

## 대형수목의 이식공법

- 천안시 팽나무와 안동시 은행나무 사례 -

임재홍\* · 이재근\*\* · 김학범\*\*\*

\*상명대학교 대학원 · \*\*상명대학교 환경조경학과 · \*\*\*한경대학교 조경학과

A Study on the Transplantation Methods of Large Trees  
- The Case of *Celtis Sinensis* in Chonan and *Ginkgo biloba* in Andong -

Lim, Jae-Hong\* · Lee, Jae-Keun\*\* · Kim, Hak-Heom\*\*\*

\*Dept. of Environmental Resources, Graduate School of Sangmyung University

\*\*Dept. of Environmental Design & Planning, Sangmyung University

\*\*\*Dept. of Landscape Architecture, Hankyong National University

### ABSTRACT

This study investigates, analyzes, and summarizes transplantation techniques and methods through practical methodology centering on fieldwork in order to present effective planting methods for large trees that have important significance. The conclusions are as follows :

1. The transplantation process of a large tree generally consists of the stages of digging up a tree, manufacturing a carrier frame, loading the tree on a vehicle, transporting, transplanting the tree, installing a strut, and maintaining and managing the new transplant.

In addition, planting a tree on a mounted place includes the primary procedures of trimming out the root, and preparing for transplanting the tree on a mounted place, as well as the secondary work of trimming out the root, transplanting a tree on a mounted place, maintenance and management.

2. In order to decide on a transplantation method for a large-sized tree, a structure calculation has to be performed first. That is, one must calculate the weight of the tree and the allowable stress of the strut (H-beam, etc.) first and then decide on the proper method through computer modeling based upon this structural calculation.

3. As a result of the analysis of a transplanted tree using the life soil method, it was confirmed that large quantities of feeder roots had developed around the root within a short time after the transplantation. The life soil method has proven to be very effective for transplantation of large-sized trees.

4. As for the production method of an H-beam strut frame, it was found that the manufacturing process and disassembly process were simple and proper; therefore, the H-beam frame is an appropriate structure to be used in the transplantation of large trees.

5. The concavo-convex method, which consists of filling the life soil in the concavo-convex area around the root, was found to be a method that promotes the growth of feeder roots within a short period of time and saves the supply of water at the same time.

*Key Words : Transplantation of a Large Tree, Life Soil Application Method, H-beam Base Frame Production Method, Concavo-Convex Method*

## 1. 서론

산업의 급속한 발전과 더불어 진행된 우리나라의 국토개발은 지형의 변화를 요구하는 각종의 사업을 양산하고 있다. 특히 각종의 개발사업은 우량한 산림과 양호한 수목의 훼손을 수반하였고, 수백년동안 자라온 대형수목의 보존에도 큰 영향을 주었다.

대형수목은 대부분 경관적, 문화적, 역사적으로 중요한 가치를 지닐 뿐만 아니라, 종을 대표하는 생물학적 가치를 지니고 있는 경우도 허다하여 그 보존의 필요성이 중요시되고 있다. 따라서 이러한 대형수목의 효과적인 보존을 위한 다양한 시도가 최근 적극적으로 모색되어지고 있다(방광자와 설중호, 1999).

그러나 시행이 불가피한 각종의 개발사업들은 수많은 대형수목의 훼손을 초래하였으며, 이로 인해, 작금에는 대형수목의 이식에 대한 필요성이 또한 크게 부각되고 있는 상황이다(이재근, 1988). 그렇지만, 이러한 상황 하에, 오늘날 대형수목의 이식공사가 계속적으로 진행되고 있음에도 불구하고, 현재까지 구체적인 적용 기법이 확실하게 정립되지 않고 있어서, 향후의 대형수목 이식공사에 활용될 수 있는 합리적인 시공기법의 정립이 시급하게 요구되고 있다(정평란, 1980; 장봉진, 2002).

따라서, 본 연구는 천안시 팽나무와 안동시 은행나무를 중심으로 대형수목 이식공사의 진행과정을 단계별로 고찰하고, 이들 공사에서 채택된 공법을 조사·분석하여, 앞으로 대형수목 이식공사에 적용할 공법을 정립하는데 목적이 있다.

본 연구는 조경산업현장에서 시행되고 있는 조경시공분야의 사례라 할 수 있다. 본고는 대형수목 이식에 대한 시공기술을 조사, 분석하여 실무적으로 접근한 논문으로서, 현장적, 실증적 방법을 채택하여 연구된 결과물이다.

특히 대형수목 이식의 다양한 공법, 단계별 세부 공종, 그리고 작업과정 등에 대해 직접 참여를 통한 체험을 바탕으로 대형수목 이식 기술에 대한 공법을 밝히고자 하였다. 사례 대상지에서 대형수목 이식에 특별히 적용된 공법으로는 생명토 취부공법, 요철공법, H-빔 받침틀 제작공법 등으로써, 이들 공법을 중심으로 각 공법의 내용을 명료하게 분석하여 대형수목 이식을 위한 시공방법의 합리적인 방향을 모색하고자 하였다.

따라서, 본 연구는 이러한 모든 단계를 현장 위주의 연구방법으로 조사, 분석, 검토하여 대형수목의 이식기술에 대한 보편타당한 시공방법을 모색하고자 하는 것이다.

## II. 이식공사의 진행과정

### 1. 천안시 팽나무

천안시 두정동 팽나무는 자연부락으로 이뤄진 말우물이란 별명을 가진 동네의 수호신과 같은 존재였다.

특히 두정동의 팽나무는 수형이 아름답고 운치가 있을 뿐만 아니라, 수령이 500년 이상 추정되며, 현재는 마을 보호수로 되어 있다. 이 팽나무는 그 아래에서 매년 음력 정월 초 마을의 안녕과 번영을 비는 마을 제사가 이루어졌으며, 여름이면 마을사람들이 휴식을 취하는 중요한 나무이다. 이처럼 팽나무가 갖는 역사문화적 가치, 생물학적 가치, 경관 및 상징적 의미 등으로 볼 때, 반

