

芙蓉颱風造成南韓海岸暴潮溢淹事件探討

陳偉柏、傅鏗漩、張志新

國家災害防救科技中心坡地與洪旱組

摘要

北太平洋編號第 16 號的芙蓉颱風(Chaba)襲擊南韓南部沿海城市，共有七人死亡，四人失蹤，超過 300 間房屋損毀，二十萬戶停電，數以百計的飛機班次受到影響。芙蓉颱風為南韓所帶來的降雨量並非異常的高，但沿岸城市的淹水狀況卻十分嚴重。因南韓南部海域海底地形平緩，颱風逼近沿岸，有利於較大之颱風暴潮形成，海水越堤為海岸溢淹的主要致災原因。海堤為主要防禦海水溢淹之關鍵基礎設施，興建或加高海堤雖然可以減緩或防止海水越堤所造成的外水淹水問題，但海堤亦可能阻擋內水(雨水)的流動，使其無法順利宣洩至大海，本文因而探討暴潮溢淹造成之衝擊影響。

一、前言

2016 年 10 月 5 日清晨，西北太平洋編號第 16 號的芙蓉颱風(Chaba)襲擊南韓南部沿海城市。芙蓉颱風是繼 2012 年珍珠颱風

(Sanba)後，第二登陸南韓的颱風。芙蓉颱風所夾帶的強風豪雨，造成包括：第二大城釜山廣域市(Busan Gwangyeoksi)、工業重鎮蔚山廣域市(Ulsan Gwangyeoksi)以及度假勝地濟州特別自治道(濟州島，Jeju)等蒙受嚴重的災害損失(各城市地理位置如圖 1 黃色標籤所示)。芙蓉颱風由生成到結束所行經路徑如圖 2 所示，整個歷程的最大風速為每小時 269 公里(km/hr)，以薩菲爾-辛普森颶風等級(Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale)相當第五級颶風。南韓公共安全與防衛部(Ministry of Public Safety and Security, Korea)表示，共有七人死亡，四人失蹤，超過 300 間房屋損毀，二十萬戶停電，數以百計的飛機班次受到影響。南韓機場官員表示，僅釜山市的金海機場(Gimhae Airport)就有超過 80 個航班因芙蓉颱風取消，南韓高速子彈列車(Korea Train eXpress, KTX)在南部的營運服務也因颱風中斷。根據南韓英文時報(The Korea Times)於 2016 年 10 月 8 日的報導中陳述，南韓七家保險公司報告指出，芙蓉颱風所造成之經濟損失粗估約一千八百三十萬美元，而南韓國防部在颱風過境後也動用 1,200 士兵與當地義工一同協助災區進行清掃與復原的工作。

