

코어비저항 측정에 미치는 영향요소에 대한 실험적 고찰(II) - 시계열자료의 특성과 대표비저항 값의 결정

김영화 · 최예권

강원대학교 자연과학대학 지구물리학과

요 약

암석의 코어비저항 값을 올바르게 결정하기 위한 노력의 일환으로 비저항 측정에 있어서 샘플홀더의 영향을 분석하고 시계열자료로부터 암석의 비저항을 대표할 수 있는 비저항 값을 효과적으로 구하는 방안에 관하여 연구하였다. 샘플홀더에 대한 연구로는 기존의 GS식과 2전극식 방법과 함께 코어시료 표면을 전도성 접착제로 처리한 변형 GS식 및 변형 2전극식을 고안하여 각 특성을 비교하였으며 그 중에서 변형 2전극식이 측정자료의 안정성과 측정의 편이성 측면에서 장점이 있는 것으로 확인되었다. 샘플홀더 및 사용 소스 주파수의 차이에 따라 달리 나타나는 시계열자료의 분포 특성에 관한 분석 결과는 최대곡률점을 이용하여 암석의 대표비저항을 결정하는 방법이 효과적임을 보이고 있다.

주요어: 코어비저항, 물성측정, 샘플홀더, 주파수, 시계열 비저항

Kim, Yeonghwa and Choi Ye Kwon, 1999, Experimental Verification on Factors Affecting Core Resistivity Measurements (II)-Characteristics of Time Series Data and Determination Method of Resistivity. Journal of the Korean Geophysical Society, v. 2, n. 4, p. 269-276.

ABSTRACT: As a part of trying to get the resistivity values correctly from laboratory core resistivity measurement, the effect of sample holders in resistivity measurement was analyzed and a better way to determine the representative resistivity value from the time series resistivity data was searched. Modified GS type and modified two-electrode type sample holders were devised and their effects have been compared with those of GS and two-electrode type sample holders. The modified two-electrode type sample holder has benefits both in repetition and simplicity in data acquisition. The analysis of distribution trend of the time series resistivity data obtained with different kind of sample holders and source frequencies shows that the maximum curvature point method gives the best result in determining representative resistivity value.

Key words: core resistivity, physical property, frequency, time series resistivity

(Kim, Yeonghwa and Choi, Ye Kwon, Department of Geophysics, Kangwon National University, 192-1 Hyoja-2-dong, Chuncheon 200-701, Korea. email:yhkim@kangwon.ac.kr)

1. 서 론

비저항은 암종이나 풍화도에 따라 달리 나타나는 주요 물성치 중의 하나로서 물성 연구 차원에서 지니는 의의가 크며 전기탐사 결과의 올바른 해석을 위해서도 대상 지역의 구성 암석에 대한 암석 비저항의 이해는 필수적이다. 특히 복잡한

암상 변화를 비롯하여 풍화 정도나 물 포화도 차이, 절리의 발달 여부, 공극율, 투수계수나 오염의 정도 등 최근의 환경 및 토목지질학적 중요 관심사에 대한 접근에 있어서 암반 및 암석 단위의 비저항에 대한 정확한 값의 획득이 필수적이라 할 수 있다. 그러나 비저항은 다른 물성들에 비하여 영향 요인이 많고 예민하여 측정 환경이나, 조건

또는 방법에 따라 값의 편차가 크게 나타나며, 이것이 비저항의 효과적인 이용을 가로막고 있는 원인이 되고 있다. 지금까지 많은 연구(Archie, 1942; Patnode · Wyllie, 1950; Vinegar · Waxman, 1984; Olhoeft, 1985; Chiba · Kumata, 1994; Park · Matsui, 1998; 김영화 · 최예권, 1999)가 있었음에도 불구하고 측정조건에 크게 좌우되지 않는 객관적인 기준으로서의 암석 비저항 값의 획득을 위해서 해결해야 할 부분들은 아직도 많이 남아 있다.

정량화된 자료로서의 암석 비저항 값을 획득하는 일은 비저항 측정 조건의 확립 외에도 측정된 비저항자료로부터 대표적인 비저항 값을 결정하는 과정과도 밀접하게 연관되어 있다. 지금까지 수행된 대부분의 연구들이 비저항 측정 조건에 관한 것이라면 시계열자료로부터의 대표 비저항 결정은 비저항 측정이 시계열자료의 형태로 이루어지기 시작한 최근에 와서야 중요한 의미를 가지기 시작하였다. 필자는 앞선 연구(김영화 · 최예권, 1999)에서 코어 비저항의 측정 조건을 검토하고 이로부터 효과적인 측정 방법과 측정 환경을 찾는 연구를 수행하였다. 본 연구에서는 암석 비저항이 정량화된 물성 기준치로서의 역할이 가능할 수 있게 하기 위한 노력의 일환으로 샘플홀더에 대한 문제점과 함께 시계열 비저항자료로부터의 비저항 대표 값의 결정 문제에 대한 연구를 수행하였다.

