

## 임시구조물로서 분리형 보강토 옹벽의 적용사례 The Application of KOESWall System as a Temporary Structure

김영윤, Young-Yoon Kim

보강기술(주) 전무이사, 기업부설연구소 소장, Director, E&S Engineering Co., Ltd.

**SYNOPSIS** : The KOESWall system that minimizes the horizontal deformation of reinforced wall effectively was developed by E&S Eng. Co., Ltd. in 1999. Due to its systematical feature i.e. isolated construction method, KOESWall system is able to use as temporary structures more economically without the facing block.

In this report, it is shown that the case history of KOESWall as a temporary soil retaining structure and the field measurements.

**KEYWORDS** : KOESWall System, Reinforced earth, Temporary structure

### 1. 분리형 보강토 옹벽의 원리 및 시공 방법

현재 사용되고 있는 보강토 옹벽 공법은 축조과정에서의 다짐유발 수평력이 매우 크기 때문에 많은 수평변위가 발생하고, 이러한 수평변위의 대부분은 시공도중에 발생하며, 위로 올라갈수록 그 변위는 누적되어 상단에서 누적변위가 나타나게 된다. 이러한 누적수평변위는 해체 후 재시공에 의하지 않고는 조정이 불가능하다.





따라서 기존의 블록식 보강토 옹벽의 단계축조(Incremental system)에서 발생하는 변위 누적현상을 합리적으로 수용하기 위한 새로운 보강토 옹벽 공법을 개발하였으며, 이 새로운 보강토 옹벽에서는 그림 1.에서와 같이, 먼저 보강토체를 형성하여 안정시킨 다음 전면블록을 설치함으로써 최종적으로 기존 보강토 옹벽에서 나타나는 보강토체 벽면의 수평변위를 줄일 수 있는 구조를 하고 있어 분리형 보강토 옹벽 공법이라 한다.

분리형 보강토 옹벽 공법에서 사용하는 보강재는, 흙과 보강재의 상호작용에 대한 국내외의 많은 연구 관련자료들을 통하여, 국내의 토질조건에 가장 적합한 형상으로 결정하였으며, 그 형상은 그림 2.에 서와 같다.

또한 본 공법에서 사용하는 블록은 높이가 높은 경우에도 충분한 강도를 유지할 수 있도록 콘크리트 재품을 사용하며, 한국의 고공과 성곽 등에 대한 현장조사를 통하여 한국인의 정서에 가장 잘 부합하는 형상으로 결정하였으며, 그림 3.에서와 같이 전면에는 자연석의 무늬를 넣어 주위환경과 자연스럽게 어울리도록 하였다.

분리형 보강토 옹벽은 보강토체와 전면블록이 분리되어 설치되므로, 예기치 않는 외부충격(차량충돌 등)에 의한 전면블록의 파손시, 전면블록만을 해체하여 재시공함으로써 이를 수정할 수 있다.

또한 전면블록을 설치하지 않은 보강토체 자체만으로도 충분한 내적·외적안정성을 확보하고 있기 때문에 내구년한 1~3년 정도의 임시구조물로 적용할 수 있으며, 이 경우 타 공법에 비하여 공기 및 공사비를 줄일 수 있다.

시공 순서	1. 블록 기초 설치 및 바닥고르기	2. 보강토체 1층 형성		
		2.1 보강재 포설 및 기준틀 설치	2.2 지오텍스타일 포설 및 전면흙벽 형성	2.3 흙쌓기 및 기준틀 제거
				

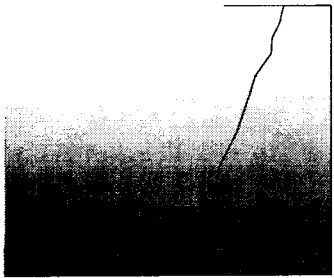
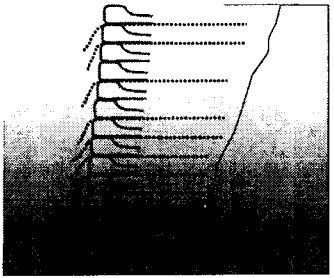
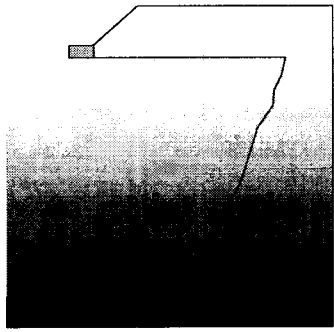
시공 순서	3. 반복작업에 의한 보강토체 완성	4. 전면블록 쌓기	5. 분리형 보강토 옹벽 완성
			

