

# 이상파랑에 의한 어항시설물 피해사례



안익장  
(주) 헤인이엔씨 이사

1976년에서 2006년까지  
30여년 간의 피해사례자료에  
의하면 총 38개항에 시설 피해가  
발생하였는데, 피해시설물  
대부분이 방파제이다.  
피해형태를 보면 사면 피복재 및  
사석 유실이 대부분으로  
나타났으며, 피해가 2회 이상  
발생한 항이 전체발생횟수의  
약 70%로 반복 피해사례가 많았다.

## 1. 머리말

최근 지구온난화에 따른 이상기후 발생 및 해수면 상승에 따라 여름철에 태풍 이동경로가 다양하게 변하면서 2000년 이후에 매미, 루사 등 초특급 태풍의 출현이 많아짐에 따라 개발 당시 보다 더 큰 파랑의 내습이나 너울성 파랑발생에 따른 범람 및 시설 피해가 많아지고 있다.

피해사례를 보면 크게 태풍에 의한 설계 초과 파랑 내습에 의한 피해와 너울성 파랑 내습으로 구분되며, 본고에서는 이상 파랑에 의한 피해 조사사례를 소개하겠다.

## 2. 피해사례

1976년에서 2006년까지 30여년 간의 피해사례자료에 의하면 총 38개항에 시설 피해가 발생하였는데, 피해시설물 대부분이 방파제이다.

피해형태를 보면 사면 피복재 및 사석 유실이 대부분으로 나타났으며, 피해가 2회 이상 발생한 항이 전체발생횟수의 약 70%로 반복 피해사례가 많았다. 설계파고에 대한 내습파고의 비율은 70%에서 250%

## 특집⑨-어업인을 보호한다

로 나타났으며 설계파고에 대한 내습파고비가 100%~140%에서 피해발생이 가장 많은 것으로 나타났다.

또한 설계파고 이하의 파고에 의한 피해사례도 전체 발생횟수의 27%에 해당된다.

〈표 1〉 항만 및 어항별 방파제 피해 현황 (해양수산부)

피해유형	전면피복제 및 사석 손상	상치 콘크리트 손상	배면 피복제 손상
피해항만 및 어항	포항구항, 죽변항, 부산남항, 서귀포항, 화순항, 제주항, 여수항, 동동항, 임원항, 삼척항, 주문진항, 속초항, 대대포항, 인천항, 후포항, 구조라항, 거문도항, 삼천포항, 동해항, 구룡포항, 갈포항, 포항신항, 묵호항, 말도항, 울간항, 외포항, 모항항, 대변항, 성산포항, 양포항, 부산북항, 군장항, 연도항, 여서항, 대포항	서귀포항, 부산남항, 감천항, 화순항, 여수항, 죽변항, 임원항, 삼척항, 부산항, 후포항, 대대포항, 거문도항, 동해항, 갈포항, 도동항, 묵호항, 구룡포항, 말도항, 모항항, 양포항, 군장항, 연도항, 대포항, 소흑산도항	여수항, 부산북항, 강구항
38개항	35개항	25개항	3개항

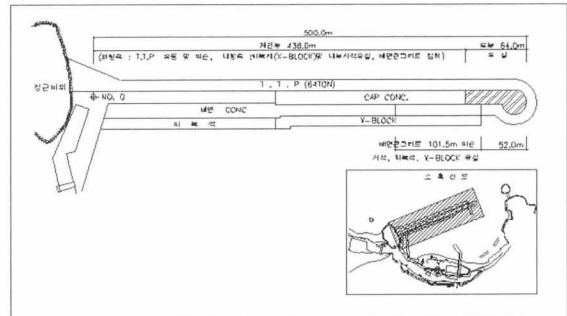
방파제의 피해사례는 크게 설계파고 이상의 파랑내습에 의해 발생하는 피해와 설계파고 이하의 파고에 의한 피해사례로 구분할 수 있으며, 이들 피해사례는 다음과 같다.

