SNS 모형을 이용한 하천 조도계수의 산정 및 하천 규모에 따른 수면곡선의 민감도 분석

Estimation of Channel Roughness Coefficients and Sensitivity Analysis Using the SNS Model

김지성*, 이찬주**, 김 원***
Ji Sung Kim, Chan Joo Lee, Won Kim

요 지

본 연구는 수치모형을 이용하여 다양한 규모의 자연하천에서 조도계수를 산정하고 조도계수가 홍수위에 미치는 민감도를 분석하기 위함이다. 이를 위하여 한국건설기술연구원에서 개발된 SNS 1차원 모형을 사용하였으며, 한강 팔당댐~전류구간, 금강 대청댐~공주구간, 달천 괴산댐~쌍천합류점 구간에 적용하였다. 본 연구에서 얻은 결론을 요약하면 다음과 같다: (1) 자연하천의 조도계수는 유량이 증가함에 따라 감소하며 어느 한계유량 이상에서 일정한 조도계수로 수렴된다. (2) 하천정비기본계획에 수록된 조도계수는 대하천의 경우 본 연구에서 산정된 계획홍수량 구간의 조도계수와 큰 차이를 보이지 않는다. 그러나 실제 홍수사상의 한강 적용 결과 일부 구간에서 최대 87.3cm의 수위차가 발생하였다. (3) 달천 지방1급구간의 경우 하천정비기본계획에 수록된 조도계수와 본 연구에서 산정한 조도계수는 상대적으로 큰 차이를 나타내고 있으며 전 구간에서 최대 97.5cm의 수위차가 발생하였다. (4) 따라서 다양한 규모의 하천에서 실측수위를 이용한 객관적이고 정량적인 조도계수 산정에 관한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

핵심용어 : SNS 모형, 조도계수, 민감도

1. 서 론

SNS 모형(*S*ubcritical a*N*d *S*upercirical flow model)은 자연하천 또는 인공하천에서 흐름변화를 계산하기 위해 국내상황에 적합하도록 한국건설기술연구원에서 개발된 윈도우 환경의 전문 소프트웨어이다. SNS 모형은 불연속흐름이 나타나는 常流, 射流가 혼합된 천이류를 안정적으로 해석하기 위하여 공간차분으로 상류이송기법을 사용한다. 상류이송기법은 각 지점의 특성선 특성에 따라 공간차분을 변화시켜 주기 때문에 常流-射流-常流 등으로 변화하는 흐름을 계산할 수 있는 장점을 가지고 있다. 따라서 급경사에서 완경사로 변화되는 하천, 보가 존재하는 하천 등 실제하천에서 발생하는 천이류, 댐붕괴파, 불규칙 지형변화가 존재하는 자연하천의 흐름을 특별한 내부경계조건 없이 해석할 수 있도록 개발되었다(과학기술부, 2006).

하천 흐름에서 가장 중요한 물리적 요소는 하천의 종횡단면 형태와 하상의 조도계수이다. 이중 하천의 종횡단면 형태는 측량을 통해서 확정적인 요소로 가정된다. 한편 조도계수는 원래 하상재료의 조도(roughness)를 나타내는 척도로서 하상재료 및 하상표면의 특성에 의해 결정되지만, 실제 흐름계산에서는 식생, 하천구조물, 사행도, 단면형태, 소류력에 의한 하상형태의 변화 등에 의하여 증가되는 하천마찰을 함께 고려한 매우 불확실한 Lumped parameter로서, 시간과 공간, 그리고 유량규모에 따라 가변성을 가진다(김원 등, 1995). 본 연구에서는 홍수기 조도계수의 산정을 목표로 이동상 하천에서 발생할 수 있는 형상조도를 무시할 수 있는 고정상 하천으로 가정하였다. 고정상 하천에서 조도계수의 가변성을 고려한 국내의 연구는 주로 한강, 섬진

* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 Post-Doctor·E-mail : jisungk@kict.re.kr
** 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원
*** 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원

강 등 대규모하천의 하류부에서 수행되었다(김원 등, 1995; 황의준과 전경수, 1997; 이정규와 이창현, 2004). 대부분의 연구가 유량규모별 조도계수의 가변성에 대하여 분석하였으며, 그 결과 유량이 증가함에서 따라 조도계수가 감소하는 결과를 도출하였다. 조도계수의 유량규모에 따른 가변성의 기존 연구결과들은 부정류 모형을 이용한 홍수위 해석에 직간접적으로 사용될 수 있지만, 기존 연구가 대규모하천의 하류부에 국한되어 있으며 중소 규모의 하천에서의 연구는 거의 전무한 실정이다. 이는 대규모 하천의 하류부에서 부정류 해석을 위한 자료가 풍부하고 취득이 용이한 점에 기인할 뿐만 아니라 기존 범용 부정류 모형의 해석능력 한계에 원인이 있다.

본 연구에서는 대/중/소규모의 하천에 대하여 SNS 모형을 수행하여 유량규모에 따른 조도계수를 산정하고, 산정된 조도계수와 기존 하천정비기본계획에 수록된 조도계수를 비교분석하며, 대/중/소규모의 하천에서 조도계수의 변화에 따른 수위의 변화를 검토하고자 한다.

2. 조도계수의 산정 결과

본 연구에서는 계획홍수량 규모를 기준으로 한강(37,000m^3/s), 금강(5,920m^3/s), 달천(1,750m^3/s)의 유량에 따른 조도계수를 산정하였으며, 한강의 경우 기존 연구결과를 참고하여 유량별 조도계수를 산정하였고, 금강과 달천의 경우는 계산된 수위와 실측된 수위의 평균제곱오차가 최소가 되도록 시행착오법을 통해 산정하였다. 산정에 사용된 홍수사상은 Table 1과 같으며, 산정된 유량별 조도계수 중 첨두홍수량 구간의 조도계수와 하천정비기본계획에 수록된 조도계수를 비교하여 Table 2에 나타내었다. 분석결과 한강, 금강의 경우 첨두홍수량 구간에서 산정된 조도계수와 하천정비기본계획에 수록된 조도계수는 큰 차이를 보이지 않았으나 달천의 경우, 상당히 큰 차이를 보이고 있다.

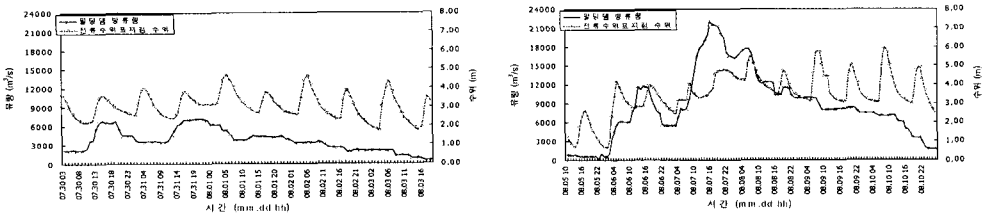
Table 1. 조도계수 산정을 위해 선정된 홍수사상

	사상개수	홍수기간	첨두 댐방류량 (m^3/s)	첨두홍수위 (m)
한강	2	2001.07.30 03:00 ~ 2001.08.03 19:00 (114 시간)	7,099	4.66
		2002.08.05 10:00 ~ 2002.08.11 03:00 (138 시간)	22,062	5.92
금강	2	2004.07.12 0:00 ~ 2004.07.22 0:00 (240 시간)	726	11.48
		2006.07.14 0:00 ~ 2006.07.23 17:00 (305 시간)	991	13.60
달천	2	2005.07.09 0:00 ~ 2005.07.16 0:00 (168 시간)	1,022	110.42
		2005.08.10 2:00 ~ 2005.08.14 2:00 (96 시간)	335	109.47

