

물성연구, 그리고 DB 구축의 先行 과제

이상규

한국지질자원연구원, lesak@kigam.re.kr

Suggestions for the Physical Property Measurements and their Database

Sang Kyu Lee

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

1. 서론

지하수, 토양, 암석으로 구성되는 지하물질의 물성으로부터 야기되는 제 현상을 계측하고 해석하는 것은 지질·자원 연구의 근간이다. 최근 20여 년 간의 물성측정에 대한 미국 특허를 분석해보면 전방인용(forward citation) 특허가 평균 9.72개로서 비교적 많은 편이고, 이 중에는 다른 산업에 피인용 되는 횟수가 많아서 물성측정 기술이 원천기술에 속함을 알 수 있다. 미국, 유럽, 일본 등의 논문들에 의하면 토목·건설, 에너지·자원, 지질조사, 지질환경·재해 분야 순으로 물성측정 결과의 활용 분야가 매우 다양함을 볼 수 있다. 미국, 유럽의 특허는 대부분이 석유산업 분야에서 등록되는데 비해 일본의 특허는 토목·건설 회사를 포함하여 다양한 산업분야에서 등록되고 있는 특징이 있다. 그러나 우리나라의 물성측정 관련 특허는 정량적 분석치를 제시하기도 어려울 만큼 그 수가 적다. 논문의 경우도 마찬가지여서 물성측정 관련 연구논문은 전체 물리탐사 관련 논문수의 1%에도 미치지 못하고 있다. 우리나라 물리탐사 분야에서는 현장탐사와 실험, 그리고 컴퓨터 모델링과 역해석 기술은 세계적 수준에 비교해서도 큰 손색이 없는 반면, 물성실험연구나 아날로그 모델링에서는 매우 소홀했던 것으로 생각된다. 그나마 다행인 것은 90년대 중반 이후 그 숫자가 가파르게 증가하고 있는 점이다(이상규 등, 2007). 얼마 전, 국내의 한 학술발표회에서는 “국내 암석물성 DB 구축”이라는 제목으로 논문발표(박삼규 등, 2010)가 있었다. 그 내용은, 국내 암석물성 측정 자료의 Database를 구축하기 위하여 공간정보 및 속성정보를 구성하고 DB 운영 및 자료 축적에 대해서 검토한 것이었다. 공간정보는 암석시료의 채취 위치 및 심도 등을 GIS 상에 나타낼 수 있도록 구성했으며, 속성정보는 암석의 종류, 공극률과 밀도 등의 기본물성, 탄성과 속도, 전기비저항, SIP, 대자율 등 제 물성 값을 입력하고 이들의 상관성을 분석할 수 있도록 구성했다고 했다. 우리나라에서 지구물리와 물리탐사를 논할 때 많은 경우에 엄청나게 넓은 범위의 수치를 제시한 외국 문헌의 물성 자료를 인용하지 않으면 안되는 현실을 감안하면 “국내 암석물성 DB 구축”은 매우 타당한 제안이긴 하지만 그러나 이것보다 먼저 선행되어야 할 과제가 있다고 본다.

2. 본론

밀도와 공극률: 밀도와 공극률 산출에 영향을 미치는 요인을 검토하기 위하여, 시험편의 다양한 함수 상태, 진공을 해제한 후 무게를 측정할 때까지의 물속에 방치한 시간, 그리고 동일한 시험편에 대하여 수침진공과 건조를 반복할 때의 문제점 등 다양한 실험을 수행하였다. Fig. 1과 같은 무게 모니터링 시스템을 이용하여 고체무게를 결정하면 기존의 방법에서 시험편을 4시간마다 건조로 외부로 꺼낼 때 발생하는 외기의 영향이나 절차의 번거로움이 없고, 24시간 이상 암석시험편을 건조로에서 건조시키며 얻은 무게변화곡선으로부터 점근선법에 의해 이론적으로 무한한 시간동안 건조시켰을 경우와 유사한 고체무게를 얻을 수 있다. 단순히 고체무게만을 구하고자 할 때는 시료를 건조로에 넣기 전의 함수상태와 관계없이 24시간 이상의 무게모니터링 결과로부터 유효한 고체무게를 산출할 수 있으나 표면건조수포화 시료를 이용할 경우에는 건조밀도, 유효공극률 및 수포화 함수율을 모두 산출할 수 있다. 수침진공 하기 전에도 시험편을 물속에 보관하고 수침진공 해제 후에도 상당시간 물속에 보관하는 것이 바람직하다. 밀도와 공극률을 산출할 때 측정공정의 일관성 유지가 무엇보다도 중요하다(이상규와 이태중, 2008; 이상규와 이태중, 2009e; 이상규와 이태중, 2010).

