

# 범람예상구역의 비용-편익 분석(교량 경간장을 중심으로)

## Cost-Benefit Analysis on Potential Inundation Affected by Bridge Span Length

김수전\*, 정재학\*\*, 이종설\*\*\*, 이호열\*\*\*\*

Soo Jun Kim, Jae Hak Chung, Jong Seol Lee, Ho Yul Lee

### 요지

하천을 횡단하는 교량은 하천의 배수위를 증가시키는 중요한 요인으로 작용한다. 더욱이 산지 하천에 시공된 교량은 유송잡물에 의한 폐색으로 인하여 교량 직상류부에 홍수피해를 가중하는 역할을 하기도 한다. 본 연구에서는 교량 재가설에 따른 경제적 타당성을 검토하고자 교각에 집적되는 유송잡물에 의한 배수위만이 홍수범람을 일으키는 원인으로 가정하여 제방고 이상의 홍수용량이 범람한 상황을 고려하였다.

이러한 홍수량이 유역내에서 어느 정도의 피해를 입히는지에 대하여 다차원 홍수피해 산정방법에 의거 교각의 개수를 줄임으로써 저감할 수 있는 침수피해액을 산정하였다. 그리고 교량의 재가설을 위한 개략공사비를 비용으로 보고, 재가설에 따라 저감할 수 있는 침수피해액을 편익으로 산정하여 비용-편익 분석을 실시한 결과 합리적으로 교량의 경간장을 확보하는 방안을 마련할 수 있었다.

**핵심용어 :** 교량, 비용-편익 분석, 다차원 홍수피해산정방법

### 1. 서 론

오늘날 도로는 지역간의 물류와 인구이동의 중요한 역할을 담당하고 있으며, 이에 따라 하천을 횡단하는 수단으로 수많은 교량이 설치되었다. 하지만 이동의 편의를 위해 시공된 교량은 홍수시 세굴에 의해 교량 자체가 파괴되기도 하지만 대부분은 배수위를 증가시키는 원인으로 작용하여 상류에 홍수피해를 가중하는 역할을 담당하기도 한다. 특히 산간지역이나 농촌지역에 설치된 교량의 특성은 교각이 많아 경간장이 짧고, 교량 상판이 제방고 보다 낮게 설치되어 있는 등 하천 홍수흐름에 장애를 주는 많은 요인들을 내재하고 있다.

최근 교량 피해의 대부분은 60~80년대 시공된 소하천에 위치한 교량임을 알 수 있는데, 홍수 경감을 위해서는 이러한 교량의 재가설이 필요하다. 국내에서는 하천설계기준·해설(한국수자원 학회, 2005)에서 계획홍수량 500m/s 미만, 하천폭 30m 미만인 하천일 경우 12.5m 이상의 경간장을 확보하도록 규정하고 있어, 중·소하천에서도 어느 정도 유송잡물의 영향에 대응할 수 있도록 하고 있다. 하지만 12.5m 이상이라는 애매한 기준은 시공의 편이상, 또는 비용 경감의 이유로 각 유역의 특성이 배제된 상태에서 이 기준을 적용하는 것은 어려운 상황이다.

\* 정희원 · 국립방재교육연구원 방재연구소 연구원 · E-mail : soojuny@nema.go.kr

\*\* 정희원 · 국립방재교육연구원 방재연구소 연구사 · E-mail : blueboat@nema.go.kr

\*\*\* 정희원 · 국립방재교육연구원 방재연구소 연구관 · E-mail : jlee@nema.go.kr

\*\*\*\* 정희원 · 국립방재교육연구원 방재연구소 연구원 · E-mail : stemming1@nema.go.kr

교량을 가설할 경우에는 가급적 하천의 흐름을 방해하지 않는 범위내에서 가설을 해야 하므로 긴 경간장의 교량이 요구된다고 할 수 있겠다. 하지만 긴 경간장의 교량은 가설 지점의 제약 조건에 큰 영향을 받을 뿐 아니라 비싼 비용을 요구하는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 경제적으로 타당한 교량을 가설하기 위한 방법으로 교각에 의한 배수위만이 홍수범람을 일으키는 원인으로 가정하고 남양주시 덕송천을 대상으로 하천을 범람한 홍수량이 유역내에서 어느 정도의 피해를 입히는지에 대하여 교각의 개수를 줄임에 따라 다차원 홍수피해산정방법(건설교통부, 2004)에 의한 침수피해액을 산정해 보고자 한다. 그리고 교량의 재가설을 위한 개략공사비를 바탕으로 비용을 산정하여 비용-편익 분석을 실시하고 적절한 경간장을 확보하는 방안을 마련하기로 하겠다.

