학술기사

'98 호우에 의한 아산호 및 안성천 홍수방어 능력검토와 치수 대안

안 태 진 (한경대학교 토목공학과 조교수)

1. 유역 특성

안성천 유역은 위도 36° 50′~37° 20′, 경도 126° 50′~127° 00″ 범위에 위치하고 있으며 북동쪽으로 한강유역, 남동쪽으로는 금강유역, 남서쪽으로는 삽교천유역과 접하고 있다. 유역내 행정구역으로는 군포시, 수원시, 오산시, 의왕시, 평택시, 용인시, 화성군, 안성시, 아산시 및 천안시의 일부 지역 또는 전지역를 포함하고 있다.

안성천의 유역면적은 1,654.7km²이고 주하천 유로연장은 70km이다. 강우로 인한 유수는 안성천 유역의 주하천인 진위천과 안성천으로 유입되어 '73년 12월에 준공된 아산방조제에 의하여 조성된 아산호로 들어간다. 진위천 유역면적은 732.3km², 안성천 유역면적은 664.9km², 아산호 인접 유역면적은 257.52km²이다. 유역 상류부에는 중규모 농업용댐이 건설되어 조성된 고삼, 이동, 신갈, 금광저수지가 있다. 이들 저수지의 유역면적은 고삼 71km², 이동 93km², 신갈 53km², 금광 48km²이다.

안성천 유역의 토지이용 상황은 전유역면적의 약 41%가 농경지이며, 임야면적이 약 43%, 도시면적, 내수면 면적 등의 기타 면적이 약 16%이다. 지형은 유역경계를 제외하고는 대부분이 평야지대이고 아산호 주변에는 대단위 농경지가 조성되어 있다. 유역평균 경사는 약 16%, 총 하천연장은 740km, 하천 밀도는 0.44km/km², 하류구간의 하천경사는 1/12,000, 중류구간의 하천경사는 1/1,500, 상류구간의 하천경사는 1/300 정도이다.

2. '98 호우 분석

안성천 유역에서 '98년에 관측된 집중강우는 8월 7일부터 8월 9일까지 3일간 발생하였다. 유역내 강우관측소로는 건교부에서 10개소 운영하고 있고, 각 시·군에서도 운영하는 강우관측소가 다수있다. 그림 1은 안성천 유역내 건교부에서 운영하고 있는 수위관측소와 우량관측소를 나타내고 있다. '98년 8월 7일부터 9일까지 내린 강우는 건교부의 강우관측소와 각 시·군에서 관측된 강우 기록으로부터 수집하였다.

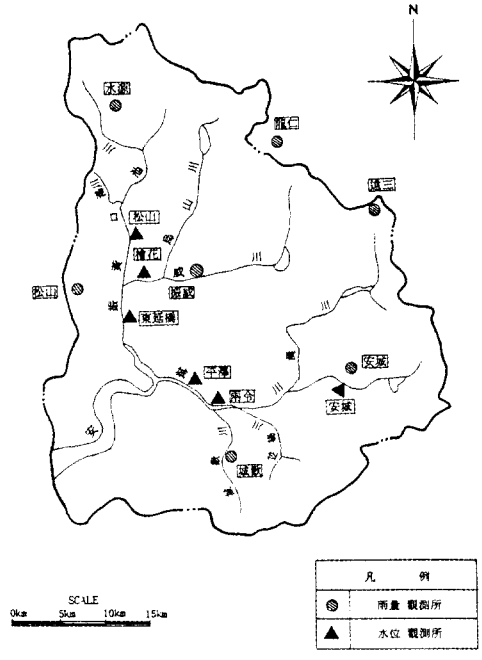

그림 1. 안성천 유역 수문관측소 위치

각 시 · 군의 면단위에서 관측된 강우를 산술평균하여 각 시 · 군의 평균강우량으로 하였다. 호우기간 동안 유역내 지점강우량으로 1시간 최대강우량은 기흥 강우관측소에서 관측된 98mm이며, 1일 최대강우량 역시 기흥관측소에서의 258mm이었다. 강우기록에 의하면 시 · 군내에서 관측된 강우뿐만 아니라 각 시 · 군 그리고 건교부에서 관측된 강우는 시간적 · 공간적으로 상당히 차이가 있음을 알 수 있었다.

