

# 기준 합성단위도 방법의 비교 연구

정 성 원<sup>1)</sup>, ○문 장 원<sup>2)</sup>, 김 농 필<sup>3)</sup>, 김 승<sup>4)</sup>

## 1. 서론

우리나라의 경우 연강수량의 2/3가 6월에서 9월 사이의 기간에 집중되는 특성이 강하게 나타나며, 이로 인해 매년 심각한 홍수피해를 입고 있는 실정이다. 홍수로 인한 피해를 저감하기 위한 대책 중 하나는 하천에 수공구조물을 설치하는 것이며, 해당 구조물의 최적 규모 결정을 위해 적절한 설계홍수량의 결정은 매우 중요한 의미를 갖는다고 볼 수 있다.

일반적으로 수공구조물에 대한 설계홍수량은 대상유역에서 과거 관측된 자료에 대한 통계적인 분석을 통해 결정되는 것이 일반적이나 대부분의 유역이 미계측유역인 우리나라의 특성상 통계적인 방법을 적용하기가 매우 힘들다고 할 수 있다. 따라서 이에 대한 대안으로써 주로 이용되고 있는 방법이 먼저 강우자료를 번도 분석하여 확률강우량을 결정한 뒤 이를 대상유역의 유역특성인자로부터 합성된 단위도에 적용하여 홍수량을 결정하는 합성단위도법이며, 국내에서는 주로 Nakayasu 종합단위도, Snyder 합성단위도, SCS 무차원 단위도 등의 방법이 이용되고 있다. 하지만 이러한 방법들은 국내 자료로부터 제안된 결과들이 아니므로 이를 방법이 우리나라 유역의 수문특성을 제대로 반영할 수 있는지는 확실하지 않다고 볼 수 있다. 과거 우리나라에서는 국내 자료를 이용하여 기존 방법들을 국내 특성에 적합하도록 수정하려 했던 연구 성과들이 다수 있으나(건설부, 1974; 전기연, 1989; 건설부, 1992), 이러한 연구 또한 자료 부족 등의 이유로 아직 활발하게 이용되고 있지 못한 실정이다. 또한 1993년 건설부에서는 수자원관리기법연구조사 사업의 일환으로 전국의 65개 지점에 대해 농형회귀방법을 이용하여 지점대표단위도를 유도하였으며, 이로부터 유역면적을 이용하여 단위도를 합성할 수 있는 방법을 제시하였다. 2000년 전기연에서는 과거 단위도 관련 연구성과를 종합하고 전기연에서 운영중인 설마천 시험유역의 2개 지점과 3개 IHP 유역의 17개 지점의 대표단위도를 추가하여 총 70개 지점의 대표단위도와 해당 지점의 유역특성인자와의 단계별 다중회귀분석을 통해 새로운 합성단위도법을 제시한 바 있다.

본 연구에서는 최근 제시된 전기연의 합성단위도법과 과거 국내에서 주로 이용되어온 합성단위도법을 유역면적 520km<sup>2</sup> 이하의 총 10개 유역에서의 지점대표단위도와 비교 검토함으로써 국내 수문특성을 가장 적절히 나타내는 방법을 결정해보고자 하였다. 비교 검토를 위해 앞서 언급한 수정 SCS 방법(건설부, 1992), 일본에서 개발된 Nakayasu 방법, 수정 Nakayasu 방법(건설부, 1992), 그리고 1989년에 전기연에 의해 제시된 HYMO 방법과 2000년 전기연의 방법이 이용되었다. 선택된 각 방법의 비교를 위해 먼저 대표단위도와 각 방법으로부터 합성된 단위도의 첨두유량 및 첨두시간을 비교하였으며, 두 번째로 평균제곱근오차(Root Mean Square Error, RMSE)의 산정을 통해 대표단위도 및 합성된 단위도의 형상을 비교하였다.

## 2. 기준 합성단위도 방법의 개요

어떤 지점에서 대표단위도의 작성률을 위해서는 강우 및 유출 자료가 필요하나 실제에 있어 유량 자료가 전혀 없는 미계측유역은 얼마든지 있으며 수자원 개발 목적을 위해 해당 유역에 대한 단위도를 필요로 할 경우가 대단히 많다. 이와 같은 여건 하에서는 다른 유역에서 얻은 과거의 경험을 토대로 하여 단위도를 합성하여 이를 미계측유역에 대한 근사 값으로서 사용할 수 밖에 없으며, 이 목적을 위해 사용되는 단위도를 합성단위유량도라고 한다(윤용남, 1998). 여기서는 국내 또는 국외에서 제시된 주요 연구 결과들 중 본 연구에서 이용된 방법들을 중심으로 간략히 살펴보자 한다.

