교량용 배수관경 국내기준의 문제점 및 개선안

Problem and Improvement in Design of Drainage Pipe for Bridges

홍기증* · 오창국**

Hong, Kee-Jeung · Oh, Chang-Kook

Abstract

Recently, the cause of flood damage has been the local torrential rainfalls rather than a total amount of yearly rainfalls. The domestic design code of drainage pump is being improved by considering the effect of local torrential rainfalls, while there is no consideration on the local torrential rainfalls in the domestic design code of bridge-deck drainage. Compared with the code of Federal Highway Administration in USA, no rational bases are specified in the domestic design code of bridge-deck drainage. This paper proposes the reasonable design guideline for bridge-deck drainage considering the effect of local torrential rainfalls.

Key words : bridge, drainage system, pipe diameter, local torrential rainfalls

요 지

최근 들어 홍수피해를 유발하는 것은 강우의 총량이기보다 기후 변화에 따라 발생하는 국지성 집중호우라 할 수 있다. 이러한 국지성 집중호우를 고려한 강우강도 개념을 도입하면서 배수펌프장 등과 같은 국내 배수시설 설계가 최근 개선되고 있으나, 교량용 배수시설 관련하여 별다른 개정이 없는 실정이다. 또한, 미연방도로국의(FHWA)의 배수설비 기준에 비하여 국내의 교량용 배수시설 기준은 합리적인 배수관 설계 방법을 제시하지 못하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, 국지성 집중호우를 고려한 확률강우강도식을 사용하여 합리적인 교량용 배수관경 설계 기준안을 본 논문에서 제시한다.

핵심용어 : 교량, 배수시설, 배수관경, 국지성호우

1. 서 론

기상청 산하 전국에 분포된 61개 관측소(기상청 발행 기상 연월보, 1973~2009)에서 1973년부터 2009년 8월 31일까지 기간 사이에 관측된 시간우량을 이용하여 홍수피해를 유발할 가능성이 있는 시간당 50 mm 이상의 호우가 발생한 횟수를 분석한 결과, 과거에 비해 최근 그 발생횟수가 현저히 증가한 것을 확인할 수 있었다(오제승, 2007). 그림 1은 “강우 자료의 변동 특성 분석(오제승 외 2인, 2007)”에서 제시한 내용에 2007부터 2009년까지의 내용을 추가하여 나타낸 것이다. 그림 2는 전국 연도별 강우변화경향을 나타낸 것이며 총강수량의 수치적 통계를 경향으로 나타낼 경우에도 증가추세를 나타내고 있어 기존에 사용하고 있는 국내 배수관 설계에 대한 검토의 필요가 있음을 확인할 수 있다. 특히, 최근 2010년 9월 21일 하루만에 259.5 mm의 비가 내려 광화문을 비롯한 서울 중심부가 물에 잠기어 교통이 마비되는 등 심각한 침수피해가 발생함에 따라 서울시는 도시 지역의 침수를 막기 위해 111개 가운데 41개 빗물펌프장의 배수처리능력을

시간당 75 mm에서 95 mm로 대폭 개선하는 계획을 수립하였으며, 2010년 연말까지 19개의 빗물펌프장 능력을 개선하고 2011년까지 13곳을 추가 개선할 계획이다.

교량용 배수시설의 경우 국내 설계기준은 위와 같은 국지성 집중호우를 고려한 합리적 설계가 이루어지지 않고 있는 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 합리식에 의한 우수량 산정공식으로 강우강도 지속시간과 설계 강우강도를 결정하고 최대 계획우수량과 Manning공식에 의해 배수관경을 결정하는 합리적인 배수관 설계기준안을 본 논문에서 제시한다. 제시된 설계기준을 인천지역에 적용한 사례를 통해 설계기준안의 타당성을 검증한다.

2. 국내기준의 문제점

표 1에 국내 및 해외의 교량용 배수관 관련 설계기준을 정리하였다. 도로설계편람III(2001), 국토건설공사 설계실무요령(2005)은 교량용 배수관경 설계에 대한 언급 없이 일반 도로의 배수암거에 관한 규정이 마련되어 있다. 교량의 배수시

*정회원 · 국민대학교 건설시스템공학부 조교수 (E-mail : kjhong@kookmin.ac.kr)

**정회원 · 국민대학교 건설시스템공학부 전임강사 (교신저자)

그림 1. 전국 61개소 관측소에서 측량된 연도별 시간당 강우량 50 mm초과 횟수

그림 2. 전국 연도별 강우변화경향(기상청, 2010)