함수율과 포화도: 함수율 또는 포화도 산출에 영향을 미치는 요인을 검토하기 위하여, 상온에서, 시간 경과에 따른 시험편의 함수정도의 반복성, 항온항습 환경에서 시험편 무게 모니터링, 공정 규격화 등에 대하여 검토 하였다. 시험편의 함수율(또는 포화도)이 변할 때 그 시험편의 또 다른 물성(예: 전기비저항)을 정밀하게 측정하기 위해서는 표면건조수포화무게의 반복성 확보와 표면건조수포화무게를 초기 값으로 하는 건조과정의 재현이 담보되어야 한다. Fig. 2와 같은 항온·항습 무게모니터링시스템을 이용하면 경과시간을 매개변수로 하여 상대함수율 변화에 따른 전기비저항의 변화를 알아낼 수 있다. 정확한 결과를 얻기 위해서는 거시적 공정(Fig. 3 참조) 뿐 아니라 미시적 공정까지도 규격화하는 표준시험법 이상의 엄격한 공정관리가 전제되어야 한다(이상규와 이태중, 2008; 이상규와 이태중, 2009a; 이상규와 이태중, 2009d).

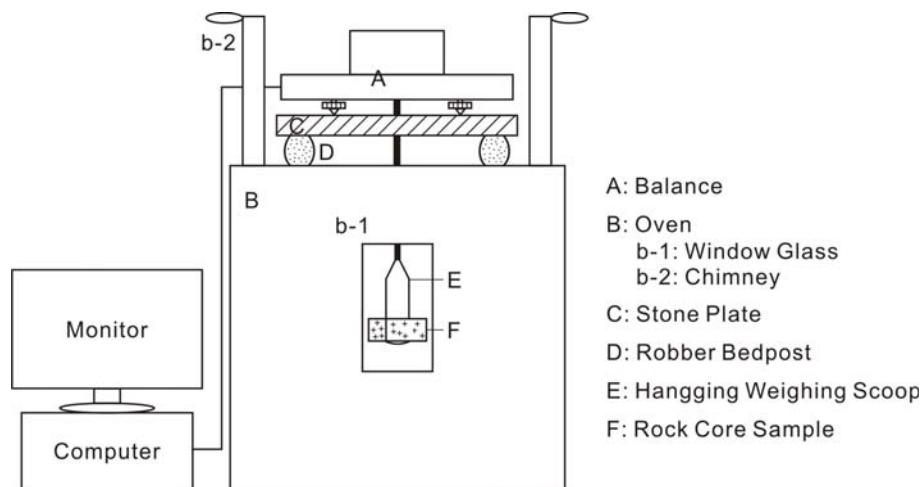


Fig. 1. Apparatus for monitoring sample weight.

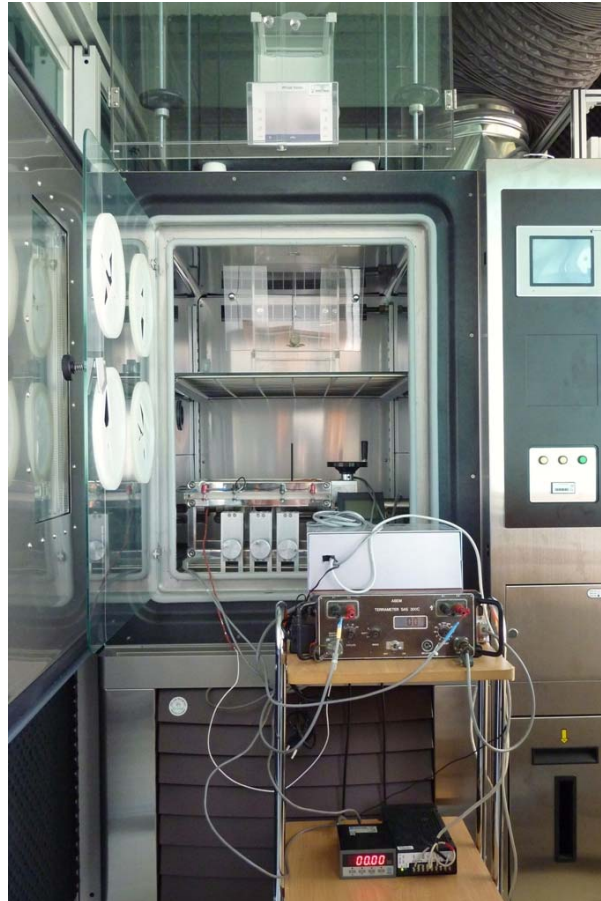


Fig. 2. Physical properties monitoring of core sample in the environmental chamber.

