

PE14) 연속교각의 설치 방식에 따른 수리학적 특성 분석

문상철*, 이호정, 서명준, 안승섭¹, 이증석²

경일대학교 대학원 도시정보·측지지적공학과,

¹경일대학교 건설정보공학과, ²경일대학교 토목공학과

1. 서 론

도심의 발달과 인구의 증가 그리고 산업의 발달로 생활공간의 부족으로 하천의 변화가 많이 진행되어 지고 있다. 또한 수변공간에 개발로 인해 새로운 자연하도에 교량과 복개교각 등을 설치하는 것은 기존 하천에 수공구조물 설치로 끝나는 것이 아니라 수로의 흐름에 저항을 주는 장애물로 작용하고 있다. 또한 하천의 지형적 변화와 수위상승 및 유수 총단면적 감소로 인해 하천의 범람과 제방 외측에 큰 피해가 발생하고 있다.

본 연구는 자연하도에 가상의 수공구조물이 교각군으로 설치될 경우 흐름의 특성을 분석하여 교각군으로 인한 수리학적 특성을 규명하고자 한다. 분석에 있어 수공구조물이 없을 경우와 1열, 2열 및 3열로 설치되었을 경우에 수위와 유속의 특성 등을 검토를 하므로써, 수공구조물 교각군이 자연하도에 미치는 영향을 검토 하고자 한다.

그 동안은 하천흐름 특성과 단순한 수공구조물의 설치로 인한 수리 변화 예측과 실험이 많은 학자들이 연구를 진행 되어왔으며 결과를 도출하고 있다. 윤세의(1995)등은 수리모형실험을 통하여 만곡부에 수공구조물 설치시 와 수공구조물의 위치변화에 관한 실험을 수행하여 흐름특성을 분석 하였고, 최계운(1996)은 도시하천 복계에 따른 수리학적 특성에 관하여 분석하였다. 최근에는 김이현(2000)에 의한 만곡수로에서 수리구조물에 의한 수면 곡선 및 하상 변동해석 고석현(2005)에 의한 RMA-2모형에 의한 교각의 수위상승 효과분석 이정훈(2006)에 의한 수공구조물의 적정설계를 위한 유출모형 매개변수의 민감도에 대한 연구가 진행되어 오고 있다.

그러나 최근에는 수공구조물(교각군)의 배치가 다양해지고 교각군도 증가 하고 있으며 이에 대한 연구는 매우 미흡한 상태이다. 본 연구는 수공구조물 중에서 교량의 교각을 단일로 혹은 2~3열 등으로 설치될 경우 구조물의 설계 및 관리를 위한 기초 자료가 부족하여 설계시 어려움을 겪고 있으며, 이 연구를 통하여 수공구조물이 효율적인 설계가 될 수 있도록 기초 자료로 제공할 목적이 있다.

2. 연구대상지역

본 연구의 대상하도구간은 대구광역시를 통과하는 국가 하천인 금호강 총 63.9km중 금호강 하구에서 38km 지점에 위치한 공항교 중심으로, 상류 150m, 하류 270m 지역을 수리학적 특성을 분석하였다.

공항교는 총 연장 360m로 되어있으며 교각의 형상은 6각형으로 되어있다. 또한 연구대상 교량은 지형적 조건이 비교적 양호하며 연구대상 교량에서 상류 1.28km지점에 동촌 수

위관측소가 설치되어 있어 자료의 획득이 양호한 지역이다.

그러나 교량 설치지점은 Fig. 1. 에서 나타낸바와 같이 만곡부 출구지점에 위치하고 있으며, 설치구간의 만곡도는(직선거리/자항거리) 1.169 정도로 검토되었다.

