

Mattress/Filter를 이용한 절개지사면의 배수압소산과 식생복원 효과

Back Pressure Dissipation and Vegetation Restoration Effect of Land Slope by Using Mattress/Filter

박재민*·배상수**·이승윤***·지홍기****·이순탁*****

Jae Min Park, Sang Su Bae, Seung Yun Lee, Hong Kee Jee, Soontak Lee

요 지

절개지사면에 구조물이 설치될 경우 배수압소산과 식생복원을 위해서는 기본적으로 다공성이 뛰어나고 식생의 서식이 가능한 구조물로 설계되어야 하며, 동시에 사면의 안정을 제공해주는 기능을 할 수 있어야 한다. 구조물이 설치될 지역에 Mattress/Filter를 사용할 경우 배수압의 소산과 식생의 활착이 가능한 구조물로 사면의 안정과 식생복원효과를 검토하였다.

본 연구에서는 절개지사면에 토목구조물이 설치될 경우 식생의 복원과 구조물의 안정성을 높이기 위한 기법으로 Mattress/Filter에 Slag를 채워서 다공성을 부여함으로써 사면의 배수압소산과 식생촉진 뿐만 아니라 사면의 안정성을 제공해줄 수 있는 구조이다. 특히, Mattress/Filter는 다공성이 뛰어나 자연배수가 가능한 구조물로서 그 주변 생태계에 필수적인 물의 상호교류 즉, 투수와 배수가 가능하고 배수압의 소산이 가능하여 식생복원과 사면안정에 우수한 것으로 나타났다. Mattress옹벽은 배면의 지하수 배제를 촉진시켜 사면의 안정화에 기여하게 되며, 식생의 복원에 뛰어난 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 Mattress에서 Filter의 채움 재료로 산업폐기물(Slag) 및 건설폐기물(폐콘크리트, 사석) 등을 재활용할 수 있으므로 Mattress는 채움재료의 비용이 저렴하고 유지관리가 용이하며, 생태계의 보존에도 Mattress/Filter의 사용은 매우 효과적임을 알 수 있었다.

핵심용어 : 배수압소산, 식생복원

1. 서 론

사면보호공법에는 여러 가지가 있다. 그러나 절개지사면에 구조물이 설치될 경우 배수압소산과 식생복원을 위해서는 기본적으로 다공성이 뛰어나고 식생의 활착이 가능한 구조물이어야 한다. 사면의 안정 즉, 사면의 배면에 작용하는 토압의 방향과 크기를 구하여 구조물의 외적안정을 이루어야 하고 식생의 서식이 자연스러워 주위환경과 조화를 이루어야 한다.

구조물이 설치될 지역에 Mattress/Filter를 사용할 경우 배면의 지하수가 공간채움재인 돌 사이로 투과되어 자연배수를 촉진시키므로 배면의 수압을 감소시킨다. 또한 식생의 서식이 가능한 구조물로 사면의 안정과 식생복원효과를 높이는 구조물로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 절개지사면에 토목구조물이 설치될 경우 식생의 복원효과와 구조물의 안정성을 높이기 위한 기법으로 Mattress/Filter에 채움재료 Slag를 사용하여 다공성을 부여함으로써 사면의 배수압소산과 식생촉진 뿐만 아니라 사면의 안정성을 동시에 제공해줄 수 있는 구조를 개발하고자 한다.

* 영남대학교 토목도시환경공학부 대학원 석사과정 (053 810 3664, parjmm@yu.ac.kr)
** 영남대학교 토목도시환경공학부 대학원 박사과정 (053 810 3791, ssbae@karrco.co.kr)
*** 일본 구주대학 지구환경공학과 연구원
**** 영남대학교 토목공학과 교수 (053 810 2414, hkjee@yu.ac.kr)
***** 영남대학교 토목공학과 교수 (053 810 2412, Leest@yu.ac.kr)

2. Mattress/Filter구조의 배수압 소산효과

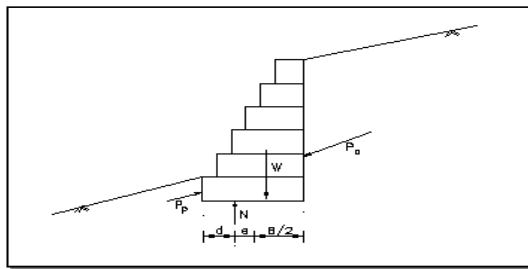
Mattress/Filter는 하천의 바닥, 하천제방, 육상의 절개지사면 등 여러 곳에 사용이 가능하다. 절개지사면에 Mattress/Filter를 사용할 경우 경사면의 붕괴를 방지하는 방법으로 사용된다. 이때에 Mattress/Filter의 뒷면에 작용하는 토압의 방향과 크기를 결정하여 이에 안정한 구조가 되도록 설계해야 하는데 Mattress/Filter는 배면지하수가 공간채움재인 Slag사이로 투수되므로 자연배수를 촉진시키는 효과가 있으며, 배면수압을 감소시켜 사면의 안정을 증대시킨다. 또한 친환경적 구조물로서 여러 방면에 사용되고 있다.

