

## 생물공학적 비탈면 녹화공법에서의 버드나무 삽수선택에 대한 고찰

김혜주 · 이준헌

삼성에버랜드주식회사 환경개발사업부

## A Study on the Selection of *Salix* Live Branches in the Case of Slope Revegetation Technology of Biological Engineering

Kim, Hyea-Ju and Lee, Joon-Heon

Environmental Development Div., SAMSUNG EVERLAND Inc.

### ABSTRACT

There is a need to suggest the standards of selection on the cuttings, because the selection of the willow(*Salix*) cuttings is very important, which will be used as the bioengineering revegetation material to protect the slope by strengthening soil and preventing soil erosion under the bad site conditions. In this study, we measured the lengths and the diameters of original willow cuttings, the total numbers and the lengths of the new shoots and roots after 15 months since the experimental construction of the slope revegetation technology of biological engineering was conducted, and analyzed the correlation between the lengths and the diameters of willow cuttings and the lengths of new roots using the SPSS program. The results are as follows;

First, the lower the elevation of tested slope was, the more the number of new shoots and the average lengths of new roots increased. Secondly, the ratio of underground parts and aboveground parts was 4.24~5.93 proving the fact that the willow(*Salix*) is one of the species deep rooted with developed underground parts. Thirdly, there is a strong correlation between the diameters of willow cuttings and the total lengths of new roots, whereas, there is no correlation between the lengths of willow cuttings and the total lengths of new roots.

In conclusion, it is more efficient for the early rapid revegetation and slope stabilization to select willow cuttings with the biggest possible diameters than with the longest lengths as the slope revegetation materials of biological engineering.

Key words: *biological engineering, slope revegetation, Salix, selection of willow cuttings.*

### I. 서론

생물공학적 녹화에 적합한 식물의 조건은 어떠한 물리적 장애에도 견딜 수 있음은 물론 심

각한 상해를 받더라도 재생할 수 있는 특성과 강력한 뿌리조직으로 토양을 지지할 수 있어야 한다(Hiller, 1985). Duthweiler(1967)는 이와 같은 식물의 특성을 '투쟁력'이라고 하였고, 이

것은 선구식물류의 특징이라고 하였다. 그런데 자연적이며 유지관리가 필요 없는 천이를 목표로 한 생물공학적 녹화공법을 위하여는 기본적으로 그곳에 나타나게 될 식물사회를 예측한 후 그 지역의 여건에 적합한 선구식물을 선택하여야 한다. 그러나 대개 경사가 급한 절·성토의 비탈면과 같은 지역은 식물생육에 부적합하여 적절한 선구식물을 선택할 수 있는 폭이 좁다. 따라서 그 지역의 선구식물이 아닌 한시적인 선구식물을 선택하여 그들로 하여금 우선적으로 그곳의 환경을 변화시키도록 유도하고 점차 그들이 그 지역의 주요 수목류의 세력으로 인하여 도태되도록 한다(Duthweiler, 1967). 이와 같은 한시적 선구식물류에 속하는 것 중에서 가장 대표적인 것은 버드나무류(*Salix*)이다. 이들의 대부분은 넓은 생태적 범위(Amplitude)를 가짐은 물론 대부분의 종은 손쉽게 영양번식을 통해 빠르게 증식이 되며 한번에 많은 성체를 얻을 수 있다. 또한 이들의 새가지나 뿌리의 생장은 매우 빠르기 때문에 목적하는 녹화 및 토양침식방지 효과를 기대할 수 있다. 토양침식방지에 적합한 식물은 일반적으로 뿌리조직이 잘 발달되어 토양을 지지할 수 있어야만 하는데 버드나무는 선구식물이면서 깊은 뿌리내림과 높은 인장력을 갖는다. 예를 들면 1년생 버드나무가지(*Salix fragilis*) 부정근의 인장력은 최고 255kg/cm(Hiller, 1966)으로 계측되었는데 버드나무가지가 더 성장하였을 때의 값은 실제로 비탈면에서 더 높을 것으로 추측할 수 있다.

비탈면의 토양침식방지에 식물의 뿌리조직이 영향을 미친다는 것을 전제로 하여 생물공학적 비탈면녹화의 재료로 쓰이는 버드나무가지의 발근정도를 파악하는 것은 생물공학적 비탈면 녹화공법의 적용을 위해 중요한 의미가 있다(김혜주·이준현, 1998a). 또한 비탈면의 토양지치 측면에서 보면, 많은 뿌리가 있는 가지는 적은 뿌리가 있는 가지보다, 긴 수직 뿌리는 짧은 수평 뿌리보다 유리하다고 한 결과(Schiechti, 1985)를 볼 때, 버드나무가지를 이용한 공법의 적용에서 버드나무의 종이나 삼수의 선택에 관

