

수위관측소 주변여건 변화 조사분석 및 개선방안 제시



최규현 |

국토해양부 낙동강홍수통제소 조사과 운영계장
공학박사 · 시설연구사
choikyuhyun@korea.kr



홍성훈 |

국토해양부 낙동강홍수통제소 조사과
공학박사 · 시설연구사
wghsh72@korea.kr



김치영 |

유량조사사업단 유량조사실 공학박사 · 실장
cy_kim@hsc.re.kr



김삼은 |

유량조사사업단 유량조사실 그룹장
sekim@hsc.re.kr

요지

수문조사시설은 하천의 이·치수 및 환경 기능을 향상시키기 위한 구조적인 대책과 비구조적인 대책을 수립할 때 귀중하게 이용되는 수위자료를 취득

하기 위한 기본적인 시설임에도 불구하고 아직까지 선진 외국에 비해 고품질의 수위자료를 생산하기 위한 인프라 시설 및 연구결과가 부족하다는 평가를 받고 있다. 이에 하천 수문관측의 주변 환경 여건변화에 따라 낙동강홍수통제소가 관리중인 수문조사시설의 현황조사 및 개선방안을 제시하여 신뢰도를 제고하고, 이전 수위자료와의 연계방안 등을 제시하여 수위자료의 정확도를 확보하는데 있으며, 개정된 하천법에 맞는 수문조사시설 관리대장을 체계적으로 DB화하여 편리하고 신속하게 대국민 및 관련 업무담당자에게 제공하는 정보체계를 수립하였다.

핵심용어 : 수위관측소, 수문조사시설, 영점표고
검정수준점

1. 서론

수문조사시설은 수위자료의 신뢰도를 좌우할 만큼 중요하며, 수위는 유량 및 저수량 등과 같은 관련 수문자료를 생산하는데 기본이 되는 자료로서, 하천 및 수공구조물의 설계 등에 기초 자료로 이용될 뿐만 아니라 그 자체로서도 상당한 의미를 가진다. 또한 수위는 수자원의 효율적인 관리 및 수문순환 해석을 위한 가장 중요한 기초 자료로서 국가 차

학술/기술기사

원의 올바른 수자원 계획과 정책을 수립하는데 널리 활용된다. 이와 같이 수위자료의 이용분야가 다양하고 그 자체로서도 중요한 의미를 가지는 점을 고려할 때 무엇보다도 자료는 품질이 확보되어야 하고, 기존자료와도 충분한 연속성이 유지되어야 한다.

따라서 수문자료에 직접적인 품질에 영향을 줄 수 있는 수위관측소에 대하여 체계적이고 전문적인 현장조사를 실시하여 수문조사시설에 대한 개선방안을 제시하고, 영점표고검정수준점 현장조사 및 주변여건 변화를 분석함으로써 하천의 지형 및 수리학적 특성에 적합한 수문조사시설이 구축될 수 있도록 개선안을 제시하고 기존의 수문조사시설의 이력사항을 DB화 하였다.

2. 수문조사시설 현황조사 및 개선방안

연중 발생하는 모든 수위를 관측할 목적으로 설치되는 수위관측시설물은 하천의 지형적, 수리학적 특성을 반영할 수 있는 장소에 일반적으로 설치된다. 그러나 하천은 자연적 또는 인위적인 원인에 의해 그 특성이 변화되기 때문에 하천의 단면상의 적정한 위치도 함께 변화하게 된다. 이로 인해 기존에 적정했던 설치장소가 현재에는 부적합한 장소로 변화되는 등 여러 가지 복합적인 문제점을 야기하여 대상 관측소의 수위 품질이 저하되는 원인이 되고 있다. 이에 따라 대상 관측소에서 발생하고 있는 문제점 등을 정량적으로 파악하여 이에 대한 개선방안 등을 도출할 목적으로 영점표고검정수준점, 수위관측소 설치환경의 적절성, (-)수위 발생 유무 등에 주안점을 두고 현지조사를 수행하였다.

현장 조사시 영점표고검정수준점의 파손 유·무 및 주변환경을 조사한 바, 영점표고검정수준점의 파손 및 훼손, 주변여건에 따라 유지 88개소, 이설 9개소, 재설 3개소, 신설 12개소, 보강 4개소로 선정되어 반영구적인 영점표고검정수준점 표석을 매

설하였다. 수위관측소의 설치환경 및 (-)수위발생 및 가능성에 대한 총괄적인 현황은 다음 표와 같다.

