

# 切開斜面 綠化工技術開發을 爲한 利用 植生

金 在 憲\*

## 1. 序 論

經濟·產業發展과 더불어 道路開設이나 工業團地, 住宅團地 等의 大規模 開發에 따라 切開 惑은 盛土한 人工斜面이 날로 늘어나고 있다. 이들 人工裸地는 그 規模도 漸次 大型化하고 있으며, 自然環境의 重要性에 對한 認識도 높아지고 있어서, 斜面의 安定은 勿論 景觀 整備面에서도 效率的인 綠化工에 의한 早期 復元이 크게 要請되고 있는 實情이다.

人工斜面에 대해 綠化工을 實施하는 目的은, 斜面의 力學的 安定과 土壤의 固定을 통하여 崩壞防止를 圖謀하고 面積的·立體的으로 環境, 土地, 景觀을 保全코자 하는 것으로써, 植生工과 構造物에 의한 方法을 各各 或은 併用 施工하고 있다. 綠化工의 實施 初期에는 砂防 工法을 導入하여 實施하였는데, 最近에는 岩盤에 까지 綠化가 可能하게 되는 等 工法이 매우 多樣하게 發展되었다.

그러나 現行의 綠化工法은 發芽後 生育不振 或은 早期衰退에 따라 浸蝕, 崩壞로 이어지는 生育基盤의 安定問題가 提起되고 있으며, 特히 綠量과 아울러 綠質의 問題도 擧論되어지고 있다. 이에 따라 鄉土植生導入 等を 通하여 劃一的 綠化工法에서 脫皮, 自然環境과 調和된 景觀의 造成·維持가 要求되고 있으나, 아직 未解決인 點이 많은 실정이다.

本 研究는 現行의 切開斜面에 對한 綠化工 實態를 調査·分析하여, 植生導入時 適正하며 效率的 施工을 爲해 有用한 鄉土植生을 選拔

코자 遂行하였다. 이 研究는 比較的 規模가 큰 高速道路 等의 切開斜面을 對象으로 遂行되었으나, 規模가 작은 林道의 切開斜面에서도 適用이 可能한 것으로 生覺된다. 한편 本 研究와 關聯하여 遂行되어 온 研究內容을 要約·整理 하면 다음과 같다.

- ① 切開斜面에 導入할 수 있는 植生條件은 生長이 빠르고, 잘 우거져야 하며, 種子의 確保가 容易하고 種子繁殖이 可能한 것이 必 然히 要 求되고, 植生의 選擇은 斜面의 狀態, 施工條件을 判斷하여 決定하여야 한다.
- ② 土壤의 理化學性이 나쁜 切開斜面에서의 植生定着은 매우 困難하므로 選擇할 수 있는 植生種은 極히 限定되며, 鄉土種은 發芽나 初期生長이 좋지 않으므로 外來種과 適切한 併用이 必要하다. 自然環境이 나쁠수록 木草本 種子의 混播 種數를 많이 하는 편이 環境綠化 및 斜面保全用 植物으로써 답쟁이 덩굴, 칩 등과 병꽃나무, 폰지나무, 억새, 켄터키 웨스쿠등이 斜面 綠化에 有利하다.
- ③ 外國產 木草類는 迅速히 綠化되어 浸蝕을 防止하는 長點은 있으나 自然保護, 景觀 保護 側面에서 批判이 많으므로 劃一的 綠化方法을 지양해야 한다.
- ④ 빗방울 浸蝕으로부터 表土層의 空隙構造를 保護하기 爲한 緩衝材料으로써 初長 20cm 以上の 草本의 役割이 有效하고, 이 緩衝材料가 消失되면 表土의 浸透能低下, 表面沘發生, Rill·Gully浸蝕, 斜面崩壞에 까지 이르게 되어 結局 大面積 裸地가 出

\*營林技術士, 林業研究院 環境部研究官, 農學博士

現할 수 있다.

