

# 빈도별 침투 유량과 확률 강우에 의한 확률 홍수량의 비교 연구

조효섭\*, 권오현\*\*, 김계호\*\*\*

## 1. 서론

수문학적으로 볼 때 호우 또는 봄철 용설이 홍수를 일으킨다. 그러나 호우와 홍수 유출 사이에는 여러 과정이 존재한다. 동일한 호우사상일지라도 토양의 함수상태, 증발산 손실, 침투율, 유출율 또는 하도 유하에 따른 홍수파의 확산 등에 따라 홍수 크기나 형태가 달라진다.

즉, 호우와 홍수는 통계적으로 볼 때 같은 모집단에 속한다고 볼 수 없다. 더구나 확률적으로 강수나 홍수 유출을 같은 모집단이라고 가정해도, 강우-유출 모형의 불확실성, 그리고 유역 내 점우량 사이의 통계적 종속성에 따른 평균우량 평가의 곤란성 때문에 호우와 이에 따른 홍수에 동일한 빈도 개념을 부여하기가 어렵다.

그러나 다음에 설명하는 몇가지의 이유 때문에 실측 홍수량(홍수위)에 의한 빈도 홍수가 너무 적게 평가되어 이 방법에 쓰이지 않고 있다. 그러므로 이제까지는 관측소별 강수를 확률처리하여 빈도별 평균 우량을 유출모형에 입력시키는 방법으로 빈도홍수를 구하여 적용하여 왔다.

본 연구에서는 기존 조사성과를 검토하기 위하여 새로운 접근법을 시도하였다. 즉, 일별 최고수위를 수위-유량 곡선에 적용하여 유량 계열을 부분기간계열 또는 극치계열로 구성하고, 빈도 분석을 하여 확률 홍수를 구하였다. 이 방법은 통계적으로나 수문학적으로 바람직하다고 생각되지만 몇가지 다음과 같은 문제점이 내재되어 있다.

- ① 일별 수위를 구함에 있어서 水文年報上의 年最高 日水位와 순간 최고 수위의 차이 규명
- ② 洪水位 水文曲線이 없는 경우 최고수위의 추정
- ③ 수위-유량 곡선의 연장 적용 등의 문제

이와 같은 문제 등을 검토하여, 홍수 모집단에 속한 자료에 의한 확률홍수를 기존의 확률강우에 의한 홍수량과 비교, 산정하였다.

\* 조효섭 : 충남대학교 공과대학 대학원(박사과정)

\*\* 권오현 : 충남대학교 공과대학 토목공학과 교수

\*\*\* 김계호 : 유니시스템코리아 사장

2. 빈도별 침투유량 적용상의 문제점

1) 최대 일수위와 순간 최고수위 차이의 규명

水文年報에 수록된 홍수 수문곡선의 침투 수위와 그 밖의 日最高水位를 rating curve 에 입력하여 유량을 구하고 이로부터 일평균 수위를 계산하였다. 그런데 일수위는 水文曲線上에서 순간 최고수위가 아니고, 유량 평균수위도 아니며 단순히 하루중 08:00시와 20:00시 수위의 산술 평균 수위이다. 따라서 水文年報上的 年·月最高 수위는 침투유량 수위를 나타내지 못한다. 표 1 은 관측소별 연보 수위와 일 평균 수위의 대비를 나타낸다. 그림 1은 각 관측소별 홍수위 수문곡선을 나타낸 그림이다.

표 1. 관측소별 연보수위와 일평균수위의 대비

관측소	연 월 일	연보수위 A (m)	일평균수위 B (m)	대 비 (A/B)
용담	1968. 7. 16	2.03	2.234	0.909
	1986. 6. 25	3.01	3.226	0.993
	1987. 7. 16	3.72	3.090	1.204
	1990. 7. 19	2.78	3.187	0.872
	1991. 7. 12	2.16	2.339	0.923
옥천	1967. 6. 28	3.55	3.43	1.035
	1969. 8. 7	5.78	5.805	0.995
	1977. 8. 9	4.61	4.86	0.947
공주	1967. 7. 3	4.45	4.241	1.037
	1969. 8. 8	8.66	8.544	1.014
	1977. 8. 9	5.79	5.880	0.985
	1986. 7. 19	4.22	4.437	0.951
	1987. 7. 23	7.21	7.126	1.012
	1989. 7. 28	5.92	5.807	1.019
	1990. 9. 12	5.11	5.089	1.004
1991. 7. 26	3.44	3.503	0.982	
규암	1967. 7. 4	3.61	3.814	0.947
	1968. 7. 17	5.16	4.985	1.035
	1969. 8. 8	8.59	8.62	0.997
	1980. 7. 23	5.70	5.734	0.994
	1987. 7. 23	7.03	7.187	0.978
	1989. 7. 28	5.00	4.687	1.066
	1990. 9. 12	4.70	4.610	1.019
	1991. 7. 26	3.47	3.463	1.002
	1992. 8. 28	6.02	6.285	0.957