2. 방 법

비저항측정에 사용된 시료는 80-150 Ωm 의 물

로 포화된 길이 71-75 mm, 지름 48 mm 내외인 원주형 코어시료이며 전류의 표면흐름 방지, 함수비의 동일성 유지를 위하여 코어 표면을 고무 테이핑하는 방법을 사용하였다. 시료의 준비는 접촉 조건의 향상, 특히 접촉 조건의 동일성 유지에 의하여 이루어졌으며 풍암분지 PABH-1 시추공과 갑산층 지역의 JC-1 시추공에서 얻어진 실트암 시료 3개, 역암 1개, 변성된 실트암 1개, 화강암 1개, 석회암 2개 등 8개의 코어시료가 사용되었다.

비저항 측정을 위한 회로의 구성은 전원 발생 부분과 시료 및 샘플홀더 부분, A/D 변환 및 기록 부분으로 구성된다(Fig. 1). 비저항 측정은 시료에 4 V 내외의 전압을 가하고 시료를 통과하는 전류와 전위 값을 측정하는 방식으로 이루어졌으며, 전위뿐만 아니라 전류 값의 측정 또한 표준 저항체를 이용한 전위 측정 방식이 적용되었다. 측정된 각 전위자료들은 데이터 로거에서 A/D 변환되어 컴퓨터에 저장되었으며 이들 전위자료로부터 전위와 전류에 관한 자료가 얻어졌다.

샘플홀더는 기존의 2전극식(Patnode · Wyllie, 1950)과 GS식(Marshall · Madden, 1959; Chiba · Kumata, 1994; Park · Matsui, 1998) 외에 2전극식과 GS식 에다 시료 표면에 전도성 접착제 처리를 병용한 변형2전극식(Modified Two-electrode Type) 및 변형GS식(Modified GS Type)을 고안하여(Fig. 2) 그 결과를 비교하였다. 이 방법은 시료 표면과 전극과의 접촉을 위해 전해질 용액에 포화시킨 필터를 사용하는 GS식 측정에서 전도성 용액의 시료내 침투 및 표면 변질 현상에 의하여 인위적인 비저

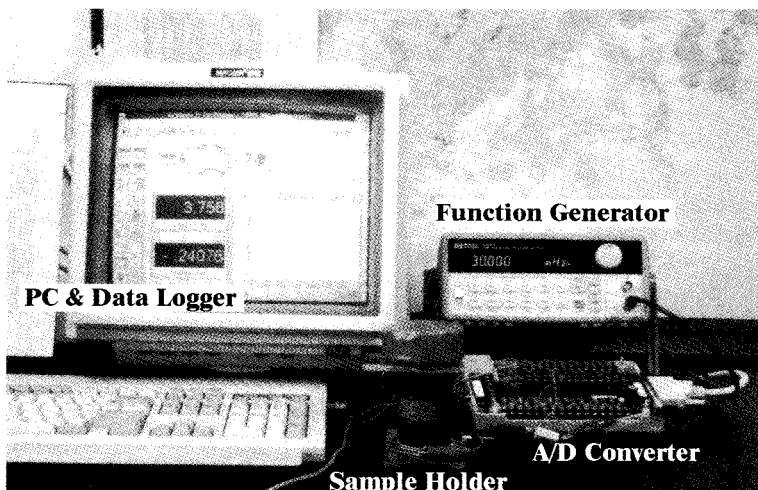


Fig. 1. Core resistivity measurement system used in the study.

항감소 현상이 관찰되었고 이를 방지하기 위한 전도성 접착제의 사용이 효과적(김영화 · 최예권, 1999)임에 근거하고 있다. 동일한 시료에서 샘플홀더 방식과 연관되어 중복 관찰을 하는 경우에는 먼저 2전극식과 GS식 샘플홀더에 의하여 비저항을 측정 한 후 변형2전극식과 변형GS식으로 측정하는 방식을 적용하였다.

암석 비저항의 결정은 얻어진 전류, 전위자료로부터 시계열 저항과 시계열 비저항자료를 만들고 시계열 비저항자료로부터 코어 비저항의 대표 값을 구하는 과정으로 이루어졌다. 이를 위하여 대표 비저항 값의 결정에 있어서 시계열 전위-전류 자료의 사용과 시계열 비저항자료의 사용이 비교 검토되었으며, 시계열 비저항 곡선에서의 최대곡률점과 기존의 평균법(Chiba · Kumata, 1994) 적용

의 효과를 비교 분석하였다.

