

남산 1호 터널 쌍굴
南山1號터널 쌍굴
추진공사 정밀 발파
掘進工事 精密發破

작업에 대한 안전도 검토
作業에 대한 안전도 검토
작업 대 안전도 검토

許 燦
工學博士 技術士

On the Cautious blasting pattern of Weak zone
of NAMSAN NO. twin Tunneling

Ginn Huh Engr.Dr.P.E.

ABSTRACT

The ϕ 4.5 meters pilot tunneling work is almost done to the ϕ 11.3 meters twin tunnel of NAMSAN No1.

The south side pit of 400 meters is weak zone of Rock status, so client request us to allow the cautious blasting pattern for drilling on the condition of 0.2 kine vibration allowance limited for the safety of side running tunnel.

The pattern of cautious blasting carried out by 6 time divided fiving on the round drilling depth of 1.20 meters(1.10) and also applied control blasting method with line drilling due to the reduction of vibration.

1. 암반안전성

1-1 목 적

서울시 퇴계로와 한남동을 잇는 남산1호 터널 쌍굴공사는 T.B.M에 의해 ϕ 4.5m는 거의 굴착하고 앞으로 ϕ 11.3m로 확공을 앞둔 시점이다. 지금까지 1차 시공시 제반 암반조건과 관련된 문제점을 점검하고 이를 토대로 안전시공대책을 마련코져 한다.

1-2 방 법

T.B.M에 의한 굴진의 경제성 및 안정성은 거의 대부분이 굴진 대상이 되는 암반의 상태에 좌우됨으로

가) 동 건설공사를 위한 종합보고서(한국종합

기술공사, 1988)와

- 나) 1차 시공중 조사된 현장 자료의 분석
- 다) 국내외 자료를 중심으로 검토하고 보다 더 효과적인 확공방법을 제시하기로 한다.

1-3 주요 검토내용

- 가) 연약지반의 효과적인 굴착방법인 N.A.T.M공법의 적용성 검토(부분발파에 의함)
- 나) 부분적인 발파시행시 기존 터널에 미치는 영향
- 다) 발파 진동치의 크기를 최대한 억제할 수 있는 효과적인 발파공법 제시

1-3-1 N.A.T.M공법의 적용가능성

1차 시공결과 1.530m 공사구간중 한남동측으

로부터 400m구간은 기존 보고서의 지질단면도(그림1)에 의하면 경암(II), 보통암(III), 연암(IV) 및 풍화암(V)로 분류되었으나 시공도중 조사 결과에 의하면 연암 및 풍화암 지역으로 암반조건이 악화되어 안전조업에 많은 문제점을 주었다.

몇가지 중요한 문제를 요약하면 다음과 같다.

(가) 암반의 조건 변화

한국종합기술공사의 보고서에 의하면 “한남동측에서부터 약300m구간은 풍화된 편마암으로 구성되고, 수액이 발달하여 용수가 많은 지역이므로 선진도갱을 굴진한 다음 전 구간의 토질조건을 확인하여 재검토한 후 확대 굴착시 정확히 반영

하여 지질조건에 맞도록 시공할 것”을 제의하고 있다.

또 시추 주상도(T.B-3 및 T.B-4)에 의하면 터널중심축의 높이 T.B-3의 경우 E.L 67.51m, T.B-4의 경우 E.L 66.5m구역은 파쇄대이다. 즉 심한 풍화작용으로 R.Q.D가 0~50%로 극히 불량한 지반인 것으로 나타났다.

시공중 확인 결과 400m구간은 매립토 및 풍화암, 파쇄대로 ϕ 4.5m인 선진도갱 시공시 강지보를 0.5~1m간격으로 설치하면서 조업하였다.

연장 464m시공중 총 30회에 걸친 봉락으로 하루 굴진거리가 최저 0.8m에 불과한 경우도 있었는데 그 구체적인 내용은 표1과 같다.

<표 1> 시공 구간별 봉락현황

연장(m)		34	50	190	90	36
봉락개소		3	3	12	9	1
암 상태	<ul style="list-style-type: none"> 경암 화강암 으로 상태 양호	<ul style="list-style-type: none"> 연암 심한절리 발달 지하수 거의없음 	<ul style="list-style-type: none"> 파쇄대 절리 심함 지하수 소량 	<ul style="list-style-type: none"> 연암, 파쇄대 절리상태에 심한 절토 형성 	<ul style="list-style-type: none"> 풍화암, 파쇄대 지하용수 과다유출 	<ul style="list-style-type: none"> 토사 + 풍화토

이들의 보다 더 구체적인 내용은 별첨1. “암반 분류상태”현황을 참고 바란다.

(나) Shotcrete타설시기

T.B.M으로 시공하면서 연암암반의 노출 즉시 보강을 시행하였으나 cutter station-front lager target station과의 간격이 867 + 2,476 = 3.3m로 이 3.3m를 통과한 다음 shotcrete를 타설하는데 최소한 6~7시간이 소요된다.

T.B.M으로 2~3stroke굴진후 shotcrete타설하기까지 자립되지 않아 낙반을 방지하기가 어렵고, 또 1차 변형이 된 다음에 shotcrete를 타설함으로써 보강효과가 의문시된다.

더욱이 shotcrete타설시 T.B.M기계 본체에 shotcrete반발제가 묻어 각종 기계 고장을 초래하고, 타설 장소가 협소하여 shotcrete타설각도가 직각으로 타설되지 않아 강도저하 및 rebound가 커지는 문제점, 증업원의 환기상 어려움 등이 불가피하였다.

