

ORIGINAL ARTICLE

낙동강 하류의 퇴사저감을 위한 하폭축소방법이 홍수위변화 및 하상변동에 미치는 영향 분석

장은경 · 지 윤¹⁾*

명지대학교 토목환경공학과, ¹⁾한국건설기술연구원 수자원환경연구본부 하천해안연구실

Analysis for the Effect of Channel Contraction for Sedimentation Reduction on the Flood Level and Bed Changes in the Lower Nakdong River

Eun-Kyung Jang, Un Ji¹⁾*

Dept. of Civil and Environmental Engineering, Myongji University, Yongin 499-728, Korea

¹⁾River and Coastal Research Division, Department of Water Resources and Environment Research, Korea Institute of Construction Technology, Goyang 411-712, Korea

Abstract

Sediment from the upstream channel has been deposited near the Nakdong River Estuary Barrage (NREB) due to the mild slope and decreased velocity. The annual mechanical dredging to ensure the flood capacity has been performed to remove the deposited sediment. However, the dredging method is not considered as an effective countermeasure due to high cost and long time to operate. Therefore, many methods for sedimentation reduction have been proposed for NREB. Especially, the channel contraction method to mitigate sedimentation problem by changing the channel geometry from 2 km to 3 km upstream of NREB has been recently suggested as an effective countermeasure. However, there is the possibility that the channel contraction method induces flood level increase compared to original condition. Therefore, it is necessary to investigate quantitatively the flood level changes in the upstream and downstream section due to the channel contraction method for NREB. In this study, water level changes by 10% channel contraction of whole width has been evaluated using the HEC-RAS model and simulated with and without channel contraction for various flood discharge. As a result, water level in the section where the channel was contracted was decreased by 0.02 m and flood level at the upstream of channel contracted was increased up to 0.015 m for the 500-year flood.

Key words : Bed Change, Channel contraction, Flood level change, HEC-RAS, Sedimentation reduction, Lower Nakdong River

1. 서론

낙동강 유역은 공업, 농업, 생활용수 수요의 대부분이 하류 지역에 집중되어 있어 안정적인 용수 공급을

위한 시설물 축조가 필수적이다. 또한 강수량의 50%가 6월부터 9월 사이에 집중되는 계절적 편중으로 인해 최대 유량과 최소 유량의 비를 나타내는 유형계수

Received 7 September, 2012; Revised 1 February, 2013;

Accepted 15 February, 2013

*Corresponding author : Un Ji, River and Coastal Research Division, Dept. of Water Resources and Environment Research, Korea Institute of Construction Technology, Goyang 411-712, Korea
Phone: +82-31-9100-229
E-mail: jiuncivil@gmail.com

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

가 다른 하천에 비해 10배에서 많게는 100배 더 큰 것으로 나타나 이에 따른 문제를 해결하기 위한 대책도 함께 요구되고 있다. 따라서 안정적인 용수공급 대책의 일환으로 낙동강 하구지역에 상류 저수지로 바닷물의 염수 침입을 방지할 수 있는 낙동강하구둑(Nakdong River Estuary Barrage, NREB)이 설치되었다. 하지만 낙동강하구둑 접근수로에는 상류로부터 유입되는 유사가 유속감소로 인해 하구둑 근처에서 퇴적되는 문제가 발생하였고 이러한 유사 퇴적은 홍수위 상승, 저수지 기능감퇴 등의 문제를 야기 시킬 수 있다(Ji, 2006).

댐과 저수지의 경우, 이러한 퇴사를 제거하는 방법으로는 홍수시 유입되는 유사를 방류수로로 배사하는 즉시배사(sludging), 수위저하로 자연흐름을 유도한 후 퇴사를 배사하는 플러싱(flushing), 저수지내 퇴적된 퇴사를 준설장비로 준설(dredging)을 통해 제거하는 방법 등이 있다(Ji 등, 2011). 그러나 낙동강하구둑의 경우, 조위의 영향으로 수위조절에 대한 어려움을 고려해야 하기 때문에 플러싱과 즉시배사와 같은 저수지에서의 퇴사저감 방법을 그대로 적용하기에는 운영적 면에서 어려움이 있을 수 있다. 이에 Ji 등(2011)은 낙동강하구둑 직상류(하구둑에서 약 3 km 상류지점)에서 하폭이 급확대되는 구간에서 유사가 퇴적되는 현상을 완화시키기 위해 하폭을 축소하는 방법을 제안하였으며 이에 대한 정량적 분석을 2차원 수치모형을 이용하여 실시하였다. 그 결과, 최소 0.4 m에서 최대 2.0 m의 퇴적고가 감소하는 것을 확인하였다. 그러나 퇴사저감을 위한 하폭축소방법의 경우 홍수 발생시 하폭이 축소되는 구간의 상류 구간에서는 홍수위가 상승할 수 있는 문제가 발생할 수 있으며 이는 낙동강 하류의 하상변동에도 영향을 미칠 수 있다. 따라서 낙동강 하구둑 상류의 퇴사 저감을 위한 하폭 축소방법이 낙동강하류(하구둑에서 21 km까지) 전반에 미치는 영향을 홍수위 변화 및 하상변동 분석을 통해 정량적으로 검토할 필요가 있다. 홍수위 영향에 관한 연구로는 Li 등(2010)이 양쯔강 중류에 대해 하상변동이 홍수위에 미치는 영향을 1955년부터 1994년까지의 실측자료 분석을 활용하여 평가한 바 있으며 홍수위 분석을 통해 준설의 필요성을 언급하였다. 국내에서는 Kim 등(2009)이 하폭 변화 구간에 대한 하

상변동 특성에 관한 연구를 2차원 수치모의를 통해 수행한 바 있으며, 하폭 급변부에서 하도 특성 및 하폭이 급변하는 구간에서 유사의 국지적인 퇴적 양상을 확인한 바 있다.

