



A by-pass rainwater penetration sewer system for urban flooding mitigation

Lee, Bum-Sub^a · Ko, Keon-Ho^b · Kang, Ho-Yeong^a · Moon, Young-Il^{a*}

^aDepartment of Civil Engineering, The University of Seoul

^bUrban Planning Department, Dohwa Engineering Co., Ltd.

Paper number: 16-057

Received: 7 July 2016; Revised: 10 August 2016 / 22 August 2016; Accepted: 22 August 2016

Abstract

The aim of this study is to determine and propose the by-pass rainwater sewer system in order to reduce the urban floodplain from the locality heavy rain every year during the dry season and the sinkholes in the city as well as the shortage of groundwaters due to extreme hot weather condition and urban heat island phenomenon. Heavy rain occurs more than the years of heavy rainfall probability, comparison between the place where uses the existing pipes and connect the sewer system with by-pass rain permeability and without expanding sewer pipe replacement at intersection of Gangnam station 3.07 ha at Gangnam-gu, Seoul Metropolitan area, it indicates that average of 27 million KRW (44%) maintenance cost savings and maintain existing sewer system without any other countermeasures. For the city flooded reduction, by-pass rainwater permeable rainwater pipe multiplying the probability the number of years during summer season and increase the water flow capacity during spring and fall when a small amount of rain that, it also contribute to the total amount of underground water secured through the by-pass penetration.

Keywords: Extreme Weather, By-Pass Sewer, Flooding Mitigation

도시침수 저감을 위한 by-pass 빗물침투성 우수관거

이범섭^a · 고건호^b · 강호영^a · 문영일^{a*}

^a서울시립대학교 토목공학과, ^b(주)도화엔지니어링 도시단지부

요 지

본 연구는 기상이변과 도시열섬현상으로 국지성 호우가 잦아져 도시침수피해가 매년 반복되고 있으며, 건기시에는 비가 모자라 지하수 부족으로 이어져 하천 건천화 현상이 빈번히 발생하고 있어 이를 해결하고자 “도시침수 저감을 위한 by-pass 빗물침투성 우수관거”를 제안한다. 집중호우로 확률년수 이상의 호우발생시 관거를 확대 교체하지 않고 기존우수 관거를 그대로 사용하며 배제시스템과 연계하여 by-pass 빗물침투성 우수관거를 설치하여 본 연구지역 대한민국 서울특별시 강남구 강남역사거리 지역 3.07 ha에서 관거확대공사와 비교시 평균 27백만원(44%) 공사비 절감 및 기존 우수관거 유지로 별도의 우수처리 대책이 불필요하다. “도시침수 저감을 위한 by-pass 빗물침투성 우수관거”는 여름철 확률년수 이상의 비가 오더라도 by-pass관로를 통하여 통수능력을 증가시키며, 봄, 가을에 내리는 소량의 비는 by-pass 침투공을 통하여 전량 지중 수자원 확보에 기여한다.

핵심용어: 기상이변, by-pass 우수관거, 침수저감

1. 서 론

기상청 홈페이지 과거자료에 따르면 2015년 8월 수도권은

시간당 100 mm가 넘는 비가 내렸다. 이런 국지성 호우는 무더위로 인한 대기불안정에 원인이 있다. 최근 기상이변과 도시기온이 급격이 상승하는 도시열섬현상으로 국지성 호우는 더욱 빈번하게 발생할 것으로 예상된다. 기상청 홈페이지 과거 자료를 살펴보면 우리나라 여름철(6~8월) 강수량은 1980년대 700 mm, 2000년대 750 mm이었으나, 2011년 이후에는

*Corresponding Author. Tel: +82-2-6490-5600
E-mail: ymoon@uos.ac.kr (Y. -I. Moon)

