

# 여의도 샛강 및 밤섬이 한강 홍수에 미치는 영향 분석

○이종태\*, 전형준\*\*

## 1. 서론

서울지역을 관류하는 한강의 홍수로부터 하천연안에 밀집한 시민들의 생명과 재산을 보호하는 일은 국가 안위의 차원에서 매우 중요하다. 특히 그동안 논란이 되어왔던 샛강 및 밤섬의 존치 여부와 하천환경개선을 위한 이들 지역에의 식생, 식재 문제등은 해결되어야 할 과제로서 이를 위한 심도있는 연구, 검토가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 샛강 및 밤섬이 한강 여의도 지역의 홍수소통능력에 주는 영향을 분석하였다.

한편, 하천내의 식재는 사람들에게 휴식공간을 제공하고, 하천경관을 형성하여 녹음효과 및 친수공간을 제공하며 자연생태계를 유지하는데에도 도움을 줄 수 있다. 따라서 본 연구에서는 한강 여의도 주변의 식재를 통하여 친수공간을 조성하려는 서울시의 계획을 고려하여 고수부지 식재에 따른 홍수위 영향을 분석하였다. 이를 위해서 한강 여의도 샛강, 고수부지 및 밤섬 등에 식생을 고려한 조도계수를 산정하고 식재 위치와 범위에 따른 홍수위, 유속 등의 영향을 분석하였다.

## 2. 기본이론

본 연구에서는 식생의 영향을 고려한 홍수기간의 여의도, 밤섬구간에서의 수리특성을 파악하기 위하여 부등류 해석의 1차원 모형으로 HEC-RAS, 2차원 모형으로 RMA-2를 채택하였다. HEC-RAS 모형에서는 식(1)~(3)의 연속방정식과 에너지 보존식을 사용하고, RMA-2 모형에는 연속방정식과 2차원 천수 방정식을 사용한다(∴(4) - 식(6)).

$$\sum_{i=1}^{In} Q_i = \sum_{k=1}^{Out} Q_k \quad (1)$$

$$WS_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (2)$$

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (3)$$

\* 경기대학교 토목·환경공학부 교수

\*\* 삼안건설 기술공사 수자원부

여기서,  $WS$  ; 수위,  $V$  ; 평균유속,  $\alpha$  ; 에너지 보정계수,  $h_e$  ; 에너지 손실수두,  $C$  ; 단면 확대, 축소계수

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial(hU)}{\partial x} + \frac{\partial(hV)}{\partial y} = 0 \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = & - \left( \frac{1}{\rho} \frac{\partial p_a}{\partial x} + g \frac{\partial z}{\partial x} \right) + \frac{\tau_{sx} - \tau_{bx}}{\rho h} + F_{Bx} \\ & + \nu \left( \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} = & - \left( \frac{1}{\rho} \frac{\partial p_a}{\partial y} + g \frac{\partial z}{\partial y} \right) + \frac{\tau_{sy} - \tau_{by}}{\rho h} + F_{By} \\ & + \nu \left( \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

여기서  $p_a$  ; 수면에서의 대기압,  $\tau_s$  ; 수면에서 바람응력,  $\tau_b$  ; 바닥마찰응력,  $F_B$  ; 단위 질량당 체적력

### 3. 한강 유역개황 및 식생현황

한강의 서울구간인 강동대교에서 행주대교까지의 유로연장은 약 38.90km, 하폭은 약 940~1,410m이다. 이 구간에는 탄천, 중랑천 합류점 및 반포천이 유입되는 동작대교 구간에는 만곡이 형성되어 전체적으로 W형을 이룬다. 강동대교~잠실대교 구간의 하상경사는 약 1/6,921이고, 잠실대교~마포대교 구간의 하상경사는 약 1/8,711, 마포대교~행주대교 구간의 하상경사는 1/28,182로서 하류로 접근하면서 경사가 완만해진다.

한강의 왕숙천구역에서는 습지식물인 버드나무가 분포하고 있고, 성내천, 탄천, 뚝섬 및 한강시민공원을 포함하는 탄천구역중 강변도로와 시민공원에는 식재된 꽃병나무, 족제비싸리, 개나리, 쥐똥나무, 무궁화, 수양버들, 은사시나무, 느티나무, 버즘나무 등이 생육하고, 뚝섬 한강시민공원을 포함하여 탄천과 동작대교를 잇는 중랑천구역의 올림픽대로(반포동)변에는 느티나무 노거수(마을나무)가 보존되어 있으며 도로변에는 개나리, 꽃병나무, 족제비싸리, 은사시나무, 버즘나무, 아카시아나무가 보호되고 있다. 여의도 한강시민공원 및 여의도 샛강을 포함하는 노들섬~여의도 구역, 공원주변 강쪽에는 왕벚나무, 계수나무, 느티나무, 아카시아나무, 가죽나무, 쥐똥나무, 개나리 등이 식재되어 있으며, 노들섬에는 자연식생이 없고 버즘나무, 버드나무 등이 가로수로 식재되어 있다.

