대심도 배수 터널(지하 방수로)의 이해

이동섭(李東燮)
연구위원, 수자원하천연구본부
한국건설기술연구원

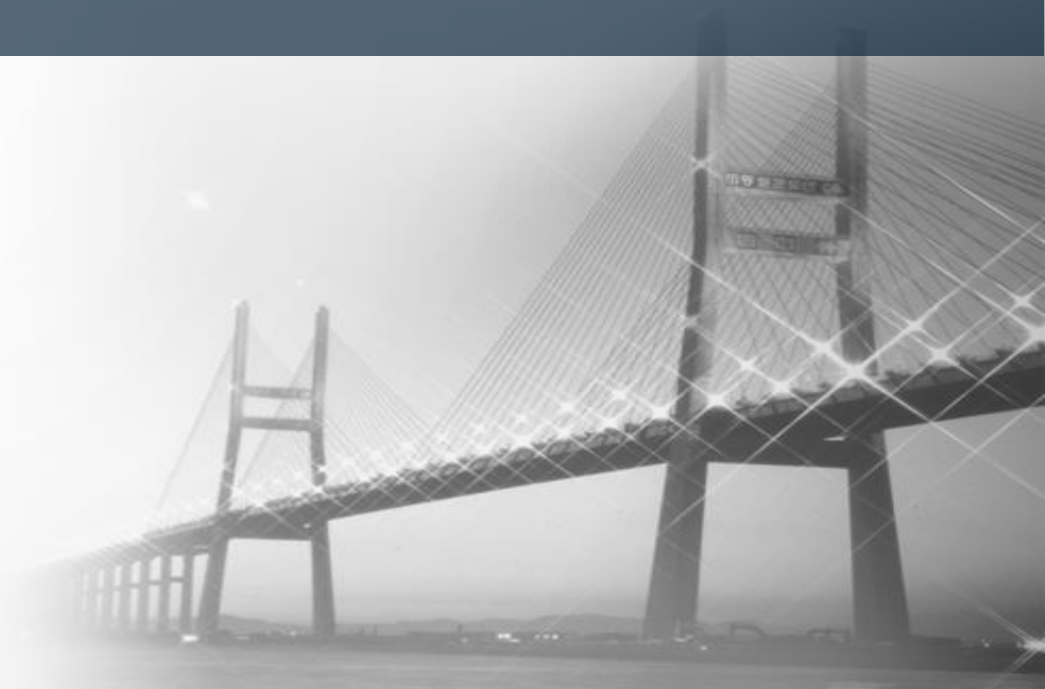
목 차

1. 기후변화와 이상홍수

2. 지하방수로(대심도 배수터널)의 이해

3. 맺음말

1. 기후변화와 이상홍수



기후변화와 이상홍수

기후변화에 따른 강우 및 홍수 특성 변화로 피해 빈발

- 기후 변화로 강우 및 홍수 특성의 급격한 변화로 하천 유역을 중심으로 홍수 위험성 증가
  - 최근 2020년 8월, 2021년 7월, 2022년 8월~9월 홍수 발생 시에도 도심 지역을 중심으로 대규모 침수 피해 발생
  - 주요 치수시설(제방 등)을 포함한 피해 빈발로 주거 밀집 지역의 홍수 대응 능력 약화
- 수변 공간 활용 증가, 토지 이용 변화 등으로 도심지 홍수 피해 가능성 점차 증가
- 도시 지역을 포함한 광범위한 하천 유역에 대해 재해 대응 능력 및 치수 능력 향상 필요

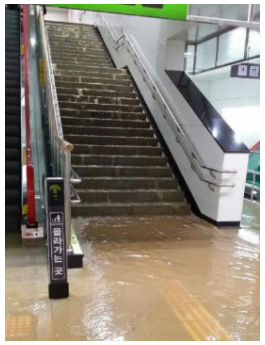
급격한 도시화로 도심지 홍수 피해 점진적 증가

- 기후 변화 및 도시화로 인한 재해 중 45%는 극한 강우 또는 홍수로 인한 재해
- 국내 도시지역 홍수 피해 지속적 발생
  - 2010년, 2011년 서울 등 수도권 / 2014년 부산, 창원 / 2016년 부산, 울산 / 2017년 청주 / 2020년, 2021년 부산, 충주 등
  - 2022년 서울 등 수도권, 부산, 울산, 포항 등 침수 피해 다시 발생

