

KDS 56 14 05 : 2017

소하천설계기준

제4장 강우 분석 및 홍수량 산정

2017년 개정

4.1 강우 분석

4.2 홍수량 산정

한국방재학회

4.1 강우 분석

4.1.1 일반사항

가. 적용 범위

(1) 본 절의 기준은 강우 분석에 필요한 확률강우량 산정 및 유효우량 산정 등에 적용한다.

나. 용어 정의

- 지점확률강우량: 관측소별로 산정된 확률강우량
- 지점평균확률강우량: 지점확률강우량을 평균한 확률강우량
- 유효우량: 총우량 중에서 침투 등을 통한 손실을 제외하고 직접 유출되는 우량
- 임계지속기간: 침투홍수량이 최대가 되거나 저류용량이 최대가 되는 강우지속기간으로 소하천의 경우 침투홍수량 최대 기준을 적용

다. 참고 기준

- (1) 이 기준을 적용할 때 다음과 같은 관련 코드와 관련 법규를 고려하여야 한다.
- (2) 관련 코드
- 하천설계기준(2016, 국토교통부) KDS 51 14 16 : 2016(설계수문량)
 - 하천설계기준(2016, 국토교통부) KDS 51 14 20 : 2016(하도계획)
- (3) 관련 법규
- 소하천정비법(법률 제13919호, 2016.1.27)
 - 소하천정비종합계획 수립지침(2016, 국민안전처)

4.1.2 조사 및 계획

가. 우량관측소 선정

- (1) 해당 시·군 내외의 우량관측소를 대상으로 거리, 표고의 유사성 여부, 충분한 시우량 자료 보유 여부, 동일 수계 여부, 내륙성 또는 해양성 구분에 따른 동일 기후 여부 등을 종합적으로 검토하여 선정하는 것이 일반적인 기준이다.
- (2) 해당 시·군내에 위치하고 있는 기상청 관할 우량관측소가 충분한 시우량 자료를 보유하고 있는 경우에는 이를 선정한다.
- (3) 해당 시·군 인근 우량관측소 중에서 선정하는 경우 거리를 가장 우선적으로 고려한 후, 추가적인 항목을 고려한다. 추가적인 항목 고려시 일반적인 기준과 매우 위배되는 경우 선정을 지양하여야 한다.
- (4) 해당 시·군 인근 우량관측소 중에서 일반적인 기준으로 적절한 우량관측소를 쉽게 선정할 수 없는 경우 산정된 우량관측소별 확률강우량의 비교 등을 통하여 차이가 작은 경우에는 확률강우량이 큰 우량관측소를 선정하고, 차이가 큰 경우에는 평균한 지점평균확률강우량을 적용하는 방안 등을 고려하여야 한다.
- (5) 특정 소하천만을 계획 수립 대상으로 하는 경우 일관성 유지 측면에서 기존 소하천 정비종합계획에서 선정한 우량관측소를 적용하는 것을 원칙으로 한다.
- (6) 해당 시·군내의 지역적인 특성이 매우 상이한 경우에는 지역적인 특성에 따라 경계를 구분하고 우량관측소를 다르게 적용할 수도 있으나 가급적 지양하여야 한다.
- (7) 제주도와 같이 고도보정이 필요한 지역의 경우에는 가용한 우량관측소를 모두 선정하여 등우선도를 작성하여 고도보정에 활용 될 수 있도록 하여야 한다.

해설

- (1) 소하천 설계와 관련된 우량관측소 선정은 소하천정비종합계획과 같이 시·군 전체 소하천을 모두 계획수립 대상으로 하는 경우와 특정 소하천을 계획 수립 대상으로 하는 경우로 구분된다.
- (2) 소하천정비종합계획 수립시 해당 시·군의 우량관측소 선정은 1개소를 원칙으로 하되, 지형 등의 여건이 매우 상이한 경우 달리 적용할 수도 있다.
- (3) 기상청 관할 우량관측소를 선정하는 것을 우선으로 하며 부득이한 경우에는 다른 관할의 우량관측소를 선정할 수도 있으나 이런 경우에는 자료의 적정성에 대한 추가 검토를 실시하여야 한다.
- (4) 해당 시·군내에 충분한 시우량 자료(최소 30개년 이상)를 확보한 기상청 관할 우량관측소가 있는 경우에는 이를 선정하면 된다.
- (5) 해당 시·군 인근에 위치하고 있는 우량관측소 중에서 선정하여야 하는 경우 가장 우선적으로 고려하는 항목은 거리이며, 추가적인 항목들을 종합적으로 고려하여야 한다. 추가적인 항목 고려시 표고가 매우 다른 경우, 시우량자료 보유년수가 매우 짧은 경우, 수계가 동일하지 않은 경우, 내륙성기상과 해양성기상 등으로 구분 경우 등에 해당되는 우량관측소를 단일 우량관측소로 선정하는 것은 지양하여야 한다.

- (6) 한편, 거리는 단순 거리로 판단하여야 하며 Thiessen방법으로 거리를 판단하는 것은 지양하여야 한다. Thiessen방법은 유역내 다수의 우량관측소가 존재하는 대유역에서 해당 우량관측소의 지배면적을 산정하는 것이 주 목적이며 부수적으로 소유역에서 유역외의 우량관측소들의 가중평균값을 산정하는데 사용될 수 있는 방법이므로 우량관측소 선정에는 사용하지 않아야 한다.
- (7) 해당 시·군 인근에 위치하고 우량관측소 중에서 적절한 우량관측소를 일반적인 기준으로 쉽게 선정할 수 없는 경우에는 다음과 같은 검토를 통하여 선정한다.
- ① 시우량 자료를 충분히 보유한 인근 우량관측소를 대상으로 확률강우량을 계산하여 차이 등을 먼저 검토한다.
 - ② 동일 수계이며 인근 다른 우량관측소에 비해 상대적으로 거리상으로 근접한 우량관측소가 충분한 시우량 자료를 보유하고 있으며, 표고의 유사성이 확보되는 경우, 다른 우량관측소와의 확률강우량을 비교하여 차이가 크지 않을 경우 이를 채택한다.
 - ③ 거리상으로 비슷하게 위치하며 확률강우량의 산정치도 비슷한 경우에는 확률강우량이 큰 우량관측소를 채택한다.
 - ④ 인근에 위치하는 우량관측소들의 확률강우량이 다소 차이를 보이며, 해당 시·군내의 관측년수가 짧은 우량관측소가 있는 경우에는 해당 시·군내의 관측기간과 동일한 기간으로 산정된 확률강우량을 비교하여 가장 유사한 특성을 나타내는 우량관측소를 우선적으로 고려한다.
 - ⑤ 인근에 위치하는 우량관측소들의 확률강우량의 차이가 크며 뚜렷한 선정 방안이 없는 경우 산술평균, Thiessen 가중평균 등의 방법을 적용하여 산정되는 지점평균확률강우량이 큰 방법을 채택한다.
- (8) 시·군내의 지역적인 특성이 매우 상이한 경우에는 다음과 같이 우량관측소 선정이나 확률강우량 산정시 지역별로 다르게 적용할 수도 있다. 하지만 이와 같은 방법의 실제 적용은 매우 특수한 경우 이외에는 지양하여야 한다.
- ① 지형 등에 따른 지역구분을 먼저 실시하고 구분된 지역별로 적정한 우량관측소 선정 및 확률강우량을 산정하는 방법을 적용하여야 한다. 한편, Thiessen방법을 이용하여 지역을 구분하고 우량관측소를 다르게 선정하는 방법의 경우 지형 등이 고려되지 않는 일자형 임의 지역구분이 되며 이를 경계로 불연속이 발생되므로 적용을 지양하여야 한다.
 - ② 구분된 지역별로 확률강우량을 달리 산정하는 경우 지역별로 하나의 우량관측소를 채택하는 것은 확률강우량의 불연속이 너무 커질 수 있으므로 이를 방지하는 방안을 적용하여야 한다. 우량관측소가 2개인 경우를 예를 들면 2개의 우량관측소로 개략적인 등우선도를 내삽하여 그린 다음, 지형으로 구분된 지역별로 등우선도를 이용하여 가중평균한 확률강우량을 적용하여 지역구분으로 인한 확률강우량의 차이를 다소 완화시켜야 한다.
- (5) 특정 소하천을 계획 수립 대상으로 하는 경우 해당 소하천만 고려하여 적정 우량관측소를 선정할 경우 하나의 시·군에 여러 우량관측소가 적용되는 문제가 발생하게 된다. 이에 따라 전반적인 일관성 유지 측면에서 기존 소하천정비종합계획에서 선정한 우량관측소를 적용하는 것을 원칙으로 한다.
- (9) 한편, 제주도 등과 같이 확률강우량 산정시 고도보정이 필요한 경우에는 일반적으로 기존 고도보정계수를 사용하면 확률강우량이 지나치게 커져서 적용하기 곤란한 경우가 발생하고 있다. 이의 대안으로 관측소별로 확률강우량을 산정하여 등우선의 형태로 나타난 지점평균 확률강우량을 산정하는 방법이 적용되고 있다. 이 방법을 적용하기 위해서는 가용한 관측소를 모두 선정하는 방안을 고려하여야 한다.

