

안양천유역의 치수특성 및 구조적 홍수방어대책



이윤영



이홍규



황의준

이윤영 | 상무, 현대엔지니어링주식회사/yylee@hec.co.kr
이홍규 | 차장, 현대엔지니어링주식회사/hglee@hec.co.kr
황의준 | 과장, 현대엔지니어링주식회사/ejhwang@hec.co.kr

1. 안양천 유역의 일반현황

안양천은 유역면적의 절반이상이 개발지 및 인구밀집지로 구성되어있는 우리나라의 대표적인 도시하천으로 유역면적 286km², 유로연장은 32.5km로 유역 평균 폭이 8.8km인 중규모 하천으로, 서울시 및 경기도 두 개의 광역자치단체에 걸쳐 위치하고 있으며, 서울시에는 강서구, 구로구, 영등포구, 관악구, 금천구,

동작구, 양천구 등 7개구의 일부 및 전부, 경기도에는 부천시, 안양시, 의왕시, 과천시, 시흥시, 광명시, 군포시 등 7개시의 일부 및 전부를 포함하고 있다.

안양천의 인구는 총 104만여 가구에 340만여 명이 거주하고 있어 가구당 약 3.2인이 거주하고 있으며, 유역내 토지이용은 주거지 및 상업지 그리고 공업지가 전체유역면적에 50.8%를 차지하고 있어 불투수층이 절반을 넘는 도시하천의 형태를 하고 있다.

표 1.1 유역내 주요하천의 기하학적 특성

하천명	분류	유수계통		유역면적 A(km ²)	유로연장 L(km)	평균 폭 A/L(km)	형상계수 A/L ²
		제1지류	제2지류				
안양천	안양천	-	-	286.00	32.50	8.80	0.271
학의천	·	학의천	-	41.21	11.60	3.55	0.306
목감천	·	목감천	-	55.69	15.50	3.59	0.232
도림천	·	도림천	-	41.93	14.20	2.95	0.208

표 1.2 인구현황

세대수 (가구)	인구현황(인)	
	계	남 여
1,044,187	3,412,644	1,726,575 1,686,068

표 1.3 유역내 토지이용현황

농경지	주거지 및 상업지	임야	공업지	계
49,84(17.4)	133.37(46.6)	90,65(31.8)	12,14(4.2)	286.0(100.0)

단위 : km², (%)

2. 안양천 유역의 지수특성 분석

2.1 수문관측소 및 관측기록

가. 우량 및 수위관측소

안양천 유역내 및 인근에 위치한 우량관측소는 기상청관할 2개소, 건설교통부 관할 3개소, 행정자치부 관할 14개소 등 총 19개소가 위치하고 있으며, 수위관측소는 건설교통부 관할 1개소, 경기도관할 2개소, 서울시 관할 6개소 등 총 9개소가 위치하고 있다.

나. 관측기록

지속시간별 강우기록이 정리되어 있는 서울관측소의 1961년 이후의 강우기록에 의하면 1시간 최대강우량은 116.0mm, 6시간은 259.9mm, 12시간은 281.0mm, 24시간은 446.8mm로 각각 조사되었으며, 수원관측소의 경우 1시간 최대강우량은 92.5mm, 6시간은 230.0mm, 12시간은 333.7mm, 24시간은 451.5mm로 각각 기록되어있고, 수위관측이 개시된

1984년 이후 안양수위관측소의 최고 수위기록은 EL. 21.06m를 기록한 것으로 조사되었다.

2.2 홍수피해현황

안양천유역의 최근 20년(1982년~2001년) 동안에 발생한 홍수피해 액은 총 1,154억원이며, 매해 11명이 홍수로 인해 사망하고, 6,941명의 이재민이 발생하며, 평균 207ha가 침수되고, 56억원의 피해를 입고 있다. 과거 20년간 가장 심한 홍수피해를 입었던 해는 2001년으로 약 390억원의 홍수피해 액이 발생하였으며, 두 번째는 1987년에 약 380억원의 홍수피해 액이 발생하였고, 세 번째는 1990년에 약 150억원 정도의 홍수피해액이 발생하였다. 홍수피해 대상별로 구분하면 기타 동산의 피해가 44.4%로 가장 많고, 공공시설의 피해가 27.8%, 산업시설의 피해가 8.3%의 순으로 피해액이 많이 발생하고 있다. 안양천 유역내 주요 지류하천에 대한 홍수피해액을 산정한 결과 목감천의 홍수피해액은 연평균 약 15억5천만원이