그림 1. 분리형 보강토 옹벽의 시공순서

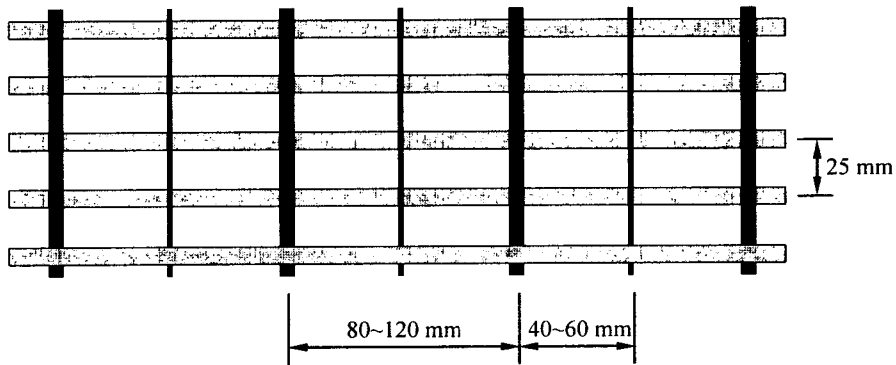


그림 2. ES-Grid의 형상

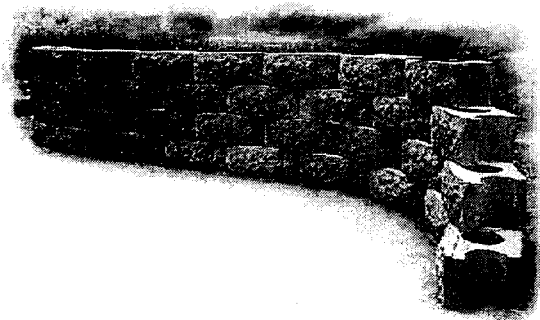


그림 3. 전면블록(ES-Block)의 형상

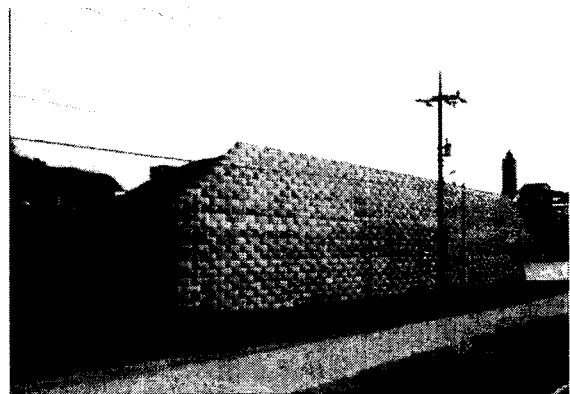


그림 4. 시험시공벽체 전경

## 2. 분리형 보강토 옹벽(KOESWall)의 설계법

보강토 옹벽의 설계법은 크게 타이백방법과 사면안정해석법의 두 가지 형태로 분류된다. 타이백 방법은 보강토체의 수평방향 활동력이 보강재에 의해서 유발되는 수평방향 저항력과 평형을 이룬다는 가정 하에서의 한계평형해석법이며, 사면안정해석법은 전통적인 사면안정해석에 보강재에 의하여 유발된 저항력을 추가하여 가정된 파괴활동면에 대하여 힘과 모멘트 평형을 계산하는 방법이다.

분리형 보강토 옹벽은 선단활동 파괴면을 그림 5.에서와 같이 대수나선으로 가정하였으며, 공법의 특성상 시공과정이 보강토 벽체의 시공과 블록설치의 2단계로 구분되므로 안정성 검토에서도 블록설치 이전과 블록설치이후의 두 가지 경우에 대하여 검토하여야 한다.

