

하천에서의 하도 축소로 인한 퇴사거동 수치모의 Numerical Modeling for Sediment Depositional Changes due to Channel Contraction

김권한*, 한승원**, 지운***, 박상길****, 여운광*****

Kwun Han Kim, Seung Wun Han, Un Ji, Sang Kil Park, Woon Kwang Yeo

요 지

낙동강하구둑은 바다로부터의 염수침입을 방지하고 하구둑 상류의 지속적인 용수 공급을 위해 1987년에 건설되었으며 이로 인해 낙동강 상류로부터 유입되는 유사가 낙동강하구둑 근처에서의 유속 감소로 인해 상류 접근수로에 퇴적되는 문제가 발생하고 있다. 이러한 낙동강하구둑 상류의 퇴적되는 유사로 인해 낙동강하류의 하상이 상승되고 통수단면이 축소되는 현상이 발생할 수 있으며 이는 홍수범람의 위험성을 가중 시키는 원인이 될 수 있다. 따라서 매년 하구둑 상류 접근수로에서는 퇴적되는 유사를 제거하기 위해 하구둑 건설 이후에 매년 준설 작업이 수행되고 있으며 최근에 이를 대체할 수 있는 여러 방법들이 여러 연구를 통해 검토되고 있는 실정이다.

특히 하폭이 급격하게 증가하는 하구둑 상류 2 km 지점은 매년 준설 작업 전에 시행되는 측량 자료에 의하면 이 지점에 많은 양의 유사가 퇴적되는 것으로 나타났다. 따라서 낙동강하구둑 접근수로에서 매년 준설되는 퇴사를 하구둑 상류 2 km 지점 우안 쪽을 매립함으로써 하도를 인위적으로 축소시켜 유속을 증가시키고 결과적으로 퇴사량을 경감시킬 수 있을 것으로 예측된다. 이러한 하도 축소를 이용한 퇴사 저감 방법의 적용성 검토를 위해 2차원 수치모형인 RMA2 모형과 SED2D 모형을 이용하여 흐름 및 하상변동 분석하였다.

핵심용어: RMA2, SED2D, 하상변동, 낙동강하구둑, 하도축소, 퇴사저감

1. 서론

우리나라의 대표적인 감조하천인 낙동강은 영남지방 전역을 유역권으로 하여 그 중앙 저지대를 남류하여 남해로 흘러드는 대한민국에서 가장 긴 강으로 영남지역의 경제, 산업, 문화 등 여러 측면에서 중요한 역할을 하고 있다. 하지만 낙동강 하구 유역은 바다와 접하고 있고 완만한 하상 경사를 갖는 지형적인 특성으로 인해 하구둑이 건설되기 전에는 염수가 상류 40 km 까지 넘나드는 문제점이 있었다. 이러한 문제를 해결하고 새로운 교통로와 용수확보를 위해 1987년 낙동강 하구둑이 건설 되었다. 하지만 낙동강 하구 유역에서의 하구둑 건설 후 항로유지를 위한 준설사업과 각종 산업 시설 및 주거시설의 건설로 인해 낙동강 하류지역에 수질오염, 저지대 침수피해, 수심저하 등 많은 변화가 일어났다. 특히 하구둑 상류에 유사가 퇴적됨으로써 일어나는 하상변동은 하

* 정회원 · 명지대학교 토목환경공학과 · 석사과정 · E-mail : hyh1901@lycos.co.kr
** 정회원 · 명지대학교 토목환경공학과 · 석사과정 · E-mail : furama@nate.com
*** 정회원 · 명지대학교 토목환경공학과 · 연구교수 · 공학박사 · E-mail : jiuncivil@gmail.com
**** 정회원 · 부산대학교 토목공학과 교수 · E-mail : sakpak@pnu.ac.kr
***** 정회원 · 명지대학교 토목환경공학과 교수 · E-mail : yeo@mju.ac.kr

천에서의 수위저감, 배수, 주운 등 하천관리에 직접적인 영향을 주며, 홍수위 및 홍수터와 같은 하천부지의 변화 등 하천 및 유역관리에 광범위한 영향을 주고 있다. 이러한 영향을 최소화하기 위해서 매년 하구둑 상류지역에서 준설작업이 수행되고 있으며, 최근 이를 대체할 수 있는 여러 방법들이 검토되고 있다.