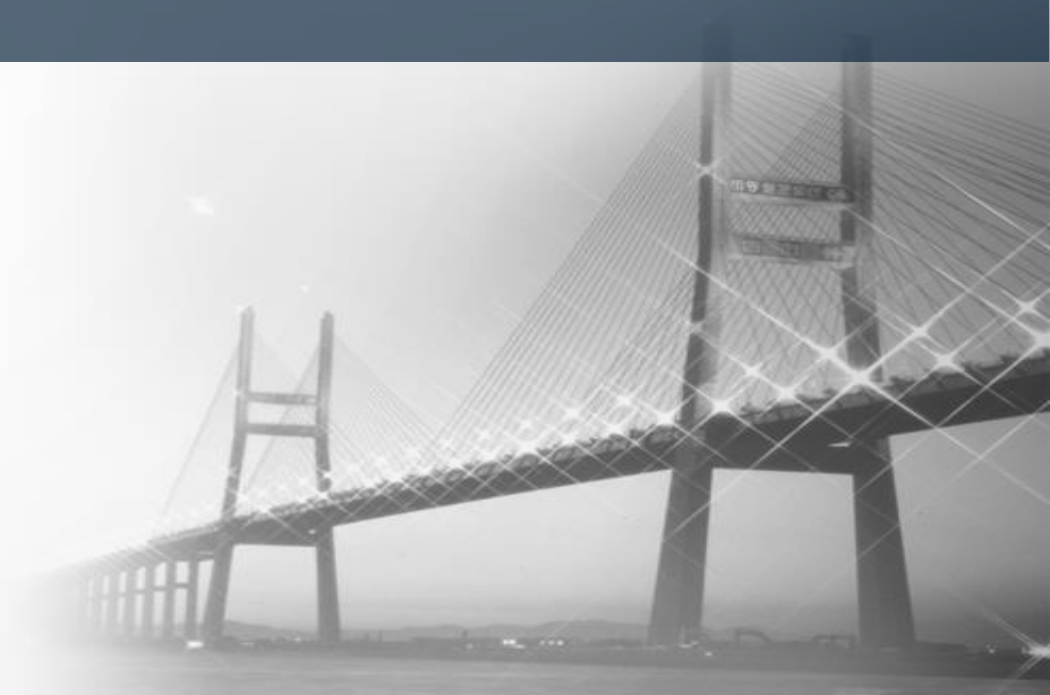
기후변화와 이상홍수

지하 공간을 중심으로 침수 피해 증가

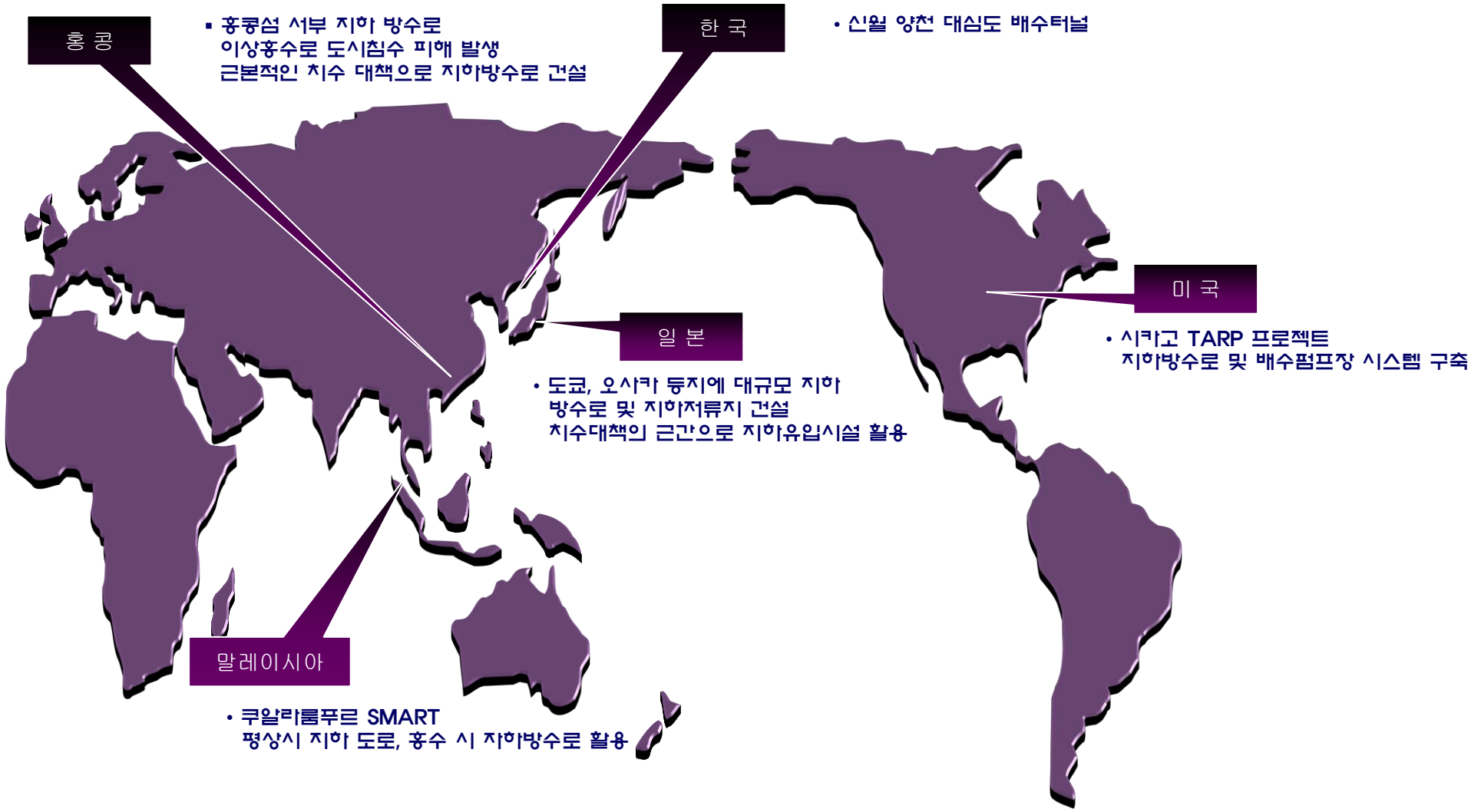
- 지하철 역사 및 주차장, 반지하 주택 침수로 인명 피해 발생
- 이상 홍수 발생으로 인해 기존 방재 시설 방재 능력 무력화
- 지하철 침수로 인하여 도시의 사회적 기능 마비(2014년 부산, 2022년 서울)



