

HEC-RAS 모형에 의한 감소하천구간 부정류 해석 및 세굴보호공 설계

Unsteady Flow Analysis for the Design of Local Scour Protection by HEC-RAS(UNET) Model in the River Reach Affected by Tide

남궁돈*, 조두찬**, 윤광석***

DON NAMGUNG, DOOCHAN CHO, KWANG SEOK YOON

Abstract

The tidal river is a river affected by tide, which causes the water level to rise and fall two times everyday periodically. The local velocity across the river could be very fast because of the cross-sectional characteristics of the river even though it's not a rainy season. Therefore extreme local scour could take place around hydraulic structures such as piers and caissons due to backward flow velocity. For the construction of pier foundation of Ilsan-bridge in the Han River, the field observations were performed to get the velocity and water level. The numerical analysis was performed by HEC-RAS(UNET). The relationship between measured maximum velocity and calculated mean velocity is achieved, which is used to estimate the velocity and water level as the construction is proceeding. Countermeasures for scour were designed with the results of the hydraulic analysis to avoid potential damage during construction work. According to the results of monitoring, the velocity increase after temporary road embankment was negligible, from which it is considered that the degradation of main channel compensated for the constriction of cross-section by embankment.

Keywords : Tidal River, Unsteady Flow, Embankment, HEC-RAS, UNET, Scour

* 정회원·대림산업주식회사 기술연구소E-mail : ngdon@daelim.co.kr
** 정회원·대림산업주식회사 기술연구소E-mail : cdc1291@daelim.co.kr
*** 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부E-mail : ksyoon@kict.re.kr

1. 서론

대림산업에서 시공 중인 일산대교는 한강하류 이산포IC 지점에 일산과 김포를 연결하는 6차선 교량을 건설하는 현장이다. 이곳은 한강상류로의 염수침입을 방지하기 위한 신곡수중보 하류 8 km 지점에 위치하여 황해조위의 영향을 직접적으로 받는 곳으로 감조하천구간이다. 일산대교 교각시공을 위하여 가설용 시트파일 시공되었으며, 2003년 10월 27일 사리때 시트파일 주변 국부세굴로 인하여 전도되었다. 이때 현장 하류 7km 지점에 위치하는 전류 수위표에서 관측된 조차는 약 4.9 m로 3 m/s 이상의 유속이 발생했을 것으로 예상된다. 이에 따라 가시설에 대한 재설계가 이루어졌으며, 수리적인 설계조건을 산정하기 위하여 현장지점에서 조류에 대한 유속 및 수위 측정을 실시하였다. 현상태 조류속 및 수위에 대한 검증을 통하여 향후 공사 진행에 따른 수리량 변화를 예측하였다. 예측결과는 가시설 및 세굴보호공의 설계조건으로 활용되었다.

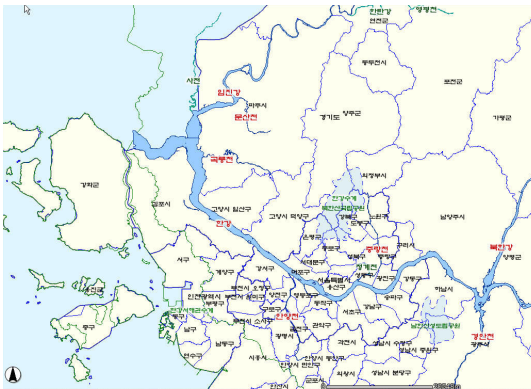


그림 1. 일산대교 위치도



그림 2. 시트파일 사고 사진(좌안에서 바라본 전경)

2. 일산대교 지점의 흐름특성 및 유속측정

일산대교는 전류수위표로부터 상류 7 km, 신곡수중보로부터 하류 8 km 지점에 위치하여 황해 조위의 영향을 받는다. 일산대교 지점의 한강 단면은 [그림 3]과 같으며, 중앙부분 퇴적으로 인하여 좌우안쪽에 유심부가 위치한다. 이에 따라 조석은 주로 걸포측과 이산포측 유심부를 통하여 출입하며 사리때는 3.0 m/s 이상 매우 빠른 유속이 발생한다.