본 연구에서는 낙동강하구둑 상류 접근수로 구간 내에서 하폭이 급격히 확대되어 유속이 감소하는 구간에 하폭축소 방법을 적용할 경우 낙동강 하류에 발생할 수 있는 홍수위 변화 및 하상변동을 1차원 수치모형인 HEC-RAS 모형을 이용해 모의하고자 한다. 모의를 통해 하폭축소의 영향이 수위변화에 미치는 종단적 범위 및 홍수위 변화에 대해 정량적으로 평가하고, 산정된 모의결과에 대한 홍수빈도별, 모의구간별 분석을 실시하고자 한다. 또한 하폭축소 구간을 포함하는 낙동강 하류 구간에 대해 하상변동 모의를 실시하고 하상에 미치는 영향을 비교 분석하고자 한다. 궁극적으로 본 연구에서는 낙동강하구둑 퇴사저감 방안 중 하나로 제안된 하폭축소 방법이 하천 전반의 홍수위 변화 및 하상변동 모의에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 대상하천의 개요

낙동강은 영남지방 전역이 유역권이며 남해로 흘러드는 하천으로 유로연장은 506.17 km, 유역면적은 2,3384.21 km²인 한국 제2의 강이다. 낙동강하구둑은 바다로부터 상류 8 km 지점 낙동강 하류 서부산에 위치하고 있으며 총연장은 2,230 m(수문부 510 m, 토언 제 1,720 m), 수문은 총 6개로 구성되어 있다. 낙동강 하류의 하상경사는 0.0001에서 0.0002로 완만하여 하구둑 건설 전 염수 침입이 상류 40 km 지점까지 영향을 미쳤다(Park 등, 2008). 낙동강하구둑 건설로 인해 염수 침입을 방지하고 안정적인 용수 공급이 가능하게 되었으나, 낙동강하구둑 건설 후 유속이 감소하여 유사가 퇴적되는 문제가 발생하고 있다(Kim, 2011). 이러한 퇴사문제를 해결하기 위해 연평균 678,523 m³(1990년에서 2008년까지의 자료 평균)에 해당되는 퇴사를 커터를 이용한 펌프 준설 공법을 이용하여 준설하고 있으며 이는 홍수 시에 상류 수로의 통수능을 확보하여 홍수위 상승을 방지하기 위한 것

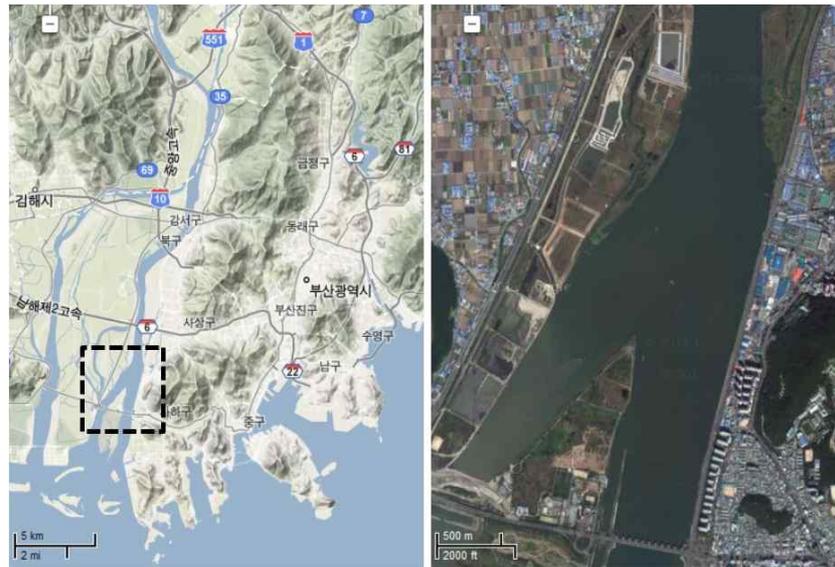


Fig.1. Study reach of the Lower Nakdong River.

이다(KOWACO, 2008). 또한 지형변화를 관측하기 위해 매년 홍수기 전후로 측량이 실시되고 있다.

2.2 모의 조건 및 하폭축소 지형

본 연구에서 홍수위 및 하상변동 수치모의를 위해 하천 해석 모형인 HEC-RAS 모형을 활용하였다. HEC-RAS 모형은 표준축차법(standard step method)을 이용하여 1차원 정상 점변류의 수면곡선 및 부정류, 유사이송 및 하상변동 해석까지 가능한 종합 하천 분석 시스템이다. HEC-RAS 모형을 이용한 홍수위 모의시 필요한 입력 자료는 지형, 유량, 수위, 조도계수 등이 있으며, 하상변동 모의시에는 지형, 하상토, 유사량, 유량, 수위자료 등이 있다. 본 연구에서는 낙동강 하천정비기본계획(KMOCT, 2009)의 지형자료를 이용하였으며, 입력단면은 낙동강하구둑 단면 No.0 부터 상류 약 21 km의 영산낙동강교지점 No.54 까지를 모의 대상구간으로 선정하였다(KOWACO, 2010). 조도계수는 하상형태 및 수리조건 분석을 통해 검증된 0.023을 적용하였고(KOWACO, 2008), 상류단의 유량과 하류단 수위의 경계 조건은 낙동강유역 종합치수계획(2009)에 명시된 빈도별 홍수유량 및 낙동강하구둑 수위 조건을 적용하였다(Table 1). 또한 하상토 조건은 모의 구간내 구포지점의 자료를 활용하

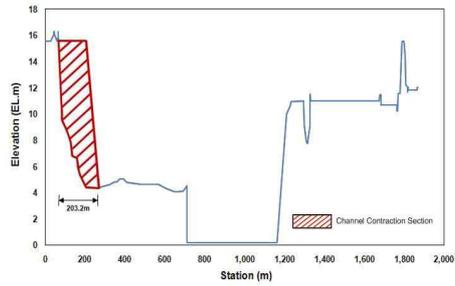
였으며 중앙입경은 0.25 mm를 적용하였다. 낙동강하구둑 상류 2.5 km에서 3.3 km 구간은 단면 급확대로 인해 유속이 감소되고 유사가가 가장 많이 퇴적되는 구간이다. 본 연구에서는 2.5 km에서 3.3 km 구간의 단면축소를 위해 이 구간에 해당하는 상류 2.39 km(No.6)와 3.03 km(No.7) 단면의 하폭을 약 10% 축소하였으며 이를 적용하여 HEC-RAS 모의를 수행하였다. 단면 축소 구간 및 축소된 단면 No.6과 No.7의 위치는 Fig. 2와 같으며, 축소된 면적은 평면적으로 환산하여 약 54,000 m²에 해당된다.

