

홍수시 도시하천의 호안 안정성 분석에 관한 연구

A Study on the Stability Analysis of the Bank Revetment at Urban Streams in Flood Times

김 철* · 박남희**

Kim-Chul · Park-Nam Hee

Abstract

Recently, close-to-nature stream improvement works have been carried out in urban streams, where eco-friendly bank revetment methods have been adopted. These bank revetment methods are vulnerable to be damaged or washed away by floods compared to the traditional methods which use concrete materials. Damage analysis methods on the urban streams by the floods of severe rain storm are presented. The analysis methods are the graph-using method and the grid method, which are derived from the survey results at Gwangju stream. Damage analysis grid which is intersected velocity grid and material strength grid is the highest correlation with the damage survey grid. The biggest damage on the bank revetments have been occurred around the crossing structures. Big damages have also been occurred in the connection of low water revetment and the terrace land, and around the structures in the terrace land of the stream.

Key words : Close-to-nature Stream, Bank Revetment, Damage Analysis

요 지

최근 도시하천에 자연형 하천공사가 많이 이루어지고 있으며 호안 부분은 생태성이 강조된 공법을 많이 채용하고 있다. 이러한 호안공법들은 과거의 콘크리트 재료에 비해 홍수시 훼손되거나 유실되는 횡수가 늘어나고 있어 시공 시 많은 주의가 요구된다. 본 연구는 집중호우에 의한 홍수시 도시하천에서 호안피해가 발생하였을 경우 피해분석방법을 제시하였다. 분석 방법은 그래프를 이용한 방법과 Grid를 이용한 방법을 제시하였으며 광주천의 피해사례를 조사하여 분석방법을 도출하였다. Grid를 이용한 방법 중에서 유속 Grid와 재료강도 Grid를 교집합시킨 피해분석 Grid가 피해결과 Grid와 가장 높은 상관관계를 나타내었다. 분석결과 횡단구조물 주위에서 가장 큰 호안 피해가 발생하였으며 저수호안과 고수부지의 연결부, 고수부지의 시설물 주변에서도 많은 피해가 발생하였다.

핵심용어 : 자연형하천, 호안, 피해분석

1. 서 론

우리나라에서는 90년대 이후 자연형 하천정비사업이 많이 시행되고 있으며, 그 중 특히 도시하천을 대상으로 하는 사업이 많은 비중을 차지하고 있다. 이러한 사업들은 국민생활 수준의 향상과 더불어 여가 및 생태체험 공간으로의 물환경 육구를 충족시키고, 생물 서식처가 복원되어 하천의 생태시스템이 제기능을 하도록 하기 위한 목적이다.

이러한 목적을 위해 하천에 설치되어 있는 콘크리트재료의 구조물들이 제거되고 그 자리에 자연재료를 이용한 호안이 설치되고 있다. 또한 생태계를 회복시키기 위해 저수로, 저수호안, 고수부지, 고수호안에 식생을 도입하고 있다. 이런 사

업들로 인해 인간의 생활이 윤택해지고 도시화로 사라졌던 동식물이 돌아온다면 매우 바람직한 현상이라고 할 수 있지만, 사업시행 후 하천은 수리학적으로 안정해야 할 것이다.

근래 이상기후에 의해 예기치 않은 집중호우가 발생하여 하천에 많은 피해가 일어나고 있고, 특히 도시지역의 자연형 하천공사가 시행된 곳에 피해가 발생되고 있다. 따라서 도시지역의 자연형 하천설계시 홍수에 의한 피해가 일어나게 되는 원인을 파악하고 분석하여 피해방지를 위한 대책을 세울 필요가 있다.

Ming-Han Li와 Karen E. Eddleman(2002)은 기존의 강성 호안 공법에 대한 대안으로서 생태공학 호안 안정화 기법에 대한 연구를 수행하였는데, 이 연구에서 기존의 호안안정화

*정희원 · 호남대학교 토목환경공학과 교수(E-mail : kuchul@honam.ac.kr)

