

## 고속도로 길어깨 구간의 잡초발생 억제 시험에 관한 연구

박종철<sup>2)</sup> · 전기성<sup>2)</sup> · 허영진<sup>3)</sup> · 김경훈<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> (주)일림 전무이사 · <sup>2)</sup> 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원 ·

<sup>3)</sup> (주)일림 대표이사 · <sup>4)</sup> (주)일림 전무이사

## Experimental Study for Weed Control on the Shoulder of Expressway

Park, Jong-Chul<sup>1)</sup> · Jeon, Gi-Seong<sup>2)</sup> · Hur, Young-Jin<sup>3)</sup> and Kim, Kyung-Hoon<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Illim Inc., Executive Managing Director,

<sup>2)</sup> Korea Expressway Corporation Research Institute, Senior Researcher,

<sup>3)</sup> Illim Inc., CEO,

<sup>4)</sup> Illim Inc., Executive Managing Director.

### ABSTRACT

The study was performed in order to derive the management methods of revegetation space on embankment upper in the shoulder of expressway. The pilot study was conducted in 2013 on the test road section of the Jungbu Inland Expressway (Smart Highway) and continues to be monitored until 2020. In the test, three commonly used methods for weed control were applied. In the early two to three years, most of the methods were effective in controlling weeds. However, at the end of six years, weed suppression effects were different for each treatment. Vegetation coverage was 90% in the untreated control, 70-80% wood chip mulching method, 50-60% solidification method, and 20% sheet mulching method. The sheet method was found to be the most effective given the low vegetation coverage was effective in controlling weeds. The wood chip mulching method is promoting weed growth over time, and weeds are invading as the effect of soil hardening is reduced in the place where the soil hardener is treated. Among the methods applied in the test, mulching the sheet is the most

---

**First author** : Park, Jong-Chul, Illim Inc., Executive Managing Director

06787, 2F, 28-12, Gangnam-daero 6-gil, Seocho Gu, Seoul, Republic of Korea

Tel: +82-2-6956-3604, E-mail: salimcongsa@gmail.com

**Corresponding author** : Jeon, Gi-Seong, Korea Expressway Corporation Research Institute, Senior Researcher

18489, 24, Dongtansunhwan-daero 17-gil, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea

Tel: +82-31-8098-6383, E-mail: giseong@ex.co.kr

**Received** : 1 September, 2020. **Revised** : 12 November, 2020. **Accepted** : 10 November, 2020.

effective, but it is important to use a durable sheet. In the future, it is necessary to find ways to control weeds on road shoulders, considering both economic and environmental aspects. For the proper management in the shoulder of expressway set target zone is needed. Clear standards for weed control on expressway should be established. And the technology to be applied must be durable for 3 years or more and must be able to suppress the amount of weeds to a level of 20% or less.

Key words : *Controlling weed, Mulching, Solidification, Sheet*

## I. 서 론

고속도로는 일반적으로 주행로, 시설물, 갓길, 비탈면 등으로 구성되어 있으며, 이중 갓길은 주행로와 주변 비탈면 사이에서 완충지대의 역할을 하고 있다. 이곳은 비상차량 대피 등의 공간으로 활용되기도 하며, 가로등, 가드레일, 안내표지판 등의 시설물과 가로수 등이 식재되어 있는 공간이다(AASHTO, 1997; Jeon, 2004; Park *et al.*, 2014).

고속도로 갓길 외측으로 연결되어 있는 성토 비탈면 상단 부위는 도로 외부로부터 본선을 보호하고 구조를 유지하기 위한 지반으로서 매우 중요한 공간이다. 이곳은 주행 중인 차량에서는 크게 눈에 띄지 않은 곳이지만 도로에서 다양한 형태의 쓰레기가 투입되고, 식생측면에서도 식재된 가로수나 녹화용 식물 외에도 외래종 및 환경 위해종 등이 침입하고 있으며, 덩굴식물이 안내판을 덮으면서 고속도로 이용자의 시야를 가리는 등의 문제점도 많이 나타나고 있다(Missouri Department of Transportation, 2017; Washington State Department of Transportation, 2012).

한국도로공사에서는 자체 관리매뉴얼에 따라 갓길과 성토 상단 비탈면에 대하여 연 2~3회 제초작업을 시행하고 있다(Korea Expressway Corporation, 2016a: 2016b). 주로 인력에 의한 작업이 이루어지므로 차량 주행에 방해가 되고, 작업자의 안전 확보도 어려운 상황이다. 또한

예초기 작업을 시행한 이후 지하부의 뿌리가 살아있기 때문에 잡초와 같은 식물이 다시 성장하게 되는 악순환이 반복되고 있다(Woo and Jeon, 2005).

한편 잡초관리를 위한 기계장비가 개발되어 일부 현장에서 시범적으로 도입되고 있다. 현재 제초장비로 고온수 자동제초기, 차량장착형 기계식 삭초장비 등이 개발되어 있지만 도로변 시설물 등으로 인하여 현장에서의 활용성이 낮아 실용화에 어려움이 있는 실정이다(Korea Expressway Corporation, 1995).

현장에서 잡초를 직접 제거하는 어려움을 해결하기 위하여 잡초의 발생 자체를 억제하는 방법이 시도되고 있다(Arizona Department of Transportation, 2018; Missouri Department of Transportation, 2017). 억제 방법에는 발생한 잡초가 위로 성장하지 못하도록 시트를 덮거나 다른 재료(임목칩, 자갈, 벚짖 등)로 덮어주는 기술이 있으며, 토양기반에 잡초가 발생하지 않도록 토양을 고화시키거나 콘크리트로 표면을 마감하는 기술이 시범적으로 적용되고 있다(Korea Expressway Corporation, 2013; 2019).

