

應用HHT 分析海洋波浪與潮位

許榮中
國立中山大學 海洋環境及工程學系

內容

1. 海波的分類及傳統波浪理論
2. 現場波浪淺化現象
3. 數值模擬波浪通過不透水潛堤
4. 內波通過海脊或陸棚
5. 颱風時潮位變化分析

目的：分享經驗

感謝：鄭明宏、郭裕農、林柏青及謝志敏的協助

1. 海波的分類 及 傳統波浪理論

海波 (Sea waves) 的分類 (Koutitas, 1988)

Grouped by phenomena, generating forces, periods etc.

Phenomena	Generating Force	Time Scale (Period)
Wind waves	Shear & pressure of wind on sea surface	0-15 s
Swell	Long-distance traveled wind waves	0-30 s
Surf beats	Grouping of breaking waves	1-5 min
Seiches	Variations of wind speed and atmospheric pressure	1-60 min
Basin resonance	Tsunami, surf beats	1-60 min
Tsunami	Undersea earthquakes	5-60 min
Tide	Moon-sun influence on earth gravity	12-24 h
Storm surge	Wind shear and atmospheric pressure on sea	1-30 days

海洋中的波動

傳統海岸工程教科書的分類：

1. 波浪

- 1) 表面重力波 (Surface gravity waves) (均勻密度水體)
 - 微小振幅波 (Monochromatic waves)
 - 有限振幅波 (Stokes waves)
 - 孤立波 (Solitary waves)
- 2) 內波 (Internal gravity Waves) (密度層化水體)
 - 孤立內波 (Internal Solitary Waves)
 - 連續性內波 (Continuous internal waves)

2. 潮位

- 1) 潮汐 (Tide)
- 2) 暴潮偏差 (Storm surge)

以Fourier Series近似波動的時間序列：

$$y(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [A_n \cos(\omega_n t - \theta_n)]$$

$$= A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos \omega_n t + b_n \sin \omega_n t)$$

where

$$a_n = A_n \cos \theta_n; \quad b_n = A_n \sin \theta_n$$

$$A_n = \sqrt{(a_n^2 + b_n^2)}; \quad \theta_n = \tan^{-1} \left(\frac{b_n}{a_n} \right)$$

$$\omega_n = n\omega_1 = 2\pi n f_1$$

$$f_1 = \text{fundamental frequency}, \quad T_1 = 1/f_1$$

真實海洋中的波動

Wave & Current & Bottom interaction
(底床：砂質、岩石、透水/不透水結構物)
淺化、折射、反射、繞射 ...

波動特性：**1. Nonlinearity**
2. Non-stationary
3. Frequency dispersion

分析工具：**FFT, Wavelet, HHT, ...**

2.

現場波浪淺化現象

想一想
HHT能協助我們看到甚麼？

- 1.
- 2.
3. ...

碎波帶漂沙與波動特性研究

國立中央大學土木系博士論文

2003

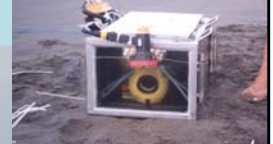
研究生：**林柏青**
指導教授：**周憲德博士**

台中及安平近岸現場觀測

波、潮、流、漂沙

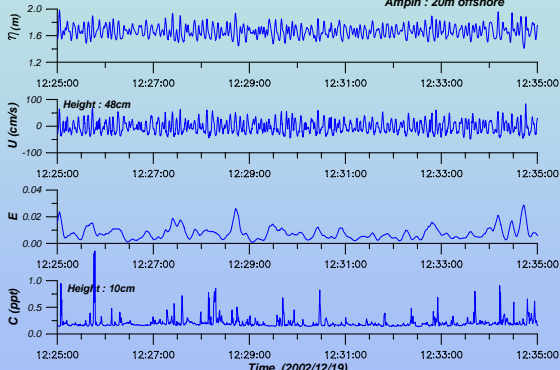
儀器與外海觀測塔

改良式水下攝影裝置



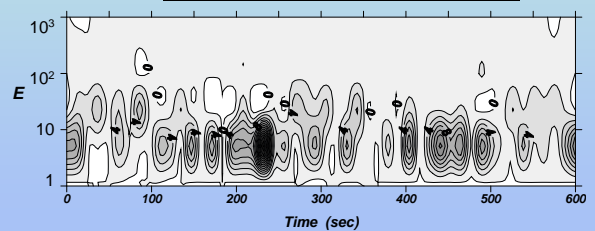
91年12月19日S測站距岸20m水深1.7m處之波動、向離岸流速、平滑化瞬時波能及底床上10cm處之懸浮質濃度變化

