

상류지점 수위표 수위변동에 따른 하류지점 수위표 수위변동예측

The estimation of water level fluctuation in the down stream water mark by water level fluctuation in the upper region water mark

최 한 규* 임 윤 수** 백 효 선***
Choi, Han-Kuy Lim, Yoon-Soo Baek, Hyo-Seon

Abstract

Generally, the accuracy of the prediction of flood elevation is difficult to identify due to the sedimentation on a river bed, earth and sand being moved by flow, and localized torrential downpours caused by climate change. It is also because of natural and artificial influences on rivers.

To predict river floodings successfully, more precise and reliable flood elevation prediction system is needed, in which the concentration time of downstream is numerically interpreted through analyzing and utilizing the watermark of the upper region.

Therefore, this research analyzed the prediction methods of the changes in water levels, which use the watermarks of the upper region. The watermarks which impacts the spot being predicted of flood was selected through floodgate analysis and correlation analysis. With the selected watermarks, a statistically reliable regression equation was yielded.

키워드 : 회귀식, 도달시간, 수문분석

Keywords : regression equation, time of concentration, floodgate analysis

1. 서론

강원도에 분포하고 있는 대부분의 하천은 산지가 주를 이루며 하상경사가 급하여 유속이 빠르며 이에 따라 집중호우시 직접유출량이 급속히 불어남과 함께 하천주변의 근경에 위치한 주민의 생명과 재산에 커다란 영향을 미치고 있어 이로 인한 피해가 상당히 크다. 하천유량의 범람을 최소화하고, 홍수위에 대한 피해를 적절히 예방하기 위해서는 현재 관측되고 있는 수위관측소의 신뢰성 있는

현황과약과 인근 주요지점에 대한 적절한 수문특성조사가 필요하다. 기존의 홍수위 예측은 하상의 퇴적과 급속한 유속의 흐름에 의한 토사이동 그리고 잦은 기후변동에 의한 집중호우 등으로 인해 홍수예측 시스템의 신뢰성마저 그 유의성을 확인하기 어려운 실정이다. 이는 하천의 자연적 및 인위적 영향에 따른 원인이기도 하다. 따라서 하천의 범람을 미리 예측하기 위해 상류지역의 수위표를 분석하여 하류지역의 홍수위 도달시간을 수치적으로 해석함으로써 보다 정확하고 신뢰성 있는 홍수예측 시스템의 구축이 필요한 실정이다.

따라서, 본 연구의 목적은 수위표를 이용한 하류지역의 수위변동을 예측하는 것으로서 연구를 위한 대상지역으로 강원도 정선군을 선정하였다. 정선군은 급한 하상경사와 여러 지류하천을 분포하고 있어 본 연구 대상지점에 적합한 대상지점

* 강원대학교 목공학과 교수, 공학박사·교신저자

** 강원대학교 대학원 토목공학과 공학석사

*** 강원대학교 대학원 토목공학과 박사과정수료

이다.

2. 이론적 배경

2.1 상관분석

둘 이상의 변량사이에 존재하는 어떤 상호 종속적인 관계나 그 관계의 강도를 통계적으로 분석하는 방법을 상관분석(correlation analysis)이라 한다. 모상관계수(population correlation coefficient)가 ρ 인 이변량 모집단으로부터 얻은 크기 n 의 확률표본을 $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$ 이라 할 때, X 와 Y 의 분산에 대한 불편추정량은 각각

$$S_X^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$$

$$S_Y^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \quad (1)$$

이고 마찬가지로 X 와 Y 의 공분산에 대한 불편추정량은

$$S_{XY} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}) \quad (2)$$

이다.

모상관계수는 모공분산 $\sigma_{XY} = Cov(X, Y)$ 와 모표준편차들 σ_X, σ_Y 에 대하여 $\rho = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y}$ 이므로 ρ 를 추정하기 위한 표본상관계수(sample correlation coefficient) r 을

다음과 같이 정의한다.

$$r = \frac{S_{XY}}{S_X S_Y} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (3)$$

여기서, S_{XY} 는 표본으로부터 얻어진 X 와 Y 의 공분산이며, S_X 는 X 의 표본표준편차, S_Y 는 Y 의 표본표준편차이다.