98년 8월 호우기간 동안 1일 강우지속기간 유역평균강우량은 표 1에서 보는 바와 같이 182.4mm로 추정되었다. 안성천 유역 일평균 확률강우량은 수원, 송산, 진위, 성환, 안성, 원삼강우관측소에서 '64년부터 '97년까지 연최대 일강우량을 이용하여 지점별 확률강우량을 결정한 후, 티센법에 의하여 유역 일평균 확률강우량을 추정하였다. 분석에 적용한 확률분포형은 정규분포, 2변수 대수정규분포, 3변수 대수정규분포, 제 I형 극치분포, 제 III형 Pearson 분포, 제 III형 대수 Pearson 분포, Gumbel- Chow 방법 및 이와이(Iwai) 분포이다. 확률분포형의 적합도 검정은 Kolmogorov-Smirnov(K-S)법을 적용하여 K-S 검정의 기준량인 최대편차가 최소인 확률분포형을 적정분포형으로 하였다. 표 2와 같이 '98년 8월 호우기간 동안 관측된 지점강우량을 지점별 확률강우량으로 비교하면 수원관측소(243mm)는 약 20년빈도 강우량에 해당되지만 성환(143mm), 안성(130.4mm) 및 원삼관측소(158mm)인 경우는 약 5년 빈도 강우량에 해당된다. 또한 금번 호우시 관측된 유역 일평균강우량 182.4mm는 표 1에서 보는 바와 같이 아산호 준공 후 관측된 최대 일평균 유역강우량이나 확률강우량으로는 10년 빈도에서 못 미치는 유역 면적강우량임을 알 수 있다. 표 2에서 '95년 평택

표 1. 안성천 유역 주요 호우와 유역 평균강우량

호우기간(호우원인)	일수	일자	유역 평균강우량(mm)	비고
98. 8. 7~8. 9(국지성호우)	3	1 2 3	39.7 182.4* 41.8	건교부, 시 · 군 관측치 산술평균 * 아산호 준공후 최대치
90. 9. 8~9. 12(태풍)	5	1 2 3 4 5	12.7 20.5 176.7 136.9 25.8	(2순위)
91. 9. 3~9. 5(장마전선)	3	1 2 3	17.8) 87.3 100.3	(3순위)

표 2. 안성천 유역 건교부 우량관측소의 확률 일강우량 및 유역 일평균 확률강우량 (단위 : mm)

관측소	가중인자	재현기간(년) 5	10	20	30	50	80	100	150	200	500	분포형
수원	0.160	182.7	218.4	252.0	271.0	294.4	315.6	325.5	343.5	356.1	396.0	Pearson Ⅲ
송산	0.117	180.5	217.1	251.7	271.5	296.1	318.6	329.3	348.7	362.5	406.7	3-대수정규
진위	0.196	172.0	214.9	259.0	285.7	320.2	353.2	369.2	399.1	420.9	493.6	Iwai
성환	0.256	148.5	176.3	204.1	220.6	241.8	261.7	271.3	289.1	302.0	344.3	3-대수정규
안성	0.188	145.1	165.1	183.1	193.1	205.1	215.8	220.8	229.8	236.0	255.6	Iwai
원삼	0.084	191.3	234.6	277.6	303.0	335.4	365.8	380.5	407.6	427.1	491.2	3-대수정규
유역평균 확률강우량		165.4	198.4	230.5	249.3	273.1	295.3	305.9	325.4	339.4	385.1	분석자료 '64~'97
1973 (농림수산부)		-	-	-	-	-	-	364.0	-	-	-	아산호 설계 당시
1990(건설부)		-	-	-	-	-	-	292.0	-	-	-	안성천 하상변동조사
1993(건설부)		161.0	194.5	228.1	248.1	274.0	298.6	310.5	-	-	-	안성천 홍수예경보 조사
1994(건설부)		-	-	-	-	270.0	294.2	306.1	328.1	-	-	안성천정비 기본계획
1995 (평택농조)		-	-	175.6 (220)	189.8 (237)	207.5 (259)	224.0 (280)	231.8 (290)	256.2 (320)	-	-	아산호 갑문 능력검토

농조에서 추정한 확률강우량 중 내서는 유역평균 확률강우량이며, 면적강우량의 80%인 조정강우량을 설계강우량으로 하였다.

'98년 호우기간 최대시우량은 수원관측소에서 70mm, 기흥관측소에서 98mm, 평택관측소에서 95mm 등으로 관측되었다. '98 호우기간에 관측된 시우량을 재현기간으로 평가하면 수원지방에 내린 최대시우량 70mm는 약 20년 빈도 확률강우량에 해당되지만 기흥이나 평택은 수원지방을 기준으로 할 때 200년 빈도 이상의 확률강우량이 됨을 알 수 있다.

