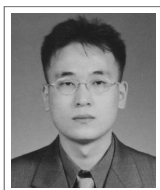




수위관측소 지점 및 관측방식 최적화 연구



최규현 |
국토해양부 낙동강홍수통제소 조사과 운영계장
시설연구사
choikyuhyun@korea.kr



홍성훈 |
국토해양부 낙동강홍수통제소 조사과 시설연구사
wgsh72@korea.kr



김치영 |
유량조사사업단 유량조사실 실장
cy_kim@hsc.re.kr



김삼은 |
유량조사사업단 유량조사실 그룹장
sekim@hsc.re.kr

1. 서론

수문자료는 수자원의 효율적인 관리 및 수문순환 해석을 위해 가장 중요한 자료로 국가 차원의 합리적이고 일관성 있는 수자원 계획 및 정책을 수립을 위해서는 무엇보다도 정확도 및 신뢰성이 담보되어야 한다.

이를 위해 국토해양부에서는 「수문조사 선진화 5개년 계획」을 수립(2005. 06)하여 수위계측, 유량, 유사량, 증발산량 및 토양수분량 측정 및 계측기기의 신설계획이 초기단계의 계획(안)으로 포함하였고, 유량 측정부분은 「국가 유량관측망 구축」연구(2006~2007)를 통해 현장여건과 예산 등을 포함한 세밀한 검토를 통해 유량관측망을 구축하였으며, 「국가 수문관측망 구축」연구(2009~2010)를 통하여 국가차원의 체계적인 수문조사를 도모하고 있다.

따라서 국토해양부 낙동강홍수통제소에서는 이런 국가차원의 체계적인 수문조사를 낙동강 유역 수위관측소에 대한 도상평가 및 현장조사를 통해 수위관측소 위치의 최적화와 더불어 현장여건에 맞는 관측방식 및 기기, 설치환경을 파악하여 기초자료의 유지 및 제공이 원활하고 지속적으로 이루어 질 수 있는 여건을 마련하였다.

2. 수위관측소 최적화 구축

수위관측소 최적화는 낙동강홍수통제소에서 수문조사의 효율적 운영 및 관리를 위한 하천의 수리·수문학, 사회·경제적 중요지점의 수위(또는 수위-유량)자료를 수집하여 이수, 치수 및 환경 분야의 수자원 기초자료로 활용할 수 있도록 제공하는 것이다.

수위관측소 최적화는 지점 분할, 단위유역 및 유량 측정목적(이수, 치수, 수질)에 따라 이미 구축된 국가 유량측정망 및 국가수문관측망을 기본적으로 포함하고 그 외에 수위관측소 최적화로서 자료생산과 제공이 가능한 관측소 중 수리·수문학, 사회·경제적

중요성 그리고 중복과 이중화 여부를 판단하여 수위 관측소 최적화에 포함하였다.

2.1 수위관측소 분포의 최적화

수위관측소는 수계 전체에서 본 적정한 관측망을 고려해서 하천 등의 계획 및 관리상 중요한 지점에 배치한다. 적정한 관측망은 상하류 관측소에서의 수위를 활용상 충분한 분포로 배치되어야 하며, 하천관리·수자원개발계획과 홍수예보 및 유지유량관리, 하천의 유출특성을 파악이 필요한 지점에 설치한다. 기존 국가유량관측망 및 국가수문관측망을 토대로 낙동강수계의 수위관측소 분포의 적절성을 검토하였으며, 이를 기반으로 신설 대상지점에 대하여 현장조사를 실시하였다.

도상 조사 및 현장 조사를 통하여 기존 관측망의 현황을 파악 및 검토를 통하여 최종적인 수위관측소 최적화를 구축하였다. 도상 조사는 낙동강, 형산강, 태화강, 회야·수영, 낙동강동해, 낙동강남해 지점에 대하여 수자원단위지도, 이수, 치수, 수질 및 수문학 적, 사회경제적 목적 등으로 구분하여 필요한 대상지점을 선정하였으며, 국토해양부, 한국수자원공사, 환경부, 한국농촌공사, 지자체, 한국수력원자력에서 운영하고 있는 수위관측소 뿐만 아니라, 수문조사선진

화 5개년 계획에서 수립된 지점까지 모두 포함하여 검토하였다.

