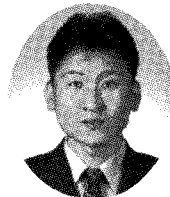


# Tunnelling Technology

## Single Shell NATM의 설계(Ⅱ)



**윤지선**  
인하대학교 지구환경공학부 교수



**김선명**  
인하대학교 지구환경공학부 박사과정

### 3. 암반 상태의 평가

#### 3.1 Q System의 개요 및 암반 평가

Q System은 북유럽에서 싱글 셸로서 유명한 NMT (Norwegian Method of Tunnelling)의 지반 평가법으로 광범위한 지반조건에서의 시공실적을 기초로 작성된 database의 신뢰성은 높다고 보여진다. 따라서 싱글 셸 설계법을 고려하는데 있어서 Q System을 사용하는 것이 기타 방법을 이용하는 것 보다 훨씬 용이하고 유효한 수단이라고 판단하고 있다.

##### 3.1.1 Q System의 개요

Q System은 Q값을 기초로 하여 tunnel의 규모나 용도에 따라 지보의 규모를 선정하는 것이며, 지보 규모의 선정은, 1,250개소 이상의 터널과 암반지하공동 영구구조물의 실적 data에 따르고 있다.

Q System의 지보설계(Fig. 1)의 사용방법을 설명한다. 이 그림의 횡축은 Q값을 나타내고, 노르웨이에서의 암반

등급을 그림의 최상단에 참고로 표시하고 있다. 또, 왼쪽 종축에는 터널 폭 또는 높이에 대해 ESR(공동지보비 : Excavation Support Ratio)라는 계수로 나눈 값(단위 : m)을 나타낸다.

또한, 오른쪽 종축에는 시스템 볼트의 평균 설치 길이를 표시하고, 위쪽 경계선에 주방향의 타설 간격을 표기하고 있다. 그러나, 최종적인 볼트길이의 결정(암반에 큰

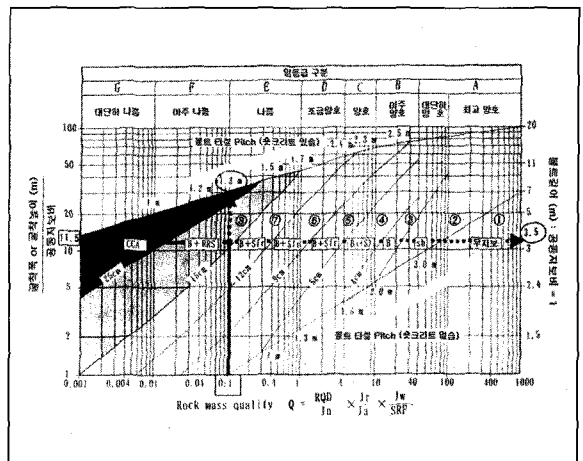


Fig. 1 Q System 지보설계 차트의 사용방법

Table. 1 각 용도에 따른 지보비(ESR) (1993년에 갱신)

굴착공동 Type	ESR
A 광산 갱도	2.0~5.0
B 광산에서의 영구 갱도 수력발전용 도수로 터널(압력관) Pilot 터널분할굴착시의 측벽도강 및 상반 선진부 압력 조정실	1.0~2.0
C 비상용 지하공동 수처리 Plant 지방도 및 지선철도용 터널 Access Tunnel	1.2~1.3
D 지하발전소 주요도로 및 간선철도 터널 지하요새 터널 갱구 터널 교차부	0.9~1.1
E 지하원자력 발전소 지하역 스포츠 및 공공시설 지하공장 주요가스 Pipe-line 터널	0.5~0.8

균열 개구부가 있는 경우는, 2배 또는 그 이상의 길이를 필요로 한다)이나 볼트 발생 축력(파단 강도)의 추정에는, 또 다시 수치해석을 사용한 상세한 설계검토가 필요하게 된다.

또한, Table. 1에서 각 용도에 따른 공동지보비 ESR의 값을 표시했다.

또, Table. 2에는 Fig. 1의 각 영역에서 표시한 설계 카테고리 지보 개요를 표시한다. 설계 카테고리 9에서 사용하는 RRS는, 철근과 슛크리트로 구성되는 “보”이다.

