

제 6 장

지하수 불용공(방치공) 관리

본장의 내용은 불용공 중 주요 관리대상인 방치공을 중심으로 서술하였음

제 6 장 지하수 불용공(방치공) 관리

6.1. 일반사항

- “불용공”이란 현재 지하수개발·이용시설물 또는 조사공, 관측공 등의 용도로 사용되지 않는 시설로서 처리공, 처리예정공, 매몰공, 방치공으로 나눈다.

HELP

- ✓ “폐공”은 되메움이 완료된 관정, 되메움이 지연되고 있는 관정, 매몰 또는 자연 함몰되어 지하수오염을 거의 유발하지 않는 관정, 방치·은닉된 대형관정, 지질지반조사용 시추공 등 다양한 종류의 불용공(不用孔) 뿐만 아니라 원상복구 행위까지도 모두 “폐공”이란 용어로 사용함에 따라 폐공수 산정, 관리정책 수립 등에 잘못된 인식과 의사전달상 오류가 발생
- ✓ 또한, 명확한 근거 없이 전국의 폐공수를 수십만공에서 수백만공으로 단순 추정함으로써 정확한 폐공실태 파악과 폐공관리 정책 수립에 혼선을 초래하였을 뿐만 아니라 폐공으로 인한 오염사례 및 폐공 위해성에 대한 정량적인 평가 없이 폐공을 지하수 오염의 주범으로 인식하는 경우가 많아 “폐공” 용어를 재정립함
- ✓ 이에 따라 지하수개발·이용시설을 “이용공”과 “불용공”으로 대분하고 불용공은 “처리공”, “처리예정공”, “방치공”, “매몰공” 등으로 세분하며 향후 지하수오염과 관련있는 “방치공”을 중점 관리토록 함

- “처리공”이란 적절한 방법으로 되메움되어 지하수오염 우려가 거의 없는 불용공을 말한다.
- “처리예정공”이란 관련 규정에 의하여 지하수오염이 발생되지 않도록 적절하게 관리되고 있는 시설로 향후 되메움 예정인 불용공을 말한다.
- “매몰공”이란 적절한 방법으로 되메움되지는 않았으나 공내가 매몰(또는 함몰)되어 지하수오염 우려가 거의 없는 불용공을 말한다.
- “방치공”이란 개발실패 및 사용이 종료되었으나, 적절하게 되메움되거나 자연 매몰(또는 함몰)되지 않은 상태로 관리대상에서 누락, 방치되어 지하수 오염이 우려되는 불용공을 말한다.
- “불용공처리”는 불용공으로 인한 지하수 오염을 방지하기 위하여 이들을 되메움하여 원상복구하거나 개·보수하여 재활용하는 조치를 의미한다.
- “불용공관리”는 지하수 개발·이용 중 발생하는 불용공과 기타 목적으로 지층을 굴착하여 발생하는 모든 불용공 등을 조사하고 지하수 오염 방지를

위한 적절한 조치를 취하는 일체의 행정조치와 유지 관리 행위를 의미한다.

6.1.2 불용공의 발생원인

불용공은 지하수 개발·이용 또는 지질조사 등을 위하여 굴착한 공이 당초 기대에 못 미치거나 소기의 목적을 달성하여 더 이상 사용하지 않는 경우 발생한다. 불용공이 발생하는 구체적인 경우는 다음과 같다.

☐ 지하수 개발 중 발생하는 불용공

- 취수량이 부족하여 소기의 목적을 달성할 수 없는 경우
- 시공상태가 불량하여 이용하지 못하게 되는 경우
- 수질이 이용목적에 부적합하여 이용하지 못하게 되는 경우

☐ 지하수 이용 중 발생하는 불용공

- 취수량이 급격히 감소되어 사용하지 못하게 되는 경우
- 우물스크린 및 우물자재의 부식으로 오염이 발생하거나 함몰된 경우
- 수질검사 결과, 이용목적에 부적합 판정이 내려진 경우
- 지하수 과잉취수로 대수층의 파괴 또는 주위지반의 침하가 발생하는 경우
- 염수의 침입으로 사용이 불가능하게 되는 경우
- 내구년수를 초과하여 노후된 우물

☐ 사용목적을 완료하여 더 이상 사용하지 않음으로 발생하는 불용공

☐ 기타 사례

- 건축 조사 및 지질조사용 시추공을 방치하는 경우
- 상수도 공급에 따라 생활용수 우물의 사용을 중단하는 경우
- 공장 이전 및 폐쇄에 따라 우물을 방치하는 경우
- 한해대책 등 긴급히 개발한 우물시설을 방치하는 경우
- 기타 지하수법 또는 다른 법률의 규정에 의하여 폐쇄하는 경우

6.1.3. 불용공과 지하수 오염

불용공(특히 방치공)은 지표 오염원의 유입 창구 또는 유입된 오염원을 지하 심부까지 이동시키는 통로 역할을 하고 있으며 그 자체가 직접 오염원으로 작용하기도 한다. 장기간 방치되었거나 잘못 처리된 불용공이 지하수 오염에 미치는 영향은 다음과 같다.

□ 오염원으로 작용

굴착시 사용된 독성, 난분해성 유류가 인위적으로 유입되거나 우물 안의 유류를 공내청소 없이 방치한 경우 그 자체가 직접적인 지하수 오염원으로 작용하며, 불용공 내에 설치되어 있는 관(케이싱)이 부식되어 지하수를 오염시키거나 박테리아의 성장에 필요한 영양원이 되기도 한다.

□ 지표 오염원 유입 창구

불용공 입구가 지표에 노출되어 있음에 따라 오염된 지표수, 농약 등의 오염원이 직접적으로 불용공 내로 침투하거나 케이싱 주변부를 통하여 간접적으로 침투하여 오염원 유입 창구로 역할을 한다.

□ 유입된 오염원을 지하 심부까지 이동시키는 이동 통로

일반적으로 지표 오염원이 상부 지층을 통과하여 암반대수층에 도달하기 위하여서는 수일-수백년의 시간을 필요로 하고 상부 지층 통과시 자연적으로 정화되는 효과가 있으나 암반내의 대수층까지 인위적으로 굴착한 공의 경우는 유입된 오염원을 심부 지층까지 빠른 속도로 직접 유입·이동시키는 통로 역할을 한다.

6.1.4. 대수층 오염경로

지표에서 발생한 오염물질이 심층의 지하수에서 검출되는 오염경로는 다음과 같다.

□ 지하수의 함양지역에 오염원이 존재하는 경우

오염물질이 지하수 유동에 따라 수평방향으로 확산하여 심층의 지하수를 오염시키게 된다.

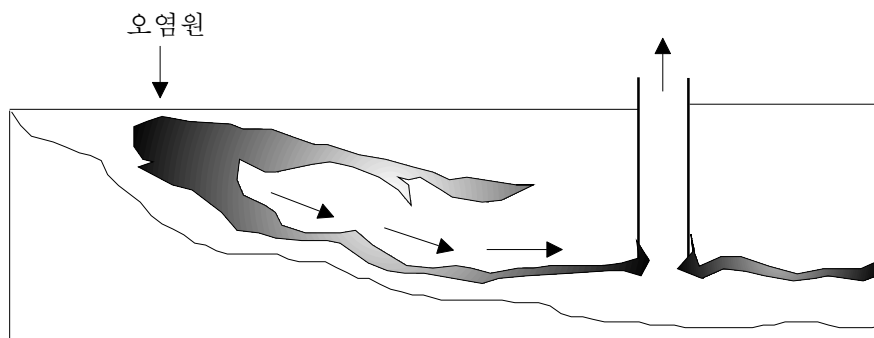


그림 6.1 함양지역의 오염원이 유입하는 경우

- 상부 대수층의 지하수가 이미 오염되어 있고 그 하부에 존재하는 불투수층이 오염 확산을 차단하고 있는 경우

불투수층이 끊겨 있거나 불연속적이면 그 틈으로 오염물질이 심층부로 침투할 수가 있다.

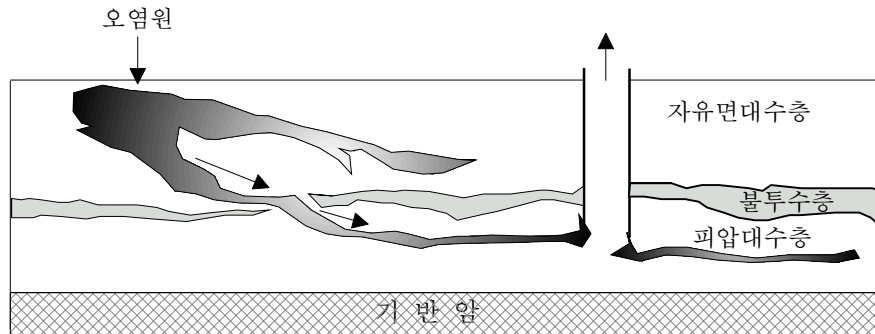


그림 6.2 불연속적인 불투수층을 침투하는 경우

- 우물 양수시 케이싱 주변의 불완전한 차수벽 그라우팅 구간을 통하여 이미 오염된 상위 지하수가 심층 우물로 침투하는 경우

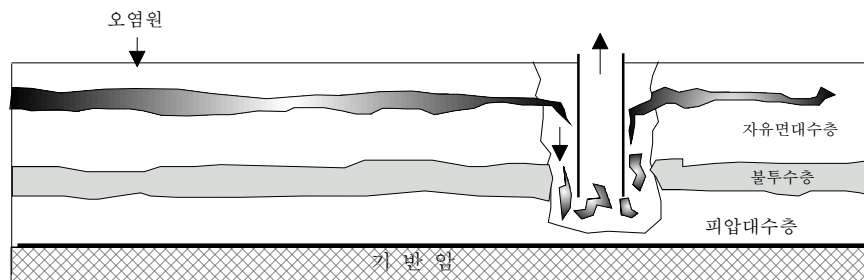


그림 6.3 우물 양수시 오염된 지하수의 유입

- 이미 오염된 대수층에 설치된 우물 스크린을 통하여 오염물질이 침투한 다음 다른 대수층에 확산되는 경우

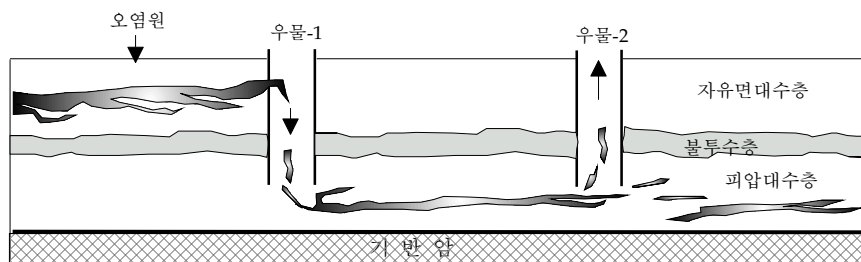


그림 6.4 오염물질이 침투 후 다른 대수층에 확산

- 이미 오염된 우물에서 오염물질이 대수층을 통과하여 다른 우물에서 검출되거나, 쓰레기매립장 또는 지하탱크의 부식으로 인한 오염물질이 누출하여 지하수를 오염시키고 인근 우물에서 검출되는 경우

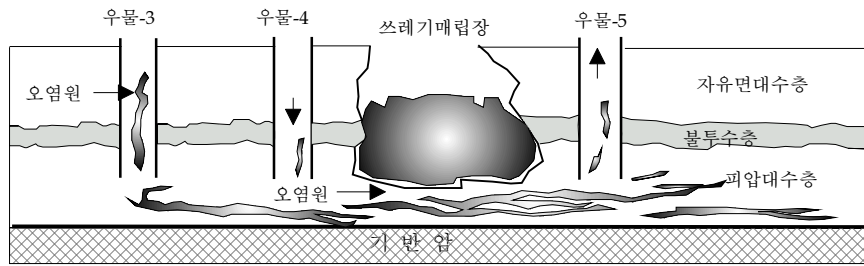


그림 6.5 쓰레기장 오염물질이 지하수를 오염시키는 경우

6.1.5. 불용공(방치공) 찾는 방법

지하수법 시행 이전의 불용공(방치공)들은 대부분 불용공(방치공)에 관한 기록이 없으며, 오랫동안 방치된 관계로 지표에서 불량한 상태로 감추어져 있거나 흙으로 덮여 숨겨있는 경우가 많다. 숨겨진 불용공(방치공)을 찾는 방법은 다음과 같다.

☐ 기록을 활용하여 찾는 방법

지하수 개발·이용 허가 또는 신고시 준공검사를 통하여 위치를 정기적으로 파악해야 하며, 지하수법 시행 이전의 불용공(방치공)은 시추공 또는 우물을 개발한 지하수 개발업자의 기록 또는 지하수 개발을 주관했던 발주기관의 기록을 통하여 찾아야 한다.

☐ 수소문하여 찾는 방법

오래 동안 방치된 공들은 마을의 주민들, 공사의 종사자들 그리고 지하수 개발 및 시추공사에 관계했던 사람들을 찾아 수소문하여 그 위치를 찾아야 한다.

☐ 지구물리탐사로 찾는 방법

지구물리 탐사법으로는 금속탐지기, 자력탐지기, 전기비저항탐사기, 전기자장도탐사기, 지하레이더탐사 등으로 불용공(방치공) 속에 쇠로 만든 케이싱이나 그 외의 남아 있는 물체들을 추적하여 불용공(방치공)의 위치를 찾을 수 있다. 이 중에서 지하레이더탐사는 쇠붙이가 공내에 남아 있지 않아도 불용공(방치공) 위치를 찾을 수 있는 장점이 있다.

☐ 물의 주입을 통하여 찾는 방법

기존의 우물에 수압파쇄공법(hydro-fracture method)을 이용하여 물을 고압으로 주입하면 인근에 숨겨진 불용공(방치공)을 통하여 주입되었던 물이 지표로 토출됨으로써 불용공(방치공)을 찾을 수 있다.

6.2. 불용공의 재활용

불용공 재활용이란 당초의 목적에 부적합하거나 사용기간 및 용도가 완료된 공 또는 계획 소요수량이나 수질등급이 미달하여 불용공으로 분류된 공에 대하여 적절한 시설 개보수를 통하여 변경된 수량 및 등급을 적용하여 급수정으로 활용하거나 지하수의 수위 및 수질 관측정으로 용도를 변경하여 활용하는 것을 말한다.

그러나 불용공 발생의 주원인이 수원고갈이나 수질악화 등이어서 재활용이 가능한 경우는 한정적이므로 불용공을 재활용함에 있어서는 경제성, 효용성, 기능성 등을 신규 굴착과 대비, 면밀히 검토한 후 시행하여야 할 것이며 신규 굴착에 비하여 역기능이 많다고 판단될 경우 되메움을 원칙으로 하여야 한다.