표 1. 유속계 및 수위계 제원

(1) 유속계	(2) 수위계
기 종 : COMPACT-EM	기 종 : XR-420-TG
제 조 사 : ALEC, 일본	제 조 사 : RBR, 캐나다
측정항목 : 유속, 방향, 온도	측정항목 : 온도, 압력
Accuracy : 1(cm/s) or $\pm 2\%$	Accuracy : 0.05%

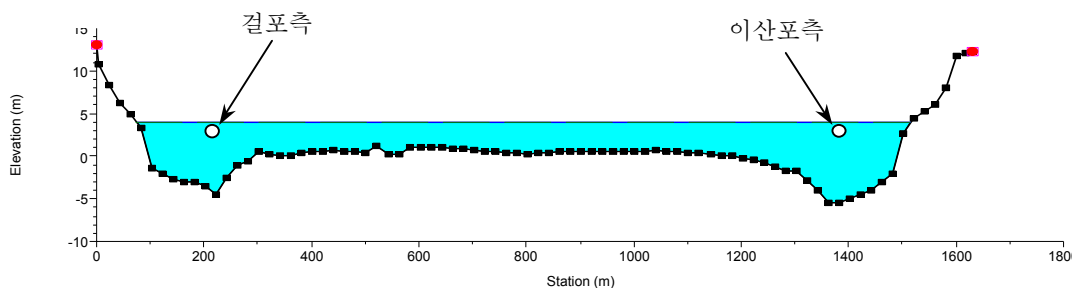


그림 3. 유속측정 지점

2003/12/08 ~ 12/10일 사이에 발생한 수위(전류지점)와 걸포측에서 측정된 유속을 도시하면 [그림 4]와 같다. 창조시간은 약 3시간으로 수위변화가 급격하고 유속이 3.0 m/s 이상으로 빠르며, 낙조시간은 약 9시간으로 수위변화가 완만하고 유속이 1.0 m/s 미만으로 느리다. 전류지점 관측수위와는 약 30분 정도의 위상차가 있다. 특기할만한 점은 낙조때 수위는 이미 하강하기 시작했으나, 유속은 약 10 내지 30분 정도 역류를 나타낸다. 이는 유속계 설치위치가 EL(-)1.5 m로 흐름 단면에서 하층부에 위치하기 때문인 것으로 판단된다.

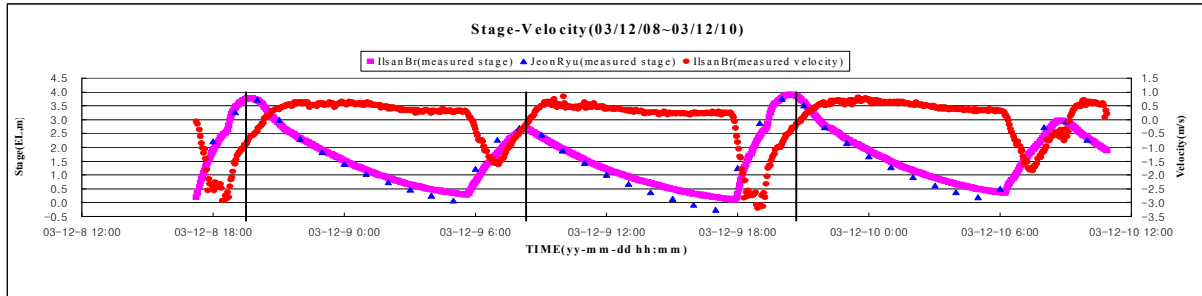


그림 4. 걸포측 현장실측 유속 및 수위(2003/12/08 ~ 12/10)

3. 수치해석

조류해석을 위하여 HEC-RAS ver 3.1.2에 탑재된 부정류 모델인 UNET을 사용하였다. 먼저 관측된 유속 및 수위를 이용하여 모델의 조도계수를 검증하였다. 또한 계산평균유속과 관측최대유속간의 관계식을 도출하였다. 검증된 조도계수 및 유속 관계식을 이용하여 공사진행 단계별 속도범위에 따른 유속변화를 예측하였다.

3.1 경계조건

인천앞바다의 약최고조위는 EL(+)4.635 m로서 2003년 11월24일 ~ 11월26일에 걸쳐서 발생한 전류 수위는 약최고조위를 초과하는 수준이다. 이는 하천 상류로 조석이 이동되면서 침투가 감소되는 현상을 무시하더라도, 이미 발생가능한 최고 조위가 발생된 것으로 볼 수 있다. 따라서 이때 발생한 조위를 설계조위로 하고 하류경계조건으로 사용한다. 상류경계조건인 경우 한강대교 지점의 평수량 315 m³/s를 사용하였다.

