

# 豎坑 防水工法에 관한 연구(其-1)

大韓石炭公社長省地質課長 金 鎮 源\*

## 1. 序 言

位置 江原道 太白市 長省礦業所.  
 年間 2,200,000 톤 生産하는 長省礦業所.  
 生産을 1 豎坑에 단 의존하던 것을 지하 -300mL 지표심도 900m 까지 切탄이 가능하도록 제 2 수갱 굴하작업을 시행하고 運炭中이다.  
 본 豎坑內에 出水로 층벽의 고드름 현상과 坑내수에 의한 기계류 부식위험을 제거하기 위하여 방수작업을 시도하게 되었음.

## 2. 1 次 防水作業 시도

- 1) 기 간 : 81.12 月 20 日~12 月 31 日
- 2) 注入區間 : 豎坑口로부터 90m 구간
- 3) 注入方法 : 천공 2.4~3m  
 注入壓力 : 8kg/cm<sup>2</sup>~15kg/cm<sup>2</sup>
- 4) 總作業量 : 총천공수 101 공(packer 29 공)  
 (Grout pipe 74 공)  
 Cement 437 袋
- 5) 注入결과  
 가. 천공후 Packer 설치후 Cement 注入時 층벽유출  
 나. Sea clay 사용해도 레이진 13개 사용해도 出水 주입하던 뱀질하는 곳으로 Cement 유출 계속 出水로 규산소다로 뱀질 Bentonite 로 뱀질하였으나 失敗

\* 産業應用技術士(應用地質)

## 3. 2 次 방수작업시도

- 1) 期 間 : 1982.5.18~82.5.30(13 일간)
- 2) 注入區間 : 수갱구로부터 254m
- 3) 作業 量 : 총천공수 922 孔중  
 Grout pipe 146 孔  
 주입공 140 孔  
 Packer 설치주입 32 孔  
 Cement 221 포  
 Bentonite 7 포  
 Non Shrink 24 포  
 규산소다 3 Drum/200L
- 4) 注入결과 : 하부로부터 上向하면서 주입하였으나 流水 出水로 成功不可

## 4. 1984.2.1 日 건설갱으로부터 제2 수갱 Grout 시공요청 접수내용

- 1) 현 황  
 가. 출수현황  
 (1) 출수량 약 30L/분(MIN)  
 (2) 주출수구간 : 수갱구로부터 30m~60m 구간 인근의 하상 직하부(580mL~550 mL)에 위치하는 도사곡층과 shale 함백산층의 접합부 함백산층 shale  
 나. 방수 Grouting 시행현황  
 (1) 방법 : 수갱내에서 주벽이 단순 Cem-

ent 물탈만 주입

(2) 시행결과

1次 : 81.12.20~12.31 (수갱구로 부터 90m 구간)

2次 : 82.5.10~5.30(수갱구로부터 254m 구간)

2) 출수시 문제점

가. 갱내시설물(강구조물 및 운반기기)의 침수 산화에 의한 부식 가속화

나. 입기 수갱으로서 동절기 기온 강하시 수갱주벽의 빙결 일음 낙하위험 초태

다. 입기수분의 함량증가

3) Space Grout Rocket System

가. 방법개요

시추(Bx)→투수시험→Grout 주입시험→주입→확인시추

나. 특 성

(1) 고결시간조정 6초부터 90초까지

(2) 토사층에서의 방수벽형성

(3) 미세한 공극에서도 침투가능

4) 공사개요

가. 공사금액 : 5,000,000 원

나. 주입공구 : Test 3 공 90m

다. 시추작업량 : 90m

라. 약액주입예상량 : 70m<sup>3</sup>

마. 공사기간 : 1個月

수갱 중심에서 A열 7.5m 떨어진 지점

B열 8.5m 떨어진 지점

5) 준공결과

가. Dyetest : 수갱과의 유로연결無(수갱중심에서 9m 지점 12m 지점) 시험구간 : 0m—15m→15m 하부 상부 shale 층에 틈개된 Coal shale 무너져 불가능

나. 주입시험 : double Packer 를 3m 구간별로 설치 20kg/cm<sup>2</sup>, 4kg/cm<sup>2</sup> 압력을 가해 분당 유입량 측정 10<sup>-4</sup>~10<sup>-5</sup>cm/sec 로 불투수층(포토 및 풍화암층제외)