Table 1. Flood discharge and water level for boundary conditions

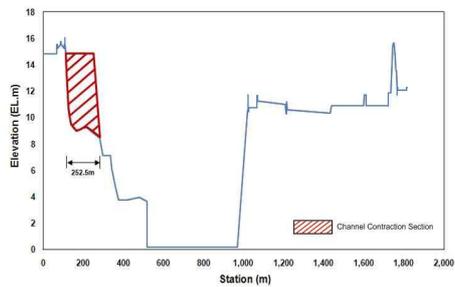
Frequency	Discharge	Downstream water level
30-year flood	16,900 m ³ /s	2.27 EL.m
50-year flood	18,300 m ³ /s	2.50 EL.m
80-year flood	19,600 m ³ /s	2.71 EL.m
100-year flood	20,300 m ³ /s	2.81 EL.m
200-year flood	22,300 m ³ /s	3.11 EL.m
500-year flood	24,900 m ³ /s	3.11 EL.m



(a) Plan view



(b) Channel contraction section in 2.39 km (No.6)



(c) Channel contraction section in 3.03 km (No.7)

Fig. 2. Channel contraction section at the upstream channel of NREB.

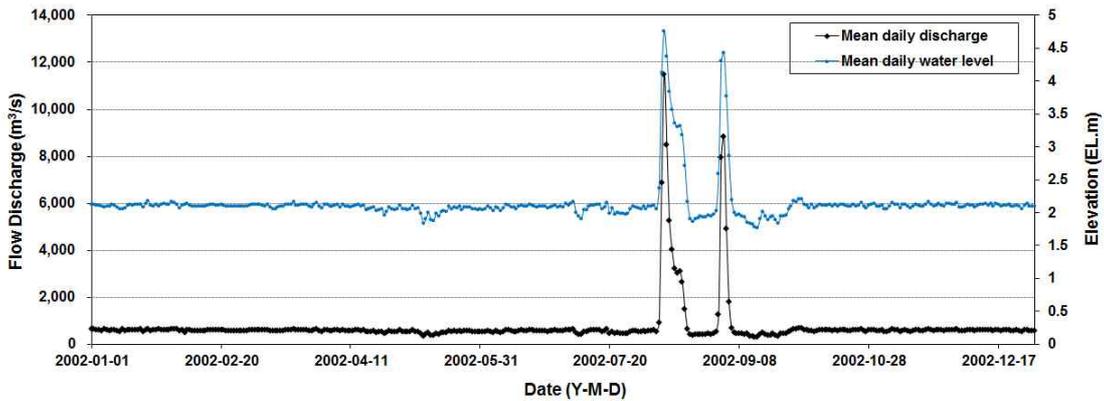
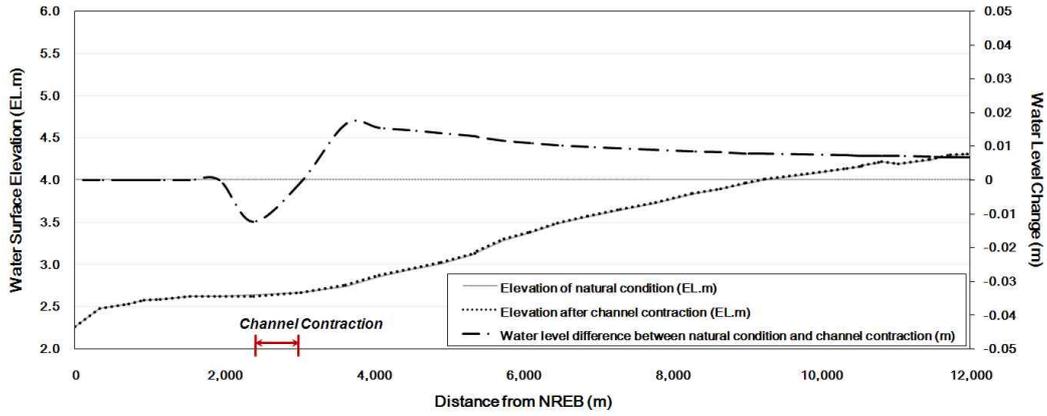


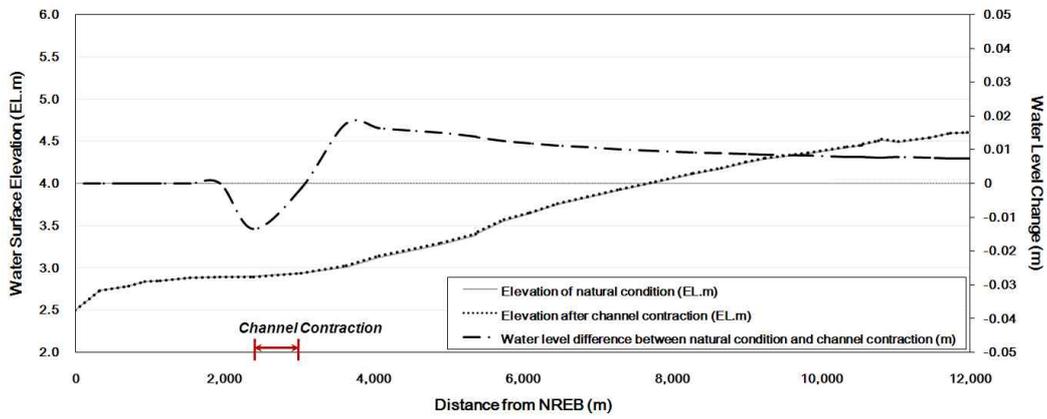
Fig. 3. Flow discharge and water elevation data at Gupo Station (2002).