1,000 mm로 큰폭의 증가를 나타냈다. 확률년수보다 많은 비가 내리면 확률년수에 맞게 설계된 우수관거는 제 역할을 못하고, 우수가 역류하여 도로 침수 등으로 이어지고 있다. 이를 해결하기 위한 한편의 방안으로 국내에서는 저영향개발(LID, Low Impact Development)기법 도입으로 빗물 정책이 버려지고 모자라는 방식이 아닌 머금고 재생하는 방식이 확대되고 있다. 해외에서도 독일 Hanover Kronsberg, Berlin Potsdamer Platz와 Rummelsburg, 스웨덴의 Hammarby, 미국 시애틀의 High point, Portland, New York 및 L.A 등지에서는 이미 택지 및 단지 개발, 도시 재생 등에 저영향개발 기법을 적용하고 있다. 우수관거의 최적 설계에 대한 기존의 연구들은 수리학적 조건을 만족시키는 범위 내에서 최소의 비용을 위한 관거 설계에 초점을 맞추어왔다. 저영향 개발 적용에 따른 우수유출저감효과에 대한 국내 연구동향은 다음과 같다. 서주환(2013)은 저영향개발 중 공동주택단지에 적용하기 용이한 요소기술을 분류하고, 그 중 침투기능을 수행하는 요소기술을 대상으로 공동주택단지 조성공간에 적용하여 물순환모의(SWMM 5.0)을 시행하고 기술의 실효성을 검증하였다. 신동수(2013)는 도시유역해석모형인 SWMM의 저영향개발(LID) 모듈을 이용하여 대상유역내 상업시설, 대형백화점 등 건물에 투수성 포장과 옥상 녹화 조합에 따른 유출저감효과를 분석하였다. 장영선(2013)은 목감천 유역에 저영향 개발의 요소기술 중 하나인 배수성 아스팔트의 포장효과에 대한 분석을 실시하였다. 대한민국 서울특별시 하수도정비기본계획(2009)에 의거 확률년수 상향 조정시(지선) 5년→10년, (간선) 10년→30년 우수유출량 산정은 합리식을 적용하였으며, 유출모형 시뮬레이션은 XP-SWMM 사용하여 검토한 본 연구지역인 대한민국 서울특별시 강남구 강남역사거리 지역의 우수배제 결과를 도출하였다. 본 연구에서는 “도시침수 저감을 위한 by-pass 빗물침투성 우수관거”를 설치하여 계획 확률년수 이상의 비가 왔을 때 기존 우수관거를 그대로 사용하고 by-pass 빗물침투성 우수관거를 부가로 설치하여 우기시에는 빗물 통수능력을 증대시키고 건기시의 소량의 비는 by-pass 빗물 침투공을 통하여 전량 지중 수자원 확보에 이바지하고자 한다.

2. 대상자료 및 분석방법

2.1 분석자료 및 대상유역

대한민국 서울특별시 하수도정비기본계획(2009)에 의거 확률년수 상향 조정시(지선) 5년→10년, (간선) 10년→30년

우수유출량 산정은 합리식을 적용하였으며, 유출모형 시뮬레이션은 XP-SWMM 사용하여 검토한 본 연구지역인 대한민국 서울특별시 강남구 강남역사거리 지역의 우수배제를 검토하였다. 대한민국 서울특별시는 확률년수 상향조정으로 지역(구)별로 시공하고 있다.

대한민국 서울특별시(이하 “서울시”) 내수재해 위험 지구 중 본 연구에서는 최근 도로침수 피해가 발생한 서울시 강남구 강남역사거리 지역을 선정하였다. 강남역사거리 일대지구 침수지역은 주변지형에 비해 지반고가 낮은 분지형 도심지 지역이며, 기 개발된 도심지역으로 주거지 및 상업 밀집지역이다. 최근 피해현황으로는 2010년 9월 21일(시간당100 mm) 과 2011년 7월 27일(시간당110 mm) 집중호우시 우수관거 통수능력 부족, 빗물 저지대 노면수 침중 등으로 인해 침수피해가 발생하였다. 현재 강남역사거리 일대지구는 서울시 관리 침수취약지역으로 관리되고 있는 상황이다.

2.2 분석방법

본 연구에서는 서울시 강남구 강남역사거리 일대지구(Fig. 1)의 우수관거(Table 1)에 대하여 확률년수 상향조정시(지선) 5년→10년, (간선) 10년→30년 우수유출량 산정은 합리식을 적용하였으며, 유출모형 시뮬레이션은 XP-SWMM을 사용하였고, 관거확대 및 도시침수 저감을 위한 by-pass 빗물 침투성 우수관거 설치시 통수능력에 대해서 비교 검토하였다.

2.2.1 확률년수

서울특별시 하수도정비기본계획(2009)에서 상향조정하여 제시한 확률년수(지선) 5년→10년, (간선) 10년→30년으로 적용하였다.

2.2.2 합리식

우수량을 산출하는 방법은 여러 방법이 있으나, 일반적으로 합리식, 경험식, SCS합성수문곡선법, ILLUDAS모형 등이 많이 쓰인다. 하수도 계획에서는 이전부터 합리식을 가장 일반적으로 사용해왔고, 하수도 시설기준에서도 원칙적으로 합리식을 사용하는 것으로 규정하고 있으며, 합리식은 Eq. (1)과 같으며, 여기서 Q는 최대계획우수유출량(m^3/s), C는 유출계수, A는 배수면적(ha), I는 강우강도(mm/hr)이다.

$$Q = 1/360 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (1)$$

2.2.3 강우강도식, 유출계수

강우강도식은 서울특별시 하수도정비기본계획(2009)에



Fig. 1. Study area

Table 1. Study area pipeline status

Sewer Number	Area (ha)	Time of Concentration (min)	Slope (‰)	Rainfall intensity (mm/hr)	
				5years → 10years	10years → 30years
1	0.37	8.48	0.755	158.78	189.16
2	0.36	9.10	4.444	155.49	185.51
3	0.29	9.80	3.000	152.05	181.67
4	0.20	7.63	5.962	163.73	194.63
5	0.24	9.13	1.667	155.34	185.34
6	0.52	9.53	1.983	153.34	183.11
7	0.33	7.80	2.857	162.69	193.49
8	0.41	8.54	4.286	158.45	188.80
9	0.35	9.67	1.552	152.67	182.36
Sum	1.22	-	-	-	-