표 1. 수위관측소 설치환경 현지조사 총괄

수계	관측국사 개선		보조수위표		수위표 형식			수위표 외관		
	필요	불필요	보강	신설	표준1	표준2	기타	양호	보강	
낙동강	17	86	12	10	67	28	8	84	19	
형산강	2	4	2	0	2	2	2	5	1	
태화강	2	3	0	1	4	1	0	5	0	
회야강	1	1	0	0	2	0	0	2	0	
계(116)	개소수	22	94	14	12	75	31	10	96	20
	비율(%)	19.0	81.0	12.1	10.3	64.7	26.7	8.6	82.8	17.2

표 2. (-)수위 발생 및 가능성 분석 총괄

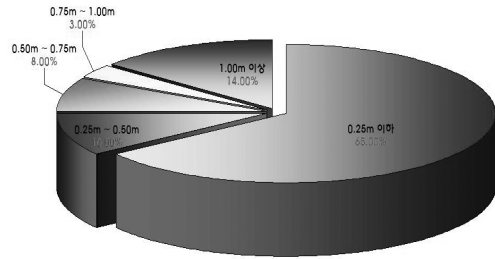
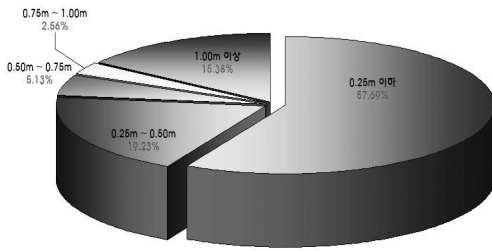
수 계	(-)수위 발생 지점		(-)수위 미발생 지점	
	개소수	조정필요	개소수	조정필요
낙동강	35	30	68	8
형산강	2	1	4	0
태화강	2	2	3	0
회야강	1	1	1	0
계(116)	개소수	40	34	76
	조정필요	42		

3. 영점표고검정수준점 및 영점표고 측량

영점표고검정수준점 조사측량은 국가 1등 및 2등 수준점을 활용하여 영점표고검정수준점까지 왕복수준측량을 실시하는 것이다. 급회 측량결과와 정확도 향상을 위해 공공측량작업규정서를 작성하여 국토지리정보원으로부터 승인을 득하였으며 대한측량협회에 공공측량성과심사를 실시하여 최종 완료하였다.

3.1 급회 영점표고검정수준점 및 영점표고 측량 결과

기존의 영점표고검정수준점의 표고값이 없거나 신설, 이설, 재설한 지점 38개를 제외한 78개의 지점에 대해 분석하였다. 기존 영점표고검정수준점과의 표고값의 차이는 먼저 기준 수준점인 국가수준



(a) 영점표고검정수준점

(b) 영점표고

그림 1. 기존과 금회의 표고차 범위별 분포

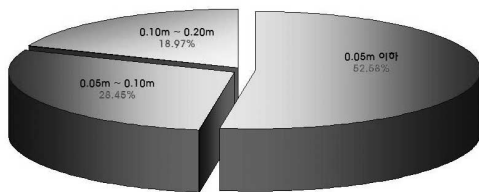
점의 표고값 변경과 하천 주변의 인위적인 공사 등에 의한 변화 등의 원인으로 판단된다.

기존의 영점표고 값이 없는 지점 15개와 수위관측소 이설한 지점 1개를 제외한 100개의 지점에 대해 분석하였다.

3.2 영점표고검정수준점 정확도 검토

금회 실시한 왕복수준측량 과정에서 발생할 수 있는 오류 및 오차를 검증하기 위해 RTK-GPS 측량을 병행 실시하였다. RTK-GPS 측량을 실시하기 전 낙동강권역내의 국립지리정보원에서 관리하고 있는 통합기준점을 대상으로 삼각망 구축을 실시하였다.

영점표고검정수준점과 RTK-GPS의 수계별로 분석 해본 결과, 81%가 10cm 이내, 100%가 20cm 이내로, 20cm 이상 오차는 없었다. 금회 왕복수준측량은 비교적 양호한 것으로 판단된다.