다. 공극율 : 주입결과 약 3% 정도로 추정

라. 페롤프타인반응시험 : 주입반경 1.7m 에서는 전구간시 약미침투하였으나 1m 에서는 주입공의 주향방향에서만 심도에 따라 극부적으로 침투됨(Cross 방향으로 침투

되지 않음)

3) 종결사유

가. 당초설계 기준인 영향반경 1.7m 로는 주입효과 무

나. SGR 약액을 후라스코시험 고결시켜 본결과 5일만에 수축 5%되는 것이 육안으로 확인됨으로 본공법은 지수효과 기대할 수 없음으로 종결

4) 시험공사 : 수갱중심부에서 21m 지점에 시험공을 천공하여 수압을 주입시험후 Cross 및 주향방향 1.7m 지점에 확인공(Bx) 천공 페롤프타인 반응검사로 주입 여부확인

(1) 시험공천공

규격 Bx 심도 30m 앞질 함백산층(경사 70~75°) 주상도 침부

(2) 시험결과(투수계수)

심도	투 수 계 수
0~3m	전량투수로 10 <sup>-3</sup> cm/sec 이하로 추정
3~ 6	2.7×10 <sup>-4</sup> cm/sec
9~12	9.6×10 <sup>-3</sup> cm/sec
12~15	8.4×10 <sup>-3</sup> cm/sec

3) 주입시험

주입구간 : 1.5m~30m

주입방법 : upstage

1.5m~18m : Single Packer 설치

18m~30m : Rod 에 철단장치

(Rocket System) 부착

(4.5m 지점까지 Leakage 현상)

주입약액 : 총 2,600l

1.5~18m : A액물 300l + 규산 500l=800l

B액물 680l + SGK

6포(80kg) + M.C

(220kg)=800l

18m~30m A액물 160l + 규산 340l=500l

B액물 425l+SGR 6

도(58kg)+MC (140kg)=500l

4) 확인천공

상부 2.5m (Top Soil) 구간은 반응되거나 않

반은 무반응

확인공수압시험 3~30m :  $3.6 \times 10^{-5}$ cm/sec  
12~30m :  $2.3 \times 10^{-5}$ cm/sec

SGR 약액 SGR 약액+M.C

1) 배합율 SGR 5.6 호(2) : 규산소다(1)  
물 9.9 : SGR 6 호(1) : M.C(2.6)  
규산소다(8.5)

2) 양생조건 기간 6/25~6/30  
기간 6/30~7/5  
온도 10.8~29°

온도 13.3~30.5

습도 70%

습도 70%

압력 : 대기압(937~943mb)

압력 : 대기압(914~943mb)

수축율계산 비커체적

$$V_1 = \pi r^2 H = 492.4 \text{cm}^3 \quad 698.5 \text{cm}^3$$

$$\text{응고체적} \quad 466.3 \frac{V_1 - V_2}{V_1} = 0.05 = 5\%$$

$$684 \text{cm}^3$$

$$0.02 = 2\%$$

## 5. 제 2 수갱의 Grout 설계

과연 제 2 수갱의 Grout design 을 그러면 어떻게 하면 좋을까 이것만이 숙제이니 연구 검토 결과 다음과 같이 하기로 시도, 수갱내의 결빙된 곳을 증점으로 Grouting 범위로 산정 25m 지점~52.35m 지점 결빙의 두께 : 50cm 수평적인 결빙연장이 긴구간 북-서-남 方向으로 주로 하천쪽이었음. 계획공 : 30m×3 공=90m 천공 50m×10 공=500m-주입공

제 590m-其-공사계획을 설정하였다.

참조

- 1) 수갱부근 지질도
- 2) 수갱 지질 단면도
- 3) Grout 시공 계획도
- 4) 수갱내 결빙 도면

## 6. 50m~100m 천공시 시추공 공극 가능성 검토

50m~100m 천공시 시추공의 수갱내로의 孔曲 검토 孔曲(decistim)의 위험을 감소하여 시추기에 Rock Volting 과 시추공 위치의 측량, 50m 下部에서부터는 2m 씩 천공하여 Core 상에 Cement Core 有無 확인을 하였다.

孔曲 TEST 는 의미가 없는 것이므로 왜냐하면 천공된 후에는 어차피 주입되어야 하므로 공극이 되지 않도록 천공하기로 결정하고 공극 TEST 는 하지 않기로 방침을 세우고 시공했음.

## 7. 注入孔의 영향반경 검토

注入孔의 영향반경을 잘모르는 상태에서 영향반경을 찾아내야만 Grouting 공사의 성패가 결정된다. 시험공으로 1 號孔을 50m 천공하였다.

