

모수추정 방법에 따른 강우의 적정확률분포형의 변화

A Variation in Appropriate Probability Distribution of Rainfall Based on the Parameter Estimation Method

이 재 준*, 이 정 식**, ○김 병 일***

1. 서 론

수공구조물의 설계시 설계기준으로 널리 이용되는 것은 확률강우량으로서, 실제 구조물의 설계에 필요한 것은 설계홍수량이지만 이는 계획 대상지점에 충분한 기간동안 관측된 유량자료가 있어야만 산정이 가능하며, 대부분의 경우 유량계측지점이 적기 때문에 구조물의 설계기준으로 확률강우량이 많이 이용되고 있다.

확률강우량은 강우의 발생확률 개념에 입각한 빈도 즉, 확률통계이론에서 초과확률량으로 나타낸다. 빈도별 확률강우량의 산정시 적정확률분포형의 결정이 요구되며, 이를 위한 강우량 자료에 대한 확률분포형의 적합도 검정은 수문사상에 의하여 널리 이용되고 있다. 본 연구에서는 고도의 경제성장과 산업화 및 도시화 등으로 인한 수문사상의 변화, 표본자료의 크기(강우 관측기록 보유기간)가 증대되어감에 따라 강우량의 적정분포형이 달라지고 있는 현실을 감안하여 최근의 보충된 자료(기상청에서 강우량을 측정하고 있는 21개 지점의 지속기간별(10분, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 18, 24시간의 12개 지속기간) 연최대강우량 자료)를 대상으로 다양한 통계적인 모수 추정방법 및 객관성 있는 다수의 적합도 검정방법을 통하여 적정분포형의 변화를 분석하는데 그 목적이 있다.

본 연구에서는 국내의 21개 강우관측지점에서 수집한 12개 지속기간에 대한 연최대치 강우자료들로부터 11개 적용분포형에 대하여 모멘트법과 최우추정법 및 확률가중모멘트법으로 모수를 추정하고, 그 모수의 범위와 확률변수의 범위에 대한 적정성을 검토한후 적합성이 인정되는 확률분포형을 대상으로 모수추정방법에 따른 적정확률분포형의 변화를 고찰하였다.

2. 적정확률분포형의 결정

2.1 적정분포형 설정

본 연구에서는 수문학 분야에서 널리 쓰이고 있는 다음과 같은 11개의 확률분포형을 사용하여 적정분포형을 결정하기로 하며, 11개 확률분포형은 아래와 같다.

- ① 정규분포
- ② 2승근 변수변환정규분포
- ③ 대수정규분포 (2모수, 3모수)
- ④ Pearson Type-III(Gamma)분포 (2모수, 3모수)
- ⑤ Log-Pearson Type-III분포
- ⑥ Type-I 극치분포
- ⑦ Type-III 극치(Weibull)분포 (2모수, 3모수)
- ⑧ GEV분포

2.2 모수 추정

본 연구에서는 11개 분포형의 모수를 추정하기 위하여 모멘트법과 최우추정법 및 확률가중모멘트법을 사용하기로 한다.

2.3 적합도 검정

확률분포의 적합도는 상대도수함수 또는 누적도수함수의 이론치와 표본치를 비교함으로써 검정할 수 있다. 본 연구에서는 χ^2 -검정, Kolmogorov-Smirnov 검정, 편차검정 및 수정편차검정을 사용하기로 한다.

* 금오공과대학교 공간·사회환경공학부 부교수

** 금오공과대학교 공간·사회환경공학부 교수

*** 금오공과대학교 대학원 토목공학과 석사과정

2.4 적정분포형의 결정

적정확률분포형은 χ^2 -검정, Kolmogorov-Smirnov 검정, 편차검정 및 수정편차검정 등의 적합도 검정으로부터 적합성이 인정되는 확률분포형을 추출하고 이들 분포형의 검정통계량을 대상으로 순위별 가산점수를 부여하여 적정분포형을 결정하였다.

3. 적용 및 결과분석

3.1 기본자료

강우량과 같은 수문량을 수문학적으로 해석하는 경우 자료의 수집이 가장 중요한 문제이다. 수문자료의 확률빈도를 통계적으로 해석하기 위해서는 자료들이 독립사상이어야 하며, 전체적으로 동질성을 가져야 한다. 강우량 기록년수는 일반적으로 30년 이상으로 하여야 하나 본 연구에서는 국내의 수문관측 실정을 감안하고 관측소의 분포를 고려하여 최소 27년 이상의 기록년수를 가지고 있는 21개 지점의 지속기간별 매년 최대치계열 강우자료를 이용하였다.

지속기간 10분 강우자료는 기상청의 기상연보를 이용하여 추출하였으며, 지속기간 1시간, 2시간, 3시간, 4시간, 5시간, 6시간, 8시간, 10시간, 12시간, 18시간, 24시간의 강우자료는 기상청 산하 각 관측소에서 매시간 측정된 강우자료를 이용하여 연간 최대치를 추출하였다. 본 연구의 대상인 21개 관측소와 강우기록년수는 표 1에 제시한 바와 같으며 괄호 안은 10분 강우자료의 강우기록년수이다.