수준측량과 RTK-GPS와의 표고차이 범위별 분포

그림 2. RTK-GPS와의 비교

4. 기존 수문자료와의 연계방안

수위표 영점표고는 일반적으로 하상부터 자유수면의 높이까지를 일컫는 수위에 대한 기준 높이가 되는 값으로 영점표고의 변동은 수위의 변동을 초래하기 때문에 관측된 수위의 시계열 연속성을 확보하기 위해서는 영점표고의 신뢰도가 대단히 중요하다.

일반적으로 기존의 영점표고 값이 금회 확정된 값과 차이를 보일 경우에는 수위관측 기간 동안 어느 시점부터 언제까지 영점표고의 변동 사항에 영향을 미치고 있는지를 파악하는 것이 중요하다. 만일 기존의 영점표고에 오류가 있음을 발견했음에도 불구하고 금회 확정된 영점표고를 현 시점부터 적용한다면 기존 수문자료와의 연속성을 유지할 수 없다. 즉 수위관측 기간 동안 잘못된 영점표고가 설정된 기간 등을 파악하여 금회 확정된 값이 적용될 기간을 결정해야 한다는 의미이다.

영점표고의 변동에 따른 기존 수문자료의 적용여부를 확인하기 위해서는 우선적으로 수위관측소, 영점표고 검정수준점, 수위표 등 주변여건 현황에 대한 이력관리현황을 조사해야한다. 이력관리에 사용된 문헌자료는 한국수문조사서, 한국수문조사연보 및 낙동강홍수통제소에 관리하는 수위관측소 유지관리대장, 수준점 관측기록부, TM 수위표대장 및 일반수위표대장, 시설 준공 설계서 등 관련 자료를 최대한 활용하였다.

수위자료의 형태는 본격적인 TM 수위관측이 이루어지기 전까지 일단위 기준으로 관측되었으며 동절기 폐국과 일부 시점만 수위자료가 관측된 경우 등 결측구간이 상당히 존재하고 있다. 그러나 영점표고 변동사항이 수위자료에 적용되었는지의 여부를 판단하기 위해서는 시간단위 수위자료로 관측된 자료가 있어야 수위표 영점표고의 이력현황의 일치 여부를 판단할 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 시간단위 수위자료를 기준으로 연속성 검토를 실시하였으며 시간단위 자료가 전무한 2000년대 이전의 자료는 부득이하게 일단위 수위자료를 참고하여 영점표고 적용여부를 판단하였다. 본 연구의 기존 수위자료와의 연계방안 방법은 다음 그림과 같다.

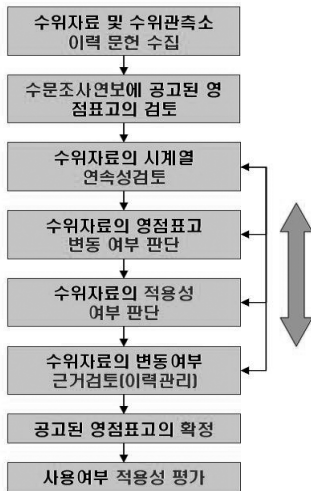


그림 3. 수위자료 연계방안 절차

기본적으로 기존에 남아있는 수위관측소 및 영점표고의 문헌을 취합하여 이력관리현황을 정리하였으며, 이를 통해 공고된 수문조사연보의 영점표고와의 검토과정을 통해 오기 및 누락된 변동사항을 찾아내어 기존 영점표고 변동사항을 확정하였다.

확정된 영점표고는 일단위, 시간단위 수위자료와의 연속성 검토를 통해 영점표고의 적절성을 검토하였으며, 문헌에 기록된 수위관측소의 이설, 하상변동, 수리시설물의 설치 등과 같은 수위표 영점표고의 변동에 영향을 줄 수 있는 자료를 검토하여 영점표

고의 사용여부를 판단하였다.

4.1 영점표고의 적절성 검토

각 지점별 기록된 문헌의 이력현황과 수문조사연보의 영점표고 현황을 검토하여 확정된 수위표 영점표고는 금회 산정된 영점표고와 서로 상당한 차이를 보임에 따라 이에 대한 영향이 어느 기간까지 파급되어지는지를 파악하여 수위자료의 시계열 연속성을 가질 수 있는 영점표고의 적절성 검토가 필요하다. 이를 위해 기존 수위자료와의 연속성 분석을 수행하였다. 연속성 분석에 활용된 수위자료는 1900년대 이후의 문헌상 및 Database 형태로 남아있는 모든 수위자료이며 기본적으로 시간단위 자료를 우선적으로 검토하였다. 수위자료의 특성으로 인해 연속성 분석이 어려운 지점에 대해서는 일단위 수위자료를 참고로 활용하였다.