(다) 시공 구간의 암석강도

T.B-3 및 TB-4 시추공내 경암을 대상으로 한 in-tact rock의 강도는 압축강도가 똑같이 1,450 kg/cm²이고, 인장강도는 각각 130 및 100kg/cm²로 경암으로 판단되었다.

그러나 현지 암반(in-situ rock)의 강도는 대단히 낮아서 파쇄대 또는 풍화암에 해당되는 것으로 생각된다.

시공 지역에서 강도 시험용 암석 시편을 채취하기 위하여 수차례 시도하였으나 균열의 발달로 암심(core)을 얻을 수 없어 현지에서 채취된 크기가 100~500cm³ 정도인 암석편에 대한 점하중 시험(point load test) 결과는 표2와 같다.

점하중 시험은 비정형(非整形)시험편에 대한 간접인장강도 시험법으로 직접 인장강도시험으로부터 구한 값과는 차이를 보이지만 구역별로 암석의 상대적인 강도를 비교하는 데는 유용한 방법으로 생각된다.

표2의 19개 값중 한남동측에서부터 400m구간 외인 sta. 49 + 18, sta. 40의 sample은 강도가 다른

〈표 2〉 구역별 정하중 강도의 크기

구 분	위 치		점하중강도	
	기준점부터	한남동측에서		
sta76	1,520(m)	10(m)	50.3kg/cm ²	
sta74+14.2	1,494.2	36	49.5	
sta73	1,460	70	15.5	
sta72	1,440	90	12.0	
sta71+15.5	1,435.5	95	< 27.3 16.5	
sta69	1,380	150	< 35.9 18.3	
sta68	1,360	170	45.9	
sta66	1,320	210	10.9	
sta65+15	1,315	215	123.9	
sta65+10	1,310	220	7.1	
sta64	1,280	250	35.0	
sta62+2	1,242	288	95.6	
sta57	1,140	390	45.5	
sta56	1,120	410	93.8	
sta53+10	1,070	460	40.1	한남동측에서
sta49+18	998	532	389.2	부터 400m
sta40	800	730	168.7	> 구간외

암석편에 비하여 월등히 강하고, sta 65 + 15의 sample은 비교적 강도가 큰 편이다.

(라) Gripper Pressure와 굴삭능률

φ4.5m용 T.B.M은 2개의 gripper에 작용하는 하중이 약 1,200톤으로 이때 thrust pressure는 4,500p.s.i에 해당된다. 이와같은 압력에서 정규 절삭능률을 유지할 수 있다. 그러나 주위 암반이 연약하거나, 파쇄대가 발달한 경우 암벽과 gripper 사이에 버팀목을 설치하여 유지하는 때에도 total thrust는 겨우 1,500~2,000psi에 불과하여 다른 암반 및 조업조건이 양호하다고 가정하더라도 절삭능률은 정규속도의 1/3에 미달된다.

참고로 T.B.M φ7m의 굴진은 thrust압력이 2,500 N.m이상이라야 하는 것으로 알려지고 있다. (부산 지하철 1호선 감리보고서, 대우엔지니어링, p.177~181)

더욱이 φ11.3m로 확공시 T.B.E(IV-450/1130 OH)의 gripper pressure는 2,265ton으로 φ4.5m에 비하여 약 2배의 압력을 주위 암반에 작용시킴으로 더 많은 문제가 예상된다.

(마) T.B.M의 가동과 부식의 처리

시추 주상도와 현지조사결과 대체로 400m 구간의 상부는 파쇄대, 하부는 비교적 강도가 더 높은 것으로 추정된다.

이와같이 한 단면내에 암질이 불균질한 조건에서 T.B.M에 의한 굴진작업을 할때 gripper의 지지력이 하부에서 상부로 전이되기 때문에 터널의 방향이 상부측으로 경사될 우려가 있다.

또한 파쇄 암석편중 그 크기가 80mm 이상인 것은 최선단부에서 belt conveyor로 옮겨질때 belt의 파손을 초래하고 보다 더 큰 암석편이 상부 파쇄대에서 존재할 때는 blade 사이에 끼여 작업에 지장을 초래할 우려마저 있다.

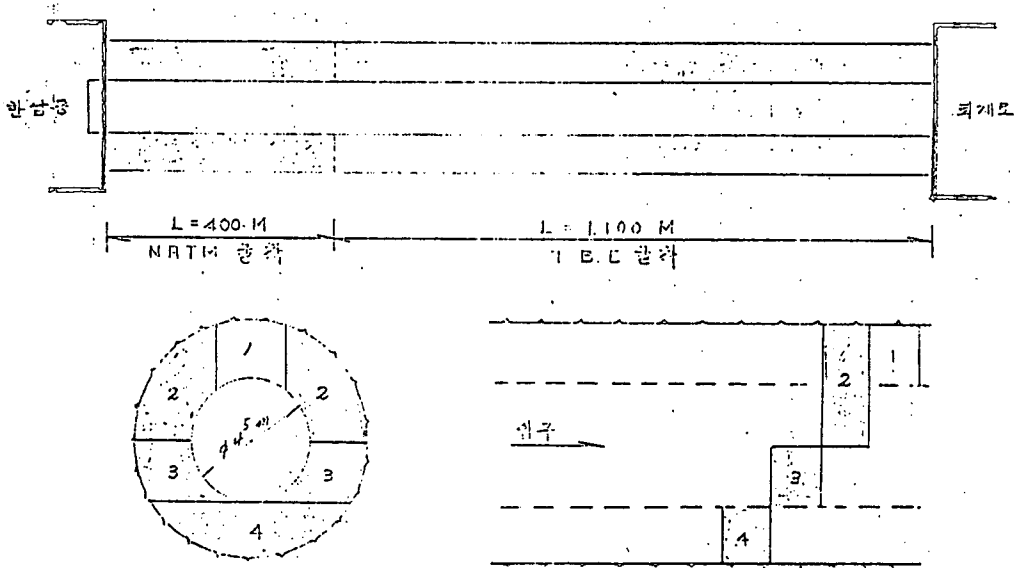
이상 몇가지 문제점을 검토한 바와 같이 파쇄대 암석 또는 풍화암은 T.B.E로 확공시는 그 단면이 φ4.5m~φ11.3m로 대폭 증가함으로 위에 열거한 문제점은 더욱 심각해져서 낙반에 의한 위험부담이 더욱 커진다.