표 1. 관측지점과 기록년수

| 지점명 | 기록년수 | 지점명 | 기록년수 | 지점명 | 기록년수 |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 속초 | 29(31) | 청주 | 30(30) | 울산 | 36(32) |
| 춘천 | 31(31) | 대전 | 28(28) | 광주 | 36(32) |
| 강릉 | 36(32) | 추풍령 | 36(32) | 부산 | 36(32) |
| 서울 | 36(32) | 포항 | 36(32) | 충무 | 29(29) |
| 인천 | 36(32) | 군산 | 29(29) | 목포 | 36(32) |
| 수원 | 33(32) | 대구 | 36(32) | 여수 | 36(32) |
| 서산 | 29(29) | 전주 | 36(32) | 진주 | 28(27) |

3.2 추정모수의 적정성 검토

각 확률분포형에 대한 모수의 적정성을 검토하기 위해 먼저 모멘트법, 최우추정법, 확률가중모멘트법에 의해 모수를 추정하였으며, 대표적으로 서울지점의 지속기간 24시간에 대한 모수 추정결과와 그에 대한 적정성 검토결과를 수록하면 표 2와 같다.

표 2. 서울지점의 지속기간 24시간에 대한 모수 추정값과 적정성검토

| 확률분포형 | 모멘트법 | | | | 최우추정법 | | | | 확률가중모멘트법 | | | |
|-------|--------|-------|-------|------|--------|-------|-------|------|----------|-------|-------|------|
| | Locate | Shape | Scale | 판정 | Locate | Shape | Scale | 판정 | Locate | Shape | Scale | 판정 |
| NOR | 163.0 | 78.0 | 0.0 | O.K. | 163.0 | 78.0 | 0.0 | O.K. | 163.0 | 70.5 | 0.0 | O.K. |
| 2RN | 12.5 | 2.8 | 0.0 | O.K. | 12.5 | 2.8 | 0.0 | O.K. | 12.5 | 2.6 | 0.0 | O.K. |
| LN2 | 0.0 | 0.4 | 5.0 | O.K. | 5.0 | 0.4 | 0.0 | O.K. | 0.0 | 0.4 | 4.9 | O.K. |
| LN3 | 22.5 | 0.5 | 4.8 | O.K. | 163.0 | 78.0 | 0.0 | N.G. | 58.6 | 0.7 | 4.4 | O.K. |
| LP3 | 3.6 | 11.6 | 0.1 | O.K. | - | - | - | - | - | - | - | - |
| GAM2 | 0.0 | 4.3 | 37.4 | O.K. | 0.0 | 5.1 | 0.0 | O.K. | - | - | - | - |
| GAM3 | 78.0 | 1.2 | 71.7 | N.G. | 55.9 | 2.3 | 47.4 | O.K. | 83.7 | 80.0 | 1.0 | N.G. |
| GUM | 127.8 | 0.0 | 60.8 | O.K. | 131.4 | 0.0 | 49.4 | O.K. | 129.8 | 0.0 | 57.4 | O.K. |
| WEI3 | 80.4 | 1.1 | 84.4 | N.G. | 56.4 | 1.0 | 79.2 | O.K. | 83.6 | 1.0 | 79.2 | N.G. |
| WEI2 | 0.0 | 2.2 | 184.0 | O.K. | 0.0 | 2.2 | 184.6 | O.K. | 0.0 | 2.5 | 183.7 | O.K. |
| GEV | 127.1 | -0.1 | 53.0 | O.K. | 126.3 | -0.2 | 44.7 | O.K. | 124.4 | -0.2 | 43.4 | O.K. |

단, NOR : 정규분포
LN2 : 2모수 대수정규분포
LP3 : Log-Pearson Type-III 분포
GUM : Type-I 극치분포(Gumbel 분포)
GAM2 : 2모수 Pearson Type-III 분포(2모수 Gamma 분포)
WEI2 : 2모수 Type-III 극치분포(2모수 Weibull 분포)
2RN : 2승근 변수변환 정규분포
LN3 : 3모수 대수정규분포
GEV : 일반극치분포
GAM3 : 3모수 Pearson Type-III 분포(3모수 Gamma 분포)
WEI3 : 3모수 Type-III 극치분포(3모수 Weibull 분포)

여기서 Locate, Shape, Scale은 각각 위치, 모양, 축척을 나타내는 모수이며, 모수 적정성 판정결과 O.K.는 적정함을 나타내며 N.G.는 모수가 적정하지 않다는 것을 나타낸다. 표 2에서 보면 대부분의 분포형이 추정된 모수의 적정성을 보여주고 있다. 그러나 Log-Pearson Type-III 분포와 Pearson Type-III 분포의 경우에는 최우추정법과 확률가중모멘트법에서 발산이 되므로 모수의 추정이 불가능하였으며 3모수 대수정규 분포, 3모수

Pearson Type-III 분포와 3모수 Weibull 분포의 경우 모수가 자료의 최소값보다 커서 모수 적정성 조건을 만족하지 못하였다. 11개 지속기간 전체적으로 볼 때 대부분의 분포형은 채택되었지만 Log-Pearson Type III 분포와 Pearson Type-III 분포의 경우, 수렴하지 않는 문제가 발생했으며, 일부의 지점에서 3모수 대수정규분포, 3모수 Pearson Type-III 분포와 3모수 Weibull 분포에는 모수추정은 가능하나 모수 적정성 조건을 만족하지 않는 경우가 발생하였다.

