

친환경적 유사관리기법을 통한 하도육역화 제어에 관한 실험 연구

An Experimental Study on Nature-friendly Sediment Management Techniques of Landforming

이건구* , 김병주** , 김원일*** , 임장혁**** , 안원식*****

Gun Goo Lee, Byoung Joo Kim, Wonil Kim, Jang Hyuk Im, Won Sik Ahn

요 지

하천은 자연의 현상 또는 인위적인 작용에 대해 끊임없는 반응과 응답의 과정을 통하여 복잡한 형태의 안정화를 이루고 있다. 하지만 인간은 경제적인 논리와 편의성 측면등의 이유로 하천에 대해 인위적인 간섭이 지속적으로 이루어져 왔다. 이는 하천이 본래 가지고 있던 자연적인 하도 특성의 급격한 변화를 초래하였다. 이러한 영향으로 인한 많은 변화들 중, 하도 내 수역이 식생으로 천이가 진행되면서 최종적으로 육지화 되는 육역화 현상은 수리학적 문제 및 환경생태적 측면에서 큰 문제를 발생시킬 수 있다.

따라서 본 연구에서는 하도육역화를 제어하기 위해 하도 내 친환경적인 육역화 관리기법을 개발하고 이에 대한 적용성을 수리모형실험을 통해 제시하고자 한다. 이를 위해 본 연구에서 제시한 친환경적인 육역화 관리기법은 자연적인 배수효과를 이용 하였다. 이러한 친환경적인 육역화관리기법은 인공하도가 가지고 있는 하도와 고수부지의 수문학적 및 생태학적인 단절을 해소하였으며, 이를 물골 공법이라 명명하였다.

본 수리모형실험은 물골의 형상을 제시하기 위하여 하폭에 따라 물골크기를 무차원화 하였다. 또한 유사 제어 검증을 수행하기 위한 실험은 물골의 폭, 높이, 주기 및 가속수로 폭을 실험변수로 고려하였다. 물골 모형의 기본적인 흐름특성 분석을 위해 유속 및 수위를 측정된 결과 유속 및 수심은 하류를 따라 증가하는 경향을 보였다. 또한 유사 제어 효과 검증을 위해 소류력 및 마찰속도를 산정하여 도시하였으며, 이는 세굴 및 퇴적의 현상이 물골 주기에 따라 반복적으로 나타났다. 이러한 결과는 수위하강시 물골의 형상에 따라 흐름이 원활하게 배제되어 고수부지에 유사퇴적 방지 효과가 있을 것으로 판단되며, 물골공법이 친환경적인 육역화 관리기법으로 활용가능성이 있는 것으로 기대된다. 향후 보다 상세한 수리모형실험이 수행된다면, 물골 공법 설계 및 현장적용을 위한 기초자료를 확보 할 수 있을 것이다.

핵심용어 : 물골 공법, 하도육역화

1. 서 론

최근 하천 환경의 가치에 대한 인식이 변화하면서 하천 정비사업의 계획 및 수립에 있어 이·치수의 목적뿐만 아니라 하천이 가지고 있는 환경적 영향, 친수성 확보, 생태계 보전 등도 중요하게 고려해야 할 요소로 대두되고 있다.

하지만 지금까지의 하천정비는 인간중심의 경제적인 논리 및 편의성 측면등만 강조되어 이·치수적인 목적으

* 현대건설 기술개발원 기술연구소, 박사과정 · E-mail : gglee@hdec.co.kr

** 수원대학교 토목공학과 공학석사 · E-mail : zzanggunice@nate.com

*** 대림대학 토목공학과 공학박사 · E-mail : wikim@suwon.ac.kr

**** 현대건설 기술개발원 기술연구소 선임연구원, 공학박사 · E-mail : jh_im@hdec.co.kr

***** 수원대학교 토목공학과 교수, 공학박사 · E-mail : wsan@suwon.ac.kr

로 수생되어 왔으며, 그 과정에서 하천이 본래 가지고 있던 자연적인 하도 특성의 급격한 변화를 초래하였다. 이러한 영향으로 인한 많은 변화들 중, 하도 내 수역이 식생으로의 천이가 진행되고 최종적으로는 육상 식물들이 활착하게 되는 육역화 현상은 하도의 수리학적 문제 및 환경생태적 측면에서 큰 문제를 발생시킬 가능성을 내포하고 있다.

이에 본 연구에서는 하도육역화를 야기시키는 유사 제어를 위해 하도 내 친환경적인 육역화관리기법을 개발하는데 목적을 두었고, 수리모형실험을 통하여 공법의 적용성 및 검증을 수행하고자 한다.

