

도시 배수 관거 설계의 문제점과 개선 방향

2022. 09. 23.

부경대학교 강태욱



목차

- 1 서론
- 2 도시 배수 관거의 설계 기준
- 3 도시 배수 관거 설계 현황
- 4 외수위 영향 사례 분석
- 5 결론



1. 서론

빈번한 도시 침수 피해

- 2000년대 이후 크고, 작은 도시 침수 피해가 거의 매년 발생
- 2022년: 8월 집중호우로 인한 서울 강남 침수, 태풍 힌남노로 인한 경북 포항시 침수

피해 원인 분석
복구 사업

선 순환적 개선 방안 고찰 필요

- 도시 배수 관거에 대한 설계 시 문제점 진단, 개선 방향 제시
- 도시 배수 관거의 설계 기준과 지침 검토, 실제 우수 관거 설계 사례 검토

2016년 10월 태풍 차바 시
울산시 태화강 주변 (YTN 뉴스)



2022년 8월 집중호우 시
서울시 강남구 일대 (YTN 뉴스)



2. 도시 배수 관거의 설계 기준

하수도 설계 기준 (2022년 기준)

■ 계획 우수량 산정

- 최대 계획 우수유출량의 산정은 **합리식에 의하는 것을 원칙**
- 수문분석, 유역특성 분석 등을 고려하여 수정합리식, MOUSE, **SWMM 모형 등 사용 가능**

■ 우수관로 계획

- 계획 우수량을 기초로 계획
- 우수관로의 수리 계산 시 **방류 수역의 계획외수위 고려**
- 하천의 경우 계획홍수위, 해역의 경우 삭망만조위(朔望滿潮位) 고려

관로 시설 설계기준 (2019년 기준)

■ 관내 유량 산정

- **자연유하일 경우 Manning 공식** 또는 Kutter 공식 사용
- **압송식일 경우 Hazen-Williams 공식** 사용

*하수도시설기준은 2011년 이후 미 발간, 2017년 건설기준 코드체계 전환에 따라 통합 정비

*삭망평균만조위: 각 월의 최고고조위를 평균한 높이

2. 도시 배수 관거의 설계 기준

하수도정비기본계획 수립지침 (2020년 기준)

침수대응 하수도시설 계획

- **강우유출해석 모형**을 통한 배수구역별 **내수침수 발생 평가**
- 침수 원인분석을 통해 우수관로정비, 빗물펌프장정비, 하수저류시설 도입, 기타 정비의 순으로 구성
- **이중배수체계 시뮬레이션 기법** 도입을 통한 우수관로 빗물펌프장, 하수저류시설의 종합적, 입체적 계획안 수립

자연재해저감 종합계획 세부수립기준 (2019년 기준)

내수재해 발생가능성 검토

- **도시유역 홍수유출모형**으로 방재성능목표, **외수위 조건을 적용**하여 현 상태의 방재시설 검토
- 도시유역 모형은 **SWMM 등으로 구축**하여 시간-면적 방법으로 홍수유출 분석
- 내수재해 발생가능지역을 도출하고, **침수심, 침수면적(범위)**, 침수시간 등을 정량적으로 제시

