한국해양공학회 2006년도 추계학술대회 논문집 pp. 489~492

# 태풍에 의한 우리나라 해안구조물의 파괴 특성

최진휴 · 김홍진* · 류청로
부경대학교 해양공학과, *부경대학교 해양산업개발연구소

# Damage characteristics of coastal structures by the typhoon in Korea

JIN-HYU CHOI, HONG-JIN KIM* AND CHEONG-RO RYU
*Dept. of Ocean Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea*
**Research Center for Ocean Industrial Development, Pukyong National University, Busan, Korea*

**KEY WORDS: Typhoon 태풍, coastal structure 해안구조물, damage 파괴**

*ABSTRACT: In this study we collected and analyzed cases where typhoons damaged coastal structures in Korea in the past 6 years, and hydraulic model tests were conducted in 2D flume. 2 areas where damage was concentrated were selected from ports that had suffered damage. The selected area was Kyungsang-namdo, where there are a total of 26 national ports. Damage to these two areas was organized by wind direction of the typhoons and the direction of the entrance of the port, and destruction patterns were analyzed. 2D hydraulic model tests were conducted of Deabyeun port, one of the damaged areas. Results were as follows: 1. As a result of survey, ports that had entrances that were open to winddirection of typhoon (Anti-clockwise direction) tended to be damaged more, whereas ports that blocked by island and ports that were not open to wind direction of typhoon were not damaged. 2. As a result of the tests,there was damage that occurred when using the section of designed section, whereas there was no damage when the TTP weight was increased.*

## 1. 서 론

일반적으로 태풍은 북태평양 서부에서 발생하는 열대저기압 중에서 중심 부근의 최대풍속이 17m/s 이상의 강한 폭풍우를 동반하고 있는 열대이동성 저기압으로 정의한다. 태풍은 수온 27℃ 이상의 해면에서 발생하고 중심 부근에 강한 비바람을 동반하며 발생 초기에는 서북서진하다가 점차 북상하여 편서풍을 타고 북동진하는 특징을 갖고 있다. 우리나라에 영향을 미치는 태풍은 7월에서 9월 사이에 집중되고, 이로 인하여 해안구조물에 피해가 발생하기도 한다.

우리나라 해안구조물에 피해를 주는 요인 중 큰 비중을 차지하는 것은 태풍에 의해 발생된 극치파랑과 해일고이다. 특히, 우리나라 남동해안에 설치되는 구조물의 천단고 설계는 태풍의 내습빈도에 따른 파랑의 통계적 특성값을 주요 외력조건으로 사용하고 있다.(해양수산부,1999) 그러나 최근 규모가 큰 태풍의 내습의 빈도가 높아지고 이에 따른 해안구조물의 파괴가 대형화되고 있다.

안 등(1976)은 우리나라 해역의 특성과 태풍 및 기상특성을 검토한 결과, 남해 및 남해의 일부항만의 설계파는 태풍에 의해서 결정해야하고, 서해 및 남해안의 일부와 제주도 북쪽 해안의 각 항의 설계파는 동기 계절풍에 의해 결정해야 한다는 것을 강조하기도 하였다. 또한 이 등(2004)은 이상 파랑의 내습에 따른 해양구조물의 안정성을 확보하기 위해서는 태풍 통과시 천해역의 풍역변화에 따른 수위변동 및 파랑장 영향을 해석하고 입사파랑에 의한 구조물의 피해를 최소화할 수 있는 방안의 연구 필요성을 강조하였다.

이에 본 연구에서는 최근 6년간 우리나라의 해안구조물에 피해를 준 태풍에 대한 피해사례를 수집 · 분석하였고 그 중에서 태풍 매미에 의한 피해를 입은 대변항에 대해 수리모형실험을 실시하였다. 따라서 태풍의 경로와 태풍반경 내의 바람장 특성이 항의 지형적 조건과 어떠한 관계를 갖는지에 대해 규명하고자 한다.

## 2. 조사 및 실험방법

### 2.1 태풍의 특성

최근 6년간 우리나라에 영향을 미친 태풍을 대상으로 피해사례를 조사 · 분석한 결과 특히 루사(2002)와 매미(2003)에 의한 해안구조물의 피해가 컸다..

