

# 유입구 경사 변화에 따른 나선식 종경사형 유입구 수위-유량 관계 검토

## Investigation on the Stage-Discharge Relation in Inclined Spiral Intake for the Various Inclination

이동섭\*, 김창완\*\*

Dong Sop Rhee, Chang Wan Kim

### 요 지

최근 도입 필요성이 계속하여 높아지고 있는 지하방수로 유입구로는 유입구 효율과 성능으로 인하여 와류식 유입구가 많이 적용되고 있다. 그 중 나선식 유입구(spiral intake)는 가장 일반적으로 사용되는 형식으로 초기에 활용되었던 원형 유입구(circular intake)를 대신하여 사용되는 형식이다. 형태적인 복잡성에 도 불구하고 형식상의 특성으로 인하여 와류(vortex)를 안정적으로 형성시키기 때문에 많이 사용되고 있다. 나선식 지하방수로 유입구가 사용되는 가장 큰 이유는 유입구 내부에서도 수위가 안정적으로 유지되며, 유입 유량에 따른 수위의 변화가 다른 유입구 형식에 비하여 비교적 안정적으로 예측 가능하기 때문이며, 만약 지하방수로 유입구 내부에서 수위가 안정적으로 유지되지 못하고 도수 현상 등에 의한 수위 상승 현상 등이 발생하는 경우 지하방수로 내부로 안정적으로 유량을 배제하는 것이 어려워지고, 또한 도수 현상이 발생하는 동안 과도한 유량이 유입될 경우 다시 분류로 흐름이 역류할 가능성도 생각할 수 있다. 따라서 유입구 형상에 따른 수위의 변화를 정확히 예측하는 것이 매우 중요해 진다.

본 연구에서 검토될 나선식 종경사형 유입구(inclined spiral intake)는 일정한 바닥 경사를 도입하여 사류 흐름을 보다 안정적으로 가속시켜 유입구 내부에서의 도수 현상을 방지하는 형식으로 유입구 바닥의 외측 또는 중앙선을 따라서 일정한 경사를 주어 사류 유입 흐름을 안정적으로 유도함으로써 유량 배제 효율을 높인 형태라 할 수 있다. 본 연구에서는 유입구 외측을 기준으로 일정한 경사(5.0 %, 7.5 %, 10.0%, 12.5%)를 가진 나선식 종경사형 유입구 모형을 제작하여 유입 유량 변화에 따른 유입구 내부에서 수위-유량관계를 확인하였다

**핵심용어** : 나선식 종경사형 유입구, 유입구 경사, 수위-유량 관계

### 1. 서론

지하방수로의 유입부는 크게 접근수로, 유입구, 유입수갱(vertical shaft)으로 구분되며, 접근 수로를 통하여 유입된 흐름은 유입구를 통하여 가속되어 와류 흐름을 형성하면서 유입수갱으로 유입되게 된다. 따라서 지하방수로의 홍수 방어 능력을 평가하기 위해서는 유입구에서의 유량 및 흐름 특성을 정확히 평가하는 것이 매우 중요하다. 나선식 유입구(spiral intake)는 지하방수로 유입구 중 가장 일반적으로 사용되는 형식으로 초기에 미국 등지에서 활용되었던 원형 유입구(circular intake)을 대신하여 일반적으로 사용되기 시작한 유입구 형태로 형태가 복잡하지만 대신 와류(vortex)를 안정적으로 형성시키기 때문에 현재도 사용되고 있다. 나선식 지하방수로 유입구가 사용되는 가장 큰 이유는 유입구 내부에서도 수위가 안정적으로 유지되며, 유입 유량에 따른 수위의 변화가 다른 유입구 형식에 비하여 비교적 안정적으로 예측 가능하기 때문이다. 지하방수로 유입구 내부에서 수위가 안정적으로 유지되지 못하고 도수 현상 등에 의한 수위 상승 현상 등이 발생하는 경우 지하방수로로 안정적으로 유량을 배제하는 것이 어려워지며, 도수 현상이 발생하는 동안 유입구를 통하여 과도한 유량이 유입

\* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원·E-mail : dsrhee@kict.re.kr  
\*\* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 책임연구원·E-mail : cwkim@kict.re.kr

될 경우 다시 분류로 흐름이 역류할 가능성도 고려해야 한다. 그러므로 유입구 형상에 따른 수위의 변화를 정확히 예측하는 것이 매우 중요하다.

