〔韓國造景學會誌, Vol. 23, No. 2 pp. 195~204, 1995年 7月〕

주택단지조성시 배수불량으로 인한 수목피해에 관한 연구

— 평택 아파트단지를 중심으로 —

최용순* · 심경구**

* 성균관대학교 대학원 조경학과 박사과정
** 성균관대학교 생명자원과학대학 조경학과

A Study on the Damaged tree by the Inferior Drainage in a Prepared Housing Site

Choi, Yong-Soon* · Shim, Kyung-Ku**

* Graduate School, Sung Kyun Kwan University
**Dept. of Landscape Architecture, Sung Kyun Kwan University

ABSTRACT

This study is focused on the groping for the alternative ways in order to prevent the various bad factors caused by the inferior environment on the planted trees.

In the reclaimed paddy field which is planned to make a housing site, for example, we are trying to catch the problem about the special feature of the unharmonized drainage. And the survey gives the suitable way of planting trees. This survey was carried out in the three different area and could notice some phenomena :

There are a few different conditions for water supply into the soil according to the height of the land-filling from the original ground and the slope of the planting area. And the imporant factor of the drainage effect is not the soil texture itself but the depth of the filling land.

As a result of this survey, the study shows the economic alternative for reducing the demage of the planting trees which is due to drainage system.

Ⅰ. 서 론

우리나라의 공동주택은 도시인구 집중현상에 따른 주택 부족의 문제를 해결하기 위해 이제는 보편적인 도시 주택 형태로 정착되고 있다. 90년대에 들어와서는 공동주택단지가 대규모로 이루어 지고 있는데, 국토면적이 한정되어 있어 늘어나는 택지수요를 충족 시키기 위해 환경이 매우 불량한 택지의 보급이 되기 시작 하였다. 이중에는 수목이 생장하기 어려운 주택 단지가 포함되어 있어 이에 따른 각종 문제가 발생되고 있으며 특수한 식재 시공 기법이 요구되고 있는 실정이다. 최근에 발생되는 특수식재지역은 논매립지, 쓰레기 매립지, 임해 매립지, 파쇄암 매립지 등으로 식재공사후 수목의 피해가 크게 발생되는 대표적인 불량식재지반은 논을 매립하여 조성한 식재지로서 수목이 배수불량으로 인하여 고사되거나 생육이 계속해서 부진한 현상을 보인다(이 등, 1990). 논매립지는 물을 이용한 경작지라는 특수성으로 인하여 토양환경조건이 배수가 되지 않도록 조성되어 있기 때문에 이로 인하여 배수불량이라는 극한 환경조건을 가지는 식재지역이 되고 있다.

배수불량지인 논매립지에서의 수목피해상황은 한 단지에서 수목하자율이 20 %이상으로 매우 높게 나타나고 있으며 수목하자율이 50 %이상되는 단지도 발생하고 있다. 특히 일반적으로 식재공사에서 수목하자율이란 수목이 완전히 고사한 것을 하자로 하기 때문에 실제로 하자율은 더욱 높을 것으로 판단되며 수목의 미와 기능을 고려한다면 매우 높은 수목 피해율을 보일 것이다. 이와 같은 식재지반의 불량으로 인하여 발생되는 문제점은 수목의 기능적 측면뿐만 아니라 경제적 손실 또한 매우 크다고 볼 수 있다. 따라서 식재공사에서 발생되는 많은 문제점에 대하여 많은 사람들이 인식하고는 있으나 식재 및 시공에 의한 수목 피해의 연구는 시공이라는 특수성으로 인하여 다양하고 복합적인 문제가 발생되므로 이에 대한 연구는 매우 미진한 실정이다. 이러한 시공 및 식재지반에 관련된 문제점을 보고한 연구결과는 이(1982), 강(1984) 등이 조경공사의 하자의 제도적인 문제점을 보고했고 이 등(1990), 김(1990) 등이 식재지반의 문제점을 보고 하였다.

특수 환경지의 수목 식재에는 생육에 필요한 온도, 습도, 일조량, 토양수분 및 양분 등의 환경적인 제한요소를 충족 시켜야 수종 선정 및 식재방안을 구사하는 것이 비로서 가능하게 된다. 수목은 생물체이므로 환경조건이 양호할때 왕성한 생육을 하며 그런 조건에서만 수목의 미와 기능을 최대한으로 발휘하게 된다.

그러나 이와 같은 생태적 환경을 고려하기 이전에 경제적, 사회적 여건이 먼저 선행되어야 하는데 이를 충족 시키기에는 상당히 어렵다. 즉 경제적인 주택보급이라는 점에 비추어 볼 때 불량식재환경은 수반될 수 밖에 없는데 불량환경에 대한 식재방안은 한정되어 있고, 수목선정에 있어서도 수요와 공급의 불균형, 소재의 빈곤등으로 어려운데 게다가 조경에 대한 인식부족으로 인하여 비용의 추가지출이 제한되어 있는 등 매우 어려운 문제로 대두되고 있다.

본 연구에서는 불량식재지반중 논매립지 식재지역을 대상으로 하여 수목피해발생의 현황과 문제점 도출 및 식재방안의 제시를 목적으로 한다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 조사 대상지

본 대상지는 행정구역상 경기도 평택시 합정동에 위치하고 있으며 원래 안성천의 범람원으로 단지가 조성되기전 논으로 오랫동안 이용되던 곳이다. 논을 매립하여 아파트단지를 조성하여 배수가 불량한 곳으로 식재된 수목의 피해가 매우 극심한 지역이다.

