

제방법면 보호용 식생매트의 내침식성에 관한 실험적 연구

Experimental Study on the Resistance of Erosion of the river banks covered with Vegetation-Mat

장창래* 이경수** 김지학***
Chang-Lae Jang, Kyung Su Lee, Ji Hak Kim

요 지

최근에 경제성장과 도시화로 인하여, 하천의 복원사업이 활발하게 진행되고 있다. 특히, 하천복원 사업은 생태계 및 경관의 기능이 강조되고 있으며, 사회적으로 이에 대한 요구가 매우 높아지고 있다. 하천복원 사업을 추진함에 있어서 하천의 제방 법면의 처리에 대하여 많은 시도가 진행되고 있다. 특히, 식생매트는 안정적이면서 자연재료를 활용하여 생태계의 다양성과 녹색 경관을 형성할 수 있어서 많이 도입되고 있다. 그러나 이에 대한 홍수의 안정성 검토가 거의 이루어지지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 식생매트에 대하여 실외실험을 통하여 홍수에 대한 안정성 및 내침식성 특성을 파악하였다. 식생매트의 표면에 있는 돌기는 유수 중에 부력에 의해 위로 상승하며 수중에서 식생의 역할을 하게 되며, 유수의 직접적인 영향을 저감시키는데 매우 중요한 역할을 하게 된다. 따라서 흐름에 대한 식생매트의 법면보호 효과를 증대시키기 위해서는 법면과 식생매트의 부착을 크게 하고, 식생매트를 부착시키는 앵커의 수중 노출을 최대한 저감하며, 유수 중에 앵커의 식생매트의 부력에 대한 지지력을 증가시키는 것이 중요하다. 또한 식생매트와 식생매트의 접합부에 유수 중에서 흐름의 집중이 발생하지 않도록 시공이 필요할 것으로 사료된다.

연구의 실험 결과는 福岡捷二 등(1987)이 제시한 식생의 활착에 의해 뿌리의 깊이에 대한 내침식성 특성과 비교하였다. 부직포가 2겹일 경우에 식생매트의 내침식성 강도는 福岡捷二 등(1987)에 의하여 제시된 식생뿌리 깊이가 10 cm 인 경우보다 약간 작으나, 부직포가 3겹일 경우에는 경우에는 福岡捷二 등(1987)에 의하여 제시된 식생뿌리 깊이가 10 cm 인 경우와 잘 일치하는 것을 보여주고 있다. 또한 부직포가 4겹일 경우에는 식생매트의 내침식성 강도는 福岡捷二 등(1987)에 의하여 제시된 식생뿌리 깊이가 10 cm 인 경우보다 큰 것을 보여주고 있다. 또한 평균 침식깊이는 부직포가 2겹일 경우에 평균 3.8 cm이며, 부직포가 3겹일 경우에 평균 3.4 cm 이었다. 부직포가 4겹일 경우에는 평균 침식깊이는 3.0 cm 이었다.

핵심용어 : 식생매트, 제방법면, 소류력, 내침식성

1. 서 론

최근에 경제성장과 도시화로 인하여, 하천의 복원사업이 활발하게 진행되고 있다. 특히, 하천복원 사업은 생태계 및 경관의 기능이 강조되고 있으며, 사회적으로 이에 대한 요구가 매우 높아지고 있다. 하천복원 사업을 추진함에 있어서 하천의 제방법면의 처리에 대하여 많은 시도가 진행되고 있다. 제방 법면은 홍수에 의하여 침식되고 유실되는 결과가 많이 발생하고 있다. 제방 법면은 시공 초기에는 흐름에 의한 소류력에 의하여 체제 표면의 침식이 수반되며, 이러한 현상이 지속되면서 유실된다. 이를 해결하기 위하여, 콘크리트를 주재료로 한 호안 블럭, 식생의 활착이 가능한 생태블럭, 자연석 혹은 거석 등 다양한 자료를 활용하여 자연 친화적이고, 생태계의 건전성을 높