3. 시계열 측정 자료의 특성

3.1. 시계열 전위-전류자료와 시계열 비저항자료

데이터 로거에서 얻어진 시계열 측정자료는 시계열 전류와 전위자료의 형태로 구성되며, 이로부터 시계열 저항 및 비저항자료의 형태로 표현될 수 있다. Fig. 3은 0.03 Hz, 0.3 Hz, 1 Hz 주파수의 구형파를 사용하여 얻은 전위와 전류의 시계열 자료를 제시한 것으로 주기의 변화와 시간의 경과에 따라 시계열 값이 변화되는 경향을 잘 나타내고 있다. 왼쪽과 오른쪽의 축이 각기 전류와 전위 값의 크기를 나타내고 있다. 0.03 Hz의 구형파 전원의 경우에 주목한다면 전위 값이 3.8 V 내외에서 거의 1% 이하의 변화 폭을 가지고 일정한 값을 보이는데 비하여 전류량은 210-240 μA 범위로 변화 폭이 17%에 달하고 있다. 상대적으로 주기가 짧아지는 0.3 Hz와 1 Hz의 경우로 이동할수록 주기 내의 전류의 변화량은 작아지면서 주기간의 차이는 커지는 경향을 보인다. 그러나 전위의 경우에는 거의 일정하여 주기 변화와 시간의 경과 등이 미치는 영향이 미미한 것으로 나타난다. 이것은 이 시계열 전류-전위자료로부터 구해진 시계열 비저항(채운 원)이 시계열 전류자료에다 전위 값을 3.8 V로 고정한 상태에서 임의로 구해진 비저

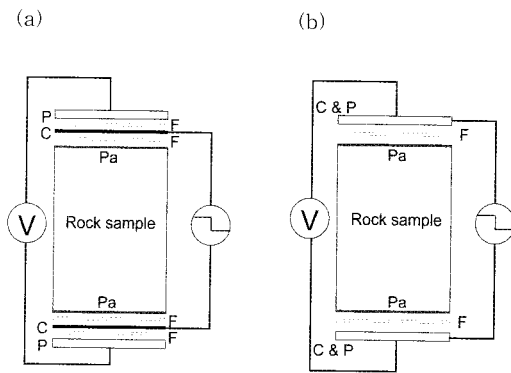


Fig. 2. Schematic diagram for modified GS type (a) and modified two-electrode type (b) sample holders (p:potential electrode, c:current electrode, F:filter, Pa:silver paste).

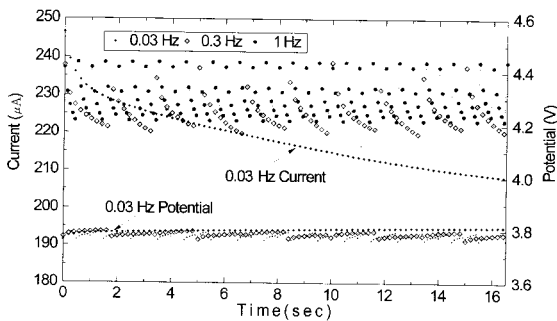


Fig. 3. Time series current data in upper part and potential data in lower part obtained from different source frequencies of 30 mHz, 300 mHz, and 1 Hz.

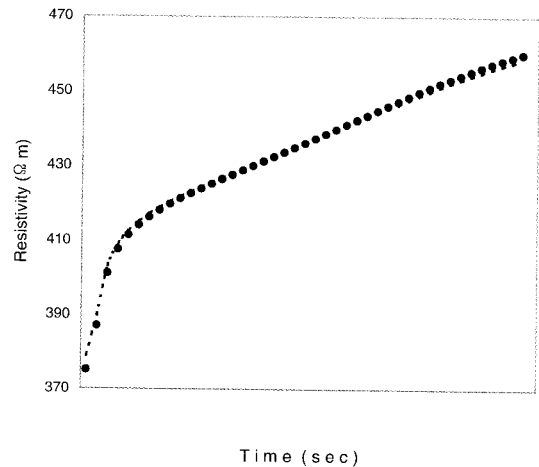


Fig. 4. Comparison the time series resistivity data (solid circle) deduced from time series potential and current data with the resistivity data (dotted) deduced from constant potential value of 3.8 V and time series current data.

항 값(점선)과 거의 완벽하게 일치하고 있음을 제시한 Fig. 4에서의 결과와 함께, 암석 비저항 측정에서 저항 값의 변화가 전적으로 시료 내를 통과하는 전류 양의 변화에 의하여 결정됨을 의미하고 있다.

한편 Fig. 5에 제시된 시계열 비저항자료는 Fig. 3에서 제시된 시계열 전위 및 전류자료를 시계열 비저항으로 전환하여 도시한 것으로 시간 경과와 주파수에 따른 비저항 변화 특성을 보여주고 있다. 저주파수의 구형파를 사용한 경우일수록 비저항의 최소와 최대 값의 차이가 커지는 경향을 보이며, 반대로 주기가 짧아질수록 비저항의 최소와 최대 값의 차이가 적게 나고 변화 곡선은 거의 직선화 경향을 보인다. 전반적인 변화 양상은 시간의 경과에 따라 비저항 값이 증대되거나 변화율은 감소하는 경향으로 요약될 수 있다.

