

도시 지역특성을 고려한 빗물받이 유입구의 막힘계수 산정

An Estimation of Clogging Factors at Stormwater Grate Inlets with Consideration of Urban Area Characteristics

김정수^{*} · 송주일^{**} · 윤세의^{***}

Kim, Jung Soo · Song, Ju Il · Yoon, Sei Eui

Abstract

Urban storm water collection and conveyance systems are critical components of the urban infrastructures. During a storm event, street grate inlets are usually loaded with debris by the first-flush runoff volume. Grate inlets are subject to clogging effects. Effective interception area of grate inlets was decreased by clogging. It also decreased the interception capacity of grate inlets and increased the inundation area in street. Therefore, it is necessary to analyze the clogging characteristics and interception capacity change by clogging for appropriate design and management of grate inlets. In this study, field survey was executed to investigate debris and clogging pattern of grate inlet in 9 areas. The clogging factor with consideration of urban area characteristics was estimated with the field survey results.

key words : Clogging factor, Debris, Grate inlet, Urban area

1. 서 론

도시 지역에서의 빗물은 도로를 통해 이동하고 배수된다. 도로 배수시설은 측구, 도수로, 집수정, 배수관, 배수암거와 도시계획도로에 설치되는 빗물받이, 맨홀 등으로 구성된다(환경부 2005). 도로의 배수시설은 도로면의 안정을 확보하기 위한 목적뿐만 아니라 도로 이외의 지역에 흐르는 유출수의 배수를 위한 기능도 포함되어 있다. 그러나 도로변에 설치되어 있는 빗물받이 등과 같은 하수도 시설에서 빗물이 원활하게 배수되지 않아 노면수가 정체되고, 이 노면수가 인근 주택가로 유입되어 침수피해를 가중시키고 있다. 정체된 노면수는 교통체증과 미끄럼에 의한 사고의 원인이 되며, 포장체 내에 박리현상과 포트홀현상을 발생시켜 도로의 파손을 야기한다. 또한 도로지역의 침수는 지하철과 같은 지하공간에 설치된 구조물에 치명적인 영향을 야기할 수 있다.

이러한 점들을 고려할 때, 침수피해에 의한 시민들의 재산을 보호하고 도로 서비스의 수준과 교통안전을 유지하기 위한 합리적인 배수시설이 필요하다. 그러므로 빗물받이의 차집효율의 분석이 필요하며, 도로 조건에 따른 빗물받이의 설치간격, 적정크기 및 관리방안을 마련하여 상습침수지역의 빗물 배제 능력을 향상시킴으로써 도시 홍수피해의 경감대책을 수립해야 한다. 그러나 빗물받이의 설계 시 이러한 상황을 고려하여 설치하더라도 빗물받이가 자갈, 토사 및 기타 유송잡물에 의하여 막히게 되면, 유입부의 순 면적이 감소하게 되므로 설치된 빗물받이 유입부는 제 기능을 다하지 못하여 도로의 침수피해를 가중시키는 요인이 된다. 또한 설치된 빗물받이의 막힘의 형태나 정도의 변화가 다양하고 막힘의 원인이 되는 유송잡물 역시 다양하다. 그러므로 빗물받이의 합리적인 설계와 관리를 위하여 지역에 대한 막힘 특성을 면밀히 분석하여 도로 주변 지역의 특성에 따른 막힘 현상을 분석할 필요가 있다.

본 연구에서는 대표적 특성을 갖는 도로 주변 지역을 선정하고 현장 조사를 통하여 막힘 특성을 면밀히

* 정회원 · 경기대학교 대학원 토목공학과 · 박사과정 · E-mail : hydroguy@naver.com

** 정회원 · 경기대학교 대학원 토목공학과 · 석사과정

*** 정회원 · 경기대학교 토목 · 환경공학부 · 교수

분석하고, 현장 조사 결과를 고려한 빗물받이 막힘에 관한 수리 실험을 실시하고 각 막힘 조건에 따른 차집 효율을 분석하여 도로 주변 지역의 막힘특성에 따른 막힘계수를 산정하였다.

