

2018年花蓮地震調查與探討

花蓮港港區震災調查與初步分析

NCREE大地組

許尚逸、盧志杰、楊炫智
黃郁惟、劉佳泓、黃俊鴻

簡報內容

- 花蓮港簡介
- 花蓮港區震災勘查
- 花蓮港區地動特性
- 花蓮港區液化潛勢評估
- 港區沉箱碼頭震損與初步評估
- 心得分享與建議

花蓮地震-NCREEE 土工災害調查

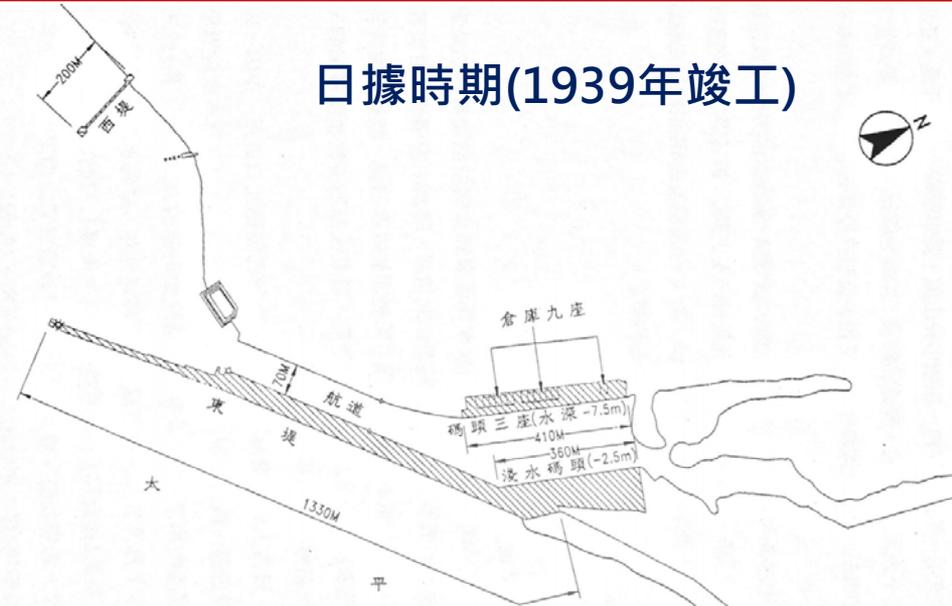




花蓮港簡介

花蓮港建港過程-1

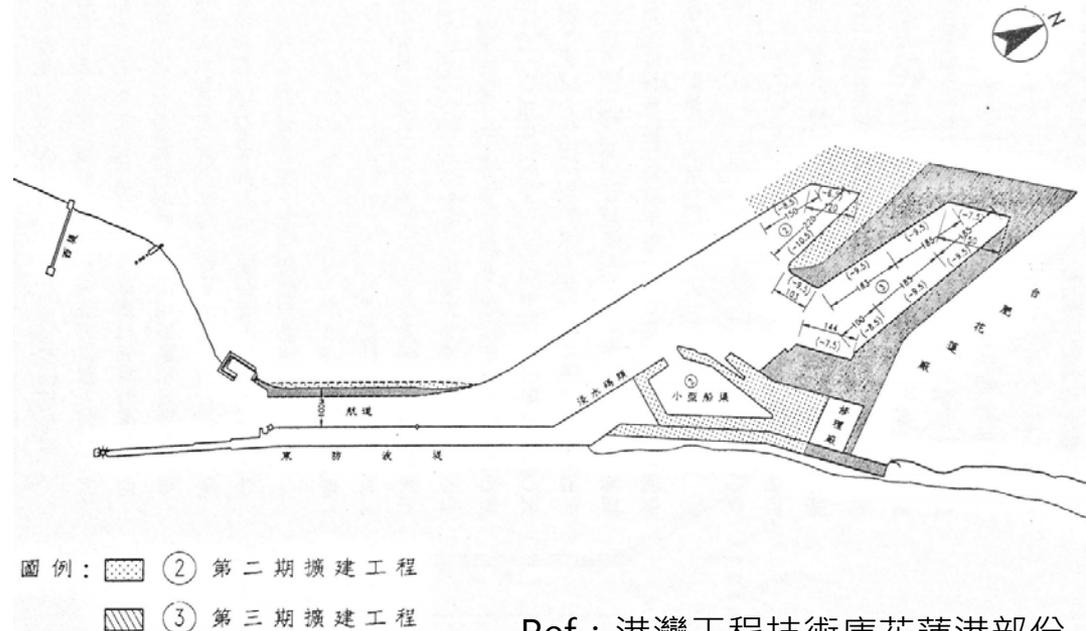
- 清朝嘉慶十七年(1812年)，部份漢人開始從宜蘭移墾，稱此處為「洄瀾港」；1874年定名為花蓮港
- 1931年日本總督府進行花蓮港築港工程
- 1939年完成三座碼頭(水深7.5m，共長410m)，供3000噸級貨輪停泊，並著手開發臨港重工業



花蓮港建港過程-2

- 二戰爆發後港埠設施悉遭破壞，光復後開始修
- 1962年完成第一期擴建，增建2座碼頭(水深8.5m)、淺水碼頭長200m、擴大港區水域、拓寬航道至90m
- 1963年9月1日花蓮港開放為國際港
- 於1969-1978年間開始進行第二、三期的擴建工程共增建11座(3+8)碼頭、小型船渠及碼頭倉庫

http://ndhumap.blogspot.tw/2012/06/blog-post_3167.html



花蓮港建港過程-3

第四期擴建工程(1991年完工)



23號~24號碼頭擴建工程歷史照片
Ref:花蓮港務警察總隊網站



19號~22號碼頭擴建工程歷史照片
Ref:花蓮港務警察總隊網站



Ref：港灣工程技術庫花蓮港部份

花蓮港平面圖

- 內港區：1號~16號碼頭、花蓮漁港、沉箱渠
- 外港區：17號~25號碼頭、西防波堤、東防坡堤



花蓮港外港區碼頭資料



Ref：台灣港務公司網站

碼頭名稱	碼頭長度(M)	設計水深(M)	碼頭型式	用途說明
17號碼頭	200	12.0	消波方塊式	砂石碼頭
18號碼頭	200	12.0	消波方塊式	亞泥專用碼頭
19號碼頭	310	14.0	消波沉箱式	油管管道、木料、雜貨碼頭
20號碼頭	302	14.0	消波沉箱式	砂石碼頭
21號碼頭	200	14.0	消波沉箱式	砂石碼頭
22號碼頭	200	14.0	消波沉箱式	多功能碼頭
23號碼頭	272	14.0	消波沉箱式	客運碼頭
24號碼頭	271	14.0	消波沉箱式	木料、油管管道、雜貨碼頭
25號碼頭	332	16.5	消波沉箱式	雜貨碼頭

花蓮港區震災現地勘查



花蓮港勘災點位



點位	位置	距震央 (km)	距斷層 (km)
P1	23號碼頭	19.2	1.53
P2	24號碼頭	19.2	1.63
P3	25號碼頭	19.3	1.71
P4	西防坡堤	19.4	1.54
P5	19號碼頭	18.4	1.96