이와 같이 갓길 외측 성토상단 비탈면의 관리 방법에 대한 문제점을 개선하고, 효율적인 유지관리를 위한 해결방안의 모색이 필요하며(Woo and Jeon, 2005), 이를 위해서는 고속도로의 특성이나 위치별로 관리구간을 설정하고, 구간에 맞는 적절한 잡초관리 방법이 수립되어야 한다. 또한 이들 관리방법은 단순히 잡초제거 뿐만 아

나라 식생 및 경관적인 측면에서도 종합적으로 검토할 필요성이 있다(Brandt and Henderson, 2015; Korea Expressway Corporation, 2019).

이 논문에서는 중부내륙고속도로 스마트하이웨이 구간을 대상으로 2013년에 갓길 외측 성토상단 비탈면에서 잡초 발생 억제를 위한 방법을 시험적으로 적용한 곳을 대상으로 시공 후 7년까지 잡초발생 현황을 추적조사 하였으며, 이를 토대로 고속도로 갓길을 대상으로 한 효율적인 잡초관리 방안을 제시하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

연구 대상지로 중부내륙고속도로의 여주JC~감곡IC 구간(여주시 가남읍 삼송리 276번지 인근) 내에 있는 한국도로공사 시험도로구간(Smart Highway)을 선정하였다. 시험시공지의 관리가 용이하고 주변의 영향을 최소화할 수 있는 장소(하행선 258.2km 표지 기준으로 우측 40m, 좌측 60m)에서 갓길 외측 성토상단 비탈면 구간에 5가지 기술을 적용하였으며, 이후 토양과 식생에 대한 모니터링을 수행하였다.

대상지인 성토비탈면의 경사는 1 : 1.5 내외의 완경사지로 구성되어 있으며 망초(*Coryza canadensis*), 쭉( *Artemisia princeps* ), 억새(*Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*) 등의 초본류와 칩( *Pueraria lobata* ), 환삼덩굴(*Humulus japonicus*)이 번무하여 도로 주행로까지 침입한 상태였다. 성토 비탈면 하부는 배수로와 농경지가 연결되어 있었으나 농경작업에 따른 시험지의 인위적 훼손에 대한 우려는 없는 것으로 판단되었다.

현장 시험은 2013년 9월 4일~2013년 9월 6일까지 실시하였으며 잡초발생 억제방법 5가지를 적용하였다(Table 1). 현장 시공에는 굴삭기(018W), 트럭(5T), 예초기(KY-420SE), 양수기(WB20XT), 취부기(Soil Seeder, 4,000L) 등을 이용하였다.

시험 대상지의 기반 조건을 개선하기 위하여 전체 구간(길이 4m × 폭 100m)에 예초기를 이용하여 제초(삭초)작업을 시행하였다. 이후 굴삭기를 이용하여 식생의 뿌리까지 제거될 수 있도록 표토 깊이 20cm 까지 토양을 정리하였으며, 장비로 작업이 어려운 구간은 인력으로 정리하였다.

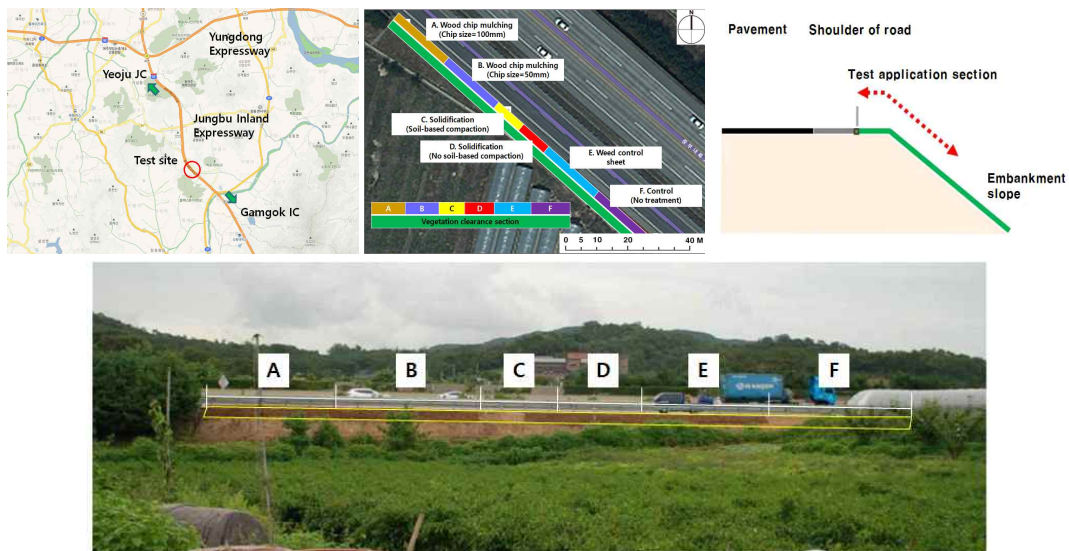


Figure 1. Location and view of the test site installed on the Jungbu Inland Expressway.