단지의 규모는 대지면적이 약 6만8천평으로 5층 규모의 주동이 33개동이 위치하고 있으며 1,374세대가 입주하고 있다. 이 단지는 총 3개단지로 형성되어 있으며 조성시기는 1989-1990년이며 식재수량은 총 18,008주로 교목이 4,581주, 관목이 13,427주이다.

본 대상지는 전체적으로 수목피해가 극심하나 시공된 제반조건에 따라 피해정도가 다르게 나타나고 있다. 따라서 수목의 피해정도, 녹지의 조성방법에 근거하여 구별하여 보면 단지내지역(Ⅰ)과 완충녹지지역(Ⅱ)으로 분리할 수 있으며 단지내 지역을 피해정도에 따라 다시 2개지역(Ⅰ- 1, Ⅰ- 2)으로 구분하여 비교분석하고자 한다 〈Figure 1〉.

지역Ⅰ은 평탄하게 녹지가 조성되어 있으며 지역Ⅱ은 폭20m, 높이 2-3m정도의 제방형태를 갖춘 녹지로 기능상 완충녹지에 해당되는 녹지이다.

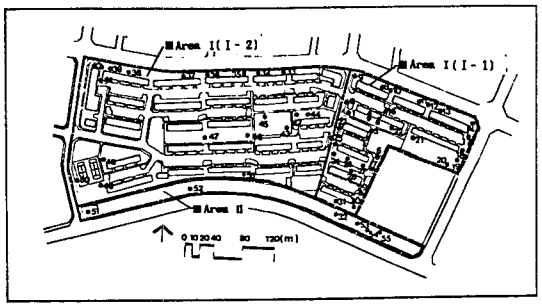

Figure 1. The location map of the survey area (1, 2, 3…56 ; Site of soil sampled).

2. 조사 방법

(1) 준공도면과 수목하자 현황조사

수목하자현황은 배식설계도 및 식재준공도를 비교 참조 하여 현재 잔존하고 있는 단지 전체의 수목을 대상으로 하자수량을 조사 하였다. 단 대부분 배식방법이 군식으로 식재되어 수량을 정확하게 조사할 수 없는 관목수종 전체는 제외하였고 교목만을 대상으로 조사 하였다.

(2) 수목 피해 조사

수목피해조사는 관목수종과 교목수종의 전체를 전수조사 하여 각 수목의 위치를 도면에 표시하고 잎의 변색정도, 낙엽정도, 신초생장, 소지상태, 수세, 정아의 생존유무를 조사하여 기록 하였다. 조사의 시기는 1992년 9월12일에서 9월22일까지 실시 하였으며 수목의 피해조사는 국립환경연구원의 방법(국립환경연구원, 1988)과 이를 응용한 이 등(1990)의 방법을 이용하여 다음과 같은 기준으로 평점 기록 하였고 각 항목별로 점수를 집계하여 합계점수가 높은 것을 피해가 많은 것으로 하였다.

① 잎의 변색정도 : 변색정도는 낙엽수와 상록수로 구별하여 낙엽수의 경우는 전체 잎의 상태를 조사 하였고 상록수의 경우는 금년잎과 작년잎을 구분하여 측정 하였다.
극심(4), 심(3), 경(2), 무(0)

② 잎의 낙엽정도 : 잎의 낙엽정도는 변색정도와 같이 낙엽수와 상록수로 구분하여 측정하였으며 전체 가지길이중 잎이 붙어 있지 않은 가지의 길이를 백분율로 계산하여 측정 하였다.
0-20%(0), 21-40(1), 41-60(2), 61-80(3), 81-100(4)

③ 신초생장 : 금년에 자란 줄기 정단부의 신초생장정도를 판단하여 측정 하였다.
극심한 지장(4), 심한 지장(3), 경미한 지장(2), 정상(0)

④ 소지상태 : 주간을 다루는 줄기가 아닌 잔가지의 상태를 고려하여 측정 하였다.
3/4고사(4), 1/2(3), 1/4(2), 정상(0)

⑤ 수세 : 수목의 전반적인 생장상태를 고려하여 측정 하였다.
우(0), 양(2), 가(4)

⑥ 정아유무 : 상록침엽수의 경우에만 해당되는 것으로 정아의 유무에 따라 측정 하였다.
정아가 없는 것(5), 정아가 있는 것(0)

(3) 수목의 피해율 산정

수목의 피해율은 수목피해 측정항목의 기여정도를 반응하여 다음과 같이 산정 하였다.

$$Y = (X_{11}+X_{12}+X_{21}+X_{22}+X_3+X_4+X_5+X_6) / 33 * 100(\%)$$

$$Z = (X_1+X_2+X_3+X_4+X_5) / 20 * 100(\%)$$

단 Y : 상록침엽수의 피해도 지수, Z : 낙엽활엽수의 피해도 지수, X_1 :잎의 변색정도, X_{11} : 상록침엽수 1년생 변색정도, X_{12} : 상록침엽수의 2년생 낙엽정도, X_2 : 낙엽정도, X_{21} : 상록침엽수 1년생 낙엽정도 , X_{22} : 상록침엽수의 2년생 낙엽정도, X_3 : 신초생장, X_4 : 소지상태, X_5 : 수세, X_6 : 정아유무

피해가 제일 극심할때 침엽수는 33점, 활엽수는 20점으로 피해율산정의 값으로 산정 하였고, 피해율에 의한 피해정도의 판단기준을 0 - 10%를 정상, 11 - 30%를 경피해, 31%이상을 심피해의 등급으로 판단 하였다(이 등. 1990).

