

제4장 특수공사

제4장 특수공사

제1절 추진공사

1.1 개요

1.1.1 추진공법 정의

하수관의 비굴착부설공법은 크게 추진공법과 실드공법으로 구분되나 일반적으로 실드공법은 추진관경이 3,000mm 이상인 것을 말하며, 3,000mm 이하의 추진공법 및 (세미)실드공법을 총칭하여 추진공법이라 칭한다. 추진공법이란 공장에서 제조된 추진관에 선도체를 장착하여 작업구 내에서 잭의 추진력으로 관을 지중으로 압입하여 관거를 부설하는 방법으로서 추진관의 호칭경이 150~3,000 범위의 원형단면을 말한다.

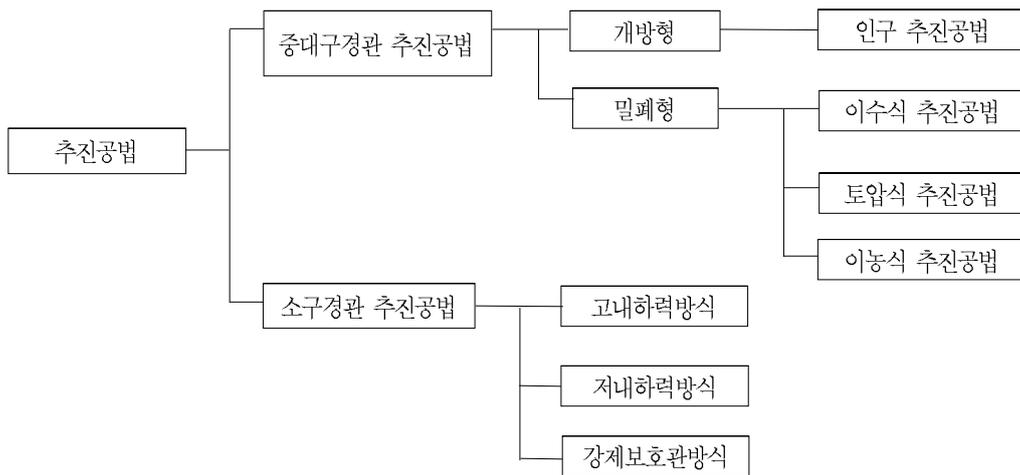
1. 추진공법을 채용하는 경우의 기준은 일반적으로 다음과 같다.
 - 1) 교통량이 많은 도로, 철도, 하천, 구조물 아래의 횡단시공인 경우
 - 2) 주변의 환경조건이나 도로점용조건 등으로 개착공법이 적합하지 않은 경우
 - 3) 매설위치가 깊고, 경제적으로 유리한 경우
2. 추진공법을 채용하기 위해서는 다음의 조건을 고려해야 한다.
 - 1) 지하수가 많은 장소나 토질조건에 따라서는 보조공법의 검토가 필요하다.
 - 2) 연약한 지반에서 시공할 경우에는 추진관의 침하를 일으킬 수도 있다.
 - 3) 추진 중 장애물을 만났을 경우에는 처치가 곤란하다.
 - 4) 지질조건, 시공방법에 따라서는 지표면의 침하를 일으킬 수도 있다.
 - 5) 시공정밀도를 유지하기 위해서는 작업자의 숙련과 면밀한 시공관리가 필요하다.
 - 6) 작업구 위치 선정에 있어서는 특단의 배려가 필요하고, 발진작업구는 당초의 작업구구

측에서 추진공, 맨홀구조, 되메움, 흙막이의 철거까지 장기간에 걸쳐 공사가 이루어지기 때문에 작업구 주변에 큰 영향을 미친다.

1.12 추진공법의 분류

추진공법은 사용하는 추진관의 호칭경에 의해 중대구경관 추진공법, 소구경관 추진공법으로 분류한다. 그리고 선도체의 기구방식, 사용하는 추진관의 종류에 따라 세분화된다.

1. 추진공법은 막장의 안정방법, 굴착방법, 추력의 전달방법 및 토사의 반출방법 등에 의해 공법의 종류는 다양하지만 사용하는 추진관의 호칭경에 의해 분류된다. 호칭경 800~3,000까지를 「중대구경관 추진공법」, 호칭경 150~700까지는 「소구경관 추진공법」이라 한다.
2. 특수한 공법을 제외하고 추진공법은 <그림 4.1>과 같이 분류할 수 있다.



<그림 4.1> 추진공법 분류

- 1) 중대구경관 추진공법은 막장의 안정방법 등에 따라 개방형과 밀폐형의 두 방식으로 구분되며, 밀폐형은 굴착 및 배토방식 등에 의해 이수식, 이농식, 토압식의 세 가지 공법으로 크게 나누어진다. 또한, 추진력의 전달방법에 의해 원압공법, 중압공법으로 나눌 수 있다.
 - ① 개방형 추진공법(이하 “인구 추진공법”이라 함)은 주로 단거리 시공에 적합하고 그 설비는 비교적 간편하다. 그리고 굴착면이 개방되어져 있기 때문에 추진 도중에 장애물이 나타날 것이 예상되는 경우에 사용되어진다.
 - ② 밀폐형 추진공법은 막장의 굴착과 안정을 위하여 각종 기능을 가진 굴진기를 사용하기 때문에 조향성이 풍부하고, 적용 토질의 범위가 넓어 주로 장거리 추진에 적합하다.

2) 소구경관 추진공법은 추진관의 종류에 따라 고내하력방식(고내하력관거), 저내하력방식(저내하력관거), 강제보호관방식(강제관) 3가지로 구분되며 굴착 및 배토방식, 관의 부설방법에 따라 크게 나누어진다.

- ① 고내하력방식(고내하력관거)은 고내하력관거(철근콘크리트관, 덕타일주철관, 도관 등)를 사용하고 추진방향의 관의 내하력에 대항하여 직접 관에 추진력을 실어 추진하는 시공방식이다.
- ② 저내하력방식(저내하력관거)은 저내하력관거(경질염화비닐)를 사용하여 선도체의 추진에 필요한 추진력의 선단저항을 추진력전달 로드(rod)에 작용시켜 관에는 흙과 관주면 저항력(이하 「주면저항력」이라 함)만 부담시켜 추진하는 시공방식이다.
- ③ 강제보호관방식(강관)은 강관에 직접 추진력을 전달하여 추진하고 이것을 보호관으로 사용하여 강관 내에 경질염화비닐관 등의 내관을 부설하는 방식이다.
- ④ 그리고 소구경관 추진공법은 관거의 이용방법에 따라 하수도 본관용 추진공법(이하, 「소구경관 추진공법」이라 함)과 연결관 추진공법으로 구분된다.

<표 4.1> 소구경관 추진공법의 분류

	(추진관의 종류)	(굴착 및 배토방식)	(관의 부설방법)	
	소구경관 추진공법 (추진용 관거)	고내하력방식 (고내하력관)	압 력 방 식	2공정식
오 거 방 식			1공정식	
이 수 방 식			1공정식	
			2공정식	
저내하력방식 (저내하력관)		이 토 압 방 식	1공정식	
		압 입 방 식	2공정식	
			오 거 방 식	1공정식
			이 수 방 식	1공정식
이 토 압 방 식			1공정식	
강제보호관방식 (강제관)		압 입 방 식	1공정식	
		오 거 방 식	1공정식	
		이 수 방 식	1공정식	
	보 링 방 식	1중 케이싱식		
2중 케이싱식				

1.1.3 공사의 실시예 앞서 관련된 법규의 내용을 충분히 파악하고 수속, 방책 등에 만전을 기해야 한다.

법 규 명	
도시계획관련	도시계획법
	지하의 공공이용 기본계획의 책정 등의 추진에 관하여
건설관련 노동관련 환경관계 기 타	건설업법, 하수도법, 하천법, 도로법, 도로교통법 근로기준법, 산업안전보건법 환경정책기본법, 소음·진동방지법, 수질오염방지법, 대기오염방지법, 폐기물관리법 건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률, 자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률 자연공원법 및 자연환경보호법, (공중별)표준안전작업지침, 어업자원보호법 총포·도금·화약류단속법, 전기설비기술기준 밀폐공간에서의 작업시 안전대책(KOSHA CODE H-32-2003), 소방법

1.2 조사

1.2.1 조사는 입지조건 조사, 장애물 등의 조사, 지형 및 토질조사 및 환경보전을 위한 조사가 있으며, 조사의 목적은 노선, 작업구 위치, 관거의 깊이, 시공방법, 보조공법 등을 결정하기 위하여 자료를 수집하고 나아가 공사를 안전하고 경제적으로 실시하는 것이다.

1.2.2 입지조건 조사는 추진공법 채용의 가부, 작업구의 위치, 시공방법 등을 검토하는 자료를 수집할 목적으로 시행하는 것이다.

1. 토지이용 및 권리관계를 조사한다.
2. 도시계획 및 타시설계획의 장래계획을 조사한다.
3. 도로의 종류와 노상의 교통상황을 조사한다.
4. 공사용지 확보의 난이도를 조사한다.
5. 하천, 호소, 바다의 상황을 조사한다.
6. 공사용 전력 및 급배수시설을 조사한다.

1.2.3 지장물건 등의 조사는 공사장 주변시설의 안전과 시공의 안전을 확보할 목적으로 시행

하며, 구체적인 조사방법 등은 제1장 총설 1.11 손해배상 및 2.1 사전조사에 따라 시행한다.

1.2.4 지형 및 토질조사는 노선 전체의 지형, 지층구성 및 토질상황을 파악하여 추진공법의 설계 및 시공상의 검토 자료를 수집할 목적으로 실시한다.

1. 지형 및 토질조사는 다음 항목에 대하여 조사한다. 각 조사는 답사, 보링 등을 적절한 방법으로 실시하고 조사위치와 조사항목은 책임기술자의 판단에 의해 결정한다.
2. 토질조사로 시공조건, 지층구성 등에 의해 토질조사종별, 측정방법, 시험방법 등을 결정한다. <표 4.2>에 토질시험방법과 그 이용을 표시하였다.

<표 4.2> 토질시험방법 및 결과이용

명칭	결과에서 얻는 내용	결과의 이용
시료채취	호트러진 시료의 채취 호트러지지 않은 시료의 채취	지층주상도, 토층종단 추정도를 작성하여 지층 전반을 파악하고 나아가 관찰에 의해 판정
표준관입시험	N값 지층구성	지층의 두께 및 지층의 단단함, 강도, 지지력의 추정 추진력 지반지지력, 지반반력계수의 검토
물리시험	단위체적중량 함수비 입도분포	작업구의 설계자료 추진관의 설계자료 주입공법의 검토 침가제의 검토
역학시험	액성한계 소성한계	세립토의 분류 막장의 안정성 추정
	내부마찰각, 점착력 일축압축강도, 변형계수	작업구의 설계자료 추진관의 설계자료 막장의 안정성 검토
현장투수시험	투수계수	굴착방법, 주입공법 등의 검토
지하수측정	간극수압	굴진기 설비능력의 검토 용수대책 검토
지층가스조사	가스의 종류 (유독가스·가연성가스 등) 가스농도	안전대책 방폭대책·황화수소중독 대책·산소결핍 대책
기타		pH에 의한 지하수 조사 등

1.2.5 환경보전을 위한 조사는 주변 환경에 영향을 미칠 것으로 예측되는 항목에 대하여 조사를 실시하고, 설계 및 시공관리의 자료를 수집할 목적으로 시행하며 구체적인 조사방법 등은 제 1장 총설 1.11 손해배상 및 2.1 사전조사에 따라 시행한다.

