# 수리실험에 의한 최적의 이중곡면 반파호안 선정

# A Determination of Double-curved parapet Seawall by Hydraulic Experiment

김효래*, 심주열**, 이승오***, 조용식****

Hyo Rae Kim, Ju Yeol Sim, Seung Oh Lee, Yong Sik Cho

요 지

최근의 이상기후에 따른 악영향으로 항만구조물의 설계시 중요한 요소인 심해설계파가 증고되었다. 최근, 증고된 설계파에 대해 마루높이의 절감 및 단면축소에 따른 경제적 효과를 극대화시키기 위하여, 사석경사제형 제체 상부에 이중곡면 반파공을 적용한 각종 구조물형식이 도입되고 있는 추세이다.

본 연구에서는 수리모형실험을 통해 월파와 안정성 검토를 수행하여 방파제의 최적 단면을 선정하였다. 본연구의 수리모형실험에 적용된 단면형식은 총 4가지로 각각에 대해 월파량과 반사율을 측정하여 비교 검토하였다. 그 결과 TTP로 피복된 제체 상부에 이중곡면 반파공을 설치한 단면이 가장 우수한 단면으로 선정되었다. 또한, 이중곡면 반파호안의 계획과 설계시 체계적인 검토와 합리적인 단면계획을 수립하여 이를 통해 마루높이 절감에 따른 경제적 효과의 극대화를 기대할 수 있다.

**핵심용어 : 이중곡면 반파공, 월파량**

## 1. 서 론

해안 및 호안 등에서는 배후 시설물의 훼손을 방지하기 위하여 여러 형태의 구조물을 건설한다. 최근 기상이변으로 인한 태풍이 자주 발생되고 있으며, 이에 따른 피해가 빈번히 일어나고 있다. 이러한 지역의 호안에는 월파저지기능이 가장 중요하게 요구되어져 왔고 월파저지에 우수한 신형 반파호안들이 제안되어 왔다. 월파저지형 반파호안은 파랑을 매끄럽게 바다 쪽으로 튕겨내기 때문에 마루높이를 낮추면서 월파를 대폭 저감 시키는 것이 가능하다. 또한 전면수역의 손실도 적고 친수성 영역을 확보하는 것이 가능하다는 이점도 있으며 시공에 충분한 안정성도 가진다. 특히, 이중곡면 반파공은 천단을 낮추면서 월파량을 대폭 저감할 수 있어 도로의 접근성을 높일 수 있으며 친수공간 확보에 유리하다. 그러나 수리모형실험을 수행한 결과 전면 피복블록의 안정성에 대한 문제점이 확인되었다. 피복블록은 Hudson 및 Van der meer공식에 의해 안전치 소요질량을 적용하였음에도 불구하고 이탈 및 붕락 등 의 문제가 발생하였다. 이는 반파공의 독특한 형상에 의해 생성된 수괴가 낙하하면서 피복블록의 이탈 및 붕락을 야기했기 때문으로 판단된다. 최적 단면형상을 결정하기 위해서는 여러 종류의 형상과 비교해 그 단면의 최적성을 검토할 필요가 있다. 본 연구에서는 반파호안 설계 시 월파 유량을 효과적으로 저감시키는 단면을 결정하고 적절한 피

* 정회원 · 한동ENC 해양사업부 상무 · E-mail : hrkim@handong.co.kr

** 비회원 · 한양대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : simjuyul@hanyang.ac.kr

*** 정회원 · 한양대학교 토목공학과 박사 후 과정 · E-mail : seungoh.lee@gmail.com

**** 교신저자 · 정회원 · 한양대학교 토목공학과 교수 · E-mail : ysc59@hanyang.ac.kr

복재 중량을 결정하여 이중곡면 반파호안의 설계실무를 수행함에 있어 체계적인 검토와 합리적인 단면계획을 수립할 수 있도록 기초자료 수리모형실험을 수행하여 그 결과를 검토하였다.

## 3. 수리모형실험

수리모형실험은 단면 2차원 불규칙파 실험을 수행하였으며, 불규칙파 스펙트럼은 Bretschneider-Mitsuyasu 스펙트럼을 목표스펙트럼으로 하여 수행하였다 입사파고와 주기는 유의파고($H_{1/3}$)와 유의주기($T_{1/3}$)를 각각 사용하였으며, 각각의 단면에서 파고와 주기를 변화시켜 안정성과 반사율 및 월파량에 대한 수리모형실험을 수행하였다. 수리모형실험에 사용된 파랑조건은 표 1과 같다.

**표 1. 파랑의 조건**

| 파고(m) | 주기(sec) |
|---|---|
| 8.3 | 18.90 |
| 7.9 | 16.78 |

대상단면은 비교 1안, 비교 2안, 비교 3안, 비교 4안으로 비교 1안과 2안은 각각 직립식 상치콘크리트와 피복제를 혼합한 단면으로 1안은 피복제 중량 40TON TTP을 사용하였고 2안은 32TON TTP을 사용하였다. 비교 3안은 전면부 천단고 EL(+)13.0m, 후면부 천단고 EL(+)15.0m인 직립식 상치콘크리트와 피복제(64TON TTP)를 혼합한 단면이며, 비교 4안은 전면부 천단고 EL(+)13.0m, 후면부 천단고 EL(+)15.0m이며, 전면부가 곡면으로 이루어진 상치콘크리트와 피복제(64TON TTP)를 혼합한 단면이다. 그림 1은 비교 4안의 표준단면도를 나타내고 있다.

