

한강 여의도지구 수변공원 식재설계

이준복

(주)유신코퍼레이션

Landscape Planting Design for Yeoyido Flood Plain Park in Han-river

Lee, Jun-Bok

Yooshin Engineering Corporation

ABSTRACT

It had been strictly prohibited to plant in waterway according to Korea laws and regulations. It was then made possible to plant by the modification law and regulation of 10/30/1997. In 2000, the Seoul metropolis government planted in the Yeoyido flood plain park in Han river by way of showing the model case. This planting design is for the Yeoyido flood plain park along the Han river, in Seoul. The design requirements were to create a pleasant rest area, to improve the surrounding landscape, and to create diverse ecological habitats by planting within the stability of flood flow. This design emphasizes the following design requirements that has positive effect on stabilizing flood flow. First, planting suitable in a area was determined by the speed of a current of less than 0.7m/sec under various numerical value simulations. Second, plants were selected in existing trees of the present and the past Han river, as well as the questionnaire results from landscape professional engineers and professors. Shade plants were planted in the large visit-ing areas so as to offer pleasant shade in the summer. the ecological planting pattern was applied in the area with low speed of flood flow, so as to aid the restoration of the natural ecological environment.

It was found that the foresaid planting design verified the stability of flood flow and wind by overturn limit moment calculation. It is expected that this plan would serve environmentally friendly planting plans in flood plain park.

Key Words : Planting Suitable Area, Speed of Current, Overturn

[†] Corresponding author : Jun-Bok Lee, Yooshin Engineering Corporation, 832-40, Yoksam-dong, Seoul, 135-936, Korea. Tel. : +82-2-6202-0760, E-mail: jblee@yooshin.co.kr

I. 서론

우리나라에서는 그 동안 치수와 이수에 초점을 맞추어 하천을 관리하여 왔기 때문에 하천을 정비할 때 하천의 공간적 특성, 동·식물과 같은 생태계에 미치는 영향 등을 충분히 고려하지 못해 왔다. 그러다가 1980년대 중반 이후 환경단체의 자연보호 운동이 생태계 보전 및 복원으로 확산되면서 하천 환경에 대한 주민들의 관심도 높아졌다. 이에 따라 일부 지방 자치 단체와 환경 단체에서 하천 환경을 개선하기 위해 하천 구역 내 나무 심는 문제를 제기하였고, 이러한 요구에 따라 정부에서는 생태적 서식처로서의 역할, 경관 조성, 휴식처로서의 역할 등 하천 환경을 구성하는 요소로서 이·치수 계획에 지장을 주지 않는 범위 내에서 하천 구역에 나무를 심을 수 있도록 하천법 시행령을 개정(1997. 10. 30)하게 되었다(한국건설기술연구원, 1998).

본 설계는 하천 구역 내 식재 설계에 관한 것으로 물의 흐름에 따른 수리학적 분석에 따라 식재가 가능한 지역을 도출하고 식재 설계를 실시한 후 전도 판정 등 안전성을 검증하는 과정을 거쳐 식재 설계를 수행했다는 데 의의가 있다.

II. 설계여건 분석

1. 기본방향

이·치수 계획에 지장을 주지 않고, 조성되어 있는 주요 시설들을 유지시켜 주는 범위 내에서 키큰나무(교목) 등을 식재하여 이용 시민들에게 쾌적한 휴식 공



그림 1. 위치도

간을 제공하고 주변 경관을 향상시키며 다양한 동·식물의 생태적 서식처를 제공해준다.

2. 대상지 현황

1) 이용 및 시설

한강시민공원은 1980년대 “한강종합개발사업”으로 한강 수변 고수부지에 체육공원 위주의 시민공원이 9개 지구로 구분 개발되었다. 이 중 여의도지구는 연간 약 300만명 이상이 이용하며 잠실지구와 함께 이용이 가장 많은 곳 중의 하나이며 주요 시설로는 우리꽃동산, 유람선 선착장, 잔디광장 등 이용이 집중되는 시설과 축구장 등 기타 체육 시설들이 조성되어 있다(서울특별시, 1997).

2) 지형

부지는 고수부지 형태로 폭이 약 200m 정도이고 면적은 700,000m²이며, 지형은 평탄지로 대부분이 고수부지이고 국회의사당 서측부 및 63빌딩 동측부 일부가 저수 부지로 이루어져 있다.