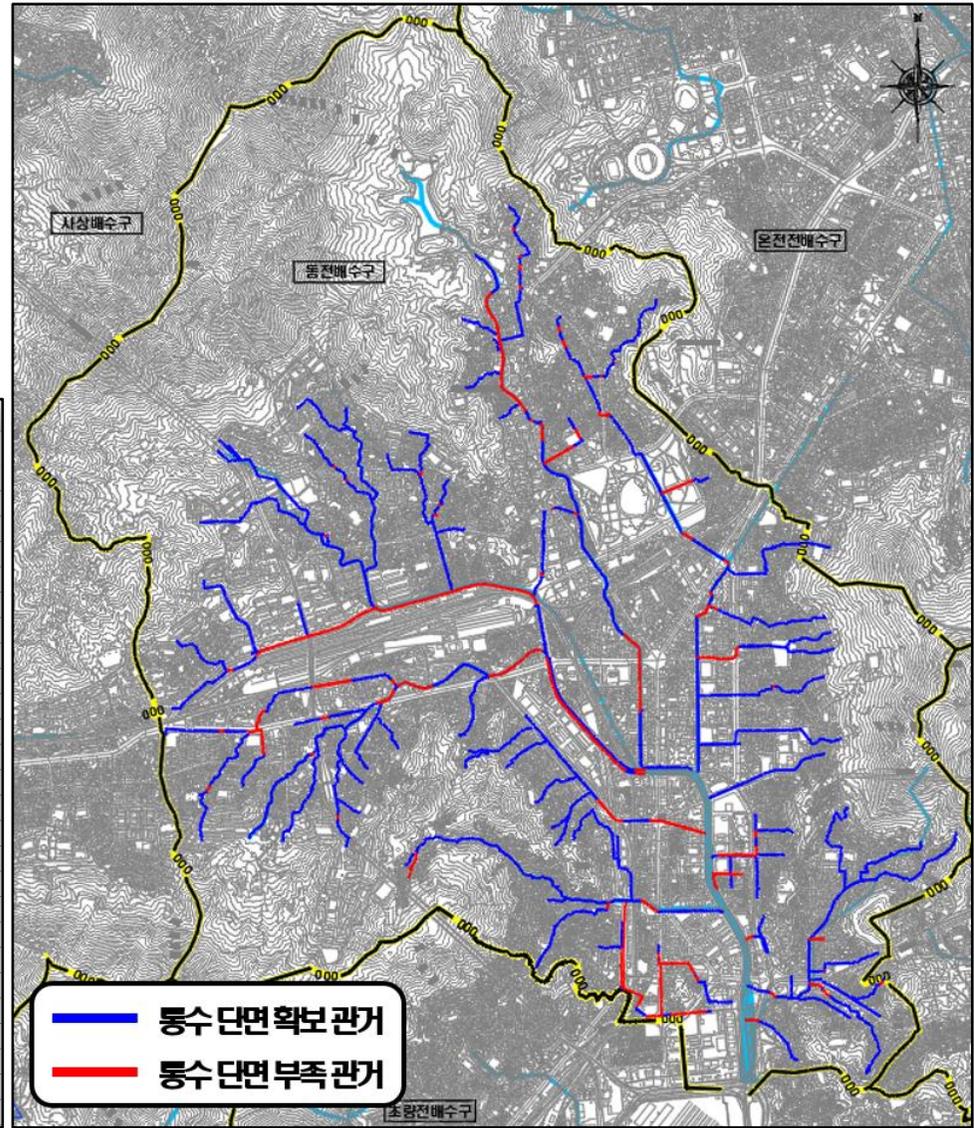
3. 도시 배수 관거 설계 현황

하수도기본계획

부산광역시 하수도정비기본계획(변경) (2015)

