

홍콩의 채석장 식생복원공법에 관한 분석

박종민¹⁾ · 이준우²⁾ · 윤호중³⁾

¹⁾ 전북대학교 산림자원학과 · ²⁾ 충남대학교 환경임산자원학부 · ³⁾ 국립산림과학원

Analysis on the Quarry Restoration Methods in Hong Kong

Park, Chong-Min¹⁾ · Lee, Joon-Woo²⁾ and Youn, Ho-Joong³⁾

¹⁾ Division of Forest Resources, Jeonbuk National University,

²⁾ Division of Environmental Science & Forest Resources, Chungnam National University,

³⁾ Korea Forest Research Institute.

ABSTRACT

The agency which is responsible for work related to the restoration of vegetation on the quarry in Hong Kong is the Geotechnical Engineering Office of Civil Engineering and Development Department (CEDD). CEDD's environmental management system was certified as ISO 14001 : 2004 in 2006 and diverse instructions and technical documents about the restoration of the quarry were published and used for the performance of work and the implementation of the project. The restoration of the quarry is being carried out to respond to short-term and long-term goals.

The general instructions for the restoration of vegetation says that a plant, when selected, should be self-sustainable with minimum maintenance required, have a high growth and survival rate, be tall enough to cover the rock slope faces, and preferably produce colourful flowers. These instructions prescribe the vegetation introduction technology, planting seasons, structural material of the vegetation works, maintenance and management, tree nursery operation, means of water supply, etc. This report introduced the outline of work on restoring vegetation carried out at Anderson Road, Shek O, Lam Tei, Turret Hill, Lamma, all large-sized quarries. In addition, it additized Anderson Road's master plan. It is hoped that the Hong Kong examples so introduced are referred to in terms of institutional and

Corresponding author : Lee, Joon-Woo, Division of Environmental Science and Forest Resources, Chungnam National Univ., Daejeon 305-764, Korea,
Tel : +82-42-821-5749, E-mail : jwlee@cnu.ac.kr

Received : 30 September, 2009. **Accepted** : 20 October, 2009.

technical considerations related to the nation's project for restoring quarries.

Key Words : *Aqueous suspension, Hydroseeding, Pit planting of tree, Geomembrane.*

I. 서 론

각종 토목 및 건설공사에 필요한 골재를 하천에서 생산하는 것이 한계에 이르면서 산림에서의 토석채취가 증가하고 있으며, 구조용 석재의 수요도 증가하고 있다. 구조용 석재의 경우에는 단가문제로 중국 등 외국에서 수입하는 양이 많아 휴폐업한 채석장들이 많았는데, 최근에는 환율로 인해 채산성이 인정됨으로써 휴폐업 중이던 채석장들이 다시 사업을 개시하는 경우도 많아지고 있다. 이와 같이 산림 안에서의 토석채취는 건설재료의 공급이라는 순기능이 큰 반면에, 가장 양호한 자연의 조건을 유지하고 있는 산림환경을 훼손하는 부정적인 측면을 동시에 가지고 있다.

또한 토석채취와 관련된 법률인 ‘산지관리법’에 의하면 가시권 등을 기준으로 허가제한을 하고 있는데, 기존 토석채취장 주변에 도로가 개설되는 경우에는 법률에 정한 가시권 안에 들어오게 되는 사례도 많아지고 있다. 이런 경우에는 산림경관의 훼손문제가 부가적으로 생기게 된다. 특히 채석장은 10년까지 훼손허가가 되고, 기간을 연장할 수도 있도록 되어 있기 때문에 장기간에 걸쳐서 산림환경과 경관을 훼손하는 대표적인 유형이라고 할 수 있다.

따라서 채석장의 복원은 중요한 사안으로 다루어져 왔다. 그러나 일부 제도적 미비점, 사업자의 성실성 여부, 채석 후의 복원목표와 그에 대응한 복원기술체계의 미비 등으로 인해 행정적 어려움과 함께 논란의 대상이 되고 있다.

한편, 홍콩은 홍콩섬(香港島), 란타우섬(大嶼山), 구룡반도(九龍半島), 산까이(新界)와 그밖에 260여개의 외곽 섬으로 구성되어 있으며 면적은 약 1,100km²이다. 홍콩의 지형은 55% 정도가 해