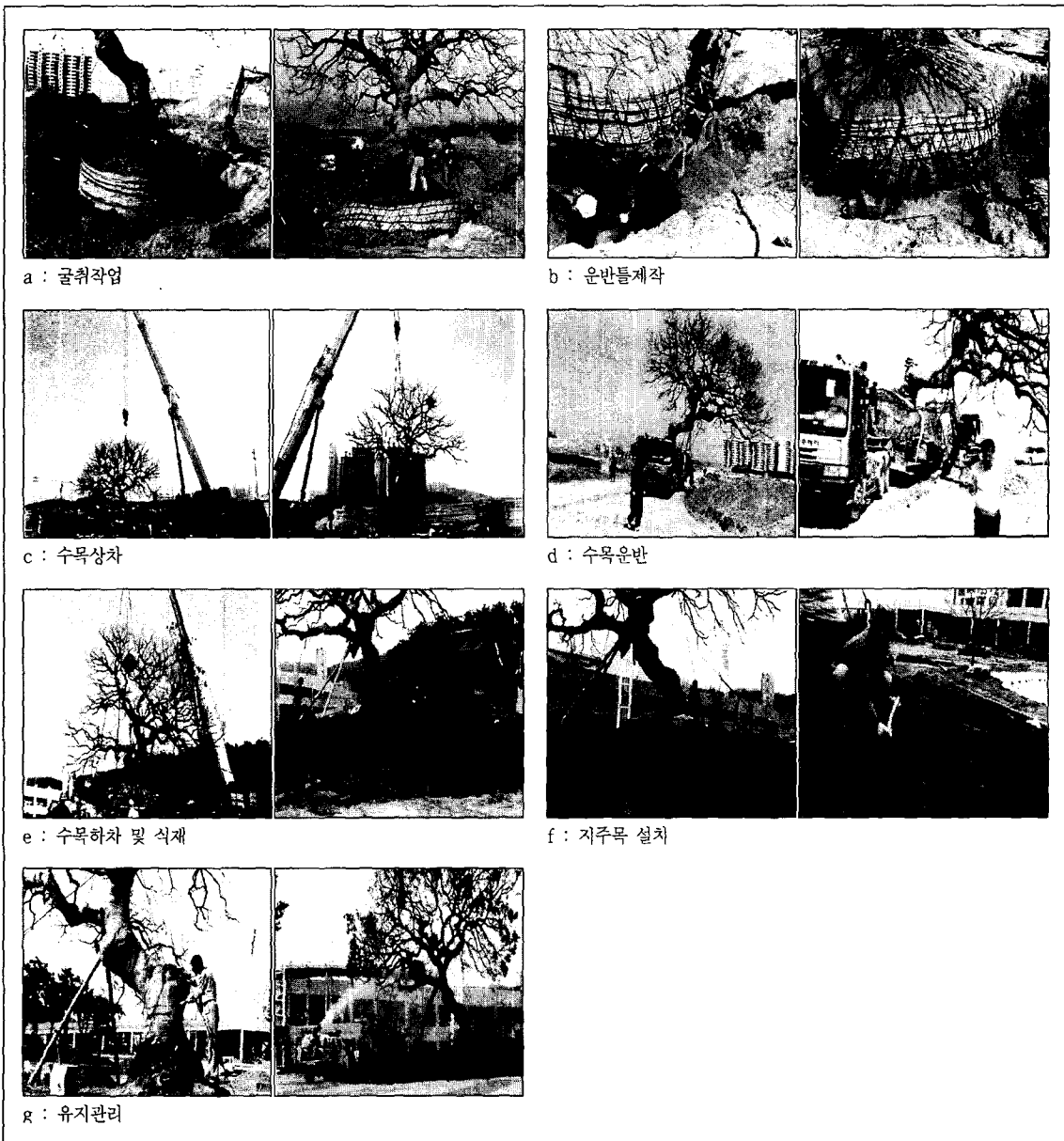


그림 1. 이식공사 현장 사진

드시 보존해야 할 가치가 있는 수목이었다.

본 수목은 천안시 두정동 북부지구 토지구획정리 사업지내에 생육하고 있던 것을 이 지역이 주거단지로 새롭게 개발됨에 따라 백석동 천안 종합운동장 구내로 이식한 것이다. 천안시 팽나무가 두정동에서 백석동 종합운동장으로 옮겨질 때까지 진행과정을 살펴보면 표 1과 같다(그림 1 참조).

표 1. 이식공사 과정

공정	내용
1. 굴취작업	새끼 및 고무바 감기 및 철선 및 와이어 감기
2. 운반틀 제작	운반틀 설치
3. 수목상차	대형크레인 동원 수목 들어 올리기 작업 및 수목트레일러 싣기 작업
4. 수목운반	주공구간 가설도로 수목운반
5. 수목하차 및 식재	종합운동장 식재지 대형크레인을 이용한 수목 하차작업 및 식재 작업
6. 지주목설치	지주목 설치 및 식재지 정리
7. 유지관리	영양제 주입 및 병해충 방제 작업

1) 뿌리돌림

굴취 이식할 대상목은 향토 노거수이므로, 곧 바로 뿌리돌림 작업을 진행해야 한다. 수령 500여년 된 팽나무이고 생장이 느려 뿌리 발달이 활발하지 못하므로, 이러한 경우에는 최소한 이식작업 1년 전에 실시하여야 한다(마상규, 1982; 이정석과 오광인, 1978). 그러함에도 불구하고 제 82회 전국체전 개최에 맞추어 이식을 해야 하므로 10개월 내에 작업을 해야 하는 상황이었다.

이러한 점을 감안하여 뿌리돌림 작업은 근원직경 4배분 크기를 적용하여 작업을 진행하였다. 작업도중 뿌리분의 내부가 흔들리지 않도록 유의하고, 뿌리의 절단 부위는 예리한 칼로 깨끗하게 절단하였으며, 세근의 발생 촉진을 도모하기 위하여 뿌리분 주위로 양질의 토양 영양물인 생명토를 취부하였다.

그 후 뿌리분의 측면을 녹화마대로 감싸고 합판을 대고 되메움 작업을 진행하였으며, 되메움용 흙은 생명토와 표토 및 마사토의 분량을 1:4로 혼합하여 사용하였다. 뿌리돌림 작업이 완료된 후 강풍과 풍수해 등의 피해를 방지하기 위하여 가지주목을 세우고 네 방향으로 와이어 지지철을 설치하였다.

2) 굴취작업

뿌리돌림 후 10개월이 경과한 후 이식작업을 위한 굴취작업을 진행하였던 바, 작업과정 중에 한쪽으로 쏠리거나 넘어질 우려가 없게 와이어 지주를 설치한 후 굴취작업을 진행하고 뿌리돌림 시 분주위를 둘러놓았던 녹화마대가 완전부식 되어 세근의 발달이 분주위로 발달하였음을 확인하였다.

뿌리분 형성을 위해 우선 분의 측면을 굴취한 후 토양영양물인 생명토와 표토 및 마사토를 1:4 비율로 혼합하여 세근에 취부한 후 녹화마대로 싸는 작업을 진행하였다. 그 후에 새끼로 분주위를 단단히 둘러 감고, 고무바 감기와, 철선감기 작업을 실시한 후 다시 겹분차 기용 저적을 끌고루 퍼서 감싼 다음 와이어 감기로 마감하였다.

이때 주의해야 할 점은 견고한 작업을 해야 하는 것이다. 근원직경 30cm내의 수목의 경우 분짜기는 새끼 감기 후 철선감기과정만 거처도 수목의 중량에 비하여 충분한 분지지력을 유지할 수 있다. 그러나, 대형수목의 경우에는 철선감기 후 다시 겹분을 짜고, 그 위에 와이어 감기를 실행하여야만 수목 하중을 견딜 수 있고 분의 붕괴를 막을 수 있으므로, 본 작업에 있어서 분의 와이어 감기는 인력으로 당기거나 철봉으로 쥘어서 조이지 않고 중장비로 당기면서 견고한 작업을 실행하였다.

