

冠岳山地域岩石荒廢地의 綠化工法開發에 關한 研究

禹 保 命

(서울大學校 農科大學 林學科)

Study on the Development of Rehabilitation Measures of Denuded Land in the Gwanak Mountain Region

Bo-Myeong Woo

(Dept. of Forestry, Coll. of Agric., Seoul Nat'l Univ.)

Summary

This research has been carried out for two years to develop the fundamental models and techniques concerning the practical erosion control measures and rehabilitation policy for the denuded rocky forestland and eroding valley of Mt. Gwanak area in the capital region.

The main results obtained could be summarized as follows;

1. In planting with the selected seedling on denuded rocky forestland, it would be more effective to introduce the "containerized seedling and planting practices" having the developed specifications of each species. It is also required to introduce the fertilizing practices to rehabilitate and accelerate the deteriorated and dwarfed vegetation status in this area.
2. The denuded land of Mt. Gwanak area could be devided into 6 types as described on the conclusions. "Stone-debris catching barrier structures on the slope" and "debris-and-water holding trench-wall structures" which have been developed as a new rehabilitating models for the debris sliding sites are required for further study.
3. The most hazardous point where landslides occurred frequently is correspond to the upper depressed area of end of the first-order valley on the topographic map (1:5000). It is, therefore, needed to precede such the preventive protecting counter-measures as drains and retaining walls at the corresponding points in "landslide hazard areas."
4. To stabilize the denuded torrential stream, such structural measures as debris dam, low-debris dam, check dam, stream grade stabilization structures and revetment must be constructed in connection with both upper and lower structures.
5. At the outlet of small hazardous valley where landslides occur frequently, to raise the effect of preventive erosion control it is essential to install the "sand-and-stone catching basin structures" like Pokpogol and Hyeonggol of Gwacheon.

緒 論

政府에서는 해방후 40여년간 治山綠化政策을 強力히 推進해 온 결과 한때 全體 山林面積의 約 10%인 60여 만ha에 달하던 荒廢山地面積이 最近에 와서는 불과 2 만여ha로 대폭 감소되었으며, 이와같은 治山綠化政策을 통하여 林地의 林木生產性은 물론 自然環境의 保全

및 自然景觀의 회복면에서도 큰 공헌을 하게 되었다.

그러나, 과거의 治山政策, 특히 砂防政策은 헐벗고 荒廢된 山地의 山腹斜面의 早期被覆綠化를 主目的으로하는 山腹砂防에 중점을 두어 왔고, 황폐된 溪谷溪流의 復舊安定을 主目的으로하는 溪間砂防은 비교적 소홀히 하여 왔으므로 앞으로는 溪間砂防에 力點을 두어야 할 溪間砂防時代가 도래한 것이다.

溪間砂防은 荒廢된 溪間의 復舊 및 安定面에서 뿐만

아니라 山沙汰와 土石流 등의 發生을 방어하고자 하는 防護砂防面에서도, 또 山沙汰와 土石流 등으로 일어나는 각종 災害를 豫防하고자 하는 防災砂防, 즉 豫防砂防面에서도 매우 중요시된다.

한편 이제까지의 治山綠化 및 砂防技術水準은 일반적인 荒廢山地나 穗裸地에 대한 復舊 및 綠化工法의 適用 정도에 불과하였으므로 冠岳山地域과 같은 荒廢化程度가 극심하여 岩石의 노출이 많은 岩石荒廢地에 대한 復舊綠化安定技術은 아직 미개척분야에 놓여 있는 現實인 것이다.

冠岳山荒廢地域은 서울시, 安養市, 果川新都市의 背後에 걸쳐서 약 2,500ha에 달하는데, 이 지역은 서울首都圈地域이라는 地理的 位置上으로도 대단히 중요한 要衝地에 놓여 있다. 首都圈에서 생활하는 시민들이 날마다 보고 느끼면서 지내듯이 우리나라에서 가장 荒廢된 岩石山地帶로서 豪雨時에는大小規模의 무수히 많은 個所의 山沙汰와 土石流가 發生하여 首都圈地域에 막대한 災害를 유발하고 있는 荒廢地帶인 것이다.

따라서 荒廢된 山地로부터의 土石流災害를 防止하기 위한 災害對策의 砂防面에서 뿐만 아니라 首都圈地域市民들의 登山 및 餘暇善用을 위한 國民修練園의 터전을 保全하기 위한 國民休養環境資源의 保存의 側面에서도, 또 서울大學農科大學 附屬樹木園(약 1,515ha)의 造成面에서도 冠岳山地域의 綠化促進 및 荒廢溪間의 安定을 도모하기 위한 세로운 工法 및 기술의 개발이 시급히 요망된다. 이와같은 세로운 工法이나 技術은 國家的 次元에서 검토되고 개발되어야 할 것이다.

荒廢된 山地를 復舊綠化하여 山沙汰災害를 防止하고 푸른 國土環境을 保全하기 위한 砂防工學의 綠化技術은 美國, 오스트리아, 日本 등지에서 많이 발달되고 있다. 本研究를 수행함에 특별히 引用 및 參考한 研究結果로는, 山沙汰 및 土石流 災害對策에 관해서는 Anderson(1959), Coats(1977, 1981), Gonisor & Gardner(1971), Kojan(1967), Namba et al.(1961), Sharpe(1938), Takabashi(1983), Varnes(1978), Woo(1978, 1981), Zaruba & Mench(1969) 등의 연구논문이었다. 그리고, 岩石山地에서의 土砂石礫이나 돌부스러기(Stone debris)의 이동으로 인한 문제에 대해서는 Barry(1978), Cooke & Doornkamp(1974), Croft(1967), Krammes(1965), Patric & Kidd(1982), Schunn(1973) 등의 연구방법과 결과가, 또 荒廢林地의 施肥 및 綠化技術對策에 대해서는 Beaton(1973), Chung(1975), Hara(1957), Kinghorn(1974), Lee(1983), Nakano(1972), Osterstrom(1981), Wilde & Voight(1972), Yim(1965) 등의 研究結果가, 그리고 荒廢溪間의 安定을 위한 砂

防댐 및 溪間砂防工法에 대해서는 Higashi(1982), Hugaya(1970), Igeda(1980), Yamaguchi(1982), Yano(1976) 등의 研究方法 및 結果가 참고되었다.

우리나라에서는 荒廢山地의 綠化試驗에 관한 研究結果는 비교적 많이 포함되었으나 荒廢溪間砂防에 關한 研究結果는 아직 보고된 바 적다. 冠岳山地域의 山腹비탈면에서는 表土의 浸蝕 및流失이 극심하여 岩盤의 노출이 심한 암석노출황폐지이며, 또 溪谷의 溪床과 溪岸의 浸蝕 및 土石의 이동도 극심한 荒廢溪間地帶이므로 이러한 地帶에 대해서 山腹砂防工法과 溪間砂防工法을 동시에 적용하는 종합적이고도 효과적인 새로운 砂防技術을 개발하고자 이 研究가 수행되었다.

이 研究에서 얻어진 研究結果를 政府의 關係部處에서 檢討하여 조속히 채택하여 施行해 준다면 首都圈地域에 위치한 冠岳山地帶의 荒廢山腹 및 荒廢溪谷의 綠化 및 安定에 큰 공헌을 할 수 있을 것으로 생각된다.

아울러 이 研究는 韓國科學財團의 研究費支援(1983~84)에 의하여 수행되었음을 밝히고, 同 財團에 感謝드린다.

材料 및 方法

冠岳山地域의 岩石荒廢地 및 浸蝕溪谷에 대한 효과적인 綠化 및 安定工法을 개발하기 위하여 실제로 새로운 기술의 개발이 요구되는 5個分野로 區分하여 研究가 수행되었다. 그리고 冠岳山地域調查地의 小流域別 位置 및 砂防댐자리적지의 위치표시도는 그림 1과 같다.

1. 岩石山地綠化用 綠化樹種의 開發

冠岳山地帶에서 東·西·南·北 4方位에 위치한 18개 主溪谷 및 山腹을 대축적 地形圖(1:5,000)에서 선정한 후, 각 小溪谷의 溪谷流域別로 주제목선 및 능선에 따라서 植物種의 출현빈도를 조사하였다. 이러한 植生調査에서 相對出現頻度가 높은 植物種, 즉 조사지 내에 많이 生立하고 있는 樹種 및 草種을 일단 이 지역에서의 耐環境性이 강한 樹種 및 草種으로 간주하여 이들을 綠化樹種으로 선발하고, 선발된 수종에 대해서는 增殖試驗을 실시하였다.

특히 冠岳山地帶에서 계곡에서부터 산복에 이르기 까지 많이 生立하고 있는 綠化樹種中에서 병꽃나무와 노간주나무의 증식시험을 水原의 서울大農大苗圃場과 溫室에서 수행되었다. 소나무와 참나무류도 많이 生立하고 있지만 이들 樹種의 增殖方法은 이미 다른 研究者들에 의하여 밝혀진 바 있으므로 생략하였다.

