

Apron 경사 및 길이에 따른 수문구조물 배수능 평면실험 연구

Plane Experiment Study on Drainage Capacity of Sluice Gate by Slope and Length of Apron

윤광석*, 여규동**

Kwang Seok Yoon, Kyu Dong Yeo

요 지

조력발전 건설사업에서 우선적으로 고려되어야 할 사항은 조수간만에 의해 외해부와 조지부 사이를 이동하는 해수를 적절히 소통시키는 것이다. 즉, 조력발전소에서 수문구조물의 목적은 주어진 조건 하에서 계획된 유량을 충분히 그리고 안전하게 배제시키는 것이다.

본 연구에서는 수문구조물에 대한 Apron의 길이와 경사의 변화에 의한 외해 조위와 시화호 수위차 조건에 따른 유량계수를 구해 배수능력과 유·출입부, 외해, 시화호 및 큰가리섬 주위의 흐름 특성을 검토하고자 하였다. 이를 위해 시화호를 실험대상으로 하여 구조물을 중심으로 외해측으로 1,000m, 시화호측으로 500m, 폭 1,500m의 범위를 선정하였다. 수리모형을 1대50의 축척비로 제작하였다. 표 1은 실험별 Apron과 수문구조물의 제원을 나타내며, 수문구조물은 7기로 이루어졌다. 시화호의 흐름은 관성력과 중력이 지배력이 되며, 이때 상사법칙은 Froude 상사법칙을 적용할 수 있다. 실험Ⅲ은 실험Ⅱ에서 Apron의 경사를 1대10에서 1대5로 수정한 실험으로 수위조건은 외해측 -2.530 EL.m이고, 시화호측은 -1.603EL.m이다. 유량계수를 산정하기 위하여 6개 실험조건을 기본계획에서 제시된 수위-조위 조건에서 수위차 및 통수유량을 분배하여 결정하였고, 유량계수 산정식에 따라 구조물의 유입부와 유출부에서 유속-면적법에 의해서 유량을 측정하였다. 그리고 국부평면 실험모형에서의 전체적인 해류의 흐름을 분석하기 위해 2차원 유속을 측정하였다. 또한, 유·출입부 안정성을 검토하기 위해 Apron 지점과 수문구조물 지점에 3점법으로 유속을 측정하였으며, 색소를 이용하여 유황을 관찰하였다.

시화호와 외해의 수위차가 1.011 m일 때의 전체 수문구조물을 통과하는 유량을 비교한 결과, 실험Ⅱ 및 실험Ⅲ의 통과유량은 각각 $10,924 m^3/s$ 및 $10,075 m^3/s$ 로서 실험Ⅰ의 $2,757 m^3/s$ 에 비해 통수능이 많이 개선되었음을 알 수 있다.

핵심용어 : 조력발전, 국부평면실험, 시화호, Apron, 유량계수

1. 서 론

시화호 조력발전 건설 사업은 시화호 수질개선 종합대책의 일환으로 시화호 운영방법을 담수호에서 해수호로 전환함에 따라 시화호의 홍수 조절능력을 유지하고, 조석간만의 차를 이용한 해수순환을 통하여 해수정체로 인한 수질악화를 방지하는 한편, 해양에너지 개발을 통한 안정적 전력공급의 일환으로 시화방조제를 이용한 조력발전 사업 계획이 수립되었다.

본 실험의 범위는 국부평면실험의 경우 수문 및 수차발전기 구조물 각각에 대한 유량계수를 산정하고 배수 및 발전시 구조물 주위의 흐름 안정성 및 외해측에 위치한 큰가리섬 주위의 흐름특성을 검토하고자 하였다. 그림 1은 시화방조제와 조력발전구조물 설치지점으로 붉은 색으로 된 곳이 평면실험 대상지점이다.

* 정희원·한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원·E-mail : ksyoon@kict.re.kr

