

광양만에서의 폭풍해일

김현성 >>
(주)지오피디엠 상무이사

성하근 >>
(주)한국해양과학기술 전문이사

임효혁 >>
(주)지오피디엠 부설연구소 선임연구원

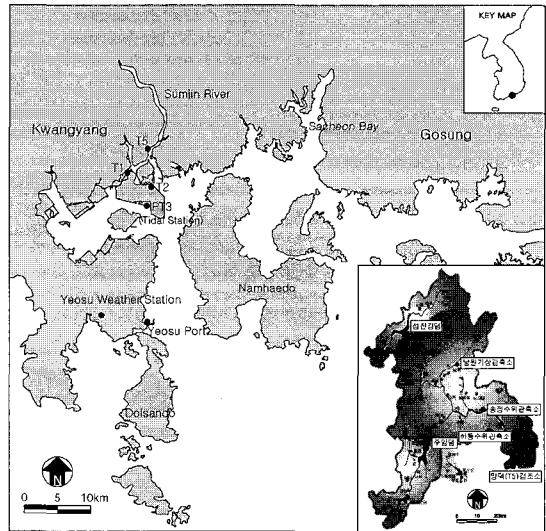


그림 1. Locations of Dams and weather, water level and tide stations

1. 서론

한 해에 3개정도의 태풍이 우리나라에 영향을 미치며, 태풍의 내습이 7월부터 9월까지 집중적으로 나타나고 있다. 남해안에 위치하는 광양만에서는 (주)포스코가 20여년 운영하는 광양항 검조소 등 4개 검조소의 조석 관측 자료로부터 태풍에 의한 해일고를 산정 할 수 있다. 이 중에 광양만에 직접적인 영향을

미친 태풍 “셀마”, “루사”, “매미”에 대하여 검토하고자 한다.

해일 조사·연구의 궁극적인 목적이 정확한 사전예보를 통하여 해일 피해를 최소화하는데 있다면, 우선 과거 해일에 대한 철저한 기록·조사·분석을 통하여 과학적인 해일 예보를 위한 기초 자료들을 축적하여야 할 것이다. 본 고에서는 광양만을 대상으로 태풍 통과 시의 기상, 하천수리 및 조석 자료를 정리하여 해일고와 해일 원인에 대한 초기 분석 결과를 소개한다.

2. 본 론

2.1 우리나라 태풍특성

우리나라 태풍경로를 보면 7월은 서해안을 따라 북상하며 중북부지방을 통과하고, 8월은 7월보다 남하하여 군산, 청주, 강릉을 연결하는 중부지방을 대각선 방향으로 통과하며, 9월에는 주로 남해안 지방을 거쳐 통과한다.

태풍내습의 최다월은 8월, 7월, 9월의 순으로 나타나며, 이 기간동안 내습한 태풍 수는 전체 태풍수의 91%를 차지하고 있다.(기상청 홈페이지 (www.kma.go.kr) 태풍자료실)

2.2. 기상개황

태풍 “셀마”는 1987년 7월 15일 오후 4시 현재 중심기압 950hPa를 갖고 제주남방 200km 해상에서 매시 25~35km의 속도로 북동진하여 제주도 동방 15km 해상을 통과하여 순천만 부근을 거쳐가면서 폭풍우(부산에서 순간풍속 39.5m/s)와 해일을 동반하여 남해안일원에 막대한 피해를 입히고 16일 오전 5시 이후 강릉을 통과한 다음 동해북부해상으로 소멸하였다.