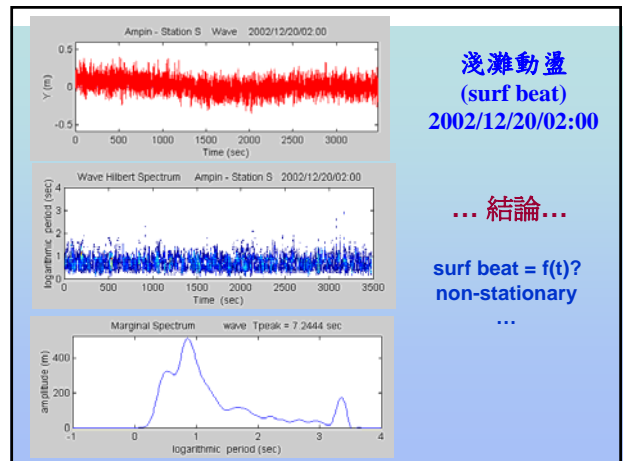
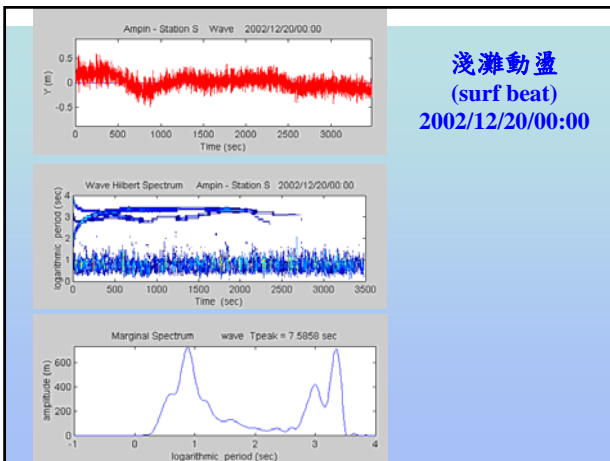
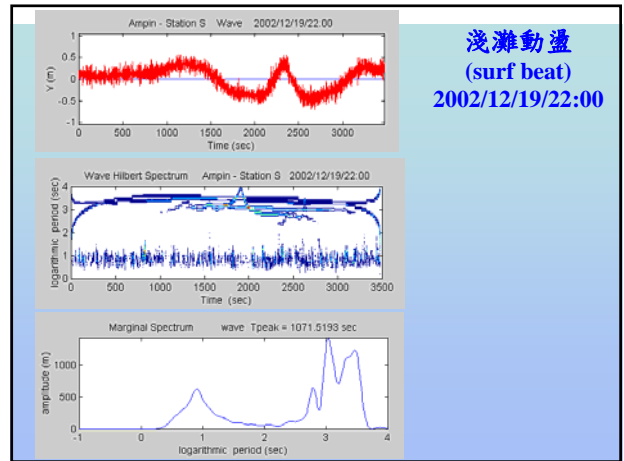
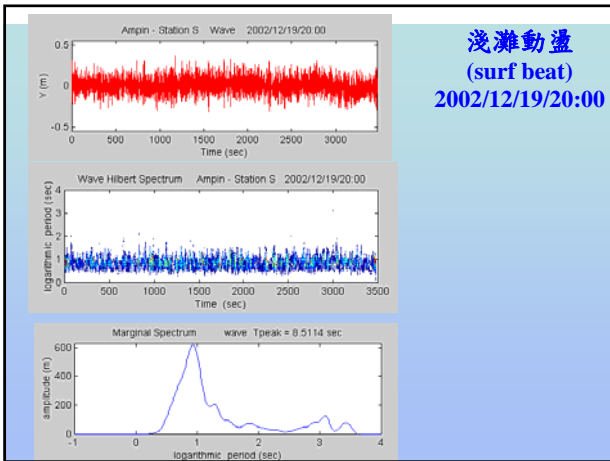
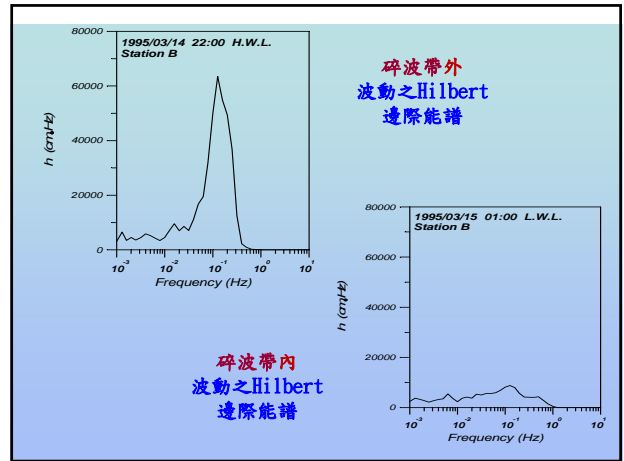
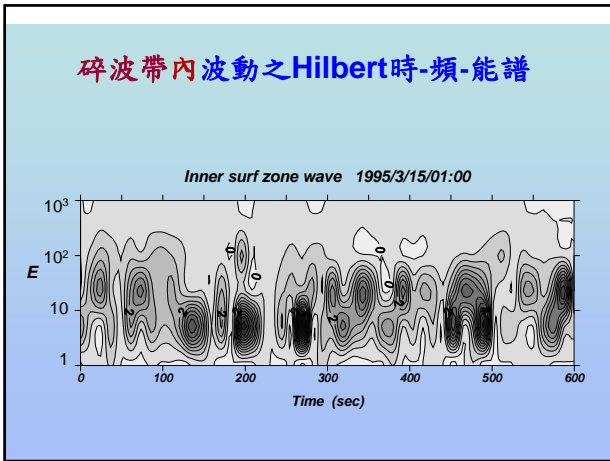
Ampin : 20m offshore