3. 아산호 유입하천의 홍수위 분석

안성천은 '73년 안성천 하구언인 아산방조제 준공 후, 정기적으로 하천정비 기본계획을 변경함으로서 안성천 각 구간에서의 계획홍수량과 계획홍수위는 지속적으로 변화하여 왔다. 표 3은 '98년 8월 호우기간 동안 각 수위관측소에서의 최대 시수위와 최대 홍수량, 그리고 '94년 건교부의 안성천 하천정비 기본계획에서 수립한 계획홍수위와 홍수량을 나타내었다. 최대 홍수량은 건교부의 안성천수계 유량측정보고서('95, '96, '97)에서 제시한 수위-유량곡선식을 적용하여 결정하였다. 그러나 '98년 8월 호우기간에 관측된 수위자료는 수위-유량곡선식의 적용 범위를 벗어나는 경우가 많아 적용범위의 수정이 요구된다.

'98년 8월 호우기간 중 송산 및 평택관측소에서의 수위는 기왕의 최대수위를 갱신시켰다. 표 3과 같이 '98. 8. 9. 00:00-05:00 약 6시간 동안 송산 수위관측소 지점에서의 시간별 수위는 계획홍수위 el. 11.31m를 초과하여 발생하였다. 표 3에서 보는 바와 같이 안성천과 진위천의 계획홍수위와 계획홍수량은 '98 호우시 안성천 유역에 발생한 강우량과 그 발생빈

표 3. 안성천 수위관측소 지점에서의 수위 및 홍수량

동연교 수위관측소					
최대홍수위	el. 8.45m	계획홍수위	el. 9.34m	수위표 영점표고	el. -0.2m
최대홍수량	1568m^3/s	계획홍수량	3300m^3/s	유역면적	652.8km^2
수위-유량식	$Q=89.9619(h-1.99)^{1.5021}$: $2.35\leq h\leq 8.0$('95, '96, '97 관측) $Q=30.2878(h-1.3)^{2.0035}$: $2.1\leq h\leq 8.05$(95 관측)				
비 고					
평택 수위관측소					
최대홍수위	el. 7.06m	계획홍수위	el. 7.83m	수위표 영점표고	el. 4.178m
최대홍수량	1253m^3/s	계획홍수량	2300m^3/s	유역면적	585.9km^2
수위-유량식	$Q=4.9935(h+0.73)^{2.9256}$: $H=h+3$('95, '96, '97 관측)				
비 고					
송산 수위관측소					
최대홍수위	el. 11.64m	계획홍수위	el. 11.31m	수위표 영점표고	el. 6.09m
최대홍수량	965m^3/s	계획홍수량	1400m^3/s	유역면적	267.4km^2
수위-유량식	$Q=3.14(h+0.57)^{2.7345}$: $-1.4\leq h\leq 4.2$ $(H=h+2)$ ('95, '96, '97 관측)				
비 고	'98. 8. 9 00:00~05:00 계획홍수위 초과				
회화 수위관측소					
최대홍수위	el. 9.109m	계획홍수위	el. 10.79m	수위표 영점표고	el. 4.749m
최대홍수량	826m^3/s	계획홍수량	1900m^3/s	유역면적	357.9km^2
수위-유량식	$Q=99.582(h-1.261)^{1.5}$: $0.35\leq h\leq 4.0$, $H=h+1$('95, '96, '97 관측)				
비 고					
공도 수위관측소					
최대홍수위	el. 13.77m	계획홍수위	el. 14.94m	수위표 영점표고	el. 8.50m
최대홍수량	641m^3/s	계획홍수량	1500m^3/s	유역면적	368.5km^2
수위-유량식	$Q=19.307(h-0.51)^{2.3447}$: $1.3\leq h<4.6$, ('95, '96, '97 관측)				
비 고					

표 4. 동연교와 평택 수위관측소 지점에서 합성된 시간별 유입량('98. 8. 8~8. 10)

'98. 8. 8			98. 8. 9			98. 8. 10		
시	유량(m^3/s)	아산호 운영	시	유량(m^3/s)	아산호 운영	시	유량(m^3/s)	아산호 운영
0	207		0	1308	종료수위 :	0	730	
1	242		1	1699	2.49m	1	646	종료수위 :
2	263	'98. 8. 7. 11:30	2	2020	방류량 :	2	573	2.33m
3	279	수위 : 1.5m,	3	2418	40230(10^3)m^3	3	562	방류량 :
4	279	무방류 기간	4	2677		4	441	51390(10^3)m^3
5	309		5	2788	무방류기간	5	391	
6	377		6	2743		6	353	무방류기간
7	469		7	2644		7	328	
8	553	방류기간 :	8	2524		8	311	
9	615	07:30~14:10	9	2407	방류기간 :	9	299	
10	662	시작수위 : 2.2m	10	2250	06:30~16:41	10	291	방류기간 :
11	688	종료수위 : 1.2m	11	2131	시작수위 : 4.6m	11	265	08:30~15:10
12	693	방류량 :	12	1987	종료수위 :	12	240	시작수위 :
13	682	22864(10^3)m^3	13	1864	3.9m	13	218	2.75m
14	652		14	1728	방류량 :	14	201	종료수위 :1.33m
15	606		15	1599	54990(10^3)m^3	15	191	
16	606		16	1464		16	184	-
17	522	무방류기간	17	1339	무방류기간	17	181	-
18	489		18	1213		18	179	-
19	479		19	1137	방류기간	19	179	-
20	482	방류기간	20	1075	18:20~03:51	20	180	-
21	529	19:15~13:00	21	1005	시작수위 :	21	180	-
22	668	시작수위 : 2.2m	22	912	4.28m	22	179	-
23	968		23	826		23	175	-