따라서, 한남동측으로부터 400m구간은 T.B.E로 작업을 하는 것보다 연약암반의 효과적인 굴착법으로 국내외에 실증적으로 알려진 N.A.T.M공법으로 대체하고 잔여구간은 당초 계획대로

T.B.E에 의한 조업으로 시공함이, 보다 안전조업을 이룩하는 방안이라 사료된다.

또 N.A.T.M공법을 적용하더라도 발파로 인한 진동의 영향을 최소화하면서 shotcrete타설시기를 가장 짧게 단축시킬 수 있는 그림2와 같은 부분 N.A.T.M공법의 채택이 타당할 것으로 판단된다.

즉, 전단면을 1회에 걸쳐 굴착하지 않고 예컨대 4차로 분할하여 시공한다. 그림에서 ①부분굴착 - ①부분 shotcrete타설 - ②부분굴착 - ②부분 shotcrete타설 - ...부분 shotcrete타설의 순서로 시공함으로써 기존 터널이나 인접 시설물에 미칠지 모르는 진동을 최소로 할 수 있어 효과적인 시공법이라 판단된다.



(그림2) 부분 NATM공법의 시공순서

1-3-2 기존 터널에 의한 발파진동치의 영향 신설 남산1호 쌍굴터널 주위에는 다음과 같은 시설물이 위치하고 있고 또한 기존 터널이 있는바 부분발파에 의한 N.A.T.M 시공시 진동에 의한 영향을 검토하기로 한다.

구조물에 대한 진동의 영향은 구조물의 종류가 다양하기 때문에 일률적으로 결정하기 어렵고, 또 각 구조물에 대한 실험을 실시할 수도 없기 때문에 국내외에서 이미 사용 또는 발표된 자료를 중심으로 살펴보기로 한다.

(가) 검토 대상 구조물의 조건

쌍굴터널 주위에는

- 남산 맨션아파트, 남산 외인아파트등 : 약 60 m떨어짐

- 기존 남산1호터널 : 수평으로 약 16m(c.t.)

c)

수직으로 약 m

기존 터널은 당초 10.8m(나비) × 9.5m(높이)

이였으나 그림3과 같이 1차보수후 단면이 축소되었다.

또 터널내부 구조물은 시멘트블록, ceiling block, 몰타르, ASP방수 몰타르로 축조되었음.

위와같은 조건에서 기존 터널의 단면 축소시 측벽인 concrete block와 천정부의 연결점은 콘크리트타설로 정정구조물에 해당됨으로 발파진동과 같은 적은 에너지를 가진 외부하중 작용에는 안전할 것으로 판단된다.

따라서 발파진동의 영향을 다음과 같은 조건으로 나누어 검토한다.

가. 콘크리트

나. 몰타르

다. 기존 터널과 concrete지보 사이의 공간에 filling이 불완전하여 부분적으로 암반이 노출되었다고 가정하고 암석의 낙반

(나) 국내에서 기준이 되었던 허용 진동치의 크기

국내에서는 이미 서울지하철과 부산지하철 건설되면 각각 표3 및 표4와 같다.
설시 그 기준이 제시된바 있기 때문에 이를 예로

〈표 3〉 서울지하철 기준

건물의 등급	I	II	III	IV
분 류	문화재	주택, 아파트 (실금이 있는정도)	상 가 (craek이 없는 상태)	철근콘크리트 빌딩 및 공장
건물기초에서의 허용진동치 (cm/sec)	0.6	0.5	1.0	1.0-4.0

〈표 4〉 부산지하철 진동속도허용치 (단위 : cm/sec=kine)

구 분	문화재	주택, 아파트	상 가	철근콘크리트 빌딩 및 공장	computer 시 설 물
건물기초에서의 건용 진동치	0.2	0.5	1.0	1.0-4.0	0.2

공구주변 가옥에 대한 값 : 0.5cm/sec

(타) 외국의 허용진동치 기준 계는 표5와 같다.

