

발 간 등 록 번 호

51-6110000-001203-14

공사장 지하수 관리 매뉴얼



2016. 12

서울특별시

공사장 지하수 관리 매뉴얼

목 차

1. 배경 및 목적	1
2. 공사장 지하수관리 업무절차	3
3. 지하수위 관리	5
3.1. 일수위 변화량 기준 관리	5
3.2. 누적 수위변화량	9
3.3. 측정 주기 및 조치사항	15
4. 유출지하수 관리	17
4.1. 유출지하수 관련규정	17
4.2. 유출지하수 관리요령	20
4.3. 공사장 유출지하수 관리	24
5. 토사유출량 관리	28
6. 종합침하선도 작성 관리	32
부 록	35

공사장 지하수 관리 매뉴얼

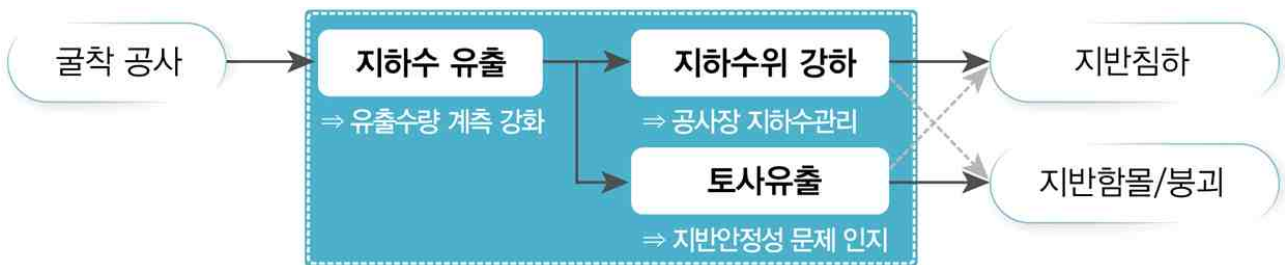
1. 배경 및 목적

□ 배경

- 최근 도로함몰 등 지반침하가 연달아 발생되어 지하공간 개발에 대한 안전문제가 제기됨에 따라, 원인규명 및 대책방안을 두고 다양한 조사 및 연구가 진행됨
- 도심지에서 발생한 도로함몰 등 지반침하는 낮은 상·하수도 관로의 손상에 의한 토사유출 때문에 발생한 것(약 85%)이 대부분이지만, 석촌동 동공발생이나 용산 인도 지반침하 사례에 나타난 바와 같이 굴착공사와 관련(약 15%)된 부실공사와 그에 따른 지하수유출 및 토사유출이 그 원인으로 조사됨¹⁾
 - 이에 따라, 굴착공사와 관련된 지하수관리를 강화함으로써 부실공사 때문에 발생할 수 있는 주변지반의 영향이나, 시공시 예측하지 못했던 지하수 관련 문제를 사전에 인지하고, 대책 및 조치를 취하도록 해야할 필요가 있음

□ 목적

- 굴착공사 시 지하수유출이 발생하게 되면, 공사장 주변지역의 지하수위가 강하되고, 이에 따라 지반침하가 발생할 우려가 있으므로, 지하수유출수량의 계측을 강화하고, 지하수위 관측과 관측자료에 기반한 관리를 통해 공사시에 발생할 수 있는 문제를 미연에 방지하여야 함
- 지하수 유출과 함께 토사가 유출되게 되면, 지반함몰이나 붕괴로 이어질 수 있으므로 굴착공사시에 토사유출에 대한 관리를 철저히 해야할 필요가 있음
- **관리에 있어서 가장 중요한 부분이 계측관리**이며, 목적은 사전조사 및 설계상 고려하지 못한 부득이 한 점이나 시공 중 발생하는 오차 등을 측정함으로써 공사의 안전성과 경제성을 도모할 수 있음



【 굴착공사 시 지하수 유출 문제점 】

1) 자료 : 도로함몰(싱크홀) 특별관리 대책 발표자료 (서울특별시 도시안전실, 2014. 8)

공사장 지하수 관리 매뉴얼

□ 계측관리의 의의

- 설계시의 지반조건과 실제 지반조건이 상이한 경우 설계상의 결점을 시공 중에 발견할 수 있는 수단임
- 굴착공사 시 지반 변형이 발생하면, 구조물에 미칠 수 있는 영향을 검측함으로써 안전관리에 활용할 수 있음
- 굴착공사로 인한 법적 분쟁 발생 시 증빙자료로 이용됨
- 굴착시 인접건물 및 구조물의 변위를 계측함으로써, 안전시공을 위한 자료를 제공
- 설계에서 적용된 설계치와 실측치를 대비 분석하여 설계의 타당성과 안전관리에 필요한 자료를 제공
- 계측된 자료를 수집·정리·분석하고, 자료를 축적하여 차후 구조물 설계 및 시공에 적용하므로써 경제성 및 안전성을 도모하고 이에 대한 자료는 향후 구조물의 유지관리 계측에 활용할 수 있음

공사장 지하수 관리 매뉴얼

2. 공사장 지하수관리 업무절차

□ 굴착공사 시 지하수위 및 지표변위 계측

- 굴착공사 시에는 공사장 내에서 지하수위, 유출지하수량, 토사유출량을 계측·관리해야 하며, 공사장 인근지역에서도 지하수위와 지표변위를 계측하여 굴착에 따른 영향을 감시하여야 함
- 현재, 굴착공사장 경계부에 안전공사를 위해 토압계, 지중경사계, 수직변위계(지표침하량 관측) 등을 운영하고 있음
- 그러나, 굴착에 따른 지하수유출에 의하여 그 영향이 주변지역으로 미치는 바 공사장으로부터 일정한 거리(지하수영향범위 또는 침하영향구역)까지 지하수위와 지표변위를 측정하도록 지침을 강화함

□ 공사장 지하수관리 개선안

- 공사장 지하수위를 관리하기 위한 최소한의 가이드라인을 제시하였으며, 관리기준은 지하수 영향범위를 고려하여 반영하였음
- 공사장내 유출지하수 계측 및 보고이행을 강화하며, 유출지하수가 발생하는 즉시 신고하도록 함
- 공사장내 지반침하나 붕괴의 직접적 원인이 되는 토사유출량에 대한 측정을 명시함

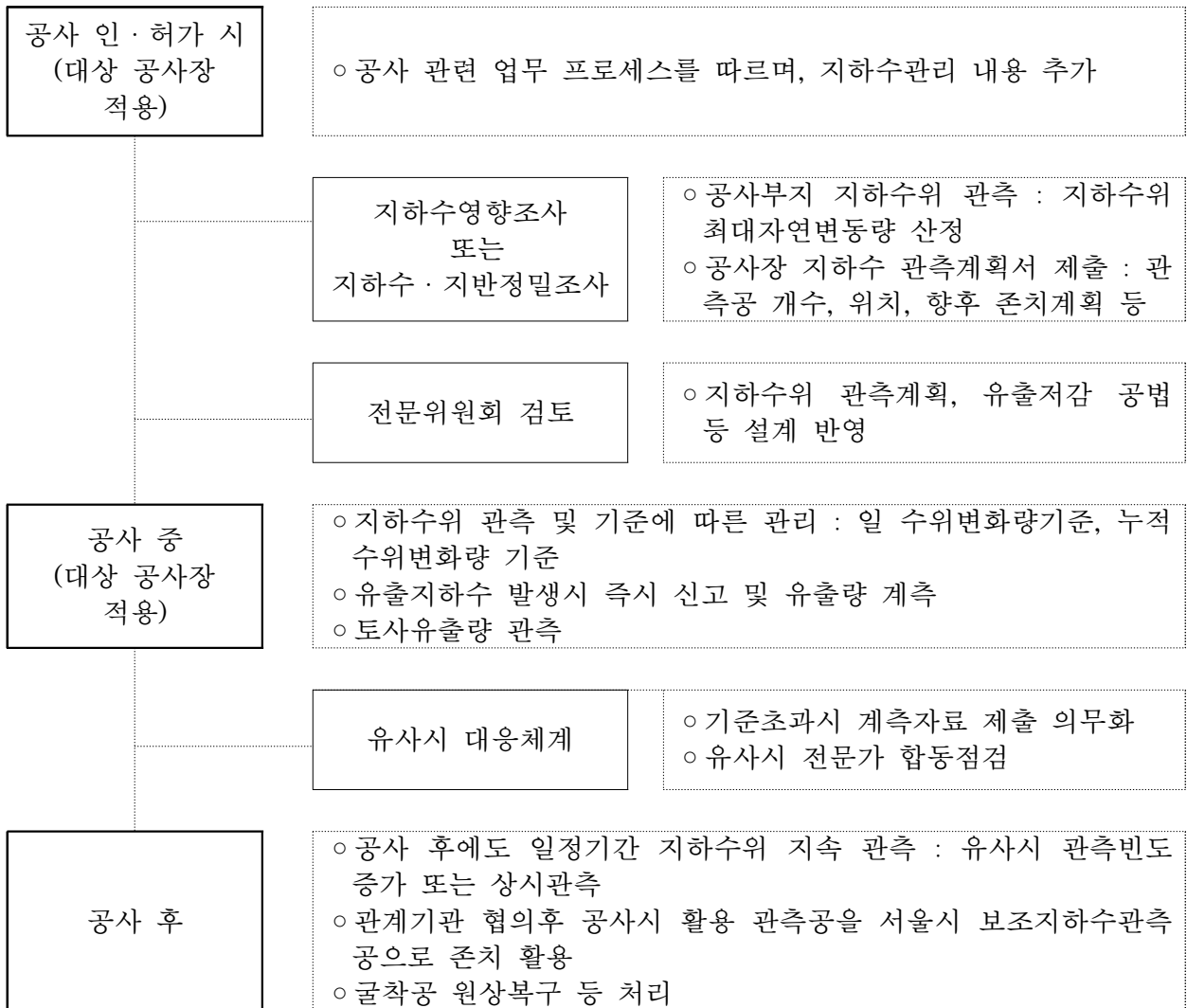
【 공사장 지하수관리 개선안 】

관리항목	현행	개선	비고
지하수위	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공사장별, 관리기관별 관리기준 각기 적용 ○ 지하수에 대한 영향에 대하여 조사·평가 미흡 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관리기준에 대한 최소한의 가이드라인 제시 ○ 지하수 영향범위를 고려한 관리기준 적용 	공사장 주변 악영향 사전 인지를 통한 안전사고 예방
유출지하수	<ul style="list-style-type: none"> ○ 계측 및 보고 이행 부실 ○ 신고규정 : 인지 후 30일로 불명확 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공사장 계측자료 제출의 무화 및 불시점검 ○ 신고규정 : 발생즉시로 명확화 	유출지하수 관리강화
토사유출	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관리되지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현장에 적용할 수 있는 현실적인 측정방법(예, 침강시험, Sump pit, 부유물질 측정 등)을 동원하여 토사유출량 측정 명시(복수적용 가능) 	향후 국가 R&D 사업으로 측정방법 정립 필요

공사장 지하수 관리 매뉴얼

□ 굴착공사 시 지하수관리

- 금번 매뉴얼에서는 굴착공사 시 공사장 규모별, 지반특성에 따라서 관리기준, 운영방안 등을 제시하였음
- 공사전, 공사중, 공사후까지 공사 전주기에 걸쳐 지하수를 관리함으로써 굴착에 따른 주변지역의 영향을 감시하고, 사전에 발생될 수 있는 안전사고를 미연에 방지할 수 있도록 함



【 굴착공사 시 지하수관리 업무흐름도 】

공사장 지하수 관리 매뉴얼

3. 지하수위 관리

3.1. 일수위 변화량 기준 관리

가) 일 수위변화량 관리기준 설정

일 수위변화량 관리기준

- 현행 지하수위 관리기준인 1일 수위변화량 기준으로 1차, 2차, 3차관리기준으로 0.5 m 이하이면 안전, 1 m까지는 주의, 1 m 이상 나타나는 경우에는 위험으로 구분하여 관리
 - ☞ 현재 공사장에 따라서, 1일 수위변화량이 아닌 3일 2.0²⁾ m 1주일(7일) 단위로 2.0 m³⁾, 3.0 m⁴⁾으로 달리 적용되고 있음
 - ☞ 일 수위변화량 기준은 현장조건에 따라 달리 적용할 수 있을 것이나, 측정간격 최소 1일 기준은 엄격히 준수할 것
 - ☞ 1일 수위 변화량으로 통일하게 되면, 우천시에 3일 연속으로 지하수위를 측정⁵⁾하여야 하는 지침도 자연스럽게 포함하게 됨

【 일 수위변화량 관리기준(안) 】

관리기준 지표	1차관리기준 (안전*)	2차관리기준 (주의)	3차관리기준 (위험)	비고
일 수위변화량(ΔH)	$\Delta H \leq 0.5m$	$0.5m < \Delta H \leq 1.0m$	$\Delta H > 1.0m$	현행 최저 기준임

* 제시된 범위 안에서는 안전하다는 의미가 아니라, 지하수위의 최소 관리범위를 나타내는 것으로 공사현장에 따라 실제 안전기준은 달라질 수 있음.

- 현장에 적용할 때는 위에 제시된 기준보다 강화하여 적용할 것

나) 일 수위변화량 관리기준 적용

적용대상

- 지하 15m 이상의 굴착을 포함하는 아래의 공사장
 - 지하철, 터널 등 지하시설물, 21층 이상 또는 10만m²이상의 건축물

2) 동의문 1구역 아파트 신축공사

3) 서울시 9호선 913 공구

4) LH 공사감독 핸드북

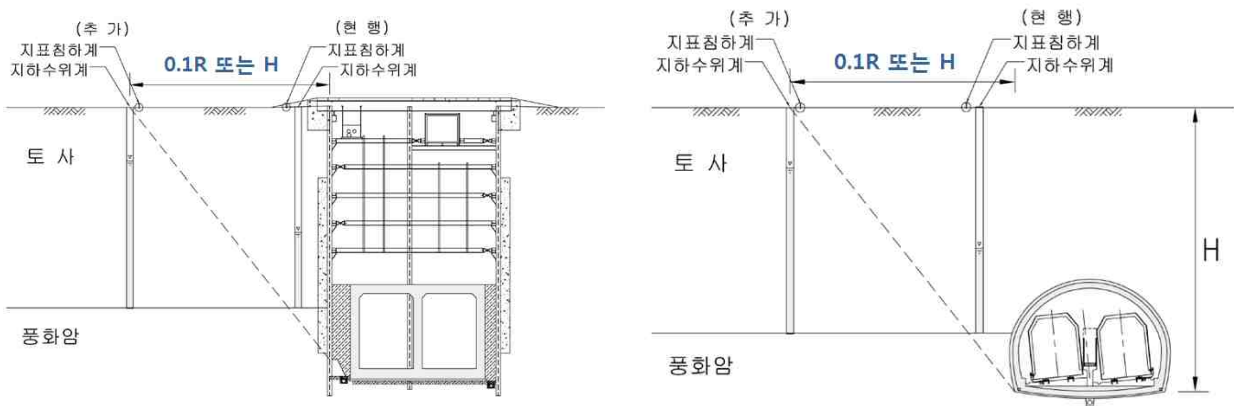
5) 서울시 지하철 공사 지하수위 관리기준

공사장 지하수 관리 매뉴얼

- 총 공사비 300억원 이상인 대형공사
- 지하수보존구역으로 지정된 지역의 굴착공사
- 이 외에 지하수 고갈, 지반침하 등이 우려되는 지역의 공사
- 문화재보존영향검토구역(문화재외곽경계 500m), 구매립지, 구하상 및 총적층 30m 이상 두꺼운 지역의 공사
- 위에서 제시된 공사 이외 대상공사에서는 관측정 추가되지 않더라도, 일수위변동량과 지하수위 관리기준을 준수하도록 함

□ 측정위치

- 현행 공사장 경계지역에 설치하도록 하는 지표침하계와 지하수위계 및 추가적으로 아래의 두가지 경우⁶⁾ 중 선택하여 지표침하계와 지하수위계 설치(일명 관리구역으로 설정)
 - 설계단계에서 지하수조사(양수시험)를 통한 영향구역(R)⁷⁾ 산정후, 공사장 경계지점으로부터 영향구역의 10%이내 지역(0.1R)
 - ☞ 예를 들어 지하수영향구역이 100 m라면, 그값의 10%인 10 m가 가 측정지점이 됨
 - 굴착깊이 만큼 외곽경계에서 떨어진 거리(H) (서울지하철 계측관리 요령 개선, 2015)