나. 강우량자료 수집

- (1) 수집 대상 강우량자료는 임의시간 10분, 60분, 고정시간 1시간~24시간(1시간 간격)의 지속기간에 대한 연최대치 강우량 자료이다.
- (2) 고정시간 강우량 자료는 환산계수를 적용하여 임의시간 강우량 자료로 환산하여 사용한다.

해설

- (1) 소하천의 경우 도달시간이 짧기 때문에 강우 분석 측면에서는 짧은 지속기간의 강우량자료가 중요하지만 현재 장기간 자료 수집이 가능한 임의시간 강우량자료는 10분 및 60분 뿐인 상황이다.
- (2) 이를 보완하기 위하여 임의시간 20분, 30분과 같은 짧은 지속기간 강우량자료의 추가가 요구되는 경우가 있지만, 장기간 자료가 축적되지 못한 현재 상황에서 실무 적용은 곤란하다. 구체적인 실무상의 이유로 들면 이와 같은 임의시간 20분, 30분 강우량 자료는 장기간의 정확한 자료 구득이 곤란한 점, 이를 추가한 강우강도식이 회귀 결과나 불연속 측면에서 유리하지 못한 경우가 많은 점 등과 같은 강우 분석 측면과 홍수량 산정시 초기손실 때문에 임계지속기간이 대부분 1시간 이상으로 결정되므로 홍수량 산정 측면에서 중요한 강우지속기간이 아니게 되는 경우가 많은 점 등이 있다.
- (3) 강우지속기간은 24시간까지만 하여도 충분한 경우가 대부분이지만 필요한 경우 48시간까지 수집하여야 한다.
- (4) 결측이 단기간인 경우에는 인근 관측소를 이용하여 보완하는 것이 필요하지만 결측이 장기간인 경우에는 보완으로 인한 문제점이 야기될 가능성이 높으므로 이와 같은 우량관측소는 선정을 지양하여야 한다.
- (5) 확률강우량을 산정하기 위해서는 시우량 자료년수는 가급적 최소 30개년 이상이 필요하다.
- (6) 고정시간을 임의시간으로 환산하는 계수는 다음과 같은 회귀식을 적용한다.

$$Y = 0.1346X^{-1.4170} + 1.0014$$

여기서 Y는 환산계수, X는 강우지속기간(hr)이다.

다. 확률강우량 산정

- (1) 확률강우량 산정 방법으로 확률분포함수의 매개변수 추정 방법은 확률가중모멘트법(PWM), 확률분포형은 Gumbel분포를 채택하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 확률강우량 산정시 재현기간은 2년, 10년, 20년, 30년, 50년, 80년, 100년, 200년 등을 기본으로 하며 필요시 추가한다.
- (3) 확률강우량이 산정되면 기존의 분석 결과와 비교를 실시한 후, 큰 차이가 없는 경우에는 산정된 확률강우량을 우선적으로 채택한다.
- (4) 소하천의 최종 적용 확률강우량은 확률강우량 분석 결과를 직접 사용하는 것이 아니라 강우강도식에 의한 확률강우량을 사용하게 되므로 이와 같은 내용을 명확하게 기술하여야 한다.

해설

- (1) 확률분포함수의 매개변수 추정 방법으로 확률가중모멘트법을 채택하면 일반적으로 무난하지만 재현기간이 커지면서 확률강우량이 증가하는 경향이 다른 방법인 모멘트법이나 최우도법보다 지나치게 큰 경우에는 추가 검토를 실시하여야 한다.
- (2) 확률분포형을 일반적으로 채택하는 Gumbel분포보다 확률강우량이 크게 산정되는 GEV분포 등을 채택하는 경우가 있는데 이를 경우에는 지역적인 불연속이 크게 발생하므로 가급적 Gumbel분포 하나로 통일하는 것이 필요하다.
- (3) 확률강우량은 기존 분석 결과와 비교, 방재성능목표강우량과 산정된 30년빈도 확률강우량과의 비교를 실시한 후 크게 상이하지 않은 경우에는 산정된 확률강우량을 채택하는 것을 원칙으로 한다.
- (4) 확률강우량이 과거보다 다소 낮게 산정되는 경우가 자주 발생하며, 이와 같은 현상은 최근 호우 특성을 반영하면 평균은 증가되는 것이 분명한 반면 분산은 낮아질 수 있으며 또한, 자료년수가 증가되면서 확률강우량 계산시 적용되는 재현기간에 따른 빈도계수가 낮아지는 것 등이 원인이다. 이와 같은 현상은 정상적인 결과이기 때문에 낮게 산정된 확률강우량을 채택하여도 무방하다. 또한, 확률강우량의 감소를 방지하기 위하여 확률분포형을 확률강우량이 크게 산정되는 형으로 바꾸는 등의 편법은 지양되어야 한다.
- (5) 산정된 30년빈도 확률강우량을 방재성능목표강우량과 비교하여 작은 경우라도 굳이 방재성능목표강우량을 채택하지 않아도 된다. 이의 주된 이유는 방재성능목표강우량은 30년빈도 지속기간 1, 2, 3시간의 확률강우량만 제시하고 있기 있으므로 다른 재현기간 및 강우지속기간에 사용할 수 없는 근본적인 문제점을 지니고 있기 때문이다. 또한, 부수적으로 방재성능목표강우량은 5mm 단위로 올림한 수치이며, 분석 자료년수가 상이하고 산정된 확률강우량은 지점확률강우량이지만 방재성능목표강우량은 지점평균확률강우량 개념이며 이와 같은 요인에 의해 차이가 발생하는 경우가 많기 때문이다. 따라서 방재성능목표강우량은 본연의 목적인 내수재해 분석시 일관성있는 설계기준 적용 등에 국한하여 사용하여야 한다.
- (6) 소하천 설계시에는 임계지속기간을 관측 강우량의 지속기간보다 작은 단위인 10분단위 정도로 적용한다. 이에 따라 최종 확률강우량은 강우강도식에 의한 확률강우량을 적용하게 되므로 강우강도식을 산정한 후 이를 이용한 확률강우량을 표로 다시 제시하여야 한다. 이와 같이 확률강우량 산정에서 산정된 확률강우량과 실제 적용된 확률강우량을 명확하게 구분하여 제시하는 것이 필요하다.

라. 강우강도식 유도

- (1) 강우강도식은 임의시간 확률강우량을 산정하기 위하여 유도하며, 소규모 유역에서 중요하게 사용된다.
- (2) 강우강도식으로 3변수인 General형과 6차 다항식인 전대수다항식형 등 두 가지 형태를 적용한다.
- (3) 강우강도식을 채택하기 위하여 먼저 두 가지 강우강도식으로 설계빈도에 국한하여 전기간 강우강도식을 유도한다.
- (4) 유도된 전기간 강우강도식이 그대로 사용하기에 부적합한 경우 General형은 단□장기간 구분을 검토하고, 전대수다항식형은 10~60분 사이 구간이 움푹 패이는 구간을 보완하는 검토 등의 조정을 실시한다.
- (5) General형의 단□장기간 구분과 이에 따른 불연속의 해소방안은 단기간 강우지속기간인 180분 이내의 회귀경향 및 회귀정도의 향상에 초점을 맞추어야 하며, 불연속 해결은 단.장기간 구분 시점에서 아래에 위치한 강우강도식을 직선 연장하여 보완하는 방법 등을 적용한다.
- (6) 전대수다항식형의 10분~60분에서 움푹 패이는 현상 보완은 전대수다항식형을 5차식으로 조정, 4차식으로 조정, 가용한 관측자료로 60분과 30분 및 20의 평균비율을 산정하고 이를 삽입하여 회귀식을 재산정하는 방법 등을 적용한다.
- (7) 조정후 강우강도식을 그린 다음 적정 강우강도식을 채택한다. 채택 방법은 결정계수는 모두 충분히 충족되는 경우가 대부분이므로 실제 적용상에서 중요한 단기간 강우지속기간인 3시간 이내의 회귀경향과 회귀정도를 주안점을 두고 검토한다.
- (8) 채택된 강우강도식으로 재현기간별 강우강도식을 유도하여 강우강도-지속기간-재현기간(I-D-F) 곡선을 완성한다.

