

양수시험분석에 의한 제주도 화산암 대수층의 수리적 특성

우윤정, 함세영, 정재열, 이상선*, 정차연*, 박윤석**, 김봉상**

부산대학교 지질학과

*농업기반공사 제주도본부

**제주도 광역상수도관리본부

***(주)진산

hsy@pusan.ac.kr

요 약 문

제주도 전역의 88개소에서 측정한 양수시험자료를 분석하여 투수량계수를 산출하였으며, 투수량계수계수와 비양수량의 관계식을 산출하였다. 제주도의 화산암 대수층은 대체로 투수성이 크고 대수층의 상·하부로부터 상당량의 지하수가 공급되므로 누수피압대수층이 적합한 모델로 판단된다. 투수량계수는 $0.405 \sim 1038.52 \text{m}^2/\text{d}$ 로서 넓은 범위에 걸쳐서 분포하며 이는 제주도 화산암의 투수성이 지역에 따라 다양하다는 것을 의미한다. 비양수량(Q/s)-투수량계수(T) 관계식은 $T = 0.582 \left(\frac{Q}{s} \right)^{0.974}$ 로 계산되었으며, 이 관계식은 지역적으로 투수량계수 산출이 불가능할 경우에 비양수량만으로 투수량계수를 추정하는데 이용될 수 있다.

key word : 제주도, 화산암, 양수시험분석, 누수피압대수층, 투수량계수, 비양수량

1. 서 론

제주도의 지질과 지하수에 대해서 많은 연구들이 과거부터 꾸준히 계속되어 왔다(국립지질조사소, 1964; 농업진흥공사, 1971; 한국수자원공사, 1989, 1990, 1993, 1995; 남기영, 1966; 김옥준, 1969; Choi, 1990; 박원배, 1993; 고기원 외, 1994; 농업기반공사, 2000). 제주도 동북부지역에서는 지하수의 고염분 원인에 대해서 지하수의 과잉양수에 의한 해수침입으로 해석하는 견해(농어촌진흥공사, 1989; Choi, 1990; Choi et al., 1991), 지질구조적인 원인으로 보는 견해(고기원, 1997) 그리고 지하수과잉양수와 지질구조의 복합적인 원인으로 보는 견해(부성안, 정교철, 2000)이 있다. 고기원(1997)은 수문지질 특성 연구를 통하여 서귀포층이 동북부지역의 고염분 지하수의 중요한 역할을 하고 있다고 해석하였다.

제주도의 수리상수에 대한 연구로는 최병수(1999), 함세영(1994)가 있다. 최병수(1999)는 제주도 전역의 양수시험 자료를 이용하여 수리상수를 구하고, 비양수량과 수리상수의 상관식을 구하였다. 함세영(1994)는 프랙탈 모델을 이용하여 북제주지역의 온천공 양수시험자료를 해석하고 수리상수를 산출하였다.

제주도의 수자원 총량은 33.8억톤/년이고, 증발산량(12억톤/년)과 직접유출량(6.4억톤/년)을 제외한 지하수 함양량은 14.9억톤/년으로서 수자원 총량의 약 44%를 차지한다(수자원공사, 1993). 국내 다른 지역에서는 지표수가 용수의 대부분을 차지하고 있으나, 제주도에서는 용수의 거의 대부분을 지하수에서 충당하고 있다. 따라서, 제주도에서는 지하수 자원의 적절한 이용·관리가 필수적으로 요구된다. 지하수 자원의 적절한 이용·관리를 위해서는 대수층의 수리적 특

성을 정확히 파악하고, 지하수 함양량과 자연적인 배출량과 인위적인 양수량의 평형관계를 밝혀서 적정양수량을 산정하여야 한다.

본 연구에서는 북제주군, 남제주군, 제주시, 서귀포시에서 농업기반공사 제주도본부와 (주)진산이 제공한 양수시험자료를 이용하여 투수량계수를 산출하고, 비양수량과 투수량계수의 상관성도 분석하였다.

2. 투수량계수의 산출

양수시험분석은 북제주군, 남제주군, 제주시, 서귀포시에 분포하는 70개소의 지하수공(농업기반공사 제주도본부에서 제공)와 한 18개소의 지하수공((주)진산에서 제공)의 양수시험 자료로부터 이루어졌다. 제주도의 지하수공은 한반도지역의 암반대수층보다 높은 비양수량과 투수량계수를 가진다. 그 이유는 제주도의 대수층은 다공질의 현무암질 용암류로 이루어져 있으며, 습굴, 꽃자왈, 오름, 용암동굴, 스킨리아 퇴적층, 화산쇄설층, 균열대, 파쇄대 등의 각종 투수성 지질 구조를 가지고 있기 때문이다. 따라서, 수위강하가 약 10분 이내에 평형상태에 도달한다. 그러므로, 양수시험분석을 위한 수위강하 자료는 양수시작 10분 이내의 자료 획득이 매우 중요한 관건이 된다. 본 양수시험분석결과가 Hantush-Jacob(1955)의 누수대수층 모델이 적합한 것으로 나타났다.