설에 관한 기준은 2004년 마련된 도로배수시설 설계 및 유지관리 지침에서 「구조물배수」 편을 따로 마련하여 내경 150 mm 이상의 배수관을 사용하도록 제시하고 있다. 또한, 고속도로공사 전문시방서 및 도로공사표준시방서에서는 원형 관경 50 mm 이상, 그 외의 형상은 150 mm 이상 또는 계획유량의 3배를 배수시킬 수 있는 배수관 단면을 사용하도록 제

시하고 있다. 이러한 국내 단순설계지침은 일반설계자들이 배수관경을 합리적으로 결정하기 위한 충분한 정보를 제공하지 못하고 있으며, 관경 결정에 대한 근거자료가 충분치 않아 급변하는 기후조건을 고려한 배수관경 선정이 불가능하다는 단점이 있다. 최근 심각한 문제를 유발하는 국지성호우를 감안하였을 경우에는 기존 단순설계지침의 신뢰성은 더욱 떨어질 것이다. 국내에서 사용하고 있는 강우강도공식들과 국지성호우를 고려한 강우강도공식에 대해 이들 국내 지침이 어느 정도의 신뢰성을 가지고 있는지를 본 논문에서 검증하고 좀 더 바람직한 설계기준을 제안하고자 한다.

3. Rational Method에 의한 우수량 산정공식

설계 강우강도에 따라 우수량을 산정하는 합리식은 1889년 미국 문헌에 최초로 등장하며(Chow 1964), 이 합리식을 사용하여 관경을 결정하는 공식을 SI단위로 환산하여 아래에

표 1. 배수관 관련 설계지침

설계기준	관련 배수관	내용
도로설계편람III, 2001 3.4절	도로배수관	도시부 시가지 통과 구간은 미관을 고려하여 지중매설관 $\phi 300$ mm 이상으로 설치한다.
국도건설공사 설계실무요령, 2008 3절의 4)	도로배수관	배수관의 최소규격은 종배수관은 450 mm 이상을 적용하고, 횡배수관은 1000 mm 이상을 적용하되 지형 및 지역여건 그리고 도로의 중요도를 고려하여 800 mm 이상으로 할 수 있다.
도로교 표준시방서, 2005	×	배수시설 관련 언급 없음.
도로배수시설 설계 및 유지관리 지침, 2004 12.2.2	교량배수관	배수관은 원칙적으로 유지보수가 용이한 첨가방식으로 한다. 내경은 150 mm 이상, 경사는 원칙적으로 3% 이상으로 하며, 장래 유지보수가 용이하도록 설치.
고속도로공사전문시방서, 2009 6-9-7	교량배수관	원형관경 50 mm 이상, 그 외의 형상은 150 mm 이상 또는 계획유량의 3배를 배수시킬 수 있는 배수관 단면
도로공사표준시방서, 2009 6-8-7	교량배수관	원형관경 50 mm 이상, 그 외의 형상은 150 mm 이상 또는 계획유량의 3배를 배수시킬 수 있는 배수관 단면
FHWA - design of bridge deck drainage, 1993 Ch. 3	교량배수관	관경 결정할 수 있는 합리적인 산정 공식 제공

표 2. 종류별 설계 강우강도 공식

종류	Talbot형	Sherman형	Hisano Ishiguro형	Cleveland형	통합 I형	통합 II형
공식	$i = \frac{a}{t+b}$	$i = \frac{a}{t^m}$	$i = \frac{a}{\sqrt{t \pm b}}$	$i = \frac{a}{t^m + b}$	$i = \frac{a}{t^m \pm b}$	$i = \frac{a}{(t+b)^m}$

나타내었다(Jens, 1979).

$$Q_c = \frac{1}{3,600,000} C i A_b \quad (1)$$

여기서, Q_c 는 최대계획우수량(m^3/s), C 는 유출계수(도로의 경우 0.80~0.90)이고, i 는 설계강우강도(mm/hr), A_b 는 유역면적(m^2)으로