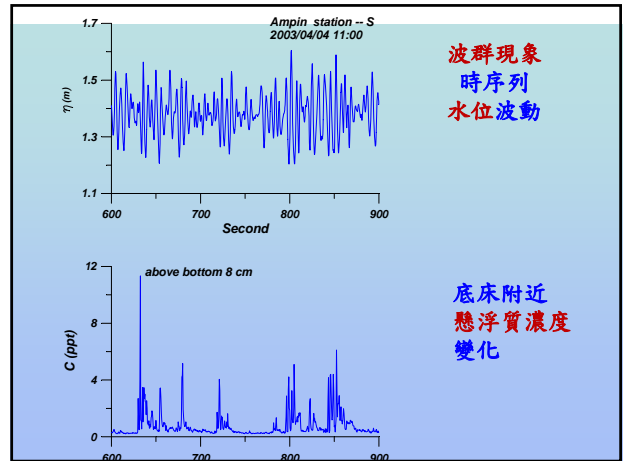
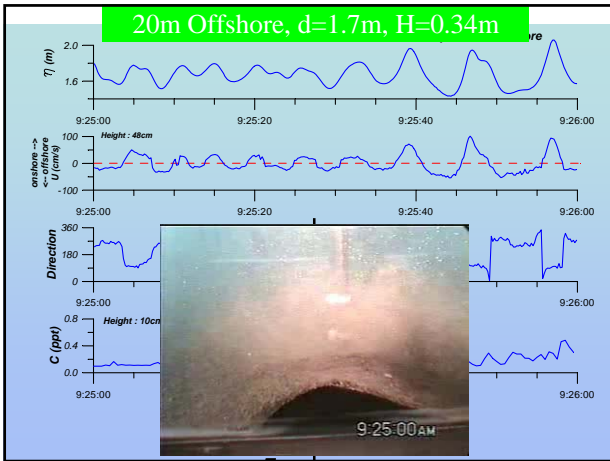


碎波帶外波動之Hilbert時-頻-能譜

Outer surf zone wave 1995/3/14/22:00







3.

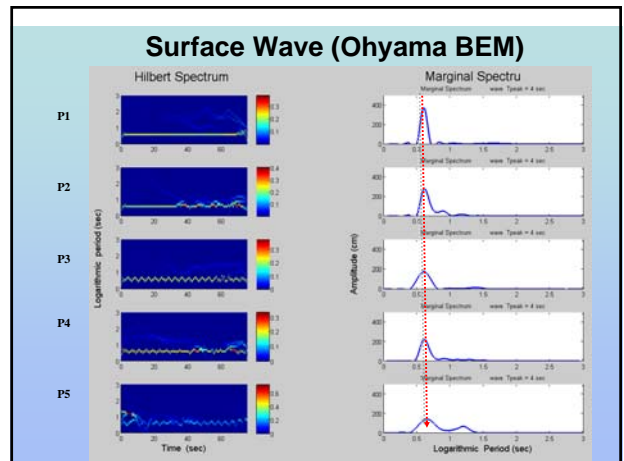
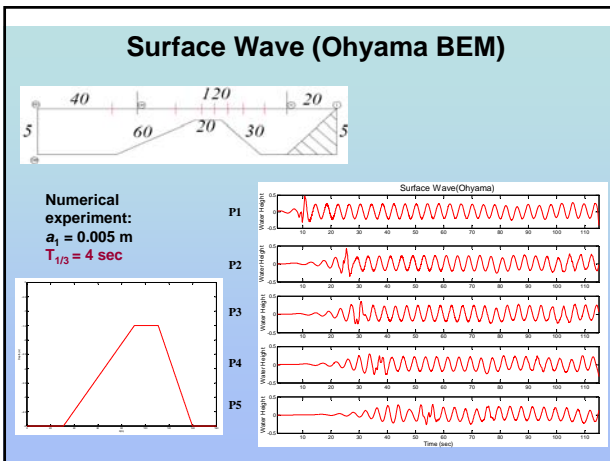
數值模擬波浪通過不透水潛堤