본 연구에서는 을숙도 상류지점의 하폭이 확대되어 유속이 감소되는 우안측 지점을 매립함으로써 매년 준설되는 퇴사를 활용하여 하구둑 상류 접근수로의 퇴적되는 유사가 감소하는 지를 수치모의 하고자한다. 또한 수치 모의를 통해 하도축소로 인한 퇴사거동을 분석함으로써 현재 시행되고 있는 준설작업을 대체할 수 있는 한 방법으로 제시하고자 한다.

2. 대상유역 및 입력자료

2.1 유역현황

낙동강 하류 서부산에 위치한 하구둑은 안동댐으로부터 하류 355 km 지점에 위치하고 있으며 바다로부터 상류 8 km지점에 위치하고 있다. 낙동강의 연평균 유량은 197억 $m^3/year$ 이며 이는 약 625 m^3/s 에 해당되는 유량이다. 연중강우량의 50%에 해당되는 강우량이 6월부터 9월 사이에 집중돼 있으며 7월부터 9월 사이는 많은 유량이 유입되는 홍수기에 해당되며 2월에 가장 적은 유량이 발생한다. 낙동강 하구둑 1987년에 완공되었으며 총연장은 2,230 m(수문부 510 m, 토언제 1,720 m)이며 수문은 6개의 주수문과 4개의 조절수문, 1개의 갑문 그리고 우안배수문으로 구성되어 있다. 낙동강 하구둑 건설로 염수의 침입 방지로 안정적인 용수 공급이 가능하게 되었으나, 한편으로는 하구둑 근처에서의 유속 감소로 인해 하구둑 상류에 유사가 퇴적되는 문제가 발생하고 있다. 홍수시에 상류 수로의 통수능을 확보하여 홍수위 상승을 방지하기 위해 연간 619,500 m^3 에 해당되는 퇴사를 커터를 이용한 펌프 준설 공법을 이용하여 준설하고 있다. 낙동강 유지관리 보고서(ISWACO-NEDECO, 1987)에 의하면 하구둑 상류의 접근수로(하구둑으로부터 3 km까지)에서 유사 퇴적량이 1 m이상 되지 않도록 유지 관리해야 하며 퇴적높이 1 m는 175,000 m^3 에서 450,000 m^3 에 해당되는 퇴적량이라고 설명하고 있다.

2.2 하상변동 모의를 위한 경계조건

SMS 모형을 이용한 하상변동 수치모의를 위해 지형자료는 한국수자원공사에서 2008년 4월 3일에 실시한 측량 결과를 이용하였다. 2차원 수치모의를 위한 하상토 입도분포는 Ji(2006)가 제시한 구포 지점 하상토 입도분포를 활용하였으며, 제시된 결과에 의하면 구포대교지점에서의 하상토 중앙입경은 0.25 mm인 것으로 나타났다. 또한 SED2D 모형의 경계조건은 ‘낙동강 하구둑 종합관리를 위한 유지관리 개선연구(한국수자원공사, 2007)’에 수록된 실측 자료를 이용하였다.(표 1).

표 1. SED2D 입력자료

항 목	입력조건
하상 전단응력	log velocity 방정식
Crank-Nicholson Θ 값	0.67
유사확산계수	100 m ² /sec
침강속도	0.059 m/sec
골재형상계수	0.67
특성퇴적길이요소	1.0
특성침식길이요소	10.0
모래층의 두께	2 m
조도	0.023
모래입경	0.25 mm

