

2015 원자력학회 추계학술대회

자연재해에 대한 설계 및 안전성 평가 현황

이성면 (hydroyi@kepcO-enc.com)

2015. 10. 28.

Table of Contents

1

자연 재해

2

강우에 의한 홍수

3

지진해일 및 폭풍해일



자연 재해

1. 자연 재해

◇ 설계고려 자연재해

- 지진 (Earthquake)
- 홍수 (Flood)
- 바람 (wind)
- 모래폭풍 (Sand Storm)
- 폭설 (Snow)
- 결빙 (Icing) 등

1. 자연 재해

◇ 자연재해 설계 재현기간 (Return Period)

- 지진 (Earthquake): $10^{-4}/\text{yr}$
- 홍수 (Flooding): $10^{-6}/\text{yr}$
- 바람 (wind)
 - 태풍: $10^{-7}/\text{yr}$
 - 토네이도: $10^{-7}/\text{yr}$
- 모래폭풍 (Sand Storm): Deterministic
- 폭설 (Snow): $10^{-2}/\text{yr}$
- 결빙 (Icing): Deterministic

2

강우에 의한 홍수

2. 강우에 의한 홍수

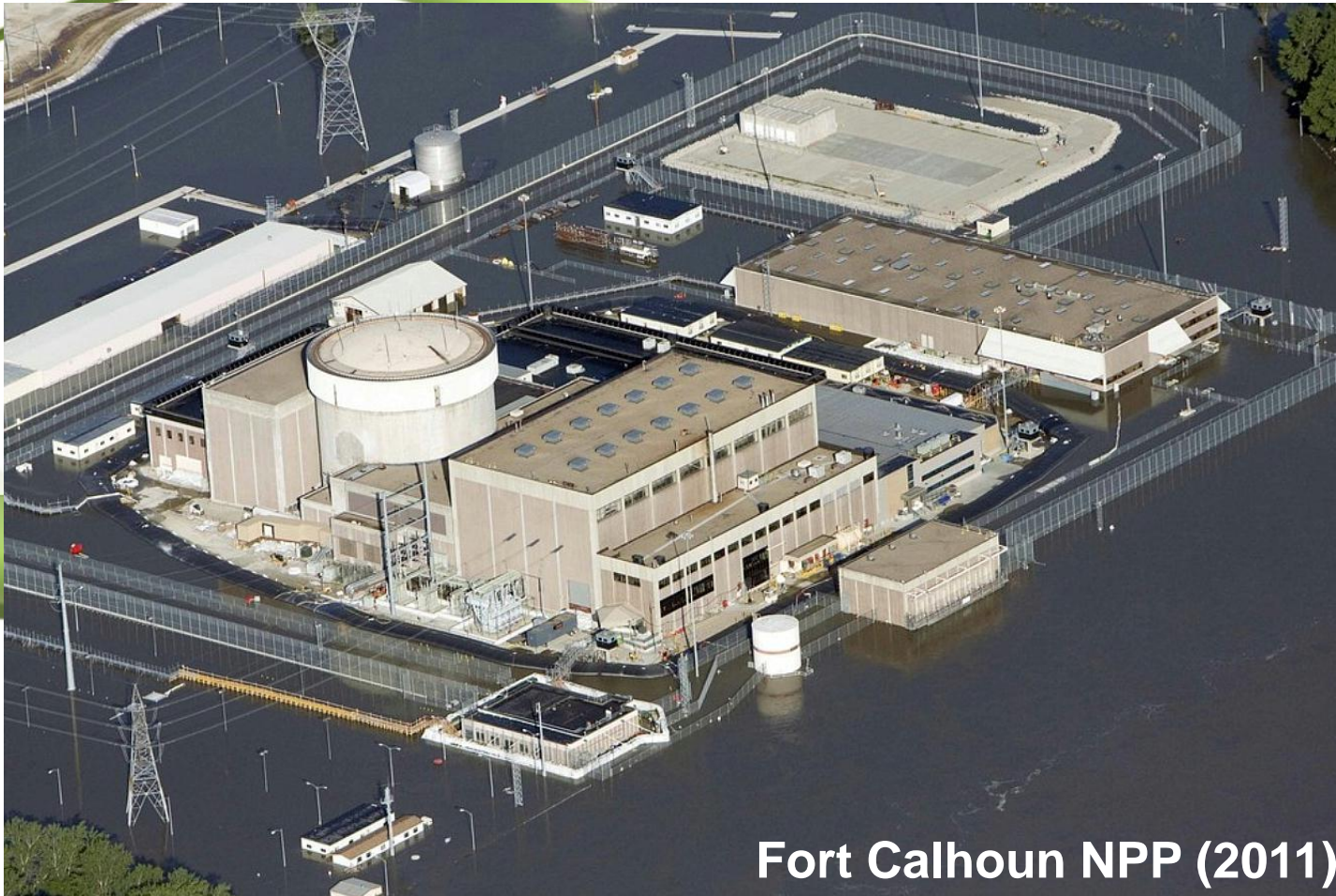
강우관련 원전 규제기준

- 원안위고시 제2012-20호
“원자로시설 부지의 수문 및 해양 특성에 관한 조사, 평가 기준”
- NUREG-O800(SRP) 2.4.3
“Probable Maximum Flood (PMF) on Streams and Rivers”
- RG 1.59
“Design Basis Floods for Nuclear Power Plants”

“PMF에 의한 부지 인근 하천 범람 평가, 부지내 침수 영향 평가 및 홍수 방호 설계”

2. 강우에 의한 홍수

강우에 의한 원전피해



Fort Calhoun NPP (2011)

2. 강우에 의한 홍수

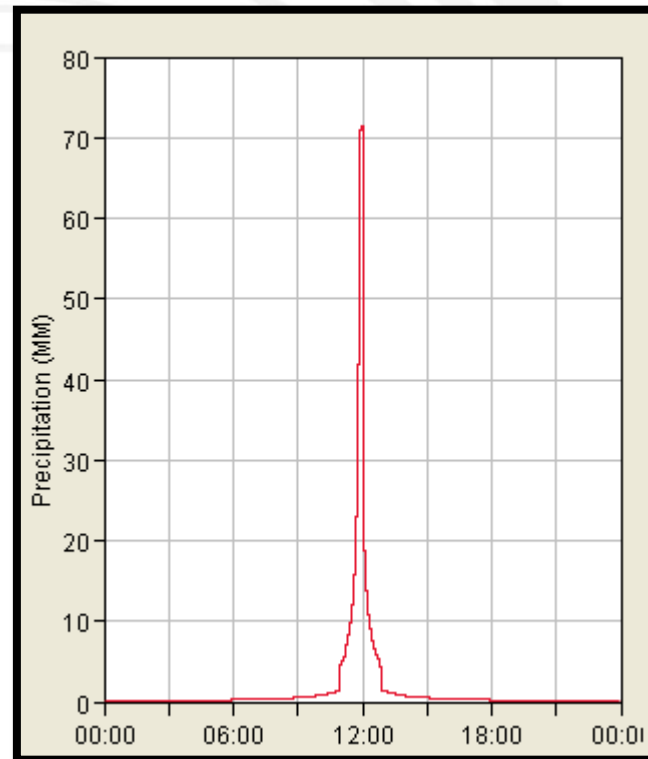
◇ 강우에 의한 홍수평가

- PMP (probable maximum precipitation) 결정
 - 연최대일 강우량 자료 수집
 - 24시간 PMP 산정 (WMO, 2009)
- PMP 시간 분포
- HEC-HMS 모델 Set-up
 - 소유역 구분
 - 유역면적 산정
 - 유역유출 특성 결정
 - 강우 입력
- PMP에 의한 침수심 산정
 - 저수지 월류심 결정

2. 강우에 의한 홍수

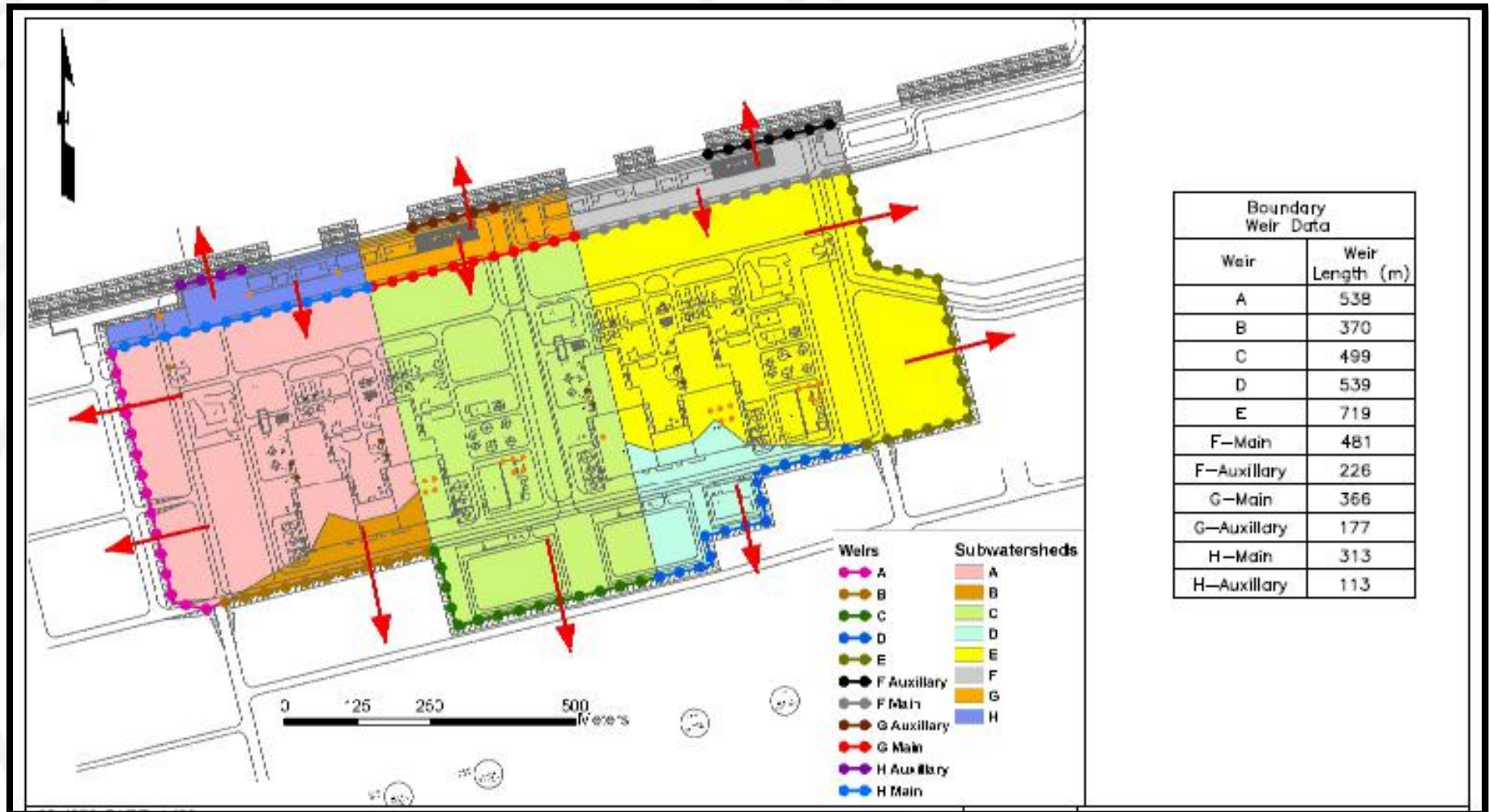
◇ PMP 강우 시간 분포

Time (min)	5	15	30	60	120	180	360	1440
24시간 PMP (%)	15.0	38.8	53.9	68.9	83.9	87.0	92.4	100.0
PMP								
	474.2	70.9	184.0	255.4	326.7	398.1	412.6	474.2



