

## 환경친화적 블록식 보강토옹벽의 설계 및 시공사례연구

한 중 근<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 중앙대학교 건설환경공학과

### Case Study of Environmental Segmental Retaining Wall(SRW) Using Greenstone Block

**Jung-Geun, Han<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Dept. of Civil & Environmental Engineering, Chung-Ang University.

#### **ABSTRACT**

Segmental Retaining Wall(SRW) has been variously applying in Civil and Architecture construction. Recently, the application of environmental element in all type's structures came to essential requirement, and the construction cases of retaining wall using reinforced soil and block are more increased than the past. But, this trend more widely was spread environmental element as landscape work for the backside of reinforced retaining wall as well as block itself. New environmental block, Greenstone Block, developed to apply of this tendency.

The retaining wall system using Greenstone can be environmental constructing at both block itself and backside of retaining wall. The material tests, the axial compressive strength test of block and bending test of fiber-pipe, exercised to design and construction of vertical SRW, which were satisfied NCMA standard. Through this procedure, Rewall (ver 1.0) was developed, which can be automation design of SRW including internal stability, external stability and local stability. And these can be considered setback of retaining wall, as well the examples of vertical retaining wall using block presented to satisfying the follows; strength of reinforced geotextile, height of retaining wall, surcharge, types of backfill and groundwater level etc.

Many problems investigated on after or before of construction were due to local failure, insufficiency of bearing capacity and groundwater level. Especially, the local failure was many occurred to during compaction or after construction, and the cases of SRW construction is similar to the results of model test on vertical SRW.

Key Words : *Segmental retaining wall, Greenstone, Local failure, Environmental block.*

## I. 서론

일반적으로 시공되고 있는 옹벽시스템은 철근콘크리트옹벽이 대부분이었다. 철근콘크리트 옹벽은 구조물의 안정성면에서 가장 안정적인 배면역지 구조물로 평가되며, 옹벽배면에 작용하는 토압이 매우 큰 경우에도 설계·시공될 수 있으며, 배면의 활용 가능한 용지를 최대한 확보하기 위하여 자주 사용되는 시스템이다. 그러나 철근콘크리트 옹벽은 용지확보를 위하여 절토 혹은 성토되는 시공초기에 소요되는 시간이 최소한 1~2주일 이상(28일 설계기준강도의 약 70%를 만족)이 소요되게 되므로 소요공사기간에 따른 비경제성을 갖고 있다. 따라서 1960년대 후반부터 프리캐스트된 블록식옹벽의 시공이 확대되기 시작했으며 특히, 블록과 이를 보완, 보조하는 보강재와의 상호관계를 고려한 보강토공법이 점차 확산되게 되었다. 현장에서 직접 조립·시공되므로 콘크리트 경화에 소요되는 시간을 절대적으로 단축시킬 수 있는 장점을 가지고 있을 뿐 아니라 보강재의 종류에 따라 철근콘크리트옹벽만큼 혹은 그 이상의 효율적인 옹벽시스템으로서 설계·시공되는 사례가 늘어나게 되었다.

이러한 장점을 가진 블록을 이용한 보강토옹벽은 일반적으로 중력식블록옹벽과 블록식보강토옹벽으로 구분될 수 있다. 전자는 블록옹벽 배면에 보강재가 없는 경우로 철근콘크리트옹벽과 같은 외형을 가지며 옹벽을 이루고 있는 블록의 자중과 마찰로서 구조물의 안정을 유지하는 것이다. 후자는 전자의 시스템과 블록옹벽 배면에 설치되는 보강재의 종류, 즉, 각종 연성보강재와 강성보강재의 종류 및 특성에 따라 달라지게 되며, 이들에 대한 대부분의 연구들이 국내외에서 수행되고 있다(유충식외, 1999; Matsui etc., 1997; Bergado etc., 1992). 블록식보강토옹벽의 안정은 옹벽 배면에 설치되는 보강재의 강도 및 길이 등에 영향을 받는다. 따라서 제한된 배면지반에 적당한 옹벽체계는 기존의 철근콘크리트옹벽과 중력식블록옹벽이 될 것이다.

블록식보강토옹벽에 사용되는 블록들은 Figure

1에서와 같은 것들이 사용되고 있어 대부분 외형적으로는 콘크리트옹벽과 동일한 표면을 갖게 되는 것이 일반적이다. 또한, 이러한 블록들은 수요자의 요구에 따라 상업적모델로 개발된 것으로 일반적으로 블록의 높이( $H_b$ )는 3~24inch (7.62~60.96cm) 폭( $W_b$ )은 6~30inch (15.24~76.2cm), 그리고 길이( $L_b$ )는 6~72inch (15.24~182.88cm)의 것이 대부분이다. 국내의 경우, 시공성의 편의를 위해 대부분 작업자(1인 혹은 2인)가 직접 시공가능한 크기로 제작·사용하고 있으나, 대부분의 블록들은 친환경적 요소를 가지지 못한 실정이다. 그러나, 최근 환경적 혹은 친환경적 토목, 건축구조물의 요구가 필요충분조건화 되면서 블록식보강토 옹벽에 사용되는 블록에 식재를 하거나 표면식생을 양성화시킬수 있는 친환경적 특성을 가진 블록으로 대체되어 가고 있다. 최근들어 점차 친환경적인 제품 및 시공의 개발욕구가 증가함에 따라 적용사례는 증가하는 추세에 있다 하겠다.