### 1) 태풍내습에 대한 피해

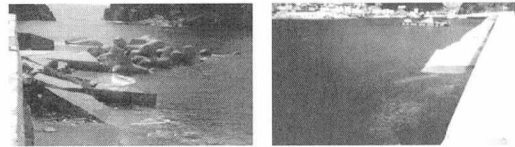
#### ① 설계파고 이상의 초과파를 파랑에 의한 피해

##### 소흑산도항

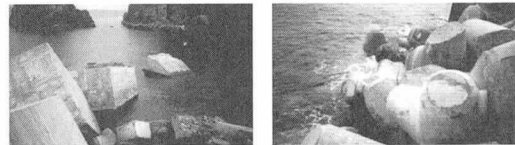
전라남도 신안군 흑산면 가거도리에 위치한 소흑산도항의 방파제 길이 500m가 완공된 것이 2000년 3월이었고, 2000년 8월 31일 제10호 태풍 프라피룬이 내습하였다. 순간 최대 풍속 58.3m/s(최대풍속 47.4m/s, 4시간 지속)의 기록적인 풍속을 동반한 파랑내습에 의해 〈그림 1〉과 같이 방파제 두부구간 64m가 유실되고 제간부 436m의 부분파손의 태풍피해를 입게 되었다.



〈그림 1〉 태풍 프라피룬 내습시 소흑산도항 방파제 피해현황도



배면 콘크리트 침하 및 붕락



제두부 상치콘크리트 및 테트라포드 유실

제간부 테트라포드 파손

〈그림 2〉 태풍 프라피룬에 의한 방파제 피해전경

소흑산도항 방파제 설계파고는 8.3m, 주기 13sec, 경사 1:2로 64ton 테트라포드(실중량 58.88ton)를 방파제 중간부 및 두부에 모두 사용하였으며, 피해율은 5%가 적용되었다.

그러나 프라피룬 태풍시 최대풍속 47.4m/s의 강한 바람에 의해 발생된 파고는 9.0m, 주기 15sec로 설계파고를 상회하는 것으로 이로 인한 방파제 피해가 발생되었고 두부에 파에너지가 집중되어 피해가 더 크게 발생하였다.

##### 서귀포항

외항방파제(회차장 구간) 전면 T.T.P(72톤) 유실 및 상치콘크리트 파손이 100m로 피해원인으로서 본 설계시 적용된 50년 빈도의 설계파고가 9.3m(SSE방향)이었으나, 태풍 매미 내습 시에 육안 관측 결과 여러 방향으로 설계파고 이상의 파랑이 내습한 것으로 보고되

고 있다. 특히, 회차장구간은 코너부로서 상대적으로 더 큰 파랑이 집중되어 T.T.P 유실 및 상치 콘크리트가 파손된 것으로 보고되고 있다.

〈그림 3〉은 태풍 매미 내습에 따른 방파제 피해현황으로 상치 콘크리트 및 테트라포드 파손 등이 방파제 굴곡부에 집중되어 나타났다.



〈그림 3〉 서귀포항 방파제 피해현황

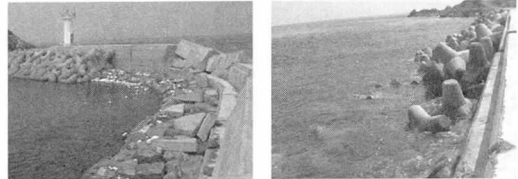
## ② 설계파고 이하의 파랑에 의한 피해

### 여서항

여서항의 경우 2002년 태풍 루사 통과시 2002년 8월 31일 12:00~15:00 순간 최대풍속 34.5m/sec(완도 관측소)의 바람이 관측되었으며, 루사 태풍 내습시 N~NNE 파향에 대한 기 추정 심해파랑(5.0m, 9.9sec)이 여서항의 50년 빈도 심해파랑(5.5m, 9.1sec)에 근접하는 다방향 입사파와 보다 큰 파장의 파랑이 내습하여 피해가 발생된 것으로 추정되었다.