**호남대학교 산업기술연구소 연구원

방법들을 여러 가지 관점에서 분석하고 정리하였다. 田村正秀 등(2003)은 다양한 호안블럭에 대한 모형실험을 하여 수리특 성치에 대해 정리하고, 블럭 형상에 의한 항력·양력 특성 등 에 대해서 분석을 실시하였다. 山本晃一 등(2000)은 제방에 설치된 호안블럭들의 기계적 설계를 위해 필요한 항력양력계 수 및 상당조도를 측정하는 방법에 대해 조사하였다. 호안의 안정성과 관련된 국내연구는 최근 들어 많이 수행되고 있으 며 과거에는 제방의 안정성에 관한 연구가 주로 수행되었다. 호안의 안정성 연구는 크게 조사 및 분석과 실험에 관한 연 구들로 분류할 수 있다. 조사 및 분석에 대한 기존 연구는 박상덕 등(2009)이 강원도 하천에 설치된 호안공법을 조사하 여 분류하고 홍수에 의한 호안공법 파괴사태를 조사하였다. 조사결과를 식생 및 수리적 측면에서 분석하여 강원도 하천 에 적합한 호안공법을 제시하고자 하였다. 김철 등(2008)은 저수호안에 작용하는 외력에 의한 안정성분석을 실시하였고, 이성준 등(2008)은 고수호안에 대한 안정성 분석에 대해 연 구하였다. 김상문과 최홍식(2008)은 호안의 안정성 분석식을 이용하여 컴퓨터 프로그램을 개발하였다. 한편 실험에 관한 연구는 양전영 등(2006)이 식생호안블럭에 대한 수리모형실 험을 실시하여 식생활착과 토사유출 방지에 대해 연구하였으 며 이민호와 최홍식(2007), 이종필 등(2008)도 수리모형실험 을 통한 호안의 수리적 안정성 분석에 대하여 연구하였다.

본 연구에서는 집중호우 등에 의한 홍수시 하천 호안의 피 해를 분석하기 위해 홍수에 의해 피해를 입은 하천을 대상으 로 현장조사를 실시하고 고수부지를 포함한 호안의 피해원인 을 분석하였다. 연구대상지역은 도시하천인 광주천으로 최근 자연형하천 사업이 실시되었으며, 2009년 말에 준공된 하천 이다. 광주천은 2009년 7월에 집중호우가 발생하였으며 이로 인해 자연형 하천사업에서 시공한 구간은 호안과 고수부지의 시설물들에 피해가 발생하였다. 조사방법은 상류에서 하류까 지 종단방향으로 구간을 나누고 횡단방향으로는 좌·우안으 로부터 고수부지I, 고수부지II, 저수호안, 저수로 등으로 구분 하여 피해정도에 따라 점수를 부여하였다. 광주천의 상류에서 하류까지 각 Cell별로 점수가 부여되었으며 그 결과를 GIS를 이용하여 표시하였다. 한편 2009년 7월에 발생한 강우를 분 석하였으며, 유출분석을 실시하여 홍수량을 계산하였다. 홍수 량에 따른 홍수위와 유속을 계산하기위해 HEC-RAS와 RMA2 모형을 이용하였다. 계산된 결과를 조사결과와 비교하 기 위해 조사결과와 같은 Cell로 유속, 통수단면적 자료를 작성하였다. 조사된 피해자료와 계산된 유속자료 등을 이용하 여 홍수에 의한 호안의 안정성을 분석하였다. 분석과정에서 자연형 하천 공사시 채택한 호안공법들을 고려하여 분석하였 으며, 채택된 공법들의 적용타당성과 관련된 결과를 도출할 수 있었다.

2. 연구대상지역 및 피해조사

2.1 연구대상지역

광주천은 그림 1에 나타난 바와 같이 영산강 제1지류로서 동구 용연동에서 발원하여 하류에서 영산강에 합류한다. 구간

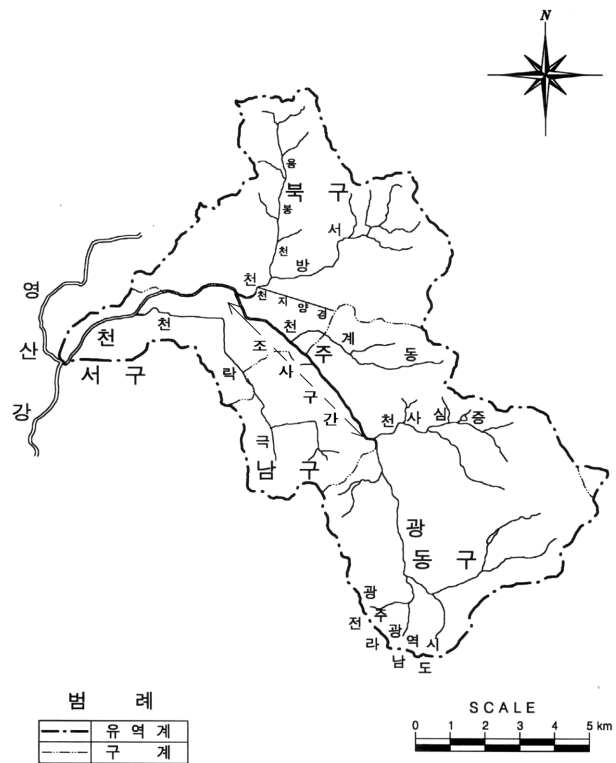


그림 1. 광주천 유역도

별 경사는 영산강 합류점에서 서방천 합류점까지는 1/490~1/400의 경사를, 서방천 합류점에서 중심사천 합류점까지는 1/260~1/170의 준급류 하도, 중심사천 합류점에서 상류까지는 약 1/100 정도의 급경사를 나타내고 있다(광주광역시, 2004).

