



Development of interception capacity equations according to grate inlet types

Choi, Sung Yeul^a · Eom, Kwangho^a · Choi, Seungyong^b · Cho, Jaewoong^{b*}

^aDisaster Prevention Safety Institute, Inc.

^bNational Disaster Management Research Institute

Paper number: 16-066

Received: 21 July 2016; Revised: 31 August 2016; Accepted: 31 August 2016

Abstract

Recently, natural disasters, which are hard to predict and prevent, are rapidly increasing due to climate change worldwide. Particularly the damage scale of urban areas is increasing because of local torrential rainfall. In urban areas, the rain water cannot flow to pipes well due to the high percentage of impervious areas by the indiscriminate development. As a result, the inundation damage is getting higher in urban areas. So we need to characterize the interception of the grate inlets to ensure good drainage in impervious areas. But Korean installation criteria of grate inlets does not reflect road and drainage sector characteristics so the grate inlets do not function properly in many areas. In this study, we suggest the interception capacity equations about grate inlets through hydraulic experiments in various conditions. Therefore, the interception capacity changes are analyzed according to bearing bar slopes of grate inlets, grate inlet sizes and shapes and connecting pipe numbers. Though this, we developed the interception capacity equations about domestic grate inlets.

Keywords: Grate Inlet, Special Grate Inlet, Grate Inlet Interception Capacity Equation

빗물받이 형상에 따른 차집량 산정식 개발

최성열^a · 엄광호^a · 최승용^b · 조재웅^{b*}

^a(주)방재안전기술원, ^b국립재난안전연구원

요 지

전세계적인 기후변화로 인하여 예측 및 대응이 어려운 자연재해가 격증하고 있으며, 특히 국지성 집중호우로 인해 도시지역의 피해가 집중되고 있는 추세이다. 도시지역에서의 침수피해는 무분별한 난개발로 인한 불투수면의 증가로 인한 지표 우수가 관로로 원활히 침수되지 못하여 침수피해가 가중되고 있는 실정이다. 이러한 불투수면 증가에 동반된 우수배수 문제를 해결하기 위해서는 빗물받이 차집특성의 규명이 무엇보다 시급하다. 그러나 우리나라의 경우 빗물받이 형상, 규격, 설치간격 등과 같은 기술기준이 도로 및 배수분구의 특성을 반영하고 있지 않아 빗물받이가 제 기능을 하지 못하는 곳이 산재하는 실정이다. 이에 따라 본 연구에서는 빗물받이의 규격·형태, 종경사, 횡경사, 유입수심, 연결관의 수의 조건의 따른 실험을 통해 빗물받이 차집량 산정식을 조건별로 제시하고자 한다. 특히, 기존의 빗물받이 수리실험에서 다루지 않았던 빗물받이 베아링바의 경사별 조건, 빗물받이 형태별 조건 및 연결관 개수에 따른 차집량 변화를 분석하고 국내에 적용 가능한 빗물받이 차집량 산정식을 개발하였다.

핵심용어: 빗물받이, 특수 빗물받이, 빗물받이 차집량 산정식

1. 서 론

전세계적인 기후변화로 인하여 도시홍수 침수가 급증하고 있으며, 특히 도시지역에서의 국지성 집중호우로 인한 인명 및 재산 피해가 증가되고 있는 추세이다. 특히 급격한 도시화가 진행되는 과정에서 주거에 적합하지 않은 토지이용 및 난

*Corresponding Author. Tel: +82-2-2078-7757
E-mail: jwcho80@korea.kr (J. Cho)

개발이 이루어 졌으며, 이로 인해 도시형 홍수침수¹⁾가 빈번하게 발생하고 있다.

우리나라 도시홍수 침수피해의 주요 원인중 하나는 지상에 떨어진 우수가 지상과 우수관망을 연계하는 빗물받이를 경유하지 못하고 그대로 도로를 따라 유하하여 하류 저지대로 모여 침수가 가중되는 실정이다. 따라서 강우발생시 도로에 위치한 빗물받이의 우수차집 거동특성에 대한 이해는 침수경감대책 수립 및 정확한 침수시뮬레이션을 위해 매우 중요하다고 할 수 있으나, 아직 우리나라에서는 이에 대한 수리실험적 연구가 부족하다.

지표의 불투수면 증가에 따른 우수배수를 위한 대표적인 방재시설 중 하나는 빗물받이이다. 그러나 빗물받이 형상, 규격, 설치간격 등의 각종 기준이 토지이용이나 도로여건에 따라 현실적으로 제시되지 않아 빗물받이가 제 기능을 다하지 못하고 있다. 빗물받이의 규격 및 형태는 지표 및 도로의 경사 및 도로침수심에 따라 얼마나 효율적으로 우수를 차집할 수 있는가에 영향을 미치게 되며, 이러한 빗물받이의 효율에 영향을 미치는 요소는 빗물받이의 규격, 형태, 연결관로 등이 있다.

국내에서는 빗물받이의 설치간격, 차집효율, 막힘계수, 관리방안 등에 대한 연구가 진행되어 왔다. 그러나 빗물받이의 차집효율에 가장 큰 영향을 미치는 빗물받이 형태에 대한 심도있는 연구는 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 기존의 연구에서 취급하지 않았던 빗물받이 베어링바²⁾의 경사별 조건 및 형태 등을 고려하여 차집량 산정식을 개발하고자 한다.

2. 선행연구 분석

2000년대 초반부터 국내의 빗물받이 실험이 다양하게 연구되기 시작하였다. Yoon et al. (2003)은 수리실험을 통하여 도로 종경사, 측구 횡경사 등에 따른 차집효율을 분석하였으며, Kim et al. (2005)는 빗물받이의 막힘현상을 수리실험을 통하여 분석하였다. Kwon et al. (2005)는 도로 조건에 따른

빗물받이의 설치간격, 적정크기, 관리방안 등에 대해 연구한 바 있다. Yoon et al. (2008)은 수리실험을 통해 도로의 유입구나 우수관거 시설의 신설 및 개량하는 경우에 대한 설계기준과 방법을 제시하였다. Kim et al. (2014)은 설계강우 규모 증대에 따른 관거시설 설계기준을 제시를 위한 빗물받이 차집능력을 분석하였다.