## 2. 기본 이론

### 2.1 유송잡물의 집적

유송잡물을 고려한 유수압의 산출방법이 소개되어 있는 AASHTO(1998)의 뉴질랜드 설계기준에 의하면, 각 지방에 유송잡물의 집적에 대한 한계치가 명확하게 설정되어 있지 않은 경우 유송잡물의 깊이는 홍수위의 1/2, 최대 3m로 규정하며, 유송잡물의 폭은 교각이 담당하는 경간의 1/2, 최대 14m로 규정하여 유송잡물에 대응한 교량의 설계기준으로 제시하고 있다. 본 연구에서도 교량은 붕괴되지 않는다는 상황을 가정하고 뉴질랜드의 설계기준을 적용하여 HEC-RAS 모형으로 유송잡물의 영향을 고려하였다.

### 2.2 다차원 홍수피해 산정방법

다차원법의 침수 피해액 산정방법에는 직접피해액과 간접피해액 산정방법이 있다. 간접피해액의 경우 홍수범람으로 인해 피해지역에 초래될 수 있는 산업, 교통, 통신 등에 대한 피해액을 말하지만 본 유역에 대한 객관성과 합리성의 확보가 곤란한 관계로 본 연구에서는 홍수범람에 의해 직접적인 피해액을 산정하는 직접피해액(산업특성 인자 제외) 산정 방법만을 고려하였다. 그리고 본 지역에는 비닐하우스의 개소수가 많은 관계로 비닐하우스의 예상피해액을 별도로 산정하였다.

표 1. 피해액 산정방법

건물 피해액	건물자산가치 × 주거지역 침수편입율 × 침수심별 건물 침수피해율
건물내용물 피해액	건물내용물 자산가치 × 주거지역 침수편입율 × 침수심별 건물내용물 침수피해율
농경지 피해액	매몰, 유실의 평균피해액 × 농업지역 침수편입율 × 침수심별 농경지 침수피해율
농작물 피해액	농작물 자산가치 × 농업지역 침수편입율 × 침수심별 농작물 침수피해율
인명순실액	침수면적당 순실 인명수 × 순실 원단위 × 침수면적
이재민 피해액	침수면적당 발생 이재민 × 대피일수 × 일평균 국민소득 × 침수면적
비닐하우스 피해액	비닐하우스 자산가치 × 비닐하우스 침수편입율 × 침수심별 비닐하우스 침수피해율

### 3. 적용 및 결과

#### 3.1 유역 및 교량 현황

대상유역은 한강의 제1지류인 왕숙천 수계 중 지방2급하천인 덕송천 유역을 대상지역으로 선정하였다. 덕송천 유역은 총 면적 10.5 km<sup>2</sup>으로 유로연장은 4.75km, 유역폭은 2.21km로써 형상계수는 0.47인 유역이다. 덕송천의 하상경사는 1/222 ~ 1/173으로 평균경사 14.42%, 조도계수 0.035를 가지고 있다.

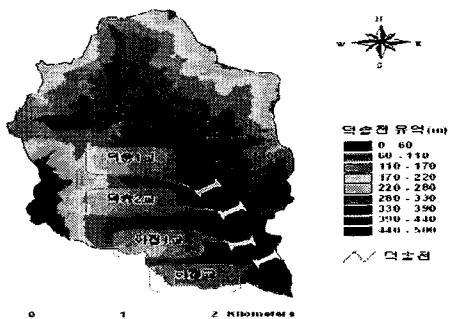


그림 1. 대상유역 및 하천수계

표 2. 교량 제원

	덕송1교	덕송2교	화접1교	화접교
연장(m)	40	50	50	40
폭(m)	12	18	9	6
교량고(m)	4	4.8	4.5	4
경간수(개)	3	4	4	4
교각수(개)	2	3	3	3

#### 3.2 범람구역별 침수편입율 산정

본 연구에서는 「남양주 별내지구 택지개발사업」 재해영향평가서(한국토지공사, 2006)의 내용을 바탕으로 30년 빈도에 해당하는 유출량이 교량에 의해 영향을 받아 범람하는 상황을 고려하였다.