3) 운반틀제작 설치

굴취한 팽나무는 중량이 35ton 상당이므로 운반틀의 제작 없이는 운반이 불가능하다. 운반틀은 팽나무 뿌리분 하부에 설치하여 상하차시 안전한 작업을 도모하고 중량물을 들어올리는 작업 중에도 견딜 수 있어야 함으로 내구성이 있는 철재 H-빔과 철판을 이용하여 제작하였다.

설치작업과 해체 작업이 쉽게 이루어질 수 있도록 양단면에 사각형의 구멍을 내어 조립이 용이하도록 설계하여 제작하였다. 이와 같이 제작한 운반용 받침틀을 팽나무의 뿌리분 밑에 넣어 고정하였다.

4) 수목상차 작업

뿌리분 중량과 수관상층부의 중량을 계산한 후 받침틀 무게까지 감안하여 총중량을 구하고, 작업당일 바람

에 의한 영향도 계산하여, 총 중량의 3배 이상의 효율을 발휘할 수 있는 대형 크레인(150톤)을 선정하였으며, 총 중량물의 견인에도 견딜 수 있는 로프를 사용하여 수목 상·하차 작업을 진행하였다.

작업 중에 수목의 수피가 로프에 닿아 벗겨지는 것을 방지하기 위하여 로프는 가급적 마닐라 삼을 소재로 한 식물성 로프를 사용코자 하였으나 시중에 제품이 없어 부득이 철재 와이어를 사용하였으며, 팽나무 상차 작업 시 뿌리분 하단과 트레일러 바닥에 완충재로 짚을 깔아 운반 중 충격을 흡수토록 하였다.

#### 5) 수목운반

팽나무의 운반 방법은 육로로 결정하였다. 당초 팽나무 운반방법은 항공기에 의한 공중수송으로 계획되었으나, 현장을 검토한 결과 항공운반으로는 불가능하다는 결론이 내려져 육로운반으로 운반방법을 변경하는 설계를 진행하였다.

대형수목 이식공사의 설계자는 대형수목이 중량물이고 수고와 수간의 부피가 큰 점을 감안하여 육로운반 결정 시 고속도로 내지는 넓은 국도를 선호하는 경향이 있어 아무런 생각 없이 설계를 진행하는데 이점이 막상 굴취 작업이 완료된 후 운반 작업 중에 예기치 못한 돌발사태가 발생되어 운반 자체가 불가능해지는 경우를 볼 수 있다. 대형수목을 이식한다는 강한 의욕만을 가지고 운반로의 합리적인 대책 없이 진행하면 곧 실패하기 때문이다.

운송로는 운반구간 내 고압전선, 광통신선로, 고가차도의 높이, 기존도로의 폭, 도심지 도로 통과 시 교통량 통제방안 등의 구체적인 내용을 사전에 관련 단체와 기관 그리고 시행자와 도급자 사이의 협의를 통하여 결정되었다.

수목의 운반은 운송구간 내 비포장도로가 있어 분에 충격을 주지 않도록 와이어와 밧줄로 견고히 결속한 후 뿌리분이 강한 충격을 받지 않도록 조심스럽게 운반하였다.

#### 6) 수목하차 및 식재

새롭게 결정된 이식 예정지는 종합운동장 앞 연못주위로 결정되어 배수용 유공관을 매설한 후 물빠짐이 좋

게 기반을 조성하였다. 식재할 장소에는 우선 식혈작업을 하고, 당초 생육지 표토를 운반하여 식재지 기반을 같은 조건으로 조성하였다. 여기에 양질의 토양영양물인 생명토 1 : 표토와 마사토 4의 비율로 혼합하여 분이 닿는 곳에 끌고루 퍼서 식재지 조성을 완료하였다.

수목의 하차에는 상차 시 이용한 대형크레인을 사용하였으며, 하차와 동시에 수목의 방향을 당초 식재된 방향으로 향하여 조금 높게 올려 정지하였다. 다음으로, 와이어 제거, 고무바 절단, 급수 유공관을 설치하고, 양질의 흙과 토양영양물이 혼합된 부식토를 충분히 다져 되메우하였으며, 그 후 관수를 실시하고 식재를 완료하였다.

#### 7) 지주목설치

이식 전 팽나무는 북측의 경사진 곳에 생육한 탓으로 수관의 중심이 북쪽 방향으로 편중되어 생육한 상태였기 때문에 북쪽에 지주목 설치가 필요하였다. 그러므로 철재지주목을 V자형으로 설치하고, 바람에 의한 도복을 방지하기 위하여 내 방향으로 철재와이어 턴버클 지지철을 설치하였다.

급수를 위해 급수관을 뿌리돌림 부위에 1m 간격으로 16개소를 설치하였다.

#### 8) 유지관리

이식된 팽나무는 노령의 과숙목이므로 지속적인 관리가 요구되어 수형조절 전정 작업과 수목뿌리 발근제 살포, 수분 증산 억제제 살포, 영양제 주입, 병해충 예찰진단과 아울러 병해충 방제 작업, 급수 작업이 이루어져야 하므로 이러한 작업을 모두 실시하였으며, 수세회복을 위하여 요소엽면시비를 시행하였다(이승제, 2000).

팽나무는 오랜 기간 동안 지속적인 집중관리가 이루어지지 않은 채 이식작업을 진행하여 새근의 발달이 늦어진 상태에서 요소 엽면시비를 진행하였던 바, 일시에 조기 낙엽 증상이 발생하였다. 그러나 이후 새순이 나와 현재 활착에 무리가 없는 것으로 판단된다. 그러나 금후 계속적으로 세밀한 관찰과 아울러 집중관리가 요구되어 지는 상황이다.

## 2. 용계리 은행나무

용계리 은행나무는 고문헌에 의해 그 역사, 문화적 중요성이 고증되고 있다. 퇴계학의 전통성을 계승한 마지막 학자요 문장가이며, 항일 투쟁에 앞장섰던 전도사 문소 김도화, 유수서 등이 쓴 행정수계시일록(杏亭修稷時日錄)과 행정계첩서(杏亭稷帖序) 그리고 행정시첩서(杏亭時帖序), 행정시갱장(杏亭詩賡章) 등에는 이 은행나무를 심은 송암공과 관련한 기록과 이 나무와 연관하여 있었던 다수의 역사적 사실에 대한 기록, 그리고 이 나무에 대한 경관을 묘사한 내용이 다수 등장한다.