2.1 지반지저력에 대한 안정

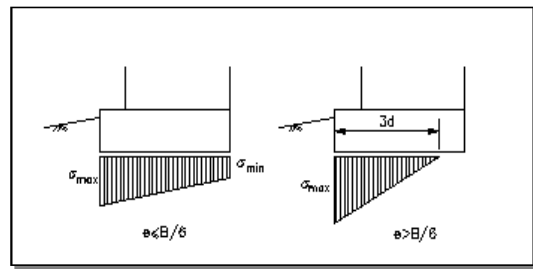
Mattress/Filter 구조물의 지반지저력을 구하기 위해서는 먼저 활동과 식 (1)에 의해 나타나는 모멘트평형을 검토하여 수직력 N 을 결정해야 한다.

$$d = \frac{M_r - M_o}{N} \quad (1)$$

여기서, M_r 와 M_o 는 전도에 대한 안정성 검토에서 언급되었고 d 는 <그림 2.1>과 <그림 2.2>에서 수직력 N 의 작용점과 기초의 아래 왼쪽사이의 거리이다. 수직력 N 은 구조물 기초에 수직으로 작용하는 압력이다.



<그림 2.1> N 의 작용점



<그림 2.2> 기초저면의 지반지저력 분포

이러한 압력을 계산하기 위해서는 이들의 분포를 고려해야 하며, 대개 이 분포는 선형분포를 가지고 있다. 따라서 이것의 최고값과 최소값은 <그림 2.2>에와 같이 옹벽 구조물의 기초바닥 가장자리에서 얻을 수 있으며, 식 (2)에서 구할 수 있다.

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{B} \cdot \left(1 + 6 \cdot \frac{e}{B}\right) \quad \sigma_{\min} = \frac{N}{B} \cdot \left(1 - 6 \cdot \frac{e}{B}\right) \quad (2)$$

여기서, e : $e \leq B/6$ 의 범위에서 수직력 N 의 편심거리이다.

2.2 지하수위가 옹벽에 미치는 영향

구조물이 붕괴되는 원인의 대부분은 배면에 있는 뒤채움재내의 물의 영향 때문이라는 것을 많은 경험을 통해서 우리는 잘 알수 있다. 다시 말하면, 지하수위를 무시하고 안정을 검토하였거나 강우 등으로 인해 갑자기 수위가 증가하였을 때 구조물은 불안정한 상태가 될 수 있다. 만일 구조물 배면에 지하수위가 존재하고 구조물을 통해서 전혀 배수가 없다면 수압의 분포는 <그림 2.3>에 보인 것처럼 삼각형으로 분포하며, 이 합력이 옹벽의 활동과 전도를 일으키는 힘으로 작용하게 된다. 또한 저판 바닥에도 수압이 작용하는데 그 크기

는 뒷꿈치에서 앞부리쪽으로 직선적으로 감소한다고 가정할 수 있다. 앞부리 부근에서는 구조물 전면의 지반으로 쉽게 배수될 수 있기 때문에 저판 선단에서의 수압은 0이 되며, 이 저판바닥의 수압도 구조물의 안정에 불리한 힘으로 작용한다.

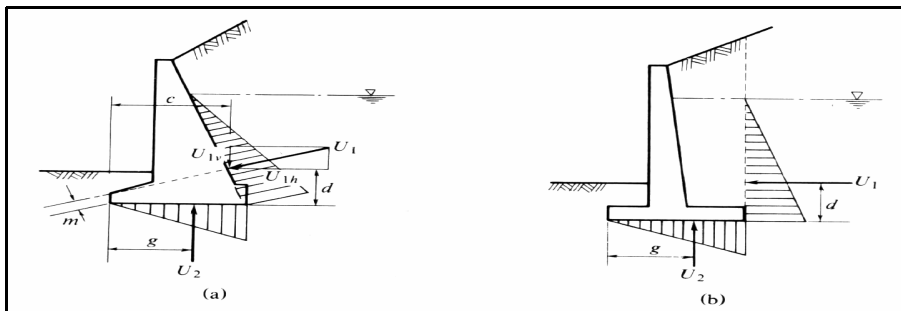
1) 활동에 대한 안전율

$$F_s = \frac{R_v \tan \phi_w + 0.5 P_p}{R_h + U_{1h}} > 1.5 \quad (3)$$

2) 전도에 대한 안전율

$$F_s = \frac{W_a}{(P_h y - P_v f) + (U_{1h} d - U_{1v} e) + U_2 g} > 1.5 \sim 2.0 \quad (4)$$

