

파랑 작용하에 있는 기초 구조물 해저지반의 거동에 관한 연구

Analysis of seabed behavior in foundation structure under wave loading

윤성규*·이민아*·최성준**·김태형***

Yun, Seong-Kyu · Lee, Min-Ah · Choi, Seong-Jun · Kim, Tae-Hyung

요약

방파제 설계시 고려되는 파랑하중에 대한 설계 방법으로 기존 설계는 정수압만을 고려한 정적해석을 실시하였으며 최근 설계에서는 정적해석과 동적해석을 동시에 실시하고 있다. 하지만 이때의 동적해석 방법은 파랑하중에 의한 파압을 구조물내의 임의의 지점에서만 산정하여 등가파압으로 적용하여 해석을 하고 있다. 본 연구에서는 방파제의 경사면뿐만 아니라 해저지반에서의 파압을 추가적으로 고려함과 동시에 등가파압이 아닌 모든 절점에서의 파압을 산정하여 파압을 적용하였다. 그 결과 현재의 설계법과 본연구의 설계법으로 구한 침하량의 값이 상당한 차이를 나타내고 있다.

keywords : 파력, 안정성, 지지력, 침하량

1. 서론

경사식방파제의 기존의 설계는 이론적 해석(항만 및 어항 설계기준서,2005)에 의한 정적설계만을 해왔으나, 최근에는 파랑작용에 따른 동적해석 또한 설계에 반영되고 있다. 현재 설계에서는 동적 파압을 경사식방파제의 경사면에만 적용시키며, 적용된 파압 역시 등가파압을 이용한 설계만을 하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 파압을 경사방파제의 경사면뿐만 아니라 해저지반에 전달되는 파랑에 의한 하중을 추가적으로 고려함과 동시에 경사면에 작용하는 파압을 등가파압이 아닌 실제 경사면에 작용하는 파압을 적용하였다. 위의 조건을 고려하여 경사식방파제의 침하량을 산정하여, 기존 설계 방법으로 산정한 침하량을 비교 검토하여 설계의 기초자료로 활용하고자한다.

2. 대상 방파제 선정 및 파랑 데이터 산정

2.1. 검토대상 방파제

본 연구에서 선정한 방파제는 부산 신항 동방파제로써 연약층이 40m 이상으로 대단히 깊어 소요기능과 경제성을 동시에 확보할 수 있는 부분굴착치환공법이 적용되었다.

2.2 실험과 결정

* 한국해양대학교 토목환경공학과 석사과정 tjdrb30@nate.com, ma01196673661@nate.com

** 한국해양대학교 토목공학과 학부과정 choil2322632@hanmail.net

*** 한국해양대학교 토목공학과 교수 kth67399@hhu.ac.kr

본 연구에 사용된 파랑 데이터는 태풍 매미(2003)가 일어난 전후 시점의 파랑 데이터를 사용하였다. 파랑의 제원은 파고 7.77m, 주기 14.14sec, 수심 13.3m를 사용하였다.

3. 파랑하중 산정 수치해석

3.1 CADMAS-SURF

본 연구에서는 파랑에 의한 방파제 제체 및 해저지반에 작용하는 동적영향을 고려할 수 있는 CADMAS-SURF(일명 수치파동수로, 연안개발기술연구센터, 2001) 프로그램을 이용하였다. CADMAS-SURF의 파압에 대한 적용성은 이미 정상봉 등(2003a)에 의해 검증된 프로그램이다.

3.2 파압의 결정

수치해석에 사용된 수치파동수로의 배치단면은 그림 1에서 보는 바와 같다. 조파수로의 전면과 후면 끝에는 약 100m폭의 감쇠대(sponge layer)를 설정하여 진행파가 끝단 벽에서 흡수되도록 하였다. 격자간격 Δx 는 제체가 위치하는 구간 전후 100m에서는 0.5m로 그 외의 구간은 1.0m로 하였으며, Δy 는 0.5m로 구성하였다. 수치계산 시간간격 Δt 는 자동 계산되도록 하였다.

