
치수안전도에 따른 토지이용의 편익 분석

Land-use Enhancement Benefit According to Flood Safety

이진욱* / 김형수** / 심명필*** / 최승안****

Lee, Jin Ouk / Kim, Hung Soo / Shim, Myung Pil / Choi, Seung An

:: Abstract ::

This study analyzed the effect of land-use enhancement benefits with the flood safety which it is not quantified in the flood damage analysis, Korea. The land-use enhancement benefits mean the enhancement of land-use value according to the rise of flood safety of the protected area by the flood control projects and we performed the analysis of land-use enhancement benefits with the publicly announced land price which can objectively represent the land-use value of a specific area. We verified the statistical significance of the floating rate of land price according to the effects of flood control projects and the characteristics of a river through the analysis of variance. As a result of the verification, the increase of land-use value was represented by the net annual average floating rate of land price. The flood safety was classified as flood damage potential and flood prevention capacity. The flood damage potential was classified according to the rate of urbanization and flood prevention capacity was represented by the conditional annual non-exceedance probability obtained from the frequency analysis with uncertainty for the flood discharge. The study areas were small urban cities and we calculated the conditional annual non-exceedance probabilities of 200-year flood event for the levees constructed with the conditions of 10- and 50-year design frequency. The result was shown that the net annual average floating rate of land price would be raised nearly 5 times for 10%-increase of the conditional annual non-exceedance probability in small city areas.

Keywords: flood safety, conditional annual non-exceedance probability, land-use enhancement benefit, potential flood damage, net annual average floating rate of land price

* 비회원·인하대학교 토목공학과·e-mail: hitleler@hanmail.net

** 정회원·인하대학교 토목공학과 교수·e-mail: sookim@inha.ac.kr

*** 정회원·인하대학교 토목공학과 교수·e-mail: shim@inha.ac.kr

**** 비회원·인하대학교 토목공학과 박사과정·e-mail: g2021534@inhavision.inha.ac.kr

:: 요 지 ::

본 연구에서는 우리나라의 치수경제성 분석에 있어 계량화되지 않은 토지이용고도화 편익 효과를 치수안전도와 더불어 분석하고자 하였다. 토지이용고도화는 치수사업시행으로 해당지역의 치수안전도 향상에 따른 토지가치의 상승을 말하는데, 특정지역의 토지가치를 가장 객관적으로 표현할 수 있는 공시지가를 근거로 분석을 수행하였다. 치수사업시행에 의한 편익의 효과와 하천 특성에 따른 지가변동률이 통계적으로 유의성이 있는지 분산분석을 통해 검증하였으며, 토지이용가치의 상승을 순연평균지가변동률로 나타내었다. 치수안전도는 홍수피해 잠재성과 홍수방어능력으로 구분하였는데 홍수피해 잠재성은 도시화율에 따라 구분하였고, 홍수방어능력은 홍수량의 빈도해석과 불확실성을 고려하여 조건부 비초과확률로 나타내었다. 본 연구에서는 소도시 지역을 대상으로 200년 빈도의 홍수사상에 대해 10년, 50년 설계빈도로 건설된 제방의 조건부 비초과확률을 산정하여 지가변동률의 추이를 비교 분석하였다. 분석 결과, 소도시 지역에서는 조건부 비초과확률이 10%정도 상승했을 때 순연평균지가변동률이 5배정도 상승함을 알 수 있었다.

핵심용어: 치수안전도, 조건부 비초과확률, 자산이용고도화, 홍수피해잠재성, 순연평균지가변동률

1. 서 론

인류의 발전과 더불어 인구증가와 산업화로 하천 제내지 주변은 급속한 도시화가 진행되었다. 이로 인한 자산가치의 증가는 홍수에 대한 잠재성을 증대시켰고, 유역의 불투수층 증가로 홍수 도달시간이 짧아지고, 엘리뇨·라니냐 등의 이상기후에 의해 홍수사상의 발생빈도와 규모가 커졌다. 그러나 하천개수를 비롯한 치수사업은 여타 공공사업에 비해 경제성 저평가로 사업시행이 지연되고, 예방적 차원의 대책 미비로 홍수피해의 악순환이 계속되고 있다. 치수사업은 대상지역이 광범위하고 수혜대상이 막연하기 때문에 편익을 정확하게 파악하기가 어렵고, 홍수가 발생하기 전까지는 그 가치를 알 수가 없다. 특히, 간접 편익에 대한 부분은 계량화가 매우 난해하여 더욱 많은 연구와 노력이 필요하다.

본 연구에서는 편익으로 분류는 되고 있으나, 측정의 난해함으로 치수경제성 분석에서 계량화

되지 않은 토지이용고도화 편익에 대해 치수안전도를 고려하였다. 해당지역의 홍수범람에 대해 안전한 정도를 나타낼 수 있는 기준과 치수사업의 영향으로 사업지역의 변화를 계량화하고자 하였다. 토지이용고도화는 국내의 경우 정확한 개념조차 정의되어 있지 않으며 미국과 일본의 경우에도 편익으로는 고려하고 있지만 다른 편익과 분리되어 개별적으로 계산되지 않고 직접 편익의 상대적 비율이나 정성적인 표현에 그치고 있다.