【 측정위치 설정 】

□ 굴착행위 신고 및 원상복구

- 6) 도심지 공사장 여건 상 하나의 기준 만으로 관측지점을 선정하도록 하였을 때는 적용되기 어려운 지역이 많기 때문에, 관측지점 선정에 어느정도의 여유를 두자는 것임
- 7) 지하수영향구간은 지하수위강하가 발생하지 않는 지점까지를 말하는데, 이를 현장에 그대로 적용하기는 어려우므로 굴착에 의해 지하수위 강하가 1.0 m가 되는 지점을 영향구간으로 설정함

공사장 지하수 관리 매뉴얼

- 공사장에서 지하수관측정 설치를 위해서는 시장·군수·구청장에 굴착행위 신고서를 제출하여야 함(지하수법 제9조의4, 시행령 제14조의3, 시행규칙 제9조의4)
 - ☞ 지하수를 개발·이용하는 경우에는 지하수개발·이용신고서를 제출하여야 하며, 경우에 따라서 지하수영향조사를 실시하여야 함
- 공사시 사용한 관측공은 관계기관과 협의후 서울시 보조지하수관측망으로 활용할 수 있음
 - ⇒ 공사후 서울시 보조지하수관측망으로 존치시에는 해당 관정에 대한 원상복구는 불필요함

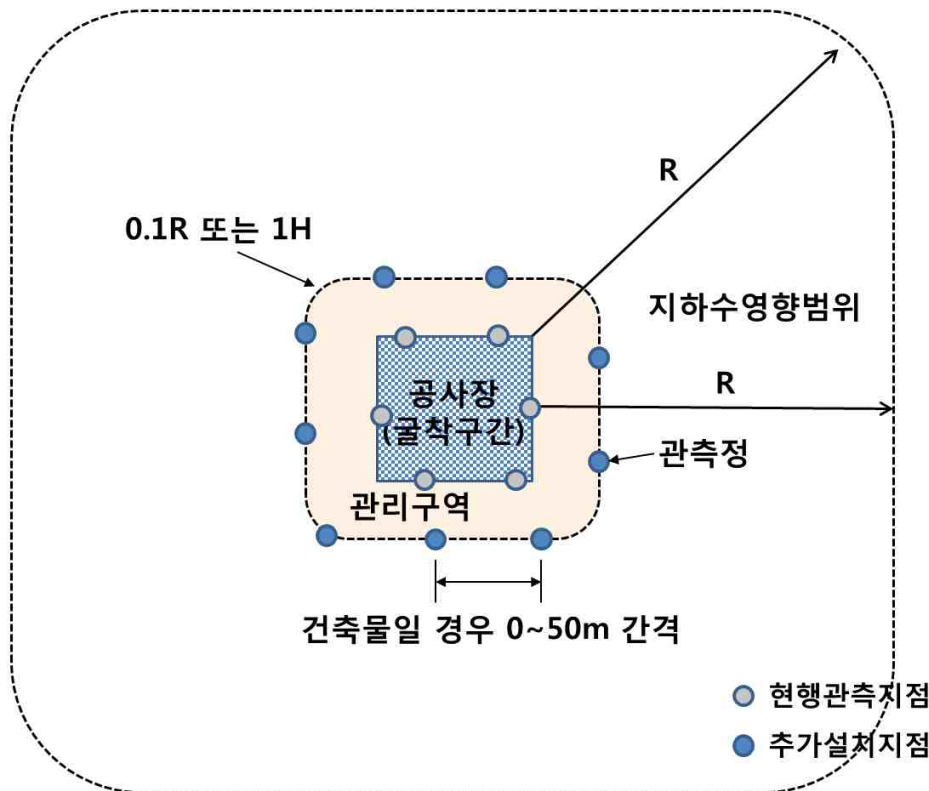
굴착행위 신고	<ul style="list-style-type: none"> ○ 규칙 별지 제18호 서식 ○ 지형도, 지적도 또는 임야도 및 원상복구계획서 첨부 ○ 토지를 사용·수익할 수 있는 권리를 증명하는 서류 				
이행보증금 예치	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지중열을 냉난방에너지원으로 이용하기 위한 지열냉난방공사(지하수를 뽑아 쓰는 경우를 제외)는 이행보증금 예치 제외 				
굴착행위변경신고	<ul style="list-style-type: none"> ○ 규칙 별지 제19호 서식 및 굴착행위(변경)신고증 첨부 ○ 굴착깊이, 굴착지름, 시공업체명 변경시 				
(변경)신고증 교부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 규칙 별지 제20호 서식 				
	<table border="1"> <tr> <td>토지굴착에 관한 자료요청</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 자료의 내용과 제출기간을 문서로 통보 </td> </tr> <tr> <td>개선명령</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하수 수량 또는 수질에 영향을 미치거나 미칠 우려가 있는 경우 </td> </tr> </table>	토지굴착에 관한 자료요청	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자료의 내용과 제출기간을 문서로 통보 	개선명령	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하수 수량 또는 수질에 영향을 미치거나 미칠 우려가 있는 경우
토지굴착에 관한 자료요청	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자료의 내용과 제출기간을 문서로 통보 				
개선명령	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하수 수량 또는 수질에 영향을 미치거나 미칠 우려가 있는 경우 				
굴착행위종료신고	<ul style="list-style-type: none"> ○ 규칙 별지 제21호 서식 ○ 신고증 발급 규칙 별지 제22호 서식 				
원상복구/재활용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 원상복구방법 : 시행령 제24조제4항 				
원상복구 결과 확인	<ul style="list-style-type: none"> ○ 원상복구 불이행시 원상복구명령 ○ 원상복구명령 불이행시 이행보증금으로 원상복구 대집행 				

【 굴착행위 신고 업무흐름도 】

공사장 지하수 관리 매뉴얼

□ 추가 측정 지점수⁸⁾

- 다음과 같이 측정간격에 따라 측정지점수 조정⁹⁾
 - 건축물 : 측정위치 경계를 따라 0 ~ 50 m 간격(최소 2~3개소)
 - 지하철 : 측정위치 경계를 따라 개착구간일 경우 0 ~ 50 m 간격, 터널구간일 경우 0 ~ 50 m 간격
 - 기타 토목건축물 : 측정위치 경계를 따라 0 ~ 300 m 간격
- 지반침하 또는 함몰/붕괴 등의 우려가 있는 지점을 우선적으로 검토하여 측정지점 조정가능



【 측정 위치 추가지점 설정(예) 】

□ 운영방식

- 공사관계자는 1차 관리기준 초과시 인·허가기관 또는 발주청에 의무보고

8) 구조물기초설계기준해석(2003)의 지반조사공 최대간격을 기준으로 설정

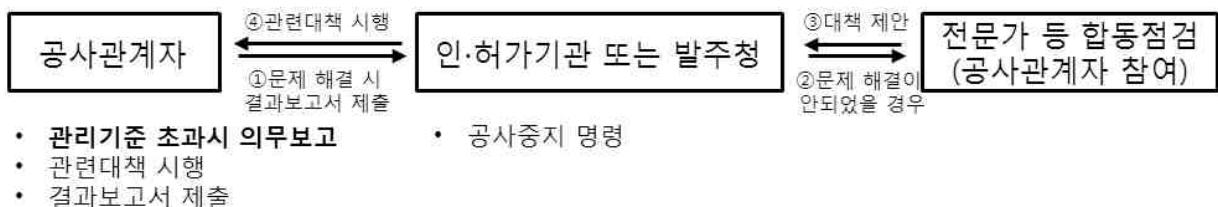
9) 측정위치를 0 m부터 명기한 이유는 지하수위 저하로 인해 영향을 크게 받는 구조물이 인접한 경우에는 지하수위 측정지점을 추가로 설치 할 수 있도록 하기 위함(증가되는 비용은 발주시에 반영하도록 함)

공사장 지하수 관리 매뉴얼

- 안전과 관련없는 기기오류 또는 계측오류일 경우에는 조치사항을 포함한 결과보고서 제출
- 문제해결이 안되었을 경우에는 인·허가기관 또는 발주청 주관하에 공사관계자를 포함한 전문가 등과 합동점검 및 현장조사를 실시하여 관련대책 수립
- 공사관계자는 전문가 합동 점검을 통해 마련된 대책을 포함한 조치를 시행한 후에 문제가 해결되었을 경우에는 인·허가기관 또는 발주청에 결과보고서 제출
 - 문제가 해결이 되지 않을 경우, 건설사업관리기술자 또는 공사감독자는 공사중지 명령, 또는 문제해결후 인·허가기관 또는 발주청과 협의후 공사재개 가능
- 지하수위 저하로 인해 영향을 크게 받는 구조물이 인접한 경우에는 지하수위 측정 지점을 추가로 설치하도록 함

□ 적용 근거

- 국토교통부 건설안전과-2195(2015.04.24)호, 물관리정책과-7017(2015.4.27.)호
 - 「건설사업관리 업무지침서」(국토교통부고시 제2014-859호) 제89조 및 「건설공사 감독자 업지침」(국토교통부고시 제2014-859호) 제35조에 따르면 건설사업관리기술자 또는 공사감독자는 ‘시공된 공사가 품질확보상 미흡 또는 중대한 위험을 발생시킬 수 있다고 판단되거나, 안전상 중대한 위험이 발견될 때에는 공사중지를 지시할 수 있다’ 라고 규정
 - 굴착공사로 인한 지반침하 사고를 예방하기 위하여 공사중 굴착행위 등으로 인해 지하수위가 크게 변동되는 경우 “안전상 중대한 위험” 으로 간주하여 공사중지 명령을 하고, 필요한 조치를 한 후 공사를 재개하도록 함
 - 특히, 민간발주 공사의 경우에도 지하수 유출 등으로 인한 지반침하 사고 예방을 위해 해당 인·허가기관에서는 상기 규정에 준하여 공사관리가 이루어지도록 지도·감독 시행
- ※ 국토교통부 건설안전과-2195(2015.04.24.) 공문



【 관리기준 초과시 업무흐름도 】

공사장 지하수 관리 매뉴얼

3.2. 누적 수위변화량

가) 누적 수위변화량 기준설정

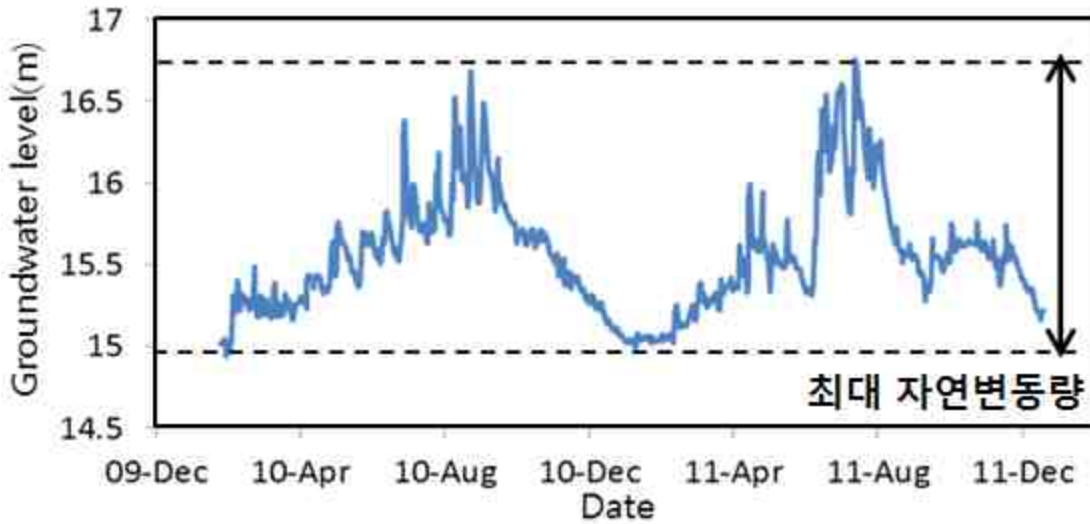
□ 필요성

- 현재는 지하수위 관리를 일 수위변화량만을 가지고 하기 때문에, 수위강하에 따른 지반침하를 관리할 수 없으므로, 누적 수위변화량을 도입하여 지하수위 강하량을 총량적으로 관리할 필요가 있음
- 굴착심도에 따라서 지하수 유출에 의해 지하수위 강하량은 굴착지점으로부터 거리가 멀어짐에 따라 줄어드는 데, 이러한 수위강하가 발생하는 영향구간 내의 지하수위(일명 관리수위)는 강수량 또는 주변지역의 지하수 사용 등에 의해 자연적으로도 변동할 수 있으므로, 누적 수위변화량은 관리수위와 자연변동량을 고려하여 설정함

□ 누적 수위변화량 기준 설정과정

- 공사 전 지하수·지반조사 또는 지하수영향조사, 환경영향평가 등을 통하여 지하수 관리수위, 관측위치를 선정함
 - 환경영향평가 제도에 의하여 지하수분야 조사를 할 경우 이를 포함하도록 함
 - 굴착관련 지하수영향조사 의무화가 시행되게 되면, 영향조사 시에 이를 포함하도록 함
- 1단계 : 지하수위 변동관측
 - 지하수위는 굴착공사와는 별개로 강수량에 따라 계절별로 1년 주기의 변동을 보이거나, 주변지역에서 양수의 영향을 받아 변동할 수 있음
 - 공사 전 지하수·지반조사 시 신규로 시추공을 설치하여 최소 1년 이상의 지하수위 변동을 관측하고, 이에 근거하여 최대 자연변동량을 산정함
- ※ 자연변동량은 가급적 조사·설계단계에서 지하수관측을 실시하여 산정하되 자료 확보가 충분하지 못할 수 있는 경우를 감안하여 다음과 같이 구분
 - ① 공사전 관측자료가 0.5~1년 이상 확보된 경우 : 해당 관측자료를 기준으로 적용
 - ② 공사전 관측자료가 0.5년 미만인 경우 : 보조지하수관측망 자료 활용(인근 3개소 이상, 단 공사장 지하수위관측을 유도하기 위해 fast track 방식 등에만 적용 가능)

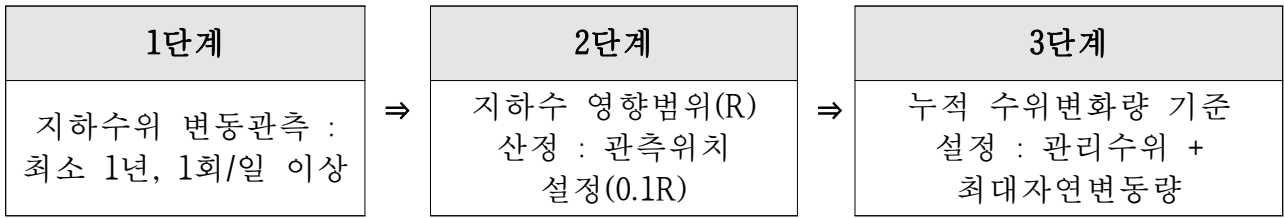
공사장 지하수 관리 매뉴얼



【 지하수위 최대 자연변동량 】

- 관측공 개수 : 공사장 부지내 최소 1개 관측정
 - ☞ 관측공이 여러개 존재할 경우, 현장 여건을 고려하여 최대한 주변 영향을 받지 않을 것으로 판단되는 관측공을 선정함
- 관측주기 : 최소 일 1회로 하고, 자동 지하수위 관측센서를 설치할 경우 최소 월 1회씩 자료를 보정해 주어야 함(부록 1-자동지하수위계 센서관리방법)
- 2단계 : 지하수 영향범위 산정(부록 2-지하수영향범위 산정방법)
 - 지하수 양수시험 실시 : 대수층의 수리특성인 수리전도도, 저류계수 등을 평가하기 위해 실시함
 - 양수시험 및 방법 : 현행 지하수영향조사 시에 수행하는 양수시험 규정을 그대로 준용함
 - 관측위치 선정 : 대수층 특성(수리전도도, 저류계수 등)을 반영한 굴착에 따른 지하수영향범위를 산정하고, 공사장 경계로부터 지하수영향범위(R)의 10%이내 지점, 즉 0.1R이내의 지점을 선정함
 - ☞ 주열식 흠막이 공법, 또는 지하연속벽 등과 같은 차수공법과 터널공법에서 비배수공법을 적용하여 주변지반의 지하수에 영향을 주지 않을 경우에는 누적수위변화량 관리기준을 적용할 필요가 없음. 단, 공사관계자는 이와 같은 공법으로 주변지역에 지하수 영향이 없음을 전문적인 조사용역과 지하수·지반 전문가의 검토를 받아야 함
- 3단계 : 공사장 지하수위 관리수위 설정
 - 굴착에 따른 설계시 계산된 지하수위 강하량과 최대지하수위 변동량을 관리수위로 설정함

