

## 조경수목의 생육환경을 고려한 적정 식재간격의 연구<sup>1</sup>

이옥하<sup>2</sup> · 이경재<sup>3</sup>

## Optimal Planting Spacing on the Basis of the Growth Condition of Landscape Trees<sup>1</sup>

Ok-Ha Lee<sup>2</sup>, Kyong-Jae Lee<sup>3</sup>

### 요 약

본 연구는 주요 조경수목에 대한 생장예측모델을 추정하여 적정 식재간격을 산정하기 위해 실시하였다. 조경 식재에서 많이 사용되는 9개 수종을 대상으로 수종별 30주 이상씩의 개체를 선정한 후, 상관성이 높은 측정변수 간에 회귀분석을 실시하여 생장예측모델을 추정하였다. 그리고 서울 시내 2개 아파트단지 녹지를 사례연구지로 선정하여 생육상태를 파악하고 모델과 비교하였다. 전체적으로 교목층 위주의 식재로 인해 식재밀도가 과밀하여 수관이 왜곡되고 기형적으로 생장하는 현상이 발생하고 있는 바, 수관중복률과 수관왜곡률을 분석한 결과에 의하면 현재의 식재간격이 매우 조밀한 것으로 밝혀졌다. 결론적으로 시간경과에 따른 주요 조경수종의 규격별 생장예측을 통해 목표년도별 적정 식재간격을 제안하였는데, 목표년도를 식재 후 5년으로 본다면 상록교목은 2.0m, 낙엽교목은 3.0~4.0m, 낙엽아교목은 2.0~2.5m의 식재간격이 적당하고, 식재 후 10년을 목표년도로 한다면 상록교목의 경우 3.0m, 낙엽교목은 4.0~6.0m, 낙엽아교목은 2.5~3.0m의 간격을 유지하여야 한다. 한편, 본 연구의 결과와 서울시 조례기준 식재밀도를 비교하였는데, 식재후 5년이 경과한 시점에서는 0.23본/ $m^2$ , 10년 경과시점에서는 0.12본/ $m^2$ 이 적정 식재밀도로 밝혀져 현재 0.2본/ $m^2$ 으로 정하고 있는 서울시 교목 식재 관련 기준은 5년 정도를 목표시점으로 한다면 적절한 수준임을 알 수 있었다. 그러나 식재 후 10년이 경과하면 수관중복률이 25%를 초과하게 되므로 체적한 녹지환경을 유지하기 위해 반드시 적절한 관리를 실시해야 할 것으로 판단되었다.

주요어 : 생장예측모델, 수관왜곡률, 식재밀도

### ABSTRACT

This study was carried out to establish optimal planting spacing by growth prediction models formulated of major landscape tree species. Nine trees species which were used most frequently in landscape construction in Korea were selected with 30 or more repetition and growth prediction models were formulated with regression analysis on tree size variables with high significant correlation. The case study areas were two apartment complexes in Seoul, whose tree growth was surveyed and compared to that of growth prediction models. For there

1 접수 1월 31일 Received on Jan. 31, 1999

2 서울시립대학교 대학원 Graduate School, Univ. of Seoul, Seoul, 130-743, Korea(ohlee@kebi.com)

3 서울시립대학교 도시과학대학 College of Urban Science, Univ. of Seoul, Seoul, 130-743, Korea(ecology@iacomi.uos.ac.kr)

were planting of tree layer, planting density was increased and tree forms were contorted. It was understood that present planting density was very high with the analysis of crown overlap ratio and crown contortion ratio. This study proposed optimal planting spacing by target year with growth prediction of main landscape tree. If target year is 5 year after planting, optimal planting spacing of evergreen tree is 2.0m, deciduous tree is 3.0~4.0m, and deciduous subtree is 2.0~2.5m. If target year is 10 year, optimal planting spacing of evergreen tree is 3.0m, deciduous tree is 4.0~6.0m, and deciduous subtree is 2.5~3.0m. While Seoul city proposed that planting density is 0.2 tree/ $m^2$  on the regulation of planting in the code of Seoul, this study found out that it is optimal as follows : 1) for 5 years later, planting density was 0.23 tree/ $m^2$ , 2) for 10 years later, 0.12 tree/ $m^2$ . Comparing the results of this study to regulation of Seoul, that of Seoul was pertinent if its target year is 5 years later. But after 5 years crown of trees were overlapped increasingly, and so crown overlap ratio exceeded 25% after 10 years, management of density should be needed.

#### **KEY WORDS : GROWTH PREDICTION MODEL, CROWN CONTORTION, PLANTING DENSITY**

## 서 론

녹지의 중요한 구성요소인 수목은 폐적성을 높일 수 있는 미적가치를 지니며, 소음조절, 공간의 창조, 사생활의 보장 등 여러 가지 기능을 지니고 있으므로 조경소재로서 수목은 소홀히 다룰 수 없다(김귀곤과 안건용, 1976). 그러므로 수목은 생물체로서 일반적인 인공재료가 지닌 균일성이나 불변성은 결핍되어 있지만 생장에 따른 풍부한 변화성을 갖추고 있고(新田, 1975; 윤국병, 1985), 수목의 선과 형태, 생육습성은 성목에 이르는 동안 계속 변하기 때문에 이러한 속성을 잘 파악하는 것이 배식설계시 필수적으로 고려되어야 할 사항이다(Nelson, 1981). 따라서 설계가는 묘목의 크기와 일반적으로 판매되는 수목의 크기, 충분히 성숙한 크기에 대해 파악해야 한다(Carpenter, 1975). 그러나 조경용 수목의 생장 예측에 관한 연구로는 김남춘 등(1988)에 의한 스트로브잣나무, 느티나무, 백목련에 관한 크기 모델이 있을 뿐이며, 현재는 이에 대한 정확한 정보가 부족한 실정이어서 장래를 예측하여 식재를 하는 일도 힘든 상황이다.

식재밀도와 수목생장에 관한 연구는 주로 산림자원학 분야에서 이루어졌는데, 조경분야에서는 윤근영(1997)에 의해 아파트단지 내 단목·군식 등의 식재밀도에 따른 생장차이가 연구되었고, 신규환(1992)은 식재밀도와 수목규격으로 인해 수세가 빈약하며, 대형목 식재로 하자가 발생하고 경관의 효과 및 질을 저하시키고 있다고 밝히면서, 수목 수관투영면적을 고려하고 수목의 생장속도를 감안하면 생육공간이

절대 부족하다고 하였다. 일본 대기정화식재지침에는 고목, 중목 및 저목의 수고, 수관폭 및 수간간극(樹幹間隙)을 고려한 주택, 학교, 공장, 주차장, 점포 및 업무용빌딩의 식재기준이 기술되어 있고(신익순, 1997), 우리나라에서는 자연식생을 모델로 한 식재기법 연구를 통한 적정 식재간격 및 밀도 산정에 관한 연구(오구균, 1986; 권전오, 1997)가 진행되었으며, 조우와 이경재(1998)는 도시환경립 및 군락식재지의 배식기법 연구에서 식재간격과 밀도를 제안하기도 하였다. 최근 들어 조경수목의 식재에 관한 적정밀도 및 식재거리에 관한 연구 필요성으로 인해 관련 연구가 활발히 진행되고 있는데 공동주택단지내 식재밀도의 법규적 검토(최일홍 등, 1998)와 공동주택단지의 식재밀도 개선에 관한 연구(대한주택공사, 1998)가 있고, 공원지역에서의 수목성장률을 고려한 적정밀도에 관한 연구(이준복과 심경구, 1998)가 이뤄졌다.

한편, 식재밀도는 식재계획을 하는 설계가의 의도에 달려있는데, 식재의 목적, 기능과 식재의 목표형태에 따라 수목상호의 조화, 대립, 분리 등의 생태적 특성과 유지관리수준 등을 고려하여 식재구분을 설정해야 하고(中島, 1992), 각각의 수목이 최대한으로 성장하도록 충분한 공간이 제공되어야 하며, 이 공간은 수고와 수목집단(mass, form)에 의해 결정되고 식재한 주변의 수목을 위한 거리를 결정한다(Gruffydd, 1987). 따라서 본 연구에서는 타 연구자(이준복과 심경구, 1998; 한국조경학회, 1991; 김남춘 등, 1988)에 의해 제시된 기준에 의해 식재 목표년도에 해당수목 수관폭의 75~100% 정도 식재간격을 유지하는 상태를 적정밀도의 범위로 보았다.