3) 식생

대상지 내 식생은 자생수종과 도입수종으로 구분할 수 있으며 자생수종으로는 국회의사당 뒷편 저수부지에 버드나무와 갯버들, 갈대, 역새 등이 있고, 도입수종으로는 고수부지 제방 법면부에 잣나무, 이태리포프라, 개나리, 병꽃나무, 조팝나무 등이 있으며 이 중 이태리포프라는 법면 하단부에 열식으로 분산 식재되어 수고가 15m 이상 되는 대형목이 되어 있다. 또한 한강시민공원 개발에 의해 도입된 ‘자연학습장’, ‘여의나루 우리꽃동산’에는 다수의 우리꽃과 나무가 식재되어 있는데 자연학습장에는 진달래, 산철쭉, 조팝나무, 명자나무, 산수유 등이, 여의나루 우리꽃동산에는 곱벚나무, 산벚나무, 매화나무, 물푸레나무, 자귀나무, 층층나무, 단풍나무류 등의 소형목들이 식재되어 있다.

4) 홍수

홍수특성을 보면 한강의 홍수는 80~90%가 7~9월의 짧은 기간 중에 연평균 2회 발생하고(평균 홍수위 약 9m, 고수부지까지는 침수되지 않음), 대홍수는 평균

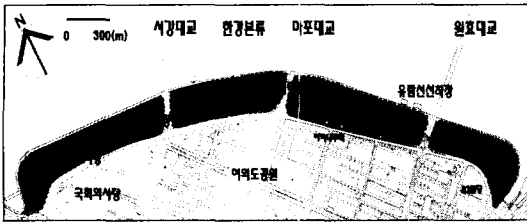


그림 2. 현황도

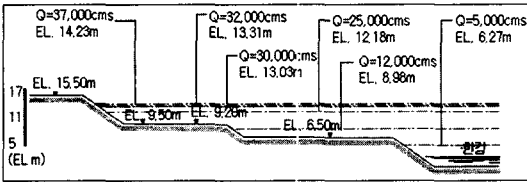


그림 3. 홍수규모별 침수구역도



그림 6. 저속 지역($V \leq 0.7m/s$) 유속분포



그림 4. 대상지 수목현황



그림 5. 시설지 전경

4년에 1회(평균 홍수위 약 12m, 고수부지가 완전히 침수) 발생하며, 200년 빈도의 홍수우는 약 13m로 되어 있다.

3. 식재 가능지 도출

식재 가능지를 도출하기 위해서는 다양한 경우에 대해서 식재로 인한 홍수위 변화(1차원 수리해석), 유속 및 유향의 변화(2차원 수리해석) 등을 예측해 보아야 하는데 본 논문에서 이 부분은 한국수자원학회에서 실시한 수리검토(서울특별시 한강관리사업소, 2000)를 인용하였으며 그 결과를 기초로 하여 식재 가능지역을 다음과 같이 도출하였다.

1) 유속분포

1차원 수리해석은 HEC-RAS 모형¹⁾을, 2차원 수리해석은 RMA-2 모형을 이용하였다. 2차원 수리해석(RMA-2 모형)을 실시(식재전, 성산대교~동작대교 구간)하여 유속에 따라 (1) 저속 구간($V \leq 0.7m/s$), (2)

완속 구간($V \leq 0.5m/s$), (3) 정체 구간($V \leq 0.2m/s$), (4) 시수 구간($V \leq 0.1m/s$)으로 구분하였으며 해당 지역을 그림 6과 같이 도출하였다.

2) 1차원 수리해석

식재 전의 한강 본류 조도계수는 “서울시 하천제방 안전도 검토 및 치수 종합대책 수립 보고서”(서울특별시, 1992)상의 조도계수를 이용하고 식재 후는 “Open-channel hydraulics”(chow, 1988)에서 권장한 식생의 규모에 따른 조도계수를 감안하여 생태적 식재 예정지는 0.1(저수부지), 기타 지역에는 0.05(고수부지)를 채택하여 식재 전·후의 홍수위를 비교한 결과 부분적으로 약 1cm의 홍수위 상승이 있는 것으로 나타나 이로 인한 제방여유고 부족구간은 없을 것으로 판단하였다.

3) 2차원 수리해석

식재 지역별 홍수위 및 유속변화를 평가하기 위해 다양한 경우에 대해 표 1과 같이 수치모의를 실시하였으며 그 결과 홍수위 영향이 지역 3, 2, 1, 4, 5 순으로 적게 나타났으며 E지역을 제외한 지역 1, 2, 3, 4 모두 수위영향이 0.15~0.48cm 범위로 나타나 이 지역에 식재하는 것이 바람직한 것으로 평가되었다. 이 경우 유속은 식재지에서 식재 후 약 0.2m/sec 정도 감소하는 것으로 나타났으며, 유향은 제방쪽에서 하천쪽으로 밀려가는 현상을 보이는 것으로 나타나 제방쪽에 영향은 없을 것으로 판단하였으며 유속 및 유향 변화는 크지 않기 때문에 이로 인한 영향은 미미할 것으로 판단하였다.



