

팔당댐 방류량에 따른 한강 시민공원 침수범위 분석

An Analysis of Flooding Range due to the Outflow of Paldang Dam at Hangang Parks

이재준*, 곽창재**, 이상원***
Lee Jae Joon, Kwak Chang Jae, Lee Sang Won

요지

친수환경으로서의 수변공간의 활용은 위락공간 및 자연환경으로서 도시민의 삶의 질 향상에 매우 큰 의미를 지닌다. 서울시민의 대표적인 친수환경 공간인 한강시민공원은 조성 이후 이용자에게 위락 및 자연공간으로서 그 역할을 다하여 왔으나 최근에 급증하고 있는 이상기상현상과 국지적 집중호우의 증가에 따라 도시지역 및 상류지역의 홍수 발생시에는 한강시민공원의 폐쇄와 함께 이용자의 접근을 사전통제하거나 신속하게 대피시켜 안전을 도모하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 한강시민공원이 침수되는 상황을 모의분석하기 위해 필요한 각종 기본 자료와 매개변수에 대한 고찰을 실시하였고, 팔당댐 방류량에 따른 1차원 및 2차원 수치모형을 통한 한강시민공원의 홍수위 영향을 분석하였다. 본 연구에서 분석한 결과는 홍수 발생시 한강시민공원의 합리적인 이용 및 관리와 이용자의 안전 및 비상대처계획 등의 수립에 있어서 중요한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 한강시민공원, 팔당댐 방류량, 홍수위, 도달시간

1. 서론

한강시민공원은 서울의 중심부를 가로지르며 넓은 수변공원으로 조성되어 있어 많은 사람들이 각 지구에 구비된 레저, 위락, 조경, 스포츠 시설 등을 다양하게 활용하고 있으며, 친수성 및 친자연환경성 공간으로서 정서적 안정감을 제공해주고 있기도 하다. 최근 4년간의 한강시민공원 12개 지구의 연 평균 이용객은 4,700만명으로 집계되고 있으며, 한강시민공원 단위면적당 71.08명으로 나타났다. 이러한 한강시민공원이 태풍 및 집중호우로 인한 홍수 발생 시에는 이용객의 안전을 위하여 사전대비 및 이용객 통제 등과 같은 한강시민공원의 침수범위에 대한 분석을 통한 홍수예경보 시스템의 구축이 이루어져야 한다. 한강은 팔당댐 방류량의 유입과 서해안의 조석에 대한 영향을 받고 있으며, 임진강을 비롯한 여러 지류에서 홍수량이 유입되고 있으며, 교량이나 수중보등의 인위적인 구조물이 많이 설치되어 있어 아주 복잡한 하천흐름 양상을 띠고 있기 때문에 수리학적 해석이 더욱 절실하다. 최근 한강에 대한 수리학적 흐름해석에 대한 연구는 한강 하류부를 중심으로 하구부 흐름의 분석(한강홍수통제소, 1997), 한강 및 임진강에 대한 조석 영향분석(해양수산부, 2001,2002)등의 연구가 있으며, 수리학적 모형 구축을 통한 흐름해석은 김상호와 김원(2002), 이을래 등(2005), 김상호와 김원(2006)등 여러 연구자들에 의해 연구가 진행되었다. 그러나, 한강시민공원에 대한 직접적인 침수원인 분석과 침수위에 대한 연구는 한강시민공원사업소에서 매년 발간하고 있는 “풍수해 대책” 보고서에 의존할 뿐, 한강분류 전반에 대한 수리학적 흐름해석을 통한 분석은 이루어지지 않은 실정이다. 본 연구에서는 한강시민공원이 침수되는 상황을 모의분석하기 위해 필요한 각종 기본 자료와 매개변수에 대한 고찰을 실시하고, 팔당댐 방류량에 대한 한강분류의 1차원 및 2차원 수치모형을 통한 한강시민공원의 홍수위 영향을

* 정회원·금오공과대학교 토목환경공학부 교수E-mail : jhb365@kumoh.ac.kr

** 금오공과대학교 대학원 토목공학과 박사과정

*** 금오공과대학교 대학원 토목공학과 석사과정

분석하였다.

