

유역통합관리를 고려한 목감천 복원설계안

Design for Mokgamcheon Restoration Considering Integrated Water Resources Management (IWRM)

이길성*, 박기두**, 오진호***, 강원구****

Kil Seong Lee, Kidoo Park, Jin Ho Oh, Won Gu Kang

요 지

하천복원설계 절차에 따라 현상태의 유역통합관리 대안 적용 전후에 대한 수리학적 특성을 저수량과 평수량에 대해 HEC-RAS 모형과 RMA2 모형을 이용하여 분석하였으며, 기본적인 수리모형의 계산결과를 바탕으로 목감천 하천설계 구간 4.5 km에 대해 하천의 수리·수문학적 분석을 수행하였다. 그리고 목감천에서의 지배유량을 산정하여 Rosgen의 하천분류법에 의해 하천형태를 분류한 후 경험식에 의한 하천복원설계를 수행하였다. 즉, 하천형태의 분류에 따라 하도 평면형 결정 및 하상경사 예측, 경험식에 의한 하도 단면 및 하상경사의 결정, 사행과장에 의한 여울의 위치를 각각 결정하였다. 목감천 하천복원 설계를 위한 구체적인 상세설계안을 마련하기 위하여 하천복원설계에 필요한 하도 평면형, 하도 종단형, 하도 단면형을 결정하였으며, 상세 설계의 기초 자료로 활용한다.

핵심용어: 하천복원설계, 유역통합관리 대안 적용, 저수량, 평수량, HEC-RAS 모형, RMA2 모형, 지배유량, Rosgen의 하천분류법, 사행과장, 여울, 상세설계안

1. 서 론

현재 목감천 유역에는 시점을 광명시 광명동 광명 제1호 취입보로 하고 종점을 안양천 합류점으로 하는 서울시 구간인 목감천 4.5 km에 대하여 자연형 하천정화사업 기본 및 실시설계가 완료되었고 실시설계에 따라 공사가 진행 중에 있다. 본 연구에서는 목감천 전 하도 구간에 대하여 기존에 설계·검토한 사례인 삼안·한국종합엔지니어링(2008)에 의해 설계된 동일한 하도구간에 대해 수치모형을 구축하고 그에 따른 하천복원설계안을 제시하였다. 우선 현상태의 유역통합관리 대안 적용 전 수리학적 특성을 1차원 수리모형인 HEC-RAS와 2차원 수리모형인 RMA2를 이용하여 비교·검토하였으며, 또한 현상태에서 유역통합관리 대안 적용 후의 수리적 특성을 검토하였다. 그리고 목감천의 하천복원 절차에 따른 단계별 설계안을 제시하였다.

* 정회원 · 서울대학교 건설환경공학부 교수 · 공학박사 · E-mail: kilselee@snu.ac.kr

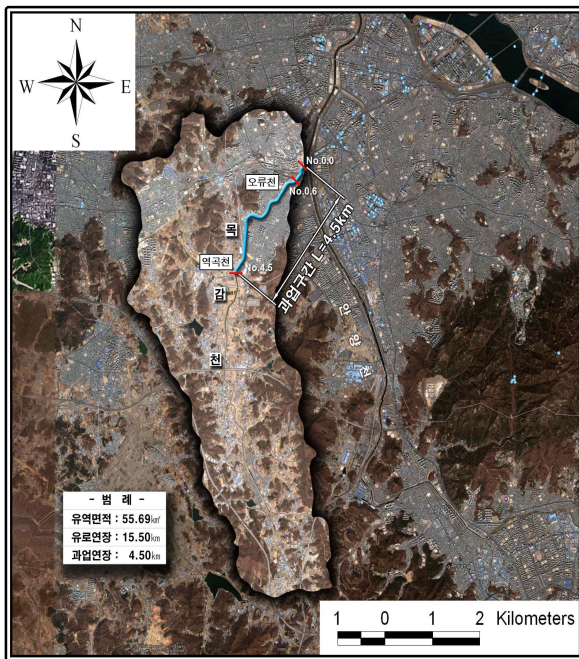
** 정회원 · 서울대학교 건설환경공학부 박사수료, 발표자 · E-mail: hydrol88@snu.ac.kr

*** 서울대학교 건설환경공학부 석사과정 · E-mail: o0bong2@snu.ac.kr

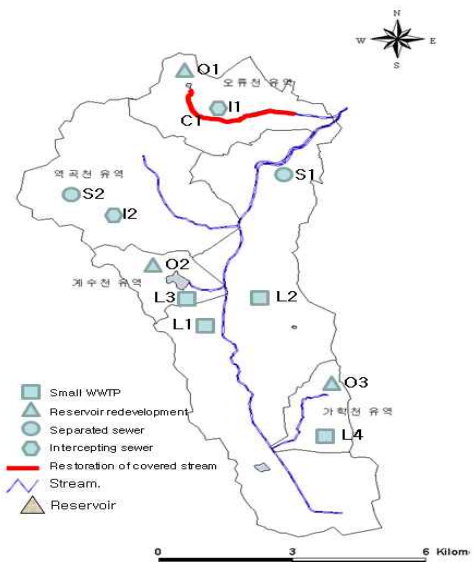
**** 정회원 · 서울대학교 건설환경공학부 석사과정 · E-mail: safewater@snu.ac.kr

2. 목감천유역의 하천복원설계 절차

그림 1과 같이 수리모형의 구축 대상하천은 목감천(지방하천)으로 시점은 광명시 광명동 광명제1호 취입보이며, 종점은 안양천 합류점까지로서 과업대상구역내의 총 하천연장은 4.5 km이다. 본 과업구간내의 지류하천으로는 역곡천과 오류천이 포함된다(그림 1). 그림 2와 같이 유역통합관리 대안 적용 전·후의 유량 경계조건은 홍원표(2008)의 연구에 근거하여 유역통합관리 계획수립 절차 중 7단계에 해당하는 대안의 효과 분석 결과를 이용하였다.

