

工學碩士 學位論文

신뢰성 해석에 의한 해역별
기대월파확률 비교

Comparisons of the Expected Overtopping Probability
along Korean Coast by Utilizing Reliability Analysis

慶州大學校 大學院

土 木 工 學 科

朴 鉉 碩

2005年 12月

신뢰성 해석에 의한 해역별
기대월파확률 비교

Comparisons of the Expected Overtopping Probability
along Korean Coast by Utilizing Reliability Analysis

指導教授 權 赫 珉

이 論文을 碩士學位 論文으로 提出함

2005年 12月

慶州大學校 大學院

土 木 工 學 科

朴 鉉 碩

朴鉉碩의 碩士學位論文을 認准함

審 查 委 員 長 _____ 印

審 查 委 員 _____ 印

審 查 委 員 _____ 印

慶州大學校 大學院

2005年 12月

목 차

목차	i
표 목차	iii
그림 목차	iv
기호	viii
제 1 장 서론	1
1.1 연구배경 및 필요성	1
1.2 연구내용 및 방법	3
제 2 장 해역별 조위발생빈도분포 특성	4
2.1 분석대상지 조위자료 산정	4
2.2 조위 발생확률밀도함수의 모수 추정	6
제 3 장 기대월파확률 산정 결과	19
3.1 대상지역의 설계파 조건	19
3.2 기대월파확률 산정	22
3.2.1 기대월파확률 계산방법	22
3.2.2 기대월파확률 계산결과	24
3.2.3 기존의 설계방법에 의한 마루높이의 기대월파확률 평가방법	44
제 4 장 해역별 기대월파확률 특성 비교	47
4.1 대상지역별 설계조건	47

4.2	과형경사에 따른 해역별 기대월과확률 비교	50
제 5 장	결론 및 향후 연구과제	53
5.1	결론	53
5.2	향후 연구과제	54
	참고문헌	55
	부록 A. 기대월과확률 계산의 현장적용 예	58
	부록 B. 해역별 기대월과확률 산정결과(사석)	77
	Abstract	97
	감사의 글	

표 목 차

표 2.1 조위자료 취득 지점 및 기간	5
표 2.2 동해안 지역의 조위확률밀도함수의 모수 추정값	7
표 2.3 남해안 지역의 조위확률밀도함수의 모수 추정값	8
표 2.4 서해안 지역의 조위확률밀도함수의 모수 추정값	8
표 3.1 동해안의 50년 빈도파고 및 모수추정 값	20
표 3.2 남해안의 50년 빈도파고 및 모수추정 값	20
표 3.3 서해안의 50년 빈도파고 및 모수추정 값	21
표 4.1 비교 지점별 α 값과 기대월파확률	49
표 A.1 군산외항 지역의 모수추정값 및 극치파고	60
표 A.2 조위확률밀도함수의 모수 추정값	61
표 A.3 GS호안 구간별 파랑 및 단면조건	68
표 A.4 구간별 환산심해파고 계산	70
표 A.5 구간별 파형경사	71
표 A.6 설계조건을 반영한 새롭게 산정된 설계조위(α)	72
표 A.7 GS호안의 구간별 기대월파확률	74

그림 목 차

그림 2.1	동해안 조위발생빈도분포(속초)	9
그림 2.2	동해안 조위발생빈도분포(목호)	9
그림 2.3	동해안 조위발생빈도분포(울릉도)	10
그림 2.4	동해안 조위발생빈도분포(후포)	10
그림 2.5	동해안 조위발생빈도분포(포항)	11
그림 2.6	동해안 조위발생빈도분포(울산)	11
그림 2.7	남해안 조위발생빈도분포(부산)	12
그림 2.8	남해안 조위발생빈도분포(가덕도)	12
그림 2.9	남해안 조위발생빈도분포(통영)	13
그림 2.10	남해안 조위발생빈도분포(여수)	13
그림 2.11	남해안 조위발생빈도분포(거문도)	14
그림 2.12	남해안 조위발생빈도분포(완도)	14
그림 2.13	남해안 조위발생빈도분포(제주)	15
그림 2.14	서해안 조위발생빈도분포(대흑산도)	15
그림 2.15	서해안 조위발생빈도분포(영광)	16
그림 2.16	서해안 조위발생빈도분포(군산외항)	16
그림 2.17	서해안 조위발생빈도분포(보령)	17
그림 2.18	서해안 조위발생빈도분포(평택)	17
그림 2.19	서해안 조위발생빈도분포(인천)	18
그림 3.1	동해안의 마루높이 설정과 조위발생빈도분포의 관계	22

그림 3.2	서해안의 마루높이 설정과 조위발생빈도분포의 관계	23
그림 3.3	동해안 속초 지역의 기대월파확률(Tetrapod)	25
그림 3.4	동해안 묵호 지역의 기대월파확률(Tetrapod)	26
그림 3.5	동해안 울릉도 지역의 기대월파확률(Tetrapod)	27
그림 3.6	동해안 후포 지역의 기대월파확률(Tetrapod)	28
그림 3.7	동해안 포항 지역의 기대월파확률(Tetrapod)	29
그림 3.8	동해안 울산 지역의 기대월파확률(Tetrapod)	30
그림 3.9	남해안 부산 지역의 기대월파확률(Tetrapod)	31
그림 3.10	남해안 가덕도 지역의 기대월파확률(Tetrapod)	32
그림 3.11	남해안 통영 지역의 기대월파확률(Tetrapod)	33
그림 3.12	남해안 여수 지역의 기대월파확률(Tetrapod)	34
그림 3.13	남해안 거문도 지역의 기대월파확률(Tetrapod)	35
그림 3.14	남해안 완도 지역의 기대월파확률(Tetrapod)	36
그림 3.15	남해안 제주 지역의 기대월파확률(Tetrapod)	37
그림 3.16	서해안 대흑산도 지역의 기대월파확률(Tetrapod)	38
그림 3.17	서해안 영광 지역의 기대월파확률(Tetrapod)	39
그림 3.18	서해안 군산외항 지역의 기대월파확률(Tetrapod)	40
그림 3.19	서해안 보령 지역의 기대월파확률(Tetrapod)	41
그림 3.20	서해안 평택 지역의 기대월파확률(Tetrapod)	42
그림 3.21	서해안 인천 지역의 기대월파확률(Tetrapod)	43
그림 3.22	동해안 속초 기대월파확률(Tetrapod)	45
그림 4.1	기대월파확률 평가 대상지역 위치도(국립해양조사원)	48

그림 4.2	파형경사에 따른 해역별 기대월과확률(동해안)	50
그림 4.3	파형경사에 따른 해역별 기대월과확률(남해안)	51
그림 4.4	파형경사에 따른 해역별 기대월과확률(서해안)	52
그림 A.1	우리나라 해역의 설계파 산정 지점	60
그림 A.2	서해안 조위발생빈도분포(군산외항)	61
그림 A.3	서해안의 마루높이설정과 조위발생빈도분포의 관계	63
그림 A.4	PART 1 구간의 기대월과확률(사석사면)	64
그림 A.5	PART 2 구간의 기대월과확률(Tetrapod사면)	65
그림 A.6	PART 1 구간의 기대월과확률 독취 예(사석사면)	67
그림 A.7	PART 1 구간의 표준단면도 (피복석 0.8m ³ /EA)	69
그림 A.8	PART 2 구간의 표준단면도 (TTP 3.2tonf)	69
그림 A.9	대상단면에 대한 설계조건 반영 관계도	71
그림 A.10	PART 1구간 기대월과확률 독취	74
그림 A.11	PART 2구간 기대월과확률 독취	75
그림 B.1	동해안 속초 지역의 기대월과확률(사석)	78
그림 B.2	동해안 묵호 지역의 기대월과확률(사석)	79
그림 B.3	동해안 울릉도 지역의 기대월과확률(사석)	80
그림 B.4	동해안 후포 지역의 기대월과확률(사석)	81
그림 B.5	동해안 포항 지역의 기대월과확률(사석)	82
그림 B.6	동해안 울산 지역의 기대월과확률(사석)	83
그림 B.7	남해안 부산 지역의 기대월과확률(사석)	84
그림 B.8	남해안 가덕도 지역의 기대월과확률(사석)	85

그림 B.9 남해안 통영 지역의 기대월과확률(사석)	86
그림 B.10 남해안 여수 지역의 기대월과확률(사석)	87
그림 B.11 남해안 거문도 지역의 기대월과확률(사석)	88
그림 B.12 남해안 완도 지역의 기대월과확률(사석)	89
그림 B.13 남해안 제주 지역의 기대월과확률(사석)	90
그림 B.14 서해안 대흑산도 지역의 기대월과확률(사석)	91
그림 B.15 서해안 영광 지역의 기대월과확률(사석)	92
그림 B.16 서해안 군산외항 지역의 기대월과확률(사석)	93
그림 B.17 서해안 보령 지역의 기대월과확률(사석)	94
그림 B.18 서해안 평택 지역의 기대월과확률(사석)	95
그림 B.19 서해안 인천 지역의 기대월과확률(사석)	96

기 호

$P(x)$	조위 확률밀도함수
η	조위
a_D	저수위 모형변수
a_U	고수위 모형변수
μ_D	저수위 평균
μ_U	고수위 평균
σ_D	저수위 표준편차
σ_U	고수위 표준편차
R^2	상관계수(Coefficient of determination)
SS_R	추정 함수
S_{yy}	실제 데이터의 분산
η_o	조위자료
$\bar{\eta}_o$	조위자료의 평균
$F(x)$	극치분포함수
A	축척모수
B	위치모수
h_c	마루높이
α	설계조위(DWL)와 평균조위(MSL)의 차
β	환산심해파고의 배수값

H_0' 환산심해파고

L_0 심해파장

O_p 기대윌파확률

제1장 서론

1.1 연구배경 및 필요성

신뢰성 설계기법(reliability design)은 기존의 결정론적 기법에 의한 피해 예상도를 정량적으로 평가할 수 있는 방법이다. 이 평가 기법을 사용할 경우 배후지의 중요도, 입지조건, 주민의 요구 등에 따른 성능설계(performance based design)가 가능해져 합리적인 축조비용의 분배를 기대할 수 있다.

기존의 확정론적 설계기법보다 여러 가지 불확정성 요소를 종합적으로 평가함으로써 합리적인 설계가 가능해진다. 이는 기존의 결정론적 설계기법에서 평가할 수 없었던 불확정성에 대한 종합적인 평가를 함으로써 주어진 조건에 대한 성능을 평가할 수 있으므로 다양한 요구에 대응할 수 있다.

연안구조물에 대한 신뢰성 설계방법은 1980년대 중반 이후부터 유럽과 일본을 중심으로 개발되어 왔다. 유럽에서는 van deer Meer(1988)가 방파제 피복층의 설계를 위하여 확률론적 접근법을 제안하였고 Burcharth(1991)는 경사식 방파제의 신뢰성 설계를 위하여 부분안전계수를 도입하였다. 최근 들어 Burcharth와 Sorensen(1999)이 경사식 및 직립형 방파제에 대하여 PIANC 그룹이 정리한 부분안전계수 시스템을 출간했다. 유럽의 신뢰성 설계방법은 주로 Level 1 또는 Level 2 방법에 의한 것이었다. 반면에 일본의 신뢰성 설계방법은 각 내구연한(Life time)동안 여러 가지 설계인자의 불확실성을 고려하여 Monte Carlo 모의방법을 사용한 Level 3 방법에 의한 신뢰성 설계 기법을 개발하여 왔다. Hanzawa 등(1996)은 수평형 혼성방파제의 피복블록의 기대피해도를 계산하는 방법을 개발하여 왔고 직립형 방파제에 있어서 케이슨의 기대 활동량은 Shimosako and Takahashi(1999), Goda and Takagi(2000)에 의

해 개발되어 왔다. 이들은 Goda(1974)가 제안한 직립식 방파제의 최대파력을 이용하였다.

국내에서는 2000년대 이후부터 연안구조물에 대한 신뢰성 연구가 활발하게 진행되어오고 있다. 최근까지 국내의 신뢰성 연구는 구조물의 안정성과 마루높이에 대한 연구로 나누어 볼 수 있다.

국내의 구조물의 안정성에 대한 연구는 이철웅(1999, 2000a, 2000b, 2000c, 2003, 2004)이 경사제 피복재의 안정성에 대한 신뢰성 해석을 하였고, 경사식 방파제의 파괴확률(이철웅, 2000a; Kim et al, 2005) 및 파향의 변동성을 고려한 방파제 피복 블록의 기대피해 계산(서경덕 등, 2003), 직립방파제 콘크리트 케이슨의 기대활동량 산정(이철웅, 2002; 홍수영 등, 2004), 케이슨안벽의 파괴확률(김동현 등, 2003), 소파케이슨 방파제의 기대활동량 산정(김동현, 2005)등이 대표적이다.

신뢰성 설계는 설계과고, 조위발생빈도분포, 파랑변형모델, 파압공식, 전사면 피복재 중량 결정을 위한 안정식, 케이슨 속채움 재료의 중량 분산 등을 불확정요소(uncertainty factor)로써 취급하여 구조물의 안정성 확보하고자 하는 방법이다.

구조물의 마루높이에 대한 연구는 Kweon et al(2003)에 의해 처음 시도되었다. Kweon et al(2003)은 조위변화를 정현함수로 표현하여 각 조위의 발생빈도가 균등하다는 조건에서 계산을 했다. 하지만, Kweon et al(2004)은 실해역의 조위발생빈도분포는 균등하지 않음을 보였으며 이를 정식화하여 기대월파확률에 중요한 영향 인자임을 보였다.

이철웅(2003)은 경사식 해안 구조물에서 발생하는 월파와 관련된 확률변수들의 불확실성을 고려할 수 있는 신뢰성 해석기법을 도입하여 해안구조물의 마루높이와 허용 월파량의 관계를 확률적으로 해석하였다. 이후 권혁민 등(2005a, b)은 실해역의 조위발생빈도 분포를 고려한 기대월파확률을 산정함과 동시에 현행 설계방법에 의해 결정된 마루높이에 대한 평가를 시도하였다. 오

장은 등(2005)은 월파에 대한 호안의 신뢰성 설계를 하였으나 조위발생빈도분포는 고려하고 있지 않다. 이철웅(2005)은 처오름의 신뢰성 해석에 대한 파고-주기결합분포의 영향에 대하여 연구하였다.

신뢰성 설계방법은 기존의 결정론적 설계방법에 비해 과대설계를 피할 수 있으므로 방파제 공사비의 절감이 기대된다. 신뢰성 설계 기술은 현재 국내외적으로 활발히 연구가 진행되고 있는 분야이며 이미 스페인 코드(2001) 및 ISO 코드(2006년 확정 예정)에서는 권고하고 있으며 일본은 2006년도에 설계기준에 연구성과를 반영할 예정으로 있다.

1.2 연구내용 및 방법

연안구조물 축조에 있어서 마루높이는 제체의 총 체적을 결정하므로 공사비용과 직접적인 관계가 있다. 항만 및 어항 설계기준(1999)은 방파제의 마루높이를 설계조위로부터 설계파고가 내습한다고 가정하여 설계파고의 0.6~1.2배로 정하고 있으며 최종적으로 단위폭당 허용월파울($m^3/sec/m$)을 검토하도록 되어 있다. 권혁민 등(2005a)은 월파량 산정을 위한 前단계로써 기대월파확률을 계산하여 마루높이 설정에 있어서 하나의 설계정보를 제공했다. 하지만 권혁민 등(2005a)은 조위발생빈도분포의 특성이 상이한 서해안과 남해안의 기대월파확률에 관해서는 언급을 하지 않았다.

본 논문은 실해역의 조위발생빈도분포 특성을 고려하여 기존의 마루높이 설정 방법에 대한 기대월파확률을 평가하여 우리나라 해역별 기대월파확률 특징에 대해 비교·분석 하고자 한다.

제2장 해역별 조위발생빈도분포 특성

조위발생빈도분포 특성은 신뢰성 설계방법을 이용한 연안구조물 설계에 있어서 중요한 요소임을 권혁민(2005a) 등이 시준한 바 있다. 상기 연구에서는 연안 구조물의 마루높이를 결정함에 있어서 조위발생빈도분포 특성이 기대월과확률에 크게 영향을 준다는 것을 보였다.

본 연구에서는 기대월과확률을 추산하기 위한 중요한 요소인 조위발생빈도분포의 재현성을 향상시키기 위하여 한국항만협회(2005)에서 수행한 분포함수의 모수추정 결과를 활용하였다.

2.1 분석대상지 조위자료 선정

실해역에서 관측된 조위자료의 발생확률밀도함수 형태는 조석의 우세한 분조(반일주조 또는 일주조)에 따라 뚜렷한 쌍봉형(double peak) 또는 단봉형(single peak)의 형태를 보이게 된다. 우리나라의 경우 조석의 차이가 큰 남해안과 서해안의 경우 쌍봉형을 나타내고 있으며 동해안의 경우 단봉형의 형태를 나타내고 있다. 그러나 단봉형의 형태를 나타내는 동해안의 경우라도 하나의 정규분포 함수만을 빈도분포함수로 사용했을 경우 그 재현성이 두 개의 정규분포 함수를 사용할 때 보다 상대적으로 떨어진다. 따라서 한국항만협회(2005)에서는 서해안과 남해안에 적용하는 쌍봉형 분포를 동해안에도 적용하여 동해안 일대의 빈도분포함수의 재현성을 향상시키고자 했다.

분석 조위자료는 한국해양조사원에서 제공되는 1시간 조위자료 중 동해안의 6개 지점과 남해안의 7개 지점 서해안의 6개 지점 등으로 총 19개 지점의 조위 자료를 사용하였으며 각각 표 2.1과 같다. 지점별 조위자료는 상대적인

비교의 편의성을 위하여 평균값이 0이 되도록 변환하였으며, 변환된 자료의 히스토그램을 이용하여 빈도 분포함수의 형태를 분석하였다. 이때 히스토그램의 계급값인 조위 값은 cm 단위로 사용하여 표현하였다.

표 2.1 조위자료 취득 지점 및 기간

지 점		자료 취득 기간	표본수
동해안	속 초	2002년 1월 1일 ~ 2003년 12월 31일	17520
	묵 호	2002년 1월 1일 ~ 2003년 12월 31일	17482
	울릉도	2002년 1월 1일 ~ 2003년 12월 31일	17516
	후 포	2003년 1월 1일 ~ 2004년 6월 30일	13128
	포 향	2002년 1월 1일 ~ 2003년 12월 31일	17520
	울 산	2000년 1월 1일 ~ 2002년 12월 31일	17520
남해안	부 산	2002년 1월 1일 ~ 2003년 12월 31일	17520
	가덕도	2002년 1월 1일 ~ 2003년 12월 31일	17091
	통 영	2002년 1월 1일 ~ 2003년 12월 31일	17520
	여 수	2002년 1월 1일 ~ 2003년 12월 31일	17520
	거문도	2002년 1월 1일 ~ 2003년 12월 31일	17520
	완 도	2002년 1월 1일 ~ 2003년 12월 31일	17520
	제 주	2002년 1월 1일 ~ 2003년 12월 31일	17520
서해안	대흑산도	2002년 1월 1일 ~ 2003년 12월 31일	17125
	영 광	2002년 1월 1일 ~ 2003년 12월 31일	17500
	군산외항	2002년 1월 1일 ~ 2003년 12월 31일	17520
	보 령	2002년 1월 1일 ~ 2003년 12월 31일	16971
	평 택	2002년 1월 1일 ~ 2003년 12월 31일	17462
	인 천	2002년 1월 1일 ~ 2003년 12월 31일	17520

2.2 조위 발생 확률밀도함수의 모수추정

분석에 사용된 쌍봉형 확률밀도함수는 Kweon et al(2003)에 의해 제안된 2개의 정규분포함수의 합의 형태로 표시된 쌍봉형 확률밀도함수를 변형하여 식 (2.2)과 같은 형태를 사용하였다. 사용된 정규분포의 함수는 각 경우에 대하여 면적비가 같지 않아도 된다. 수위 변동량 η 의 재현성을 높이기 위하여 각각의 정규분포가 미치는 영향 정도도 변수화하여 추정했다.

$$P(x) = a_D \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\eta - \mu_D}{\sigma_D}\right)^2\right] + a_U \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\eta - \mu_U}{\sigma_U}\right)^2\right] \quad (2.1)$$

여기서, η =조위, $a_D = \frac{a_1}{\sigma_D \sqrt{2\pi}}$, $a_U = \frac{a_2}{\sigma_U \sqrt{2\pi}}$ 는 각각 저수위, 고수위 분포함수의 영향을 나타내 주는 모형 변수 이며 μ_D , μ_U , σ_D , σ_U 는 각각 저수위, 고수위 분포함수의 평균과 표준편차를 나타낸다. 단, 모형 변수는 $a_1 + a_2 = 1$ 의 관계를 만족시키며 η 는 조위자료 η_o 로부터 평균값 $\bar{\eta}_o$ 를 각각 뺀 조위값의 시계열이다.

위의 모형변수, 평균, 표준편차 등의 추정은 임의의 비선형함수로 표시되는 함수와 조위자료의 확률밀도 함수의 불일치도(오차제곱합)를 최소화하는 함수를 목적함수로 선정하여 수행되었으며, 초기 매개 변수 값을 이용하여 다음 단계의 매개변수 값을 반복적으로 추정하는 기법은 비선형 최적화 매개변수 추정에 범용적으로 이용되는 Newton 방법을 수정한 Levenberg-Marquardt 방법을 이용하였다. 전체적인 과정은 최소자승법을 이용한 비선형 곡선 일치 (nonlinear curve Fitting) 방법에 해당한다. 그리고 확률분포함수 형태 재현성을 평가하기 위하여 R^2 (Coefficient of determination) 값을 계산하였다. R^2 의

값은 0과 1사이의 값을 가지며 1에 가까운 값일수록 재현성이 우수한 것으로

판단할 수 있다.

$$R^2 = \frac{SS_R}{S_{yy}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (2.2)$$

여기서, SS_R , S_{yy} 는 각각 추정 함수와 실제 데이터의 분산을 나타낸다.

위의 식 (2.1)을 사용하여 추정된 매개변수 값은 표 2.2~표 2.4와 같고 조위발생빈도분포 함수는 그림 2.1~그림 2.19에 보인다.

표 2.2 동해안 지역의 조위확률밀도함수의 모수 추정값

모수 지역	a_D	a_U	μ_D	μ_U	σ_D	σ_U	R^2
속초	0.02457	0.01475	-6.59	11.44	10.30	9.33	0.9929
묵호	0.02102	0.01847	-8.512	8.963	10.08	9.96	0.9962
울릉도	0.01908	0.01875	-14.06	14.66	10.92	10.08	0.9893
후포	0.0192	0.02858	-8.704	5.216	8.27	8.34	0.9959
포항	0.02301	0.01563	-5.802	11.67	11.77	8.14	0.9915
울산	0.007041	0.02304	-17.83	4.318	10.03	14.19	0.9932

표 2.3 남해안 지역의 조위확률밀도함수의 모수 추정값

모수 지역	a_D	a_U	μ_D	μ_U	σ_D	σ_U	R^2
부산	0.00893	0.009231	-23.2	23.54	21.50	22.17	0.9809
가덕도	0.006528	0.006862	-35.82	31.64	27.91	30.72	0.9848
통영	0.004856	0.005266	-51.44	40.49	35.86	39.76	0.9792
여수	0.003961	0.004215	-60.62	52.69	45.10	48.33	0.9747
거문도	0.004182	0.004447	-57.08	49.41	42.89	46.09	0.977
완도	0.003681	0.003968	-65.98	57.69	48.28	51.06	0.9711
제주	0.004522	0.005558	-46.73	37.41	37.07	39.68	0.987

표 2.4 서해안 지역의 조위확률밀도함수의 모수 추정값

모수 지역	a_D	a_U	μ_D	μ_U	σ_D	σ_U	R^2
대흑산도	0.006528	0.006862	-35.82	31.64	27.91	30.72	0.9848
영광	0.002078	0.001966	-133.6	135	97.58	102.32	0.9948
군산외항	0.001929	0.001873	-143.4	148.9	107.69	104.86	0.9946
보령	0.001859	0.001824	-146.8	157.8	112.57	106.91	0.9954
평택	0.001376	0.001414	-182.1	193.1	152.24	138.66	0.9864
인천	0.001399	0.001475	-185.9	191.7	147.64	134.77	0.9881

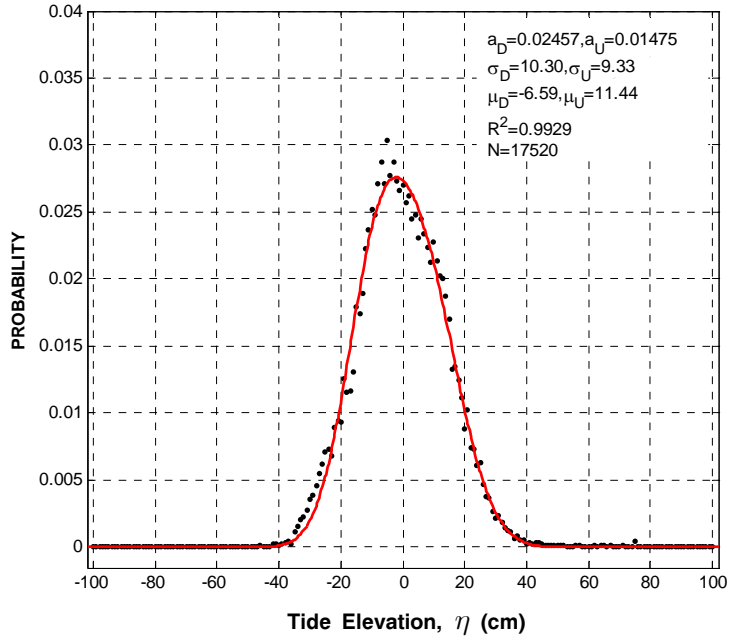


그림 2.1 동해안 조위발생빈도분포(속초)

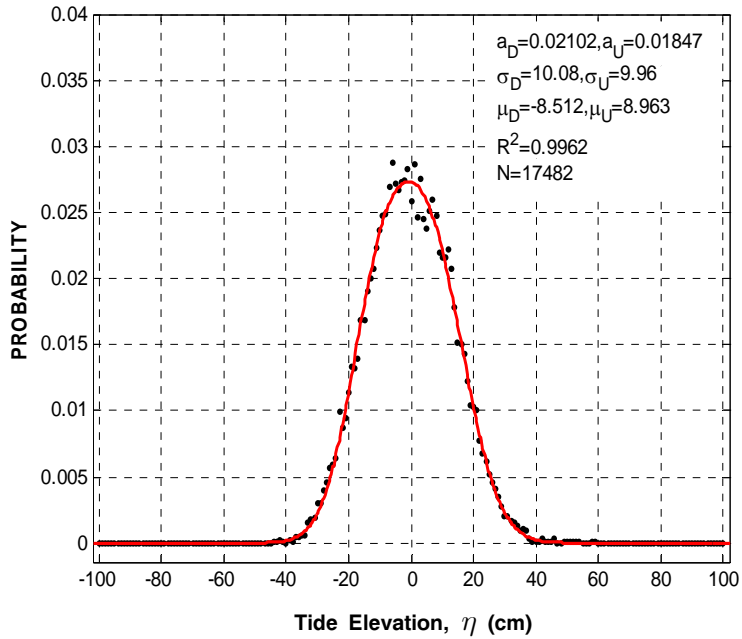


그림 2.2 동해안 조위발생빈도분포(묵호)

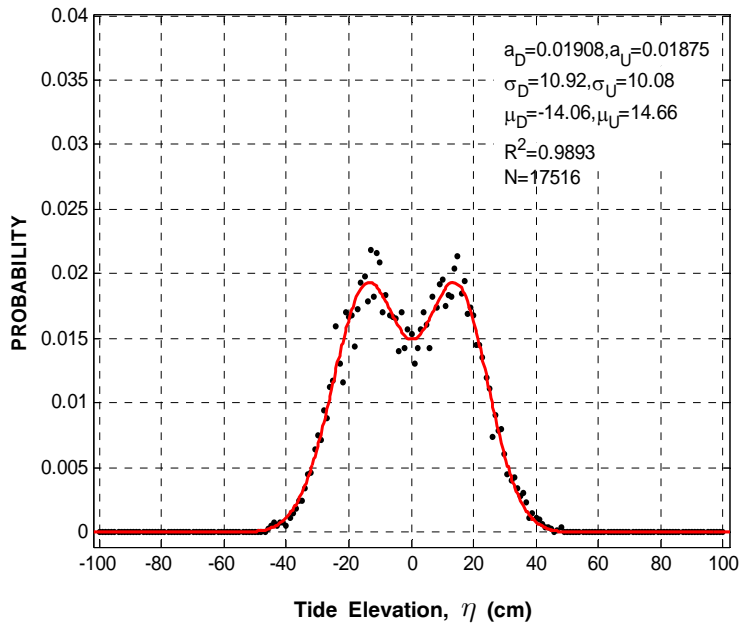


그림 2.3 동해안 조위발생빈도분포(울릉도)

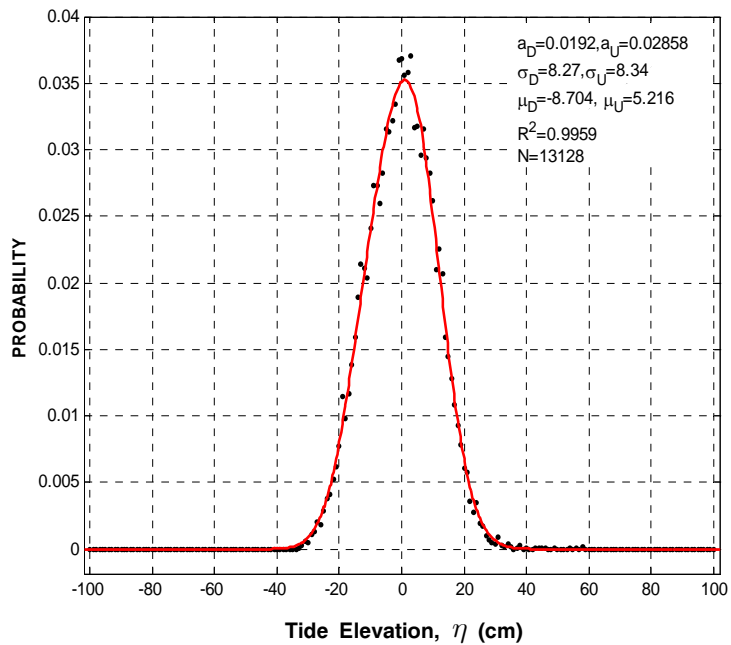


그림 2.4 동해안 조위발생빈도분포(후포)

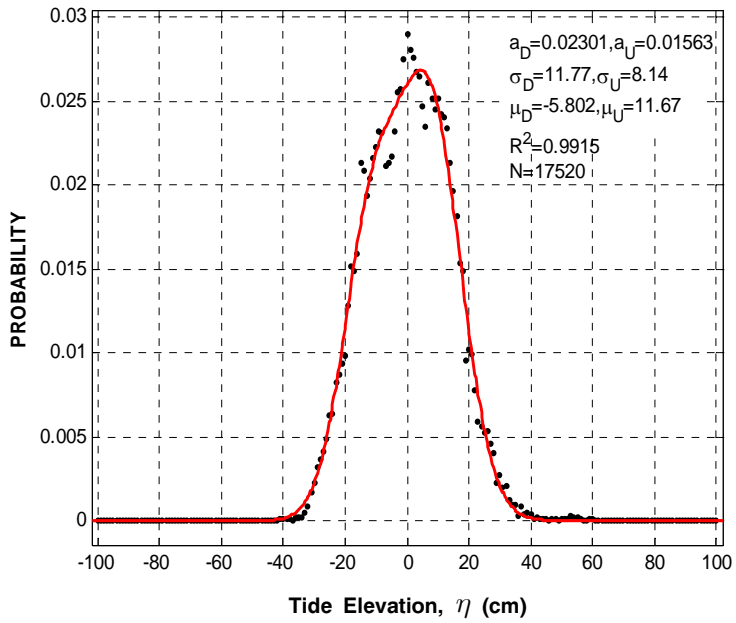


그림 2.5 동해안 조위발생빈도분포(포항)

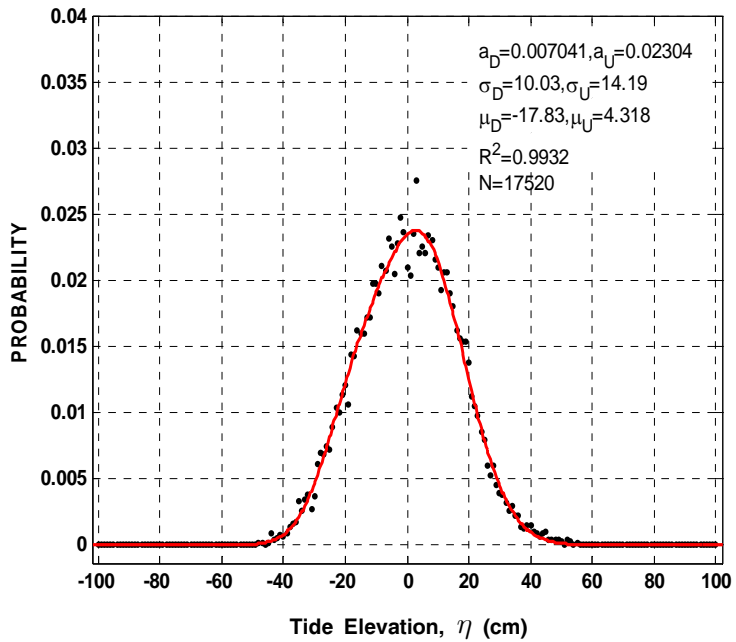


그림 2.6 동해안 조위발생빈도분포(울산)

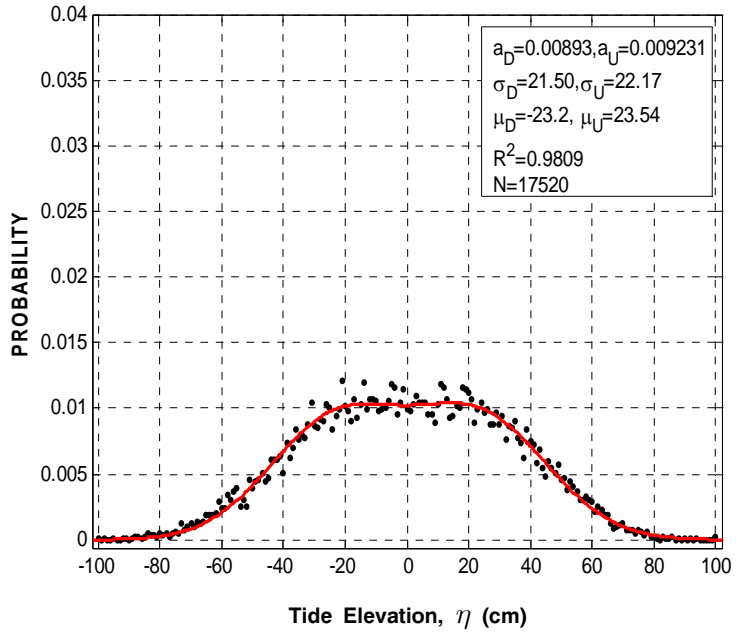


그림 2.7 동해안 조위발생빈도분포(부산)