1 號孔의 위치선정 : 수갱의 직경은 6.2m 반경 3.1m 0.4m 수갱측벽 Concret 그 후방 25m 지점. 즉 수갱 중심에서 6m 떨어진 지점을 선택함. 시추공의 孔曲의 안전도를 감안하였으며 수갱굴하시의 발파 영향권의 거리를 감안하였고 당초 수갱의 중심에서 9m 떨어진 시험공에서 Rodamin 주입결과 수갱측벽으로 누수되지 못하는 점으로 보아 수갱중심에서 9m 까지는 영향이 미치지 못하고 있음을 알 수 있었다. 고로 수갱 중심에서 6m 떨어진 지점을 선택하게 되었다.

참조 : 별표 시추계획도면

注入方法 : 孔內에 STRAINER CASING 을 삽입하고 Cement 물탈을 注入하여 본 결과

1 次 : 水 130l+세멘트 1 포, 주입압력 5kg/cm<sup>2</sup> 30 포를 주입하였다.

2 次 : 水(130l+세멘트 2 포 주입 약력 15kg/cm<sup>2</sup> 90 포

3 次 : 水(130l+세멘트 3 포 주입 약력 25kg/cm<sup>3</sup> 20 포

注入時수갱측벽出水現況을 살펴보면 25m, 40m, 50m, 60m, 80m 지점出水되었다. 2 次注入時 10m 지점 Cement 유출하였고 1 號孔과 1.5m

떨어진 3號孔內도 Cement 상승, 당시 주입 압력 70 포시 10~15kg/cm<sup>2</sup>로 주입 중지코 3號孔 上部에 PARKER 설치, 3次注入時 10m 지점 Cement 유출중지됨. 注入영향반경이 2.5m 임을 확인가능했음.

### 8. 심도 100m 注入時의 Cement 의 소요량 검토

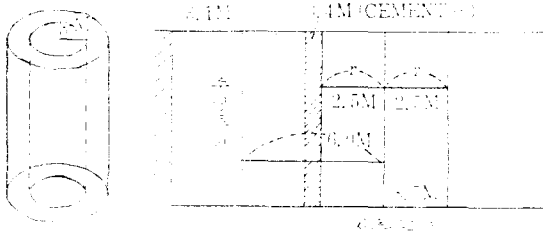
발파영향권을 수갱중심에서 8m 로 보아 주었을 경우로 해서 주입영향 반경이 2.5m 라고 하면 주입대상구역의 체적은

$$(8.5m)^2 \times 3.14 \times 100m (\text{심도}) = 22,686.5m^3$$

$$(3.5m)^2 \times 3.14 \times 100m (\text{심도}) = 3,846.5m^3$$

$$18,846m^3$$

이다.



r ; 영향반경

Shale 의 자연상태의 공극율 10%

Shale 의 발파권내의 공극율 33%

라고 하면

주입대상구역의 공극량은

$$\text{공극율 10\%時(최소)} 18,846m^3 \times 10\%$$

$$= 1,884m^3 \times 37.5 \text{ 포}/m^3$$

$$= 70,650 \text{ 포}$$

$$\text{공극율 33\%時(최대)} : 18,846m^3 \times 33\%$$

$$= 6,217m^3 \times 37.5 \text{ 포}/m^3$$

$$= 233,137 \text{ 포}$$

공극율 33% 적용은 Over burden 을 대상으로 감안한 것임.

平均심도 75m 로 보았을 경우 Cement 의 소요량 검토

$$10\%時 : 70,650 \text{ 포} \times \frac{2}{3} = 47,150 \text{ 포}$$

$$33\%時 : 233,137 \text{ 포} \times \frac{2}{3} = 155,425 \text{ 포}$$

注入時 注入대상구역 밖으로 유입되는 손실을 50%로 감안한다면 10%시는 23,600 여포가 될 것임.

