

유량측정방법에 따른 형산강유량의 불확실도 분석

Uncertainty Analysis of Hyung San River Discharge due to the methods of Discharge Measurement

서규우*, 김수현**, 김대곤***

Seo, Kyu Woo·Kim, Su Hyun·Kim, Dai Gon

Abstract

This study is to secure more accurate data of the discharge on the measurement by gaining a reliable hydrological data through the comparison the present method of measuring them and the other way that is based ISO.

This study suggests the applicable measurement method of the discharge that has reliance through general elements and the analysis of uncertainty by comparing and assaying the data of the Hyung San River that is measured by the present standard.

The result of this study makes us realize that we should complement the measurement method of the discharge securing the reliable and accurate hydrological data

Hydrological data is very important things to perform domestic river works or install some structure in river or coast.

Securing reliable and accurate hydro-data and making a thesis should go on in other to do any construction in river or coast.

Key Words : Discharge on the Measurement, River Design based, ISO based, Hydrological data , Uncertainty Analysis

1. 연구목적

수자원의 효율적인 관리 및 배분과 강우-유출관계를 규명하기 위한 기초 작업으로서 신뢰성 있는 유량자료의 획득이 대단히 중요하다. 이수면에서의 유량관측은 댐 계획, 하천개수, 하천 내 수공구조물의 시공계획, 용수의 취수계획수립 등에 필수적이며, 치수면에서는 제방축조 및 홍수 예경보 시스템 설계 등에 기본 자료로 사용되고 있음은 주지의 사실이다. 현재 우리나라의 유량측정방법은 일본의 영향을 많이 받아서 주로 일본의 기준과 유사하게 되어 있고 미국이나 유럽 쪽의 기준과 비교 했을 때는 기준이 많이 부족하게 나타나고 있다. 일본과 비교한 경우에도 일본의 기준 중 주요한 내용만을 포함하고 있고 자세한 내용은 포함하지 못하고 있다. 반면에 미국, 영국, WMO 등에서는 유량측정 방법별로 매우 자세한 기준을 제시하고 있다. 그 중 ISO의 경우 가장 많은 유량측정 기준을 제시하고 있다. 본 연구는 경상북도 경주에 위치한 형산강을 대상으로 기준에 하천설계기준(2002)으로 측정된 유량자료와 현재 ISO기준에 맞춰 측정된 유량자료를 비교·분석함으로써 유량측정에 관한 일반적인 사항과 불확실도 분석을 통해 신뢰성을 확보함과 동시에 실제 유량

* 정회원·토목도시공학부 토목공학전공 부교수·E-mail : kwseo@deu.ac.kr

** 정회원·토목도시공학부 토목공학전공 석사과정·E-mail : ssaga23@hotmail.com

*** 정회원·토목도시공학부 토목공학전공 박사과정·E-mail : kim-dai-gon@hanmail.net

측정 시 적용할 수 있는 유량측정방법을 제시하고자 한다.

2. 형산강 유역현황

형산강 유역은 위도 35° 40' ~ 36° 12' 와 경도 129° 01' ~ 129° 25' 에 위치하고 있으며, 유역의 서쪽으로 낙동강, 남쪽으로 태화강, 동쪽과 북쪽으로는 동해안에 접하는 작은 유역들과 경계를 이루고 있다. 유역면적은 1,166.8km²이고 유로연장은 62.2km이며 이중 경주시 탐정동의 대천합류점에서 하구인 경북 포항시 남구 해도동의 해안선까지 약 36km가 직할하천 구간이다. 유역의 토지이용도를 보면 전답이 20%, 임야가 65%, 도시 및 기타지역이 15%로 구성되어있다. 또한 유역내 연평균강우량은 1,071mm(포항측우소 기준)으로서 전국 평균1,276mm에 미치지 못하며 유출율은 51%정도이다.

3. 하천설계기준(2002)

하천설계기준(2002)에 따른 유량측정시 측정횟수, 측선, 측정점에 대한 일반사항은 다음과 같다.

(1) 측정횟수

수심측정은 원칙적으로 동일 횡단선상을 왕복해서 2회 실시하고, 유속측정은 횡단선상의 각 측정점에서 계속하여 2회 실시한다. 수심과 유속을 각각 2회씩 측정하여 현저한 차이가 없는 것을 확인하고 만약 현저한 차이가 발견되면 즉시 다시 한번 측정해 볼 필요가 있다. 그러나 홍수시와 같이 수위와 유속의 변화가 큰 경우에는 예외로 한다.