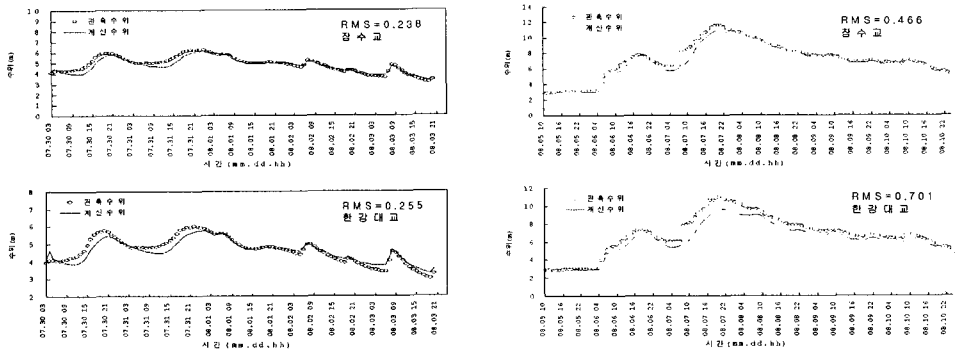
Table 2. 산정된 조도계수와 하천정비기본 계획 수록 조도계수의 비교

	홍수량(cms)	팔당댐~광장	광장~잠실수중보	잠실수중보~잠수교	잠수교~한강대교	한강대교~행주대교	행주대교~신곡수중보	신곡수중보~전류
한강	35,000	0.030	0.026	0.022	0.025	0.026	0.023	0.016
	하천정비기본계획(2002) 계획홍수량	팔당댐~신곡수중보 하류(굴포천 합류점)						굴포천합류~한강하류,곡릉천합류
	37,000	**0.030**						**0.020**
금강	홍수량(cms)	대청조정지댐~매포		매포~금남		금남~마어구		마어구~공주
	35,000	0.027		0.027		0.027		0.03
	하천정비기본계획(2002) 계획홍수량	대청조정지댐~공주수위표						
	5,920 ~ 11,600	**0.027**						
달천	홍수량(cms)	1구간		2구간	3구간	4구간		5구간
	1,200	0.040		0.040	0.040	0.045		0.050
	하천정비기본계획(1996) 계획홍수량	대청조정지댐~공주수위표						
	1,750	**0.033**						

조도계수 산정을 위하여 선정된 각 홍수사상의 상류단 유량수문곡선과 하류단 수위수문곡선 그리고 산정된 조도계수를 이용한 계산결과와 실측수위의 비교는 Fig. 1 ~ Fig. 3과 같다.