### 3.1.2 임반평가

절리성 암반에 있어서의 터널의 안정도는 절리의 수 및 overbreak(여굴)를 직접제어 하는 절리의 분포현황이 연관된다.

이러한 경향은 토파 또는 암반의 초기응력이 낮은 경우, 또는 암반의 압축강도가 높은 경우에 특히 현저하다.

암반 평가 Q는 아래에 표시하는 식의 기본적인 6개의 지표로 구성되어 있다. 암질 지수(RQD), 절리군의 수( $J_n$ ) 및 그 거칠기 현황( $J_r$ ), 이외에, 제4의 중요한 터널 안정도에의 영향계수는 점토가 절리에 협재하여 있거나 또는 풍화작용에 의해 변질되어 있는 정도를 표현하는 것이다( $J_a$ ). 또, 불연속면에서의 수압이나 용수량의 상태( $J_w$ ), 및 상대적인 암괴 크기, 암반강도, 지반의 팽윤성 등에 의해 표현되는 응력상태(SRF)를 고려하는 것도 중요하며, 이들에 의하여 성립하고 있다.

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

Table. 2 각 설계 카테고리의 지보 개요

설계 카테고리	Q 값	록볼트	슛크리트	힘부재	2차복공
1	10 이상	없음	없음	없음	없음
2		Spot Bolt (Sb)	없음	없음	없음
3		System Bolt(B)	없음		
4	3~10	System Bolt(B)	Shoterete(+S) 4~10cm	없음	없음
5	1~3	System Bolt(B)	SFRS(Sfr) 5~9cm	없음	없음
6	0.3~1	System Bolt(B)	SFRS(Sfr) 9~12cm	없음	없음
7	0.1~0.3	System Bolt(B)	SFRS(Sfr) 12~15cm	없음	없음
8	0.01~0.1	System Bolt(B)	SFRS(Sfr) > 15cm	RRS	없음
9	0.01이하	없음	없음	없음	CCA

## 3.2 Q값과 기타 지반지표와의 관계

### 3.2.1 RMR 분류 System과의 관계

RMR(Rock Mechanics Rating)분류 system은 Bieniawski에 의해 개발되었으며, geomechanics classification이라 불린다.

이 방법은 6개의 parameter, 즉

- ① intact rock의 일축압축강도
- ② RQD
- ③ 균열 간격
- ④ 균열의 상태
- ⑤ 지하수의 조건
- ⑥ 불연속면의 방향

으로 되어있다. 이들 parameter에는 평가점이 주어지게 된다.

RMR은 지반을 100~0의 숫자로 표시하는 방법으로 Q System과 더불어 널리 국제적으로 알려진 지반분류법이며, 지반의 여러 가지 성질 평가에 유효하다는 연구 성과가 많이 발표되고 있다. Q값과의 관계에 대하여

Bieniawski가 data를 바탕으로 작성한 것이 Fig. 2이며, 다음의 관계식으로 일반적으로 알려져 있다.

$$RMR = 9 \ln Q + 44 \quad (1)$$

일본 지반에 대한 연구 결과에 따르면 섬록암과 사암·혈암의 경우 다음과 같은 관계식을 얻을 수 있었다(吉中, 1988).

$$\text{섬록암} : RMR = 9 \ln Q + 44 \quad (2)$$

$$\text{사암·혈암} : RMR = 14.3 \ln Q + 20.3 \quad (3)$$

그 관계는 지반 종류마다 다르지만, 섬록암의 경우는 Bieniawski가 제시한 식과 같다. 이에 비하여, Barton·伊東(1995)이 제안하고 있는 RMR과 Q값의 상관성은 다음 식으로 나타내고 있다.

$$RMR = 15 \log Q + 50 \quad (4)$$

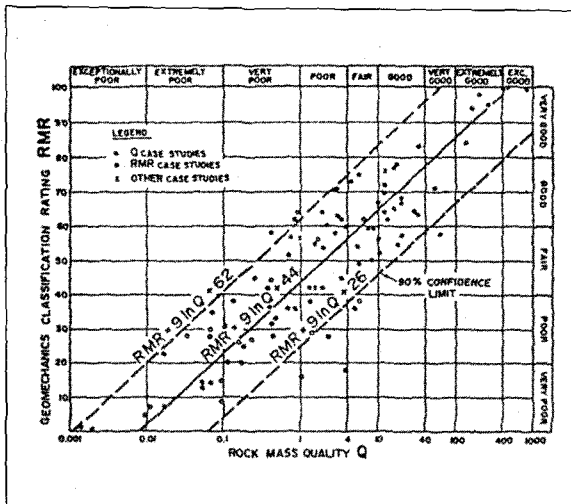


Fig. 2 각종 Data를 바탕으로한 RMR과 Q값의 상관성 (Bieniawski, 1976)

