

## 흙막이공사(Soil Nailing 공법) 안전보건작업 지침

### 1. 목 적

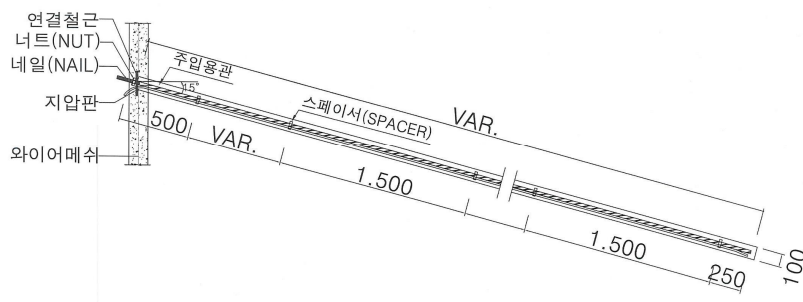
이 지침은 산업안전보건기준에 관한규칙(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 제2편(안전기준) 제4장(건설작업 등에 의한 위험예방) 제2절(굴착작업 등의 위험) 제1관(노천굴착작업) 및 제1편(총칙) 제6장(추락 또는 붕괴에 의한 위험 방지) 제2절(붕괴 등에 의한 위험방지) 규정에 의거 흙막이공사 중 소일네일링 공법을 시행함에 있어 산업재해 예방을 위해 준수하여야 할 안전보건지침을 정함을 목적으로 한다.

### 2. 적용범위

이 지침은 소일네일링공법으로 흙막이공사를 시행하는 공사에 적용한다.

### 3. 용어의 정의

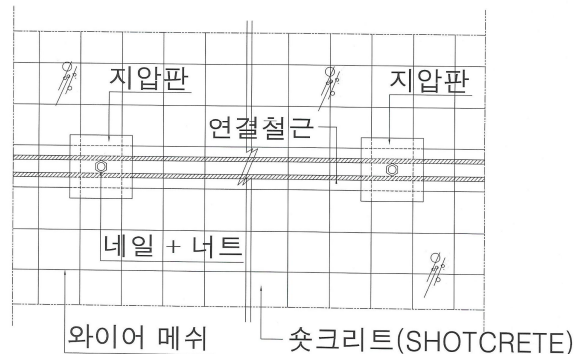
- (1) 네일(Nail) : 굴착 배면의 지반을 보강하기 위하여 지반에 근입하는 철근을 말하며 주로 HD25(SD40) 표준이형철근을 사용한다.



<그림 1> 네일의 표준단면도

- (2) 와이어메쉬 : 굴착표면에 뿔어붙이기 콘크리트(Shotcrete)의 부착력을 증진시키기 위한 철망을 말한다.
- (3) 연결철근 : 네일에 작용되는 인발력을 인근의 네일로 하중분배를시키기 위한 철근을 말한다.

- (4) 지압판 : 굴착면의 토사가 붕괴되려는 힘을 네일로 전달시키기 위한 부재를 말하며, 주로 150x150x9T의 강판을 사용하여 네일의 두부에 설치한다.



<그림 2> 네일 설치 평면도

- (5) 너트(Nut) : 지압판을 네일에 고정하여 지압판이 네일에서 이탈되려는 것을 방지하는 기능을 하는 부재를 말한다.
- (6) 스페이서(Spacer) : 네일이 천공 홀(hole) 단면의 중앙에 위치할 수 있도록 하는 부재로서 주로 1.5m 이내의 간격으로 설치하며, 네일이 주입재(Grouting재)의 중앙에 위치하도록 하여 주입재와 지반과의 부착강도를 충분히 발휘하게 하여야 한다.
- (7) 주입용 관 : 주입재를 주입하기 위한 관으로서 천공 홀 바닥에서부터 주입될 수 있도록 설치한다.

## 4. 건설주체별 의무

### 4.1 설계자의 의무

- (1) 대상 지반에 대한 지질조사, 가스관·통신선로·상수관·하수관·인근 구조물의 기초 등 지하매설물 조사, 인근 구조물·고압전선로 등 지상 장애물 조사, 장비의 운행경로 등 현황조사를 실시하여야 한다.
- (2) 정착부의 지반에 대한 토질정수를 결정하기 위한 지질조사·토질시험 등을 실시하고 그 결과를 이용한 설계를 하여야 한다.
- (3) 정착부는 지하구조물 또는 지표면의 역방향 경사 등으로 인하여 마찰저항이 부족한지의 여부를 판단하고 충분한 설계 정착력이 확보될 수 있도록 설계하여야 한다.

- (4) 대상 현장에 대한 현황조사, 구조해석결과, 구조도면, 특기시방 등의 설계도서를 공사관계자가 판독하기 용이하게 제작하여야 한다.
- (5) 구조해석 결과에는 지하수위, 토층의 두께, 토질의 단위중량, 흙의 내부마찰각, 지반의 전단강도 등 토압계산에 반영된 제반 토질정수를 기록하여야 한다.
- (6) 구조도면에는 재료의 종류 및 치수, 배치간격, 시공순서, 시공방법 등을 기록하여야 한다.
- (7) 네일을 설치하기 위하여 노출되어 있는 굴착면의 높이와 시공성을 고려하여 굴착 단계별 토압으로 인한 붕괴의 위험성 유무를 검토하여야 한다.
- (8) 굴착작업 중 지하수위의 변화, 지반의 변위, 이상토압의 증가 등으로 인한 재해를 예방하기 위하여 필요한 계측항목을 정하여야 한다.
- (9) 시공자가 특별히 주의하여 시공할 필요가 있는 사항에 대해서는 특기시방서를 작성하거나 설계도면에 별도로 명기하여 시공자가 안전한 시공을 수행할 수 있도록 하여야 한다.

#### 4.2 감독자 및 감리자의 의무

- (1) 설계도서의 내용이 대상 현장의 지형, 지상 및 지하 장애물 등을 반영하였는지 여부에 대하여 판단하여야 하며, 이상여부가 발견된 때에는 설계자에게 질의하여 이를 조정하여야 한다.
- (2) 시공자로부터 시공계획서를 제출 받아 이를 검토하고 필요한 경우에는 보완 요청 및 시정지시를 하여야 하며, 지반의 붕괴 또는 토석의 낙하 등으로부터 안전한 시공계획서일 경우 이를 승인하여야 한다.
- (3) 시공 중에는 설계도서와 일치여부를 확인·감독하여야 하며, 현장조건이 설계도서와 상이하여 설계내용을 변경하여야 할 경우에는 책임있는 기술자의 의견을 들어 안전한 방법을 선정하고 이를 지시하여야 한다.

- (4) 설계도서에서 정한 계측의 결과를 검토하여 이상이 발견된 때에는 조치방안을 강구하고 이를 지시한 후 이행여부를 확인하여야 한다.
- (5) 자재를 반입할 경우에는 설계도서와의 부합여부를 검수하여야 하며, 검수 도중 불량 자재 및 부적격 자재는 즉시 현장 밖으로 반출하도록 지시하여야 한다.
- (6) 근로자의 안전을 위하여 작업장의 안전시설의 설치, 근로자의 보호구 착용 상태 등을 점검하고 불안정한 상태를 제거하도록 노력하여야 한다.

#### 4.3 시공자의 의무

- (1) 작업 시작 전 현장조건이 설계도서와 일치하는지의 여부를 확인하고 상이하다고 판단된 때에는 감독 및 감리자에게 이를 보고하고 대처방안을 상호 협의하여야 한다.
- (2) 시공계획서를 작성하여 감독 및 감리자에게 제출하고 그의 승인을 얻은 후 작업을 시행하여야 하며, 시공계획서에는 다음과 같은 사항을 반드시 포함하여 작성하여야 한다.
  - (가) 네일, 연결철근, 지압판, 너트 등 사용되는 자재의 종류, 성능(강도), 치수, 제작사
  - (나) 천공장비 등 사용장비의 종류, 성능, 운행경로
  - (다) 지반의 변위, 정착력의 변화, 지하수위의 변화 등을 확인할 수 있는 계측의 방법 (종류, 위치, 수량, 측정주기, 평가방법 등)
  - (라) 품질시험의 종류, 횟수 및 방법
  - (마) 그라우팅재의 배합설계, 양생기간 및 뿔어붙이기 콘크리트 타설 시기 등
  - (바) 뿔어붙이기 콘크리트(shotcrete)의 강도
  - (사) 기타 안전성 확보를 위하여 필요한 주요사항
- (3) 작업 시작 전 근로자에게 안전한 작업방법을 교육하고 이를 지휘하여야 한다.
- (4) 설계도서와 시공계획서에 준하여 시공하여야 하며, 공사 도중 지반조건이 설계도서와 상이하거나 지하수 유출이 지반의 안전 상에 심대한 영향을 미칠 우려가 있는 때에는 이를 감독 및 감리자에게 보고하고 이에 대한 대처방안을 협의하여야 한다.