2. 침수상황 분석을 위한 기본 자료와 매개변수 고찰

2.1 수리학적 흐름해석을 위한 기본자료 및 매개변수

2.1.1 본류 및 지천의 계획홍수량

현재 한강 본류부에 대한 계획홍수량은 재현기간 200년 규모에 37,000m³/s 을 안전하게 소통시킬 수 있도록 설정되어 있으며, 서울시 관내의 한강 본류로 유입되는 주요 지천으로는 탄천, 중랑천, 홍제천, 안양천이 있다. 한강시민공원에 침수가 발생할 경우에 대한 정확한 수리분석을 위해서는 팔당댐 방류량과 주요 각 지천의 유입량이 주어져야 하나 한강대교와 잠수교의 수위자료가 기록되고 있을 뿐 지천의 수위나 유입량은 관측되지 못하고 있다. 따라서 지천의 유입 상황을 고려하기 위해서는 본류부의 계획홍수량에 대한 유량수문곡선의 비율로 동일하게 지천 유역에도 홍수가 발생하였다고 가정하여 지천의 유입량을 지천의 계획홍수량에 대한 본류부 비율을 적용하여 지류 유량수문곡선을 산출하여 적용하는 방안을 고려해볼 수 있다. 그러나 본 연구에서는 팔당댐 방류량에 따른 한강시민공원 각 지구의 수리분석을 실시함에 있어서 지천 유입에 관한 실적자료가 없음으로 인하여 모형의 검증은 신뢰성 있게 할 수가 없기 때문에 지천의 유입이 없는 것으로 가정하여 수리분석을 실시하였다.

2.1.2 하도단면

본 연구의 대상지역인 한강시민공원 12개 지구의 수리분석을 하기 위해서는 대상구간의 상류부에 위치한 상류단 경계조건(유량)의 부여가 가능한 지점과 대상구간의 하류부에 위치한 하류단 경계조건(수위)의 부여가 가능한 지점을 포함하여야 함으로 여기서는 상류단 경계조건 지점으로 팔당댐을 설정하고 하류단 경계조건 지점으로 전류 수위관측소를 설정하여 팔당댐부터 한강 하류부 전류지점까지 총 70km를 수리분석 대상구간으로 정하였으며, 최근의 하천 중·횡단측량 결과를 이용하여 하도단면 자료를 구축하였다. 서울시 관내의 하도단면 자료는 한강 하천정비기본계획 보고서(서울지방국토관리청, 2002)의 자료를 바탕으로 최근의 하천측량 자료인 2006년도 저수로 측량성과(한강시민공원사업소, 2006)를 반영하여 구축하였으며, 서울시 관내를 벗어난 상류측 및 하류측 하도단면은 저수로 측량성과가 없기 때문에 한강 하천정비기본계획 보고서의 자료를 활용하였다.

2.1.3 기점수위 산정

동수역학적 흐름해석을 위한 계산 방법은 부등류 해석과 부정류 해석으로 대별할 수 있다. 이 두 가지 방법은 모두 하류단 경계조건인 입력이 필수적이다. 부등류 해석은 통상 기점수위라고 불리는 하나의 수위만을 입력자료로 사용하며 부정류 해석시에는 기점수위를 기반으로 한 수위수문곡선을 입력자료로 사용하므로 하류단의 경계조건인 기점수위는 수리모형 해석시 중요한 매개변수로 작용된다. 본 연구에서는 “하천설계기준 및 해설”(한국수자원학회, 2005)에서 명시하고 있는 기점수위에 대한 사항을 고려하여 한강 본류에 대해 지류가 계획홍수량 또는 배수효과가 있는 것으로 판단하여 본류의 계획홍수량을 기점수위로 사용하기로 한다. 이에 본 연구의 최하류단인 전류지점의 한강대교 추정홍수량에 대한 실적수위자료를 수집하여 과거 전류지점의 실적수위와 한강대교 추정홍수량의 관계를 추정하였다.(표 1)

표 1 팔당댐 방류량에 대한 기점수위(전류 지점)

홍수량 (m ³ /s)	1,000	3,000	5,000	10,000	12,000	15,000	20,000	25,000	30,000	37,000
금번 연구 기점(전류)수위(EL.m)	4.07	4.30	4.53	5.11	5.34	5.69	6.27	6.84	7.42	8.23

2.1.4 조도계수

동수역학적 수리모형의 매개변수 중의 하나인 조도계수는 현재 국내 모든 하천에 대하여 명확한 수치가

수립되어 있지 않고, 특히 한강과 같은 대하천에서는 잦은 퇴적과 세굴에 의한 하상변동으로 인해 그 수치를 가늠하는 것이 어렵다. 본 연구에서는 “하천설계기준 및 해설”에 의거하여 과거에 채택된 조도계수를 직접 이용하여 비교-검토를 통한 적절한 조도계수를 선정하고자 한다. “한강·임진강 유역에 대한 조위영향 연구”(해양수산부, 2001, 2002)에서 선정된 조도계수를 바탕으로 수정하여 표 2와 같은 팔당댐 방류량별 조도계수를 사용하였다.