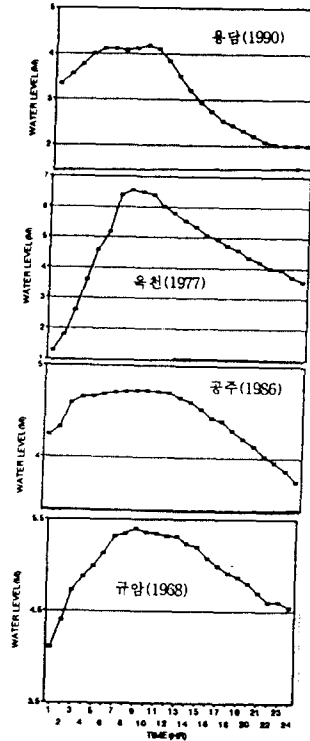


그림 1. 관측소별 홍수위 수문곡선

표 1에서 보는 바와 같이 각 관측소별로 연보수위가 일평균 수위보다 1%~20% 정도 과대 또는 과소 평가됨을 알 수 있다.

2) 홍수위 수문곡선이 없는 경우 최고수위의 추정

본 연구에서는 水文年報나 災害年報에서 洪水水文曲線이 없는 경우에는 일별, 시간별 수위곡선을 작성하여 최고 수위를 추정하여 자료로 사용하였다.

침투수위는 연보상 최고치 앞과 뒤의 상승, 하강 성향으로 추정하였는데 대체로 연보상 최고치보다 0.5~1.0 m 정도 상향조정 되었다. 또한 적용대상 지역의 각 수위표별로 영점표고 변동량을 고려하였으며, 용담수위표인 경우는 대청댐 건설 전·후 영향을 받지 않으므로 30년간(1963~1992)의 연 초과치 부분 계열과 극치계열을 구성하였다. 한편 공주 및 규암수위표 경우는 대청댐 건설 후에는 대청댐 조절의 영향을 받으므로, 대청댐 건설 전과 후로 나누어 유량 계열을 구성하였다.

3) 수위-유량 곡선의 연장 적용

고수위에 대한 유량측정은 시기포착 등의 어려움 때문에 자료가 부족하며, 확률 홍수위에 대한 유량을 구하기 위하여 수위-유량의 연장 적용을 위한 기준점으로 부등류 계산을 수행하여 적용하였으며, 계산 방법은 미공병단의 HEC-2 프로그램에 의하였다.

3. 빈도별 첨두유량 산정

본 연구의 적용 대상인 금강 수계의 용담, 옥천, 공주, 규암 수위표를 선정하였다. 이 때, 연 최고치 계열은 각 지점에서 추정된 순간최고수위 및 실측자료를 해당 rating curve에 적용하여 유량을 구하였다. 연 초과치 계열은 각 지점의 일평균수위 및 연보상 최고수위를 해당 rating curve에 적용하여 유량을 구하고 이 자료를 sorting 하여 기간수와 자료수가 일치되도록 기준 유량을 정하였다.

1) 극치계열의 연 최고치 계열 방법

일정기간별 극치로 구성되는 자료군으로서 1년중 최고치를 선택한 연최고치계열을 본 연구에서는 적용하였다. 극치 계열은 자료의 독립성을 보장한다고 볼 수 있으나, 1년 중에 분석할 가치가 있는 자료가 1개 이상일 때 제외되거나 또는 극치가 아닌 자료가 포함되는 문제점이 있다. 본 연구에서의 적용 대상 지역인 금강수계 주요 4개 수위표 지점에 대한 연 최고치 계열은 다음 표 2와 같다.