6.2.1. 불용공 재활용 대상공 선정

가. 급수정으로 재활용

- ☐ 수량이 줄었으나 취수정으로 이용가치가 있는 경우
 - 지하수위 저하 또는 우물간섭에 의한 수량감소의 경우
 - 모래 토출로 우물바닥에 슬라임이 퇴적되어 지하수 유입구간이 감소한 경우
 - 우물 스크린/스트레나 부위에 피각현상이 생기어 지하수 유입을 방해함으로써 양수량이 감소한 경우
 - 우물 스크린 주위의 충전자갈 필터에 피각현상이 발생한 경우
 - 암반층 우물의 암반 균열대에 피각현상이 생겨 양수량이 감소하는 경우
 - ☐ 오염물질이 일시적으로 유입되었으나 우물 소독 및 개·보수 작업 후 다시 활용할 수 있는 경우
 - 오염물질이 일시적으로 케이싱 내부로 유입되어 수질악화를 초래한 경우
 - 지표 그라우팅(annulus cementing)의 부실로 인하여 상부의 오염원이 침투 또는 유입되는 경우
- HELP** ✓ 지표 그라우팅(annulus cementing) : 지층 공벽과 외부케이싱 사이의 빈 공간(annulus)을 시멘트와 같은 불투수성 재료로 그라우팅을 해서 지표오염원이 공내로 유동할 수 없게 처리하는 것
- 우물 자재 스크린의 부식으로 함몰되어 토사가 유입되는 경우
 - 다층구조 대수층에 설치된 우물에서 일부 대수층의 오염물질 유입이 확인된 경우
- ☐ 지하수 수질등급이 하락되었으나 하등급 수질기준에 적합하게 용도변경하는 경우

나. 관측정으로 재활용

- ☐ 지하수 수위 및 수질 관측망(보조관측망)으로 활용할 수 있는 위치에 설치된 우물
- ☐ 대수층 오염지역에 위치하여 오염 진행상황을 관측하는데 이용할 수 있는 우물
- ☐ 지표 그라우팅(annulus cementing)등 오염방지시설이 완전하게 시공되어 있고 자동관측기를 설치할 수 있는 구경의 우물

HELP

✓ 재활용 제외 대상

- ① 재활용할 경우 오히려 오염원 유입의 우려가 있는 경우
- ② 방지될 경우 사람 또는 생태계를 해할 우려가 있는 경우
- ③ 기능성, 효율성, 경제성 등이 완전히 상실된 경우

6.2.2. 불용공 재활용을 위한 현장조사

가. 우물기록 자료 수집

개발 당초의 우물설계 및 개발 자료를 수집하며 그 범위는 다음과 같다.

- 소유자 또는 개발자
- 개발 연도, 위치 및 표고
- 지질 및 지층구조
- 착정 및 개발 방법 : 굴착 구경, 심도, 우물조성 등
- 검층 자료 : 물리검층 및 기타 검층
- 양수시험 및 수질분석 자료
- 케이싱 자료 : 재질, 두께, 구경, 설치심도, 연결부 위치 등
- 스크린/스트레너 자료 : 재질, 구경, 길이, 개공 크기, 설치위치, 설치방법, 연결부 위치 등
- 수중모터펌프 : 종류, 제원, 설치심도 등
- 그라우팅 자료 : 굴착 공벽과 외부 케이싱 사이 공간의 그라우팅 두께, 심도, 주입재 등

나. 지하수 영향조사 및 공내 조사 시행

현재의 지하수 부존 상태 및 우물 상태를 정밀 조사하여 재활용을 위한 개·보수방안을 검토한다. 주요 조사내용은 다음과 같다.

- 우물 보존상태 조사

- 주변 오염원 조사
- 지하수위 변동 현황 조사
- 지하수 이용 현황 조사
- 지하수 배경수질 조사
- 개·보수에 소요되는 비용

6.2.3. 불용공 재활용 방법

가. 재활용 일반 절차

급수정 또는 관측정으로 재활용하는 경우 일반적인 절차는 ① 현장사전조사 → ② 불용공 현황 및 제원조사 → ③ 수중모터펌프, 공내설치물 제거 → ④ 우물청소 → ⑤공내촬영 → ⑥ 시설물개보수 → ⑦ 우물자재 설치 → ⑧ 수중모터펌프 재설치 → ⑨ 우물소독 → ⑩ 양수시험 및 수질검사 → ⑪ 작업일지 및 공내상황 모식도작성의 순을 따른다. 단계별 수행 내용은 다음과 같으며 이를 도식화 하면 아래 그림 6.6과 같다.

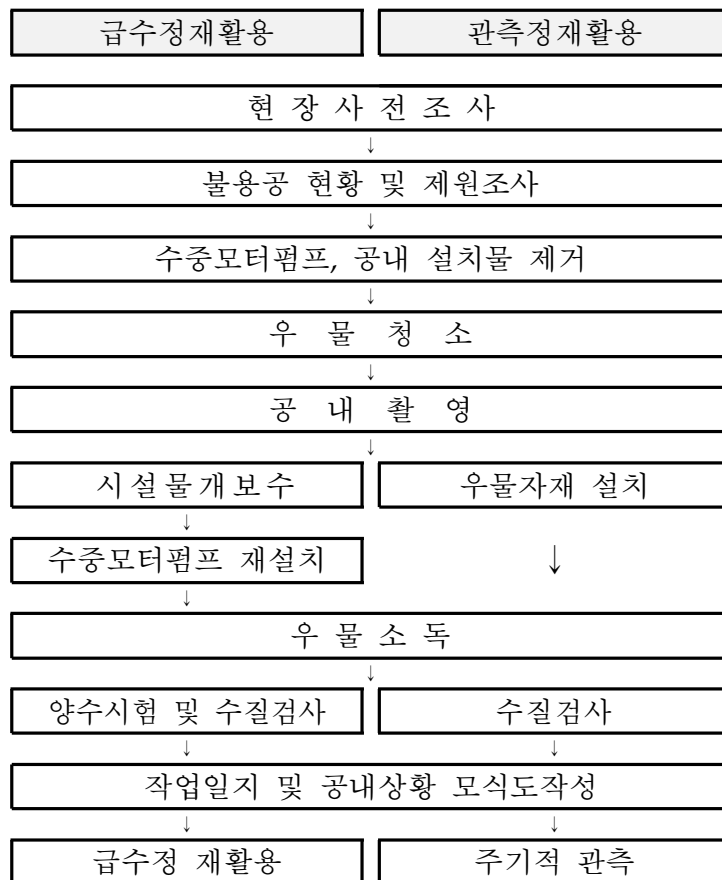


그림 6.6 재활용 경우 일반적인 절차

나. 단계별 시공방법

□ 불용공 현황 및 제원조사

우물의 구경, 심도, 우물설치시 사용할 자재의 선정 등 사용목적에 부합되는 최적 재원을 선정, 이상적인 시설개보수를 통해 재활용공의 수명을 최장기간 연장하고 가장 저렴한 가격으로 설치할 수 있도록 하는 것이다.

○ 구경 검토

양수기를 충분히 설치할 수 있는 공간과 이를 효율적으로 작동시킬 수 있는 공간과 우물 내로 지하수가 유입되는 부분의 단면적이 충분하도록 수리학적인 효과를 가져야한다.

○ 우물심도 검토

시추공의 지하지질 자료나 동일 대수층에 설치된 기존 우물의 자료를 이용하고 상부층이 미고결층인 경우 상부 지하수의 수질불량을 막기 위한 수단을 강구하고 대수층 하부의 지하수수질이 불량한 경우는 상부로 오염되지 않도록 불투수성 물질 충전 여부를 판단하기 위함이다.

□ 우물청소

○ 물리적 교란법

대수층내의 미립자를 제거하여 공극률을 증가시키고 유입통로를 확충하여 지하수의 유입이 자유롭게 하는 것으로 방법은 다음과 같다.

- 써징 플런저법(surging plunger)

우물자재 내경에 맞는 나무 원판 피스톤을 착정기 로드(rod)에 부착하고 기계 작동으로 상하로 움직여 스크린부위에서의 흡입작용과 역류작용을 반복시켜 지층내의 미세립자를 공내로 유입시키는 방법으로 유입된 슬라임은 베일러를 이용하여 공 밖으로 배출한다.

- 압축공기에 의한 세척법(air surging)

공기관과 배출관을 우물 안에 설치하고 압축공기를 공내로 불어넣어 에어리프트 식으로 슬라임을 배출시키는 방법이다.

- 과잉 양수법

물의 산출능력 이상의 물을 양수하여 대수층내의 세립자를 제거하는 방법으로 소량의 산출량을 가진 우물에서는 가능하나 산출량이 많은 우물에서는 고성능 양수기의 준비가 어렵고 과잉 양수시에는 지층의 붕괴가 우려된다.

- 백-워싱법(back-washing)

에어 리프트(air-lift) 펌프나 수중터빈 펌프를 이용하여 양수할 때 물이 지표로 올라온 직후 펌프의 가동을 중단하면 물은 파이프를 따라 공내로 떨어져 지층에 충격을 가하게 된다. 이러한 방법으로 신속하게 양수와 중단을 반복하면 스크린 내에서 일어나는 교란현상으로 공내에 유입된 미세립자가 배출된다.

- 고속젯팅(jetting)에 의한 세척

물을 고속으로 공내에 분사하여 스크린을 통과시키므로 공벽의 점토막을 효과적으로 제거하며 지층의 교란과 손상을 교정하여 재배열되도록 하는 방법이다. 작업방법은 고속분사기를 회전시키면서 상하로 이동하며 분사작업을 진행하는 것으로 물의 교란작용에 의해 공벽의 미립질의 점토 물질이 공내로 유입되며 이를 양수하여 배출시킨다.

- 분산제 사용

착정용 점토피막을 제거하기 위하여 분산제를 공내에 투입 분산작용을 일으켜 점토입자의 점성을 파괴하는 방법이다.

- 기타방법

기타 방법으로는 관정 안에서 왕복 운동하는 막대피스톤을 이용하여 공벽을 청소하는 방법(swabbing), 높은 주파수의 음파를 이용(ultrasonic)하거나 관정 내에 폭약을 터뜨려 균열을 확장시키는 방법(shooting) 등이 있다.

- 산성액 처리법

대수층의 공극이나 스크린의 간극을 외부물질이 피막을 형성하는 성인은 탄산작용, 산화물 침전, 유기물로 인한 침전, 흙의 퇴적에 의한 침전 등이 있다.

- 탄산염 계통의 피막제거

칼슘, 마그네슘, 유황 등의 탄산작용에 의하여 생긴 피막은 산에 적정량의 안정제를 가하여 효과적으로 처리할 수 있다. 칼슘과 망간은 탄산염을 쉽게 용해시키고 안정제는 철재 케이싱의 부식 속도를 느리게 하여 손상을 방지하여 준다.

- 산화물 침전에 의한 피막제거

수산화물, 함수산화물이 철 및 망간의 산화물로 침전되어 생긴 피막은 염산에 쉽게 용해되나 pH가 3이하이면 침전이 계속되므로 이들을 제거하기 위하여서는 일정강도의 높은 산도를 계속 유지토록 한다.

철과 망간의 피막이 산성물질에 용해되더라도 피막물질의 공매작용에 의해 산성처리법이 효과가 없을 경우는 강도가 높은 염산(27.92%)을 사용하는 것이 좋다.

- 철박테리아 또는 유기물로 인한 피막제거

염화철과 유기물질이 존재하는 경우는 염소나 유화물질 소독제를 사용함으로써 제거가 가능하다.

□ 공내촬영

재활용처리 여부를 결정하는데 있어서 공내 상태 파악을 위해 실시하는 TV검층은 우물 내에 수중카메라를 삽입하여 공 상태를 심도에 따라 연속적으로 조사하여 다양한 자료를 수집하고 공 주변 지층의 상태를 촬영하여 분석하는 작업이다.

- 우물자재의 재질, 설치상태, 연결부위 및 파손여부
- 굴착심도와 공내 슬라임 퇴적상태
- 공내 대수성 부위 관찰
- 케이싱 하단부와 기반암반과의 접촉상태 및 그라우팅 여부
- 지하수 오염정도 등을 조사한다.

□ 시설물 개보수

○ 우물자재 검토

일반적으로 공벽 보호용 자재는 K.S 철재 백관파이프이며 우물설치용 자재는 부식에 강한 스테인레스 스틸이나 P.V.C 파이프류를 사용하고 있다. 미고결층의 공벽 보호용 철재 케이싱, 우물설치용 파이프 및 유공관 등 우물자재는 지하수내에 함양된 광물성분, 박테리아의 유무, 재질의 소요강도 등의 조건에 맞는 재료를 선정하여야 한다.

- 유공관의 내구력

완성된 우물에서는 유공관에 파이프의 하중과 지층의 횡압력이 작용하며 유공관 주변에 작용하는 횡압력은 유공관의 붕괴를 초래할 수도 있다. 유공관은 적절한 내구력과 최대 개공면적을 가져야 하며 상대적인 가격 비교가 고려되어야 한다.

- 유공관의 재질

우물을 폐쇄시킬 수 있는 유공관의 부식 또는 물때효과는 지하수 수질에 따라 차이가 있으므로 수질분석 결과를 고려해 유공관의 재질 선택을 달리하여야 한다.

- 우물자재 및 수중모터펌프 재설치

관측정으로 재활용할 경우 미고결층의 붕락을 방지하고 대수층으로부터의 지하수 유입을 효과적으로 하기 위하여 우물자재를 설치하며 주 대수층에는 유공관(screen, strainer)을 설치한다.

- 우물소독

- 우물 소독의 목적

우물 소독은 먹는물 용도로 사용되는 우물에 대한 염소소독과 세균 검사 절차를 말한다. 불용공 재활용을 위한 개·보수 과정에서 오염물질 제거와 우물소독은 우물 재활용을 위한 필수사항이다.

- 소독을 위한 염소의 종류

소독작업에 이용할 수 있는 염소의 형태는 액체 염소, 차아염소산나트륨용액, 차아염소산칼슘 입자 또는 정제이다.

- 액체염소

액체염소는 100% 유효염소를 포함하며 취급이 위험하므로 적절한 안전수단이 강구된 장비와 기술을 갖춘 자가 사용하여야 한다.

- 차아염소산나트륨

차아염소산나트륨(NaOCl)은 매우 불안정한 화합물로서 물에 용해해서 판매되고 있다. 이 용액은 약 5~15%의 유효 염소를 함유하고 있으며, 열화를 최소화하기 위해서는 저장조건과 기간의 관리에 유의하여야 한다.

- 차아염소산칼슘

차아염소산칼슘(Ca(OCl)_2)은 입자 형태 또는 작은 정제로 이용되며 증량으로 약 65%의 유효염소를 함유하고 있다. 이 재료의 열화 방지를 위해서는 건조한 냉암환경에 보관하여야 한다.

- 우물 케이싱내 물의 처리

우물 내 물의 전 체적에 염소를 투여하여 평균 염소농도가 $50\text{mg}/\ell$ 가 되도록 케이싱 내의 물을 처리한다. 이 작업은 차아염소산칼슘 정제 또는 차아염소산나트륨 용액을 사용하여 실시한다.

- 차아염소산칼슘을 이용하는 경우

차아염소산칼슘을 이용하는 경우에는 약 5g 용량의 정제를 케이싱 안에 투여하고 30분 이상 방치하여 정제가 물에 용해되도록 한다.