### 2.1 SCS 방법 및 수정 SCS 방법(건설부, 1992)

SCS 방법은 미국 토양보존국(U.S. Soil Conservation Service, SCS)에 의해 합성단위유량도를 작성하기 위하여 고안된 방법으로 무차원 단위도의 이용에 근거를 두고 있다(윤용남, 1998). 이 방법에 의해 단위도를 합성하기 위해서는 단위도의 첨두유량과 그 발생시간을 결정하여야 하며, 일단 이들이 결정되면 무차원곡선을 이용하여 단위도를 합성하게 된다.

1) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 선임연구원 (E-mail: swjung@kict.re.kr)

2) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 연구원 (E-mail: jwmoon@kict.re.kr)

3) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 연구원 (E-mail: dpkim@kict.re.kr)

4) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 연구위원 (E-mail: skim@kict.re.kr)

SCS는 단위도의 첨두유량과 첨두시간을 결정하기 위해 유역특성인자로 이루어진 회귀식을 제시하고 있으며, 제시된 식을 이용하여 대상유역에 대한 단위도를 합성하게 된다.

이와 같은 특성을 갖는 SCS 합성단위도법을 건설부(1992)는 국내 총 22개 지점의 대표단위도와 유역특성인자를 이용하여 회귀분석 후 유역의 지체시간 산정식을 새롭게 제시한 바 있다. 이 때 대상지점의 유역면적은  $1.46 \sim 519.69 \text{ km}^2$ 로서 대부분의 유역이  $500 \text{ km}^2$  이하의 면적을 갖는 소유역으로 선정되었으나, IHP 대표유역을 제외한 나머지 지점들은 과거 70년대 후반에서 80년대 초반에 관측된 적은 수의 강우-유출자료를 이용할 수 밖에 없는 한계를 포함하고 있다.

## 2.2 Nakayasu 방법 및 수정 Nakayasu 방법(건설부, 1992)

이 방법은 Horner와 Flynt(1936)가 St. Louis시의 도시유역을 대상으로 개발한 방법을 일본의 Nakayasu(中安)가 일본 내 여러 유역에서 유도된 단위도의 특성변수와 유역의 지형학적 특성변수와의 관계를 조사하여 무차원 단위도로 제안하였으며, 이를 이용하여 특정 지속시간의 단위도를 합성할 수 있도록 한 방법이다.

Nakayasu 방법은 무차원 단위도의 상승부와 하강부를 나누어 제시하고 있는 특징이 있으며, 인접 일본의 유역특성과 우리나라 유역특성간의 유사성을 감안하여 국내에서도 수문 실무에서 많이 이용되어온 방법이나, 최근 들어 관련 연구를 통해 국내 유역에의 적용 가능성에 많은 문제가 있음이 보고되고 있는 방법이다.

건설부(1992)는 국내 자료를 분석한 후 기존 Nakayasu 방법 중 상승부 곡선식과 단위도 합성에 필요한 인자 중 하나인  $t_p$  산정식, 그리고 첨두유량 산정식의 계수 등을 조정하여 수정 Nakayasu 방법을 제시하였다. 하지만 이 경우도 앞서 언급한 것과 마찬가지로 유역면적  $500 \text{ km}^2$  이하의 22개 지점의 단위도 유도 결과가 이용됨으로써 소유역에 대한 특성을 어느 정도 포함하고 있다고 볼 수 있으나, IHP 대표유역을 제외한 나머지 지점에서의 홍수사상자료의 부족으로 인해 상대적으로 유역면적이 작은 소유역에서의 정확성을 다소 떨어진다는 단점이 있다.

## 2.3 HYMO 방법(건기연, 1989)

미 능무성에서는 1972년에 Williams와 Hann에 의해 두차원 단위유량도를 2변수-Gamma 분포로 해석하여, HYMO라는 이름으로 발표하였다. 이 모형은 강우-유출해석과 저수지 홍수주체 및 유사량 결정도 가능한 모형으로 이 방법에서 무차원 단위유량도는 원점~변곡점(2변수-Gamma 분포), 변곡점( $t_p$ )~ $t_f$ (= $t_p+2K$ , K는 감소상수), 그리고  $t_f$  이후 마지막 부분 등 세 부분으로 나누어 제시된다는 특징이 있는 모형이며, 감소상수 K와 첨두시간  $t_p$ 가 결정되면 대상유역에서의 단위도를 합성할 수 있다.