하상토 자료와 유수량 자료는 낙동강 하구둑 유지 관리 개선방안 연구 보고서(KOWACO, 2008)의 자료를 활용하였다. Fig. 3과 같이 2002년도 구포지점의 일유량과 수위를 각각 상류 및 하류단의 경계조건으로 1년, 10년, 100년의 기간에 대해 장기하상변동 모의를

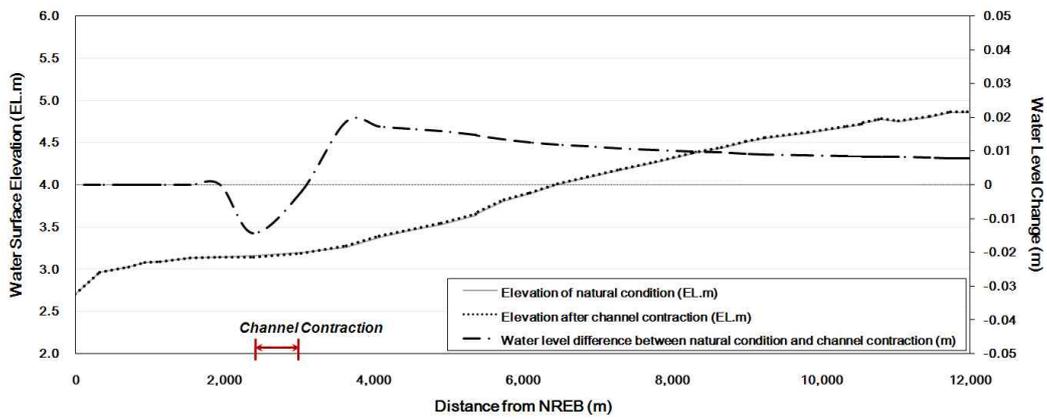
실시하였다. 하상변동 모의 시 사용한 유사공식은 Jeong 등(2010)의 연구에 의해 낙동강 하류의 하상변동 모의 시 가장 적합할 것으로 나타난 Ackers와 White (1973), Engelund와 Hansen(1967), Yang(1979), Toffaleti (1969) 공식을 사용하였다.



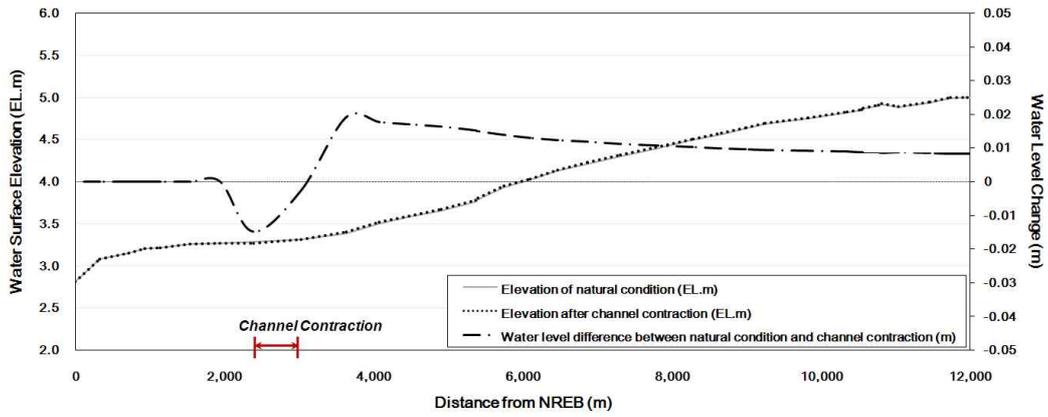
(a) Comparison of flood level for 30-year flood discharge



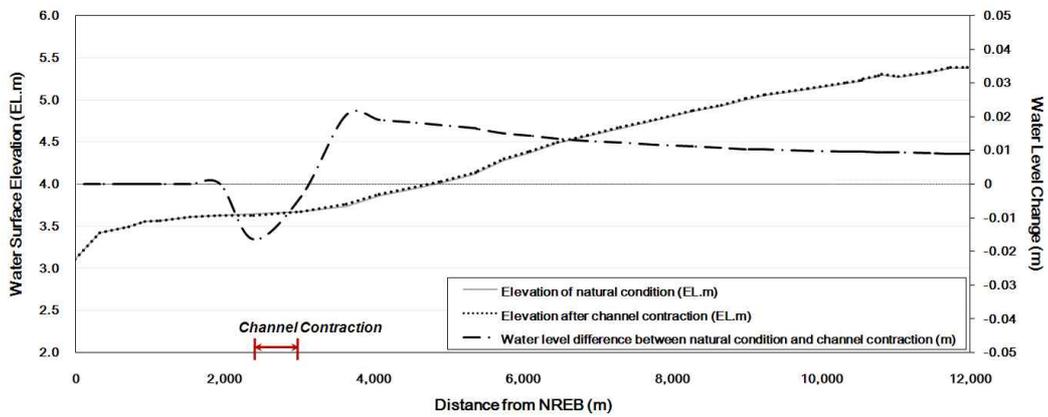
(b) Comparison of flood level for 50-year flood discharge