- ▶ 유역 홍수량 산정: **합리식** 이용
- ▶ 관거 통수능 검토: **Manning 공식** 이용
- ▶ 외수위 영향 미 고려

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
2	관로명	유출관	면적 (ha)			연장 (m)	시간(Min)			유출계수	강우강도	규격	단면적 (㎡)	유량 (m³/s)	유량 (m³/s)	실유속 (m/s)	기물기	관저고		검토	비고	
3			유역	외부	누가	유입	유하	유달						Qsum	Gallow	Vact	관로	시점	종점			
4	103273	103272	3.62	1.26	4.88	105.49	15.98	1.76	17.74	0.65	172.8	1.5	1.5	2.03	1.522	29.695	6.24	127.97	37.10	23.60	OK	
5	103272	103275	1.32	0.00	6.20	38.43	7.00	0.64	18.38	0.65	170.9	1.5	1.5	2.03	1.912	17.965	4.85	46.84	23.60	21.80	OK	
6	103275	102116	3.57	0.00	9.77	104.07	7.00	1.73	20.12	0.65	165.6	1.5	1.5	2.03	2.920	26.114	7.16	98.97	21.80	11.50	OK	
7	102116	101924	5.03	0.00	14.80	146.64	7.00	2.44	22.56	0.65	158.0	1.5	1.5	2.03	4.222	22.631	7.30	74.33	11.50	0.60	OK	
8	101924	101923	0.89	0.00	15.69	25.94	7.00	0.43	22.99	0.65	156.8	1.5	1.5	2.03	4.440	22.168	7.31	71.32	2.45	0.60	OK	
9	101923	방류1	3.24	0.00	18.92	94.33	7.00	1.57	8.57	0.65	155.0	1.5	1	1.35	5.296	1.615	1.23	1.06	1.10	1.00	NG	1번
10	100827	100853	2.13	4.92	7.04	113.46	21.60	1.89	23.49	0.65	155.3	2	1.5	2.70	1.975	58.854	7.51	223.87	115.10	89.70	OK	
11	100853	100857	0.79	0.00	7.84	42.24	7.00	0.70	24.19	0.65	153.2	1.2	0.9	0.97	2.168	10.281	6.91	104.17	90.30	85.90	OK	
12	100857	100852	0.36	0.00	8.19	19.13	7.00	0.32	24.51	0.65	152.3	1	1	0.90	2.254	6.437	5.60	52.27	85.80	84.80	OK	
13	100852	100845	1.33	0.00	9.52	70.86	7.00	1.18	25.69	0.65	149.1	1.5	1	1.35	2.563	19.718	8.01	158.06	84.80	73.60	OK	
14	100845	100839	3.46	0.00	12.98	184.62	7.00	3.08	28.77	0.65	141.1	2	1.5	2.70	3.308	42.201	7.32	115.10	74.35	53.10	OK	
15	100839	100848	2.16	0.00	15.14	115.4	7.00	1.92	30.69	0.65	136.7	1	1	0.90	3.737	7.390	7.07	68.89	53.60	45.65	OK	
16	100848	100849	0.90	0.00	16.04	47.95	7.00	0.80	31.49	0.65	134.9	2	1.5	2.70	3.908	30.591	6.28	60.48	45.15	42.25	OK	
17	100849	100866	0.73	0.00	16.77	38.93	7.00	0.65	32.14	0.65	133.5	2	1.8	3.24	4.044	27.524	5.07	30.83	41.85	40.65	OK	
18	100866	100767	0.95	0.00	17.72	50.65	7.00	0.84	32.99	0.65	131.8	2	2	3.60	4.217	36.831	5.73	42.45	40.45	38.30	OK	
19	100767	100808	1.99	0.00	19.71	105.93	7.00	1.77	34.75	0.65	128.3	3	2	5.40	4.565	75.261	5.84	57.11	38.20	32.15	OK	
20	100842	100843	2.37	16.94	19.31	126.37	38.17	2.11	40.27	0.65	118.9	2	1.5	2.70	4.145	42.135	7.92	114.74	80.70	66.20	OK	
21	100843	100863	0.59	0.00	19.90	31.24	7.00	0.52	40.79	0.65	118.1	1.5	1.5	2.03	4.243	36.226	10.09	190.46	66.20	60.25	OK	
22	100863	100723	3.36	0.00	23.26	179.54	7.00	2.99	43.79	0.65	113.9	1.5	1.5	2.03	4.782	27.877	8.76	112.79	60.25	40.00	OK	
23	100723	100786	4.83	0.00	28.09	257.79	7.00	4.30	48.08	0.65	108.5	2	2	3.60	5.502	41.957	6.82	55.08	39.50	25.30	OK	
24	100048	100816	5.56	10.09	15.64	296.47	35.21	4.94	40.15	0.65	119.1	1.5	1.7	2.30	3.364	35.802	8.36	136.78	87.85	47.30	OK	
25	100816	100806	5.43	0.00	21.07	289.8	7.00	4.83	44.98	0.65	112.3	1.5	1.5	2.03	4.272	18.374	6.33	49.00	46.10	31.90	OK	
26	100806	100808	5.47	0.00	26.54	291.89	7.00	4.86	49.84	0.65	106.5	1.5	1.2	1.62	5.103	10.953	5.62	30.49	29.70	20.80	OK	
27	100808	101512	8.42	5.50	60.17	449.27	15.71	7.49	57.33	0.65	99.1	2	2	3.60	10.765	32.882	7.03	33.83	31.25	16.05	OK	
28	101279	101512	2.05	0.00	2.05	109.19	7.00	1.82	8.82	0.65	158.6	900		0.64	0.586	0.548	0.86	0.92	10.20	10.10	NG	2번



하수도기본계획의 홍수량 산정 및 관거 통수능 검토(부산 동천 배수유역)

3. 도시 배수 관거 설계 현황

개별 단지 구성에 따른 우수계획

각종 개발사업에 따른 단지 내 우수계획

- 지역의 **하수도정비기본계획을 준용**
- 합리식, Manning 공식 이용
- 외수위 및 배수 영향 미 고려
- 단지 외부로 연결되는 기존 관거의 영향 검토: **형식적**

김해시 XX지구 도시개발사업의 수리계산서(2016년)