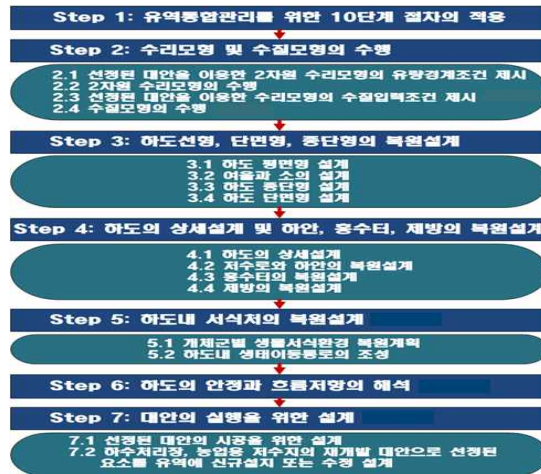


<그림 1> 목감천에서의 하천복원 구간



<그림 2> 유역통합관리에 따른 목감천에서의 가능한 대안

유역통합관리가 고려된 목감천의 하천복원 설계 절차는 그림 3과 같으며, Step 1에서는 현재 목감천 유역의 현황 파악 및 모형의 입력값을 산출하기 위해 유역통합관리를 위한 10단계 절차의 적용 후 Step 2에서는 선택된 수치모형을 이용한 대안 전과 대안 후의 수리특성을 분석하였다. 그리고 Step 3에서는 하천형태에 따른 분류를 통하여 하도의 평면형을 결정하고 하상경사(Leopold et al., 1964; Parker, 1976; Ackers, 1982; Ferguson, 1984)를 예측하였다. 외국의 사례에서 볼 수 있는 경험적 방법(Lacey, 1958; Blench, 1957; Simons와 Albertson, 1963; Henderson, 1966)을 이용한 하도 단면형의 결정, 사행과장(Ackers 1982)을 고려한 여울의 위치결정 및 여울의 형태 결정(Hey와 Thorne, 1986)을 유역통합관리를 고려한 하천복원 설계 절차에 따라 1단계부터 3단계까지 단계별로 수행하였다. 본 논문에서는 Step 3까지만 적용하였으며, Step 4에서 Step 7까지의 단계를 제외하고 하도복원설계안을 결정하였다.



<그림 3> 목감천의 하천복원설계 절차

3. 유역통합관리 대안 적용 전·후의 수리모형 계산

본 연구에서는 목감천수계 하천정비기본계획(건화엔지니어링, 1995)에서 제안한 조도계수를 사용하였으며, 표 1과 같다.

<표 1> 목감천의 조도계수

지 점	측점 (No.)	구 간 (km)	홍수터 좌안	주수로	홍수터 우안
하구 ~ 광화교	0.00 ~ 3.60	0 ~ 3.6	0.03	0.03	0.03
옥길교 ~ 경륜교	3.65 ~ 4.50	3.6 ~ 4.5	0.033	0.033	0.033

홍원표(2008)가 제시한 현상태의 목감천에서 이용가능한 유역통합관리 대안은 그림 2와 표 2와 같이 제시하였다. 유역통합관리 대안 적용 전·후의 저수량과 평수량의 유량조건을 이용하여 HEC-RAS 모형과 RMA2 모형의 수리학적 흐름 모의를 수행하였다.

<표 2> 유역통합관리에 따른 목감천에서의 가능한 대안

Alternatives	Sub-watershed	Description	Name
Interceptor	OR	- Installation of interceptor	I1
	YG		I2
Local WWTP	MG	- Construction of small WWTP in upstream regions - BOD: 1.8 mg/L - TN: 8.275 mg/L - TP: 0.762 mg/L - SS: 1.5 mg/L	L1
	GS		L2
	GH		L3
	GH		L4
Separated sewer	MG	- Replacing combined sewer with separated sewer	S1
	YG		S2
Restoration of covered stream	OR	- Removing the impervious area over streams (Covered length: 3,662 m)	C1
Reservoir operation	OR	- Extension of reservoir - Proper operation (release 0.05 cms)	O1
	GS	- Construction of sluice gate - Proper operation (release 0.05 cms)	O2
	GH	- Extension of reservoir - Proper operation (release 0.055 cms)	O3

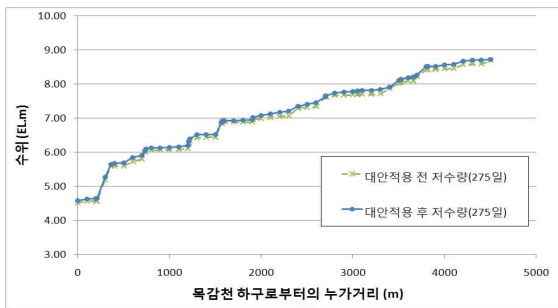
저수기의 경우에는 저수량과 평수량의 유량경계조건을 수치모형의 상류 경계조건으로 사용하였으

며, 하류의 경계조건은 통상적으로 하천설계나 인공수로 설계에서 사용하는 등류수심조건을 하류 기점수위로 사용하였다(표 3). 목감천 하천복원을 위한 하도설계유량은 하도의 형성 및 하상변동에 가장 지배적인 영향을 주는 만제유량 또는 강턱유량(bankfull discharge or effective discharge)을 수위-유량곡선(USDA, 2001)을 이용하여 지배유량으로 선정하였다.

