

# Rock Bolt 인발특성과 RMR의 상관관계에 관한 연구

전성왕<sup>1)</sup> · 이희성<sup>2)</sup> · 윤지선<sup>3)</sup>

## 1. 서론

터널 시공에 있어 Rock Bolt는 Shotcrete, Steel Support와 함께 NATM 공법의 3대 지보재로서 터널 안정에 매우 중요한 역할을 한다. 이 Rock Bolt의 설계·시공관리의 안정성을 확인하기 위해 현장에서 타설한 Rock Bolt의 인발시험이 실시되고 있다. 인발시험은 Rock Bolt를 실제 시공하기에 앞서서 시공대상인 암반 또는 그와 유사한 암반에서 시험용으로 타설한 Rock Bolt의 인발내력 및 정착효과등 설계상 요구된 조건을 만족시키고 있는가를 확인하는 목적의 원위치 시험이다. 그러나, 종래에는 시공암반에 대한 Rock Bolt의 인발내력을 Rock Bolt 재료 자체의 항복강도를 적용시키거나 유사한 지질조건을 가진 지역에서의 시공실적에 의해 결정하고 있는 것이 보통이다.

본 연구의 목적은 Rock Bolt의 가장 적합하고 합리적인 설계 및 시공을 위하여 Rock Bolt 인발내력과 RMR의 상관관계를 규명하고자 하는데 있다.

## 2. 지질 및 구조

본 시험은 경기도 시흥에 위치한 서울외곽순환고속도로 ○공구의 길이 426m의 2ARCH 터널을 대상으로 하였다. 조사지역의 지질은 선캠브리아기의 편마암류와 이들을 관입하고 있는 중생대의 화성암류로 크게 나눌수 있으며 제4기의 충적층이 이들을 모두 부정합으로 덮으며 분포하고 있다. 지표지질조사 결과 관찰된 불연속면의 주향 및 경사는 불규칙하고 다양하나 대체로 N77W/60NE, N13W/88SE, N83W/65SW, N25E/85SE등 5종의 절리군으로 대별된다.

## 3. 시험방법 및 이론적 고찰

터널 굴착후 Face Mapping에 의해 RMR을 산정한후, 시공된 Rock Bolt를 인발하여 시험을 실시하였다. 시험에 사용한 Rock Bolt 및 Resin의 제원을 Table 1과 Table 2에 나타내었다.

Table 1. Characteristics of Rock Bolt for test

볼트종류	재 질	항 복 점 (kgf/cm <sup>2</sup> )	인장강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	볼트직경	길이 (m)	나 사 부		소 재 부	
						항복내력(tf)	파단내력(tf)	항복내력(tf)	파단내력(tf)
이형봉강	SD-35	35이상	50이상	D25	4	12.3	17.6	17.7	25.3

### 주요어 : Rock Bolt 인발특성, RMR

- 1) 인하대학교 지구환경공학부 석사과정 (신풍건설턴트 근무중)
- 2) 인하대학교 지구환경공학부 박사과정
- 3) 인하대학교 지구환경공학부 교수

Table 2. Characteristics of Resin for test

구 분	급 결	선 단	총 진
직 경 × 길 이	φ 32×650mm	φ 32×650mm	φ 32×650mm
발 포 율	2배	2배	4배
경 화 시 간	1시간	1시간	6시간
인 발 강 도	15~20Ton	10~15Ton	5~10Ton

시험용으로 사용된 Rock Bolt는 Drill Bit φ38 Jumbo Drill을 사용하여 천공하였으며, Resin은 「급결-선단-총진-총진」의 순서로 4개를 사용하여 시공하였다.

「인발내력의 산정은 인발변위량이 대폭으로 급증하여 변위에 따른 하중이 증가하지 않거나 변위에 반비례해서 하중이 내려갔을 때의 하중으로 판정하였다.」 따라서 Rock Bolt와 암반사이의 극한인발저항(부착력)은 Rock Bolt 두부의 탄성적인 변위량을 고려하여 식(1)에 나타내었다.

$$\text{극한 인발저항 } \tau_f = \frac{P_L}{\pi \cdot D \cdot l_a} \quad \text{식(1)}$$

식(1)에서  $P_L$ 은 Rock Bolt의 극한인발내력(kgf)이며,  $D$ 는 Rock Bolt의 직경(cm),  $l_a$ 는 Rock Bolt와 암반이 일체로 되어 작용하는 부분의 길이를 나타낸다.

#### 4. 결과

본 시험에서 Rock Bolt의 극한인발저항(부착력)과 RMR과의 상관관계를 비교검토한 결과를 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다.

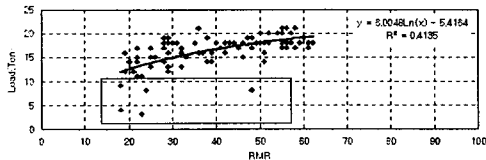


Fig. 1 .Relationship between ultimate pull-out internal force and RMR

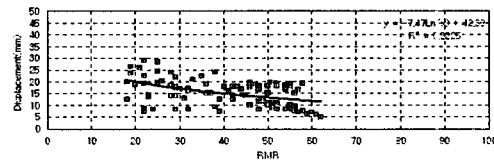


Fig. 2 .Relationship between ultimate pull-cut displacement and RMR

위 시험에서 Rock Bolt의 극한인발저항과 RMR과의 상관관계식을 얻을 수 있었다.

$$\text{Load} = 6.00 \text{Ln}(\text{RMR}) - 5.41 \quad (R^2 = 0.414) \quad \text{식(2)}$$

$$\text{Displacement} = -7.47 \text{Ln}(\text{RMR}) + 42.38 \quad (R^2 = 0.2225) \quad \text{식(3)}$$

Fig 1에서 Block 부분의 흠어짐은 극소적인 Joint의 방향성, 천공, 용수등에 의해 발생했다.

#### 5. 결론

- (1) RMR, 극한인발내력, 극한인발변위의 관계는 직선이 아니라 Log 함수의 관계이다.
- (2) RMR 60이상에서의 하중과 변위는 일정치에 수렴을 하고 있다. 즉, RMR 60이상에서의 극한인발내력은 Rock Bolt 재질, Resin 성질, 암반강도 및 특성등에는 좌우되지 않는다.
- (3) RMR과 극한인발내력과의 관계를 수식으로 산출하였다. (식 2)
- (4) RMR과 극한인발변위와의 관계를 수식으로 산출하였다. (식 3)