3.3 확률분포형의 적합도 검정

각 확률분포형에 대하여 χ^2 -검정, Kolmogorov-Smirnov 검정, 편차 검정, 수정 편차 검정을 실시하였으며, χ^2 -검정과 Kolmogorov-Smirnov 검정에서는 유의수준 5% 내에서 적합성을 검정하였다. 또한 편차검정과 수정편차검정은 관측년 전체 자료의 사용과 상위 절반에 해당하는 자료의 사용에 의하기 때문에 지점에 따라서는 두 검정방법의 결과가 동일한 경우가 있었다. 21개 대상지점의 12개 지속기간에 대해 각각 모멘트법, 최우 추정법, 확률가중모멘트법을 이용하여 추정된 적정확률분포형의 모수로 정의되는 확률분포형을 4가지 적합도 검정방법을 이용하여 각 지점의 적정분포형을 구하였으며, 본 논문에서는 검정 결과중 지속기간 1시간에 대해서만 나타내었으며 이는 다음 표 3~5와 같다.

표 3. 지속기간 1시간의 적합도 검정결과(모멘트법)

| 지점 | 적정 분포형 | 적합도 검정방법 | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------------|------|------|--------|------|------|------|------|------|--------|------|------|
| | | χ^2 -검정 | | | K-S 검정 | | | 편차검정 | | | 수정편차검정 | | |
| | | 1st | 2nd | 3rd | 1st | 2nd | 3rd | 1st | 2nd | 3rd | 1st | 2nd | 3rd |
| 속초 | LP3 | LP3 | LN2 | 2RN | LP3 | WEI3 | GAM3 | LP3 | WEI3 | GAM3 | LP3 | WEI3 | GAM3 |
| 춘천 | GEV | GAM2 | GEV | LN2 | 2RN | GEV | WEI3 | WEI3 | GEV | 2RN | GEV | WEI3 | 2RN |
| 강릉 | LP3 | LP3 | LN2 | GUM | WEI3 | LP3 | LN2 | LP3 | WEI3 | LN2 | WEI3 | LP3 | LN2 |
| 서울 | 2RN | GEV | 2RN | GAM3 | GAM2 | 2RN | LN3 | NOR | WEI2 | GAM3 | 2RN | GAM2 | GEV |
| 인천 | LP3 | LP3 | LN2 | GUM | WEI3 | GAM3 | LP3 | LP3 | GUM | WEI3 | WEI3 | GAM3 | LP3 |
| 수원 | WEI3 | GUM | GEV | WEI3 | LP3 | GUM | WEI3 | WEI3 | LP3 | LN2 | WEI3 | GAM3 | GAM2 |
| 시산 | LP3 | LP3 | LN2 | GEV | LP3 | GEV | GAM3 | GEV | LP3 | GUM | LP3 | GAM3 | GEV |
| 청주 | WEI3 | GEV | WEI2 | GAM3 | WEI3 | WEI2 | GEV | WEI3 | GEV | WEI2 | GEV | WEI3 | WEI2 |
| 대전 | GEV | LN2 | 2RN | GEV | 2RN | GAM3 | GAM2 | GEV | WEI3 | WEI2 | GEV | WEI3 | WEI2 |
| 추봉령 | WEI3 | GUM | LP3 | LN2 | WEI3 | LP3 | LN2 | WEI3 | GEV | GAM2 | WEI3 | GEV | GAM3 |
| 포항 | WEI3 | GEV | GAM2 | GAM3 | GUM | LN2 | LP3 | WEI3 | GAM2 | LN2 | WEI3 | GEV | 5RN |
| 군산 | LP3 | LP3 | LN2 | LN3 | LP3 | WEI3 | GUM | LP3 | WEI3 | GUM | LP3 | WEI3 | GAM3 |
| 대구 | LP3 | WEI3 | GEV | GAM2 | LP3 | LN2 | GUM | LN2 | LP3 | 5RN | LN2 | WEI3 | LP3 |
| 전주 | WEI3 | LP3 | LN2 | WEI3 | WEI3 | LP3 | LN2 | WEI3 | LN2 | GAM3 | GEV | GAM2 | GAM3 |
| 울산 | WEI3 | WEI3 | GAM3 | GAM2 | LP3 | WEI3 | GAM3 | WEI3 | LP3 | GAM3 | WEI3 | GAM3 | GAM2 |
| 광주 | LP3 | 2RN | GAM2 | GAM3 | LN2 | LP3 | WEI3 | LP3 | LN2 | WEI3 | LP3 | LN2 | WEI3 |
| 부산 | LP3 | WEI3 | GAM3 | GUM | LP3 | LN2 | GUM | LP3 | LN2 | WEI3 | LP3 | LN2 | WEI3 |
| 충무 | WEI3 | WEI3 | 2RN | WEI2 | WEI3 | GAM3 | GAM2 | LP3 | WEI3 | GAM3 | LP3 | WEI3 | GAM3 |
| 목포 | GEV | WEI3 | GEV | NOR | GEV | WEI3 | GAM3 | GEV | WEI3 | NOR | GEV | WEI3 | NOR |
| 여수 | WEI3 | WEI3 | GUM | GEV | LP3 | GUM | LN2 | WEI3 | LP3 | GAM3 | WEI3 | GAM3 | GAM2 |
| 진주 | LP3 | GEV | GAM3 | GAM2 | LP3 | GUM | LN2 | WEI3 | LP3 | GAM3 | LP3 | WEI3 | GAM3 |

