

자생초화류 뿌리의 전단강도 보강효과에 대한 연구

A study on the increase in shear strength of soil by root systems of indigenous plants

우 철 응* · 최 상 윤 · 장 병 옥

Woo, Chull Woong* · Choi, Sang Woon · Chang, Pyoung Wuck

Abstract

Recently, attempts to use indigenous plants have been made for the recovery of nature of slopes and making permanent vegetation group, harmonizing with surroundings from the ecological perspective. For surface failure prevention of slopes, indigenous plants are known as superior to those of exotic grasses, but studies how much indigenous plants influence shear strength of soil is lacking. Therefore, in this study, strength increasement of the root-soil system were investigated for four indigenous plants.

I. 서론

건설공사에 의해 발생한 절·성토 사면 및 자연사면은 종종 사면활동을 야기한다. 사면의 활동은 저부까지 파괴되는 심층파괴(deep failure) 뿐만 아니라 토사가 국부적으로 붕괴하는 표층붕괴로 구분할 수 있다. 사면의 식생의 도입은 사면의 안정성을 증가시킬 수 있는데 특히 초본류는 흙-뿌리 시스템으로 지반을 보강하여 표층붕괴를 방지하는데 효과적이다(김, 1993).

비탈면의 녹화 및 표층붕괴의 방지를 위한 식생의 도입에 있어 김(1990)은 외래 종의 초본류보다 자생초본류가 효과적이라고 하였으며 생태적 관점에서도 외래종보다는 자생초본류를 사용하는 것이 바람직하다. 이에 본 연구에서는 비탈면 표층 붕괴 방지에 대한 자생 초화류의 효과를 설명하기 위해 자생 초화류 뿌리가 전단저항력의 증대에 어느 정도 영향을 주는지, 뿌리가 보강되었을 경우와 그렇지 않을 경우 흙의 전단강도가 어느 정도인지 공학적인 측면에서 평가하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

2.1 재료

본 연구에서는 비탈면의 자연성 회복 및 식생의 생태적 관점에서 주변경관과 조화를 이룰 수 있는 영속적인 식생군락을 조성하기 위해 최근 많이 사용되고 있는 비탈면 녹화용 자생 초화류 중 같은 장소에서 파종하였고 1년 이상 충분히 성장한 종을 선정하였다. 실험 재료는 전라남도 구례군 마산면에

위치한 대한종묘조경(주) 노지에서 2001년 봄에 파종한 구절초, 붓꽃, 산국, 띠와 토양을 채취하였다. 초화류 뿌리의 성질은 표 1과 같다. 뿌리 시료는 뿌리에 손상이 가지 않도록 주의하여 삽으로 파내려가 각각 3분씩 굴취하고, 뿌리의 건조를 방지하기 위하여 흙을 채운 상태로 운반하였다.

표 1. 초화류 뿌리의 특성

이름	학명	뿌리형태	평균깊이(cm)*
구절초	<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>	천근성	16.6
산국	<i>Chrysanthemum bereale</i>	천근성	13.2
띠	<i>Imperata sibirica</i>	혼성분지형	11.9
붓꽃	<i>Iris sanguinea</i>	수염뿌리	18.5

* 3분씩 굴취한 뿌리의 길이를 잰 평균

불교란 상태의 흙의 강도 및 흙-뿌리 시스템의 강도를 측정하기 위하여 15cm×15cm×20cm의 나무상자를 제작하여 현장에서 불교란 상태로 채취하였다. 채취된 흙은 200체 통과율이 14%인 비소성의 흙으로 통일분류상 실트질모래(SM)로 분류된다. 의 물리적 특성은 표 2와 같고 입도 분포곡선은 그림 1과 같다.

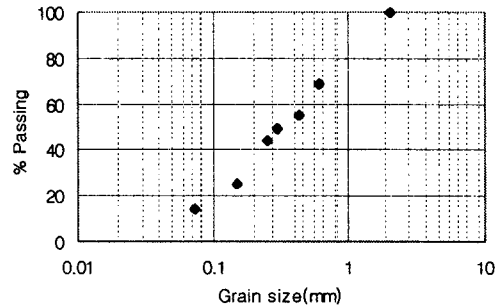


그림 1 입도분포곡선

2.2 시험방법

초화류 뿌리의 인장강도 측정을 위한 뿌리 시험편은 물로 깨끗이 씻어 낸 각 초종별 뿌리를 기단부에서 자르고, 무작위로 15편씩 선정하였다. 시험편의 중앙부의 직경을 측정 후 인장강도 시험을 실시하였다. 이때 뿌리는 압축에 상당히 약하므로 그림으로 양단부를 고정시켰을 때 파괴가 일어날 가능성이 있기 때문에 접촉 부위에 완충재 역할을 할 수 있는 양면 테이프를 붙이고 시험기의 인장속도 300mm/min, 그림간 거리 50mm에서 실시하였다.