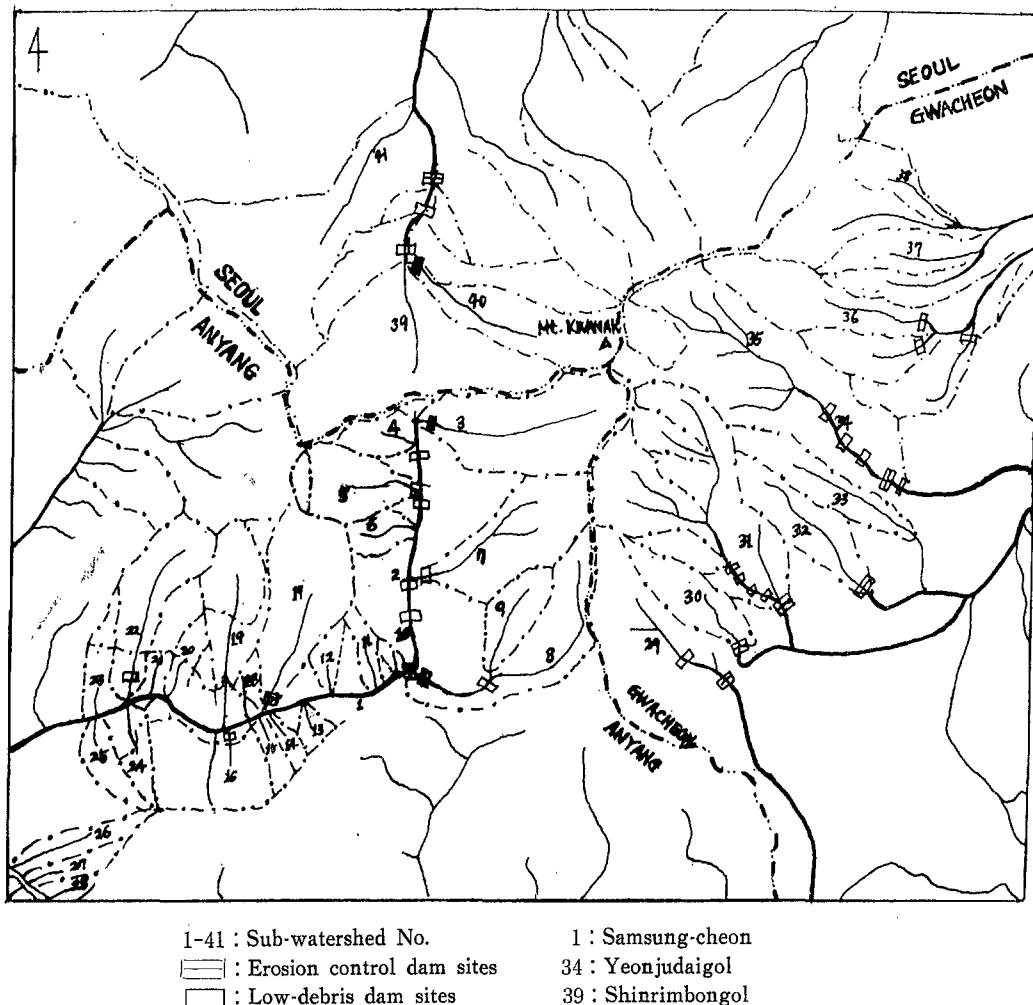


Fig. 1. Locations of the erosion control dams, low-debris dams, and sub-watershed numbers in Gwanak mountain region

2. 岩石山地에 적절한 새로운 植栽技術의 開發

1) 盆苗植栽技術開發試驗

冠岳山地帶는 山地斜面의 土壤浸蝕이 극심하여 지표에 삼립토양이 거의 남아있지 않고, 斜面 바닥에도 암반이 노출된 암석황폐지이므로 일반 山地造林에서와 같은 苗木이나 植栽方法으로는 苗木을 심어 緑化할 수 없는 생태에 놓여 있다. 따라서 盆苗養成 및 植栽技術 (containerized seedling and planting practices)을 개발로자 선정된 각종 绿화수종별로 수종의 根系生育特性 및 增殖力特性 등을 고려한 쪽정크기의 비닐분(비닐 두께 0.1mm로 온실내에서의 원예용 盆 제조용 비닐) 모형을 고안하여 盆苗를 양성하고, 또 양성된 盆苗를

荒廢岩石地에 植栽하여 植栽方法에 대한 검토를 하고, 또 植栽後의 活着狀況과 生長狀態를 조사하였다.

試驗用 盆苗는 1983年 春期에 苗圃場에서 양성하기 시작하여 1年後 1984年 春期에 시험지(冠岳樹木園內)에 植栽하였다. 盆苗에 植栽한 苗木은 주로 冠岳樹木園苗圃와 水原七寶山苗圃에서 양성된 苗木으로 비교적 균등한 品等을 가진 苗木을 선정하였으며, 盆에 담은흙은 일반적으로 사용되는 배양토를 사용하였다.

綠化植栽技術開發에 사용된 樹種 및 各樹種에 대한 시험묘목의 상태와 盆苗의 규격 등은 表 1과 같다.

2) 腐惡岩石荒廢地에서의 樹木生長力恢復試驗

冠岳山地域의 森林土壤의 肥沃度는 매우 척박하므로 樹木이 정상적인 生育을 할수가 없고 거의 모든 수종이 심히 矮性化되어 난생이 생육을 하고 있으므로, 이

Table 1. Sizes of containerized seedlings by tree species

Species	Age of seedling before planting to pot	Age of potted seedling for forest planting	Size of vinyl pot (D×H) (cm)	Size of soil-filled potted seedling (D×H) (cm)	Weight of potted seedling (kg)	No. of potted seedlings planted
Alnus hirsuta	1-0	1-1	25×28	16×19	6.1	200
Forsythia koreana	1/1	2/2	25×28	16×19	5.1	200
Buxus microphylla var. koreana	1-1	1-1-1	20×24	13×17	2.6	150
Pinus rigida	1-0	1-1	20×24	13×15	2.6	400
Pinus rigida	1-1	1-1-1	25×28	16×18	4.9	100
Parthenocissus tricuspidata	1-0	1-1	20×24	13×19	2.6	200
Parthenocissus tricuspidata	juvenile	1-0	15×20	10×15	1.1	2000
Juniperus chinensis var. sargentii	3/3	4/4	30×33	19×21	7.0	40

Table 2. Properties of the soil at the experiment plot

Site	Soil depth	<2-mm Fraction									
		Hygro. H ₂ O	Organ. matter	Text.	pH (H ₂ O 1:5)	Total N. (%)	Avail. P ₂ O ₅ (ppm)	K ⁺	Na ⁺ (m.e./100g)	Ca ⁺⁺	
Fa	0-15	1.62	1.190	S L	4.90	0.041	7.76	0.08	0.03	0.78	0.54
Fc	0-15	1.39	0.931	S L	4.78	0.075	7.64	0.07	0.03	0.70	0.39
Fs	0-15	1.88	0.931	S L	4.96	0.044	8.51	0.10	0.04	0.84	0.27

Fa: Fertilized plot in Autumn

Fc: Control plot

Fs: Fertilized plot in Spring

리한 황폐산지의 왜성수목에 대하여 적당한 비료를 시비하여 심히 둔화된 生長力を 회복시켜 전체적인 山地의 緑化速度를促進시키고자 이 시험을 실시하였다.

施肥試驗地는 대보화강암지대에서 풍화된 거친 모래와 돌부스러기(Stone debris and scree)가 많이 함유된 “사질양토”로서降雨時에 表面浸蝕에 대한 저항력이 대단히 약한 생태에 있다. 시험지에서 土深 0~15 cm 부위에서 分析用土壤試料를 채취하여 Wilde(1972)의 方法으로 分析한結果는 表 2와 같다.

試驗地에서 이미 生長하고 있는 主要 4樹種(소나무, 리기다소나무, 노간죽나무, 철쭉)을 선정하여, 각 樹種別로 樹齡 4~10年生중에서 10주씩 무작위 선정하여 라벨을 부착하고, 공시수목 1주당 山林事業用固型複合肥料(12:16:4) 5개씩 圓型施肥하였다. 試驗區配置는 4樹種×3施肥(春期施肥區, 秋期施肥區, 無施肥區)×2生長(樹高, 根元部지름)×10반복으로 처리하였다. 春期施肥는 1983年 5月에, 秋期施肥는 11月에 실시하고, 시험 성적은 1984年 10月中旬에 测定하였다.

3. 岩石山地의 山腹斜面上에서의 土石固定用 砂防工法의 開發

1984年度 春期에 대축척도(1:5,000)와 航空寫眞을活用하여 冠岳山地域의 “地表狀態”에 대한 세부적인 현지조사를 실시하여 황폐지의 基本類型을 6가지로 구분하였다. 특히 암석 산지 사면 위에 널리 분산되어 豪雨時に 集團의 流失로 인하여 土石流의 원인이 되고 있는 不安定한 돌부스러기(Stone debris and scree)를 “제자리에 고정”시키고, 동시에 山腹에 降水量을 조금이라도 더 保留하기 위한 工法으로 山腹의 凹部에는 “留石擴水工法” 시험을 실시하고, 山腹의 平衡斜面에는 “돌막이工法” 시험을 수행하였다.

“留石擴水工法” 및 “돌막이工法” 시험지는 樹木生長力恢復試驗地 내에 위치하며, 비탈면 경사는 20~25° 정도이다. 留石擴水工法 시험지의 集水面積은 200m²이며, 부채살 모양의 凹地形 集水地點에 너비 60cm, 깊이 30cm, 길이 6m의 等高線溝를 설치한 후 주위에 산재한 돌을 수집하여 溝內에 돌쌓기 壓形으로 채우고,

또 地上 20cm 정도로 돌담을 쌓아 놓고, 그 위에 排水만이 가능한 구조의 비닐망을 만들어 피복한 후 이곳에 上流비탈면에서 降雨時에流失되어 내려오는 土砂石礫이 모두 여기에 포착 퇴적되도록 하여 降雨後에 그堆積量을 測定하였다.

그리고 “돌막이工法”은 山腹平衡비탈면에서 降雨時に流失되는 土石 移動을 抑制하기 위하여 미리 山腹에 흘어져 있는 돌과 돌부스러기를 모두 수집하여 上部 土砂 残積地와 下部 岩盤地 사이의 適所에 등고선에 따라 낮은 돌담을 쌓아 그 上부에서 유실되어 내려오는 土砂가堆積되도록 시도한 시험이다. “돌막이工法”은 地下部에 溝를 파지 않고 다만 地上部에만 너비 30~40cm, 높이 20~30cm, 길이 3~4m 정도의 낮은 돌담을 쌓는 方法으로 3개의 기본모형이 시험되었으며, 그 구조와 시공위치가 留石擴工法과는 다른 것이다.

4. 岩石山地에서 山沙汰發生豫防技術의 開發

冠岳山地帶에서는 1977年 7月 8일에 集中豪雨로 무수히 많은 山沙汰가 發生하였으므로 이 때에 山沙汰發生個所에 대한 세부조사를 실시한 바 있다. 이 자료를 대축척지형도(1:5,000)에 이사한 후 이 地圖를 가지고 現地 대조 조사를하고 微細地形解剖을 하였다. 山沙汰地의 各要因變數間의 相關關係를 계산하고, 또 復舊工事地의 復舊工法을 조사하여 앞으로 危險地(崩壊)發生豫測地點에 대한豫防 및被害減少對策을 검토하였다.