$$A_b = l_0 W_p \quad (2)$$

로 나타낸다. l_0 는 교량종방향 배수관 간격(m), W_p 는 교량 중심에서부터 배수관 위치까지의 수평거리(m)이다. 설계강우강도 i 는 Talbot, Shermen, Hisano-Ishiguro, Cleveland, 통합 I, II형의 총 6가지 형식이 있으며 각각 아래 표 2와 같이 정의한다. 여기서, i 는 강우강도, t 는 강우지속시간(min)이고, a , b , m 은 상수이다. The University of Maryland에서 가장 현실에 적합하도록 식 (3)으로부터 지표면 유달시간 t_0 를 구해냈다(Ragan, 1971). 식 (4)는 거터 흐름과 합리식을 이용하여 Manning 공식으로부터 유도되었다(FHWA Design of Bridge Deck Drainage, 1993). 총 유달시간 t_c 는 지표면 유달시간 t_0 , 거터에서의 유달시간 t_g 의 합이고, 강우강도지속시간 t 가 총 유달시간 t_c 보다 더 길거나 같을 때 우수량이 최대가 되므로 식 (5)의해 최대계획 우수량을 계산한다(Young and Krolak, 1992).

$$t_0 = \frac{K_w (l_0 n)^{0.6}}{(C i)^{0.4} S^{0.3}} \quad (3)$$

$$t_g = \frac{K_g S_x T^2}{C i W_p} \quad (4)$$

$$t_c = t_0 + t_g \quad (5)$$

여기서, K_w 는 6.918(psi 단위에서는 0.93)이고, l_0 는 교량종방향 배수관 간격(m), n 은 조도계수(아스팔트 포장에서는 0.014~0.016)이다. 또한, C 는 유출계수(아스팔트에서 0.9)이고, K_g 는 40333.33(psi 단위에서는 484)이다. S 는 노면종단경사이고, W_p 는 도로폭(m)이다. 그림 3에 보인 바와 같이, T 는 거터 폭을 나타내며 S_x 는 횡단경사(시멘트 및 아스팔트 포장의 경우 1.5~2.0%)이다(건설교통부, 1999). 우리나라 길어깨 설계기준에서는 일반적으로 길어깨의 경사가 변하는 경우는 없으므로 S_x 만을 고려하지만 경우에 따라 필요하다면 거터의 등가 횡단경사 $S_{equivalent}$ 는 그림 3에 제안된 공식으로 계산한다(Johnson and Chang, 1984). 도로의 길어깨는 강우가 흘러내리는 거터 역할을 하므로 길어깨 폭을 거터 폭으로 취급

그림 3. 길어깨 또는 거터의 횡단경사 변화

표 3. 길어깨 설치 기준

도로의 구분	설계속도 (km/hr)	차도 오른쪽 길어깨의 최소폭(m)	
		지방지역	도시지역
고속도로	100 이상	3.00	2.00
일반도로	80 이상	2.00	1.50
	60 ~ 80	1.50	1.00
	60 미만	1.00	0.75

할 수 있다. 길어깨 폭은 「도로의 구조·시설기준에 관한 규칙」에 따르면 표 3과 같다(건설교통부, 1999). 본 논문에서 적용하고자 하는 교량의 설계속도를 최소 60 km/hr 이상이라고 보았을 때, 일반도로의 최소폭인 1 m 와 고속도로의 최소폭인 3 m 를 거터 폭으로 선정하여 최대계획우수량을 산정하도록 한다.

4. 배수관경 결정 공식 유도

먼저 t 값을 가정하여 특정 지역의 강우를 대표하는 강우강도 공식 i 를 표 2에서 선정하고, 선정된 i 로 식(3)과 (4)를 사용하여 t_0 와 t_g 를 계산한다. 처음 가정한 t 와 식(5)로 계산된 t_c 값이 같을 때 계산된 강우강도 i 를 사용하여 최대계획우수량 Q_c 를 식(1)로 계산한다. 또는 표 2와 식(3), (4), (5)에서 t 를 t_c 와 같다고 놓고 t 에 대한 비선형방정식을 유도하여 t 를 구하여도 된다.

다음으로 최대 계획우수량을 충분히 유출시킬 수 있는 배수관의 관경을 결정하는 공식을 유도하도록 한다. 즉, 최대 계획우수량을 배수관 유량과 같다고 놓으면 다음 식이 성립한다.

$$Q_c = AV \quad (6)$$

여기서, A 는 우수가 통과하는 배수관 내부 우수의 단면적, V

는 Manning공식에 의한 관내 유속속도(m/s)로서 다음과 같이 나타낸다.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{n} \left(\frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