그림 7. 식재가능지역 도출
 범례 : : 유속 0.7m/sec 이하 지역

표 1. 모의지역

| 지역1 | 지역2 | 지역3 | 지역4 | 지역5 |
|-------|-------|-------|---------|-----------|
| A+B+C | A+B+D | A+C+D | A+B+C+D | A+B+C+D+E |

A지역: 국회의사당 후면부
 B지역: 국회의사당~마포대교($V \leq 0.7m/sec$)
 C지역: 마포대교~원효대교
 D지역: 63빌딩 전면부
 E지역: 국회의사당~마포대교($V \geq 0.7m/sec$)

III. 식재 기본계획

1. 기본방향

하천경관 개선을 위해서 경관식재를, 고수부지 이용객들에게 쾌적한 휴식공간 제공을 위해서 녹음식재를, 그리고 하천생태환경 복원을 위해서 생태적 식재를 하는 것으로 하였다.

2. 수종 선정 과정

식재수종의 선정은 첫째 한강유역의 식생을 현지조사와 문헌조사(서울특별시, 1998: 한국건설기술연구원, 1998)를 통하여 실시하고, 둘째 한강의 역사 문화적 측면을 고려하고, 셋째 전문가 집단의 의견 수렴을 통하여 이루어졌다.

3. 수종 선정

이 지역에 적합한 수종을 선정하기 위해 설계 대상

표 2. 수종 검토

| 구분 | 수종 | 비고 |
|-----------|---|---|
| 역사 문화적 측면 | 느티나무 노거수 (반포, 미금시) 늙은 뽕나무(잠원동) | 고려말 문호목은 이색(1328~1396)의 고시(古詩), 용재총화 10권 서울시 기념물 제1호 |
| 현존 식생 | 수양버들, 버드나무, 갯버들, 느티나무, 뽕나무, 뽕나무, 이태리포플러, 물푸레나무, 느릅나무, 상수리나무, 조팝나무 | 『한강생태계조사연구, 1998』, 『하천구역내 나무심기 및 관리에 관한 기준. 건설교통부, 1998』 현지조사(1999, 10) |
| 전문가 의견 | 능수버들, 왕버들, 버드나무, 수양버들, 이태리포플러, 상수리나무, 자귀나무, 회화나무, 소나무, 느릅나무, 뽕나무, 물오리나무 | 전문가 20인(조경학계 10인, 조경업계-기술사 10인) 한강에 식재 가능한 수목 추천 |

지와 한강유역의 현존 식생을 현지와 문헌을 통해 조사한 결과 교목으로 수양버들, 이태리포플라, 느티나무, 뽕나무, 느릅나무, 물푸레나무, 회화나무가 관목으로는 갯버들과, 조팝나무가 선정되었고 여기에 한강 옛 경관 복원을 고려하여 뽕나무를 추가하였다.

이렇게 선정된 1차 수종 선정안에서 전문가 집단의 자문과 설문조사를 통해 이태리포플라는 외래수종이며 친근성 수종이어서 전도의 위험성이 있어 배제하고 여기에 상수리나무, 자귀나무, 오리나무를 추가 제안하였다.

마지막으로 수목의 구둑 용이성 등을 고려 수양버들이 버드나무로 교체되었고 뽕나무는 윤중로에 있는 왕뽕나무와의 생태적 경관적 연계를 고려 왕뽕나무로 교체되어 최종 도입수종이 결정되었다.

교목: 버드나무, 느티나무, 왕벚나무, 느릅나무, 물푸레나무, 회화나무, 상수리나무, 자귀나무, 오리나무, 뽕나무

관목: 갯버들, 조팝나무

4. 식재계획

1) 식재구상

제방 법면부 주변의 급격한 지형변화(표고차 평균 5.0m)를 키 큰나무를 식재하여 시각적으로 완화하고, 우리꽃동산, 잔디광장, 유람선 선착장 등 이용이 많고, 체류 시간이 긴 지역은 자연형 녹음 식재를 통해 그늘 및 녹음을 제공할 수 있도록 하며, 국회의사당 후면부 및 63빌딩 전면부는 유숙이 완만하고 침수빈도가 낮은 지역임을 감안하여 교목과 관목의 복층 구조를 갖는 생태적 식생 공간으로 계획하였다.

2) 주요부 배식계획

제방 법면부 주변은 법면으로 인한 급격한 지형변화를 완화하기 위해 제방 하단부에 경관식재를 하되 제방에서 20m 이상 거리를 두어 종 방향의 직선부는 20m 간격으로 곡선부는 20m 이상의 간격을 유지하며 열식하여 제방과 나무 사이가 쓰레기 등에 의해 폐색되는 것을 방지하여 주었다.

우리꽃동산, 잔디광장, 유람선선착장 등 이용이 많고, 체류 시간이 긴 지역의 주변에는 자연형으로 느티나무를 식재하여 경관 제공과 녹음으로 인한 그늘을 함께 제공할 수 있도록 하였다. 식재 간격은 종 방향, 횡 방향 모두 최소 10m 이상을 유지하여 나무 사이가 쓰레기 등으로 폐색되어 저항이 커지는 것을 방지하였다. 식재군과 식재군의 거리는 충분히 이격하고, 느티나무

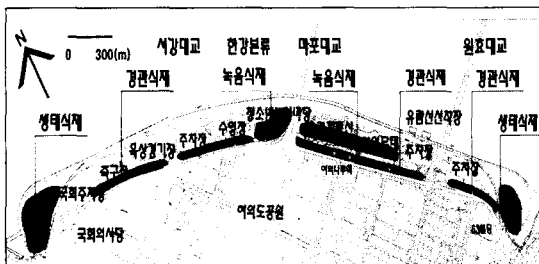


그림 8. 식재 구상도

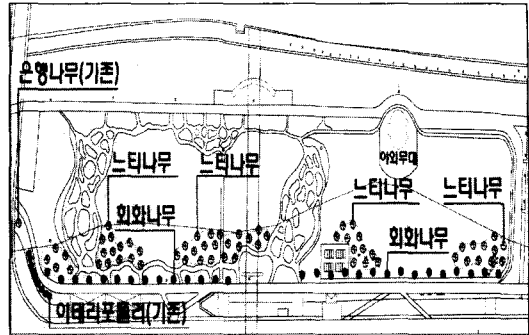


그림 9. 식재계획도(이용시설지 주변)



그림 10. 조감도(이용시설지 주변)

군 주변에 0.5m의 마운딩(Mounding)을 일괄적으로 실시하여 세굴 방지 대책을 마련하였다.

사수구역은 수리적으로 안정하다고 판단되는 지역이므로 교목과 관목의 복층 구조를 갖는 식생군을 조성하여 향후 이 지역의 식생 환경 증진을 도모하고 조류 등 야생동물의 서식처로 이용되도록 자연형의 수목을 다량 식재하여 자연 생태 환경의 복원이 가능케 하며, 나아가 한강의 하천 경관 복원을 위해 한강 유역에서 자생하였거나 현존하는 자생수종(버드나무, 느릅나무, 물푸레나무, 뽕나무, 조팝나무, 자귀나무 등이 식재하였다.

국회의사당 후면부는 사수구간으로 수목의 규격 및 배치에 제한을 받지 않는 지역이므로 여러 수종을 자연형으로 식재하였으며, 교목, 소교목, 관목으로 이어지는 다층 식재로 오리나무, 물푸레나무, 느릅나무 외곽부에 갯버들, 조팝나무, 뽕나무, 자귀나무 등이 배치되도록 하였다. 또한 오리나무, 조팝나무의 다층 식재와 오리나무 단층 식재를 조성하여 향후 홍수의 영향 등에 의한 이들 간의 차이점을 모니터링을 통해 관찰할 수 있게 하였다. 인접한 윤중로의 왕벚나무 군락과 경관적

생태적으로 연계가 가능하게 왕벚나무 군락을 도입하였다.

63빌딩 전면부 또한 유속이 매우 느린 사수역으로 생태적인 식생 공간의 조성을 위하여 내습성이 강하고 하천경관 제고에 유리한 버드나무, 물푸레나무 등 자생종을 집중 도입하였으며 외곽부에 자귀나무, 갯버들, 조팝나무군락을 조성하여 복층구조의 식생 공간을 조성하였다.

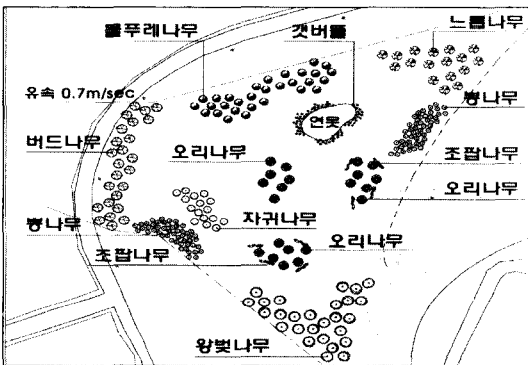


그림 11. 식재계획도(국회의사당 후면부 사수구역)



그림 12. 조감도(국회의사당 후면부 사수구역)

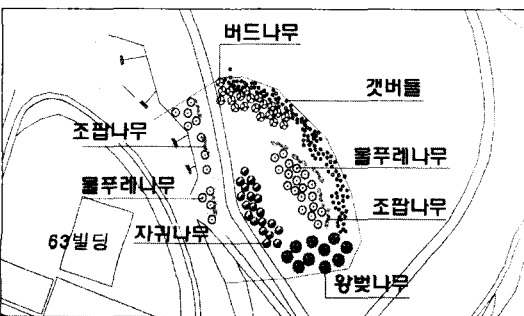


그림 13. 식재계획(63빌딩 전면부 사수구역)



그림 14. 조감도(63빌딩 전면부 사수구역)

IV. 안전성 검토

1. 고수부지 침수기간

한강대교 수위표의 수위기록을 이용하여 여의도 구간의 중간에 위치한 마포대교 주변 고수부지 구간에 대해 비교적 호우가 심했던 1998년을 기준으로 연중 침수기간을 검토하면, 고수부지의 제내지 측 저수 호안 지점은 약 5일, 제방 측 구간에서는 약 2일 정도 침수되는 것으로 분석되었다.