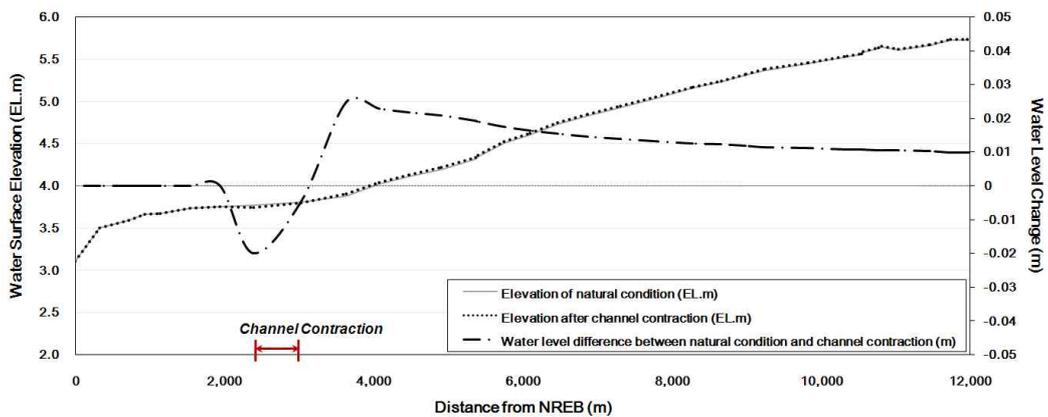
(c) Comparison of flood level for 80-year flood discharge



(d) Comparison of flood level for 100-year flood discharge



(e) Comparison of flood level for 200-year flood discharge



(f) Comparison of flood level for 500-year flood discharge

Fig. 4. Water surface elevation and flood level changes due to channel contraction.

3. 결과 및 고찰

3.1. 홍수위 변화 분석

하폭축소를 고려한 홍수위 변화 모의 결과, 낙동강 하류의 완만한 하상경사로 인해 전체 모의구간인 No.0(낙동강하구둑)에서 상류 No.54(21.74 km) 지점까지 하폭축소로 인한 홍수위 변화가 구간에 따라 다르게 나타났다. 특히 모의구간의 상류단 No.30에서 No.54(21.47 km) 지점까지는 홍수위 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 홍수위 변화가 어느 정도 발생한 낙동강하구둑에서 No.29(12.14 km, 구포대교)지점까지만의 홍수위 결과는 Fig. 4와 같으며, 하폭축소 전 홍수위, 하폭축소 후 홍수위, 그리고 두 홍수위간의 차이를 빈도유량별로 나타내었다. 모든 빈도유량 조건에서 낙동강하구둑에서부터 하폭축소 구간인 약 2 km 지점까지는 홍수위 변화가 없었으며, 하폭축소 구간에서 홍수위가 하강하는 것으로 나타났다. 또한 하구둑으로부터 상류 3.63 km 지점에서는 홍수위가 하폭축소로 인해 가장 크게 상승하였고 3.63 km 이후 상류 구간에서는 홍수위가 서서히 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 하폭축소로 인한 홍수위 상승과 하강 폭은 평균 0.02 m 내외로 하폭축소로 인한 영향이 상대적으로 크지 않은 것을 확인할 수 있다.

홍수위 변화에 대한 정량적 분석을 위해 빈도홍수별 홍수위 변화 및 변화율을 분석하였다. 가장 낮은 빈도유량인 30년 빈도유량의 경우, 하폭축소 전후의 홍수위 상승 혹은 하강차이가 0.005 m에서 0.01 m 인 경우가 전체 구간의 51%로 가장 많이 나타났으며, 0.05 m 이하의 차이를 보이는 구간이 35%, 0.02 m 이상의

변화구간은 없는 것으로 나타났다. 가장 높은 빈도유량인 500년 빈도유량의 경우, 0.02 m 이상의 홍수위 차이가 나타난 구간은 전체구간(하구둑에서 상류 약 21 km까지)에서 7%인 것으로 나타났으며, 0.005 m에서 0.015 m 사이의 변화를 나타낸 구간이 총 75%인 것으로 나타났다.

하폭축소가 홍수위 변화에 미치는 영향은 빈도유량별로 비교하기 위해 낙동강하구둑에서 상류 12 km 구간까지의 홍수위 변화를 Fig. 5와 같이 도시하였으며 대표단면별 변화량을 Table 2에 정리하였다. 500년 빈도유량의 경우 홍수위가 최대 0.025 m 상승, 최대 0.02 m 하강함으로써 가장 큰 폭의 수위차가 있는 것으로 나타났다. 30년 빈도유량의 경우 가장 작은 폭의 수위차가 발생하였으며 최대 0.017 m 상승, 최대 0.012 m 하강으로 나타났다. 하폭축소 구간에 포함되는 No.6(2.39 km) 단면에서 가장 큰 수위 하강이 나타났고, 하폭축소 후 단면 No.8(3.63 km)에서 가장 큰 수위 상승이 나타나는 것을 확인할 수 있었다. Fig. 6는 No. 6과 No. 8 단면에서의 하폭축소 전후 각 빈도유량별 홍수위와 홍수위 차이를 비교하여 나타낸 것이며, 가장 큰 폭의 수위 하강이 발생한 No. 6(2.39 km) 단면의 경우 500년 빈도유량을 사용한 모의시 하폭축소 전 3.77 EL.m에서 하폭축소 후 3.75 EL.m로 0.02 m의 수위변화가 나타났으며, 가장 큰 폭의 수위 상승이 발생한 No. 8(3.63 km) 단면의 경우 500년 빈도유량을 사용한 모의시 하폭축소 전 3.88 EL.m에서 하폭축소 후 3.91 EL.m로 0.025 m의 수위변화가 나타났다.

