

녹지 조경수목의 보호관리(VII)

-수목 외과 수술-

강전유/나무 종합 병원 원장

7. 동공충전

수지에 의한 동공충전

충전에 시행되어온 시멘트충전, 아스팔트충전, 목재충전, 흙충전 등은 장점보다 단점이 많았다. 그러나 수지를 이용한 동공충전은 단점보다 장점이 더 많다.

최근에 수지를 이용한 동공 충전법이 개발되었으나 앞으로 연구, 보완되어야 할 점이 많아 연구가 계속되어야 한다. 수지의 종류는 수백종류가 있으며 각 종류마다 특성이 있으므로 수목외과수술에 적합한 수지를 선택하여야 할 것이다. 또한 가격의 차이도 심하여 어떤 종류의 수지를 사용하느냐에 따라 충전 가격도 심한 차이를 나타낸다. 동공부위와 피해상태에 따라 수지의 종류도 달라져야 한다. 수간 동공충전은 에폭시수지나 불포화 폴리에스테르수지가 이상적이고 줄기와 가지에는 발포성수지 또는 우레탄고무를 사용하여

충전함으로써 유동에 의한 피해를 방지하여야 할 것이다.

1) 에폭시수지(Epoxy Resin)

에폭시수지는 1949년 스위스에서 상품화된 합성수지로서 강한 접착력과 내수성, 내구성, 내약품성, 기계적 강도가 우수한 합성수지로서 여러방면에 많이 사용되고 있다. 최근에 나무종합병원에서 이에 대한 연구와 시험으로 수목외과 수술 동공충전에 적용하여 이용하고 있다. 포에스테르수지, 우레아수지 등을 이용하여 처리된 것보다 좋은 효과를 가져왔다. 다만 가격이 고가인 점과 동공충전 후 외부노출 부분의 마무리작업이 어려운 단점이 있고, 바로 경화되지 않고 시간이 경과된 후 경화되는 결점이 있다.

시멘트충전의 경우 목질부와의 이탈이 되나, 에폭시수지의 경우 목질부와의 접착이 강하여 잘 이탈되지 않으며 부러지거나 떨어져 나오는 일은 거의 없다. 또한 조

“충전에 시행해온 시멘트 충전, 아스팔트 충전, 흙충전 등은 단점이 많았으나 최근의 각종 수지를 이용한 동공충전은 이러한 단점을 보완하는 장점이 많은 충전방법이다. 그러나 수지는 종류가 많아 충전부위 및 수종에 따른 사용방법을 개발해야 하고 가격차가 큰 문제점이 있다.”

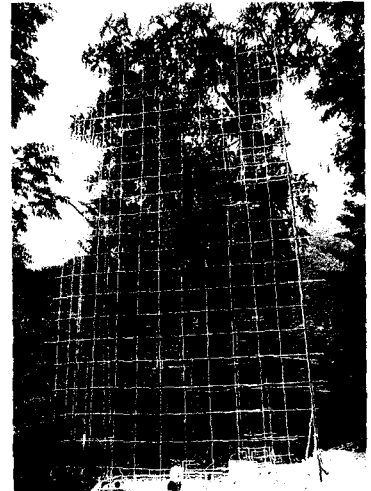
직속에 스며들어가 조직과 같이 경과되므로 빗물이나 습기가 조직 속으로 스며들어 갈 수가 없다. 일단 경화되면 지지효과도 좋은 장점이 있다.

에폭시수지의 동공충전 방법은 동공내에 부패부 제거 살균처리 방부처리 살충처리가 끝나면 에폭시수지의 주제와 경화제를 정한 배합비로 혼합하여 동공속에서 서서히 부어넣는다. 이때 외부구멍이나 터진 부분은 완전히 밀봉한 후

처리하여야 하며 외부관찰을 철저히 하여 밖으로 새어나온 것이 발견되면 바로 막아야 한다. 에폭시수지는 교질상태의 액체로서 서서히 동공속의 구멍사이를 흘러들어가 고이면서 일정시간이 되면 고체상태가 된다. 2~3시간이 경과되면 경화되기 시작하면 다시 동공속으로 배합시킨 수지를 넣으면서 동공속이 완전히 충전되도록 한다. 동공속의 부패상태로 보아 에폭시수지가 지나치게 교질상태

로 동공충전이나 조직의 흡수에 지장이 있을 때에는 아세톤을 혼합하여 사용하면 유동성과 흡수성이 용이한 물로 교질상태가 된다. 이때 아세톤을 가급적 10% 이하로 혼합하여야 한다.