하류에서 중심사천 합류부까지의 구간은 하천 양안을 따라 도시가 발달되어 있는 전형적인 도시하천 구간이다. 광주천은 1999년부터 하천사업이 구간별로 시행되었으며 2004년부터 전구간에 걸쳐 대폭적으로 공사가 실시되어 2009년 12월에 완공되었다. 준공되기 전인 2009년 7월에 발생한 강우에 의 해 공사가 완료된 부분에 피해가 발생하였다. 광주천 피해조 사는 그림 1에 나타난 바와 같이 중심사천 합류부인 설월교 부터 서방천합류부인 광천철교까지 실시하였으며 표 1에 조 사구간에 대한 저수호안 공법과 고수부지의 시설물을 나타내 었다(광주광역시, 2002).

2.2 피해조사

광주천유역에는 2009년 7월 7일 196 mm를 최고로 7월21 일까지 강우가 발생하여 피해가 발생하였고, 피해조사는 27 일과 28일에 현장을 상류에서 하류쪽으로 조사하였다.

조사방법은 상류에서 하류까지 종단방향으로 약 40m를 기 준하여 132지점으로 나누고, 횡단방향으로는 좌·우안으로부터 고수부지I, 고수부지II, 저수호안, 저수로 등으로 구분하여 8개 구간으로 나누어 각 Cell의 피해정도에 따라 점수를 부 여하였다. 점수는 조사지점에 대한 피해면적 비율이 0%인 경 우는 0점, 10%이하면 1점, 20%이하면 2점, 30%이하면 3점, 40%이하면 4점, 그 이상이면 5점으로 평가하였다. 본 연구에 서 조사지점의 고수호안은 연직벽으로 되어 있어 피해가 발 생하지 않아 제외시켰다.

표 1. 조사구간에 대한 저수호안과 고수부지의 시설물 현황

위치	우안		좌안	
	고수부지	저수호안	저수호안	고수부지
설월교~학림교	산책로(테라스) 자전거도로	거석쌓기+버드나무	거석쌓기+버드나무	자전거도로 산책로
학림교~남광교	운동시설 자전거도로 블록형 산책로	거석쌓기+버드나무 대리석계단호안	거석쌓기+버드나무 거석 계단호안	조명시설 자전거도로 블록형 산책로
남광교~학강교	자전거도로	거석쌓기+버드나무	거석쌓기+버드나무	자전거도로
양림교~금교	자전거도로	거석쌓기+버드나무	거석쌓기+버드나무	자전거도로
금교~서석교	자전거도로	사석+코코넛물	사석+코코넛물	자전거도로
서석교~금교	자전거도로	거석쌓기+버드나무	거석쌓기+버드나무	자전거도로
중앙대교~광주대교	자전거도로 아스콘 산책로	대리석 계단 호안 호박돌 콘크리트	대리석 계단 호안	자전거도로 아스콘 산책로 조명
광주대교~천교	자전거도로 비포장 산책로	거석쌓기+버드나무	거석쌓기+버드나무	자전거도로
천교~태평교	자전거도로	나무방틀	나무방틀	자전거도로
태평교~양유교	양동 복개 - 주차장			
양유교~양동교	자전거도로 비포장 산책로 블록형 산책로	방틀형 계단	방틀형 계단	자전거도로 비포장 산책로 블록형 산책로
양유교~광천철교	자전거도로 비포장 산책로	식생블록	식생블록	자전거도로 비포장 산책로

표 2. 피해현황조사 결과(방림교~학강교)

구조물	측점 (no.)	우안				좌안				총계
		고수부지1	고수부지2	저수호안	저수로	저수로	저수호안	고수부지2	고수부지1	
방림교	57+75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	57+35	0	0	2	0	0	3	0	0	5
	57	1	0	0	0	0	3	0	0	4
	56+160	3	2	1	0	0	3	0	0	9
여울 징검다리	56+120	3	2	1	0	0	5	2	0	13
여울 징검다리	56+80	3	2	1	0	0	4	2	0	12
수제	56+40	5	5	5	0	0	4	2	0	21
징검다리	56	5	5	5	0	0	3	1	0	19
	55+160	5	5	2	0	0	3	1	0	16
	55+120	5	5	2	0	0	3	1	3	19
무명보	55+80	3	5	2	0	0	5	1	3	19
	55+40	4	5	2	0	0	0	2	3	16
	55	1	5	1	0	0	0	2	3	12
학림교	54+170	0	3	3	0	0	0	3	3	12
	54+150	2	1	0	0	0	3	5	1	12
	54+120	2	1	0	0	0	3	3	1	10
낙차공	54+80	2	0	0	0	0	2	3	2	9
	54+40	5	5	4	0	0	3	5	5	27
	54	0	0	3	0	0	0	0	3	6
방림낙차공	53+150	4	1	0	0	0	0	0	5	10
남광교	53+100	2	5	0	0	0	5	0	0	12
학동낙차공	53+80	1	5	5	0	0	0	2	1	15
	53+40	5	5	5	4	0	3	4	0	26
	53+20	0	0	5	0	0	4	2	0	11
여울	53+15	0	0	5	0	0	4	5	0	14
	52	0	0	3	0	0	4	5	0	12
	52+160	0	0	0	0	0	4	3	4	13
학강교	52+110	1	3	3	0	0	3	3	2	15
		0	2	3	0	0	0	2	4	11