또한, 도시 토지이용은 매우 빠르게 변화하기 때문에 식재 당시에 40~50년 후의 효과를 위해 식재하는 것은 매우 비현실적이며, 심지어는 10년 동안에 나타나게 될 상세한 도시경관을 예측하기도 어렵기 때문에 개개의 수목생장률은 잠재적으로 중요한 설계 고려사항이 되고(Arnold, 1992), 식재설계는 수목의 생장예측을 통한 목표설정이 중요하다. Robinson(1992)은 보통 10~15년 이후를 목표로 설계할 것을 제안하였고, 中島(1992)는 식재기능의 요구에 따라 완성형, 반완성형, 장래완성형으로 식재양식을 구분하여 식재 당초, 식재 후 5년, 식재 후 10~20년 정도를 목표로 설정하도록 제안하였다. 또한 제한된 식재환경 속에서 자연수형을 연출하기 위해서는 초기에 합리적인 식재와 적절한 관리를 행해야 하며, 살아 있는 생물로서 정상적인 성장이 이루어지도록 지속적인 육성관리를 실시해야 하지만(이기철 등, 1994), 녹지공간의 용도, 기능에 적합하며, 장래 수목의 생육이 활발할 수 있고, 간벌, 이식 등의 밀도관리 대책을 줄일 수 있도록 식재밀도를 조절하여야 한다(中島, 1992). 따라서 본 연구에서는 주요 조경수목의 생장예측모델을 산정하여 사례연구지 수목의 생장상태를 비교하고, 목표년도별 적정 식재간격을 제안하여 보다 합리적인 식재계획을 하는데 기여하고자 하였다.

## 연구내용 및 방법

### 1. 생장예측모델을 위한 연구

#### (1) 연구수종 및 대상지 선정

본 연구는 온대중부지역(임경빈, 1985)에 속하는 서울 및 수도권지역을 연구의 공간적 대상으로 하였고, 도시내 조경식재에서 많이 사용하는 교목성 수종 9종(대한주택공사, 1995)을 선정하고, 다른 수목의 영향을 받지 않는 독립목 또는 충분한 식재공간을 확보하고 있어 인근에 식재된 수목으로부터 간섭을 받지 않으며 정상적으로 생육하고 있는 수목을 수종당 최소 30주 이상씩 선정하여 생장예측모델 추정을 위한 기본 자료를 수집하였다. 생장예측모델 추정을 위한 수목선정 대상지로는 충분한 식재공간을 확보하고 있는 서울시립대학교, 양재시민의 숲, 의정부시 H농장 등 3곳을 선정하였다(Figure 1). 대상지역별 기상 개황을 살펴보면, 최근 10년 간(1987~1996) 서울의 연평균기온이 12.5°C, 연강수량은 1,411.6mm, 의정부시의 연강수량은 1,379.5mm

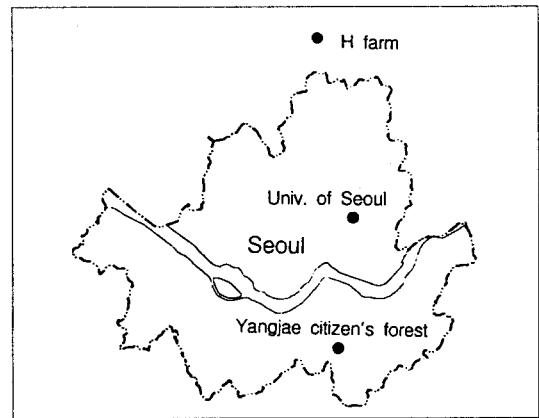


Figure 1. Location map of survey site for growth prediction model

이었다(기상청, 1987~1996). 9개 수종의 흥고직 경급별 조사규격 및 수량은 Table 1과 같으며, 흥고직경(DBH) 10cm 이하의 소경목과 10~20cm 사이의 중경목, 20cm 이상의 대경목으로 나누어 각 요소별로 측정하였다.

#### (2) 조사내용 및 분석방법

본 연구를 위해 조사한 수종별 규격으로 상록교목의 경우, 수고, 지하고, 흥고직경, 근원직경, 수관폭을 측정하였고, 낙엽교목에서는 앞의 조사항목 외에 분지높이도 측정하였으며, 조사는 1998년 4월과 5월에 실시하였다. 각 규격의 조사방법을 살펴보면, 흥고직경(DBH, cm)과 근원직경(R, cm)은 직경자(diameter tape)를 사용하여 측정하였고, 수고(H, m)는 수고측정기(hagar)를 사용하였으며, 수관폭은  $((수관장축+수관단축)/2=(LW+SW)/2)$ 로 계산하여 구하였다. 단, 흥고높이 이하에서 분지된 수목의 경우 1.2m 지점의 직경을 모두 측정하여 합산한 값을 사용하였다( $DBH=\sqrt{dbh1^2+dbh2^2} \dots$ ). 그런 후에 각 수종의 생장예측모델 산정을 위해 SPSSWIN Version 7.5와 Excel 97 프로그램을 사용하여 자료의 정리 및 기술통계분석(descriptive statistics), 상관관계분석(correlation analysis), 회귀분석(regression analysis)을 실시하였다.

### 2. 사례연구 및 적정 식재간격 제안

#### (1) 사례연구 대상지

식재 후 10년 정도 경과하여 수목의 활착이 끝나

Table 1. Size and survey numbers of major landscape trees for growth prediction model (Unit: individuals)

No.	Property	Species name	Number of individuals			
			Total	DBH*≤10	10<DBH≤20	20<DBH
1	evergreen	<i>Pinus koraiensis</i>	57	8	36	13
2	"	<i>Pinus strobus</i>	53	32	19	2
3	deciduous	<i>Ginkgo biloba</i>	40	0	9	31
4	"	<i>Zelkova serrata</i>	32	13	6	13
5	"	<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	46	10	19	17
6	"	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	83	35	36	12
7	"	<i>Acer palmatum</i>	57	7	43	7
8	"	<i>Acer buergerianum</i>	36	9	13	14
9	"	<i>Aesculus turbinata</i>	77	28	23	26
Total			481	142	204	135

\*DBH: diameter of breast height(unit: cm)

생장이 활발한 서울시내 두 곳을 선정한 후, 수목 생장예측모델을 이용하여 수목의 생육상태를 파악하였다. 1986년에 준공된 목동 5단지 아파트에서 12개 조사구, 1988년에 준공된 상계동 10단지 아파트에서 4개 조사구를 선정하여 식재현황을 조사하였다 (Figure 2).

## (2) 조사내용 및 분석방법

① 문현조사: 기존문현과 준공 당시 도면으로 식재지 개황과 녹지면적, 식재수목 등을 파악하였다.

② 현장조사: 대상지 내 녹지지역에서 일정면적의 조사구를 선정하여 교목, 아교목의 규격(Figure 3), 수량, 위치, 조사구별 식재간격 등을 조사하고, 관목은 수종 및 수고, 식재면적을 측정하여 도면화하였고, 현장조사는 1997년 9월과 10월에 실시하였다.

③ 분석내용 및 방법: 현장조사된 식재현황을 바탕으로 각 조사구 충위별 규격 및 녹지면적, 녹피지수, 충위별 구성비, 평균식재거리 등을 분석하였고, 식재간격에 의한 수형변화를 판단하기 위하여 사례지 수목과 생장예측모델에서 사용한 수목의 수관왜곡률을 비교·분석하였다. 그리고 목편추출기를 이용하여 수종별 목편(core)을 추출한 뒤, 생장량 분석을 통해 생장예측모델을 이용한 교목총 수관중복률 분석을 실시하고, 적정 식재간격을 제안하였다. 각종 분석을 위해 SPSSWIN Version 7.5와 Excel 97프로그램을 사용하였다.

$$\cdot \text{개체별 평균수관폭(m)} = \frac{(LW + SW)}{2}$$

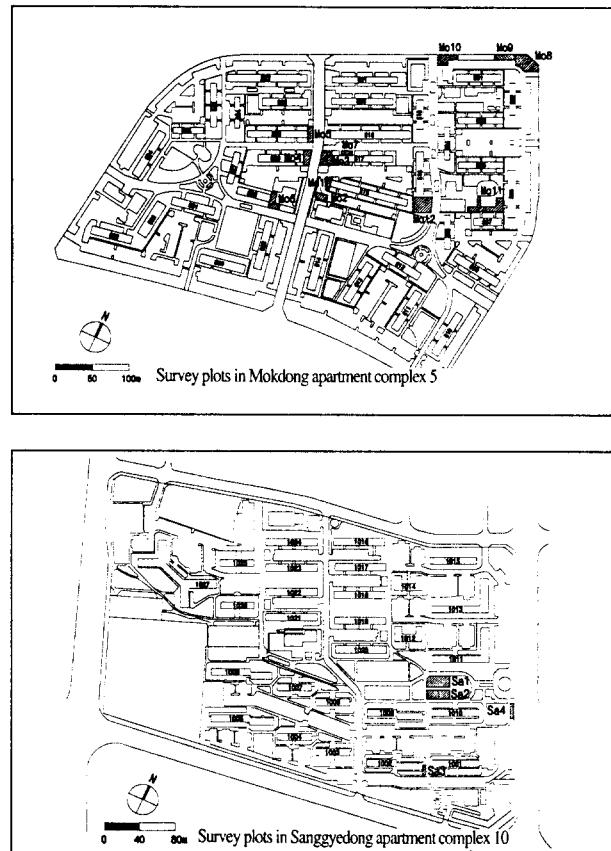


Figure 2. Location map of survey plots in case study area

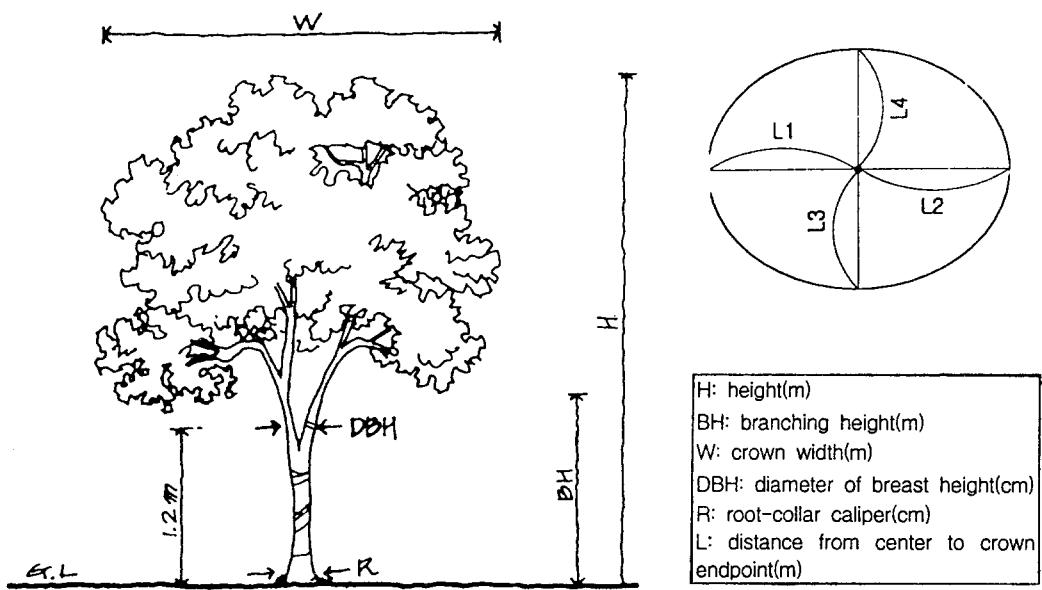


Figure 3. Measured tree size of survey plots in case study area

$$\cdot \text{성상별 평균수관폭}(\text{m}) = \frac{\Sigma \text{개체별 평균수관폭}}{\text{해당층위의 개체수}}$$

$$\cdot \text{층위별 녹피면적}(\text{m}^2) = \text{해당층위 수목의 녹피면적}$$

$$\cdot \text{조사구별 녹피면적}(\text{m}^2) = (\text{교목총 녹피면적}) + (\text{아교목총 녹피면적}) + (\text{관목총 녹피면적})$$

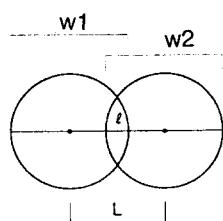
$$\cdot \text{층위별 녹피지수} = \frac{\text{층위별 녹피면적}(\text{m}^2)}{\text{조사구의 면적}(\text{m}^2)}$$

$$\cdot \text{조사구별 녹피지수} = (\text{교목총 녹피지수}) + (\text{아교목총 녹피지수}) + (\text{관목총 녹피지수})$$

$$\cdot \text{수관왜곡률 } A = \frac{LW}{W} \quad \cdot \text{수관왜곡률 } B = \frac{SW}{W}$$

$$\cdot \text{수관중복률}(\%) = \frac{(Wm - L)}{Wm} \times 100 =$$

$$\frac{l}{(W1+W2)/2} \times 100 = \frac{l}{Wm} \times 100$$



단, LW: 수관장축, SW: 수관단축, W: 평균수관폭, Wm: 인접한 두 수목의 평균수관폭, L: 인접한 두 수목의 수간중심간 거리, l: 수관이 겹쳐진 길이.

## 결과 및 고찰

### 1. 수종별 생장예측모델

측정한 변수간 상관관계를 분석한 바, 대부분의 변수들간에 고도의 유의적 상관성이 인정되었다. 그중에서도 흥고직경과 근원직경은 모든 수종에서 수고, 수관폭과 1% 유의수준에서 고도의 상관관계가 인정되었다. 한편, 식재간격 결정에 영향을 미치는 수관폭은 은행나무를 제외한 8개 수종 모두에서 흥고직경과 가장 상관성이 높은 것으로 나타났다. 따라서 중국단풍과 칠엽수의 경우 분지높이와 상관관계분석의 결과를 고려했을 때 근원직경보다는 흥고직경을 사용하는 것이 더 설득력을 갖는다고 볼 수 있다. 측정 요소별 상관관계분석을 통해 고도의 유의적 상관성이 인정된 변수끼리 회귀분석을 실시하여 Table 2와 같은 회귀식을 구하였다. 느티나무와 단풍나무는 근원직경을 사용하여 수고와 수관폭을 설명하는 회귀식을 산정하였고, 잣나무를 비롯한 나머지 7개 수종은 흥고직경을 사용한 회귀식을 산정하여 생장예측모델을

Table 2. Regression analysis between variables in major landscape trees

Species	Regression equation	r	R <sup>2</sup>	Sig.F
<i>Pinus koraiensis</i>	$R = 0.0058 \times (\text{DBH})^2 + 1.1048 \times (\text{DBH}) + 1.3772$	0.989"	0.979	0.000
	$H = -0.0151 \times (\text{DBH})^2 + 0.8217 \times (\text{DBH}) - 0.7697$	0.881"	0.871	0.000
	$W = -0.004 \times (\text{DBH})^2 + 0.329 \times (\text{DBH}) + 0.0922$	0.922"	0.868	0.000
<i>Pinus strobus</i>	$R = 0.0038 \times (\text{DBH})^2 + 0.958 \times (\text{DBH}) + 3.2543$	0.988"	0.977	0.000
	$H = -0.0066 \times (\text{DBH})^2 + 0.4928 \times (\text{DBH}) + 0.3318$	0.897"	0.842	0.000
	$W = -0.0026 \times (\text{DBH})^2 + 0.286 \times (\text{DBH}) + 0.5131$	0.949"	0.914	0.000
<i>Ginkgo biloba</i>	$R = 1.200 \times (\text{DBH}) + 3.121$	0.921"	0.849	0.000
	$H = -0.0154 \times (\text{DBH})^2 + 0.9693 \times (\text{DBH}) - 2.8879$	0.721"	0.548	0.000
	$W = -0.0083 \times (\text{DBH})^2 + 0.4857 \times (\text{DBH}) - 0.8859$	0.488"	0.263	0.004
<i>Zelkova serrata</i>	$R = -0.0053 \times (\text{DBH})^2 + 1.3742 \times (\text{DBH}) + 2.0328$	0.989"	0.981	0.000
	$H = -0.001 \times R^2 + 0.2494 \times R + 1.6473$	0.937"	0.869	0.000
	$W = 0.0015 \times R^2 + 0.14 \times R + 1.5535$	0.960"	0.921	0.000
<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	$R = 0.0044 \times (\text{DBH})^2 + 1.1939 \times (\text{DBH}) + 2.0213$	0.977"	0.956	0.000
	$H = -0.0062 \times (\text{DBH})^2 + 0.6074 \times (\text{DBH}) + 1.2165$	0.936"	0.904	0.000
	$W = 0.0012 \times (\text{DBH})^2 + 0.0777 \times (\text{DBH}) + 1.52$	0.948"	0.907	0.000
<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	$R = 1.271 \times (\text{DBH}) + 1.518$	0.981"	0.962	0.000
	$H = 0.314 \times \text{DBH} + 7.070$	0.869"	0.755	0.000
	$W = -0.0052 \times (\text{DBH})^2 + 0.3636 \times (\text{DBH}) + 0.4456$	0.876"	0.800	0.000
<i>Acer palmatum</i>	$R = -0.0136 \times (\text{DBH})^2 + 1.4436 \times (\text{DBH}) + 1.9872$	0.901"	0.817	0.000
	$H = -0.0109 \times R^2 + 0.6038 \times R - 0.343$	0.472"	0.415	0.000
	$W = -0.0084 \times R^2 + 0.5534 \times R - 2.5243$	0.769"	0.610	0.000
<i>Acer buergerianum</i>	$R = -0.0297 \times (\text{DBH})^2 + 2.1261 \times (\text{DBH}) - 3.4948$	0.952"	0.919	0.000
	$H = -0.0158 \times (\text{DBH})^2 + 0.9457 \times (\text{DBH}) - 0.8837$	0.875"	0.789	0.000
	$W = -0.0028 \times (\text{DBH})^2 + 0.3558 \times (\text{DBH}) - 0.341$	0.906"	0.823	0.000
<i>Aesculus turbinata</i>	$R = 1.232 \times (\text{DBH}) + 2.405$	0.987"	0.974	0.000
	$H = -0.0151 \times (\text{DBH})^2 + 0.8256 \times (\text{DBH}) - 0.2479$	0.918"	0.892	0.000
	$W = -0.0042 \times (\text{DBH})^2 + 0.3563 \times \text{DBH} + 0.3386$	0.936"	10.886	0.000

DBH: diameter of breast height, R: root-collar caliper, H: height, W: crown width

\*\*: p≤0.01

설정하였다.