2.3 수치모의 입력자료

SMS모형의 수행을 위해 2008년 4월 1일부터 7월 15일까지의 하구둑 지점의 일평균 수위 자료와 삼랑진 지점의 일평균 유량 자료를 이용하였다. 수집된 자료는 삼랑진 지점에서의 유량이 800 m³/s 이상 1,250 m³/s 이하인 경우와 1,250 m³/s 이상 1,400 m³/s 이하인 경우로 분류하였으며, 분류된 군 별로 발생 유량의 평균값이 산정되었다. 분류된 유량 군에 따른 하구둑 지점의 수위 평균값을 산정하여 모형 수행시 하류단 경계 조건으로 활용하였으며, 각 군별 수문 조건 발생 일수와 유사량 및 초기 유사량이 표 2와 같이 산정되었다. 2008년의 낙동강 하류지역은 홍수 발생이 과거에 비해 거의 발생 하지 않은 시기였다. 따라서 하폭 축소로 인한 퇴사거동을 분석하기 위해 Case 2의 발생일수를 본 연구에서는 Case1의 발생일수와 동일한 14일로 가정하여 모의를 수행하였다.

표 2. 발생유량에 따른 수치모의안 분류

군	유량 범위 [m ³ /s]	평균 유량 [m ³ /s]	평균 수위 [EL.m]	발생 일수 [day]	유사량 [tons/day]	초기유사량 [kg/m ³]
Case 1	800 ~ 1250	963.75	0.82	14	29602.58	0.35551
Case 2	1250~1400	1359.28	0.62	2(수치 모의시 14일로 가정)	53399.13	0.35551

3. 수치모의 분석 결과

모형구축을 위해 각각의 조건에 대해서 수동으로 격자를 생성하여 격자망을 구축하였다. 대상 구역내의 유한요소망은 9231개의 절점과 3613개의 요소로 구성하였으며 263개의 삼각형 요소와 3350개의 사각형 요소로 구성 하였다.

3.1 단면축소 전 모의결과

Case 1 의 평균유량은 963.75 m³/s, 일평균 수위는 0.82 EL.m인 것으로 조사되었고 Case 2의 평균유량은 1359.28 m³/s 일평균 수위는 0.62 EL.m인 것으로 조사 되었다. RMA2 모형을 활용한

흐름 모의 결과를 바탕으로 SED2D의 하상변동 모의 결과는 그림 1과 그림 2와 같다. 모의결과는 수치모의 유사 공식 선택에 제한이 있으므로 정량적인 분석을 하는데 어려움이 있기 때문에 정성적인 분석을 실시하였다. Case 1의 경우, 전 구간에 퇴적이 발생하였으며, 하상변동 범위는 매우 작은 퇴적이 발생하는 것으로 분석되었다. 단면이 확대되는 1.5 km부터 3 km 구간은 하구둑 부근과 비교하였을 때 더 많은 양의 퇴적이 발생하였다. 또 접근수로 상류 우안 부근 4 km 구간은 하구둑 부근과 비교해 상대적으로 깊은 수심과 빠른 유속으로 인하여 전체 모의 구간 중 가장 많은 퇴적량을 보였다. Case 2의 경우, 유량증가로 인한 유속증가와 유사량 증가로 전 구간에 걸쳐 퇴적량이 증가하고, 하상변동 범위폭도 같이 증가 하였다. 또한 하구둑 직상류 4 km 구간까지는 1.5 km부터 3 km 구간까지와 비교하였을 때 상대적으로 더 많은 양의 퇴적이 발생하여 Case 1의 결과와 동일한 양상임을 확인할 수 있었다. 하구둑 상류 우안 1.5 km 부근의 퇴적량 증가를 확인할 수 있었고 상류 3 km 구간부터 4 km 구간 까지 전체 모의 구간 중 가장 많은 퇴적량을 보여주었다.