2.2 기존 낙동강수계 수위관측소 현황

낙동강홍수통제소에서 관할하고 있는 총 113개의 기존 수위관측소에 대하여 관측현황을 분석하였다. 현황 분석의 항목은 기존 관측소의 평가를 실시하여 기본정보를 수록하였으며, 각 관측소별 위치 및 유역면적, 사회, 경제적 중요도 등을 평가하였다. 대체적으로 낙동강홍수통제소 관할 수위관측소는 적절한 위치와 목적을 지니고 설치되었다고 판단되며, 이를 바탕으로 한 신설 수위관측소의 설치계획에 반영할 수 있었다. 또한 관측소의 일반현황을 분석하여 기존관측소의 설치형태, 센서종류 등을 파악하였으며, 이와 더불어 관측소의 유지관리 상태를 평가하였다. 이는 향후 유량측정 지점 선정시에도 고려될 수 있는 사항이라 판단된다.

대부분의 기존 수위관측소의 설치는 정상적으로 나타났으며, 전반적인 유지관리 상태가 양호한 것으로 나타났다. 특히 중요지점들에 대한 수위관측 기기의 이중화로 보다 정도 높은 수위자료 생성이 가능할 것으로 판단된다.

기존 수위관측소의 관측기기에 대한 평가에 있어서

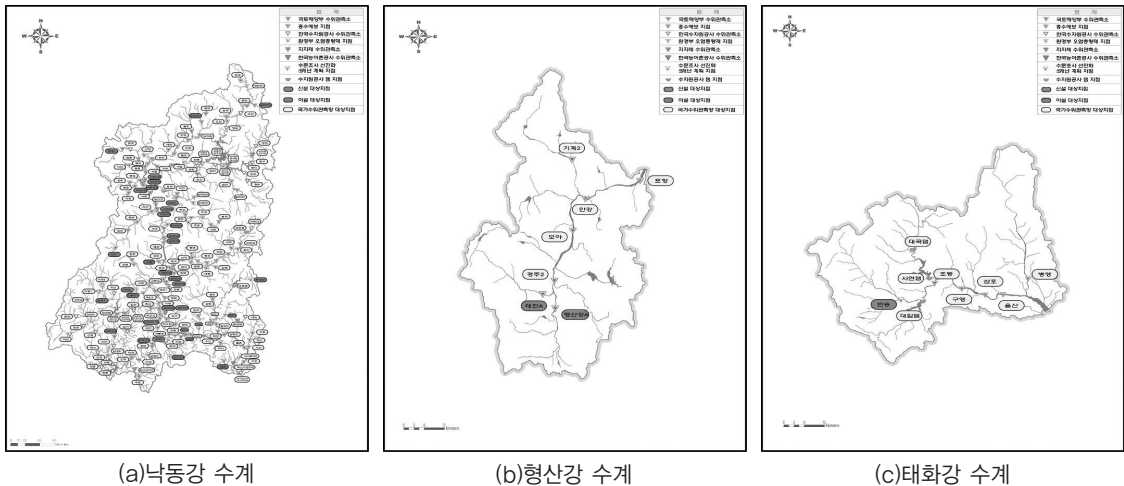


그림 1. 낙동강권역 수위관측소 분포 최적화 현황

표 1. 기존 수위관측소 일반현황

구분	설치형태		영점표고검정수준점			목자판상태		센서종류					저장장치	
	교량 부착식	제방 부착식	정상	불량	없음	정상	불량	부자	레이더	초음파	압력	영상	데이터 로거	기록지
계	78	35	110	2	1	113	0	103	19	0	2	3	110	3

