

국내 토석사업장의 토석채취 및 복구특성 분석

박재현^{1*} · 김기대¹ · 강민정²

¹경남과학기술대학교 산림자원학과, ²국립산림과학원 산림방재연구과

Analysis of Quarrying and Restoration Characteristics on Quarry in Korea

Jae-Hyeon Park^{1*}, Ki-Dae Kim¹ and Min-Jeng Kang²

¹Department of Forest Resources, Gyeongnam National University of Science and Technology,
Jinju 52725, Korea

²Division of Forest Disaster Management, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

요약: 국내 토석사업장 55개소의 채취 및 복구유형과 특성을 분석한 결과는 다음과 같다. 토석사업장 인근 산림 현황으로는 혼효림, 평균 표고 300 m 이하, 평균경사도 11~20°, 산복부가 가장 많이 나타났으며, 화강암을 기반으로 한 지역과 산사태위험 1등급이 가장 많은 것으로 나타났다. 토석사업장의 허가기간으로는 6~10년, 허가면적 10 ha 이하, 채취량 100만 이하의 사업장이 가장 많은 것으로 나타났다. 쇄골재용 석재를 채취하는 사업장, 계단식 채석을 시행하는 사업장, 잔벽 경사로는 61° 이상인 사업장이 가장 많이 나타났다. 복구시 자력으로 복구한 사업장과 복구유형 중 비탈면 녹화형으로 복구한 사업장이 가장 많이 나타났으며, 복구지의 평탄지와 잔벽, 소단 면적이 각각 54.9:39.6:5.5의 비율로 나타났다. 토석사업장 복구면적과 각 인자와의 상관관계를 분석한 결과, 채취량(유의성 1%), 허가면적, 잔벽 폭, 잔벽 높이(유의성 5%)가 정의 상관관계를 나타내었다.

Abstract: This study was carried out to investigate the quarrying and restoration characteristics on quarry in Korea. We researched quarrying and restoration status, analyzed the relationship between restoration area and permitted period, permitted area, quarrying volume, pit slope width, height, and berm width from 55 quarry sites. Most of the quarries were located in the following conditions : mixed forest, average altitude of less than 300 m, average mountain slope of 61°<, hillside, granite and landslide hazard class. Major quarrying characteristics were permitted period of 6~10 years, permitted area of less than 10 ha, quarrying volume of less than 1,000,000 m³, a stone type of aggregate, a quarrying type of terrace, pit slope of 61°< Most quarries were restored by themselves, and the main restoration type was slope greening. Also, area ratio of flatland, pit slope, and berm was 54.9:39.6:5.5. Ccorrelation analysis showed that quarrying area was positively correlate with quarrying volume ($\alpha=0.01$), permitted area, pit width, and pit height ($a=0.05$).

Key words: quarry, pit slope, berm, vertical quarry wall

서론

산림은 우리나라 전국토의 64%에 달하며, 한반도의 근간을 이루고 있을 뿐만 아니라 생물다양성을 대표하고 있는 지역이다. 하지만 부존자원이 부족하고 좁은 국토면적으로 인해 상대적으로 개발비용이 적게 드는 산림에 대한 개발압력이 매우 심각한 수준에 이르렀다(Choi et al., 2009). 제주도를 비롯한 백두대간 등지는 종전부터 채석장, 농경지 등으로 무분별한 산림훼손이 발생하였고, 일부

지역에서는 현재까지도 산림훼손이 진행 중이다.

채석장 개발로 인한 골재산업의 규모는 현재 약 2조원으로 추정되며, 건설공사 용적면에서는 70~90%를 점유한다. 골재의 연간 채취량은 약 1.3~1.5억로 공기, 물 다음으로 사용량이 방대하며, 국민 1인당 약 2.5를 사용하는 것으로 나타났으며(Hong et al., 2015), 국민의 주거시설 및 공간의 제공을 위해 불가항력적 존재의 산업용재로 대두되고 있다.