### 4. 하도자료 및 경계조건

한강본류의 계획 홍수량은 37,000CMS이며 하류 경계 조건으로 행주대교의 계획 홍수위는 11.29m이다. 1, 2차원 모형의 입력자료로 사용한 하도의 지형자료는 한강수로조사용역 보고서(1999)와 수치지형도 1/1,000(서울특별시 지리정보과)와 1/1,000 지형도, 1/5,000 지형도에 근거하여 구성하였다. 전반적인 한강의 흐름의 특성을 분석하기 위해 대상 구간을 강동대교에서 행주대교까지 모의를 하였다.

대상 구간에 대한 유한 요소망은 2,269개 요소와 7,349개의 Node로 구성하였고(그림 1), 1,2차원 모형 둘 다 계획홍수위와 비교적 일치하였다.

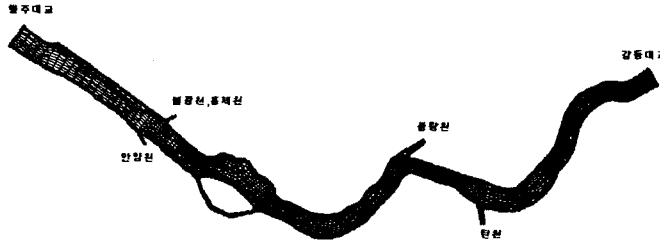


그림 1 2차원 모형(RMA-2)의 격자망 구성도(강동대교~행주대교)

### 5. 여의도 셋강 및 밤섬의 홍수위 영향분석

여의도 셋강 매립으로 인한 한강대교 지점의 홍수위는 약 5.24cm, 한강철교 지점의 홍수위는 약 5.09cm가 상승되었다. 하류로 갈수록 매립 전·후의 영향은 작아지는 경향을 보였다. 한편, 여의도 셋강으로 유입되는 홍수량은 약 1,310CMS로 모의되었으며, 매립에 따른 한강의 홍수위를 주요 지점별로 비교하면 표 1과 같다. 한편 밤섬이 한강대교 홍수위에 미치는 영향은 약 10cm내외로 추정되었다 (표2).

표 1 셋강 매립에 따른 주요 지점별 홍수위 비교

위 치	누 가 거리(m)	계 획 홍수위 (E.L)	RMA-2			HEC-RAS			비 고
			매립전 (m)	매립후 (m)	수위차 (cm)	매립전 (m)	매립후 (m)	수위차 (cm)	
31+290	4,620	14.78	14.76	14.77	0.90	14.76	14.78	2.00	마포대교
33+340	5,670	15.00	14.99	15.06	2.59	14.99	15.03	3.70	원효대교
35+370	6,700	15.19	15.14	15.19	5.09	15.08	15.13	5.00	한강철교
36+480	7,310	15.33	15.23	15.28	5.24	15.34	15.39	4.80	한강대교

표 2 밤섬의 유무에 따른 주요 지점별 홍수위 비교

위 치	누 가 거리(m)	지 점	밤섬이 있는 경우			밤섬이 없는 경우			비 고
			유속 (m/s)	수심 (m)	수위 (m)	유속 (m)	수심 (m)	수위 (m)	
31+290	4,620	마포대교	1.83	12.40	14.76	1.81	12.32	14.67	
33+340	5,670	원효대교	1.53	12.08	14.99	1.55	11.98	14.87	
35+370	6,700	한강철교	2.20	15.15	15.14	2.21	15.06	14.97	
36+480	7,310	한강대교	2.51	18.22	15.23	2.52	18.13	15.14	

## 6. 여의도 고수부지 식재의 영향분석

여의도 구간의 흐름해석을 위한 경계 조건으로 한강분류의 계획 홍수량, 37,000CMS를 선택하였고 하류 경계 조건으로 성산대교의 계획 홍수위는 13.62m이다. 이 구간에 대하여 교량의 영향을 고려하여 10,846개 요소와 30,624개의 Node로 요소망을 구성하였다(그림 2). 또한 여의도 주변의 식생을 고려한 조도계수를 표3과 같이 산정하였다. 수목식재 검토구간은 그림 3에서의 A~E지역이며 홍수시 그 유속이 0.7m/s이내인 정체 또는 완속지역이다. 이들 지역의 선택에 따라 5가지 case(표4)에 대하여 식재영향을 분석하였으며 그 결과는 표 5와 같다. 이 표에서 알 수 있는 바와 같이 여의도 고수부지 지역에 대한 식재가 한강대교 홍수위에 미치는 영향은 약 2cm이내인 것으로 산정되었다.