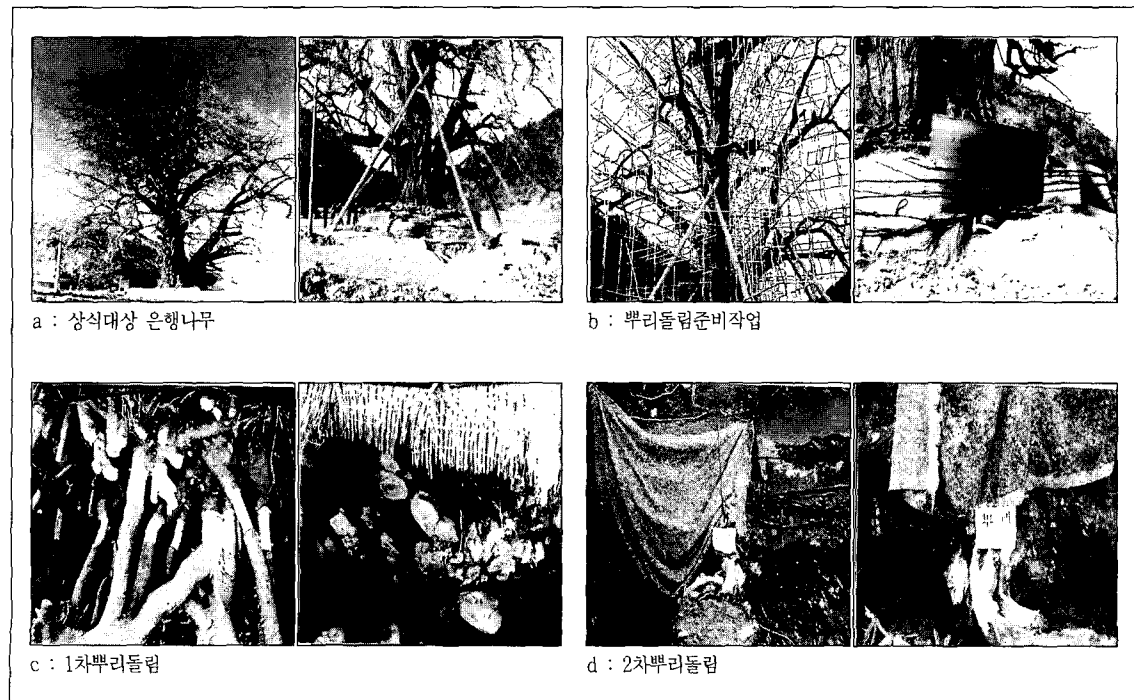
생육상태와 수형이 좋아 1966년에 천연기념물 제 175호로 지정되었다. 이러한 문화재적 가치로 인하여, 이 나무의 보존을 위해 경상북도 조례가 제정 공포되고 보존위원회를 구성하여 사업을 추진하였다.

임하댐 건설 공사로 인하여 수몰될 위기에 처한 안동시 길안면 용계리 744번지 내 생육하고 있던 은행나무를 1990~1992년 사이 3년간에 걸쳐 들어올려 심는 상식공사를 실행한 사례이다. 당초 식재 토양에서 지상

부 15m위로 상식 공사를 진행한 경우로서, 이 은행나무는 수령 약 700년, 수고 37m, 수관폭 33m, 근원직경 4.5m로서 대단히 규격이 큰 노거수이다. 용계리 은행나무 상식공사의 진행과정을 살펴보면 표 2와 같다(그림 2 참조).

표 2. 상식공사 과정

공정	내용
1. 상식대상 은행나무	임하댐 수몰전 은행나무 및 상식을 위한 대형 지주목 설치
2. 뿌리돌림 준비작업	뿌리돌림을 위한 작업대 설치 및 준비 작업
3. 1차뿌리돌림	세근의 환상박피 작업, 세근의 환상박피 작업 후 절단
4. 2차 뿌리돌림	2차년도 뿌리돌림 작업
5. 상식준비	기초 지지틀 설치 및 작키 조작대 설치
6. 3차 뿌리돌림	뿌리돌림 후 세근 발생량 조사
7. 상식작업	상식을 위한 지지대 설치 작업 및 설치
8. 유지관리	상식작업 완료 후 대형 지주목 설치 작업 및 지지철 설치



(그림 2 계속)

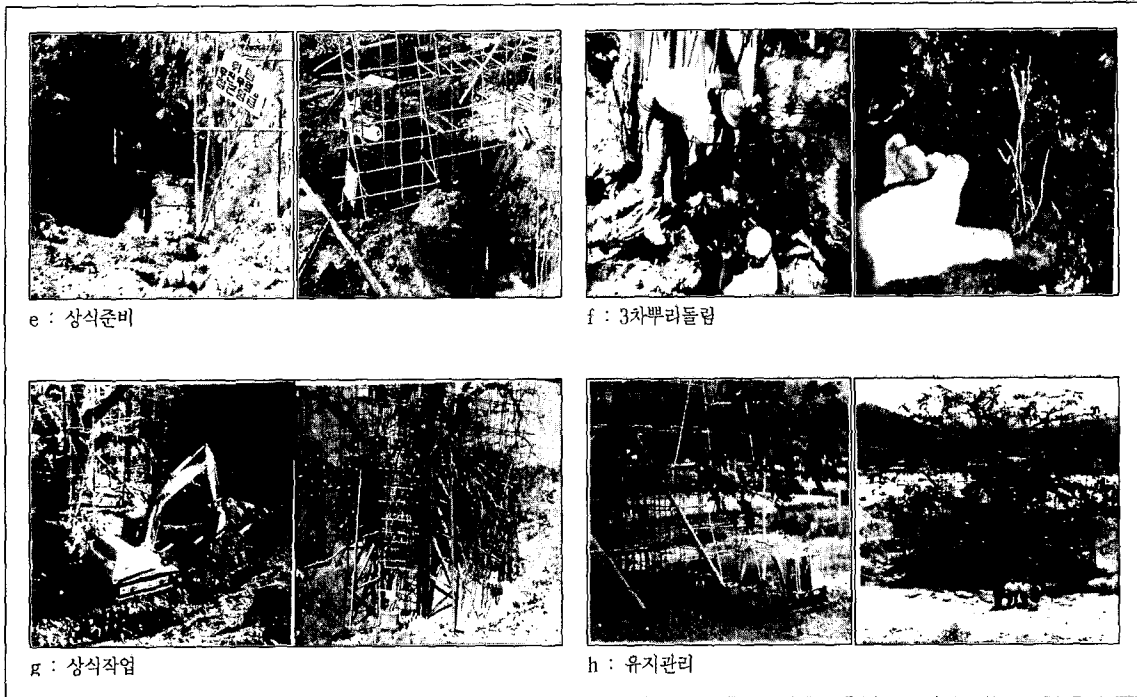


그림 2. 상식공사 현장 사진

1) 1, 2차 뿌리돌림 작업

용계리 은행나무는 수령이 700년 이상의 노령과속목(老齡過熟木)이므로, 새근 발생량이 적어 새근 발생량을 촉진하기 위하여 토양영양 조성물인 생명토를 뿌리분에 요철(凹凸)을 만들어 충진시킨 후 되메움하고, 1차 뿌리돌림 시 비교적 굵은 뿌리는 잘라내지 않고 환상박피작업을 하여 남겨놓은 후, 2차 뿌리돌림 작업 시 제거한 후 되메움 작업을 실행하였다.