표 2 금번 연구에서 사용한 조도계수

유량(m ³ /s)	팔당댐 ~ 잠실수중보	잠실수중보 ~ 신곡수중보	신곡수중보 ~ 전류
<1,000	0.040	0.035	0.025
1,000 ~ 2,000	0.040	0.035	0.025
2,000 ~ 4,000	0.035	0.035	0.022
4,000 ~ 6,000	0.032	0.030	0.022
6,000 ~ 12,000	0.030	0.030	0.018
12,000 ~ 20,000	0.027	0.028	0.018
20,000 ~ 35,000	0.025	0.028	0.018

3. 팔당댐 방류량에 따른 한강시민공원의 침수범위 분석

본 연구에서 수집한 기본자료와 검증된 매개변수를 이용하여 한강시민공원의 팔당댐 방류량에 따른 1차원 및 2차원 수리분석을 실시하기로 하며, 1차원 수리모형으로는 HEC-RAS 모형을 이용하고 2차원 수리모형으로는 SMS 모형을 이용하기로 한다. 수리분석은 앞에서 기술한 바와 같이 부등류 해석과 부정류 해석으로 나눌 수 있다. 먼저, 1차원 수리분석은 부등류 및 부정류 해석을 실시하였으며, 1차원 부등류 해석을 통해서 한강시민공원 각 지구의 침수위를 산정하고, 1차원 부정류 해석 결과를 바탕으로 팔당댐에서부터 한강시민공원 각 지구까지의 도달시간을 산정하였다. 2차원 부정류 해석은 각 지구의 유속분포와 수위분포를 보다 상세히 파악하고 침수 시 유속벡터의 방향을 통해 시설물 대피 경로를 설정할 수 있는 참고자료로 제공될 수 있도록 실시하였으며, 최종적으로 1차원 부정류 해석 결과와 2차원 부정류 해석 결과를 상호비교 하였다.

3.1 1차원 수리분석

팔당댐 방류량에 따른 1차원 수리분석은 한강시민공원 각 지구에서의 수위와 팔당댐으로부터의 도달시간을 분석하고, 수위계가 없을 경우 목측에 의한 수위관측값을 이용하여 각 지구에서 장래 수위예측을 용이하게 하기 위하여 한강의 각 교량지점에 대한 수위와 팔당댐으로부터 각 교량지점까지의 도달시간도 함께 분석하여 제시하였다. 그림 1은 각 지구별 1차원 부등류 수리분석을 통해 팔당댐 방류량에 따른 한강시민공원의 침수상황을 도시한 것이고, 표 3은 1차원 부정류 수리분석을 통한 팔당댐으로부터 각 지구까지의 도달시간을 나타낸 것이다.