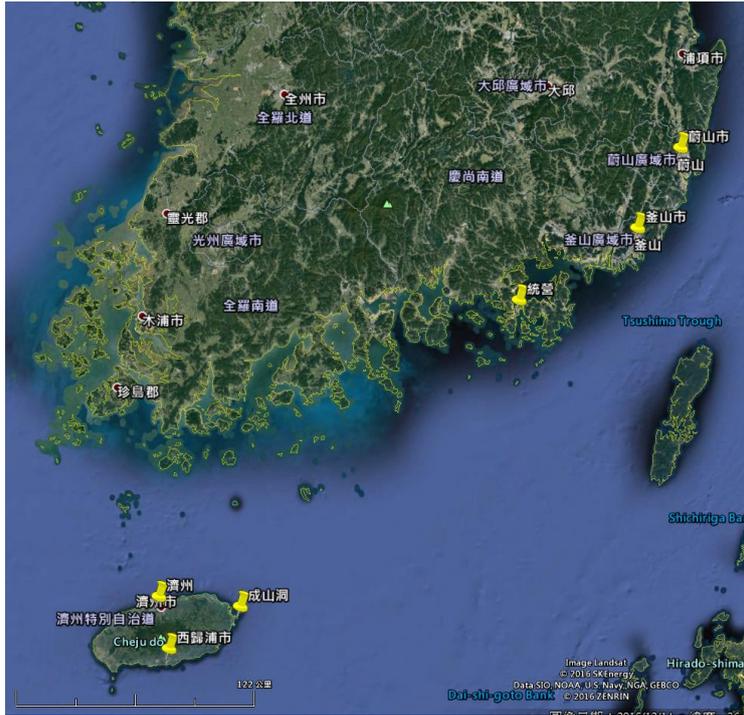


圖 1-2016 年芙蓉颱風造成南韓海岸溢淹與強降雨城市地理位置分布

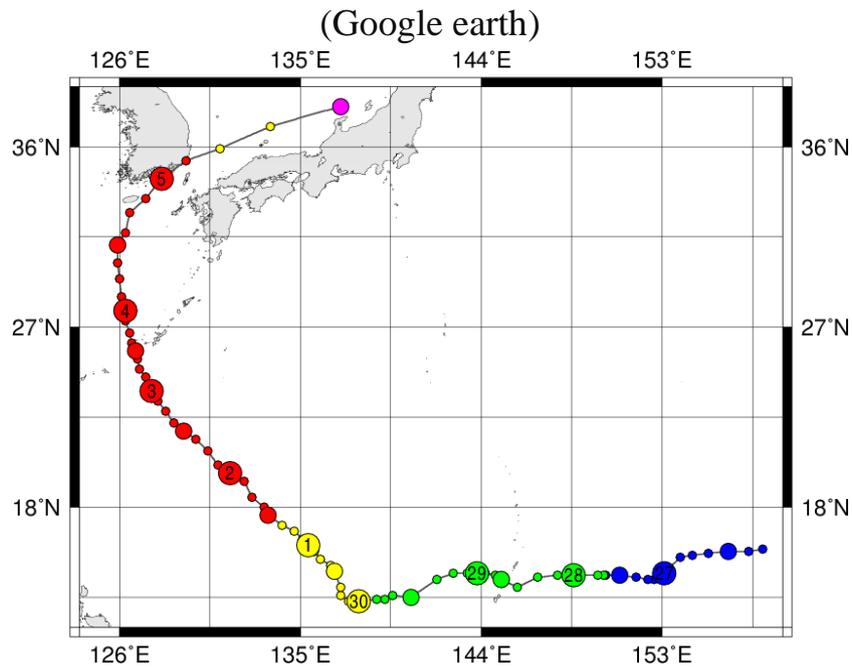


圖 2-2016 年芙蓉颱風路徑圖(圓圈中數字代表日 9 月底至 10 月初日期，薩菲爾-辛普森颶風等級以顏色表示，藍色：二級；綠色：三級；黃色：四級；紅色：五級)(Digital Typhoon)

二、 氣象水文分析

根據南韓氣象廳(Korea Meteorological Administration, KMA)與世界氣象組織(World Meteorological Organization, WMO)以衛星微波與觀測資料分析後顯示，芙蓉颱風為南韓所帶來之 24 小時(2016 年 10 月 4 日至 5 日)最大累積降雨量為西歸浦市的 286 毫米，而蔚山市的降雨強度更達到每小時 139 毫米，前 10 高的降雨量與城市如表 1 所示，降雨量前 5 名城市地理位置如圖 1 黃色標籤所示；南韓氣象廳於濟州島所測得之芙蓉颱風最低氣壓為 957 百帕。

表 1-2016 年芙蓉颱風 24 小時(2016 年 10 月 4 日至 5 日)於南韓所造成前 10 高降雨量(單位：毫米)與城市(KMA)

西歸浦市	蔚山市	濟州島	城山洞	統營市	浦項市	麗水市	鬱陵島	釜山	莞島郡
286	205	174	141.1	124	114	102	97	95	90.2

整體而言，芙蓉颱風為南韓所帶來的降雨並非異常的高，然而，南韓沿岸城市的淹水狀況卻十分嚴重。其中，海水越堤為海岸溢淹的主要致災原因。圖 3 與圖 4 分別為芙蓉颱風於南韓濟州島以及南韓蔚山市海岸所捲起的滔天巨浪；在南韓釜山市，更有風暴潮與風浪越堤，街道水流成河的情況發生(如圖 5 所示)，蔚山市部分地區的淹水情況亦十分嚴重，許多車輛被泡於水中(如圖 6 所示)。圖 7 為歐盟聯合研究中心 (Joint Research Centre, JCR) 所評估受芙蓉颱風風力影響範圍，其中，綠色區域表示風速超過每小時 64 公里的範圍，橘色區

域表示風速超過每小時 92 公里的範圍，紅色區域表示風速超過每小時 120 公里的範圍。由圖 7 可看出，南韓的釜山市、蔚山市以及濟州島均位於紅色區塊內，亦即可能為受颱風風暴潮與巨浪侵襲之高風險區域。南韓氣象廳於芙蓉颱風期間，釜山市、蔚山市以及濟州島地面觀測站資料顯示，釜山市地面測得最大風速約為每秒 26 公尺(相當於蒲福風級 10 級，圖 8 綠色線)；蔚山市地面測得最大風速約為每秒 24 公尺(相當於蒲福風級 9 級，圖 9 綠色線)；濟州島地面測得最大風速約為每秒 49 公尺(相當於蒲福風級 15 級，圖 10 綠色線)。