관로명	후속관로	유역면적 (ha)	관로연장 (m)	유입시간 T1(min)	유달시간 (T1+T2)	환산면적 (CxA)	강우강도 (mm/hr)	관로규격				단면적 (m ²)	시점계회고 (m)	시점관저고 (m)	시점토포고 (m)	시점맨홀고 (m)	단차 (m)	동수구배 (I)	계획유속 (m/sec)	유속 검토	
								B(m)	X	H(m)	X										연 선
B03-01	B03-02		120.13	15.735	17.067		162.178	2.00	X	2.00	X	1	3.600	7.850	3.960	1.710	1.890	0.0009	1.503	O.K.	
		7.70	316.53	1.332		3.14	1.416						0.643	7.930	3.850	1.900	2.080				0.110
B03-02	B03-03		119.94	17.067	18.461		157.930	2.00	X	2.00	X	1	3.600	7.930	3.850	1.900	2.080	0.0008	1.434	O.K.	
		7.70	436.47	1.394		3.14	1.379						0.643	7.530	3.750	1.600	1.780				0.100
B03-03	B03-04		153.83	26.476	27.529		134.938	2.00	X	2.00	X	1	3.600	7.530	3.250	2.100	2.280	0.0024	2.435	O.K.	
		30.01	872.70	1.053		12.07	4.523						0.643	8.590	2.880	3.530	3.710				0.370
B03-04	B03-05		170.51	27.529	28.511		132.845	2.00	X	2.00	X	1	3.600	8.590	2.580	3.830	4.010	0.0034	2.896	O.K.	
		30.01	1043.21	0.981		12.07	4.453						0.643	6.010	2.000	1.830	2.010				0.580
B03-08	B03-09		152.99	32.255	33.755		122.676	3.00	X	2.00	X	1	5.400	4.600	0.880	1.460	1.720	0.0008	1.700	O.K.	
		55.48	3369.70	1.500		21.15	7.207						0.818	5.240	0.750	2.230	2.490				0.130
B03-09	B03-10		174.08	33.755	35.575		119.502	3.00	X	2.00	X	1	5.400	5.240	0.750	2.230	2.490	0.0007	1.594	O.K.	
		55.48	3543.78	1.820		21.15	7.020						0.818	5.430	0.620	2.550	2.810				0.130
B03-10	B03-11		90.80	43.990	44.981		105.406	3.00	X	3.00	X	1	8.100	5.430	-0.380	2.510	2.810	0.0006	1.527	O.K.	
		71.18	3939.12	0.991		29.00	8.490						0.964	4.830	-0.430	1.960					0.050
B03-11	기존BOX		9.22	57.85	44.981	45.632	4.61	104.553	3.00	X	3.00	X	1	8.100	4.830	-0.430	1.960		0.0005	1.482	O.K.
		80.40	3996.97	0.651	0.50	33.61	9.761	0.964							-0.460			0.030			
기존BOX	유출		57.90	45.632	46.092		103.957	3.00	X	3.00	X	1	8.100		-0.460			0.0010	2.095	O.K.	
		80.40	4054.87	0.461		33.61	9.705						0.964		-0.520						0.060

1. 우수량 산정

1) 적용공식

우수 유출량의 산정방법으로는 「김해시 하수도정비 기본계획 변경 보고서(2007. 12)」에서 제시한 합리식을 적용하였다.

$$Q = \frac{1}{360} \cdot C \cdot I \cdot A$$

Q : 계획우수 유출량 (m³/sec)

C : 유출계수

I : 강우강도 (mm/hr)

A : 유역면적 (ha)

2) 강우강도 공식의 채택

• 강우강도 공식은 「김해시 하수도정비 기본계획 변경 보고서(2007. 12)」를 참고하여 간선 하수관거에서는 10년 확률빈도, 지선 하수관거는 5년 확률빈도, BOX 관거는 20년 확률빈도를 적용하여 설계에 반영토록 하였음.

$$I_5 = \frac{6.081.86}{(t+36.08)} \text{ mm/hr} \quad \bullet \quad I_{10} = \frac{7.272.87}{(t+35.57)} \text{ mm/hr}$$