3.2 단면축소 후 모의결과

낙동강 하구둑 상류 5 km 지점에서의 단면축소를 고려한 하상변동 모의결과는 그림 1과 그림 2와 같다. 단면축소 조건의 경우 최대 하폭의 13.8%(132 m)가 감소하고 모의구간 전체 단면적의 약 4%(3,78 km²)가 축소된 형태이다. 단면축소 후 Case 1의 경우, 상류 4 km 우안부분의 퇴적량의 감소와 유역 중간의 유속증가가 단면축소 후의 가장 큰 변화로 보인다. Case 2의 경우 단면축소 후 하구둑 상류 우안 퇴적량의 증가 범위가 크게 증가함을 확인 할 수 있었다(그림. 4). 두 케이스 모두 단면이 축소된 지점의 유속은 증가하고 퇴적량은 감소하고 유속은 증가 하였으나 하류 단 부분의 퇴적량은 증가한 것으로 나타났다.(그림 1과 그림 3)

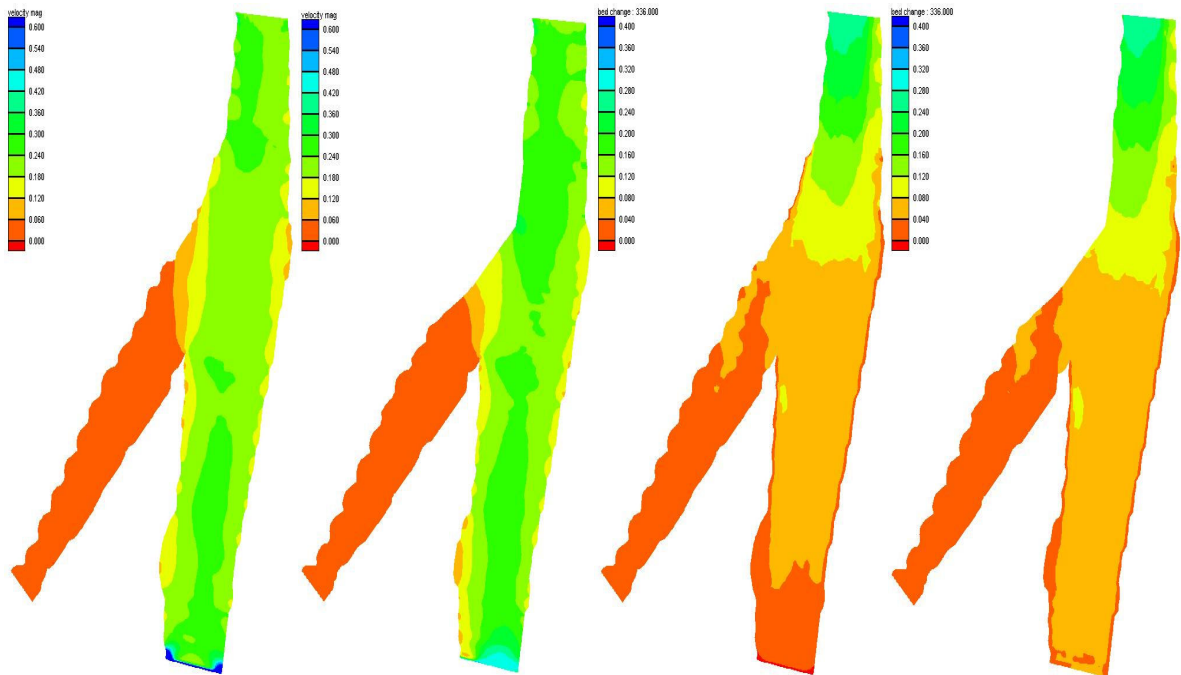


그림 1. 단면축소 전 후 속도 결과(Case 1)

그림 2. 단면축소 전 후 하상변동 결과(Case 1)