국내에서 빗물받이와 관련한 선행연구를 살펴보면 도로의 종경사 및 횡경사 적용의 한계성, 막힘계수의 적용여부, 유량, 수심, 조건에 따른 실험횟수 등의 조건이 연구자의 판단에 따라 결정되었으며 빗물받이와 관련된 공통적인 기술기준이 명확하게 제시되지는 않았다.

빗물받이 수리실험과 관련한 연구들에 대한 연구목적, 실험모형, 실험조건 및 빗물받이 규격 등에 대하여 Table 1에 수록하였으며, Table 2는 현재까지 국내에서 제시된 빗물받이 차집량 산정식을 수록하였다.

3. 수리실험

3.1 수리실험 개요

본 연구의 수리실험은 설치되어있는 개수로 실험장치의 제원을 고려하여 폭 0.6 m, 길이 12.3 m의 수로를 제작 및 실제 규격의 1/3 사이즈로 축소한 모형으로 산정된 실험결과를 상사법칙을 적용하여 각 조건별 차집효율을 비교하고 빗물받이 차집량 산정식을 제시하고자 하였다.

3.2 수리실험 시설 및 장치

3.2.1 수로

빗물받이의 차집량을 측정하기 위한 개수로 실험장치는 물 순환식 개수로이며, 고수조, 개수로, 저수조, 펌프, 경사조 절장치로 구성되어 있다. 개수로의 수로 길이는 12.3 m, 높이는 0.9 m이며, 수로 폭 1.2 m이며, 실험을 위하여 폭을 0.6 m로 분리하였다. 상류부에는 종경사를 10% 이상 조절할 수 있는 유압장치와 사각위어가 설치 되어있으며 하류부에는 차집유량을 측정할 수 있도록 삼각위어 및 유출유량을 측정할 수 있는 사각위어를 설치하였다.

개수로 실험 장치에 Fig. 1~3과 같이 제작수로를 올리는 방식으로 실험수로를 제작하였다. 추가로 설치할 수로는 도로 부분의 고정수로와 경사조건의 따라 조정할 수 있는 빗물받이 쪽 수로로 나누어 제작하고 각 횡경사 조건마다 빗물받이쪽 수로의 횡경사를 조정하여 실험을 진행하였다.

유입유량은 기존 수로상류부에 설치되어있는 사각위어를

1) 본 연구에서는 “도시형 홍수침수”를 도시에 설치되는 빗물받이 형식, 규격, 설치조건, 차집능력 등 운영에 있어서 빗물받이에 연계되는 배수분구의 토지이용 및 지형적 특성이 고려되지 못한 채 도시의 개발 및 건설이 우선적으로 추진되면서 지표에 떨어진 강우가 빗물받이를 통해 관망으로 유입되지 못하고 지표 및 도로를 따라 하류 저지대로 유입되어 저지대 침수를 가중시키는 등 도시지역에서 빈번히 나타나는 침수현상으로 정의한다.

2) 베어링바(Bearing Bar)란 빗물받이의 그레이팅에 가해지는 하중의 대부분을 지지하는 부분으로 수평으로 동일한 간격으로 배열되는 날개모양의 구조물이다.

Table 1. Domestic research trends about grate inlet experiments

Category	Object	Experiment model	Experimental Condition						Grate inlet size
			Longitudinal slope (%)	Transverse slope (%)	Q (l/sec)	clogging (%)	Depth (cm)	case	
Yoon et. al (2003)	Interception efficiency analysis	width 1.2 m length 7.3 m height 10 cm	2, 4, 6	4, 6, 8	4~13	-	-	180	40 × 50 cm (4Type)
Kim et. al (2005)	Blockage feature analysis	width 1.25 m length 7.25 m height 10 cm	2, 4, 6	4, 6, 8	12.5	10, 30, 50, 70	-	81	40 × 50 cm
Kwon et. al (2005)	Interception efficiency analysis	width 1.25 m length 7.25 m height 10 cm	5, 7	4, 7, 10	4.2~15	-	-	-	40 × 50 cm
Yoon et. al (2008)	Interception efficiency estimate	width 1.2 m length 7.3 m height 10 cm	0, 2, 5, 7	4, 7, 10	4~15	-	-	-	30 × 40 cm
	40 × 50 cm								
Yoon et. al (2008)	Blockage coefficient estimate	width 1.2 m length 7.3 m height 10 cm	2, 4, 6	2	12.5	10, 30, 50, 70	-	-	40 × 100 cm
	40 × 150 cm								
Kim et. al (2014)	Interception ability analysis	width 1.2 m length 11 m height 10 cm	0~10	2~10	12.5	-	-	-	-
NDMI (2013)	Interception capacity equation development	width 0.5 m length 6 m scale 1/10	0, 2, 5, 7	4, 7, 10	1~8	-	8.5~4.1	59	40 × 50 cm
									40 × 100 cm

Table 2. Interception capacity equation

Grate inlet size	Yoon et al. (2008)	NDMI (2013)
30×40cm	$Q_i = 2.265 Q_m^{0.849} S_x^{0.2430} S_L^{-0.00642}$	-
40×50cm	$Q_i = 1.486 Q_m^{0.899} S_x^{0.1240} S_L^{-0.02780}$	condition : $d/B \leq 0.5 (d \leq 0.2m)$
		$Q_i = 0.064 d^{0.420} S_x^{-0.043} S_L^{-0.254}$ condition : $d/B > 0.5 (d > 0.2m)$
40×100cm	$Q_i = 1.240 Q_m^{0.968} S_x^{0.0646} S_L^{-0.00363}$	condition : $d/B \leq 0.5 (d \leq 0.2m)$
		$Q_i = 0.609 d^{0.662} S_x^{-0.036} S_L^{0.086}$ condition : $d/B > 0.5 (d > 0.2m)$
		$Q_i = 3.752 d^{1.615} S_x^{0.058} S_L^{0.098}$

사용하였으며 차집유량과 유출유량을 측정할 수 있도록 수로 하류부에 자체 제작한 삼각위어 및 사각위어를 설치하였다.