한 세심한 고찰은 비탈면 토양의 효과적인 지지를 위해 필요하다고 생각한다. 기존에 일반적으로 비탈면 녹화를 위해 시행되는 hydro-seeding 공법에서 종자선별의 기준과 같이, 생물공학적 비탈면녹화의 재료로 쓰이는 버드나무의 삼수에 있어서도 그 가지가 건강하고 충실한 가지이어야 할 것은 물론이고, 수분과 온도가 최적의 상태인 온상에서 생각하는 삼수와는 달리 생육환경이 불리한 조건 하에서 발근하여 비탈면의 침식을 방지하여야 하기 때문에 비탈면의 녹화재료로 적합한 삼수의 선택은 생물공학적 녹화에 있어서 매우 중요하다고 본다. 그러므로 비탈면 녹화용 삼수의 선택기준이 공법의 적용과 관련하여 제시되어야 한다고 생각하며, 본 고에서는 “버드나무의 영양번식을 이용한 생물공학적 사면녹화공법의 적용사례 - 토사로 구성된 절토면을 대상으로”(김혜주·이준현, 1998b)의 후속 모니터링의 결과로써 산출된 버드나무삼수의 길이 및 지름과 새가지 및 주뿌리의 관계를 들어 비탈면 녹화용 버드나무 삼수선택의 방향을 제시하고자 한다.

## II. 연구사

“생물공학적 녹화”란 식물이라는 소재를 이용하여 토양을 물과 바람 또는 눈으로부터 보호하는 방법으로서 이것은 현대인의 창조적인 발명이 아니라 이미 오래전부터 인류의 선조들이 이용하였던 지혜의 소산이라고 볼 수 있다. “생물공학적 녹화”의 적용 범위는 여러 종류의 절·성토 비탈면, 하천 및 바다의 하안, 기타 경작지 및 도로 등을 들 수 있다.

“생물공학적 녹화”는 이미 1735년 프로이센(현 독일)의 왕 프리드리히 빌헬름 1세가 하안 보호를 위하여 하천의 양쪽 하안에 버드나무를 식재할 것을 명하였다는 기록이 있으며, 1770년부터 1790년 사이에는 버드나무가지를 이용한 많은 하안공법의 적용사례가 있다. 기타 도로변과 농경지의 경계 부위에도 버드나무가지를 이용한 다양한 공법을 활용하여 왔다고 한다(Schlueter, 1986). 버드나무가지의 생물공학적

이용성에 대한 대표적인 연구로는 Hiller(1966)의 인장력 실험이 있으며, 버드나무를 이용한 비탈면 녹화에 의한 생태적 천이를 보고한 사례로 Begemann(1985)에 의한 Tirol지방의 Zirler 산을 들 수 있다.

### Ⅲ. 연구 재료 및 방법

#### 1. 대상지의 환경

생물공학적 비탈면 녹화공법을 시험적용한 대상지는 용인 Glen Ross G. C. 내의 6hole 절토 비탈면으로서 면적은 113.6㎡이며 경사는 1:1.3으로 급사면이고, 향은 남동향, 비탈면의 최고높이는 해발 220.4m이다. 토질은 풍화암 내지 사질토로서 pH 6.1의 약산성 토양이며 대상지 주변의 자연수림대는 신갈나무-소나무림이다. 용인 지역의 1998년(공법적용년)의 총강수량은 1,626.9mm, 7월말~8월초의 강수량은 403.6mm이고, 올해(1999년) 7월말~8월초의 강수량은 296mm이며, 연평균기온(1998년)은 서울지역(13.8℃)보다 약간 낮은 13.5℃이었다(기상청 홈페이지 기후자료 참조).

#### 2. 재료 및 방법

생물공학적 비탈면 녹화공법 시공의 주요재료로서 겨울철에 전년도 가지의 전정시에 발생한 버드나무(*Salix koreensis*), 개수양버들(*Salix dependens*), 키버들(*Salix purpurea* var. *japonica*), 분버들(*Salix rorida*) 가지를 취하였는데 가지의 규격은 가능한 한 지름 2cm 이상, 길이 100cm 이상인 것을 택하였다.

공법의 시공방법은 다음과 같다(그림 1). 먼저 버드나무가지를 잘기 위한 골을 약 10%의 경사를 비탈면 안쪽으로 주어 약 80cm의 깊이로 팠다. 이때 골과 골 사이의 간격은 150cm 정도를 기준으로 하였다. 그 후 가지의 끝이 비탈면을 향하도록 촘촘히(㎡당 약 30개씩) 골에 배열한 다음 가지 전체길이의 2/3 이상이 덮이도록 흙을 덮고 다짐을 충분히 하였다. 마지막으로 토양안정제 및 비료를 비탈면에 살포함으로써 시공을 완료하였다(사진 1).

