

# DWSL 모형을 이용한 갑문에서의 유량과 수위예측

## Predictions of Discharges and Water Level in Lock using DWSL Model

김종우\*  
Kim, Jong-Woo

### 요지

본 연구에서는 갑실내에서 3차원적인 흐름 현상을 해석하기 위해 GUI 기반의 간략한 1차원 단순모형 DWSL이 개발되었으며, 갑실에서 수위와 유량변화를 예측하였다. DWSL에 의해 산정된 값과 실험치를 비교분석한 결과, 계산값이 대체로 일치되었다. 연구결과로써 갑실에서의 유량과 수위변화는 갑실내의 수리인자(유량계수, 갑문의 개도속도, 갑문의 개도높이, 수면경사, 갑문 개방시간)들에 의존하고 있다. 갑실내에 침두유량 시간은 수면경사 증가에 따라 감소하였으며, 갑실상부 지점까지 도달수위 시간은 짧아졌다. 침두유량 도달시간이 갑문개도 속도 증가에 따라 짧아지는 동안, 개도면적이 변화하지 않을 경우 갑실내의 수위와 유량은 유량계수증가에도 불구하고 변화하지 않았다. 또한 연구결과로써 갑문의 개도높이가 증가함에 따라 침두유량 도달시간과 수위도달시간은 감소하였다.

**핵심용어** : 갑문, 수리인자, 수위, 갑문의 개도높이

## 1. 서론

운하 건설시 하천의 고처차를 극복하기 위한 주운용 갑문시설이 요구된다. 주운용 갑문 설계시 수리학적인 유체거동과 운영조건이 고려되어야 한다. 또한 갑문을 설치할 경우 갑실의 규모, 게이트를 통한 우수유량과 수위변화, 개폐시간, 소요되는 유량, 외력 등에 대한 안전한 방식선정이 필요하다.

국외에서는 주운시설인 갑문에 관한 많은 연구가 실시되었다. Partensky(1957)는 수위에 대한 갑문의 영향에 관한 연구를 하였다. John Day 갑문의 충·배수시스템에 관한 연구가 진행되었으며(Perkins와 Chanda, 1975), Viscer와 Huber(1993)는 갑실의 기능에 대해 연구하였다. 국내에서는 3차원 수치모형인 Flow-3D를 사용하여 마이터 게이트(Miter Gate)형식에 따른 수리학적인 분석을 하였다(김남일 등, 2008). 그러나 국내의 주운시설인 갑문에 대한 연구는 미미한 수준이다.

그러므로 본 연구는 갑실내에서 3차원적인 흐름 현상을 해석하기 위해 GUI 기반의 간략한 1차원 단순모형 DWSL을 개발하였으며, 갑실내의 선박 이동시 안정성에 영향을 주는 수위 및 유량변화를 분석하였다.

## 2. 갑실의 유량변화

일반적으로 주운의 높이차를 극복하기 위한 주운시설은 상류접근수로, 갑실과 상·하류측의 갑

\* 정회원 · 경기대학교 공과대학 토목공학과 강사 · 공학박사 E-mail : kimjw0426@nate.com

문, 하류접근수로 등으로 구성되었다. 또한 충·배수 시설을 통해 갑실내의 수위를 조절하기 위해 수위증가 및 유압선이 수평이동하게 되었다. 유럽에서 사용되는 갑문의 형태는 갑실형 갑문, 맨홀형 갑문, 연결형 갑문, 계단형 갑문, 절수갑문, 특수한 형태의 갑실형 갑문과 같이 6종류로 나눈다. 또한 갑문의 게이트는 실내의 유량유입 조절과 흐름교란을 최소화하기 위해 상류층과 하류층에 설치된다. 게이트의 형태는 다음과 같이 6가지로 나눈다(그림 1).