2. 막힘계수 산정

단일 빗물받이 유입부의 막힘 계수를 산정하기 위하여 Colorado Department of Transportation(1990), Urban Drainage and Flood Control District(2001), Clark County Regional Flood Control District(1990)에서 식 (1)을 제안하였다.

$$Q_a = (1 - C_d) Q_i \quad (1)$$

여기서, Q_a 는 실제 차집유량, C_d 는 막힘 계수, Q_i 는 막힘이 없을 때의 차집유량이다.

3. 수리실험을 이용한 막힘계수 산정

유입부 막힘계수를 산정하기 위하여 실험수로를 제작하였으며, 실험유량은 도로 폭을 9m(3차선), 빗물받이 간격을 25m로 가정하여 합리식과 SWMM으로 계산한 12.5 l/s로 결정하였다. 도로의 횡경사는 2%, 도로의 종경사는 2~6%, 측구의 횡경사는 4~8%로 변화하면서 실험을 실시하였다. 사용된 빗물받이 유입부는 국내 표준규격인 40×50cm의 쇠살대 유입부(grate inlet)를 사용하였다. 실험조건은 표 1과 같다.

표 1. 실험조건

도로의 종경사 (%)	도로의 횡경사 (%)	측구의 횡경사 (%)	유량 (l/s)	유입부 규격 (cm)	유입부 막힘정도 (%)	막힘 재료
2, 4, 6	2	4, 6, 8	12.5	40×50	10, 30, 50, 70	스티로폼, 자갈

표 2. 도로의 종경사와 측구의 횡경사 변화에 따른 막힘계수

순면적 감소비 (%)	도로 종경사 (%)	TYPE I 측구 횡경사			TYPE II 측구 횡경사		
		4	6	8	4	6	8
		10	2	0.018	0.017	0.030	0.034
	4	0.020	0.023	0.080	0.036	0.003	0.065
	6	0.074	0.098	0.182	0.037	0.085	0.116
30	2	0.169	0.150	0.150	0.091	0.066	0.012
	4	0.119	0.183	0.258	0.104	0.073	0.042
	6	0.211	0.328	0.340	0.162	0.166	0.181
50	2	0.248	0.311	0.335	0.086	0.098	0.094
	4	0.249	0.343	0.435	0.112	0.147	0.202
	6	0.364	0.553	0.642	0.117	0.147	0.283
70	2	0.369	0.314	0.386	0.245	0.271	0.289
	4	0.380	0.408	0.468	0.351	0.336	0.347
	6	0.428	0.569	0.723	0.369	0.456	0.425

표 1의 실험조건으로 수리실험을 실시한 결과, 도로의 종경사 및 측구의 횡경사 변화와 빗물받이의 막힘 정도가 변화할 경우 유입부 형태 TYPE I 과 TYPE II에 대한 막힘계수는 식 (1)을 이용하여 표 2에 나타내었다. 표 2에서와 같이 TYPE I의 경우 막힘계수는 도로 종경사와 측구 횡경사가 증가할수록 증가하고 있으며, 순면적 감소비가 50%일 경우에는 막힘계수의 크기는 0.25~0.64의 범위를 나타내고 있다. TYPE II의 경우 도로 종경사가 증가할수록 막힘계수는 증가하고 있으나 측구 횡경사와는 일정한 관계를 발견할 수 없었다. 순면적 감소비가 50%일 경우 막힘계수는 0.08~0.28의 범위에 해당된다(윤세의 2006).

빗물받이의 설계 시 유송 잡물에 의한 빗물받이 막힘의 영향을 고려할 경우 본 연구의 결과를 바탕으로 국외에서 사용되고 있는 빗물받이의 막힘 정도가 50%일 경우에 도로의 종경사와 측구의 횡경사 변화를 고려한 국내 도시지역에서의 빗물받이 막힘 계수는 안전측면을 고려하면 0.25~0.65의 값을 사용할 수 있으리라 판단된다.