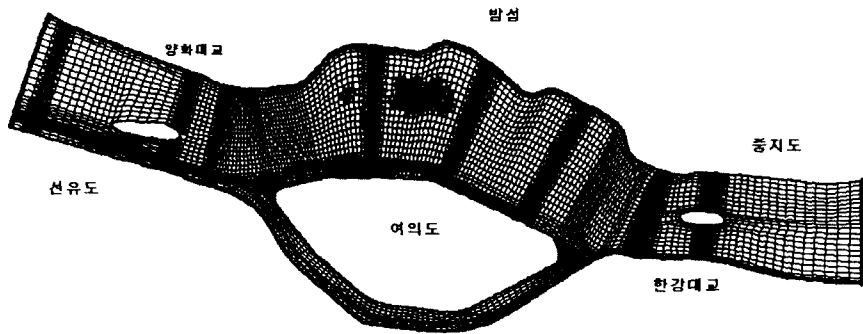


그림 2 RMA2 모형 격자망 구성도(동작대교~성산대교)

표 3 여의도인근 주요지역의 조도계수 산정

구 분	조도 계수 (n)								비고
	셋강	여의도 고수부지						밤섬	
		A 지역	B 지역	C 지역	D 지역	E 지역	평균		
조도 계수	0.063	0.0525	0.0645	0.057	0.051	0.057	0.056	0.085	



그림 3 여의도인근 주요지역의 수목식생 현황 및 계획

표 4 CASE별 식재지역 위치

CASE	식재지역
CASE 1 (A+B+C)	국회의사당 뒷편 주변 고수부지 지역 (A지역) + 국회의사당~마포대교 고수부지 지역 (B지역) + 마포대교~원효대교 고수부지 지역 (C지역)
CASE 2 (A+B+D)	국회의사당 뒷편 주변 고수부지 지역 (A지역) + 국회의사당~마포대교 고수부지 지역 (B지역) + 63빌딩 뒷편 고수부지 지역 (C지역)
CASE 3 (A+C+D)	국회의사당 뒷편 주변 고수부지 지역 (A지역) + 마포대교~원효대교 고수부지 지역 (C지역) + 63빌딩 뒷편 고수부지 지역 (D지역)
CASE 4 (A+B+C+D)	국회의사당 뒷편 주변 고수부지 지역 (A지역) + 국회의사당~마포대교 고수부지 지역 (B지역) + 마포대교~원효대교 고수부지 지역 (C지역) + 63빌딩 뒷편 고수부지 지역 (D지역)
CASE 5 (A+B+C+D+E)	국회의사당 뒷편 주변 고수부지 지역 (A지역) + 국회의사당~마포대교 고수부지 지역( $V \geq 0.7m/s$ 구간포함) (B지역) + 마포대교~원효대교 고수부지 지역 (C지역) + 63빌딩 뒷편 고수부지 지역 (D지역)

표 5 식재에 따른 주요 지점별 홍수 특성치의 비교

구분	식재전	식재후										
		CASE 1		CASE 2		CASE 3		CASE 4		CASE 5		
		$\Delta H(cm)$	$\Delta H(cm)$	$\Delta H(cm)$	$\Delta H(cm)$	$\Delta H(cm)$	$\Delta H(cm)$	$\Delta H(cm)$	$\Delta H(cm)$	$\Delta H(cm)$		
한강대교 지점	유속(m/s)	2.51	2.51		2.51		2.51		2.51		2.51	
	수위(m)	15.26	15.27	0.59	15.27	0.43	15.27	0.35	15.27	0.59	15.28	1.89
	수심(m)	18.25	18.26		18.26		18.26		18.26		18.27	
한강대교 지점 단면 평균	평균유속(m/s)	2.56	2.56		2.56		2.56		2.56		2.56	
	평균수위(m)	15.18	15.18	0.56	15.18	0.43	15.18	0.34	15.18	0.59	15.19	1.93
	평균수심(m)	14.79	14.79		14.79		14.79		14.79		14.81	
한강철교 지점	유속(m/s)	1.18	1.17		1.17		1.17		1.17		1.17	
	수위(m)	15.18	15.18	0.61	15.18	0.45	15.18	0.39	15.18	0.64	15.18	1.97
	수심(m)	17.18	17.18		17.18		17.18		17.18		17.20	
한강철교 단면 평균	평균유속(m/s)	2.20	2.20		2.20		2.20		2.20		2.20	
	평균수위(m)	15.10	15.10	0.59	15.10	0.45	15.10	0.36	15.10	0.61	15.12	1.98
	평균수심(m)	15.19	15.19		15.19		15.19		15.19		15.21	
원효대교 단면 평균	유속(m/s)	1.53	1.53		1.54		1.53		1.53		1.53	
	수위(m)	15.00	15.01	0.85	15.00	0.38	15.01	0.57	15.01	0.85	15.02	2.32
	수심(m)	12.12	12.50		12.49		12.49		12.50		12.51	
마포대교 단면 평균	평균유속(m/s)	1.84	1.77		1.82		1.78		1.77		1.74	
	평균수위(m)	14.79	14.79	-0.07	14.80	0.84	14.79	-0.62	14.79	-0.07	14.81	2.00
	평균수심(m)	12.44	12.44		12.48		12.43		12.44		12.46	
서강대교 단면 평균	평균유속(m/s)	1.57	1.56		1.56		1.58		1.56		1.52	
	평균수위(m)	14.51	14.51	0.14	14.51	0.11	14.51	0.02	14.51	0.13	14.52	0.64
	평균수심(m)	11.95	11.97		11.97		11.97		11.97		11.98	