두부접속구간 제간부 80m 구간에 기존 설계파(4.6m)에 근접한 파랑이 내습하였으나 파랑에너지 집중으로 외항측 피복석 및 T.T.P가 이탈되어 사면 아래로 굴러 떨어지고, 소단부위(DL(-)9.2m)는 T.T.P 및 사석 잔해물이 혼재된 상태로 존재하며, 상치콘크리트 및 외측 근고블럭이 파력에 의해 들리면서 인파에 의해 외항측으로 전도된 상태로 기시공이음에 따라 8개의 조각으로 쪼개지고 변위가 생겼다. 그리고 제간부 및 두부구간 일부에 피복석 및 T.T.P가 강력한 파랑에 이완된 상태로 상치콘크리트 전도구간과 일부 제간부는 집중 파력의 영향으로 인파에 의해 외항측 소단부 DL(-)9.20m 아래

로 굴러 떨어진 것으로 조사·분석되었다. 다른 구간에 서는 T.T.P 및 피복석이 부분적으로 이완·유실 되었다.



상치 콘크리트 전도 및 활동

항외측 피복석 및 T.T.P 유실

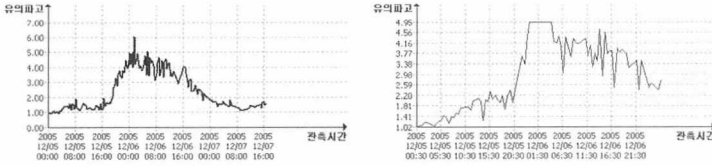
〈그림 4〉 여서항 방파제 피해현황

## 2) 너울성 파랑내습에 피해

### 강구항

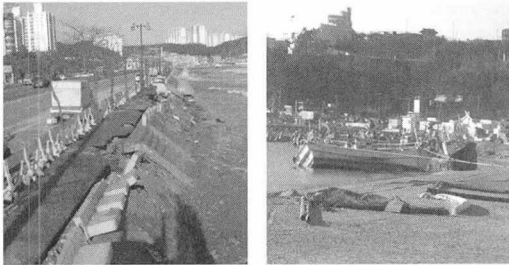
2005년 12월 5일 09시와 21시 기상도를 보면 강한 저기압이 일본에 위치하여 동해상에 돌풍이 발생하였으며 이로 인해 너울성 파랑이 내습한 것으로 사료된다. 한국해양연구원의 실시간 해양기상관측자료에서 제공된 동해안의 속초와 왕돌초 지점에서의 파고 변화도를 〈그림 5〉에 제시하였다. 12월 6일 오전 중 속초에는 6m에 이르는 파고가 내습하였고 왕돌초 지점에는 5m 정도의 파고가 내습한 것을 알 수 있었다.

5일 밤과 6일 오전 사이 경상북도 영덕과 포항, 울진 등 경북 동해안에 6m 규모의 높은 너울성 파도가 내습하였으며, 이로 인해 6개 소규모 어항에서 어선 11척이 침몰되고 5척의 어선이 파손되거나 좌초되는 등의 피해가 발생하였다. 영덕군 강구항의 경우 정박 중이던 신흥호(1.62t) 등 소형어선 9척은 6일 오전 1시55분쯤 높은 파도로 항내에서 침몰했으며, 7범양호 등 3척은 바닷가로 떠밀려 해수욕장 모래사장에 좌초됐다. 또 영덕군 강구면 동광어시장 주차장에서도 높은 파도가 방파제 삼각대를 넘어와 차량 3대가 물에 잠기는 피해가 발생하였다. 울진에서는 6일 오전 읍남3리 공세항에 정박 중이던 해수호(0.75t) 등 선박 2척이 4~5m의 높은 파도에 침몰됐으며, 북면 나곡항에 정박 중이던 지



〈그림 5〉 파고 변화도(속초(좌), 왕돌초(우))

영호 등 2척은 파손됐다. 이와 함께 포항시 북구 북부 해수욕장 내 두호동사무소 인근 해안도로 호안블록 120m 정도가 높은 파도에 파손되는 등 설계파에 근접한 장주기 파에 의해 피해가 많아진 것으로 판단된다.