2) 상식준비

구조계산에 의한 은행나무의 무게가 900톤으로 산출되어 작업 중 풍력에 의한 수목도복을 방지하기 위해 철제파이프를 이용한 지지철을 설치한 후 상식을 위한 자키의 놓여지는 위치에 시멘트 보강작업을 하여, 상식이 진행될 수 있도록 사전준비에 만전을 기하였다.

3) 3차 뿌리돌림

1, 2차 뿌리돌림 작업에서 성공적으로 발생된 새근을 보호하기 위하여 생명토를 충진한 후 2차 뿌리돌림 시 남겨놓은 굵은 뿌리를 절단하고 방부제를 도포한 후 3

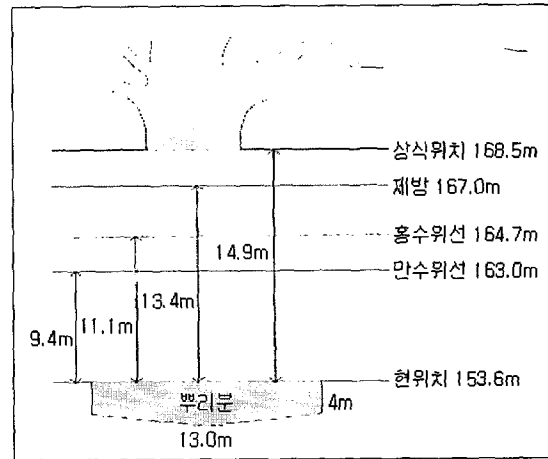


그림 3. 용계은행나무 상식도

차 뿌리돌림 작업을 완료하였다.

4) 상식작업

상식작업은 그림 3에서 보는 바와 같이 현위치 해발 153.6m에서 만수위선은 9.4m 더 높은 해발 163.0m이고, 홍수위선은 현위치에서 11.1m 위의 해발 164.7m이

며, 제방높이는 13.4m 높은 해발 167.0m, 상식위치는 현위치에서 14.9m 높은 해발 168.5m로 진행하였다. 용계 은행나무는 만수위선인 해발 163.0m 높이까지 물을 차이고, 제방높이까지는 해발 167m이므로 약 15m이상을 올려 심어야하는 지경에 도달하게 되어 상식 공사를 진행하게 되었다.

공중별 중요 과정의 작업은 작업대를 설치한 후 1, 2, 3차 뿌리돌림 작업을 거쳐, 상식작업을 위한 작키설치

장소 등 12개소를 선정하여 기초 기반을 조성한 후 순차적으로 1, 2, 3단계로 나누어 단계별로 5m씩을 기준하여 상식 작업을 진행하였다. 상식대상 은행나무의 상식 전·후 작업 상세 현황은 그림 4와 같다.

5) 유지관리

상식작업 후 병해충 방제, 영양제 투입, 급수작업등 치밀한 계획을 수립하여 실행하였고, 특히 하절기 급수

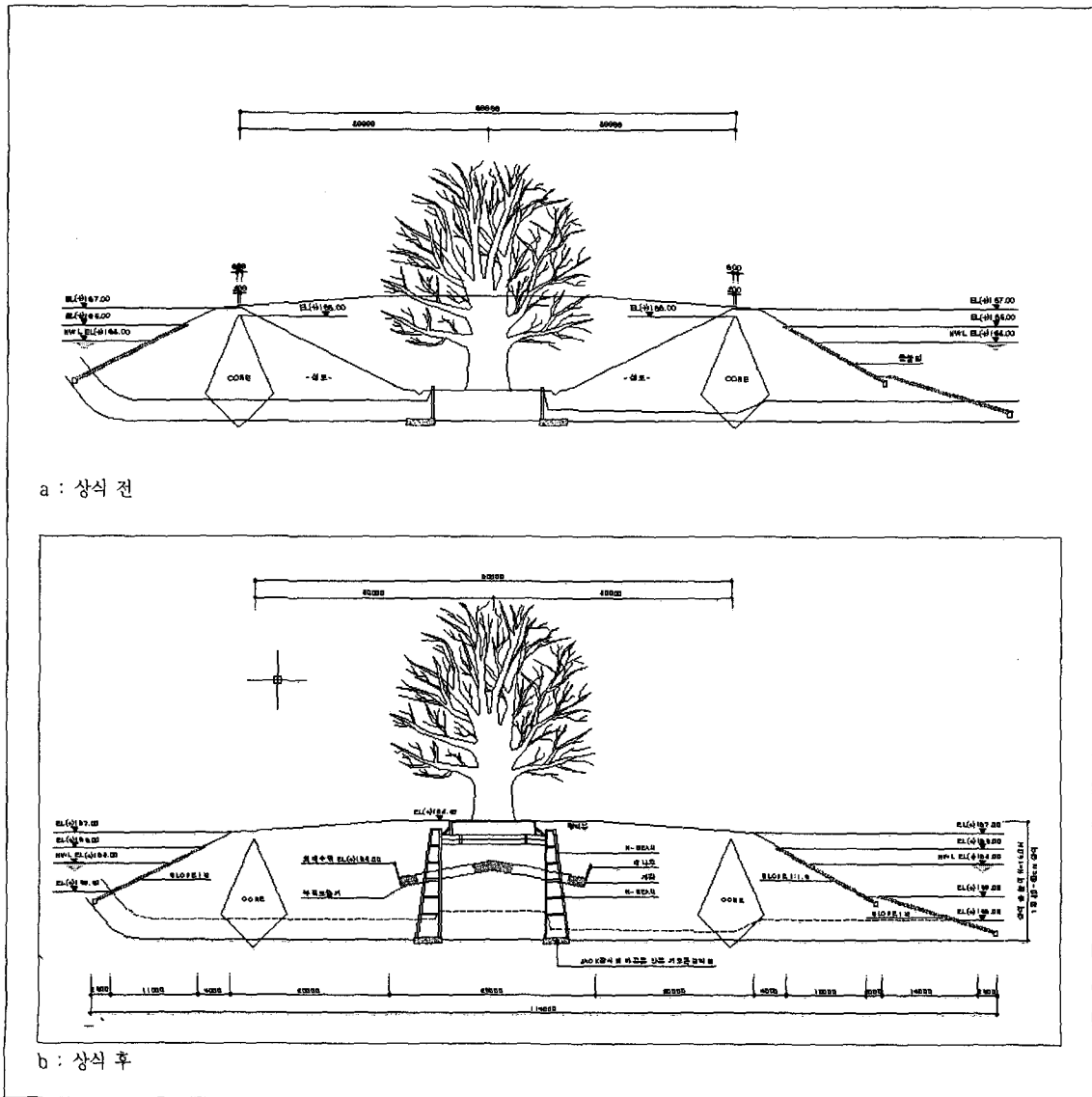


그림 4. 상식 전·후 상세도



관리에 주의를 기하였으며, 경북대학교 농업과학기술 연구소의 활력도 측정에 관한 연구사업이 병행되어 실행되었다(경북대 농업과학 기술연구소, 1994).

