

강우빈도 해석을 통한 하천 수리·수문량 비교 연구

Comparative Study of Flow Profiles & Discharge due to Rainfall Frequency Analysis

서규우*, 이인록**, 원창희***, 심봉주****

Seo, Kyu Woo-Lee, In Rock-Won Chang Hee, Shim Bong Joo

Abstract

The recent rainfall has happened to exceed the design rainfall after 1990 often, due to the characteristic of the rain to be changed. So, it is falling the ability safety of flood defense equipments to exist. This study analyzed the rainfall of Busan in 2003 since 1961 through the FARD2002(Frequency Analysis of Rainfall Duration). The result is equal to the thing which the design rainfall increased a little since 1991. The change of design rainfall created the result to be a flood discharge increase. This study investigated about the impact to influence on the river bank according to the change of flood discharge, the rainfall pattern change as well. This study used the program of HEC-RAS with HEC-HMS and calculated flood discharge with flood level of river. The result is equal to the thing which the computation became a flood level which exceed 50year(River design criteria-Korea water resources association 2002) criteria with 30year(River establishment criteria-Ministry of construction & transportation 1993), because of an area of impermeability increased of model basin.

Key Word : Rain pattern, Frequency analysis of rainfall, Flood discharge, Flood level, Frequency design

1. 서론

1.1 연구목적

본 연구에서는 변화하는 극치강우현상에 대하여 현재 도시화가 진행 중인 지역의 하천유역을 대상유역으로 선정하여 최근 강수량 변화가 유역에 미치는 위험성을 검토하였다. 특히 이 연구에서는 토지이용 변화에 따른 수문현상 변화를 살피고, 수공구조물 특히 하천계방을 중점적으로 안정성을 검토하였다.

1.2 연구방법 및 가정

본 연구에서는 2002년, 2003년 침수피해를 입은 경상남도 김해시 주촌면 조만강 유역을 대상유역으로 선정하였다. 이 지역은 상류의 산악 지형과 주거지역이 중류와 하류는 공단지역과 농지가 혼합된 토지 이용을 보이는 곳으로 2003년 침수피해가 난 뒤 조만강 범람 구역의 측량자료를 구축하였다. 강우자료는 조만강 유역과 인접한 부산 기상청 강우 1961년부터 2003년 자료를 국립방재 연구소에서 개발된 'FARD 2002' 프로그램에 의해 빈도별 지속시간별 강우를 산정하였다. 대상 유역의 홍수량 산정과 홍수위 산정은 미 육군 공병단에서 개발된 홍수량 산정 프로그램인 HEC-HMS와 홍수위 산정프로그램인 HEC-RAS프로그램을 이용하였

* 정회원·토목도시공학부 토목공학전공 부교수·E-mail : kwseo@deu.ac.kr

** 정회원·토목도시공학부 토목공학전공 석사수료·E-mail : boy2152@hotmail.com

*** 정회원·토목도시공학부 토목공학전공 석사과정·E-mail : 334no1@paran.com

**** 정회원·토목도시공학부 토목공학전공 석사과정·E-mail : bounjour0024@lycos.co.kr

다. 본 연구의 가정사항으로는 조사구역으로 선정된 조만강 유역은 하천제방의 홍수위 산정시 기타 환경적 요인들은 배제 하였으며, 프로그램 적용시 유역내에 관한 자료와 각 소 유역별 지형자료 지류관련 자료 등을 통해 정확하게 산정이 가능한 매개변수에 대해서는 각 모의 과정에서 변동이 발생하지 않도록 고정하여 일관성을 유지하였다.

2. 대상유역 선정

2002년 2003년 장마이후 8월 집중호우로 인하여 경상남도 김해시 선지리 앞을 흐르는 조만강 상류부의 불어난 하천수로 인하여 다른 곳보다 다소 낮은 제방 위를 넘쳐흐르기를 계속하여 주초면 선지리 일대 농지에 침수피해를 입혔다. 조만강 유역 특징은 상류부는 전형적인 촌락의 구조를 가지고 있으며 중류는 공단형성과 농지의 복합적인 토지 이용으로 현재도 불투수층이 증가하는 추세를 보이고 있다. 대상유역으로 선정된 곳은 지방 2급 하천의 상류부로 유역 규모도 적합하고 단순한 네트워크 구성으로 수계를 구성하는데 어려움이 없었다. 그리고 부산 인근에 위치하여 부산지방 기상청 강우자료를 분석하는데 지장이 없을 것으로 판단하여 본 유역을 선정하였다.