표 2. 연최고치 유량계열

용담, 옥천 (1963-1992)								공주, 규암(1954-1979)							
용 담				옥 천				공 주				규 암			
연도	유량	연도	유량	연도	유량	연도	유량	연도	유량	연도	유량	연도	유량	연도	유량
1963	1008.2	1978	1084.4	1963	3506.9	1978	4222.0	1954	3142.9	1967	1534.2	1954	2830.1	1967	1237.1
1964	890.1	1979	1026.8	1964	2421.5	1979	1562.6	1955	3932.0	1968	3292.9	1955	2830.1	1968	2700.0
1965	1284.1	1980	1008.2	1965	2787.7	1980	3050.2	1956	4219.1	1969	9699.4	1956	2991.3	1969	9230.0
1966	930.7	1981	1181.0	1966	2135.2	1981	1445.9	1957	3497.7	1970	1328.8	1957	2725.5	1970	5203.3
1967	738.9	1982	714.2	1967	757.3	1982	920.2	1958	8600.0	1971	4240.7	1958	7618.5	1971	7218.9
1968	1089.9	1983	888.5	1968	1562.6	1983	1879.3	1959	5487.3	1972	3625.8	1959	5771.6	1972	3840.5
1969	1270.3	1984	1360.0	1969	3002.5	1984	3262.2	1960	4219.1	1973	2551.6	1960	4494.2	1973	2830.1
1970	1297.7	1985	929.1	1970	3562.6	1985	3316.4	1961	3932.0	1974	3394.4	1961	4494.2	1974	3998.7
1971	1045.1	1986	1322.8	1971	3859.1	1986	1958.3	1962	2676.8	1975	2749.8	1962	2212.4	1975	2572.6
1972	716.0	1987	1467.8	1972	1388.9	1987	2118.3	1963	4672.2	1976	1761.9	1963	5771.6	1976	2212.4
1973	1348.9	1988	667.6	1973	2196.6	1988	1277.3	1964	3523.9	1977	3451.5	1964	4877.3	1977	2991.3
1974	805.5	1989	1255.0	1974	2087.9	1989	2199.4	1965	7642.7	1978	6081.7	1965	6788.0	1978	7218.9
1975	1026.8	1990	1343.0	1975	1744.9	1990	1600.7	1966	1356.6	1979	5188.4	1966	2449.1	1979	6177.8
1976	716.0	1991	937.1	1976	1113.3	1991	976.2								
1977	692.9	1992	925.1	1977	2101.3	1992	1469.8								

2) 부분 기간 계열의 연 초과치 계열 방법

부분 기간 계열은 일정한 기준치보다 큰 홍수자료로 구성된다. 연 초과치 계열은 부분 기간 계열의 한 종류로서 선정 기준을 조정하여 기간수와 선택된 자료수가 같도록 한 것으로, 이 계열은 자료의 통계적 독립성을 보장하지 못한다.

표 3. 연초과치 유량계열

용담, 옥천 (1963-1992)								공주, 규암(1954-1979)							
용 담				옥 천				공 주				규 암			
연도	유량	연도	유량	연도	유량	연도	유량	연도	유량	연도	유량	연도	유량	연도	유량
1987	741.6	1986	972.3	1965	1544.9	1977	2101.3	1967	3247.9	1979	4063.3	1979	3903.4	1965	4841.8
1980	756.9	1965	1008.2	1973	1610.4	1971	2169.2	1973	3292.9	1960	4219.1	1972	3935.0	1971	4877.3
1985	803.7	1963	1026.8	1973	1658.8	1984	2319.5	1977	3451.5	1956	4219.1	1973	3950.9	1964	4877.3
1975	827.1	1969	1048.7	1964	1677.1	1988	2358.1	1957	3497.7	1974	4317.9	1979	3982.8	1979	4966.8
1971	844.2	1965	1063.1	1963	1683.2	1967	2385.7	1973	3509.1	1964	4382.1	1969	4046.9	1974	5240.2
1969	852.6	1970	1073.8	1984	1749.2	1970	2435.9	1970	3649.4	1969	4399.2	1967	4193.2	1968	5502.2
1989	855.2	1973	1077.3	1970	1751.1	1988	2615.1	1964	3670.4	1968	4792.4	1949	4193.2	1967	5636.2
1990	880.2	1968	1080.9	1973	1751.1	1986	2694.6	1973	3685.0	1966	5021.6	1970	4325.6	1969	5771.6
1978	894.2	1987	1216.8	1990	1775.1	1990	2861.3	1976	3696.9	1965	5086.7	1961	4494.2	1973	5948.2
1989	900.8	1984	1225.8	1988	1801.0	1987	2954.3	1969	3874.4	1977	5131.5	1960	4494.2	1979	6167.8
1992	925.1	1989	1255.0	1986	1853.1	1969	3002.5	1961	3932.0	1969	5487.3	1964	4511.2	1958	7618.5
1989	929.1	1987	1263.5	1983	1931.9	1963	3090.2	1955	3932.0	1958	8600.0	1963	4736.1	1978	8570.7
1987	933.1	1986	1322.8	1988	1935.7	1971	3343.2	1966	3974.3	1969	9699.4	1966	4753.6	1969	9229.6
1984	937.0	1990	1343.0	1989	1964.8	1963	3460.5								
1991	937.0	1987	1467.8	1988	2059.3	1969	5134.8								