태풍 “루사”는 1959년 한반도를 강타한 태풍 사라에 이어 중심최대 기압을 기준으로 한 2번째의 위력을 지닌 것이었으나 그 영향력은 사라를 훨씬 능가하였다. 제15호 태풍 루사는 전라남도 고흥반도 남쪽

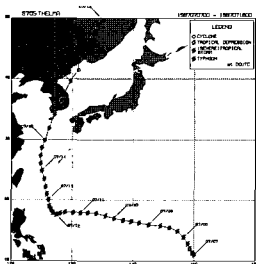
해안에 상륙하여 2002년 8월 31일 강릉지역에서 전국 일최대강우량 기록 중에서 가장 많은 870.5mm를 내렸으며, 그림 2와 같은 태풍의 진로를 따라 우리나라 홍수 사상 그 예를 찾아볼 수 없는 홍수 재해를 유발하였다. 태풍 “루사”는 8월 23일 09시경에 북태평양 관측 북동쪽 1,800km 인근해상에서 발생하였으며, 8월 26일 03시경 완전한 태풍으로 발달한 후 8월 31일 15시까지 중심기압 960hPa를 유지하는 강력한 태풍이었다. 8월 31일 15시 30분경 한반도에 상륙한 “루사”는 매우 느린 속도로 한반도 내륙을 관통하여 9월 1일 15시경 강원도 속초 북동쪽 130km 부근해상에서 열대저기압으로 약화됨으로써 그 일생을 마쳤다.

제14호 태풍 “매미”는 2003년 9월 6일 15시경에 관 북서쪽 약 400km 해상(16.0° N, 141.5° E)에서 열대성 저기압으로 발생하여 느리게 북서진 하다가, 9일 09시경에 태풍으로 발달하였으며, 11일 09시경에 중심기압 910hPa로 최저기압을 나타냈다. 12일 06시경부터 북북동진하면서 빠른 속도로 진행하였는데, 18시경 제주도 성산포 동쪽을 거쳐 20시경에 경상남도 사천시 해안으로 상륙하였다. 이후 계속 북북동진하여 13일 02시 30분에 경상북도 울진 해안을 거쳐 동해로 진출하였다

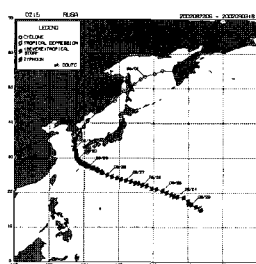
2.3 광양만의 해일

2.3.1 태풍에 의한 해일

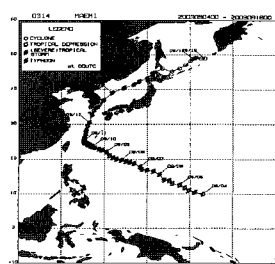
(주)포스코가 운영하는 광양항 검조소 등 4개 검조



태풍 “셀마”

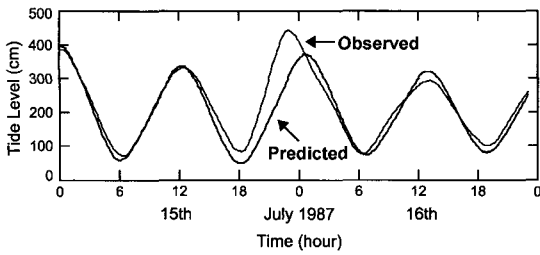


태풍 “루사”

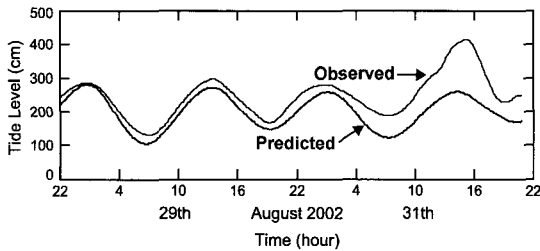


태풍 “매미”

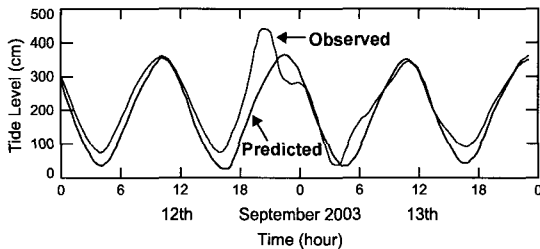
그림 2. Track of typhoon



태풍 "셀마" 통과시 : 대조기 예보고조시 2시간전



태풍 "루사" 통과시 : 소조기 예보고조시 1시간후



태풍 "매미" 통과시 : 대조기 예보고조시 2시간전

그림 3. The tidal curves of Kwangyang Port(Pt3) station in Kwangyang Bay during the typhoon