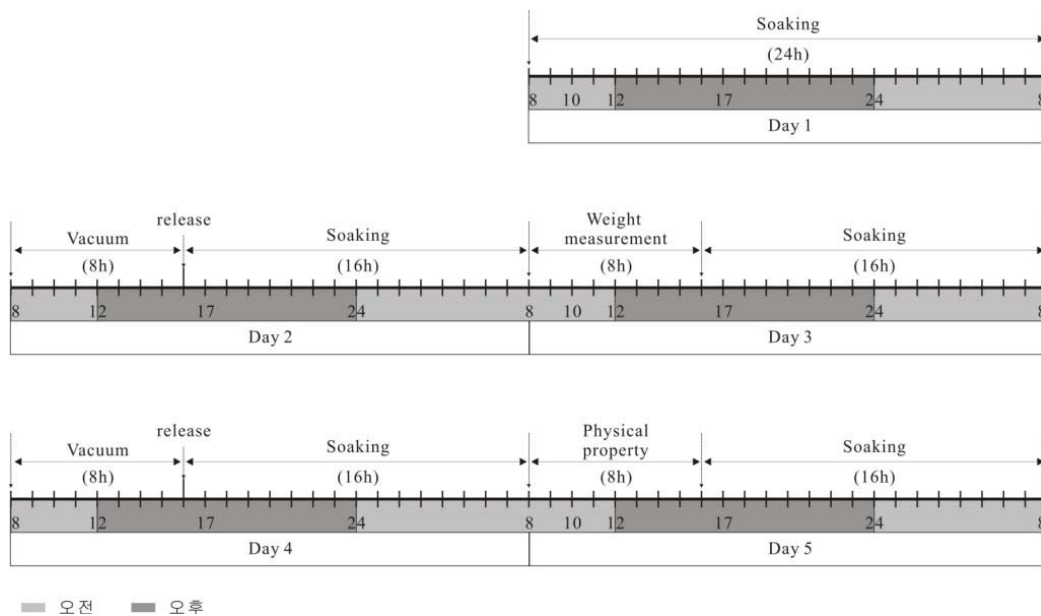


Fig. 3. Recommended experimental schedule for deriving the relations between relative water content and another physical property of core sample.

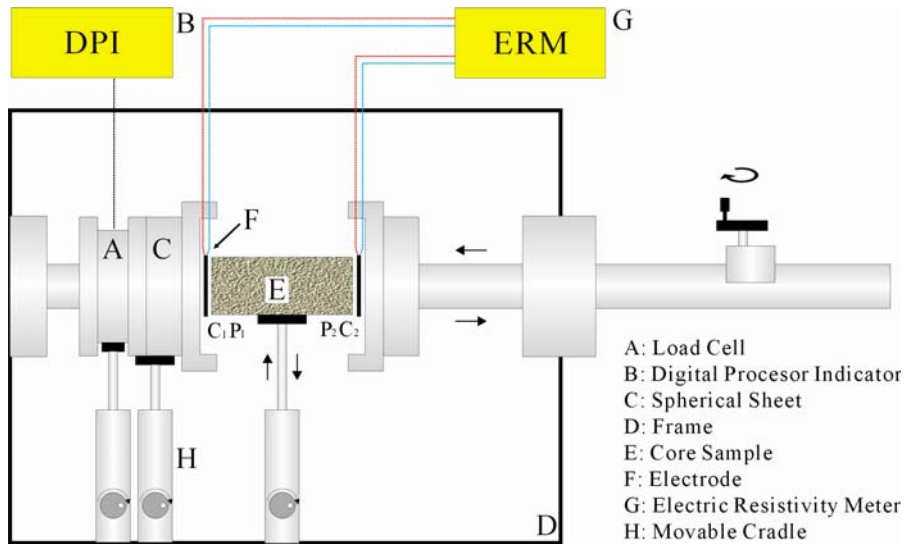


Fig. 4. Schematic diagram of resistivity measurement system for core sample.