발고 100m 이하이고 약 10% 정도만이 300m 이상의 산악으로서 해발고는 낮지만 산악지는 비교적 경사가 급한 지형을 이루고 있다. 지질은 대부분 화성암, 화강암, 퇴적암이 주를 이루고 있으며, 지표면에 화성암 계통이 노출된 곳이 약 70%를 차지하고 있다. 최근 홍콩은 지속적인 도시의 확장으로 인하여 도시 주변에 급경사의 인공 비탈면이 많이 발생하게 되었으며, 강한 강우에 의하여 산사태 등의 위험성은 점점 증대하고 있다. 이에 대한 대책으로서 비탈면의 안정대책과 경관적인 복원방법들이 개별적인 영역이 아닌 복합적인 영역으로 다루어지고 있으며, 비탈면 녹화를 위한 기준을 설정할 때 경사도에 따른 복원의 수준을 정하고 있다(김경훈 등, 2008). 홍콩은 과거에는 채석산업이 활발하였으나 최근에는 환경문제 등으로 인해 신규사업이 줄어들고 있는 추세이다. 홍콩의 채석장은 대면적의 채석단지를 지정하여 개발하고, 채석과정에 있어서 채석방법과 현장관리를 철저히 하고 있으며, 채석 진행에 대응한 단계적 복원과 자생식물을 위주로 한 생태적 복원방법에 대한 다양한 시도가 이루어지고 있다.

본 논문에서는 홍콩 주요 채석장의 식생복원 시스템을 분석하여 우리나라 채석장 복원을 위한 제도적 및 기술적 측면에서의 개선방안을 모색하는 데에 참고자료를 제공하고자 하였다.

II. 연구방법

채석장의 식생복원과 관련된 일반적인 사항은 홍콩정부의 토목공정척서(土木工程拓署, Civil Engineering and Development Department : CEDD)의 자료(CEDD, 2008)와 Anderson Road 채석장의 채석장복원 마스터플랜(HASSELL, 1998)을 주로

참고하였다. 그리고 현재 채석과 복원이 동시에 진행 중인 Anderson Road 채석장 및 Shek O 채석장, 그리고 1995년에 채석을 시작하여 2002년에 채굴종료와 함께 녹화복원공사를 완료한 Lamma 채석장 등 3개소의 현장을 직접 답사하여 현황을 파악하였다. 한편, 식물의 분류와 학명 및 향명의 기재는 Patric 등(2008)이 집필한 수목도감을 기준으로 하였고, 현장답사에 참여한 홍콩 현지 교수의 자문을 참고하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 채석장 복원사업 추진체계

1) 행정조직

홍콩에서는 호우 등에 의한 산사태 등 자연재해와 채광·채석 및 개발에 의한 훼손지의 관리 및 복구(복원)사업을 토목공정처(CEDD)에서 관장하고 있다. CEDD의 정책목표는 “토목기술을 통해 재해를 효율적으로 관리하여 국민의 복리와 국가의 발전을 도모”하는 것이다.

CEDD의 조직은 사장(Director) 아래에 총무부(Headquarters), 토목공정처(土木工程處, Civil Engineering Office), 토력공정처(土力工程處, Geotechnical Engineering Office), 4개의 지역처(Hong Kong Island and Islands Development Office, Kowloon Development Office, New Territories East Development Office, New Territories North and West Development Office)가 있다. 토목공정처에는 해

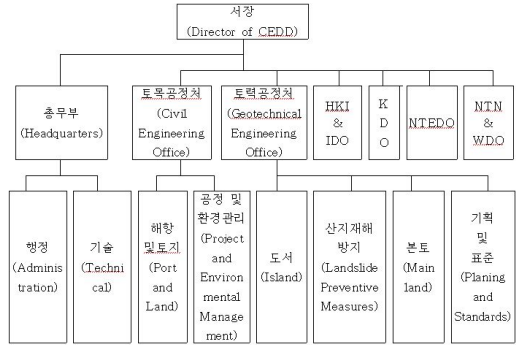


그림 1. 홍콩 CEDD의 조직표.

항과 토지 담당(Port and Land)과 공정 및 환경관리 담당(Project and Environmental Management) 부처가 있다. 그리고 토력공정처에는 도서 담당(Island), 산지재해방지 담당(Landslide Preventive Measures), 본토 담당(Mainland), 기획 및 표준 담당(Planning and Standards) 부처가 있다.

따라서 산지재해와 채광·채석 등의 업무와 훼손지 복구(복원)사업은 토력공정처의 산지재해방지 담당부처에서 담당하고 있다.

2) 추진체계

홍콩 CEDD의 환경관리시스템은 2006년에 ISO 14001 : 2004 인증을 받았으며, 산지재해 관리는 「산지재해 방지계획(Landslip Preventive Measure Programme)」에 의해 체계적으로 추진되고 있다. 산사태지에 대한 복구공사는 Soil Nail 공법을 적극적으로 도입하여 콘크리트 옹벽

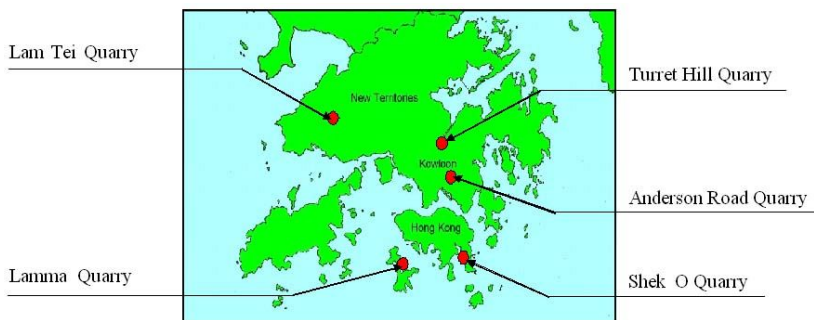


그림 2. 홍콩의 채석장별 위치.