- ① Edward, U.S.B.M, Banik, ASCE 등의 연구 결과 발파진동 속도와 구조물의 피해 관
② 기타 각종 자료

〈표 5〉 발파진동과 피해범위

연구자 진동치	Langefors (Sweden)	Edwards (Canada)	USBM (U.S.A)	E. Banik (Germany)	ASCE	
편파 속도 (cm/sec)	50	큰 균열이 발생 피해 발생	큰 피해의 균열이 발생 벽체의 흠이 떨어짐	큰 피해	피해물이 위험	
			가벼운 피해			
	10		요주의			피해 발생
	5	요주의	요주의	극히 가벼운 피해	10Hz, 30Hz 기계의 안전한계	
	1	눈에 보이는 피해는 없다.	안 전	안 전	요주의	
	0.5	인체에는 잘 느껴지나 구조물에 피해는 없다.				
	0.1	일반적으로 많은 사람이 진동을 느낀다.				
	0.05	대단히 민감한 사람만이 진동을 느낀다.				
	0.01	인체에 감각이 없다.				
	0.005					

- ㉑ Siskind(1981, 미국) :
주거용 건물의 발파한계 2.0cm/sec
- ㉒ Dupont Co :
안전한계 5.0cm/sec
터널암반의 낙석유발 30.5cm/sec
- ㉓ A. J. Hendron(1977) :
라이닝을 하지 않는 지하터널의 발파진동 허용치 : 46cm/sec
- ㉔ Kendorski(1983) :
콘크리트 라이닝에 미세균열발생 9.0 cm/sec
- ㉕ Edwards and Northwood(1960) :
콘크리트 구조물 10.2cm/sec
- ㉖ Crawford and Ward(1965) :
콘크리트 구조물 25.4cm/sec
몰타르 7.6cm/sec
- ㉗ E. W. Howes(1979) :

콘크리트 양생 28일 강도기준 12.7cm/sec

따라서, 이상 각종 자료를 종합해보면 콘크리트, 몰타르, 터널 암반의 낙석유발중 가장 민감한 것은 몰타르로서 이를 기준할때 진동치의 크기는 7.6cm/sec이며, 가장 적은값은 siskind의 기준으로 2.0cm/sec이다.

(라) 부산지하철 건설시 공구 주위에서 시험한 자동속도

이상 국내의 자료를 간략히 살펴보고자하니 국내의 자료 즉 서울 및 부산지하철 건설시 설정한 기준은 외국의 값보다 훨씬 적은 것을 알 수 있다. 즉 표6에서와 같이 부산지하철에서 기준으로 한 0.5cm/sec는 일상생활에서 생길 수 있는 진동치의 범위이며 국내의 자료를 참고할때 몰타르, 콘크리트 등에 대해서는 물론 주택, 아파트등에 대해서도 안전한 허용기준치로 사료된다.

〈표 6〉 공구주위에서 시험한 진동속도

구 분	한발을 굴렀을때	두발을 굴렀을때	버스나 트럭이 지날때	발 파 시
진동치크기 (cm/sec)	0.16~0.35	0.4~0.63	0.28~0.89	0.03~0.5
측 정 위 치	방구들	방구들	도로변	주변가옥내

표6과 같이 0.5cm/sec는 일상생활에서 생길 수 있는 진동이다.

참 고 :

1. 한국종합기술공사, 1988.
2. 터널신공법(NATM) 감리보고서(부산지하철 1호선)-대우엔지니어링, 1987.
3. G. A. Foster : Preparation-The key to a good legal defence, 1985.
4. E. V. Howes : Effects of Blasting Vibrations on Curing Concrete, 1979.

2. 정밀발파 Pattern

이상 논술한 바와같이 남쟁구부근은 연약지반으로 인하여 TBM굴진이 불가함으로 부득이 착암기천공에 의한 발파작업으로 일부 대체코자 다음과 같이 계획하였다.

발파 Pattern의 작성기준은 진동허용치를 0.2 Kine 으로 낮게 설정한 첫째 이유로서는 기존 터널(A구역)굴진 시공당시 파쇄대 암질로 인하여 강

지보(Steel Arch)을 50cm간격으로 시공했으며, 둘째 그간 암반의 지압작용으로 터널단면폭 10.80m가 8.40m로 축소 보완되어 가동되고 있는 점등을 감안한 것이다.

터널 발파전단면(직경 11.30m)을 상하단으로 양분할때 상부를 상기와 같이 연약한대 비하여 하부는 비교적 안전한 연암 화강암으로 되어있다. 갱구로부터 200~400m구역(B구역)은 다음의 경암화강암대와 이어지는 중간구역은 보통암(화강암)으로 구성되어 있다.

따라서, 굴진작업계획은 다음과 같다.

① 터널전단면을 상하배분하여 상단 관통후 하단을 굴진한다.

② 상하단 각각 2등분하여 분할발파로 하되 작업순서는 1, 2, 3순으로 진행한다. 1구간의 35공을 2회분할 점화하는 것을 원칙으로 하되 시험발파 결과에 따라 결정한다.

③ 천공은 소형 Jack leg 빗트경 $\phi 36\text{mm}$ 로 하

고 사용등은 Kovex $\phi 25\text{mm}$ 점화는 M/S전기
리관으로 하여 진동절감의 효과를 기한다.

㉠ 최소저항선(Burden)과 공간거리는

	Burden	Space	굴진장
A 구역	70	75	1.2(1.1)m
B 구역	65	70	1.6(1.5)
단 $\phi 45\text{mm}$	75	80	2.4(2.2)

2-1 시험발파시행지침

1. 시험발파 목적은 계측된 Kine, 변위 및 주파수등 물성치와 계획된 Drilling Pattern설계와의 비교검토를 통해 굴진작업에 대한 작업지침서를 작성하는데 있으며 보다 더 안전하고 보다 더 효율적인 작업을 추진하는데 있다.
2. 시험발파는 인근주민, 관할경찰관, 공사감리자 및 공사감독관 입회하에 화약류 보안책임자(화약류관리기사)가 시행해야 한다.
3. 발파진동계기는 DS-477 Blastmate(전용계측기)를 사용하거나 이와 동등한 기기를 사용한다.
4. 시험발파의 진동허용치는 0.2cm/sec를 기준으로 하되 계측된 결과를 가지고 지발당장약량 및 전기최관점화수를 조절한다.