1.3 설계

1.3.1 추진 선형은 직선을 원칙으로 하고 조사결과를 기초로 점용조건, 시공성 등을 고려하여 계획한다.

1.3.2 추진공법에서 필요한 최소 심도는 굴착단면, 토질조건, 주변 구조물과 매설물 및 시공방법을 고려하여 충분한 심도를 유지해야 한다.

1. 일반적으로 추진관의 깊이는 작업구 구축, 용수처리, 작업성, 장래의 유지관리 등을 생각하여 얕은 것이 좋지만, 안전한 시공을 위해서는 각종 조건을 고려하여 충분한 심도를 유지해야 한다. 필요한 최소심도는 일반적으로 1.0~1.5D(D는 추진관의 외경)이지만, 1.5m 이상은 필요하다. 그리고 소구경관의 심도는 1.0m 이상이 필요하다.
2. 또한, 심도를 작게 할 경우에는 다음의 항목에 대하여 충분히 배려해야 한다.
 - ① 시공방법
 - ② 토질조건
 - ③ 보조공법 및 방호공법
 - ④ 지하매설물 및 주변 구조물
 - ⑤ 관의 종류
3. 한편, 심도가 깊어져 추진관에 작용하는 지하수압이 추진관의 연결부에서 내수압의 한도를 초과할 경우에는 별도로 고려해야 할 필요가 있다.

1.3.3 추진관에서 구조물까지의 이격거리는 굴착단면, 토질조건, 지하매설물, 주변 구조물의 종류 및 시공방법 등을 고려하여 각 구조물의 관리자와 협의하여 충분한 안전거리를 유지해 주어야 한다.

1.3.4 추진공법의 선정은 노선의 상황, 시공구간의 연장, 토질조건, 선형, 기타 주변의 시공환경, 공기 등의 모든 조건을 검토하고 필요한 공법을 선정해야 한다.

1.3.5 추진공법의 설계에서는 관에 작용하는 외압하중을 추정하는 것이 무엇보다도 중요하다. 관에 작용하는 외압하중은 다음과 같다.

1. 상시 작용하는 하중(관 자체하중, 관에 작용하는 등분포하중: 활하중, 토압, 지반반력, 수압)
2. 시공시에 작용하는 하중(가설하중, 주변저항력, 선단저항력, 추진력)
3. 기타의 영향

1.3.6 공사의 시공은 토질조건과 시공환경에 따라서 난이도가 크게 좌우된다. 특히, 막장 앞 흙이 불안정하여 막장의 붕괴, 지표면의 함몰 또는 지반침하의 위험이 있는 경우, 그리고 근접한 구조물, 매설물 등의 방호를 해야 하는 경우에는 지반개량을 실시하여 막장 앞 흙의 안정 및 보강을 확립해야 한다.

1. 추진공법에서 작업구부에서는 흙막이 불연속부, 지압벽 배면부, 흙막이 평면부, 저판부, 그리고 추진부에서는 발진과 도달부, 구조물 근접부, 매설물 근접부, 철도·하천 횡단부 등에서의 지수 및 지반강화를 목적으로 보조공법을 시행한다. 보조공법의 채용에서는 토질, 지하수, 시공환경 등의 사전조사를 하고, 각 보조공법의 특징, 과거의 실적, 경제성 등 종합적인 검토를 토대로 결정해야 한다.
2. 보조공법에는 다음과 같은 공법이 있다.
 - 1) 지반개량공법: ① 약액주입공법, ② 교반혼합공법
 - 2) 지하수위저하공법
 - 3) 기타공법

1.4 추진공법용 관

1.4.1 추진관에는 하수도 추진공법용 철근콘크리트관, 하수도 소구경관 추진공법용 철근콘크리트관, 하수도 추진공법용 유리섬유 복합관, 하수도 추진공법용 덕타일주철관, 하수도 추진공법용 도관, 하수도 추진공법용 경질염화비닐관, 하수도 추진공법용 레진콘크리트관 및 기타 추진관이 있다.

1. 하수도 추진공법용 철근콘크리트관(호칭경 800~3,000)은 중대구경관 추진공법에 사용된다.
2. 하수도 소구경관 추진공법용 철근콘크리트관(호칭경 200~700)은 고내하력방식의 소구경

관 추진공법으로 사용된다.

3. 하수도 추진공법용 유리섬유 복합관(호칭경 300~3,000)은 소중대구경관 추진공법에 사용된다.
4. 하수도 추진공법용 덕타일주철관(호칭경 250~2,600)은 압송용, 자연유하용으로 사용된다.
5. 하수도 추진공법용 도관(호칭경 200~450)은 고내하력방식의 소구경관 추진공법에 사용된다.
6. 하수도 추진공법용 경질염화비닐관(호칭경 150~450)은 소구경관 추진공법에서도 추진관에 주면저항만 가해지는 저내하력 방식의 소구경관 추진공법에 사용한다.
7. 하수도 추진공법용 레진콘크리트관(호칭경 200~1,500)은 골재(잔·굵은 골재), 합성수지(섬유강화플라스틱용 액상불포화 폴리에스테르수지) 충전재를 주재료로 하고, 철근으로 복합보강한 것이다.
8. 기타 추진관에는 강관, 하수도 추진공법용 강화플라스틱 복합관 등이 있다.

1.4.2 추진관의 선정은 내수압, 외압, 추진력, 시공방법 및 시공조건을 고려해야 한다.

1.4.3 수직방향의 관의 내하력은 다음의 식 (4.1)과 같다.

$$q_r = \frac{1}{0.275 \times r^2} \times M_r \quad (4.1)$$

여기서, q_r : 수직방향의 관의 내하력(kN/m²)

M_r : 외압강도로 구하는 관의 저항모멘트(kN·m)

r : 관두께 중심반경(m)

※ 여기서 말하는 관이란 철근콘크리트, 레진콘크리트 및 유리섬유복합관 등의 원형관을 말한다.

1.4.4 추진방향의 관의 허용내하력은 다음의 식 (4.2)에서 구한다.

$$F_a = 1,000 \cdot \sigma_{ma} \cdot A_e \quad (4.2)$$

여기서, F_a : 관의 허용내하력(kN)

σ_{ma} : 콘크리트의 허용평균압축응력도(N/mm²)

A_e : 관의 유효단면적(m^2)

※ 여기서 말하는 관이란 철근콘크리트, 레진콘크리트 및 유리섬유복합관 등의 원형관을 말한다.

1.4.5 저내하력관거의 수직방향의 관강도 계산은 추진관에 작용하는 수직등분포하중에 의해 관체에서 발생하는 최대 휨응력, 휨률, 그 어느 쪽이든 허용치를 만족한다는 것을 확인하는 방법으로 계산한다.

1.4.6 저내하력관거의 추진방향의 관거의 허용내하력은 다음의 식 (4.3)에 의해 구하는 것으로 한다.

$$F_a = \sigma_b \cdot A_e \quad (4.3)$$

여기서, F_a : 직관의 허용추진내하력(kN)

σ_b : 직관의 허용압축강도(압축강도는 $64.7N/mm^2$ 이지만, 형상인자 및 시공상의 안전을 고려하여 $32.35N/mm^2$ 로 한다)

A_e : 직관의 유효단면적(m^2)

1.5 추진력

1.5.1 추진력은 선도체 선단부의 막장에 관입 또는 굴착에 의한 저항과 외주면이 막장의 흙과 접촉할 때의 마찰과 부착력, 관의 자체중량에 의한 관과 흙의 마찰의 합에 상응하는 힘으로 모든 추진저항의 총합이다.

1.5.2 허용추진 연장은 관의 추진방향 내하력, 추진설비의 추력 및 지압벽 반력의 어느 것이든 허용치를 만족하는 것이며, 다음의 식 (4.4)에서 구한다.

$$L_a = (F_r - F_0) / f_0 \quad (4.4)$$

여기서, L_a : 허용추진연장

F_r : F_a 와 F_m 및 R 을 비교하여 작은 값(kN)

F_m : 원압재의 추력(kN)

F_0 : 선단저항력(kN)

f_0 : 주면저항력(kN/m)

1.5.3 추진력을 경감하기 위하여 수직하중, 축방향 하중에 대한 것을 검토한다.

1. 추진력의 분할

추진거리에 따라 원압설비 능력으로 지압벽의 내력을 상회하는 추진력이 필요할 경우에는 관체 사이에 중압설비를 설치하여 능력부족을 보충하는 방법이다. 중압공법은 이론상으로 추진거리가 무한하지만 시공성, 안전성 등에서 한계가 있다.

2. 관외주면에 활재 주입

추진저항은 관외주면의 흙과의 마찰력, 부착력에 의해 생긴다. 저항을 감소시키기 위해서는 활재를 주입하는 것이 효과적이다. 활재의 주입은 추진 중에 추진관과 주변 흙의 마찰 저항을 줄이고, 동시에 주변 흙이 느슨해지는 것을 방지하며 나아가 지수를 목적으로 한다. 단, 활재 주입에 의한 저감효과는 정성적이기는 하지만, 정량적으로는 명확하지 않기 때문에 채용할 때에는 주의가 필요하다.

통상 활재는 추진관의 주입공으로 주입하지만, 주입장치를 선도체의 뒷부분에 설치하여 관 주위에 주입하는 방법도 있다.

1.5.4 장거리추진에서 총추진력이 추진설비의 추력 및 추진관, 지압벽의 내하력을 상회하는 경우는 원압추진력, 중압추진력으로 분할하여 부담을 경감한다. 단, 중압추진의 적용관 크기는 호칭경 1,000~3,000으로 한다.

1.6 중대구관경 추진공법 시공

1.6.1 시공계획은 공사의 내용을 파악하고 설계도서 및 특기 시방서에 따라 현지조사결과를 바탕으로 충분한 기술적 검토를 하고 작성해야 한다.

1.6.2 인구 추진공법의 추진작업은 다음 항목에 관해서 적정한 상태를 유지하도록 관리를 해 나가야 한다.

1. 막장의 안정
2. 굴착의 상태

3. 추진설비의 관리
4. 추진정도(방향의 측량과 추진방향의 제어)
5. 추진관의 상태(관열의 정렬, 관체의 이상 등)

1.6.3 이수식 추진공법의 추진작업은 다음의 항목에 대해서 적절한 상태를 유지하도록 관리해야 한다.

1. 막장의 안정(막장 수압, 이수의 성상)
2. 유체반송의 상태(송·배니 수량)
3. 굴진기 및 굴진 제설비(이수환류설비, 추진장치, 활재 주입설비)의 작동상태
4. 굴진정도(굴진기의 위치, 방향의 측량과 굴진방향제어)
5. 추진관의 상태(관열의 정렬, 관체의 이상 등)

1.6.4 토압식 추진공법의 추진작업은 다음의 항목에 관해서 적절한 상태를 유지하도록 관리해야 한다.

1. 막장의 안정(이토의 성상, 막장 토압)
2. 이토의 반송 상태
3. 굴진기 및 추진 제설비(이토 반송설비, 추진설비, 활재 주입설비)의 작동상태
4. 굴진정도(굴진기의 위치, 방향의 측량과 굴진방향제어)
5. 추진관의 상태(관열의 정렬, 관체의 이상 등)

1.6.5 이농식 추진공법의 시공

추진작업은 다음의 항목에 관해서 적절한 상태를 유지하도록 관리해야 한다.