표 2.1 건설교통부 및 기상청관할 우량관측소 현황

관할관서	관측소	종 별	위 치		관측 개시	비 고
			행 정 구 역	동 경 북 위		
건설교통부	구 로	T/M	서울 구로 구로구로구청	127-53-30 37-29-20	1984.4.	유역내
	안 양	T/M	경기 안양 박달 총훈교	126-54-20 37-24-10	1984.4.	유역내
	남 면	자기	경기 군포 당2 군포초교	126-56-30 37-20-40	1962.7.	유역내
기 상 청	서 울	자기	서울 종로 송월1	126-58 37-34	1907.7.	유역외
	수 원	자기	경기 수원 권선 서둔	126-59 37-16	1964.1.	유역외

표 2.2 수위관측소 현황

관할관서	관측소	하 천	위 치		영점표고 (EL.m)	관측 개시	
			행 정 구 역	동 경 북 위			
건설교통부	안 양	안양천	경기 안양 박달 총훈교	126-54-20 37-24-10	16.543	1984	
서 울 시	안양천하구	안양천	서울 강서 염창	126-52 37-33	2.20	1997	
	고척교	안양천	서울 구로 고척 고척교	126-52 37-30	4.37	1997	
	기아대교	안양천	서울 금천 시흥 기아대교	126-54 37-26	10.19	1997	
	신대방역	도림천	서울 동작 신대방 신대방역	126-55 37-29	13.05	1997	
	도림교	도림천	서울 영등포 문래 도림교	126-54 37-30	5.34	1997	
	광화교	개화천	서울 광명 광명 광화교	126-51 37-28	9.49	1997	
	경 기 도	대 한	학의천	경기 안양 동안 대한교	126-58 37-24		2001
		호 안	안양천	경기 안양 만안 호안교	126-56 37-23		2001

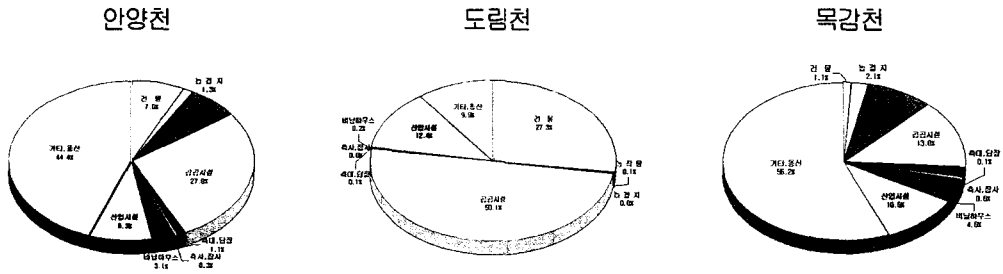


그림 2.1 홍수피해대상별 피해액 분포

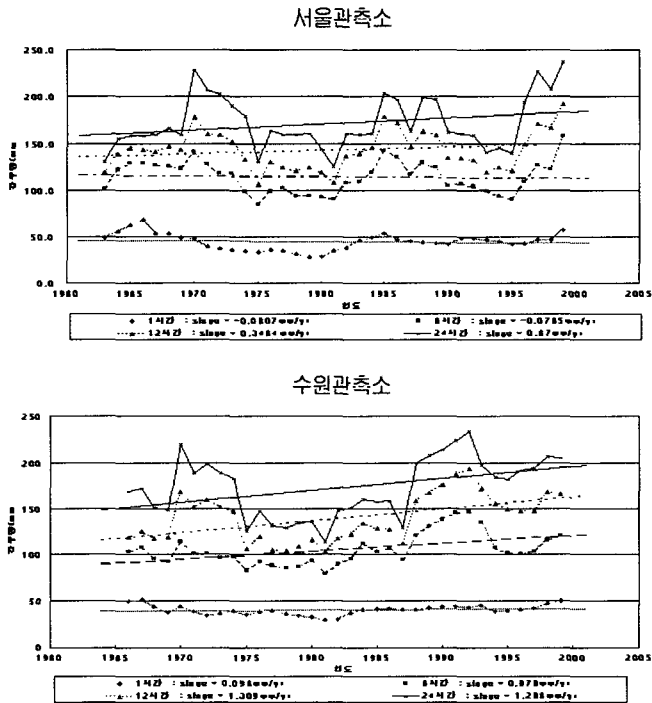


그림 3.1 연최대치 계열 강우량 증감추세

발생하고, 도림천은 약 13억원이 발생하고 있다.