나선식 유입구는 기본적으로 평탄한 유입구(flat invert)를 가지는 형태가 많이 사용되는데, 상류 흐름에 대해서는 일반적으로 안내벽(guiding wall)이 없는 형태가 사용되나, 사류 흐름이 유입되거나 유입 유량이 많아지는 경우 수직 갭도 내에 공기 공동(air core)을 효과적으로 형성시키기 위하여 안내벽을 설치하게 된다. 이와 더불어 사류 흐름을 안정적으로 가속시켜 유입구 내부에서의 도수 현상을 방지하기 위하여 유입구에 일정한 바닥 경사를 도입한 나선식 종경사형 유입구(inclined spiral intake)가 사용되고 있다. 나선식 종경사형 유입구는 유입구 바닥의 외측 또는 중앙선을 따라서 일정한 경사를 주어 사류 유입 흐름을 안정적으로 유도함으로써 유량 배제 효율을 높인 형태이다. 본 연구에서는 유입구 외측을 기준으로 일정한 경사를 준 형태의 나선식 종경사형 유입구 모형을 제작하여 유입 유량 변화에 따른 유입구 내부에서 수위 변화를 확인하고자 한다.

## 2. 실험 시설 및 실험 조건

그림 1에 상류(subcritical) 유입 흐름을 가지는 나선식 유입구 유입부의 일반 형태를 표시 하였다(Hager, 1985). 그림 1의 나선식 유입구는 안내벽(guiding wall)이 없는 형태로, 그림에서  $b$ 는 상류 유입수로의 폭이고,  $a$ 는 수직 갭도 중앙축과 유입수로 종방향 중심선 사이의 거리이며,  $R$ 은 수직 갭도의 반지름이다. 그림 1과 같은 평탄한 유입구를 가지는 나선식 유입구에 대해서는 많이 연구되었으나, 종경사형 유입구는 고려되기 시작한 지 일정한 시기가 지났음에도 불구하고 지하방수로가 실제 설치된 사례가 아직 많지 않아 일반적인 연구가 수행되고 있지 않는 것으로 파악된다. 이는 나선식 유입구의 형태적 복잡성으로 인하여 다양한 바닥 경사에 대한 실험 연구가 이루어지는 것이 상대적으로 힘들기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서도 단일 바닥 경사를 가지는 실험 모형에 대하여 수위-유량 관계를 검토하기 위한 실험을 수행하였다.

