

Drucker-Prager 모델을 이용한 압축벤토나이트의 일축압축특성 분석

임진규, 이재완, 조원진

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

iolee@kaeri.re.kr

1. 서론

고준위폐기물처분장에서 완충재는 처분장 주위 암반으로부터 지하수의 유입을 차단하고, 폐기물로부터 지하수를 통해 유출되는 핵종 이동을 저지하며, 외부의 충격이나 역학적 변화로부터 처분용기를 보호하는 역할을 한다. 우리나라 고준위폐기물 기준처분시스템 (Korean Reference Disposal System)에서는 완충재 물질로 압축벤토나이트의 사용을 고려하고 있다. 이와 관련하여, 처분장 완충재의 역학적 거동 이해 및 설계 계산을 위해서는 압축벤토나이트의 압축특성 분석이 필요하다. 본 연구에서는 ABAQUS코드를 이용하여 Drucker-Prager (D-P)모델에 근거한 압축벤토나이트의 일축압축특성을 분석하고, D-P 모델 인자의 민감도 분석을 수행하였다.

2. Drucker-Prager모델 및 분석모형

Drucker-Prager모델은 일반적으로 Mohr-Coulomb 모델과 함께 압축압력의존적 항복을 보이는 흙이나 암과 같은 마찰재료들에 주로 사용되고 있는 모델로 인장항복강도보다 압축항복강도가 훨씬 크고 다입자 혼합체에 적용이 유리한 탄소성 모델이다. 압축벤토나이트의 건조밀도 1.6g/cm^3 , 함수율 15%인 시료를 대상으로 하였다. 분석에 사용된 물성값은 일축압축시험 및 삼축압축시험으로 결정된 것으로, 탄성계수(E)는 471.81Mpa, 포아송비(ν)는 0.2, 점착력(c)은 0.73Mpa, 내부마찰각(ϕ)은 36° 이었다. 분석모형은 직경 5.4cm, 높이 10.8cm의 원통형으로 그림 1과 같다.

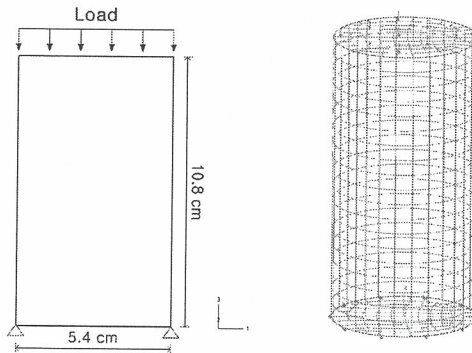


그림 1. 분석 모델

3. 해석 및 결론

압축벤토나이트의 일축압축특성은 하중변화에 따른 거동분석과 D-P 모델 인자의 민감도 분석으로 수행되었으며, 이를 위해 ABAQUS를 이용하여 분석모델의 수치해석을 실시하였다. 거동분석에서 입력한 하중은 분석모델의 상단부에 하중제어로 최대하중 2MPa, 3MPa, 5MPa 까지 진행하였으며 하단부는 고정시켰다.

분석결과 (그림2 - 그림3), 최대하중에 따라 2MPa에서 0.423%, 3MPa에서 0.832%, 5MPa에서 1.089%의 변위가 발생하였고, 응력분포는 최대하중이 증가함에 따라 모델의 외벽쪽과 하단부에 응력집중이 발생하였다. 또한 그림 3을 통해 2MPa의 하중에서는 탄성변형만이 발생하였고, 3MPa의 하중을 가하자 항복점이 나타나고 소성변형이 발생하였으며, 5MPa의 하중상태에서는 소성변형이 증가하였다.

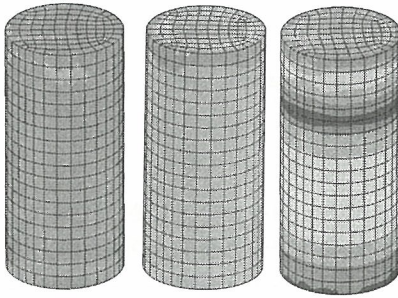


그림 2. 각 하중 별 응력 분포

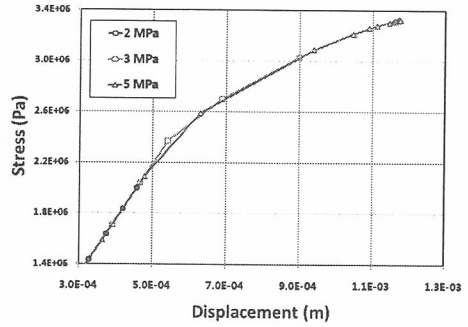


그림 3. 하중별 응력-변위 그래프

D-P 모델의 인자의 민감도 분석은 D-P 모델의 인자 중에서 K와 ψ 인자의 값을 변화 시키면서 실시하였다. K는 삼축압축항복응력과 삼축인장항복응력의 비(Flow stress ratio)로서 항복면에 대한 중간주응력의 값의 의존을 결정하는 인자이고, ψ 는 팽창각(Dilation Angle)으로 소성경화(Hardening) 상태에서의 모델의 거동에 영향을 주는 인자이다.

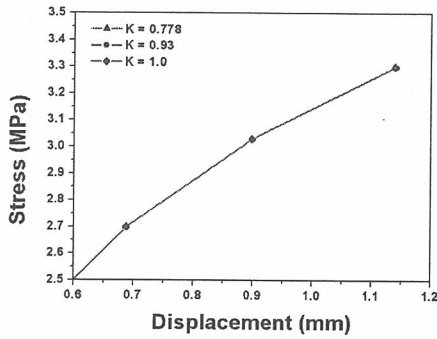


그림 4. K인자의 민감도

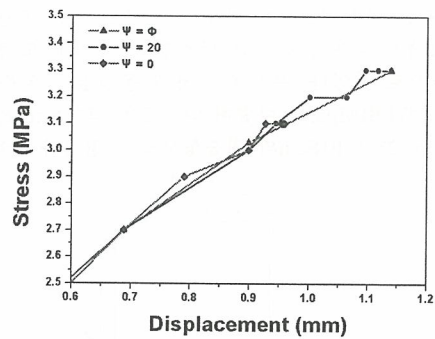


그림 5. ψ 인자의 민감도

분석결과 (그림4 - 그림5) K값은 0.778, 0.93, 1.0으로 변화시켰음에도 불구하고 응력-변위거동에 거의 영향을 주지 않았으나, ψ 값은 ϕ , 20° , 0° 로 변화시키에 따라 일정이상의 높은 응력단계에서 응력-변위 거동과 모델해석에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.