는 오랜 기간 동안의 수위자료를 분석하여 그 적절성을 평가하는 것이 현 시점에서 최선으로 판단되나, 통제소에서의 지속적인 유지관리로 인하여 전체적으로 큰 문제점이 없는 것으로 나타나고 있다. 다만, 수위자료 확보의 지속성을 위하여 낙동강수계의 내성천 등과 같은 모래하상을 주로 이루고 유로의 변경이 시시각각으로 일어나는 지점에 대해서는 관측기종의 변경을 고려해야 될 것으로 판단된다.

3. 낙동강유역 수위관측소 설치 계획

3.1 신설지점에 대한 관측방식 결정 시 고려사항

국의 및 국내의 수위관측소 선정에 대한 문헌들을 살펴본 결과 각 관측기기의 수위 관측 오차량은 크게 나타나지 않는 것으로 나타났다. 따라서 많은 문헌에서 제시된 것과 같이 수위계 선정에서의 가장 우선시

고려되는 것은 현장의 여건을 고려하여 수위 관측시설을 설치하는 것이 가장 바람직할 것으로 판단된다.

따라서 수위관측소 설치 관련 우선순위 고려사항은 첫째로 수위자료의 신뢰성을 확보할 수 있는 기종을 선정하고, 두 번째로 현장조건에서의 유지관리를 통한 정확하고 안정된 수위자료의 생성이 가능한지에 대한 판단을 한 후 기기 선정하였으며, 세 번째로 낙동강홍수통제소의 관측소 운영 능력 및 경험을 높이 평가하여 부자식, 레이더식, 압력식으로 집중하였다. 그 이유는 다양한 기기 선정으로 인한 제품의 운영 및 유지관리가 어려울 수 있다는 측면과 예비부품 구비를 좀 더 효율적으로 관리하여 수위관측이 원활하지 않을 때 즉각적인 대응을 할 수 있다는 장점, 관리주체의 기술적 노하우를 고려한 사항이다.

