

부직포 눈막힘(Clogging)현상계측 및 제거시스템을 갖는 상수위 제어공법



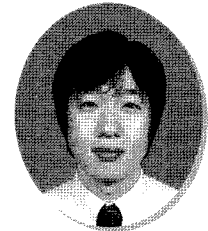
홍종인
(주)시그마기술이엔지 대표이사
(sigmaeng@empal.com)



이황주
(주)시그마기술이엔지 대표이사



이준
(주)시그마기술이엔지 이사



송정효
(주)시그마기술이엔지 과장

1. 개발배경

현재까지 지하구조물의 양압력 대책공법으로는 기초 하부 암반층에 정착구근을 형성하여 양압력에 저항하는 영구앵커공법이나 기초하부에 소정의 배수관을 설치하여 기초하부 지하수를 중력에 의하여 배수하는 영구배수공법, 그리고 구조체의 자중에 의하여 양압력에 저항하는 중량증가 공법등이 사용되어 왔다.

그러나 영구배수공법 적용시에는 연중 팽팽에 따른 관 리비 부담과 지하수 고갈 및 주변지반의 침하유발, 미세 럽자에 의한 부직포 막힘(Clogging)현상발생, 영구앵커 및 중량증가공법 적용시에는 공사비 과다 및 공기 연장 또는 앵커강선의 이완 및 정착부 누수(영구앵커공법)등의 여러 문제점들이 나타나고 있다.

이상 기존공법의 문제점을 해소하기 위하여 다음과 같은 기능을 갖는 공법 및 시스템을 개발하게 되었다.

- (1) 지하수 팽팽에 따른 유지관리비용 Zero 화

- (2) 주변지반 침하 및 기초하부 세립자 유출 Zero 화
- (3) 부직포 눈막힘 현상 계측 및 제거시스템 보유.

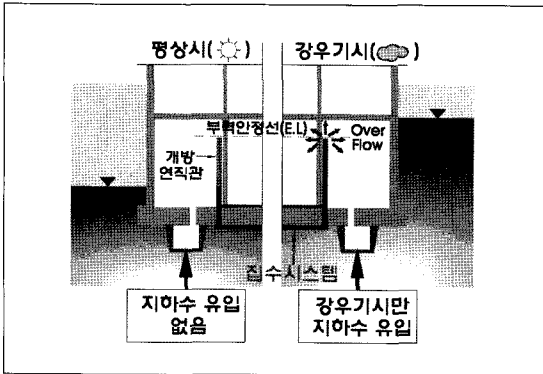
2. 상수위제어공법 개요 및 특징

2.1 상수위제어공법 개요

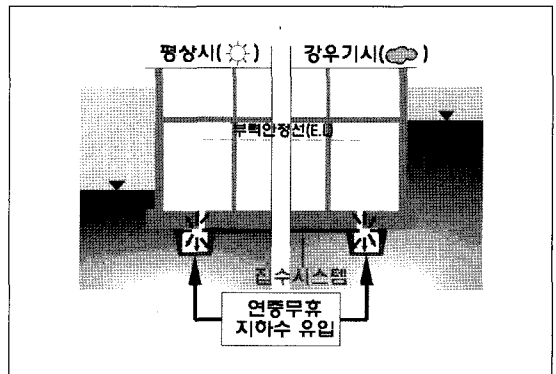
그림 1과 같이 영구배수공법인 경우에는 기초하부 토 공면에 설치된 집수시스템을 통하여 지하수를 유입한 후 집수정으로 중력배수함으로써 양압력을 해소한다. 이 공 법은 지하구조물 주변에 지하수가 존재하는 한 집수정으 로의 지속적인 배수 및 팽팽이 발생한다. 이는 주변 지역 의 지반침하 및 장기적인 팽팽에 따른 유지관리비용의 발 생을 수반한다. 상수위제어 공법은 이와 같은 기존 영구 배수의 문제점을 해소하기 위하여 그림 1 (a)와 같이 영구 배수 시스템에 연직배수기능을 접목하여 지하수의 흐름