천연기념물, 보호수 등 대형목의 경우 동공이 매우 크므로 순수한 에폭시수지로 충전할 경우 1m³당 1천2백50kg으로 소요되므로 막대한 예산이 소요된다. 이러한 경우 에폭시수지와 모래 석분 연마사



용문산 은행나무 외파수술(비계설치)

망원렌즈로 잡은 작업광경
(용문산 은행나무)

석골재를 혼합하여 사용한다. 비율은 에폭시수지 1 : 4의 비율로 혼합하여 사용하거나 동공의 크기 피해상태 도복, 또는 부러질 위험도를 감안하여 에폭시수지의 비율을 더 높여 1 : 2 또는 1 : 3 비율로 적절히 혼합, 사용하여야 한다. 동공충전에 있어 동공구멍으로 충전물이 배출되어 수피부분까지 나오게 되므로 만약 그대로 방치하면 형성층의 발달에 지장을 주게 된다. 그러므로 에폭시 충전물이 형성층 부위까지 나오지 못하도록 동공안쪽으로 철판이나 목재를 대고 고정시켜 충전물이 나오지 못하도록 한다. 동공충전물이 경화되면 충전물과 형성층 사이에 목질부가 노출되게 되고 격차가 있으므로 이때는 인공수피로 마무리 작업을 하면 된다.

에폭시수지와 첨가물료(1 : 4) 동공충전할 경우 1m³에 3백~4백 kg의 에폭시수지가 필요하나 부

패상태에 따라 30%를 가산하여야 할 것이다. 이는 동공속에서 측정 한 체적 1m³($\pi \times 3.14 \times$ 높이)는 산술계산 1m³(1m \times 1m \times 1m)보다 부패부위의 요철에 의하여 커지기 때문이다. 줄기나 가지가 찢어지거나 금이 가 있거나 뒤틀려 있을 때에는 브레이싱작업과 함께 에폭시수지를 이용하여 목질부를 강력하게 접착시킬 수가 있다. 최근에 기상적피해로 인하여 대형목이나 조경수목에 이와같은 피해가 많이 있으므로 에폭시수지를 이용한 형성수술을 시행할 수 있다.

2) 불포화 폴리에스테르수지 (Unsaturated Polyester Resin)

유동성 점질액체로서 상온에서 과산화물 촉매와 촉진제를 가하면 발열충합반응을 일으켜 불용 불융의 경질 또는 탄성의 성질을 지닌 수지상으로 경화하는 성질이 있다. 이를 이용하여 동공충전제로 이용하고 있다. 순수한 불포화 폴리

스테르수지와 과산화물 경화제로 동공충전하는 경우도 있고 이들과 자갈 모래 골석분 탄산칼슘 등을 넣어 잘 혼합한뒤 동공속에 집어 넣어 동공충전하는 방법이다. 경화속도는 경화촉진제의 첨가량에 따라 달라지므로 동공의 크기 외 부노출 부분의 상태 부패상태등을 고려하여 경화속도를 조절한다. 경화속도가 빠르면 견고하고 유동성이 없으며, 경화속도가 느리면 연질의 성질이 있고 유동성이 있다. 목질부의 부착력도 있고 습기나 빗물이 동공속이나 목질부에 들어가지 못하여 지지효과도 좋다.

굴절강도 기계적강도 접착력 내구성 등이 에폭시수지보다 훨씬 떨어지며 갈라지거나 부러질 위험이 있으며 직사광선에 의하여 산화변질되는 단점이 있으나 수목외과 수술 동공충전에는 사용가능하다. 가격면에서 에폭시수지보다 저렴하여 경제적 이점이 있으며 경화



동공충전을 위한 구멍막기(경기도 과천)



동공충전 모습(경북 영일)

속도가 빨라 작업공정이 빠르다. 수간이나 줄기의 원통형 동공충전에 사용하면 경제적이고 효과적이다. 처리방법은 에폭시수지 처리와 같이 시행하면 된다.

