



요즘 철도건설이 많이 이루어지고 있는데 철도노반의 하중지지력 결정방법을 알려주시기 바랍니다.



안 태 봉  
우송대학교 교수

궤도의 하중지지력을 결정하는 것은 근본적으로 다층 지반의 지지력 문제입니다. 다층 시스템에 대한 해석방법에는 몇 가지 이론적 방법을 사용할 수 있다. 철도궤도의 지지력 파괴는 노반의 강도가 매우 낮은 경우를 제외하고 발생해서는 안고 조립토 노반보다 세립토 노반에 대해서 주의를 기울여야 합니다. 단순화한 2층 문제에 적용할 수 있는 Meyerhof와 Hanna(1980)에 의해 개발된 지지력 공식을 이용하는 방법과 제방의 경사와 같은 표면 형상을 같이 고려하여 사면안정해석법을 사용하는 방법이 있다. 사면안정해석법은 일반적인 방법이므로 여기서는 철도노반지지력에 사용하는 Meyerhof와 Hanna의 방법을 소개한다.

그림 1은 Meyerhof와 Hanna의 지지력 모델을 보여주고 있다. 파괴 과정은 극한하중 아래 상부의 강한 입상토층이, 상부가 잘린 피라미드 모양으로, 하부의 약한 점토층으로 관입되는 것을 가정한 것이다. 일반전단파괴의 경우, 복합파괴영역에서 상층 입상토에 대해서는 배수마찰각  $\phi'$ , 하부 점토층에 대해서는 점착력,  $c$ 가 발휘된다. 한계평형상태에서 연직방향 힘의 합은 다층 구조에 설치된

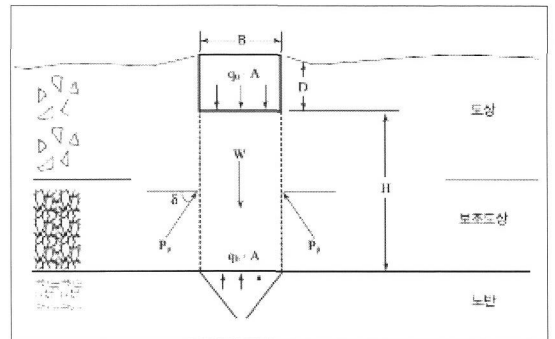


그림 1. Meyerhof와 Hanna의 지지력 모델

띠기초의 극한지지력 구하는 식을 세울 수 있게 한다. 직사각형 지지면적에 대해 Meyerhof는 지지면적에 기초하여 띠기초에 대한 지지력식에서의 계수를 수정하여 적용한다.

수정 Meyerhof와 Hanna의 지지력 공식은, 다음과 같다.

$$q_{ul} = C_1 c N_c + [C_2 \gamma H^2 (1 + 2D/H) K_s (\tan \phi') / B] - \gamma H \leq q_t$$

여기서  $q_{ul}$ : 침목바닥에서 평균점속력,  $C_1$ :  $(1 + 0.2B/L)$ ,



$C_2 : (1+B/L)$ , B : 지지폭, L : 지지길이, c : 점토지반의 비배수전단강도,  $N_c$  : 지지력계수=5.14,  $\gamma$  : 상부의 조밀한 입상토의 전체단위중량, D : 지지면적의 매설깊이, H : 입상토층의 두께,  $K_s$  : 관입잔단저항계수,  $\phi$  : 상부조밀한 입상토의 배수마찰각,  $q_t$  : H에 대한 지지력 혹은  $H \gg B$ .

관입잔단계수  $K_s$ 는 Meyerhof와 Hanna(1980)가 발표한 차트에서 구할수도 있지만  $K_s \tan \phi' = K_p \tan \delta$ 를 이용하는 것이 보통이다. 여기서,  $K_p = \tan 2(45 + \phi'/2)$ ,  $\delta$ : 수동토압  $P_p$ 의 경사각이고 Meyerhof(1974)  $\delta$ 의 평균값으로  $2\phi'/3$ 를 사용할 것을 추천하였다.

궤도시스템의 지지력을 결정하려면 지지면적을 설정할 수 있도록 가능한 파괴 양상을 선택해야 하는데 지지력 해석을 위해 다음 두 가지 경우를 생각할 수 있다(Sattle과 Fredlund, 1988).