구분 수위 예측값	경남동 상류 13.1 하류 12.0		잠실 상류 12.21 하류 10.75		동원 상류 14.53 하류 12.30		장원 상류 11.37 하류 10.42		반포 상류 7.30 하류 6.18		이촌 상류 10.42 하류 7.30		여의도 상류 10.47 하류 9.02		양화 상류 9.90 하류 8.70		방화 상류 7.94 하류 7.43		남지 상류 9.10 하류 8.40		강서 상류 8.20 하류 8.80		시민공원 GL m		
	수위	침수깊이	수위	침수깊이	수위	침수깊이	수위	침수깊이	수위	침수깊이	수위	침수깊이	수위	침수깊이	수위	침수깊이	수위	침수깊이	수위	침수깊이	수위	침수깊이			
37,000	13.02	1.91	12.94	0.94	12.86	0.96	12.78	0.98	12.70	0.99	12.62	1.00	12.54	1.01	12.46	1.02	12.38	1.03	12.30	1.04	12.22	1.05	12.14	1.06	최대홍수량
30,000	14.47	1.56	14.39	1.21	14.31	1.23	14.23	1.25	14.15	1.26	14.07	1.27	13.99	1.28	13.91	1.29	13.83	1.30	13.75	1.31	13.67	1.32	13.59	1.33	시민공원 완전침수
25,000	15.92	1.21	15.84	0.86	15.76	0.88	15.68	0.90	15.60	0.91	15.52	0.92	15.44	0.93	15.36	0.94	15.28	0.95	15.20	0.96	15.12	0.97	15.04	0.98	
20,000	17.37	0.86	17.29	0.41	17.21	0.43	17.13	0.45	17.05	0.46	16.97	0.47	16.89	0.48	16.81	0.49	16.73	0.50	16.65	0.51	16.57	0.52	16.49	0.53	시민공원 일부침수
18,000	18.82	0.41	18.74	0.06	18.66	0.08	18.58	0.10	18.50	0.11	18.42	0.12	18.34	0.13	18.26	0.14	18.18	0.15	18.10	0.16	18.02	0.17	17.94	0.18	
17,000	19.27	0.06	19.19	0.00	19.11	0.02	19.03	0.04	18.95	0.05	18.87	0.06	18.79	0.07	18.71	0.08	18.63	0.09	18.55	0.10	18.47	0.11	18.39	0.12	초지침수
16,000	19.72	0.00	19.64	0.00	19.56	0.02	19.48	0.04	19.40	0.05	19.32	0.06	19.24	0.07	19.16	0.08	19.08	0.09	19.00	0.10	18.92	0.11	18.84	0.12	
15,000	20.17	0.00	20.09	0.00	20.01	0.02	19.93	0.04	19.85	0.05	19.77	0.06	19.69	0.07	19.61	0.08	19.53	0.09	19.45	0.10	19.37	0.11	19.29	0.12	
14,000	20.62	0.00	20.54	0.00	20.46	0.02	20.38	0.04	20.30	0.05	20.22	0.06	20.14	0.07	20.06	0.08	19.98	0.09	19.90	0.10	19.82	0.11	19.74	0.12	
13,000	21.07	0.00	20.99	0.00	20.91	0.02	20.83	0.04	20.75	0.05	20.67	0.06	20.59	0.07	20.51	0.08	20.43	0.09	20.35	0.10	20.27	0.11	20.19	0.12	
12,000	21.52	0.00	21.44	0.00	21.36	0.02	21.28	0.04	21.20	0.05	21.12	0.06	21.04	0.07	20.96	0.08	20.88	0.09	20.80	0.10	20.72	0.11	20.64	0.12	
11,000	21.97	0.00	21.89	0.00	21.81	0.02	21.73	0.04	21.65	0.05	21.57	0.06	21.49	0.07	21.41	0.08	21.33	0.09	21.25	0.10	21.17	0.11	21.09	0.12	
10,000	22.42	0.00	22.34	0.00	22.26	0.02	22.18	0.04	22.10	0.05	22.02	0.06	21.94	0.07	21.86	0.08	21.78	0.09	21.70	0.10	21.62	0.11	21.54	0.12	
9,000	22.87	0.00	22.79	0.00	22.71	0.02	22.63	0.04	22.55	0.05	22.47	0.06	22.39	0.07	22.31	0.08	22.23	0.09	22.15	0.10	22.07	0.11	21.99	0.12	
8,000	23.32	0.00	23.24	0.00	23.16	0.02	23.08	0.04	23.00	0.05	22.92	0.06	22.84	0.07	22.76	0.08	22.68	0.09	22.60	0.10	22.52	0.11	22.44	0.12	
7,000	23.77	0.00	23.69	0.00	23.61	0.02	23.53	0.04	23.45	0.05	23.37	0.06	23.29	0.07	23.21	0.08	23.13	0.09	23.05	0.10	22.97	0.11	22.89	0.12	
6,000	24.22	0.00	24.14	0.00	24.06	0.02	23.98	0.04	23.90	0.05	23.82	0.06	23.74	0.07	23.66	0.08	23.58	0.09	23.50	0.10	23.42	0.11	23.34	0.12	
5,000	24.67	0.00	24.59	0.00	24.51	0.02	24.43	0.04	24.35	0.05	24.27	0.06	24.19	0.07	24.11	0.08	24.03	0.09	23.95	0.10	23.87	0.11	23.79	0.12	
4,000	25.12	0.00	25.04	0.00	24.96	0.02	24.88	0.04	24.80	0.05	24.72	0.06	24.64	0.07	24.56	0.08	24.48	0.09	24.40	0.10	24.32	0.11	24.24	0.12	
3,000	25.57	0.00	25.49	0.00	25.41	0.02	25.33	0.04	25.25	0.05	25.17	0.06	25.09	0.07	25.01	0.08	24.93	0.09	24.85	0.10	24.77	0.11	24.69	0.12	
2,000	26.02	0.00	25.94	0.00	25.86	0.02	25.78	0.04	25.70	0.05	25.62	0.06	25.54	0.07	25.46	0.08	25.38	0.09	25.30	0.10	25.22	0.11	25.14	0.12	
1,000	26.47	0.00	26.39	0.00	26.31	0.02	26.23	0.04	26.15	0.05	26.07	0.06	25.99	0.07	25.91	0.08	25.83	0.09	25.75	0.10	25.67	0.11	25.59	0.12	
500	26.92	0.00	26.84	0.00	26.76	0.02	26.68	0.04	26.60	0.05	26.52	0.06	26.44	0.07	26.36	0.08	26.28	0.09	26.20	0.10	26.12	0.11	26.04	0.12	