3. 강우패턴 변화분석

3.1 강우의 변화

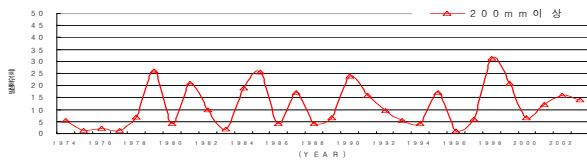


그림 <3-1> 200mm이상 호우의 연도별 발생 빈도

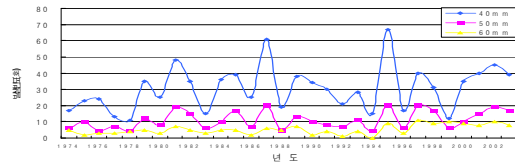


그림 <3-2> 1시간 호우의 연도별 발생 빈도

30년간의 61개 관측소의 경향은 61개 관측소의 24시간 강수량을 추출하여 80mm, 150mm, 200mm, 250mm을 호우 빈도수를 분석하였다. 그림 3.2은 61개 관측소에서 1974년 이후의 강우빈도 증가 추세를 집계한 것이다. 그림에 대해 살펴보면 90년대 후반 1998년 1999년에 빈도 증가가 보인다. 그렇지만 1985년도에도 비슷한 빈도 증가가 있었다. 이것은 1985년과 1999년을 정점으로 하는 두개의 peak가 있었던 것으로 사료되며 14년을 한 주기로 하는 이 정점은 1985년보다 1999년 정점의 빈도가 약간 높다. 1999년 이후 2000년에서 2003년의 호우빈도수를 분석한 결과 1985년 이후의 호우빈도수 보다 다소 증가한 사실을 알 수 있다. 그리고 최근들어 짧은 시간내에 많은 비가 내리는 집중호우 현상이 빈번히 발생하고 있다.

표 <3-1> 1시간 호우의 연도별 발생 빈도

년도	1시간 호우의 빈도(mm)				년도	1시간 호우의 빈도(mm)			
	10	40	50	60		10	40	50	60
1974	1,201	17	6	5	1989	1,686	98	38	13
1975	1,083	23	10	2	1990	1,861	103	34	10
1976	785	24	4	3	1991	1,605	95	30	8
1977	726	13	7	3	1992	1,086	55	21	7
1978	1,257	11	4	4	1993	1,577	101	28	11
1979	1,299	35	12	5	1994	985	55	15	4
1980	1,250	25	8	3	1995	1,306	156	67	20
1981	1,552	48	19	7	1996	1,195	55	17	6
1982	1,068	35	15	5	1997	1,742	126	40	20
1983	1,054	15	6	3	1998	884	77	31	17
1984	1,452	36	10	5	1999	734	38	12	6
1985	2,012	39	17	5	2000	855	45	35	10
1986	1,299	25	7	2	2001	963	78	40	15
1987	1,809	61	20	6	2002	1,001	55	45	19
1988	809	19	5	5	2003	988	62	39	17

3.2 강우분석

본 연구에서는 부산지방 기상청의 자료를 이용하여 강우분석을 하였다. 부산 지방기상청의 기상 관측 자료는 조만강 유역을 포함하는 규모의 자료이다. 강우자료는 지속시간은 6개의 임의시간 간격(1시간, 2시간, 3시간, 6시간, 12시간, 24시간)의 자료를 수집·분석하였으며, 강우재현기간은 13개의 재현기간으로 설정하였다. 강우분석 과정을 거쳐서 지속시간별 확률강우량 산정을 산정할 수 있다. 조만강이라는 대상지역에 인접한 부산기상대의 지속시간별 연최대치 강우자료(지속시간 1시간, 2시간, 3시간, 6시간, 12시간, 24시간)를 대상으로 빈도해석을 실시하였으며, 분포형 채택은 3가지 매개변수 추정방법으로 실시한 4가지 방법의 적합도 검정에서 모두 적합한 것으로 판정된 Gumbel 분포형을 선택하였다. 따라서, 확률강우량 산정은 확률가중모멘트법(PWM)에 의한 방법 중에서 Gumbel분포형을 따르는 확률강우를 선택하였다.