그럼에도 불구하고 국내에서는 친환경적 보강토블록의 사용성 확대는 옹벽시공의 경제성에 밀려 아직 광범위하게 확산되지 못하고 있는 실정이다.

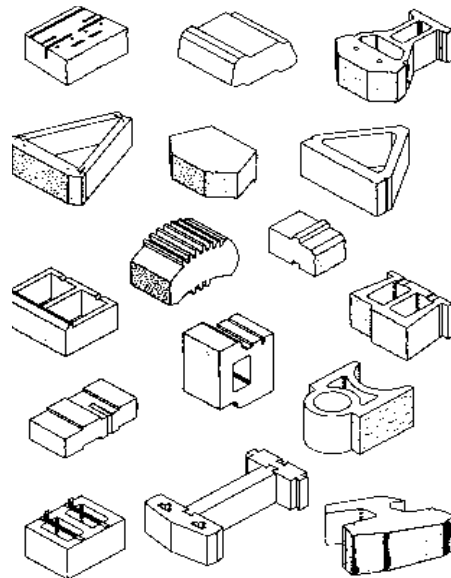


Figure 1. Used blocks at segmental retaining wall.

본 연구에서는 이러한 욕구에 따라 친환경블록으로 개발된 그린스톤블록을 이용한 블록식보강토옹벽의 설계 및 시공법등을 고찰하여보고자 한다. 또한, 시공사례를 통해 친환경적인 블록을 이용한 보강토옹벽의 시공성, 안정성 등을 고찰하여보고, 시공시 발생된 문제점을 통해 블록식보강토옹벽의 설계시스템 및 친환경블록의 개선방안을 제시하여 보고자 한다.



Figure 2. Assembling of blocks.

## II. 친환경블록을 이용한 보강토옹벽

### 1. 친환경블록의 요소실험 및 특성

친환경적 블록으로 개발된 그린스톤(Green Stone) 블록은 1997년 처음으로 개발되어 시공되기 시작하면서, 조경블록으로서 주로 적용되어왔다. 1999년 그린스톤의 보강토옹벽에 적용하기 위한 역학적인계를 극복하기 위해 블록의 재료특성에 대한 요소실험을 수행하여 보강토옹벽용 블록으로서 코아그린스톤블록으로 개량되었으며, 오늘날까지 각종 현장에 적용되어 오고 있다(Figure 2 참조). 그린스톤블록은 국내에서는 거의 처음으로 개발된 포켓형의 식재가능블록이다. 그린스톤블록은 그림에서 보는바와 같이 블록의 조합형태에 따라 블록전면 및 후면의 포켓(Pocket)에 식재가능한 상태가 되며 어떠한 형상의 조립에서도 식재가 가능하도록 하였다. 따라서 본 그린스톤의 조합방법에 의한 적용범위는 조경용 벽체, 경사진 지반상 경사구조물벽체, 교량의 교대 및 날개벽, 교대옹벽, 제방구조물, 호안구조물, 터널갱구 벽체, 주차지역벽체 및 대형 반지중 광물저장고의 벽체 구조물

등에 친환경적 구조물로 적용될 수 있다.

또한, 코아그린스톤블록은 블록표면과 조합에 따른 불규칙적 표면에 의해 흡음성이 뛰어나서 구조적 안정이 만족되는 방음벽체로서 적용된 사례도 있다(한중근 외, 2000).

보강토옹벽에서 블록은 역학적 안정성을 만족해야 하고, 내구성 및 응력전달요소에 따라 변화하지만 콘크리트 블록의 내구성 및 동결/융해에 대한 저항은 약 50년 이상이 되므로 옹벽과 기초로 사용할 수 있으므로 블록의 압축강도는 미국 NCMA 설계기준(TEK2-2 시방서, 210kg/cm<sup>2</sup> 이상)을 만족하도록 하고 있다(NCMA, 1997). 이에 따라 코아그린스톤블록에 대한 역학적특성을 그린스톤 블록요소와, 그린스톤 및 보조재료에 대한 조합에 따른 역학실험을 수행하여 Tabel 1에 표시하였다. 그린스톤블록의 압축강도는 212kg/cm<sup>2</sup>, FRP휨강성 541kg/cm<sup>2</sup>, 그린스톤과 FRP 파이프의 조합시 파괴강도는 최소단면의 경우 190~249kg 그리고 최대단면의 경우 240~245kg이었으며 최소단면의 경우 블록파괴와 FRP의 파괴가 동시에 수반되었다.