과 들쭉기 웅벽을 보강하는 방법으로 토양과 암반기반을 안정시키고, 주변 식생과 조화되는 식물을 이용하여 수림을 조성하는 방법을 주로 사용하고 있다.

현재 홍콩에는 Andeson Road, Shek O, Lam Tei, Turret Hill 등 4개의 대단지 채석장이 운영되고 있다. Andeson Road 채석장은 총면적 86ha에서 50M톤의 암석 쇄골재를 채취하고, Shek O 채석장은 총면적 45ha에서 23M톤의 쇄골재를 채취한다. 그리고 Lam Tei 채석장은 총면적 30.5ha에서 27M톤의 쇄골재를 채취하였고, Turret Hill 채석장은 총면적 25ha에서 8.5M톤의 쇄골재를 채취하여 그 중 5ha를 학교부지로 활용하였다. 각 채석장의 위치는 그림 2에서 보는 바와 같다.

이들 채석장의 복구는 주변 자연식생 지역과 조화되고, 조류와 다른 동물들의 서식에 적합하도록 가능한 한 자생식물들을 이용하여 수림을 조성하는 것을 원칙으로 추진되고 있다. 그리고 복구는 채석과 함께 단계적으로 실행하는 것을 원칙으로 하고 있다. 이들 채석장에서 2006년에만 32,000그루 이상의 교목, 관목, 덩굴식물이 식재되었다. 따라서 홍콩에서의 채석장 복구는 “생태적 복원” 개념에 접근하도록 추진되고 있다고 볼 수 있다.

또한, 각종 훼손지의 복구를 위한 제도적 및 기술적 지침서들이 많이 발간되어 관련 업무와 사업 실행에 활용되고 있는데, 주요한 것들은 다음과 같다. 『斜坡岩土工程手冊(비탈면 관리 핸드북)』, 『비탈면 유지관리 지침』, 『비탈면 유지관리 간이지침』, 『Technical Guidelines on Landscape Treatment and Bio-engineering for Man-made Slopes and Retaining Walls』, 『Highway Slope Manual』, 『Guide to Rock and Soil Descriptions』, 『Prediction of Soil Suction for Slopes in Hong Kong』, 『Guidelines on the Use of Prescriptive Measures for Rock Cut Slopes』 등.

3) 채석장 복원과 관련된 법적 요건

홍콩에서는 채석장 복원과 관련하여 다음과 같은 법적 요건을 갖추도록 하고 있다.

- 최종지형 : 여러 개발형태에 따라 자연적인 외형으로 복원

- 권리 및 허가 : 복원비용이 마련되도록 채석의 판매이익 보장, 채석지는 임대료 지불 및 정부에 로열티 제공, 채취된 암석 현장가공 허용, 채취한 석재를 이용한 콘크리트·아스콘·포장블럭·콘크리트블럭 등 제작 허용, 혼합과정 허용

- 조경적 요건 : 주위지형과 어울리도록 최종 조경계획 수립 및 수목과 관목 도입

- 생태적 요건 : 주위 생태조사 및 모니터링과 생태적 지속성 유지

2. 채석장 식생복원의 기술적 접근의 기초

채석장의 식생복원을 위해서 단기적인 목표와 장기적인 목표를 가지고 기술적인 접근을 하고 있다.

1) 식생도입의 단기적 목표

- 토양침식방지
- 신속한 수관형성
- 장기적 목표를 위한 기반조성

2) 식생도입의 장기적 목표

- 현장과 주위의 자연환경에 적합한 향토극상 수림의 조성

3. 최종목표 달성을 위한 식생복원공사 실행상의 일반지침

1) 식물종의 선정

채석장의 식생복원을 위해서 식물을 선정할 때에는 다음의 원칙을 적용하고 있다(CEDD, 2008).