### 9. 수갱 100m 심도의 측벽 40m 두께의 Cement 의 소요량

$$(3.9m)^2 \times 3.14 \times 100m = 4,775m^3$$

$$(3.5m)^2 \times 3.14 \times 100m = 3,846m^3$$

$$929m^3 \times 37.5 \text{ 포}$$

$$= 34,800 \text{ 포}$$

### 10. 注入 Pump 의 性能시험

20l 채우는 소요시간 조사

Pump	저 속	중 속	최대속도
1단	270초	84초	60초
2단	156초	40초	30초
3단	69초	20초	13초
4단	40초	10초	8초

압력받을 경우의 例

$$8 \text{ 號孔} : 3 \text{ 시간 } 40 \text{ 分 동안 } 40 \text{ 포} \times 130l = 5,200l$$

$$5,200l \div 220\text{min} = 24l/\text{min}$$

無壓力時 : 30l/min 인데 30kg 壓力下에서는 24l/min 이니 6l/min/30kg 의 差異가 있으니 1l/min/5kg 의 差異가 있음을 알 수 있다.

세멘트(1.5 포)+水(130l)→3 단 25kg/cm<sup>2</sup> 注入으로 注入時에는 Shale 의 공극을 擴大시키고 있는 것을 (shale 內의 점토층) 알 수 있다. 그 이유는 30kg/cm<sup>2</sup> 까지 注入壓力이 上昇했다가는 다시 10kg/cm<sup>2</sup> 로 떨어졌다가 또 上昇하고 또다시 5kg/cm<sup>2</sup> 로 떨어지고 上昇하는 현상을 볼 수 있기 때문이다. 끝내는 수갱에서 40m, 27m 에서 나오지 않는 대신에 다른 지역에서(50m) 지점에서 出水되기 때문이다. 그래서 2 단으로 2 포씩 注入을 시도하니 Pump 의 Ball n 개가 막히고 Pipe 와 Hose 가 막히는 것을 볼 수 있다. Pump 의 Ball 이 Cement 가 굳어져 있고 Piston

에 무리가 간다. 2시간 동안에 Cement가 25포밖에 들어가지 않으며 Cement milk가 注入되지 않으니 MIXER 통이 바쁘지 않는다. 결론적으로 1.5 포+130ℓ(물)→3 단주입이 가장 効果的이라는 것을 알 수 있다.

40kg/cm<sup>2</sup> 注入壓力을 받으면 주입을 中止시킨다.

### 11. 各孔別 注入現況

#### ○ 4 號孔 注入

50m 천공후 Core 에서의 파쇄조사로 PACKER 설치 가능구간을 설정하고 水壓시험을 실시한 다음 주입가능구간을 설정한 다음 PACKER 을 27m 지점에 설치하고 1985. 6. 10 일 11시 20분 주입시작 55kg/cm<sup>2</sup> 펌프압력으로 130ℓ「水」+ Cement/포석 Mortor액 주입 11시 40분경에 수경 40m 지점에서 Cement 가누수되었다.

2시 20분경 Cement 1.5 포 25kg/cm<sup>2</sup> 펌프압력으로 주입 40m 지점 수평연장 3m 구간에 누수되었다.

3시경 25kg/cm<sup>2</sup> 35kg/cm<sup>2</sup> 펌프압력 주입시 40m 지점 누수없고 맑은 물만 出水 2포씩 증가시켰으나 더전 수경 축벽으로 나오는 것은 없으나 40m 지점 균열대를 따라 수경하부 967m 로 下向注入되는 것을 보고 작업을 중지하려고 하였으나 일단 수경축벽 100m~600m 하부 6m/까지 조사해 보았으나 누수되는 Cement 를 볼 수 없었다. 이는 결국 水平的으로 더큰 流路를 注入壓力 증가에 의한 새로운 流路를 擴大시키는 것으로 보인다. 210 포 주입후 40kg/cm<sup>2</sup> 압력시 작업완료.

#### ○ 6 號孔 주입(50m) 90 포

27m 지점 출수 Grout 완료됨.

#### ○ 2 號孔 주입(50m) 307 포

50m 지점 출수 Grout 완료됨. 58m~60m 지점 출수량감소 5號孔(37m)으로 Cement 상승하였다.

#### ○ 7 號孔 주입(86m) 264 포

PARKER 1臺 매몰됨 57m Cement over eat 로 인양중 PARKER 고무파손 매몰됨 42m 지점까지 EX STRAINER PIPE 설치후 주입완료

(202 포)하였다.

○ 8 號孔 주입 : 286 포 주입완료하였다.

### 12. 100m 천공시 注入壓의 변화

(50 m 천공시 주입압과의 차이)

35kg/cm<sup>2</sup>—pump 압력은 Suction 해서 Pump 의 Ball 을 통과해서 고압호스를 지나서 공내주입압력이라 하겠다. 회로에는 자연수위까지 水가 차있다고 하면 자연수위까지는 무압상태로 들어가다가 Pump 까지 팽창계 되면 자연수위에서 35kg/cm<sup>2</sup>으로 미는 힘이 작용할 것이다.