- ⑤ 植生이 自然侵入할 수 있는 土壤經度는 23mm 以下이고, 導入植生과 侵入植生の 交代는 緩慢하고 制限的으로 이루어지는 것으로서, 特히 木本類의 生立에는 더욱 長期間이 所要된다.
- ⑥ 切開斜面的 植生相은, 初期의 單純한 先驅植生 主體에서 차츰 複雜한 遷移를 거쳐 安定된 極相에 가까운 構造로 誘導하여야 한다.
- ⑦ 植生上의 變化推移는 施工斜面的 立地條件과 當初의 施工法에 크게 影響되며, 斜面的 植生基盤이 破損되거나 導入植生이 衰退하여 裸地化되는 것을 막아야 郷土植生이 優占하는 植生型으로 遷移된다.
- ⑧ 植生工을 實施하는데 最大의 制約이 되는 것은 斜面勾配가 急한 境遇로 地形이 急하여 勾配를 緩慢하게 하면 斜面이 너무 크게 되어 經濟的, 景觀的으로 불리하며, 또한 綠化工 施工斜면에 植生이 정착하지 못하고 崩壞하는 凍上은 銅賞 等の 物理的 營力에 依해서도 起因하나, 植生基盤 狀態에 對한 處理가 未熟한데 따른 事例가 많다.
- ⑨ 樹木根系의 斜面崩壞防止機能에 對하여 버팀作用과 緊縛作用과는 別途로 Arch 作用이 있으며 切開斜面的 崩壞原因에 對해 施工斜면에 適合한 基礎工이 不充分한 點, 即 植生導入에 지나치게 置重하여 斜面安定에 配慮가 充分치 못한데서 起因하는 事例가 많다.

## 2. 材料 및 方法

### 2.1. 調査地

高速道路(京釜, 88, 駙馬, 中部), 國道 및 新都市 住宅團地 周邊의 切開斜面 67個所를 調査하였다.

### 2.2. 調査方法

斜面은 風化狀態에 따라 風化土, 軟岩, 風化岩, 硬岩으로 區分·調査하였는데 岩盤의 分類는 壓縮強度와 外觀上의 岩質을 基準으로 다음과 같이 分類하였다. 즉 風化岩은 壓縮強度고 100kg/cm<sup>2</sup> 未滿이며 石礫으로 使用이 不可한 것, 軟岩은 壓縮強度가 100~500kg/cm<sup>2</sup>인 것, 硬岩은 壓縮強度가 500kg/cm<sup>2</sup> 이상이며 石礫으로 使用이 可能한 것으로 하였다.

斜面勾配는 클리노메타로 測定하였으며, 斜面長 및 斜面幅은 줄자로 測定하였는데, 斜面長은 斜面的 走行方向에 대한 水平길이를 測定하였고, 斜面安定 狀態는 單位斜면에 對해 浸蝕率, 崩壞率과 湧出水 與否를 調査하였다.

植生狀況은 單位斜面的 草木과 木本에 對해 導入植生 및 侵入植生으로 區分 草種(樹種), 初長(樹高), 被覆度를 調査하였다.

## 3. 結果 및 考察

### 3.1. 調査地概要 및 實態

現行 切開斜면에 對한 綠化工은 一般土木工事に 附隨的인 것으로 取扱되고 있기 때문에 綠化工施工年度와 管理 等 經過記錄이 되고 있지 않는 곳이 많아서 高速道路 切開斜面 위주로 調査가 遂行되었다.

切開斜面的 斜面長은 짧은 데는 3m에서 긴 곳은 50m內外까지 이르고 있으며, 30m內外의 斜面이 65%로써 가장 많았는 바, 斜面規模가 大部分 長大한 傾向이었다. 이와 같이 斜面的 規模가 長大함에 따라 切開面의 風化狀態가 多樣하게 나타났으므로, 主로 分布하는 風化狀態를 그 斜面을 代表하는 것으로 하였으며, 하나의 斜面에서 風化狀態가 크게 나누어지는 境遇는 2~3個로 區分·調査하였다. 한편 軟岩은 하나의 斜面에서 出現하는 面積이 좁아서 便宜上 軟岩斜面은 風化岩斜面으로 묶어 分析하였다. 切開斜面的 勾配는 大部分 急하여, 風化土 30°~75°, 風化岩 30°~85°, 硬岩 40°~85°였다.

最近 우리나라에서 切開斜面的 綠化工에 使用되고 있는 植生은, 特히 가장 많이 實施하고

있는 種子 뿌어붙이기(Seed Spraying)의 境遇 外國產 草類를 主體로 한 施工이 大部分이다.

