

## 새만금 수리모형 검·보정

### Calibration and verification of hydraulic model for Saemanguem project

김지성\*, 김동주\*\*, 정재상\*\*\*, 조권상\*\*\*\*

Ji Sung Kim, Dong Ju Kim, Jae Sang Jung, Kwon Sang Cho

#### 요 지

2010년 내부공간구상이 변화됨에 따라 토지이용과 새만금호 수면적이 변하여 수리현상에 대한 규명이 필요하여 수리모형을 구축하고 상류유량공급, 모형조도, 배수갑문 통과유량, 조석재현에 대한 검보정 실험을 실시하였다.

상류유량공급에 검정 실험결과를 보면 유입유량 제어계측시스템을 통해서 유입되는 유량은 평균적으로 목표유량의  $\pm 5\%$  범위내에서 오차를 두고 목표유량의 추세를 따라가고 있다(그림 1). 그리고 유입유량이 3ℓ/s 미만일 경우와 변곡구간에서 비교적 오차가 크게 난다. 하지만 실험기간동안 누적유량값의 오차는 5% 미만이기 때문에 실험 결과에 미치는 영향은 크지 않다고 판단된다.

조석재현 검정실험을 한 결과는 목표값과 측정값의 큰 차이가 없다. 실험초기에는 목표값과 측정값의 차이가 크게 나타나지만 실험 5분 이후부터는 최대 EL. 0.2m가 차이가 났는데, 조위가 변곡되는 구간에서 나타났다. 실제 실험에서 조위값은 배수갑문의 운영과 관련되어 변곡구간의 조위값보다 상승·하강구간의 조위값(EL. -1.5m~EL. 0.5m)이 실험에 영향을 미치기 때문에 조석발생위어의 조석 재현성은 정밀하다고 판단된다.

모형조도보정 실험은 수치해석 결과와 수리모형실험을 비교하여 실험을 실시하여 해석식과 실험결과값을 근거로 한 조도재료량을 계산하고 이를 배치하여 검보정 실험을 실시하여 조도를 보정하였다. 배수갑문의 통과유량은 현장 관측자료가 부족하여 검·보정이 어려움이 존재한다. 따라서 이에 대한 추후 연구가 필요하다.

**핵심용어 : 수리모형, 검보정, 새만금**

#### 1. 서론

수리모형실험을 통한 실험 목적에 따른 모형의 검·보정이 필요하다. 새만금간척사업구간은 해당지역이 광대하고, 수리현상이 다양하고 복잡하다. 그래서 수리모형도 다양한 시스템장치를 요구하고 있으며, 각 장치에 대한 검·보정을 해야 의미 있는 실험결과를 얻을 수 있다. <표 1>은 홍수위에 영향을 미치는 요소이며, 검·보정을 해야 하는 항목이다.

표 1. 모형 검·보정 항목

구분	내 용
유량공급	시계열에 따른 유입하천의 유량공급 정밀성 (동진강, 만경강)
모형조도	모형 지형의 조도 보정
배수갑문 통과유량	배수갑문(신시, 가력)의 내외 수위차에 따른 통과 유량
조석재현	시계열에 따른 새만금 해측 조석 재현성

\* 비회원 · 한국농어촌공사 농어촌연구원 주임연구원 · E-mail : [intell97@ekr.or.kr](mailto:intell97@ekr.or.kr)

\*\* 비회원 · 한국농어촌공사 농어촌연구원 연구원 · E-mail : [cop7042@ekr.or.kr](mailto:cop7042@ekr.or.kr)

\*\*\* 정회원 · 한국농어촌공사 농어촌연구원 주임연구원 · E-mail : [fingon@ekr.or.kr](mailto:fingon@ekr.or.kr)

\*\*\*\* 비회원 · 한국농어촌공사 농어촌연구원 수석연구원 · E-mail : [kscho@ekr.or.kr](mailto:kscho@ekr.or.kr)

## 2. 유량공급시스템 검 · 보정

새만금 전구역 모형에서는 동진강과 만경강 2개의 하천을 통해서 유량이 유입되고 있다. 유입유량 제어계측시스템은 목표유량값을 시계열자료로 입력하고 작동을 시키면 현재 목표유량값과 유량계를 통과하는 유량값과 비교하여 목표유량값에 근접하도록 밸브의 개폐를 자동조절할 수 있는 시스템으로 설계하였다. 또한 본 시스템을 통해서 유량이 정밀하게 유입되고 있는지에 대한 검정 실험을 실시하였고 (그림 1)은 그 결과이다.