3) 폴리우레탄(Poly urethan foam)

합성수지 중 발포성수지인 폴리우레탄을 사용하여 동공을 충전하는 방법이다. 폴리우레탄 수지는 주재(P.P.G)와 발포 및 경화제(M. D.I)로 나뉘어져 있다. 주재에 발포 및 경화제를 혼합하면 발포되어 마치 식빵과 같은 스티로폼이 된다. 이와같이 발포되는 성질을 이용하여 동공 깊숙이까지 동공충전하는 방법을 개발한 것이다. 동공 내부는 부패상태가 불규칙하고 요철이 심하고 터진 틈이 있고 조직속에 구멍이 있는 등 여러가지 피해상태를 나타내고 있다. 불규칙한 상태를 완전동공충전하기 위하여는 발포성수지를 이용한 동공충전법이 완벽하게 동공충전할 수가 있다. 이는 발포성수지가 강한 압력으로 늘어나면서 틈이나 작은 동공속으로 들어가 스스로 동공부분을 완전히 메꾸기 때문이다. 동공충전방법은 동공속의 부패부재거 살균처리 살충처리 방부처리를 한 후 주재와 경화제를 1:1의 비율로 혼합하여 잘 섞은 후 동공 속에 집어넣는다. 이때 외부구멍은 모두 막아야 한다. 막지 않으면 연질의 혼합물이 흘러나오거나 부풀어 올라오는 과정에서 팽

압에 의하여 외부로 나오게 된다. 이들 발포성 수지는 팽압이 높아 외부동공 구멍을 완벽하게 막으면 압력에 의하여 동공충전 물론 조직과의 접착도 강력하게 된다.

이들 발포성수지는 1호 2호 3호로 나누어지며 재적증가율이 가장 많은 3호를 많이 사용한다. 3호는 1호 2호보다 굴절강도 견고성 내구성이 약하나 처리후 나무

느티나무 동공충전(충남 대전)





외부 방수처리

동공속에 들어있고 외부노출 부분은 매트처리 인공수피 등으로 처리하여 단점을 보완하고 있다. 3호는 주재와 경화제를 1:1로 혼합할 경우 30배 증가하는 것을 기준하고 있으나 야외에서 외과수술시 동공충전을 할경우 15~20배 초과하지 않는다. 이는 수목의 동공체적은 부패상태에 따라 측정된 1m³의 동공이 기준치의 1m³(1m×1m×1m)보다 많기 때문이며, 측정할 수 없는 틈, 동공속의 작은 공간 등이 많이 있기 때문이다. 또한 동공속의 발포는 목재에 의하여 제한을 받기때문에 기준치 30배에 비하여 적게 발포된다. 기준치 보다 적게 발포되는 것은 기공의 크기가 적고 조밀하여 견고성이 훨씬 강하다. 습기와 온도에 의하여 재적의 증가에 영향을 주어 습기가 많거나 온도가 저하될 때에는 발포에 의한 재적 증가가

감소된다. 우레탄 1호는 체적의 증가가 2~3배로 견고성과 탄력성이 강하여 도끼로 찍어도 갈라지거나 부러지는 일이 전혀 없고, 목재보다 강하여 수목외과수술 동공충전에 적합하다고 볼 수 있다.

1호의 경우 1m³을 동공충전 할 때에는 6백25kg(500kg+125kg) 소요되며 2호의 경우는 2백7kg(166kg+41.5kg), 3호의 경우 83kg(66.6kg+16.6kg)이 소요된다. 발포성수지의 주재와 발포 및 경화제의 혼합비율은 1:1이므로 아래표와 같은 약량이 필요하다.

여러가지 여건으로 보아 우레탄 1호를 사용하여 동공충전하면 좋

은 효과가 있으나 소요경비가 10배이상 많이 든다. 그러므로 현재는 우레탄3호를 많이 사용하고 있다. 우레탄 동공충전이 끝나면 동공의 외부노출부분에 많은 양의 발포된 수지가 나와 있으므로 이를 톱이나 칼로 정리하고 형성층 밑으로 충전물이 들어가도록 하여 매트처리 인공수피처리가 편하도록 정리해야 한다.

발포성수지의 동공충전은 시멘트충전 에폭시충전과 같이 지지효과가 없다. 동공이 크거나 도복의 위험이 있을때는 동공속에 돌이나 나무토막을 시멘트벽돌 등을 넣고 발포성수지와 같이 동공충전하는 방법도 있으며 동공속에 20cm이상되는 PVC 파이프를 세우고 그 속에 철근과 시멘트 콘크리트를 넣어 시멘트기둥을 여러개 세우며 쇠봉으로 서로 연결하고 그 이외 부분은 발포성수지로써 동공충전하는 방법도 있다. 또한 동공속에 시멘트 벽돌로 기둥을 만들어 지지효과가 있도록하고 나머지 공간을 발포성수지로 동공충전하는 경우도 있다.

