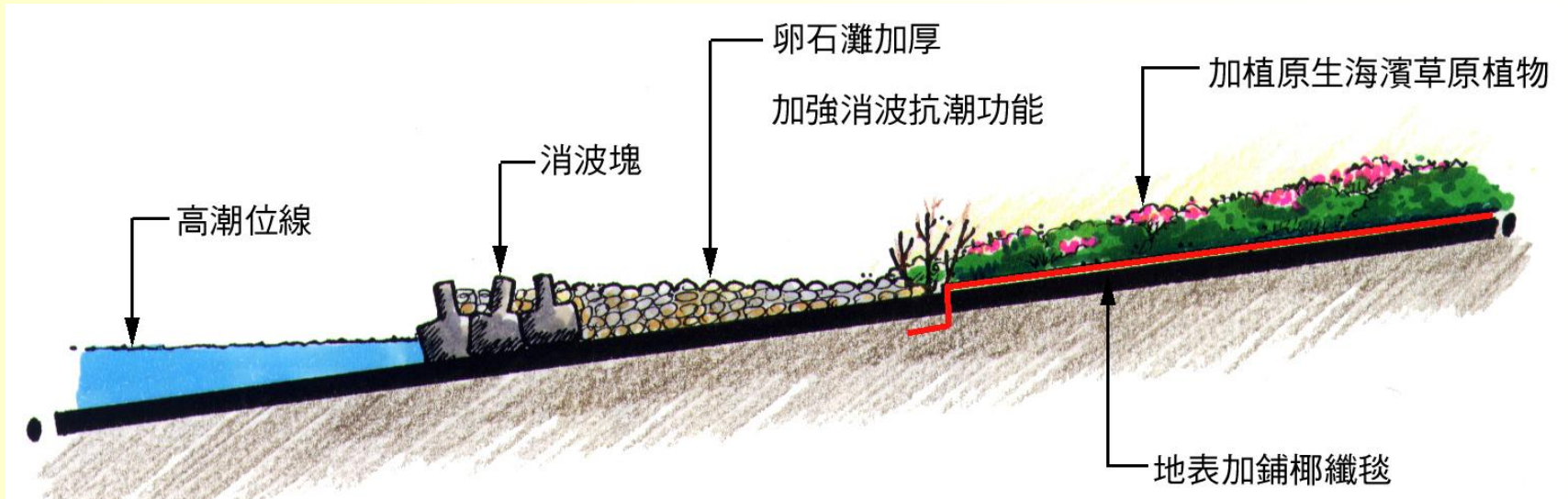
西班牙Castell de Ferro海岸計畫前、後比較



西班牙Guimar海岸計畫前、後比較(MOPU, 1988)