**Table 1.** Method applied to the test on the shoulder of the road.

Categories	Area (m <sup>2</sup> )	Methods
Mulching with wood chip (A)	44	Chip size = 100mm * Thickness = 100mm
Mulching with wood chip (B)	40	Chip size = 50mm * Thickness = 100mm
Soil hardening with solidifying agent (C)	20	Soil-based compaction * Thickness = 100mm
Soil hardening with solidifying agent (D)	20	No soil-based compaction * Thickness = 100mm
Weed control sheet (E)	40	Width 200cm x Length 60m
Control (F)	40	No treatment
Sum	204	

시험시공에는 임목칩, 고화제, 시트를 사용하였다. 수목의 가지나 뿌리를 파쇄하여 만든 임목칩(A, B)은 수목 하부에서 잡초침입 방지나 습도유지를 위해서 현장에 많이 사용하고 있는 생분해성 재료이다(Woo and Jeon, 2005; Lee and Park, 2006). 미리 파쇄된 임목칩(A: 50mm, B: 100mm)을 규격별로 구분하여 정해진 각 구획 안에 10cm 두께로 고르게 깔아주었으며, 설치된 재료가 유실되지 않도록 수용성의 고분자수지 접착제를 표면에 살포하여 경사지에서 임목칩을 고정시켰다.

고화제 설치(C, D) 구간에는 시멘트계의 고화제와 잡초 씨앗이 섞여 있지 않는 마사토를 혼합하여 대상지에 뿌린 후 진동기를 이용하여 고르게 다져주었으며, 다짐작업 후 살수작업을 통해 결합력을 높여 주었다. 실험에서는 원지반 토양 표면의 다짐작업 실시 여부에 따라서 2가지 방법을 적용하였다.

실험에 사용한 멀칭용 시트(E)는 폴리프로필렌 소재로 제작된 부직포로 UV코팅이 되어 있어 외부환경에 강한 제품을 사용하였다. 비탈면에 시트 설치 후 고정핀을 박아 넣어 고정하였으며 로프를 이용하여 덮어 놓은 시트가 유실되

는 것을 방지하였다.

구획선 및 주변부 정리는 시험구간(임목칩 멀칭 2구간, 고화제 처리 2구간, 시트 멀칭 1구간)과 더불어 대조구를 PP로프로 구분하였으며, 시험시공이 완료된 후 살수기를 동원하여 주변 도로부와 시험지에 인접한 수로의 잡초 제거 및 청소를 시행하였다.

시험지의 토양기반 특성을 파악하기 위하여 2020년 7월에 대상지내에서 각 처리별로 토양을 1리터씩 채취하여 전문기관인 (주)판코리아 농업과학연구소에 의뢰하여 분석하였으며, 현장에서는 토양물리성 항목으로 토양 표층부에서 토양경도계(산중식)를 이용하여 토양경도지수를 측정하였다. 또한 식물조사를 위하여 대상지를 세로 방향으로 4등분한 교차점에 1m×1m의 고정조사구를 3반복으로 설치하였다. 현장에서는 조사구내에 출현한 식생을 대상으로 방형구내에서 위치와 면적을 도식화 하고 식생피복도를 측정하였으며, 브라운브랑켓(Braun-Blanquet, 1964)법을 사용하여 각 식물종의 출현과 우점도(r~5) 및 군도(1~5)를 조사하였다. 이와 함께 출현 식생의 수고(초장)를 별도로 측정하였다. 또한 시험시공지의 식생구성에 영향을 미칠 수 있는 주변부의 영향

**Table 2.** Soil analysis results at the test site on the shoulder of the road in 2013.

Items	Soil texture				Acidity (pH)	Organic Matter (%)	T-N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	C.E.C. (cmol <sup>+</sup> /kg)	Exchangeable cation (cmol <sup>+</sup> /kg <sup>-1</sup> )				EC (ds/m)	Nacl (%)
	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Texture						K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>		
Results	58.2	36.0	5.8	SL	6.6	0.81	0.03	23	20.36	0.36	0.16	17.55	0.53	0.77	0.008

을 파악하기 위하여 인근의 산림지와 농경지를 대상으로 식물상을 파악하였다.

시험시공 이후의 변화상황을 파악하기 위하여 동일 시험지를 대상으로 실시한 2013년 (Korea Expressway Corporation, 2013), 2015년 (Jeon, 2015), 2016년(Korea Expressway Corporation, 2016a)의 선행연구와 2019년~2020년 (Korea Expressway Corporation, 2019; 2020)의 현장조사 결과를 토대로 측정값을 추출하여 비교 분석하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 토양분석 결과

시험시공지에서 각 처리별로 채취한 토양 샘플을 분석한 결과는 Table 2와 3과 같다. 토성은 사질양토~양질사토의 수준으로서 모래의 함량

이 비교적 높아 배수가 용이하고 토양 보수력은 상대적으로 낮은 조건이었다. 토양의 화학성 중에서 유기물 함량, 전질소, 양이온치환능력, 유효인산, 치환성양이온의 측정값이 녹화지침 (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009)에서 제시된 값보다 비교적 낮은 것을 볼 때 비탈면 조성 이후 별다른 조치 없이 그대로 방치된 상태인 것으로 판단된다.

토양산도(pH)에 대한 분석 결과 시공 당시에 2013년도에는 토양산도가 6.6 수준이었으나 (Table 2), 시공 후 7년 정도가 경과한 시점에서 처리별로 차이를 보이고 있다. 2020년 조사에서 대조구의 경우 토양산도는 6.2이었으나, 임목칩을 멀칭한 시험구에서는 토양산도가 5.9~6.0 수준으로 약간 낮아졌다. 반면 고화제를 처리한 시험구에서는 토양산도가 8.0~8.3 수준으로 알칼리성으로 변한 것을 알 수 있다(Table 3). 토양 분석

