

# 제 10 장 지반굴착과 흙막이벽

## 10.1 지반굴착

- 1) 지반의 단단한 정도에 따라 인력이나 장비 이용
- 2) 인력굴착 : 삽, 곡괭이, 착암기, 화약 등
- 3) 굴착장비 : 불도저(얕은굴착), 백호(지면보다 낮은 굴착),  
셔블(지면보다 높은굴착), 드래그라인(깊은 굴착이나 수중굴착)

## 10.2 굴착공법의 종류

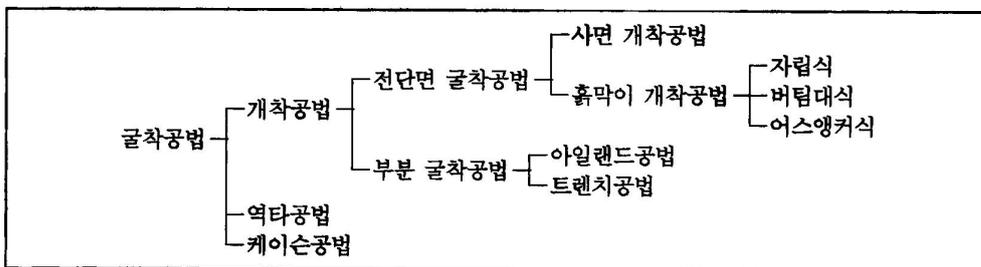


그림 1. 굴착공법의 종류

- 1) 사면 개착공법(slope open cut) : 지반이 무너지지 않을 정도 경사를 유지하면서 굴착하는 방법
  - ▶ 지반이 양호, 굴착면적 넓고 용지에 여유가 있는 경우에 적합
  - ▶ 굴착깊이 大 ⇒ 토공량이 大 ⇒ 연약지반에서 사면경사 小  
⇒ 넓은면적 필요 ⇒ 빗물이나 지하수 등에 의한 사면붕괴 우려

2) 흙막이 개착공법 : 흙막이벽을 지중에 설치하고 굴착하는 방법

⇒ 굴착깊이 커지면 지보공으로 지지하며 굴착(버팀대, 어스앵커)

▶ 사면개착공법과 비교 ⇒ 토공량이 적으며 연약지반에서도 굴착가능

⇒ 공사비가 비싸고 공기 길다.

3) 아일랜드공법(island cut)

▶ 흙막이벽 시공 ⇒ 중앙부 굴착하여 구조물 시공 ⇒ 버팀대 설치

⇒ 나머지 비탈면 굴착 ⇒ 주변부 구조물 시공

▶ 면적이 넓고 얇은굴착에 적합하며 이음처리 필요

▶ 공기 길며 공사 복잡

4) 트렌치공법(trench cut)

▶ 흙막이벽 안쪽을 굴착하고 주변부의 구조물 시공

▶ 이 구조물을 흙막이로 이용하여 중앙부를 굴착하고 중앙부의 구조물을 시공

▶ 연약지반에서 깊고 넓은 굴착에 적합

▶ 공사가 복잡하고 공기가 길며 이음처리 필요

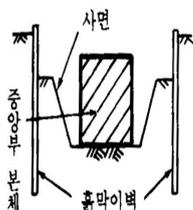
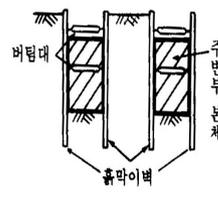
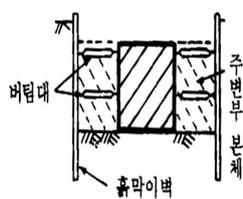
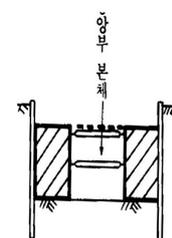


그림 2. 아일랜드공법



1차굴착



2차굴착

그림 3. 트렌치공법

5) 역타공법(top down method) : 굴착전에 기초공사를 먼저 시공하고 지상에서부터 지하로 내려가며 구조물을 시공하면서 굴착하는 방법

▶ 장점 :

- 안전성 양호, 주변지반의 변위나 침하 작아 인접구조물 영향 감소
- 굴착깊이나 면적이 크고 복잡한 평면인 경우 적합, 연약지반에도 가능
- 부지내 여유가 없는 경우에 적합
- 지하공사와 지상공사를 병행할 수 있으므로 공기단축

▶ 단점 :

- 지하 작업공간이 좁고 굴착과 본체공사가 교대로 이루어지므로 작업성 불량
- 토압 및 작업하중에 대한 철저한 검토가 필요하고 슬래브 두께 증가
- 기둥과 벽에 이음이 발생
- 철저한 계측 및 시공관리가 요구

6) 케이슨공법(caisson method, 침설굴착) : 지하층 전체를 지상에서 만들어 내부의 지반을 굴착하면서 지지층까지 지하층을 침설시키는 방법