2. 친환경적인 육역화 관리기법

근래 하천정비시 고수부지는 친수환경 및 레크리에이션 목적등의 일환으로 일정한 폭으로 계획되고, 또한 고수부지에 매설된 시설물(관로, 광케이블등)의 보호를 위해 저수호안과 제방사면을 거석 및 콘크리트블록 등으로 시공하고 있다. 이는 자연스러운 하도의 수평이동 및 홍수시 발생하는 수위의 상승과 하강과정에서 나타날 수 있는 하도와 고수부지의 연결성 및 상호작용을 고려하고 있지 않다. 특히 하도 변에 얽은 만의 형성이 차단되어 자연하천에서 나타나는 홍수시 저류 및 에너지저감, 어류의 서식처 제공등의 순기능이 상실되고 있는 실정이다.

이러한 문제점들의 대안으로 본 연구에서 제시한 친환경적인 육역화 관리 기법을 물골 공법이라 명명 하였으며, 그림 1에서와 같은 홍수위의 하강시 나타나는 자연적인 배수영향으로 형성되는 호안사면의 형태를 적용하였다. 그림 1에 실제 전경인 한강 하류부에 위치하는 장항습지의 일부를 도시하였다.



(a) 저수로변 물골



(b) 고수부지 물골

그림 1. 한강 장항습지의 자연형성 물골 전경

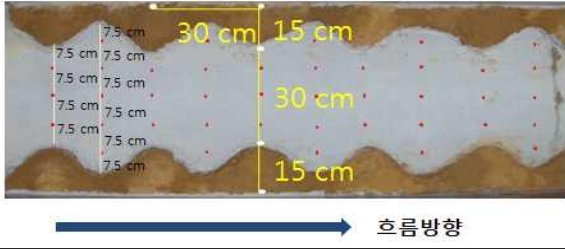
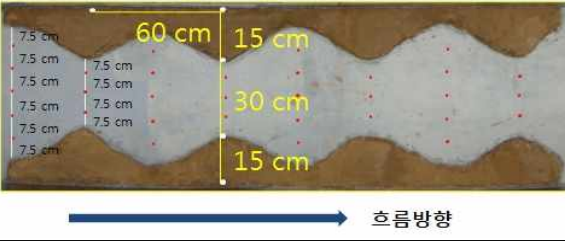
이러한 친환경적인 육역화 관리기법은 하천사업에 기인한 인공하도가 가지고 있는 하도와 고수부지의 단절을 해소하였으며, 홍수위 하강시 고수부지에 퇴적되는 토사를 저수로로 이동시키는 기능을 통하여 고수부지의 성장에 따른 육역화 제어 효과에 대한 기대를 가능하게 하며, 또한 홍수위의 자연적인 상승과 하강의 과정을 통한 저수로와 고수부지 사이의 생태적인 단절을 다시 복원할 수 있는 중요한 역할을 할 수 있게 될 것이다.

3. 수리모형실험

3.1 물골모형 설계인자 산정을 위한 기초실험

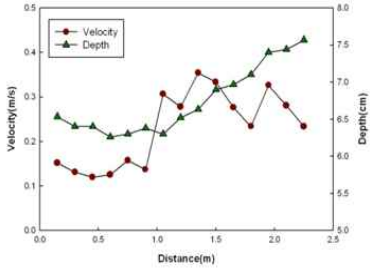
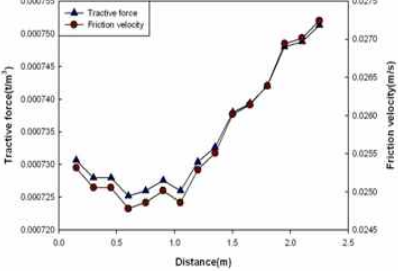
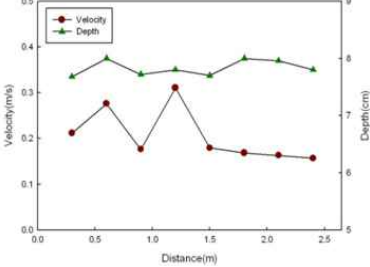
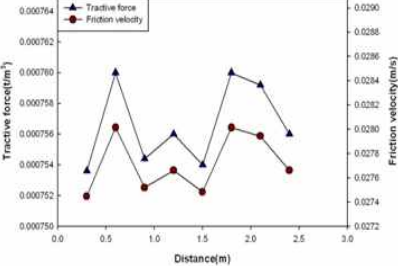
본 장에서는 물골모형의 적용성 및 효과검증을 위한 수리모형실험에 앞서 물골규모의 설계인자 산정을 하기위한 기초실험을 수행하였다. 하상경사 1/1000, 실험결과의 정량적인 분석을 위하여 등류수심이 20 cm인 구간을 설정하고 하폭의 변화가 없는 0.6 m의 직선 수로를 제작·설치 하였으며, 실험 CASE는 표 1과 같이 설정하였다. 유속 및 수위는 2차원 전자기식 유속계(VM-801HRS, KENEK)와 디지털 수위계를 사용하여 관측하였다.