$$\bullet \quad I_{20} = \frac{8.405.21}{(t+34.76)} \text{ mm/hr}$$

3. 도시 배수 관거 설계 현황

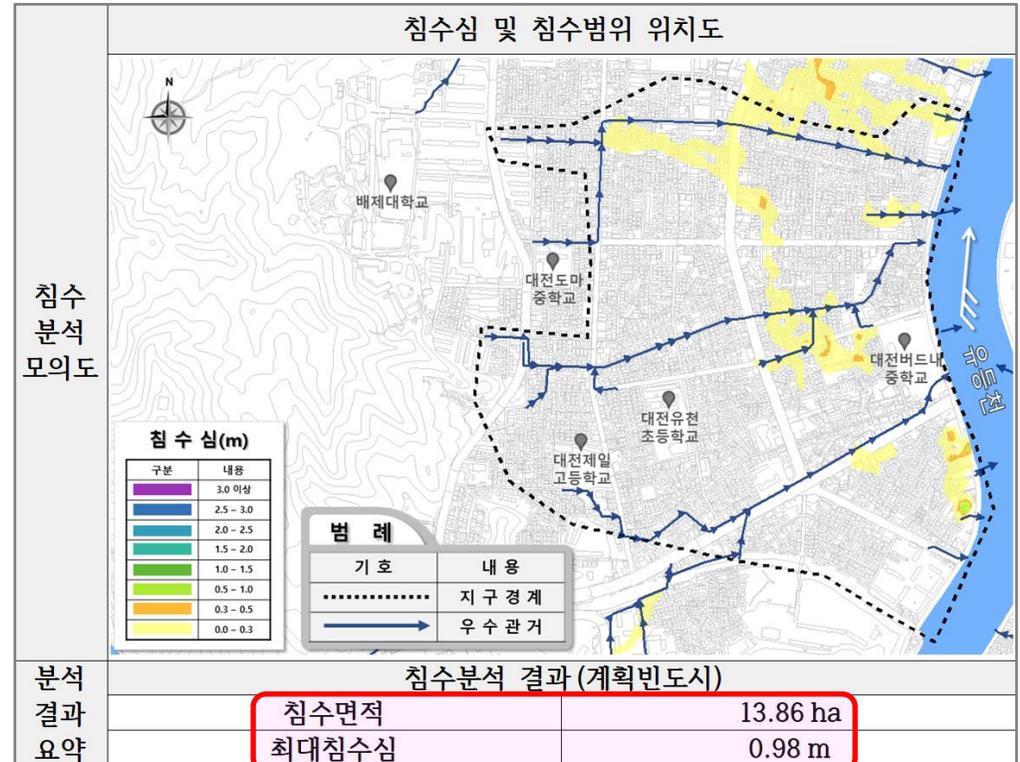
자연재해저감 종합계획

대전광역시 자연재해저감 종합계획 (2021)

- SWMM 이용한 강우-유출, 침수 모의
- 외수위 영향 고려
- 침수 분석 결과 제시

대전광역시 내수재해 위험지구 중 일부

검토방법	<ul style="list-style-type: none"> 현장조사를 통한 유역의 현황 및 주민의견을 반영 도시유역 유출모형(SWMM)을 이용한 침수가능성 분석(계획빈도 및 방재성능목표강우 적용) 	
정성적 분석	지구 현황 요인	<ul style="list-style-type: none"> 검토대상지구는 주거밀집 지역과 상업지역, 배재시장, 학교(유천초) 등이 위치하고 있음 우수관망을 통과한 유량은 최종 유등천 좌안으로 방류됨 현재 지구내 운영중인 배수펌프시설은 없는 것으로 조사됨 우수관거 통수능 부족으로 침수발생 방류하천(유등천) 배수위 영향에 의한 침수발생
		<ul style="list-style-type: none"> 집중호우로 인한 우수관거 통수능 부족 및 외수위 상승으로 침수피해가 발생하며 최대침수심은 0.98 m로 분석됨 관거 및 배수로 정비를 통한 구조적 저감대책 필요
검토종합	위험지구 선정	
위험지구 선정근거	선정근거	<ul style="list-style-type: none"> 위험도지수(상세) : 초고위험 관로 통수단면 부족에 따른 내수침수 피해발생 우려