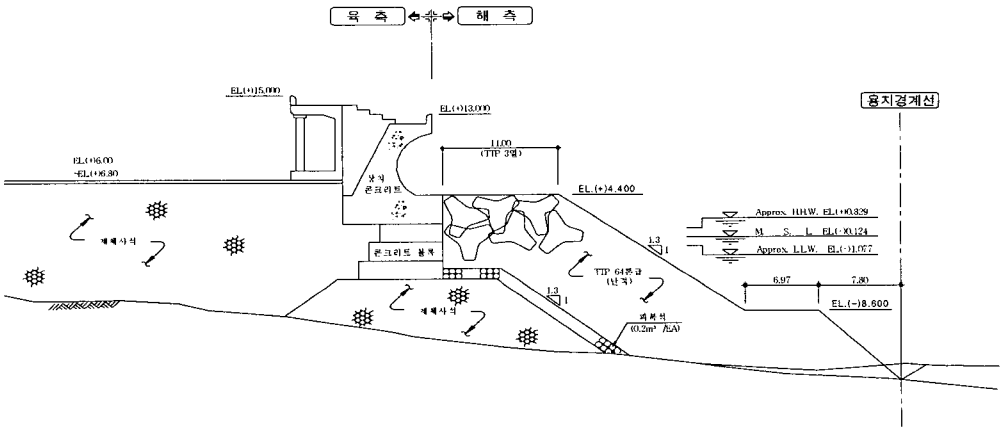


**그림 1. 비교 4안의 표준단면도**

수리모형실험에서 월파량 및 반사율을 측정하였으며, 대상단면의 안정성을 검토하였다. 수리모형실험결과, 월파량 및 반사율은 표 2와 같다.

표 2. 각 단면의 월파량 및 반사율 측정결과

| case | 파고(m) | 주기(sec) | 반사계수 | 월파량($m^3$/sec · m) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 모형 | 원형 |
| 비교 1안 | 8.3 | 18.90 | 0.455 | $2.554\times10^{-8}$ | $1.064\times10^{-8}$ |
| | 7.9 | 16.78 | 0.466 | $0.851\times10^{-8}$ | $0.349\times^{-3}$ |
| 비교 2안 | 8.3 | 18.90 | 0.451 | $8.512\times10^{-8}$ | $3.486\times10^{-3}$ |
| | 7.9 | 16.78 | 0.470 | $5.107\times10^{-8}$ | $2.092\times10^{-3}$ |
| 비교 3안 | 8.3 | 18.90 | 0.506 | $11.065\times10^{-8}$ | $4.532\times10^{-3}$ |
| | 7.9 | 16.78 | 0.499 | $8.512\times10^{-8}$ | $3.486\times10^{-3}$ |
| 비교 4안 | 8.3 | 18.90 | 0.460 | 0 | 0 |
| | 7.9 | 16.78 | 0.450 | 0 | 0 |

안정성 검토결과 4가지 방안 모두 상치콘크리트와 피복제의 거동이나 이탈 없이 안정한 것이 확인되었다.

## 4. 결론

본 실험은 각기 다른 형식의 사석 경사제(비교 1,2안), 직립제(비교 3안), 이중곡면 방파제(비교 4안)에 대하여 같은 마루높이를 적용하여 월파량, 안정성에 대하여 수리실험을 수행하였다. 기존 연구를 종합적으로 검토해 보면 월파량은 직립이나 사석제보다 이중곡면 반파공이 현저하게 감소되었으며, 안정성 및 반사율에서는 이중곡면 반파공 단면이 사석 경사제 및 직립제보다 불안정하거나 큰 값이 계측되었다. 본 연구에서는 이를 보완하여 반파공 전면에 소단을 두어 소파효과를 극대화 하고 반파공 전면에 TTP로 보강하여 단면 계획을 수립하였다. 그 결과 경사제 및 직립제는 월파량이 발생하였으나 이중곡면 반파공은 월파량이 발생하지 않았고 반사율의 경우 모두 유사한 값으로 계측 되었으며 안정성은 육안으로 관측한 결과 흔들림이나 이탈현상은 발생하지 않아 안정성 확보에 있어 충분히 고려된 것으로 알 수 있다.

본 연구에서는 그동안 문제시된 수리현상(반사율, 안정성)을 보완한 최적의 방파제 단면에 대한 수리모형실험을 수행하였으며, 그 결과는 항외측 및 호안의 단면계획에 적용시 유용하게 이용될 것으로 기대한다.

## 감 사 의 글

본 연구는 한국학술진흥재단의 지원에 의해서 수행되었습니다. (KRF 2006-311-D00887)

## 참 고 문 헌

1. 이달수, 염기대, 김창일, 오영민(2003). 경사식 방파제의 사면변형에 관한 실험연구, 대한토목학회 정기학술대회 논문집, pp.5053 ~ 5058.
2. 성원, 김가야, 박상길(2000). 친수성 유공호안블록에서의 반사율 및 월파량 특성, 대한토목공학회 정기학술대회 논문집, pp.649 ~ 652.
3. Robert G. Dean, Robert A. Dalrv,ple(1984). Water Wave Mechanics for Engineering and Scientists, pp.90 ~ 93.