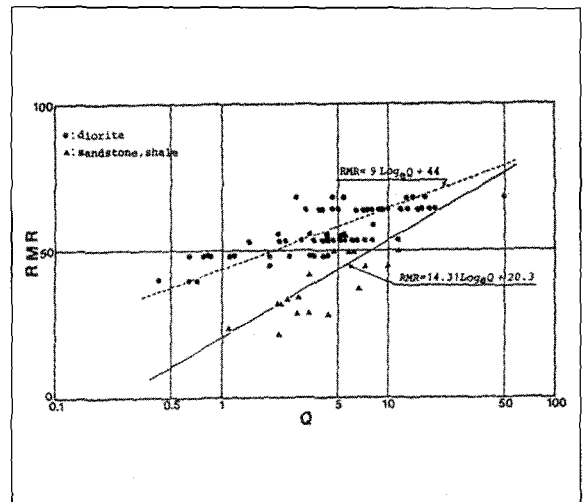


Fig. 3 암종의 차이에 따른 RMR과 Q값의 관계 (吉中, 1988)

### 3.2.2 Q값과 각종 시험 Data와의 관계

비교적 토피가 얇은 경암에 대한 탄성과 속도 data를 바탕으로, 탄성과속도  $V_p$ , Q값, 및 변형계수와와의 관계가 Bieniawski(1978), Serafim & Pereira(1983), Barton(1995)에 의해 규명되었다. Barton은 이들을 정리하여, Fig. 4 및 Fig. 5와 같이 나타냈다

Fig. 4에서는 아래의 식이 제안되고 있다.

변형계수(M) :

- Q값이 1이하인 경우

$$M = 10 \times Q^{1/3} \text{ (GPa)} \quad (5)$$

$$M = 10^{(R-10)/40} \text{ (GPa)} \quad (6)$$

- Q값이 1이상인 경우

$$M = 2 \times RMR - 100 \text{ (GPa)} \quad (7)$$

① Fig. 4의 식은 해석 설정시 신뢰하기에 충분한 시험치가 없는 경우나, 대략적인 물성치를 추정한 경우에 이용한다. 이들 식을 이용하여 사전 조사에서 얻은  $V_p$ 를 설계 Q값 산정을 목적으로 사용하는 것은 반드시 피해야 한다. 설계 카테고리를 구하기 위한 Q값은, core logging 또는 막장 관찰에 따라 의하여 얻어지는 것이 원칙이다.

② Fig. 4의 (5)식은, Q값이 1 이하일 경우 RMR이 50 이하의 Serafim & Pereira의 (6)식과 잘 일치하고 있다. 일축압축강도( $\sigma_c$ ), 간극율(n), 토피를 고려함으로써(Fig. 5를 이용) 현실적인 값에 가깝게 나타난다. 왜냐하면, 이들 요인은 탄성과 속도와 지반의 변형계수에 큰 영향을 주고 있기 때문이다.

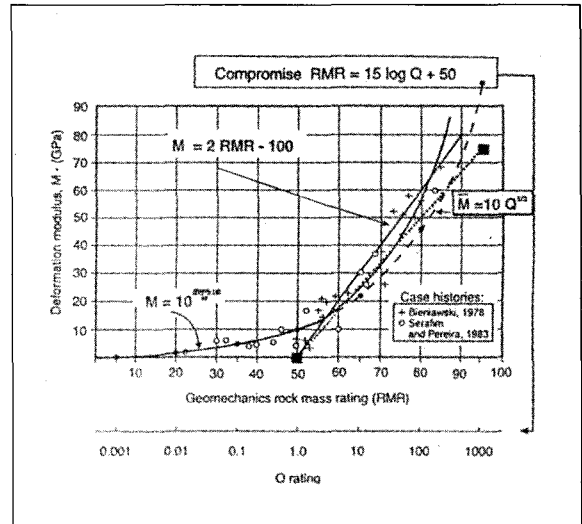


Fig. 4 암괴의 변형계수 평가법(1)  
(Bieniawski 1978, Serafim & Pereira 1983, Barton 1995)