해안도로 유실      어선 좌초(영덕 오포해수욕장)

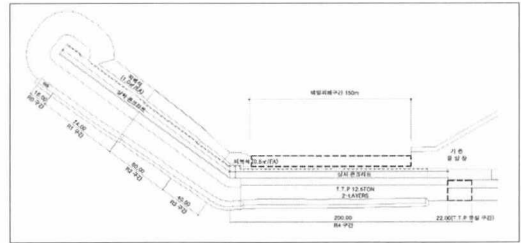
〈그림 6〉 2005년 12월 내습한 너울성 파랑에 의한 피해 사진

경상북도 영덕군 강구면에 위치한 강구항의 경우 보강(1차)공사 시행 중 2005년 12월 5일 24:00경부터 너울성 파도가 내습하여 기존 북방파제 및 신규 제작장 일부 구간에 피해가 발생되었다. 보강공사는 북방파제

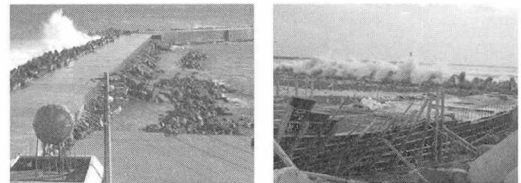
〈표 2〉 강구항 피해 규모

구 분	피해현황	피해범위	피해원인 분석
북방파제	기부	R4전면기부 22m구간	•이상 고파랑 내습으로 외해측 T.T.P 이완·유실
	R4구간	•항내측 제체 피복석 및 사석유실 (수중부 제체 사석피해 미확인)	•보강전 월파 수괴로 항내측 제체사석 이탈·붕괴
남방파제	•공사 중 남방파제 일부구간 유실	기부측 일부구간	•외곽시설 미확보로 공사 중 피해발생
제작장	•공사 중 제작장 전면·등표·오타방지막 유실	전면부 일부구간	•외곽시설 미확보로 공사 중 피해발생

와 남방파제 및 오타방지막, 등부표 설치 등의 기타 부대시설에 대한 공사로서 2005년 5월 23일에 착공하여 공정률 83.57%의 공사가 진행되고 있었다. 내습한 너울성 파랑에 의하여 북방파제는 기존 외측의 전면기부 22m 구간의 T.T.P 가 이완되고 유실되었으며 항내측의 제체 피복석 및 사석인 경우 너울성 파랑의 월파에 의해 유실되었다. 또한 남방파제 두부구간에 임시로 거치된 T.T.P가 일부 유실되었으며 제작장 전면의 등표 및 오타방지막이 유실되는 피해가 발생하였다.



〈그림 7〉 강구항 북방파제 피해 구간



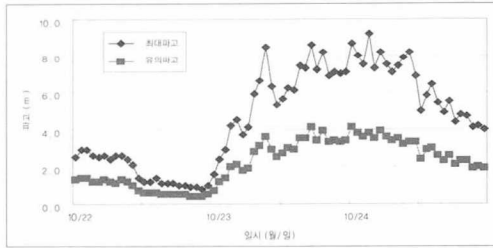
북방파제 피해      제작장 구간 피해

〈그림 8〉 강구항 너울성 파랑 내습

### 대포항

2006년 10월에 발생된 동해안 이상 파랑 발생은 초강풍에 기인한 것으로, 속초의 경우 63.7m/s의 풍속이 관측되어 일최대순간 풍속 극값 1위(관측이후 전국 최대값)를 기록하였다. 기상청에서 제공하는 해양기상관측자료들 중 동해시 동쪽 70km 해상에 위치한 해양기상관측 부이(Buoy)에서 관측된 최대 및 유의파고 변화도를 〈그림 5〉에 나타내었다. 부이에서 관측된 최대 파

고는 24일 03시경에 9.2m를 나타냈고 유의파고는 23일 17시와 24일 0시에 4.1m로 재현기간 50년 빈도 설계파에 근접한 파고로 관측되었다.