침수편입율은 농경지와 건물을 구분하여 산정하여야 하기 때문에 농경지와 건물의 구분은 우선적으로 토지이용도를 이용하여 농경지를 분류하였으며, 1:5,000 수치지도로부터 건물레이어를 추출하였다. 침수심별로 건물의 침수편입율을 산정하기 위하여 범람구역도의 침수심을 0.5m 간격으로 조정하고, 유역내에 비닐하우스의 면적이 상당수를 차지하는 이유로 비닐하우스 레이어를 별도로 추출하여 추후 피해액 산정시 고려할 수 있도록 하였다. 각 교량의 영향에 의한 침수심별 건물의 편입여부는 그림 2와 그림 3과 같이 GIS Tool을 이용하였고 토지이용도를 바탕으로한 침수심별 범람구역도와 건물·비닐하우스 레이어를 추출하여 침수편입율을 산정하였다.

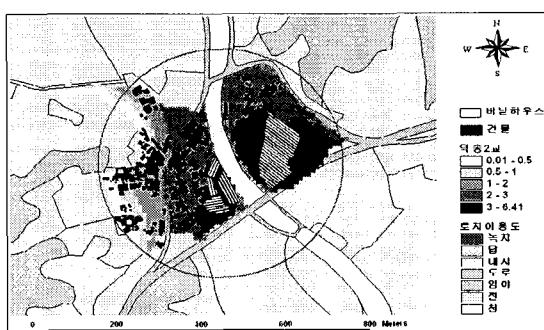


그림 2. 덕송2교 상류 침수편입율(교각2개)

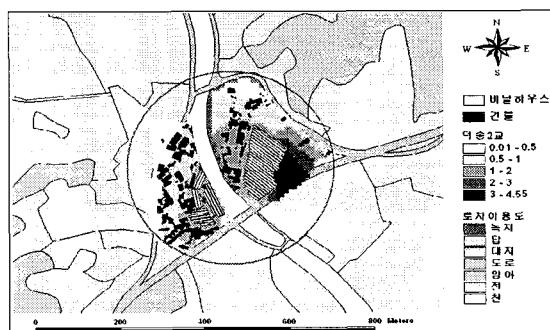


그림 3. 덕송2교 상류 침수편입율(교각1개)

### 3.3 총 피해액 산정

총 피해액은 본 연구에서 고려한 모든 특성인자(주거 특성, 농작물 특성, 인명피해 특성)에 대한 피해 손실을 모두 더하여 다음과 같이 산정하였다. 덕송2교의 경우 3개의 교각이 모두 유송잡물에 의해 폐색될 경우 약 124억 정도의 피해가 있으며, 모든 교량에서 교각의 개수가 줄어들수록 범람 용량이 감소하여 피해액이 크게 감소하는 것으로 나타났다.

표 3. 총 피해액

교량명	덕송1교	덕송2교			화접1교			화접교	
폐색된 교각개수	2	3	2	1	3	2	1	3	2
경간장(m)	13.3	12.5	16.6	25	12.5	16.6	25	10	13.3
총피해액(천원)	202,049	12,434,453	9,530,843	2,772,575	3,073,339	668,259	176,463	2,784,461	1,983,307

### 3.4 개략 공사비 산정

교량의 가설 비용은 교량의 형식이나 지반의 상태 등에 따라 큰 차이가 있다. 따라서, 본 연구에서는 실질적인 공사비가 아닌 교량 형식 및 교량의 규모에 따라 개략적인 단가를 포함하는 개략공사비를 기준으로 교량의 가설 비용(단, 기존의 교량을 해체하는 비용은 비용에 포함시키지 않았음)을 다음과 같이 산정하였다. 교량형식은 가급적 기존의 형식을 따르는 것을 원칙으로 하였으며, 경간장에 따라 사용 가능한 형식을 결정하였다. 그리고 피해를 일으키지 않는 교각에 대해서는 공사비를 산정하지 않았다.