서 제시한 10년빈도 강우강도식 Eq. (2), 30년빈도 강우강도식 Eq. (3)을 적용하였으며, 유출계수는 서울특별시 하수도정비기본계획(2009)에서 제시한 지반의 영향을 받는 공중별 유출계수의 평균 유출계수 0.80을 적용하였다.

$$I = \frac{925.16}{\sqrt{t} + 2.4580} - 13.5 \quad (2)$$

$$I = \frac{1,259.4}{\sqrt{t} + 3.0380} - 22.5 \quad (3)$$

2.2.4 유달시간

유달시간은 우수가 유역의 가장 먼 곳에서 관거의 어떤 지

점까지 유하하는데 걸리는 시간을 말한다. 어떤 경우에 있어 평균강우강도는 일반적으로 강우 지속시간이 짧을수록 크기 때문에 유달시간이 짧을수록 우수의 유출은 크며, 유달시간은 Eq. (4)와 같으며, 여기서 t_1 은 유입시간으로 하수도시설기준(2011년, 환경부)의 평균값 7분을 적용하였으며, t_2 는 유하시간으로 관거연장(L, m)을 유속($60 \times V$, m/sec)으로 나누어 구한다.

$$T = t_1 + t_2 \quad (4)$$

2.2.5 지하 침투량

우수유출저감 시설의 종류, 구조, 설치 및 유지관리기준

(2010.7, 소방방재청)의 설계침투량 산정공식을 Eq. (5)과 같이 적용하였으며, 여기서 C는 지하수위 및 공극막힘 영향계수로 $0.9 \times 0.9 = 0.81$, K0은 토양의 포화투수계수로 1.5×10^{-4} cm/sec (세사), Kf는 $(1.676W - 0.137) \times H + 1.496W^2 + 0.671W - 0.015$ (W : 시설폭, H : 설계수두)이다.

$$Q = C \times K0 \times Kf \tag{5}$$

2.2.6 유출모형

합리식 결과를 유출모형 시뮬레이션으로 검증하기 위해서 본 연구에서는 미공병단에서 제공하는 HEC-1, HEC- HMS 모형으로 홍수량을 산정하는 방법보다는 일반적으로 도시구역의 설계홍수량 산정에 사용되는 RRL방법, ILLUDAS모형, XP-SWMM 모형 중 XP-SWMM 모형을 활용하였다.

2.3 도시침수 저감을 위한 by-pass 빗물침투성 우수관거

도시침수예방 및 지하수자원 확보를 위한 우수관거의 설치 구조에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 우수용 관로의 구조 및 배치를 효율적으로 구성시킴으로서 통수량을 조절하여 홍수를 방지하는 기능과 더불어 빗물의 지하 침투를 통한 지하수자원의 확보를 용이하게 하는 우수관거의 설치 구조에 관한 것이다.

국지성 집중호우로 인하여 계획확률년수보다 많은 비가 내렸을 경우에는 상기 배수시스템의 통수능력을 증가시킴으로서 침수 피해의 발생을 방지할 수 있는 우수관거의 설치 구조를 제공하여 종래 기술의 상기한 문제점들을 해결함에 목적이 있다.

기존에 설치된 우수용 상부맨홀과 하부맨홀 사이에 우수본관을 우회하면서 상부맨홀과 하부맨홀 사이에 설치되는 by-pass관으로 이루어진다(참고, Fig. 2. Plan, Section) 상부

맨홀을 관통하는 by-pass관의 인입구는 상부맨홀을 관통하는 우수본관의 인입구보다 아래에 위치시켜 상부맨홀에 모인 빗물은 우수본관보다 하부에 있는 by-pass관으로 유입되어 침투공을 통해 전량 지하수자원 확보로 이어지게 하며, by-pass관의 통수능력보다 많은 빗물 유입시 이를 우수본관으로 배제시킬 수 있게 하며, by-pass관 하부에 큰 폭의 잡석층을 형성시킨다.

기존에 설치되어 있는 도로 하부의 우수관거를 그대로 활용하면서 우수관거 시설의 통수능력을 증대시킬 수 있게 함으로서 관거의 전면 교체에 따른 비용을 줄여 공사비를 절감하고 확률년수를 증가시키는 효과를 가지게 하여 기상이변에 의한 국지성 폭우에도 신속한 배수를 통해 도로 등 시가지가 침수되는 것을 방지할 수 있게 한다. 또한, 신속한 배수를 필요로 하지 않는 정도의 우수에 대하여는 하천 등으로 직접 방류되는 것을 방지하고 지중 침투되도록 함으로서 부족한 지하수자원의 확보 효과를 기대하게 한다. 기존 우수관거 통수능력 부족 구간에 “도시침수 저감을 위한 by-pass 빗물침투성 우수관거”를 설치한 평면도, 단면도는 Fig. 2와 같다.