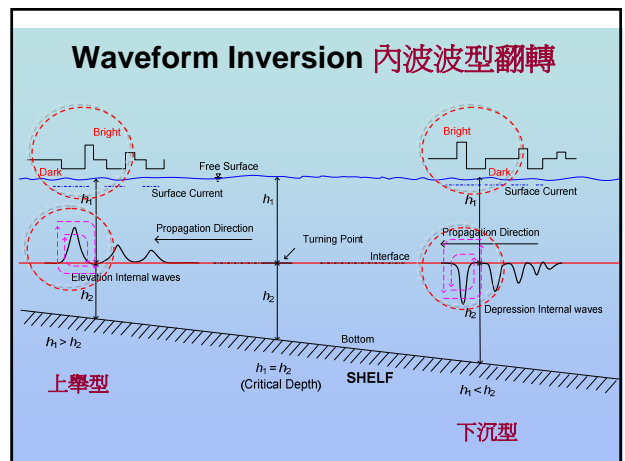
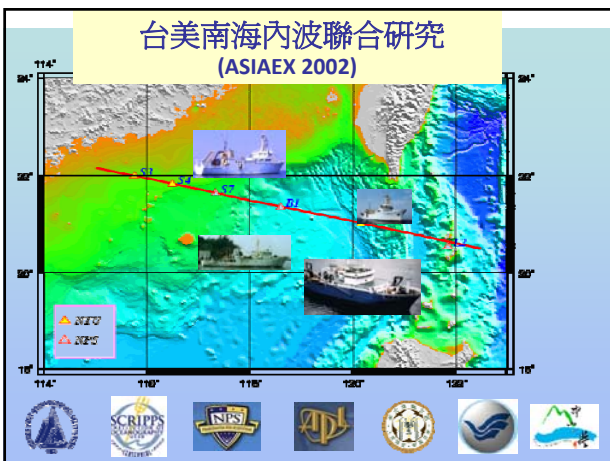
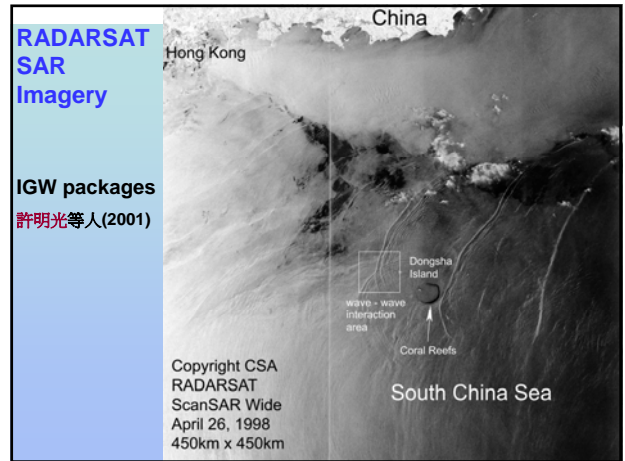
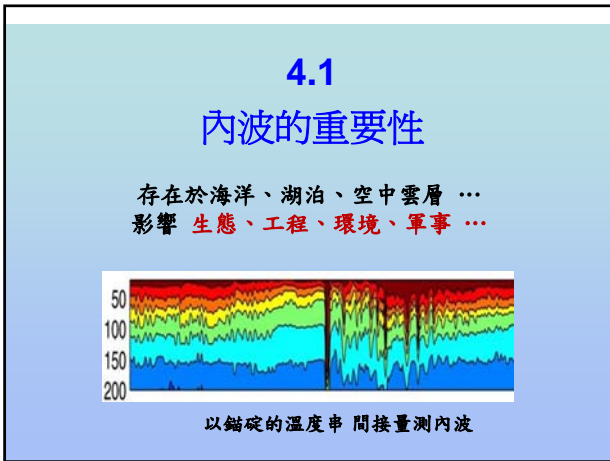
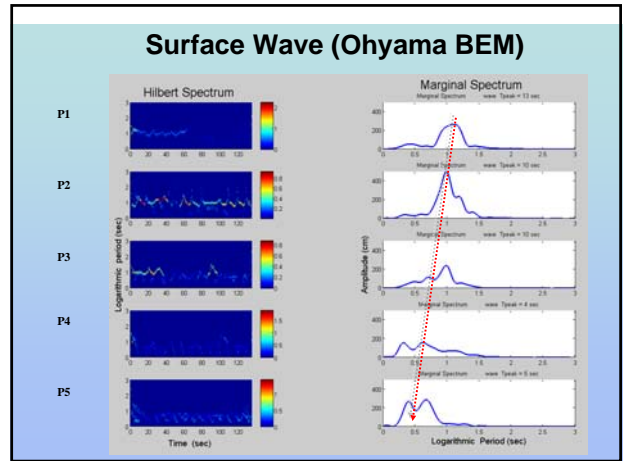
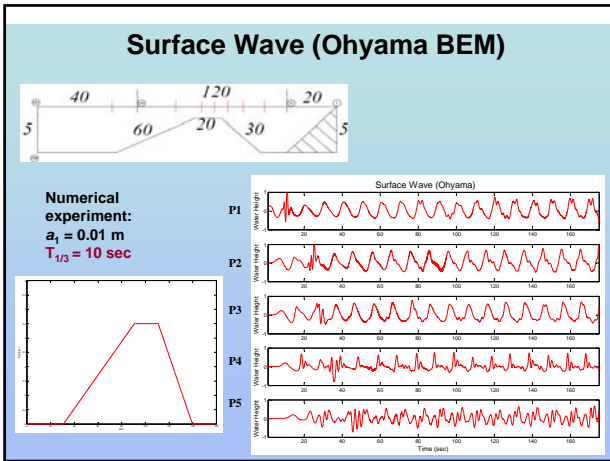
離岸潛堤是現代海岸保全的趨勢之一

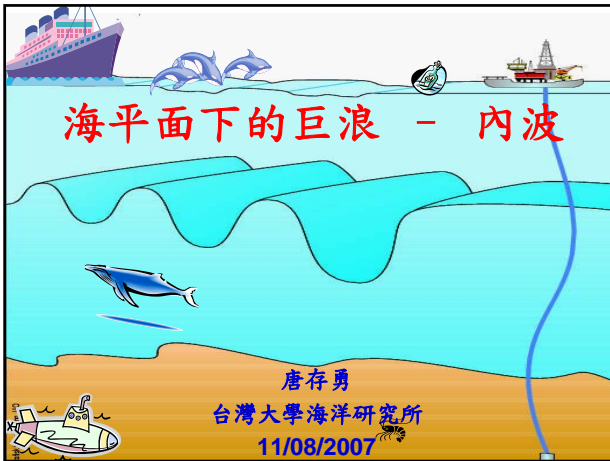
HHT讓我們了解波浪通過沙洲或潛堤時的波頻分散現象
不同波週期的影響 ...