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 海堤植生



海岸現況



改善示意圖

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 親水與遊憩設施



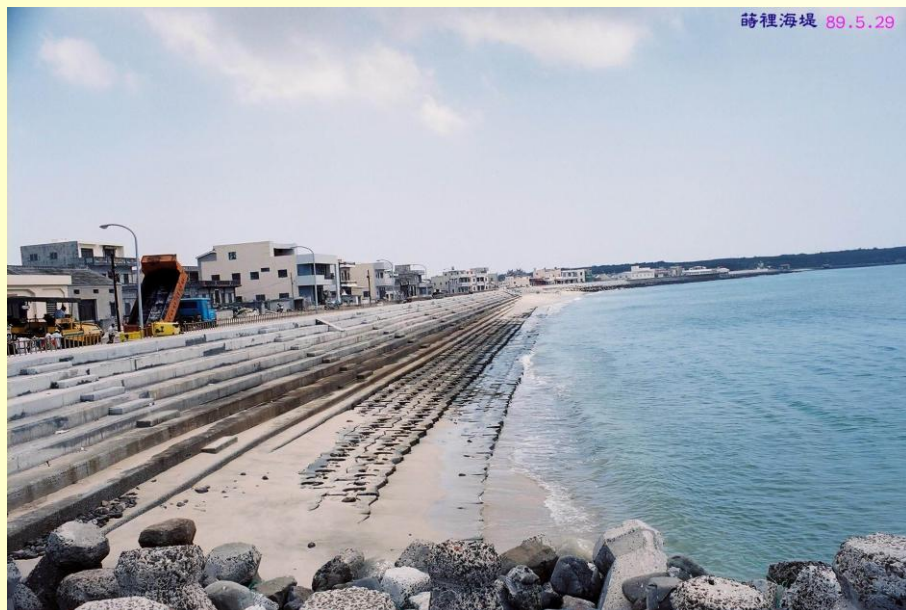
台北縣龍門濱水公園



台北縣龍洞親水公園

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 親水與遊憩設施



澎湖縣蔴裡親水海堤



台南縣雙春防風林步道

❖ 目前海岸防禦工法

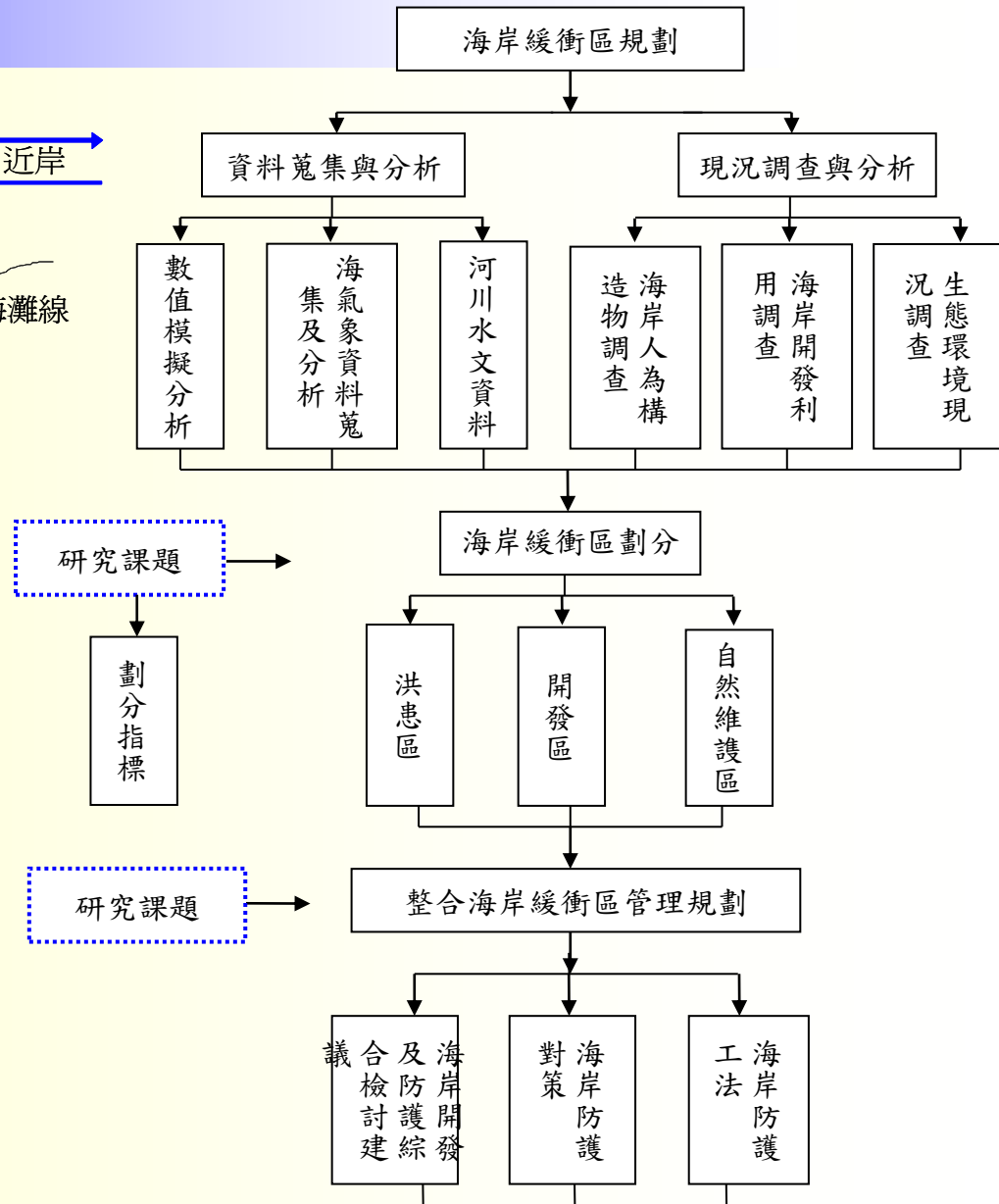