(4) 토양환경조사

토양조사를 위하여 수목의 상태가 양호한 지역과 불량한 지역을 선정하여 총56개소의 조사구를 Figure 1과 같이 설정하고 잔디를 걷어낸 후 1Kg의 토양시료를 채취하여 분석 하였다. 토양조사항목으로는 성토깊이, 즉 원지반인 논층에서의 성토깊이를 측정한 것으로 작업이 가능한 1m깊이까지 토양을 걷어낸후 육안으로 판단하여 깊이를 측정하였고 토양산도의 분석은 농업기술연구소의 방법에 준하였다(농업기술연구소, 1988). 토양함수량과 토성은 원지반토양(논토양)과 성토지반토양을 분류 채취하여 한국공업규격표준시험에 의거 함수량(KS F 2306), 입도시험(KS F 2302), 비중시험(KS F 2308), 체분석시험(KS F 2309)을 통하여 분석 하였다(한국공업표준협회, 1992).

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 수목의 생육현황분석

수목의 생육현황분석은 교목만을 대상으로 식재준공도를 참조하여 조사를 실시한 것으로 조사된 교목의 수종은 총 16개 수종이며 성상별로는 상록침엽수가 5종, 낙엽활엽수가 11종으로 식재된 수량은 4,581주이며 이중 1,712주가 고사되어 하자율은 38 %로서 높은 하자율을 보였다. 식재된 수목의 대부분이 높은 하자율을 보였으나 이러한 하자율은 각 지역별로 비교하여 볼때 상당한 차이를 보였다. 즉 3개지역에 있어서 Ⅰ- 1지역은 1,232주 식재에 846주가 고사되어 하자율이 69 %로 매우 높았으며 Ⅰ- 2지역은 2,250주 식재에 632주가 고사되어 하자율이 28 %에 달하여 Ⅰ- 1지역과 상대적으로 비교하여 볼 때 하자율이 다소 낮다. 또한 Ⅰ- 2지역에서의 전나무, 느티나무, 은행나무, 당단풍등 4개 수종은 하자율이 5 %이하로 다른 수종과 대조를 보였다. 완충녹지인 Ⅱ지역에서는 1,099주 식재에 234주가 고사되어 하자율이 21 %로 조사대상지역 가운데 가장 낮은 하자율을 보였다〈Table 1〉.

Table 1. Withering to death ratio on each area.

species	Number of planted tree	Number of withering to death	Withering to death ratio for each area(%)			
			Area Ⅰ	Area Ⅰ-1	Area Ⅰ-2	Area Ⅱ
Ginkgo biloba	122	6	5	-	5	-
Abies holophylla	200	54	27	54	0	-
Pinus koraiensis	1,530	809	72	80	68	24
P. strobus	300	152	62	62	-	11
P. parviflora	105	54	51	94	30	-
Picea abies	60	32	53	-	53	-
Zelkova serrata	780	103	13	73	1	14
Acer buergerianum	659	135	22	58	11	13
A. palmatum	183	25	14	63	0	-
A. saccharinum	150	78	64	64	-	22
Magnolia denudata	90	28	31	47	23	-
Prunus yedoensis	190	114	63	86	58	43
Malus spp.	100	37	37	43	33	-
Cornus officinalis	30	23	76	76	-	-
Betula platyphylla var. *japonica*	52	40	90	90	-	37
Zizyphus jujuba var. *inermis*	30	22	73	73	-	-
Total or Mean	4,581	1,712	42	69	28	21

Withering to death ratio : number of withering to death / number of planted tree.

특히 지역Ⅰ과 지역Ⅱ간의 동일한 수종인 잣나무, 스트로브잣나무, 중국단풍, 왕벚나무, 자작나

무, 은단풍, 느티나무등 7개수종에 대하여 조사지역간 하자율을 비교하여 보면 느티나무 1개수종만이 양쪽지역에서 하자율이 비슷할 뿐 나머지 6개수종에서는 지역Ⅰ이 지역Ⅱ 보다 하자율이 높았다. 특히 잣나무, 스트로브잣나무, 자작나무, 은단풍등 4개수종의 하자율은 차이가 현저 하였다.〈Figure 2〉.

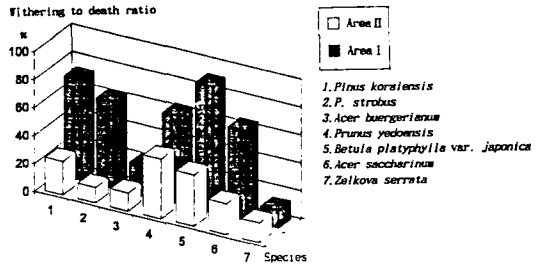

Figure 2. Withering to death ratio of indentical species in both area Ⅰ and area Ⅱ.

이러한 지역별 하자율의 차이현상은 지역별 토양환경차이로 발생한 것으로 판단된다. 즉 원지반인 논토양층에서의 성토깊이와 녹지의 경사도에 따른 차이로서 지역Ⅰ과 지역Ⅱ지역을 비교하여 보면 지역Ⅰ은 논지반에 평탄하게 녹지가 조성되어 우수 및 지하수에 의한 수분이 토양속으로 스며들어 물고임현상을 유발 시켜 수목이 피해를 받고 있으며 지역Ⅱ는 제방형태의 녹지로서 경사를 이루고 있어 피해를 우수에 의한 수분이 표면배수현상으로 인하여 과습에 의한 수목피해의 영향을 주지 않는 것으로 판단 할 수 있다.