소의 조석 관측자료로부터 태풍 통과시 광양만의 해일고를 산정하였다. 그림 3은 태풍 "셀마", "루사", "매미"의 예보 조석과 실측 조석을 나타낸 것이고, 고

조위 편차와 고조시 편차 및 최대 조위 편차는 표 1에 제시하였다.

태풍 "셀마"발생시 광양만 4개 검조소의 최대 조위 편차는 태풍이 순천만으로 상륙한 시점인 1987년 7월 15일 22시에 동시에 발생하였으며, 그 값은 151~240cm이다. 이 발생 시간은 예보 고조시의 약 2시간 전에 발생하였다 각 검조소의 고조위 편차는 74~105cm로 약 30cm 정도의 차를 보였다. 망덕(T5)에서 105cm로 가장 크고, 광양항 (PT3)에서 74cm로 가장 작다.

태풍 "루사"는 전남 고흥반도를 통과하여 2002년 8월 31일 16시에 최대 조위편차는 156~193cm이다. 이 발생 시간은 예보 고조시의 약 1시간 후에 발생하였다 각 검조소의 고조위 편차는 150~185cm로 약 35cm 정도의 차를 보였다. 부지서측 (T2)에서 185cm로 가장 크고, 광양항 (PT3)에서 150cm로 가장 작다.

태풍 "매미"는 사천만으로 상륙한 시점인 2003년 9월 12일 20시에 최대 조위편차가 발생하였으며, 그 값은 176~196cm이다. 이 발생 시간은 예보 고조시의 약 2시간 30분 전으로서, 여수기상대에서 최저 해면기압이 나타난 10분 후이고 최대풍속이 나타난 1시간 후에 해당한다. 각 검조소의 고조위 편차는 93~108cm로 큰 차이가 없으며, 광양제철소 부지 북동(T2)에서 108cm로 가장 크고, 망덕 (T5)에서 93cm로 가장 작다. 섬진강 하구인 망덕의 해일고가 남측보다 더 낮은 것은 섬진강 유출수가 해일고 상승에 거의 영향을 미치지 않았음을 시사한다.

표 1. The deviations of the high water level, the differences of the high water time and the maximum deviations of the water level (maximum surges) in Kwangyang Bay during the typhoon "Thelma"

검조소	고조시 및 고조위 편차						최대 조위 편차 (cm)			
	실측치 (①)		예보치 (②)		편차 (①-②)		시간 (시:분)	실측치 (③)	예보치 (④)	편차 (③-④)
	조시 (시:분)	조위 (cm)	조시 (시:분)	조위 (cm)	조시 (시:분)	조위 (cm)				
PT3	23:05	445	00:42	371	-97	+74	22:00	397	246	+151
T1	23:15	484	00:53	386	-98	+98	22:00	452	212	+240
T2	23:19	465	00:44	375	-85	+90	22:00	412	241	+171
T5	23:25	489	00:50	384	-85	+105	22:00	419	214	+205

표 2. The deviations of the high water level, the differences of the high water time and the maximum deviations of the water level (maximum surges) in Kwangyang Bay during the typhoon "Rusa"

검조소	고조시 및 고조위 편차						최대 조위 편차 (cm)			
	실측치 (①)		예보치 (②)		편차 (①-②)		시간 (시:분)	실측치 (③)	예보치 (④)	편차 (③-④)
	조시 (시:분)	조위 (cm)	조시 (시:분)	조위 (cm)	조시 (시:분)	조위 (cm)				
PT3	15:20	410	14:28	260	+52	+150	16:00	399	243	+156
T1	15:23	436	14:32	269	+51	+167	16:00	425	251	+174
T2	15:23	443	14:29	258	+54	+185	16:00	435	242	+193
T5	15:30	445	14:32	274	+58	+171	16:00	439	257	+182

