

## 지하수 폐공 원상복구 개선방안

정하익, 임종진, 유준, 김상근, 오인규, 홍승서

한국건설기술연구원 지반연구부 (hichnung@kict.re.kr, jjlim@kict.re.kr)

### <요약문>

Unused well and improperly abandoned wells are a significant threat to groundwater quality. If abandoned wells is not properly filled with material, it can directly channel to flow contaminated and surface water into subsurface and groundwater. The abandonment process is over viewed and the method of filling with impermeable and permeable material is presented for the purpose of proper well abandonment work.

**key word** : abandoned well, abandonment process, filling method, rehabilitation

## 1. 서론

지하수 폐공이란 지하수 개발시에는 개발목적에 적합하여 사용하였으나, 그 후 여러 이유로 인하여 가치가 없어져 폐기된 지하수 시설로 정의될 수 있으며, 지하수의 개발·이용을 위하여 착정한 우물 외에 각종 조사용 시추공 등 당초의 목적을 상실한 지하 굴착공 전부를 폐공으로 포함시킬 수 있다. 폐공은 적절한 처리를 하지 않을 경우 지하수 오염에 미치는 영향이 크므로 체계적인 조사와 관리 및 적절한 처리가 매우 중요하다. 과거에는 지하수 개발시 발생하는 실패공과 사용 중 발생하는 폐공에 대한 원상 복구 의무규정이 없어 이를 제재할 근거가 없었으나 지하수법을 개정하면서 지하수 개발시 발생하는 실패공에 대하여는 이행보증금제도를 도입하여 원상복구를 의무화하고 사용과정에서 발생하는 폐공에 대하여는 지하수 개발·이용자가 원상복구토록 규정함으로써 정기적인 지하수개발·이용실태조사 등을 통한 체계적인 폐공관리가 가능하게 되었다. 폐공 원상복구의 주목적은 지표오염원의 폐공 내 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 폐공의 경우에는 추락 등의 안전사고를 사전에 방지하는 효과도 기할 수 있다. 이러한 지하수 폐공 원상복구시 시행절차 및 그 제반사항에 대하여 개선방안을 제시하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 폐공 원상복구절차 개선

폐공 원상복구의 주목적은 지표오염원의 폐공 내 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 폐공의 경우에는 추락 등의 안전사고를 사전에 방지하는 효과도 기할 수 있다. 폐공을 원상복구 할 때 가장 효과적인 방법은 폐공 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 할수도 있으며 심도가 깊은 폐공(300m이상)은 조사 후 상부만 되메움 할 수도 있다. 그러나 오염된 폐공은 전구간을 불투수성 재료로 되메움하여야 한다.

본 연구에서는 폐공의 원상복구 절차를 그림 1과 같이 제안하였다. 본 절차는 국내 폐공관리통합지침(2002)에 제시된 절차와는 케이싱 제거와 불투수성재료 주입의 순서가 바뀐 형태이다. 현재의 지침에 의하면 케이싱을 제거한 후에 불투수성 재료를 되메움하도록 하고 있다. 그러나 본 지침은 전체구간을 공메움하기 전에 케이싱을 인발하게 되면 케이싱이 설치되어 있던 토사 및 미고결지층 공벽이 함몰하여 공간을 먼저 메우게 되므로 공메움 재료가 효과적으로 주입되지 않아 효과적인 원상복구를 거둘 수 없는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 이의 순서를 상호 변경하여 그림 2의 장면과 같이 불투수성 재료를 주입한 후에 케이싱을 제거하는 방안을 제시한다.

