

## 함안 이룡지구 강변여과수 개발예정지역의 수리적 특성

### Hydrogeological characteristics of Iryong area in Haman-Gun for developing bank-filtrated water

함 세 영 (Se-Yeong Hamm)	부산대학교 지구환경시스템과학부
김 형 수 (Hyoung-Soo Kim)	한국수자원공사 수자원연구소
정 재 열 (Jae-Yeol Cheong)	부산대학교 지질학과
장 성 (Seong Jang)	부산대학교 지질학과
차 용 훈 (Yong Hun Cha)	부산대학교 지질학과
류 수 희 (Su-Hee Ryu)	부산대학교 지질학과

#### 1. 서 론

유럽, 미국 등 선진국에서는 오래전부터 하상퇴적층의 자정능력을 이용한 취수원 개발을 시행하여 왔다. 독일에서는 19세기 후반부터 라인강을 따라 굴착된 취수정으로부터 강변여과수를 개발하여 음용수로 사용하여 왔다. 그 외에도 네덜란드, 프랑스, 오스트리아, 스웨덴, 미국, 호주, 일본, 중국, 이스라엘 등 여러 나라에서도 간접 또는 직접 인공함양에 의한 취수원 개발 방식을 채택하고 있다.

현재 우리나라의 거의 대부분의 상수도 시스템은 지표수를 취수하여 정수처리한 후 공급하는 시스템이다. 그러나 이러한 기존 상수시설만으로는 양질의 상수원확보가 갈수록 어려워지고 있는 실정이다. 특히, 강의 하류부 지역에서는 수질악화로 인해서 양질의 상수원 확보가 점점 어려워질 것으로 우려된다. 특히, 낙동강 하류지역에서는 상류로부터 흘러 내려오는 오염부하량이 증가하여 상수도 원수의 수질이 저하되어 있다. 그러므로, 낙동강 하류에 위치하는 창원시에서는 이미 북면과 대산면지역에 강변여과수 취수장을 건설하여 운영 중에 있으며, 함안군과 김해시에서는 강변여과수 취수장 건설 사업을 진행 중에 있다. 강변여과수는 일종의 간접인공함양 방식으로서 강물을 강변에 분포하는 충적층을 통과시켜 불순물을 제거하여 취수하는 방식이다.

본 연구는 경남 함안군 칠서면 용성리 및 이룡리의 낙동강 본류 우안 고수부지(낙동강 하구로부터 77.5 ~ 79.01km 상류 낙동강교 직하류)에 건설 중인 강변여과수 취수장 주변지역의 수리지질학적 특성을 파악하고자 하였다. 이를 위하여 (주)도화종합기술공사(1998)자료를 이용하여 7개 취수정(NIPL1, NIPL2, NIPL3, NIPL4, NIPL4-1, NIPL4-2, NIPL5)과 34개 관측공의 충적층의 지질을 분석하였다. 또한, 취수정 NIPL3에서 양수시험하고 NIPL3, NB12, NB14, NB15에서 지하수위를 관측한 결과를 이용하여 양수시험분석을 실시하였다.

## 2. 연구지역의 지질

연구지역의 지질은 중생대 신라층군(역암, 사암, 셰일)과 충적층(자갈, 모래, 실트)로 구성되어 있다. 취수정 주변의 지질은 지표로부터 모래층, 모래질 실트층, 자갈질 모래층, 모래자갈층, 풍화대로 구성되어 있다(Table 1). 각 층의 두께를 보면, 모래층이 평균 22.5m로서 가장 두껍고, 다음으로 모래자갈층이 평균 6.7m, 자갈질 모래층이 평균 5.3m, 풍화대가 평균 3.9m 그리고 모래질 실트층이 1.4m 순이다. 충적층의 두께 변화를 보면, 모래층은 22 ~ 23m로서 비교적 균일한 두께를 가지는 반면에, 자갈질 모래층과 모래자갈층은 취수정의 위치에 따라 두께의 상당한 차이를 보인다. 모래자갈층과 자갈질 모래층은 주 대수층 역할을 하는 것으로 판단된다. 주 대수층의 두께는 8.0 ~ 15.5m(평균 12.0m)이다. 모래자갈층은 실트질 모래와 역들의 혼합층으로 나타나며 역들은 셰일, 사암 및 규암으로 구성되어 있다. 역의 크기는 4 ~ 64mm 정도이다. 충적층의 두께는 평균 35.7m로 나타난다. 풍화대는 셰일이 풍화된 구간이며 높은 풍화도(highly weathered)를 보인다.