1. 막장의 안정(막장 압력, 고농도 이수의 주입)
2. 굴착토사의 진공반송 상태
3. 굴진기 및 추진 제설비(이토 반송설비, 추진설비, 활재 주입설비)의 작동상태
4. 굴진정도(굴진기의 위치, 방향의 측량과 굴진방향제어)
5. 추진관의 상태(관열의 정렬, 관체의 이상 등)

1.6.6 원압장치는 작업구 내의 기초토대 위에 설계서에 지시된 높이, 방향 등을 맞추어 견고하고 안정되게 설치하여야 한다.

1.6.7 관의 접합은 ① 고무테, 링 등 접합부분의 점검, ② 관 내림, ③ 케이블, 배관 등의 접속교환, ④ 선행 추진관과 접합관의 높이와 방향 조정 순서로 시행한다.

1.6.8 굴착부의 지반의 안정을 확인한 후 갱구절단을 시행하고 굴진기를 발진해야 한다.

1.6.9 초기굴진(밀폐형 추진공법)에 있어서는 ① 발진갱구 전면의 지반 안정, ② 굴진기의 방향정도, ③ 갱구의 지수 및 굴진기의 추진 항목에 유의해야 한다.

1.6.10 굴진기의 도달에서는 굴진기의 위치를 확인하고, 발진갱구와 같이 막장, 심도, 용수의 상태에 유의하여 그 대책을 시행한 뒤에 도달의 입구를 열어야 한다.

1.6.11 활재 주입에서는 ① 토질조건, ② 주입공, ③ 주입방법, ④ 주입압, ⑤ 주입량에 유의해야 한다.

1.6.12 활재는 관 주변 흙의 토질에 맞는 재료를 사용한다.

1.6.13 뒤채움재의 주입에서는 누설에 주의하면서 주입압력, 주입량을 관리하며 주입할 필요가 있다.

1.6.14 뒤채움 재료는 관 주변 흙에 가장 적합한 재료를 사용한다.

1.6.15 관의 연결부에는 이음새 공사를 해야 한다.

1. 추진관의 매설위치는 통상 지하수위보다 아래에 있기 때문에 이음새 작업을 실시하는 목적은 지하수의 침입을 방지하는 것이다. 이음새 틈을 채우는 것은 경질 반죽의 모르타르(1:2), 에폭시수지, 급결 시멘트, 무수축 모르타르 등을 사용한다. 이음새 공사를 실시할 때에는 관의 이음새 홈부분을 청소하고 이음새에서 모르타르가 벗겨지지 않도록 처치하며, 충분히 충전하여 물이 침입하지 않도록 시공한다. 대구경관에서는 모르타르를 두 번으로 나누어 처음 시공분이 굳은 뒤에 두 번째 충전을 하는 방법이 바람직하다.
2. 그리고 주입공은 플러그로 지수를 한 뒤에 모르타르를 충전한다.

1.6.16 측량의 목적은 추진관이 소정의 방향, 구배 및 높이를 유지하고 관거로서의 기능을 잃

어버리지 않도록 노력하는 것이다. 그리고 추진에 따른 지표면의 변위 등을 끊임없이 측정하여 도로교통, 지하매설물, 근접 구조물 등에 대한 영향을 파악해야 하며 측량으로는 갱외측량, 기선측량 및 추진관리 측량이 있다.

1.6.17 장거리 추진공의 설계·시공에서는 ① 추진공법의 선정, ② 추진력의 저감, ③ 추진력의 산정, ④ 토사반출, ⑤ 측량, ⑥ 안전대책 항목을 검토하고, 적절한 계획을 시행하여야 한다.

1. 추진공법에서 장거리시공이란, 중대구경관 추진공법(인구·이수식·토압식·이농식)의 표준적인 설비·시공방법만으로는 대응이 곤란한 거리의 시공이라고 정의한다.
2. 장거리추진공은 추진력의 산정결과와 추진관의 내하력·원압 설비의 추력·지압벽 반력 및 중압설비의 추력·설치장소의 수 등이 표준장비를 상회할 경우에 검토할 필요가 발생한다.
3. 그리고 추진력의 산정결과에서 표준적인 장비·시공방법으로 가능한 경우에도 노선 내에 있는 복수의 곡선부에서는 중압이 어려워지기 때문에 실제로는 장거리 시공이 되는 경우도 있다.
4. 이런 것을 고려하여 추진관 호칭경의 250배(250D)를 넘는 경우, 또는 250D 미만이라도 500m를 넘는 경우는 장거리시공이라고 정의한다.

1.6.18 곡선시공에서는 시공설비, 재료 등에 대하여 곡선고유의 현상에 대한 검토를 하고, 곡선시공에 적합한 설계를 해야 한다. 설계를 할 때 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

1. 추진관 이음새의 개구 길이의 산정과 유지
2. 추진저항의 산정
3. 곡선부의 허용추진력

1.6.19 설정된 곡선을 추진하기 위하여 다음의 항목에 관한 시공방법, 시공설비에 대하여 적합성을 검토하고 최적의 시공을 해야 한다.

1. 굴진기의 곡진성
2. 굴진관 단부의 추력전달방법
3. 측방하중에 대한 지반보강

1.6.20 곡선부에서는 곡선반경, 곡선부의 노선길이, 추진관경 등에 의해 예측거리가 제한되기 때문에 공사조건에 적합한 효율적인 측량방법을 검토·계획해야 한다.

1.6.21 하천횡단 시공에서 하상에서 충분한 심도가 확보되지 않은 경우에는 막장에서의 이수가 새거나 분출 등이 일어날 위험성이 있다. 따라서 면밀한 사전조사를 실시하여 시공시에는 적절한 막장 관리를 해야 한다.

1.6.22 소심도 조건하의 시공에서는 막장에서의 이수가 새거나 분출 등이 발생할 위험이 있다. 따라서 시공시에는 적절한 막장 관리를 실시해야 한다.

1.6.23 고수압 조건하의 시공에서는 굴진기 및 추진관의 내압성, 챔버 내 압력의 유지 등의 고압에 대하여 검토해야 할 기술적 과제가 있고, 공사조건에 맞는 설계·계획 및 시공을 해야 한다.

1.6.24 굴진기 및 추진설비의 규격, 형상, 치수가 현장조건에 맞는지를 확인한다. 그리고 시운전을 하고 성능, 작동상황을 점검해야 한다.

1.6.25 추진설비, 운반설비, 주입설비, 전력설비, 보안설비 등의 제설비는 항상 잘 정비·조정하여 양호한 상태를 유지하고 기능을 충분히 발휘되도록 노력해야 한다.

1.7 소구관경 추진공법 시공

1.7.1 설계도서에 따라서 막장의 조건, 환경조건 등을 정밀 조사하여 충분히 기술적 검토를 실시하여 안전하고 경제적인 시공계획을 세워야 한다.

1.7.2 측량의 목적은 추진관을 계획선에 따라서 정밀도 높게 부설하기 위하여 계획선과의 차이를 수정하면서 선도체를 추진하는데 필요한 정밀도의 계측데이터를 제공하는 것이다. 따라서 목표추진 정밀도 및 목표측량 정밀도를 설정하여 정밀도 확보를 위한 방안을 강구해야 한다.

1.7.3 지압벽은 추진력에 대해서 충분히 견딜 수 있는 것이어야 한다.

1.7.4 작업구 안에 지하수 또는 토사가 유입될 위험이 있는 경우나 활제를 주입할 경우에는 갱구설비를 설치하여야 한다.

1.7.5 추진장치는 작업구 내의 기초 위에 설계도서에 따른 높이, 방향 등을 맞추어 견고하고 정밀하게 설치해야 한다.

1.7.6 선도체 및 추진장치의 규격, 형상, 치수가 현장의 조건에 적합한지를 확인한다. 또한 시운전을 하고 성능, 작동상황을 점검해야 한다.

1.7.7 굴착부 지반의 안정을 확인한 후 갱구절단을 실시하고 선도체를 발진시켜야 한다.

1.7.8 초기굴진에서는 ① 굴착부 지반의 안정, ② 선도체의 방향(정밀도), ③ 선도체 및 추진장치의 작동상황 등에 유의하여야 한다.

1.7.9 추진관의 관 내에 케이싱 등을 장착하거나 철거할 때에는 관 단부와 관 내면에 상처가 나지 않도록 주의한다.

1.7.10 소구경관은 통상 이음새 공사를 시행할 수 없기 때문에 지수성의 확보에 특히 신중하게 대처해야 한다.

1.7.11 소구경관 추진공법(굴착과 배토방식)의 특성 및 토질, 지하수위, 심도 등의 조건에 맞추어 막장을 안정시키고, 추진관에 걸리는 추진력을 확인하고 배토량이 과다해지지 않도록 유의해야 한다.

1. 압입방식 2공정식에서는 유도관 추진 도중에 시간을 경과시키면 토질에 따라서는 주변에서 심하게 조여들어 추진이 불가능하게 되는 경우가 있다. 추진 도중에는 중단하지 말고 한번에 도달시켜야 한다.
2번째 공정의 추진관의 추진시에는 지하수위가 높은 부드러운 사질지반에서는 커터의 회전을 멈추었을 때 커터슬릿에서 토사가 유입되어 흡입 과다가 되는 경우가 있다. 이것을 방지하기 위하여 슬릿의 개구율을 토질, 지하수압에 맞추어 조정할 필요가 있다.
2. 오거방식은 높은 지하수압에 대항하는 장치를 가지고 있지 않기 때문에 지하수위 이하의 사질토 지반에 적용하는 경우에는 흡입토량에 특히 주의해야 한다. 흡입토량이 많은 경우에는 보조공법의 적용을 검토할 필요가 있다.
3. 보링방식은 선도체 전면이 개방되어 있기 때문에 지하수위 이하의 사질토 지반에 적용할 경우에는 보조공법의 사용을 전제로 하지만 보조공법의 효과에 따라서는 흡입 과다로 될

경우도 있다. 흡입토랑에는 특히 주의해야 한다.

4. 이수방식, 이토압방식에 대해서는 1.6 중대구경관 추진공법, 1.6.3 이수식 추진공법의 시공, 1.6.4 토압식 추진공법의 시공에 준한다.

1.7.12 선도체의 도달에서는 선도체의 위치를 확인하고 발진갱구와 같이 막장의 토질, 보조공법 효과의 상황, 용수상태 등에 유의하여 그 대책을 세운 뒤에 도달갱구의 갱구절단을 하여야 한다.

1.7.13 선도체의 분할·회수 작업시 좁은 공간에서 중량물을 취급하기 때문에 작업순서를 철저히 지키고 작업자의 안전을 확보하는 데에 충분히 유의해야 한다.

1.7.14 활재의 주입에서는 주입재료의 선정과 관리에 유의해야 한다.

1.8 작업구

추진공법의 작업구는 추진시공상에 필요한 발진, 도달 등의 작업기지, 또는 관로시설에 필요한 맨홀 등의 구조물을 축조하기 위한 공간이다.

작업구의 설계는 시공조건, 지반조건, 가공선 및 지하매설물의 조건, 주변의 환경조건, 교통현황 등을 충분히 조사 검토한 뒤 시공성·안전성 및 경제성이 우수한 구조(평면 형상치수, 깊이, 설치위치 등)와 함께 시공방법(흙막이 방법, 굴착방법, 가설계획 등)을 선정하여야 한다.