- 차아염소산나트륨을 이용하는 경우

차아염소산나트륨을 이용하는 경우에는 주입관을 우물 바닥에 닿도록 설치하고 관을 통하여 차아염소산나트륨 용액을 주입하면서 관을 꺼내 올린다.

- 우물 써징 및 양수

염소 투입 후 염소소독수의 혼합을 증진하고 주변 대수층이 접촉할 수 있도록 3회 이상 에어써징을 실시하며 염소소독수는 적어도 12시간 이상 최대 24시간까지 케이싱 내에 체류시킨다.

위의 소독작업 절차가 마무리된 다음에는 펌프 배출관에서 배출량의 일부가 케이싱 내부로 회귀하도록 장치한 후 양수를 하여 소독수를 제거한다. 이것은 배출밸브를 조절하여 케이싱 내부를 청소하고 물의 표면에 축적된 기름 또는 이물질을 제거하려는 것이다. 만일 펌프가 설치되어 있지 않은 우물에서는 이를 에어써징으로 대체할 수 있다. 배출된 물은 주기적으로 염소 잔류량을 측정하고 염소 잔류량이 0으로 측정된 후 15분 정도 양수를 지속한다.

- 세균검사

우물의 염소소독을 실시하고 염소 잔류량이 0이 된 후 15분 이상 양수한 다음 30분 이상의 간격을 두고 2개 이상의 시료를 채취하여 수질검사 기준에 의거 대장균 존재 여부를 검사하여야 한다.

□ 양수시험

우물의 양수능력과 효율을 파악하기 위한 대수층 조사의 일종인 양수시험은 그 우물이 위치한 대수층의 수리적 특성을 나타내는 수리상수와 밀접한 관련이 있다. 수리 상수의 측정방법으로는 장·단기양수시험, 단계양수시험, 순간수위변화시험(slug test) 등 여러 가지가 있으나, 우물의 효율을 측정하는 데는 단계양수시험이 가장 일반적 방법으로서 이로부터 비양수량과 최대 양수가능량을 산정한다.

□ 수질검사

지하수 수질은 지하수 부존특성상 대수층을 구성하고 있는 지층과의 상호적인 작용에 의해 장기간에 걸쳐 형성된다. 불용공의 원인분석 및 재 활용 방안 강구를 위해 대상공에 대한 수질검사를 실시함으로써 대상지역의 지하수 특성을 파악한다.

□ 우물보호시설 설치

○ 상부 보호공 설치

지하수 우물의 오염물질 유입방지 및 부대설비의 보호를 위하여 설치하는 것이고 보호공의 덮개는 동파방지 및 보호공 내 외부물질의 유입방지와 위험예방 등을 감안한 재질로 설치한다. 보호공 주변의 오염물질 및 우수 등이 우물내로 유입되지 않도록 주변 반경 1m 이내에는 10도 이상의 경사도를 유지하여야 한다.

○ 케이싱 설치 및 그라우팅

- 케이싱 설치

케이싱은 우물주변의 지표 또는 지하로 부터의 오염물질 유입을 방지하고 우물의 보호를 위하여 설치한다.

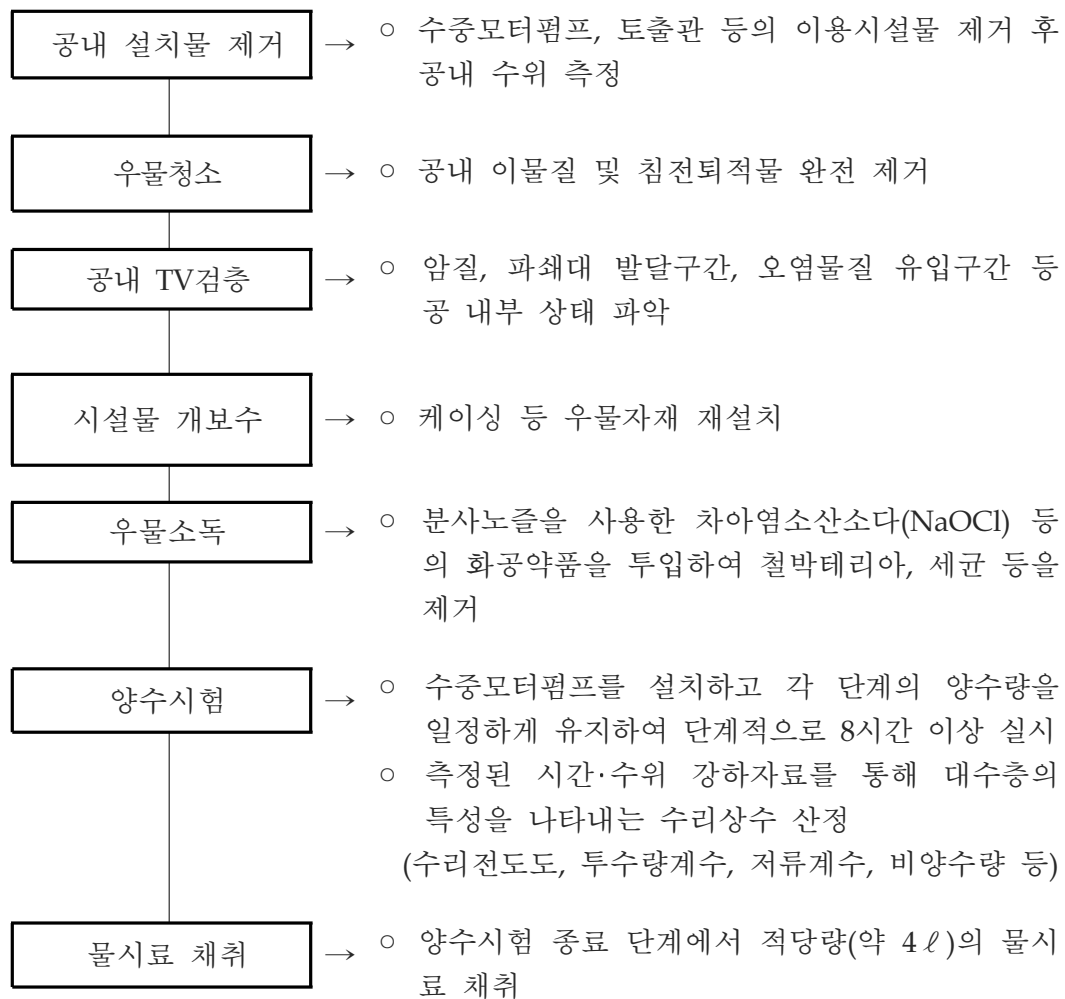
- 그라우팅

천공 후 케이싱을 설치하면 굴착부위와 케이싱 사이에는 공간이 발생하게 되는데 이 공간을 최소한 5cm가 넘게 하여 시멘트나 점토 등을 채워 밀폐시켜야 한다.

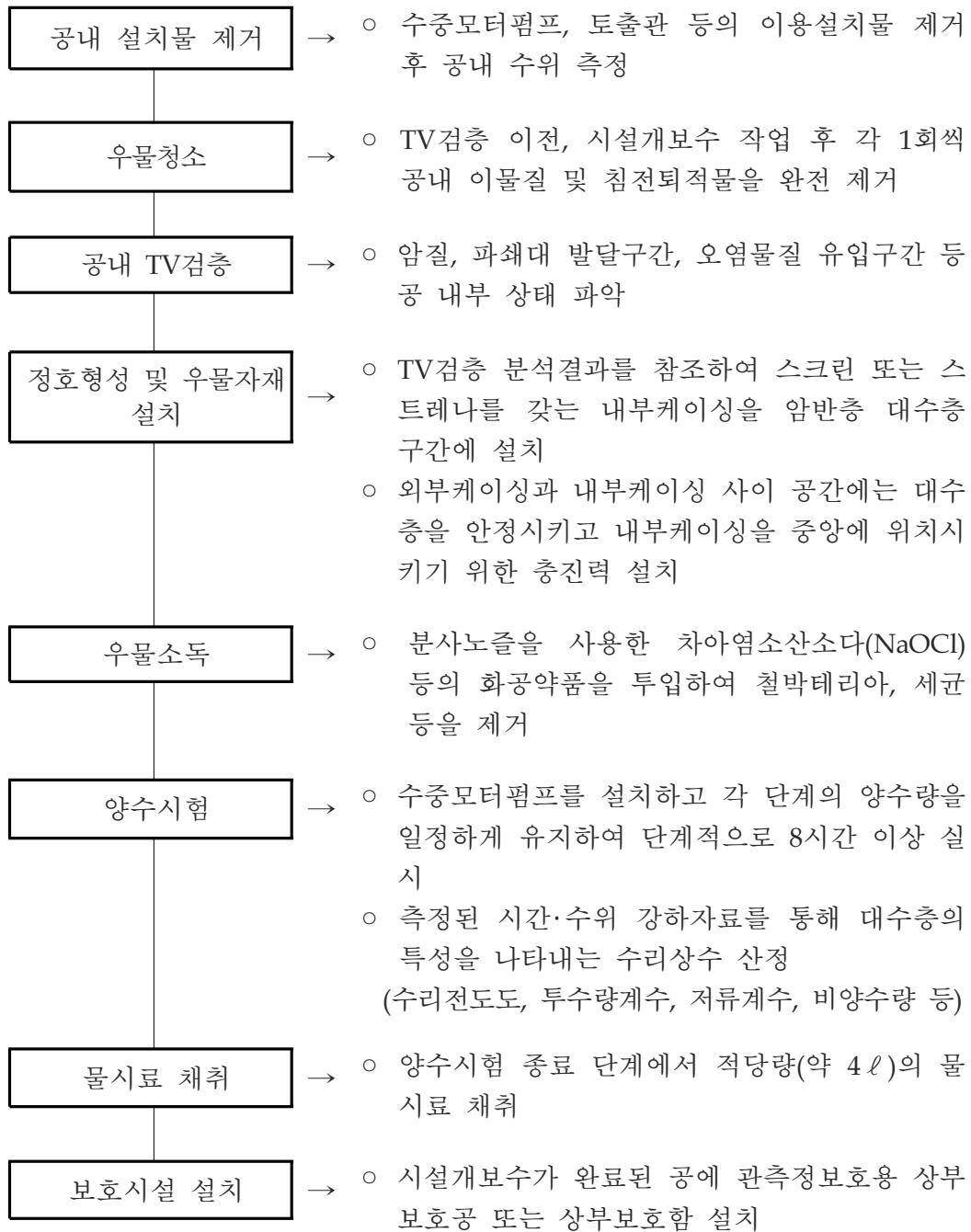
○ 지하수위 측정관

지하수위의 측정을 위한 수위측정기 주입을 위하여 직경 2.5cm 이상의 지하수위 측정관을 설치하여야 한다. 측정관은 직진성을 유지할 수 있고 수중에서 부식이 되지 않는 재질을 사용하여야 한다.

다. 급수정 재활용 시공순서



라. 관측정 재활용 시공순서



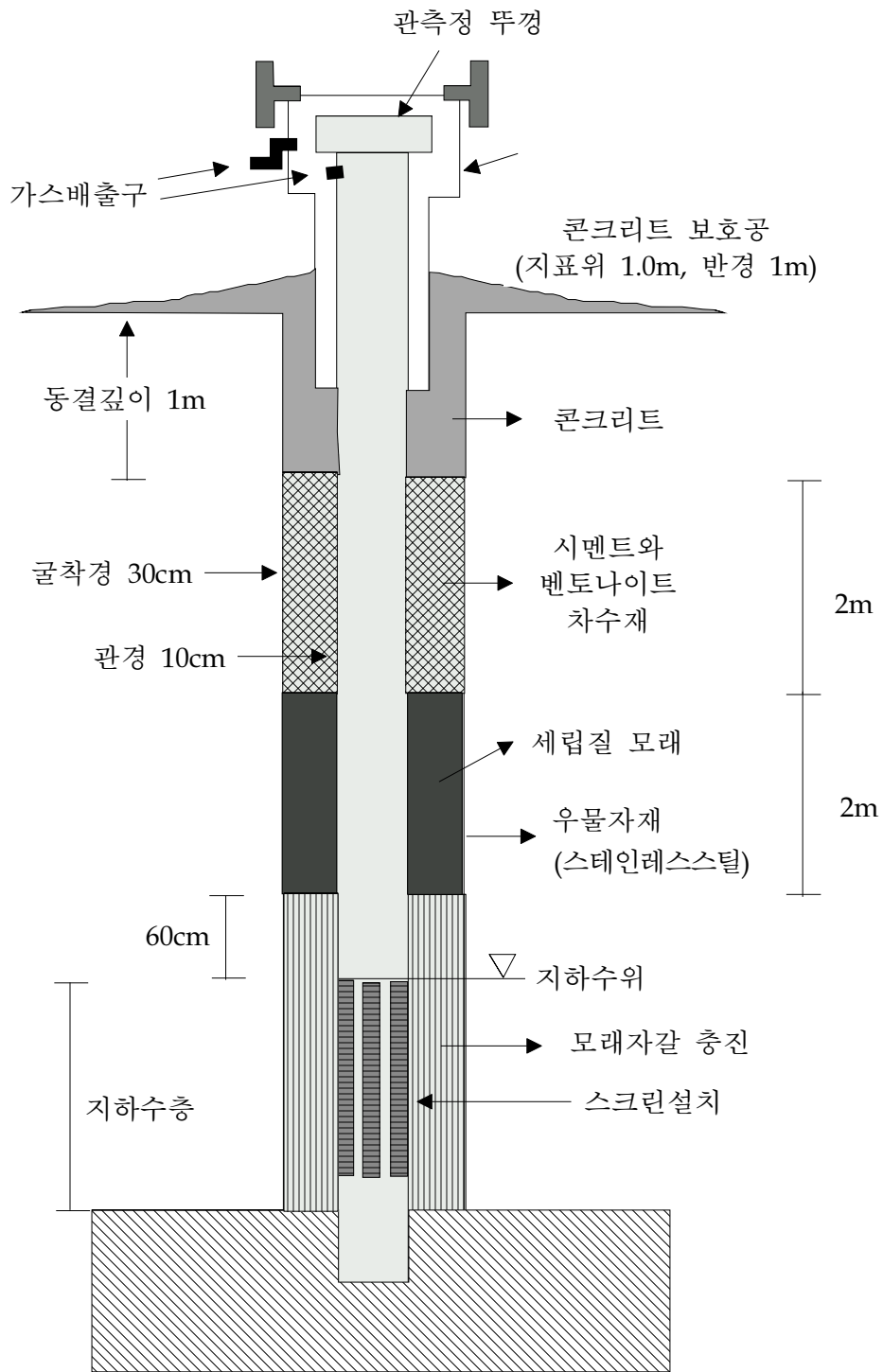


그림 6.7 관측정 재활용 모식도

6.3. 불용공의 원상복구

6.3.1. 원상복구의 목적

불용공 원상복구의 주목적은 지표오염원의 공내 유입 방지, 오염원의 수직적 이동통로 차단, 케이싱 등의 우물자재를 제거해 지하수 오염을 방지함으로써 원래의 지하수 부존 환경으로 복원하는데 있다. 또한 사용하지 않는 우물을 제거하여 우물 주변의 지표환경을 복원하고 직경이 큰 공의 경우에는 추락 등의 안전사고를 사전에 방지하는 효과도 기할 수 있다.