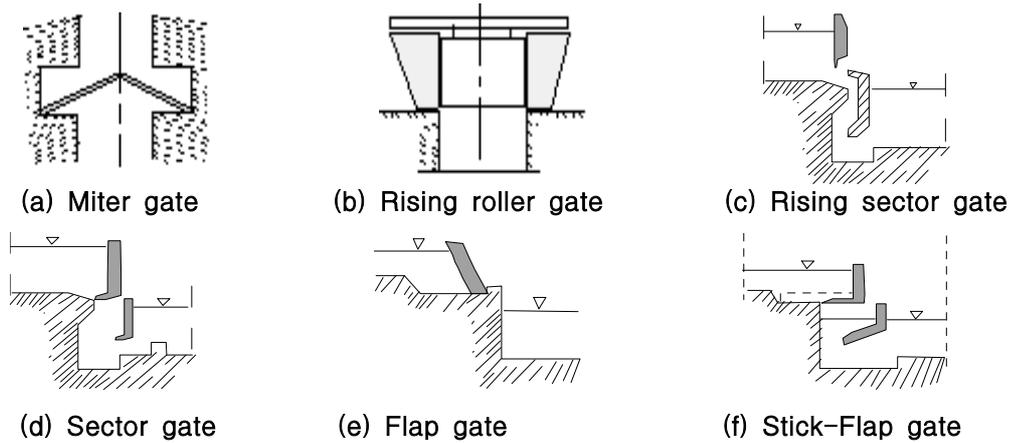


그림 1. 갑문의 게이트의 종류(TRF, 1960)

갑실의 수위와 유량은 시간단계별 변화된다. 초기단계( $0 < t < t_1$ )일 경우 게이트가 서서히 개방되면 갑실내의 유량과 수위는 증가된다. 그러나 두 번째 단계( $t_1 < t < t_2$ )일 경우 게이트는 완전히 개방되어 최대수위에 도달하며, 유입유량은 서서히 감소된다. 그러므로 그림 2와 같이 초기단계( $0 < t < t_1$ )에서 갑실형 수문게이트가 개방될 경우 유량( $Q_t$ )변화는 1차원 연속방정식과 Bernoulli 방정식을 사용하여 식 (1)과 같이 나타낸다.

$$Q_t = \mu n \sqrt{2gH_0} t - \frac{\mu^2 n^2 g}{2A} t^3 \quad (1)$$

여기서  $H_0$ 는 갑실의 최대수위,  $\mu$ 는 유량계수,  $A$ 는 갑실면적이다.

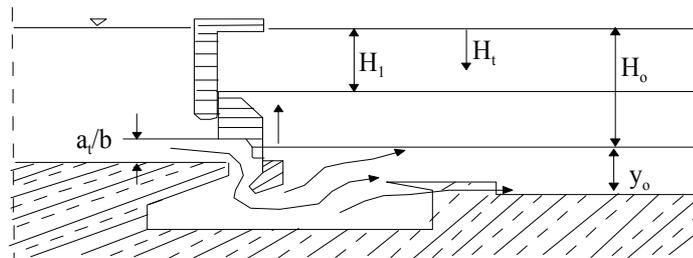


그림 2. 갑실의 수위

### 3. 모형개발

본 연구에서는 실무에서 간단하게 사용할 수 있는 GUI기반으로 구성된 모형(DWSL: Discharge and Water Surface in Lock)을 개발하였다(그림 3). 모형 DWSL의 GUI 시스템 개발에 사용된 언어는 C++이며, 프로그램은 Windows 기반의 닷넷프레임워크가 설치된 소형 컴퓨터(PC)에서 작동 가능하며, 본 모형에 사용된 Graphic Library는 ZedGraph Library를 사용하여 개발된 프로그램이다.

본 모형의 구성은 갑문의 수리인자에 관련된 입력부, 모형 실행부와 결과 표출부로 나눈다. 그림 3과 같이 모형의 상류단은 입력값 메뉴(갑문의 개도 높이(m), 유량계수, 갑실면적( $m^2$ ), 개도속도(mm/s), 수면경사, 갑문 상류수위(m), 갑실 초기수위(m) 등)가 있으며, 하류단은 갑실의 유량-수위곡선, 유량 누적그래프, 수위 누적그래프, 갑실 유속 누적그래프 및 우측에 모형계산후 변화결과 값들을 나타낸다. 특히 결과값 복사기능과 그래프조절 기능이 있다. 이때 갑실 수위는 갑문 상류단 수위만큼 상승하게 되며, 갑실의 유량유입은 더 이상 없다.