흙-뿌리 시스템의 강도는 직접전단시험기를 이용하여 측정하였는데 불교란 상태의 시료로부터 비교적 뿌리의 밀도가 비슷하도록 수평방향으로 전단시료를 준비하였다. 흙에 포함된 뿌리의 중량비를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 점착력과 내부마찰각을 구하기 위해 연직하중은 각 시료마다 1kg/cm²와 3kg/cm²를 가하였고, 변위 속도는 1mm/min으로 하였으며, 20초 간격으로 전단력과 변위를 측정하였다.

표 2. 각 초종별 뿌리 중량비

시료명	띠	구절초	산국	붓꽃
뿌리의 중량비(%)	0.93	1.33	1.18	1.93

III. 결과 및 토의

3.1 자생초화류 뿌리의 인장강도

자생초화류 뿌리의 인장강도를 측정한 결과는 표 3과 같다. 인장강도는 309~692 kgf/cm²으로 다양하게 나타났으며 뿌리의 직경은 구절초가 가장 컸으나 인장강도는 산국이 가장 크며 띠가 가장 작은 것으로 나타났다. Schiechl(1980)는 여러 수목의 인장강도를 조사 보고하였는데 이를 보면 가장 작은 인장강도를 보이는 아까시나무는 112 kgf/cm² 이며 최대는 참싸리로서 929 kgf/cm² 정도를 보이고 있으며 많은 수목이 400 kgf/cm² 내외인 것으로 나타나고 있다. 이와 비교해 보면 자생초화류 뿌리의 인장강도는 수목의 인장강도에 못지 않은 강도를 준다는 것을 알 수 있다.

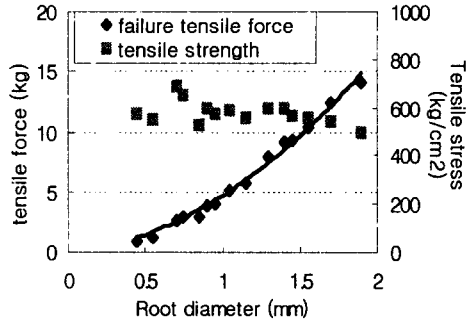


그림. 2 산국의 인장강도

표 3. 선정한 자생 초화류의 뿌리 직경과 인장강도

초종명	뿌리직경 범위(mm)	인장강도(kg/cm ²)
구절초	0.70~2.20 (1.533)	372.483~474.590 (413.606)
산국	0.45~1.90 (1.11)	495.435~692.227 (578.272)
붓꽃	0.60~1.90 (1.203)	430.503~575.787 (509.834)
띠	0.30~0.95 (0.612)	309.426~407.437 (347.245)

뿌리직경에 따른 인장력은 그림 2에서 보는 바와 같이 대체로 직경이 증가함에 따라 증가되는 것으로 나타나고 있다. 뿌리의 인장강도는 직경에 따라 큰 변화는 없는 것으로 나타났다.

3.2 흙-뿌리 시스템의 전단강도

흙-뿌리 시스템의 전단강도를 직접전단시험을 이용하여 점착력과 내부마찰각을 산정한 결과는 그림 3과 같다. 이 결과를 살펴보면 원지반의 내부마찰각은 산국과 붓꽃의 경우에는 다소 증가되었으나 띠나 구절초의 경우에는 이와 달리 다소 감소한 것으로 나타났으나 그 변이 폭은 그다지 크지 않다. 점착력의 경우에는 모든 경우에 뿌리보강에 의하여 상당한 증가를 보이고 있는 것으로 나타났는데 점착력은 원지반의 37~100% 까지 증가되었다. 이러한 점착력의 증가는 1) 뿌리의 밀도 2) 뿌리의 강