해설

- (1) 강우강도식을 유도하는 목적은 확률강우량으로 산정되지 않은 임의지속기간의 확률강우량을 내삽하여 사용하기 위함이 주 목적이며, 부수적으로 강우강도 원자료를 그대로 연결할 경우 발생하는 요철 및 회귀에서 발생하는 곡률의 개수를 최소화하여 전대수지상에서 직선에 가까운 곡선으로 평활화된 회귀식을 유도하기 위한 목적도 가지고 있다.
- (2) 내삽과 평활화 등을 위하여 강우강도식을 유도한 후, 산정된 확률강우량을 변환한 강우강도와 유도된 강우강도식을 이용하여 산정한 강우강도에는 약간의 차이가 발생하게 되며, 실무에서는 유역 규모별로 약간 달리 적용되고 있다.
- (3) 중□대규모 유역의 경우 임계지속기간을 적용시 시간간격이 1시간 이상이므로 산정된 확률강우량을 그대로 사용하는 경우가 대부분이다. 따라서 강우강도식이 실제 주요하게 사용되는 것은 아니고 있으며 단지 소규모 배수구조물 설계에만 사용되게 된다.

- (4) 소하천과 같은 소규모 유역의 경우 임계지속기간이 짧고, 임계지속기간을 10분 간격 정도로 계산하므로 해당 지속기간에 대한 확률강우량이 산정되어 있지 않은 경우가 발생하게 되며 이런 경우 강우강도식에 의한 확률강우량이 사용된다.
- (5) 기존 강우강도식 중에서 Talbot형, Sherman형, Japanese형과 같은 2변수 강우강도식은 3변수 강우강도식인 General형의 간단한 형태이며, General형에서 $n=1$ 인 경우는 Talbot형, $b=0$ 인 경우는 Sherman형, $n=0.5$ 인 경우는 Japanese형이 된다.
- (6) 이에 따라 기존 방법 중에서 비교 자체가 무의미한 2변수 강우강도식은 적용 대상에서 제외하고 3변수인 General형만 적용하는 것으로 단순화하여야 한다.
- (7) 최근 제시되고 있는 전대수다항식형의 경우 6차 다항식이므로 3변수인 General형보다 결정계수가 당연히 높게 나타나게 된다. 또한, 전대수다항식형은 전기간 회귀 측면에서 우수하므로 단궤간으로 구분할 필요가 없는 장점을 지니고 있다.
- (8) 하지만 전대수다항식형은 강우강도식 산정 목적 중 부가적 목적인 회귀에서 발생하는 곡률의 개수를 최소화하여 전대수지상에 직선에 가까운 곡선으로 평활화된 회귀식을 유도하기 위한 목적에 부합하지 않는 문제점이 발생할 수 있는 점에 유의하여야 한다. 특히, 전대수다항식형 적용시 10분~60분 사이의 자료가 없는 구간에서 움푹 패이는 형태를 나타내는 경우가 발생하는 문제점을 지니고 있다. 이를 보완하기 위하여 실제 자료를 추가하는 방법은 가능하지만 다른 강우강도식을 이용하여 중간에 자료를 만들어 넣는 편법은 지양되어야 한다.
- (9) 최종 적용하는 강우강도식으로 3변수인 General형과 6차 다항식인 전대수다항식형 등 두 가지 형태를 채택한다.
- (10) 기존 강우강도식 유도 및 채택 방법은 강우강도식 형태별로 여러 재현기간에 대하여 전기간 강우강도식을 유도하여 한꺼번에 도식한 후 필요시 단궤간으로 구분하고, 강우강도식의 형태는 결정계수에 의해 채택하는 방식을 적용하여 왔다.
- (11) 기존 방법의 경우 강우강도식 형태별로 따로 도식하기 때문에 직접적인 비교가 되지 못하고 또한, 여러 재현기간 회귀곡선을 한꺼번에 도식하기 때문에 회귀경향 및 회귀정도 판단, 단궤간 불연속 정도 및 이의 해결 방안 검토 등과 같은 조정 방안 결정에서 상당히 둔감하게 된다.
- (12) 또한, 강우강도식 형태 채택시 결정계수 수치에만 의존하게 되는데 일반적으로 General형과 전대수다항식형 모두 결정계수가 충분히 충족되므로 변별력이 낮고, 집중적으로 검토되어야 하는 단기간 지속기간인 3시간 이내에서 어떤 강우강도식 형태가 더 적합한지 여부를 도상검토와 같이 직접적인 비교는 하지 못하고 결정하게 되는 문제점이 있다.
- (13) 이의 개선 방법으로 설계빈도에 국한하여 General형과 전대수다항식형으로 강우지속기간 전기간에 대하여 회귀식을 유도하여 원자료와 두 가지 회귀식을 그림으로 도식한 후, 설계빈도의 전기간 강우강도식의 비교에서 두 가지 강우강도식이 어떤 차이점과 문제점이 있는지를 파악함과 아울러 전기간 강우강도식을 그대로 채택할 수 있는지 여부를 결정하여야 한다. 또한, General형의 단궤간의 구분이 필요하다고 판단되는 경우, 전대수다항식형의 10분~60분 구간이 움푹 패이는 현상의 개선이 필요한 경우 등은 전기간 강우강도식은 그대로 채택할 수가 없고 추가적인 조정이 요구된다.

- (14) General형의 단□장기간 구분과 이에 따른 불연속의 해소방안은 단기간 강우지속기간인 180분 이내의 회귀경향 및 회귀정도의 향상에 초점을 맞추어야 하며, 불연속 해결은 단.장기간 구분 시점에서 아래에 위치한 강우강도식을 직선 연장하여 단□장기간 구분선을 약간 이동시켜서 보완하는 방법 등을 적용한다.
- (15) 전대수다항식형의 10분~60분에서 움푹 패이는 현상 보완은 전대수다항식형을 5차식으로 조정(조정 1안), 4차식으로 조정(조정 2안), 기상청에서 2000년부터 1분단위의 강우량자료를 축적하고 있으므로 이들 자료에서 20분 및 30분 강우량과 동일기간의 60분 강우량과의 평균비율을 산정하여 이를 강우강도로 삽입하여 회귀식을 재산정하는 방법(조정 3안) 등을 적용한다.
- (16) 조정된 강우강도식에서 최종 강우강도식을 채택할 때 기존과 같이 결정계수가 높은 일반적인 기준을 지양하여야 한다. 또한, 강우강도식은 대규모 유역에서는 확률강우량을 그대로 사용하는 경우가 대부분이므로 적용성이 높지 않지만, 소규모 유역에서는 강우강도식에 의한 확률강우량이 실제 적용되므로 강우지속기간 단기간의 회귀가 매우 중요하게 고려되어야 한다. 이에 따라 강우강도식은 단기간인 강우지속기간 3시간 이내의 회귀경향 및 회귀정도를 주안점을 두고 채택하여야 한다.
- (17) 실무적인 채택 방법은 결정계수는 두 가지 강우강도식 모두 충분히 충족되는 경우가 대부분이므로 실제 적용상에서 중요한 단기간 강우지속기간인 3시간 이내의 회귀경향과 회귀정도를 그림상의 검토 및 수치 비교를 통하여 결정하여야 한다.
- (18) 채택된 강우강도식으로 재현기간별 강우강도식을 유도하여 최종 강우강도-지속기간-재현기간(I-D-F) 곡선을 완성한다.
- (19) 강우강도-지속기간-재현기간(IDF) 곡선을 도시할 경우 원자료를 표시하고, 곡선은 X축에 가득차게 나타내고 Y축은 재현기간별로 적당한 간격을 유지하도록 그려서 IDF 곡선의 회귀정도를 육안으로 판단할 수 있도록 작성하여야 하며 회귀식은 별도로 표의 형태로 제시하여야 한다.
- (20) 한편, 소유역의 경우 최종으로 적용되는 확률강우량은 강우강도식에 의한 확률강우량으로 계산된 확률강우량과 강우강도식에 의한 확률강우량을 비교하여 제시하고, 최종 적용 확률강우량은 강우강도식에 의한 확률강우량임을 명기하여야 한다.