規則波通過光滑不透水潛堤

假設某實驗室模擬一座不透水潛堤海岸段的近波動（水平距離、水深及斜坡之長度（m）如圖）。假設在水深5 m處的規則波有義波高為0.01 m，有義週期為4秒及10秒。請建立一維剖面水深地形檔並引用緩坡方程式，估算該海域的波高變化及頻率變化。





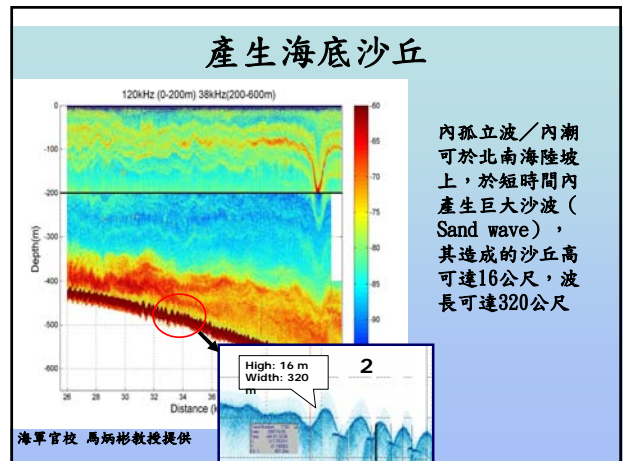
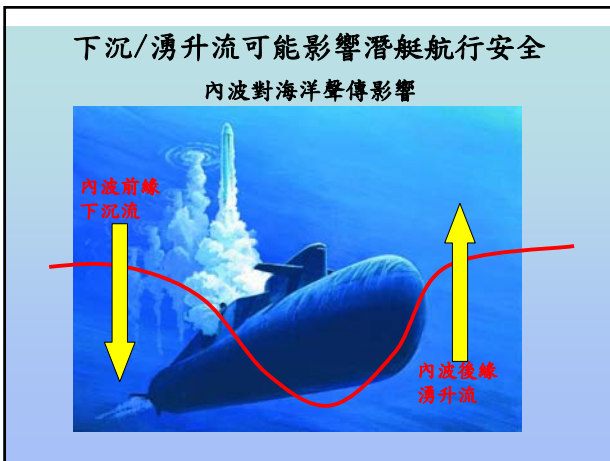
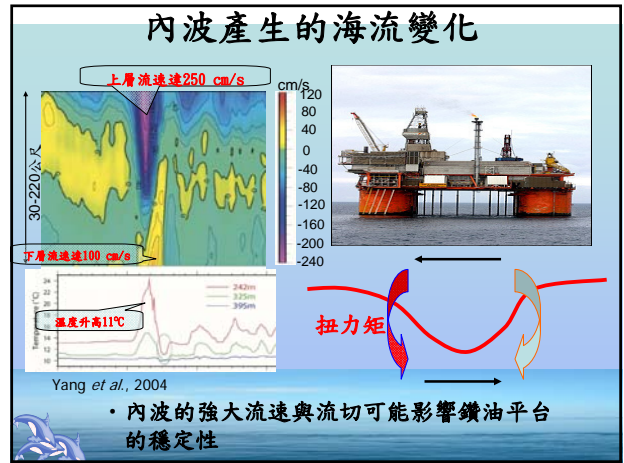
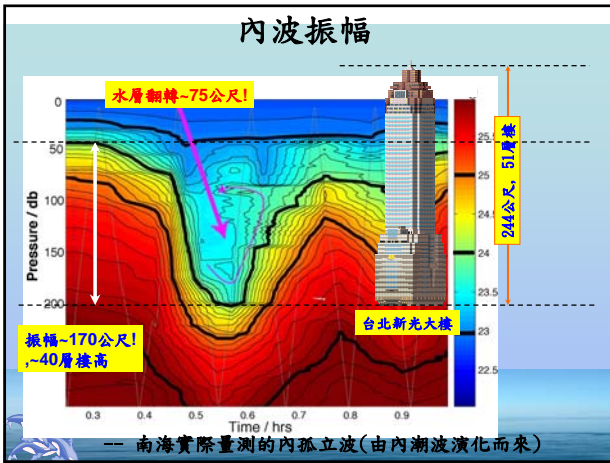


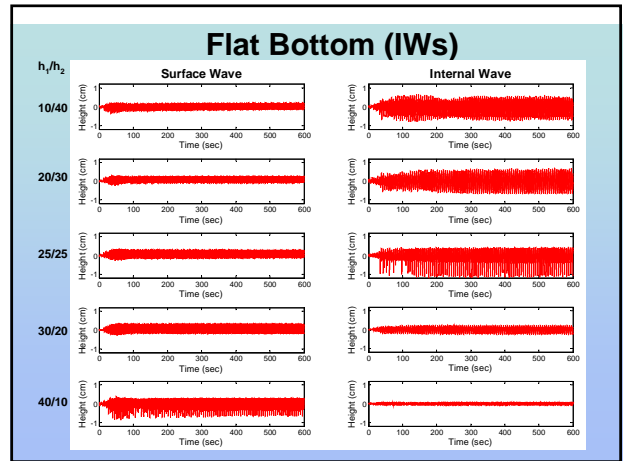
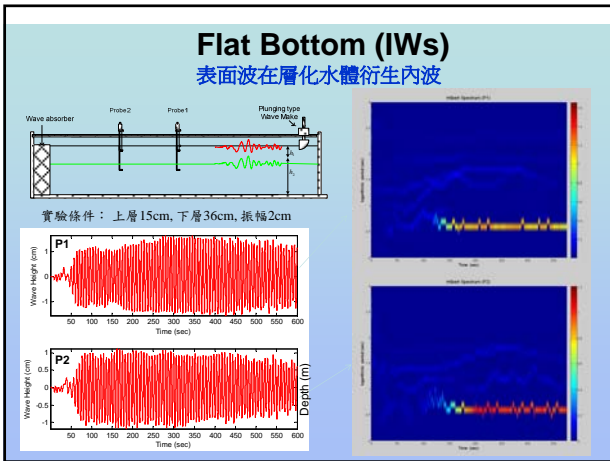
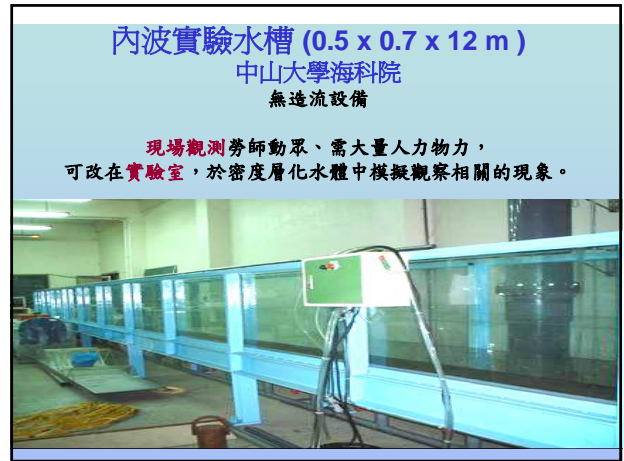
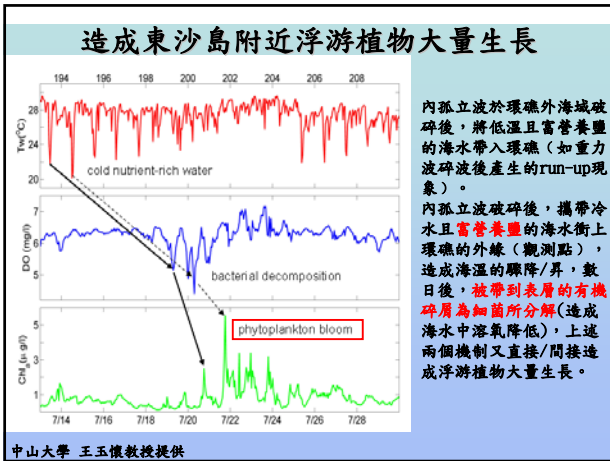
海洋如何產生內波?

