

## **한국의 EPS성토공법 시공사례 연구**

\*<sup>1</sup>장용채, \*<sup>2</sup>허윤, \*<sup>3</sup>김홍중, \*<sup>3</sup>최영철, \*<sup>3</sup>유병옥

A Case Study On EPS Construction Method At Sē-Chang J/C In Korea

\*<sup>1</sup>YONG-CHAI CHANG, \*<sup>2</sup>YUN HAR, \*<sup>3</sup>HONG-JONG KIM, \*<sup>3</sup>YOUNG-CHEOL CHOI, \*<sup>3</sup>BYONG-OK YOU

### **ABSTRACT**

When construction of soil-structure on soft foundations, it is involved with problems such as foundation settlement, sliding failure and horizontal deformation due to the stress increment under the ground. Therefore, soft foundations need to be improved. These improving methods for soft foundations are Sand drain(Paper drain, Pack drain) method, Replacement method, Deep mixing method, Chemical grouting method and Light Weightening Method.

In this paper, EPS(Expanded Polystyrene) Construction Method was reviewed and field test site was constructed. By controlling the horizontal deformation and these displacement condition of abutment, EPS constructon in the back of abutment was installed. The results of EPS construction said stability of abutment was greatly improved by preventing horizontal displacement. And also, field test condition, measurement and layout of construction was described.

---

\*1: 한국도로공사 도로연구소 지반연구실장(Managing researcher, Korea Highway Corperation)

\*2: 도공종합감리공단 부장(Director of Department, Korea Highway Engineering Supervision Corperation)

\*3: 한국도로공사 도로연구소 연구원(Reseacher, Korea Highway Corperation)

## 1. 서론

최근 연약층이 두꺼운 지반이나 초연약지반에 성토공사, 교량기초공사, 옹벽공사, 가설구조물공사와 같은 토목구조물을 축조해야할 필요성이 많아졌다. 특히 국내의 연약지반으로 대표될 수 있는 서남해안 지역에 고속도로신설 및 확장공사가 활발히 진행중에 있다.

이러한 지역에서의 연약지반처리공법은 Sand Drain, Paper Drain, Sand Compaction Pile공법 등이 있으나 이러한 공법들을 현장에 적용한 결과 시공 중 또는 시공후의 안정성 확보가 용이하지 못하며 시공기간이 장기화되고 인접지반에 영향을 미치는 경우가 간혹 발생하는 등 여러가지 어려운 문제점을 내포하고 있다.

또한 연약지반상의 교량, 옹벽등의 경우, 배면성토로 인한 지반침하와 함께 측방유동압을 일으키는 사례가 발생하고 있어 연약지반상에서 발생할 수 있는 교대측방유동 및 배면침하로 인한 구조물부와 인접 성토지반의 단차발생등 지반공학적으로 처리해야할 문제점을 해결하기 위해서 이다. 또한 선진외국에서 연구가 진행되고 있는 본 공법을 국내의 연약지반에 맞는 효율적이고 경제적인 공법으로 개발하여야 필요성에 따라 발포수지를 이용하는 EPS성토공법으로서 대상지역을 선정하여 실내시험 및 현장적용 시험시공(서창 J/C Ramp-A2교)을 실시하고 그성과를 확인후 추후 계속시공여부를 판단 및 본공법 활용에 대한 필요한 자료를 제공한다.

## 2. EPS성토공법

### 2.1 개요

EPS(Expanded Poly-Styrene)는 석유정제과정에서 생기는 styrene monomer의 중합체로 얻어지는 폴리스티렌과 발포제를 주원료로 한 대형발포 성토재료이다.

EPS제품의 주요 특징은 초경량성으로 EPS의 단위중량이 흙의 1/100( $\gamma = 0.02\text{tf/m}^3$ )에 해당하는 초경량성으로 예를 들면 10cm 높이의 원지반 흙을 절취를 한 다음에 10m의 EPS쌓기를 하면 증가하중은 제로가 된다는 것을 의미한다. 이외에도 EPS는 내압축성, 내수성, 자립성, 시공성등에도 탁월한 능력을 발휘한다.

EPS는 그 비중이 흙의 1/100전후로 극히 가벼운데도 적당한 강도를 가지고 있다. 이 경량성에 착안한 노르웨이의 도로기술자가 자국의 열악한 겨울철 자연환경하에서 동결방지에 이용된 EPS를 지금부터 20년전에 연약지반 대책의 성토재로 사용한 이후 유럽을 중심으로 하여 이용되어 왔다. 일본에서는 1985년에 도입해 1992년말까지 35만  $\text{m}^3$ 라는 대용량의 EPS를 지하에 시공하여, EPS 원조격인 노르웨이의 수준을 능가하고 있다.

본 연구소에서는 연약지반 위의 도로건설이 본격화 되지않아 '93년 현재까지 주로 국내외의 학술논문, 연구보고서, 그리고 외국의 시공사례에 대한 자료를 수집 정리하여 EPS를 이용한 성토공법의 설계 및 시공에 대한 사항들을 고찰하고, 공법이 가지는 특성 및 우리나라에서의 활용가능성을 검토하였다. 그후 1993년 10월 13일 서해안 건설사업소 관내 서창J/C Ramp-A2교,교대뒷채움부위에 국내 처음으로 교대의 측방유동방지 및 교대배면의 침하방지를 목적으로 EPS성토공법을 적용하여 본격적인 EPS 공법의 실용화시대가 열리게 되었다.

EPS공법을 토목공사현장에 활용할 경우에 대표적으로 다음 5 가지의 특징이 있다.

가. 경량성 : 발포스티롤의 밀도는 토사와 콘크리트의 약 1/100 이다. 본공법을 연약지반의 성토재로서 적용하는 경우, 성토하중을 크게 절감시킬 수 있고 연약지반의 침하, 지지력부족 등의 문제를 해결할 수 있다.

나. 자립성 : 발포스티롤 블록은 자립성이 있기 때문에 그것을 쌓아올린 구조를 자립벽으로서 이용할 수 있다.

다. 내수성 : 발포스티롤은 물과 결합하지 않는 발수성 재료이다. 각종 지하수위 조건하에서 흡수성을 측정한 결과 흡수량은 일반적으로 극히 적었고 물의 영향은 거의 없었다.

라. 시공성 : 발포스티롤 블럭을 쌓는 데는 대형건설기계가 필요하지 않으며 인력으로도 시공가능하다. 시공속도가 빠르고 연약지반, 급경사지, 좁은 장소 등 대형기계의 사용이 어려운 곳에서의 시공이 용이해진다.