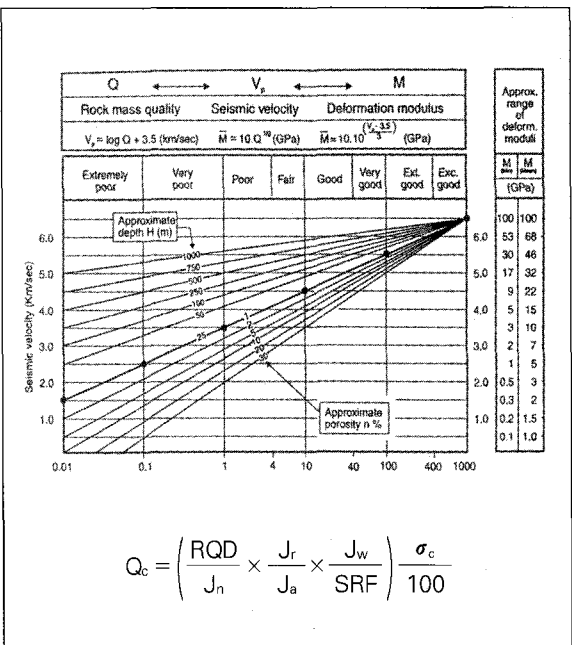


Fig. 5 암괴의 변형계수 평가법(2)  
(Bieniawski나 1978, Serafim & Pereira1983, Barton 1995)

Fig. 5에서 Q,  $V_p$ , M의 관계를 나타내는 3개의 식은, 얇은 토피(25m)에서의 간극이 적은 경암에 대한 관계식이다. 토피가 깊은 경우( $V_p$ , M은 증가), 간극율이 높은 경우 ( $V_p$ , M은 감소)는, 탄성과속도와 변형계수의 보정이 필요하다.

## 4. Single Shell의 설계법에 관한 기본적인 검토

### 4.1. 지반평가의 보조적 지표에 관하여

Q System을 이용한 NMT는,

- 강지보공은 사용하지 않고, 휨부재로서 RRS(리브보강 병용샷크리트)를 채용한다.
- Invert는 설치하지 않는다
- 원칙적으로는 제측을 실시하지 않는다

등의 특징을 갖는 공법이며, 경암을 중심으로 하는 북유럽에서의 대표적인 공법이다.

하지만 Q system을 그대로 설계 및 실사공에 적용하는 것은 고려해볼 여지가 있다. 즉, Q값을 산출하는 평가표를 사용함에 있어서 부적합한 것은 없지만, 시공경험을 바탕으로 신중한 대처가 요구되는 지질학적 상황에 대한 배점 방법의 고찰이 필요하다. 즉, 설계에서는 Q System에 의한 지반평가를 기본으로 하여, 별도 보조적인 지반 평가지표를 고려하여 설계 카테고리 선정의 개선 및 지보를 추가하는 방향으로 가야할 것이다.

일본의 경우에 있어서는 연암이 비교적 많이 존재한 C II 패턴 이하의 지반 분류의 범주에서는, Q값의 평가 항목에서 명확한 취급이 되고 있지 않는 일축압축강도  $q_u$ , 특히 습윤상태에서의  $q_u$ 와 연암의 붕괴 여부 및 팽윤성에 판단 기준이 될 수 있는 흡수율을 지반 평가의 보조적 지표로 하여 지반과 샷크리트의 부착력에 관한 고려를 하고자 하고 있다. 이 때 연암의 판정은 습윤일축압축강도  $30N/mm^2$ , 흡수율 5%로 하며 부착력이 충분하지 않다고 판단하면 휨부재나 invert 콘크리트를 설계에 반영한다.