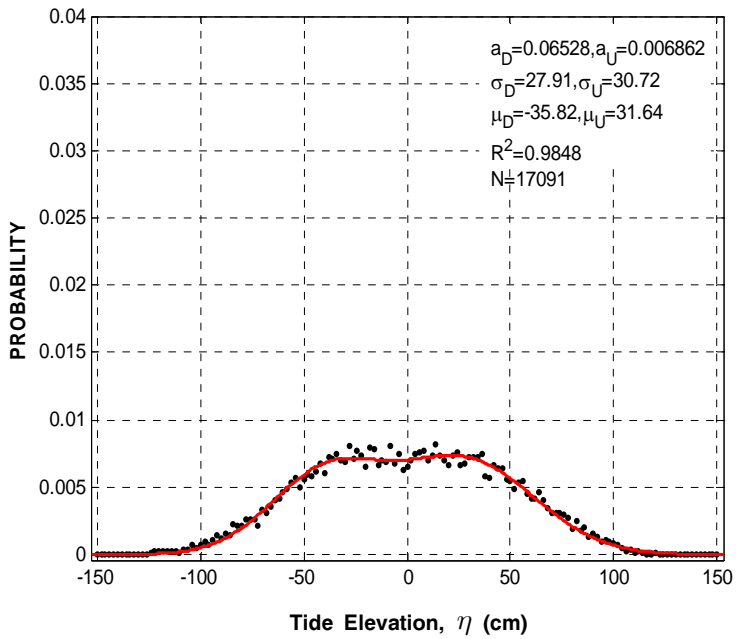


그림 2.8 남해안 조위발생빈도분포(가덕도)

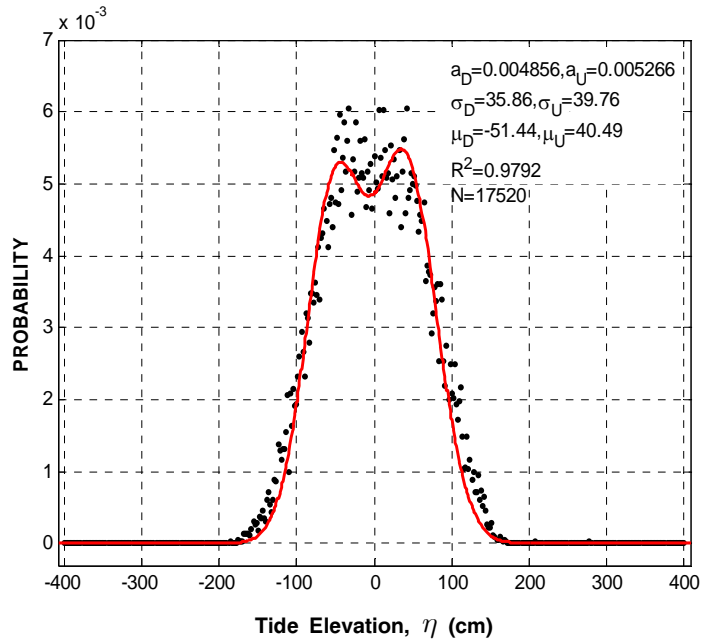


그림 2.9 남해안 조위발생빈도분포(통영)

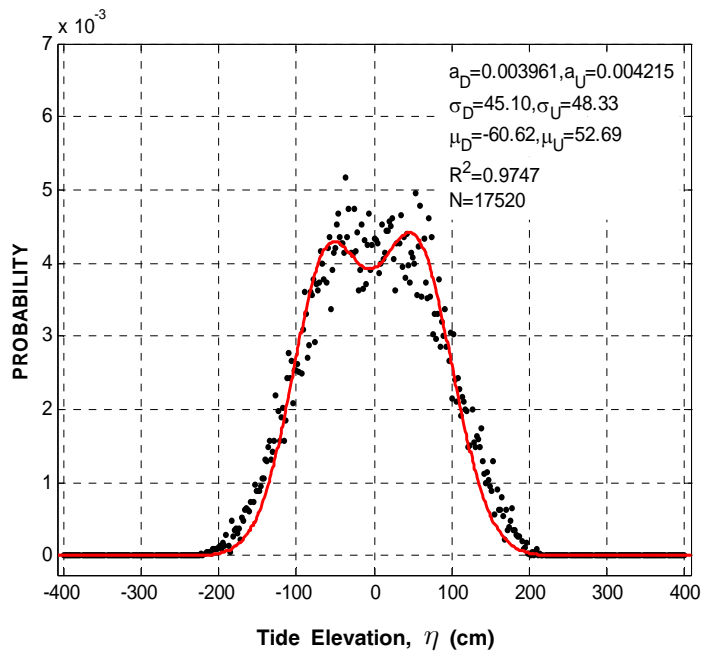


그림 2.10 남해안 조위발생빈도분포(여수)

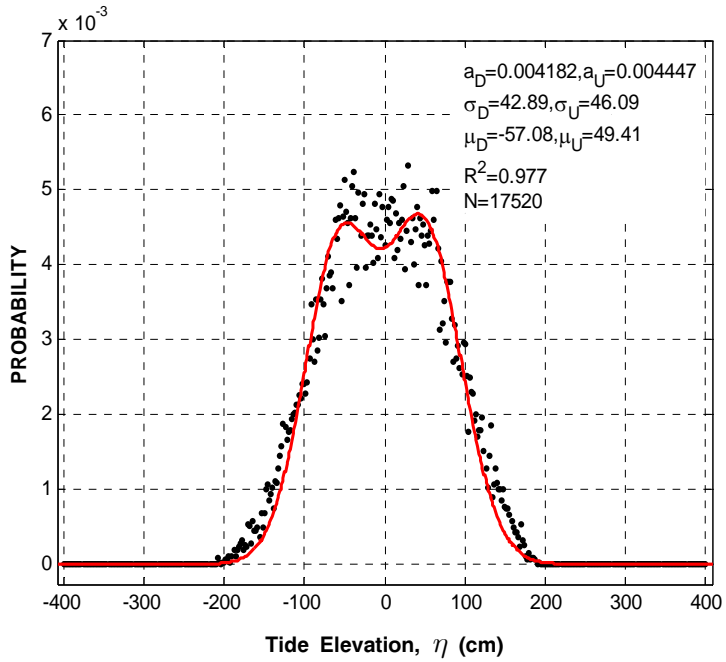


그림 2.11 남해안 조위발생빈도분포(거문도)

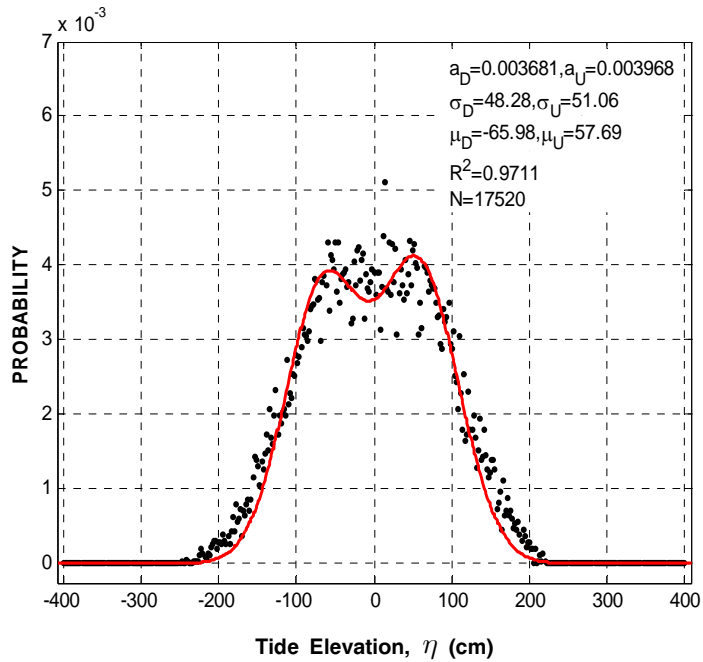


그림 2.12 남해안 조위발생빈도분포(완도)

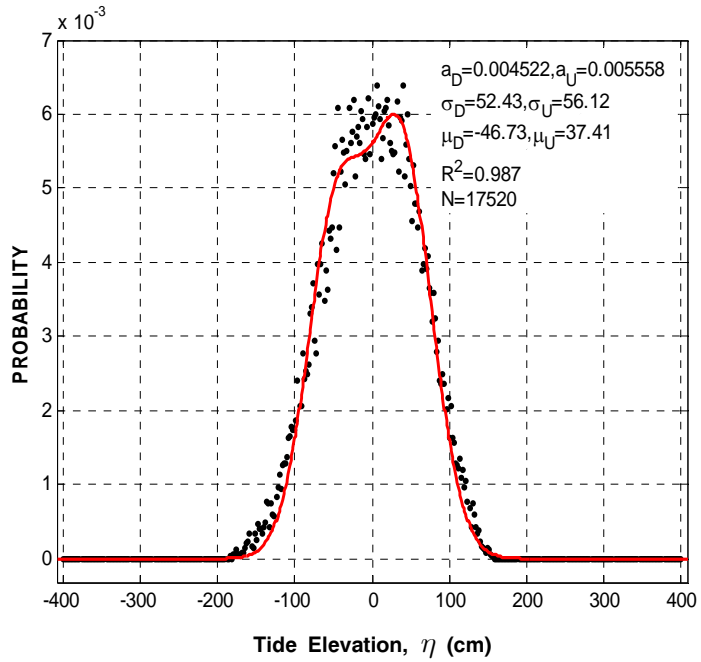


그림 2.13 남해안 조위발생빈도분포(제주)

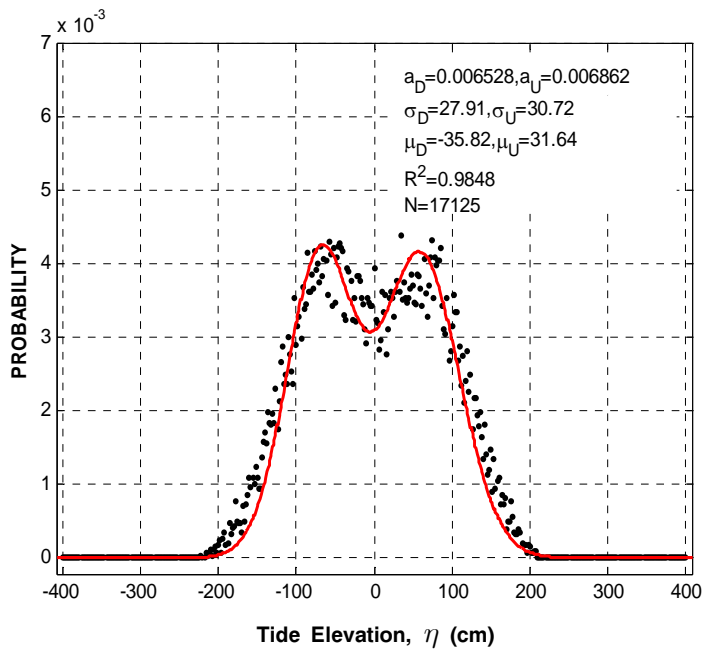


그림 2.14 서해안 조위발생빈도분포(대흑산도)

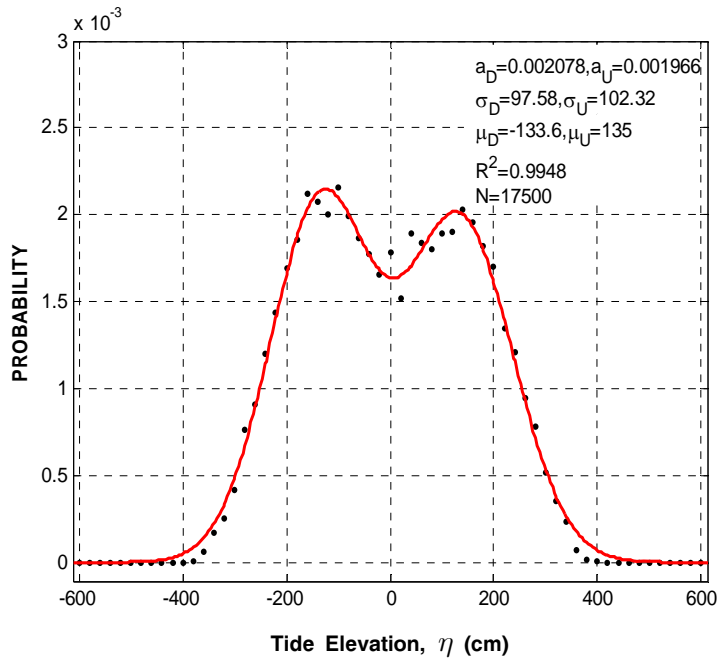


그림 2.15 서해안 조위발생빈도분포(영광)

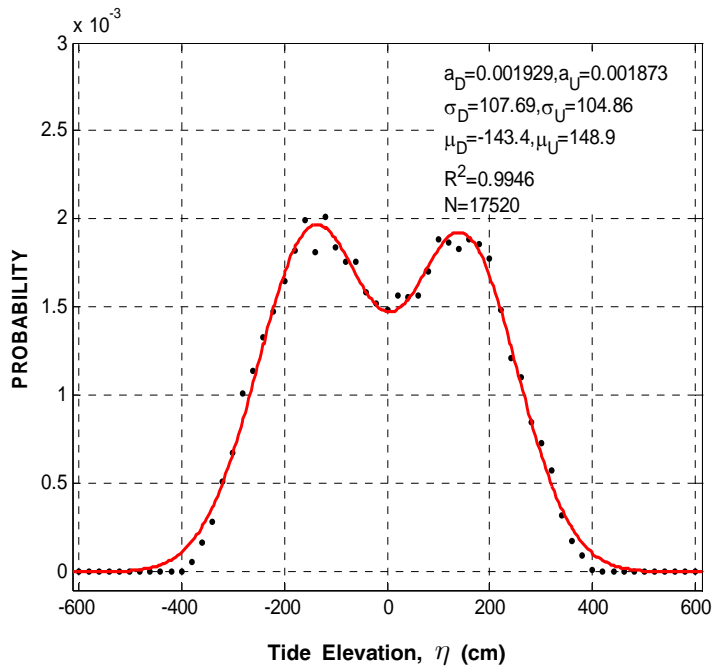


그림 2.16 서해안 조위발생빈도분포(군산외항)

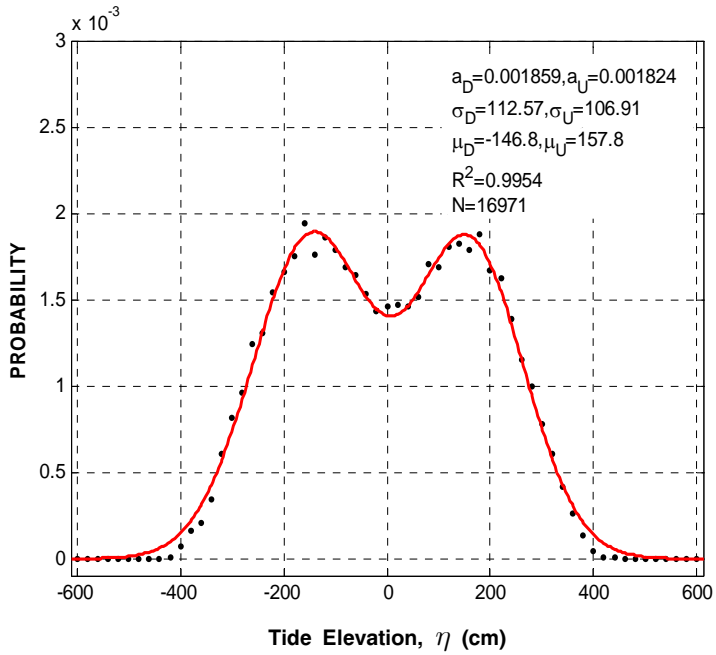


그림 2.17 서해안 조위발생빈도분포(보령)

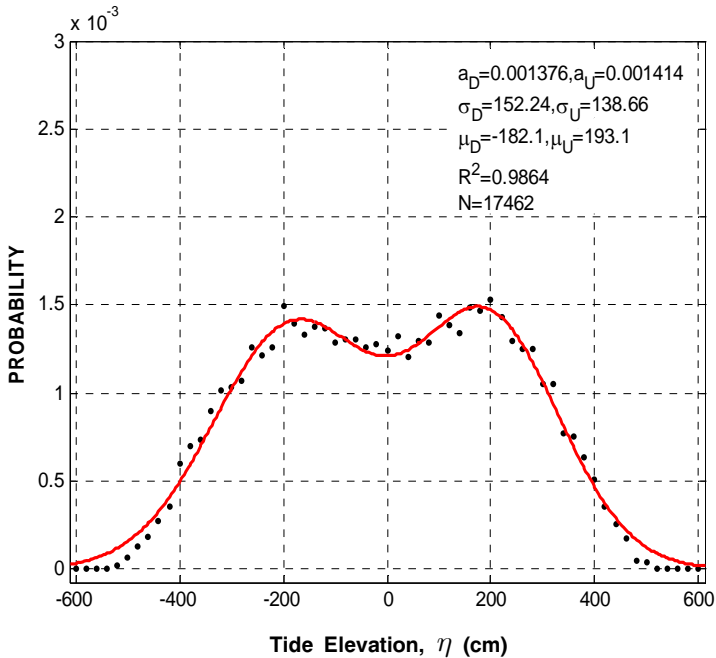


그림 2.18 서해안 조위발생빈도분포(평택)

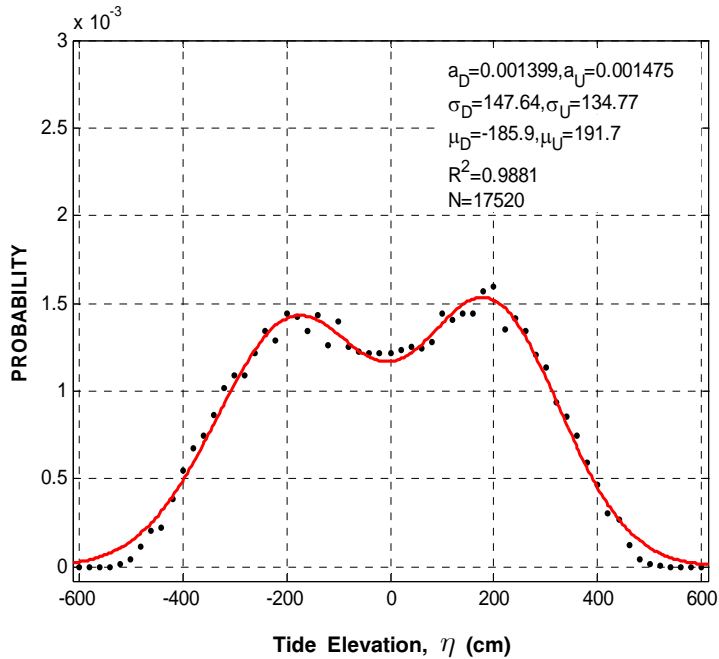


그림 2.19 서해안 조위발생빈도분포(인천)

조위발생빈도분포의 형태가 동해안 지역은 그림 2.1~그림 2.7과 같이 단봉형을 나타내고 남해안 지역은 그림 2.8~그림 2.13에서 와 같이 단봉형과 쌍봉형의 중간형태를 보이며 서해안 지역의 경우에는 그림 2.14~그림 2.19에서와 같이 쌍봉형 형태를 나타낸다. 조위발생빈도분포의 형태가 해역별로 상이함을 알 수 있다. 조위발생빈도분포의 표준편차는 서해안, 남해안, 동해안 순으로 크게 나타나는 경향을 보이며 자료에 대한 분포곡선의 상관도 R^2 이 97%를 상회한다.

제3장 기대월과확률 산정 결과

본 절에서는 권혁민 등(2005a)이 제안한 기대월과확률 계산방법을 사용하여 해역별 기대월과확률을 계산하였다. 해역별 대상지역은 앞 절에서와 같이 동해안의 6개 지점과 남해안의 7개 지점, 서해안의 6개 지점으로 총 19개 지점을 대상으로 하였다. 각 지역의 조위발생빈도분포는 불확정요소로 취급하지 않고 연간 분포특성을 그대로 사용했다. 파고는 재현기간 50년으로 했으며 주파향에 해당하는 파를 사용했다.

3.1 대상지역의 설계파 조건

우리나라 해역의 설계파는 한국해양연구원의 홈페이지(www.kordi.re.kr)에 공개되어 있다. 정신택 등(2004)은 한국해양연구원의 파랑모델(HYPA Model) 추산결과를 이용하여 한국 연안의 심해파에 대한 극치분석을 실시하였다. 정신택 등(2004)은 매년최대파고분포에 대하여 Gumbel 분포형을 적정한 식으로 제안하고 있다. Gumbel 분포식은 식 (3.1)와 같다.

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-B}{A}\right)\right] \quad : -\infty < x < \infty \quad (3.1)$$

여기서, x 는 매년최대유의파고, $F(x)$ 는 분포함수로서 비초과확률을 나타낸다. A , B 는 각각 축척모수, 위치모수이다.

정신택 등(2004)의 연구 결과에 의하면 식 (3.1)의 축척모수 A 와 위치모수 B 에 대하여 표 3.1~표 3.3과 같이 추정하고 있다.

표 3.1 동해안의 50년 빈도파고 및 모수추정 값

station	지역명	재현기간(년)	극치파고(m)	축척모수(A)	위치모수(B)	주파향
63	속초	50	6.242	0.679	3.593	NE
61	목호	50	7.992	1.162	3.286	NNE
60	울릉도	50	9.281	1.262	4.357	N
55	후포	50	6.200	0.928	2.579	N
52	포항	50	6.350	0.579	4.091	NE
49	울산	50	7.206	0.730	4.358	NE

표 3.2 남해안의 50년 빈도파고 및 모수추정 값

station	지역명	재현기간(년)	극치파고(m)	축척모수(A)	위치모수(B)	주파향
48	부산	50	7.149	0.735	4.281	NE
47	가덕도	50	7.197	0.915	3.627	SWS
44	통영	50	7.597	1.037	3.551	SWS
39	여수	50	7.111	0.811	3.947	SSE
38	거문도	50	6.389	0.696	3.673	SE
38	완도	50	6.389	0.696	3.673	SE
30	제주	50	8.690	1.113	4.347	SSE

표 3.3 서해안의 50년 빈도파고 및 모수추정 값

station	지역명	재현기간(년)	극치파고(m)	축척모수(A)	위치모수(B)	주파향
21	대흑산도	50	7.761	0.611	5.377	NW
17	영광	50	7.186	0.536	5.095	NW
15	군산외항	50	5.794	0.475	3.941	WNW
12	보령	50	5.949	0.550	3.803	WNW
11	평택	50	6.011	0.552	3.857	WNW
8	인천	50	4.550	0.558	2.373	SSE

본 연구에서는 기대월파확률 계산에 사용될 최대극치파고에 대하여 표 3.1~ 표 3.3에 보인 바와 같이 재현기간이 50년이고 주파향에 해당하는 파고를 선정했다.

3.2 기대월파확률 산정

3.2.1 기대월파확률 계산방법

본 연구에서는 권혁민 등(2005a)의 계산방법을 준용했다. 본 계산은 평균조위 값을 기준으로 하였으며 기존의 설계방법에 의한 마루높이에 대해서도 기대월파확률의 평가를 수월하게 할 수 있도록 설계조위와 평균조위의 차를 변수화 했다. 이의 관계를 보이면 식 (3.2)과 같다.

$$h_c = \alpha + \beta H_0' \quad (3.2)$$

여기서, h_c 는 평균조위로부터 마루높이까지의 높이, α 는 설계조위(DWL)와 평균조위(MSL)의 차, β 는 환산심해파고 H_0' 의 배율 값이다.

위의 식 (3.2)의 관계를 모식도로 보이면 그림 3.1과 같다.

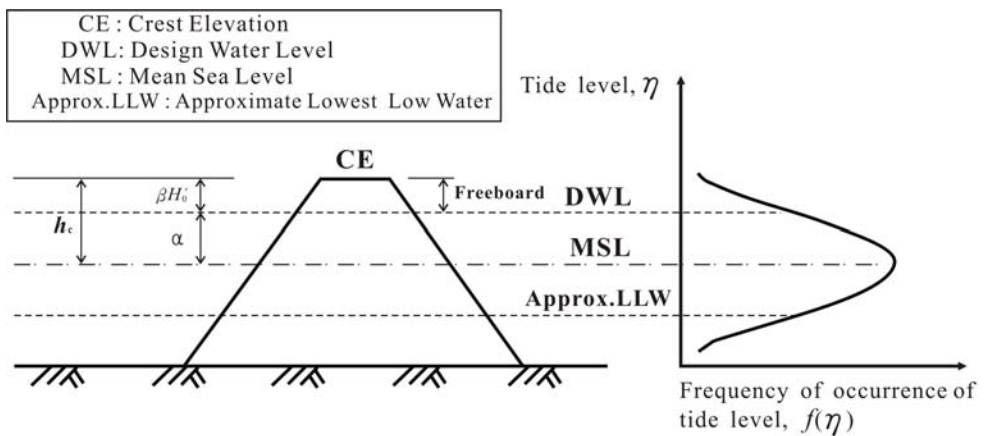


그림 3.1 동해안의 마루높이 설정과 조위발생빈도분포의 관계

우리나라 서해안의 경우는 그림 3.1과 다르게 아래 그림 3.2와 같이 저조위가 저면보다 낮은 높이 값을 가질 수 있고 동시에 고조위가 마루높이보다 높은 값을 보일 경우도 있다.

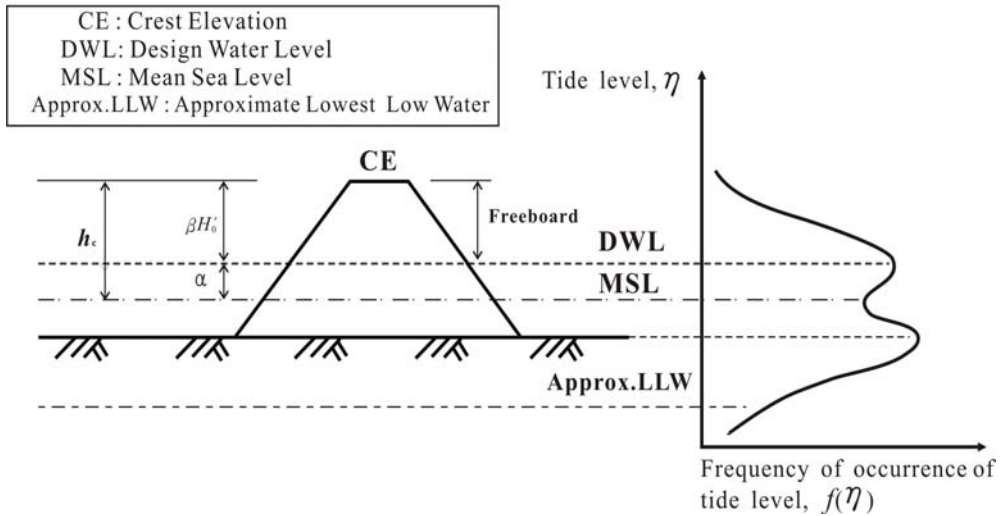


그림 3.2 서해안의 마루높이 설정과 조위발생빈도분포의 관계

위의 그림 3.2에 보인 바와 같이 H_0' 와 β 의 곱은 마루높이와 설계수위와의 차와 같으며 이를 본 연구에서 건현(freeboard)이라고 한다.

기대월파확률 계산을 하기 위하여 사용기간(life cycle) 50년 동안 재현기간(return period) 50년에 해당하는 매년의 설계파를 하나의 폭풍사상으로 간주하고 이에 상응하는 Rayleigh분포에 의한 파고-주기 결합분포를 계산해 두고 각각의 파에 대한 조위를 대응시켜 기대월파확률을 계산했다.

기대월파확률은 각각의 파에 대한 조위 조건을 두고 처오름 높이를 계산해 두고 정해진 마루높이에 대하여 하나의 폭풍사상에 대한 월파확률을 계산했다. 사용기간 50년 동안 50개의 월파확률을 구하여 이를 산술평균하여 평균월파확률을 계산했다.

최종적으로 기대월파확률을 계산하기 위하여 충분히 수렴하는 100회를 반복하여 각각 평균월파확률 값을 구하고 이를 다시 산술평균했다. 본 연구에서는 이러한 계산과정을 식 (3.2)에 보인 α 값과 파형경사를 변화시키면서 기대월파확률 값을 계산했다. 파형경사는 풍파영역인 0.02~0.04를 포함하여 0.06까지 계산했다.

3.2.2 기대월파확률 계산결과

기존의 마루높이 설정은 설계파와 설계조위의 정보에 의해 우선 정해진다. 본 연구는 설계조위와 평균조위의 차 α 를 변수로 하여 식 (3.2)에 보인 바와 같이 마루높이 h_c 의 증감에 따른 기대월파확률 값을 알 수 있도록 정리했다. 심해파형경사 H_0'/L_0 과 α 값의 변화에 따른 기대월파확률 계산 결과는 Tetrapod와 사석으로 피복된 경우에 대하여 각각 그림 3.3~그림 3.21과 그림 B.1~그림 B.19에 보인다.

식 (3.2)에서 환산심해파고 H_0' 의 배율 값 β 는 1.0으로 전 해역에 대하여 동일하게 적용하였다. 왜냐하면 $\beta=1.0$ 의 경우가 대부분의 기대월파확률을 보기 쉽게 표현이 가능하다.

