한국해양공학회 2004년도 춘계학술대회 논문집 PP.111~116

부산 연안지역에서의 태풍 매미 재해특성 분석

서규우* 김가야** 이인록*
*동의대학교 토목공학과 수공학연구실
**동의대학교 도시공학과

Disaster Characteristics Analysis of Busan Coastal Areas by Typhoon Mae-mi

SEO, KYU WOO* KIM, GA YA** LEE, IN ROCK*
*Hydro Eng. Laboratory, Dept. of Civil Engineering, Dong-Eui Univ.
** Dept. of Urban Engineering, Dong-Eui Univ.

KEY WORDS: Typhoon 'Mae-mi' 태풍 '매미', High tides 고조위, Strong winds 강풍, Coastal monitoring 연안관측, Typhoon disasters 태풍재해

ABSTRACT: *We surveyed the coastal structure damages due to the typhoon "Mae-mi" which heavily struck Korean peninsula in September 12, 2003. The survey revealed the typhoon induced high tides and strong winds were the main causes especially in Busan areas. Though some experimental real time coastal monitoring stations captured the typhoon movements at the critical time, more systematic and complete systems should be implemented to save human lives and properties from huge typhoon disasters.*

1. 서 론

2003년 9월 12일 한반도를 강타한 태풍 '매미'는 지난해 태풍 '루사'의 악몽이 벗어나기도 전에, 이를 능가하는 위력으로 한반도 남부 연안지방을 폐허로 만들었다. 이에 본 논문에서는 태풍 '매미'의 특성과 부산지역의 자료를 중심으로 연안구조물과 주변 지역 피해현황을 분석하였으며, 아울러 태풍 피해를 줄일 수 있는 대책 및 개선방안에 대하여 연구 분석하고자 한다.

1.1 태풍 '매미'의 진로

제14호 태풍 "매미"는 9월 6일 15시경 발생, 9일 09시경 태풍(TY)으로 발달한 후, 12일 18시경 제주도 성산포 동쪽 부근해상을 거쳐 12일 20시경에 경상남도 사천시 부근 해안에 상륙, 함안군과 대구 동쪽을 거쳐 13일 02시 30분경에 울진 부근 해안을 통해 동해상으로 진출하였다(한국수자원학회, 2003).

1.2 강수량 상황

9월 11일 제주도 및 남해안지방이 태풍전면에 들면서 비가 오기 시작하여 9월 11일에서 13일 09시까지 전국적으로 10~450㎜의 강수량을 보였다. 주요지역 강수량은 남해 452.5㎜, 대관령 397.0㎜, 강릉 308.0㎜, 고흥 303.0㎜, 성산포 269.0㎜, 진주 271.1㎜, 제주 266.4㎜, 여수 258.6㎜, 산청 256.5㎜, 마산 178.0㎜, 통영 164.5㎜, 부산 104.0㎜에 달했다. 그리고 남해안지방과 강원도영동지방에는 시간당 47.0㎜(대관령, 12일 22~23시)~79.5㎜(남해, 12일 20~21시)의 집중호우와 일 강수량 400㎜를 나타내는 곳도 있었다.

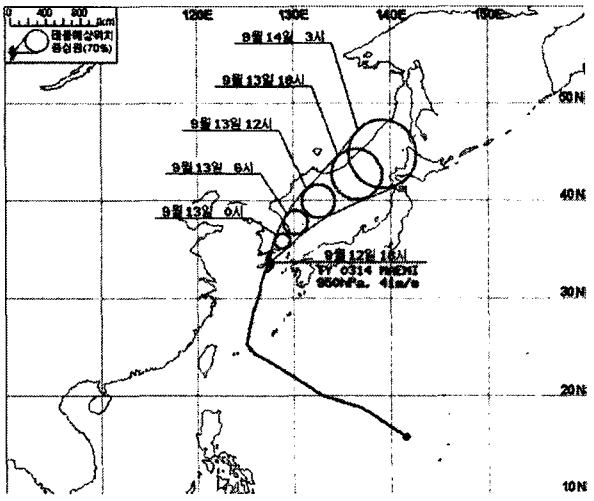

Fig. 1 The course of Typhoon "Mae-mi"

아래 Fig. 2는 태풍 '매미' 상륙 후 낙동강 주요 3개 지점(왜관, 진동, 구포)의 수위를 나타내었으며, 이를 지난 2002년 태풍 '루사' 상륙시 진동 지점 수위와 낙동강 제방 붕괴 시점의 수위와 비교하면 금번 태풍 '매미'에 의한 수위가 작년 태풍 '루사' 때의 수위보다 높게 나타났다.