시공시기는 1998년 3월말에 시행하였고 시공비는 ㎡당 6,680원이 소요되었다.

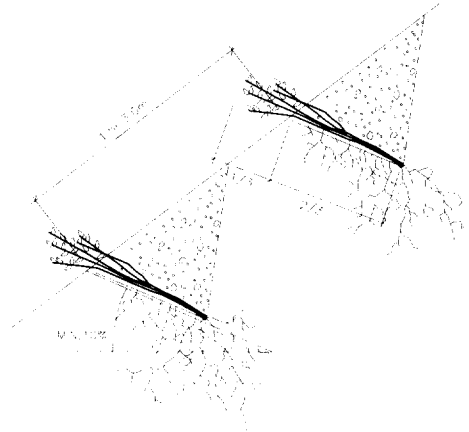


그림 1. 시공 단면



사진 1. 시공직후 현황(1998. 3. 27.)

1999년 6월(시공 1년 3개월 후, 사진 1)에 그림 2와 같은 각각의 실험구에서 모종삽을 이용하여 3~5개의 삽수를 뿌리가 손상되지 않도록 주의하여 굴취한 후 원삽수의 길이 및 지름을 측정하였다. 그리고나서 각 삽수별로 생성된 새가지 및 주뿌리(잔뿌리를 제외한 발근된 뿌리)를 구분하여 새가지의 개수, 길이 및 주뿌리의 개수, 길이를 측정하고 각각의 총길이 및 평균길이를 산출하였다. 마지막으로 SPSS 통계처리 프로그램을 이용하여 삽수의 길이 및 지름과 주뿌리의 상관성을 분석하였다.

그림 2. 굴취구의 모식도

사진 3. 버드나무삽수가 토양속으로 발근해 있는 상태(정면)

사진 2. 시공 1년 3개월후(1999. 6. 10.)

사진 4. 버드나무삽수가 토양속으로 발근해 있는 상태(평면)

IV. 결과 및 고찰

버드나무 삽수를 굴취한 결과 다음 사진 3, 4에서처럼 삽수에서 발근한 뿌리들이 비탈면의 토양 깊숙이 뻗어 있었고, 굴취후 뿌리의 발근 상황은 사진 5와 같다. 표 1과 같이 삽수의 평균 지름은 1.5~2.0cm, 길이는 93.3~220.7cm이

었으며 공법적용 1년 3개월 후의 새가지의 개수는 평균 1.3~5.0개, 길이는 평균 53.1~108.4cm, 총길이는 평균 93.0~340.3cm이었다. 또한 주뿌리의 개수는 평균 52.7~182.0개, 평균길이는 8.1~16.6cm, 총길이는 425.0~1,930.3cm이었다. 가장 긴 뿌리의 길이는 150cm(사진 6), 가

표 1. 실험본의 측정값

실험구	표본수	삽수 크기(cm)		새가지(cm)			주뿌리(cm)			지하부 : 지상부
		평균길이	평균지름	평균개수	평균길이	총 길이	평균개수	평균길이	총 길이	
I	5	101.4	2.0	4.8	53.1	255.0	89.0	16.6	1,481.4	5.81
II	3	105.7	1.9	4.0	85.1	340.3	127.4	11.6	1,480.3	4.35
III	3	125.0	1.9	4.0	63.0	252.0	92.3	11.6	1,069.7	4.24
IV	3	220.7	1.5	5.0	67.8	339.0	164.3	10.2	1,677.7	4.95
V	3	146.7	1.8	3.0	108.4	325.3	182.0	10.6	1,930.3	5.93
VI	3	93.3	1.8	1.3	71.5	93.0	52.7	8.1	425.0	4.57
VII	3	121.3	1.7	2.7	74.8	202.0	136.0	8.7	1,180.7	5.85

#### 사진 5. 버드나무삽수의 주뿌리길이 측정

장 긴 가지의 길이는 130cm이었고 가장 많은 뿌리의 개수는 440개, 새가지의 개수는 11개였으며, 대체적으로 비탈면의 고도가 낮아질수록 삽수의 크기와 관계없이 새가지의 개수와 주뿌리의 평균길이가 증가하였다.

또한 표 1에서 “지하부 : 지상부(지하부와 지상부의 비율)”이란 “지하부(주뿌리)의 총량 ÷ 지상부(새가지)의 총량”을 통해 산출되는 값으로서 생물공학적 이용가치가 있는 심근성 식물의 종류는 일반적으로 지상부에 대한 지하부의 비율이 1에서 2사이에 있는 수종들이 유리하다고 한다(Schiechtl, 1985). 본 실험에서는 지하부와 지상부에 대한 척도(총량)를 비탈면의 구조적 안정성측면을 고려하여 총길이를 이용해서 산출하였다. 위 표 1에서 알 수 있는 바와 같이 지하부와 지상부의 비율이 4.24~5.93의 값을

#### 사진 6. 버드나무삽수 1개체당 뿌리길이 측정

나타냄으로써 버드나무삽수는 지하부가 매우 발달한 심근성 수종의 특성을 보였다. 이 결과를 통해서 버드나무삽수가 비탈면에 대한 구조적 안정성 측면에 있어서 유리할 것으로 추측된다.