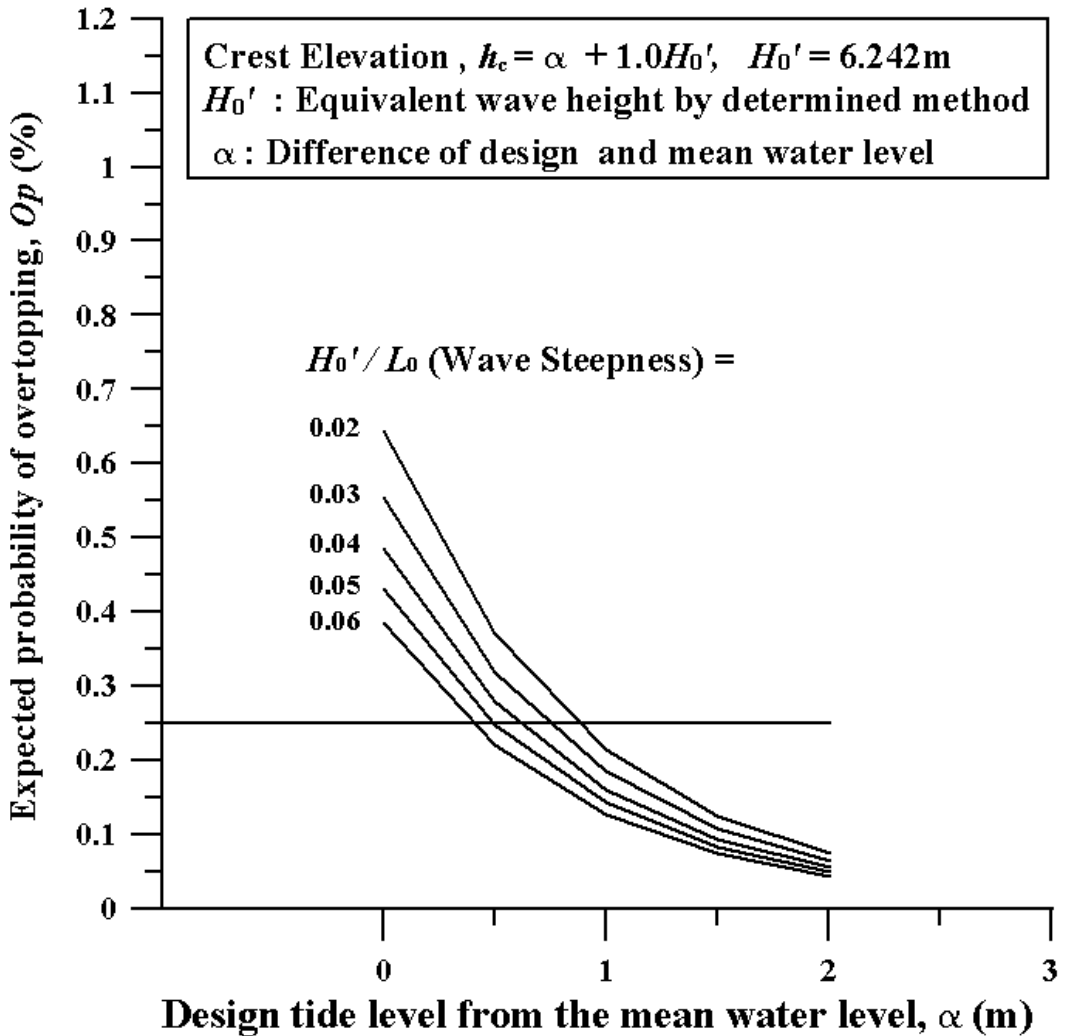


그림 3.3 동해안 속초 지역의 기대월파확률(Tetrapod)

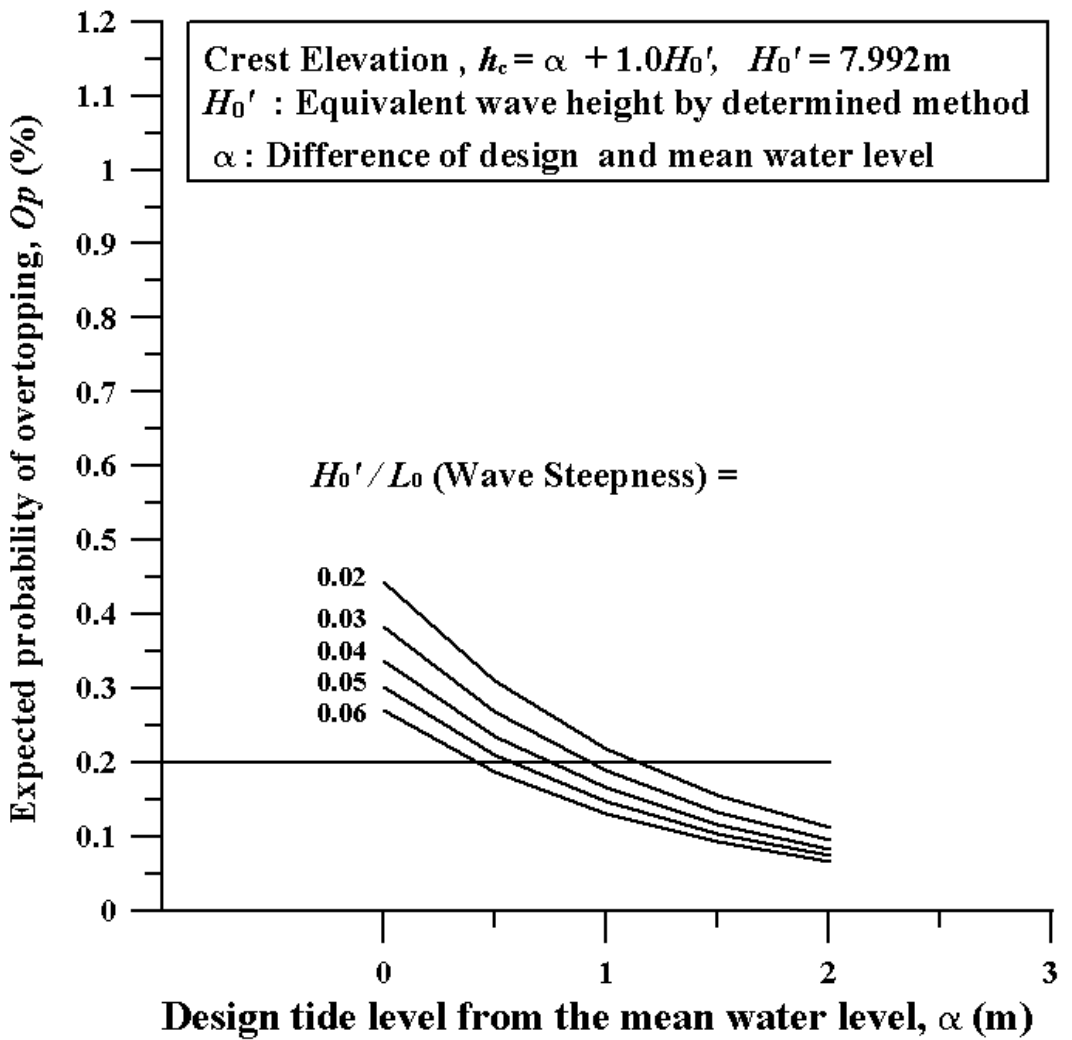


그림 3.4 동해안 묵호 지역의 기대월파확률(Tetrapod)

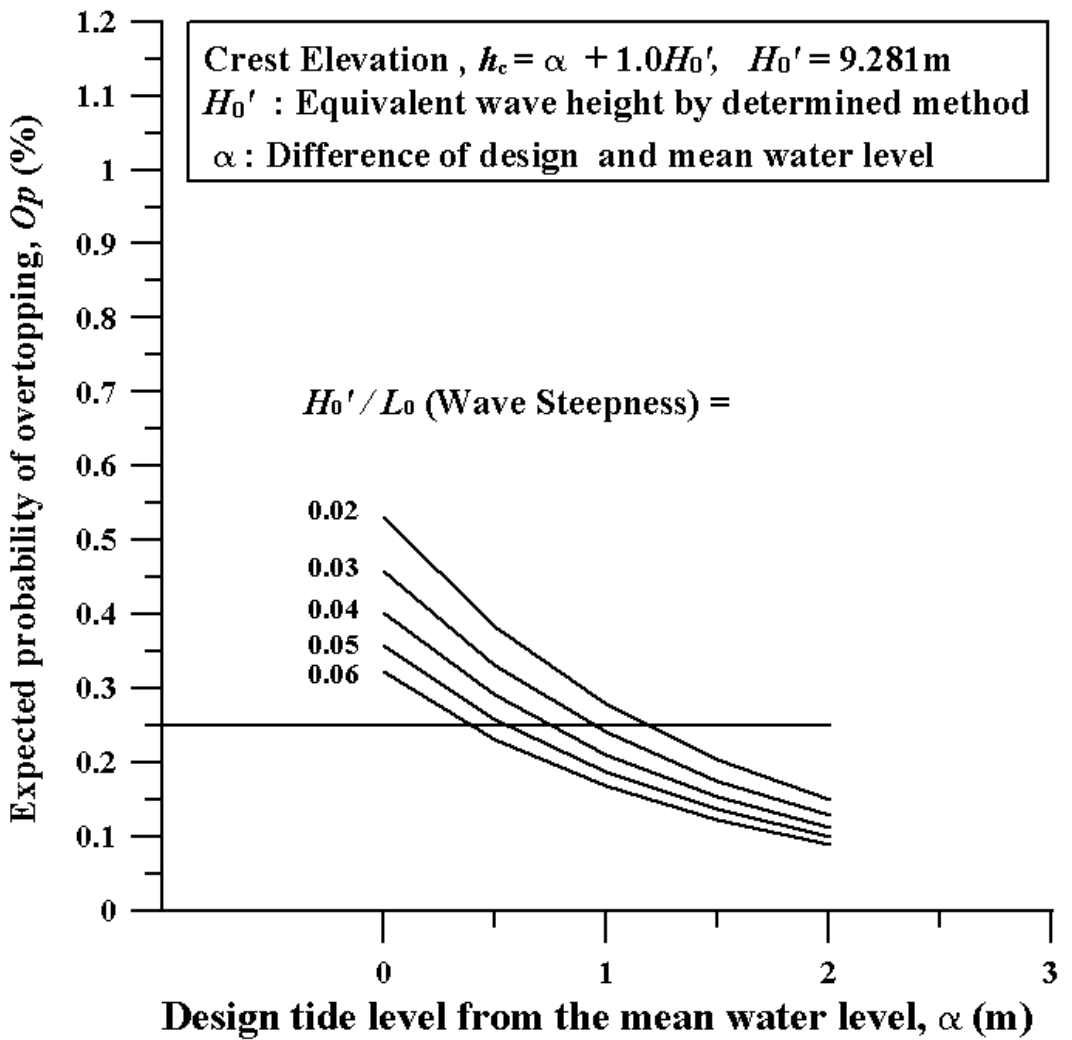


그림 3.5 동해안 울릉도 지역의 기대월파확률(Tetrapod)

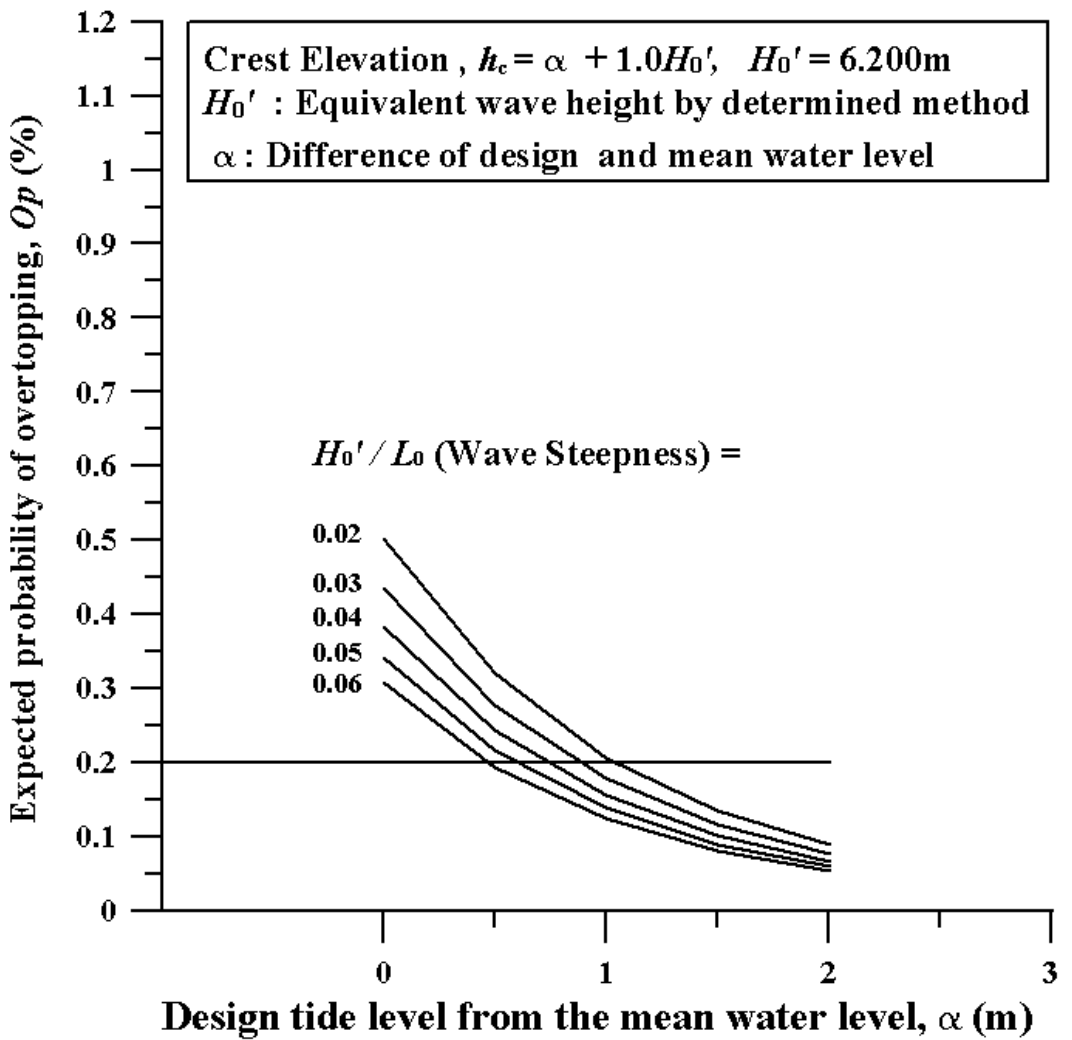


그림 3.6 동해안 후포 지역의 기대일파확률(Tetrapod)

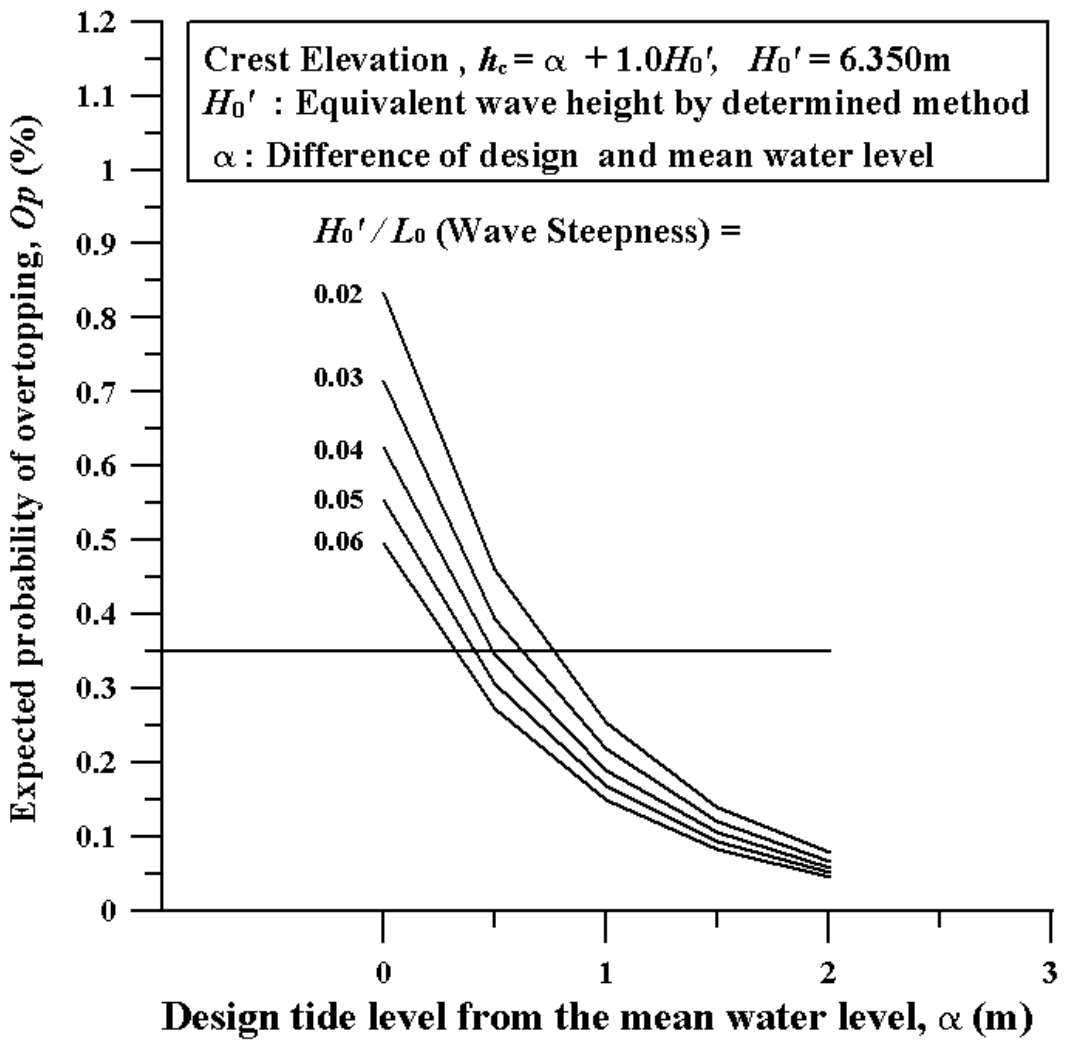


그림 3.7 동해안 포항 지역의 기대월파확률(Tetrapod)

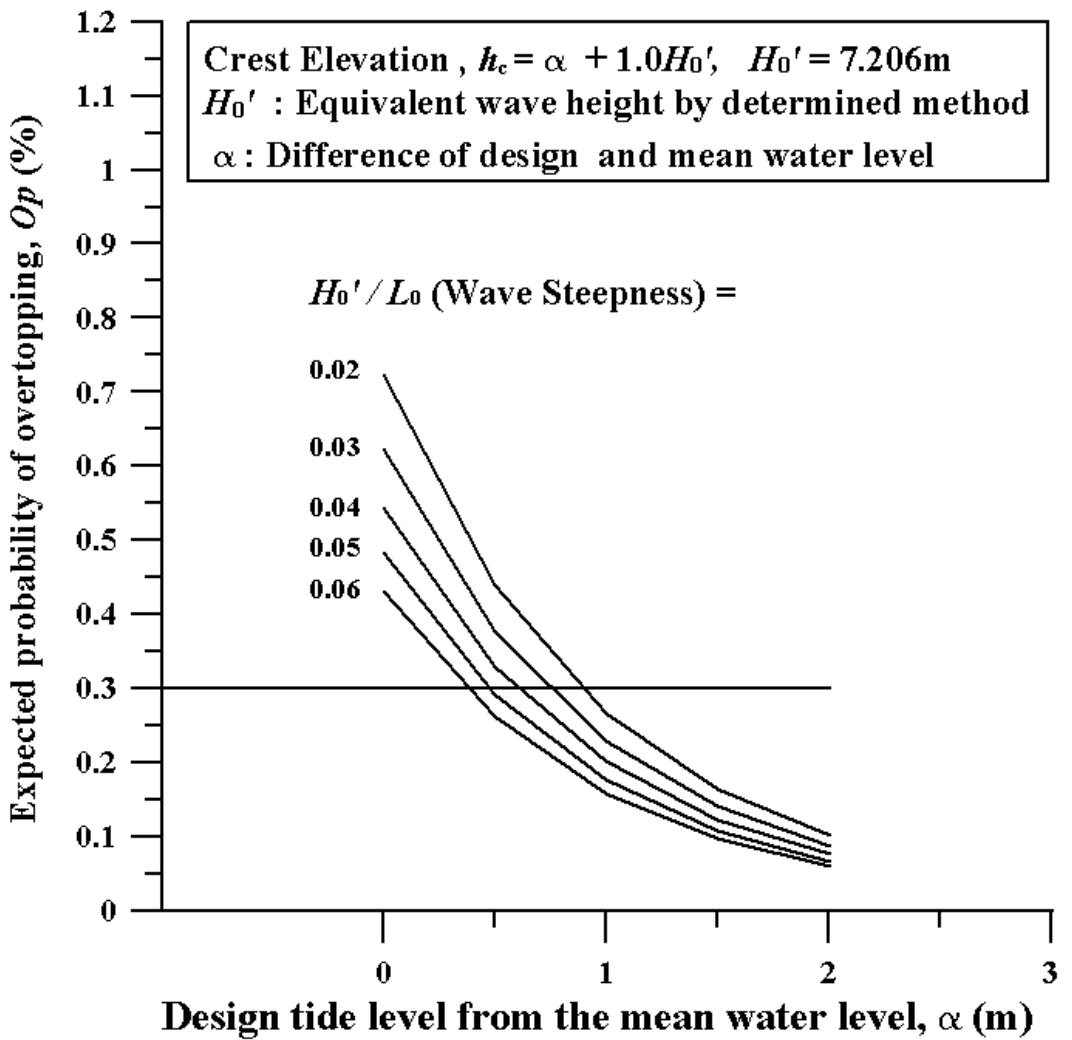


그림 3.8 동해안 울산 지역의 기대월파확률(Tetrapod)

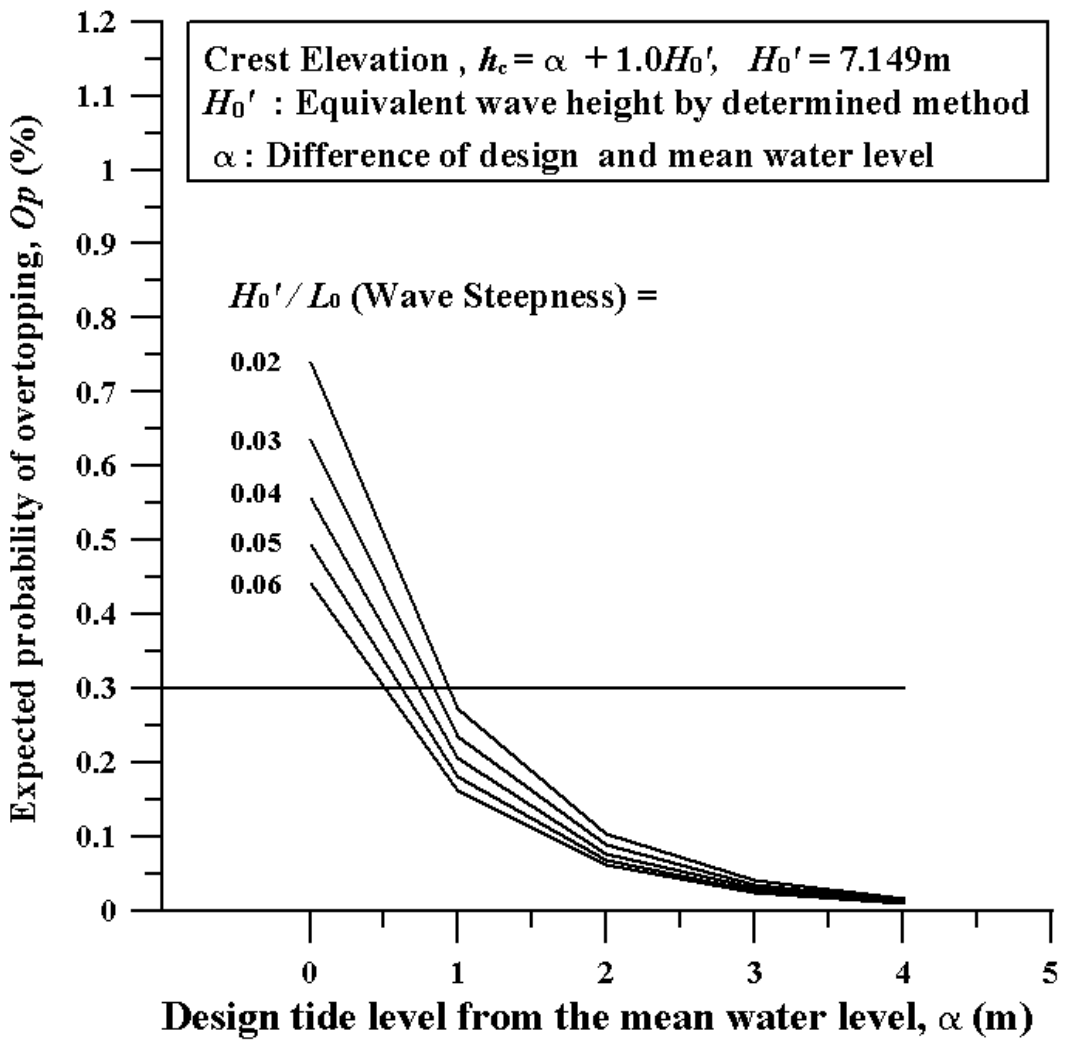


그림 3.9 남해안 부산 지역의 기대월파확률(Tetrapod)

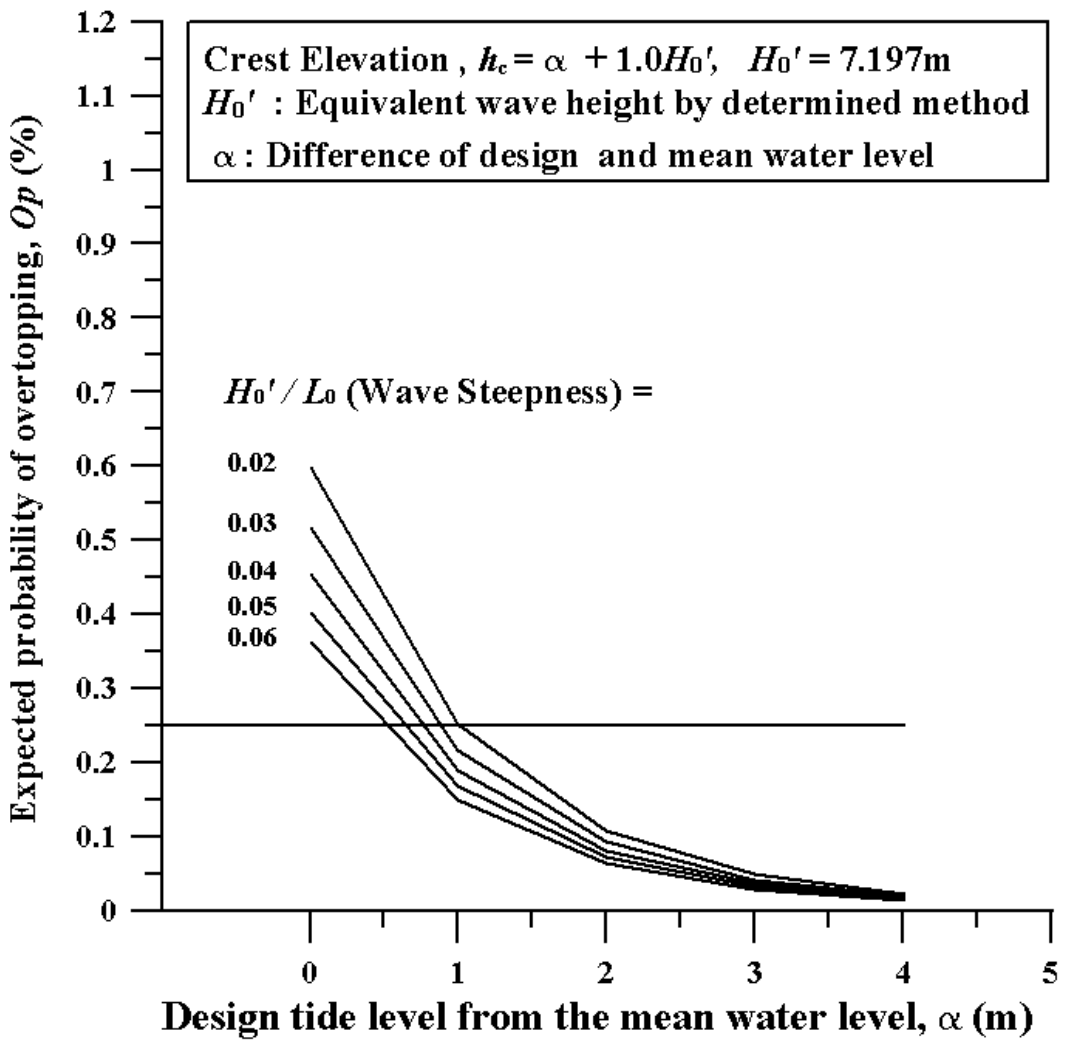


그림 3.10 남해안 가덕도 지역의 기대월파확률(Tetrapod)

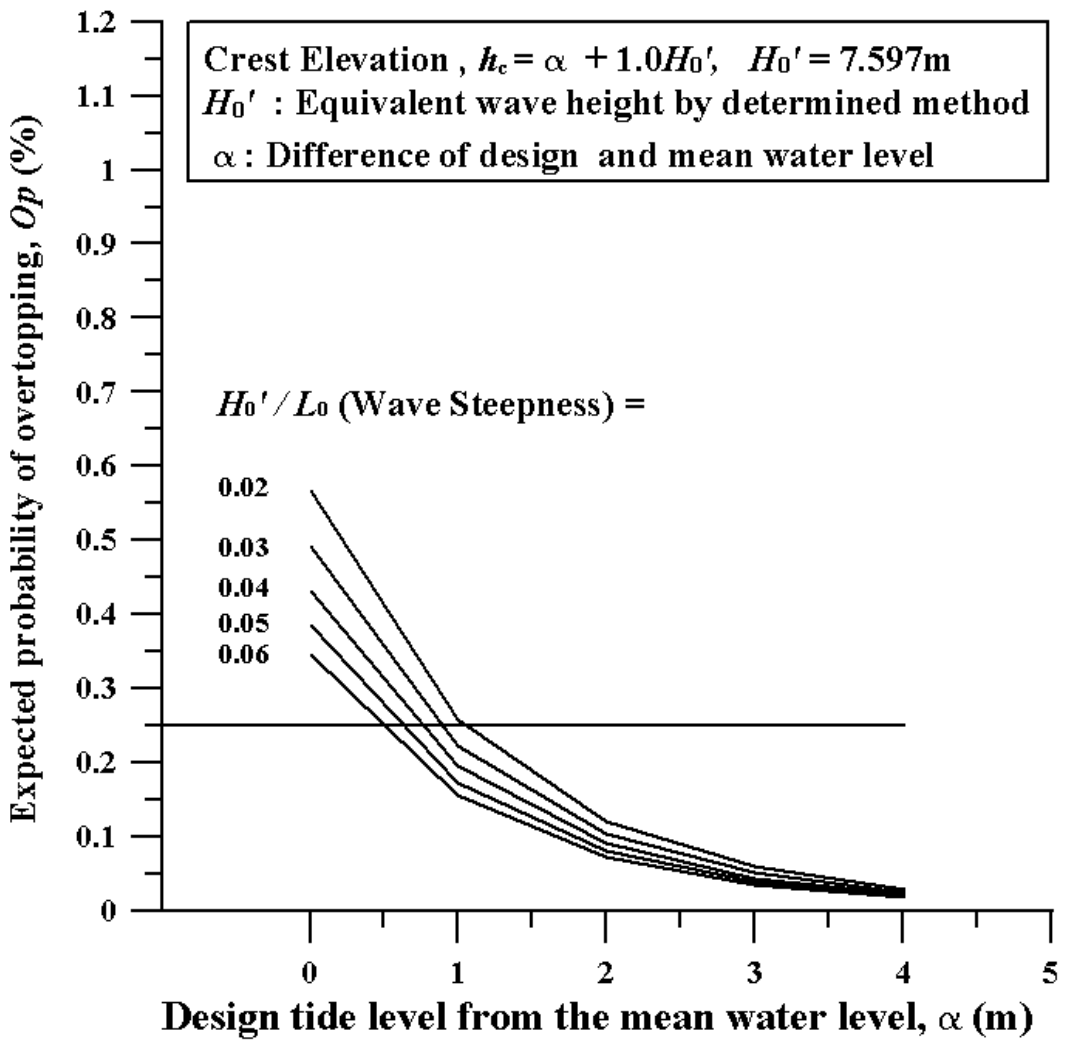


그림 3.11 남해안 통영 지역의 기대월파확률(Tetrapod)

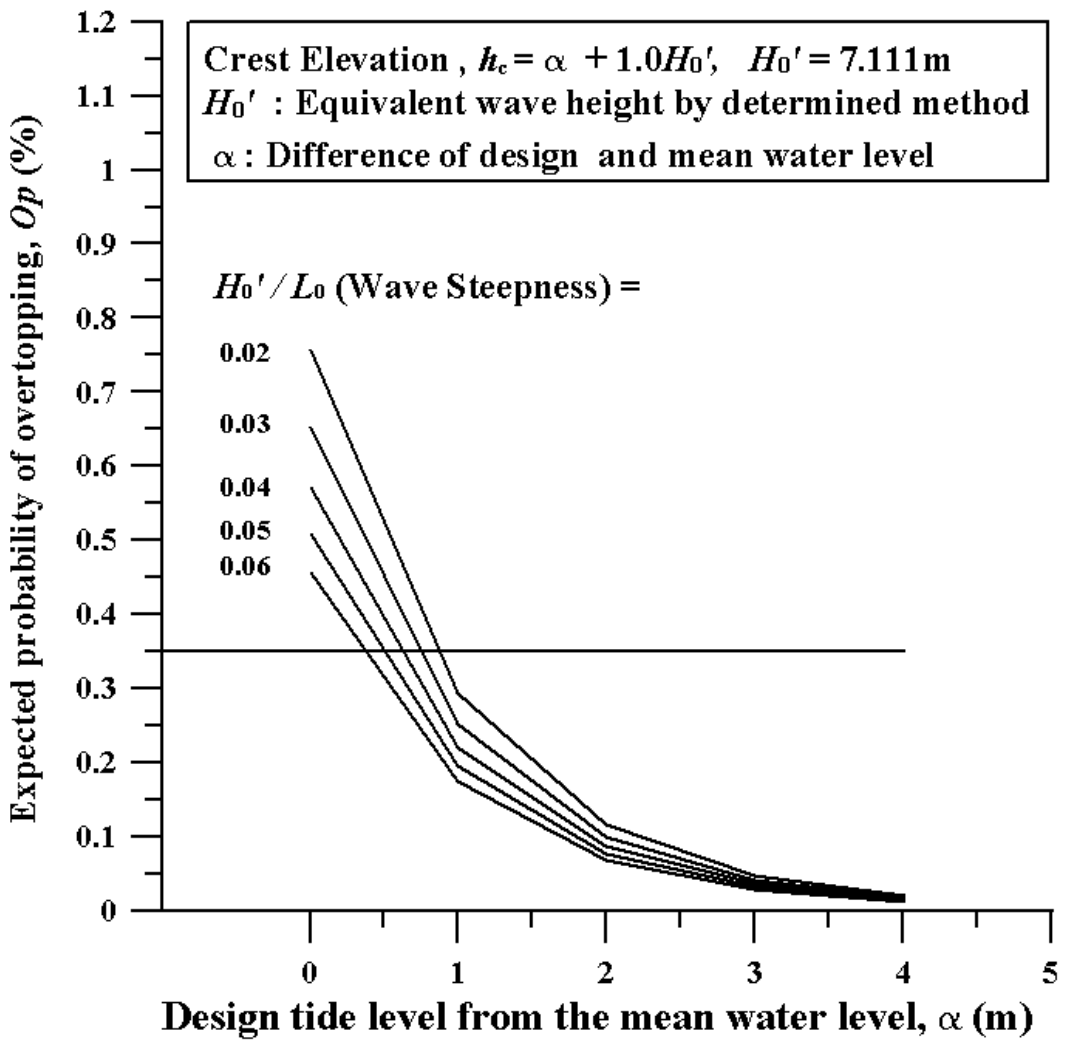


그림 3.12 남해안 여수 지역의 기대월파확률(Tetrapod)

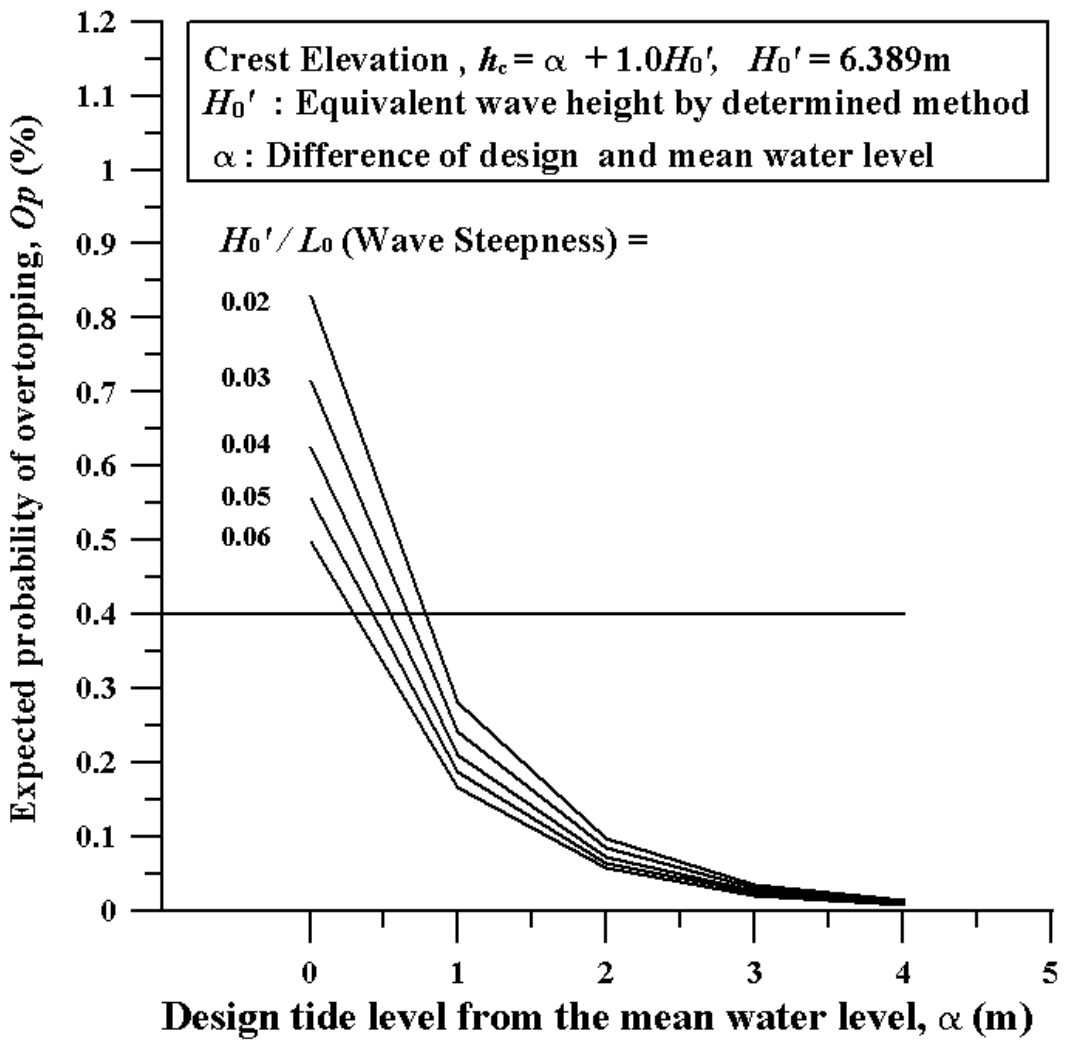


그림 3.13 남해안 거문도 지역의 기대월파확률(Tetrapod)