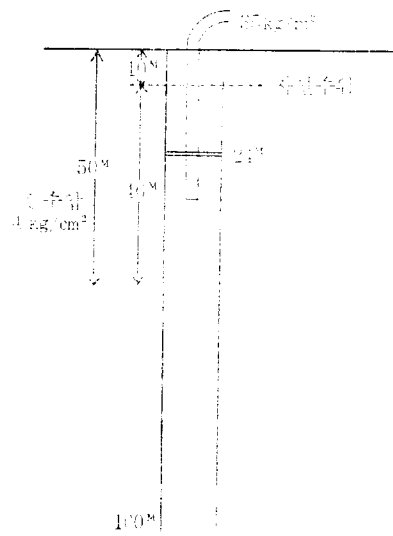
PARKER 가 설치되어 있으므로 자연수위가 공내에서 상승하지 못하므로 주입압력은 상승하게 되고 PARKER 내의 주입압력은 수직홀이므로 35kg/cm<sup>2</sup> 이상일 것이다. 그것은 비중만큼 비례한다.

$$\begin{aligned} 130\ell + 1.5 \text{ 포} &\rightarrow 150\ell \text{ (60kg)} \rightarrow 130\text{kg} + 60\text{kg}/ \\ & \text{(*)} \qquad \qquad \qquad \text{(*)} \\ 150\ell &= 1.3(\text{비중}) \end{aligned}$$

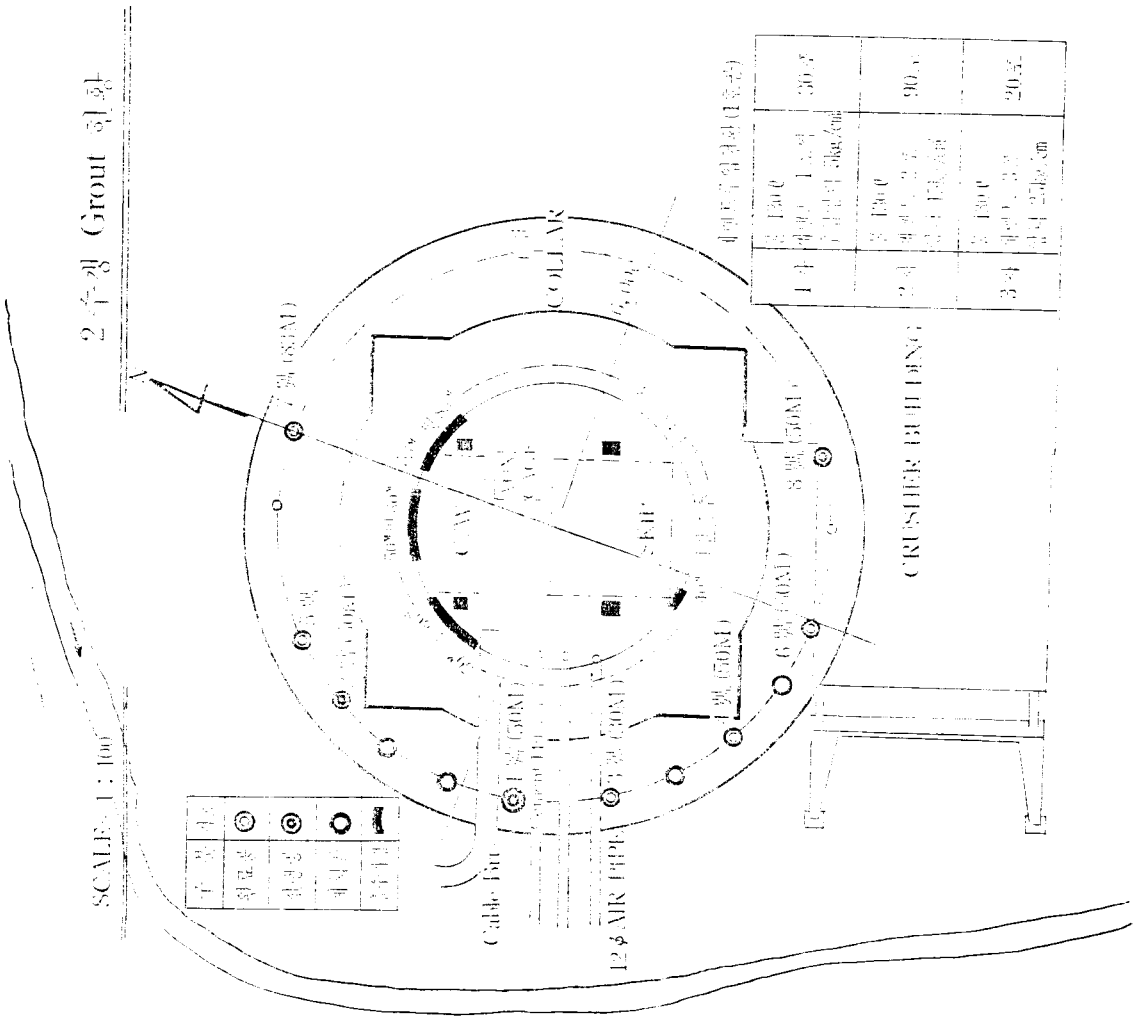
50m 지점에서의 주입압력은  $4\text{kg} \times 1.3 = 5.2\text{kg}$  (수두압·정수압)