부분상관계수 (partial correlation coefficient)는 두 변수간의 순수한 상관성을 찾기 위해 사용되는 방법으로 식 (2.4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} r_{X_1 X_2, X_3} &= \frac{r_{X_1 X_2} - r_{X_1 X_3} r_{X_2 X_3}}{\sqrt{(1 - r_{X_1 X_3}^2)(1 - r_{X_2 X_3}^2)}} \\ r_{X_1 X_3, X_2} &= \frac{r_{X_1 X_3} - r_{X_1 X_2} r_{X_2 X_3}}{\sqrt{(1 - r_{X_1 X_2}^2)(1 - r_{X_2 X_3}^2)}} \\ r_{X_2 X_3, X_1} &= \frac{r_{X_2 X_3} - r_{X_1 X_2} r_{X_1 X_3}}{\sqrt{(1 - r_{X_1 X_2}^2)(1 - r_{X_1 X_3}^2)}} \end{aligned} \quad (4)$$

여기서 $r_{X_i X_j, X_k}$ 는 X_k 의 영향력을 제거한 X_i 와 X_j 의 부분상관계수이고, $r_{X_i X_j}$ 는 X_i 와 X_j 의 상관계수이다.

순위로 평가하는 것이 용이한 경우에 상관계수 대응으로 쓰이는 것으로 순위상관계수가 있다. 다음과 같이 정의된다.

$$r_s = \frac{6 \sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n(n^2 - 1)} \quad (5)$$

확률변수 X 가 평균이 μ 이고 분산이 σ^2 인 정규분포를 따를 때 간단히 $N(\mu, \sigma^2)$ 으로 표현되며, 이 분포형을 표준정규분포의 확률변수 Z 로 표현하면 $Z(0,1)$ 이 되며 이러한 과정을 표준화라 하며 다음과 같다.

$$z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (6)$$

여기서 Z 는 표준정규 확률변수, X 는 확률변수, μ 는 평균, σ 는 표준편차를 의미한다.

2.2 회귀분석

회귀분석의 역할은 이론적으로 알고 있는 두 변수의 관계를 실제 현상에서의 확인해보는 것과 한 변수를 기초로 하여 다른 변수를 예측하는 것이다. 회귀분석에서 가장 간단한 것은 하나의 독립변수와 하나의 종속변수 사이의 관계를 분석하는 것인데, 이를 단순회귀분석이라 한다. 그러나 실제로는 여러 독립변수들이 종속변수에 어떤 영향을 미치는가를 파악해야 할 경우가 더 많이 있다. 어떤 경우의 회귀분석, 즉 하나의 종속변수와 여러 독립변수들 사이의 관계를 분석하는 것을 중 회귀분석이라 한다. 일반적으로 회귀식은 다음과 같이 독립변수 x 와 종속변수 y 의 관계를 식으로 표현된다.

$$y = \alpha + \beta x \quad (7)$$

독립변수 x 는 수학변수(mathematical variable), 종속변수 y 는 측정오차를 수반하는 확률변수, 측정오차들은 모든 x 에 대하여 서로 독립이다.

3. 대상유역 선정 및 자료조사

3.1 연구지점 선정

본 연구지점인 정선군은 면적이 1,219.91km², 인구는 4만1천551명(2008.12말 기준)으로 면적으로는 전국의 1.0%이고 강원도의 7.0%를 점유하고 있다. 인접시군으로 북쪽으로는 강릉시와 접하고, 북서쪽으로는 평창군이, 남쪽은 영월군이, 동쪽으로는 동해시, 삼척시, 태백시와 인접한다. 4개읍, 5개면, 1개 출장소 180리로 이루어졌고 군청소재지는 정선읍 봉양리이다. 한강 유역 현황으로 오대천, 어천, 임계천, 송지천, 골지천 등이 있으며, 한강을 수계로한 지방하천으로서 대부분의 하천은 협준한 산악의 급경사 협곡을 따라 유입하며, 하상구성재료는 모래, 자갈 및 호박돌로 구성되어 있다.