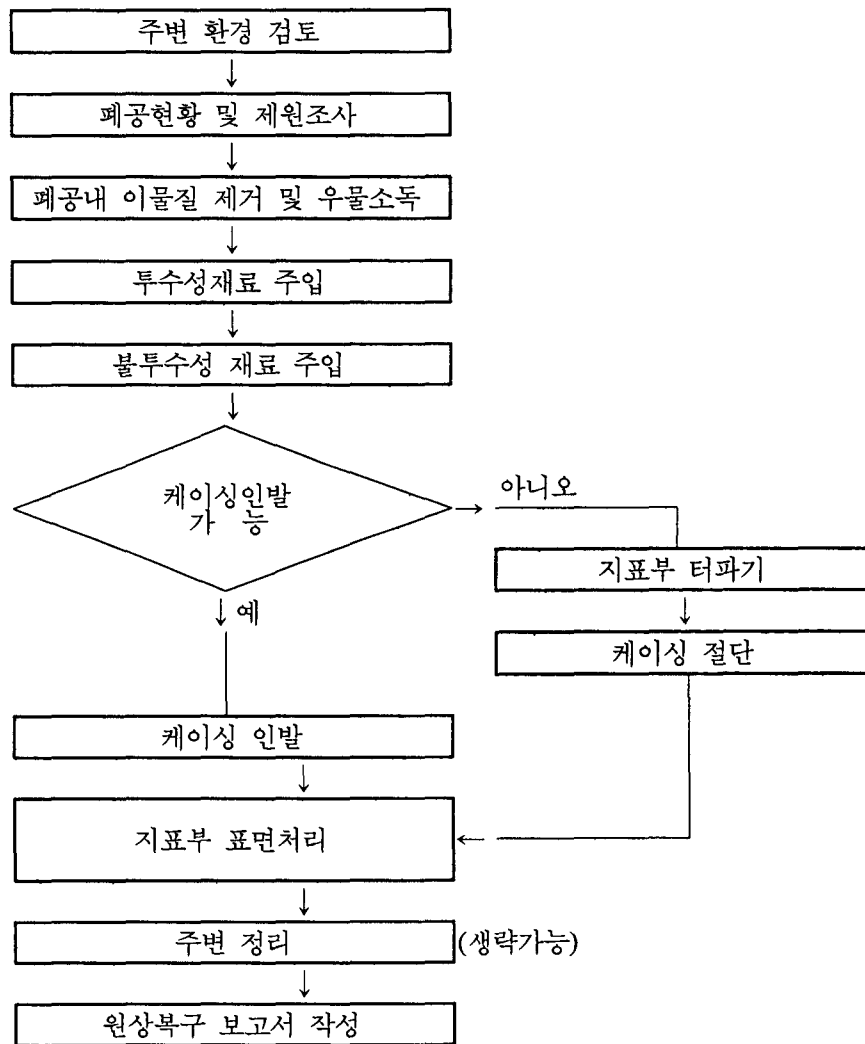


그림 1 폐공의 원상복구 절차

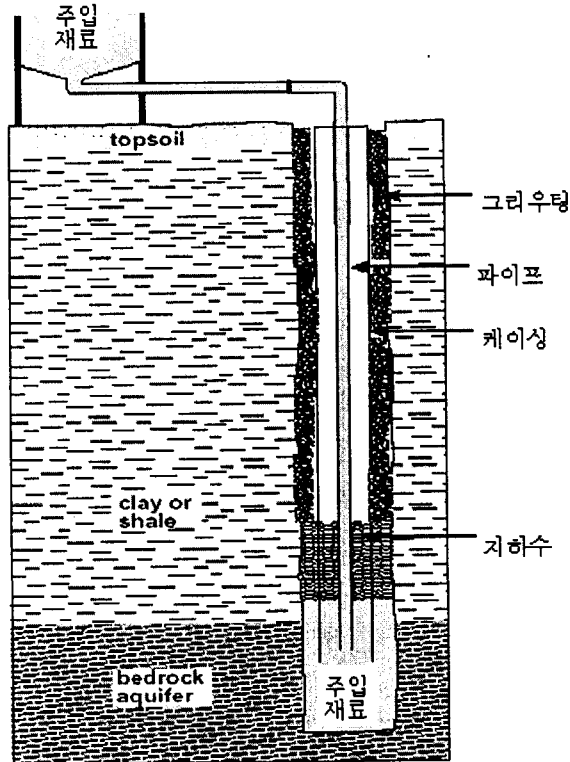


그림 2. 케이싱 인발전 불투수성 재료 주입

## 2.2 투수성재료 주입방법

투수성 재료를 주입하는 이유는 지하수가 통과하는 구간에서는 모래, 잔자갈 등을 충전하여 지하수가 자연상태로 흐르게 하는 것이다. 투수성 재료로는 모래, 잔자갈 및 돌부스러기(굴착슬러리) 등을 사용하며 오염이 되지 않은 깨끗한 재료를 사용하여야 한다. 폐공의 직경은 수cm에서 수십cm에 불과하므로 투수성 재료의 주입시 브릿지 현상에 유의하여야 한다. 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.