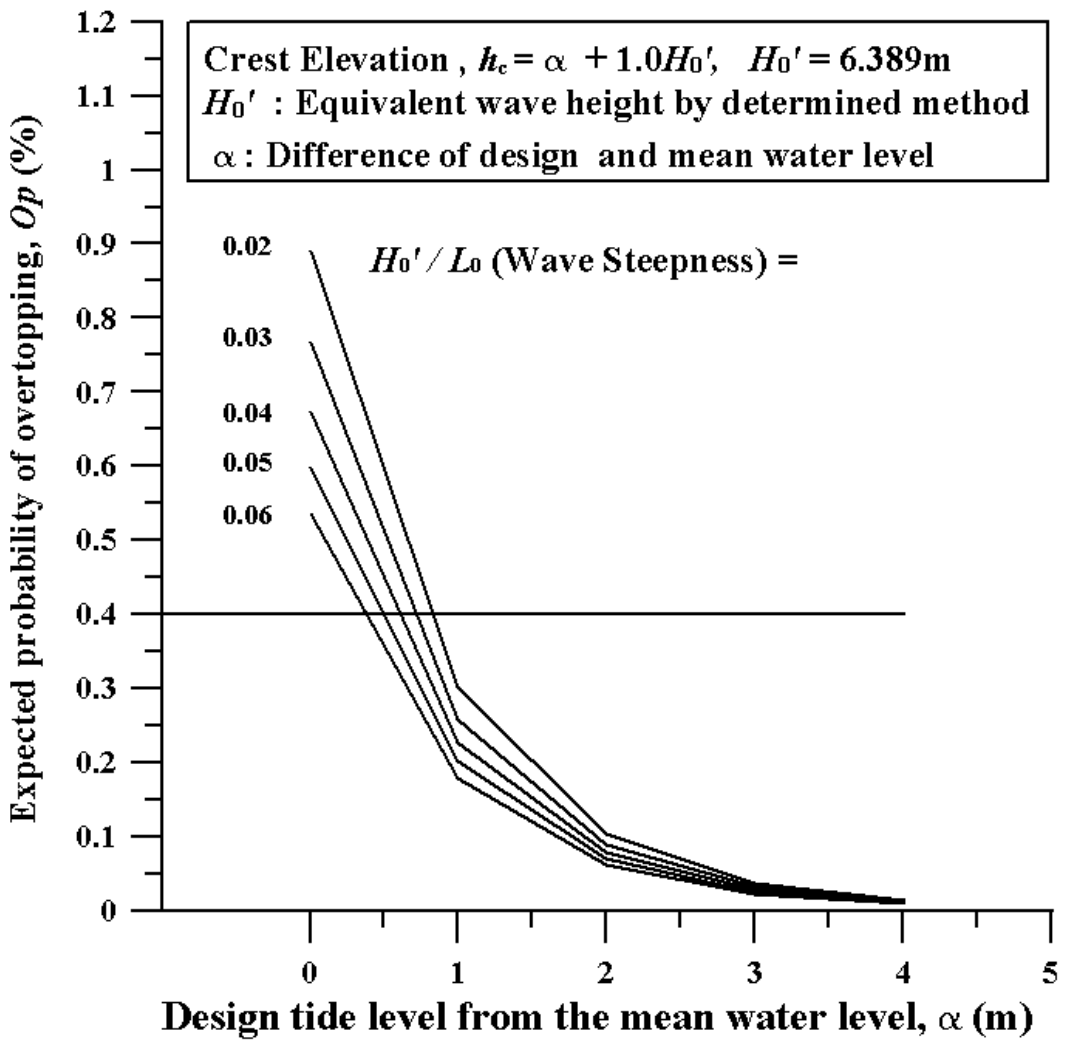


그림 3.14 남해안 완도 지역의 기대월파확률(Tetrapod)

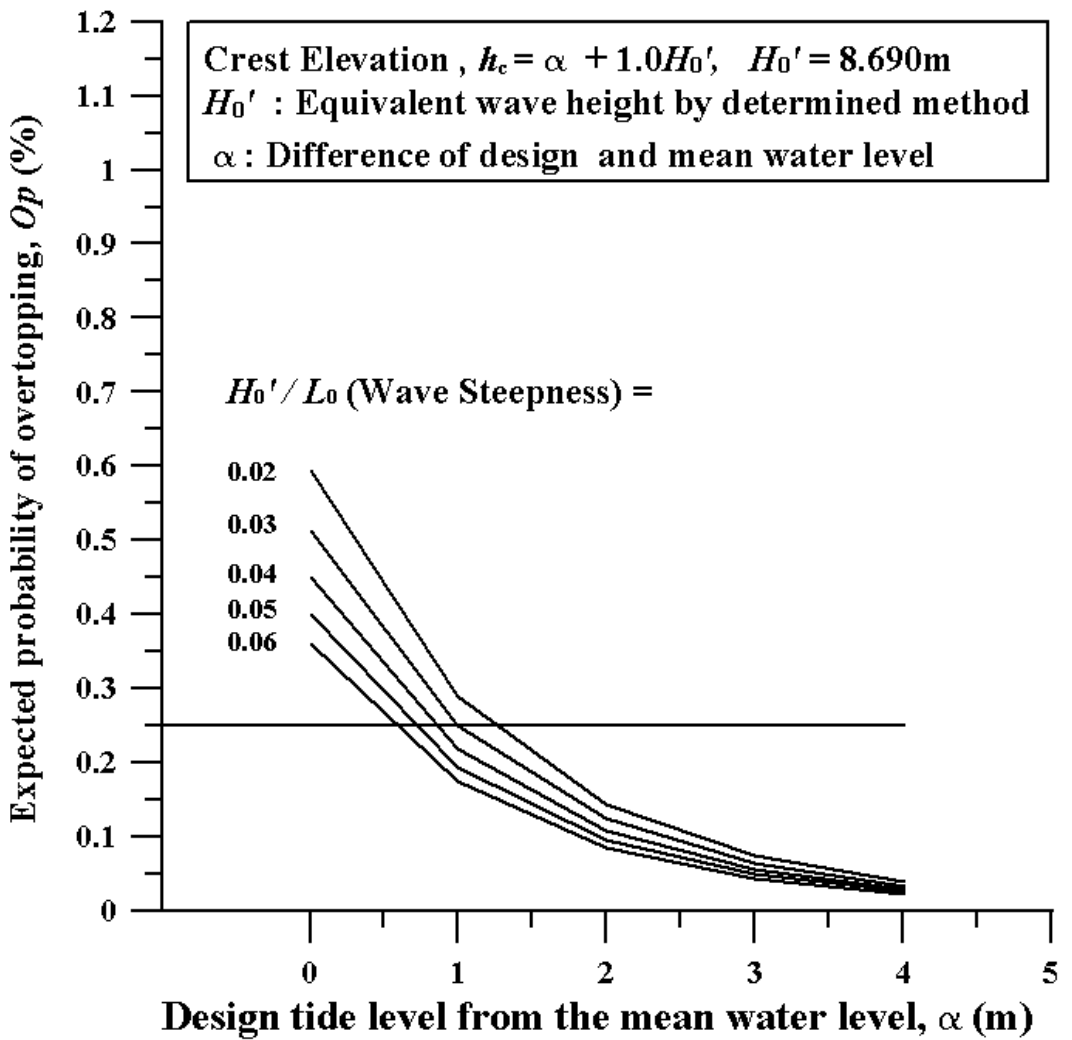


그림 3.15 남해안 제주 지역의 기대월파확률(Tetrapod)

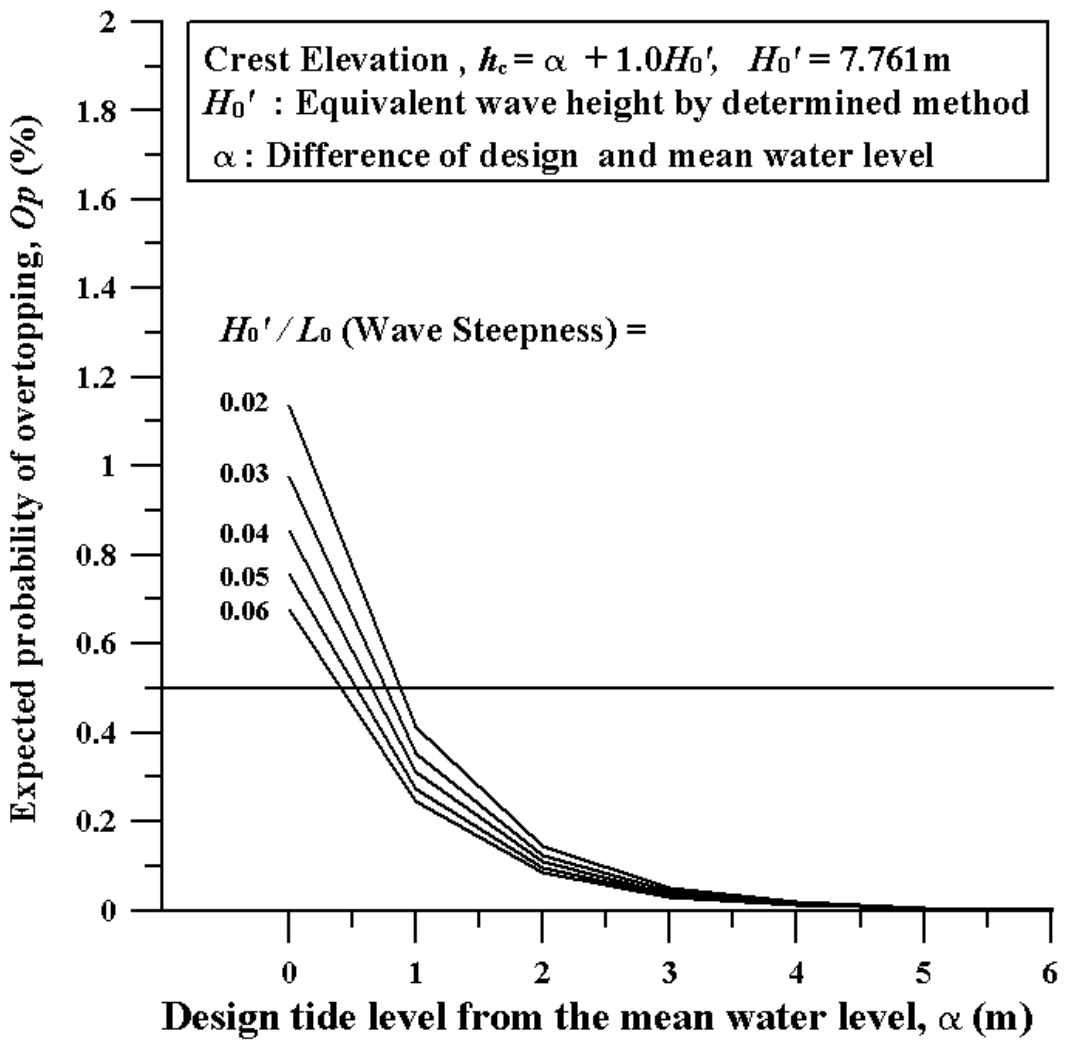


그림 3.16 서해안 대흑산도 지역의 기대월파확률(Tetrapod)

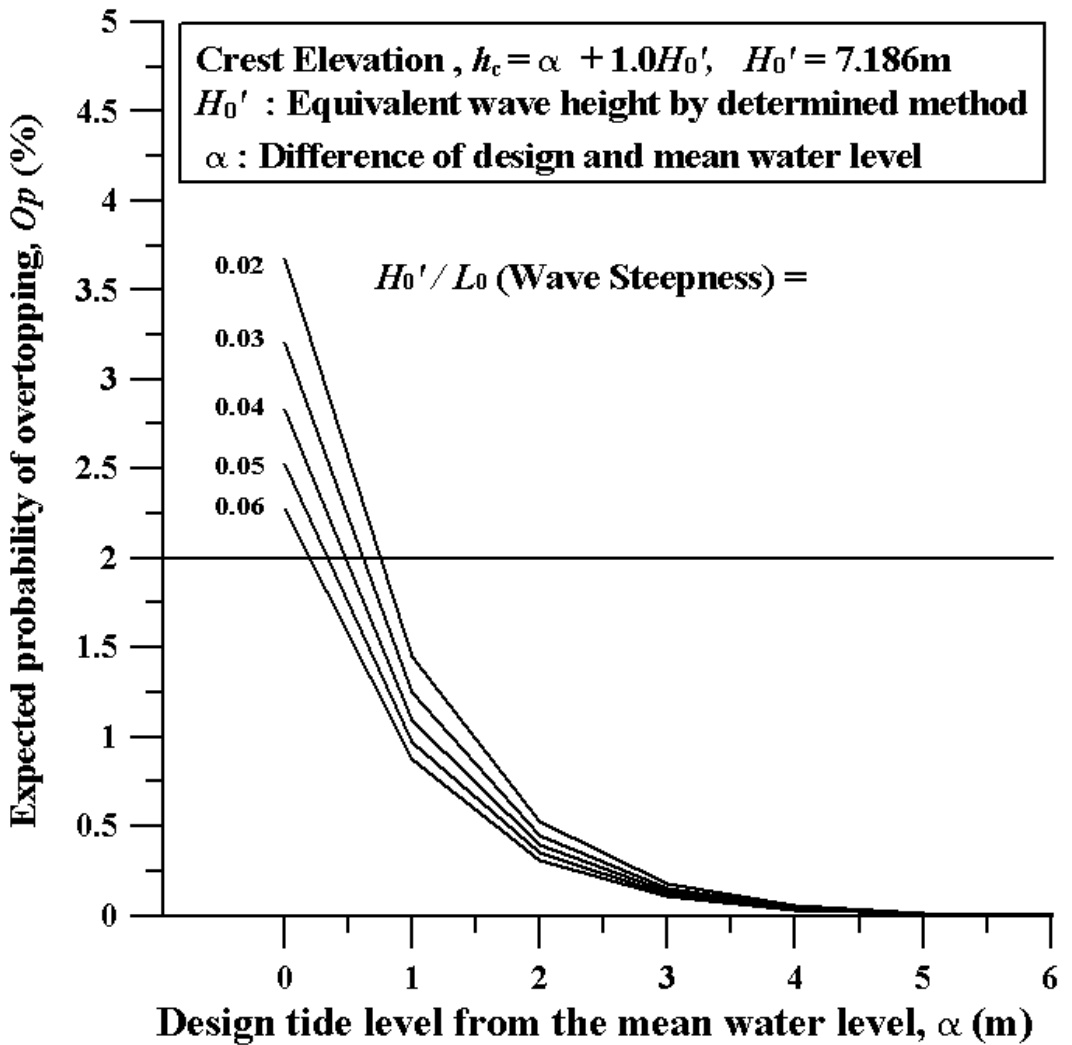


그림 3.17 서해안 영광 지역의 기대월파확률(Tetrapod)

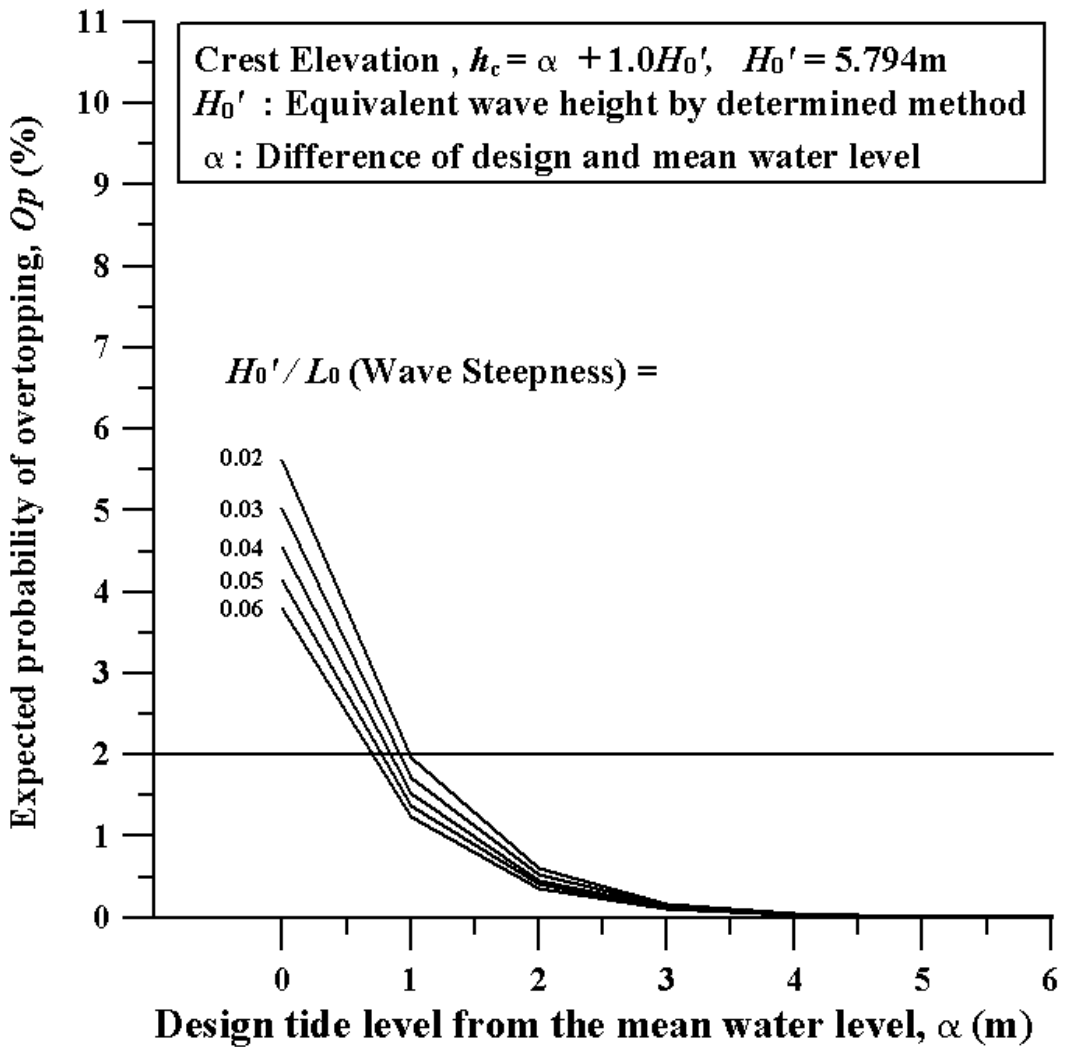


그림 3.18 서해안 군산외항 지역의 기대월파확률(Tetrapod)

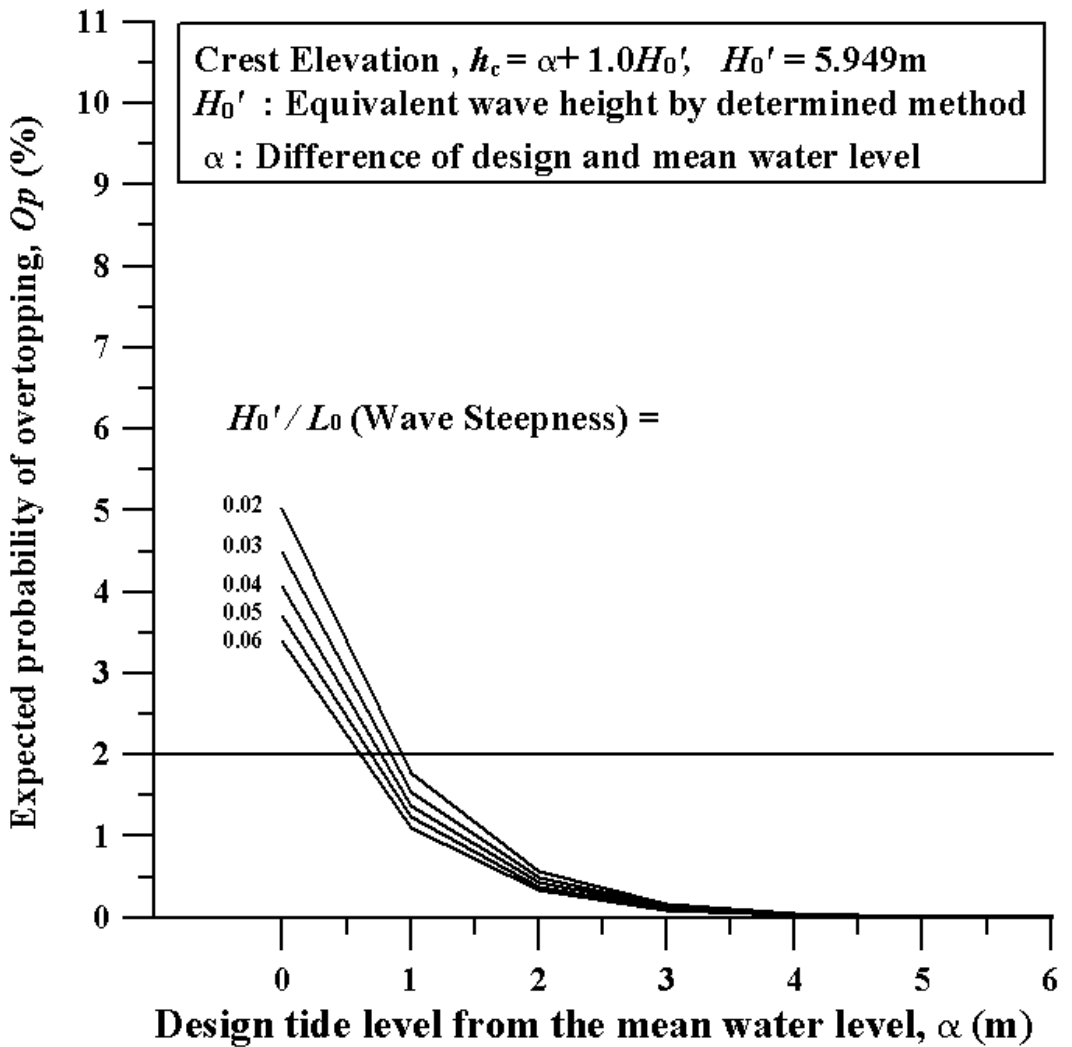


그림 3.19 서해안 보령 지역의 기대월파확률(Tetrapod)

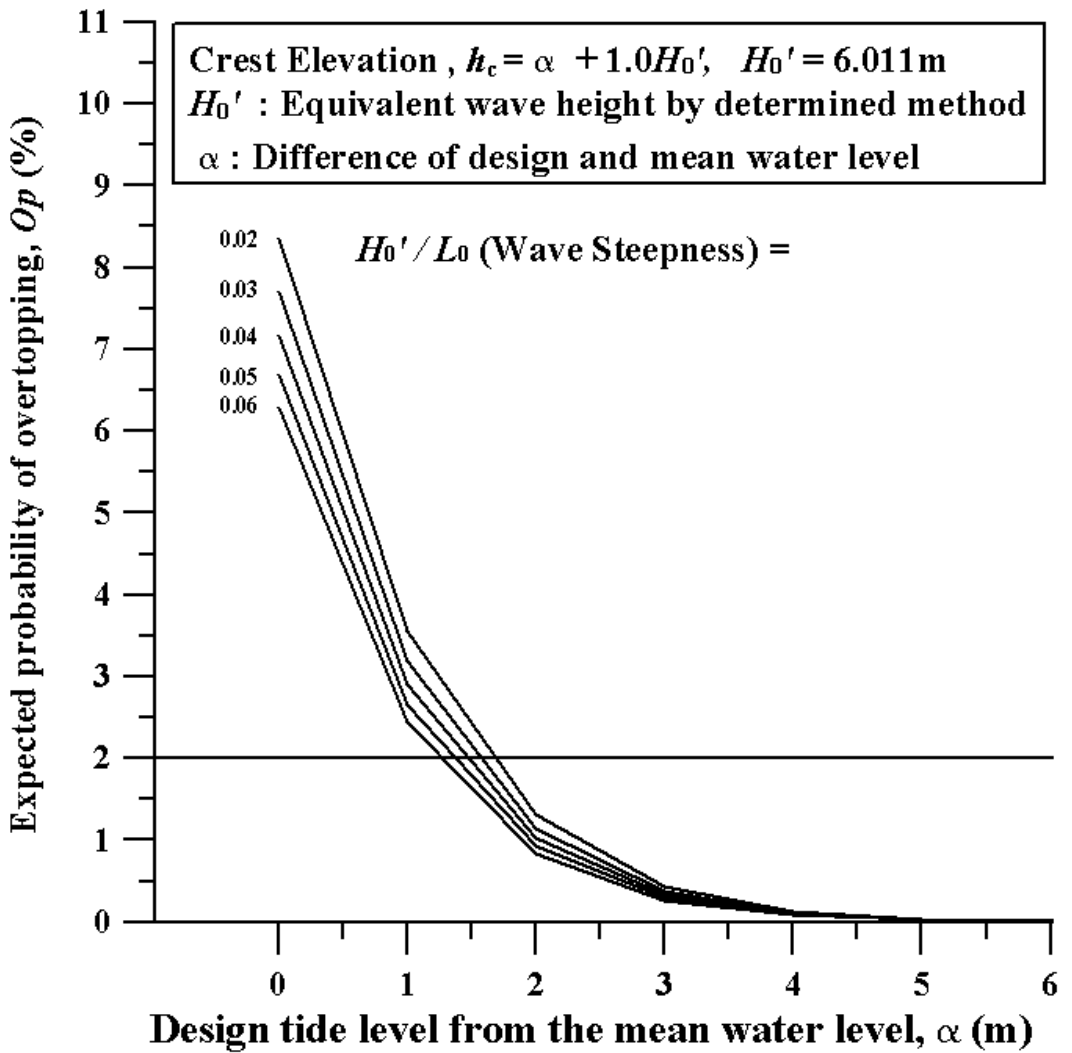


그림 3.20 서해안 평택 지역의 기대월파확률(Tetrapod)

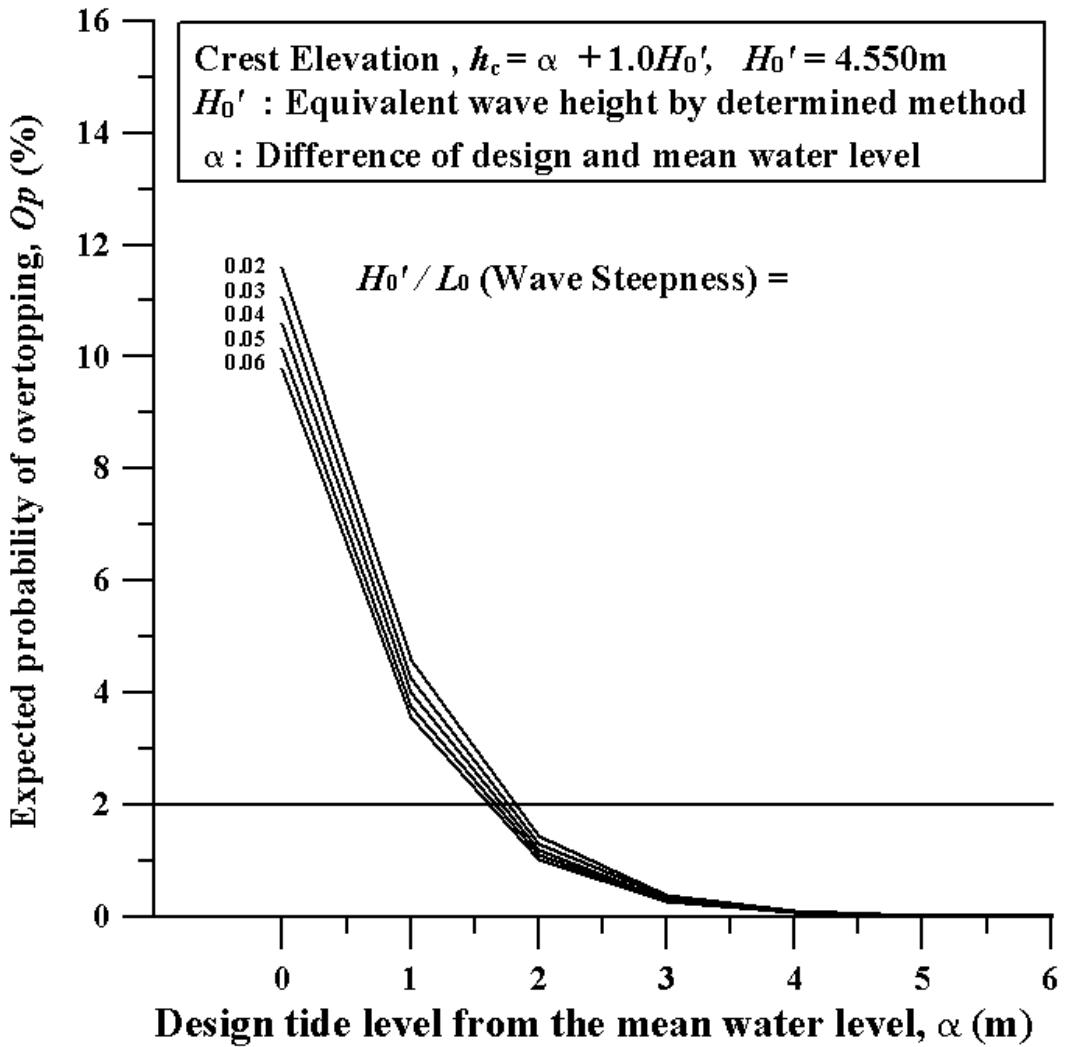


그림 3.21 서해안 인천 지역의 기대월파확률(Tetrapod)

우리나라 전 해역에 대한 기대월파확률 계산결과 그림 3.3~그림 3.21에서와 같이 H_0'/L_0 가 작을수록 기대월파확률 값이 크게 나타난다. 이는 주기가 길어지면 초오름 높이가 증가하기 때문이다. 또한 α 값의 증가에 따른 기대월파확률 값은 서해안(그림 3.16~그림 3.21)의 경우가 동해안(그림 3.3~그림 3.8)의 경우보다 급격히 줄어들고 있음을 알 수 있다. 이는 서해안이 동해안보다 조위발생빈도분포의 표준편차가 크기 때문이다.

3.2.3 기존의 설계방법에 의한 마루높이의 기대월파확률 평가방법

그림 3.3~그림 3.21의 기대월파확률 결과를 보면 조위의 표준편차가 크면 클수록 기대월파확률이 커지는 경향을 볼 수 있다. 이는 동해안에서 서해안으로 갈수록 기대월파확률이 커짐을 말한다. 하지만 서해안의 경우 조위가 낮아짐에 따라 마루높이가 커져 주기가 긴 경우에도 월파를 할 수 없는 경우가 발생하기 때문에 조위의 표준편차와 경향이 다른 결과를 보일 수 있다. 그림 3.21의 인천의 경우 설계조위(DWL)와 평균조위(MSL)차 α 값이 4m 이상이므로 α 값에 대응되는 월파확률은 0.4% 이하의 작은 값을 보이게 된다. 따라서 본 절에서는 기존의 마루높이 설정방법에 따른 기대월파확률을 평가하는 방법에 대하여 설명하고자 한다.

항만 및 어항 설계기준(1999)에 의하면 방파제의 마루높이를 설계조위(DWL)로부터 설계파고($H_{1/3}$)의 0.6~1.2배로 정하고 있다. 마루높이를 관계식으로 표시하면 식 (3.3)과 같다.

$$h_c = \alpha + \beta H_{1/3} \quad (3.3)$$

여기서, h_c 는 마루높이, α 는 설계조위, $H_{1/3}$ 는 설계파고, β 는 설계파고의 배수값이다.

상술한 기존의 설계방법에 의해 결정된 임의의 마루높이에 대하여 기대월파확률 독취방법을 설명하면 다음과 같다.

속초해역에 Tetrapod사면으로 된 방파제를 축조하고자 한다. 설계조건은 $H_{1/3}=6\text{m}$, $T_{1/3}=10\text{sec}$, 수심=15m, DWL=0.49m, MSL=0.196m이며 최초 설계조건을 $\beta=1.0$ 인 경우에 대하여 검토했다고 하면 주어진 기대월파확률 그래프로부터 독취하는 방법에 대하여 설명한다.

첫 번째, 대상지역과 동일한 기대월파확률 그래프 그림 3.22를 선택한다.

