

주운수로 수문 개폐에 따른 선박운항 영향분석

Analysis of the Effect of Navigations due to the Gate Opertaion

여창건*, 최수민**, 임해욱***, 송재우****

Chang Geon Yeo, Su Min Choi, Hai Uk Im, Jae Woo Song

요 지

최근 우리나라에서도 워터프론트 개발과 주운에 많은 관심을 보이고 있는 실정이며, 현재 한강의 마곡지구에서는 워터프론트 및 주운수로 개발 사업을 수행하고 있다. 마곡 주운수로는 홍수 발생시 한강 수위 상승 전에 갑문을 폐쇄하여 한강의 홍수량이 주운수로 내부로 유입 되는 것을 방지하도록 계획되었다. 그러나 한강수위 상승 전, 마곡주운수로의 갑문 폐쇄 직전에 한강에 운항중인 선박이 주운수로 내로 긴급히 회항할 경우가 발생하며, 회항 선박이 안전하게 주운 수로내로의 진입하기 위해서는 갑문의 개폐 정도에 따른 갑문 내부 유속 및 유향에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 마곡 주운 수로로 유입되는 빈도별 홍수량에 따른 수로 내부 유향과 갑문 폐쇄 정도에 따른 갑문부 영향을 수리모형 실험과 수치모의를 통하여 분석하였다. 주운수로 유입 빈도별 홍수량이 증가할수록 내부의 유속은 증가 하였으며 100년빈도 홍수시 갑문부에서의 최대 유속은 2.2m/s 나타났다. 홍수시 갑문을 1/3, 1/2, 2/3 폐쇄하였을 경우에 대한 수치 모의 결과 갑문의 2/3 폐쇄시 갑문부 최대 유속은 1/3 폐쇄시에 비하여 약 53-86% 증가 하였으며, 수위는 약 0.2-0.8m 상승하였다. 갑문 폐쇄에 따른 최대 유속은 선박의 운항을 위한 허용 유속과 비교 검토하였다. 이러한 분석을 통하여 선박이 긴급히 주운수로로 회항할 경우에 대한 비상대응계획 및 운영방안 수립에 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : SMS, 워터프론트, 주운수로, 회항

1. 서 론

인간은 예부터 물가에서 생활하였으며 세계의 많은 도시들은 강가에 위치하고 있다. 선진 외국에서는 이미 워터프론트를 개발하고, 주운을 활용하고 있다. 이러한 주운시설과 같은 수변공간(waterfront)의 창출은 '물'과 관련된 기능을 통해 도시생활에 활력을 부여하고 인공시설과 더불어 자연적 정취를 느낄 수 있는 친수공간을 제공할 수 있다. 최근 우리나라에서도 워터프론트 개발과 주운에 많은 관심을 보이고 있는 실정이다. 현재 한강의 마곡지구에서는 워터프론트 및 주운수로 개발 사업을 수행하고 있다.

마곡 주운수로는 홍수 발생시 한강 수위 상승 전에 갑문을 폐쇄하여 한강의 홍수량이 주운수로 내부로 유입 되는 것을 방지하도록 계획되었다. 그러나 한강수위 상승 전, 마곡주운수로의 갑문 폐쇄 직전에 한강에 운항중인 선박이 주운수로 내로 긴급히 회항할 경우가 발생하며, 회항 선박이 안전하게 주운 수로내로의 진입하기 위해서는 갑문의 개폐 정도에 따른 갑문 내부 유속 및 유향에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 마곡 주운 수로로 유입되는 빈도별 홍수량에 따른 수로 내부 유향과 갑문

* 정희원 · 홍익대학교 박사과정 · E-mail : gun1230@empal.com
** 비희원 · 홍익대학교 석사과정 · E-mail : sumin0114@gmail.com
*** 정희원 · 서영엔지니어링 전문 · E-mail : hwrim@seoyeong.co.kr
**** 정희원 · 홍익대학교 토목공학과 교수 · E-mail : jwsong@hongik.ac.kr

폐쇄 정도에 따른 갑문부 영향을 수리모형 실험과 수치모의를 통하여 분석하였다.