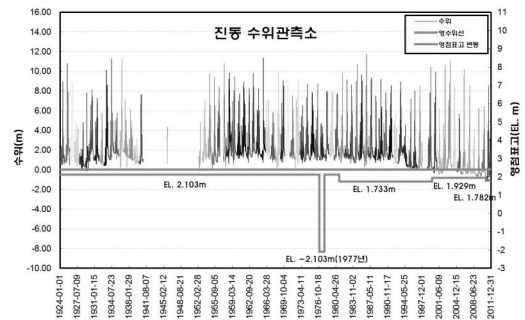


그림 4. 수위자료 연속성 검토 예시(진동 수위관측소)

4.2 수위자료의 연계성 제시

이력관리된 수위관측소 주변현황, 영점표고검정 수준점 및 영점표고 변동사항, 수위자료의 연속성 검토 등을 통해 기존문헌에서 상이한 자료들을 평가하여 수문조사연보에서의 수치오류, 기재오류 및 문헌상의 중복성 등을 검토하여 공시자료를 확정하였다. 이를 토대로 수위자료의 연속성 및 이력관리 등을 참고하여 기존에 관측된 영점표고의 신뢰성을

표 3. 수위관측소 이력현황 및 영점표고 적용성 검토 예시(진동 수위관측소)

지점명 : 진동		1910년대										1920년대										1930년대										
년도		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
이력 현황	관측소																															
	영점표고검정수준점																															
	수위표																															
	수위자료(일단위)																															
변동성 여부	수위자료(시단위)																															
	영점표고검정수준점																															
	영점표고																															
	수위																															
영점 표고	이력관리된 공시자료										←										2,103											
사용여부 평가												←																				
사용여부 평가 관련근거																																
지점명 : 진동		1940년대										1950년대										1960년대										
년도		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
이력 현황	관측소																															
	영점표고검정수준점																															
	수위표																															
	수위자료(일단위)	●																														
변동성 여부	수위자료(시단위)	○																														
	영점표고검정수준점																															
	영점표고																															
	수위																															
영점 표고	이력관리된 공시자료										2,103																					
사용여부 평가																																
사용여부 평가 관련근거																																
지점명 : 진동		1970년대										1980년대										1990년대										
년도		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
이력 현황	관측소																															
	영점표고검정수준점																															
	수위표																															
	수위자료(일단위)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
변동성 여부	수위자료(시단위)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	영점표고검정수준점																															
	영점표고																															
	수위																															
영점 표고	이력관리된 공시자료										2,103										1,733											
사용여부 평가		↑										←										→										
사용여부 평가 관련근거																						IV										
지점명 : 진동		2000년대										2010년대																				
년도		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9											
이력 현황	관측소																															
	영점표고검정수준점																															
	수위표																															
	수위자료(일단위)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●										
변동성 여부	수위자료(시단위)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●										
	영점표고검정수준점	○									○																					
	영점표고	○									○																					
	수위	△																														
영점 표고	이력관리된 공시자료										←										→											
사용여부 평가		←										←										→										
사용여부 평가 관련근거		I										I																				
비 고		* 관측소 이력현황 - 보 : 보통수위계, 자 : 자기수위, T : TM 수위, 레 : 레이더 수위, 신 : 신설, 이 : 이설 * 영점표고검정수준점 및 수위표 이력 - 신 : 신설, 이 : 이설, 망 : 망실, 측 : 측량, 교 : 교체, 보 : 보수 * 수위자료 보유여부 - ● : 일부기간 자료존재(동결기 폐쇄포함), ○ : 시계열자료가 모두 존재(년단위) * 수위자료 보유여부 - ○ : 시계열자료의 형태는 존재하나 데이터값이 모두 Null(0.00m) 값으로 존재 * 변동성 여부 - ○ : 변동있음, △ : 변동여부 불분명 * 영점표고 : '←'는 표시된 '←' 년도부터 '→'년도까지 사용가능, '↑'의 경우는 당해년도만 사용가능 : '↔'의 경우는 최근 변동된 내용을 영점하여 사용가능 * 관련근거 : 'I' 는 영점표고가 변동되었으나 수위자료는 변동없음 : 'II' 는 영점표고 변동에 따라 수위자료에 영점조정이 발생함 : 'III' 는 수위자료의 단차는 발생하나 동결기 결빙 및 정기점검에 따른 단순 수위조정으로 판단됨 : 'IV' 는 갑작스런 수위조정이 발생하였으나 이력이 전무하여 당해년도 영점표고 적용 가능성 매우적음																														

평가하고 최근에 관측된 영점표고의 기존 수위자료와의 연계성을 제시하였다.