3. 분석결과

3.1 도시침수 저감을 위한 by-pass 빗물침투성 우수관거 적용시 통수능력 비교 검토

서울특별시 하수도정비 기본계획(2009)에 의거 확률년수 상향조정시(지선) 5년→10년, (간선) 10년→30년 기존관거 유량검토, 관거확대 유량검토, by-pass구간 유량검토로 본 연구지역인 서울시 강남구 강남역사거리 인접 우수관거에 대해서 A구역(1~3), B구역(4~5), C구역6, D구역(7~9) 관거의 통수능력을 검토하였다.

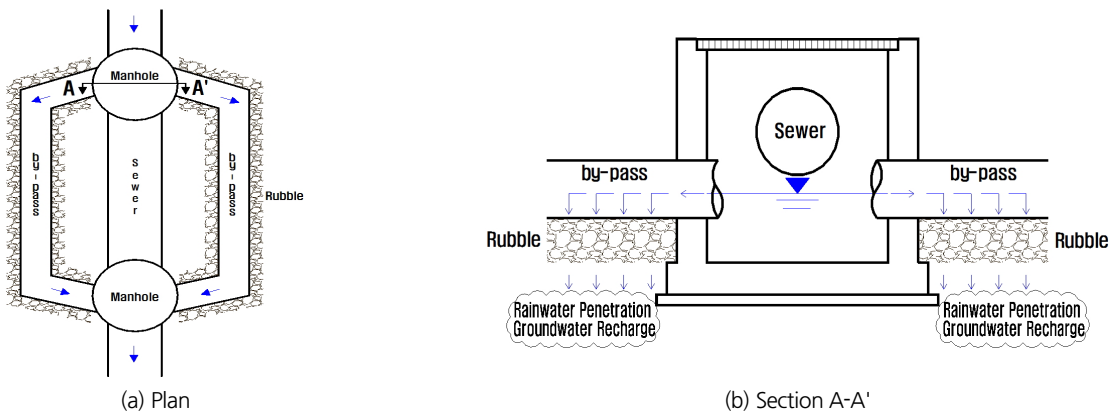


Fig. 2. Plan, Section

3.1.1 확률년수 상향적용시(기존관거) 유량 검토

확률년수 상향조정시(지선) 5년→10년, (간선) 10년→30년 우수관거 통수능력 합리식 검토결과 Table 2와 같이 A구역 3, B구역5, C구역6, D구역9 관거에서 통수능력이 부족한 것으로 검토되었고, 유출모형(XP-SWMM) 시뮬레이션 결과도 통수능력이 부족하여 10년빈도 강우시에는 0.28 m, 30년빈도 강우시에는 0.39 m가 침수되는 결과가 Fig. 3과 같이 나타났다.

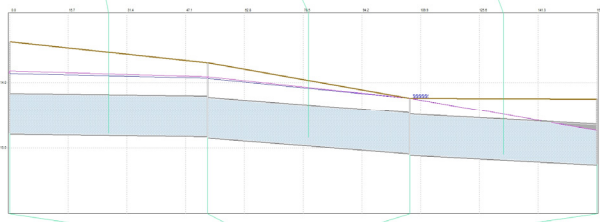
3.1.2 확률년수 상향적용시(관거확대) 유량 검토

확률년수 상향적용시(지선) 5년→10년, (간선) 10년→30년 통수능력이 부족한 우수관거에 대하여 관경을 확대 검토한 결과는 Table 3과 같다.

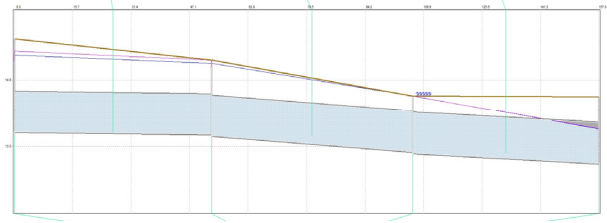
통수능력이 부족한 우수관거에 대하여 관거 확대를 검토한 결과 확률년수 상향적용시(지선) 5년→10년 총공사비 60백만원(기존관거철거 : 9백만원, 공사중 임시관거 : 10백만

Table 2. Exist sewer examination

Sewer Number	Pipe Size (mm)	Probability Years (5years → 10years)		Probability Years (10years → 30years)		Discharge Capacity	
		Discharge (m ³ /sec)	Design Discharge (m ³ /sec)	Discharge (m ³ /sec)	Design Discharge (m ³ /sec)		
A	1	D600	0.131	0.169	0.156	0.169	OK
	2	D600	0.252	0.410	0.301	0.410	OK
	3	D600	0.345	0.336	0.412	0.336	NG
B	4	D450	0.073	0.220	0.087	0.220	OK
	5	D450	0.152	0.116	0.181	0.116	NG
C	6	D450	0.177	0.127	0.212	0.127	NG
D	7	D600	0.119	0.329	0.142	0.329	OK
	8	D600	0.261	0.402	0.310	0.402	OK
	9	D600	0.370	0.242	0.442	0.242	NG



(a) Probability years (5years → 10years)