먼저 블록 설치이전의 안정해석은 대수나선(logarithmic spiral)형태의 연속함수로 가정된 파괴면에 대하여, 모멘트 평형조건을 토대로 토목섬유 보강토 벽체의 선단파괴에 대한 안정해석을 실시하며, 대수나선으로 가정된 예상파괴면을 토대로 한 보강토 벽체의 관련 기하학적 체계를 개략적으로 도시하면 그림 5. (a)와 같다. 토목섬유 보강토 벽체에 있어서, 모멘트 평형조건을 토대로 한 선단파괴에 대한 안전율( $FS_m$ )은 활동모멘트( $M_{TD}$ )와 이에 대응하는 저항모멘트( $M_{TR}$ )의 비로 정의되며, 평가방식은 식 (1)과 같다.

$$FS_m = \frac{M_{TR}}{M_{TD}} \quad (1)$$

$$M_{TD} = M_{dw} + M_{dq} + M_{du} \quad (2)$$

$$M_{TR} = M_{rc} + M_{rt} \quad (3)$$

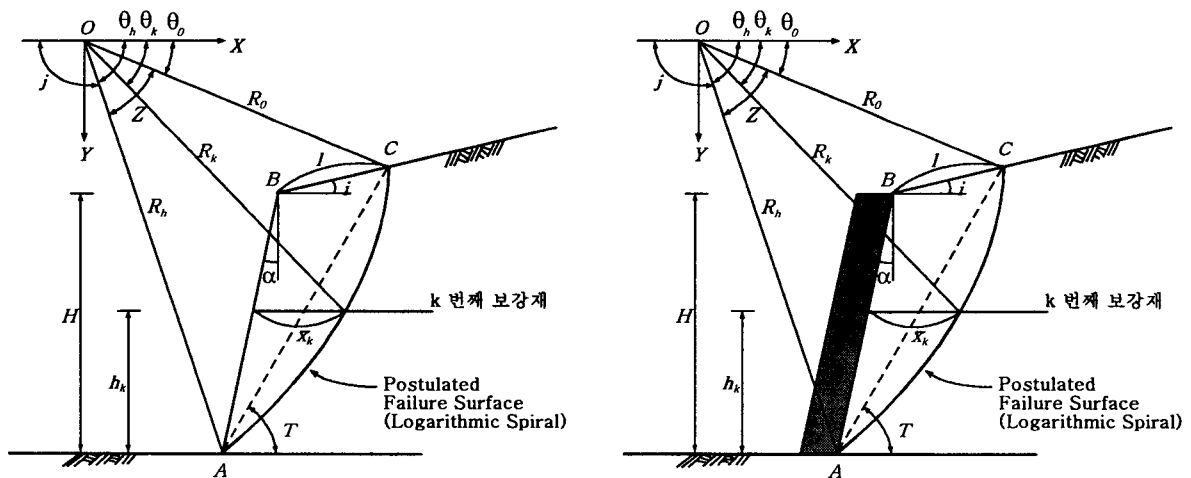
위 식에서,  $M_{dw}$  ; 파괴흙체 자중에 의한 활동 모멘트

$M_{dq}$  ; 상재하중( $q$ )에 의한 활동모멘트

$M_{du}$  ; 파괴면에 작용하는 침투수압에 의한 활동모멘트

$M_{rc}$  ; 점착력에 의한 저항모멘트

$M_{rt}$  ; 보강재에 유발되는 최대인장력( $T_{max}$ )에 의한 저항모멘트



(a) 1차 시공시

(b) 2차 시공시

그림 5. 선단파괴면의 기하학적 체계도

### 3. 임시구조물로서의 적용 사례

#### 3.1. 임시구조물로서의 적용 개요

경부고속도로 8차선확장공사 제 3 공구내의 연화교 교대 배면에 그림 6.에서와 같이 분리형 보강토 옹벽을 임시구조물로 적용하였으며, 그 높이는 7.5 m, 연장은 약 8 m 였다.

또한 임시구조물로 적용된 분리형 보강토 옹벽의 거동을 분석하기 위하여 간단한 현장계측을 실시하였으며, 계측항목은 보강토체 내부의 수평토압과 보강토체 전면의 수평변형 그리고 전면 지오텍스타일의 UV 내구성 등이다.