시계열 비저항자료는 여러 개의 전원 주기를 포함하는 장주기적인 비저항 변화 특성과, 하나의 주기 내에서의 비저항 변화 특성으로 구분하여 고려될 필요가 있다. 장주기적인 비저항 변화 특성은 온도나 습도 등 외부 조건의 변화에 기인한다면 주기내에서의 변화는 모든 시료 내에서의 주로 전기화학적 과도현상에 기인한다고 할 수 있다 (Katsube, 1965; 1969). 장주기적 변화 요인은 측정시의 외부 영향을 최소화함으로써 극소화시킬 수 있음에 비하여 주기내 변화는 암석 비저항 측정에서 언제나 관찰되는 현상으로 물리적인 억제가 어려운 상태이다.

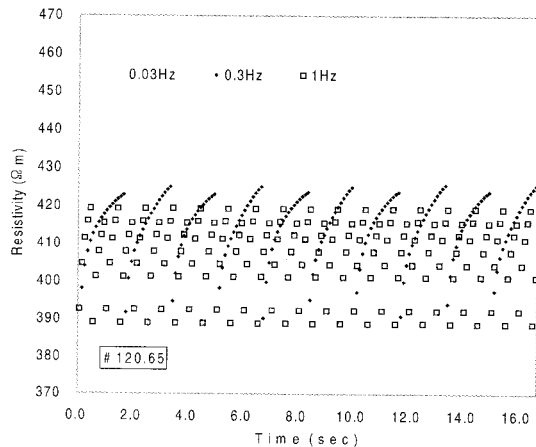


Fig. 5. Time series resistivity data obtained from different source frequencies of 30 mHz, 300 mHz, and 1 Hz.

시계열 비저항자료는 구형파를 이용한 시계열 전위, 전류자료의 특성에 기인하여 한 주기가 (+)와 (-) 두 개의 반주기로 구성된다. Fig. 6은 0.003 Hz의 Source를 사용하여 구해진 한 주기의 비저항 시계열자료를 (+)반주기와 (-)반주기로 구분하여 도시한 예로서 두 반주기의 비저항 분포가 동일한 모습을 보이고 있다. 그러나 좌우의 비저항축 사이에 나타난 약 70 Ωm의 차이는 반주기자료 간의 비저항 차이를 지시하고 있다. 따라서 비저항 자료의 정량화를 위해서는 계측기기 상에서의 비저항축의 영점 조정을 하거나, 두 반주기의 평균 값(Park · Matsui, 1998) 사용 또는 (+)반주기 값으로 통일하는 방안 등이 고려될 수 있다.

3.2. 샘플홀더에 따른 시계열 비저항자료의 특성

샘플홀더는 시료의 양단에 접촉시킨 한 쌍의 전극만을 이용하는 2전극식 샘플홀더(Patnode · Wyllie, 1950)와 시료 양단에 각기 두 쌍의 전극을 사용하여 각 쌍으로부터 전위 값과 전류 값을 따로 구하는 4전극법(Losito · Finzi-Contini, 1981) 샘플홀더로 구분될 수 있다. 한 쌍의 전극만을 이용하는 2전극식 샘플홀더는 두 쌍의 전극을 사용하는 4전극법 샘플홀더에 비하여 측정 작업이 쉽고, 접촉 조건의 유지가 용이한 이점이 있다. 4전극법 샘플홀더는 전류전극과 전위전극이 분리되어 있어 전위-전류간의 교란효과를 최소화 할 수 있으며 전

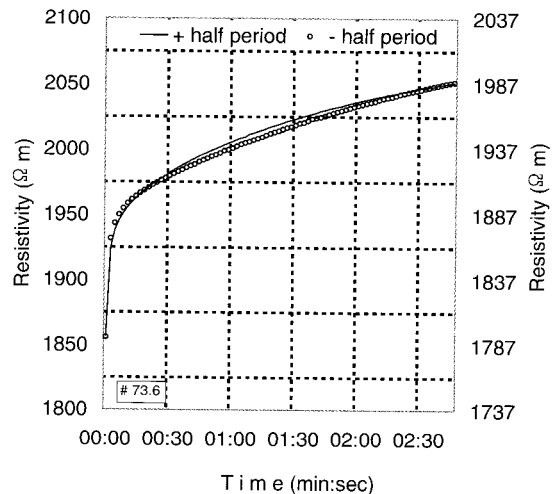


Fig. 6. Comparison between first half (+half) and second half (-half) square wave resistivity data. The employed source frequency is 3 mHz.