(b) Probability years (10years → 30years)

Fig. 3. Exist sewer XP-SWMM examination

Table 3. Expansion sewer examination

Sewer Number	Probability Years (5years → 10years)			Probability Years (10years → 30years)			Discharge Capacity	
	Pipe Size (mm)	Discharge (m ³ /sec)	Design Discharge (m ³ /sec)	Pipe Size (mm)	Discharge (m ³ /sec)	Design Discharge (m ³ /sec)		
A	1	D600	0.131	0.169	D600	0.156	0.169	OK
	2	D600	0.252	0.410	D600	0.301	0.410	OK
	3	D700	0.345	0.507	D700	0.413	0.507	OK
B	4	D450	0.073	0.220	D450	0.087	0.220	OK
	5	D500	0.152	0.154	D600	0.183	0.251	OK
C	6	D600	0.180	0.274	D600	0.214	0.274	OK
D	7	D600	0.119	0.329	D600	0.142	0.329	OK
	8	D600	0.261	0.402	D600	0.310	0.402	OK
	9	D800	0.372	0.520	D800	0.444	0.520	OK

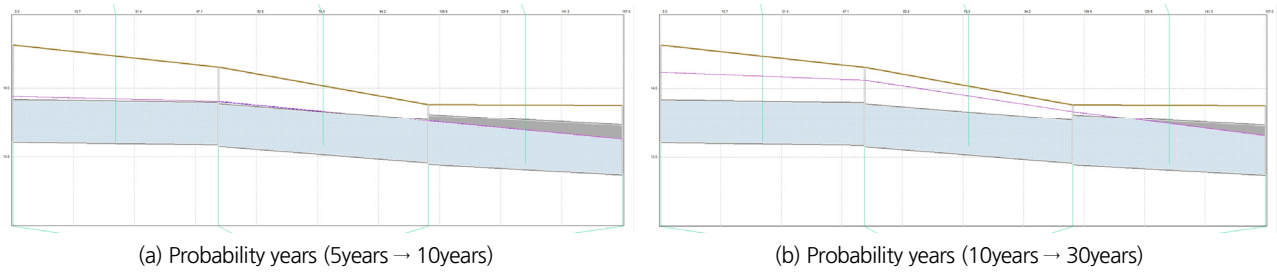


Fig. 4. Expansion sewer XP-SWMM examination

Table 4. by-pass sewer examination

Sewer Number	Probability Years (5years → 10years)			Probability Years (10years → 30years)			Discharge Capacity	
	Pipe Size (mm)	Discharge (m ³ /sec)	Design Discharge (m ³ /sec)	Pipe Size (mm)	Discharge (m ³ /sec)	Design Discharge (m ³ /sec)		
A	1	D600	0.131	0.169	D600	0.156	0.169	OK
	2	D600	0.252	0.410	D600	0.301	0.410	OK
	3	D600+D250	0.345	0.397	D600+D300	0.412	0.423	OK
B	4	D450	0.073	0.220	D450	0.087	0.220	OK
	5	D450+D300	0.152	0.159	D450+D450	0.181	0.236	OK
C	6	D450+D300	0.177	0.190	D450+D450	0.212	0.261	OK
D	7	D600	0.119	0.329	D600	0.142	0.329	OK
	8	D600	0.261	0.402	D600	0.310	0.402	OK
	9	D600+D450	0.370	0.381	D600+D600	0.442	0.488	OK

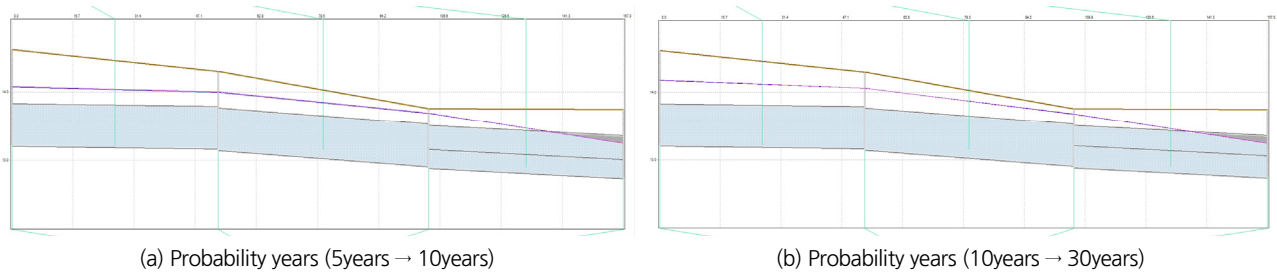


Fig. 5. by-pass sewer XP-SWMM examination

원, 신설관거 : 41백만원), (간선) 10년→30년 총공사비 62백만원(기존관거철거 : 9백만원, 공사중 임시관거 : 11백만원, 신설관거 : 42백만원)으로 관거 확대시 합리식 검토결과 통수능력이 가능한 것으로 검토되었고, 유출모형(XP-SWMM) 시뮬레이션 결과도 Fig. 4와 같이 관거확대 구간에서 통수능력이 가능하여 침수가 발생하지 않는 것으로 나타났다.