**Table 3.** Soil analysis results at the each treatment site on the shoulder of the road in 2020.

Items	Soil texture				Acidity (pH)	Organic Matter (%)	T-N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	C.E.C. (cmol <sup>+</sup> /kg)	Exchangeable cation (cmol <sup>+</sup> /kg <sup>-1</sup> )				EC (ds/m)	Nacl (%)
	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Texture						K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>		
A*	77.5	15.8	6.7	SL	5.9	5.96	0.82	37	10.98	0.60	-	8.01	1.00	0.75	-
B	81.7	11.0	7.3	LS	6.0	4.79	0.29	36	8.51	0.39	-	7.47	0.94	0.65	-
C	79.8	15.7	4.5	LS	8.3	1.41	0.08	36	13.51	0.72	-	22.07	0.94	0.50	-
D	80.5	12.7	6.8	LS	8.0	3.40	0.17	39	12.91	0.83	-	19.91	0.97	0.86	-
E	75.5	20.0	4.5	LS	6.7	0.25	0.03	7	3.36	0.18	0.02	1.89	0.24	0.18	0.001
F	76.7	18.8	4.5	LS	6.2	1.22	0.06	10	3.86	0.35	-	2.99	0.48	0.46	-

\* A : Wood chip mulching (Chip size=100mm), B : Wood chip mulching (Chip size=50mm),

C : Solidification (Soil-based compaction), D : Solidification (No soil-based compaction),

E : Weed control sheet, F : Control (No treatment)

**Table 4.** Results of measuring soil hardness for each experimental treatment.

Year	A*	B	C	D	E	F
Jul. 2019	10.3	11.3	20.7	19.3	15.3	13.0
Jun. 2020	11.0	10.7	19.7	18.0	14.0	12.7

\* A : Wood chip mulching (Chip size=100mm), B : Wood chip mulching (Chip size=50mm),  
C : Solidification (Soil-based compaction), D : Solidification (No soil-based compaction),  
E : Weed control sheet, F : Control (No treatment)

값은 샘플수가 각 처리별로 1개씩이기 때문에 통계적 유의성을 검증하기는 어렵다는 한계를 가지고 있지만, 처리별로 분석한 값이 pH 5.9~8.3사이에서 변화가 나타난 것을 알 수 있다.

임목칩 멀칭의 경우 목재를 파쇄한 칩을 사용한 것으로서 칩이 분해되면서 유기물원이 토양으로 공급이 되는 과정에서 부식산이 생성되면서 토양산도가 낮아지는 경향을 보이고 있다 (Lee, 2000). 반면 토양 고화제를 처리한 시험구에서는 시멘트계의 고화 재료를 사용하였기 때문에 토양이 알칼리성으로 변한 것으로 나타났다. 이러한 특성은 석회석광산을 대상으로 한 시험연구와 유사한 경향을 보이고 있는데, 광미가 덮인 토양에서는 토양산도 8.0을 넘게 되지만 이곳에 임목칩을 멀칭한 곳에서는 산도가 점차 낮아진 것과 유사한 경향을 보였다(Kim and Kim, 2012). 토양산도가 각 시험구별로 일부 차이를 보이지만, 이 정도 범위의 토양산도는 썩, 망초 등과 같은 선구식물 잡초에는 큰 영향을 미치지 않는 수준인 것으로 보인다.

시험시공지 토양기반의 물리성 항목으로 토양경도지수를 측정된 결과는 Table 4와 같다. 대조구의 경우 토양경도지수가 12.7~13.0mm 수준이었으며, 시트를 덮은 곳에서는 시트를 걷어내고 하부의 토양을 측정된 결과는 14.0~15.0mm 정도를 나타냈다. 시트를 덮은 곳에서 토양경도가 대조구나 임목칩 멀칭 시험구보다 상대적으로 약간 높아졌는데, 이는 시트가 토양 표면을 눌러주면서 하부 토양이 약간 다져진 것으로 판단된다.

임목칩을 멀칭한 곳에서는 토양경도지수가

10.2~11.3mm 정도로 가장 낮게 나타났다. 멀칭 시험구는 임목칩을 토양층 위에 덮어놓은 상태로 이들 재료가 분해되면서 원지반 토양과 혼합되어 표면에 공극이 많아지면서 토양표면의 경도가 낮아진 것으로 보인다.

반면 시멘트계 고화제를 처리한 곳에서는 토양이 견고해지면서 토양경도지수가 18mm 이상으로 상대적으로 높게 나타났다. 토양경도가 높아지면 식물 뿌리의 성장에 영향을 미친다는 연구와 비교해 볼 때(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009), 고화제 처리를 한 시험구에서는 식물의 정착을 어느 정도 억제하는 효과가 있는 것으로 판단된다.

## 2. 식생분석 결과

대상지의 식생침입 상황은 Figure 2에서와 같이 각 처리별로 주변에서 이입된 식물이 피복하고 있는 것을 알 수 있다. 시험시공지에서는 강아지풀(*Setaria viridis*), 망초(*Conyza canadensis*), 개망초(*Erigeron annuus*), 쭉(*Artemisia princeps*)과 같이 일반적으로 나지에 많이 발생하는 잡초들이 조사되었으며, 주변의 도로비탈면 녹화공사에서 사용하고 있는 외래종 중 큰김의털(*Festuca arundinacea*), 큰금계국(*Coreopsis lanceolata*) 등이 시험시공지로 침입하여 자라고 있었다. 특히 침입한 식물종은 귀화종이 대부분인 것으로 조사되었다.

