

# 폭우로 인한 옹벽의 붕괴

東國大學校 工科大學 教授  
工學博士 金 翔 主

# 폭우로 인한 옹벽의 붕괴

## Retaining Wall Failure due to Heavy Rainfall

### 1. 개 황

남해안에 있는 모퉁이에 대규모의 주택단지를 조성하기 위하여 산지를 절토하여 옹벽을 시공하였다. 택지 주위에 있는 산의 경사는 비교적 급하여 남쪽만 바다쪽으로 트여 있고 다른 쪽은 산으로 둘러 싸여 있다. 이 옹벽은 1984년 10월경에 시공하였는데 그 다음 해 5월 폭우로 인해 상당한 부분이 파손되었다. 약 60m 길이의 옹벽은 완전히 도괴되었고 기타 부분도 경사 방향으로 균열이 생겼으며 특히 옹벽 길이 방향으로 절곡된 부분은 거의 모두 종방향 균열이 생겨 있었다. 피해를 입은 옹벽은 중력식이며 그 높이는 대략 3.0m이다.

### 2. 조 사

피해 상황에 대한 조사를 실시하였는데 전기한 60m 길이의 완전 전도 구간 외에도 모두 25개소에서 변위가 있었거나 옹벽구체에 균열이 생겼다. 균열의 최대폭은 12cm, 변위량은 18cm나 되는 곳도 있었다.

지반조사 결과에 의하면 지표면에는 얇은 두께의 유기질 성분을 많이 함유한 표토층이 있고 그 아래에는 모암인 안산암이 풍화되어 CL 또는 ML에 속하는 점성토로 이루어져 있으며, 심도가 깊어질수록 풍화도는 줄어들었다. 기반암은 절리 및 균열이 매우 발달되어 있어 채취된 core는 대부분의 경우 5cm 이하이었다.

옹벽의 바닥이 놓이는 지층은 위치마다 다르므로 입률적으로 정하기는

어려우나 기반암까지 도달된 곳은 거의 없고 풍화토층, 또는 풍화암층에 놓인 것 같았다. 풍화토에 대한 시료를 채취하여 토질시험을 한 결과 위치마다 토질점수의 값을 달리 하나 표준치로서  $C_u=0.23 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $\phi_u=15^\circ$ 를 계산에 이용 하였다.

옹벽 도괴의 직접적인 원인이 된 강우량을 조사한 결과 1985. 5. 4.~ 5. 6 사이에 596mm의 폭우가 내렸으며 이것은 이 지방의 연 평균우량 1,751.6mm의 대략 1/3에 해당하는 값이다.

### 3. 강우시 지반의 거동

단지 조성을 위해 설계된 원옹벽단면과 지반조사 결과를 기준으로 하여, 강우시 지반의 거동을 알아 보기 위하여 4가지 경우로 나누어 지반의 거동을 알아보기로 한다.

- 1) Case 1 -- 강우가 소량인 경우이다. 이 경우에는 인장균열의 전깊이에 걸쳐 물이 채워지고 지표면에서는 얇은 깊이로 침투가 일어난 것으로 가정한다. 우량이 침투한 깊이까지는 흙의 단위중량만 약간 증가하나 인장균열에 고인 물로 인하여 수압이 작용한다. (그림 1(a))
- 2) Case 2 -- 강우가 다소 오랫동안 계속되어 침투된 우량이 옹벽의 바닥까지 거의 도달된 상태이다. 만일 인장균열의 바닥과 옹벽의 뒤꿈치를 연하는 선을 활동면으로 가정한다면 수압의 분포는 그림 1(b)와 같이 가정할 수 있다.
- 3) Case 3 -- 폭우가 오랫동안 계속되어 지표면에서 스며 들어간 물이 옹벽바닥 아래까지 도달된 경우이다. 이때 옹벽 뒤꿈치에서의 수압은 지표면까지의 높이이므로 가상활동면을 따르는 수압의 분포는 그림 1(c)와 같이 가정할 수 있다.
- 4) Case 4 -- 풍화암이나 기반암에 절리와 균열이 잘 발달되어 있고, 폭우

로 인해 이 틈으로 충분한 물이 스며들어 가상활동면에 대단히 높은 수압을 가하는 경우이다. (그림 1(d) )

#### 4. 해석 방법

위에서 열거한 4가지 경우에 대하여 토압을 산정하고자 한다.

Trial wedge method를 써서 (그림 2 참조) 최대 토압을 주는 인장군열의 위치와 가상활동면을 정한다. 인장군열의 깊이는 Rankine의 공식을 쓰면

$$z_0 = \frac{2c}{r} \tan(45^\circ + \frac{\phi}{2})$$

$$= \frac{2 \times 2.3}{1.8} \tan(45^\circ + \frac{15}{2}) = 3.3\text{m}$$

가 된다. 최대 토압은 인장군열이 옹벽 배면에서 4~5m에 위치할 때에 나타나며 이때 활동면은 인장군열의 바닥과 옹벽 뒤꿈치를 연하는 선이 된다.

토압 계산에 있어서 옹벽과 벽체의 마찰각은 점착력과 동일하게 15°로 하였고 옹벽바닥은  $\phi = 35^\circ$ 의 풍화암이 존재하는 것으로 가정하였다.

#### 5. 안정해석 결과

위에서 설명한 방법으로 안정해석을 한 결과 표 1에 제시된 바와 같다. 여기서 원호활동에 대한 안전율은 Fellenius 방법으로 계산되었다.