23號與24號碼頭



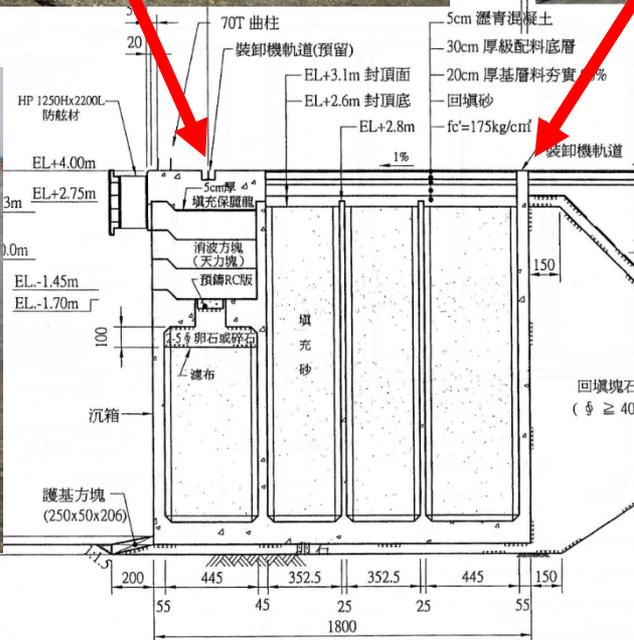
24號碼頭消波室上方鋪面裂損



23~24號碼頭後線地面震陷



碼頭法線目視平整



23號碼頭地震當晚監視畫面



HL-D023-01*
23號碼頭

2018-02-06 23:50:51

影片來源：花蓮港務分公司提供

24號碼頭地震當晚監視畫面



影片來源：花蓮港務分公司提供

西防波堤道路



道路剛性面板隆起



道路柏油鋪面下陷



面板下連續液化噴砂孔



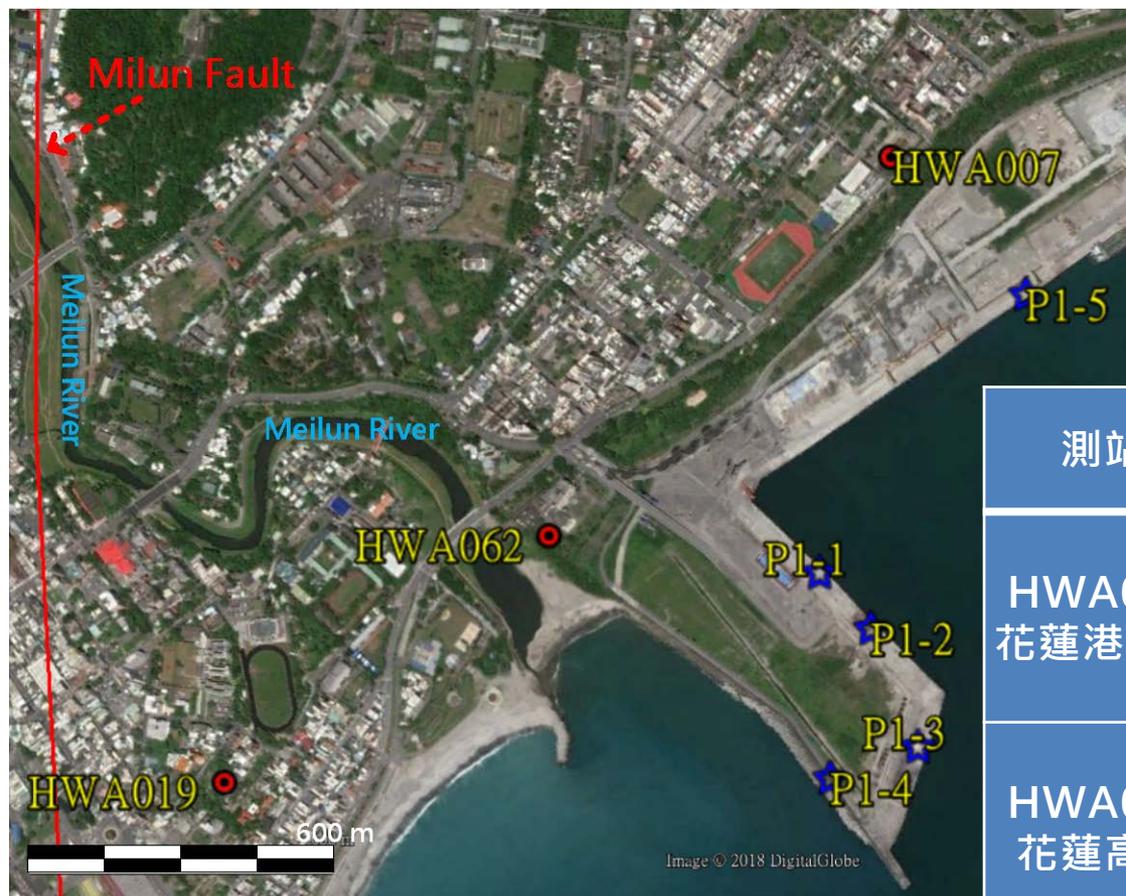
噴砂範圍

砂礫從道路裂縫中噴出



本次花蓮地震 花蓮港區地動特性

花蓮港區地動特性-測站記錄



測站	距震央 (km)	延時 (sec)	方向	PGA (gal)
HWA062 花蓮港務局	17.45	180	EW	209.18
			NS	202.58
			UD	213.80
HWA007 花蓮高中	16.46	157	EW	289.02
			NS	244.20
			UD	259.95
HWA019 花蓮氣象站	18.26	326	EW	213.44
			NS	370.24
			UD	403.30