도년수에 대한 계획홍수위와 계획홍수량을 다시 검토해야 타당함을 암시해 주고 있다. 표 4는 동연교와 평택 수위관측소 지점에서 합성된 시간별 유입량을 보여주고 있다.

4. 아산호 홍수분석 및 배수갑문 능력 검토

안성천의 하구에는 평택지구 대단위 농업개발 사업 일환으로 아산방조제가 '73년 12월에 준공되어 아산호가 조성되었다. 방조제에는 아산호 과잉수 배제용 배수갑문이 폭 10m로 12연이 설치되어 있으며 배수갑문바닥고는 10연이 el. -3.0m, 2연이 el -4.0m이다. 아산호의 만수위는 표고 +2.5m이고 홍수위는 표고 +4.5m이다. '98년 8월 호우시, 8월 9일 03:00부터 06:30까지 조위가 내수위보다 높아 배수갑문을 열지 못하여 내수위는 홍수위를 0.1m 초과한 +4.6m를 기록하였다(표 4 참조). 한편 아산호 유입량을 표 4와 같이 동연교 수위관측소와 평택 수위관측소 지점에서 합성된 시간별 유입량을 살펴 보면 8월 9일 05:00에 최대유입량이 발생되었음을 알 수 있다. 동연교 수위관측소의 유역면적은 652.8km^2 평택 수위관측소의 유역면적은 585km^2으로 아산호 유역면적 1654.7km^2의 74.85%이다. 아산호 내수위 증가와 안성천 수위증가로 평택시 일원이 침수되고 또한 주민대피령도 내려졌으나 8월 9일 06:30부터 조위 하강과 함께 배수갑문을 통한 방류를 시작한 후, 내수위도 8월 9일 16:41에는 +3.9m까지 하강하였다.

'98년 8월 호우시 아산호의 수위 변화는 아산호의

홍수조절능력과 안성천의 하천정비계획에 관하여 고찰하게 한다. '98년 8월 호우시 안성천 유역에 내린 강우량을 계산하면 8월 8일 일평균 면적강우량은 182.4mm이고, 8월 8일 00:00부터 8월 9일 03:00까지(27시간) 유역 평균강우량은 218.5mm이었으나 아산호 내수위는 홍수위보다 0.1m 높은 +4.6m를 기록하였다. '73년 아산호 준공 후, '98년 호우시 내린 유역평균강우량 218.5mm는 최대값으로 기록되며 홍수위 +4.6m 또한 최고값이다(표 9 참조). '73년 아산방조제 준공시 아산호 유역의 설계강우량은 264mm이며 홍수위는 +4.5m이었다. 설계강우량은 24시간 강우지속기간에 100년 빈도 강우량이며 설계홍수위는 배수갑문 폭을 120m로 하였다. 아산호 설계당시의 만수위는 +3.5m이었으나 평택농조 이관 후, 일부 농경지 침수가 발생하여 만수위를 +2.5m로 낮추어 운영하고 있다. 따라서 아산호의 홍수조절용량은 당초 계획보다 상당히 증가되었음을 알 수 있다. 그러나 '98년 호우는 설계강우량에 훨씬 못 미치지만 아산호의 내수위는 설계홍수위를 초과하였다.

표 6은 아산호의 시간별 홍수유입량을 '73년 설계당시, '94년 건교부 안성천 하천정비기본계획시, '95년 평택농조 배수갑문 능력 검토시 및 '98년 8월 호우에 관하여 수록하였다. '73년 아산호 설계당시, '94년 하천정비계획 수립시 및 '95년 평택농조 배수갑문 능력검토시, 시간별 홍수위는 하천의 기저유량은 고려하지 않았으며 각각 설계강우량에 대한 유출계수를 계산하면, '73년 설계당시는 약 65.7%, '94년 하천정비계획시에는 약 82%, '95년 배수갑문 능력 검토시는 78.4%이었다. 또한 계산된 유효강우량으로 유출곡선지수(curve number, CN)를 계산하면 '73년 설계당시의 유출곡선지수는 약 72, '94년 하천정비 계획시에는 약 84, '95년 배수갑문 능력 검토시에는 80으로 하였다. 설계강우량에 대한 시간별 유입량은 하구언 준공 후 지속적으로 증가하여 왔다. 첨두홍수량을 살펴보면 '73년 설계당시는 2,460m^3/s(설계강우량, 264mm), '79년 안성천 하천정비 계획시는 4,305m^3/s, 그리고 '94년 하천정비 계획시에는 6,900m^3/s(설계강우량, 306.1mm)으로 증가되었으나, '95년 배수갑문 능력 검토시에는 4,344m^3/s(설계강우량, 231.8mm)로 평가하였으며 '98 호우시에는 약 3,600m^3/s으로 추정된다. 안성천 각 구간의 계획홍수량은 증가해 왔지만 아산호의 계획홍수위는 변경되지 않았고, '98년 호우시 약 20년빈도 유역 일평균강우량에 해당하는, 강우지속기간 27시간인 약 218.5mm의 유역 평균강우량으로 인하여 아산호의 계획홍수위는 초과하였던 것이다.