3) 확률 분포 모형과 분포 검증

용담, 옥천, 공주 및 규암수위표에 대하여 지점별 유량 자료로 연초과치 부분기간 계열과 연 최고치 극치계열을 구성하여 각각 빈도분석을 하였다. 확률 밀도함수는 對數正規, 對數-Pearson Type III, Gumbel 및 Iwai 등 8개 분포형으로 10년, 50년, 100년 및 200년 재기 확률 유량을 구하였다.

표 4. 수위 관측소별 빈도유량 총괄표(연 최고치 계열)

단위 : m<sup>3</sup>/s

확률 분포형	재 현 기 간															
	10년				50년				100년				200년			
	용담	옥천	공주	규암	용담	옥천	공주	규암	용담	옥천	공주	규암	용담	옥천	공주	규암
NORM	1,340	3,380	6,700	7,010	1,520	4,110	8,300	8,610	1,580	4,360	8,860	9,180	1,640	4,600	9,370	9,690
LN2P	1,360	3,540	6,910	7,310	1,630	5,000	10,250	10,670	1,740	5,650	11,770	12,200	1,840	6,310	13,370	13,780
LN3P	1,340	3,410	6,710	7,040	1,530	4,340	9,310	9,200	1,600	4,700	10,410	10,050	1,660	5,040	11,520	10,880
IWAI	1,350	3,460	6,800	7,300	1,570	4,650	9,760	10,630	1,650	5,140	11,070	12,140	1,730	5,640	12,420	13,700
GA3P	1,340	3,430	6,760	7,120	1,540	4,450	9,850	9,570	1,610	4,850	11,180	10,550	1,670	5,230	12,510	11,500
LP3P	1,350	3,470	6,780	7,210	1,570	4,600	9,380	10,050	1,660	5,050	10,450	11,240	1,730	5,490	11,500	12,430
GEV1	1,400	3,630	7,290	7,600	1,750	5,010	10,400	10,730	1,900	5,600	11,720	12,040	2,040	6,190	13,030	13,360
GECH	1,340	3,410	6,750	7,060	1,640	4,610	9,410	9,730	1,770	5,120	10,530	10,850	1,900	5,630	11,650	11,980

표 5. 수위 관측소별 빈도유량 총괄표(연 초과치 계열)

단위 : m<sup>3</sup>/s

확률 분포형	재 현 기 간															
	10년				50년				100년				200년			
	용담	옥천	공주	규암	용담	옥천	공주	규암	용담	옥천	공주	규암	용담	옥천	공주	규암
NORM	1,260	3,300	6,420	6,960	1,400	3,890	7,580	8,040	1,450	4,100	7,990	8,420	1,500	4,290	8,370	8,760
LN2P	1,260	3,200	6,050	6,790	1,440	3,990	7,400	8,130	1,510	4,300	7,950	8,660	1,580	4,620	8,490	9,180
LN3P	1,260	3,200	5,890	6,730	1,460	4,230	7,630	8,440	1,540	4,690	8,440	9,200	1,610	5,180	9,290	9,980
IWAI	1,260	3,210	5,900	6,780	1,480	4,330	7,560	9,070	1,560	4,860	8,320	10,200	1,650	5,420	9,110	11,440
GA3P	1,265	3,250	6,060	6,890	1,490	4,640	9,220	9,370	1,580	5,290	10,790	10,500	1,670	5,960	12,480	11,670
LP3P	1,265	3,240	5,920	6,820	1,520	4,770	9,600	9,750	1,620	5,600	12,030	11,390	1,730	6,570	15,200	13,330
GEV1	1,300	3,500	6,850	7,360	1,580	4,640	9,110	9,460	1,700	5,120	10,070	10,340	1,820	5,590	11,030	11,220
GECH	1,260	3,320	6,450	7,000	1,500	4,310	8,390	8,790	1,600	4,720	9,210	9,540	1,700	5,140	10,020	10,300