그린스톤 블록은 조립형 블록으로 Figure 2에

Table 1. Mechanical characteristics of Greenstone block.

Division	I -type	C -type	Compressive Strength	FRP +Failure strength	
				min. section	max. section
Size(mm)	509×360	509×428	212kg/cm <sup>2</sup>	190 ~ 249 kg	240 ~ 245 kg
Height(mm)	210	210			
Weight(empty)(kg)	34	44		con's failure FRP Pipe failure	FRP Pipe failure
Wight(full)(kg)	53	69			
Number/m <sup>2</sup>	13	13			

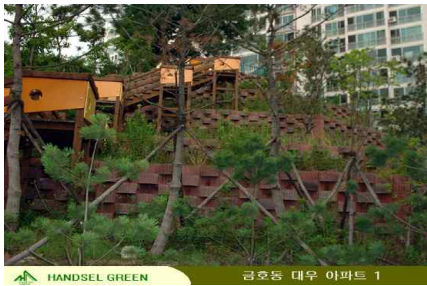


Figure 3. Landscaped case of multi-steps using Environmental SRW.



Figure 4. General case of Environmental SRW.

서 보는바와 같이 I형과 C형 있으며 이들 블록의 횡방향 조립형태는 I형과 C형을 중복되게 교차하므로써 다양한 단면을 만들 수 있으며 블록에 식재가능한 장점뿐만 아니라 자유로운 조립 단면의 변형에 의해 Figure 3, 4와 같이 옹벽중간 및 배면에 기존블록의 조합시보다 다양한 친환경성을 창출할 수 있게 된다. 또한, 횡방향 지지력은 옹벽블록 전체의 파괴에만 영향을 받게 되므로 최끝단의 양쪽에서 고정시키는 경우 기존의 블록에 비해 횡방향 지지력은 상당히 좋도록 개량되었다.

III. 블록식보강토옹벽의 설계 및 시공

1. 보강토옹벽의 안정성

블록식보강토옹벽의 경우는 내적안정, 외적안정, 블록식옹벽의 국부파괴 및 구조물과 지반을 포함한 전체의 사면안정에 대하여 검토하여야만 한다. 먼저, 외적안정(Figure 5 참조)은 블록식보강토옹벽의 두부회전에 의한 전도, 옹벽저부 활동에 의한 수평이동 및 옹벽기초부분의 지지

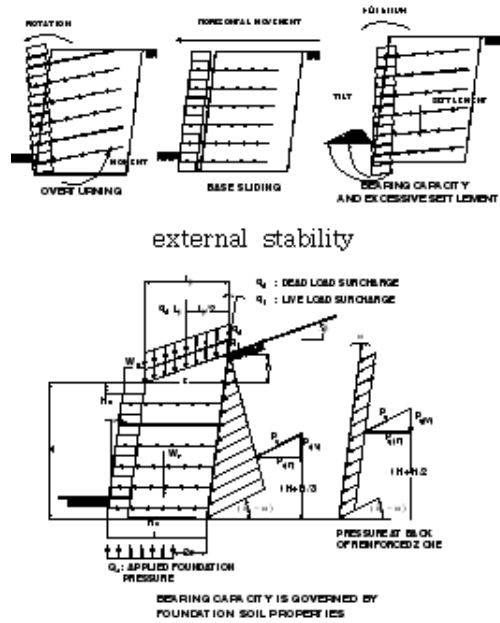


Figure 5. Design elements and external stability of SRW.

력부족 및 과잉침하에 대한 안정을 말하며, 내적안정(Figure 6 참조)이란 블록식보강토옹벽 배면의 보강재에 대한 과잉인장력, 인발력 그리고 기초지반에서의 내부활동에 의한 기초지지 부분의 파괴에 대한 안정검토를 말한다. 또한, 블록식보강토옹벽의 경우는 일반적인 중력식블록 옹벽의 경우보다 높이가 더 높아짐으로 시공중 블록식옹벽의 일부가 부풀어 오르거나, 전면의 일부가 파괴되는 국부파괴가 발생할 수 있는 가능성이 많으므로 이에 대한 검토가 반드시 이루어져야만 한다(Figure 7 참조). 한편, 구조물과 지반을 포함한 전체사면의 안정해석은 일반적인 옹벽의 경우와 마찬가지로 보강토범위를 포함한 전체구조물을 포함한 지반전체의 안정이 검토되어야 하므로 Figure 8과 같이 한계평형해석에 의한 사면안정해석으로 검토되며 이때 보강토구조물체는 하나의 slice로 간주되어질 수 있다(NCMA, 1997; FHWA,1996).