2- 발파작업지침

1. 터널 전단면($\phi 11.30$)을 상하단으로 양분하여 상단관통후 하단을 굴진하며 작업순서를 1,2,3순으로 진행한다.
2. 소형착암기 빗트경 $\phi 36\text{mm}$, (단, B구역을 빗트경 $\phi 45\text{mm}$ 로 가능)으로 천공장을 지렛대 및 줄자를 가지고 정확한가를 확인해야 한다.
3. 장약전 Blow Pipe로 천공속의 잔물을 제거하여 완폭을 기한다.
4. 장약시 역기폭방식으로 장전하고 진색(Earth Dumping)으로 잘 다지되 공발로 인한 대폭음발생을 예방한다.
5. 전기뇌관의 결성방식은 Wide-Spread로 한다.
6. 발파직전에 철골아-취를 절단하고 발파직후 Shatcrete을 친다.
7. A,B구역중간에 작업장 증설을 기하고 Cut

은행폭은 약 0.4m, 증폭은 1.2m로 한다.

8. 발파작업시간을 정하여 계산판 등을 통하여 사전 계시하되 인근 주민 및 통행인의 협조를 구한다.

2-3 지발당장약량, 진동치 및 폭원과의 거리등 함수관계식

서울지하철 실험식

$$V = KW^{0.5}D^{-1.5}$$

$$0.2 = 18 \times 0.505^{0.5} \times 16^{-1.5}$$

$$0.2 = 18 \times 0.987^{0.5} \times 20^{-1.5}$$

$$0.2 = 23 \times 0.309^{0.5} \times 16^{-1.5}$$

$$0.2 = 23 \times 0.604^{0.5} \times 20^{-1.5}$$

$$0.2 = 28 \times 0.208^{0.5} \times 16^{-1.5}$$

$$0.2 = 28 \times 0.408^{0.5} \times 20^{-1.5}$$

K=편마암

풍화암18, 연암23

보통암28

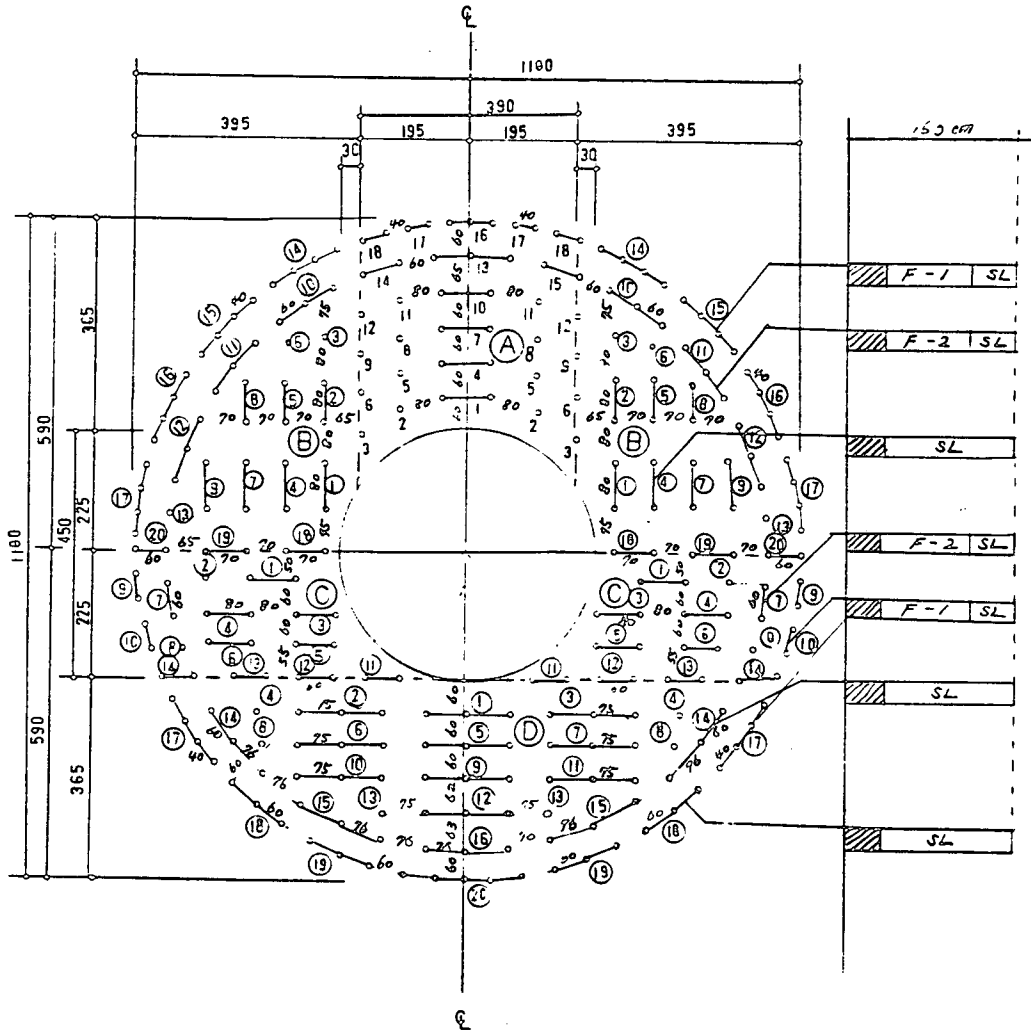
V=진동치(cm/sec)