1)태풍 루사의 특성

태풍 루사는 2002년 8월 23일 오전 9시경 괌섬 동북동쪽 약 1,800km 해상에서 발생해 8월 31일 오후 3시경 전만 고흥반도로 상륙할 때까지 줄곧 중심기압 950hPa에 중심풍속 36m/s를 유지, 태풍의 강도는 [강], 크기는 [대형]의 규모를 유지했다. 통상 열대태평양 고수온대에서 발생하는 수증기를 에너지로 발달하는 태풍은 해수면 온도가 낮은 고위도로 북상할수록 힘을 잃어 일본 부근해상까지 오면 약해지고 내륙에 상륙해 산악 등의 지형에 부딪치면서 급격히 힘을 잃는 것이 보통이다. 하지만 루사는 거의 최상의 힘을 유지한채 우리나라에 상륙했고, 이후에도 상당 시간 그 강도를 유지하였다. (김, 2003)

2)태풍 매미의 특성

2003년 9월 12일 20시경 경남 사천에 상륙했던 태풍 매미는 지금까지 한국(우리나라)에 내습한 태풍 중 태풍규모 및 재해

규모 측면에서 각종 기록을 모두 경신했을 정도로 많은 피해를 입혔다. 경남 사천시 부근 해안에 상륙할 때의 중심기압은 950hPa, 중심부근 최대풍속 40m/s, 풍속 15m/s이상의 태풍중심반경이 약 330km이내, 태풍의 강도는 [강], 크기는 [중형]이었던 것으로 보고되었다.(최,2004)

태풍 매미 통과시(2003년 9월 12일) '최대순간풍속'은 제주 60.0 m/s(18시 11분)과 고산 60.0 m/s(16시 10분)으로 우리나라 관측(1904년)이래 최대순간풍속 극값을 경신하였고(종전 58.3 m/s, 2000년 8월 31일), '최대풍속값' 역시 제주도 고산 51.1 m/s(종전 43.7 m/s), 제주 39.5 m/s(종전 36.1 m/s), 여수 35.9 m/s(종전 35.5 m/s)로 극값을 경신하였다. (서, 2003)

2. 2 조사방법

태풍 루사와 매미의 내습에 따른 해안구조물의 피해를 전국의 국가어항을 대상으로 조사하였다. Fig. 1의 실선은 각각 태풍 루사와 매미의 경로를 나타내고 경로상의 표시는 6시간 간격이다. 그리고 태풍 루사와 매미에 의한 피해지역이 점으로 표시되어 있다. 피해가 집중되어 있는 지역(a, b)을 선정하여 그 안에 속한 항들에 대하여 태풍의 풍향변화와 지형특성이 어떠한 상호관계를 갖는지와 파괴패턴에 대하여 분석하였다.