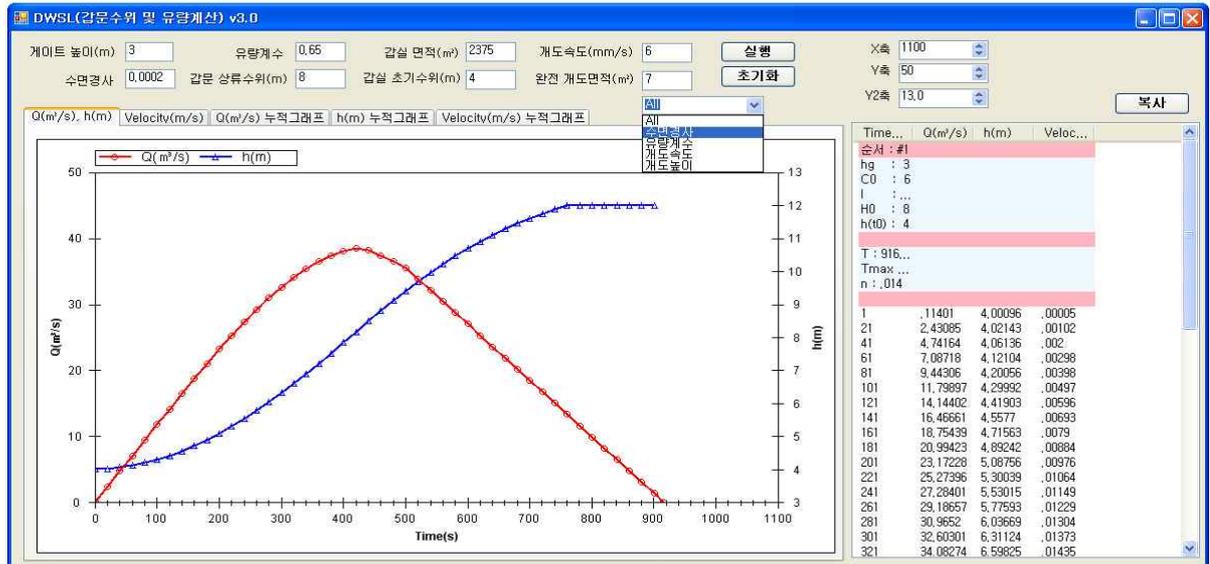


그림 3. GUI(Graphic User Interface)기 기반인 DWSL(Discharge and Water Surface in Lock)모형

#### 4. 갑실의 수리인자 검토

그림 4는 수면경사에 따른 유량과 수심변화를 나타낸다. 그림 4와 같이 수면경사가 0.015 %일 경우 최대유량은  $28.6 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $t = 461$ 초)이며, 침두수위는 7.3 m이다. 0.025 %일 경우 최대유량은  $40.2 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $t = 421$ 초)이며, 침두수위는 8.4 m이다. 0.040 %일 경우 최대유량은  $51.8 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $t = 321$ 초) 침두수위는 8.8 m로 각각 유량과 침두수위가 증가하였다.