한편, 보강토옹벽에 작용하는 배면의 작용하중은 일반적으로 Coulomb의 토압과 Figure 5~Figure 7에서 보는바와 같이 배면경사부의 상재압을 고려할 수 있다. 뿐만 아니라, 중력식블록옹벽과

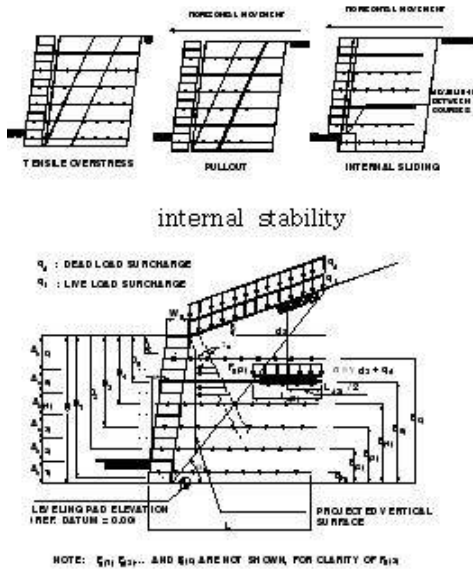


Figure 6. Design elements and internal stability of SRW.

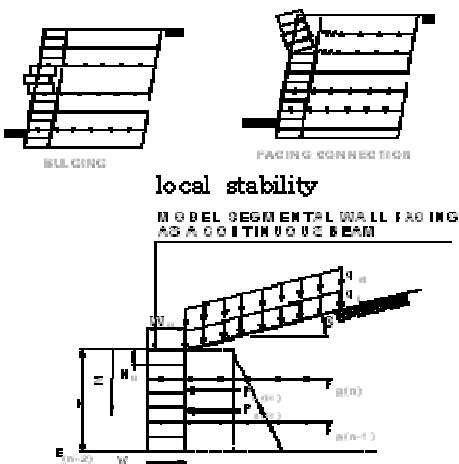


Figure 7. Design elements and local stability of SRW.

블록식보강토옹벽 모두에 대하여 Coulomb 토압을 적용(Figure 9 참조)함으로써 내적, 외적안정을 고려할 수 있고, 옹벽의 기하학적 모양에 따른 힘의 작용을 고려할 수 있게 된다. 또한, Rankine 토압의 보강토내 과대응력을 고려하는 단점을 콘크리트 블록과 흙과의 마찰, 경사진 옹벽조건 등을 고려하여 실제적 지하중조건(Figure 6 참조)을 고려할 수 있도록 하고 있다. 초기파괴조건에서 전단저항은 Mohr-Coulomb의 파괴규준을 사용하고 있다.

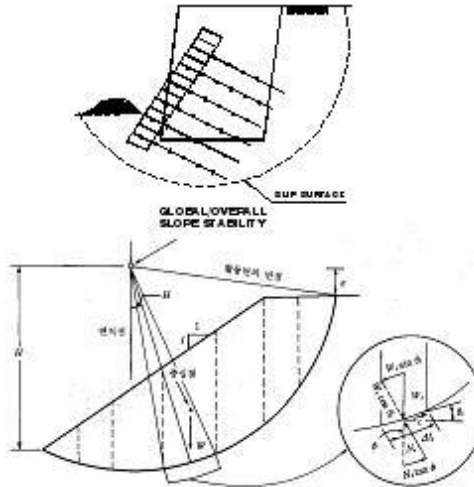


Figure 8. Global stability analysis of SRW.

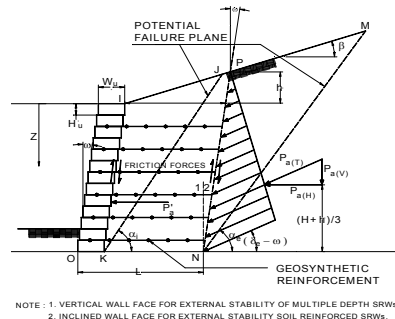


Figure 9. Coulomb's earth pressure.

## 2. 블록식 보강토옹벽 설계시 고려사항 및 그린스톤블록의 적용

보강토옹벽은 Figure 10에서와 같이 크게 각 요소를 구분하면 블록식옹벽, 배수재, 보강토지만, 기초지반, leveling pad 등으로 구분된다. 기존 블록을 이용한 보강토옹벽은 블록전면이 콘크리트재료로 형성되어 있어 친환경적 요소는 전무하다 하겠다. 따라서 이러한 시스템에서 친환경적요소를 갖는 구성물질은 배면의 뒤채움 지반만이 친환경적 요소를 가질 수밖에 없다. 옹벽벽면이 식생가능하게 하는 요소가 필요할 것이므로, 가시적인 측면에서의 친환경적 제품으로 Figure 2와 같은 포켓형 그린스톤블록이 개발된 것이다. 보강토구조물의 안정은 블록자체의 안정에 커다란 영향을 받으므로 그린스톤 블록은 블록간 마찰력에 의한 지지효과를 만족하여

야 하지만 블록간 접촉면의 전단강성이 약하게 되므로 이를 확보하여야 한다. 이를 위하여 블록중앙에 상하블록을 지지할 수 있는 기능과 식생이 가능하도록 하는 옹벽상부에서 하부로 관수시킬 수 있는 수로의 역할을 동시에 가능하게 하는 구멍을 만들었으며(Figure 2 참조) 이의 효과를 증진키 위해 FRP파이프를 잘라서 연결토록 하였다(한중근 외 2000). 보강토블록은 구조물의 안정성을 확보하기 위해 재료강도특성들이 시방기준에 만족하도록 하였다.