투수량계수는 0.405~1038.52m²/d로서 넓은 범위에 걸쳐서 분포하며, 평균값과 중간값은 각각 121.508m²/d와 66.417m²/d로서 평균값이 더 크게 나타난다(Table 1).

Table 1. Transmissivity and specific capacity.

	Q/s (m ³ /d/m)	T (m ² /d)
Min	1.346	0.405
Max	2020.000	1038.520
Range	2018.654	1038.115
Mean	249.701	121.508
Median	118.726	66.417
Variance	123714.477	26094.659
Std. dev.	351.731	161.538
Skew	2.716	3.232
Kurtosis	8.626	13.607

3. 비양수량과 수리상수의 관계

Razack과 Huntley(1992)는 모로코의 충적대수층에서 행한 양수시험 자료를 이용하여 비양수량과 투수량계수의 관계식을 유도하였으며, Huntley 외(1992)는 샌디에고의 균열암반대수층에서 행한 양수시험 자료로부터 비양수량과 투수량계수의 관계식을 유도하였다. 또한, Mace(1997)는 텍사스주의 카르스트지역 대수층의 양수시험자료로부터 비양수량과 투수량계수의 관계를 분석하였다. 본 연구에서는 농업기반공사와 (주)진산의 자료를 개별적으로 이용하여 비양수량(Q/s)과 투수량계수(T)의 관계식을 유도하였다.

비양수량(Q/s)과 투수량계수(T)의 관계식은 $T = 0.582\left(\frac{Q}{s}\right)^{0.974}$ 이며 상관계수는 0.9424로서 매우 높게 나타난다(Fig. 1). Fig. 1에서 점선은 2 표준편차를 나타내며, 3개의 자료를 제외하고 모든 자료가 2 표준편차내에 있음을 볼 수 있다. 한편, 최병수(1999)의 식은 $T = 0.448\left(\frac{Q}{s}\right)^{1.053}$ (상관계수 0.99752)이다. 따라서, 본 관계식이 최병수(1999)의 식보다 약간

더 작은 기울기를 가진다. 이러한 기울기의 차이는 수리상수 계산식이 서로 달랐기 때문으로 해석된다. 최병수(1999)는 자유면대수층에 적용하는 Cooper-Jacob식을 적용한 반면, 본 연구에서는 누수피압대수층에 적용하는 Hantush-Jacob(1955)식을 적용하였다. Razack과 Huntley(1992), Huntley 외(1992) 그리고 Mace(1997)과 본 관계식의 기울기를 보면, Razack과 Huntley(1992)의 기울기는 0.76로서 가장 낮고, Huntley 외(1992)와 Mace(1997)의 기울기는 1.08로서 같은 값을 보이는 반면, 본 식은 0.974정도이다. 따라서, 본 관계식의 기울기는 균열 암반대수층보다는 낮고 충적대수층보다는 큰 기울기를 가진다.

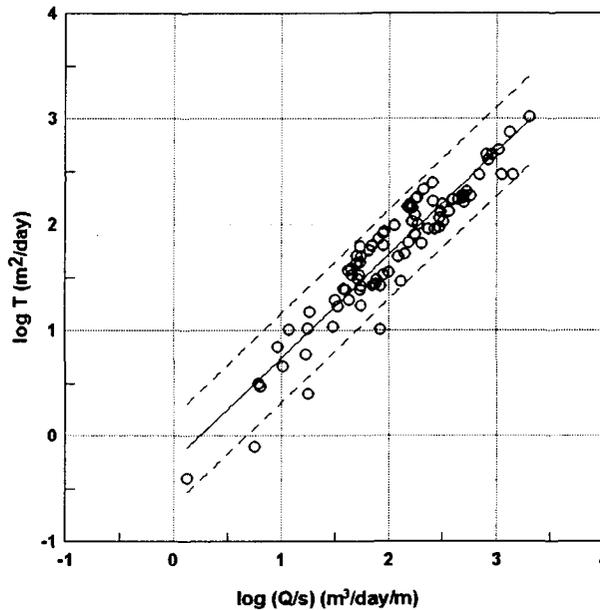


Fig. 1. Relationship between transmissivity ($\log T$) and specific capacity ($\log Q/s$) in Jeju Island.

4. 사 사

본 연구는 농업기반공사 제주도본부의 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드린다. 또한 (주)진산의 양수시험자료에도 감사드린다.