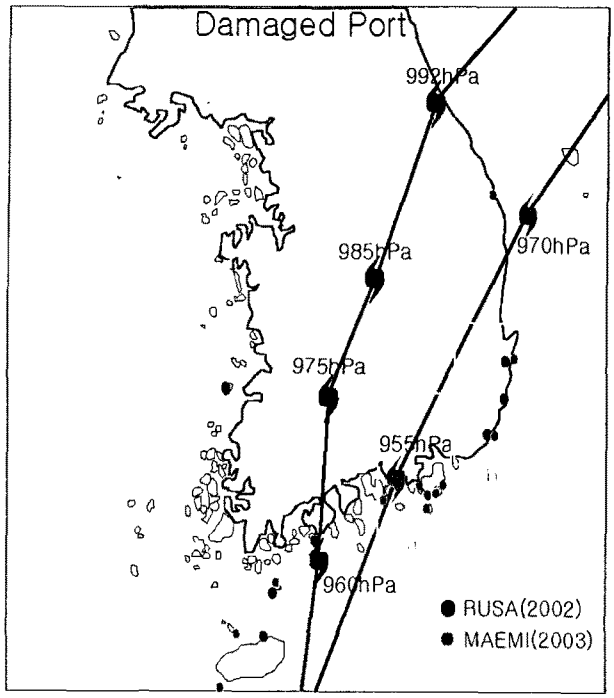



Fig. 1 Distribution of damaged ports

2.2 수리모형 실험방법

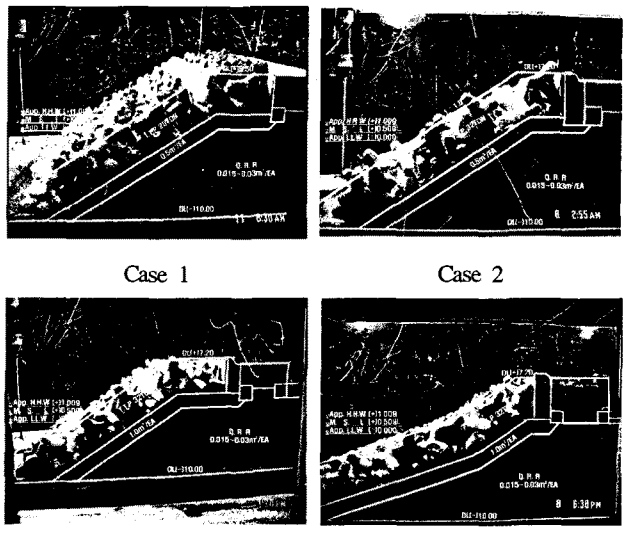
태풍 매미에 의해 피해를 입은 대변항에 대하여 2차원 수리모형실험을 실시하였다. 수리모형실험은 국립수산과학원 조파수조동에 위치한 단면실험수로에서 수행에서 수행되었고, 단면실험장치는 폭 1m, 높이 1m, 길이 30m의 수로와 플랜져형 조파기로 구성되어 있으며, 규칙파 및 불규칙파에 대한 조파가 가능하다. 조파판 전면에 용량식 파고계가 부착되어 있어 파고계에서 독취된 자료를 바탕으로 반사파 흡수식 제어가 가능하고, 수로 양쪽 끝 부분에 다공성 구조로 형성된 소파장치가 설치되어 있다. 조파수조의 제원 및 기능을 요약하면 Table .1과 같다.

Table 1. Wave generator

| | Values |
|---|---|
| Demension | 30 m(L) × 1 m(W) × 1 m(D) |
| Paddle | 1 m(D) × 1 m(W) |
| $H_{max}$ | 30 cm |
| $T_{max}$ | 3.0 sec |
| $H_{max}$ | 80 cm |
| Type | Servo Motor, Piston |

실험파랑의 조건은 50년 빈도 설계파랑에 대해 대변항의 입사파고를 중심으로 구성하여 안정성을 검토하였다. 목표스펙트럼은 JONSWAP 스펙트럼을 이용한 불규칙파를 적용하였다. 또한 태풍 「매미」에 대해 산출된 값을 적용하여 고파랑의 내습시 구조물의 수리학적 거동을 파악하였다.

실험단면은 대변항 동방파제의 구간별 단면 3개와 각각의 보강된 단면 3개, 총 12개의 단면에 대한 실험을 실시하였다. 실험단면의 축척은 1/40 이고, Froude 상사법칙 적용하였다. Fig. 2는 대표적인 한 구간의 기존단면과 보강된 단면을 보여준다. Case 1은 기존의 설계단면으로 25ton의 TTP가 사용되었고 1:1.5 경사의 단면이다. Case 2는 TTP의 중량을 32ton으로 증가시켰고. Case 3의 경우 TTP중량을 40ton으로 증가시켰다. Case 4는 TTP중량을 40ton으로 증가시키고 1:3의 완경사단면을 사용한 복합단면으로 하였다.



Case 1 Case 2

Case 3 Case 4

Fig. 2 Scene of Experiment

## 3. 피해사례 조사결과

### 3.1. a.지역

Fig. 3 Distribution of damaged ports (area a)

Fig. 3에 피해항과 피해를 입지 않은 항이 표시되어 있다. 총 18개의 항이 이 지역에 분포하고 있고, 이 중 피해를 입은 항은 총 7개 이다. Table. 2에 각 항의 위치와 항입구의 방향에 대해 정리되어 있다. 태풍의 풍향(반시계방향)에 대하여 입구가 완전 열려있는 항의 경우 모두 피해가 발생하였고, 닫혀있는 항과 섬에 의해 입구가 차단된 항에서는 피해가 발생하지 않는 경향을 보였다. 피해결과를 볼때 항의 입구의 방향과 지형이 큰 영향을 미치고 있음을 추론할 수 있다.