4. 현장조사 및 지역별 막힘계수 산정

빗물받이가 설치된 지역의 도로 조건이나 도로 주변 지역의 특성변화에 따라서 설치된 빗물받이 막힘의 형태나 정도 변화가 다양하고, 막힘의 원인이 되는 유송잡물 역시 다양하다. 또한, 빗물받이 유입부의 막힘에 의해서 차집되지 못한 도로 표면 유출수가 간선도로로 유입되면 도로의 노면수의 정체에 많은 영향을 미치며, 정체된 노면수는 원활한 교통소통을 방해하며, 이는 미끄럼에 의한 사고의 원인이 되며, 보행자의 통행에도 영향을 미친다. 그러므로 본 연구에서는 각 지역에 대한 막힘 특성을 면밀히 분석하여 도로 주변 지역의 특성을 고려한 막힘계수를 제시하기 위하여 대표적 특성을 갖는 도로 주변 지역을 표 3과 같이 선정하였다. 선정된 지역의 빗물받이 막힘 정도를 조사하였으며, 유송 잡물의 특성을 조사하였다.

표 3 도로 주변 지역의 선정

도로 주변 지역	선정 지역
주택 지역	소하동(광명시), 연무동(수원시)
산지인접 지역	사당동(서울시), 경기대(수원시)
상가 지역	종로(서울시), 인계동(수원시)
시장 지역	연무시장(수원시)

주택지역의 현장 조사 결과, 광명시 소하동의 경우 빗물받이 유입부의 막힘에 영향을 주는 유송잡물로는 모래, 나뭇잎, 자갈, 비닐 등으로 다양하게 나타났다. 현장 조사 구간에서 각 빗물받이의 막힘에 의한 순면적의 감소비는 26%~66.1% 범위를 보이고 있었으며, 전체 대상구간 내의 평균 순면적 감소비는 41.5%로 나타났다. 수원시 연무동의 경우 빗물받이 유입부의 막힘에 영향을 주는 유송잡물로는 모래와 쓰레기 등으로 나타났다. 현장 조사 구간에서 각 빗물받이의 막힘에 의한 순면적의 감소비는 20%~100% 범위를 보이고 있었으며, 전체 대상구간 내의 평균 순면적 감소비는 31.4%로 나타났다.

산지인접 지역의 현장조사 결과, 서울시 사당동의 경우 빗물받이 유입부의 막힘에 영향을 주는 유송잡물로는 나무부스러기, 모래, 자갈 등이며, 버스정류장 부근에서는 일회용 컵, 플라스틱 병, 일회용품 등으로 다양하게 나타났다. 현장 조사 구간에서 각 빗물받이의 막힘에 의한 순면적의 감소비는 21.4%~100% 범위를 보이고 있었으며, 전체 대상구간 내의 평균 순면적 감소비는 41.9%로 나타났다. 수원시 이의동 경기대학교 지역에서는 각 빗물받이의 막힘에 의한 순면적의 감소비는 35.7%~46.4% 범위를 보이고 있었으며, 전체 대상구간 내의 평균 순면적 감소비는 38.3%로 나타났다.

상가지역의 현장 조사 결과, 서울시 종로 지역에서는 총 42개의 빗물받이 유입부 중에서 9개의 빗물받이 유입부만이 쇠살대 빗물받이 유입부이었으며, 나머지 33개의 유입부는 빗물받이 유입구의 모양이 다른 설치되어 있었다. 따라서, 쇠살대 빗물받이 유입부의 순면적 감소비에 따른 막힘계수를 서울시 종로 지역에 직접적으로 산정하기는 어렵다고 판단된다. 수원시 인계동 지역에서는 빗물받이 유입부의 막힘에 영향을 주는 유송잡물은 주로 토사와 쓰레기 등이며, 빗물받이통 내부의 배수가 되지 않아 빗물이 역류하여 도로 노면의 정체수를 발생하고 있음을 알 수 있다. 현장 조사 구간에서 각 빗물받이의 막힘에 의한 순면적의 감소비는 18.8%~100% 범위를 보이고 있었으며, 전체 대상구간 내의 평균 순면적 감소비는 33.7%로 나타났다.