Table 5에는 각 처리별 고정조사구 중에서 중앙에 위치한 1개를 대상으로 출현식물의 피복 상황을 도식화고, 이를 토대로 우점도, 군도, 식생

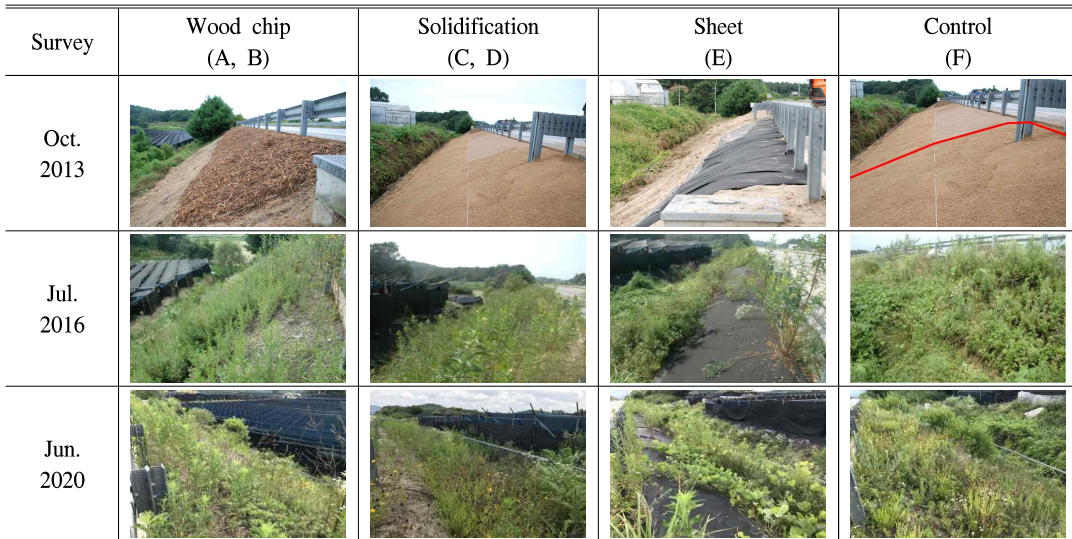


Figure 2. Changes in vegetation cover status by test treatment.

피복도, 초장을 분석한 결과를 제시하였다. 식생 구성상태를 보면 특정 식물이 많은 면적으로 차지하고 있는 형태를 보이고 있으며, 이로 인해 전체적으로 잡초가 시험구를 덮고 있는 구조를 나타내고 있다. 침입한 잡초들은 선행연구 (Washington State Department of Transportation, 2012)와 같이 대부분 풍산포종(쑥, 강아지풀 등)으로 종자가 비교적 작은 유형인 것으로 보이며, 도로비탈면에서 나타나는 특성과 같이 외부에서 바람에 의해 유입된 종들이 나타나고 있다(Song et al., 2005).

시험시공지 내부로 식생유입 가능성을 파악하기 위하여 시공지 좌측에 있는 산림지의 식생을 조사한 결과, 느티나무(*Zelkova serrata*)-졸참나무(*Quercus serrata*) 군락이 분포하고 있으며, 관목층에는 아까시나무(*Robinia pseudoacacia*), 찔레꽃(*Rosa multiflora*)이 혼생하고 있었다. 그러나 시험지와의 거리가 50m 이상 떨어져 있어서 중력산포식으로 유입되는 특성을 가진 종자의 크기가 상대적으로 큰 식물 종류는 많이 나타나지 않은 것으로 판단된다.

2013년 시험시공 초기에는 시험지 하부 토양을 경운하면서 잡초를 제거하였으나, 시간이 지

나면서 시험구 외부에서 덩굴성식물인 쑥 등이 성장하여 시험지 위로 길게 자라면서 시험지 위를 덮고 있는 것으로 조사되었다.

시험시공 방법별로 식생피복도를 측정한 결과는 Table 6과 같다. 임목칩을 멀칭한 시험구에서는 3년 정도 경과한 시점에서 식생피복율이 50% 이상으로 나타났으며, 2020년 조사 시점에서는 식생피복도가 70% 이상으로 나타나고 있다.

고화제를 처리한 시험구에서는 변동성을 보이고 있는데, 시공 3년이 경과한 시점에서 토양기반 정리를 시행한 시험구에서는 식생피복도가 40% 수준이었으나 이후 60% 수준으로 증가하였다. 반면 토양정리를 하지 않고 고화제를 처리한 시험구에서는 3년 경과시점에서 식생피복도가 70% 수준으로 올랐다가, 이후 조사 시점에서 50% 대로 낮아졌다. 고화제 처리 시험구에서 식생피복도가 급격히 증가한 것은 2016년 조사에서 환삼덩굴과 같은 덩굴성 식물이 출현하였던 영향인 것으로 판단된다.

시트를 설치한 시험구에서는 시공 7년 후에도 식생피복도가 20% 수준으로 매우 낮았다. 대조구의 경우 시공 2년 후부터 식생피복도가 70% 수준으로 올라갔으며, 2019년 조사 시점부