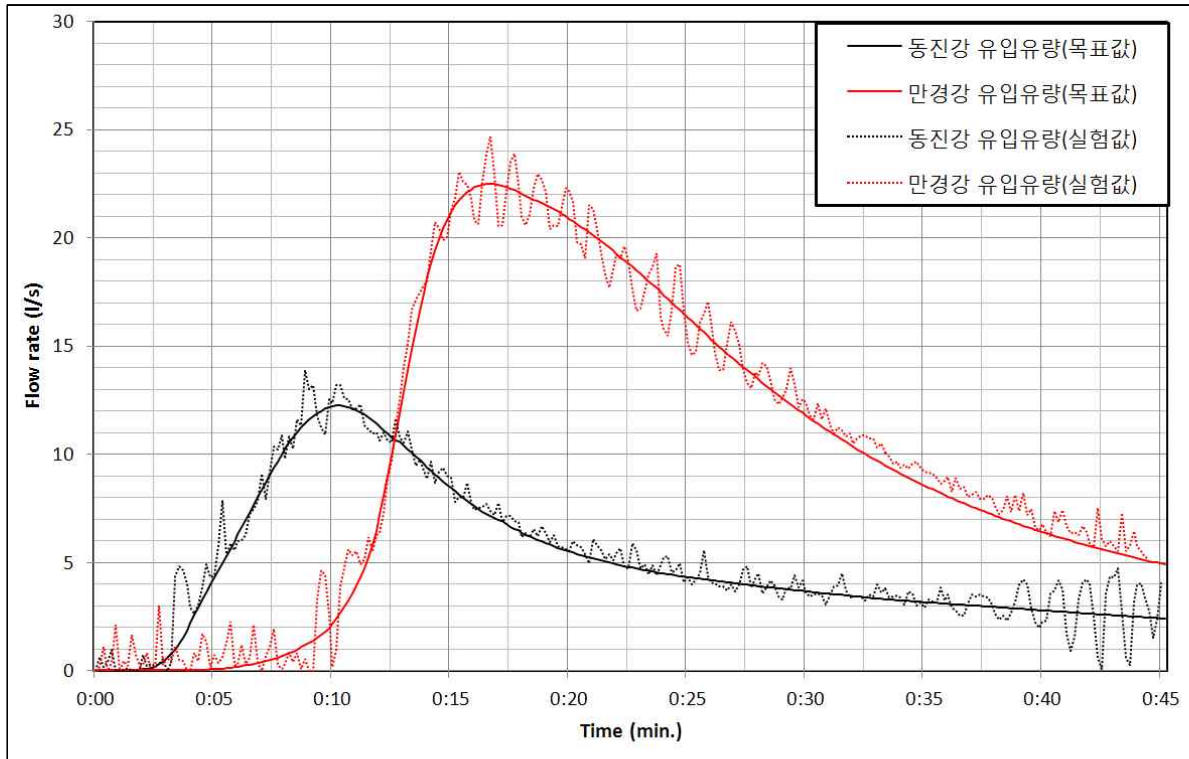


그림 1. 유입유량 검정 실험결과

실험결과를 보면 유입유량 제어계측시스템을 통해서 유입되는 유량은 평균적으로 목표유량의  $\pm 5\%$  범위 내에서 오차를 두고 목표유량의 추세를 따라가고 있다. 그리고 유입유량이  $3\text{ l/s}$  미만일 경우와 유량이 증가하다가 감소하는 변곡되는 구간에서 오차가 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 하지만 45분동안의 실험기간 동안 목표유량값과 실험값의 누적유량값은 <표 2>와 같으며 오차범위는 5% 범위안에 들어오기 때문에 실험에 영향은 크지 않을 것으로 판단된다.