이들 外國產 草類가 많이 使用되고 있는 것은 發芽가 잘되고 初期生長이 빠르기 때문에 迅速한 浸蝕防止效果를 圖謀할 수 있으며, 價格이 低廉하며 大量으로 種子確保가 可能하기 때문이다. 그러나 周邊景觀과의 違和感 등 問題點이 提起되고 있으며, 鄉土種과의 混合施工을 통한 早期綠化와 浸蝕防止 및 周圍景觀과 어울리는 自然스러운 景觀維持를 達成할 수 있는 施工法의 確立이 要求되고 있다.

硬岩斜面的 境遇 節理방향 등으로 보아 崩壞 危險이 있는 곳은 몰타르 슛크리트(Shotcrete) 工 등으로 施工하고 있으며 崩壞危險이 比較的 적은 곳은 綠化工을 施工치 않고 放置하거나, 最近 들어 無土壤岩盤에 많은 施工이 되고 있는 方法인 種肥土噴射工法으로 施工하고 있다. 放置되어 오랜 期間이 經過한 岩斜面은 周邊으로 부터 侵入한 制限된 植生에 依해 被覆이 進行되어, 斜面切開後 23年余 經過한 硬岩斜面的 被覆度는 草本, 木本이 各各 26%, 11%를 보이고 있다.

한편 種肥土뿌어붙이기로 施工한 硬岩斜面은 一部 鄉土種을 混播한 곳도 大部分 外國產 草類 一色으로 綠化되어, 施工한지 5年以上 經過한 곳도 전혀 衰退 기미를 보이지 않아, 鄉土 植生の 被覆度가 1% 未滿인 곳이 많았기 때문에, 本 研究의 分析對象에서는 除外하였다. 結果적으로 이 施工法은 周邊에 自生하고 있는 自然植生の 侵入을 低害하여, 自然回復을 遲延시키는 것으로서, 環境保全과 景觀保全面보다 自然스러운 植物社會를 復元시켜야 한다는 綠化工의 目標을 生覺할 때 外來種과 鄉土種의 發芽 및 生長特性, 種間 競爭메카니즘이 考慮된, 施工上 改善해야 할 問題點이 있다고 본다.

### 3.2. 導入植生과 侵入植生の 盛衰

切開斜面的 綠化實態를 分析하기 爲하여 岩 種別, 施工植生 및 施工經過年數別로 植生の 侵入·定着狀況을 調査한 結果를 가지고, 草本

및 木本の 被覆도와 初長(樹高)을 基準으로 積算優點度(SDR 2)를 計算하여 綠化實態의 指標로 하였다.

導入植生과 侵入植生の 變化推移는 施工斜 面の 立地條件과 當初의 施工法이 크게 關係한 다. 風化土와 風化岩斜面的 綠化工施工地에 대 해 導入植生과 侵入植生の 量的 盛衰를 積算優 占度 百分比로 分析한 바, 風化土, 風化岩 모두 施工年次가 經過함에 따라 導入植生の 衰退와 侵入植生の 增加傾向이 뚜렷하였다. 風化土와 風化岩에서 施工 3년차에 導入植生이 各各 26%, 47%, 6年次에는 28%, 32%, 9年次에는 12%, 18%로 減少되는 傾向을 보였는 바, 施工 3年次 以前에 이미 導入植生の 衰退現象이 두 드러지게 進行되었음을 알 수 있으며, 衰退한 자리에는 侵入植生이 領域을 넓혀 가는 것으로 보인다.

그러나 綠化工 施工斜面에 있어서도 9年次의 被覆도가 風化土斜面은 76%, 風化岩斜面은 65% 程度여서 實際의 斜面浸蝕率은 約 50%이 므로 理想的인 逆轉現象은 아니다. 卽, 導入植 生과 侵入植生の 理想的인 자리바꿈은 導入植 生인 外國產 草類의 衰退現象에 따라 일어나는 것으로서, 導入植生이 衰退하거나 自然植生과 의 競爭에서 진 結果, 自然植生이 導入植生の 자리를 大身하여 斜面浸蝕이 없이 그 자리를 차지하는 것이 바람직하기 때문이다.