마. 경제성 : 연약지반상의 성토공사에서는 지반개량공법이 불필요하며, 완성후에 계속되는 침하를 경감시킬 수 있기 때문에 보수 등의 유지관리비가 적게 들어 경제적이다. 또한 경사지에서의 성토공사, 확폭공사등에서는 최소한의 용지로 끝낼 수 있으며 옹벽등의 토류공사가 불필요할 뿐만아니라 가설공사의 규모도 축소되기 때문에 경제적이다.

## 2.2 국내 EPS생산현황 및 EPS 제품선정

국내 EPS 관련업체중 원료제조업체는 6개회사가 있으며, EPS 생산가능공장은 100여개 업체이며, 필요시 도로성토 대체용으로 공급에 차질이 없을 것으로 판단되며, 국내 EPS 성형가공업체 현황은 아래와 같다.

- 평판업체(건축용) : 103업체
- 형물업체(포장용) : 125업체(평판, 형물겸업 43업체포함)
- 소형업체(PAD업체) : 21업체
- EPS Sheet Cup 생산 : 21업체

도로성토 대체용으로 사용되는 EPS제품은 일반 건축용이나 어떤 물품의 파손 방지용으로 사용되는 제품과는 품질이나 규격면에서 상이한 부분이 많다.

도로성토지반에 사용되는 EPS 블럭은 제품의 인장강도와 굴곡강도에 영향을 주는 용착도가 높아야 하고, 상부나 측면에서 재하되는 하중을 균등하게 지지하면서 동시에 인접 상하 블럭으로 응력을 전달하여야 한다. EPS 성토구간에 화재가 발생할 경우 자체적으로 소화가 가능한 자기소화성이 있어야하며 주위 온도나 응력에 수축 팽창이 없어야 한다. 그리고, 환경오염에 의해 발생

하는 박테리아 등에 의한 EPS 부식을 방지하기 위한 특수첨가제 혼입가공등의 성질은 일반 용도의 사용기준으로는 규정하기 어렵기 때문에 일반건축용 EPS의 사용에 따른 기준보다 더 엄격한 관리와 새로운 규정이 필요하다.

### 2.3 EPS의 종류

EPS의 종류는 제조공정에 의하여 비드발포법으로 만든 EPS와 압출법으로 만든 XPS로 나눌 수 있으며, 국내에서는 단위체적중량에 의해 표-1에 나타낸 것과 같이 네 종류가 생산된다.

EPS는 폴리스티렌 비드를 예비발포시킬 때의 발포배율에 따라 단위체적중량이 결정된다. 1호의 포화배율은 33.3%, 2호의 배율은 40.0%, 3호의 배율은 50.0%, 4호의 배율은 62.5%로 발포배율이 증가함에 따라 단위체적중량이 감소한다.

현재 EPS 블럭의 표준규격은 1800 × 900 × 600(단위 : mm×mm×mm)이나, 앞으로 EPS가 토목공사에 사용기회가 많아지면 2000 × 1000 × 500(단위 : mm×mm×mm)의 규격, EPS 블럭의 부피를 1 m<sup>3</sup>로 규격화하게 되 사용하기 편리하게 될 것이다.

표-1. EPS의 단위체적중량 (단위 :tf/m<sup>3</sup>)

구분	발포배율(%)	KS M 3808	비 고
1호	33.3	0.030	
2호	40.0	0.025	
3호	50.0	0.020	
4호	62.5	0.015	

### 3. EPS성토공법의 설계 및 시험시공

#### 3.1 시공개요

EPS시험시공의 위치는 서해안 고속도로 제 2공구(인천시 서창동)에 있는 서창J/C구간의 RAMP-A2교 교대뒤체움 부위에 해당하며 그림-1에 나타난 바와 같다. 또한, 평면도는 그림-2와 같고 이에 대한 원지반 토질조사, 교대안정성검토, 뒤체움부위 포장설계 등을 검토하고자 한다.