작업구의 시공은 설계도서, 특기시방서 등을 기초로 하여 공사내용을 파악하고 필요에 따라서는 시험굴착이나 토질조사를 보충하여 실시하고, 지장물건, 환경조건 등을 조사하고 충분한 기술검토를 하여 안전하고 경제적인 시공으로 하는 것이 중요하다. 따라서 적절한 시공계획과 시공관리를 할 필요가 있다.

1.8.1 작업구는 사용목적에 따라서 발진작업구와 도달작업구로 분류된다.

1. 발진작업구는 선도체, 추진관 등을 설치하여 추진작업을 하기 위한 장소임과 동시에, 굴착토사의 반출, 재료 및 제기계기구의 반출입, 작업자의 출입 등에 사용된다. 그리고 발진작업구는 도달작업구로 사용할 경우도 있다. 발진작업구에는 일반적으로 다음과 같은 각 설비를 설치한다.

- 1) 작업구 안에는 추진력의 반력을 흡수하는 지압벽 또는 반력앵커, 추진설비 또는 추진장치, 굴착토사 반출설비, 모든 기자재의 반·출입설비 및 작업자의 승강설비 등을 설치한다.
 - 2) 작업구 밖에는 크레인설비, 활재·뒤채움 주입설비, 전력설비, 급배수설비 및 보안설비 등을 설치한다.
2. 도달작업구는 추진의 도달위치에 설치되어 선도체의 도달, 회수 또는 복수구간의 추진을 하는 경우에는 다음의 발진작업구로 사용하는 등 각각의 목적에 맞추어 계획한다.

1.8.2 작업구의 설계시에는 다음 사항에 유의하여야 한다.

1. 작업구의 위치는 공사의 안전성과 작업성을 확보함과 동시에 도로의 교통상황, 지하매설물의 상황과 주변의 환경조건 등을 고려하여 결정해야 한다.
2. 작업구의 용지는 작업구 구축 및 추진시공시에 모든 기계설비 등을 효율적으로 배치하기 위하여 작업에 필요한 면적을 확보해야 한다.
3. 작업구의 형상치수는 작업구의 종류, 추진공법의 종류, 맨홀의 형상치수, 흙막이공법, 현장조건 등에 따라 다르기 때문에 각각의 필요치수를 검토하여 결정해야 한다.
4. 흙막이공법에는 일반적으로 시트파일공법, 엄지말뚝 흙막이판공법, 라이너 플레이트공법, 주열식 지하연속벽공법, 소형 작업구공법이 있다. 흙막이공법은 시공조건과 주변 환경에 미치는 영향을 검토하여 시공성, 안전성, 경제성 등을 종합적으로 판단하여 선정하여야 한다.
5. 흙막이공의 설계는 시공 중에 작용하는 하중을 상세하게 검토하여 시공의 각 단계에서 지반의 안정, 흙막이 부분의 응력상태 및 변위에 관해서 검토하여야 한다.
6. 작업구 연결관은 추진관과 동일한 관중으로 하고 설계에서는 토압에 대하여 충분한 강도를 가지는 것으로 해야 한다. 또한, 필요에 따라서 적절한 내진대책을 강구한다. 기초공, 퇴매움공 및 흙막이 제거공에서는 관거에 불규칙한 하중이 작용하지 않도록 주의해야 한다.

1.8.3 작업구의 구축에서는 진동·소음의 저감과 함께 지하매설물의 상황을 관찰하고, 또한, 시공 중에는 흙막이의 상황을 항시 점검·감시하여야 한다.

1.8.4 지장이 되는 매설물 등은 우회 또는 방호 등의 적절한 조치를 취해야 한다.

1.8.5 노면복공에 있어서는 교통사정으로 인해 작업구를 복공할 경우는 모든 하중에 대해 충

분한 강도와 강성을 확보하여야 한다. 시공에서는 극간이나 단차가 생기지 않도록 평활하게 나열하고 복공판의 낙하나 요동 등의 진동·소음이 발생하지 않도록 주의해야 한다.

1.9 기타

추진공사의 관리·감독은 시공계획을 토대로 안전, 확실, 적절하게 시행되어야 한다. 주요 관리로서는 공정관리, 품질관리, 작업관리, 안전·위생관리 및 환경보전대책을 들 수 있다.

1.9.1 지반변위는 주변에 미치는 영향이 크기 때문에 적절한 공법을 채용하여 신중한 시공관리를 실시하여 지반변위 방지에 노력해야 한다.

1.9.2 기설 구조물에 근접하여 시공을 하는 경우에는 관리자와 충분한 협의를 하고 필요에 따라서는 방호대책을 실시해야 한다. 또한, 시공시에는 계측관리를 실시하여 기설 구조물에 미치는 영향을 감시해야 한다.

1. 추진공사의 근접시공에서는 충분한 사전조사와 적절한 영향예측을 토대로 필요한 방호대책을 세우는 것과 함께 시공 중에는 계측관리를 시행할 필요가 있다.
2. 계측관리를 위한 순서는 다음과 같다.
 - ① 사전조사
 - ② 근접시공 영향의 예측
 - ③ 방호대책
 - ④ 계측관리

1.9.3 시공관리는 크게 공정관리, 품질관리 및 안전관리로 구분된다.

1. 공정관리는 언제나 작업의 실적을 파악하고 계획공정과 대조한 뒤 필요에 따라서는 적절한 작업을 시행하고, 전체 공정이 원활하게 무리없이 진행되도록 하여야 한다.
2. 품질관리에 있어서는 추진공법에 사용하는 제품 및 재료는 소요시험, 검사를 실시하고 시방서를 토대로 치수, 강도, 재질 등의 품질을 확인한다. 또한, 재료에 따라서는 파손, 변질 등의 위험이 있기 때문에 품질관리에는 충분히 유의해야 한다.
3. 작업관리에 있어서는 시공할 때 항상 막장의 토질 및 용수의 상황, 관 중심선의 변위, 관 연결부의 변형과 파손, 누수, 지표면의 변동 상황 및 활재·뒤채움 주입압과 주입량에 유의

하여 소요의 조사, 측정 등을 실시하면서 신중하게 공사를 진행하고, 공사가 시행계획에 따라 완성되도록 일상의 작업관리를 실시해야 한다.

1.94 안전위생관리란 안전위생관리, 작업환경정비, 재해방지 등으로 구분되며 다음 사항에 충분히 유의하여야 한다.

1. 추진공법의 시공에서는 공사에 관한 관계법규를 엄수하고 안전위생 관리를 철저히 하여 노동재해가 일어나지 않도록 충분히 주의해야 한다.
2. 시공에서는 안전하고 위생적이며 쾌적한 작업환경을 항상 유지하도록 필요한 시설·설비를 설치하고 또한, 필요한 조치, 대책을 강구해야 한다.
3. 시공 중에는 재해방지를 위하여 필요한 조치를 강구해야 한다. 특히, 추진공사 특유의 작업환경, 작업조건 및 작업방법에 기인하는 재해에 대해서는 충분히 배려해야 한다.
4. 작업구 및 갱내의 작업장에서는 안전하고 위생적인 작업환경을 만들기 위하여 필요에 따라서 환기설비를 설치해야 한다.
5. 작업자가 안전하게 통행하고 승강할 수 있는 튼튼한 안전통로 및 승강설비를 설치해야 한다.

1.95 계획단계에서 사전에 필요한 환경조사를 실시하여 영향을 끼칠 수 있는 요인은 적절한 대책을 강구하고 주변지역의 환경보전에 노력해야 한다.

1. 공사에 따른 소음에 대해서는 소음규제법 등의 관계법령을 준수하여 사전조사를 토대로 적절한 대책을 강구하고 공사 주변지역의 소음방지에 노력해야 한다.
2. 공사에 따른 진동에 대해서는 진동규칙 등의 관련법규를 엄수하고, 사전검사를 토대로 적절한 대책을 세우고 공사주변 지역의 진동방지에 노력해야 한다.
3. 공사에 따라서 수질오염물질이 발생하는 경우는 필요한 사전조사를 실시하여 수질환경보전법 등의 관련법규를 엄수하여 공공용수역 등의 수질오염 방지에 노력해야 한다.
4. 공사에 따라서 지하수에 영향을 미칠 위험이 있는 경우에는 필요한 사전조사를 실시하여 공사주변지역의 지하수대책에 힘써야 한다.
5. 굴착토사는 발생의 억제, 재활용 및 경량화에 노력하고 관련법규를 엄수하여 적정한 처리·처분을 해야 한다.

1.96 추진시공 중에 문제발생의 징후가 느껴지거나 발생했을 때에는 신속하게 대처해야 한다.

1. 문제발생의 원인은 조사·설계, 지층·지하수, 시공관리, 추진설비 및 사용재료 등에 기인하는 것으로 크게 나누어지고, 주요한 트러블의 상황은 추진불능, 사행, 추진관의 파손, 지표면의 변동, 예측하지 못한 출수 등이 있다. 문제발생의 가장 큰 요인은 조사시의 토질 상황과의 차이를 들 수 있고 보링조사를 면밀히 실시하는 것과 사력층에서는 대구경보링이나 심초공법 등에 의해 자갈경, 입도분포, 지하수 등을 충분히 조사하여 상세한 토질 데이터를 입수하는 등의 대책이 필요하다.
2. 추진불능이 되는 원인은 다른 트러블과 중복되어 발생하는 경우가 많다. 따라서 항상 다른 트러블의 방지에 노력해야 한다. 추진불능이 되는 원인에는 다음의 것이 있다.
 - 1) 추진능력의 부족
 - 2) 추진관의 강도부족
 - 3) 선도체, 추진장치 등의 성능부족 또는 고장
 - 4) 지압벽의 반력부족
 - 5) 장애물과의 조우
 - 6) 시공관리상의 문제
3. 추진관이 사행을 일으키는 원인은 많이 있고 그 중에서 몇 가지 원인이 겹쳐서 발생하는 것이 있다. 사행이 커지게 되면 수정이 어렵게 되기 때문에 항상 사행방지에 노력해야 한다. 추진관이 사행하는 주원인과 대책은 다음과 같다.
 - 1) 선도체의 운전조작 미숙
 - 2) 막장 부근에서의 토사 붕괴
 - 3) 토질의 불균질
 - 4) 선굴착, 여분굴착
 - 5) 추진설비 및 추진장치의 설치위치 및 조작의 실수
 - 6) 지압벽의 가압면이 추진방향에 직각이 아니기 때문에 나타나는 편압
 - 7) 측량오차, 관, 칼라의 제작정밀도
4. 추진관이 시공 중에 파손되는 원인은 여러 가지 있지만 몇 가지의 원인이 겹쳐서 발생하는 것이 있다. 파손이 심해지면 복구가 곤란해지기 때문에 항상 파손 방지를 위하여 노력해야 한다.
5. 시공 중에 추진관의 파손에 대해서는 바로 대책을 수립해야 한다.
6. 예측하지 못한 출수 및 가스의 분출이 발생한 경우에는 곧바로 적절한 응급조치를 취하고 원인을 알아낸 뒤 만전의 조치를 취해야 한다. 특히, 하천, 호소 등을 횡단 또는 근접하여 시공하는 경우에는 처음부터 출수대책을 세워두어야 한다. 그리고 오염수의 유출이나 가스

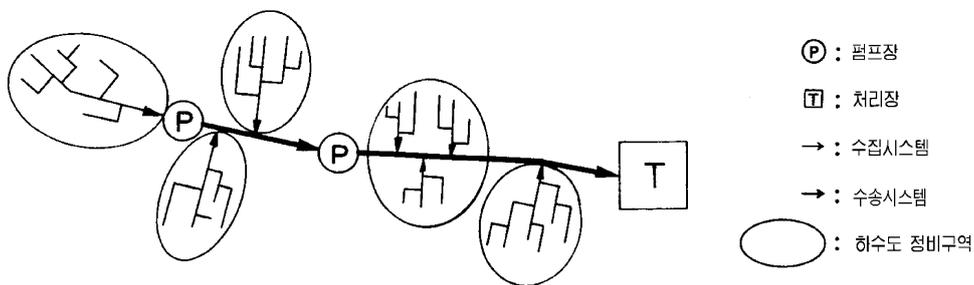
- 의 분출이 예상되는 경우에는 충분한 대책을 세워두어야 한다.
- 지표면의 변동은 주변에 미치는 영향이 크기 때문에 항상 지표면을 감시하고, 변동이 생긴 경우에는 그 원인을 조사하고 동시에 굴착토와 배토량을 체크하여 지반변동이나 함몰을 방지하도록 노력해야 한다.