시험시공된 분리형 보강토 옹벽의 단면도 및 계측기 설치 위치는 그림 7.에서와 같으며, 각 계측항목 및 목적은 다음과 같다.

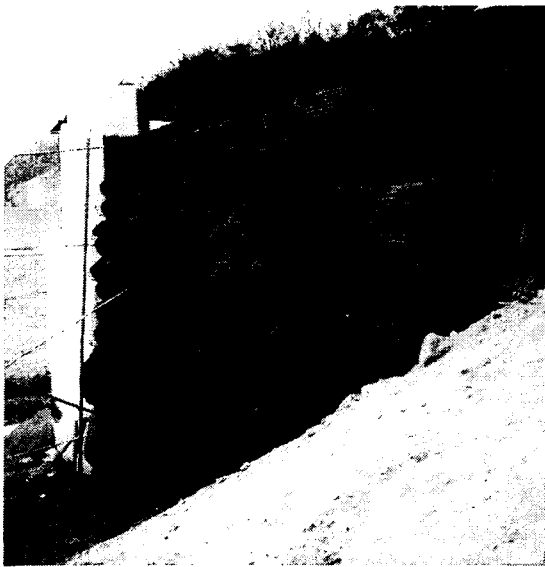


그림 6. 임시구조물로 시공된 분리형 보강토 옹벽

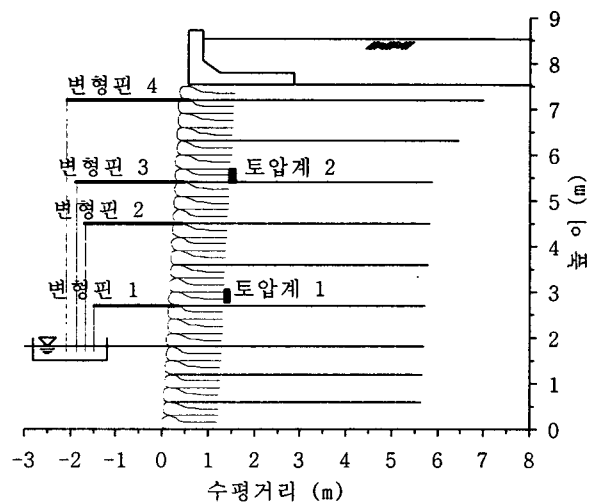


그림 7. 임시구조물로 적용된 분리형 보강토 옹벽 단면도 및 계측기 설치 위치

#### 3.1.1. 현장계측 항목 및 목적

##### 1) 보강토체 내부의 수평토압

보강토체 내부의 수평토압은 토압계를 사용하여 측정하며, 토압계는 일본 Tokyo Sokki Kenkyujo Co., Ltd. 제품으로 형식은 KDA-200KPA이며, 측정범위는 200 kPa이다. 토압계 설치위치는 보강토 옹벽의 높이 약 1/3지점과 2/3지점이며, 전면에서 약 1 ~ 1.5 이격된 거리에 설치한다. 또한 수평토압계는 설치시 충분한 반력을 줄 수 있도록 하기 위하여 특별히 제작된 토압계 브라켓을 사용하며, 토압계 브라켓은 이동성을 고려하여 가로 40, 세로 30, 길이 40 cm의 철제 박스로 제작하였다. 토압계 브라켓은 현장설치시 박스 내부에 굵은 돌이나 버림콘크리트 등으로 채워 자중을 증가시켜 충분한 반력을 얻을 수 있도록 하였다.

##### 2) 보강토체의 수평변형

보강토체의 수평변형은 성토시에 변형판을 설치하여 측정하며, 변형핀은 휨이 적은 재료를 사용하여 보강토체 전면에서 약 30 ~ 50 cm 이격된 거리에 고정시켜 설치후 수평을 유지할 수 있도록 하였다.

변형편이 설치되면 중력추를 사용하여 수평거리를 측정하며, 측정시 바람 등의 영향으로 중력추가 움직이는 것을 방지하기 위하여 보강토 옹벽 전면에 적당한 크기의 물통을 설치하여 물을 채우고 여기에 추를 담귀두었다.