특히, 제5차 골재수급계획(2014~2018)에 따르면 제4차 계획년도의 수요대비 공급실적이 62.9%로 미진하였고, 하천과 바다, 기타 육상에서 골재생산량이 계속 감소하여 강

*Corresponding author
E-mail: pjh@gntech.ac.kr

자갈이 공급이 원활하지 않아 기존에 지정된 채석단지를 활용, 계획기간 평균 35.1%의 골재를 산림에서 지속적으로 공급하여 수급안정에 기여할 것이라고 하였다. 그러나 현재 우리나라 토석채취장의 상황은 소규모이거나 영세한 토석채취장이 많다. 이로 인해 사업이 중단되었거나 복구가 미흡한 토석사업장이 자연경관을 훼손시키고, 부실한 복구로 인해 사회문제를 유발하기도 한다(Park et al., 2010).

이러한 토석의 채취는 자연경관 훼손, 다양한 환경피해를 비롯한 산지토사재해를 수반하는 경제활동으로 토석사업장의 채취와 복구형태에 대한 조사가 필수적인데도 그에 대한 연구조사는 토석채취지의 복구 실태 분석(Park et al., 2010; Park, 2012)과 인위적 훼손비탈면 복구지의 실태 조사(Choi et al., 2009)가 전부이며, 채석으로 인해 발생된 훼손지와 그 유형에 대한 조사는 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구는 토석채취가 진행되고 있는 사업장과 채취완료 후 복구지를 대상으로 국내 토석사업장의 입지 여건과 채취 및 복구특성, 분포형태를 파악하는데 그 목적을 두었다.

재료 및 방법

1. 조사대상지 및 연구방법

본 연구의 대상지는 표준이 되는 전국 55개의 토석사업장(토석채취지 15개소, 토석채취 후 복구지 40개소)을 대상으로 하였다.

조사는 2015년 5-9월 중에 실시되었으며, 해당 사업장을 방문하여 토석채취지 근무자 및 관련 업무를 담당하는 공무원에게 허가사항 등을 비롯한 입지현황과 사업장에 대한 기초적인 질의응답을 거친 후 현장을 조사하였다. 지형도(1:25,000, 1:50,000)를 바탕으로 사업장 주변 임상, 평균 표고, 산지사면의 경사도, 지형, 암종, 산사태위험등급 등의 채석 이전의 산림상태를 조사하였으며, 토석사업장의 일반적 사항인 허가기간과 면적, 석재용도, 채석방식 등과 재해발생 현황과 재해방지시설 설치현황 등을 조사하였다. 아울러 채석이 진행중인 사업장에서는 잔벽의 경사와 규모(하단 폭, 높이 등), 소단 폭 등의 최종적인 형태를 조사할 수 없어 채취지와 복구지의 조사를 병행하였으며, 복구가 실시된 지역에 대해서는 복구주체와 이력, 복구유형, 피복률 등을 조사하였다.