이와같은 여러가지 방법은 동공의 피해상태에 따라 결정하여야 할 것이다.

발포성 수지 동공충전 약량

(1m³)

종 류	주 재	발포 및 경화제	계
우 레 탄 1	625	625	1,250kg
우 레 탄 2	207.5	207.5	415kg
우 레 탄 3	83	83	166kg

4) 우레탄고무(Urethane rubber)

우레탄결합 에테르결합 에스테르결합을 갖는 망상구조의 고분자 물질로서 우레탄 엘라스토머라고도 한다.

폴리에스테르글리콜 또는 폴리에스테르글리콜에 디이소아산 에테르의 반응으로 얻은 고분자 물질이다. 연질과 경질 등 여러가지가 있다. 이와같은 우레탄고무를 이용하여 수목외과수술의 동공충전에 이용한다. 동공속에서 경화된 후 마치 고무같은 형태로 되어 내후성 내산화성 기계적강도 내마모성 내충격성 등이 우수하고 굴절강도가 높고 접착력도 강하여 수목외과수술의 동공충전제로는 가장 좋은 재료라고 보아야한다. 그러나 동공충전제로는 고가인 것이 단점이다.

대형목의 대형동공은 많은 경비가 소요되어 시행하기 어렵고 현재로서는 줄기나 가지의 소형동공이나 요동이 심한가지나 기상적 피해로 인하여 가지가 갈라지거나 틈이 생긴 부분 등에 처리한다. 그러므로 물이나 습기의 침투를 방지하고 피해확산을 방지하는데 사용하는 것이 이상적이다.

동공충전 방법은 주제와 경화제를 혼합하여 주입기를 이용, 동공속이나 갈라진 틈사이로 집어넣으면 된다. 동공속으로 넣은 후 외부노출부분은 손으로 잘 정리하여 충전물이 형성층 외부로 나오지

않도록 하여야 한다. 심한 교질로 되어있어 손으로서의 성형이 가능하다. 경화시간이 장기간 소요되는 단점이 있다. 작은 가지에 동공충전하면 태풍이나 강풍에 의해 가지가 크게 흔들릴때, 동공속에서 탄력에 의해 피해를 받지아니한다. 우레탄고무도 합성수지의 일종이므로 직사광선에 의하여 변질, 산화되므로 동공충전의 노출부분은 반드시 인공수피로 직사광선을 차단하여야 한다. 현재 개발되고 있는 동공충전물 줄에서 가장 이상적이라 할수가 있으며 경비와 재료비도 가장 많이 소요되는 동공충전이라 할 수 있다. 현재 경제적 여건으로 보아 발포성 우레탄을 이용하여 동공충전 하는것이 단점은 있으나 가장 경제적이다. 또한 수간이나 줄기의 큰 동공은 발포성 우레탄으로 동공충전하고 적은 줄기나 가지는 에폭시수지 우레탄고무로 동공충전하면 더욱 효과적이고 경제적이다. 그러나 필연코 오래 보존할 가치가 있는 수목은 소요경비가 많이 드는 경향이 있어도 우레탄고무를 이용하는 것이 이상적이다. 우레탄고무의 1m³ 충전 소요량은 1천2백50kg이 소요된다.

8. 매트처리

발포성수지, 우레탄고무로 동공충전하여 그대로 방치할 경우 파손될 우려가 있다. 수피가 고사되



매트처리(대전직할시)



매트처리(영일)

1. 인공수피처리과정

2. 인공수피



2

고 목질부가 노출되어 방치되었을 경우, 목질부 갈라진틈, 부패에 의한 요철, 병충해 피해로 인한 목질부손상 등을 방지할 경우 피해가 확산된다. 이와같은 피해를 방지하기 위하여 매트(유리섬유)를 처리하고 수지로 처리하면 인위적 피해와 빗물 습기 병충해 침입 등을 방지할 수가 있으며 불규칙한 목질부 부패부위에 성형도 가능하다. 재료는 유리섬유를 사용하여 피해상태와 목질부 노출부분 동공 외부 노출부분의 모양에 따라 잘 재단, 수지를 이용하여 부치거나 작은못으로 고정해 수지로 피복한다. 수지는 여러가지가 있으나 접착력이 강한 수지를 이용하는 것이 좋다. 나무종합병원에서 에폭시수지나 폴리에스테르수지를 이용하