마. 설계강우 시간분포

- (1) 설계강우의 시간분포 방법은 Huff 방법을 적용하는 것을 원칙으로 한다.

(2) Huff 방법 적용시 분위는 「설계홍수량 산정요령(2012, 국토부)」등에서 추천하는 3분위를 채택한다.

해설

- (1) 설계강우의 시간분포 방법은 Huff 방법이 가장 널리 사용되고 있으며, 설계안전 측면에서 종종 검토되는 교호블록방법의 경우, 전체 지속기간이 정해지면 누가지속기간별로 모두 동일한 재현기간이 되는 구조이기 때문에 실제 호우사상에 비해 침투부의 비율이 커지는 문제점을 지니고 있으므로 특별한 경우를 제외하고는 사용을 지양하여야 한다.
- (2) Huff 방법 적용시 1~4 분위 채택에 따라 홍수량의 차이가 매우 크게 발생하므로 유의하여야 한다. 과거 하천분야에서는 주로 2분위, 방재분야에서는 4분위를 사용하였으나 홍수량 산정의 안전측면에서 2분위를 지양하고 극단 배제 측면에서 4분위를 지양한 결과 3분위로 채택하고 있다. 따라서 홍수량 산정에 영향을 많이 미치는 만큼 임의로 분위기를 변경하지 않도록 하여야 한다.
- (2) Huff 방법의 회귀곡선식은 5차, 6차, 7차 등으로 회귀한 다음 무조건 6차식을 채택하거나 결정계수가 높은 식으로 채택하지 말고 결정계수의 차이는 별로 없는 만큼 전체적인 회귀경향과 시작부분과 끝부분 등에서 말하는 등과 같은 현상이 없는 차수를 채택하여야 한다.
- (3) Huff 방법의 회귀식을 나타내는 그림에서 회귀식이 아닌 원자료를 연결하는 선으로 나타내는 경우가 있는데 원자료와 회귀식으로 나타내어 회귀의 정도를 육안으로 판별할 수 있도록 하여야 한다.
- (4) Huff 방법을 회귀식으로 회귀하면 X축 100%에서 Y축 값이 정확하게 100%가 아닌 경우가 대부분이며, 이와 같이 적용할 경우 강우총량이 다소 변화하는 현상이 발생하게 되므로 이를 보완하기 위해서는 X축 100%에서의 차이를 나누어 배분하는 방법 등을 적용하는 것이 필요하다. 한편, 최종 100%에 맞추기 위하여 끝부분에서 증가시키는 경우 강우의 시간분포에서 최대강우강도가 여기서 발생하는 문제가 발생할 수 있기 때문에 지양하여야 한다.
- (5) 최적 강우분포방법의 채택은 설계 재현기간에 대하여 각종 방법으로 분포시킨 설계우량주상도상에서 도달시간과 동일한 지속기간의 최대강우량과 확률강우량의 빈도해석 결과에서 도달시간과 동일한 지속기간의 확률강우량을 비교하여 차이가 가장 작은 분포를 채택하거나 이렇게 되도록 조정하는 방안의 강구가 필요하다.

바. 유효수량 산정

- (1) 유효수량 산정 방법으로 미계측유역에 적용성이 양호한 미국 SCS의 유출곡선지수(CN) 방법을 주로 사용하고 있다.
- (2) 유출곡선지수(CN) 결정 기준은 우리나라 실정에 맞도록 개선한 기준을 적용하여야 한다.
- (3) 지속적으로 갱신이 되고 있는 환경부 수치토지피복도를 이용하여 유출곡선지수(CN)를 산정하여야 한다.

해설

- (1) 미국 SCS(현재 NRCS) 유출곡선지수(CN) 방법은 미계측 유역에 적용성이 양호하므로 널리 사용되고 있으며, 초기손실-일정손실법, 침투곡선법 등은 계측자료를 통한 검정을 실시한 후 적용 가능한 방법이므로 사용이 제한적이다.
- (2) 유출곡선지수(CN) 산정시 선행토양함수조건은 설계안전을 고려하여 유출률이 가장 높은 AMC-III 조건을 적용하여 CNIII를 채택한다.
- (3) 예외적으로 제주도과 같은 투수성이 높은 지역은 CNII 적용을 원칙으로 한다. 또한, 특수한 지형인 습골, 곳자왈과 같은 투수성이 매우 높은 지층은 검정 등을 통하여 초기손실을 $I_a=0.2S$ 에서 대폭 상향조정($I_a=0.4S$ 이상도 가능)하는 방법을 도입하여야 한다.
- (4) 우리나라 실정에 맞도록 유출곡선지수(CN)을 산정할 수 있는 방법을 「절계홍수량 산정요령(2012, 국토부)」에서 제시한 주요 개선 내용은 다음과 같다.
 - ① 담수재배하는 논에 대한 기준을 제시
 - ② 우리나라의 많은 면적을 차지하고 있는 산림에 대한 기준을 제시(산림의 수문학적 조건 등급 2등급인 HC2 조건을 적용)
 - ③ 우리나라의 토지이용 내용에 따른 채택이 용이하도록 구분하여 제시
- (5) 우리나라 유출곡선지수 산정에 활용 가능한 토지이용현황 자료로는 국토교통부(국토지리정보원)의 수치토지이용도와 환경부(정보화담당관실)의 수치토지피복도 등이 있으며, 수치토지이용도는 갱신되지 않고 있으므로 향후 수치토지피복도만을 사용하여야 하는 상황이다. 이에 따라 「절계홍수량 산정요령(2012, 국토부)」에서 제시한 기준을 환경부 수치토지피복도 중분류 22개 항목에 대하여 다시 정리하면 다음 표와 같다. 한편, 동 표는 중분류 항목이 23개에서 22개로 변경된 내용과 추가 항목인 자연나지에 대하여는 적절한 유출곡선지수를 부여한 결과이다.

<표 4.1.2-1>우리나라 토지이용형태에 따른 유출곡선지수(AMC-II, $I_a = 0.2S$ 인 경우)

토지이용형태(수치토지피복도 분류기준)				토 양 군			
대 분 류	중 분 류	코드 번호	세 분 류	A	B	C	D
시 가 화 건조지역	주거지역	110	단독주거지역	77	85	90	92
			공동주거지역				
	공업지역	120	공업지역	81	88	91	93
	상업지역	130	상업업무지역	89	92	94	95
			혼합지역				
	위락시설지역	140	위락시설지역	49	69	79	84
	교통지역	150	공항	83	89	92	93
			항만				
			철도				
			도로				
	공공시설지역	160	기타 교통, 통신시설	61	75	83	87
			환경기초시설				
			교육·행정시설				
			기타 공공시설				
농업지역	논	210	경지정리된 논	79	79	79	79
			경지정리안된 논				
	밭	220	경지정리된 밭	63	74	82	85
			경지정리안된 밭				
	하우스재배지	230	하우스재배지	76	85	89	91
	과수원	240	과수원	70	79	84	88
산림지역	활엽수림	310	활엽수림	48	69	79	85
	침엽수림	320	침엽수림				
	혼효림	330	혼효림				
초 지	자연초지	410	자연초지	30	58	71	78
	인공초지	420	골프장	49	69	79	84
			묘지				
습 지	내륙습지	510	내륙습지	100	100	100	100
	연안습지	520	갯벌				
나 지	자연나지	610	해변	77	86	91	94
			강기슭				
			암벽, 바위				
	인공나지	620	채광지역	68	79	86	89
			운동장				
수 역	내륙수	710	하천	100	100	100	100
			호소				
	해양수	720	해양수				

4.1.3 재 료

내용 없음

4.1.4 설 계

내용 없음

4.2 홍수량 산정

4.2.1 일반사항

가. 적용 범위

- (1) 본 절의 기준은 홍수량 산정에 필요한 방법 선정, 매개변수의 결정 방법 등에 적용한다.