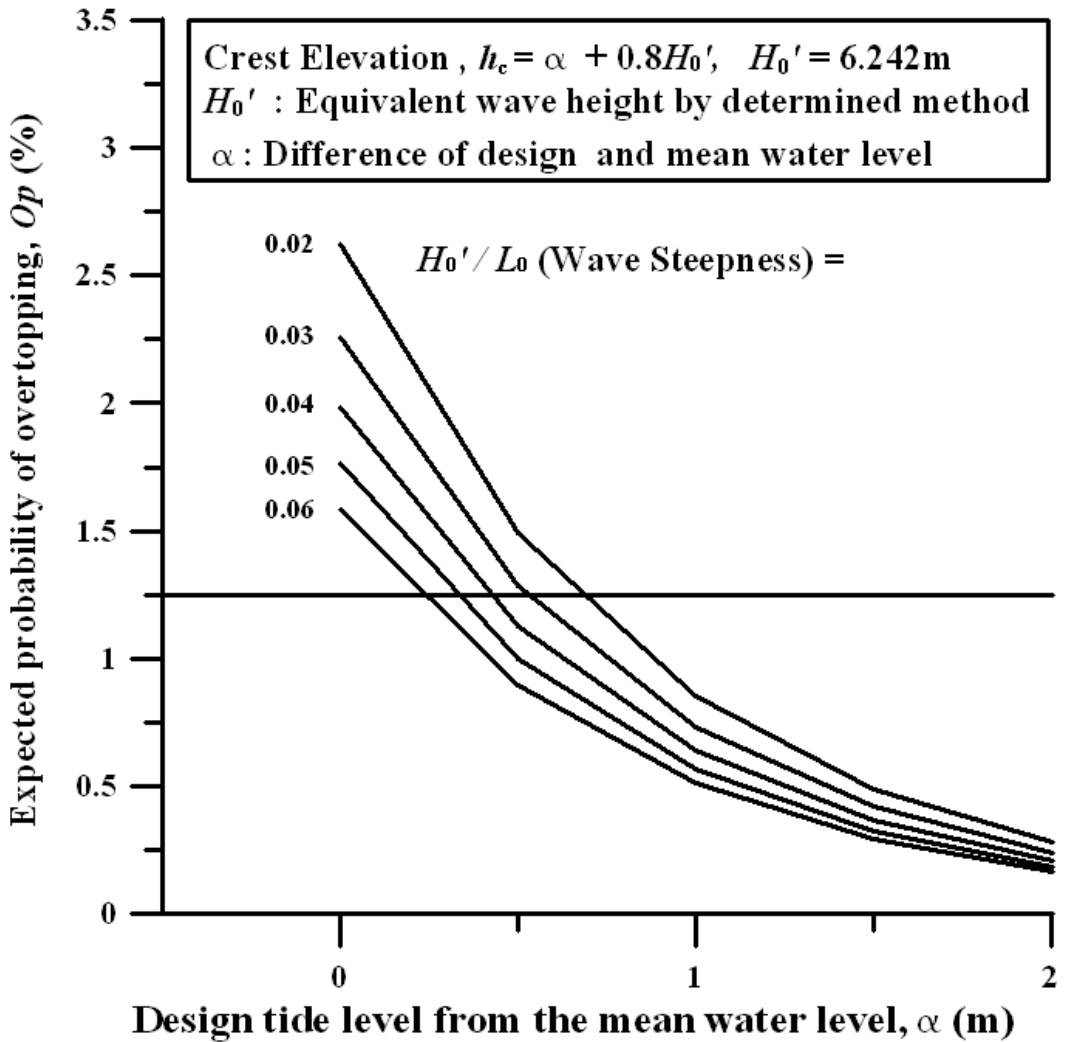


그림 3.22 동해안 속초 기대월파확률(Tetrapod)

두 번째, 파형경사(H_0' / L_0)를 계산한다. 계산방법은 대상지역 설계파와 설계주기, 수심의 조건으로부터 H_0' (6.41m)와 L_0 를 계산한 후 파형경사 식 H_0' / L_0 에 대입하여 구한다. 계산된 값은 0.04이다.

세 번째, 설계조위와 평균조위의 차 α 값을 산정한다. 대상지역 설계조건은 $\beta=1.0$ 에 대한 것 이다. 주어진 기대월과확률 그래프는 $\beta=0.8$ 이므로 이에 대한 조정이 필요하다. 본 조정은 $1.0H_0'$ 에서 $0.8H_0'$ 만큼의 차이를 α 값에 더한 값을 새로운 α 값으로 간주하는 과정이다. 이는 마루높이가 그 차이만큼 높아진 결과가 된다. 이를 식으로 설명하면 $\beta=0.8$ 의 그래프는 식 (3.4)와 같이 마루높이 h_{c1} 으로 정의할 수 있다.

$$h_{c1} = (DWL - MSL) + 0.8H_0' \quad (3.4)$$

상술한 바와 같이 α 값의 조정을 위하여 식 (3.4)의 마루높이 h_{c1} 는 H_0' 의 차이에 해당하는 0.2배를 더하여 쓰면 식 (3.5)의 h_{c2} 와 같이 된다.

$$h_{c2} = (DWL - MSL) + 0.8H_0' + (1.0 - 0.8)H_0' \quad (3.5)$$

다시 쓰면 식 (3.5)은 식 (3.6)과 같이 된다.

$$h_{c2} = (DWL - MSL + 0.2H_0') + 0.8H_0' \quad (3.6)$$

α 는 식 (3.6)의 우변의 첫째항($DWL - MSL + 0.2H_0'$)로 조정한다. 이를 계산하면 α 는 1.576m가 된다.

마지막으로, 기대월과확률 그래프 독취한다. 방법은 그림 3.22의 그래프를 이용하여 $H_0'/L_0 = 0.04$ 곡선상에서 α 값에 상응하는 기대월과확률 O_p 값을 읽으면 0.343%임을 알 수 있다.

제4장 해역별 기대월과확률 특성 비교

기대월과확률 결과를 보면 그림 3.3~그림 3.21에서 보인 바와 같이 조위의 표준편차가 크면 클수록 기대월과확률이 커지는 경향을 볼 수 있었다. 이는 동해안 보다 서해안이 기대월과확률이 커짐을 말한다. 하지만 서해안의 경우 조위가 낮아짐에 따라 마루높이가 커져 주기가 긴 경우에도 월파를 할 수 없는 경우가 발생하기 때문에 조위의 표준편차와 경향이 다른 결과를 보일 수 있다.

본 절에서는 기존의 마루높이 설정방법에 따른 기대월과확률을 3.2.3절의 기대월과확률 평가방법을 이용하여 해역별 기대월과확률 특성을 비교하고자 한다.

4.1 대상지역별 설계조건

우리나라에서 설계조위의 결정은 일반적으로 약최고고조위(Approx.HHW)와 삭망평균만조위(HWL)를 비교하여 큰 값으로 한다(항만 및 어항 설계기준, 1999). 본 논문에서는 국립해양조사원이 2005년 12월 현재 삭망평균만조위에 대한 자료를 제공하지 않으므로 설계조위를 약최고고조위로 사용하였다. 조사 대상 지역을 포함한 실향역 조위자료를 제공하고 있는 검조소위치도는 그림 4.1과 같다. 표 4.1은 조사대상 19개 지역의 평균해수면(MSL)과 약최고고조위 값을 보이고 있으며 본 논문에서 정의하고 있는 설계조위와 평균해수면의 차 α 값과 파형경사에 따른 기대월과확률 결과를 나타내고 있다.



그림 4.1 기대유희확률 평가 대상지역 위치도(국립해양조사원)

표 4.1. 비교 지점별 α 값과 기대월파확률

	지역	MSL (cm)	Approx. HHW(cm)	Approx.HHW- MSL, α (m)	월파확률($Op\%$)	
					H_0'/L_0 (=0.02)	H_0'/L_0 (=0.04)
동해안	속초	19.6	39.2	0.196	0.537	0.404
	묵호	18.8	37.6	0.188	0.393	0.300
	울릉도	16.2	32.4	0.162	0.483	0.367
	후포	13.9	27.8	0.139	0.452	0.345
	포항	12.3	24.6	0.123	0.741	0.557
	울산	30.4	60.8	0.304	0.551	0.414
남해안	부산	64.9	129.8	0.649	0.437	0.328
	가덕도	95.3	190.6	0.953	0.267	0.201
	통영	141.0	282.0	1.410	0.202	0.152
	여수	180.8	361.6	1.808	0.150	0.113
	거문도	170.0	340.0	1.700	0.152	0.114
	완도	200.2	400.4	2.002	0.104	0.078
	제주	142.0	284.0	1.420	0.228	0.172
서해안	대흑산도	185.3	370.6	1.853	0.194	0.146
	영광	341.7	683.4	3.417	0.129	0.097
	군산외항	362.3	724.6	3.623	0.091	0.069
	보령	381.8	763.6	3.818	0.070	0.052
	평택	465.8	931.6	4.658	0.072	0.054
	인천	463.5	927.0	4.635	0.051	0.039

상기한 표 4.1에 보인 바와 같이 동해안, 남해안, 서해안 순으로 α 값이 크을 알 수 있다. 동해안에 위치하고 있는 포항의 α 값이 0.123으로 가장 작고 서해안에 위치한 평택이 4.658로 가장 크다. 각해역의 α 값의 평균값은 동·남·서해안 순으로 0.185m, 1.420m, 3.667m이다.

4.2 파형경사에 따른 해역별 기대월파확률 비교

우리나라 동·남·서해안에 대하여 기대월파확률 평가방법을 사용하여 기존의 설계방법에 의한 마루높이에 대하여 파형경사(H_0'/L_0)별 기대월파확률을 평가하였다. 그 결과를 아래 그림 4.2~그림4.4에 보인다. 이때 기대월파확률 그래프는 그림 3.3~그림 3.21을 사용했다.

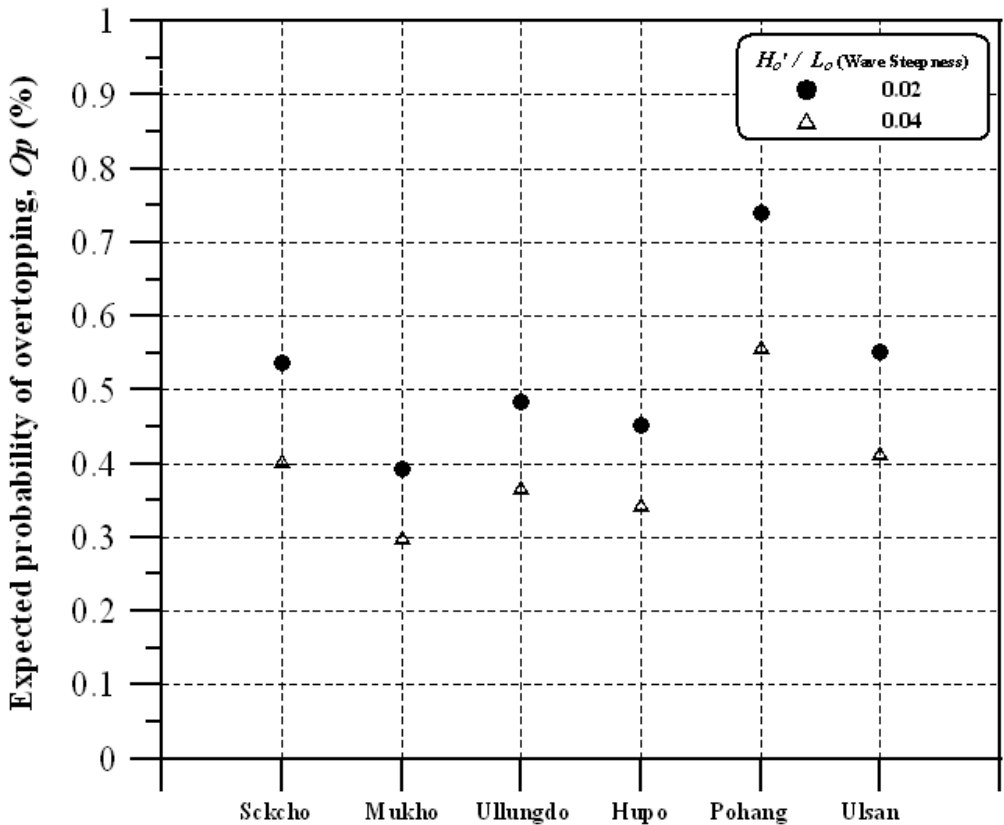


그림 4.2 파형경사에 따른 해역별 기대월파확률(동해안)

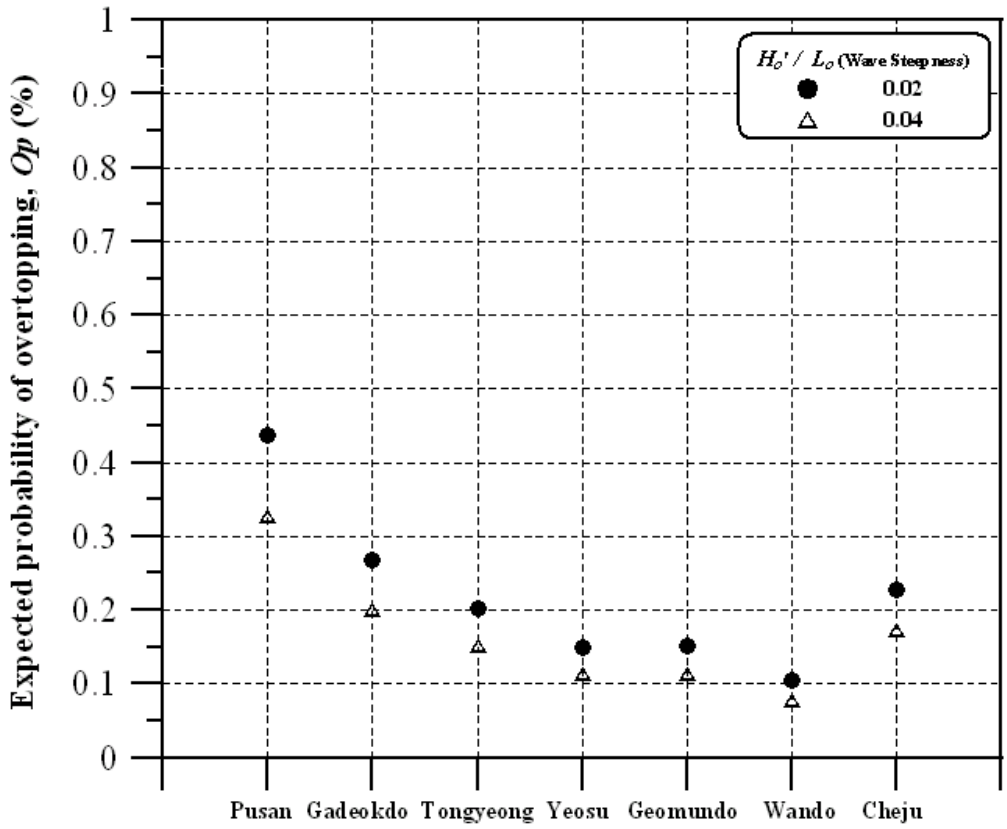


그림 4.3 파형경사에 따른 해역별 기대월파확률(남해안)

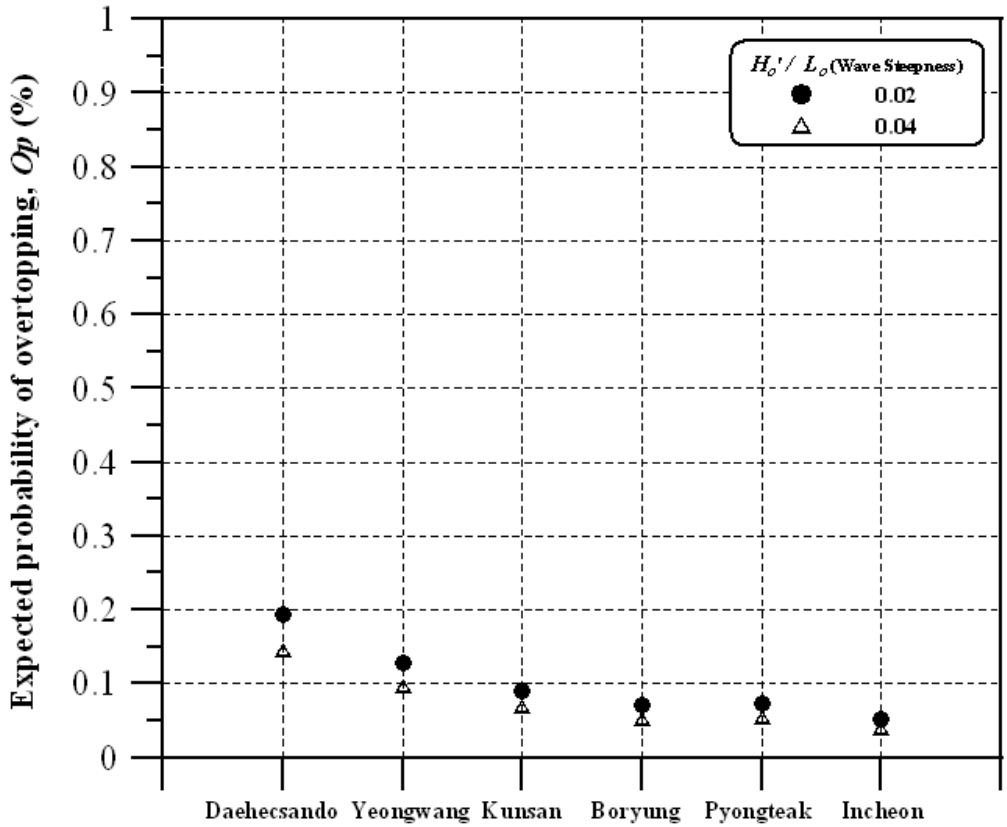


그림 4.4 파형경사에 따른 해역별 기대월파확률(서해안)

동·남·서해안에 위치한 속초, 통영, 인천의 α 값은 표 4.1에 보인 바와 같이 각각 0.196m, 1.41m, 4.635m이며 기대월파확률은 $H_0'/L_0 = 0.04$ 의 경우에 대하여 각각 0.4%, 약 0.15%, 0.04%이다.

기존의 마루높이 설정 방법에 의하면 서해안에 위치한 인천의 경우가 동해안에 위치한 속초의 경우보다 기대월파확률이 작음을 알 수 있다. 이는 서해안의 경우 조위가 낮아짐에 따라 마루높이가 커져 주기가 긴 경우에도 월파를 할 수 없는 경우가 발생하기 때문이다. 또한 그림 4.2와 그림 4.4에 보인 바와 같이 속초 보다 인천의 경우가 기대월파확률에 미치는 파형경사의 영향이 작음을 알 수 있다.

제5장 결론 및 향후 연구과제

5.1 결론

권혁민 등(2005a)이 제안한 기대월파확률 계산방법을 사용하여 기존의 마루높이 설정 방법에 대한 기대월파확률을 평가하고 우리나라 해역별 기대월파확률 특징에 대해 비교·분석 하였다. 해역별 대상지역은 동해안의 6개 지점과 남해안의 7개 지점, 서해안의 6개 지점으로 총 19개 지점을 대상으로 하였다. 각 지역의 실해역 조위발생빈도분포는 불확정요소로 취급하지 않고 연간 분포특성을 그대로 사용했으며 파고는 재현기간 50년으로 했고 주파향에 해당하는 파를 사용하였다.

기대월파확률 계산 결과를 그림 3.3~그림 3.21에서 보인 바와 같이 조위의 표준편차가 크면 클수록 기대월파확률이 커지는 경향을 볼 수 있었다. 이는 동해안에서 서해안으로 갈수록 기대월파확률이 커짐을 말한다. 하지만 서해안의 경우 조위가 낮아짐에 따라 마루높이가 커져 주기가 긴 경우에도 월파를 할 수 없는 경우가 발생하기 때문에 조위의 표준편차와 경향이 다른 결과를 보일 수 있다. 따라서 본 논문에서는 기존의 마루높이 설정방법에 따른 기대월파확률을 3.2.3절의 기대월파확률 평가방법을 이용하여 해역별 기대월파확률 특징을 비교하였다.

동, 남, 서해안에 위치한 속초, 통영, 인천의 설계조위(DWL)와 평균조위(MSL)의 차인 α 값을 보면 표 4.1에 보듯이 각각 0.196m, 1.41m, 4.635m을 나타내고 있으며 α 값에 해당하는 기대월파확률은 파형경사(H_0'/L_0) 0.04의 경우에 대하여 각각 0.4%, 약 0.15%, 0.04%를 나타낸다. 이와 같은 방법으로 전 해역에 대하여 평가한 결과 서해안이 동해안의 경우보다 기대월파확률을 작음을 알 수 있었다. 이는 서해안의 경우 조위가 낮아짐에 따라 마루높이가 커져

주기가 긴 경우에도 월파를 할 수 없는 경우가 발생하기 때문이다. 또한 그림 4.2과 그림 4.4에서 보인 바와 같이 동해안 보다 서해안의 경우가 기대월파확률에 미치는 파형경사의 영향이 작음을 알 수 있다.

본 연구의 결과로 볼 때 우리나라 해역별 기대월파확률 특성은 기존의 마루높이에 대하여 동·남·서해안 순으로 기대월파확률이 작게 나타남을 알 수 있었다. 임의의 설계파 조건에 대하여 비쇄파대의 기대월파확률 값은 그래프(그림 3.3~그림 3.21)로 부터 3.2.3절의 독취방법으로 편리하게 얻을 수 있다. 또한 그래프로부터 마루높이를 더 높여도 기대월파확률은 기대이상으로 저감시킬 수 없는 값을 시각적으로 비교할 수 있으므로 과대설계를 피할 수 있다.

5.2 향후 연구과제

항만 및 어항 설계기준(1999)은 방파제의 마루높이를 설계조위로부터 설계파고가 내습한다고 가정하여 설계파고의 0.6~1.2배로 정하고 있으며 최종적으로 단위폭당 허용월파율($m^3/sec/m$)을 검토하도록 되어 있다. 본 논문은 월파량 산정을 위한 前단계로써 해역별 기대월파확률을 수치적으로 계산하여 마루높이 설정에 있어서 하나의 설계정보를 제공했다.

따라서 본 연구는 월파량 산정에 대한 후속연구가 필요하며 기대월파확률의 개통적 수리모형실험을 통한 검증이 필요하다.

또한 신뢰성 설계방법은 조위발생빈도분포, 설계파고 등과 같은 불확정요소(uncertainty factor)의 신뢰도가 중요하다. 본 연구는 비쇄파대를 대상으로 했으므로 향후 쇄파대내의 기대월파확률을 계산할 수 있는 방법을 고안해야 한다.

참고문헌

- 권혁민 등(2005a) 실해역의 조위발생빈도분포를 고려한 기대월과확률. **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제25권, 제1B호, pp. 1-8.
- 권혁민 등(2005b) 우리나라 동·남·서해안의 기대월과확률 특성 비교. **2005년도 대한토목학회 정기학술대회 논문집**, 대한토목학회, pp. 820-824.
- 김동현 등(2003) 지진토압의 위상차를 고려한 케이슨 안벽의 신뢰성해석. **한국해안·해양공학회지**, 한국해안·해양공학회, 제15권, 제4호, pp. 242-248.
- 김동현(2005) 소파케이슨 방파제의 기대활동량 산정. **한국해안·해양공학회지**, 한국해안·해양공학회, 제17권, 제4호, pp. 213-220.
- 서경덕 등(2003) 파향의 변동성을 고려한 방파제 피복 블록의 기대피해 계산. **한국해안·해양공학회지**, 한국해안·해양공학회, 제15권, 제1호, pp. 21-32.
- 이영렬(2004) 신뢰성 해석에 의한 경사식 방파제의 기대월과확률에 관한 연구. 석사학위논문, 경주대학교.
- 이철웅(1999) 경사제 피복재의 안정성에 대한 신뢰성 해석. **한국해안·해양공학회지**, 한국해안·해양공학회, 제11권, 제3호, pp. 165-172.
- 이철웅(2000a) 경사제 피복재의 안정성과 피해율에 대한 확률론적 해석. **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제20권, 제1-B호, pp. 73-84.
- 이철웅(2000b) 경사제 피복재의 신뢰성 해석을 위한 직접 계산법의 개발. **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제20권, 제3-B호, pp. 387-397.
- 이철웅(2000c) 직접계산법에 의한 경사제 피복재의 신뢰성 해석. **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제20권, 제3-B호, pp. 399-409.
- 이철웅(2002) 혼성제 직립 케이슨의 활동량 산정. **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제22권, 제4-B호, pp. 517-530.
- 이철웅(2003) 콘크리트 피복재의 단면파괴에 대한 신뢰성 해석. **한국해안·해**

- 양공학회지**, 한국해안·해양공학회, 제15권, 제2호, pp. 86-96.
- 이철응(2003) 월파에 대한 경사식 해안 구조물의 신뢰성 해석. **한국해안·해양공학회지**, 한국해안·해양공학회, 제15권, 제4호, pp. 214-223.
- 이철응(2004) 구조적 안정성을 고려한 콘크리트 피복재의 신뢰성 설계. **한국해안·해양공학회지**, 한국해안·해양공학회, 제16권, 제3호, pp. 142-151.
- 이철응(2005) 처오름의 신뢰성 해석에 대한 파고-주기결합분포의 영향. **한국해안·해양공학회지**, 한국해안·해양공학회, 제17권, 제3호, pp. 178-187.
- 오장은 등(2005) 월파에 대한 호안의 신뢰성 설계. **2005년도 대한토목학회 정기학술대회 논문집**, 대한토목학회, pp 711-714
- 정신태 등(2004) 한국 연안 심해 설계파고의 극치분포 특성. **한국해안·해양공학회지**, 한국해안·해양공학회, 제16권, 제3호, pp. 130-141.
- 한국항만협회(1999) 항만 및 어항 설계기준(상권), pp. 173-176, 701-704.
- 한국항만협회(2005) 항만·어항 설계기준 신뢰성 설계기법 검토용역 최종보고서, pp. 28-41.
- 해운항만청(1992) 전국항만구조물도집
- 홍수영 등(2004) 파향의 변동성을 고려한 직립방파제 콘크리트 케이슨의 기대 활동량 산정. **한국해안·해양공학회지**, 한국해안·해양공학회, 제16권, 제1호, pp. 27-38.
- Kweon et al(2003) Reliability analysis of the expected overtopping probability of rubble mound breakwater. ISOPE, pp. 493-496.
- Kweon et al(2004) Expected Overtopping Probability Considering Real Tide Occurrence. ISOPE, pp. 668-670.
- Kim et al(2005) Neural network for design and reliability analysis of rubble mound breakwaters. Ocean Engineering, 32, pp. 1332-1349.
- Burcharth(1991) Introduction of partial coefficient in the design of rubble mound breakwater, proc. Coastal structures breakwaters, Institution of

- civil engineers, London, pp. 543-565.
- Burcharth, H. F. and Sørensen, J. D. (1999) The PIANC safety factor system for breakwaters, Proc. Coastal structures 99, Spain, pp. 1125-1144.
- Dai, Y.B. and Kamel, A.M., (1969) Scale effect tests for rubble mound breakwaters, research report H-69-2, U.S. Army corps of engineers waterways experiments station, Vicksburg, Miss.
- Hanzawa et al(1996) New stability formula for wave-dissipating concrete blocks covering horizontally composite breakwaters, Proceedings of 25th International Conference on Coastal Engineering, ASCE, Orlando, pp. 1665-1678.
- Goda, Y. (1974) A new method of wave pressure calculation for the design of composite breakwater, Proceedings of 14th International Conference on Coastal Engineering, ASCE, Copenhagen, pp. 1702-1720.
- Goda, Y. and Takagi, H. (2000) A reliability design method do caisson breakwaters with optimal wave heights. Coastal Engineering Journal, 42, pp. 357-387.
- Shimosako, K. and Takahashi, S. (1999) Application of deformation-based reliability design for coastal structures, Proc. Coastal structures 99, Spain, pp. 363-371.
- Van der Meer, J.W. (1988) Stability of Cubes, Tetrapods and Accropods, Proceedings of International Conference on Breakwaters ¶ 88, ASCE, pp. 59-68.

부록 A. 기대월파확률 계산의 현장적용 예

부록 A. 기대월파확률 계산의 현장적용 예

본 연구에서는 임의의 설계파 조건에 대하여 비쇄파대의 기대월파확률 값을 그래프(그림 3.3~그림 3.21)로 부터 본문 3.2.3절의 독취방법으로 편리하게 얻을 수 있음을 보였다. 이 방법을 활용하여 GS호안에 대한 기대월파확률을 산정하였다.

GS호안은 서해안에 위치하고 있으며 설계파고 및 조위발생빈도분포 특성이 군산외항과 유사하다. 본 과제에서는 기대월파확률 계산을 위한 설계파고 및 조위발생빈도분포 특성을 군산외항의 조건과 동일하게 적용하였으며 기대월파확률 그래프의 경우 군산외항의 결과에서 파형경사(H'_0/L_0) 0.01에 대한 곡선을 추가하여 사용하였다. 이는 GS항의 파형경사가 0.01의 값을 나타내기 때문이다.

최종적으로 군산외항의 기대월파확률 그래프를 이용하여 GS호안에 설계조위(HWL)시 설계파($H_{1/3}$)가 왔을 때의 경우에 대하여 해석하였다.

본 부록의 1절에 기술하는 내용은 군산외항의 경우와 동일하며 2절의 내용은 GS호안에 대한 기대월파확률 평가 대한 설명이다.

1. GS호안 기대월파확률 계산

1.1 대상 지역의 설계파 조건

우리나라 해역의 설계파는 한국해양연구원의 홈페이지(www.kord.re.kr)에 공개되어 있다. 그림 A.1은 우리나라 주변해역에 있어서 바람 자료로 부터 후측(hindcast)한 설계파 산정지점(station)을 보인 것이다.

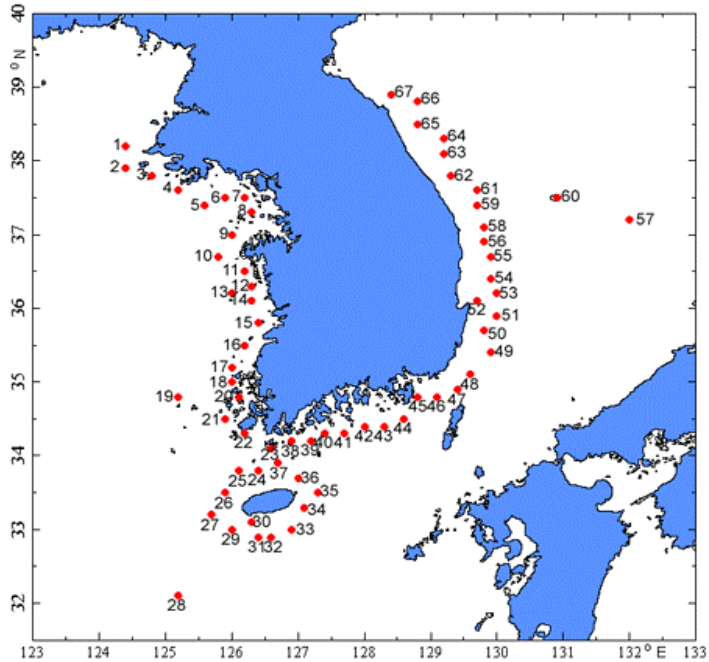


그림 A.1 우리나라 해역의 설계파 산정 지점

정신탉 등(2004)은 그림 A.1에 보인 전 지점의 매년최대파고분포에 대하여 Gumbel분포형을 적용한 식으로 제안하고 Gumbel분포의 모수 및 극치파고에 대하여 본문 3.1절의 표 3.1~표 3.3과 같이 추정하고 있다. 정신탉 등(2004)의 연구 결과에 의하면 군산외항에 대한 척도모수 A 및 위치모수 B 는 표 A.1에 보인 바와 같고 이때 주파향은 WNW이다.

표 A.1 군산외항 지역의 모수추정값 및 극치파고

	산정지점 (station)	재현기간 (년)	극치파고 (m)	척도모수 (A)	위치모수 (B)	주파향
군산외항 지역	15	50	5.794	0.475	3.941	WNW

설계파고는 재현기간 50년이고 주파향에 해당하는 파고를 선정하였다.

1.2 대상지역의 조위발생빈도분포 특성

대상지역의 조위발생빈도분포 특성은 본문 2.2절의 한국항만협회(2005)에서 수행한 분포함수의 모수추정 결과를 활용하였다. 추정된 매개변수 값은 표 A.2와 같고 조위발생빈도분포는 그림 A.2와 같다.

표 A.2 조위확률밀도함수의 모수 추정값

	a_D	a_U	μ_D	μ_U	σ_D	σ_U	R^2
군산외항 지역	0.001929	0.001873	-143.4	148.9	107.69	104.86	0.9946

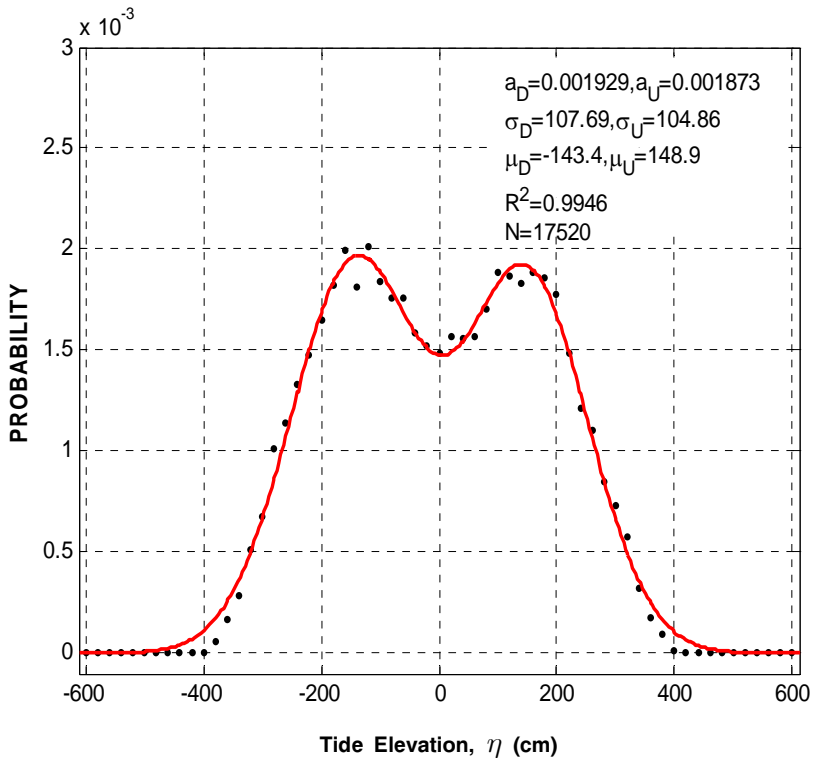


그림 A.2 서해안 조위발생빈도분포(군산외항)

위의 그림에서 보인 바와 같이 조위발생빈도분포의 형태가 쌍봉형을 나타내고 있음을 알 수 있다. 자료에 대한 분포곡선의 상관도 R^2 이 97%를 상회한다.

1.3 기대월파확률 산정

1.3.1 기대월파확률 계산방법

본 과제에서 권혁민 등(2005a)의 계산방법을 준용하였으며 아래 기술하는 내용은 본 연구와 동일하다. 기대월파확률 계산은 평균조위 값을 기준으로 하였으며 기존의 마루높이에 대하여 기대월파확률의 평가를 수월하게 할 수 있도록 설계조위와 평균조위의 차를 변수화 했다. 이의 관계를 보이면 식 (1.1)과 같다.

$$h_c = \alpha + \beta H_0' \quad (1.1)$$

여기서, h_c 는 평균조위로부터 마루높이까지의 높이, α 는 설계조위(DWL)와 평균조위(MSL)의 차, β 는 환산심해파고 H_0' 의 배율 값이다.

위의 식 (1.1)의 관계를 모식도로 보이면 그림 A.3과 같다.