제2절 압력관거시스템

2.1 압력관거시스템

2.1.1 압력관거시스템에는 수송시스템으로서의 압송식과 수집시스템으로서의 진공식 및 압력식이 있으며, 각 방식에서 다른 특성을 갖기 때문에 관거시설의 규모나 중요성을 고려하여 적절한 것을 선정하여야 한다.

- 관거시설은 자연유하방식을 표준으로 하나 지형·지질 조건 및 하수의 유하 상황 등에 따라서는 공사비 절감이나 유지관리 용이성을 위하여 양압 및 부압을 이용한 압력관거시설을 계획할 필요성이 있다.
- 분류식 하수도에서 발생오수를 각 가정이나 사업소 등 발생원에서 수집하고 펌프장이나 처리장까지 수송하는 관거시스템은 <그림 4.2>와 같이 일반적으로 수집시스템과 수송시스템의 2가지 부분으로 구분할 수 있다.



<그림 4.2> 하수도 관거시스템의 분류 이미지도

2.12 일반적으로 진공식 및 압력식은 수집시스템에, 압송식은 수송시스템에 적용된다.

2.13 수집시스템은 자연유하방식을 표준으로 하나 다음과 같은 특성이 있는 지역에서는 진공식 또는 압력식 하수도 수집시스템 검토 대상으로 한다.

1. 지형적·지리적 조건, 지반, 토질 특성으로 인해 하수도 정비가 지체되는 곳
2. 급격한 인구 증가로 인해 설계 유량 이상의 수량이 발생하고 관거가 능력 부족이 된 곳
3. 지하매설물이 폭주하고 있으며 자연유하관의 부설이 곤란하거나 부설할 수 있어도 건설비가 많이 드는 곳
4. 리조트 지역과 같은 계절적 인구 변동이 심한 곳
5. 경관, 자연보호를 위해 대구경관을 매설할 수 없는 곳
6. 초기 투자를 억제, 단계적인 건설계획을 세우는 곳
7. 하수도의 조기 사용 개시를 희망하는 곳
8. 인구 밀도가 낮은 곳
9. 합류식 하수도를 분류화할 필요가 있는 곳

2.2 압송식 하수도 수송시스템

압송식 하수도 수송시스템은 펌프시설과 압력관거로 구성된다. 압송식에 의한 압력관거는 다음 각 항을 고려하여 정한다.

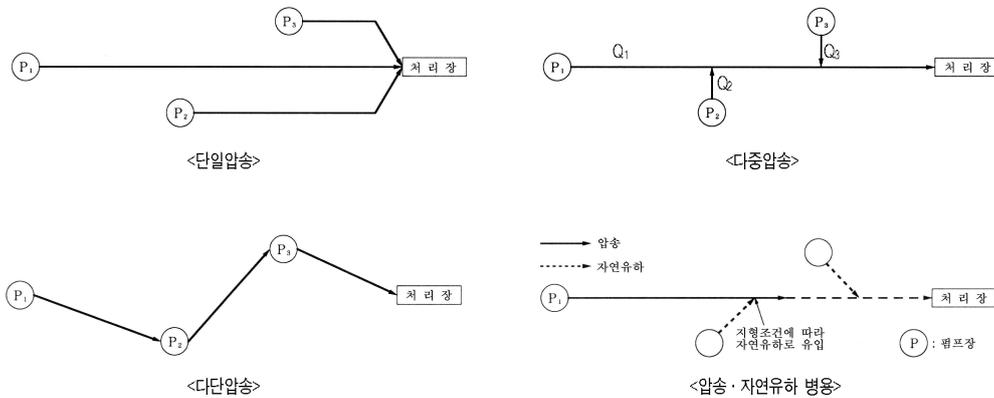
2.2.1 정비 대상구역의 지형이나 지질, 사회적 조건을 고려하여 자연유하방식과의 비교 검토를 한다.

2.2.2 정비 대상구역의 지형이나 지질 및 사회적 조건(집락 형태, 시공상의 제약, 정비시기 등)에 따라서는 펌프설비를 이용한 압송식이 유리한 경우에 적용한다.

1. 정비 대상구역이 다음과 같은 특성을 갖는 경우는 자연유하방식과 압송식에 의한 비교 검토를 하고 수송방식을 결정한다.
 - 1) 어느 배수구의 오수를 다른 처리구나 처리장 등에 수송하는 경우나 저지대의 오수를 자연유하로 모은 후 높은 지역 처리장으로 보내는 경우
 - 2) 수송 거리가 길어지는 경우

- 3) 하천횡단 등에서 매설 깊이가 변화하는 경우(역사이편, 사이편 등으로 횡단)
 - 4) 기복이 많고 처리구가 연속하지 않은 경우나 매우 적은 지역을 통과하는 경우
 - 5) 지질 조건에 따라 깊은 매설이 곤란한 경우
 - 6) 도로 상황(폭원, 교통량 등)이나 지하매설 상황 등에 따라 제약을 받는 경우
2. 이송방식에 결정에 있어서는 다음과 같은 항목에 대해 비교 검토하도록 한다.
- 1) 시공성
 - 2) 건설비 및 유지관리비
 - 3) 보수 및 점검 작업 내용
 - 4) 긴급시 대응(관내 막힘, 정전시 사고 대책 등)
 - 5) 개축시 대응
 - 6) 기타

2.2.3 관거 노선의 선정이나 펌프장의 배치 계획은 시공성, 유지관리성, 경제성 등을 고려하여 선정하되 처리구역 내 다수의 펌프장이 있는 경우는 단일압송형식, 다중압송형식, 다단압송형식 및 압송·자연유하병용 형식을 비교·검토하여 적용한다.



<그림 4.3> 압송형식별 펌프장, 하수관 및 처리장 배치개념도

2.2.4 압송관거에는 내압이 작용하기 때문에 수격압을 포함한 설계수압에 대해 충분히 견디는 구조 및 재질로 한다.

2.2.5 유량계산은 Hazen Williams식을 이용한다. 또한 유속은 최소 0.6m/s, 최대 3.0m/s

를 원칙으로 한다.

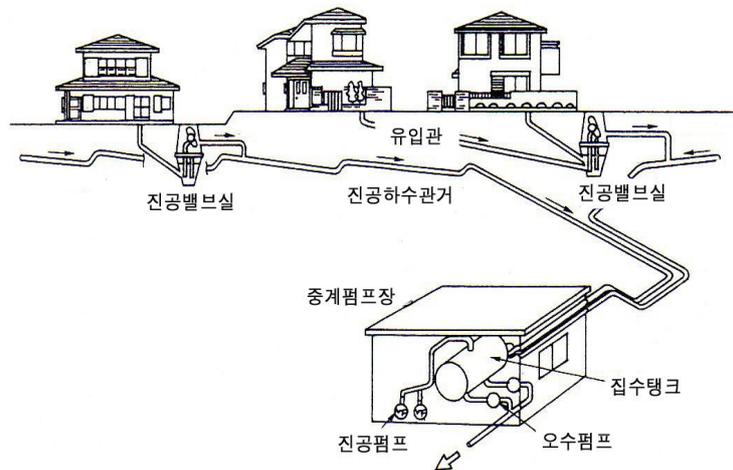
2.2.6 관거의 적절한 장소에 역지밸브, 공기밸브 등을 설치한다.

2.2.7 황화수소 발생가능성 및 대책을 검토한다.

2.3 진공식 하수도 수집시스템

2.3.1 개요

1. 진공식 하수도 수집시스템은 관거 내에 발생시킨 진공과 대기와의 차압에 의해 오수를 진공과 혼합하여 이송·수집하는 시스템이다.
2. 시스템은 오수와 일정한 비율의 공기를 흡입하는 진공밸브 유닛, 오수와 공기가 혼합된 상태에서 이송되는 진공관거 및 진공을 발생시키고 오수의 수송 매체인 공기를 오수 발생원에서 흡입하고 배출하는 중계펌프장(진공 발생장치 등을 포함) 세 가지로 구성되어 있다.



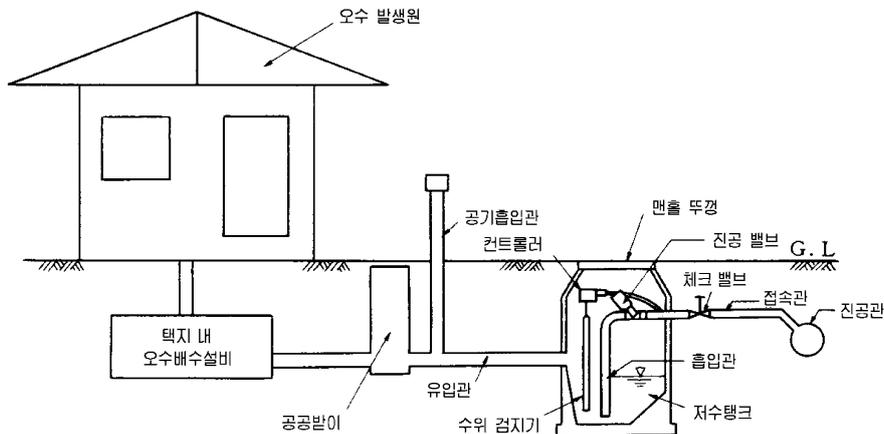
<그림 4.4> 진공식 하수도 수집시스템 개념도

3. 가정에서 배출된 오수는 자연유하에 의해 유입관을 거쳐 진공밸브 유닛에 유입한다. 진공밸브 유닛의 저수탱크 내 수위가 상승하고 규정된 수위가 되면 제어기(컨트롤러: controller)가 작동하여 진공밸브가 열리고 오수와 공기가 진공관거 내에 흡인된다. 관내의 오수는 호

름이 정지될 때에는 리프트 저부에 고여 정지하는데, 진공밸브가 열리면 팽창하는 공기에 의해 기액혼상류(氣液混相流)가 되어 리프트를 타고 넘어 펌프장까지 운반된다. 중계펌프장에 수집된 오수는 일정량이 도달되면 압송펌프가 작동되어 자연유하 간선관거 또는 하수처리장까지 보낸다.

2.3.2 진공하수시스템을 구성하는 진공밸브 유닛, 진공관거 및 중계펌프장은 다음과 같은 특징을 고려하여 적용한다.