따라서 HYMO 모형에서는 단위도 합성을 위해 K와  $t_p$ 를 결정하여야 하므로 이 두 가지 변수를 유역특성인자와의 관계식으로 설정하였으며, 건기연(1989)은 국내 31개 대상유역의 1시간 대표단위도로부터 이를 관계를 재해석하여 표고차(m), 하천의 유로연장(km), 그리고 유역면적( $\text{km}^2$ )으로 이루어진 회귀식을 제시하였다.

하지만 건기연(1989)에서 제안한 HYMO 합성단위도법은 합성된 단위도의 분포형을 제시해주며, 이용하기에 편리하다는 장점이 있으나 이용된 홍수사상자료의 부족(최소 1~최대 10개 사상)으로 제안된 회귀식이 국내 유역의 특성을 대표한다고 보기 힘들다. 또한 31개 대상지점들의 유역면적이  $121.1 \sim 4,285.3 \text{ km}^2$ 로서 실부에서 필요로 하는 소유역에 대한 결과가 부족하다는 단점이 있어 추후 자료확충 및 지점의 확대를 통해 수정 보완이 필요하다고 볼 수 있다.

## 2.4 2000년 건기연의 합성단위도법

2000년 건기연에서는 과거 국내 단위도 연구성과들을 종합하고 건기연에서 운영 중인 설마천 시험유역의 2개 지점과 IHP 유역 17개 지점의 단위도 유도 결과를 추가하여 총 70개 지점의 단위도 유도 결과와 유역특성인자와의 단계별 다중회귀분석 및 Nash 모형을 이용하여 새로운 합성단위도법을 제시하였다. 이 연구는 이용된 대상지점의 유역면적이  $6.4 \sim 4,516.9 \text{ km}^2$ 로서 소유역이 다수 포함되어 있으며, 이용된 강우-유출자료 또한 가장 최근의 결과까지 포함하여 합성단위도법을 제시한 연구이다.

대상지점에 대한 유역특성인자와 단위도 특성치(첨두유량, 첨두시간)간의 다중회귀분석을 통해 첨두유량과 첨두시간에 대한 회귀식을 제안하였으며, 제안된 식을 이용하여 단위도의 첨두유량과 첨두시간을 산정할 수 있도록 하였다. 이 때 제시된 회귀식에는 유역면적( $\text{km}^2$ ), 유로연장(km), 유로경사의 3가지 유역특성인자로 표현되어지며, 각 인자에 대한 적용범위는 유역면적의 경우  $6.4 \sim 4,516.9 \text{ km}^2$ 이며, 유로연장의 경우  $3.50 \sim 219.53 \text{ km}$ , 유로경사는  $0.000757 \sim 0.040570$ 의 범위를 갖는다. 이 때 제안된 회귀식을 통해 산정되는 첨두유량의 단위는  $\text{mm/hr}$ 이며, 유량 단위로 환산하기 위해서는 대상유역의 유역면적을 곱한 후 단위환산하여야 한다. 또한 합성단위도의 나머지 증거를 계산하기 위해 본 방법에서 Nash 모형이 이용되었다.

## 3. 대상유역

지금까지 간략하게 언급된 합성단위도법의 비교를 위해 본 연구에서는 총 10개 유역을 대상유역으로 선정하였다. 단위도법의 적용한계가 보통 유역면적  $5,000 \text{ km}^2$  타고 알려져 있으나 Ponce(1989)에 의하면  $250 \text{ km}^2$

표 1. 대상지점의 유역특성인자

지점명	지점고	유역면적(km <sup>2</sup> )	유로연장(km)	유로경사	표고차(m)
남미천	신적비교	8.50	5.80	0.02345	266.1
	사발댐	6.40	3.50	0.02733	225.7
평창강	방워	519.69	51.85	0.00745	1220.4
	상안미	396.25	44.20	0.00810	1188.4
	장평	103.55	25.95	0.01248	1051.4
보천천	산계	475.68	49.00	0.00582	397.2
	탄무	72.53	19.20	0.01234	922.5
	명천	302.13	40.65	0.01099	584.7
위천	농곡	33.63	8.00	0.04057	467.5
	호령	151.03	21.80	0.03109	1099.4

100km<sup>2</sup>, 100~200km<sup>2</sup>, 200~400km<sup>2</sup>, 400km<sup>2</sup> 이상으로 구분하여 각각 2개 지점씩 선정하였다. 표 1은 10개 대상지점에 대한 유역특성인자들을 정리한 것이다. 여기서 유역면적, 유로연장, 유로경사는 문헌조사를 통해 관련 보고서로부터 인용한 결과이며, 표고차는 1:50,000 지형도를 이용하여 직접 산정하였다. 또한 표 1의 유역특성인자들은 각 방법을 이용한 단위도 합성시 해당 유역의 입력자료로 써 이용되었다.