취수정 주변에 위치하는 34개 관측공의 지질을 살펴보면, 지표로부터 실트질 모래층, 모래층, 실트질 모래층, 모래질 실트층, 자갈질 모래층, 모래자갈층으로 구성된다(Table 2). 대부분의 관측공의 심도는 20m 정도이므로 모래자갈층에 도달하는 관측공은 3공에 불과하다.

Table 1. Geology of pumping wells.

Well No.	Sand layer (m)	Sandy silt layer (m)	Gravelly Sand layer (m)	Sandy gravel layer (m)	Weather-ed zone (m)	Hole depth (m)	Saturated thickness (m)	Screen section (m)	Ground surface Elevation (m)	Ground water table (msl, m)	Depth to water (m)
NIPL1	23.0	1.0	4.0	8.0	4.0	40.0	31.6	22.0-36.0	11.2	2.8	8.4
NIPL2	22.0	1.0	6.0	6.0	4.0	39.0	30.4	21.0-35.0	11.2	2.6	8.6
NIPL3	23.0	1.0	6.0	5.0	4.0	39.0	30.6	21.0-35.0	11.4	3.0	8.4
NIPL4	22.0	2.0	6.0	5.5	4.0	39.5	30.5	21.5-35.5	11.6	2.6	9.1
NIPL4-1	22.5	2.5	3.0	8.5	3.5	40.0	31.7	20.0-35.0	11.6	3.3	8.3
NIPL4-2	22.0	1.0	5.0	8.0	4.0	40.0	31.4	20.0-35.0	11.5	2.9	8.6
NIPL5	23.0	-	7.0	6.0	4.0	40.0	30.5	22.0-36.0	12.1	2.6	9.5
Min.	22.0	1.0	3.0	5.0	3.5	39.0	30.4	-	11.2	2.6	8.3
Max.	23.0	2.5	7.0	8.5	4.0	40.0	31.7	-	12.1	3.3	9.5
Median	22.5	1.0	6.0	6.0	4.0	40.0	30.6	-	11.5	2.8	8.6
Mean	22.5	1.4	5.3	6.7	3.9	39.6	31.0	-	11.5	2.8	8.7
Std. Dev.	0.5	0.7	1.4	1.4	0.2	0.5	0.6	-	0.3	0.3	0.4
Skewness	0.0	1.2	-0.7	0.2	-2.6	-0.8	0.4	-	1.1	0.9	1.3
Kurtosis	-2.6	-0.5	-0.3	-2.2	7.0	-1.7	-2.5	-	1.7	0.6	0.9

Table 2. Geology of observation wells.

Well No.	silty sand layer(m)	Sand layer(m)	silty sand layer(m)	Sandy silt layer (m)	Gravelly Sand layer(m)	Sandy gravel layer (m)	Total depth(m)	Ground surface Elevation (m)	Ground water table(m)
NB1	3.0	17.0	-	-	-	-	20.0	10.8	2.8
NB2	1.5	18.0	-	0.5	-	-	20.0	10.1	1.8
NB3	1.5	20.5	2.0	-	3.0	-	27.0	11.2	3.2
NB4	1.5	18.5	-	-	-	-	20.0	11.1	2.7
NB5	2.0	18.0	-	-	-	-	20.0	10.6	2.5
NB6	1.5	18.5	-	-	-	-	20.0	11.2	2.8
NB7	2.0	18.0	-	-	-	-	20.0	11.2	2.6
NB8	2.0	18.0	-	-	-	-	20.0	11.2	2.6
NB9	2.0	20.0	1.5	-	3.5	-	27.0	11.2	3.2
NB10	2.5	17.5	-	-	-	-	20.0	11.4	3.1
NB11	2.0	18.0	-	-	-	-	20.0	11.4	2.5
NB12	1.5	18.5	-	-	-	-	20.0	11.6	2.4
NB13	1.5	18.5	-	-	-	-	20.0	11.5	1.7
NB14	1.5	21.0	2.0	-	3.5	3.0	31.0	11.6	2.9
NB15	2.0	18.0	-	-	-	-	20.0	11.5	2.6
NB16	2.0	18.0	-	-	-	-	20.0	11.4	2.3
NB17	2.0	18.0	-	-	-	-	20.0	11.5	2.5
NB18	2.5	17.5	-	-	-	-	20.0	11.4	2.3
NB19	1.5	18.5	-	-	-	-	20.0	11.5	2.5
NB20	2.5	17.5	-	-	-	-	20.0	11.8	2.8
NB21	3.0	17.0	-	-	-	-	20.0	11.9	2.3
NB22	2.0	20.5	1.5	-	3.0	-	27.0	11.8	3.1
NB23	2.5	17.5	-	-	-	-	20.0	11.6	2.4
NB24	3.0	17.0	-	-	-	-	20.0	11.8	2.4
NB25	1.5	18.5	-	-	-	-	20.0	12.0	2.5
NB26	1.5	21.5	1.5	-	6.5	-	31.0	12.0	3.1
NB27	1.5	18.5	-	-	-	-	20.0	11.9	2.3
NB28	1.5	18.5	-	-	-	-	20.0	11.8	2.3
NB29	1.5	18.5	-	-	-	-	20.0	12.1	2.6
NB30	2.0	18.0	-	-	-	-	20.0	12.0	2.5
AB1	1.5	21.5	-	1.0	6.0	6.5	36.5	10.6	1.7
AB2	1.5	13.5	-	-	-	-	15.0	11.2	2.5
AB3	2.0	21.0	-	3.0	5.0	5.5	36.5	11.8	3.0
AB4	2.0	13.0	-	-	-	-	15.0	12.1	3.2
Min.	1.5	13.0	1.5	0.5	3.0	3.0	-	10.1	1.7
Max.	3.0	21.5	2.0	3.0	6.5	6.5	-	12.1	3.2
Mean	1.9	18.3	1.7	1.5	4.4	5.0	21.9	11.5	2.6
Median	2.0	18.0	1.5	1.0	3.5	5.5	20.0	11.5	2.5
Std. Dev.	0.5	1.8	0.3	1.3	1.5	1.8	5.1	0.5	0.4
Skewness	0.4	-3.3	-2.0	0.9	0.3	-0.5	0.7	-5.6	-1.7
Kurtosis	0.1	2.5	-3.3	-	-1.7	-	2.7	1.1	0.2