3. 안양천의 홍수피해원인 및 치수계획상 문제점 분석

3.1 홍수피해원인 분석

가. 강우량의 증가

서울 및 수원관측소의 각 지속시간별 강우량의 연

최대치 계열을 5년 이동 평균하여 분석한 결과 전반적으로 강우량이 증가하는 기울기를 나타내고 있는 것으로 분석되었고, 특히 1990년대 이후에는 각 지속시간별 연최대 강우량이 증가하고 있는 것으로 나타났다.

나. 급격한 도시화

안양천유역은 서울특별시(강서구, 구로구, 영등포구, 관악구, 금천구, 동작구, 양천구)와 경기도(부천

표 3.1 유역내 불투수층변화

단위 : km²

년 도	불 투 수 층			투수층	
	주거지, 상업지	공 업 지	계	(산지, 농경지 등)	계
1983	50.94(17.8%)	14.95(5.2%)	65.89(23.0%)	220.11(77.0%)	286.0(100.0%)
2001	133.37(46.6%)	12.14(4.2%)	145.51(50.8%)	140.49(49.2%)	286.0(100.0%)

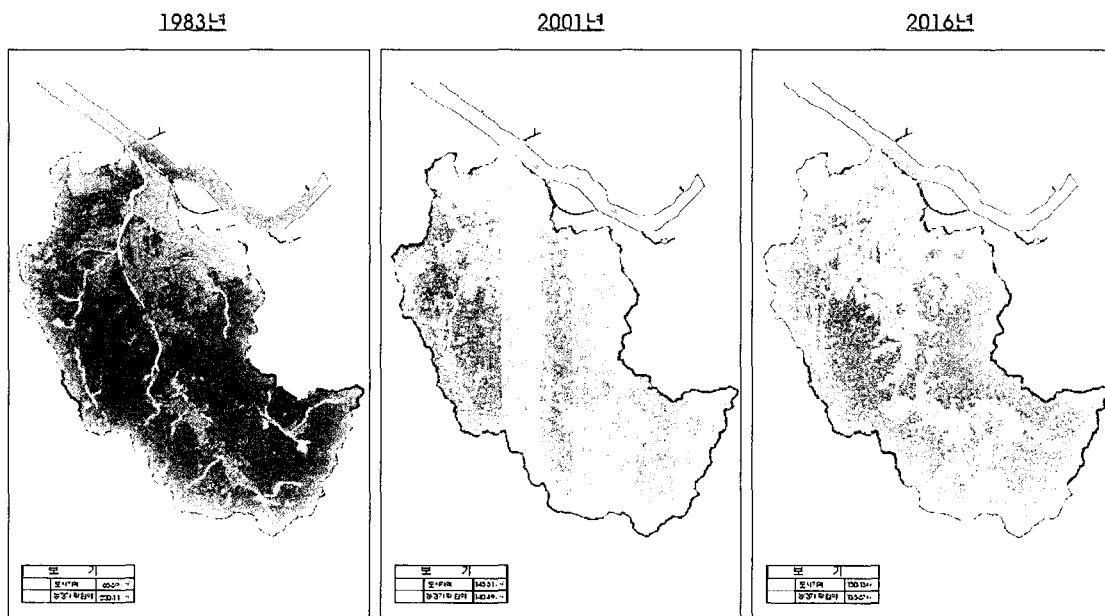


그림 3.2 안양천유역의 불투수면적 변화도

시, 안양시, 의왕시, 과천시, 시흥시, 광명시, 군포시)에 걸쳐 위치하고 있는 전형적인 도시하천으로, 1980년대 이후 서울의 목동신시가지를, 경기도의 평촌 및 산본 신도시, 각종 택지개발사업 등이 진행되면서 도시화가 급속도로 이루어졌다

도시화가 진행되어 불투수층으로 구분되어질 수 있는 주거지, 상업지 및 공업지의 경우 지난 1983년에 대비 2.2배 증가되었으며, 이러한 급격한 도시화는 궁극적으로 홍수에 취약하게 만들어 피해를 가중시키는 요인으로 작용하고 있다.

다. 하천의 복개

치수적인 측면에서 하천의 복개는 하천내에서의 콘크리트 라이닝으로 인한 조도의 감소로 인해 유속이 증가하게 되며, 복개구조물의 밀집으로 인한 통수

단면부족 및 하천의 유지관리를 어렵게 하여 퇴적으로 인한 통수단면적의 부족이 진행되고, 하천 구조물의 개수 및 신설공사가 어려운 문제점을 안게 된다. 이렇게 여러 가지 문제점들을 가지고 있음에도 불구하고, 토지이용도를 높이기 위해 과거로부터 복개가 이루어져 왔으며, 안양천의 경우 본류 및 지류 하천 연장 115.64km 중 25.273km가 복개되어 약 22%의 복개율을 나타내고 있다.