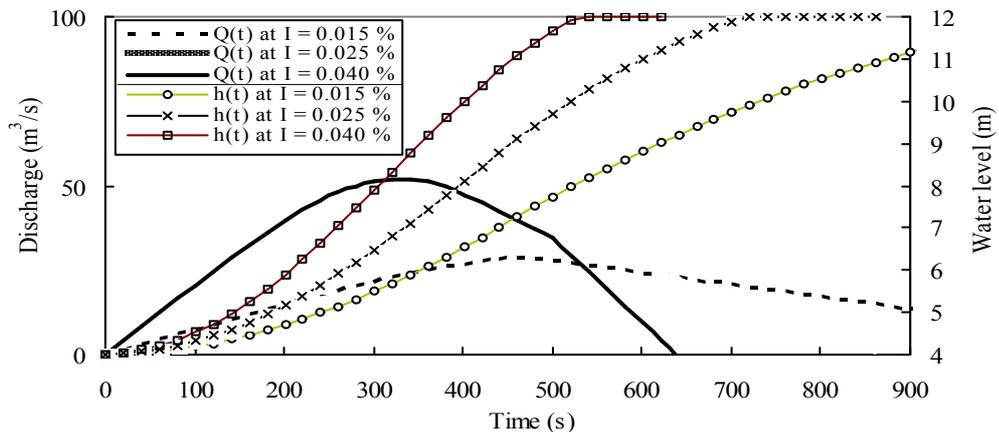


그림 4. 수면경사에 따른 갑실의 수위와 유량 변화

그림 5는 갑문의 개도속도(Opening Speed)는 6 mm/s에서 10 mm/s로 증가할 경우 유량과 수위 변화를 나타낸다. 이때 모의 조건으로 유량계수는 0.65, 개도면적은 12, 수면경사는 0.040 %이다. 개도속도가 6 mm/s일 경우 갑실의 최대유량은 51.7 m<sup>3</sup>/s( $t = 341$ 초)이며, 이때 수위는 8.7 m이다. 또한 개도속도가 7.5 mm/s일 경우 갑실의 최대유량은 57.3 m<sup>3</sup>/s( $t = 301$ 초)와 수위는 8.6 m인 반면 개도속도가 10 mm/s일 경우 갑실의 최대유량은 64.9 m<sup>3</sup>/s( $t = 261$ 초)이며, 수위는 8.6 m이다. 또한 본 연구에서는 개도면적이 변할 때 유량계수가 0.50, 0.60, 0.65로 변화함에도 불구하고 갑실의 최대유량은 51.8 m<sup>3</sup>/s( $t = 341$ 초)로 동일함을 나타낸다. 그 이유는 유량계수가 증가할 경우 개도면적은 같은 비율로 감소하기 때문에 그 결과 유량변화는 없다.

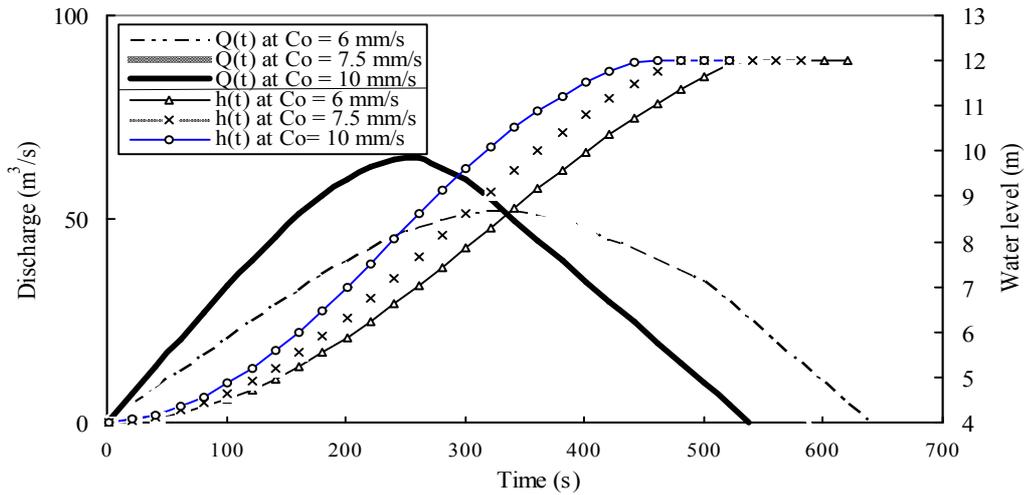


그림 5. 개도속도증가에 따른 갑실의 수위 및 유량변화

그림 6은 갑실의 최대유량이 발생하는 최대시간( $t_{max}$ )과 갑문이 완전히 개도되는 시간( $t_1$ )에 따른 갑실의 유량과 수위변화를 나타낸다. 게이트가 완전히 개도되는 시간( $t_1 = 125$ 초)이 최대시간( $t_{max} = 141$ 초)보다 짧은 경우 최대시간 141초에서 갑실의 최대유량은 84 m<sup>3</sup>/s이며, 짧은 시간에 갑실유량이 급속히 증가하게 된다. 그 결과 급속한 유량증가는 갑실 내에 정박된 선박안전에 큰 영향을 미칠 수 있다(그림 6(a)). 그러나 그림 6(b)과 같이 갑문이 완전히 개도되는 시간( $t_1 = 666$ 초)이 최대시간( $t_{max} = 361$ 초)보다 클 경우 최대시간 361초에서 갑실의 최대유량은 46 m<sup>3</sup>/s이다.