分層環境 + 潮流 + 海底地形結構

- 內波有不同的產生機制，海洋中最重要的機制為**潮流與地形交互作用**，例如半日潮/全日潮與海底地形交互作用，進而擾動密度介面，可產生頻率趨近於半日潮/全日潮的半日內潮波/全日內潮波
- 半日內潮波/全日內潮波亦會演化成更低頻內波，例如內孤立波
- 南海巨大振幅內波即**潮波與呂宋海峽的海脊作用產生**

恆春海脊

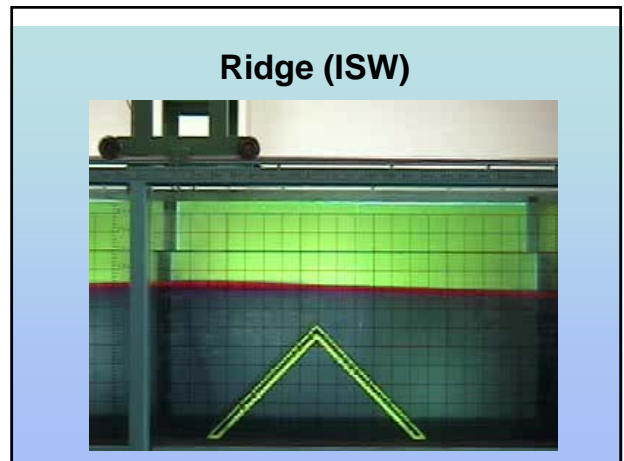


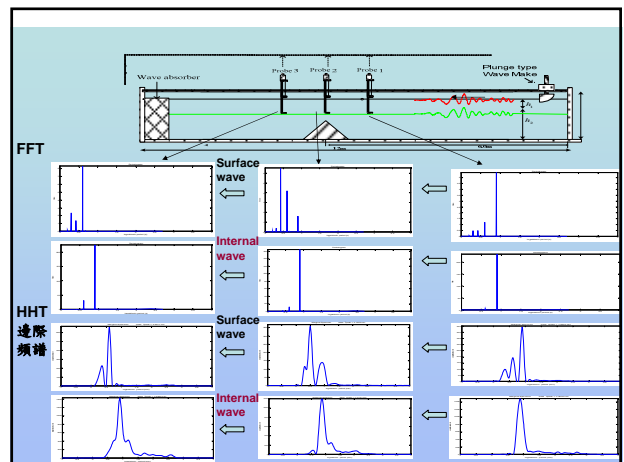
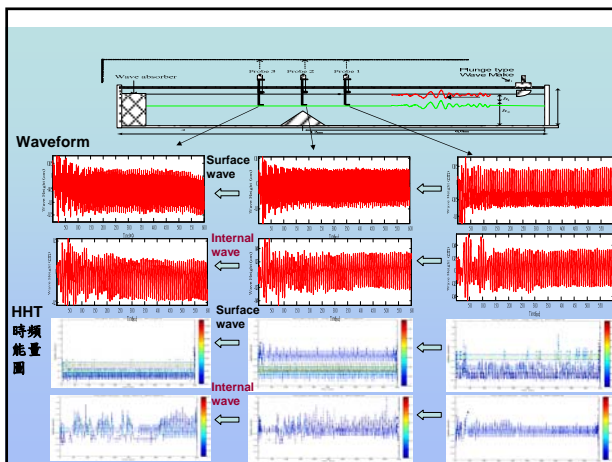
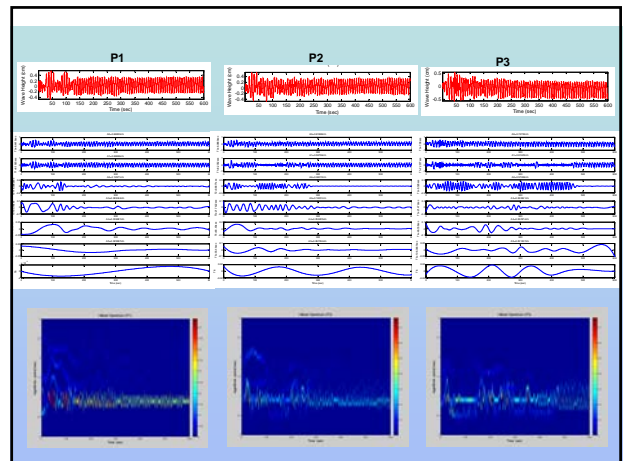
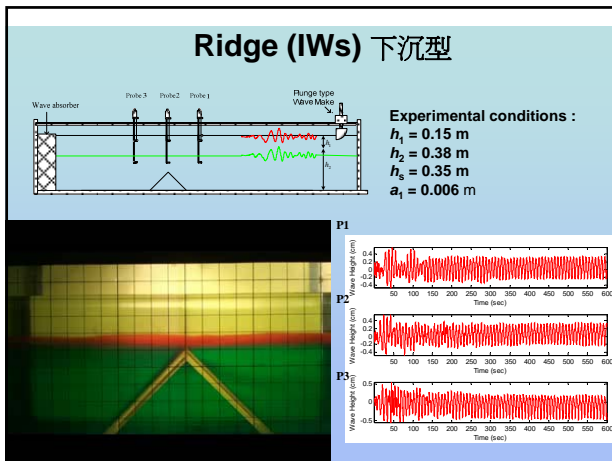