2. 지하방수로(대심도 배수터널)의 이해

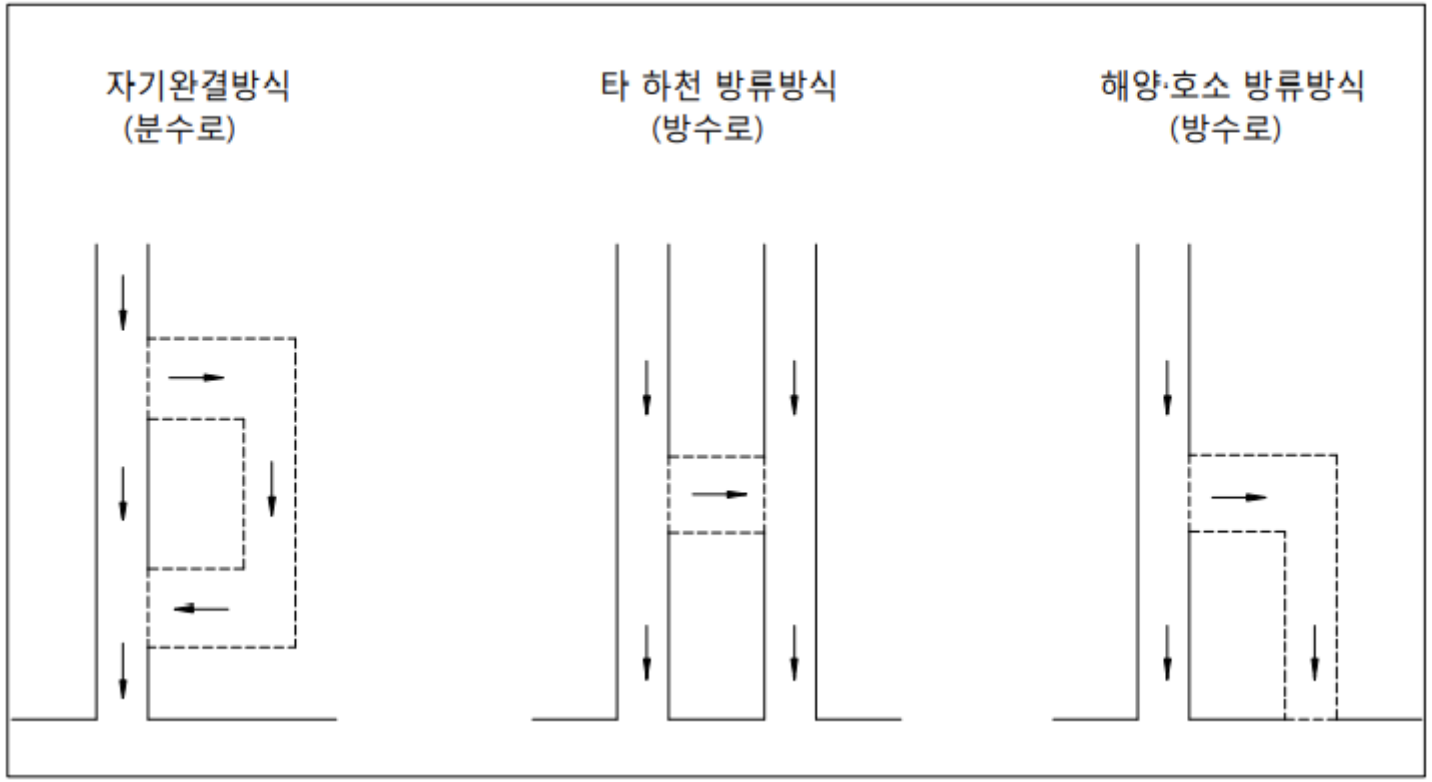


국내외 현황


홍 콩
▪ 홍콩섬 서부 지하 방수로
이상홍수로 도시침수 피해 발생
근본적인 치수 대책으로 지하방수로 건설
한 국
• 신월 양천 대심도 배수터널
미 국
• 시카고 TARP 프로젝트
지하방수로 및 배수펌프장 시스템 구축
일 본
• 도쿄, 오사카 등지에 대규모 지하
방수로 및 지하저류지 건설
치수대책의 근간으로 지하유입시설 활용
말레이시아
• 쿠알라룸푸르 SMART
평상시 지하 도로, 홍수 시 지하방수로 활용

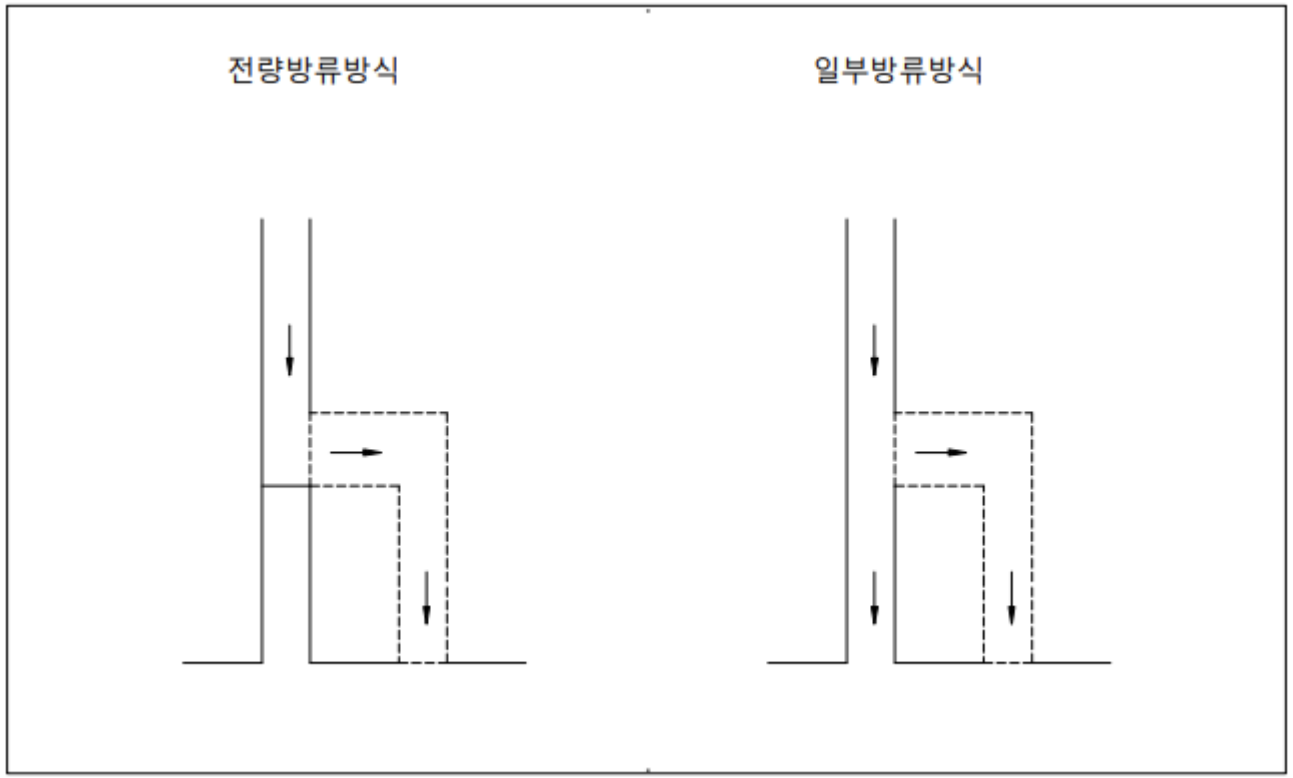
용어의 의미 및 방류 방식에 따른 분류

- 방수로
  - 하도 또는 유역의 홍수량을 경감시키기 위하여 하도에 연결하여 하천 유량의 일부나 전부를 우회시키기 위하여 사용되는 인공수로로 다른 하천이나 바다 또는 호소로 방류하는 수로
- 지하방수로
  - 도시 지역 등에서 하도의 홍수량을 경감시키기 위하여 지하 공간을 이용하여 설치된 방수로로 방류 방식, 방류량 배분 방식, 지하방수로의 수리적 상태에 따라 분류



유량 배분 방식

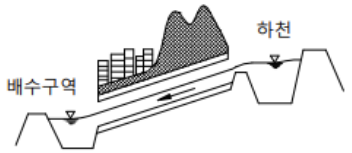
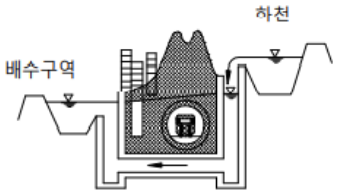
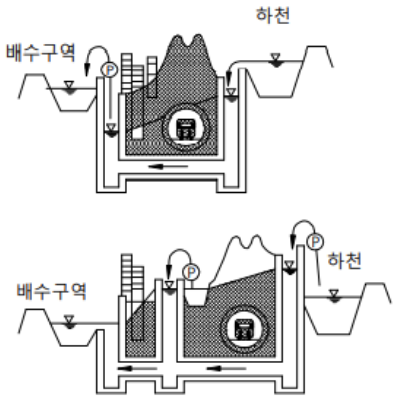
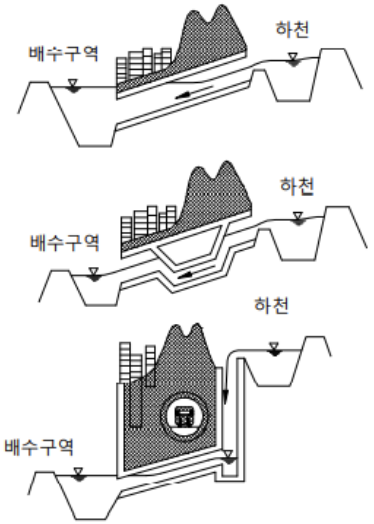
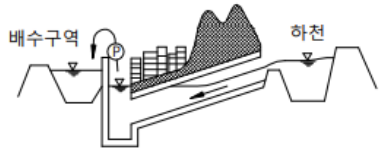
- 유량 배분 방식에 따른 분류
  - 방류량 배분 방식에 따라 전량 방류 방식과 일부 방류 방식으로 구분