5. 土石流沮止 및 溪間安定工法의 開發

冠岳山地域의 小溪谷에서는 山沙汰로 인한 土石流의 發生이 심하고, 또 이로 인하여 대부분의 小溪谷이 심히 황폐되고 溪床에 큰 돌이 운반 치되어 不安定狀態에 놓여 있다. 冠岳樹木園地內의 대축척도상에 표시되어 있는 모든 溪谷(溪流)에 대한 地形特性和 不安定要因을 조사한 자료의 利用 및 이미 溪間砂防工事を 多年間 실시하여 비교적 안정단계에 있다고 보여지는 新林溪谷을 조사하여 安定물매와 계획물매 등을 조사하였다. 이러한 자료를 종합하여 황폐계간의 固定 및 復舊를 위한 溪間安定用 溪間砂防법의 기본유형을 주 시공 목적으로 따라서 5가지 유형으로 구분하여 그 특징을 조사하였다.

특히 이러한 基本類型을 절충한 土石流沮止 및 土砂石礫貯留를 위한 溪間의 “多目的 砂防법”과 또 바닥막이의 기능과 낮은 砂防법의 기능을 절충한 “바닥막이 램”의 개발가능성을 검토하고, 이러한 2종의 램築設자리(dam site)에 대해서는 그림 1에 도시하였다.

6. 溪流 및 小河川의 保全技術의 開發

現在 冠岳山地域의 小河川整備工事에 채택되고 있는 施工法을 조사하여 이 地域의 小河川整備에 가장 效果的인 시공법 기본모델의 개발에 참고로 하였다.

結果 및 考察

1. 岩石山地綠化用 緑化樹種의 開發

1) 植物種의 分布

冠岳山地域의 18개 주요 계곡 및 능선에 의하여 구분되는 小溪谷流域別로 森林植物調査를 實施한 결과 비교적 출현빈도가 많은 植物種에는 소나무, 리기다소나무, 노간주나무, 회양목, 진달래, 철쭉, 병꽃나무, 줄참나무, 갈참나무, 신갈나무, 떡갈나무, 상수리나무, 굽참나무, 팔베나무, 밤나무, 층층나무, 아그배나무, 아까시나무, 물오리나무, 소태나무, 싸리, 참싸리, 조록싸리, 불투레나무, 노린재나무, 생강나무, 웃나무, 개옻나무, 맹나무, 대죽나무, 국수나무, 산초나무, 작살나무, 개나리, 나무딸기, 노박덩굴, 담쟁이덩굴, 맹댕이덩굴, 조팝나무, 단풍나무, 억새, 거름새, 새, 솔새, 개솔새, 갈대, 김의털, 쑥, 개쑥, 맑은대쑥, 영경퀴, 참취, 고사리, 맵풀 등이다.

2) 緑化樹種의 選定

오랜 세월동안 森林植生이 정상적인 生育을 유지할 수 없을 정도로 山腹의 土壤浸蝕이 극심하여 表土層 아래에 있던 岩盤露出까지도 격심한 冠岳山地에서 植生調査線上에서의 출현빈도가 높고 널리 分布되어 生육하고 있는 樹種은 그 樹種이 그러한 鐵 바탕 立地環境下에서도 다른 樹種보다 생태적으로 적응력이 강한 수종이라고 볼 수 있으므로 출현빈도가 가장 높은 그룹에 屬하는 수종과, 또 기왕의 다른 시험결과 및 녹화시공지에서의 실제결과를 참고하여 다음과 같이 緑化樹種으로 選定하였다.

① 山腹斜面綠化에 적합한 樹種: 노간주나무, 리기다소나무, 물오리나무, 눈향나무, 회양목, 개나리, 싸리, 참싸리, 병꽃나무, 진달래, 철쭉, 담쟁이덩굴

② 荒廢溪谷에 적합한 樹種: 물오리나무, 아까시나무, 상수리나무, 줄참나무, 신갈나무, 갈참나무, 병꽃나무, 국수나무, 작살나무

③ 山腹斜面綠化에 적합한 草種: 새, 억새, 솔새, 개솔새, 쑥류

3) 緑化樹種의 増殖試驗結果

綠化樹種으로 선정한 대부분의 수종에 대한 증식방법에 관해서는 이미 다른 시험연구에서도 시험결과가

Table 3. Rooting rate of Weigela cuttings by treatments(%)

Length of cuttings	Treatment	Bed soil "Masato"		Fresh clayey soil		Nursery soil	
		Treat.	Control	Treat.	Control	Treat.	Control
20cm		75.8	72.7	69.7	69.7	33.3	33.3
10cm		54.5	51.5	24.2	24.2	9.1	9.1

보고되어 밝혀지고 있으므로, 본 연구에서는 특히 冠岳山地域에서 우점종으로 생육하고 있는 병꽃나무(弓)와 노간주나무의 증식 방법을 개발코자 증식시험을 실시하였다. 노간주나무는 1983년 겨울에 채종하여 온실내에서 保溫濕砂貯藏處理 후 1984년 봄에 포장에 파종하였으나 發芽에 장시일이 요구되는 종자이므로 양묘결과가 아직 측정되지 못하였다.

병꽃나무류는 결실은 잘 되지만 種子가 너무 미세하여 채종후 처리가 매우 곤란하고, 또 발아율과 발아세가 좋지 못한 특징이 있음이 발견되었다. 1983年 10月 初旬에 冠岳山에서 채종하여 상온에 저장한 후 11月中旬에 溫室內에 파종하였으며, 파종후 3개월 이후부터 서서히 발아가 시작되었다. 苗長이 3~4cm정도일 때 비닐분에 移植하여 다시 溫室內에서 養成後 4月中旬圃地에 盆苗상태로 이식하여 成苗를 양성하였다. 1盆(크기 10×10cm)에 묘목 1본씩 양성함이 효과적이었으며, 대량증식을 위해서는 捅木增殖보다 種子增殖方法이 우수한 것으로 고찰된다. 약 300개의 분묘를 양성하였는데 1年生 實生苗의 줄기길이는 30~50cm정도로 성장하였다.

또 捅木增殖을 위한 병꽃나무 捅穗는 1984年 4月 3日 冠岳山에서 채취하여 濕砂貯藏한 후 4月 9日 3種의 床土로 된 捅木床에 삽수길이 10cm와 20cm로 捅木을 실시한 결과 가을에 얻어진 묘목잔존율은 表 3과 같다.

發根率에 미치는 각요인 영향에 있어서 삽수의 길이는 10cm 삽수보다 20cm가 좋으며, 발근제로서 아토너제를 처리한 捅穗의 發根率이 높았다. 또 捅木床에 있어서는 보통 묘포장의 밭흙보다는 山에서 채취한 신선한 붉은 색을 띠는 점성토가 좋았고, 또 신선한 마사토가 가장 좋았다. 따라서 병꽃나무는 종자번식이나 삽목번식이 모두 양호한 樹種이라는 점이 밝혀지게 되었으므로 관악산지역의 岩石山地綠化에 적합한 綠化樹種으로 선정할 수 있을 것이다.

2. 岩石山地에 적합한 새로운 植栽技術의 開發

1) 盆苗養成 및 盆苗植栽技術의 開發

① 岩石山地植栽用 盆苗養成 및 植栽技術

冠岳山地帶 岩石荒廢地에서는 山地에 表土層이 결핍되어 흙구덩이를 파고 苗木을 植栽할 수 없으므로 이러한 지대에서는 부득이 얕은 구덩이를 형성하고 盆苗(containerized seedling)를 植栽하고 不足한 覆土用흙은 구덩이 주위에서나 또는 外部에서 운반한 客土로 복토해야 된다.

冠岳山岩石地帶에서 綠化植栽技術로서 盆苗植栽法(container system: space-root systems)을 도입하게 된 주 아이디어는 결흙이 없는 암석지대에서 우선 흙분蘖어리로 苗木을 식재할 수 있고, 식재된 묘목의 活着率과 成長率을 향상시킬 수 있으므로 綠化目標를 충진시킬 수 있는 가능성이 있다는 점에서 시도되었다.

盆苗植栽는 植栽(砂防綠化造林) 效果를 增大(efficient forestation) 시키고, 植栽作業을 向上(up-grading of jobs) 시키며, 또 서울 근교에서와 같이 봄철에 일시에 多量의 人夫를 구하기 곤란한 지대에서는 여름철 장마 때와 같은 農閑期에도 植栽할 수 있으므로 植栽人夫問題解决(release from dependency on seasonal labour)에도 큰 도움이 된다. 때로는 건전한 養苗가 보장되고 養苗期間의 단축도 가능하며, “1年生 造林”이나 “年中造林”도 가능하게 된다. 한편 분묘용 培養土의 조제량이 많고 圃場面積이 많이 요구되며 圃場에서 養苗費와 山地植栽구덩이까지 운반비가 많이 所要되어 植栽費가 증가되는 문제점도 있으나 綠化造林이 不可能한 岩石山地의 植栽技術로는 가장 확실하고도 효과적인 방법이라고 생각된다.

冠岳山地帶의 綠化樹種으로 선발된 樹種中에서 특히 山腹비탈면(계곡부에 적합한 수종 제외) 식재에 적합한 수종인 눈향나무, 리기다소나무, 회양목, 물오리나무, 개나리, 담쟁이덩굴의 盆苗를 양성하여 山地에 植栽하였는데, 植栽時의 各樹種別 盆苗의 生育狀態는 그림 2와 같다.

또, 山地에 운반된 盆苗를 심는 순서는 심을 구덩이를 파고 구덩이 속에 분묘를 넣고 예리한 칼(문필용)로서 비닐盆을 위에서 바닥까지 완전히 切開한 다음 흙盆이 파손되지 않도록 주의하여 흙분에서 벗겨내고 覆土해야 되며, 식재후 비닐분은 따로 모아서 처리해야 된다.

