한강 운항 선박에 의해 발생하는 항주파가 호안에 미치는 영향

Influence on Revetment by Ship-waves Generated by Vessels in Han River

김대영*, 김윤환**, 박남희***, 김 철****

Dae Young Kim, Yun Hwan Kim, Nam Hee Park, Chul Kim

요 지

하천의 호안공법은 과거에는 콘크리트 호안이 위주였으나 현재는 자연친화적인 각종 호안공법들이 개발되어 하천에 시공되고 있다. 이러한 공법들이 적용된 호안들의 수리적 안정성은 호안의 가장 중요한 기능 중 하나이다.

호안의 수리적 안정성은 대하천인 경우에는 흐름방향의 유속에 따른 소류력 이외에 횡방향으로 작용하는 힘을 고려할 필요가 있을 것이다. 횡방향으로 작용하는 외력으로는 바람에 의해 발생하거나 선박이 운항할 때 발생하는 파를 고려해야할 것이다.

본 연구에서는 선박이 운항할 때 발생하는 항주파를 계산하고, 항주파에 따른 처오름을 계산하여 호안에 미치는 파력을 검토하였다. 연구 대상 호안으로는 한강에 시험 시공된 구간을 선정하였는데 이 구간은 34가지 호안공법을 설치하여 시험하고 있다. 항주파의 파력이 호안에 미치는 영향을 알아보기 위해서 유람선과 수상택시를 선정하여 파력을 산정한 결과 유람선은 25.70kg/㎡ 수상택시는 9.48kg/㎡으로 계산되었다.

핵심용어 : 항주파, 호안, 파력

1. 서 론

우리나라의 하천 정비는 강수량의 계절별 편중에 따른 유황 특성과 수위 변동 특성을 감안하여 소류력에 저항할 수 있는 콘크리트 호안블록을 사용하여 하천 정비를 실시해 왔다. 특히, 우리나라 대부분의 중·소하천은 1971년 하천법 제정이후부터 1995년 소하천 정비법 제정 및 하천법 개정에 이르기 까지 대부분 이수기능과 치수기능 위주의 하천 정비공법이 적용되어 수충부에는 강성 구조물인 콘크리트 옹벽 또는 석축을 이용한 정비공법이 도입이 되었으며, 비수충부에는 돌망태 호안이나 콘크리트 호안블록이 적용되었다.

이러한 콘크리트 호안블록은 획일화된 형태로서 하천 주변에 서식처가 사라지고, 하천의 직강화가 되고, 고수부지를 주차장으로 이용함으로서 환경적으로 악영향을 끼쳐왔다. 그러나 1980년대 중반부터 확산되기 시작한 하천환경 복원운동은 1990년대 이르러 자연형 하천 가꾸기 등의 하천 생태계 보전 및 복원 공법으로 국내에 선진기술이 도입되기 시작하여 다양한 종류의 자연형 호안

* 정회원・호남대학교 토목환경공학과 석사. E-mail : zmsrlf@hanmail.com
** 정회원・호남대학교 토목환경공학과 박사과정・E-mail : foxy @ paran.com
*** 정회원・호남대학교 산업기술 연구소 연구원 E-mail : namee1004@dreamwiz.com
**** 정회원・호남대하교 토목환경공학과 교수・E-mail : kuchul@honam.ac.kr

공법이 시범 적용되고 있다. 이에 따라 콘크리트 블록이 가지고 있는 환경적인 측면의 문제점을 보완하는 다양한 재료를 사용하는 호안 공법이 개발 되었다.

대하천에서는 횡방향으로 작용하는 힘을 고려할 필요가 있다. 횡방향 외력으로는 바람의 영향이나 선박에 의해 발생하는 항주파의 영향으로 호안에 작용하는 파력이 발생한다. 본 연구에서는 선박이 주행할 때 발생하는 항주파를 고려하여 호안에 미치는 파력을 산정하고 호안에 미치는 영향을 검토하고자 한다.

2. 대상 호안 지역

본 연구 대상 호안은 인공호안을 생태공간으로 녹지 공간으로 조성하는 사업의 일환으로 기 콘크리트 블록 호안으로 조성된 구간을 생태녹지공간으로 조성하기 위해 34가지 시범공법이 적용되었고, 조성된 구간은 동작대교에서 거북선 나루터까지이다. 그림 1.에 시범호안공법에 대한 내용과 위치를 나타내었다.