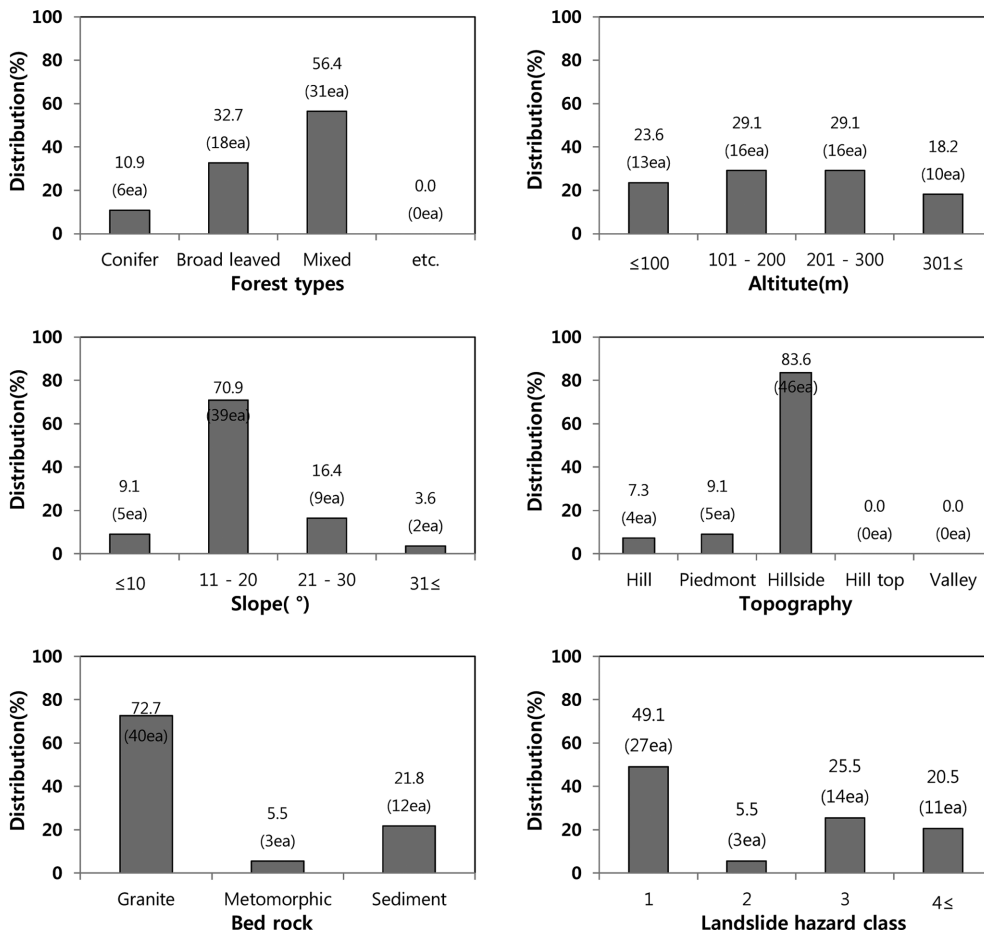


Figure 1. Characteristics of forest near quarries.

위와 같이 조사된 항목은 평균 분포율로 산정하여 비교하였으며, 복구지 40개소의 복구대상면적을 기준으로 허가기간, 허가면적, 채취량 등의 일반사항과 잔벽 높이와 폭, 소단 폭 등을 토대로 SAS 9.2를 사용해 Spearman 상관분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 토석사업장 인근 산림특성

토석사업장 총 55개소를 대상으로 인근 산림현황에 대해 분석한 결과는 Figure 1과 같다.

토석사업장의 인근 산림지역의 임상은 혼효림인 지역이 56.4%(31개소)로 가장 많이 나타났으며, 활엽수림 32.7%(18개소), 침엽수림 10.9%(6개소) 순이었다.

토석채취지 인근 산림지역의 지황 중 평균 표고는 101~200 m와 201~300 m인 지역이 각각 29.1%(16개소)로 가장 많이 나타났으며, 100 m 이하 23.6%(19개소), 301 m 이상 18.2%(10개소) 순으로 고르게 나타났다. 아울러 산지사면경사도의 경우 11~20°인 지역이 70.9%(39개소)로 가장 많이 나타났고, 21~30°인 지역이 16.4%(9개소), 10° 이하 9.1%(5개소), 31° 이상 3.6%(2개소) 순으로 대부분 완만한 경사지에서의 사업을 선호하는 것으로 사료된다. 토석사업장이 위치한 지형으로는 산복부에 위치한 사업장이 83.6%(46개소)로 가장 많이 나타났으며, 산록부 9.1%(5개소), 구릉지 7.3%(4개소) 순으로 산정부와 계곡부에서는 사업장이 위치하지 않은 것으로 나타났다. 이와 같이 토석채취지 인근 산림의 지황을 분석한 결과, 골재의 가격은 원자재비뿐만 아니라 수송거리에 따른 운송비

가 매우 큰 비중을 차지하기 때문에 대부분 접근이 용이한 산복부 및 수요가 많은 곳에서 채취가 진행된 것으로 보여진다. 즉, 이러한 결과는 개발 중인 토석채취부가 산지하단부를 비롯한 산복부에서부터 산지정상부로 이동하는 것을 의미하고, 대부분의 사업장이 이 범위를 넘어 산정과 가까운 8, 9부 능선까지도 개발하고 있는 것으로 능선비가 증가할수록 경관적 환경훼손이 심화될 것으로 사료된다.