100m 지점에서의 주입압력은  $9\text{kg} \times 1.3 = 11.7\text{kg}$ 이다. Cement 의 비중에 따라 주입압력은 변화된다.

즉, 35kg 의 Pump 의 압력은 일정하더라도 심도의 증가에 따라 수두압(정수압)이 증가하는데 비중을 곱하면 PACKER 끝에서 주입압력은 심

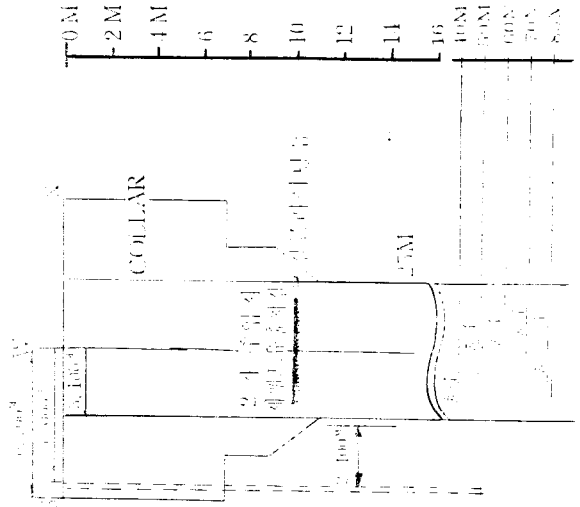
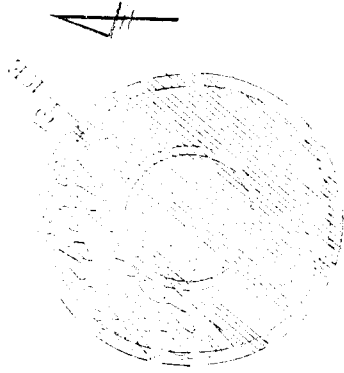