홍수피해에 대한 취약정도는 잠재성 요소와 홍수피해가 발생할 가능성 및 이에 대한 방어능력을 나타내는 위험성 요소로 구분하였으며, 잠재성 요소는 도시화율에 따라 전국을 4개 지역으로 구분하였고 위험성 요소는 불확실성을 고려한 조건부 비초과확률로 나타내었다. 치수사업으로 인한 토지가치의 상승은 지가변화를 통해 분석하였다.

2. 치수안전도

치수안전도는 치수단위 구역의 인명, 자산, 사회기반시설, 자연·문화·사회·경제자원 등을 홍수로부터 방어하거나 피해를 저감할 수 있도록 설정한 기준 안전율을 말한다. 치수안전도 지표설정 및 사례연구 보고서에서는 치수단위구역의 홍수량과 홍수위의 산정 및 치수경제성 해석에 내재하는 불확실성을 포함하고 인구의 밀집성, 토지이용도, 사회기반시설의 중요도 등을 고려하여 호우와 홍수로 인해 발생하는 피해에 대한 방어수준이라 정의하였다.

지금까지는 치수안전도를 평가할 수 있는 객관적인 기준이 없으며, 일반적으로 하천 등급별 설계빈도를 이용하고 있다. 지역별 치수경제성 분석을 통한 연피해 기대치를 이용할 수 있지만 치수경제성 분석의 기준이 객관적이지 못하고, 모든 지역의 광범위한 자료를 조사분석하는 것은 현실적으로 어렵다. 수자원장기 종합계획에서 제시한 홍수피해잠재능(Potential Flood Damage; PFD)은 중규모 유역단위로 산정하였기 때문에 특정 지역 규모의 치수사업으로 인한 치수안전도의 변화는 알 수 없다.

본 연구에서는 치수단위구역(또는 유역)의 특성을 고려하여 홍수에 의한 잠재적인 피해 정도를 나타내는 잠재성 요소(인구, 재산, 도시화율, 사회기반시설)와 홍수피해 발생 가능성 및 이에 대한 방어능력을 나타내는 위험성 요소(홍수피해액, 확률강우량, 하천개수율, 홍수조절용량)로 나누었다.

2.1 홍수피해 잠재성

홍수피해 잠재성은 동일한 조건(위치, 표고, 강우량)에서 홍수가 발생하였을 때 발생할 수 있는 잠재적인 피해 정도를 나타내는 요소로 인구밀도, 자산, 도시화율, 사회기반시설 등과 관련이 있다. 즉, 동일한 홍수사상에 의해 하천이 범람했을 때 홍수피해액이 지역별로 차이가 나는 이유가 지역별로 잠재성이 다르기 때문이다. 치수안전도 지표설정 및 사례연구 보고서(한국수자원공사, 2001)에서 하천범람에 의한 간접피해액과 도시화율과의 분석에서 치수단위구역을 도시화율에 따라 <표 1>과 같이 농촌지역, 소도시 지역, 중규모 도시·공업도시 지역, 대도시 지역으로 구분하였다. 이는 도시화율에 따라 분류된 지역에서 동일한 홍수가 발생하였을 때 예상되는 피해액이 거의 같다고 본 것이다.

본 연구에서도 도시화율에 따른 지역구분을 이용하여 홍수피해 잠재성을 구분하였다. 하지만 모든 지역의 치수사업의 시행시기와 규모, 토지 지변과 공시지가, 연최대 홍수량자료를 구하기가 용이하지 않기 때문에 자료의 취득이 가능한 소도시 지역을 대상으로 치수안전도 향상에 따른 토지이용고도화 효과를 분석하였다.

2.2 홍수방어능력

홍수방어능력은 홍수의 발생가능성과 발생시 하천제방의 방어능력을 말하며 연 초과확률 기대치(expected annual exceedance probability;

표 1. 도시화율에 따른 지역 구분

도시화율	지역구분
0 ~ 5%	농촌지역
5 ~ 10%	소도시 지역
10 ~ 20%	중규모 도시·공업도시 지역
20% 이상	대도시 지역

AEP), 장기간 위험도, 조건부 비초과확률 (conditional annual non-exceedance probability ; CNP)로 나타낼 수 있다. 연 초과확률 기대치는 어떤 해에 특정한 값을 초과할 가능성을 말하며, 위험도는 어떤 특정 기간 내에 수문자료의 빈도 해석을 통해 결정된 하천제방의 수위 또는 용량을 최소한 한번 이상 초과확률을 말한다(건설교통부, 1999).

조건부 비초과확률은 어떤 수문-기상학적 사상이 주어졌을 때 특정 용량을 초과하지 않을 확률 지수이다. 계획 중인 하천제방의 높이가 5m라고 할 때, 조건부 비초과확률이 0.002인 확률 사상에 대해 0.75라고 한다면, 이는 하천제방이 구축된 후 500년 빈도의 홍수 사상이 왔을 때 수위가 5m를 초과하지 않을 확률이 0.75임을 말한다. 조건부 비초과확률을 계산하기 위한 목표사상(target event)은 하천제방을 월류해서 홍수피해가 발생하기 전의 수문사상을 말하며 통상 수위로 하고, 임계사상(critical event)은 제방높이나 관측치와 관련된 수위나 유량으로 한다. 계산시에는 목표사상은 정의되어지고, 임계사상은 표본추출에 의해 도출됨으로써 둘을 비교함으로써 비초과확률을 계산할 수 있다(건설교통부, 2002). 일반적으로 조건부 비초과확률 계산에는 주요 사상의 반복 표본추출, 목표사상과의 비교, 비초과 빈도의 결정이 요구된다. 먼저 빈도별 홍수사상(확률홍수량)을 알아야 하기 때문에 홍수량의 빈도해석을 통해 확률분포형과 매개변수를 선정한다. 불확실성을 고려하기 위해 선정된 확률분포형을 바탕으로 Monte Carlo 모의를 통해서 난수를 발생시킨다. 이 난수를 빈도해석을 통해 재현기간별 표본자료를 구성하고 목표사상과 비교하여 조건부 비초과확률을 산정한다. 조건부 비초과확률의 산정절차는 <그림 1>와 같다.