암종으로는 화강암인 지역이 72.7%(40개소)로 가장 많이 나타났으며, 퇴적암 21.8%(12개소), 변성암 5.5%(3개소) 순이었는데, 이는 화강암이 우리나라의 산림골재가 채석되는 석산의 대표적인 암종임을 알 수 있으나 한편으로는 화강암이 지질학적 분포가 넓기 때문이기도 하다(Yang et al., 1999).

한편 토석사업장 및 인근 산림지역의 산사태위험등급으로는 1등급이 49.1%(27개소)로 가장 많이 나타났고, 3등급 25.5%(14개소), 4등급 이하 20.0%(11개소), 2등급 5.5%(3개소) 순으로 나타났다. 이와 같이 사업장의 인근 산림지역에 산사태위험 1등급이 가장 많이 분포한 것은 수직 및 급경사형 잔벽 형성으로 인한 사면안정성 저하의 영향을 받은 것으로 추정되며, 토석사업장을 위시로 한 산림지역 또한 산사태 발생위험에 노출된 것으로 판단된다.

2. 토석사업장 허가 및 채취특성

1) 토석사업장 일반사항

토석사업장 총 55개소를 대상으로 사업장에 대한 허가기간과 면적 등의 일반사항에 대해 분석한 결과는 Figure 2와 같다.

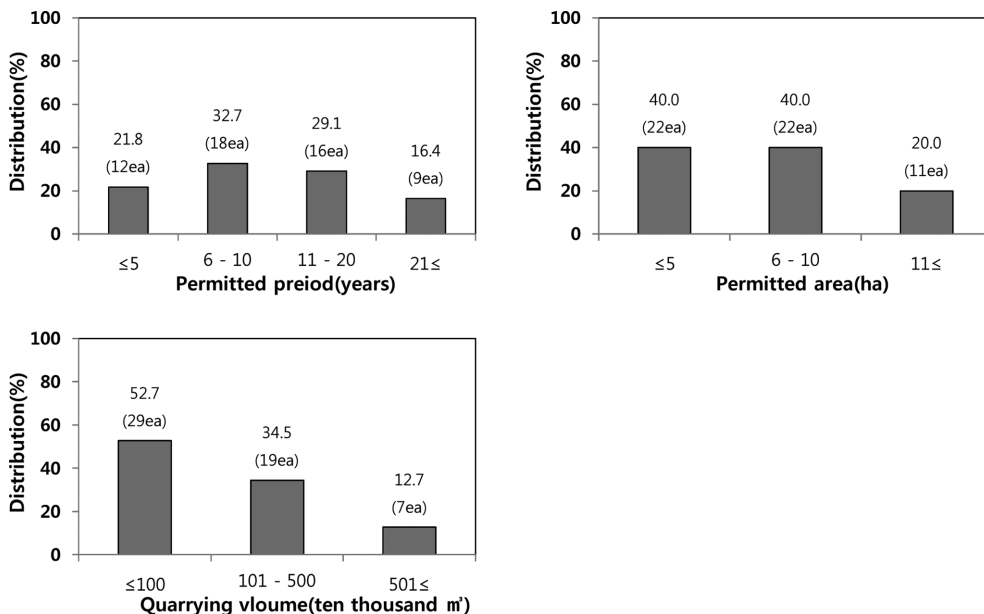


Figure 2. General characteristics of quarries.

토석사업장의 허가기간은 6~10년인 사업장이 32.7% (18개소)로 가장 많이 나타났으며, 11~20년 29.1%(29.1%), 5년 이하 21.8%(12개소), 21년 이상 16.4%(9개소) 순으로 본 연구에서는 최대 28년까지인 사업장도 있는 것으로 조사되었다. 대다수의 사업장의 허가기간이 10년 이하이었으나 이는 Park et al.(2009)이 제시한 것과 같이 기본적으로 1회 10년까지 허가 가능한 범조항 때문인 것으로 허가기간이 만료되더라도 차후에 연장할 수 있도록 되어있어 10년 이상의 장기적인 채석도 가능할 것으로 판단된다.

