

흙의 압밀변형에 따른 대자율 이방성 특성 연구

김규상¹⁾ · 이운수²⁾ · 민경덕³⁾

1. 서 론

국토의 대부분이 산지로 구성되어 있고 삼면이 바다로 둘러싸여 있는 우리나라 지형 특성상 인구증가와 고속 성장에 따른 토지수요의 증가와 국토의 효율적인 이용측면에서 준설, 매립된 인공지반 뿐만 아니라 연약지반의 활용이 점차 증가하고 있으며 최근에는 영종도 신국제공항, 서해안 고속도로, 남해안 항만건설등 대규모 국토개발사업이 시행되고 있다. 따라서 이들 연약지반의 경제적이고 효율적인 처리를 위하여 대상지반의 정확한 역학적 특성을 파악하는 것이 무엇보다 중요하다.

흙의 전단강도, 응력-변형률, 전단에 의한 체적변형 특성 등은 대상지반의 침하특성, 상부구조물의 안전성파괴에 중요한 요소라 할 수 있다. 특히 낮은 강도와 높은 압축성을 가지는 점성토 지반상에 상부구조물이 시공되는 경우 정확한 침하량 평가에 근거한 설계는 필수적이다.

대자율 이방성은 수많은 연구자에 의하여 개별적, 지역적으로 조사되어 왔으며 대자율 이방성에 대한 지질학적인 대자율 이방성의 적용은 퇴적암에 대하여 층리면의 방향 결정(Ellwood and Noltimier, 1978)과 고수류의 방향 결정(Ellwood, 1979; Ellwood, 1980; Schieber and Ellwood, 1988)과 구조지질학적으로는 지구조적인 응력장해석(Ellwood and Abrams, 1982)에 사용되고 있다.

토층에 대한 변형과 대자율이방성의 상관관계 연구는 러시아 학자들(Osipov and Sokolov, 1972; Osipiv, 1978)에 의하여 선행 연구되었으며 그 결과 지질공학(engineering geology)의 관점에서 사면안정, 침하 평가 등에 매우 유의할 수 있음을 제시하였다. 그러나 당시 낮은 대자율값을 가지는 토질에서 대자율이방성을 측정할 정도의 정밀한 기기의 개발이 이루어지지 못하였기 때문에 이에 관한 지속적인 연구는 거의 수행되지 않았다. 최근 고정밀 대자율 측정기기가 개발되고 상용화가 이루어짐에 따라 토층에 나타나는 낮은 대자율 이방성의 특성까지 규명할 수 있게 되어 흙의 구조적 배열의 변화를 파악하는 것이 가능하게 되었다.

토질과 암석에 응력이 작용할 때, 구성하는 광물들은 변위와 회전이 일어나게 되며 이에 수반하여 대자율 이방성도의 변화가 발생한다. 이 연구에서는 국내의 다양한 토층 시료를 대상으로 압밀변형에 따른 대자율 이방성도의 변화와 그 기구를 규명하고자 한다.

2 연구방법

본 연구에서는 육성층과 해성층으로 된 연약지반이 분포하는 지역의 불교란(undisturbed) 시료를 각각 채취하였다. 다시 이 시료들을 자연시료와 압밀시킬 시료로 나누어, 자연시료의 경우는 대자율 측정시료를, 압밀시료의 경우는 압밀시험을 실시한 후 시료를 각각 3~4개씩 1조로 채취하였다. 채취된 시료는 초기하중 0.1kg/cm²을 24시간동안 가하고 압축이 완료된 다음 작용하중의 2배를 가하는 표준 압밀시험을 실시하였다. 각 시료별로 최종 압밀하중을 0.4, 0.8, 1.6, 3.2, 와 6.4kg/cm²로 설정하고 충분한 시간동안 2차 압밀이 발생하도록 하였으며 3.2, 0.8, 0.1 kg/cm²순으로 unloading 하여 시료의 최종변위량을 기재하였다.

자연시료와 압밀시료들은 잔류자화와 소자실험을 실시하여, 압밀과정중 간극수의 배출에 의해 광물 입자들의 교란의 정도를 파악하여 각조의 시료내에서 동질성을 확인하였으며 압밀변형에 따른 대자율 이방성도변화, 대자율 이방성 타원체의 형태변화와 최소대자율 방향변화 등을 규명 하였다.

각 지역의 몇몇 시료들에 대하여는 자기이력실험을 실시하여, 대자율에 영향을 미치는 광물이 강자성광물인지

상자성광물인지를 규명하였다. 이들 중 강자성 광물이 대자율에 크게 영향을 미치는 시료에 대해서는 자구의 종류를 규명하였으며, 상자성 광물이 주된 광물인 시료에 대해서는 X-선 회절분석을 통하여 상자성 광물의 종류와 분포량을 산정하였다.

3. 결과

자연 잔류자화측정과 소자실험결과 같은 변형률을 가지는 자연시료와 압밀시료 대부분의 Dispersion(k)값이 10이상으로 간극수 배출에 의한 자성광물의 회전 및 이동은 크지 않았음을 나타내며 측정시료들간의 동질성이 높은 것으로 판단된다. 자연시료와 변형에 의한 압밀시료와의 잔류자화방향은 압밀변형량과는 관계가 없으므로 자연 잔류자화의 방향은 입자의 형태와 무관함을 나타낸다.

대자율에 영향을 미치는 광물은 대자율값이 $300\mu\text{SI}$ 이하에서는 상자성광물로 XRD 분석결과 각섬석, 녹니석 및 일라이트이며, $1000\mu\text{SI}$ 이상의 경우 강자성의 자철석과 미량의 적철석 및 괴사이트이다.

자철석이 분포하는 포항시료의 자기이력 분석결과 자철석의 자구는 다자구에 근접한 가단자구(Pseudo Single Domain)에 해당하며 이들은 일반조직(Normal fabric)으로 해석함이 타당하다. 변형에 따른 대자율 이방성의 변화는 시험된 지역에서 다음과 같은 특성이 있다.

- 대자율 이방성의 형태는 초기 시가형, 중간형, 약간의 원판형이었으나 수직하중에 의한 변형에 의해 더욱 원판형으로 변화되었다.
- 대자율 이방성의 최소축의 방향은 변형에 의해 수직축에 근접하고 집중되는 경향이 있으며 이는 Plane/Line 모델에서의 변화보다 더 큰 회전이 발생하였다.
- 대자율 이방성도는 강자성광물이 많이 분포하는 시료($1000\mu\text{SI}$ 이상) 보다는 상자성 광물이 우세한 시료($300\mu\text{SI}$ 이하)에서 높은 값을 가지며 압밀변형이 증할수록 이방성도가 증가한다.

주요어 : 대자율 이방성, 응력, 변형, 자연잔류자화, 소자실험, 자기이력

- 1) 유신코퍼레이션(주) 수자원부
- 2) 한국자원연구소 초빙연구원
- 3) 연세대학교 지구시스템과학과