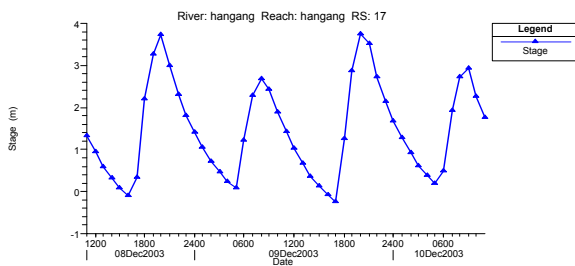


그림 5. 전류수위(2003/12/08 ~ 12/10), 조도검증용

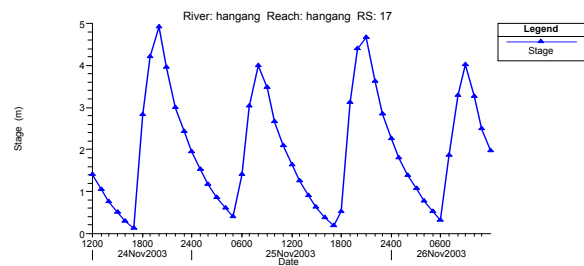


그림 6. 전류수위(2003/11/24 ~ 11/26), 설계조위

3.2 하도단면

해석단면은 2000년 측정된 지형단면을 이용하였고, 현장지점의 지형단면은 2003년 7월 자료로 수정하여 입력하였다.

3.3 조도계수 검증

조도계수 검증을 위하여 관측된 수위와 조도계수를 0.005, 0.01, 0.015, 0.02 등으로 변경하여 계산된 수위의 불일치율 (discrepancy ratio = ln(계산수위/관측수위))을 도입하였다. 정확도는 불일치율이 ±0.3 이내인 도수의 비율이며, 조도계수 0.005, 0.01, 0.015, 0.02에 대하여 정확도가 각각 71.7%, 92.6%, 78.1%, 67.4%였으며, 이에 따라 0.01을 대상구간의 조도계수로 결정하였다.

3.4 계산평균유속과 관측최대유속 관계식

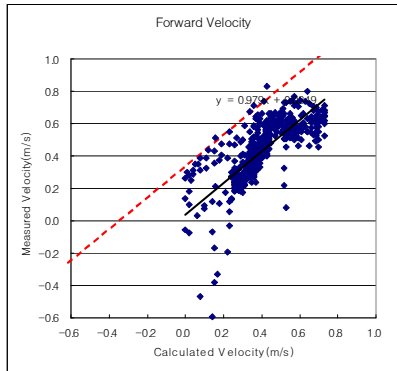


그림 7. 낙조시 관계식

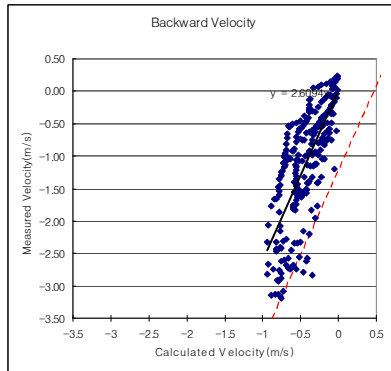


그림 8. 창조시 관계식

(1) 낙조시 변환최대유속
 $y = 0.979x + 0.3349$

(2) 창조시 변환최대유속
 $y = 2.6099x - 1.2$

여기서 y는 변환최대유속이고, x는 HEC-RAS 계산결과와 평균유속이다.

3.5 변환최대유속

계산평균유속과 관측최대유속간의 관계식을 이용하여 향후 축도계획별 변환최대유속을 산정한 결과는 [표 2]와 같다.

표 2. 축도계획에 따른 변환최대유속

CASE	축도계획	계산평균유속(m/s)	변환최대유속(m/s)	수위(EL, m)
1	MP20~MP24	-1.78	-5.84	3.36
2	MP17~MP24	-2.24	-7.05	3.29

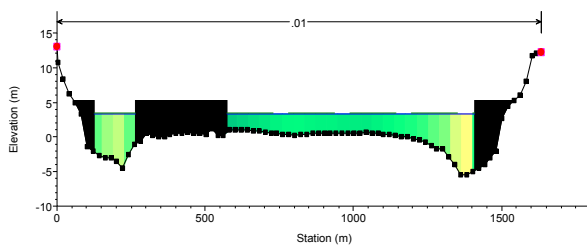


그림 9. CASE1(MP20~MP24 축도, 길이=300m)