표 4. 지속기간 1시간의 적합도 검정결과(최우추정법)

| 지점 | 적정 분포형 | 적합도 검정방법 | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------------|------|------|--------|------|------|------|------|------|--------|------|------|
| | | χ^2 -검정 | | | K-S 검정 | | | 편차검정 | | | 수정편차검정 | | |
| | | 1st | 2nd | 3rd | 1st | 2nd | 3rd | 1st | 2nd | 3rd | 1st | 2nd | 3rd |
| 속초 | GEV | LN2 | 2RN | GEV | GEV | WEI3 | LN3 | WEI3 | GEV | GUM | WEI3 | GEV | LN2 |
| 춘천 | WEI3 | WEI3 | GAM2 | GEV | 2RN | WEI3 | GEV | 2RN | WEI3 | LN2 | 2RN | WEI3 | WEI2 |
| 강릉 | GEV | GEV | GAM3 | LN2 | GEV | GAM3 | LN2 | LN2 | GAM3 | GEV | LN2 | GAM3 | GEV |
| 서울 | 2RN | GAM2 | GEV | 2RN | 2RN | LN3 | GEV | NOR | WEI2 | WEI3 | 2RN | GEV | WEI3 |
| 인천 | LN2 | LN2 | GUM | 2RN | GAM2 | GUM | LN3 | GUM | LN2 | 2RN | LN2 | 2RN | WEI2 |
| 수원 | GAM3 | GAM3 | GEV | WEI3 | GAM3 | WEI3 | LP3 | WEI3 | GAM3 | LP3 | WEI3 | GAM3 | LN2 |
| 서산 | GEV | LN2 | GAM2 | GEV | GEV | GUM | LN3 | GEV | GUM | GAM3 | GEV | GAM3 | LN2 |
| 청주 | GEV | GAM2 | GUM | NOR | GEV | LN2 | NOR | GEV | NOR | WEI2 | WEI2 | WEI3 | NOR |
| 대전 | 2RN | LN2 | 2RN | GAM2 | 2RN | NOR | GAM2 | NOR | WEI2 | WEI3 | GEV | WEI2 | WEI3 |
| 추풍령 | GAM3 | GAM3 | GUM | LN2 | GAM3 | GUM | WEI3 | WEI3 | LN2 | 2RN | WEI2 | 2RN | NOR |
| 포항 | WEI3 | WEI3 | GAM2 | 5RN | GAM3 | GUM | LN2 | WEI3 | LN2 | GUM | WEI3 | GAM3 | GUM |
| 군산 | LP3 | LP3 | LN2 | LN3 | GAM3 | LP3 | WEI3 | WEI3 | GAM3 | LP3 | WEI3 | GAM3 | LP3 |
| 대구 | WEI3 | WEI3 | GAM2 | GUM | WEI3 | GUM | LN2 | WEI3 | LN2 | GUM | WEI3 | LN2 | 5RN |
| 전주 | WEI3 | GAM2 | WEI3 | LN2 | WEI3 | GAM3 | GEV | WEI3 | LN2 | GAM3 | 2RN | LN2 | WEI3 |
| 울산 | GAM3 | GAM2 | GAM3 | LP3 | GEV | LP3 | GAM3 | GAM3 | LP3 | GEV | GAM3 | WEI2 | LN2 |
| 광주 | WEI3 | 2RN | GAM2 | NOR | WEI3 | GAM2 | LN2 | GUM | LN2 | WEI3 | WEI3 | LN2 | GEV |
| 부산 | GAM3 | GAM3 | WEI3 | GAM2 | GEV | GAM2 | WEI3 | GAM3 | WEI3 | LN2 | GAM3 | WEI3 | GEV |
| 충무 | WEI3 | GAM2 | WEI3 | GAM3 | GAM3 | WEI3 | GEV | WEI3 | GAM3 | GEV | GAM3 | WEI3 | GEV |
| 목포 | WEI3 | WEI3 | GEV | WEI2 | NOR | WEI2 | WEI3 | WEI3 | GEV | WEI2 | WEI3 | GEV | WEI2 |
| 여수 | WEI3 | GAM3 | GAM2 | WEI3 | GAM3 | LP3 | WEI3 | WEI3 | GAM3 | GEV | WEI3 | 2RN | LN2 |
| 전주 | WEI3 | GAM2 | WEI3 | GEV | GUM | GEV | WEI3 | WEI3 | LN2 | GEV | WEI3 | GEV | LN2 |

