

소형관정의 양수효율

Pumping Efficiency of the Small Size Tube Well

*정 재 훈 · 박 승 기 · 강 성 민 · 이 승 기(공주대)

Jeoung, Jae-Hun · Park, Seung-Ki · Kang, Sung-Min · Lee, Seung-Kee

Abstract

The analysis of characteristics of pumping in the small tube well for agriculture were surveyed. Study area was located at the Galsinri in Yesangun near the yedang reservoir. Agricultural electricity using rates for pumping, ground water level and volume of pumping was monitored every week. Pump working ratio and pump efficiency during period of transplanting of rice showed 48.5%, 58.4% respectively.

I. 서 론

최근 각종 산업발달과 인구증가, 국민소득의 향상, 이상기후 등으로 인하여 급격히 증가한 각종 용수의 문제가 절실히 다가오고 있다. 현재 수자원으로 지하수의 이용에 대한 관심이 증대되면서 지하수에 관한 활발한 연구가 전개되고 있다. 특히 대수층의 특성에 따른 지하수위의 변화양상을 이용한 연구가 국제적으로 활발하다. 우리나라의 지하수 개발 가능량은 133억 m^3 /년이지만 해마다 이용되는 지하수는 30억 m^3 으로 앞으로 대체 수자원으로 지하수는 그 이용 가치가 높다 할 것이다. 그러나 지하수의 무분별한 개발은 지하수위를 저하시켜 지반 침하와 같은 가시적인 변화를 비롯하여 지하수 유동의 변화, 오염물질의 유입과 같은 지하수 재해를 유발하고 있다.

따라서 이 연구는 농촌지역에서 폭넓게 사용되고 있는 소형관정의 양수특성을 분석하고, 양수에 따른 지하수위의 변화와 양수량의 변화와의 관계를 구명하며, 소형 관정의 양수효율과 같은 지역에 설치·운영중인 양수장의 양수효율을 비교하여 소형관정의 운영에 따른 제반 문제점을 해결할 수 있는 기초연구로 수행하였다.

II. 자료 및 방법

1. 연구 지역

본 연구 대상지역은 행정구역상 예산군 대흥면 갈신리로 유역면적이 369ha, 몽리면적이 58.41ha인 소규모지역이며, 예당저수지로 유입되는 탄방천 상류지역이다. 1999년에 경지정리 사업이 완료되었고 수계 발달이 미비하여 대규모 취수원이 없이 소형관정에만 의존하여 벼농사를 주로 하는 전형적인 농촌지역으로 2005년 용수공급을 목표로 양수장이 건설 중이다. 소형관정의 양수효율과 비교하기 위하여 예당저수지 몽리구역내 신암양수장의 양수실적을 조사하였다. 신암양수장은 수혜면적이 336.5ha, 시설규모는 350Hp \times 500mm \times 2대, 양수량은 1.207 m^3 /s이다.

2. 양수량 및 지하수위 조사

연구 대상지역의 양수량 및 지하수위조사는 1주일 간격으로 실시하였다. 양수량 조사는 양수기의 토출구에 설치된 비닐 튜브를 제거하고 양수기가 정상상태로 가동될 때 2000ml 메스실린더와 초시계를 이용하여 조사하였다. 지하수위 조사는 유역내 사용하지 않는 3개

소의 우물에서 실시하였다. 양수기 사용 특성을 분석하기 위하여 소형 관정 양수용 농업용 전기계량기를 대상으로 전기사용량을 양수량 및 지하수조사와 동시에 조사하였으며, 양수기의 총가동시간(RT) 및 가동율(U_E)은 식(1)과 식(2)로 산정하였다.

$$RT = \frac{T_{kw}}{U_{kw}} \dots\dots\dots (1),$$

$$U_E = \frac{RT}{TT} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

여기서, RT는 단위기간중 전기 총사용시간(hr), T_{kw} 는 단위기간중 전기 총사용량(kw), U_{kw} 는 양수기별 전력소비량(kw/hr), U_E 는 양수기 가동율(%), TT는 단위기간의 총시간이다.

3. 양수 특성 분석 및 양수효율산정

연구 대상지역에서 실측한 소형 관정의 양수량과 동시에 실측한 지하수위($W_1 \sim W_3$) 자료를 바탕으로 양수량과 지하수위의 관계를 분석하여 관계식을 유도하였으며, 시기별 전기사용량 자료와 양수량과 지하수위의 관계식으로 산정한 양수량으로 유역내 총 양수량을 산정하였고 양수효율을 산정하였다.

III. 결과 및 고찰

연구 대상지역인 예산군 갈신리 유역의 소형 관정을 대상으로 2001년 5월부터 양수량조사, 전기사용량 조사 및 지하수위 조사를 실시하고 있으며, 이 연구와 병행하여 수위관측소 1개소, 자기수량관측소 1개소, 토양수분 측정소 5개소를 설치 운영 중에 있다.