4.2

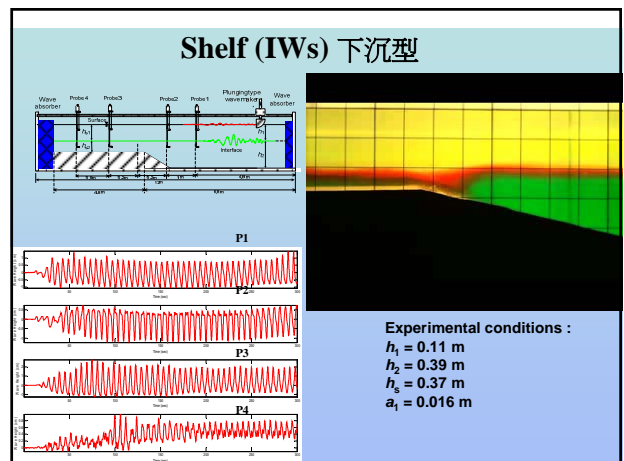
Case 1

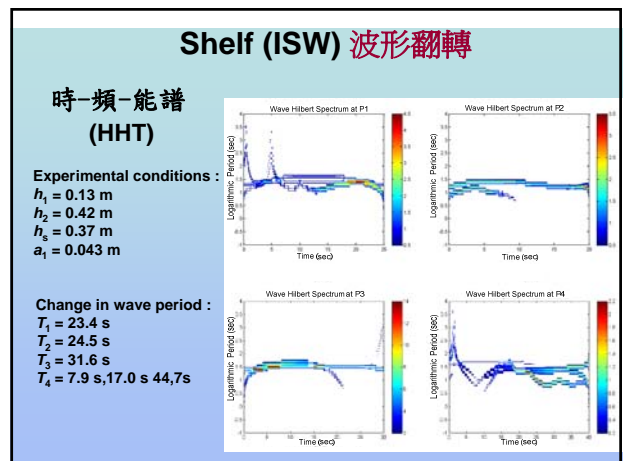
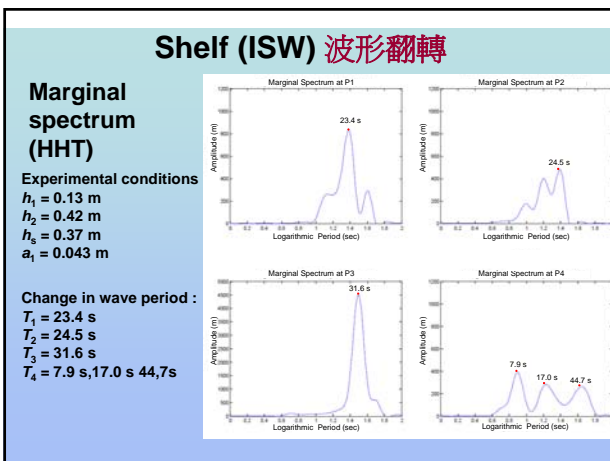
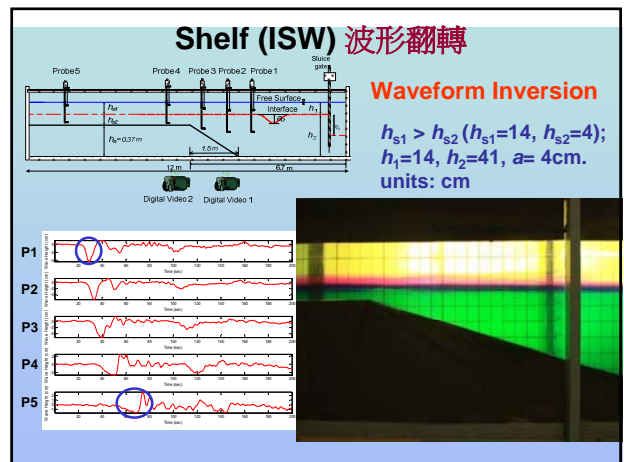
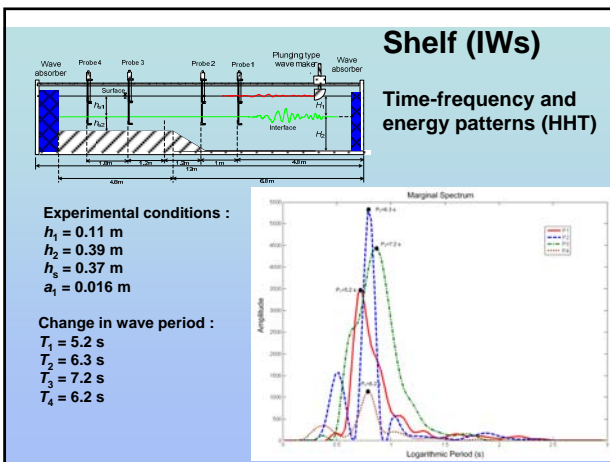
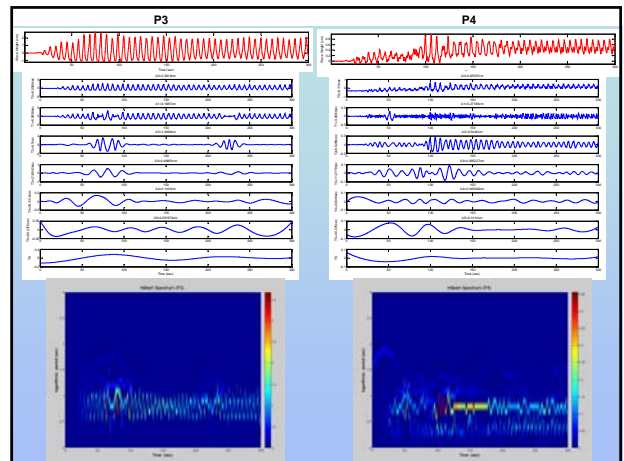
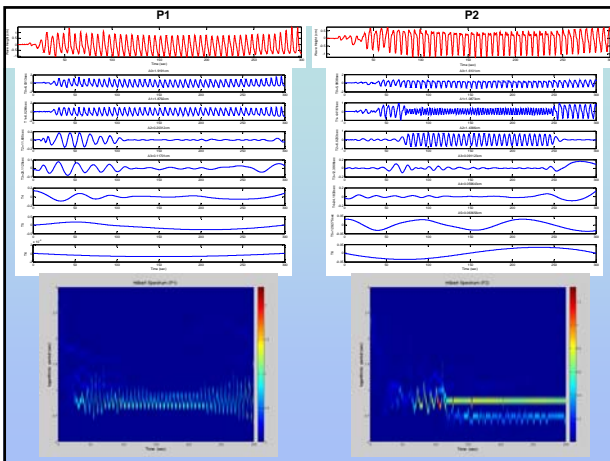
內波通過海脊(Ridge)





4.3 Case 2 內波通過陸棚






5. 颱風時潮位變化分析

海岸工程設計水位 = $MSL + HHWL + \text{暴潮偏差}$

HHT可協助估計**暴潮偏差**



國立高雄海洋科技大學
National Kaohsiung Marine University

時頻分析應用於高雄港潮位資料之研究

Study on the tidal elevation at Kaohsiung port using time-frequency analysis

系 所：航海科技研究所
姓 名：郭裕農
指導老師：謝志敏 博士