2. 수리모형 실험

2.1 수리모형 실험의 개요

마곡 주운수로 유역의 홍수시 한강수위가 상승하기 전 갑문을 폐쇄하여 주운수로 내로 유입되는 홍수량을 제어해야 하며 한강유역의 수위 상승시 한강유역의 선박이 주운수로 내로 회항을 해야 할 필요가 있기 때문에 갑문의 폐쇄 정도에 따라 갑문 내 수리특성에 대한 검토가 필요하다.

본 실험은 홍수시 한강유역의 수위가 상승하기 전에 갑문을 폐쇄할 경우에 갑문 폐쇄 정도에 따른 갑문부 주변 및 갑문사이의 최대 유속을 파악하여 선박의 안전한 운항에 기초자료를 제공하기 위한 실험이다. 수리모형 실험은 주운수로 및 한강유역의 수위조건에 따라서 Case 1(저수위, EL. 2.6m)과 Case 2(운항수위, EL.3.7m)로 나누어 수행하였으며, 각각의 경우에 대하여 주운수로 내 6개 홍수 유입지점에서 주운수로 내부에 100년 빈도 홍수량이 유입될 경우 갑문 폐쇄 정도에 따른 실험을 수행하였다. 홍수 직전 갑문의 폐쇄 정도는 전체 갑문 폭의 1/3 폐쇄, 1/2 폐쇄, 2/3 폐쇄로 나누어 실험하였으며 주운수로 내로 유입되는 빈도별 홍수량은 100년 빈도로 설정하였다. 갑문개폐에 따른 실험 조건은 <표 1>과 같다.

표 1. 홍수시 갑문개폐에 따른 유황 검토 실험 조건

구분		주운수로 내 유입량	수위 조건		갑문운영 정도
			주운수로	한강유역	
마곡지역 홍수시	Case 1	100년 빈도 홍수량 (113.73 CMS)	저수위 (EL.2.6m)	저수위 (EL.2.6m)	전체의 1/3 폐쇄
					전체의 1/2 폐쇄
					전체의 2/3 폐쇄
	Case 2		운항수위 (EL.3.7m)	운항수위 (EL.3.7m)	전체의 1/3 폐쇄
					전체의 1/2 폐쇄
					전체의 2/3 폐쇄

2.2 수리모형 실험 결과

한강 수위 상승 직전 갑문 폐쇄 정도에 따른 유속 분포는 Case 1의 경우 2/3 폐쇄시 유속이 가장 빠르게 나왔으며 1/2 폐쇄, 1/3 폐쇄의 순서를 나타내었다. 실제 원형에서는 2/3 폐쇄시 갑문부 주변의 흐름은 주운수로에서 한강유역으로 평균유속 1.15m/s로 흐름이 나타났다. 최대 유속은 2/3 폐쇄시에는 1.85m/s로 갑문 부 사이에서 나타났으며 1/2 폐쇄 및 1/3 폐쇄 시에는 각각 1.75m/s, 1.20m/s로 역시 갑문 부 사이에서 발생하였다. 갑문부 최대 유속은 1/3 폐쇄시에 비하여 약 53% 증가 하였으며, 수위는 약 0.2-0.6m 상승하였다.

Case 2의 경우 2/3 폐쇄시 흐름이 가장 컸으며 Case 1와 마찬가지로 1/2 폐쇄, 2/3 폐쇄의 순서로 흐름 값의 크기가 분석되었다. 이는 원형으로 환산하였을 때 순서대로 1.80 m/s, 1.60 m/s, 1.30 m/s의 평균유속을 가지는 것으로 나타났고, 최대 유속은 2/3 폐쇄시 갑문 부 사이에서 3.55 m/s로 나타났으며 1/2 폐쇄시 2.40 m/s, 1/3 폐쇄시 1.90 m/s로 나타났다. 갑문부 최대 유속은 1/3 폐쇄시에 비하여 약 86% 증가 하였으며, 수위는 약 0.4-0.8m 상승하였다.