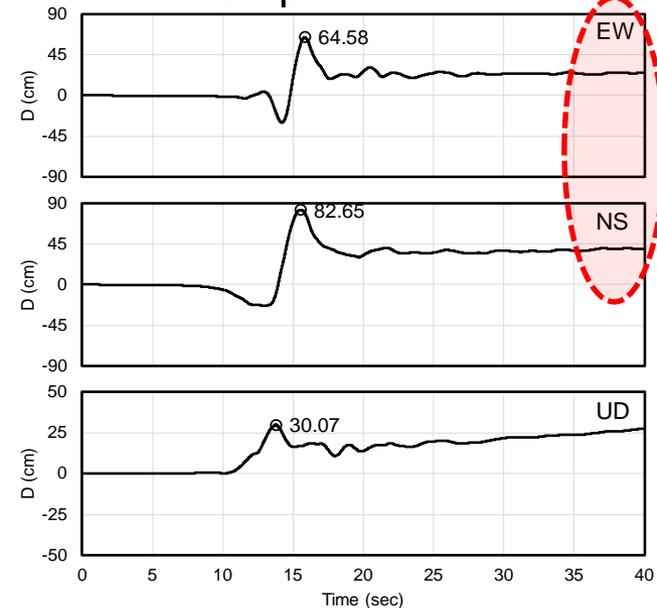
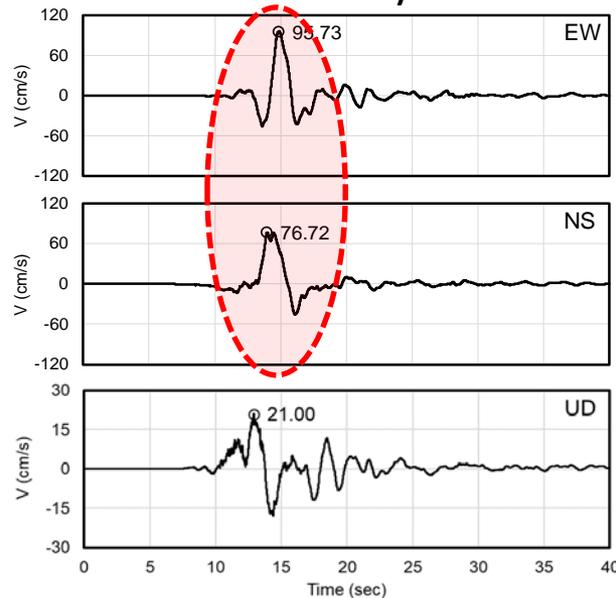
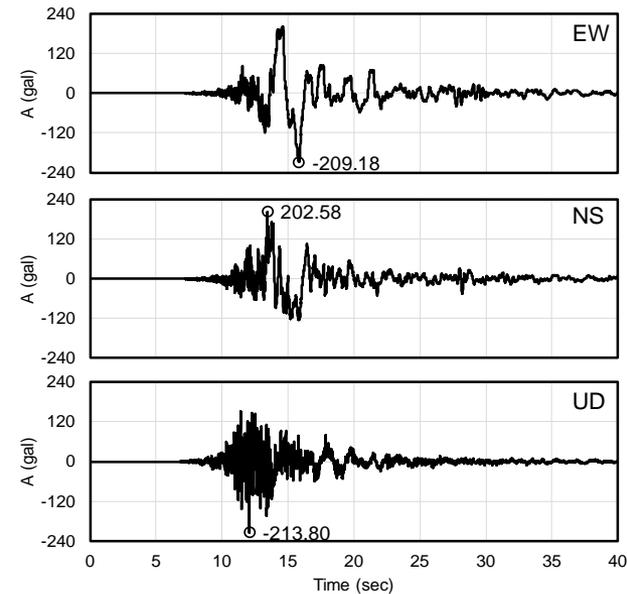
花蓮地震HWA062花蓮港務局測站記錄

測站	震度	距震央距離 (km)	延時 (sec)	方向	PGA (gal)	PGV (cm/s)	PGD (cm)
HWA062 花蓮港務局	5	17.45	180.0	EW	209.18	95.73	64.58
				NS	202.58	76.72	82.65
				UD	213.80	21.00	30.07

Acceleration

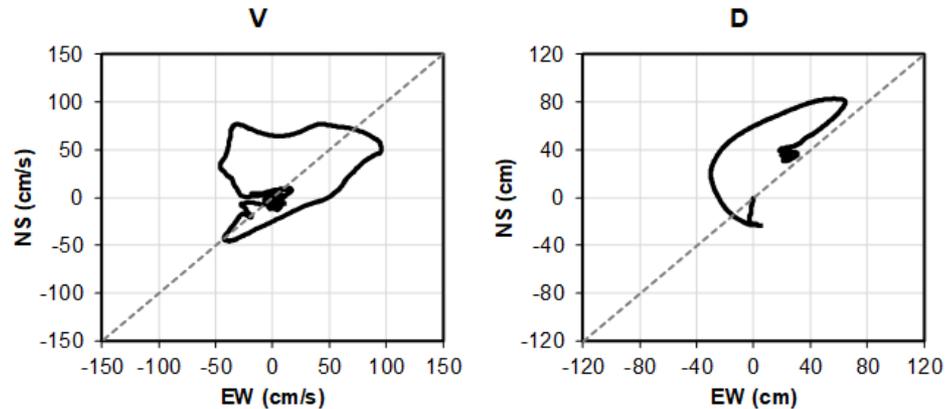
Velocity

Displacement

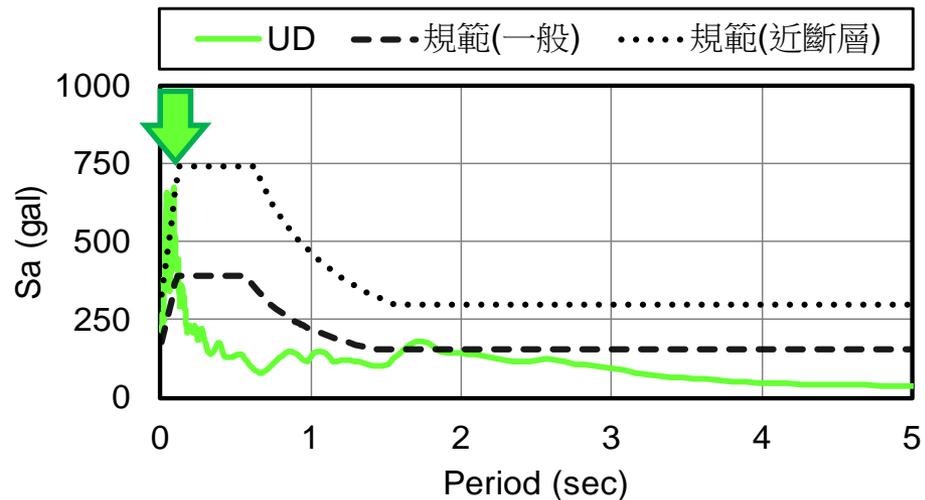
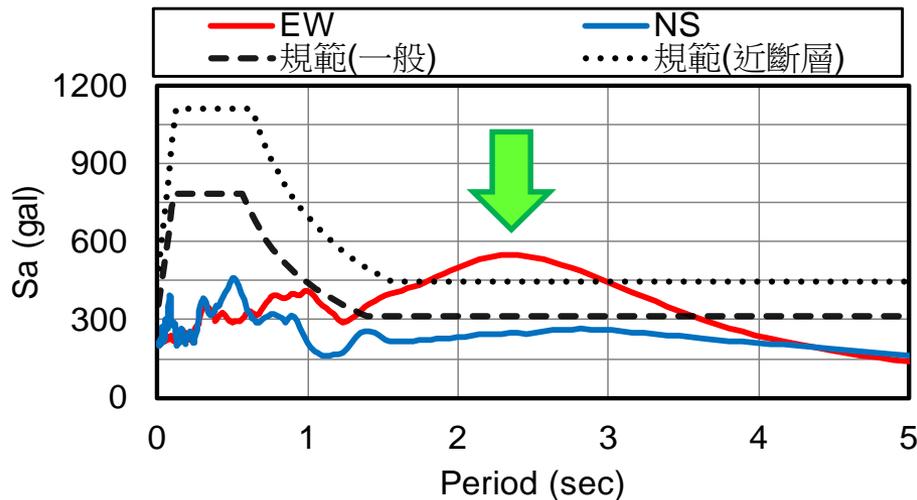