표 4. 교각의 개수에 따른 개략공사비

교량명	덕송1교	덕송2교	화접1교	화접교
교각 개수	1	2	2	2
형식	P.S.C Beam	P.S.C Beam	P.S.C Beam	P.S.C Beam
건설비용(백만원)	720	1,350	675	360
교각 개수	0	1	1	1
형식	P.F Beam	P.S.C Beam	P.S.C Beam	P.S.C Beam
건설비용(백만원)	1,056	1,350	675	360
교각 개수	-	0	0	0
형식	-	P.F Beam	P.F Beam	P.F Beam
건설비용(백만원)	-	1,998	999	533

※ 건설 비용은 일반적인 교량의 개략공사비로 산정

- P.F Beam(Preflex Beam), P.S.C Beam(Pre-stressed Concrete Beam)

### 3.5 비용-편의 분석

본 연구에서는 교각에 유송물질이 걸려 발생하는 배수효과에 의해 침수상황을 가정하여 침수 피해액을 산정하였다. 이 경우 교각의 개수를 줄임에 따라 피해액이 감소하는 것을 알 수 있는데 각 교량에서 덕송1교 1개, 덕송2교 0개, 화접1교 0개, 화접교 1개 이하의 교각이 존재할 경우 침수 피해는 없는 것으로 나타났다. 하지만 교각의 개수를 줄여 교량의 경간장이 길어지면 교량의 건설

비용은 크게 증가하게 된다. 따라서 교량의 교각 개수를 무조건 줄이는 것이 바람직한 것은 아니며, 이에 경제적 타당성 검사가 필요하다. 본 연구에서는 경제적 타당성을 평가하는 지표로서 B/C(비용-편익)를 기준으로 경제적 타당성 검사를 실시하였다.

교각의 개수를 줄여 교량을 재가설 하는 비용을 “비용”으로 보고, 교량의 재가설에 따른 침수 피해액의 절감 이익을 “편익”으로 보아 총 피해액과 개략공사비를 바탕으로 비용-편익분석을 실시하여 표 5와 같은 분석 결과를 얻었다. 비용-편익의 분석 결과가 1 이하가 나온다면 편익 보다 비용이 큰 것이므로 경제성이 없다는 것을 의미하고 1 이상이라면 결과 값이 클수록 사업에 대한 경제성이 우수함을 의미한다. 표 5의 결과에서 보듯이 덕송1교의 경우에는 교량의 재가설에 대한 경제적 타당성이 없으며 덕송2교, 화접1교, 화접교의 경우에는 교각이 1개일 때, 즉 경간장이 각각 25m(덕송2교), 25m(화접1교), 20m(화접교)일 때 경제적 타당성이 가장 우수한 것으로 나타났다.

표 5. 비용-편익 분석 결과

	덕송1교	덕송2교	화접1교	화접교
교각2	-	2.15	3.56	2.23
교각1	0.28	7.16	4.29	7.73
교각0	0.19	6.22	3.08	5.23

#### 4. 결 론

본 연구에서는 교량이 유송잡물에 의해 폐색되어 하천수가 범람되는 상황을 가정하여 남양주시 덕송천을 대상으로 비용-편익 분석을 실시하였다. 유송잡물로 인한 폐색에 의하여 예상되는 범람구역내에서의 피해액은 다차원 홍수피해산정방법을 이용하여 산정하였으며, 교각의 개수를 줄여 경간장을 확보하는 방법으로 유송잡물의 영향을 감소시킨 결과 예상피해액을 현저히 감소시킬 수 있었다. 그리고 홍수피해를 경감시키기 위하여 교량을 재가설 한다면 경제적 타당성의 존재여부에 대하여 비용-편익 분석을 실시한 결과 덕송1교를 제외한 타 교량에서는 경제성이 큰 것으로 나타났다. 그러나 해당지역의 경우 범람지역이 평지지역이어서 경제성이 큰 것으로 나타났으며 이는 지형 및 토지이용 조건이 크게 영향을 줄 수 있는 것으로 판단된다.

이와 같이, 유송잡물의 영향에 의하여 홍수의 범람 가능성성이 큰 산지나 농경지 하천에서 교량을 재가설 할 경우에는 유역의 특성을 반영하는 비용-편익 분석을 실시하여 합리적으로 교량의 경간장을 확보할 수 있도록 교량을 시공하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

#### ※ 참고사항

본 연구에서의 연구결과는 교량에서 유송잡물의 영향을 가정한 연구로, 대상유역으로 선정한 「남양주 별내지구」의 상황을 대표할 수 없음을 밝혀둡니다.

#### 참 고 문 헌

1. 건설교통부(2004). 치수사업 경제성분석 방법 연구 : 다차원 홍수피해산정방법.
2. 한국수자원학회(2005). 하천설계기준·해설
3. 한국토지공사(2006). 남양주 별내지구 택지개발사업 재해영향평가서.
4. AASHTO(1998). AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS.