



제 3 장 지반개량공사

3-1 지반개량 일반 / 129

3-2 표층처리공법 / 132

3-3 심층다짐공법 / 143

3-4 치환공법 / 159

3-5 연직배수공법 / 164

3-6 심층고결처리공법 / 175

3-7 지하수위 저하에 의한 배수공
법 / 183

3-8 성토하중경감공법 / 191

제 3 장 지반개량공사

3-1 지반개량 일반

3-1-1 지반개량 일반

1. 일반사항

1.1 적용범위

- 1.1.1 이 절은 지반개량에 대한 일반적인 요건을 제시한다.
- 1.1.2 구체적인 지반개량 공사에 대한 사항은 본 시방서의 관련 절에서 규정하는 내용을 따른다.

1.2 일반적인 요구조건

- 1.2.1 지반개량공사는 그 대상인 연약지반의 형상이나 거동이 대단히 복잡하고 또한 현장조건이나 기후 등의 외적요인에 따라 크게 달라지므로 수급인은 시공 중에 예상치 못한 사태가 발생하는지 여부를 주의 깊게 관측하고 조사하여야 한다.
- 1.2.2 수급인은 설계도면과 관련 시방 절의 설계원리를 숙지하여 시공성 여부를 판단하여야 한다.
- 1.2.3 수급인은 현장여건과 작업환경, 기타 필요한 사항을 고려 할 때 시공이 곤란하다고 판단될 경우에는 공사감독자에게 관련 내용을 보고하여야 한다.
- 1.2.4 시공 도중에 설계내용과 상이한 결과 또는 예상치 못한 사태가 발생할 경우에는 수급인은 즉시 대책을 마련하고 공사감독자에게 보고하여야 한다.

1.3 시공계획서 제출

- 1.3.1 수급인은 지반개량공사 착수 전 15일 전까지 설계도서의 내용에 부합되는 시공계획서를 작성하여 공사감독자에게 제출하여야 한다.
- 1.3.2 공사감독자는 수급인이 제출한 시공계획서가 불합리하다고 판단할 경우, 이의 수정을 요구 할 수 있으며 공사감독자의 수정요구가 불합리하지 않을 경우 수급인은 이에 따라야 한다.
- 1.3.3 시공계획서는 다음의 내용이 포함되어야 한다.
 - (1) 공사개요
 - (2) 장비의 수급계획

- (3) 공정 추진 일정
- (4) 안전 관리 대책
- (5) 시공방법
- (6) 현장조직표
- (7) 계측관리
- (8) 품질관리계획
- (9) 장애물 조사 및 철거방법
- (10) 설계에서 제시된 공법의 적합성
- (11) 환경오염 여부와 대책
- (12) 원지반 측량성과
- (13) 지반강도조사 결과
- (14) 기타 공사에 필요한 주요내용

1.4 계측관리

- 1.4.1 계측은 설계도서에 표시된 계측기의 종류와 수량에 따라 실시하여야 한다. 단, 현장조건에 따라 추가계측이 필요할 경우에는 공사감독자와 협의 한 후 시행하여야 한다.
- 1.4.2 계측기의 설치는 본 시방서 관련 절에서 정한 방법에 따라야 한다.
- 1.4.3 공사를 착수하기 전에 다음과 같은 계측 운영체제와 그 시행방법에 대하여 공사감독자와 협의하여야 한다.
 - (1) 계측수행과 결과정리
 - (2) 계측결과의 해석
 - (3) 보고서 작성
 - (4) 시공에서의 활용방안, 시공방법의 수정 또는 개선
- 1.4.4 설치된 계측기는 계측 완료시까지 훼손되거나 파손되어서는 안 된다.
- 1.4.5 계측항목은 설계도서에서 정한 것에 따라 충실히 실시하고 그 결과를 공사감독자에게 보고하여야 한다.

1.5 규격 및 품질관리

- 1.5.1 사용할 재료의 규격 및 품질은 시험을 실시하여 합격된 것이어야 하며 지반 처리 목적에 적합한 것이어야 한다.
- 1.5.2 각 재료의 규격 및 품질은 본 시방서 관련 절에서 규정한 시험방법에 따라 실시해야하며 본 시방서에서 규정하지 않았으나 합리적인 시공관리상 필요하다고 인정되는 추가 시험 종목은 공사감독자의 지시에 따라야 한다.
- 1.5.3 관리시험의 실시빈도는 본 시방서 관련 절에서 규정한 횟수에 따라야 한다.

2. 재 료

해당 없음

3. 시 공

3.1 검사

- 3.1.1 재료의 규격 및 품질검사는 시공 후에 확인할 수 없기 때문에 시공 전에 시험을 실시하여 합격된 제품 및 공법만 사용해야 한다.
- 3.1.2 지반개량결과의 검사는 초기검사, 중간검사, 최종검사로 구분하여 실시하는 것을 원칙으로 하여야 한다.
- 3.1.3 합격판정의 기준은 관련 시방 절에서 제시한 기준에 따라야 한다.

3-2 표층처리공법

3-2-1 수평배수층 포설공

1. 일반사항

1.1 적용범위

본 시방은 연약지반 상에 성토작업을 하기 위한 작업차량의 주행성(Trafficability)과 지지력을 확보하고, 지하배수 및 연약층 상부의 배수를 원활히 할 목적으로 하는 대표적인 공법으로 모래(쇄석) 등의 재료를 포설하는 수평배수층 포설공사에 적용한다.

1.2 참조규격

1.2.1 한국산업규격

- (1) KS F 2301 흙의 입도 시험 및 물리 시험용 시료 조제 방법
- (2) KS F 2302 흙의 입도 시험 방법
- (3) KS F 2303 흙의 액성 한계·소성 한계 시험 방법
- (4) KS F 2306 흙의 함수비 시험 방법
- (5) KS F 2307 표준 관입 시험 방법
- (6) KS F 2308 흙의 밀도 시험 방법
- (7) KS F 2319 오거 보링에 의한 토질조사 및 시료채취 방법
- (8) KS F 2322 흙의 투수 시험 방법
- (9) KS F 2324 흙의 공학적 분류 방법
- (10) KS F 2342 점성토의 현장 베인 전단 시험 방법

1.3 제출물

1.3.1 제출물은 본 시방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

1.3.2 시공계획서에는 다음사항이 포함되어야 한다.

- (1) 수평배수층 포설용 재료의 품질 (입도기준, 밀도와 투수계수 등)
- (2) 수평배수층의 포설 계획서
- (3) 안전관리 계획서
- (4) 장비동원 계획서

1.4 사전조사

- 1.4.1 시공자는 공사를 착수하기 전에 공사구역의 제반조건 및 공사 착수 전에 설계도서에서 표시된 지반조사 자료(위치, 토층구성, 역학적 특성, 연약층 심도 등)를 면밀히 분석하여 본 공사의 시공계획서 작성 시 이를 충분히 고려하여 반영하여야 한다.

1.5 일반요구조건

- 1.5.1 다음의 경우에는 시정 및 보완대책을 수립하여 이를 공사감독자에게 보고하여 승인을 받아 시행토록 한다.
- (1) 성토 중간에 소성유동이나 지반함몰이 발생하는 경우
 - (2) 시공이 장기간(일주일 이상) 중단되었거나, 재해 등으로 인하여 수평배수층이 유실된 경우
 - (3) 성토 후 지반의 표고가 허용오차범위를 초과하는 경우
 - (4) 수평배수층에 원 지반 흙이 과도하게 섞여 설계두께가 부족하거나 그 기능이 심하게 저하되는 경우

2. 재 료

2.1 재료일반

- 2.1.1 공사시방서에 별도의 사용재료의 품질기준이 규정되어 있지 않은 경우 아래 기준 이상의 재료를 사용하여야 한다.

(1) 모 래

- ① D15 : 0.08 ~ 0.9mm(D15 : 통과중량 백분율이 15%에 해당하는 재료의 입경)
- ② D85 : 0.4 ~ 8.0mm(D85 : 통과중량 백분율이 85%에 해당하는 재료의 입경)
- ③ 0.08mm (NO. 200) 통과량 : 15% 이하
- ④ 투수계수 : $1 \times 10E-3$ cm/sec 이상

(2) 쇠 석

- ① 공사시방서에 별도의 사용재료의 품질기준이 규정되어 있지 않은 경우 아래 기준 이상의 재료를 사용하여야 한다.

가. 0.08mm (NO. 200) 통과량 : 15% 이하

나. 투수계수 : $1 \times 10E-3$ cm/sec 이상

- ② 사용쇄석의 골재 최대치수 및 입도분포는 별도의 공사시방 규정에 따라야 한다.

- 2.1.2 부득이한 경우 세립분의 함유량이 이를 초과할 때에는 투수시험을 실시하여 그 결과를 공사감독자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.

- 2.1.3 사용 재료는 충분한 내구성을 가져야 한다. 사용 재료는 시공에 앞서 공사시

방서에서 제시한 방법에 따라 재료시험을 실시하고 그 결과를 공사감독자에게 제출하여 승인을 받아야 한다. 또한 풍화된 것으로 추정되는 재료를 사용할 때에는 다짐에 의한 투수성 저하를 고려하여 지반강도시험 및 투수시험을 실시하여야 한다.

- 2.1.4 사용 재료는 채취장소가 달라질 때마다 위의 2.1.1 ~ 2.1.3 항을 조사하고 채취장소와 그 결과를 공사감독자에게 제출하여 공사감독자의 승인을 받아야 한다. 동일 장소에서 채취된 재료라 하더라도 공사감독자가 품질관리상 필요하다고 판단하여 지시하는 경우에는 위의 2.1.1 ~ 2.1.3항의 시험을 실시해야 한다.

3. 시 공

3.1 시공일반

- 3.1.1 수급인은 수평배수층을 포설하기 전에 원지반의 표면을 평탄하게 고른 후 지반고를 측정하여 공사감독자의 검사를 받아야 한다.
- 3.1.2 수평배수층 포설은 충분히 표면배수를 시킨 후, 설계도서에 따라 원지반상에 균일한 두께로 포설한다.
- 3.1.3 균일하고 연속된 층을 형성하고 배수효과를 높이기 위해 진흙이나 이토 등이 혼입되지 않도록 주의하여야 한다.
- 3.1.4 수평배수층은 다음 표의 『표층의 콘 지지력에 의한 방법』과 최소 배수단면 결정에 필요한 『동수경사 차에 의한 방법』을 통하여 얻어진 소요 두께에 따라 일정하게 포설하여야 하며, 지반의 불균일로 인한 단절부가 없도록 하여야 한다.

표층의 콘 지지력 (MPa)	수평배수층의 두께 (cm)	비 고
0.2 이상	50 이하	
0.2 ~ 0.1	50 ~ 80	
0.1 ~ 0.075	80 ~ 100	
0.075 ~ 0.05	100 ~ 120	
0.05 이하	120 이상	

- 3.1.5 수평배수층을 포설하는 방법으로는 강압건식에 의한 방법, 벨트 컨베이어에 의한 방법, 분배식 포설기에 의한 방법, 크레인을 이용한 방법 및 도자에 의한 방법 등이 있으며, 장비의 접지압과 표층 지반강도를 고려하여 지반의 전

단파괴가 발생하지 않도록 하여야 한다.

3.1.6 수평배수층을 포설한 후 시공장비 하중에 대한 안정성을 검토하여 문제가 있다고 판단될 경우는 수평배수층의 두께를 조정하여 안정성을 재검토하여야 한다.

3.1.7 수평배수층의 폭은 성토체의 침하를 고려하여 최종 침하 시에도 원활한 배수 기능을 수행할 수 있도록 제체 측면으로부터 충분한 여유폭을 제체 양단부에 연결하여 포설하며, 또한 단계별 성토 시와 휴지기간 중에도 배수기능이 저하되지 않도록 지속적으로 유지 관리하여야 한다.

3.2 시공관리 및 품질관리

3.2.1 시공 전 관리사항

- (1) 시공 장비의 작동상태 확인
- (2) 1회 시공두께 및 폭 현장표식
- (3) 토목섬유매트에 대한 포설양부 및 이음상태 검측

3.2.2 시공 중 관리사항

- (1) 포설에 따른 지반변위 현황
- (2) 단계별 포설두께 준수확인
- (3) 포설장비 주행에 따른 지반 변위량 및 저면 Mat의 변위량
- (4) 재료의 야적높이, 위치 및 야적수량 관리

3.2.3 시공 후 관리사항

- (1) 균등포설 여부를 검사한다.(검침봉을 이용하여 포설두께가 균등하게 포설되었는지를 체크한다.)
- (2) 포설면적, 성토량, 포설두께 등 포설관련 각종 자료정리
- (3) 시공자는 일일 포설 현황에 대하여 아래 항목에 기록된 내용이 포함된 시공기록지를 매일 감리자 또는 발주자에게 제출하여 승인을 얻어야 한다.
 - ① 작업개시 및 종료시간
 - ② 반입재료량
 - ③ 포설두께, 폭 및 포설량
 - ④ 지반 변위발생 유무 및 특이사항

3-2-2 토목섬유 매트 포설공

1. 일반사항

1.1 적용범위

본 시방은 연약한 기초지반의 흙이 수평배수층 재료로 혼입되는 것을 방지하고 시공장비의 주행성(Trafficability)을 확보하며, 부등침하 또는 연약지반의 활동방지를 위하여 기초지반 및 성토체에 대표적으로 설치하는 토목섬유매트를 포설하는 작업에 적용한다.

1.2 참조규격

1.2.1 한국산업규격

- (1) KS K 0102 지오텍스타일 용어
- (2) KS K 0746 지오텍스타일의 내후성 시험 방법 : 크세논 아크법
- (3) KS K 0747 지오텍스타일 및 관련 제품의 마찰성 시험 방법 : 직접 전단법
- (4) KS K 0749 지오텍스타일 배수재의 압축 거동 평가 시험 방법
- (5) KS K 0757 지오텍스타일의 온도 안정성 시험 방법
- (6) KS K 0762 지오텍스타일의 장기 설계 강도 시험 방법
- (7) KS K 0768 지오텍스타일의 파열 강도 시험 방법
- (8) KS K 0769 지오텍스타일의 인열 강도 시험 방법
- (9) KS K 0796 지오텍스타일의 파열 강도 시험 방법 : 트래피조이드법
- (10) KS K ISO 9862 지오텍스타일의 샘플링 및 시험편의 준비
- (11) KS K ISO 9863 지오텍스타일의 두께 측정 방법
- (12) KS K ISO 9864 지오텍스타일의 단위 면적당 무게 시험 방법
- (13) KS K ISO 10319 지오텍스타일의 인장 강도 시험 방법
- (14) KS K ISO 10320 지오텍스타일 및 관련 제품 - 현장 확인
- (15) KS K ISO 10321 지오텍스타일의 접합/봉합 강도 시험 : 광폭 인장 시험법
- (16) KS K ISO 11058 지오텍스타일 및 관련 제품 - 수직 투수성 시험 방법
- (17) KS K ISO 12236 지오텍스타일 및 관련 제품의 정적 꿰뚫림 시험 방법(CBR 시험)
- (18) KS K ISO 12956 지오텍스타일 및 관련 제품 - 유효 구멍 크기 측정 방법 - 습식법
- (19) KS K ISO 12958 지오텍스타일 및 관련 제품 - 수평 투수량 시험 방법
- (20) KS K ISO 13427 지오텍스타일 및 관련 제품 - 마모 손상 모사(슬라이딩 블록 시험)

- (21) KS K ISO 13431 지오텍스타일 및 관련 제품 - 인장 크리프와 크리프 파단 거동 시험 방법

1.3 제출물

- 1.3.1 제출물은 본 시방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.
- 1.3.2 시공계획서에는 다음 사항이 포함되어야 한다.
- (1) 지반용 섬유의 인장강도, 투수시험, 인장신율, 봉합강도 시험 성적서
 - (2) 매트와 접합, 말기 방법
 - (3) 장비투입
 - (4) 공정 및 품질관리에 관한 사항
 - (5) 배수계획

1.4 일반요건

- 1.4.1 이 시방서에 기재되지 않은 사항에 대하여는 공사시방서에 따른다.
- 1.4.2 시공 시 지반에 일어나는 침하, 지반의 융기 등을 항상 관찰하여 시공의 안정성이 항상 확보되도록 하여야 한다.
- 1.4.3 시공 중 예기치 않은 지반의 변동이 생긴 경우에는 즉시 시공을 중단하고 공사감독자의 지시에 따라야 한다.

2. 재 료

2.1 재료일반

- 2.1.1 토목섬유 매트는 원사가 탄력성이 높고 견고한 합성섬유 재질로 짜여진 제품이어야 한다.
- 2.1.2 토목섬유 매트의 재료 선택은 성토체의 변형에 따른 최대 인장강도 값을 택한다. 이 때 설계허용 인장강도 값은 성토체와 일체로 보고 변형율 10%이내의 강도 값을 택한다.
- 2.1.3 현장에 적용되는 토목섬유 매트는 용도, 설계조건, 시공환경 등을 고려하여 적절한 제품을 선정하여야 하며, 공사시방서에 관련내용이 규정되어 있지 않을 경우 토목섬유의 품질기준은 다음 표와 같다.