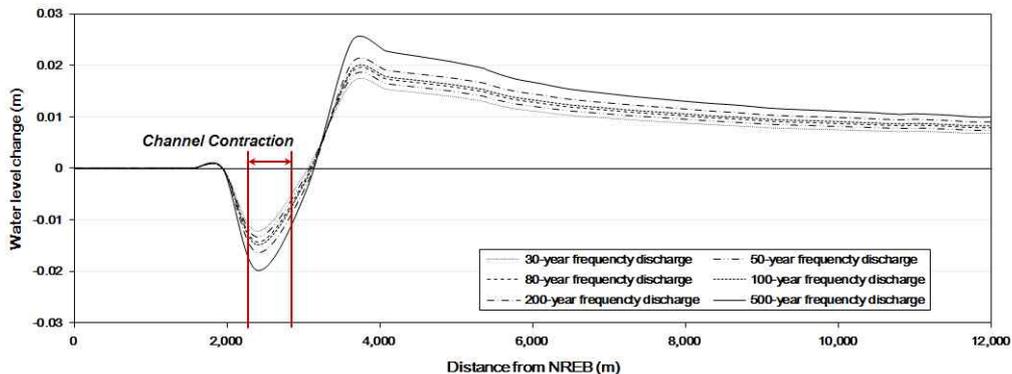
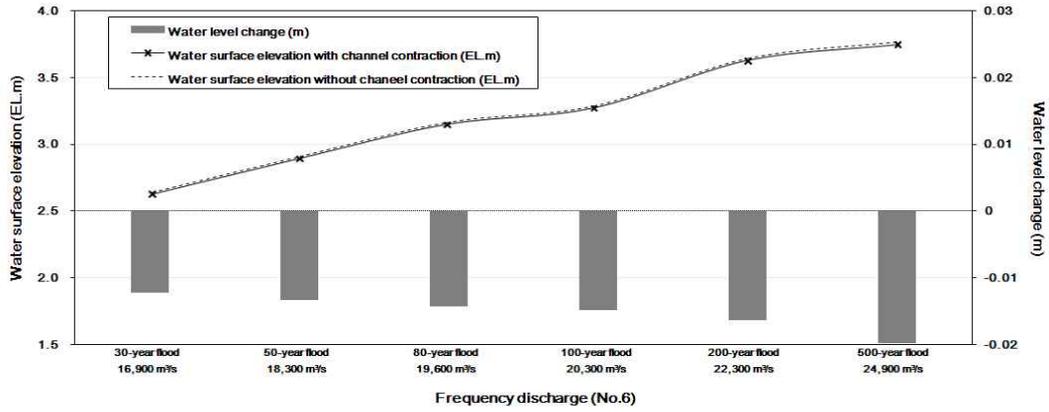
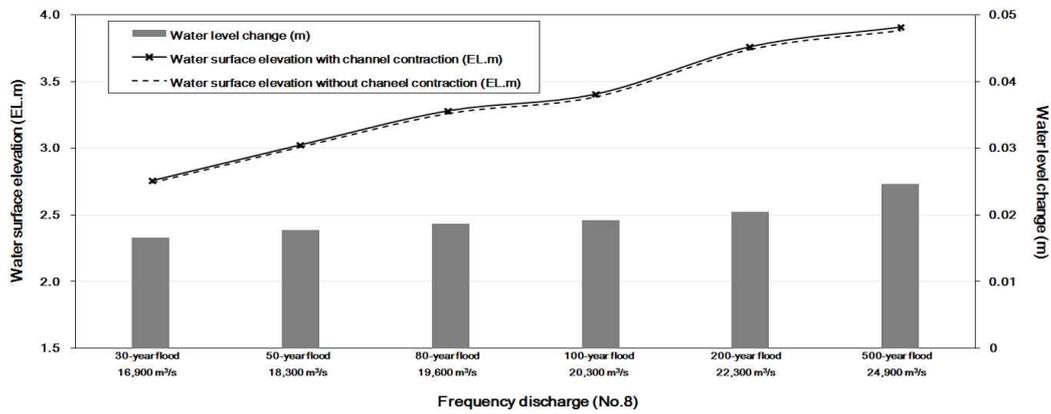


Fig. 5. Flood level changes due to channel contraction.



(a) Comparison of water surface elevation and level change at No.6 (2.39 km)



(b) Comparison of water surface elevation and level change at No.7 (3.03 km)

Fig. 6. Water surface elevation and level change.

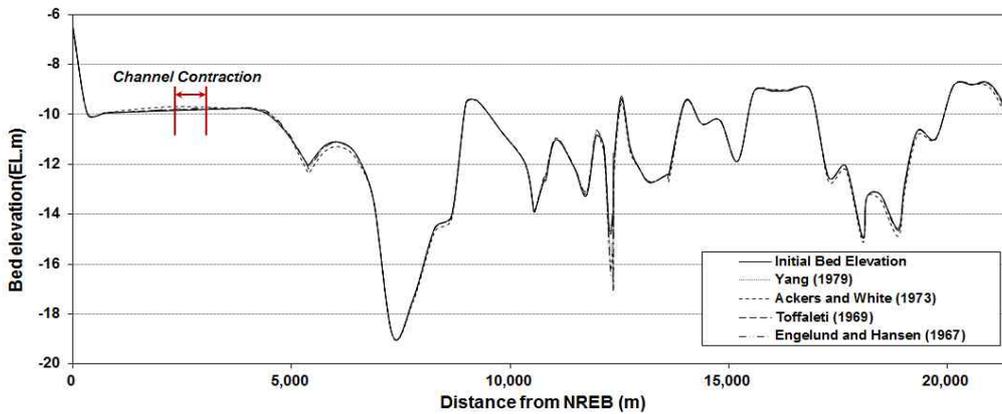
Table 2. Flood level changes at different sections