류와 전위 전극의 배치방식을 다양하게 조절할 수 있는 강점을 가진다. GS식 샘플홀더는 4전극법 배치방법의 하나로, 금속망 전극에 코어시료와 전극, 전위-전류 전극 사이에 전해질용액에 포화시킨 여과지를 사용함으로써(Marshall · Madden, 1959; Katsube, 1969) 전극과 시료간의 이윤 연속성 측면에서 이점이 있는 것으로 보고되고 있다(Chiba · Kumata, 1994; Park · Matsui, 1998). 본 연구에서 제안된 변형전극식과 변형GS식 샘플홀더는 기존의 2전극식과 GS식에 시료 표면의 전도성 집착제 처리 방법을 결합시킴에 의하여 전도성 용액의 시료내 침투와 표면 번짐 현상에 의한 비저항 변화요소를 제거할 수 있는 이점이 있다.

네 가지의 샘플홀더로 측정된 결과의 일부가 Fig. 7과 Fig. 8에 제시되어 있다. Fig. 7과 Fig. 8의 자료들은 약 4 V의 인가전압에 각기 0.01 Hz, 0.003 Hz의 주파수를 이용하여 획득된 것이다. 측정결과 나타난 샘플홀더에 따른 반응 특성 중에서도 우선 GS식과 2전극식의 비교하면 GS식의 경우가 측정 값이 낮게 나타나며 이는 GS방식이 과도현상 제거에 유리하다(Katsube, 1965; 1969)는 보고와 일치하는 것으로 판단된다. 그러나 더 큰 차이는 2전극식 - GS식과 변형2전극식 - 변형GS식 사이의 차이로서 전자가 후자에 비하여 시간에 따른 비저항증

가 경향이 둔화되는 특성을 보인다. 이것은 전자가 시료와 전극 사이에 전해액 포화 여과지를 사용한 것이며 후자인 변형방식에서는 시료 양 단면에 전도성 집착제 처리를 한 공통점을 가지고 있다는 점을 감안할 때, 변형방식에서는 시료와 전극간의 과도현상이 시간에 따른 비저항 증가 요인이 되는 반면에 2전극식과 GS방식에서는 여과지를 통한 코어시료 내부로의 용액 침투가 비저항 감소의 요인이 되었음에 기인한 것으로 해석할 수 있다.

Fig. 9는 과도현상의 영향 요소를 최대한 억제하기 위하여 상대적으로 고주파인 1 Hz의 전원을 사용하고 샘플홀더도 2전극식과 변형2전극식만을 이용한 측정 결과이다. 알기 쉽게 각 반주기 내에서의 최대 비저항 값을 기준으로 볼 때, 2전극식 샘플홀더로 얻어진 비저항(2E)은 시간 경과에 따라 일관된 감소 경향을 보인다. 반면에 변형 2전극식으로 얻은 비저항(M2E)에서는 분리 측정된 B1과 B2간의 경계선에서 나타난 값의 불일치가 있을 뿐, 시간에 따른 비저항 감소 경향은 거의 관찰되지 않아 대조를 이룬다. 이 결과는 전해질 용액의 시료내 침투가 측정 비저항 값의 크기를 좌우하는 중요한 영향 요소가 되고 있음을 나타내고 있다.

한편 변형2전극식과 변형GS식 사이에는 2전극식

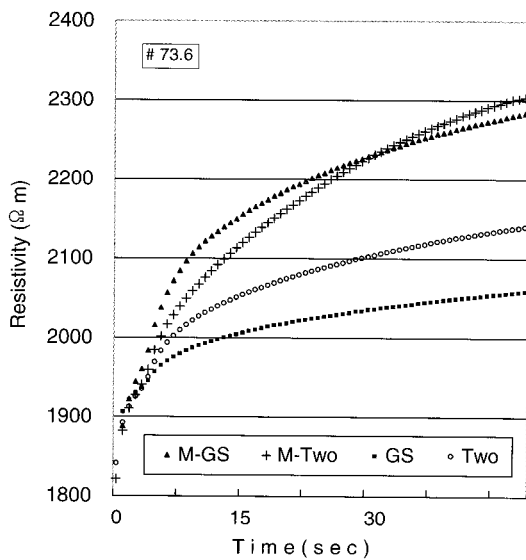


Fig. 7. Variation feature of time series resistivity data obtained from four types of sample holder using source frequency of 10 mHz.