라. 기타

이밖에 하수도 및 배수펌프장 등 내수배제시설의 미비 및 능력 부족, 하도의 홍수소통능력부족, 제내지층의 구조적인 문제 등에 의해 홍수피해가 발생하고 있는 것으로 나타났다.

표 3.2 주요하천의 치수계획규모 현황

하천명	등급	구 간	제내지 토지이용현황	계획빈도(년)
안양천	국 가	하구~삼봉천합류점	주거지밀집	200
		삼봉천합류점~국가하천종점	주거지밀집	100
안양천	지방2	전 구간	주거지밀집	100
학의천	"	전 구간	중하류:주거지밀집, 상류부 :농경지	100
수암천	"	하구~(No.3.700)	주거지밀집	100
		(No.3.700)~지방2급하천 시점	산지	50
목감천	지방2	하구~옥길교지점	주거지밀집	100
		옥길교저점~능안말내지점	농경지	80
		능안말내지점~하천시점	농경지	50
오류천	"	전 구간	주거지밀집	20
도림천	"	전 구간	주거지밀집	50

3.2 안양천유역의 기존 치수사업 문제점

가. 하천정비기본계획

1) 하도에 과도한 홍수분담

안양천유역의 기본계획이 수립된 20개 하천 중에서 목감천을 제외한 모든 하천에서 기본홍수량 전체를 하도에서 부담하는 것으로 홍수처리방향이 수립되어 있다. 이러한 계획은 유역에서 발생하는 홍수량을 하천을 이용한 직접적인 배수체계만을 염두에 두고 하도준설이나, 제방축제 및 증고계획에 의해서만 치수계획을 수립한 것으로 하도에 과도한 부담을 안겨 주고 있다. 이와 같은 계획의 결과로 설계빈도를 초과하는 홍수는 물론 설계빈도 이하의 홍수시에도 외수 및 내수에 의한 피해가 빈발하는 원인을 제공하고 있다.

2) 적정 계획하폭의 미확보

안양천유역내에 위치한 하천의 하폭은 유역이 개발되기 이전 보다 도시화로 인한 불투수층의 증가, 강우량의 증가 등으로 홍수소통을 위한 계획하폭을 늘려야 할 상황이나, 도시화가 진행되면서 토지이용 증대를 위해 하천구역을 잠식하여 하천의 종방향으로 설치한 도로교량, 횡단교량의 설치, 기타 구조물의 설치로 계획하폭 및 통수단면적은 오히려 축소되고 있는 실정으로 계획홍수량에 대한 하도의 홍수

소통능력은 급격히 줄어든 상황이다. 즉, 홍수유출량은 점차 증가하고 있는 반면 하도의 홍수소통능력은 점차 줄어들고 있어 홍수피해 잠재능은 점차 커지고 있다.

3) 계획규모의 일관성 결여

안양천유역내 위치하고 있는 1개 국가하천과 19개 지방2급 하천의 경우 각 하천의 제내지측 토지이용상황, 하천의 중요도 등에 따라 합리적으로 계획규모가 설정되어있지 않은 상태에서 200년에서 20년까지 큰 편차로 계획규모가 설정되어있다. 이와 같은 계획규모의 편차는 기본계획 수립자, 수립기간 등이 서로 다르고, 계획규모를 판단하는 기준이 명확하지 않음에 따라 나타난 결과로 보인다.

4) 경계하천의 일관성 있는 치수사업 결여

경계하천은 하천의 상하류, 혹은 좌우안의 행정구역이 다른 관계로 관리청이 다른 하천으로, 안양천유역내에는 안양천, 학의천, 목감천, 갈현천 등 4개 하천이 위치하고 있다. 하천의 특성상 상류와 하류, 좌안과 우안은 서로 밀접한 관계를 갖고 있어 일관성이 있는 계획 및 치수사업이 이루어져야 하나, 경계하천의 경우 행정구역에 따라 상, 하류 및 좌, 우안의 관리청이 달라 치수계획 및 사업시행에 일관성이 결여되어있는 경우가 많다.