3.1.3 확률년수 상향적용시(by-pass) 유량 검토

확률년수 상향적용시(지선) 5년→10년, (간선) 10년→30년 통수능력이 부족한 우수관거에 대하여 by-pass 빗물침투성 우수관거를 설치한 결과는 Table 4와 같다.

통수능력이 부족한 우수관거에 대하여 by-pass 빗물침투성 우수관거를 설치한 결과 확률년수 상향적용시(지선) 5년→10년 총공사비 32백만원(기존관거철거 : 7백만원, 신설관거 : 25백만원), (간선) 10년→30년 총공사비 37백만원(기존관거철거 : 7백만원, 신설관거 : 30백만원)으로 by-pass 빗물침투성 우수관거 설치시 합리식 검토결과 통수능력이 가능한 것으로 검토되었고, 유출모형(XP-SWMM) 시뮬레이션 결과도 Fig. 5와 같이 by-pass 빗물침투성 우수관거 설치 구간에서 통수능력이 가능하며, 최적의 단면적용으로 통수능력을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

통수능력 부족 단면에 대해서 관거확대 설치보다 “도시침

수 저감을 위한 by-pass 빗물침투성 우수관거” 설치 결과 공사비 절감, 기존관거 유지로 공사시 별도 우수처리 대책이 불필요하며 빗물을 지하로 침투시켜 지하수 함양효과 등을 거둘수 있는 by-pass 침투성 우수관거 설치가 유리한 것으로 판단된다.

Table 5는 by-pass 빗물침투성 우수관거 통수능력 검토결과 확률년수 상향적용시(지선) 5년→10년 기존관거(A-3~D-9)의 발생유량은 1.044 m³/sec이며, by-pass 설치구간 계획유량은 1.127 m³/sec (기존관유량 : 0.821 m³/sec, 지하침투유량 : 0.015 m³/sec, by-pass관유량 : 0.291 m³/sec)으로 발생유량(1.044 m³/sec)보다 by-pass 설치구간 계획유량(1.127 m³/sec)이 더 크므로 통수능력이 확보되는 것을 보여주고 있다. 또한, 확률년수 상향적용시(간선) 10년→30년 기존관거(A-3~D-9)의 발생유량은 1.247 m³/sec이며, by-pass 설치구간 계획유량은 1.408 m³/sec (기존관유량 : 0.821 m³/sec, 지하침투유량 : 0.018 m³/sec, by-pass관유량 : 0.569 m³/sec)으로 발생유량(1.247 m³/sec)보다 by-pass 설치구간 계획유량(1.408 m³/sec)이 더 크므로 통수능력을 확보하였다.

by-pass 설치 구간은 관거확대보다 최적의 단면적용으로 통수능력을 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 지하수자원 확보를 위한 지하침투량은 본 연구지역인 서울시 강남구 강남역 일대지구(Fig. 1. Study Area, Table 1. Study Area Pipeline Status)에서 면적 3.07 ha에서 10년빈도 강우시 0.015 m³/sec, 30년빈도 강우시 0.018 m³/sec 지하침투효과

가 나타났다.

3.2 확률년수 상향적용시(기존관거, 관거확대, by-pass) 유량 검토 결과

확률년수 상향적용시(지선) 5년→10년, (간선) 10년→30년 우수관거 통수능력 및 부족한 우수관거에 대하여 관거 확대, “도시침수 저감을 위한 by-pass 빗물침투성 우수관거”를 설치한 결과는 Table 6과 같다.

Table 6 확률년수 상향적용시 검토결과는 (지선) 5년→10년 기존관거(A-3~D-9)의 기존관경(D600, D450, D450, D600)을 관거확대시(D700, D500, D600, D800) 공사비는 60백만원이며, 기존관거(A-3~D-9, D600+D250, D450+D300, D450+D300, D600+D450)를 그대로 사용하고 by-pass 관거 적용시 공사비는 32백만원으로 관거확대 공사비(60백만원)와 by-pass 관거 공사비(32백만원) 비교시 by-pass 관거 적용시 공사비가 절감되는 것을 보여주고 있다. 또한, 확률년수 상향적용시 검토결과는 (간선) 10년→30년 기존관거(A-3~D-9)의 기존관경(D600, D450, D450, D600)을 관거확대시(D700, D600, D600, D800) 공사비는 62백만원이며, 기존관거(A-3~D-9, D600+D300, D450+D450, D450+D450, D600+D600)를 그대로 사용하고 by-pass 관거 적용시 공사비는 37백만원으로 관거확대 공사비(62백만원)와 by-pass관거 공사비(37백만원) 비교시 by-pass 관거 적용시 공사비가 절감된다.