## 2. 생장예측모델을 이용한 사례연구지 수목생장분석

사례연구지의 식재현황을 분석한 결과는 Table 3과 같았다. 녹피지수는 0.73~3.17 사이였으며, 평균 2.19였다. 전체 구성비 중 교목층이 차지하는 비율이 평균 79.7%, 아교목층 15.1%, 관목층 5.1%로 나타나 권전오(1997)가 밝힌 중부지방 자연식생의 층위구성비율과 비교해 볼 때 교목층의 비율이 높은 것으로 밝혀졌다. 이는 대한주택공사(1998)의 연

구에서 나타난 바와 같이 조경식재시에 교목층과 아교목층을 구별하지 않고 교목층으로 함께 식재하기 때문에으로 판단되며, 관목층 식재의 빈약함도 그 원인으로 볼 수 있다. 각 조사구별 식재거리를 살펴보면, 교목층간 식재거리는 1.6~5.0m 사이로 평균 2.6m였고, 교목층과 아교목층을 합한 식재거리는 평균 1.9m로 나타났는데 고사목을 고려하면 식재 당시에는 이보다 더 가깝게 식재되었을 것으로 추측되었다.

Figure 4와 5는 각각 목동 조사구 4와 상계동 조사구 3의 식재현황을 나타낸 그림이다. 목동 조사구 4에서 수목간 평균식재거리는 2.2m, 교목층 평균식재거리는 3.7m, 교목층 평균수관폭은 6.4m였다.

Table 3. General description of planting in each plot of two apartments region(Mokdong and Sanggyedong)

Plot	Area(m <sup>2</sup> )	Layer	Indi	Sp	W	B	D	CP	G	Ratio(%)
Mo 1	87.69	C	7	2	4.2	17.0	2.1	98.1	1.12	75.2
		U	3	1	2.7	9.5	-	16.9	0.19	12.9
		S	1	1	4.0	-	-	15.5	0.18	11.9
		Total	11	4	-	-	2.1	130.5	1.49	100.0
Mo 2	342.42	C	33	6	3.8	11.7	2.5	435.0	1.27	79.5
		U	24	4	1.9	5.0	-	69.6	0.20	12.7
		S	2	2	12.9	-	-	42.8	0.12	7.8
		Total	59	12	-	-	1.8	547.3	1.59	100.0
Mo 3	326.90	C	18	4	5.5	16.3	2.9	461.6	1.41	70.5
		U	27	6	2.7	6.4	-	169.2	0.52	25.8
		S	1	1	17.9	-	-	24.5	0.07	3.7
		Total	46	11	-	-	1.8	655.3	2.00	100.0
Mo 4	189.48	C	12	3	6.4	21.1	3.7	402.7	2.13	84.4
		U	13	1	2.2	6.0	-	50.9	0.27	10.6
		S	2	2	2.8	-	-	23.7	0.12	5.0
		Total	27	6	-	-	2.2	553.4	2.52	100.0
Mo 5	191.04	C	15	4	5.9	18.6	3.1	436.5	2.28	78.9
		U	16	3	3.8	10.0	-	92.6	0.48	16.7
		S	2	2	8.6	-	-	24.3	0.13	4.4
		Total	33	9	-	-	2.2	553.4	2.90	100.0
Mo 6	115.94	C	11	2	4.9	17.5	2.8	209.6	1.81	72.8
		U	8	3	3.2	8.3	-	67.6	0.58	23.5
		S	1	1	7.0	-	-	10.6	0.09	3.7
		Total	20	6	-	-	2.0	287.8	2.48	100.0
Mo 7	47.85	C	2	1	6.0	16.6	5.0	55.5	1.17	61.5
		U	4	2	3.2	8.6	-	24.4	0.51	27.1
		S	1	3	-	-	-	10.3	0.21	11.4
		Total	7	6	-	-	2.1	90.2	1.89	100.0
Mo 8	497.50	C	54	9	4.2	13.1	2.4	816.6	1.64	90.1
		U	7	3	1.7	3.5	-	20.2	0.04	2.2
		S	5	3	7.3	-	-	70.5	0.14	7.7
		Total	66	15	-	-	2.3	907.3	1.82	100.0
Mo 9	224.00	C	44	4	3.6	11.7	1.7	526.9	2.35	95.0
		U	-	-	-	-	-	-	-	-
		S	1	1	20.1	-	-	27.7	0.12	5.0
		Total	45	5	-	-	1.7	554.5	2.47	100.0
Mo 10	278.16	C	44	6	3.9	11.8	1.9	584.3	2.10	92.0
		U	5	3	2.2	5.1	-	23.7	0.09	3.8
		S	2	2	5.8	-	-	26.9	0.10	4.2
		Total	51	11	-	-	1.9	634.9	2.29	100.0
Mo 11	323.28	C	36	9	4.0	13.2	2.4	494.0	1.53	85.4
		U	7	5	2.2	7.5	-	36.2	0.11	6.3
		S	4	3	8.6	-	-	48.3	0.15	8.3
		Total	47	13	-	-	2.3	578.5	1.79	100.0
Mo 12	568.40	C	41	6	3.0	10.8	2.6	331.6	0.58	79.4
		U	22	6	1.9	6.4	-	70.3	0.12	16.8
		S	1	1	8.4	-	-	15.8	0.03	3.8
		Total	63	13	-	-	2.2	417.6	0.73	100.0
Sa 1	203.61	C	16	3	5.6	11.4	2.1	409.4	2.01	75.3
		U	6	3	4.4	8.3	-	106.2	0.52	19.5
		S	3	3	-	-	-	28.2	0.14	5.2
			Total	25	7	-	-	543.8	2.67	100.0

Table 3. (Continued)

Plot	Area(m <sup>2</sup> )	Layer	Indi	Sp	W	B	D	CP	G	Ratio(%)
Sa 2	142.96	C	3	1	9.2	20.7	3.5	198.3	1.39	58.6
		U	16	4	3.2	8.5	-	134.0	0.98	41.4
		S	-	-	-	-	-	-	-	-
		Total	19	4	-	-	1.6	388.3	2.37	100.0
Sa 3	68.16	C	9	1	5.3	11.6	1.8	206.5	3.03	95.5
		U	3	1	2.0	7.0	-	9.3	0.14	4.3
		S	1	1	0.6	-	-	0.3	-	0.2
		Total	13	3	-	-	1.6	216.1	3.17	100.0
Sa 4	118.50	C	18	4	4.1	10.3	1.6	278.2	2.35	81.4
		U	7	2	3.2	6.4	-	63.5	0.54	18.6
		S	-	-	-	-	-	-	-	-
		Total	25	4	-	-	1.2	341.7	2.89	100.0

\*Indi: number of individuals, Sp: number of species, W: mean width(m), B: mean diameter of breast height(cm), D: distance between trees(m), CP: total crown projection area(m<sup>2</sup>), G: (CP/plot area), C: canopy layer, U: understory layer, S: shrub layer, Mo: plot of Mokdong apt., Sa: plot of Sanggyedong apt.

Table 4. Size changes of major landscape trees in two apartments region(Mokdong and Sanggyedong)

Site	Species	Indi.	Planting size			Survey size			Model size			
			H	W/B/R	H(±S.D)	W(±S.D)	B(±S.D)	R(±S.D)	H	W	B	R
Mok-dong	<i>Pinus koraiensis</i>	110	3.0	W1.5	4.7(±1.2)	2.6(±0.7)	7.6(±2.7)	10.0(±3.1)	4.6	2.4	7.6	10.1
	<i>Pinus strobus</i>	57	2.0	W1.0	5.6(±2.0)	3.2(±0.7)	9.8(±3.1)	13.0(±3.5)	4.5	3.1	9.8	13.0
	<i>Ginkgo biloba</i>	45	3.5	B10	6.9(±0.4)	3.0(±0.2)	12.2(±0.4)	16.9(±0.6)	7.6	3.8	12.2	17.5
	<i>Zelkova serrata</i>	62	4.0	R12	6.5(±1.9)	6.3(±1.7)	16.1(±3.9)	22.0(±5.0)	6.7	5.4	15.6	22.0
	<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	31	3.0	B 5	14.7(±3.3)	4.6(±0.9)	19.2(±4.7)	27.1(±7.6)	10.6	3.4	19.2	26.6
	<i>Acer palmatum</i>	17	2.5	R 8	4.3(±1.2)	3.5(±1.3)	9.4(±3.3)	11.9(±3.0)	5.3	2.9	8.3	11.9
	<i>Acer buergerianum</i>	25	3.5	R 8	9.6(±2.9)	5.0(±1.1)	14.8(±4.5)	20.1(±5.4)	9.7	4.3	14.8	21.5
	<i>Aesculus turbinata</i>	29	3.0	R 8	6.8(±0.3)	3.5(±0.2)	12.5(±0.6)	18.1(±0.6)	8.7	3.8	12.9	19.0
Sang-gye-dong	<i>Pinus koraiensis</i>	20	2.5	W1.2	4.9(±0.9)	2.4(±0.5)	6.7(±1.7)	-	4.1	2.1	6.7	9.0
	<i>Zelkova serrata</i>	26	3.0	R 6	5.3(±1.2)	5.7(±1.4)	11.5(±2.9)	16.3(±3.2)	4.8	3.7	8.6	13.3
	<i>Acer palmatum</i>	4	2.0	R 6	5.0(±0.8)	4.1(±1.0)	9.9(±4.0)	12.6(±2.5)	5.5	3.1	8.8	12.6