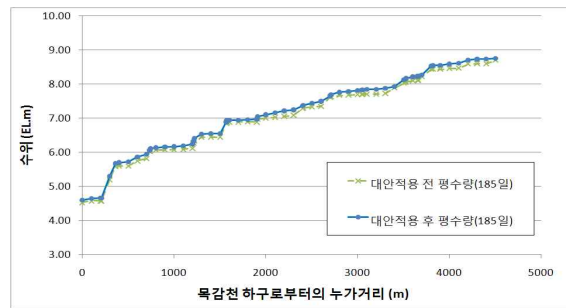
<표 3> 수치모형의 경계조건

측점 (No.)	유역통합관리대안 적용 전			유역통합관리대안 적용 후		1.1년 빈도 지배유량	비고
	경계 조건	저수량 (홍원표, 2008)	평수량 (홍원표, 2008)	저수량 (홍원표, 2008)	평수량 (홍원표, 2008)		
0.0	수위 (m)	4.57	4.57	4.60	4.59	31.2	하구
0.6	유량 (m ³ /s)	0.553	0.595	0.948	0.789	28.1	오류천 합류후
4.5		0.553	0.595	0.897	0.738	역곡천 합류후	역곡천 합류후

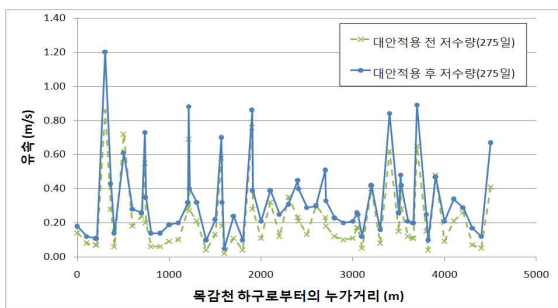
그림 4는 HEC-RAS 모형을 이용한 대안적용 전과 후의 평균유속 및 수위를 나타내고 있다. 대안적용 후의 저수량 및 평수량의 수위는 평균 7~10 cm의 상승하며, 평균유속 역시 하천의 유량이 증가함으로써 흐름이 활성화되기 때문에 저수량 및 평수량에 대한 평균유속은 0.1 m/s 증가하고 있음을 알 수 있다. 그림 5는 HEC-RAS 모형과 RMA2 모형을 이용한 평균수위와 평균유속 분포를 함께 도시하였다.



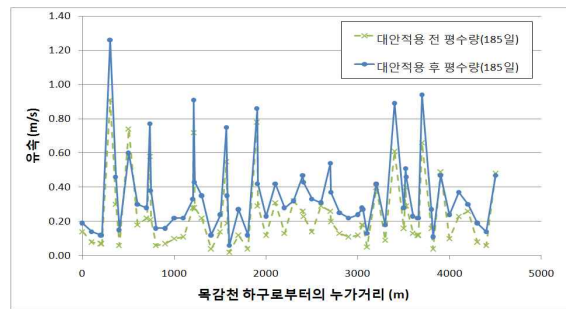
(가) HEC-RAS 모형으로 모의한 대안적용 전·후 저수량의 수위분포



(나) HEC-RAS 모형으로 모의한 대안적용 전·후 평수량의 수위분포

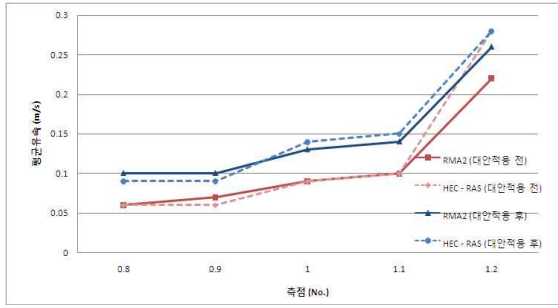


(다) HEC-RAS 모형으로 모의한 대안적용 전·후 저수량의 유속분포

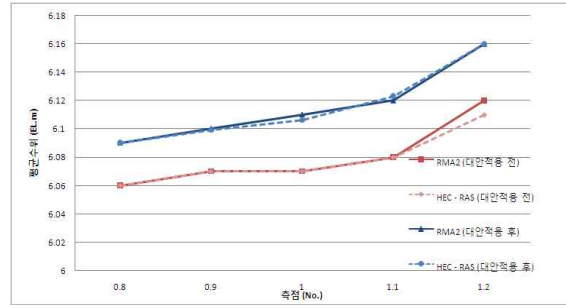


(라) HEC-RAS 모형으로 모의한 대안적용 전·후 평수량의 유속분포

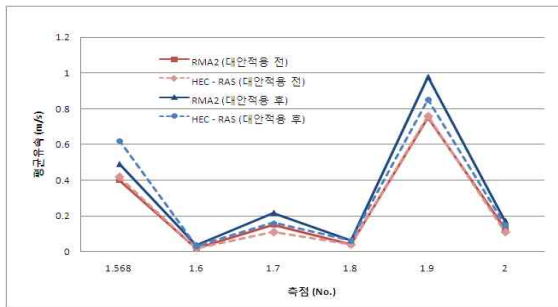
<그림 4> HEC-RAS 모형으로 모의된 저수량과 평수량에 대한 수위 및 유속



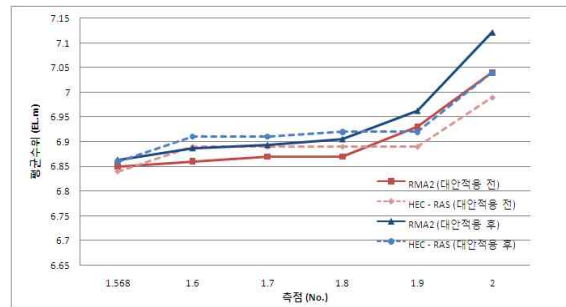
(가) 대안적용 전후 저수위에서의 HEC-RAS와 RMA2의 유속 비교 (No.0.8 ~ No.1.2)



(나) 대안적용 전후 저수위에서의 HEC-RAS와 RMA2의 수위 비교 (No.0.8 ~ No.1.2)