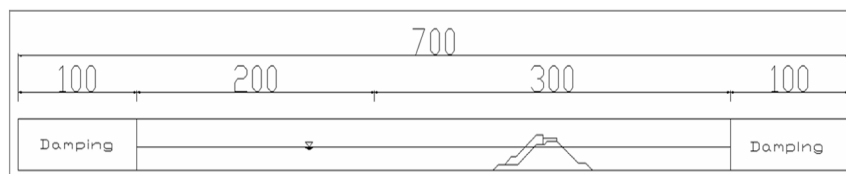


그림 1 수치파동수로의 배열

CADMAS-SURF를 이용하여 구한 사면상의 모든 절점에 대하여 파압 시계열자료를 출력된 그대로 지반 해석프로그램의 입력 자료로 사용하였다. 산정된 파압은 구조물과 구조물 전·후방 50m의 지반에 대한 파압까지 모두 산정하였다. 다만 절점이 너무 많은 관계로 구조물 전방 해저지반, 구조물 전면, 구조물 후방 해저지반의 임의의 절점에 대한 파압만을 그래프로 나타내었다. 그래프는 그림 2와 같다. 파압은 구조물전면에서는 $-2.1t/m^2 \sim 1.8t/m^2$, 구조물 내에서는 $-3.3t/m^2 \sim 3.1t/m^2$, 구조물후면에서는 $-0.08t/m^2 \sim 0.36t/m^2$ 로 나타났다.

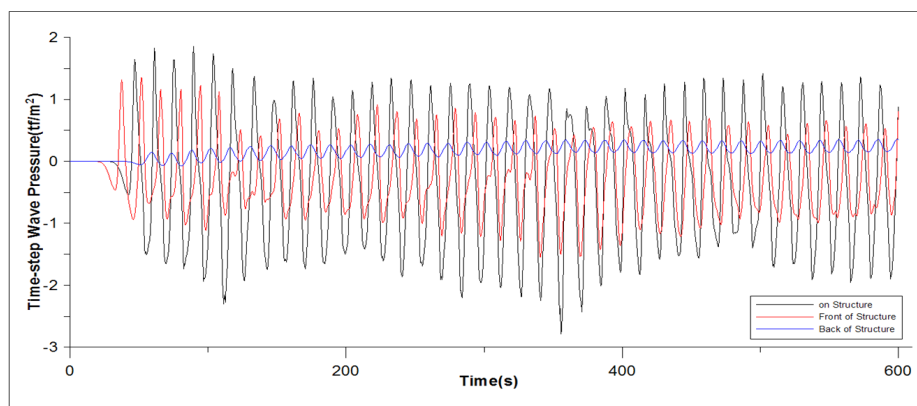


그림 2 해저지반과 구조물의 임의의 점에서의 시계열 파압

4. 지반해석

4.1 모델링

본 해석에서는 MIDAS-GTS 지반해석 프로그램을 사용하여, 표 1의 조건에 따라 대상지역을 모델링하였으며 최종 모델링된 그림은 그림 3과 같다.

표 1. 동적 해석을 위한 토질 특성치

구분	단위중량 $\gamma_t (tf/m^3)$	포아송비 (ν)	변형계수 (tf/m^2)	점착력 ($c, tf/m^2$)	내부마찰각 ($^\circ$)
Clay 1	1.508	0.45	5,80	2.5	
Clay 2	1.584	0.40	15,00	2.5	
Clay 3	1.679	0.30	20,00	2.5	
치환모래	1.8	0.25	35,00	-	30
풍화암	2.0	0.25	189,80	20	35
기초사석	1.8	0.25	4,133	-	40
TTP	1.14	0.25	2.5E5	-	-
상치Con	2.3	0.25	2.5E5	-	-

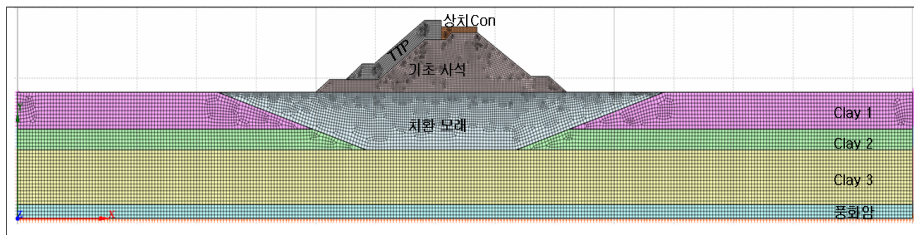


그림 3. 모델링 형상

4.2 파랑하중 동적해석

파랑하중 동적해석을 위해 CADMAS-SURF를 이용하여 구한 파압 값을 지반해석프로그램인 MIDAS-GTS에 시간이력 동적하중으로 적용하였다. Case 1은 구조물에만 파랑하중을 적용한 경우, Case 2는 구조물과 해저지반의 파랑하중을 동시에 적용한 경우이다. Case 1의 해석 결과는 그림 4, Case 2의 해석 결과는 그림 5와 같다. 동적해석 결과 Case 1에서의 최대변위는 구조물내에서 -0.7mm 최대변위가 발생하였다. Case 2에서의 구조물내의 최대변위는 Case1에서와 비슷한 위치와 변위 값을 나타내었지만 해석영역전체에 걸친 최대 변위는 치환모래 앞부분 연약한 점토층에서 -3mm 로 발생 하였다. 구조물에 작용하는 파압이 해저지반에 미치는 파압보다 크에도 불구하고 해저지반에서의 변위량이 더 크게 나타났다.