### 3) 지오텍스타일의 내구성 시험

본 현장에서와 같이 분리형 보강토 옹벽을 임시구조물로 적용하는 경우 전면 지오텍스타일이 햇볕에 노출되어 내구성이 저하할 수 있으므로 이를 확인하기 위하여 사용기간 중에 지오텍스타일을 채취하여 내구성시험을 실시하도록 계획하였다.

전면 지오텍스타일의 내구성을 평가하기 위해서 보강토체 전면에 추가로 지오텍스타일을 설치하였으며, 3개월에 1회 시료를 채취하여 역학적 특성을 시험하였다.

### 3.1.2. 계측결과

#### 1) 보강토체 내부의 수평토압

아래 그림 8.은 보강토체 내부에 설치된 토압계의 측정치의 변화를 경과일수에 따라 나타낸 것이며, 여기에 날짜별 성토고를 함께 표시하였다. 이 그림에서 보강토체 내의 수평토압은 초기에는 그 증가량이 크나 성토완료시점 이후에는 거의 일정한 값에 수렴하는 것으로 나타났다.

#### 2) 보강토체의 수평변위

아래 그림 9.는 보강토체 전면에 설치된 변형편의 측정결과를 초기치에서의 변화값으로 계산하여 경과일수에 따른 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 또한 그림 10.은 변형편 설치 높이별 수평변위를 나타낸 것이며, 분리형 보강토 옹벽 설계프로그램에서 예측된 수평변형을 함께 나타내었다.

그림 9.에서 보면 보강토체 전면의 수평변형은 시공완료 직후 일정값에 수렴하는 것으로 나타났으며, 이는 거의 대부분의 보강토 옹벽의 거동과 일치하는 것이다. 그림 10.에서 설계프로그램에 의한 수평변형 예측치와 실측치를 비교할 때 측정된 수평변형은 프로그램에 의하여 예측된 변형량과 비교하여 약간 작은 값을 나타내고 있다.