표 <3-2> 강우지속시간별 확률강우량

재현기간(년)	강우지속시간별 확률강우량(mm) - 확률가중모멘트 법 채택					
	1시간	2시간	3시간	6시간	12시간	24시간
30	81.9	119.8	146.2	206.2	271.6	334.4
50	88.9	130.1	158.5	223.7	295.3	364.2
80	95.3	139.6	169.8	239.8	317.0	391.5
100	98.4	144.0	175.2	247.4	327.3	404.4
200	107.8	157.9	191.8	270.9	359.2	444.5
500	120.2	176.2	213.7	302.0	401.2	497.4

3.3 부산지방 확률강우량 변화

지속시간은 1, 2, 3, 6, 12, 24시간으로 하였으며, 확률강우 빈도는 30, 50, 80, 100년에 대한 확률강우량을 구하였다. 강우자료 분석간에 강우자료에 대한 Error는 발생하지 않았으며, 매개변수 추정은 확률가중모멘트법을 적용하였으며, 적합도 검정을 통하여 검정한 결과 극치강우확률분포에 적용가능한 GEV, Gumbel의 두 가지 확률분포형으로 확률강우량 변화를 검토하였다. 산정된 확률강우량의 변화는 아래 그림과 같다. 그림은 30, 50, 80, 100년 빈도의 확률강우량을 나타내고 있다.

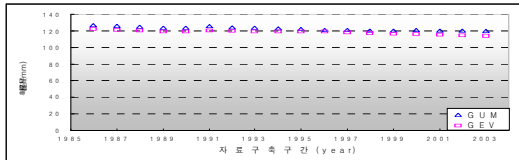


그림 <3-3> 30년 확률강우량(지속시간 2시간)

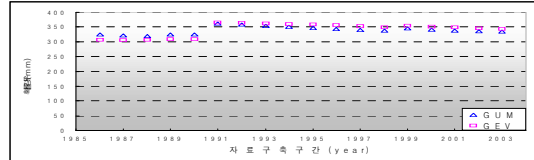


그림 <3-4> 30년 확률강우량(지속시간 24시간)

위 그래프에서와 같이 30년 빈도의 확률강우량 변화를 보면 단시간 즉 1, 2시간의 지속시간의 경우 일정한 비로 감소하는 추세를 보이고 있는 반면에 12시간, 24시간의 경우 1991년의 기점으로 이후의 확률강우량이 이전의 결과치보다 다소 증가한 사실을 확인 할 수 있다. (50, 80년 빈도 확률강우량에서도 동일한 양상을 보임)

4. 홍수량 산정

홍수량 산정은 HEC-HMS을 이용하여 산정하였다. 유효우량 산정은 프로그램 상에서 유효우량을 계산하는 방법은 initial / constant, SCS Curve No., 격자망에서의 SCS Curve No., Green and Ampt 등이 있다. 본 프로그램에서는 현재 확률 강우량의 유효우량산정에 유출곡선지수 및 총강우량-유효우량 관계모형을 이용하여 유효우량을 산정하는 SCS 방법이 주로 채택되고 있어, SCS 방법에 의한 유효우량을 산정하였다.

직접유출량은 유효우량이 유역에 입력되면 단위도 방법이나 운동과 방법으로 직접유출량을 구할 수 있다. 단위도는 직접입력 방법이나 Clark, Snyder, SCS 방법 등이 있다. 우리나라의 경우 Snyder 방법에 의한 결과는 통상 다른 단위도 방법에 의한 결과와 많은 차이를 나타내며 또한, 이를 적절히 조정할 방안이 마땅치 않은 실정이어서 현실적으로 적용성이 낮다. 그러므로 본 유역에서는 SCS 방법에 의한 단위도를 구하였다.

표 <4-1> 도달시간 및 지체시간

구 분	면적 (km ²)	길이 L(km)	경사S (무차원)	도달시간 Tc	지체시간 Td
Subbasin1	6.26	3.676	0.041	0.35시간	0.25시간
Subbasin2	5.75	2.612	0.065	0.19시간	0.13시간
Subbasin3	5.18	3.242	0.008	0.29시간	0.20시간