W=지발당장약량(kg)

D=폭원과의 거리(m)

2-5 표준단면도 3. Drilling & Ignition pattern (연암)

$S = 1 : 75$ Borden ; 65 cm
 단위 ; cm Spacing ; 70 cm
 ○ 內는 DSD Drilled depth
 기하 MSD ; 1600 mm



SUMMARY OF CHARGE

연암

Blasting sequence	No. of holes			charge (kg)					Detonator (pcs)		
	charged	empty	sub-total	Slurry	F-1	F-2	Sub-total	MSD	DSD	sub-total	
1 ㉔	42	-	42	10.125	1.21	0.875	12.21	42	-	42	
2 ㉔	96	-	96	20.7	3.52	2.5	26.72	-	96	96	
3 ㉔	52	-	52	14.4	0.88	0.75	16.03	-	52	52	
4 ㉔	76	-	76	23.85	0.88	-	24.73	-	76	76	
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
Total	266	-	266	69.075	6.49	4.125	79.69kg	42	224	266pcs	
Volume (m ³)				93.40715m ³	1.50m ³		140.11m ³			140.11m ³	
Specific charge(kg/cm ³)							0.569kg/m ³			1.90 pcs/m ³	

Ⓐ CHARGE CALCULATION

연암

Cap No.	Number of Hole	Amount of Charge						Total	Remarks
		Slurry (Kovex-100)		F-1		F-2			
		per hole	sub-total	per hole	sub-total	per hole	sub-total		
M/S 1	hole 2	pcs 3	pcs 6	pcs	pcs	pcs	pcs	675 ^g	
2	2	3	6					675	
3	2	3	6					675	
4	2	3	6					675	
5	2	3	6					675	
6	2	3	6					675	
7	2	3	6					675	
8	2	3	6					675	
9	2	3	6					675	
10	2	3	6					675	
11	2	3	6					675	
12	2	3	6					675	
13	3	1	3			1	3	712.5	
14	2	1	2			1	2	475	
15	2	1	2			1	2	475	
16	3	1	3	1	3			667.5	
17	4	1	4	1	4			890	
18	4	1	4	1	4			890	
Total	holes 42	-	pcs 90	-	pcs 11	-	pcs 7	12,210 ^g	
규격	-	^{mm} φ 25	^g 112.5	^{mm} φ 17	^g 110	^{mm} φ 22	^g 125	-	
Total charge	holes 42	-	^g 10.125	-	^g 1.210	-	^g 875	12.21 ^{kg}	

㉔ CHARGE CALCULATION

연암

Cap No	Number of Hole	Amount of Charge						Total	Remarks
		Slurry (Kovex-100)		F-1		F-2			
		per hole	sub-total	per hole	sub-total	per hole	sub-total		
D/S 1	hole 4	pcs 3	pcs 12	pcs	pcs	pcs	pcs	1,350 ^g	
2	4	3	12					1,350	
3	2	3	6					675	
4	4	3	12					1,350	
5	4	3	12					1,350	
6	2	3	6					675	
7	4	3	12					1,350	
8	4	3	12					1,350	
9	4	3	12					1,350	
10	6	1	6			1	6	1,425	
11	6	1	6			1	6	1,425	
12	6	1	6			1	6	1,425	
13	2	1	2			1	2	475	
14	8	1	8	1	8			1,780	
15	8	1	8	1	8			1,780	
16	8	1	8	1	8			1,780	
17	8	1	8	1	8			1,780	
18	4	3	12					1,350	
19	4	3	12					1,350	
20	4	3	12					1,350	
Total	holes 96	-	pcs 184	-	pcs 32	-	pcs 20	26,720 ^g	
규격	-	mm φ 25	g 112.5	mm φ 17	g 110	mm φ 22	g 125	-	
Total charge	holes 96	-	g 20,700	-	g 3,520	-	g 2,500	26.72 ^{kg}	

© CHARGE CALCULATION

연암

Cap No.	Number of Hole	Amount of Charge						Total	Remarks
		Slurry (Kovex-100)		F - 1		F - 2			
		per hole	sub-total	per hole	sub-total	per hole	sub-total		
D/S 1	hole 4	pcs 3	pcs 12	pcs	pcs			1,350 ^g	
2	2	3	6					675	
3	4	3	12					1,350	
4	4	3	12					1,350	
5	4	3	12					1,350	
6	4	3	12					1,350	
7	4	1	4			1	4	950	
8	2	1	2			1	2	475	
9	4	1	4	1	4			890	
10	4	1	4	1	4			890	
11	4	3	12					1,350	
12	4	3	12					1,350	
13	4	3	12					1,350	
14	4	3	12					1,350	
Total	holes 52	-	pcs 128	-	pcs 8	-	pcs 6	16,030 ^g	
규격	-	φ 25 ^{mm}	112.5 ^g	φ 17 ^{mm}	110 ^g	φ 22 ^{mm}	125 ^g	-	
Total charge	holes 52	-	14,400 ^g	-	880 ^g	-	750 ^g	16.03 ^{kg}	