나. 용어 정의

- 비홍수량: 단위면적당 홍수량($\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$)으로 홍수량 산정의 적정성 검토 등에 사용
- 기본홍수량: 댐 및 유역변경 등과 같은 인위적인 개발이 없는 자연상태에서 흘러 내려 오는 홍수량 중 홍수조절이나 유역개발의 기본이 되는 홍수량
- 계획홍수량: 댐 및 유역변경 등과 같은 인위적인 개발을 고려한 후 하도가 부담하여야 하는 홍수량

다. 참고 기준

- (1) 이 기준을 적용할 때 다음과 같은 관련 코드와 관련 법규를 고려하여야 한다.
- (2) 관련 코드
- 하천설계기준(2016, 국토교통부) KDS 51 14 16 : 2016(설계수문량)
 - 하천설계기준(2016, 국토교통부) KDS 51 14 20 : 2016(하도계획)
- (3) 관련 법규
- 소하천정비법(법률 제13919호, 2016.1.27)
 - 소하천정비종합계획 수립지침(2016, 국민안전처)

4.2.2 조사 및 계획

가. 홍수량 산정지점 선정

- (1) 홍수량 산정지점은 유역 상하류의 홍수량 변화를 파악할 수 있을 정도의 구간 설정, 지류합류점 및 주요구조물 지점 등을 고려하여 선정한다.
- (2) 소하천의 홍수량 산정지점은 최소 2개소 이상을 선정하는 것을 원칙으로 한다.
- (3) 지류합류점의 경우 합류후 지점과 아울러 수면곡선계산에 사용되는 합류전 지점도 산정지점으로 선정하여야 한다.

해설

- (1) 홍수량을 산정하기 위해서는 먼저 홍수량 산정지점이 선정되어야 하며, 이는 수면곡선계산에 주로 사용되고 있는 부등류계산 모형과 관련하여 선정하는 것이 필요하다.
- (2) 부등류계산 모형에서는 일정구간에 대하여 홍수량을 동일하게 적용한다. 즉, 일정구간의 하류부 홍수량을 일정구간 전체에 적용함으로써 일정구간에 대하여 평균적인 의미와 아울러 홍수량 산정의 불확실성 등을 감안하는 것이다.
- (3) 홍수량 산정지점 선정시에는 구간별 홍수량에 평균적인 의미를 부여할 수 있을 정도로 분할되도록 함을 원칙으로 하고, 유역면적이 가급적 등면적으로 분할되도록 고려하고, 지류가 합류되는 지점, 주요 구조물이 있는 지점 등을 우선적으로 선정하여야 한다.
- (4) 홍수량 산정지점 구간을 지나치게 길게 설정 할 경우에는 구간상류부에 비해 상대적으로 훨씬 큰 구간하류부의 홍수량을 적용하게 되므로 상류부의 계획단면이 과대하게 되며, 반대로 구간거리를 지나치게 짧게 설정할 경우에는 계획단면의 갯수가 많아져서 단면변화가 많이 발생하게 된다.
- (5) 소하천의 경우 홍수량 산정지점을 1개 지점으로 선정하는 것은 유역면적이 아주 작은 경우를 제외하고는 지양하여야 하며, 반대로 홍수량 산정지점을 매우 조밀하게 선정하는 것도 지양하여야 한다.
- (6) 지류 합류점에 대하여 일반적으로 홍수량만 고려할 경우에는 지류 합류후에 대하여 홍수량을 산정하게 되나, 부등류계산 모형의 수면곡선에 사용되는 홍수량은 구간 하류부의 홍수량을 구간 상류부까지 적용하도록 되어 있는 점을 감안하여 지류 합류전에 대한 홍수량을 산정하여야 한다.

나. 홍수량 산정 방법

- (1) 홍수량 산정 방법은 첨두홍수량자료 시계열 빈도해석 방법과 강우-유출 관계분석 방법으로 대별되며, 소하천의 경우 강우-유출 관계분석 방법을 채택한다.
- (2) 강우-유출 관계분석 방법에는 합리식, 단위도법 등이 사용되고 있으며, 소하천의 경우 단위도법을 채택하는 것을 원칙으로 한다.
- (3) 단위도법에는 SCS(NRCS)단위도법과 Clark단위도법 등이 사용되고 있으며, 소하천의 경우 Clark단위도법을 채택하는 것을 원칙으로 한다.

해설

- (1) 첨두홍수량자료 시계열의 빈도해석 방법은 홍수량자료 계열을 직접 빈도해석하여 확률홍수량 및 설계홍수량을 산정하는 방법으로 이론적으로 가장 직접적이고 최상의 방법이라 할 수 있다. 하지만, 근본적으로 실측자료가 부족하며 실측 홍수량자료가 아닌 관측홍수위를 수위-유량관계곡선에 의해 환산하는 과정에서 수위-유량관계곡선의 신뢰도가 낮아서 홍수량자료 계열 자체부터 신뢰도가 낮고, 댐 건설 전후 홍수량 자료가 갖는 불연속성을 고려한 빈도해석의 어려움 등이 곤란한 문제가 되고 있다.
- (2) 강우-유출 관계분석 방법은 확률강우량을 산정한 후 유출 모형으로 유출량을 모의함으로써 확률홍수량 및 설계홍수량을 산정하는 방법으로 상대적으로 풍부한 강우자료를 활용할 수 있는 장점을 지닌 반면, 강우-유출 관계가 선형성을 가진다는 가정을 전제로 하는 방법이다.
- (3) 합리식은 구조가 간단하여 사용이 간편한 장점을 지니고 있으나, 식에 포함되어 있는 인자의 결정이 주관적이어서 이에 따른 홍수량의 차이가 많이 발생하며, 첨두홍수량만 산정하는 방법이므로 유출수문곡선을 제시하지 못하는 등의 문제점을 지니고 있다. 합리식의 3가지 인자인 유출계수, 강우강도, 유역면적 중에서 유출계수의 경우 결정 기준과 폭이 넓은 것이 큰 문제점이며, 강우강도의 경우 지속기간이 도달시간과 동일하게 적용하도록 제시되어 있으나 현실적으로 이와 같이 적용할 수 없는 것이 문제점 등을 내포하고 있다.
- (4) 단위도법은 단위도의 적용 면적이 이론상으로는 25km^2 이상이므로 소하천에는 적용하면 안되는 방법일 수도 있으나 현재 다른 적절한 방안이 없기 때문에 대부분 적용하고 있는 실정이다. 또한, 「설계홍수량 산정요령(2012, 국토부)」에서 중·대규모 하천에는 단위도법을 채택하고 있는 점 등을 고려하여 단위도법을 채택을 원칙으로 제시하였다. 한편, 합리식은 단위도와 비교 검토하는 용도와 배수시설물과 같은 부속시설물 설계에 사용된다.
- (5) 단위도법에는 SCS(NRCS)단위도와 Clark단위도가 많이 사용되고 있는데 SCS(NRCS)단위도는 매개변수가 지체시간 한 가지인 1 매개변수 방법이고 Clark 단위도는 매개변수가 도달시간과 저류상수 등 두 가지인 2 매개변수 방법으로 적용성이 상대적으로 유리한 방법이다. 또한, 「설계홍수량 산정요령(2012, 국토부)」에서 Clark단위도를 채택하고 있는 점을 고려하여 Clark단위도법을 채택하는 것을 원칙으로 제시하였다.

- (6) 한편, 지금까지는 방법별로 홍수량을 산정한 후 크게 산정되는 방법을 채택하는 것을 요구하는 경우가 있어 왔는데 이와 같은 기준을 적용할 경우 SCS(NRCS)단위도의 홍수량이 Clark단위도의 홍수량보다 항상 크게 산정되는 구조이기 때문에 일방적으로 SCS(NRCS)단위도를 채택하라고 하는 것이 된다. 따라서 홍수량의 크기가 아닌 홍수량 산정 방법의 적용성, 일관성 등을 고려하여 채택하여야 하므로 이와 같은 요구는 앞으로는 지양되어야 한다.
- (7) 홍수량 산정 방법 채택과 같은 외형적인 부분이 중요한 것이 아니라 산정 방법별 매개변수를 어떻게 제대로 산정할 것인가 하는 문제가 홍수량 산정에 있어서 더욱 중요하다는 점을 인식하여야 한다.