시장지역의 현장 조사 결과, 각 빗물받이의 막힘에 의한 순면적의 감소비는 28.6%~100% 범위를 보이고 있었으며, 전체 대상구간 내의 평균 순면적 감소비는 80.7%로 나타났다. 시장 지역인 수원시 연무동 연무시장 지역의 유송잡물은 주로 토사와 쓰레기 이지만, 시장 상인들이 빗물받이에서 발생하는 악취와 미관상의 이유로 빗물받이를 쇠판이나 플라스틱판으로 대부분 덮어놓고 있는 상태였으며, 부분적으로는 시멘트로 완전

히 막아버린 경우가 있었다. 따라서 자연적인 유송잡물에 의한 막힘보다는 인위적으로 빗물받이를 막아서 막혀있는 경우가 대부분 이었다. 이렇게 많은 빗물받이를 막아버려서 비가 많이 올 경우 우수 배제가 되지 않아 상승적으로 침수가 일어나고 있었다.

이상의 현장 조사 결과를 정리하면 표 4와 같다. 표 4에서 알 수 있듯이 빗물받이 유입부의 막힘계수를 도로 주변 지역의 특성과 그 지역으로 유입되는 유송잡물의 영향에 의해서 빗물받이 유입부의 막힘의 특성이 다르게 나타나며, 이 때 적용되어야 하는 막힘계수 역시 다르다는 것을 나타내고 있다.

표 4. 현장조사 결과

도로주변지역	현장조사 선정지역	유입구 총수	막힘 유입구 수	평균 순면적 감소비(%)	산정막힘계수
주택지역	소하동	31	31	41.5	0.3 ~ 0.6
	연무동	22	22	31.4	0.2 ~ 0.35
산지인접지역	사당동	43	43	41.9	0.3 ~ 0.6
	이의동	54	54	38.3	0.3 ~ 0.6
상가지역	종 로	-	-	-	-
	인계동	39	39	31.7	0.2 ~ 0.35
시장지역	연무시장	13	13	80.7	0.4 ~ 0.7

5. 결 론

본 연구에서는 지역에 따른 막힘계수를 산정하기 위하여 수리 실험을 실시하여 일반적인 빗물받이 유입구의 막힘 변화에 따른 막힘계수를 산정하였으며, 도로 주변 지역을 주택지역, 산지 인접 지역, 상가지역, 시장지역으로 선정하고 각 선정된 지역의 현장 조사를 실시하여 선정 지역의 막힘 특성과 유송잡물의 특성 및 막힘에 의한 문제점 등을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 빗물받이의 설계 시 유송 잡물에 의한 빗물받이 막힘의 영향을 고려할 경우 본 연구의 결과를 바탕으로 국외에서 사용되고 있는 빗물받이의 막힘 정도가 50%일 경우에 도로의 종경사와 측구의 횡경사 변화를 고려한 국내 도시지역에서의 빗물받이 막힘 계수는 안전측면을 고려하면 0.25~0.65의 값을 사용할 수 있리라 판단된다.

2. 주택지역 빗물받이 유입부의 막힘에 영향을 주는 유송잡물로는 모래, 나뭇잎, 자갈, 비닐 등으로 다양하였고, 산지 인접 지역의 유송잡물로는 나무부스러기, 모래, 자갈 등이며, 버스정류장 부근에서는 일회용 컵, 플라스틱 병, 일회용품 등으로 다양하였다. 또한, 시장지역의 경우에는 자연적인 유송잡물에 의한 막힘보다는 인위적으로 빗물받이를 막아서 막혀있는 경우가 대부분 이었으며, 상가지역의 경우 유송잡물은 주로 토사와 쓰레기 등이며, 빗물받이통 내부의 배수가 되지 않아 빗물이 역류하여 도로 노면의 정체수를 발생하고 있음을 알 수 있다.

3. 도로 주변 지역을 주택지역, 산지 인접 지역, 상가지역, 시장지역으로 구분하여 이들 지역에 대한 현장 조사를 실시한 결과 주택지역, 산지 인접 지역의 막힘계수는 0.3~0.6, 상가지역의 막힘계수는 0.2~0.4정도가 타당하다고 판단되며, 시장지역의 막힘계수는 다소 높은 0.4~0.7정도가 타당하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술연구사업(03산학연CO1-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구 성과입니다.

참고문헌

- 윤세의, 이종태, 김정수, 권인섭 (2006). "도시지역에 빗물받이의 막힘계수 산정에 관한 실험적 연구", 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제26권, 제2B호, pp. 179~186.
- 환경부. (2005). 하수도시설기준.
- Urban Drainage and Flood Control District (2001). Urban Storm Drainage Criteria Manual.