

# 콘크리트 블록식 보강토 옹벽과 보강사면을 복합으로 이용한 보강토의 설계 및 시공사례 연구

## A Case Study of Hybrid Reinforced Geo-Structure using Reinforced Concrete Block and Slope

\*1 김영남 Kim, Young-Nam

\*2 채영수 Chae, Young-Su

\*3 이강일 Lee, Kang-Il

### Abstract

With the need of efficient site use retaining walls have frequently used. Of them dry cast modular block wall(MBW), in which geogrid and concrete block are used is getting popular because of its simplicity and economical efficiency of construction. However, since this method is based on the theory of earth pressure, sands with good quality should be used. In contrast, reinforced soil slope(RSS) that the slope is less than 70° can use wider range of soil than MBW. A hybrid reinforced geo-structure might be a good alternative in view of overcoming difficulty obtaining soils with good quality as well as maximizing the efficiency of site use. This method is composed of reinforced block wall and reinforced soil slope. In this method, reinforced block wall is constructed up to a certain height vertically at ground boundary first. Reinforced soil slope is then constructed on the block wall subsequently. This paper introduces several technical points that should be taken into account in design and construction.

### 요 지

산업의 발달에 따라 효율적인 부지의 활용이 요구되면서 옹벽의 사용이 많아지게 되었다. 이러한 옹벽 중 지오그리드를 보강재로 하고 콘크리트 블록을 전면판으로 사용하는 블록식 보강토 옹벽(dry cast modular block wall, MBW)은 그 시공의 편리성과 경제성으로 인해 1980년대 초부터 꾸준히 사용이 증가하고 있는 추세이다. 그러나 이 방법은 토압이론에 기초하는 특성상 양질의 사질토를 사용하여야 한다. 이에 비하여 보강사면(reinforced soil slopes, RSS)은 70° 이하의 경사를 갖는 보강토체로서 공사에 사용되는 흙이 블록식 보강토 옹벽보다는 훨씬 광범위하다. 또한 본 공법은 양질의 사질토 구득이 어려운 점을 보완하고, 개발되는 부지의 효율성을 극대화하기 위하여 부지의 경계면에서 일정 높이의 수직으로 축조되는 블록식 보강토 옹벽을 축조하고 그 위에 보강사면을 축조하였다. 본 연구는 이러한 두 공법의 장점을 활용한 복합식 보강토체를 설계하고 시공한 결과에 대하여 설계 및 시공 시 고려하여야 할 사항에 대하여 연구하였다.

**Keywords :** Retaining wall, Dry cast modular block wall, Reinforced soil slope

\*1 (주)동명기술공단, 전무이사 (Vice President, Dongmyeong Engineering, C & A)

\*2 수원대학교 토목공학과 교수 (Professor, Dept. of Civil Eng., Suwon Univ)

\*3 대전대학교 건설시스템공학과 부교수 (Associate Professor, Dept. of Civil Eng., Daejin Univ)

## 1. 서론

보강토(MSE, mechanically stabilized earth)는 성토층 내에 인장력이 크고 흙과의 마찰 저항이 큰 보강재(reinforcing element)를 넣어 횡방향 변위를 억제하여 성토 자중이나 외력에 대한 안정성을 갖도록 보강되는 구조물로서 보강토 구조물의 대표적인 공법은 보강토 옹벽(MSEW, mechanically stabilized earth walls)과 보강사면(RSS, reinforced soil slopes)이다.

전자는 수직 또는 거의 수직에 가까운 형태로 축조되어 개발되는 부지의 활용성을 극대화시킬 수 있는 반면에, 대부분이 세립분(즉 74 $\mu$ m 이하의 입자)의 통과증량이 15% 이하이고 소성지수(PI)가 6 이하인 양질의 입상토를 사용한다. 또한 일반적인 토류구조물과는 달리 흙과 보강재사이의 마찰력이 토압에 저항하므로 벽체에 작용하는 수평토압은 무시할 정도로 매우 적다. 따라서 벽체를 구성하는 전면판은 보강재에 비하여 구조물 자체의 안정에 역학적으로 중요한 역할은 하지 않는다. 전면판은 주로 뒤채움재의 유실을 방지하고 보강재를 연결시키며 구조물의 외관상의 시각적 효과를 높이는 역할을 하는데, 흔히 콘크리트 판이나 블록을 사용한다.

후자는 70° 내외의 경사를 갖는 형태로 축조하여 전면이 경사지는 특성상 부지의 활용성은 보강토 옹벽보다는 양호하지 못하다. 그러나 세립분의 함량이 25~50% 이하이고 소성지수가 20 이하인 비교적 구득이 용이한 흙을 사용할 수 있다. 또한 전면이 우수 등에 의해서 세굴되는 것을 방지하기 위하여 잔디나 소 교목 등으로 식생처리를 하여 자연 친화적이고 시각적으로 평안함과 안정감을 줄뿐만 아니라 콘크리트 판 또는 블록 등을 사용하지 않아서 침하에 대한 적응성이 뛰어난 특성이 있다.