한편, 從前은 林道の 切開斜面에서는 綠化工 施工後 10年이 지나면 草本優占에서 木本優占 으로 移行한다고 하였으나, 本 調査對象地의 施工 9年次에 있어서 木本被覆도는 風化土斜 面 8.7%, 風化岩斜面 6.1% 程度에 不過하여, 木本이 優占한 斜面은 없었다. 이것은 林도에 비하여 一般道路의 切開面의 規模가 長大함에 따른 立地條件과 地域 周邊 植生種類的 差에 依한 것으로 思料된다.

### 3.3. 出現種數의 變化

風化土斜面중 綠化工施工面에서는 施工年次 經過에 따른 草本, 木本の 種數는 모두 큰 變化

를 보이지 않았다. 한편 非施工斜面에서는 草本, 木本 모두 6年次까지는 큰 變化가 없었으나, 9年次에서 綠化工施工面과 거의 같은 種數가 侵入하는 傾向을 보였다. 風化岩斜面중 綠化工施工面은 뚜렷한 傾向이 없었으나, 非施工斜面에서는 草本, 木本 모두 施工後 年數가 經過할 수록 漸進적으로 種數가 增加하여 9年次에서는 거의 같은 種數로 構成되는 傾向을 보였다. 硬岩非施工斜面은 斜面切開後 6年 經過한 斜面과 23年 經過한 斜面에서 植生種數의 큰 變化가 없었다.

이와 같은 것은 前述한 바와 같이 綠化工施工 및 管理에 關한 記錄이 되고 있지 않은 곳이 大部分이기 때문에, 一定한 施工年數 間隔으로 調査가 遂行되지 못하였으므로, 어떠한 傾向을 명확히 說明하는 데는 資料가 不充分하긴 하나, 土壤의 理化學性이 나쁜 切開斜面에 定着할 수 있는 植生은 極히 限定되는 것으로서, 斜面切開後 10餘年 程度 지나면 周圍植生の 侵入에 依해 初期의 急激한 環境變化에 適應되어 植生 安定狀態에 이르게 되는 것으로 判斷된다.

#### 3.4. 有用 鄉土植生 選拔

植生이 지니고 있는 土壤 保全機能이 충분히 發揮되고, 安定된 綠化被覆狀態를 期待하기 爲해서는 切開斜面의 劣惡한 生育環境에 적용된 有望植生을 선택하여 綠化工施工時 활용하는 것이 바람직하다고 본다. 어떤 植生の 生育한계를 考慮치 않은 植生の 導入은 充分히 活着하지 못하고 早期衰退·枯死하여 結局 浸蝕面積을 裸出·擴大시키는 境遇도 있다.

##### 가. 草 本

現行 綠化工 가운데 噴射播種工法 施工時 主로 使用하고 있는 外國產 花本과 木草類는, 初期에 다른 植生이 侵入하지 못할 程度로 繁茂하는 境遇에도 施工後 3年을 고비로 衰退하게 되는데 이러한 斜面은 生育基盤의 有機質이 소실된 境遇가 大部分으로써, 그 立地에 生育할 수

있는 周圍의 植生이 侵入하여 勢力을 넓혀가기도 하나, 生育基盤이 露出된 곳도 많아 侵入速度는 매우 느리고 制限적으로 進行된다. 이와 같은 斜面에는 結局 鄉土種을 中心으로 한 植生들만이 살아 남게 될 것이다. 또한 木本은 블럭적인 斜面 安定機能을 하는데 反하여 草本은 浸蝕防止 및 土沙捕捉을 통한 平面的인 斜面安定 및 植生侵入促進에 絕對的인 役割을 하므로, 斜面浸蝕을 發生치 않게 하고 外國產 木草類와 간단없는 자리바꿈을 圖謀하기 위해서는 施工當初부터 木草類와의 混播等의 방법으로 鄉土種을 適切히 導入하는 것이 바람직한 것으로 生覺된다.

이러한 役割을 할 鄉土種의 條件으로서는, 有機質, 水分不足은 勿論 추위와 酷暑에도 잘 견디고, 種子의 多量確保와 種子繁殖이 可能하며, 生長이 빠르고 繁殖力이 強해야 한다.