### 4.2 샷크리트의 부착력

일반적으로 지론되는 샷크리트의 효과는,

- I. 지반과의 부착력 및 콘크리트의 전단강도로 압괴를

유지하는 작용

II. 지반과의 부착력으로 하중을 분산시키는 작용

III. 콘크리트의 휨 강도로 압괴를 유지하는 작용

IV. 콘크리트 축력으로 지반하중에 저항하는 작용이다.

유럽의 싱글 셸 복공에서의 샷크리트의 효과는, 「샷크리트는 암반과의 부착력이 충분히 확보되고, 몇몇 압편의 이동(변위)의 자유도를 구속한다. 암반의 이완(균열의 개구의 진행)이나 불안정화를 방지한다.」라는 개념이 기본으로 되어 있다. 즉, 유럽의 싱글 셸의 개념은, 상기의 샷크리트의 효과 중에서, I 과 II를 기대하는 부착력 Model의 개념이다. 일본의 터널에서는, III, IV를 중요시하여 축력 Model을 중심으로 하는 개념이다. 즉, 유럽과 일본의 지반 특성의 차이에 따른 고려로써 일본의 경우는 지반 변형거동이나 터널의 안정 문제를 좌우하는 것은, 지반과 복공의 상호작용을 지배하는 부착조건에 관여하고 있다고 생각하고 있다.

싱글 셸에 있어서, 샷크리트를 고강도로 하는 이유는 샷크리트의 강성을 높이는 것과 동시에, 종래보다도 부착력을 향상시키는 것으로 복공 두께의 줄임을 꾀하는 것이다. 또, 샷크리트는 강섬유의 보강을 전제조건으로 하고 있지만, 이것은 부착박리후의 휨 파괴나 인발 전단파괴의 위험에 대하여, 강섬유에 의한 휨 toughness의 개선이나 전단력의 보강 효과를 기대하는 것을 주목적으로 하고 있다.

### 4.3 용수대책의 검토

싱글 셸에서는, NATM에서 시공하는 방수시트를 생략한다. 또, 일본의 경우 복공면의 유지 관리의 어려움이나 경제적 이유에 의해, NMT로 채택하고 있는 전주내장(배면에서의 방수 대책공을 고려)을 도입하는 것은, 곤란하다고 생각하고 있다. 기본적으로는, 용수상황에 대해 각 시공 단계에서 도수와 지수를 대책공으로 활용하는 방법을 고려하고 있다. 터널 공용후의 샷크리트 복공의 균열 발생을 최대한도로 억제하고, 복공면으로 누수가 없는 품

질을 확보하는 것은, 2차복공을 시공하지 않는 싱글 셸에서는 유지관리상 중요하다.

쏿크리트 복공에 의한 싱글 셸에서는 용수 처리의 문제가 가장 중요한 point이며, 그 기본 조건을 개요로서 아래에 나타냈다.

- 쏿크리트 복공에는 수압을 걸지 않는다.
- 아치부 쏿크리트 복공의 마무리면으로부터의 누수가 없도록 한다.
- 터널 공용시에 용수처리공이 마무리면에 노출하지 않도록 한다.
- 내장은 벽면과 이격시킴으로써, 배수 경로를 내장판 배면에 확보한다.

복공의 마무리 면으로부터의 누수가 없도록 하기 위하여는, 지보 보강층 및 피복층에서 쏿크리트의 수밀성을 높이고, crack 발생을 억제하는 재료의 사용이나 배합을 검토한다.

- crack 발생을 억제하기 위하여 강섬유를 혼입한다. 독일, 스위스에서는 2개층 이후의 복공층에 강섬유를 혼입하는 효과가 인정되어, 실적이 늘고 있다.(특히, 현장 타설 콘크리트 복공이 가장 그 효과가 양호하다는 결과가 얻어지고 있다.)
- 쏿크리트의 강섬유 혼입량은, 본 설계법의 검토에서는 아래와 같이 결정했다.
  - 용수가 없는, 또는 50ℓ/min/km 이하의 경우 : 30kg/m<sup>3</sup> 사용
  - 50ℓ/min/km 이상의 경우 : 40kg/m<sup>3</sup> 사용
 단, 현장의 상황에 따라 50kg/m<sup>3</sup>를 한도로 강섬유 혼입량을 늘리는 것으로 한다. 사전설계에서는 30kg/m<sup>3</sup> 사용을 표준으로 한다.
- 실리카흙을 혼화재로서 혼입한다. micro 펄러 효과에 의한 유통성을 확보함과 동시에, 실리카흙 입자가

시멘트의 공극에 충전되어, 다시 포조란 활성화에 의해 장기에 걸쳐 치밀한 조직을 형성한다. 유럽에서는 실리카흙이 표준적으로 사용 되고 있지만, 일본에서는 고가이며, 이후에는 고로슬러그나 플라이애쉬 등의 재료에 관해서도 검토를 진행할 필요가 있다.