표 3. The deviations of the high water level, the differences of the high water time and the maximum deviations of the water level (maximum surges) in Kwangyang Bay during the typhoon "Maemi"

검조소	고조시 및 고조위 편차						최대 조위 편차 (cm)			
	실측치 (①)		예보치 (②)		편차 (①-②)		시간 (시:분)	실측치 (③)	예보치 (④)	편차 (③-④)
	조시 (시:분)	조위 (cm)	조시 (시:분)	조위 (cm)	조시 (시:분)	조위 (cm)				
PT3	20:30	460	22:28	365	-118	+95	20:00	435	259	+176
T1	20:32	470	22:39	372	-127	+98	20:00	442	246	+196
T2	20:32	470	22:32	362	-120	+108	20:00	443	249	+194
T5	20:35	471	22:38	378	-123	+93	20:00	437	253	+184

한편 태풍 매미에 의한 광양항의 실측 최고조위 460cm는 인근부지 설계시에 추정된 100년빈도 고극조위 455cm보다도 5cm 높은 조위이며 부지고 500cm에 육박하는 수치를 보였다.

2.3.2 섬진강 홍수가 해일에 미친 영향

하천 유량은 댐 방류량이 직접적인 영향을 미치지 만 섬진강댐과 주암댐은 섬진강 집수역의 상류에 위치하기 때문에 강수가 있는 경우에는 집수역으로부터의 유입량이 큰 영향을 미칠 수 있다. 망덕으로부터

약 40km 상류에 위치한 송정 수위관측소에서 수위 관측을 하고 있다. 따라서 수위만 알면 유량을 산출할 수 있다.

프랑스 SOGREAH가 섬진강 수치모형실험을 수행하여 도출한 송정에서의 수위-유량 관계식에 의하면 태풍 "셀마" 통과시 22시의 수위 6.9m로 유량이 약 1,600m³/s 정도이며, 태풍 "루사" 통과시 16시의 수위 5.8m로 유량이 약 1,400m³/s 정도 해당되며, 태풍 "매미" 통과시 20시의 수위 7.0m로 유량이 약 1,600m³/s 정도 해당한다(포항종합제철주식회사, 1983a).

표 4. The high water levels in Kwangyang Bay to discharges of the Sumjin River by the numerical model. (unit: cm)

섬진강 유량(m ³ /s)	PT3(광양항)		T1(부지 북서)		T2(부지 북동)		T5(망덕)	
120	369		376		371		376	
1,200	373	(+4)	381	(+5)	376	(+5)	381	(+5)
2,400	373	(+4)	381	(+5)	376	(+5)	382	(+6)
4,800	372	(+3)	384	(+8)	375	(+4)	399	(+23)
7,200	372	(+3)	392	(+16)	376	(+5)	438	(+62)
9,600	371	(+2)	406	(+30)	383	(+12)	483	(+107)
12,000	371	(+2)	425	(+49)	397	(+26)	538	(+162)

한편, (주)한국해양과학기술이 섬진강 영향을 고려하여 광양만 전역을 포함한 조석 수치 모형실험을 수행하여 섬진강 유량별로 광양만 각 검조소의 고조위를 산정한 결과가 표 4에 제시되어 있다(김 등, 2004).

2.3.3 해일 원인 분석

태풍 통과시 광양만에 발생한 현저한 해일 현상의 원인별로 해일고에 미친 영향을 정리하면 다음과 같다.