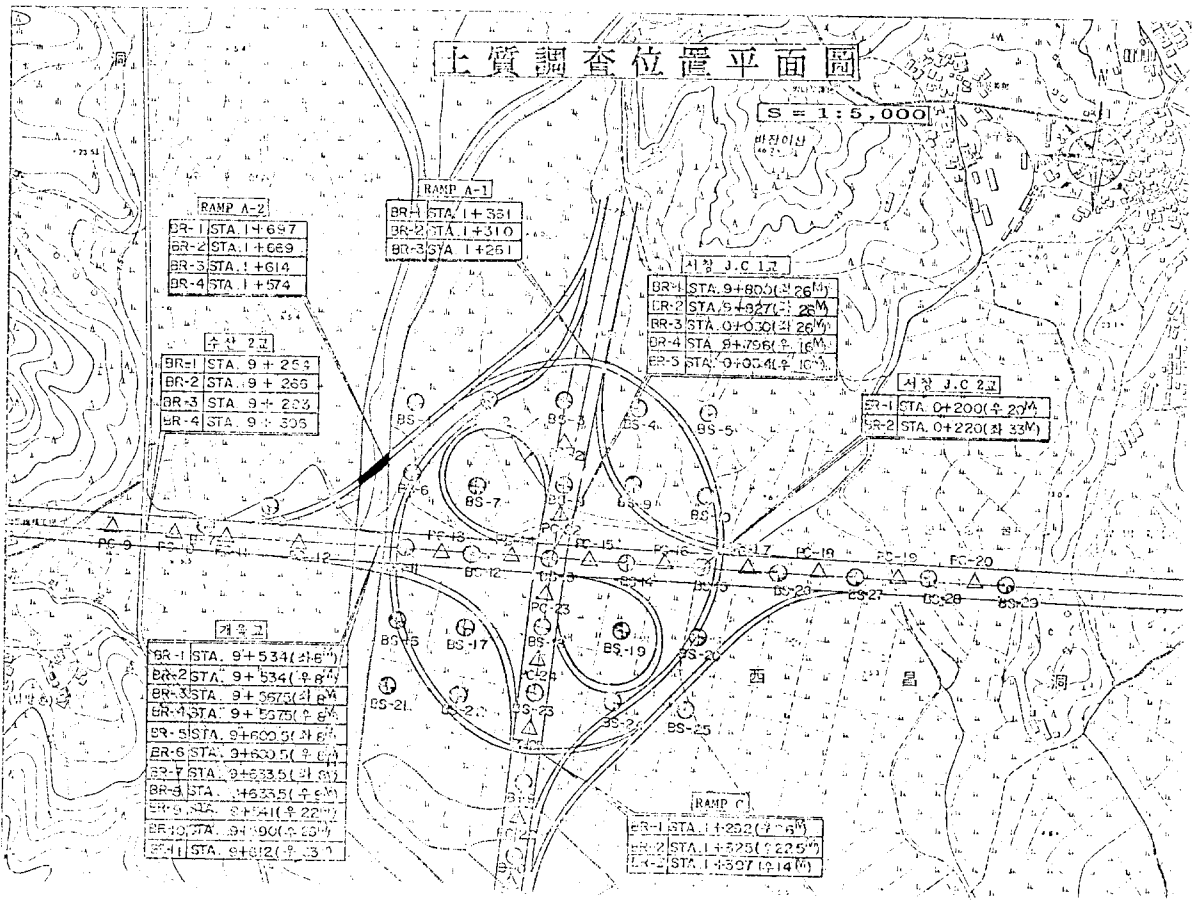


그림-1. EPS시공구간 위치도

가. 대상공사현황

- 위치 : 서해안 건설사업소 서창J/C RAMP-A2교(A2)
- 교량제원 : 교장(L) = 101.6m, 교폭(W) = 14.0m,  
높이(H) = 9.0m
- 선형 : 평면(R) = 250m, 종단구배 = -0.28%, 편구배 = 6%
- 공사량 : EPS 쌓기공 : 1200m<sup>3</sup>(높이=5.6m)
- 공사기간 : 93.10.13 - 10.27(15일)

나. 지반조사

연장 101.1 m로 계획된 본 교량에서는 4개소의 시추조사(BR-1 - BR-4)를 실시하였으며, 그 결과에 의한 기초지반은 매립층, 퇴적층, 풍화암 및 기반암으로 구성되어 있다. 지반특성은 표-2와 같고 주상도는 그림-3과 같다.

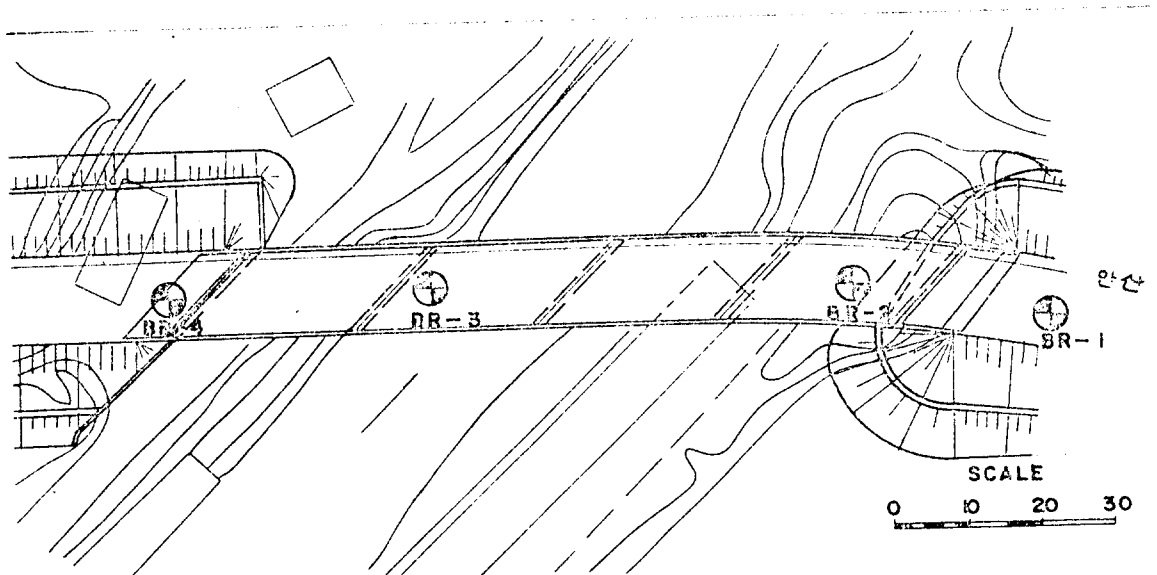


그림-2. RAMP-A2교의 평면도

표-2. RAMP A2교 지반특성

구분	두께	토성	N 치	특성 비교
메립층	1.0-2.1	SM, GM	-	제방축조
퇴적층	6.7-7.9	CL, SM, GM	2-5/30	상부연약, 하부조밀
풍화암	0.3-5.1	-	-	연암심도 7.0-16.0m

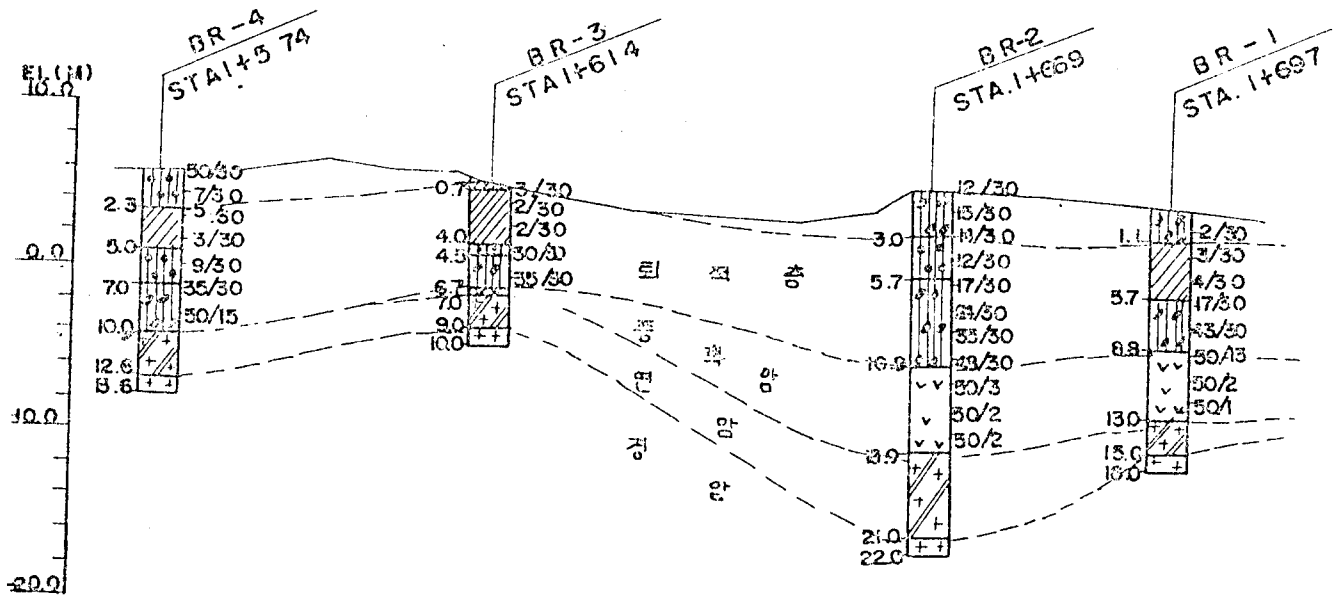


그림-3. RAMP A2교 토질주상도



### 3.2 설계

#### 가. 포장설계

서창 J/C 램프의 포장은 연약지반의 압밀침하를 고려하여 아스팔트 콘크리트 표층포장으로 선정하였고, AASHTO 설계법(interin Guide 86개정)에 의해 두께를 산정하였다. AASHTO 설계법에 의한 포장설계는 노상재료의 CBR 값을 지지력계수로 환산하여 적용하지만, EPS 재료와 같은 특수한 재료는 다층탄성이론에 의해 설계하는 것이 일반적이다. 그러나, EPS 시공부위가 교대배면 뒤채움부위로서 뒤채움 흙을 대신한 대체재료로서 시공되기 때문에, EPS 상부에 재하되는 포장하중과 차량에 의한 이동하중을 합한 무게를 충분히 지지하도록 설계하면 된다.