공사장 지하수 관리 매뉴얼



【 누적 수위변화량 기준(안) 설정과정 】

□ 누적 수위변화량 기준(안)

- 누적 수위변화량(MH)이 1차, 2차, 3차관리기준으로 관리수위¹⁰⁾(관측정이 위치하고 있는 지점에서 굴착에 의해 발생된 하강된 지하수위) 보다 작을 때를 안전, 관리수위보다는 크고 관리수위와 최대자연변동량을 합한 값까지는 주의, 관리수위+최대자연변동량보다 큰 경우에는 위험으로 구분함
- 1차, 2차, 3차 기준과는 별도로 8 m이상의 누적수위변화량이 발생할 경우는 공히 위험으로 구분하여 관리함
 - 지하수위 강하량 10 m¹¹⁾를 기준으로 현장 여건이 상이한 점을 고려하여 안전율 80%를 적용한 값인 8 m (10 m × 0.8)를 기준으로 함
 - ※ 지하수위 강하량은 지하수위의 계절적 자연변동량을 배제하고 서울지역 평균 또는 최저 지하수위에서 굴착으로 저하된 지하수위를 말함

【 누적 수위변화량 관리기준(안) 】

관리기준 지표	1차관리기준 (안전*)	2차관리기준 (주의)	3차관리기준 (위험)	비고
누적 수위변화량 (MH)	MH ≤ 관리수위	관리수위 < MH ≤ 관리수위 + 최대 자연변동량	MH > 관리수위 + 최대 자연변동량 또는 MH > 8 m	신설(수위 강하량 10 m에 대한 안전율 80% 적용)

* 제시된 범위 안에서는 안전하다는 의미가 아니라, 지하수위의 최소 관리범위를 나타내는 것으로 공사현장에 따라 실제 안전기준은 달라질 수 있음

10) 양수시험을 통해 산정된 대수층 수리상수를 이용하여 지하수 해석해 또는 모델링에 의해 예측된 수위값임. 관리수위 설정 단계 또는 지하수영향조사 시에 나타난 성과를 이용하여 관리수위를 산정할 수 있으므로 중복을 피할 수 있음

11) 10 m 기준은 구조물 최대허용침하량(25 mm)이 발생하는 것으로 검토된 값(Sowers, 1962)이며, **지하수위의 계절적 자연변동량은 배제하고, 관측자료 최저 지하수위에서 굴착으로 인해 추가로 저하된 지하수위를 말함.** 서울시 지층은 일반적으로 매립층(5 m), 충적층(15~20 m), 풍화토(5 m), 풍화암, 연경암 순으로 구성되어, 이를 단순화하여 충적층을 대상으로 지하수위 강하량을 10 m로 가정하였을 때, 25 mm의 지반침하가 발생할 수 있는 것으로 개략 검토됨

공사장 지하수 관리 매뉴얼

나) 누적 수위변화량 관리기준 적용

□ 적용대상

- 지하 15m 이상의 굴착을 포함하는 아래의 공사장
 - 지하철, 터널 등 지하시설물, 21층 이상 또는 10만m²이상의 건축물
 - 총 공사비 300억원 이상인 대형공사
 - 지하수보존구역으로 지정된 지역의 굴착공사
 - 이 외에 지하수 고갈, 지반침하 등이 우려되는 지역의 공사
 - 문화재보존영향검토구역(문화재외곽경계 500m), 구매립지, 구하상 및 층적층 30m 이상 두꺼운 지역의 공사

□ 측정위치

- 현행 공사장 경계지역과 추가적으로 일 수위변화량 측정위치와 동일하게 아래의 두가지 경우 중 하나를 선택
 - 설계단계에서 지하수조사(양수시험)를 통한 영향구역(R) 산정후, 굴착에 의해 발생하는 최대지하수위 강하량의 10%되는 구간
 - 굴착깊이 만큼 외곽경계에서 떨어진 거리(H) (서울지하철 계측관리 요령 개선, 2015)

□ 측정지점수

- 일 수위변화량 기준에서와 동일한 기준을 적용하여 비용의 중복을 피함
- 다음과 같이 측정간격에 따라 측정지점수 조정
 - 건축물 : 측정위치 경계를 따라 0 ~ 50 m 간격(최소 2~3개소)
 - 지하철 : 측정위치 경계를 따라 개착구간일 경우 0 ~ 50 m 간격, 터널구간일 경우 0 ~ 50 m 간격
 - 기타 토목건축물 : 측정위치 경계를 따라 0 ~ 300 m 간격
- 지반침하 또는 함몰/붕괴 등의 우려가 있는 지점을 우선적으로 검토하여 측정지점 조정가능

□ 굴착행위 신고 및 원상복구

- 일 수위변화량 관리기준 적용과 동일하게 적용
 - 공사장에서 지하수관측정 설치를 위해서는 시장·군수·구청장에 굴착행위 신고서를 제출하여야 함(지하수법 제9조의4, 시행령 제14조의3, 시행규칙 제9조의4)
 - ☞ 지하수를 개발·이용하는 경우에는 지하수개발·이용신고서를 제출하여야 하며, 경우에 따라서 지하수영향조사를 실시하여야 함

공사장 지하수 관리 매뉴얼

- 공사시 사용한 관측공은 관계기관과 협의후 서울시 보조지하수관측망으로 활용할 수 있음
⇒ 공사후 서울시 보조지하수관측망으로 존치시에는 해당 관정에 대한 원상복구는 불필요함

□ 운영방식

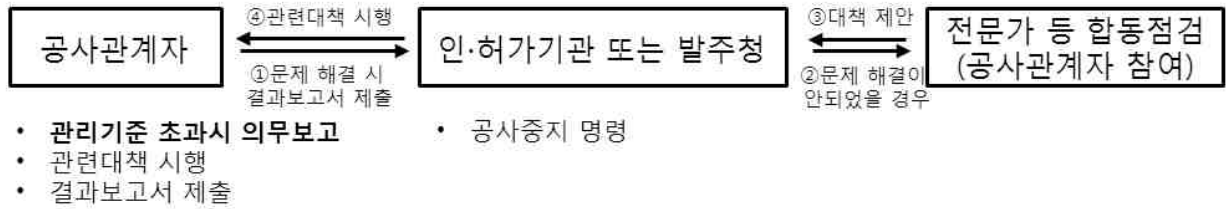
- 공사관계자는 누적 수위변화량이 8 m이상 초과시 인·허가기관 또는 발주청에 의무보고 및 지표침하 계측데이터 제출
 - 안전과 관련없는 기기오류 또는 계측오류일 경우에는 조치사항을 포함한 결과보고서 제출
- 문제해결이 안되었을 경우에는 인·허가기관 또는 발주청 주관하에 공사관계자를 포함한 전문가 등과 합동점검 및 현장조사를 실시하여 관련대책 수립
- 공사관계자는 전문가 합동 점검을 통해 마련된 대책을 포함한 조치를 시행한 후에 문제가 해결되었을 경우에는 인·허가기관 또는 발주청에 결과보고서 제출
 - 문제가 해결이 되지 않을 경우, 건설사업관리기술자 또는 공사감독자는 공사중지 명령, 또는 문제해결후 인·허가기관 또는 발주청과 협의후 공사재개 가능
- 지하수위 저하로 인해 영향을 크게 받는 구조물이 인접한 경우에는 지하수위 측정 지점을 추가로 설치

□ 적용 근거

- 국토교통부 건설안전과-2195(2015.04.24)호, 물관리정책과-7017(2015.4.27.)호
 - 「건설사업관리 업무지침서」(국토교통부고시 제2014-859호) 제89조 및 「건설공사 감독자 업지침」(국토교통부고시 제2014-859호) 제35조에 따르면 건설사업관리기술자 또는 공사감독자는 ‘시공된 공사가 품질확보상 미흡 또는 중대한 위험을 발생시킬 수 있다고 판단되거나, 안전상 중대한 위험이 발견될 때에는 공사중지를 지시할 수 있다’ 라고 규정
 - 굴착공사로 인한 지반침하 사고를 예방하기 위하여 공사중 굴착행위 등으로 인해 지하수위가 크게 변동되는 경우 “안전상 중대한 위험” 으로 간주하여 공사중지 명령을 하고, 필요한 조치를 한 후 공사를 재개하도록 함
- 특히, 민간발주 공사의 경우에도 지하수 유출 등으로 인한 지반침하 사고 예방을 위해 해당 인·허가기관에서는 상기 규정에 준하여 공사관리가 이루어지도록 지도·감독 시행

※ 국토교통부 건설안전과-2195(2015.04.24.) 공문

공사장 지하수 관리 매뉴얼



【 관리기준 초과시 업무흐름도 】

3.3. 측정 주기 및 조치사항

□ 지하수위 측정 주기

- 지하수위 관리기준 지표를 1일 수위변화량이기 때문에 측정주기는 일 1회로 최소 측정 빈도를 정함
- 현행 공사 중 우천시에만 3일간 일 1회인 것을 공히 일 1회로 명확히 함
 - 공사 전에는 앞에서 언급했듯이 지하수·지반조사의 일환으로 지하수위 측정
 - 공사 중에는 관리구역 내에서는 일 1회로 하고, 굴착공사의 영향반경 내에 있는 관리구역 외 지역에서는 주 1회로 함
 - 공사 후에는 이상 징후 없을 경우 1년간 월 1회로 하고, 이상징후 발생시 추가 2년간은 분기당 1회로 한정함
- 유사시 측정주기
 - 계측자료의 이상이 발생할 경우, 주변지반의 침하나 인접 건축물이나 구조물의 변형 등 유사시에는 측정 주기에 상관없이 상시로 측정함
 - 유사상황 발생시 공사 중, 후에 상관없이 상시로 측정하여 대책을 수립하도록 함

공사장 지하수 관리 매뉴얼

【 지하수위 측정주기(안) 】

시 기	주 기	비 고	현 행 ¹²⁾
공사 前	일 1회	지하수 장기관측	<ul style="list-style-type: none"> ○ 계측기 설치시 초기치 설정을 위해 일 1회(2일 간) 측정 ○ 공사 전 지하수 관측은 시행되고 있지 않음
공사 中	일 1회	관리구역(예: 0.1R 또는 1H 포함) 이내 지역	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 주 2회로 측정되고 있음 ○ 우천 1일후 3일간은 일 1회 연속 측정 ○ 현재는 영향반경을 고려하고 있지 않음
	주 1회	영향반경내의 관리구역 외 지역	
공사 後	1년간 월 1회	공사 이후 지속관측	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공사완료 후 1개월 까지 주 1회 ○ 1~6개월까지 월 1회
	추가 2년간 분기당 1회	이상징후 발생시	

□ 지하수위 기준에 따른 조치사항

- 2차 관리기준을 주의단계, 3차 관리기준을 위험단계로 구분하여, 주의단계에서는 관측빈도를 일 2회로 증가시켜 원인파악과 대책을 강구하도록 하고, 위험단계에서는 상황에 따라 공사중지 및 저감조치를 시행하도록 함
- 지하수위 강하가 예측치보다 큰 경우에는 전문가 검토를 통해 지하수 영향 최소화 공법 등으로 변경하는 것을 고려하도록 함
- 공사 주변 지역에서 개인의 이용 관정 수위에 영향을 미치는 경우에는 공사장 내 관정에서 채수한 물을 개인이 이용할 수 있도록 제공하거나, 더 깊은 심도로 관정을 개발하여 보상¹³⁾하도록 함.

12) 출처 : 국토해양부 건설공사 안전관리 개선방안 연구(2010), 서울시 지하철 공사에서 제시한 지하수위 관리기준을 중심으로 비교

13) 민법 제236조에 의하면 필요한 용도나 수익이 있는 원천이나 수도가 타인의 건축 기타 공사로 인하여 단수, 감수, 기타 용도에 장애가 생긴 때에는 용수권자는 손해배상을 청구할 수 있고, 그 공사로 인하여 음료수 기타 생활상 필요한 용수에 장애가 있을 때에는 원상회복을 청구할 수 있다고 규정하고 있어, 공사장 주변지역의 지하수 이용에 문제가 발생하였을 경우 피해자는 피해보상을 청구할 수가 있음

공사장 지하수 관리 매뉴얼

【 지하수위 기준에 따른 조치사항 】

기 준	대 책
주의 단계 (2차관리 기준)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하수 관측빈도 증가(일 2회) ○ 지하수위가 안전수위 이내로 회복 시까지, 인위적 강하가 아니라는 것이 확실해 질 때까지 지속
위험 단계 (3차관리 기준)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공사중지 및 저감조치 시행 ○ 조치수위 이내로 회복되거나, 관리기관으로부터 건물피해, 구조물 등에 영향이 없는 것으로 인정하는 경우 공사 재개 가능
지하수위 강하가 예측치보다 큰 경우	<ul style="list-style-type: none"> ○ 건설공법을 변경(영향 최소화공법으로 검토 후 변경) ○ 지하수 함양계획 등 검토
개인의 이용 관정 수위에 영향을 미치는 경우*	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공사장 내 관정에서 채수한 물을 개인이 이용할 수 있도록 제공하거나 더 깊은 심도로 관정 개발하여 보상함

* 공사로 인하여 주변지역에 미치는 영향을 평가하고, 미연에 피해를 방지하고자 환경영향평가를 실시하고 있는 바, 현재는 관련된 민원이 발생했을 경우 협상, 또는 소송에 의해 분쟁을 해결하도록 하고 있음.

공사장 지하수 관리 매뉴얼

4. 유출지하수 관리

4.1. 유출지하수 관련규정

가) 지하수법, 시행령 및 시행규칙

배경 및 목적

- 지하철, 터널 등과 같은 지하시설물 내에서 용출하는 지하수가 대부분 양질의 지하수임에도 불구하고, 하수관로로 방류되어 하수처리장의 하수처리 비용만 가중
- 수자원으로서 지하수의 중요성이 크게 증대됨에 따라 유출되는 지하수 사용을 의무화하는 지하수법이 개정되어 지하시설물과 대형건축물에서 유출되는 지하수의 이용을 의무화하도록 하고 있음

유출지하수 적용 대상(지하수법 제9조의2)

- 유출지하수 감소대책 수립·시행 대상
 - 지하철, 터널 등의 지하시설물을 설치하고자 하는 자
 - 특별시 또는 광역시에 층수가 21층 이상이거나 연면적이 10만m²이상인 건축물을 설치하고자 하는자
- 유출지하수 이용 의무 부과 대상¹⁴⁾
 - 지하철역사 1개소에서 1일 300톤이상 유출되는 경우
 - 터널 1개소에서 1일 300톤이상 유출되는 경우
 - 건축물 1개동에서 1일 30톤이상 유출되는 경우

유출지하수의 이용용도

- 생활용수 중 소방용·청소용·조경용 또는 공사용
- 그밖에 시장·군수·구청장이 필요하다고 인정하는 용도

신고기간

- 원인행위자는 지하수가 유출된 안 날로부터 1개월 이내에 지하수 유출감소대책 신고서를 작성하여 신고하여야 함
 - ☞ 공사장 유출지하수 관리를 위해 1개월 이내 신고하도록 하는 규정을 유출지하수 발생즉시로 변경하여 관리하도록 함

14) 유출지하수 감소대책을 수립, 시행함에도 불구하고 지하수법에서 규정하고 있는 유출지하수 이용 의무가 부과되는 지하수 유출량이 발생할 경우 유출지하수를 이용할 수 있도록 이용계획을 수립한 후 다음의 서류를 구비하여 시장·군수에게 신고하여야 한다.