시 험 항 목	토 목 섬 유 의 용 도	
	지반보강(활동방지) 지지력 증진용	배수 및 층 분리용
최대인장변형율	30% 이하	-
인 장 강 도	토목섬유의 인장응력 - 인장변형율 특성은 설계조건에 부합해야 하며, 설계에 명시되지 않은 경우는 인장변형율 10%이내에서 설계 인장강도(계산 시 사용한 인장력)가 발휘되어야 함.	30 kN/m 이상
수직투수계수	1×10^{-3} cm/s 이상	1×10^{-2} cm/s 이상
봉 합 강 도	설계허용 인장강도 이상(주인장 방향이 아닌 경우 설계허용강도의 50%이상)	

비고) 설계 시 별도 명시되었거나, 배수 및 기타, 다른 기능을 병행하고자 할 때에는 공사감독자의 승인을 얻어 조정할 수 있음.

2.1.4 토목섬유 매트와 시험방법 및 품질시험 빈도는 다음 표와 같다.

종별	시험종목	시험방법	시험빈도(측정빈도)
토목섬유 (연약지반 매트)	인장강도, 인장변형율	KS K ISO 10319	20,000m ² 마다 제조회사별, 제품규격마다
	수 직 투 수 계 수	KS K ISO 11058	
	봉 합 강 도	KS K ISO 10321	

3. 시 공

3.1 시공일반

- 3.1.1 공장제작시 매트는 겹침을 5cm이상으로 하고 4선봉제하며, 필요시 겹침 폭과 봉제선 수를 증감할 수 있다. 이 때 1롤 (Roll)의 제작 크기는 시공에 편리하고 시공의 목적을 달성할 수 있도록 하여야 한다.
- 3.1.2 수급인은 공사용 매트를 소요치수로 제작하여 적재 및 운반 시 손상을 입히는 일이 없도록 하여야 하며 취급이 용이하도록 포장하여 납품하여야 한다.
- 3.1.3 현장 깔기 시 매트의 접합은 겹침 폭을 40cm 이상으로 하여 고강력 섬재사로 현장에서 꿰매거나 공장제작시와 동일한 현장봉제를 하여 봉합강도가 설계허용 인장강도 이상이어야 한다.

- 3.1.4 매트 깔기는 공사 진행 방향이나 장비의 진행방향과 직각되게 깔아 전단파괴를 방지하여야 한다.
- 3.1.5 매트 깔기 후 단계성토를 하여 집중하중이 한 곳에 편중하는 것을 방지하여야 한다.
- 3.1.6 수급인은 매트 깔기공에 필요한 현장 연결용 부품 및 기타 작업에 지장이 없도록 사전에 준비하여야 한다.
- 3.1.7 매트는 시공 중 자외선에 장시간 노출 시 인장강도를 상실할 우려가 있으므로, 깔기 즉시 초기성토를 하여 자외선으로부터 보호하여야 한다.
- 3.1.8 현장여건상 봉합에 의한 매트의 접합이 어려울 경우에는 지반의 강도에 따른 중첩 길이를 계산하여 중첩 포설할 수 있으나, 시공 전 현장시험 및 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

3-2-3 첨가제 혼합 표층 고결공

1. 일반사항

1.1 적용범위

본 시방서는 구조물 설치 공사 전에 지반을 화학적으로 안정시키는 대표적인 공법으로 원위치 흙, 시멘트, 골재, 모래 및 물로 혼성된 쏘일 시멘트, 석회 혼합재를 포설하는 지반표층처리에 관한 시방을 제시한다.

1.2 참조규격

1.2.1 한국산업규격

- (1) KS F 2328 흙 시멘트의 압축강도 시험방법
- (2) KS F 2331 흙 시멘트 혼합물의 함수량과 밀도관계 시험방법
- (3) KS L 5201 포틀랜드 시멘트
- (4) KS L 5210 고로 슬래그(Slag) 시멘트
- (5) KS L 9501 공업용 석회

1.3 제출물

1.3.1 제출물은 본 시방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

1.3.2 시공계획서에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

- (1) 준비 : 지표면 정리 작업계획을 정한다.
- (2) 배합방법 : 지반상태, 개량대상면적의 크기, 운반로 등 현장조건을 고려하여 배합위치, 작업 장비, 배합형식, 개량 처리할 범위, 혼합비율 등을 정하여야 한다.
- (3) 다짐 : 첨가제를 원 지반 토사와 혼합한 후 또는 혼합토사를 포설한 후 가벼운 다짐장비로 다지고 지지력이 허용되는 범위에서 다짐장비의 하중을 단계적으로 증가시키도록 한다. 이 경우 다짐의 시기, 다짐장비의 선정, 다짐단계, 다짐의 확인 방법을 정하여야 한다.
- (4) 양생 : 양생은 일반 콘크리트에 준하여 실시하고 양생온도는 4. C ~ 10. C 이상을 유지하고, 혼합 완료 후 일주일 내에 장비 진입을 해서는 안 된다. 석회의 경우 수분증발을 방지하는 대책을 세워야 한다.
- (5) 표토층 정리 : 표토층이 훼손된 경우나, 석회 사용 시에 표토층에 탄화작용이 발생했을 경우에는 표토층을 깎아내야 하며 탄화작용을 억제하기 위하여 지표면에 물을 뿌려야 한다.

1.4 일반적인 요구조건

- 1.4.1 이 시방서에 기재되지 않은 사항에 대하여는 공사시방서에 따른다.
- 1.4.2 시공에 앞서 시공기계, 재료의 반입로, 주변지역 상황 등에 대하여 종합적인 검토를 하여야 하며 그 결과를 시공계획서에 포함하여야 한다.
- 1.4.3 대상지역에 풀이나 나무뿌리가 있는 경우 사전에 이를 제거하여야 하며, 시공 장소에 물이 고여 있는 경우 시공에 지장이 없도록 배수 처리하여야 한다.
- 1.4.4 시험시공이 필요한 경우에는 별도의 규정에 따라야 한다.
- 1.4.5 안정처리제의 종류 및 배합설계에 대하여는 설계서나 별도규정에 따른다.

2. 재 료

2.1 재료일반

- 2.1.1 고결공법에 사용되는 첨가제로써 시멘트, 석회 등이 있으며 첨가제의 선택은 설계서 및 공사시방서에서 지정한 것이어야 한다.

(1) 시멘트

- ① 시멘트는 KS 규격품 또는 그 이상이어야 한다.
- ② KS L 5201 포틀랜드 시멘트
- ③ KS L 5210 고로 슬래그(Slag) 시멘트

(2) 석회

- ① 석회는 KS 규격품 또는 그 이상이어야 한다.
- ② KS L 9501 공업용 석회

- (3) 기타 첨가제(혼화제 등)는 특별 시방서에서 규정 하는바에 따른다.

3. 시 공

3.1 시공일반

- 3.1.1 공사를 착수하기 전에 배합시험을 실시해야 한다. 배합시험은 3종 이상의 혼합비율을 선정하여 실시한다. 배합시험의 방법은 공사감독자의 지시에 따른다. 배합시험결과는 다음 사항을 제시해야 한다.

- (1) 시료의 함수비
- (2) 다짐
- (3) 양생조건
- (4) 시료의 강도

- 3.1.2 혼합은 대상토와 안정처리제와의 혼합혼적이 없고 안정처리제의 색이 눈에 띄지 않을 때까지 충분히 혼합시킨다.

3.1.3 다짐이 필요한 경우에는 다음에 따라야 한다.

- (1) 일층 및 완성두께가 30cm 이하가 되도록 고르게 깔고 충분히 다짐을 실시하여야 한다.
- (2) 다짐을 행하지 않을 때에는 안정처리토에 공동이 생기지 않도록 포설작업을 시행하여야 한다.

3.1.4 다짐, 포설작업 완료 뒤에는 일정의 강도가 얻어질 때까지는 필요한 경우 양생을 하여야 한다.

3.1.5 양생할 때에는 급격한 건조에 주의하고, 중하중의 통과를 가능한 한 피하여야 한다.

3.2 시공관리사항

3.2.1 수급인은 다음 사항에 대하여 시공관리를 하여야 한다.

- (1) 혼합정밀도
토사의 분쇄크기는 지름이 5cm 이상의 흙덩어리가 전체의 20% 이하이어야 하고, 입경의 최대크기는 10cm 이하이어야 한다.
- (2) 안전 및 환경영향
혼합토사의 평균강도는 설계도서 또는 공사시방서에서 정하는 기준강도 이상이어야 한다.
- (3) 지반의 표고 측정시
- (4) 기타 공사감독자의 지시사항

3-3 심층다짐공법

3-3-1 모래(쇄석) 다짐 말뚝공

1. 일반사항

1.1 적용범위

본 시방은 연약한 기초지반의 지지력 증대 및 침하저감을 위해 사용하는 대표적인 공법으로 모래, 굴폐각 및 쇄석 등의 재료를 이용하여 조성하는 다짐말뚝 공사에 필요한 제반사항을 규정한다.

1.2 품질 규정 부합

- 1.2.1 본 공사에 사용되는 재료(모래, 굴폐각, 쇄석 등)는 설계도서상에 명시된 채취장 또는 시공자가 선정하여 발주자 또는 감리자가 승인한 기타 채취원에서 채취하여야 한다.
- 1.2.2 시공자는 채취된 재료의 승인여부를 결정하는데 필요한 적절한 재료시험 기록과 사용실적 기록을 제공하여야 하며, 새로운 채취원의 경우처럼 이들이 없는 경우에는 재료의 사용 승인 여부를 결정하는데 필요한 시험을 시행하여야 한다.
- 1.2.3 발주자의 재료원 채취 후보지에 대한 지정 또는 승인은 그 채취원에서 채취되는 모든 재료의 이용을 전부 승인하는 것은 아니며, 또한 그 채취원이 본 공사가 필요로 하는 채취량이나 규격을 전부 채취할 수 있는 것으로 해석해서는 안 된다.
- 1.2.4 공사감독자 또는 발주자의 판단으로 특정지역이나 국부적인 구역에서 생산되는 재료가 본 공사에 사용하기가 부적합할 때에는 그 재료의 사용을 거절할 수 있다.

1.3 제출물

- 1.3.1 제출물은 본 시방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

1.4 시공자의 임무

- 1.4.1 시공자는 다짐말뚝 공사를 착수하기 전에 발주자의 승인 하에 본 공사 구역에서 지반조사를 실시하여야 하며, 조사된 자료는 발주자에게 제출되어야 한다.

- 1.4.2 시공 기간 중에 시공자는 공사 재료나 장비의 배치 및 운영이 항만의 운영이나 타 시공자의 공사 시공에 대한 장애를 극소화하도록 모든 공사시공을 수행하여야 한다.
- 1.4.3 본 공사로 인한 기존항로의 장애는 최소한으로 줄여야 하며, 선박이나 해상장비의 항해를 위하여 필요한 때에는 공사를 중단하여야 한다, 이와 같은 작업은 모든 항만관리당국과 관계 건설공사의 타시공자들과 긴밀한 협조 하에 진행하여야 하며, 주요 항로는 출, 입항하는 선박이 항상 통행할 수 있도록 하여야 한다.
- 1.4.4 시공자는 시공구역을 나타내고 감독을 하는데 필요한 측표, 부표 및 기타 표지를 설치하여야 하며 항시 양호한 상태를 유지하여야 한다. 시공자는 공사가 완료된 즉시 발주자의 별도 지시가 없는 한, 시공자가 해상 또는 해안에 설치한 설비, 측표, 부표, 말뚝 기타 표지를 신속히 제거하여야 한다.

1.5 사전조사

- 1.5.1 시공자는 공사를 착수하기 전에 공사구역의 기상, 해상, 지형 및 지리적인 여건, 수심, 기반조건(필요시) 등의 제반 조건을 조사하여 시공계획 수립 시 이를 충분히 활용하여야 한다.
- 1.5.2 기상조사
풍향, 풍속 등의 기상은 파랑과 직접적인 관련이 있어 본 다짐말뚝 공사에 큰 영향을 줌으로써 공정에 차질을 일으킬 수 있으므로, 시공자는 항상 일기예보를 청취하여 공사에 미치는 영향을 최소화하여야 한다.
- 1.5.3 해상조사
시공 중 시공자는 파랑예보를 청취하여야 하며, 파고를 예상하고 파고 특성을 고려하여 작업계획과 선단 및 부속시설의 대피 및 보호대책 등 안전관리에 주의하여야 한다.
- 1.5.4 지형 및 지리적 여건조사
 - (1) 항내에서는 기 시설물을 물표로 이용할 수 있으며, 항외인 경우에는 다짐말뚝 공사 구역의 표시 및 선단투입 위치 확인용 측표를 설치하거나, 지형지물을 이용하여 물표로 설정한다.
 - (2) 시공자는 다짐말뚝 공사시의 환경오염에 대한 사전 대책을 수립하고, 시공시의 피해를 수시로 조사관측하여 피해발생시 즉시 대책을 수립하여 시행하여야 한다.
- 1.5.5 수심측량 조사
 - (1) 시공자는 공사를 시작하기 전에 공사감독자 또는 발주자의 입회하에 본 다짐말뚝 공사 구역의 수심측량 조사를 시행하여야 하며, 조사된 수심기록은 간조와

만조 시 다짐말뚝 작업선 및 부속선단의 공사 투입 가능성 검토 및 시공물량 산정에 활용되어야 한다.

(2) 수심측량은 본 시방서중 수심측량 조사라 칭하는 장의 해당 규정에 따라야 한다.

1.5.6 지반조사

(1) 시공자는 본 다짐말뚝 공사의 작업을 시작하기 전에 대상구역의 지반조사를 시행하여야 하며, 시추위치, 시추공수, 시추심도 등 지반조사의 범위 및 물량에 대해서는 발주자의 승인을 받아야 한다. 이 조사는 본 시방서중 지반조사라 칭하는 장의 해당 규정에 따라야 한다.

(2) 시공자는 다짐말뚝 공사 착수 전에 설계도서에 표시된 지반조사 자료(위치, 토층구성, 역학적 특성, 연약층 심도 등)를 면밀히 분석하여 본 공사의 시공 계획서 작성 시 이를 고려하여야 한다.

(3) 시공자는 설계시의 지반조사 자료와 시공시의 사전 지반조사 자료를 종합적으로 분석해서 본 공사의 시공계획서를 작성하여, 다짐말뚝의 하단이 연약층 하단 보다 높은 곳에 위치하지 않도록 유의하여야 한다.

2. 재 료

2.1 모래

2.1.1 본 시방서 『3-5-1 샌드드레인공』의 관련 기준에 따른다.

2.2 쇄석

2.2.1 시공자는 쇄석다짐말뚝 시공의 가장 중요한 요소이자 주재료인 쇄석을 소정의 심도에 설계수량만큼 정확히 투입하여야 하며, 재료의 입도에 따라 전단 효과가 다르므로 재료의 입도 분포를 정확히 준수하여야 한다.

2.2.2 시공자는 본 공사의 착수에 앞서, 본 장의 규정이나 별도의 공사시방 규정에 따라 사용 쇄석에 대한 재료시험을 실시하고, 그 결과를 공사감독자 또는 발주자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.

2.2.3 사용 쇄석은 충분한 내구성을 가져야 하며 다짐 효과가 큰 것이어야 한다.

2.2.4 강자갈 등 풍화된 것으로 추정되는 재료를 사용할 경우에는, 강도시험을 실시하여 그 결과를 공사감독자 또는 발주자에게 제출하고 승인을 받아야 한다.

2.2.5 사용쇄석의 골재 최대치수 및 입도분포는 별도의 공사시방 규정에 따라야 하며 특히, 점성토지반에서 쇄석다짐말뚝 타설에 의한 수평배수를 고려할 경우에는 Clogging 영향으로 인한 배수성능의 저하가 발생하지 않는 것이라야 한다.

2.2.6 공사시방서에 별도의 사용재료의 품질기준이 규정되어 있지 않은 경우 아래 기준 이상의 재료를 사용하여야 한다.