6.3.2. 원상복구 일반절차

불용공을 되메움 할 때 가장 효과적인 방법은 공 전구간을 하부로부터 투수성 재료 되메움 구간, 불투수성 재료 되메움 구간 및 표면처리 구간으로 구분하여 각 구간별로 적합한 되메우기를 하는 것이다. 현장여건에 따라 지표부 표면처리 구간은 생략하여 되메움을 할 수도 있으며 심도가 깊은 불용공(300m이상)은 조사 후 상부만 되메움 할 수도 있다. 그러나 오염된 불용공은 전구간 불투수성 재료로 되메움하여야 한다.

불용공 전구간 되메움 순서는 일반적으로 ① 주변환경검토, ② 불용공현황 및 제원조사, ③ 공내 이물질 제거 및 우물소독, ④ 투수성 재료 주입, ⑤ 불투수성 재료 주입, ⑥ 지표부 터파기, ⑦ 케이싱 제거, ⑧ 지표부 표면처리, ⑨ 주변 정리, ⑩ 원상복구 보고서 작성 등의 순서로 시공한다. 케이싱 제거 유무와 토지 이용계획에 따라 ⑥항과 ⑧ 항목의 작업공정은 생략할 수 있으며 주요 공종별 내용은 다음과 같다(그림 6.8 참조).

가. 전구간 되메움 일반 절차

□ 주변 환경 검토

- 불용공 되메움 작업을 시행하기에 앞서 주변 환경과 지질조건에 대한 검토는 매우 중요하다. 만약 대규모의 오염원이 불용공 인근에 존재할 경우에는 전구간을 불투수성 재료로 되메움할 필요가 있을 것이며 농약 등의 살포가 빈번하고 경작을 하는 농경지 등에서는 불투수성 재료 되메움 구간 심도를 깊게 하거나 지표부 표면처리를 반드시 시행하여야 한다.
- 또한 개발 당시의 자료를 확보, 지질조건이나 지층의 현황, 케이싱의 설치깊이 등을 파악하는 것도 되메움의 재료 결정이나 불투수성 재료의 주입심도 등을 결정하는데 중요한 자료로 사용된다.

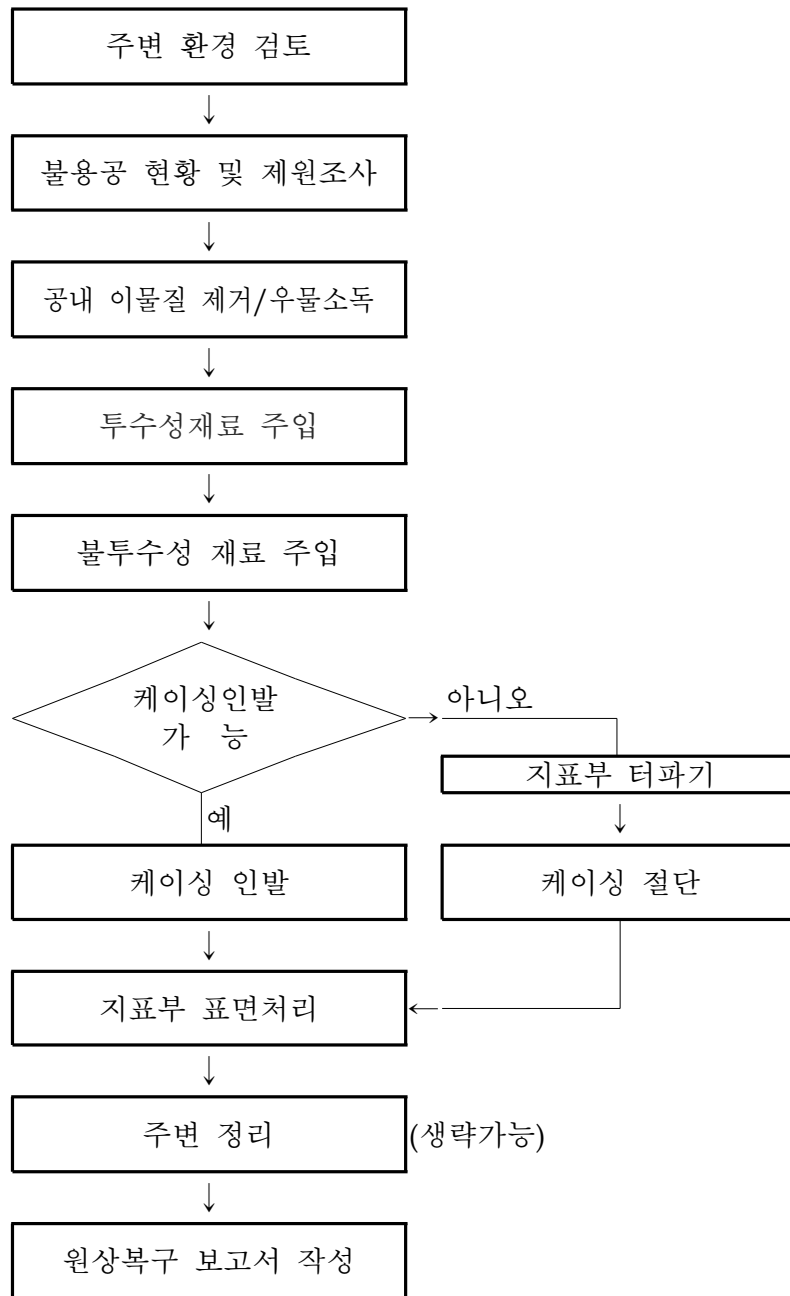


그림 6.8 되메움 주요 절차

표 6.1 지하수 불용공 실태 현장조사표
(앞면)

지하수 불용공 실태 현장조사표							
조 사 현 황							
일련번호				조 사 일			
조사기관				조사자명			
자료출처	지하수조사연보(), 지하수현황일제조사(), 두레박자료(), 신규자료(), 기타()						
위 치 현 황							
정호위치	시도	시군구	(구)	읍면동	리	번지	
지명/건물명/지목			관리자				전 화
경 도			위 도				표 고
시 설 현 황							
우물유형	심도	외부케이싱 (유, 무)			내부케이싱 (유, 무)		
충적층우물(), 암반층우물() 기타()	m	구경	심도	재질	구경	심도	재질
		mm	m		mm	m	
양수펌프	종류(), 펌프마력(HP), 설치심도(m), 토출구경(mm) 특이사항()						
시설유무	유량계(), 출수장치(), 그라우팅(), 상부보호공(), 수위측정관(), 전기가설(), 보호건축물()						
지하수위	자연수위 (지표하 m)						
시공업체				개발연도	년 월 일		
공 현 황							
불 용 공 원 인	수량부족(), 수질악화(), 상수도대체(), 토지형질변경(), 소유주변경(), 용도변경(), 사용 중지(), 염분증가(), 기타()						
불 용 공 상 태	미조치(), 조치중(), 조치완료(되메움, 재이용), 처리면제()						
불용공발생일	년	월	일	불용공처리일	년	월	일
소유자							
수 질 현 황							
수질검사유무				잠재 오염원 종류			
수질검사결과							
중 합 검 토 의 건							
분 석 결 과							
원상복구	급수정 재활용			관측정 재활용			기타
추 진(처리) 현 황							

(뒷면)

현장조사 사진 및 위치도
<근경사진>
<원경사진>
<위치도> 스케치맵

□ 불용공 현황 및 제원조사

- 불용공의 원상복구를 위해서는 불용공 현황조사를 실시하여 불용공의 위치와 상태를 파악하고 그 지질조건에 따라 적절한 방법으로 되메움하여야 한다.
- 불용공의 현황조사는 지하수 개발·이용의 신고 또는 허가 신청시 제출한 원상복구계획서, 우물관리대장, 지하수이용실태조사 자료를 수집하고 현장조사를 실시한 후 지하수 불용공 실태 현장조사표를 작성한다(표 6.1 참조).
- 불용공의 현장조사에는 다음 자료를 조사 정리하여야 한다.
 - 우물의 위치
 - 우물의 유형, 심도와 구경, 지하수위
 - 외부 케이싱의 구경과 심도 및 재질
 - 내부 케이싱(우물자재)의 구경과 심도 및 재질
 - 동력장치, 펌프종류, 마력, 설치심도, 시설내역 등 양수시설
 - 우물의 기초적인 수질(pH, EC, 수온, 유류성분의 육안검사 등)
 - 불용공 발생 원인

□ 되메움 심도 및 양 결정

- 되메움 심도의 결정은 불용공의 심도와 지질주상도 및 대수층 심도 등을 검토하여 불용공 심도 전 구간을 되메움할 것인가 또는 일부구간을 되메움할 것인가를 판단한 후 되메움 재료의 양과 심도를 결정한다.
- 되메움 재료의 양을 결정할 때에는 다음의 공식을 사용한다.

$$V = \pi \times r^2 \times d$$

여기에서

V : 부피

r : 우물의 반지름

d : 우물의 심도

- 되메움 재료의 선정은 불용공의 지질단면에 따라 대수층 구간에는 투수성 재료로 되메움하고 대수층이 아닌 암반층과 충적층에서는 불투수성 재료로 되메움한다. 이는 지하수가 통과하는 구간에서는 모래 잔자갈 등을 충전하여 지하수가 자연 상태로 흐르게 하고, 비대수층구간과 지하수 오염구간에서는 시멘트, 벤토나이트, 점토 등을 넣어 물이

통과하지 않게 하는 것이다.

HELP

- ✓ 그러나, 원상복구 대상 불용공의 대수층 구간을 파악하는 것은 현실적으로 어려움이 있으므로 하부 고결암층은 투수성 재료로 되메움을 하고 상부 미고결암층과 그 아래 암반층 일부구간(약 3m)은 불투수성 재료로 되메움하는 것이 바람직하다.
- ✓ 보통 암반층 지하수를 개발대상으로 하는 우물의 경우 미고결암 구간에 공벽붕괴 방지를 위하여 케이싱 등의 우물자재를 설치하는 것이 일반적이므로 케이싱 설치구간을 불투수성 재료로 되메움 하도록 한다.
- ✓ 불용공의 발생 원인을 검토하여 수질이 불량하거나 불용공 내가 오염된 것으로 우려된다면 소독이나 공내청소를 통하여 불용공 내를 깨끗이 청소한 후 전 심도를 불투수성 재료로 되메움하여야 한다.

□ 공내 이물질 제거

- 공내 상태를 점검하여 되메움 재료 주입에 방해가 되는 수중모터펌프 등의 양수장비와 기타 이물질을 되메움 재료 주입 전에 이를 제거하도록 하며, 공 내부가 유류 등으로 오염되었다고 판단되면 에어써징(air surging)을 실시하여 우물청소를 하여야 한다.
- 우물소독은 시중의 제품화(공인)된 소독액을 이용하여 적정 사용법으로 시행한다.

※ 예시) 200mg/ℓ 농도의 염소 용액을 공내 지하수에 넉넉히 주입하여 소독하며, 소독 용액은 5.25%의 클로린(chlorine) 농축액 2ℓ를 450ℓ의 물에 희석하여 제조

□ 투수성재료 주입

- 케이싱 제거와 지표부 터파기에 앞서 실시하여야 한다. 공의 직경은 수 cm에서 수십cm에 불과하므로 투수성 재료의 주입시 브릿지(bridge) 현상에 유의하여야 한다.

HELP

- ✓ 브릿지(bridge) 현상 : 되메움 재료를 불용공 내로 주입시 주입속도가 지나치게 빠르면 되메움 재료가 공 하부에 도달하기 전에 중간에 막히는 현상

- 브릿지 현상이 발생하면 브릿지 구간 하부는 되메움이 되지 않게 되며 일정 시간이 지나 중력에 의해 브릿지가 해소되면 브릿지 상부구간이 함몰되어 빈 공간이 다시 발생하므로 되메움의 효과가 떨어지게 된다. 그러므로 투수성 재료 주입시는 주입량에 따른 주입심도를 측정하여

브릿지 현상 발생여부와 주입재 다짐상태를 점검해야 한다

HELP

✓ 주입심도 20m마다 측정하여 점검

- 투수성 재료로는 브릿지(bridge)현상 등을 방지하기 위해 모래와 잔자갈 및 돌 부스러기(굴착슬러리) 등을 혼합하여 사용할 수도 있으며 오염이 되지 않은 깨끗한 재료를 사용하여야 한다. 화성암과 변성암 및 고결도가 높은 퇴적암의 균열 대수층에는 모래가 가장 적합하며, 석회암지대의 용해터널이나 현무암지대의 용암터널 및 균열이 매우 큰 파쇄대 암반에는 작은 자갈과 돌 부스러기를 공동 내에 충전한 후 모래를 주입함으로써 재료의 유출을 방지할 수 있다.
- 투수성 재료의 주입 심도는 암반 대수층 구간을 대상으로 하며 불투수성 재료 주입 하한 심도까지 채운다. 투수성 재료를 주입한 후 12~24 시간 정도의 대기시간이 지난 후에 불투수성 재료를 주입하도록 한다.

□ 불투수성 재료 주입

- 주입재료의 특성
 - 물 : 되메움 재료를 혼합하기 위한 것으로 깨끗한 물을 사용해야만 되메움 재료의 특성에 따른 주입효과를 기대할 수 있다.
 - 시멘트 : 되메움 재료로서의 시멘트는 한국 표준규격의 포틀랜드시멘트를 사용하여야 하며 목적에 따라 급결재 혹은 지연재와 같은 혼합물을 사용할 수 있으며 이 경우 한국 표준규격 콘트리트 첨가 화학물질 표준시방에 따라야 한다.
 - 벤토나이트 : 벤토나이트는 점토광물의 일종인 몬모릴로나이트(montmorillonite)를 주광물로 하며 일반적인 특성은 다음과 같다.
 - 팽창성 : 물을 흡수하여 5~10배의 체적 팽창하는 성질
 - 현탁성 : 물을 분산시켜 콜로이드 상태의 현탁액으로 되는 성질
 - 점 성 : 미세한 판상 결정입자가 밀집되어 높은 점성을 나타내는 성질
- 시제품은 공형(크기 10~15cm), 막대형(길이 50cm, 직경 34mm), 과립형(크기 2~10mm), 분말형 등 다양하므로 사용목적에 따라 선택하여 이용할 수 있다.
- 조립 벤토나이트 주입은 공내에 물이 있는 상태에서 투입하고 물이 부족하면 투입과정에서 물을 보충해야 한다. 주입 속도는 5분당 40kg(1포)이다.