여기서, n 은 조도계수이고, R 은 경심이라 한다. 경심은 물이 통과하는 면적을 물과 접하는 윤변으로 나누어준 값으로서, 배수관 단면이 지름 D 인 원형일 경우와 한 번의 길이가 D 인 정사각형인 경우 모두 경심은 $D/4$ 가 된다. I 는 동수경사이며 배수관 시공시 최소기울기인 3%를 사용한다. 식(7)을 식(6)에 대입하면 배수관경 D 를 아래와 같이 구할 수 있다. 식(8)에서 최대계획 우수량 Q_c 의 단위는 m^3/s 이고 계산된 배수관경 D 의 단위는 mm가 된다.

$$\text{원형단면 배수관 } D = \left(\frac{4Q_c}{\pi \frac{1}{n} \left(\frac{1}{4} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} \times 10^3 \quad (8.a)$$

$$\text{정사각형단면 배수관 } D = \left(\frac{Q_c}{\frac{1}{n} \left(\frac{1}{4} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} \times 10^3 \quad (8.b)$$

5. 배수관경 결정공식의 적용 - 인천지역 강우강도공식

아래와 같은 값들을 가정하여 인천지역의 교량 배수관을 앞 절에서 유도된 배수관경 결정공식을 적용하여 구하고, 기

존의 국내 설계지침에 의한 배수관경과 비교하고자 한다. 인천의 2차선 교량의 도로폭 W_p 를 약 10m로 가정, 도로공사표 준시방서(2009)에 제시되어 있는 교량 배수구의 최대간격 20m를 교량종방향 배수관 간격 l_0 로 가정한다. 길어깨 폭 T 는 3절에서 언급한 대로 최소폭인 1m와 최대폭인 3m를 채택하였다. 아스팔트의 조도계수 n 은 0.014, 도로종단경사 S_n 는 3%, 시멘트 및 아스팔트 포장의 길어깨 횡단경사 S_x 는 1.5%로 가정한다. 이 값들은 가장 위험한 설계 강우강도를 얻도록 가정한 값들이다. 다만, 도로종단경사는 산지의 국지도로용 교량의 경우 최대 17%가 될 수도 있으므로(건설교통부, 1999), 이 경우는 상당히 더 큰 설계 강우강도를 얻게 되므로 경우에 따라 적절한 종단경사를 사용하여야 한다. 하수도 시설기준(2005)에서는 강우강도주기를 5내지 10년을 사용하지만, 앞으로 우리나라의 국지성호우를 대비하기 위해 강우강도가 더욱 증가될 것이 예측되므로 20년 주기의 강우강도까지 고려하였다. 동수경사 I 는 4절에서 언급한 바와 같이 배수관 시공시 최소기울기인 3%를 사용하도록 한다. 이렇게 가정한 값들과 3.0의 안전율(본문 표 1참조, 도로공사 표준시방서)을 고려하여 최대 계획우수량 Q_c 의 3배를 배수할 수 있도록 원형과 정사각형 단면 배수관의 관경을 식(8)에 따라 각각 계산하였다.

2006년 최계운 외 2인은 1961년부터 2004년까지 44년간 분단위 강우자료를 수집하여 임의지속시간 10분부터 24시간까지의 연최대강우량을 선정하였으며, 인천지역 국지성 호우 패턴과 가장 유사한 통합 I형을 사용하여 96%신뢰 구간을 갖는 강우강도식으로 제안하였다. 이렇게 국지성 호우패턴을 고려한 강우강도공식과 기존의 인천지역 강우강도 공식들(이원환, 1980)-대한토목학회지의 지역별(Japanese형)·권역별(Sherman형), 산업기술 연구소(Sherman형), 건설부의 Talbot형·Sherman형·Japanese형-을 모두 표 4에 정리하여 배수관의 크기를 결정하는데 사용하였으며, 아래 표 5 및 그림 4

표 4. 인천지역의 강우강도공식

강우강도 주기	토목학회지		산업기술 연구소	건설부			국지호우 최계운 외 2인
	지역별	권역별		Talbot	Sherman	Japanese	
5년	$\frac{400}{\sqrt{t}+0.39}$	$\frac{520}{t^{0.58}}$	$\frac{370}{\sqrt{t}+0.09}$	$\frac{4867.1}{t+33.4}$	$\frac{399.9}{t^{0.506}}$	$\frac{388.2}{\sqrt{t}-0.032}$	$\frac{1042.1}{t^{0.6466}+5.12}$
10년	$\frac{474}{\sqrt{t}+0.34}$	$\frac{612}{t^{0.58}}$	$\frac{615}{\sqrt{t}+1.84}$	$\frac{5660.8}{t+36.3}$	$\frac{416.6}{t^{0.487}}$	$\frac{388.2}{\sqrt{t}+0.171}$	$\frac{1419.4}{t^{0.6626}+6.99}$
20년	$\frac{529}{\sqrt{t}+0.15}$	$\frac{697}{t^{0.58}}$	$\frac{740}{\sqrt{t}+2.01}$	$\frac{6405.9}{t+38.5}$	$\frac{435.2}{t^{0.473}}$	$\frac{506.7}{\sqrt{t}+0.323}$	$\frac{1934.1}{t^{0.6805}+9.67}$