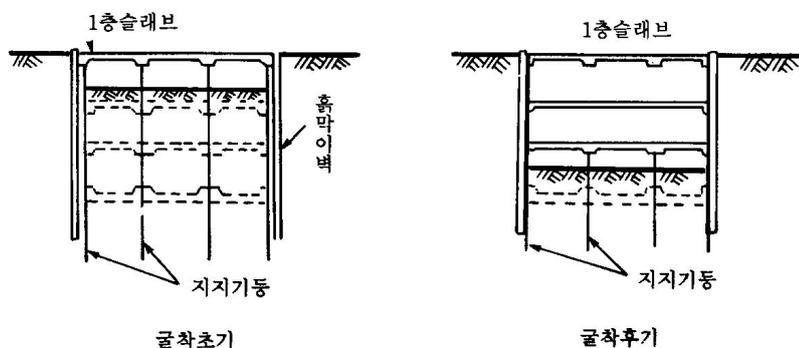


그림 4. 역타공법

### 10.3 흠막이공법의 지지 구조

- 1) 자립식 흠막이공법 : 굴착시 흠의 주동토압을 흠막이벽의 휨저항 및 근입부분 흠의 수동토압에 의해 부담하게 하고 굴착을 진행하는 방법
  - ▶ 흠의 강도가 크고 얇은 굴착인 경우에 사용하며 시공속도가 빠르고 경제적
  - ▶ 연약지반에서는 부적합
  
- 2) 버팀대식 흠막이공법 : 흠막이벽 먼저 설치하고 굴착하면서 지보공을 가설하여 토압을 지지하면서 굴착을 진행하는 방법 ⇒ 가장 많이 사용
  - ▶ 굴착이 완료되면 구조물 설치 ⇒ 되메우기 하면서 지보공 철거  
⇒ 되메우기 완료 후 흠막이벽 인발
  - ▶ 토지 경계면까지 굴착할 수 있으며 변형이나 파괴를 조기에 발견 가능
  - ▶ 버팀대가 굴착 및 지하구조물 시공시 장애물
  - ▶ 굴착면적 넓은 경우 중간말뚝이 필요하며 버팀대나 흠막이벽의 변형 발생
  
- 3) 어스앵커식 흠막이공법 : 앵커의 인발저항을 이용하여 흠막이벽 지지하는 방법
  - ▶ 작업공간을 최대한 이용할 수 있으므로 중장비 사용이 가능
  - ▶ 굴착면적이 넓은 경우 버팀대 설치가 곤란한 경우에 적합
  - ▶ 주변지반이 연약하거나 지하구조물이나 매설물이 있는 경우 앵커 설치 곤란
  - ▶ 공사 후 앵커의 회수가 곤란하여 비경제적이나 최근에는 제거식 앵커 사용

## 10.4 흙막이벽의 종류

- 1) 엄지말뚝식(Soldier Beam) 흙막이벽 : 강재엄지말뚝을 지중에 타입하고 굴착을 진행하면서 토류판을 끼워 굴착벽을 지지하는 방법
  - ▶ 공기가 짧고 엄지말뚝을 보링 후 설치하면 소음과 진동이 적으며 반복사용이 가능하여 널말뚝보다 경제적
  - ▶ 지반침하가 예상되며 굴착 후 토류판 설치까지 자립이 안되면 적용 곤란
  - ▶ 차수성 불량하여 토사유출 발생하고 분사현상이나 용기현상의 발생 우려
  
- 2) 널말뚝식(Sheet Pile) 흙막이벽 : 널말뚝을 타입한 후 굴착하는 방법으로 어느 정도 굴착이 진행되면 띠장과 버팀대를 설치
  - ▶ 널말뚝은 주로 강널말뚝을 사용하며 자갈층이나 경암에서는 타입 곤란
  - ▶ 차수성이 좋아 지하수위 저하를 방지하며 토사 유실 감소
  - ▶ 널말뚝 타입시 소음진동이 크며 말뚝 인발시 주변지반 침하 발생