- (5) 자재를 반입할 경우에는 사전에 설계도서에서 정한 성능 이상의 자재로서 그의 종류, 규격, 수량, 제작사 등을 명기한 자재승인요청서를 감독 및 감리자에게 제출하여 이를 승인 받은 후 반입하고 반입된 자재는 자체적으로 검수하고 감독 및 감리자의 검수를 받아야 한다. 이때 부적격한 자재는 즉시 현장 밖으로 반출하여야 한다.
- (6) 자재는 가능한 한 즉시 사용이 가능하도록 필요한 양 만큼 순차적으로 반입하되 일정기간 동안 보관하여야 할 경우에는 양호한 상태로 보관하여야 하며, 부식, 마모, 변형 등이 발생되지 않도록 하여야 한다.
- (7) 근로자의 안전을 위하여 작업장의 안전시설의 설치, 보호구의 착용상태 감시, 악천후 시에는 작업의 중지, 관계근로자 이외의 자의 출입통제 등의 업무를 수행하여야 하며, 붕괴의 위험이 있다고 판단된 경우에는 즉시 근로자를 안전한 장소로 대피시켜야 한다.
- (8) 감독 및 감리자가 없는 현장인 경우에는 현장조건이 설계도서와 상이한 경우 책임있는 외부전문가의 의견을 청취한 후 시행하여야 하며, 작업계획서는 자체적으로 수립하고 이를 보존하여 두어야 한다.