- (1) 0.08mm (NO. 200) 통과량 : 3% 이하
- (2) 투수계수 : $1 \times 10E-3$ cm/s 이상

2.3 굴폐각

- 2.3.1 시공자는 굴폐각다짐말뚝 시공의 가장 중요한 요소인 굴폐각과 모래를 혼합한 혼합토를 소정의 심도에 설계수량만큼 골고루 혼합하여 투입하여야 하며, 모래와 굴폐각의 혼합율에 따라 전단 효과가 다르므로 재료의 혼합 비율을 설계서의 내용을 정확히 준수하여야 한다.
- 2.3.2 시공자는 본 공사의 착수에 앞서, 본 장의 규정이나 별도의 공사시방 규정에 따라 사용 굴폐각과 모래에 대한 혼합재료에 품질시험을 실시하고, 그 결과를 관리자 또는 발주자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.
- 2.3.3 사용 굴폐각은 굴양식을 위하여 사용한 코팅사 및 이물질이 제거되고 6개월이상 자연건조되고 1차 파쇄된 굴폐각을 사용하는 것을 원칙으로 하며, 굴폐각 원형을 그대로 사용하는 경우에는 현장시험시공을 거쳐 지반개량의 소요강도를 표준관입시험으로 확인 후 사용한다.
- 2.3.4 모래와 굴폐각의 혼합비율은 보통 2:1로 혼합하여 사용하는 것을 원칙으로 하며 원지반의 일축압축강도가 50kPa인 보통 연약지반인 경우에는 1:1혼합비율도 가능하나 이때는 반드시 1차 파쇄한 굴폐각을 사용하며 모래와 혼합이 골고루 되도록 확인한 후 시험시공을 통한 지반개량시험을 표준관입시험으로 실시하여 그 결과를 관리자 또는 발주자에게 제출하고 승인을 받아야 한다.
- 2.3.5 사용굴폐각 및 모래의 최대치수 및 입도분포는 별도의 공사시방 규정에 따라야 하며 특히, 점성토지반에서 굴폐각다짐말뚝 타설에 의한 수평배수를 고려할 경우에는 배수성능의 저하가 발생하지 않도록 주의해야 한다.
- 2.3.6 공사시방서에 별도의 사용 굴폐각의 품질기준이 규정되어 있지 않을 경우 아래 기준 이상의 재료를 사용하여야 하며 혼합한 모래는 본 시방서 「3-5-1 샌드드레인공」의 관련 기준에 따른다.
 - (1) 1차 파쇄 후 최대입경 : 30mm 이하를 기준
 - (2) 1차 파쇄 후 투수계수 : $1 \times 10E-3$ cm/sec 이상

2.4 시료채취 및 시험

2.4.1 시료채취

시공자는 시공 전 재료 공급원에서 샘플을 채취, 품질시험을 실시하여, 그 결과가 본 장의 규정에 적합한 재료만을 현장에 반입하여야 한다.

2.4.2 시험

- (1) 골재 채취원이 변할 때마다 시공자는 새로운 채취원에서 시료를 채취하여 품질 시험을 실시하고 발주자 또는 감리자의 승인을 받아야 한다.
- (2) 동일 채취원에서 승인된 재료라 하더라도 시공 중 현장반입량 20,000m³에 1회 비율로 입도 시험을 시행하여야 한다.
- (3) 채취원을 변경하거나 수 개소의 채취원에서 재료를 반입할 경우에도, 주기적으로 품질시험을 실시하고, 그 결과를 공사감독자 또는 발주자에게 보고 하여야 한다.
- (4) 다짐에 의한 재료의 체적변화율, 상대밀도별 전단강도, 투수시험 등은 발주처의 요청이 있는 경우 시험을 실시하여야 한다.

3. 시 공

3.1 시공플랜트

3.1.1 해상 다짐말뚝 작업선

- (1) 시공자는 지반개량 시에 구조적으로 안정하고 설계 목적에 부응하는 시공성을 발휘할 수 있는 다짐말뚝 전용선 또는 이에 상응하는 장비를 사용하여 본 공사를 시행하여야 하며, 대상수역의 작업조건을 감안하여 항상 작업 가능한 적정 규모의 저수심 다짐말뚝 작업 장비를 확보하여야 한다.
- (2) 시공자는 공정관리계획을 수립하여야 하며, 공정관리계획, 작업선 규격, 작업선의 시공능력 등에 대해서는, 사전에 공사감독자 또는 발주자의 승인을 얻어야 한다.
- (3) 작업선은 만조 시에도 본 공사의 지반개량 최대심도까지 작업이 가능 하여야 한다.
- (4) 다짐말뚝공사 작업은 육안으로 확인이 불가능한 해저지반 중에서 시행되므로, 작업선에는 자동기록장치, 위치조정장치, 사용기계의 작동확인 표시계 등과 같이 모든 작업의 확인이 가능한 설비가 장착되어 있어야 한다.
- (5) 특히 투입재료의 Level과 케이싱 Level, 이동 Hopper 무게, 케이싱내 공기압, 케이싱 경사 등이 실시간으로 기록되고 모니터에 나타나야 하며, 다짐말뚝 Column별로 출력되는 설비가 갖추어져야 한다.
- (6) 작업선의 위치 측정장치로는 DGPS(Differential Global Positioning System : 위성위치 측정장치) 또는 광파측정 장치를 사용하는 것을 원칙으로 한다.
- (7) 타설장비의 운전은 반드시 장비의 운전 및 작업에 관한 교육훈련을 받은 운전 원으로서 공사감독자가 승인한 자만이 할 수 있다.

3.2 시공방법

3.2.1 시공계획

시공자는 설계된 다짐말뚝 물량을 계획된 공기 내에 완공하기 위하여, 기상

및 해상요인으로 인한 작업가능 일수 등을 면밀히 검토하고, 다짐말뚝 시공에 필요한 제반 장비제원 및 성능표를 첨부하여, 공사수행 방법을 제안하는 시공계획서를 공사감독자 또는 발주자에게 제출하고 승인을 받아 공사에 착수하여야 하며, 시공자의 시공계획서 또는 변경시공계획서는 다음 사항을 포함하여야 한다.

(1) 공사명, 공사의 개요 및 범위

(2) 사용 재료의 운송계획

- ① 운송료
- ② 야적위치

(3) 시공장비

- ① 다짐말뚝 작업선
- ② 선단 구성

(4) 시공순서 및 시공방법

① 강관 케이싱의 관입계획

가. 강관의 종류와 규격

나. 관입장비(진동의 크기)

다. 관입순서(종, 횡 방향), 관입간격 및 관입깊이

라. 허용연직도의 유지

② 재료투입 계획

가. 투입량, 투입순서, 투입방법

나. 치환율(개량율)

③ 다짐계획

가. 다짐장비 운영

나. 다짐방법

(5) 다짐말뚝 시공관리용 계측계획(투입재료 Level Gauge 및 Ground Level Gauge)

(6) 품질관리 및 안전관리 계획

① 다짐말뚝 시공 후 형성된 다짐말뚝 기둥의 심도별 직경확인 계획

② 다짐말뚝 개량후의 품질확인 계획

(7) 환경에의 영향 저감대책

(8) 작업의 통제계획

(9) 세부공정표

3.2.2 일반사항

- (1) 설계 시에 적용된 다짐말뚝 간격에 대하여 발주자로부터 변경지시가 있을 경우에는, 즉시 변경할 수 있는 장비를 투입하여야 한다.

- (2) 시공자는 일정구역의 시공이 완료되면, 후속공정이 착수되기 전에 시공 구역의 수심 측량을 실시하여 해저 지반의 융기된 양을 검사한다.

3.2.3 시공준비

- (1) 시공자는 사전 수심측량 조사를 실시하여 간, 만조 시에 작업선의 투입가능 수심을 조사하고 공사감독자 또는 발주자에게 보고하여야 하며, 수심이 미달되는 부분에 대하여는 공사감독자 또는 발주자와 협의하여 저심도 작업선을 투입하여야 한다.
- (2) 시공자는 작업 개시 전 각종 장비와 기기의 정상작동 여부를 점검하고 특히, 시공기록에 포함되는 계기부분에 대하여는 일일점검표를 작성하여, 점검 확인하여야 한다.

3.2.4 다짐말뚝 시공

- (1) 시공범위, 치환율(개량율), 재료투입량, 개량강도에 대해서는 본 공사의 설계도서에 표시된 바에 따른다.
- (2) 다짐말뚝의 타설 심도는 설계N치 이상인 지층까지로 하여야 하며, 추가조사 결과 그 하부에 연약층이 분포할 경우에는 공사감독자의 지시에 따라야 한다.
- (3) 설계 관입심도 이하에서 중지 할 경우는 다음 사항을 모두 만족하여야 한다.
- ① 타설 지점 부근의 토질 주상도가 설계 표준관입시험치(15) 이상일 경우.
 - ② 30초간 Casing Pipe 관입이 200mm 이하인 경우.
 - ③ ②항에서 Hammer Motor의 전류치가 300A 이상에서 30초 이상일 경우.
- (4) 다짐말뚝의 시공에서 재료의 투입과 다짐은, 지하수로 인한 잔류퇴적물의 발생이나 기타 이물질의 유입을 방지하기 위해서 동일방법으로 연속적으로 하여야 한다.
- (5) 타설시 상층부 지반의 관통이 어려운 경우, Water-jet 또는 Air-jet를 병용하여 관입하고, 전석층이나 단단한 모래자갈층 때문에 관입이 불가할 경우에는, 감리자 또는 발주자와 협의하여 그 대책을 수립하여야 한다.
- (6) 시공자는 각 타설 말뚝에 대하여 아래 항목에 기록된 내용이 포함된 타설 기록지를 매일 공사감독자 또는 발주자에게 제출하여 승인을 얻어야 한다.
- ① 작업개시 및 종료시각
 - ② 작업 중의 조위, 조류, 파고 등 천후
 - ③ 다짐말뚝의 번호, 타설 운전원, 기록자표기
 - ④ 다짐말뚝의 위치표기 및 오차(위치, 연직도) : X, Y 방향별 표기
 - ⑤ 강관케이싱의 관입속도 및 심도
 - ⑥ 재료 투입량
 - ⑦ 강관내부에서 재료의 상단 높이 변동량

- (7) 발주자가 시공이 불충분하다고 인정한 경우나, 아래 사항의 경우에는 시정 및 보완대책을 수립하여 이를 공사감독자 또는 발주자에게 보고하고, 그 지시에 따라 재시공, 추가시공 등 필요한 조치를 강구하여야 한다.
- ① 도면 또는 공사시방서에서 정한 개량강도에 못 미치는 경우
 - ② 말뚝이 절단된 경우 또는 투입량이 부족한 경우
 - ③ 말뚝의 위치가 허용범위를 초과하는 경우
- (8) 시공자는 시공개시 전에 작업선 작동의 이상 유무를 확인하고 천후, 파랑, 조위 등의 자료를 검토하여 작업수행에 지장이 없다고 판단하면 다음과 같은 시공 순서에 따라 작업에 임하여야 한다.
- ① 위치 확인 및 조정
 - ② 케이싱 관입
 - ③ 재료의 투입
 - ④ 인발 및 다짐
 - ⑤ 완성 및 이동

3.3 시공관리 및 품질관리

3.3.1 시공 전 관리사항

- (1) 시공구역에 대한 지반 및 수심측량 조사를 시행한 후 다짐말뚝 개량깊이의 변화, 장비의 작업성 등
- (2) 사용 재료의 선정시험 및 시공관리 시험
- (3) 시공 플랜트의 검사
 - ① 시공기계의 작동상태 확인
 - ② 장비부품의 규격 및 사양과 치수확인
 - ③ 케이싱 전면부에 육안으로 확인이 가능하도록 5m마다 표식 한다.
 - ④ 케이싱 하단을 수면에 고정하여 0점을 확인하고, 케이싱을 5m씩 하강과 인발을 하여 계기의 정도를 확인한다.
 - ⑤ 오차가 발생할 경우, 수회 반복 실시하여 계기를 검정함으로써 실측치와 같아 지도록 한다.
- (4) 투입재료의 Level Gauge의 정도 및 작동을 확인하고 기록계와 기록치가 일치하도록 영(0)점 조정한다.
- (5) 위치결정장치(GPS)의 정밀도 및 작동상태 확인

3.3.2 시공중 관리사항

- (1) 자동기록장치에 기록되는 다짐말뚝 길이, 재료투입량, 말뚝의 연속성 등을 면밀히 점검한다.
- (2) 타설 위치를 확인한다(컴퓨터 모니터로 확인가능).

- (3) 발주자나 공사감독자가 필요하다고 인정하는 경우에는 GPS의 정밀도 및 작동 상태를 확인하여야 한다.
- (4) 케이싱의 관입저항과 다짐말뚝의 조성형태를 확인하여야 한다.
- (5) 모래(쇄석)다짐말뚝의 타입시 동일 말뚝 내에서의 케이싱관의 인발높이 및 재 관입 깊이는 다음과 같다.
 - ① 심도가 6m 이상인 경우
 - 가. 케이싱관의 인발높이 : 3m
 - 나. 재관입 깊이 : 2m
 - ② 심도가 6m 이하인 경우
 - 가. 케이싱관의 인발높이 : 1.5m
 - 나. 재관입 깊이 : 1.0m
- (6) 케이싱 내부 모래(쇄석)면의 높이와 케이싱 선단부와의 차이는 1.5m 이상을 유지하여야 한다.

3.3.3 시공 후 관리사항

(1) 시공 확인 시추검사

① 목적 및 위치선정

- 가. 다짐말뚝 시공 후 지반의 강도 증가 여부와 말뚝의 연속성 등을 확인 한다.
- 나. 시추 위치는 말뚝의 중심에서 실시하여야 하고, 심도별로 표준관입시험을 한 후, 시공 전 지반조사 자료와 비교하여 지반개량효과를 확인한다. 또한 필요시 다짐말뚝 개량체 사이의 미 개량 위치에서 심도별로 표준관입시험을 하여 다짐말뚝 타설 후의 특성 변화를 조사한다.
- 다. 확인 시추공의 위치는 시공 전 조사의 위치와 일치 또는 근접된 곳으로 한다.

② 개소

확인 시추조사는 500개소 다짐 말뚝 당 1개소의 시추검사를 공사감독자가 지정하는 위치에서 시행하는 것을 원칙으로 하며, 시추검사 횟수는 필요시 발주자와 협의 조정 할 수 있다.

③ 다짐말뚝 품질관리 심도별 표준관입시험 기준

- 가. 표준관입시험은 심도 2.0m간격으로 시행하는 것을 기준으로 한다.
- 나. 다짐말뚝 개량체의 N치는 설계 N치 보다 작아서는 안 된다.
- 다. 500개소 다짐말뚝 당 1개 대표 시추 결과가 심도별 표준관입시험 값이 설계에서 요구하는 기준을 만족하지 못하면 발주자 또는 공사감독자가 지정하는 장소에서 추가로 2개소의 검사를 실시하도록 한다.

- 라. 추가시험은 감리자의 입회하에 시행하고, 그 결과는 24시간 이내에 보고하여야 한다.
- 마. 2개소의 조사결과가 기준치를 모두 만족하면 500본의 말뚝은 모두 합격으로 간주하나, 2개소의 조사결과 중 1개소라도 기준치를 만족하지 못하면 이 지역을 재시공 또는 보강 시공하여야 한다.
- (2) 확인 시추검사는 표준관입시험(SPT)을 기본으로 하나 이와 동등한 다른 시험 방법 (DCPT 등)을 사용하고자 한다면 발주자와 협의하여 SPT와 DCPT의 상관관계를 사전에 설정한 후 사용하여야 한다.
- (3) 수심 측량
다짐말뚝 시공 후에는 융기부분을 확인하고 나서 후속 공종을 진행하여야 한다.

3.4 검사 및 허용범위

3.4.1 검사

- (1) 다짐말뚝 공사가 설계단면과 같이 시공되었는가를 검사하며, 검사방법은 공사 감독자 또는 발주자와 협의하여 정하여야 한다.
- (2) 다짐말뚝 공사의 시공수량은 다짐말뚝 타설 길이와 미 개량 관입길이를 기준으로 산정한다.
- (3) 다짐말뚝 개량 후 다짐말뚝의 직경확인 은 발주자가 필요하다고 인정하는 경우, 공사감독자가 지정하는 다짐말뚝 개량체에 대하여 실시하여야 한다.

3.4.2 허용범위

- (1) 위 치 오 차 : ($\pm$) 30.0cm
- (2) 경 사 오 차 : 2°이내 (케이싱 경사로 확인)
- (3) 다짐말뚝 천단고 : (+) 규정 없음, (-) 0
- (4) 다짐말뚝 개량 하단부 : (+) 0, (-) 규정 없음

3-3-2 바이브로 프로테이션공

1. 일반사항

1.1 적용범위

본 시방은 개량 대상 지반에 진동탐침을 물 또는 공기를 이용하여 소요깊이까지 관입시킨 후 여기에 진동다짐 및 조립질의 재료(모래, 쇄석 등)를 채워 느슨한 사질지반을 개량하는 대표적인 공법으로서 본 공사에 필요한 제반사항을 규정한다.