표 1. 공법비교

구분	상수위제어공법	영구배수공법
집배수시스템	집수시스템 + 연직관 + 점검밸브	집수 시스템 + 집수정 연결슬리브
지하수흐름	연직관을 통한 상,하 유동	집수 시스템을 통한 수평방향 중력흐름
지하수유출	연직관을 통한 연직상향배출(선택적 배출)	수평관을 통한 중력배출(연중무휴 지하수 배출)

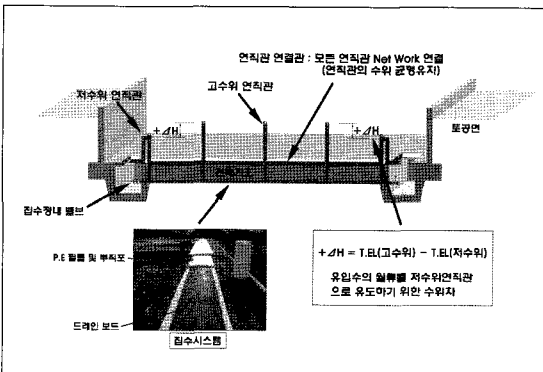


(a) 상수위제어공법

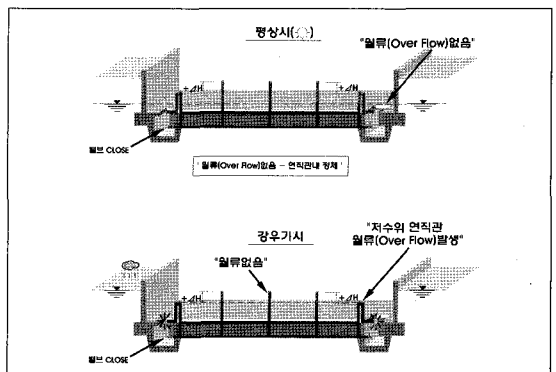


(b) 기존 영구배수공법

그림 1. 상수위제어공법과 영구배수공법 비교



(a) 시스템 상세



(b) 계절별 지하수 월류유무

그림 2. 시스템상세 및 계절별 지하수 월류유무

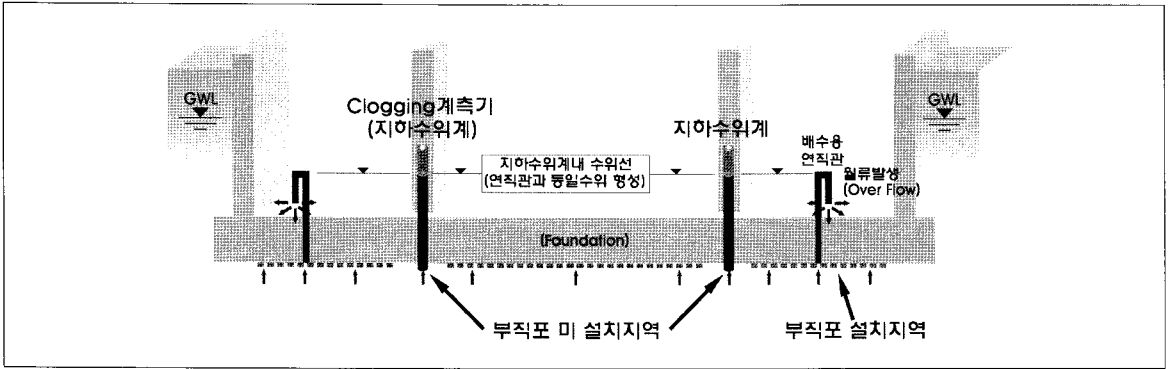
을 연직 상,하 방향으로 제어하도록 유도하는 배수시스템이다. 이는 지하수위가 연직관 높이를 초과하는 경우에만 지하수의 월류(Over Flow)가 발생하여 구조체의 안정이 유지되며, 설치된 연직관 높이만큼의 수두 감소가 발생하여 배출량이 감소되는 효과를 얻을 수 있다. 이에따라 Rock Anchor 공법이나 중량증가공법과 같은 고비용의 공법과 대등한 효과를 볼 수 있으므로 공기 및 공사비면

에서 상당한 절감이 가능하다. 표 1은 상수위제어공법과 영구배수공법의 시스템 비교이다.