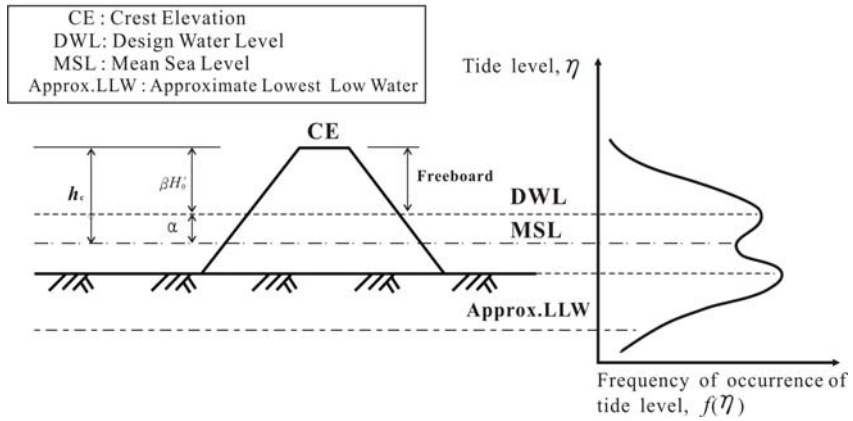


그림 A.3 서해안의 마루높이설정과 조위발생빈도분포의 관계

GS호안의 경우는 서해안에 위치해 있음으로 저조위가 저면보다 낮은 높이를 가질 수 있고 동시에 고조위가 마루높이보다 높은 값을 보일 경우도 있다. 위의 그림 3.2에 보인 바와 같이 H_0' 와 β 의 곱은 마루높이와 설계수위와의 차와 같으며 이를 본 연구에서 건현(freeboard)이라고 한다.

기대월파확률 계산을 하기 위하여 사용기간(life cycle) 50년 동안 재현기간(return period) 50년에 해당하는 매년의 설계파를 하나의 폭풍사상으로 간주하고 이에 상응하는 Rayleigh분포에 의한 파고-주기 결합분포를 계산해 두고 각각의 파에 대한 조위를 대응시켜 기대월파확률을 계산했다.

기대월파확률은 각각의 파에 대한 조위 조건을 두고 처오름 높이를 계산해 두고 정해진 마루높이에 대하여 하나의 폭풍사상에 대한 월파확률을 계산했다. 사용기간 50년 동안 50개의 월파확률을 구하여 이를 산술평균하여 평균월파확률을 계산했다.

최종적으로 기대월파확률을 계산하기 위하여 충분히 수렴하는 100회를 반복하여 각각 평균월파확률 값을 구하고 이를 다시 산술평균했다. 본 연구에서는 이러한 계산과정을 식 (3.2)에 보인 α 값과 파형경사를 변화시키면서 기대월파확률 값을 계산했다. GS호안의 경우 파형경사가 0.01이므로 풍파영역인 0.02~0.04를 포함하여 0.01~0.06까지 계산했다.

1.3.2 기대월파확률 계산결과

기존의 마루높이 설정은 설계파와 설계조위의 정보에 의해 우선 정해진다. 본 연구는 설계조위와 평균조위의 차 α 를 변수로 하여 식 (1.1)에 보인 바와 같이 마루높이 h_c 의 증감에 따른 기대월파확률 값을 알 수 있도록 정리했다.

심해파형경사 H_0'/L_0 과 α 값의 변화에 따른 기대월파확률 계산 결과는 사석과 Tetrapod로 피복된 경우에 대하여 각각 그림 A.4, 그림 A.5에 보인다.

식 (1.1)에서 환산심해파고 H_0' 의 배율 값 β 는 1.0으로 적용하였다. 왜냐하면 $\beta=1.0$ 의 경우가 대부분의 기대월파확률을 보기 쉽게 표현이 가능하다.

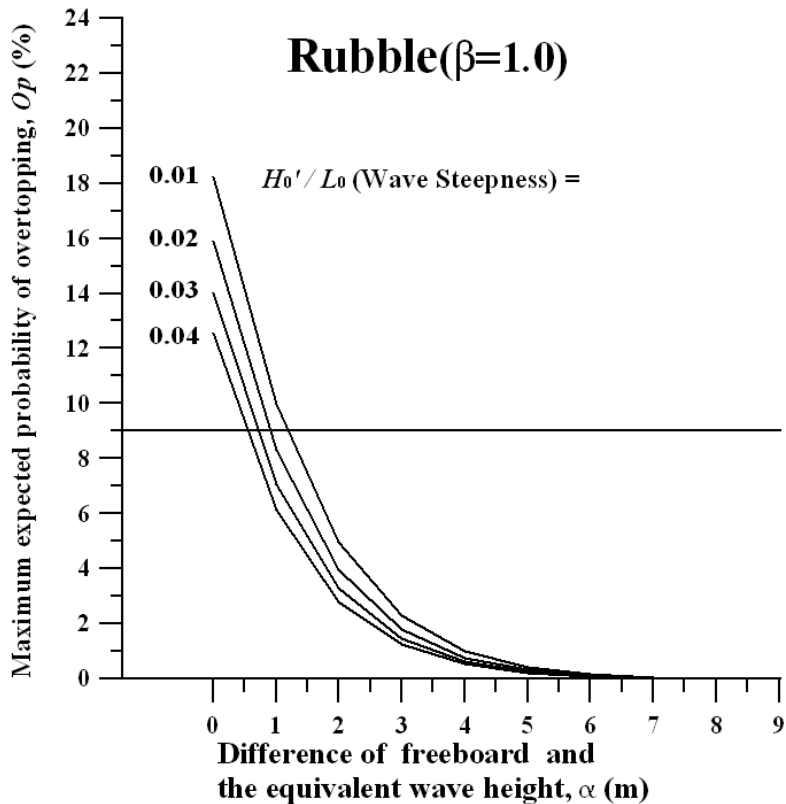


그림 A.4 PART 1 구간의 기대월파확률(사석사면)

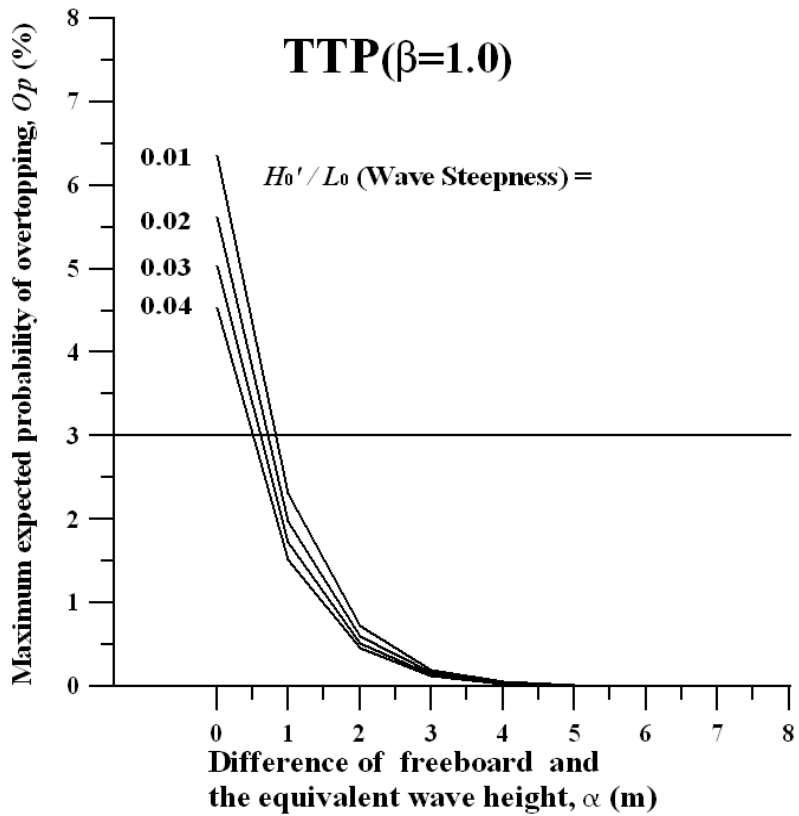


그림 A.5 PART 2 구간의 기대월파확률(Tetrapod사면)

기대월파확률 계산결과 그림 A.4, 그림 A.5에 보인 바와 같이 H_0'/L_0 가 작을수록 기대월파확률 값이 크게 나타난다. 이는 주기가 길어지면 처오름 높이가 증가하기 때문이다.

GS호안 PART 1구간과 PART 2구간에 사용된 피복재인 사석과 Tetrapod의 두 종류에 대한 기대월파확률 산정결과를 보면 그림 A.4, 그림 A.5에 보인 바와 같이 Tetrapod가 사석보다 기대월파확률이 3배정도 작음을 알 수 있다. 이는 피복재가 갖는 공극에 따른 소파성능에 기인한다고 판단된다.

2. GS호안에 대한 기대월파확률 평가

위의 그림 A.4와 그림 A.5의 기대월파확률 그래프를 사용하여 GS호안의 기대월파확률을 평가하였다. 설계조위(DWL)와 평균해면(MSL)의 차 α 를 대상지역(GS호안)의 설계조건을 반영하기 위하여 새로운 α 값을 산정하였다. 이는 그림 A.3의 freeboard(건현)를 변화시키게 됨으로 설계조위(HWL)시 설계파($H_{1/3}$)가 내습 할 경우에 대한 조건을 기대월파확률에 반영시킬 수 있다.

위의 방법을 PART 1구간의 경우에 대하여 예를 들어 설명하면 다음과 같다.

예) GS호안 PART 1 구간의 설계조건

- $H_{1/3} = 2.3m$, $T_{1/3} = 11.6 \text{ sec}$, $MSL=0$, $HWL=4.801m$, 마루높이 7.5m, 피복석 $0.8m^3/EA$

a. 기대월파확률 그래프를 선정한다.

- PART 1 구간은 사석으로 피복되어 있으므로 그림 A.4를 선정하였다.

b. 환산심해파고를 구한다.

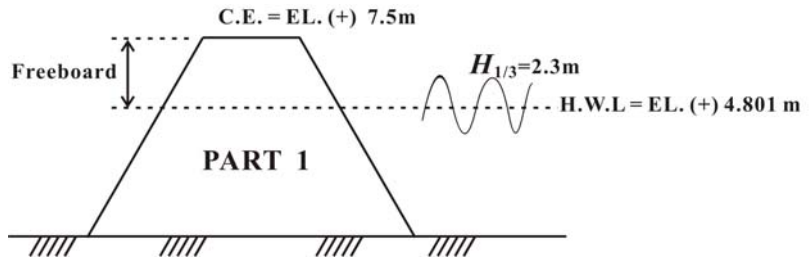
$$- K_s = 1.19, H'_0 = \frac{H_{1/3}}{K_s} = \frac{2.3}{1.19} = 1.93m$$

c. 파형경사를 구한다.

$$- L_0 = 1.56 \times T^2 = 1.56 \times 11.6^2 = 209.9m, H'_0/L_0 = \frac{1.93}{209.9} = 0.01$$

d. 설계조건을 반영한 새로운 α 의 산정

- 설계조위(HWL)시 설계파가 내습할 경우에 대하여 해석을 하였다.



$$C.E. - H.W.L = \alpha + \beta H_0'$$

$$\alpha = (C.E. - H.W.L) - \beta \times \frac{H_{1/3}}{K_s}$$

$$= (7.5 - 4.801) - 1.0 \times 2.3/1.19$$

$$\therefore \alpha = 0.767 \text{ m}$$



그림 A.6 PART 1 구간의 기대월과확률 독취 예(사석사면)

마지막으로, 위의 그림 A.6과 동일하게 기대월파확률 그래프를 독취한다. 이 때 $H_0'/L_0 = 0.01$ 곡선상에서 새롭게 산정된 $\alpha(0.767)$ 값에 상응하는 기대월파확률 Op 값을 읽으면 11.876%임을 알 수 있다.

2.1 GS호안 구간별 기대월파확률 평가

2.1.1 설계조건 및 단면조건

GS호안의 구간별 단면조건은 표 A.3와 같다.

표 A.3 GS호안 구간별 파랑 및 단면조건

구간명	설계파고		평균해면 (MSL), EL(+) m	삭망평균만조위 (HWL), EL(+) m	마루높이, EL(+) m	피복석 및 피복재
	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sec)				
PART 1	2.3	11.6	0	4.801	7.5	피복석 0.8m ³ /EA
PART 2	3.1	11.6	0	4.801	8.5	TTP 3.2tonf

위의 표 A.3에 보인바와 같이 GS호안 PART 1구간은 사석(피복석)으로 피복되어 있고, PART 2 구간의 경우 Tetrapod(TTP)로 피복되어 있다. 아래 그림 A.7, 그림 A.8은 대상지역 구간별 표준단면도이다.

표준 단면도 (PART 1)

(기존 A구간과 동일)

길이 : L=700m
 설계파고 : H=2.3m, T=11.6sec
 마루높이 : EL(+7.5m)
 피복재 : 0.8m 3EA 피복석

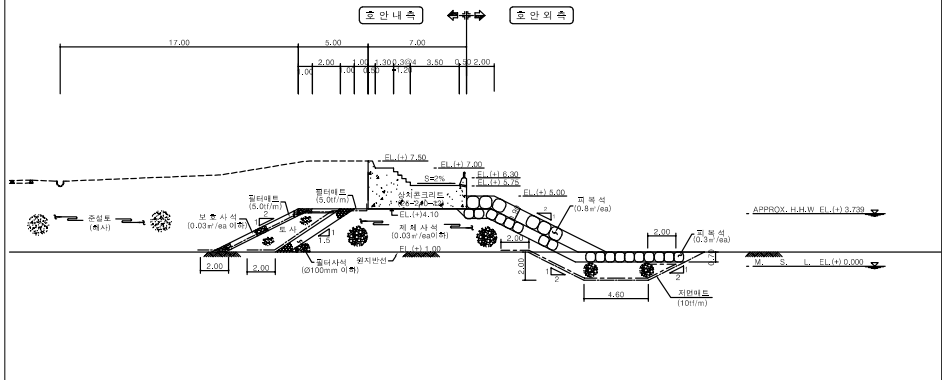


그림 A.7 PART 1 구간의 표준단면도 (피복석 0.8m³/EA)

표준 단면도 (PART 2)

(기존 B구간과 동일)

길이 : L=300m
 설계파고 : H=3.1m, T=11.6sec
 마루높이 : EL(+8.5m)
 피복재 : TTP 3.2ton

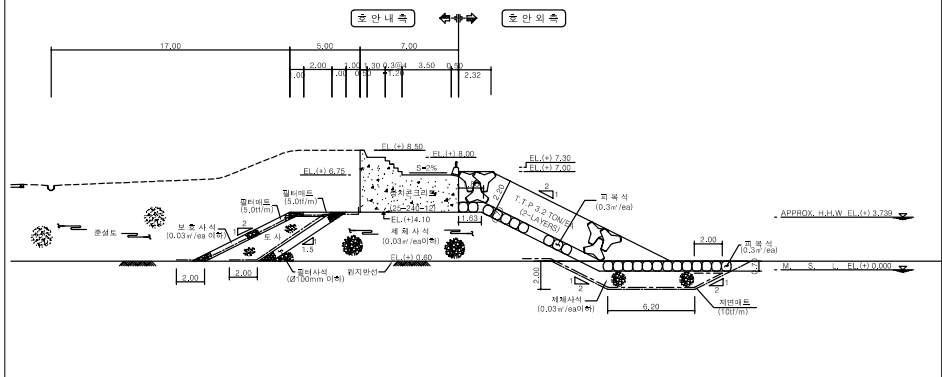


그림 A.8 PART 2 구간의 표준단면도 (TTP 3.2tonf)

대상지역의 표준단면도 그림 A.7, 그림 A.8를 보면 설계조위를 약최고만조위 (Approx.HHW=3.739m)를 사용하고 있다. 본 과제의 기대월파확률 평가에서는 설계조위(HWL)를 4.801m로 사용하였다.

2.1.1 설계조건 및 단면조건

가. 기대월파확률 그래프 선정

기대월파확률 그래프는 PART 1 및 PART 2의 경우 각각 사석과 Tetrapod로 피복되어 있으므로 PART 1은 그림 A.4를 PART 2는 그림 A.5를 선정한다.

나. 환산심해파고 계산

구간별 파형경사(H'_0/L_0)를 구하기 위하여 환산심해파고(H'_0)를 구한다.

표 A.4 구간별 환산심해파고 계산

구간명	설계파고		천수계수 (K_s)	환산심해파고 계산 (H'_0)
	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sec)		
PART 1	2.3	11.6	1.19	$H'_0 = \frac{H_{1/3}}{K_s} = \frac{2.3}{1.19} = 1.933 \text{ m}$
PART 2	3.1	11.6	1.19	$H'_0 = \frac{H_{1/3}}{K_s} = \frac{3.1}{1.19} = 2.605 \text{ m}$

환산심해파고는 일반적으로 설계시 사용하는 가상파고로써 천수계수(K_s)의 효과를 무시한 것이며 기존의 장수조에서 실시한 1방향 파에 대한 실험성과를 활용하기 위한 방법으로써 사용상 편리하며 서로 다른 조건의 자료와 비교가 수월하다.

다. 구간별 파형경사

기대월파확률 그래프는 그림 A.4와 그림 A.5에 보인 바와 같이 파형경사 (H'_0/L_0)와 α 값의 변화에 따른 기대월파확률을 볼 수 있도록 제시하였다.

표 A.5 구간별 파형경사

구간명	설계파고		천수계수 (K_s)	환산심해파고, H'_0 (m)	파형경사(H'_0/L_0)
	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sec)			
PART 1	2.3	11.6	1.19	1.933	$H'_0/L_0 = \frac{1.933}{1.56 \times 11.6^2} = 0.01$
PART 2	3.1	11.6	1.19	2.605	$H'_0/L_0 = \frac{2.605}{1.56 \times 11.6^2} = 0.01$

위의 표 A.5에 보인 바와 같이 구간별 파형경사는 PART 1과 PART 2 구간에 대하여 약 0.01이다.

라. 설계조건을 반영한 새로운 α 의 산정

본 과제에서는 설계조위(HWL)시 설계파($H_{1/3}$)가 내습 했을 경우에 대하여 해석 하였다. 이를 모식도로 보면 그림 A.9과 같고 식 (1.3)은 설계조건을 반영한 새로운 설계조위(α)의 관계식이다.

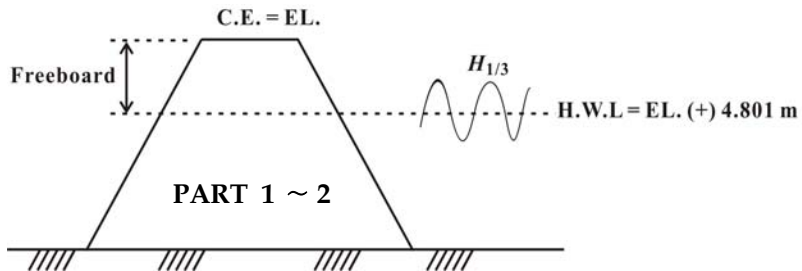


그림 A.9 대상단면에 대한 설계조건 반영 관계도

$$CE - HWL = \alpha + \beta H_0' \quad (1.2)$$

$$\alpha = (CE - HWL) - \beta \times \frac{H_{1/3}}{K_s} \quad (1.3)$$

새롭게 산정된 식 (1.3)의 α 는 그림 A.9의 freeboard(건현)를 변화시키게 됨으로 설계조위(HWL)시 설계파($H_{1/3}$)가 내습 할 경우에 대한 조건을 기대월파확률에 반영시킬 수 있다. 새롭게 산정된 α 값의 결과는 표 A.6과 같다.

표 A.6 설계조건을 반영한 새롭게 산정된 설계조위(α)

구간명	설계파고		천수 계수 (K_s)	HWL EL(+) m	α
	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sec)			
PART 1	2.3	11.6	1.19	4.801	$\alpha = (7.5 - 4.801) - 1.0 \times 2.3/1.19$ $\therefore \alpha = 0.767 \text{ m}$
PART 2	3.1	11.6	1.19	4.801	$\alpha = (8.5 - 4.801) - 1.0 \times 3.1/1.19$ $\therefore \alpha = 1.096 \text{ m}$

위의 표 A.6의 결과와 그림 A.9을 비교하여 보면 새롭게 결정된 α 값이 freeboard(건현)에 변화를 줌으로써 본 연구에서 사용한 설계조위(DWL)와 평균해면(MSL)의 차 α 의 경우 비해서 대상 구간의 마루높이가 낮아짐을 알 수 있다.

마. 구간별 기대월파확률 평가

1) 구간별 기대월파확률 평가 기준

畠田(1989)는 월파확률에 대하여 “네덜란드를 비롯하여 유럽 각국에서는 불규칙파의 초오름 높이로서 2% 초과치 $R_{2\%}$ 를 대표치로 해서 사용하고 제방

의 마루높이를 처오름 높이 $R_{2\%}$ 를 기준으로 결정하고 있다”고 서술하고 있다.

본 기준은 설계파, 설계조위가 결정되어 있는 결정론적 방법에 의한 기준이며 본 연구에서는 설계파를 불확정요소로 취급하며 설계조위를 변화시킨 기대월파확률값과 비교하였다. 따라서 본 계산결과는 군산외항의 조위발생빈도 분포가 설계조위를 기준으로 좌우대칭이 아니며 오히려 설계조위 값보다 작은 경우가 큰 경우보다 많은 밀도함수를 대상으로 한 것이다. 현재로써는 기대월파확률에 대한 설계기준이 정하여지지 않은 상태이며 이를 성능으로써 취급하기까지 유럽의 결정론적 방법에 의한 기준을 참고 하고자한다.

우리나라에서 설계조위의 결정은 일반적으로 약최고고조위(Approx.HHW)와 삭망평균만조위(HWL)를 비교하여 큰 값으로 한다(항만 및 어항 설계기준, 1999). 국립해양조사원이 2005년 12월 현재 삭망평균만조위에 대한 자료를 제공하지 않으므로 설계조위를 약최고고조위로 사용하였다. 군산외항(GS호안)의 약최고고조위는 724.6cm이고 평균해면은 362.3cm이다. 따라서 평균해면과 설계조위의 차인 α 값은 3.623m가 된다.

군산외항(GS호안)지역의 사석 및 Tetrapod는 현행설계기준에 의한 α 값이 3.623m를 나타내고 있으며 α 값에 해당하는 기대월파확률은 $H'_0/L_0=0.01$ 의 경우에 대하여 1.479%, 0.109%를 나타낸다.

2) 구간별 기대월파확률 평가

GS호안의 설계조건을 반영하여 새롭게 산정한 α 값에 대하여 기대월파확률 그래프를 독취하여 네덜란드를 비롯한 유럽 각국의 기준인 월파확률 $R_{2\%}$ 를 적용하여 GS호안의 구간별 기대월파확률을 평가하였다. 산정된 기대월파확률 결과는 표 A.7에 보이고 독취방법은 그림 A.10과 그림 A.11에 보인다.

표 A.7 GS호안의 구간별 기대월파확률

구간명	피복석 및 피복재	α	월파확률(O_p)
PART 1	피복석 0.8m ³ /EA	0.767	11.876
PART 2	T.T.P. 3.2tonf	1.096	2.149

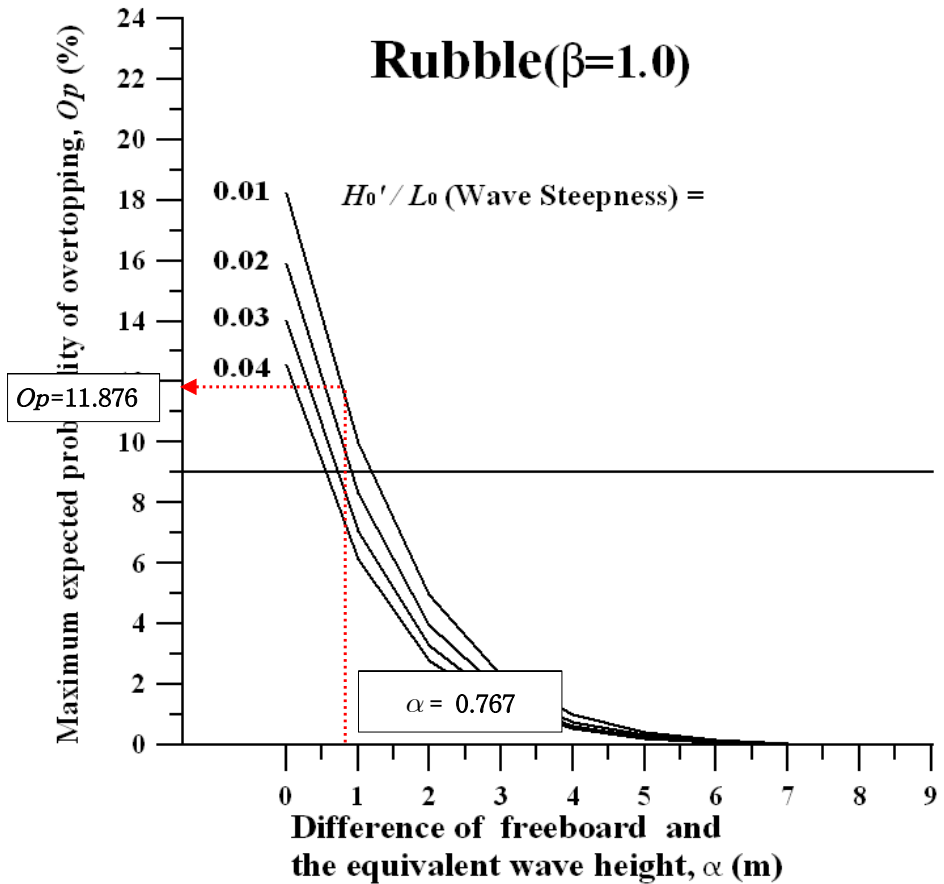


그림 A.10 PART 1구간 기대월파확률 독취

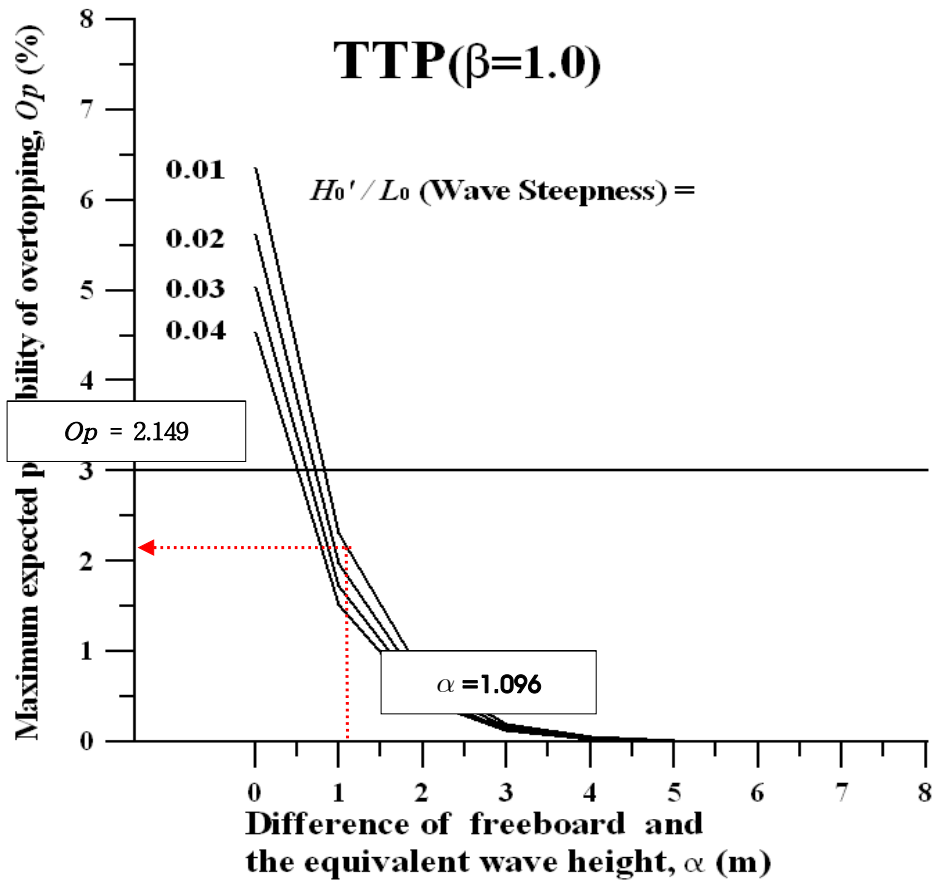


그림 A.11 PART 2구간 기대월파확률 독취

GS호안의 설계조건을 반영하여 새롭게 산정한 α 값에 대하여 구간별 기대월파확률을 평가한 결과 PART 1구간의 경우 월파확률(Op)값이 11.876%로 기준인 $R_{2\%}$ 를 약 5배를 상회하고 있다. PART 2 구간의 경우 월파확률(Op)값이 2.149%이며 $R_{2\%}$ 와 비슷한 결과를 보인다.

계통적 실험을 통한 비교적 넓은 범위의 쇄파계수(Surf similarity parameter)를 대상으로 하는 Day & Kamel(1969)의 상대 처오름 높이와 쇄파계수의 관계 결과를 이용하여 PART 1 구간에 대한 기대월파확률의 계산 결과를 검토하여

보면 다음과 같다.

PART 1 구간의 마루높이(freeboard)는 2.7m이고 환산심해파고는 1.93m이며 쇄파계수는 6.67이다. 이러한 조건에 대한 처오름 높이는 쇄파계수 6.67에 상당하여 환산심해파고의 약 1.25배 정도가 된다. 따라서 처오름 높이는 약 2.4m가 되어 마루높이보다 약 0.3m만큼 작다.

본 연구에서는 파고분포를 Rayleigh로 가정했으므로 환산심해파고보다 큰 파고가 발생할 확률이 13%가 된다. 이를 감안하면 개략적으로 월파확률은 13%보다 작아야 하며 그림 A.10의 기대월파확률 그래프에서 0.3m만큼 마루높이를 줄이면($0.767\text{m}-0.3\text{m}=0.467\text{m}$) 처오름 높이와 동일하게 되어 이때의 월파확률은 13%를 상회하는 14.365%이므로 본 계산 결과가 타당하리라 판단된다.