圖 3 2016 年芙蓉颱風在南韓濟州島海岸形成之巨浪(照片來源：The straitstimes)



圖 4 2016 年芙蓉颱風在南韓蔚山市海岸形成之巨浪(照片來源：The straitstimes)



圖 5 2016 年芙蓉颱風風浪越堤，水淹釜山市街道之景象(照片來源：NEWSIS)



圖 6 2016 年芙蓉颱風造成蔚山市街道淹水之景象(照片來源：路透社)

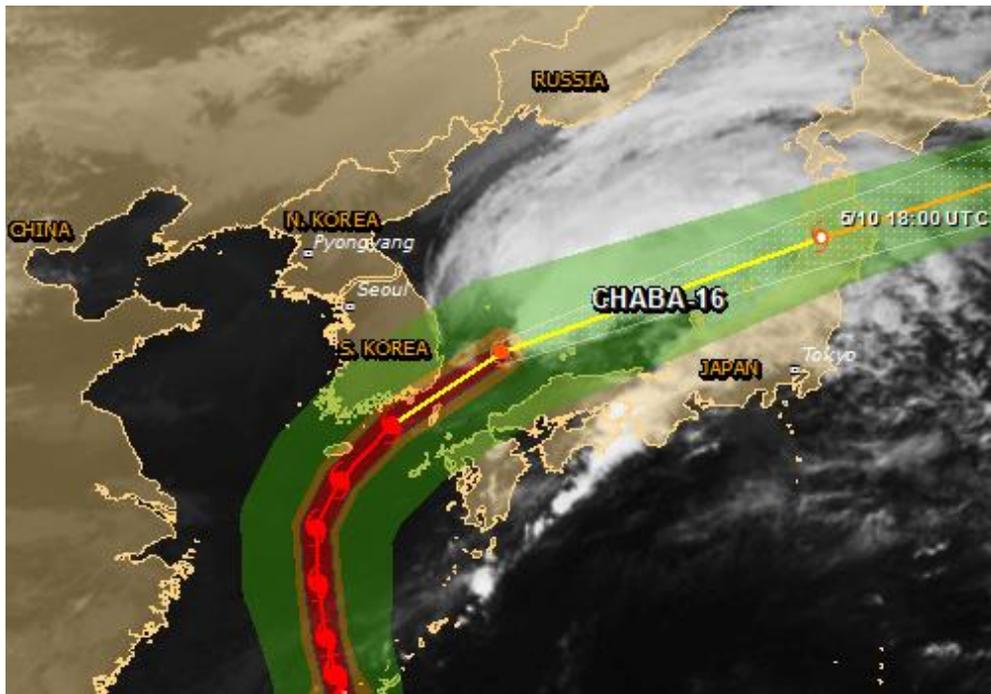


圖 7 歐盟聯合研究中心 (Joint Research Centre) 評估受 2016 年芙蓉颱風風力影響範圍。綠色表示風力超過每小時 64 公里的範圍，橘色表示風力超過每小時 92 公里的範圍，紅色表示風力超過每小時 120 公里的範圍

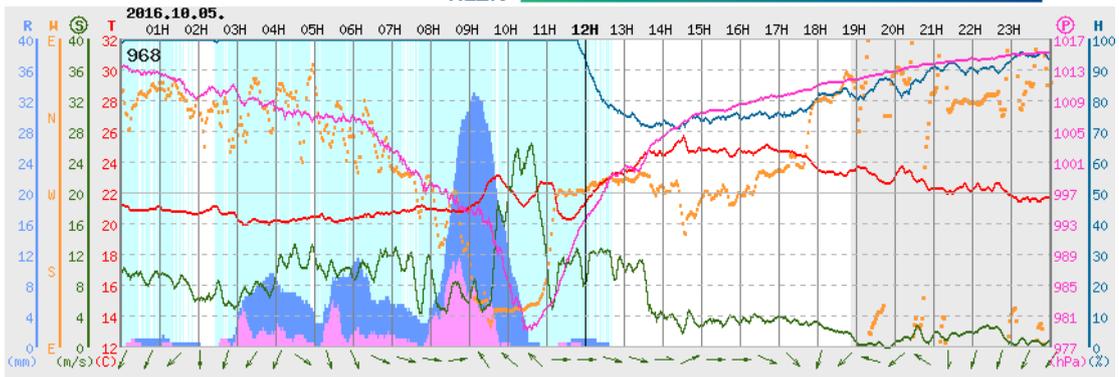


圖 8-2016 年芙蓉颱風期間釜山市地面測站時序風速圖(綠色線)(KMA)