다. 홍수량 산정 방법의 매개변수 산정

1) 도달시간 산정

- (1) 유역최원점에서 유역출구점인 하도중점까지 유수가 흘러가는 시간을 도달시간(time of concentration)으로 정의하며, 유역최원점에서 하도시점까지 표면류흐름의 유하시간과 하도시점에서 하도중점까지 하도흐름의 유하시간의 합으로 구성된다.
- (2) 하도흐름의 유하시간은 경험공식 중에서 유속을 토대로 산정된 공식을 적용하는 것이 합리적인 방안이며 이 중에서 우리나라의 자료를 토대로 유도된 연속형 Kraven 공식을 채택하는 것을 원칙으로 한다. 또한, 표면류흐름의 유하시간의 경우도 구간이 매우 짧으므로 연속형 Kraven 공식을 동일하게 적용한다.
- (3) 도달시간은 이와 같은 정의에 의한 물리변수이므로 소하천의 경우 매우 짧게 산정되더라도 그대로 적용하고, 소유역의 홍수량 과다산정 문제는 다른 매개변수를 조정하는 방안을 적용한다.

해설

- (1) 원론적으로는 도달시간은 하도시점에서 유역출구점까지 유수가 흘러가는 유하시간, 집중시간은 유역최원점에서 유역출구점까지 유수가 흘러가는 유하시간 등으로 달리 정의되어 왔다. 하지만 우리나라의 경우 대부분 도달시간을 집중시간 개념으로 사용하고 있으며, 기존 [수공학용어집(1991, 한국수문학회)]에서도 ‘도달시간(time of concentration)’으로 정의하고 있다.
- (2) 이와 같이 현실적으로 도달시간이 집중시간과 동일한 개념으로 통용되고 있으므로 적용상의 혼선을 피하고 일관성있는 용어 사용을 위하여 가급적 집중시간은 사용하지 않는 것으로 하고, 원론상의 집중시간 개념은 도달시간(time of concentration)으로 통일하고 원론상의 도달시간 개념은 유하시간(travel time)으로 통일하는 것으로 규정하는 것이 필요하다.
- (3) 유역최원점에서 유역출구점인 하도중점까지 유수가 흘러가는 전체 시간인 도달시간(time of concentration)은 유역최원점에서 하도시점까지 표면류흐름의 유하시간(overland flow travel time)과 하도시점에서 하도중점까지 하도흐름의 유하시간(channel flow travel time)의 합으로 구성되므로 다음과 같이 표현된다.

$$T_c = T_{ov} + T_{ch}$$

여기서 T_c 는 도달시간, T_{ov} 는 표면류흐름의 유하시간, T_{ch} 는 하도흐름의 유하시간이다.

- (4) 유속을 토대로 산정된 경험공식 중에서 □천계홍수량 산정요령(2012, 국토부)□에서 채택하고 있는 연속형 Kraven 공식 채택을 원칙으로 한다.

$$\text{급경사부}(S>3/400): V = 4.592 - \frac{0.01194}{S}, V_{\max}=4.5 \text{ m/s}$$

$$\text{완경사부}(S\leq 3/400): V = 35,151.515 S^2 - 79.393939 S + 1.6181818, V_{\min}=1.6 \text{ m/s}$$

- (5) 연속형 Kraven 공식은 하도흐름의 유하시간을 산정하는 공식이지만 표면류흐름의 유하시간은 매우 짧기 때문에 연속형 Kraven 공식을 동일하게 적용하여도 무방하다.
- (5) 유속을 토대로 산정되지 않은 경험공식의 경우 도달시간 산정후 유속을 산정하여 보면 실제 상황과 많이 다른 경우가 발생하는 점과 구간 분할에 따라 도달시간의 합의 변화가 큰 점 등과 같은 문제점을 가지고 있으므로 채택을 지양하여야 한다.
- (6) 소하천의 경우 도달시간이 5~10분 이하가 대부분으로 매우 짧아서 이를 그대로 홍수량 산정에 적용할 경우 홍수량이 지나치게 커지는 문제점이 발생하게 되어 표면류흐름의 유하시간을 유입시간으로 10~30분을 적용하는 방안 등이 사용되어 왔다. 하지만 이와 같이 물리변수인 도달시간을 왜곡하는 방안은 지양하여 도달시간은 짧은 그대로 사용하고, 소유역의 홍수량 과다 산정 문제는 다른 매개변수를 조정하는 방안을 적용하여야 한다. 다만, 조정할 수 있는 다른 매개변수가 없는 경우는 기존과 같이 유입시간 개념 등을 사용하여야 한다.
- (7) 도달시간 산정을 위한 구간을 분할시에는 유역최원점에서 유역출구점까지 종단도를 그린 후 유역의 경사 변화를 반영할 수 있도록 고려하면서 경사가 유사한 구간을 하나의 구간으로 구분하는 것으로 적절할 개소수로 분할하되, 추가적으로 홍수량 산정에서 고려하는 지류합류점 및 주요 구조물 지점 등을 고려하여야 한다. 이와 같이 구간을 분할한 후 구간별 도달시간의 합으로 전체 도달시간을 산정하는 방법과 전체 등가경사를 계산한 후 전체 구간에 대한 도달시간을 한번에 산정하는 방법이 있다. 두 가지 방법 중에서 구간별 도달시간을 합하여 산정하는 방법이 물리적으로 보다 타당성을 가지는 방법이며, 이 방법의 경우 구간을 적절하게 분할하는 것이 필요하다. 구간별 등가경사를 사용하여 산정한 도달시간의 합과 전체유역에 대하여 등가경사를 사용하여 산정한 도달시간을 비교하여 차이를 검토한 후, 차이가 큰 경우에는 구간 재분할 등을 통하여 차이를 줄이는 방안을 강구하여야 한다.

2) 합리식의 강우지속기간 및 단위도의 매개변수 산정

- (1) 소하천은 매우 짧은 도달시간을 그대로 적용하면 홍수량이 과대 산정되기 때문에 이를 방지할 수 있는 방법을 도입하여야 한다. 기존 일정 유입시간과 비슷한 소유역 매개변수 보정량(7, 10, 15분 등) 개념을 도입하여 도달시간 이외의 매개변수를 조정하는 방법을 적용한다.
- (2) 합리식의 강우지속기간은 도달시간에 소유역 매개변수 보정량을 더한 강우지속기간을 적용한다.
- (3) Clark단위도의 도달시간은 도달시간 그대로 적용하고 저류상수는 기존 저류상수 산정 방법에 소유역 매개변수 보정량을 더하여 적용한다.
- (4) 소유역 매개변수 보정량은 유역면적이 커질수록 작아지는 개념을 적용하여야 하지만 5km² 이하 정도에서는 일정한 소유역 매개변수 보정량을 적용한다.