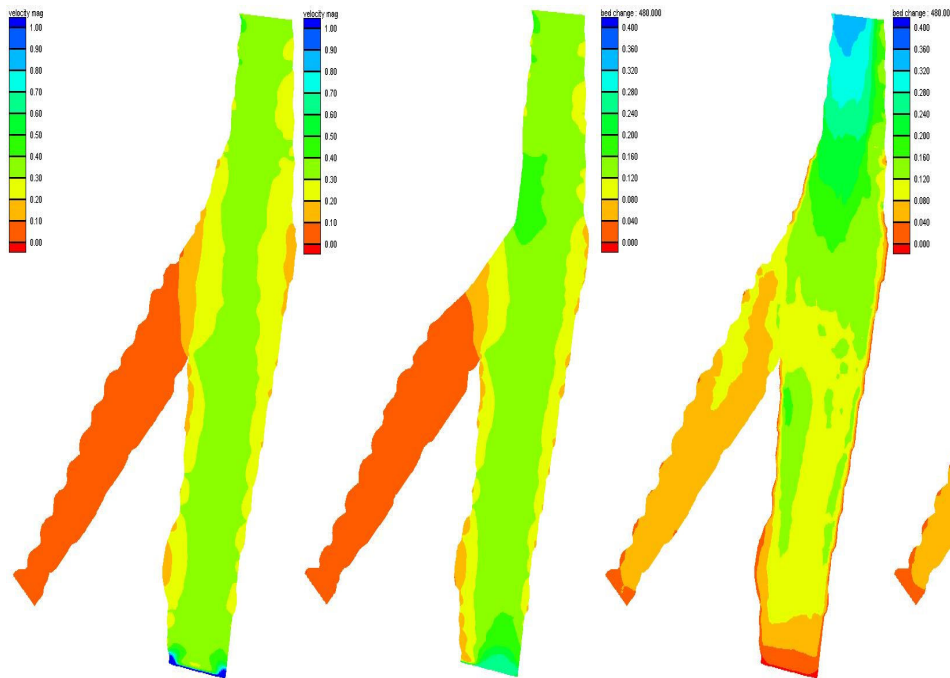


그림 3. 단면 축소 전 후 속도 결과(Case 2) 그림 4. 단면 축소 전 후 하상변동 결과(Case 2)

4. 결론

본 연구는 낙동강 하구둑 유역을 대상으로 RMA2 및 SED2D 모형을 이용하여 하천의 동수역학적 흐름해석을 실시하고 대상하천의 각 단면에 대한 하상변화를 알아보았다. 특히 낙동강 유역의 퇴사 문제를 해결하는 한 방법으로 하구둑 상류의 하폭이 증가되는 지점의 단면축소를 통한 방법을 수치모의를 통해 분석하였다. 또한 하구둑 상류 주수로에서의 홍수 소통 능력을 분석하여 하도 축소 방법을 이용한 퇴사저감 방법의 적용성에 대해 분석하였다. 수치모의 결과, 단면 축소 후 유속증대와 함께 단면 축소 지점의 유사 퇴적량의 감소를 확인할 수 있었으며 매년 준설되는 퇴사를 활용하여 하폭의 최대 단면을 축소시키는 방법을 적용한다면 준설을 대체할 수 있는 방안으로 제안 할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구는 구축자료의 부족으로 홍수시 및 최대유량에 대한 분석이 이루어지지 않았으며, 향후에는 하천의 홍수기와 최대유량의 영향을 고려한 분석으로 조금 더 현실적인 결과의 도출이 필요하다고 사료된다. 또한 매년 준설되는 퇴사를 활용하여 하폭의 최대 단면을 축소시키는 방법을 적용한다면 준설작업을 대체할 수 있는 방안으로 제안 할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌(Bibliographg)

1. 한국수자원공사 (2007) 낙동강 하구둑 종합관리를 위한 유지관리 개선 연구
2. 지운, P.Y Julien, 박상길, 김병달 (2008) 낙동강 하류의 유사특성과 낙동강하구둑 준설효과에 관한 수치모의 연구 2008년도 정기학술대회 논문집, 대한토목학회, pp. 405-411.
3. 임종철 (2008) 댐이나 보에 설치된 배사구 유입부에서의 흐름 및 하상변동 특성에 관한 수치모의 연구, 석사학위논문, 명지대학교.
4. 정용태, 이용환 (2000) RMA2 모형에 의한 동천하류부에서의 흐름특성 연구, 환경관리학회지, pp. 305-313.

5. Ji, U. (2006) *Numerical model for sediment flushing at the Nakdong River Estuary Barrage*, *Ph.D. dissertation*, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, U.S.A.
6. ISWACO-NEDECO (1987) *Nakong River Estuary Barrage and Reclamation Project: Operation Manual*. Republic of Korea Industrial Sites and Water Resources Development Corporation and Netherlands Engineering Consultants, Busan, Korea.