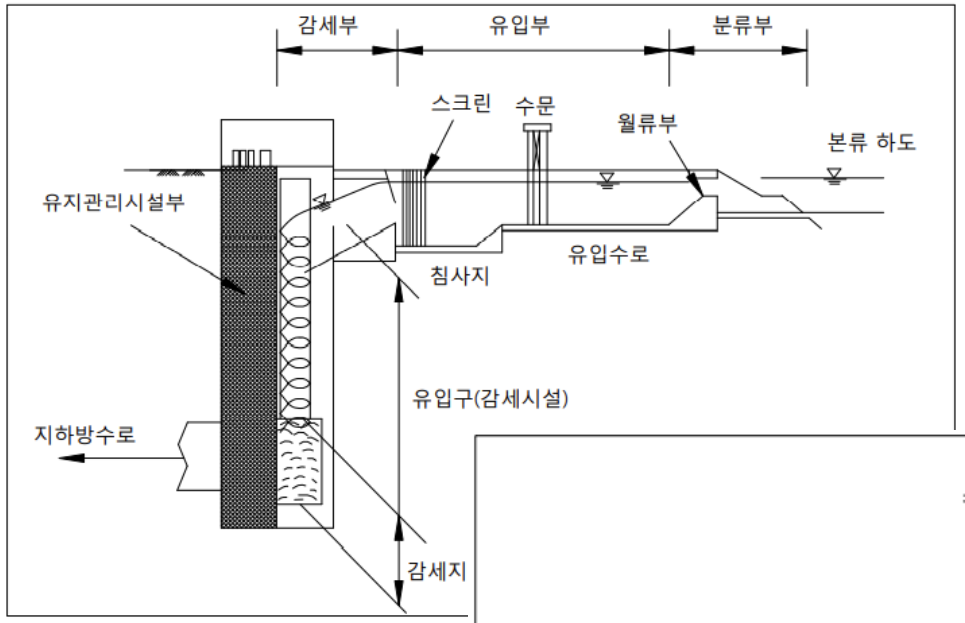
지하방수로(대심도 배수터널)

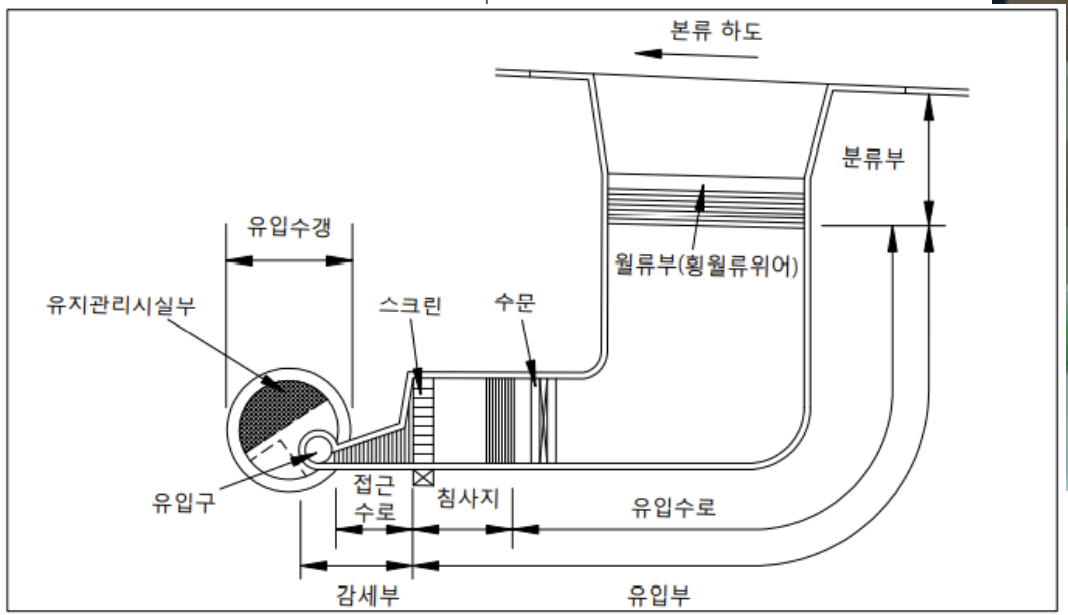
수리적 상태에 따른 구분

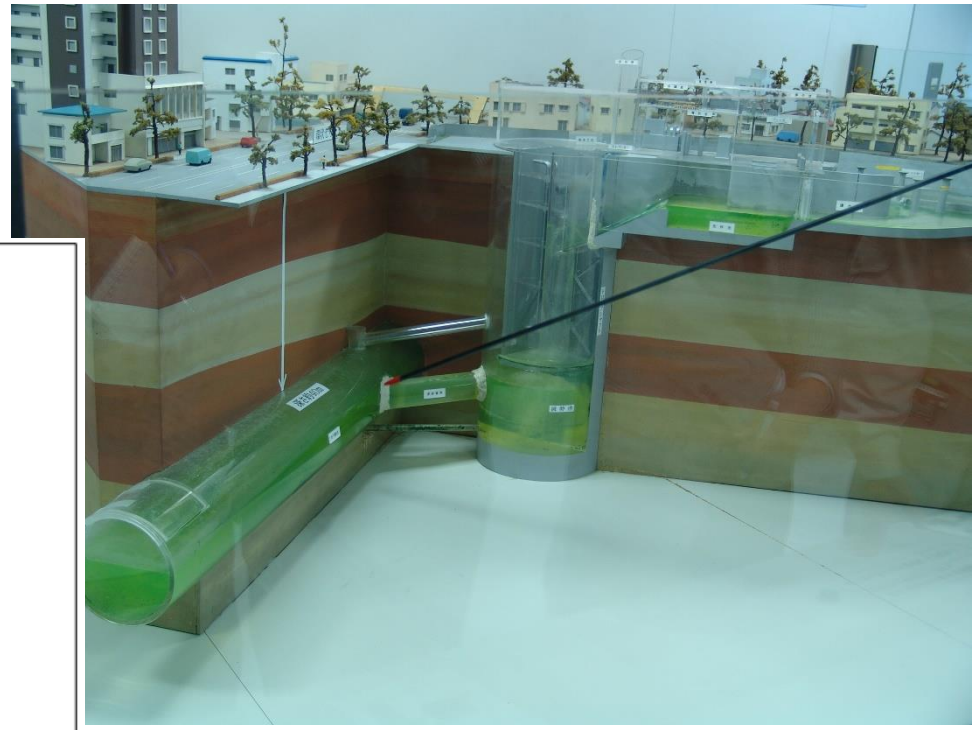
- 자연유하 개수로
  - 수표면이 서로 연결되어 중력에 의해 방류
- 펌프배수 개수로
  - 계획방류량까지 펌프배수능력에 의해 자유수면 유지
- 자연유하 압력관
  - **충분한 낙차**에 의한 동수경사에 의해 방류
- 펌프병용 압력관
  - 배수펌프시설을 통해 동수경사를 확보