그림 1 각 지구별 팔당댐 방류량에 따른 침수위 및 침수심(금번 연구)

표 3 팔당댐 방류량별 각 지구까지의 도달시간

(단위: 분)

방류량 (m ³ /s)	광나루	잠실	뚝섬	잠원	반포	이촌	여의도	양화	망원	난지	강서
37,000	103.1	141.2	136.4	165.3	204.6	191.2	238.2	273.5	248.4	281.4	312.6
34,000	106.2	145.9	140.9	171.3	212.9	198.7	248.5	286.1	259.3	294.6	328.0
30,000	109.3	145.1	139.9	172.4	217.0	201.7	255.0	295.3	266.5	304.4	340.2
24,000	124.0	113.4	164.6	200.3	249.1	232.5	290.3	333.7	302.7	343.4	381.6
20,000	144.7	197.9	191.4	232.2	287.5	268.8	333.5	381.5	347.3	392.1	433.9
16,000	147.4	203.7	196.8	241.6	303.8	282.7	356.7	414.4	373.1	427.2	478.1
12,000	178.9	245.8	237.7	290.7	363.1	338.7	423.4	488.3	441.8	502.6	558.9
10,000	190.9	265.0	256.3	316.4	401.4	372.4	474.7	557.6	498.0	576.1	649.6
8,000	216.1	301.3	291.6	359.9	456.7	423.8	540.5	635.7	567.0	656.7	740.0
6,000	256.3	355.6	344.3	423.4	533.6	496.4	627.0	731.5	656.3	754.2	844.1
4,000	329.9	461.3	447.0	550.3	698.1	647.5	824.4	969.5	864.7	1001.3	1126.6
2,000	517.3	739.4	716.3	892.1	1153.7	1063.0	1378.8	1644.1	1453.2	1702.3	1931.7
1,000	781.0	1152.8	1111.7	1430.8	1918.5	1750.4	2338.1	2844.2	2476.3	2955.0	3393.0

3.2 2차원 수리분석

본 연구 대상구간인 한강시민공원의 2차원 수리분석을 실시하기 위한 총 구간거리는 약 70km로서 유한요소망의 수가 너무 많아지고 계산시간도 많이 소요되어 단일 해석으로 분석하기에는 많은 무리가 따른다. 따라서 각 지구사업소의 위치와 2차원 격자 요소의 제한성을 감안하여 광나루·잠실·뚝섬(제 1구간), 잠원·반포·이촌(제 2구간), 여의도(제 3구간), 양화·망원·난지(제 4구간), 강서(제 5구간)의 총 5개 구간으로 나누어 2차원 수리분석을 실시하였다. 2차원 수리분석 시 상·하류단 경계조건으로는 HEC-RAS 모형에 의한 1차원 부정류 해석 결과를 이용하여 각 구간의 상류단에는 유량수문곡선, 하류단에는 수위수문곡선을 경계조건으로 적용하여 2차원 수리분석을 수행하였다. 2차원 수리분석 결과는 분석유형별 모의조건이 많아서 본 연구에서는 계획홍수량(37,000m³/s) 상황에 대한 것만을 수록하였다.(그림 2~그림 12)

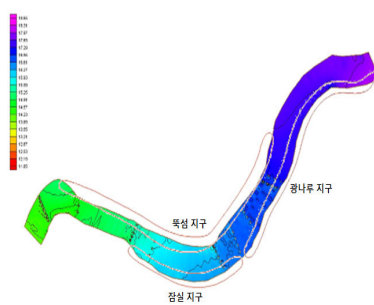


그림 2 제 1구간
침수위 분포도
(광나루, 잠실, 뚝섬지구)