표 5. 인천지역의 강우강도주기 및 길어깨 폭에 따른 원형 배수관 지름

강우강도 주기	길어깨 폭 $T(m)$	지름 $D(mm)$						
		토목학회지		산업기술연구소	건설부			국지호우 최계운 외 2인
		지역별	권역별		Talbot	Sherman	Japanese	
5년	1	177	234	189	141	205	205	148
	3	136	162	138	132	147	147	131
10년	1	195	255	161	145	209	188	152
	3	152	183	140	137	155	140	138
20년	1	220	274	170	148	214	202	154
	3	171	201	151	142	162	159	143

표 6. 인천지역의 강우강도주기 및 길어깨 폭에 따른 정사각형 배수관 폭

강우강도 주기	길어깨 폭 $T(m)$	폭 $D(mm)$						
		토목학회지		산업기술연구소	건설부			국지호우 최계운 외 2인
		지역별	권역별		Talbot	Sherman	Japanese	
5년	1	162	214	173	128	187	187	135
	3	136	148	126	121	135	134	120
10년	1	178	233	147	132	191	172	138
	3	139	167	128	125	141	128	126
20년	1	201	250	156	136	195	185	140
	3	156	184	138	130	148	145	131

그림 4. 인천지역의 강우강도주기에 따른 원형 배수관 지름

에 그리고 표 6 및 그림 5에 원형배수관의 지름 그리고 정사각형배수관의 폭을 각각 계산하여 정리하였다.

원형배수관에 대해 표 5와 그림 4에 보이듯이, 국내 도로공사 표준시방서에서 제시한 설계 원형배수관경 50 mm가 강우강도식을 기반으로 결정된 원형배수관 지름들보다 약 1/5~1/3배로 작음을 알 수 있다. 이는 도로공사 표준시방서에서 제시한 원형배수관경이 실제 강우를 배수하기에 충분히 크지 않음을 의미한다. 또한 우리나라의 기후가 아열대성 기후로 변화하면서 국지성 호우의 강도와 발생빈도가 증가하고 있기 때문에 국내 시방서의 이러한 문제점은 더욱 심각한 결과를 초래할 수 있으므로 빠른 시일 안에 이를 해결하는 노력이 절실히 필요하다. 정사각형 배수관에 대해 표 6과 그림 5에 보이듯이, 국내 도로공사 표준시방서에서 제시한 설계 정사각형 관폭 150 mm가 강우강도식을 기반으로 결정된 정사각형 배수관 폭과 대체로 근사하게 계산되었다.

원형 및 정사각형 배수관 모두에서, 국지성 호우를 고려한

그림 5. 인천지역의 강우강도주기에 따른 정사각형 배수관 폭

강우강도공식에 의해 계산된 배수관 크기는 다른 강우강도공식에 의한 배수관 크기보다 대체로 작게 결정되었다. 이는 기존의 강우강도공식 등이 대체로 국지성 호우를 충분히 고려할 수 있을 만큼의 안전율을 이미 확보하고 있음을 의미한다. 이와 같은 결과는 인천지역에 대해 임의로 가정한 변수들에 의해 계산된 것이므로 다른 지역 또는 다른 조건에서는 이와 다른 경향의 결과들이 충분히 유추될 수 있다. 그럼에도 불구하고, 본 연구결과에서 국내 시방서 기준(특히 원형배수관경 50 mm)이 충분한 배수관의 크기를 보장하고 있지 않음을 확인할 수 있었다. 본 논문에서 제시한 방법을 통해 합리적으로 배수관을 설계하면 더욱 안전한 배수관을 확보할 수 있고 과다한 설계를 피할 수 있다.