허가면적으로는 5 ha 이하와 6~10 ha의 사업장이 각각 40.0%(22개소)로 가장 많이 나타났으며, 11 ha 이상의 사업장이 20.0%(11개소)로 Park et al.(2010)의 5 ha 미만의 토석채취지가 가장 많은 것으로 나타난 선행연구결과와 유사한 것으로 나타났다. 소규모 및 영세한 사업장에 대해서는 대부분 초기 투자자금 부족 등을 이유로 사업기간 중에 사업주가 변경되거나 사업이 중단되는 경우가 빈번함으로 허가면적에 따른 채석경제성에 대한 면밀한 검토가 필요할 것으로 사료된다. 아울러 지자체에 신고된 채취량으로는 100만 이하의 사업장이 52.7%(29개소)로 가장 많이 나타났고, 101만~500만 34.5%(19개소), 501만 이상 12.7%(7개소) 순으로 나타났다.

2) 토석사업장 채석 및 사면

토석사업장 총 55개소를 대상으로 채취 및 복구 분포현황 즉, 석재용도, 채석방식, 채취량, 잔벽의 경사와 규모, 소단 폭 등을 분석한 결과는 Figure 3과 같다.

채취하는 석재의 용도별 분포현황으로는 쇄골재용 석

재를 채취하는 사업장이 41.8%(23개소)로 가장 많이 나타났으며, 토목용 21.8%(12개소), 건축+공예용 16.4%(9개소), 쇄골재+토목용와 쇄골재+건축용이 각각 7.3%(4개소), 쇄골재+건축+공예용 5.5%(3개소) 순으로 나타났다. 이와 같이 대부분의 사업장에서 두 가지 이상의 용도를 채취하는 것은 수요의 증가뿐만 아니라 토목용이나 건축용과 같이 대형석재를 채취하고 남은 부산물을 파쇄하여 쇄골재를 만드는 것으로, 단일용도의 토석을 채취하는 것보다 다수 용도의 석재를 채취하는 것이 경제적 이익창출에 용이하기 때문이라 사료된다.

채석방식의 경우 토석채취가 진행되고 있는 사업장에서는 현장조사를 통해 조사하였으나 복구지에서는 이미 채석이 종료되었기 때문에 복구된 형태 즉, 소단의 유무와 잔벽의 형태에 따라 기채석방식을 유추하였다. 따라서 계단식 채석을 시행하였던 사업장이 74.5%(41개소)로 가장 많이 나타났으며, 기타 10.9%(6개소), 경사면 채석 9.1%(5개소), 수직채석 5.5%(3개소) 순으로 계단식 채석으로만 규정하는 범조항에도 불구하고 경사면 및 수직채석을 실시하는 것은 보다 많은 석재를 채취하고자 한 것으로 보여진다. 또한 Park et al.(2010)의 선행연구에 따르면 토석사업장에서 계단식 채석, 경사면 채석, 수직채석의 비율이 40:18:42로 수직채석이 가장 많이 시행되었으나 본 연구에서는 계단식 채석의 비율이 대부분으로 종전에 비해 계단식 채석에 대한 범조항의 이행상태가 양호하다고 판단된다.