1.2 품질 규정 부합

- 1.2.1 본 공사에 사용되는 재료(모래, 쇄석 등)는 설계도서상에 명시된 채취장 또는 시공자가 선정하여 발주자 또는 공사감독자가 승인한 기타 채취원에서 채취하여야 한다.
- 1.2.2 시공자는 채취된 재료의 승인여부를 결정하는데 필요한 적절한 재료시험 기록과 사용실적 기록을 제공하여야 하며, 새로운 채취원의 경우처럼 이들이 없는 경우에는 재료의 사용 승인 여부를 결정하는데 필요한 시험을 시행하여야 한다.
- 1.2.3 발주자의 재료원 채취 후보지에 대한 지정 또는 승인은 그러한 채취원에서 채취되는 모든 재료의 이용을 전부 승인하는 것은 아니며, 또한 그 채취원이 본 공사가 필요로 하는 채취량이나 규격을 전부 채취할 수 있는 것으로 해석해서는 안 된다.
- 1.2.4 공사감독자 또는 발주자의 판단으로 특정지역이나 국부적인 구역에서 생산되는 재료가 본 공사에 사용하기가 부적합할 때에는 그 재료의 사용을 거절할 수 있다.

1.3 제출물

- 1.3.1 제출물은 본 시방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.
- 1.3.2 시공계획서에는 다음 사항이 포함되어야 한다.
 - (1) 굴착 계획
굴착장비의 성능, 굴착간격, 굴착 순서
 - (2) 재료투입계획
운송로, 야적위치, 투입량, 투입순서, 투입방법, 치환율
 - (3) 다짐계획
다짐방법(물 또는 에어공급), 다짐장비 운용

- (4) 다짐말뚝 간격, 진동다짐 시간, Probe movement 형식(인발 또는 삽입), 다짐말뚝 배치도상의 타설 순서를 제출한다.

2. 재 료

2.1 모래

- 2.1.1 바이브로 프로테이션공에 사용되는 모래는 본 시방서 『3-2-1 수평배수층 포설공』의 관련내용에 따른다.
- 2.1.2 세립분의 함유량은 모래말뚝에 양호한 배수효과를 기대할 경우에는 5% 이하이어야 하고, 그렇지 않은 경우라도 15%를 초과해서는 안 된다.

2.2 쇄석

- 2.2.1 시공자는 본 공사의 착수에 앞서, 본 장의 규정이나 별도의 공사시방 규정에 따라 사용 쇄석에 대한 재료시험을 실시하고, 그 결과를 공사감독자 또는 발주자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.
- 2.2.2 사용 쇄석은 충분한 내구성을 가져야 하며 다짐 효과가 큰 것이어야 한다.
- 2.2.3 강자갈 등 풍화된 것으로 추정되는 재료를 사용할 경우에는, 강도시험을 실시하여 그 결과를 공사감독자 또는 발주자에게 제출하고 승인을 받아야 한다.
- 2.2.4 사용쇄석의 골재 최대치수 및 입도분포는 별도의 공사시방 규정에 따라야 한다.
- 2.2.5 공사시방서에 별도의 사용재료의 품질기준이 규정되어 있지 않은 경우 아래 기준 이상의 재료를 사용하여야 한다.
- (1) 0.08mm (NO. 200) 통과량 : 3% 이하
- (2) 투수계수 : $1 \times 10E-3$ cm/s 이상

3. 시 공

3.1 시공일반

- 3.1.1 바이브로 프로테이션공은 대상 지반에 진동과 물로 지반을 포화시켜 지반을 국부적으로 액상화시켜 다진다.
- 3.1.2 지반의 다지기는 고사이클의 수평진동으로 공사감독자와 협의된 다지기 시간을 준수하며 천천히 실시한다.
- 3.1.3 지반의 굴착장비는 자동기록장치가 부착된 것을 사용한다.
- 3.1.4 모래말뚝의 배치 및 크기와 시공범위, 치환율, 모래투입량, 개량강도에 대해서는 설계도면이나 공사시방서에서 정한 바에 따른다.

- 3.1.5 다지기 시간은 1m 당 다지기 시간의 합계를 나타내는 것으로 관입, 이동시간을 가산한 것이다. 다지는 시간은 지반조건에 따라 다르므로 시험시공에 의해 확인하여 공사감독자와 협의 후 선정한다.

3.2 시공관리 및 품질관리

3.2.1 시공 전 관리사항

(1) 지반의 표고측정

- ① 지반용기 또는 침하에 대해서는 시공 중이나 시공 후에도 지반 높이를 측정해야 한다.
- ② 측정방법과 위치는 도면이나 공사시방서에서 규정하는 바에 따른다.
- ③ 측정시기, 측정 빈도, 측정범위는 시공에 앞서 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

(2) 사용 재료의 선정시험 및 시공관리 시험

(3) 시공 장비의 검사

- ① 시공기계의 작동상태 확인
- ② 장비부품의 규격 및 사양과 치수확인
- ③ 시공 장비는 자동기록장치가 부착된 것을 사용해야 한다.

3.2.2 시공 중 관리사항

(1) 굴착기의 굴착속도

(2) 투입재료량

(3) 충전모래의 상단높이 변동량 또는 심도별 투입량

3.2.3 시공 후 관리사항

- (1) 개량효과 확인을 위한 시험항목(SPT, CPT, 현장밀도시험 등) 및 수량은 공사시방서에서 정한 바에 따르며, 시험 위치설정은 공사감독자가 정한 바에 따라야 한다.
- (2) 아래 사항의 경우에는 시정 및 보완대책을 수립하여 이를 공사감독자 또는 발주자에게 보고하고, 그 지시에 따라 재시공, 추가시공 등 필요한 조치를 강구하여야 한다.
 - ① 도면 또는 공사시방서에서 정한 개량강도에 못 미치는 경우
 - ② 말뚝이 절단된 경우 또는 투입량이 부족한 경우
 - ③ 말뚝의 위치가 허용범위를 초과하는 경우

3.3 허용오차

3.3.1 시공 중 허용오차는 아래와 같다.

- (1) 수평오차 : Probe의 중심축은 평면 위치상에서 200mm이내에 위치하여야 한다.
- (2) 수직오차 : 시공 중 Probe는 수직축에서 4°이상을 벗어나지 않아야 한다.

3-3-3 동다짐공

1. 일반사항

1.1 적용범위

본 시방은 무거운 추를 크레인 또는 타워 등의 특별한 장치를 사용하여 높은 곳으로부터 자유 낙하시켜 지표면에 충격을 가하는 대표적인 공법으로써, 이때 발생하는 충격 에너지가 지반의 심층까지 다짐효과를 일으켜 지반의 강도를 증대시키는 공사에 적용한다.

1.2 제출물

1.2.1 제출물은 본 시방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

1.2.2 시공계획서에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

- (1) 동다짐 계획서
- (2) 안정관리 계획서

2. 재 료

본 시방서 『3-3-2 바이브로 프로테이션공』의 규정에 의한 재료나 공사시방서에 따른다.

3. 시 공

3.1 시공일반

3.1.1 동다짐공은 지중에 충격하중을 가하여 수평방향의 인장응력을 발생시킴으로써 수직방향의 균열과 간극수압이 소산되어 지반의 압축을 촉진하도록 시공하여야 한다.

3.1.2 충격에너지가 각 낙하지점에 수 회~수십 회씩 반복하여 작용되도록 반복타격을 시행한다.

3.1.3 불투수층이나 완전포화지반은 매 타격 시 심도에 따라 지반 내 간극수압이 증가하고, 액화 상태에 도달하면 더 이상의 타격에너지를 가하는 것은 효과가 없으므로 이를 중지한다.

3.1.4 타격 간격은 1회 타격에너지와 개량 총 소요에너지의 크기를 비교하여, 전 면적에 걸쳐 고르게 필요한 에너지를 공급토록 격자망을 짜서 타격하여야 한다.

3.1.5 안전관리에 필요한 시설을 갖추고 시공되어야 한다.

- 3.1.6 다짐작용으로 인하여 지반의 체적이 크게 감소하는 경우에는 공사감독자와 협의하여 체적이 감소한 만큼 보충 재료를 투입하여야 한다.

3.2 시험시공

3.2.1 낙하에너지의 크기

- (1) 낙하에너지는 추의 무게와 낙하높이로 결정되며 그 크기를 결정하기 위해서는 종 방향과 횡 방향에 대한 다짐영향을 조사해야 한다.
- (2) 낙하에너지가 너무 크면 토립자가 분쇄되어 지지력이 감소되고, 너무 작으면 다짐 영향의 범위가 작아 깊은 심도의 개량이 곤란하다. 따라서 일정한 타격조건을 유지하기 위하여 다짐을 차수(次數)와 회수(回數)로 구분하여 실시하여야 한다.
- (3) 차수는 다짐에너지의 변화 빈도수를, 회수는 일정한 다짐에너지로 다짐하는 반복횟수를 가리킨다. 차수는 최대 및 최소 다짐에너지를 정하여 이를 3~4의 단계로 구분하여 설정하고, 반복횟수는 각 차수에서 정한 에너지의 크기에 따라 설계지지력이 나올 때 까지 타격하여 정한다.

3.2.2 낙하지점의 배치와 순서

- (1) 다짐은 개량대상지반의 종 방향 및 횡 방향으로 차등을 두어 실시하여 다짐에너지의 크기에 따라 인접 타격지점에 대한 영향을 조사하여 다짐 깊이(종 방향)와 다짐거리간격(횡 방향)을 정하고 또 이에 따라 타격의 순서를 정한다.

3.2.3 정치시간

- (1) 지반의 간극수압은 다짐에 의하여 초기에는 증가하고 배수와 함께 서서히 감소하여 결국 지반의 유효응력이 증가, 지반이 개량됨으로 간극수압이 소산되는 시간이 필요하다. 이 정치시간을 정하기 위하여 간극수압과 시간의 관계를 조사하고 이에 따라 다음 차수의 다짐시기를 결정하여야 한다.

3.3 시공관리 및 품질관리

3.3.1 시공 전 관리사항

- (1) 지반의 표고측정
 - ① 지반용기 또는 침하에 대해서는 시공 중이나 시공 후에도 지반 높이를 측정해야 한다.
 - ② 측정방법과 위치는 도면이나 공사시방서에서 규정하는 바에 따른다.
 - ③ 측정시기, 측정빈도, 측정범위는 시공에 앞서 공사감독자의 승인을 받아야 한다.
- (2) 사용 재료의 선정시험 및 시공관리 시험
- (3) 시공장비의 검사
 - ① 시공기계의 작동상태 확인

② 장비부품의 규격 및 사양과 치수확인

③ 시공장비는 자동기록장치가 부착된 것을 사용해야 한다.

3.2.2 시공 중 관리사항

(1) 낙하에너지, 타격횟수, 타격단계수

(2) 보충재료 투입량

(3) 진동 및 소음측정

(4) 간극수압의 측정(점성토 지반)

(5) 기타 공사감독자의 지시사항

3.2.3 시공 후 관리사항

(1) 개량효과 확인을 위한 시험항목(SPT, CPT, 현장밀도시험, 공내재하시험, 평판재하시험 등) 및 수량은 공사시방서에서 정한 바에 따르며, 시험 위치설정은 공사감독자가 정한 바에 따라야 한다.

(2) 아래 사항의 경우에는 시정 및 보완대책을 수립하여 이를 공사감독자 또는 발주자에게 보고하고, 그 지시에 따라 재시공, 추가시공 등 필요한 조치를 강구하여야 한다.

① 도면 또는 공사시방서에서 정한 개량강도에 못 미치는 경우

② 보충재료의 투입량이 부족한 경우

③ 낙하 위치가 허용범위를 초과하는 경우

3-4 치환공법

3-4-1 굴착치환공

1. 일반사항

1.1 적용범위

지표면 가까이 위치한 연약층을 굴착하여 제거하고 그 부분에 양질의 토사를 되메우는 대표적인 공법에 적용한다.

1.2 제출물

1.2.1 제출물은 본 지방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

1.2.2 시공계획서에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

- (1) 굴착계획
- (2) 치환계획
- (3) 굴착토 및 치환토의 운송계획
- (4) 다짐계획
- (5) 환경오염

2. 재 료

2.1 치환재료용 토사

2.1.1 치환재료용 토사는 세립분 함유량(#200체 통과량)이 15% 이하이며, 입도분포가 양호한 양질토사이어야 한다.

2.1.2 다음과 같은 재료는 치환재료로 사용할 수 없다.

- (1) 벤토나이트(Bentonite), 온천여토, 산성백토, 유기질토 등 흡수성이 크며, 압축성이 큰 흙
- (2) 빙토, 빙설, 초목, 나무 등 및 다량의 부식물을 함유한 흙

2.2 토질조사 시험의 종류와 빈도

2.2.1 수급인은 치환재료용 토사를 사용하기 전에 품질시험을 실시하여 그 결과를 공사감독자에게 제출하여야 한다.

3. 시 공

3.1 일반적인 사항

- 3.1.1 연약층의 일부 또는 전부를 굴착 제거하여 양질토로 치환하거나, 복합지반으로 안정처리를 하여 침하를 촉진시킨다.

3-4-2 강제치환공

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 절은 연약토층위에 양질의 흙을 성토하여 성토체 자중에 의해 연약토를 횡 방향으로 강제로 밀어내어 지반을 개량하는 대표적인 공법에 적용한다.

1.2 제출물

1.2.1 제출물은 본 시방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

1.2.2 시공계획서에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

(1) 시공준비

지표면 또는 지중의 장애물의 제거와 지표면의 정리

(2) 성토계획

① 성토재의 현장반입계획, 전체 성토범위를 정하고 이어 단계별 성토범위를 계획한다.

② 성토 중에 지반의 소성유동이 과다하게 일어나지 않도록 계획을 수립한다.

(3) 연약지반의 전단파괴로 밀려난 흙의 조치계획을 수립한다.

2. 재 료

본 시방서 『3-4-1 굴착치환공』의 규정에 의한 재료나 공사시방서에 따른다.

3. 시 공

3.1 수급인은 강제치환 시공 중에 과다한 소성유동이 발생하지 않도록 주의 깊게 시공하여야 한다.

3.2 침하량 확인은 시추조사를 원칙으로 하여 확인하고자 하는 위치에 연직 또는 경사보링으로 실시한다. 이 때, 퍼커션식으로 굴착할 수 있으나, 최종 사석과 원지반의 경계부는 로타리식으로 확인하여야 한다. 시추조사와 병행하여 공대공 토모그래피 탐사를 참고로 활용할 수 있다.

3-4-3 중공블록 매설식 치환공

1. 일반사항

1.1 적용범위

연약지반을 양질의 재료로 치환할 경우 치환량을 극소화하기 위하여 중공블록(Cell block)을 소요의 크기로 제작하여 단계별로 매설시키면서 블록내부를 굴착한 후 양질의 재료로 치환하여 구조물 기초를 축조하는 대표적인 공법에 적용한다.

1.2 제출물

- 1.2.1 제출물은 본 시방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량 일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

2. 재 료

본 시방서 『3-4-1 굴착치환공』의 규정에 의한 재료나 공사시방서에 따른다.

3. 시 공

3.1 일반사항

- 3.1.1 콘크리트, 거푸집 등의 공사는 관련규정에 따른다.
- 3.1.2 블록 거치 시 일체성을 유지하기 위하여 블록의 네 변에 소정의 키(key)를 설치하여야 한다.
- 3.1.3 제작이 완료된 블록치수의 허용범위는 본 시방서의 콘크리트 블록에 관한 시방절의 관련 규정을 따른다.

3.2 거치

- 3.2.1 공사에 착수하기 전 블록 거치 위치의 지반경사, 심도, 장애물 유무 등을 확인하기 위하여 지반조사를 하여야 한다.
- 3.2.2 수중에 블록을 거치하는 경우 침하상태를 육상에서 확인하기 위하여 각 모서리에 부표를 설치하여야 한다.
- 3.2.3 블록 매설시 1단과 2단 블록이 소정 위치에 정확히 위치하도록 하여야 하며, 2단까지 매설한 후 위치 측량을 시행하고 위치오차가 허용범위에 들지 않는 경우에는 인양하여 위치를 조정하여야 한다.

- 3.2.4 블록은 내부를 굴착하고 상재하중을 가하여 침하되므로 1단 블록의 내부를 굴착한 후 윗 단 블록을 거치하고 하부를 굴착하는 순서로 작업을 반복하여야 한다.
- 3.2.5 지반조사 결과를 분석한 후 최 하단 블록의 매설 위치(심도)를 결정하여야 한다.
- 3.2.6 블록 매설이 완료되면 지지층의 심도 및 토질을 확인한 후 소정의 치환재료를 투하하여야 한다.
- 3.2.7 블록매설은 여러 개 열을 동시에 하여서는 안 되며 1열의 블록 매설치환이 완료된 후 다음 열의 블록을 거치하여야 한다.
- 3.2.8 다음열의 블록을 거치할 때는 가이드 프레임(guide frame)을 설치한 후 가이드(guide)에 맞춰 블록을 매설하여야 한다.