1995년 5일간의 집중호우(8.23~8.27)는 막대한 피해를 입힌 바 있으나 이 기간의 침수기간을 살펴보면 최장침수(반포지구) 92시간(8.24일 00:00~8.27일 20:00시)이며 최단침수기간(반포지구)은 26시간(8.25일 15:00~8.26일 17:00)으로 나타났다. 이와 같이 한강유역의 침수기간은 외국의 경우와는 달리 단기적으로 발생하

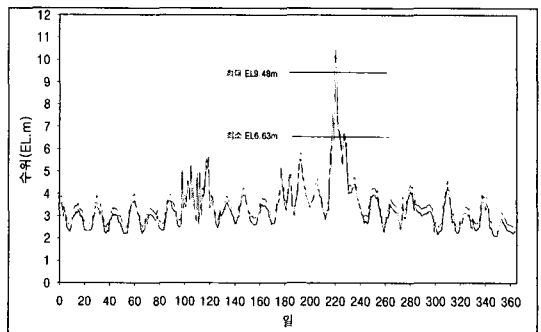


그림 15. 고수부지 침수기간(1998년 마포대교 주변)

범례: 한강대교, —— 마포대교

고 있어 한강의 둔치에 식목을 하여도 크게 문제가 되지 않을 것으로 판단되었다.

한편 한국건설기술연구원의 「하천환경 심포지움, 1995」에 따르면 수목 중 가장 오래 물 속에 잠겨 있어도 죽지 않는 나무는 은버들이며, 너도밤나무 등 대부분의 나무가 연중 약 25일을 견딜 수 있는 것으로 조사되었으며 이와 관련해 볼 때 본 설계 부지 침수 기간은 아주 짧게 나타나 침수 기간과 관련된 피해는 없을 것으로 판단하였다.

2. 수목식재의 안정성

1) 수목의 전도

수목의 전도판정과 관련된 모멘트 산정식은 하천 구역 내 나무심기 및 관리기준(한국건설기술연구원, 1998)에서 제시한 산정식을 이용하였으며 나무가 쓰러지는 것은 외력(전도모멘트)과 수목의 내력(전도한계모멘트)을 비교하여 판단하며 전도한계 모멘트 산정식의 수목의 조건은 성목(成木, 수고가 7.0m 도달한 수목)의 수고, 지하고 및 수관폭을 적용하였다.

성목시 수종별 수목의 제원은 일반적인 동종 수목의 수형을 고려해 표 3과 같이 정리하였다.

① 흐름에 의한 외력 모멘트

가. 수관부분에 의한 외력 모멘트

표 3. 수목별 제원

| 수목종류 | 지하고(m) | 수관고(m) | 수관폭(m) | 흉고직경(cm) |
|-------|--------|--------|--------|----------|
| 느티나무 | 3.5 | 3.5 | 5.0 | 26.0 |
| 왕벚나무 | 3.5 | 3.5 | 4.5 | 25.0 |
| 느릅나무 | 3.5 | 3.5 | 4.0 | 25.0 |
| 볼푸레나무 | 3.5 | 3.5 | 4.0 | 25.0 |
| 회화나무 | 4.0 | 3.0 | 3.0 | 20.0 |
| 자귀나무 | 3.0 | 4.0 | 4.5 | 25.0 |
| 상수리나무 | 4.0 | 3.0 | 5.0 | 25.0 |
| 버드나무 | 3.0 | 4.0 | 4.0 | 25.0 |
| 팽나무 | 1.0 | 2.0 | 2.0 | 10.0 |
| 오리나무 | 3.0 | 4.0 | 4.0 | 25.0 |