花蓮港區地動方向性與反應譜比較

- 港區地震方向性
 - 速度歷時迴圈
 - 永久地表位移



- HWA062測站($V_{s30}=606\text{m/s}$)紀錄反應譜
 - 一般地區:EPA(H,V)=0.32g,0.16g ; 近斷層:EPA(H,V)=0.454g,0.303g
 - 0206花蓮地震 $M_L=6.0$; 花蓮市對應設計地震之 $M_L=7.3$ (NCREE)

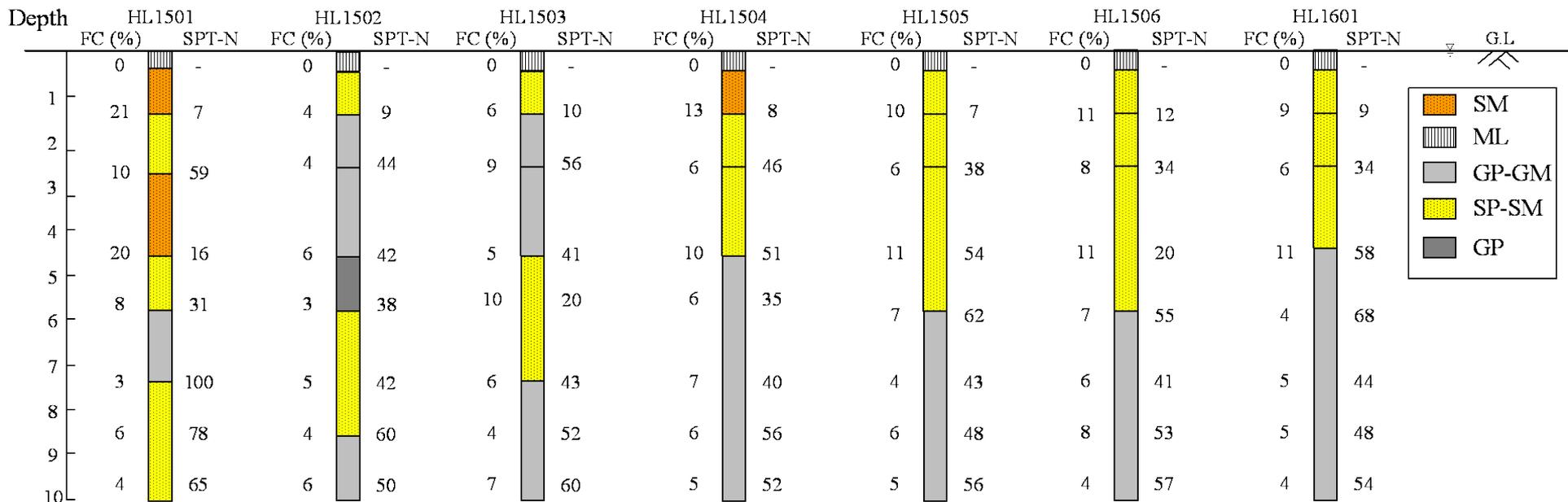
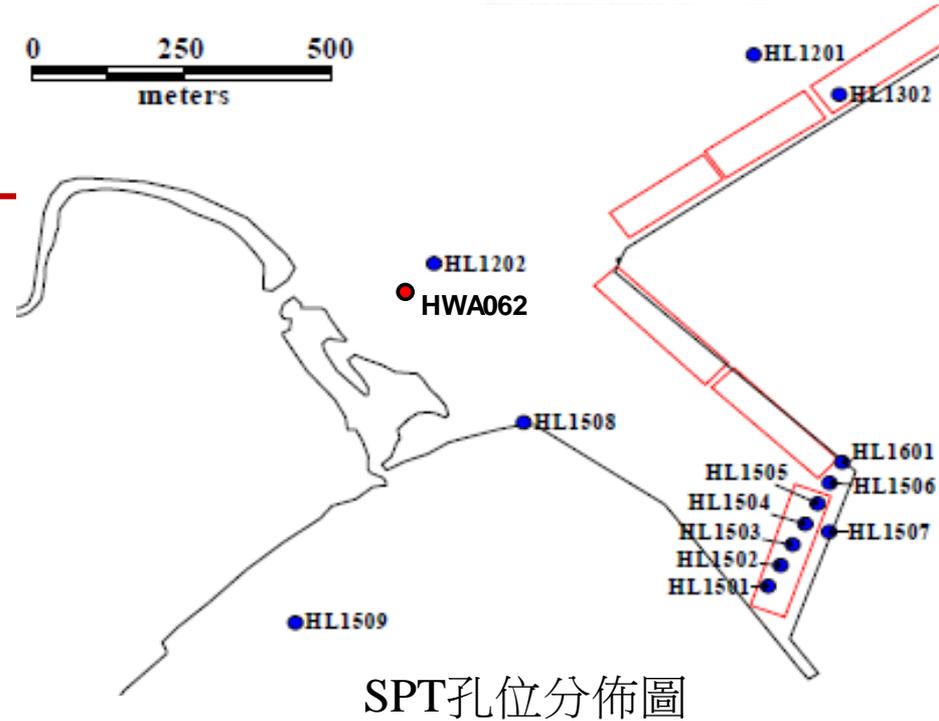