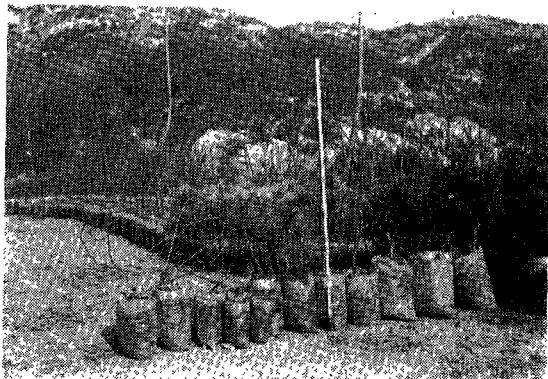


Fig. 2. Containerized seedling raised for the planting on the denuded rocky hillslopes

② 주요 樹種別 盆苗養成 및 植栽技術에 關한 基本
模型

가. 물오리나무：분묘양성을 위한 비닐분(흙담기전의 접은 상태)의 크기는 지름 25cm, 길이 28cm가 적당하며, 분에 심을 때의 苗木은 1—0苗를 斷根斷幹하여 1분에 1本을 심어 포장에서 양성함이 가장 적당하였다. 또한冬季에 溫室內에서 幼苗를 양성하여 春季에 盆에 移植하여 포장에서 양성한 후 여름 장마때나 가을철에 山地에 식재하면 양묘비가 절감될 수 있을 것이다. 盆에 植栽後 1年後인 다음해 春季에 山地에 植栽할 때에는 苗木길이가 1.5~2.0m 정도로 높아 자라므로 苗長 60cm 정도로 斷幹하고, 또 뿌리도 비닐분 밑의 排水用 구멍으로 뻗어 나온 것은 斷根하면 식재시 1盆苗의 平均무게는 약 6.1kg 정도가 된다. 養苗場에서 植栽地까지 자동차로 운반되면 下置場에서 심을 구덩이까지는 人力으로 운반해야 되므로 이 때의 운반이 매우 어려운 점이 발견되었다. 심을 구덩이까지의 人力運搬에는 1人 1回에 4~6개 분묘를 운반할 수 있다. 植栽後 흙덮기가 不充分하거나 장기간 건조하면 부근 바위(岩石)주위의 地表面溫度上昇으로 枯死할 위험성이 크므로 주의를 요하였다.

나. 개나리：개나리는 본래 山地植栽用 樹種이라기보다는 環境綠化樹種으로 널리 식재되고 있지만 切開地비탈면에서와 같이 건조한 곳에서도 비교적 耐環境力이 강하므로 冠岳山綠化試驗樹種으로 채택하여 실험한 결과 매우 좋은 성적을 보여 주었다.

盆苗養成을 위한 비닐분의 크기는 지름 25cm, 길이 28cm가 적당하며, 분에 심을 때의 苗木은 1/1插木苗를 斷幹斷根하여 1분에 2本을 심어 양성함이 적당하였다. 盆에 植栽후 1年後인 다음해 봄에 山地에 植栽할 때의 苗木의 높이는 1.5~2.0m에 달하므로 60cm 정도로 자르고, 또 盆밖에 뻗어 나온 뿌리도 자르면 植栽

時 1盆苗의 무게는 약 5.1kg이 된다. 심을 구덩이까지 山地運搬은 1人 1回 4~6個 정도가 된다.

라. 회양목：盆苗養成을 위한 비닐분의 크기는 지름 20cm, 길이 24cm가 적당하며, 분에 심을 때의 苗木은 1—1苗를 斷根하여 1盆에 3本을 심어 分묘를 양성함이 가장 적당한 模型이 된다. 분에 심은 후 1年간 圃場에서 養成하여 다음해 봄에 山地에 植栽할 때에는 苗高 30cm 정도 자라므로 25cm 정도로 자르고 또 분밖에 나온 뿌리도 斷根하여 다음으면 植栽時 1盆苗의 무게는 약 2.6kg이 된다. 심을 구덩이까지의 현장운반은 プラ스틱제상자(빵상자)에 6~10盆씩 담아서 운반함이 효과적이다. 耐環境力이 강하고 常綠樹이므로 緑化效果가 큰 長點이 있다.

라. 리기다소나무：盆苗養成을 위한 비닐분의 크기는 지름 20cm, 길이 24cm가 적당하며, 분에 심을 때의 苗木은 1—0苗를 斷根하여 1盆에 1本을 심어 양성한다. 盆에 심은 후 다음해 봄에 山地에 植栽할 때에는 苗木높이 40~60cm 정도로 자라며 분밖에 나온 뿌리는 斷根하여 植栽하면 식재시 1盆苗의 무게는 약 2.6kg이 된다. 심을 구덩이까지의 현장운반방법은 プラ스틱상자에 6~10盆씩 담아서 人力運搬함이 효과적이다. 분에 심을 때 1—1苗를 사용한 시험결과는 1—0苗 사용시보다 문제점이 많으므로 1—0苗의 分묘가 효과적이다.

마. 눈향나무：盆苗養成을 위한 비닐분의 크기는 지름 30cm, 길이 33cm가 적당하며, 분에 심을 때의 苗木은 3/3~4/4 插木苗를 斷幹斷根하여 1盆에 1本을 植栽養成함이 효과적이다. 盆에 植栽하여 양성된 分묘는 다음해 봄에 山地에 식재할 때에는 苗高 30~40cm 정도 자라며, 분밖에 뻗어 나온 뿌리만을 斷根하면 1盆苗의 무게는 약 7kg이 된다. 심을 구덩이까지의 現場運搬은 1人 2盆을 운반함이 효과적이다. 다른 盆苗模型에 비하여 상당히 크므로 岩石地에 分묘를 심을 구덩이를 분크기에 맞도록 깊이 파기가 곤란한 곳에서는 복토용 흙을 별도로 준비해야 되는 문제점이 도출되었으나 岩石地綠化植栽用으로서는 매우 좋은 수종이다.

마. 단청이령굴：단청이령굴은 암벽에 부착하면서 生長하는 生態的 生理的 特徵이 있고, 또 耐環境力이 강하므로 岩壁이나 岩盤地綠化에는 가장 效果의 植物이다. 盆苗養成을 위한 비닐분의 크기는 지름 15cm, 길이 20cm가 적당하며 분에 심을 때의 苗木은 겨울동안 溫室에서 양성된 幼苗(苗長 약 5~10cm)를 1盆에 2本씩 심어 양성함이 효과적이다.

1年後 봄에 山地에 植栽할 때에는 苗長 50~80cm 정도로 자라므로 15~20cm 정도로 자르고, 또 盆밖에

뻗어 나온 뿌리도 斷根하면 植栽時 1盆苗의 무게는 약 1.1kg이 된다. 심을 구덩이까지의 현장운반은 프라스틱재 상자에 10~16盆씩 담아서 운반함이 效果의이다. 담쟁이덩굴 1~0苗를 盆苗養成으로 시험한 결과 盆苗圃場에서 명줄이 서로 엉키어 오히려 장마때 썩는 경우가 많았고 또 분이 크므로 양묘비와 식재비가 많이 所要되므로 겨울동안 溫室內에서 양성된 幼苗를 사용함이 효과적이었다. 여름장마때부터 가을에 식재하면 더욱 조림비가 절감될 수 있어 效果의일 것이다.

2) 既存矮性樹木 生長力恢復試驗

荒廢한 岩石山地를 조속히 復舊綠化하기 위해서는 直接 山地에 綠化植物을 植栽하는 砂防造林方法外에도 생태적 환경이 不良하여 잘 자라지 못하고 있는 矮性樹木에 肥料를 주어 生長力を 恢復促進시킬 수 있으므로 現場에서施肥試驗을 실시하였다.

春期施肥方法에 있어서施肥後 2年까지의 效果를 보면 樹高生長에 있어서는 소나무는 134%, 리기다소나무는 142%, 노간주나무는 112%, 철쭉은 266%, 그리고 根元徑生長에 있어서 소나무는 142%, 리기다소나무는 201%, 노간주나무는 147%, 철쭉은 120%가 각각 증가되었다.一般的으로 瘦惡山地에서施肥效果는 樹高生長에서 보다 지름생장에 미치는 영향이 더욱 크게 나타났다. 秋期施肥方法에 있어서는施肥後生長量調查期間이 불과 1년밖에 되지 않으므로施肥效果를 정밀히 분석하기가 곤란하지만,一般的으로 樹高生長에 미치는施肥效果는 樹種에 따라서 그 差異가 매우 컸으며, 지름생장에 있어서는 109~133%정도이었다. 또 春期施肥效果가 秋期施肥效果보다 크게 나타났지만, 作業人夫求得關係 등을 고려하면 秋期施肥效果가 크므로 冠岳山地帶의 岩石荒廢地에서의 樹木生長力恢復을 통한 綠化促進을 기대하기 위해서는 山林用固型複合肥料 또는 複合肥料의施肥가 매우 중요시된다.

3. 岩石山地의 山腹斜面上에서의 土石固定用 砂防工法의 開發

1) 荒廢地의 基本類型의 分類

冠岳山地帶 岩石荒廢地에 대한 荒廢特性調査結果에 따라서 冠岳山地帶의 荒廢地를 6가지 基本類型으로 区分하였는데 각類型에 대한 主要特徵은 다음과 같다.

① 自然岩壁 및 岩盤裸出地

주로 山腹以上에서 山頂에 이르는 높은 부분에 집단적으로 널리 分布되었는데, 自然的인 岩壁부분은 때로는 그 자체 景觀이 수려한 경우도 많으므로 特別한 경우를 제외하고는 인위적으로 綠化하여 시도할 필요가

없으나, 表土層의 浸蝕流失로 암반바닥이 나출된 岩盤荒廢地에 대해서는 周圍에로의 확대방지를 위해서도 岩屑과 土砂 固定工法 및 綠化工法을 적용해서 砂防的處理를 해야 될 것이다.

② 돌부스러기 散在地

주로 山腹비탈면에서 風化, 移動되는 大小規模의 돌 및 돌부스러기가 散在 있는 地帶로서, 항상 不安定한 상태로 미끄러지기 쉬운 상태에 있는 돌부스러기를 山腹의 제자리에 固定(fixation at the on-sites)해 두기 위한 “돌막이工法”이 必要한 荒廢地이다.

③ 돌부스러기와 거친 모래의 堆積地

주로 山腹部에서 굴러내려온 土砂石礫이 山腳部에堆積된 地帶로서 약간의 客土로서 綠化植栽가 가능한 荒廢地이다.

④ 風化에 민감한 거친 모래 生產地

주로 中上部地域의 山峰이나 능선부근에 100~200m² 정도의 소규모로 거친 모래 흙이 남아 있으나 水蝕 및 風蝕, 특히 凍上浸蝕등에 약하여 現存 土砂安定 및 保存工法이 시급히 요구되는 荒廢地이다. 特히 冠岳山地帶의 山腹에는 이러한 지대에 局部的으로 殘存되어 있는 不安定한 土砂의 保存對策으로서 山腹돌쌓기工法으로 비탈면鋪막이 工事を 실시하고 地被植生造成을 위한 접적인 綠化植栽를 실시해야 될 것이다.