3.2.2 빗물받이

빗물받이는 상사법칙을 적용하여 실제 규격의 1/3 사이즈로 축소 제작하였으며 기본 빗물받이, 그레이팅 변형(날개형)

빗물받이 및 베어링바 경사(0° 15°, 30°, 45°, 60°)를 조정한 빗물받이를 제작하였다(Fig. 4).

3.2.3 집수받이 및 연결관

집수받이는 빗물받이 하부 구조물로서, 본 연구에서 빗물받이 규격(40 cm × 50 cm, 40 cm × 100 cm)를 고려하여 「하수

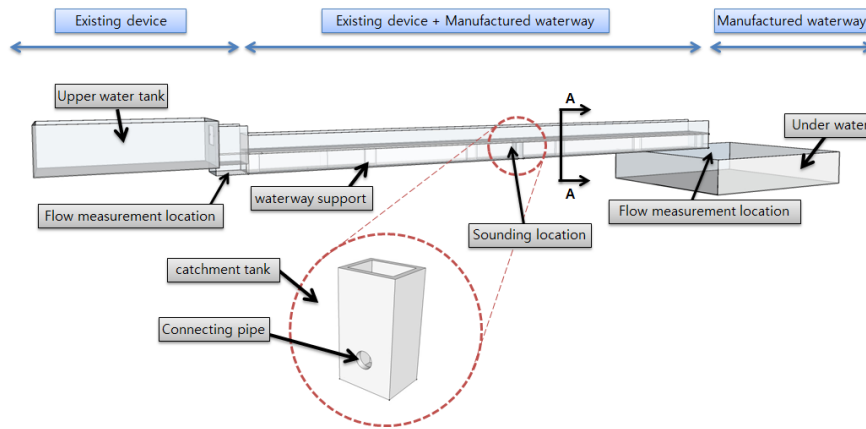


Fig. 1. Experiment waterway model (Projection view)

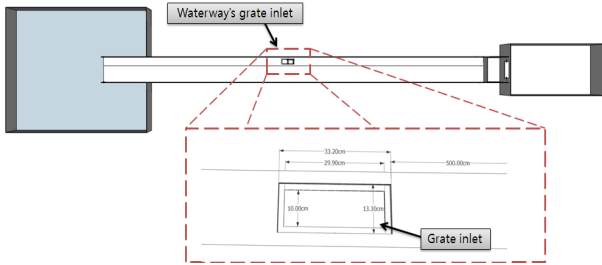


Fig. 2. Experiment waterway model (Top view)

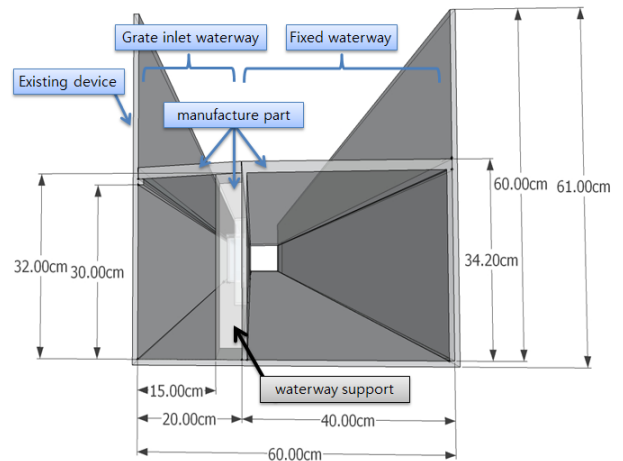


Fig. 3. Experiment waterway model (A-A' cross section)

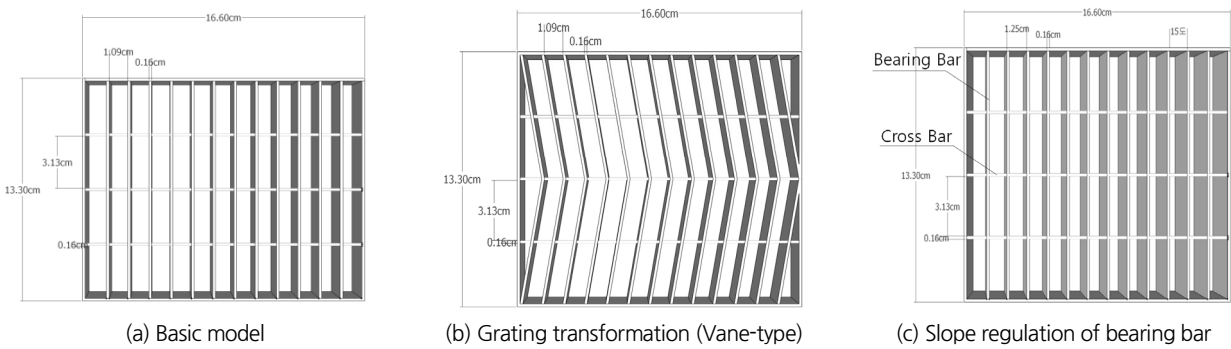


Fig. 4. Grate inlet model

도시설기준(2011, 환경부)에 나오는 표준규격인 1호 집수 받이(30 cm × 40 cm)를 기본으로 채택하였으며, 본 실험에는 상사법칙을 적용하여 1/3 규모로 축소하여 제작하였으며, 집수받이와 관망을 연결해주는 연결관은 1/3 축소된 규모인 50 mm로 제작하였다(Fig. 5).