표 5. 지속기간 1시간의 적합도 검정결과(확률가중모멘트법)

| 지점 | 적정 분포형 | 적합도 검정방법 | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------------|------|------|--------|------|------|------|------|------|--------|------|------|
| | | χ^2 -검정 | | | K-S 검정 | | | 편차검정 | | | 수정편차검정 | | |
| | | 1st | 2nd | 3rd | 1st | 2nd | 3rd | 1st | 2nd | 3rd | 1st | 2nd | 3rd |
| 속초 | GEV | 2RN | LN2 | GEV | LN3 | GEV | LN2 | GAM3 | WEI3 | GEV | WEI3 | GAM3 | GEV |
| 춘천 | WEI3 | WEI3 | GEV | LP3 | 2RN | GEV | WEI3 | WEI3 | GEV | 2RN | GEV | WEI3 | 2RN |
| 강릉 | WEI3 | GEV | WEI3 | GUM | WEI3 | LN2 | LN3 | WEI3 | GEV | LN2 | WEI3 | GEV | LN2 |
| 서울 | 2RN | GEV | 2RN | GAM3 | 2RN | GAM2 | 3RN | NOR | GAM3 | WEI2 | 2RN | GAM2 | GEV |
| 인천 | WEI3 | WEI3 | LN2 | GEV | WEI3 | LN2 | LN3 | GEV | WEI3 | GUM | WEI3 | GEV | LN2 |
| 수원 | WEI3 | GEV | WEI3 | GUM | WEI3 | LN2 | LN3 | WEI3 | GEV | GUM | WEI3 | GEV | LN2 |
| 서산 | GEV | LN2 | GEV | GAM3 | LN2 | GEV | LN3 | GEV | GUM | GAM3 | GEV | GAM3 | WEI3 |
| 청주 | GEV | WEI2 | GEV | NOR | WEI3 | WEI2 | GEV | WEI3 | GEV | WEI2 | GEV | WEI3 | WEI2 |
| 대전 | GEV | 2RN | LP3 | GAM3 | NOR | GAM2 | 2RN | GEV | WEI2 | WEI3 | GEV | WEI2 | WEI3 |
| 추풍령 | WEI3 | GUM | LP3 | LN2 | WEI3 | GUM | LP3 | WEI3 | LN2 | GEV | WEI3 | 2RN | NOR |
| 포항 | WEI3 | GEV | GUM | WEI3 | GUM | LP3 | WEI3 | WEI3 | GAM2 | LN2 | WEI3 | GAM2 | LN2 |
| 군산 | WEI3 | LP3 | LN2 | LN3 | WEI3 | LP3 | LN2 | WEI3 | GEV | LP3 | WEI3 | LP3 | GEV |
| 대구 | WEI3 | WEI3 | GEV | GUM | LP3 | GUM | WEI3 | WEI3 | LN2 | GEV | WEI3 | LN2 | GEV |
| 전주 | WEI3 | LP3 | LN2 | GAM2 | WEI3 | LN3 | LN2 | WEI3 | LN2 | LP3 | LN3 | GAM2 | 2RN |
| 울산 | WEI3 | WEI3 | GAM3 | NOR | WEI3 | GAM3 | LN2 | WEI3 | GAM3 | GEV | WEI3 | GAM3 | WEI2 |
| 광주 | LP3 | 2RN | NOR | GEV | WEI3 | LN3 | LN2 | LP3 | LN2 | GEV | LP3 | LN2 | WEI3 |
| 부산 | LP3 | WEI3 | GEV | GUM | LN2 | LN3 | LP3 | LP3 | GEV | LN2 | LP3 | GEV | WEI3 |
| 충무 | WEI3 | WEI3 | GAM3 | 2RN | LN2 | LN3 | GEV | WEI3 | GEV | GAM3 | WEI3 | GAM3 | GEV |
| 목포 | GEV | WEI3 | GEV | GAM3 | NOR | WEI2 | GEV | GEV | WEI3 | WEI2 | GEV | NOR | GAM3 |
| 여수 | WEI3 | WEI3 | GEV | GUM | WEI3 | LN2 | LN3 | WEI3 | GUM | GEV | WEI3 | 2RN | GEV |
| 전주 | GEV | GUM | GEV | WEI3 | LN2 | GEV | LN3 | GEV | WEI3 | GUM | WEI3 | GEV | LN2 |

3.4 적정분포형의 결정

본 연구에서는 지속기간에 따른 각 지점의 적정분포형을 결정하고자 3.3절에서 적용한 4가지의 적합도 검정 결과를 바탕으로 각 검정방법에 의해 설정되는 최적의 적정분포형이 서로 다른 경우에는 최적분포형 설정기준으로 각각의 적합도 검정 결과를 감안하여 결정하였다. 즉, 각각의 분포형 별로 검정 통계량의 순위를 정해 4가지 적합도 검정의 총순위를 정하고 순위가 작은 분포를 적정분포형으로 선정하였고, 동순위인 경우에는 산

출된 검정통계량을 비교하여 최소차이를 갖는 분포형을 선정하였다.

이상으로부터 모수추정방법별로 각 지점의 12개 지속기간에 대해 적정분포형으로 결정된 내용을 수록한 것이 표 6~8이다.