\*H: height(m), W: crown width(m), B: diameter of breast height(cm), R: root-collar caliper(cm), Indi: number of individuals

수목 1은 메타세콰이어로 평균 수고가 18m, 평균수관폭이 5.0m였는데, 수목의 수관생장을 고려하지 않고 건물벽면에 너무 가까이 식재하여 수관이 왜곡되어 생장하였고, 벽면쪽 가지는 햇볕을 거의 받지 못해 고사하기도 하였다. 상계동 조사구 3에서도 마찬가지로 느티나무의 지나친 밀식으로 인해 수관이 왜곡되었고, 건물측면에 식재된 느티나무의 수관발달

이 빈약하였다. 그러므로 건물 가까이 심는 수목은 잠재적인 최대 크기를 고려하여 공간에 적절하게 식재해야 할 것으로 사료되었다.

Table 4에서는 식재시의 수목규격과 조사시점의 수목규격 분석을 통해 크기변화를 나타내었으며, 생장예측모델과도 비교하였다. 스트로브잣나무, 메타세콰이어, 중국단풍의 성장률이 비교적 높게 나타났

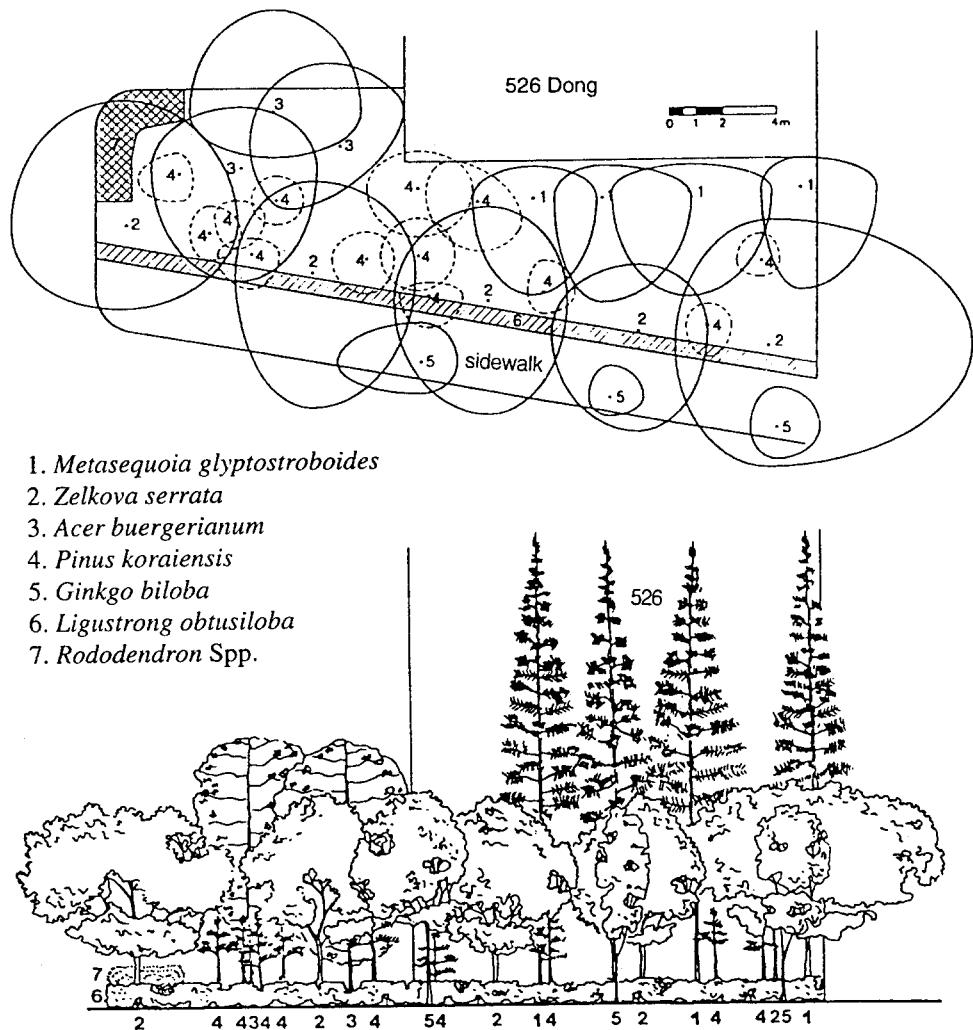


Figure 4. Planting map of plot 4 in Mokdong apartment complex

으며, 이는 속성수로 알려진 수목의 생태적 특성과 관련이 있는 것으로 판단되었다.

### 3. 수관중복률분석

목표년도의 해당수목 수관폭의 75~100% 정도의 거리를 적정 식재거리로 할 때, 수관중복률은 0~25% 범위인데, 각 조사구별 수관중복률을 분석한 것이 Table 5의 내용이다. 각 조사구별 교목총 수목의 평균수관폭은 3.0~9.2m, 평균식재거리는 2.6m로 나타나 수관중복률이 최소 13.3%에서 최고 66.0%로 평균 47.1%였으며, 대부분의 조사구에서

적정 식재거리보다 좁게 식재되어 있었다.

한편, 사례연구지 내 7개 수종의 수관중복률을 분석하여 Table 6과 같은 결과를 얻었다. 수종별 식재거리는 1.1~3.8m, 평균식재거리는 2.0m로 수관중복률이 평균 48.7%였으며, 모든 수종이 적정 식재거리보다 가깝게 식재되어 적정 수관중복률인 0~25% 범위를 초과하고 있었다. 따라서 식재당시의 수목간 거리가 평균 10년이 지난 시점에서는 수목의 생육을 크게 저하시킬 가능성을 지니고 있는 것으로 판단되었다. 그리고 수관이 넓게 퍼지는 성질을 지닌 느티나무, 중국단풍 등의 수관중복률이 60%를 넘어 비교적 높게 나타났는데 이는 다른 수종들과 비슷한

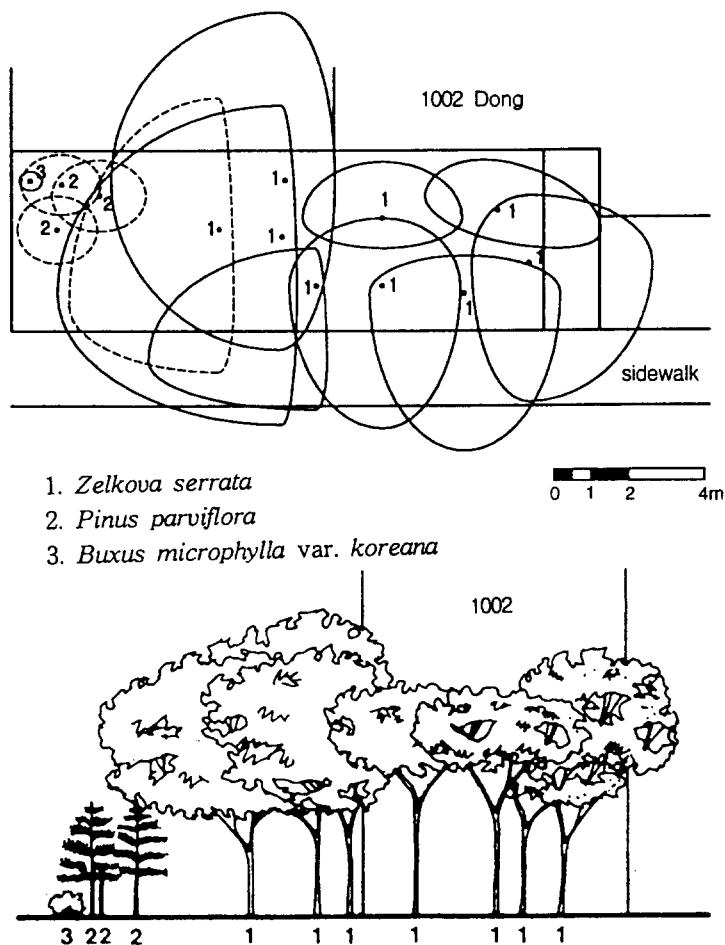


Figure 5. Planting map of plot 3 in Sanggyedong apartment complex

Table 5. Crown overlap ratio of canopy layer in two apartments region(Mokdong and Sanggyedong)