본 연구는 강원도 평창의 펜션공사의 현장에서 부지의 활용성을 증대시키고 자연 친화적인 환경조성을 위해 상기의 두 공법의 장점을 활용한 복합식 보강토체에 대한 설계 및 시공사례를 연구한 것이다. 시공은 높이 8m 내외의 복합식 보강토체를 하부는 콘크리트 블록식 보강토 옹벽을 높이 2.4m 내외로

수직으로 축조하고, 그 위에 높이 5.6m 내외의 보강사면을 70°의 경사로 축조한 현장이다. 본 논문은 이렇게 시공된 현장의 복합식 보강토체에 대하여 설계 및 시공결과를 분석하고 이를 토대로 설계 및 시공시 고려해야 할 사항 및 유의사항에 대하여 연구하였다.

## 2. 보강토 옹벽과 보강사면의 안정성 해석

### 2.1 보강토 옹벽

보강토 옹벽은 성토층 사이에 지오그리드나 지오텍스타일 및 띠형 보강재 등의 보강재를 설치하여 성토체의 안정성을 증가시킴으로써 수직벽체를 형성하는 구조물로 정의된다. 이러한 보강토 옹벽의 개념은 1960년대 중반 프랑스의 Vidal에 의해 강판(steel strips) 보강재를 사용하는 형태로 개발되었으며, 1970년대 중반이후 강판 보강재뿐만 아니라 토목섬유 보강재를 사용하는 형태로 발전하여 왔다.

그동안 보강토 옹벽의 합리적인 설계를 위해 다양한 해석 및 설계방법들이 제안되어 왔으며 이러한 설계방법들은 대부분 옹벽파괴에 대한 안전율의 결정에 한계평형해석(limit equilibrium analysis)을 사용하였다. 한계평형해석에 의한 설계방법들은 크게 2가지 유형으로 구분 되는데 첫 번째 유형은 보강토체의 수평방향 활동력이 보강재에 의해서 유발되는 수평방향 저항력과 평형을 이룬다고 가정하여 해석하는 방법이고, 두 번째 유형은 전통적인 사면안정해석과 같이 가정된 파괴 활동면에서의 힘이나 모멘트 평행해석 시 보강재 효과를 고려하는 방법이다. 이 경우 신장성 보강재(extensible reinforcement)는 썩기형태의 파괴토체에 대하여 인장저항 타이백(tie-back)과 같은 역할을 한다고 해서 타이백 구조 개념에 의한 해석방법으로 불리 우고, 비신장성 보강재(inextensible reinforcement)에서는 보강토체를 새롭게 구성한 복합 구조물로 간주하여 토체내의 수평토압 산출과 주동영역 구분에 있어 전술한 타이백 구조 개념과는 달리하는 복합중력식 구조(coherent gravity structure) 개념에 의한 해석으로 불리우며 후자는 사

면안정 해석방법으로 구분된다.

보강토 옹벽의 안정해석은 크게 외적 안정성과 내적 안정성으로 나눌 수 있다. 외적 안정성은 그림 1에 나타낸 바와 같이 보강토체를 중력식 옹벽과 같은 균질 복합토체로 가정하여 저면활동, 전도, 지지력 및 전체 사면활동 등에 대한 검토를 수행하고 내적 안정성은 그림 2에 나타낸 바와 같이 보강재 파단, 보강재 인발파괴 및 전면벽과 보강재의 연결부 파괴 등으로 나눌 수 있으며 그림 3에서와 같이 보강토체를 통과하는 다양한 활동면에 대한 안정성 검토 등도 있다.

## 2.2 보강사면

토목섬유 보강사면 공법이 개발된 이래로 많은

연구자 및 기관에 의해 설계법이 제시되어 왔으며 (Ingold 1982; Murray 1984; Jewell 등 1984; Schneidr와 Holtz 1986; Schmertmann 등 1987; Leshchinsky와 Boedeker 1990; FHWA 2001) 대부분의 설계법은 기존의 한계평형해석에 근거한 사면안정 해석법에 근간을 두고 있다. 특히 Jewell 등(1984), Schmertmann 등(1987), Leshchinsky와 Boedeker(1990)는 연구결과를 토대로 보강사면의 설계를 위한 설계차트를 제시하여 설계의 편의성을 도모한 바 있다.