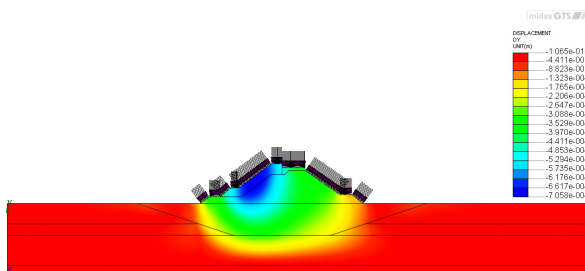


그림 4. Case 1.

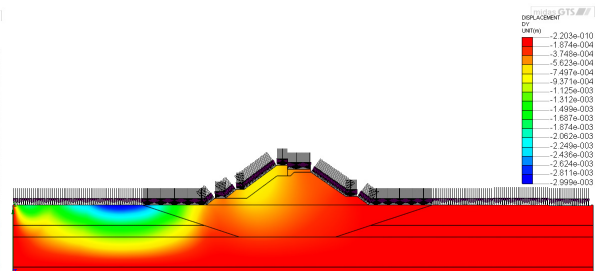


그림 5. Case 2.

5. 결론 및 고찰

본 연구에서는 방파제 설계 시 반영되고 있는 파랑하중에 의한 동적해석 시 구조물에 작용하는 파압만을 산정하여 구조물의 침하량을 산정하는 기존의 설계에 구조물 전방·후방의 해저지반에 미치는 파압까지 동시에 고려했을 시의 구조물의 침하량을 비교 검토 하였다. 해석결과 구조물에 작용하는 하중과 해저지반에 작용하는 하중을 동시에 고려했을 시의 최대변위가 구조물에서의 하중만을 고려한 경우보다 최대변위가 3배 정도 증가한 것을 알 수 있다. 이처럼 방파제의 설계 시 해저지반에 미치는 파랑하중의 영향이 상당히 작용하는 것을 알 수 있다. 지구 평균 기온상승 등으로 인해 태풍의 규모 및 출몰 횟수가 증가하여, 고파랑으로 인해 파랑하중이 해저지반에 미치는 규모 및 횟수 또한 증가 하였다. 앞으로 축조될 방파제의 설계 시 파랑하중에 의한 해저지반의 영향을 반드시 고려해야하며 기존에 축조된 방파제 역시 유지관리 차원에서 이점을 다시 한번 고려할 필요가 있다고 판단된다

지반해석을 위해 사용한 MIDAS-GTS는 선형탄성 동적해석만이 가능하여 그 변위는 과봉에서 내려가고 파곡에서 올라오는 반복 형태의 그래프를 나타내었다. 앞으로의 연구에서는 이점을 감안한 연구를 위해 비선형 탄소성 동적해석이 가능한 프로그램을 개발 중에 있다. 보다 정확한 분석을 위해서는 태풍 내습시 쇄파영향 등 파랑의 불규칙성과 방파제 각 위치별 미치는 파랑영향의 정도, 지반의 정확한 성층상태와 불균질성 등 보다 복잡한 요소의 역학구조에 대한 추가적인 면밀한 분석이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 부산신항 동방파제 단면을 대상으로 하여 태풍 Maemi로 국한시켜 분석을 수행한 것으로서 보다 다양한 대상 구조물 및 대상 파랑하중을 폭넓게 취하여 추가연구를 수행해야 할 과제로 남아 있다.

감사의 글

본 과제(결과물)는 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 광역경제권 선도산업 인재양성사업의 연구결과입니다.

참고문헌

- 성상봉, 전인식, 이달수 (2003a) 경사식 방파제의 전사면 파압에 대한 고찰(I. 수치파동수조의 적용), 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 23권, 제 6-B호, pp. 575-579.
- 성상봉, 전인식, 이달수 (2003b) 경사식 방파제의 전사면 파압에 대한 고찰(실험식의 제안), 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 23권, 제 6-B호, pp. 581-585.
- 해양수산부 (2005b) 항만 및 어항설계기준.
- 해양수산부 (1997) 부산신항 방파제 실시 설계 용역 보고서.
- 沿岸開發技術研究센터 (2001) CADMAS-SURF Manual.
- MIDAS-GTS Analysis Reference PP. 55~77.