수위관측소의 지점별 공식된 영점표고와 수위자

료와 연계하여 사용가능한 연도별 영점표고는 다음 표 4와 같다. 금회 측량한 영점표고는 당해 연도부터 사용가능하나 아직 수문조사연보에 공고되지 않

표 4. 진동 수위관측소 영점표고 사용여부 평가(예시)

구분	이력공시된 영점표고	사용여부 평가	비고	구분	이력공시된 영점표고	사용여부 평가	비고	
1920년	0			1970년	0	2.103	1.733	
	1	2.103	1.733		1	2.103	1.733	
	2	2.103	1.733		2	2.103	1.733	
	3	2.103	1.733		3	2.103	1.733	
	4	2.103	1.733		4	2.103	1.733	
	5	2.103	1.733		5	2.103	1.733	
	6	2.103	1.733		6	2.103	1.733	
	7	2.103	1.733		7	-2.103	1.733	연보 기재오류
	8	2.103	1.733		8	2.103	1.733	
	9	2.103	1.733		9	2.103	1.733	
1930년	0	2.103	1.733	1980년	0	2.103	1.733	
	1	2.103	1.733		1	1.733	1.733	
	2	2.103	1.733		2	1.733	1.733	
	3	2.103	1.733		3	1.733	1.733	
	4	2.103	1.733		4	1.733	1.733	
	5	2.103	1.733		5	1.733	1.733	
	6	2.103	1.733		6	1.733	1.733	
	7	2.103	1.733		7	1.733	1.733	
	8	2.103	1.733		8	1.733	1.733	
	9	2.103	1.733		9	1.733	1.733	
1940년	0	2.103	1.733	1990년	0	1.733	1.733	
	1	2.103	1.733		1	1.733	1.733	
	2	2.103	1.733		2	1.733	1.733	
	3	2.103	1.733		3	1.733	1.733	
	4	2.103	1.733		4	1.733	1.733	
	5	2.103	1.733		5	1.733	1.782	
	6	2.103	1.733		6	1.733	1.782	
	7	2.103	1.733		7	1.733	1.782	
	8	2.103	1.733		8	1.733	1.782	
	9	2.103	1.733		9	1.733	1.782	
1950년	0	2.103	1.733	2000년	0	1.929	1.782	
	1	2.103	1.733		1	1.929	1.782	
	2	2.103	1.733		2	1.929	1.782	
	3	2.103	1.733		3	1.929	1.782	
	4	2.103	1.733		4	1.929	1.782	
	5	2.103	1.733		5	1.929	1.782	
	6	2.103	1.733		6	1.929	1.782	
	7	2.103	1.733		7	1.929	1.782	
	8	2.103	1.733		8	1.929	1.782	
	9	2.103	1.733		9	1.929	1.782	
1960년	0	2.103	1.733	2010년	0	1.929	1.782	
	1	2.103	1.733		1	1.782	1.782	
	2	2.103	1.733		2			
	3	2.103	1.733		3			
	4	2.103	1.733		4			
	5	2.103	1.733		5			
	6	2.103	1.733		6			
	7	2.103	1.733		7			
	8	2.103	1.733		8			
	9	2.103	1.733		9			

았으므로 전후 영점표고 변동사항을 참고하여 사용 가능하다.

5. 수문조사시설 관리대장 작성

하천법 및 시행규칙이 2008년 4월 16일 국토해양부령 6호에 의해 개정됨에 따라 수문관측시설 관리대장 작성 방식도 함께 변경되었다. 수문조사시설 17호~20호 서식은 하천법이 개정되면서 새로이 추가된 양식으로 각각 수문관측소 현황, 중계시설 현황, 전산시설 현황, 강우레이더시설 현황, 하천수 사용시설 현황을 포함하고 있다. 수문조사시설 관리대장은 17호 서식(수문관측소 현황)으로 관측소 일반 현황, 수문조사시설 현황, 주요시설 현황, 유지관리 및 점검 현황, 시설 등록 및 관리 담당의 5개 항목으로 구분되어 있다. 또한 위치도 및 사진, 주요시설의 표준도, 유지관리 및 점검 현황, 관측원 관리 현황, 수준점기록 및 점검기록부, 시설 점검표 등을 수록할 수 있는 6종의 첨부도서를 포함하고 있다. 또한 2011년 10월에 국토해양부 훈령 수문조사업무규정을 개정하여 첨부도서를 작성하여 함께 보관하도록 규정하고 있다.