**Table 5.** Vegetation distribution and structure survey results for each treatment zone.

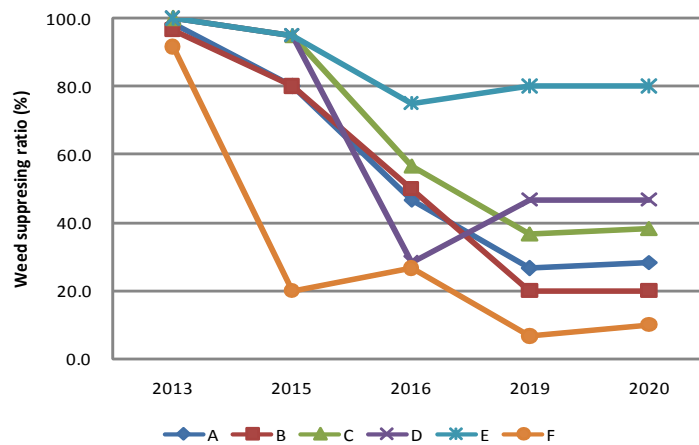
Treatments	Vegetation distribution	Vegetation structure				
[ A ] Wood chip mulching (Chip size=100mm)		Species	Dominance (D)	Sociability (S)	Coverage (%)	Height (m)
		<i>Erigeron annuus</i>	+	1	5	0.5
		<i>Artemisia princeps</i>	4	2	75	0.3
		<i>Oenothera biennis</i>	r	1	5	0.4
		<i>Festuca arundinacea</i>	r	1	10	0.5
[ B ] Wood chip mulching (Chip size=50mm)		Species	Dominance (D)	Sociability (S)	Coverage (%)	Height (m)
		<i>Coreopsis drummondii</i>	5	4	75	0.3
		<i>Artemisia princeps</i>	r	1	5	0.3
[ C ] Solidification (Soil-based compaction)		Species	Dominance (D)	Sociability (S)	Coverage (%)	Height (m)
		<i>Coreopsis drummondii</i>	4	4	70	0.5
		<i>Artemisia princeps</i>	1	3	20	0.3
[ D ] Solidification (No soil-based compaction)		Species	Dominance (D)	Sociability (S)	Coverage (%)	Height (m)
		<i>Setaria viridis</i>	2	3	25	0.4
		<i>Artemisia princeps</i>	r	1	5	0.3
		<i>Crepidiastrum sonchifolium</i>	1	3	15	0.7
		<i>Erigeron annuus</i>	1	2	10	0.4
		<i>Coreopsis drummondii</i>	1	2	15	0.3
		<i>Oenothera biennis</i>	r	1	5	0.1
[ E ] Weed control sheet		Species	Dominance (D)	Sociability (S)	Coverage (%)	Height (m)
		<i>Oenothera biennis</i>	1	1	20	0.4
[ F ] Control (No treatment)		Species	Dominance (D)	Sociability (S)	Coverage (%)	Height (m)
		<i>Coreopsis drummondii</i>	2	2	25	0.3
		<i>Lespedeza cuneata</i>	r	1	1	0.1
		<i>Artemisia princeps</i>	2	2	25	0.3
		<i>Erigeron annuus</i>	r	1	1	0.1



**Table 6.** Results of measuring plant coverage for each experimental treatment.

Survey	A*	B	C	D	E	F
Oct. 2013	1.7	3.3	0.0	0.0	0.0	8.3
Jul. 2015	20.0	20.0	5.0	5.0	5.0	80.0
Jun. 2016	53.3	50.0	43.3	71.7	25.0	73.3
Jul. 2019	73.3	80.0	63.3	53.3	20.0	93.3
Jun. 2020	71.7	80.0	61.7	53.3	20.0	90.0

\* A : Wood chip mulching (Chip size=100mm), B : Wood chip mulching (Chip size=50mm), C : Solidification (Soil-based compaction), D : Solidification (No soil-based compaction), E : Weed control sheet, F : Control (No treatment)



**Figure 3.** The ratio of suppressing weeds by test treatment measured by year.

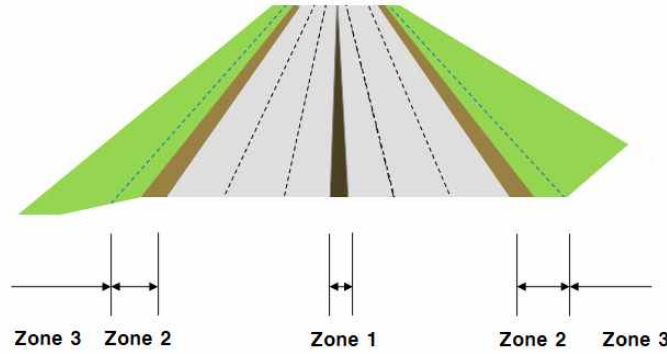
터 90%대 까지 급격히 증가한 것을 알 수 있다. 따라서 별도의 처리를 하지 않고 방치한 대조구에서는 1년 뒤부터 식생피복도가 급격히 증가한 것을 볼 때, 시험에 사용한 방법은 초기에 식생피복(잡초 발생)에 크고 작은 영향을 미치고 있는 것으로 판단된다.

이 연구의 목적은 잡초 발생을 억제하는 효과를 파악하기 위한 것으로서, 측정된 식생피복도를 반대의 개념으로 본다면 잡초발생을 억제하는 효과라고 볼 수 있다. 따라서 각 처리별로 식생피복도를 잡초발생 억제효과로 역산한 값을 그래프로 표현하면 Figure 3과 같다.

시공 이후 3년 정도 경과한 시점에서부터 잡초발생을 억제하는 효과는 급격히 떨어지는 것을 볼 수 있으며, 대부분 시험구에서 20~50%

수준을 나타내고 있다. 특히 고화제 처리를 한 곳에서 급격한 변화를 보이고 있는데, 이는 고화제 효과라기보다는 조사 시점이 일정하지 않고 특정 식물이 우점하게 되어 나타난 이상 현상이라고 볼 수 있다. 고화제 처리 방법은 잡초의 뿌리가 성장하지 못하도록 토양을 경화시키는 것인데, 이와 같은 효과가 줄어들게 되면 잡초의 성장을 억제할 수 있는 기능을 상실하게 된다. 따라서 토양이 경화되어 유지되는 지속성의 여부가 잡초방제 효과에 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

시트를 처리한 시험구에서는 시간이 경과하여도 잡초발생 억제효과가 80% 수준으로 유지되고 있다. 시트를 덮은 곳에서 잡초 발생이 적은 것은 발생한 잡초가 시트 표면위로 뚫고 올라오지 못하



Division	Range	Implementation cycle	Implementation method
1 Core zone	Road center divider, Greenbelt	3 or more times a year	Weed control
2 Buffer zone	1~2m range from shoulder	2 or more times a year	Weed control
3 Transition zone	Slope, outlying area	If necessary	Selective application
4 Other zone	Around bridges and structures	If necessary	Management according to separate standards

Figure 4. Conceptual diagram of vegetation management zone setting of expressway.