<표 2> 누적유량값

구 분	동진강 유입유량( $l$ )		만경강 유입유량( $l$ )	
	목표	실험	목표	실험
누적유량( $l$ )	13,610.3	14,236.2	26,856.6	27,849.8
오 차(%)	+4.6		+3.7	

## 3. 조석재현 검정

새만금 전구역 모형에서는 6개의 조석발생위어를 통해서 조석을 재현하고 있다. 조석발생위어를 통해서 조석이 정밀하게 재현되고 있는지에 대해서 검정실험을 실시하여 실험의 정밀성을 확보하였다.

새만금 현장에서는 신시배수갑문과 가력배수갑문의 중간에 있는 조위계를 통해서 조위를 관측하고 있다. 현장실측값과 비교하기 위해 모형에서도 조위계 위치에 초음파 수위계를 설치하여 수위를 측정하였다. 그리고 조석발생위어를 통해서 재현하고자 하는 조위값<sup>2)</sup>을 새만금제어계측시스템에 입력하여 조석발생위어를 운영하였다. (그림 2)는 재현하고자 하는 목표 조위값과 모형에서 측정한 측정값과 비교한 그림이다.

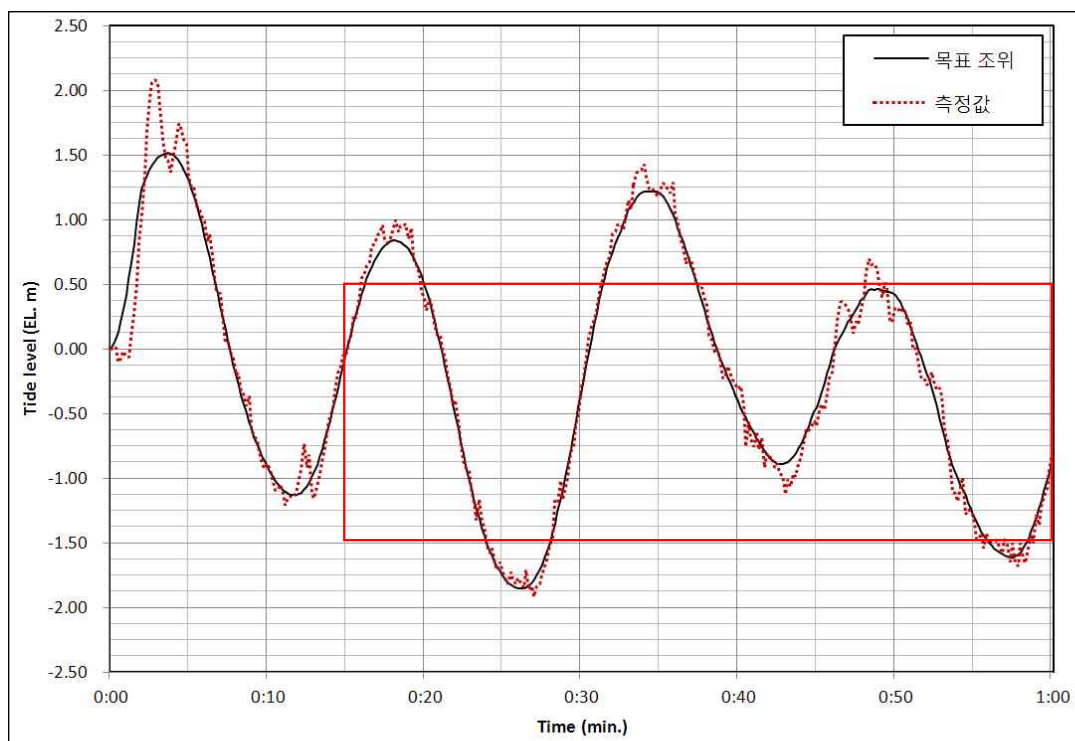


그림 2. 조석재현 검정 실험결과

전체적으로 목표값과 측정값의 큰 차이가 없이 나타났다. 실험초기(0~5분)에는 목표값과 측정값의 차이가 EL. 0.5m로 크게 나타나지만 실험 5분 이후부터는 최대 EL. 0.2m가 나타난다. 주로 차이가 나타나는 부분은 조위가 상승에서 하강으로 변하는 변곡점에서 차이가 나고 있다. 실제 실험에서 조위값은 배수갑문의 운영과 관련되어 실제로 변곡점의 조위값보다 상승구간과 하강구간의 조위값(EL. -1.5m ~ EL. 0.5m)이 실제 실험에 영향을 미치기 때문에 현재 조석발생위어의 조석 재현성은 정밀하다고 판단된다. 또한 실제 실험에서는 15분 동안 조석발생위어를 안정화시킨 후에 실험을 실시하여 정밀성을 배가하였다.