산업기술연구(강원대학교 산업기술연구소 논문집), 제30권 B호, 2010.

상류지점 수위표 수위변동에 따른 하류지점 수위표 수위변동예측

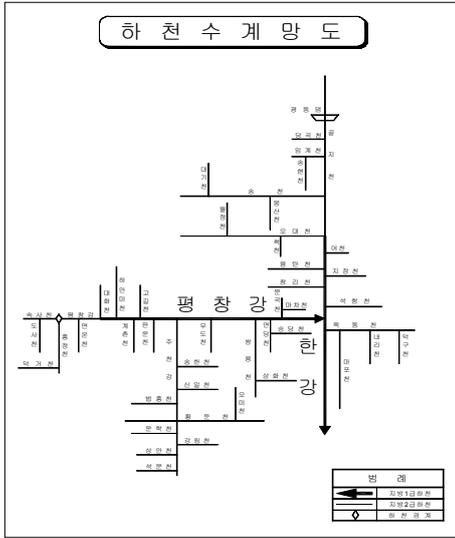


그림 1 연구지점 하천수계망도

표 1 우량관측소 일람표

번호	관측소명	관측종별	위치			관측개시년월	관할관서명	비고
			주소	동경	북위			
1	대관령	자기	강원도 평창군 도암면	128°46'	37°41'	1971.7	기상청	유역외
2	태백	자기	강원도 태백시 황지동	128°59'	37°10'	1985.8	기상청	유역외
3	제천	자기	충청북도 제천시 신원동	127°11'	37°09'	1971.1	기상청	유역외
4	정선	T/M	강원도 정선군 정선읍	128°42'	37°23'	1974.7	수자원공사	유역내
5	임계	자기	강원도 정선군 임계면	128°49'	37°29'	1926.	수자원공사	유역내
6	상동	자기	강원도 영월군 하화암면	128°37'	37°08'	1960.8	수자원공사	유역외
7	봉평	자기	강원도 평창군 봉평면	128°21'	37°37'	1985.8	수자원공사	유역외

자료출처 : 지방 하강 하천정비기본계획(보완)보고서 (2004.10 정선군)

3.2 수문자료 조사

우리나라 우량관측소는 2001년 말 건설교통부 384개소, 기상청 71개소, 한국수자원공사 137개소, 농업기반공사 9개소 등 총 601개소가 설치·운영되고 있다. 이는 국토면적 99,408km²(남한)에 대하여 우량관측소 1개소당 약 165.4km²를 대표하여 WMO의 기준(산악지:100~250km²당 1개소)을 만족하고 있는 상황이다.

수위관측소는 물 관리나 홍수 통제업무를 위주로 설치하여 관측자료는 유역의 유출을 결정하기 위한 기초자료로서 매우 중요하다. 수위관측소의 설치는 특별한 기준은 없으나 주요지천의 특성과 하천의 인위적인 사용특성에 따라서 가능한 조밀하게 할 필요가 있으며, 과거에는 수위관측소의 설치목적이 주로 홍수량자료 수집에 국한되었으나 최근에는 물 관리 부분을 주요 관심사로 하여 관측소를 설치하고 있다. 본 연구 중심으로 유역내의 우량관측소와 수위관측소 일람은 표 1, 표 2와 같다.

표 2 수위관측소 일람표

유역명	관측소명	관측종별	위치			영점표고(EL.m)	관측개시일	관할관서	Rating Curve 유무
			지명	동경	북위				
한강	정선	T/M	강원도 정선군 정선읍	128°28'41"	37°13'55"	294.839	1918.1	국도해양부	유
	임계	자기	강원도 정선군 임계면	128°24'41"	37°11'29"	492.105	1962.7	수자원공사	유
	송천	T/M	강원도 정선군 여량면	128°43'15"	37°28'59"	376.127	2007.5	국도해양부	무
	남평대교	T/M	강원도 정선군 북평면	128°39'19"	37°26'10"	333.15	2008.9	강원도	무
	나전	T/M	강원도 정선군 북평면	128°39'09"	37°26'10"	333.554	2007.5	강원도	무
	아우라지	T/M	강원도 정선군 여량면	128°43'01"	37°28'12"	364.350	2008.9	강원도	무
	골지	T/M	강원도 정선군 임계면	128°51'35"	37°24'27"	530.00	2007.8	강원도	무