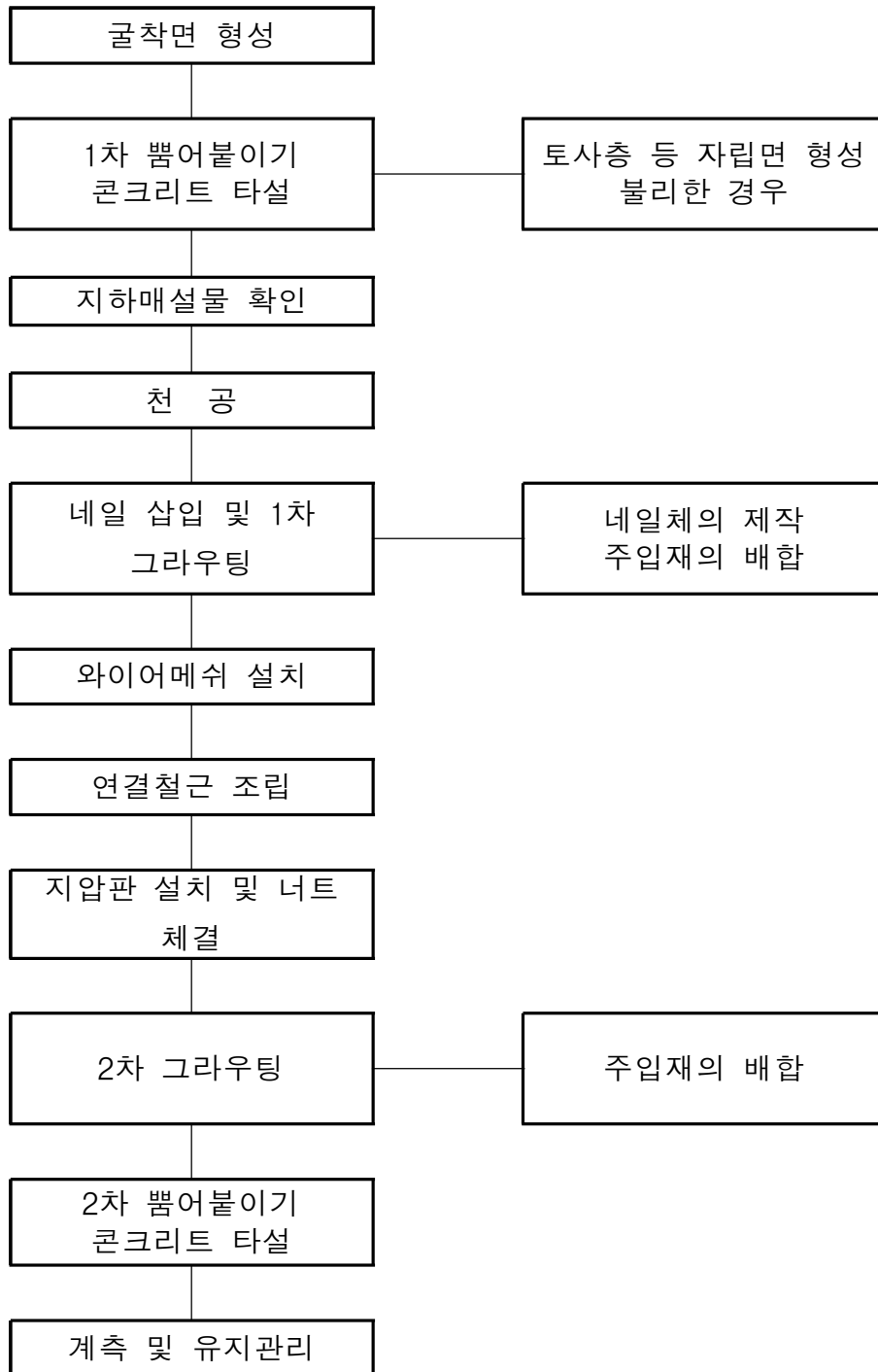
#### 4.4 근로자의 의무

- (1) 관리감독자가 지휘하는 안전한 작업방법을 준수하여야 한다.
- (2) 작업 도중 불안정한 행위를 하여서는 아니 된다.
- (3) 작업 중에는 반드시 필요한 보호구를 착용하여야 하며, 작업 후에는 보호구를 양호하게 관리하여야 한다.
- (4) 작업 중 이상 현상 또는 위험한 요인을 발견한 때에는 즉시 관리감독자에게 이를 알려야 하며, 그의 지시를 받아서 작업하여야 한다.