마곡 주운수로에서는 주운 수로의 평균 수심인 2.6m~3.7m을 기준으로 하여 흘수가 2m 이하인

선박들이 주로 운항될 것으로 예상되며, 이러한 선박들 갑문부 최대 유속인 3.55m/s 이상의 속도, 약 7 노트 이상의 최대 운항 속도를 낼 수 있는 선박들이 주운수로내로 회항이 가능 할 것으로 판단된다.

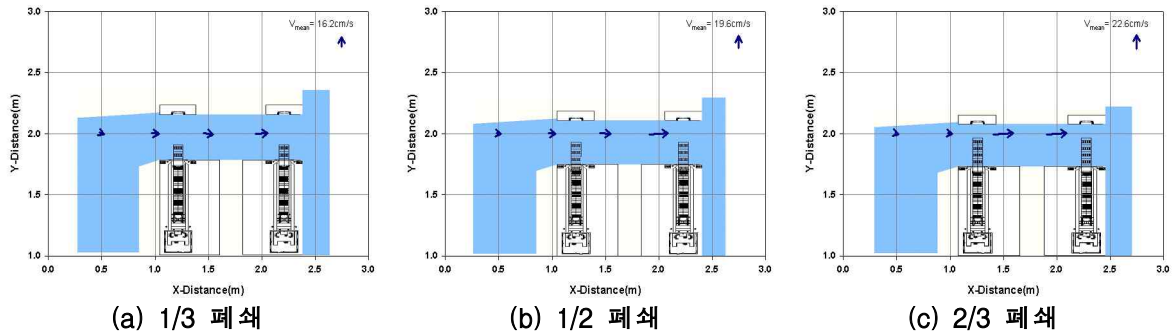


그림 1. 수리모형실험 결과 유속분포 (Case 1)

구분		갑문 폐쇄 정도		
		1/3 폐쇄	1/2 폐쇄	2/3 폐쇄
Case 1 유속 (m/s)	최대	1.20	1.75	1.85
	평균	0.80	0.95	1.15
	최소	0.40	0.45	0.35
Case 1 유속 (m/s)	최대	1.90	2.40	3.55
	평균	1.30	1.60	1.80
	최소	0.65	0.55	0.60

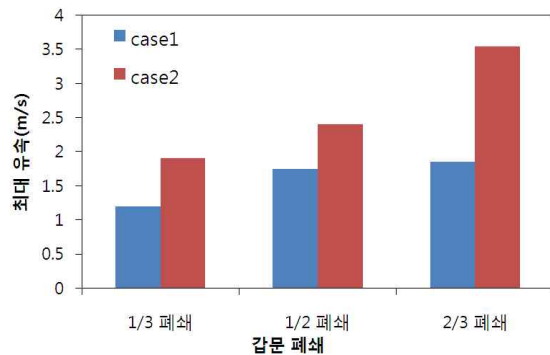


그림 2. 수리모형실험 결과 유속분포

3. 수치모의

수치모의는 수리모형 실험과 동일한 조건에 대하여 2차원 수치모형인 SMS를 이용하여 분석하였다. 수치모의에서는 수리모형실험에서 고려하지 못한 한강의 유속을 고려하여 모의하였다. 각 Case 에 해당하는 수위조건에 대하여 갑문이 폐쇄되는 정도를 3단계로 나누어 모의하였으며 각 단계는 각각 1/3 폐쇄, 1/2 폐쇄, 2/3 폐쇄로 선정하였다. 그림 3은 갑문 폐쇄정도에 따른 갑문부 주변의 유황을 나타낸 것이다. 각 Case에 대하여 2/3 갑문을 폐쇄했을 경우 유속이 가장 크게 모의 되었으며 1/2, 1/3 폐쇄시의 최대 유속은 동일한 수치를 나타내었다. 최대유속의 범위는 Case 1에서 2.20~2.50m/s, Case 2에서 1.56~2.22 m/s로 나타났다. Case 1의 경우가 Case 2의 경우보다 갑문부 최대유속이 크게 나타났으며 이는 수리모형 실험에서 반영되지 못한 한강의 유속에 의한 차이로 판단되며 Case 1의 경우 한강의 유량은 259 CMS인 반면 Case 2의 경우 1,707 CMS로 크게 차이가 나기 때문인 것으로 분석되었다. Case 1의 경우보다 Case 2에서 더 많은 유량이 한강 하류부로 흐르기 때문에 주운수로에서 한강으로 유입되는 유량에 차이가 많이 나는 것으로 판단된다.