표 5는 아산호의 홍수분석 결과를 요약하였는 바, '73년 설계당시 설계강우량은 264 mm/day으로 갑

표 5. 아산호 홍수분석 결과

		설계강우량 (mm)	첨두홍수량 (m^3/s)	아산호 홍수위 (el. m)	비고
'79 농림수산부 아산호 설계시		264.0*	2460	+4.50	협 갑문폭 120m
'97 건설부 하천정비계획	갑문폭 120m	306.1*	6,900	+5.99	
	갑문폭 250m			+4.93	
	갑문폭 300m			+4.76	
	갑문폭 360m			+4.60	
'95 평택농조	갑문폭 120m	231.8*	4,344	+4.38	
'98. 8. 8~8. 10	갑문폭 120m	218.5**	3,624	+4.60	강우량 및 홍수위는 아산호 준공후 관측된 최고치
금회 아산호 갑문 능력검토 분석결과	'98 호우시 홍수유입량	218.5**	3,624	+4.53(본 검토시 재현된 값)	갑문 weir 유량계수 0.6
	설계당시 홍수유입량	264.0*	2,760 기저유량 300포함	+4.10	
	'94 건설부 하천정비계획시 홍수유입량	306.1*	6,900	+4.76 갑문폭 360m +5.13 갑문폭 300m	

* 100년 빈도 24시간 지속기간
** 27시간 지속

표 6. 아산호 시간별 홍수유입량(m^3/s)

시	'73 농림수산부	'94 건설부	'95 평택농조	'98. 8. 8 ~8. 10	시	'73 농림수산부	'94 건설부	'95 평택농조	'98. 8. 8 ~8. 10
1	20			270	36	1360	1474	1813	2770
2	40			314	37	1300	1217	1594	2583
3	76			342	38	1250	1014	1391	2424
4	120			362	39	1200	847	1211	2246
5	174	328		362	40	1150	708	1049	2078
6	240	340	4	401	41	1100	592	913	1904
7	340	370	12	490	42	1060	495	796	1740
8	460	423	27	609	43	1020	417	695	1577
9	600	502	53	719	44	980	352	608	1478
10	770	611	94	800	45	940	301	533	1397
11	960	760	157	860	46	900	257	467	1306
12	1200	971	252	894	47	860	221	408	1186
13	1430	1357	409	900	48	820	193	355	1074
14	1700	2102	672	887	49	770	170	307	949
15	1900	3082	1019	848	50	730		267	840
16	2080	4074	1454	787	51	700		234	745
17	2240	5127	1965	787	52	660		206	653
18	2340	5886	2523	679	53	626		180	573
19	2400	6419	3078	636	54	590		157	508
20	2440	6760	3557	322	55	560		137	459
21	2460	6910	3932	627	56	530		121	426
22	2460	6883	4187	688	57	500		106	404
23	2430	6703	4312	868	58	470		92	388
24	2360	6407	4344	1258	59	450		80	378
25	2280	6030	4319	1701	60	426		69	344
26	2200	5596	4233	2209	61	400		60	312
27	2100	5106	4077	2627	62	380		52	283
28	2040	4519	3872	3144	63	360		45	261
29	1920	4082	3628	3480	64	340		38	248
30	1820	3631	3363	3624	65	320		32	239
31	1720	3191	3102	3566	66	310		27	235
32	1640	2778	2832	3437	67	300		17	233
33	1560	2398	2570	3281	68	282		13	233
34	1490	2053	2306	3129	69	290		10	234
35	1430	1746	2055	2925	70	260		8	234
설계 강우량	264 mm/day	306.1 mm/day	231.8 mm/day	218.5 mm/day					
비고	기저유량 제외	기저유량 제외	기저유량 제외	기저유량 제외					