* 저자연락처 : 부산시 부산진구 엄광로 995 동의대학교
051-890-1638 kwseo@deu.ac.kr

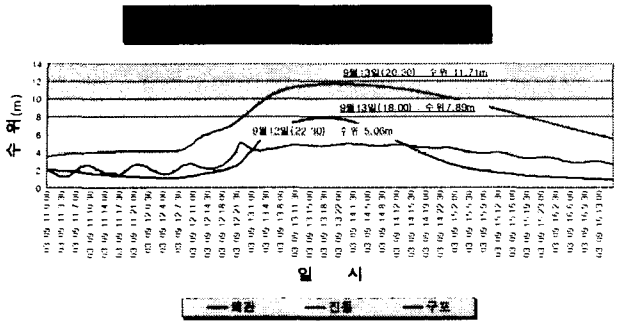

Fig. 2 Water level change by Typhoon "Mae-mi" (September 12~16)

1.3 풍속

이번 태풍 매미 통과 시 '최대순간풍속'은 제주 60.0㎧(2003년 9월 12일 18시11분)와 고산 60.0㎧ (2003년 9월 12일 16시10분)으로 우리나라 관측(1904년)이래 최대순간풍속 극값을 경신하였고(종전 : 58.3㎧, 2000년 8월 31일), '최대풍속값' 역시 제주도 고산 51.1㎧(종전 43.7㎧), 제주 39.5㎧(종전 36.1㎧), 여수 35.9㎧(종전 35.5㎧)로 극값을 경신하였다.

1.4 태풍 '매미'의 특징

태풍 '매미'는 우리나라 북쪽으로 대륙고기압이, 동쪽에 북태평양고기압이 위치한 까닭에 태풍이 발생한 후 속도가 느리게 진행하였다. 또한 우리나라 남해 상 부근의 해수면 온도가 28℃정도로 높아 태풍의 세력을 계속 유지하였기 때문에, 북위 30도 부근에서도 태풍의 중심기압이 940hPa이었고, 육상에 상륙해서도 중심기압이 950hPa로 태풍의 위력이 강하였다.

이번 태풍으로 우리나라 관측이래 최대순간풍속 극값을 경신한 주된 원인은 우리나라를 통과한 태풍 중 중심기압이 가장 낮았으며, 우리나라를 중심으로 북쪽에는 찬 성질을 가진 대륙고기압이 위치하고 남쪽에는 발달한 열대저기압인 태풍이 위치하여 고기압과 태풍간의 대기압력 공간격차에 의하여 나타나는 힘인 기압경도력이 강하였기 때문이다(서규우, 2003).

2. 본 론

2.1 태풍 '매미'의 피해

태풍 '매미'에 의한 전국의 피해현황은 인명피해, 이재민, 침수피해, 재산피해, 기타피해로 구분하여 나타내었다. 2003년 9월 22일 06시 중앙재해 대책본부에서 최종으로 발표한 자료를 인용한 것이다.

태풍매미에 의한 인명피해는 130명에 달하고(사망 117, 실종 13), 원인별로 산사태 18명, 건물붕괴 12명, 하천급류 27명, 침수 18명, 기타 55명이고, 지역별로는 경남 63명, 경북 19명, 부산 16명, 강원 13명, 전남 12명, 대구 4명, 제주 2명, 전북 1명 등이었다(한국수자원학회, 2003).

이재민은 총 4,089세대 10,975명인데, 지역별로 경남 2,330가구 6,428명, 경북 603가구 1,346명, 부산 511가구 1,552명, 강원 335가구 922명, 전남 157가구 358명, 울산 14가구 27명, 전북 43가구 89명, 충북 등 96가구 253명이었다.