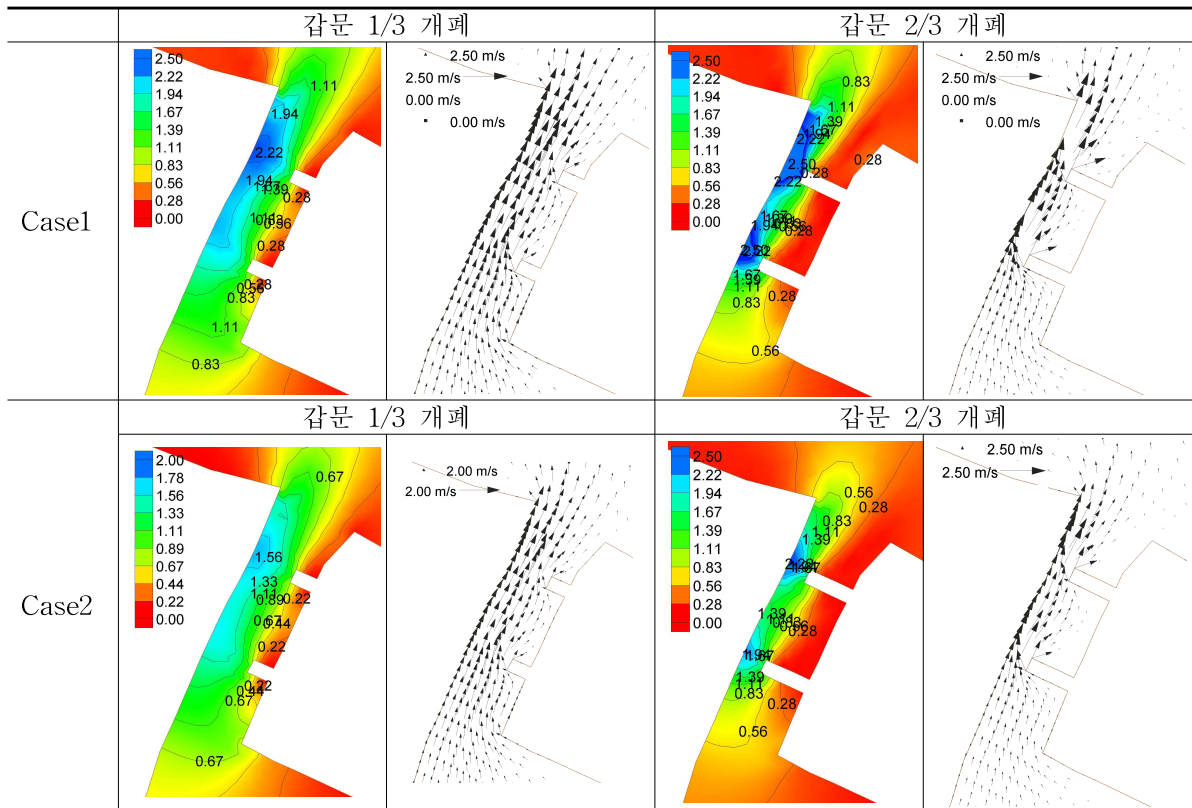


그림 3. 수치모의 결과

3.2 수리모형실험과 수치모의 결과 비교

Case 1의 수치모의 결과로는 최대유속의 범위가 1.56~2.22 m/s로 수리모형 실험의 결과에 비해 다소 적게 나왔다. 실제로 Case 1의 경우 한강유역의 유량은 259 CMS이지만 Case 2의 경우 1,707 CMS로 매우 큰 차이를 나타내고 있다. 따라서 한강의 영향을 더 크게 받아 흐름이 적어져야 하지만 모형실험에서 한강유역의 유량을 재현하기는 불가능하기 때문에 한강의 흐름으로 인한 유속에 영향을 크게 받아 실험값이 크게 측정된 것으로 분석된다.

Case 2의 수치모의 결과는 최대유속의 범위가 2.20~2.50m/s로 수리모형 실험의 결과에 비해 다소 크게 나왔다. 이는 모형실험에서 한강유역의 범위가 실제 수치모의 분석구간에 적용한 한강유역에 비해 작아서 한강의 흐름에 영향을 크게 받아 실험값이 적게 측정된 것으로 분석된다.

추가적으로 갑문 폐쇄시 최대 유속에 대한 운영 및 구조적 안정성 검토가 필요할 것으로 판단되며 한강유역을 운항중인 선박이 주운수로 내려 긴급히 회항해야 하는 경우 약 6노트의 속도가 유지되어야 할 것으로 분석되었다.

홍수시 갑문 폐쇄 실험은 표 2와 그림 4에서 보인바와 같이 수리모형 실험에 비하여 수치 모의 결과값이 약 11% 정도 크게 산정되었다.

표2 갑문 폐쇄에 따른 최대유속 수리모형실험 및 수치모의 비교

구분	최대 유속 (m/s)			
	수리모형 실험		수치모의	
	CASE 1	CASE 2	CASE 1	CASE 2