$$Md = 1/2 \times \rho_1 \times Cd \times S_1 \times U_1^2 \times L_1$$

$$\rho_1 = \text{물의 밀도}(102\text{kg}\cdot\text{s}^2/\text{m}^3)$$

$$Cd = \text{나무의 항력계수}(0.8)$$

$$S_1 = \text{나무의 투영면적}(\text{m}^2)\text{-}N\cdot DL$$

$$N = \text{총가지수}(100)$$

$$DL = \text{나뭇가지의 평균 직경}(0.02\text{m})$$

$$U_1 = \text{유속}(0.7\text{m/s})$$

$$L_1 = \text{지표면에서의 나무의 높이} \\ (\text{수관부의 } 1/3\text{지점, m})$$

나. 줄기부분에 의한 외력 모멘트

$$Mu = 1/4 \times \rho_1 \times Cd_1 \times D \times h_0^2 \times U_1^2$$

$$\rho_1 = \text{물의 밀도}(102\text{kg}\cdot\text{s}^2/\text{m}^3)$$

$$Cd_1 = \text{나무의 항력계수}(1.2)$$

$$D = \text{나무의 직경}(m)$$

$$h_0 = \text{지하고}(m)$$

$$U_1 = \text{평균 유속}(0.7\text{m/s})$$

② 바람에 의한 외력 모멘트

$$M_2 = 1/2 \times \rho_2 \times Cd_2 \times S_2 \times U_2^2 \times L_2$$

$$\rho_2 = \text{공기밀도}(0.125\text{kg}\cdot\text{s}^2/\text{m}^3)$$

$$Cd_2 = \text{수림의 항력계수, 풀}=0.7$$

$$S_2 = \text{수관의 투영면}(\text{m}^2)\text{-타원형 } 3.14 \times \text{수관고}(m) \times \text{수관폭}(m)/4$$

$$U_2 = \text{풍속}(24.0\text{m/s})$$

$$L_2 = \text{지표면에서의 높이}(\text{수관부의 } 1/3\text{지점, m})$$

③ 전도판정

나무의 전도한계모멘트는 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$Mc = aD^{2.0}$$

Mc : 전도한계모멘트(kg·m), D : 흉고직경(cm), a는 상수

나무에 작용하는 외력 모멘트는 흐름에 의한 것과 바람에 의한 것으로 구분되고 흐름에 의한 것은 수관부분에 의한 것과 줄기부분에 의한 것의 합으로 다음과 같이 산출하여 전도한계모멘트와 비교, 전도안정성을 검토하였다. 이때 흐름과 바람의 작용중 큰 쪽을 외력 모멘트로 하고 나무의 한계모멘트와 비교하여 쓰러짐을 판정한다(한국건설기술연구원 수자원연구실의 담당자는 하천 구역 내 나무심기 및 관리 기준에서 수목 전도 판정과 관련된 산정 식은 그 동안의 연구조사 결과와 외국의 문헌 등을 참고하여 제시한 것으로 안전계수

표 4. 전도판정

| 수 종 | 상수 (a) | 홍고 직경 D(cm) | 흐름에 의한 외력모멘트 (kg·m) | 바람에 의한 외력모멘트 (kg·m) | 전도한계 모멘트 (kg·m) | 전도 판정 |
|-------|--------|-------------|---------------------|---------------------|-----------------|-------|
| 느티나무 | 2.5 | 26 | 234.3 | 1,615.5 | 1,690.0 | 안정 |
| 왕벚나무 | 2.5 | 25 | 232.5 | 1,454.0 | 1,562.5 | 안정 |
| 느릅나무 | 2.5 | 25 | 232.5 | 1,292.4 | 1,562.5 | 안정 |
| 물푸레나무 | 2.5 | 25 | 232.5 | 1,292.4 | 1,562.5 | 안정 |
| 회화나무 | 2.5 | 20 | 247.9 | 890.2 | 1,000.0 | 안정 |
| 자귀나무 | 2.5 | 25 | 207.0 | 1,543.0 | 1,562.5 | 안정 |
| 상수리나무 | 2.5 | 25 | 259.9 | 1,483.7 | 1,562.5 | 안정 |
| 버드나무 | 2.5 | 25 | 207.0 | 1,371.6 | 1,562.5 | 안정 |
| 오리나무 | 2.5 | 25 | 120.4 | 1,371.6 | 1,562.5 | 안정 |
| 팽나무 | 2.5 | 10 | 34.8 | 131.9 | 250.0 | 안정 |

는 외력 중에서 나무의 항력계수 등에 포함된 것으로 이해하고 있었음). 검토 결과 모두 안정한 것으로 나타났으며 모든 경우에서 흐름에 의한 외력 모멘트보다 바람에 의한 외력 모멘트가 크게 나타났다.

2) 전도의 방지

흐름에 의한 저항을 최소화하고 뿌리 활착과 전도 방지를 위해 당김줄형 지주목을 설치하고, 뿌리 활착이 완료된 후 제거하여 와이어(Wire)에 부유물 및 쓰레기가 걸리지 않도록 하였다.