#### 나. EPS 지지력검토

EPS 의 변형에 대해서는 EPS 상부, 즉, 시멘트 콘크리트 상판 바로 밑에 발생하는 수직응력에 유의하여 해야한다. 재하응력의 산정에는 포장총무게, 시멘트 콘크리트 판의 자중 및 교통하중을 고려하고, EPS상부의 응력은 다음식을 이용하여 계산한다.

$$\sigma_z = \frac{P(1+i)}{(B+2Z\tan\theta)(L+2Z\tan\theta)}$$

$\sigma_z$  : EPS 상부의 응력

P : 윗하중(DB-24하중의 경우, P = 9.6 ton)

i : 충격계수(i=15/(40+L))으로 계산하며, 0.3을 넘어서는 안된다.)

Z : 노면으로부터 EPS 상부까지의 깊이(표층, 노반, 콘크리트 상판 포함)

B,L : 윗하중의 재하폭(B=50cm,L=20cm)

$\theta$  : 하중분산각도(콘크리트 상판을 사용하는 경우, 45°)



## 2) EPS 지지력

EPS지지력은 압축강도시험에 의해 1% 변형시의 압축응력과 5% 변형시의 압축응력이 있는데, 5% 이상 변형이 되면 소성변형이 발생되어 공용시 지지력부족과 침하등으로 정상적인 기능이 불가능하게 된다. 일반적으로 1% 변형시 압축응력을 설계지지력으로 적용하는데 상부하중을 지지할 수 있는 경제적이고 적절한 EPS 등급은 D-20이 해당된다.

### 다. 교대 뒷채움재로의 EPS설계

#### 1) 설계조건

- 교대 형식 : 역 T 형 (H=10.000m)
- EPS 성토높이 : 6.000m
- 재료의 단위중량( $\text{tf/m}^3$ )
  - 철근 콘크리트 : 2.50      - 무근 콘크리트 : 2.30
  - 토 사 : 2.00              - E P S : 0.02
- 과재하중 :  $1.000(\text{t/m}^3)$
- 뒤채움재의 내부마찰각( $\phi$ ) :  $35^\circ$
- EPS 의 마찰계수 : 0.50
- 상부하중 :  
 $(46.491 + 34.366)/3.509 = 23.042 \text{ t/m}$
- 재료의 강도
  - 콘크리트  
 $\sigma_{ck} = 240(\text{kgf/cm}^2), \quad \sigma_{ca} = 0.4\sigma_{ck} = 96(\text{kgf/cm}^2),$   
 $\tau_a = 0.25\sigma_{ck} = 3.8(\text{kgf/cm}^2)$
  - 철 근  
 $\sigma_y = 3000 (\text{kgf/cm}^2), \quad \sigma_{sa} = 1500 (\text{kgf/cm}^2)$

본 시험시공 단면을 나타내면 그림-4와 같다.

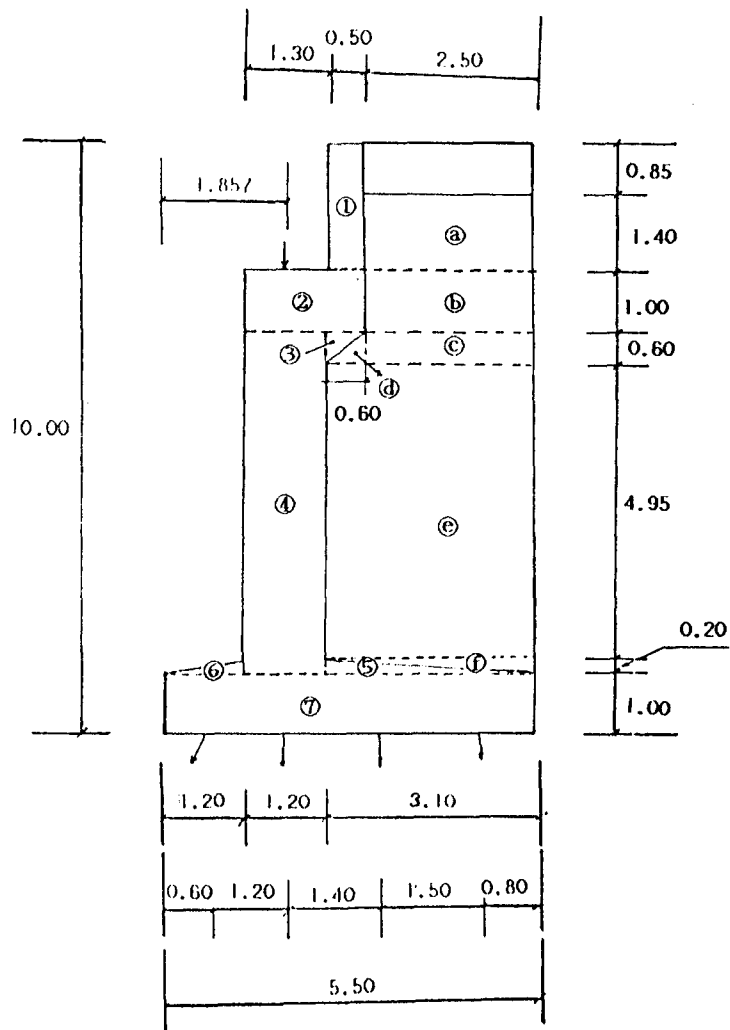


그림-4. 설계 단면

EPS를 적용한 교대 및 배면토에 대해 하중을 계산하면 표-4와 같다.