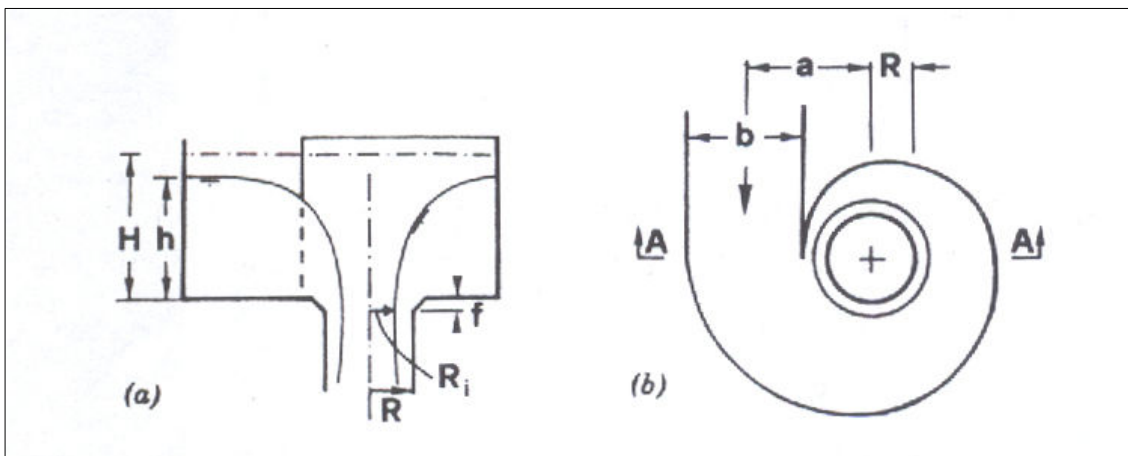


그림 1. 나선식 유입구 개념도(Hager, 1985)

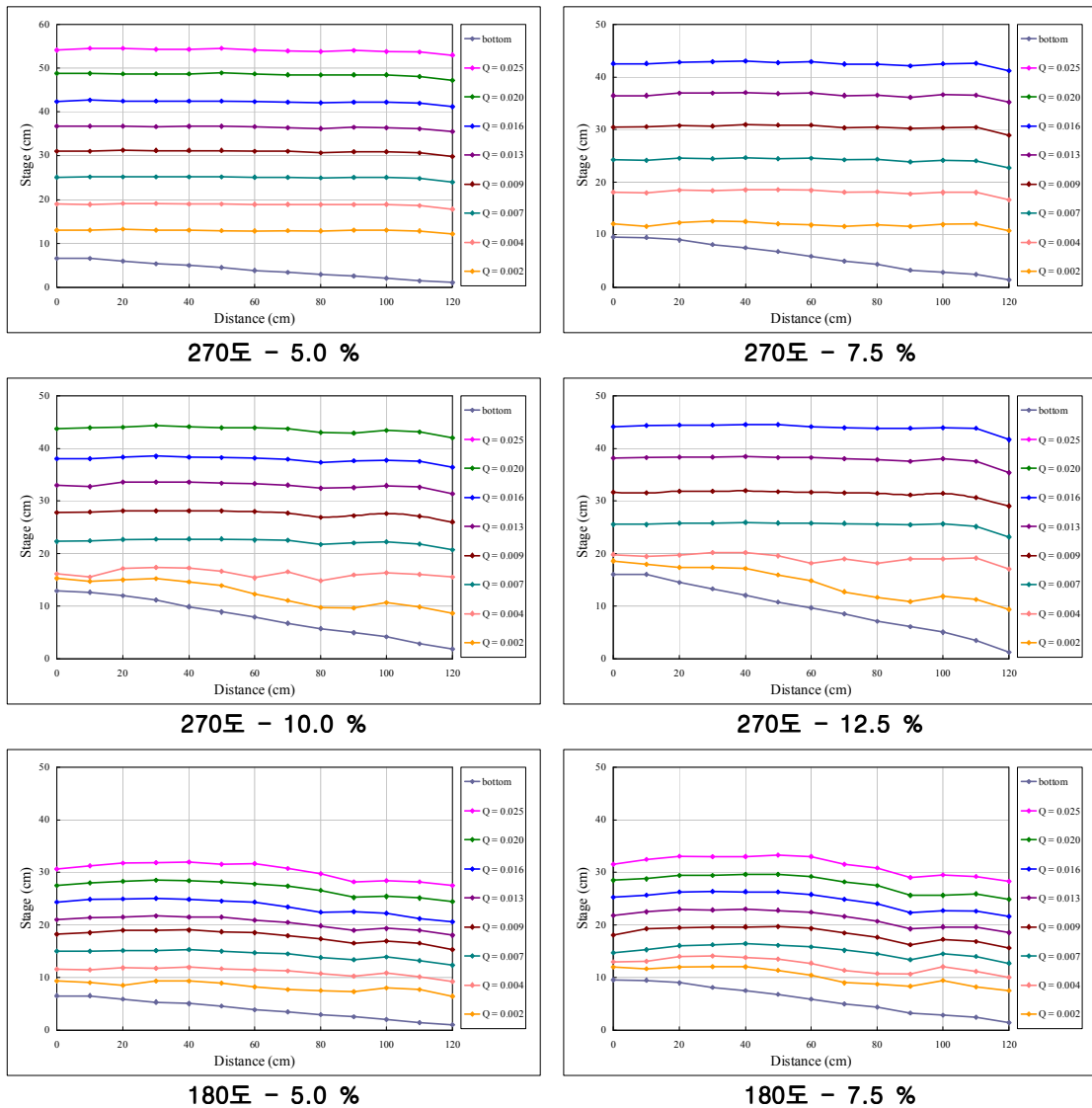
본 연구에서 사용된 나선식 종경사형 유입구 모형은 그림 2와 같이 안내벽(guiding wall)이 있는 형태로, 이후 실험 모형을 개량하여 안내벽이 없는 상태까지 실험을 수행하고자 한다. 안내벽이 있는 경우 흐름의 회전을 유도하여 수직 갭도 내에서 공기 공동의 형성을 촉진하여 원활한 유량 배제에 도움이 되는 것으로 알려져 있고, 대체로 안정적인 흐름이 형성되기 때문에 본 연구에서는 안내벽이 있는 형태를 기본 모형으로 하여 실험을 수행하였다. 수행된 실험 조건 및 모형 제원은 표 1과 같다.