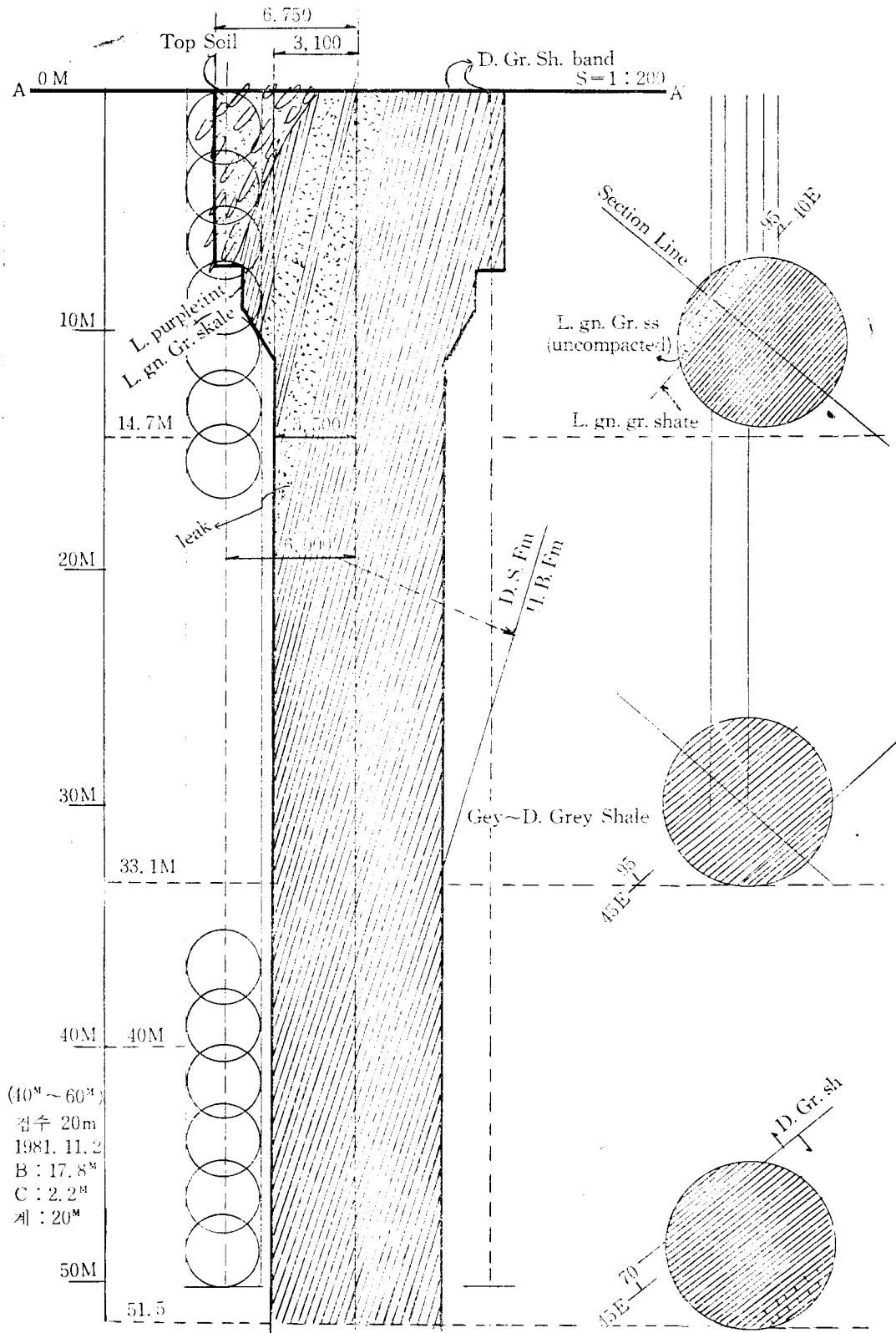
2수갱 Grout 시험화



면도

SCALE = 1:200





도정수압×비중만큼 증가하나 PACKER 설치 내부구간이 유도(공동)이 형성되었을 때는 그렇게 심도×비중으로 증가하여 측벽 Cement(30kg)을 파괴시킬 수 있으나 본지역의 발파균열권을 통하여 40m의 콘크리트를 통과하기엔 너무나 작은 미세한 공극을 갖고 있으므로 수갱자체의 파괴는 없을 것으로 본다.

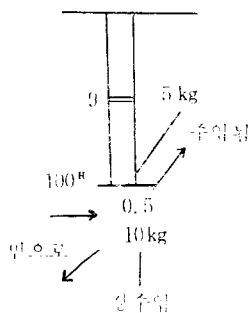
즉, 50m 지점에서는  $35\text{kg} + 5.2\text{kg} = 40.2\text{kg}$  이고 100m 지점에서는  $35\text{kg} + 11.7\text{kg} = 46.7\text{kg}$  이다. 따라서 Cement 벽체에 孔(유로)된 곳 95m 지점의 경우는 벽체로 뚫려나올 것이다. 그런데 Cement를 2포, 3포로 진하게 하면 수갱벽체로 나오던 Cement는 걸리고 水만 나오니까 Cement가 걸려서 나중에는 淸水만 나오던 것이 굳어져서 出水도 중지된다.

80m 지점 PARKER 설치시

$$8\text{kg} \times 1.3 = 10.4\text{kg}/\text{cm}^2$$

$$35 + 10.4 = 45\text{kg}/\text{cm}^2$$

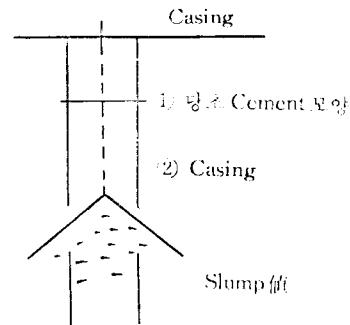
35kg 이상은 절대 금물이다. 단 정수압이 100m 下部에서  $9\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 받고 있다면



1) Pump 壓力이  $10\text{kg}/\text{cm}^2$  이상이 되어야 주입이 된다고 보아야 한다.