#### 4. 각 지점별 단위도 합성 결과의 비교·검토

선정된 10개 대상지점별로 수정 SCS, Nakayasu, 수정 Nakayasu, HYMO, 건기연(2000)의 방법을 적용하여 1시간-1mm 단위도를 합성하였으며, 합성된 각 지점별 단위도와 흥수사상으로부터 유도된 지점 대표단위도를 비교하였다. 여기서 지점 대표단위도는 단위도 관련 연구결과 중 가장 최근이며 상대적으로 가장 많은 강우-유출자료로부터 유도된 건기연(2000)의 결과를 이용하였다.

##### 4.1 첨두유량 및 첨두시간

먼저 합성된 단위도와 대표단위도의 첨두유량 및 첨두시간을 비교하였다. 표 2는 5가지 합성단위도법을 적용한 결과와 각 지점별 대표단위도의 첨두유량과 첨두시간을 나타낸 것이다. 표에서 ( )안의 값은 각 합성 단위도법으로부터 산정된 첨두유량, 첨두시간과 각 지점 대표단위도의 첨두유량, 첨두시간과의 비율을 의미한다. 지점 대표단위도와 합성된 단위도의 첨두유량 및 첨두시간 비율이 1에 가까울수록 실제 사상으로부터 유도된 단위도와 유역특성인자로부터 합성된 단위도가 유사하게 나타난다고 볼 수 있을 것이며, 음영 처리된 부분은 각 지점별로 가장 1에 근접된 결과를 주는 방법을 표시한 것이다. 또한 그림 1과 2는 표에 나타나 있는 첨두유량 비와 첨두시간 비를 유역면적별로 도시하여 그 변화 양상을 파악하고자 하였다.

표 2. 지점별 대표단위도와 합성단위도의 첨두유량 및 첨두시간 비교

지점명 (유역명)	유역면적 (km <sup>2</sup> )	첨두유량(mm)					첨두시간(hr)						
		대표단위도 (2000)	건기연 (2000)	수정 SCS	Nakayasu	수정 Nakayasu	HYMO	대표단위도 (2000)	건기연 (2000)	수정 SCS	Nakayasu	수정 Nakayasu	HYMO
사방댐 (설마천)	6.40	0.127 (1.000)	0.137 (1.079)	0.263 (2.071)	0.707 (5.567)	0.189 (1.488)	0.271 (2.134)	2.00 (1.000)	2.40 (1.200)	2.85 (1.125)	1.30 (0.850)	3.13 (1.365)	1.29 (0.645)
신적비교 (설마천)	8.50	0.090 (1.000)	0.131 (1.456)	0.237 (2.633)	0.588 (6.533)	0.169 (1.878)	0.212 (2.356)	2.20 (1.000)	2.58 (1.173)	3.16 (1.436)	1.52 (0.681)	3.83 (1.741)	1.61 (0.721)
상안미 (위천)	33.63	0.095 (1.000)	0.111 (1.168)	0.209 (2.200)	0.414 (4.358)	0.143 (1.505)	0.190 (2.000)	4.00 (1.000)	3.36 (0.840)	3.50 (0.898)	1.70 (0.425)	4.39 (1.094)	2.17 (0.511)
탄무 (보천천)	72.53	0.084 (1.000)	0.090 (1.071)	0.150 (1.786)	0.280 (3.333)	0.120 (1.429)	0.133 (1.583)	6.00 (1.000)	4.65 (0.775)	4.99 (0.832)	2.81 (0.385)	5.89 (0.898)	3.46 (0.610)
장평 (평창강)	103.55	0.065 (1.000)	0.086 (1.323)	0.139 (2.138)	0.238 (3.662)	0.109 (1.677)	0.115 (1.769)	5.50 (1.000)	5.03 (0.915)	5.39 (0.980)	2.71 (0.493)	6.39 (1.162)	4.44 (0.803)
호령 (위천)	151.03	0.089 (1.000)	0.087 (0.978)	0.151 (1.697)	0.233 (2.618)	0.110 (1.236)	0.126 (1.416)	6.00 (1.000)	4.93 (0.823)	4.96 (0.827)	2.48 (0.410)	5.78 (0.963)	4.44 (0.740)
명천 (위천)	302.13	0.084 (1.000)	0.072 (0.857)	0.114 (1.357)	0.166 (1.976)	0.090 (1.071)	0.076 (0.905)	5.00 (1.000)	6.62 (1.324)	6.58 (1.316)	3.56 (0.712)	8.55 (1.710)	6.23 (1.216)
상안미 (평창강)	396.25	0.062 (1.000)	0.067 (1.081)	0.105 (1.694)	0.153 (2.468)	0.086 (1.387)	0.084 (1.355)	7.00 (1.000)	7.37 (1.053)	7.14 (1.020)	3.76 (0.537)	9.07 (1.296)	6.77 (0.967)
산계 (보천천)	475.68	0.066 (1.000)	0.063 (0.955)	0.097 (1.470)	0.142 (2.152)	0.082 (1.242)	0.062 (0.939)	9.00 (1.000)	8.04 (0.993)	7.70 (0.886)	4.04 (0.449)	9.77 (1.086)	7.26 (0.807)
방워 (평창강)	519.69	0.058 (1.000)	0.064 (1.103)	0.099 (1.707)	0.137 (2.362)	0.080 (1.379)	0.076 (1.310)	7.50 (1.000)	7.94 (1.059)	7.60 (1.013)	4.21 (0.561)	7.53 (1.183)	7.53 (1.369)