합리적인 SRW의 설계를 위해 현장조건에 적절한 블록식 옹벽구조물의 형태에 상관없이 벽체의 단면도, 단면의 높이, 상재하중, 토질조건 및 지하수상태 등에 대한 일반적인 정보는 반드시 알아야만 한다. 이와 같은 일반적인 설계 자료는 능률 및 안전, 비용 면에서 효과적인 구조물 설계가 이루어 질 수 있도록 대단히 정확하여야만 한다(Figure 10 참조). 블록식보강토옹벽의 주요 설계요소들은 앞장에서 언급된 이외에도 연약한 지지력이나 대규모 침하 발생가능성이 있는 기초지반, 급경사지 혹은 벽체선단하부, 호안벽과 수중벽체 등 벽체하부에서의 세굴가능성이 있는 곳, 지지판 아래에서 계절변화에 따른 지반의 체적변화에 의한 최대깊이의 확산이 예상되는 곳 및 지진활동위치 등에 대해 주의하여 고려해야 한다. 또한, 보강재는 옹벽에 작용하는 적용토압(Rankine토압, Coulomb토압)을 모두 만족하기 위해 일반적으로 옹벽상부와 하부에서 동일한 길이를 갖도록 하고 있다. 한국도로공사

기준에 의하면 벽체전면의 지층경사에 따라 근입깊이를 최소치 이상이 되도록 하고 있으며 현장조건의 동결깊이 수축 및 팽창정도, 선단부 침식을 고려하여 근입깊이를 결정하도록 하고 있으며 어느 경우든 근입깊이는 0.5m 이상으로 규정하고 있다. 이러한 조건을 고려하여 Figure 10, 11과 같은 설계 제조건을 고려할 수 있는 s/w (Rewall ver. 1.0)을 개발하고 이를 설계 및 시공에 적용하였다.

#### IV. 친환경블록 보강토옹벽의 시공사례 및 모형실험결과 고찰

블록식보강토옹벽의 적용사례가 늘고 있는 실정이며 최근에는 블록식옹벽 배면의 상재하중 영향이 과다해지는 경우에도 적용되고 있다. 본 절에서는 NCMA기준을 기초로 한 블록식보강토블록 설계프로그램인 Rewall(ver 1.0)을 이용하여 설계·시공된 사례를 통해 친환경블록의 현장적용성을 고려하여보고, 시공중 혹은 시공완료후 파괴사례를 통해 친환경적 블록식보강토옹벽의 설계 및 제품에 대한 개량방안 등을 제시하여본다. 본 설계에 사용된 s/w는 3장에서 언급된 각종 안정해석 및 제요소들을 만족하도록 제작된 것이며, 단 전체안정해석은 사면안정해석전용 프로그램을 사용하도록 하고 있다. 한편, 블록식보강토옹벽 시공시 발생하는 대부분의 파괴는 블록옹벽 시공 중의 뒤채움재의 다짐에 의한 국부파괴, 블록의 기초지반의 지지력부족에 의한 침하, 배면 지하수위의 배제상태에 따른 전면파

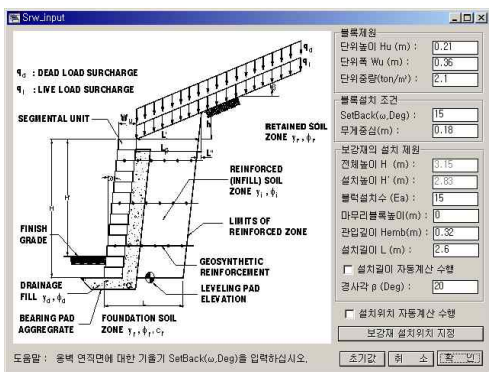


Figure 10. Design Parameters of SRW.

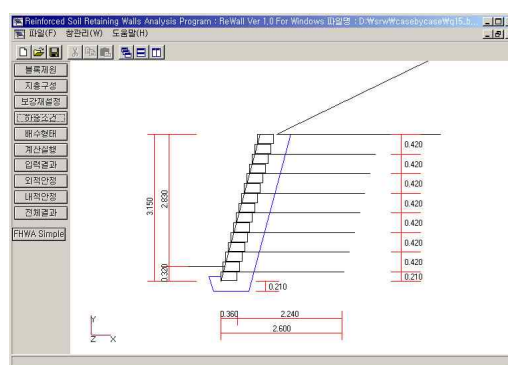


Figure 11. Plane view of analysis results.