- 지하수법 시행규칙 별지 제13호 서식 “유출지하수이용계획신고서”
- 유출지하수 유량측정자료 및 수질검사서
- 유출지하수의 이용계획

공사장 지하수 관리 매뉴얼

□ 신고증 교부

- 지하수법 시행규칙 별지 제14호 서식에 따라 신고를 받은 시장·군수·구청장은 신고인에게 “유출지하수 이용계획 신고증”을 교부함

□ 벌칙조항(지하수법 제37조의3)

- 유출지하수의 이용계획을 시행하지 않거나 이용률이 낮다고 판단되는 경우 시장·군수·구청장이 개선을 명하도록 하고 있으며, 필요한 조치를 하지 않는 경우에는 1년 이하의 징역 또는 1천만원 이하의 벌금을 부과함

□ 개선명령(지하수법 제9조의2)

- 시장·군수·구청장은 지하수의 유출감소대책을 시행하지 아니하는 자 또는 유출지하수의 이용계획을 시행하지 아니하거나 이용률이 현저하게 낮다고 인정되는 자에게 그 사유·이행기간 등을 명백히 하여 문서로 통보
- 천재지변이나 그 밖의 부득이한 사유로 개선명령을 이행하지 못한 자에 대하여 그 기간을 처음 이행기간의 범위에서 한 번만 연장할 수 있음
 - 이 경우 이행기간을 연장받으려는 자는 최초의 이행기간이 끝나기 3일 전까지 시장·군수·구청장에게 기간연장을 신청하여야 함
- 개선명령을 이행한 경우에는 그 이행한 날부터 15일 이내에 개선명령 이행완료 증명할 수 있는 서류와 현장사진을 첨부하여 시장·군수·구청장에 제출하여야 함

나) 하수도 관련 규정

□ 하수도법

- 하수도로 유입되는 지하수를 하수의 정의에 포함(하수도법 제2조)
 - ‘하수’의 정의에 건물·도로 그 밖의 시설물의 부지로부터 하수도로 유입되는 빗물·지하수를 포함함으로써 지하수가 하수도로 유입될 경우 하수도 사용료를 부과하고 있음
- 공공하수도를 사용하는 자로부터 사용료를 징수할 수 있고, 징수는 지방자치단체 조례로 정함(하수도법 제65조제1항)
 - 하수도법 제65조 사용료 등에 관한 법률에서는 공공하수도의 사용료를 대통령령이 정하는 바에 따른 당해 지방자치단체의 조례에 의해 징수한다고 규정
- 사용료 수익금은 공공하수도에 관한 용도 외에는 사용 할 수 없음(하수도법 제65조제2항)

공사장 지하수 관리 매뉴얼

□ 서울특별시 하수도 사용 조례

- 하수도사업의 효율적인 추진을 위하여 하수도사업 특별회계를 설치하여 운영하고 있음(서울특별시 하수도사업 특별회계 설치조례 제1조)
- 공익사업시행자(시공사)는 감면대상으로 규정되어 있지 않음(서울특별시 하수도 사용 조례 제34조제1항)
 - 하수를 공공하수도로 배출하는 경우 누구든지 하수도사용료 징수 대상이므로, 도시철도사업시행자라고 하더라도 하수도사용료 징수대상이며 감면대상도 아님
 - 참고로 하천방류 수질기준에 적합한 하수를 개인하수도를 이용하여 하천으로 직접 방류할 경우 하수도사용료 부과대상은 아님
- 서울특별시의 하수도 사용 조례에 따르면 공공하수도 사용료는 원인자 부담으로 하수의 양과 업종에 따라 요율을 정하고 있음
 - 유출지하수의 사용요금은 사용여부 및 업종구분 없이 300원/㎥을 부과함

【 서울시 하수도 사용요금 요율표 (1개월 기준) 】

업종	사용구분(㎥)	연도별 단가(원/㎥)		
		2012년	2013년	2014년부터
가정용	30이하	220	260	300
	30초과 ~ 50이하	510	610	700
	50초과	780	930	1,070
욕탕용	500이하	240	290	330
	500초과 ~ 2000이하	300	360	410
	2000초과	340	410	470
공공용	50이하	370	460	550
	50초과 ~ 300이하	560	730	880
	300초과	640	840	1,000
일반용	30이하	250	320	380
	30초과 ~ 50이하	550	660	750
	50초과 ~ 100이하	870	1,010	1,140
	100초과 ~ 200이하	1,030	1,220	1,370
	200초과 ~ 1000이하	1,080	1,270	1,440
	1000초과	1,130	1,330	1,520
※ 유출지하수의 사용요금 (사용여부 및 업종구분 없음)		220	260	300

【자료출처】 서울특별시 하수도 사용조례 별표 2)

공사장 지하수 관리 매뉴얼

- 하수도 사용료 감면
 - 서울특별시 하수도 사용 조례 제29조와 제30조에 관한 법률에 따르면 중수도를 설치하여 사용하는 자는 공공하수도 사용료, 공공하수도 점용료, 원인자부담금을 감면할 수 있다고 규정되어 있음
- 지하철 역내 유출지하수를 활용할 경우에는 중수도와 관련된 각종 법률을 검토해 볼 필요가 있음
 - 여러 법률에서 중수도 지원을 위한 각종 지원시책 및 법적·제도적 추진기반을 규정하고 있음
 - ‘물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률’ 제23조에서는 국가 및 지방자치단체는 중수도를 설치하는 자에게 설치에 필요한 비용의 일부를 보조하거나, 용자할 수 있도록 규정하고 있으며, 지방자치단체는 중수도를 설치한 시설물의 소유자 또는 관리자나 하폐수처리수 재처리수를 공급받는자에 대하여 조례로 정하는 바에 따라 수도요금 또는 하수도사용료를 경감할 수 있도록 하고 있음

4.2. 유출지하수 관리요령

□ 적용대상

- 지하수의 유출 감소대책을 수립·시행해야 할 대상
 - 지하철·터널 등의 지하시설물을 설치하고자 하는 자
 - 특별시 또는 광역시에 층수가 21층 이상이거나 연면적이 10만㎡이상인 건축물을 설치하고자 하는 자
- 유출지하수 이용계획을 수립·시행하여야 할 대상
 - 지하철역사 1개소에서 1일 300톤 이상 유출되는 경우
 - 터널 1개소에서 1일 300톤 이상 유출되는 경우
 - 건축물 1동에서 1일 30톤 이상 유출되는 경우

□ 유출지하수 감소대책 수립·시행

- 지하수의 유출감소대책을 수립하여 신고하려는 자는 지하수법 시행규칙 제9조의2 제2항에 따른 기준 이상의 지하수가 유출된다는 사실을 안 날부터 1개월 이내¹⁵⁾ 별지 제12호의2 서식의 지하수 유출감소대책 신고서에 다음 각 호의 서류를 첨부하여 시장·군수·구청장에게 제출하여야 함
 - 유출지하수의 유량측정 자료

15) 서울특별시는 공사장에서 유출지하수가 발생시, 안전관리를 위해 발생즉시 신고토록 함

공사장 지하수 관리 매뉴얼

- 지하수의 유출감소대책

- 유출지하수 감소대책 신고를 받은 시장·군수·구청장은 신고증을 발급함
 - 지하수법 시행규칙 별지 제12호의3 서식 ‘유출지하수이용계획신고증’
- 감소대책의 신고를 하지 아니한 자는 500만원 이하의 과태료를 부과함

□ 유출지하수 이용계획 수립·시행

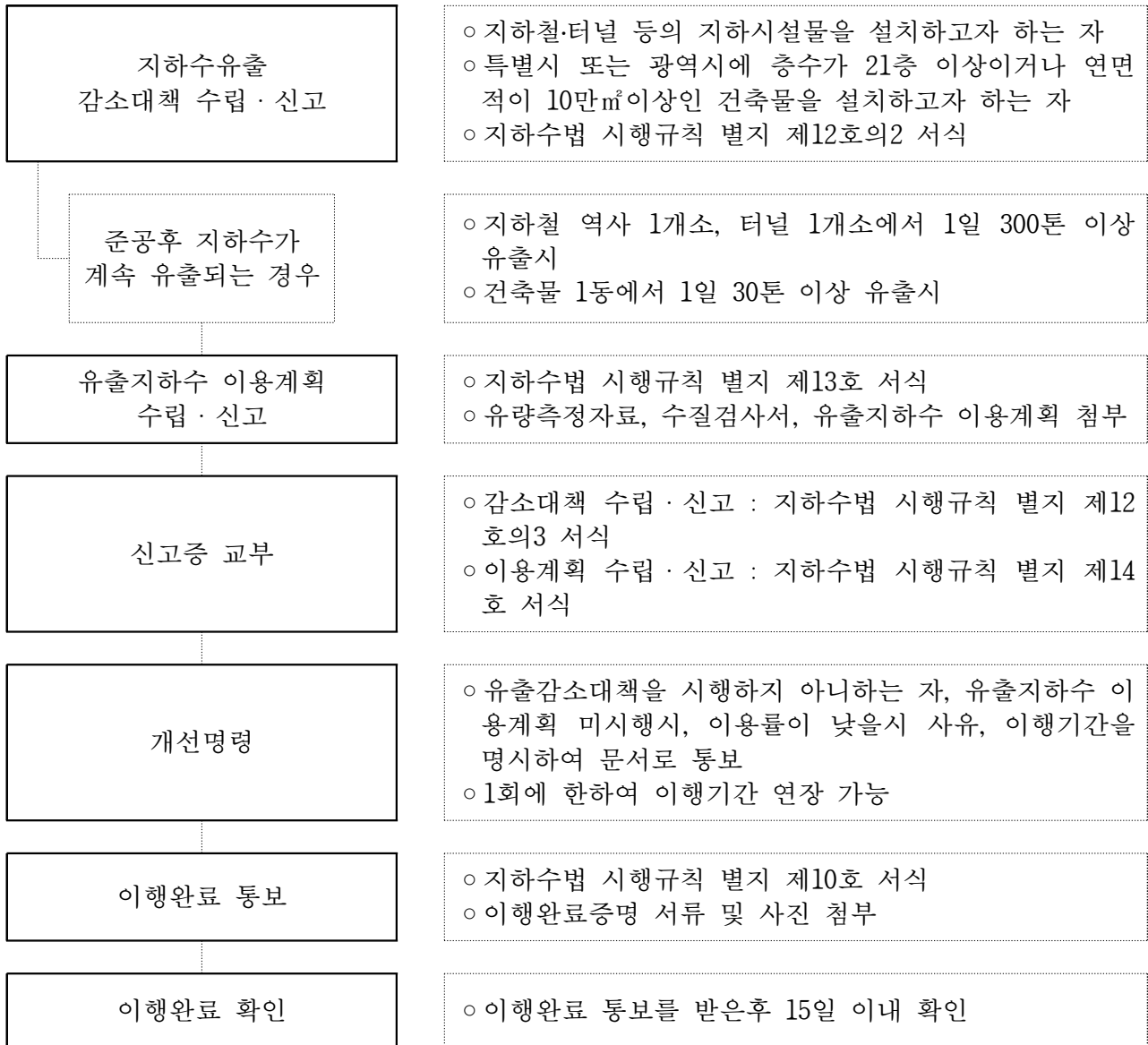
- 유출지하수 감소대책을 수립, 시행함에도 불구하고 지하수법에서 규정하고 있는 유출지하수 이용 의무가 부과되는 지하수 유출량이 발생할 경우 유출지하수를 이용할 수 있도록 이용계획을 수립한 후 다음의 서류를 구비하여 시장·군수·구청장에게 신고하여야 함
 - 지하수법 시행규칙 별지 제13호 서식 ‘유출지하수이용계획신고서’
 - 유출지하수 유량측정자료 및 수질검사서
 - 유출지하수의 이용계획
- 유출지하수의 이용용도
 - 생활용수 중 소방용·청소용·조경용 또는 공사용
 - 그 밖에 시장·군수·구청장이 필요하다고 인정하는 용도
- 유출지하수이용계획 신고를 받은 시장·군수·구청장은 신고증을 교부함
 - 지하수법 시행규칙 별지 제14호 서식 ‘유출지하수이용계획신고증’
- 이용계획의 신고를 하지 아니한 자는 500만원 이하의 과태료를 부과함

□ 개선명령

- 시장·군수·구청장은 지하수의 유출감소대책을 시행하지 아니하는 자 또는 출지하수의 이용계획을 시행하지 아니하거나 이용률이 현저하게 낮다고 인정되는 자에게 기간을 정하여 개선명령을 내려야 한다. 이 때 사유, 이행기간 등을 명백히 하여 문서로 통보하여야 함
 - 천재지변이나 그 밖의 부득이한 사유로이행기간 내에 개선명령을 이행하지 못한 경우에는 그 기간을 처음 이행기간의 범위에서 한 번만 연장할 수 있으며, 이 경우 이행기간을 연장받으려는 자는 최초의 이행기간이 끝나기 3일 전까지 시장·군수·구청장에게 기간연장을 신청하여야 함
- 개선명령을 이행한 경우에는 15일 이내에 개선명령 이행완료 증명할수 있는 서류와 현장사진을 첨부하여 시장·군수에 제출하여야 한다.
- 개선명령을 이행한 경우에는 그 이행한 날부터 15일 이내에 별지 제10호 서식의 개선명령 이행완료 통보서에 다음 각 호의 서류를 첨부하여 시장·군수·구청장에게 제출하여야 함

공사장 지하수 관리 매뉴얼

- 개선명령의 이행완료 증명할 수 있는 서류
- 현장사진
- 개선명령 이행완료 통보서를 받은 때에는 15일 이내에 그 이행완료 여부를 확인하여야 함



【 유출지하수 관리 업무흐름도 】

공사장 지하수 관리 매뉴얼

4.3. 공사장 유출지하수 관리

가) 공사장 유출지하수 신고

근거 : 서울특별시 하수도 사용조례 및 지하수법

유출지하수 처리 절차

- 공사장에서 발생하는 유출지하수는 집수조 등에 일시적으로 모았다가 공공하수도로 배출하기 때문에, 이에 대한 신고와 사용료를 납부하여야 함
- 공공하수도 사용개시 신고(하수도 사용조례 제21조)
 - 공공하수도 사용자는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 하거나 상황이 발생하는 경우에는 하수배출량 등에 대하여 규칙으로 정하는 바에 따라 그 행위를 하거나 상황이 발생한 날부터 30일 이내에 신고하여야 한다고 규정함
 - ☞ 공사장 유출지하수 관리를 위해 1개월 이내 신고하도록 하는 규정을 유출지하수 발생즉시로 변경하여 관리하도록 하였기 때문에, 유출지하수를 하수도로 배출하고자 하는 경우에도 발생즉시 신고하도록 하여 관리함
 - 공공하수도의 사용을 개시, 중지, 폐지하거나 중지중에 있던 것을 다시 사용하고자할 때
 - 토목공사, 건축공사, 기타의 사유로 공공하수도를 일시 사용하고자 하는 때(이 경우에는 기간표시)
 - 상수도 급수에 의하지 아니하는 지하수·하천수·온천수 또는 해수 등을 공공하수도에 배출시킬 때
 - 물의 사용량과 하수의 배출량이 현저히 다를 때
 - 그 밖에 배출되는 하수의 현황이 이 조례에 의하여 사용자에게 적용되는 요금의 적용구분과 달라졌을 때
- 계측기 설치 및 봉인 요청(하수도 사용조례 제26조)
 - 하수도 사용개시신고를 한 자는 하수도 사용량을 측정하기 위한 계측기(이하 “계측기”라 한다)를 설치·관리하여야 함¹⁶⁾
 - 계측기를 설치하는 경우에는 다음 각 호의 기준에 적합한 것으로 설치하여야 하며, 설치된 계측기는 시장에게 봉인 요청을 하여 봉인하여야 함
 - 공인검정기관의 검정을 받은 것

16) 예외조항) 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 계측기를 설치하지 아니할 수 있다.