	자 연 유 하	펌 프 사 용
개수로방식	자연유하 개수로방식 	펌프배수 개수로방식
압력관방식	자연유하 압력관방식 	펌프병용 압력관방식 
개수로및압력관혼재방식	자연유하 압력관방식 	펌프병용 압력관방식  수리 거동 불안정으로 가능한 이런 상황은 피해야 함

유입 시설

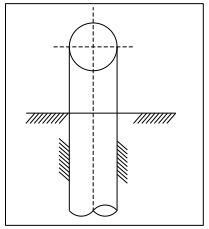
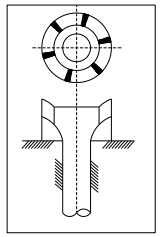
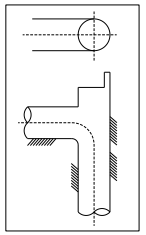
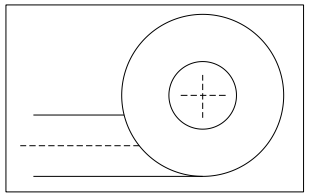
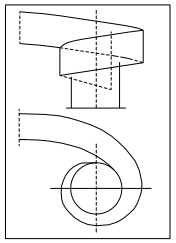
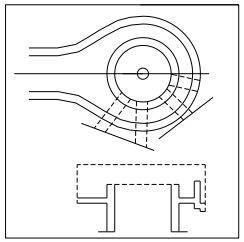
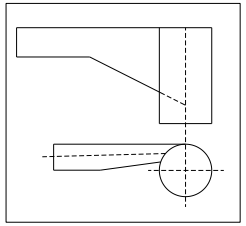
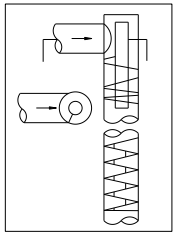
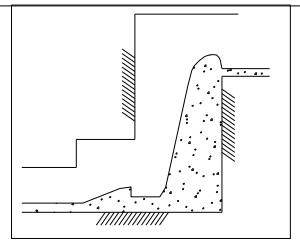
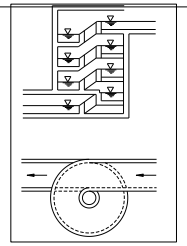
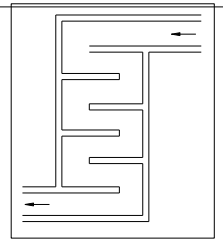
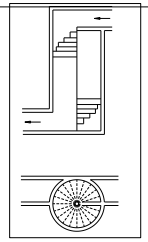

감세부
유입부
분류부
스크린
수문
월류부
본류 하도
유지관리시설부
유입수로
침사지
유입구(감세시설)
지하방수로
감세지


본류 하도
분류부
유입수갱
월류부(횡월류위어)
유지관리시설부
스크린
수문
유입구
접근
수로
침사지
유입수로
감세부
유입부



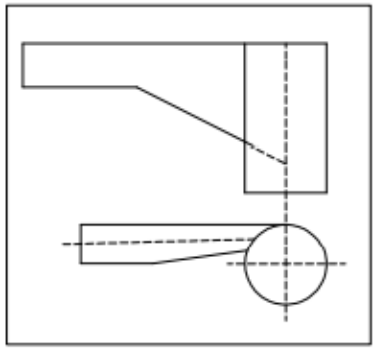
유입구 형식

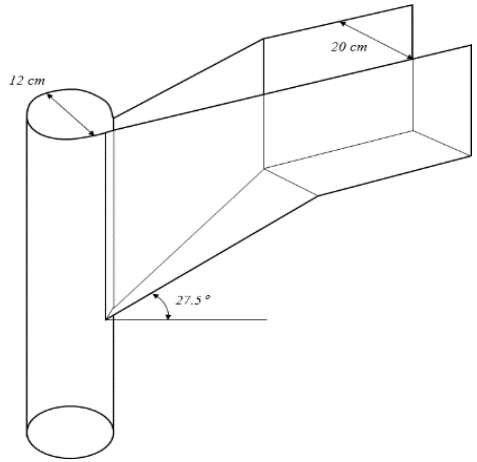
- 유입구 형식 결정 시 유의점
  - 토지 이용 제약, 유황, 공기 혼입 (air entrainment), 에너지 감세 효과, 수로 터널에 주는 영향을 종합적으로 고려
  - 수직구의 높이(깊이)에 따라 선정하며 최근에는 시공 편의성 등을 고려하여 접선식(와류식)을 주로 선택

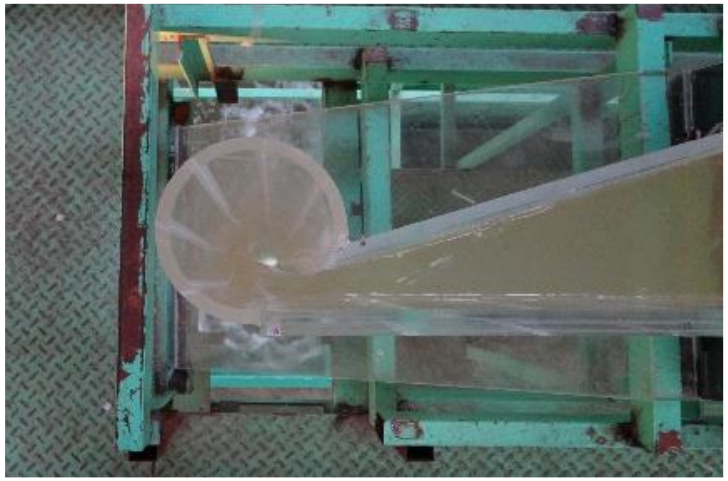
			
단순 낙하식	벨마우스식	엘보우식	원형
			
나선식	사이폰식	접선식	나선안내판식
			
직선경사로식	나선경사로식	왕복계단식	나선계단식

유입구 형식

- 유입구 형식 결정 시 유의점
  - 토지 이용 제약, 유황, 공기 혼입 (air entrainment), 에너지 감세 효과, 수로 터널에 주는 영향을 종합적으로 고려
  - 수직구의 높이(깊이)에 따라 선정하며 최근에는 시공 편의성 등을 고려하여 접선식(와류식)을 주로 선택