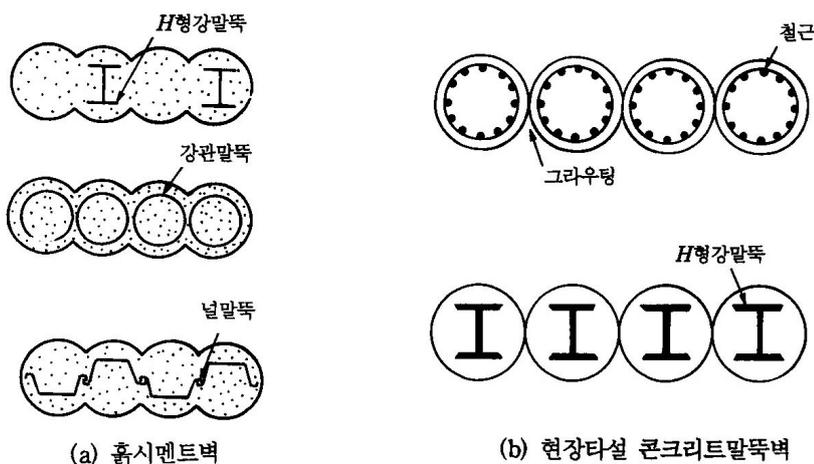


그림 5. 주열식 흙막이벽

3) 주열식(Contiguous Pile Wall) 흙막이벽 : 지반에 흙시멘트벽을 만들거나 현장타설콘크리트말뚝이나 강관말뚝을 연결하여 벽체를 형성한후 굴착하는 방법

▶ 흙시멘트벽(soil cement wall) : 오거에 의한 혼합, 고압분사에 의한 혼합

⇒ 토사 지반에서만 사용 가능, 차수성 좋고 토사 유실 적으며 시공 간편

▶ 현장타설 콘크리트말뚝벽 : 지반에 구멍을 뚫고 H형강말뚝이나 철근을 넣은 후 모르타르를 주입하고 말뚝을 형성하여 흙막이벽으로 사용

⇒ 강성 크고 모든 지반에 설치할 수 있으나 차수성 불량하며 토사유실가능

▶ 소음 진동이 적으며 주변지반의 침하나 인접구조물에 대한 영향이 적다.

▶ 자갈층이나 전석층 및 수상에서의 시공과 공사완료 후 인발이 곤란

4) 지하연속벽(Slurry Wall) : 지반에 구멍을 뚫고 철근망을 삽입한 후 콘크리트를 타설하여 연속벽체를 만드는 방법

⇒ 가설흙막이벽이나 영구구조물의 일부분으로 이용

▶ 장점

- 암반을 포함한 대부분의 지반에서 시공가능

- 벽체는 강성이 매우 커서 주변지반의 침하 및 인접구조물의 영향 감소

- 차수성과 연속성이 좋으며 소음진동이 적어 도심지공사에 적합

- 가설흙막이벽 뿐만 아니라 영구구조물(지하실벽이나 기초구조물)로 이용

- 토지경계선까지 시공이 가능하며 역타공법을 적용

▶ 단점

- 다른 흙막이벽에 비해 공사기간이나 공사비가 많이 소요

- 고도의 기술과 경험을 필요로 하며 안정액의 처리와 품질관리에 유의

## 10.5 널말뚝의 종류와 시공

1) 널말뚝 : 연약한 실트나 사질토 지반에서 항만구조물을 위한 연속벽에 사용

### ▶ 장점

- 차수성이 좋아서 물막이공사에 많이 사용하며 깊은 굴착에 적용
- 시공이 간단하고 반복사용 가능, 공사비가 싸고 급속 시공이 가능
- 수밀성이 좋고 사질층의 지반유출 예방, 지반에 따라 벽체 강성 조절
- 근입깊이 조절로 Heaving 이나 Boiling 방지

### ▶ 단점

- 타입이 가능한 지반에만 적용 가능하고 타입시 소음과 진동 발생
- 강성이 작아 변형이 크고 주변지반의 침하가 발생
- 지하매설물 있으면 시공상 문제, 시공이음의 정밀도 나쁘면 깊은 굴착 곤란

2) 널말뚝의 종류

- ▶ 나무널말뚝 : 지하수의 영향을 받지 않는 가설 경량구조물에 사용
- ▶ 콘크리트널말뚝 : 종량이 커서 운반과 취급이 어려우며 타입시 균열의 발생 우려가 있으나 부식되지 않으므로 강널말뚝 대신에 사용
- ▶ 강널말뚝 : 운반상 제약으로 길이는 25m이하, 현장에서 용접이음하여 사용
- ▶ 강관널말뚝 : 단면계수가 크므로 대규모 영구구조물에 사용
- ▶ 널말뚝의 선정시 고려사항
  - 구조물의 성질(가설, 반영구, 영구 등)과 널말뚝의 소요길이
  - 재료의 求得 가능성과 하중의 형태, 지반조건 및 부재 파손요인
  - 유지관리 문제와 경제성(초기 투자비, 내구성, 유지관리비 등)

### 3) 강널말뚝의 형상과 특징

- ▶ U형 강널말뚝 : 타입과 인발시 변형 적다.
- ▶ Z형 강널말뚝 : 경제적이며 전단에 대한 저항이 크다.
  - ⇒ 비틀림에 약하며 안벽이나 호안 등에 많이 사용
- ▶ Box형 강널말뚝 : 연약지반이나 수심이 깊은 곳에서 영구구조물로 사용
- ▶ 직선형 강널말뚝 : 연결부의 강도가 크며 인장에 강하다.
  - ⇒ 외력을 널말뚝의 인장력으로 지지하는 가물막이(cofferdam)에 사용
- ▶ 가볍고 반복 사용, 길이 연장 가능, 차수성 좋고 타입 용이
- ▶ 부식하기 쉬우며 소음 진동 발생, 견고한 지반이나 연약한 지반에는 부적당
- ▶ 벽의 강성이 작아서 뒤쪽지반의 변형이 발생