3.2 수위관측소 설치방식 및 기기선정 절차

수위관측소 설치방식 및 기기선정을 위해 현황조사

관측장비 선정시 고려사항

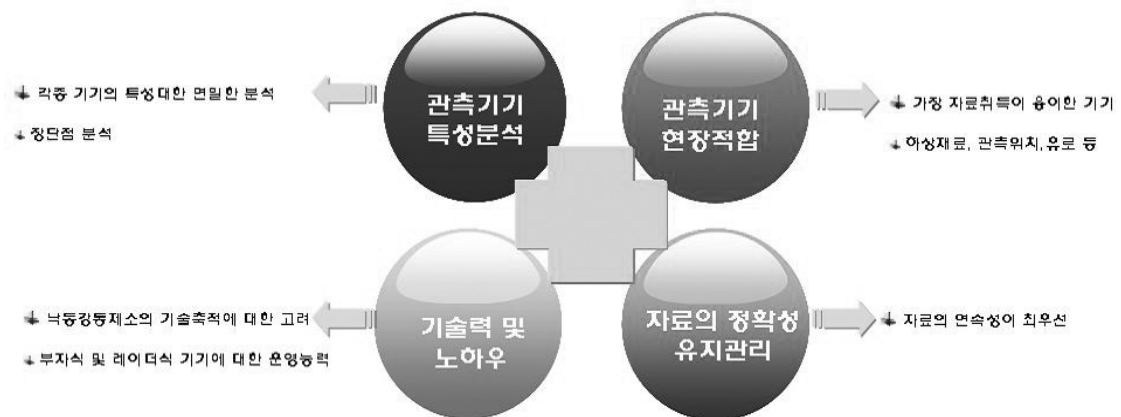


그림 2. 관측장비 선정시 고려사항

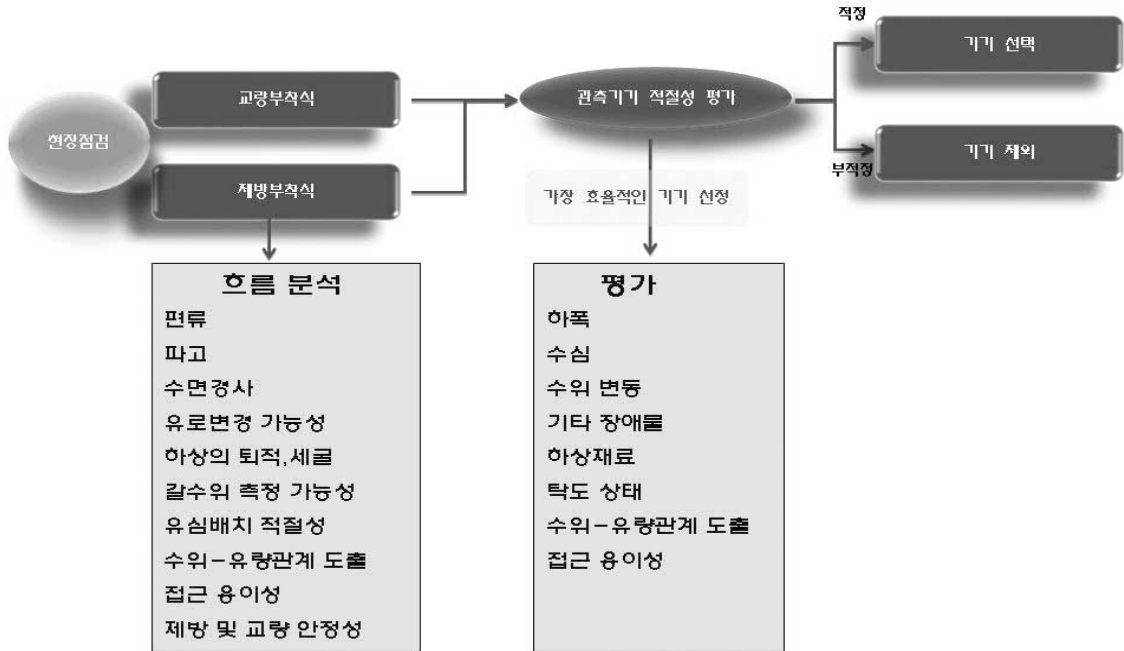


그림 3. 관측방식 및 기기 선정 흐름도

결과를 바탕으로 신설 대상지점에 대하여 현장조사를 실시하였으며, 현장조사의 주요 핵심은 안정적인 수위관측을 위한 유수의 흐름, 대상지점의 하상재료, 유로의 안정성, 교량 및 제방의 안정성 등등의 요소를 복합적으로 반영하여 최적의 위치 및 방식을 결정하였다.

낙동강수계의 갈수기에 해당하는 최저 수위관측에 대한 정확한 위치를 파악할 수 있었으나, 평수기 및 홍수기의 유수흐름은 반영하지 못한 결과이다. 따라서 갈수기 사항에 대한 국한된 현황을 토대로 작성되었으며, 자연하천의 특성상 현장여건의 변화가 발생할 수 있으므로 관측소 신설시 실시설계 단계에서는 갈수기 현황 자료를 바탕으로 현장여건이 변화하였다면 적절한 위치 및 방식을 변경할 수도 있다. 다음 흐름도는 전체적인 수위관측소 설치에 대한 요약정리이며 그림 3은 수위관측소 위치 및 관측방식 결정시 고려되었던 사항들을 간략하게 정리하였다.

현장에서의 수위관측소 위치는 흐름 파악을 최우선으로 결정하였으며 수면경사, 편류, 파고, 갈수위 측

정 가능성을 중점적으로 고려하여 최대한 수위관측에 있어 안정적인 위치를 선정하였다. 관측기기는 관측소의 위치선정 후 수심 및 하상재료, 수위변동 폭, 탁도 상태 등 고려하여 선정하였다. 낙동강수계의 신설 대상 지점의 다양한 현장여건을 반영하기 위해 노력하였다.