잔벽 규모 중 잔벽 경사의 경우 61° 이상인 사업장이 63.6%(35개소)로 가장 많이 나타났으며, 51~60° 33.3%

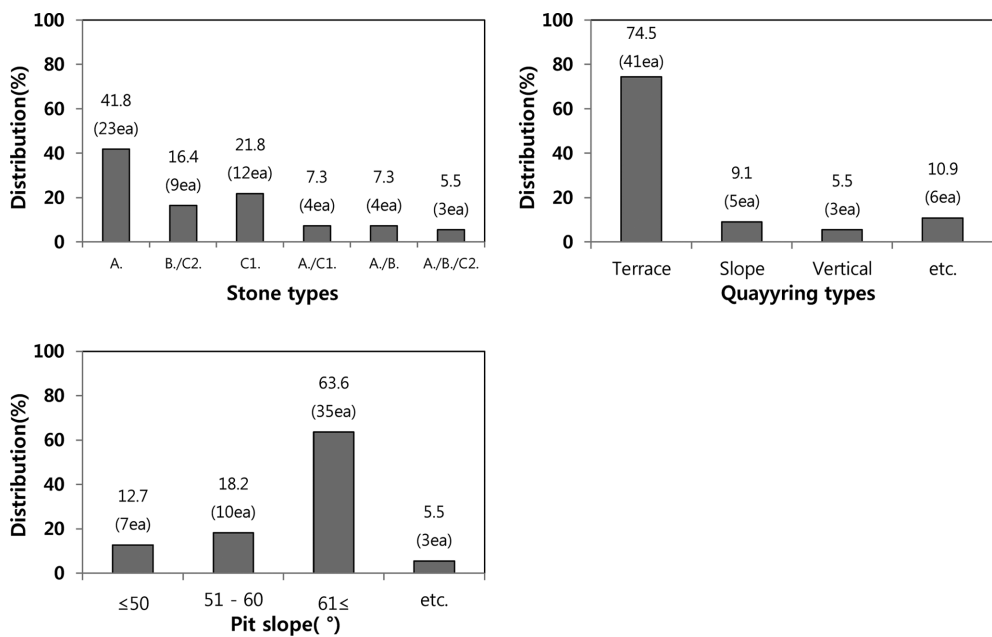


Figure 3. Characteristics of quarrying and pit slopes in quarries (A. : Aggregate, B. : Bulid, C1 : Civil, C2 : Craft).

(5개소), 50° 이하 12.7%(7개소), 기타(수직 등) 5.5%(3개소) 순으로 채취가 진행됨에 따라 잔벽의 경사가 61° 이상의 급경사와 직각으로 형성되는 것으로 조사되었다. 특히, 수직잔벽을 형성하는 사업장에서는 소단에 수목을 식재하거나 잔벽 사면에 파종을 할 때 상단부까지 복구가 진행되지 않을 뿐만 아니라 식생 녹화 자체가 곤란한 상태이다(Choi et al., 2009; Lee et al., 2008; Park et al., 2010). 따라서 소단이 형성되지 않은 수직잔벽에서는 천공기법을 이용한 적절한 녹화수종(관목, 만경류)의 도입이 경관 증진에 효과가 있을 것으로 기대된다(Ma et al., 2011).

아울러 토석채취가 진행되고 있는 사업장의 평균 잔벽 높이는 16.5 m이었고, 평균 소단 폭은 4.9 m로 조사되었다. 복구지의 경우 평균 잔벽 높이가 17.7 m, 평균 소단 폭 4.1 m로 조사되었는데, 최종 산정부의 소단 폭은 복구지의 평균 소단 폭인 4.1 m 보다 좁은 것으로 나타났다. 산지관리법 시행령 별표8 제8호 다목에서 제시한 바와 같이 “수직높이 15 m 미만의 간격으로 비탈면의 너비를 제외한 5 m 이상의 소단이 조성되도록 채취”를 규정하고 있으나 현장에서는 임의로 소단 폭이 결정되고, 토석사업장 산지 상단부로 갈수록 소단 폭은 줄어드는 것으로 조사되었다. 따라서 토석채취시 산지 상단부로부터 계단식 하향 채석을 실시하되 산지관리법(Korea Forest Service, 2015)상의 소단 폭을 준수해야 하며, 부득이 토석채취가 어려운 경우에도 최종 복구를 위한 소단 폭은 산지관리법을 준수해야 할 것으로 판단된다.

3) 토석사업장 재해발생 및 방지시설

토석사업장 총 55개소를 대상으로 재해발생 및 재해방

지시설 설치현황을 분석한 결과는 Figure 5와 같다.