표 6 전체지속기간에 대한 적정분포형(모멘트법)

| 지점명 | 지속기간 | | | | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10분 | 1시간 | 2시간 | 3시간 | 4시간 | 5시간 | 6시간 | 8시간 | 10시간 | 12시간 | 18시간 | 24시간 |
| 속초 | WEI3 | LP3 | LP3 | GEV | WEI3 | LP3 | LP3 | WEI3 | GAM3 | GAM3 | LP3 | GEV |
| 춘천 | LP3 | GEV | GAM3 | GAM3 | GEV | LN2 | LP3 | WEI3 | LP3 | LP3 | WEI3 | WEI3 |
| 강릉 | WEI3 | LP3 | WEI3 | LP3 | WEI3 | WEI3 | LP3 | LP3 | LP3 | LP3 | LP3 | WEI3 |
| 서울 | WEI3 | 2RN | GEV | GAM2 | LP3 | LP3 | GUM | LP3 | LP3 | LP3 | WEI3 | GAM3 |
| 인천 | WEI2 | LP3 | GAM2 | GEV | LN2 | LP3 | LP3 | LP3 | LP3 | LP3 | LP3 | LP3 |
| 수원 | LP3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | LP3 | LP3 | LP3 | WEI3 | WEI3 | LP3 | LP3 | LP3 |
| 시상 | 2RN | LP3 | GUM | LN2 | LP3 | LP3 | LP3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 |
| 청주 | WEI3 | WEI3 | GEV | WEI3 | LP3 | WEI3 | WEI3 | LP3 | LP3 | LP3 | LP3 | WEI3 |
| 대전 | LP3 | GEV | WEI3 | LP3 | WEI3 | WEI3 | LP3 | LP3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 |
| 주불령 | GEV | WEI3 | LP3 | LP3 | GUM | LP3 | LP3 | LP3 | LP3 | WEI3 | LP3 | LP3 |
| 포항 | LP3 | WEI3 | LP3 | GEV | GEV | LP3 | GAM3 | LP3 | WEI3 | LP3 | LP3 | GEV |
| 군산 | WEI3 | LP3 | LP3 | WEI3 | WEI3 | LP3 | LP3 | WEI3 | LP3 | LP3 | WEI3 | LP3 |
| 대구 | WEI3 | LP3 | WEI3 | LP3 | LP3 | LP3 | LP3 | LP3 | LP3 | LP3 | LN2 | GAM2 |
| 전주 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | LN2 | LN2 | LN2 | LP3 | LP3 | GEV | WEI3 | WEI3 |
| 울산 | GAM2 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | LP3 | LP3 | LP3 | LP3 |
| 광주 | WEI3 | LP3 | LN2 | WEI3 | LP3 | LN2 | LP3 | GEV | LP3 | GEV | GEV | GEV |
| 부산 | GEV | LP3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI2 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | GAM3 | GAM3 | LP3 |
| 충무 | GEV | WEI3 | WEI3 | LP3 | WEI3 | LN2 | LP3 | LP3 | LP3 | WEI3 | WEI3 | LP3 |
| 목포 | WEI2 | GEV | LN2 | GAM3 | LN2 | LP3 | GEV | LN2 | GEV | LP3 | LP3 | LP3 |
| 여수 | GAM3 | WEI3 | LP3 | LP3 | GEV | LP3 | GAM2 | LN2 | LP3 | GEV | LP3 | LP3 |
| 전주 | GUM | LP3 | GUM | LP3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | LP3 | LP3 | LP3 | WEI3 | LP3 |

표 7 전체지속기간에 대한 적정분포형(최우추정법)