- 수밀성이나 crack 발생 억제가 요구된다, 또 기본적으로는 쏿크리트 초기재령에서의 강도가 요구되지 않는 지보보강층이나 피복층에서는, 급결제를 사용하지 않는다. 또는 최대한도로 혼화재나 강섬유를 사용하지 않는 쏿크리트로 하는 것이 중요한 시공 조건이다.

부연 설명으로서, 쏿크리트의 강섬유 혼입은, 유럽의 싱글 셸의 실적을 포함하여, 세계적으로는 특별한 사례를 빼고, 30~50kg/m<sup>3</sup> 사용이 일반적이다. 일본에서는 쏿크리트의 단위용적당 0.5%이상(약 40kg/m<sup>3</sup>이상)의 강섬유 혼입이 유효하다는 개념이다. 쏿크리트에서는, 현장 타설 콘크리트에는 없는 과대한 강섬유의 리바운드에 따른 재료의 손실 문제와 쏿크리트의 강섬유에 관한 품질이 일정치 않은 문제가 심각하다. 콘크리트 중에 강섬유가 많은 만큼, 휨강도나 휨 toughness를 개선하는 이론적 측면과 쏿크리트 실태 사이에 차이가 크므로 쏿크리트의 강섬유 혼입을 30~50kg/m<sup>3</sup>하는 방침으로 검토를 진행한 이후에 고품질 강섬유 보강 쏿크리트의 실적 data가 축적된 시점에서 재검토를 하려 하고 있다.

#### 4.4 보조공법의 활용

싱글 셸이라고 해서, 특별한 대책공을 필요로 하지 않으며, 또한 NATM에서 이용한 보조 공법을 활용하지 않는 설계의 개념은 전혀 아니다. NATM에 보조공법을 활용하는 경우와 같은 개념이다. NATM의 지금까지의 실적으로부터, 보조공법을 활용하는 경우는 다음의 경우로 생각되어진다.

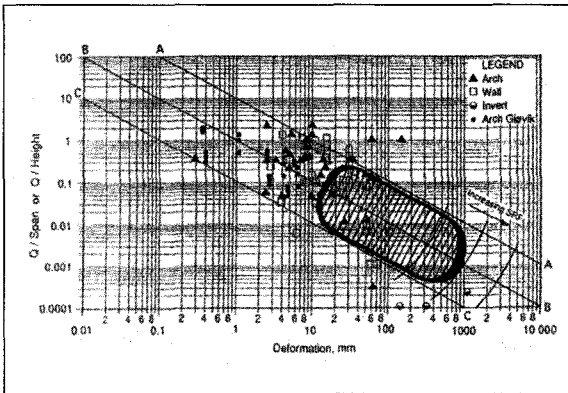


Fig. 6 Q값이나 SPAN, 심도에 따른 변위량(사선부분은 대만의 연암지반의 Data)

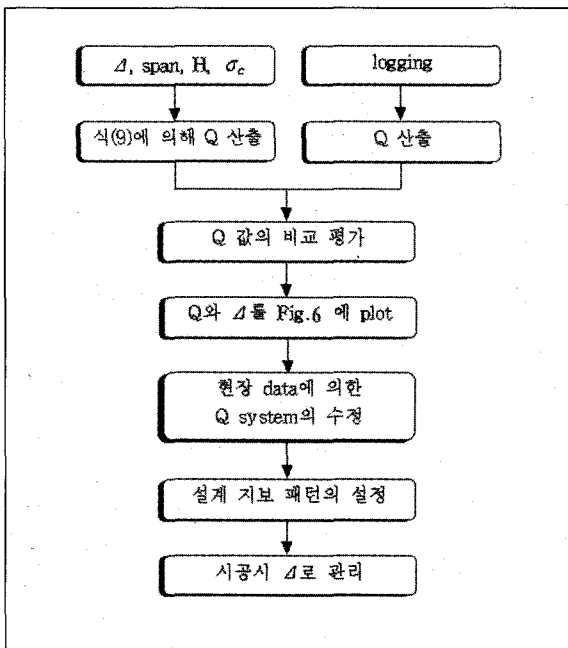


Fig. 7 Q 평가에 의한 시공관리

- 굴착 후의 막장 자립시간이 짧거나 지반의 소붕락이 있어 막장의 안정이 대단히 나쁘다.
- 갱구부, 계곡부에 있어 충분한 토파가 확보되지 않는다. 또, 사면붕괴나 큰 편토압이 예상된다.