게 하는 방법이기 때문에 지상부로 잡초가 발생할 수 있는 확률을 줄여주는 효과로 보인다(Rural Development Administration, 2008). 시트를 설치한 곳은 잡초발생을 억제하는 효과는 있지만 칩이나 환삼덩굴과 같은 식물은 주변에서부터 길게 뻗어서 자라기 때문에 멀칭 방법과는 상관없이 시트 위를 덮는 문제가 발생하게 된다. 현재 도로 갓길 외곽에는 약 1m의 폭으로 일부만 덮어주는 방식을 시행하고 있는데, 시트를 설치하는 폭이 좁기 때문에 원천적으로 잡초 발생을 막기는 어려울 것으로 보인다. 또한 시트의 경우 3년 정도가 경과한 시점에서 표면이 부식되고 구멍이 생기면서 부분적으로 잡초가 발생하는 기술적인 문제점도 파악되고 있다.

표면을 덮는 멀칭 방법은 적용하는 두께가 식생피복과 깊은 연관성을 가지고 있다(Na, 2004). 임목칩을 사용한 시험구에서는 시공 후 3년 정도가 경과한 시점에서 식생피복율이 50% 이상으로 올라가고 있는데, 이 시점에서 부터는 잡

초 발생을 억제하기 보다는 오히려 침입한 식물 종의 생장을 촉진하게 되는 부작용이 나타나게 된다. 임목칩 멀칭과 관련된 선행연구에서도 멀칭 두께가 10cm 정도는 되어야 잡초발생을 억제한다는 연구결과(KEITI, 2019)를 볼 때 임목칩을 잡초발생 억제의 목적으로 사용할 경우에는 최소한 10~20cm 두께 이상으로 덮어주는 것이 필요할 것이다. 또한 이 방법도 임목칩이 분해가 된다는 점을 고려할 때 효과가 3~4년 정도 밖에 되지 않기 때문에 적용 이후 지속적인 유지관리가 필요할 것이다.

위에서와 같이 잡초 발생을 억제하기 위한 여러 가지 방법들은 적용 이후 효과의 지속성에서 차이를 보이고 있으며, 실험에 사용한 방법 모두 완벽한 잡초발생 억제효과를 보인다고는 할 수 없다. 결국 잡초발생을 최대한 억제하는 방법과 잡초가 발생된 이후에 이를 직접 제거해주는 유지관리 방법이 복합적으로 적용될 필요가 있다.

국내 고속도로에서는 조경 유지관리 차원에

서 관련 시방서에 잡초를 연 2~3회 제거해주어야 한다는 기준은 명시하고 있으나(Korea Expressway Corporation. 2016b), 대상지별로 잡초관리 수준에 대한 명확한 기준이나 방향은 제시되어 있지 않다. 따라서 외국의 사례(Arizona Department of Transportation. 2018; Texas Department of Transportation. 2018)에서와 같이 고속도로에서 각 구역별로 잡초 및 식생관리를 위한 범위를 설정하고, 각 구역의 특성별로 별도의 유지관리 기준 수립이 필요할 것이다 (Brandt and Henderson. 2015).

현장에서의 실험적인 연구와 외국의 자료를 토대로 국내 현실에 맞는 고속도로 관리구역 설정과 구역별 잡초관리 방안을 제시하면 다음과 같다 (Figure 4). 구역은 주행의 안정성 확보, 관리의 필요성 등을 고려하여 고속도로 횡단면을 기준으로 1~4 구역으로 구분하고, 각 구역별로 특성과 범위, 시행주기 및 관리방법을 제시하였다.

중앙분리대와 같은 핵심구역(Zone 1)에는 안전에 직접적인 영향이 있으므로 현재 2회/연 기준보다 강화된 3회/연 이상의 관리가 필요할 것이며, 도로 갓길 등과 완충구역(Zone 2)은 2회/연 이상의 관리를 시행할 필요가 있다. 또한 외곽의 비탈면(Zone 3)과 별도구역(Zone 4)은 필요시 별도의 기준을 수립하여 시행하는 것이 바람직하다.

또한 잡초를 제거하거나 발생을 억제하기 위한 방법들은 관리 목표치를 제시할 필요가 있으며, 시험시공지에서 시공 후 3년부터 잡초발생이 증가하는 것을 고려할 때 적용된 방법의 지속 기간은 최소 3년 정도로 하고, 잡초의 발생량을 20% 수준 이하로 유지시키는 것과 같은 세부적인 관리기준의 수립이 필요할 것이다.