(표 5 계속)

구 분		식재전	식재 후									
			CASE 1		CASE 2		CASE 3		CASE 4		CASE 5	
				$\Delta H(\text{cm})$		$\Delta H(\text{cm})$		$\Delta H(\text{cm})$		$\Delta H(\text{cm})$		$\Delta H(\text{cm})$
당산 철교 단면 평균	평균유속(m/s)	2.18	2.20		2.20		2.20		2.20		2.20	
	평균수위(m)	14.15	14.15	-0.06	14.15	-0.07	14.15	-0.07	14.15	-0.06	14.14	-0.39
	평균수심(m)	14.61	14.71		14.71		14.71		14.71		14.69	
양화 대교 단면 평균	평균유속(m/s)	2.18	2.20		2.20		2.20		2.20		2.20	
	평균수위(m)	13.93	13.93	0.22	13.93	0.21	13.93	0.22	13.93	0.22	13.93	0.06
	평균수심(m)	14.45	14.02		14.02		14.02		14.02		14.02	

## 7. 결론 및 요약

본 연구에서는 1,2차원 모형인 HEC-RAS와 RMA-2 모형으로 전반적인 서울지역 한강의 흐름의 특성을 검토하였고, 한강 여의도 주변 셋강, 밤섬이 홍수소통에 주는 영향과 여의도 주변의 식재영향을 분석하였다.

- (1) 한강 여의도 셋강을 매립하였다고 가정하였을 경우에 한강대교 지점에서 약 5.24cm, 한강철교 지점에서 약 5.09cm 이었으며 하류로 갈수록 셋강 매립의 영향은 작아지는 것으로 나타났다.
- (2) 또한 밤섬의 유무에 따른 한강대교 지점의 홍수위는 약 10cm의 수위차를 보여 밤섬이 여의도 셋강보다 한강 홍수에 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.
- (3) 한편, 여의도 고수부지의 식재영향은, 식재지역에 따라 한강 홍수위는 최대 약 2.32cm 정도의 수위 상승의 영향이 있는 것으로 나타났다. 홍수위 상승량이 0.35~0.57cm 정도로서 식재 영향이 비교적 작은 CASE1 또는 CASE3지역에 식재를 하는 것이 홍수 위험도를 최소화하는 경우로서 치수 안전도면에서는 가장 바람직한 것으로 나타났다.

## 8. 참고문헌

1. 윤세의 (1996), “하천식수의 수리학”, 한국수자원학회지, 제29권 제 2호, pp 27~38.
2. 이삼희, 이진원, 옥기영 (1999.12), “하천식생에 의한 수리특성 예측모형 개발”, 한국건설기술연구원.
3. 황연상 (1992), “여의도 셋강 매립에 의한 홍수위 변동 분석”, pp 2~6.
4. 서울시, 한강수로조사 보고서, 한강관리사업소 1999
- 5 B. PRZEDWOJSKI & R. BLAZEJEWSKI, K. W. PILARCZYK (1995), “River Training Techniques”, A. A. BALEMA, pp 414~428.
6. Fu-Chun Wu, Hsieh Wen Shen and Yi-Ju Chou (1998), “Variation Of Roughness Coefficients For Unsubmerged And Submerged Vegetation”, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 125, No. 9, ASCE.
7. TETSURO TSUJIMOTO (1999), “Fluvial processes in streams with vegetation”, Journal of Hydraulic Research De Recherches Hydrauliques”, Vol. 37, No. 6.
- 8 建設省 河川局 治水課(1994), “河道内の 樹木の 伐採・植樹을 위한 가이드라인(安)”, 山海堂