### 3. 양수시험분석

양수정은 NIPL3이고, NIPL3, NB12, NB14, NB15에서 지하수위를 관측하였다(Table 1, Table 2). 양수량은 1440 m<sup>3</sup>/day이고, 양수시간은 1440분이다. 양수정의 직경은 25.4cm이고, 케이싱은 지표면하 8.5m까지 설치되어 있으며, 스크린 구간은 지표면하 21m ~ 35m 구간이다. 양수정과 관측정(NB12, NB14, NB15)간의 거리는 각각 10m이다. 양수정에서 강까지의 거리는 95m이다.

양수시험분석에 적용된 식은 보정된 수위하강을 이용한 Theis 식이다. 이 식은 자유면대수층의 효과를 고려하는 Theis 식이다. 양수정에 대해서는 보정된 수위하강을 이용한 Papadopulos-Cooper(1967) 식을 적용하였다. 양수정에 대해서 보정된 수위하강을 이용한 Papadopulos-Cooper(1967) 식을 적용한 이유는 자유면대수층의 효과와 양수정의 우물저장 효과를 함께 고려하기 위한 것이다. 또한, 양수정이 낙동강변에 위치하고 있으므로 가상정의 이론을 적용하였다. 또한, 양수정과 낙동강의 거리가 95m이므로, 낙동강 방향으로 수직거리 190m에 가상정을 설치하였다. 양수시험분석 결과, 양수정의 투수량계수는 0.012m<sup>2</sup>/s이고, 관측정의 투수량계수는 0.03 ~ 0.042m<sup>2</sup>/s를 보인다(Fig. 2). 양수정의 투수량계수가 관측정의 투수량계수보다 작은 이유는 우물손실효과 때문으로 판단된다. 한편, 관측정의 저류계수는 0.011 ~ 0.126까지 큰 차이를 보이고 있다. 이는 대수층의 저류성의 차이 또는 수위관측자료의 오차 등에서 유래하는 것으로 판단된다.