해설

- (1) 소하천의 경우 표면류 흐름의 유하시간과 하도흐름의 유하시간을 모두 연속형 Kraven 공식으로 산정한 후 이들의 합으로 도달시간을 산정하여 보면, 전국 시·군 대부분의 소하천이 10분 이내로 산정되며, 5분 이내가 대부분인 시·군도 많다. 이와 같이 짧은 도달시간을 홍수량 산정시 그대로 사용하면 첨두홍수량이 지나치게 산정되는 문제점이 야기된다.
- (2) 소하천의 도달시간을 그대로 적용할 경우 첨두홍수량이 과대 산정되는 것에 대한 지금까지의 대응 방법 및 문제점은 다음과 같다.
 - ① 도달시간이 15~20분 이상으로 크게 산정되는 Rziha 공식 등을 도달시간 산정공식으로 채택하는 방법의 경우, 유속으로 환산하여 보면 유속이 지나치게 낮게 산정되어 실제와 부합되지 않는 결과를 채택하는 근본적인 오류를 포함하게 된다.
 - ② 표면류 흐름의 유하시간이 짧으므로 이를 무시하고 대신 유입시간으로 20~30분을 주는 일정유입시간의 경우, 일본 「건설성하천사방기준(해설(계획편))(일본하천협회)」에서 제시하고 있는 산지유역은 30분, 급경사유역은 20분, 하수도 정비구역은 30분 등의 내용중에서 산지유역과 급경사유역에 해당되는 20~30분을 과거 「하천설계기준(1993, 건설부)」에서 인용하였다가 「하천설계기준(해설(2005, 한국수자원학회)」에서 제외하면서 삭제된 내용이다. 이 방법의 경우 20, 30분의 내용이 너무 주관적이며 현재 30분을 적용할 경우 홍수량이 과소 산정될 우려가 있다. 또한, 이와 같은 방법을 합리식에 적용할 경우에는 문제가 없지만 Clark단위도에서 시간-면적곡선을 작성시 등시간선도의 간격 측면에서 문제점이 발생된다.
 - ③ 표면류 흐름의 유하시간을 Kerby 공식으로 유입시간으로 계산하는 방법의 경우, 유입시간이 다소 크게 산정되는 문제점, 여러 소유역을 대상으로 할 경우 상대적으로 매우 짧은 표면류 흐름구간의 유입시간의 크기가 하도흐름의 유하시간의 비중보다 크게되므로 소유역 면적이나 유로장에 비해 도달시간이 역전되는 현상이 발생하는 문제점 등이 있다. 또한, Clark단위도에서 시간-면적곡선을 작성시 등시간선도의 간격 측면에서 문제점이 발생된다.
- (3) 소하천 홍수량 산정에 필요한 매개변수 결정의 신규 대안의 도출을 위하여 다음과 같은 내용을 고려하여 새로운 개념인 ‘소하천 매개변수 보정량’을 도입하였다.
 - ① 소하천의 도달시간을 도달시간의 정의에 맞게 산정하면 매우 짧게 산정되어 첨두홍수량이 지나치게 커지는 문제점이 발생하며, 이를 보완하기 위한 지금까지의 방법들은 적용상의 문제점이 있으므로 원론적인 이론에도 충실하면서도 실무적으로도 타당한 방안을 도입하여야 한다.
 - ② 도달시간은 유역최원점에서 유역출구점까지 물이 유하하는 시간으로 정의되는 물리변수이므로 이와 같은 원론적인 이론에 충실하게 산정하여야 한다. 이와 같은 방법을 적용한 후 유속을 산정하면 실제와 부합되는 결과를 나타내므로 물리적으로 타당성이 증명됨과 동시에 부적절한 도달시간 공식을 채택하는 기존의 오류를 범하지 않아도 된다.
 - ③ 이와 같이 도달시간을 산정하면 도달시간은 더 이상 조정할 방법이 없으므로 유역반응을 나타내는 시간매개변수 중 다른 인자를 조정하는 방안을 강구하여야 한다. 합리식의 경우에는 도달시간의 지속기간을 갖는 강우강도에서 도달시간에 다른 항목을 고려한 지속기간을 갖는 강우강도로 수정되어야 하며, Clark 단위도법의 경우 도달시간은 도달시간 그대로 적용하고 다른 매개변수인 저류상수를 도달시간의 함수로 사용하는 방법에서 도달시간에 다른 항목을 고려한 것의 함수로 수정되어야 하며, SCS(NRCS) 단위도의 경우 지체시간을 도달시간의 함수로 사용하는 방법에서 도달시간에 다른 항목을 고려한 것의 함수로 수정하는 것 등과 같은 고려가 필요하게 된다.
 - ④ 이와 같이 소하천의 홍수량이 지나치게 커지는 것을 방지하기 위하여 도입하여야 하는 인자를 ‘소유역 매개변수 보정량’이라고 정의하기로 한다.

- (4) 소유역 매개변수 보정량을 일정량으로 하는 방법과 Kerby 공식으로 계산하는 방법이 있을 수 있는데 전술한 바와 같이 Kerby공식과 같은 방법을 적용할 경우 소하천정비종합계획과 같이 200~300개 정도의 소하천을 대상으로 하는 경우 유역면적이나 유로장에 비해 도달시간이 역전되는 현상이 발생하는 문제점을 가지고 있으므로 소유역 매개변수 보정량은 일정량으로 하는 방법이 가장 적용성이 높은 방법으로 판단된다.
- (5) 새로운 개념인 소유역 매개변수 보정량을 일정량으로 적용함에 있어서 유발될 수 있는 의문사항에 대한 내용을 정리하면 다음과 같다.
- ① 도달시간 및 도달시간을 이용하여 산정되는 매개변수를 사용함에 있어서 소유역 매개변수 보정량 같은 항목을 별도로 고려할 필요가 있는지 하는 점이다. 이에 대해서는 홍수량이 지나치게 커지는 부분을 제어하기 위해서는 반드시 고려하여야 한다는 것이다.
 - ② 소유역의 홍수량 산정 결과에 매우 지대한 영향을 미치는 이와 같은 부분에 대하여 지금까지는 왜 명확한 기준 제시가 제대로 없었는지 하는 점이다. 이에 대해서는 유역규모별 홍수량 산정 방법의 채택에서 소유역에는 중·대규모유역에 적용하는 단위도 방법보다는 합리식과 같은 방법을 적용하는 것이 이론상으로는 타당하며, 합리식의 경우 일본의 기준과 같이 20~30분의 유입시간을 고려하는 방법 등이 소유역 매개변수 보정량의 개념으로 이미 적용되어 온 것으로 간주되어진다. 또한, 실무 적용상에서는 합리식의 적용상의 비합리성, 저류지 설계와 같이 수문곡선이 요구되는 경우도 있으며, 소하천과 연결되는 지방하천에서 단위도 방법을 적용하고 있는 점 등 때문에 소유역에도 단위도 방법이 주로 채택되고 있는 것이 현실이다. 단위도 방법의 경우 적용 유역면적이 대략 25~250km² 이며 유역면적이 25km² 을 초과하면 면적우량환산계수를 적용하여야 하는 정도가 되므로 소유역 매개변수 보정량과 같은 개념이 근본적으로 필요하지 않기 때문에 이와 같은 부분에 대한 내용이 없는 것으로 보여진다. 이에 따라 단위도법을 유역면적이 대부분 5km² 이하인 소하천에 적용하기 위해서는 합리식의 적용에서도 소유역 매개변수 보정량의 개념을 도입하는 것과 동일하게 어떠한 방법으로도 이와 같은 개념의 도입이 필수적이 된다는 것이다.
 - ③ 소유역 매개변수 보정량을 유입시간으로 대체하여 사용하면 어떠한가 하는 점이다. 이에 대해서는 도달시간을 물리변수의 정의대로 산정하지 못하고 왜곡시키는 결과를 초래하며 또한, 시간-면적 곡선을 작성하는데도 문제가 있으므로 비합리적이라는 것이다.
 - ④ 소유역 매개변수 보정량은 유역의 규모별로 달리 적용하여야 하지 않는가 하는 점이다. 이에 대해서는 소유역 매개변수 보정량은 특성상 유역면적이 작을수록 크게 적용하여야 하는 특성을 가지고 있는 점을 감안하고, 소하천의 유역면적이 5km² 이하인 경우가 많으므로 동일하게 적용하여도 무방하다. 오히려 유역규모가 크다고 하여 크게 적용하는 것이 적용상의 오류인 점에 유의하여야 한다. 한편, 홍수량 산정시 유역면적의 규모의 영향은 유역특성인자 산정뿐만 아니라 유역면적 자체에서도 별도로 고려되기 때문에 소유역 매개변수 보정량은 동일하게 적용하여도 무방하다고 보는 것이다.
 - ⑤ 현재 단계에서 소유역 매개변수 보정량은 어떻게 적용하는 것이 실무적으로 타당한지 하는 점이다. 이에 대해서는 일본 기준인 20~30분은 너무 커서 홍수량이 과소 산정될 우려가 있으며 현재 우리나라 도시유역의 경우 유입시간을 일반적으로 7분을 적용하는 점 등을 고려하여 10~20분의 범위로 설정하는 것이 현실적인 범위가 된다는 것이다.

(6) 소유역 매개변수를 적용하는 세부적인 방법은 다음과 같이 제시한다.

- ① 소유역 매개변수 보정량으로 10분을 고려하는 것을 안전측이므로 일단 10분을 우선적으로 적용하며, 지역특성을 고려하여 7분, 15분, 20분 등을 사용할 수 있다.
- ② 소유역 매개변수 보정량은 25km^2 이상에서는 적용할 필요가 없으며, 유역면적이 커질수록 작게 적용하여야 한다. 예를 들어 소유역 매개변수 보정량을 10분으로 채택한다고 하면 0.001km^2 에서는 10분, 25km^2 에서는 0분을 선형보간하여 적용하여야 하지만 실무 적용에 있어서 소하천의 경우 5km^2 이하가 많으므로 이와 같은 구간에서 선형보간은 크게 의미가 없으므로 모두 10분으로 일정하게 적용하여도 무방하다.
- ③ 가능한 검정 방법이 있다면 이를 통하여 보다 구체적인 숫자를 적용하는 것도 가능하다.