임의구간에 대한 홍수량 산정의 추적방법은 Muskingum, Modified Puls, 운동파, Muskingum-Cunge 방법등이 있다. 본 논문에서는 Muskingum 방법을 적용하였다. 일반적으로 저류상수 K값으로 추적구간의 홍수파 (flood wave) 통과시간을 주로 사용하며, 홍수파 통과시간은 홍수파의 질량중심(mass center)이 구간의 상류 단으로부터 하류단까지 통과하는데 소요되는 시간으로 정의되며, 간혹 첨두홍수량의 구간 통과시간을 근사값으로 사용하기도 한다. 매개변수 산정은 대상 유역을 총 3개의 소유역으로 나누었고 각각의 소유역의 매개변수를 산정하였다. 매개변수 산정에서는 면적이나, 기저유출 등의 인자 값은 변함없이 동일하게 적용을 하였으며, 강우에 관한 입력자료는 30, 50, 80, 100, 200년 빈도의 확률강우량을 입력하였다.

표 <4-2> HEC-HMS 매개변수 산정

구 분	면적(km ²)	SCS 유효우량		SCS(T _r)	기저유출(CMS)
		CN	초기손실(mm)		
Subbasin-1	6.26	83	10	15min	3
Subbasin-2	5.75	81	10	7.8min	3~4
Subbasin-3	5.18	86	10	12min	3~4
구 분	추적구간(km)	Muskingum K(hr)	MuskingumX	MuskingumSteps	
Reach-1	3.242	0.36	0.2	3	

구축되어진 확률강우량('61~'03)을 이용하여 30, 50, 80, 100, 200년 빈도의 설계홍수량을 산정한다. 설계홍수량 산정시 불투수율을 달리 하여 불투수율에 따른 설계홍수량을 구한다. 불투수율은 과거, 현재, 미래로 기준으로 하였으며, 근거는 조만강하천정비기본계획(1991)과 지형도, 앞으로 개발 현황 자료를 근거로 가정하였다

표 <4-3> 설계홍수량 산정(30, 50, 80, 100, 200년)

Hydrologic Element	30년(cms)	50년(cms)	80년(cms)	100년(cms)	200년(cms)
Subbasin-1	111.00	126.62	130.57	135.06	148.71
Subbasin-2	108.15	123.22	127.02	131.36	144.52
Junction-1	217.98	248.53	256.24	265.04	291.71
Reach-1(추적)	208.11	237.45	244.87	253.31	278.94
Subbasin-3	97.99	111.01	114.30	118.05	129.44
outlet	297.05	338.42	348.89	360.79	396.94

5. 홍수위 산정

홍수량 30년 50년을 통해 HEC-RAS에 대입하여 하천의 홍수위를 검토 하였다. 하천의 홍수위는 이미 조사된 조만강의 하천측량을 통해 HEC-RAS자료를 구축하였으며, 이러한 자료들에 측량된 각 단면별로 30년 50년 홍수량을 통과시킴으로 단면에 걸리는 홍수위를 검토하였다. 홍수위 검토시 30년과 50년 설계빈도를 적용하는 이유는 현재 조만강하천제방이 설계빈도 30년으로 설계되어 있으며, 설계빈도 50년의 경우는 개정된 하천시설기준에 명시된 농경지 하천의 설계빈도를 기준하여 선정하였다. 홍수위를 산정한 결과 설계빈도 30년 경우 몇몇 구간에서 50년 빈도에서는 대부분의 구간에서 제방보다 높은 홍수위가 산정되었다.

표 <5-1> 30년 50년 빈도 홍수위

측점 (No.)	누가 거리 (m)	홍수위(EL.m)		제방고(m)		월류여부		측점 (No.)	누가 거리 (m)	홍수위(EL.m)		제방고(m)		월류여부	
		30년	50년	좌	우	30년	50년			30년	50년	좌	우	30년	50년
No.23	190.4	4.86	5.06	4.91	5.31	×	○	No.11	786.7	3.97	4.12	4.97	4.42	×	×
No.22	238.1	4.85	5.04	4.93	5.15	×	○	No.10	836.2	3.92	4.07	4.91	4.34	×	×
No.21	283.1	4.80	4.99	4.78	5.01	○	×	No.9	885.6	3.88	4.04	4.72	4.36	×	×
No.20	337.5	4.73	4.92	4.68	4.94	○	○	No.8	933.7	3.75	3.89	4.05	4.33	×	×
No.19	386.4	4.64	4.82	5.25	5.42	×	×	No.7	983.0	3.69	3.84	4.36	4.12	×	×
No.18	433.7	4.60	4.78	4.56	4.82	○	○	No.6	1032.0	3.64	3.78	4.19	4.08	×	×
No.17	488.3	4.39	4.55	4.52	4.47	×	○	No.5	1080.9	3.55	3.68	4.10	4.27	×	×