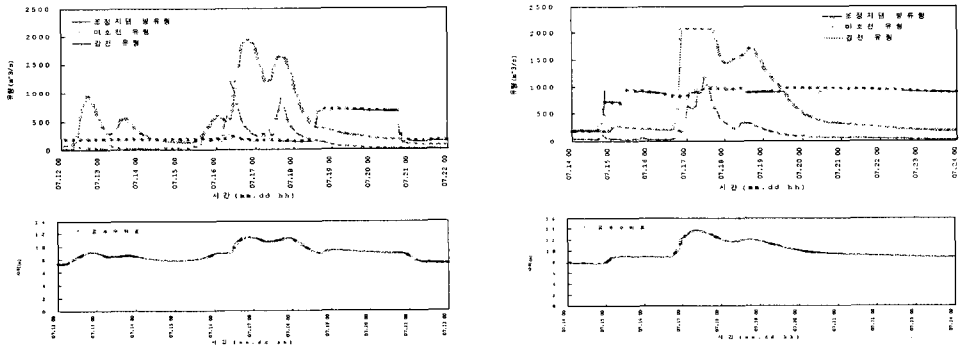


(a) 경계조건

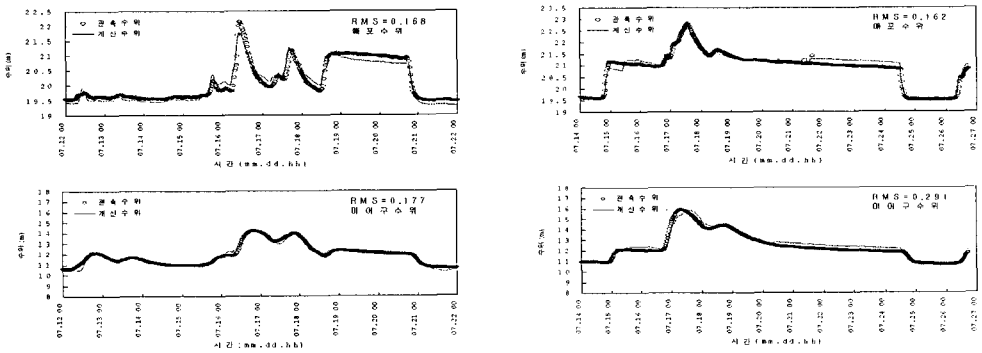


(b)검증결과

Fig. 1 한강의 각 홍수사상 경계조건과 검증결과

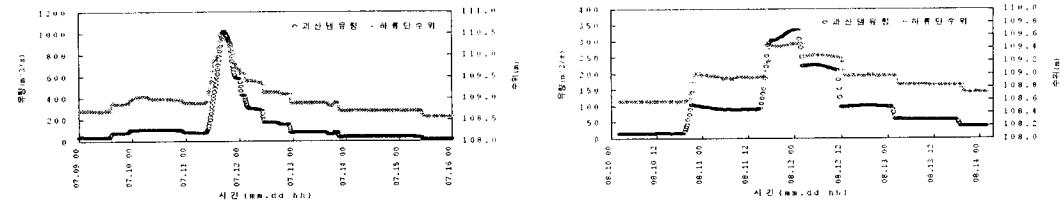


(a) 경계조건

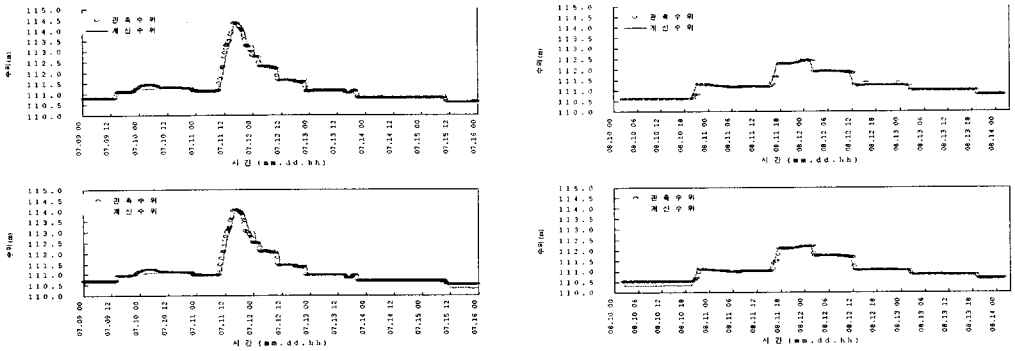


(b)검증결과

Fig. 2 금강의 각 홍수사상 경계조건과 검증결과



(a) 경계조건

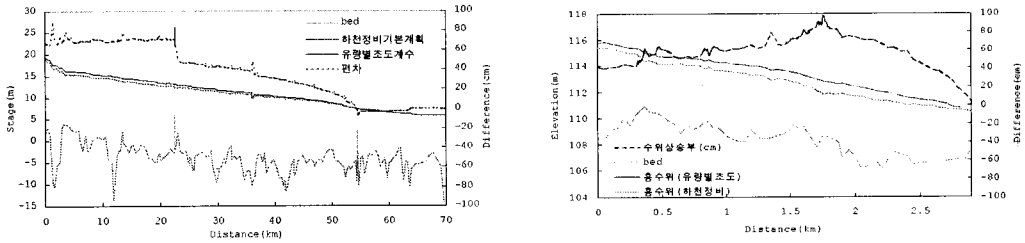


(b)검증결과

Fig. 3 달천의 각 홍수사상 경계조건과 검증결과

3. 조도계수의 민감도 분석

본 연구에서는 유량별 조도계수를 이용한 계산결과와 기존 하천정비기본계획에 수록된 일정한 조도계수를 이용한 계산결과를 비교함으로써 홍수위의 민감도를 분석하였다. Table 2에 제시된 계획홍수량과 Table 1에 제시된 실제홍수량의 비교를 통하여 첨두홍수량이 계획홍수량에 근접하는 한강의 2002년 8월 사상과 달천의 2005년 7월 사상을 대상으로 하였다. 두 가지 조도계수를 사용한 경우를 구분하여 첨두홍수위 계산결과를 Fig. 4에 비교하였다.



(a) 한강 (b)달천

Fig. 4 조도계수에 따른 첨두홍수위의 비교

분석결과, 한강에서는 신곡수중보에서부터 유량별 조도계수를 사용한 경우의 첨두홍수위가 일정한 조도계수를 사용한 경우에 비하여 높게 계산되었으며, 잠실수중보 상류에서는 최대 87.3cm의 차이를 보이고 있다. 달천에서는 본 연구에서 산정한 조도계수를 사용한 경우의 첨두홍수위가 일정한 조도계수를 사용하는 경우에 비하여 전반적으로 높게 계산되었으며, 최대 97.5cm의 차이를 보이고 있다. 이러한 해석결과로부터 첨두홍수량의 규모가 큰 대하천에서 조도계수의 미세한 차이는 큰 홍수위의 차이를 나타낼 수 있으며, 반면 첨두홍수량의 규모가 작은 중소하천에서 상대적으로 큰 조도계수의 차이가 유사한 홍수위의 차이를 나타낼 수 있음을 미루어 짐작할 수 있다. 