표 1. CASE별 물골 모형 형상 및 제원

구분	유속·수위 측정지점	물골주기	물골경사
CASE 1		30 cm	1:3
CASE 2		60 cm	1:3

설정된 CASE에 대하여 실험을 수행하여 기본적인 물리량인 유속과 수위를 관측하였으며, 그 결과를 기초로 하여 유사이동성을 나타내는 지표라 할 수 있는 소류력과 마찰속도를 산정하여 표 2와 같이 그래프로 도시하였다.

표 2. CASE별 물골 모형 형상 및 제원

구분	유속 및 수위	소류력 및 마찰속도
CASE 1		
CASE 2		


그래프에서 나타난 바와 같이 CASE 2 물골 모형의 소류력 및 마찰속도 결과값이 일정하게 증가하는 경향을 나타냈다. CASE 1의 결과에서는 거리가 증가하면서 관측된 수위와 유속값에 의한 소류력 및 마찰속도가 증가하는 경향을 나타내는 것으로 산정되었으며 CASE 2의 소류력과 마찰속도 산정결과에서는 실험수로 내에서 주기적인 상승과 하강의 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 CASE 2에서와 같은 물골의 축척규모가 유사제어효과를 검증하는데 있어 적합한 것이라고 판단된다.

3.2 물골모형의 축소 수리모형실험

본 절에서는 3.14절의 결과를 기초로 하여 다음 표 3과 같이 물골 모형의 제원을 설정하였으며, 실험 결

과의 객관적인 비교를 위하여 일반적인 하천의 복단면 형상을 같은 축척비로 제작하고 설치하였다. 또한 실험 수행시 수위경계조건은 물골 모형이 완전히 침수되고 수위하강도 관측 가능한 12 cm를 설정하였으며, 그림 2와 같이 각 측정지점에서 유속과 수위는 3차원 ADV 유속계와 디지털수위계를 사용하여 측정하였다.

표 3. 물골 모형의 제원 및 설치전경

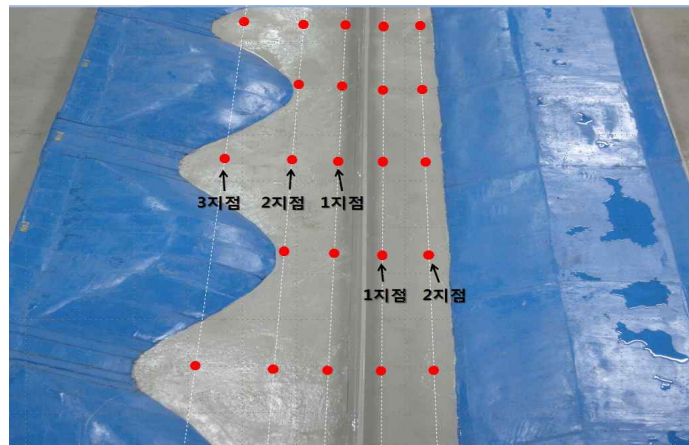
구분	단위(cm)	물골모형 제원 및 전경
하폭	240	
저수로 폭	60	
고수부지 폭	40	
물골 폭(하폭의 15%)	30	
제방 폭	10	
제방높이(제방경사 1:3)	4	
가속수로 폭	12	
물골 주기	120	



