

붕괴사면의 역해석



김종민

세종대학교 건설환경공학과 교수
(jongmin@sejong.ac.kr)

1. 개요

붕괴가 발생한 사면에 대해 붕괴당시의 사면조건을 역추적하여 모델링하는 것은 붕괴사면의 보수보강대책 수립 뿐만 아니라 붕괴원인 분석과 붕괴메커니즘을 이해하는데에 큰 도움이 된다. 이러한 붕괴사면의 조건을 역추적해내는 과정이 역해석이다. 사면안정의 정해석이 주어진 사면조건에 대한 최소안전율과 임계 파괴면을 산정해내는 과정인데 반해, 역해석은 붕괴시의 안전율(FS=1)과 측정된 파괴면을 입력자료로 붕괴시의 사면조건을 산정해내는 과정이다.

기본적으로 단위중량, 외력조건, 전단강도 정수, 지하수위 조건 등 정해석의 모든 입력자료는 역해석 대상이 될 수 있다. 그러나 붕괴가 발생했다는 사실과 파괴면 위치만을 이용하여 상기의 모든 변수를 역해석할 수는 없으므로 불확실성이 가장 높은 변수들을 역해석 대상변수로 선정하는 것이 일반적이다. 즉 계측,

시험, 자료조사 등을 통해 신뢰성 높은 추정이 가능한 변수들은 추정값을 역해석시 입력자료로 활용하고 그렇지 못한 변수들을 역해석을 통해 산정해낸다. 역해석이란 결국 정해석 결과로부터 역해석 대상변수 값을 역산하거나 혹은 정해석을 반복 수행하는 과정이므로 정해석 자체가 지니고 있는 한계점을 극복하지 못하므로, 보다 신뢰성 있는 역해석 결과를 얻기 위해서는 사면안정에 관련된 해석변수 중 추정이 어렵고 불확실성이 가장 높은 변수를 역해석 대상변수로 선정하는 것이 바람직하다. 따라서 지반의 전단강도정수를 역해석 대상변수로 선정하는 것이 일반적이다. 사면붕괴시의 배수조건에 따라 비배수전단강도정수(c_u) 혹은 배수전단강도정수(c' , ϕ')를 산정하게 되는데 각 경우의 역해석방법은 다음과 같다.

2. 비배수상태의 역해석

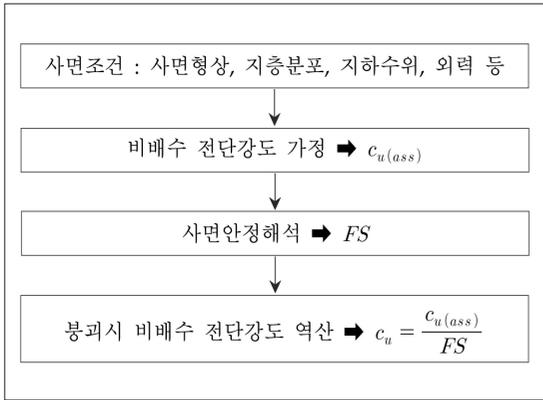


그림 1. 비배수 전단강도정수의 역해석 흐름도

사면 조성 직후 혹은 지하수위 상승 직후에 사면붕괴가 발생한 경우는 비배수상태의 붕괴로 간주하여 역해석을 수행해야 한다. 비배수 전단강도는 식 (1)로 표현되므로 역해석 대상변수는 비배수 점착력(c_u)이 되며 역해석 과정은 그림 1의 흐름도와 같다.

$$\tau_u = c_u \text{ with } \phi_u = 0 \quad (1)$$

만일 기초지반이 퇴적 점성토층과 같이 깊이에 따라 비배수 전단강도가 증가하는 경우, 지표면에서의 비배수 전단강도 값이나 혹은 비배수 전단강도의 깊이방향 증가율을 추정하고 다른 하나를 역해석 대상변수로 선정해야 한다. 이러한 깊이방향의 변화를 고려하지 않고 평균 비배수 전단강도 값을 역해석하는 경우 비현실적인 해석이 될 수 있으며, 이는 역산된 비배수 전단강도 값을 적용하여 정해석을 수행한 후 산정된 파괴면의 깊이와 형상을 검토하여 확인할 수 있다.

3. 배수상태의 역해석

사면 조성 후 혹은 지하수위 상승 후 오랜시간이 흐른 뒤에 사면붕괴가 발생한 경우는 배수상태의 붕괴로 간주하여 역해석을 수행해야 한다. 배수 전단강도는

식 (2)로 표현되므로 역해석 대상변수는 점착력(c')과 내부마찰각(ϕ')이 된다.

$$\tau_f = c' + \sigma' \tan \phi' \quad (2)$$

배수상태의 경우 역해석 대상변수가 2개이므로 붕괴상태의 정의, 즉 FS=1이라는 정보만으로는 부족하다. 주어진 사면조건에 FS=1을 주는 $c' - \phi'$ 의 조합은 무수히 많을 것이므로 붕괴상태에 대한 추가적인 정보가 필요하며, 일반적으로 파괴면의 깊이를 이용한다. 즉, 붕괴사면의 파괴면을 실측하여 붕괴시 안전율(FS=1)과 실측된 파괴면 깊이를 만족하는 $c' - \phi'$ 값을 역산해내면 된다. 그림 2는 배수상태의 역해석 흐름도이다.