1. 강우량 및 지하수위 변화

유역내 3개소의 사용하지 않는 우물($W_1 \sim W_3$)을 조사하였으며 Fig. 1과 같이 강우에 따른 수위반응과 주변 소형관정 사용에 따른 지하수위의 변동이 명확하게 나타내고 있다.

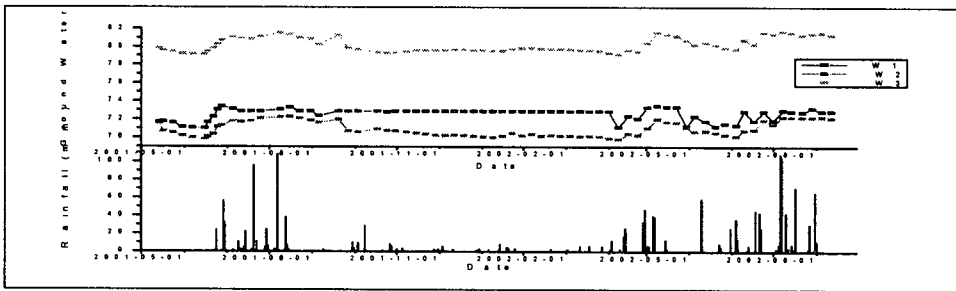


Fig. 1 Variation of ground water level and rainfall

2. 양수량 조사 및 양수기 가동율 산정

유역내 전기계량기 1개소에 1대의 양수기가 운영중인 23개 지점을 선정하여 Fig. 2와 같이 표준 양수 가동율을 산정하였고, 조사 기간중 사용된 전체 81개 지점을 대상으로 전체 가동율을 산정하였다. 조사기간중 평균 최대 양수량은 2001년 8월16일의 63.06 l/min로 양수기 최대 양수량(130 l/min)의 48.5%이며, 평균 최소 양수량은 2001년 5월11일의 3.11 l/min로 매우 적은 양이었다. 2001년 최고 가동율은 5월31일부터 6월7일까지 86.5%를 나타냈으며 100% 가동한 양수기가 54.5%이었고, 2002년 최고 가동율은 5월30일부터 6월6일까지 70.2%를 나타냈으며, 100% 가동한 양수기가 27.3%이었다. 2001년도에는 모내기 시기인 5월~6월 사이에 평균 58.4%의 높은 가동율을 보였다.

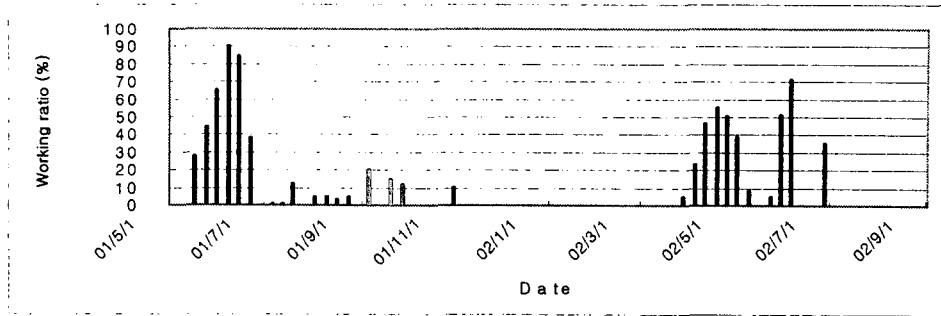


Fig. 2 Standard operation rate of Pumping station

3. 양수 특성 분석 및 양수효율산정

가. 양수특성분석

지하수위 조사지점 중에서 가장 안정적인 수위변화를 나타내고 있는 W₂ 우물의 지하수위(Ground Water Level : G.W.L)를 기준으로 작성한 양수량과 지하수위의 관계는 Fig. 3과 같으며, 지하수위의 저하에 의하여 양수기의 효율이 급격히 저하하는 특성을 파악할 수 있었다.