花蓮港區液化潛勢評估

既有鑽孔液化評估
港區液化土樣粒徑分析

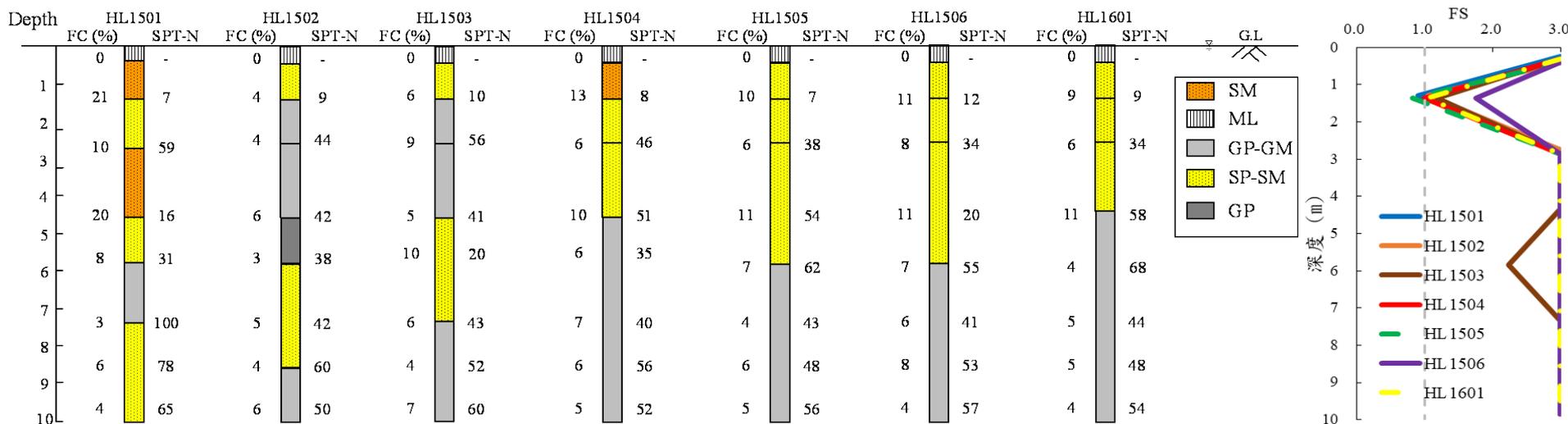
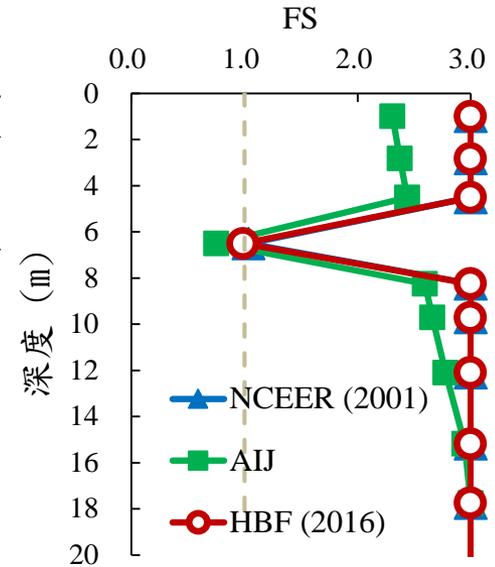
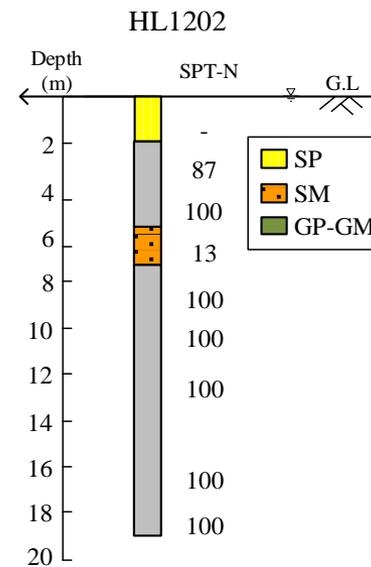
現有港區鑽孔資料

- 第四期擴建工程地質調查鑽孔資料
 - 原港區地形地質資料
 - 無完工後碼頭後線回填區鑽孔



既有鑽孔液化評估

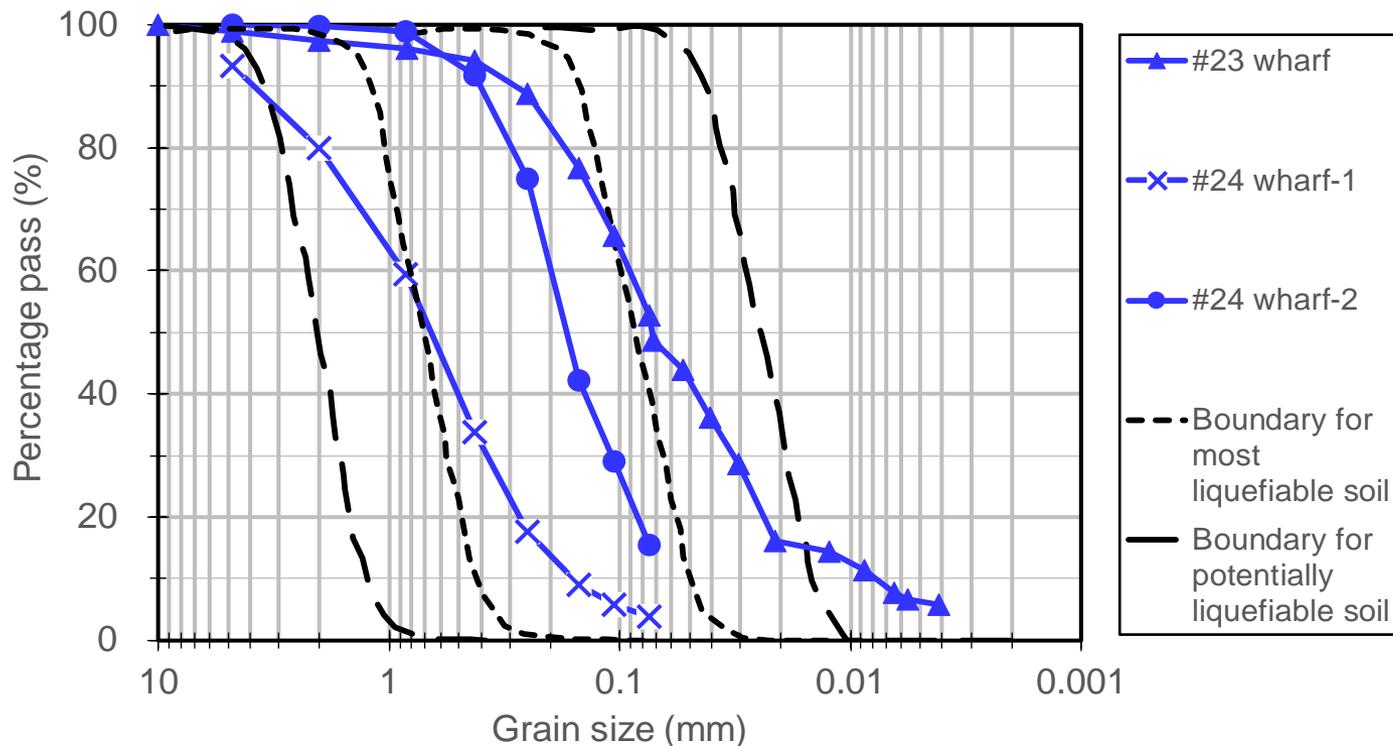
- 雙曲線液化評估法(HBF法)
- 地震參數 $M=6.0, PGA=0.21g$
 - 假設地下水位面位於地表
 - 無細粒料含量資料者假設 $FC=0\%$
 - 遇到完全無液化可能之地層，其 F_s 直接取3



港區液化土樣粒徑分析-1

	Gravel (%)	Sand (%)	Fines (%)	D ₅₀ (mm)	USGS
花蓮港23號碼頭	1.2%	46.8%	52.0%	0.073	ML
花蓮港24號碼頭-1	6.7%	89.4%	3.9%	0.65	SP
花蓮港24號碼頭-2	0.0%	84.6%	15.4%	0.18	SM