Table 5. by-pass sewer section discharge examination

Sewer Number	Pipe Size (mm)	Probability Years (5years → 10years)					Probability Years (10years → 30years)				
		Discharge (m ³ /sec)	Design Discharge (m ³ /sec)				Discharge (m ³ /sec)	Design Discharge (m ³ /sec)			
			Sum (m ³ /sec)	Exist (m ³ /sec)	Penetration (m ³ /sec)	by-pass (m ³ /sec)		sum (m ³ /sec)	Exist (m ³ /sec)	Penetration (m ³ /sec)	by-pass (m ³ /sec)
A-3	D600	0.345	0.397	0.336	0.003	0.058	0.412	0.423	0.336	0.003	0.084
B-5	D450	0.152	0.159	0.116	0.003	0.040	0.181	0.236	0.116	0.004	0.116
C-6	D450	0.177	0.190	0.127	0.006	0.057	0.212	0.261	0.127	0.007	0.127
D-9	D600	0.370	0.381	0.242	0.003	0.136	0.442	0.488	0.242	0.004	0.242
Sum		0.674	3.746	3.579	3.012	0.155	0.805	3.92	3.579	3.014	0.327

Table 6. Probability years raise examination

Sewer Number	Pipe Size (mm)	Probability Years (5years → 10years)			Probability Years (10years → 30years)		
		Exist	Expansion (mm)	by-pass (mm)	Exist	Expansion (mm)	by-pass (mm)
A-3	D600	NG	D700	D250	NG	D700	D300
B-5	D450	NG	D500	D300	NG	D600	D450
C-6	D450	NG	D600	D300	NG	D600	D450
D-9	D600	NG	D800	D450	NG	D800	D600
Cost		-	60 million won	32 million won	-	62 million won	37 million won

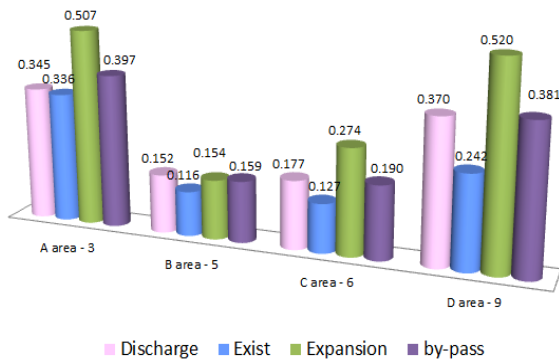


Fig. 6. Probability years(10) examination

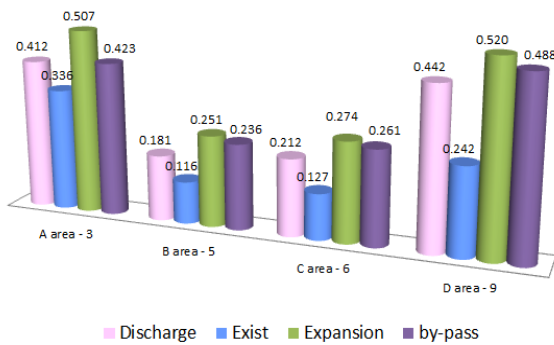


Fig. 7. Probability of years(30) examination

공사비는 “도시침수 저감을 위한 by-pass 빗물침투성 우수관거”를 설치가 유리한 것으로 검토되었으며, 본 연구지역인 서울시 강남구 강남역사거리 일대지구 면적 3.07 ha에서 평균 27백만원(44%)을 절감할 수 있을 것으로 판단된다. 상기 검토결과와 같이 도심지 기존관로에 대하여 확률년수 상향 적용시 통수능력 부족 관거에 대하여 관거확대보다는 “도시침수 저감을 위한 by-pass 빗물침투성 우수관거”를 설치하였을 경우 공사비 절감, 기존관거 유지로 공사시 별도 우수처리 대책 불필요뿐만 아니라, 빗물을 지하로 침투시켜 지하수 함양효과 등을 거둘수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론 및 고찰

본 연구는 집중호우로 확률년수 이상의 호우발생시 기존 우수관거를 그대로 사용하며, 기존 우수관거 배제시스템과 연계하여 by-pass 빗물침투성 우수관거를 설치하여 빗물 통수능력을 증가시켜 홍수를 방지하는 기능과 건기시에 내리는 소량의 우수는 하천으로 직접 방류되는 것을 방지하기 위하여 by-pass관거의 침투공을 통하여 지중으로 침투되게 하여 부

족한 지하수자원 확보에 기여토록 하는데 목적이 있다. 대한민국 서울특별시 하수도정비기본계획(2009)에 의거 확률년수 상향 조정시 (지선) 5년→10년, (간선) 10년→30년 우수유출량 산정은 합리식을 적용하였으며, 유출모형 시뮬레이션은 XP-SWMM 사용하여 검토한 본 연구지역인 대한민국 서울특별시 강남구 강남역사거리 지역의 우수배제 결과와 같다.

첫째, 확률년수 상향조정시(기존관거) 유량 검토 결과는 Table 2 합리식 검토결과와 같이 A유역 3관거, B유역 5관거, C유역 6관거, D유역 9관거에서 확률년수 상향 조정시 (지선) 5년→10년, (간선) 10년→30년 통수능력이 부족한 것으로 나타났다, Fig. 3 유출모형(XP-SWMM) 시뮬레이션 결과에도 (지선) 10년빈도에서 0.28 m, (간선) 30년빈도 강우시 0.39 m의 침수결과가 나타났다.