⑤ 矮性소나무散生地

널리 分布되어 있는 岩石地의 岩盤사이에 접재하여 不良한 生長을 하고 있는 소나무 散生地로 立地環境의 瘦惡化로 인하여 심히 矮性化되고 樹勢가 빈약하여 病蟲害에 대한 저항력이 매우 약한 瘦惡荒廢地林相을 나타내고 있다. 生長力恢復을 위한施肥가 요망되며, 또 生育狀態가 빈약한 왜성 소나무사이에 肥料木의 植栽가 필요하다.

⑥ 溪間荒廢地

山腹凹地나 小形 溪谷에서부터 시작하여 溪川部位에 이르는 荒廢된 溪谷部分으로 溪間砂防工事が 필요하게 된다. 冠岳山地帶의 3大主溪谷에는 上流의 荒廢支川溪谷으로부터 流下되어 온 土砂石礫의 堆積量이 많아서 이들 堆積物을 安定시키기 위한 砂防堤과 바닥막이의 中間形態인 “바닥막이 랩”(low-debris dam)(새로운 溪間砂防堤模型으로 開發)의 階段式 配置가 필요한 것이다.

2) 土石固定工法의 開發

冠岳山岩石山地비탈면에는 不安定한 상태로 굴러내리기 쉬운 돌부스러기(Stone debris and screees)가 널리 分布되어 있으므로 어느 局所部位에서 山崩과 山汰汰가 發生하면 이와 함께 무수히 많은 돌부스러기가 함

께流失되어 土石流를 形成하여 계곡에까지 이르는 동안 山地의 浸蝕이 우심한 실정이므로 이와같은 不安定한 돌부스러기를 山沙汰가 發生되기전에 미리 제거하고자하는 예방공법으로 “土石固定工法”模型의 개발이 필요하게 되었다.

동시에, 제거된 돌로서 山腹 비탈면에는 等高線띠 모양으로 “돌막이工作物”(stone-debris catching barriers)을 설치하여 그 뒷풀안에 보다 더 작은 形態의 돌부스러기나 土砂로 채우고 盆苗를 식재하여 土砂石礫의 安定과 함께 비탈면 안정을 도모하고자 시도된 것이다. 현장 모형시험이 수행된 3종류의 모형중에서 “山腹돌막이工法”(새로 개발된 모형) 규모를 너비 35(30~40)cm, 높이 25(20~30)cm, 길이 3.5(3~4)m로 構築하면 工作物을 中心으로 반지름 4(3.5~4.5)m(면적 약 50m²) 이내에 分散되어 있는 돌을 수집하여 하나의 돌막이工作物을 쌓을 수 있으며, 또 斜面을 安定시킬 수 있게 된다.

또 山腹凹地의 미소규모 집수구역을 가진 出口部위에 “留石擴水工法”(debris-and-water holding trench-wall structures)(새로 개발된 모형)試驗을 실시한 결과 工作物의 규모는 集水區域面積에 따라 결정되지만, 본 시험지에서와 같은 山腹의 小規模凹地에서의 土砂石礫을 固定하기 위해서는 集水區域面積 약 200m² 단위로 너비 60(50~70)cm, 깊이 30(20~40)cm, 地上높이 20(10~30)cm, 길이 6(5~7)m로 留石擴水를 目的으로하는 특수한 구조의 돌막이공작물(그림 3)을 構築함이 효과적이었다.

本試驗地(50m²)에서는 1년에 約 0.20m³의 土砂가 貯留되었다. 따라서 冠岳山岩石地에서는 山地 1ha當平均 “留石擴水工法構造의 돌막이” 20~30個所, 또는 “山腹비탈면 돌 移動防止構造의 돌막이” 100~120개소 정도가 必要하게 될 것이다. 이와같은 두 종류의 土石固定을 目標로하는 “山腹돌막이工法”은 이 研究를 통

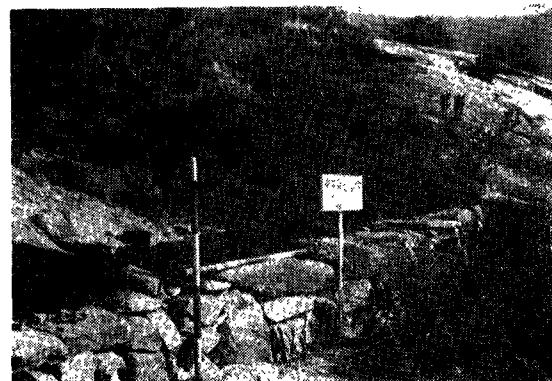


Fig. 3. Debris-and-water holding trench-wall

하여 얻어진 귀중한 研究結果라고 생각된다.

4. 岩石山地에서 山沙汰發生豫防技術의 開發

冠岳山地帶에서 기존 山沙汰發生地에 대한 地形要因과 崩壞地 位置와의 相關關係를 조사한 결과를 보면, 山沙汰發生地는 斜面傾斜度 및 斜面長要因과도 관계가 크지만 더욱 중요한 要因은 山腹에 發達한 1次谷(first-order stream vally)의 배치상태와의 相關이 더욱 크다는 것이 이번 研究로 밝혀지게 되었다.

三聖川流域에서는 準用河川 三聖川에 접한 비교적 넓고 긴 山腹비탈면으로서 降雨水가 직접 集排水될 수 있는 길이가 인정되는 분명한 계곡(1차곡)이 발달되지 않은 山腹變曲點地帶가 가장 위험성이 높았다. 그리고 三聖川準用河川區間에 직접유입되는 1次谷으로 1/5,000 地形圖에 表示(1 : 25,000 지형도에는 표시되지 않음)된 정도의 계곡에 集水되는 山腹비탈면이며, 그 다음이 2차곡, 3차곡의 集水區域順으로 위험성(landslide hazards)이 감소되었다.

山腹비탈면에 集排水路의 역할을 할 수 있는 1次谷의 發達이 분명치 못한 비탈면에서 山崩(land slip)이 많이 發生되는 것은 그 地點에서부터 上部쪽에 있는 土層에 핵수량이 증가하여 單位重量이 무거워지고 마찰저항력(frictional resistance)이 크게 감소하여 崩壊가 發생되기 때문이다. 따라서 向後 山沙汰發生危險地調查에서는 1 : 5,000 地形圖를 使用하여 微地形解析을 하는 것이 效果의 일 것이다.

이와같은 地形解析要因以外에 特別히 고려해야될 要因으로는 山頂이나 頂上附近에 土木構造施設物(예, 軍事 및 通信施設 等)이 자리잡고 있거나, 山腹에 各種形態의 溝나 壑가 설치되어 있는 곳에서는 더욱 崩壞危險性이 높은 地帶로 區分되어야 할 것이다.

이와같이 區分된 山沙汰發生危險地에 대한 주요豫防工法으로는 崩壞危險個所로 부터 下部의 主排水河川에 이르기까지 일관성있는 山腹集排水路를 설치해야 될 것이며, 또 崩壞豫測個所에는 계단식 옹벽을 설치하여 崩壞發生을 抑止해야 될 것이다.

5. 土石流沮止 및 溪間安定工法의 開發

1) 溪間砂防의 基本類型

荒廢溪流에서의 土石流沮止 및 溪間安定對策을 핵심으로하는 溪間災害對策砂防, 즉 防災砂防의 基本工法은 溪間に 砂防柵을 설치하는 것이다. 砂防柵은 그 目的에 따라서 설치의 位置, 높이, 形態 등이 다르게 되는데, 縱浸蝕防止를 위한 砂防柵, 溪間의 土砂를 고정

하기 위한 砂防堤, 土砂石礫을 貯留하기 위한 砂防堤, 土石流對策을 위한 砂防堤, 土砂調節調整을 위한 砂防堤의 5個類型으로 區分된다.

① 縱浸蝕防止를 위한 砂防堤

溪流가 縱浸蝕을 받게 되면 山腳이 不安定해져서 溪岸이 崩壞되고 土砂의 流出을 증대시키게 되므로 주로 계류의 上流에 시공하는 砂防堤이다. 서로 관련되는 일련의 “낮은 데”群을 설치하는데, 이 工法은 그 形狀에 의하여 “계단데 풍법”이라고 하며, 높이는 대개 4~5m 정도가 보통이다.

② 溪岸의 土砂를 固定하기 위한 砂防堤

溪間에 多年間 堆積된 土砂는 두꺼운 층을 이루게 되며, 이러한 溪間의 堆積物은 集中豪雨 등으로 급격한 浸蝕을 받으면 土石流를 발생하게 된다. 이러한 土砂를 固定할 목적으로 바닥막이와 같은 낮은 데으로부터 상당히 큰 규모의 砂防堤까지 시공하게 된다.

③ 土砂石礫을 貯留하기 위한 砂防堤

上流流域山地가 花崗岩의 風化地帶로서 浸蝕砂量이 많은 溪流에서는 “포겔”이 넓고 基礎 및 兩岸에 암반이 있는 適所를 선정하여 상당히 높은 데(多目的 砂防堤)을 築造하여 貯砂한다. 적당한 데자리가 있으면 효율적인 貯砂目的이 달성되지만 자칫하면 데길이가 길어지고 효율이 떨어지게 된다. 계류에 연접한 계안의 봉괴가 심하고, 또 崩壞土砂가 많은 경우에도 이 形態의 砂防堤이 施工된다. 그러나 堆砂後에는 堆砂地가 넓어지고 流心이一定치 않은 颶流가 일어나고, 특히 溪岸을 충격하여 봉괴를 확대하기도 하므로 이러한 형태의 데에서 溪岸固定을 기대할 수 없으므로 봉괴 부밀에서 洪水位以上 상당한 여유를 두고擁壁護岸을 施工하지 않으면 아니 된다.

④ 土石流對策을 위한 砂防堤

集中豪雨等으로 인하여 土石流가 발생되면 人命被害가 많이 발생하는 경우가 많으므로 그 예방대책을 강구해야 된다. 불행하게도 土石流가 발생되면 그 복구대책으로서 上流部에 많은 “계단데”을 시공하여 溪床이 다시 低下되는 것을 防止하고 계곡의 出口로부터 가까운 곳에 土石流의 土砂가 殘置된 곳에서는 비교적 높은 데를 2~3개소 설치하여 퇴적된 土砂石礫의 再移動을 防止해야 된다. 土石流가 發生하기 이전에 있어서는 이미 계간에 퇴적된 土砂가 土石流中的 土砂性分이 되는 것을 피하기 위하여 바닥막이群으로서 방어적 치리를 하고, 下部의 土石流를 防止하기 위해서는 좋은 “포겔”이 있고 계상물매의 변이점이 되는 곳에 몇개의 비교적 높은 砂防堤을 설치한다. 土石流發生危險地區를 모두 豫防砂防工事한다는 것은 國家財政

上不可能할 것으로 가속이 밀집되고 人命被害의 위험성이 큰 개소부터 우선적으로 “防禦砂防”對策이 수립되어야 할 것이다.