(a) 3차원 ADV 유속계



(b) 디지털수위계



(c) 수위 및 유속 측정 지점

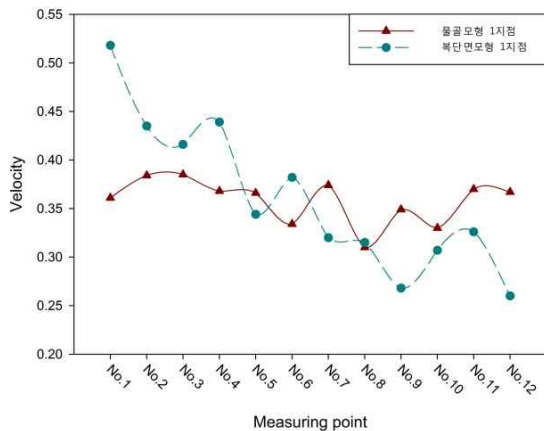
그림 2. 측정 장비 및 측정 지점

4. 실험 결과 및 분석

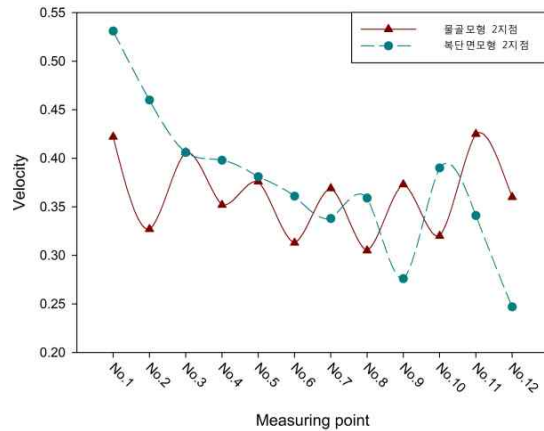
각각의 모형에서 실험 수행에 의한 유속 측정값을 다음의 표 4와 같이 정리하였으며, 그림3에서는 각각의 지점별 유속을 그래프로 도시하였다.

표 4. 물골 모형 유속 측정결과

측점	누가거리(m)	물골 모형			복단면 모형	
		1지점(㎍)	2지점(㎍)	3지점(㎍)	1지점(㎍)	2지점(㎍)
No.1	0.625	0.361	0.422		0.518	0.531
No.2	1.250	0.384	0.327	0.100	0.435	0.460
No.3	1.875	0.385	0.406		0.416	0.406
No.4	2.500	0.368	0.352	0.088	0.439	0.398
No.5	3.125	0.366	0.376		0.344	0.381
No.6	3.750	0.334	0.313	0.044	0.382	0.361
No.7	4.375	0.374	0.369		0.320	0.338
No.8	5.000	0.310	0.305	0.089	0.315	0.359
No.9	5.625	0.349	0.373		0.268	
No.10	6.250	0.330	0.320	0.134	0.307	
No.11	6.875	0.370	0.425		0.326	
No.12	7.500	0.367	0.360	0.097	0.260	



(a) 1지점 유속비교



(b) 2지점 유속비교

그림 3. 물골 모형과 복단면 지점별 유속비교

물골 모형의 기본적인 수리특성을 분석하기 위하여 유속 측정된 결과 그림 3과 같이 복단면에서는 거리가 증가함에 따라 유속이 감소되는 경향을 보이는 반면 물골 모형에서는 거리가 증가함에 따라 지점별 유속이 증가와 감소를 반복하는 경향을 나타낸다. 기초실험의 결과와 같은 양상으로 유사 조절을 위한 공법의 적용성을 확인할 수 있다. 특히 물골 모형 3지점에서는 다른 지점에 비해 상대적으로 급격한 유속의 감소를 확인할 수 있었다. 이는 에너지 저감 효과를 예측할 수 있으며, 어류의 산란처 제공등의 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 물골 모형 3지점에서는 유속이 급격하게 감소되는 것으로 분석 되었다.

5. 결 론

친환경적인 육역화 관리기법인 물골 공법의 적용성을 수리모형을 통하여 분석하였다. 우선 물골모형의 축소실험 설계인자 산정을 하기위한 기초실험을 통하여 실험수로의 1/20(CASE 1)의 주기와 1/10(CASE 2)인 주기를 비교하였다. 그 결과 CASE 2는 소류력과 마찰속도가 실험수로 내에서 주기적인 상승과 하강의 경향을 나타냈다. 이는 CASE 2에서와 같은 물골의 축척규모가 유사제어 효과 검증을 하는데 있어 적합한 것으로 판단되어 축소 수리모형실험의 물골 모형 설계 제원의 기초 자료로 이용하였다.

물골 모형의 축소모형실험 결과 물골 모형에서 거리가 증가함에 따라 지점별 유속은 증·감을 반복하여 나타났다. 이는 기초실험과 같은 양상으로 유사 조절을 위한 공법의 적용성을 확인 하였으며, 특히 3지점에서는 유속의 급격한 감소되는 것으로 분석되었는데 이는 에너지 저감 효과를 예측할 수 있었으며, 어류의 산란처 제공등의 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

향후 다양한 실험 CASE를 통한 수리특성량 분석과 유사실험을 통하여 물골 공법의 유사제어 및 에너지 저감효과를 분석하여 물골 공법의 현장 적용성 및 하도 육역화 관리방안이 제시될 수 있을 것으로 기대한다.

감 사 의 글

본 연구는 환경부 및 한국환경산업기술원 Eco-STAR Project의 연구비지원(E-2 하상육역화 수리모형실험 및 유하능력평가)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 김원일, 안원식 (2008), 이동상 하천 하도 단면 협소부의 유사 수리학적 특성연구, 박사학위 논문, 수원대학교
2. 우효섭 (2001), 하천수리학, 청문각.
3. 이재수 (2007), 수리학, 구미서관.