그림 1. 조건부 비초과확률 산정절차

3. 토지이용고도화 편익

토지이용고도화 편익은 치수사업으로 해당지역의 홍수범람에 대한 방어력 증가로 홍수 발생 빈도가 감소함으로써 논이나 밭에서 위험도가 적은 저소득 작물의 재배에서 고소득 작물로 재배 품종이 변화하거나, 주택이나 공장용지 등으

로 토지활용도가 증가함으로 인해 발생하는 이익을 말한다. 지금까지 치수사업에 의한 토지이용고도화 효과를 계량화하는 것은 어려울 뿐만 아니라 다른 편익과 완전히 분리해서 순수한 토지이용고도화 편익만을 파악한다는 것은 거의 불가능하다.

본 연구에서는 사회학서설(Robert Ezra Park, E.W. Burgess, 1921)에서 도시성장·확대에 따른 변화의 척도를 지가라고 규정하였듯이 치수사업으로 인한 수해지역의 토지이용고도화 효과를 분석하기 위해서 지가의 변화를 고려하였다. 지가가 토지가치의 변화를 대표할 수 있는 지표이기 때문이다. 또한 지가의 변화를 판단함에 있어서 투기적인 거래나 당사자 간의 특수한 사정으로 형성되는 가격을 배제하기 위해 공시지가를 이용하였다.

4. 치수안전도 향상에 따른 토지이용고도화 효과 분석

4.1 조건부 비초과확률 산정

치수안전도 향상에 따른 토지이용고도화 효과를 소도시 지역(경안천, 청미천, 복하천)을 대상으로 분석하였다. 각 지역의 수위관측소(경안천-경안, 청미천-청미, 복하천-복하교-홍천)의 수위자료와 수위-유량 관계곡선을 이용하여 홍수량을 계산하였다. 이에 대해 무작위성 검토

(Anderson's Correlation test, Run test, Spearman's Rank correlation coefficient test, Turing point test)를 유의수준 5%에 대해 실시하였으며 <표 2>에 나타내었다.

빈도해석 프로그램인 FARD 2002를 이용하여 확률분포형¹⁾을 적용하고 확률가중모멘트법(method of probability weighted moments ; PWM)으로 매개변수를 추정과 적합성을 검토하였으며 <표 3>에 나타내었다. 홍수량 자료를 통해 계산된 매개변수를 바탕으로 각 분포형의 확률밀도함수와 누적분포함수를 <그림2>와 <그림3>에 나타내었다.

적합성 검토를 통과한 확률분포형에 대해 적합도 검정(χ^2 -검정, Komogorov-Smirnov 검정, Cramer von Mises 검정, PPCC 검정)을 실시하였으며 <표 4>에 나타내었다.

분석 결과 경안천의 경우 GEV 분포, Gumbel 분포, 2변수 Log-Gumbel 분포, 2변수 Weibull 분포, 4변수 Wakeby분포가 선정되었고, 본 연구에서는 4변수 Wakeby분포를 최적확률분포로 선정하였다. 청미천은 2변수 Weibull 분포만이 통과되었고, 복하천 역시 GEV 분포만이 통과되어 최적확률분포로 선정하였다.

각 하천별로 선정된 최적확률분포형을 적용하여 Monte Carlo 모의를 시행하여 자료수가 19년인 홍수량 자료를 300set를 발생시켜 표본자료를 구성하였다. 발생된 set별로 빈도해석을 실

표 2. 무작위성 검토 결과

하천	Anderson's Correlogram test			Run test			Spearman's Rank correlation coefficient test			Turing point test		
	계산값	표값	결과	계산값	표값	결과	계산값	표값	결과	계산값	표값	결과
경안	0.000	0.200	O	1.171	1.960	O	2.759	2.110	X	0.381	1.960	O
청미	0.000	0.400	O	0.348	1.960	O	0.034	2.038	O	0.975	1.960	O
복하	0.000	0.200	O	0.709	1.960	O	2.936	2.131	X	1.217	1.960	O

1) gamma 분포형, GEV(General Extreme Value)분포형, Gumbel 분포형, Lognormal 분포형, Log-Gumbel 분포형, Log-Pearson type III 분포형, Weibull 분포형, Wakeby 분포형