2. 수목의 피해도 분석

수목의 피해도는 생존한 교목과 관목을 대상으로 전수 조사하였다. 식재된 32개 수종중 경피해 이상의 피해율을 보여주는 수종이 29종으로 전체 수종의 91 %로서 피해의 심각성을 알 수 있으며 이중 13개 수종은 피해율이 30 %가 넘어 심피해의 증상이 관찰 되었다. 특히 전나무, 산수유, 왕벚나무, 꽃사과, 명자나무 등 5개 수종은 피해율 50 %이상의 극심한 피해현상을 보이고 있다. 성상별 평균피해율은 상록침엽수가 31 %, 낙엽활엽수 37 %로 상록침엽수의 생육이 낙엽활엽수보다 상대적으로 양호한 상태를 보이고 있다. 이러한 현상은 배수불량의 성격을 띠고 있는 개포시민의 숲 사후평가연구(이 등, 1990)에서도 낙엽활엽수가 상록침엽수보다 피해가 심한 것으로 조사되어 본 연구와 같은 현상을 나타내고 있다. 피해현상에 있어서는 잎의 변색항목측정에 있어서 가장 두드러지게 나타나고 있으며 이러한 현상은

Table 2. The Injuried ratio of each species.

species	X_1	X_{11}	X_{12}	X_{21}	X_{22}	X_3	X_4	X_5	X_6	X or Y	injuried ratio(%)
Evergreen											
Abies holophylla	2.9	2.0		2.1	1.2	2.3	2.9	2.7	0.5	16.6	50
Pinus koraiensis	2.4	1.2		1.7	0.7	1.5	1.8	1.8	0.2	11.3	34
P. strobus	1.9	0.8		1.7	0.5	1.6	1.8	0.0	0.0	3.9	20
P. parviflora	2.8	2.0		1.9	1.0	2.5	2.1	2.3	0.3	15.0	45
Picea abies	2.4	1.2		1.2	0.5	1.6	1.7	1.3	0.0	9.9	30
Thuja orientalis	2.0	0.7		0.3	0.3	1.3	1.3	1.3	0.0	7.2	22
Juniperus chnensis	0.3	0.0		0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.0	1.0	3
Buxus microphylla var. *koreana*	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Deciduous											
Zelkova serrata	1.9			1.0		1.5	1.5	1.2	-	7.1	36
Ginkgo biloba	2.3			0.8		1.7	0.7	1.2	-	6.7	34
Acer buergerianum	1.0			0.3		0.8	0.9	0.9	-	3.9	20
A. palmatum	1.7			0.8		1.3	1.9	1.8	-	7.5	38
A. saccharinum	2.7			1.3		1.8	2.3	1.7	-	9.8	49
Magnolia denudata	1.8			1.1		1.7	2.1	1.6	-	8.3	42
Prunus yedoensis	2.3			2.3		2.3	2.8	2.0	-	11.7	59
Malus spp.	3.6			1.9		2.6	2.5	2.7	-	13.3	67
Cornus officinalis	2.8			1.8		2.3	2.8	3.0	-	12.7	63
Betula platyphylla var. *japonica*	0.0			0.0		1.0	1.0	1.0	-	3.0	15
Zizyphus jujuba var. *inermis*	0.9			0.7		1.2	1.1	1.0	-	4.9	25
Ligustrum obtusifolium	2.0			0.0		0.0	0.0	0.0	-	2.0	10
Forsythia koreana	1.0			0.0		1.0	1.0	1.0	-	4.0	20
Syringa dilatata	1.0			0.9		1.1	1.5	1.2	-	5.7	29
Cornus alba	1.2			0.2		0.5	0.7	0.6	-	3.2	16
Rhododendron lateritium	2.8			0.8		2.0	1.8	1.9	-	9.3	47
Chaenomeles lagenaria	2.8			2.1		2.4	2.7	2.8	-	12.8	64

Y: 상록침엽수의 피해도 지수, Z : 낙엽활엽수의 피해도 지수,
X_1 :잎의 변색정도, X_{11} : 상록침엽수 1년생 변색정도,
X_{12} : 상록침엽수의 2년생 낙엽정도, X_2 : 낙엽정도,
X_{21} : 상록침엽수 1년생 낙엽정도 , X_{22} : 상록침엽수의 2년생 낙엽정도,
X_3 : 신초생장, X_4 : 소지상태, X_5 : 수세, X_6 : 정아유무

상록침엽수보다 낙엽활엽수에서 많이 나타나고 있다〈Table 2〉.

피해도 평가기준에 의하여 정상인 수종은 둥근향나무, 회양목, 쥐똥나무 등 3개 수종만이었는데 이들 수종의 공통점은 관목이어서 뿌리의 성상이 천근성이고 뿌리의 발달이 좋은 생태적특성을 지닌 수목으로서 과습현상에 대한 피해를 덜 받는 것으로 생각된다. 또한 경피해를 입고 있는 수종은 상록침엽수에서는 스트로브잣나무(20 %), 독일가문비(30 %)로 조사되었으며 낙엽활엽수에서는 자작나무(15 %), 중국단풍(20 %), 대추나무(25 %)등이 조사되었다. 본 조사 대상지 교목수종중에서 가장 피해를 덜 받고 있는 수종은 상록침엽수에서는 스트로브잣나무이며 낙엽활엽수에서는 자작나무와 중국단풍이었다.