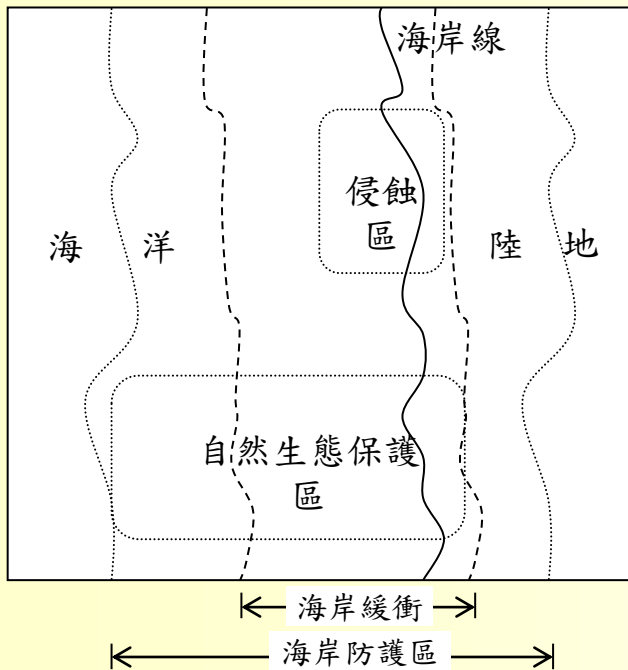
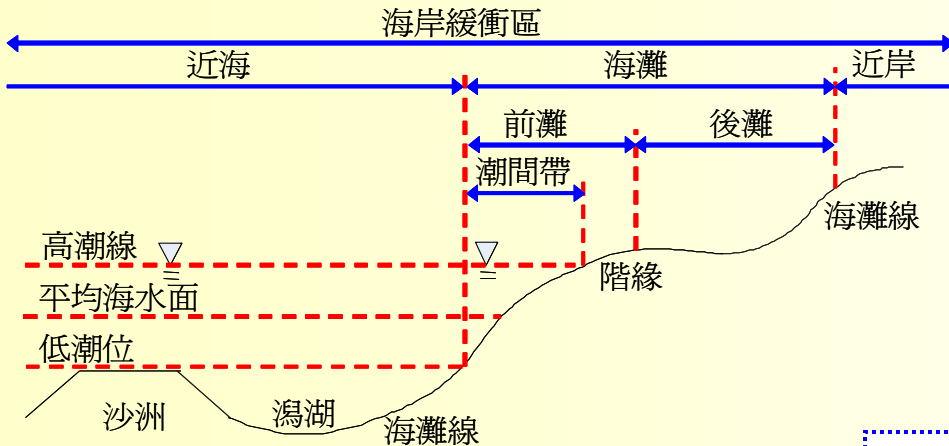
➤ 生態保育區



台南四草紅樹林保育區

❖ 目前海岸防禦工法

➤ 海岸緩衝區



❖ 結論

1. 新時代新思維 — 以較新的近自然工法融合防災、景觀、親水和生態，去保護海岸免於自然災害的侵襲。
2. 利用潛礁或系列潛堤，使波能消滅於外海，降低離岸流流速，使颱風波浪對海灘的沖刷降到最低。
3. 利用岬灣或魚尾型防波堤，使波能在近岸疏散，降低沿岸流流速，零漂沙使海岸趨於穩定。
4. 設法補充沙源或保留現有海灘，海灘為天然消波堤，海岸治本之道在於保持沙源平衡。
5. 可以考慮設立海岸緩衝區，作為軟性海岸防禦之基礎。
6. 以積極的思維突破傳統工法，創造永續的海岸環境。