4. 홍수피해잠재능 및 유역홍수분담량

4.1 홍수피해잠재능(Potential Flood Damage; PFD) 분석

가. 홍수피해잠재능의 정의

홍수피해잠재능은 수문요소뿐만 아니라 사회경제적인 요소까지 포괄하여 특정 치수 단위구역의 홍수에 대한 잠재적인 피해 취약도를 나타내는 지수로 “수자원장기종합계획(건설교통부, 2001)”에 처음 소개된 바 있다.

그림 4.1은 안양천유역의 중구역 및 소구역의 홍수피해잠재능을 등급별로 도시한 것으로 A등급에 가까울수록 홍수피해잠재능이 큰 것을 의미한다.

4.2 유역홍수분담량

홍수를 처리하는데 있어서 가장 이상적인 상태는 하도에서 계획규모의 홍수량을 처리할 수 있도록 하는 것인데 하도가 홍수량을 처리하는데 있어서 외수

가 범람하여 홍수피해를 유발하지 못하게 하는 홍수소통능력을 보유하고 있어야 할 뿐 아니라 높은 외수로 인해 내수로 인한 홍수피해를 최소화 할 수 있도록 하여야 한다.

내수배제가 원활히 이루어질 수 있도록 하기 위해서는 굴입식하도(통상 계획홍수위를 제내지 지반고 이하로 유지하는 하도)의 형태를 하고 있는 것이 이상적이나, 안양천의 경우 대부분 이러한 조건을 만족하지 못하고 있다.

따라서 안양천의 하도 홍수소통능력은 외수의 소통능력은 물론, 외수위가 높음으로 인해 내수배제가 원활히 이루어지지 못해 발생하는 홍수피해를 최소화 할 수 있는 범위에서 결정하였다(표 4.1).

5. 안양천유역의 구조적 홍수방어대책

5.1 백운저수지 수문설치계획

홍수조절능력이 없는 백운저수지의 홍수조절용량 확보를 위하여 기존의 여수로 높이(EL.70.0m)를

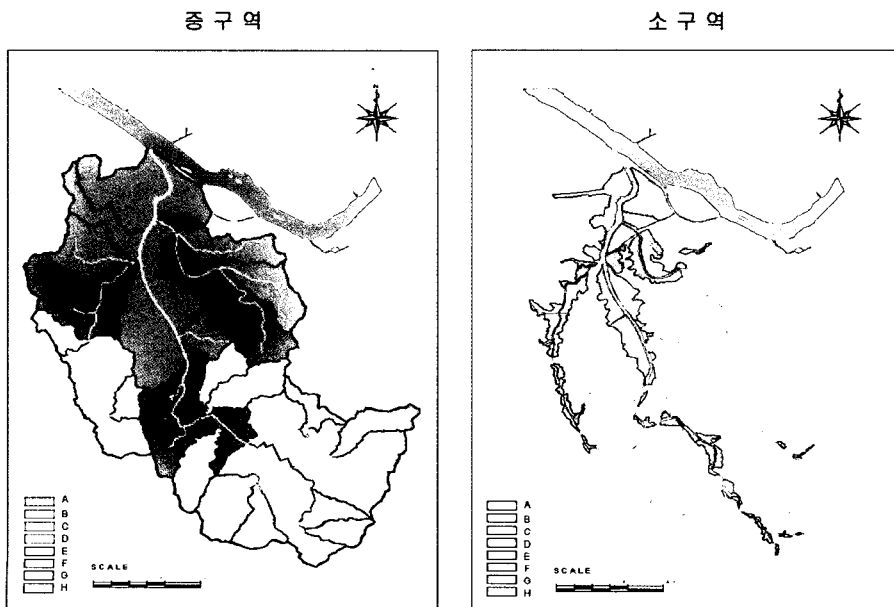


그림 4.1 PFD등급 산정결과

표 4.1 안양천유역내 주요하천의 하도 및 유역홍수분담량

하 천	지 점	목표연도 홍수량	홍수분담량		비 고
			하 도	유 역	
안양천	하 구	2,381	2,289	92	
	도림천 합류전	2,016	1,818	198	
	시흥천 합류전	1,533	1,515	18	
	수암천 합류전	1,138	1,117	21	
시흥천	시흥천 하구	118	93	25	
목감천	오류천 합류전	537	260	277	
오류천	오류천 하구	184	86	98	
	오류4배수암거전	60	30	30	
	도림천 하구	561	541	20	
도림천	대방천 합류전	456	423	33	
	봉천천 합류후	365	269	96	
	봉천천 합류전	199	199	-	
	대길초교전	96	88	8	
대방천	국민은행대방점	87	53	34	
	동작도서관앞	48	31	17	