표-4. 하중 및 도심계산

기호	계 산 식	$P_v(\text{ton})$	$X(\text{m})$	$M_r(\text{t}\cdot\text{m})$	비 고
①	$0.500 \times 2.250 \times 2.500$	2.813	2.750	7.734	콘크리트
②	$1.800 \times 1.000 \times 2.500$	4.500	2.100	9.450	"
③	$0.600 \times 0.600 \times 2.500 \times 0.5$	0.450	2.600	1.170	"
④	$1.200 \times 5.750 \times 2.500$	17.250	1.800	31.050	"
⑤	$3.100 \times 0.200 \times 2.500 \times 0.5$	0.775	3.433	2.661	"
⑥	$1.200 \times 0.200 \times 2.500 \times 0.5$	0.300	0.800	0.240	"
⑦	$5.500 \times 1.000 \times 2.500$	13.750	2.750	37.813	"
㉑	$2.500 \times 1.400 \times 0.020$	0.070	4.250	0.298	E P S
㉒	$2.500 \times 1.000 \times 0.020$	0.050	4.250	0.213	"
㉓	$2.500 \times 0.600 \times 0.020$	0.030	4.250	0.128	"
㉔	$0.600 \times 0.600 \times 0.020 \times 0.5$	0.004	2.800	0.011	"
㉕	$3.100 \times 3.000 \times 0.020$	0.186	3.950	0.735	"
㉖	$3.100 \times 1.950 \times 2.000$	12.090	3.950	47.756	토 사
㉗	$3.100 \times 0.200 \times 2.000 \times 0.5$	0.620	4.467	2.770	"
$\Sigma$		52.888		142.029	

2) 토압 계산

0 교대배면의 토압을 계산하면 그림-5와 같다.

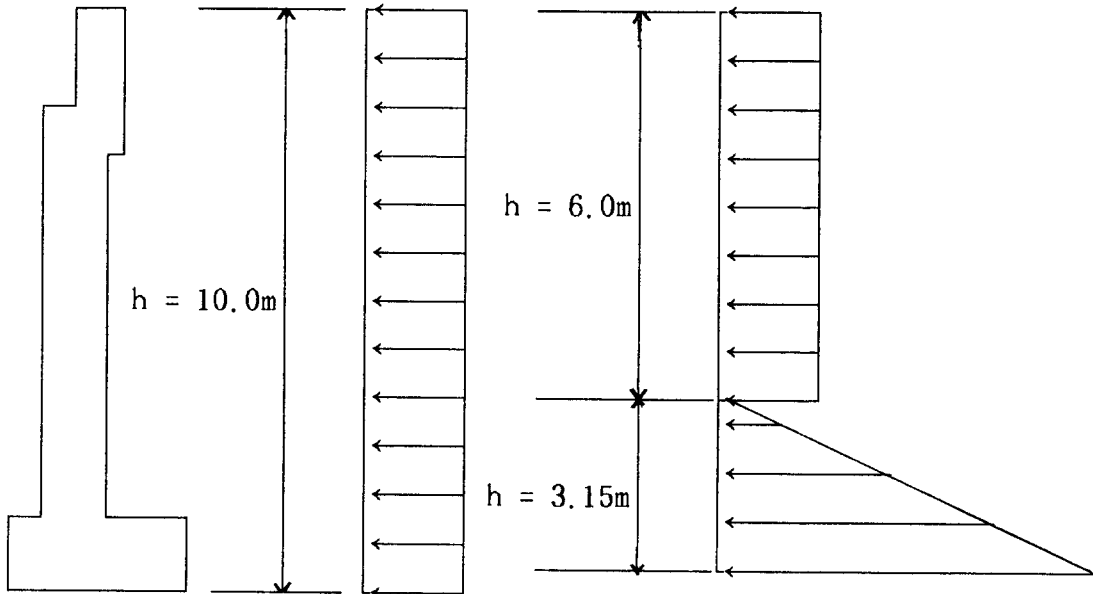


그림-5. 토압분포

본 계산에 이용한 토압계수는 아래와 같은 Coulomb식을 이용하여 구하였다.

$$k_a = \frac{\sin^2(\beta + \phi)}{\sin^2\beta \sin(\beta - \delta) \left( 1 \pm \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \alpha)}{\sin(\beta - \delta) \sin(\alpha - \beta)}} \right)^2}$$

$$\alpha = 1 : 2 \text{ 분포 ; } 26.565^\circ \rightarrow \text{채택}$$

$$1 : 3 \text{ 분포 ; } 18.435^\circ$$

$$\beta = 90^\circ$$

$$\phi = 35^\circ \text{ (} 30^\circ - 35^\circ \text{ 사이의 값사용)}$$

$$\delta = 17.5^\circ \text{ (} \phi/2 - 2/3 \phi = 35^\circ/2 \text{)}$$

$$k_a = 0.383$$

5) 안정계산

EPS성토공사를 시행한후 교대의 안정에 대해 검토한 결과 다음과 같다.

안정에 이용된 계산결과는 표-5와 같다.

표-5. 안정계산

구분	P <sub>v</sub> (ton)	X(m)	M <sub>r</sub> (t·m)	P <sub>h</sub> (ton)	y(m)	M <sub>0</sub> (t·m)	
자중	52.888		142.029				
토압	과재하중	1.434	5.500	7.889	2.148	5.000	10.240
	EPS	3.441	5.500	18.926	4.915	6.450	30.227
	배면토	2.180	5.500	11.990	3.113	1.050	3.269
과재하중	2.500	4.250	10.625				
소 계	62.443		191.459	10.076		43.736	
상부하중	23.042	1.857	42.789				
소 계	23.042		42.789				
총 계	85.485		234.248	10.076		43.736	

가) 전도

$$F_s = \frac{M_r}{M_0} = \frac{234.248}{43.736} = 5.356 > 2.0 \quad \therefore \text{안정}$$

나) 활동

$$F_s = \frac{\mu V}{\sum H} = \frac{0.5 \times 85.485}{10.240} = 4.242 > 2.0 \quad \therefore \text{안정}$$

다) 지지력

$$x_0 = \frac{M_r - M_0}{V} = \frac{234.248 - 43.736}{85.485} = 2.229 \text{ m}$$

$$e = \frac{B}{2} - x_0 = \frac{5.500}{2} - 2.229 = 0.521 \leq \frac{|B|}{6} = 0.917$$

$$q = \frac{2V}{LX} = \frac{2V}{3 \times (\frac{B}{2} - e)L} = \frac{2 \times 85.486}{3 \times (\frac{5.5}{2} - 0.521) \times 1.0}$$

$$= 25.568 \text{ t/m}$$

### 3.3 현장시험시공

#### 가) 시공흐름도

EPS의 시공은 블록의 겹쳐쌓기를 반복하는 작업이며, 특수한 건설기계 및 고도의 시공기술은 필요로 하지 않는다. 그러나, 장기적인 안정을 확보하기 위해서는 부대구조물과의 연결등을 사전에 이해하고 시공계획에 반영하여야 한다. 본 연구소에서 시행한 시공흐름도를 나타내면 그림-6과 같다.