표 2에서 첨두유량에 대한 비교 결과를 살펴보면, 건기연(2000)의 방법이 총 10개 대상유역 중 9개 유역에서 가장 양호한 결과를 나타내고 있음을 알 수 있으며, 특히 유역면적 200km<sup>2</sup> 이하의 소유역에서의 결과는

나머지 방법들에 비해 매우 우수한 결과를 보여주고 있음을 알 수 있다. 또한 그림 1의 유역면적별 변화 양상에서도 건기연(2000)의 방법이 유역면적의 크기에 상관없이 각 지점별 대표단위도의 첨두유량을 가장 잘 재현하고 있다고 판단할 수 있다.

표 2와 그림 2의 첨두시간 비교 결과를 살펴보면, 수정 Nakayasu 방법이 4개 지점에서 가장 우수하게 나타나고 있으나 상대적으로 그 편차가 크게 나타나고 있으며, 유역면적에 따라 불안정한 형상을 보여주고 있다. 따라서 수정 SCS 방법과 건기연(2000)의 방법이 유역면적에 따른 정확도가 가장 우수하게 나타나고 있다고 판단할 수 있으며, 그다지 큰 차이는 없으나 전반적으로 수정 SCS 방법이 첨두시간의 재현성에서는 가장 우수하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

특히 첨두유량과 첨두시간의 비교 결과로부터 일본에서 개발된 Nakayasu 방법은 모든 지점에서 실제 대표단위도보다 매우 큰 첨두유량을 나타내며, 첨두시간 또한 매우 빠르게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과를 통해 Nakayasu 방법이 일본의 산지하천을 대상으로 해당 유역의 강우-유출자료로부터 유도된 방법이므로 우리나라 하천의 유출특성을 대표하기에는 적합하지 않다는 것을 알 수 있으므로 실무에서 설계홍수량 산정시 Nakayasu 방법을 이용하는 것은 지양해야 할 것으로 판단된다.