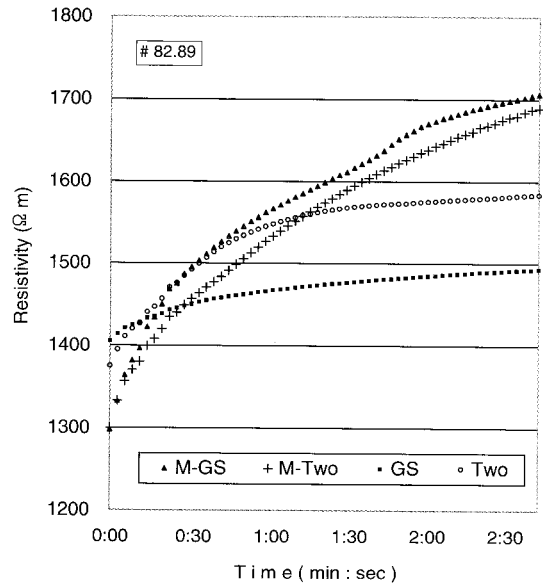


Fig. 8. Variation feature of time series resistivity data obtained from four types of sample holder using the source frequency of 3 mHz.

Table 1. Comparison of the resistivity values (unit in ohm-m) obtained from time series resistivity data (TSR) and representative current and potential data (RCP).

Sample	Frequency & Type of Data		0.03 Hz		0.3 Hz		1 Hz	
	TCR	RCP	TCR	RCP	TCR	RCP	TCR	RCP
Siltstone (72.27)	940	939	898	898	880	880		
Conglomerate (120.65)	432	431	414	414	407	407		
Granite (129.06)	5945	5946	5720	5718	5619	4618		
Limestone (L8.44)	8123	8113	8008	8004	7940	7930		

과 GS식 사이에 나타나는 것과 같은 비저항 값의 차이가 인지되지 않으며 이는 두 가지 변형 방식이 모두 전도성 접촉제에 의한 접촉면에서의 이온 이동의 제한이 동일함에 기인하는 것으로 판단된다. 샘플홀더에 따른 측정 비저항의 차이는 0.01 Hz를 사용한 경우에 최대 10%, 상대적으로 장주기인 0.003 Hz의 경우에 15% 범위까지 이르고 있다.

4. 비저항 값의 결정

데이터 로거를 이용한 비저항측정에서 얻어진 많은 시계열자료로부터 암석의 비저항을 대표하는 값을 결정하는 것은 비저항 값의 정량화를 위한 마지막 과정으로서 두 가지 접근방법이 있다. 첫 번째 방법은 측정된 시계열 전위와 전류자료를 대표할 수 있는 전위와 전류 값을 결정한 후 결정된 대표 전위 및 전류 값으로부터 시료의 비저항을 결정하는 방법이며 두 번째 방법은 각 시점별 전위 및 전류 값으로부터 시점별 비저항을 계산하고 그 결과 획득된 시계열 비저항자료로부터 대표 값을 결정하는 방법이다. 첫 번째 방법이 노이즈의

제거에 장점이 있다면 두 번째 방법은 보다 익숙한 비저항 값을 시계열 자료화한다는 장점이 있다. 만일 전위와 전류 측정 시스템간의 시간 지연이나 샘플링 간격이 큰 계측 시스템을 사용하는 경우에는 대표 전위 값과 대표 전류 값으로부터 비저항을 구하는 첫 번째 방법이 적용되어야 할 것이다. 본 연구에서는 두 방법에 의한 결과가 동일하게 나타났으며(Table 1), 이는 측정시스템에서의 시간 지연이 무시될만한 수준이었고 신호로부터 잡음 제거가 용이했음에 기인하는 것으로 판단된다.

각 시계열자료로부터 대표 값을 결정하기 위해서는 평균 값을 비롯하여 중앙 값, 최대 값 등의 통계적 기법을 이용할 수 있다. 평균법은 그 중에서도 가장 잘 이용되고 있는 통계 값(Chiba · Kumata, 1994)이며 중앙 값은 평균 값과 비슷한 값을 얻을 수 있으면서도 반주기 길이를 기준으로 쉽게 얻을 수 있다는 장점이 있으나 필터링이된 자료에 한해서 사용할 수 밖에 없다는 단점도 함께 가진다. 이 연구에서는 대부분의 시계열 비저항자료들이 시간 경과에 따른 변화율이 급변하는 하나의 변곡

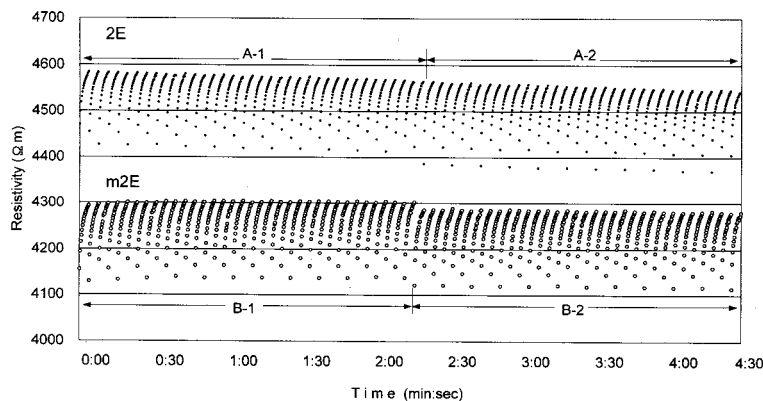


Fig. 9. Comparison between the significant and very weak resistivity decreases with time in the case of two-electrode (2E) and modified two-electrode (m2E) type sample holders, respectively.