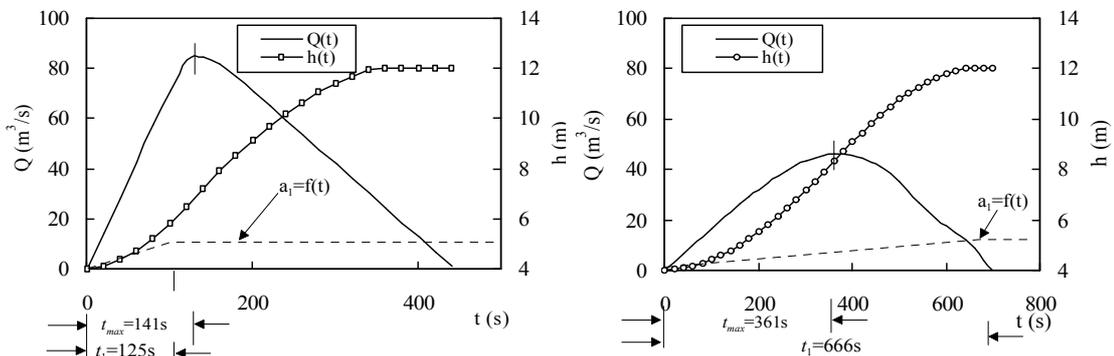


그림 6. 개도시간 증가에 따른 갑실의 수위와 유량변화(a:  $t_1 = 125$  s,  $t_{max} = 141$  s, b:  $t_1 = 666$  s,  $t_{max} = 361$  s)

## 5. 결론

본 연구에서는 갑실내의 3차원적인 흐름 현상을 간략한 모형인 1차원 모형으로 모의하였다. GUI기반으로 모형을 개발하였으며, 갑문의 수면경사, 갑문의 개도높이, 개도유속, 최대시간변동 등의 영향 등에 따른 수리특성을 분석하였다. 갑문의 길이가 190 m, 폭이 12.5 m인 갑실 내에서 선박이동을 위해 요구되는 수위차가 8 m일 경우 갑실 내의 흐름교란현상의 저감과 선체의 안정성을 확보할 수 있는 최적화된 결과 값을 증명하고자 하였다. 그러므로 그 연구결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- (1) 갑실의 수위 및 유량은 수면경사에 크게 영향을 받으며, 가장 적합한 최적 수면경사는 0.025 % ~ 0.040 %를 선택할 수 있다.
- (2) 갑실의 유량과 수위는 갑문의 개도속도에 영향을 받으며, 본 연구의 갑문에서 최적개도속도 (optimal speed)는 6 ~ 7.5 mm/s범위에 존재한다.
- (3) 갑실에서 선박의 안전 운행을 위해 최대시간은 갑문을 완전히 개방하는 시간보다 작아야 함을 나타낸다.

## 참고문헌

1. 김남일, 김태원, 박윤성 (2008). 주운건설을 위한 수리학적 검토. 한국수자원학회지, Vol. 41, No. 12, pp. 58 - 65.
2. Partenscky, H. -W. (1957). *Der Einfluss der Schleusenfuellungen auf den Wasserstand und die Schifffahrt in einer Kanalhaltung.* 144. Arbeit aus dem Theodor-Rehbock-Flussbaulaboratorium, TH Karlsruhe.
3. Perkins, L. Z., and Chanda, A. J. (1975). *Filling and emptying system, Little Goose Lock, Snake River, Wash. Hydraulic model investigation.* U.S. Army Engineer Division North Pacific, Bonneville, Techn. Report no. 115-1.
4. Theodor-Rehbock-Flussbaulaboratorium (TRF) (1960). *Diverse Versuchsberichte aus den Jahren.* T. H. Karlsruhe.
5. Viscer, D., and Huber, A. (1993). *Wasserbau*, 5. Auflage, Springer-Verlag, Berlin.