이와 같은 植生을 選擇하기 爲해 現地 調査資料의 積算優占度를 分析하면

① 初期의 優占草本은 새 等 花本과 草本類와 달맞이꽃, 망초류이며, ② 施工後 年數가 經過할 수록 산쭉, 개똥쭉, 실쭉, 쭉, 제비쭉 等 쭉류와 새, 억새, 솔새와 같은 새類의 優占도가 함께 높았다. 이러한 傾向은 有機質 土壤, 水分不足等 立地條件이 가장 나쁘며, 綠化工施工을 하지 않은 硬岩斜面에서 顯著하게 나타났다.

위의 優占植生들 가운데에는 달맞이꽃이나 망초류와 같은 歸化植物도 包含되나, 우리나라의 鄉土種이며, 특히 無土壤 岩盤에서 期間이 經過할 수록 優占하는 植生인 쭉類와 새類가 有望한 것으로 生覺된다. 이 가운데 새類는 切開斜面의 綠化工에 比較的 많이 使用되어 온 種類이나, 쭉類는 綠化工 施工時 거의 無視되어 온 植生이다.

따라서 쭉類에 특히 留意하여, 岩種別,

施工有無別로 草類의 積算優占度 變化推移를 보면, 特히 有機物이 貧弱한 風化岩과 硬岩斜面에서 施工 6年次 以後에는 第1 優占種의 優占度を 오히려 上廻하는 傾向을 보인다. 또한 20年以上의 오랜 期間이 經過한 硬岩斜面에서는 草類와 새類의 積算優占도가 各各 全體 草本 積算 優占度の 30% 水準에 이르는 것을 알 수 있다.

이와 같이 草類와 새類는 斜面의 有機物, 水分 等 條件이 나쁠수록, 또한 施工後 期間이 經過할 수록 다른 植生보다 集團的으로 높은 優占度を 維持하므로 切開地, 特히 有機物이 없는 硬岩斜面에서 매우 有望한 植生으로 보인다. 또한 有望 植生으로 산저울, 비수리를 들 수 있으며, 이밖에도 斜面下半部나 斜面上的 凹부와 같이 有機物이 堆積되어 있는 곳은, 比較的 乾燥에 強하고 集團的으로 아름다운 꽃을 보여주는 甸節草, 바위甸節草와 같은 國花科植物이 有用한 郷土草本으로 判斷된다.

#### 나. 木本

切開斜面의 理想的 回復形態는 郷土草本類에 의해 防災機能을 發揮하며, 木本의 定着이 이루어져 景觀的으로 어우러진 狀態가 바람직하나 아직 技術的으로 未解決인 點이 많다.

綠化工 施工時 木本의 成立을 期待하고 싸리와 같은 木本種子를 外國產 草類와 混合播種하는 境遇가 많으나 大部分 木本의 生立이 거의 이루어지지 않아, 插木 등의 方法도 試圖되고 있다. 따라서 切開斜面에 現存하는 木本類는 大部分 自然侵入한 것이 아니면 植栽한 것이다.

切開斜面에 侵入하여 生育하고 있는 木本被覆度는 前述한 바와 같이 綠化工 施工後 9年次에서도 約 6~9% 水準이다. 構成樹種은 砂防用 樹種을 包含하고 있으며, 斜面立地에 따른 侵入樹種의 뚜렷

한 差異는 없었다. 이는 植生基盤의 理化學性이 나쁜 切開斜面에 定着할 수 있는 植生은 極히 限定되기 때문으로 判斷된다.

앞으로도 綠化工 施工 當初부터 木本을 草本과 同時에 施工하여 木本을 生入시키고자 하는 多様な 試圖가 繼續될 것으로 보인다. 이를 爲해서는 木本種子의 發芽特性, 草本과의 競爭 等 究明해야 할 問題가 많이 있으나, 今番 調査를 通하여 積算優占度を 基準으로, 切開斜面에 導入 可能하다고 判斷되는 樹種 가운데 播種이 可能한 것은 싸리, 족제비싸리, 아까시나무, 자귀나무, 사방오리 등 오리나무類, 산딸기, 즈깨잎나무, 소나무, 海松(以上 草本과 混播)과 갈참나무 등 참나무類(直播)이며, 버드나무類는 斜面에 直接 插木하는 方法으로 導入이 可能한 것으로 生覺된다. 또한 根株移植이 可能한 것으로는 아까시나무, 현사시와 덩굴類로써 垂(懸垂型), 담쟁이덩굴(附着型 匍匐型)이다.