문폭은 120m이고 설계홍수위는 +4.5m이었다. '94년 건설부 하천정비기본계획시 설계강우량은 306.1mm/day으로 증가하였으며, 현 갑문폭으로는 홍수위 +4.5m를 유지하기 어렵다하여 갑문폭의 확장을 검토한 결과, 기존의 갑문폭 120m에 240m를 확장하여야 홍수위 +4.6m를 유지할 수 있다고 하였다. '95년 평택농조 아산방조제 배수갑문 배제 능력 검토서는 기존 갑문폭에 30m를 확장하면 홍수위 +4.38m를 유지한다고 하였다. '98년 8월 호우시 아산호 내수위를 배수갑문 능력검토 프로그램에 재현하기 위하여 외조위는 표 7과 같은 조위를 이용하고, 담수호 수위별 내용적에 있어서 만수위 +2.5m아래는 '96년 한국농지개발연구소의 아산호 토사침전조사 및 대책연구 보고서에 있는 자료를 이용하였고 만수위 이상은 '73년 설계당시의 수위별 내용적 자료를 적용하였다. 본 검토에서 시간별 홍수유입량은 동연교 및

평택 수위관측소 지점에서의 홍수량의 1.3배를 채택하였다. 동연교 및 평택 수위관측소 지점의 유역면적은 1238.7 km^2로 전체 아산호 유역면적 1654.7 km^2의 74.85%이며 미계측유역은 416 km^2로 아산호 유역면적의 25.15%이다. 그러므로 미계측 유역면적은 계측유역면적의 33.6% 정도이다. 이상의 자료를 이용하여 '94년 8월 호우시 아산호 내수위를 재현하였는 바, 아산호 홍수위는 +4.53m로 나타났다. 이때 배수갑문 능력프로그램에서 조위, 수위별 내용적 및 홍수유입량은 표 6, 표 7 및 표 8과 같이 적용하고 배수갑문 개방시 갑문 유량계수를 0.6으로 조정하여 아산호 홍수위를 재현하였다.

표 5에서 보는 바와 같이 '98년 8월 호우시 재현한 아산호 운영조건(조위, 수위별 내용적, 유량계수, 홍수유입량)에서 홍수유입량만 설계당시의 홍수유입량으로 홍수추적을 실행한 결과, 홍수위는 +4.1m이었다. 또한 '94년 건설부의 홍수유입량으로 홍수추적을 실행한 결과, 갑문폭을 현재보다 240m 확장하여야 홍수위를 4.76m로 낮출 수 있었다. 이 때 설계 유입량의 첨두유량은 실제 '98년 호우시 첨두유량이 발생한 시각에 맞추어 실행하였다. 표 5의 검토결과에서 미비한 사항은 다음과 같다.

첫째로 수위별 내용적 자료 중 홍수추적 실행에서 필요한 것이 만수위 이상에서의 수위별 내용적 성과이다. 둘째로 '98 호우시 호내 유입량을 추정하는데 있어서 동연교와 평택수위관측소 지점에서 '95년부터 '97년까지 유량측정 성과로부터 추정된 수위-유량식을 사용하였지만 그 식의 범위를 초과하는 수위가 관측되었다. 따라서 '98년 이후의 유량측정 성과가 이번 호우시 관측된 수위에 관한 유량이 관측되었

표 7. 조위표

'98. 8. 8		'98. 8. 9		'98. 8. 10	
시	조위	시	조위	시	조위
0	-1.50	0	-3.75	0	-4.30
1	0.00	1	-1.90	1	-3.50
2	1.20	2	-0.30	2	-2.00
3	2.30	3	1.50	3	-0.75
4	3.30	4	2.50	4	0.50
5	4.20	5	3.90	5	1.90
6	340	6	4.50	6	2.70
7	2.35	7	3.50	7	3.50
8	1.30	8	2.30	8	4.30
9	0.25	9	1.30	9	4.20
10	-1.00	10	0.00	10	2.90
11	-2.60	11	-1.50	11	1.10
12	-2.80	12	-3.70	12	-1.20
13	-1.25	13	-2.30	13	-4.01
14	0.00	14	-0.65	14	-2.80
15	1.40	15	0.60	15	-1.00
16	2.25	16	1.70	16	0.21
17	3.20	17	2.90	17	1.40
18	2.80	18	3.75	18	2.30
19	1.80	19	3.00	19	3.40
20	0.65	20	2.00	20	3.80
21	-0.50	21	0.75	21	3.00
22	-1.85	22	-0.50	22	1.40
23	-3.50	23	-2.20	23	-2.20