⑤ 土砂調節調整을 위한 砂防堤

댐의 調節能力을 기대하게 되므로 비교적 下部에 높은 데를 설치하여 堆砂후에 洪水中의 土砂物質을 일시적으로 여기에堆積하고, 또 洪水의 체가로기 작용에 의한 調整作用을 기대하는 데이다. 砂防堤이 堆砂하는 경우 堆砂末端은 그 물매의 變異點이 되며, 여기서 洪水時에는 洪수를 막아서 土砂의 堆積을 볼 수 있게 되는데, 이와 같은 土砂의 調節調整목적으로 施工하는 砂防堤을 “調節댐”이라 한다.

2) 冠岳山地域에서 土石流 및 荒廢溪流安定을 위한 基本砂防堤模型

冠岳山地域의 砂防學의 特徵을 보면 山地斜面은 降雨를 직접 받아 土砂石礫의 穩生한 生產地로서 土砂石礫의 供給源으로 대단히 不安定한 상태에 있으며, 계곡은 線의 區間으로 降水量을 모아서 流下시키며 동시에 山腹비탈에서 공급된 土砂石礫을 流出시키는 통과구간으로 되어 있다. 따라서 山腹이 안정되면 溪間도 安定될 수 있는 특징을 지니고 있지만 冠岳山地域의 岩石山地비탈면의 緑化安定에는 장기간이 소요될 것으로 생각된다.

土石流의 土石의 根源은 山崩으로 인한 崩落土石에 의한 경우가 많고, 또 이미 溪床에 퇴적되어 있던 土砂石礫의 혼합으로 이루어 진다. 土石流는 주로 豪雨 때에 들성이, 들부스러기, 자갈, 土砂 등이 물을 함유해서 流動化되어 山腹斜面과 급물매의 계곡을 流下하는 현상으로서 거대한 에너지로 直進하는 特性을 가지고 있으므로 일단 發生하면 그 進行路上에 있는 비교적 높은 언덕도 넘어가는 막대한 파괴력을 가지고 있다. 따라서 “土石流防禦堤”은 冠岳山地域中에서 특히 樹木園地에 포함되는 41개 계곡(小流域)에 대하여 기본적인 계곡특성을 조사한 후 각 계곡에 대한 基本安定工法을 計劃한 結果는 表 4와 같다.

調査된 41개 계곡의 안정을 위한 基本工種은 溪間砂防堤, 바닥막이댐(낮은 砂防堤), 바닥막이, 溝谷막이, 기슭막이의 5종인데, 특히 “바닥막이댐” 모형은 이 研究를 수행하면서 얻어진 “계단식 낮은 데” 형태의 새로운 砂防堤工法模型인 것이다.

表 4에서와 같이 “砂防堤”이 필요한 데자리는 모두 10개소(그림 1에 표시됨)인데 이미 6개소에 설치되어 있으므로 신설해야 될 곳은 4個所뿐이다. 이미 설치된 계곡은 부엉골, 넓적골, 선바위골, 폭포골, 형골, 즙온골에 각각 1개소씩 시공되어 그 기능이 효과적으로

Table 4. Eroding characteristics and fundamental stabilizing measures by each stream-valley

Valley No.	Valley name	Drainage area(ha)	Longest length of valley (m)	Stream length on map (1 : 5000) (m)	Average gradient of stream on map (1 : 5000) (%)	Fundamental stabilizing measures and number of structures required
1	Samsung cheon(upper)	432.80	1,250	1,250	2.4	ECD : 1, GSS : 14
2	Nubjuggol	282.50	2,300	2,100	5.7	TSD : 4, Stepped GSS : 32, RT : 4
3	Gipuengol	63.59	1,600	1,350	18.5	TSD : 1, GSS : 15
4	Yatuengol	9.78	600	200	27.5	CD : 2
5	Mangwolamgol	28.34	1,100	900	23.3	TSD : 1, CD : 3
6	Suninamgol	11.00	550	400	27.5	CD : 2
7	Boolsungsagol	40.15	1,500	1,100	20.9	TSD : 1, CD : 4
8	Baimgol	68.23	2,250	1,750	12.6	ECD : 1, TSD : 1, GSS : 5, RT : 2
9	Boolbaimgol	15.00	950	650	20.6	TSD : 1, CD : 2
10	Nogwhagol	2.63	300	150	26.6	CD : 2
11	Hoiyangmoggol	9.51	700	400	15.0	CD : 2
12	Noganjoogol	4.89	500	250	22.0	CD : 2
13	Ginyeomsoogol	4.86	400	150	23.3	CD : 2
14	Chamnamoogol	3.10	420	200	22.5	CD : 2
15	Mooltankgol	5.49	600	300	26.6	CD : 2
16	Ssangdoongigol	9.41	600	280	28.7	TSD : 1, CD : 4
17	Bueonggol	51.43	1,500	830	14.5	ECD : 1, CD : 3
18	Hwajangsilgol	6.24	650	400	12.5	CD : 2
19	Yeomboolamgol	32.78	1,500	1,000	13.0	GSS : 4, CD : 4
20	Hotulgol	6.75	700	300	8.3	CD : 2
21	Bangalogol	12.21	900	500	20.0	CD : 2
22	Wootjulteogol	36.21	1,500	1,400	10.7	TSD : 1, CD : 4, GSS : 3
23	Anyangsagol	8.00	1,000	500	10.0	CD : 3
24	Tosukryugol	9.11	750	400	27.5	GSS : 2, CD : 3
25	Gwanumsagol	8.50	800	400	21.5	CD : 2
26	Manghaiamgol	11.10	700	280	28.5	GSS : 2, CD : 2
27	Sataigol	4.50	500	200	25.0	TSD : 1, CD : 3
28	Villagol	4.10	400	230	24.0	CD : 3
29	Galhyeongol(upper)	73.30	1,400	700	20.0	ECD : 1, TSD : 1, CD : 5
30	Sunbawigol	20.49	1,100	480	21.6	ECD : 1, CD : 3
31	Pokpogol	98.38	2,100	1,850	20.0	ECD : 1, TSD : 4, GSS : 5, CD : 5
32	Hyeonggol	30.86	1,400	1,000	20.0	ECD : 1, CD : 3
33	Jobuengol	25.58	1,500	1,000	20.0	ECD : 1, CD : 3
34	Yeonjudaigol(lower)	32.11	1,000	1,000	10.0	ECD : 1, TSD : 4, GSS : 5, CD : 5
35	Yeonjudaigol(upper)	70.38	2,800	2,500	17.2	GSS : 5, CD : 10
36	Dongdulebonggol	107.00	2,000	1,600	21.5	TSD : 1, CD : 4, GSS : 3
37	Chigdogbatgol	35.35	1,300	750	17.5	TSD : 1, CD : 3, GSS : 2

Valley No.	Valley name	Drainage area(ha)	Longest length of valley (m)	Stream length on map (1 : 5000) (m)	Average gradient of stream on map (1 : 5000) (%)	Fundamental stabilizing measures and number of structures required
38	Yongmagol	92.00	1,500	1,000	20.0	TSD : 1, CD : 4, GSS : 2
39	Sinrimbongol(upper)	206.00	1,300	1,300	7.6	ECD : 1, TSD : 2, GSS : 20, RT : 4
40	Chilsungdanggol	88.69	1,800	1,300	18.5	CD : 3, GSS : 2
41	Samnaggol	100.00	2,300	1,900	11.8	CD : 20, GSS : 10

ECD: Erosion control dams(debris dam)

TSD: Torrent stabilizing lower-debris dam

GSS: Grade stabilizing structures,

CD: Check dams,

RT: Revetments

발휘되고 있다. 한편 새로 조사된 땅자리는 연주대골, 신림골, 갈현골, 배풀에 각각 1개소씩 4개소에 불과하다. 冠岳山地域의 계곡의 황폐도가 다른 지역에 비하여 우침해도 砂防堤 자리가 몇개소 되지 않는 이유는 砂防堤 자리의 구비요건(특히 포켈)을 갖춘 땅자리가 극히 제한되어 있어 댐을 설치할 수 있는 過地가 없기 때문이다. 또 무리해서 砂防堤를 設置한다면 기존의 自然溪谷景觀內에 높은 콘크리트 장벽을 설치하는 결과가 되어 景觀上의 문제점이 대두될 수 있을 것이며, 또 댐 自體의 규모가 커서 流水의 운동에 장해가 되며 계류의 흐름질서가 파손되어 또 다른 문제점이 야기될 수 있기도 하다. 또 불행하게도 土石流 등으로 인하여 破壞될 때에는 그 下流에 미치는 피해가 막대하게 되므로 砂防堤의 계획에는 신중한 검토가 필요하게 된다.

넓적골과 부영골 계곡의 出口部位에 설치된 砂防堤은 철근콘크리트구조로 1977年 秋期施工以後 현재까지 土砂貯留機能을 충분히 발휘하고 있으며, 특히 砂防堤下流에의 土砂流出量이 감소되고 또 下流에 위치한 풀장 및 安養遊園地에 대한 土石流災害의 위험성이 감소되어 유월지 개발이 촉진될 수 있을 것이다.

선바위골, 폭포골, 형골 및 좁은골에서는 1979年부터 각 계곡에 철근콘크리트 구조의 砂防堤형식의 시설을 하고 放水路에 접속하여 反水面를 반침부분에는 3~4계단으로 구성된 물층대식 물반침을 설치하여 이곳에서 放水路를 월류하여 流出되는 土石이 억류되어 下流의 복개된 本路에로의 流入을 차단할 수 있도록 특수구조로 설계시공되었는데, 현재까지도 그 기능이 충분히 발휘되고 있다. 그러나 이러한 4개댐의 上流部에 “土砂石礫分離用 補助댐”을 설치하면 본댐의 기능이 훨씬 강화될 수 있을 것이다. 現在는 6개의 砂防堤 안에 많은 土砂石礫이 堆積되어 있다.