* 정회원 · 충주대학교 토목공학과 · 조교수 · E-mail : cljang@cju.ac.kr
** 정회원 · 충주대학교 토목공학과 · 석사과정 · E-mail : 39lks@hanmail.net
*** 정회원 · 충주대학교 토목공학과 · 명예교수 · E-mail : jihkim@chungju.ac.kr

일 수 있는 여러 가지 방법이 시도 되고 있다. 그러나 최근에서는 홍수에 안정적이면서 자연재료를 활용하여 생태계의 다양성과 녹색 경관을 형성할 수 있는 식생매트가 도입되고 있다. 그러나 이에 대한 홍수의 안정성 검토가 거의 이루어지지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 식생매트에 대하여 실외실험을 통하여 홍수에 대한 안정성 및 내침식성 특성을 파악하였다.

2. 실험에 의한 식생매트의 내침식성 검토

2.1 실험조건

실험을 수행하기 위한 콘크리트 수로는 길이 2.0 m, 상부폭 0.40 m, 바닥폭 0.39 m, 높이 0.40 m 인 사다리꼴형 이며, 하류단 수조에서 펌프를 이용하여 상류단 leveling 탱크로 물을 공급하는 순환형 물순환 시스템을 갖추고 있다(그림 1).

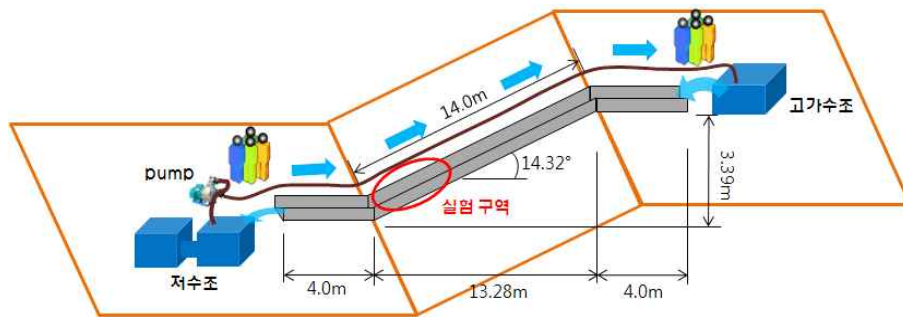


그림 1. 실험수로 구성도(수로의 흐름은 우측에서 좌측이다.)

실험 수로에 9.8 cm 두께의 비점착성 유사를 균등하게 포설하였다. 부직포는 2장부터 4장까지 단계별로 설치하였고, 그 후에 식생매트를 1겹(수중에서 부력에 의해 식생매트의 돌기가 수중에서 상승하여 층류저층을 형성하여 1 cm의 두께 역할을 함)을 덮어서 고정하였다(그림 2). 하상에 식생매트를 부착시키기 위하여 현장에서 앵커 역할을 하는 못 (5.5 cm x 0.5 cm)을 10 cm 간격으로 좌안과 우안에 각각 20개씩 직각으로 부착하였다(그림 2). 실험을 위해 사용된 모래는 $D_{10}=0.88$ mm, $D_m=1.82$ mm, $D_{35}=6.20$ mm, 표준편차는 1.35이고, 비중은 2.55 ~ 2.65인 유사를 사용하였다.

실험이 진행되는 동안, 정상상태를 유지한 유량이 지속적으로 공급하였으며, 수로에서 일정한 간격으로 유속과 수위를 측정하였다. 실험이 진행 중인 상태에서 30분간격으로 수로에서 물을 완전히 배수시킨 후에, point gauge를 이용하여 하상고를 측정하였다. 하상고는 상류에서 하류로 측정하여 종방향 10 cm 간격, 횡방향 3 cm 간격으로 하상고의 변화와 표면의 침식 상태를 파악하였다. 실험의 수리학적 조건은 표 1에 잘 나타나 있다.