(1) 대상지역간 수목 피해도 비교분석

조성된 녹지의 특성이 다른 지역 I 과 지역 II 간의 동일수종간 수목피해도를 비교하여보면 Table 3과 같다. 동일한 수종은 총10개수종으로 상록침엽수가 2개수종, 낙엽활엽수가 8개수종으로 조사지역간 수목피해도가 현격히 차이를 보이고 있다. 각 지역별로 심한피해를 보이고 있는 수종은 지역 I 은 6개수종, 지역 II 는 2개수종으로 지역 II 가 지역 I 에 비하여 상대적으로 양호했다. 수종별로 수목피해도를 비교하여 보면 수수꽃다리 1개수종만이 지역 I 에 식재된 것보다 지역 II 에서 피해가 높음을 알 수 있으며 나머지 잣나무, 스트로브잣나무, 중국단풍, 왕벚나무, 자작나무, 은단풍, 느티나무, 흰말채, 자산홍 등의 수목피해도는 지역 I 이 지역 II 보다 현저히 피해가 심하였다. 스트로브잣나무, 중국단풍, 자작나무, 흰말채나무는 수목피해율이 0%로 조사되어 피해발생이 전혀 발생하지 않는 것으로 나타나고 있으며 왕벚나무에 있어서는 지역 I 보다 지역 II 에서의 수목피해율이 낮았지만 피해율이 45 %로서 높은 피해율을 보이고 있다〈Figure 3〉. 특히 조사지역간 이러한 피해현상은 조사항목중 잎의 변색항목에서 현격한 차이를 보였다〈Table 3〉.

따라서 이와 같은 비교에서 볼 때 동일한 수종이라도 수목이 식재된 식재지반의 환경에 따라 수목의 생육상태가 확연히 틀려짐을 알 수 있다.

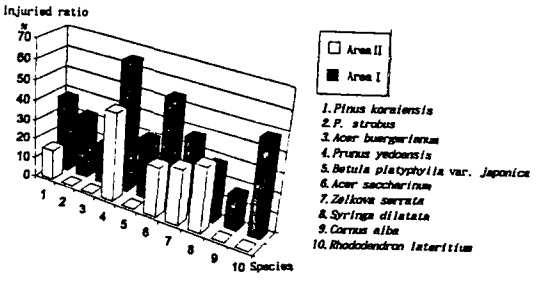

Figure 3. Injuried ratio of indentical species in both area I and area II.

Table 3. The injuried ratio of the indentical specice in both I area and II area.

Species	X_1		X_2		X_3	X_4	X_5	X_6	X or Y	Injured ratio(%)
Evergreen	X_{11}	X_{12}	X_{21}	X_{22}						
Pinus koraiensis	2.5/1.7*	1.3/0.3	1.8/0.7	0.8/0.3	1.7/0.6	2.1/0.6	2.1/0.6	0.3/0.0	12.6/5.1	38/ 5
P. strobus	2.1/0.0	0.9/0.0	1.8/0.0	0.5/0.0	1.7/0.0	1.9/0.0	1.6/0.0	0.0/0.0	10.5/0.0	32/ 0
Deciduous										
Zelkova serrata	2.0/1.5		1.1/0.7		1.6/1.2	1.6/1.2	1.3/1.0	-	7.6/5.6	38/28
Acer buergerianum	1.0/0.0		0.3/0.0		0.8/0.0	0.9/0.0	1.0/0.0	-	4.0/0.0	20/ 0
A. saccharinum	2.8/2.0		1.4/1.0		2.2/0.0	2.4/2.0	2.0/0.0	-	10.8/5.0	54/25
Prunus yedoensis	2.5/0.0		2.3/2.0		2.3/2.0	2.8/3.0	2.0/2.0	-	11.9/9.0	60/45
Betula platyphylla var. *japonica*	0.0/0.0		0.0/0.0		2.0/0.0	2.0/0.0	2.0/0.0	-	6.0/0.0	30/ 0
Syringa dilatata	0.9/1.4		0.9/1.1		1.1/1.1	1.5/1.9	1.2/1.1	-	5.6/6.6	28/33
Cornus alba	1.3/0.0		0.2/0.0		0.5/0.0	0.8/0.0	0.6/0.0	-	3.4/0.0	17/ 0
Rhododendron lateritium	2.9/0.0		0.8/0.0		2.1/0.0	1.9/0.0	1.9/0.0	-	9.6/0.0	48/ 0

* I area / II area

3. 토양 환경 분석

본 조사 대상지의 토양 환경 조사는 토양산도, 토양함수량, 토성, 원지반(논층)에서의 성토깊이 등을 측정하였으며 이에 대한 결과는 Table 4와 같다. 토양 산도는 pH 4.6 - 6.4까지 조사구별로 다양하게 분포되어 있었으며 평균 토양 산도는 성토 지반은 pH 5.8, 원지반인 논토양층은 pH 5.7로서 약산성의 토양이었다. 이와 같은 측정치는 수목생육에 최적범위인 pH 5.5 - 6.5에 포함되어(이 등, 1990) 양호한 토양산도로서 최근 문제시되고 있는 토양산성화에 대한 문제점은 이 지역 토양에서는 발견되지 않았다. 토양함수량의 측정결과는 성토지반이 12.3 % - 42.3 %로 측정되었으며, 원지반이 17.2 % - 47.8 %로 측정되었으나 대부분의 조사구에서 함수량 40 %이상으로 측정되어 매우 높은 함수량을 보이고 있다. 측정된 함수량의 평균치는 성토지반이 26.8 %, 원지반이 35.9 %로 매우 높은 측정치를 보이고 있어 배수불량의 성격이 확연히 나타내고 있다. 따라서 논토양층이 불투수층을 형성하여 배수를 곤란하게 하며 이러한 원인으로 인한 수목 뿌리에 과습한 상태를 제공한다고 생각되며, 논토양층에서의 얼마나 성토가 실시되었느냐에 따라 물고임 현상이 수목의 뿌리에 영향을 주게 된다. 특히 본 지역에서는 성토지반에서도 함수량이 40 %이상이 측정된 조사구도 있다. 이 경우는 토목공사시 성토토양과 논토양이 뒤섞여 발생한 것으로 판단된다. 또한 건축물 가까이는 건축공사시 건축물 터파기로 인하여 논토양층이 제거됨으로서 불투수성 특성이 발생하지 않고 있다.