- 식재한 식물들이 스스로 지속가능할 것(Self-sustainable)

- 사후관리가 최소화될 것(Minimum maintenance required)

- 생존과 생장율이 높을 것(High growth and survival rate)

- 채석잔벽면을 충분히 차폐할 수 있을 만큼 수고가 클 것(Tall enough to cover the rockslope faces)

- 되도록 잎이나 꽃 등의 색감이 있을 것 (Preferably with colourful flowers)

위와 같은 원칙에 따라 현장에서는 식물종의 선정은 단기적 및 장기적 목표들을 달성할 수 있다고 인정되는 것들을 대상으로 해 왔다. 즉, 단기적인 식생도입의 경우에 식물종의 선정은 푸른 수관층을 신속하게 형성시키고, 토양침식을 방지하며, 극상수종들을 위해 필요한 생육기반을 조성할 수 있는 것들로 선정된다. 장기적인 식생도입의 경우에는 주위의 자연환경과 어울리도록 정해진 디자인 개념(design concept)을 반영할 수 있는 식물종들을 선정한다. 묘목 크기의 수목들이 활착 성공률이 더 높았으며, 선정된 모든 식물종들은 홍콩 전역에서 광범위하게 사용되어 왔을 뿐만 아니라 환경이 열악한 장소에 대해서 단기적 및 장기적 측면에서 식생복원에 성공적이었다고 검증된 종들이다.

2) 식생도입 기술

디자인 목표를 달성하기 위해서 다음과 같은 식생공법들이 사용되고 있다.

- 수성현탁액(aqueous suspension)을 사용하여 초본종자 혼합 뿌어붙이기(hydroseeding grass mix)

- 수성현탁액을 사용하여 목본종자와 함께 혼합 뿌어붙이기

- 교목의 묘목, 관목류, 지피식물, 그리고 만경류 등으로 혼효된 나무로 소단부 식재

- 관목류 혼합 모발심기(Pit planting of tree)

3) 식재계절

식재시기는 식물을 성공적으로 활착시키는 데 있어서 중요한 요소이다. 식재작업은 인정(승인)된 식재계절(우기라 할지라도 되도록이면 3월 말부터 8월 말까지) 동안에 실행하여야 한다. 이

렇게 적정한 기간에 식재해야만 건기가 시작되기 전에 신속하게 식생을 형성시킬 수 있다.

4) 식생공 구성물질(매개물질, medium)

식생공 매개물질들은 하층토(심토), 표토, 토양 첨가물 등으로 구성된다.

- 하층토(subsoil)

- 부서지기 쉬운 완전히 분해된 화강암 또는 완전히 분해된 화산암

- 표토(topsoil)

- 부서지기 쉬운 화강암질 토양부터 토양 첨가물까지

- 불순물이 없고 시공을 위한 “Particular Specification”에 제시되어 있는 모든 요소들로 구성되어 있는 유기물질로 적당히 배합된 것을 포함

- 토양 첨가물(soil additives)

- 모든 교목과 관목류를 혼효한 식생공에 추천된 것

- 본당 50g의 비율로 지효성 비료(N : P : K=15 : 9 : 15)

- *Seanure Alginate* 또는 유사제품으로 본당 35~50g

5) 유지관리

식생조성공사의 최소기간은 “Appendix to the Conditions of Contract”에 제시되어 있다. 또한, 모든 유지관리 작업은 “Particular Specification”에 준하며, 주요 내용은 다음과 같다.

- 풀깎기/다른 식물들과의 경쟁을 방지하기 위한 잡초제거

- 풀깎기/소단부 진입로의 식생 제거

- 느리게 자라는 재래종의 성장발달에 도움이 되는 경우에 외래종의 체계적인 슈아주기

- 처음에 심은 종들이 활착하지 못했을 경우에 재래종의 재식재

- 지속적인 유출수가 있는 장소에 대한 들체우기 등의 토양침식방지 대책의 강구

• 배수구에서의 식생제거

6) 양묘장 운영

양묘장 운영에 관한 사항은 “Employer’s Requirements”에 제시되어 있다. 여기의 주요 내용으로는 최소규모는 300m²가 되어야 하고, 양묘장에는 깨끗한 관수시설, 차광시설, 저장구역의 배수시설, 통행로, 방호시설, 방풍시설, 그리고 유지관리시설 등을 갖추어야 한다고 제시되어 있다. Anderson Road 채석장의 경우에는 채석 3차년도인 1999년에 양묘장을 설치하여 운영하고 있다.

7) 급수대책

급수시스템에 관한 사항은 “Employer’s Requirements”에 제시되어 있다. 주요 사항으로는 웅덩이의 조성과 저장탱크 및 펌프에 관한 사항이 포함되어 있고, 또한 공사기간 동안 필요한 때에 식물에 적절한 물이 공급되는 것을 보장하

도록 규정되어 있다.

4. 채석장 식생공 실행개황

홍콩의 주요 채석장에서 채석비탈면에 식생을 도입할 때에 계단식 채석 비탈면의 수직높이는 10~20m 범위로 다양하게 형성되었으나, 소단의 폭은 10m 내외로 형성되었다.