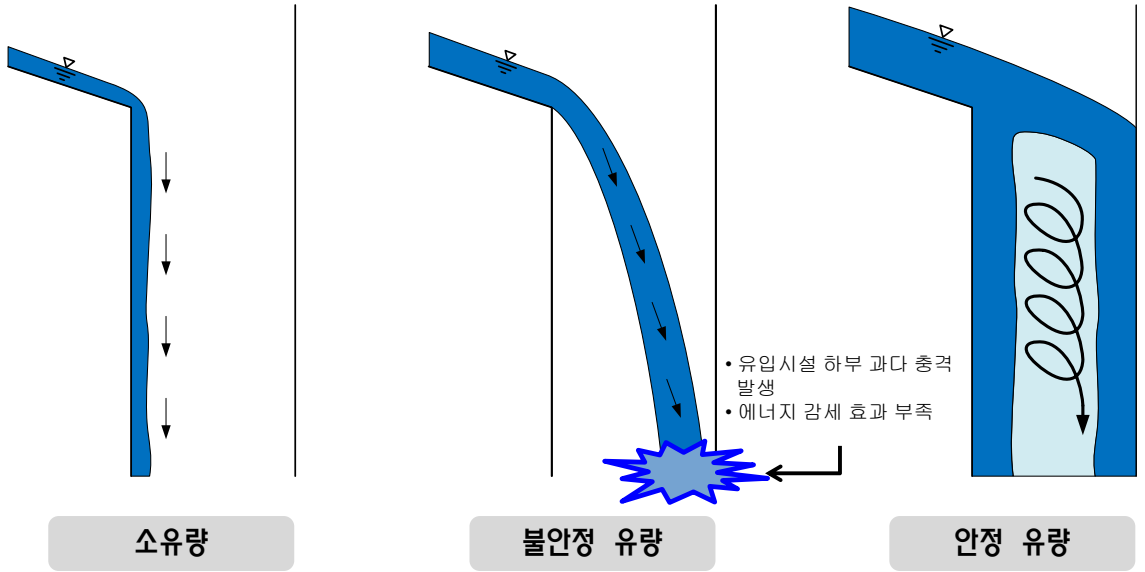
접선형		유입부의 급축부에서 고속류를 만드는 방식으로,수갱 중심부에 공기핵이 형성되어 혼입공기 배기 가능하며, 유입부에서 환계류를 형성하기 위한 유입수로의 난류는 수갱 내부에 영향을 주지 않는다. 소유량에서 대유량까지 안정하게 유입하며, 수갱 내부에 고속 와류가 생기므로 지하방수로 합류 시 합류손실이 크다. 접선부의 개구부를 조절하여 와류강도를 변경할 수 있으며, 압력류 상태에서는 손실수두가 크다.	구조적으로도 단순한 형식이다. 수직 갱도 지름을 기장 작게 할 수 있다. 유입수로폭, 수직 갱도 상부의 구조물을 작게 할 수 있고, 유입시설 규모는 가장 작은 규모이다. 유입시설로서 가장 경제적이다.

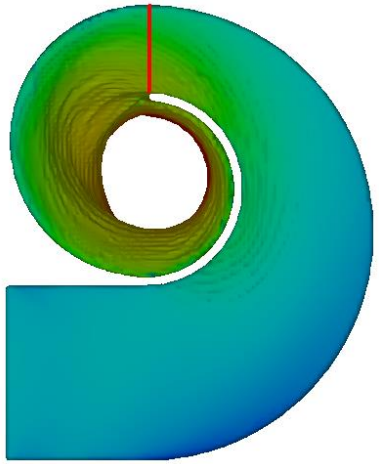


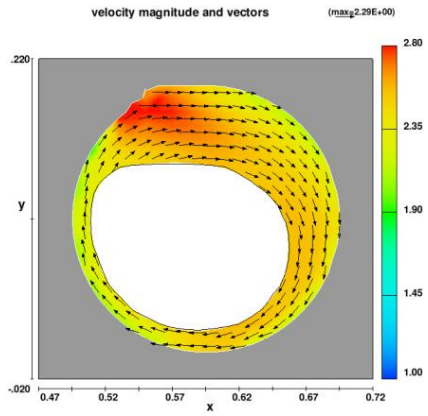


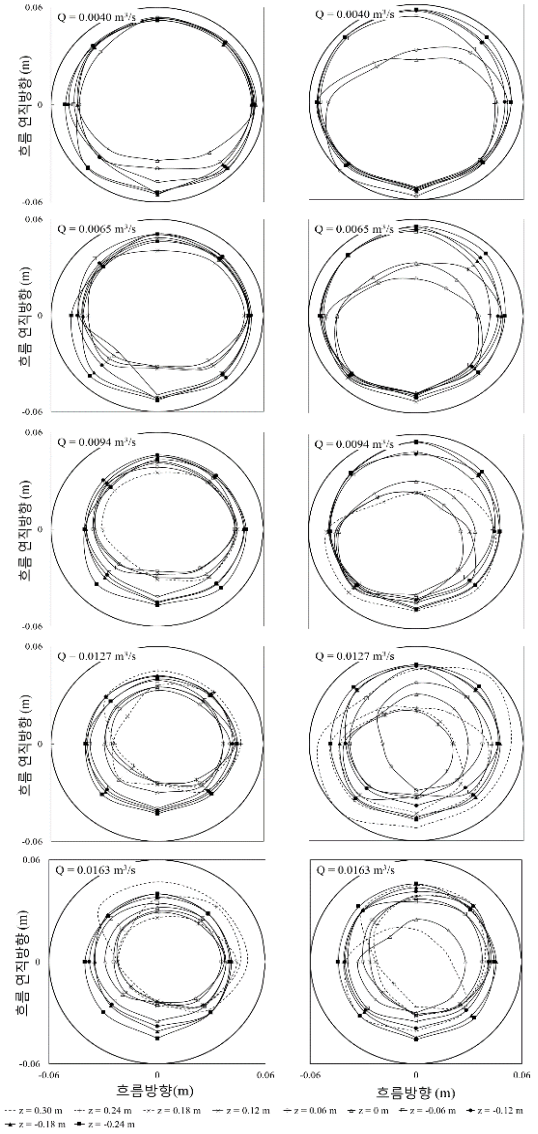
유입구 형식의 중요성

- 유입구 형식 결정 시 유의점
  - 불안정 유량 범위를 최소한으로 제한
  - 설계 유량 유입 시 충분한 에너지 감세 효과 확보
  - 질식 현상 발생 억제를 위해 공기 공동(air core)을 충분히 유지