#### IV. 결 론

고속도로 갓길 외측 성토비탈면의 잡초발생을 억제하는 방법을 모색하기 위하여 중부내륙 고속도로에서 갓길과 연결된 성토비탈면을 대

상으로 2013년에 시험시공을 실시하였으며, 이후 2020년까지 모니터링을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 시공 후 7년 정도가 경과한 시점에서 각 처리별로 식생피복도를 측정된 결과 잡초발생 억제 처리를 하지 않은 대조구는 90% 수준, 임목칩 멀칭은 70~80% 수준, 고화제는 50~60% 수준이었으며, 시트는 20% 수준이었다. 식생피복도가 낮은 것은 잡초의 발생을 억제하는 효과가 있다고 가정할 때 시험에 사용한 3가지 방법 중 시트의 방법이 상대적으로 효과적이었다.
2. 잡초발생 억제방법을 적용한 이후 3년 정도가 경과하면서부터 잡초발생량이 50% 이상으로 늘어나 억제 효과가 낮아지기 때문에, 효과의 지속성 유지를 위하여 내구성을 담보할 수 있는 재료나 시공 방식을 적용할 필요가 있다.
3. 잡초발생 억제를 위하여 임목칩을 사용하는 경우 칩의 크기 보다는 멀칭 두께가 중요한 것으로 보이며, 최소한 두께 10~20cm 이상으로 적용하는 것이 바람직하다. 또한 임목칩과 같이 생분해성 재료를 사용하는 경우 자연 분해되는 것을 고려하여 보완 또는 유지관리 기간을 설정하고 적용하는 것이 바람직하다.
4. 고속도로에서는 잡초를 관리하기 위한 공간적, 시간적 범위의 설정이 필요하다. 이곳에서 잡초발생을 억제하는 기술을 적용하는 경우에는 공통적으로 잡초 발생량은 20% 이하, 적용하는 재료의 내구성이나 효과의 지속성은 최소 3년 정도가 유지되는 수준으로 현장 적용성을 고려하여 관리기준을 설정할 필요가 있다.

이 연구는 고속도로 갓길 외곽의 성토비탈면에서 몇 가지 잡초발생 억제 기술을 시험적으로 적용하고 효과를 평가한 것으로서, 측정시기의 변동에 따른 문제점과 시험지 외부에서 줄 수 영향을 통제하지 못하였다는 한계점을 가지고 있다. 따라서 현장 적용 기술에 대한 실용적이

고 과학적인 후속 연구가 필요하며, 이를 통하여 고속도로 구역의 종합적인 식생 관리가 수행될 필요성이 있다는 것을 제안한다.

## References

- American Association of State Highway and Transportation Officials(AASHTO). 1997. "Highway Design and Operations Guide", Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Arizona Department of Transportation. 2018. Roadside Vegetation Management Guidelines.
- Brandt J. and K. Henderson. 2015. Integrated Roadside Vegetation Management Technical Manual. University of Northern Iowa UNI Scholar Works Faculty Book Gallery.
- Braun-Blanquet, J. 1964. "Pflanzensoziologie," Grundzüge der Vegetationskunde Dritte Auflage, Springer-Verlag, Wien, N.Y.
- Jeon G.S. 2004. A study on the revegetation structural analysis for environment factor of road slope. J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 7(2) : 12-20.
- Jeon G.S. 2015. The study on test for control of weeds invasion in constructed on upper embankment in the shoulder of a expressway. J. Korean Env. Res. Tech. 18(6) : 227-237.
- KEITI. 2019. Development of Ecological Restoration Management Technology and Demonstration(test-bed) of Technology (2nd year).
- Kim K.H. and H.S. Kim. 2012. A study of rehabilitation for limestone quarry near the Baekdudaegan mountains (2) -In case study for planting seedlings experiment on Okke quarry-. J. Korean Env. Res. Tech. 15(2) : 117-125.
- Korea Expressway Corporation. 1995. A Study on the Revegetation Methods of Cut-slope in Expressway.
- Korea Expressway Corporation. 2013. A Study on the Improvement of Revegetation Space on Embankment Upper in the Shoulder of Expressway.
- Korea Expressway Corporation. 2016a. A Study on Revegetated Test Site of Monitoring for Ecological Restoration Area in Expressway.
- Korea Expressway Corporation. 2016b. Highway Landscape Specification.
- Korea Expressway Corporation. 2019. A Study on Monitoring Planting Experiment of Landscaping Trees Considering Expressway Environment (1st year).
- Korea Expressway Corporation. 2020. A Study on Monitoring Planting Experiment of Landscaping Trees Considering Expressway Environment (2nd year).
- Lee B.T. and C.M. Park. 2006. Effects of seed coating, slope control and soil mulching on seed germination and seedling growth of rehabilitation plants. J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 9(6) : 38-51.
- Lee C.Y. 2000. Forest Environment and Soil Science. 350pp. Boseongmunhwasa. (in Korean)
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. 2009. Guidelines for Design and Construction of Road Slope Revegetation Work.
- Missouri Department of Transportation. 2017. Roadside Vegetation Management.
- Na K.T. 2004. A Study on Transplant Measures Using the Root-stock of Native Trees. Honam University Master Thesis paper.
- Park J.H., G.S. Jeon and K.H. Kim. 2014. Effect

- analysis of the revegetation in accordance with the conditions of the lower base on slope of expressway. J. Korean Env. Res. Tech. 17(5) : 79-89.
- Rural Development Administration 2008. Weed Management Guide. 213pp.
- Song H.K., G.S. Jeon, S.H. Lee, N.C. Kim, G.W. Park and B.J. Lee. 2005. Vegetation structure and succession of highway cutting-slope area. J. Korean Env. Res. Tech. 8(6) : 69-79.
- Texas Department of Transportation. 2018. Roadside Vegetation Management Manual.
- Washington State Department of Transportation. 2012. Roadside Manual. (<http://www.wsdot.wa.gov/publications/manuals/fulltext/M25-30/Roadside.pdf>)
- Woo K.J. and G.S. Jeon. 2005. A study on revegetation character for environment factor of slope. J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 8(5) : 47-55.