- 중요 구조물이나 민가 등에 대한 영향을 최대한도로 억제 할 필요가 있다.
- 터널 굴착에 지장을 줄 것 같은 지하수의 존재가 확인 된다.
- 취약한 파쇄대가 존재 하거나, 또는 지반의 팽윤성에 기인하는 지반의 현저한 지압의 발생이나, 터널의 변형이 생긴다.
- 터널의 변형이 수렴되지 않고, 붕락 위험이 염려된다.

## 4.5 계측결과와 반영

### 4.5.1 Q값과 변위량과의 관계

Barton에 따르면, 터널 굴착에 따른 변형량은 Q의 관계로 나타낼 수 있으며, 최근에 얻어진 연암 지반에서의 다수의 사례를 추가해도 같은 경향을 나타내고 있다(Fig. 6).

같은 그림에 나타내고 있는 0.3mm~1000mm의 범위의 중간 line(B-B line)은, 단순한 다음의 관계식에 기초하고 있다.

$$\Delta(\text{mm}) \cong \frac{\text{SPAN}(\text{m})}{Q} \quad (8)$$

그러나, 이 값은 말할 필요도 없이 큰 범위를 표시하며, 심도나 일축압축강도와 서로 상관관계가 보여진다. 따라서  $(H/\alpha)^{1/2}$ 를 곱하는 것으로, 분포현황이 다소 개선된다고 생각된다.

여기에서 H는 토파(m),  $\alpha$ 는 일축압축강도(MPa)이다.

$$\Delta(\text{mm}) \cong \frac{\text{SPAN}(\text{m})}{Q} \left\{ \frac{H}{\alpha} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

### 4.5.2 계측 Data에 따른 Q값의 평가

식 (9)에 의해서 계측 Data로부터 Q값을 추정할 수 있

다. 한편, 코어나 막장의 Logging으로부터 Q값을 구하고 이들 Q값을 비교함으로써 Q값의 평가가 가능하게 된다. 또, Q값에 따른 평가를 지표로 해서 Q System(Rock Mass Classification)을 우리나라 현장에 맞는 Q System으로 개정하는 것이 가능해진다. 이 순서를 나타내면 Fig. 7와 같다.

## 5. 결론

- (1) NATM이 방수 시트에 의해 전단력을 전달할 수 없는 구조의 Double Shell NATM인데 대하여 싱글 셸은 지반과 복공이 밀접한 전단력의 전달이 가능한 고품질 구조체의 싱글 셸 NATM이라고 해석할 수 있다.
- (2) 숏크리트 복공의 싱글 셸은 복공이 지보층+지보보강층+피복층으로 되는 3층 구조를 기본구성으로 한다. 지보층(1층)의 두께는 유럽의 싱글 셸에서 채택되는 Q-System에 의한 복공두께를 채택하고 또 지보보강층(2층)과 피복층(3층)에 따라 복공두께를 두껍게 하여 강섬유 보강을 적당히 사용하는 것으로 방수성과 구조물의 안전성 확보에 고려한다. 또, 싱글 셸의 고강도 얇은 복공의 설계강도는  $36\text{N/mm}^2$ 로 한다. 즉 NATM의 설계강도의 2배로 설정하고 있으며 NATM의 2차 복공내력과 비교한 결과에서는 동등이상의 결과이다.
- (3) 지반평가에 관해서는 Q값에 따른 지반평가를 채택하지만 Q값으로부터 설계 카테고리 결정할 때에 지질상황에 맞는 보조적 지반지표를 새로이 채택을 고려할 필요가 있다.
- (4) 싱글 셸 복공의 개념은 상기에 나타난 바와 같이 얇은 복공이며, 균열성 지반에 대한 부착 모델로서 취급하며 지반과 복공의 부착상황이 각각의 상호작용을 지배하는 개념이다. 반면, 지반과 숏크리트에 의