표 1

Case	토압 (t/m)	안 전 율			
		수평활동	전 도	지 지 력	원호활동
1	5.0	3.08	0.K	4.10	1.71
2	6.7	2.41	0.K	3.21	< 1.71
3	8.6	1.98	<u>1.35</u>	<u>2.17</u>	< 1.71
4	>8.6	< <u>1.98</u>	< <u>1.35</u>	<u>2.17</u>	

이 결과에 의하면 전도에 대해서는 안전율을 1.5로 할 때 Case 3과 Case 4가 되면 위험하다. 지지력에 대한 안전은 안전율을 3을 기준으로 한다면 역시 Case 3과 Case 4가 되면 위험하다.

## 6. 결론 및 대책

폭우로 인한 피해는 강우강도는 물론이고 강우의 집중 지속시간에 의존한다. 즉, Case 3과 같이 우량이 지반으로 충분히 스며든다면 간극수압이 커져서 토압이 커질 뿐만 아니라 원호활동에 대한 안전율을 감소시킨다. 응력 배면이 경사지고 균열이나 절리가 잘 발달된 지반이라면 폭우가 장기간 계속되었을 때 물의 통로가 형성되므로 상당히 큰 간극수압이 생길 수 있다.

정성으로 이루어진 지반에 대해서는 응력에 물구멍을 두었다 하더라도 필터를 제대로 설계하지 않았다면 이것이 기능을 발휘하지 못하는 경우가 많다. 그러므로 필터설계를 특별히 유의하지 않으면 폭우시를 대비한 안전한 응력설계가 되지 못할 것이다.

이에 대한 대책으로서는 응력 배면을 따라 연직 방향으로 필터층을 두고 또 응력 뒷굽을 통하여 경사 방향으로 필터층을 두는 일이다. 이 필터층은 배면토의 입도와 필터의 입도를 기준한 필터의 요구조건이 만족되어야 하고 필요한 두께가 보장되어야 한다. 필터의 설계가 안전하다면 Case 3과 Case 4의 경우에도 간극수압으로 인한 횡방향력을 무시할 수 있다.



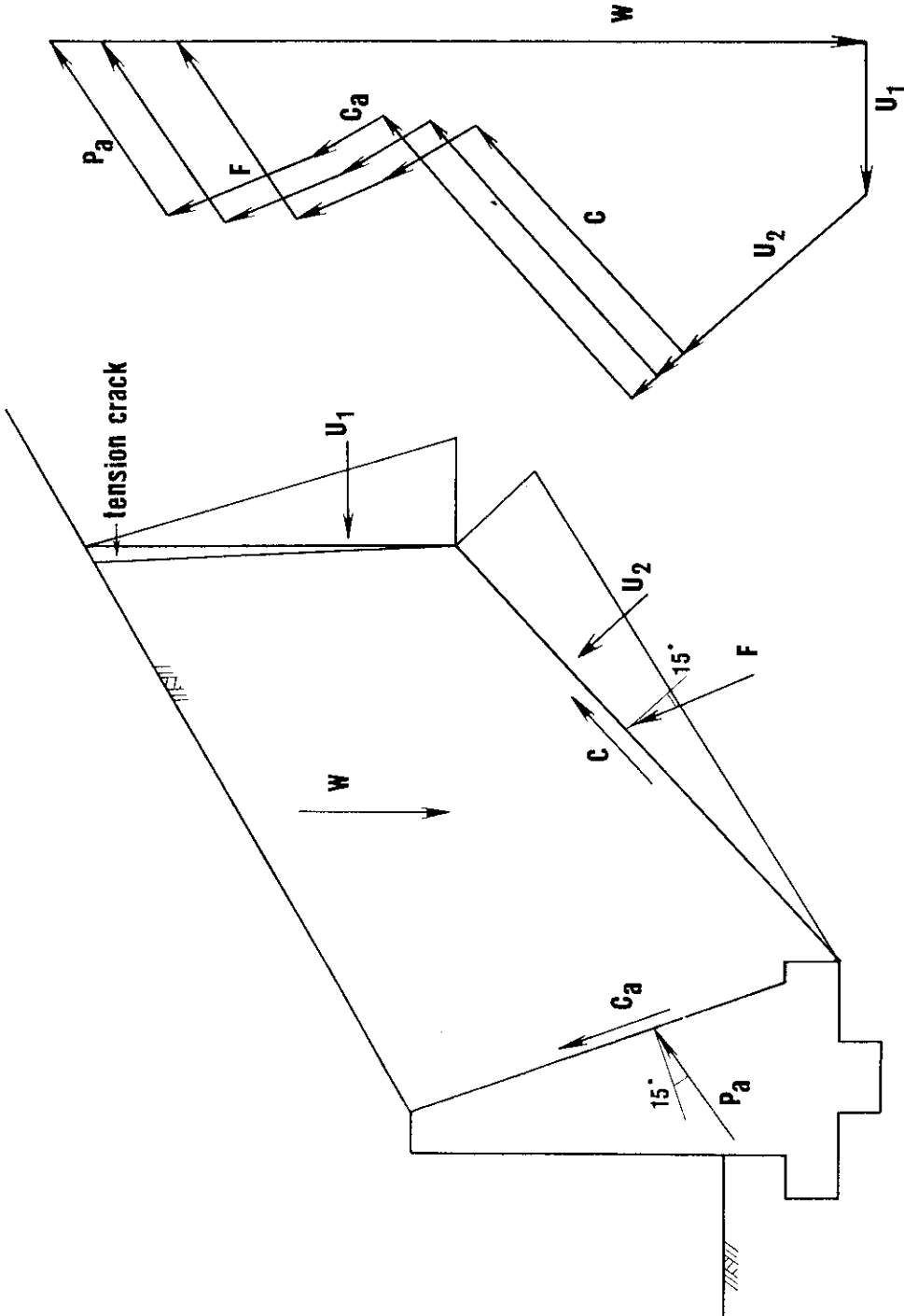


FIG. 2 Trial Wedge Method