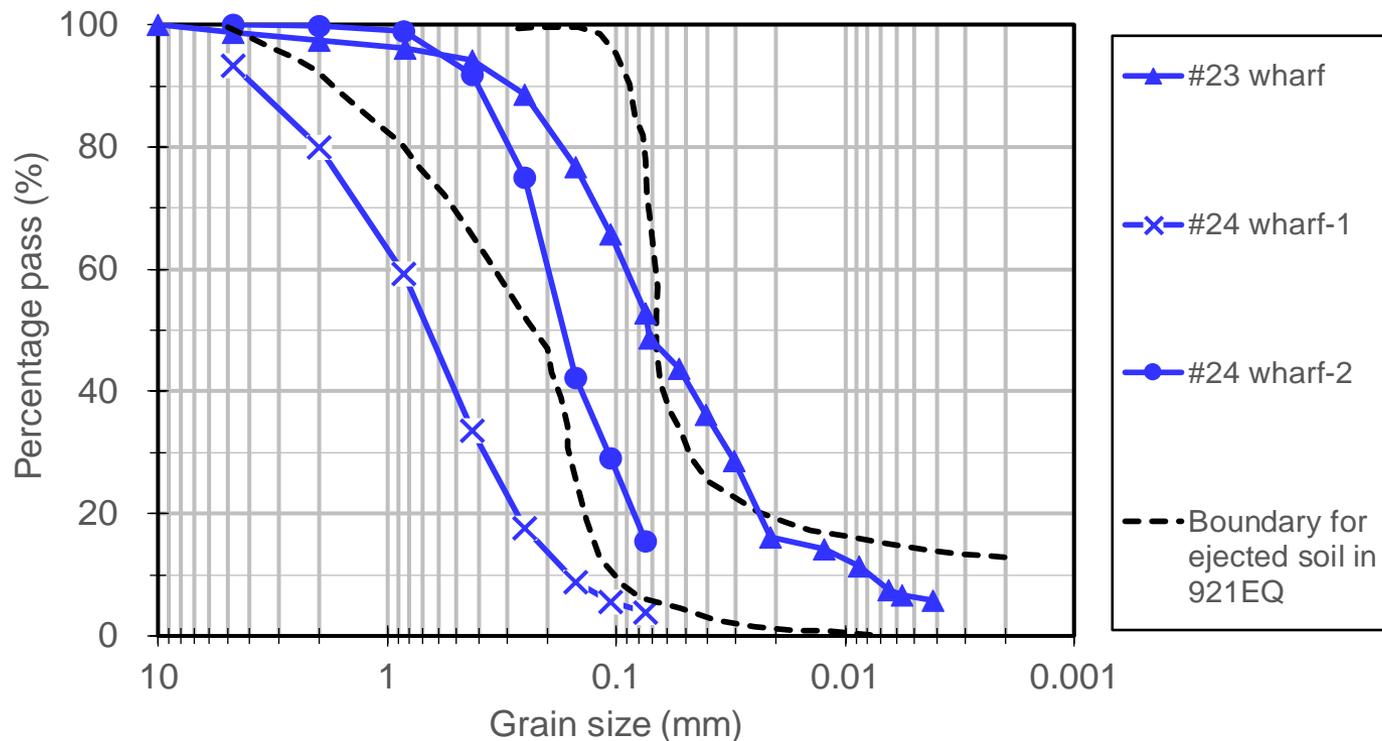
花蓮地震液化噴砂土樣與日本港灣技術標準典型液化噴砂土樣粒徑分佈曲線之比較



港區液化土樣粒徑分析-2

	Gravel (%)	Sand (%)	Fines (%)	D ₅₀ (mm)	USGS
花蓮港23號碼頭	1.2%	46.8%	52.0%	0.073	ML
花蓮港24號碼頭-1	6.7%	89.4%	3.9%	0.65	SP
花蓮港24號碼頭-2	0.0%	84.6%	15.4%	0.18	SM

花蓮地震液化噴砂土樣與921地震噴砂土樣粒徑分佈曲線之比較



花蓮港區碼頭震損評估

碼頭受震分析

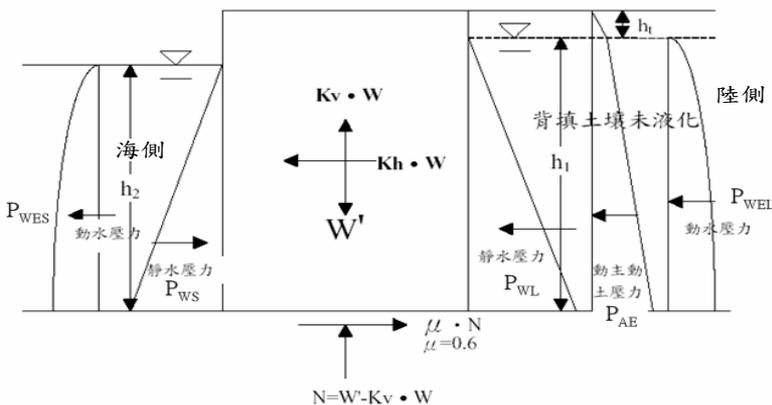
沉箱碼頭受震易損性曲線

與初步震損評估

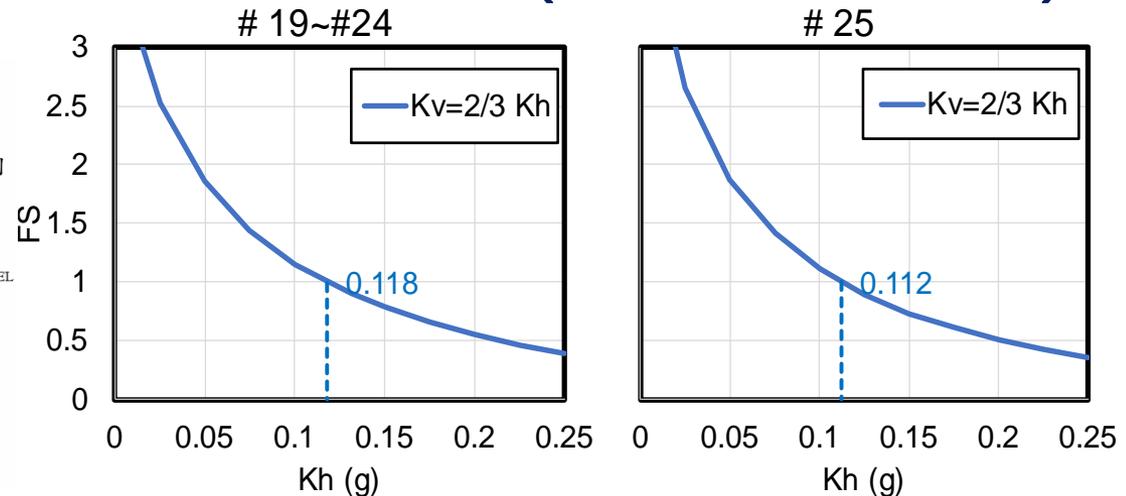
花蓮港區設計震度與碼頭受震穩定性

- 港灣工程技術庫花蓮港部分(運研所，2000)
 - 日據時期設計地震係數 $K_h = 0.15$
 - 第四期擴建工程外港區設計地震係數 $K_h = 0.2$
- 港灣剛性構造物(ex:重力式沉箱碼頭)之耐震檢核
 - 碼頭本體：壁體滑動、傾覆受震穩定性**
 - 基礎部分：基礎承载力、圓弧滑動及沉陷

沉箱碼頭滑移穩定性



滑動臨界加速度(假設沉箱背填土未液化)