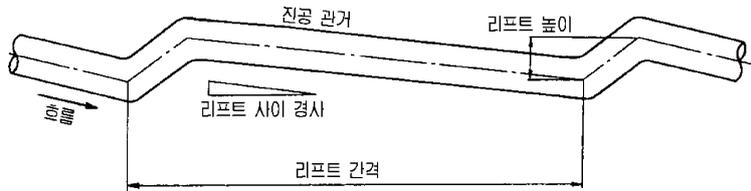
1. 진공밸브 유닛은 진공밸브, 공기 흡입관, 진공밸브 유닛으로 구성되어 있다.



<그림 4.5> 오수 흡입시설의 배치 예

- 1) 진공밸브의 구경은 이물질에 의한 막힘에 대해 안전한 구경으로 하고 흡입 능력은 시설 전체의 진공도의 유지를 고려하여 정한다. 또한 유지관리가 편한 구조로 한다.
- 2) 공기 흡입관은 공공발이 하단의 배수관에 설치하며, 진공 주관로에 유입되어 이송되는 오수와 혼합될 공기를 공급한다.
- 3) 진공밸브 유닛의 구조는 가옥 등으로부터의 오수의 유입량, 유입 형태, 설치장소 등을 고려하여 적절하게 정하고, 진공밸브 유닛으로의 접속 호수는 가옥 등의 배치, 유입 오수량, 저수탱크의 용량 등을 검토하여 정한다.
2. 진공관거는 진공관, 관 연결 부품, 리프트 및 구간밸브로 구성되며 진공식 특성이 충분히 발휘될 수 있도록 다음 각 항을 고려하여 정한다.
 - 1) 진공관거의 관경은 수리 계산 및 진공밸브 유닛의 접속 상황을 거쳐 기능성, 경제성을 고려하여 정하고, 진공관거의 종단형상은 일정한 내리막 경사와 리프트라 불리는 짧은

오르막 경사의 반복에 의한 「튕날상」으로 부설한다.



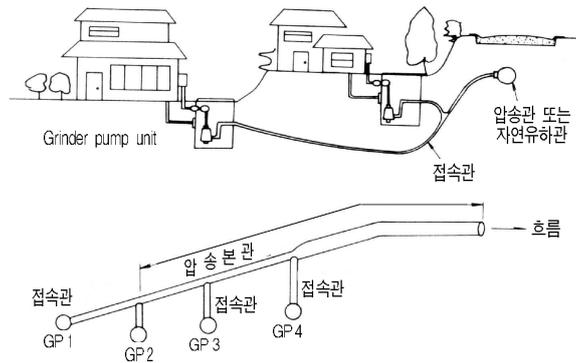
<그림 4.6> 리프트(lift) 개략도

- 2) 진공관거에 사용하는 부재는 관거에 작용하는 부압 및 외압에 충분히 견디는 구조 및 재질로 하고, 진공관거의 이음은 기밀성이 높고 안전하며 기능적이고 경제적인 구조로 한다.
3. 중계펌프장에는 「진공 발생장치」, 「집수탱크설비」, 「오수펌프설비」 및 「전기설비」 등이 설치된다. 진공관거를 거쳐 집수탱크까지 이송된 오수가 일정량으로 도달하면 오수펌프가 작동하여 오수는 집수탱크에서 하수처리장 또는 자연유하 간선관거에 수송된다.
 - 1) 중계펌프장은 유닛형, 독립 RC형, 오수처리시설 병설형 3가지 형태가 있으며, 설치장소, 시설 규모 등의 조건을 통해 시공성, 경제성, 유지관리성 등을 고려하여 정한다.
 - 2) 진공 발생장치는 진공펌프식과 이젝터(ejector)식이 있으며 시설 규모, 경제성, 유지관리성 등을 고려하여 방식을 선정한다.
 - 3) 오수펌프는 집수탱크 내의 진공도가 가장 높고 실 양정이 가장 높은 경우에 설계 대상 오수량을 배출할 수 있는 능력을 갖는 것으로 한다.
 - 4) 집수탱크의 용량은 오수펌프의 운전 빈도를 고려하여 정하되 오수펌프의 운전 빈도에 따라 구한 운전 용량의 3배 정도의 용량으로 하는 것이 바람직하다.
 - 5) 전기·계측제어설비는 수전설비, 동력제어설비 및 전등 분전설비로 이루어지며, 중계펌프장이 안전하게 소정의 능력·기능을 유지하도록 적절하게 정하고 이상을 통보하는 적절한 감시설비를 설치한다.
 - ① 수전방식은 상용 전원을 기본으로 하고 가능한 한 저압 수전이 되도록 계획하는 것이 바람직하며, 전력이 끊긴 상황에서도 시스템이 계속해서 작동할 수 있도록 비상용 전원(2중회선 수전 또는 비상용 발전기)을 구비한다.
 - ② 운전제어는 무인 운전, 순회감시의 관리 체제에 대응하여 자동 운전으로 한다.
 - ③ 계측 항목은 운전 방식, 관리 체제에 따라서 계측 목적에 의해 필요한 최소항목으로 한다.

- ④ 중계펌프장의 이상은 시스템 전체의 기능에 중대한 영향을 끼친다. 따라서 조기에 확인하고 대응할 필요가 있으므로 경고 내용을 장외로 통보한다.
- 6) 중계펌프장에는 펌프축봉수, 세정, 화장실, 청소용 등의 급수설비, 탈취설비 및 환기, 조명 등의 건축 부대설비 관련 설비를 설치 필요에 따라 검토한다.

2.4 입력식 하수도 수집시스템

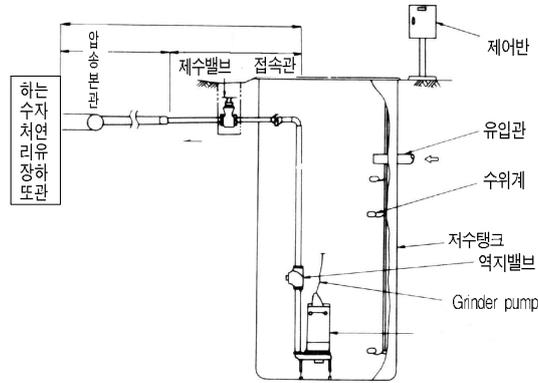
2.4.1 압력식 하수도 수집시스템은 파쇄기 부착 소형 수중펌프를 이용한 압송시스템이며, 가정 등에서 배출된 오수를 저수탱크에 모으고 처리장 또는 자연유하관까지 압송하는 오수 수집시스템으로서 자연유하방식에 비해 소구경관을 이용할 수 있으며 본관을 지형에 따라 알게 매설하는 것이 가능하다.



<그림 4.7> 압력식 하수도 수집시스템 개략도

2.4.2 압력식 하수도 수집시스템은 오수 중의 이물질을 파쇄하고 압송하기 위한 파쇄기가 부착된 소형 수중펌프(그라인더펌프: grinder pump) 유닛과 오수를 압송 상태로 반송하는 압송관거로 구성된다.

1. 저수탱크의 표준적인 구조는 <그림 4.8>과 같으며 저수탱크 및 GP, 전기설비 등을 일괄해서 GP 유닛이라 한다.
2. GP의 토출구에서 제1분기점까지를 접속관, 그 앞을 압송 본관으로 하고 압송 본관과 접속관을 합쳐 압송관거라 총칭한다.



<그림 4.8> GP 유닛의 구성도

2.4.3 압송식 하수도 수집시스템의 각 시설별 고려 사항을 충분히 검토하여 정하여야 한다.

1. GP 유닛은 펌프와 저수탱크 등으로 이루어지는 GP 유닛 본체와 부속시설로 구성된다.
2. 펌프는 GP를 사용하며 펌프의 토출량은 GP 유닛에 유입하는 오수량, 펌프의 운전시간, 운전 빈도를 고려하여 결정한다. 펌프의 전양정은 실양정과 압송관거의 손실수두 및 유닛 내 배관, 밸브류의 손실수두를 고려하여 결정한다.
3. GP 유닛으로의 접속 호수는 입지조건, 지반의 상황 등을 고려하여 정하고, 저수탱크의 용량은 유입 오수량, 펌프 능력, 운전 시간 및 운전 빈도를 고려하여 결정한다. GP 유닛 내에는 수위계를 설치하고 수위에 의한 펌프의 자동 운전을 원칙으로 한다.
4. 압송관거의 설계 유량은 각 펌프의 토출량과 펌프의 동시 운전 대수를 고려하여 정하고 압송관거는 내압 및 외압에 충분히 견디는 구조 및 재질로 한다.

제3절 연약지반개량공법

3.1 개요

3.1.1 연약지반의 정의

연약지반이라고 하면 상부 구조물을 지지할 수 없는 상태의 지반을 말하며 일반적으로 연약한

점토, 느슨한 실트 및 사질토, 유기질토, 느슨한 매립층, 쓰레기 매립지 등이 이에 속한다. 연약한 지반 위에 도로, 교량, 하수도시설물 등이 그대로 놓여진다면 침하량이 과대해지고 지지력이 부족하여 구조물에 손상을 발생시킬 수 있다.

3.12 연약지반의 판정기준

1. 모래는 연약성을 상대밀도로 표시하고 점토는 굳기(consistency)로 표시한다. 모래의 상대밀도가 35% 이하이면 느슨하게 퇴적되어 있거나 쌓여 있는 상태이므로 연약한 지반으로 분류한다. 현장에서는 <표 4.3>과 같이 N값을 이용하여 연약 정도를 판정할 수 있다. N값이 4 이하이면 대단히 느슨한 모래(very loose sand), 10 이하이면 느슨한 모래로 분류할 수 있다.

<표 4.3> 사질토에 대한 연약지반 판정

N값	상대밀도(%)
0~4	대단히 느슨(15)
4~10	느슨(15~35)
10~30	중간(35~65)
30~50	참참(65~85)
50 이상	대단히 참참(85~100)

2. 점토에 대한 연약지반 판별은 <표 4.4>와 같다. 일축압축강도, q_u 가 0.50kg/cm^2 ($c=0.25\text{kg/cm}^2$, $\varphi=0$) 이하인 점토를 연약점토(soft clay)로 분류하며, 일축압축강도가 0.25kg/cm^2 이하라면 대단히 연약한 점토(very soft clay)로 분류한다. 표준관입시험을 수행하여 $N < 4$ 이면 연약한 점토, $N < 2$ 이면 대단히 연약한 점토로 분류 가능하다. 그러나 점토지반에서 측정된 N값은 점토의 굳기에 대한 판별뿐만 아니라 전단강도를 추정하는데 있어서도 개략적인 추정치만 사용되는데, 이는 표준관입시험이 사질토(입상질)지반을 위하여 개발되었으므로 연약점성토지반에 적합한 시험이 아니기 때문이다.
3. 연약지반으로 분류되면 이것을 기초로 하는 구조물에 대해 안전성과 침하에 문제가 발생할 수 있으므로 이에 대한 대책이 강구되어야 한다. 이 대책은 구조물의 하중크기, 연약지반의 전단 및 압밀특성, 진동하중특성 등에 따라 달라진다.

<표 4.4> 점성토에 대한 연약지반 판정

굳기	N값	일축압축강도, q_u (kg/cm ²)
대단히 연약	<2	<0.25
연 약	2~4	0.25~0.5
중 간	4~8	0.5~1.0
건 고	8~15	1.0~2.0
대단히 건고	15~30	2.0~4.0
고 결	>30	>4.0

3.1.3 연약지반 조사

연약지반의 조사는 두 가지 목적으로 행한다. 첫째는 연약지반의 물리적, 역학적 특성을 조사하기 위한 것이고 다음에는 연약지반에 대한 대책을 수립하기 위한 것이다.