한 복공의 부착력이 충분하지 않은 경우 부착 박리의 현상이 먼저 일어나며 악조건 하에서는 계속하여 휨파괴나 전단파괴를 불러일으킬 가능성이 높다. 필요한 부착력의 크기는 유럽의 시방서를 고려한 결과,  $0.5\text{MPa}$  이상이 현장의 판단으로 적절하다고 생각하고 있다. 따라서, 이 값을 확보할 수 없는 지반(토사지반, 취약한지반, 용수가 많은 지반, 또는 팽윤성이 염려되는 지반 등)에 대해서는 축력 모델적으로 높은 복공 지보강성이 요구되며, NATM의 선택 또는 보조공법의 채택을 포함한 검토를 별도로 하는 것이 바람직하다고 생각한다.

- (5) 숏크리트 복공에는 고품질 강섬유보강 숏크리트를 채택한다. 그 특징은
  - 실리카흙의 혼입에 따라 시공전의 숏크리트의 유동성을 확보하고 시공중의 리바운드를 감소시켜 콘크리트 조직의 치밀화를 도모하는 결과가 기대된다.
  - 강섬유 혼입에 의한 휨 toughness의 개선, 전단강도 보강의 효과가 현저하다.
  - 첨가량 관리를 철저히 하여 액체 알칼리 free 급결제를 사용하면 숏크리트의 리바운드나 분진의 대폭 저감을 기대할 수 있는 것과 함께 대량 뿜어붙이기가 가능하게 된다.

이들의 성능을 갖는 숏크리트의 채택에 따라 싱글 셸로서 요구되는 품질, 경제성, 시공효율이 종합적으로 확보된다.

## 참고문헌

- 1) 吉中龍之進, 「岩盤分類の發達経緯と動向」, (社) システム 総合研究所, 第4回 岩盤工學 세미나, pp11-47, 1988. 5. 31
- 2) N. Barton, 譯伊東, 「ノルウェートンネル工法 (NMT)의概要 (3)」, トンネルと地下, 1995. 12月號
- 3) N.R.Barton, 「NMT support concepts for tunnels in weak rocks」, World Tunnel Congress 98 on Metropolises Brazil, pp273-279, 1998.
- 4) 林正夫, 「軟巖における岩盤分類の工學上の背景」, 第4回岩盤



- 시스템工学 세미나, (社) 시스템 総合研究所, pp49-63, 1989. 5
- 5) 桑原啓三 : 「岩石の壓縮強度とせん断強度による分類の試み」, 岩盤分類應用地質特別號, 1984
- 6) 槽谷憲司 : 「岩盤物理量の相互關係および物理量による岩石の工學的分類に關する一提案およびその試料」, 應用地質,

- 19-4, 1978
- 7) S. V. L. Barrett and D. R. McCreath : Tunneling & Underground Space Technology, Vol 10 No. 1, 1995. 1
- 8) N. R. Barton : 「NMT support concepts for tunnels in weak」, World Tunnel Congress98 on Metropolises Brazil, pp273-279, 1998. 4

## 한국터널공학회 기술강좌 안내

학회에서는 학회활동의 활성화를 도모하고 회원들에 대한 서비스 증진과 터널기술자의 자질향상을 위하여 아래의 내용으로 터널기술강좌를 개최합니다. 관심 있는 기술인들의 적극적인 참여를 부탁드립니다.

### (1) 터널기술강좌를 개최하는 목적

- 터널기술자의 자질향상을 위한 평생교육(Continuing education)
- 학회활동의 활성화(Society's service to membership)
- 기술전파(Technology transfer)

### (2) 기술강좌 시행일자 및 장소

- 일자 : 2002년 11월 28일(목) - 29일(금)
- 장소 : 미정(추후 공지 예정)

### (3) 기술강좌 내용구성

- 터널기술의 이론 및 해석분야
- 터널설계 기술전반(지보재, 굴착(발파), 품질, 계측, 환기 등)
- 기계화 시공분야
- 신기술·신공법 분야(유지관리 포함)

### (4) 강사진

- 이론과 실무를 겸비한 유능한 강사로 구성(추후 공지 예정)