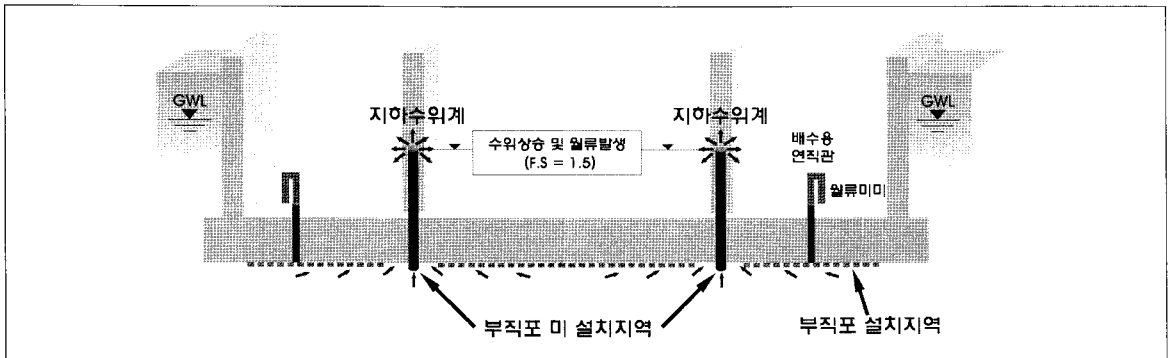
2.2 상수위제어공법 구조

본 공법은 그림 2 (a)와 같이 집수 시스템을 설치한 후 일정 간격으로 설계된 상단개방연직관(고수위 및 저수위

부직포 눈막힘(Clogging)현상계측 및 제거시스템을 갖는 상수위 제어공법



(a) 부직포의 기능이 정상인 경우



(b) 부직포 눈막힘(Clogging)현상 발생시

그림 3. 눈막힘(Clogging)현상 계측시스템

연직관을 집수시스템과 연직방향으로 연결하여 설치한다. 또한 각 연직관을 Net Work 형태의 연직관 연결관으로 연결하여 통수한다. 이는 각 연직관을 망상의 형태로 연결하여 연직관내의 수위를 일정하게 유지(Self-Leveling)하여 구조체에 발생할 수 있는 편수압을 해소하며, 동시에 유입지하수의 2 번째 배수통로 역할을 함으로써 안정적인 배수성능을 유지하도록 하는 시스템이다.

연직관은 고수위 및 저수위의 2 가지 종류로 설치된다. 종류에 따른 설치 높이는 약 30cm~50cm의 표고차이를 둔다. 이는 지하수 월류(Over Flow)시 집수정 부근에 설치된 연직관으로만 배수를 유도하여 원활하고 신속한 유입수 처리를 하기 위한 편 배수구조이다.

계절의 변화에 따른 유입지하수의 월류유무는 그림 2 (b)와 같다. 그림과 같이 지하수의 수위가 저수위 연직관의 표고보다 높은 경우에만 월류(Over Flow)가 발생한다.

2.3 부직포 눈막힘(Clogging)현상 계측 시스템

그림 3은 부직포의 눈막힘(Clogging)현상을 계측할 수 있는 시스템이다. 그림과 같이 부직포 미 설치지역의 기초저면에 작용양압력을 측정할 수 있는 지하수위계를 설치한다. 이 지하수위계는 부직포 필터링성능의 변화에 따라 기초하부에 작용하는 양압력의 변화를 지하수의 표고 변화로 나타낼 수 있으므로 부직포의 Clogging 현상 발생여부를 판단할 수 있는 계측기 역할을 한다. 그림 3 (a)는 부직포의 필터링 성능이 정상인 경우로서 지하수위계의 수위는 배수용 연직관(또는 영구배수시스템)과 동일 수위를 형성한다.