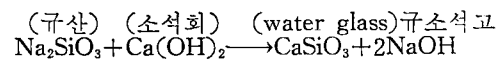
2) PACKER를 설치하지 않으면 100m 지점보다 上部지점은 정수압이  $5\text{kg}/\text{cm}^2$   $10\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 이하이므로 밀려서 올라오나 PACKER 설치시는 下向보다는 上向으로 열극을 따라서 밀려 Cement가 올라온 것이다.

3) 그 한계는 100m 지점에서의 壓力— $46.7\text{kg}/\text{cm}^2$  이라고 한다면  $36.5\text{kg}$  Pump로 지표까지 올라오게 할 수 있으나 열극이 미세함으로 저항이 커서 압력틈을 따라서 지표까지 上昇하지 못한다. 上昇심도는 측정不可한 것이다.

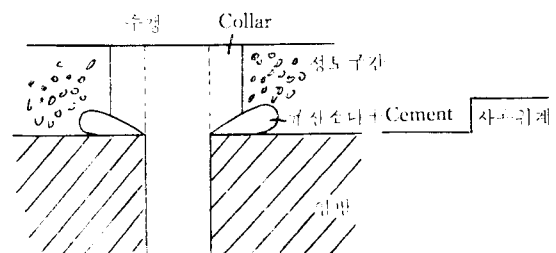


Cement milk를 注入하면 Slump 시험치와 같이 下向보다 上向注入效果가 크다.

### 13. 규산소다액을 사용하지 않는 사유



규소석고는 강도가 Cement에 비해 약함으로 수갱 Callar 상부에 500톤의 권양기 Tower가 설치되어 있으므로 수갱의 안전을 위해서 사용을 하지 않았으나 Callar 지하부의 성토층에 다량의 Cement 주입의 방지와 간공 1.5m 孔 주입 시에는 미세한 틈을 주입하기 위해서만 규산소다를 주입할 계획이다.



### 14. 수갱출수량 조사결과

수갱 430m 지점 수갱측벽에 Water garland 설치후 Hose를 이용해서 0ml에서 出水量測定하였다. 당초 착공시에는  $30\text{L}/(\text{MIN})$  이던 것이 계속 出수량이 감소되었다.



	차 공	Oml 출수량
其 一 공 사	85. 5. 10	30l/分
	85. 6. 25	25l/分
	85. 7. 4	20l/分
	85. 8. 2	15l/分
	85. 9. 27 준공 예정	

## 15. 結 論

1. 수갱의 갱내출수를 방수한다는 것은 지하 100m 이내에서 영향반경의 효율적인 거리를 발파 영향권과 깊이 관련있게 설계되어야 한다.

2. 수압시험을 孔內하는 것도 좋으나 시추작업시 누수가 수갱 측벽으로 나오는지가 더욱 중요하

며 PACKER 주입공법은 심부에서는 PACKER의 고무를 잃어버리는 문제점을 안고 있으니 심부 주입공법은 STRAINER 工法도 바람직하다.

3. 심부일 경우의 주입압력은 Cement 용액의 농도에 따라서 비중만큼 압력을 약하게 하여야면 PACKER와 수갱측벽이 안전을 도모할 수 있다.

4. 갱내출수량이 438m 까지, 즉 water garland까지 갱내 출수되고 그이하는 出水量이 없으므로 지수대상 구역으로 보았던 곳이 最大 40l/min~최소 30l/min까지 나오던 수갱 출수량은 85.7.14 현재 20l/min 출수되고 있는 것으로 效果的인 成功이며 8月 2日 현재 15l/分の 출수량으로 감소되었다. 9月 7日 현재 16l/分の 출수량으로 감소되었다.

## 身上異動 申告案内

會員 여러분께서 다음 變動 事項이 있을 때에는 即時 本會 事務局에 通知하여 주시면 感謝하겠습니다. 變動申告가 제대로 履行되고 있지 않아 會員名單發刊에 차질이 많고 會誌發送 또는 書信連絡에 支障이 不少하오니 積極協力を 바랍니다.

1. 宅이 移住했을 때 : 住所 및 電話番號
2. 職場이 變動되었을 때 : 職場名, 職位, 所在地 및 電話番號
3. 其他 學位를 받는 境遇, 海外旅行을 하는 境遇, 特別한 事業에 參與하는 境遇 및 慶吊 等等……