Table 2. Comparison of resistivities deduced from average (AVR), median (MDN) and maximum curvature point (MCP) methods.

Sample	Frequency & method			0.03 Hz (ohm-m)			0.3 Hz (ohm-m)			1 Hz (ohm-m)		
	EVR	MDN	MCP	EVR	MDN	MCP	EVR	MDN	MCP	EVR	MDN	MCP
Siltstone (72.27)	940	951	898	898	903	880	880	883	878			
Conglomerate (120.65)	432	434	406	414	417	406	407	410	403			
Granite (129.06)	5945	5983	5784	5720	5745	5641	5619	5643	5601			
Limestone (L8.44)	8123	8132	8103	8008	8020	7998	7940	7939	7939			

접 또는 최대곡률점을 가진 곡선의 형태를 보이고 있으며 최대곡률점에서의 비저항 값이 샘플홀더나 주파수 등 측정 조건에 따른 변화의 폭이 작게 나타나는 특성에 주목하여 대표 비저항 결정의 한 방법으로 포함시켰다.

Table 2은 지질별로 선정된 4개의 시료에서 GS 식으로 얻어진 시계열 비저항자료로부터 각 통계 기법에 의하여 구해진 대표비저항 값을 제시하고 있다. 중앙 값과 평균 값이 거의 동일한 값을 보이는데 비하여 최대곡률점 값들은 1-4% 정도 낮은 값을 보인다. 주파수에 따른 변화 폭($\rho_{0.03 \text{ Hz}} - \rho_{1 \text{ Hz}} / \rho_{0.03 \text{ Hz}}$)의 관점에서 비교한다면 중앙 값과 평균 값의 경우에는 6% 내외의 비교적 높은 편차를 보이고 있음에 비하여 최대곡률점의 경우에는 2% 내외의 낮은 편차를 보여 대조를 이룬다. Fig. 10은 하나의 시료(sample No. 82.89)에서 샘플홀더를 달리하여 얻어진 시계열 비저항을 도시하고 최대곡률점의 수렴 범위를 표시한 것이다. 샘플홀더를 달리함에 의하여 중앙 값과 평균 값에 나타난 편차가 10% 내외임에 비하여 최대곡

률점에서는 3% 내외의 편차로서 역시 최대곡률점을 이용한 경우에서 상대적으로 낮은 편차가 보이고 있다. 이 결과는 샘플홀더의 영향이 소스 주파수의 영향보다도 더 큰 요인임을 의미하며 최대곡률점 이용에 의하여 그 영향을 최소화 할 수 있음을 시사하고 있다.

5. 토의 및 결론

비저항측정에 있어서 변형2전극식과 변형GS식 샘플홀더의 효과를 측정하고 이를 기존의 2전극식과 GS식에서의 효과와 비교 검토하였으며 이로부터 전도성 접촉제를 이용한 변형2전극식과 변형GS식이 비저항 값의 안정성 측면에서 매우 효과적인 것으로 밝혀졌다. 물론 변형방식에서 기대되는 용액의 침투 방지 효과가 과도현상 증대에 대한 부담에 비해서 작을 것으로 예상될 수 있다. 그러나 이 방법에서는 추가적으로 접촉 조건의 동일화가 가능하며 그 자체로서도 과도현상 증대의 부담을 상쇄할 수 있으며 최대곡률점 방법과 병용

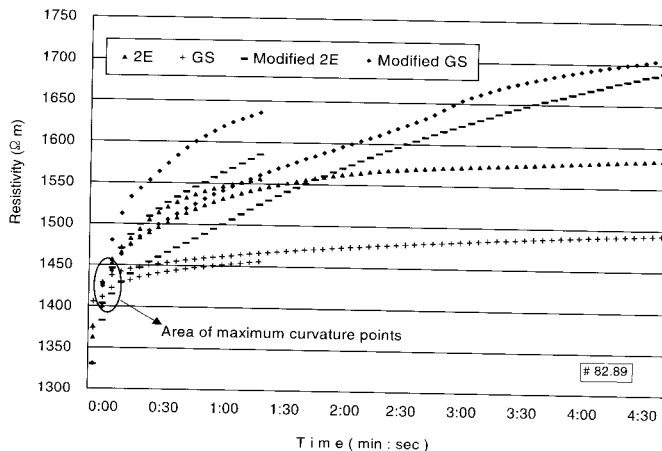


Fig. 10. Time series resistivity data curves obtained from different types of sample holders and source frequencies with the area of maximum curvature points. The longer and the shorter curves represent the time series resistivity data obtained by the frequencies of 0.003 Hz and 0.01Hz, respectively.