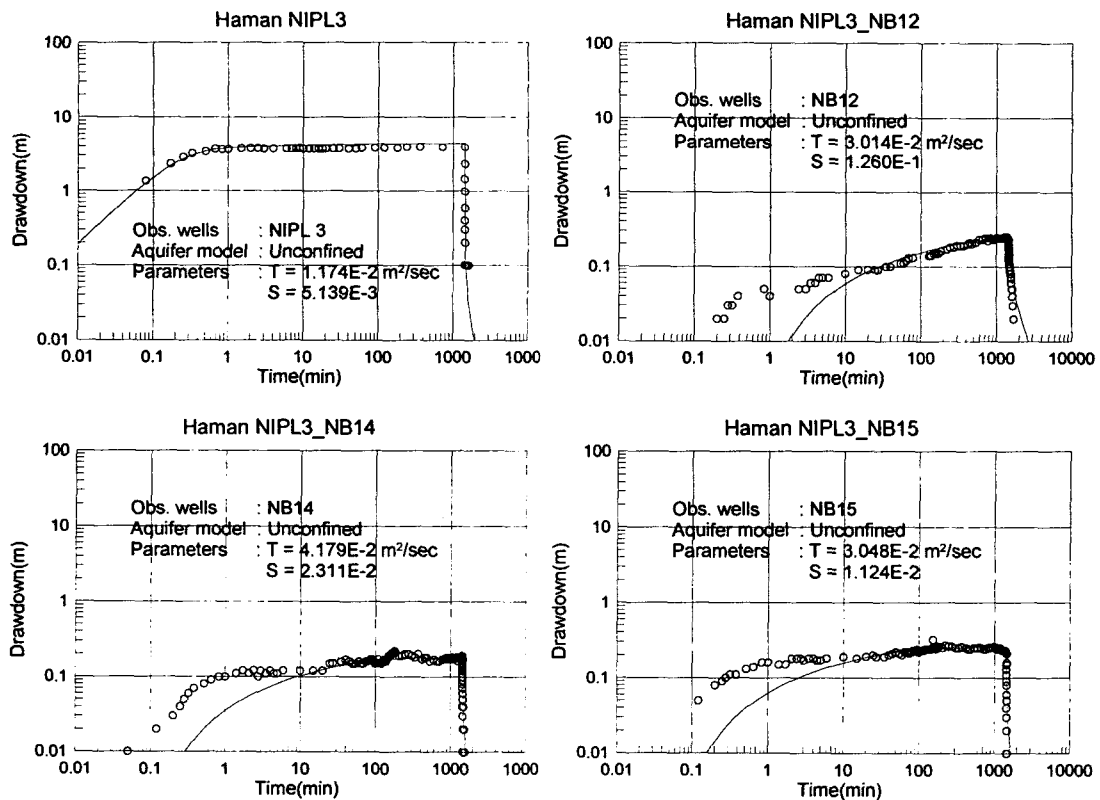


Fig. 2. Result of pumping test analysis.

#### 4. 결 론

경남 함안군 칠서면 용성리 및 이룡리의 낙동강 본류 우안 고수부지에 건설 중인 강변여과수 취수장 주변지역의 수리지질학적 특성을 파악하고자 하였다. 이를 위하여 (주)도화종합기술공사(1998)자료를 이용하여 7개 취수정(NIPL1, NIPL2, NIPL3, NIPL4, NIPL4-1, NIPL4-2, NIPL5)과 34개 관측공 주변의 충적층의 지질을 분석하였으며, 취수정 NIPL3에서 양수시험하고 시추공 NIPL3, NB12, NB14, NB15의 지하수위 관측 결과를 이용하여 양수시험분석을 실시하였다. 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 본 연구지역 충적층의 주 대수층인 모래자갈층과 자갈질 모래층의 두께는 취수정에 따라 8.0 ~ 15.5m(평균 12.0m)를 보인다. 이는 지점에 따라 대수층의 두께가 상당한 차이를 보인다는 것을 지시한다.
- 2) 취수정에서의 모래층 구간은 관측정 자료에 의하면 상부 실트질 모래층, 모래층, 하부 실트질 모래층으로 구분될 수 있다.
- 3) 양수시험분석에 의하면, 양수정의 투수량계수는  $0.012\text{m}^2/\text{s}$ , 관측정의 투수량계수는  $0.03 \sim 0.042\text{m}^2/\text{s}$ 를 보인다. 양수정의 투수량계수가 관측정의 투수량계수보다 작은 이유는 우물 손실효과 때문으로 판단된다. 한편, 관측정의 저류계수는  $0.011 \sim 0.126$ 까지 큰 차이를 보이고 있으며, 이는 대수층의 저류성의 차이 또는 수위관측자료의 오차 등에서 유래하는 것으로 판단된다.

#### 사 사

본 연구는 21세기 프런티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 3-4-1)에 의해 수행되었다. 연구비를 지원해주신 프런티어 사업단에 감사드린다. 아울러서 현장조사에 협조해주신 함안군청 관계자께도 감사드린다.

#### 참고 문헌

- (주)도화종합기술공사, 1998, 이룡지구 강변여과수 시범개발 조사사업 보고서, 환경부, 경상남도, 513p.
- Papadopoulos, I. S. and Cooper, H. H., 1967, Drawdown in a well of large diameter, Water Resources Research, 3(1), p. 241-244.