### 4) 널말뚝의 시공

- ▶ 타입장비의 선정 : 널말뚝종류, 형상, 타입개수, 토질조건, 주위환경등을 고려
- ▶ 타입법선의 설정 : 전면을 기준으로하며 시점과 종점에 관측점 설치 관리
- ▶ 안내보 설치 : 법선과 평행하게 H형강말뚝을 타입하고 그 안쪽에 설치
- ▶ 세워내리기 : 널말뚝의 연결부를 끼우고 소정의 높이까지 연직으로 하강
- ▶ 타입 : 병행타입, 단독타입
- ▶ 차수 : 중립상태에 비하여 압축이나 인장상태가 누수량이 적으며 널말뚝의 연결부에 미리 지수재를 사용하는 것도 차수성을 좋게하는 방법

## 10.6 주열식 흙막이벽의 종류와 시공

1) 지반에 말뚝을 연속적으로 설치하여 흙막이벽을 설치하는 방법

- ▶ 주열식 말뚝의 직경 : 400 ~ 550mm를 많이 사용
- ▶ 말뚝의 연결방식 : 단순접속, 중복접속, 지그재그접속 등
- ▶ 단순접속의 경우 말뚝사이로 그라우팅 실시

2) 흙시멘트벽(soil cement wall) : 지반에 구멍을 뚫어 굴착된 흙에 시멘트용액을

혼합하여 철근이나 강말뚝으로 보강하여 만드는 벽체

- ▶ 토사지반에서만 사용하며 차수성이 좋고 토사유실이 적다.
  - ⇒ 강성흙막이벽이나 차수벽으로 많이 사용
- ▶ 흙시멘트벽을 설치하는 방법
  - 오거에 의한 혼합공법
  - 고압분사에 의한 혼합공법
  - 고압분사에 의한 치환공법

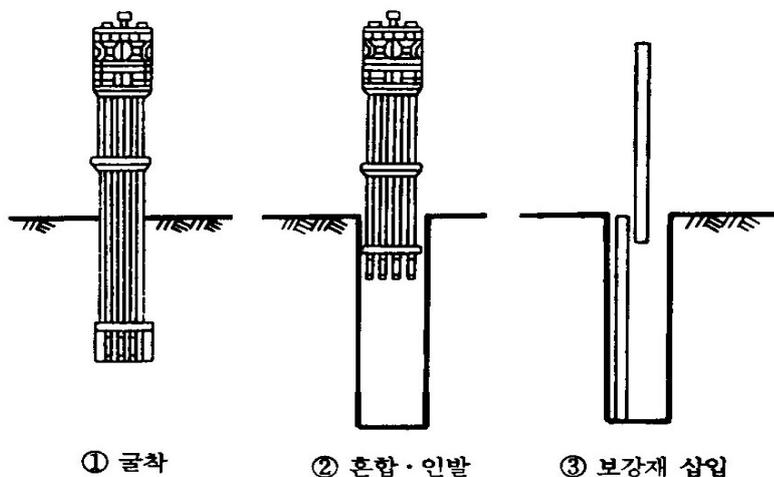


그림 6. 흙시멘트벽의 시공

3) 현장타설 콘크리트말뚝벽 : 지반에 구멍을 뚫어 모르터를 주입한 후 H형강말뚝  
 이나 철근을 삽입하고 말뚝을 연속적으로 형성하여 흙막이벽으로 사용

- ▶ 모든 지반에 시공이 가능하며 벽체의 강성이 크다.
- ▶ 말뚝사이의 연결성이 좋지 않아 차수성이 나쁘며 토사의 유실이 발생
- ▶ 현장타설 콘크리트말뚝의 시공법
  - CIP공법(cast in-place pile)
  - PIP공법(packed in-place pile)
  - MIP공법(mixed in-place pile)