표 6.2 시멘트 유형별 특징 및 용도

분 류	명 칭	특 성	용 도	고결 시간
유형 1	보통 포틀랜드시멘트	- 범용 시멘트	- 일반콘크리트공사 - 건축 및 토목공사	24
유형 2	중용열 포틀랜드시멘트	- 수화열이 낮음 - 화학 저항성 큼 - 장기강도 우수 - 고온에서 강도발현 우수 - 건조수축이 작음	- 댐 등의 mass concrete - 원자력발전소 - 지하구조물	24
유형 3	조강포틀랜드시멘트	- 단가강도가 높음 - 장기강도 우수 - 수밀성 내구성이 큼 - 저온에서 강도발현 우수 - 건조 수축 작음 - 중기 양성 특성 우수	- 한중 콘크리트 - 고강도, 고내구성 콘크리트 - 긴급공사 - 콘크리트 2차 제품	12
유형 4	저열 포틀랜드시멘트	- 수화열이 매우 낮음 - 장기 재령에서 강도 발현 우수	- 댐 등의 mass concrete - 원자력발전소 - 대교의 교각, 교대	6
유형 5	내황산염 포틀랜드시멘트	- 황산염에 대한 저항성 강함	- 지하수 및 공장 배수시설 - 폐기물처리 - 해양시설물	고결 시간 길다

○ 주입재의 종류

되메움 재료는 공내 상황 및 화학적 특성, 현장 여건, 되메움 재료의 특성에 따라 결정되는데 주로 시멘트 밀크, 시멘트 몰탈, 시멘트 콘크리트 및 이들과 벤토나이트의 혼합재 등을 들 수 있다.

- 시멘트 밀크

유형1, 2 형 포틀랜드시멘트를 사용하여 시멘트 : 물의 배합비를 1:1로 한다. 소규모 수축균열이 문제되지 않는 곳에서 사용 할 수 있다.

- 시멘트 몰탈

물 : 시멘트 : 모래의 배합비를 무게비로 1:1:1로 하여 사용한다. 급결재나 지연재 등의 첨가제를 사용할 경우 물을 더 넣도록 한다.

- 시멘트 콘크리트

시멘트, 모래, 자갈, 물 등을 사용한다.

재래식 우물이나 자재 외곽부 공간이 큰 우물의 불용공 처리시 이용

된다. 적절한 자갈을 사용해야 투수계수를 줄이고 고결시 수축작용과 발생열을 줄일 수 있다. 유형1, 2형 포틀랜드 시멘트 사용시 자갈 : 시멘트의 혼합비는 1:6~8 정도를 유지하고 현장 여건과 고결, 주입 특성을 고려하여 물의 양을 조절한다.

- 벤토나이트 혼합(I)

시멘트밀크에 분말형 벤토나이트를 혼합하여 사용한다. 시멘트와 청정한 물을 완전히 섞은 후에 벤토나이트를 혼합하여 사용한다. 재료 주입 시에는 반드시 트레미파이프를 사용하도록 한다.

시멘트 양생 시 수축 부위를 벤토나이트가 팽창하면서 보완해 주어 강도와 불투수성이 증대되는 이점이 있지만 장비와 인력 및 벤토나이트 양이 비교적 많은 소요되어 고비용과 많은 시간이 요구된다.

- 벤토나이트 혼합(II)

순수한 모래에 과립형 벤토나이트와 물을 혼합하고 이를 지상에서 공 내로 인력으로 주입한다. 공 내에서 모래의 공극을 벤토나이트가 팽창하면서 메워주는 효과를 볼 수 있으며 모래 입자의 크기에 따라 재료의 혼합비율을 조정해서 사용하도록 한다.

- 벤토나이트 혼합(III)

막대형 벤토나이트를 지상에서 공내로 인력으로 투입한다. 물이 있는 상태의 층적층 소구경 우물에 적용한다.

- 기타 지반을 오염시키지 않고 벤토나이트, 시멘트 등과 같은 동일한 효과를 발휘할 수 있는 재료로 공인기관의 인증을 받은 경우에 한하여 검토후 사용 가능

○ 주입재 주입방법

투수성 재료 상부구간(미고결암층 하단으로부터 약 3m깊이 아래 암반층)부터 터파기 구간 또는 지표까지 불투수성 재료를 주입한다.

선정된 주입재의 재료분리를 방지하기 위해 룯드를 주입을 하거나 구경 50mm 내외의 그라우트 파이프 또는 호스를 하부까지 내려서 바닥으로부터 주입해야 한다.

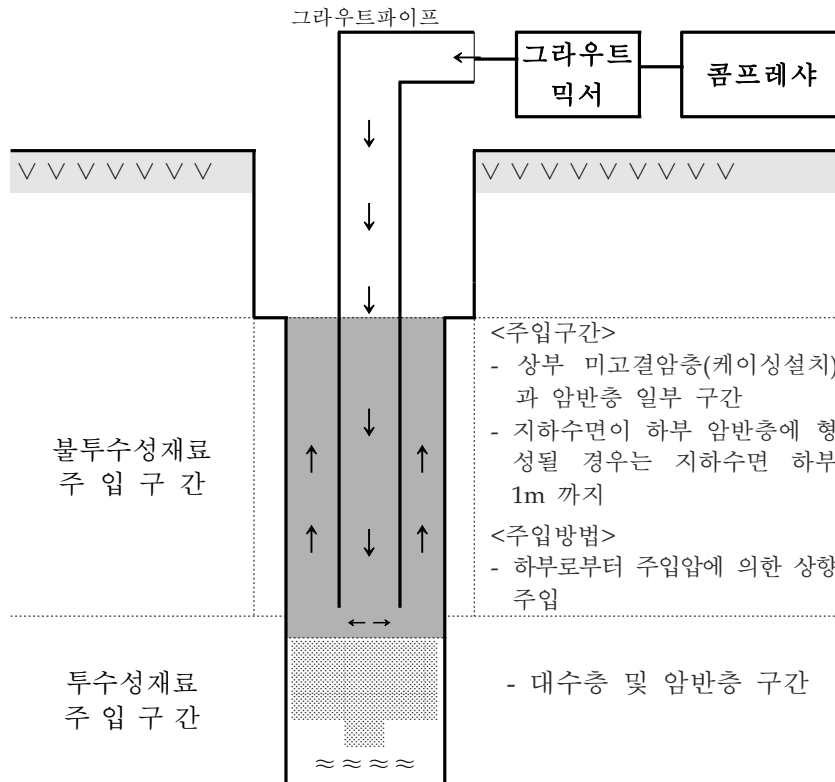


그림 6.9 그라우트 파이프 주입 모식도

주입요령은 파이프 선단을 하부에 고정시킨 상태에서 주입하는 방법과 주입의 진행에 따라 끌어올리면서 단계적으로 주입하는 방법이 있는데 이때 파이프 하단은 주입표면으로부터 적어도 3m 아래에 잠겨 있도록 하여야 한다.

주입은 항상 하단에서부터 실시하여 주입압에 의해 상부로 유출될 때까지 주입 방법을 적용해야 한다(그림 6.9 참조).

□ 지표부 터파기

- 케이싱 인발이 되지 않을 경우 케이싱 절단을 위하여 실시한다. 터파기 심도는 현장 여건과 향후 토지 이용 계획에 따라 조정할 수 있으나 대략 1~1.5m 심도가 적당하다. 그러나 터파기는 케이싱 인발이 가능하거나 토지이용계획 등에 따라서는 실시하지 않아도 된다.

□ 케이싱 제거

- 불투수성재료 주입이 끝나면 케이싱을 가능한 한 인발(뽑기)하여 제거한다. 케이싱 인발 장비는 유압잭(hydraulic jack), 체인블럭, 포크레인

등을 이용하여 가급적이면 인발하여야 한다. 케이싱 인발이 불가능하면 터파기를 실시하여 지표에서 1m까지 케이싱을 절단하여 제거한다(그림 6.10 참조).



A. 크레인으로 인양

B. 유압식 인발기로 인양

그림 6.10 케이싱 인양 제거

□ 지표부 표면처리

- 지표부 터파기 작업을 실시한 경우 불투수성 재료의 주입이 끝난 상부 구간을 표면처리토록 한다. 불투수성 재료 투입 후 24시간이 경과하면 불투수성 재료는 수축 또는 주변 토양으로 침투하기 때문에 약 1m 이상 수축하게 되는 데 이 부분을 불투수성 재료로 재충진한다.
- 재충진한 불투수성 재료가 완전히 고결되면 터파기 하부 구간에 시멘트 몰탈을 약 30cm 두께로 타설한다. 시멘트 몰탈 타설이 끝나면 터파기 나머지 구간은 터파기 한 흙으로 다짐하면서 뒷메움을 하여 불용공 처리 작업을 완료한다.

□ 주변 정리

- 불용공 처리 작업이 완료되면 주변 환경과 어울리게 주변 정리를 하고 불용공 작업중에 발생한 케이싱, 우물자재 등의 폐자재를 운반 폐기 처분한다.

□ 원상복구 보고서 작성

- 원상복구가 완료되면 보고서를 일정 양식에 의거 작성, 보존함으로써

지하수 관리자료로 활용하여야 한다. 보고서 양식은 작업일지와 처리모식도로 구분하여 작성하고 작업과정별로 사진을 촬영하여 첨부한다.

○ 현장작업일지

최초 작업 시작일부터 작업 종료일까지 공정별, 시간별로 상세하게 기록한다. 이 일지는 후에 원상복구가 적절하였는지를 판단할 수 있는 자료이므로 우물의 심도, 구경, 지하수위, 공매방법, 우물자재의 종류 및 규격, 지질주상도, 되메움 재료의 사용량 및 그라우트 형식 등을 상세하게 기록하도록 한다.

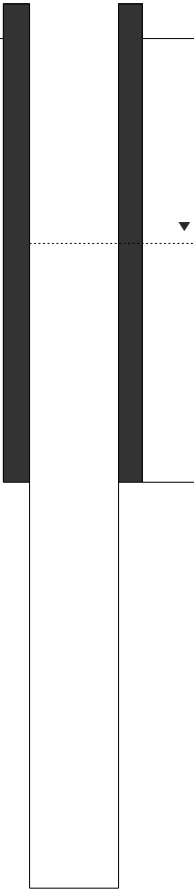
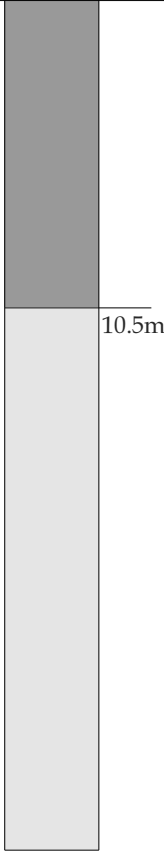
○ 처리모식도

원상복구 현황을 간단한 도면으로 작성하여 표시한다. 다른 일반 공사의 준공도면처럼 상세하게 작성할 필요는 없으며 축척 등에 구애받지 않고 개략적인 그림으로 표시한다. 되메움 하기 전의 불용공 현황과 되메움을 한 후의 처리구조도를 함께 표시한다.

표 6.3 불용공 처리(공폐매움) 작업일지 양식 및 작성(예)

불용공처리(공폐매움) 작업일지					
공 사 명	지하수 방치공 원상복구 및 재활용 공사				
관리번호	화 천 - 10	착 공 일	2001. 11. 15.		
		준 공 일	2001. 11. 16.		
위 치	화천군 하남면 안평리 (가내울)				
우물유형	대형관정	시공대상	원상복구	기 타	
시공업체	(주) 우 신	사용기계	5t 카 크레인 유압 인발기	작성자	김 태 우 ①
날 짜	시 간		시 공 내 용		
	시작시간	완료시간			
11/15	08:40	09:00	1. 주변환경 조사 1)구릉 산악지 계곡부 하상(논미천) 옆에 위치함. 2)산림보호구역내 농경지		
	09:00	09:20	2. 방치공현황 및 제원조사 1)구경 및 심도 : 구경 250mm, 지표하 42m 2)지하수위 : 지표하 7.5m 3)케이싱 재료 및 관경 : 강관(백관), 250mm		
	09:20		3. 방치공 내 이물질 제거 : 우물자재 없으므로 생략 4. 투수성재료 주입 1)주입구간 : 지표하 10.5m ~ 42m 구간 2)모래주입량 : 총1.2㎥(2회로 분배하여 주입완료) (1) 1회 주입 (지표하 25m ~ 42m) : 약 0.6㎥ (2) 2회 주입 (지표하 10.5m ~ 25m) : 약 0.6㎥ 실제주입 필요량이 약 1.55㎥정도이나 실제 주입량은 약 1.2㎥이므로 공 내부의 일부구간 붕괴 또는 함몰 추정		
11/16	13:20	14:10	5. 불투수성 재료 주입 1)주입구간 : 지표하 0.5m - 10.5m 구간 2)재료 및 주입량 : 시멘트 몰탈, 0.5㎥		
	14:10	14:50	6. 케이싱 인발로 지표부 터파기 실시하지 않음. 7. 케이싱 제거량 및 사용장비(8m, 유압식 인발기)		
	14:50		8. 지표부 표면처리 지표부는 시멘트몰탈로 지표하 0.5m까지 마감함. 지표까지 주변환경과 동일하게 표면처리 함.		
	15:10	15:30	9. 주변정리 주변정리와 우물자재 수거 후 현장 철수함.		
특이사항			상수원 보호구역, '2001년 한해시 국방부 지원으로 굴착한 시설, 수량부족으로 방치공		

표 6.4 원상복구 처리결과 모식도 양식 및 작성(예)

원상복구(불용공 처리) 결과 모식도					
공 사 명	지하수 불용공 원상복구 공사				
관리번호	화 천 -10	착 공 일	2001. 11. 15		
		준 공 일	2001. 11. 16		
위 치	화천군 하남면 안평리 (산림보호구역 도로입구 발)				
우물유형	대형관정	시공대상	원상복구	기 타	
시공업체	(주) 우 신	사용기계	5톤 카 크레인 유압식 인발기	작성자	김태우 [㉠]
되메움 전(前)			되메움 후(後)		
모 식 도	우물현황		모 식 도	처리현황	
	<ul style="list-style-type: none"> • 정호보호 시설 없음 • 지표면 • 공내 우물자재 없음 • 자연수위 : 7.5m • 케이싱 : Φ250mm 재질 : 백관 인양길이 : 8.0m • 심도: 42m 			<ul style="list-style-type: none"> • 지표면 • 불투수성 재료 : 시멘트몰탈 • 주입구간 : 0.5-10.5m • 주입량 : 0.5m³ • 투수성 재료 : 모래, 자갈 • 주입구간 : 10.5-42m • 주입량 : 1.2m³ • 심도 : 42m 	
특이사항					

나. 부분 되메움

부분 되메움은 심층구간에 붕괴 위험이 없고 오염우려가 없는 경우에, 하부 구간에는 되메움을 하지 않고 상부 구간에만 부분 되메움을 하는 것으로 적정 깊이에 팩커(packer) 또는 특수 제작된 프러그(plug sandbag)를 설치하고 그 위 부분을 지표까지 불투수성 재료로 되메움하는 방법이다(그림 6.11 참조).

이 공법은 불용공의 심도가 너무 깊거나 공 내부에 함몰구간이 있어 전구간을 되메움 하기에 경제적, 기술적 문제가 있어 시장·군수가 부분 되메움을 인정하는 경우에 한하여 적용한다.