벽체에 작용하는 수압의 합력 U_1 , 저판에 작용하는 수압의 합력 U_2 , 앞부리에서 U_2 까지의 거리 g , 저판 앞부리에서 U_{1v} 까지의 수평거리, 저판 바닥에서 U_{1h} 또는 U_1 까지의 연직거리 d 라 할 때 다음 <그림 2.3>과 같다.



<그림 2.3> 뒤채움내에 지하수위가 있을 때 수압의 분포
(a) 중력식 옹벽 (b) 캔틸레버식 옹벽

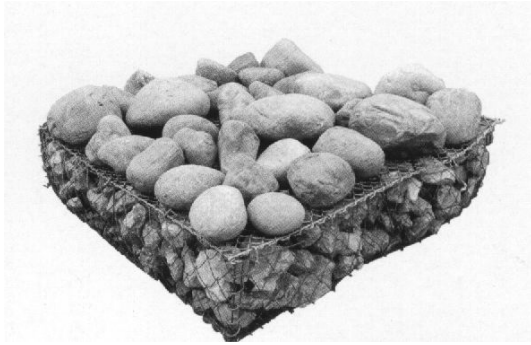
3. Mattress/Filter의 식생복원 효과

육상의 구조물을 시공할 때 사면을 시공하고 보호하는 공법은 많은 종류가 있다. 그 중에서도 Mattress/Filter는 슬래그를 사용하거나 폐콘크리트, 사석 등을 채움재로 사용하므로 경제적으로 유리한 이점이 있고 식생의 활착이 가능한 구조물로 벽면녹화에 활용함으로써 주위환경과 조화를 이룰 수 있다. 그리고 Mattress/Filter에 철망을 사용하고 식생의 뿌리에 의하여 채움재의 결속력을 증가시킴으로 사면이 불안정한 지역에 위치하더라도 유연성이 뛰어나 붕괴의 위험이 적고 강도도 뛰어나다. 또한 공극사이를 미세한 토사가 채움으로서 내구성은 오히려 증가하여 안정적이 된다.

3.1 Mattress/Filter에서의 식생성장

Mattress/Filter는 자연배수가 가능한 구조로서 채움재 사이의 공극이 커서 투수계수가 크고 다공성이 뛰어나다. Mattress/Filter는 지하에 스며든 물의 흐름이 자유로워 식생의 서식이 가능하고 구조물의 녹화에 기여하게 되며, 친환경적인 소재이다. 그리고 미세한 토사가 채움재 사이의 공극을 채우고 표면에 식물의 활착으로 결합력

이 높아져 Mattress/Filter의 안정성을 높여주고 있으며, 공극내에 식물의 포자가 성장하면서 내구성 또한 높아진다. 다음에 제시한 <그림 3.1>은 Mattress/Filter의 다공성을 보여주는 그림으로 채움재의 모양을 보여주고 있다. 그리고 <그림 3.2>는 Mattress/Filter에서 식생의 성장을 나타내고 있는데 하천변에 가까울수록 뿌리가 얇은 초본류가 서식하고 육상으로 올라가면 목본류가 성장한다.



<그림 3.1> Mattress/Filter의 다공성



<그림 3.2> Mattress/Filter내의 식생성장

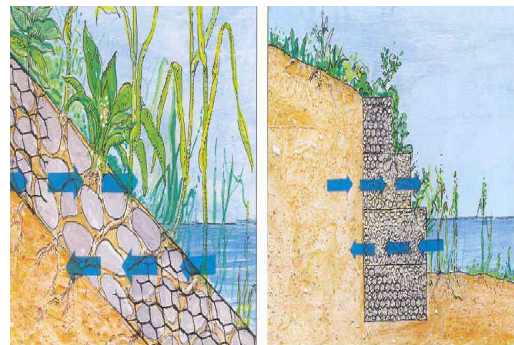
3.2 Mattress/Filter의 식생효과

다공성의 채움재로 구성된 Mattress/Filter는 다공구조로 식물의 활착이 용이해서 식생의 번식이 유리하고 식물의 뿌리가 채움재의 결속력을 높여 구조물의 사면안전에 효과적이다. 그리고 Mattress/Filter의 시공시에 철망에 넣어 시공하므로 절단되더라도 식생에 의한 결속력과 철망에 의해 붕괴의 위험이 감소하고 불안정한 지반에 시공되더라도 유연성이 뛰어나 부등침하에 안전도가 높다. 또한 토압을 견뎌낼 수 있는 중량의 채움재를 사용하고 공극사이를 토사가 채우므로 내구성이 뛰어나고 건설폐자재의 사용으로 콘크리트 구조물보다 경제적이다.