개정된 하천법에 맞는 수문조사시설 관리대장을 보다 효율적으로 작성하기 위해서는 기존의 관리대장 양식이나 이력 등에 대한 철저한 검토와 분석하여 기존의 수문조사시설의 이력사항을 DB화 하였다.

6. 결론

낙동강홍수통제소에서 관리하고 있는 수위관측소의 개선방안은 다음과 같다.

1) 수위관측소

수위관측소의 설치환경에 대한 개선방안을 도출하기 위해서 주요 수위관측시설물을 대상으로 현장

조사를 실시하였다. 현장조사는 관측소개선, 보조수위표, 수위표 형식, 수위표 외관 등에 주안점을 두었으며, 문제점을 내포하고 있는 지점에 대해서는 이에 대한 개선사항을 제시하였다.

2) 영점표고검정수준점

현지조사 결과를 토대로 수위관측소 영점표고검정수준점의 신설 및 보완 계획을 수립하여 영점표고검정수준점 28개를 새로이 매설 및 보완하였다. 매설 위치는 보호시설이 있으면서 역학적으로 안정된 지반으로 영점표고 검측에 용이한 곳을 선정하였다.

3) 수위관측소 영점표고

낙동강권역에 위치한 116개 수위관측소를 대상으로 영점표고 측량을 수행한 후 영점표고의 적정성을 진단한 결과, 모두 지점에서 양호한 결과를 나타내었다.

4) (-)수위 발생 및 가능성

하도의 흐름 및 하상 저하 등으로 인해 수위는 양(+)에서 음(-)의 값으로 점차적으로 변화될 수 있기 때문에 (-)수위 발생 및 가능성에 대한 분석은 정기적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다. 본 연구에서는 일관성 있는 수위자료를 확보하여 자료의 이용성 및 관리의 효율성을 증진시키고자 기존에 관측된 수위자료를 수집·분석한 후 본 결과를 토대로 현장조사를 실시하여 개선방안을 수립하였다.

5) 수위자료 연속성 분석

수위표의 영점표고가 변동되었음에도 불구하고 변화된 영점표고의 산정 없이 수위관측을 실시할 경우는 기존자료와의 연속성을 담보할 수 없다. 본 연구에서는 기존 수위자료와의 연계방안 등을 제시하고자 기 관측된 수위자료와 기존과 금회의 영점표고 등을 활용하여 연속성 분석을 수행한 후 개선방안을 제시하였다.

6) 수문조사시설 관리대상 작성

개정된 하천법에 맞는 수문조사시설 관리대장을 체계적으로 DB화하여 편리하고 신속하게 대국민

및 관련 업무담당자에게 제공하는 정보체계를 수립 하였다. ☺

참고문헌

1. 건설부(1962년~1993년), 한국수문조사연보.
2. 건설부(1982), 수위관측소 영점표고 조사 보고서.
3. 건설교통부(1992), 한강수계치수기본계획.
4. 건설교통부(1994년~2010년), 한국수문조사연보.
5. 건설교통부(1994), 수위관측소 영점표고 조사 및 수준표고 설치 보고서.
6. 한국건설기술연구원(2002), 한강유역 수자원 시험장비의 설치 및 운영.
7. 국토지리정보원(2006), 국가기준점(수준점) 정비업무 매뉴얼.
8. 국토해양부(2008년), 낙동강홍수예보 보고서.
9. 국토해양부(2009), 낙동강 하천정비기본계획.
10. 국토해양부(2009), 수위관측소 영점표고검정수준점 조사분석 및 개선방안 연구.
11. 국토해양부(2010년), 한국수문조사연보.
12. 국토해양부(2010), 유량조사 보고서.
13. 한국수력원자력(2010), 수문관측망 최적화 및 운영지침 개발 보고서.
14. 국가수자원관리 종합정보 홈페이지 <http://www.wamis.go.kr>.
15. 국토해양부 낙동강홍수통제소 홈페이지 <http://www.nakdongriver.go.kr>.