표 3. 경안천 매개변수 추정과 적합성 검정 결과

확률분포형	위치매개변수	최소값	최대값	규모매개변수	형상매개변수	적합성결과
GAM2	0.000	36.4	1006.8	205.846	1.527	O
GAM3	-28.917	36.4	1006.8	183.089	1.874	O
GEV	195.041	36.4	1006.8	170.734	-0.110	O
GUM	204.007	36.4	1006.8	191.004	0.000	O
LGU2	0.000	36.4	1006.8	174.786	1.972	O
LGU3	0.000	36.4	1006.8	0.000	0.000	X
LN2	0.000	36.4	1006.8	5.552	0.820	O
LN3	-162.752	36.4	1006.8	6.041	0.502	O
LP3	0.000	36.4	1006.8	0.000	0.000	X
WBU2	0.000	36.4	1006.8	338.441	1.267	O
WBU3	-3.729	36.4	1006.8	343.603	1.287	O
	위치매개변수	a	b	c	d	
WKB4	0.000	23.169	49.900	-1683.960	-0.210	O
WKB5	-328.523	394.579	49.900	-5524.706	-0.050	O

표 4. 경안천 적합도 검정

확률 분포형	χ^2			Komogorov-Smirnov			Cramer von Mises			PPCC		
	계산	표값	판정	계산	표값	판정	계산	표값	판정	계산	표값	판정
GAM2	19.53	5.99	X	0.11	0.3	O	0.05	0.46	O	0.92	0.96	X
GAM3	18.03	3.84	X	0.1	0.3	O	0.04	0.46	O	0.92	0.96	X
GEV	2.84	3.84	O	0.12	0.3	O	0.04	0.46	O	0.98	0.92	O
GUM	0.74	5.99	O	0.1	0.3	O	0.03	0.46	O	0.98	0.94	O
LGU2	3.89	5.99	O	0.24	0.3	O	0.32	0.46	O			
LN2	6	5.99	X	0.17	0.3	O	0.08	0.46	O	0.94	0.95	X
LN3	2.84	3.84	O	0.11	0.3	O	0.04	0.46	O	0.94	0.95	X
WBU2	3.89	5.99	O	0.1	0.3	O	0.04	0.46	O	0.99	0.94	O
WBU3	3.89	3.84	X	0.1	0.3	O	0.04	0.46	O	0.99	0.94	O
WKB4	2.79	3.84	O	0.1	0.3	O	0.05	0.46	O			
WKB5	4.44	3.84	X	0.17	0.3	O	0.08	0.46	O			

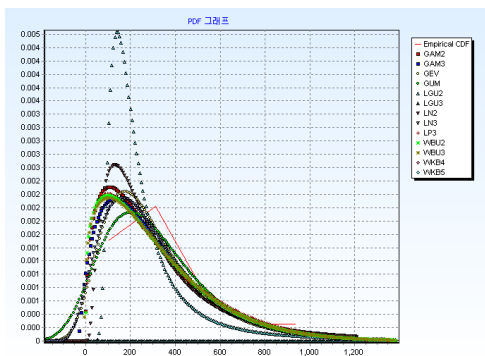


그림 2. 경안천 확률밀도함수

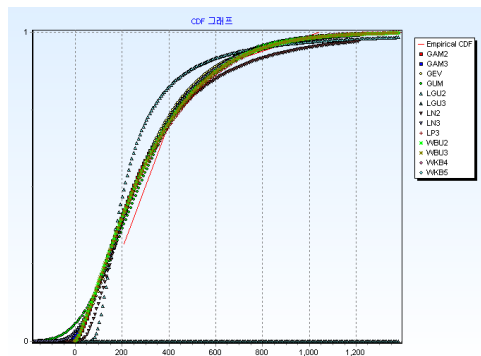


그림 3. 경안천 누가분포함수

시하여 유량-빈도 함수를 산정하였다. 각각의 유량-빈도 함수에서 재현기간별로 300개의 홍수량 자료를 추출하여 목표사상인 확률홍수량과 비교하여 조건부 비초과확률을 구하였다. 각 하천별로 구한 조건부 비초과확률을 <표 5>와 같다.