보강사면의 일반적인 파괴 유형은 그림 4와 같이 파괴면이 보강재를 통과하는 내부파괴, 파괴면이 보강토체 외부로 통과하는 외부파괴, 그리고 파괴면이 보강토체 내·외부를 통과하는 복합파괴로 구분된다. 이러한 각 파괴유형에 대한 한계평형법에 근거하

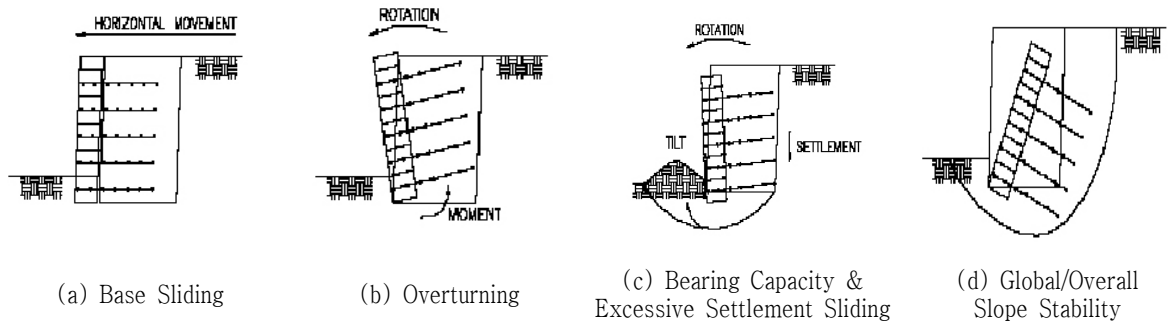


그림 1. 보강토 옹벽의 잠재적인 외적 파괴 유형

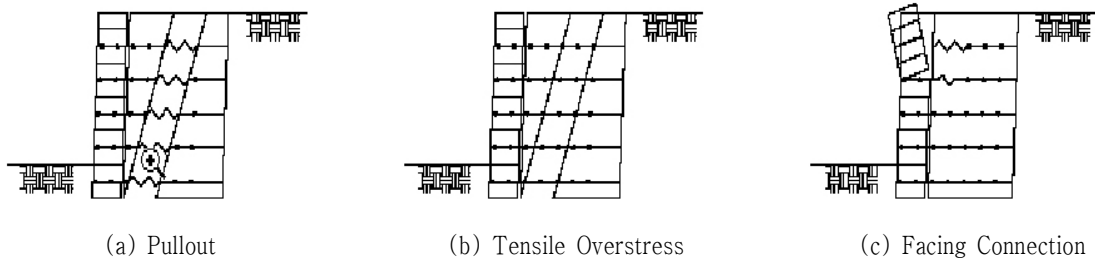


그림 2. 보강토 옹벽의 잠재적인 내적 파괴 유형

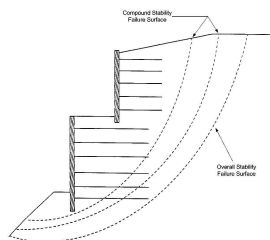


그림 3. 보강토 옹벽의 사면 안정에 대한 검토

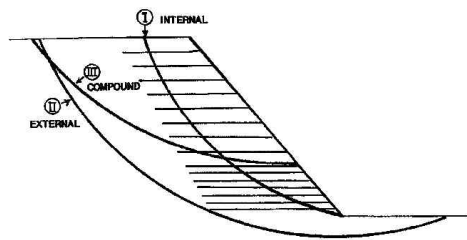


그림 4. 보강사면 파괴유형

여 안정성을 검토하고 원하는 안전율을 확보할 수 있도록 보강조건을 결정한다. 보강사면의 설계법은 한계평형이론에 근거한 사면안정해석에 근간을 두고 있으며, 일반적으로 원호 혹은 썸기형태의 파괴면을 가정한 후 유발 모멘트와 저항 모멘트의 관계를 토대로 안전율을 계산한다.

보강사면의 안정성도 보강토 옹벽의 경우와 같이 외적 안정성과 내적 안정성으로 나눌 수 있다. 외적 안정성은 보강토체의 안정한 블록으로서의 작용능력 및 모든 외력에 대한 저항능력에 좌우되며 외적 안정성 검토에서는 활동(그림 5(a)), 심층안정(그림 5(b)), 사면 선단에서의 국부 지지력 파괴(그림 5(c)), 침하(그림 5(d)) 그리고 장·단기 내·외부 복합파괴에 대한 안정성을 검토한다. 일반적으로 사면 저부에서의 보강재 길이는 Rankine Sliding Block 파괴

유형을 이용한 활동에 대한 외적 안정성 검토 결과에 따라 결정된다.

내적 안정성은 각 보강재의 외력에 대한 저항능력에 좌우된다. 내적 안정성 검토는 그림 6과 같이 보강재의 인장파단 및 인발파괴에 대한 파괴유형에 대한 한계평형 해석 기법을 통해 수행되며, 이를 통해 보강재의 연직 배치간격, 정착길이 등 사면의 안정에 요구되는 보강조건을 설정한다.