표. 1 실외실험 조건

종 류	Q (l/s)	Slope	접근 유속 (m/s)	식생매트 내 유속 (m/s)	하상토 입경 (mm)	부직포 (겹)	횡방향 식생매트 고정	지속시간 (분)	비고
Run-1	16.20	0.255	3.00	2.00	1.82	2	T0	120	
Run-2	16.20	0.255	3.00	2.00	1.82	2	T1	60	
Run-3	16.20	0.255	3.00	2.00 <td 1.82	2	T2	120		
Run-4	16.20	0.255	3.00	2.00	1.82	3	T0	60	
Run-5	16.20	0.255	3.00	2.00	1.82	3	T1	120	
Run-6	16.20	0.255	3.00	2.00	1.82	3	T2	120	
Run-7	16.20	0.255	3.00	2.00	1.82	4	T0	90	
Run-8	16.20	0.255	3.00	2.00	1.82	4	T1	180	
Run-9	16.20	0.255	3.00	2.00	1.82	4	T2	450	

* 횡방향 식생매트 고정, T0 : 횡방향 식생매트 고정 없음,
 T1 : 상류에서 2m 지점에서 횡방향 식생매트 고정(그림 2(d))
 T2 : 상류에서 2m 지점과 2.6m 지점에서 횡방향 식생매트 고정(그림 2(d))

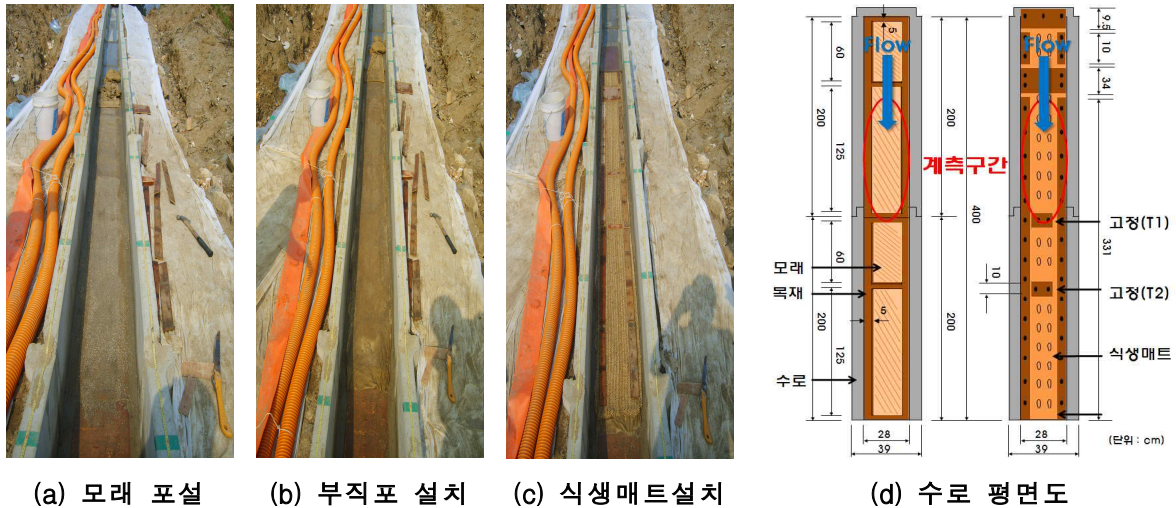


그림 2. 실험 준비 과정 및 수로 전경(흐름방향은 위에서 아래다.)

3 실험결과

3.1 침식과정

식생매트의 저부에 있는 하상의 침식과정은, 홍수시에 흐름에 의해 지속적으로 영향을 받아서 식생매트가 부력에 의해 수중에서 상승하게 되며, 국부적으로 흐름의 집중을 받게 되어 유사가 움직이기 시작한다. 유사의 움직임은 국부적으로 흐름이 지속되면서 가속되고, 일부 구간에서 퇴적된다. 퇴적되는 곳에서는 식생매트의 이탈을 촉진시키게 되며, 식생매트의 저부에서는 지속적으로 이동하게 된다. 이러한 과정이 지속되면서 식생매트는 부력을 더욱 크게 받게 되어 위로 상승하게 된다. 하상에서 유사의 이동으로 인하여 하상이 저하되게 되고, 법면이 국부적으로 세굴 된다. 식생매트를 고정시키는 앵커주변에서는 흐름의 집중이 가속되며, 와(vortex)에 의하여 국부세굴이 발생한다. 이러한 국부세굴은 유사의 이동을 더욱 가속시키고 식생매트와 법면과의 이탈을 지속시킨다. 또한 위로 상승하는 식생매트는 앵커의 지지력을 약화시킨다. 앵커는 식생매트에 의해 위로 상승하는 힘과 식생매트의 국부세굴의 영향을 받고, 식생매트를 따라 법면으로 흐름의 침투력을