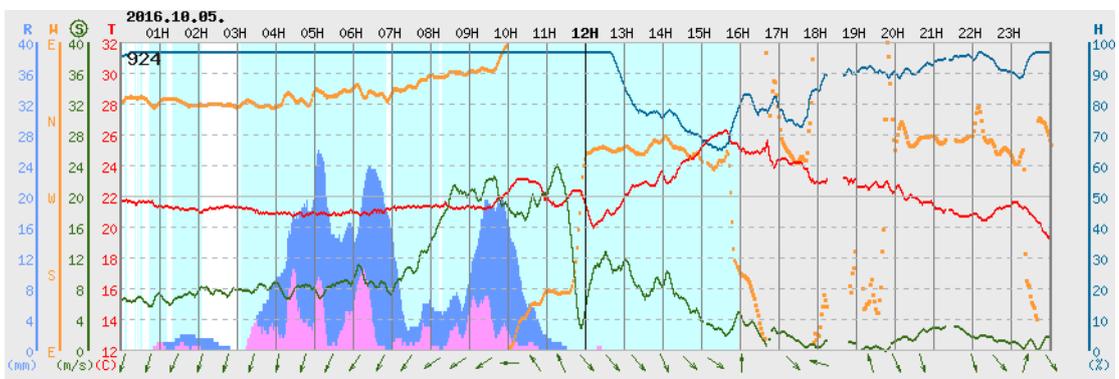


圖 9-2016 年芙蓉颱風期間蔚山市地面測站時序風速圖(綠色線)(KMA)

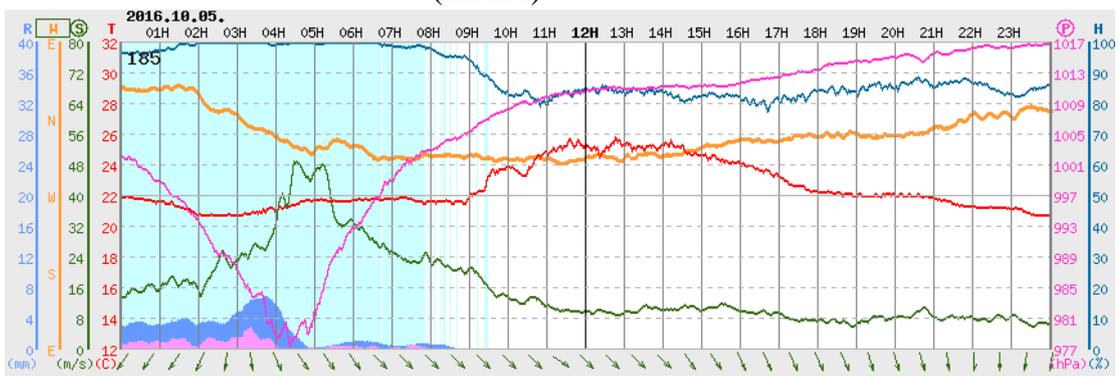


圖 10-2016 年芙蓉颱風期間濟州島地面測站時序風速圖(綠色線)(KMA)

圖 11 為歐盟聯合研究中心所模擬沿芙蓉颱風路徑之暴潮偏差量分布，由圖形可看出，南韓的釜山市、蔚山市以及濟州島到偏差量約

為 1.0 公尺。圖 12、圖 13 與圖 14 為釜山市、蔚山市以及濟州島 2016 年 10 月 14 日至 15 日之 24 逐時潮位歷線。由圖形可推估釜山市漲潮潮高約 1.3 公尺、蔚山市漲潮潮高約 0.65 公尺、濟州島漲潮潮高約 3.3 公尺；於芙蓉颱風侵襲其間若高潮位加上 1.0 公尺之暴潮偏差量，則釜山市最大潮位可達 2.3 公尺，蔚山市最大潮位可達 1.65 公尺，濟州島最大潮位可達 4.3 公尺。其中，釜山市潮位逼近當地危險值 2.45 公尺，蔚山市潮位超過當地警戒值 1.48 公尺，濟州島潮位則遠超過當地危險值 3.6 公尺。