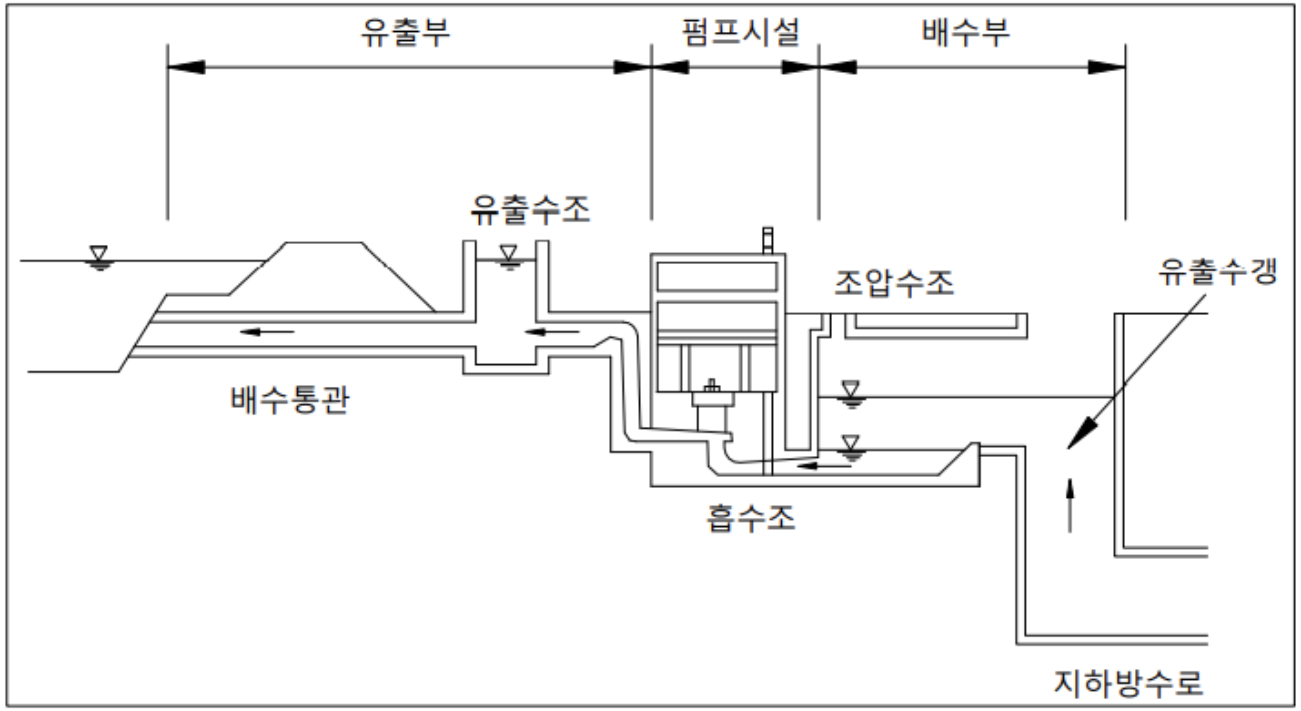


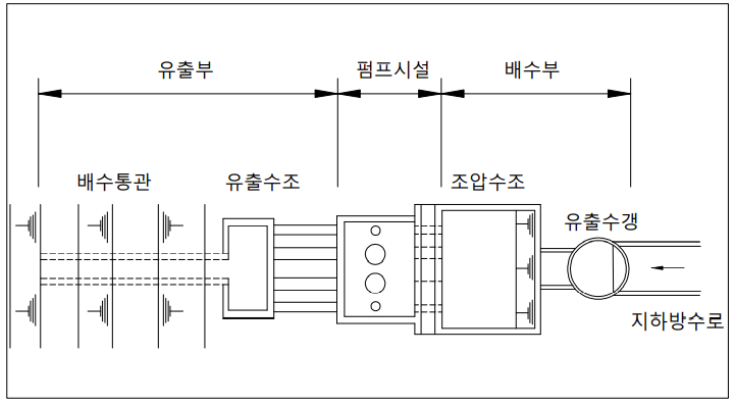




지하방수로(대심도 배수터널)

배수 시설





- 조압 수조의 역할
  - 압력관 방식을 펌프병용으로 하는 경우 펌프 운영 시 또는 다른 상황에서 발생하는 수격 현상을 방지하기 위하여 조압 수조를 설치
  - 조압 수조 외에도 각 수직구에서 수격 현상에 의한 상승 수위를 미리 검토해야 함

일반적인 지하방수로 설계 절차

지하방수로 방식·제원 가정

↓

경로 안 설정

↓

수리검토 → <개수로 방식>
공면적율 검토
조도계수 검토
유속 및 *Fr* 검토
계획홍수위 검토
수격 현상 검토
배수규모 검토
조압수조 규모 검토

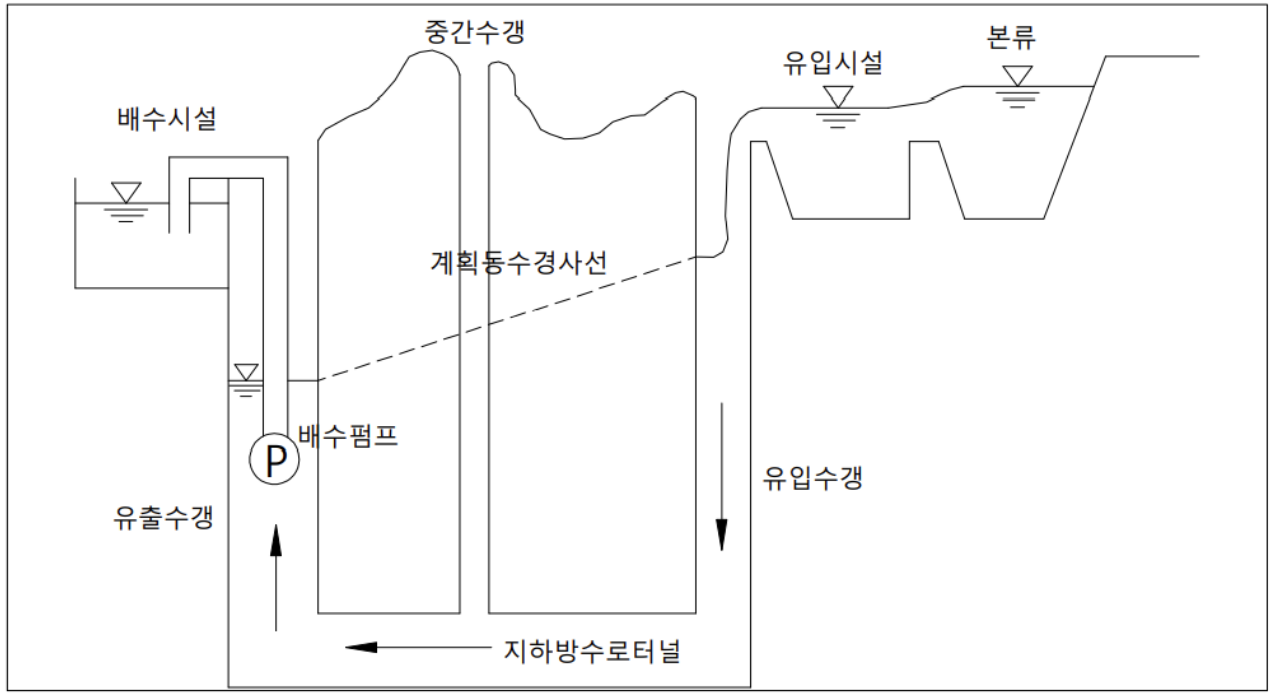
<압력관 방식>
단면할증 검토
조도계수 검토
유속 및 *Fr* 검토
동수경사선 검토
수격 현상 검토
배수규모 검토
조압수조 규모 검토