3) 공사 후 피해

본 연구 대상지는 2001년 공사가 완공되어 만 2년이 경과한 현재까지 일부 수목에만 피해가 발생하였으며

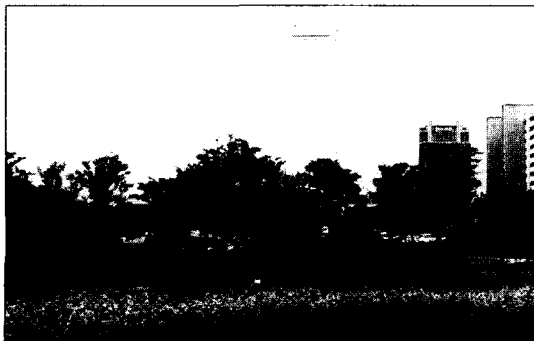


그림 16. 완공후 사진(이용시설지 주변)

피해 발생 원인은 모두 고사로 홍수시 물의 흐름이나 바람의 영향에 의한 전도 피해는 없었던 것으로 확인되었다(한강환경관리사업소 여의도지구 관리사무소).

공사 후 2년이 경과하는 동안 홍수가 1회(2002년 8월 7일) 있었고, 이 때의 수위는 8.50m(한강홍수통제소)이었으며 최대풍속으로는 순간최대풍속이 23.3m/sec (2002년 9월 1일, 기상청 통계자료)까지 나타났으나 이로 인한 피해는 없었다.

서울시 한강환경관리사업소의 자료에 의하면 수목의 피해는 주로 저수부지에서 나타났으며 왕벚나무(생존율 45%)가 가장 많은 피해를 보였으며 그 다음이 오리나무(생존율 71%), 느릅나무(생존율 76%), 자귀나무(생존율 78%) 순으로 나타났고 그 외 수목의 생존율은 모두 80% 이상이었다.

조경공사 표준시방서(건설교통부, 1996; 서울특별시, 2001)에 의하면 고사식물의 하자보수에서 지급품을 식재하는 경우 고사기준을 10% 미만은 전량 하자보수 면제하고, 10%~20% 미만은 10% 이상의 분량을 지급품으로 보수하고, 20% 이상인 경우 10%~20%의 분량은 지급품으로 보수하고, 20% 이상의 분량은 수급인이 동일규격 이상의 수목으로 보수하도록 되어 있어 사실상 하자율 20% 이상에 대해서 시공 책임을 엄격하게 묻고 있는 실정이다.

표 5. 공사후 수목피해 현황

| 명 칭 | 수 종 | 수량(주) | 시설지주변 (고수부지) | | | 사수구역 (저수부지) | | |
|-------|----------|-------|--------------|-----|---------|-------------|-----|---------|
| | | | 식재 | 생존 | 생존율 (%) | 식재 | 생존 | 생존율 (%) |
| 느티나무 | H4.0×R20 | 65 | 63 | 97 | 65 | 63 | 97 | |
| 왕벚나무 | H4.0×B10 | 40 | 18 | 45 | | 40 | 18 | |
| 느릅나무 | H4.0×R12 | 17 | 13 | 76 | | 17 | 13 | |
| 물푸레나무 | H3.0×R10 | 62 | 51 | 82 | | 62 | 51 | |
| 회화나무 | H4.5×R12 | 30 | 30 | 100 | 30 | 30 | 100 | |
| 자귀나무 | H3.0×R6 | 36 | 28 | 78 | | 36 | 28 | |
| 상수리나무 | H3.5×R15 | 13 | 12 | 92 | 13 | 12 | 92 | |
| 버드나무 | H4.0×R10 | 45 | 44 | 98 | | 45 | 44 | |
| 오리나무 | H4.0×R12 | 21 | 15 | 71 | | 21 | 15 | |
| 팽나무 | H1.5 | 100 | 81 | 81 | | 100 | 81 | |
| 계 | | 429 | 355 | 83 | 108 | 105 | 97 | |

*자료: 한강환경관리사업소 여의도지구 관리사무소 ('03. 8. 30)

따라서 하천 유역 내의 특수성을 고려해 볼 때 20%까지의 하자는 인정되는 것이 좋을 것으로 판단된다 (즉, 설계시 수목의 활증을 20% 정도 인정, 이 부분은 앞으로 별도의 연구가 있어야 할 것이다). 이와 관련하여 생존율 80% 이상인 나무는 크게 문제가 되지 않을 것이나 80% 이하인 나무들은 원인을 분석해 대책을 마련해야 할 것이다. 왕벚나무의 경우 현장 관리자 등의 의견과 연구자의 관찰로 볼 때 홍수 후 저습지의 부분적 배수불량으로 토양 내 과다 수분으로 인한 피해로 판단되며 오리나무, 느릅나무, 자귀나무의 경우 식재 후 환경조건에 의한 영향인지 식재시 시공조건에 의한 영향인지 불분명하여 계속 관찰이 필요한 것으로 판단되었다.