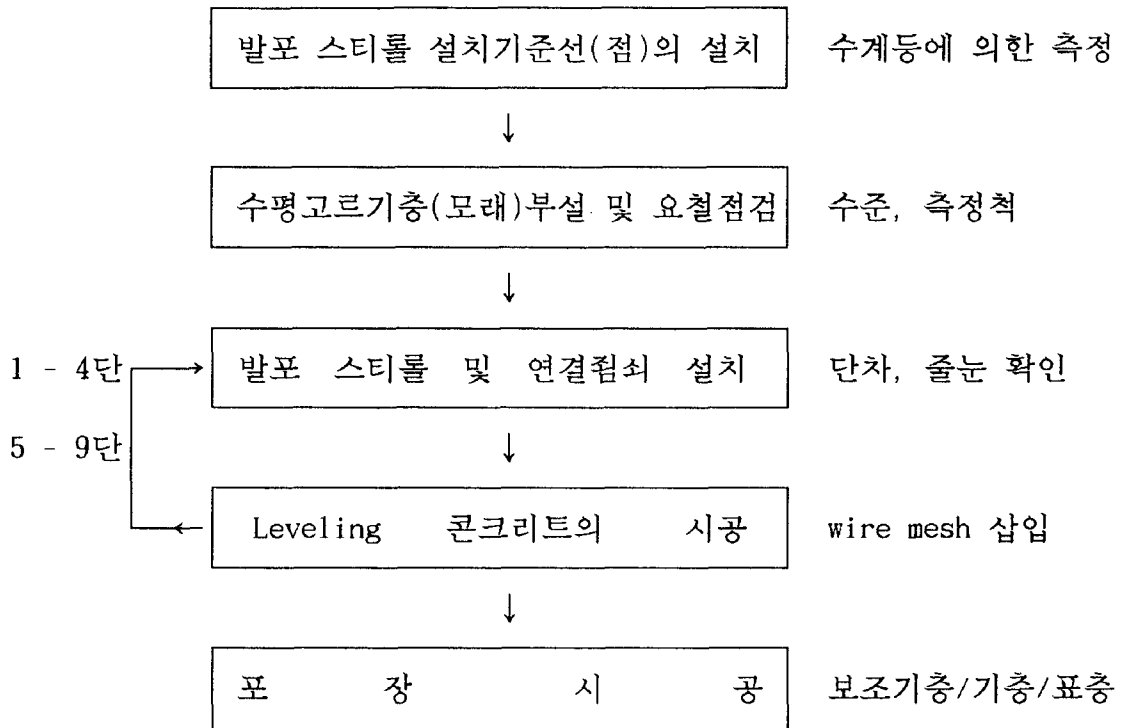


그림-6. 시공흐름도

#### 나) 준비공

##### 1) EPS 블록배치도 작성

1단부터 9단까지의 블록배치도, 평면도, 종단면도, 횡단면도

##### 2) 시공에 필요한 물품의 종류와 수량확인

본 공사에 이용한 EPS의 종류별 수량은 표-6과 같다.



표-6. EPS 물품수량

종 류	규격 ( 길이 × 폭 × 높이, mm )		수 량
	1810 × 905 × 620	3620 × 905 × 620	
KS보온판 1호 (D-30)	330	-	330
KS보온판 3호 (D-20)	684	217	901
합 계	1014	217	1231

연결철쇠 : 2800개(양조형) L형편 : 500개(규격 :  $\phi 8 \times 900\text{mm}$ )

3) 시공기계의 종류 및 용도

EPS작업시에 사용한 공정별 기계를 나타내면 표-7과 같다.

표-7. EPS공정에 따른 기계명

내용 공정	기 계 명	대 상	비 고
굴 삭	백호우	원지반	-
다 짐	진동롤러	기반 / 성토층	-
	램머	성토층	협소부위
고 르 기	불도저	배수층	필요시
부 설	백호우	부사층	-
콘크리트	펌프차	콘크리트 상판	필요시
EPS운반	지게차	EPS 블럭운반	50m이상

다) 굴착공

1) 교대의 안정상 5 m 성토후 2 m 절취하여, 즉 3m 성토후 EPS블럭을 설치하였다.

2) 성토에 의한 말뚝의 축압을 줄이기 위해서 교대기초저면 상부에서 EPS블럭을 경사지게 배치하지 않고, 교대배면에서 충분한 길이(약8m)로 나온다음 경사지게 성토하였다.

라) 배수공

1) EPS블럭설치는 최대홍수위보다 높게 설치하였으며, leveling 층을 20cm정도 두껍게 포설하여 배수층의 역할을 겸하게 하였다.

2) EPS블럭과 성토구간의 접속부위는 모래를 채워 다짐을 실시하여 배수층으로 이용하였다.

마) 기반공

1) leveling 층으로 모래 20cm 정도포설후 10 ton 진동롤러로 다짐.

2) 교대의 모서리 부분은 물다짐을 병행하여 램머로 다짐.

바) EPS 의 반입, 보관

1) EPS 반입은 4t 복사 트럭(약 40 m<sup>3</sup> 적재)사용하였고 보관은 우수 및 자외선을차단하였으며, 반입시 EPS 블럭의 형상치수를 확인하였다.

2) 2-3일분의 작업물량확보(200-500 m<sup>3</sup>)가 필요하며, 그이상의 물량확보는 EPS 블럭의 용적이 큰 관계로 보관장소가 협소하게 된다.

사) EPS 설치공

1) EPS 설치 기준면선정(교대의 배면, 날개벽 기준).

2) 수준기 설치.

3) EPS 작업인원 선정 및 작업도구 점검.

4) 1단설치시 교대배면과 EPS 블럭의 틈새와 단차는 모래로 정정하여 1단 상부의 단차가 5mm이상나지 않게 해야하며, 수준기를 사용하여 5개소이상의 level을 수시 측정한다.

5) EPS 줄눈이 겹치지 않도록 홀수단(1,3,5,7,9단)은 도로종단에 평행하게 짝수단(2,4,6,8단)은 교대배면에 평행하게 지그재그 형식으로 설치하였다.

6) EPS 블럭과 일반성토부의 접속부에서, 양쪽의 불균등한 침하량으로 인한 단차를 완화하기 위해서 콘크리트 상단은 EPS 설치형태와 관계없이 2m 정도를 일반성토부로 연장하였다.

7) EPS 블럭상호는 양조형 연결점쇠를 사용하여 고정하였다.

8) EPS 블럭의 가공은 사전에 설정한 재료표에 따라 공장에서 가공하는 것을 원칙으로 하나 EPS 블럭과 교대배면과의 밀착을 위해서 현장에서 슬라이덱스와 열선을 사용하여 가공하였다.