(다) 대안적용 전후 저수위에서의 HEC-RAS와 RMA2의 유속 비교 (No.1.568 ~ No.2.0)



(라) 대안적용 전후 저수위에서의 HEC-RAS와 RMA2의 수위 비교 (No.1.568 ~ No.2.0)

<그림 5> 유역통합관리 대안적용 전·후의 수리모형 계산

4. 하도선형, 단면형, 종단형의 복원 설계

앞서 계산된 수리모형의 계산결과를 바탕으로 목감천을 Rosgen (1995)의 분류법에 의해 하천 형태를 결정한 후 경험식에 의한 하천복원 방법을 사용하여 하천복원설계 절차에 따라 Step 2 ~ Step 3까지 수행하였으며, 그에 따른 목감천 하도복원 설계안을 제시하였다. 하천형태 분류법에 의한 하도 평면형 결정 및 하상경사 예측(Leopold et al., 1964; Parker, 1976; Ackers, 1982; Ferguson, 1984), 경험식(Lacey, 1958; Blench, 1957; Simons와 Albertson, 1963; Henderson, 1966)에 의한 하도단면의 결정, 생물 서식처 복원을 위해 사행과장(Ackers, 1982)을 이용한 여울의 설치 위치 결정(Hey와 Thorne, 1986)이 있다.

가. 안양천유역의 수계별 하천형태의 분류

안양천유역의 수계별 하천형태를 Rosgen (1995)의 하천 형태의 분류법에 의하여 사행도, 폭수심비, 그리고 수면경사에 따라 표 4와 같이 분류하였다. 그러나 안양천유역의 하천수계는 대부분이 도시하천이기 때문에 Rosgen (1995)의 하천형태에 따른 분류법은 정확한 하천의 분류방법이 될 수는 없으며, 비교적 개략적인 분류로서 평가될 수 있다. 하지만 목감천의 하천복원에 필요한 하도의 평면형 결정 및 하도 선형, 단면형, 종단형 복원설계에 필수적인 과정이다.

나. 하도의 평면형 결정

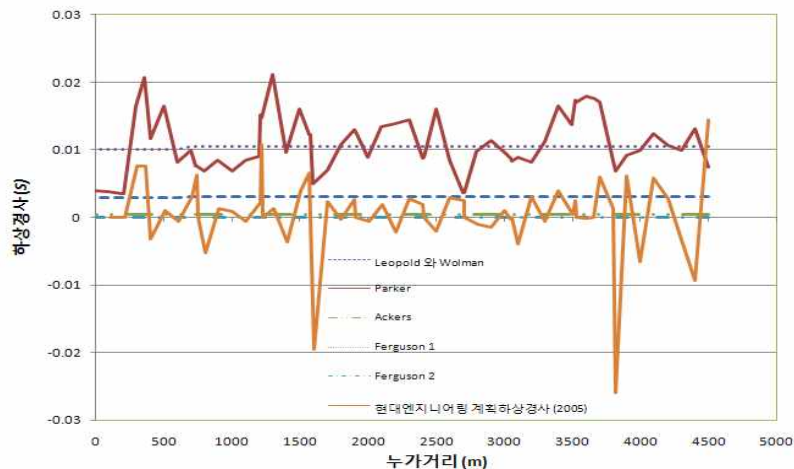
하도의 평면형에 따라 하천 생태계의 중요한 서식 공간인 여울과 소의 구조가 다르게 발달한다. 목감천은 도시하천으로 정비된 완만한 사행도를 가진 직선형 하도 평면형을 보이나 Rosgen의 하천 형태의 분류에 따르면, 표 4와 같이 직선형 망상하천의 형태를 보이기 때문에 실제 하천의 형

태와는 차이가 있음을 알 수 있다.

<표 4> 안양천유역의 수계별 하천형태의 분류(Rosgen, 1995)

하천명 평가항목	안양천	학의천	도림천	목감천	수암천	삼성천
사행도	1.31	1.35	1.58	1.38	1.23	1.32
폭수심비	218.9	-	13.97	8.87	-	-
수면경사	0.000183	0.002072	0.002475	0.001	-	-
Rosgen 분류	C	DA	C	DA	-	-
	사행하천	직선형 망상하천	사행하천	직선형 망상하천	-	-

안양천유역종합치수계획(현대엔지니어링, 2005)에서 제시한 계획하도를 이용하여, 하천 평면형 예측방법 중 Leopold et al.(1964)의 경험식, Parker(1976)의 경험식, Ackers(1982)의 경험식, Ferguson I (1984)의 경험식, Ferguson II (1984)의 경험식을 이용하여 목감천의 평균 하상경사를 계산하였다. Parker 경험식의 경우 하상경사는 현재의 하상경사와 비슷한 양상은 보이나 전반적으로 과대 추정되고 있으며, Ferguson I 경험식의 경우 Parker 경험식의 평균 하상경사를 산출하지만 역시 과대 추정하고 있음을 알 수 있다. Leopold와 Wolman 경험식의 하상경사는 현재 하상경사보다는 다소 증가하는 경향이 있고 Ferguson II의 경험식은 너무 작은 하상경사를 계산하기 때문에 목감천에 대한 하상경사를 계산하는데 적절하지 않음을 알 수 있다(그림 6).