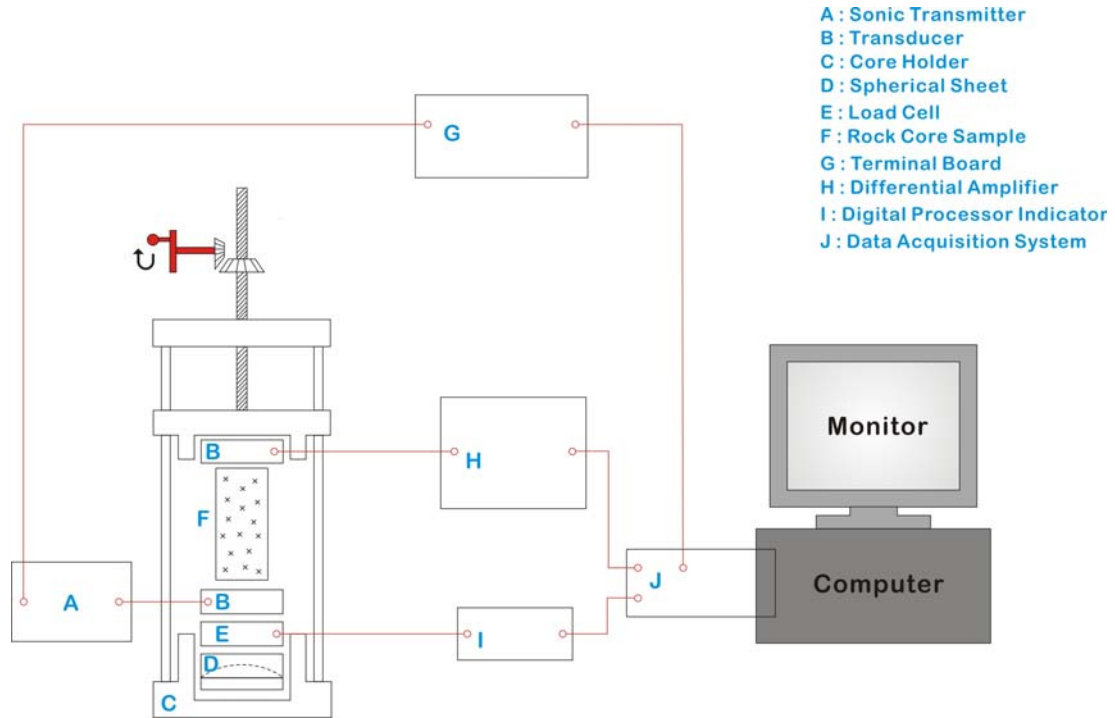


Fig. 5. Schematic diagram for seismic velocity monitoring system.

전기비저항: 암석 시험편의 전기비저항 산출에 영향을 미치는 요인을 검토하기 위하여, 전극 수분의 영향, 전극과 암석 시험편간의 접촉 저항, 서로 다른 전기전도도를 갖는 간극수로 포화한 시험편의 전기전도도, 암석 시험편의 온도 변화등에 대하여 검토하였다. Fig. 4와 같은 전기비저항 측정시스템을 사용하면 일정한 하중 하에서의 암석 시험편의 전기비저항을 측정할 수 있으며 항온·항습챔버 속에서 건조과정에 있는 암석시험편의 전기비저항 변화도 연속 측정할 수 있다. 암석시험편의 함수율(또는 포화도)이 변함에 따른 전기비저항 변화를 측정할 때는 전류-전위 일체형 전극의 사용을 권장하며 이 때,

전극망과 암석표면 사이의 접촉저항을 보정할 필요가 있다. 동일한 암석시험편을 전기전도도가 다른 용액으로 수포화시킬 때에는 수침진공을 4회 이상 반복하는 것이 바람직하다(이상규와 이태중, 2008; 이상규와 이태중, 2009a; 이상규와 이태중, 2009b; 이상규와 이태중, 2009c; 이상규 등, 2009).

탄성과 속도: 암석 시험편의 탄성과 속도 산출에 영향을 미치는 요인을 검토하기 위하여, 측정 시스템 지연, 측정의 반복성, 그리고 시험편의 온도와 함수정도에 따른 탄성과 속도의 변화 등에 대하여 다양한 실험을 수행하였다. Fig. 5와 같은 탄성과속도 자동·연속 측정시스템을 사용하여 일정한 하중 하에서 암석 시험편의 초동주시를 자동으로 받체하도록 함으로써 좀 더 정확한 P, S파 속도 측정이 가능하였다. 또한 시간경과에 따른 탄성과 속도를 자동·연속 측정함으로써 함수율의 변화, 온도의 변화에 따른 탄성과 속도 변화에 대한 고찰이 가능하였다. 항온·항습챔버 속에서 건조과정에 있는 암석시험편의 탄성과 속도 변화도 정교하게 연속 측정할 수 있다(이상규 등, 2010a; 이상규 등, 2010b).