토성은 대상지내에서 56개소의 조사구를 선정하여 시료채취가 불가능한 쓰레기매립지, 습지등을 제외한 성토지반 49개, 원지반 18개 시료를 채취 분석 하였다. 분석한 결과는 성토지반이 평균 모래(sand) 50 %, 미사(silt) 30 %, 점토(clay) 20 %로 조사 되었으며 원지반이 모래(sand) 35 %, 미사(silt) 39 %, 점토(clay) 26 %로 측정되어 원지반이 성토지반에 비하여 상대적으로 배수불량성격이 뚜렷이 나타나는 것으로

Table 4. Soil survey on each site.

Site	PH		Moisture Content(%)		Texture(F.G) (%)				Texture(O.G) (%)				Depth of Fillland
	F.G	O.G	F.G	O.G	sand	silt	clay		sand	silt	clay		
1	6.2	5.8	19.6	42.1	53	28	19	SL	35	35	30	CL	45
2	6.1	6.2	17.3	40.3	-	-	-	-	-	-	-	-	10
3	6.0	5.7	14.8	41.3	69	22	9	SL	-	-	-	-	70
4	5.8	6.5	17.6	39.8	58	27	15	SL	-	-	-	-	45
5	6.4	5.6	12.8	18.8	66	18	16	SL	-	-	-	-	85
6	6.2	6.0	18.7	44.5	★	★	★	★	★	★	★	★	45
7	6.2	6.2	35.4	31.5	-	-	-	-	68	25	7	SL	100
8	6.0	5.4	24.6	46.3	72	21	7	SL	33	37	30	CL	40
9	6.0	6.4	23.7	19.6	60	26	14	SL	-	-	-	-	55
10	6.0	5.7	21.3	44.0	63	25	12	SL	-	-	-	-	15
11	5.8	5.2	27.9	44.7	62	29	9	SL	38	40	22	L	20
12	6.0	5.8	22.3	44.2	62	29	9	SL	-	-	-	-	15
13	6.0	5.6	31.2	45.8	47	33	20	L	15	52	33	SiC	25
14	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
15	5.8	-	39.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
16	6.4	6.2	29.7	30.1	48	34	18	L	-	-	-	-	50
17	5.6	5.8	31.4	46.0	43	36	21	L	-	-	-	-	18
18	5.2	5.8	40.0	47.4	43	31	26	L	☆	☆	☆	☆	☆
19	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
20	6.0	5.4	42.3	47.8	28	34	38	CL	26	42	32	CL	70
21	6.0	5.8	12.3	43.5	52	33	15	L	29	43	28	CL	35
22	6.0	5.4	24.0	43.6	63	28	9	SL	16	47	37	SiCL	87
23	5.8	5.6	21.8	42.9	52	31	17	L	-	-	-	-	45
24	5.8	-	21.4	-	50	33	17	L	-	-	-	-	100
25	5.8	-	19.6	-	63	27	10	SL	-	-	-	-	100
26	5.8	-	21.7	-	26	37	35	CL	-	-	-	-	100
27	5.5	-	28.6	-	63	29	8	SL	-	-	-	-	100
28	5.6	-	33.3	-	40	32	28	CL	-	-	-	-	100
29	5.0	5.8	39.6	20.4	65	26	9	SL	28	42	30	CL	50
30	6.0	-	30.0	-	39	31	30	CL	-	-	-	-	100
31	5.4	-	39.3	-	43	34	23	L	-	-	-	-	100
32	5.8	-	32.3	-	30	34	36	CL	-	-	-	-	300
33	6.4	6.0	15.0	40.8	52	27	21	SCL	35	47	18	L	45
34	6.2	6.0	20.2	42.3	63	25	12	SL	-	-	-	-	55
35	5.6	5.6	25.6	43.6	52	30	18	L	43	24	33	CL	80
36	5.4	★	29.2	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
37	5.6	5.4	22.6	42.5	49	31	20	L	21	40	39	CL	55
38	6.2	-	17.5	-	51	27	22	SCL	★	★	★	★	★
39	5.7	4.8	19.6	41.0	57	26	17	SL	36	35	29	CL	55
40	4.6	5.2	41.2	45.3	50	30	20	L	33	45	22	L	40
41	6.2	4.8	16.8	37.4	47	30	23	L	-	-	-	-	25
42	5.5	-	30.7	-	43	34	23	L	-	-	-	-	-
43	6.1	5.8	18.9	35.2	51	31	18	L	21	44	35	CL	35
44	5.8	5.7	18.3	36.6	61	29	10	SL	-	-	-	-	27
45	4.8	5.8	38.4	17.9	42	33	25	L	62	29	9	SL	65
46	5.6	5.8	14.9	15.2	52	32	16	L	62	37	11	SL	50
47	5.6	6.0	32.5	10.7	52	33	15	L	-	-	-	-	35
48	5.8	-	23.6	-	64	24	12	SL	-	-	-	-	100
49	5.4	6.0	28.7	40.2	30	38	32	CL	46	34	20	L	30
50	5.7	-	27.6	-	38	39	23	L	-	-	-	-	100
51	4.8	-	38.2	-	18	44	38	SiCL	-	-	-	-	300
52	5.7	-	36.3	-	37	36	27	CL	-	-	-	-	300
53	5.8	-	37.2	-	50	30	20	L	-	-	-	-	300
54	5.5	-	39.9	-	43	33	24	L	-	-	-	-	300
55	5.8	-	25.1	-	43	32	25	L	-	-	-	-	300
56	5.6	6.2	39.7	18.3	27	30	43	C	-	-	-	-	30