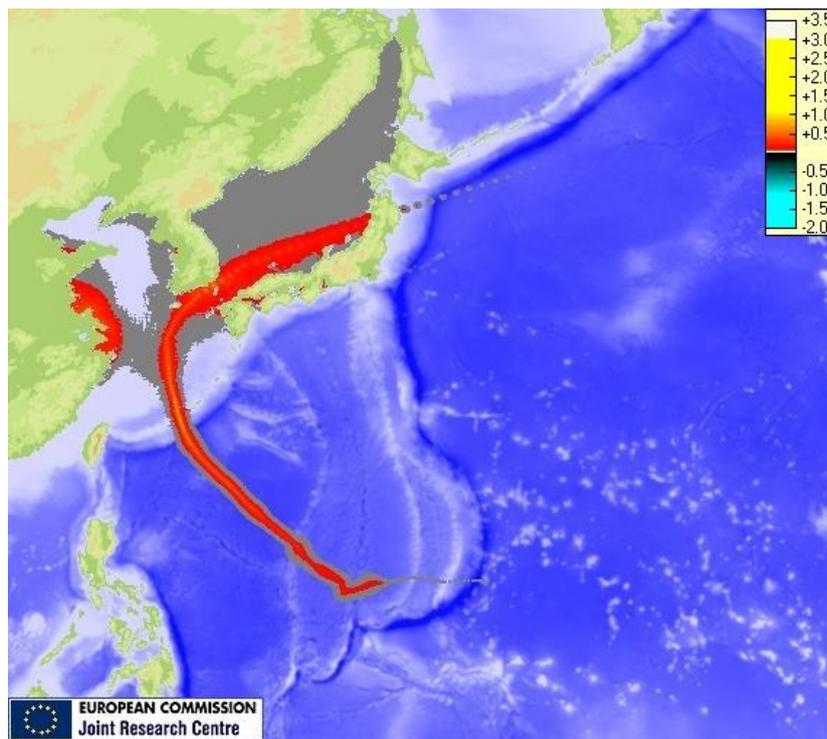


圖 11-歐盟聯合研究中心 (Joint Research Centre) 模擬之 2016 年芙蓉
颱風暴潮偏差量分布

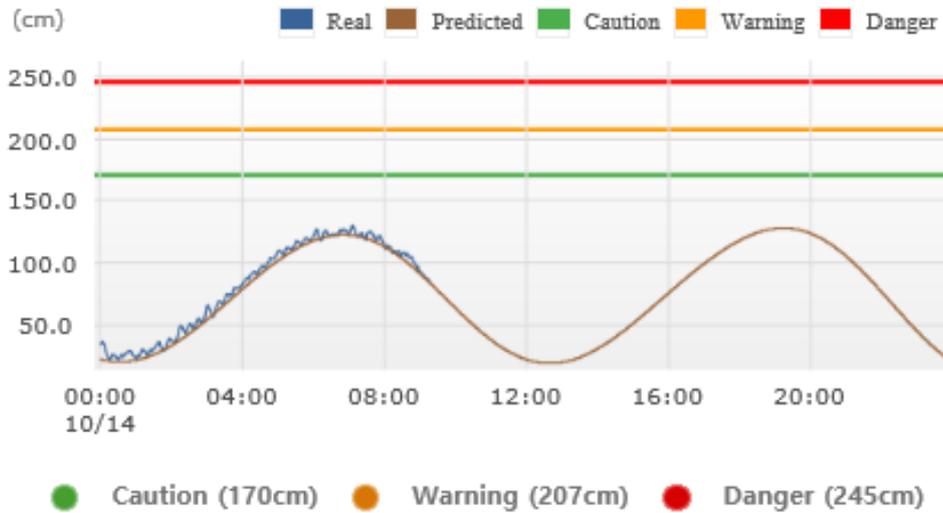


圖 12-釜山港時序潮位(南韓水文與海洋署，Korea Hydrographic and Oceanographic Agency)

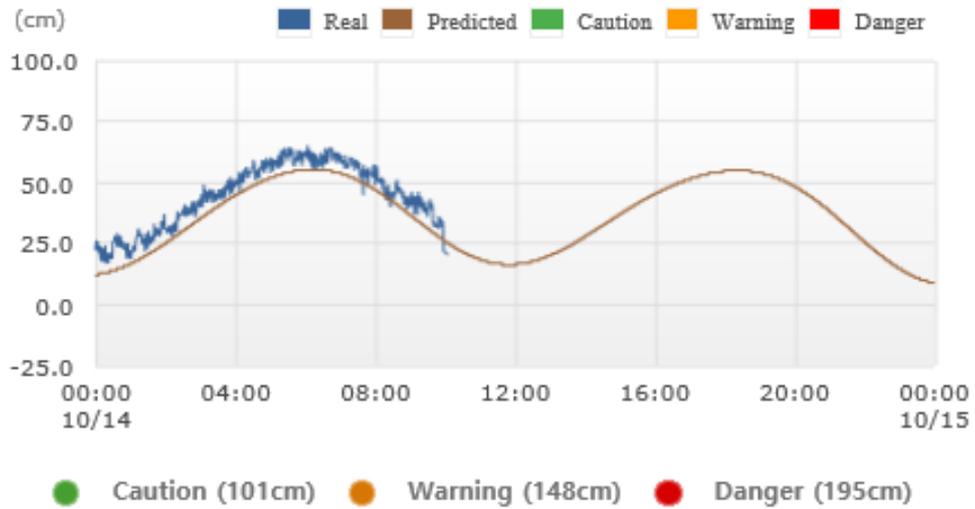


圖 13-蔚山港時序潮位(南韓水文與海洋署，Korea Hydrographic and Oceanographic Agency)