그림 3 (b)는 Clogging 현상발생으로 부직포의 필터 성능이 저하된 경우이다. 이 경우에는 그림과 같이 부직포 설치지역내의 배수용 연직관(또는 영구배수시스템)을 통

표 2. Clogging 요인제거 방법(장연수 저 “지반환경공학”참조)

눈막힘 종류	최적의 제거방법
세립자에 의한 눈막힘 (원인세립자 : 철성분의 흙, 황하물, 탄산염 등)	고압수에 의한 부직포 역세수 (Water Flushing)
생물학적 눈막힘(원인 : 박테리아)	생물균 해독제 살포(biocide)

표 3. Clogging 현상 관리 시스템의 적용성

Clogging 계측기 + 로딩아이
▶ 지하수위계에 의한 양압력 상시 계측으로 Clogging 현상 발생여부 상시 점검.
▶ 지하수위계에 의하여 Clogging 현상 발생시점 및 위치를 정확히 알 수 있으므로 로딩아이를 이용하여 저하된 기능을 신속히 정상화 시킬 수 있다.

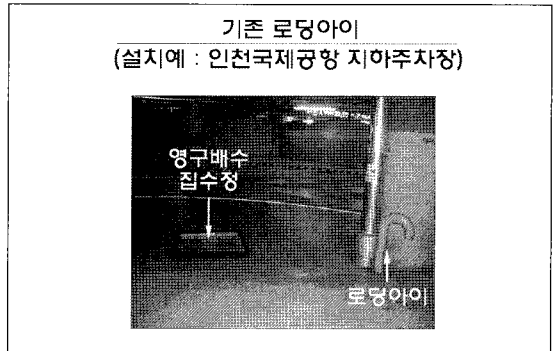
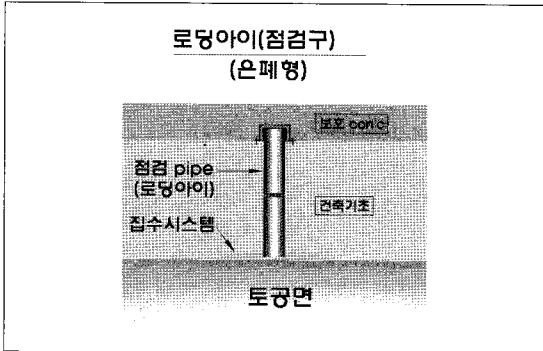
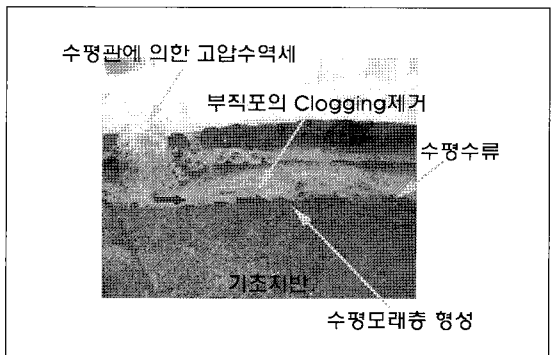
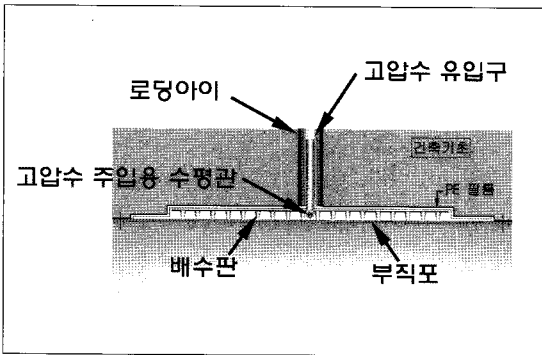


그림 4. 눈막힘(Clogging)현상 제거시스템



(a) 판형배수재 계획단면그림

(b) 부직포 정상화(눈막힘제거)

그림 5. 판형배수재 눈막힘(Clogging)현상 제거실험

한 유입수의 배출(Over Flow)이 정상치 이하이므로 지하수위계의 수위는 지하수위의 표고 높이에 상승하여 월류가 발생하거나 정상시 수위를 초과하는 표고를 나타낸다.