여기서,

NORM : Normal 분포

LN2P : II PARAMETER LOG-NORMAL 분포

LN3P : III PARAMETER LOG-NORMAL 분포

IWAI : IWAI 분포

GA3P : III PARAMETER GAMMA( PEARSON TYPE III ) 분포

LP3P : III PARAMETER LOG-GAMMA( LOG-PEARSON TYPE III ) 분포

GEV1 : TYPE I EXTREMAL ( GUMBEL ) 분포

GECH : TYPE I EXTREMAL ( GUMBEL - CHOW ) 분포

확률 분포형별로 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시한 결과 연초과치 계열은 대수 피어슨 III 형이 연 최고치 계열은 2변수 LOG-NORMAL 형이 가장 적합하고, 그 밖에 3변수 대수정규분포나 Iwai도 큰 차이는 없었다.

4. 빈도별 침투 유량과 확률 강우 홍수량의 비교 검토

금강수계 4개지점에 대하여 종래의 확률 강우에 의한 홍수량과 본 연구에서 시도한 빈도 홍수량은 표 6 과 같다.

표 6. 빈도별 홍수량 비교 단위 : m<sup>3</sup>/s

지점	재현기간 (년)	기 존 조 사 (강수)			본 연구 유량	
		①	②	③	④	⑤
용담	10	2,490	2,700	2,810	1,260	1,360
	50	3,490	3,500	3,700	1,520	1,630
	100	4,020	4,300	4,070	1,620	1,740
옥천	10	4,700	5,000	-	3,240	3,540
	50	6,400	6,900	-	4,770	5,000
	100	7,100	8,000	-	5,600	5,650
공주	10	7,600	6,900	-	5,920	6,910
	50	10,300	10,400	-	9,600	10,250
	100	11,000	13,600	-	12,030	11,770
규암	10	-	-	-	6,820	7,310
	50	-	-	-	9,750	10,870
	100	-	-	-	11,490	12,200
	200	-	-	-	13,330	13,780

- ① 錦江流域調査(1972) Nakayasu 종합단위도법
- ② 大濟댐 妥當性調査(1973), Tank Model
- ③ 龍潭댐 妥當性調査(1990), 流域追跡法
- ④ 本 研究, 水位 頻度 : Log-Pearson type III(연 초과치 계열)
- ⑤ 本 研究, 水位 頻度 : II Parameter Log-Normal(연 최고치 계열)