Plot no.	W(m)	d(m)	Crown overlap(%)	D(m)	Plot no.	W(m)	d(m)	Crown overlap(%)	D(m)
Mo 1	4.2	2.1	50.0	3.2~4.2	Mo 9	3.6	1.7	52.8	2.7~3.6
Mo 2	3.8	2.5	34.2	2.9~3.8	Mo10	3.9	1.9	51.3	2.9~3.9
Mo 3	5.5	2.9	47.3	4.1~5.5	Mo11	4.0	2.4	40.0	3.0~4.0
Mo 4	6.4	3.7	42.2	4.8~6.4	Mo12	3.0	2.6	13.3	2.3~3.0
Mo 5	5.9	3.1	47.5	4.4~5.9	Sa 1	5.6	2.1	62.5	4.2~5.6
Mo 6	4.9	2.8	42.9	3.7~4.9	Sa 2	9.2	3.5	62.0	6.9~9.2
Mo 7	6.0	5.0	16.7	4.5~6.0	Sa 3	5.3	1.8	66.0	4.0~5.3
Mo 8	4.2	2.4	42.9	3.2~4.2	Sa 4	4.1	1.6	61.0	3.1~4.1
				Mean	5.0	2.6	47.1	3.7~5.0	

\*W: crown width, d: planting spacing, D: optimal planting spacing. Mo: plot of Mokdong apt.. Sa: plot of Sanggyedong apt.

Table 6. Crown overlap ratio between homogeneous species in two apartments region(Mokdong and Sanggyedong)

Site	Species	W(m)	d(m)	Crown overlap(%)	D(m)
Mokdong	<i>Pinus koraiensis</i>	3.0	1.8	39.9	2.2~3.0
	<i>Pinus strobus</i>	3.2	1.8	43.9	2.4~3.2
	<i>Zelkova serrata</i>	4.9	3.2	34.5	3.6~4.9
	<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	4.6	2.6	47.1	3.4~4.6
	<i>Acer palmatum</i>	3.4	1.9	44.6	2.6~3.4
	<i>Acer buergerianum</i>	4.6	1.7	63.2	3.4~4.6
Sanggyedong	<i>Aesculus turbinata</i>	3.8	2.2	41.4	2.9~3.8
	<i>Pinus koraiensis</i>	2.4	1.1	54.5	1.8~2.4
	<i>Zelkova serrata</i>	5.9	1.8	68.9	4.4~5.9
Mean		4.0	2.0	48.7	3.0~4.0

\*W: crown width, d: planting spacing, D: optimal planting spacing

식재간격을 유지하고 있는 탓으로 보였다. 그러므로 식재설계시에는 각 수종 고유 특성에 대한 고려가 뒤따라야 할 것으로 여겨진다.

수관크기는 수목활력의 중요한 척도이며, 수관폭은 과거 생장조건에 의해 강하게 영향을 받으며, 수목의 경쟁에 대한 측정도구로 이용될 수 있는데, 가장 일반적인 수관크기 모델링 방법은 흥고직경, 수고, 수령, 흥고단면적(basal area) 또는 경쟁지수 등 관련된 수목의 크기나 임목의 특징을 사용하여 수관폭, 수관률, 수관높이 등 수관크기를 측정하는 대비성장관계의 사용이다. 이것은 현 임목 또는 수목의 조건으로 다음 단계의 성장을 예측할 수 있는 방법인데(Hasenauer and Monserud, 1996), 본 연구에서는 조사시점의 목편(core)을 채취하여 생장량 분석을 통해 식재당시와 식재후 5년 경과시의 흥고직경을 추정하고, 생장예측모델을 이용하여 수관폭과 수관중복률을 계산한 후, 조사시점의 수관폭을 기준으로 값을 보정하였다. 동일수종간의 식재거리와 수관중복률 변화를 살펴보면(Table 7), 식재 당시에는 대부분의 수종이 적정 식재간격 범위에 속하거나 식재간격이 넓어 수관중복률이 적정수준 이하였지만, 상계동지역의 느티나무는 식재 당시에 이미 적정중복률을 초과한 상태로 밝혀져 조밀하게 식재되었음을 알 수 있었다. 식재 후 5년 경과시점에서는 거의 모든 수종들이 적정 수관중복률의 최대치에 도달했고, 단풍나무와 중국단풍은 이미 적정 수관중복률을 벗어난 상태였다. 조사시점에서는 칠엽수를 제외한 모든 수종의 수관중복률이 적정치를 초과한 상태여서 대부분 2m 내외로 식재된 현재의 식재간격은 식재 당시

또는 최고 5년 정도까지를 예측하고 식재한 것으로 추측되었다.

#### 4. 수관왜곡률분석

생장예측모델을 산정하기 위해 측정한 수목(Group 1)과 아파트단지 내 수목(Group 2)의 수관왜곡률간에 통계적으로 차이가 있는지를 알아보기 위해 독립표본 T-검정(independent samples T-test)을 실시하였다(Table 8). 그룹 1, 2의 수관장축(LW)을 비교한 수관왜곡률 A( $=LW/W$ )에서 중국단풍을 제외한 나머지 8개 수종에서 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났는데, 잣나무는 유의수준 5% 내에서, 느티나무 등은 유의수준 1%내에서 그룹 1의 수관왜곡률 A가 그룹 2의 수관왜곡률 A보다 적은 것으로 밝혀졌다. 수관단축(SW)을 비교한 수관왜곡률 B( $=SW/W$ )도 수관왜곡률 A와 마찬가지로 중국단풍을 제외하고 그룹 1과 그룹 2가 다른 것으로 나타났는데, 수관왜곡률 B는 그룹 1이 그룹 2보다 더 1에 가까운 값을 나타냈다. 이것은 상대적으로 다른 수목과 경쟁상태에 있는 아파트단지내의 수목 수관이 독립적으로 식재된 수목 수관보다 더 왜곡되어 자랐음을 의미하는 것이다.

따라서 수목의 수관왜곡률 줄이기 위해서는 현재의 간격보다는 더 먼 거리로 식재해야 할 것으로 판단되었다. 한편, 본 연구의 결과에서 통계적으로 유의한 차이가 밝혀지지 않은 중국단풍의 경우는 수형이 부정형적이고 생장속도가 빠른 것에 원인이 있을 것으로 추측되었다.

Table 7. Modified crown overlap ratio between homogeneous species with tree growth prediction model in two apartments region(Mokdong and Sanggyedong)

Site	Species	d(m)	Planting year		After 5 years		Survey time		
			W(m)	Overlap(%)	W(m)	Overlap(%)	W(m)	Overlap(%)	
Mok-dong	<i>Zelkova serrata</i>	model	3.2	3.4	5.9	4.3	25.6	5.5	41.8
		modified	3.2	3.4	5.9	4.6	31.1	6.3	49.2
	<i>Acer palmatum</i>	model	1.9	1.4	-35.7	2.2	13.6	2.9	34.5
		modified	1.9	1.4	-35.7	2.4	21.5	3.5	45.7
Sang-gye-dong	<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	model	2.6	1.9	-36.8	2.3	-13.0	3.5	25.7
		modified	2.6	1.9	-36.8	2.6	0.0	4.6	43.5
	<i>Acer buergerianum</i>	model	1.7	0.8	-112.5	3.3	48.5	4.3	60.5
		modified	1.7	0.8	-112.5	3.8	55.7	5.0	66.0
	<i>Aesculus turbinata</i>	model	2.2	1.9	-15.8	2.2	0.0	3.8	42.1
		modified	2.2	1.9	-15.8	2.1	-4.8	3.7	40.5
	<i>Pinus strobus</i>	model	1.8	1.4	-28.6	1.9	5.3	2.9	37.9
		modified	1.8	1.0	-80.0	1.6	-13.4	3.2	43.8
	<i>Pinus koraiensis</i>	model	1.8	1.7	-5.9	1.8	0.0	2.4	25.0
		modified	1.8	1.5	-20.0	1.7	-8.6	3.0	30.8
Sang-gye-dong	<i>Zelkova serrata</i>	model	1.8	2.4	25.0	3.5	48.6	4.4	59.1
		modified	1.8	2.4	25.0	4.2	57.3	5.7	68.4
	<i>Pinus koraiensis</i>	model	1.1	1.2	8.3	1.7	35.3	3.4	67.6
		modified	1.1	1.2	8.3	1.5	25.3	2.4	54.2

\*Survey time: after 11 years planted in Mokdong apt. and after 9 years planted in Sanggyedong apt., d: planting distance, W: mean crown width

## 5. 수종별 적정 식재간격 제안

시간경과에 따른 주요 조경수종의 규격별 생장예측율을 통해 적정 식재간격과 식재밀도를 산정하고 (Table 9), Table 7의 보정값을 고려하여 목표년도별 적정 식재간격을 Table 10과 같이 제안하였다. 1차 목표년도를 식재 후 5년 경과시점으로 볼 때, 상록교목인 잣나무와 스트로브잣나무의 식재간격은 2.0~2.5m 내외, 낙엽교목인 느티나무, 중국단풍, 칠엽수 등은 3.0~4.0m 내외, 아교목성인 단풍나무는 2.0m 정도의 간격이 적정한 것으로 밝혀졌다. 2차 목표년도인 식재 후 10년 정도 경과한 시점에서는 스트로브잣나무는 3.0m, 느티나무, 중국단풍, 칠엽수 등은 4.0~5.0m 정도가 적정간격인 것으로 나타났다.