Table. result of survey (area a)

| Port name | damage | open | | close |
|---|---|---|---|---|
| | | fully open | blocked by island | |
| Kwangam[1] | × | - | ○ | - |
| Wonjeon[2] | × | - | ○ | - |
| Oepo[3] | × | - | - | ○ |
| Nungpo[4] | × | - | - | ○ |
| Jisepo[5] | × | - | - | ○ |
| Gujora[6] | ○ | ○ | - | - |
| Tadeadapo[7] | ○ | ○ | - | - |
| Deapo[8] | ○ | ○ | - | - |
| Maemuldo[9] | ○ | ○ | - | - |
| Hodu[10] | × | - | - | ○ |
| Dongam[11] | ○ | - | ○ | - |
| Samdok[12] | × | - | ○ | - |
| Yokchi[13] | × | - | - | ○ |
| Nugyang[14] | × | - | ○ | - |
| Maekchonpo[15] | × | - | ○ | - |
| Sinsu[16] | × | - | - | ○ |
| Mulgon[17] | ○ | ○ | - | - |
| Mijo[18] | ○ | ○ | - | - |

피해를 입은 항에 대하여 파괴패턴에 대해 정리하면 Table. 3 과 같다. 대부분의 항에서 TTP 유실의 피해가 발생하였고 특히 구조라항의 경우 TTP, 피복석, 내부사석, 상치콘크리트부분에서 파괴를 보였다.

Table. 3 Result of survey (area a)

| Port name | damage | | | | | | Typhoon |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | TTP | Armour stone | Filter stone | sea bed | Capping wall | Rear side | |
| Gujora[6] | ○ | ○ | ○ | - | ○ | - | MEAMI |
| Tadeadapo[7] | - | ○ | - | - | - | - | MAEMI |
| Deapo[8] | ○ | - | - | - | - | - | MAEMI |
| Maemuldo[9] | ○ | - | - | - | - | - | MAEMI |
| Dongam[11] | - | ○ | - | - | - | - | MAEMI |
| Mulgon[17] | - | - | - | - | ○ | - | RUSA |
| | ○ | - | - | - | - | - | MAEMI |
| Mijo[18] | ○ | - | - | - | - | - | RUSA |
| | ○ | - | - | - | - | - | MAEMI |

### 3.2. b지역

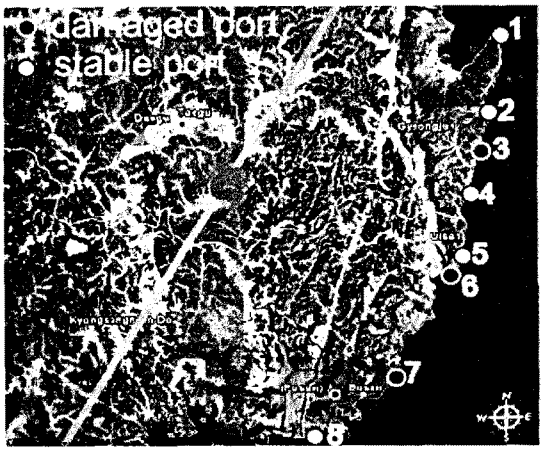



Fig. 4 Distribution of damaged ports (area b)

Fig. 4에 피해항과 피해를 입지 않은 항이 표시되어 있다. 총 8개의 항이 이 지역에 분포하고 있고, 이 중 피해를 입은 항은 총 3개이다. Table. 4에 각 항의 위치와 항입구의 방향에 대해 리되어 있다. 태풍의 풍향에 대하여 완전 열려있는 감포항, 방어진항, 대변항에서 피해가 발생하였고, 지형적으로 입구가 차 읍천항과 정자항, 입구가 닫혀있는 대보항과 양포항은 피해가 발생하지 않았다..

피해를 입은 항에 대하여 파괴패턴에 대해 정리하면 Table. 5 와 같다. 모든 항에서 피복석 유실이 발생하였고 특히 대변항의 경우 TTP, 피복석, 상치콘크리트, 배후면의 파괴를 보였다.