침수피해는 주택 21,015동과 농경지 37,986ha에서 일어났는데, 주택은 경남 11,067동, 강원 3,474동, 부산 2,966동, 대구 943동, 경북 2,093동, 제주 등 472동이고, 농경지는 경남 16,129ha, 경북 9,281ha, 전남 3,732ha, 강원 등 8,844ha였다.

재산피해는 총 4조 7,810억원에 달했는데, 공공시설이 3조 2,640억원, 사유시설이 1조 5,170억원에 달했다. 공공시설의 피해현황을 보면, 도로 2,188개소와 교량 90개소, 하천 2,676개소와 소하천 3,653개소(수리시설 27,547개소), 사방시설 1,204개소(1,477ha)와 임도 397개소(360㎞)가 유실되었다. 시유시설은 건물 6,513동(전파 1,556동, 반파 4,957동), 선박 5,407척(전파 2,534척, 반파 2,873척), 비닐하우스 2,168ha가 파손되고, 농경지 4,882ha가 유실·매몰되었다.

그 외 총 148만호에서 정전이 발생하였고(부산 33, 대구 20, 전남 16, 경남 52, 제주 14, 충북 등 12), 원자력 발전소 5기(고리1·2·3·4호기, 월성 2호기)가 가동 중단되었으며, 부산 월래정수장 등 23개시군 47개정수장이 가동 중단되어 가구에 식수공급이 이루어지지 않았고, 항만 컨테이너 크레인 11기(전도 8기, 궤도이탈 3기)가 파손되는 등 다양한 형태의 피해가 발생했다.

Table 1 Total damage present status in Busan areas

Assortment	Sufferer		Total(persons)		
	House	Person	Death	Missing	Wound
Total	2,799	9,008	14	3	116

Assortment	Inundation(ha)		The damage of vessels (unit : 1,000,000 won)
	Farm-land	Urban	
Total	670	68	6,977

Assortment	The damage of a public building (unit : 1,000,000 won)		
	Roads	Water-service	Harbor & the fish groves
Total	13,228	2,772	65,455

Assortment	The damage of a individual building (unit : 1,000,000 won)			
	Terrace & wall	Fishnet	House of vinyl	Etc.
Total	58	1,658	8,038	116,041

가. 해일피해

부산지역에서는 태풍 '매미'로 강풍과 해일에 대한 피해가 컸다(Table 1참조). 우선 해일에 대한 피해에 대해 살펴보면, 앞에서 언급했듯이 태풍 '매미'가 상륙할 당시 만조 시간과 겹쳐 해일의 피해가 더욱 심화 되었다. 다음 그림들은 부산 연안지역에서의 해일과 태풍으로 인한 피해현황을 조사한 것이다.

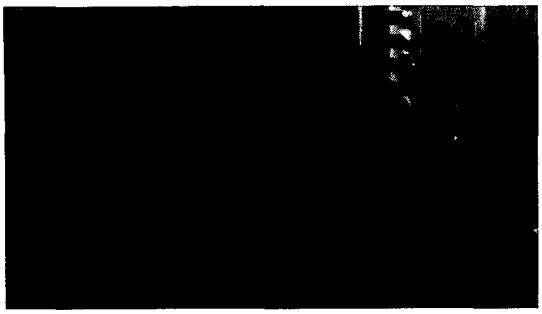

Fig. 3 A shore road of Kwang-an

Fig. 3은 부산 광안리 해변의 도로를 나타내고 있다. 해일로 인하여 백사장에 있던 모래들이 유실되어 광안리 해변의 도로에 퇴적된 사진이다. 해안도로의 모습을 찾을 수가 없으며, 가로등과 신호등이 있어 그나마 이 곳이 도로였다는 것을 보여주는 그림이다. 이 밖에도 부표와 해상관측/항로 표지등이 해일로 인해 해안가로 떠밀려와 광안리 해안도로 중앙과 광안리 해변에 놓여있는 모습도 있었다. 이러한 상황으로 미루어 볼 때 당시의 해일의 규모와 위력을 가늠할 수 있다.

Fig. 4 A shore road of Hae-un-dai

위의 Fig. 4는 부산 해운대 해안가 및 송정, 송도의 방파제 주변의 횟집이나 상가의 피해현황을 사진으로 보여주고 있다. 높은 파고로 인하여 해상 오염물질을 쓸고 와 해안도로에 흩어져 있는 모습 이다.