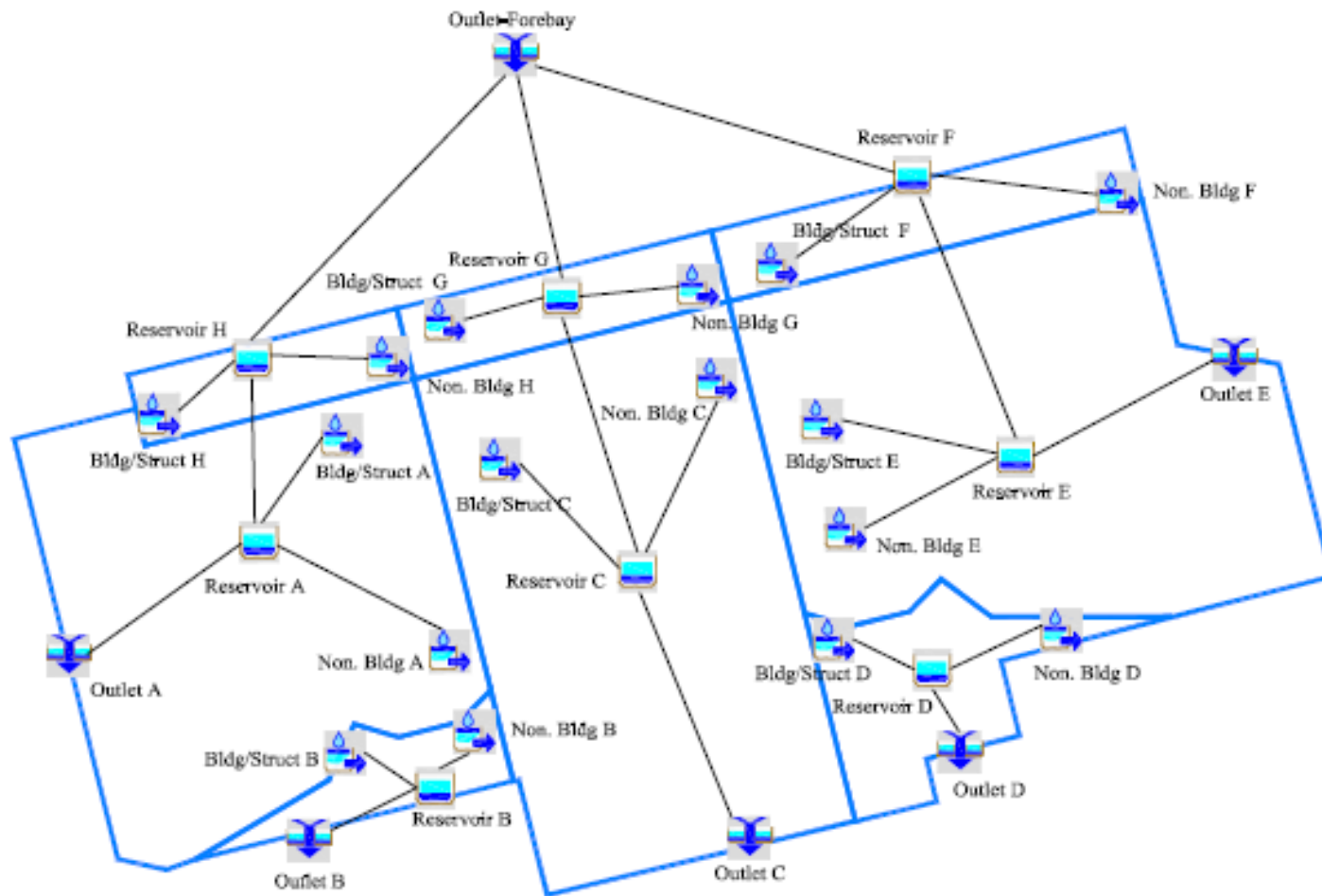
2. 강우에 의한 홍수

◇ 부지 유역도 및 강우 유출 개념도



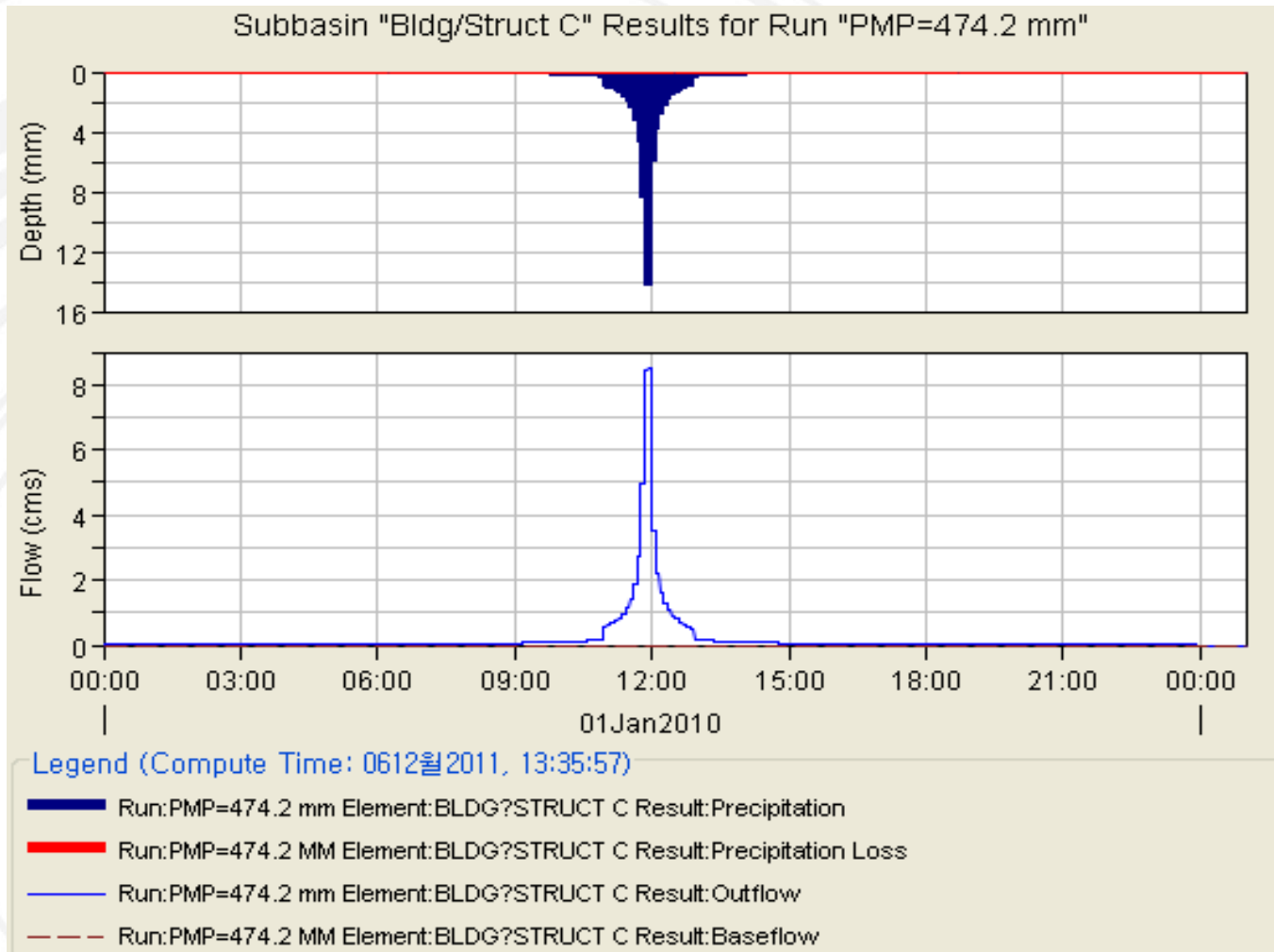
2. 강우에 의한 홍수

◇ HEC-HMS 강우-유출 개념도



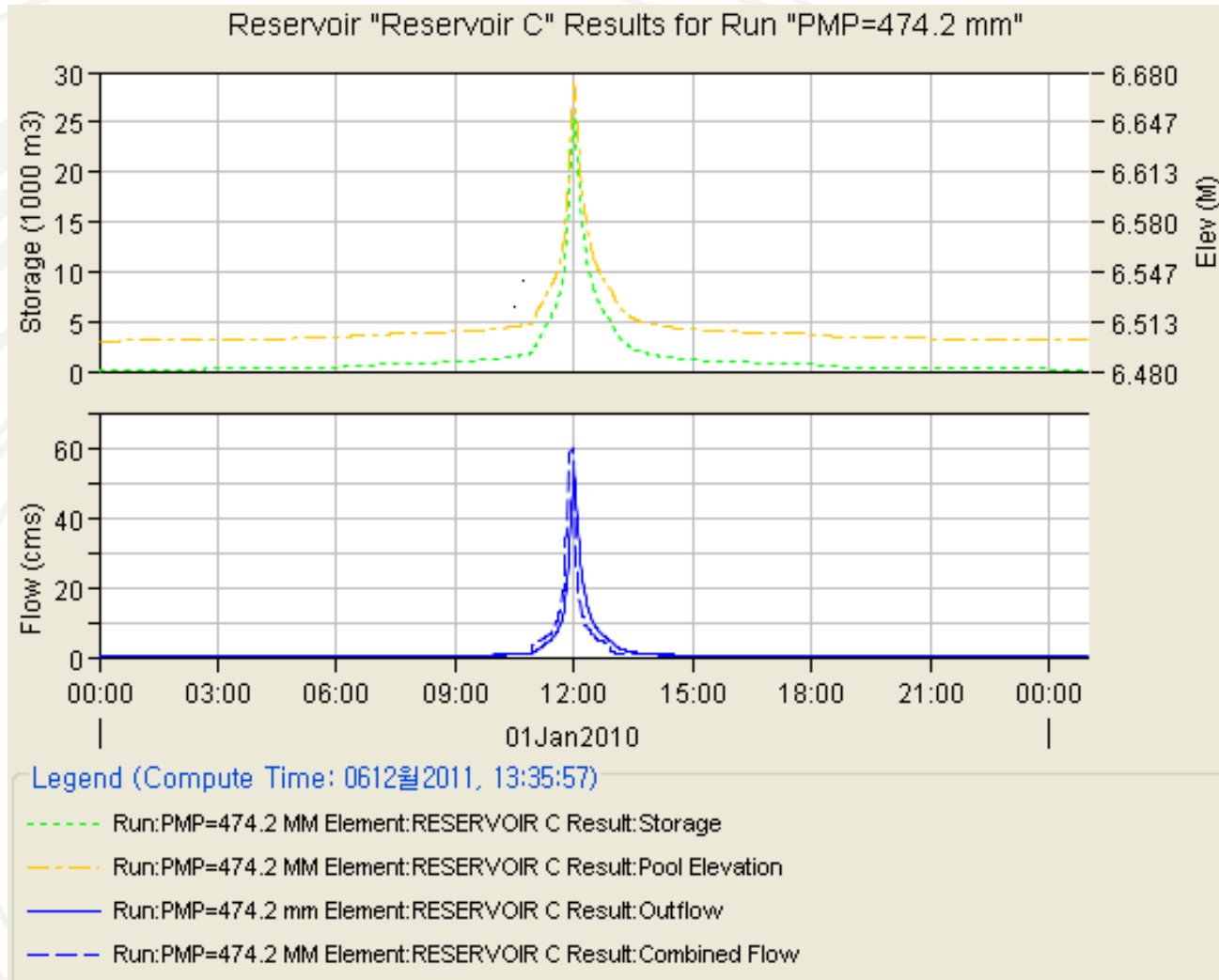
2. 강우에 의한 홍수

◇ HEC-HMS 강우-유출모형을 이용한 소유역 우량도, 유출수문곡선



2. 강우에 의한 홍수

◇ HEC-HMS 강우-유출모형을 이용한 소유역 수위-유량곡선/유출수문곡선



2. 강우에 의한 홍수

◇ 원전 부지의 침수심 산정 결과

Sub-watershed	PMP - 474.2 mm			
	Spillway Outflow (m ³ /sec)	Peak Stage (m)	Volume Outflow (1000 m ³)	Depth (m)
Sub-watershed A	46.4	6.65	102.38	0.15
Sub-watershed B	5.1	6.54	10.18	0.04
Sub-watershed C	49.8	6.67	113.67	0.17
Sub-watershed D	10.6	6.56	21.16	0.06
Sub-watershed E	56.9	6.64	122.57	0.14