### 3. 복합형 보강토의 설계 및 시공 사례

#### 3.1 개요

콘크리트 블록식 보강토 옹벽과 보강 사면을 복합으로 사용하여 보강토 구조물이 축조되어 있는 곳은

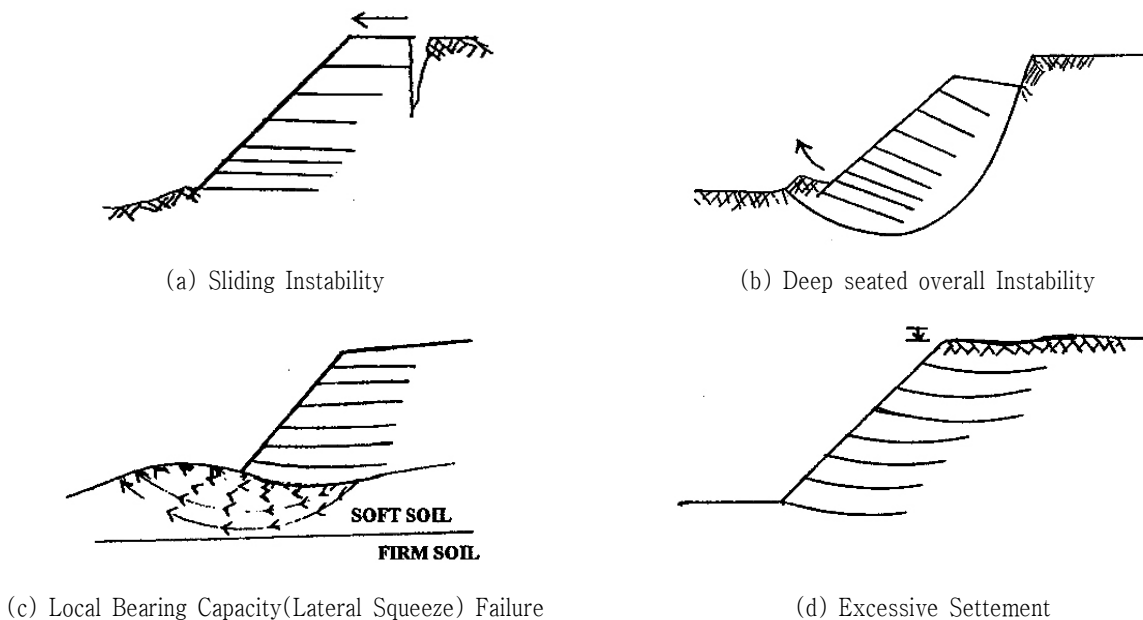


그림 5. 보강 사면의 외적 안정성

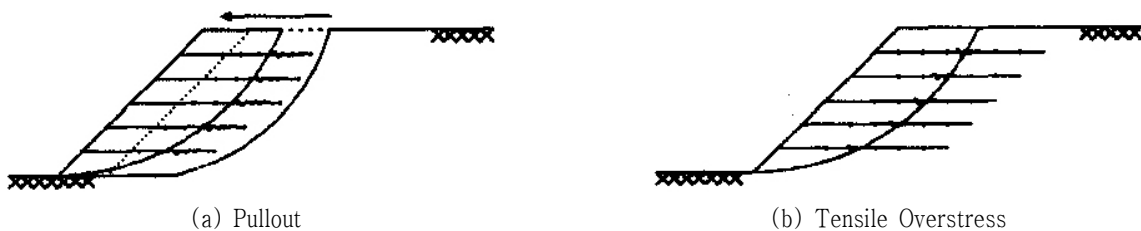


그림 6. 인장파단 및 인발파괴 유형

경기도 시흥시 소재의 아파트 부지 조성공사(그림 7 참조) 및 강원도 평창군(그림 8 참조)의 펜션 부지 조성공사 등이다. 이러한 구조물의 구상은 한국의 보강토 전문회사(CMS, designed by CH. Jin)에 의해 설계 및 시공된 상태인데 현재 토류 구조물로서의 기능을 발휘하고 있는 상태이다.

### 3.2 설계 및 시공에 대한 현황

#### 3.2.1 현장 개요

전술한 프로젝트 중 “경기도 시흥시 아파트 부지 조성공사”의 경우는 일반적인 보강토 옹벽 공사와는 다르다. 그 이유는 ① 보강토(토류벽체)의 후면에 축조되는 아파트와 동시에 시공되었고, ② 건물(아파트 외벽 등의 구조물)과의 이격거리가 짧아서 아파트 지하벽체에 철근을 사용한 앵커형식의 고정체를 만들어 보강재(HDPE, 일체형 지오그리드)를 이 고

정체에 연결하여 시공되었고, ③ 그 시공이력을 자세히 파악할 수 없는 상태이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 면을 고려하여 “강원도 평창군 소재 펜션 부지 조성 공사”의 복합식 보강토에 대하여 사례를 분석하였다.

#### 3.2.2 기초지반 및 지하수의 상태

보강토체의 하부지반(즉 기초지반)은 단단한 풍화 잔류토 내지 풍화를 심하게 받은 기반암으로 구성되어 있으며 지하수나 우수로 인한 문제가 없는 상태이다.