(2) 측선

유속측선은 원칙적으로 횡단선을 포함한 연직면상에서 횡단방향으로 등간격이 되도록 선정한다. 등간격이라고 하는 것은 어디까지나 원칙을 뜻하는 것이고, 이와 같은 사정이 허용되지 않는 관측소에서는 부등간격으로 할 수 있다. 측선의 선정은 전체적인 정확도에 영향을 미치는 곳을 세밀하게 하는 것이 좋다. 즉, 수심이 깊고 유속이 큰 곳은 조밀하게 측정해야 한다. 수면폭과 유속측선 간격의 표준비율을 설정하고 횡단면의 형상 및 유속분포가 복잡할 때에는 측선간격을 축소시킬 수 있다. 정밀측정의 경우는 시간이 걸리더라도 횡단방향으로 수류의 변화점을 조사해서 그 구분 내에서는 등 간격으로 하고 전체적으로 볼 때에는 수심 또는 유속이 큰 곳은 조밀하게 측정하도록 유의한다. 정밀측정을 위한 측선의 간격을 설정하기 위해 제시한 수치의 1/2로 한다. 수심측정의 경우 수심 측선은 횡단면을 포함한 연직면 내에서 유속 측선 상단과 인접한 유속 측선의 중앙에 설치한다. 양안에서는 유속 측선의 외측에 각각 1개의 수심 측선을 설치한다.

(3) 측정

1점법은 유속측선상의 연직방향 수면으로부터 수심의 60% 위치에서 유속을 측정하고 2점법은 20%와 80% 위치에서 측정한다. 1점법 또는 2점법을 선정하는 경계는 50~75cm의 수심으로 한다. 따라서 소형의 유속계를 사용하면 50cm를 기준으로 하며, 수심이 이보다 작으면 1점법, 크면 2점법을 택하고 유속분포가 복잡하게 되어 있는 곳에서는 50~60cm를 경계로 한다.

4. ISO 기준

유속측정은 회전자가 소정의 위치에서 일정한 유속으로 회전하기 시작한 후 측정하여야 하며, 한 지점에서의 유속측정시간은 회전식 유속계의 경우 최소 40초, 전자기 유속계의 경우 최소 30초를 측정하여야 한다. 유속측정은 각 단면의 수심이 0.6m이하 일 때에는 1점법, 0.6-1.0m 일 때에는 2점법, 1.0m 이상일 때에는 3점법으로 평균유속을 구하되 각 지점별 2회 이상 측정한다. 유속측정 시 1점법은 수면으로부터 수심(h)의 0.6h되는 위치에서, 2점법은 0.2h와 0.8h, 3점법은 0.2h, 0.6h 및 0.8h 되는 위치에서 유속을 측정한다. 2점법 측

정 시 정상적으로 유속을 측정하였으나 측정 결과가 $V_{0.2} < V_{0.8}$ 이거나 $V_{0.2} = V_{0.8}$ 이 되는 경우에는 비정상적 유속분포를 보이는 경우이므로 $V_{0.6}$ 을 측정하여 3점법으로 대체하여야 한다. 현장여건을 판단하여 흐름의 편중현상이 심한 경우에는 전체 하폭 중에서 유량이 많이 흐르는 부분에 더 많은 측선을 배치하여 가급적 구간유량이 평균 5%이내, 최대 10%가 넘지 않도록 측선을 배치하여야 하며, 부득이한 경우에는 이를 축소할 수 있다.

5. 형산강 지점의 실측유량조사

5.1 하천설계기준에 따른 유량조사

(1) 부조지점의 유량측정

부조지점은 형산강 수계의 하류지점에 해당되며, 위치는 경북 경주시 강동면 유금리에 위치. 유역면적은 971.21km²이며, 수원으로부터의 거리는 54.9km이고 하구로부터는 9.3km 떨어져 있다. 하상경사는 1/2100으로 비교적 완만한 하상을 유지한다. 그림<5-1>은 부조지점 전경이고, 표<5-1>은 부조지점의 유량측정 성과이다.

(2) 대송지점의 유량측정

대송지점은 형산강 하구인 경북 포항시 남구 해동동 형산교에 위치하며, 유역면적은 1,144.1km²이며, 수원으로부터의 유로연장은 61.9km이다. 하천의 폭은 약 435m이고 하상경사는 1/2900 로서 하상이 완만하다. 그림<5-2>는 대송지점 전경이고, 표<5-2>는 대송지점의 유량측정 성과이다.