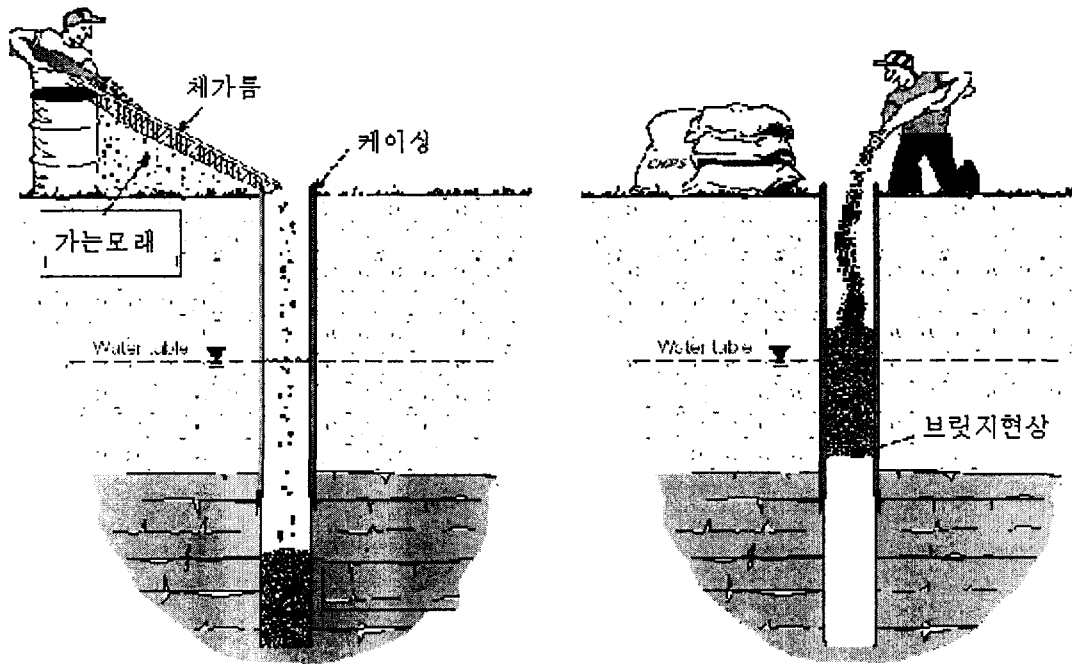
또한 가는 모래를 투수성 재료로 쓸 경우 이러한 브릿지 현상이 나타나기 쉬우므로 되도록 굵은 모래나 잔자갈 등을 사용하는 것이 가장 좋은 방법이다. 따라서 그림 3과 같이 투수성 재료를 체로 걸러서 굵은 모래가 주입되도록 함으로서 브릿지 현상을 사전에 방지할 수가 있다.

## 2.3 불투수성재료 주입방법

불투수성 재료를 주입하는 이유는 비대수층구간과 지하수 오염구간에서는 시멘트, 벤토나이트, 점토 등을 넣어 물이 통과하지 않게 함으로써 오염된 지표수등의 유입을 막기 위한 것이다. 따라서 불투수성 주입구간을 정하는 것이 오염방지를 위해 매우 중요한 요소이다. 그런데, 지하수법시행령 제24조제4항 제2호에 공매움재료 주입구간을 구분할 때 지하수위를 참고하도록 되어 있는데, 이렇게 할 경우 다음 그림처럼 지하수위가 암반선보다 높은 경우 암반선 아래서부터 충전되어야 할 불투수성 재료의 공매움 구간이 짧아져 효과적인 원상복구를 기대할 수 없다. 또한 계절적으로 지하수위의 변동이 심한 경우 시공시기에 따라 불투수성재료의 주입구간이 변하게 되어 일정구간의 주입이 어렵게 된다. 따라서 보통 암반 구간에 공벽붕괴 방지를 위하여 케이싱을 설치하는 것이 일반적이므로 케이싱 설치구간까지를 불투수성 재료로 되메움 하거나, 암반선을 확인할 수 있을 경우 암반선 하부까지 불투수성재료를 주입하

는 것이 바람직하다고 본다.