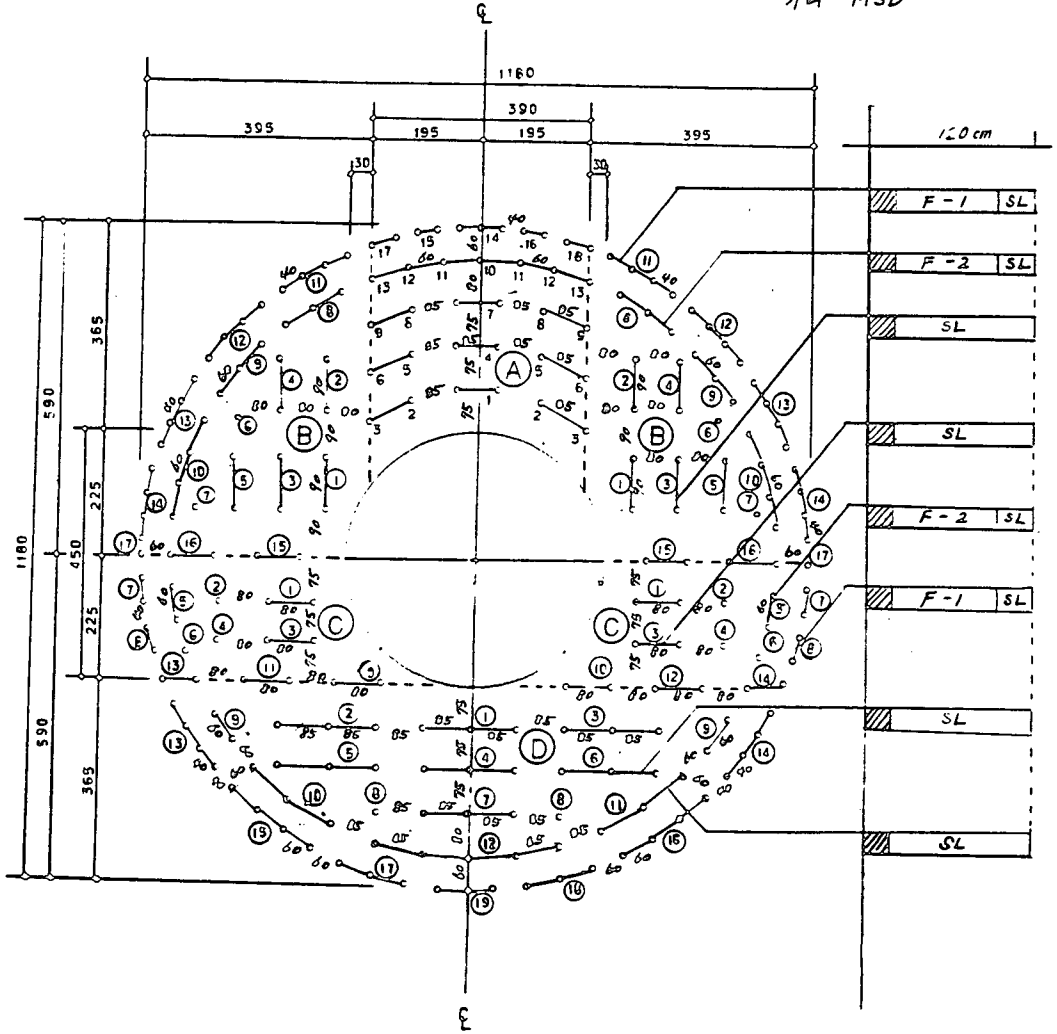
① CHARGE CALCULATION

연암

Cap No	Number of Hole	Amount of Charge						Total	Remarks
		Slurry (Kovex-100)		F-1		F-2			
		per hole	sub- total	per hole	sub- total	per hole	sub- total		
D/S 1	hole 3	pcs 3	pcs 9	pcs	pcs	pcs	pcs	1,012.5 ^g	
2	3	3	9					1,012.5	
3	3	3	9					1,012.5	
4	2	3	6					675	
5	3	3	9					1,012.5	
6	3	3	9					1,012.5	
7	3	3	9					1,012.5	
8	2	3	6					675	
9	3	3	9					1,012.5	
10	3	3	9					1,012.5	
11	3	3	9					1,012.5	
12	3	3	9					1,012.5	
13	2	3	6					675	
14	6	3	18					2,025	
15	6	3	18					2,025	
16	3	3	9					1,012.5	
17	8	1	8	1	8			1,780	
18	6	3	18					2,025	
19	6	3	18					2,025	
20	5	3	15					1,687.5	
Total	holes 76	-	pcs 212	-	pcs 8	-	-	24,730 ^g	
규 격	-	^{mm} φ 25	^g 112.5	^{mm} φ 17	^g 110	^{mm} φ 22	^g 125	-	
Total charge	holes 76	-	^g 23,850	-	^g 880	-	-	24.73	

2-6 표준단면도 3. Drilling & Ignition pattern (풍화암)

S = 1 : 75 Burden : 75 cm
 단위 ; cm Spacing : 80 cm
 ○ 内 = DSD Drilled depth
 기타 MSD : 120 cm