그림 <5-1> 부조지점의 전경

표 <5-1> 대송지점의 유량측정 결과

측정일시	수면폭(m)	유역면적 (m ²)	평균유속 (m/sec)	유량 (m ³ /sec)
04.06.28	271.5	693.81	0.053	51.44
04.07.15	271.5	724.09	0.065	55.80
04.07.23	266.0	784.32	0.033	32.25
04.07.29	266.5	791.74	0.009	9.17
04.08.12	272.0	767.83	0.026	32.51
04.08.20	277.0	732.13	0.106	103.91
04.08.31	268.5	400.22	0.016	8.18
04.09.08	274.0	354.21	0.120	118.26
04.09.16	268.5	381.02	0.005	3.83



그림 <5-2> 대송지점의 전경

표 <5-2> 부조지점의 유량측정 결과

측정일시	수면폭 (m)	유역면적 (m ²)	평균유속 (m/sec)	유량 (m ³ /sec)
04.06.26	251.4	130.71	0.092	13.98
04.07.15	265.0	203.30	0.195	47.10
04.07.22	252.0	143.28	0.040	7.01
04.07.29	245.0	100.34	0.033	4.24
04.08.12	246.0	86.72	0.025	3.14
04.08.20	271.0	342.78	0.521	214.62
04.08.31	244.0	128.08	0.113	16.85
04.09.08	265.0	324.08	0.465	168.87
04.09.16	265.0	125.50	0.221	39.32

5.2 ISO 기준에 따른 유량조사

(1) 부조지점의 유량조사

ISO 기준에 따른 유량조사결과는 표<5-3>, 표<5-4>와 같다.

표 <5-3> 부조지점의 유량측정 결과

측정일시	수면폭 (m)	유역면적 (m ²)	평균유속 (m/sec)	유량 (m ³ /sec)
04.06.26	251.4	138.22	0.108	16.45
04.07.15	265	207.9	0.224	52.18
04.07.22	252	143.26	0.047	7.73
04.07.29	245	97.84	0.032	3.88
04.08.12	246	92.32	0.027	3.32
04.08.20	271	353.6	0.58	225.98
04.08.31	244	133.78	0.124	17.53
04.09.08	265	316.03	0.512	167.27
04.09.16	265	136.1	0.235	42.70

표 <5-4> 대송지점의 유량측정 결과

측정일시	수면폭 (m)	유역면적 (m ²)	평균유속 (m/sec)	유량 (m ³ /sec)
04.06.28	271.5	664.70	0.0640	55.94
04.07.15	271.5	762.21	0.0890	73.49
04.07.23	266.0	710.72	0.0400	29.64
04.07.29	266.5	726.94	0.0140	13.20
04.08.12	272.0	726.28	0.0370	39.82
04.08.20	277.0	766.81	0.1300	134.14
04.08.31	268.5	550.74	0.0050	11.52
04.09.08	274.0	597.17	0.1590	167.47
04.09.16	268.5	533.90	0.0010	8.37

6. 불확실도 분석

6.1 하천설계기준에 따른 유량측정의 불확실도 분석

하천설계기준에 의한 유량측정 성과를 보면 형산강 부조지점과 대송지점의 무작위, 계통, 전체 불확실도는 표<6-1>, 표<6-2>와 같다.

표 <6-1> 부조지점의 불확실도 분석

X'Q	X''Q	XQ
9.41	1.22	9.49
7.14	1.22	7.25
13.96	1.22	14.02
13.58	1.22	13.63
13.96	1.22	14.02
6.43	1.22	6.54
9.34	1.22	9.42
5.42	1.22	5.55
7.13	1.22	7.24

표 <6-2> 대송지점의 불확실도 분석

X'Q	X''Q	XQ
12.72	1.22	12.78
12.16	1.22	12.22
12.72	1.22	12.78
12.72	1.22	12.78
12.72	1.22	12.78
7.66	1.22	7.75
12.72	1.22	12.78
7.66	1.22	7.75
12.72	1.22	12.78

6.2 ISO기준에 따른 유량측정의 불확실도 분석

ISO기준에 의한 유량측정 성과를 보면 형산강 부조지점과 대송지점의 무작위, 계통, 전체 불확실도는 표 <6-3>, 표<6-4>와 같다.

표<6-3> 형산강 부조지점의 불확실도 분석

X'Q	X''Q	XQ
3.09	1.22	3.33
2.44	1.22	2.73
5.39	1.22	5.52
4.87	1.22	5.02
4.87	1.22	5.02
2.26	1.22	2.57
3.07	1.22	3.30
2.29	1.22	2.59
2.47	1.22	2.76

표<6-4> 형산강 대송지점의 불확실도 분석

X'Q	X''Q	XQ
3.93	1.22	4.12
2.88	1.22	3.13
4.66	1.22	4.82
4.66	1.22	4.82
4.66	1.22	4.82
2.83	1.22	3.08
4.66	1.22	4.82
2.37	1.22	2.67
4.66	1.22	4.82

유속계를 이용한 유량측정을 할 때 발생하는 오차인 불확실도는 유속이 빠를 때보다는 느리게 흐르고 있을 때 불확실도가 높아지며, 횡단선에서의 측선을 많이 나눌수록 불확실도는 감소하게 된다. 따라서 임의의 유량측정 지점에서 유속이 낮음으로 인해 불확실도가 크게 나타날 경우에는 그 지점의 횡단선에서의 측선수를 증가시키거나 유속계를 이용하여 유속을 잴 때 측정시간을 늘림으로써 불확실도를 감소시킬 수 있을 것

이다.