Shek O 채석장의 경우에는 수직높이 10m, 경사 70°인 잔벽을 다시 35°로 조성하고, 상하 비탈면 사이에는 수평배수구만을 설치한 다음, 하부에 깻들을 채우고 그 위에 45~55cm 두께로 복토하여 분해성 식생망을 덮고, 비탈 하단에는 교목을 심고 나머지 공간에는 관목을 심었다(그림 3 참조).

Lamma 채석장의 경우에는 수직높이 20m의 잔벽을 2~3개의 소단으로 재조성하고, 소단 위에 성토한 다음, 교목, 관목, 만경류를 식재하였으며, 큰 소단에는 수평배수구를 조성하였다(그림 4 참조).

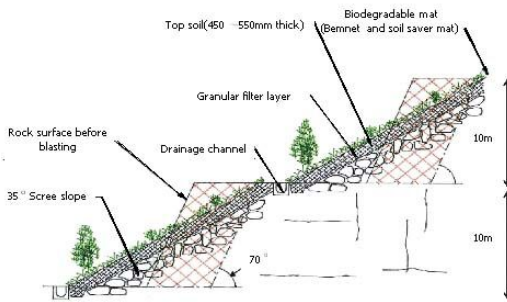


그림 3. Shek O 채석장의 식생복원공법 모식도.

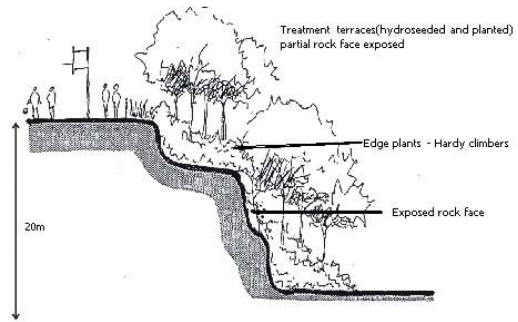


그림 4. Lamma 채석장의 식생복원공법 모식도.

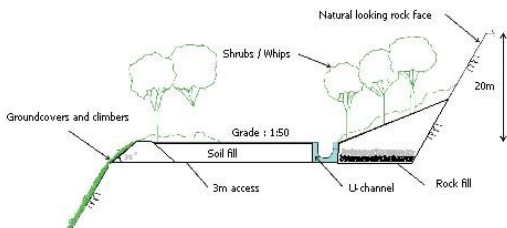


그림 5. Anderson Road 채석장의 식생복원공법 모식도.

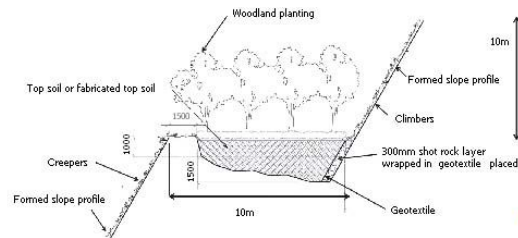


그림 6. Lam Tei 채석장의 식생복원공법 모식도.

Anderson Road 채석장의 경우에는 잔벽의 수직높이를 20m로 하고 소단의 폭은 10m로 하여 소단의 뒤쪽 1/3 위치에 수평배수구를 조성한 다음, 잔벽 쪽으로는 경사지게 성토하고, 나머지는 3m 두께로 성토하여 교목·관목·만경류를 혼식하여 수림화와 함께 잔벽면을 차폐·피복하는 식생복원공법을 실행하였다(그림 5 참조). 복토 시에는 지오�멤브레인(Geomembrane)을 깔아 암석 사이로 토양이 침투하는 것을 방지할 수 있도록 시공되고 있으며, 현지 암반을 이용하여 수로를 조성함으로써 가능한 자연스럽게 복구를 도모하고 있다고 생각된다.

Lam Tei 채석장의 경우에는 잔벽의 수직높이와 소단의 폭을 모두 10m로 하고, 소단을 최소 1m에서 최대 2.5m 깊이로 굴착한 다음 그곳에 성토한 다음 교목류와 만경류를 식재하여 잔벽 비탈면을 차폐 및 피복하면서 수림화하는 식생복원공법을 채택하였다(그림 6 참조).

홍콩의 다양한 채석장 식생복원공법은 국내에서도 채석잔벽의 물리적 조건 및 최종 복원목표와 주위 자연환경의 상황에 따라 적극적인 도입이 가능할 것으로 생각된다.

그리고, Anderson Road 채석장의 경우 최종적인 녹화복원을 위해 2013년까지 약 300,000그루의 교목, 관목, 덩굴식물 및 지피식물을 식재하고 종자뿌어붙이기를 병행할 계획이다. 2015년에 사업이 종료될 예정인 Lam Tei 채석장의 경우는 2008년까지 110,000그루의 교목과 관목류를 식재하였고, 최종적으로 125,000그루를 식재할

계획이다. Shek O 채석장은 2009년까지 150,000그루의 교목과 관목을 식재할 계획이다(CEDD, 2008).