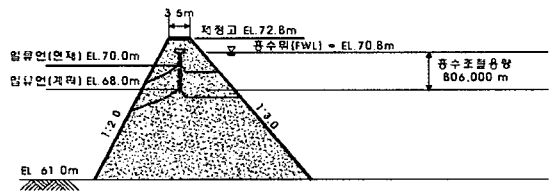
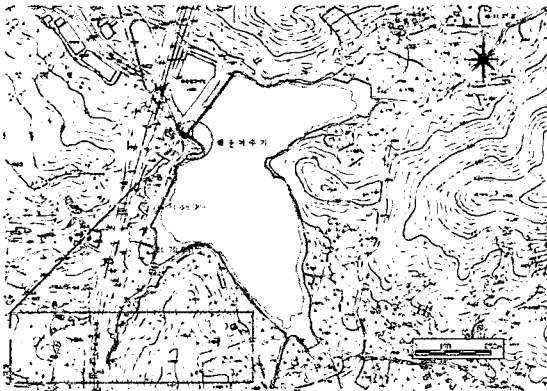


그림 5.1 백운저수지 수문설치 계획도

2.0m 낮추어 EL.68.0m를 유지하도록 하고, 평상시 현재의 수위유지(EL.70.0m) 및 홍수시 방류량 조절을 위해 수문(4m×2m×10련)을 설치를 계획하였으며(그림 5.1), 수문 설치 후에는 평상시에는 현재의 수위를 유지하기 위하여 수문을 닫고 상시만수위인 EL.70.0m를 유지하도록 하고, 홍수 예보시에는 사전 방류하여 홍수위를 EL.68.0m까지 조정하여 계획 홍수위인 EL.70.8m까지의 홍수조절용량(806,000 m³)을 확보하는 것으로 계획하였다.

백운저수지의 여수로를 낮추고 수문을 설치하는

계획에 의한 홍수조절 효과를 검토한 결과, 저수지로의 첨두홍수유입량 196m³/sec(100년 빈도)을 132m³/sec로 조절이 가능하여 백운저수지 지점에서 첨두홍수유입량의 약 33%인 64m³/sec가 조절이 가능한 것으로 나타났고, 안양천하구에서 19m³/sec의 조절효과가 있는 것으로 나타났다(표 5.1).

5.2 목감천 방수로계획

목감천 방수로계획은 목감천의 지류 계수천 합류

표 5.1 백운저수지 홍수조절효과

단위 : m³/sec

하천	지점	유역 면적 (km ²)	유로 연장 (km)	100년빈도		200년빈도		비고	
				사업전	사업후	사업전	사업후		
안양천	안양천하구	286.0	32.50	2,154	2,135	▽19	2,381	2,359	▽22
학의천	학의천하구	41.21	11.60	548	505	▽43	612	564	▽48

