

# 지하수 폐공의 효율적 관리 방안

李 相 逸\*

## 1. 서 론

우리 나라의 물 총이용량은 1994년말 현재 299

억톤이며 그 중 지하수 이용량은 25.7억톤으로 전체의 8.7%를 차지하고 있다(표 1). 한편, 전국의 관정수 637,285개소 중 지하수법에 의한 관리대상 관정은 70,975개소로 11%에 해당한다(표 2).

표 1. 지하수 이용현황<sup>1)</sup>

단위 : 백만 m<sup>3</sup>/년

구 분		계	생활용수	공업용수	농업용수	기 타
이용 현황	연 이용량	2,571.3	1,319.4	229.4	930.1	92.3
	비율 (%)	100	51.3	8.9	36.2	3.6
시설수 (개소수)		637,285	394,368	9,394	229,161	4,362

표 2. 지하수 관정현황

단위 : 개소

계	지하수법 신고	타법에 의한 이용	기타(30분/일 미만)
637,285(100%)	70,975(11.1%)	120,463(18.9%)	445,857(70.0%)

폐공은 어떤 목적을 달성하기 위하여 굴착된 관정이 최초 설정된 목적에 부적합하든지 또는 이미 그 목적을 달성하여 더 이상 이용가치가 없어진 공으로 정의할 수 있다. 폐공이 발생하였을 경우 이를 제대로 처리하지 않은 채 방치하게 되면 폐공을 통한 급속한 지하수 오염이 야기될 것이다. 그러나 우리 나라의 경우 지금까지 폐공에 관한 관심은 지극히 낮아 왔으며 폐공을 통한 지하수 오염정도가 어떠한지는 물론, 과연 전국에 폐공이 몇 개나 존재하는지조차 제대로 파악되지 않고

있는 실정이다.

본 고에서는 폐공에 관한 현황과 관련기술 그리고 바람직한 폐공의 관리방안에 관하여 생각해 보기로 한다.

## 2. 현 황

### 2.1 폐공의 수

앞서 언급한 바와 같이 폐공의 수를 정확히 파악

\* 동국대학교 토목공학과 조교수

## 특집 : 지하수의 개발과 보전 .....

한 자료는 현재로서는 없으며, 이는 매우 어려운 작업이기도 하다. 한 예로, 미국 미네소타주의 경우 현재 존재하는 총우물의 수와 우물 1개를 개발하는데 발생하는 평균 폐공의 수로부터 약 1,600,000개의 폐공이 있으리라는 추정이 있었으며<sup>2)</sup>, 이는 기존의 추정치를 크게 상회하는 것으로 많은 논란의 대상이 된 바 있다.

유사한 접근방식을 적용한다면 우리 나라의 관정수(637,258개)와 착정성공률(30%)을 감안할 때 약 백만 개를 넘는 폐공을 추산할 수 있으나, 최근의 한 조사에 의하면 1만 8천여개의 폐공이 전국에 산재해 있는 것으로 나타나<sup>3)</sup> 조사와 추정이 큰 편차를 보이고 있다.

보다 정확한 폐공의 위치와 숫자를 파악하기 위하여는 (1) 기록, (2) 소문, (3) 지구물리탐사법, (4) 수리지질학적 방법, (5) 물 주입법(Hydrofrac Method), (6) 원격탐지법, (7) 항공사진 판독법, (8) 가스탐지법 등의 다양한 기법들이 동원되어 장기간에 걸쳐 조사활동이 이루어져야 할 것이다.

## 2.2 폐공을 통한 지하수 오염

방치된 폐공이나 부적절한 매공작업을 한 폐공을 통하여 야기될 수 있는 오염물질의 이동경로는 다음과 대략 다음과 같다.

- (1) 케이싱 외부의 그라우팅이 불완전하고 암반층까지 완전히 봉인되지 않은 경우
- (2) 자유대수층의 오염물질이 케이싱의 부식된 부분을 통하여 침투하는 경우
- (3) 묻혀진 케이싱 상부로부터 오염물질이 침투하는 경우

불행히도 폐공 숫자도 명확히 파악되지 않은 상황이므로 위와 같은 경로를 통해 유입된 오염물질의 종류와 확산정도에 관한 자료는 거의 전무한 실정이다. 다만 '95년도에 대형관정 위주로 4,471개소에 대해 오염방지시설 설치의 적합여부를 점검한 결과에 따르면 조사된 폐공 740개소 중 11.9%에 해당하는 88개소가 오염에 취약한 것으로 나타났다(표 3).