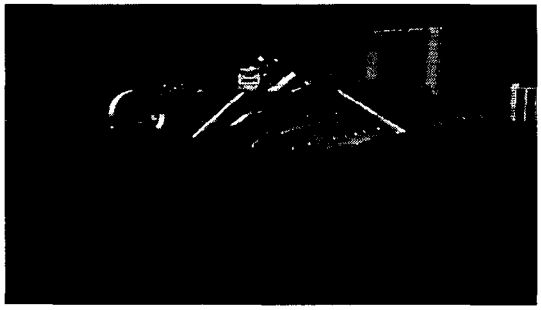

Fig. 5 A running aground of a maritime hotel

Fig. 5는 태풍 '매미'가 몰고 온 해일로 인하여 수영만 매립지에 고정 정박시킨 해상 호텔이 맥없이 전복된 모습을 보여주고 있다.

Fig. 6 A fish town around Song-jung

Fig. 6은 부산 송정 해수욕장 주변의 연안구조물과 횟집이나 상점의 피해 사진이다. 주로 해안가에 위치한 건물들이 피해를 많이 입었다.

Fig. 7은 송도 해안도로의 붕괴현장과 해일피해가 컸던 부산 송도 해변의 횟집 피해 사진이다. 대부분의 횟집과 상가건물들이 바닷가에 인접해 있어 반파 이상의 피해를 입었다.

Fig. 7 A fish town at Song-do

나. 강풍피해

부산에서는 해일에 의한 피해 외에 초속 40m 이상의 강풍에 의한 피해도 속출하였다. 부산항 부두에 대형 크레인이 붕괴되는가 하면, 부산 중심가의 간판들이 태풍의 존재 앞에 힘없이 떨어지고, 대부분의 해안도로 가로등이 넘어지고, 가로수 등이 강풍으로 인해 서러지거나, 해안 고층아파트나 해안가에 위치한 주상복합아파트들의 샷시나 유리창이 파손되기도 하였다.

Fig. 8 The New harbor of Gam-man

15층 이상의 고층 아파트의 외부창문틀을 사정없이 뒤흔들었다. 초속 40m를 웃도는 강풍으로 유리창은 물론이거니와 샷시까지 파손되는 피해를 입었다. 그리고 대부분의 주민들은 아파트 건물 자체가 흔들리는 느낌을 받기도 하였다.

Fig. 8은 부산항의 대형 크레인의 붕괴된 모습을 촬영한 사진자료들이다. 컨테이너 크레인은 1기의 무게가 985ton에 달하는 거대한 철 구조물, 높이 60m인 육중한 철 덩어리가 줄줄이 붕괴되었다. 항만부두의 타워크레인의 붕괴원인을 살펴보면, 땅속에 묻혀 있으면서 크레인을 고정시키는 앵커가 뿌리째 뽑혔거나, 앵커와 크레인을 연결하는 강철 타이다운이 파손돼 크레인이 붕괴되었다는 가정과 초속 50m이상의 강풍을 견딜 수 있게 설계된 컨테이너 크레인이 부산지방 최대 풍속 42.7m에 맥없이 쓰러진 것 때문에 크레인의 부실 제작과 부실 설치 논란이 제기되고 있다. 이번에 무너진 크레인은 신감만 부두 6기와 자성대 부두 2기가 전복되고, 자성대 부두 크레인 3기가 궤도 이탈을 하였다. 이로 수출입에 막대한 차질을 입고 있는 실정이다. 이를 완전히 복구하는데 있어 4개월이 넘는 시간과 막대한 비용이 소모될 것이다.

다. 기타피해

부산지역에서는 이밖에도 03년 9월 14일 오후 2시경에 하구와 연안이 연결되는 부근인 부산 북구 구포동과 강서구 대저동을 잇는 구포교 20번 교각이 불어난 강물로 버티지 못하고 무너지면서 강물로 가라앉았으며 이로 인해 20번 교각과 19번 교각에 얹혀 있던 길이 15m짜리 상판 4개 총 60여m가 잇따라 강물로 떨어지면서 교량이 완전히 두 동강이 나버렸다. 구포교의 붕괴원인은 노후화와 태풍 '매미'가 몰고 온 강풍으로 교각 상판에 균열, 낙동강 수위가 위험수위인 5m에 달할 정도로 크게 불어나 교각에 엄청난 수압이 원인이다.