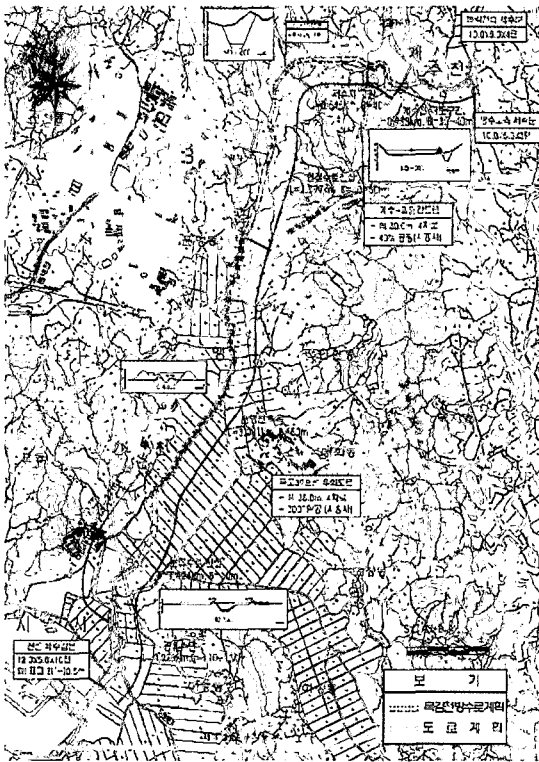


그림 5.2 방수로노선도

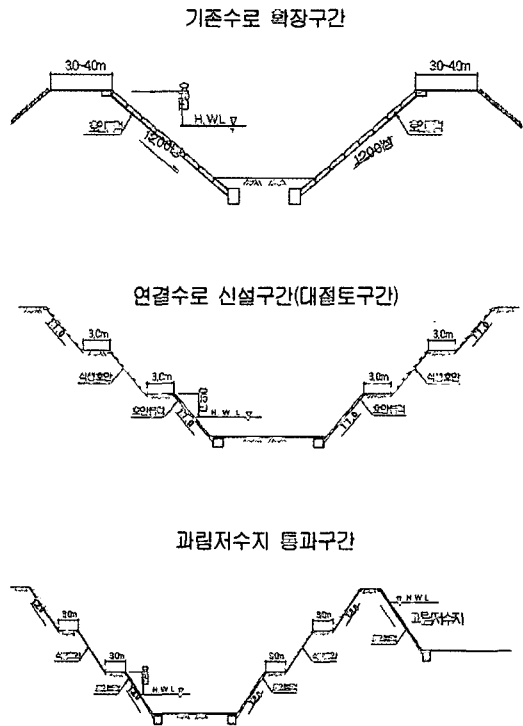


그림 5.3 방수로 표준단면도

점으로부터 과림저수지를 거쳐 은행천(지방2급 하천)으로 방수로를 개착하여 경기도 시흥시 하중동 소재 포구를 거쳐 서해로 목감천 홍수방류의 일부를 방류하는 계획이다(그림 5.2).

목감천의 방수로 상류측에서 발생하는 유출량은 평상시에는 목감천 하류측으로, 홍수시에는 방수로측으로 방류하는 것으로 운영계획을 수립하였으며, 방수로로의 방류시점은 목감천의 중하류부에 위치한 광화교수위표 지점의 홍수위가 위험수위인 EL.11.03m를 기준으로 하였다. 방수로의 연장은 9.8km, 방수로폭은 35m~130m로 계획하였다.

방수로의 횡단형은 수리학적으로 유리한 제형단면으로 하였으며, 방수로의 계획하폭은 경험식(대하천 공식, 중소하천공식, 홍수량기준)에 의해 산정한 후 제내지 등 현지여건, 홍수위 등을 감안하여 적정한 하폭을 각 구간별로 결정하였다(그림 5.3).

5.3 도림천 지하방수로계획

도림천 및 대방천의 하도홍수소통능력이 부족한 구간을 해결을 위하여 도림천의 봉천천합류후 지점(No.5.80)에서 신대방로를 따라 한강본류의 여의도

표 5.2 목감천방수로 홍수조절효과

단위 : m³/sec

하 천	지 점	유역면적 (km ²)	유로연장 (km)	100년빈도			200년빈도		
				사업전	사업후	조절량	사업전	사업후	조절량
안양천	안양천하구	286.0(260.6)	32.50	2,154	1,932	▽222	2,381	2,134	▽247
목감천	목감천하구	55.69(30.29)	15.50(9.62)	610	374	▽236	678	415	▽263

표 5.3 지하방수로계획 개요

구 분	개 요
1. 설치구간	신대방로 L = 3.0km구간
	위 치 도림천(No.5,800)
	유역면적 22,25km ²
유입부	계획홍수위 EL.17.73m(100년빈도)
	계획홍수량 340m ³ /sec(100년빈도)
	하천하상고 EL.13.11m
	위 치 여의도셋강(한강본류기준 No.88)
유출부	유역면적 25,000km ²
	계획홍수위 EL.13.62m(100년빈도)
	하천하상고 EL.7.0m
2. 계획단면	D = 7.0m
3. 공법	TBM공법

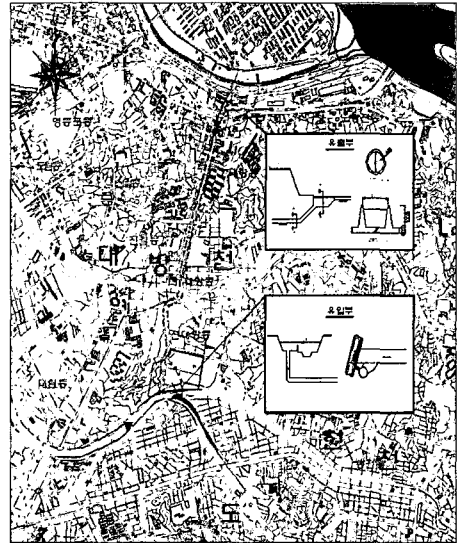


그림 5.4 지하방수로 계획평면도

파천으로 지하 터널(D=7.0m)를 굴착하여 홍수량 일부를 배제하는 계획이다(표 5.3 및 그림 5.4).