한편, 본 연구의 결과에서 밝혀진 적정 식재간격으로 식재밀도를 계산하여 현재 서울시 조례(대지안의 조경)에서 정하고 있는 법적 식재밀도와 비교하여 보았다. 서울시의 식재밀도는 교목은 1m<sup>2</sup>당 0.2본, 관목은 1m<sup>2</sup>당 1.0본을 식재하도록 되어있고, 교목중 수고 2m 이상을 50% 이상 심도록 하고 있으며, 수고

4m, 흙고직경 12cm이상인 대형목을 식재할 경우에 1m<sup>2</sup>당 0.1본을 식재하도록 완화규정을 적용하고 있다. 그런데 식재 후 5년이 경과한 시점에서의 적정 식재밀도는 m<sup>2</sup>당 0.23본, 10년 경과시점에서는 0.12본으로 나타나 서울시의 교목 식재관련 기준은 식재후 5년까지는 매우 적절한 수준임을 알 수 있었다. 그러나 식재 후 5년이 경과한 시점부터는 수관이 중복되기 시작하여 적정 중복률을 초과하게 되므로 식재지별 수목의 생장상태를 고려하여 관리를 시작하여야 하고, 식재후 10년이 경과하면 쾌적한 녹지환경을 유지하기 위해 반드시 적절한 관리를 실시해야 할 것으로 판단되었다.

## 결론 및 제언

본 연구에서는 주요 조경수목의 생장예측모델을 이용하여 수목의 생육환경을 고려한 각 수종별 적정 식재간격을 제안하고자 하였다. 서울시내 2개 아파트 단지 녹지를 사례연구지로 선정하여 생육상태를 파악하였다. 16개의 조사구를 선정하여 각 조사지별 수목

Table 8. Independent samples test of tree crown contortion in case study area

Species	Crown contortion	Group	Indi.	Mean±S.D.	t	Sig.F(2-tailed)
<i>Pinus koraiensis</i>	A	1	57	1.0451±0.0442	-2.556	0.011
		2	130	1.0658±0.0537		
	B	1	57	0.9549±0.0442	2.556	0.011
		2	130	0.9342±0.0537		
<i>Pinus strobus</i>	A	1	53	1.0000±0.0000	-9.008	0.000
		2	88	1.0602±0.0504		
	B	1	53	1.0000±0.0000	9.008	0.000
		2	88	0.9398±0.0504		
<i>Zelkova serrata</i>	A	1	32	1.0474±0.0505	-3.467	0.001
		2	88	1.0894±0.0766		
	B	1	32	0.9526±0.0505	3.467	0.001
		2	88	0.9106±0.0766		
<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	A	1	83	1.0093±0.0272	-6.751	0.000
		2	31	1.0587±0.0372		
	B	1	83	0.9907±0.0272	6.751	0.000
		2	31	0.9413±0.0372		
<i>Acer palmatum</i>	A	1	57	1.0483±0.0480	-2.886	0.005
		2	21	1.0826±0.0421		
	B	1	57	0.9517±0.0480	2.886	0.005
		2	21	0.9174±0.0421		
<i>Acer buergerianum</i>	A	1	36	1.0459±0.1299	-0.732	0.467
		2	25	1.0661±0.0545		
	B	1	36	0.9541±0.1299	0.732	0.409
		2	25	0.9339±0.0545		
<i>Aesculus turbinata</i>	A	1	77	1.0270±0.0457	-2.658	0.009
		2	29	1.0578±0.0690		
	B	1	77	0.9730±0.0457	2.658	0.009
		2	29	0.9422±0.0690		

\*Group 1: trees using growth prediction model, Group 2: trees in case study area. Crown contortion: A=(LW/W), Crown contortion B=(SW/W), Indi.: number of individuals

수관중복률과 수관왜곡률을 분석한 결과 현재의 식재 간격은 매우 가까운 것으로 밝혀졌다. 따라서 본 연구에서는 시간경과에 따른 주요 조경수종의 규격별 생장예측을 통해 목표년도별 적정 식재간격을 제안하였다. 목표년도를 식재 후 5년으로 본다면 상록교목은 2.0m, 낙엽교목은 3.0~4.0m, 낙엽아교목은 2.0~2.5m의 식재간격이 적당하고, 식재 후 10년을 목표년도로 한다면 상록교목의 경우 3.0m, 낙엽교목은 4.0~6.0m, 낙엽아교목은 2.5~3.0m의 간격을 유지해야 할 것으로 판단되었다.

한편, 본 연구결과를 바탕으로 0.2주/m<sup>2</sup>인 서울시 식재 조례기준을 살펴본 결과, 식재 후 5년까지는 적정수준인 것으로 나타났으나, 그 이후부터는 관리를 실시해야 할 것으로 판단되었다.

그러나 본 연구에서 제안한 적정 식재간격은 식재 목적이나 기능을 고려하여 설계자의 의도에 따라 유통성 있게 조절하는 것이 가능하지만 기본적으로 조경수가 가지는 경관적인 측면과 생태적 특성을 고려한다면 식재설계시 되도록 지켜졌으면 한다.

Table 9. Optimal planting spacing and density of major landscape trees by time pass