4. 외수위 영향 사례 분석

부산 센텀 시티

지역 현황

- 수영만 매립지(저지대)에 건설된 주거지 및 상업시설 중심의 신도시
- 수영강의 홍수위 영향, 조위 영향 발생



외수위 영향 검토



외수위(수영강 계획홍수위) 미 고려



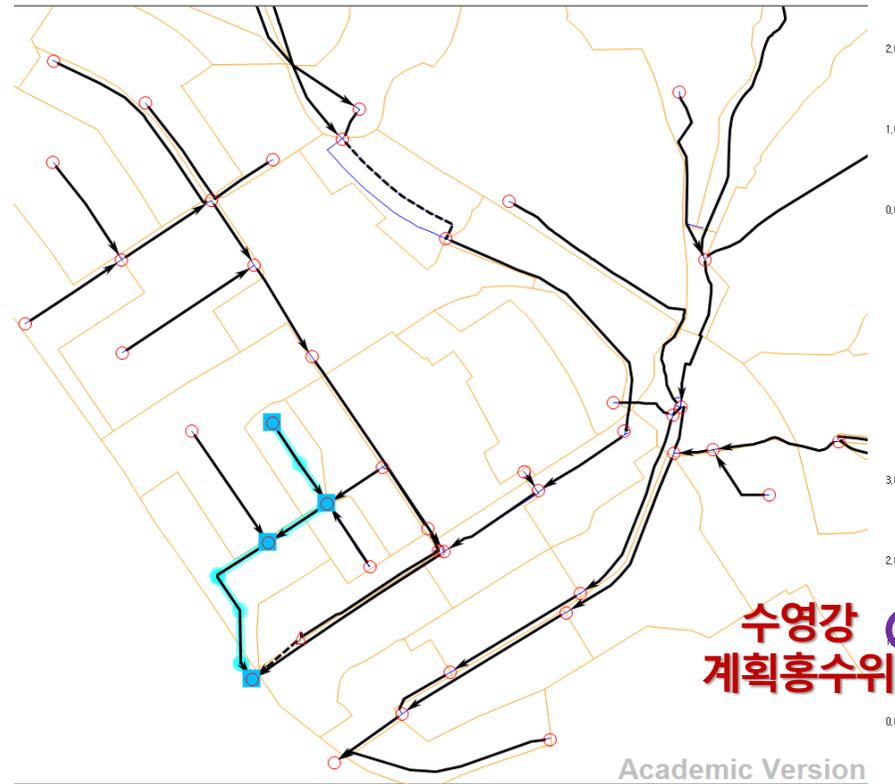
외수위(수영강 계획홍수위) 고려

4. 외수위 영향 사례 분석

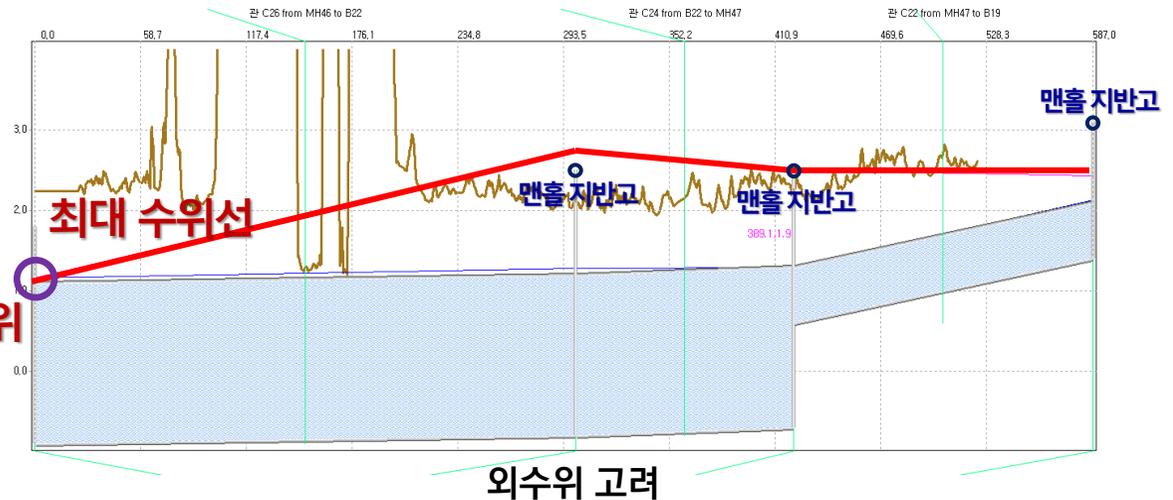
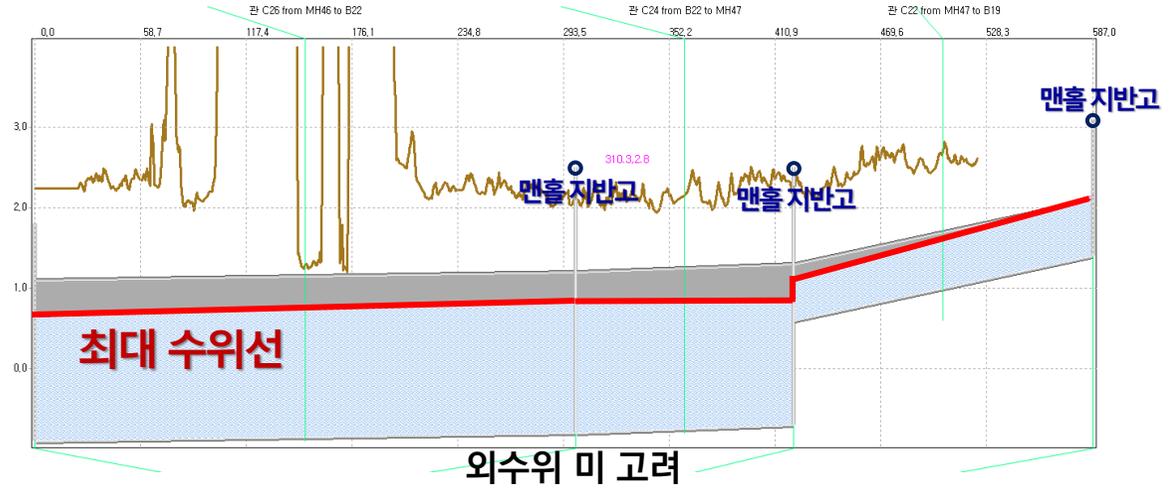
부산 센텀 시티