표 <5-1> 30년 50년 빈도 홍수위(계속)

측점 (No.)	누가 거리 (m)	홍수위(EL.m)		제방고(m)		월류여부		측점 (No.)	누가 거리 (m)	홍수위(EL.m)		제방고(m)		월류여부	
		30년	50년	좌	우	30년	50년			30년	50년	좌	우	30년	50년
No.16	538.1	4.31	4.47	4.72	4.49	×	×	No.4	1130.8	3.32	3.43	3.79	4.10	×	×
No.15	588.3	4.22	4.37	4.13	4.48	○	○	No.3	1195.1	3.10	3.21	3.23	3.97	×	×
No.14	640.5	4.17	4.34	4.39	4.07	×	×	No.2	1245.7	2.94	3.05	3.29	3.91	×	×
No.13	690.1	4.12	4.28	4.40	4.69	×	×	No.1	1306.7	2.45	2.53	3.27	3.81	×	×
No.12	737.4	4.11	4.27	4.53	4.14	×	×								

※ 월류 ○, 비월류 ×

표 <5-2> 준설전·후 홍수위 통계치(30년, 50년 빈도)

구 분	홍수량 30년 빈도(개소)		홍수량 50년 빈도(개소)	
	준설전	준설후	준설전	준설후
월 류	3	-	8	-
기준미달	18	13	15	15
기준합격	2	10	-	8

대부분 하천의 경우 과거 하천정비 기본계획(건설교통부, 1993)에 따른 하천 관리가 이루어지고 있다. 금회 산정한 홍수량에 따른 하천의 홍수위를 검토한 결과 홍수위 대부분이 하천제방을 월류 하는 것으로 나타났다. 월류의 원인인 하상퇴적물의 가상준설후 홍수위 모의 결과, 검토구간 23개소에 대해 월류구간은 없었으나 하천설계기준에 명시된 하천여유고 기준에 미달되는 구간이 발생하였다.

6. 결론

본 연구의 결론으로는 첫 번째로 우리나라의 강우패턴이 과거에 비해 지속시간의 증가와 강우량의 증가 등의 패턴 변화를 전국 기상관측소 61개 지점의 강우자료를 통하여 알 수 있었다. 두 번째로 변화된 강우와 더불어 도시화로 인한 과거, 현재, 미래의 순으로 홍수량 증가 추세를 확인하였다. 이는 불투수층의 증가로 우량이 땅으로 스며들지 못하고 곧바로 유출과 직접 직결된다는 것이다. 세 번째로 강우패턴의 변화나 불투수층의 영향으로 증가한 홍수량이 현재하천에 큰 영향을 미치고 있다는 것이다. 그리고 하천관리면에서 퇴적층으로 인한 통수단면의 감소, 이는 곳 하천 홍수위를 증가 원인이 되고 설계빈도 보다 낮은 강우에도 제방고를 위협 할 수 있었다. 도시화가 진행되고 있는 대상 지역의 선정과 국한된 자료를 사용하여 전체를 대표하지는 못 하였지만, 궁극적인 목적은 현재 변화하는 환경 즉 자연이나 인위적인 환경 변화에 대해 현재 도시하천의 문제점의 심각성을 언급하고, 개선하고자 하였다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업(03산학연C03-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

참 고 문 헌

1. 서규우 “2003년 여름 강우패턴과 기상변화” 한국수자원학회지(2003. 9) pp39-43
2. 한국건설기술연구원 “한국 확률 강우량도의 작성” 제2권 (2000. 1)
3. 한국수자원학회 “제12회 수공학 워크샵 교재” (2003)
4. 서규우, 송일준, 임재영, 구분석 “98년 부산지방 강우자료의 강우지속기간에 따른 재현기간 분석” 한국수자원학회 논문집, 한국수자원학회 (1999) pp183-188
5. 이인록 “강우패턴 변화 분석을 통한 하천 수리수문량 비교 연구” 동의대학교 대학원 석사학위논문(2005)
6. LARRY W. MAYS "WATER RESOURCES HANDBOOK" McGraw Hill
7. Rao & Hamed "Flood Frequency Analysis" STATISTICS/HYDRO