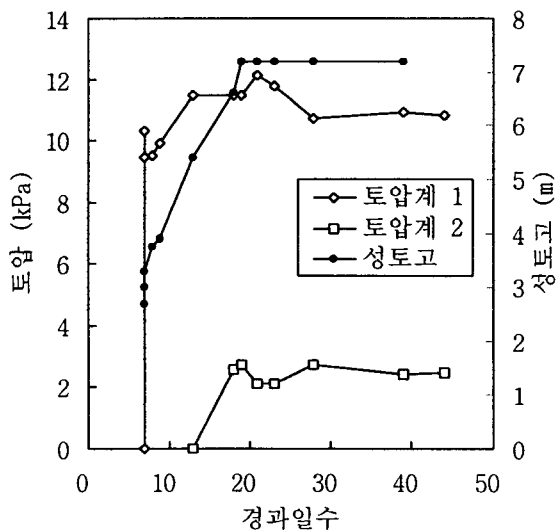


그림 8. 경과일수에 따른 토체내부 수평토압의 변화

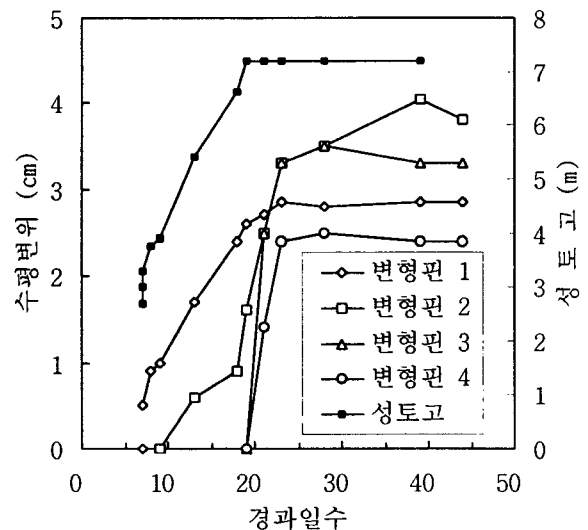


그림 9. 경과일수에 따른 수평변위의 변화

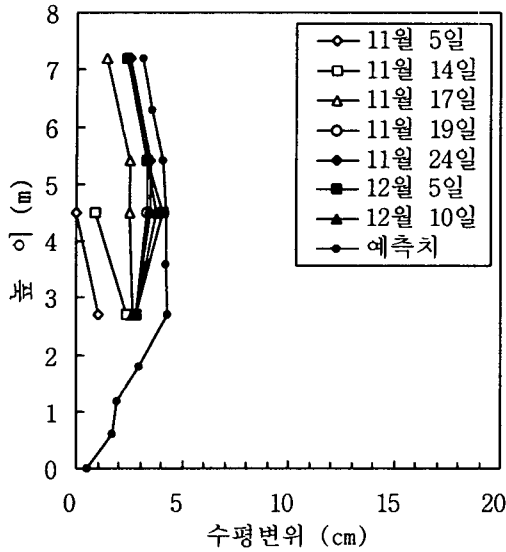


그림 10. 벽체 높이별 수평변위의 변화

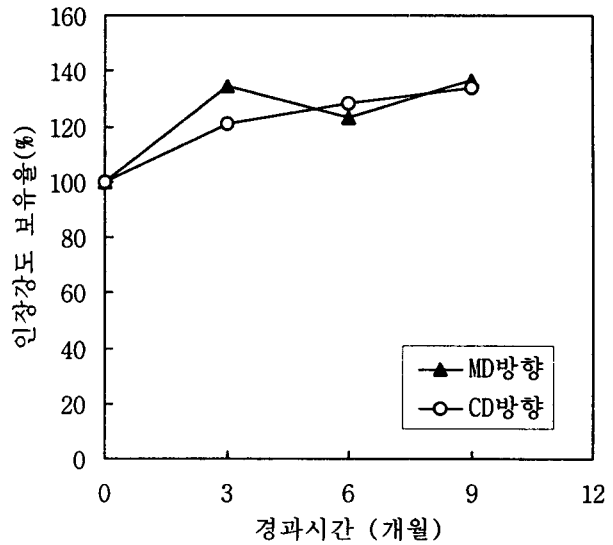


그림 11. 시간경과에 따른 인장강도 보유율

### 3) 지오텍스타일의 내구성 시험

분리형 보강토 옹벽을 임시구조물로 적용하는 경우 전면에 노출되는 지오텍스타일(부직포)의 내구성 평가를 위하여 보강토체 전면에 시험용 지오텍스타일을 설치하였으며, 시공전, 시공 후 3개월 6개월, 9개월에 시료를 채취하여 인장강도시험을 실시하였고, 인장강도시험시 시료의 크기는 150 mm × 50 mm 이며, 시험속도는 50 mm/min. 이다.

그림 11.에서는 경과시간에 따른 부직포의 인장강도 보유율을 나타낸 것이며, 인장강도 보유율은 각 월령별로 채취하여 시험한 인장강도를 시공전 부직포의 인장강도로 나누어 percentage로 나타낸 값이며, 시험결과에 의하면 시간이 경과할수록 인장강도는 증가하는 경향을 나타내고 있다. 부직포 지오텍스타일의 UV 분해거동 경향은 시간 경과에 따라 초기 약간의 강도 증가 후 점차 강도 감소 경향이 나타나는데 본 연구에서는 아직 강도 감소의 경향은 보이지 않고 있다. 이는 부직포에 첨가된 광안정제의 영향과 상대적으로 온화한 국내 자연광의 영향으로 일반 거동에서 보이는 초기 강도 증가경향이 보다 장시간동안에 걸쳐 나타난 것으로 판단되며, 이후 점차 시간이 경과할수록 점진적인 강도 감소가 나타나리라 사료된다.

## 4. 결론

본 보고서에서는 임시가설 구조물로 적용된 분리형 보강토 옹벽에 대하여 소개하였으며, 수평토압계와 수평변형판을 설치하여 시공중 및 시공완료 후의 거동을 관찰하였다.

본 분리형 보강토 옹벽에 대한 수평토압과 수평변형의 측정결과를 보면 시공중에는 성토고에 따라 증가하는 경향을 보이다가 시공완료후 거의 일정값에 수렴하는 것으로 나타났으며, 이는 일반적인 보강토 옹벽 구조물에서와 유사한 거동이다.

또한 전면에 설치된 지오텍스타일을 채취하여 인장강도 시험을 실시한 결과, 시간이 경과할수록 인장강도는 증가하는 것으로 나타났으며, 향후 계속적인 관찰이 필요한 부분이라 생각된다.