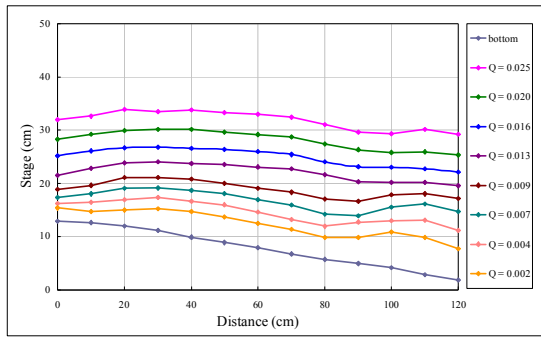
표 1. 실험 조건 및 모형 제원

실험 변수	실험 조건
유입량( $Q$ , $m^3/s$ )	0.002 ~ 0.025
접근수로 폭( $b$ , cm)	20
$a$ (cm)	20
유입 수갱 반경( $R$ , cm)	10
유입구 바닥경사(%)	5.0, 7.5, 10.0, 12.5

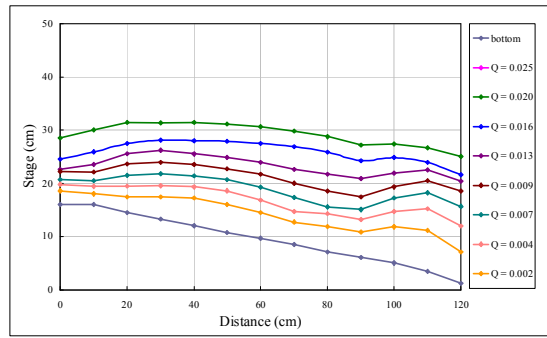
#### 4. 실험 결과

실험에 사용된 모형의 바닥경사는 유입구 바닥 외측을 기준으로 표 1에 제시한 것처럼 4가지로 설정하였으며, 총 8가지 유량에 대하여 수위 변화를 측정하였다. 동일 경사의 모형에 대하여 설치된 안내벽 각도를 변화시켜 유입구 내부에서의 수위를 측정하였다. 동일한 크기(설치각도)의 안내벽을 가질 때 바닥경사에 따른 수위변화를 확인하기 위하여 그림 2에 측정된 수위를 나타내었다.