4) 강관말뚝벽 : 강관말뚝을 일렬로 향타하여 흙막이벽으로 사용하는 것으로 얇은  
 굴착에 많이 사용

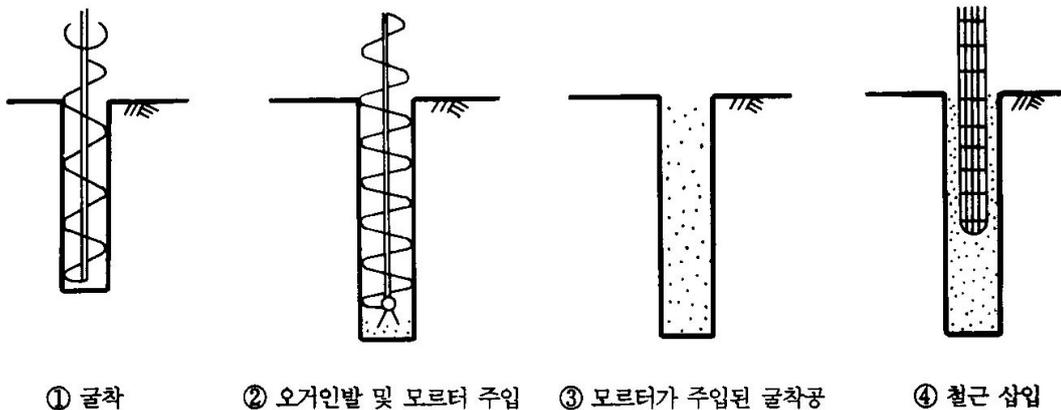


그림 7. 현장타설 콘크리트말뚝벽의 시공

## 10.7 지하연속벽의 종류와 시공

### 1) 지하연속벽의 종류

- ▶ 현장타설식 지하연속벽 : 지반에 구멍을 뚫고 철근망을 삽입한후 콘크리트를 타설하여 철근콘크리트 연속벽체를 만드는 방법
- ▶ 프리캐스트 지하연속벽 : 굴착한 지반에 기성콘크리트판을 삽입하여 조립식 지하벽체를 형성

### 2) 지하연속벽의 시공순서

- ⇒ 굴착시 흙이 무너지지 않도록 보호하는 안내벽 설치
- ⇒ 벤토나이트 안정액을 주입하면서 굴착
- ⇒ 소정의 깊이까지 굴착 후 안정액속에 혼합된 부유물과 슬라임(slime) 제거
- ⇒ 연결부분의 거푸집 역할 및 차수효과를 위하여 맞물림관 설치
- ⇒ 철근망을 조립하여 설치
- ⇒ 트레미관을 이용하여 콘크리트를 타설하고 떠올라오는 벤토나이트 용액 회수
- ⇒ 콘크리트의 초기 경화가 이루어지면(4~5 시간 후) 맞물림관 인발

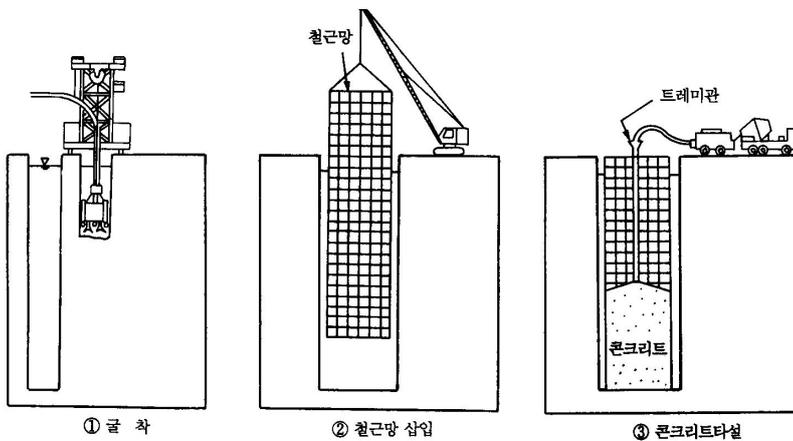


그림 8. 지하연속벽

## 10.8 어스앵커공법

### 1) 앵커의 종류

- ▶ 앵커판(anchor plate) 또는 앵커보(anchor beam, deadman)
- ▶ 어스앵커(earth anchor) 또는 타이백(tie back)
- ▶ 수직 앵커말뚝(anchor pile)
- ▶ 경사말뚝으로 지지한 앵커보



그림 9. 앵커의 종류

### 2) 어스앵커의 원리(그라운드앵커) : 흙막이벽 배면에 인장재를 삽입하고 그라우팅

하여 양생시킨 후 인장재를 긴장 정착시켜 흙막이벽을 지지

- ▶ 어스앵커의 구분 : 앵커체, 인장부, 앵커두부
- ▶ 앵커두부를 흙막이벽에 정착시키는 방법 : 썬기방식(강선), 너트방식(강봉)
- ▶ 앵커체의 긴장시 저항원리 : 마찰방식, 지압방식

### 3) 어스앵커의 위치와 길이

- ▶ 정착길이 : 마찰저항 길이와 부착저항 길이 중 큰 값으로 3m 이상
- ▶ 여유길이 : 주동활동면 바깥쪽에 설치하고 0.15H와 1.5m 중 큰 값
- ▶ 자유길이(인장부의 길이) : 파괴면까지 거리에 0.15H를 더한 값으로 3m 이상

$$L = \text{정착길이} + \text{자유길이} + \text{여유길이} = l_a + l_f + l_r$$

### 4) 어스앵커의 시공순서 :

- 천공 및 케이싱삽입 ⇒ 인장재삽입 ⇒ 1차 그라우팅(앵커체 형성)
- ⇒ 케이싱제거 ⇒ 인발시험(그라우팅 양생 후) ⇒ 인장재의 긴장 정착
- ⇒ 2차 그라우팅(틈새) ⇒ 인장재 절단 및 두부보호