(7) 합리식을 적용시 매개변수에 소유역 매개변수 보정량을 적용하는 방법은 도달시간과 동일한 강우지속기간의 강우강도를 채택하는 것에서 산정된 도달시간에 소유역 매개변수 보정량을 더한 강우지속기간의 강우강도를 채택하는 것이다.

(8) 단위도법 적용시 단위도별 매개변수에 소유역 매개변수 보정량을 적용하는 방법은 다음과 같다.

① Clark 단위도법의 저류상수 산정 방법

- Russel 공식

$$K = \alpha (T_c + t_s)$$

- Sabol 공식

$$K = \frac{T_c + t_s}{1.46 - 0.0867 \frac{L^2}{A}}$$

여기서 K는 저류상수(hr), T_c 는 도달시간(hr), α 는 원래 공식에서 도시지역 1.1~2.1, 자연지역 1.5~2.8, 산림지역 8.0~12.0 범위로 제시되고 있으나 우리나라 실무에서는 0.8~1.2의 범위로 적용, L은 유로연장(km), A는 유역면적(km^2), L^2/A 는 형상계수(shape factor)의 역수이며, t_s 는 소유역 매개변수 보정량(hr)이다.

② SCS(NRCS) 단위도법의 지체시간 산정 방법

- SCS(NRCS) 공식(I)

$$T_L = 0.6 (T_c + t_s)$$

- McCuen 공식

$$T_L = 0.706 (T_c + t_s)$$

여기서 T_L 은 지체시간(hr), T_c 는 도달시간(hr), t_s 는 소유역 매개변수 보정량(hr)이다.

라. 확률홍수량 산정

- (1) 합리식, 단위도법 등으로 홍수량을 산정하여 결과를 비교 검토한 후 필요한 경우 일부 조정을 실시하여 정리하고, Clark단위도법을 채택하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 단위도법 사용시에는 소유역 분할에 따른 홍수량 증가를 방지하기 위하여 하도추적 제외 방법을 적용하여야 한다.
- (3) 첨두홍수량이 최대가 되는 강우지속기간인 임계지속기간의 홍수량을 채택한다.

해설

- (1) 합리식, 단위도법 등으로 홍수량을 산정한 후 차이를 검토하여 합리식의 홍수량 산정 결과가 조정이 필요한 경우 일부 조정을 실시하여 정리한다. 이와 같이 합리식도 조정을 실시하여 정리하는 것은 계획 전반에는 Clark단위도법을 채택하지만 부속구조물인 배수구조물 등의 설계를 사전에 고려하기 위함이다.
- (2) 홍수량 산정 방법을 3가지 이상 적용하고 큰 값의 채택을 요구하는 것을 지양하여야 한다. 왜냐하면 Clark 단위도법과 SCS(NRCS) 단위도법의 결과를 비교하면 항상 SCS(NRCS) 단위도법이 크게 산정되는 구조이므로 SCS(NRCS) 단위도법을 채택하여야 하는 문제가 발생한다. 기존 「설계홍수량 산정요령(2012, 국토부)」에서는 설계홍수량 산정 방법으로 Clark 단위도법을 추천하고 있으므로 불필요한 여러 단위도법에 의한 결과 비교는 지양하고 오히려 Clark 단위도법의 매개변수 산정의 내실화를 기하는 것이 필요하다. 필요하다면 이미 채택을 염두에 두고 있는 Clark 단위도법과 같은 단위도법이 아니라 다른 방법인 합리식, 비홍수량 방법 등을 적용하고 이들 결과와 비교하는 것이 보다 타당하다.
- (3) 유역규모에 따라 홍수량 산정 방법을 달리 채택하는 것은 반드시 지양하여야 하며 하나의 방법을 적용하는 것을 원칙으로 한다.
- (4) 소하천유역의 경우 단위도의 이론적 적용 상한계인 250km^2 이하이므로 홍수량 산정시 상류부 홍수량 산정지점부터 하류부 홍수량 산정지점으로 홍수량을 산정하여 내려오면서 홍수량 산정지점의 상류유역을 1개의 단일유역으로 처리하는 방법인 하도추적 제외 방법을 적용하여야 한다. 이와 같이 하도추적 제외 방법을 적용하여야만 소유역 분할에 따라서 홍수량이 크게 변화되는 것을 방지할 수 있다.
- (5) 홍수량을 10분 간격으로 지속기간별로 산정하여 첨두홍수량이 최대가 되는 지속기간을 임계지속기간(critical duration)으로 하고, 이와 같은 임계지속기간의 첨두홍수량을 홍수량으로 채택한다. 한편, 이때 간격을 5분간격으로 하는 등의 지나치게 세분화하는 것은 지양하는 것이 필요하다.
- (6) 소하천의 경우 비홍수기에 유량이 매우 적으므로 기저유량은 고려하지 않아도 무방하지만 평상시 기저유량이 있을 정도의 규모의 하천에는 기저유량을 적절하게 고려하여야 한다.
- (7) 소하천에 있는 저수지는 홍수조절능력이 없는 경우가 대부분이므로 이와 같은 경우 저수지 추적은 실시하지 않아도 된다. 홍수조절용량이 미미한 경우에도 이를 고려하지 않는 것이 설계안전측이기 때문에 고려하지 않아도 무방하며, 재해예방을 위하여 설치된 저류지의 경우에도 마찬가지로 홍수조절용량이 미미한 경우에는 고려하지 않아도 무방하다.
- (8) 소하천의 유역형상이 하류단에 좁고 긴 구간이 있는 경우 홍수량 산정 결과가 상류보다 하류가 작게 산정되는 역전 현상이 발생할 수 있다. 이와 같은 경우에는 하류의 홍수량을 상류와 동일하게 처리하여 역전 현상을 방지하는 것이 필요하다.
- (9) 홍수량이 산정되면 단위면적당 홍수량인 비홍수량($\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$)을 산정하여 홍수량 산정 결과의 적정성을 검토하여야 한다.

마. 설계빈도 및 계획홍수량 결정

- (1) 확률홍수량 중에서 특정 설계빈도에 해당하는 홍수량을 최적치 개념의 설계홍수량으로 결정함에 있어서 설계빈도는 해당 수공구조물의 건설에 소요되는 비용과 구조물의 안전이 균형을 이루도록 하고 수공구조물의 파괴로 인한 피해를 함께 고려하며, 일반적으로 구조물의 중요도, 수명년한, 경제성 등에 따라 결정하여야 한다.
- (2) 설계빈도에 해당하는 확률홍수량에서 댐 및 유역변경 등과 같은 인위적인 개발을 고려한 홍수량을 계획홍수량으로 산정한다. 소하천의 경우 소규모 저수지는 이와 같은 고려가 필요없기 때문에 대부분 기본홍수량과 계획홍수량이 동일하다.

해설

(1) 소하천의 설계빈도를 채택하는 기준은 다음과 같다.

<표 4.2.2-1> 소하천의 설계빈도 채택 기준

구분	설계빈도(재현기간)	비고
도시 지역	50~100년	
농경지 지역	30~80년	
산지 지역	30~50년	

- (2) 시·군 전체 소하천에 대하여 동일한 설계빈도를 채택하기 보다는 여건에 맞는 빈도로 적절하게 적용하여야 한다.
- (3) 소하천의 경우 최적치 개념에 추가하여 기존 소하천의 통수능의 정도를 충분히 고려하여 설계빈도를 결정하는 것이 실무적으로 적절하다.
- (4) 설계홍수량 산정 매개변수 결정시에는 홍수량이 낮아지는 방안을 강구하는 반면 설계빈도는 상향시킨 방법을 적용하는 조합은 치수안전성 측면에서 허세이므로 지양하여야 한다.
- (5) 소하천의 경우 대부분 기본홍수량이나 계획홍수량이 동일한 경우가 많으므로 이와 같은 경우에는 동일하다는 내용을 기술하고, 200~300개씩 되는 소하천별로 기본홍수량과 계획홍수량을 표에 나타내는 것은 지양하여야 한다.

4.2.3 재 료

내용 없음

4.2.4 설 계

내용 없음