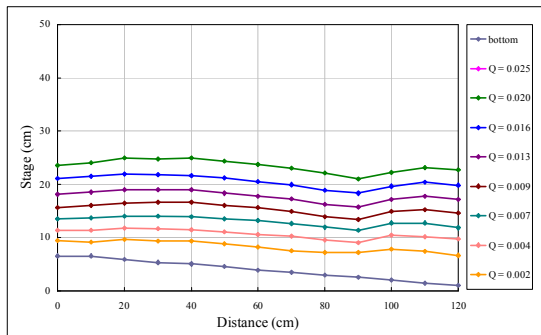




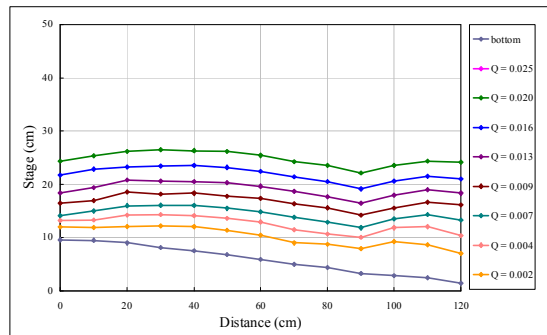
180도 - 10.0 %



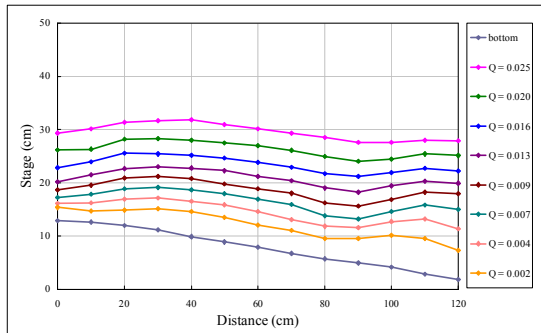
180도 - 12.5 %



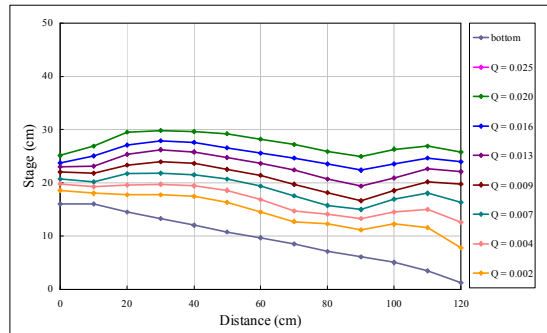
90도 - 5.0 %



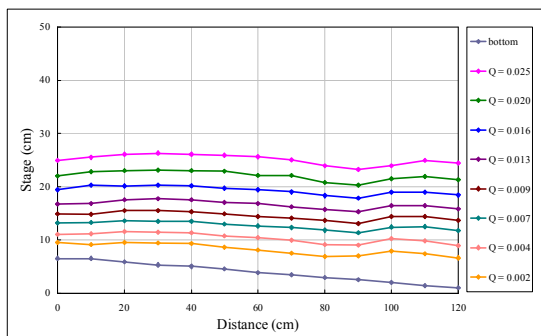
90도 - 7.5 %



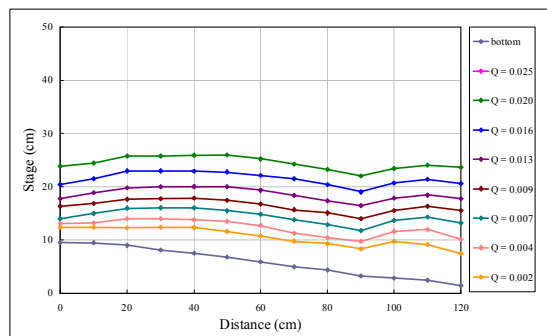
90도 - 10.0 %



90도 - 12.5 %



안내벽 제거 - 5.0 %



안내벽 제거 - 7.5 %

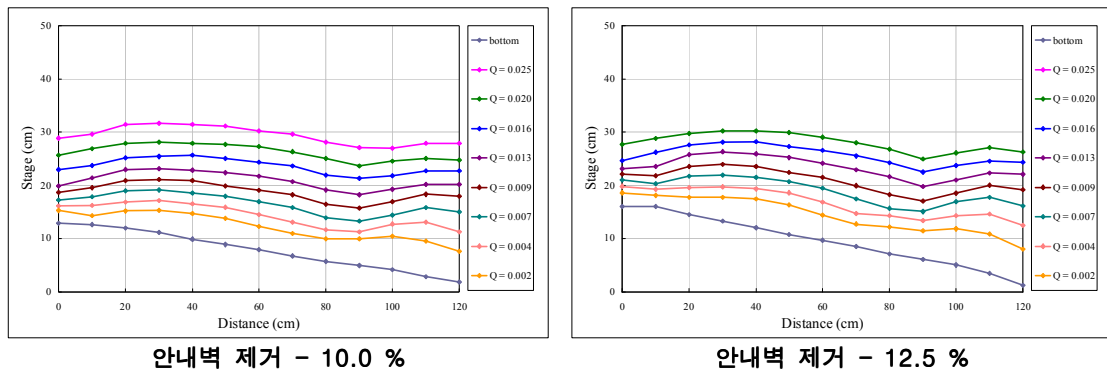


그림 2. 안내벽 설치 각도 변화에 따른 수위 변화

그림 2에서 볼 수 있듯이, 유입 유량에 따라 수위가 큰 변동없이 대체로 안정적으로 유지되는 것을 확인할 수 있다. 이는 나선식 유입구에 의해서 가속된 흐름의 상태가 매우 안정적이라는 것을 반영하는 결과로 보인다. 기본적으로 안내벽 설치각도가 줄어들수록 유입 면적이 증가하지만 안내벽 설치각도가 180도 정도 되는 시점부터 실질적인 유입량에는 큰 변화가 없는 것처럼 나타났다. 180도 보다 설치각도 더 줄어든 시점부터는 수표면 변화 추이를 볼 때 안내벽에 의한 흐름 안정 효과가 상대적으로 감소하고 있는 것으로 보인다.

유입구의 바닥경사를 5.0 %에서 12.5 % 까지 순차적으로 경사를 증가시켰을 때 경사가 증가할수록 안정된 사류 흐름이 유도될 것으로 기대되었으나, 안내벽 설치에 따른 흐름 안정 효과가 감소할수록 흐름의 변동이 더 증가하는 것으로 보인다. 