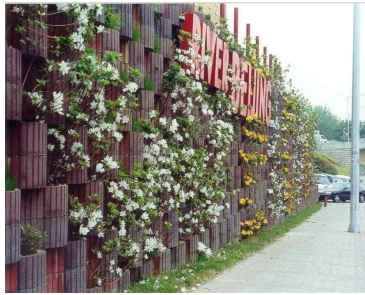


Figure 12(a). Case of local failure(after construction).



Figure 12(b). Anchored SRW.

괴 및 활동이 대표적이다(한중근 외, 2001). 본 절에서는 이들 중 그린스톤블록 시공시 관찰된 국부파괴 및 연직시공에 따른 효과를 모형실험결과(Cho etc, 2004)를 통해 고찰하여 보고자 한다.

1. 시공중 및 다짐시 발생된 국부파괴 사례

Figure 12는 시공중 국부파괴가 발생된 사례로 옹벽으로부터 배면으로 여유거리가 최대 약 1m로 제한되어 있으며 친환경적 벽면을 갖도록 설계가 요구되었다. 그림에서 보는 바와 같이 그린스톤블록을 이용하여 친환경적 보강토옹벽을 시공하기로 하였다. 본 현장에서는 블록을 조합하여 쌓으면서 배면을 다짐하여 올라가던 중 Figure 7과 같이 보강토옹벽의 벽면이 볼록해지면서 상부가 전도되는 국부파괴가 발생하였다. Figure 7에서 보는 바와 같이 블록은 배면으로 뒤처짐경사(setback)이 있는 경우에도 배면뒤채움토의 다짐시 국부파괴가 발생할수 있는 상태가 많음은 기존에도 많이 제시된 바 있다. 그린스톤블록은 친환경적요소는 있으나 블록상하의 마찰저항을 최대화시키기 위해 연직으로 시공되는바 뒤처짐경사는 zero가 되면서 층다짐시 전면벽체가 기울어지는 배불림현상이 관찰되어 보강토옹벽을 제거하고 처음부터 다시 시공·완료하였다.

본 현장의 경우 배면의 좁은 공간에 뒤채움재 다짐시 국부토압에 저항하기 위해 보강재의 초기 늘음을 사전에 방지하도록 Figure 12(b)와 같이 인접벽체에 앵커체를 설치하고, 배수능력이 좋고 단위중량이 작은 경량토를 뒤채움재로 이용하여 보강토옹벽이 연직상태가 되도록 하였다. 이와 같이 배면의 여유폭이 제한되어 있고,

뒤처짐각(setback)을 갖는 블록 및 블록사이보다 많은 식재가 가능한 친환경블록인 그린스톤플로(GreenStone FLO)로 개량하였다.

2. 모형실험에 의한 연직블록면의 거동

모형실험시 현장상태를 모형화하기 위해 뒤채움재로는 일반적으로 모래가 사용되지만 우리나라의 경우 현장에서 뒤채움재로 사용되는 토질은 대부분 화강풍화토가 사용되고 있고 본 연구에서 다루어지는 시공현장에서도 동일한 재료가 사용되어, 모형실험을 위한 뒤채움재료에도 현장토(화강풍화토)를 사용한 것이다. 따라서 친환경적 연직블록으로 적용되고 있는 그린스톤블록과 같은 연직블록보강토 옹벽에 대한 모형실험결과(Cho etc, 2004)를 이용하여 배면토의 다짐 및 상재하중에 의한 영향을 고려하여 시공시 발생하는 현상을 고찰하였다. 모형 보강토옹벽의 축조시, 연직벽면을 유지하고자 전면벽체의 변형을 억제하였으며, 모형 보강토옹벽 축조가 완

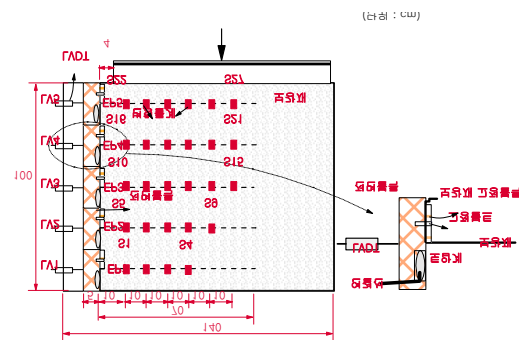


Figure 13. Schematic diagram of model test(Cho etc, 2004).

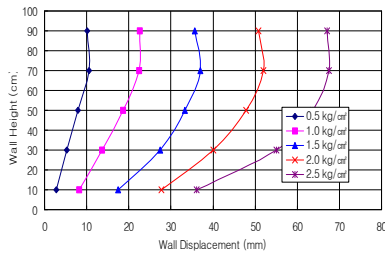


Figure 14(a). Displacement of non-reinforced wall under surcharge.