댐계곡과 신림본골(칠성당골), 갈현골과 연주대골 계곡에서는 댐자리 주위에 많이 轉在하고 있는 自然石

材를 活用하여 포석콘크리트댐구조로 설치하면 보다 경제적인 시공이 될 것이다. 또 鋼製스크린댐도 매우 效果의 있 것이다.

砂防堤은 계상물매 최대 10%이내로 너비 10m 이상 되는 큰 계곡의 땅자리가 있는 適所에 土砂石礫의 貯留 및 下流에로의 流出抑制를 도모하고, 특히 土石流發生時에 下流의 家屋 및 人命保護를 목적으로 하는 “多目的砂防堤” 모형으로 시공해야 된다.

“바닥막이 댐”은 한줄기의 荒廢溪流에 계열식으로 연속적으로 배치를 한 “낮은 砂防堤”群으로, 기존의 砂防堤과 바닥막이구조의 중간형태로서 보통 시공높이는 약 3m정도가 적당하다. 洪水時 溪床너비 10m 이상, 계상물매 10% 이내의 비교적 큰 규모의 堆積溪流區間에서 溪床標高 10~20m마다 1개소씩 3~4개소가 계통적으로 배치되어야 그 기능이 상승될 수 있다. 41개계곡 중에서 16개 계곡에 25개소가 계획될 수 있다.

바닥막이 工作物은 계상물매 10%이내의 구간이 적합하지만 冠岳山地域은 본래 계곡의 계상물매가 급하므로 위치선정에 문제점이 적지 않다. 보통 계상표고 3~5m마다 높이 1.2~2.0m 정도로 1개소씩 계단상으로 배치하는 것이 효과적이며, 현재 계상에 많이 산재되어 있는 轉石을 사용하여 41개 계곡에 약 120개소의 포석 콘크리트구조로 시공함이 경제적일 것이다.

바닥막이 工作物의 기준 시공효과를 보면 넓적골 本流(수목원조성계곡)에서는 계류길이 1,250m구간(표고차이 30m) 내에 14개소의 돌바닥막이 구조물이 설치되어 있으므로 표고 2~3m마다 1개소가 설치되었다. 즉, 수평물매 1.2~1.6%, 수평거리 80~100m마다 1개소가 설치되어 안정된 것이다. 신림본골에서는 평균 표고 10m마다 1개소씩 설치되었으므로 安養市界內의 계곡이나 果川地域에서의 계곡에서 보다는 계곡의 안정성이 매우 높게 보호되어 있지만 평균표고 2~3m마다 1個所씩 설치된 樹木園造成溪谷에서 보다는 바닥막이

工作物의 파손율이 높게 나타났다.

溝谷막이는 平均溪床물매가 10% 이상되는 급하고 좁은 계곡의 浸蝕防止에 효과적이며 41개 계곡에서 필수적인 溝谷막이는 111개소이었다. 現場의 散在된 石材를 利用하는 포석콘크리트구조나 돌망태구조가 적당 할 것이다.

기슭막이는 계상너비 20m이상되는 큰 계곡에서 溪岸을 보호하기 위하여 6개소가 필요한데, 역시 포석콘크리트나 돌쌓기 구조가 경제적일 것이다.

여기에 조사된 주요 溪間砂防工作物, 특히 바닥막이와 溝谷막이工作物의 설치수는 비교적 큰 규모의 필수적인 시설의 예시적 개소수이며, 이 밖에도 작은 규모의 바닥막이와 구곡막이 공작물은 무수히 많은 개소가 필요한 것이다.

溪間砂防工作物의 시공은 기계화시공으로 계획되어야 효과적인데, 冠岳山地帶에서는 林道나 治山砂防用道路가 개설되어 있지 않으므로 工事を 위한 工事道路를 신설하거나, 앞으로 修練場化(recreation uses)에 대비하여 미리 등산로 형태의 간단한 구조의 車道를 개설함이 요망된다. 그리고 山腹部位나 깊은 계곡부위에서는 施工用 索道施設이 더욱 實用的일 것이다.

6. 溪流 및 小河川 保全技術의 開發

冠岳山地域의 溪流와 小河川과는 그 위치관계상 분명한 구역구분이 용이하지 않다. 淚溝—溝谷—短水蝕溪—野溪—野溪의 河川—河川과 같은 浸蝕區間의 구분 관계에서 보면 溝谷의 下部 擴大部에서부터 短水蝕溪에 이르는 이른바 山地溪谷을 통과하는 排水組織은 “溪流”區間이라 볼 수 있으며, 이러한 계류가 황폐되었을 때 이것을 “荒廢溪流” 또는 “山地野溪”라 하여 타당할 것이다. 한편 “荒廢溪流”區間을 지나서 계류의 兩岸이 山地가 아닌 農耕地로 되어 있을 때에는 이것을 “河川”的 범주에 넣는 것이 타당할 것이다.

溪流의 한편이 山地에 접했다해도 그 流路의 너비와 길이 등으로 보아 분명한 河川의 범주에 들거나, 河川法上 “河川”으로 지정되었을 때에는 그것을 河川으로 취급함이 타당할 것이다.

그러나 “中川, 小川, 細川”으로 구분되는 “小河川”을 규정하기란 그리 용이하지 않으므로 현장을 조사하여 결정하는 것이合理的일 것이다. 野溪區間이 때로는 小河川에 포함되는 경우도 있고, 또 과거에는 小河川이라고 보여지는 곳에 野溪砂防을 실시한 경우도 적지 아니하였다.

冠岳山地帶에서의 荒廢溪谷溪流에서는 과거부터 野溪砂防이름으로 溪間砂防工事を 많이 실시하였다. 野

溪砂防工事라는 사업으로 치러진 三聖川上流區間(樹木園造成地域)이나 좁은골(연주대골)의 下部 果川鄉校부근의 계류와 신림본골 중간구역(서울대정문옆) 등지의 溪流는 비교적 안정되었으나 다른 계곡은 심히 황폐되어 있다.

이와같은 荒廢溪流區間과 小河川區間에 대해서는, 下부의 원경사지대에서는 野溪砂防工事を 실시해야될 것이며, 또 中上부의 경사가 급한 황폐계곡에 대해서는 계간사방공사를 실시하여 안정시켜야 할 것이다. 특히 형글이나 폭포골계곡의 出口에 설치한 “모래막이砂防堤”에서流失되어 내려오는 土砂石礫을 모래막이 시설내에 저지했다가 排수가 끝나면 貯砂된 모래를 파내서 다른 댐 공사에 골재로 사용할 수 있도록 해야 될 것이다. 모래막이댐 下流區間을 복개하는 것은 적어도 冠岳山地帶에서는 매우 위험한 일이라고 생각된다.

小河川區間에 대해서는 계단식 바닥막이와 기슭막이를 시공해야 되며, 계상물매가 급하고 계곡너비가 비교적 좁은 계곡에서는 溝谷막이를 계열식으로 배치하는工法이 필요할 것이다.

結論

首都圈地域에 위치한 冠岳山地域의 岩石荒廢地 및 浸蝕溪谷에 대한 效果의이고도 綜合의인 緑化 및 安定工法을 開發하기 위하여 實제로 새로운 技術開發이 要求되는 5개 技術分野로 区分하여 研究를 하여 얻어진 結果는 다음과 같다.

1. 岩石荒廢山地綠化用 緑化樹種의 開發

1) 岩石荒廢山地의 山腹斜面綠化에 적합한 樹種으로는 노간주나무, 리기다소나무, 눈향나무, 회양목, 개나리, 쌔리, 참싸리, 병꽃나무, 물오리나무, 진달래, 칠쭉, 담쟁이덩굴 등이며, 荒廢溪谷部分에 적합한 樹種으로는 물오리나무, 아까시나무, 상수리나무, 졸참나무, 신갈나무, 잘참나무, 뼈갈나무, 병꽃나무, 국수나무, 작살나무 등이다. 그리고 山地綠化用 草類로는 기존 砂防草類로서 새, 억새, 출새, 개출새, 쑥류 등이다.

2) 병꽃나무의 대량증식을 위한 苗木生產試驗을 실시한 결과 種子增殖이나 捕木增殖이 모두 良好한 수종으로 판명되었다. 병꽃나무類는 種子가 微細하여 採種 및 養苗과정에서 特別한 주의가 필요하다.

2. 岩石山地에 적합한 새로운 植栽技術의 開發

1) 冠岳山地域岩石荒廢地綠化用樹種中에서 특히 耐環境力이 큰樹種인 눈향나무, 리기다소나무, 회양목, 물오리나무, 개나리, 담쟁이덩굴의 6樹種을 여러가지 모형의 盆苗養成 및 山地植栽試驗을 실시한 결과, 盆苗養成時 비닐盆(흙담기전의 원형)의 표준크기는樹種에 따라서 다른데, 물오리나무(1-0), 개나리(1/1), 리기다소나무(1-1)는 지름 25cm, 높이 28cm가, 회양목(1-1), 리기다소나무(1-0), 담쟁이덩굴(1-0)은 지름 20cm, 높이 24cm의 盆 模型이, 그리고 담쟁이덩굴 幼苗는 지름 15cm, 높이 20cm의 盆 模型이, 또 눈향나무(3/3)는 지름 30cm, 높이 33cm의 盆 模型이 가장 적당하였다. 어느 樹種에서도 비닐분의 지름이 30cm보다 커서는 非效率의이다.

盆苗植栽方法은 보통 砂防植栽方法보다 盆苗養成費와 植栽費가 많이 所要되지만 岩石荒廢地에서는 가장 적합하고 확실한 方法이므로 冠岳山地域綠化植栽에서는 이 方法이 채택되어야 할 것이다.

2) 現在 冠岳山地域 山腹비탈면에 生立하고 있는 나무들은 表土가 거의 流失된 瘦惡한 환경조건하에서 生長하고 있으므로 이러한 나무에施肥를 해서 生長力を恢復시키고자 山林用固型비료로 소나무, 리기다소나무, 노간주나무, 철쭉의 4樹種에 대하여 現地에서施肥試驗을 실시한 결과施肥 1年後에 樹高生長에 있어서는 약 110~140%, 根元徑生長에 있어서는 약 120~150%의 生長이 증가되었다. 따라서 황폐된 관악산지역의 山腹綠化를 早期에 달성하기 위해서는 綠化樹種의 盆苗植栽方法과 現存 生立 樹木에 대한施肥를 통한 生長力恢復方法이 綜合的으로 도입되어야 할 것이다.