토석사업장의 환경피해 이력 중 소음진동이 50.9%(28개소)로 가장 많이 나타났고, 비산먼지 21.8%(12개소), 토사유출 16.4%(9개소), 기타 7.3%(4개소) 순으로 나타났으며, 채취지 및 복구지에서 모두 소음진동으로 인한 환경피해가 가장 많이 발생한 것은 채취시 발생하는 소음과 진동뿐만 아니라 복구지에서 복구를 위해 장비를 활용해 돌을 깨거나 이동시 발생한 것으로 사료된다. 또한 대다수의 사업장에서 중·횡배수로 등의 배수시설이 원활하지 않아 집중호우시 절성토부의 토사유출이 발생한 것으로 조사되었다. 한편 수질오염 발생이력이 있는 사업장은 5.5%(3개소)로 나타났으며, 해당이 없는 사업장은 94.5%(52개소)로 수질오염 피해는 경미한 것으로 조사되었다.

토석사업장에 설치된 재해방지시설로는 배수시설이 47.3%(26개소)로 가장 많이 나타났으며, 토사유출방지시설(침사지) 23.6%(13개소), 낙석방지시설 20.0%(11개소)과 기타 5.5%(3개소) 순으로 차폐수벽 설치이력은 전무한 것으로 나타났다.

3. 토석사업장 복구특성

1) 토석사업장 복구특성

토석사업장 복구지 총 40개소를 대상으로 복구주체, 복구유형, 하자보수 이력, 피복률 등을 분석한 결과는 Figure 4와 같다.

복구의 주체는 자력이 90.0%(36개소)로 가장 많이 나타났으며, 대행 7.5%(3개소), 미복구 2.5%(1개소) 순으로 대집행으로 복구된 사업장은 없는 것으로 나타났다.

복구유형으로는 비탈면 녹화형으로 복구한 사업장이

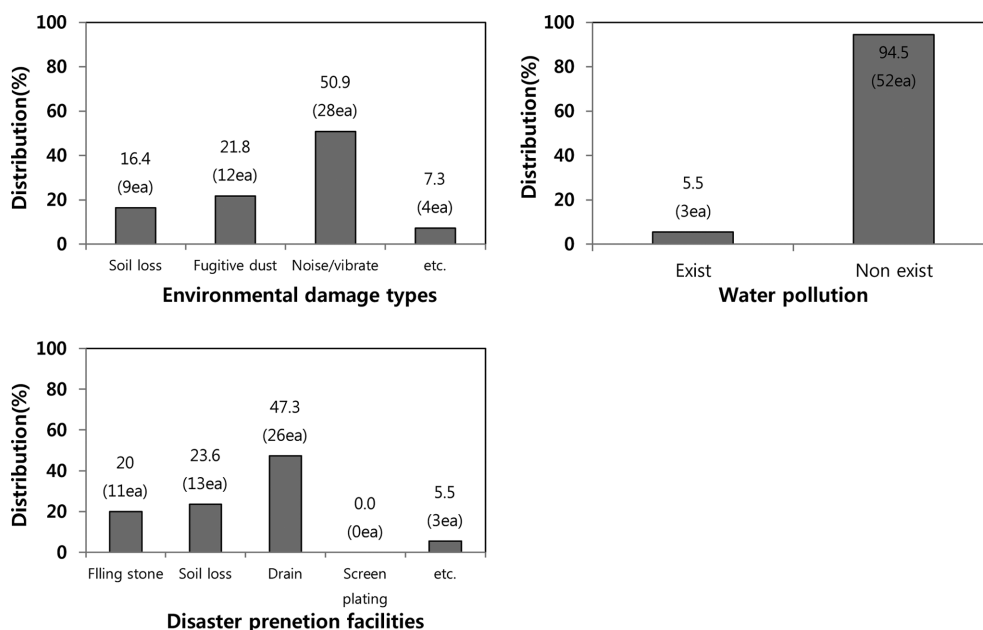


Figure 4. Status of disaster and prevention facilities of quarries.