#### 3.2.3 설계 및 시공

보강토체 전체의 높이(H)는 3.6~10.0m 내외인데 이중 하부에 설치되는 보강토의 옹벽 높이(h1)는 2.1~2.7m이고 이 보강토 옹벽상부에 설치되는 보강사면 높이(h2)는 2.0~7.4m 정도이다. 이때 사용



(a) 잔디가 발아되기 전(시공 직후)



(b) 잔디가 발아된 상태

그림 7. 콘크리트 블록 보강토 옹벽위에 보강 사면이 시공된 예(경기도 시흥시 소재 아파트 부지 조성 공사)



(a) 잔디가 발아되기 전(시공 직후)



(b) 잔디가 발아된 상태

그림 8. 콘크리트 블록 보강토 옹벽위에 보강 사면이 시공된 예(강원도 평창군 소재)

된 보강재는 고밀도폴리에틸렌(HDPE) 지오그리드이다. 설계는 AASHTO(2002) 및 FHWA(2001) 기준에 부합되도록 ADAMA Engineering사가 개발한 보강토 옹벽 설계 및 해석용 소프트웨어인 「MSEW(ver 2.0)」을 사용하였는데 아래와 같은 순서로 시행되었다.

- ① 보강토 구조물 전체높이(H)를 콘크리트 블록식 보강토 옹벽높이(h1)와 연직면으로부터 20° 경사진 보강토 옹벽 구조물(보강사면) 높이(h2)로 계획(즉,  $H=h1+h2$ )하고, 구조물 총 높이(H)를 가지는 수직벽체인 콘크리트 블록식 보강토 옹벽에 대한 보강재의 소요 정착길이, 설치간격 및 소요 인장강도를 계산
- ② 전체 높이(H) 중 보강사면이 설치될 높이(h2)에 대하여 전면을 그리드로 감싸는 형식의 20° 경사를 갖는 보강토 옹벽에 대한 보강재의 소요 설치간격과 소요 인장강도를 계산(MSEW의 프로그램에서 20°이상의 경사를 갖는 경우는 계산이 불가함)
- ③ 보강토 구조물 전체 높이(H)에 대하여 하부에 설치되는 보강토 옹벽 높이(h1) 만큼의 보강토 옹벽 단면은 “①”에서 계산된 단면 중 하부로부터 h1만큼만 적용하고, 그 위에 “②”에서 계산된 20° 경사진 보강토 옹벽의 구조물을 적용하여 단면을 결정
- ④ 보강토체가 설치될 법선의 지형이 뺨형 모양을 하고 있는 상태이므로 이를 고려하여 구간별 적용될 단면은 “③”에서 기술된 방법으로 하부에 일정 높이의 콘크리트 블록식 보강토 옹벽과 그 위에 전면을 그리드로 감싸는 형식으로 20° 경사진 보강토 옹벽으로 설치하되 20° 경사진 보강토 옹벽을 콘크리트 블록식 보강토 옹벽보다 높게 구조물을 계획

시공은 계획된 단면에 따라 콘크리트 블록식 보강토 옹벽을 하부로부터 단계별로 계획고까지 축조하였다. 그리고 축조된 콘크리트 블록식 보강토 옹벽 상부에 20° 경사진 보강토 옹벽 구조물을 축조하였

다. 이때 20° 경사진 보강토 옹벽 구조물의 전면은 포대 형태의 식생백(Lonseng Bag)을 전면에 쌓았다. 그리고 이 포대 형태의 식생백을 지오그리드가 감싸는 방법으로 20° 경사각이 이루어지도록 시공되었다. 전면판으로 사용된 포대형태의 식생백은 잔디 등의 발아용 씨앗이 뿌려진 펄프(종이)를 두께가 얇고 낮은 인장강도의 부직포 또는 PE 네트 가운데에 부착시켜 가공한 직조물의 포대이다(그림 9 참조).

시공 과정에서 설계시의 지반고보다 실측된 지반고가 높아서 보강토 옹벽과 20° 경사진 보강토 옹벽의 높이가 설계된 높이보다 낮은 높이로 시공되었으며, 기 설계된 보강토 옹벽과 20° 경사진 보강토 옹벽의 복합식 보강토가 안전측에 위치하게 되어 별도의 추가 안정성 검토는 시행되지 않았다.

### 3.3 안정성해석 결과 및 분석

#### 3.3.1 설계된 단면에 대한 안정성 분석

설계시에는 하부에 수직으로 축조되는 보강토 옹벽과 그 위에 축조된 20° 경사진 보강토 옹벽이 토압이론에 바탕을 둔 보강토 옹벽의 고전적 해석 방법에 의해 해석되고 설계되었다. 다른 관점에서 볼 때 20° 경사진 보강토 옹벽은 전면이 식생이 되어 급경사사면(steepest slopes)을 이루는 수평면과 70° 경사를 갖는 보강사면으로 간주될 수 있다. 전술한 바와 같이 블록식 보강토 옹벽과 보강사면을 복합하여 계획된 최종 설계단면에 대하여는 ① 원호활동에 대한 검토(rotational stability analysis), ② 직접활동(translational stability analysis), ③ 썩기과괴(3 part wedge analysis) 등이 시행되지 않은 상태이다. 앞서 기술된 바와 같이, 보강토 옹벽과 보강사면의 안정성 해석법을 제안한 학자 및 기술자마다 그 해석방법을 여러 가지로 제안하고 있으나, 앞의 ①, ② 및 ③의 검토가 공통적으로 내포된 점을 고려하여 계획된 최종단면에 대하여 이들 해석을 시행한 결과는 그림 10과 같다. 이 해석에 사용된 컴퓨터 프로그램은 FHWA 기준에 부합되도록 ADAMA Engineering사가 개발한 보강 사면 설계 및 해석용 소프트웨어인 「Ressa (ver. 2.0)」이다. 직접활동 및 썩기과괴에 대하여는

모두 안전율이 1.5를 상회하거나 원호활동에 대하여 안전율이 1.28로 1.3에 근접되는 상태이다.