** 정희원·한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원·E-mail : ykd@kict.re.kr

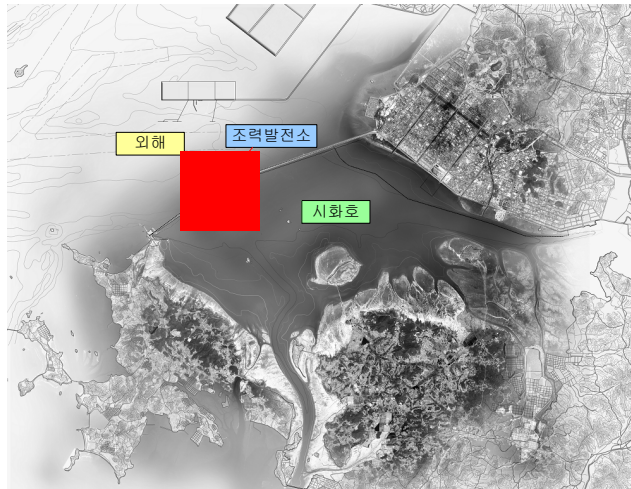


그림 1. 실험수조 및 측정위치

2. 수리모형실험-국부평면실험

2.1 실험개요

그림 2는 국부평면 수조 개략도 및 측정지점을 나타낸 것으로 1:50의 축척비로 제작되었다. 유속은 1차원 및 2차원 유속계를 이용하여 측정하였다. 실험 I에서는 1차원 유속은 수문 및 수차발전기 구조물 유출입부에서 총 84점을 측정하였고, 2차원 유속은 구조물 주변과 외해 및 시화호의 총 199점을 측정하였으며, 실험 II에서는 1차원 유속은 수문 및 수차발전기 구조물 유출입부에서 총 136점을 측정하였고, 2차원 유속은 구조물 주변과 외해 및 시화호의 총 97점을 측정하였다.

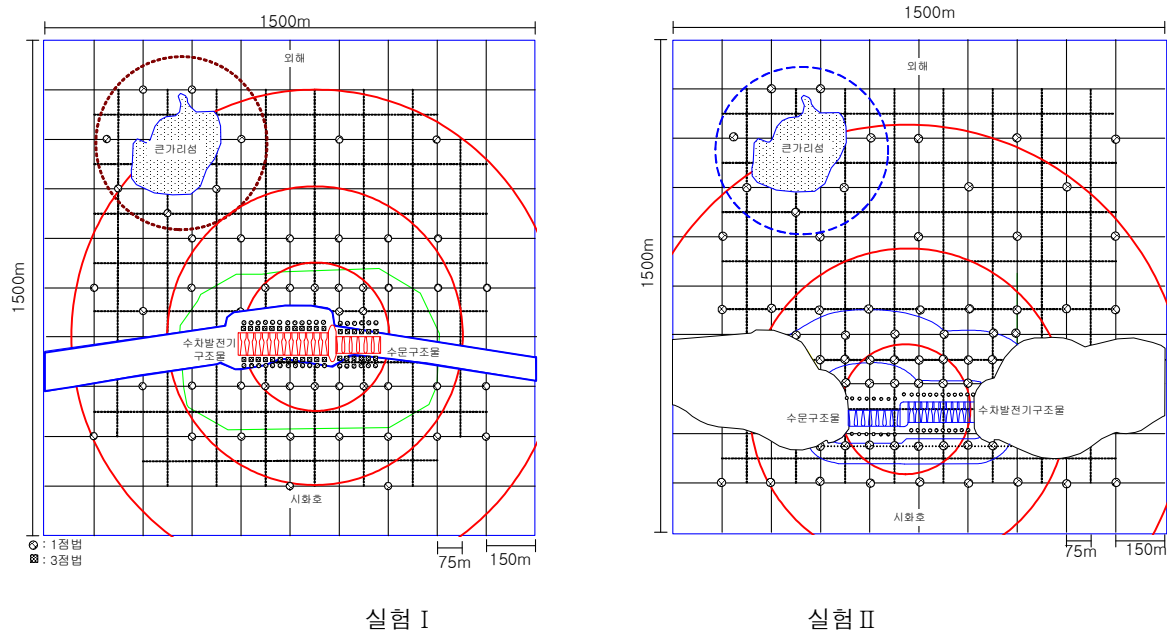


그림 2. 실험수조 및 측정위치

실험조건은 표 1, 2와 같이 배수시와 발전시에 대해서 각각 6개 조건과 3개 조건에 대해서 수행하였으며, 유량계수를 산정하였다.

표 1. 국부평면 배수실험조건

실험조건	외해 (EL. m)	시화호 (EL. m)	수위차(m)	실험조건	외해 (EL. m)	시화호 (EL. m)	수위차(m)
1	-4.000	-2.623	1.377	4	-4.530	-3.747	0.783
2	-4.450	-3.266	1.184	5	-1.955	-1.357	0.598
3	-2.705	-1.694	1.011	6	-4.450	-3.975	0.475

표 2. 국부평면 발전실험조건

실험조건	외해 (EL. m)	시화호 (EL. m)	수위차(m)
1	1.940	-3.433	5.373
2	2.990	-1.773	4.763
3	-0.310	-3.914	3.604

실험 I에서는 수문 6기와 및 수차발전구조물 12기를 설치하였고, 실험 II에서는 수문 7기와 및 수차발전구조물 10기를 설치하여 통수실험을 하였다. 표 3는 구조물의 제원을 나타낸다. 실험 II와 III의 차이점은 Apron에서 지반으로 연결되는 경사가 1대10에서 1대5로 바뀐다는 것이다.