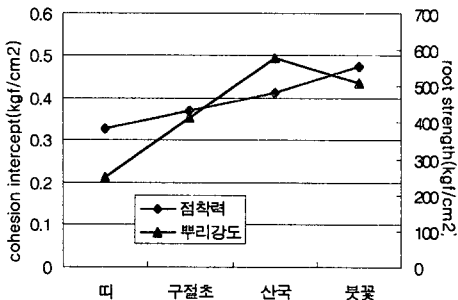


그림 3 뿌리강도에 따른 점착력의 변화

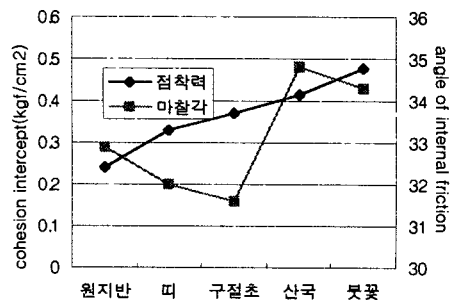


그림 4 초본류별 점착력 및 내부마찰각

도 3) 흙-뿌리 시스템의 복합 특성에 영향을 받는다. 그림 4는 뿌리비에 따른 점착력의 변화를 보여주고 있는데 여기서, 뿌리비의 증가가 점착력의 증가와 뚜렷한 상관관계가 있음을 알 수 있다. 또한 그림 5는 뿌리의 인장강도에 따른 점착력의 변화를 보여주고 있는데 이 그림에서도 뿌리의 인장강도가 흙-뿌리 시스템의 점착력 증가에 기여하고 있음을 알 수 있다. Tengbeh(1989)는 Loretta grass(*Lolium perenne*)에서 흙의 점착력이 근밀도의 log에 비례한다고 하였으며 Waldron(1977)은 보리 뿌리의 근밀도 뿌리면적비와 흙의 전단강도의 변화는 선형적 관계가 있다고 하였다. Ziemer(1981)도 *Pinus cordata*의 생체중량과 전단강도 사이에 선형적 관계를 보고하였다.

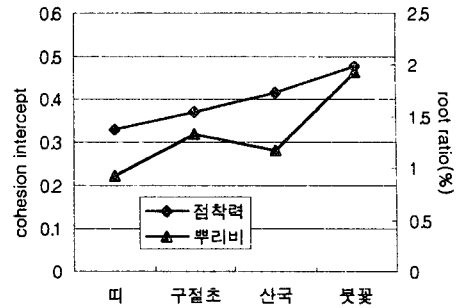


그림 5 뿌리비에 따른 점착력의 변화

IV. 결론

자생 초본류의 뿌리에 의한 보강효과를 알아보기 위하여 구절초, 붓꽃, 산국, 띠의 4가지 초본류에 대하여 뿌리의 인장강도 및 흙-뿌리 시스템의 강도를 조사하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 자생초화류 뿌리의 인장강도는 뿌리의 직경에 관계없이 비교적 일정하며 347 ~ 578 kgf/cm²의 범위에 있었다.
- 2) 흙-뿌리 시스템은 흙의 마찰력에는 별다른 영향을 주지 않으며 주로 점착력의 증가에 기여한 것으로 나타났다.
- 3) 흙-뿌리 시스템의 점착력은 원지반의 37~100% 까지 증가되었으며 뿌리의 강도 및 뿌리의 밀도에 따라 증가하는 것으로 나타났다.

V. 참고문헌

1. 김남춘(1990), "도로비탈면 녹화에 사용되는 주요 초본들의 지하부생육이 토양안정에 미치는 효과에 관한 연구", 한국조경학회지 Vol. 18(2), pp.45-55.
2. 김재현(1993), "임도 성토사면의 침식방지에 대한 식생조성 효과", 충북대 대학원 박사 학위 논문
3. Gray, D. H. and Sotir, R. B.(1996), "Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization", John Wiley & Sons, pp.54~105.
4. Morgan, R. P. C. and Rickson, R. J.(1995), "Slope Stabilization and Erosion Control a Bioengineering Approach", E & FN Spon, pp.221~264.
5. Ziemer, R. R.(1981) "Roots and stability of forested slopes", Int. Assoc. Hydrol. Sci., Pub. No. 132, pp. 343-61