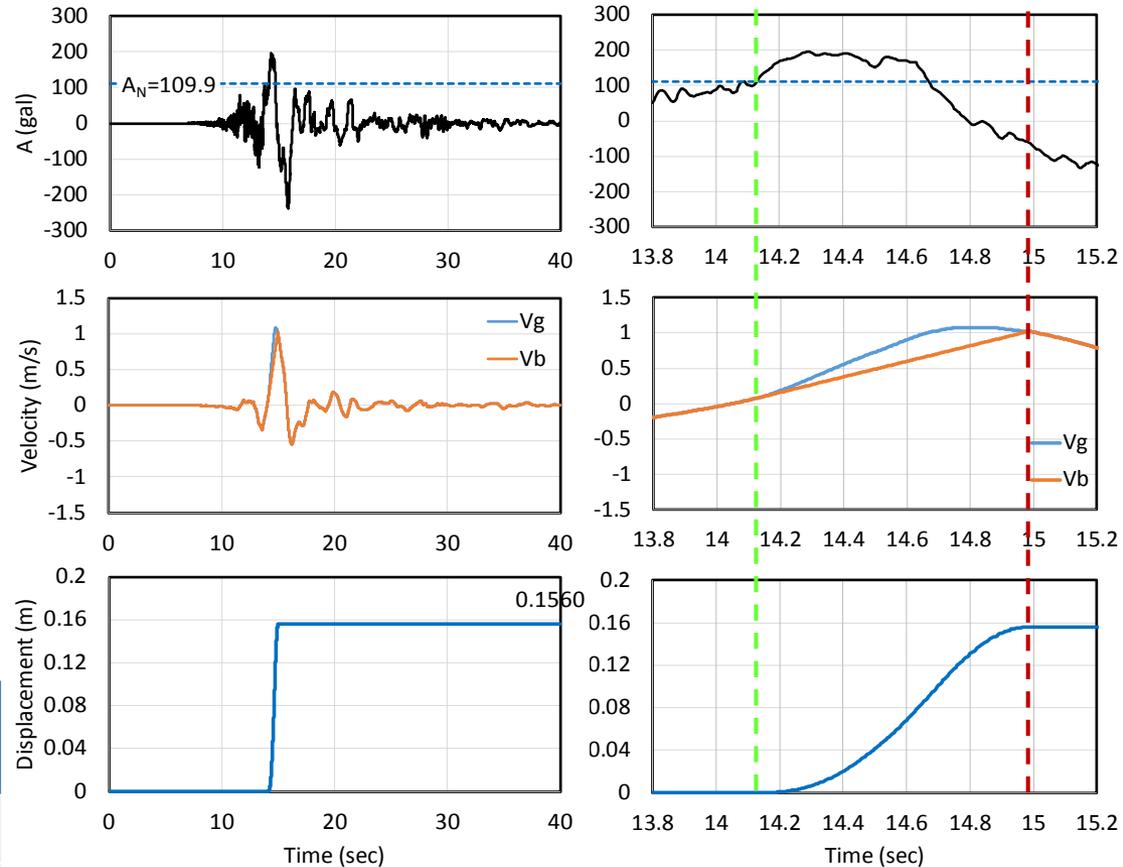


碼頭受震滑移量分析

#25碼頭地震轉向(朝海側)



本次地震#25碼頭朝海側受震滑移分析圖



各碼頭朝海側受震滑移分析

	D (m)	正規化 水平位移D/H
#19	0.022	0.12%
#23、#24	0.048	0.27%
#25	0.156	0.87%

重力式碼頭損害等級評估

國際航海協會損害等級（定性）（PIANC, 2001）

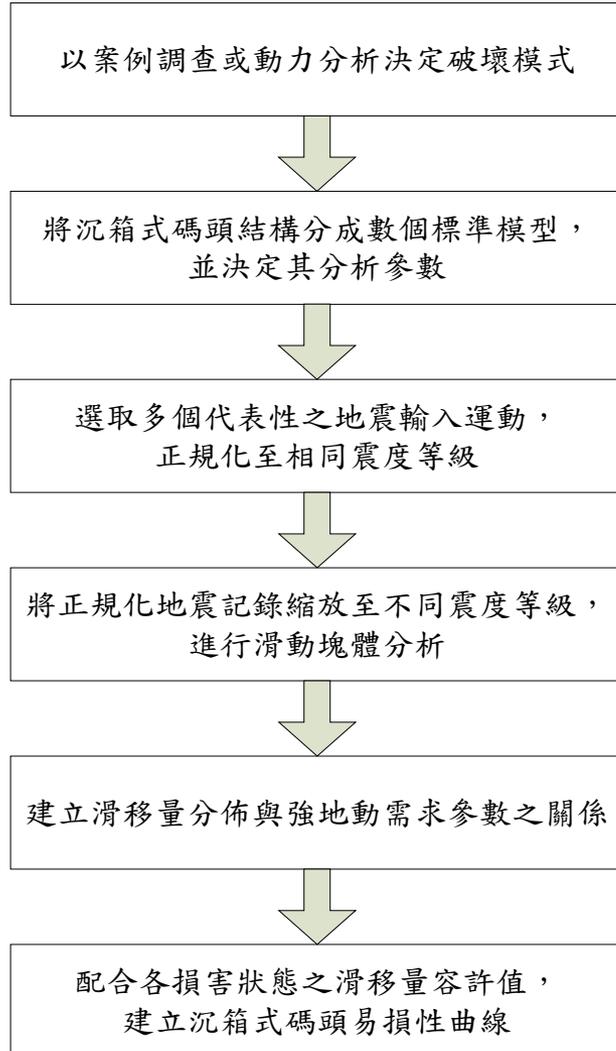
損壞等級 (功能性等級)	結構方面	使用方面
等級Ⅰ：可使用	無損壞或小損壞	輕微或沒有影響使用性能
等級Ⅱ：可修復	控制的破壞	短時間無法使用
等級Ⅲ：接近崩塌破壞	嚴重破壞	長時間或完全無法使用
等級Ⅳ：崩塌破壞	完全破壞	完全無法使用