3.3 수리실험 시나리오

빗물받이 차집량을 결정하는 주요인자로는 우수유출량 (수심, 도로의 종경사, 측구의 횡경사, 빗물받이의 규격·형태 등이다. 따라서 본 연구에서는 빗물받이 차집량 산정식 개발을 위해 수심, 도로의 종경사, 횡경사, 연결관의 개수, 빗물받

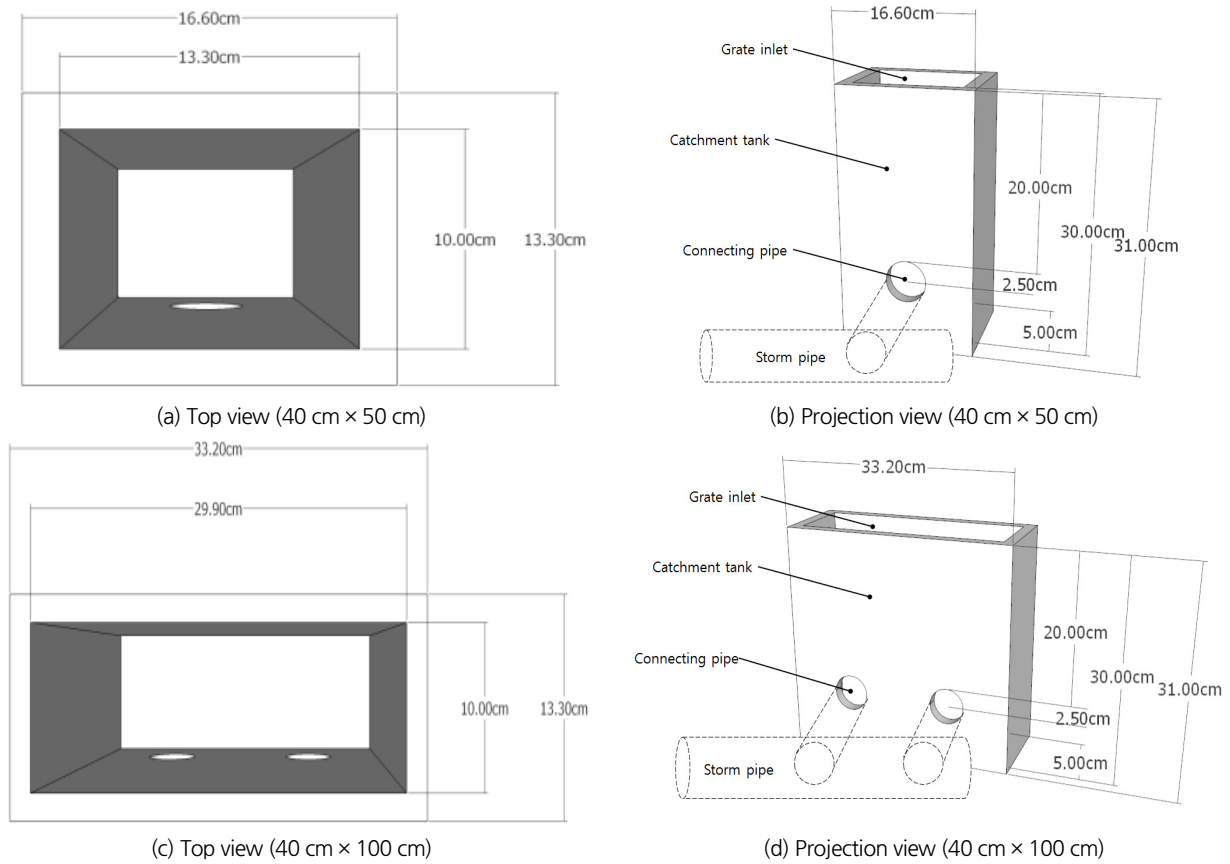


Fig. 5. Drain pan and connecting pipes (1/3 scale model)

Table 3. Experiment scenario

Size	Condition	Case number
40 cm × 50 cm × 1 EA	<ul style="list-style-type: none"> • Connecting pipe (s) : one • Transverse slope : 0%, 4%, 7%, 10% • Longitudinal slope : 0%, 2%, 5%, 7%, 10% • Depth : 3.33 cm, 6.67 cm, 10 cm • Fully-flooded : one connecting pipe, Transverse slope 0%, Longitudinal slope 0% 	61case
40 cm × 50 cm × 2 EA	<ul style="list-style-type: none"> • Connecting pipe (s) : one, two • Transverse slope : 0%, 4%, 7%, 10% • Longitudinal slope : 0%, 2%, 5%, 7%, 10% • Depth : 3.33 cm, 6.67 cm, 10 cm • Fully-flooded : one or two connecting pipe (s), Transverse slope 0%, Longitudinal slope 0% 	122case
40 cm × 50 cm × 1 EA (Bearing bar)	<ul style="list-style-type: none"> • Connecting pipe (s) : one • Transverse slope : 0% • Longitudinal slope : 0%, 2%, 5%, 7%, 10% • Depth : 3.33 cm, 6.67 cm, 10 cm • Slope of bearing bar : 15°, 30°, 45°, 60° 	60case
40 cm × 50 cm × 1 EA (Vane-type)	<ul style="list-style-type: none"> • Connecting pipe (s) : one • Transverse slope : 0% • Longitudinal slope : 0%, 2%, 5%, 7%, 10% • Depth : 3.33 cm, 6.67 cm, 10 cm 	15case

Hydraulic experiments were conducted two times by conditions.



Fig. 6. Hydraulic experiment

Table 4. Stage-discharge curve

Type of weir and Installation position	Graph	Stage-discharge curve
Square weir upstream		$Q = 2.7615d^{1.6554}$
Square weir downstream (toward the road)		$Q = 5.0754d^{0.8611}$
Triangle weir downstream (toward grate inlets)		$Q = 0.0425d^{2.2153}$

이의 규격 및 형태를 주요변수로 결정하였다.

본 실험에서 선정한 빗물받이 규격은 「하수도시설기준 (2011, 환경부)」을 준용하여 40 cm × 50 cm, 40 cm × 100 cm의 빗물받이 규격을 적용하였으며, 배아링바의 경사(0°, 15° 30°, 45°, 60°) 조절 및 그레이팅을 날개형태로 변형시킨 빗물 받이를 추가로 선정하였다. 또한 집수받이는 「하수도시설기준(2011, 환경부)」에 나오는 1호 집수받이 및 연결관킨 수를 2개까지 가능하도록 크기를 추가하여 계획하였다.