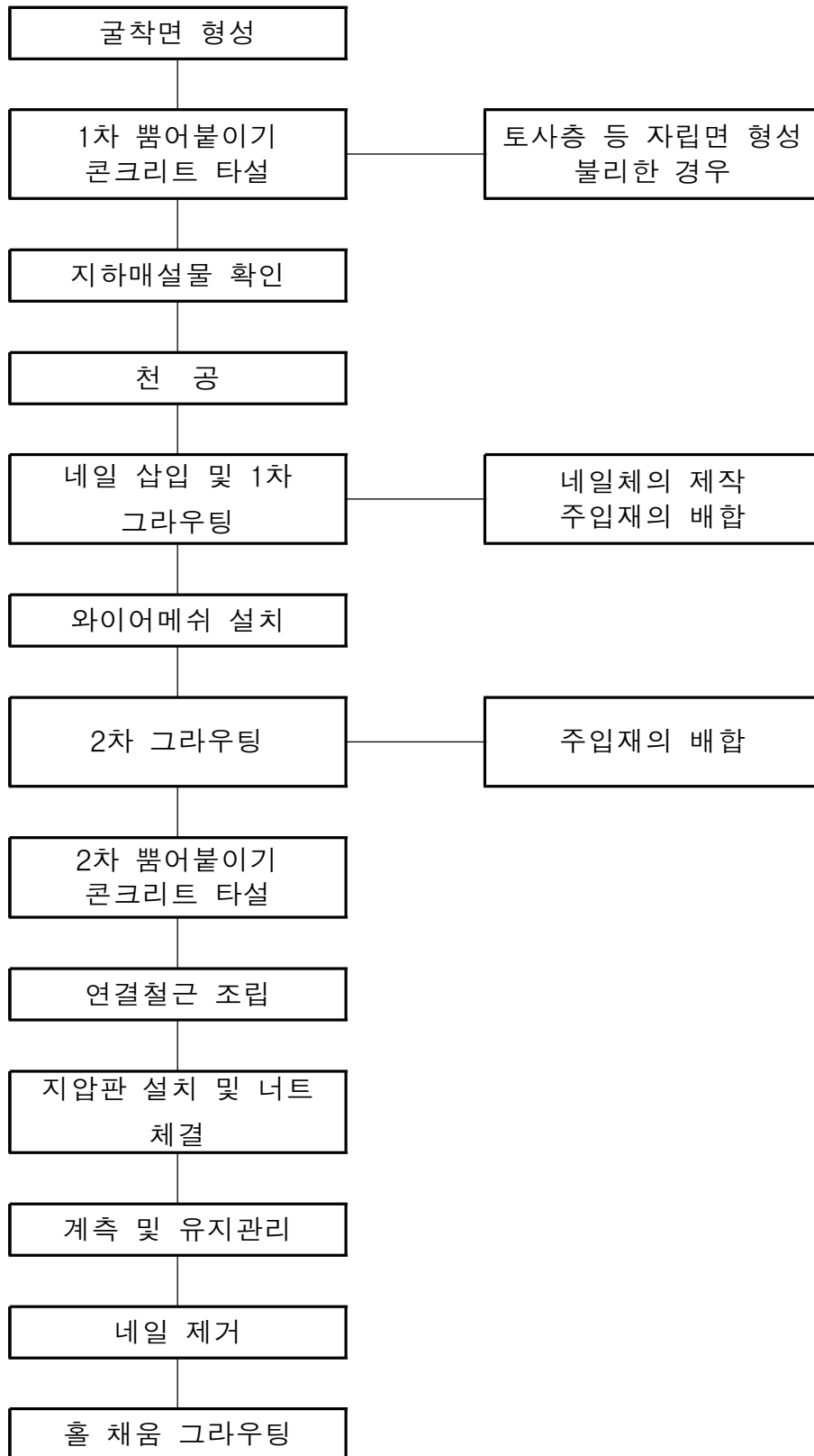
## 5. 안전작업절차

### 5.1 작업내용 및 순서

소일네일링공사의 시공순서는 <그림 3> 및 <그림 4>와 같다.





<그림 3> 영구식 소일네일링 공사의 작업내용 및 순서



<그림 4> 제거식 소일네일링 공사의 작업내용 및 순서



천 공	네일 삽입 및 1차 그라우팅
	

와이어메쉬, 연결철근, 지압판의 조립	와이어메쉬, 연결철근, 지압판의 조립
	

뿔어붙이기 콘크리트의 타설	네일의 정착력 시험
	

## 5.2 천공작업

- (1) 천공장비의 운전원은 자격을 갖춘 자로 하여야 한다.