2.3 조사결과

피해조사 결과 피해가 심한 구간은 상류쪽인 방림교에서 학강교 사이이며 이 구간의 피해조사자료를 표 2에 나타내었다. 이 구간은 저수호안은 물론 고수부지의 식생과 블록이 세굴되어 없어지고, 산책로 부분도 세굴된 구간이 많이 발생한 구간이다. 한편 저수호안에 대한 호안공법별 피해결과를 나타내기 위해 저수호안 264cell을 조사하여 피해점수가 4점 이상인 지점들에 대한 분석자료를 표 3에 수록하였다. 그 결과 좌안보다 우안의 피해가 심하였고, 낙차공과 징검다리 등 하천 횡단구조물 부근의 호안피해가 심한 것으로 나타났다. 표 3의 공법별 피해비율을 살펴보면 코코넛 롤, 층계형 방틀, 거석쌓기, 식생호안블럭 순으로 피해가 심한 것을 알 수 있다.

3. 강우유출 분석

3.1 강우분석

광주지역에 2009년 7월 7일 1시부터 21시까지 집중호우가 발생하였으며, 이때 발생한 호우의 규모를 분석하기 위해 기

표 3. 호안공법별 피해분석

적용호안공법	적용지점	4점이상지점			비율(%)
		좌안	우안	계	
거석쌓기	160	11	16	27	16.9
코코넛롤	10	1	4	5	50
방틀공	14	0	0	0	0
이스콘	42	0	3	3	14.3
층계형방틀	24	2	4	6	25
식생호안블럭	14	1	1	2	14.3

상청 관할 광주관측소 1개와 국토해양부 관할 광주, 무등산 2개 관측소의 지속시간별 최대강우량을 조사하여 표 4에 나타내었다.

본 강우의 규모를 분석하기 위해 1999년도 수자원 관리기법 개발 연구조사 보고서(건설교통부, 2000)와 영산강유역종합치수계획(건설교통부, 2008)에 수록된 빈도별 강우량 자료를 표 5에 나타내었다. 그 결과 1시간 강우자료는 50년 빈도 이하로 분석되었고, 지속시간이 2시간과 3시간의 최대 강우자료는 200년 빈도를 넘는 것으로 분석되었으며, 지속시간이 6시간과 12시간의 최대 강우자료는 100년 빈도를 넘는 것으로 분석되었다.

3.2 강우유출 모의

HEC-HMS 모형을 이용하여 강우·유출분석을 실시하였다. 수위자료는 영산강 홍수통제소의 자료를 이용하였으며, 사용한 수위관측소 자료는 학동과 유덕 2개소의 자료를 이용하였다. 학동 수위관측소의 최대수위는 2009년 7월 7일 12시에 3.07 m를 기록하였고, 유덕 수위관측소의 최대수위는 같은 날 9시에 3.07 m로 기록되었다. 모형의 매개변수는 영산강유역종합치수계획(건설교통부, 2008)의 자료를 이용하였으며 2005년 7월 10일 강우자료와 수위 관측자료를 이용하여 적용성을 검증하였고, 7월 7일 모의결과 유덕 수위관측소의 홍수량은 835CMS로 계산되었다.

3.3 홍수위와 유속

계산된 홍수량을 사용하여 홍수위와 유속을 산정하였다. 산정방법은 HEC-RAS와 RMA2 모형을 이용하여 단면평균유속과 2차원 평면유속을 산정하였다. HEC-RAS 모형의 경계조

표 4. 강우관측소의 지속시간별 최대강우량

단위 : mm

관측소	관할기관	1시간	2시간	3시간	6시간	12시간
광주	국토해양부 국토해	7시40분~8시30분	7시40분~9시30분	7시20분~10시10분	7~12시	2~13시
		61	103	122	147	192
광주	기상청	9시	8~9시	8~10시	5~10시	2~13시
		56.5	94	117	138	191.5
무등산	국토해양부	7시50분~8시40분	7시50분~9시40분	7시30분~10시20분	7~12	2~13
		66	124	153	194	240