3. 태풍피해의 가중 원인

태풍피해 원인을 살펴보면 우선 태풍 '매미'의 위력이 부산과 경남 일대에 집중이 되어 많은 인명피해와 재산피해를 입었다. 이번 태풍 피해가 부산지역에 집중된 것은 태풍의 중심이 경남 사천시 인근에 상륙하면서 태풍의 위험반원에 부산지역 및 경남지역이 들어갔기 때문이다.

태풍이 이동하고 있을 경우 진행 방향 오른쪽의 바람이 강해지고 왼쪽은 약해지는데 부산과 경남지역이 '매미'의 오른쪽에 위치했기 때문이다. 태풍의 오른쪽 반원에서는 태풍의 바람방향과 태풍의 이동방향이 서로 비슷해 풍속이 커지는 반면, 왼쪽 반원에서는 그 방향이 서로 반대가 돼 상대적으로 풍속이 약화된다. 그래서 태풍의 오른쪽 반원을 위험반원(危險半圓), 왼쪽 반원을 가항반원(可航半圓)이라고 한다. 결국 위험반원에 들어간 부산의 경우 순간풍속이 초속 47m에 달하는 기록적인 강풍을 기록하며 위험반원의 위력을 드러내 강풍피해가 컸다.

부산과 경남지역의 피해가 컸던 또 하나의 원인은 만조시간대 태풍이 상륙해 해일 피해까지 겹쳤기 때문이다. 태풍이 상륙했던 9월 12일 오후 8시 이후는 바닷물이 해안으로 밀려드는 만조시간대로 이 시간대 태풍이 강한 바람과 파도를 몰고 오면서 해일까지 덮쳤다(환경운동연합, 2003).

4. 실측자료 분석 및 대책

태풍내습시 해일과 해양 실측자료 분석에서는 해안도시인 부산과 마산지역을 중심으로 하고, 재해특성에 대한 대책을 주로 언급하기로 한다. 첫 번째로 해일에 대한 대책에 살펴보면

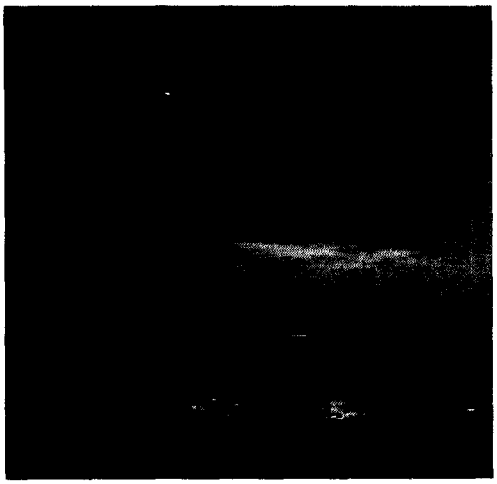

Fig. 9 A Coastal observation station at Shin-sun-dai

해일 피해 최소화를 위한 관측시스템 구축이 시급하다. 현재 우리나라는 다른 선진국에 비하여 조기 경보시스템이 크게 미흡한 실정이다. 또한 이번처럼 해일을 동반할 가능성이 있는 태풍에 대한 사전 재해 대책이 제대로 가동되지 못하고 있다.

이에 우리는 조기 경보시스템의 확대 시행 및 사전 재해 대책을 확립하여 사전 재해 대비에 만전을 기해야 할 것이다.

Fig. 9는 부산 신선대부두에 위치한 무선 해상관측 장비이다. 이 장비는 조위, 파고 등의 해상 자료 뿐 아니라 기온, 풍속, 풍향 등을 계측하는 장비이다. 이러한 장비는 해양의 특성들을 실시간으로 파악하고 전송하는 기능을 하여 해양 관련 재해에 대하여 사전에 대비할 수 있는 역할을 수행할 것이다(서규우, 2003).