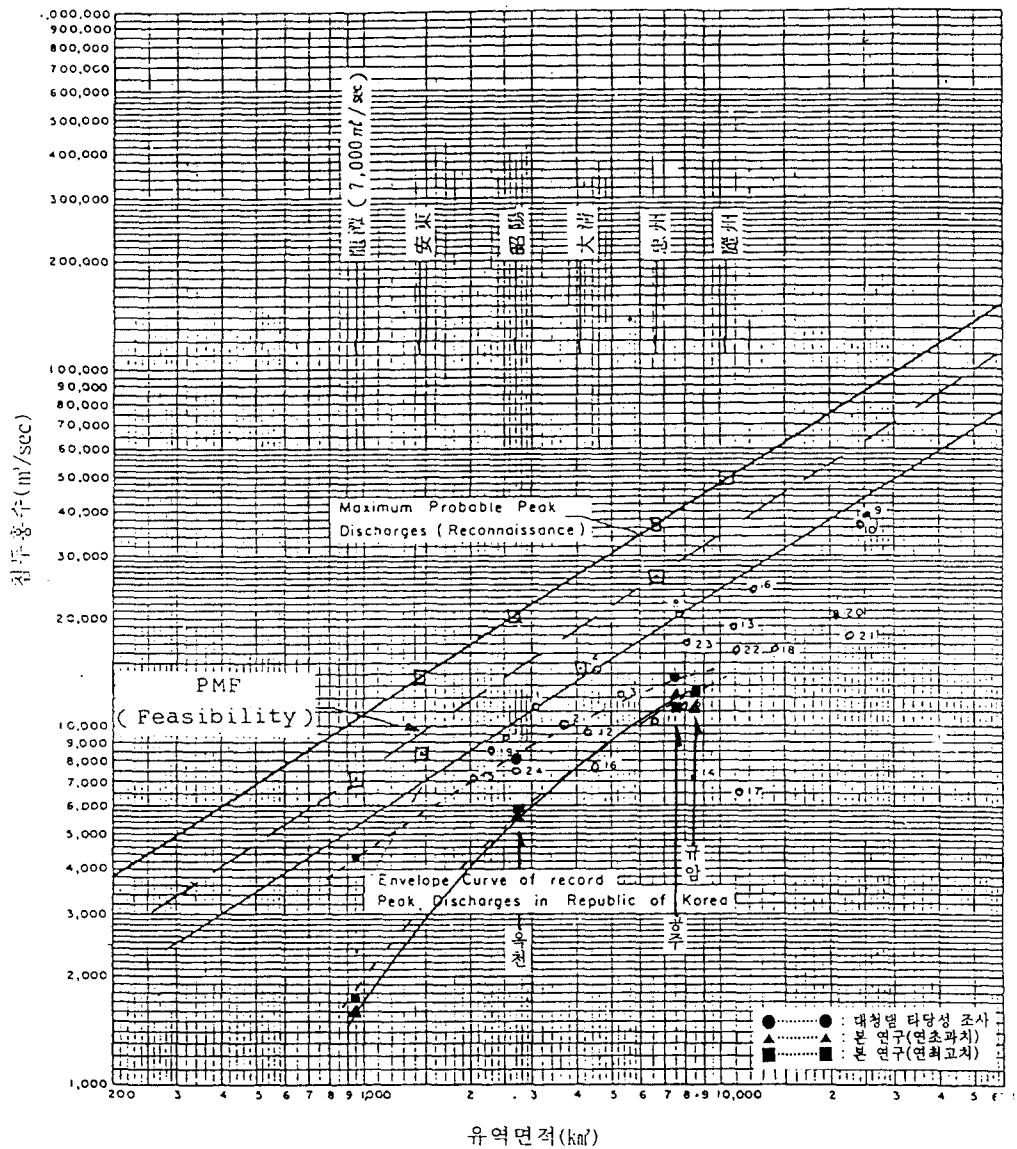
5. 결론

그림 2에서 보는 바와 같이 용담 지점의 빈도 유량에 의한 홍수량은 기존 성과에 비하여 매우 적다. 본 연구에서 시도한 접근법의 문제점을 살펴볼 때 rating curve의 연장에 따른 오차는 간접 유량-수위가 비교적 만족스러웠다. 그러나 연 최고치 및 연 초과치 계열에서 기존 조사 홍수량보다 적게 나타난 것은 순간 침투 수위자료의 추정 문제에 기인된다고 판단된다. 그러나 기존의 점우량 빈도 해석에 의한 확률 홍수량이 과다하게 평가 되었을 가능성도 배제할 수는 없다. 이 성과를 우리 나라 기존 홍수 포락곡선에 도기한 결과는 그림 2와 같다. 또한 본 연구에서 홍수량 산정 방법으로 채택한 부분기간 계열(연 초과치)과 극치계열(연 최고치)의 두 방법은 표 6에서와 같이 100년 빈도로 볼 때 큰 차이가 없었다.

기왕 최대 홍수의 재현 기간을 일정치로 규정할 수는 없으나 100년 빈도 홍수를 비교할 때 용담 지점의 기존 조사의 홍수는 과대하고, 본 연구 성과는 과소하다고 판단된다. 그러나 하류 지점의 홍수는 본 연구 성과를 신뢰할 수 있다고 본다. 다만, 규암 지점의 100년, 200년 홍수가 공주 지점과 비슷하게 산정되었는데 이는 규암 지점의 영점표고, 조위 영향 등에 따른 수위 자료의 불안정성 때문이라고 본다.

참고문헌

1. 한국수문조사연보(1965-1993), 건설부.
2. 금강유역 조사 보고서, 1972. 2.
3. 수자원공학, 1994, 권오현, pp.69-73.
4. 금강유역 유량분석 및 홍수조사, 1994.12. 한국수자원공사.



유역면적(km<sup>2</sup>)  
그림 2. PMF의 침투유량 포락곡선