표 5. 광주기상청 빈도별 강우량

단위 : mm

관측소	재현기간	구분	강우 지속시간							비고
			1시간	2시간	3시간	6시간	9시간	12시간	24시간	
광주	50년	'08	77.1	103.9	126.1	172.9	200.7	218.6	285.2	
		'00	75.2	101.3	119.6	161.8	190.5	209.7	262.8	
	80년	'08	82.2	110.9	134.9	184.8	214.7	233.8	305.4	
		'00	80.4	108.4	127.9	172.9	203.8	224.5	281.8	
	100년	'08	84.6	114.3	139.0	190.5	221.3	241.0	315.0	
		'00	82.9	111.8	131.8	178.2	210.1	231.5	290.7	
	200년	'08	92.2	124.7	151.8	208.1	241.8	263.3	344.7	
		'00	90.6	122.1	144.0	194.6	229.7	253.2	318.6	

'00 : 「1999년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서 제1권 한국확률강우량도 작성(건설교통부, 2000.6)」

'08 : 「영산강유역종합치수계획(건설교통부, 2008)」

건은 상류경계를 중심사천 합류점, 하류경계를 유덕수위표 지점으로 주고 모의하였다. 모의 결과 최대유속은 5.15 m/s로서 구동낙차공 지점에서 발생하였고, 최소유속은 1.69 m/s로서 광천교 지점에서 발생하였다.

RMA2 모형의 경계조건은 상류경계는 방학교 직하류, 하류경계는 광암교 직상류 지점을 사용하였다. 모의 결과 최대유속은 4 m/s로서 광주교 지점에서 발생하였고, 최소유속은 1.38 m/s로서 광천교 지점에서 발생하였다. 최소유속의 발생 지점은 광천교 지점으로서 일치하며, 최대유속의 발생지점은 광주교 지점과 구동낙차공 지점으로 비슷한 지점이다. HEC-RAS의 결과는 그래프를 사용한 분석방법에 사용하였으며 RMA2의 결과는 Grid를 이용한 분석방법에 사용하였다.

4. 호안안정성 분석

4.1 분석방법

홍수로 인한 도시하천의 호안피해를 분석하기 위한 분석방법은 그래프를 이용한 방법과 Grid를 이용한 방법을 사용하였다. 그래프를 이용한 방법은 대상구간의 피해점수와 피해의 원인분석에 사용할 수 있는 횡단 단면적, 유속 자료를 그래프로 나타내고, 이들을 이용하여 피해를 분석하는 것이다.

Grid를 이용한 분석방법은 피해조사 결과를 단위 cell로 하는 Grid를 작성하였으며, 유속, 통수단면적, 호안재료의 강도를 각 cell별로 입력하여 Grid를 작성하고, GIS의 분석도구를 이용하여 각 cell 별로 호안피해를 분석하는 방법이다.

4.2 그래프를 이용한 방법

광주천에 대한 피해조사 자료, 유출분석시 사용된 통수단면

적, 그리고 유출분석 결과 산출된 유속 자료(HEC-RAS결과)를 대상구간 종단면을 따라 그래프(그림 2)로 나타내었다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 유속과 통수단면적은 완전 반비례 관계를 나타내고 있으며, 피해점수와 유속, 통수단면적과의 관계는 일관적으로 상관관계를 나타내고 있지는 않지만 유속이 빠른 지점들 주위에서 높은 피해점수를 나타내는 경향을 알 수 있다. 이는 피해에 영향을 미치는 요인이 두가지 요소 외에 지형이나 공법 등이 다양하기 때문일 것으로 판단된다.

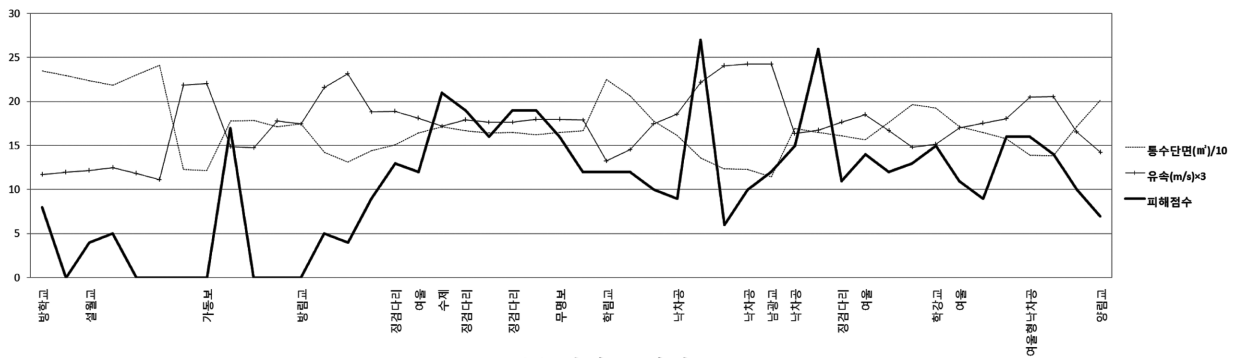
일반적으로 피해가 가장 심한 구간들은 보나 낙차공의 직하류에서 발생하는 것을 알 수 있다. 이 구간들은 보나 낙차공을 만들기 위해 통수단면적이 축소된 부분들이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 모든 낙차공들의 통수단면적은 축소되어 최소단면적이 되었다가 다시 늘어나는 형태를 보이고 있다. 따라서 낙차공 직하류에서는 심한 와류가 발생하여 많은 피해가 발생한 것으로 생각할 수 있다. 또한 저수호안으로 사용된 계단, 고수부지의 체육시설 등과 고수부지와 저수호안의 연결부 등에서 많은 피해가 발생하였다.