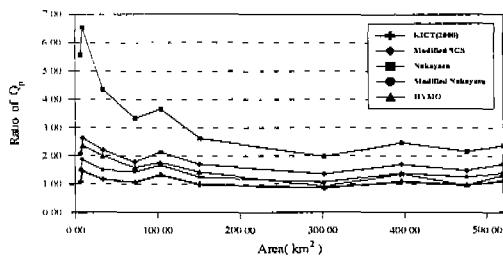


그림 1. 유역면적별 첨두유량 비의 변화

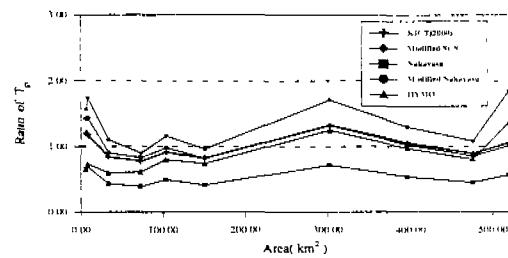


그림 2. 유역면적별 첨두시간 비의 변화

표 3과 4는 각 지점별 대표단위도와 각 방법별 첨두유량 및 첨두시간 비율의 편차를 구한 후 그 평균과 표준편차를 산정한 결과이다. 편차의 평균이 작을수록 실제 대표단위도의 첨두부 좌표와 유사하게 나타남을 의미하며, 표준편차가 작을수록 유역면적의 변화에 따른 변동폭이 작게 나타남을 의미한다고 볼 수 있다. 이러한 기준에서 보면 5가지 합성단위도법 중 건기연(2000)의 방법에 의한 결과가 평균과 표준편차 모두 가장 작게 나타나고 있으므로 실제 지점 대표단위도를 가장 잘 재현하고 있다고 판단할 수 있으며, 이러한 결과는 그림 3을 통해 확인할 수 있다. 그림 3에서 표시된 위치가 원점 (0,0)에 근접할수록 좋은 결과라고 할 수 있으며, 앞서 언급한 대로 건기연(2000)의 방법이 다른 방법들에 비해 상대적으로 우수한 결과를 나타내고 있다고 판단할 수 있다. 또한 수평과 수직으로 표시된 편차의 폭 역시 가장 작게 나타나고 있음을 알 수 있다. 따라서 전반적으로 본 연구에서 비교한 방법들 중 건기연(2000)의 방법이 실제 지점 대표단위도의 첨두유량 및 첨두시간, 즉 첨두부 좌표를 가장 잘 재현하고 있음을 알 수 있다.

표 3. 첨두유량 비율 편차의 평균 및 표준편차

지점	건기연 (2000)	수정 SCS	Nakayasu	수정 Nakayasu	HYMO
평균	0.149	0.875	2.503	0.429	0.608
표준편차	0.137	0.383	1.547	0.230	0.443

표 4. 첨두시간 비율 편차의 평균 및 표준편차

지점	건기연 (2000)	수정 SCS	Nakayasu	수정 Nakayasu	HYMO
평균	0.156	0.182	0.469	0.365	0.272
표준편차	0.084	0.160	0.120	0.318	0.115

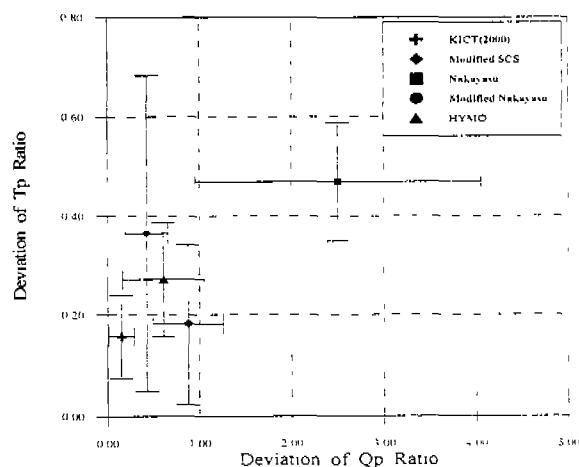


그림 3. 첨두유량 비율-첨두시간 비율 편차의 분포

## 4.2 단위도 형상

각 대상지점별로 합성된 단위도의 형상과 지점 대표단위도의 형상을 비교하였으며, 이를 위해 합성된 단위도와 대표단위도의 총거를 이용하여 평균제곱근오차(RMSE)를 산정하였다. 평균제곱근오차는 일반적으로 수문곡선의 전체적인 형태를 비교하기 위해 주로 이용되는 방법으로 다음 식 (1)을 통해 해당 값을 산정할 수 있다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (U_{obs,i} - U_{est,i})^2} \quad (1)$$

여기서, N은 단위도의 총거 수이며,  $U_{obs}$ 는 지점 대표단위도의 총거(mm/hr),  $U_{est}$ 는 합성된 단위도의 총거(mm/hr)를 의미한다. 그리고 식 (1)을 통해 산정되는 평균제곱근오차(RMSE)의 단위는 단위도 총거와 같은 mm/hr의 단위를 갖는다.

식 (1)을 이용하여 산정된 평균제곱근오차가 작게 나타날수록 대표단위도와 합성된 단위도의 전체적인 형태가 유사함을 의미하게 되며, 표 5는 각 지점별로 평균제곱근오차를 산정한 결과이다. 표 5에서 알 수 있듯이 모든 대상지점에서 전기연(2000) 방법에 대한 평균제곱근오차가 가장 작게 나타나고 있으며, 따라서 앞서 분석된 결과와 마찬가지로 단위도의 형상에서도 전기연(2000)의 방법이 다른 방법들보다 우수하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 하지만 Nakayasu 방법은 다른 방법들에 비해 산정된 평균제곱근오차가 상대적으로 매우 크게 나타나 실제 대표단위도보다 상당히 왜곡된 결과를 주고 있으며, 이는 앞서 첨두유량 및 첨두시간에 대한 비교 결과와 동일한 결과라고 판단할 수 있다.