### 3.3.2 보수적 관점에서 기 설계되고 시공된 복합식 보강토 옹벽 재검토

전술한 설계 시에 사용하였던 방법(3.2의 ‘3.2.3 설계 및 시공’ 참조)을 사용하되 ②항의 방법에서 보강토 구조물 전체 높이(H)에 대하여 전면을 그리드

로 감싸는 형식(wrap)의 20° 경사를 갖는 보강토 옹벽(보강사면)에 대한 보강재의 소요 설치간격과 소요 인장강도를 계산하여 이 중 상부의 높이(h2) 만큼을 적용하여 구상된 단면으로 안정성을 검토한 결과는 그림 11과 같다.

그림 10의 경우(즉 원 설계된 단면)와 달리 임계활동면이 다르게 해석되었으며 직접 활동 및 췌기파괴에 대한 활동과 원호활동에 대하여 모두 소요 안전



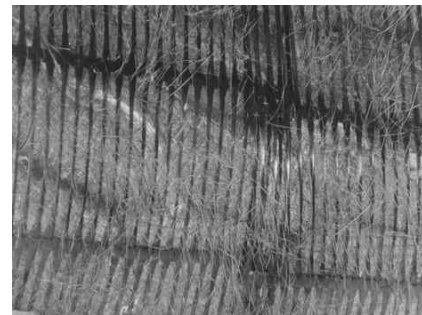
(a) 식생백의 바깥 부분



(b) 식생백의 내부(내부에 종자가 뿌려진 2겹의 펄프)



(c) 식생백이 제작된 상태



(d) 식생백이 시공된 상태

그림 9. 보강사면 전면에 사용된 식생백

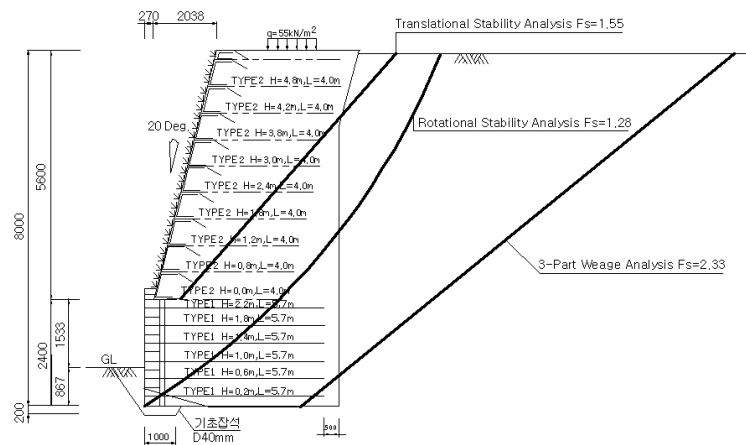


그림 10. 원 설계된 복합식 보강토의 활동에 대한 안정성 해석 결과(Case 1)

율이 1.3을 상회 하였다. 원 설계단면(Case 1)과 보수적 관점에서 재 계획을 한 단면(Case 2)을 비교하면 그림 12와 같은데 보수적 관점에서 재 계획을 한 경우가 보강재의 설치길이를 1.2m 정도가 더 길게 설치하여야 되는 것으로 분석 되었다.

#### 4. 복합형 보강토의 설계 및 시공에 대한 제안

기 시공되어 토류 구조물로서 안전하게 기능을 수행하고 있는 두 개의 복합식 보강토(즉, 콘크리트 블록식 보강토 옹벽과 보강사면을 함께 적용한 단면)가 설계되고 시공된 사례를 분석하였다. 그 결과 지반이 단단한 풍화 잔류토층 내지 풍화를 심하게 받은 견고

한 지반에 복합식 보강토가 설치될 경우는 켄기과피나 직접 활동이 보강토체의 하부를 통과하여 기초지반 내에서는 발생되지 않는다. 따라서 이러한 지반 조건하에서 복합식 보강토를 설계할 경우 다음과 같은 방법을 고려한 접근이 가능할 수도 있다.