SUMMARY OF CHARGE

Blasting sequence	No. of holes		charge (kg)					Detonator (pcs)		
	charged	empty	sub-total	slurry	F-1	F-2	sub-total	MSD	DSD	sub-total
1 ㊸	35	-	35	5.0625	1.21	0.875	7.1475	35	-	35
2 ㊹	86	-	86	11.025	3.52	2.5	17.045	-	86	86
3 ㊺	38	-	38	6.1875	0.88	0.75	7.8175	-	38	38
4 ㊻	63	-	63	12.15	0.88	0.5	13.53	-	63	63
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
Total	222	-	222	34.425	6.49	4.625	45.54 kg	35	187	222
Volume (m ³)				93.40715m ³	1.10 m =		102.74 m ³			102.74 m ³
Specific charge (kg/m ³)							0.444kg/m ³			2.161 pcs/m ³

Ⓐ CHARGE CALCULATION

풍화암

Cap No.	Number of Hole	Amount of Charge						Remarks	
		Slurry (Kovex-100)		F-1		F-2			Total
		per hole	sub-total	per hole	sub-total	per hole	sub-total		
M/S 1	hole 2	pcs 2	pcs 4	pcs	pcs	pcs	pcs	g	
2	2	2	4					450	
3	2	2	4					450	
4	2	2	4					450	
5	2	2	4					450	
6	2	2	4					450	
7	2	2	4					450	
8	2	2	4					450	
9	2	2	4					450	
10	1	0.5	0.5			1	1	181.25	
11	2	0.5	1			1	2	362.5	
12	2	0.5	1			1	2	362.5	
13	2	0.5	1			1	2	362.5	
14	3	0.5	1.5	1	3			498.75	
15	2	0.5	1	1	2			332.5	
16	2	0.5	1	1	2			332.5	
17	2	0.5	1	1	2			332.5	
18	2	0.5	1	1	2			332.5	
Total	holes 35		pcs 45	-	pcs 11	-	pcs 7	7,147.5	g
규격	-	mm ϕ 25	g 112.5	mm ϕ 17	g 110	mm ϕ 22	g 125	-	
Total charge	holes 35		g 5062.5	-	g 1,210	-	g 875	7.1475	kg

ⓑ CHARGE CALCULATION

풍화암

Cap No	Number of Hole	Amount of Charge						Total	Remarks
		Slurry (Kovex-100)		F-1		F-2			
		per hole	sub-total	per hole	sub-total	per hole	sub-total		
D/S 1	hole 4	pcs 2	pcs 8	pcs	pcs	pcs	pcs	900 g	
2	4	2	8					900	
3	4	2	8					900	
4	4	2	8					900	
5	4	2	8					900	
6	2	2	4					450	
7	2	2	4					340	
8	6	0.5	3			1	6	1,087.5	
9	6	0.5	3			1	6	1,087.5	
10	8	0.5	4			1	8	1,450	
11	8	0.5	4	1	8			1,330	
12	8	0.5	4	1	8			1,330	
13	8	0.5	4	1	8			1,330	
14	8	0.5	4	1	8			1,330	
15	4	2	8					900	
16	4	2	8					900	
17	2	2	8					900	
Total	holes 86	-	pcs 98	-	pcs 32	-	pcs 20	17,045 g	
규격	-	mm φ25	g 112.5	mm φ17	g 110	mm φ22	g 125	-	
Total charge	holes 86	-	g 11,025	-	g 3,520	-	g 2,500	kg 17.045	

© CHARGE CALCULATION

풍화암

Cap No.	Number of Hole	Amount of Charge						Total	Remarks
		Slurry (Kovex-100)		F-1		F-2			
		per hole	sub-total	per hole	sub-total	per hole	sub-total		
D/S 1	hole 4	pcs 2	pcs 8	pcs	pcs	pcs	pcs	g 900	
2	2	2	4					450	
3	4	2	8					900	
4	2	2	4					450	
5	4	0.5	2			1	4	725	
6	2	0.5	1			1	2	362.5	
7	4	0.5	2	1	4			665	
8	4	0.5	2	1	4			665	
9	2	2	4					450	
10	2	2	4					450	
11	2	2	4					450	
12	2	2	4					450	
13	2	2	4					450	
14	2	2	4					450	
Total	holes 38	-	pcs 55	-	pcs 8	-	pcs 6	g 7,817.5	
규격	-	mm $\phi 25$	g 112.5	mm $\phi 17$	g 110	mm $\phi 22$	g 125	-	
Total charge	holes 38	-	g 6187.5	-	g 880	-	g 750	kg 7.8175	

① CHARGE CALCULATION

풍화암

Cap No.	Number of Hole	Amount of Charge						Total	Remarks
		Slurry (Kovex-100)		F-1		F-2			
		per hole	sub-total	per hole	sub-total	per hole	sub-total		
D/S 1	hole 3	pcs 2	pcs 6					g 675	
2	3	2	6					675	
3	3	2	6					675	
4	3	2	6					675	
5	3	2	6					675	
6	3	2	6					675	
7	3	2	6					675	
8	2	2	4					450	
9	4	0.5	2			1	4	725	
10	3	2	6					675	
11	3	2	6					675	
12	5	2	10					1,125	
13	4	0.5	2	1	4			665	
14	4	0.5	2	1	4			665	
15	4	2	8					900	
16	4	2	8					900	
17	3	2	6					675	
18	3	2	6					675	
19	3	2	6					675	
Total	holes 63	-	pcs 108	-	pcs 8	-	pcs 4	g 13,530	
규 격	-	mm $\phi 25$	g 112.5	mm $\phi 17$	g 110	mm $\phi 22$	g 125	-	
Total charge	holes 63	-	g 12,150	-	g 880	-	g 500	kg 13.53	