Sub-watershed F + G + H	7.0	7.55	13.87	0.05
Total/Max		7.55	383.83	0.17

2. 강우에 의한 홍수

◇ 홍수 방호 설계

❖ 외부 홍수에 의한 건물 내부 유입/침수를 방지하기 위한 설계 수행

- 지상 개구부(출입문, opening 등)를 홍수위 상부에 설치
- 지상 1층 바닥고 홍수위 상부에 설치
- 홍수위 이하 개구부 water-tight (방수문 등)로 설계

3 지진해일 및 폭풍해일

3. 지진해일 및 폭풍해일

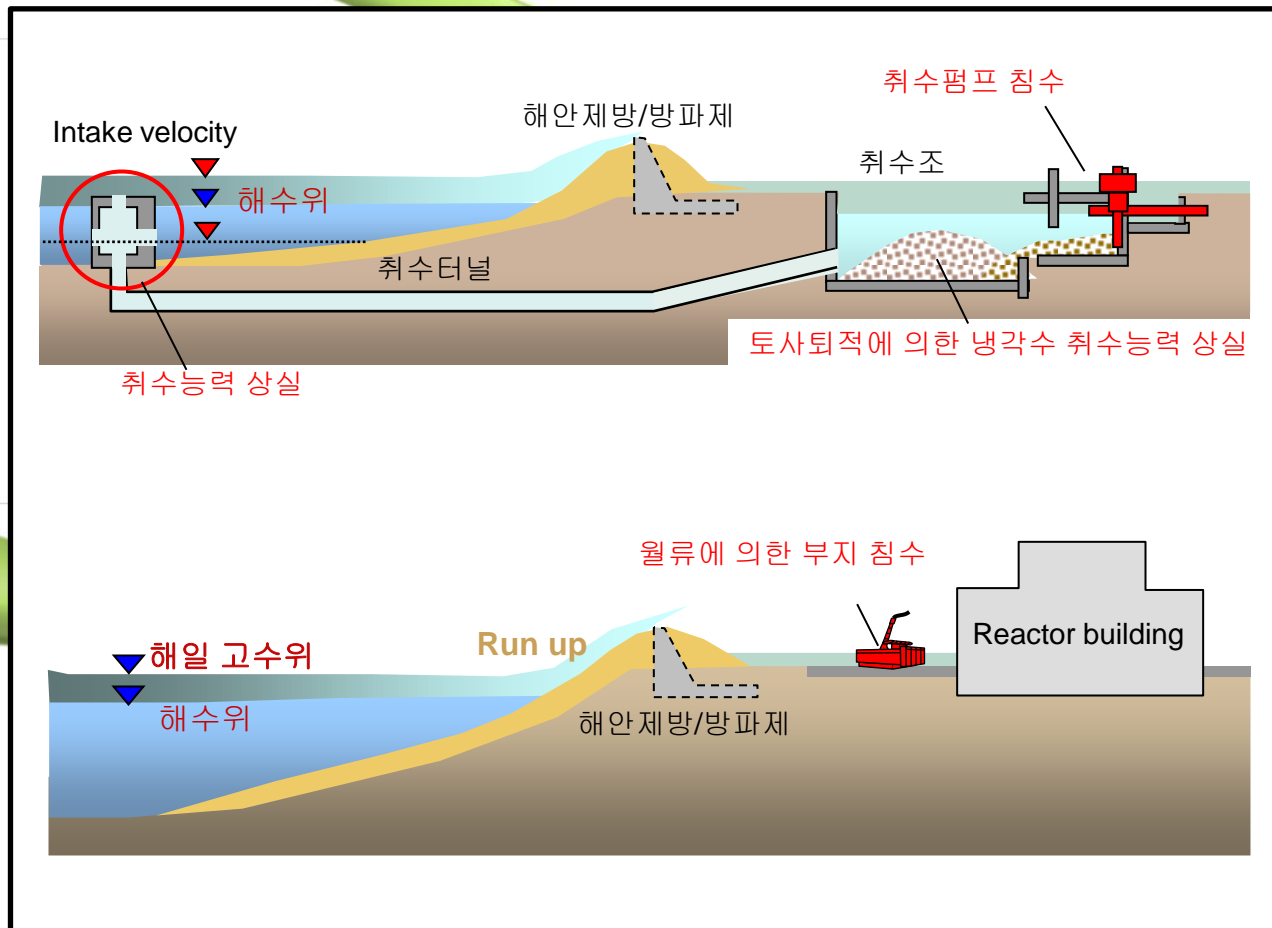
해일관련 원전 규제기준

- 원안위고시 제2012-20호
“원자로시설 부지의 수문 및 해양 특성에 관한 조사, 평가 기준”
- NUREG-O800(SRP) 2.4.5 & RG 1.206 C.I.2.4.5
“Probable Maximum Surge and Seiche Flooding”
- NUREG-O800(SRP) 2.4.6 & RG 1.206 C.I.2.4.6
“Probable Maximum Tsunami Hazards”

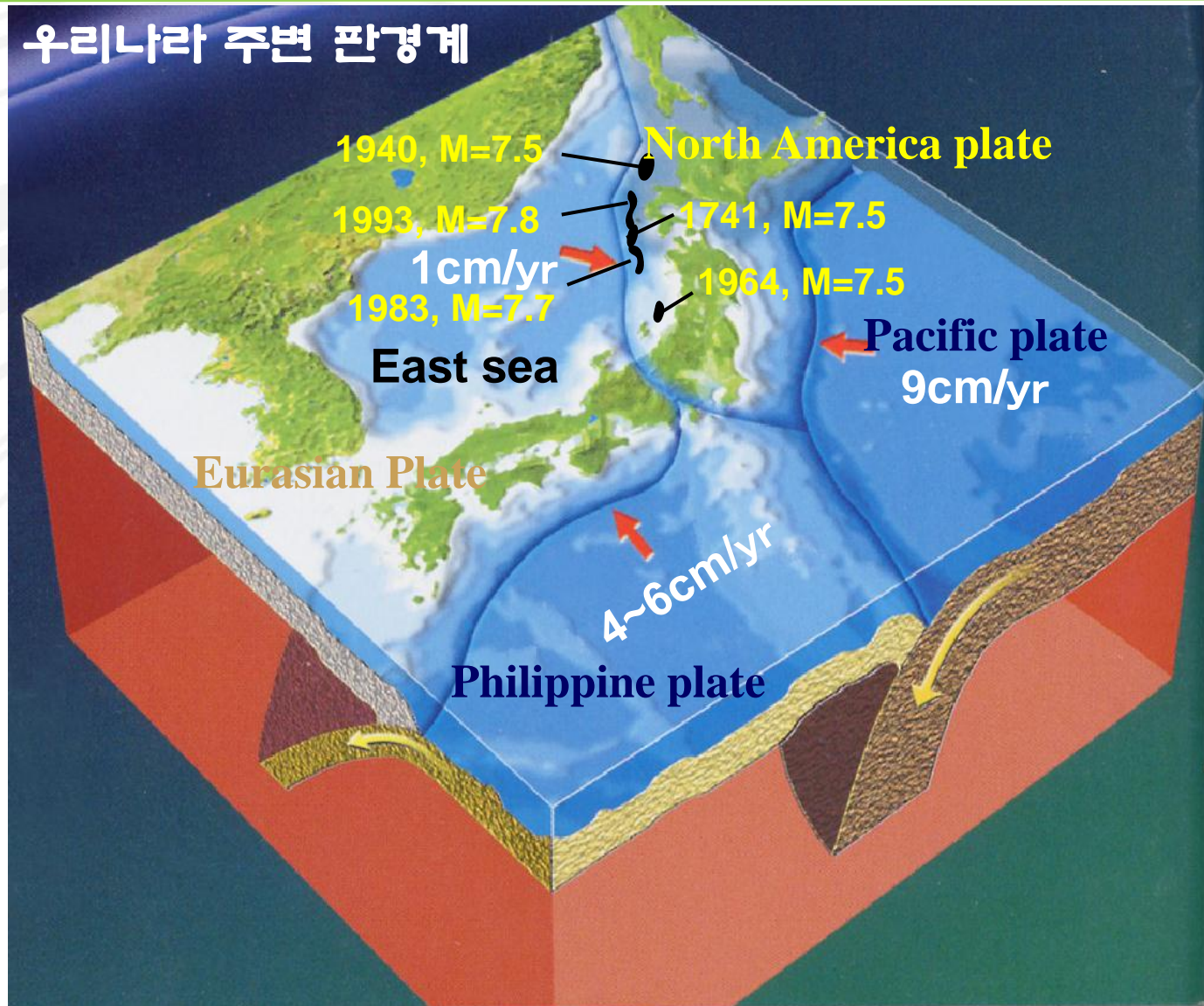
“지진/폭풍해일시 고수위에 의한 부지 침수방호 및 저수위시 냉각수 취수가능 입증”