경우 1: 개별 침목이 노반으로 관입하여 국지적 파괴를 일으키는 궤도에 직각방향 파괴 (그림 2)

경우 2: 궤도시스템이 서로 연결된 기초와 같이 작용하는 것을 가정한 궤도에 평행한 파괴 (그림 3)

이 두 경우에 위의 공식을 이용하여 해석한 사례가 그림 3과 4에 나타났다. 그림 4는 점토 노반 위에 설치한 도상으로 구성된 2층 시스템에서, 경우 1과 2에 대한 띠형 지지면적에 대한 지지력을 보여주고 있다. 노반이 도상과 보조도상보다 더 약한 경우라면, 상부도상의 두께가 증가할수록 2층 시스템의 지지력은 증가한다. 또한 지지력은 일반적으로 경우 2(궤도시스템 지지력)가 경우 1(국지적 침목 관입)에 비해 작다. Meyerhof와 Hanna의 방식은 실제로 경우 1의 안전율을 과소평가한다. 왜냐하면 하중을 받는

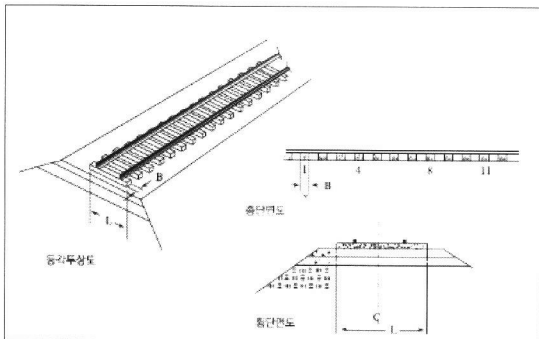


그림 2. 경우 1: 궤도에 직각인 파괴

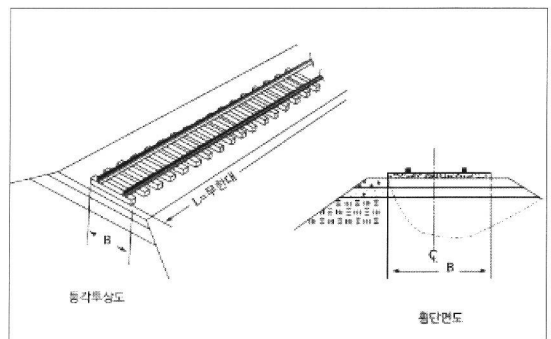


그림 3. 경우 2: 궤도에 평행한 파괴

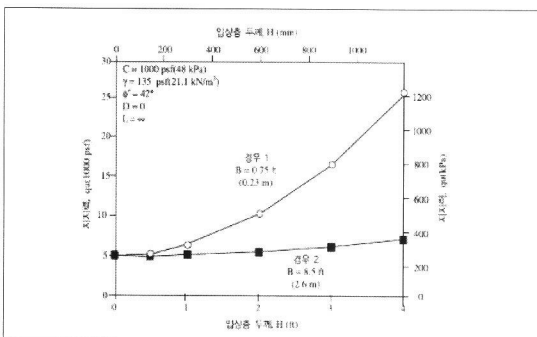


그림 4. 경우 1과 2에 대한 Meyerhof와 Hanna에 의한 지지력

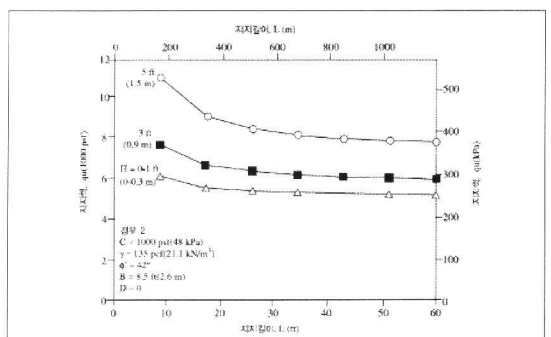


그림 5. 지지길이와 입상토층의 두께가 지지력에 미치는 영향

인접 침묵에 의해 제공되는 구속조건은 해석에서 고려하지 않았기 때문이다. 따라서 경우 1과 경우 2사이의 실제 차이는 그림에서 보인 것보다 크다.

그림 5는 흙의 특성은 같다고 보고 공식을 이용하여 구한, 지지면적의 길이  $L$ 과 입상토층의 두께  $H$ 의 변화에 따른 지지력의 변화를 보여주고 있다. 입상토층의 두께가 증가할수록 2층 시스템의 지지력은 증가한다. 지지력은 또한

지지면적의 길이가 감소할수록 증가한다.

Meyerhof와 Hanna방법과 같은 지지력해석방법은 토층이 수평이고 무한한 경우에 적용하고 지표면의 형상의 변화, 특히 절성토 사면, 다층 노반 등이 지지력에 주는 영향을 해석하려면 사면안정해석법을 적용하여 적용안전율을 이용하는 방법을 사용하기도 한다.