3. 결론

어느 날, 어떤 사람이, 한 개 암석 시험편의, 한 가지 물성을, 한 번 측정 할 때에는 그 결과의 정확성에 대하여 둔감해지는 경향이 있다. 그러나 한 개 암석 시험편에 대하여 두 번 측정하거나, 서로 다른 사람이 측정하거나, 환경(예: 포화도)을 달리하여 측정하거나, 여러 물성을 측정하여 상관성을 분석하고자 할 때에는 측정 결과의 정확성에 대한 확신이 없으면 그 자료가 무의미해지는 것을 종종 경험한다. 그래서 선진국에서는 표준 시험법을 공유함으로써 측정결과의 신뢰성을 향상시키며 통계자료로서의 가치를 부여한다. 지구물리 또는 물리탐사 학문분야에서 물성연구는 기초연구의 범주에 속하며 관련기술은 원천기술에 속한다. 다시 말해서 그 결과가 다른 분야에 활용될 가능성이 매우 높은 분야이다. 그러므로 물성 연구자는 산출한 연구결과에 대하여 보다 신중해야 한다. 아울러, 관련학계나 공공기관은 그 결과물이 국가의 통계적 가치를 지니도록 노력할 필요가 있다. 이런 의미에서 우리 지구물리·물리탐사 분야도 물성연구와 관련한 ‘표준시험법’에 대하여 고민할 시점에서 있다고 생각된다. 관련 전문가들은 연구자 개인의 기술적 숙련 정도나 부주의로부터 독립적인 표준시험법을 하루 빨리 마련해야 할 것이며, 공정의 규격화와 통일된 측정 행동 양식까지도 권고하는 표준시험법 이상의 표준시험법을 공유하는 것이 좋겠다. 이 때, 최근의 측정, IT, 자동화 기술을 반영하여 자료의 신뢰성을 향상시키고 국가의 통계적 가치를 부여해야 할 것이다. 국내 암석물성의 DB 구축을 위하여 공간정보 및 속성정보의 개별 요소들에 대하여 합의를 도출하고 DB 운영 및 자료 축적에 대해서 공감대를 형성하는 것이 좋겠다. 그래서, 앞으로는 엄청나게 넓은 범위의 수치를 제시한 외국 문헌의 물성 자료를 인용하지 않아도 되는 날이 하루빨리 오기를 기대한다.

참고문헌

박삼규, 성낙훈, 신승욱, 박계순, 조성준, 2010, 국내 암석물성 DB 구축, 한국지구시스템 공학회 제94회 학술발표회 논문집, p.92.

- 이상규, 박삼규, 박권규, 성낙훈, 안은영, 이성곤, 이재형, 이태중, 이후인, 조성준, 황세호, 2007, '상시가동 전기물성 시험실 구축'을 위한 기획, 한국지질자원연구원, JP2006-023-2007(1), 218p.
- 이상규, 이태중, 2008, 함수율 변화에 따른 포항 지열 시추코어의 전기비저항, 한국지구시스템공학회지, 45, No. 5, pp. 526-535.
- 이상규, 이태중, 2009a, 전도성 간극수의 함수 정도에 따른 원주형 시멘트 시험편의 전기비저항 특성, 한국지구시스템공학회지, 46, No. 5, 553-562.
- 이상규, 이태중, 2009b, 전도성이 다른 공극수로 순차 치환한 시멘트 시험편의 전기비저항, 지구물리와 물리탐사, 12, No. 4, 328-337.
- 이상규, 이태중, 2009c, 상대함수율에 따른 시편의 전기비저항 계측 방법, 대한민국 특허청, 출원번호 10-2009-0101961.
- 이상규, 이태중, 2009d, 시편의 중량측정이 가능한 항온항습장치 및 이를 이용한 상대함수율 계측 방법, 대한민국 특허청, 출원번호 10-2009-0101962.
- 이상규, 이태중, 2009e, 시편의 중량측정이 가능한 건조장치 및 이를 이용한 공극률 계측 방법, 대한민국 특허청, 출원번호 10-2009-0101963.
- 이상규, 이태중, 성낙훈, 2009, 전기비저항 측정 홀더 및 전기비저항 측정기, 대한민국특허청, 특허 제10-0926318호.
- 이상규, 이태중, 2010, 건조과정에서 무게 모니터링을 통한 암석 시험편의 고체무게 산출 방법, 한국지구시스템공학회지, 47, No. 2, 183-190.
- 이상규, 이태중, 성낙훈, 2010a, 탄성과 속도 측정 홀더 및 탄성과 속도 측정기, 대한민국특허청, 특허 제10-0946977호.
- 이상규, 이태중, 성낙훈, 2010b, 자동·연속 측정장치를 이용한 석모도 지표 암석의 탄성과 속도 특성 분석, 한국지구시스템공학회지, 심사중.