우수 관거의 종단 검토

- 외수위 고려 유무에 따른 우수관거의 종단도 검토



종단 검토 대상 우수관거



4. 외수위 영향 사례 분석

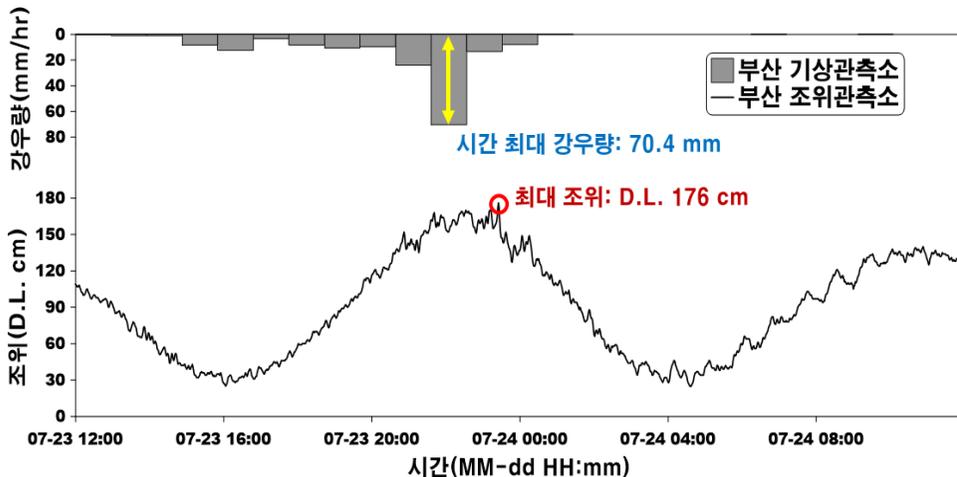
부산 동천 하구지역

지역 현황

- ▶ 동천 하구: 부산항의 조석 영향을 받는 감소 하천
- ▶ 동천 하구 주변 지역: 동천의 홍수위 영향을 받는 구도시

2020년 7월 23일의 수문 상황

- ▶ 최대 강우강도: 81.6 mm/hr(20년 빈도 이하)
- ▶ 관측 최대 조위: 약최고고조위를 46 cm 초과
- ▶ 동시 발생 ▶ 동천 범람 및 내수 침수 유발