그림에서 $\lambda_{c\phi}$ 는 파괴면의 깊이(D)와 관계있는 무차원계수로서, $\lambda_{c\phi}$ 가 클수록 파괴면의 깊이는 작아진다. 역해석 시 전단강도정수 쌍을 가정할 때 실측된 파괴면 깊이(D_{obs})를 포함하는 범위의 파괴면 깊이를 검토하는 것이 바람직하므로 일련의 $\lambda_{c\phi}$ 값에 대한 전단강도정수 쌍을 가정토록 한다. 그림 2의 5단계에서의 파괴면 깊이는 4단계에서 역산된 붕괴시의 전단강도정수 쌍을 적용하여 산정된 것이므로 각 강도정수 쌍에 대한 임계파괴면의 깊이를 의미한다. 산정된 임계파괴면의 깊이와 전단강도정수의 관계곡선을 작성한 후 이로부터 붕괴사면의 실측 파괴면 깊이에 해당하는 전단강도정수 값을 읽음으로써 붕괴 시의 전단강도를 추정하게 된다.

현재까지의 연구결과 실측파괴면을 이용하여 전단강도정수를 역해석하는 기법은 정확도가 부족한 것으로 알려져있다. 따라서 다른 지반물성으로부터 내부마찰각 추정이 가능한 경우 (예를들어 상대밀도와 내부마찰각 관계, Atterberg한계와 내부마찰각 관계 등), 내부마찰각은 추정값을 적용하고, 비배수상태 역해석과 같이 점착력만을 대상변수로 하는 역해석을 수행하는 것이 바람직하다.

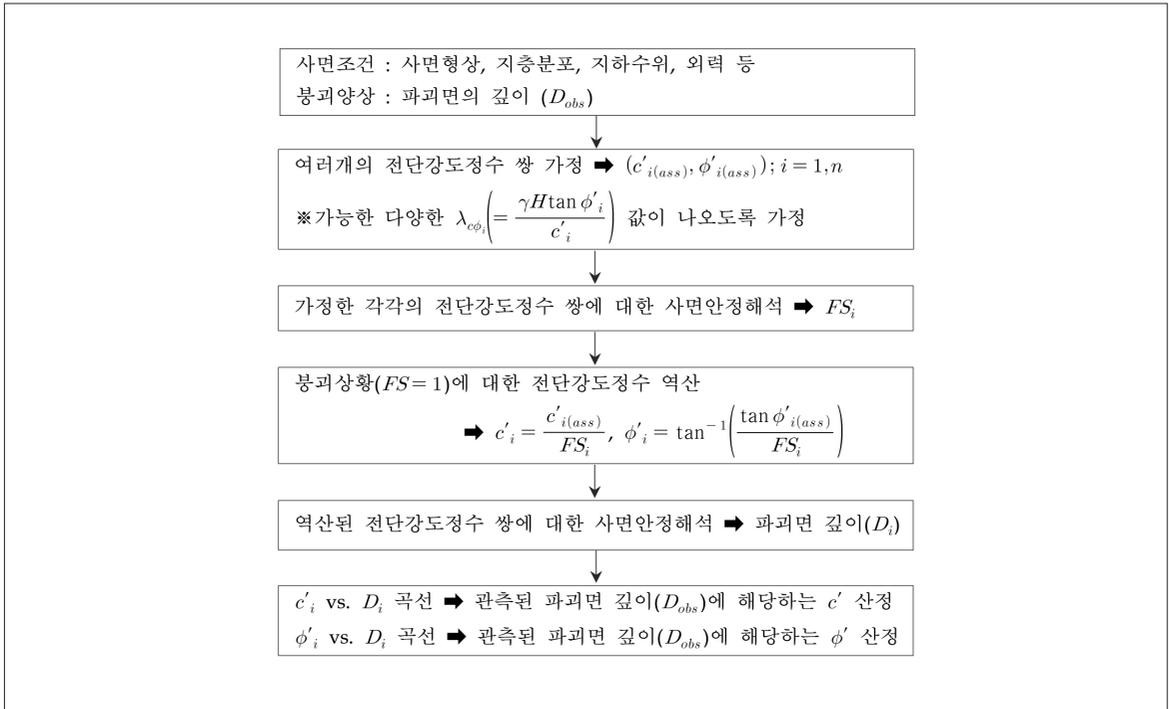


그림 2. 배수 전단강도정수의 역해석 흐름도

※ 본 지반노트는 2008년 사면안정기술위원회 계속교육에서 저자가 작성한 교재의 일부를 발췌한 것임.

한국지반공학회 광주·호남지역발전 특별위원회 심포지움 안내

- 행사명: 서남권 연약지반 심포지움
- 일 시: 2012년 11월 9일(금)

- 장 소: 순천대학교
- 자세한 일정은 추후 공지