1. 현장베인시험

베인시험은 점토의 비배수 전단강도를 현장에서 측정하기 위한 가장 적절하고 보편적인 시험 방법이다. 이 시험으로 얻어진 강도로 안정해석을 한다면 불안측이 된다는 것이 알려졌으므로 이 값은 수정하여 사용하는 것이 적절하다.

2. 피조콘시험

정적 콘시험(CPT)은 오랫동안 연약지반을 포함한 현장의 지반조사에 이용되어 왔다. 최근에는 여기에다 간극수압을 측정할 수 있도록 센서(transducer)를 부착하였는데, 이것을 피조콘(piezcone, CPTU)이라고 부른다. 피조콘시험의 결과를 가지고 비배수강도를 결정할 수 있으며 투수계수와 선행압밀하중을 결정할 수 있다. 간극수압의 소산시험을 하면 압밀계수도 추정할 수 있다.

3. 딜러토미터시험

- 1) 딜러토미터(dilatometer)는 토층의 특성을 조사하는데 유용한 시험기구로서 이 시험에 의하여 재료지수, 수평응력지수 및 딜러토미터 계수가 결정된다.
- 2) 결정된 계수들을 가지고 재료지수와 딜러토미터계수에서 흙의 종류, 수평응력지수로서는 정지토압계수, 과압밀비 및 비배수강도 등을 추정할 수 있다.

4. Rowe cell 압밀시험기

압밀침하와 관련되는 계수 중 가장 중요한 것은 압축지수와 압밀계수이다. 이 계수들은 불교란 시료를 채취하고 실내에서 압밀시험기(oedometer)로 압밀시험을 하여 구하며, 고무

막을 통하여 압밀하중을 가하여 가압만으로 인한 시료구속의 영향을 경감시킬 수 있는 시험기이며 압밀과정 중 간극수압의 변화 및 수평방향 압밀계수(C_h)의 추정이 가능하다.

3.2 연약지반 개량공법

3.2.1 개요

1. 연약지반을 대상으로 하여 공사를 시행할 때는 다음과 같은 문제점에 대하여 충분한 검토가 있어야 한다.
 - 1) 구조물에 발생하는 전침하 또는 부등침하
 - 2) 기초지반의 지지력의 부족으로 인한 성토의 파괴
 - 3) 성토 또는 구조물의 하중에 의한 측방지반의 융기
 - 4) 지진에 의한 기초지반의 액상화 및 이로 인한 지지력 감소
2. 위와 같이 문제점이 있는 연약지반은 대상지반 고유의 특성이 아니며 구조물의 설치목적과 지반의 토성과의 상대성으로 결정되는 것이다. 상대적인 요인으로는 지역적 분포, 토성과 퇴적심도, 구조물과의 상대성, 경제적 및 사회적 입지조건, 건설기간 및 속도 등을 들 수 있다. 이러한 연약지반에 대한 대책은 연약지반 위에 축조되는 구조물에 대한 침하대책, 지지력과 같은 안정대책, 지수대책 등으로 나눌 수 있다.
3. 구조물의 형태를 변경시키거나 말뚝기초공과 같은 간접기초도 구조물의 파괴를 방지하고 침하를 억제 또는 저하시키는데 도움이 되는 것임으로 넓은 의미에서는 연약지반의 대책이다. 따라서 넓은 의미의 연약지반 개량공법은 다음과 같이 대별할 수 있다.
 - 1) 구조물의 접지압을 경감할 목적으로 하는 하중조절 방법
 - 2) 기초지반의 성질을 개선, 강화 및 지수를 목적으로 하는 지반개량공법
 - 3) 상부 구조물의 하중을 직접 지지할 수 있는 골격형성을 목적으로 하는 지반 중에 구조물 조성방법
4. 위와 같은 방법 중에서 3)항은 간접기초로 별도 취급되어 일반적으로 연약지반 처리공법에서는 1)항과 2)항이 적용되며, 이 중에서도 2)항이 특별히 문제가 되므로 좁은 의미로는 2)항을 주대상으로 하여 지반개량공법, 또는 토질안정(처리)공법이라 칭하고 있다. 지반개량공법은 일반적으로 기초지반토의 공학적 성질을 적극적으로 개량하려고 하는 것이며, 주어진 자연상태지반의 토성에 적용되는 범위에서 기초구조물을 축조하고 단계적으로 지반의 성질을 변화시켜 기초와 구조물을 포함하여 전체적으로 안정성이 있고 경제적인 구

조물 구축을 추구하는 공법이라고 할 수 있다.

3.2.2 지반개량공법의 분류

연약지반의 처리공법에는 <표 4.5>와 같이 지반처리 관점에 따라서 여러 종류의 분류법이 있으나 이 가운데서 『개량의 목적』과 『개량의 원리』 및 『지반의 성질』에 의해서 분류하는 방법이 일반적이다.

<표 4.5> 연약지반처리에 대한 여러 관점

분 류 법	항 목
1. 개량의 동기 (지반개량을 하는 동기)	① 구조물의 규모나 위치를 변경할 수 없이 지반개량이 절대적으로 필요한 경우 ② 구조물을 급속히 시공하기 위한 응급대책으로 지반개량이 필요한 경우 ③ 연약지반토를 개량해서 사용하는 것이 유리한 경우 ④ 구조물을 위해서 인접지의 지반개량이 요구되는 경우 ⑤ 기존의 기초나 구조물의 손상보수를 위해서 지반토의 성질을 개선할 필요가 있는 경우
2. 개량의 목적 (흙의 기본적인 역학적 특성을 고려하는 경우)	① 지반지지력의 증대 ② 변형(침하, 융기 등)의 방지 ③ 수압, 투수성의 감소 ④ 내구성의 유지 및 증진
3. 개량의 목표(개량공사 내용을 시간적으로 고려하는 경우)	① 잠정적 개량 ② 전이적 개량(본성토에 대한 압성토) ③ 항구적 개량
4. 본래의 지반토를 취급하는 방법	① 연약지반토를 치환 ② 본래지반의 환경을 변경 ③ 본래지반을 보호 ④ 본래지반에 안정처리를 시행
5. 개량하는 지반토의 성질	① 사질토와 점성토 ② 비포화토와 포화토 ③ 얇은 지반과 깊은 지반 ④ 자연퇴적토와 인공매립토 또는 성토 ⑤ 평탄지와 경사지
6. 지반개량의 원리	① 밀도증대(다짐, 탈수) ② 고결화(물리적 반응, 화학적 반응, 전기적 반응)

〈표 4.6〉 개량의 목적과 적용지반에 의한 대책공법의 종류

구분	개량원리	주요 공법	개량 목적	적용지반	
하중 조절	경량화	경량자재	지반의 지지력 향상	점성토	
	하중균형	압성토공법			
	하중분산	침상공법	지반의 전단변형 억제	유기질토	
		Sheet, net공법	지반의 침하억제 활동파괴의 방지		
		Sand mat공법	시공기계의 trafficability 확보		
	표층혼합처리공법		점성토, 유기질토		
지반 개량	치 환	굴착치환공법	활동파괴의 방지	점성토, 유기질토	
		강제치환공법	침하의 감소 지반 전단변형의 억제		
	탈 수	Preloading		압밀침하촉진 지반의 강도증가 촉진 활동파괴의 방지	점성토, 유기질토
		수직 드레인 공법	Sand drain공법		
			Pack drain공법		
			Paper drain공법		
			Plastic drain공법		
		지하수위 저하공법	Well point공법		사질토
			Deep well공법		점성토
		생석회 pile공법			
	다 짐	Sand compaction pile공법		점성토, 사질토, 유기질토	
		Vibroflotation공법		침하의 감소	사질토
		Vibrotamper공법		액상화 방지	
		쇄석 pile공법		활동파괴의 방지	점성토, 사질토
		동압밀공법			사질토
고 결	석회석 심층혼합처리공법		활동파괴의 방지	점성토	
	시멘트계 심층혼합처리공법		침하의 감소		
	분산교반공법		지반의 전단변형의 방지	점성토, 사질토	
	동결공법		지반의 piping방지		
지 수	약액주입공법		지반토 측방유동방지	사질토	
	분시주입공법		차수	점성토, 사질토	
	지수널말뚝공법			사질토, 유기질토	
지중 구조	골격형성	체질성토공법	활동파괴의 방지	점성토, 사질토	
		Pile cap, pile slab공법	측방유동방지	유기질토	

1. 개량목적에 의한 분류

개량목적에 의거한 분류는 흙의 기본적인 역학적 특성을 고려하여 연약지반처리대책을 검토하는 경우에 필요하다.

2. 개량원리에 의한 분류

일반적으로는 치환, 탈수(배수), 다짐, 고결의 4종류로 분류하고 있으나 본질적인 것으로 볼 때 치환공법, 고밀도화, 고결화공법을 기본적인 방법으로 대별할 수 있다.

3. 지반의 성질에 의한 분류

개량하는 지반의 성질에 의거한 분류는 일반적으로 공법의 적용지반을 나타내는 것으로서 이들 공법이 지반의 성질이나 퇴적상태에 의해서 시공성이 좌우된다.

개량의 목적과 지반성질의 양면에서 본 대책공법의 분류는 <표 4.6>과 같다.

3.2.3 대책공법의 특징

대책공법의 특징을 개량원리에 의하여 분류하면 다음과 같다.

1. 접지압 경감공법

구조물 자중과 구조물에 걸리는 외력이 지반표면에 작용하는 접지압을 경감시키는 것을 목적으로 하는 공법으로 여기에는 공학적 방법으로서 다음과 같은 3가지 방법이 있다.

- 1) 구조물 자체를 가볍게 하는 것
- 2) 구조물의 하중을 서로 균형시켜 하중을 상쇄시키는 것
- 3) 구조물과 지반 사이에 다른 층을 만들어 설계하중을 분산시키는 것

2. 치환공법

가장 오래 전부터 이용되고 있는 공법의 하나로 연약지반토를 제거하고 양질의 토사로 치환하는 것이다. 이는 비교적 짧은 기간 내에 처리할 수 있는 장점이 있으며 이 방법에는 굴착치환, 파괴치환 및 강제치환방법이 있다.

3. 고밀도화(밀도증대) 공법

이 공법은 연약지반개량공법으로 가장 많이 이용되는 공법으로 고밀도화 처리에는 탈수를 주로 하는 것과 다짐을 주로 하는 것이 있다.

- 1) 탈수를 주로 하는 공법: 자연 압밀(자연배수), 가압탈수(수직드레인 공법), 화학적 탈수
- 2) 다짐을 주로 하는 공법: 개량하는 지반의 성질에 따라서 사질계 지반과 사질계, 점성계의 양 지반을 대상으로 하는 공법으로 대별할 수 있다.

4. 고결공법

점성토에 생석회나 시멘트를 혼합하여 흙을 고결시키는 공법은 지반의 천층안정처리에 주로 사용되어 왔으나 1970년대부터는 심층혼합처리공법이 본격화되었다. 고결공법은 고결의 시공방법에 의해서 다음과 같이 구분한다.

- 1) 교반에 의한 혼합처리공법
 - 2) 흙의 간격에 고결재나 냉동액을 주입시켜 고결처리하는 공법
5. 골격형성공법

구조물이 직접 지반에 지지되지 않도록 연약지반 중에 골격을 형성하고 이 골격에 의해서 구조물이 대치되도록 하는 공법으로 말뚝과 같은 기초 이외에 널말뚝을 이용한 체질성토 공법, 조합말뚝공법 등이 있다.