| 지점명 | 지속기간 | | | | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10분 | 1시간 | 2시간 | 3시간 | 4시간 | 5시간 | 6시간 | 8시간 | 10시간 | 12시간 | 18시간 | 24시간 |
| 속초 | LP3 | GEV | LN2 | WEI3 | GEV | GEV | LP3 | WEI3 | GAM3 | GAM3 | GAM3 | GAM3 |
| 춘천 | GAM3 | WEI3 | GAM3 | GAM3 | GEV | LN2 | GAM3 | WEI3 | GAM3 | GAM3 | GAM3 | WEI3 |
| 강릉 | LN2 | GEV | LN3 | LN3 | LN2 | GEV | GEV | LP3 | GEV | LN2 | LN2 | WEI3 |
| 서울 | WEI3 | 2RN | WEI3 | GUM | LN2 | GEV | GEV | LP3 | LN2 | LN2 | GEV | GEV |
| 인천 | WEI2 | LN2 | LN2 | GAM2 | LN2 | GEV | GEV | LP3 | GEV | GEV | GEV | GEV |
| 수원 | GAM3 | GAM3 | WEI3 | LP3 | GEV | LP3 | LP3 | WEI3 | GAM3 | GEV | LP3 | LP3 |
| 시상 | LN2 | GEV | GAM2 | LN2 | GAM2 | LN2 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 |
| 청주 | WEI2 | GEV | GAM3 | WEI3 | LP3 | LP3 | GEV | LP3 | GEV | GEV | GEV | GEV |
| 대전 | LP3 | 2RN | WEI3 | GEV | GEV | GEV | GEV | LP3 | LN2 | GAM3 | LP3 | WEI3 |
| 주불령 | GAM2 | GAM3 | GEV | LP3 | GEV | GAM3 | WEI3 | LP3 | WEI3 | WEI3 | GEV | WEI3 |
| 포항 | LN2 | WEI3 | LN2 | LN2 | GEV | GAM3 | LP3 | LP3 | LP3 | LP3 | GEV | GEV |
| 군산 | GAM2 | LP3 | WEI3 | WEI3 | GEV | LP3 | GEV | WEI3 | GEV | LP3 | GAM3 | GEV |
| 대구 | LN2 | WEI3 | WEI3 | GAM3 | GAM3 | GAM3 | LP3 | GEV | LN2 | LN2 | 2RN | 2RN |
| 전주 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | LN2 | LN2 | LN2 | LP3 | LN2 | GEV | WEI3 | 2RN |
| 울산 | 2RN | GAM3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | LP3 | GAM3 | WEI3 | LP3 | LP3 | GEV | GEV |
| 광주 | GAM3 | WEI3 | LN2 | LN2 | GUM | LN2 | GEV | GEV | GEV | GEV | GEV | GEV |
| 부산 | GEV | GAM3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | 2RN | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | GAM3 | GAM3 |
| 충무 | GAM3 | WEI3 | GAM3 | GAM3 | WEI3 | WEI3 | GAM3 | LP3 | LN2 | WEI3 | GEV | GEV |
| 목포 | WEI2 | WEI3 | 2RN | GEV | GUM | LN2 | LN2 | LN2 | GEV | GEV | GEV | GEV |
| 여수 | GAM3 | WEI3 | WEI3 | GEV | GAM3 | LN2 | LN2 | GAM3 | GUM | GEV | GEV | GEV |
| 전주 | WEI3 | WEI3 | GUM | WEI3 | GEV | GEV | GEV | LP3 | LP3 | LP3 | LP3 | WEI3 |

표 8 전체지속기간에 대한 적정분포형(확률가중모멘트법)

| 지점명 | 지속기간 | | | | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10분 | 1시간 | 2시간 | 3시간 | 4시간 | 5시간 | 6시간 | 8시간 | 10시간 | 12시간 | 18시간 | 24시간 |
| 속초 | WEI3 | GEV | GEV | GEV | GEV | GEV | GAM3 | WEI3 | GEV | LN2 | LP3 | GAM3 |
| 춘천 | GEV | WEI3 | WEI3 | GEV | GEV | GEV | GEV | WEI3 | LP3 | GEV | WEI3 | WEI3 |
| 강릉 | LP3 | WEI3 | WEI3 | GEV | GEV | GEV | GEV | LP3 | LP3 | LP3 | LP3 | WEI3 |
| 서울 | WEI3 | 2RN | WEI3 | GAM2 | GUM | GEV | GEV | LP3 | GEV | GEV | GAM3 | GEV |
| 인천 | WEI3 | WEI3 | LN2 | GEV | LP3 | GEV | GEV | LP3 | GEV | GEV | GEV | GEV |
| 수원 | GEV | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | GEV | GAM3 | WEI3 |
| 시상 | 2RN | GEV | GUM | LP3 | GEV | LP3 | WEI3 | WEI3 | LN2 | WEI3 | WEI3 | WEI3 |
| 청주 | 2RN | GEV | LP3 | WEI3 | GEV | WEI3 | GEV | LP3 | GEV | GEV | GEV | WEI3 |
| 대전 | WEI3 | GEV | WEI3 | GEV | WEI3 | LP3 | GEV | LP3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | GAM3 |
| 주불령 | GAM2 | WEI3 | GEV | LN2 | GEV | GAM3 | WEI3 | LP3 | WEI3 | WEI3 | GEV | WEI3 |
| 포항 | LP3 | WEI3 | LP3 | LN2 | GEV | GAM3 | GAM3 | LP3 | WEI3 | WEI3 | GEV | GAM3 |
| 군산 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | GEV | GEV | WEI3 | GEV | WEI3 | GAM3 | GEV |
| 대구 | GEV | WEI3 | WEI3 | LP3 | LP3 | WEI3 | GAM3 | LP3 | GEV | GEV | LP3 | GAM2 |
| 전주 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | GEV | LP3 | LN2 | LP3 | GEV | GEV | WEI3 | WEI3 |
| 울산 | GAM3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | GAM3 | GEV | GEV | GEV |
| 광주 | GEV | LP3 | WEI3 | WEI3 | LN2 | GEV | GEV | GEV | GEV | GEV | GEV | GEV |
| 부산 | GEV | LP3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | GEV | WEI3 |
| 충무 | GEV | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | WEI3 | LP3 | WEI3 | WEI3 | GAM3 | GAM3 |
| 목포 | WEI3 | GEV | GEV | GEV | GEV | LP3 | GEV | LN2 | GEV | GEV | GEV | GEV |
| 여수 | GEV | WEI3 | WEI3 | GEV | GUM | GEV | LP3 | GEV | LP3 | GEV | GEV | GEV |
| 전주 | WEI3 | GEV | LP3 | LN2 | WEI3 | WEI3 | GAM3 | GAM3 | GEV | GAM3 | WEI3 | LP3 |