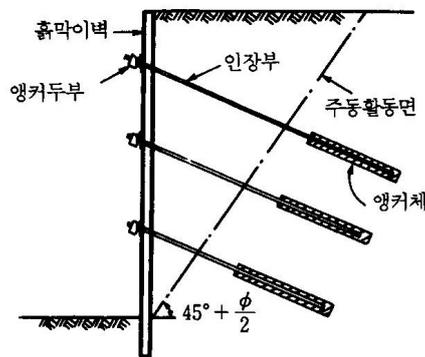


그림 10. 어스앵커

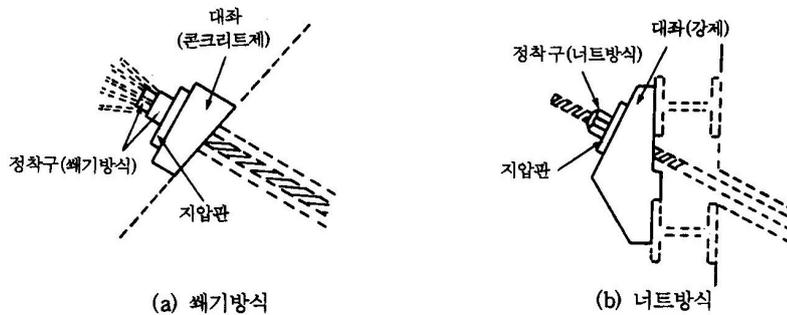


그림 11. 앵커두부의 정착

## 10.9 쏘일네일링 공법

1) 네일을 지반내에 삽입하고 숏크리트로 굴착면을 보호하여 지반의 안정성을 확보하는 공법

- ▶ 현장지반보강공법이나 터널, 옹벽, 기존구조물 보강 등에도 이용
- ▶ 공사비 저렴, 시공성 양호, 점성토지반을 제외한 모든 지반에 활용
- ▶ 네일(철근, 강봉 등), Grouting재, 지압판(네일의 인장력 분산, 1차 숏크리트후), Wire Mesh, 너트 등을 재료로 사용

2) 장점

- ▶ 간단한 천공장비 및 그라우팅 장비만 사용하므로 시공성이 양호
- ▶ 급경사면의 형태가 복잡할 때 현장여건 및 토층별 특성을 고려하여 시공가능
- ▶ 접근이 어려운 장소와 협소한 장소에서도 작업이 용이
- ▶ 소음 진동이 적고 경제적이며 네일을 구조물의 부상방지용 앵커로도 이용

3) 단점

- ▶ 깊은파괴가 예상되는 경사면, 점성토지반, 지하수위가 높은 지반에는 부적합
- ▶ 부식성 토질에 시공될 경우 네일의 부식성 및 내구성에 유의
- ▶ 숏크리트를 이용한 전면판 시공시 미관상의 문제 발생

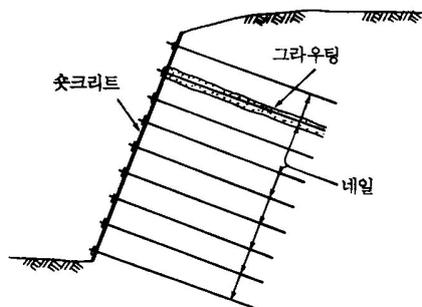
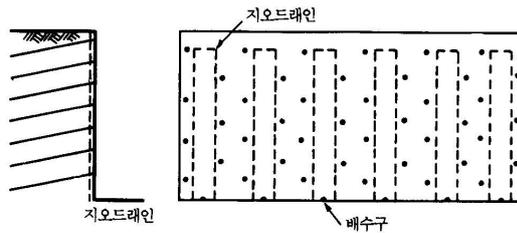