신설지점을 대상으로 현장조사를 실시한 결과 크게 4가지 유형으로 나타났는데, 교량부착식의 경우는 경제성 측면에서 보다 유리한 측면이 있었으나 교량부근의 흐름이 불안정한 것으로 판단되면 제방부착식으로 선정하였다. 또한 기기 선정시에는 수위관측의 안정성을 부자식, 압력식, 레이더식의 순위로 고려하였다. 이는 운영자 입장에서 지속적이고 안정적인 수위관측이 최우선 고려사항으로 판단하여 순위를 선정하였다. 부자식의 경우 가장 큰 장점은 안정적인 수위관측과 단순한 원리로 작동하기 때문에 누구나 쉽게 수위자료를 취득할 수 있다. 하지만 모래하상으로 인한 유로 변경과 관측정의 막힘이 가장 큰 문제점이므로 하상 및 유로의 안정성에 문제가 있을 것으로 판단된

다면 압력식과 레이더식으로 선정하였다.

레이더식은 설치가 용이하고 설치비용이 비교적 저렴한 장점을 지니고 있지만, 수위계 운영 측면에서의 경험 및 전문적인 지식이 상대적으로 많이 필요하고, 수심이 얇을 경우 하상 바닥면과 수면을 혼동할 수 있어 주의가 요구되어 지므로 갈수위에도 수심이 확보된 곳에서 선정하였다.

압력식의 경우 대부분 제방부착식으로 선정하였다. 그 이유는 제방의 높이 및 안정성과 유심부에서의 거리가 멀 경우에는 부자식 및 레이더식의 경우 구조물 설치가 용이하지 않으므로 보다 쉽게 설치가 될 수 있는 사항을 고려하여 선정하였다.

3.3 신설 지점별 최적 수문조사 장비 설치(안) 제시

낙동강수계 신설 대상 지점은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 즉 유역관리를 위한 신설대상 지점 및 『4대강 살리기사업』과 관련하여 보 운영을 위한 신설 대상 지점이다. 유역관리를 위한 신설대상은 국가유량측정망 및 국가수문관측망을 토대로 신설대상 지점을 선정하였으며, 『4대강 살리기사업』구간내의 수위관측소는 보 상하류에 수위관측소가 위치하여 보 운영을 위한 수위관측을 위하여 최적의 위치에 선정하였다. 신설 관측소에 대한 기존계획과 『4대강 살리기사업』 구간내의 수위관측소에 대하여 현장조사를 실시하였으며, 이 결과를 토대로 최적의 수위관측 방식 및 기기 선정하여 목록별로 정리하였다. 낙동강수계의 유역관리를 위한 수위관측소 신설 대상 지점은 총 신설 지점 35개

소이며, 『4대강 살리기사업』구간내의 신설 지점은 16 개소이다. 유역관리를 위한 수위관측소는 교량부착식이 25개소, 제방부착이 9개소이며, 『4대강 살리기사업』관련 신설 수위관측소는 교량부착이 1개소, 제방부착이 15 개소이다. 또한 관측방식의 경우는 유역관리를 위한 수위관측소는 부자식 15, 레이더식 13, 압력식 6개소이며, 『4대강 살리기사업』관련 수위관측소는 부자식 9, 레이더식 5, 압력식 19 개소이다. 신설 대상 지점 중 상주2 지점의 경우 현장 하천 공사의 진행으로 정확한 방식과 위치를 선정하지 못하였다. 따라서 하천공사 완료 후에 방식과 위치를 선정해야 될 것이다. 각 유역별 수위관측소의 관측방식 및 기기에 대하여 총괄표로 작성하였으며, 신설대상지점의 수위관측소 신설을 위한 기본정보를 표 2에 나타내었다.