여 처리하고 있다. 동공충전물 노출부분의 위치 목질부 피해상태에 따라 2번~3번 손적층법으로 반복하면 경고성이 강하고 두꺼워지므로 인위적 피해를 예방할 수가 있고 동공충전물과 목질부사이의 이탈도 예방된다. 매트처리시 주의할 점은 매트처리 부위가 형성층이나 수피를 덮으면 유합조직 형성시 들뜨거나 갈라질 위험이 있다.

9. 인공수피

최근에 수목외과수술에는 여러 가지의 인공수지를 이용하여 처리하고 있다. 이들 수지들은 직사광선에 의하여 산화, 변질되므로 효과면에서 오래 유지되도록 하기위



해 반드시 직사광선을 피하고 공기나 빗물 습기 등의 차단이 필요하다.

소나무 외과수술에서 송진을 사용하여 방부·방수효과를 기대, 처리한 후 인공수피를 시행하고 10년이 경과되어 인공수피를 제거, 변질 여부를 조사한 결과 송진이 전혀 산화, 변질되지 않고 방부·방수효과가 지속되고 있었다. 그러나 송진을 처리하고 그대로 노출시킨 것은 2년 이내에 산화, 변질되어 부서지면서 방부·방수효과가 상실되었다. 인공수피로 만든 모든 제품도 직사광선에 노출시켜 방치하면 2년 이내에 갈라지거나 산화변질된다. 외과수술에 사용되는 모든 수지도 직사광선에 노출될 위험이 있으므로 이를 차단하기

위하여 인공수피를 시행하여야 한다. 수지를 이용하여 외과수술한 후 동일수종의 수피를 벗겨 수술 부위에 부착시킨 결과 외관상으로는 좋으나 부작용이 많았다. 즉 각종 병충해의 잠복소가 되고 습기나 빗물의 건조가 불량하여 외과수술 후 상처의 유합조직 형성에 지장이 있었다. 이를 개량하기 위하여 콜크분말을 이용한 인공수피를 피복한 결과, 좋은 효과를 기대할 수가 있었다. 그러나 외과수술 목의 수피와 색의 조화가 잘 안 되어 외형상 만족할 만한 결과를 가져오지 못하고 있다. 앞으로 계속 연구가 필요하다.

인공수피는 콜크분말과 수지 생고무 또는 아라비아고무 암모니아수 아세톤 색소 등을 이용하여

수지처리





수술후(경북 영일)



수술전(경북 영일)

반죽하여 피해상태에 따라 붙이고
집어넣어 피해모양을 자유롭게 성
형처리한다. 또다른 방법은 접착
성이 강한 수지를 칠하고 그위에
콜크분말을 부착한 후 경화되면
다시 반복하여 부착하는 방법이다.
필요에 따라 여러번 반복한다. 이
방법을 손적층법이라고 한다. 이때
상처부위에는 반드시 바세린을 처
리, 수지에 의한 피해가 없도록
해야 한다.

10. 수지처리(마무리작업)

인공수피는 콜크가루와 아라비
아고무 등에 의해 성형처리한 것
이므로 콜크가루 사이에 간격이
생기게 되고 접착력도 약해진다.
그러므로 접착력이 강한 수지로
피복하여 마무리하고 콜크가루를
수중에 따라 염색, 수지위에 강력
하게 접착시켜 태양의 직사광선을
완전 차단한다. 이때 수지와 콜크
가루가 형성층이나 수피를 덮으면
이를 잘 정리하여 형성층 밑으로
이루어지도록 하고 형성층이 노출
될 경우에는 바세린으로 처리하여
준다. ▲▲

표면에 처리하는 것이다. 동공충
전물의 외부노출부분 목질부노출
부분 부후균 병충해로 인하여 목
질부의 요철부분 등은 동공충전할
수가 없는 경우가 많다. 이러한
피해부위의 작은동공 수피요철부
분에 인공수피로서 잘정리하여 마
무리 작업을 할수가 있다. 콜크분
말을 아라비아고무 암모니아수로
잘반죽한다.

이외에도 콜크가루와 수지를