본 연구에서는 피해와 피해인자간의 상관성을 각 지점별로 분석하였으나 지점별 상관성을 계량화하는 것은 많은 어려움이 발생하여 피해가 가장 심한 2구간에 대해 정성적인 분석을 시도하였다.

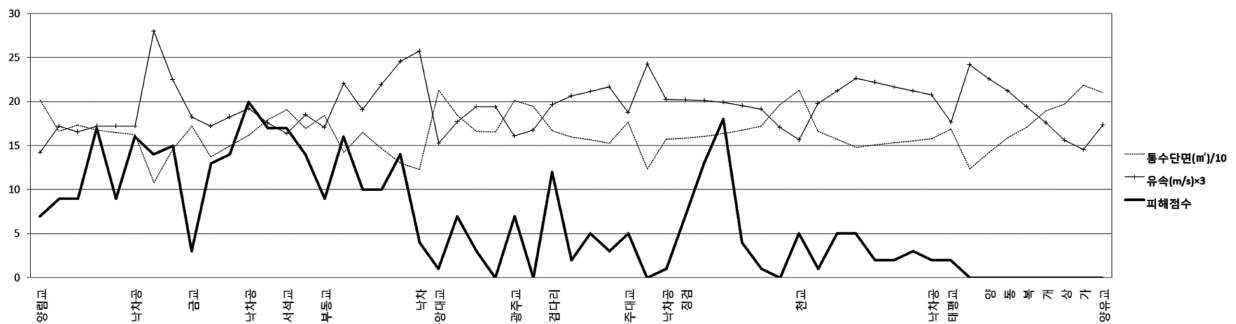
4.2.1 방학교-양림교 구간

이 구간은 광주천 전체에서 가장 피해가 심한 구간으로서 분석된 최대 피해점수는 27점이다. 이 구간에 대한 그래프는 그림 2(a)에 나타내었다.

이 구간중 상류 쪽인 학림교에서 남광교 사이에는 우안의



(a) 방학교~양림교



(b) 양림교~양유교

그림 2. 광주천 구간별 지형, 수리 및 피해점수 자료

고수부지에 체육시설, 블록으로 조성된 산책로, 대리석 계단형 호안 등이 설치되어 있고 좌안에는 계단형호안과 조형시설이 설치되어 있다. 또한 하도 내에는 여울형 낙차공과 징검다리가 설치되어 있다. 이 구간 중 피해가 가장 큰 지점은 여울형 낙차공이 끝나는 지점으로서, 이 지점은 하천단면이 점차 작아지면서 유속이 빨라지는데 비해 계단형 호안, 블록으로 조성된 산책로 등의 시설물이 많이 배치되어 있어 피해가 많은 것으로 기록되었다.

하류 쪽인 남광교와 학강교 사이에는 남광교 직상류에 방람낙차공, 남광교 직하류에 철도교와 연이어 학동낙차공이 설치되어 있다. 그림에서 통수단면적은 학강교에서 225.43 m²인데 남광교지점에서 114 m²로 감소하였다가 학동낙차공 지점에서 169.59 m²로 확대되었다. 남광교의 교각 20개와 철도교 교각 등이 하천 내에 설치되어 남광교 지점의 통수단면적은 광주천에서 통수단면적이 가장 작은 지점중 하나이다. 이 구간의 피해원인은 통수단면적이 작아서 발생하였으며, 피해가 가장 심한 지점은 학동낙차공 직하류로서 교각과 단면차에 의해 많은 와류가 발생하였기 때문으로 생각된다.

4.2.2 양유교~양동교

이 구간은 두 번째로 피해가 심한 구간으로서 피해점수는 27점으로 분석되었다. 이 구간에 대한 그래프는 그림 2(b)에 나타내었다. 이 구간도 여울형 낙차공이 설치되어 있으며, 고수부지에는 콘크리트로 조성된 자전거도로와 산책로가 설치되어 있고 식생이 식재되어 있다. 낙차공 직하류가 세굴되었으며 자전거도로도 훼손되었다. 이 구간의 저수호안은 방틀과 돌쌓기공법으로 조성되어 있어 비교적 피해가 많지 않았으며,

고수부지의 피해가 상대적으로 심한 것으로 분석되었다.