자료출처 : 한국수문조사연보(2006, 건설교통부), 강원도

3.3 유출량 산정

유출량 산정지점 정선군 내의 아우라지교와 남평대교, 정선1교, 골지교 지점으로서 수위예측을 위한 유역의 유출특성을 파악하기 위하여 실시하였으며 유출량 산정을 위하여 주요지점의 지형특성은 표 3과 같다.

표 3 유출량 산정지점 지형특성

하천	지점	유역면적 A(km ²)	유로연장 L(km)	평균 폭 A/L(km)	형상계수 A/L ²	비고
한강	정선1교 지점	1693.1	105.5	16.05	0.15	
	남평대교 지점	972.7	88.3	11.02	0.12	
	아우라지교 지점	926.2	78.8	11.75	0.15	
	임계천 합류점	426.5	53.2	8.02	0.15	
	골지교 지점	258.8	40.0	6.47	0.16	

유출량 산정을 위한 주요 매개변수(유출계수, 도달시간, 지체시간 등)는 하천정비 기본계획에서 산정한 값을 적용하였다.

본 연구 대상지에는 각 산정지점별로 100년 빈도 홍수량에 대한 유출량을 산정하였으며 산정 결과는 표 4와 같으며 표 5는 지점별 홍수량 특성을 나타내었다. 또한, 각 지점별 면적비 및 홍수량비를 산정한 결과 남평대교 지점의 경우 면적비는 57%정도 차지하나 홍수량비는 91% 정도를 차지하고 있어 정선1교 지점의 경우 남평대교 지점이 정선1교의 홍수위변동에 영향이 절대적일 것으로 분석되었다.

표 4 홍수량 산정결과

하천	지점	유역면적 A(km ²)	유로연장 L(km)	도달시간 (HR)	홍수량 (m ³ /sec)	비고
한강	정선1교 지점	1693.1	105.5	8.72	15,239	
	남평대교 지점	972.7	88.3	7.12	13,895	
	아우라지교 지점	926.2	78.8	6.24	9,287	
	임계천 합류점	426.5	53.2	4.22	3,564	
	골지교 지점	258.8	40.0	3.17	2,370	

표 5 각 지점별 홍수량 특성

지점	유역면적 A(km ²)	홍수량 (m ³ /sec)	면적비	유량비
정선1교 지점	1693.1	15,239	1.000	1.000
남평대교지점	972.7	13,895	0.575	0.912
아우라지교 지점	926.2	9,287	0.547	0.609
임계천 합류점	426.5	3,564	0.252	0.234
골지교 지점	258.8	2,370	0.153	0.156

4. 자료 분석

4.1 수위관측소 선정

수위관측소의 선정은 관측자료의 보유 기간 및 관측값의 자료 수, 관측 값의 신뢰 등을 고려하여 강원도 및 국가기관에서 설치한 수위관측소를 선정하였다. 또한, 같은 지점에 각각 관리기관이 다른 수위 관측소가 존재하는 경우 자료 값의 신뢰성을 위하여 상위 관리기관의 관측소를 선정하였으며, 수위예측지점에 영향을 주는 관측소의 선별은 상관계수 및 본 연구에서 산정한 도달시간 산정 값을 토대로 하여 상관력이 높은 관측소를 채택하여 본 연구를 수행하였다. 그러나 한강홍수통제소에서 관리하는 오대천 나전교 지점의 수위관측소 경우 골지천에 위치하고 있어 홍수시에 분류하천의 배수영향으로 인한 신뢰성이 결여 될 것으로 판단되어 강원도에서 관리하는 나전 2교 수위관측소, 골지천 남평대교 관측소를 채택하여 정선1교 지점의 홍수위를 예측하였다. 다음으로 북평면 경우 상류 지류하천인 송천, 분류하천인 골지천의 아우라지교를 채택하여 본 연구를 수행하였다.