수리실험의 수심조건은 기존 실험과의 연계성을 고려하여 3.33 cm, 6.67 cm, 10.00 cm로 계획하였으며, 경사 조건(횡경사 및 종경사)은 「국도건설공사 설계실무요령(2013, 국토교통부)」 및 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙(2014, 국토교통부)」의 기준을 참고하여 실험조건으로 횡경사 0%, 4%, 7%, 10% 및 종경사 0%, 2%, 7%, 10%를 선정하여 각각의 조건을 조합한 총 516case에 대하여 수리실험을 실시하였다.

수리실험의 종경사는 상류쪽에 설치된 유압조절장치를 이

용하여 조정하였으며, 횡경사는 빗물받이쪽 수로를 경사조건마다 재설치하는 방법으로 경사를 조정하였다. 유량의 측정은 상류에 설치되어 있는 사각위어와 하류에 설치한 빗물받이쪽 삼각위어 및 사각위어에서 측정하였다. 또한, 수심은 빗물받이 위치에서 1 m 상류지점에서 측정하도록 계획하였다.

3.4 수리실험 결과

3.4.1 수위-유량 관계식 곡선

본 실험에서 가장 중요한 요소는 정확한 빗물받이 차집량의 계측이며, 이를 위해서 상부 수로로 흘러내려가는 유출유량과 빗물받이를 통해 차집되는 차집유량의 정확한 계측이 필수적이다. 따라서, 이를 위해 본 연구에서는 상류 사각위어, 하류 사각위어, 하류 삼각위어의 수위유량 관계곡선식 산정을 위해 수심조건을 변경하면서 최대 40회의 실험을 실시하였고, 실험을 통해 산정된 수위-유량 관계식 곡선은 Table 4과 같다.

3.4.2 일반 빗물받이 차집량 산정식 개발

본 실험을 통해 빗물받이 규격, 횡경사, 종경사, 수심별 차집량 계측값을 활용하여 각 조건에 따라 6가지 빗물받이 차집량 산정식을 Table 5와 같이 제시하였다.

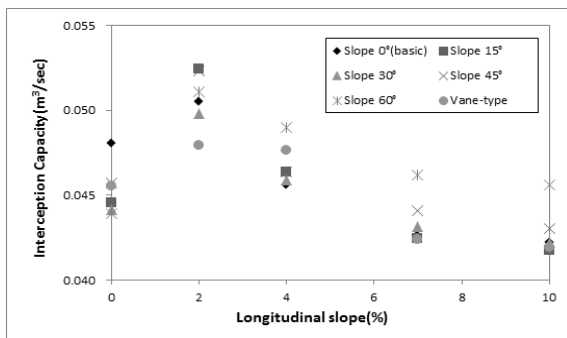
수심조건은 완전잠수형 흐름인 오리피스형 흐름($d/B > 0.5$)과 부분잠수형 흐름인 웨어형 흐름($d/B \leq 0.5$)으로 구분하였으며, 유입폭(B)의 경우 연결관의 폭으로 가정하여 오리피스형 흐름($d > 0.075m$) 및 웨어형 흐름($d \leq 0.075m$)으로 구분하였다.

차집유량에 미치는 영향을 분석해 본 결과, 수심이 종경사 및 횡경사에 비해 차집유량에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며 횡경사에 비해 종경사의 영향이 큰 것으로 분석되었다.

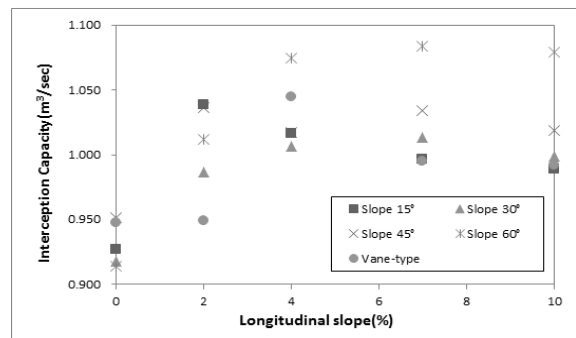
또한 과거 유사실험인 국립재난안전연구원(2013)의 차집량 산정식과 비교 결과 국립재난안전연구원(2013)의 식에서는 수심의 증가에 따라 차집량이 큰 폭으로 증가하는 것으로 분석되었으나, 본 연구에서 개발한 차집량 산정식의 경우 수심이 증가해도 차집유량의 증가량은 큰 폭으로 증가하지 않았다(NDMI, 2013). 이는 과거 연구에서는 빗물받이와 우수관거를 연결하는 시설물인 연결관을 적용하지 않아서 빗물받이 하부로 떨어지는 유량을 모두 차집 했기 때문에 실제 도로에서의 빗물받이와 우수관로 연결의 구조특성이 반영되지 않아 차집량을 과대하게 제시했던 것으로 판단된다. 따라서, 빗물받이와 우수관로가 별도 연결관이 설치된 구조에서는 적용하기 어렵다고 볼 수 있다.

Table 5. Grate inlets interception capacity equations

Grate inlet size (connecting pipes)	Depth condition	Equation	Misc.
40 cm × 50 cm (1 EA)	$d/B \leq 0.5 (d \leq 0.075m)$	$Q_i = 0.052d^{0.001} \times S_x^{0.001} \times S_L^{-0.077}$	Q_i : Interception flow rate (m ³ /sec) d : Depth (m) S_x : Transverse slope (%) S_L : Longitudinal slope (%) B : connecting pipe diameter (mm)
	$d/B > 0.5 (d > 0.075m)$	$Q_i = 0.063d^{0.089} \times S_x^{0.033} \times S_L^{-0.085}$	
40 cm × 100 cm (1 EA)	$d/B \leq 0.5 (d \leq 0.075m)$	$Q_i = 0.047d^{0.001} \times S_x^{0.005} \times S_L^{-0.045}$	
	$d/B > 0.5 (d > 0.075m)$	$Q_i = 0.065d^{0.124} \times S_x^{0.041} \times S_L^{-0.066}$	
40 cm × 100 cm (2 EA)	$d/B \leq 0.5 (d \leq 0.075m)$	$Q_i = 0.091d^{0.001} \times S_x^{0.014} \times S_L^{-0.047}$	
	$d/B > 0.5 (d > 0.075m)$	$Q_i = 0.114d^{0.093} \times S_x^{0.051} \times S_L^{-0.066}$	