표 3. 지하수 관정 방지시설 점검 결과

단위 : 개소

계			이 용 공			폐 공		
계	적 합	부적합	계	적 합	부적합	계	적 합	부적합
4,471	3,000	1,471 (32.9%)	3,731	2,348	1,383 (37.1%)	740	652	88 (11.9%)

## 2.3 법 규

1994년 8월 9일 지하수 수질보전에 관한 시행규칙이 공포되기 전에는 폐공처리에 관한 어떤 기준도 국내에는 없었다. 그로 인하여 폐공처리는 현장기술자의 판단여하에 따라 행하여질 수도 혹은 그렇지 않을 수도 있었으며, 그 방법 또한 다양각색이었다. 그러나 시행규칙이 공포된 이후부터는 폐공을 그냥 방치하거나 기존의 일시적이고 불완전한 방법으로 폐공처리를 할 수는 없게 되었다. 즉, 지하수법 제7조 및 동법 시행령 제6조 제1항의 규정에 의하면 지하수 개발·이용·변경(중지)을 신고

해야 하며, 특히 폐공(중지)시 원상복구계획서와 원상복구계획도를 작성하도록 하고 있다. 그림 1은 원상복구계획도의 한 예를 나타내고 있다.

## 3. 폐공기술

지하수 개발·이용시설을 폐쇄하는 경우를 위하여 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙(총리령 제461호)은 다음과 같은 폐공절차를 명시하고 있다.

- ① 지표하부에 그라우팅이 되어 있는 경우에는 토지굴착 깊이까지 불투수성재료(시멘트 슬러리 등)를 주입하여 다짐하면서 퇴매움(공매작업)한다.

.....지하수 폐공의 효율적 관리방안

공 번 : 호공

CODE NO :

위 치	인천광역시 계양구 계산동 000-0000번지			소 유 자	홍 길 동		
지 리 좌 표	동 경 126° 43' 55"	북 위 37° 32' 43"		서울특별시 강남구 대치동 000-000번지			
설 계 자	000 (지구물리, 응용지질) 기술사			등 록 번 호	0000000		
폐 공 처 리 자	0000주식회사			공 사 기 간	1996. 8~1996. 9		
사 용 목 적	<input checked="" type="checkbox"/> 생활용수 <input type="checkbox"/> 농업용수 <input type="checkbox"/> 공업용수 <input type="checkbox"/> 기타			형 태	<input checked="" type="checkbox"/> 관정 <input type="checkbox"/> 집수정 <input type="checkbox"/> 집수암거 <input type="checkbox"/> 기타		
착 정 경 · 심 도	300mm 18m	계 100m	우 물 경 · 심 도	200mm 100m	Casing경 · 심 도	제 거	
우 물 자 재	<input type="checkbox"/> 철 재 <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> 스테인레스 <input type="checkbox"/> 기 타			파이프	0 m	스트레너	m 계 0 m
오 염 방 지 사 설	두께 5cm	깊이 18m	재 료 (시멘트 <sub>1</sub> ) + (모래 <sub>2</sub> ) + (점토)	설 치 방 법	<input checked="" type="checkbox"/> 그라우팅 <input type="checkbox"/> 콘크리트타설 <input type="checkbox"/> 기타		
심 도	총 후	폐 공 단 면 도		지 질	비 고		
0.0	0.0			표 토 층	■ 폐공 원상복구 1. 시멘트 : 착정슬라임(모래) = 1 : 6으로 케이싱 하단 까지. 2. 케이싱 인양 3. 시멘트 : 모래 = 1 : 3으로 배합  ■ 시공방법 1. 시멘트 : 착정슬라임 = 1 : 6의 비율로 배합하여 소형 공(10CM정도) 크기로 만들어 공내투하. 2. 1회 투하갯수는 30~50개 정도 투입 후 2~5분 경과 후 재투하를 반복한다. 3. 상부는 시멘트 : 모래 = 1 : 3으로 무게 반축하여 다짐(뽕다짐, 막대다짐) 하면서 밀폐한다. 4. 24시간 경과 후 침하부분이 발생되면 시멘트 : 모래 = 1 : 2로 재충진하여 밀폐한다. 5. 지표면하 1~2m까지는 표토를 제거하고 주변 토양을 채로 쳐서 고운 토양으로 다짐하면서 되메운다.		
	7.0			연 암			
7.0	11.0			경 암			
18.0	17.0						
35.0	65.0						
100							

작성자 : 엔지니어링활동주체 신고번호 제 000-0000호  
해당기술사 : 지구물리 기술사/응용지질 기술사

그림 1. 원상복구 계획도의 한 예

② 지표하부에 그라우팅이 되어 있지 않고 보호벽(케이싱)이나 유공관(파이프) 등이 설치되어 있는 경우에는 가능한 한 이를 제거한 후 토지굴착 깊이까지 불투수층재료(시멘트

슬러리 등)를 주입하여 다짐하면서 되메운다.  
그러나 폐공 전체를 불투수성 재료로 공매작업할 경우, 지하대수층이 차단되게 되는 문제가 발생

## 특집 : 지하수의 개발과 보전 .....

할 수 있어 지하수면 아래는 투수성 재료로 되메우고 지하수면 윗부분만 불투수성 재료로 공매작업하는 방법도 고려해 볼만하다.