5. 결 론

제주도 전역의 88개소에서 측정한 양수시험자료를 분석하여 투수량계수를 산출하였으며, 비양수량과 투수량계수계수의 관계식을 산출하였다. 양수시험분석모델로는 Hantush-Jacob(1955)의 누수피압대수층이 적합한 모델로 나타났으며, 이는 제주도의 화산암 이 대체로 높은 투수성을 가지고 대수층의 상·하부로부터 상당량의 지하수가 공급되는 대수층의 형태를 가지는 것과 잘 들어맞는다. 계산된 투수량계수는 $0.405 \sim 1038.52 \text{ m}^2/\text{d}$ 로서 넓은 범위에 걸쳐서 분포하며 이는 제주도 화산암 대수층의 투수성이 지역에 따라 다양하다는 것을 의미한다. 비양수량(Q/s)-투수량계수(T) 관계식은 $T = 0.582 \left(\frac{Q}{s} \right)^{0.974}$ 로 계산되었다. 따라서 본 관계식의 기울기는 균열 암반대수층(Huntley 외, 1992)보다는 낮고 충적대수층(Razack과 Huntley, 1992)보다는 크다. 이는 본 관계식이 누수피압대수층에 적합한 기울기를 가짐을 암시한다. 제주도의 많은 양수정에서의 수위강하는 10분 이내에 안정되므로 초기 수위강하를 측정하는데 실패할 경우에는 수리상수 산정이 어렵다. 그러므로, 비양수량과 투수량계수의 관계식은 투수량계수 산출이 불가능할 경우에 비양수

량만으로 투수량계수를 추정하는데 이용될 수 있다. 그러나, 본 관계식에 이용된 자료는 제주도라는 넓은 면적에 비해서 제한된 자료이므로, 본 관계식의 적용성에 대해서는 보다 깊은 연구가 필요할 것이다. 아울러서, 제주도 지역내에서도 지질구조 및 암석의 종류에 따라 각각 다른 관계식이 필요한지에 대한 검토도 이루어져야 할 것이다.

6. 참 고 문 헌

- 고기원, 고용구, 윤정수, 제주도 동·서부지역의 지하수 수질특성과 표고별 및 계절별 수질변화 양상에 관한 연구(요약). 대한지질학회 제49차 학술발표집, 40-41.
- 김옥준, 1969, 제주도 수자원의 특수성과 개발방안, 광산지질학학회지 2(1), 71-80.
- 남기영, 1966, 화산암지역 지하수의 특징(제주도를 중심으로), 지질·광상, 제3권, 16-23.
- 농업기반공사, 2000, 제주도 지하수 보전·관리계획 보고서, 588p.
- 농업진흥공사, 1971, 제주도 지하수보고서
- 박원배, 1993, 제주도 지하수의 수위변동에 관한 연구, 제주대학교 석사학위논문, 49p.
- 부성안, 정교철, 2000, 제주도 동부권역 담지하수 대수층에서의 염수침입, 지질공학, 10(2), 115-130.
- 서해길, 조한익, 남기영, 제주도 남부 지하수원, 국립지질조사소 지하수원 조사보고 제1호, 77-95.
- 최병수, 제주도 지하수의 우물 비양수량자료를 이용한 대수층상수 결정방법, 1999, 지하수환경, 6(4), 180-187.
- 한국수자원공사, 건설교통부, 1995, 제주도 광역상수도 I 단계 기본 및 실시설계 지질조사 보고서.
- 한국수자원공사, 건설부, 1993, 제주도 수자원 종합개발 계획수립보고서.
- 한국수자원공사, 1990, 제주도 수자원 조사 보고서
- 한국수자원공사, 1989, '89 제주도 및 울릉도 수자원개발 조사보고서, 276p.
- Choi, S. H., 1990, Hydrogeological and hydrochemical characteristics of groundwater in Cheju Island, Kyungpook National University, 169p.
- Choi, S. H., Kim, Y. K., and Lee, D. Y., 1991, Sea water intrusion in the coastal area of Cheju volcanic island, Korea, Jour. of Inst, Mining Geol., 24(3), 319-327.
- Hantush, M. S. and Jacob, C. E., 1955, Non-steady radial flow in an infinite leaky aquifer, Am. Geophys. Union Trans., 36, 95-100.
- Huntley, D., Nommensen, R., and Steffey, D., 1992. The use of specific capacity to assess transmissivity in fractured-rock aquifer. Groundwater, 30(3), 396-402.
- Mace, R. E., 1997, Determination of transmissivity from specific-capacity tests in a karst aquifer, Ground Water, 35(4), 738-742.
- Razack, M., Huntley, D., 1991, Assessing transmissibility from specific capacity in a large and heterogeneous alluvial aquifer, Ground Water, 29(6), 856-861.