6. 결 론

본 논문에서 수행된 교량용 배수시설 국내 설계기준 검토

및 개선방안에 대한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 미국 FHWA에서 1993년에 발간한 Design of Bridge deck drainage에서는 강우강도, 강우기간 그리고 강우주기를 함수로 하는 합리식을 이용한 우수량 산정공식을 사용하여 합리적으로 배수관 크기를 설계할 수 있도록 지침을 제시하고 있다. 그러나 국내에서는 배수관 크기를 단순히 결정하도록 되어 있고 그에 대한 근거를 제시하고 있지 않으므로 국내 배수설계지침의 개선이 필요하다.
- 2) Design of Bridge deck drainage(FHWA, 1993)에서 제시한 식들로 이루어진 비선형방정식으로 강우강도를 구해낸 뒤 이를 합리식에 대입하여 최대 계획우수량을 산정한다. 이렇게 산정된 최대 계획우수량을 통하여 배수관경 결정공식을 유도할 수 있다.
- 3) 위에서 제시한 합리적인 배수관경 결정공식을 인천지역에 적용하여 각기 다른 강우강도 공식에 따른 결과들을 비교하였다. 원형배수관의 경우, 국내 도로공사 표준시방서에서 제시한 배수관경이 충분한 배수능력을 확보하지 못하고 있다. 합리적으로 배수관을 설계하면 더욱 안전한 배수관을 확보할 수 있고 과다한 설계를 피할 수 있다.
- 4) 기존의 강우강도 공식은 최근 기후변화에 의한 국지성 집중호우를 고려하지 못하므로 이를 개선하기 위해서 국지성 호우를 합리적으로 고려할 수 있는 지역별 우수량 산정공식에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 한국건설재시험연구원에서 주관하는 “건설생산성 향상을 위한 건설자재 표준화 연구”(과제번호: 06기반기축 A02)의 일환으로 건설교통부 건설교통R&D정책·인프라사업의 연구비지원에 의해 수행되었습니다. 또한 2011년도 국민대학교 교내연구비를 지원받아 수행된 연구입니다.

참고문헌

- 김중훈 (2002) 국지적 집중호우와 우수지-배수펌프장 인근의 홍수 피해, **한국방재학회지**, 제2권, 제2호 통권 5호, pp. 27-34.
- 오제승, 김치영, 김원 (2007), **강우 자료의 변동 특성 분석**, 한국건설기술연구원 수자원연구부.
- 이원환 (1980) 도시하천 및 하수도 개수계획상의 계획강수량 설정에 관한 추계학적 해석, **대한토목학회지**, 제28권 제4호.
- 최계운, 한만신, 정연중 (2006) 국지성 호후패턴 변화를 고려한 인천지역 확률강우강도식의 산정, **한국수자원학회 학술발표회 논문집**.
- 기상청 (1973~2009) **기상연·연보**.
- 건설교통부 (1999) **도로의 구조·시설기준에 관한 규칙**.
- 건설교통부 (2001) **도로설계편람III**.
- 건설교통부 (2003) **도로배수시설 설계 및 유지관리 지침**.
- 건설교통부 (2005) **국도건설공사 설계실무 요령**.
- 건설교통부 (2005) **도로교 표준시방서**.
- 고속도로공사 (2009) **고속도로공사 전문시방서**.
- 국도해양부 (2009) **도로공사 표준시방서**.
- 한국상하수도협회 (2005) **하수도시설기준**.
- Chow, Ven Te. (1964) *Open Channel Hydraulics*, McGraw-Hill, New York, NY.
- Jens, S.W. (1979) Design of Urban Highway Drainage, FHWA-TS-79-225, *Federal Highway Administration*, Washington, D.C.
- Johnson, F.L. and Chang, F., *Hydraulic Engineering Circular No. 12, Drainage of Highway Pavements*, Report No. FHWA-TS084-202. (1984) *Federal Highway Administration*, Washington, D.C.
- Kerby, W.S. (1959) Time of concentration for overland flow. *Civil Engineering*, 29(3), 60.
- Morgali, J.R. and Linsley, R.K. (1965) Computer analysis of overland flow. *Journal of the Hydraulics Division* 91 (HY3), 81.101.
- Ragan, R.M.A. (1971) Nomograph Based on Kinematic Wave Theory for Determining Time of Concentration for Overland Flow, Report No. 44, *Civil Engineering Department, University of Maryland at College Park*.
- Young, G.K. and Krolak, J.S. (1992) *HYDRAIN-Integrated Drainage Design Computer System*, April.
- Federal Highway Administration. (1993) *Design of Bridge Deck Drainage*.
- Federal Highway Administration. (2009) *Urban Drainage Design Manual Third Edition*.

◎ 논문접수일 : 10년 11월 24일
 ◎ 심사의뢰일 : 10년 11월 30일
 ◎ 심사완료일 : 11년 04월 12일