#### 아) 콘크리트 상판공

1) 중간부 콘크리트 상판은 4단(EPS 블럭성토높이 : 2.48 m)을 성토한 다음에 설치하며, 상부하중을 균등하게 분포시키는 역할보다는 EPS 블럭설치시 발생하는 단차, 틈새를 수정하고, EPS 블럭상호를 상판층에 의해 누르고 제자리를 찾게 할 목적으로 설치한다.

2) 콘크리트 타설시 수준기를 사용하여 중간부 콘크리트 상판 상부의 수평을 조정하였다.

3) leveling 층을 만들기 위한 콘크리트 상판은 야간에 시공해서는 안된다(콘크리트 타설후 높이를 검사하였다).

4) 최상부 콘크리트 상판은 중간부 콘크리트 상판설치후 EPS 블럭을 5단(성토높이 : 3.1 m)성토후 설치하며 설치목적은 교통하중이나 상부하중을 균등하게 분포시키는 역할을 하며 EPS 블럭설치시 발생하는 단차, 틈새를 수정하고, EPS 블럭상호를 상판층에 의해 누르고 제자리를 찾게 한다.

5) EPS 블럭성토공법은 시공중 부력대책에 가장 유의해야 한다. 이번 시험시공에서는 지하수위가 급상승할 우려가 없어서 부력대책은 세우지 않았으나, 시공속도를 빠르게 하기 위해서 콘크리트에 조강재를 사용하여 소요 강도를 2-3일안에 발휘되도록 하였다.

#### 자) 비탈면공

1) EPS 배면성토 또는 다짐시 EPS 블럭이 전방, 측방으로 밀려나는 것을 방지하는 압성하중효과를 가지고 있으며 이를 시공중 확인하였다.

2) EPS 블럭의 조각들을 끝부분에 설치한 경우 인접 블럭들과 밀착이 잘되지 않았으나 복토후 다짐한 경우 밀착이 견고하게 되었다.

3) 피복토에 의한 EPS 블럭의 보호대책으로는 폴리에틸렌 시트, 콘크리트등으로 보호하나 여기서는 EPS와 흙과의 마찰력이 충분하다고 판단되고 또한 별도의 보호대책을 강구할 경우 EPS 블럭과 피복토와의 분리가 예상되어 복토의 두께를 늘이는 방법을 택하였다.

4) 복토는 EPS 블럭성토후 백호우를 사용하여 전압하였다. 피복토의 두께는 설계시 최소 50 cm로 하였고 시공시 1 m내외로 하였다.

## 4. 계측관리

### 4.1 계측기매설현황

교대뒷채움재로 EPS를 사용하여 성토한 결과 지반의 변위양상, 응력등을 조사하기 위하여 아래 그림-6에 나타낸 바와 같이 계측기를 매설하였다.

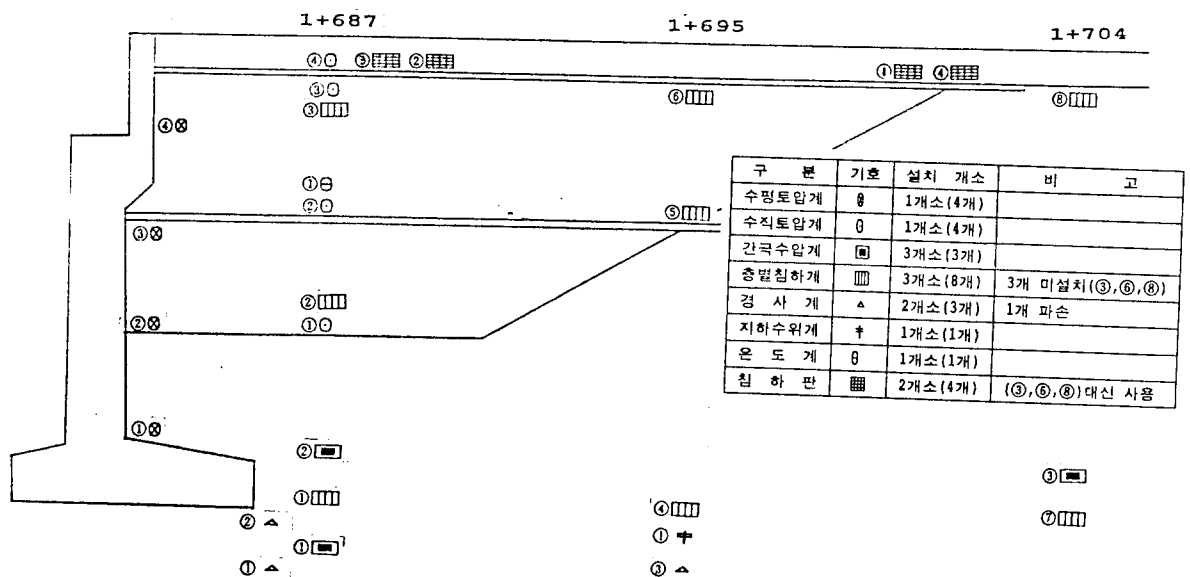


그림-6. 계측기매설 위치도

### 4.2 계측현황 및 결과

#### 가) 수평토압계

수평토압계의 설치위치는 RAMP-A2교의 A2의 교대에 포장면으로부터 2m, 4m, 6m, 8m에 설치하였다.

이들의 측정결과는 그림-7과 같으며 94년 5월 현재의 토층하부의 토압은  $0.1386\text{kg/cm}^2$ 으로 나타났다.