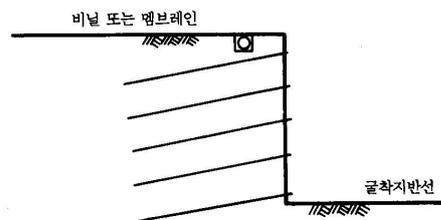
그림 12. 쏘일네일링공법

#### 4) 쏘일네일링공법의 시공순서

- ▶ **지반굴착** : 단계별 굴착깊이는 2m 이하
- ▶ **천공** : 직경 10~30cm로 굴착 직후 실시하거나 굴착 후 슛크리트 타설 후 실시하는 방법과 천공하지 않고 네일을 타입하는 방법
- ▶ **네일 삽입** : 영구구조물로 사용하는 경우 에폭시 코팅
- ▶ **그라우팅 실시** : 공벽내부의 붕괴를 방지하기 위해 네일 삽입 직후 그라우팅
- ▶ **배수시설설치** : 지하수가 많이 배출되는 경우
  - **벽면배수시설** : 굴착면과 슛크리트면 사이에 배수재를 설치하여 물을 배수
  - **표면배수시설** : 강우시 빗물이 굴착면에 유입하는 것을 방지
- ▶ **스�크리트 타설** : 굴착면 보호를 위하여 슛크리트를 타설하여 전면판 설치
  - 두께 7.5~10cm의 1차 슛크리트 타설 후 wire mesh, 지압판, 너트를 설치
  - 두께 7.5~10cm의 2차 슛크리트 타설
- ▶ **소요깊이까지 위의 과정을 반복**



(a) 벽면 배수시설



(b) 표면 배수시설

그림 13. 배수시설

## 10.10 물막이공법

### 1) 물막이(cofferdam)

- ▶ 하천이나 바다에 차수벽을 설치하고 차수벽 안쪽의 물을 퍼내 작업공간을 확보하기 위한 가설구조물
- ▶ 흠막이공과 다른점은 토압 등의 외력에 저항하는 강도외에 수밀성 있는 구조

### 2) 물막이공법의 종류

- ▶ 흠가마니공법 : 흠가마니를 쌓아올리는 방법
- ▶ 흠제방공법 : 흠을 쌓아 독을 만드는 방법
- ▶ 한겹식 강널말뚝공법 : 강널말뚝을 1열로 타설
- ▶ 두겹식 강널말뚝공법 : 강널말뚝을 2열로 타설
  - 자립식 : 2열의 강널말뚝과 속채움토사가 자립하여 외력에 저항
  - 버팀대식 : 자립식보다 강널말뚝의 단면이 작아도되며 수심 15m까지 물막이
- ▶ 셀식 강널말뚝공법 : 연약지반의 대규모 물막이

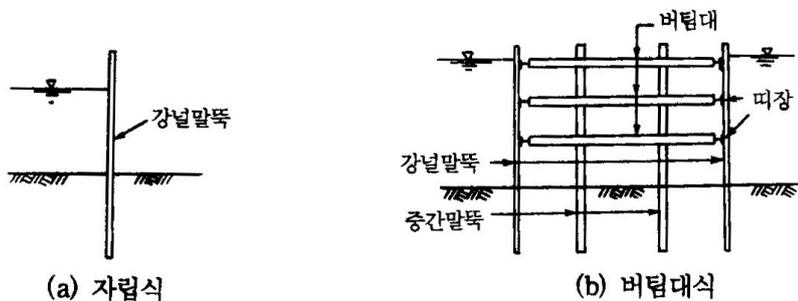


그림 14. 한겹식 강널말뚝공법

## 10.11 지하수 처리공법

1) 지하수위 아래에서 굴착하는 경우 지하수 처리를 잘못하면

- ▶ 토사유출이나 흙막이벽의 붕괴 발생, 굴착바닥면이 교란되어 지지력이 감소
- ▶ 수위저하로 인한 주변지반의 침하, 구조물의 침하 및 우물의 고갈 등을 유발

2) 지하수 처리공법의 종류

- ▶ 배수공법 : 지하수위를 굴착바닥면 아래로 저하시키는 공법
  - ⇒ 중력배수공법, 진공배수공법(웰포인트공법 등), 전기침투공법
- ▶ 차수공법 : 굴착바닥면 및 주변을 불투수층으로 만들어 지하수 유입을 방지
  - ⇒ 물리적방법(차수흙막이벽), 화학적방법(주입공법)

3) 웰포인트공법 (Well Point Method)

- ▶ 웰포인트는 한쪽 끝에 미세한 구멍이 있는 직경 5~10cm의 관
- ▶ 진공펌프를 작동시키면 웰포인트 부근에 있는 지하수가 미세한 구멍으로 흡입되어 수위가 저하

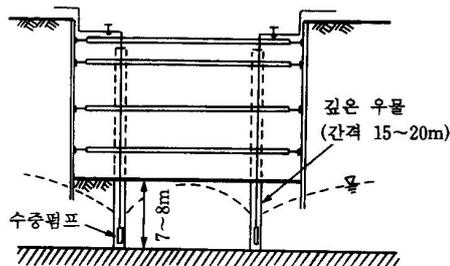


그림 15. 깊은 우물공법

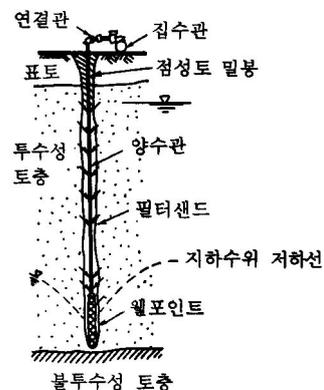


그림 16. 웰포인트공법

## 10.12 근접시공

1) 기존구조물에 근접하여 공사할 때 주변 영향을 최소로 하면서 공사를 안전하게 시공하는 것(시공대상 : 굴착, 기초, 터널, 성토 및 지반개량공사 등)