(a) Special grate inlets interception capacity



(b) Increasing amount of special grate inlets interception capacity

Fig. 7. Interception capacity review (40 cm × 50 cm, one connecting pipe)

Table 6. Special grate inlets interception capacity equations

Category	Longitudinal slope				
	0%	2%	4%	7%	10%
Grating Slope 0°(basic)	$Q_i = 0.0696d^{0.1607}$ (R ² =0.92)	$Q_i = 0.0621d^{0.0899}$ (R ² =0.95)	$Q_i = 0.0587d^{0.1097}$ (R ² =0.96)	$Q_i = 0.0530d^{0.0948}$ (R ² =0.86)	$Q_i = 0.0538d^{0.1060}$ (R ² =0.82)
Grating Slope 15°	$Q_i = 0.0768d^{0.2362}$ (R ² =0.88)	$Q_i = 0.0596d^{0.0555}$ (R ² =0.97)	$Q_i = 0.0572d^{0.0914}$ (R ² =1.00)	$Q_i = 0.0542d^{0.1059}$ (R ² =0.93)	$Q_i = 0.0478d^{0.0586}$ (R ² =0.60)
Grating Slope 30°	$Q_i = 0.00802d^{0.2594}$ (R ² =0.93)	$Q_i = 0.0663d^{0.1241}$ (R ² =0.80)	$Q_i = 0.0583d^{0.1038}$ (R ² =0.73)	$Q_i = 0.0521d^{0.0816}$ (R ² =0.91)	$Q_i = 0.0526d^{0.0955}$ (R ² =0.82)
Grating Slope 45°	$Q_i = 0.00751d^{0.2153}$ (R ² =0.87)	$Q_i = 0.0598d^{0.0580}$ (R ² =0.99)	$Q_i = 0.0606d^{0.1162}$ (R ² =0.98)	$Q_i = 0.0541d^{0.0891}$ (R ² =0.83)	$Q_i = 0.055d^{0.1066}$ (R ² =0.97)
Grating Slope 60°	$Q_i = 0.00793d^{0.2564}$ (R ² =0.87)	$Q_i = 0.0639d^{0.0972}$ (R ² =0.83)	$Q_i = 0.00611d^{0.0958}$ (R ² =0.80)	$Q_i = 0.00603d^{0.1158}$ (R ² =0.93)	$Q_i = 0.0595d^{0.1157}$ (R ² =0.81)
Vane-type	$Q_i = 0.0847d^{0.2693}$ (R ² =0.86)	$Q_i = 0.00659d^{0.1383}$ (R ² =0.99)	$Q_i = 0.0583d^{0.0878}$ (R ² =0.89)	$Q_i = 0.0513d^{0.0826}$ (R ² =0.73)	$Q_i = 0.0510d^{0.0852}$ (R ² =0.98)

Transverse slope is 0% in all experiments. (R² = coefficient of determination)

Table 7. Comparison of special grate inlets interception capacity equations

Category		Longitudinal slope									
		0%		2%		4%		7%		10%	
Interception capacity (m ³ /sec)	Grating Slope 0°(basic)	0.0481	-	0.0505	-	0.0456	-	0.0426	-	0.0422	-
	Grating Slope 15°	0.0446	▽0.0035	0.0525	△0.0020	0.0463	△0.0007	0.0425	▽0.0001	0.0418	▽0.0004
	Grating Slope 30°	0.0441	▽0.0040	0.0498	▽0.0007	0.0459	△0.0003	0.0432	△0.0006	0.0422	-
	Grating Slope 45°	0.0457	▽0.0024	0.0523	△0.0018	0.0464	△0.0008	0.0441	△0.0015	0.0430	△0.0008
	Grating Slope 60°	0.0439	▽0.0042	0.0511	△0.0006	0.0490	△0.0034	0.0462	△0.0036	0.0456	△0.0034
	Vane-type	0.0456	▽0.0025	0.0479	▽0.0026	0.0476	△0.0020	0.0424	▽0.0002	0.0419	▽0.0003
Interception increasing quantity	Grating Slope 0°(basic)	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-	1.00	-
	Grating Slope 15°	0.93	▽0.07	1.04	△0.04	1.02	△0.02	1.00	-	0.99	▽0.01
	Grating Slope 30°	0.92	▽0.08	0.99	▽0.01	1.01	△0.01	1.01	△0.01	1.00	-
	Grating Slope 45°	0.95	▽0.05	1.04	△0.04	1.02	△0.02	1.03	△0.03	1.02	△0.02
	Grating Slope 60°	0.91	▽0.09	1.01	△0.01	1.07	△0.07	1.08	△0.08	1.08	△0.08
	Vane-type	0.95	▽0.05	0.95	▽0.05	1.04	△0.04	1.00	-	0.99	▽0.01

Experiment conditions : Transverse slope 0%. Depth 0.1m.

$$\text{Interception increasing quantity} = \frac{\text{Interception capacity of target grate inlet}}{\text{Interception capacity of basic grate inlet}}$$

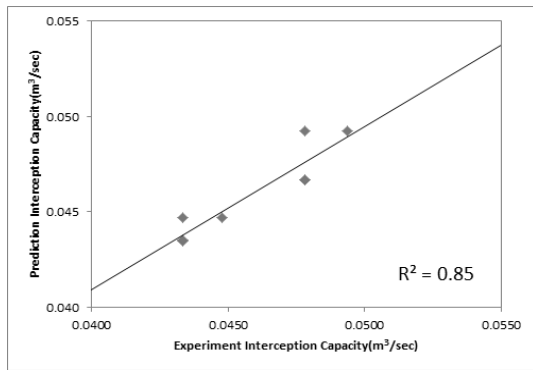
3.4.3 특수 빗물받이 차집량 산정식 개발

기존의 연구에서는 연구되지 않았던 특수 빗물받이(베어링바의 경사 및 형태 변형) 조건을 본 연구에서는 계획하였으며, 특수 빗물받이 설치시의 빗물받이 차집효율 및 차집량 산정식을 제시하였다.