Frequency discharge	Locations				
	No.6 (2.39 km)	No.7 (3.03 km)	No.8 (3.63 km)	No.29 (12.14 km)	No.54 (21.47 km)
30-year flood (16,900 m ³ /s)	-0.012 m	-0.001 m	0.017 m	0.007 m	0.004 m
50-year flood (18,300 m ³ /s)	-0.013 m	-0.001 m	0.018 m	0.007 m	0.004 m
80-year flood (19,600 m ³ /s)	-0.014 m	-0.002 m	0.019 m	0.008 m	0.004 m
100-year flood (20,300 m ³ /s)	-0.015 m	-0.002 m	0.019 m	0.008 m	0.005 m
200-year flood (22,300 m ³ /s)	-0.016 m	-0.003 m	0.020 m	0.009 m	0.005 m
500-year flood (24,900 m ³ /s)	-0.020 m	-0.005 m	0.025 m	0.01 m	0.005 m

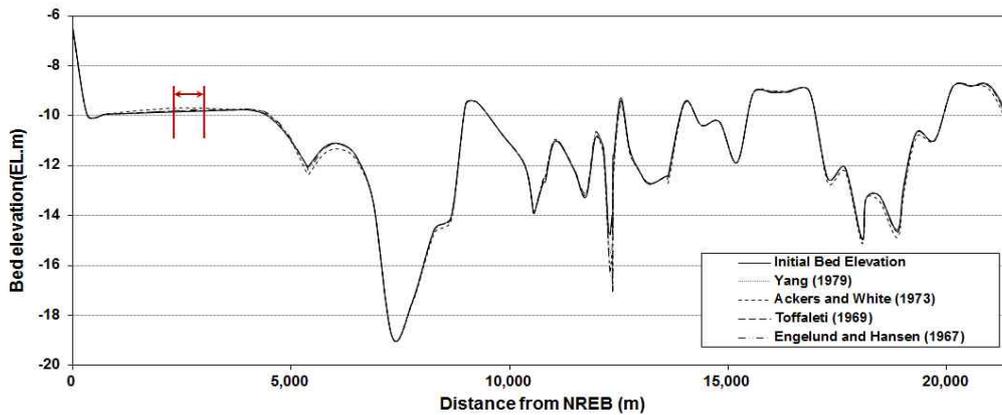
3.2. 하상변동 모의 결과 및 분석

본 논문에서는 하폭축소로 인한 홍수위 변화 및 하상변동에 미치는 영향을 분석하기 위해 1차원 수치모의를 수행하였다. HEC-RAS 모형을 활용한 하상변동 모의 시 적용 가능한 유사이송 공식은 총 7가지로 소류력을 기본개념으로 한 Ackers와 White(1973) 공식 외에 Engelund와 Hansen(1967) 공식, Yang(1979) 공식, Meyer-Peter-Müller(1948) 공식, Laursen(1958) 공식, Wilcock(2001) 공식이 있다(Jeong 등, 2010). Jeong 등(2010)의 연구에서는 수치모의 시 유사량 공식별 하상변동량 예측에 대한 정량적 분석을 수행하였으며, 이를 통해 낙동강 하류 1차원 하상변동 모의 시에는 Ackers와 White(1973) 공식, Engelund와

Hansen(1967) 공식, Yang(1979) 공식, Toffaleti(1969) 공식이 적합한 것으로 제시하였다. 따라서 본 연구에서는 동일한 4개의 유사이송 공식을 적용하여 1차원 하상변동 모의를 수행하였다. 하상변동 모의를 위해 하폭축소 전후 지형 및 모의구간 중 가장 근접한 구포지점의 수문자료를 활용하였다. 이를 위해 2002년 1월 1일부터 12월 31일까지의 구포지점 일평균 유량자료와 하구둑 지점의 일평균 수위자료를 수집하였다. 수집된 유량 및 수위 조건에 대해 선정된 4가지 공식을 활용하여 각각 1년, 10년, 100년 장기하상변동 모의를 실시하였다. Table 3은 각각의 공식 및 모의기간별 하폭축소 전후의 모의 결과를 정량적으로 나타낸 표이다.



(a) Before channel contraction



(b) After channel contraction

Fig. 7. Comparison of bed changes with and without channel contraction.

Table 3. Bed changes by different sediment transport equations

Formulas and frequency		Original Condition		After Channel Contraction	
		Maximum (m)	Minimum (m)	Maximum (m)	Minimum (m)
Yang (1979)	1 year	+0.005164	-0.10317	+0.00512	-0.10288
	10 year	+0.2631	-0.72208	+0.0263	-0.72153
	100 year	+0.17722	-3.04353	+0.17708	-3.04658
Ackers and White (1973)	1 year	+0.00426	-0.65152	+0.00386	-0.53964
	10 year	+0.044686	-0.92914	+0.045236	-0.92818
	100 year	+0.23761	-3.04201	+0.23744	-3.04262
England and Hansen (1967)	1 year	+0.01012	-0.23022	+0.01011	-0.22975
	10 year	+0.04855	-1.35223	+0.04851	-1.35187
	100 year	+0.21617	-3.04792	+0.21688	-3.04504
Toffaletti (1969)	1 year	+0.00136	-0.04373	+0.00136	-0.04373
	10 year	+0.00684	-0.17255	+0.00683	-0.17368
	100 year	+0.06483	-0.83368	+0.06583	-0.93399

모의 결과, 4개의 유사이송 공식 중 Ackers와 White (1973) 공식을 사용했을 때 가장 큰 하상변동이 발생 하는 것으로 나타났다. 100년 모의 하상변동 모의 결과, 하폭축소 전 가장 큰 퇴적은 0.238 m였으며, 하폭 축소 후 가장 큰 퇴적은 0.237 m인 것으로 나타났다. 또한 하폭축소 전 가장 큰 침식은 -3.042 m, 하폭축소 후 가장 큰 침식은 -3.042 m로 하폭축소가 하상변동에 미치는 영향은 미미한 것을 확인 할 수 있었다. 구간별로는 구포대교 부근인 낙동강하구둑으로부터 12 km 떨어진 지점에서 가장 큰 침식이 발생하였으며, 구포대교 접근 상류에서 가장 큰 퇴적이 발생하는 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 낙동강하구둑 상류 접근수로에서의 퇴사저감을 위한 방안 중 하나로 제안된 하폭축소 방법이 하천 전반의 홍수위 변화 및 하상변동 모의에 미치는 영향을 분석하였다. 홍수위변화 분석을 위해 30년, 50년, 80년, 100년, 200년, 500년 빈도유량에 대해 1차원 수치모의 모형인 HEC-RAS 모형을 이용하여 모의를 실시하였으며 각각의 모의 조건이 홍수위 변화에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 하상변동 분석을 위해 낙동강하구둑 상류 하상변동 모의 시 가장 적합할 것으로 판단된 유사이송 공식을 활용하여 1년,