부록 B. 해역별 기대유효확률 산정결과(사석)

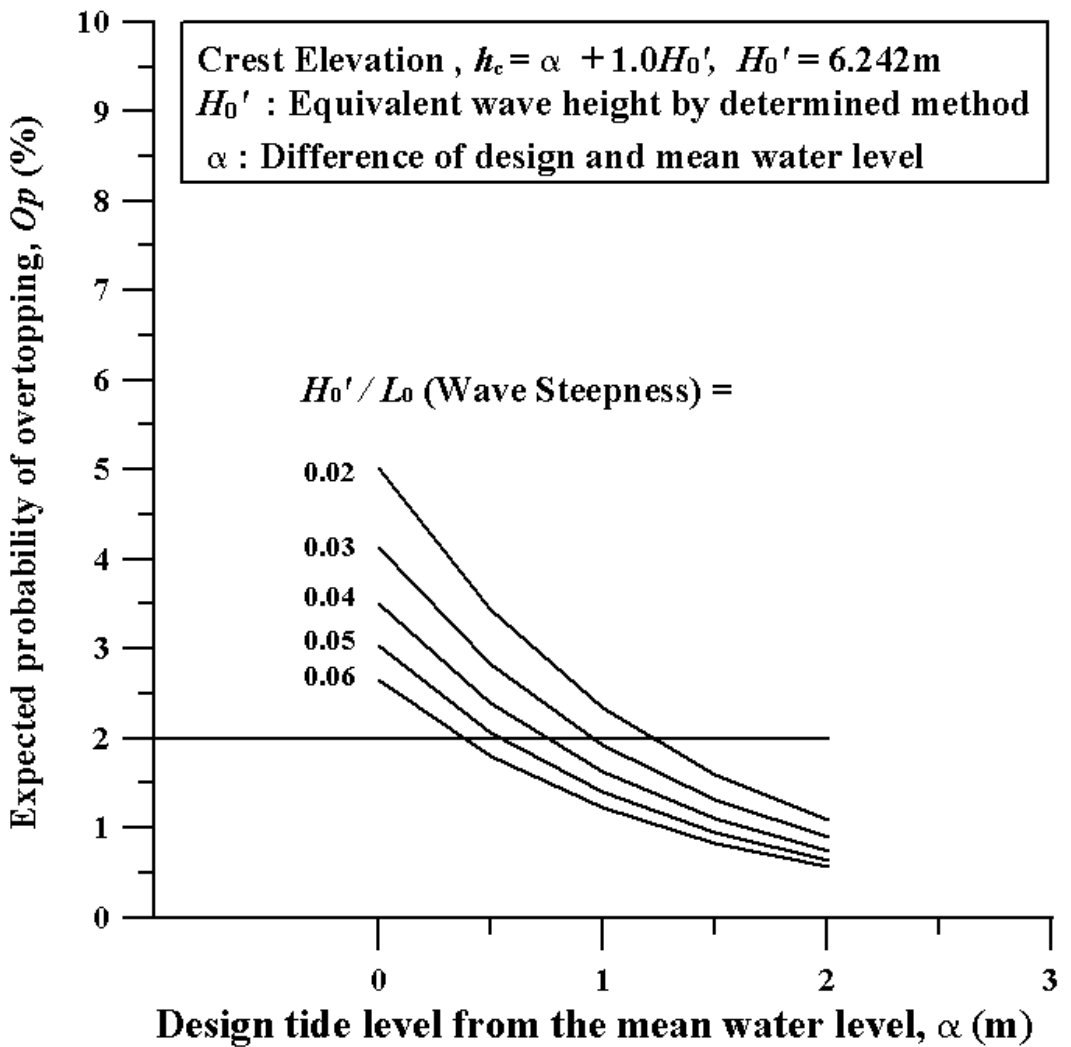


그림 B.1 동해안 속초 지역의 기대월파확률(사석)

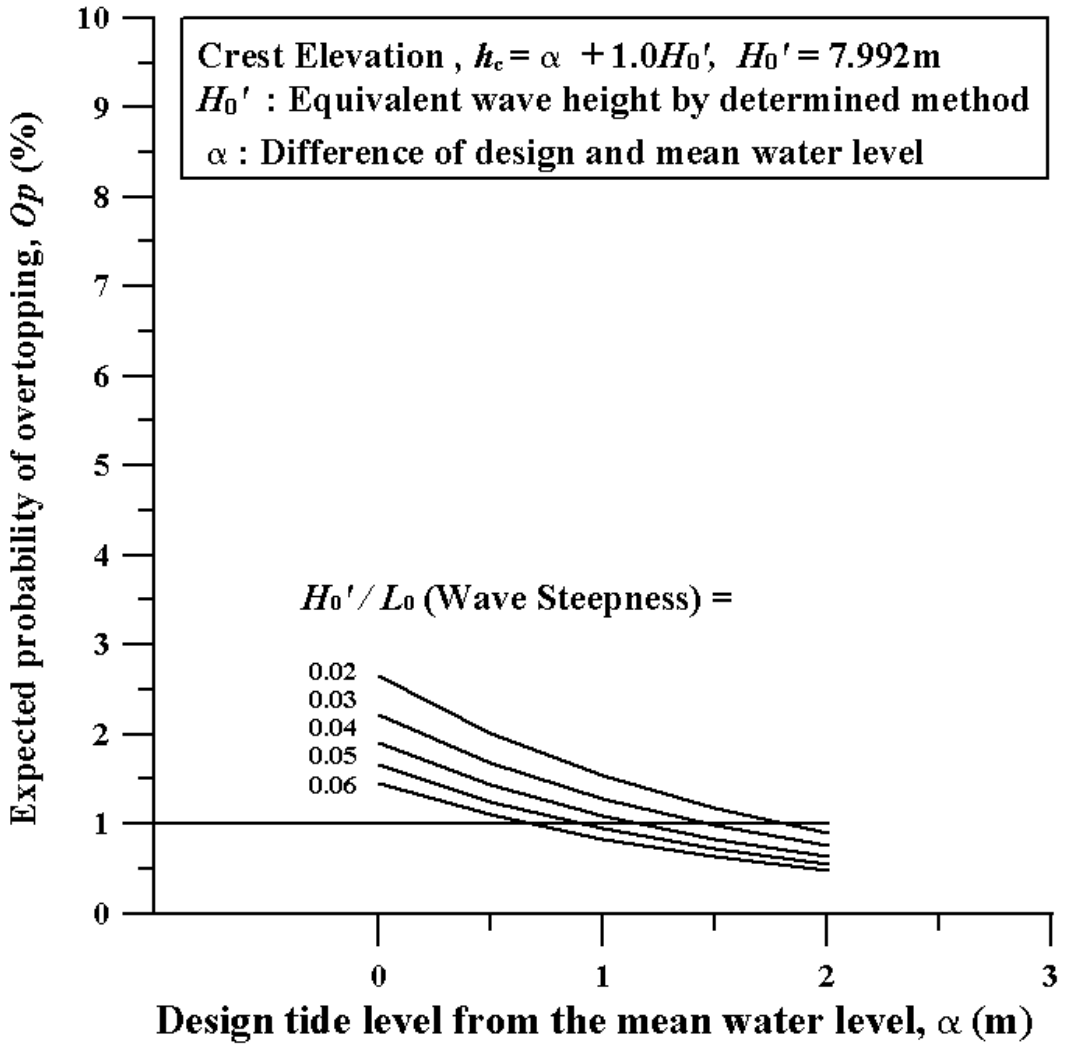


그림 B.2 동해안 묵호 지역의 기대월파확률(사석)

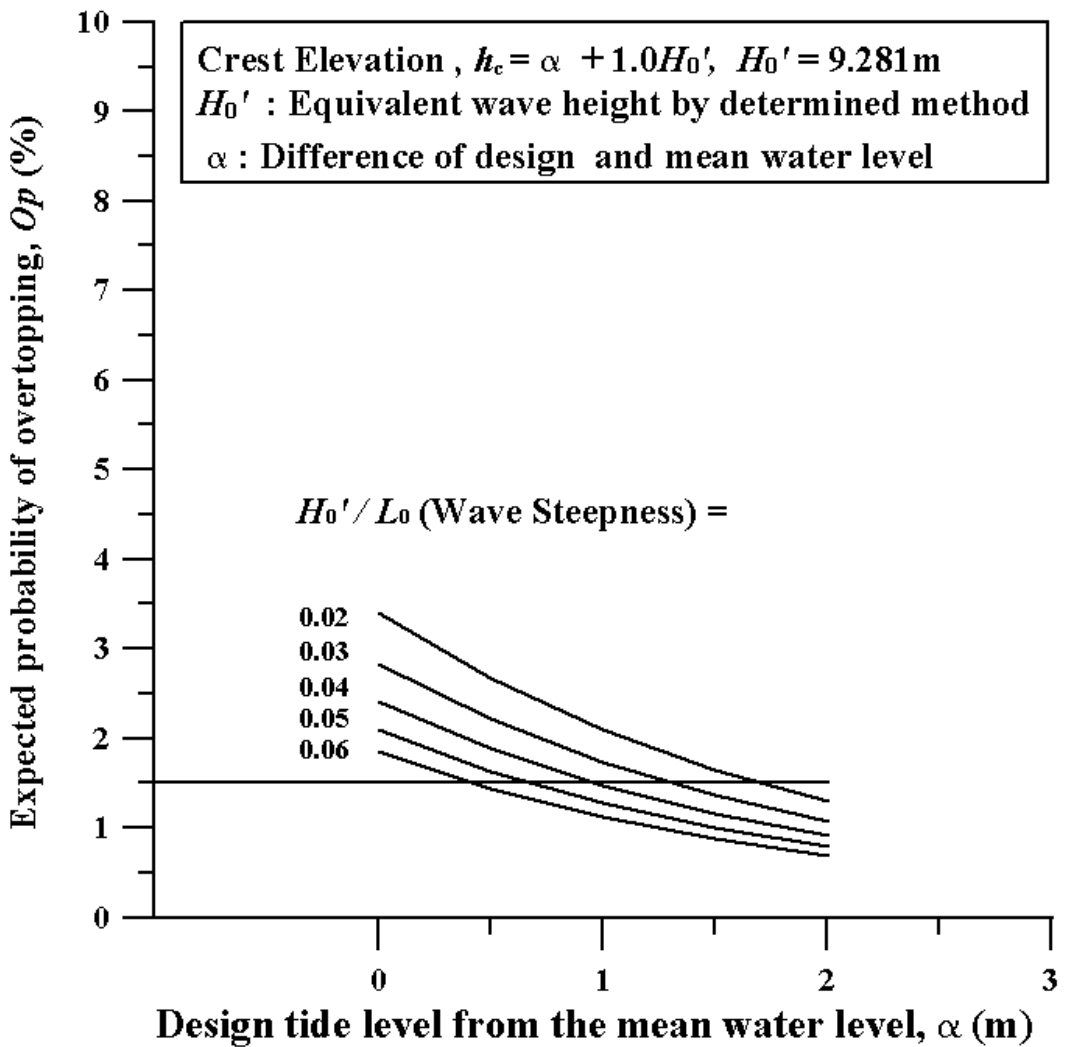


그림 B.3 동해안 울릉도 지역의 기대월파확률(사석)

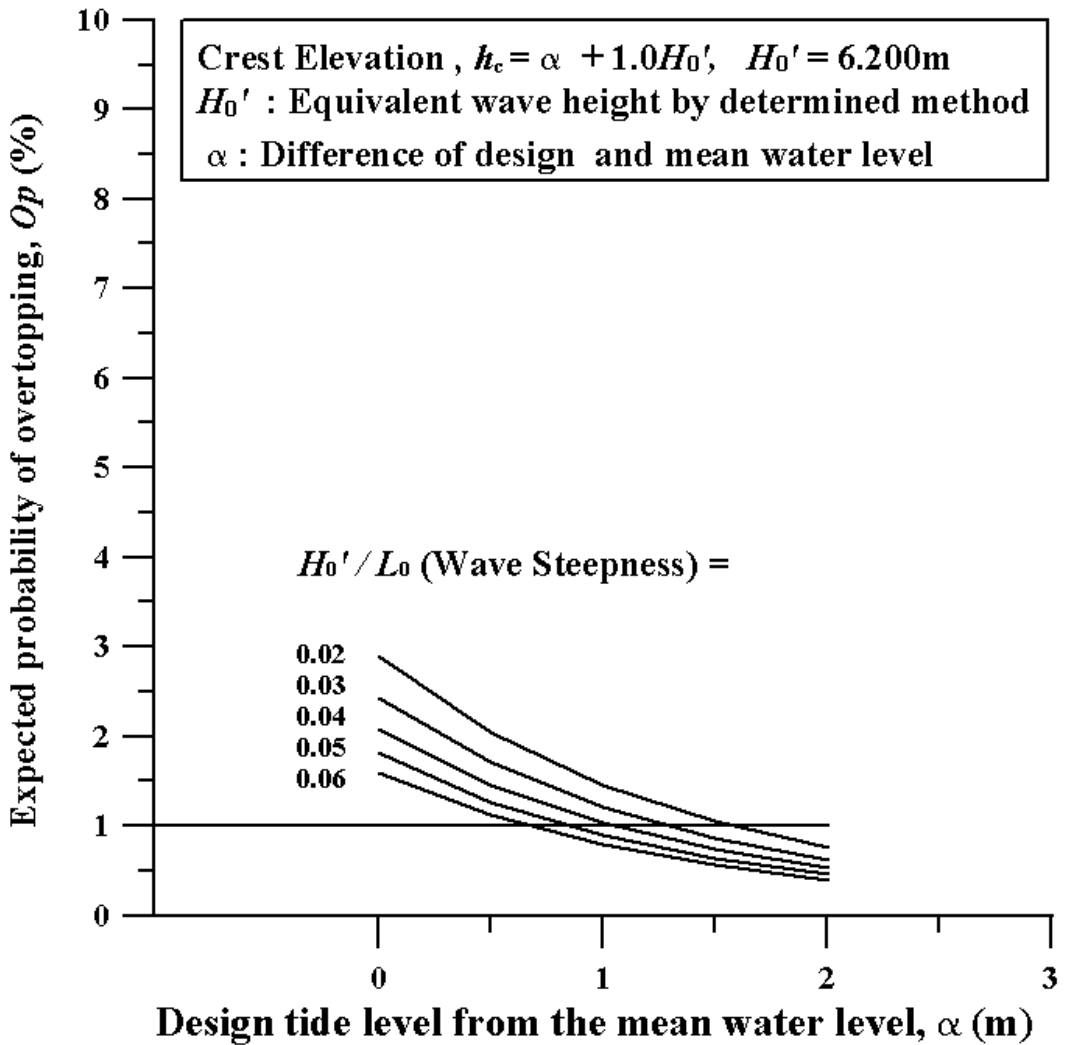


그림 B.4 동해안 후포 지역의 기대월파확률(사석)

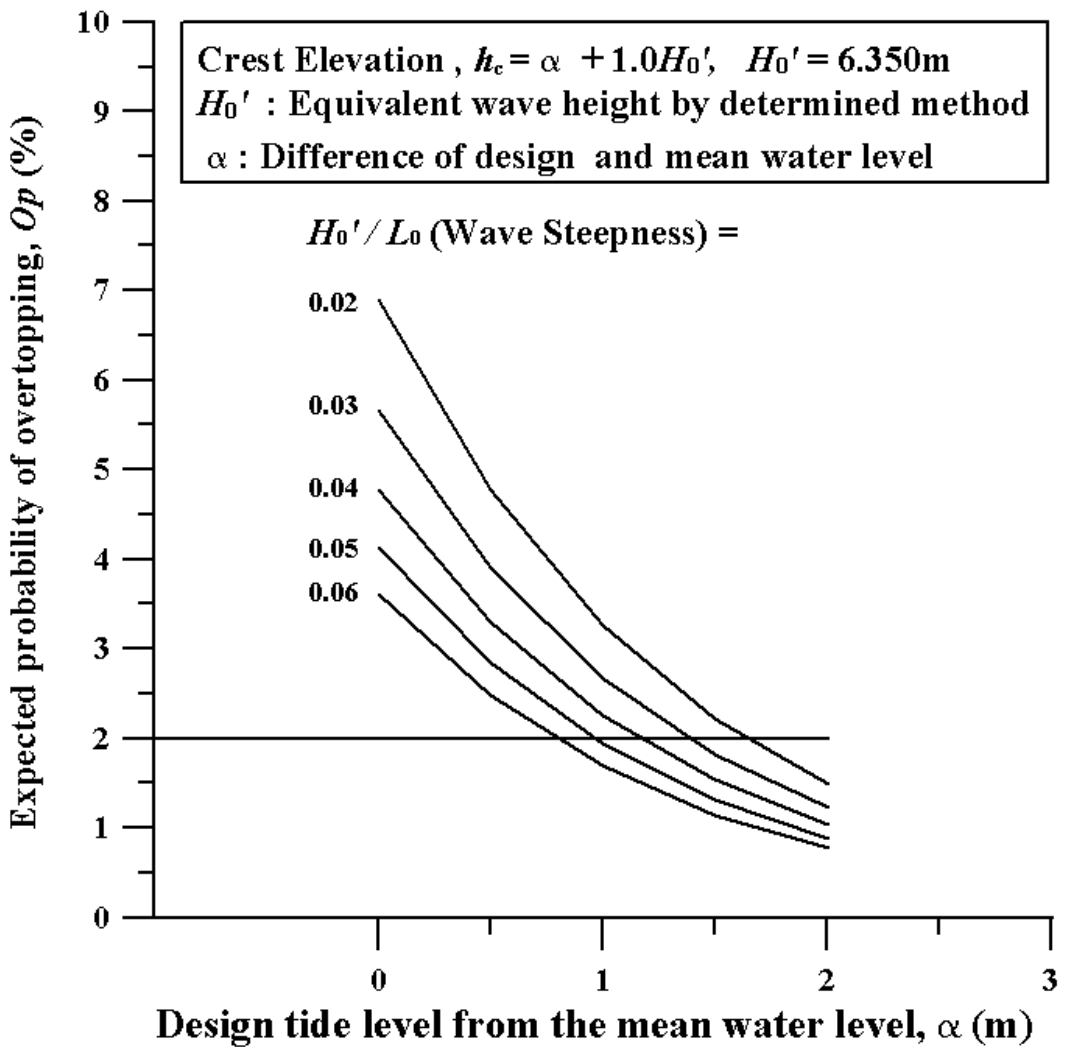


그림 B.5 동해안 포항 지역의 기대월파확률(사석)

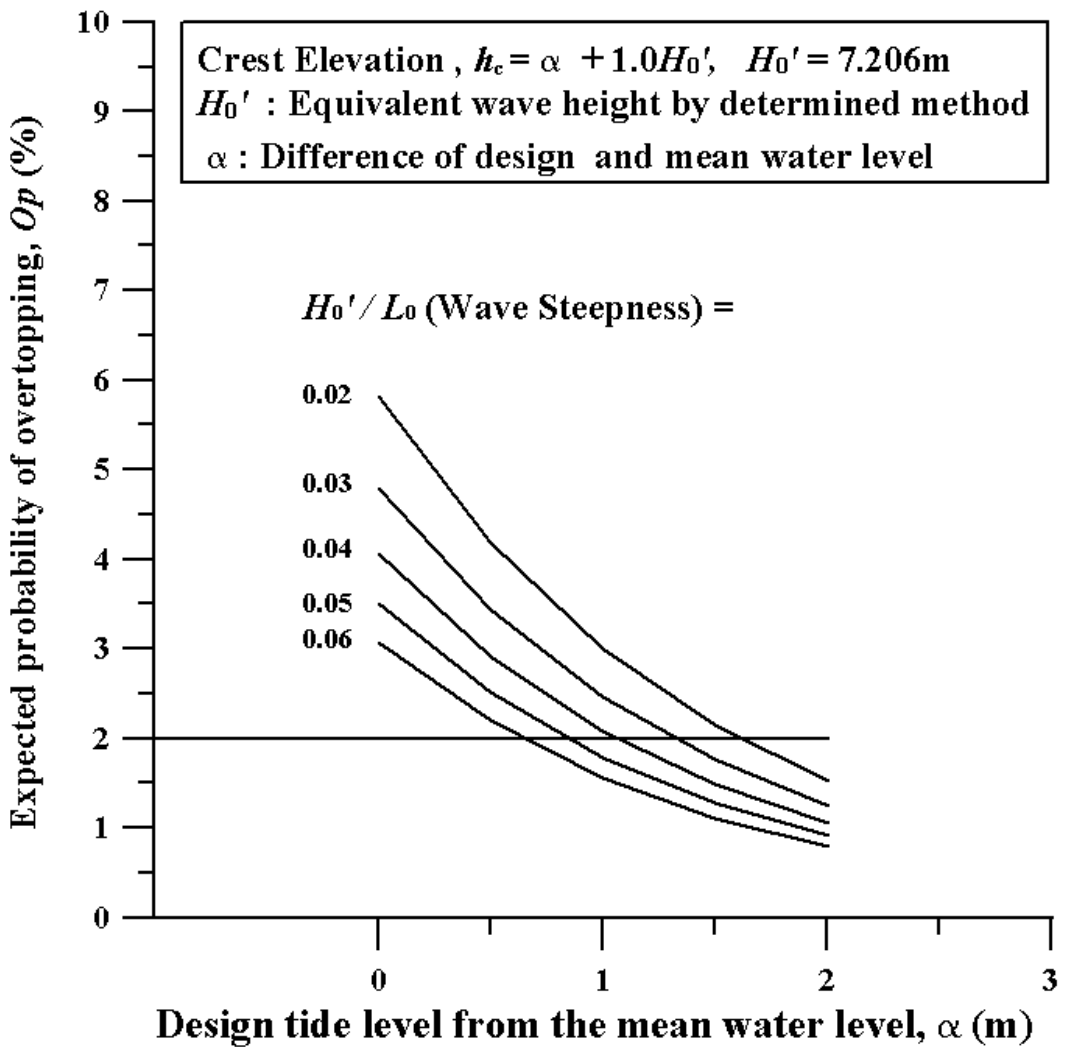


그림 B.6 동해안 울산 지역의 기대월파확률(사석)

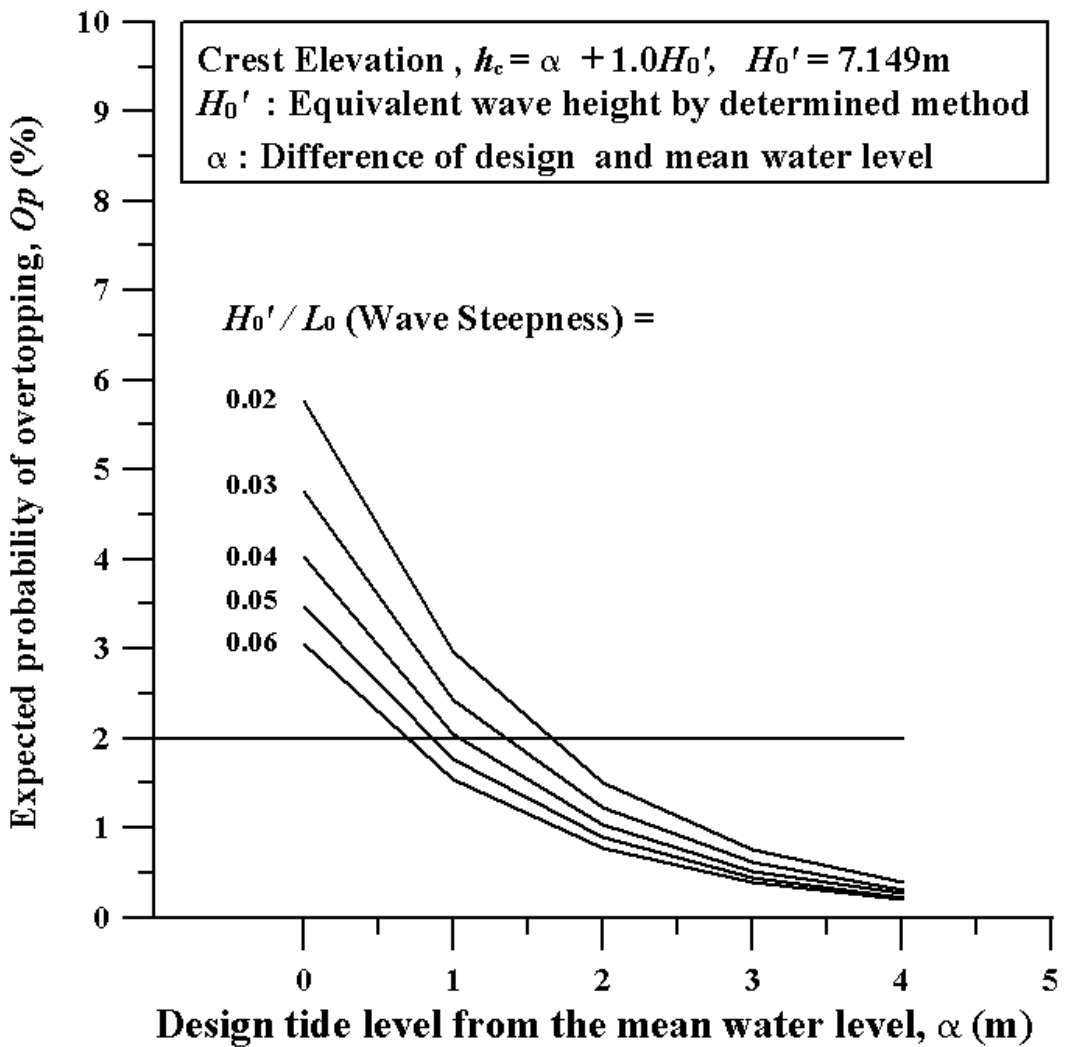


그림 B.7 남해안 부산 지역의 기대월파확률(사석)

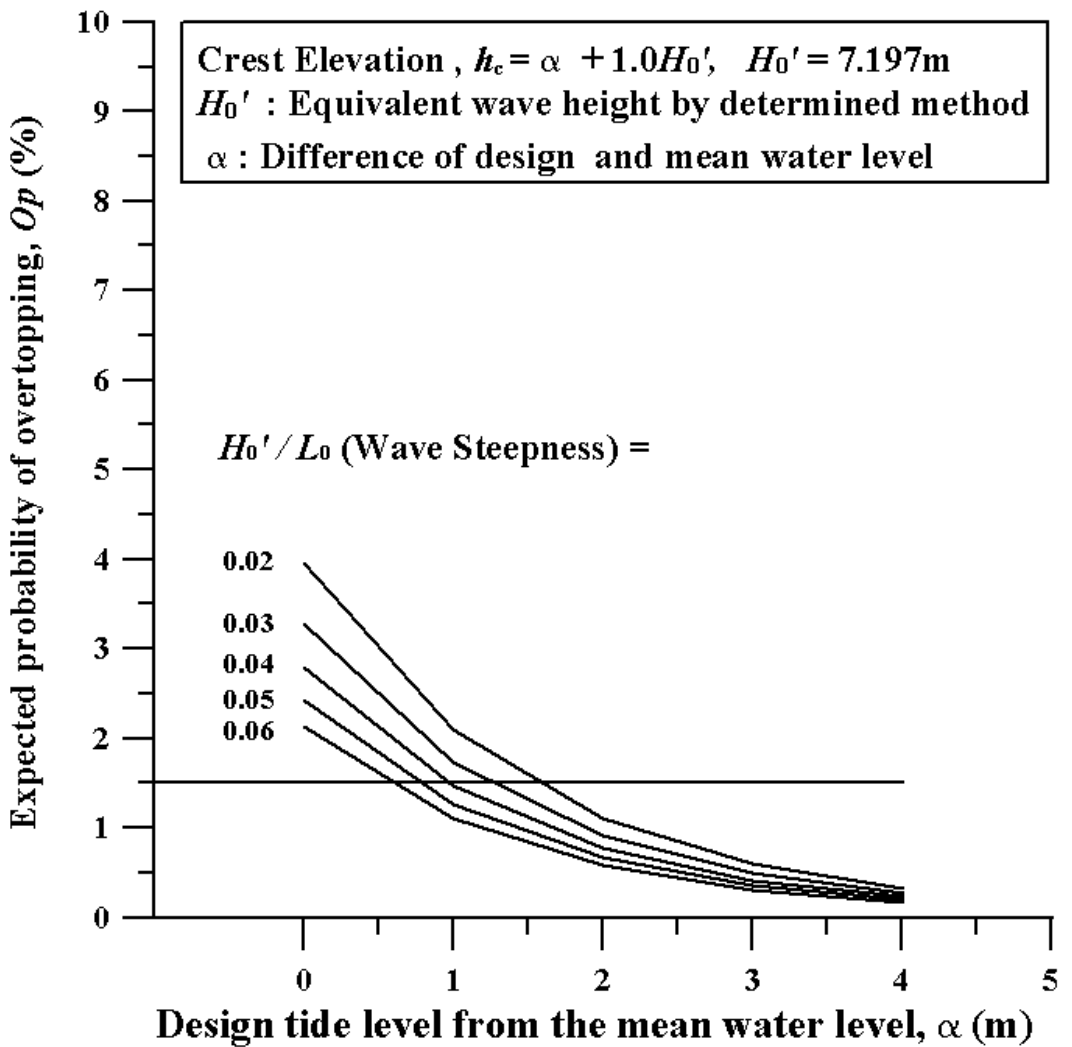


그림 B.8 남해안 가덕도 지역의 기대월파확률(사석)

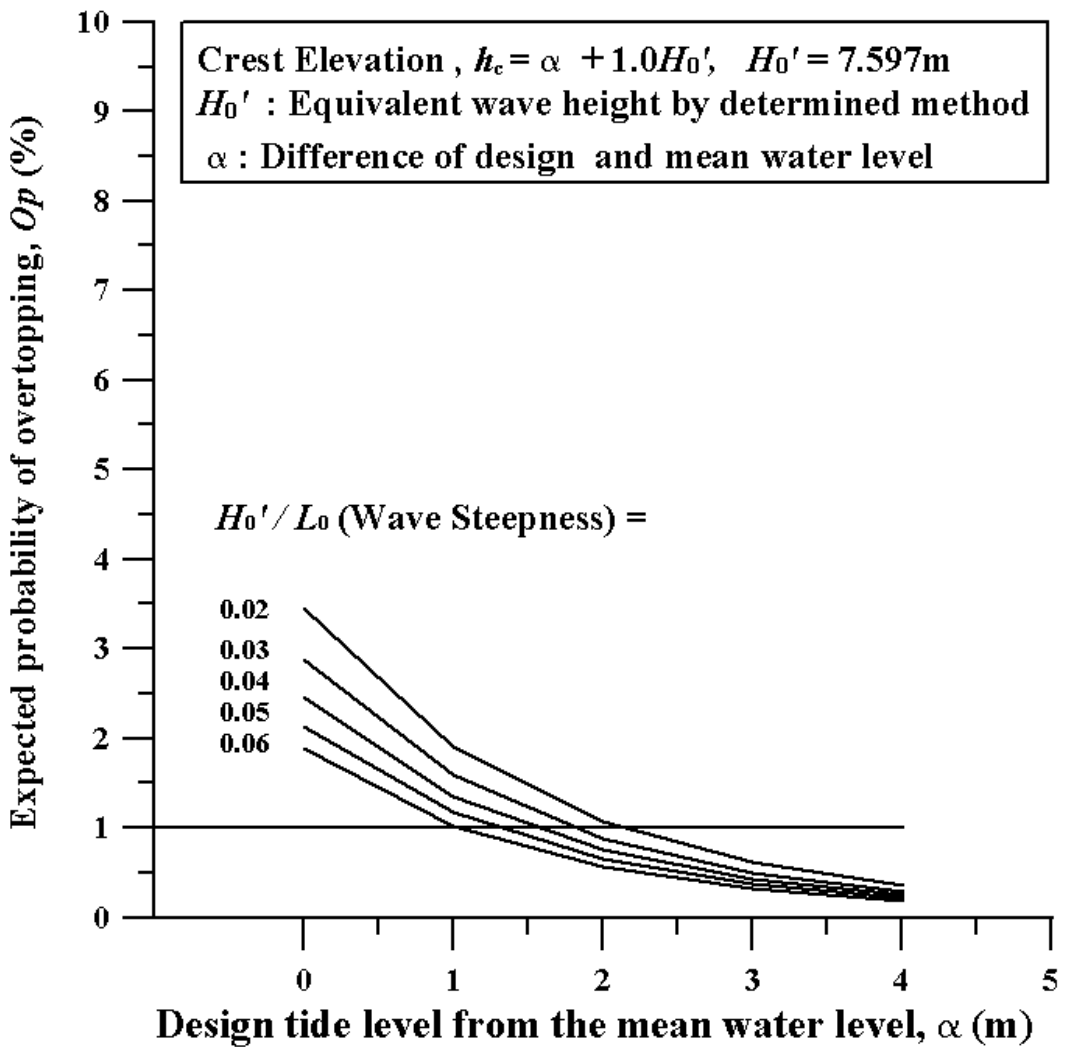


그림 B.9 남해안 통영 지역의 기대월파확률(사석)

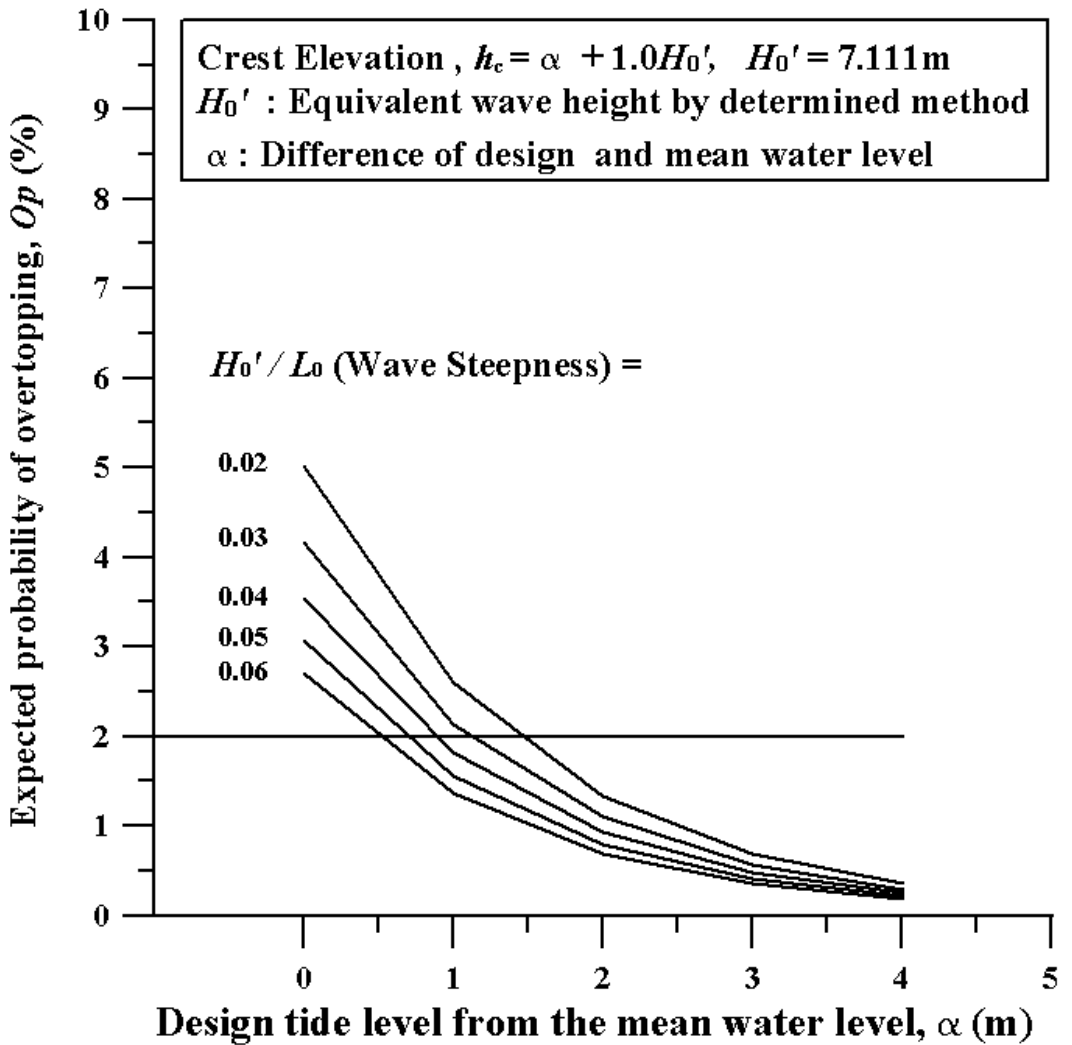


그림 B.10 남해안 여수 지역의 기대월파확률(사석)

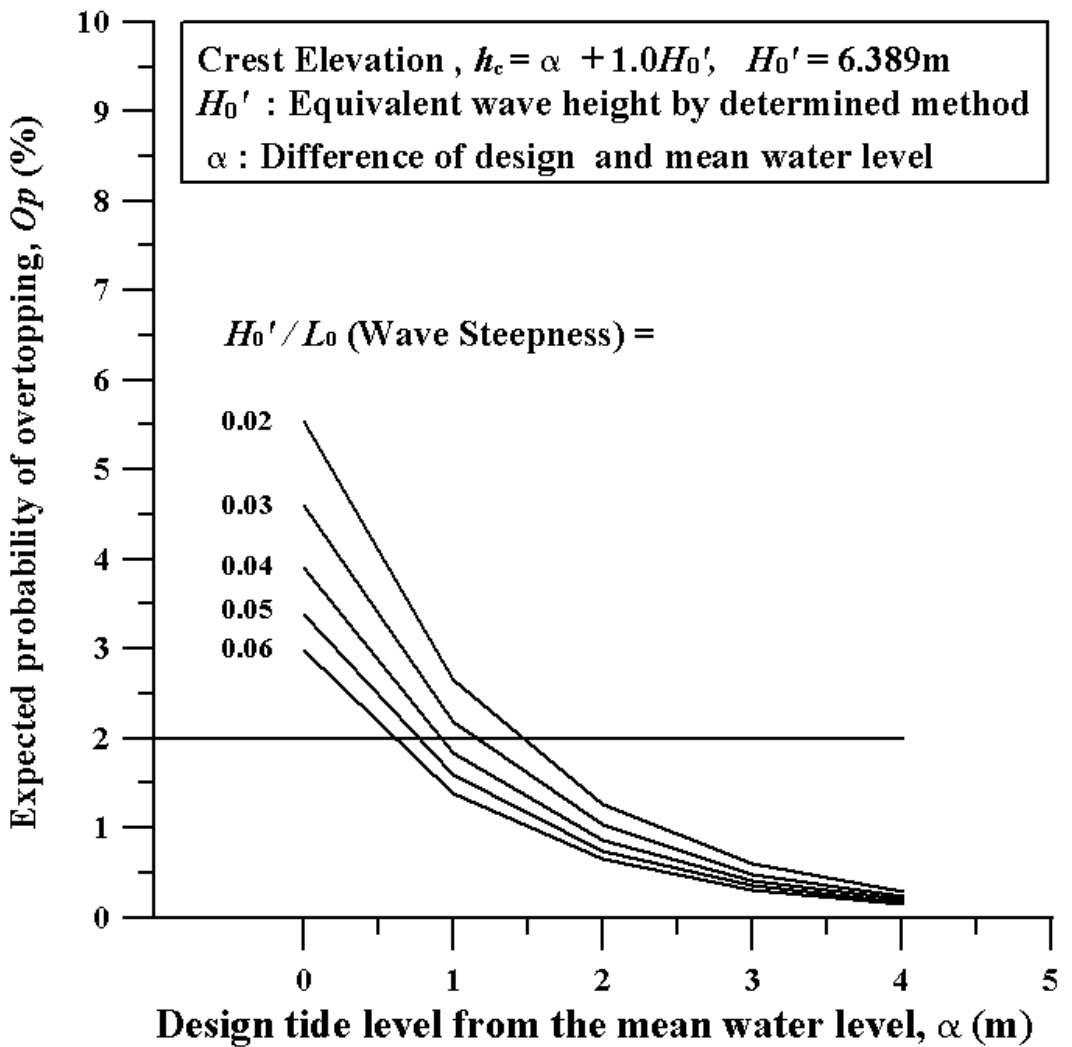


그림 B.11 남해안 거문도지역의 기대월파확률(사석)