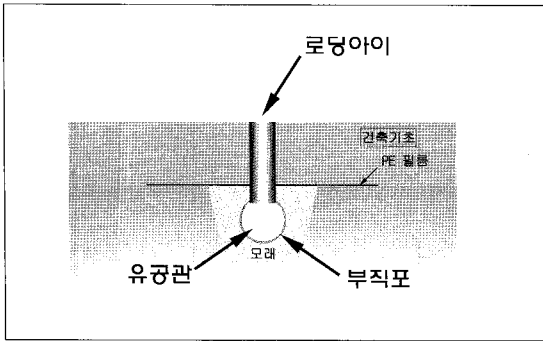
2.4 부직포 눈막힘(Clogging) 요인 제거 방법

부직포는 토중 세립자와 미생물에 의하여 눈막힘(Clogging)현상이 발생한다. 눈막힘 요인을 제거할 수 있는 최적의 방법은 표 2와 같다.

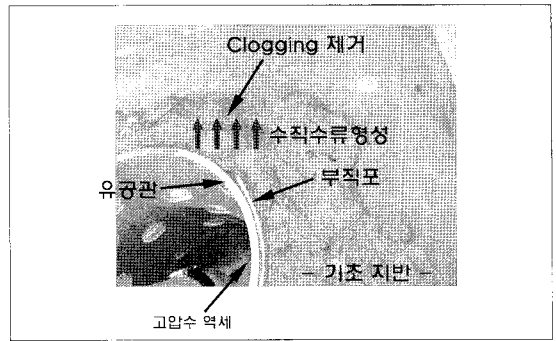
2.5 부직포 눈막힘(Clogging) 요소 제거 시스템

그림 4는 부직포에 Clogging 현상이 발생한 경우 Clogging 요인을 제거하기 위한 점검구(로딩아이) 시공도이다.

Clogging 요인 제거를 위한 점검구(로딩아이)는 집수시스템 상부에 설치하며 사후 부직포를 세척 할 수 있는 시스템을 내부에 구비한다. 표 3은 Clogging 현상관리 시스템의 적용성이다.



(a) 관형 배수재(유공관) 계획단면



(b) 관형배수재 부직포 정상화(눈막힘제거)

그림 6. 관형배수재 눈막힘(Clogging)현상 제거실험

2.6 부직포의 Clogging 요인 제거 실험

(1) 세립자에 의한 눈막힘 제거 :

Water Flushing(고압에 의한 역세)

그림 5는 관형배수재의 부직포 상부에 설치된 로딩아이를 이용하여 고압의 압력수를 지하수 유입방향과 반대 방향(역세수)으로 가한 결과 부직포 내외부가 간단히 정상화되는 과정을 확인할 수 있는 실험결과이다.

그림 6은 유공관 내에 설치된 로딩아이를 이용하여 고압의 압력수를 지하수 유입방향과 반대방향(역세수)으로 주입한 결과 부직포 내외부가 간단히 정상화되는 과정을 볼 수 있는 실험결과이다.

(2) 미생물에 의한 눈막힘제거 : 미생물제거 약품에 의한 정상화

박테리아등 미생물에 의한 부직포의 Clogging 현상 발생시에는 생물균을 제거할 수 있는 해독제를 사용하여 간단히 제거 할 수 있다.

3. 연직관 및 유입량 설계

연직관설계는 그림 7과 같이 높이와 간격에 따른 최대 작용양압력을 계산하여 구조체에 작용하는 양압력이 안전치 이내가 되도록 계획하며 집수시스템은 표 4와 같이 일반 영구배수시스템 설계 형식을 적용한다.