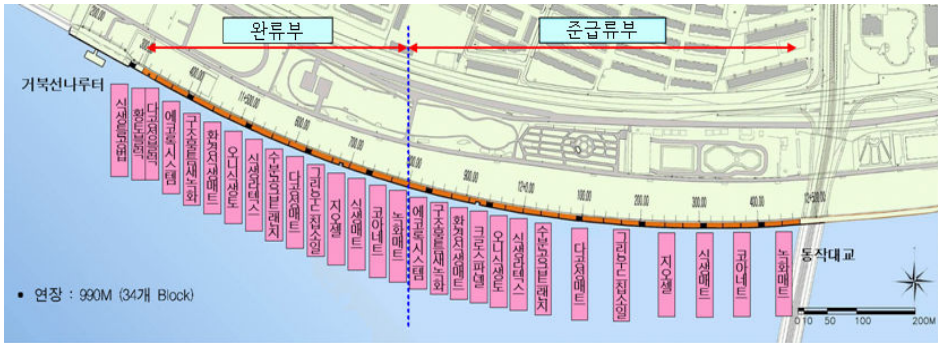

그림 1. 시범호안공법 적용된 구간

3. 항주파 및 파력 산정식

항주파는 선박이 항행할 때에 생기는 파로서 선박이 크거나 속도가 빠를수록 파고는 크게 된다. 항주파는 전파거리가 크게 되면 감쇠하므로 넓은 수역에서는 큰 문제를 일으키지 않으나 폭이 협소한 수로나 수로 양측 호안에서의 월파, 세굴, 피복 block의 안정에 대해서도 영향을 미치는 경우가 있다.

일본해난방지협의회 항주파 연구위원회에서 제안하고 있는 항주파 파고의 개략추정식을 적용하여 항주파를 산정 하였다. 개략추정식은 다음과 같다.

$$H_0 = \left(\frac{L_s}{100}\right)^{1/3} \sqrt{\frac{E_{HPW}}{2.2 L_s V_k}} \qquad (1)$$

여기서,

H_0: 항주파의 특성파고(m), 또는 선박이 만재 항행속력으로 운항할 때 항적중심선으로 100m 거리에서 관측된 최대파고

L_s: 선박의 길이(m)

V_k: 만재 항행속력(kt)

E_{HPW}: 조파마력(W)

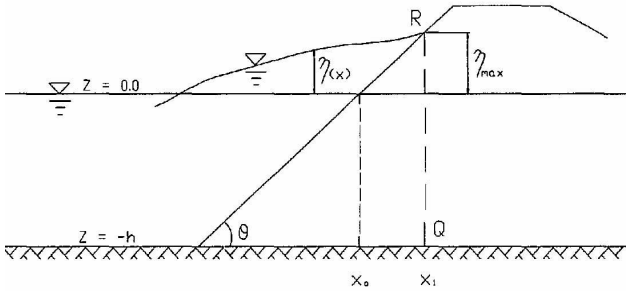

그림 2. 사면상에서의 처오름

항만 및 어항설계기준에서 제시한 처오름 산출식과 경사식 방파제에서 적용한 사면상내 작용하는 수평 및 연직 파력 산출식을 이용하였고, 처오름 산출식과 파력 산출식은 다음과 같다. 그림 2.에 사면상에서의 처오름을 나타내었다.

$$\eta_{\max} = \frac{1}{2}\alpha(1+K_R)H \tag{2}$$

$$x_1 = x_0 + \triangle x = x_0 + \eta_{\max}\cot\theta \tag{3}$$

여기서, $\eta_{\max}$: 최대 처오름 높이, K_R: 반사계수, α: 처오름 보정계수 θ: 사면각

정수면의 상부 경계면에 작용하는 파압과 정수면 하부의 경사면에 작용하는 파압은 각각 다음과 같다.

$$p(x,z) = \rho g[\eta(x) - z] = \rho g[\eta(x) - (x - x_0)\tan\theta] \ : 0 \le z \le \eta_{\max} \tag{4}$$

$$p(x,z) = \rho g\eta(x)\frac{\cosh k(h+z)}{\cosh kh} \quad : -h \le z \le 0 \tag{5}$$

사면에 작용하는 수평파력 및 연직파력은 각각 다음식과 같다.

$$F_H = \sin\theta \int_{-h}^{\eta_{\max}} p(x,z)ds = \int_{-h}^{\eta_{\max}} p(x,z)dz \tag{6}$$

$$F_V = \cos\theta \int_{-h}^{\eta_{\max}} p(x,z)ds = \cot\theta \int_{-h}^{\eta_{\max}} p(x,z)dz \tag{7}$$

여기서, F_H: 수평파력, F_V: 연직파력 이다.