미국 환경부와 미국지하수협회에서 발간한 Manual for Water Well Construction Practice나 Oak Ridge National Laboratory 등에서 제시하고 있는 폐공처리 절차는 대략 다음과 같다.

- (1) 폐공의 수질상태 확인
- (2) 펌프 등 우물자재의 제거
- (3) 케이싱 제거
- (4) 봉인 재료의 선택
- (5) 봉인 방법의 선택 및 봉인
- (6) 상단부 흙 되메움
- (7) 폐공보고서 작성

봉인 재료의 선택은 우물이 위치하는 토양(혹은 암반)의 종류에 따라 결정되는데 ① 시멘트 그라우트, ② 콘크리트 그라우트, ③ 미세한 시멘트

(Microfine cement), ④ Heavy drilling fluid 혹은 Heavy Bentonite 등이 대상이 될 수 있다.

봉인은 폐공 깊이의 전 구간을 메울 것인지, 아니면 일부 구간만 메울 것인지를 판단한 후, 메우기가 시작되는 위치에 플러그나 페커로 일종의 받침대(Bridge)를 만들어 놓고 그라우팅한다. 그림 2는 Bridge를 통한 영구폐쇄의 한 양식을 나타낸 것이다.

### 4. 폐공관리 대책

현재로서 고려할 수 있는 바람직한 폐공관리 대책은 다음과 같은 사항들이 있다.

(1) 효율적인 폐공관리의 출발은 정확한 폐공 현황조사로부터 시작된다고 하겠다. 각 자치체단위로 관할구역내의 과거 및 현재 이용공에 대한 철저한 조사가 전국적으로 이루어져야 할 것이며, 수집된 폐공자료는 전산체계를 통하여 관리·분석되어야 한다.

(2) 수량부족으로 폐기된 관정은 관정의 심도, 구조, 위치 등과 경제성 및 효율성을 고려하여 되메우거나 관측정으로 전환하도록 유도하고, 수질악화로 폐기된 관정은 관측정으로 변환하도록 하여 향후 전국적으로 구축될 지하수 관측망의 일부로 활용함이 바람직하다.

(3) 발견 또는 신고된 기존 폐공의 처리비용은 지방자치단체에서 부담하고, 신규 폐공의 원상복구에 소요되는 비용은 이용자 부담원칙에 의거하는 방향으로 제도가 정비되어야 할 것이다. 이를 위하여 지하수 개발 허가제·착공 및 준공신고제 등을 도입하여 관리를 강화함과 아울러, 폐공예치금제도의 도입도 적극 고려하여야 할 것이다.

(4) 그 동안 상대적으로 활발하지 못하였던 폐공관련 기술을 개발하여 다양한 상황에 적합한 폐공기술을 확대·보급하는 일 또한 시급하다 할 것이다.

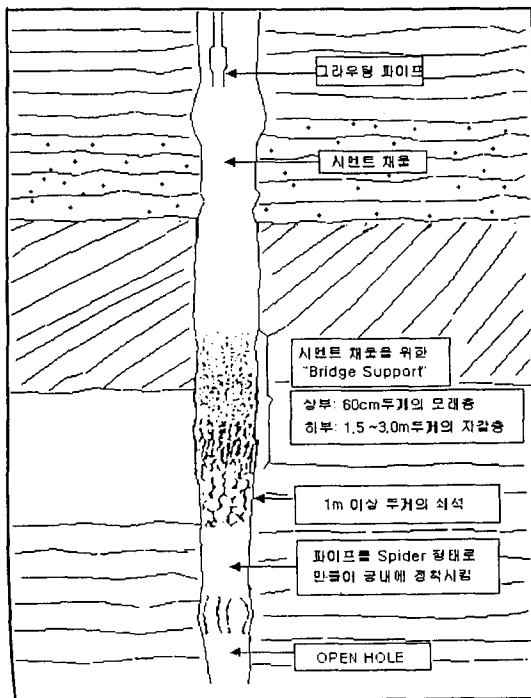


그림 2. Bridge를 이용한 영구폐쇄의 한 양식

참 고 문 헌

1. 지하수조사연보, 건교부, 1995.
2. J. D. Nye, "Abandoned Wells : How one state deals with them," Water Well Journal, Vol. 41, No. 9, pp.42-46, 1987.
3. 조선일보, 1996. 8. 4. ☞