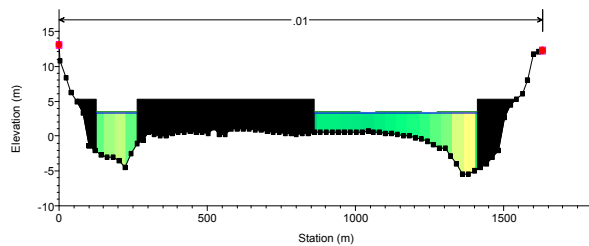


그림 10. CASE1(MP17~MP24 축도, 길이=600m)

4. 세굴보호공 설계

공사중 가설구조물의 세굴방지를 위하여 적용된 세굴심 계산공식은 Laursen, CSU, Neil 공식이며, 평균값을 사용하였다. 사석 세굴보호공 계산공식은 Quazi & Peterson, Inglis, Chiew, 서울시 공식이 사용되었으며, 평균값을 사용하였다.

5. Monitoring

2004년 3월말 MP20~MP24 사이의 측도가 완료되었다. 약 한달 후 하천횡단측량 및 수위, 유속측정을 실시하였다. 그 결과 세굴보호공 설치부위를 제외하고는 하상고가 저하된 것으로 나타났다. 또한 그림 11의 수위, 유속 측정결과에서 보듯이 설계조위와 비슷한 규모의 조석에 대하여 관측된 유속은 최대 3.0 m/s을 약간 초과하는 정도로서 측도전과 비슷한 수준이다. 이로부터 하상저하가 측도에 의한 단면감소를 상쇄했다고 판단할 수 있다.

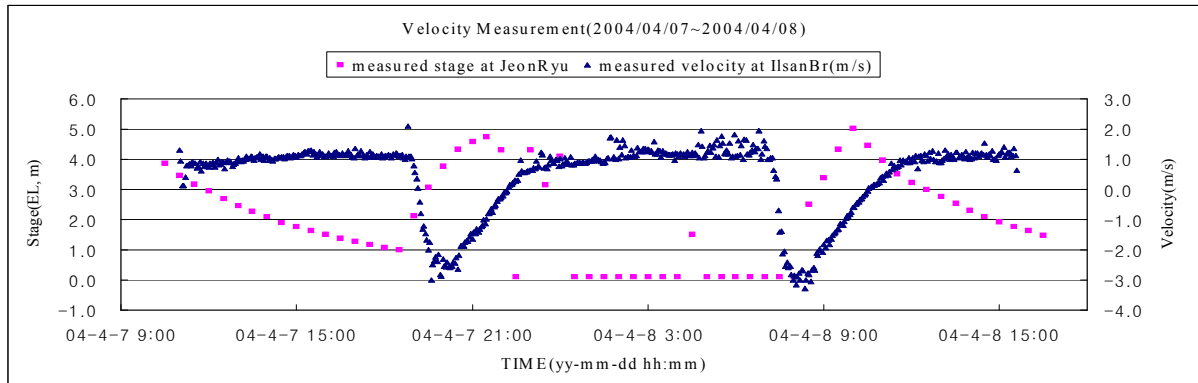


그림 11. 전류 관측수위 및 일산대교 지점 관측유속

6. 결론

감조하천에서의 국부세굴문제를 해결하기 위하여 HEC-RAS(UNET) 모형을 이용한 수치해석을 실시하였다. 계산평균 유속과 측정최대유속간의 관계식을 제안하였다. 제안된 관계식을 이용하여 HEC-RAS에서 계산된 평균유속을 변환최대 유속으로 환산하여 세굴보호공 설계에 활용하였다. 모니터링 결과 세굴보호공 설치지점을 제외하고는 하상고가 저하된 것으로 나타났으며, 국부세굴 방지를 위한 설계는 적정했던 것으로 판단된다. 측도 후의 유속측정 결과 당초 예상했던 유속 증가는 나타나지 않았으며, 이는 주수로(유심부) 지점의 세굴(하상저하)로 인하여 통수단면적이 감소되지 않았기 때문인 것으로 판단된다. 감조하천에서 보다 정확한 부정류 해석을 위해서는 하상변동을 포함하는 추가적인 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다.

감사의 글

현장 유속 및 수위 측정 등 물심양면으로 도움을 주신 대림산업 일산대교 현장의 소장님 및 관계자 여러분에게 감사드린다.

참고 문헌

1. 김상호, 김흥기, 남궁돈(2003). 조류를 고려한 수리 및 가시설 검토종합 보고서, 대림산업주식회사
2. 건설교통부(1997). 하천횡단 구조물의 세굴안전진단 시스템의 개발
3. 서울시 건설안전관리본부(1998), 한강교량기초 수리모형 실험 보고서