시간별 강우량과 조위



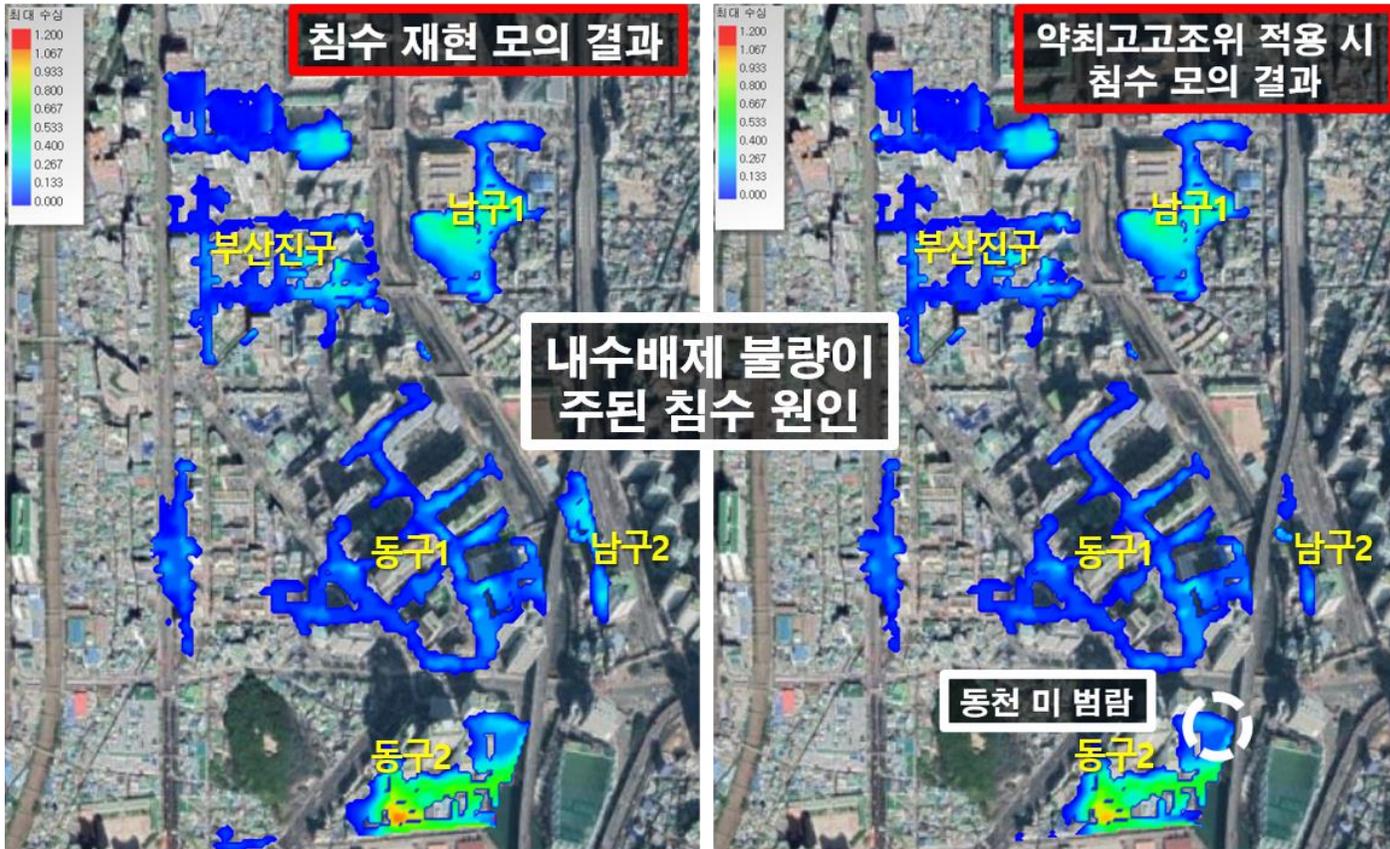
침수모의 결과와 주요 지점의 실제 침수 상황

4. 외수위 영향 사례 분석

부산 동천 하구지역

외수위 영향 검토

- 설계 조위 초과에 의한 영향 검토 결과, 하류로 갈수록 영향 증가
- 시사점: **설계 조건 이하**에서도 침수 발생(90% 이상 2011년 이전 설치)



설계 조위 초과에 따른 침수 영향

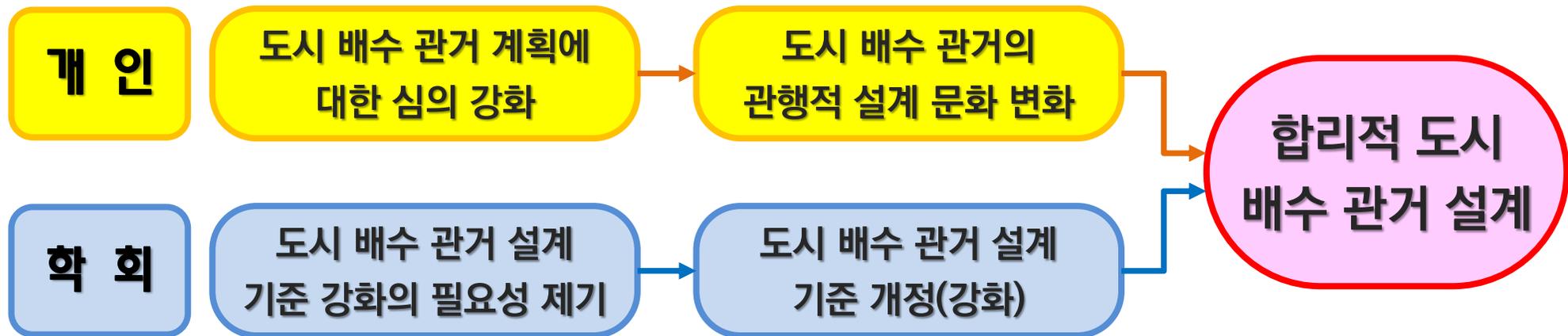
지역	침수 면적 증가(%)	최대 침수심 증가(cm)
부산진구	4.0	5
남구1	1.3	2
동구1	7.0	-
남구2	134.9	6
동구2	14.3	8

5. 결론

도시 배수 관거 설계의 문제점

- 하수도 설계 기준, 관로 시설 기준, 하수도정비기본계획 수립지침의 다소 모호한 기준
- 합리식과 Manning 식을 이용한 관행적 관거 설계
- 관거 설계 시 외수위(조위, 하천의 홍수위, 빗물펌프장의 홍수위)를 고려한 배수 영향 미 고려

도시 배수 관거 설계의 개선 방안



감사합니다