표 5. 하천별 조건부 비초과확률

하천	빈도별 제방	임계사상(%)												
		0.5	0.333	0.2	0.1	0.05	0.033	0.02	0.014	0.012	0.01	0.005	0.003	0.002
경 안 천	2년	0.429	0.045	0.010	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	3년	0.955	0.527	0.089	0.019	0.009	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	5년	0.998	0.955	0.643	0.152	0.036	0.018	0.014	0.012	0.010	0.009	0.009	0.006	0.001
	10년	0.999	0.995	0.964	0.607	0.268	0.170	0.089	0.071	0.054	0.027	0.027	0.018	0.018
	20년	0.999	0.999	0.991	0.955	0.634	0.482	0.357	0.277	0.250	0.179	0.125	0.089	0.063
	30년	0.999	0.999	0.997	0.982	0.821	0.652	0.491	0.420	0.393	0.348	0.205	0.152	0.134
	50년	0.999	0.999	0.999	0.982	0.964	0.848	0.661	0.589	0.527	0.473	0.357	0.321	0.232
	70년	0.999	0.999	0.999	0.990	0.966	0.946	0.795	0.661	0.634	0.589	0.464	0.384	0.348
	80년	0.999	0.999	0.999	0.999	0.973	0.955	0.839	0.679	0.652	0.616	0.473	0.446	0.357
	100년	0.999	0.999	0.999	0.999	0.983	0.982	0.875	0.804	0.759	0.652	0.509	0.464	0.411
	200년	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.982	0.973	0.911	0.902	0.857	0.688	0.625	0.500
	300년	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.991	0.982	0.973	0.955	0.911	0.804	0.696	0.625
	500년	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.991	0.982	0.973	0.973	0.866	0.821	0.705
청 미 천	2년	0.471	0.029	0.005	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	3년	0.962	0.529	0.087	0.021	0.008	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	5년	0.998	0.971	0.529	0.096	0.048	0.019	0.010	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	10년	0.999	0.995	0.962	0.529	0.202	0.106	0.067	0.058	0.058	0.041	0.029	0.019	0.010
	20년	0.999	0.998	0.990	0.875	0.538	0.394	0.250	0.154	0.135	0.106	0.077	0.058	0.048
	30년	0.999	0.999	0.997	0.962	0.702	0.567	0.375	0.317	0.288	0.240	0.115	0.087	0.077
	50년	0.999	0.999	0.999	0.981	0.865	0.731	0.577	0.442	0.394	0.356	0.269	0.202	0.106
	70년	0.999	0.999	0.999	0.990	0.942	0.798	0.654	0.587	0.538	0.471	0.298	0.269	0.221
	80년	0.999	0.999	0.999	0.999	0.962	0.846	0.683	0.625	0.596	0.519	0.346	0.298	0.240
	100년	0.999	0.999	0.999	0.999	0.973	0.875	0.750	0.663	0.635	0.596	0.375	0.308	0.279
	200년	0.999	0.999	0.999	0.999	0.981	0.952	0.865	0.779	0.760	0.712	0.596	0.490	0.356
	300년	0.999	0.999	0.999	0.999	0.981	0.971	0.933	0.846	0.837	0.769	0.663	0.596	0.462
	500년	0.999	0.999	0.999	0.999	0.990	0.981	0.952	0.923	0.894	0.846	0.721	0.673	0.625
복 하 천	2년	0.571	0.063	0.009	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	3년	0.964	0.625	0.089	0.012	0.005	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	5년	0.997	0.955	0.670	0.143	0.045	0.011	0.010	0.010	0.009	0.009	0.008	0.008	0.007
	10년	0.999	0.995	0.955	0.661	0.268	0.205	0.116	0.089	0.080	0.071	0.071	0.063	0.051
	20년	0.999	0.999	0.990	0.946	0.616	0.411	0.290	0.286	0.259	0.223	0.161	0.152	0.152
	30년	0.999	0.999	0.998	0.982	0.777	0.598	0.402	0.357	0.348	0.304	0.250	0.214	0.205
	50년	0.999	0.999	0.999	0.995	0.938	0.750	0.509	0.455	0.411	0.393	0.339	0.304	0.295
	70년	0.999	0.999	0.999	0.997	0.964	0.813	0.679	0.527	0.482	0.438	0.375	0.330	0.321
	80년	0.999	0.999	0.999	0.998	0.973	0.857	0.696	0.545	0.509	0.473	0.393	0.348	0.333
	100년	0.999	0.999	0.999	0.999	0.982	0.893	0.714	0.589	0.554	0.500	0.429	0.393	0.353
	200년	0.999	0.999	0.999	0.999	0.991	0.973	0.821	0.741	0.696	0.607	0.482	0.473	0.429
	300년	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.982	0.866	0.777	0.750	0.670	0.509	0.482	0.455
	500년	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.991	0.893	0.839	0.795	0.732	0.598	0.527	0.500

4.2 연평균지가변동률 산정

토지이용고도화 효과분석은 1990년 이후에 시행된 치수사업 중 경안천, 복하천, 청미천의 각각 3개의 지구를 대상으로 사업시행으로 홍수 범람으로부터 보호가 예상되는 지역을 선정하였다. 선정된 지역의 지번도를 이용하여 가능한 모든 토지가 및 지목현황과 개별공시지가를 조사하였다.

지가변동의 특성은 지가지수와 지가변동률을 이용하였는데 지가지수는 지목별로 Laspeyres 수정산식을 통해 산정하고, 지수평균은 전, 답 2개 지목의 지수에 공식지가변동률 산출시 사용되는 시·군·구별 지목별가중치를 적용한 가중평균을 이용하였다. 지가변동률은 전년도와 금년도의 지가지수를 비교하여 산출하였으며, 시·군·구 평균은 공식지가변동률을 이용하였다. 지가지수 산정을 위한 Laspeyres 수정산식은 다음과 같다(감정평가연구원, 1999). 또한 1990년부터 2002년까지의 연간 지가변동률은 <표 6>과 같다.

- 각 시·군·구 내의 각 지목별 지가지수

$$I_{il} = \frac{\sum (P_{tilk} / P_{oilk})}{n_{il}}$$

- 각 시·군·구의 평균 지가지수

$$I_i = \frac{\sum (I_{il} / W_{il})}{\sum W_{il}}$$

n : 표본수
 i : 행정단위
 l : 용도지역
 P_{oilk} : 기준시점의 표본지 가격
 P_{tilk} : 비교시점의 표본지 가격
 W_{il} : 행정단위별, 지목별 가중치

분기별 지가변동률

$$= \left(\frac{\text{당해분기 지가지수}}{\text{직전분기 지가지수}} - 1 \right) \times 100\%$$

누계 지가변동률

$$= \left(\frac{\text{비교시점 지가지수}}{\text{연초 지가지수}} - 1 \right) \times 100\%$$

<그림 4>는 사업지역과 여주군의 지가변화를 비교하기 위해 1990년 지가를 100이라고 보았을 때 2002년까지의 지가변화를 나타낸 그림으로 1995년부터 지가가 상승함을 알 수 있다.