#### 4. 배수갑문 통과유량 검·보정

배수갑문의 통과유량 검·보정은 본 연구에서는 실시하지 못하였다. 배수갑문 운영시 통과하는 유량값에 대한 실측자료가 부족하여 검·보정의 어려움이 있었다. 따라서 이에 대한 추후 실측자료 수집 및 연구가 필요하다고 판단된다.

#### 5. 모형 조도 보정

왜곡된 조석모형의 경우 수직거리가 수평거리에 비해 적게 줄어들기 때문에 모형표면이 매끄러워 급한 수면경사의 원인이 된다. 따라서 모형의 조도(roughness)를 증가시켜 표면마찰을 크게 하여 올바른 수면경사를 유도한다.

2) 자료 : ‘농림수산식품부·한국농촌공사(2008), 2008년 새만금지구 수문조사보고서’의 소조기 조위관측

본 모형은 왜곡도는 6.43(=450/70)이며, 요구되는 보정조도의 크기는 Chezy 계수의 형태로 표현하면 식 (1)와 같다. 이는 모형에서의 값은 원형의  $C_p$ 의 0.4배이다.

$$C [L_H/L_V]^{1/2} = [6.43]^{1/2} = 2.5 \quad (1)$$

본 모형은 제작과정에서 왜곡도를 고려하여 거친 빗자루로 빗질(준설단면 구간 제외)을 하여 조도를 크게 하였으나 조도 보정을 위해 조도재료의 배치가 필요하였다. 요구되는 조도재료량의 계산은 아래와 같이 수행하였다.

① 수심별로 현장의 C값을 White-Colebrook 공식(식 (2))으로 구한다. k=0.1m 적용(연안에서 눈에 띄는 정도의 유사이동이 있을 때)

$$C = 18 \cdot \log(12h/k) \quad (2)$$

여기서, h = 수심(또는 동수반경), k = 바닥의 조도

② 모형에서 요구되는 Chezy계수값 C-tot를 대응하는 수심별로 Chezy 계수 축척으로 나누어 구하였다.

③ 현재 설치된 모형바닥의 C값( $C_{tot}$ )을 대응수심별로 구하였다. k=0.01m 적용 (거친 빗자루로 빗질한 상태)

④ 추가로 요구되는 C값( $C_{add}$ )을 아래 식에 의해 구하였다.

$$\frac{1}{C_{tot}^2} = \frac{1}{C_{bot}^2} + \frac{1}{C_{add}^2} \quad (3)$$

⑤  $C_{add}$ 에 해당하는 조도재료의 양은 Delft Hydraulics에서 행한 Flume test의 결과에 의거 물량을 계산하였다.

⑥ 수심이 깊은 부분(12.5cm이상)은 반벽돌(벽돌의 반조각: 10 x 10 x 5cm)로 배치하고 얇은 부분은 자갈(D=10~20mm)을 포설하였다.

위의 과정에 따라 모형 수심별 조도재료량의 계산결과는 <표 3>과 같다.

표 3. 모형 수심별 조도재료량 계산결과

현장수심 (m)	모형수심 (cm)	조도재료 종류	단위면적당 보 정재료량	면적 (m <sup>2</sup> )	보 정 재료량	비 고 (간 격)
5 미만	7 미만	자갈	1.2ℓ/m <sup>2</sup>	1,411	1,693ℓ	-
5 ~ 10	7 ~ 14	자갈	1.9ℓ/m <sup>2</sup>	286	544ℓ	-
10 ~ 15	14 ~ 21	반벽돌	7.0 개/m <sup>2</sup>	69	481개	0.38m
15 ~ 20	21 ~ 29	반벽돌	7.7개/m <sup>2</sup>	27	205개	0.36m
20 ~ 25	29 ~ 36	반벽돌	8.3개/m <sup>2</sup>	7	61개	0.35m
25 이상	36 이상	반벽돌	8.6개/m <sup>2</sup>	14	122개	0.34m