따라서 대하천의 경우 정밀한 유량별 조도계수의 산정이 필요하며 중소하천의 경우 조도계수 산정을 위한 다양한 방안을 함께 고려하는 연구가 절실히 필요할 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 불연속 흐름에서도 정확도가 검증된 고정확도 모형인 SNS 모형을 다양한 규모의 자연하천에 적용함으로써 유량규모에 따른 조도계수를 산정하였다. 각각의 하천에서 최근 홍수사상에 대하여 하천정비기본계획에 수록된 조도계수를 사용한 해석결과와 본 연구에서 산정된 조도계수를 사용한 해석결과를 비교함으로써 조도계수의 가변성과 하천 규모에 따라 정확한 조도계수를 산정해야 될 필요성을 확인할 수 있다. 하천의 조도계수가 홍수위에 미치는 영향은 매우 지배적이므로 다양한 규모의 하천에서 실측수위를 이용한 객관적이고 정량적인 조도계수 산정에 관한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

감 사 의 글

본 연구는 건설교통부 및 한국건설교통기술평가원 건설핵심기술연구개발사업의 연구비지원(06건설핵심B01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 과학기술부 (2006). 고정확도 하천홍수 해석기법 개발.
2. 김원, 김양수, 우효섭 (1995). "부정류 모형을 이용한 한강 하류부 하도의 조도계수 산정." **한국수자원학회논문집**, 제28권 6호, pp. 133-146.
3. 이정규,, 이창현 (2004). "수리학적 홍수추적 모형을 이용한 한강하류부의 조도계수 산정" **대한토목학회논문집**, 제24권 제1B호, pp. 23-32.
4. 황의준, 전경수 (1997). "한강 본류에 대한 부정류 계산모형: 모형의 보정." **한국수자원학회논문집**, 제30권 5호, pp. 549-559.