5. Anderson Road 채석장의 식생공 실행계획

Anderson Road 채석장을 대상으로 한 녹화복원공사의 마스터플랜(HASSELL, 1998)을 식생공을 중심으로 내용을 분석하였다.

1) 식물재료

식물재료는 녹화복원공사의 대상지와 공법에 대응하여 다음과 같이 4가지 유형으로 구분하여 선정하고 있다.

(1) 전이대 식재용 소관목류

현존하는 자연비탈면과 채석잔벽 사이에 있는 전이대(중간면)에 혼효식재하고 있는 관목류는 표 1과 같으며, 다섯 종류의 관목이 균등하게 식재되고 있다. 식재간격은 현장여건에 따라 조절된다.

(2) 암반비탈면 종자뿌어붙이기용 식물재료

약 55° 정도 경사의 암반비탈면에 종자뿌어붙이기용으로 사용하는 초본류와 외래 교목 수종들은 표 2와 같다. 뿌어붙이기 두께는 현장여건에 따라 조절된다.

Anderson Road 채석장에서 녹화공사를 시행하여 수림이 형성되어 있는 장소에서 가장 우점종으로 나타나는 수종은 교목인 유칼리나무류인

표 1. Anderson Road 채석장의 전이대 식재용 소관목류.

Botanical Name	Common Name	Size(mm)	Quantity(%)
<i>Melastoma candidum</i>	-	400	20
<i>Melastoma senquineum</i>	Blood-red Melastoma	400	20
<i>Phyllanthus emblica</i>	-	400	20
<i>Rhaphiolepis indica</i>	Hong Kong Hawthorn	400	20
<i>Rhodomyrtus tomentosa</i>	Rose Myrtle	400	20

표 2. Anderson Road 채석장의 암반비탈면 종자뿌어붙이기용 식물종.

Type	Botanical Name	Common Name	Application Rate	비고
Grass	<i>Cynodon dactylon</i>	Bermuda grass	15g/m ²	우산잔디
	<i>Paspalum natatum</i>	Bahia grass	6-10g/m ²	바히아그라스
	<i>Chloris gayana</i>	Rhodes grass	5g/m ²	-
Tree Seed	<i>Acacia confusa</i>	대만아카시아	-	-
	<i>Acacia mangium</i>	큰잎아카시아	-	-
	<i>Eucalyptus citriodora</i>	유칼리나무류	5g/m ²	필수
	<i>Tristania conferta</i>	-	-	-
	<i>Eucalyptus robusta</i>	큰잎유칼리나무	-	-
	<i>Casuarina equisetifolia</i>	목마황(木麻黃)	-	-

데, 이것은 표 2에서 보는 바와 같이 암반비탈면에 대한 종자뿌어붙이기 공사를 시공할 때에 *Eucalyptus citriodora* 종자를 필수적으로 혼합하도록 하고 있기 때문이다. 다음으로는 *Acacia confusa*(대만아카시아)와 *Casuarina equisetifolia*(목마황)의 순으로 관찰되었다. 대만아카시아는 뿌리혹박테리아를 형성하여 토양을 개선하고 성장이 양호하며, 줄기와 잎의 모양이 위성류와 닮은 목마황은 호주 퀸스랜드에서 도입한 수종으로서 상록성이고 내염성이 강하여 해변에서 잘 자라는 특성을 가지고 있다고 한다.

1995년에 채석을 시작하여 2002년에 채굴종료와 함께 녹화복원공사를 완료한 Lamma 채석장의 경우에도 유칼리나무류와 대만아카시아, 목마황 등이 우점종을 구성하고 있었으며, *Macaranga tanarius*(코끼리귀나무)도 좋은 성장을 보이고 있었다. 2015년에 사업이 종료될 예정인 Lam Tei 채석장의 경우에도 이미 채굴을 완료하고 녹화복원공사를 시행한 구역의 주요 수종은 역시 유칼리나무류와 대만아카시아인 것으로 관찰되었다. 특히 유칼리나무류와 대만아카시아는 홍콩의 주요 도로 절개지 비탈면에도 가장 많이 식재되어 있는 것으로 관찰되었는데, 홍콩에서 이 수종들이 훼손지 비탈면의 녹화용으로 가장 많이 이용되는 것은 잦은 강우와 태풍 때문에 뿌리발달과

성장이 빠른 식물을 선택하기 때문인 것으로 판단된다.

(3) 소단부 식재용 식물재료

소단부 식재용으로 사용하는 교목, 관목류, 만경류 및 지피식생 종들은 표 3과 같다. 식재간격은 현장여건에 따라 조절된다.