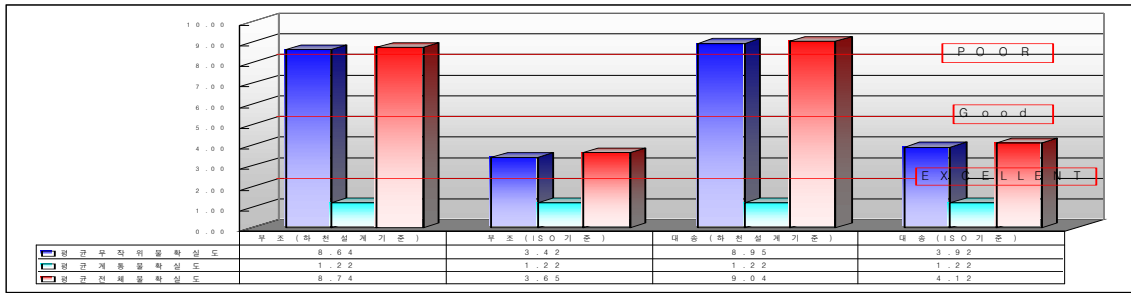


그림 <6-1> 형산강 주요지점에서 전체 불확실도

그림<6-1>는 미국지질조사국(USGS, 2000)에서 제시하는 유속계측정에 대한 등급기준을 참고로 등급을 분류한 것으로 형산강 지점에서 하천설계기준으로 측정하였을 때와 국제표준을 기준으로 측정하였을 때의 불확실도를 비교한 것이다. 기존의 하천설계기준으로 측정하였을 때 불확실도가 대부분 POOR에 속하며, 국제표준기준으로 측정하였을 때 불확실도는 GOOD과 EXCELLENT사이에 속하는 것을 볼 수 있다. 이는 기존의 하천설계기준으로 측정하였을 때의 자료와 비교해 새롭게 변화된 국제기준에 맞춰 측정하였을 때의 자료가 신뢰성이 높음을 알 수 있었다.

7. 결론

본 연구에서는 유량측정방법에 대해 기존에 사용하였던 하천설계기준에 따른 방법과 조금 더 변화된 국제표준(ISO) 기준에 따른 방법을 형산강 지점의 유량측정을 연구 대상으로 실측유량을 비교·분석 하여 부조지점에서 하천설계기준으로 측정하였을 때 평균무작위 불확실도는 ± 8.64 , 평균계통 불확실도는 ± 1.22 , 그리고 평균 전체 불확실도는 ± 8.74 가 나왔다. 이에 반해 국제표준을 기준으로 측정하였을 때의 평균무작위, 평균계통, 평균전체 불확실도는 ± 3.42 , ± 1.22 , ± 3.65 가 나왔다. 대송지점에서는 하천설계기준으로 측정하였을 때 평균무작위 불확실도는 ± 8.95 , 평균계통 불확실도는 ± 1.22 , 그리고 평균 전체 불확실도는 ± 9.04 가 나타났다. 이에 반해 국제표준을 기준으로 측정하였을 때의 평균무작위, 평균계통, 평균전체 불확실도는 ± 3.92 , ± 1.22 , ± 4.12 를 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업(03산학연C03-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

참고 문헌

1. 한국건설기술연구원 “유량측정방법의 적용에 관한 연구” (1992) pp9 ~ 19.
2. 한국수자원학회 “건설교통부 승인 하천설계기준” (2002) pp3 ~ 80.
3. 한국수자원학회 “불확실도 분석을 통한 유량측정 신뢰도 개선방안” (2003.11) pp104 ~ 110.
4. 김수현 “유량측정방법에 따른 수문자료의 신뢰성분석”, 동의대학교 대학원 석사학위논문. (2004)
5. ISO/TR 5168(1998), Measurement of Fluid Flow-Evaluation of Uncertainties
6. ISO 8368(1999) "Liquid Flow Measurement in Open Channels-Guidelines for the Selection of Flow Gauging Structures First Edition.