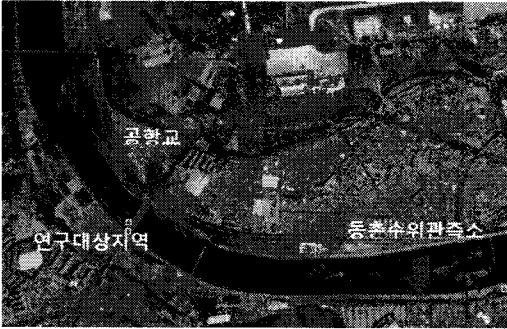


Fig. 1. 연구대상 지역

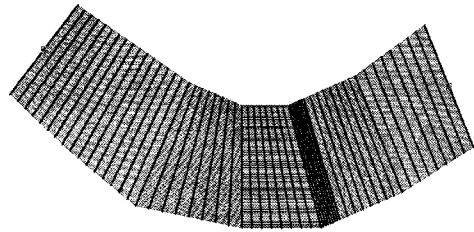


Fig. 2. 연구대상지역의 격자망

3. 기본이론

2차원 유한요소 모형인 RMA-2모형은 하천의 하구의 유속분포를 예측하기 위한 유한요소 수치모형으로 개발되었다. 2차원 흐름영역에서 자유표면, 상류의 수평방향 유속 성분과 수위를 계산하며, 모형의 지배 방정식은 Navier-Stokes 방정식과 연속방정식을 수심방향으로 적분한 2차원 천수방정식으로서 다음과 같다.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = 0$$

$$h \frac{\partial u}{\partial t} + hu \frac{\partial u}{\partial x} + hv \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left(\epsilon_{xx} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \epsilon_{xy} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + gh \left(\frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{gu}{C^2} (u^2 + v^2)^{1/2} - \zeta V_a^2 \cos \psi - 2hwv \sin \phi = 0$$

$$h \frac{\partial v}{\partial t} + hv \frac{\partial v}{\partial x} + hu \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left(\epsilon_{xx} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \epsilon_{xy} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + gh \left(\frac{\partial a}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{gv}{C^2} (u^2 + v^2)^{1/2} - \zeta V_a^2 \cos \psi + 2hwu \sin \phi = 0$$

x, y, t : 좌표축과 시간

ρ : 물의 밀도

ε : 확산계수

ψ : 풍향

ζ : 경험적인 바람 전단응력계수

g : 중력가속도

h : 수심

V_a : 풍속

w : 지구의 각속도

u, v : x, y 방향의 수심 평균유속

a : 하상표고

V_a : 풍속

φ : 적용대상 구간의 평균위도

τ_x, τ_y : x, y방향으로 작용하는 외부응력으로 각각 하상, 바람, Coriolis 효과에 의한 응력.

4. 연구방법

대상구간의 단면자료는 “금호강 하천정비 기본계획(건설교통부 1997)”에 수록되어 있는 횡단면 측량 자료를 이용하였다. 현장 조사를 통하여 대상구간의 특성을 파악하였고 종·횡단면자료와 지형특성을 이용하여 대상구간의 유한 요소망을 구축하였다. 또한 각 빈도별 홍수량에 대한 2차원수리분석을 실시하였으며, 수리분석 결과를 이용하여 교량 유·무에 따른 수리 변화를 모의 하였다. 공항교의 총 연장은 360m이며 10개의 교각으로 설치되어 있다. 교량을 중심으로 동쪽으로 4개의 교각이 설치되어 있으며 서쪽으로 6개의 교각이 설치되어 있다. 교각의 둘레는 7m의 6각형 모양으로 설치되어 있으며, 교량을 중심으로 동쪽교각의 경간장 48m, 서쪽교각 경간장은 20m 간격으로 설치 되어있으며. 1열과 2열, 3열의 교량간의 거리는 7.5m간격으로 설치되어 있다. 연구대상지역의 상류부의 유량조건은 금호강 하천정비 기본계획에서 검토된 빈도별 홍수량 및 홍수 수문곡선을 이용하였다.