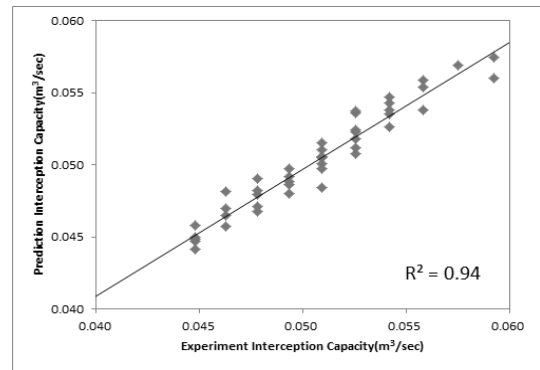
특수 빗물받이 실험의 횡경사 0% 조건에 대하여 종경사 조건을 변경하여 수리실험을 실시하여 빗물받이 형태 조건변화에 따른 빗물받이 차집량 산정식을 개발하였다.

분석결과 빗물받이 그레이팅 경사가 15°, 30°, 45°인 경우와 날개형 빗물받이에서는 기본형 빗물받이에 비해 차집량이 최대 4% 증가하였으며, 일부 경사에서는 차집량이 오히려 감소하는 것으로 나타났다. 특히 그레이팅 경사가 60°인 경우, 종경사가 0%일 때는 기본형 빗물받이에 비해 차집량이 적은 것으로 나타났으나, 종경사가 증가하면서 차집량이 점차적으로 증가하는 것으로 분석되었다.

결론적으로, 유수의 흐름방향으로 빗물받이 그레이팅 경

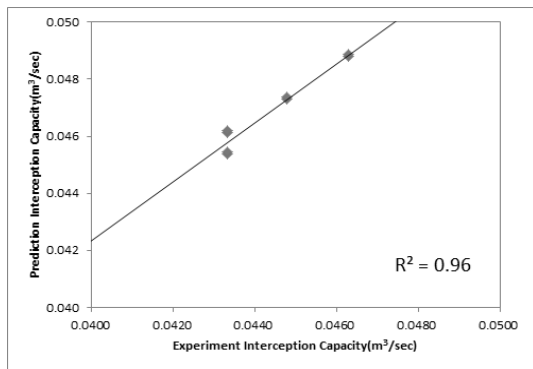


(a) $d \leq 0.075m$

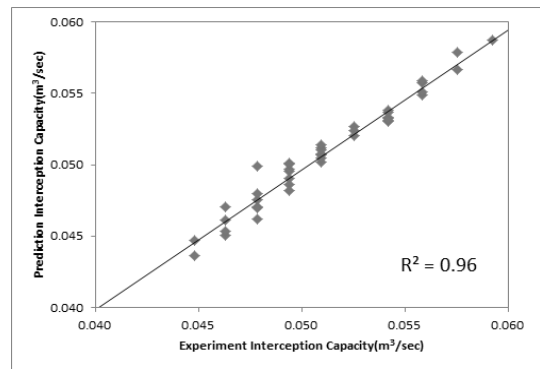


(b) $d > 0.075m$

Fig. 8. Interception capacity review (40 cm × 50 cm, one connecting pipe)

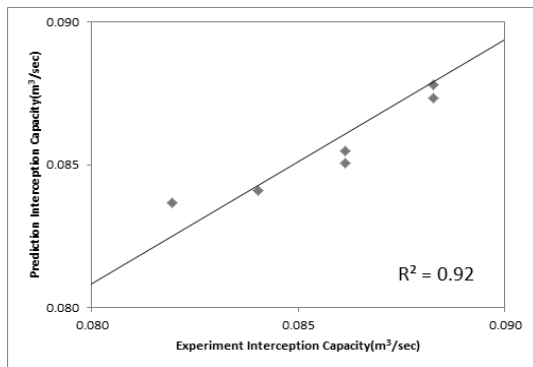


(a) $d \leq 0.075m$

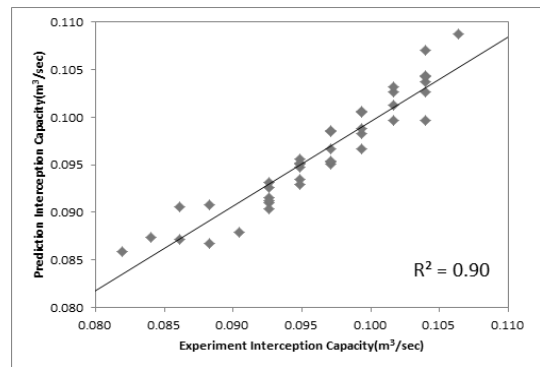


(b) $d > 0.075m$

Fig. 9. Interception capacity review (40 cm × 100 cm, one connecting pipe)



(a) $d \leq 0.075m$



(b) $d > 0.075m$

Fig. 10. Interception capacity review (40 cm × 100 cm, two connecting pipes)

사를 기울여 빗물받이를 설치할 경우 도로의 종경사가 0%를 초과하는 경우에는 차집효율이 증가하기 때문에 이를 고려하여 빗물받이를 제작 및 설치하는 것이 효율적인 것으로 판단된다.