### III. 이식공사의 적용공법

대형수목의 이식공사에는 다양한 공법이 사용되고 있다. 이러한 공법을 선택하기에 전에 선행되어야 하는 절차는 구조계산이라 할 수 있다. 그러므로 본 고에서는 구조계산 분석, 생명도 취부공법, H-빔 받침틀 제작 공법, 요철공법 등의 적용공법을 고찰하였다.

#### 1. 구조계산 분석

구조계산 분석에서는 수목의 중량계산과 부재 지지틀 조성을 위한 구조계산을 중심으로 분석하였다. 수목의 중량계산에는 천안시 팽나무를 사례로 하였으며, 부재지지틀 구조계산의 경우는 용계리 은행나무를 사례로 하였다.

##### 1) 수목 중량계산

대형수목의 이식공법을 선정하기 위해서는 가장 먼저 수목의 중량을 산출해야 한다. 대형수목은 규격이 매우 크기도 하지만, 자연 상태에서는 무게를 직접 측정할 수 있는 방법은 없다. 따라서 본 경우에는 지상부와 지하부의 무게를 산출하고 합산하여 총 중량을 산정하는 방식으로 팽나무의 무게를 산정하였다.

팽나무의 수고는 9.5m이고 근원직경은 120cm이며, 수간의 근원부에서 수고 4m높이까지의 근원직경이 66.8cm이고, 굽어진 부위의 2차 수간의 길이가 2.5m이며 근원직경은 50cm이다.

그러므로 근원부부터 상층부 주간까지의 길이는 총 6.5m인바, 이를 용적량의 총적단위로 계산해보면  $V = \pi r^2 h$ 에서 근원직경부의 첫 번째 수간 4m까지 부피량은  $3.14 \times 0.334^2 \times 4 = 1.4m^3$ 이고 두 번째 부피량은  $3.14 \times 0.25^2 \times 2.5 = 0.49m^3$ 이므로  $1.4 + 0.49 = 1.89m^3$ 이 된다.

가지의 수량은 ①~④까지는 모두 1개씩이나 직경이

모두 달라 ①번은 3.5m길이이고 지름이 30cm이므로 이를 계산하면  $3.14 \times 0.15^2 \times 3.5 = 0.25m^3$ 이 되며 ②번은 또한 ①번과 길이와 지름이 같으므로  $0.25m^3$ 이 된다. ③번은 지름이 25cm이고 길이가 3.5m이므로 이를 계산하면  $3.14 \times 0.125^2 \times 3.5 = 0.17m^3$ 이 되며, ④번은 가지의 길이가 4.5m 이고 지름이 30cm이므로 이를 계산하면,  $3.14 \times 0.15^2 \times 4.5 = 0.32m^3$ 이 되고 ⑤번의 가지 길이는 3.5m이며 직경이 20cm 이고 6개로 분지되어 이를 계산해보면

$3.14 \times 0.1^2 \times 3.5 \times 6 = 0.66m^3$ 이 되는바 ①~⑤을 모두 모아보면  $1.65m^3$ 로 수간과 줄기 가지의 수량을 모아, 이를 톤으로 환산(800/1000)하면 2.83톤이 된다. 뿌리분의 무게를 용적량으로 계산해보면 팽나무의 근원직경이 120cm이므로 4배분으로 분뜨기 작업을 하면  $20.09m^3$ 이 계산되는 바, 흙 중량을 톤으로 환산(1600/1000)해보면 32.14톤이 된다.

그러므로 줄기와 가지의 지상부 총 중량이 2.83톤이며 지하부 뿌리분의 중량이 32.14톤이므로 총 합계가 34.97톤이 산출되었다.

천안시 팽나무에 대한 구조계산은 지상부와 지하부의 수목중량을 수간을 포함한 직경 20cm이상의 가지에 대하여 실측한 후 관련공식에 의거 구조계산 하였다. 개발이 진행되고 있는 대규모 단지 내의 수목 이식작업이므로 작업에 비교적 제한 요인이 없어 구조계산에 따른 특별한 계산방법을 동원하지는 않았다. 그러나 수목 중량의 산출 내용에 의거 실제 작업 시 중량을 대조한 바 5%이내의 산출 오차가 있었다.

학술적으로 계산된 팽나무의 중량은 34.97ton이었으나 실제 작업상에 나타난 실중량은 35.2ton으로 측정되었다. 이와 같은 결과는 받침틀의 무게를 계산하지 않은 결과에서 기인된 것으로 사료된다.

##### 2) 부재 지지틀 조성

부재 지지틀은 은행나무 올려 심기를 위하여 설계된 시설이다. 부재지지틀의 계획은 은행나무의 하중, H-빔의 허용응력, 강재에 작용하는 풍압력 등의 설계조건을 분석하고, 컴퓨터 모델링을 통하여 부재 설계가 이루어졌다.

이러한 조건 하에 이루어진 용계리 은행나무 상식공

사에 대한 부재지지를 구조계산의 내용을 분석해 보면 다음과 같다.

(1) 설계조건

- ① 풍속 : 40.0 m/sec
- ② 재료의 단위중량은 표 3과 같이 적용하였다.

표 3. 설계부재의 단위중량 (단위 : t/m)

재료구분	단위중량	
	수상	수중
강재	7.85	6.85
철근콘크리트	2.45	1.45
무근콘크리트	2.30	1.30
흙	1.80	0.80

③ 재료의 설계가능 기준으로 허용응력을 제시하였는데 이는 재료가 외부의 힘에 얼마까지 견딜 수 있는지를 허용할 수 있는 값으로 표시된다.

• H-빔에 대한 허용응력 구조계산 항목으로 항복점강도, 허용인장응력, 허용압축응력, 허용휨인장응력, 허용전단응력 항목으로 구조 계산하였다. 용접에 의한 허용응력의 감소량과 부재의 허용응력을 80%를 적용하여 계산하였음이 검토되었다.

• 철근콘크리트에 대한 구조계산항목으로 철근에 대해서는 항복점강도, 허용응력 항목으로 구조계산하고 콘크리트에 대해서는 설계기준 강도, 허용휨·압축응력 항목으로 계산하였다.

• H.T.B(Hight Tension Bolt) 고장력볼트는 KSB1010, F8T를 적용하였다.

(2) 하중산정

구조계산서에 반영된 하중 산출식은 지하부의 뿌리 및 지상부의 수관부에 작용하는 수직하중은 물론 풍압력까지도 구조계산에 반영한바, 그 적용 항목별 내역은 아래와 같다.