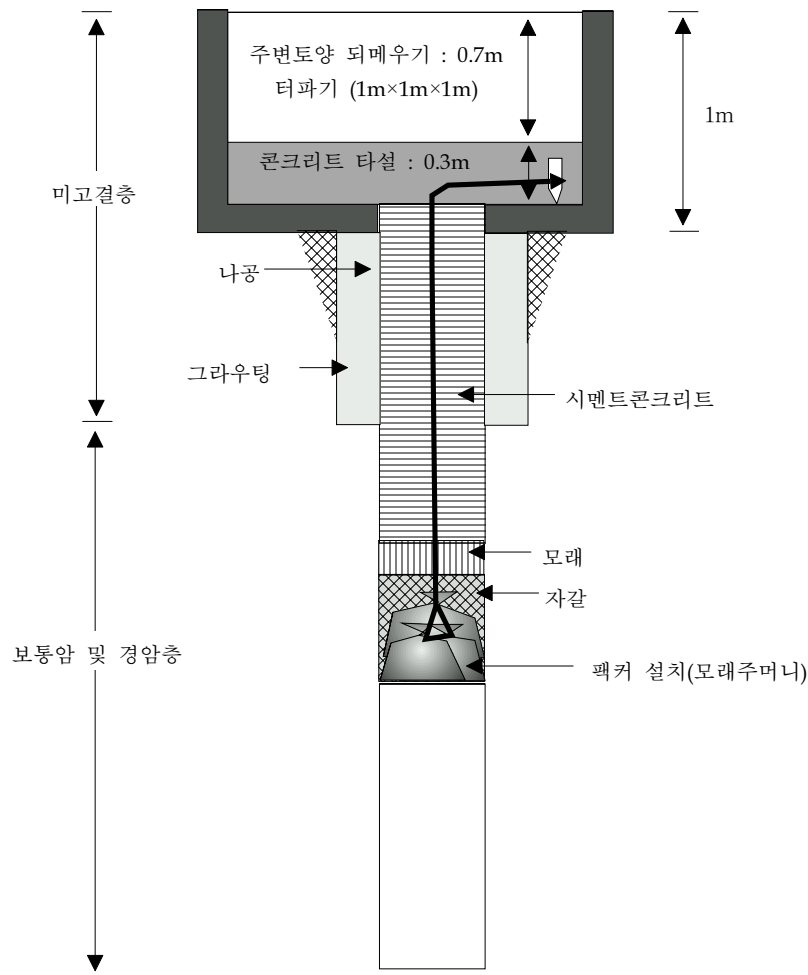


그림 6.11 장심도 불용공의 부분되메움 모식도

6.3.3. 유형별 원상복구 방법

가. 불용공의 형태

불용공은 상부 오염방지시설 및 모터펌프의 유무에 따라 다음과 같은 형태가 있다(그림 6.12 참조).

- 모터펌프 및 보호시설물이 없는 경우(A)
- 모터펌프는 없고 보호시설만 있는 경우(B)
- 모터펌프와 보호시설(오염방지시설)이 모두 있는 경우(C)
- 모터펌프와 보호시설물(장옥)이 모두 있는 경우(D)



A. 모터펌프 및 보호시설물이 없는 경우



B. 모터펌프는 없고 보호시설만 있는 경우



C. 모터펌프와 보호시설(오염방지시설)이 모두 있는 경우



D. 모터펌프와 보호시설물(장옥)이 모두 있는 경우

그림 6.12 불용공의 형태

나. 우물의 분류

우물은 심도에 따라 암반층 상부에 위치한 모래, 자갈, 실트 등 충적층 구간까지 또는 풍화대구간까지만 굴착한 “충적층 우물”과, 충적층 및 암반층 심부까지 굴착하여 암반대수층의 지하수를 주 대상으로 개발한 “암반층 우물”로 구분된다.

이는 다시 우물 구경에 따라 소형, 대형, 재래식 우물 등으로 분류되며 구경별 기준은 대략 다음과 같다.

- 소형 : 구경이 100mm(4") 이하인 공, 시추조사공 포함
- 대형 : 구경이 100mm(4")를 초과하는 공

HELP ✓ 구경 1000mm 내외의 우물로서 석축우물, 콘크리트관 우물 등은 재래식 우물로 분류한다.

또한 사용하는 우물자재 및 개발 방식에 따라 수굴정(dug well), 관정, 집수정 등으로 분류하기도 한다.

본 지침서에서는 충적층 우물과 암반층 우물을 구경별로 분류하여 각각에 대한 원상복구 방법을 제시한다(표 6.5 참조).

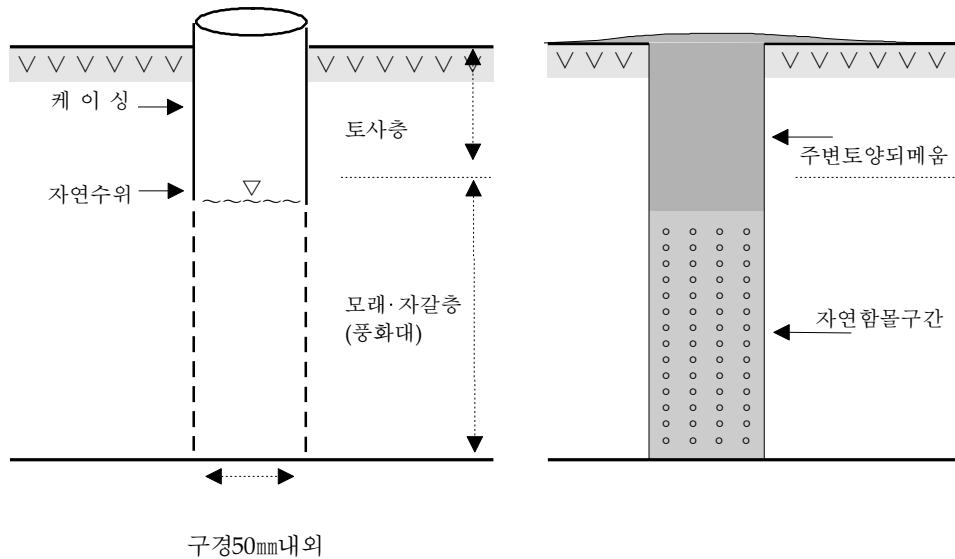
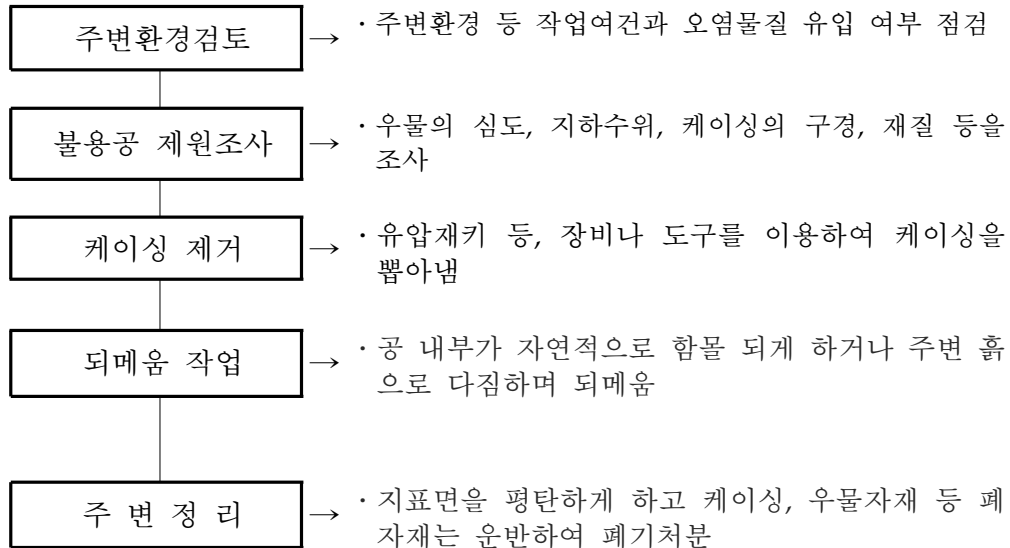
표 6.5 불용공 유형 분류

구 분	소 형		대 형		재래식
충적층	유형1		유형2		유형3
암반층	케이싱인발 가능	유형4	전구간 되메움	유형6	-
	케이싱인발 불가	유형5	부 분 되메움	유형7	-

다. 충적층 우물의 되메움

□ 충적층 소형우물(유형1)

충적층 소형우물의 일반적 되메움 순서는 다음과 같다.



【원상복구 전】

【원상복구 후】

그림 6.13 충적층 소형우물 구조도 및 되메움 모식도

□ 충적층 대형우물(유형2)

충적층 대형우물의 일반적 되메움 순서는 다음과 같다.

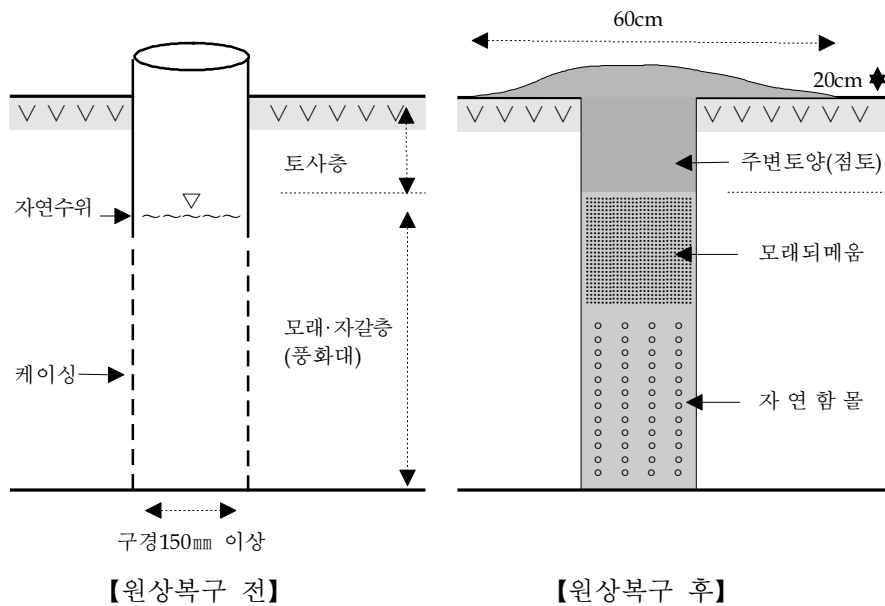
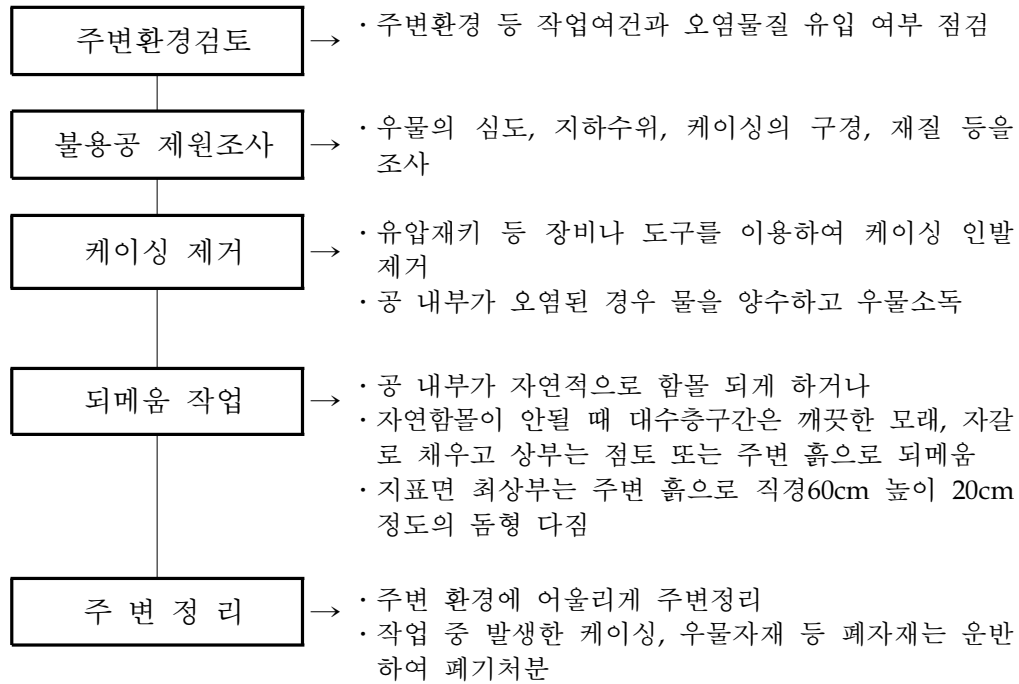


그림 6.14 충적층 대형우물 구조도 및 되메움 모식도



① 주변환경검토



② 불용공 제원조사



③ 케이싱 제거(소형우물)



④ 케이싱 제거(대형우물)



⑤ 투수성 재료 주입
(자연함몰이 안될 경우)



⑥ 주변정리

그림 6.15 층적층 소·대형우물 원상복구 주요 공종

□ 재래식 우물(유형3)

충적층 재래식 우물의 일반적 되메움 순서는 다음과 같다.