이러한 특성은 유입 수갱 반경이나 접근 수로의 폭 등 유입구의 실질적인 제원이 바뀌에 따라 달라질 수도 있지만, 현 시점에서는 제시된 설계 유량과 유입 수갱 반경에 대하여 유량 배제 효율을 극대화하기 위해서는 안내벽 설치 각도와 바닥 경사 모두 최적화하는 것이 필요한 것으로 판단된다.

## 5. 결론

본 연구에서는 나선식 종경사형 유입구의 수위-유입량 관계를 유입구 경사를 변화시키면서 수리 실험을 통하여 검토하였다. 나선식 종경사형 유입구의 경우 현 실험 조건 하에서는 바닥 경사가 증가할수록 수위-유량 관계의 변동이 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 경사가 증가하여 수위-유량 관계의 변동이 증가하지만 이러한 변동은 유입구의 외벽에서 주로 확인되며 유입 수갱 내부를 향해서는 비교적 와류 흐름이 안정적으로 형성되는 것으로 파악되었다 또한 유입 수갱 내부에서의 질식 현상은 나타나지 않는 것으로 확인되었다. 이후 연구에서는 나선식 종경사형 유입구의 바닥 경사 최적화를 위하여 심도 있는 분석이 필요할 것으로 판단되며, 또한 현 실험 결과를 이용하여 나선식 종횡경사형 유입구와 비교하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

## 감 사 의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업 (03산학연C01-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

## 참 고 문 헌

- Hager, W.H. (1985). "Head-discharge relation for vortex shaft." *Journal of hydraulic engineering*, ASCE, Vol 111, No 6. pp. 1015-1020.