10년, 100년 하상변동 모의를 실시하였으며 결론을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 초기지형 홍수위와 하폭축소 후 홍수위 두 홍수위 간의 변화를 모의 빈도유량별로 분석한 결과, 모든 빈도유량 조건에서 하폭축소 구간에서는 홍수위가 하강하는 것으로 나타났다. 또한 하폭축소 구간 직상류에서 홍수위가 가장 크게 상승하고 이후 상류로 갈수록 홍수위가 서서히 하강하는 것을 확인할 수 있으며, 전체 모의구간인 약 21 km까지 영향을 미치는 것으로 나타났으나 홍수위 변화는 0.02 m 내외로 하폭축소로 인한 영향이 크지 않은 것을 확인할 수 있었다.

둘째, 하폭축소로 인한 빈도유량별 홍수위 변화를 분석한 결과, 가장 낮은 빈도유량인 30년 빈도유량의 경우, 하폭축소 전후의 홍수위 상승 혹은 하강 차이가 0.02 m 이하였다. 가장 높은 빈도유량인 500년 빈도유량의 경우, 0.005 m에서 0.015 m 사이의 홍수위 변화를 나타낸 구간이 총 75%인 것으로 나타나 큰 빈도유량에서도 하폭축소로 인한 홍수위의 영향이 미미한 것을 확인하였다.

셋째, 하폭축소가 하상에 미치는 영향을 분석하기 위해 하폭축소 전후 지형을 활용한 하상변동 모의를 실시한 결과, 태풍 매미 발생해인 2003년의 일유량 수문곡선이 100년 동안 지속된다고 가정했을 경우, 하폭축소 전 가장 큰 퇴적은 0.238 m였으며, 하폭축소 후 가장 큰 퇴적은 0.237 m인 것으로 나타났다. 따라

서 낙동강하구둑 상류 접근수로에서의 퇴사저감을 위한 하폭축소 방법은 하상변화에도 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

결과적으로 하폭축소 방법이 홍수위 변화 및 하상변동에 미치는 영향은 빈도유량별 홍수위 변화에 다소 차이가 있지만 변화폭이 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서 낙동강하구둑 상류 접근수로의 퇴사저감 방법 중 준설방법을 대체할 수 있는 방안으로 평가된 하폭축소 방법은 홍수위에 안정적이면서 퇴사저감에 효과적인 새로운 대안이 될 수 있을 것으로 예상된다. 또한 매년 준설되는 토사를 활용하여 하폭의 최대 단면을 축소시키는 방법을 적용한다면 준설을 대체할 수 있는 방안으로 제안할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업의 연구비 지원(11기술혁신C06)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- Ackers, P., White, W.R., 1973, Sediment transport: A new approach and analysis, *Journal of Hydraulics Division*, 99(11), 2041-2060.
- Engelund, F., Hansen, E.E., 1967, A monograph of sediment transport in alluvial rivers, Technical University of Denmark, Copenhagen, 62.
- 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., 47-59.
- Ji, U., Julien, P. Y., Park, S. K., 2011, Sediment Flushing at the Nakdong River Estuary Barrage, *Journal of Hydraulic Engineering*, 137(11), 1522-1535.
- Ji, U., Kim, G. H., Yeo, W. K., 2011, Analysis for the Effectiveness of Sedimentation Reduction Using the Channel Contraction Method at the Estuary Barrage, *Journal of Korea Water Resources Association*, 44(1), 31-40.
- Jeong, W. J., Un, J., Yeo, W. K., 2010, Sensitivity Analysis of Bed Changes for Different Sediment Transport Formulas Using the HEC-6 Model-The Lower Nakdong River, *Journal of the Environmental Sciences*, 19(10), 1219-1227.
- Kim, G.H., 2011, Numerical Analysis for Sedimentation Reduction Methods at the Upstream Channel of the Estuary Barrage, Master Dissertation, Myongji University, Yongin, Korea.
- Kim, J. W., Kim, B. J., Kim, W. I., Ahn, W. S., 2009, Characteristics of River-Bed Fluctuation for Rapid Change Channel Width, 2009 Annual Conference of Korea Water Resources Association, 703-708.
- KMOCT, 2009, The Nakdong River Maintenance General Planning Report, Korean Ministry of Construction and Transportation No. 2009-315, Korea.
- KOWACO, 2008, Nakdong River Estuary Barrage Maintenance & Management Improvement Research, Korea Water Resources Corporation, Korea.
- KOWACO, 2010, Four Rivers Restoration Project - Nakdong River (18 Area) Design and Planning Report, Korea Water Resources Corporation, Korea.
- Li, Y. and Ni, J., 2010, Influence of Sediment Transport on Water Levels in the Middle Yangtze River, *International Water Resources Association*, 26(2), 191-196.
- Park, S.K., Julien, P.Y., Ji, U. and Ruff, J.F., 2008, Case Study: Retrofitting Large Bridge Piers on the Nakdong River, South Korea, *Journal of Hydraulic Engineering*, 134(11), 1639-1650.
- Toffaletti, F. B., 1969, Definitive computations of sand discharge in rivers, *Journal of the Hydraulics Division*, 95(1), 225-248.
- Yang, C. T., 1979, Unit Stream Power Equation for Total Load, *Journal of Hydraulic Division*, 40(1)-(2), 123-138.