3.2.4 개량공법의 목적과 개량시 문제점

1. 개량공의 목적과 효과

연약지반 개량공의 목적은 침하대책과 안정대책으로 구분되며 이는 <표 4.7>과 같이 세분되며 침하 안정대책에 대한 대책공의 종류와 효과는 <표 4.8>과 같이 나타낼 수 있다. 대책공의 효과는 일반적으로 한 가지뿐만 아니라 주효과 이외에 부수적인 효과를 가진 것이 많다. <표 4.8>에서 ●는 주효과를, ○는 부수적인 효과를 나타낸다.

2. 대책공의 개량시 문제점

연약지반대책공법의 효과에 대한 문제점을 검토하면 다음과 같다.

- 1) 드레인공법: 고밀도화 공법으로 분류되는 드레인공법의 문제점은 <표 4.9>와 같이 요약할 수 있다.

<표 4.7> 연약지반 개량공의 목적구분

대책	목 적
침하 대책	① 압밀침하의 촉진: 지반의 침하를 촉진시켜 유해한 잔류침하량을 감소 ② 전침하량의 감소: 지반의 전체 침하량을 감소
안정 대책	① 전단변형의 억제: 성토에 의한 지반의 변이와 주변지반의 용기를 억제 ② 강도저하의 억제: 성토등의 하중에 의해서 지반의 강도가 저하되는 것을 억제하여 안정을 도모 ③ 강도증가의 촉진: 지반의 강도를 증가시킴에 따라 안정을 도모 ④ 활동저항 부여: 성토형상을 변형, 지반의 일부를 치환함에 따른 활동저항력 증가로 안정을 도모 ⑤ 액상화의 방지: 액상화를 방지, 지진시의 안정을 도모

<표 4.8> 연약지반 대책공의 종류와 효과

공 법		공법의 효과							
		침하대책		안정대책					
		압밀 침하 촉진	전침 하량 감소	전단 변형 억제	강도 감소 억제	강도 증가 촉진	활동 저항 부여	액상화 방지	
표 층 처 리 공 법		표층배수공법 Sand mat공법 부설재공법 첨가재공법			●	○	○	○	
압 성 토 공 법		압성토공법 느린 사면공법			○			●	
치 환 공 법		굴착치환공법 강제치환공법		○	○			●	
연약 점토층의 압밀 배수	완속재하공법	점층재하공법 단계재하공법			○	●			
	재하중공법	성토하중재하 대기압 재하 지하수 지하	●				○		
	수직drain공법	Sand drain공법 Board계 drain공법	●		○		○		
영성한 사질 토의 다짐	모래다짐공법	모래다짐공법	○	●	○			●	●
	진동다짐공법	Vibroflotation공법		○				○	●
고 결 공 법		석회 pile공법 전기침투공법 약액주입공법		●				●	
구조물에 의한 공법		널말뚝공법 타설말뚝공법 Slab공법		● (널말뚝공법 제외)	●			●	

2) 치환공법

치환공법은 연약지반토를 양질토로 치환하는 것이므로 시공적으로는 확실하지만 중요한 것은 치환범위가 합리적이고 치환 후의 토성이 소요효과를 만족시킬 수 있느냐 하

는 것이다. 치환공법은 공사기간은 단축할 수 있으나 사토처리가 곤란한 경우에는 공기가 많이 소요되며, 주위 환경조건의 제약으로 채용이 어려운 경우도 있다. 각종 치환공법의 문제점을 검토하면 <표 4.10>과 같다.

<표 4.9> 드레인공법의 문제점

문제점이 있는 장소	문제가 되는 사항
(1) 이론에 직접 관련되는 사항	1. 지반의 불균일성 2. 퇴적층의 방향성 3. 압밀시험곡선과 이론곡선의 불일치
(2) 압밀계산에 필요한 여러 가지 수치의 결정방법	1. 압밀층과 배수층의 구분을 결정하는 기준 2. 압밀시험으로부터 구한 제반 수치의 정밀도 3. 성토하중, 상재하중, 유효하중 등의 계산치의 정밀도 4. 하중분포 산정의 적합성
(3) 드레인의 조성	1. 모래기둥의 연속성 2. 모래기둥의 주변오염과 단면부정형 3. 주변토층의 교란(강도저하, 투수성의 감소)
(4) 압밀촉진효과의 판정방법	1. 계산치와의 비교치로서 효과를 판정하는 것 2. 측방유동에 의한 침하를 추정하는 것 3. 간극수압을 정확히 측정하는 것

<표 4.10> 치환공법에 의한 문제점

공 법	문 제 점
전체 굴착	일반적으로 연약층의 심도가 3m 이상이 되면 곤란하다. 굴착토의 처리, 굴착부위의 사면안정, 굴착방법, 양질토의 구입 등의 문제가 있다.
부분 굴착	연약층의 심도가 깊은 경우 지지력 보강대책으로 사용된다. 문제점은 전체 굴착공법과 동일하며 적정치환심도를 결정하는 것도 중요하다.
성토에 의한 자연압밀	치환심도를 정확히 결정하기 어려운 것이 큰 결점이며 시공시에는 효과의 확인이 필요하다.
흡입펌프에 의한 굴착 치환	수면하의 연약지반토 굴착에 이용된다. 굴착심도가 일정하게 되기 곤란하므로 시공관리를 철저히 해야 한다.
폭파에 의한 치환	폭약을 사용하는 것이므로 장소에 따라서 제약을 받게 된다. 토성에 따라 폭약 사용량을 조절해야 하며 시공효과에 대한 확인이 필요하다.

3) 고밀도화 공법

고밀도화 공법의 대표적인 방법인 수직드레인공법은 이론 선행형으로 지반 내에 모래 밑뚝을 촘촘히 박아 상부에 하중을 재하하면 압밀에 의한 배수거리를 단축시켜 지반개량에 필요한 침하를 촉진시키는 공법이나 이 공법의 효과는 드레인의 유효성과 깊은 관계가 있다. 이론상으로 sand drain 설치는 압밀을 촉진시켜 잔류 침하량을 줄이도록 되어 있으나 경우에 따라서는 그 효과가 크지 않다는 것이다. 이러한 문제의 공통점은 다음과 같다.

- 중간 모래층이나 sand seam(연약층 사이의 얇은 모래층)이 있는 성층상태의 지반에서는 sand drain의 효과가 별로 확실하지 않다.
- 이탄토(peat)의 경우 어느 경우에는 높은 함수비에 관계없이 침하촉진에 효과가 없다.
- 성토시험공사에서 침하촉진에는 그다지 효과가 없으나 강도증진에는 상당한 효과가 있다.

4) 고결공법

고결공법을 채용함에 있어서 유의해야 할 것은 처리토의 강도에 대한 것이다. 처리토의 강도는 다양한 토질상태와 고결약재의 종류와 양에 따라서 다르다. 즉, 강도발현 상태가 다르고 또 강도의 변화가 생길 수도 있다. 또 연약지반의 일부를 고결시켰을 경우에는 고결된 부위와 연약지반 양자의 복합지반으로서 동시에 외력에 저항할 수 있어야 하며, 이를 위해서는 충분한 체계적 이론과 이에 대응한 시공이 이루어져야 한다.

3.2.5 대책공법의 선정

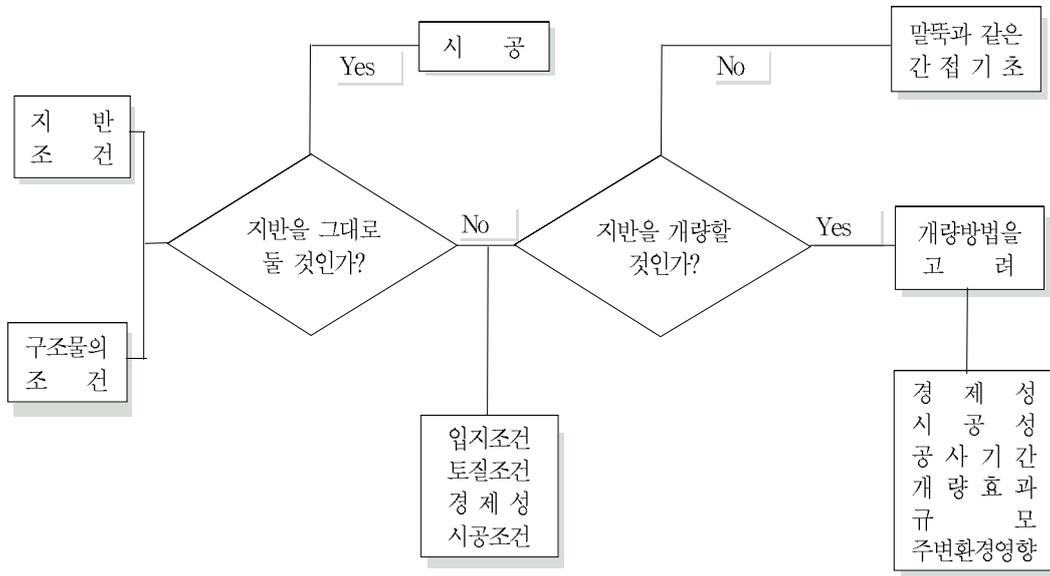
1. 대책공의 선정절차

현장조건에 맞는 대책공법을 선정하기 위해서는 각 공법의 특징을 알아야 함은 물론 설계에 필요한 효과가 나타날 수 있도록 현장 시공(조성)과 시공관리가 이루어질 수 있는지를 충분히 검토할 뿐만 아니라 공사비도 고려하여 지반 개량목적에 가장 알맞은 공법을 선택해야 한다.

대책공법을 결정하기 전에 기본적으로 검토해야 할 과정을 보면 <그림 4.5>와 같다.

2. 대책의 목적과 적용하는 대책공법

대책의 목적이 결정되면 채택하고자 하는 대책공을 일차적으로 선정하지만 입지조건에 따라서 선정 방식이 다르기 때문에 일반적으로 처음 선정한 것을 그대로 적용하기가 어려운 경우가 많다.



<그림 4.9> 공법선정 전의 기본적인 검토 사항

3. 대책공법 선정시 고려조건

공법선정에 있어 고려조건은 설계 시공상의 기본적인 적용검토 외에 지반조건, 구조물조건, 시공조건, 주변에 미치는 영향 등이며 이들 조건에 대한 세부내용은 <표 4.11>과 같다.

<표 4.11> 지반개량공법 선정시 고려조건

고려조건	검 토 항 목		비 고
지반조건	토질	사질지반	액상화 가능성의 유무
		점토질지반	입도분포, 예민비(흙의 교란)
		이탄질지반	함수비, 투수성
	지반 구성	연약층의 두께	
		배수층(모래층)이 협재되어 있고 연약층의 두께가 얇은(3~4m 이하) 경우	토질조사에 의한 배수층의 확인
		연약층이 두껍고 배수층이 없는 경우	침하대책
		얇은 모래층 밑에 4m 이상의 두꺼운 연약한 점토층이 있는 경우	침하대책
연약층의 기반이 경사되어 있는 경우	부등침하대책		

고려조건	검 토 항 목	비 고
구조물조건	상부 구조물의 형태가 다른 경우	구조물의 성격, 형상, 부위
시공조건	공사기간	급속시공의 필요성, 공기에 대응한 대책공법
	재료	각 공법의 사용재료, 구득의 난이
	시공기계의 가동성	표층처리공법 병용의 필요성
	시공심도	각 공법의 한계시공심도
	주변에 미치는 영향	각 공법의 문제점