Species	Planting year						After 5 years						After 10 years											
	H	W	B	R	C	N	D	H	W	B	R	C	N	D	H	W	B	R	C	N	D			
<i>Pinus koraiensis</i>	2.5	1.2	3.5	5.1	1.13	0.88	1.2	3.2	1.7	5.3	7.4	2.33	0.43	1.3~1.7	4.2	2.2	7.0	9.4	3.80	0.26	1.6~2.2			
	3.0	1.5	4.5	6.3	1.77	0.57	1.5	3.4	1.8	5.7	7.9	2.65	0.38	1.4~1.8	4.4	2.3	7.3	9.7	4.08	0.24	1.7~2.3			
<i>Pinus strobus</i>	2.0	1.0	1.7	3.9	0.79	1.27	1.0	2.5	1.8	4.7	7.8	2.54	0.39	1.4~1.8	4.2	2.9	8.9	12.1	6.60	0.15	2.2~2.9			
	2.5	1.2	2.5	5.7	1.13	0.88	1.2	2.8	2.0	5.5	8.6	3.14	0.32	1.5~2.0	4.5	3.1	9.8	13.0	7.54	0.13	2.3~3.1			
<i>Ginkgo biloba</i>	3.0	1.5	3.6	7.7	1.77	0.57	1.5	3.3	2.3	6.6	9.7	4.15	0.24	1.7~2.3	4.9	3.3	10.9	14.1	8.55	0.12	2.5~3.3			
	3.5	3.1	10.0	15.1	7.54	0.13	3.1	5.9	3.5	11.0	16.3	9.62	0.10	2.6~3.5	6.5	3.7	12.0	17.5	10.75	0.09	2.8~3.7			
<i>Zelkova serrata</i>	3.5	3.7	12.0	17.5	10.75	0.09	3.7	7.1	4.0	13.0	18.7	12.56	0.08	3.0~4.0	7.7	4.3	14.0	19.9	14.51	0.07	3.2~4.3			
	3.0	2.4	2.9	6.0	4.52	0.22	2.4	4.5	3.4	7.4	11.9	9.07	0.11	2.6~3.4	5.8	4.6	12.5	18.4	16.61	0.06	3.5~4.6			
<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	3.5	2.8	4.4	8.0	6.15	0.16	2.8	5.0	3.9	9.4	14.5	11.94	0.08	2.9~3.9	6.2	5.0	13.9	20.1	19.63	0.05	3.8~5.0			
	3.5	3.1	5.9	10.0	7.54	0.13	3.1	5.2	4.1	10.2	15.5	13.20	0.08	3.1~4.1	6.3	5.2	14.6	21.0	21.23	0.05	3.9~5.2			
<i>Acer palmatum</i>	4.0	3.4	7.5	12.0	9.07	0.11	3.4	5.4	4.3	11.0	16.5	14.51	0.07	3.2~4.3	6.5	5.3	15.3	21.8	22.05	0.05	4.0~5.3			
	4.0	4.0	9.8	15.0	12.56	0.08	4.0	6.0	4.8	13.3	19.4	18.09	0.06	3.6~4.8	7.0	5.9	17.6	24.6	27.33	0.04	4.4~5.9			
<i>Acer buergerianum</i>	3.0	1.9	5.0	8.1	2.83	0.35	1.9	6.1	2.3	8.8	12.9	4.15	0.24	1.7~2.3	9.9	3.2	17.5	24.3	8.04	0.12	2.4~3.2			
	3.5	2.0	6.0	9.3	3.14	0.32	2.0	6.6	2.4	9.8	14.1	4.52	0.22	1.8~2.4	10.3	3.4	18.5	25.6	9.07	0.11	2.6~3.4			
<i>Aesculus turbinata</i>	4.0	2.2	8.0	11.9	3.80	0.26	2.2	7.5	2.6	11.8	16.7	5.31	0.19	2.0~2.6	11.1	3.6	20.5	28.3	10.17	0.10	2.7~3.6			
	2.0	0.5	2.9	6.0	0.20	5.10	0.5	4.5	1.4	5.1	8.6	1.54	0.65	1.1~1.4	5.5	2.4	7.6	12.1	4.52	0.22	1.8~2.4			
<i>Acer</i>	2.5	1.4	4.3	8.0	1.54	0.65	1.4	5.0	1.9	6.4	11.4	2.83	0.35	1.4~1.9	5.9	2.8	8.9	13.9	6.15	0.16	2.1~2.8			
	2.5	1.0	4.2	5.0	0.82	1.22	1.0	6.7	2.8	9.6	14.2	6.15	0.16	2.1~2.8	8.5	3.7	12.5	18.4	10.75	0.09	2.8~3.7			
<i>Zelkova serrata</i>	2.5	1.2	4.8	6.0	1.20	0.84	1.2	7.1	3.0	10.2	15.1	7.07	0.14	2.3~3.0	8.8	3.8	13.1	19.3	11.34	0.09	2.9~3.8			
	3.0	1.4	5.3	7.0	1.64	0.61	1.4	7.4	3.1	10.7	15.9	7.54	0.13	2.3~3.1	9.1	4.0	13.6	19.9	12.56	0.08	3.0~4.0			
<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	3.0	1.7	5.9	8.0	2.15	0.46	1.7	7.8	3.3	11.3	16.7	8.55	0.12	2.5~3.3	9.4	4.1	14.2	20.7	13.20	0.08	3.1~4.1			
	3.5	2.1	7.0	10.0	3.39	0.30	2.1	8.4	3.6	12.4	18.3	10.17	0.10	2.7~3.6	9.9	4.4	15.3	22.1	15.20	0.07	3.3~4.4			
<i>Aesculus turbinata</i>	3.5	2.5	8.2	12.0	4.91	0.20	2.5	9.1	4.0	13.6	19.9	12.56	0.08	3.0~4.0	10.4	4.8	16.5	23.5	18.09	0.06	3.6~4.8			
	2.5	2.3	6.0	10.0	4.15	0.24	2.3	6.4	3.1	9.0	13.4	7.78	0.13	2.4~3.1	7.4	4.2	13.5	19.0	13.59	0.07	3.1~4.2			
<i>Acer palmatum</i>	3.0	2.9	8.0	12.3	6.60	0.15	2.9	7.4	3.6	11.0	15.9	10.17	0.10	2.7~3.6	8.1	4.6	15.5	21.4	16.69	0.06	3.5~4.6			
	3.5	3.5	10.0	14.7	9.62	0.10	3.5	8.3	4.0	13.0	18.4	12.87	0.08	3.0~4.0	8.8	5.1	17.5	23.9	20.11	0.05	3.8~5.1			
Mean	2.9	1.9	5.1	7.8	4.01	0.74	2.1	5.5	2.8	8.8	13.2	6.87	0.23	2.1~2.8	7.0	3.6	12.6	17.8	11.11	0.12	2.7~3.6			

\*H: height, W: crown width, B: diameter of breast height(cm), R: root-collar caliper(cm), C: crown coverage(m<sup>2</sup>), N: no. of individuals/m<sup>2</sup>, D: optimal planting spacing

Table 10. Proposals on optimal planting spacing of major landscape trees in target years

Species	1st target year planting spacing (after 5 years)	2nd target year planting spacing (after 10 years)
<i>Pinus koraiensis</i> (2.5≤H≤3.0)	1.5 ~ 2.0m	2.0 ~ 2.5m
<i>Pinus strobus</i> (2.0≤H≤3.0)	2.0 ~ 2.5m	3.0 ~ 3.5m
<i>Ginkgo biloba</i> (10≤B≤12)	3.5 ~ 4.0m	4.0 ~ 4.5m
<i>Zelkova serrata</i> (6≤R≤10)	3.5 ~ 4.0m	4.0 ~ 5.0m
<i>Zelkova serrata</i> (10≤R≤15)	4.0 ~ 5.0m	5.0 ~ 6.0m
<i>Metasequoia glyptostroboides</i> (5≤B≤8)	2.5 ~ 3.0m	3.5 ~ 4.0m
<i>Acer palmatum</i> (6≤R≤8)	2.0 ~ 2.5m	2.5 ~ 3.0m
<i>Acer buergerianum</i> (5≤R≤7)	3.0 ~ 3.5m	3.5 ~ 4.0m
<i>Acer buergerianum</i> (8≤R≤12)	3.5 ~ 4.0m	4.0 ~ 5.0m
<i>Aesculus turbinata</i> (6≤B≤10)	3.0 ~ 4.0m	4.0 ~ 5.0m

## 인용문헌

- 권전오(1997) 중부지방 자연식생분석을 통한 생태적 배식모델 연구. 서울시립대학교 석사학위논문, 116쪽.
- 기상청(1987~1996) 월별 기상자료.
- 김귀곤, 안건용(1976) 도시 및 경관내에 있어서 수목가치의 평가. 한국조경학회지 4(1): 1-7.
- 김남춘, 최준수, 문석기(1988) 주요조경수목의 수형예측에 관한 모델. 한국조경학회지 16(1): 27-35.
- 대한주택공사(1995) 생육환경특성을 고려한 아파트단지내 조경수목 설정 및 식재 방안 연구. 대한주택공사, 217쪽.
- 대한주택공사(1998) 공동주택단지 식재밀도 개선에 관한 연구. 대한주택공사, 131쪽.
- 신규환(1992) 아파트단지의 조경수목 선정 기준에 관한 연구. 홍익대학교 석사학위논문, 110쪽.
- 신의순(1997) 국내·외 조경 관련 법제도에 관한 연구. 경북대학교 박사학위논문, 315쪽.
- 오구균(1986) 자연식생의 생태적 특성을 고려한 배식설계기준에 관한 연구 -창경궁후원 자연식생분석을 통하여-. 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 159쪽.
- 윤국병(1985) 조경배식학. 일조각, 서울, 319쪽.
- 윤근영(1997) 아파트단지내 조경용 교목의 입지조건별 생장특성. 서울대학교 박사학위논문, 145쪽.
- 이기철, 이현택, 이동필(1994) 대단위 아파트단지에 있어서 조경공간의 관리실태에 관한 연구 -대구시 지산지구 아파트단지를 대상으로-. 한국조경학회지 22(3): 121-135.
- 이준복, 심경구(1998) 서울지역 공원녹지 식재밀도의 적정성에 관한 연구. 한국조경학회지 26(2): 219-228.

- 임경빈(1985) 신고 조림학원론. 향문사. 서울, 491쪽.
- 조우, 이경재(1998) 도시환경립 및 군락식재지의 배식기법 연구. 한국조경학회지 26(1): 70-82.
- 최일홍, 황경희, 이규목(1998) 우리나라 지방자치단체 식재 조례 기준의 현황 및 개선방향. 한국조경학회지 26(2): 194-206.
- 한국조경학회(1991) 조경식재설계론. 문운당. 서울, 442쪽.
- 新田伸三(1975) 植栽の理論と技術. 鹿島出版會. 東京, 264pp.
- 中島宏(1992) 植栽設計, 施工, 管理. 經濟調查會. 東京, 611pp.
- Arnold, H. F.(1992) Trees in Urban Design (2nd ed.). Van Nostrand Reinhold Company Inc., N.Y., U.S.A., 197pp.
- Carpenter, P.L., T.D. Walker & F.O. Landpear (1975) Plant in the landscape. W.H. Freeman and Company, Sanfrancisco, U.S.A., 481pp.
- Gruffydd, B.T.(1987) Tree Form, Size and Colour: A guide to selection, planting and design. E&F.N. Spon Ltd., London, U.K., 243pp.
- Hasenauer, H. & R. A. Monserud(1996) A crown ratio model for Austrain forests. Monserud Forest Ecology and Management 84: 49-60.
- Nelson, W.R.(1981) Planting design: A Manual of Theory and Practice. Stipes Publishing Company, Illinois, U.S.A., 186pp.
- Robinson, N.(1992) The Planting Design Handbook. Gower Publishing, Hant, England, 271pp.