3. 지진해일 및 폭풍해일

해일에 의한 원전피해

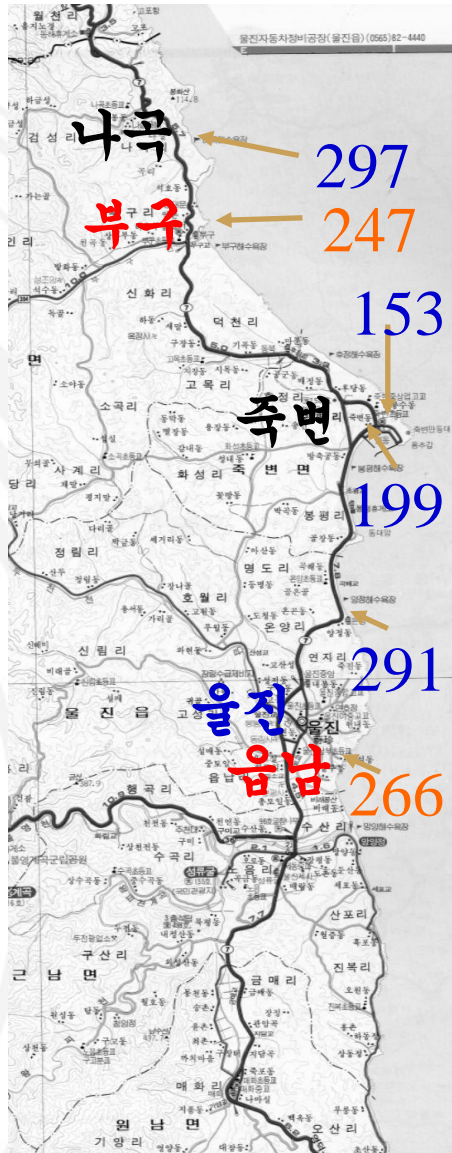
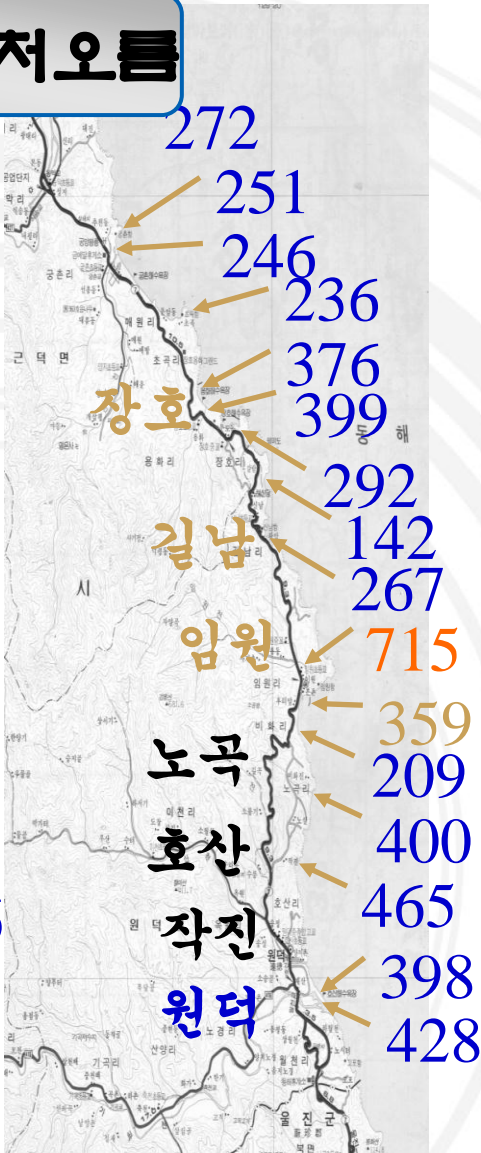


3. 지진해일 및 폭풍해일



3. 지진해일 및 폭풍해일

1983년 지진해일 초옴



Max = 715 cm
Mean = 300 cm

3. 지진해일 및 폭풍해일

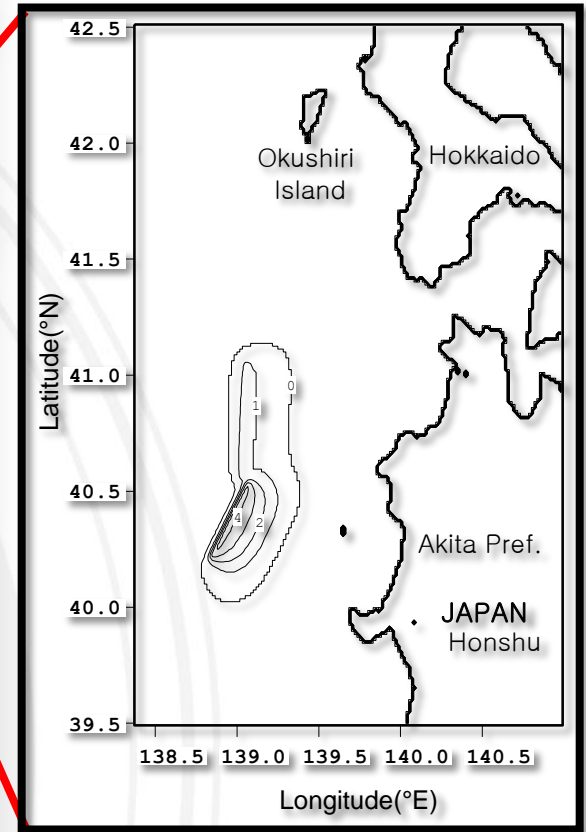
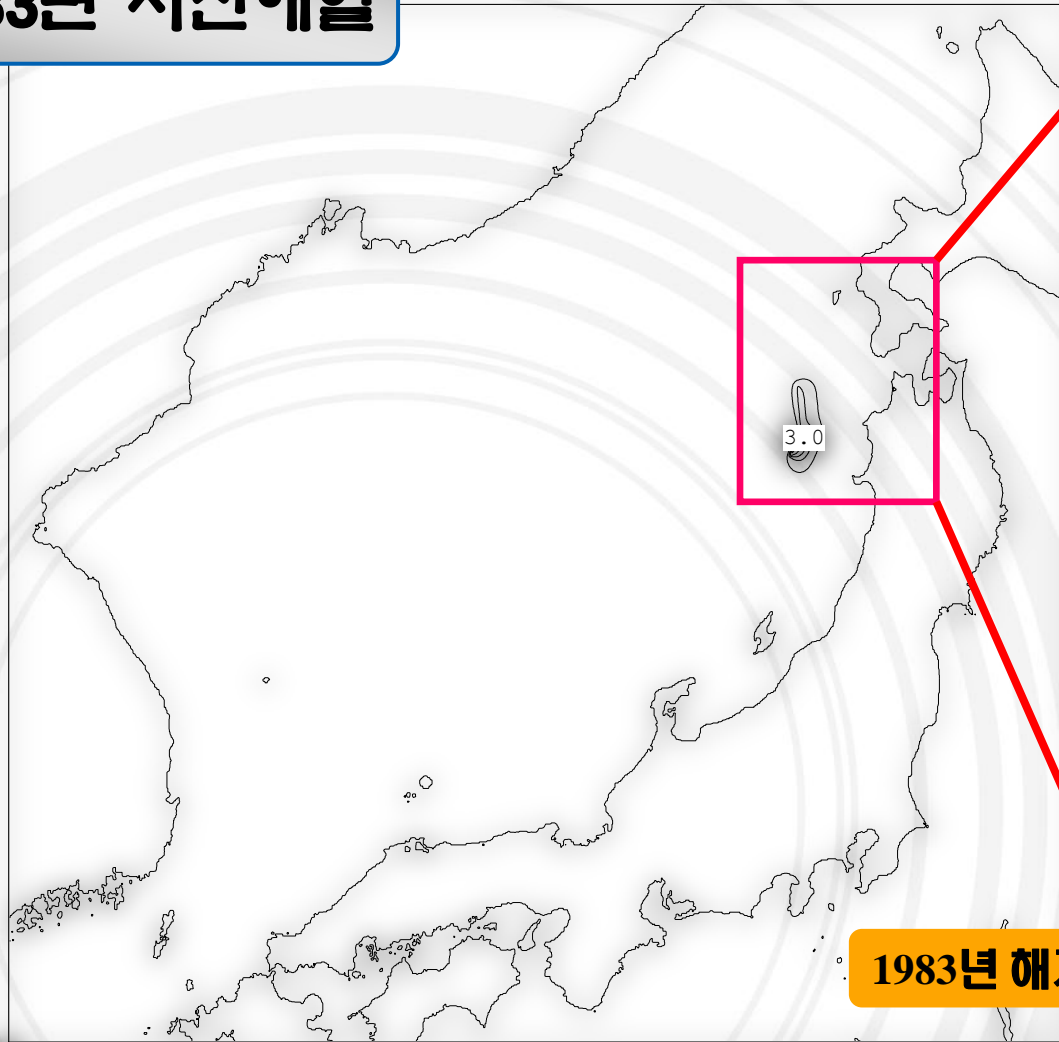
1983년 지진해일 (임원항)