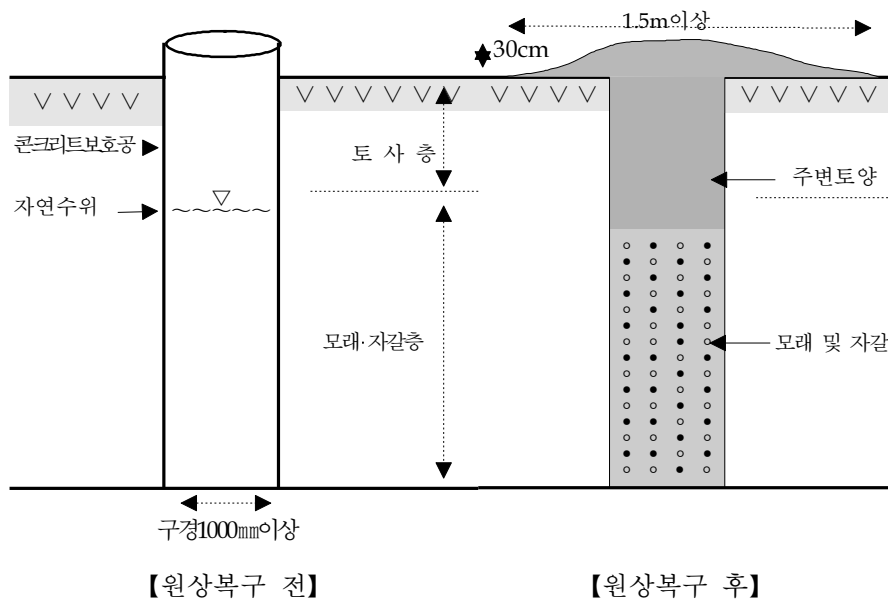
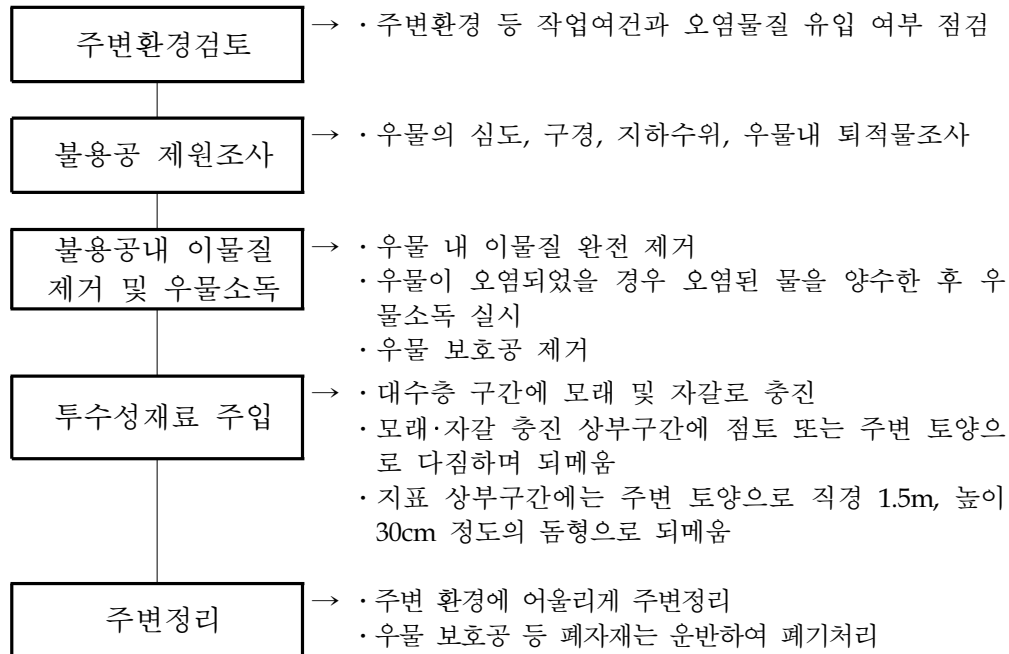
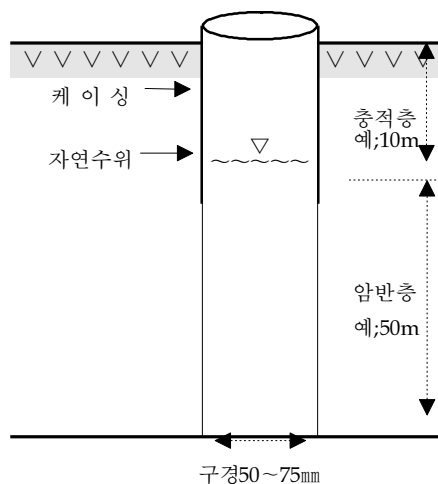
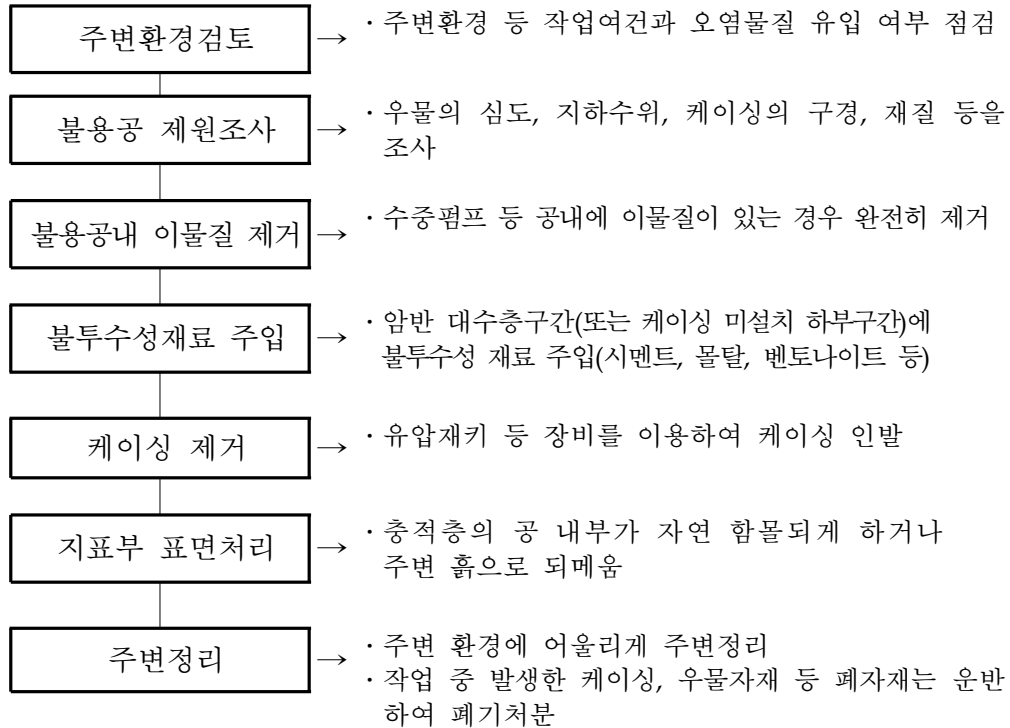


그림 6.16 재래식우물 구조도 및 되메움 모식도

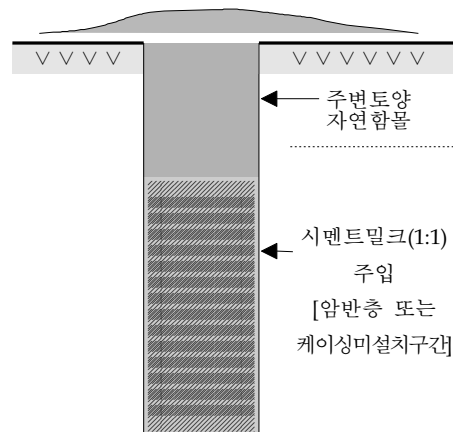
라. 암반층 우물의 되메움

□ 암반층 소형우물

○ 케이싱 인발 제거시 되메움 순서(유형4)



【원상복구 전】



【원상복구 후】

그림 6.17 암반층 소형우물 구조도 및 되메움 모식도(케이싱 인발의 경우)



① 불용공 제원조사



② 불용공내 이물질 제거



③ 불투수성 재료 주입



④ 케이싱 제거



⑤ 지표부 표면처리



⑥ 주변정리

그림 6.18 암반층 소형우물 원상복구 주요 공종 I

○ 케이싱 인발 불가시 되메움 순서(유형5)

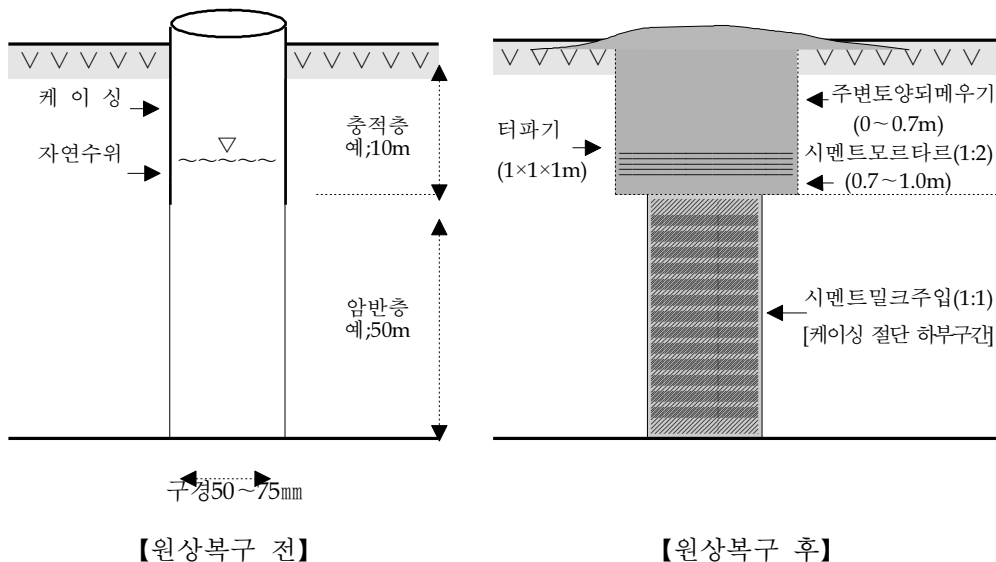
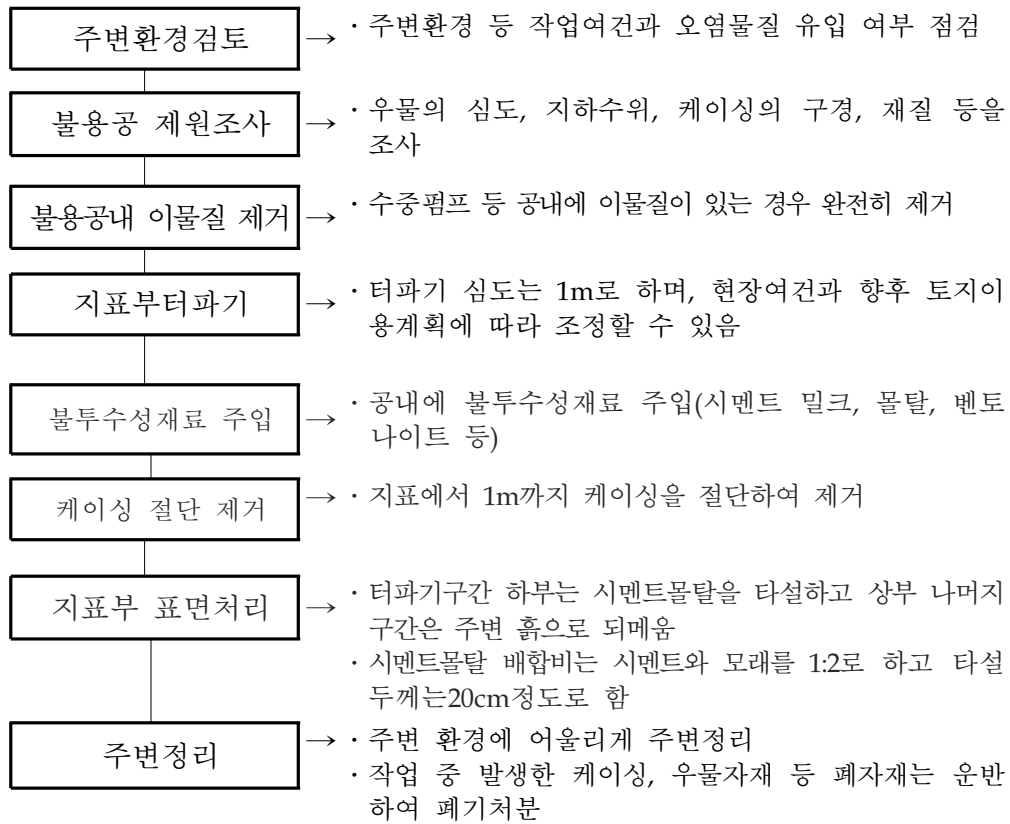


그림 6.19 암반층 소형우물 구조도 및 되메움 모식도(케이싱 절단의 경우)



① 불용공 제원조사



② 불용공내 이물질 제거



③ 불투수성재료 주입



④ 케이싱 절단 제거



⑤ 지표부 표면처리

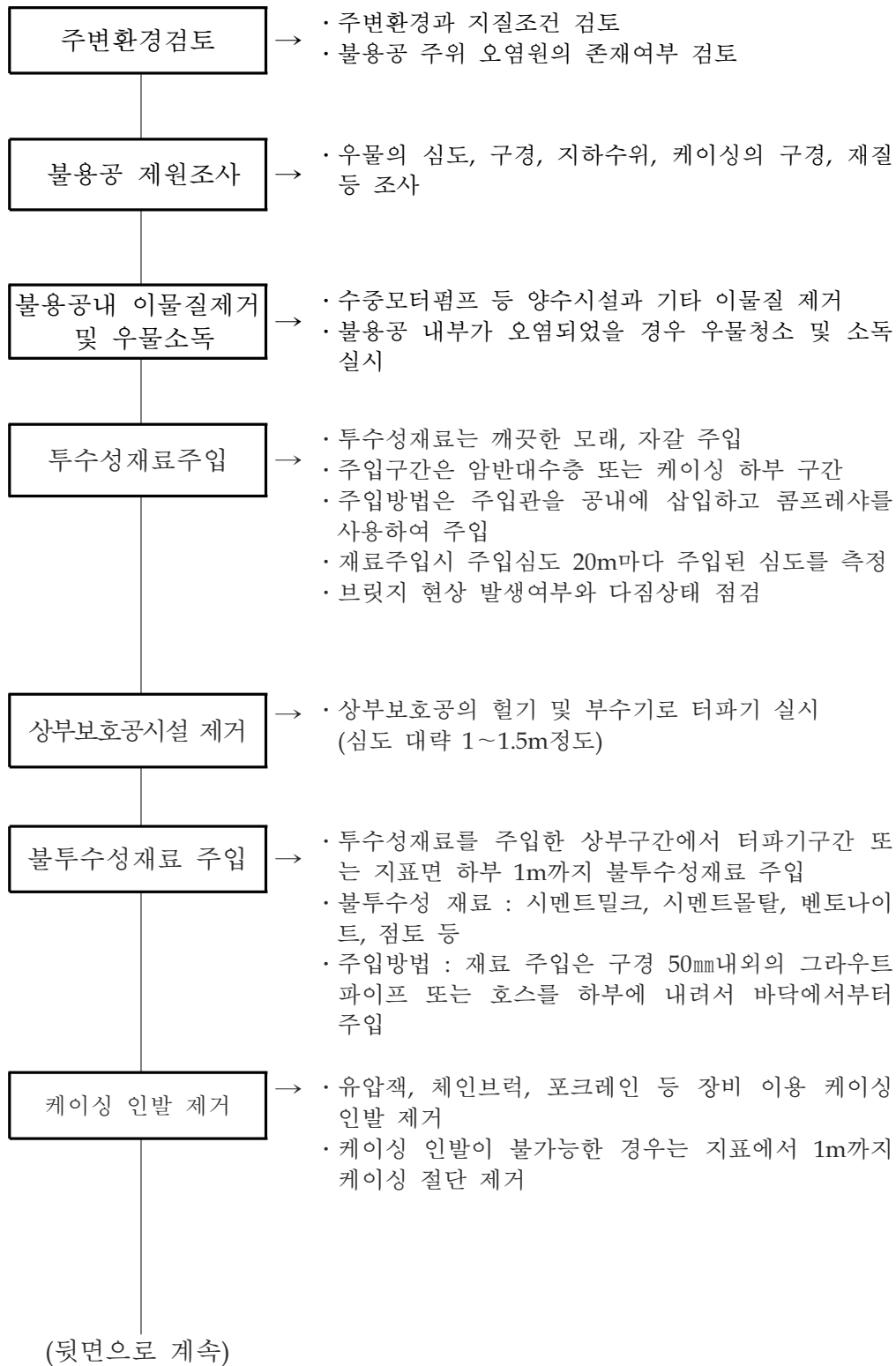


⑥ 주변정리

그림 6.20 암반층 소형우물 원상복구 주요 공종 II

□ 암반층 대형우물

○ 전구간 되메움 순서(유형6)