3.3 검사

- 3.3.1 거치 후 블록의 고저, 법선의 시공오차는 $\pm 50\text{cm}$ 로 하며 블록간의 시공오차는 $\pm 50\text{cm}$ 이내로 하여야 한다.
- 3.3.2 거치된 하나의 블록은 네모서리가 큰 높이의 차가 나지 않아야 하며 최대와 최소 높이 간의 간격은 30cm 이내이어야 한다.

3-5 연직배수공법

3-5-1 샌드 드레인공

1. 일반사항

1.1 적용범위

본 시방은 연약한 기초지반의 압밀을 촉진시키기 위해 배수기둥을 설치하는 대표적인 공법으로 샌드드레인(Sand Drain) 연직 배수의 공사에 적용한다.

1.2 제출물

1.2.1 제출물은 본 시방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

1.2.2 다음사항을 추가로 제출하여야 한다.

- (1) 계측계획서
- (2) 시공보고서

2. 재 료

2.1 샌드드레인에 사용되는 모래는 다음을 기준으로 한다. 이 경우 D85 및 D15는 각각 입경가적곡선에 있어서 통과중량 백분율이 85% 및 15%에 해당하는 재료의 입경을 말한다.

- 2.1.1 0.075mm(No.200) 통과량 : 3% 이하
- 2.1.2 D85 : 1 ~ 8mm
- 2.1.3 D15 : 0.1 ~ 0.9mm
- 2.1.4 투수계수 : 1.0×10^{-3} cm/s 이상

2.2 샌드드레인에 사용되는 모래는 사용 전에 입도 투수시험을 실시하여 합격한 제품을 사용하여야 한다.

3. 시 공

3.1 시험시공

- 3.1.1 수급인은 시공심도의 결정 및 관입능력 등을 확인하기 위하여 시험시공을 실시하여야 한다.

3.2 시공일반

- 3.2.1 샌드 드레인공에 사용되는 기계는 타입길이 및 투입재료의 양, 드레인 경사도를 확이 및 기록할 수 있는 장치를 준비하여야 한다. 또한 자동기록계 및 바켓(Bucket)의 용량에 대해 공사감독자의 검사를 받아야 한다.
- 3.2.2 샌드 드레인의 간격, 배열, 직경 및 모래의 투입량은 설계서에 따른다.
- 3.2.3 케이싱의 관입심도는 설계관입심도의 하부 50cm 까지 한다.
- 3.2.4 설계 관입심도 이하에서 중지할 경우에는 다음 사항을 모두 만족하여야 한다.
- (1) 타설지점의 토질주상도에서 N값이 10 이상인 경우
 - (2) 케이싱관의 관입이 2분간에 20cm 이하인 경우
 - (3) (2)상태에서 햄머모터(Hammer motor)의 전류치가 2분간에 220V일 경우 310A, 440V일 경우 160A 이상인 경우
- 3.2.5 샌드 드레인의 타설 방향은 후진으로 한다.
- 3.2.6 샌드 드레인의 타설은 횡방향 타설 루우프를 1 사이클(Cycle)로 한다.
- 3.2.7 연직배수재 시공을 위한 장비 진입 시 또는 드레인 타설시 기초지반의 지지력을 확인하고 장비 기울림 등이 발생 시 즉시 시공을 중단하고 이를 공사감독자에게 보고하여야 하며 안전사고를 미연에 방지할 수 있는 적절한 대책을 강구하고 작업을 수행하여야 한다.

3.3 타 설

- 3.3.1 샌드 드레인을 시공하기 전에 공사장 주위에 기준점을 설치하고 이를 기준으로 시공 피치(Pitch)에 맞도록 시공위치를 표시하여야 한다.
- 3.3.2 시공 위치는 측량을 실시하여 선정하여야 하며, 위치 표시가 중기 등에 의하여 손상 또는 이동되었을 경우에는 즉시 재 설치해야 한다.
- 3.3.3 샌드 드레인의 시공은 공사감독자의 입회하에 실시하여야 하며, 계측기기가 고장 났을 경우에는 시공을 중지하여야 한다.
- 3.3.4 샌드 드레인을 시공할 때에는 리더(Leader)로 케이싱의 연직도를 체크한 후 공사감독자의 승인을 받아야 한다.
- 3.3.5 케이싱의 관입을 촉진시키기 위하여 준비한 워터 젯(Water jet)은 상부 견고한 층에 대해서만 사용할 수 있으며 사용 전에 반드시 공사감독자의 승인을

받아야 한다.

3.3.6 추가 지질조사에 의하여 시공위치, 심도, 간격, 공법 등의 변경이 불가피 하다고 판단될 경우에는 공사감독자에게 즉시 보고하여야 한다.

3.3.7 샌드 드레인을 시공할 경우에는 시공 장비 주위에 충분한 양의 모래를 확보하여야 한다.

3.4 시공관리 기록

3.4.1 샌드 드레인의 시공보고서는 다음 사항을 포함하여 공사감독자에게 제출하여야 한다.

- (1) 케이싱 타입 심도 및 타입, 인발속도
- (2) 투입된 모래량
- (3) 샌드 드레인의 시공위치, 소요시간, 길이, 기타 시공에 관한 제 기록
- (4) 시공관리 계측 계기의 기록
- (5) 타설기계 운전원 및 시공책임 기사

3.4.2 케이싱 심도계, 케이싱 사면계, 바이브로 모터(Motor)의 전류계 등은 자동 기록장치에 의해 연속적으로 기록할 수 있는 것이어야 한다.

3.5 계측

3.5.1 연약지반의 침하관리, 안정관리, 시공속도, 후속 흠쌓기, 시공시기 등은 설계서를 참조하되 계측성과를 분석하여 결정한다.

3.5.2 계측의 종류, 계측기의 매설위치, 계측빈도 등은 설계서 및 공사감독자의 지시에 따라야 하며 계측기의 매설은 전문기술자의 책임 하에 수행되어야 한다.

3.5.3 계측성과의 분석은 공사감독자의 승인을 받은 이론적인 지식과 풍부한 경험을 보유한 기술자에 의해 수행되어야 한다.

3.5.4 설계내용과 계측성과 분석결과가 상이하여 설계변경이 필요한 경우에는 이를 공사감독자에게 보고하고 승인을 받아야 한다.

3.5.5 공사가 완료된 후에도 측정이 가능한 계측기는 유지, 관리 시 사용할 수 있도록 하여야 한다.

3.6 침하관리

3.6.1 수급인은 설계서 및 공사감독자의 지시에 따라 침하관, 지중침하계, 수평변위계, 간극수압계, 지하수위계 등을 매설한 후에 규정된 빈도에 따라 측정을 하고 그 결과를 주기적으로 공사감독자에게 보고하여야 한다.

3.6.2 흠쌓기 공사의 시공, 포장공의 시공, 선행재하 후 구조물 터파기, 후속작업 재개 등 주요 공정작업 시기 결정시 수급인은 계측성과 및 분석결과를 공사감

독자에게 보고하고 대책을 강구해야 한다.

3.6.3 계측성과 분석결과가 설계 시 예측한 압밀속도보다 지연되거나 강도증가율이 낮아 예정공기 내에 공사를 완료하기 어려운 경우에는 이를 공사감독자에게 보고하고 대책을 강구해야 한다.

3.6.4 실제 침하량이 설계 시 예측한 침하량과 큰 차이가 발생하여 토공량 등에 대한 변경이 필요한 경우에는 계측성과 및 분석결과를 공사감독자에게 제출하여 협의하여야 한다.

3.7 안정관리

3.7.1 수급인은 설계서 및 공사감독자의 지시에 따라 경사계, 수평변위 말뚝 등을 매설하여 계측 및 분석을 하고 침하관리용 계측성과와 종합하여 안정분석을 실시하여 공사감독자에게 제출하여야 한다.

3.7.2 수급인은 계측성과 분석 이외에도 흙쌓기 비탈면 아래의 측구, 연약지반 표면, 수평변위 말뚝, 흙쌓기면 및 비탈면 등의 균열 또는 변형 발생여부에 대한 육안관찰을 정기 및 수시로 실시하여 연약지반의 활동파괴를 사전에 예방하여야 한다.

3.7.3 계측성과 분석 또는 육안 관찰결과, 연약지반의 활동파괴 가능성이 예측될 경우에는 이를 공사감독자에게 보고하고 신속하게 응급대책을 강구하여야 한다.

3.7.4 현장계측성과를 분석한 결과, 설계 시 이론적으로 분석한 내용과 상이하여 설계서에 명시된 방법으로는 공기 내에 공사를 완료하기 어려운 것으로 판단될 경우, 이를 공사감독자에게 보고하고 대책을 강구해야 한다.

3.7.5 구조물의 측방유동 등에 대한 계측기는 완공 후에도 보존하여 구조물의 유지, 관리에 활용할 수 있도록 하여야 한다.

3.8 허용오차

3.8.1 모래말뚝의 시공위치에 대한 오차는 30cm이하이어야 한다.

3.8.2 모래말뚝의 허용 경사각은 2° 이하이어야 하며, 경사각의 계측은 필요한 경우 케이싱(casing)내에서 한다.

3-5-2 페이퍼 드레인공

1. 일반사항

1.1 적용범위

본 시방은 연약한 기초지반의 압밀을 촉진시키기 위해 배수기둥을 설치하는 대표적인 공법으로 페이퍼 드레인(Paper Drain) 연직 배수 공사에 적용한다.

1.2 참조규격

1.2.1 한국산업규격

- (1) KS K ISO 9864 지오텍스타일의 단위 면적당 무게 시험 방법
- (2) KS K ISO 10319 지오텍스타일의 인장 강도 시험 방법
- (3) KS K ISO 11058 지오텍스타일 및 관련 제품 - 수직 투수성 시험 방법

1.3 제출물

1.3.1 제출물은 본 시방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

1.3.2 다음사항을 추가로 제출하여야 한다.

- (1) 계측계획서
- (2) 시공보고서

2. 재 료

2.1 토목섬유 연직 배수

2.1.1 토목섬유 배수재는 역학적 특성에 대한 시험성적서와 함께 납품되어야 하며, 1롤(roll)의 길이는 200m 이상이어야 한다.

2.1.2 토목섬유 연직배수에 사용하는 배수재료는 습윤상태에서도 투수성이 좋으며, 충분한 강도를 가져 드레인 형성 시 파손되지 않아야 한다.

2.1.3 배수재는 토압에 의한 코아의 손상이 없으며 압밀침하에 대한 순응성이 양호하고 절곡 시 배수로의 절단과 막힘이 없어야 한다.

2.1.4 필터재(Filter material)는 압밀간극수의 배출에 충분한 투수계수 ($1.0 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ 이상)를 가지며 드레인재 내부로 토립자의 혼입(Clogging)을 방지하고 산, 알칼리, 박테리아에 대한 저항성이 커야 한다.

2.1.5 토목섬유 연직 배수재의 시험방법 및 품질시험 빈도는 아래 표와 같다. 배수재 필터는 친수성 처리가 되어 있는 것을 사용한다.

종 별	시험종목	시험방법	시험빈도 (측정빈도)
토목섬유 (배 수 용)	무게측정	KS K ISO 9864	· 제조회사별, 제품규격마다
	인장강도 및 신도	KS K ISO 10319	
	투수	KS K ISO 11058	

2.1.6 토목섬유 연직 배수재의 규격 및 품질기준은 특별한 규정이 없는 경우에는 다음과 같다.

(1) 드레인 보드 규격

항 목	단위	규 격
중 량	g/m	80 이상
폭 × 두께	mm	(100 ± 5.00) × (2 이상)

(2) 품질기준(물리적기준)

구 분	항 목	단위	기준사항	시험방법
Drain재 (Core + Filter)	재 질		PE, PP, PET	KS K 0210
	인장강도 (건조)	kN (제품전폭)	1.5 이상	KS K ISO 10319
	인장강도 (습윤)			
	배 수 성 능	cm ³ /s @10kPa	180 이상	ASTM D 4716, Delft 시험법
		cm ³ /sec @300kPa	140 이상	
Filter (필터단면을 불투수층이 형성된 제품이 아닌 장섬유 부직포)	재 질	-	PP, PET	KS K 0210
	중 량	g/m ²	110 이상	KS K ISO 9864
	투 수 성	mm/s	유속지수 1이상	KS K ISO 11058
	인장강도	kN/m	6.0 이상	KS K ISO 10319
	인장신도	%	20 - 80	KS K ISO 10319
	인열강도	N	100 이상	KS K 0796
	파열강도	N	600 이상	KS K 0768
	유효구멍크기 (AOS) ϕ_{90}	μm	≤ 80	KS K ISO 12956

* 이 기준은 설계의 가이드라인으로 활용하며 공사시방서 작성 시 토질조건, 연약 지반 심도 등 현장여건을 고려하여 실제 적용치를 결정할 수 있다.

(3) 원통형 배수재

구 분		단위	기준사항	시험방법	시험조건
수직드레인 (유공관)	재 질	-	PE, PP, PVC	KS K 0210	
	외 경	mm	32, 50 ± 2	일반시험법	
	내 경	mm	26, 45 ± 2	일반시험법	
	압축강도	삭제			
	중 량	g/m	φ50: 120 이상 φ32: 90 이상	KS K 0515	
	인장강도(건조)	kN (제품 전폭)	1.5 이상	삭제	
	인장강도(습윤)				
	배 수 성 능	cm ³ /s @10 kPa	180 이상	삭제	
		cm ³ /s @300 kPa	140 이상		
수직드레인 (필터재)	재 질	-	PP, PET	KS K 0210	
	중 량	g/m ²	110 이상	KS K ISO 9864	
	투 수 성	mm/s	유속지수 1이상	KS K ISO 11058	
	인장강도	kN/m	6.0 이상	KS K ISO 10319	
	인장신도	%	20 - 80	KS K ISO 10319	
	인열강도	N	100 이상	KS K 0796	
	파열강도	N	600 이상	KS K 0768	
	유효구멍크기 (AOS) _{O₉₀}	μm	≤ 80	KS K ISO 12956	

* 이 기준은 설계의 가이드라인으로 활용하며 공사시방서 작성 시 토질조건, 연약 지반 심도 등 현장여건을 고려하여 실제 적용치를 결정할 수 있다.

2.2 Fiber Drain 연직배수

2.2.1 Fiber Drain의 재질은 황마섬유직물(필터)과 야자열매 껍질(코아)을 사용한 천연소재이어야 한다.

2.2.2 Drain재는 토압에 대한 코아의 손상이 없고 압밀침하에 대한 순응성이 양호하며, 절곡시 배수로의 절단 및 막힘이 없어야 한다.

2.2.3 필터재(Filter Matrial)는 압밀간극수의 배출에 충분한 투수계수를 가지며 드레인재 내부로 미세토립자의 혼입(Clogging)을 방지하여야 한다.

2.2.4 삭제

3. 시 공

3.1 시험시공

- 3.1.1 수급인은 시공에 앞서 시험시공을 실시하여 시공심도의 결정 및 관입능력 등을 확인하여야 한다.

3.2 시공일반

- 3.2.1 페이퍼드레인공에 사용되는 기계는 타입길이 및 투입재료의 양, 드레인 경사도를 기록할 수 있는 장치가 준비되어야 한다.
- 3.2.2 자동기록계의 정도에 대해서는 공사감독자의 검사를 받아야 한다.
- 3.2.3 토목섬유 연직배수공은 필터의 손상을 방지하기 위하여 가급적 멘드렐(Mendrel) 방식의 타입기로 시공하며, 케이싱의 선단은 지반교란을 최소화할 수 있는 소단면의 폐단면 앵커판을 사용한다.
- 3.2.4 수급인은 토목섬유 연직배수재의 타입 한계 깊이 또는 타입 한계 지반 강도를 설정하여 공사감독자의 승인을 받아야 한다.
- 3.2.5 토목섬유 연직배수는 압밀층의 최하단부까지 설치하여야 하며, 상부의 절단깊이는 수평배수층 표면에서 15cm 이상으로 한다.
- 3.2.6 사용 중 잔여길이를 연결할 때는 포켓식으로 하고, 통수의 연속성 유지 및 인장강도가 원자재와 동등하여야 하며, 포켓식 연결이 불가능할 경우 잔여길이는 버리도록 한다.
- 3.2.7 토목섬유 연직배수의 시공 상태를 확인할 수 있도록 시공 전에 타입 위치도를 작성하고 변조가 불가능한 타입자동기록기를 장치하여, 구역별, 번호별로 타입일시, 타입깊이, 타입량을 기록지에 기록하여 공사감독자의 확인을 받아 제출하여야 하며, 만약 계획된 깊이와 다른 결과가 발생되면 시공을 즉시 중지하고 그 결과를 공사감독자에게 보고하여야 한다.
- 3.2.8 토목섬유 연직배수공을 시공할 때의 배수 효과는 일반적으로 직경 5cm의 배수기둥을 갖는 샌드 드레인에 해당하는 것으로 계산하여 적정 설치 간격을 설정하여야 한다.
- 3.2.9 수급인은 토목섬유 연직배수재의 효율적인 타입을 위하여 다음 사항을 고려하여 타입기를 선정하여야 한다.
- (1) 초 연약지반에서의 주행성이 용이하여야 한다.
 - (2) 타입력이 양호하여야 한다.
 - (3) 스미어 존(Smear zone)을 최소화 할 수 있도록 가능한 정적인 타입방식의 최소 케이싱의 단면적을 보유하여야 한다.
- 3.2.10 연직배수재 시공을 위한 장비 진입 시 또는 드레인 타설시 기초지반의 지지

력을 확인하고 장비 기울림 등이 발생 시 즉시 시공을 중단하고 이를 공사감독자에게 보고하여야 하며 안전사고를 미연에 방지할 수 있는 적절한 대책을 강구하고 작업을 수행하여야 한다.