표 3. 구조물 제원

구 분		원형(m)			
		실험 I	실험 II	실험 III	
수문 구조물	폭	시화호측	17	12	12
		외해측	16	19.5	19.5
	높이	시화호측	14.5	15	15
		외해측	14	19.5	19.5
길이		44.3	59.8	59.8	
수차 구조물	폭	시화호측	15	15.90	15.90
		외해측	16	16.12	16.12
	높이	시화호측	15	15.73	15.73
		외해측	16	16.24	16.24
길이		44.3	66.70	66.70	
연결구조물	폭	20	28	28	
	높이	29.5	32.5	32.5	
	길이	100	79.75	79.75	
Apron	수문측	시화호측	30	50	50
		외해측	30	120	120
	수차측	시화호측	30	50	50
		외해측	30	50	50

2.2 실험방법

국부평면실험의 목적은 전술한 바와 같이 수문 및 수차발전기 구조물의 유량계수를 산정하는 것과 동시에 유·출입부, 외해, 시화호 및 큰가리섬 주위의 흐름 특성을 검토하는 것이다.

구조물의 통수능을 산정하기 위하여 6개 실험수위-조위 조건에서 수위차 및 통수유량을 분배하여 결정하였고, 유량계수 산정식에 따라 구조물 유입부 지점에서 유속-면적법에 의해서 유량을 측정하였다. 유·출입부 안정성을 검토하기 위해서는 Apron 지점이나 수문 구조물 지점에서 2차원 유속을 측정하였으며, 색소를 이용하여 유황을 관찰하였다.

2.3 실험결과

배수시 전체 수문구조물의 배수능력을 검토하기 위하여 국부평면 실험을 수행하였으며 그 결과를 표 5.1.3과 그림 5.1.2에 나타내었다. 실험Ⅱ는 실험Ⅰ에 비해 수문 단면적이 커졌을 뿐만 아니라, Apron 길이가 길어지고, 경사가 완만하게 됨에 따라 배수능력이 증대되는 효과가 있음을 실험을 통해서 확인할 수 있었다. 또한 수차와 수문구조물 사이의 연결구조물이 와류 발생을 감소시키는 형상으로 수정된 점도 실험Ⅱ에서의 배수능력에 영향을 주는 것으로 판단된다.

표 3. 수문구조물 전체 통과유량 비교(국부평면실험)

실험조건	외해(EL.m)	시화호(EL.m)	수위차(m)	유량(m ³ /s)	
				실험Ⅰ	실험Ⅱ
1	-4.000	-2.623	1.377	3,262	10,331
2	-4.450	-3.266	1.184	3,055	9,235
3	-2.705	-1.694	1.011	2,757	10,924
4	-4.530	-3.747	0.783	2,894	8,785
5	-1.955	-1.357	0.598	2,715	7,930
6	-4.450	-3.975	0.475	2,476	2,700

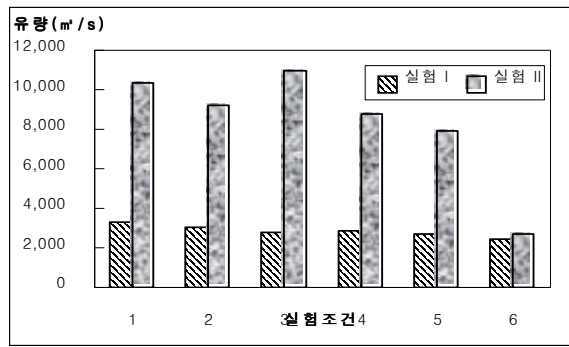


그림 3. 실험조건별 수문구조물 통과유량 비교(국부평면실험)

표 4는 시화호와 외해의 수위차가 1.011 m일 때의 전체 수문구조물을 통과하는 유량을 비교한 것이다. 표에서 실험Ⅲ은 실험Ⅱ에서 Apron 앞 경사면이 1:10인 것을 1:5로 수정하여 실험한 결과이다. 표에 의하면, 실험Ⅱ 및 실험Ⅲ의 통과유량은 각각 10,924m³/s 및 10,075m³/s 로서 실험Ⅰ에 비해 통수능이 많이 개선되었음을 알 수 있다.