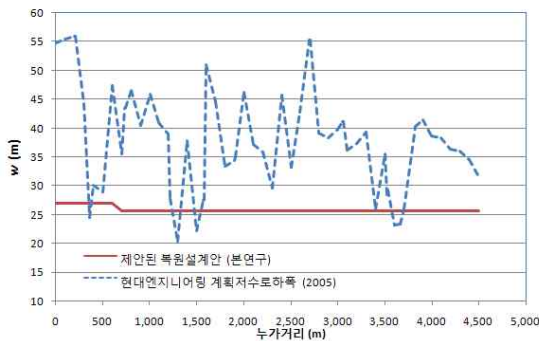


<그림 6> 경험식에 의해 계산된 하상경사

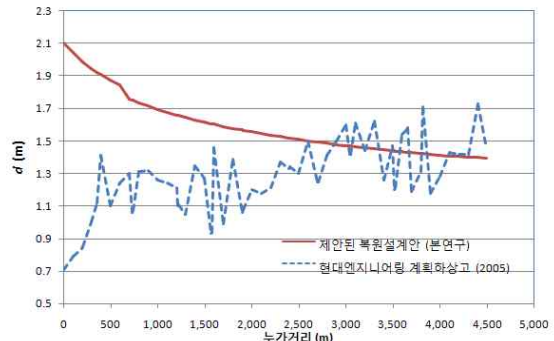
다. 하도 단면형 결정

하도 단면형은 평균 하폭과 평균 수심을 말하며 복원설계에서 하도 제원의 결정은 유량, 유사량, 하상재료, 강턱 식생, 마찰저항, 평균 하상경사에 의해 결정된다. 하도의 폭은 하천 회랑의 폭보다 작아야 되며, 수심은 상하류 수위, 마찰저항, 주위의 표고 등에 의해 결정된다. 국내의 여건상 대조하천을 찾아 하천의 적합성을 검토하기 어렵기 때문에 하도 제원의 계산은 경험식을 이용하여 결정하였으며, 상세 설계시 하천유지유량에 따른 설계하도의 기능별 검토 결과에 따라 서식공간의 다양성 확보 및 흐름의 집중과 분산이 하도 내에서 적절히 발생하도록 선택적으로 하도의 경사와 단면형을 개수하여 상세설계를 수행하게 된다. 수리기하 공식들은 하도의 설계 단계에서 계략적인 단면 형태를 제시하기 때문에 상세 설계에서는 수질 및 하도의 안전성에 대한 검토가 수반되어야 한다.

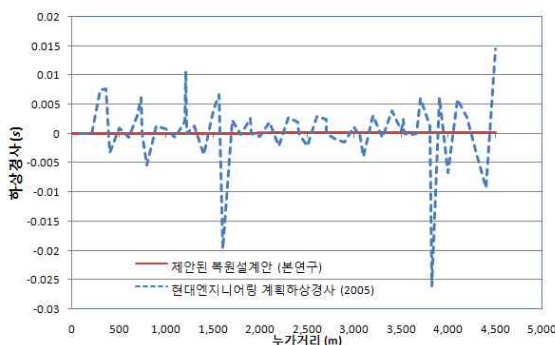
경험공식을 이용한 목감천 하도의 수리학적 단면형의 결정을 위해 목감천수계 하천정비기본계획(건화엔지니어링, 1995)에서 수행한 체분식 실험 결과인 중앙입경(D_{50})을 이용하여 4가지 경험식으로 목감천의 하도형태를 결정할 수 있었다. 그림 7에서 보는 바와 같이 현상태의 목감천 하도의 수면폭은 복원설계를 위해 계산된 수면폭에 비해 과대평가된다. 반면 일정한 재배유량에 대해 일정한 통수능을 유지하기 위해 수심의 경우를 살펴보면 복원설계에 의한 수심은 복원설계 이전의 수심보다는 오히려 과소평가되고 있음을 알 수 있다. 복원설계공식에 의해 결정된 하상경사는 목감천의 실제 하천 경사를 충분히 반영하지 못하고 완만한 경사인 0.000029 ~ 0.000193이 계산되기 때문에 복원설계에서 계산된 값은 대상유역에 대한 평균경사로만 판단할 수 있다. 일반적인 하천의 경우, 계산된 설계 수면폭은 상류에서는 비교적 좁고 하류로 내려올수록 수면폭은 확대되지만 Blench식(1957)의 경우는 오히려 하류에서 수면폭이 줄어들기 때문에 복원설계 반영시 수리학적 판단이 요구된다. 수면폭의 경우 Simons-Albertson I 식(1963)이 33.61 ~ 35.41 m로 비교적 큰 하폭으로 계산되며, Blench식의 경우 20.7 ~ 34.5 m로 가장 작은 하폭으로 계산되므로 다른 경험식의 계산양상과는 다르기 때문에 설계자의 주의가 요구된다. 수심의 경우, Lacey식(1958)과 Blench식이 하류로 갈수록 수심이 급격히 증가되는 반면, Simons-Albertson I, II 식을 이용한 경우는 일정한 수심이 계산된다. Simons-Albertson II 식이 Simons-Albertson I 식보다 약 0.3 m 가량 저수로 수심이 크게 추정된다.