Table. 4 Result of research (area b)

| Port name | damage | open | | close |
|---|---|---|---|---|
| | | fully open | blocked by land | |
| Deabo[1] | × | - | - | ○ |
| Yangpo[2] | × | - | - | ○ |
| Gampo[3] | ○ | ○ | - | - |
| Ubcheon[4] | × | - | ○ | - |
| Jeongja[5] | × | - | ○ | - |
| Bangojin[6] | ○ | ○ | - | - |
| Deabyeun[7] | ○ | ○ | - | - |
| Tadaepo[8] | × | ○ | - | - |

Table. 5 Result of research (area b)

| Port name | dammage | | | | | | Typhoon |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | TTP | Armour stone | Filter stone | sea bed | Capping wall | Rear side | |
| Gampo[3] | ○ | ○ | | | | | RUSA |
| | ○ | ○ | | | | | MAEMI |
| Bangojin[6] | | ○ | | | | | MAEMI |
| Deabyeun[8] | ○ | ○ | | | | | RUSA |
| | ○ | ○ | | | ○ | ○ | MAEMI |

## 4. 수리모형 실험결과

Table. 6 Results of tests

| | Stability | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Armour layer | Sea bed | Capping wall | Rear side |
| Case 1 | erosion of TTP, armour stone | stable | vending of capping wall | erosion of armour stone |
| Case 2 | stable | stable | stable | stable |
| Case 3 | stable | stable | stable | stable |
| Case 4 | stable | stable | stable | stable |

실험결과는 Table. 6과 같다. 기존단면(Caes 1)의 경우 TTP가 유실된 후 피복석은 유실되거나 일부는 침하하였다. 그리고 상치콘크리트는 전도되었고, 배후사석은 정수면 부근에서 일부 유실이 발생하였다. 반면 25ton에서 32ton, 40ton으로 증가시킨 경우(Case 2, 3)와 복합단면(Case 4)의 경우 모두 안정하였다. 따라서 현재 단면으로는 태풍 매미와 같은 규모의 태풍이 내습했을 시 파괴가 발생할 수 있음을 예상할 수 있고 기존보다 중량이 큰 TTP를 사용하여야 파괴를 막을 수 있음을 알 수 있다. 그러나 본 연구에서는 TTP의 중량만을 증가시킨 실험을 수행하여 안정성에 대한 심도있는 연구가 필요하다.

## 5. 결 론

태풍에 의한 피해사례를 조사·분석한 결과 해안구조물에 피해가 발생한 경우는 태풍이 진행하면서 생긴 풍향(반시계방향)에 대하여 열려있을 때였다. 피해사례 분석에 따른 파괴패턴은 기부세굴에 의한 파괴보다는 정수면에 국한된 파괴(피복석, 상치콘크리트, 배후사석)가 주로 발생하였다. 피해항 중의 하나인 대변항을 대상으로 수리실험을 실시한 결과 기존 단면에 대해서는 파괴가 발생하였고 TTP의 중량을 25ton에서 32ton으로 증가시켰을 경우 파괴가 발생하지 않았다. 그러나 TTP의 중량만을 증가시켜 안정성을 확보할 수 있는지에 대해서는 더욱 연구가 필요하다..

## 후 기

본 연구에 참여한 (최진휴)는 「2단계 BK21 사업」의 지원비를 받았음.

## 참 고 문 헌

행정자치부 국립방재연구소(2002a). 2002년 태풍 루사 피해현장 조사 보고서,

행정자치부 국립방재연구소(2003). 2002 태풍 매미 피해 현장 조사 보고서-홍수, 해일, 전력계통 피해(9.12-9.13)

서규우(2003). 2003년 태풍 매미홍수특집-부산경남지역, 한국수자원학회, 제36권, 제6호.pp54-59

최병호(2004). 태풍 매미호에 의한 해안 재해, 한반도 해안의 고파, 한국해안·해양공학회,pp1-34

안수한, 이상주, 박인보 (1976) 우리나라 연안의 태풍시의 파랑계산에 대하여 대한토폭학회지, 제24권, 제4호.pp101-110

이경선 (2004) 태풍의 풍향특성을 고려한 천해파 산정에 관한 연구, 부경대학교 석사학위논문

김남원, 김창완, 우효섭(2002) [특집]태풍 루사(Rusa)의 강우와 홍수피해 특성, 대한토목학회지 제 50권, 제10호, pp7~16

임정현(2004) 태풍에 의한 연안재해의 특성을 고려한 사석제의 설계에 관한 연구. 부경대학교 석사학위논문