4. 항주파 및 파력 산정

4.1 대상 선박의 현황

항주파를 산정하기 위해서 한강 유람선인 올림픽1호와 수상택시를 선정하였고, 올림픽 1호와 수상택시 제원은 표 1.에 나타내었다. 대상 선박의 선박톤수는 올림픽1호는 430ton 이고 수상택시는 3.6ton 이며, 만재항해속력은 각각 11.90knot, 34.02knot이다.

표 1. 선박의 제원

구분	단위	유람선(올림픽1호)	수상택시
선박톤수	tonf	430	3.6
선박길이	m	59.65	7.4
축마력	W	1000	310
만재항해속력	knot	11.90	34.02
	m/s	6.12	17.5

4.2 항주파 및 파력 산정 결과

한강 모니터링 결과 수위가 약 1.2m 상승하였을 때 호안이 파괴가 되었다. 본 연구에서는 모니터링에서 얻은 수위를 이용하여 항주파를 계산하였다. 적용한 결과를 표 2.에 나타내었으며 항주파 특성파고는 올림픽 1호는 0.47m 이고, 수상택시는 0.13m 이다. 처오름 높이는 올림픽1호는 0.35m이고, 수상택시는 0.096m이다. 산정한 처오름 높이를 파력산정식인 식(6)과 식(7)에 적용하여 계산한 결과 유람선은 25.70㎏/㎡ 이고, 수상택시는 9.48㎏/㎡ 산정되었으며, 표 3.에 나타내었다.

표 2. 항주파 및 처오름 산정

구분	단위	유람선 (올림픽1호)	수상택시
만재배수량	m^3	486.88	6.87
마찰저항계수	-	0.00178	0.00206
조파마력E_{HPW}	W	481.46	52.17
항주파특성파고	m	0.47	0.13
파장	m	14.04	115.22
주기	sec	2.31	11.22
처오름	m	0.35	0.096

표 3. 파력 산정 결과

구분 / 단위	유람선(올림픽1호)			수상택시		
	수평파력	연직파력	총파력	수평파력	연직파력	총파력
kN/m	0.3934	0.5822	0.7027	0.1206	0.1809	0.2174
kN/m^2	0.1411	0.2087	0.2519	0.0515	0.0773	0.0929
kg/m^2	14.389	21.295	25.70	5.260	7.890	9.482

5. 결 론

본 연구에서 횡방향으로 작용하는 외력에 대해 고려할 필요가 있으며, 배가 주행할 때 발생하는 항주파를 계산하여 호안에 미치는 파력을 산정하여 안정성을 검토하였다. 안정성을 검토한 결과는 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째 한강을 운행하는 유람선의 항주파를 이용하여 산정한 호안의 처오름 높이는 0.35m이며, 이때에 발생하는 파력은 25.70㎏/㎡ 이고 수상택시의 항주파를 이용하여 산정한 호안의 처오름 높이는 0.096m 이며 이때 발생되는 파력은 9.48㎏/㎡로 계산되었다.

둘째 호안의 허용소류력이 25.70㎏/㎡보다 작으면 호안이 수리적으로 불안정한 것으로 평가할 수 있다.

감 사 의 글

본 연구는 건설교통부 및 한국건설교통기술평가원 건설핵심기술연구개발사업의 연구비지원(06건설핵심B01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 강성진(2007). 항주파고의 특성에 관한 연구, 한국항해항만학회지.
2. 서울시 건설안전본부(2007.8). '인공호안을 생태녹지공간으로' 조성 기본 및 실시 설계 발표자료.
3. 김영호(2005). 종·횡단 특성에 따른 자연형 호안 공법의 적용에 관한 연구, 석사학위논문, 홍익대학교.
4. 한국해양연구원(2003). 경사식 방파제의 최적설계기술개발Ⅳ.
5. 한태영(2004). 선박운항에 따른 항주파 영향 및 저감 방안에 관한 연구, 석사학위논문, 연세대학교.
6. 해양수산부(2005.9). 항만 및 어항 설계기준 일부 개정.
7. Juan Recio, Hocine Oumeraci(2007). Effect of deformations on the hydraulic stability of coastal structures made of geotextile sand containers, Geotextiles and Geomembranes 25, pp278 ~ 292.