國際航海協會重力式碼頭損害等級（定量）（PIANC, 2001）

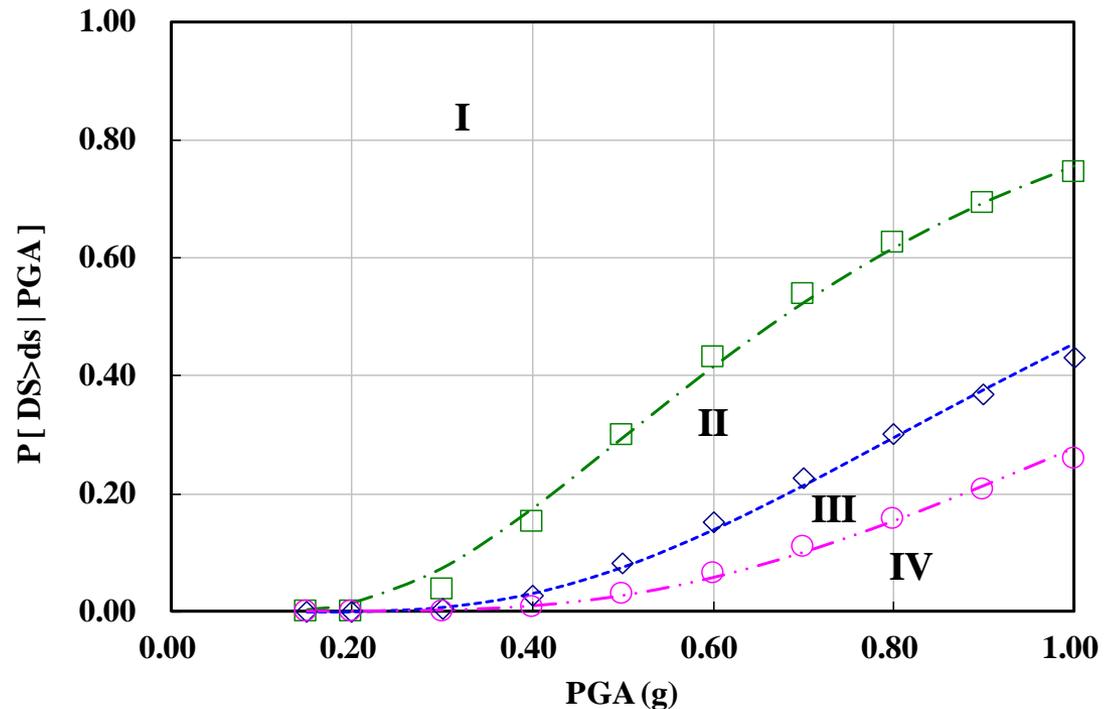
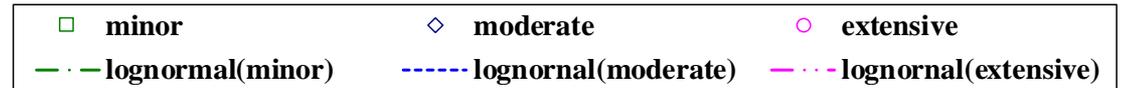
損壞等級		等級Ⅰ 可使用	等級Ⅱ 可修復	等級Ⅲ 接近破壞	等級Ⅳ 崩塌破壞
壁體	正規化水平位移 d/H	$< 1.5\%$	1.5~5%	5~10%	$> 10\%$
	朝海側傾斜角	$< 3^\circ$	3~5°	5~8°	$> 8^\circ$
岸肩	不均勻沉陷量	$< 3\sim 10\text{cm}$	-	-	-
	岸肩與後線陸地沉陷量	$< 30\sim 70\text{cm}$	-	-	-
	朝海側傾斜角	$< 2\sim 3^\circ$	-	-	-

花蓮港沉箱式碼頭代表性易損曲線

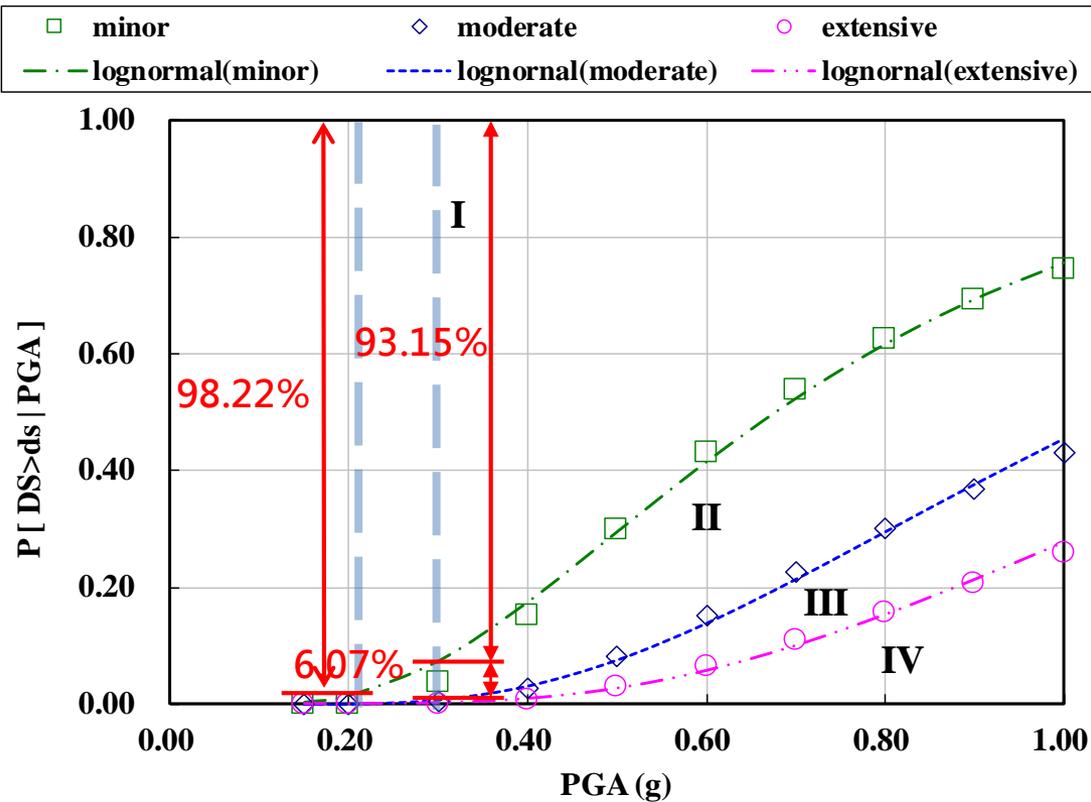
沉箱式碼頭易損性曲線建立流程



沉箱式碼頭		
損壞等級	Median (PGA)	Deviation
Minor	0.68	0.56
Moderate	1.06	0.53
Extensive/Complete	1.35	0.52



花蓮港沉箱式碼頭震損分析



	PGA (g)	
	0.213	0.295
損壞等級	損壞機率	損壞機率
輕微損害(I)	98.22%	93.15%
中度損害(II)	1.68%	6.07%
嚴重損害(III)	0.09%	0.61%
完全損害(IV)	0.02%	0.17%

	PGA (g)	
	0.209	0.295
Minor	1.78%	6.85%
Moderate	0.11%	0.78%
Extensive/Complete	0.02%	0.17%

小結

- 花蓮港沉箱碼頭在0206地震的考驗下，碼頭法線似無明顯側移，沉箱結構亦無沉陷與傾斜。**然以大顆土砂礫料回填之後線區產生明顯的液化與震陷**，此現象與2016紐西蘭Keikuora地震威靈頓市中央港(Centre Port)，以大顆粒砂礫混回填之後線液化震陷現象一致
- 進行港區液化震損評估常面臨到設計階段原場址鑽孔資料位於實際碼頭建造處，以及**後線回填處之土石材料工程性質未明**，使得花蓮港現地液化評估困難且評估結果代表性不足，有待進一步碼頭後線現地調查資料釐清
- 針對花蓮港外港區沉箱碼頭震損情況，**經由現地碼頭震陷調查以及碼頭易損分析評估結果比對**，兩者震損情況相符
- 台灣多數重要港區碼頭(台中港、花蓮港、基隆港、高雄港等)建造時間已久，面臨現行台灣耐震基準提升以及耐震設計朝向性能化目標，**有必要再評估檢討現有港灣設施耐震性能**



感謝聆聽
敬請指教