F.G: fillland ground, O.G: original ground, SL:sand loam, L:loam, SCL:sand clay loam, SiCL:silty clay loam, SiC:silty clay, CL:clay loam, C:clay
★: waste fillland, ☆: damp ground

판단된다. 또한 Table5와 같이 각 지역별로 조사된 분석결과에 대한 비교에서 지역Ⅰ- 2가 지역Ⅰ- 1보다 배수불량의 특성이 강하게 발생할 수 있는 특징을 가지고 있으며 지역Ⅰ과 지역Ⅱ의 성토지반을 비교하면 지역Ⅱ가 지역Ⅰ에 비하여 배수가 어려운 토성으로 분석 되었다. 성토지반의 토성결과로 볼때 지역Ⅰ은 모래성분이 많이 함유된 사양토로 되어 있는 반면 지역Ⅱ의 경우 지역Ⅰ에 비하여 점토성분이 많이 함유된 양토 및 식양토로 구성되어 있어 지역Ⅰ이 배수가 용이 하다고 볼 수 있으나 낮은 성토높이로 인하여 물고임현상의 피해를 받을 수 있다. 지역Ⅱ의 경우 지역Ⅰ의 토성보다 배수가 불량한 토성을 가지고 있으나 높은 성토와 수분이 토양속으로 스며드는 효과를 방지하여 수목피해를 저감시키는 효과를 발휘 한다고 볼 수 있다.

Table 5. Soil texture on each area

Area	Fillland ground			Original ground		
	sand	silt	clay	sand	silt	clay
area Ⅰ-1	53	29	18	32	40	28
area Ⅰ-2	49	31	20	39	37	24
average of area Ⅰ	51	30	19	35	39	26
area Ⅱ	37	35	28	-	-	-
total average	50	30	20	35	39	26

본 조사대상지의 성토지반은 대부분 수목이 선호하는 사양토(SL) 및 양토(L)에 해당되는 토성으로 조사 되었으며 원지반은 수목토양환경에 부적합한 미사질 식토(SiC), 식양토(CL)로 조사되었다. 조사된 성토토양 49중 11개토양이 사질식양토(SCL)에서 식토(C)까지로 측정되어 성토토양에서도 수목환경에 적합하지 않은 토성이었다(이 등, 1992). 이는 건축 및 토목공사시 식재지반의 교란으로 인하여 점토성분의 토양이 다량으로 혼입되어 발생한 것으로 판단된다. 특히 조사작업시 하층토로 내려갈수록 점토성분의 과다로 인하여 발생되는 토양고결화현상의 발생이 뚜렷이 나타나고 있어 배수불량으로 인해 수목의 뿌리발달을 저해하고 있다.

식재를 위한 원지반에서의 성토깊이 측정결과는 지역Ⅱ를 제외한 경우 최저 7cm에서 최고 100cm까지 다양하게 조사 되었으며 토목의 지반조성계획도와는 무관하게 시공되어 있었다. 특히 성토깊이 60cm이하에서배수불량으로 인한 수목의 피해가 극심한 것으로 조사되었으며 2m이상 성토된 완충녹지에서는 거의 피해가 발생되지 않았다. 아파트건물에 인접된 녹지는 건축물의 터파기작업공정으로 인하여 성토깊이가 매우 깊어짐을 알 수 있었으며 식재된 수목이 배수불량피해를 전혀 받지 않았다. 그러나 일반적인 녹지는 대부분 성토깊이가 낮았으며 토양에 있어서도 논토양이 다량으로 혼입되어 수목식재를 위한 성토효과가 상실되어 있었다. 또한 성토된 토양에 건축공사후 건축폐자재와 일반생활쓰레기로 매립된 지역이 발생되어 수목환경을 저해하고 있었다.

지역Ⅱ인 완충녹지에 있어서는 단지외곽도로와의 완충기능을 위한 방안으로 제방형태로 녹지를 조성하여 본 조사대상지의 특성인 배수불량의 피해가 발생하지 않고 있으며 지역Ⅰ과는 달리 양호한 수림대를 형성하고 있다.

Ⅳ. 결론 및 제언

조경식재공사시 여러가지 형태의 식재지반불량으로 인하여 수목생육에 막대한 지장을 초래하고 있으므로 식재계획 및 시공단계에서 그에 대한 정밀한 식재방안이 모색되어야 할 것이다. 특히 논을 매립하여 단지를 조성함에 따라 배수불량특성으로 인한 피해가 최근 급격히 발생하고 있다. 따라서 배수불량지에 대한 조경식재공사를 실시할 때 철저한 시공계획은 물론 경제성 측면을 고려한 식재방안이 모색되어야 할것이다. 본 조사대상 아파트단지에서 수목의 피해를 유발 시키는 토양환경요인과 식재방안의 제언은 다음과 같다.