정선군 여량면 지점의 경우 지류하천인 송천이 위치하나 관측소로부터의 도달시간이 0.34hr로 산정된 짧은 시간 내에 본 수위예측지점(여량면 아우라지교)의 하류로 유하하는 점을 고려하여 송천 관측소는 제외하여 본 연구를 수행하였다. 표 6과 그림 2는 수위예측지점별 상류 수위관측소의 도달시간 산정과 예측 모식도를 나타내었다.

표 6 수위예측지점별 상류 수위관측소 채택

		나전교	남평대교	아우라지교	송천교	송계교	골지교
		정선읍 1교	채택 여부	○	○	×	×
정선읍 1교	도달 시간	2hr	2hr	2.47hr	2.81hr	4.50hr	5.55hr
	관리 기관	강원도	강원도				
정선군 북평면	채택 여부			○	○	×	×
	도달 시간			1.22hr	1.22hr	2.91hr	3.96hr
정선군 여량면	채택 여부				×	○	○
	도달 시간				0.34hr	2.03hr	3.96hr
정선군 여량면	관리 기관					한강홍수통제소	강원도

산업기술연구(강원대학교 산업기술연구소 논문집), 제30권 B호, 2010.

상류지점 수위표 수위변동에 따른 하류지점 수위표 수위변동예측

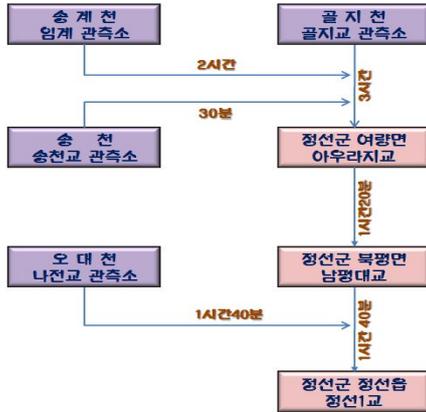


그림 2 홍수위 산정지점 예측 모식도

4.2 지점별 상관분석 결과

본 연구의 이론적 배경에 소개한 통계학적 방법으로 각 상류하천의 수위관측소에 대한 설명력을 알아보기 위하여 상관분석을 실시하였다. 분석결과 정선 1교 지점에 대하여 나전교, 남평대교, 송천교의 설명력이 90%이상으로 높게 나타났으며, 남평대교 지점의 경우 송천교와 아우라지교, 송계교 지점이 높게 나타나고 있음을 확인 할 수 있었다. 또한 아우라지교의 경우 상류의 위치한 송계교, 골지교의 관측소 모두 94%이상으로 높게 나타남을 확인하였다. 상류하천의 각 수위관측소별 상관분석 결과는 표 7에 정리하였으며, 그림 3~4는 수위 예측지점에 따른 각 수위관측소의 상관도를 도시하였다.

표 7 수위예측지점별 상관분석 결과

교량명 예측 지점	정선 1교	나전 교	남평 대교	송천 교	아우 라지	송계 교	골지 교
정선1교	1	0.940	0.983	0.91	0.80	0.85	0.65
남평대교			1	0.99	0.980	0.952	0.78
아우라지교					1	0.963	0.940