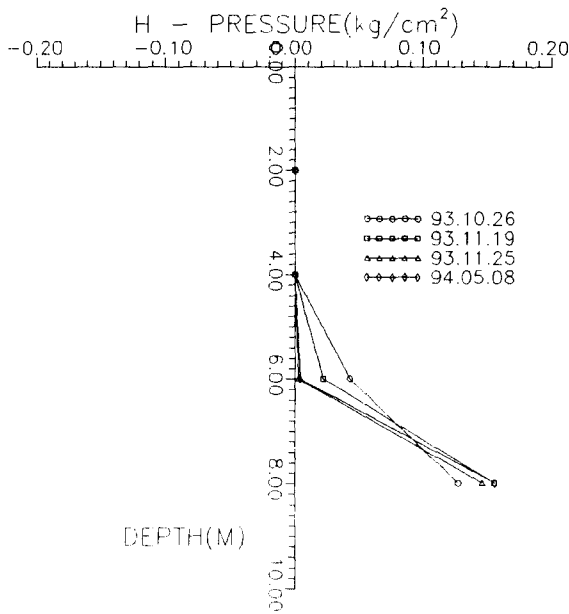


그림-7. 수평토압 계측치

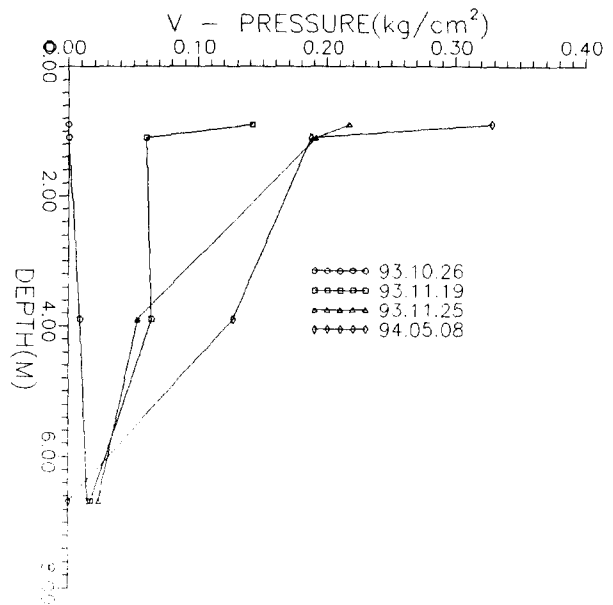


그림-8. 수직토압 계측치

나) 수직토압계

상재하중에 의한 수직토압의 변화를 나타내면 그림-8과 같고 94년 5월 현재의 수직토압은  $0.33\text{kg/cm}^2$  정도로 나타났다.

다) 지하수위계

지하수위를 측정한 결과 현재까지 수위변화가 없다.

라) 온도계

초기측정치는  $11.00^\circ\text{C}$ 였으며 현재의 EPS성토구간의 온도는  $17.00^\circ\text{C}$ 로 약  $6.00^\circ\text{C}$  정도 상승하였다. 이러한 온도상승은 EPS제품의 공학적인 특성에는 아무런 영향을 주지 않을 것으로 보인다.

마) EPS시공장소의 상부침하량

상재하중에 의한 침하량을 교대배면의 콘크리트상판을 기준으로 2개소 4개지점에 설치하여 측정한 결과를 나타내면 그림-9와 같다.

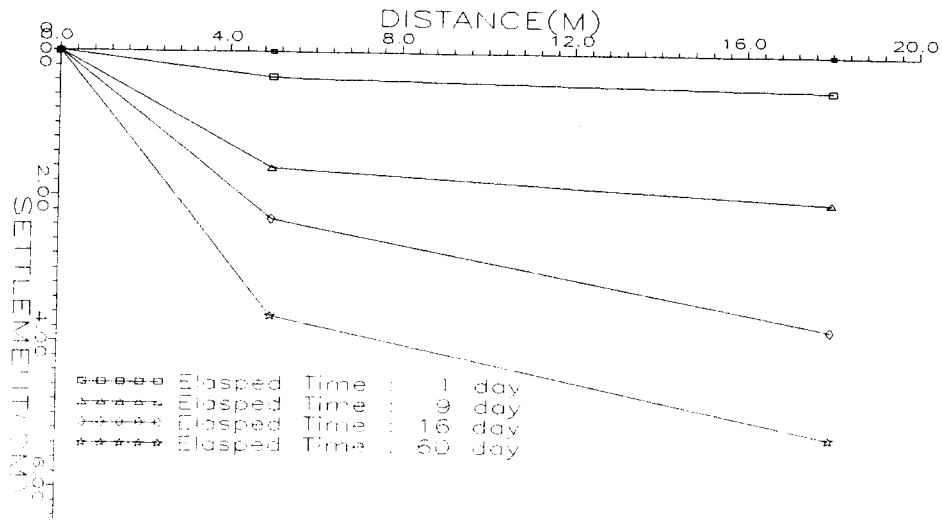


그림-9. 침하판에 의한 상부침하량 계측치

시공후 60일이 지난후의 침하량은 7.2cm였다. 현재도 추가적인 침하는 발생하지 않았다.

## 5. 결론

본 연구소에서 지난해에 교대의 측방유동과 지반의 침하를 방지하기 위해 교대배면에 EPS를 성토하여 연구한 결과는 다음과 같다.

EPS를 이용한 성토대책공법은 연약지반상에 초경량 성토재 기능을 발휘하여 하중경감으로 인한 노면침하를 방지케하고, 교량이나 옹벽구조물의 배면에 경량성과 자립성의 기능을 발휘하여 토압경감으로 인한 구조물의 안정성을 유지할 목적으로 적용하면 보다효율적인 공법이라고 판단된다.

경제적인 측면에서 고찰해보면 본 시험시공의 경우 Sand Drain공법과 비교하면 기준 공사비용이 1.5배정도 증대되었다. 그러나, EPS공법의 장점인 교통개방이 시급한 구간의 공사기간 단축 및 공용기간동안 원지반의 압밀침하가 거의 발생하지 않아 침하로 인한 유지보수가 절감되는 잇점 등 본 시험시공결과 장기적으로는 충분한 경제성이 있음을 알 수 있다.

시험시공결과 긴급복구공사(산사태, 도로절단등), 급경사지 구간도로개설(편질편성) 우회도로개설 및 시가지도로 확폭시공시 매우 유용한 공법인 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. 発泡スチロール土工法開発機構, EPS工法,平成 5年(1993).
2. 한양대학교 부설 산업과학연구소, 도로성토재료로서의 EPS활용에 관한 연구, 1993.
3. Tadamitsu Iwasaki 道路擴幅のためのEPS工法による토류벽의施工例 土木技術 45권 2號 pp 125-132.
4. 金井道夫,“急傾斜面のEPS盛土工法, 土と基礎,39-8(403) pp 11-16.
5. Hiroaki Taniguchi, 國道 1號 沼津 バイパス의EPS工法, 土木技術 43卷 10號 pp 64-71, 1991.
6. Geir Refsdal, Plastic form frost protection to road embankments, The Northern Engineer, Vol. 17, No. 13, pp 16-19
7. Frydenlund, T. E., "Superlight fill materials", Norwegian Road Research Laboratory, Publ. no 60., pp 11-14, 1986.
8. NRRL, "The use of plastic foam in road embankments", Norwegian Road Research Laboratory, Int report no 1191., pp 41, 1984.
9. NRRL, "Plastic form in road embankments", Norwegian Road Research Laboratory, Conference Proceedings Oslo 25, June 1985.
10. 조삼덕, “인공경량재료를 이용한 성토공법, 건설기술정보, 1990. 6월, pp 21-27, 1990.
11. R.G.Dahlberg, G.Refsdal, "Polystyrene Foam for lightweight road Embankments", 16th World Road Congress, Vienna, pp 27-33, 1979.
12. BASF Canada Inc., EPS-Type 2 Insulation brocks as Backfill Material for Stabilization of Foundation Soils in Embankments, Styropor technical bulletin, Jun., 1985.