1. 수목피해의 토양환경요인

본 아파트단지의 녹지에서는 대상지 전체 대부분지역이 논토양이 원지반을 이루고 있으나 각기 지역별로 배수불량으로 인한 피해가 각기 다르게

나타나고 있다. 즉 세지역의 식재지반의 토양환경에서 발생되는 차이로서 다음과 같이 세가지로 요약할 수 있다. 첫째, 논지반에서의 성토높이의 차이에 따라 불투수층인 논토양층에 의하여 발생되는 물고임현상으로 인한 과습상태가 발생됨에 따라 되어 수목의 뿌리가 썩어 고사하게 되는 현상이 발생하게 된다. 따라서 논층에서 얼마나 성토되었느냐에 따라 과습에 의한 피해정도가 다르게 나타났다. 둘째는, 조성된 녹지의 경사도에 따른 차이로 평탄한 녹지와 경사진 녹지에 있어서 우수에 의한 배수불량피해가 현격히 차이를 보였다. 즉 녹지의 경사에 따라 표면배수효과가 발생되어 과습에 의한 수목 피해를 저감 시키는 효과가 발생 되었다. 셋째는 성토토양의 토성에 있어서는 배수가 용이한 토성을 가진 토양이 효과적이라고는 볼 수 있으나 반면에 배수가 불량한 토성의 토양 또한 논토양층으로 배수되는 효과를 저감시킬 수 있다고 판단 되었다. 따라서 성토된 토양의 토성의 중요성 보다는 성토깊이가 수목의 피해를 좌우 한다고 판단 되었다.

2. 식재방안의 제언

본 연구에서 제안하는 식재방안은 경제성 측면을 고려한 식재시공 방안으로 배수불량으로 인한 피해를 저감시키는 최소한의 대책이라고 볼 수 있으며, 그 내용은 다음과 같다.

① 배수불량지에서의 성토의 깊이는 가급적 깊이 할수록 수목의 피해를 줄일 수 있으며, 최소 수목의 근권인 60cm이상 성토하여야 한다.

② 배수불량지에서 일반적으로 전 녹지를 대상으로 일정한 깊이로 성토하여 상당히 많은 양의 흙이 필요로 해왔으나, 이 경우 경제성에 입각하여 볼 때, 불합리하며 그에 대한 효과는 기대 이하이다. 따라서 배수불량지에서는 배식방법을 모아심기를 통하여 식재하려고 하는 수목군 위치만을 대상으로 최대한 성토하여 성토토양의 양을 최소화 시키며 수목생육에 적합한 환경을 조성한다.

③ 배수가 극히 불량하다고 판단될시에는 배수암거를 설치함을 원칙으로 하며, 배수암거의 설치는 녹지 전체에 걸쳐 실시하지 않고 모아심기를 통한 식재군 위치만을 대상으로 암거를 설치하며, 암거의 길이를 최소화 시킨다.

④ 배수불량지반이 있는 녹지의 흡수되는 물의 양을 최소화 하기 위해 녹지경사를 최대한으로 경사지게 한다. 그러나 경사의 구배는 우수에 의한 녹지의 토양유실이 발생하지 않도록 조성한다.

⑤ 조경 수목선정시 배수불량지에서는 호습성 및 내습성 수종을 선정 식재함을 원칙으로 하되 뿌리 분포가 낮은 천근성 수종을 선정하여 과습으로 인한 피해를 최소화 시키며 배수불량지에서 피해가 적은 상록수종을 주로 식재한다.

⑥ 식재지반인 논층이 움푹한 경우 특히 체수나 배수불량등의 원인이 됨으로 단지조성시 원지반을 편평하게 조성하도록 하며 또한 건축 및 토목공사시 출입하는 중기에 의한 전압으로 인하여 토양의 고결화 현상이 발생, 극한 불투수층의 원인이 되므로 작업도로를 우회 설정하여 그에 대한 피해를 최소화 시킨다.

인용문헌

1. 강호철(1984), "아파트단지 조경식재공사의 하자에 관한 연구", 한양대 환경대학원 석사학위논문, pp6-64.
2. 김기성(1990), "인공매립토양이 조경수목식재에 미치는 영향", 한양대 환경대학원 석사학위논문, pp1-16.
3. 국립환경연구원(1988), "환경오염식물지표법의 개발연구(Ⅰ)", pp115-117.
4. 농업기술연구소(1988), "토양화학분석법", 농업진흥청, p450.
5. 대한주택공사(1990), "조경수목하자발생 유형조사 결과보고", pp1-17.
6. 대한주택공사(1990), "지반조사보고서, 90건설평택합정지구", pp4-11.
7. 안봉원,서성철(1992), "조경공학", 보성문화사.
8. 이기철,김동필 역(1992), "최첨단의 녹화기술", 명보문화사.
9. 이대성(1982), "조경공사의 하자에 관한 연구", 서울대 환경대학원 석사학위논문.
10. 이경재, 오충현, 류창희, 오구균(1990), "개포 시민의 숲의 배식에 관한 연구", 한국조경학회, 18:(3), pp71-84.
11. 이경재,오충현, 류창희(1990), "서울올림픽공원의 배식에 관한 연구", 수도권개발연구소 연구논 총, 16,

pp11-24.
12. 임경빈(1975), "특용수재배학", 향문사.
13. 오왕근(1986), "신고 토양학", 일조각.
14. 임선욱(1990), "토양학통론", 문운당.
15. 윤국병(1982), "조경배식학", 일조각.
16. 한국조경학회(1990), "조경수목학", 문운당.
17. 한국공업표준협회(1992), 한국공업규격, 한국 공업표준협회.
18. 中村貞一(1977), "綠地造成園の 工法", 東京, 綠圖出版社.
19. 村木知雄(1980), 公園植栽工事, 積算シヤ_メル, 3(6).
20. 前堀辛彦, 造園工事의 施工管理 委託, 公園綠地 40-4, p240