1/3 폐쇄	1.20	1.90	1.56	2.22
1/2 폐쇄	1.75	2.40	1.56	2.22
2/3 폐쇄	1.85	2.55	2.22	2.50

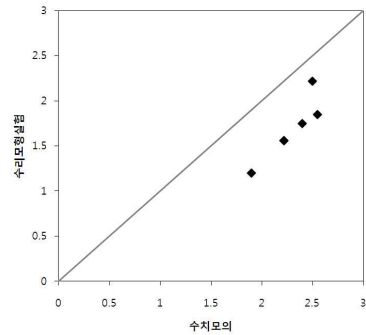


그림4. 갑문 폐쇄에 따른 최대유속 수리모형실험 및 수치모의 비교

4. 결론

갑문폐쇄도가 증가할수록 갑문부 유속은 증가 하였으며 100년빈도 홍수시 갑문부에서의 최대 유속은 수리모형 실험에서 3.5 m/s, 수치 모의에서는 2.5 m/s로 나타났다. 홍수시 갑문을 1/3, 1/2, 2/3 폐쇄하였을 경우에 대한 수리실험 및 수치모의 결과 갑문의 2/3 폐쇄시 갑문부 최대 유속은 1/3 폐쇄시에 비하여 약 53-86% 증가 하였으며, 수위는 약 0.2-0.8m 상승하였다. 갑문 폐쇄에 따른 최대 유속 분석을 통하여 한강유역을 운항중인 선박이 주운수로 내로 긴급히 회항해야 하는 경우 약 6-7노트의 속도가 필요할 것으로 판단된다. 이러한 분석을 통하여 선박이 긴급히 주운수로 회항할 경우에 대한 비상대응계획 및 운영방안 수립에 활용될 수 있을 것이다.

감 사 의 글

본 연구는 SH공사와 서영엔지니어링의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 전제복, (2008) “지속가능한 개발을 위한 주운시설 도입에 관한 연구” 한국수자원학회 학술 발표대회
2. EMS-i (2004). SMS v8.1 예제 매뉴얼
3. SH공사 (2009). “마곡 도시개발사업 시행으로 인한 주변지역 내수배제 기본계획 보고서”