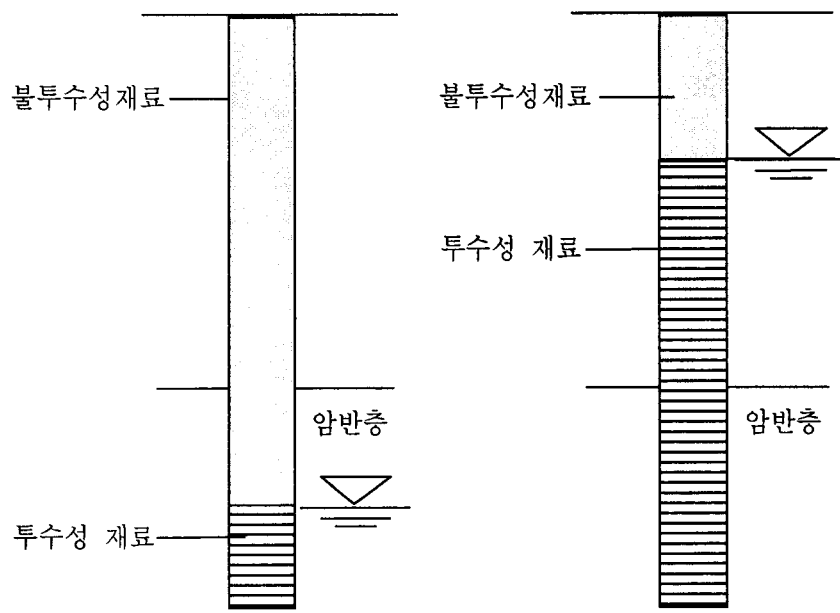
불투수성 재료의 주입은 주입재의 재료분리를 방지하기 위해 파이프 또는 호스를 관정 하부까지 내려서 바닥으로부터 주입해야 한다. 불투수성재료의 주입방법에는 중력을 이용해 재료를 주입하는 방법과 펌프를 이용해 주입하는 방법이 있다. 중력을 이용한 주입방법은 깊이 얇은 폐공일 경우 펌프를 이용하는 것보다 손쉽게 폐공할 수 있는 방법이다. 펌프를 이용한 주입방법은 파이프 선단을 하부에 고정시킨 상태에서 주입하는 방법과 주입의 진행에 따라 끌어올리면서 단계적으로 주입하는 방법이 있는데 이때 파이프 하단은 주입표면으로부터 적어도 3m 아래에 잠겨 있도록 하여야 한다.



(a) 투수성재료 주입의 올바른 방법

(b) 투수성재료 주입의 부적절한 방법

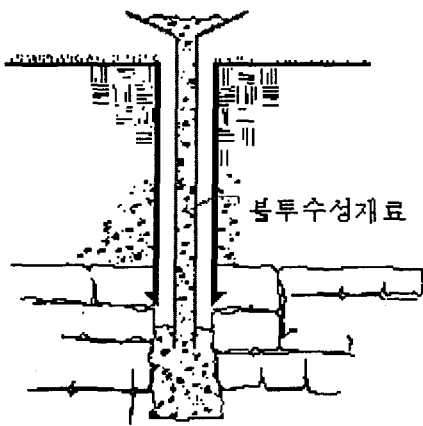
그림 3 투수성재료 주입 방법



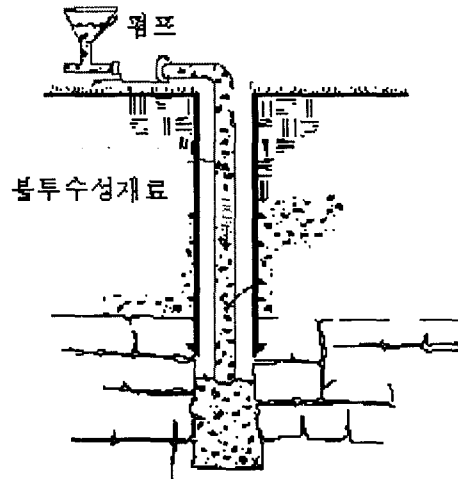
(a) 현행규정상 문제되지 않는 경우

(b) 현행규정상 문제되는 경우

그림 4 지하수면을 고려한 불투수성재료 주입



(a) 중력을 이용한 주입 방법



(b) 펌프를 이용한 주입 방법

그림 5 불투수성재료 주입방법

### 3. 결론

지하수 폐공의 원상복구시 원상복구 시행절차 및 그 제반사항에 대하여 다음과 같은 개선방안을 제시한다.

- 1) 케이싱 인발 후 공매움을 할 경우 미고결층이 붕괴될 우려가 있으므로 불투수성재료 주입후에 케이싱을 인발하는 것이 바람직하다고 판단된다.
- 2) 모래를 투수성 재료로 바로 쓸 경우 브릿지 현상이 나타나기 쉬우므로 모래를 체로 걸러서 굵은 모래를 쓰거나 자갈 등의 조립골재를 사용하도록 한다.
- 3) 불투수성재료의 주입구간 설정은 지하수면을 기준으로 하기보다는 케이싱 설치구간 및 암반선을 기준으로 하는 것이 합리적이라 판단된다.

### 4. 참고문헌

1. 건설교통부, "폐공관리통합지침", 2002
2. State of Oregon, "Water Well Construction Maintenance and Abandonment", 2001
3. State of California, "California Well Standard", 1998
4. Ontario Ministry of Agriculture and Food, "The protection of water quality in drilled wells", 2000
5. US State Coordinating Committee on Ground Water, "State of Ohio Technical Guidance for Sealing Unused wells", 1996