3.4.4 빗물받이 차집량 산정식 검증

본 실험에서 개발된 차집량 산정식의 정확성을 검증하기 위해 실험치와 산정치의 값을 비교하는 결정계수 분석법을 이용하였으며 그 결과 결정계수³⁾가 최소 0.85에서 최대

3) 결정계수(상관계수)(Coefficient of Determination)는 추정된 선형모형

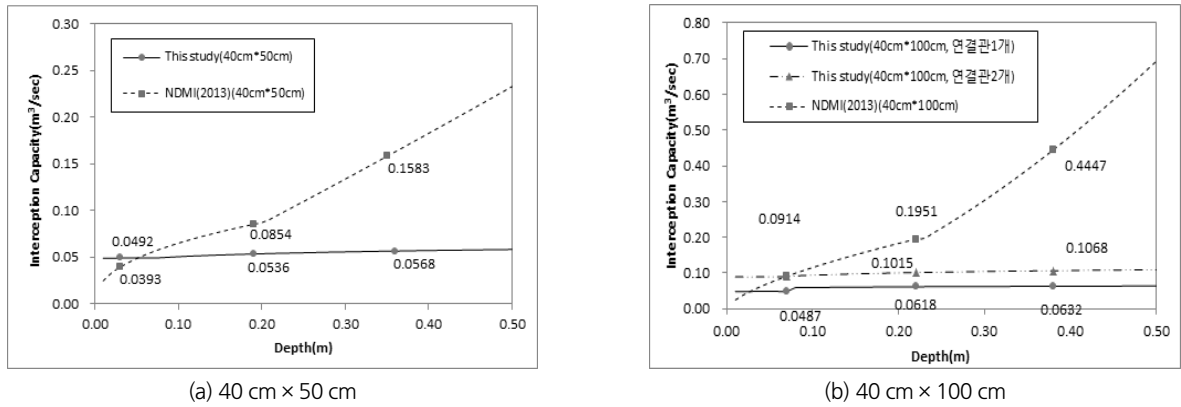


Fig. 11. Comparison of interception capacity equations

0.96으로 나타나 신뢰할 수 있는 정확도를 보이는 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 빗물받이 형상에 따른 차집효율을 분석 및 조건에 따른 차집량 산정식을 개발하기 위하여 빗물받이 수리실험을 실시하였으며, 국내 표준규격의 빗물받이(40 cm × 50 cm) 및 특수 빗물받이(베어링바의 경사 및 형태 변형)의 조건을 적용하였다. 또한 기존의 실험에서는 볼 수 없었던 집수받이 연결관을 적용하여 차집유량의 정확성을 높이고자 하였다.

본 실험을 통해 개발된 빗물받이 차집량 산정식은 수심이 종경사 및 횡경사에 비해 차집유량에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며 횡경사에 비해 종경사의 영향이 큰 것으로 분석되었다. 특수 빗물받이 실험은 빗물받이 그레이팅 경사가 15°, 30°, 45°인 경우와 날개형 빗물받이에서는 기본형 빗물받이에 비해 차집량이 최대 4% 증가하였으며, 일부 경사에서는 차집량이 오히려 감소하는 것으로 나타났다. 그레이팅 경사가 60°인 경우, 종경사가 0%일 때는 기본형 빗물받이에 비해 차집량이 적은 것으로 나타났으나, 종경사가 증가하면서 차집량이 점차적으로 증가하는 것으로 분석되었다.

결론적으로, 유수의 흐름방향으로 빗물받이 그레이팅 경사를 기울여 빗물받이를 설치할 경우 도로의 종경사가 0%를

초과하는 경우에는 차집효율이 증가하기 때문에 이를 고려하여 빗물받이를 제작 및 설치하는 것이 효율적인 것으로 판단된다.

기 호

- d : 수심, Depth(m)
- Q_i : 차집유량, Interception flow rate(m³/sec)
- Q_m : 실험유량, Experiment flow rate(m³/sec)
- R² : 결정계수, Coefficient of determination
- S_x : 횡경사, Transverse slope(%)
- S_L : 종경사, Longitudinal slope(%)
- B : 연결관 지름, connecting pipe diameter(mm)

감사의 글

본 연구는 국민안전처 국립재난안전연구원의 지원(“재난 위험도 평가 및 예측 기반기술 구축(Ⅱ)”, “NDMI-주요-2015-03-03”)에 의해 수행 되었습니다. 이에 감사드립니다.

References

Kim, J. S., Kim, S. Y., Kim, K. B., and Oon, S. E. (2014). “Investigation and analysis of interception capacity at street inlet on road.” *Korean Society of Civil Engineers Conference*, pp. 1401-1402.

Kim, J. S., Kwon, I. S., Yoon, S. E., and Lee, J. T. (2005). “An

이 주어린 자료에 적합한 정도를 재는 척도이다. 결정계수의 값은 0에서 1사이 에 있으며, 종속변인과 독립변인 사이에 상관관계가 높을수록 1에 가까워진다. 즉, 결정계수가 0에 가까운 값이 가지는 회귀모형은 유용성이 낮은 반면, 결정계수의 값이 클수록 회귀모형의 유용성이 높다고 할 수 있다(김석우, 기초통계학, 학지사, 2007, pp. 127).

- analysis of clogging characteristics at grate inlets.” *Korean Society of Civil Engineers Conference*, pp. 847-850.
- Kim, S. (2007). Basic Statistics, HAKJISA, pp. 127.
- Kwon, I. S., Lee, J. H., Yoon, S. E., and Lee, J. T. (2005). “An analysis of stormwater interception capability of grate inlets.” *Korean Society of Civil Engineers Conference*, pp. 2494-2497.
- Ministry of Environment (2011). “Drainage system standard.” pp. 198-206.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2013). “Design practical manual of national highway construction.” pp. 125-176.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2014). “Regulation of road structure and facility criteria.”
- National Disaster Management Research Institute (2012). “Development of ground & underground integrated urban inundation analysis technology (I).”
- National Disaster Management Research Institute (2013). “Development of ground & underground integrated urban inundation analysis technology (II).”
- National Disaster Management Research Institute (2014). “Construction of fundamental technology for disaster risk assessment and response (I) -Development of Urban Ground-Underground Integrated Inundation Analysis Technique based on GIS-.”
- Yoon, S. E. (2008). “*FFC-G4 Urban Design Guidelines for Rainwater drainage - mainly Rain Gutters and manholes -*.” Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Korea Institute of Construction & Transportation Technology Evaluation and Planning, Urban Flood Disaster Management Research Center.
- Yoon, S. E., Lee, J. T., Jung, J. W., Shin, S. Y., and Im, D. H. (2003). “Analysis of interception efficiency as variation with storm water inlet structure.” *Korean Society of Civil Engineers Conference*, pp. 2784-2789.