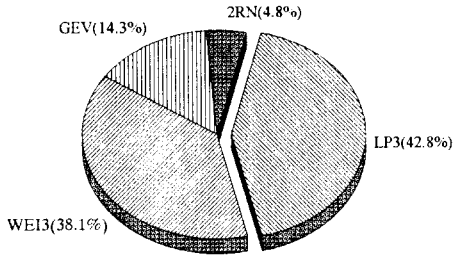


그림 1. 각 지점의 적정분포형으로 채택된 분포형의 비율
(지속기간 1시간, 모멘트법)

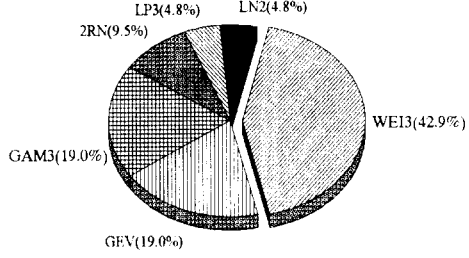


그림 2. 각 지점의 적정분포형으로 채택된 분포형의 비율
(지속기간 1시간, 최우추정법)

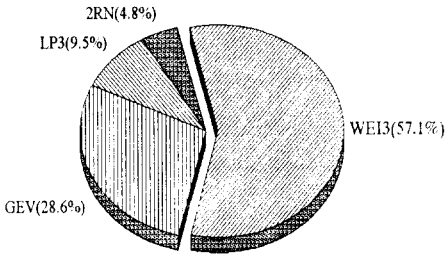


그림 3. 각 지점의 적정분포형으로 채택된 분포형의 비율
(지속기간 1시간, 확률가중모멘트법)

표 6~8의 결과로부터 지속기간 1시간에 대한 지점별 적정분포형의 채택비율을 그림으로 도시하여 그림 1~3과 같이 나타내었으며, 이들 그림으로부터 모수의 추정방법에 따라 서로 다른 적정분포형이 채택되는 것을 알 수 있다. 모멘트법에 의한 모수 추정 시 Log-Pearson Type-III 분포가 가장 많은 지점에서 적정분포형으로 나타났고 3모수 Weibull 분포, GEV 분포의 순으로 적합성을 보였고, 최우추정법에 의한 모수 추정의 경우, 3모수 Weibull 분포가 가장 많은 지점에서 적정분포형으로 나타났고 GEV 분포, Pearson Type-III 분포의 순으로 적합성을 보였으며, 확률가중모멘트법에 의한 모수 추정의 경우, 3모수 Weibull 분포가 가장 많은 지점에서 적정분포형으로 나타났고 GEV 분포, Log-Pearson Type-III 분포의 순으로 적합성을 보였다.

모멘트법에 의한 적정분포형 채택결과를 보면, 지속기간 4시간 이하에서는 WEI3가 가장 높은 비율을 나타냈고 지속기간 4시간 이상에서는 LP3가 가장 높은 비율을 보였으며, 최우추정법과 확률가중모멘트법에 의한 적정분포형 채택결과를 보면, 지속기간 4시간 이하에서는 WEI3가 가장 높은 비율을 나타냈고 대체로 지속기간 4시간 이상에서는 GEV가 가장 높은 비율을 보였다. 또한 모수추정방법에 상관없이 대체적으로 지속기간 4시간 미만의 경우에는 WEI3가 가장 채택비율이 높았으며, 최우추정법과 확률가중모멘트법의 결과는 거의 비슷한 양상을 나타내었다. 이러한 결과로 미루어볼 때 모수의 추정방법에 따라서 적정분포형은 상이한 결과를 보이므로 확률분포의 모수를 추정하는 방법도 매우 중요함을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구는 수자원 계획과 수공구조물 설계를 위한 설계수문량 산정에 필요한 확률분포형의 모수 추정 방법 별로 어떠한 결과를 보이는지를 검토한 것으로 다음과 같은 결과를 얻었다.

- ① 모수의 추정 방법에 따라서 적정분포형은 달라지고 있으며, 대체로 지속기간 4시간을 기준으로 큰 변화를 보이고 있음을 알 수 있다.
- ② 대부분의 지점에서 모수추정방법에 상관없이 강우 지속기간의 증가와 더불어 WEI3에서 GEV 혹은 LP3 분포의 적합성이 상당히 양호함을 보였다.
- ③ 모수의 3가지 추정방법별로 각 지점의 적정분포형 채택비율을 보면, 최우추정법과 확률가중모멘트법은 거의 유사한 양상을 보여 주었으나 모멘트법에 의한 결과는 지속기간이 긴 경우에 상이한 결과를 보여 주었다.

참고 문헌

- 신창동(1993). 우리나라 강우의 적정분포형 결정에 관한 연구, 금오공과대학교 석사학위논문.
 허준행(1996). 통계학 강좌 (I ~ V), 한국수자원학회지, 제29권 2호 ~ 제30권 1호.
 Hosking, J.R.M.(1986). The Theory of Probability Weighted Moments. Research Report RC12210.
 Maidment, D.R.(1993). Handbook of Hydrology, McGraw-Hill, Inc.