3.3 허용오차

3.3.1 타설 위치의 허용오차는 10cm 이하이어야 한다.

3.3.2 페이퍼 드레인의 허용 경사각은 2° 이하이어야 하며, 경사각의 계측은 필요시 맨드렐(Mandrel)내에서 한다.

3-5-3 팩 드레인공

1. 일반사항

1.1 적용범위

본 시방은 연약한 기초지반의 압밀을 촉진시키기 위해 배수기둥을 설치하는 대표적인 공법으로 팩 드레인(Pack Drain) 연직 배수 공사에 적용한다.

1.2 참조규격

1.2.1 한국산업규격

(1) KS K ISO 10319 지오텍스타일의 인장 강도 시험 방법

1.3 제출물

1.3.1 제출물은 본 시방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

1.3.2 다음사항을 추가로 제출하여야 한다.

- (1) 계측계획서
- (2) 시공보고서

2. 재 료

2.1 팩 드레인에 사용 모래

2.1.1 본 시방서 『3-5-1 샌드 드레인공』의 관련 내용과 동일하며, 인공모래의 사용여부는 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

2.2 팩 드레인의 품질기준

2.2.1 원사 및 팩(Pack)의 형상

- (1) 팩의 원사는 폴리에틸렌을 100%로 하고 실의 굵기는 380데니아(Denier)를 기준(허용범위 $\pm 7\%$)으로 한다.
- (2) 팩의 포대는 원사를 등폭 평직으로 짜서 2장을 겹친 후 양쪽 끝부분에서 2cm 내측부분을 접합하여 열융착하거나 봉제한 것으로 완성된 직경은 12cm 이상이 어야 한다.

2.2.2 팩 드레인용 팩 망의 시험방법 및 품질시험 빈도는 아래 표와 같다.

종 별	시험종목	시험방법	시험빈도 (측정빈도)
팩 망	인장강도	KS K ISO 10319	· 제조회사별, 제품규격마다
	밀 도	육 안 검 사	

2.2.3 팩 포대의 인장강도 및 밀도 기준은 다음 표와 같다.

구 분	인장강도 (5cm폭당, 2중)		밀도 (2.5cm폭당)	
타 설 심 도	30m 이하	30m 이상	30m 이하	30m 이상
중 방 향	1,127N 이상	1,422N 이상	20 ~ 22 본	26 ~ 28 본
횡 방 향	883N 이상	883N 이상	14 ~ 16 본	14 ~ 16 본

3. 시 공

3.1 시험시공

3.1.1 수급인은 시공에 앞서 시험시공을 실시하여 시공심도의 결정 및 관입능력 등을 확인하여야 한다.

3.2 시공일반

3.2.1 팩 드레인공에 사용되는 기계는 타입길이 및 투입재료의 양을 기록할 수 있는 장치가 준비되어야 한다.

3.2.2 자동기록계 및 버킷(Bucket)의 용량에 대해서는 공사감독자의 검사를 받아야 한다.

3.2.3 팩 드레인의 간격, 배열, 지름은 설계도서에 따른다.

3.2.4 팩 드레인의 타설은 후진을 하면서 실시한다.

3.2.5 팩 드레인의 시공은 본 시방서 『3-5-1 샌드 드레인공』의 관련 내용에 따른다.

3.2.6 팩 드레인의 시공관리는 본 시방서 『3-5-1 샌드 드레인공』의 관련 내용에 따른다.

3.2.7 연직배수재 시공을 위한 장비 진입 시 또는 드레인 타설시 기초지반의 지지력을 확인하고 장비 기울림 등이 발생 시 즉시 시공을 중단하고 이를 공사감독자에게 보고하여야 하며 안전사고를 미연에 방지할 수 있는 적절한 대책을 강구하고 작업을 수행하여야 한다.

3.3 허용오차

3.3.1 타설 위치의 허용오차는 20cm 이하이어야 한다.

3.3.2 팩 드레인의 허용 경사각은 2°이하이어야 하며, 경사각의 측정이 필요한 경우에는 케이싱 내에서 측정한다.

3-6 심층고결처리공법

3-6-1 첨가제 혼합 심층 고결공

1. 일반사항

1.1 적용범위

첨가제를 지반내의 심층부로 집어넣고 원지반의 토사와 혼합한 후 화학반응을 통하여 지반의 고결화를 꾀하거나, 첨가제를 액체로 만들어 이를 지반에 고압으로 주입하거나 또는 주입 후 원지반 토사와 혼합시키는 대표적인 공법에 적용한다.

1.2 제출물

1.2.1 제출물은 본 시방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

1.2.2 시공계획서는 다음의 내용이 포함되어야 한다.

- (1) 준비
- (2) 배합방법
- (3) 다짐
- (4) 양생
- (5) 표토층 처리

1.3 일반요건

1.3.1 지반상태, 개량대상면적의 크기, 운반로 등 현장조건을 고려하여 배합위치, 작업장비, 배합형식, 개량 처리할 범위, 혼합비율 등을 정해야 한다.

1.3.2 시공 중 공기의 압력, 유량, 교반날개의 회전수, 전류차, 관입인발속도 및 심도개량재의 토출량을 계기에 의해 확인하여야 한다.

1.3.3 시험시공이 필요한 경우에는 별도의 규정에 따라야 한다.

1.3.4 안정처리제의 종류 및 배합계획에 대하여는 설계서나 별도 규정에 따른다.

2. 재 료

2.1 재료일반

2.1.1 고결공법에 사용되는 첨가제로써 시멘트, 석회 및 굴패각 고화제 등이 있으며 첨가제의 선택은 설계서 및 공사시방서에서 지정한 것이어야 한다.

2.1.2 시멘트

- (1) 시멘트는 KS 규격품 또는 그 이상이어야 한다.
- (2) KS L 5201 포틀랜드시멘트
- (3) KS L 5210 고로슬래그 시멘트

2.1.3 석회

- (1) 석회는 KS 규격품 또는 그 이상이어야 한다.
 - ① KS L 9501 공업용 석회

2.1.4 기타

- (1) 기타 첨가제(굴폐각 고화제, 혼화제 등)는 공사시방서에서 규정하는 바에 따른다.

3. 시공

3.1 시험시공

- 3.1.1 수급인은 시험시공을 실시하여 시공깊이 및 개량효과 시공에 필요한 사항을 확인하여야 한다.

3.2 시공일반

- 3.2.1 공사를 착수하기 전에 배합시험을 실시해야 한다. 배합시험은 3종 이상의 혼합비율을 선정하여 실시한다. 배합시험의 방법은 공사감독자의 지시에 따른다. 배합시험결과는 다음 사항을 제시해야 한다.
 - (1) 시료의 함수비
 - (2) 양생조건
 - (3) 시료의 강도

3.3 시공관리사항

3.3.1 혼합정밀도

- (1) 토사의 분쇄크기는 지름이 5cm 이상의 흙덩어리가 전체의 20% 이하이어야 하고, 입경의 최대크기는 10cm 이하이어야 한다.

3.3.2 안전 및 환경영향

- (1) 혼합토사의 평균강도는 설계서에서 제시하는 기준강도 이상이어야 한다.

3.3.3 지반의 표고 측정

3.3.4 기타 공사감독자의 지시사항

3-6-2 약액주입공

1. 일반사항

1.1 적용범위

토립자의 간극이나 공동부분에 약액을 주입함으로써 토립자를 결합하거나 공동부를 충전시켜 지반을 개량하는 공법에 적용한다.

1.2 제출물

1.2.1 제출물은 본 시방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

1.2.2 시공계획서는 다음의 내용이 포함되어야 한다.

(1) 약액주입 계획

① 지반개량의 목적, 원지반의 상태 및 작업장비의 기능을 고려하여 결정하여야 한다.

(2) 장비운용 계획

① 작업장비의 운송 및 배치계획과 시공 중에 장비의 자중 또는 진동 등에 의하여 발생하는 지반침하에 대한 대책을 마련하여야 한다.

2. 재 료

2.1 재료에 관한 사항은 설계서에 따른다.

3. 시 공

3.1 시공일반

3.1.1 공사에 착수하기 전에 실내시험과 현장시험을 실시하여야 하며 시험의 방법은 공사감독자와 협의하여 결정한다. 실내시험은 약액의 고결 효과를, 현장시험은 약액의 주입효과를 확인하기 위한 것이다. 시험 결과는 다음 사항을 제시해야 한다.

(1) 약액의 종류 및 배합율

(2) 침투효과

(3) 주입형식

(4) 주입관의 종류와 설치방안(간격, 길이, 주입공의 수)

(5) 주입량, 주입속도, 주입압력

3.1.2 주입장비는 주입압력, 주입량, 주입시간이 자동으로 기록될 수 있는 장비를 사용하여야 한다.

3.1.3 다음의 경우에는 수정 및 보완대책을 수립하여 이를 공사감독자에게 보고하고 승인을 받아 시행하여야 한다.

- (1) 도면 또는 공사시방서에서 정한 개량강도에 못 미치는 경우
- (2) 심각한 환경문제가 발생한 경우
- (3) 시공이 중단되어 개량작업이 연속적으로 이루어지지 않은 경우
- (4) 지표면의 표고차가 허용한계를 초과하는 경우

3.2 시공 순서

3.2.1 현장주입시험은 약액 주입 시 미리 주입계획 지반 또는 이와 동등한 지반에 설계대로 약액이 주입되었는지를 조사하여야 한다.

3.2.2 약액주입 작업 시에는 주입압력과 주입량을 연속하여 감시하고 예상치 못한 변화가 생기는 경우 즉시 주입을 중지하고 그 원인을 조사하여 필요한 조치를 취하여야 한다.

3.2.3 지하매설물에 근접하여 약액을 주입 시공하는 경우에는 약액이 해당 지하매설물에 유출되지 않도록 필요한 조치를 취하여야 한다.

3.2.4 현장에서 약액의 보관은 비산, 누출, 동결, 도난, 화재 등의 예방조치를 하여야 한다.

3.2.5 약액을 주입한 지반으로부터 발생한 잔토의 처리는 지하수 및 공공용수 등을 오염시키지 않도록 하여야 한다.

3.2.6 대수층 또는 통수지반에서는 지하수류에 의해 약액이 회석되거나 유실되지 않도록 약액 주입설계 시 주입 모델시험을 하여 지하수의 유속정도에 따라 겔 타임(Gel Time), 주입량, 주입속도, 농도, 주입률 등을 조정하여야 한다.

3.2.7 할렬주입으로 인한 수압파쇄(Hydrofracturing), 지반융기 현상 등이 일어나지 않도록 주입압, 약액농도, 주입률 등을 검토하여야 하며, 반드시 현장에서 주입시험을 거쳐 약액주입을 하여야 한다.

3.2.8 주입은 대상지반의 토질 및 지하수의 특성에 따라 정량주입보다는 정압주입을 하여야 한다.

3.2.9 투수계수가 커서 주입 폭이 두꺼울 때는 주입공의 간격을 줄이고 주입 열을 증대시켜야 한다.

3.3 시공관리 사항

3.3.1 주입작업

(1) 주입깊이, 주입량, 주입속도, 주입압력

3.3.2 표층 표고 측정

3.3.3 작업의 연속성

3.3.4 안전 및 환경영향

3.3.5 기타 공사감독자의 지시사항

3.4 주의사항

3.4.1 약액의 취급시 신체에 직접 접촉하지 않도록 한다.

3.4.2 주입관은 계획된 방향으로 설치되어야 한다. 이 경우 보링기를 고정함으로서 주입관이 지중에서 휘지 않도록 한다.

3.4.3 주입관이 막히지 않아야 한다. 특히, 주입이 중단된 경우에 자주 일어나는 현상이다.

3.4.4 개량 대상지역 지반 중간층에 단단한 층이 있을 때는 이를 사전에 제거한다.

3.4.5 약액에 의하여 지하수는 물론 표면수 오염에 대한 대책을 마련해야 하며, 2차 오염에 의한 생태계에 미치는 영향을 고려한다.

3.4.6 생태계 및 농작물에 대한 영향을 고려한다.

3-6-3 초연약지반층 고화처리공

1. 일반사항

1.1 적용범위

고함수 점성토, 고유기질토로 구성된 초연약지반을 조기에 소정의 강도를 가지는 양질의 지반으로 개량하거나 초연약지반에서의 주행성 확보를 위한 대표적인 공법인 고화 안정처리공법에 적용한다.

1.2 제출물

1.2.1 제출물은 본 시방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

2. 재료

2.1 초연약지반층 고화처리에 사용되는 재료는 시멘트계 고화제, 석회계 고화제 및 굴폐각(굴껍질) 고화제 등을 사용할 수 있으며 자세한 사항은 공사시방서에 의한다.

2.2 고화제 투입량은 현장에서 실내배합시험을 통하여 요구강도를 만족시키는 범위에서 최소량으로 결정한다. 이 때, 현장목표강도(q_{ur})와 실내시험강도(q_{ul})는 아래와 같은 비율에 따른다.

2.2.1 고화처리 대상지반의 지표면이 수위이상일 경우

$$q_{ur} = \left(\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3} \right) \cdot q_{ul}$$

2.2.2 고화처리 대상지반의 지표면이 수위이하일 경우

$$q_{ur} = \left(\frac{1}{4} \sim \frac{1}{5} \right) \cdot q_{ul}$$

2.2.3 사용되는 고화제는 중금속이 함유되지 않아야 하며 고화처리 후, 2차 오염발생 등 환경오염을 유발시켜서는 안 된다.

2.2.4 고화액(Slurry) 제조를 위한 고화제(S), 물(W) 배합비는 S : W = 1 : 0.9를 표준으로 하되 S : W = 1 : (0.5 ~ 1.0) 범위 내에서 조정할 수 있다.

3. 시공

3.1 시공일반

- 3.1.1 처리대상지역의 표면수는 가능한 한 펌핑(Pumping) 등의 방법으로 사전에 제거하여야 한다.
- 3.1.2 주행성(Trafficability) 확보용 고화처리 공사에서는 소정의 고화기간과 강도발현을 확인한 후 장비를 진입시켜야 한다.
- 3.1.3 고화층 상부에 복토가 필요한 경우에는 소정의 양생기간이 경과하고 또한, 별도로 검토 작성된 단계별 성토계획에 의거 고화처리 대상지역 전체를 처리한 후에 복토작업을 시행하여야 한다. 부득이한 경우 공사감독자의 승인을 득한 후, 부분 고화 처리 후 복토를 시행할 수 있으나 고화층 전면(미고화처리지역)에 융기현상이 발생하면 복토작업을 중단하여야 한다.
- 3.1.4 고화처리 작업 후 고화층 상부에 설계하중 이상의 장비를 진입시켜서는 안 된다.
- 3.1.5 고화층 상부에서는 일시적으로도 과도한 충격하중을 주지 않도록 한다(Dump Truck은 10km/hr 이하의 서행운행 등).
- 3.1.6 교반기는 로타리식 또는 수직회전식을 사용하고 교반동력은 전동모타 또는 유압을 이용한다.
- 3.1.7 교반기를 탑재한 베이스 머신(Base Machine)은 자주식 또는 정치견인식(바지선식)을 이용한다. 단, 자주식은 수륙양용형 사용을 원칙으로 하되 현장여건에 따라 공사감독자가 승인을 얻어 육상형을 사용할 수 있다.
- 3.1.8 슬러리 플랜트는 고화액을 연속적으로 제조하고 송액 할 수 있는 믹서, 아지데이터, 주입펌프 등으로 조합되며 고화액은 정량적으로 관리할 수 있는 장치(밸브, 리턴호스, 유량압력 자동기록장치)를 구비한다.
- 3.1.9 시공면적은 사람의 보행이 가능한 시점에서 실측하여 확인한다.
- 3.1.10 고화제 첨가량은 고화액(Slurry) 유량계를 이용하여 확인한다.