1. 급수관을 통하여 급수하는 경우로 급수관에 굴곡이 많거나 장소의 협소 등으로 인하여 설치가 곤란한 경우
2. 수동펌프·우물·계곡수 등을 사용하는 경우

공사장 지하수 관리 매뉴얼

- 검정유효기간이 넘지 않은 것
- 파손되거나 고장나지 않은 것
- 시장은 하수도 사용자가 설치한 계측기에 이상이 있다고 판단될 때에는 공인검정기관에 기능시험을 의뢰할 수 있으며, 검정에 필요한 비용은 하수도 사용자가 부담하여야 함
- 하수도 사용자는 계측기 점검 또는 검침에 방해가 되는 물건을 적치하거나 공작물 등을 설치하여서는 아니 됨
- 사용료 징수 및 관리 (하수도 사용조례 제39조)
 - 구청장은 사용료 중 지하수·하천수 또는 온천수 일시사용에 따른 사용료의 부과·징수, 계측기 봉인요청의 처리, 공인 검정기관에 계측기 기능시험 의뢰 및 검정에 필요한 비용의 징수, 계측기 설치장소의 관리 등의 사무를 위임받아 시행함
 - 공공하수도 사용료 부과·징수(1994년 11월 이후)는 수도사업소장이 위임받아 시행함



【 공사장 유출지하수 처리 절차 】

나) 공사장 유출지하수 관리

□ 관리대상

- 공사장에서 발생하는 유출지하수 총량을 대상으로 함. 따라서, 청소용수, 조경용수 등으로 사용되기 전의 발생총량을 계측하여야 함

□ 발생량 측정방법

- 유출지하수량을 측정하기 위한 계측기를 설치·관리
 - 대개 굴착공사 시에는 집수조, 집수정을 설치하여 이곳에 유출지하수를 모아서 토사와 이물질 등을 제거하기 위해 침사조를 거쳐 어느정도 걸러진 물을 우수맨홀에 배출시키기 때문에 이때 유량계를 설치하여 유출지하수량을 측정할 수 있음
 - 유량계를 통해서 공공하수도 사용료를 징수하기 때문에 유량계 조작이 안되도록 동선으로 봉인처리함
 - 유량계의 설치 시점이 지연되지 않도록 공사일지와 사진대지를 첨부하도록 함

공사장 지하수 관리 매뉴얼



(유량계 조작을 못하도록 동선봉인)



(플랜지 부분도 꼼꼼하게 봉인 처리)

【 유량계 봉인 】

□ 유출지하수 관리

- 유출지하수 발생신고 : 공사장 유출지하수가 발생하는 즉시
- 유출지하수 관련 지도점검 강화 : 공사현장 관계자의 유출지하수 관련 인식 확대 및 신고 등 이행정착 필요
 - 공사현장 관계자 유출지하수 관련 관리에 대한 계도강화 : 건축허가에 따른 안내문 배포 및 비치(부록 3-안내문 표지 및 붙임 제13호)
 - 유출지하수 계측자료를 제출 : 월별 자료 제출(구청장)
 - 공사장 유출지하수 불시 점검 강화 : 유출지하수 관리실태 점검팀 구성·운영¹⁷⁾
- 유출지하수의 미신고로 인한 과태료 부과
 - 유출지하수가 발생하는 즉시 신고토록 하였기 때문에, 불시 점검시 유출지하수가 발생하고 있는데, 이에 대한 신고누락 또는 유량계 미설치시 과태료를 부과함¹⁸⁾

17) 주요 점검사항

- 유출지하수 발생 신고 여부, 유출량 측정 확인, 계측기 설치·봉인 관리 확인
- 유출지하수 발생현장은 토사포함 여부와 계측자료(지표침하, 지하수위 등) 확인

18) 하수도 사용조례 제40조에 따라 허위 또는 부정한 방법으로 사용료의 징수를 면한 경우에 해당하므로, 면한 금액에 2배에서 4배까지 과태료 징수(가사용 전용자는 면한요금의 2배, 기타 사용자는 면한요금의 4배)

공사장 지하수 관리 매뉴얼

□ 지하굴착 공사장 및 주변 지역 안전관리 강화

- 유출지하수 발생량을 정확하게 예측하기 힘들므로, 유출수량 및 지하수위 강하가 당초예측치(환경영향평가 등)를 초과하는 경우 다음의 경우에 따라 관리
- 공사중 유출지하수량이 많이 발생하는 경우
 - 공사시행 및 인·허가기관과 관계전문가 합동점검 실시 후 대책 강구 : 설계 및 환경영향평가와 현황 불일치 사유, 적용된 흙막이·차수공법 시공상태, 계측관리 사항, 기타 위험요인 및 안전확보 방안 등 검토
 - 주변지역 안전관리 강화 조치 : 주변 도로 GPR 탐사, 하수관 CCTV 촬영 실시·분석 등
- 공사 완료 후 발생하는 유출지하수량이 많이 발생하는 경우에도 위에서와 같은 조치를 취하도록 함
 - 공사시행 및 인·허가기관과 관계전문가 합동점검 실시 후 대책 강구 : 설계 및 공사중 예측과 현황 불일치 사유, 적용된 흙막이·차수공법 시공상태, 계측관리 사항, 기타 위험요인 및 안전확보 방안 등 검토
 - 주변지역 안전관리 강화 조치 : 주변 도로 GPR 탐사, 하수관 CCTV 촬영 실시·분석 등

공사장 지하수 관리 매뉴얼

5. 토사유출량 관리

□ 배경 및 목적

- 서울시 도로함몰 등 지반침하의 원인으로 지하수 이용과다 보다는 대부분 지하 굴착공사에 따른 유출지하수 발생과 이에 수반된 토사유출에 의한 것으로 추정되고 있음
- 공사시 지하수 유출로 인한 주변지역으로부터 토립자의 유출을 방지해야 함
 - 만약 국부적으로 지하수 및 토립자가 유출되는 경우 즉시 굴착을 중지하고 신속한 조치를 취하여야 하며, 이를 위해 굴착 과정에서 토사유출량을 측정하여 관리할 필요가 있음
 - ☞ 현재 국토교통부에서는 ‘안전한 지반굴착기술 및 지하수, 지반구조 영향 예측/평가/관리기술’을 위한 기획연구(한국건설기술연구원, 2015)에서 향후 토사유출량 관련한 측정 등에 대한 기술개발을 추진하도록 계획하고 있음

□ 공사장 토사유출량 관리(안)

- 원칙 : 굴착공사장 이외의 타지역으로부터 유출되는 토사는 없어야 함
- 관리대상 : 유출지하수가 발생하는 모든 공사장
- 관리방법
 - 공사시 일별 토사유출량 변화 모니터링 실시¹⁹⁾ : 공사중 이상구간(취약구간) 파악을 위한 정성적 자료로 사용
 - 인·허가기관 또는 발주청에서 요청시 공사관계자는 토사유출량 자료를 제출하여야 함
 - 토사유출량 변화 모니터링 이상 상황 발생시 : 차수 및 방수 등 선조치 후 정밀조사 실시 ⇒ 공사중지 후 정밀조사 실시
 - ※ 이상상황 : 유출토사량이 이전 측정치에 비해 비이상적²⁰⁾으로 급증하는 경우
 - 자료 제출 누락 및 허위기재 사실이 밝혀질 경우 감리 및 시공사에 대한 벌점 부과 등 행정조치

□ 공사장 토사유출량 측정방법(예)

- 공사장에서 토사유출량을 측정하는 방법은 이론적으로 정립되어 있지 않고, 공사장 별로 특성에 맞는 방법을 선택하여 모니터링 할 필요가 있음
- 공사장에서 파이핑, 히빙과 같은 지하수 유출지점을 파악할 수 경우에는 이러한 지점에서 지하수를 매일 채취하여 토사량을 모니터링하여야 함

19) 공사중 이수(drilling mud) 또는 파쇄세립질과 유출토사와의 구분이 어렵기 때문에 정성적으로 평가함

20) 비이상적이라는 것은 이전의 측정치에 비하여 약 50%이상 증가하였을 경우를 말함

공사장 지하수 관리 매뉴얼

● 측정대상

- 집수조, 집수정으로 보내어지는 지하수의 경우에는 집수조에서 침강되기 전의 지하수를 채취하여 분석
- 파이핑, 히빙 등 유출지점이 파악되는 경우에는 유출되는 지점에서 직접 지하수를 채수하여 분석

● 측정방법

- 침강시험

- 일정한 양의 유출수를 채취하고, 매스실린더 또는 일정한 용기에 유출수를 넣고, 일정한 시간동안 토사를 침강시키고, 침강된 토사의 두께를 측정하여 용기 단면적을 곱해서 전체 토사량을 산정함
- 매일 유출수 채취(2L) → 침강시험(2일) → 침전된 유출토사 두께 측정 → 토사 유출량의 변화양상 모니터링

- 탁도측정 : 여과를 통한 부유물질 측정(토사량이 매우 적은 경우)

- 무게를 잰 유리여과기에 일정량의 시료를 여과시킨 다음 함량으로 건조하여 무게를 달아 여과하기 전과 여과한 뒤의 유리여과기 무게의 차이를 산출하여 부유물질의 양을 구하는 방법임
- 적당량의 시료(최소 2리터)를 취하여 흡인 여과 → 유리여과기를 물로 씻어서 침전을 유리여과기의 아래층에 모음 → 105~110℃의 건조기 안에서 2시간 동안 건조시켜 황산 데시케이터 안에 넣어 방냉하고 무게를 잰 → 여과하기 전과 여과한 뒤의 유리여과기 무게의 차이를 구하여 부유물질의 양을 계산

- 탁도측정 : 탁도측정기 사용(토사량이 적은 경우)

- 일반적으로 많이 사용하고 있는 탁도측정기는 nephelometer로서, 액체에 빛을 쬐여 그 빛의 산란을 이용하여 탁도를 측정하는 방법임
- 단위로는 NTU(Nephelometric Turbidity Unit)를 사용함

- 배수용 sump 또는 pit : 공사장 유출지하수를 차집하여 침강되는 토사량 두께 측정(신뢰성 있는 자료를 획득하기 어렵기 때문에 정성적으로만 활용)

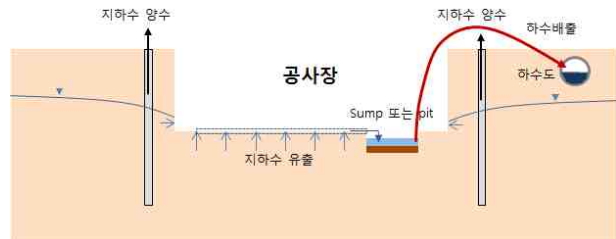
공사장 지하수 관리 매뉴얼



【 토사유출량 모니터링 예 】



(탁도측정)



(배수용 sump 또는 pit에서의 토사량 측정)

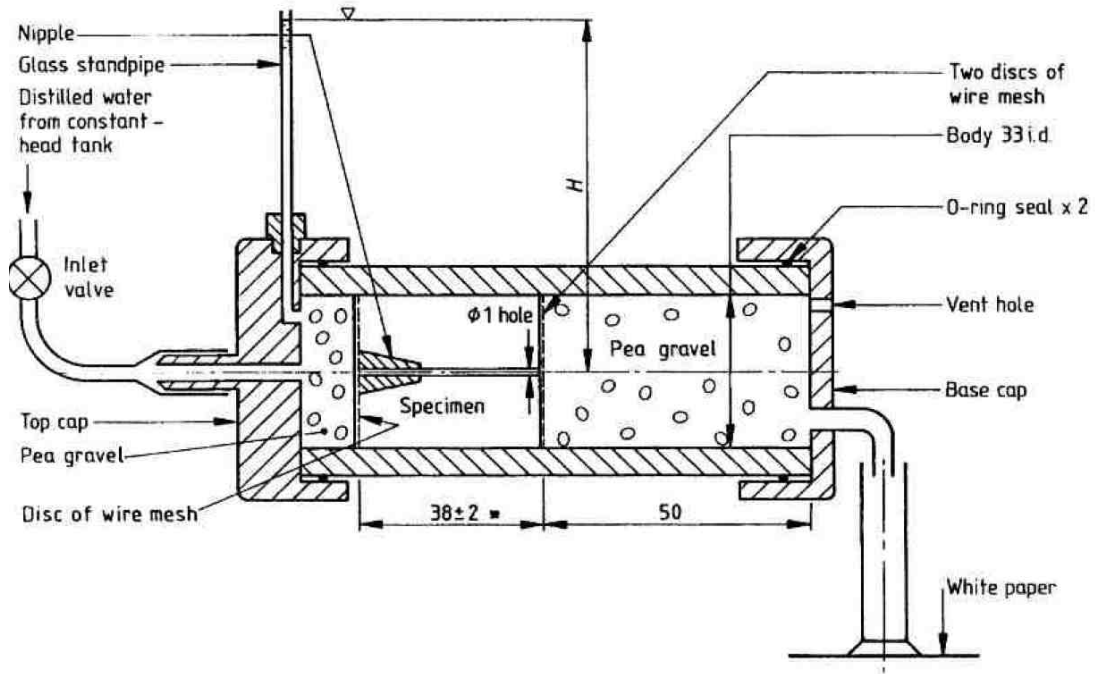
【 토사유출량 모니터링 예 】

- 기타

- 침식성 점토 시험 : 일반적인 점성토의 경우 침식 진행 과정에는 상당히 고유 속의 침투수가 역할을 하게되지만 이들 침식성의 점토는 정지 상태의 물과 만나는 조건하에서도 나트륨 이온에의해 각각의 토립자의 결속력이 와해되어

공사장 지하수 관리 매뉴얼

(Dispersive) 토립자가 서로 분리되는 성질이 있으므로, 굴착공사시 이와 같은 침식성 점토가 많을시에 파이핑 현상이 발생할 우려가 큼



【 핀홀(pin hole) 테스트 모식도 】

공사장 지하수 관리 매뉴얼

6. 종합침하선도²¹⁾ 작성 관리

□ 배경 및 목적

- 기존 굴착공사에서는 연도변 인접구간에 대해서만 지하수위 및 침하량을 예측하여 집중관리하고 있으나, 굴착공사에 따른 지하수위 하강의 영향은 주변지반에 영향을 미치며, 지반의 특성상 공사장 관리는 공사장 인근 뿐만 아니라 주변지역까지 확장해 관리할 필요가 있음
- 지하수위 저하 영향구간에 대하여 공사와 직접적으로 관련되지 않은 지역에도 지하수위와 지표침하량을 계측하여 수위 및 침하량을 예측·관리함

□ 운영방안

- 종합침하선도 작성²²⁾ : 굴착공사에 따른 지하수위 강하를 예측하여, 주변지역의 종합침하선도를 작성
- 지하수영향 범위 내에 아래와 같은 지점 또는 구역에 **최소 1개이상** 지하수위와 지표침하 관측
 - 종합침하선도에서 침하량이 25²³⁾ mm이상 발생하는 구역
 - 종합침하선도에서 침하량이 25 mm이상 발생하지 않는 구역이라도 지하수 고갈, 지반침하 등이 우려되는 지점(문화재보존영향검토구역, 구매립지, 구하상 및 층적층 30m 이상 지역)
- 관측자료 및 종합침하선도는 인·허가기관 또는 발주기관에서 요청시 제출하도록 함

□ 시행방안

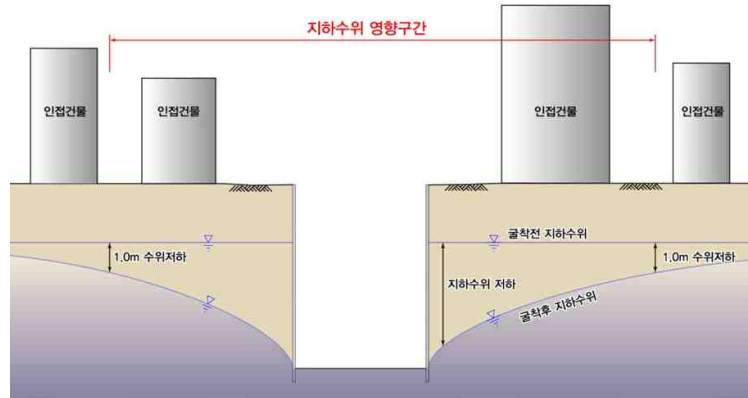
- 종합침하선도 작성 시기
 - 공사 전 지하수환경영향평가 시에 작성하여 지하수·지반분야 전문가 검토를 받도록 함
 - 공사 중 침하량 계측결과를 반영하여 작성된 종합침하선도는 지속적으로 업데이트(월별로 갱신)하여 관리하도록 함
- 지하수위 영향구간 선정 : 지하수위 1.0 m 강하구간까지 영향구간으로 선정
- 지하굴착 및 지하수 유출영향 등을 고려한 3차원 지반안정성 검토를 통해 침하량을 예측하여 등침하선도 작성