3. 岩石山地의 山腹斜面上에서의 土石固定用 砂防工法의 開發

1) 冠岳山地帶의 荒廢地의 基本荒廢類型은 自然岩壁 및 岩盤裸出地, 돌부스러기散在地, 돌부스러기와 거친 모래의 堆積地, 風化에 민감한 거친 흙生產地, 矮性소나무散生地, 溪間荒廢地 등으로 6대 구분될 수 있으며, 각 기본유형에 따라서 綠化 및 砂防工法도 달라진다.

2) 山腹斜面上에서의 不安定한 土石固定用 砂防工法으로는 “산복비탈면돌막이 공법”과 “산복비탈면留石擴水工法”이 試驗開發되었는데, 이러한 새로운 砂防工法은 表土 및 돌부스러기의 제자리安定(on-site fixation)과 비탈면水分保全을 위하여 이 地帶에서 효과적으로 적용될 수 있을 것이다.

4. 岩石山地에서 山沙汰發生豫防技術의 開發

기존 山沙汰發生地에 대한 개소별 微細地形調查를 실시한 결과 1/5,000 地形圖에서 “河川”으로 표시된 단일 1次谷의 直上部 및 地形圖에 물길로 表示되지 않은 정도의 山腹의 微細凹地部位가 가장 위험한 地點이었다. 따라서 “山沙汰發生危險地城”(全國 17개 地域群)에서 豪雨時에 山沙汰가 實제로 發生될 수 있는 가장 위험한 개소는 이러한 부분이므로 이러한 곳에 대한系統的 集排水路 및 階段式擁壁 등의 설치를 주로하는 崩壞防止對策이 필요할 것이다.

5. 土石流沮止 및 溪間安定工法의 開發

荒廢溪流에서의 土石流沮止 및 溪間安定對策을 주목적으로 하는 溪間砂防의 亂수공법은 계곡에 각종 모형의 溪間砂防堤을 설치하는 것인데, 그 基本模型은 縱浸蝕防止를 위한 砂防堤, 溪間의 土砂를 固定하기 위한 砂防堤, 土砂石礫을 貯留하기 위한 砂防堤, 土石流對策을 위한 砂防堤, 土砂調節調整을 위한 砂防堤의 5개 類型으로 區分될 수 있다. 그리고 冠岳山地域에서 1/5,000 地形圖를 사용하여 溪谷調查를 실시한 결과 土石流沮止 및 溪間安定對策이 필요한 小溪谷은 41개 계곡이 있으며, 이들 41개의 荒廢溪流에 대한 基本砂防工法은 溪間砂防堤, 바닥막이, 기슭막이, 溝谷막이, 그리고 새로 개발된 모형인 “바닥막이댐” 등이었다. 41개의 황폐계류에 대하여 溪間砂防堤이 필요한 댐자리 적자는 10개소(그림 1에 표시), 바닥막이댐은 25개소, 구푸막이는 111개소, 바닥막이는 120개소, 기슭막이는 6개소가 亂수적으로 설치되어야 한다.

6. 溪流 및 小河川保全技術의 開發

冠岳山地帶의 荒廢溪流에서는 豪雨時마다 土砂石礫의 流失量이 대단히 많으므로 이러한 土砂石礫을 저지할 수 있는 구조의 “모래막이砂防堤”을 계곡의 出口適地에 설치하게 되면 排水後에 堆積된 土砂石礫을 채취하여 다른 砂防構造物의 建設을 위한 骨材資源으로 활용할 수 있을 것이다.

摘要

首都圈地域에 위치한 冠岳山地域岩石荒廢地의 山腹 및 浸蝕溪谷에 대한 實用성있는 종합적인 砂防綠化安定工法에 대한 基本模型과 施工技術을 개발하기 위하여 2年間에 걸쳐서 研究가 수행되었는데, 그 주요한

要旨는 다음과 같다.

1. 선정된 苗木을 植栽時에는 각 樹種 特性에 적합한 盆苗植栽技術이 도입되어야 할 것이며, 또 기존 矮性的 쇠퇴한 植生에 대해서는 施肥로서 회복시켜야 할 것이다.
2. 冠岳山地域의 荒廢地는 6大類型으로 区分되며, 새로운 復舊模型으로 開發된 “山腹비탈면돌막이工法(stone-debris catching barriers on slope)”과 “山腹비탈면留石擴水工法(debris-and-water holding trench-wall structures)”은 앞으로 더욱 研究發展되어야 할 것이다.
3. 山沙汰와 같은 山地崩壞現象이 가장 많이 頻發하는 個所(地點)는 地形圖(1:5,000)上 1次谷의 上部凹地部位인 것으로 分析되었으므로, “山沙汰危險地區(Landslide hazard area)”內에서는 이러한 地點에 豫防的 防護對策(豫防治山砂防)이 先行되어야 할 것이다.
4. 荒廢溪流의 安定을 위해서는 “溪間砂防댐(debris dam)”과 “바닥막이댐(low-debris dam)”, 그리고 溝谷막이(check dam), 바닥막이, 기습막이工作物이 上下連繫의로 計劃 施工되어야 할 것이다. 特히 “바닥막이댐”的 계단식배치공법에 대한 계속적인 研究가 필요할 것이다.
5. 山沙汰發生이 常習되는 小溪谷의 出口部位에는 푸포풀 및 형골에 시공된 것과 같은 “모래막이用댐施設(sand-and-stone catching basin structures)”을 설치하여 防災砂防의 效果를 舉揚토록 計劃해야 될 것이다.

引 用 文 獻

1. Anderson, H.W. et al. 1959. Summer slides and winter scour. USDA-FS. PSW Tech. Paper 36. 12pp.
2. Barry Voight. 1978. Rockslides and Avalanches. Elsevier Scientific Pub. Co. pp. 1-96.
3. Beaton, J.D. 1973. Fertilizer methods and applications to forestry practice. In the Forest Fertilization Symposium Proceedings, USDA Forest Service GTR NE-3; pp. 45-55.
4. Coats, D.R. 1977. Landslide perspectives. Geological Society of America, Reviews in Engineering Geology, Vol. III, pp. 3-38.
5. Coats, R.N. 1981. Watershed rehabilitation in Redwood National Park and other pacific coastal areas. Proceedings of the Symposium. pp. 128-152.
6. 鄭印九. 1975. 肥培林業. 加里研究會. pp. 324-363.
7. Cooke, R.U. and J.C. Doornkamp. 1974. Geomorphology in environmental management. Clarendon Press. pp. 146-150.
8. Croft, A.R. 1967. Rainstorm debris floods. Agricultural Experiment Station. The University of Arizona. 35pp.
9. Gonisor, M.J. and R.B. Gardner. 1971. Investigations of slope failures in the Idaho batholith. USDA-FS Research Paper INT-97. 34pp.
10. 原勝. 1957. 砂防造林. 朝倉書店. pp. 185-205.
11. 東三郎. 1982. 低ダム群工法. 北海道大學 圖書刊行會. pp. 54-89.
12. 伏谷伊一. 1970. 溪流工學. 地球出版. pp. 100-143.
13. 池谷浩. 1980. 土石流災害調査法. 山海堂. pp. 2-110.
14. Kinghorn, J.M. 1974. Principles and concepts in container planting. In the Proceedings of the North American containerized forest tree seedling symposium. pp. 8-18.
15. Kojan, Eugene. 1967. Mechanics and rates of natural soil creep. In the Fifth Ann. Eng. Geology & Soils Eng. Symp. Idaho Dept. Highway, Univ. Idaho: 233-253.
16. Krammes, J.S. 1965. Seasonal debris movement from steep mountainside slopes in southern California. In the Proceedings of Federal Interagency Sedimentation Conf. USDA. Misc. Pub. 970:85-89.
17. 李元圭. 1983. 분묘잔자 산림비료로서의 이용. 산림. 208:80-84.
18. 中野秀章. 1972. 森林の水保全機能とその活用. 日本林業研究解説シリーズ. 51:3-13.
19. 日本河川協會. 1976. 建設省河川砂防技術基準(案)調査編. pp. 281-300.
20. 難波宣士 外. 1961. 昭和 34年 7號 台風による山梨水害の山地荒廢とその治山對策. 日本林業試験場研報. 132:70-97.
21. Osterstrom, L.O. 1981. Seedling containers and planting methods. In the Proceedings of the American Society of Agricultural Engineers Symposium on Engineering Systems for forest regeneration. pp. 144-151.
22. Patric, J.H. and W.E. Kidd. 1982. Erosion on very stony forest soil during phenomenal rain in Webster County, West Virginia. USDA-FS. NE-

501. 13pp.
23. Sharpe, Stewart C.F. 1938. Landslides and related phenomena. New York, Columbia Univ. Press. pp. 10-16.
24. Schumn, Stanley A. 1973. Slope Morphology. Dowden-Hutchinson and Ross, Inc. pp. 328-330.
25. 高橋保, 道上正規, 芦田和男. 1983. 河川の土砂災害と対策. 森北出版. pp. 2-18.
26. Varnes, David J. 1978. Slope movement types and process. In the Landslide analysis and control, NAS-Transportation Res. Board Special Report. 176:12-80.
27. Wilde, S.A., G.K. Voight and J.G. Iyer. 1972. Soil and plant analysis for tree culture. Oxford & IBH Pub. Co., New Delhi. 172pp.
28. 禹保命 外. 1978. 安養地域에 있어서 豪雨에 의한 山沙汰發生에 의한 實態調查와豫防對策에 관한 研究. 韓國林學會誌. 39:1-34.
29. 禹保命, G.H. Belt. 1978. 冠岳山地帶의 山沙汰와 土石流에 關한 研究. 서울大學校 演習林報告. 14: 71-96.
30. 禹保命. 1983. 新制 砂防工學. 鄉文社. pp. 60-90.
31. 禹保命. 1984. 韓國의 山沙汰防災對策에 관한 研究. 韓國林學會誌. 63:51-60.
32. 山口伊佐夫. 1982. 流域管理計劃の立て方. 水利科學研究所. pp. 14-74.
33. 矢野義男. 1976. 砂防ダム. 山海堂. pp. 10-60.
34. 任慶彬. 1965. 有用植物繁殖學. 大韓教科書株式會社. pp. 295-334.
35. Zaruba Q. and V. Mencl. 1969. Landslides and their control. New York. Am. Elsevier Pub. Co. Inc. pp. 110-150.