둘째, 확률년수 상향조정시(관거확대) 유량 검토 결과는 Table 3 합리식 검토결과와 같이 확률년수 상향 조정시 기존관거 통수능력 부족 구간에 관거확대시 통수능력이 확보되었으며, 공사비는 (지선) 5년→10년일 경우 약60백만원, (간선) 10년→30년일 경우 약62백만원이 소요될 것으로 검토되었으며, Fig. 4 유출모형(XP-SWMM) 시뮬레이션 결과에서도 관거 확대시 침수가 일어나지 않는 것으로 나타났다.

셋째, 확률년수 상향조정시(by-pass) 유량 검토 결과는 Table 4 합리식 검토결과와 같이 확률년수 상향 조정시 기존관거에 by-pass 관거 설치시 통수능력이 확보되었으며, 공사비는 (지선) 5년→10년일 경우 약32백만원, (간선) 10년→30년일 경우 약37백만원이 소요될 것으로 검토되었으며, Fig. 5 유출모형(XP-SWMM) 시뮬레이션 결과에서도 기존관거를 신설관거로 전면 교체하지 않고 by-pass 관거 설치로 통수능력이 확보되었다.

본 연구의 결론은 대한민국 서울특별시 하수도정비기본계획(2009)에 의거 확률년수 상향 적용시 (지선) 5년→10년, (간선) 10년→30년 관거확대와 by-pass관거를 비교 검토한 결과 본 연구지역인 대한민국 서울특별시 강남구 강남역사거리 일대지구 면적 3.07 ha에서 평균 27백만원(44%)의 공사비를 절감할 수 있는 by-pass 빗물침투성 우수관거 설치가 유리한 것으로 나타났다. 관거 전면 교체인 관거확대보다 by-pass 빗물침투성 우수관거 설치시 공사비 절감 및 기존관거 유지로 별도의 우수처리 대책이 불필요하다. 종래의 우수배제는 통수능력 부족시 관거 확대로 교체하고 빗물은 하천으로 방류하였으나, 본 연구의 “도시침수 저감을 위한 by-pass 빗물침투성 우수관거”는 기존 우수관거를 그대로 사용하며 여름철 확률년수 이상의 비가 오더라도 by-pass 빗물침투성 관로를 통하

여 통수능력을 증가시키며, 봄, 가을철의 소량의 비는 by-pass 침투공을 통하여 전량 지중 수자원 확보에 기여한다. “도시침수 저감을 위한 by-pass 빗물침투성 우수관거”는 홍수방지 및 지중 수자원확보 측면에서 효과적인 대책이 될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 물관리연구개발사업의 연구비지원 (15AWMP-B066744-03)에 의해 수행되었습니다.

References

- Froise, S., and Burges, S.J. (1978). “Least-cost design of urban-drainage network.” *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 104, No. 1, pp. 75-92.
- Kim, J.H., Joo, J.G., Jeon, H.D., and Lee, J.H. (2009). “Excellent sewer pipe network designed for flow-control study on the Proceedings of Korea Disaster Prevention Association.” Vol. 9, No. 1, pp. 1-7.
- KMA (Korea Meteorological Administration), <http://www.kma.go.kr>
- Korea Water and Wastewater Works Association (2011). “The standard for sewerage facilities.” pp. 31-41.
- Lee, J.H. (2010). Journal of peak runoff variation analysis, Korea Academic Society of the excellent distribution network determines routes, Vol. 11, No. 12, pp. 5151-5156.
- Mays, L.W., and Wenzel, H.G. (1976). “A serial DDDP approach for optimal design of multi-level branching storm sewer systems.” *Water Resources and Research*, Vol. 12, No. 5, pp. 913-917.
- Mays, L.W., and Yen, B.C. (1975). “Optimal cost design of branched sewer system.” *Water Resources and Research*, Vol. 11, No. 1, pp. 37-47.
- Merritt, L.B., and Bogan, R.H. (1973). “Computer based optimal design of sewer system.” *Journal of Envir. Engrg. Div.*, Vol. 99, No. 1, pp. 35-53.
- Ministry of Environment. “A precious rainwater management urban flood damage Reduction Measures.”
- National Emergency Management (2010). “Types and structure of the facilities outstanding leakage reduction, installation and maintenance criteria.”
- Tekeli, S., and Belkaya, H. (1986). “Computerized layout generation for sanitary sewers.” *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 112, No. 4, pp. 500-515.
- The Seoul Metropolitan city (2009). Seoul basic sewage supply plan Change) report, pp. 5-215~5-233.
- Weng, H.T., Liaw, S.L., and Huang, W.C. (2004). “Establishing an optimization model for sewer system layout with applied genetic algorithm.” *Environmental Informatics Archives*, Vol. 5, No. 1, pp. 26-35.