21) 굴착공사장 주변지역의 침하량은 매우 적은 값이 예상되기 때문에 종합침하선도는 침하우려가 되는 지점을 집중관리한다는 의미를 가짐

22) MODFLOW Sub package, FLAC-3D, GTS-NS 등 지하수 유동과 지반공학 연동 해석 프로그램을 이용하여 작성 가능

23) Sower(1962)의 최대허용침하량 기준을 참조

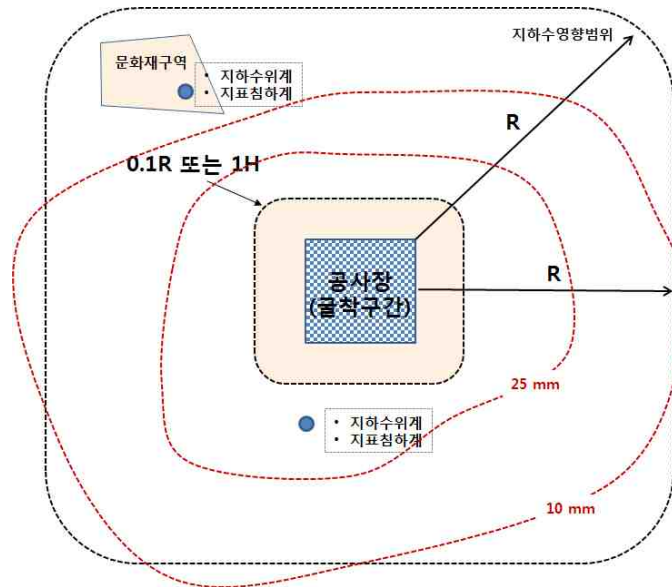
공사장 지하수 관리 매뉴얼



【 지하수 영향구간 선정 】

□ 적용대상

- 지하 15 m이상의 굴착을 포함하는 아래의 공사장
 - 총 공사비 300억원 이상인 대형공사
 - 지하수보존구역으로 지정된 지역의 굴착공사
 - 지하수 고갈, 지반침하 등이 우려되는 지역의 공사 : 문화재 보존영향검토구역(문화재외곽경계 500m), 구매립지, 구하상 및 층적층 30m 이상 지역



【 종합침하선도 작성에 따른 추가 관측위치 설정²⁴⁾ 】

24) 지하수영향범위 내에 있는 문화재 구역은 25 mm이내의 침하량을 보이더라도 추가적으로 지하수위계와 지표침하계를 설치함

공사장 지하수 관리 매뉴얼

부 록

부록 1-자동 지하수위계 센서 관리방법

부록 2-지하수 영향범위 산정


부록 3-안내문 표지 및 붙임 제13호

부록 4-굴착행위 및 유출지하수 신고 관련서식

공사장 지하수 관리 매뉴얼

1. 자동수위계 센서 종류 및 특징

□ 자동 지하수위계 종류

장비명	Levellogger	사진		
모델명	3001 LT Levellogger edge			
용도	지하수위 및 온도 자동 측정			
크기	22 mm × 159 mm			
배터리 수명	10 년			
최대 기록	40,000 개 (온도와 수위)	규격	Full Scale	정확도
측정 간격	0.5 초 ~ 99 시간		32.8 ft., 10m	± 0.016ft., 0.5 cm
			98.4 ft., 30 m	± 0.064ft., 1.5 cm
			328.1ft., 100 m	± 0.164 ft., 5 cm

장비명	Barologger	사진		
모델명	3001 LT Barologger edge			
용도	대기압 및 온도 자동 측정			
크기	22 mm × 159 mm			
배터리 수명	10 년			
최대 기록	40,000 개 (온도와 대기압)	규격	Full Scale	정확도
측정 간격	0.5 초 ~ 99' 시간		Air only	± 0.05 kPa

장비명	LTC	사진		
모델명	3001 LTC Junior			
용도	수위, 온도, 전기전도도 자동 측정			
크기	22 mm × 190 mm			
배터리 수명	5 년			
최대 기록	16,000 개	규격	Full Scale	정확도
측정 간격	5 초 ~ 99 시간		32.8 ft., 10 m	± 0.032ft., 1 cm
			98.4 ft., 30 m	± 0.096ft., 3 cm

공사장 지하수 관리 매뉴얼

□ 지하수위계 센서 특성

- 측정범위 : 50m내외 (천공 및 엄지말뚝 심도, 지반조사결과를 참조하여 측정범위 조정)
- 정 밀 도 : 5mm내외
- 작동온도 : -20 ℃ ~ 50 ℃
- 완전방수 밀폐형
- 설치전 작동 및 Test 방법 기록 : Calibration sheet와 정상 작동여부 및 검측필요

2. 유지보수

□ 설치 및 유지보수 방법

- 측정에 들어가기 전에 센서를 물속에 넣어 정상 작동여부를 확인한 후 다음과 같이 측정을 실시한다.
- 보호캡을 열고 센서를 Stand Pipe 속으로 삽입하여 내린다.
- 빨간불이 켜지고 부저가 울릴 때의 깊이를 Data Sheet에 기록한다.
- 측정치 기록시에는 계측당일의 기상상태를 기록하고 우천시에는 우천일자를 기록하여야 한다. (토류벽 배면에 그라우팅이 실시된 경우에는 그라우팅의 종류, 깊이, 지층조건 등을 함께 기록하여야 한다.)
- 망실에 대비하여 측정 후 지하수위계관 보호함체는 반드시 자물쇠로 잠근다.

□ 지하수위계 측정오차 및 망실에 대한 조치방법

- 측정오차의 발생 원인
 - Readout기기의 전지소모
 - 수위계 주변의 상,하수도관 파손
 - 기상조건
 - 관 내부에 이물질 유입
- 측정오차 발생에 대한 대책
 - Readout 기의 전지소모 : 전지가 소모되면 부저에 불이 들어오지 않으므로 전지를 충전 또는 교체한 후 계측을 실시한다.
 - 수위계 주변의 상·하수도관 파손 : 계측기 주변의 상·하수도관의 파손 등으로 굴착에 따른 수위저하를 정확히 파악할 수 없으므로 계측기와 상·하수도관과의 이격거리 및 관의 크기를 기재하여 영향정도를 파악할 수 있도록 해야 한다.
 - 기상조건 : 연일 계속된 집중호우의 영향으로 굴착진행과는 무관하게 수위가 상

공사장 지하수 관리 매뉴얼

승하는 경우가 종종 발생하므로 Data Sheet에 강우정도 및 시기 등을 기록하여 그 영향정도를 파악할 수 있도록 해야한다.

- 설치 전 Filter관리를 철저히 하고 토층에 적합한 보호장치를 하며 상부 마감관리도 철저히 한다.
- 망실에 대한 조치방법
 - Tip 삽입 불능시 재설치를 원칙으로 한다.
 - Tip 삽입은 가능하나 지반의 지하수위를 검측할 수 없는 경우 : 주로 굴착에 따른 횡변위 발생 등으로 주변지반의 침하가 심하거나, 인접건물의 피해가 발생하여 배면지반에 지반주입에 의한 보강 그라우팅 작업으로 인하여 수위계 주변의 간극이 밀실하게 충전되어 투수계수가 작아지거나 수위계 하부의 Filter가 막혀서 발생하는 것으로 현 굴착고에 비하여 주변지반의 충전층이 깊을 경우(수위저하에 민감한 지층)에 한하여 재설치를 원칙으로 한다.
 - 정상 작동여부 확인을 위해 분기(1회/3개월)마다 강제 수위저하(최소 5 m) 후 수위복원 Test 실시 필요

공사장 지하수 관리 매뉴얼

1. 지하수 양수에 따른 영향범위 산정

(1) 경험식에 의한 방법

- 영향반경 R은 대수층의 성격, 양수지속시간 혹은 지하수위 강하량, 지하수함양량 등에 의해 좌우되므로 일률적으로 결정할 수는 없지만, 일반적으로 양수정 이내의 범위에서 $R = \sqrt{\frac{K}{S}t}$ (t : 채수시간, S : 저류계수)에 비례하여 확대됨

【 경험식에 의한 영향반경의 산정 】

방법	산정식	범례	대수층
Sichert	$R = C\Delta h \sqrt{K}$	R : 영향반경(m) Δh : 수위강하량(m) K : 수리전도도(m/s) C : well point system에서는 1,500~2,000, 우물에서는 3,000	자유면 대수층
Weber	$R = \alpha \sqrt{\Delta h \cdot K \cdot \frac{t}{S}}$	α : 상수로서 1.9~3의 범위 (Shultze는 $\alpha=2.45$ 를 제시) R : 영향반경(m) Δh : 수위강하량(m) K : 수리전도도(m/s) t : 양수시간 (일) S : 저류계수(자유면지하수의 경우 유효공극을 적용)	자유면 대수층/ 피압 대수층
Kozeny	$R = \sqrt{\frac{12 \cdot t}{S} \sqrt{\frac{Q \cdot K}{\pi}}}$	R : 영향반경 (m) Δh : 수위강하량(m) K : 수리전도도(m/일) t : 양수시간 (일) S : 저류계수(자유면지하수의 경우 유효공극을 적용) Q : 양수량 (m ³ /일)	자유면 대수층/ 피압 대수층

공사장 지하수 관리 매뉴얼

(2) 대수층 구성물질에 의한 영향반경 추정

- 양수시험 등에 의한 산정된 수리상수(수리전도도, 저류계수 등)이 없는 경우 1차적으로 스크리닝 하기 위해 사용가능

【 대수층 구성물질에 의한 영향반경 】

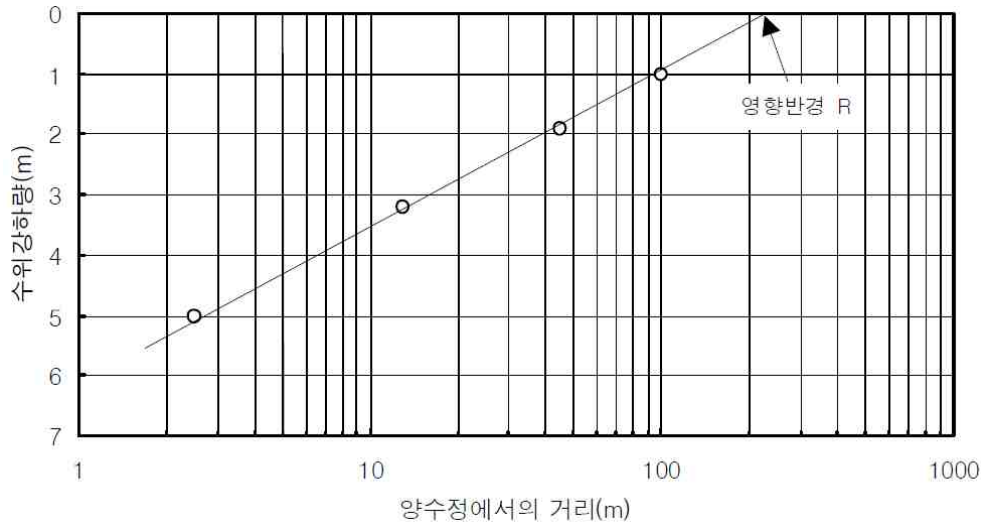
토 질		영향반경 R(m)
구 분	입경(mm)	
세립~조립질	>10	>1,500
조립모래~세립력	2~10	500~1,500
중립모래(1)	1~2	400~500
중립모래(2)	0.5~1	200~400
세립모래(1)	0.25~0.5	100~200
세립모래(2)	0.10~0.25	50~100
실트~세립모래	0.05~0.10	10~50
실트	0.025~0.05	5~10

(출처 : 지하수 보전구역 기준설정과 관리운영 최적화 기술 개발연구, 2001, 건설교통부, 한국건설기술연구원)

(3) 거리-수위강하 해석법

- 정상류상태(steady state)에서 양수시험시 2개 이상의 관측공에서 평형상태에 도달했을 때의 수위강하량을 측정하여 양수정으로부터 관측공의 거리와 수위강하량을 반대수지상에 표시하여 영향반경을 산정
- 양수정에서 관측공까지의 거리와 수위강하량을 표시하면 직선으로 나타나며 직선이 수위강하량 = 0인 지점까지가 영향반경임

공사장 지하수 관리 매뉴얼



【 거리-수위강하 해석으로 영향반경을 구하는 방법 】

(4) 지하수 흐름방정식을 이용하는 방법

- 지하수 흐름방정식에서 정류상태의 평형방정식 및 비정류 상태의 비평형 방정식으로부터 영향반경을 산정

【 지하수 흐름방정식에 의한 영향반경의 산정 】

구분		산정식	비고
정류상태	자유면대수층	$\ln R = \frac{\pi K (H^2 - h_i^2)}{Q} + \ln r_i$	평형방정식
	피압대수층	$\ln R = \frac{2\pi T (H - h_i)}{Q} + \ln r_i$	평형방정식
부정류상태	Theis의 방법	$R = 2\sqrt{\frac{T \cdot t \cdot u}{S}}$	$u = \frac{r^2 S}{4Tt}$
	Jacob의 방법	$R = \sqrt{\frac{2.25 \cdot T \cdot t}{S}}$	

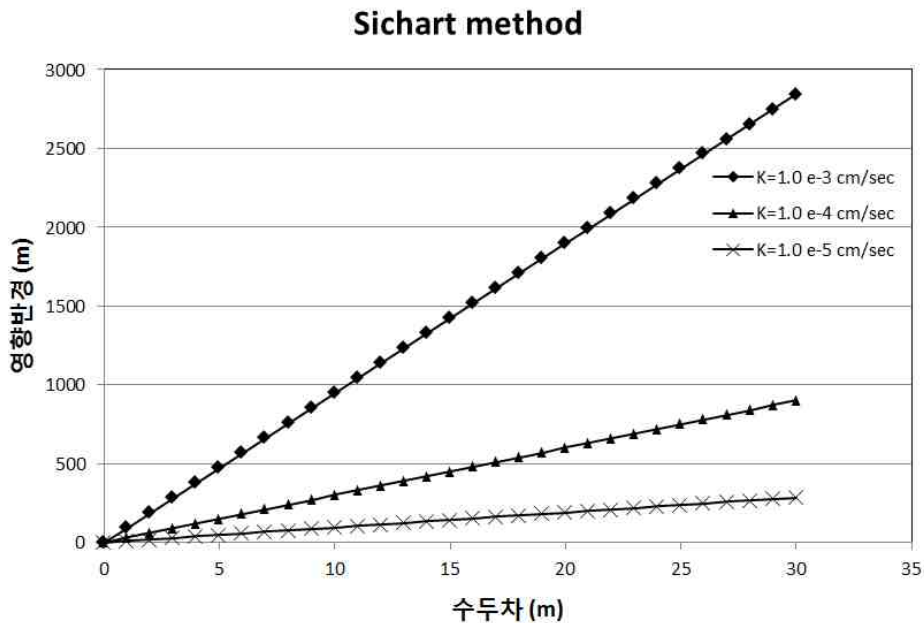
- 여기서, R : 영향반경 (m), T : 투수량계수 (m²/일), H : 최초 지하수위 (m), K : 수리전도도 (m/일), t : 양수시간 (일), S : 저류계수, Q : 양수량 (m³/일), h_i : r_i만큼 떨어진 곳에서의 수위 (m)

공사장 지하수 관리 매뉴얼

2. 지하굴착에 의한 영향범위 산정

(1) 등가 양수정법에 의한 산정

- 지하굴착에 의해 굴착면을 통해 지하수가 유출되면서, 주변지역의 지하수위가 낮아지게 되면, 마치 양수정을 통해서 양수가 진행되는 과정과 비슷하게 지하수위가 저하됨
- 이를 이용하여, 위에서 제시한 여러 가지 산정식들을 이용하여 양수정에서 양수가 진행된다고 가정하고, 굴착지점으로부터 영향범위를 산정함
- Sichart 법에 의한 영향범위
 - 지하굴착 심도에 따라서 수두차가 발생하게 되면, 수두차가 주변지역으로 영향을 미치게 됨으로써 수두차가 커지게 됨에 따라 영향범위도 커짐
 - 수리전도도가 크면 클수록, 영향범위가 커지며, 굴착에 따라 10m 정도의 수두차가 발생한다고 했을 때, $K=1.0 \times 10^{-3}$ cm/sec에서 949m, $K=1.0 \times 10^{-4}$ cm/sec에서 300m, $K=1.0 \times 10^{-5}$ cm/sec에서 95m 정도의 영향범위를 나타냄