- ① 계획된 보강토 전체 높이(H)에 대하여 수직벽체인 콘크리트 블록식 보강토 옹벽에 대한 보강재의 소요 설치간격과 소요 인장강도를 계산한다. 이때 전체 높이에 대하여 하부에 설치되는 보강토 옹벽의 높이(h1)만을 이용하여 계산할 경우에는 전체 높이(H)와 하부에 설치되는 보강토 옹벽의 높이(h1)의 차이에 대한 연직하중을 등가의

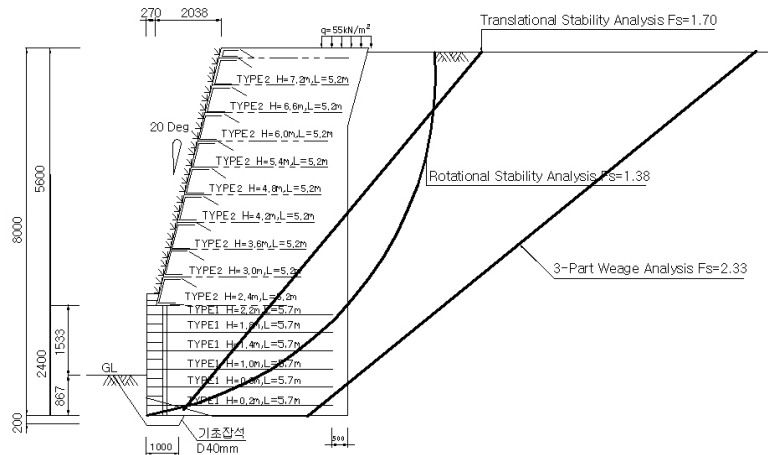


그림 11. 상부에 설치되는 보강 사면을 전체 높이(H)로 계산하여 필요 높이(h2)만을 적용하여 계획된 복합식 보강토의 활동에 대한 안정성 해석 결과(Case 2)

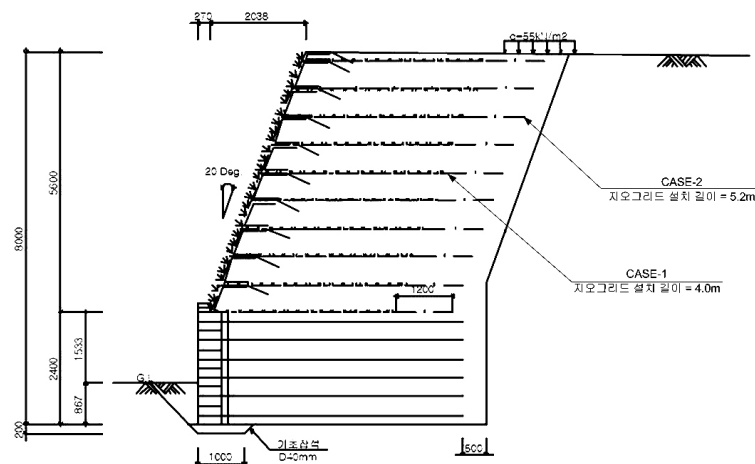


그림 12. 원 설계단면과 보수적 관점에서 재 계획을 한 복합식 보강토 단면의 비교



등분포 하중으로 환산하여 계산 할 수도 있을 것이다.

- ② 계획된 보강토 전체 높이(H)중 보강사면이 설치될 높이(h2)에 대하여 FHWA에서 제안한 방법에 의해 보강사면을 설계하여 소요 보강재의 설치간격과 소요 인장강도를 계산한다. 이때 전면의 세굴 및 유실방지를 위해 식생을 계획하는 점을 고려하여 홍콩의 GEO가 제안한 경사면의 각도에 따른 식물의 생육 조건(그림 13 참조)을 고려하여 최소한 70° 이하의 경사를 갖도록 계획하는 것이 필요하다.
- ③ 보강토 구조물 전체 높이(H)에 대하여 하부에 설치되는 보강토에 대하여는 “①”에서 계산된 단면 중 보강토가 설치될 높이(h1) 만큼을 하부로부터 취하고, 그 위에 “②”에서 계산된 보강사면의 단면 중 상부로부터 보강사면이 설치될 높이(h2) 만큼을 취하여 이를 조합한 단면을 계획한다.
- ④ 이렇게 “③”에서 계획된 복합형 보강토 구조물에 대하여 보강토체 내·외부를 통과하는 활동원에 대하여 각각 원호 활동에 대한 검토와 직접 활동 및 썩기과괴에 대한 안정성을 확인한다. 이때 활동에 대하여 불안정할 경우 보강재의 길이를 늘려 주도록 하는 것이 보다 효율적이다. 특히 보강사면 하부의 보강재 길이를 늘려주는 것이 보다 효율적이다.

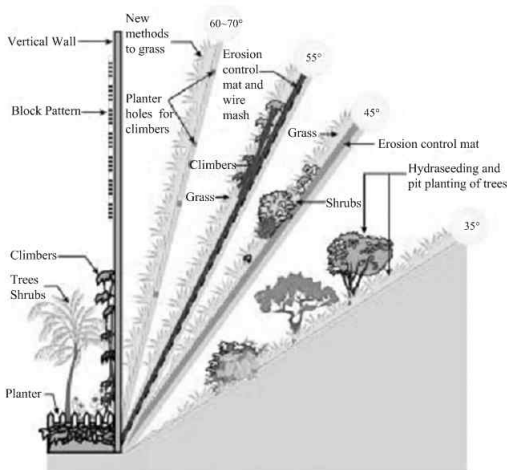


그림 13. 사면 경사와 식생의 관계(Hong Kong GEO, 2002)

또 시공 시에는 다음 사항을 유의할 필요가 있다.