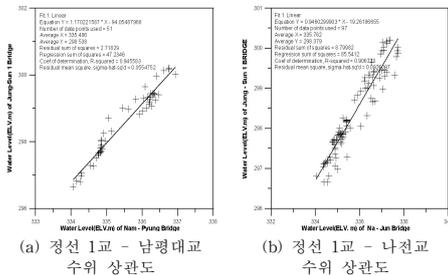


그림 3 수위예측 지점별-상류 수위관측소 상관도

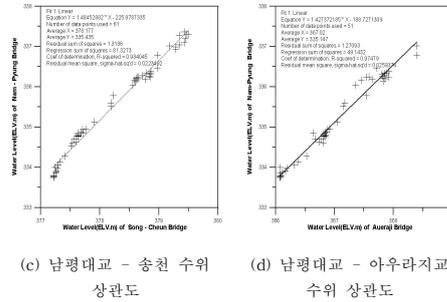


그림 3 <계속>

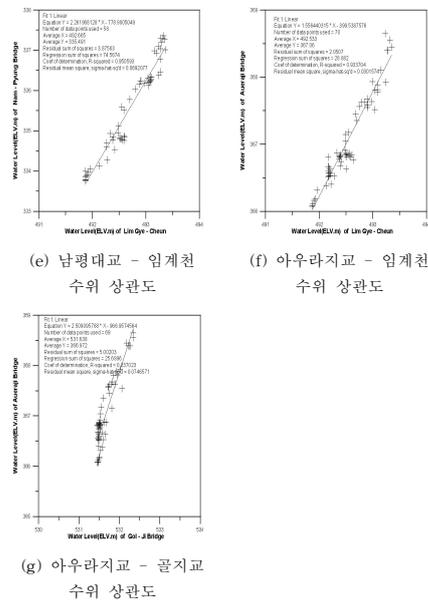


그림 4 수위예측 지점별-상류 수위관측소 산점도

4.3 회귀분석

예측지점별 회귀분석을 한 결과 신뢰구간 95% 일 때 P-value값이 오차 범위 5%이상의 결과를 나타내었던 지점은 종속변수에 미치는 영향이 무의미하여 배제시켰으며, 각 지점별 분석된 변수들은 통계학적으로 신뢰구간 95%일 때 P-value값이 0.000일때의 값으로 회귀식의 유의함을 확인할 수 있는 지점으로 회귀분석을 실시 하였다. 표 8~10은 지점별 회귀분석 결과를 나타내었으며, 표 11은 지점별 수위변동 회귀식 산정식을 나타내었다.

산업기술연구(강원대학교 산업기술연구소 논문집), 제30권 B호, 2010.
최한규, 임운수, 백효선

표 8 정선1교 회귀분석 결과

계 수(Coefficient)						
변수	B (회귀계수)	β (표준화 계수)	t -value	p -value	Toler ance	VIF
Constant	-86.730	-	-7.087	0.000	-	-
Na-Jun 2 Bridge	0.277	0.271	3.593	0.001	0.157	6.360
Nam-pyu ng Bridge	0.871	0.724	9.602	0.000	0.157	6.360
분산분석(analysis of variance)						
Model	sum of squares	df	Mean squares	F-value	P-value	
SSR	47.811	2	23.905	535.698	0.000	
SSE	2.142	48	0.045	-	-	
SST	49.953	50	-	-	-	
회귀식(Regression equation)						
Jung-Sun(ELV.m)						
-86.730 + 0.277(Na-Jun ELV.m) + 0.871(Nam-pyung ELV.m)						
Model Summary						
R	R-square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate			
0.978	0.957	0.955	0.211			

표 9 남평대교 회귀분석 결과

계 수(Coefficient)						
변수	B (회귀계수)	β (표준화 계수)	t -value	p -value	Toler ance	VIF
Constant	-237.211	-	-27.204	-	-	-
Auraji Bridge	0.721	0.477	8.425	0.000	0.059	17.072
Song-Cheun Bridge	0.814	0.526	9.280	0.000	0.059	17.072
분산분석(analysis of variance)						
Model	sum of squares	df	Mean squares	F-value	P-value	
SSR	49.959	2	24.980	2636.194	0.000	
SSE	0.455	48	0.009	-	-	
SST	50.414	50	-	-	-	
회귀식(Regression equation)						
-237.211 + 0.721(Auraji ELV.m) + 0.814(Song-Cheun ELV.m)						
Model Summary						
R	R-square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate			
0.995	0.991	0.991	0.09734			