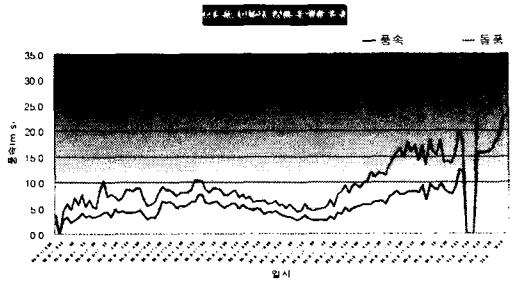

Fig. 10 Wind speed and gust at he harbor of Shin-sun-dae

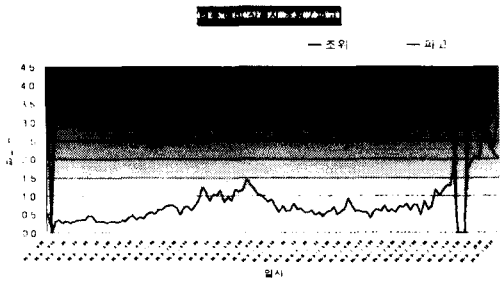

Fig. 11 Tide and a height of wave at the harbor of Shin-sun-dae

Fig. 10과 11의 자료는 지난 14호 태풍 '매미' 상륙시에 신선대 부두 해양관측 장비에서 실측한 값들을 정리하여 나타내었다. 이 값은 지난 태풍 당시의 풍속 및 돌풍의 자료와 신선대 앞 바다의 조위 및 파고를 계측한 값을 그래프화 하였다(서규우 등, 2004).

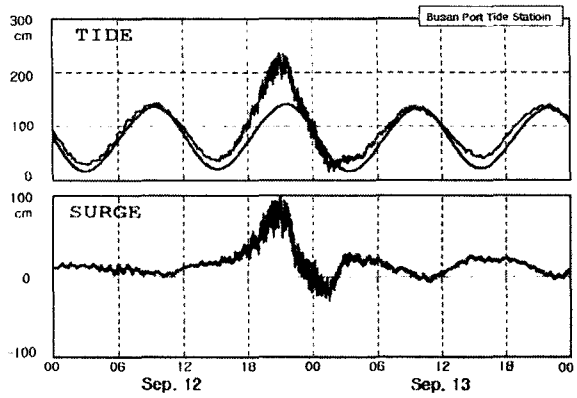

Fig. 12 Surge of Busan port

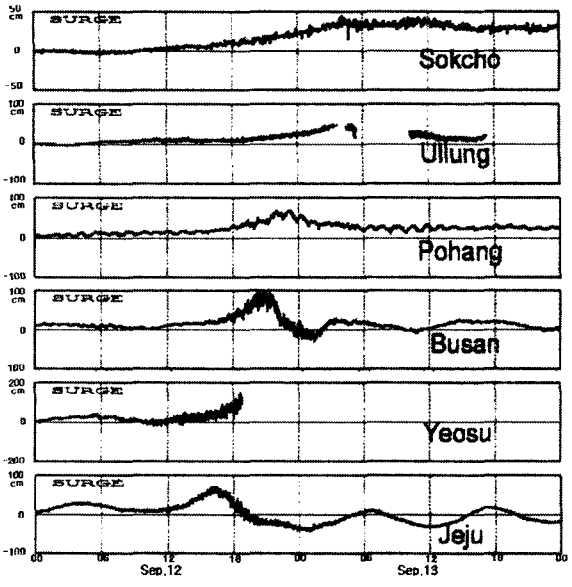

Fig. 13 Surge of Sokcho, Ullung, Pohang, Busan, Yeosu and Jeju

Fig. 12는 부산항에서 측정한 파고 및 해일 관측자료 이다. 부산항에서는 이날(2003년 9월 12일) 9시경 100cm에 달하는 해일이 기록되었으며, 이 이후 진동하는 양상을 보였다.

Fig. 13은 태풍 '매미'상륙 당시 부산을 비롯하여 각 해역의 해일을 관측한 수치이다. 울릉이나 여수 지역은 태풍'상륙'시 관측 장비의 미작동으로 인해 측정이 불가하였다. 대부분 해역의 해일 관측 값이 50cm ~ 100cm에 육박하였으며, 시간대는 태풍 상륙 시와 거의 일치한다.