V. 결론

과거 하천에 교목을 식재하지 못하게 하였던 데에는 나무가 물의 흐름에 영향을 주어 특히 홍수시에 위험하다고 판단하였기 때문일 것이다. 하천에 교목을 식재하는 데에는 무엇보다도 치수상의 안전성이 확보되어야 할 것이다.

본 설계에서는 설계의 요구조건을 충족하며 동시에 식재에 따른 치수 안전성이 확보되는 것에 설계의 주안점을 두었다. 우선 식재 가능지를 유속분포에 따라 여러 대안으로 수치모의를 실시하여 홍수 위에 미치는 영향이 적은 지역인 유속 0.7m/sec 이하 지역을 선정 한 후 이 곳에 식재 설계를 시행하고 물의 흐름과 바람에 의한 전도 판정 등을 거쳐 안전성을 확인하였다.

계획의 내용에서는 하천경관의 개선을 위하여 수중 선정 시 문헌 조사 등을 통하여 역사·문화적 측면을 고려하였고 주변의 현존 식생을 조사하여 주변의 식생경관과 조화되도록 하였으며 이용이 집중되는 시설지 주변에 여름철 그늘을 충분히 확보할 녹음수를 식재하여 쾌적한 휴식공간이 되도록 하였다. 또한 하천 생태복원을 위해서 국회의사당 두 저수부지와 63빌딩 앞 저수부지에는 교목과 관목의 복층 구조를 갖는 생태적 식생공간을 계획하였으며 특히 국회의사당 뒤에는 복층 구조와 단층구조를 갖는 대조구를 조성하여 생태적 변화과정을 관찰할 수 있게 하였다.

설계시 수변공원에서 식재는 전도에 의한 피해가 많을 것이라는 가정하에 식재 설계를 진행했으나 공사 후의 피해를 분석해 본 결과 전도에 의한 피해는 나타나지 않았고 그 원인이 배수불량에 의한 고사였던 것으로 나타났다.

설계시 유속은 0.7m/sec(홍수위 14.75m), 풍속은 24.0m/sec를 기준으로 전도 안정성을 검토하였다. 공사 완료 후 2년이 경과하는 동안 1회의 홍수(홍수위 8.50m)와 설계 풍속에 근접한 23.3m/sec의 강풍이 있었으나 이로 인한 전도 피해는 없었다. 전도 안정성 검토 결과 물의 흐름에 의한 외력 모멘트보다는 바람에 의한 외력 모멘트가 훨씬 큰 것으로 나타나 이로 유추해 볼 때 한강에 계획 홍수위의 홍수가 발생한다 해도 이는 바람(23.3m/sec)에 의한 외력 모멘트에 훨씬 못 미치는 바, 이로 인한 피해는 없을 것으로 사료된다. 그러나 이 부분은 공사 후 아직 한강의 계획 홍수위에 해당하는 홍수가 발생되지 않았으므로 앞으로의 검증이 필요하며 수목의 피해 원인 규명 역시 아직 충분한 시간이 경과하지 않았으므로 앞으로 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

최근 자연형 하천 조성의 요구가 급증하고 있는데 여기에서는 특히 식재 계획의 중요성이 강조된다. 본 계획이 앞으로 이어질 하천에서의 교목의 식재 계획에 도움이 되기를 바란다.

주 1. HEC-RAS 모형은 미국 공병단에서 1995년에 개발된 모형으로 종전의 HEC-SERIES의 각각 모형을 집대성하여 WINDOW 용으로 개발한 것으로 전세계적으로 가장 공신력 있는 1차원 수리해석 모형이며 RMA-2 모형은 공인된 2차원 수리해석 모형으로는 유일한 RMA 모형의 가장 최신 버전으로 이들 모형을 채택하여 분석하게 되었다.

인용문헌

1. 서울특별시(1992) 서울시 하천제방 안전도 검토 및 치수 종합 대책 수립 보고서, 서울특별시 보고서.
2. 서울특별시(1997) 한강관리사.
3. 서울특별시(1998) 한강생태계조사연구, 서울특별시 보고서.
4. 서울특별시 한강관리사업소(2000) 한강고수부지 여의도지구 식재기본계획 및 실시설계, 서울특별시 보고서.
5. 서울특별시(2001) 서울특별시 전문시방서(조경편).
6. 한국건설기술연구원(1995) 하천 심포지움, 한국건설기술연구원 보고서.
7. 한국건설기술연구원(1998) 하도내 수목관리 워크샵-하천구역

내 나무심기 및 관리에 관한 기준. 제10회 건설기술연구성과 발표회.

8. 건설교통부(1996) 조경공사표준시방서.

9. Chow(1988) Open-channel Hydraulics(McGraw-Hill).

원 고 접 수 : 2003년 7월 28일

최종수정본 접수 : 2003년 11월 7일

3인익명 심사필