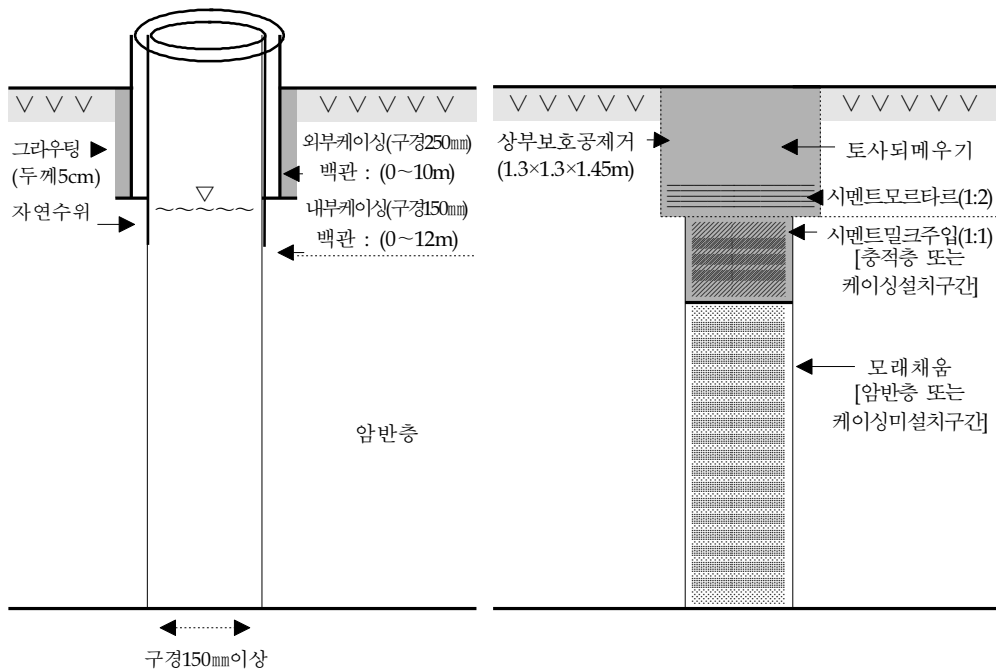
(앞면에서 계속)

지표부 표면처리

- 불투수성재료 주입과 케이싱 인발 작업이 끝난후에 지표부 표면처리작업 실시
- 터파기한 경우 하부구간은 시멘트몰탈을 타설하고 상부 나머지 구간은 주변 토양으로 다짐하면서 되메움
(시멘트몰탈의 배합비는 시멘트와 모래를 1:2로 하고 타설 두께는 30cm 정도)

주변정리

- 주변 환경에 어울리게 주변정리
- 작업 중 발생한 케이싱, 우물자재 등 폐자재는 운반하여 폐기처분



【원상복구 전】

【원상복구 후】

그림 6.21 암반층 대형우물 구조도 및 되메움 모식도



① 불용공 제원조사



② 수중모터펌프 제거



③ 투수성재료 주입



④ 불투수성재료 주입



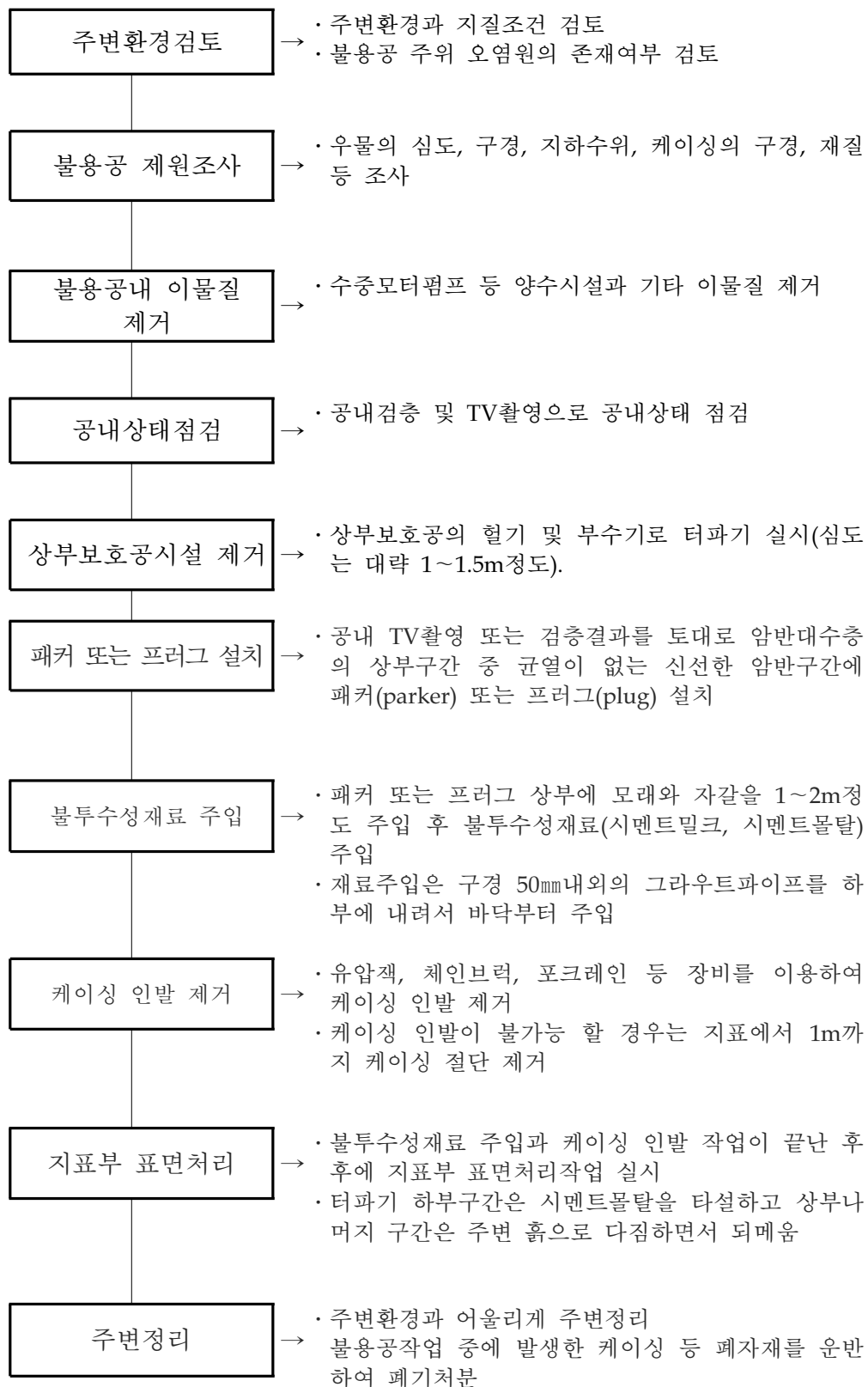
⑤ 케이싱 인발 제거



⑥ 지표부 표면처리

그림 6.22 암반층 대형우물 원상복구 주요 공종

○ 부분 되메움(심도 300m 이상) 순서(유형7)



6.3.4 불용공 임시처리

가. 임시처리 목적

불용공의 임시처리는 수량부족이나 수질불량 등의 이유로 현재는 사용할 수 없지만 미래에 다시 사용하거나 기타 사정 등으로 인해 즉각적인 불용공처리를 할 수 없을 경우와 다른 용도로 이용하고자 할 때 외부 오염원으로부터 불용공을 임시적으로 보호하고자 실시한다. 불용공을 발견하였을 때는 원상복구 또는 재사용 결정 이전까지는 임시처리를 하여야 한다.

나. 임시처리 방법

불용공의 임시처리에서 공 상부 봉인 방법은 다음과 같으며 현장 조건에 맞는 방법을 선택하여 봉인하도록 한다.

- 플라스틱, 합석 등을 불용공 구경만큼 오려붙여 접착제 및 테이프로 봉인
- 케이싱 구경보다 큰 철재통을 규격에 맞게 오려 상부를 덮어 봉인, 이때 연결부위는 접착제 및 테이프로 처리가능
- 공상부 케이싱 상부에 철판을 용접하여 불용공 입구를 봉인하는 방법
- 불용공 입구에 밀폐덮개를 만들어 자물쇠를 채우는 방법



A. 케이싱 밀폐덮개 설치



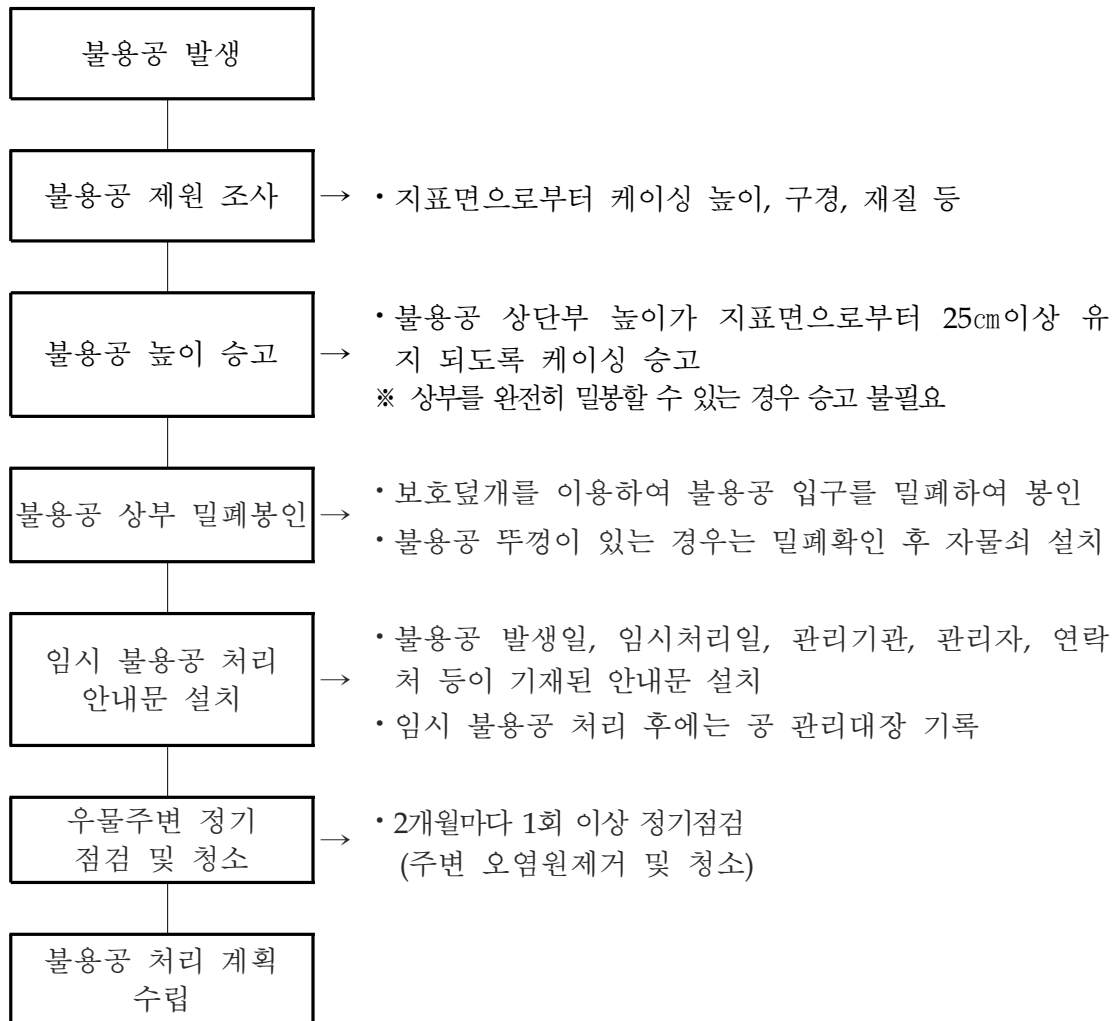
B. 밀폐덮개와 자물쇠 설치

그림 6.23 불용공 임시처리

다. 임시처리 방법

공 보호시설(건축물, 오염방지시설 등)의 유무와 공 상단부 케이싱의 높이에 따라 그 방법이 약간씩 다르며 세부처리 절차는 다음과 같다.

□ 보호시설물이 없고 공 상단부 높이가 낮은 경우(지표면 상부 25cm미만)

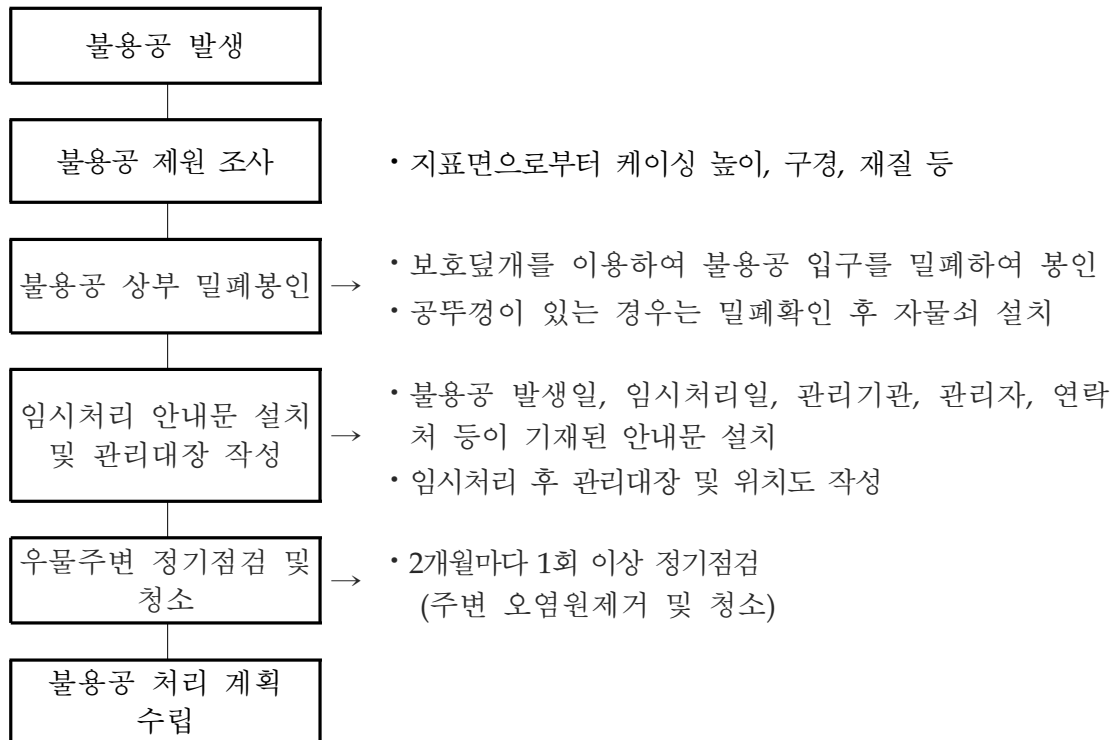


☞ 불용공 높이 승고 방법

- ① PVC 케이싱을 이용해 불용공 높이를 승고하고 연결부위는 접착제 및 테이프로 처리가능
- ② 불용공 구경과 일치하는 백관 및 스테인레스 스틸 등을 용접하여 승고

※ 위 방법은 일반적인 방법으로 현장 조건에 맞는 방법으로 승고 가능

□ 보호시설물이 없고 공 상단부 높이가 충분한 경우(지표면상부 25cm이상)



□ 공 보호시설물이 있는 경우