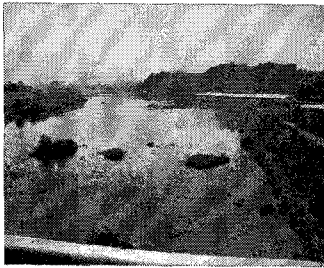


Fig. 3. 현장하도 사진



Fig. 4. 현장 1열 교각



Fig. 5. 현장 2열 교각

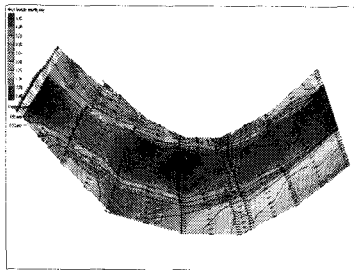


Fig. 6. 하천의 유속벡터



Fig. 7. 1열 48m 교량

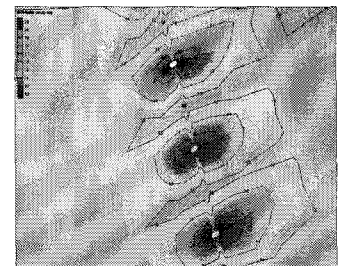


Fig. 8. 1열 20m 교량

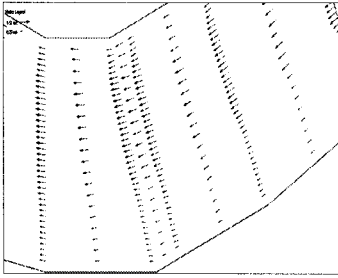


Fig. 9. 하천의 유속벡터

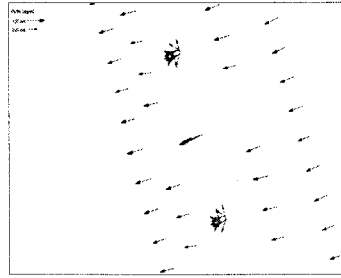


Fig. 10. 1열 48m교량 유속벡터

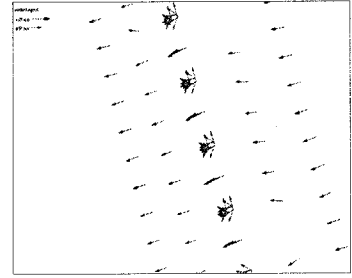


Fig. 11. 1열 20m교량 유속벡터

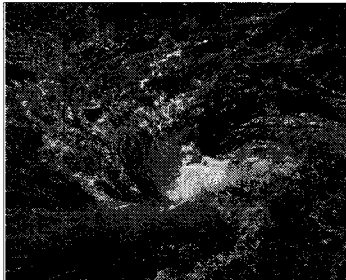


Fig. 12. 와류흐름(K.Debus, 1995)

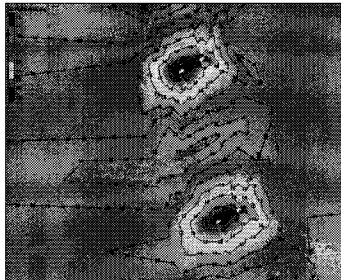


Fig. 13. 2열 48m 교량

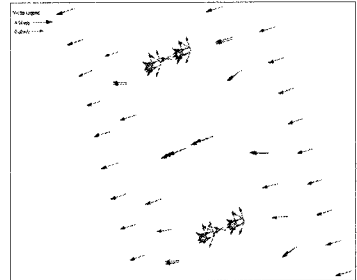


Fig. 14. 2열 48m 교량

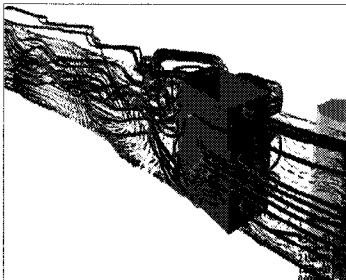


Fig. 15. 유선흐름방향(K.Debus, 1995)