관목류 중에서는 *Rhodomyrtus tomentosa*가 그 사용량이 다른 수종의 두 배에 이를 정도로 대표적이다. 그리고 *Melastoma senquineum*은 홍콩 채래종으로서 분홍색의 큰 꽃이 아름다워 경관성을 높이는 데에 좋은 식물로 생각된다. Anderson Road 채석장과 이미 사업이 완료된 Lamma 채석장의 경우에 채석적지 평탄지에 이 수종이 많이 식재되어 있었다. Lamma 채석장의 경우에는 Anderson Road 채석장에서 사용하지 않은 여러 종류의 *Latana spp.*가 비탈면에서 많이 성장하고 있었다.

암반비탈면의 피복녹화용 만경식물로는 담쟁이류를 비롯하여 3종류를 사용하고 있다. Lamma 채석장의 경우 만경식물 중에서 담쟁이류인 *Parthenocissus himalayana*이 우점을 하고 있으나, 완전히 노출되어 있는 암반비탈면보다는 교목류의 수관에 의해 그늘이 만들어진 곳에서 생육과 피복효과가 좋은 것을 관찰할 수 있었다. 이

표 3. Anderson Road 채석장의 소단부 식재용 식물종.

Type	Botanical Name	Common Name	Size(mm)	Quantity(%)
Seedling Trees	<i>Albizia lebbek</i>	-	600	10
	<i>Aleurifos montana</i>	-	600	5
	<i>Castanopsis fissa</i>	너도밤나무과	600	5
	<i>Ficus microcarpa</i>	뽕나무과(가는잎무화과나무)	600	10
	<i>Mallotus paniculatus</i>	대극과	600	5
	<i>Macaranga tanarius</i>	대극과, Elephant ear's tree(血桐)	600	5
Small Shrubs	<i>Melastoma candidum</i>	-	400	5
	<i>Melastoma senquineum</i>	Blood-red Melastoma	400	5
	<i>Phyllanthus emblica</i>	대극과	400	5
	<i>Raphiolepis indica</i>	Hong Kong Hawthorn	400	5
	<i>Rhodomyrtus tomentosa</i>	Rose Myrtle	400	10
Ground Cover	<i>Wedelia iritobata</i>	국화과, 도입종	300	5
Climbers	<i>Ipomoea cairica</i>	-	600X3shoots	-
	<i>Lonicera confusa</i>	-	600X3shoots	-
	<i>Parthenocissus himalayana</i>	포도과, 담쟁이류	600X3shoots	-

는 채석잔벽의 고온현상이 피복녹화용 덩굴식물들의 성장에 장애요인이 되어 제대로 피복효과를 발휘하지 못하고 있는 것으로 판단된다.

(4) 채석적지 및 계단확장부 종자뿔어붙이기용 식물재료

채석적지의 평탄부지와 소단부 접근로에 대한 종자뿔어붙이기용으로 사용하는 초본류는 표 4와 같다. 뿔어붙이기 두께는 현장여건에 따라 조절된다.

Bermuda grass류는 세계적으로 난지성 잔디의 대표적인 종류로 널리 재배되고 있고, 특히 난대 지역에서는 중요한 잔디재료로 인정받고 있다. 우리나라에서도 해안의 양지에서 자생하는 *Cynodon dactylon*(우산잔디)은 토양 및 건조에 대한 적응성이 좋고, 지상과 지하부의 포복경에 의해 수평생장이 활발하여 피복속도가 빠르다. Bahia grass(바히아그래스)는 남미 원산으로서 짧고 두터운 약간의 목질성 지상포복경을 발생시켜

치밀한 지면피복을 이룰 수 있다. 다른 잔디류에 비하여 잎이 크고 엽폭도 넓기 때문에 질적으로 는 약간 쳐지나 특히 토양적응성이 월등하여 척박하고 산성의 사질토양지를 녹화하기에 적합하다. Weeping love grass(능수참새그렁)는 남아프리카 지역 원산으로서 성질이 대단히 강건하며, 성장도 빠르고 내서성 및 내건성도 강하다. 토양 적응성이 뛰어나지만 특히 배수가 잘되는 사질양토를 좋아한다(안영희, 2001).

따라서 Anderson Road 채석장에서는 각 초종의 원산지와 생태적 특성을 고려한 식생복원의 기술적인 접근방법을 식생공의 목표에 맞추어서, 종자뿔어붙이기용 초본류로는 Bermuda grass, Bahia grass, Rhodes grass, Weeping love grass의 순으로 사용량을 정한 것이라고 판단된다. 1995년에 채석을 시작하여 2002년에 채굴종료와 함께 녹화복원공사를 완료한 Lamma 채석장의 경우 채석적지의 평탄부지를 전면적으로 Bermuda grass와 Bahia grass를 주로 하여 종자뿔어붙이기

표 4. Anderson Road 채석장의 채석적지, 계단부 종자뿌어붙이기용 식물종.