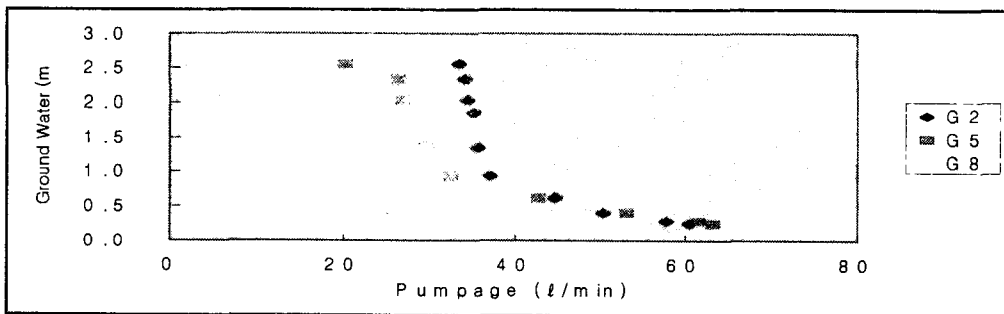


Fig. 3 Variation of pumpage by ground water table

특히 지하수위가 2.7m이하로 떨어질 경우 양수량은 5 l/min 이하임에도 불구하고 지속적으로 양수기를 가동시켜 양수기 파괴 및 오염물질 유입의 원인이 되고 있다. G₅지점과 G₈지점은 동일한 지역에 위치하고 있어 양수량 특성이 비슷하였으나, G₂지점은 다른 특성을 보이고 있다. G₂는 G₅와 G₈과 비교하여 지하수위의 변동에 따라 양수량의 변화가 적었으며 비교적 대수층이 폭 넓게 발달된 것으로 판단된다.

양수량과 지하수위의 변화 관계를 Curve Expert(ver1.34)를 이용하여 식(3, 4)와 같이 로지스틱함수식(Logistic curve)으로 유도하였다.

$$Q = \frac{33.094}{1 - 0.64 \times e^{-1.43 \times G.L}} \quad (r=0.993) \quad \dots (3), \quad Q = \frac{20.334}{1 - 0.82 \times e^{-0.72 \times G.L}} \quad (r=0.994) \quad \dots (4)$$

여기서, Q : 양수량(l/min), G.L : W₂ 우물의 수위변화(m)이다.

나. 양수특성에 의한 양수량 산정

분석대상인 갈신리 지역에 설치된 81개 소형관정에 대하여 양수량과 지하수위 변화 관

계식과 전기사용량을 적용하여 월별 양수량, 관개심 및 양수효율을 산정하였으며 일반양수장과의 비교를 위하여 신암양수장의 양수결과를 Table 1과 같이 비교·분석하였다.

Table 1 Comparison of pumping efficiency at Galsinri watershed and Sinam pumping station.

Year	Mon.	Galsinri				Sinam pumping station			
		Total electricity amount used (kwh)	Total pumping discharge (m ³)	Irr. depth (mm)	Pumping efficiency (m ³ /kwh)	Total electricity amount used (kwh)	Total pumping discharge (m ³)	Irr. depth (mm)	Pumping efficiency (m ³ /kwh)
2001	4-5	69,226.51	161,376	276.3	2.33	43,205	1,003,74	298.3	23.23
	6	44,551.19	96,766	165.7	2.17	99,456	388,895	115.6	3.91
	7	5,813.61	19,995	34.2	3.44	18,643	217,260	64.6	11.65
	8	9,852.46	49,386	84.6	5.01	37,210	771,272	229.2	20.73
	9	13,294.97	38,717	66.3	2.91	73,267	317,199	94.3	4.33
	Tot.	142,738.74	366,240	627.1	-	271,781	1,795,000	802.0	-
	Mean	-	-	-	3.17	-	-	-	12.77
2002	4-5	37,334.04	95,696	163.8	2.56	17,491	530,114	157.5	30.31
	6	16,515.63	39,014	66.8	2.36	88,622	538,804	160.1	6.08
	7	5,682.46	13,129	22.5	2.31	28,339	173,807	51.7	6.13
	8	6,385.22	34,364	58.8	5.38	38,861	219,432	65.2	5.65
	Tot.	65,917.35	182,203	311.9	-	173,313	1,462,157	434.5	-
	Mean	-	-	-	3.15	-	-	-	12.04

갈신리 유역에서 2001년 양수한 관개심은 627.1mm로 신암양수장 802.0mm의 78% 수준이나 양수효율은 3.17(m³/kwh)로 신암양수장 12.77(m³/kwh)의 24.8%로 매우 낮은 효율을 보이고 있다.

IV. 결 론

이 연구는 농촌지역에서 폭넓게 사용되고 있는 소형 관정의 양수특성에 관한 제반 사항을 분석하였다. 조사 양수기의 평균 최대 양수량은 63.06 l/min로 양수기 최대 양수량(130 l/min)의 48.5%로 매우 작은 양이었으며, 최고 가동율은 86.5%이며 100% 가동한 양수기가 54.5%로 양수량에 관계없이 운영되고 있음을 나타내고 있다. 연구지역의 양수실적은 양수량과 지하수 변화 관계로 유도한 함수식을 적용하였으며 2001년 양수실적은 관개심으로 산정한 결과 627.1mm로 신암양수장 802.0mm의 78% 수준이고 양수효율은 3.17(m³/kwh)로 신암양수장 12.77(m³/kwh)의 24.8%로 매우 낮은 효율을 보이고 있다.

참 고 문 헌

1. 김재홍, 2000. 농촌 지하수 보전·관리계획, 한국관개배수, 7(1), pp. 103~111.
2. 박승기 외 2002, 지하수위 변화에 따른 농업용 소형관정의 양수 특성, 공주대 자원과학연구소 논문집
3. 이승기 외 2000, 펌프공학, 유럽문화사.