- (2) 천공장비를 이동할 경우에는 장비의 전도·전락을 방지하기 위하여 이동통로의 안전성을 확보하여야 하며, 근로자의 충돌 및 협착 재해를 방지하기 위하여 이동경로에는 출입통제를 하여야 한다.
- (3) 천공의 지점은 설계도서에 준하여 미리 측량하여 표식하여 두어야 한다. 이때 수직높이의 오차가 최소가 되도록 주의하여야 하며, 천공작업 전에는 가스관, 상하수도관, 인근 구조물의 기초 등 지하매설물의 유무를 반드시 확인하여야 한다.
- (4) 수직으로 굴착하여 천공지점이 노출된 후 장기간 방치하여 흙막이구조에 과대응력이 발생되지 않도록 후속 공정을 조속히 진행하여야 한다.
- (5) 천공장비는 천공작업 중 흔들림, 이동 등이 없도록 설치 지반을 정지하여야 한다.
- (6) 설계된 천공각도 및 천공깊이를 확인하고 장비를 설치하여야 하며, 천공 도중에는 설계각도를 유지하고 이를 확인할 수 있도록 하여야 하고, 천공이 완료된 때에는 천공깊이를 확인하여야 한다.
- (7) 주입재와 주변지반과의 마찰력이 충분히 발휘될 수 있도록 천공의 직경은 설계에서 정한 치수 이상을 확보하여야 한다.
- (8) 천공 지점은 수평열이 일직선이 되도록 천공지점 높이의 오차를 최소화 하여야 한다. 이는 연결철근을 설치할 때 일직선을 유지할 필요가 있기 때문이다.
- (9) 천공 중에는 공벽의 붕괴를 방지하기 위하여 케이싱을 설치한다. 공벽 붕괴의 우려가 없는 경우에는 예외로 한다.
- (10) 동절기에 천공하는 경우에는 이수의 동결을 방지하기 위하여 온수를 사용 하여야 한다.
- (11) 천공 중에는 비산 먼지 및 소음이 심하므로 근로자에게는 방진마스크 및 귀마개를 착용하도록 하고, 천공 입구에는 비산먼지를 최소화할 수 있도록 집진장치 또는 분진 방지책을 설치하여야 한다.

- (12) 천공 홀 바닥의 굴착토사를 완전히 제거하여야 하며 설계심도까지의 천공 여부를 확인하여야 한다.

### 5.3 네일체의 제작 및 삽입

- (1) 네일의 절단은 기계적 방식에 의하여 절단하며 절단으로 인한 재료의 국부적 성질의 변화가 없도록 하여야 한다.
- (2) 설계도서에서 정한 네일의 길이가 확보되도록 제작되어야 하며, 지압판 및 너트를 체결할 수 있는 여유길이를 두어야 한다.
- (3) 제작된 네일체를 검수할 때에는 다음과 같은 항목을 중점적으로 확인하여야 한다.
  - (가) 네일의 소요길이
  - (나) 네일의 손상, 부식, 변형 등 이상유무
  - (다) 스페이서(Spacer)의 설치상태 및 이물질 부착유무
  - (라) 주입재의 주입을 위한 주입용 관의 설치 상태
- (4) 네일을 삽입하기 전에는 네일에 부착된 먼지, 기름 등 이물질을 제거하여야 한다.
- (5) 네일을 삽입할 때에는 공벽이 붕괴되거나 네일체가 손상되지 않도록 서서히 하여야 한다.

### 5.4 주입재의 배합 및 주입

- (1) 시멘트는 보통포틀랜드시멘트 또는 조강포틀랜드시멘트를 사용한다.
- (2) 배합강도는 주변토질과 인장재가 부착하여 소요강도를 발현할 수 있도록 배합되어야 하며, 주입 후 공시체를 제작하여 현장 및 실내 양생하여 발현 강도를 확인 하여야 한다.

- (3) 공벽의 붕괴 등을 방지하기 위하여 천공 후 장기간 방치하지 않으며, 네일 삽입 후 즉시 주입하여야 한다.
- (4) 주입은 천공 홀 바닥에서 공내부의 물과 공기를 밀어내면서 주입되도록 하고 주입재 내부에 공극이 발생되지 않도록 하여야 한다.
- (5) 주입재의 주입은 천공 홀 선단부에 슬라임이 완전 배출될 때 까지 1차 주입 하고 케이싱을 제거한 후 공벽을 완전히 채우도록 2차 주입을 수행한다.
- (6) 주입재의 주입이 종료되면 소요강도를 얻기 위한 양생기간이 필요하며 이 기간 까지는 네일이 충격을 받거나 이동되지 않도록 주의하여야 한다.
- (7) 주입재는 연결철근 등의 작업을 수행하기에 필요한 충분한 강도를 발현할 때 까지 양생하여야 한다.
- (8) 교반기는 감전재해를 방지하기 위하여 KOSHA GUIDE E-106-2011(건설현장의 전기설비설치 및 관리에 관한 기술지침)을 준용하여야 한다.