사업지역의 지가는 1990년 이후 1.52배 상승하였으며 치수사업완료후인 1995년 이후에는 1.62배 상승하였다. 이는 1990년부터 치수사업시행전까지는 지가가 하락하다가 사업완료후 지가가 상승하였기 때문이다. 사업시행전에는 여주군의 평균 지가변동률보다 낮았으나 사업시행후 1998년 IMF전까지 상승하다가 IMF 때 -5.63으로 하락한 이후 다음해부터 다시 상승하고 있다. 사업시행이후 여주군 평균보다 지가변동률이 큼을 알 수 있다. 이는 치수안전도가 낮아 저평가되었던 지가가 치수사업시행후 주변지역의 지가수준으로 급격히 상승하였기 때문이다. 이와 같은 방법으로 각 하천별 지가 상승률을 <표 7>에 나타내었다.

표 6. 청미천 삼승1지구 연간 지가변동률

구분	가중치	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
전	14.01	2.46	-1.01	-11.57	5.83	-1.19	7.36	18.85	-6.23	22.44	10.06	3.02	8.32
답	18.99	5.42	-8.10	-2.15	-1.98	1.01	9.08	12.14	-5.19	10.05	7.04	1.87	7.50
가중평균	33.00	4.16	-5.09	-6.15	1.34	0.08	8.35	14.99	-5.63	15.31	8.32	2.36	7.85
여주군평균		5.45	0.27	-4.75	-1.28	0.61	1.98	0.80	-14.72	7.03	3.04	1.89	5.00

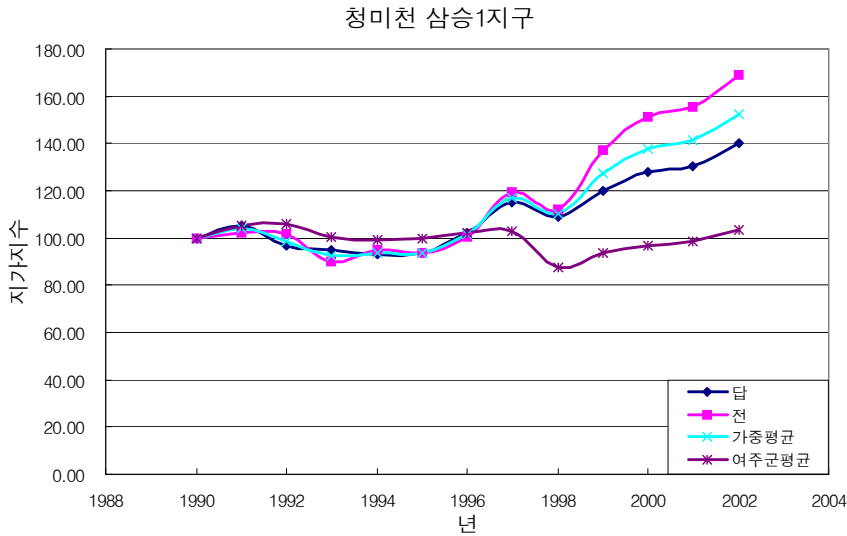


그림 4. 청미천 삼승1지구 연도별 지가변화

표 7. 하천 지구별 지가상승률 누계(%)

하천명	지구명	사업 시행 년도	완공후 ~ 2002년 (A)	수해지구 누계		해당 시군구 누계		순수지가변 동률 (F=C-E)	연평균 (F/A)
				1990 ~ 2002 (B)	완공후 ~ 2002 (C)	1990 ~ 2002 (D)	완공후 ~ 2002 (E)		
청미천	청안1	1994	8년	28.11	25.69	3.46	4.06	21.63	2.70
	청안3	1994	8년	75.88	56.53	3.46	4.06	52.46	6.56
	삼승1	1995	7년	52.45	62.47	3.46	3.43	59.04	8.43
가평천	화악	1996	6년	98.58	17.75	-8.72	-4.45	22.20	3.70
	하색1	1996	6년	87.27	24.39	-8.72	-4.45	28.84	4.81
	하색2	1996	6년	64.46	29.43	-8.72	-4.45	33.88	5.65
북하천	목리1	1996	6년	168.31	50.45	7.01	4.63	45.81	7.64
	목리2	1996	6년	76.93	57.42	7.01	4.63	52.79	8.80
	이치3	1996	6년	41.60	62.85	7.01	4.63	58.22	9.70
경안천	양별	1993	9년	73.33	139.78	18.32	7.22	121.46	16.83
	쌍령	1993	9년	92.51	142.28	18.32	7.22	123.96	17.17
	무갑	1993	9년	17.14	27.90	18.32	7.22	9.58	1.33

수해지역의 지가는 대부분 지역에서 1998년 IMF시기의 하락을 제외하고는 사업시행 후부터 계속해서 상승하였다. 1990년부터 2002년까지의 지가변화를 비교해 보면 북하천의 목리1지구, 치수사업시행 후부터 비교한 경우에는 경안천 쌍령지구가 가장 많은 상승을 하였다. 치수사업시행 후 해당 시·군·구의 지가 변화를 뺀 순수 지가변동률과 순수 연평균지가변동률은 경안천 쌍령지구가 가장 많이 상승하였고,

반대로 같은 경안천의 무갑지구가 가장 적게 상승하였다.