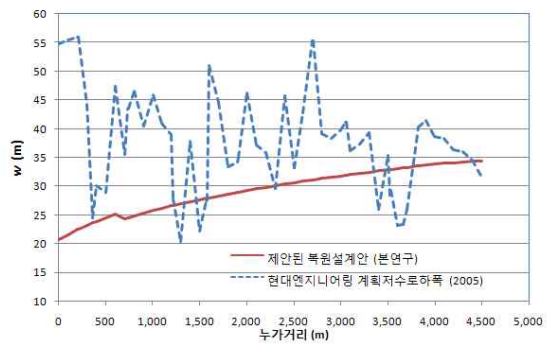
(가) Lacey 경험식을 이용한 수면폭의 복원설계안



(나) Lacey 경험식을 이용한 수심의 복원설계안

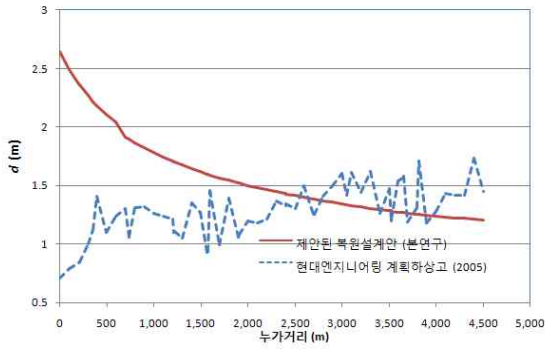


(다) Lacey 경험식을 이용한 하상경사의 복원설계안

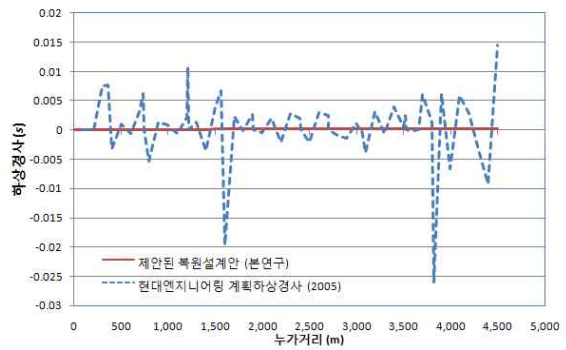


(라) Blench 경험식을 이용한 수면폭의 복원설계안

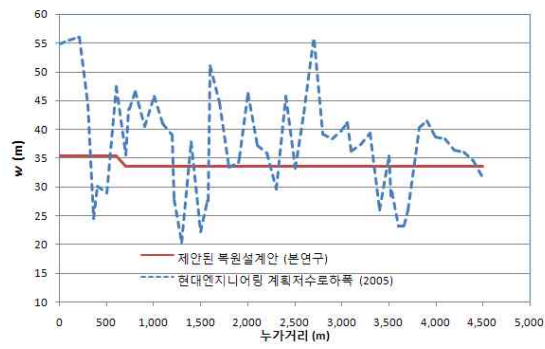
<그림 7> 경험식에 의해 계산된 하도 단면형 결정



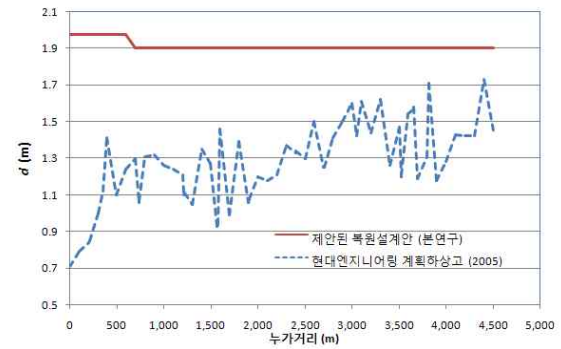
(마) Blench 경험식을 이용한 수심의 복원설계안



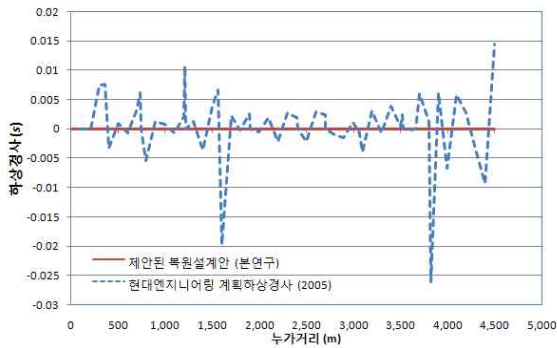
(바) Blench 경험식을 이용한 하상경사의 복원설계안



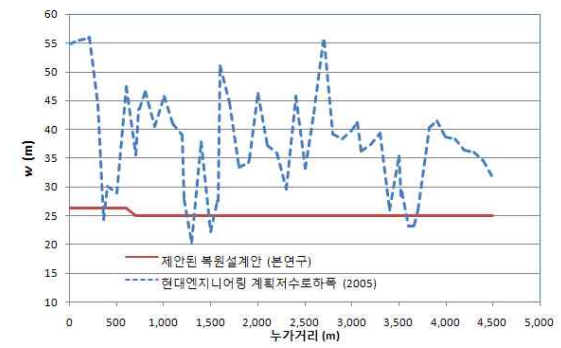
(사) Simons & Albertson I 경험식을 이용한 수면폭의 복원설계안



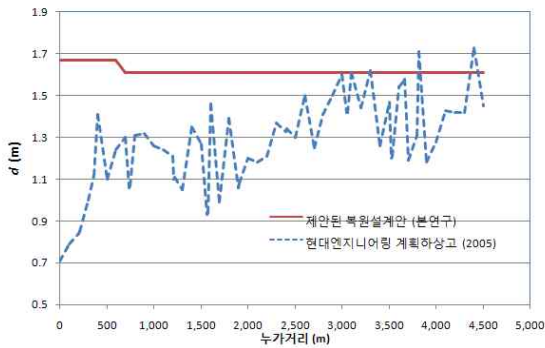
(아) Simons and Albertson I 경험식을 이용한 수심의 복원설계안



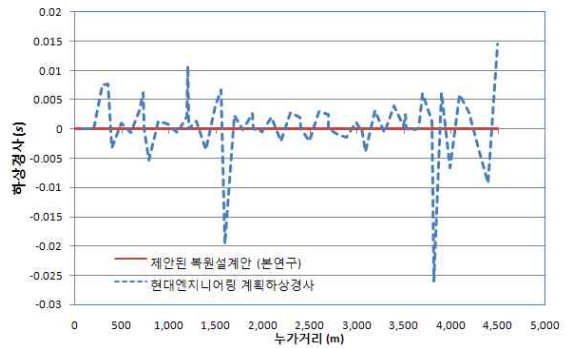
(자) Simons and Albertson I 경험식을 이용한 하상경사의 복원설계안