3.2 시공두께

- 3.2.1 사람의 보행이 가능할 정도로 고화가 진행되었을 때 콘관입시험기로 확인한다.
- 3.2.2 양생종료 후 네덜란드식 이중관 콘관입시험을 행하고 콘지지력에 의한 일축 압축강도를 환산하여 시공두께를 확인한다.
- 3.2.3 시공완료 직후 제시된 위치에 $\phi 75 \sim 100\text{mm}$ 의 PVC Pipe를 고화층에 삽입, 고화 후 검측봉을 인발하여 개량층 두께를 확인한다.
- 3.2.4 상기의 방법 중에서 택일하거나 공사감독자가 인정할 수 있는 기타의 방법을 이용하여 확인한다.

3.3 고화액(Slurry)의 품질관리

3.3.1 물·고화제 비

비중계를 사용하여 고화액의 비중을 측정하여 물·고화제 비의 적정여부를 검토하여야 한다.

$$G = \frac{(n+1)}{\left(\frac{1}{G_s} + \frac{n}{G_w}\right)}$$

여기서, G : 고화액의 비중

n : 물·고화제 비(W/S)

G_s : 고화제의 비중

G_w : 물의 진비중

3.3.2 일축압축강도

현장 혼합직후 시료를 채취하여 $\phi 50\text{mm}$, $\ell=10\text{cm}$ 의 공시체를 만들어 실내양생(7일, 28일 기준)을 한 후 일축압축강도를 측정하여야 한다(양생조건은 현장상황에 따라 검토, 결정한다).

3.3.3 현장 혼합직후 지시된 위치에 $\phi 75 \sim 100\text{mm}$ 의 PVC Pipe를 삽입하여 규정일수가 지난 후 인발하고 시료를 성형한 후 강도를 측정한다.

3.3.4 고화 종료 후 네덜란드식 이중관 콘관입 시험기로 콘지지력을 측정하고 일축압축강도로 환산하여 측정한다. 단, 도로기반 고화의 경우에는 C.B.R에 의하여 설계를 하는 경우가 있으나 이 경우에는 미리 실내시험에서 C.B.R과 일축압축강도의 관계를 시험하여 설정하고 현장은 일축압축강도시험으로 관리하는 것이 좋다.

3.3.5 상기의 방법 중에서 현장여건에 따라 또는 공사목적에 부합되는 범위 내에서 택일하여 일축압축강도를 측정한다.

3-7 지하수위 저하에 의한 배수공법

3-7-1 심정공

1. 일반사항

1.1 적용범위

지반을 굴착하여 지중에 우물을 설치하고 중력에 의하여 지반내의 지하수가 우물 내부로 흘러 들어오면 이를 양수기로 양수함으로서 지하수위를 목표 지점까지 저하시켜 압밀을 촉진시키는 대표적인 공법에 대하여 적용한다.

1.2 제출물

1.2.1 제출물은 본 지방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

1.2.2 시공계획서에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

- (1) 외측강관의 관입방법
- (2) 강관 내부의 굴착방법
- (3) 내측강관 설치
- (4) 필터용 모래의 재료시험과 충전방식
- (5) 배수대책
- (6) 환경영향

2. 재 료

2.1 재료일반

2.1.1 필터막의 재료로 쓰이는 모래는 투수성이 좋아야 하며 다음의 입경한계에 드는 것이라야 한다.

- (1) $5 \times D_{15} \leq D_{F15} \leq 2 \times D_{85}$

여기서, D15, D85 : 원지반 토사의 통과중량백분율 15% 또는 85%의 입경
DF·15 : 필터재의 통과백분율 15%의 입경

3. 시 공

3.1 시공일반

3.1.1 우물의 위치와 깊이는 설계서에서 정한 바를 따른다.

- 3.1.2 지하수위저하공법 실시에 앞서서 사전에 주변 환경을 확인하고 시공계획서 제출 시 그 내용을 포함하여 작성한다.
- 3.1.3 배수설비는 용수량을 충분히 배수할 수 있는 능력을 가짐과 동시에 펌프 등이 정상적으로 가동하고 있는지 필히 확인하여야 한다. 또한 예측하지 못한 사태에 대비하는 대책을 강구해 두어야 한다.
- 3.1.4 수급인은 배수를 침사지를 경유하여 배수에 포함된 침전물이 충분히 가라앉은 후 가장 가까운 수로, 하천 또는 하수도, 관거 등에 방류하되 사전에 당해 시설물 혹은 관리자의 허가를 취득해야 한다.
- 3.1.5 배수로를 설치하는 경우 굴착면을 배수가 양호하게 하여야 한다.
- 3.1.6 슈(shoe)의 설치는 웰용 강관의 배수용 구멍을 뚫은 후 강관내로부터 끈이나 형철조각 등 시공에 방해가 될 수 있는 이물질을 제거한 후 공사감독자에게 보고한다.
- 3.1.7 수중펌프는 자동제어 방식의 것을 사용하여야 한다.

3.2 시공관리

- 3.2.1 수급인은 시공 중 배수상태에 대하여 주의 깊게 관리하여야 하며 또한, 다음의 사항을 관리하여야 한다.
 - (1) 내외 측 강관의 깊이
 - (2) 필터용 모래의 투입량
 - ① 외부강관을 인발할 때 충전된 모래가 강관을 따라 올라오는 경우가 발생하는데, 이때에는 필터층에 물을 붓거나, 강관에 약간의 진동을 가하면서 서서히 인발한다. 또한 강관의 부피만큼 공동이 생기는 경우 지표면에서 지속적으로 모래를 공급하여 충전 시켜 주어야 한다.
 - (3) 양수량 또는 우물내의 수위측정
 - ① 지하수의 수위를 확인하기 위하여 시간별로 양수량 또는 우물내의 수위를 측정한다. 일반적으로 투수계수가 큰 지반에서는 양수량을 측정하고, 투수계수가 작으면 우물내의 수위를 측정한다.
 - (4) 지하수위 또는 간극수압의 측정
 - ① 지반의 층 분포가 일정치 않으므로 필요시마다 우물과 우물사이에서 간극수압 및 지하수위를 측정하고 기록관리 한다.
 - (5) 펌프는 원칙적으로 연속 가동해야 하나 펌프의 성능, 현장의 조건에 따라 조정할 수 있는데 지하수위의 재상승으로 인한 피해유무를 검토하여 조치를 취해야 한다. 또한 지하수위 저하에 따라 생태계에 미치는 영향을 검토하고 필요시 그 대책을 세워 공사감독자의 지시에 따른다.
 - (6) 기타 공사감독자의 지시사항

3-7-2 웰포인트(Well Point)공

1. 일반사항

1.1 적용범위

강관의 선단에 Well Point를 부착하여 지중(사질토지반)에 관입한 다음 관 내부를 진공화 함으로서 간극수의 흡수효과를 높이는 대표적인 공법에 대한 일반적인 요건을 제시한다.

1.2 참조규격

내용 없음.

1.3 제출물

1.3.1 제출물은 본 시방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

1.3.2 시공계획서에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

- (1) 웰포인트 관입방법
- (2) 웰포인트와 강관(라이저파이프), 강관과 지상집수관의 연결방법
- (3) 펌프의 종류 및 용량
- (4) 필터용 모래의 충전방안
- (5) 각종 펌프와 탱크의 배치계획
- (6) 환경영향

2. 재 료

해당 없음

3. 시 공

3.1 시공일반

3.1.1 웰포인트의 위치와 깊이는 설계서에서 정한 바를 따라야 한다.

3.1.2 웰포인트 타입에 있어서는 그 주위에 직경 15~25cm 정도의 샌드필터를 연속해서 형성시켜야 하며 이때 반드시 컷터 또는 충분한 워터제트를 사용하고, 샌드필터의 상단에는 적절한 기밀재(점토 등)를 사용하여 기밀하여야 한다.

3.1.3 배수에 의한 효과를 조사할 필요가 있는 경우에는 공사감독자의 지시에 따라

검수 우물을 설치하고 검측 기록을 공사감독자에게 보고하여야 한다.

- 3.1.4 웰포인트의 시공간격은 용수량이 많은 경우와 투수성이 작은 지층에서는 좁게 하여야 하며 시공간격을 결정하여야 할 경우에는 0.5~2.0m 정도로 하되 공사감독자의 지시에 따라야 한다.
- 3.1.5 실 양정이 5~7m 이므로 이보다 깊은 굴착면의 경우에는 다단식으로 하여야 하며, 이 경우 상하계통은 별도의 것으로 한다.
- 3.1.6 웰포인트와 강관은 커플러 등으로 연결하여 작동 중에 파손이 생기지 않도록 해야 하며, 강관과 지상의 집수관의 연결부에서 누수가 되지 않도록 해야 한다.
- 3.1.7 펌프의 종류 및 용량은 설계도면에 정한 용량과 성능을 갖춘 것이라야 한다.
- 3.1.8 지하수위 저하로 인하여 발생할 수 있는 농작물 피해여부를 조사하고 그 대책을 마련해야 한다.
- 3.1.9 투수성이 큰 지층에서는 흡수 능력이 부족하여 예정대로 주변수위가 저하되지 않는 경우가 있으므로 펌프 및 헤더파이프(header pipe)의 용량에는 충분한 여유를 보여야 한다.
- 3.1.10 필터재의 틈 메우기는 웰포인트를 설치한 그 상태에서 수시로 씻어낼 수가 있어야 한다.
- 3.1.11 웰포인트의 설치는 라이저파이프에 접속된 조인트 자체를 노출로 하여 수사로써 땅속에 20~25cm의 구멍을 뚫고 포인트를 소정의 깊이에 설치하게 된다. 압력은 모래층에서 0.4MPa, 점성토에서는 0.7MPa이다.

3.2 시공관리

3.2.1 수급인은 시공 중에 다음의 사항을 지속적으로 관리하여야 한다.

- (1) 웰포인트의 길이 및 간격
- (2) 필터용 모래의 투입량
- (3) 각종 작업장비의 성능점검
- (4) 양수량, 지하수위 및 간극수압측정
- (5) 배수관내 압력측정
- (6) 기타 공사감독자의 지시사항

3-7-3 진공압밀공

1. 일반사항

1.1 적용범위

- 1.1.1 불투수 점성토층을 사이에 둔 사질토 지반에 Well Point공법을 적용했을 경우 점성토층 상층의 상부 지하수에는 Well Point 효과가 없으므로 Well Point를 하고 나서도 굴착사면의 붕괴를 막을 수가 없는 때에 진공심정공법을 적용할 수 있다.
- 1.1.2 재하중 및 탈수공법으로서 진공압밀공법은 압밀시 필요한 하중을 기존 재하중 공법의 성토하중 대신 지중을 진공으로 만들어 이에 작용하는 대기압 크기만큼의 진공하중으로부터 지중에 설치한 드레인을 통해 간극수를 강제탈수 시킴으로써 침하를 촉진시키는 대표적인 공법으로 이절은 진공압밀공법 시공에 대한 일반적인 요건을 제시한다.

1.2 참조규격

- 1.2.1 한국산업규격(KS)
 - (1) KS K 0210 섬유제품의 혼용율 시험방법-섬유혼용율
 - (2) KS K ISO 9864 지오텍 스타일의 단위면적당 무게 실험방법
 - (3) KS K ISO 11058 지오텍 스타일 및 관련제품-수직 투수성 시험방법
 - (4) KS K ISO 9863 지오텍 스타일의 두께 측정방법
 - (5) KS K ISO 12956 지오텍 스타일 및 관련제품-유효 구멍 크기 측정 방법-습식법

1.3 제출물

- 1.3.1 제출물은 본 시방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

2. 재 료

2.1 재료일반

- 2.1.1 유공관 및 Filter의 품질 및 규격은 다음 표와 같이 구분한다.

구분	시험방법	시험법	단위	규격	비고
유공관	섬유감별	KS K 0210		PVC	
	형상			원형연성주름관	
	외경	Vernier Calipers	mm	50 ± 0.5	
	내경	Vernier Calipers	mm	43이상	
	중량	KS K ISO 9864	g/전폭.m	125이상	
Filter	섬유감별	KS K 0210		폴리프로필렌	
	중량	KS K ISO 9864	g/m ²	130 ± 13	
	투수계수	KS K ISO 11058	cm/s	7.0×10^{-2} 이상	
	두께	KS K ISO 9863	mm	0.90 이상	
	유효구멍크기	KS K ISO 12956	μm	80 이하	

2.1.2 Membrane 재료(PVC 또는 HDPE)는 두께가 1.0mm 이상의 적당한 연질성을 갖춘 것이어야 한다. Membrane 의 품질기준은 다음과 같다.

구분	시험방법	단위	요구조건	비고
재질			PVC or HDPE	
두께	ASTM D374	mm	≥ 1.0	
인장강도 (at break)	ASTM D638	N/mm ²	≥ 16	
Elongation at break	ASTM D638	%	≥ 250	
Tear Resistance	ASTM D1004 Die C	N	≥ 80	
Cold mandrel	DIN 53361 ASTM D1790	℃	No crack	

3. 시 공

3.1 시공일반

3.1.1 Vertical Drain을 시공하고 필터층인 Sand Mat내에 경질염화비닐 파이프를 이용한 Suction Pipe를 부설한 후 그 표면을 기밀한 막으로 입혀 어디에서도 공기가 들어오지 않도록 한다.

3.1.2 Suction Pipe에 연결한 진공펌프를 이용하여 막내의 공기를 배제하여 막의 내외에 기압차가 생기도록 하여 그 분량만큼 하중이 되어서 지반에 재하가 되도록 한다. 이 공법에서는 등방응력의 증가에 따라 압밀이 진행되므로 지하수위 저하공법과 같이 전단응력의 증가가 없기 때문에 지반의 활동파괴는

발생하지 않는다.

- 3.1.3 상당히 큰 배기량의 진공펌프를 사용하지 않는 한 70cmHg이상의 진공도는 얻을 수 없기 때문에 기대되는 대기압은 통상 50~70 kPa이다. 따라서 이 공법을 적용할 때는 될 수 있는 한 높은 대기압을 확보하기 위한 기밀막의 설치와 유지에 유의할 뿐 아니라 대수층을 통해서 주변에서 대량의 지하수가 유입할 때는 기대한 부압이 얻어질 수 없기 때문에 사전에 충분한 토질조사를 시행하여 Vertical Drain의 길이나 누수벽의 필요성 등을 검토하여야 한다.
- 3.1.4 대기압 재하(또는 지하수위의 저하)는 압밀을 촉진하여 Preloading(또는 Surcharge)의 효과를 지반에 줄 뿐 아니라 성토자체의 안정에도 좋은 결과를 미친다. 그러나, 해저 등의 연약지반에 적용했을 때는 대기압뿐만 아니라 수심 H_w 에 의한 수하중 $H_w \gamma_w$ 의 작용도 기대할 수 있으나, 수하중 $H_w \gamma_w$ 는 지표면의 재하압력이므로 재하의 면적 또는 폭 B 에 의해 심부의 응력이 저하함에 주의하여 시공해야 한다.
- 3.1.5 준설패립토 지반에서 진공차단거 굴착 시 저면매트 하부의 연약토의 분출 및 주변지역의 함몰에 유의한다.
- 3.1.6 진공펌프와 수평배수관 간 수두차이에 의한 펌프효율의 저하에 유의한다.
- 3.1.7 가호안 인접부 등 투수성층 분포 시 누기에 유의한다.
- 3.1.8 진공막 하부에 매설되는 계측기의 손상실시 복구 및 재설치가 곤란하므로 시공에 유의한다.
- 3.1.9 연약층 하부의 배수층 존재시 배수층으로부터 누기 발생에 유의한다.
- 3.1.10 진공막 상하부에 부설하는 진공막보호용 토사는 모나거나 뾰족하지 않은 재료를 사용하여 진공압이 작용시 진공막이 찢어지거나 구멍이 생겨 누기가 발생되지 않도록 재료선택에 유의한다.
- 3.1.11 진공막 용접시 미용접 구간 발생으로 누기 발생치 않도록 주의하여 용접한다.
- 3.1.12 진공펌프 및 수평배수층에 이물질이 퇴적될 경우 부압이 감소되므로 관리에 유의한다.

3-7-4 전기침투공

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 절은 연약지반의 점성토 안에 전극을 삽입하고 직류전류를 흐르게 하여 흙속의 간극수를 음극으로 흐르게 함으로서 진공배수 등의 기계적인 배수가 곤란한 세립토의 간극수를 배수시키는 대표적인 공법인 전기침투공법 시공에 대한 일반적인 요건을 제시한다.

1.2 제출물

- 1.2.1 제출물은 본 시방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.
- 1.2.2 시공계획서에는 인접 부근의 전도체 배석, 배열현황 등에 대한 지장물조사서가 포함되어야 한다.