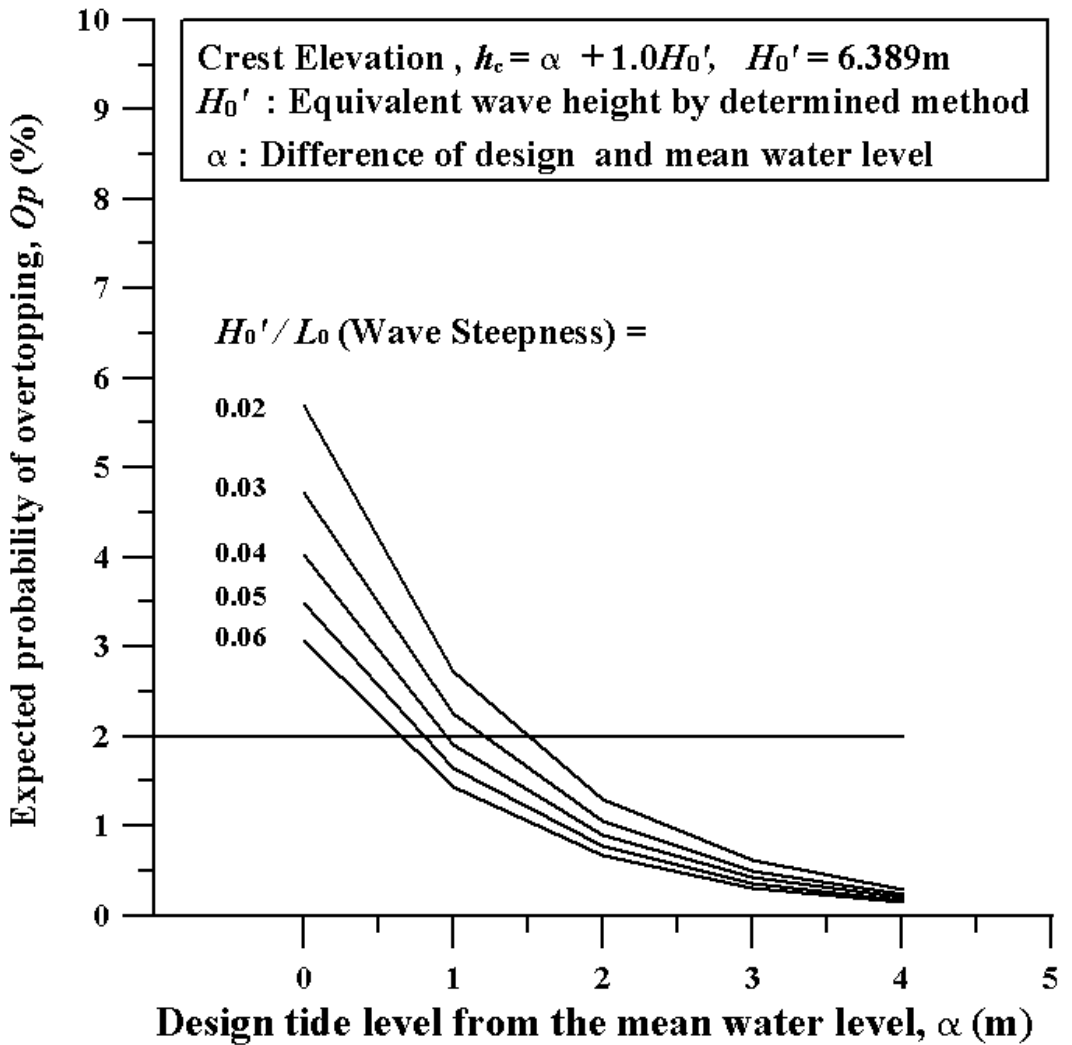


그림 B.12 남해안 완도 지역의 기대월파확률(사석)

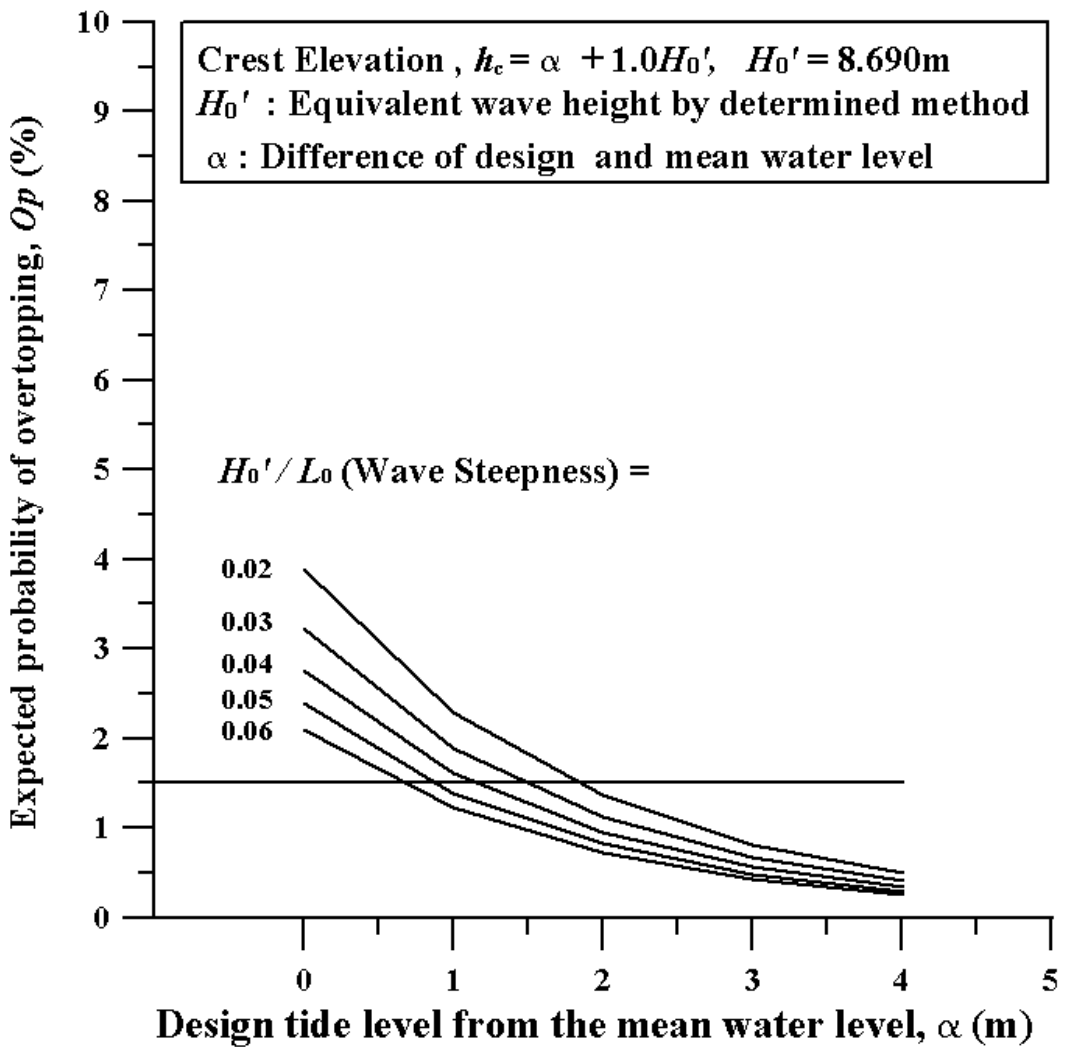


그림 B.13 남해안 제주 지역의 기대월파확률(사석)

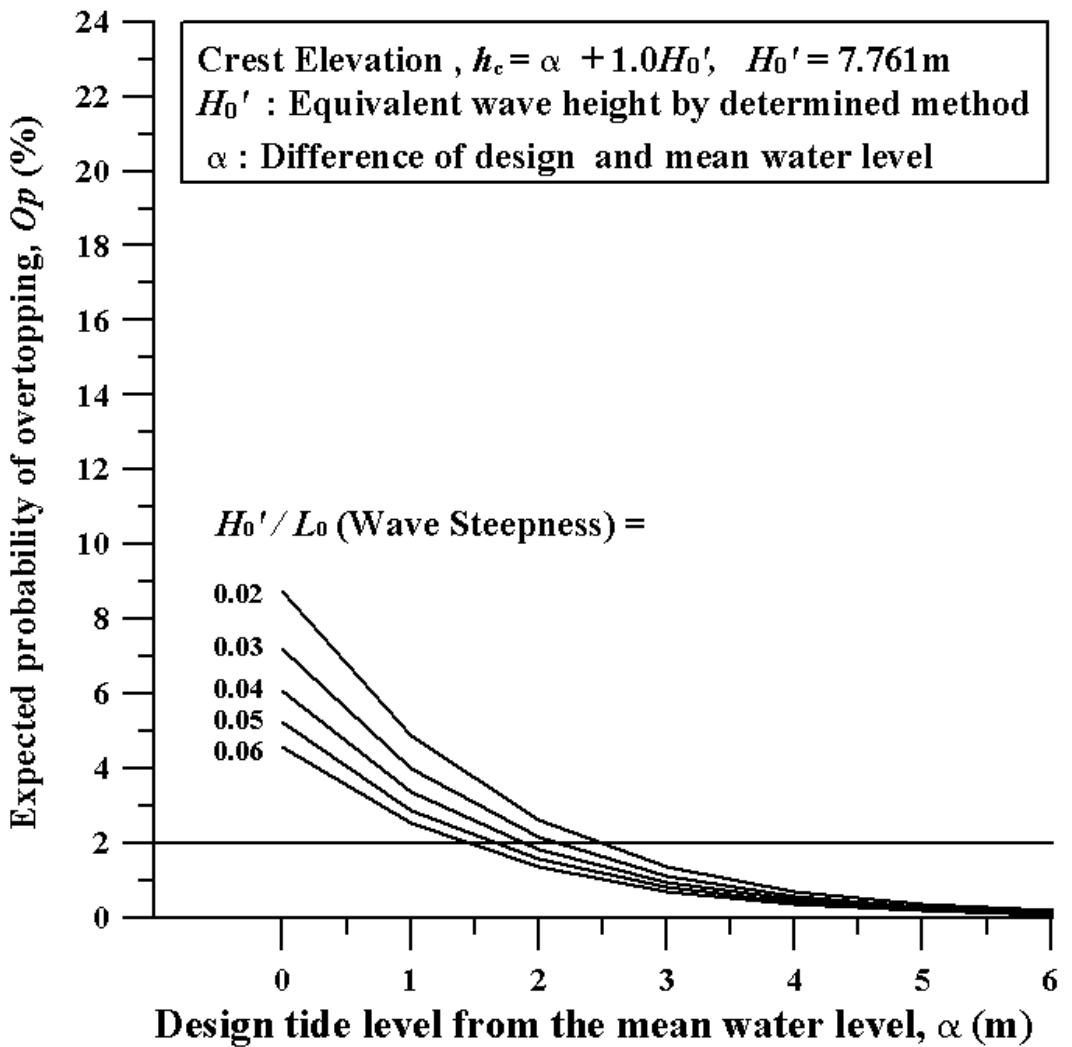


그림 B.14 서해안 대흑산도 지역의 기대월파확률(사석)

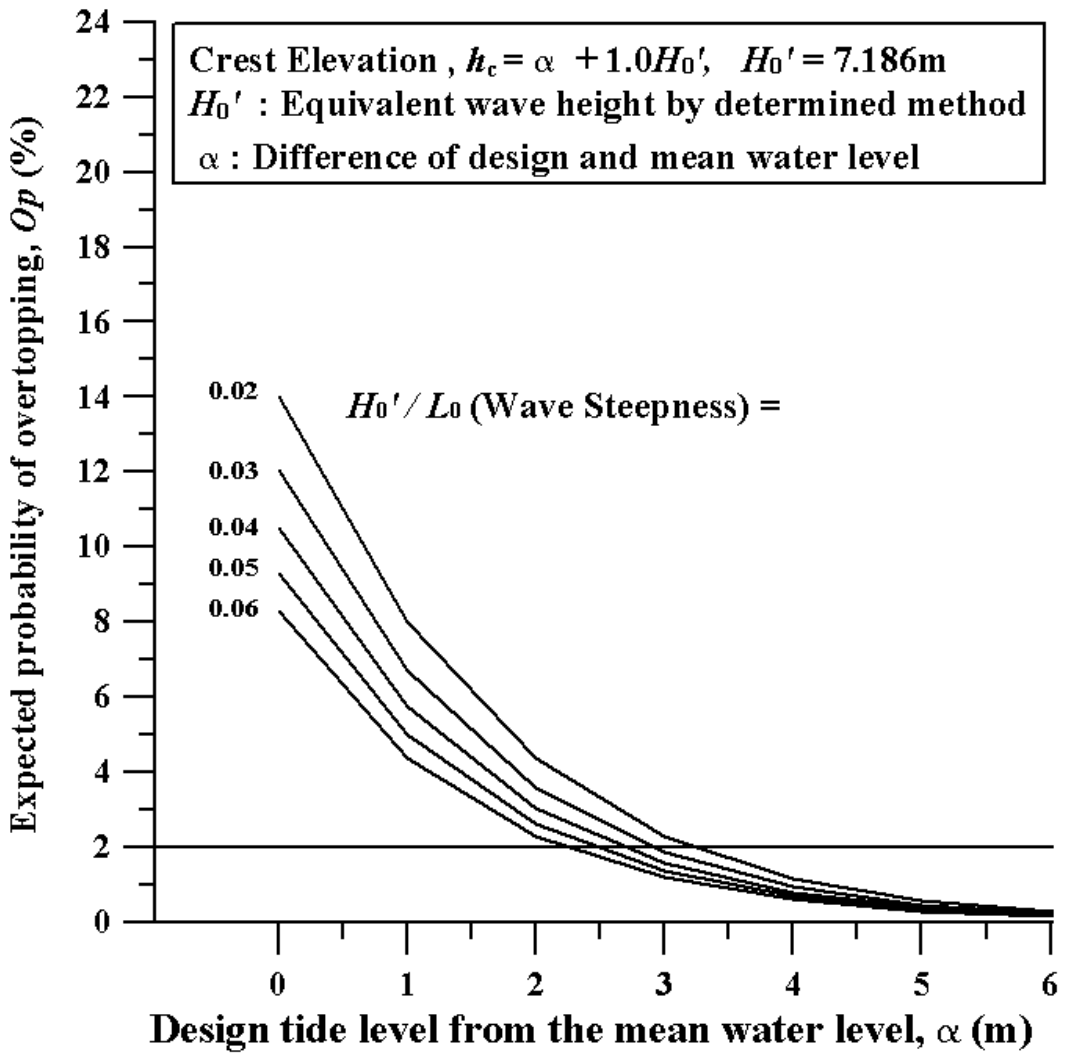


그림 B.15 서해안 영광 지역의 기대월파확률(사석)

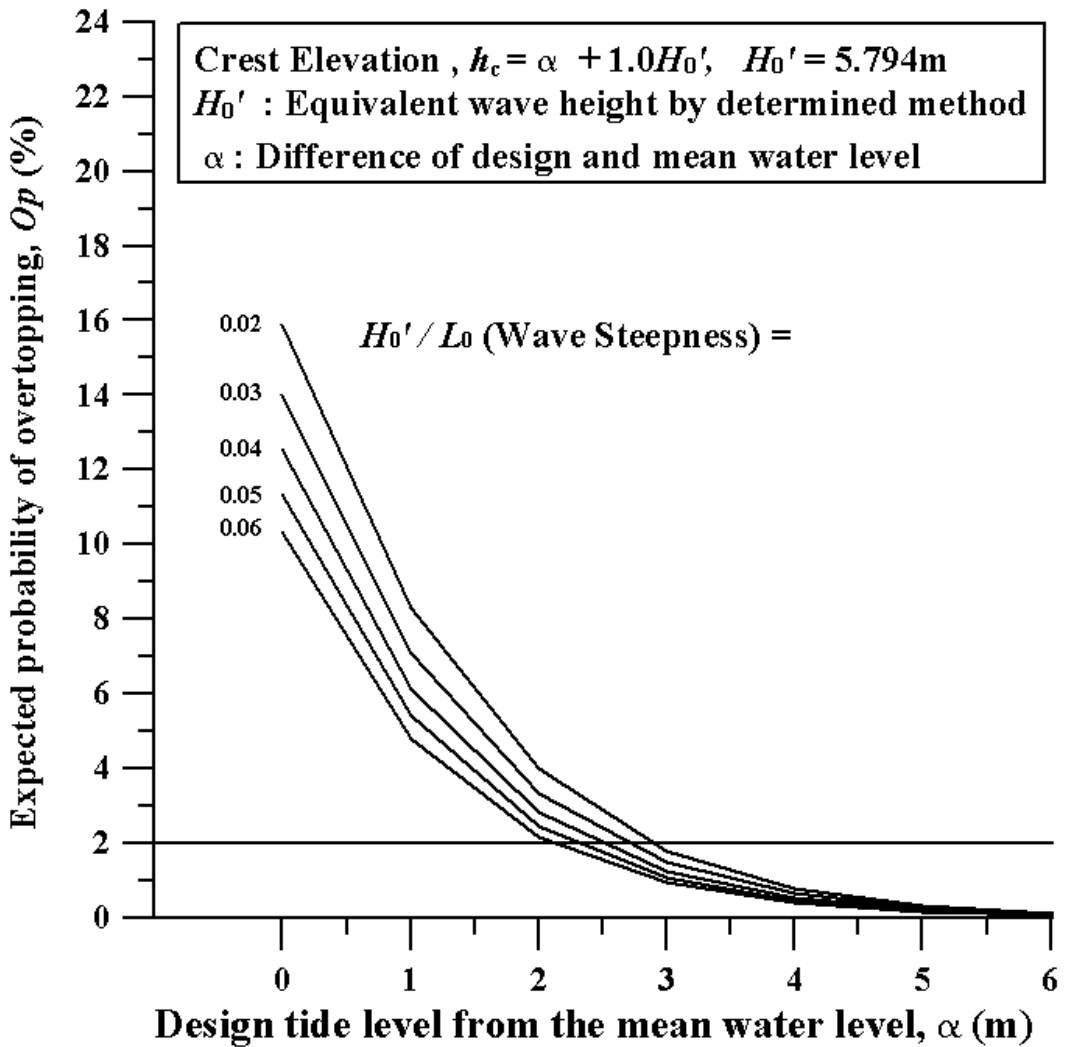


그림 B.16 서해안 군산외항 지역의 기대월파확률(사석)

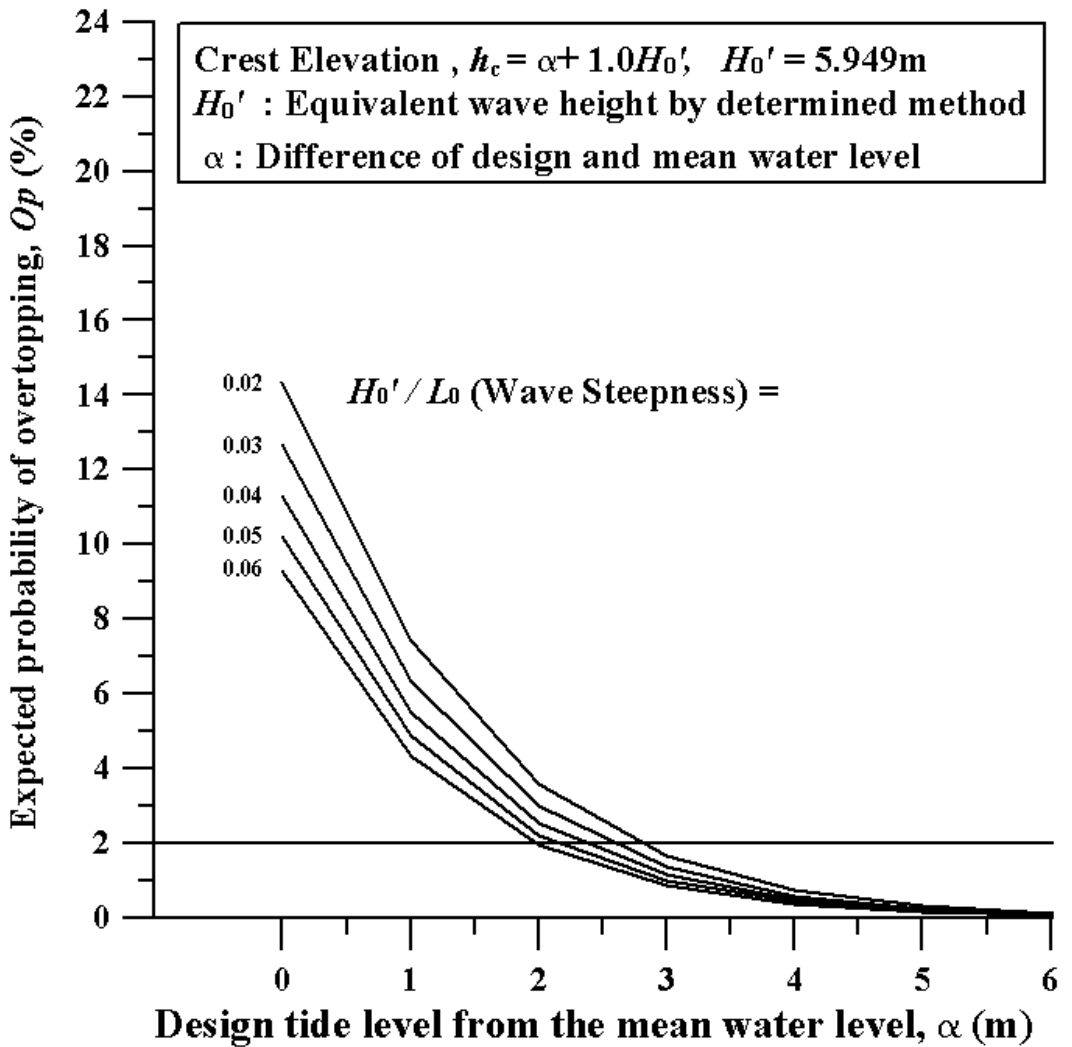


그림 B.17 서해안 보령 지역의 기대월파확률(사석)

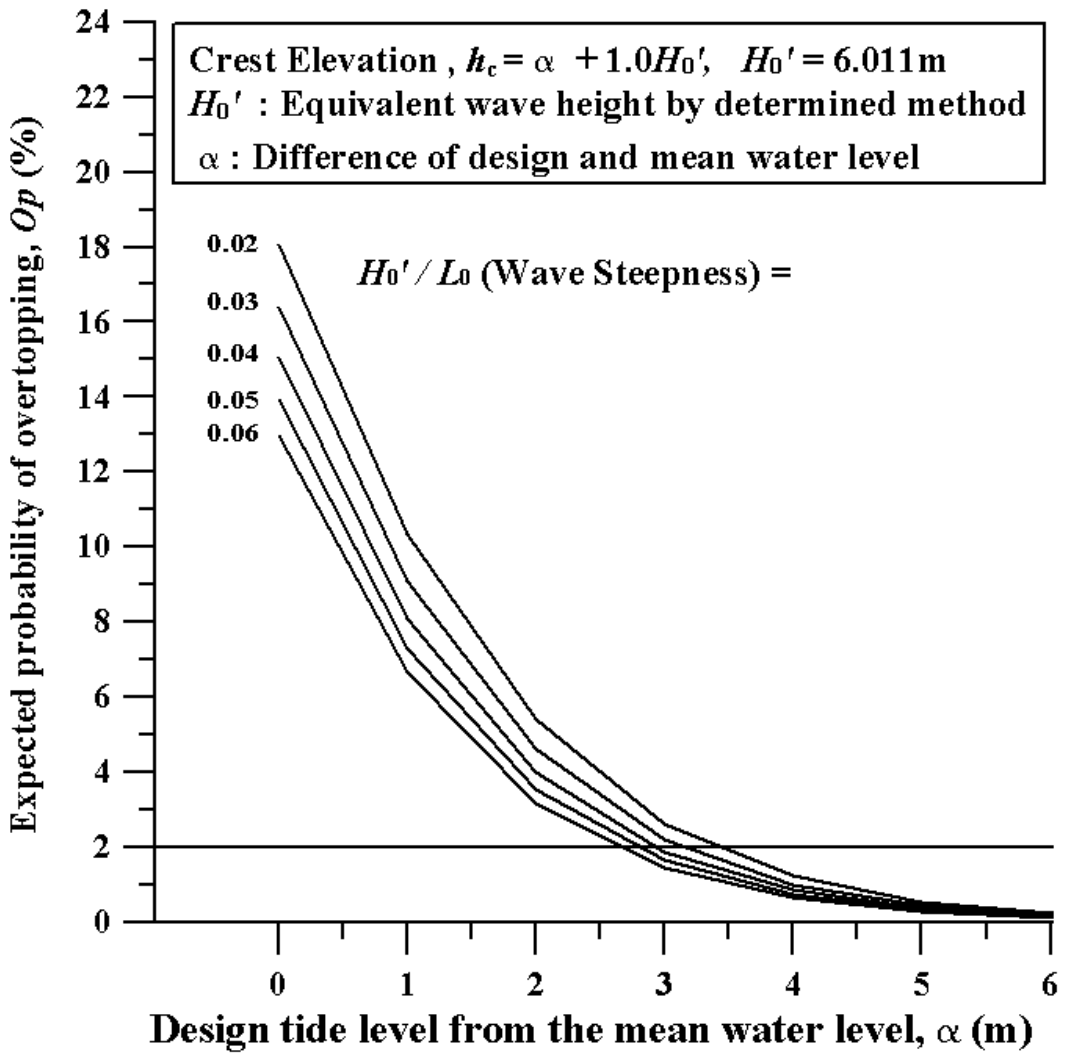


그림 B.18 서해안 평택 지역의 기대월파확률(사석)

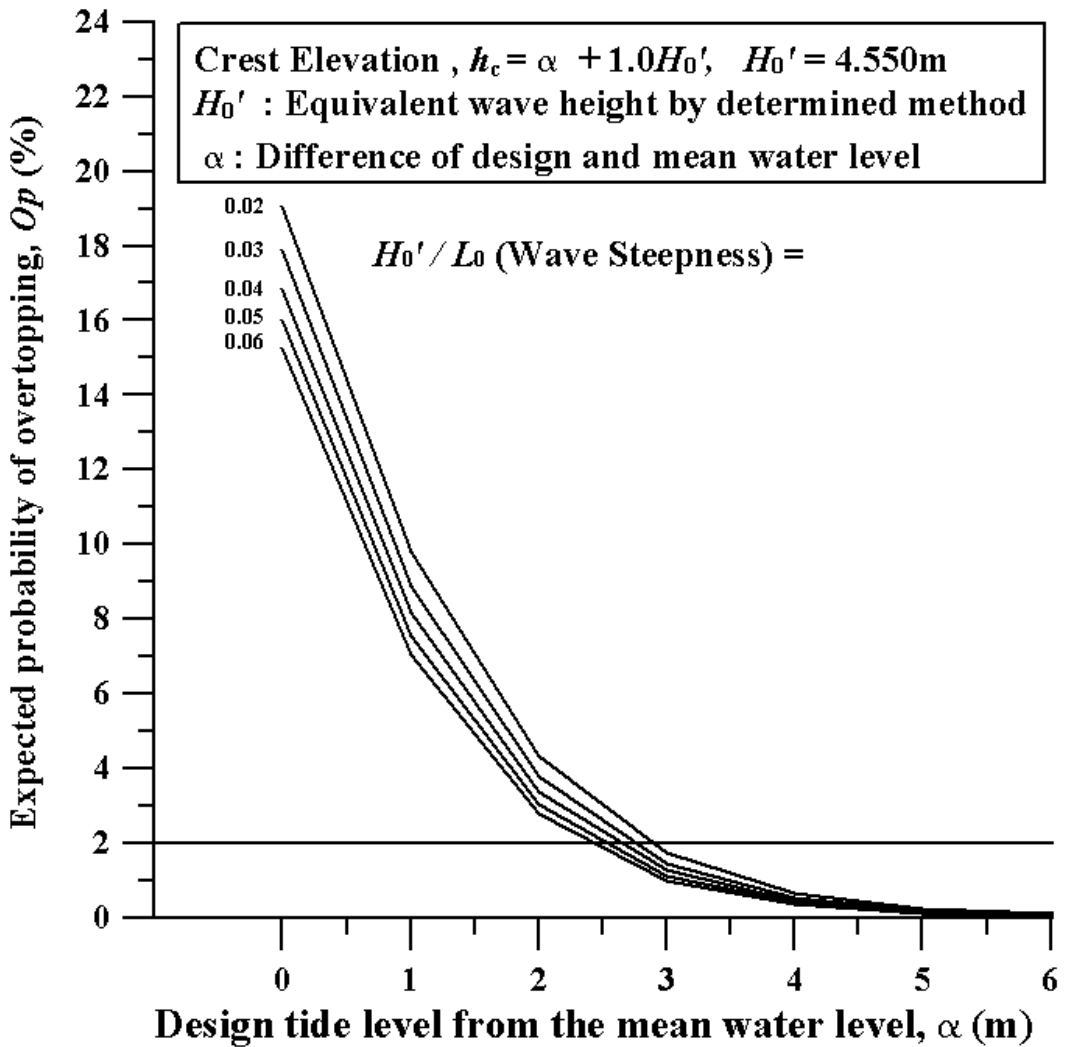


그림 B.19 서해안 인천 지역의 기대월파확률(사석)

Comparisons of the Expected Overtopping Probability along Korean Coast by Utilizing Reliability Analysis

Park, Hyun Seok

Department of Civil Engineering
The Graduate School
Gyeongju University

(Supervised by Professor Kweon, Hyuck-Min)

Kweon et al(2005a) proposed the calculation method of Expected Overtopping Probability (EOP) that considers the occurrence frequency distribution of real sea tide. The method was applied for the comparison of the EOP of Mukho and Busan sea. They showed that the tide occurrence frequency had a great effect on the EOP and the value becomes smaller as the standard deviation of the frequency comes bigger.

The present study following Kweon et al(2005a) method estimates the EOP characteristic of the crest elevation located on East, South and West sea. The study shows that the EOP becomes smaller following East, South, West sea in order.

감사의 글

모든 일이 그렇지만 뒤돌아보면 지난 2년간의 대학원 생활에는 유독 아쉬움과 후회가 남습니다. 하지만 앞으로 세상을 살아가는데 필요한 많은 것을 얻을 수 있었기에 지난 2년을 추억이 아닌 교훈으로 간직하며 다시 한 번 후회 없는 미래를 다짐해 봅니다.

우선 논문의 시작에서부터 끝까지 이끌어 주신 권혁민 교수님께 커다란 감사의 절을 올립니다. 특히나, 힘든 학교여건 속에서도 열정적으로 논문을 지도해 주시고 연구사업과 후학양성에 힘쓰시는 교수님의 모습 자체가 제게는 큰 배움이 되었습니다. 또한 부족한 점이 많은 논문을 심사해 주시고, 지난 학교 생활 동안 따뜻한 가르침을 주셨던 강보순 교수님, 황성춘 교수님, 심형섭 교수님께 감사를 드립니다.

해양연구원에서의 1년이라는 시간은 제게 잊을 수 없는 시간이었습니다. 저의 가능성을 알아주시고 보살피 주신 채장원 박사님께 감사 드립니다. 항상 웃음으로 대해 주셨던 조홍연 박사님, 오영민 박사님, 박우선 박사님께 감사를 드리며 공학부 젊은 분들에게 항상 즐거움을 주셨던 장인성 박사님, 한상훈 박사님, 권오순 박사님께도 깊은 감사를 드립니다.

그리고 연구소 생활동안 항상 친동생처럼 아껴주고 늦은 시간까지 술잔을 기울이며 즐거운 시간을 보냈던 민석형, 종주형, 동희형, 원호형, 민준형과 공학부 왕언니 현선누님, 운영누님, 즐겁게 해주신 희곤형, 민철형, 형이라 부르기에는 나이차이가 많이 나지만 항상 웃음으로 대해주셨던 창일형, 성은형, 세철형, 백원대 선생님께도 감사 말씀 드립니다.

대학원 생활동안 자주 만나지도 연락도 제대로 못했지만 항상 힘이 되어준 들 도 없는 나의 고향 친구 현호, 사랑하는 금탑동기들 영근이, 광명이, 인식이, 순연이, 미애, 경량이, 희정이, 대학 동기 만현이, 현이, 윤호, 동주, 태규,

현윤이, 윤미, 정아에게도 정말 고맙다는 말을 전하고 싶습니다. 그리고 지난 2년 동안 힘들 때마다 많은 위로가 되었던 우철형, 후배 영환이, 대호, 선호에게도 감사드립니다.

바쁜 와중에도 부족한 후배를 위해 자신의 일처럼 도와준 영렬형에게 감사드리며, 이제 막 실험실에 첫 발을 내딛은 후배 영학, 건오의 대학생원 생활이 늘 보람차기를 기원합니다.

마지막으로 사랑과 정성으로 저를 길러 주시고 늘 큰 은혜를 베풀어 주시는 아버지·어머니, 논문을 쓰는 동안 비록 지방 향사이긴 하지만 누드외첩(여러번 장원을 함)하셨던 고조고의 후예임을 잊지 말라시던 아버지 말씀이 뇌리에 남습니다. 부족한 저를 따뜻한 배려와 격려로 도와주신 어머니께는 단순히 감사하다는 말 만으로는 그 고마움을 표현 할 길이 없습니다. 항상 힘이 되어 주셨던 할머니, 작은누나, 형, 형수님, 큰누나, 매형에게도 감사의 말씀을 드리며 저의 작은 결실인 이 논문을 바칩니다.