(차) Simons and Albertson II 경험식을 이용한 수면폭의 복원설계안



(카) Simons and Albertson II 경험식을 이용한 수심의 복원설계안



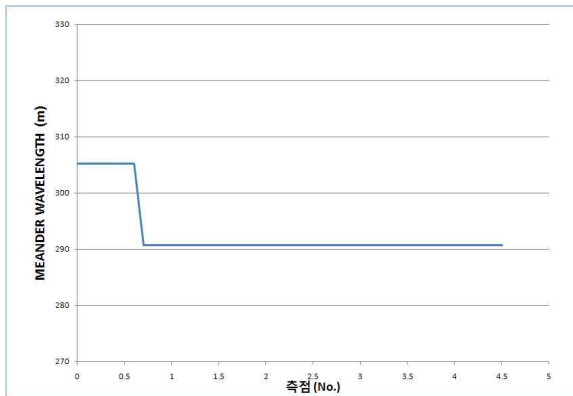
(타) Simons and Albertson II 경험식을 이용한 하상경사의 복원설계안

<그림 7> 경험식에 의해 계산된 하도 단면형 결정(계속)

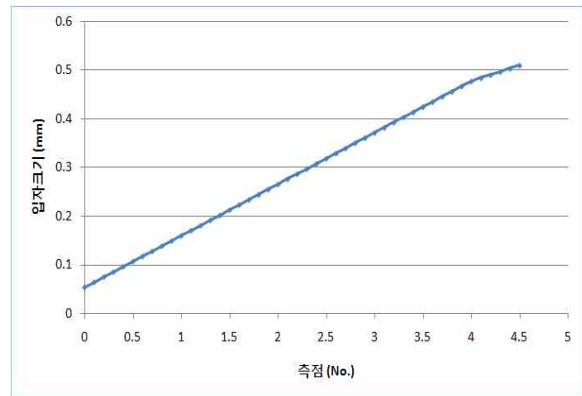
라. 여울과 소의 결정

완전 모래나 진흙 하천을 제외하고 자연상태의 하천은 일반적으로 연속적인 여울과 소 구조가 나타난다. 자연형 여울과 소의 설계는 기본적으로 자연형 하천의 여울과 소의 구조를 흉내내는 것이므로 여울의 형태, 재료, 기능 등을 자연하천에 근사하도록 설계해야 하며, 수리적 안정성을 검토를 위해 소류력의 발생이 크게 발생하는 지배유량의 저수로 강턱수위를 기준으로 여울과 소의 안정성을 검토하며, 마지막으로 수위 계산을 통하여 홍수위에 대한 영향을 고찰한다.

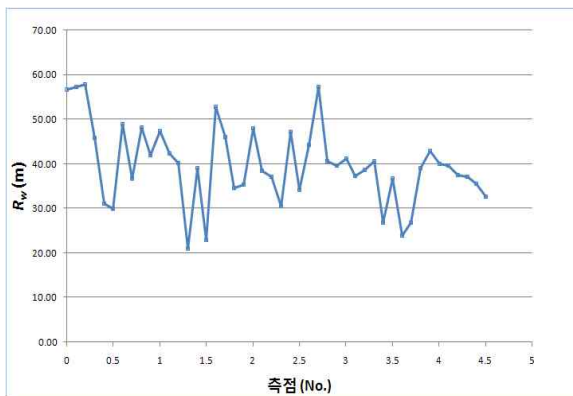
본 연구에서는 목감천의 경우 완만한 사행하도를 가지고 있고 국부적으로는 직선하도에 가깝지만 적절한 여울과 소의 설치 간격을 결정하기 위해 사행과장 계산을 위한 경험식을 사용하였다. 지배유량조건에서 사행과장식(Ackers, 1982)을 이용하여 목감천의 사행과장을 하류부(No.0 ~ No.0.6)에서는 305.21m로 계산되었고 나머지 상류부에서는 사행과장이 감소하여 209.65m로 좀 더 증가된 사행도를 얻을 수 있었다(그림 8). 앞서 언급한 바와 같이 적절한 여울과 소의 설치 간격을 결정하기 위해 본 연구에서는 계산된 사행과장을 이용하여 목감천 하천복원의 설계안으로 활용한다.



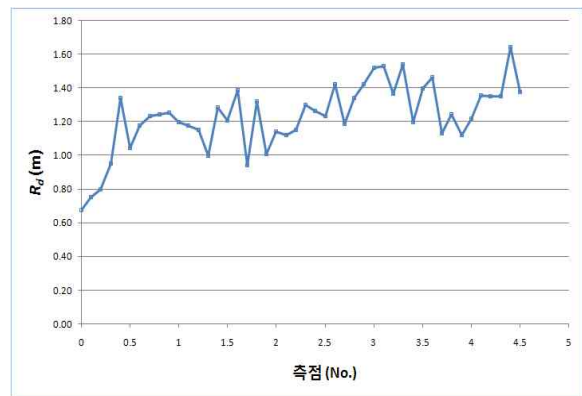
(가) 목감천의 측정점별 사행과장의 계산



(나) 목감천에서의 여울의 하상 입자 크기 결정

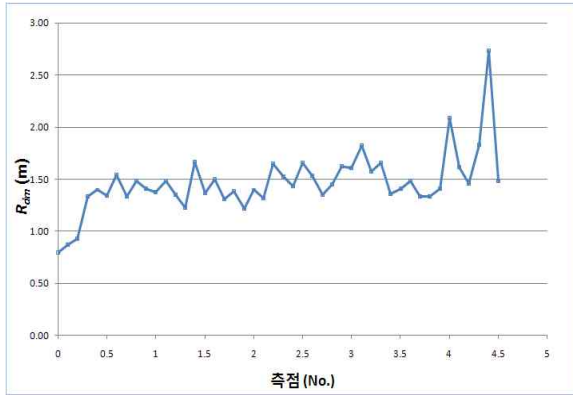


(다) 목감천에서 계산된 여울의 하폭 (R_w)