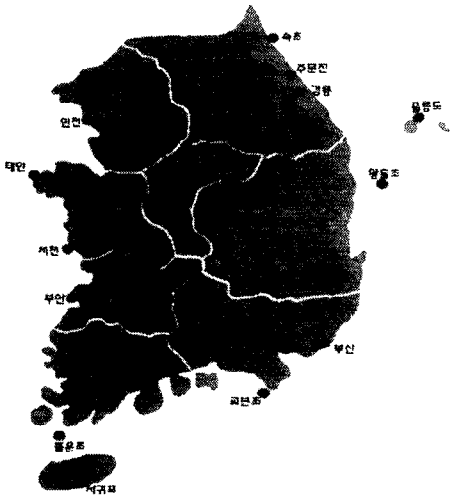

Fig. 14 Location map of real time monitoring stations

Fig. 14~16의 자료는 부산 신선대 부두 해양계측을 비롯하여 전국 연안지역의 주요지점에 대한 모니터링을 위한 네트워크 현황이며, 이를 통하여 각 지역의 해양관측 자료를 실시간으로 공유할 수 있다. 각 지역의 기본적인 해안기상자료에서부터 파고, 조위 등의 자료들을 공유함으로서 태풍이나 해일 등의 예측 및 모니터링이 가능할 것으로 판단된다. 이러한 시스템의 운영 및 공유는 여러 자연환경 여건 변화를 조기에 파악하여 대피 등의 조치가 신속히 이루어질 수 있도록 할 것이다.

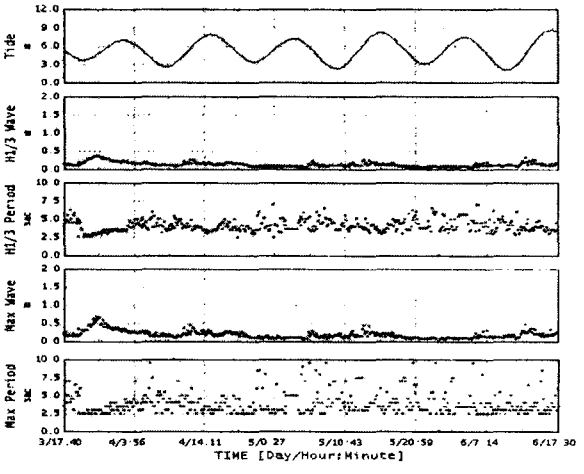

Fig. 15 Tide and a height of wave in In-chun

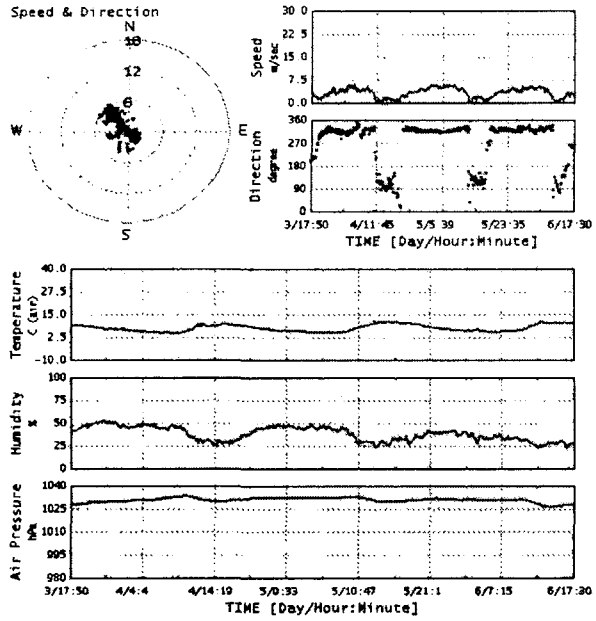

Fig. 16 Weather monitoring at Kwang-an

그리고 시간을 두고 장단기적으로 구조적, 비구조적인 대책들이 마련되어야 한다. 특히 부산지역에서 가장 피해가 심했던 곳은 송도, 해운대, 광안리, 청사포 등인데, 모두 해안가에 위치한 시설물에 대한 피해이다. 대부분 상가나 주거지역인 이곳의 건물위치는 해안가에서 불과 10~30여m도 채 이격되지 않아 해일에 대한 피해가 극심하였다. 이에 대한 대책마련으로 해안지역의 건축 규제법을 강화하여 해일로 인한 침수피해를 줄일 방안을 강구하여야 할 것이다.