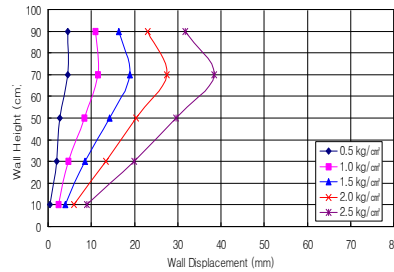


Figure 14(b) Displacement of reinforced wall under surcharge(T=2.0ton/m).

료된 이후에 전면벽체 변형억제장치를 해체하고 0.5kg/cm<sup>2</sup>에서 2.5kg/cm<sup>2</sup>까지 5단계의 등분포하중을 재하하면서 보강토옹벽의 거동을 계측하였다. 배면의 등분포하중은 벽체로부터 4cm 떨어진 위치에 재하하였으며, 각 하중단계별로 15분 동안 하중을 재하하였다. 본 모형실험에서는 Figure 13에서와 같이 토압계와 변위계(LVDT)를 이용하여 재하판의 침하, 전면벽체의 수평변위 및 벽체에 작용하는 수평토압을 측정하였으며, 최대측정변위는 200mm였다. 지오그리드 보강재를 포설한 MT3 및 MT6의 경우에는 추가적으로 보강재에 총 27개의 스트레인 게이지를 부착하여 하중재하에 따른 보강재의 인장변형 거동을 측정하였다.

Christopher(1993)는 0.5kg/cm<sup>2</sup>의 하중재하시 보다 2.5kg/cm<sup>2</sup>의 하중재하시 약 2.6배의 변위증가가 예상된다고 하였고, 본 모형실험에서는 약 6배~12배의 수평변위 증가가 관찰되었다. 또한, 무보강재시(Figure 14(a))와 지오그리드보강시(Figure 14(b)) 보강효과는 보강재인장력의 증가에 따라 최대수평변위에 대해 각각 43%, 61% 감소하였다. 이는 하중단계증가에 따른 수평변위증가율은 비선형적거동을 보이고 있기 때문이며 이는 Christopher의 선형증가거동과 다른 양상을 보이고 있다. 또한, Figure 14에서 보는 바와 같이 무보강시 벽체의 변위는 다짐시에는 옹벽의 상부에서 Figure 7과 같은 국부파괴가 예상되며, 보강시에는 옹벽의 상부측으로부터 약 0.3H부분에서 벽체의 최대변위가 발생하고 있으므로 다짐 등에 의한 배면의 상재하중이 작용

하는 경우 국부파괴가 발생할 수 있음을 보여주고 있다. 이러한 경향은 현장시공사례에서도 비슷한 경향을 보이고 있다.

### 3. 연직블록시공에 따른 시공한계

친환경블록으로 개발된 그린스톤블록을 이용한 보강토옹벽에 대해 설계프로그램으로 개발된 Rewall(ver 1.0)을 이용하여 보강재로 지오그리드를 사용하는 경우 보강재길이, 보강재인장응력, 보강재수, 블록의 개수, 보강토옹벽 높이 그리고 배면토 상부의 상재하중을 최대 1.5 t/m를 가한 경우에 대하여 각각에 대한 경우의 수만큼 계산을 수행하고 그리드의 최소허용인장력이 T=10.5 ton/m인 경우까지 NCMA 기준에 따른 각각의 설계제요소에 대하여 설계를 수행하였다.

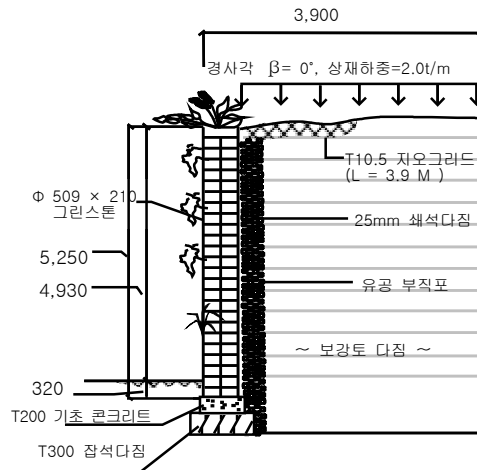


Figure 15. Designed section of SRW using Rewall(ver 1.0).