표 4. 시스템설계 방법

연직관	높이와 간격에 따른 최대 작용양압력 < 허용최대 양압력
집수시스템	영구배수 시스템과 동일 형식 적용

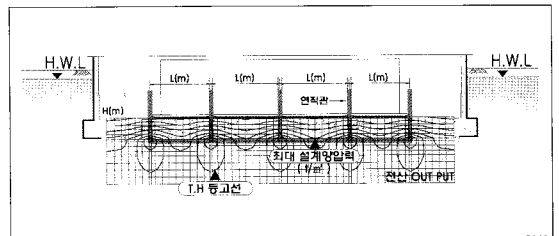


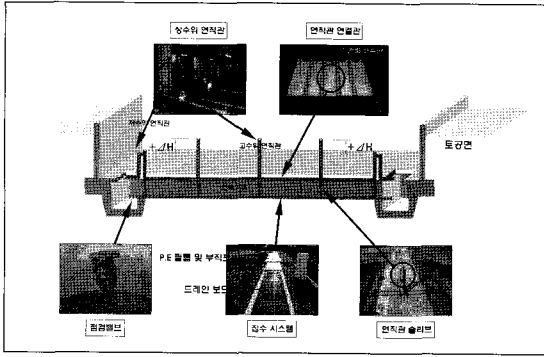
그림 7. 침투수 및 연직관의 유한요소 해석 예

표 5. 적용효과 및 기능

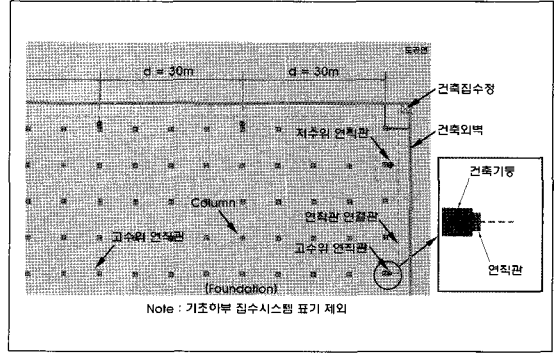
구분	적용효과 및 기능	비고
공사비	Rock Anchor 공사비의 20% ~ 40%	
유지관리비용	펌핑량감소로 제비용절감	
주면침하	지하수위 저하량 감소로 주변침하량 감소	표 10 참조
집수정	건축 집수정 활용	

4. 상수위제어공법 적용효과

상수위제어공법은 집수시스템에 연직관 및 연결관을 추가하는 단순한 구조이다. 본 공법 적용시 얻을 수 있는 효과를 요약하면 표 5와 같다. 이는 앞서 언급한 기존의 Rock Anchor 공법이나 증량증가공법등을 대체할 수 있는 적용효과로서 공사비 및 공기면에서 상당한 절감효과를 볼 수 있다.



(a) 시공사시도



(b) 시공평면도

그림 8. 시공사시도 및 평면도

표 6. 적용결과(1) - 유입량(펌핑량)

구 분	유입량(m ³)/year		대 비 (①/②)
	상수위 제어 공법①	영구 배수 공법②	
고척지역(D 건설)	3천5백m ³	7만1천m ³	4.9%
중암지역(S 건설)	1천6백m ³	20만5천m ³	0.8%
송도블록(H 건설)	1m ³	2천4백m ³	0.041%

표 7. 적용결과(2) - 공사비 비교(영구양커 대비)

구 분	공사비 대비 (상수위 제어 공법 / 영구 양커공법)
고척지역 (D 건설)	25%
중암지역 (S 건설)	30%
송도블록(H 건설)	15%

5. 상수위제어공법 적용사례

본 공법은 현재 아파트등 공동주택을 포함한 주상복합 건물에 적용중에 있다. 국내현장 적용결과는 다음과 같다.

5.1 적용현장

본 시스템의 시공은 그림 8(a) 및 그림 8(b)와 같이 집수 시스템설치를 시작으로 연직관 및 연직관연결관, 상수위 연직관의 순서로 시공되며 집수정내 밸브설치를 끝으로 마무리된다.

연직관은 건물의 미관 및 주차시 접촉을 고려하여 외벽과 1Span 이격된 건축기둥배면에 부착설치하는 것을 기준으로 하며 외부는 ST,S BOX로 보호마감된다. 집수정 내의 점검밸브는 상부 하중재하가 완료된 후 설치하며 달는다.

5.2 적용결과

표 6 및 표 7은 대표적인 국내 3개현장에 대하여 실시한 본 공법의 적용결과를 요약하였다.

6. 맺음말

이상 설명한 상수위제어공법은 주변지하수위 표고와 연직관 설치표고에 따라 유입수량의 대소가 결정되므로 사전 상세한 검토가 필요하다

부직포 눈막힘(Clogging)현상 예측 및 제거 시스템은 부직포의 필터링 기능을 유지관리 할 수 있는 시스템이므로 유입수량이 상대적으로 많은 기존의 영구배수공사에도 반드시 필요할 것으로 판단된다.