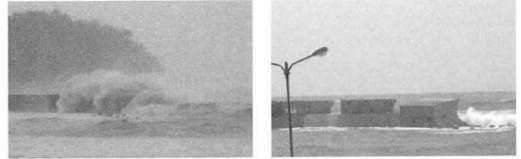


〈그림 9〉 파고 변화도(기상청 동해 관측부이)

2006년 10월 23일 새벽 동해안 속초에 위치한 대포항에 돌풍을 동반한 강풍과 순간 최대 파고 8.5m를 갖는 파랑이 내습하였으며 24일까지 계속해서 월파가 나타났다. 대포항 개발공사 중에 파랑이 내습하였으며 동방파호안의 완성구간에는 피해가 없었으나 시공 중인 구간에는 피해가 발생하였다. 상치콘크리트 10m 구간에 세굴에 의한 전도가 발생하였으며 뒷채움 사석(50m 구간) 및 가도축조(60m 구간) 부분의 사석이 일부 유실되었다. 블록이 거치된 50m 구간과 T.T.P가 거치된 40m 구간에는 변위가 나타났다. 그리고 경북 영덕군에 위치한 강구항에도 이상파랑의 내습으로 인한 월파로 북방파제 항내측의 제체 사석 및 피복석의 유실이 발생하기도 하였다.

〈표 3〉 대포항 피해 개요

구분	기시공구간	피해구간	피 해 내 용
상치 콘크리트	NO.0~15.0	NO.14+10~15.00	• 세굴에 의한 상치콘크리트 전도발생 (L=10m)
블럭거치	NO.0~17+01	NO.14+11~17+01	• 지지공중이 없는 상태에서 거치단면의 변위발생 (L=50m)
T.T.P거치	NO.0~17+00	NO.14+10~16+10	• 시공 중인 미완성 거치단면의 변위발생 (L=40m)
피복석	NO.0~17.00	-	• 수중부 점검 불가
뒷채움사석	NO.0~17.00	NO.14+10~17.0	• 사석 일부 유실 (L=50m)
가도축조	NO.0~17.0	NO.14+10~17+10	• 사석 일부 유실 (L=60m)



이상파랑 내습 동방파호안 상치콘크리트 전도  
〈그림 10〉 대포항 피해 사진

### 3. 결론 및 제언

2005년 12월에 5~6m의 높은 파고를 갖는 파랑이 속초와 왕돌초에 내습한 것을 해양관측 자료를 통해 알 수 있었으며, 경북 동해안에 위치한 강구항의 북방파제 및 남방파제의 피복재가 유실되는 어항시설물의 피해가 발생하는 등 최근 태풍내습 및 이상파랑에 따른 항만 및 어항시설의 피해도 증가하고 있는 추세이다. 이는 지구온난화에 따른 해수면상승 및 기상이변에 따라 최근 외해에서 내습하는 파랑이 기존 심해설계파 보다 파고는 물론 파장 또한 길어졌기 때문이다.

이에 최근 발생된 태풍을 고려하여 2005년 전국해역 심해설계파를 재산정하는 등 설계조건을 강화하고 신설 및 정비시 이를 적용하여 방재공학적 안정성 확보를 꾀하고 있다.

이와 더불어 고파랑 해역에 지금 널리 사용되고 있는 피복재인 테트라포드인 경우 현재까지 제작 가능한 최대중량이 80ton이며 Hudson 공식에 의한 피복재 중량 산정식에 의하면 일반적인 경사 1:1.5일 경우 최대 9.2m 파고까지, 경사 1:2인 경우는 10.0m 파고까지 하용이 가능하지만 그 한계가 있다. 이에 파랑에너지가 집중되고 있는 두부구간의 피복재 적용 시 테트라포드 뿐만 아니라 단면 수리모형실험 및 두부 안정성 검토를 통해 다양한 피복재를 적용하고 있는 추세이다. 고파랑 해역에서의 피복재 적용 시 테트라포드, Core-Loc, OTP, Cube Block, Sealock 등의 다양한 피복재 적용도 필요하며, 태풍이 발생하지 않은 때에 내습하는 너울을 포함한 이상 파랑에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한 피해 발생 시 신속하고 견고한 복구가 될 수 있도록 피해현황 조사와 복구방안에 대한 지침서가 하루 속히 마련되어야 한다. ⚓