다음에 나오는 <그림 3.3>과 <그림 3.4>에서 보는 것과 같이 Mattress/Filter는 투수가 용이한 구조물로서 사면과 구조물 사이에서 물의 이동이 자유로워 사면녹화에 기여하게 된다.



<그림 3.3> 절개지사면의 Mattress/Filter



<그림 3.4> Mattress/Filter의 투·배수성

4. 결 론

지금까지 본 고에서는 절개지 사면보호 구조물의 안정성과 생태계의 복원을 위하여 Mattress/Filter 구조체의 배수압 소산효과와 Mattress/Filter에 의한 육상생태계 복원기법의 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) Mattress/Filter는 채움재인 Slag사이에 공극이 있어서 물이 자유로이 왕래할 수 있어 옹벽 배면에서 수압이 발생되지 않으므로 안전한 구조물이며 설계과정에서 발생하는 기하학, 과다하중에 대하여 가장 효과적으로 사면의 배수압을 소산시킬 수 있는 구조물로 판단된다.
- 2) Mattress/Filter는 다공성이 뛰어나 자연배수가 가능한 구조물로서 그 주변 생태계에 필수적인 물의 상호교류가 지속적으로 가능하여 사면안정과 식생복원에 우수한 것으로 판단된다.
- 3) Mattress에서 Filter의 채움재료로 산업폐기물(Slag) 및 건설폐기물(폐콘크리트, 사석) 등을 재활용할 수 있으므로 시공에 있어서 Mattress의 재료비가 저렴하고 유지관리가 용이하며, 생태계의 복원 및 보존에도 Mattress/Filter는 효과적으로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 환경부 한국환경기술진흥원이 추진하는 “2003년도 차세대 핵심환경기술개발사업”의 자유공모 과제(과제번호:025-22-66) 연구수행 결과의 일부이며, 연구비지원에 감사드립니다.

Reference

1. US Geological Survey(USGS), Stream HAbitat Analysis Using the Instream Flow Incremental Methodology, Information and Technology Report, USGS/BRD/ITR, 1998-0004, US Geological Survey, Biological Resources Division, Mid-continent Ecological Science Center, Fort Collins, Colo., 1998.
2. Simons, D. B., Chen, Y. H. and Swenson, L. J. (1983). Hydraulic Test to Develop Design Criteria for the Use of Reno Mattresses, *Officine Maccaferri Technical Report*, Fort Collins, Colorado.
3. Simons, D. B., Hi, R.H. and Liang, W. S. (1981). Design Guidelines & Criteria. Channels & Hydraulic Structures on Sandy Soils, *Officine Maccaferri Technical Report*, Fort Collins, Colorado.
4. Fiuzat, A. A., Chen, Y. H. and Simons, D. B. (1982). Stability Tests of Rip-Rap in Flood Control Channels, *Officine Maccaferri Technical Report*, Fort Collins Colorado.
5. Maynard, S. T. (1989). "Riprap Design." *J. Hydr. Engrg.*, ASCE, 115(7)
6. Maynard, S. T. (1995). Gabion-mattress Channel Protection Design, *J. Hydr. Engrg.*, ASCE, 121(7)
7. 지흥기, 배상수, 임기석, 허수영(2001), Mattress/Filter를 이용한 호안구조물의 수리학적 특성, 한국수자원학회, 학술발표회 논문집.
8. 지흥기(2001), Mattress/Filter를 이용한 방재 및 친환경적 수리구조물 개발, 행정자치부 국립방재연구소, 방재행정세미나, 제6집.
9. 지흥기(2001), Gabion을 이용한 방재 및 친환경 구조물, 영남대학교부설 방재연구소, 시설물방재와 친환경 건설 학술심포지움 논문집.
10. 한국건설기술연구원(건기연), 하도내 수목관리 워샵 - 하천구역내 나무 심기 및 관리에 관한 기준, 개원 15주년 기념 제10회 건설기술연구성과발표회, 1998
11. 조용현(2001), 서울시 도시 생태계의 장기 모니터링 방안연구, 서울시정개발연구원, 시정연 2001-R-16.