- ① 뿌리 및 나무에 작용하는 풍압력
- ② 나무 및 뿌리하중 : 900ton
- ③ 강재 빔에 작용하는 풍압력으로 구분하여 계산 은행나무를 상식 시 강재 구조물을 3단계로 제작하여 1단계 6.5m, 2단계 5.0m, 3단계 5.0m로 하여 총 높이 16.5m로 상식 설계하였고, 실행은 15m 상식에 그쳤다. 뒷채움용 흙은 은행나무를 0.5m 상식 시 마다 시행

하도록 설계되었다. 은행나무의 상식단계별 전개도를 나타낸 것이 그림 5이다.

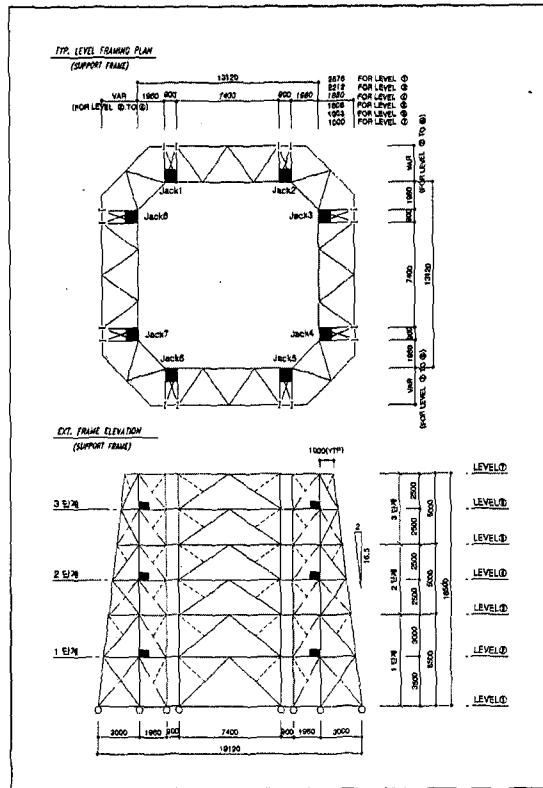


그림 5. 은행나무 상식 단계별 전개도

단계별 적용 내용을 살펴보면 부재의 종류별로 1~25번까지 H형강 단위중량을 산정하고 설계속도압 높이 0~5.0m를 적용하여 풍압력 계산을 실행한 후 풍압력 계산값(kg)에 제 2면의 가산 풍압력은 60%를 적용하였다.

부재 지지틀 설계 내용을 제시하면 그림 6과 같다.

(3) 컴퓨터 모델링 : 사례 1

① 외측 프레임

은행나무 상식용 프레임(frame)은 3단계에 걸쳐서 제작하였으며, 가상고정점을 계산한다. 각 단계별 프레임의 높이는 5.0 m이며, 컴퓨터 모델링(computer input modeling)은 2단계 혹은 3단계 과정 중 불리한 하중조건을 계산하면 가상고정점이 3.5 m를 추가한 하중조건이므로 컴퓨터 모델링으로 하여 구조를 계산하였다. 단

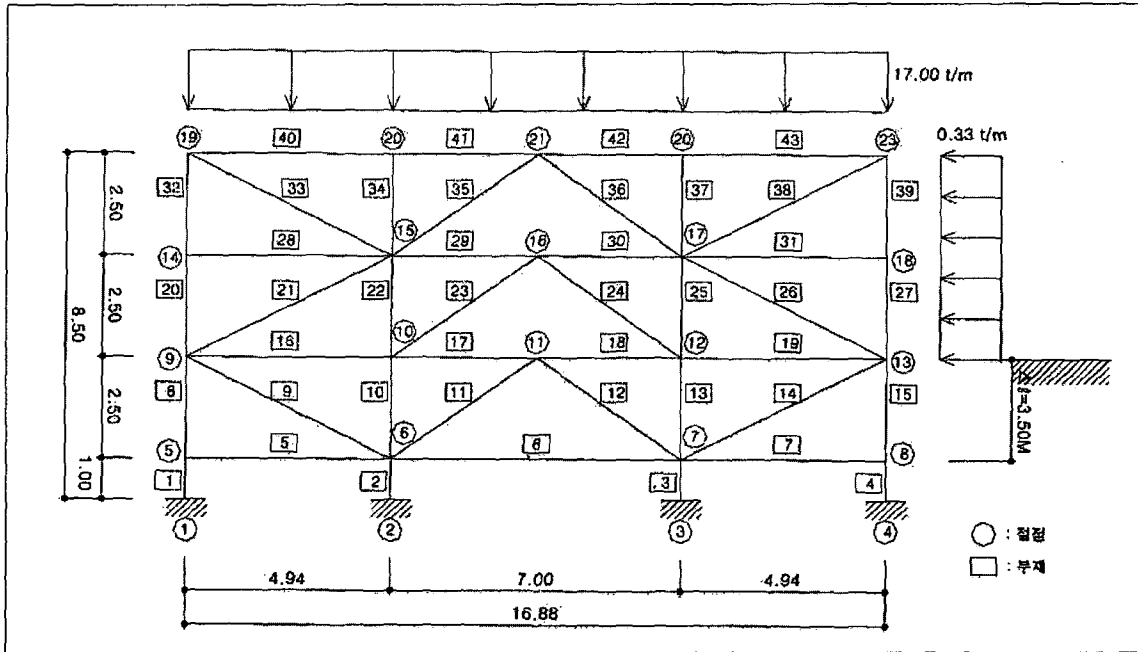


그림 6. 부재 지지를 전개도

면형태를 구분하여 H-빔, H-형강 항목으로 적용되었다.

(4) 컴퓨터 모델링 : 사례 2

은행나무 받침용 프레임은 각 부재위에 등분포 하중을 단면 형태별로 구분하여 H-빔 값을 계산하였다.

(5) 부재설계

① 외측 프레임 단면 검토 : 사례 1

컴퓨터 작업 결과에서 각 하중의 최대값을 선택하였다.

검토항목으로 H-형강 축방향의 압축력, 전단력, 휨모멘트를 계산하였고,

- ① 휨응력계산
- ② 축방향 응력계산
- ③ 전단응력검토
- ④ 허용축방향 압축력을 계산하여 본 결과 최대값 범위 이내로 검토되었다.

2. 생명토 취부공법

대형수목의 경우 이식 후 활착을 위한 잔뿌리의 축진을 위하여, 뿌리돌림 작업을 실시한다. 뿌리돌림 작업은 생리적 요인으로 이식이 어려운 수종 또는 대형

노거수 이식작업에 반드시 적용되어야 할 작업이며 수백년 된 대형수목은 장기간의 뿌리돌림 기간이 소요된다. 생명토 취부 공법은 3~6개월 이내 새 뿌리의 발육촉진을 가능하도록 하는 공법으로서 뿌리분 주변에 토양영양조성물인 생명토를 얇게 취부하여 이식하는 공법이다.