Fig. 16. 12 2열 20m교량

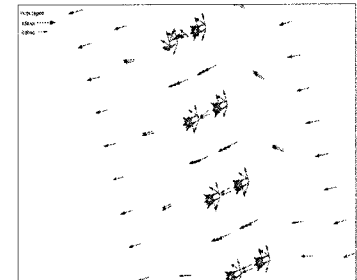


Fig. 17. 2열 20m교량 유속벡터

RMA-2 시뮬레이션 결과 홍수시에는 48m, 경간장에서 3.6~4.0m/sec, 20m 경간장에서 3.6~1.3m/sec 최대의 유속이 발생하였다. 홍수위는 48m 교각은 7.1m, 20m교각은 3.4m의 결과가 분석되었다. 교량이 1열로 설치되었을 경우 48m교각 주변은 0.3~2.3m/sec, 20m 교각 주변은 0.3~2.3m/sec, 2열로 설치되었을 경우 48m 교각은 0.5~2.0m/sec, 20m 교각은 0.3~1.5m/sec 결과가 분석되었다.

5. 결과 및 고찰

본 연구에서는 대구광역시를 통과하는 국가 하천인 금호강 연구대상지역 NO.51~NO.54 구간 중 공항교 연속교각 주위의 수리적 영향을 분석하기 위해 유한요소 2차원 해석법을 이용한 RMA-2 모형으로 공항교의 연속교각 주위의 유속분포를 예측하기 위한 수치모형을 사용하였다. 본 연구에서는 연속교각의 수리적 특성변화에 대해 검토한 결과는 다음과 같다. 동춘수위관측소에서 측정된 수위는 33.77m이며, 모형을 모의한 결과 34.8m

로 나타났으며, 비교적 양호한 모형으로 판단된다. 제방 35.688m보다 4.403%정도 의 여유가 있는 것으로 분석되었다. 하도구간의 최적매개변수로 추정된 자료를 이용한 분석결과 관측치 대비 추정 홍수위는 97.41~100.5%, 유속은 93~107%의 상대 오차가 보이는 것으로 분석되었다. 또한 교량이 1열로 설치되었을 경우 주변의 유속이 0.3m/s로 나타났으며 2열로 설치되었을 경우 주위의 유속은 1열보다 0.2m/s가 더 증가하는 것을 알 수 있으며 교량과 교량 사이는 유속의 변화가 없는 것으로 나타났다. 2열로 설치되어있는 구간은 공간장이 좁아 유속이 증가하는 것으로 판단된다. 향후, 보다 많은 실측자료를 이용하여 정류뿐만 아니라 부정류에 대한 해석도 함께 연구 할 것이며, 유속과 홍수위에 대한 정확한 구조물의 배치 예측을 보다 더 안전한 설계가 될 것이라 판단된다. 또한, 교각의 신설이나 증설로 인한 피해를 최소화 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 고석현, 2005, RMA-2 모형에 의한 교각의 수위상승 효과 분석, 명지대학교
김승균, 2004, 자연하도 만곡부에서 수리구조물에 의한 변동특성, 경일대학교
안승섭, 2002, 수공구조물이 하천환경에 미치는 영향에 관한 연구, 한국환경과학회 Vol.11 No.4, pp309-317
이정훈, 2006, 수공구조물의 적정설계를 위한 유출모형 매개변수의 민감도 분석, 명지대학교
임동희, 2007, 하천 하류부 흐름해석을 위한 이차원해석 모형 매개변수의 민감도 분석, 경일대학교
윤세의, 정재욱, 윤수인, 한정석 1995 만곡합류부의 수공구조물 설치시 흐름특성, 건설교통부
최계운 1996 도시하천복개에 따른 수리학적 영향 수자원 학회지, 제29권 제1호 pp17~26
Computational Fluid Dynamics Model For Tacoma Narrows Bridge Upgrade Project
K.Debus, J. Berkoe, B. Rosendall, and F.Shakib pp2-5