치수사업시행후 해당 시군구의 지가보다 최소 4배에서 최대 20배 가까이 더 상승한 것을 알 수 있었다. 평균적으로 경안천 유역이 가장 많이 상승하였고 가평천 유역이 가장 적게 상승하였다. 하지만 경안천 유역의 경우 지구별로 편차가 큼을 알 수 있었다. 지목별로는 전과 답이 대체적으로 비슷하게 상승하였다.

4.2.1 치수사업으로 인한 지가변동성 검증

먼저 치수사업지역의 지가변화가 치수사업에 의한 것인지, 아니면 각 지역의 개별적 요인에 의한 상승인지를 알아보기 위하여 사업지구와 해당 시·군·구의 지가변동률²⁾을 비교하였다. 통계적으로 유의성이 있는지 여부를 검증하기 위하여 해당 시·군·구의 지가변동률과 치수사업지역의 지가변동률을 분산분석³⁾의 방법으로 비교 분석하였으며 유의수준은 $\alpha = 0.05$ 로 하였다. 검정을 위한 귀무가설은 다음과 같다.

- 귀무가설1, $H_0: \mu_1 = \mu_2$ (사업시행 지역의 지목별 지가변동률이 같다.)
- 귀무가설2, $H_0: \mu_a = \mu_b$ (사업시행이 지가변화에 영향을 미치지 않는다.)
- 귀무가설3, H_0 : 사업시행과 지목간 지가변동의 상호작용은 없다.

분산분석 결과는 <표 8>과 같으며 사업지구의 지가변화는 해당 시·군·구의 지가변화와는 확연히 다름을 알 수 있고, 이를 통해 이 지역의 지가상승을 치수사업 시행으로 인한 상승으로 보고자 한다.

4.2.2 치수사업 시행지역의 지가변동성 검증

하천별로 치수사업에 의한 지가변화가 다른지를 검증하기 위해 단순 연평균지가변동률과 해당 시군구의 지가변동률을 차감한 순연평균지가변동률을 비교해 보기로 한다. 분석방법과 유의수준은 앞서와 같으며 귀무가설은 다음과 같다.

- 귀무가설1, $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ (각각의 하천의 지가변동률이 같다.)
- 귀무가설2, $H_0: \mu_a = \mu_b$ (각 하천의 지목간 지가변동률이 같다.)
- 귀무가설3, H_0 : 하천과 지목간 지가변동의 상호작용은 없다

분산분석 결과는 <표 9>, <표 10>과 같으며 단순 연평균지가변동은 하천별로 차이가 있으며 지목별로는 차이가 없었다. 하지만 순지가변동률은 단순 지가변동률과 달리 하천에 따라서 지가변동률의 차이가 없었다. 즉 순연평균지가변동률은 사업시행으로 인한 지역의 지가변동이 유역별로 차이가 없음을 알 수 있었다. 이는 사업지역의 지가상승에 의한 지역적 요인을 배제하였기 때문이다. 이로 인해 본 연구에서는 치수안전도

표 8. 이원 분산분석표

변동의 요인	제곱합	자유도	제곱평균	F 비	P-값	F 기각치	기각유무
지목	0.00001	1	0.00001	0.00998	0.92088	4.06170	X
사업시행유무	0.06358	1	0.06358	58.48299	0.00000	4.06170	O
교호작용	0.00000	1	0.00000	0.00003	0.99582	4.06170	X
잔차	0.04784	44	0.00109				
계	0.11143	47					

2) 해당 시군구 단위의 지가변동률(공식통계)을 말하는 것으로서 치수사업의 시행은 국지적이므로 사업지역에 직접적인 영향을 미치는데 비해 시군구 단위는 광역적이므로 직접적인 영향은 없거나 미미하므로 사업시행과 관계없는 지가변동률로 보기로 하며, 사업지역도 사업시행이 없었다면 해당 시군구의 일반지구와 같은 추이로 변동하였을 것이라고 전제하였다(안영욱, 2001).

3) 분산분석(ANOVA)은 세 개 이상의 집단 평균을 비교하기 위해 비교과정에 분산을 사용하는 통계적 기법이다. 여러 모집단의 평균을 주어진 유의수준에서 동시에 비교하여, 각 처리집단간에서 얻은 표본평균들의 분산과 각 처리집단내의 분산을 비교함으로써 가설 검증을 통해 상관관계를 파악하는 통계분석 기법이다.

표 9. 단순 연평균지가변동률 이원분산분석표

변동의 요인	제곱합	자유도	제곱평균	F 비	P-값	F 기각치	기각유무
하천	0.01754	3	0.00585	3.60881	0.03657	3.23887	O
지목	0.00000	1	0.00000	0.00300	0.95696	4.49400	X
교호작용	0.00130	3	0.00043	0.26819	0.84736	3.23887	X
잔차	0.02592	16	0.00162				
계	0.04476	23					

표 10. 순연평균지가변동률 이원분산분석표

변동의 요인	제곱합	자유도	제곱평균	F 비	P-값	F 기각치	기각유무
하천	0.01303	3	0.00434	2.68213	0.08174	3.23887	X
지목	0.00000	1	0.00000	0.00004	0.99521	4.49400	X
교호작용	0.00253	3	0.00084	0.51999	0.67456	3.23887	X
잔차	0.02590	16	0.00162				
계	0.04146	23					

향상에 따른 토지가치의 상승을 평가하기 위해 지역적 요인을 배제한 순 지가변동률을 사용하였다.