사망 2명
가옥, 선박 등 피해



3. 지진해일 및 폭풍해일

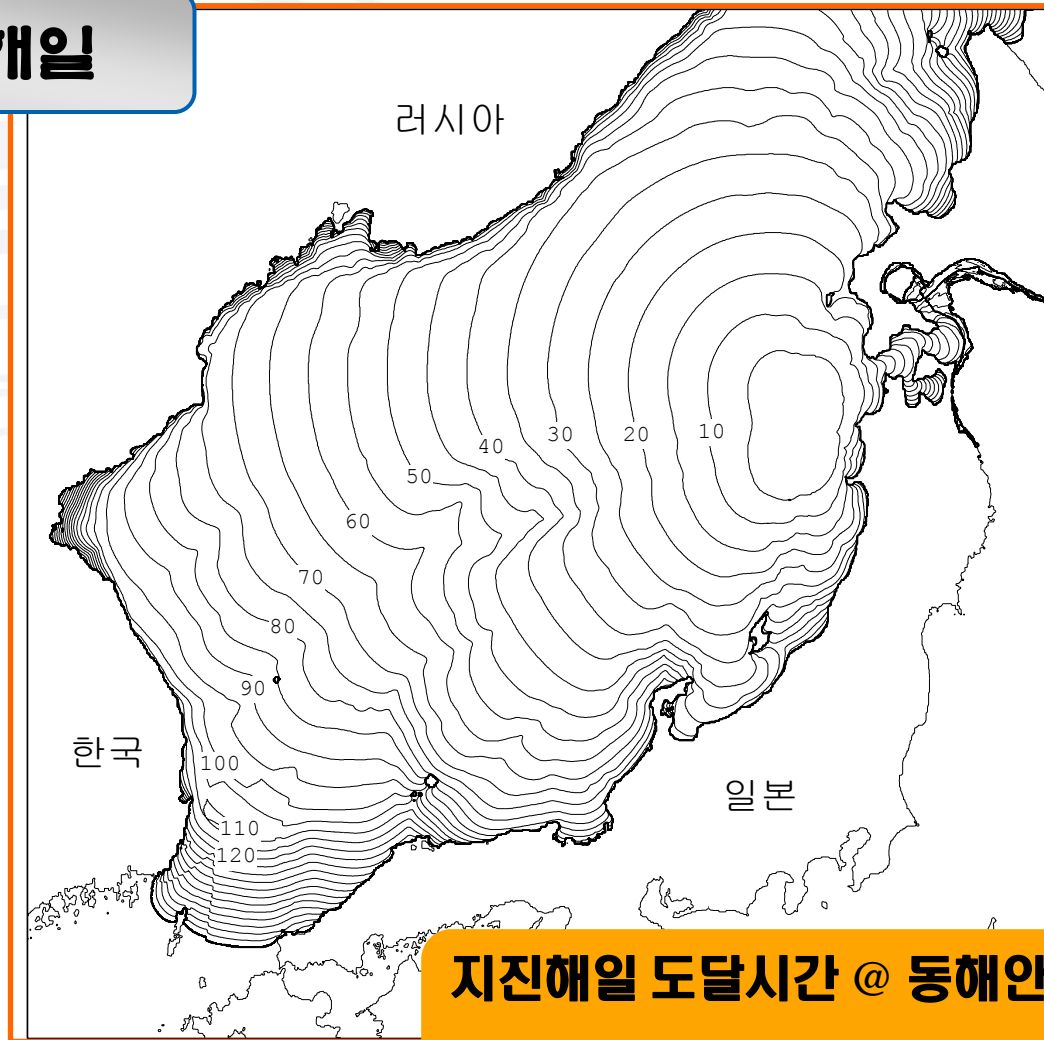
1983년 지진해일



1983년 해저지진에 의한 지진해일 초기파형

3. 지진해일 및 폭풍해일

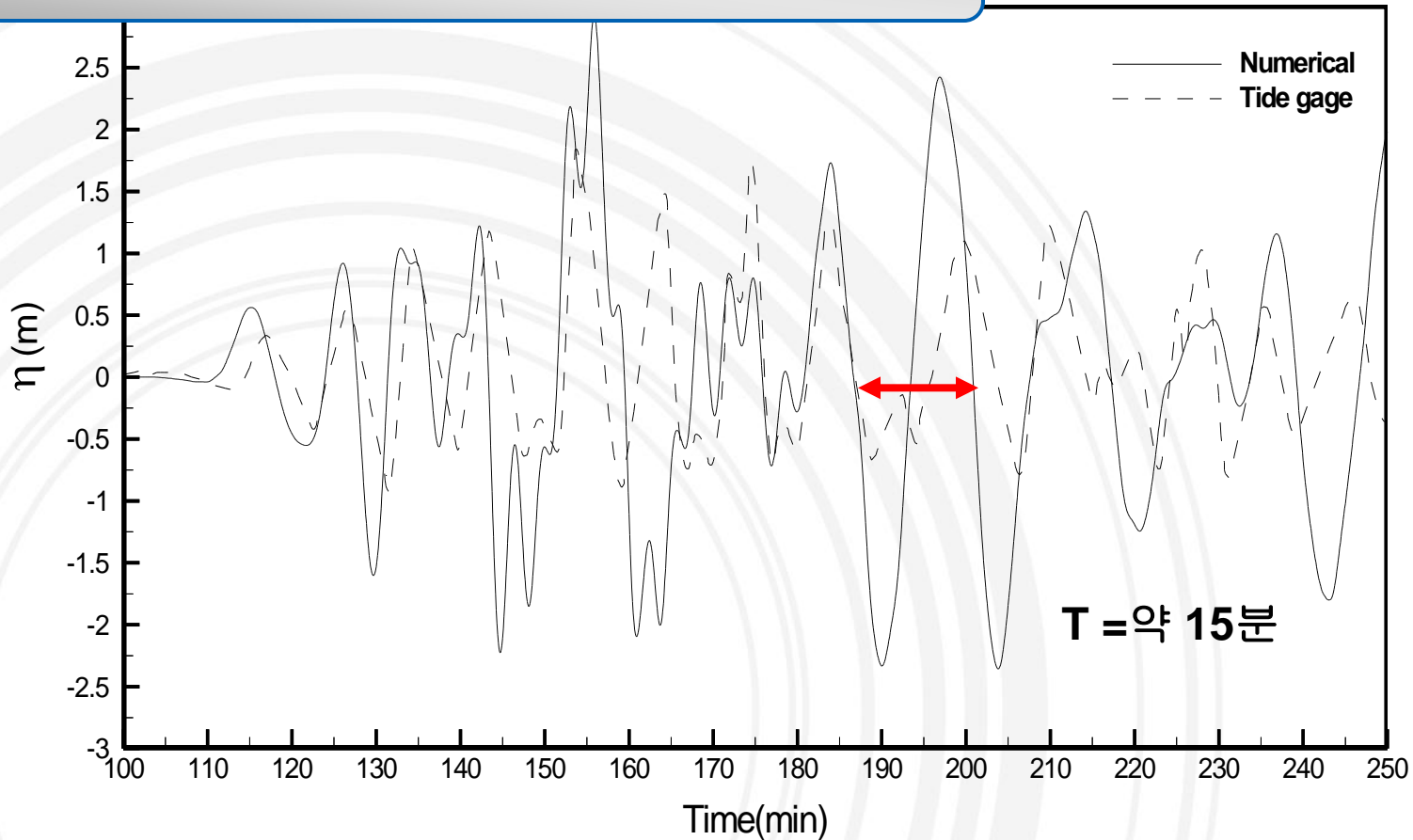
1983년 지진해일



지진해일 도달시간 @ 동해안 : 100분 ~120분
경보발령 후 주민소개 시간: 약 100분

3. 지진해일 및 폭풍해일

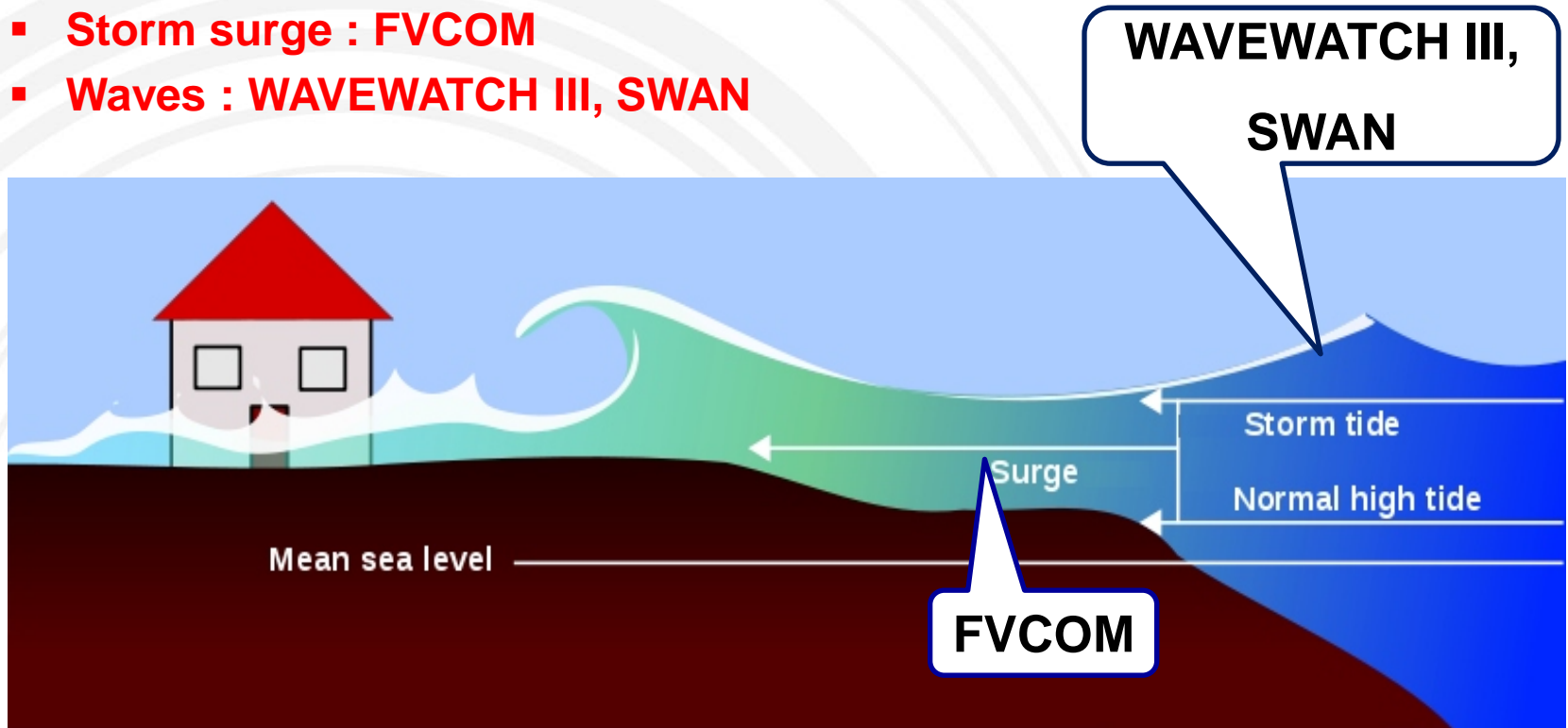
수지모형 검토정 (1993년 지진해일 - 묵호항)