표 8. 아산호 수위별 내용적

수위(el. m)	용적(m^3)	수위(el. m)	용적(m^3)	수위(el. m)	용적(m^3)
-6.0	5,462,682	-1.0	41,262,081	3.5	125,000,000
-5.0	8,247,893	0.0	55,688,660	4.5 (4.0)	150,000,000 (136,475,000)
-4.0	12,386,698	1.0	72,407,721	5.5 (5.0)	160,000,000 (182,984,000)
-3.0	19,097,288	2.0	92,006,456	6.5	175,000,000
-2.0	28,916,609	2.5 (2.0)	102,861,800 (97,951,900)	( ):'95년 평택농조 분석시 적용한 수치임	

표 9. 아산호 연도별 최고수위(el. m)

년 월 일	최고수위	년 월 일	최고수위	년 월 일	최고수위
77. 3. 3	2.80	83. 3. 23	2.83	90. 4. 12	3.45
78. 7. 11	3.20	84. 9. 2	3.30	91. 4. 4	2.94
79. 6. 26	3.00	85. 11. 13	2.90	92. 2. 25	2.96
80. 4. 6	3.10	86. 3. 5	3.10	93. 2. 21	2.94
81. 8. 26	2.90	87. 1. 28	3.15	94. 4. 5	2.93
82. 11. 13	2.80	88. 12. 7	2.97	95. 8. 26	3.67
		89. 3. 3	3.01	98. 8. 9	4.60

다면 보다 나은 시간별 홍수량을 결정할 수 있을 것이다. 또한 관측된 시간별 홍수량은 아산호 홍수유입량을 보다 타당성 있게 추정하는데 좋은 자료가 될 것이다. 세째로 배수갑문 방류시 보다 타당성있는 유량계수 결정이다. 위의 3가지 사항이 개선되면 보다 나은 아산호 배수갑문의 능력을 검토할 수 있을 것이고, 확장해야 할 배수갑문 폭을 타당성 있게 제안할 수 있을 것이다.

5. 홍수피해 원인 및 대책

안성천 유역내 강우관측소의 지점별 확률일강우량을 비교하면 수원관측소(243mm)는 약 20년 빈도 강우량에 해당되지만 성환(143mm), 안성(130.4mm) 및 원삼관측소(158mm)인 경우는 약 5년 빈도 강우량에 해당된다. 또한 금번 호우시 관측된 유역 일평균 강우량 182.5mm는 10년 빈도에서 못 미치는 유역 면적강우량임을 알 수 있다. 국가(직할)하천인 안성천은 100년 빈도 확률강우량을 설계강우량으로 하고 있으나, '98년 8월 호우기간 중 송산 및 평택관측소에서의 수위는 기왕의 최대수위를 갱신시켰으며, 송산수위관측소에서는 100년 빈도 강우량으로 추정된 계획홍수위를 약 6시간 초과하였다. 따라서 현재 하천의 하폭, 계획홍수위 및 계획홍수량을 재검토해야 할 것으로 판단된다. 수원강우관측소에서 관측된 시우량을 빈도분석하여 추정한 확률강우량과 '98년 홍우시 관측된 시우량을 비교하면 수원의 70mm는 약 20년 빈도에 해당하고, 기흥의 98mm와 평택의 95mm는 200년 빈도 확률강우량을 초과하였다. 그러므로 소하천 및 중소하천의 설계빈도, 설계홍수량, 설계하폭 등의 검토가 필요하다.

안성천의 하구에는 평택지구 대단위 농업개발 사업 일환으로 아산방조제가 '73년 12월에 준공되어 아산호가 조성되었다. 안성천은 '73년 안성천 하구언인 아산방조제 준공 후, 정기적으로 건교부에서 하천정비기본계획을 변경함으로써 안성천 각 구간에서의 계획홍수량과 계획홍수위는 지속적으로 변화하여 왔다. 이는 설계강우량의 증가와 아산호 유역 개발로 인한 유출량의 증가에 의한 것으로 생각할 수 있다. 아산호를 하나의 홍수조절 유수지 기능을 담당하는 시설 측면에서 볼 때, 일반적으로 상류측 하천이 개수가 되면 동일한 강우량에 대하여도 유입수문곡선의 첨두유량은 커질 뿐만 아니라 유출량의 도달시간도 빨라지므로 아산호 소요 홍수조절용량을 크게할 필요가 발생된다. 즉 설계시 설계강우량에 대한 유출량은 유역개발, 하천개수사업 등에 의하여 상당히 변화되었음을 짐작할 수 있다.