2. 재 료

해당 없음

3. 시 공

3.1 시공일반

- 3.1.1 전기량의 측정을 위한 시험시공을 실시하여 전극배치, 간격, 통전방법, 기관 등의 결정 또는 개량효과를 확인하여야 한다.
- 3.1.2 시공계획서 작성 전 시험시공 결과 및 이에 따른 실내시험 결과 등을 공사감독자에게 제출하며, 이에 의해 결정된 전극의 구조척도, 전극의 배치, 전원규모의 통전방식 등을 시공 전에 공사감독자에게 제출, 승인을 받아야 한다.
- 3.1.3 수급인은 지반침하 및 간극수압 상황, 탈수량을 측정하여 시공 관리하여야 한다.
- 3.1.4 경제적이고 효과적인 통전을 위하여 전류계, 전압계, 전력계를 상시 계측하여 공사감독자에게 계측관리 보고서를 제출하여야 한다.
- 3.1.5 수급인은 작업원의 안전관리 및 매설물 전측 관리 계획을 수립하여 시행하여야 한다.

3-8 성토하중경감공법

3-8-1 경량재 치환공

1. 일반사항

1.1 적용범위

- 1.1.1 이 절은 고분자 계통의 경량제품인 발포 폴리스티렌 [EPS(Expanded Poly-Styrene)]을 성토재 대신 이용하여 하중을 경감시키는 대표적인 공법의 시공에 대한 일반적인 요건을 제시한다.

1.2 참조규격

1.2.1 한국산업규격

- (1) KS M 3808 발포 폴리스티렌 보온재
- (2) KS F 2314 흙의 일축압축 시험 방법

1.3 제출물

- 1.3.1 제출물은 본 지방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.
- 1.3.2 다음 사항을 추가로 제출하여야 한다.
- (1) EPS 블록의 설치 단면도

2. 재 료

2.1 재료일반

- 2.1.1 EPS 블록의 품질기준은 발포비율에 따라 다음 표와 같이 구분한다. 다만, 도로성토에 이용하는 EPS 블록의 압축강도는 100 kPa 이상이어야 하며 특별히 정한 경우에는 설계서에 따른다.

구 분	단위중량 (t/m³)	밀도편차 (%)	흡수량 (g/100cm³)	연소성	허용 압축응력 (kPa)	압축강도 (kPa)
토목용 1호 (D-30)	0.030 이상	10	1 이하	자기 소화성 (3초이내 소화)	88.3 이상	176.5 이상
토목용 2호 (D-25)	0.025 이상				68.6 이상	137.3 이상
토목용 3호 (D-20)	0.020 이상				49.0 이상	98.1 이상
토목용 4호 (D-15)	0.015 이상				34.3 이상	68.6 이상
비 고	D : Density D-30, D-25, D-20, D-15는 밀도를 나타냄				압축탄성한계 (탄성변형시)	5% 변형 시

2.1.2 품질기준에 대한 시험방법은 KS M 3808, KS F 2314에 따른다.

(1) KS M 3808 발포 폴리스티렌 보온재

2.1.3 형상 및 치수는 각 제원에 대한 허용범위(1,800m×900m×600m의 경우는 길이 1,800±10mm, 폭 900±6mm, 두께 600±6mm, 2,000m×1,000m×500m의 경우는 길이 2,000±11mm, 폭 1,000±7mm, 두께 500±5mm)이내이어야 하며, 화재에 대비해 난연 재가 첨가되어야 한다.

2.1.4 연결점쇠의 재료기준은 다음 표와 같다.

종 류	기 호	아연 부착량 (g/m ²)	항복점 (Pa)	인장강도 (Pa)
일반용	SGCC	Z 22 220 이상	205.9 이상	274.6 이상

3. 시 공

3.1 굴착공

3.1.1 연약지반의 굴착

- (1) 굴착시의 경사는 굴착 깊이와 흙의 전단강도에 따라 다르며 연직 또는 1:2경사 범위 내에서 현지 상황에 맞추어 공사감독자와 협의하여 결정하여야 한다.
- (2) 굴착부는 배수에 주의하고 건조 상태에서 작업하여야 한다. 또한, 강우 시에는 주변으로부터 빗물이 굴착부에 유입되지 않도록 대책을 세워야 한다.
- (3) EPS블록의 시공 중에는 지하수, 강우, 유입수 등에 대하여 세부대책을 수립하여야 한다.

3.1.2 경사지반의 굴착

- (1) 비탈면의 흙깎기와 EPS블록의 경계부는 용수와 침투수의 배수를 고려하여 양질의 재료로 채움을 하여 충분히 다짐을 하여야 하며 용수가 많은 경우에는 층따기면에 배수용 시트 등을 설치하여야 한다.
- (2) 굴착면의 높이가 높을 경우에는 경사지반의 특성에 맞도록 굴착시의 경사를 고려하여야 한다.
- (3) EPS블록을 암반 등에 붙이는 경우에는 EPS블록과 암반 경계부가 잠식되어 슬라이딩이 발생하지 않도록 하여야 한다.
- (4) 굴착면이 연약한 경우에는 지오텍스타일 등을 병용하여야 하며, 매립지반 등 초연약지반에서는 표층 혼합처리공법 등을 병용하여야 한다.

3.2 배수공

- 3.2.1 지하수위의 상승을 막고 EPS블록까지 수위가 상승하지 않도록 하여야 한다.
- 3.2.2 침투수 및 예측하지 못한 유입수는 신속히 배수처리를 하여야 한다.
- 3.2.3 신속한 배수를 위해 EPS블록과 토공의 접촉부에 투수시트를 깔고 설계도서에 따라 잡석을 포설한 후 다짐을 하여야 하며 필요시 기초면에 투수시트를 설치하여 상부의 물을 원활히 배출하여야 한다.

3.3 EPS블록의 저장

- 3.3.1 EPS블록은 면적을 많이 차지하기 때문에 공사의 진행상황, 보관관리 체제 등을 충분히 고려하여 현장 저장량을 결정하여야 한다.
- 3.3.2 수급인은 EPS블록 저장 시 다음 사항을 주의하여야 한다.
 - (1) EPS블록은 화기에 취약하므로 특별히 화재예방 대책을 세운 후 저장하여야 한다.
 - (2) 바람에 의한 비산을 방지하기 위해 그물 등으로 덮어야 한다.
 - (3) EPS블록은 자외선에 의해 열화, 변색되기 때문에 일주일 이상 태양광선에 노출이 예상될 경우에는 시트 등으로 덮어야 한다.
 - (4) EPS블록의 저장은 평평한 장소에 빗물 등이 고이지 않도록 정리한 후 받침 위에 쌓아두어야 한다.
 - (5) EPS블록은 유기용재에 약하므로 석유류 등을 근접시키지 않아야 한다.
 - (6) EPS블록공사의 관계자이외에는 출입을 금지하여야 한다.

3.4 블록 설치공

3.4.1 블록설치

- (1) 현장여건에 맞게 시공 상세도면을 작성한 후 EPS블록을 시공하여야 한다.
- (2) EPS블록의 설치는 블록 각 층마다 인력으로 시공하며, 전체 시공에 영향을 미치는 제 1층(최하층)이 EPS블록시공의 기준점이 되므로 설계도서에 따라 EPS

블록을 배치하여야 한다.

(3) EPS블록의 상호 틈새는 20mm, 단차는 10mm이내이어야 한다.

(4) 성토부와와의 접속

① EPS블록의 상부에 설치하는 콘크리트 슬래브는 EPS블록의 단부에서 1~2m 정도 성토부에 연장하여 설치하여야 한다.

② EPS블록과 성토부의 접속구간에 대해서는 부등침하를 방지하기 위하여 철저히 다짐을 하여야 한다.

(5) 시공시의 유의사항

① EPS블록의 최하층 설치면(레벨링층)은 건조한 상태로 유지하여야 한다.

② 곡선부에서는 모래, 드라이모르타르, 모르타르, 경량 골재 등을 채워 조절하여야 한다.

③ EPS블록의 틈새는 3층 이상 연속하여 겹치지 않도록 설치하여야 한다.

3.4.2 연결침쇠

(1) EPS블록은 서로 엇갈리게 설치하고 연결침쇠로 고정하여야 한다.

(2) 연결침쇠는 양면형과 단면형이 있는데 양면형은 EPS블록의 각 층간에, 단면형은 EPS블록의 제일 윗면 또는 필요에 따라 EPS블록의 측면에 설치하여야 한다.

(3) 연결침쇠의 표준수량은 EPS블록 1m³에 2개, EPS블록 1m²에 1개, 가공블록은 블록마다 1개를 사용하여야 한다.

(4) 첫재단(시공기준면 바로 위) 및 비탈면 절단부 등에는 필요에 따라 EPS블록에 L형 핀을 박아 지반에 고정시킬 수 있다.

3.4.3 가공 및 절단

(1) EPS블록의 가공은 설계서에 명시된 재료 표에 따라 공장에서 가공하여야 한다. 다만, 가공하는 경우에는 공사감독자의 승인을 받아 열선 와이어를 이용하여 가공할 수 있다.

3.5 콘크리트 슬래브공

3.5.1 콘크리트 슬래브는 강도 21 MPa 이상의 조강콘크리트를 100~150mm정도 두께로 포설하며, 내부에는 철근을 조립하거나 와이어메쉬를 사용하여야 한다.

3.5.2 EPS성토공법은 상부에 콘크리트 슬래브를 타설하여 부력에 저항토록 하여야 한다.

3.5.3 콘크리트 슬래브는 하중 분산층으로서 작용하며 지반부와 일체화 등 구조상의 배려가 필요한 경우에는 응력분산 및 부력에 대해 안전을 고려하여 슬래브 두께를 결정하여야 한다.

3.5.4 중간 콘크리트 슬래브는 EPS블록의 4~6층마다 1개소를 설치한다. 다만, 앵커 등의 설치형태가 다른 경우에는 현장여건에 맞게 변경할 수 있다.

- 3.5.5 절·성토부와 중·횡단방향의 접속부는 접속구간을 설정하여 노상, 노체에 대한 지지력의 연속성을 유지하기 위하여 접속부의 경사는 1:2 ~ 1:4로 한다.
- 3.5.6 접속부의 콘크리트 타설시 상부와 하부의 원활한 배수를 위하여 상부의 물을 하부로 유출시킬 수 있는 배수 파이프를 2m마다 1개소 설치하여야 한다.

3.6 벽면공

- 3.6.1 벽면공은 EPS블록의 자립면을 보호하기 위해 설치하는 보호벽을 말하며 보호벽은 다음과 같은 목적이 달성될 수 있도록 시공하여야 한다.
- (1) 태양광선(자외선)에 의한 EPS블록의 변색 방지
 - (2) 주변 화재로부터 연소 방지
 - (3) 충격 등에 의한 파손 방지
- 3.6.2 벽면공은 EPS블록의 자립면에 발생하는 측압과 배면 및 원 지반으로부터 토압에 대응하는 구조벽으로서 구조계산을 하여 시공하여야 한다.

3.7 비탈면 보호공

- 3.7.1 EPS블록의 비탈면은 EPS블록을 유해한 물질과 주변 화재로부터 보호하고 자외선을 차단할 목적으로 투수계수가 작은 재료를 이용하여 최소 50cm이상 복토하고 다짐하여야 한다.
- 3.7.2 EPS블록의 비탈면을 보호하기 위해 식생용 씨앗을 뿌리고 그 위에는 세굴 보호용 매트 등을 깔아 비탈면의 유실을 보호하여야 한다.
- 3.7.3 특히 유류의 위험이 있는 경우에는 피이(PE) 시트를 이용하여 비탈면 처리를 하여야 한다.
- 3.7.4 연약지반 등에서 복토가 두꺼운 경우에는 EPS블록과 복토간의 부등침하로 인하여 상부에 균열이 발생할 수 있으므로 철저한 다짐에 의한 복토를 실시하여야 한다.

3.8 품질관리

3.8.1 형상 및 평탄성 관리

- (1) 모든 EPS블록면은 평면이며 각각의 면에 대해서는 서로 직각이어야 한다. 또한, 2m 이상의 직선자로 측정했을 때 평면으로부터 굴곡의 두께가 3mm 이상 벗어 나서는 안 된다.
- (2) EPS블록의 측정은 $\pm 2\text{mm}$ 혹은 그 이하로 정확하게 측정하여야 하며 각 치수의 폭과 길이는 중앙과 양끝 3 측정점에서 측정한 값의 평균값으로 나타낸다.
- (3) EPS블록면의 평탄성은 $\pm 3\text{mm}$ 이하로 정확하게 측정하여야 한다. 현장에서는 납품된 제품에 대해 치수와 평탄성은 20블록 당 평균 1블록에 측정하며, 한 현장

에 대해 최소 10블록 이상 측정하여야 한다.

3.8.2 자재반입 검사

- (1) 수급인은 재료의 시험성적서와 품질에 관련한 자료를 중심으로 자재반입 검사를 실시하여야 한다.
- (2) 자재반입 검사는 EPS블록을 현장에 반입하여 하차 전에 실시한다. 수급인은 2m 이상의 줄자와 34kg 이상까지 측정할 수 있는 저울을 준비하여 현장에서 20블록 당 1개씩 검사한 후 이를 기록하여야 한다.
- (3) 수급인은 현장 측정결과를 검토하여 공사감독자의 승인을 받아야 하며 이 때 한 트럭 당 2개 이상이 품질조건을 만족하지 못할 경우에는 그 제품을 실은 트럭은 회차 시켜야 한다.

3.8.3 압축강도

- (1) 도로 성토용 EPS블록에 대한 압축강도는 EPS블록의 품질기준에 따르며 압축강도시험은 KS F 2314 시험방법에 따른다.
- (2) 모든 시험블록에 대한 압축강도의 평균값은 EPS블록의 품질기준에 나타난 설계강도 값 이상이어야 한다.
- (3) 압축강도를 위한 시험빈도는 압축강도 시험을 위한 최소 블록량에 따른다.

EPS블록 시공량(m ³)	시험 블록	비 고
시공량 < 2,000	2	
2,000 ≤ 시공량 ≤ 5,000	3	
5,000 ≤ 시공량 ≤ 10,000	4	
10,000 이상	2,000m ³ 마다	

(4) 시편제작

- ① 시편제작은 EPS블록의 중앙부와 양단부에서 각각 3개의 시료(50×50×50mm 또는 ϕ 50×100mm)를 채취하며 각 시료는 현장명, 블록번호, 시편번호, 시편제작일 등을 표기하여야 한다.
- ② 시편은 압축시험 전에 최대 60℃인 건조로 안에서 24시간 동안 건조하여야 한다.
- ③ 시편에 있어서 약간의 함수량은 일반적으로 압축강도에는 영향을 주지 않지만 단위중량의 결정에는 영향을 준다. 따라서 시편은 대기온도까지 식혀야 하며 0.01g의 정확도를 갖는 저울로 측정하여야 한다. 육면체 시편의 치수는 밀도계산을 위한 경우 0.5mm의 정확도로 측정하여야 한다.

(5) 시험방법

- ① EPS블록에 대한 압축강도는 1분당 시편 높이의 약 10%의 변형율을 갖는 일

축압축장비로 측정하여 시험장비는 시편에 대해 하중에 따른 변형특성을 연속적으로 기록할 수 있어야 한다.

(6) 시험결과

- ① 수급인은 압축시험으로부터 응력-변형율 곡선을 작성하여야 한다.
- ② 시험결과는 밀도, 난연성 여부도 함께 기록하여야 한다.

3.8.4 연소성

- (1) 연소성에 대한 시험은 특별히 규정하지 않는 한 KS M 3808에 따른다.
- (2) EPS블록에는 난연제가 첨가되어 있기 때문에 착화하여 화원(火元)을 제거하면 3초 이내에 스스로 소화하는 성질을 가져야 한다.
- (3) 연소성 시험을 위한 시편의 수는 압축강도시험을 위한 최소 블록량과 동수의 시료에 대해 시험을 한다.

3-8-2 공간형성 성토공

1. 일반사항

1.1 적용범위

- 1.1.1 이 절은 내부가 비어 있는 중공구조물을 설치하여 하중을 경감시키는 대표적인 공법인 공간형성 성토공법의 시공에 필요한 일반적인 요건을 제시한다.

1.2 제출물

- 1.2.1 제출물은 본 시방서 『1-2-3 제출서류 및 공정관리』 및 『3-1-1 지반개량일반』 관련 내용에 따라 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

2. 재 료

해당 없음

3. 시 공

3.1 시공일반

- 3.1.1 콘크리트, 철근 콘크리트, 강재, 목재 등의 재료를 사용할 때는 내구성 및 구조적 안정성을 가져야 한다.
- 3.1.2 공간형성 구조물은 주로 철근 콘크리트 또는 그와 유사한 무근 콘크리트, 프리스트레스 콘크리트, 강재 등으로 제작되므로 그 형상이나 기능, 물성치 등은 설계에서 요구하는 대로 제작하여야 한다.
- 3.1.3 공간형성 성토구조물의 설치 방법과 순서는 사용재료와 형상에 따라 다르므로 설계서에서 정하는 바를 따른다.