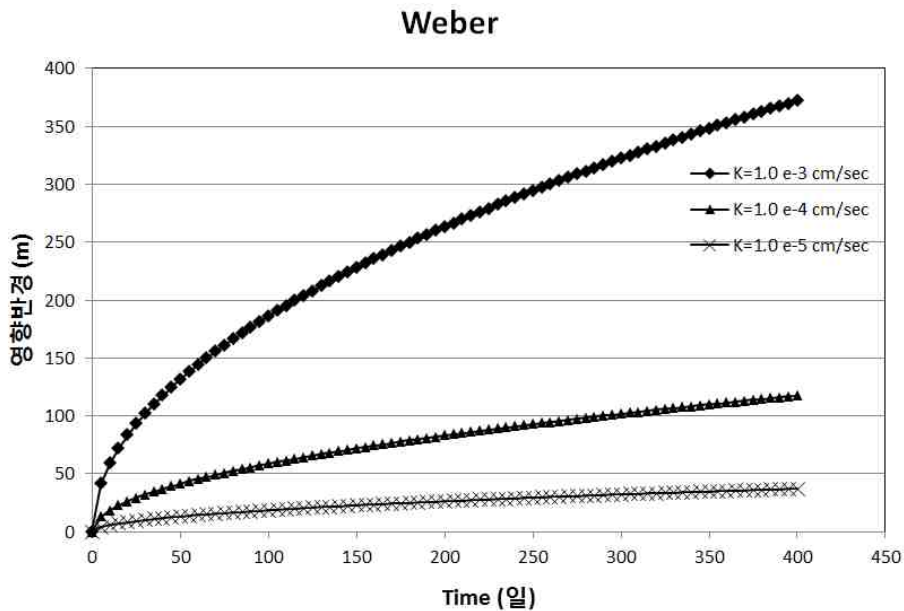


【 Sichart 방법에 의한 영향범위 산정 】

- Weber 법에 의한 영향범위
 - Sichart 방법과는 달리 영향범위는 시간에 대한 함수로 나타내어지며, 이에 따라 수리전도도 뿐만 아니라, 저류계수에도 달라지게 됨

공사장 지하수 관리 매뉴얼

- 서울시 충적층의 수리상수를 고려하여, 저류계수는 0.15로하고, 굴착에 따른 수두차가 10m 발생했을 경우, 영향범위는 시간이 지날수록 계속 확장되며, 365일 기준으로 $K=1.0 \times 10^{-3}$ cm/sec에서 355m, $K=1.0 \times 10^{-4}$ cm/sec에서 112m, $K=1.0 \times 10^{-5}$ cm/sec에서 36m 정도의 영향범위를 나타냄

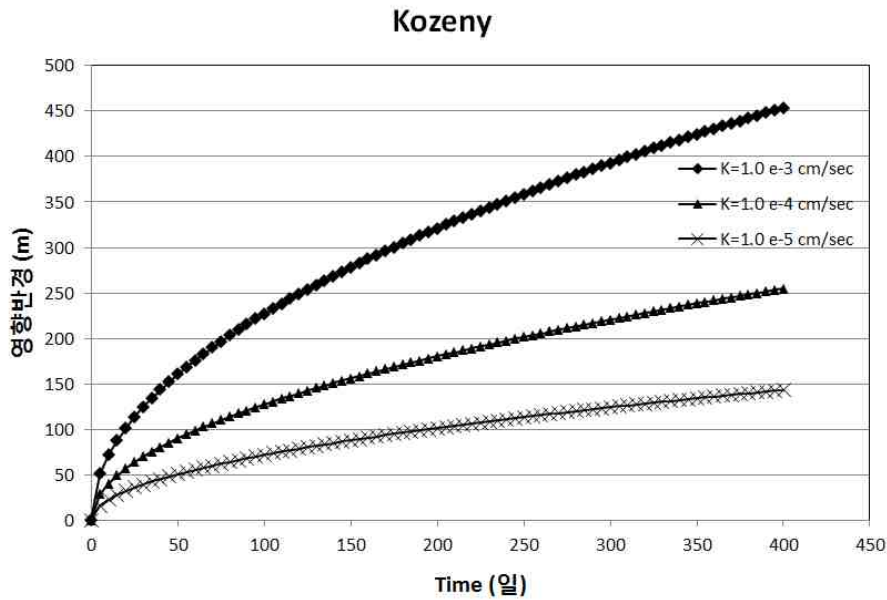


【 Weber 방법에 의한 영향범위 산정 】

● Kozeny 법에 의한 영향범위

- Kozeny 법에서는 Weber 법의 수두차 대신에 양수량을 고려, 수리전도도, 저류계수를 적용하여 영향범위를 산정함
- 서울시 충적층의 저류계수를 0.15로 가정하고, 양수량은 $150 \text{ m}^3/\text{일}$ 을 입력하여 영향범위를 산정하게 되면, 영향범위는 시간이 지날수록 계속 확장되며, 365일 기준으로 $K=1.0 \times 10^{-3}$ cm/sec에서 433m, $K=1.0 \times 10^{-4}$ cm/sec에서 243m, $K=1.0 \times 10^{-5}$ cm/sec에서 137m 정도의 영향범위를 나타냄
- Weber 법에서는 굴착에 따라 발생하는 수두차를 가지고 영향범위를 산정하였기 때문에, 대수층 내의 수리상수인 수리전도도, 저류계수 등에 민감한 반면, Kozeny 법에서는 양수량, 즉 유출량을 입력변수로 사용하기 때문에, 수리상수에 덜 민감한 것으로 산정됨

공사장 지하수 관리 매뉴얼



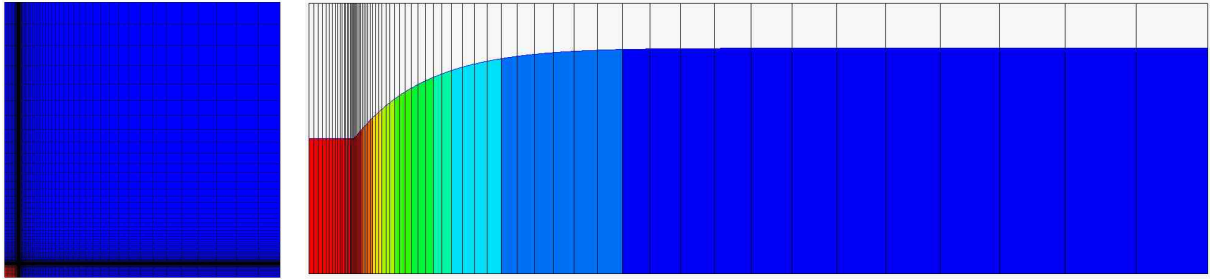
【 Kozeny 방법에 의한 영향범위 산정 】

- 경험식에 근거한 영향범위는 굴착공사의 규모, 대수층 조건에 따라 예비적인 성격으로 평가할 수 있는 사항으로, 조사자료가 적거나, 미흡할 경우 사용할 수 있으며, 각각의 산정식의 특성에 맞게 적용함

(2) 수치모델링을 이용한 지하굴착에 따른 영향범위 산정

- 등가 양수정법은 대수층이 균질하거나, 단순한 조건에 의해 산정할 수 있는 방법으로, 굴착형상이 다양하거나, 여러개의 지층을 굴착하는 경우, 하천과 같은 함양조건, 암반을 만났을 때 불투수 경계조건 등 여러 가지 상황을 고려할 수 있기 위해서는 수치모델링을 활용하여 영향범위를 산정함
- 여기서는, 일레로 가로, 세로 100 m의 정방형을 갖는 지하굴착을 시행하면서, 주변 지역에서 지하수위 저하가 어떻게 확장되며, 영향범위는 어느정도 될 것인지를 MODFLOW 프로그램을 이용하여 계산함
- 초기 지하수위는 지표하 -5 m에 있다고 가정하였으며, 굴착깊이를 10 m, 15m를 했을 때의 주변지역으로의 지하수위변동 양상을 계산하고 영향범위를 산정하였음
- 대수층은 충적층을 가정하여 저류계수는 앞의 예에서와 같이 0.15를 입력하였고, 두께는 30 m, 자유면 대수층에서의 지하수위 변동을 모사하였음

공사장 지하수 관리 매뉴얼



모델그리드

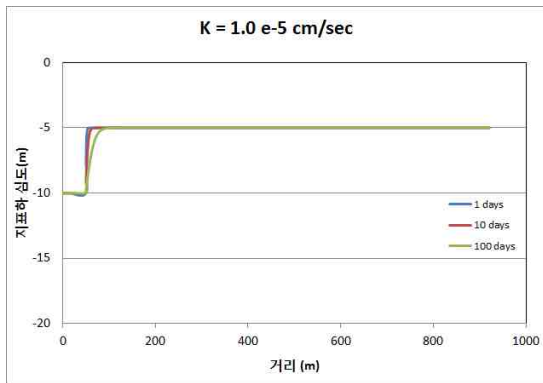
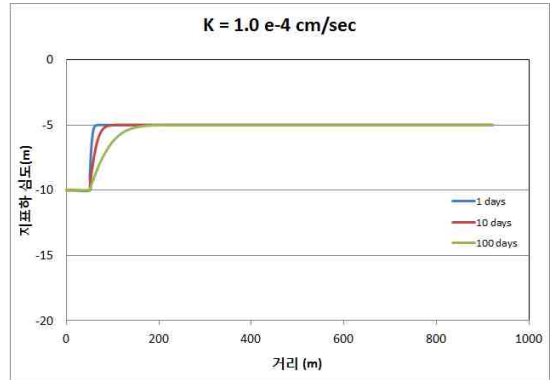
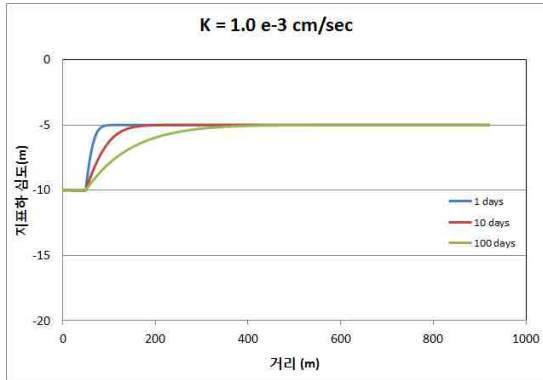
굴착지점으로부터 거리에 따른 지하수위 변화

【 수치모델링(MODFLOW)을 이용한 지하굴착에 따른 시기별 수위 예측 】

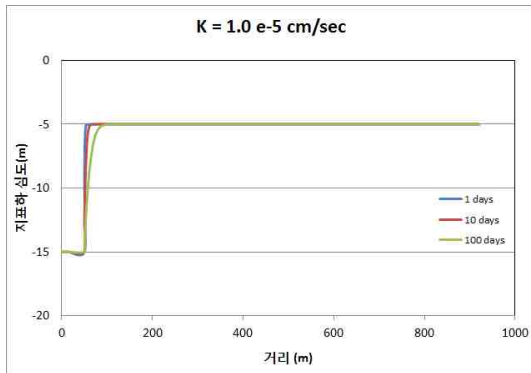
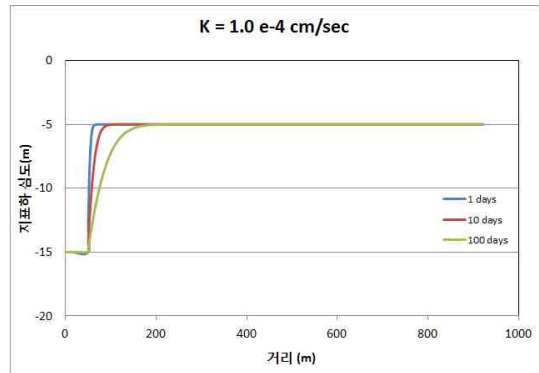
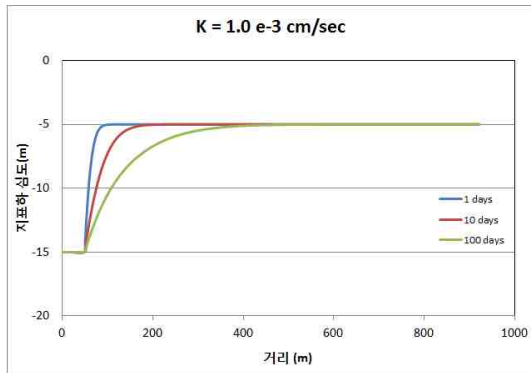
● 모사결과

- 상기 경험식에서 나타난 바와 같이 수리전도도가 커짐에 따라서, 또한 굴착깊이 깊어짐에 따라서 영향범위는 넓어지게 됨
 - 굴착깊이 10 m에서 100 일 정도 지난 시점에서 초기수위로부터 1m가 내려간 -6 m 가 되는 지점을 영향범위이라고 가정하면, $K=1.0 \times 10^{-3}$ cm/sec에서 197 m, $K=1.0 \times 10^{-4}$ cm/sec에서 107m, $K=1.0 \times 10^{-5}$ cm/sec에서 69m로 산정되었음
 - 굴착깊이 15 m에서는 100일정도 지난 시점에서 초기수위로부터 1m가 내려간 -6 m가 되는 지점은 $K=1.0 \times 10^{-3}$ cm/sec에서 244m, $K=1.0 \times 10^{-4}$ cm/sec에서 122m, $K=1.0 \times 10^{-5}$ cm/sec에서 74m로 산정되었음
- 공사 현장에서의 영향범위는 지층의 분포상태, 지층별 수리특성, 즉 수리전도도, 저류계수 등을 산정하고, 함양조건, 불투수 경계 등을 종합적으로 고려하여 제시할 수 있음

공사장 지하수 관리 매뉴얼



【 10m 굴착시 시간에 따른 지하수위 변동 】



【 15m 굴착시 시간에 따른 지하수위 변동 】

함께 만드는 서울, 함께 누리는 서울

건축허가에 따른 안내문



2015

서울특별시

건축 관계인은 반드시 숙지하시기 바랍니다.

<표준안내문 활용시 참고사항>

- 1) 건축허가시 관련법령 등에 의해 부여되는 조건은 안내문과 별도로 작성 사용
- 2) 안내문은 자치구 실정에 맞게 변경·추가사용 가능
- 3) 본문의 관련부서별 부서명과 연락처는 자치구별 확인후 기재하여 사용

- 건축공사장 지하수관리 방안(안내) -

【문의 : ○○과 ☎ 0000-0000】

1. 건축공사장에서 발생하여 배출되는 지하수는 『서울특별시 하수도 사용 조례』 제21조(사용개시 등의 신고)에 의거 유출지하수 발생(하수도 배출) 신고 의무가 있으므로 발생 시 구청장에게 신고하시기 바랍니다. [과태료]
2. 『서울특별시 하수도 사용 조례』 제26조(계측기의 설치 및 관리)에 따라 하수도 사용개시신고를 한 자는 하수도 사용량(유출지하수량)을 측정하기 위한 계측기를 설치·관리하여야 하며, 설치된 계측기는 구청장에게 봉인 요청을 하여 봉인하여야 함.
3. 『지하수법』 제9조의2(유출지하수의 이용 등)에 따라 층수가 21층 이상이거나 연면적이 10만제곱미터 이상인 건축물을 설치하려는 자는 이로 인하여 건축물 1동에 1일 30톤 이상으로 지하수가 유출되는 경우 이를 감소시킬 수 있는 대책을 수립하여 1개월 이내에 구청장에게 신고하고, 그 대책을 시행하여야 하며, [벌칙 · 과태료]
4. 지하수 유출감소대책에도 불구하고 해당 건축물의 준공 후 건축물 1동에 1일 30톤 이상으로 지하수가 유출되는 경우에는 1개월 이내에 소방용·청소용·조경용·공사용·화장실용·공원용 또는 냉난방용으로 이용할 수 있도록 이용계획을 수립하여 구청장에게 신고하여야 함. [벌칙 · 과태료]
5. 지하수위 이하구간 공사가 포함되는 21층 이상 또는 연면적 10만제곱미터 이상인 건축물 공사를 시행하는 경우, 지하수위 및 지반침하 측정데이터를 공사 착공 시부터 준공 시까지 월 2회 이상 측정 후 매분기말까지 인·허가부서에 제출하고, 공사장 내 설치된 지하수위계에 대하여는 준공 전에 해당 자치구의 보조관측망으로 존치·활용여부에 대해 인·허가 부서를 통하여 서울시(물관리정책과) 및 자치구(지하수 담당부서)와 협의를 진행하여야 함
6. 지하굴착 공사장 및 주변 지역 안전관리를 위하여 지하수 유출량과 지하수위 하강이 당초 예측치(환경영향평가서 등) 초과하는 경우 인·허가기관 및 관계전문가와 합동점검 실시 후 대책을 강구(설계 및 환경영향평가와 현황 불일치 사유, 적용된 흙막이·치수공법 시공상태, 계측관리 사항, 기타 위험요인 및 안전확보 방안 등 관련)하고 주변지역 안전관리 강화 조치를 시행(주변 도로 GPR 탐사, 하수관 CCTV 촬영 실시·분석 등)

■ 지하수법 시행규칙[별지 제18호서식] <개정 2014.11.7.>

굴착행위 신고서

※ 색상이 어두운 란은 신고인이 적지 않습니다.