3. 지진해일 및 폭풍해일

폭풍해일 분석

- 적용 수치 모형
 - Storm surge : FVCOM
 - Waves : WAVEWATCH III, SWAN



최고해수위 산정

고조위 + 폭풍해일고 + 파수위 상승 + 처오름고

3. 지진해일 및 폭풍해일

- 수치해석 모델 구성

- 폭풍해일 수치해석 모델

- 바람과 기압 고려
 - 해양상태(파랑, 쇄파 등)의 영향이 고려된 저항계수

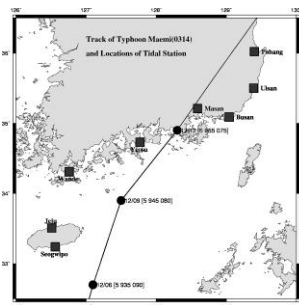
- 파랑 수치해석 모델

- 심해파
 - 5분 격자크기
 - 천해파 계산영역의 스펙트럼 산출
 - 천해파
 - 100m, 10m 격자크기
 - 해안구조물 전면에서의 파랑 산정

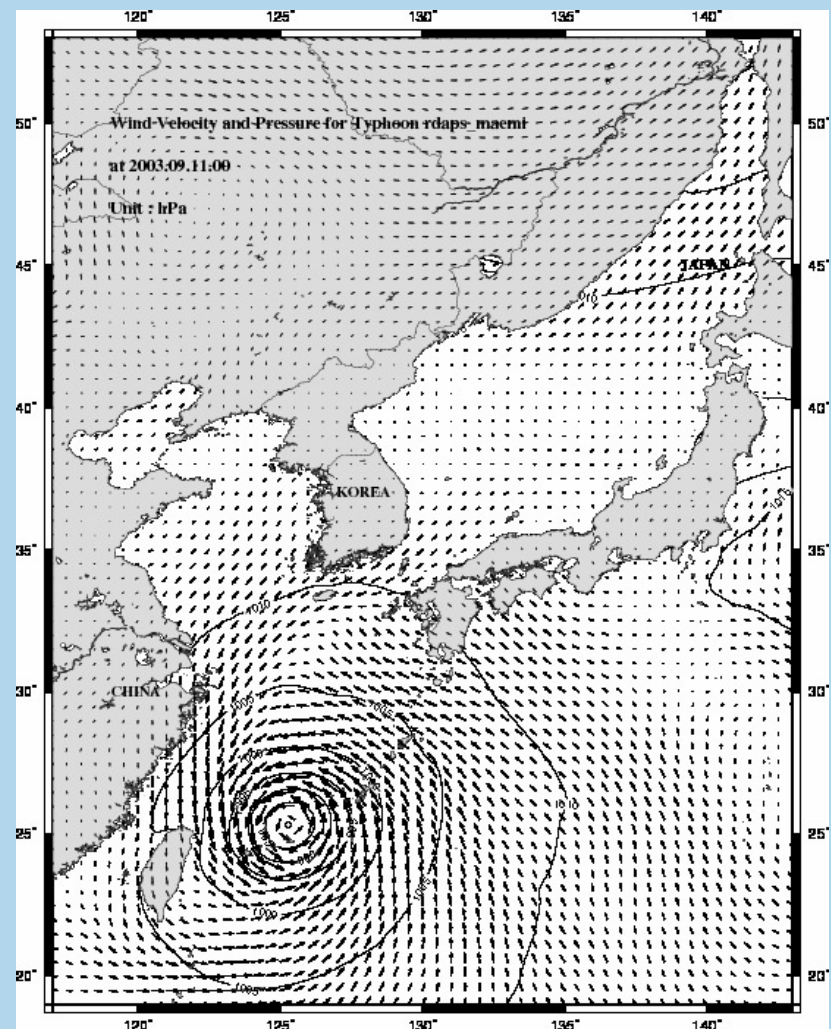
3. 지진해일 및 폭풍해일

• 수치모형 검토정

- 폭풍해일 모형(FVCOM)
 - 태풍 매미(2003년 9월)
 - 기압, 바람자료
 - 기상청 RDAPS 예측치
 - 격자 크기 : **0.25° (30km)**
 - 3시간 간격 바람, 기압장
 - 검조소 수위 관측 자료
 - 2003년 9월의 1시간 자료에서 조석 성분 제외
 - 비교 위치
 - 남해 : 마산, 제주, 서귀포, 완도, 여수, 부산(6개소)
 - 동해 : 울산, 포항(2개소)



태풍 매미 바람 및 기압장

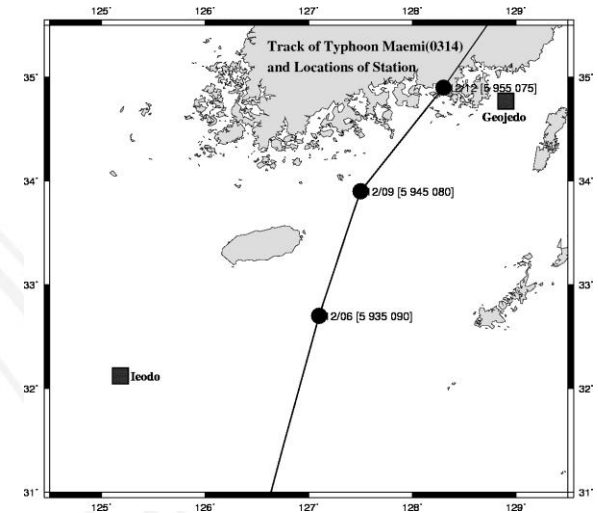


3. 지진해일 및 폭풍해일

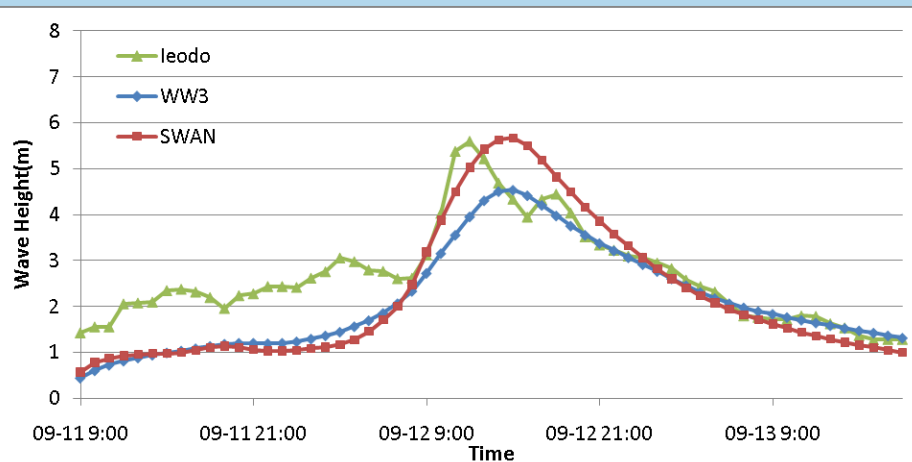
• 수치모형 검토정

➤ 심해파/천해파 모형 (WW3, SWAN)