표 4. 수위차 1.011 m인 경우의 수문 통과유량 비교

외해(EL.m)	시화호(EL.m)	수위차(m)	유량(m ³ /s)		
			실험Ⅰ	실험Ⅱ	실험Ⅲ
-2.705	-1.694	1.011	2,757	10,924	10,078

국부평면실험을 통하여 실험Ⅰ과 실험Ⅱ에 대한 유황을 검토하였다. 배수시에는 실험Ⅰ에서는 수문 통과 유량이 작아 실험Ⅱ에 비해 유속이 크지 않은 것으로 나타났다. 그림 4, 5는 실험조건-3에서의 유속벡터를 보여주고 있다. 실험Ⅰ에서는 수문을 통과한 흐름이 큰가리섬쪽으로 방향을 바꾸어 흐르나, 실험Ⅱ에서는 큰가리섬을 중심으로 흐름이 분리됨을 알 수 있다. 연결구조물 주위 흐름은 실험Ⅰ에서는 와류가 발생하여 흐름이 불안정하였으나, 실험Ⅱ에서는 흐름이 비교적 안정되어 있음을 알 수 있다. 발전시에는 실험Ⅰ과 실험Ⅱ의 흐름특성이 거의 유사하게 나타났으며, 흐름방향은 큰가리섬으로부터 수차구조물쪽으로 형성됨을 알 수 있다.

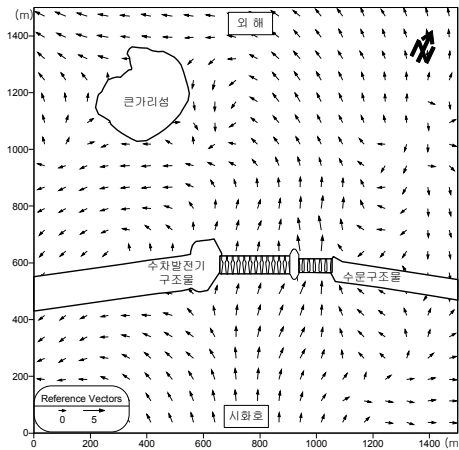


그림 4. 배수시 유속벡터도-실험 I

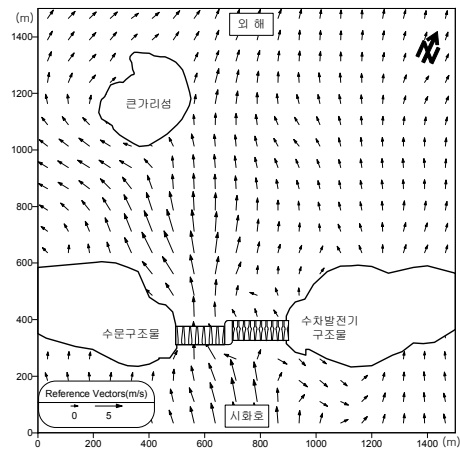


그림 5. 배수시 유속벡터도-실험 II

3. 결 론

본 연구에서는 수문구조물에 대한 Apron의 길이와 경사의 변화에 의한 외해 조위와 시화호 수위차 조건에 따른 유량계수를 구해 배수능력과 유·출입부, 외해, 시화호 및 큰가리섬 주위의 흐름 특성을 검토하고자 하였다. 이를 위해 시화호를 실험대상으로 하여 구조물을 중심으로 외해측으로 1,000m, 시화호측으로 500m, 폭 1,500m의 범위를 선정하였다. 수리모형을 1대50의 축척비로 제작하였다. 유량계수를 산정하기 위하여 6개 실험조건을 기본계획에서 제시된 수위-조위 조건에서 수위차 및 통수유량을 분배하여 결정하였고, 유량계수 산정식에 따라 구조물의 유입부와 유출부에서 유속-면적법에 의해서 유량을 측정하였다. 그리고 국부평면 실험모형에서의 전체적인 해류의 흐름을 분석하기 위해 2차원 유속을 측정하였다. 또한, 유·출입부 안정성을 검토하기 위해 Apron 지점과 수문구조물 지점에 3점법으로 유속을 측정하였으며, 색소를 이용하여 유황을 관찰하였다.

시화호와 외해의 수위차가 1.011 m일 때의 전체 수문구조물을 통과하는 유량을 비교한 결과, 실험II 및 실험III의 통과유량은 각각 $10,924 m^3/s$ 및 $10,075 m^3/s$ 로서 실험 I의 $2,757 m^3/s$ 에 비해 통수능이 많이 개선되었음을 알 수 있다. 실험II는 실험 I에 비해 수문 단면적이 커졌을 뿐만 아니라, Apron 길이가 길어지고, 경사가 완만하게 됨에 따라 배수능력이 증대되는 효과가 있음을 실험을 통해서 확인할 수 있었다. 구조물 사이의 연결구조물이 와류 발생을 감소시키는 형상도 배수능력에 영향을 주는 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 한국수자원공사, 2002. 시화호 조력발전 건설사업 타당성조사 및 기본계획보고서
2. 한국수자원공사, 2002. 시화호 조력발전 건설사업 타당성조사 및 기본계획보고서(부록)
3. Ettema et al., 2000. Hydraulic Modelling Concepts and Practice, ASCE
4. French, R.H.,1985, Open channel hydraulics. McGraw-Hill, New York.