4.3 Grid를 이용한 방법

연구 대상지역인 광주천 하천평면도를 사용하여 종단방향은 약 40 m를 기준으로 교량 등의 구조물을 고려하여 나누고, 횡단방향은 좌안과 우안을 포함하여 8개 구간으로 나누어 전체 Grid를 구성하였다. Grid의 각 Cell에 표 2에 나와 있는 피해현황조사 결과를 입력하여 피해조사 Grid를 작성하였으며, 똑같은 방법으로 유속 Grid(RMA2 결과)와 통수단면적 Grid를 작성하였다.

통수단면적 Grid는 광주천의 지형적 특징을, 유속 Grid는 수리학적 특성을 나타내고 있다. 한편 호안과 고수부지의 재료 및 호안공법의 특성을 나타내는 Grid를 작성하기 위해 저수로를 제외한 각 부분을 구성하는 재료의 강도를 사용하여 재료강도 Grid를 작성하였다. 그림 3에 전체 Grid를 나타내었다.

피해에 영향을 미칠 수 있는 지형적, 수리학적 및 공법에 사용된 재료의 특성을 나타내는 각각의 Grid와 피해결과 Grid를 이용하여 피해를 분석하였다. 분석방법은 피해결과와 유속과의 상관관계, 피해결과와 유속 및 재료강도와의 상관관계, 피해결과와 유속, 재료강도, 통수단면적과의 상관관계를 분석하였다. 분석결과 상관관계가 가장 높게 나타난 경우는 유속 및 재료강도와 피해결과와의 경우로 나타났으나 여러가지 변수가 작용한다고 판단되므로 각 Grid별로 상관관계를 식으로 유도하기에는 무리가 있다. 그림 4에 피해결과 Grid와 유속 및 재료강도 Grid를 조합하여 작성한 피해분석 Grid를 나타내었다. 이 Grid는 유속이 2 m/s 이상, 재료강도가 60 kg/m²

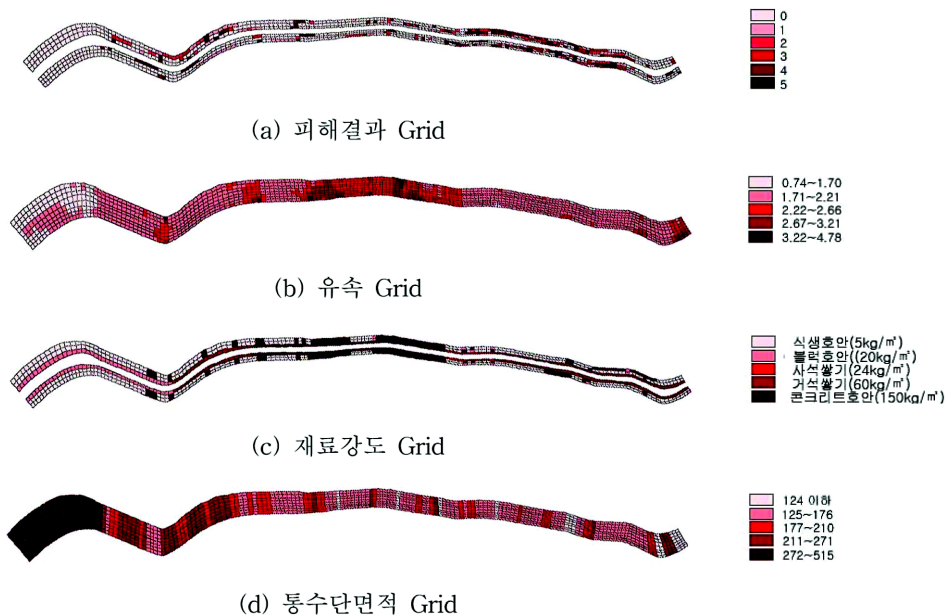


그림 3. 피해결과 Grid와 피해요인 Grid



그림 4. 피해분석 Grid

이하인 Cell들을 교집합시킨 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 피해결과 Grid와 피해분석 Grid의 형태가 상당히 일치하고 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

집중호우 등에 의한 홍수가 발생하면 하천의 호안이 훼손되거나 유실되는 경우가 많이 발생한다. 최근 도시하천에 자연형 하천공사가 많이 이루어지고 있으며 기존의 콘크리트나 호안블록을 생태성이 강조된 호안공법으로 대체하고 있다. 그러나 홍수시 호안이 피해를 입지 않도록 안정성을 확보해야 할 것이다. 본 연구는 집중호우 등에 의한 홍수시 도시하천 호안의 피해를 분석하기 위해 홍수에 의해 피해를 입은 하천을 대상으로 현장조사를 실시하고 고수부지를 포함한 호안의 피해원인을 분석하였다. 도시하천이며 최근 홍수피해를 당한 광주천을 연구대상지역으로 선정하고 분석하였다.