조도 재료량 계산 결과값에 따라 자갈을 체질하고 조도재료를 배치하였다. 반벽돌은 단위면적당 소요되는 개수만큼 임의로 배치하되 그 줄은 흐름방향에 대해 대략 45° 각도를 이루도록 하였다. 그러나 실제로 배치되는 조도재료의 양은 검정실험 결과를 통해 부분조정이 필요하여 조치하였다.

모형 검 · 보정 실험을 위하여 동진강과 만경강의 상류, 중류, 하류에 각 3개의 측점을 설정하였고 그 위치는 그림 3과 같다.

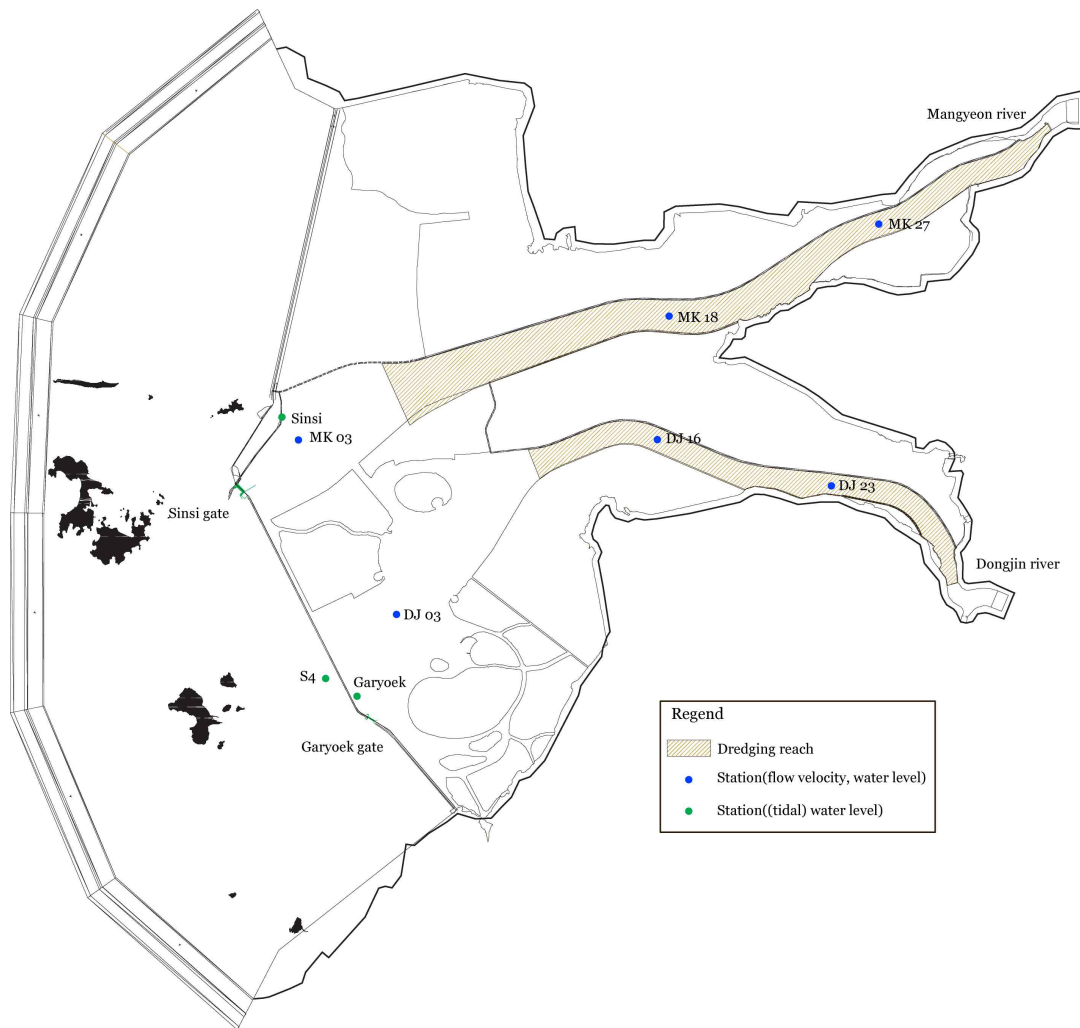
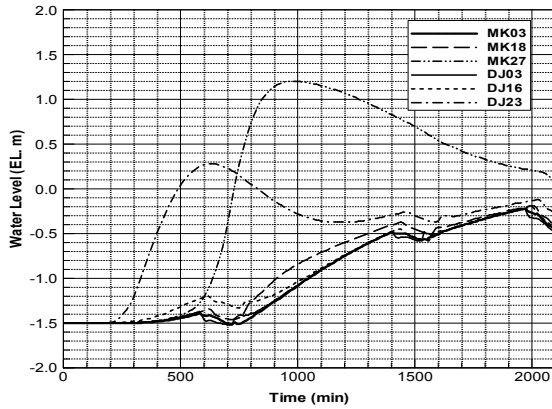


그림 3. 모형 검 · 보정 측정 위치

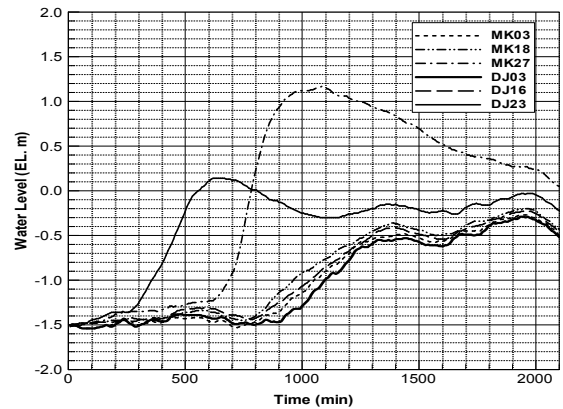
<표 4>는 조도 보정 후 실험을 실시하고 Delft3D로 수치해석결과와 비교한 것이다. 통상적으로 모형 지형 형성시 제작의 어려움으로 말미암아 허용오차  $\pm 2\text{mm}$ 를 인정하였다. 수위의 경우 모형제작 허용오차 범위 안에 들어오기 때문에 조도보정으로 인한 올바른 수면경사가 형성된 것으로 판단된다.

표 4. 수치해석과 조도보정후 수리모형실험 결과 비교

구분		동진수계 측정			만경수계 측정		
		DJ 03	DJ 16	DJ 23	MK 03	MK 18	MK 27
최대수위 (EL.m)	수치해석	-0.22	-0.20	0.28	-0.22	-0.19	1.20
	수리모형실험	-0.29	-0.22	0.14	-0.27	-0.20	1.17
	오차	0.07	0.02	0.14	0.05	0.01	0.03



(a) 수치해석



(b) 수리모형실험

그림 4. 수치해석과 조도보정 후 수리모형실험 결과 비교

## 5. 결과

유량공급, 모형조도, 배수갑문 통과유량, 조석재현에 대한 새만금 지구 수리모형의 검토정을 실시하였다. 그 결과 유량공급 및 조석재현의 검토결과는 만족할 만한 수준으로 그 결과가 나왔으나 배수갑문에 대한 통과유량은 자료에 대한 부족으로 실시하지 못하였다. 향후 필요한 자료 조사 등을 통하여 취득하여 추후 연구가 필요하다. 모형조도보정 실험은 수치해석 결과와 수리모형실험을 비교하여 실험을 실시하여 해석식과 실험결과값을 근거로 한 조도재료량을 계산하고 이를 배치하여 검토정 실험을 실시하여 조도를 보정하였다. 조도보정에 있어서 배수갑문에 대한 보정이 안 되어 있어 한계가 존재한다.

## 감사의 글

본 연구는 농림식품부의 새만금내부개발사업에 의하여 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

## 참고 문헌

1. 농림수산부·농어촌진흥공사(1994), 새만금지구 수리실험 및 파랑관측보고서.
2. 농림수산식품부·한국농촌공사(2008), 2008년 새만금지구 수문조사보고서