받게 되어 지지력이 약화된다. 이러한 과정이 반복되면서 시간이 지나면서 법면과 식생매트의 분리, 법면의 세굴, 앵커의 국부적인 지지력 감소, 앵커를 따라 하상 및 법면에 침투되는 유수의 침투력 증가 등 다양한 영향을 받게 된다.

그러나 식생매트의 표면에 있는 돌기는 유수 중에 부력에 의해 위로 상승하며 층류 저층을 형성하며, 식생매트에 유수의 직접인 흐름의 집중을 저감시키고 소류력을 크게 감소시킨다. 이러한 현상은 일반적으로 제방 법면에 성장하는 식생의 저부에서 나타나는 저항의 역할을 하게 되어 흐름에 대한 조도를 증가시켜서, 흐름이 식생매트에 직접적으로 미치는 영향을 현저하게 저감시키는 역할을 하게 된다. 따라서 식생매트에 부착된 돌기는 유수의 직접적인 영향을 저감시키는데 매우 중요한 역할을 하게 된다.

3.2 하상의 평균 침식깊이에 대한 시간변화 특성

부직포의 증가에 따른 하상의 안정성을 파악하는 것은 매우 중요하다. 그림 3은 횡방향 고정 없이, 1곳일 경우, 2곳일 경우에 대하여 부직포의 증가에 따른 시간의 변화에 따른 하상의 침식깊이를 보여주고 있다.

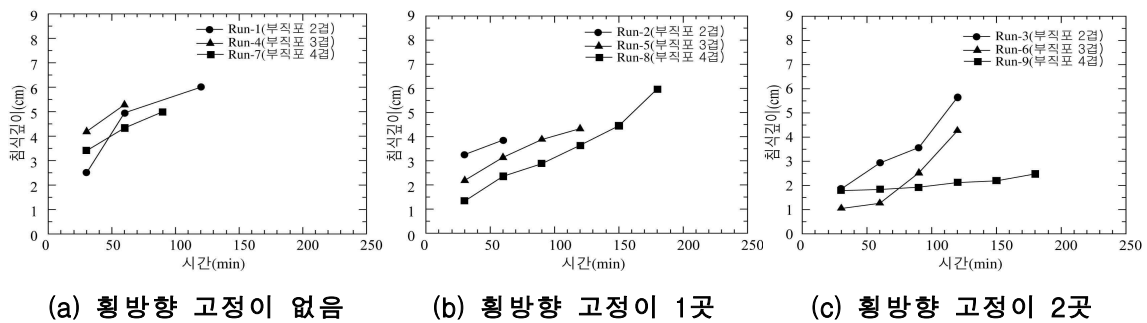
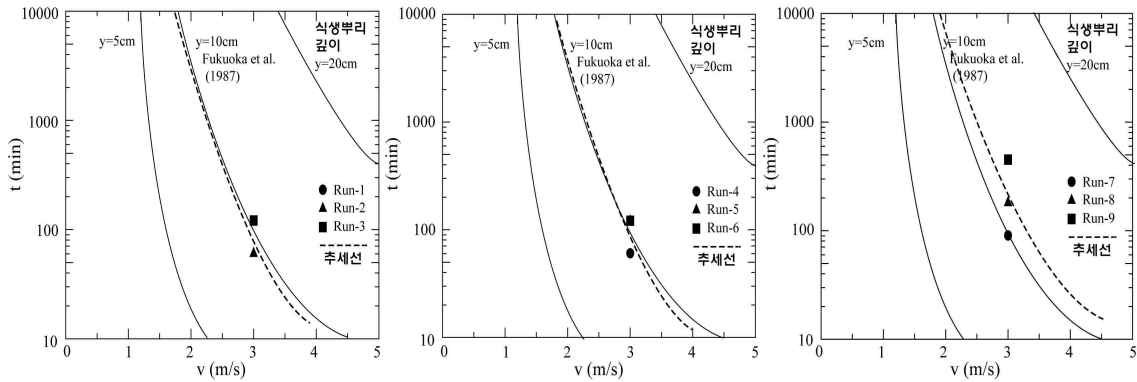