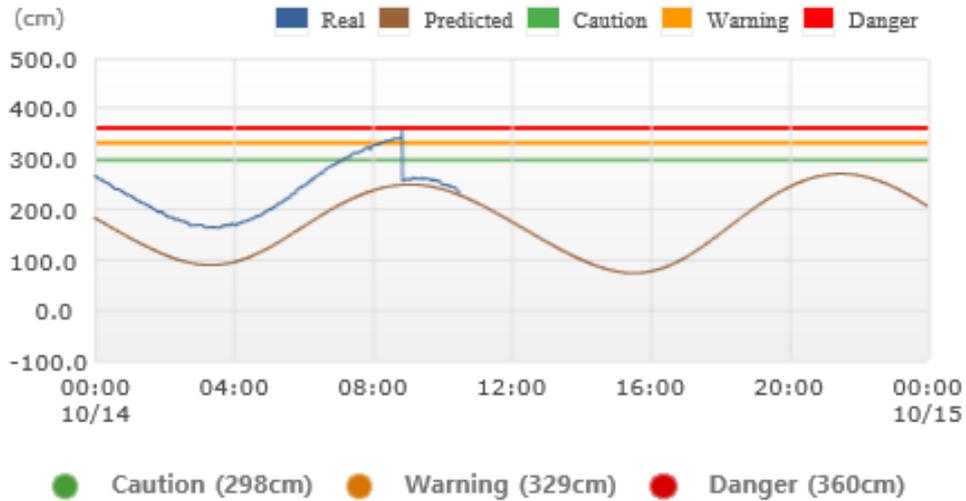


圖 14-濟州島時序潮位(南韓水文與海洋署，Korea Hydrographic and Oceanographic Agency)

分析南韓釜山市洛東江 2016 年 10 月 4 日 12 點至 10 月 6 日 12 點，沿河道靠近外海的三個觀測水位站 48 小時時序水位圖可知(水位站位置分布與水位歷線如圖 15 所示)，最下游水位站的最高水位發生於 10 月 5 日 10 時，水位值接近 2.5 公尺；往上游第二個水位站最高水位發生於 10 月 5 日 13 時，水位值接近 1.7 公尺；往上游第三個水位站最高水位發生於 10 月 5 日 13 時，水位值接近 3.4 公尺(未超過當地黃色警戒值 4.0 公尺)。洛東江河口水位站資料顯示，該地區正常漲潮潮高約 1.0 公尺，芙蓉颱風期間水位增高至約 2.5 公尺，若排除流量對河口水位之影響，估計暴潮偏差量亦可達約 1.0 公尺左右，與歐盟聯合研究中心所推估量值接近。1.0 公尺的暴潮偏差量若加上天文潮高以及風浪的波揚(set-up)與溯升(run-up)效應，若堤防高度過低，