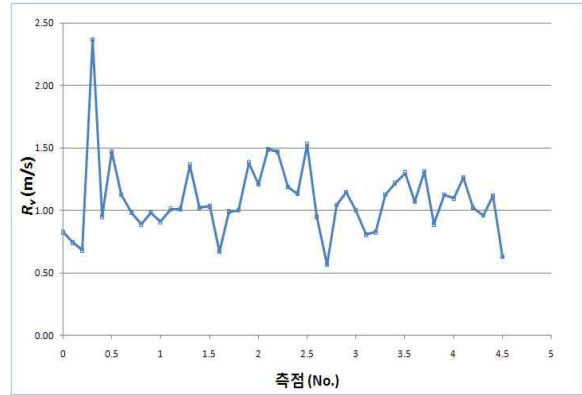


(라) 목감천에서 계산된 여울의 평균수심 (R_d)

<그림 8> 여울의 형태 결정



(마) 목감천에서 계산된 여울의 최대수심 (R_{max})



(바) 목감천에서 계산된 여울의 평균유속 (R_v)

<그림 8> 여울의 형태 결정(계속)

마. 하도 단면형의 상세 설계

평균수심과 하폭이 결정되면 이를 기초로 저수로 단면에 대한 상세설계를 수행하게 된다. 저수로 단면의 상세 설계시 가능한한 좌우 대칭 단면을 피하고 특정 단면에서 발생하는 이차류를 고려하여 안정된 단면을 설계해야 한다. 목감천의 필요유량을 만족하지 않는 지점에 대해서는 수리학적 검토를 수행한 후, 상세 설계안을 이용하여 하천의 필요유량조건을 만족할 수 있는 적절한 저수로 단면에 대한 개수가 이루어지며, HEC-RAS 모형과 RMA2 모형을 이용하여 선택적으로 개수된 하도 형상과 여울에 의한 소류력과 수리학적 안정성을 검토한다. 즉, 하천유지유량에 대한 설계하도의 필요유량조건별 설계하도의 수리적 검토가 끝나면 하도에 대한 상세설계를 끝마치게 된다.

5. 결 론

본 연구에서는 현 상태의 하도 조건에서 유역통합관리 대안적용 전·후의 수치모형을 통한 흐름양상을 분석하였고 유역통합관리를 고려한 하천복원절차에 따라 하도 평면, 종단, 단면의 크기를 결정하였다. 또한 생태서식처 조성을 위해 여울의 설계안을 제시하였다. 본 연구의 결과인 하도설계안은 목감천의 기본설계 및 실시설계를 위한 상세설계를 위한 기초자료로 활용할 수 있다.

감 사 의 글

본 연구는 서울대학교 공학연구소를 통한 21세기 프런티어 연구개발 사업인 "수자원의 지속적 확보기술개발 사업단(과제번호 1-7-3)"과 서울대학교 SIR BK21(안전하고 지속가능한 사회기반건설) 사업단의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사의 뜻을 표합니다.

참 고 문 헌

- 건화엔지니어링 (1995). 목감천수계 하천정비기본계획. 경기도.
- 부림기술단 (2002). 목감천수계 기본계획 변경(안). 광명시.

- 삼안 · 한국종합엔지니어링 (2008). **목감천 자연형 하천정화사업 기본 및 실시설계 보고서**. 광명시.
- 현대엔지니어링 (2005). **안양천유역종합치수계획**. 건설교통부, 서울지방국토관리청.
- 현대엔지니어링 (2006). **안양천수계 하천정비기본계획[보완]**. 경기도.
- 홍원표 (2008). **PCSWMM 모형을 이용한 목감천 유역의 유역통합관리계획 수립**. 석사학위 논문, 서울대학교.
- Ackers, P. (1982). "Meandering channels and the influence of bed material." *Gravel-bed Rivers*, ed. Hey. R. D. pp. 389-414.
- Blench, T. (1969). "Coordination in mobile-bed hydraulics." *J. of the Hydraulics Division*, ASCE 95(HY6) pp. 1871-98.
- Ferguson, R.I. (1984). "The threshold between meandering and braiding, channels and channel control structures." *Proceedings of the First International Conference on Hydraulic Design in Water Resources Engineering*, Smith, K. V. A, Springer-Verlag, Berlin, pp. 615-629.
- Henderson, F.M. (1961). "Stability of alluvial channels." *J. of the Hydraulics Division*, ASCE, 87, pp. 109-138.
- Hey, R.D., and Thorne, C.R. (1986). "Stable channels with mobile gravel beds." *J. of Hydraulic Engineering*, 112(8), pp. 671-689.
- Lacey, G. (1958). "Flow in alluvial channels with sandy mobile beds." *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*, London, 9, Discussion, 11, pp. 145-164.
- Leopold, L.B. (1964). *Fluvial Processes in Geomorphology*, W H. Freeman, San Francisco.
- Parker, G. (1976). "On the cause and characteristic scales of meandering and braiding in rivers." *J. of Fluid Mechanics*, 76, pp. 457-480.
- Parker, G. (1982). *Engineering and Management*, Rn Hey, J.C. Bathurst, and Thome, C.R., John Wiley and Sons, Chichester, UK.
- Rosgen, D.L. (1995). "A classification of natural rivers." *Catena*, 22, pp. 169-199.
- Simon, D.B., and Albertson, M.L. (1963). "Uniform water conveyance channels in alluvial material", *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, ASCE, 128(1), pp. 65-167.
- USDA (2001). *Stream Corridor Restoration-Principles, Processes, and Practices*, Federal Interagency Stream Restoration Working Group, National Technical Information Service, Springfield, VA.