피해 분석방법은 그래프를 이용한 방법과 Grid를 이용한 방법을 사용하였다. 그래프를 이용한 방법은 대상구간의 피해 점수와 피해의 원인분석에 사용할 수 있는 횡단 단면적, 유속 등을 그래프로 나타내고, 이들을 이용하여 피해를 분석하는 것이다. Grid를 이용한 분석방법은 피해조사 결과를 단위 Cell로 하는 Grid를 작성하였으며, 유속, 통수단면적, 재료강도를 Cell별로 입력하여 Grid를 작성하고, GIS의 분석도구를 이용하여 각 cell 별로 호안피해를 분석하는 방법이다. 분석 결과 피해결과 Grid와 가장 상관관계가 높은 경우는 유속 Grid와 재료강도 Grid를 교집합시킨 피해분석 Grid로 나타났다.

피해 분석결과 하천을 횡단하는 구조물들인 보, 낙차공, 교량 주위에서 가장 큰 호안 피해가 발생하였으며 저수호안과 고수부지의 연결부, 고수부지의 시설물 주변에서도 많은 피해가 발생하였다. 하천 설계나 시공시에는 본 연구의 결과를 반영하여 피해가 많이 발생할 수 있는 구조물 주위를 더욱 세심하게 보강하여 설계, 시공할 필요가 있을 것이다. 그래프 분석방법에서 지형이나 공법 등을 그래프에 포함시켜 분석하는 방법과 Grid 분석방법에서 각 Grid별로 상관관계를 식으로 유도하는 연구 등의 연구가 앞으로 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 및 한국건설교통기술평가원 건설핵심기술연구개발사업의 연구비지원(06건설핵심 B01-자연과 함께하는 하천복원기술개발)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 건설교통부 (2000) 1999년도 수자원관리법개발연구조사 보고서, 제1권 한국확률강우량도 작성.
- 건설교통부 (2008) 영산강유역종합치수계획 보고서.
- 광주광역시 (2002) 광주천 자연환경 복원사업 실시계획보고서.
- 광주광역시 (2004) 광주천(지방1급) 하천정비기본계획(변경).
- 김상문, 최홍식(2008) 호안 안정성평가 프로그램 개발, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, pp. 1398-1402.
- 김윤환, 박남희, 진영훈, 김철 (2007) 자연 친화적 하천정비를 위한 호안평가기법의 개발 및 적용, 한국수자원학회 논문집, 한국수자원학회, 제40권, 제12호, pp. 1007-1014.
- 김철, 박남희, 김대영, 김윤환 (2008) 저수호안에 작용하는 외력에 의한 안정성 분석, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, pp. 2105-2110.
- 박남희, 김윤환, 진영훈, 김철 (2007) 광주천에 대한 호안평가기법의 적용, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 1098-1107.
- 박상덕, 최환규, 최종인, 최홍식, 홍종선 (2009) 강원도 하천호안공법 개선방안, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, pp. 485-490.
- 양전영, 김성율, 김진홍 (2006) 식생활착과 토사유출방지에 관한 식생호안 블럭의 수리적 안정성 검토, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, pp. 2006-2009.
- 이민호, 최홍식 (2007) 호안블록의 수리적 안정성 실험, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, pp. 1018-1022.
- 이성준, 전상미, 김영도, 박재현 (2008) 수리모형을 이용한 고수호안의 안정성분석, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, pp. 1684-1688.
- 이종필, 박의정, 최경환, 김철 (2008) 수리모형실험을 통한 호안의 수리적 안정성 분석, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, pp. 1867-1873.
- 田村正秀, 木下正暢, 浜口憲一郎, 阿部康紀 (2003) 護岸ブロックの形状と抗力・揚力特性について, 第2回 流体力の評価とその応用に関するシンポジウム, pp. 1-8.
- 山本晃一, 林建二郎, 関根正人, 藤田光一, 田村正秀, 西村晋, 浜口憲一郎 (2000) 護岸ブロックの抗力・揚力係数および相当粗度の計測方法について, 水工学 論文集, 第44卷.
- Ming-Han Li, Karen E. Eddleman (2002) *Biotechnical engineering as an alternative to traditional engineering methods*, A biotechnical streambank stabilization design approach. *Landscape and Urban Planning*, 60, pp. 225-242.

◎ 논문접수일 : 10년 11월 03일

◎ 심사의뢰일 : 10년 11월 03일

◎ 심사완료일 : 10년 11월 18일