이와 같은 植生을 利用한 斜面의 綠化工은 切開된 斜面의 風化狀態 等 立地條件이 多様하고 施工時期에 따라 環境條件이 달라지므로, 單一種을 施工하여 被覆하는 方法은 失敗할 危險이 크다. 따라서 切開斜面의 立地條件과 施工性 等を 考慮하여, 그 斜面條件에 알맞은 最大公約數的 工種을 採擇해야 할 것이다. 卽 施工對象地의 周圍環境과 立地條件에 따라 目標로 하는 植生型이 달라지게 되므로 綠化工의 內容도 달라져야 한다. 또한 複層化되어 多様性이 豊富한 植生上을 期待하기 爲해서는 어떤 한 種類에 치우치지 말고 되도록 많은 植生을 混播 等의 方法으로 동시에 導入하는 것이 效率的이라고 生覺한다.

切開斜面의 綠化工에 使用하는 植生의 主種을 이루는 外國產 草類는 前述한 바

와 같이, 發芽 및 生長이 빨라서 初期段階의 斜面安定에 效果的이라는 등의 여러 長點이 있기 때문에 外國產 草類 일변도의 綠化工이 盛行하고 있으나, 早期衰退 問題와 아울러 自然保護, 景觀保護의 側面에서도 批判이 많기 때문에, 劃一的 綠化方法에 대한 技術的 補完이 必要하다고 生覺한다.

한편 鄉土種의 種子와 같은 繁殖材料는 多量確保의 困難, 發芽와 初期生長이 나쁜 短點이 있으므로, 鄉土植生만으로는 目標로 하는 植生型을 一時에 完成할 수 없는 경우가 많다고 생각된다. 따라서 신속히 斜面에 定着하여 初期의 浸蝕을 막을 수 있는 外國產 草類와 切開斜面에서 生育이 可能的한 鄉土種을 混合施工하는 것이 바람직하다고 본다.

이와 關聯하여 아직은 鄉土種과 外國產 草類와의 混合施工에 對해 不確實한 點이 많으나, 切開斜面과 같이 劣惡한 環境條件에 適應하는 植生으로 밝혀진 鄉土種의 發芽 및 生育特性和 外國產 草類를 포함한 각 植生種間的 競爭메카니즘을 바탕으로 한 混播量의 決定 등이 앞으로 究明해야 할 課題이다.

#### 4. 結 論

本 研究는 道路開設等 大規模開發에 따라 發

生되는 切開斜面에 對한 斜面安定과 景觀整備面에서 效率的인 綠化工 施工을 爲한 有用鄉土植生 選拔을 爲해 遂行하였는 바, 主要結果는 다음과 같다.

가. 風化土, 風化岩 모두 綠化工施工 3年次를 前後하여 導入植生の 衰退와 侵入植生の 增加 傾向이 뚜렷하였는 바, 風化岩의 境遇 導入植生の 積算優占度가 施工 3年次에서 47%, 9年次에서 12%까지 減少하였으나, 草本에 對한 木本優占現象은 없었다.

나. 斜面切開後의 急激한 環境 變化는 10餘年이 經過하게 되면 導入植生の 衰退, 周邊植生 侵入 등의 影響으로 植生種 構成上의 安定 狀態에 이르는 것으로 判斷된다.

다. 切開斜面 綠化工에 有望한 鄉土草本은 산쭉, 개똥쭉, 실쭉, 쭉, 제비꽃 등의 쭉類와 새, 억새, 솔새와 같은 새류가 가장 높은 優占度를 나타냈는 바, 特히 硬岩斜面에서 매우 有望한 것으로 分析되었으며, 이밖에도 산겨울, 비수리, 구절초류가 有用한 鄉土草本植生으로 判斷된다. 鄉土木本은 짜리, 족제비짜리, 아까시나무, 자귀나무, 사방오리 등 오리나무類, 산딸기, 쯤개잎나무, 참나무類, 버드나무類, 현사시, 취, 담쟁이덩굴이 有用한 것으로 判斷된다.