Botanical Name	Common Name	Application Rate	비고
<i>Cynodon dactylon</i>	Bermuda grass	13-15g/m ²	우산잔디
<i>Paspalum natatum</i>	Bahia grass	6-10g/m ²	바히아그래스
<i>Eragrostis curvula</i>	Weeping love grass	1-4g/m ²	능수참새그령
Total		25g/m ² (minimum)	

로 녹화한 것으로 관찰되었다.

2) 유지관리 및 급수시설 계획

Anderson Road 채석장의 경우 모든 채석지구에서 지구별 공사 완료시점에 맞추어 단계별로

녹화복원공사가 시행되고 있으며, 시행된 공사지구에 대해서는 장기적인 유지관리가 요구되고 있는데, 그 내용은 “Particular Specification”에 제시되어 있다.

또한, 급수시설에 대해서는 “Employer’s Require-



그림 6. 채석과 복원이 동시에 진행되고 있는 Anderson Road 채석장의 전경(채석적지 바닥과 채석잔벽의 복원).



그림 7. Anderson Road 채석장의 식생복원상황 근경(채석잔벽의 식생복원과 저사·저수지 조성).



그림 8. 채석적지와 잔벽의 식생복원을 완료한 Lamma 채석장의 전경.



그림 9. Lamma 채석장 잔벽 식생복원 상황 근경(소단과 하단에 수로설치, 교목과 관목 식재).



그림 10. 채석완료 잔벽의 식생복원과 채석이 진행되고 있는 Lam Tei 채석장의 전경.



그림 11. 시가지와 접하고 있는 채석장의 일반적 상황(플랜트시설과 생산물, Anderson Road 채석장).

ments”의 기준에 따라 충분한 물을 사용할 수 있도록 모래구덩이, 집수구, 저류시스템 등 다양한 저장시설을 갖추도록 계획되어 있으며, 채석지구 별로 시행되고 있다.

IV. 결 론

홍콩에서 채석장의 식생복원과 관련된 업무를 담당하는 기관은 토목공정척서(土木工程拓署, Civil Engineering and Development Department, CEDD)의 토력공정처(土力工程處, Geotechnical Engineering Office)이다. CEDD의 환경관리시스템은 2006년에 ISO 14001 : 2004 인증을 받았으며, 채석장 복원에 관련된 다양한 지침과 기술서가 발간되어 관련 업무와 사업 실행에 활용되고 있다. 채석장의 식생복원은 단기적 목표와 장기적 목표에 대응하여 실행되고 있다. 식생복원을 위한 일반지침에는 식물을 선정할 때에는 식재한 식물들이 스스로 지속가능할 것(Self-sustainable), 사후관리가 최소화될 것(Minimum maintenance required), 생존과 생장율이 높을 것(High growth and survival rate), 채석잔벽면을 충분히 차폐할 수 있을 만큼 수고가 클 것(Tall enough to cover the rockslope faces), 되도록 잎이나 꽃 등의 색깔이 있을 것(Preferably with colourful flowers) 등

의 원칙을 적용하고 있다. 이 지침에는 식생도입 기술, 식재계질, 식생공 구성물질, 유지관리, 양묘장 운영, 급수대책 등도 규정하고 있다. 본 논문에는 홍콩의 주요 대규모 채석장인 Anderson Road, Shek O, Lam Tei, Turret Hill, Lamma 채석장에서 실행한 식생복원공사의 개요를 소개하였다. 또한 Anderson Road 채석장의 식생복원사업 마스터플랜을 분석하였다. 여기에 소개된 홍콩의 사례가 우리나라에서 채석장의 복원사업과 관련된 제도적 및 기술적 측면에서 참고가 되기를 바란다.

감사의 글

이 논문은 2006년 전북대학교 연구비(해외과견) 지원에 의해 수행된 것임.

인 용 문 헌

- CEDD(Civil Engineering and Development Department). 2008. Sustainable Development-Quarry Rehabilitation in Hong Kong. PPT Report.
- HASSELL. 1998. Rehabilitation of Anderson Road Quarry Master Landscape Plan Report. Hong Kong.
- Patric C. C. Lai, *et al.* 2008. Field Guide to Trees

- in Hong Kong's Countryside. Agriculture, Fisheries and Conservation Department. Hong Kong, China.
- 김경훈 · 허영진 · 주백 · 강인규. 2008. 홍콩의 자연지형 복원 및 비탈면 녹화기술. 산림공학 기술 6(2) : 140-151.
- 안영희. 2001. 녹지환경학. 서울. 태림문화사. p. 320-323.