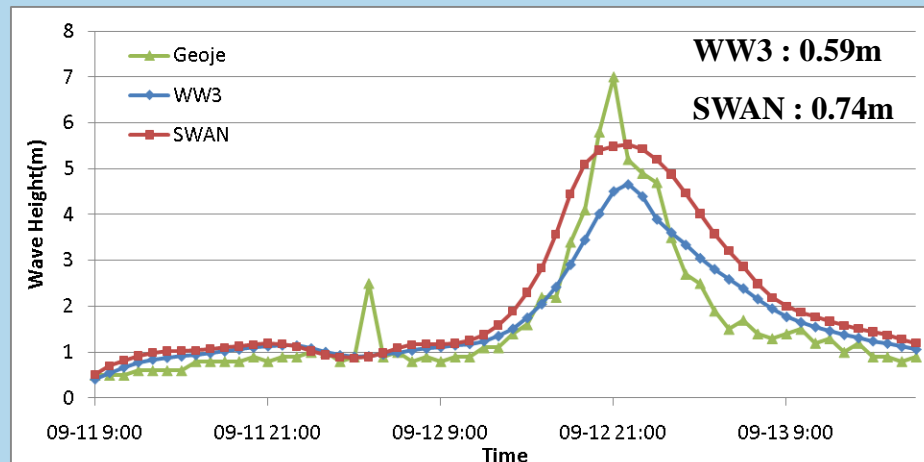
- 이어도 해양과학기지, 거제도 해양관측부이
- 파고 관측 자료 비교



이어도 해양관측기지



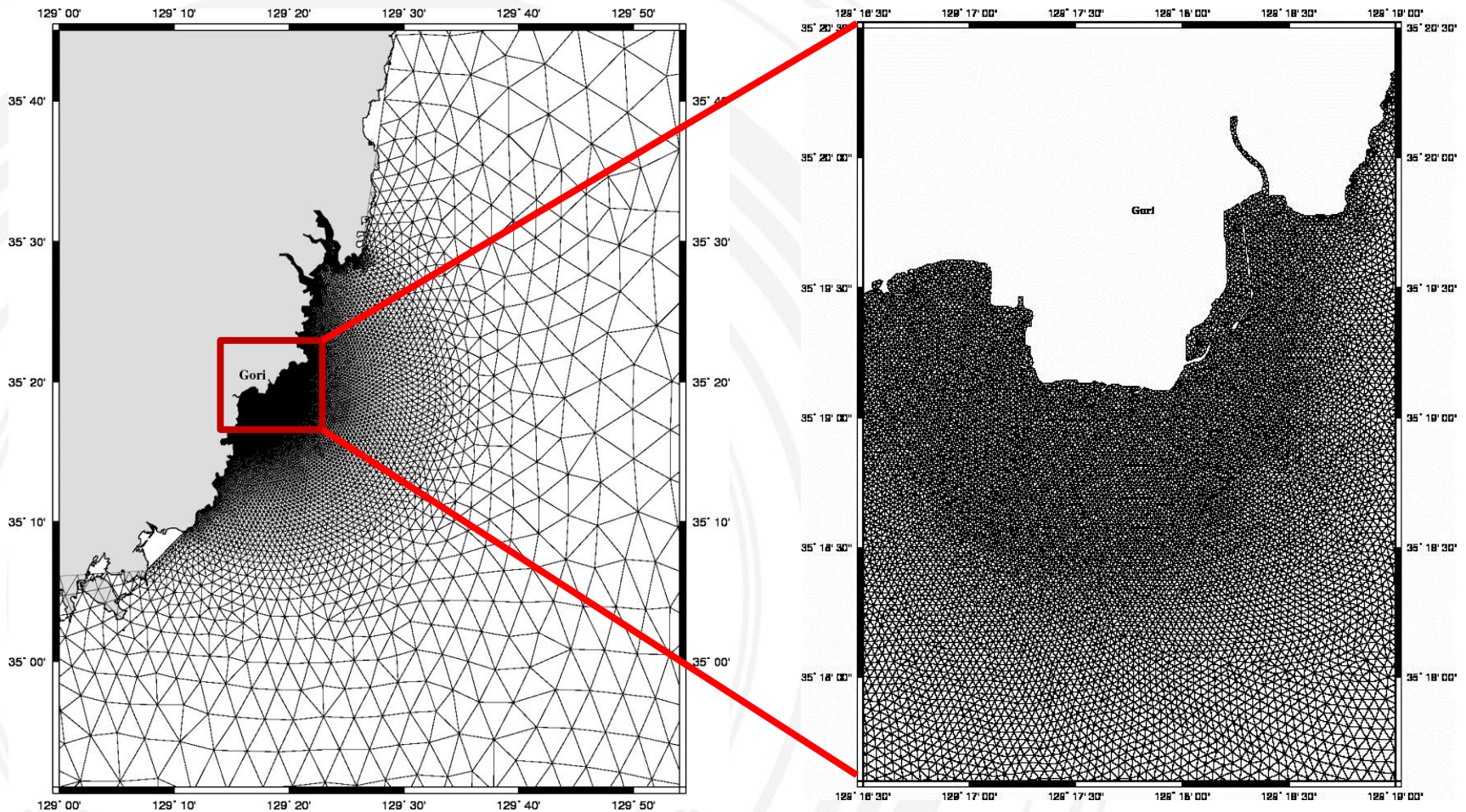
거제도 관측 부이



3. 지진해일 및 폭풍해일

- 폭풍해일 수치실험

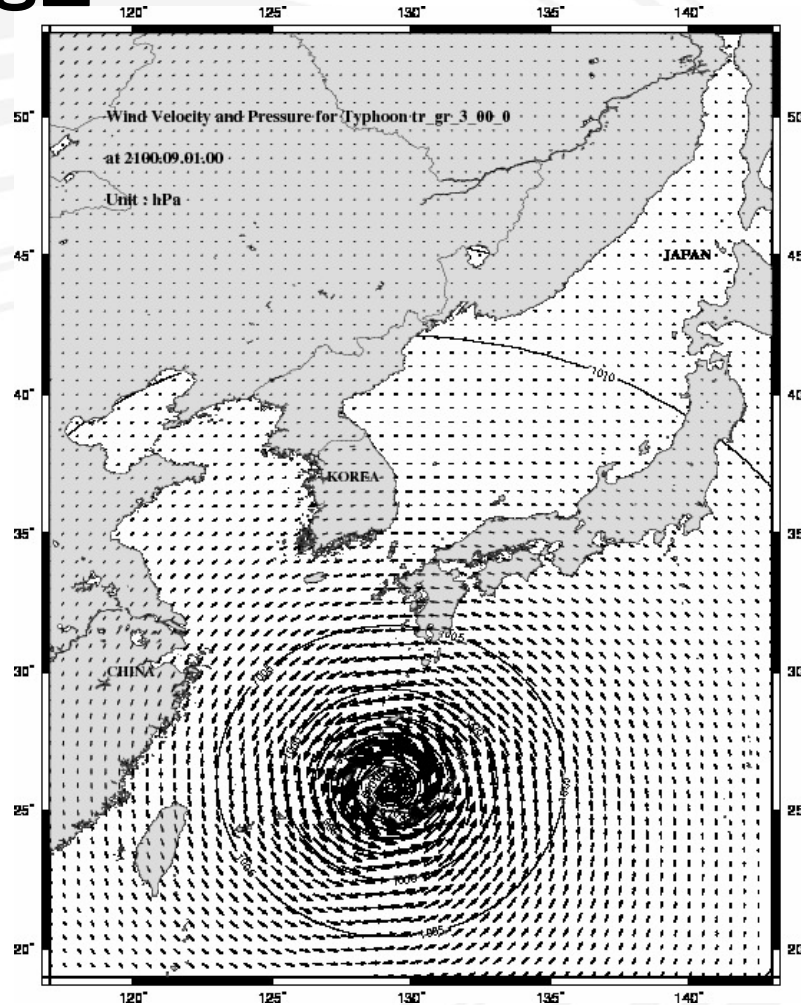
- 격자 구성



3. 지진해일 및 폭풍해일

- 폭풍해일 수치실험

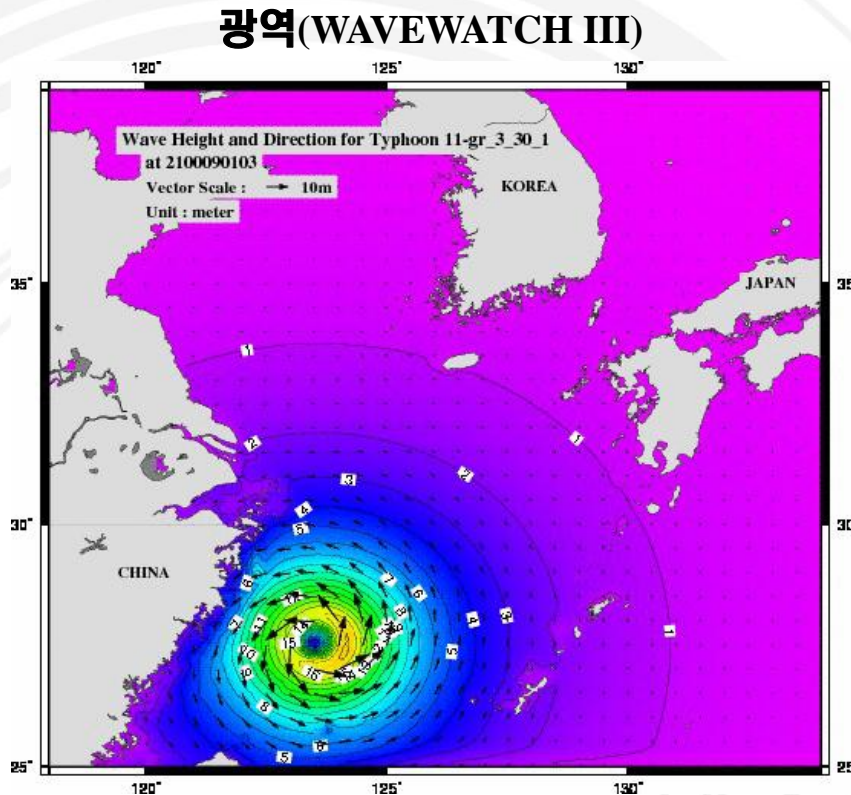
- 태풍 경로



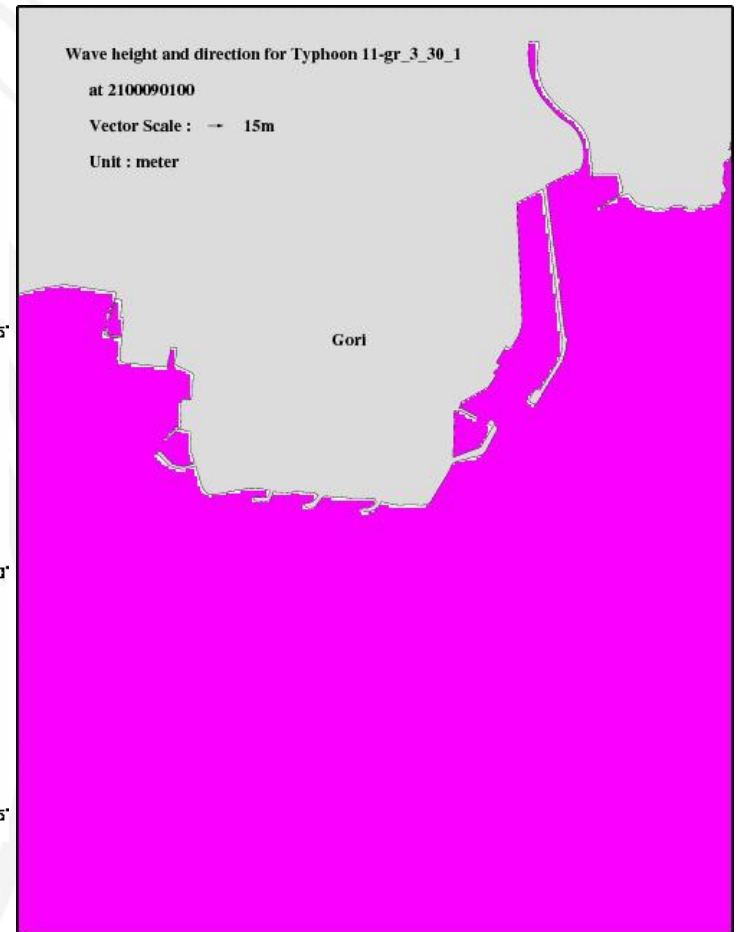
3. 지진해일 및 폭풍해일

- 폭풍해일 수치실험 결과

- 유의파고



대상해역 인근(SWAN)