그림 4는 표 5의 각 방법별 평균제곱근오차를 함께 도시한 그림으로 유역면적의 변화에 따른 오차의 변

동 양상을 파악하기 위한 것이다. 따라서 유역면적의 변화에 따라 평균제곱근오차의 변동폭이 작다면 해당 모형의 재현성이 유역면적에 상관없이 뛰어남을 의미한다고 볼 수 있으며, 이러한 기준에서 전기연(2000)의 모형이 가장 우수한 결과를 보여주고 있다고 판단할 수 있다. 또한 앞서 첨두유량 및 첨두시간 비교에서 가장 큰 차이를 보여주었던 Nakayasu 방법의 경우 유역면적이 증가하면서 해당 오차가 감소하고 있기는 하지만 상대적으로 다른 방법들에 비해 그 재현성이 매우 떨어진다고 볼 수 있다.

표 6. 각 방법별 평균제곱근오차(RMSE) 산정 결과

지점명	평균제곱근오차 (mm/hr)			
	전기연(2000)	수정 SCS	Nakayasu	수정 Nakayasu
사방면	0.00593	0.05189	0.12036	0.02718
전체비교	0.01883	0.05822	0.11021	0.02883
동	0.00937	0.04536	0.08195	0.01759
반부	0.01008	0.03025	0.06230	0.01070
장평	0.01058	0.03239	0.05174	0.01573
효령	0.00766	0.02875	0.04946	0.00947
명진	0.01114	0.01893	0.02287	0.02623
설암미	0.00302	0.02053	0.02931	0.01447
산개	0.00422	0.01670	0.03240	0.00879
방월	0.00355	0.01963	0.02589	0.01458
정남	0.00844	0.03227	0.05865	0.01736
				HYMO

그림 5는 대상지점 중 방림지점에 대한 대표단위도와 5가지 과이며 지면관계상 전체 10개 대상지점에 대한 결과 중 대표로 합성된 단위도를 함께 도시한 결과와 전기연(2000)의 방법으로 합성된 단위도가 첨두부 좌표 및 형상에서 실제 대표단위도에 가장 근접하여 나타나고 있음을 알 수 있으며, 이러한 결과는 나머지 9개 지점의 결과에서도 유사하게 나타나고 있었다. 또한 앞서 언급한 대로 Nakayasu 방법의 경우 매우 큰 첨두유량과 매우 빠른 첨두시간을 나타내고 있는 등 다른 방법에 비해 실제 대표단위도와 큰 차이를 보여주고 있음을 알 수 있다.

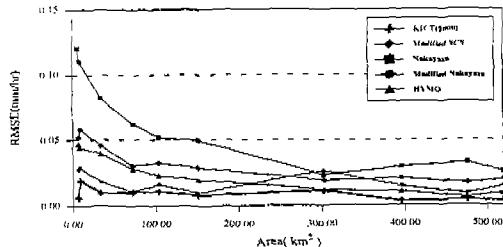


그림 4. 평균제곱근오차의 변화 양상 비교

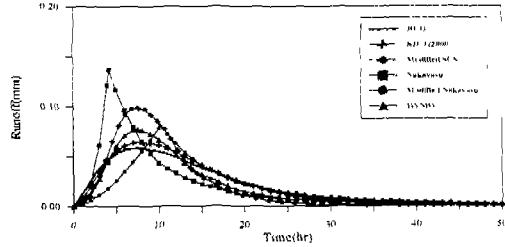


그림 5. 합성단위도의 비교(방림지점)

## 5. 결론

본 연구에서는 국내에서 수정 제안되거나 새롭게 제시된 5가지 합성단위도 방법들을 이용하여 단위도를 합성하여 비교 검토함으로써 국내 수문특성에 가장 적절한 방법을 판단해 보았다. 대상지점 선정시, 한국건설기술연구원에서 운영 중인 설마천 시험유역과 3개 IHP 대표유역에 위치한 지점 중 유역면적별로 10개 지

심을 택하여 건기연(2000)의 연구결과로서 제시된 대표단위도와 지점별로 합성된 단위도를 비교하였다.

본 연구에 이용된 합성단위도 방법은 지금까지 국내에서 많이 이용되어 오고 있는 SCS 방법, Nakayasu 방법, HYMO 방법을 이용하였으며, 이 중 SCS 방법과 HYMO 방법은 국내 자료를 이용하여 모형의 매개변수 또는 회귀식이 새롭게 수정 제시된 방법을 적용하였고, Nakayasu 방법은 기존 일본에서 유도된 방법과 국내 자료를 통해 수정된 방법을 모두 적용하였다. 또한 최근에 건기연(2000)에 의해 제시된 새로운 합성단위도법도 추가하여 총 5가지 방법을 비교 분석하였다.