그림 3. 부직포의 증가에 따른 하상의 침식깊이

부직포가 2점인 Run-1, Run-2, Run-3 보다는 부직포가 3점인 Run-4, Run-5, Run-6 에 대하여 하상의 침식깊이가 작은 것을 보여주고 있다. 부직포가 4점인 Run-7, Run-8, Run-9 은 하상의 침식깊이가 가장 작은 것을 보여주고 있다. 따라서 부직포가 증가함에 따라 하상이 안정적일 것을 보여주고 있다. 실험 결과를 통하여 부직포의 변화에 따른 내침식성 강도를 추정하였으며, 그림7은 福岡捷二 등(1987)의 결과에 대한 부직포 두께의 변화에 따른 식생매트의 내침식성 강도를 추정하였다. 식생매트의 내침식성은 福岡捷二 등(1987)의 결과와 같이 지수함수의 분포를 따르는 것으로 가정하였다. 부직포가 2점일 경우에 식생매트의 내침식성 강도는 福岡捷二 등(1987)에 의하여 제시된 식생뿌리 깊이가 10 cm 인 경우보다 약간 작으나, 부직포가 3점일 경우에는 경우에는 福岡捷二 등(1987)에 제시된 식생뿌리 깊이가 10 cm 인 경우와 잘 일치하는 것을 보여주고 있다. 또한 부직포가 4점일 경우에는 식생매트의 내침식성 강도는 福岡捷二 등(1987)에 의하여 제시된 식생뿌리 깊이가 10 cm 인 경우보다 큰 것을 보여주고 있다. 또한 평균 침식깊이는 부직포가 2점일 경우에 평균 3.8 cm이며, 부직포가 3점일 경우에 평균 3.4 cm 이었다. 부직포가 4점일 경우에는 평균 침식깊이는 3.0 cm 이었다.



(a) 부직포가 2겹일 경우 (평균 침식깊이 = 3.8 cm) (b) 부직포가 3겹일 경우 (평균 침식깊이 = 3.4 cm) (c) 부직포가 4겹일 경우 (평균 침식깊이 = 3.0 cm)

그림 7. 실험결과로부터 내침식성 강도

4. 결론

본 연구에서는 제방 보호용 식생매트에 대하여 실내실험을 수행하여 홍수에 대한 안정성 및 내침식성 특성을 파악하였다. 연구의 실험 결과는 福岡捷二 등(1987)이 제시한 식생의 활착에 의해 뿌리의 깊이에 대한 내침식성 특성과 비교하였다. 부직포가 2겹일 경우에 식생매트의 내침식성 강도는 福岡捷二 등(1987)에 의하여 제시된 식생뿌리 깊이가 10 cm 인 경우보다 약간 작으나, 부직포가 3겹일 경우에는 경우에는 福岡捷二 등(1987)에 의하여 제시된 식생뿌리 깊이가 10 cm 인 경우와 잘 일치하는 것을 보여주고 있다. 또한 부직포가 4겹일 경우에는 식생매트의 내침식성 강도는 福岡捷二 등(1987)에 의하여 제시된 식생뿌리 깊이가 10 cm 인 경우보다 큰 것을 보여주고 있다. 또한 평균 침식깊이는 부직포가 2겹일 경우에 평균 3.8 cm이며, 부직포가 3겹일 경우에 평균 3.4 cm 이었다. 부직포가 4겹일 경우에는 평균 침식깊이는 3.0 cm 이었다.

본 연구에서 추정된 연구 성과는 실외실험을 통하여 수행한 결과이며, 향후에 현장의 조사 및 실험을 통하여 그 적용성을 보완해야 한다.

참 고 문 헌

1. 福岡捷二, 藤岡光一, 加藤善明, 森田克史(1987). 堤防法面の芝の耐侵食特性, 土木技術資料 29-12, pp. 107-112.