↓

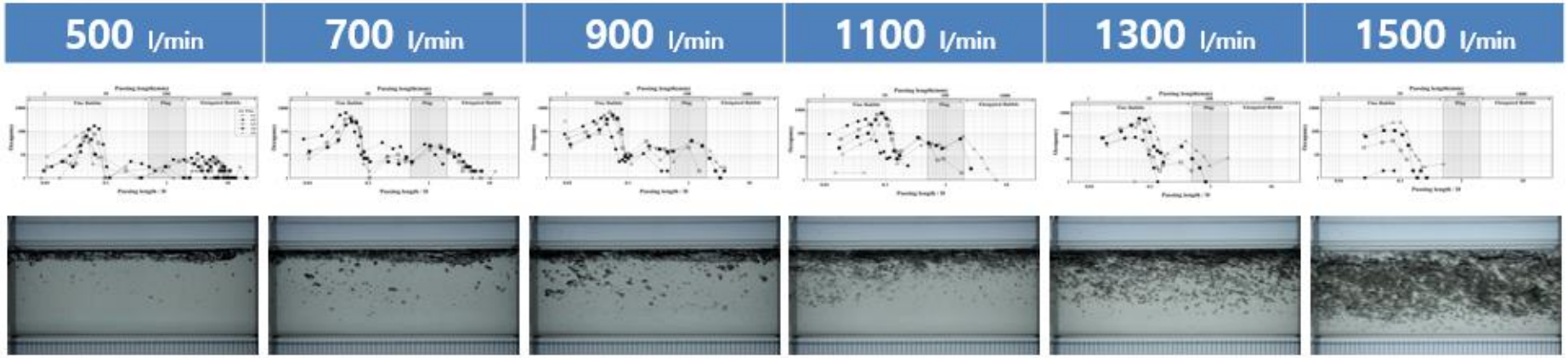
단면형 검토
종단경사 검토

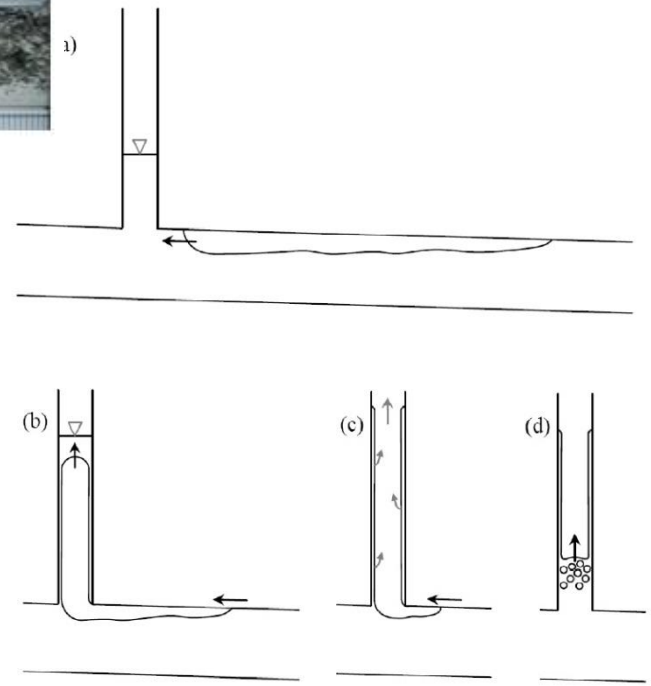
↓

지하방수로 경로 결정
평면 및 종횡단 계획

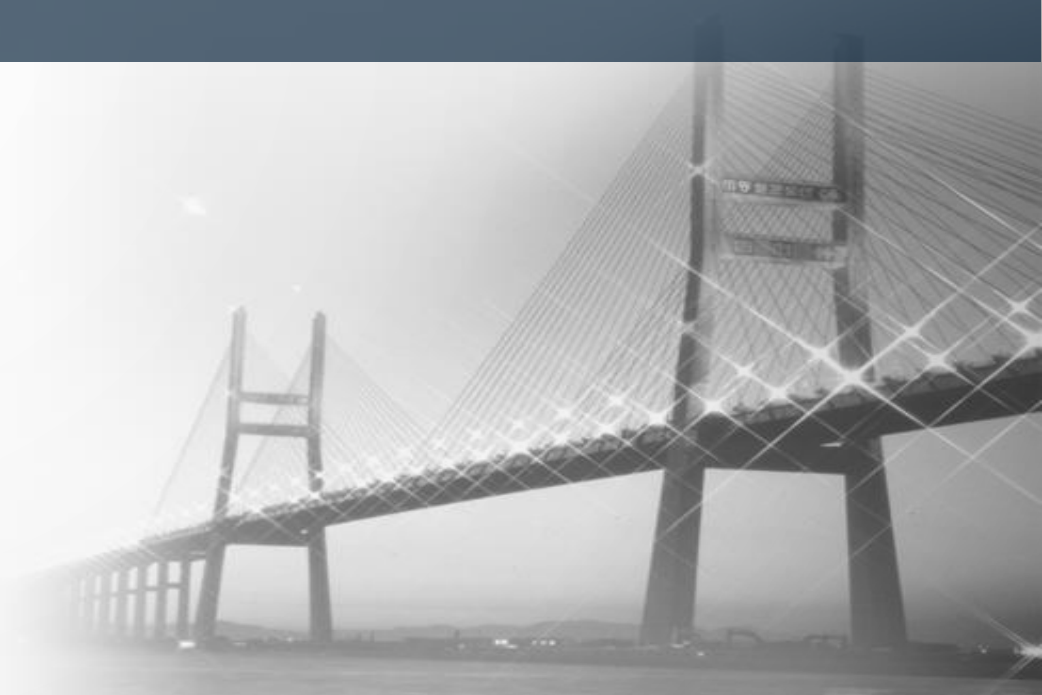


공기 연행 흐름과 분출 현상





3. 맺음말



지하 방수로 등 구조적 대책 활성화를 통한 도시 유역 치수 능력 강화

- 도심지 침수 프로세스 광역 해석을 통한 도시 방재 능력 강화
  - 시가지 배치 및 우하수관 네트워크를 동시 고려한 도심 침수 프로세스 예측 정확도 향상 및 효율화
  - 강우 예측 및 시뮬레이션 결과를 통한 도심지 재해 취약구간 사전 예측 및 방재 시설 설치 효율화
- 구조적 대책 활용으로 이상 홍수 대응 능력 강화
  - 지하 방수로 및 대형 지하 저류시설 (대심도 터널 등) 활용 설계 및 시설 효율성 증가
  - 기존 방재시설의 능력을 정확히 평가하여 신규 설치 지점 및 필요 제원을 명확히 제시

감사합니다!!

이동섭(李東燮)
연구위원, 수자원하천연구본부
한국건설기술연구원
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283 (대화동)
Tel 82-31-910-0396 Fax 82-3-910-0251
E-mail dsrhee@kict.re.kr www.kict.re.kr