4. 연차별 수위관측소 신설

수위관측소의 관측방식 및 기기를 선정한 후 해당 지점의 우선순위를 선정하여 연차별 신설계획을 수립하였다. 신설 계획에 고려된 사항은 중요도와 활용성을 검토하여 우선순위를 1~3순위로 나누어 신설할 수 있도록 계획 작성하였다. 국토해양부의 수문조사 기본계획 추진계획을 참조하여 연차별 계획된 개소수 이내의 신설 계획 수립하였으며 계획된 개소수를 최종적으로 신설하여 2015년에는 구축 완료하는 것으로 수립하였으며, 낙동강1, 위천2, 황강2 지점은 환경부 신설예정 지점이다.

표 2. 신설 대상지점 관측방식 및 기기 총괄

수계명	신설 지점	방 식		기 기		
		교량부착식	제방부착식	부자식	레이더식	압력식/수정식
낙동강	27	18	8	11	10	5
형산강	2	2	-	1	1	-
태화강	1	1	-	1	-	-
회야·수영강	2	2	-	1	1	-
낙동강동해	3	2	1	1	1	1
계	35	25	9	15	13	64
대강(보)- 기기 이중화	16	1	15	9	5	10 / 9
계	51	26	24	24	18	25

표 3. 신설 수위관측소 우선순위 결정 기준

우선 순위	우선순위 선정기준
1순위	○중요도와 활용도 측면에서 가장 우선 필요한 수위관측소 - 치수 및 재난관리 목적으로 관측망 신설 지정된 지점 - 국가유량측정망에 포함되어 있으며 중권역 출구 등 이수 활용도 높은 지점 - 환경측면에서 활용도가 높은 지점(오염총량제 실시지점) - 타기관에서 신설필요가 예상되는 지점(2차년도 기관협의에서 확인된 지점)
2순위	○ 1순위에서 제외된 지점 중 필요지점 - 행정구역 경계 위치지점 - 기여유역면적이 상대적으로 높은 지점
3순위	○ 기타 1, 2순위 이외의 국가수위관측소 신설 지점 ○ 유역최상류 연구목적 필요지점

5. 결론

수문조사는 국가 수자원 관리에 있어 가장 기본적인

이고 중요한 기초자료를 생성하는 업무이며 홍수통제소의 가장 중요한 역할이라 할 수 있다. 따라서 낙동강홍수통제소는 국내외 수위관측망, 관측방식 및 기기 선정에 대한 선행 연구결과를 토대로 하천유역의 물 순환 구조의 파악, 하천유량관리, 홍수예보 업무 등을 보다 효율적으로 수행할 수 있도록, 설치된 수위관측소와 신설관측 계획지점의 유역단위 분포 분석과 현장 조사 등을 통하여 신설 대상 수위관측소의 세부 위치를 선정함과 동시에 관측 방식 및 기기 선정의 심사숙고를 통해 수문조사 자료의 정확도를 향상을 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 관측소의 현장여건을 고려한 최적의 수문관측시설을 구축함으로써 낙동강유역의 전반적인 수문자료의 신뢰성과 정확도가 향상되어 이·치수 및 환경 등 다양한 분야에서 활용성이 극대화 될 수 있을 것으로 기대된다. ☞

참고문헌

1. 국토해양부 (2011). 국가수문관측망 구축연구.
2. 국토해양부 (2009). 수문조사 방법 및 기준 표준화 연구.
3. 건설교통부 (2007). 국가유량측정망 구축.
4. 건설교통부 (2004). 수문관측메뉴얼
5. 건설교통부 (2001). 수문관측효율성 제고 방안 연구 보고서.
6. USBR (1997). Water Measurement Manual.
7. 日本 建設省 水文研究會 (1996). 水文觀測.
8. WMO (1982). "Concepts and Techniques in Hydrological Network Design", WMO-No. 580.