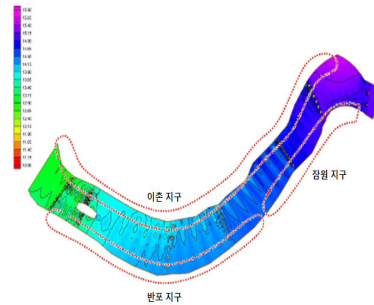


그림 3 제 2구간
침수위 분포도
(잠원, 반포, 이촌지구)

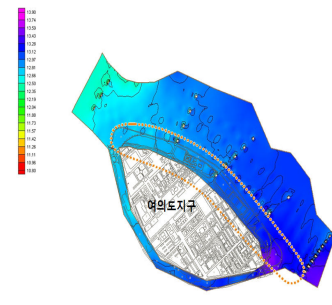


그림 4 제 3구간
침수위 분포도
(여의도 지구)

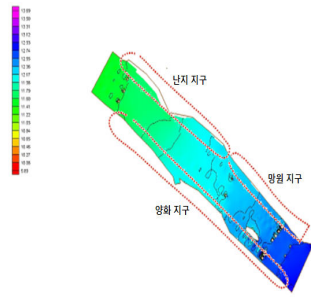


그림 5 제 4구간
침수위 분포도
(양화, 망원, 난지 지구)

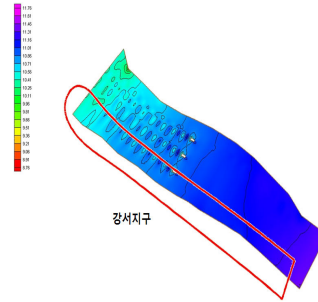


그림 6 제 5구간
침수위 분포도
(강서 지구)

4. 결론

본 연구에서는 서울시민의 대표적인 친수환경 공간인 한강시민공원의 수리학적 흐름해석을 통해 팔당댐 방류량에 따른 한강시민공원의 침수범위를 분석한 것으로 그 주요 결론을 정리하면 다음과 같다.

1. 한강시민공원이 침수되는 상황을 모의분석하기 위해 필요한 각종 기본 입력자료 및 매개변수에 대해 고찰하였다.
2. 1차원 수리수치모형을 적용하여 부정류 해석을 통해 팔당댐 방류량별 각 지구의 침수상황 파악과 침수위를 분석하였고, 부정류 해석을 통해 팔당댐으로부터 각 지구까지의 홍수와 도달시간을 산정하였다.
3. 2차원 부정류 해석을 통해 한강시민공원 각 지구별 침수범위를 분석하였으며, 각 시민공원 지구의 유속분포와 수위분포를 보다 상세히 파악하고 침수 시 유속벡터의 방향을 통해 시설물 대피 경로를 설정할 수 있는 참고자료로 활용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부 서울지방국토관리청(2002), 한강 하천정비기본계획(보완)(팔당댐~하구).
2. 김상호, 김원 (2002), “한강 하류부 흐름해석을 위한 수리학적 모형의 구축”, 한국수자원학회논문집, 제35권, 제5호, pp.485-500.
3. 김상호, 김원 (2006), “한강 하류부 동수역학적 흐름거동에 대한 연구(신곡수중보를 중심으로)”, 2006년 분과위원회 연구과업보고서, 한국수자원학회, pp.31~75.
4. 서울특별시 한강시민공원사업소 (2006), 2006 풍수해 대책(재해없는 한강).
5. 이을래, 김원, 김상호 (2005), “수리학적 인자에 의한 한강에서의 홍수위 영향 분석”, 한국수자원학회논문집, 제38권, 제2호, pp.121-131.
6. 한강홍수통제소 (1997), “수리학적 모형을 이용한 한강 상류부 하도의 홍수예측모형 개발”.
7. 한국수자원학회 (2005), 하천설계기준-해설.
8. 해양수산부 (2001, 2002), 한강-임진강 유역에 대한 조위영향 연구(I, II).
9. Haestad Method, G. Dyhouse, J. Hatchett, and J. Benn (2003), Floodplain Modeling Using HEC-RAS, First Edition, Hasetad Press, 696p.
10. ECGL (2005), SMS Version 8.0 Reference Manual. Brigham Young University.