접수번호	접수일	처리기간	5일
신고인	성명(법인명)	생년월일(법인등록번호)	
	주소(법인인 경우에는 주된 사무소의 소재지) (전화번호:)		

신고내용	굴착행위 내용				
	순번	위치/좌표(경도, 위도)	굴착 깊이	굴착 지름	굴착 목적
			m	mm	
	착공 예정일 년 월 일			원상복구 예정일 년 월 일	
	예정 시공 업체명			대표자(주소)	

「지하수법」 제9조의4제1항 각 호 외의 부분 전단에 따라 위와 같이 지하수에 영향을 미치는 굴착행위를 신고합니다.

 년 월 일

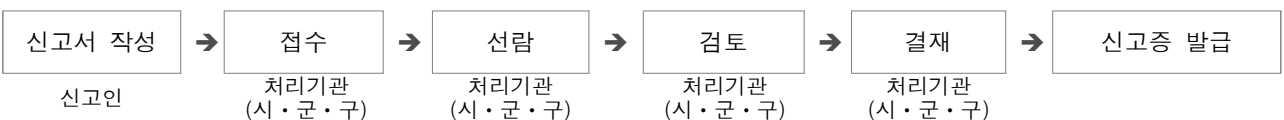
 신고인

(서명 또는 인)

시장·군수·구청장 귀하

신고인 제출서류	1. 굴착행위의 위치를 표시한 축척 5천분의 1 이상의 지형도·지적도 또는 임야도 2. 원상복구계획서 3. 토지를 사용·수익할 수 있는 권리를 증명할 수 있는 서류(토지 등기사항증명서는 제출하지 않습니다)	수수료 없음
담당 공무원 확인사항	토지 등기사항증명서	

처리절차



210mm×297mm[백상지 80g/m²(재활용품)]

■ 지하수법 시행규칙[별지 제19호서식] <개정 2014.11.7.>

굴착행위 변경신고서

[]굴착 깊이 변경 []굴착 지름 변경 []원상복구예정일 변경 []시공업체명 변경

접수번호	접수일	처리기간	5일
신고인	성명(법인명)	생년월일(법인등록번호)	
	주소(법인인 경우에는 주된 사무소의 소재지) (전화번호:)		

변경 내용

신고번호	위치/좌표(경도, 위도)	변경 전	변경 후

※ 신고번호에는 해당 굴착행위 (변경)신고증의 「신고번호-순번」을 적습니다.

「지하수법」 제9조의4제1항 각 호 외의 부분 후단과 같은 법 시행령 제14조의3제1항에 따라 위와 같이 지하수에 영향을 미치는 굴착행위의 변경([]굴착 깊이 변경 []굴착지름 변경 []원상복구예정일 변경 []시공업체명 변경)을 신고합니다.

년 월 일

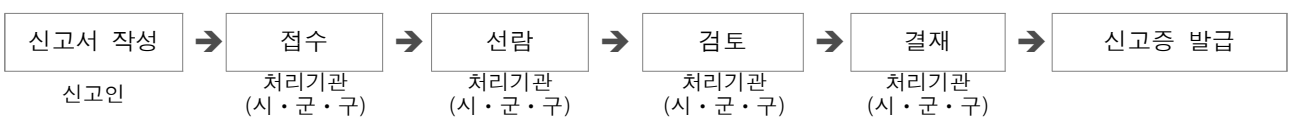
신고인

(서명 또는 인)

시장·군수·구청장 귀하

신고인 제출서류	해당 굴착행위 (변경)신고증	수수료 없음
-------------	-----------------	-----------

처리절차



210mm×297mm[백상지 80g/m²(재활용품)]

■ 지하수법 시행규칙[별지 제20호서식] <개정 2013.10.31>

신고번호 제 호					
[]신고증 굴착행위 []변경신고증					
신고인	성명 (법인명)	생년월일 (법인등록번호)			
	주소(법인인 경우에는 주된 사무소의 소재지) (전화번호:)				
굴착행위 내용					
순번	위치/좌표(경도, 위도)	굴착 깊이(m)	굴착 지름(mm)	목적	원상복구 예정일
「지하수법」 제9조의4제1항에 따라 지하수에 영향을 미치는 굴착행위([]신고 []변경 신고)를 하였으므로 이 증을 발급합니다.					
년 월 일					
시장 · 군수 · 구청장					<div style="border: 2px solid orange; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> 직인 </div>

210mm×297mm[백상지 80g/m²(재활용품)]

■ 지하수법 시행규칙[별지 제21호서식] <개정 2013.10.31>

굴착행위 종료신고서

접수번호	접수일	처리기간	5일
신고인	성명 (법인명)	생년월일 (법인등록번호)	
	주소(법인인 경우에는 주된 사무소의 소재지) (전화번호:)		

굴착행위 내용

신고번호	위치/좌표(경도, 위도)	굴착 깊이 (m)	굴착 지름 (mm)	원상복구 예정일

※ 신고번호에는 해당 굴착행위 (변경)신고증의 「신고번호-순번」을 적습니다.

「지하수법」 제9조의4제1항 각 호 외의 부분 후단에 따라 굴착행위 종료를 위와 같이 신고합니다.

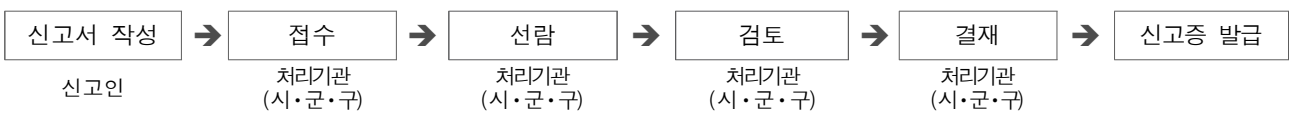
신고인

년 월 일
(서명 또는 인)

시장·군수·구청장 귀하

신고인 제출서류	1. 해당 굴착행위 (변경)신고증 2. 원상복구계획서	수수료 없음
-------------	----------------------------------	-----------

처리절차



210mm×297mm[백상지 80g/㎡(재활용품)]

■ 지하수법 시행규칙[별지 제12호의2서식] <개정 2014.11.7.>

지하수 유출감소대책 신고서

접수번호	접수일	처리기간	5일
신고인	성명(법인명)	생년월일(법인등록번호)	
	주소(법인인 경우에는 주된 사무소의 소재지) (전화번호:)		
감소대책 내용	지하수 유출량 m ³ /일	유출 위치	
	누수방지 공법		
감소공사 내용	착공 예정일		준공 예정일
	시공업체명	대표자(주소)	
	공사개요		

「지하수법」 제9조의2제1항과 같은법 시행규칙 제9조의2제3항에 따라 위와 같이 지하수 유출감소대책을 수립하여 신고합니다.

년 월 일

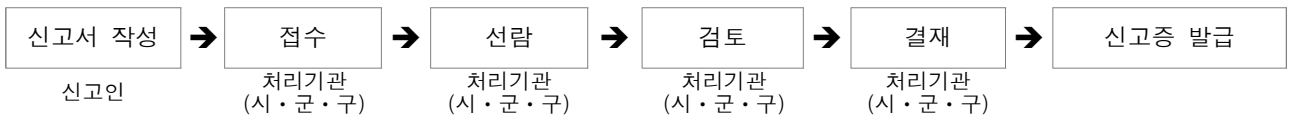
신고인

(서명 또는 인)

시장·군수·구청장 귀하

신고인 제출서류	1. 유출지하수의 유량측정자료 2. 지하수의 유출감소대책	수수료 없음
-------------	------------------------------------	-----------

처리절차



■ 지하수법 시행규칙[별지 제12호의3서식] <신설 2013.10.31.>

신고번호 제 호

지하수 유출감소대책 신고증

신고인	성명 (법인명)	생년월일 (법인등록번호)
	주소(법인인 경우에는 주된 사무소의 소재지) (전화번호:)	
유출 위치	지하수 유출량 m ³ /일	누수방지공법
착공예정일	준공예정일	
시공업체명	대표자(주소)	

「지하수법」 제9조의2제1항과 같은 법 시행규칙 제9조의2제4항에 따라 지하수의 유출감소대책을 신고하였으므로 이 증을 발급합니다.

년 월 일

시장·군수·구청장

직인

210mm×297mm[백상지 80g/m²(재활용품)]

■ 지하수법 시행규칙[별지 제13호서식] <개정 2014.11.7.>

유출지하수 이용계획 신고서

접수번호	접수일	처리기간	5일
신고인	성명(법인명)	생년월일(법인등록번호)	
	주소(법인인 경우에는 주된 사무소의 소재지)		
(전화번호:)			
이용계획 내용	유출 위치	용도	
	지하수 유출량 m ³ /일	이용계획량 m ³ /일	
시설공사 내용	시공업체명	착공 예정일	준공 예정일
	대표자(주소)		등록번호(전화번호)
	공사개요		

「지하수법」 제9조의2제2항에 따라 위와 같이 유출지하수 이용계획을 신고합니다.

년 월 일

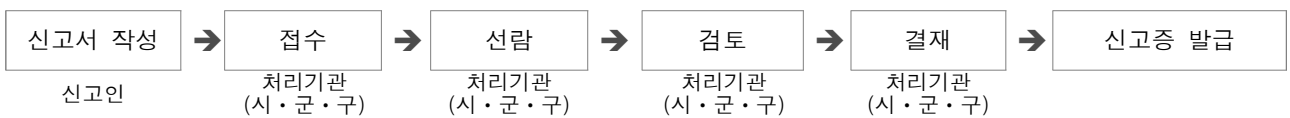
신고인

(서명 또는 인)

시장·군수·구청장 귀하

신고인 제출서류	1. 유출지하수의 유량측정자료 및 수질검사서 2. 유출지하수의 이용계획	수수료 없음
-------------	--	-----------

처리절차



210mm×297mm[백상지 80g/m²(재활용품)]

■ 지하수법 시행규칙[별지 제14호서식] <개정 2013.10.31>

신고번호 제 호

유출지하수 이용계획 신고증

신고인	성명 (법인명)	생년월일 (법인등록번호)
	주소(법인인 경우에는 주된 사무소의 소재지) (전화번호:)	
유출 위치		
지하수 유출량 $\text{m}^3/\text{일}$	이용계획량 $\text{m}^3/\text{일}$	
용도		

「지하수법」 제9조의2제2항에 따라 유출지하수의 이용계획을 신고하였으므로 이 증을 발급합니다.

년 월 일

시장·군수·구청장



210mm×297mm[백상지 80g/㎡(재활용품)]

■ 지하수법 시행규칙[별지 제10호서식] <개정 2013.10.31>

[]시정명령 등 조치 []개선명령 이행완료 통보서

(앞쪽)

접수번호	접수일	처리기간	10일
------	-----	------	-----

통보인	성명 (법인명)	생년월일 (법인등록번호)
	주소(법인인 경우에는 주된 사무소의 소재지) (전화번호:)	

통보내용	시설명
	이행완료 내용
	이행완료일

시공업체	업체명(주소)	대표자 성명(전화번호)
------	---------	--------------

- [] 「지하수법」 제8조제3항과 같은 법 시행령 제13조의2제3항
- [] 「지하수법」 제9조제2항과 같은 법 시행령 제14조제7항 에 따라 이행완료하였으므로
- [] 「지하수법」 제9조의2제3항과 같은법 시행규칙 제9조의2제9항 위와 같이 통보합니다.
- [] 「지하수법」 제10조제3항 본문과 같은 법 시행령 제16조제3항

년 월 일

통보인 (서명 또는 인)

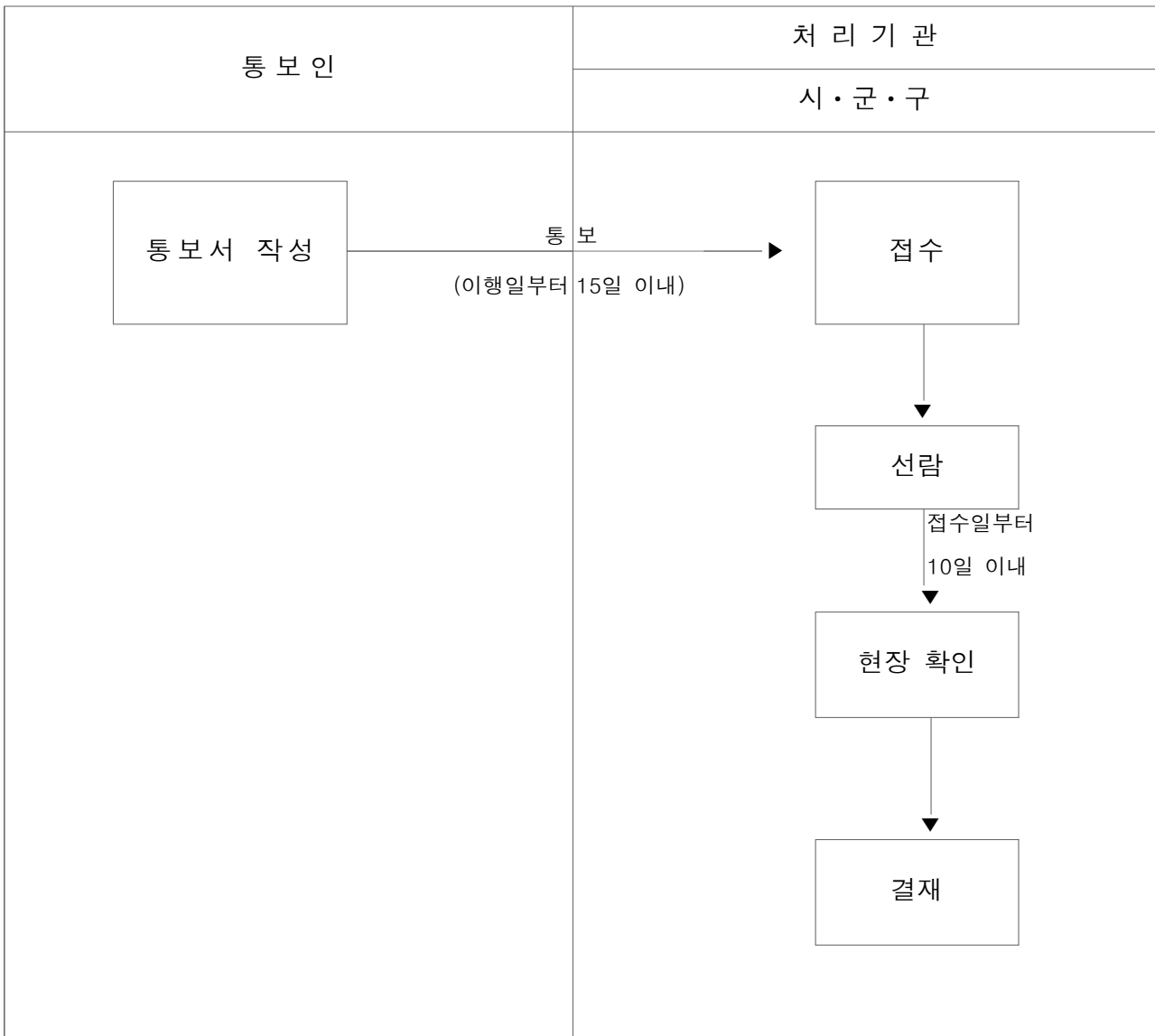
시장·군수·구청장 귀하

통보인 제출서류	1. 시정명령 등 조치 또는 개선명령의 이행완료를 증명할 수 있는 서류 2. 현장사진	수수료 없음
----------	--	--------

210mm×297mm[백상지 80g/m²(재활용품)]

처리절차

이 통보서는 아래와 같이 처리됩니다.



비매품

13530



9 791156 216209

ISBN 979-11-5621-620-9