- ▶ 흠막이구조물 자체의 안정성과 인접구조물에 미치는 영향을 검토하여 설계와 시공에 반영
- ▶ 철저한 현장계측관리 ⇒ 주변지반의 거동에측 확인 ⇒ 안전하고 경제적 시공

2) 지반굴착에 따른 거동

- ▶ 흠막이벽의 변위에 따른 배면지반의 침하
- ▶ 흠막이벽 사이로 일어나는 지하수 및 토사유출로 인한 지반손실
- ▶ 굴착저면의 용기와 분사현상
- ▶ 인접구조물의 침하, 경사, 균열
- ▶ 연약지반인 경우 근입부의 측방유동

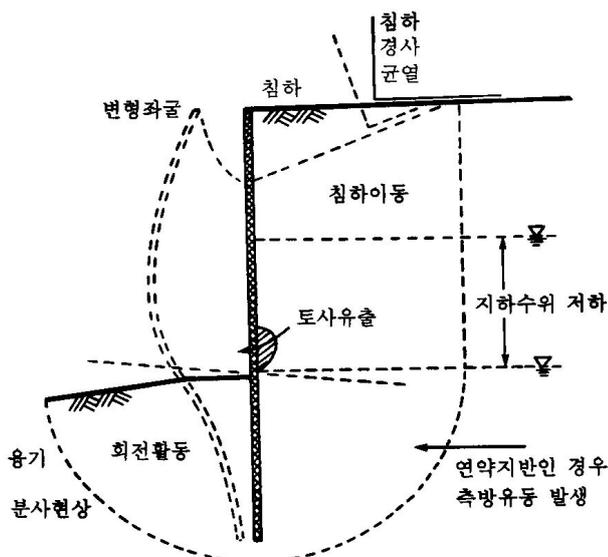


그림 17. 굴착에 따른 지반 및 주변의 거동

## 10.13 계측관리

- ▶ 계측관리 : 굴착에 따른 지반 및 흙막이벽 등의 거동을 측정하여 설계조건 및 계산 결과와 비교 검토하고 공사의 안정성을 판단하여 다음 시공단계에서의 거동을 예측분석
- ▶ 계측관리의 목적
  - 실측치와 설계조건을 비교하여 공사의 안전성을 검토해서 공사사고를 방지
  - 시공중 발견한 토질조건 등을 검토하여 당초설계의 타당성 판단
  - 다음 시공단계에서의 거동 예측
  - 기술자료를 축척하고 다음 설계에 반영
  - 공사에 따른 주변의 민원에 대한 공학적 자료를 제시
- ▶ 계측항목과 계측기의 종류
  - 흙막이벽 및 띠장의 응력 : 변형률계
  - 흙막이벽에 작용하는 토압 : 토압계
  - 버팀대 및 어스앵커의 축력과 변위 : 하중계, 변형률계
  - 주변 지반의 수직 및 수평변위 : 지표면침하계, 층별침하계, 지중경사계
  - 지하수위 및 간극수압 : 지하수위계, 간극수압계
  - 인접구조물의 피해상황 : 건물경사계, 균열측정계
  - 진동 및 소음 : 진동측정기
  - 유독가스, 수질오염 : 가스감지기, 수질시험

▶ 계측결과의 관리

① 계측치가 관리기준치의 한계 이상 ⇒ 긴급대책 수립 ⇒ 재설계나 보강설계

② 현장관리와 안전관리를 위한 계측관리기법

- 절대치관리 : 시공전에 미리 설정한 관리기준치와 실측치를 비교 검토하여  
공사의 안전성을 평가하는 방법

- 예측관리 : 이전 단계의 실측치에 의하여 예측된 다음 단계의 예측치와  
관리 기준치를 비교하여 안정성을 평가하는 방법

③ 현장의 위험도에 따른 계측관리 체제

- 정상관리체제 : 1주일에 1회 계측하여 이상이 없으면 공사 진행

- 주의체제 : 계측치가 1차 관리기준치를 초과

⇒ 1일 1회 계측하여 이상 상태가 지속되면 원인 규명하고 대책 협의

- 경계체제 : 계측치가 2차 관리기준치를 초과

⇒ 1일 2회 계측하여 본격적인 원인 규명과 대책을 협의 실시

- 공사중지체제 : 계측치가 3차 관리기준치를 초과

⇒ 위험하다고 판단되면 공사중지

- 대책 실시 ⇒ 계측치가 안정 ⇒ 경계체제

④ 1차 관리기준치는 허용치의 80%, 2차 관리기준치는 허용치의 100%,

3차 관리기준치는 허용치의 120%