순연평균지가변동률은 사업지구의 지가변동률 누계에 해당 시·군·구의 지가변동률을 차감한 후 시행후부터 2002년까지의 기간으로 나누어

서 구한 각 지구별 변동률을 하천별로 산술 평균하였으며, 이를 <표 11>에 나타내었다. 홍수에 대한 방어력이 상승하면 지가가 상승함을 알 수 있으며, 본 연구대상의 지역에서는 조건부 비초과확률이 10%정도 상승했을 때 순연평균지가 변동률이 5배정도 상승하였다.

표 11. 하천별 조건부 비초과확률과 순연평균지가변동률

하천	지구	시행후 기간 (A)	순지가변동률 (B)	연평균순지가변동률		조건부 비초과확률		
				지구별 (C=B/A)	하천별 (D)	10년 제방 (E)	50년 제방 (F)	10년 ~ 50년 (G=F-E)
청미천	청안1	8	21.626	2.703	5.899	0.029	0.269	0.240
	청안3	8	52.464	6.558				
	삼승1	7	59.040	8.434				
북하천	목리1	6	45.814	7.636	8.712	0.071	0.339	0.268
	목리2	6	52.792	8.799				
	이치3	6	58.218	9.703				
경안천	양별	9	132.559	14.729	10.678	0.027	0.357	0.330
	쌍령	9	135.063	15.007				
	무갈	9	20.686	2.298				

5. 결 론

지가변동성 여부 검증 결과 순연평균지가변동률은 치수사업으로 인한 지가변화가 하천별로 차이가 없음을 알 수 있었다. 이를 토대로 조건부 비초과확률과 순연평균지가변동률간의 관계를 알아보았다.

경안천(양별, 쌍령, 무갑), 청미천(청안1, 청안3, 삼승1), 북하천(목리1, 목리2, 이치3)의 각각의 치수사업지구는 지방2급 하천지역으로 치수사업 시행으로 인해 건설된 제방은 모두 50년 빈도의 홍수사상에 대비해 건설되었다. 치수사업 이전의 제방에 대해서는 일반적으로 무과업 조건으로 고려하나, 본 연구에서는 치수사업 시행 전에 있던 제방을 10년 빈도로 건설되어 있다고 가정하였다. 이는 치수사업 이전에도 분명히 하천제방이 존재하고 있고, 10년 빈도 이하의 홍수량에 대해서는 어느 정도 하천 범람으로부터 안전을 제공할 수 있다고 생각하였다. 조건부 비초과확률 고려시 임계사상은 분석대상 빈도인 500년 빈도의 홍수량으로 고려할 수 있지만 이는 많은 불확실성을 포함하고 있기 때문에 200년 빈도의 홍수량을 임계사상으로 선택하였다. 이는 국가하천의 설계빈도 결정시 200년 빈도를 고려하고 있고, 현재와 같이 기상이변이 자주 발생하는 상황에서 충분히 발생 가능한 사상이라고 보았기 때문이다.

본 연구에서는 조건부 비초과확률과 순연평균지가변동률이 개략적인 비례관계에 있음을 알 수 있었으며, 이는 홍수에 대한 방어력이 상승하면 지가가 높아짐을 알 수 있었다. 즉, 연구대상 소도시 지역에 대해서 조건부 비초과확률이 10% 상승했을 때 순연평균지가변동률이 약 5배 상승하였다.

참고문헌

1. 건설교통부 (1996-1998). 유량연보.
2. 건설교통부 (1999a). 하천제방의 홍수방어력 평가지침서, pp. 53-56.
3. 건설교통부 (1999b). 지가공시에 관한 연차 보고서.
4. 건설교통부 (2000). 수자원장기종합계획 (Water Vision 2020).
5. 건설교통부 (2001). 치수사업 경제성 분석 개선방안 연구.
6. 건설교통부 (2002). 하천시설물 설계시 신뢰도 분석 개념 도입에 관한 연구.
7. 건설부 (1990-2002). 한국수문조사연보.
8. 경기도(2002a). 경안천 하천관리대장.
9. 경기도(2002b). 북하천 하천관리대장.
10. 경기도(2002c). 청미천 하천관리대장.
11. 김형수, 김유진, 이지원 (2003). “불확실성을 고려한 연피해 기대치 산정.”, 한국습지학회지, 한국습지학회, 제 5권, 제 1호, pp. 41-52.
12. 안영욱 (2001). 택지개발사업으로 인한 인근지역 지가변동에 관한 연구.
13. 일본 건설성 하천국 (2000). 치수경제조사 매뉴얼(안).
14. 일본 국제협력사업체 사회개발조사부 (2002). 개발조사에 있어서의 경제평가수법연구(치수, 방재).
15. 한국수자원공사 (2001). 치수안전도 지표설정 및 사례연구 보고서.
16. Moser, D.A. (1998). Risk Analysis for Water Resources Planning and Management, PROSPECT Training Course Notes. Control No. 349, U.S. Army Corps of Engineers.

17. National Research Council (2000). Risk Analysis and Uncertainty in Flood Damage Reduction Studies, National Academy of Science. pp. 1-202.
18. Robert Ezra Park, E.W. Burgess (1921). 사회학서설.
19. Stedinger, J.R. (1997). "Expected probability and annual damage estimators.", Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol. 123, No. 2, pp. 125-135.