**Table 2.** Case of height h= 5.25m (Dead Load=0,β=0) min. allowable tensile force T=10.5 ton/m.

SRW		Surcharge (t/m)	Min. length of grid(m)	Grid installing location from bottom of wall(m) and total grid numbers											
Height (m)	No. of block			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5.25	25	0.0	3.6	0.21	0.63	1.26	1.89	2.52	3.15	3.78	4.41	5.04			
		0.5	3.7	0.21	0.63	1.26	1.89	2.52	3.15	3.78	4.41	5.04			
		1.0	3.8	0.42	0.84	1.26	1.68	2.10	2.52	2.94	3.36	3.78	4.20	4.62	5.04
		1.5	3.9	0.42	0.84	1.26	1.68	2.10	2.52	2.94	3.36	3.78	4.20	4.62	5.04
				Condition : Live load is surcharged at 0.5m from wall											

그중 대표적으로 보강재의 최소허용인장력이 작용하는 경우를 한정된 경우에 대하여 그 기준이 설계값을 Tabel 2와 같이 정리하였다. 그린스톤블록은 연직블록으로 시공되는 한계로 최대 높이는 5.25m로 제한될 수 있으며 보강재의 인장력이 증가하는 경우, 즉, 그리드의 인장강도가 큰 경우에는 높은 보강토옹벽이 가능하겠지만, 옹벽의 가시적 안정을 만족하도록 설계를 하는 것이 일반적이므로 보강재의 강도는 한정적으로 적용하였다. 한편, 옹벽의 뒤처짐각(최대 10도 이내)을 주는 블록의 경우에는 보다 높은 옹벽을 구성할 수 있게 된다. 또한, 이 경우에는 최근 연구과제가 되고 있는 다단의 보강토옹벽으로 안정을 도모할 수 있게 된다.

V. 결 론

토목 및 건축구조물에서의 블록식보강토옹벽의 활용은 확대되고 있으며, 최근에는 친환경적 요소를 가진 블록의 사용이 필수요소가 되어가고 있다. 보강토옹벽의 배면의 친환경적 요소와 더불어 블록자체의 친환경적요소 및 설계기준을 만족하는 보강토블록을 개발하였다.

친환경블록을 개발된 그린스톤은 연직보강토옹벽으로 시공가능하며 따라서, 제한된 뒤처짐각에 의해 블록식보강토옹벽의 한계를 갖으며 이를 각종 설계영향요소를 고려하여 가능한 설계편의 범위를 제시하였다. 이 과정을 통해 보강토옹벽 설계소프트웨어 Rewall를 개발하여 설계

에 적용할 수 있도록 하였다. 블록식보강토옹벽의 시공중 파괴형상은 현장사례 및 모형실험결과를 통해 시공다짐중 혹은 시공후 상재하중에 의해 옹벽의 상부측에서 발생할 수 있는 가능성이 많음을 알 수 있었다. 이들 사례를 통해 블록식보강토옹벽의 합리적인 친환경적 설계시공을 위해 블록자체의 친환경적요소가 있는 보강토옹벽의 개발과 제한된 배면의 거리에서도 시공가능한 중력식블록의 개발을 제안하였다.

인 용 문 헌

(주) 한설그린. 1999. 그린스톤을 이용한 블록식 옹벽의 설계Manual.  
 대한토목학회. 1996. 도로교표준시방서.  
 유충식·이광문. 1999. 블록식 보강토옹벽의 거동 특성 연구. 한국지반공학회논문집 15(1) : 53-62.  
 한중근·한승호. 2000. 조경블록(그린스톤)을 이용한 방음벽 구조설계시스템. 한국환경복원녹화기술학회지 3(4) : 1-10.  
 한중근·한승호·박명진·손규만. 2001. 그린스톤을 이용한 보강토블록의 적용사례 연구. 2001년 한국환경복원녹화기술학회 춘계학술발표 : 35-40.  
 Bergado, D. T., H. C. Hardiyatimo., C. B. Cisneros., C. J. Chun., M C. Alfaro., A. S. Balasubramiam. and L. R. Anderson. 1992. Pullout resistance of steel geogrids with weathered clay as

- backfill material. Geotechnical Testing Journal. GTJODJ. 15(1) : 33-46.
- Christopher, B. R. 1993. Deformation response and wall stiffness in relation to reinforced soil wall design. Ph.D.Dissertation. Purdue Univ. p354.
- Yoo. C. S., Jung. H. S. and Jung. H. Y. 2004. Lessons Learned from a failure of Geosynthetics-Reinforced Segmental Retaining Wall. GeoAsia 2004. Proc. of the 3th Regional Conference on Geosynthetics. KGS : 265-274.
- Federal Highway Administration. 1996. Mechanical stabilized earth wall and reinforced soil slopes design and construction guideline. FHWA Demonstration Project 82(Elias, V. and Cristopher, B.R.).Washington, DC. USA.
- Matsui, T., Y. Nabeshima., K. Uchihata. and J. G. Han. 1997. Tensile strength of Jointed Reinforcements in the Steel Grid Reinforced Earth, Proc. of Soil Improvement, Macau : 355-362.
- National Concrete Masonry Association. 1996. Segmental retaining wall design manua., 1st Edition. Virginia. USA.
- Cho. S. D., Lee. K. W. and Oh. S. Y. 2004. Model tests on deformation behavior of Geosynthetic Reinforced Soil Retaining Walls. GeoAsia 2004. Proc. of the 3rd Regional Conference on Geosynthetics, KGS : 733-739.

接受 2004年 9月 3日