+ 郭裕農、謝志敏、張益三、謝建賢(2010)·應用 HHT分析
颱風暴潮之研究。第32屆海洋工程研討會。

研究目的

- ★ 實際應用傳統時頻分析方法與EMD來解析高雄港二港口的潮位資料，以瞭解高雄港內實際的潮汐特性。
- ★ 應用EEMD分析颱風期間潮位，濾除趨勢值和半日潮與全日潮後，估計**暴潮偏差**。

高雄港二港口TS03潮位站

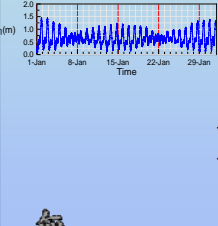
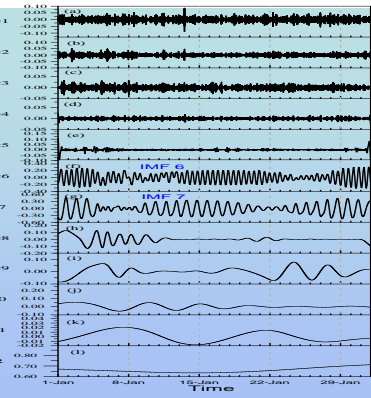



高雄港二港口潮位站 (TS03) 簡介
本站為高雄港二港口之唯一潮位站，設有自動採樣及數據傳輸系統，可即時提供潮位資料。本站之潮位資料為高雄港二港口之重要參考資料，也是高雄港二港口之唯一潮位資料。本站之潮位資料為高雄港二港口之重要參考資料，也是高雄港二港口之唯一潮位資料。

高雄港二港口潮位特性分析

Case	案 例
Case 1	無颱風期間的潮位資料 (2010年1月1日~1月31日)
Case 2	2006 珍珠 (Chanchu) 颱風
Case 3	2009 蓮花 (Linfa) 颱風
Case 4	2009 莫拉克 (Morakot) 颱風

無颱風時 高雄二港口 潮位分析

2010年1月1~31日水位時序列經EMD轉換後之IMF分量