1) 태풍 통과시 기압 하강에 따른 해면 상승

기압이 1hPa 하강하면 해면이 0.99cm 상승한다. 태풍 쉘마시 여수의 최저 해면기압은 973hPa이었고, 이 해면기압이 광양만에서도 그대로 유지되었다고 가정하면 누년 일평균 해면기압 1,016hPa과의 차인 43hPa 만큼의 기압 하강에 따른 43cm의 해면 상승이 발생한 것으로 분석된다. 태풍 루사시 최저 해면기압 960hPa로서 기압 하강에 따른 55cm의 해면 상승이 발생한 것으로 분석된다. 태풍 매미시 최저 해면기압은 956hPa로서 기압 하강에 따른 59cm의 해면 상승이 발생된다.

2) 폭풍 해일 (강풍에 의한 연안역의 해수 총적)

폭풍에 의한 해면 상승은 풍속의 제곱과 취송거리의 곱에 비례하고 수심에 반비례한다. 태풍이 제주도를 거쳐 남해안으로 상륙하면서 S~SE 계열의 강풍에 의해 남해안쪽으로 해수의 총적이 발생하였으며, 여수에 도달한 폭풍해일파는 좁고 긴 여수해만을 통

과하면서 증폭되어 광양만에 진입하였다고 보아야 할 것이다.

3) 섬진강 홍수에 따른 해면 상승

섬진강댐과 주암댐의 방류량, 송정의 수위 변화 및 홍수 수치모형실험 결과를 종합할 때 섬진강 홍수가 해일고에 미친 영향은 광양항(PT3)에서 4cm이고, 광양만 북측의 세 검조소(T1, T2, T5)에서 각각 5cm로 분석된다.

홍수에 의한 해일고의 영향이 적게 나타난 이유는 태풍 "셀마" 통과 후 5시간 후에 송정관측소에서 최고 수위가 나타났으며, 태풍 "루사" 통과 후 9시간 후에 최고수위가 나타남으로 홍수위 영향은 태풍 통과 후에 나타난다.

따라서 태풍 통과시 최대해일고는 기압하강과 강풍에 의한 연안역의 해수 총적이 큰 영향을 미치며 홍수에 따른 해면상승은 태풍 통과 후 수 시간이 흐른 후에 최고홍수위가 나타남으로 최대해일고에서는 영향이 적게 미치는 것으로 나타났다.

태풍 통과시의 해일고(조위 편차)를 다음 세 가지 요인의 합으로 정의한다면

$$\text{해일고} = \text{기압 하강시 해면 상승} + \text{폭풍에 의한 해면 상승} + \text{홍수 유출시 수위 상승}$$

폭풍에 의한 해면 상승량은 관측된 조위 편차에서 기압 하강에 의한 해면 상승량과 홍수 유출에 의한 수위 상승량을 뺀 값으로 추정할 수 있다. 태풍 통과

표 5. Parameters of the maximum surges (maximum deviations of the water level) caused by the typhoon "Thelma" in Kwanyang Bay. (unit: cm)

조위	검조소	PT3	T1	T2	T5
발생 시간 (1987년 7월 15일 사:분)		22:00	22:00	22:00	22:00
실측 조위 ①		397	452	412	419
예보 조위 ②		246	212	241	214
최대 조위편차 ③=①-②		151	240	171	205
원인별	기압 강하 ④	43	43	43	43
	섬진강 홍수 ⑤	4	5	5	5
해면상승	강풍해수총적(=③-④-⑤)	104	192	123	157

표 6. Parameters of the maximum surges (maximum deviations of the water level) caused by the typhoon "Rusa" in Kwanyang Bay. (unit: cm)

조위	검조소	PT3	T1	T2	T5
발생 시간 (2002년 8월 31일 시:분)		16:00	16:00	16:00	16:00
실측 조위 (①)		399	425	435	439
예보 조위 (②)		243	251	242	257
최대 조위편차 (③=①-②)		156	174	193	182
원인별	기압 강하 (④)	55	55	55	55
	섬진강 홍수 (⑤)	4	5	5	5
해면상승	강풍해수충적(=③-④-⑤)	97	114	133	122

표 7. Parameters of the maximum surges (maximum deviations of the water level) caused by the typhoon "Maemi" in Kwanyang Bay. (unit: cm)