표 10 아우라지교 회귀분석 결과

계 수(Coefficient)						
변수	B (회귀계수)	β (표준화 계수)	t -value	p -value	Toler ance	VIF
Constant	-694.033	-	-8.344	0.000	-	-
Lim Gye - Cheun Bridge	1.317	0.810	15.550	0.000	0.425	2.355
Gol-Ji Bridge	0.776	0.195	3.740	0.000	0.425	2.355
분산분석(analysis of variance)						
Model	sum of squares	df	Mean squares	F-value	P-value	
SSR	21.206	2	10.603	405.157	0.000	
SSE	1.518	58	0.026	-	-	
SST	22.724	60	-	-	-	
회귀식(Regression equation)						
-694.033 + 1.317(Lim-gye ELV.m) + 0.7759(Gol-ji ELV.m)						
Model Summary						
R	R-square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate			
0.966	0.933	0.931	0.16177			

표 11 각 지점별 수위변동 회귀식

지점	회귀식	상관 계수
정선 1교	0.277×나전수위+0.871×남평수위-86.73	0.978
남평 대교	0.721×아우라지교+0.814×송천-237.211	0.995
아우라 지교	1.317×임계수위+0.776×골지수위-694.033	0.966

5. 결론

본 연구는 상류 수위표 자료를 이용한 하류 수위표에 대한 수위 변동 예측기법으로 유출량 산정 및 수위표에 대한 통계적인 분석을 실시하여 수위 변동 예측이 가능함을 확인 할 수 있었다. 이에 따라 본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 도출 할 수 있었다.

1. 연구지점에 대한 유출량 해석을 실시한 결과 남평대교 지점의 경우 면적비는 57%정도 차지하나 홍수량비는 91%정도를 차지하고 있어 정선1교 지점의 경우 남평대교 지점이 정선1교의 홍수위변동에 영향이 절대적일 것으로 분석되었다.

2. 본 연구대상지점의 기본계획 및 유출량 분석을 통해서 정선1교를 기준으로 나전교와 남평대교는 1시간 40분이 소요되며 아우라지교는 3시간, 골지교는 6시간이 소요됨을 확인 할 수 있었다.

산업기술연구(강원대학교 산업기술연구소 논문집), 제30권 B호, 2010.

상류지점 수위표 수위변동에 따른 하류지점 수위표 수위변동예측

3. 정선1교지점을 기준으로 도달되는 시간만큼 상류지점 수위표의 수위를 지체시켜 상관분석을 실시한 결과 90%이상 높은 상관성을 확인할 수 있었다.

4. 상류지점의 수위표를 이용하여 상류지점의 수위변동을 예측할 수 있는 회귀식 산정하였으며 통계적인 상관계수가 0.96이상의 높은 상관성을 보이는 회귀식 개발이 가능하였다.

본 연구는 수위관측소만을 이용한 예측을 실시하였으나 향후 상류 강우량에 따른 수위 예측에 대한 연구가 병행되어야 할 것이다. 또한 본 연구에서는 주요지점의 수위보유기간이 짧아 검증을 실시하지 못하였으나 수위자료 축적에 따라 회귀식 검증 및 보완이 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 김산, “산지 소하천의 돌발홍수예경보 시스템”, 울산대학교 대학원, 2005.
- [2] 전경수, 김병익, “돌발홍수예경보 시스템”, 한국수자원학회지, 제34권, 제2호, pp. 48~56. 2001.
- [3] 김운태, 배덕효, 조천호, “돌발홍수예경보를 위한 미소유역의 한계유출량 산정”, 한국수자원학회지, 제35권, 제5호, pp. 553~561. 2002.
- [4] 배덕효, “돌발홍수예측 모델링 기법”, 한국수자원학회지, 제35권, 제4호, pp. 11~28. 2002.
- [5] 전경수, 김진수, 김호진, “하천 설계 홍수위산정에 관한 연구”, 대한토목학회 학술지.
- [6] 성내경, SAS/SPSS-회귀분석, 자유아카데미.
- [7] 윤상운, 이태섭, 실용통계학, 자유아카데미.
- [8] 성혁제 외 3인 공저, SPSS를 활용한 통계자료분석, 동일.