이 공법은 뿌리의 발근을 촉진시켜 노령목의 생육을 도모하는 공법으로 판단되며, 천안시 팽나무와 용계리 은행나무 모두 뿌리돌림을 한 후 뿌리분에 이 공법을 적용하여 이식공사를 진행하였다.

3. H-빔 받침틀 제작공법

H형 강재를 사용 정(井)자형의 사각형으로 제작하여 대형수목의 뿌리분 밑에 뿌리분 크기보다 조금 크게 설치한 후 이식수목 상하차시 안전한 작업을 진행하기 위하여 사용하는 공법이다. 받침틀은 무거운 중량의 대형수목을 안전하게 이식하기 위하여 제작하는 것으로서 수목의 중량과 뿌리분의 수직하중에도 잘 견디어 낼 수 있는 내구성이 강한 소재로 제작하여야 하며 설치작업이나 해체작업이 용이하게 이루어져야 효과를 발휘

할 수 있다.

H-빔 받침틀 제작공법은 천안시 팽나무와 용계리 은행나무에 사용된 공법으로 제작 모형은 그림 7과 같다.

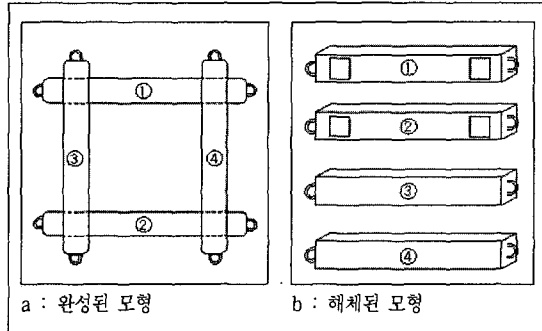


그림 7. H-빔 받침틀

그러나 일반적으로 H-빔 제작공법은 우물 정(井)자형의 사각형으로 제작하여 사용하는 것이 보통이나, 용계리 은행나무는 900톤에 달하는 수직하중의 지지력 보강을 위하여 팔각형으로 내구성을 감안한 형태의 받침틀을 제작하여 적용한 것이 특징이라 할 수 있다.

#### 4. 요철공법

대형수목의 이식 시 뿌리분의 크기를 4~5배 기준으로 분뜨기 작업을 실시하면 분의 중량이 무거워 이식작업에 어려움이 따른다. 본 공법은 이를 극복하기 위하여 분의 크기를 기준보다 줄이는 대신 분주위에 요철(凹凸)을 만들어 유기 토양영양물인 생명토를 충전하여, 세근의 발달을 촉진시키는 공법으로서, 용계리 은행나무에 이 공법을 적용하였다.

## IV. 결론

대형수목은 수목이 지니고 있는 다양한 가치로 인하여 대부분 국가 지정문화재 또는 지방문화재로 지정되어 있다. 환경의 가치가 매우 중요시되는 21세기 우리 국토의 자연환경을 고려할 때, 역사 문화적 가치를 지니고, 경관적으로도 매우 아름다운 대형수목의 보존은

조경분야에서 대단히 중요한 일이다.

따라서 본 연구는 이와 같이 중요한 의미를 지니고 있는 대형수목의 효과적인 이식공법을 제시하기 위하여 현장실무를 중심으로 실증적 방법을 통해 이식의 기술과 공법을 조사 분석 정리하였으며 여기서 도출된 결론은 다음과 같다.

1. 대형수목 이식공사의 진행과정은 일반적으로 굴취작업, 운반틀 제작, 수목상차, 수목운반, 수목하차 및 식재, 지주목 설치 및 유지관리의 단계별 작업으로 이루어 졌다. 또한, 대형 수목의 상식작업은 1차 뿌리돌림, 상식준비, 2차 뿌리돌림, 상식작업, 유지관리 등의 단계로 이루어 졌다.

2. 대형수목 이식공법을 결정하기 위해서는 먼저 구조계산이 선행되어야 한다. 구조계산으로는 수목의 중량계산, H-빔 등 부재의 허용응력을 계산한 후, 이를 바탕으로 한 컴퓨터모델링을 통해 결정된다.

3. 대형수목 이식 시 뿌리분 주변에 취부한 생명토공법을 조사, 분석한 결과, 단 기간 내에 세근이 왕성하게 발생하였음을 확인하였다. 따라서 생명토 취부공법은 대형수목 이식에 매우 유효한 것으로 판단되었다.

4. 대형수목을 이동시키기 위해 제작한 H-빔 받침틀 제작공법을 조사, 분석한 결과, 제작과정과 해체과정이 단순하여, 대형수목이식에 반드시 필요한 적절한 구조물로 판단되었다.

5. 대형수목의 세근을 촉진하기 위한 공법으로 뿌리분 주위를 요철형태로 만들어 그 부위에 생명토를 충전하여 시행한 요철공법은 발근을 촉진하고 또한 급수량을 절약할 수 있는 공법으로 분석되었다.

대형수목의 이식사례는 사례마다 수종, 규격, 작업조건 등이 상이하하여 이들의 사례를 모두 대상으로 하여 연구한다는 것은 불가능한 일이다. 또한 대형수목은 수령이 수백년 이상 된 것이 대부분이며, 이식작업의 결과를 검증하는데 오랜 시간이 걸리므로 그 결과를 짧은 시간 내에 단정한다는 것 또한 매우 곤란한 일이다.

본 연구는 학문적 연구의 체계나 조사, 분석, 검증 등의 방법에 있어서 다소의 제한과 문제의 제기가 있을 수 있다. 그러나 대형수목의 이식에 관한 연구가 전혀

진행되지 않은 현재의 여건에서 조경산업현장에서 시급히 요구되는 대형수목 이식공법에 대한 사례연구를 통한 대형수목 이식공법을 조사, 분석, 정리한 것으로 본 연구의 의의를 찾고자 한다.

### 인용문헌

1. 경북대학교 농업과학 기술연구소(1994) 용계은행나무 활력도 측정에 관한 연구.
2. 마상규(1982) 침엽수 식재시기별 활착특성과 식재적기에 관한 연구. 한국임학회지 58(1): 34-40.
3. 방광자, 설종호(1999) 노거수의 이식 시 뿌리활착을 위한 방법 개발에 관한 연구. 상명대학교 산업과학연구소.
4. 이승재(2000) 생육조절제가 이식 느티나무의 뿌리발달에 미치는 영향. 대구카톨릭대학교 대학원 석사학위논문.
5. 이재근(1988) 조경공사 표준품셈에 관한 고찰. 한국조경학회 정기총회 학술논문발표집.
6. 이정석, 오광인(1978) 대경목의 이식적기에 관한 연구. 한국임학회지 40(1): 57-62.
7. 장봉진(2002) 수목이식공사의 적산방법 개선에 관한 연구. 한양대학교 대학원 석사학위논문.
8. 정평란(1980) 조경적산의 제도적 개선방안에 관한 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문.

원고접수: 2002년 08월 28일

최종수정본 접수: 2002년 10월 1일

3인익명 심사필