비교를 위해 먼저 합성된 단위도의 첨두유량과 첨두시간을 대표단위도의 첨두유량, 첨두시간과 비교하였고, 두 번째로 대표단위도와 합성된 단위도에 대한 평균제곱근오차(RMSE)를 산정하여 전체적인 단위도의 형상을 비교하였다.

이상의 분석 결과로부터 지금까지 본 연구에서 적용된 5가지의 합성단위도 방법 중 Nakayasu 방법은 실제와 다른 매우 왜곡된 결과를 주고 있음을 확인할 수 있었으며, 나머지 방법들은 지점에 따라 차이는 있으나 전반적으로 양호한 결과를 주고 있었다. 또한 Nakayasu 방법과 국내 자료로부터 수정 제시된 수정 Nakayasu 방법을 비교한 결과, 수정 Nakayasu 방법이 실제 대표단위도에 보다 근접한 결과를 주고 있음을 알 수 있었으며, 이로부터 기존 국외에서 개발된 방법을 국내 유역에 적용할 때에는 국내 자료로 분석하여 수정된 방법을 이용하는 것이 타당하다는 결론을 얻을 수 있었다.

하지만 국내 자료로부터 수정 제시된 수정 SCS 방법, 수정 Nakayasu 방법, HYMO 방법의 경우에도 기존 모형보다는 국내 수문특성에 적합한 결과를 주고 있다고 판단할 수 있으나 소유역에 대한 분석자료의 부족 등의 이유로 유역면적 200km<sup>2</sup> 이하의 소유역에서의 정확성은 상대적으로 떨어지는 결과를 나타내고 있었다. 이에 비해 건기연(2000)의 방법은 첨두유량 및 첨두시간에 대한 비교 결과, 첨두유량의 경우 유역면적에 상관없이 실제 대표단위도에 가장 근접한 결과를 나타내고 있으며, 첨두시간 또한 큰 편차 없이 양호한 결과를 주고 있는 등 본 연구에서 이용한 5가지 방법 중 가장 우수한 결과를 나타내고 있었다.

또한, 첨두시간과 첨두유량을 함께 비교한 결과에서도 Nakayasu 방법은 매우 왜곡된 결과를 주고 있었으며, 나머지 방법 중에서는 건기연(2000)의 방법의 결과가 가장 우수하였고, 단위도 형상을 비교한 결과에서도 이와 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 건기연(2000)의 모형이 유역면적 200km<sup>2</sup> 이하의 소유역에 대한 자료가 과거 연구결과에 비해 다수 포함된 자료로부터 유도되었기 때문이라고 보여지며, 따라서 이러한 소유역에서의 단위도 특성을 보다 잘 반영할 수 있음을 나타내는 결과라고 판단할 수 있다.

이와 같은 결과로부터 수문실무에서 합성단위도법을 적용할 경우, Nakayasu 방법을 이용하여 설계홍수량을 추정하는 방법을 이용하는 것은 지양되어야 할 것으로 판단되며, 본 연구의 결과에서 가장 우수한 결과를 주는 건기연(2000)의 방법을 이용하는 것이 가장 적절한 결과를 줄 것으로 판단할 수 있었다.

#### 참 고 문 현

- 건설부(1974), 홍수량 추정을 위한 합성단위유량도 유도의 연구조사보고서
- 건설부(1992), 국제수문개발계획 연구보고서, 국내 기존 합성단위유량도의 비교분석
- 건설부(1993), 1993년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서
- 윤용남(1998), 공업수문학, 청문각
- 한국건설기술연구원(1989), 설계홍수량 산정을 위한 단위유량도의 합성방법 개발, 연구보고서, 건기연 88-WR-111
- 한국건설기술연구원(2000), 시험유역의 운영 및 수문특성 조사·연구 -합성단위도 개발을 중심으로-, 연구보고서, 건기연 2000-092
- Horner, W.W. and Flynt, F.L.(1936), "Relation between Rainfall and Runoff from Small Urban Area," *Transactions of ASCE*, Vol.101, pp.140~183
- Ponce, V.M.(1989), *Engineering Hydrology-Principles and Practices*, Prentice Hall
- Williams, J. R. and Hann, R. W.(1972), "HYMO, a Problem-oriented Computer Language for Building Hydrologic Models," *Water Resources Research*, Vol.8, pp.79~86