각 실험구 간의 연관성을 고려치 않고 총 23개의 삽수표본을 각각 SPSS 통계처리를 시행한 결과는 표 2와 같다.

삽수의 길이 및 지름과 주뿌리의 총길이의 상관관계에서 삽수의 길이와 주뿌리의 총길이는 상관계수 0.038로 상관관계가 없다고 보여지나, 삽수의 지름과 주뿌리의 총길이는 표 2에서 처럼 0.686의 상관계수를 보여 강한 상관관계가 있다고 나타났다. 이것은 삽수의 지름이 클수록 부정근의 발근이 우수하다고 한 Schiechtl (1985)의 실험결과와 일치하고 있다.

표 2. SPSS 통계처리 결과

상 관 변 인	상 관 계 수	해 석	비 고
삽수의 길이와 주뿌리의 총길이	0.038	-	통계적으로 무의미함
삽수의 지름과 주뿌리의 총길이	*0.686	강한 상관관계	

\* :  $p < 0.01$  (양측검정)

## V. 결 론

지금까지의 실험 결과에서 알 수 있는 바와 같이 생물공학적 비탈면 녹화용 버드나무 삽수는 삽수의 길이보다는 삽수의 지름이 가능한 한 큰 것을 선택하는 것이 조기에 비탈면의 침식방지 및 녹화에 우수한 효과를 나타낼 것으로 생각된다. 그러나 식물뿌리의 성장정도는 식물의 종류에 따라서는 물론 같은 종이라 하더라도 환경에 따라 다르다. 예를 들면 고도가 높아질수록 뿌리의 성장속도가 느리며 토양이 투수성과 공극이 높고, 척박한 조건에서 식물은 심근성의 빠른 성장을 보인다고 한다(Schiechtl, 1973). 따라서 위의 실험에서 나타난 결과는 실험구의 환경조건 하에서만 국한된다는 한계를 배제할 수 없을 것이다.

또한 생물공학적 비탈면 녹화공법이 실제 시공되는 현장에서 공법의 효과를 극대화하기 위해서는 본 연구의 결과에서와 같이 삽수의 지름이 가능한 한 큰 것을 선택하는 것이 바람직하지만, 소재조달을 용이하도록 하기 위해 삽수 규격의 기준을 적정한 범위 내에서 결정하는 것이 필요할 것이다.

## VI. 인용문헌

- 김혜주·이준현, 1998a. *Salix*종의 생물공학적 이용성에 관한 연구. 한국조경학회 26(3) : 143~151.  
 김혜주·이준현, 1998b. 버드나무의 영양번식을 이용한 생물공학적 사면녹화공법의 적용

사례. 한국환경복원녹화기술학회 1(1) : 63~69.

- Begemann, W., 1985. Zur Ausfuehrung von ingenieurbioologischen Bauweisen an Boeschungen-Erfahrungen, Ueberraschungen und Erkenntnisse. Jahrbuch 2(1985) der Gesellschaft fuer Ingenieurbiologie. Ingenieurbiologie. Wurzelwerk und Standsicherheit v. Boeschungen u. Haengen : 148~169  
 Duthweiler, G., 1967. Lebendbau an instabilen Boeschungen. Erfahrungen und Vorschlaege : 17.  
 Hiller, H., 1966. Beitrag zur Beurteilung u. zur Verbesserung biologischer Methoden im Landeskulturbau. Diss. TH Berlin.  
 Hiller, H., 1985. Zur Ausbildung des Wurzelwerkes v. Strauchweiden u. ihr Beitrag zur Boeschungssicherung. Jahrbuch 2(1985) der Gesellschaft fuer Ingenieurbiologie. Ingenieurbiologie. Wurzelwerk und Standsicherheit v. Boeschungen u. Haengen : 93~107  
 Schiechtl, H. M., 1973. Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau, Muenchen : 57.  
 Schiechtl, H. M., 1985. Pflanze als Mittel zur Bodenstabilisierung. Jahrbuch 2(1985) der Gesellschaft fuer Ingenieurbiologie. Ingenieurbiologie. Wurzelwerk und Standsicherheit v. Boeschungen u. Haengen : 50~62.  
 Schlueter, U., 1986. Pflanze als Baustoff. Berlin, Hannover.

接受 1999年 9月 17日