- ① 보강토체 배면 및 기초 하부에서 지하수의 영향을 받을 수 있는 상태 일 때는 NCMA(1997)에서 제안한 방법에 따라 배수시설을 설치하여야 된다.
- ② 보강토 옹벽과 보강사면의 특성을 고려하여 상부에 다소 세립분이 많은 흙을 사용하였을 경우 두 구조물의 접합부에 필터용 부직포를 설치하여 주어야 된다. 특히 이 부분에서 보강토체 내에 지하수의 유입이 우려될 경우 굴뚝형 배수로(chimney drain) 등을 설치하여 유도배수가 되도록 하여야 한다.

## 5. 결론

기 설치되어 안전하게 그 기능을 수행하고 있는 아주 흥미로운 토질 구조물인 복합식 보강토의 설계 및 시공을 분석하여 이와 같은 구조물을 설계 및 시공하는 접근 방법을 제안하였다.

1. 기초지반이 조밀한 풍화 잔류토층 이상의 조건일 때는 등가 상재압을 고려한 보강토 옹벽을 설계하고 그 상부에 전체 계획된 높이를 고려한 보강사면을 설계하여 그 하부에서부터 필요 높이에 해당되는 보강재를 고려한 단면을 취하여 복합단면을 만들고, 이에 대한 원호 활동 및 직접 활동과 썩기과괴에 대한 검토를 하여 설계를 완료시킬 수 있다.
2. 보강토 옹벽과 보강사면에 사용되는 흙이 다를 경우 두 구조물의 경계부에 필터용 부직포를 설치하여 세립분이 보강토 옹벽의 조립질 뒤채움재내로 혼입되는 것을 방지하여야 된다. 특히 경계부에 지하수 유입 가능성이 있을 경우 유도 배수로 등을 설치하여야 된다.
3. 보다 경제적이고 안전한 복합 구조물을 설계하고 시공하기 위해서는 이러한 복합 구조물에 대한 현장 계측을 시행하는 식물 파괴 시험을 하여 기존의 고전적 방법에 의한 설계와 해석이 가능하도록 계산방법을 정립할 필요성이 있으며, 기초 지반의 조건과 보강재의 설치 길이를 고려하여 경우별로 이를 확인할 필요가 있다.

## 참고문헌

1. 유충식, 김옥민(1998), “보강사면의 설계에 관한 연구”, 대한토목학회 학술발표회 논문집 II, pp.351-354.
2. 유충식, 신현강(1998), “블럭식 보강토 설계/해석 자동화 프로그램 개발”, 한국토목섬유학술발표회 논문집, pp.33-45.
3. 한국건설기술연구원(2000), “블록형 보강토 옹벽의 현장계측 및 안정성 평가”, 연구보고서.
4. 한국건설기술연구원(2002), “지오그리드를 이용한 보강사면공법에 관한 연구”, 연구보고서.
5. AASHTO(2002), “Standard specifications for highway bridges”, 17th ed.
6. FHWA(2001), “Mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes design and construction guidelines”, NHI-National highway institute office of bridge technology, Publication No. FHWA-NHI-00-043.
7. GEO Hong Kong(2002), “Guide to reinforced fill structure and slope design”.
8. GEO Hong Kong(2002), “Layman’s guide to landscape treatment of slopes and retaining walls”.
9. Ingold, T. S.(1982), “An analytical study of geotextile reinforced embankments”, Proc., 2nd Int. conf. on geotextiles, Las vegas, nev., industrial fabrics association Int., 3, pp.683-688.
10. Jewell, R. A., Paine, N. and Woods, R. I.(1984), “Design methods for steep reinforced embankment”, Proc. of conf. on Polymer grid reinforcement, London, Thomas Telford, pp.70-81.
11. Leshchinsky, D. and Boedeker, R. H.(1990), “Geosynthetic reinforced soil structures”, Journal of Geotechnical Eng., Vol.115, No.10, pp.1459-1477.
12. Murray, R. T.(1982), “An analytical study of geotextile reinforced embankments and cuttings”, Proc., 2nd Int. conf. on geotextile Las vegas, nev., industrial fabrics association Int., 3, pp.707-713.
13. NCMA(1997), “Design manual for segmental retaining walls”, 2nd ed.
14. Schneider, H. R. and Holtz, R. D.(1986), “Design of slopes reinforced with geotextile and geogrids”, Geotextiles and geomembranes, elsevier applied science publishers Ltd., England, 3(1), pp.29-51.
15. Schmertmann, G. R., Chouery-Curtis, V. E., Jonson and Johnson, R. D., Bonaparte, R.(1987), “Design charts for geogrid-reinforced soil slopes”, Proc., of Geosynthetics '87 Conf., New Orleans, L.A., Vol.1, pp.108-120.