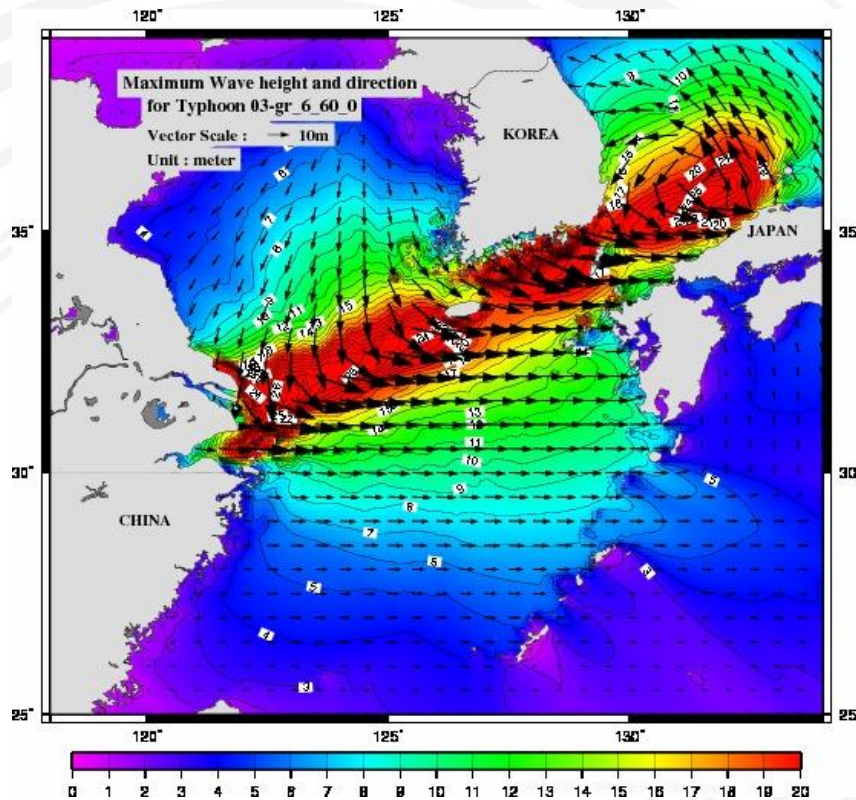


3. 지진해일 및 폭풍해일

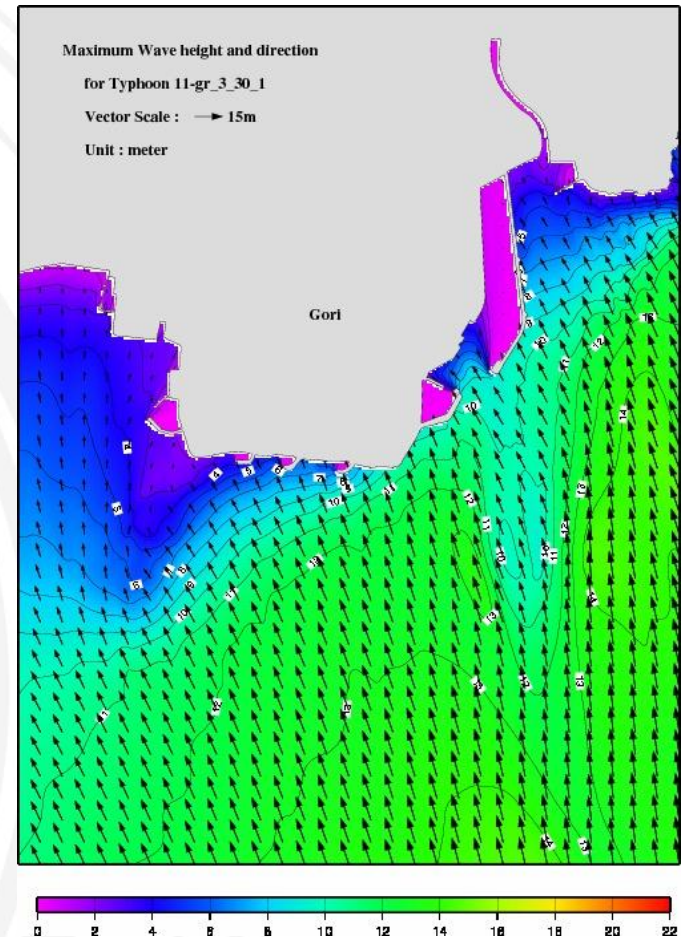
• 폭풍해일 수치실험 결과

➢ 최대유의파고

광역(WAVEWATCH III)



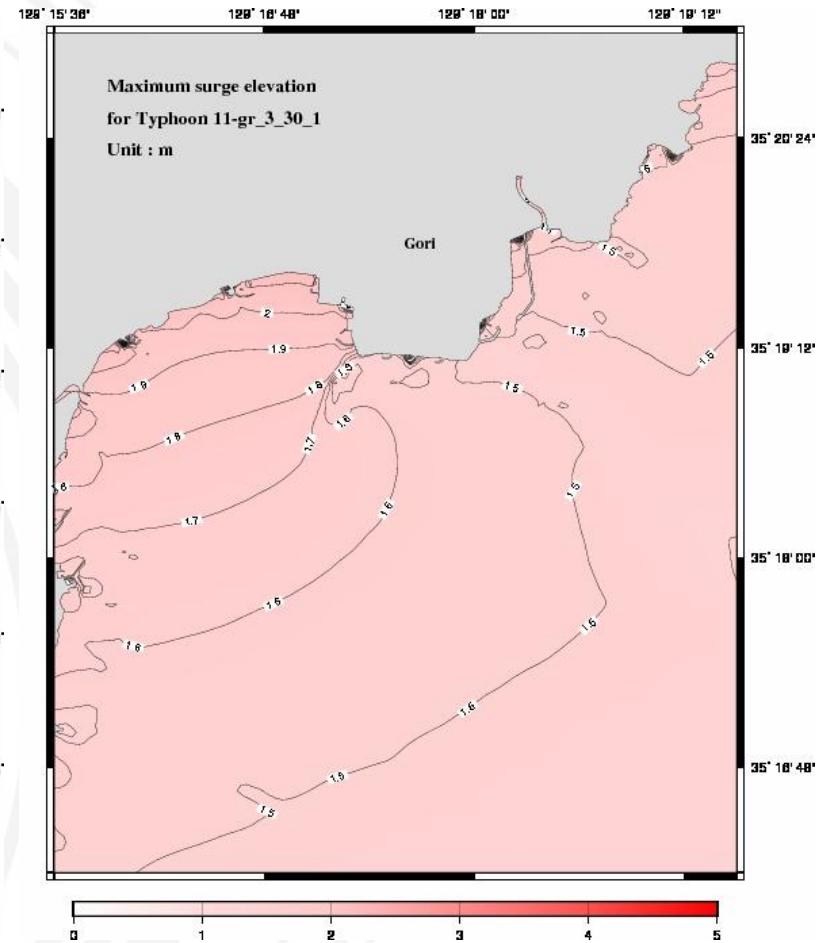
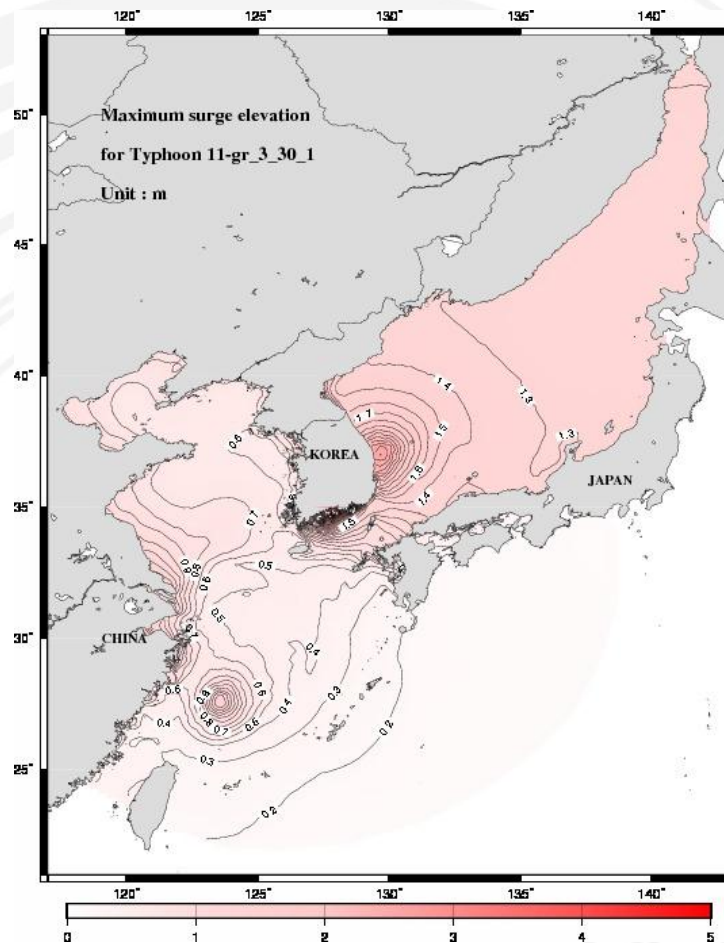
대상해역 인근(SWAN)



3. 지진해일 및 폭풍해일

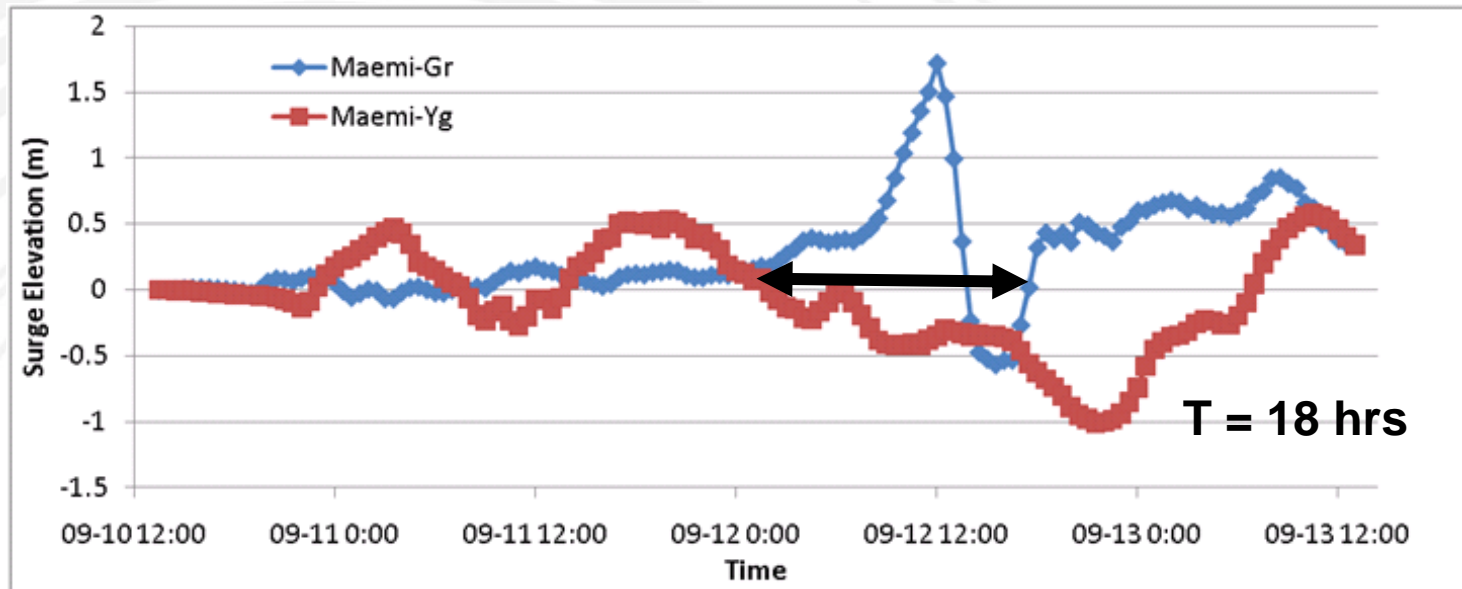
- 폭풍해일 수치실험 결과

- 최대 해일고



3. 지진해일 및 폭풍해일

- 폭풍해일 수치실험 결과
 - 최대 해일고 시계열



3. 지진해일 및 폭풍해일

해일 방호 설계

- 고수위에 대한 설계
 - ✓ 부지고를 침투 홍수위 상부로 설정
 - ✓ 안전성관련 SSC 홍수 방호 설계(해안방벽, 홍수방호 dike, 방수문 등)
- 저수위에 대한 설계
 - ✓ Ultimate Heat Sink 상실 방지를 위하여 ESW 펌프 취수가능 설계
 - ✓ 저수위 지속기간 동안 UHS 공급을 위한 수중 pond 설치

The background features a large, flowing, light green wave-like shape that curves across the frame. A solid dark green horizontal bar is positioned at the very bottom. The text 'THANK YOU.' is centered in a bold, dark green font, with a subtle reflection effect beneath the letters.

**THANK
YOU.**