할 때 더욱 큰효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다. 변형2전극식과 변형GS식간의 효과 차이는 크지 않으므로 전도성 접촉제를 사용하는 경우에 측정이 번거로운 GS식을 활용할 필요가 없으며 측정의 편리성 측면에서 이점이 있는 변형2전극식이 유리한 것으로 판단된다.

대표 비저항 결정을 위한 시계열자료의 처리는 시계열 전위-전류자료이던 시계열 비저항자료이던 원칙적으로는 문제가 되지 않는다. 단지 시계열자료의 샘플 간격이나 잡음 수준에 따라 판단할 문제로 샘플 간격과 잡음 수준에서 무리가 없다면 다양한 통계기법의 적용과 안전성 측면에서 시계열 비저항의 통계 처리가 바람직한 것으로 나타난다. 시계열 비저항자료로부터 대표 비저항을 결정하는 통계방법으로서는 평균법(Chiba · Kumata, 1994)이 제시되어 있으나 최대곡률점을 이용하는 것이 주파수와 샘플홀더에 영향을 덜 받고, 일관성 있는 비저항 값을 얻을 수 있는 방안으로 판단된다.

최대곡률점은 시계열 비저항 측정 초기에서의 전기적 과도현상과 후반기의 분극 현상(민경덕 외, 1986; Noguchi *et al.*, 1982), 사이에 위치하는 임계점이라고 할 수 있다. 이 점은 초기 과도 현상에 의한 영향이 제거된 부분이며 후기의 분극에 의한 비저항 증가 또한 배제된 상태라는 점에서 기존의 통계적 처리보다는 물성적으로도 의미가 있다고 할 수 있다. 따라서 시계열 비저항자료로부터의 대표 비저항 결정은 값의 안정성과 함께 편이성과 대표성 측면에서도 최대곡률점을 기준으로 삼는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

이상과 같이 비저항의 측정 조건과 대표 비저항의 결정 방법에 대한 개선에 의하여 비저항 값의 오차 범위를 현저히 감소시킬 수 있음이 밝혀졌다. 그러나 보다 중요한 일은 어떠한 기준이던 간에 기준을 세우고 통일하여 사용하는 것이며 이런 조건하에서만 비저항이 정량적인 물성 기준으로 사용 가능하다고 볼 수 있다.

사 사

본 연구는 학술진흥재단 대학부설연구소 지원 과제인 석회암지역의 지하구조 규명 및 수리특성에 관한 연구의 일부이다. 실험을 도와준 강원대학교 대학원 김기주, 양영근 군에게 감사를 표한다.

참고문헌

- 김영화, 최예권, 1999, 코어비저항 측정에 미치는 영향요소에 대한 실험적 고찰, 지구물리, 2, 225-232.
- 민경덕, 서정희, 권병두, 1986, 응용지구물리학, 우성문화사, 서울.
- Archie, G.E., 1942, The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics, Trans. American Institute of Mining, 146, 54-67.
- Chiba, A. and Kumata, M., 1994, Resistivity measurement for granite and tuff samples - Influence of pore fluid resistivity on rock resistivity, Butsuri-tansa, 47, 161-172.
- Katsube, T., 1965, A basic study on electric and electrochemical transient phenomena in rock and mineral ore samples, Butsuri-tanko, 18, 25-34.
- Katsube, T., 1969, The electro-chemical transient phenomena of ore and rock samples (II) (An investigation of measuring apparatus and of transient phenomena of electrode), Butsuri-tanko, 22, 21-33.
- Losito, G. and Finzi-Contini G., 1981, Laboratory instrumentation to study changes of electrical conductivity of rocks with changes of frequency, temperature and pressure, Geophysical Prospecting, 29, 923-931.
- Marshall, D.J. and Madden, T.R., 1959, Induced polarization, a study of its causes, Geophysics, 24, 790-816.
- Noguchi, K., Takeuchi, M., Kim, H.J., and Endo, G., 1982, Study on the systematization of process from measurement to analysis in electrical prospecting, Butsuri-tanko, 35, 77-84.
- Olhoeft, G.R., 1985, Low-frequency electrical properties: Geophysics, 50, 2492-2503.
- Park, S.G. and Matsui T., 1998, Basic study on resistivity of rocks, Butsuri-tansa, 51, 201-209
- Patnode, G.E. and Wyllie, M.R.J., 1950, The presence of conductive solids in reservoir rocks as a factor in electric log interpretation, Trans. American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 189, 47-52.
- Vinegar, H.J. and Waxman, M.H., 1984, Induced polarization of shaly sands, Geophysics, 49, 1267-1287.

1999년 9월 2일 원고접수

1999년 12월 23일 원고채택