지하방수로의 홍수소통은 역사이편 형태(그림 5.5)로 흐르게 되므로 유입부 및 유출부의 수두차에 의하여 배제량이 결정되는 바, 목표홍수량 배제를 위한 유입부와 유출부의 최소 수두차는 약3.0m 이상을 유지할 경우 가능할 것으로 검토되었다.

도림천과 한강의 100년 빈도 홍수위를 조사한 결과 유입부에서 EL.17.73m(도림천하천정비기본계획, 2002)이며, 유출부에서 EL.13.62m(한강하천정비기본계획, 2002)로 4.11m의 차이가 있는 것으로 나타났다.

과거에 발생한 실제 홍수위를 조사한 결과 2000년 7월 홍수시 22일 19시에 지하방수로 분기점의 침투홍수위는 EL.13.42m, 같은 시각 유출부의 홍수위는 EL.3.15m로 10.27m가 낮으며, 2001년 7월 홍수시 유입부의 최고홍수위는 15일 04시에 EL.15.54m, 같

은 시각 유출부는 EL.5.39m로 10.15m가 낮은 것으로 각각 나타났다. 이와 같이 홍수위의 차이가 큰 것은 유역면적 25,000km²의 유출부 지점과 유역면적 22.2km²의 유입부 지점의 침투홍수 발생시간이 커서 나타난 결과로 보인다. 표 5.4는 지하방수로 설치에 따른 홍수조절효과이다.

이상과 같이 유입부와 유출부의 수두차는 목표홍수량을 소통시키기에 충분하나, 지하방수로내의 흐름이 복합적인 흐름의 형태로 발생할 것으로 예상되고, 손실수두도 실제와는 차이가 있을 것으로 예상되는 바, 수리모형실험에 의해 검증 절차를 거치는 것이 필요할 것으로 판단된다.

6. 결론

안양천유역과 같이 극히 도시화가 진행된 유역에 홍수가 발생하면 침수, 유실 등으로 인한 직접피해뿐

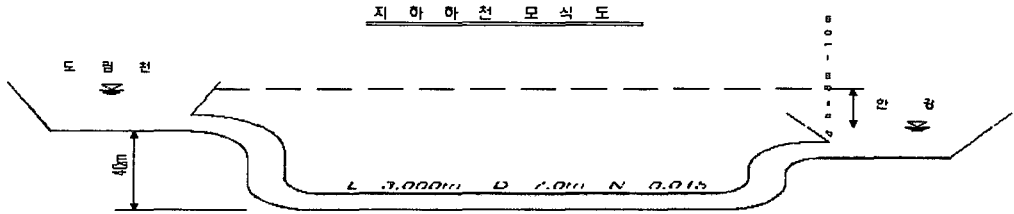


그림 5.5 지하방수로 모식도

표 5.4 도림천 지하방수로 홍수조절효과

단위 : m³/sec

하천	지점	유역면적 (km ²)	유로연장 (km)	100년빈도			200년빈도		
				사업전	사업후	조절량	사업전	사업후	조절량
안양천	안양천하구	286.0	32.50	2,154	2,129	▽25	2,381	2,338	▽43
도림천	도림천하구	41.93	14.20	561	489	▽72	624	549	▽75

아니라 정확히 가늠하기 어려운 교통두절, 상업권 등 간접피해까지 상상을 초월할 정도의 심각한 피해를 유발하게 된다.

안양천의 경우 하천개수(제방축제 및 축보)가 거의 100% 가까이 진행되었음에도 불구하고 계획규모 이하의 홍수에도 홍수피해가 발생하고 있는데, 이와 같은 홍수피해 발생은 하도의 통수능력을 고려하지 않고 계획홍수위에 따라 제방만을 높이 축제함으로 인해 높은 외수에 의해 제내지측의 내수배제가 불량하거나, 외수가 제내지측으로 역류하는 등의 원인에 기인한 것으로 판단된다.

이를 방지하기 위해서는 적정 외수위를 유지할 수 있도록 유역에 홍수를 분담할 수 있는 시설이 필요하다. 유역의 개발이 극도로 진행된 안양천유역과 같은 도시하천의 경우 대규모 시설을 계획할 부지가 마땅치 않은 것이 사실이다. 따라서 안양천유역과 같은 도시하천의 경우 지붕저류, 학교운동장저류, 주차장저류, 침투트렌치 등과 같은 소규모 On-site 저류시설의 적극 도입과 지하공간을 이용한 저류시설, 유역변경을 통한 지상 및 지하 방수로시설 등이 효과적일 것이다.