조위	검조소	PT3	T1	T2	T5
발생 시간 (2003년 9월 12일 시:분)		20:00	20:00	20:00	20:00
실측 조위 (①)		435	442	443	437
예보 조위 (②)		259	246	249	253
최대 조위편차 (③=①-②)		176	196	194	184
원인별	기압 강하 (④)	59	59	59	59
	섬진강 홍수 (⑤)	4	5	5	5
해면상승	강풍해수충적(=③-④-⑤)	113	132	130	120

시 광양만의 원인별 해면 상승값을 얻은 결과는 표 5와 같다. 폭풍에 의한 해면 상승량은 광양항 (PT3)에서 97~113cm로 최소이고 상류로 가면서 T1에서 114~192cm, T2에서 123~133cm로 약간 증가하며, 섬진강 하구인 망덕 (T5)에서는 120~157cm로 다시 약간 감소한다.

3. 결 론

광양만에서는 (주)포스코가 20여년 운영하고 있는 광양항 검조소 등 4개 검조소의 조석 관측 자료로부터 태풍에 의한 해일고를 산정 하였다. 이 중에 광양만에 직접적인 영향을 미친 태풍 셀마, 루사, 매미에 대하여 검토하였다. 광양만에서의 태풍에 의한 해일고를 산정한 결과, 고조위 편차는 74~185cm이고, 최대조위편차는 151~240cm로 나타났다. 최대 조위 편차를 원인별로 분석하면 기압강하에 의한 해면상승이 43~59cm, 섬진강 홍수로 인한 수위 상승이 4~

5cm 그리고 외해로부터 해일파의 전파 및 강풍에 의한 해면상승이 97~192cm로 나타났다.

따라서 최대조위편차의 최대요인은 외해로부터 해일파의 전파 및 강풍에 의한 해면상승이고 그 다음으로는 기압강하에 의한 해면상승이다. 홍수로 인한 수위상승이 생각보다 적게 나타난 이유는 최고홍수위가 태풍 통과 후 수 시간 후에 발생하기 때문이다.

태풍 매미에 의한 광양항의 실측 최고조위 460cm는 인근부지고 설계시 추정된 100년 빈도 고극조위 455cm보다도 5cm 높은 조위이며, 인근부지고 500cm에 육박하였다.

태풍이 광양만의 서측을 통과하는 경우 광양만은 태풍의 위험반원에 속하여 강한 남풍에 의한 해수의 연안측으로의 충격현상으로 현저한 해일 현상이 발생할 것으로 예상된다. 최근에는 전지구적 온난화와 엘리뇨 등의 영향으로 태풍과 같은 자연재해의 규모가 커지는 추세이고, 광양만 서측의 천해역과 조간대를 대규모로 매립함으로써 태풍 내습시 해일고를 추가적으로 상승시킬 가능성이 높다. 광양만내의 부지는 지

형적으로 여수해만을 거쳐 광양만의 안쪽에 위치하고 섬진강의 홍수 영향을 직접 받을 수 있으므로 태풍에 의한 폭풍해일로 인한 침수에 대비하여야 할 것으로 본다.

참고문헌

기상청, 홈페이지 www.kma.go.kr

김현성, 이석우, 2004. "광양만에서의 2003년 태풍 매미에 의한 폭풍해일", 한국해양학회지 9(3),

119-129

포항종합제철주식회사, 1983a. 광양만 광양제철소부지조성에 대한 영향, 중간보고 제5권, 조류 및 조위에 미치는 제철소부지의 영향, 예기되는 침식 및 퇴적, PAH, SOGREAH, (주)한국해양과학기술, 42p.

포항종합제철주식회사, 1983b. 광양만-지진도 장기조석관측보고서 (1982.3-1983.2), (주)한국해양과학기술.

포항종합제철주식회사, 1985. 광양제철소부지주변하해조사보고서, 요약편.