海水即可輕易越過堤防，造成海岸溢淹。此次芙蓉颱風造成南韓南部沿海城市大範圍淹水，主要即因為颱風風暴潮與巨浪所引致。

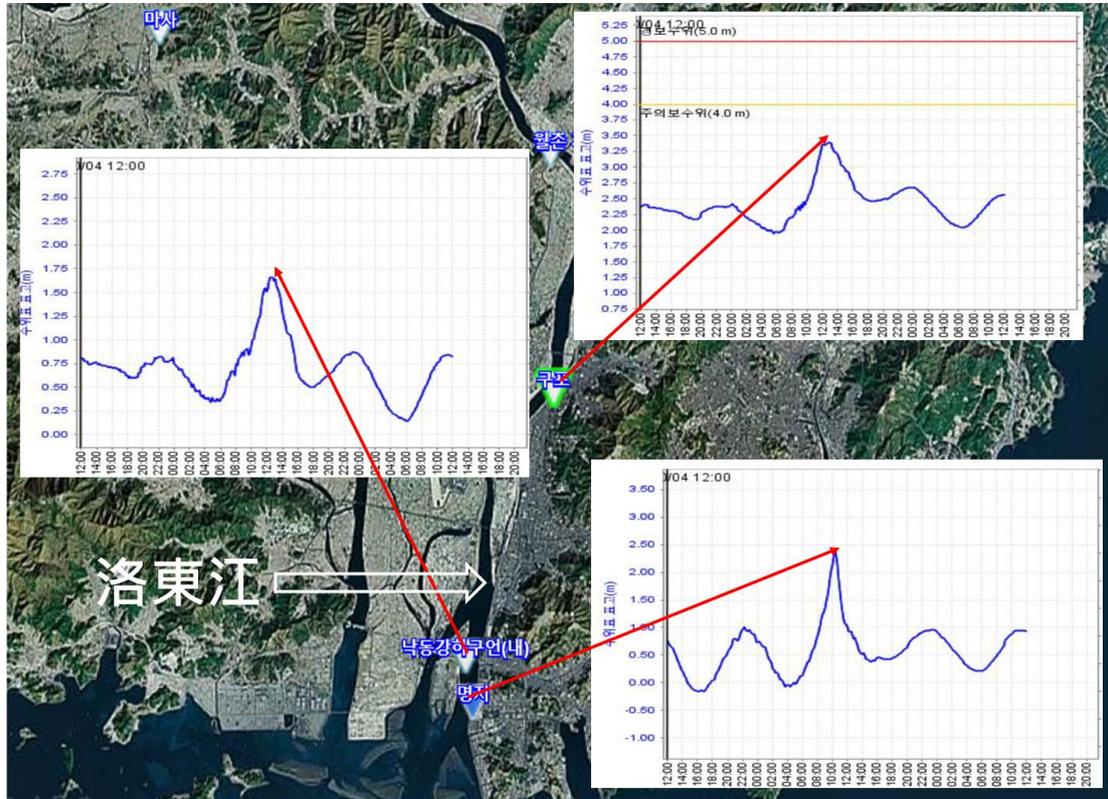


圖 15-本為敘述之南韓釜山市洛東江水位站分布與觀測水位時序圖 (KMA，科技中心彙整)

三、 歷史颱風比較

2016 年的芙蓉颱風是繼 2003 年梅米颱風(Typhoon Maemi)後侵襲南韓最強的颱風。值得注意的是，芙蓉颱風與梅米颱風在靠近南韓南部海域時，路徑相當接近(如圖 16 所示)。梅米颱風於 2003 年 9 月 12 日侵襲南韓，造成超過 110 人傷亡以及約美金 4.1 億的經濟損失。梅米颱風海岸溢淹致災的主要原因為強風與低氣壓所引發之海岸風

暴潮，南韓氣象廳於濟州島所測量到梅米颱風最大風速約為 51.1 每秒公尺(相當於蒲福風級 16 級)，最低氣壓為 950 百帕。梅米颱風登陸時恰逢當地漲潮，根據南韓馬山港潮位觀測資料顯示，最大暴潮偏差量為 2.1 公尺。異常高的風暴潮造成南韓馬山市沿岸約 0.5 公尺至 2.5 公尺深淹水(如圖 17 所示)。南韓南部沿海地區有數以百計的房屋被高漲的風暴潮淹沒，缺乏海堤保護的地區情況尤為嚴重。

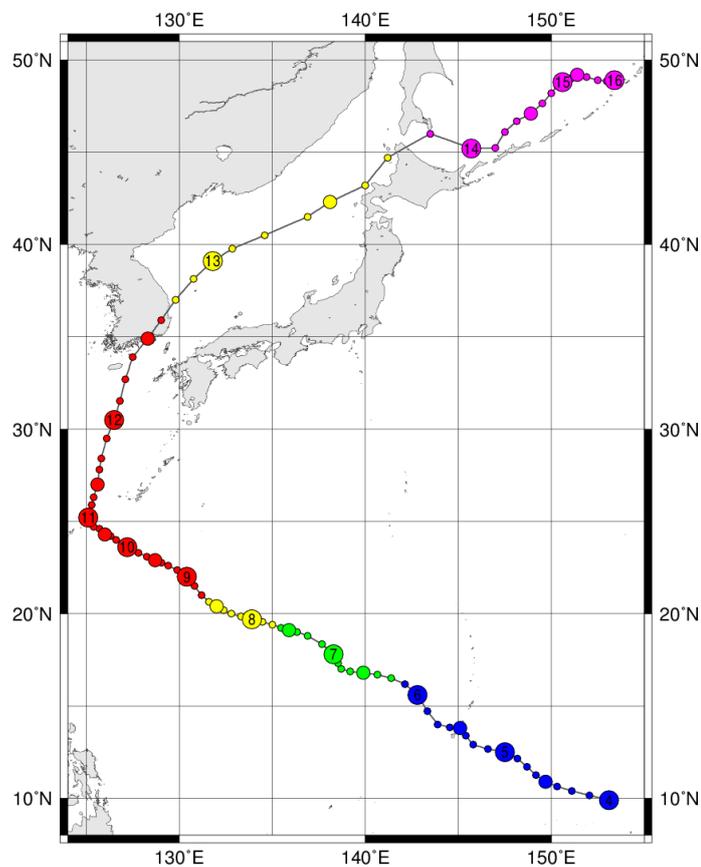


圖 16-2003 年梅米颱風路徑圖(圓圈中數字代表 9 月日期，薩菲爾-辛普森颶風等級以顏色表示，藍色：二級；綠色：三級；黃色：四級；紅色：五級) (Digital Typhoon)