## 5.5 연결철근의 설치

- (1) 연결철근은 네일끼리 횡방향으로 하중을 분배하기 위한 철근으로서 그 성능을 충분히 발현할 수 있도록 설치하여야 한다.
- (2) 연결철근을 이을 때에는 인장철근의 이음길이를 확보하여야 한다.
- (4) 연결철근은 D16 이상의 철근을 사용하되 설계에서 정한 규격을 준수하여야 한다.
- (5) 연결철근은 지압판 내면에 네일을 기준으로 상하부에 2열로 설치하고 토압으로 인하여 지압판 밖으로 이탈되지 않도록 철선으로 서로 견고히 묶어두어야 한다.

## 5.6 지압판의 설치

- (1) 지압판은 뽐어붙이기 콘크리트 면에 작용하는 토압을 네일로 전달하는 역할을 담당하는 부재로서 그 성능을 충분히 발현할 수 있도록 설치하여야 한다.

- (2) 제거식 네일인 경우에는 뿔어붙이기 콘크리트를 타설한 후 지압판을 설치하고 영구식 네일인 경우에는 지압판을 설치한 후 뿔어붙이기 콘크리트를 타설한다.
- (3) 지압판은 너트와 와셔에 의하여 네일의 두부에 부착하며 너트는 렌치(wrench)를 이용하여 견고하게 조여주어야 한다.

### 5.7 뿔어붙이기 콘크리트의 타설

- (1) 타설장비 및 레미콘 트럭의 전도, 전락 등의 사고가 발생되지 않도록 안전한 이동경로를 확보하여야 한다.
- (2) 타설장비는 뿔어붙이기 콘크리트를 타설하는 때에는 지반의 침하로 인한 전도, 전락을 방지하기 위하여 아웃리거를 설치하고 그 아래에 깔판 또는 깔목을 설치하여야 한다.
- (3) 장비가 이동하는 경로에서 근로자의 협착 또는 뿔어붙이기 콘크리트의 비산 등으로 인하여 재해가 발생되지 않도록 신호수를 배치하고 관계근로자 이외의 자의 출입을 통제하여야 한다.

### 5.8 계측

- (1) 설계도서 또는 시공계획서에서 정한 각 계측기를 설치하고 초기 측정값을 기록 보존하여야 하며, 계측센서의 유실을 방지하기 위한 보호조치를 하여야 한다.
- (2) 계측은 최소한 하중계, 경사계, 지하수위계를 1개조로 하여 설치하되 그 개수 및 항목은 현장 여건에 따라 적합하게 설치하여야 한다.
- (3) 계측의 주기는 현장의 여건에 따라 정하되 1주일 이내를 원칙으로 하며, 이상토압의 발견 또는 불안정한 변위 등이 발견된 때에는 그 주기를 단축하고 위험여부를 확인하여야 한다.
- (4) 계측항목별 판단기준을 정하고 위험수위별 대처방안을 수립하여 두어야 한다.

- (5) 계측결과는 계측 즉시 감독 및 감리자에게 구두 또는 간략 보고하여야 하며, 보고서 작성 시간으로 인하여 위험단계의 대응시기를 놓치지 않아야 한다.
- (6) 흠막이 구조의 변형 등을 상시 육안 조사하고 해빙기 또는 장마기에는 특별점검을 실시하여야 한다.
- (7) 굴착 선단부에는 낙하의 위험이 있는 토사는 제거하여야 한다.
- (8) 굴착 선단부에는 중량물을 적재하는 등 상재하중을 가하지 않는 것을 원칙으로 하며, 현장 여건 상 필요한 경우에는 구조적 안전성을 확인하여야 한다.

## 5.8 네일의 해체

- (1) 제거식 네일인 경우에는 해체계획을 수립하고 이에 따라 작업을 수행하여야 한다. 해체계획에는 기시공된 구조물의 변형 등을 고려하여 구조물공사와 연계된 안전한 작업순서가 반영되어야 한다.

## 6. 기타 안전조치사항

기타 흠막이공사에 관한 안전작업은 KOSHA GUIDE C-39-2011 굴착공사 안전작업 지침 및 KOSHA GUIDE C-4-2012 흠막이공사(엄지말뚝) 안전보건작업 지침의 규정에 따른다.