그리고 지난 87년에 매립을 끝낸 수영만 매립지에는 이미 들어선 건축물외에 주로 해안을 따라 8건의 고층 건물에 대한 건축허가가 나 있는 상태이다. 지난 9월 12일 밤 태풍때 해일이 매립지 일대를 완전히 삼켜버려 해수가 멀리 떨어진 인근 아파트까지 밀려왔다. 이에 수영만 매립지내 신축 건물이나 차량이 침수되는 등의 피해를 입었다. 이번 해일을 계기로 실태조사를 통하여 해일의 완충 작용을 할 수 있도록 방파제를 높여 설계하거나 해안지대 고층건물 허가시 건물에 반드시 차수 시설을 갖추는 등 해안구조물 기준을 강화해야 한다(서규우, 2002).

부산은 특히 해안도시로서 태풍이 직접적으로 상륙하는 위치에 있다. 태풍 상륙당시 해안가 뿐 아니라 도심까지 간판이 떨어지고 아파트 유리창이 파손되는 피해를 입었다. 현재 우리나라의 경우 강풍에 대한 대비책이 전무한 실정이다. 건설교통부가 지난 2000년 6월에 마련한 건축물 등에 있어 풍압 등 8개 항목의 지침에 따르면 부산 지역은 초속 40m를 기준으로 모든 건축물을 설계토록 되어있다. 그러나 이미 4차례나 초속 40m를 넘는 강풍이 불었고 향후 '매미'이상의 위력적인 태풍이 언제든지 나타날 수 있기 때문에 현실과 맞지 않은 기준이다. 그리고 특히 '지침'에 불과하기 때문에 건설업체 등이 이를 지키지 않아도 제재할 방법이 없다. 이에 태풍이나 기타 강풍으로 인한 피해를 줄이기 위해서는 각종 구조물 설계시부터 내풍설계를 철저히 하고 해안도시에 맞는 방재 정책을 수립해야 할 것이다(서규우 등, 1998).

5 결 론

우리나라는 그동안 많은 연안재해 및 자연재해로 해안구조물과 인명과 재산상의 손실을 입었음에도 불구하고, 아직도 체계적이고 조직적이며 과학적인 연안재해 관리 체제의 구축이 미흡한 실정이다. 따라서 연안지역에서의 해일과 태풍피해특성을 면밀히 살피고 분석하여 연안재해든 자연재해든, 결국 각종 재해에 대하여 사전 예방에서 사후 복구까지 체계적이고 신속하게 대처할 수 있어야 한다. 해마다 되풀이되는 연안에서의 자연재해를 줄이고 또한 재해예방을 위한 조치로서 몇 가지 대안을 제시하면 다음과 같다.

- 연안의 자연재해대책은 사후대책보다는 사전예방대책을 중시하는 정책으로 전환
- 전국적인 연안재해예방시스템의 체계적인 마련
- 해양수산부와 기상청의 정확한 해양관련 모니터링기법을 선진국 수준으로 향상
- 연안재해예방을 위한 사전 점검과 대피훈련 실시
- 연안지역 배수 및 제방시설에 대한 정비와 보강
- 장기적으로 구조적, 비구조적인 재해경감대책 마련

참 고 문 헌

서규우, 조원철(1998). "도시수문학" , 도서출판 엔지니어즈
서규우(2002), "하천과학", 원문출판사
서규우(2003). "방재기본대책", 원문출판사
서규우(2003). "2003년 태풍 매미홍수특집-부산경남지역", 한국수자원학회지 제36권 제6호. pp54-59
서규우, 김가야(2004). "인터넷을 이용한 실시간 해양항만환경 모니터링 시스템의 설계", 한국해양공학회지 제18권 1호.
조선일보 태풍 '매미'관련기사 (2003년 9월 12일 ~18일)
부산일보 태풍 '매미'관련기사 (2003년 9월 12일 ~18일)
중앙일보 태풍 '매미'관련기사 (2003년 9월 12일 ~18일)
한국수자원학회(2003). "2003년 태풍 매미로 인한 재해특성 및 조사보고서".
환경운동연합(2003). 태풍 '매미'의 교훈과 방재 정책과 발전방향 토론회 자표집