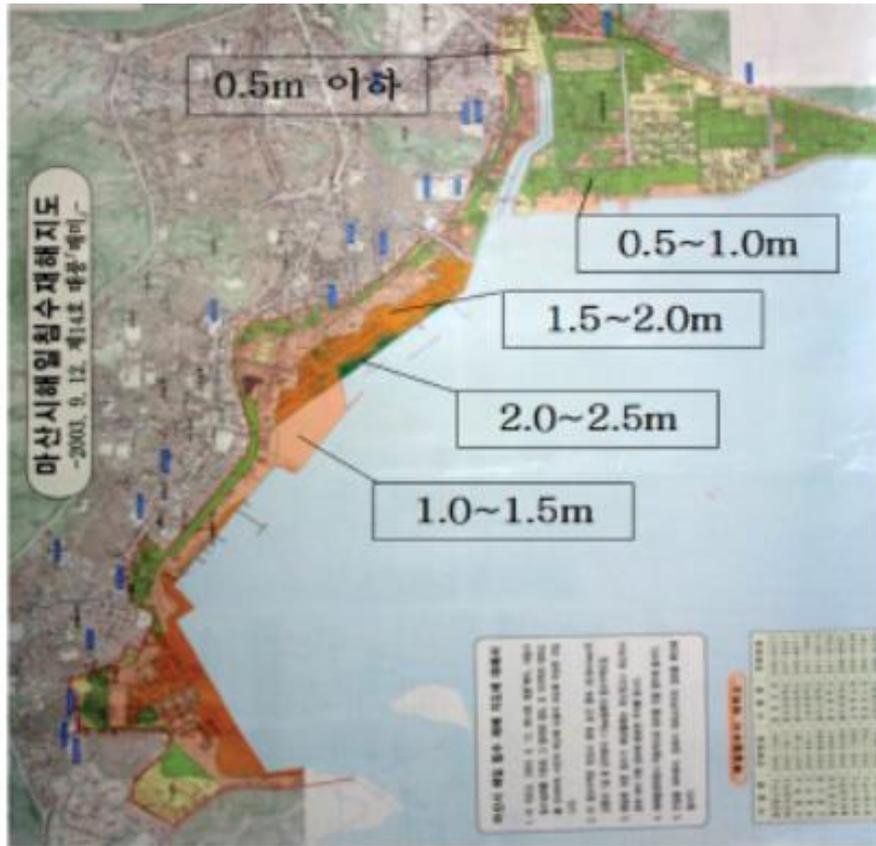


圖 17-2003 年梅米颱風於南韓馬山市所造成的海岸溢淹範圍與深度分布 (2003 年梅米颱風災害報告，National Emergency Management Agency, NEMA)

四、 結論

南韓南部海域與日本九州間之朝鮮海峽平均水深僅約 95 公尺，海底地形平緩，若颱風逼近沿岸，有利於較大之颱風暴潮形成。因此，海堤為主要防禦海水溢淹之關鍵基礎設施；然而，興建或加高海堤雖然可以減緩或防止海水越堤所造成的外水淹水問題，但海堤亦可能阻擋內水(雨水)的流動，使其無法順利宣洩至大海。暴潮造成沿海低窪地區易淹是免不了的災害，對於局部低地積水需考慮整合滯洪池、蓄

洪池，以及抽水站等之綜合治水設施才能有效改善暴潮易淹現象。

參考文獻

世界氣象組織(World Meteorological Organization, WMO)

<http://public.wmo.int/>

南韓水文與海洋署 (Korea Hydrographic and Oceanographic Agency)

<http://www.khoa.go.kr/>

南韓氣象廳(Korea Meteorological Administration, KMA)

<https://web.kma.go.kr/eng/>

歐盟聯合研究中心 (Joint Research Centre, JCR)

<https://ec.europa.eu/jrc/en>

Digital Typhoon

<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/index.html.en>

The straitstimes

<http://www.straitstimes.com/>

National Emergency Management Agency

<http://www.nema.go.kr/>

NEWSIS

<http://www.newsis.com/>