아산호 설계시 배수갑문의 폭은 설계강우량인 100년빈도 일평균 확률강우량인 264mm에 의한 유출수를 홍수위 +4.5m로 유지하기 위하여 120m로 결정되었다. 방조제 준공 후 강우기록을 보면 유역 일평균 강우량은 '98년 8월 호우시 182.4mm로서 방조제 준공 후 최대강우량으로 관측되었지만 10년 빈도에도 못미치는 유역 면적강우량이다(강우지속기간 27시간 경우에는 218.5mm, 약 20년 빈도 확률강우량에 해당). 그럼에도 불구하고 아산호의 홍수위는 계획홍수위를 초과하여 수시간 범람하였고 주변 농경지 약 2,000ha가 침수되었다. 따라서 아산호 설계유입량, 수위별 내용적 및 갑문 유량계수를 재검토하여 타당한 배수갑문의 규모를 결정하여 조속히 확장하거나 홍수배제용 펌프장을 건설하여야 할 것이다. 확장하여야 하는 수문폭은 배수갑문 확장 공사비와 각 빈도별 홍수위에 의한 피해액을 고려하여 수경제 측면에서 타당한 갑문폭으로 결정하는 것이 바람직하다. 또한 아산호의 관리는 농림부 및 평택농조, 국가(직할)하천 구간은 건설교통부, 지방1 · 2급하천(지방 · 준용하천)은 경기도에서 각각 관리를 하여 계획홍수위의 결정 또한 종합적으로 계획되지 않고 각 관리청의 주관에 의하여 설정 · 운영되고 있는 현실이다. 따라서 관련기관의 긴밀한 협조를 통하여 안성천 및 아산호의 종합적인 홍수관리 대책이 수립되어야 할 것이다.

6. 요약 및 결론

1) 안성천 유역내 소하천 및 중소하천의 설계강우량, 설계홍수량 및 설계하폭의 재검토가 요구된다. 또

한 하천정비계획시 '98 홍수시 조성된 소하천 및 중소하천의 하폭을 고려함이 바람직하다.

2) 안성천 하구언인 아산방조제의 배수갑문 능력검토를 수행함으로서, 확장하여야 할 배수갑문 규모를 제시하여 조속히 시공되어야 한다. '98 호우시 강우량은 설계강우량보다는 훨씬 작은 강우이었지만, 유역 일평균강우량으로는 아산호 준공 후 최대치이었으며 아산호 홍수위도 준공 후 처음으로 홍수위를 초과하였다. '98년 호우시 안성천 유역에 내린 강우량과 그 피해는 경기 북부 지역에 비해서는 적은 편이지만 실제 8월 9일 새벽 아산호에서 홍수위를 초과한 수위는 수시간 지속되어, 진위천 주변 주민 대피령과 함께 인근 지역이 침수되는 긴박한 순간을 보냈다. 그러므로 '98 호우시의 강우량, 안성천 수위, 아산호의 수위는 장래에 아산호 유역내 설계강우량이 내린다면 안성천 및 아산호 인근지역은 대단히 어려운 상황을 맞이할 수 있다는 경고 메시지임을 알 수 있다.

그러나 배수갑문 능력 검토시는 아산호 만수위 이상의 수위별 저수용량 자료, 호내 홍수유입량, 배수갑문 유량계수 등이 타당하게 준비되어야 한다. 황구지천에 있는 송산관측소에서는 설계강우량 이내의 강우가 내린데도 불구하고 송산관측소 주변이 범람하였으로, 강우에 대한 유출에 타당한 검토는 아산호 배수갑문 능력 검토의 선결 조건임을 알 수 있다.

만약 배수갑문 확장이 지형적인 제약으로 제안되는 규모로 시공하기 어렵다면 아산호 주변에 홍수배제용 배수펌프장을 건설하여 과잉수 배제 기능을 담당토록 하여야 할 것이다.

3) 유역 상류측 중규모 농업용 댐의 홍수조절 능력, 유역내 가능 저류능력, 안성천 저류 능력 및 아산호 홍수조절 능력을 고려하는 종합적인 유역 홍수 관리를 위한 검토가 이루어져야 한다. 즉 홍수관리를 위한 기존 저수지의 제한수위 설정, 새로운 홍수 조절용 댐의 설치에 의한 아산호 홍수 유입량의 저감을 계획하고, 새로운 안성천의 홍수위 설정에 따른 지역 내수배제 계획을 수립해야 할 것이다.

4) 안성천 유역의 홍수관리를 위한 종합적인 치수대책이 제시되어, 현재와 같이 안성천과 아산호가 별도로 계획 · 운영되지 않고 긴밀한 협조로 수해 대처에 만전을 기하여야 할 것으로 판단된다.

〈참 고 문 헌〉

1) 건설부 (1993), "안성천, 형산강 홍수예경보 시스템 기본 계획 조사".

2) 건설부 (1994), "안성천 하천정비기본계획".

3) 건설교통부 (1995, 1996, 1997), "안성천 수계 유량 측정 보고서".

4) 한국수자원학회 (1998), "98 대홍수의 특성과 홍수피해 조사 보고서".

5) 평택농조 (1995), "아산방조제 배수갑문 배제능력 검토보고서".