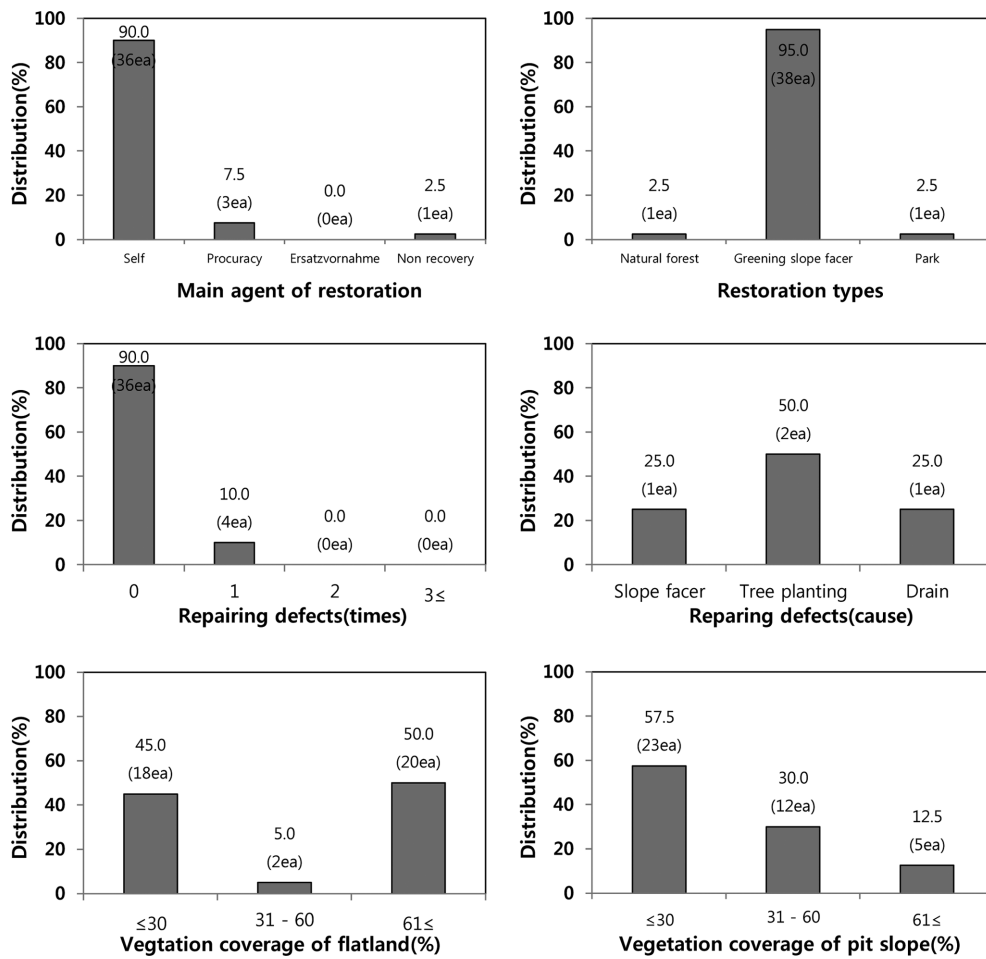


Figure 4. Status of disaster and prevention facilities of quarries.

95.0%(38개소)로 가장 많이 나타났으며, 자연산림형과 공원형이 각각 2.5%(1개소)로 나타났다. 단순 비탈면 녹화형 복구는 일반적으로 고속도로 비탈면의 장대비탈면에 적용하는 것처럼 분사과종 등 녹화공법으로 시공하며, 주변 산림과 조화를 이루는 것보다는 우선적으로 차폐녹화하는 방법을 강구하는 것으로 판단된다. 따라서 채석장과 같은 훼손지를 복원함에 있어서 식생생육의 기반이 되는 토양(복토)과 장기간 식생천이에 따른 복원방향(적지적수 선정과 단계적 천이), 이후 주변 식생과의 유사성과 야생동물의 유입(종다양성) 등의 생태계 순환에 전반적 이해가 필요할 것으로 판단된다(Kim et al., 2002).

아울러 산지복구 준공검사 후 하자보수를 실시한 복구지는 총 10.0%(4개소)로 나타났고, 하자보수 이력은 모두 1회로 나타났다. 따라서 하자보수 이력이 없는 90.0%(36개소)를 제외한 10.0%(4개소) 중 수목의 고사로 인해 수목식재 보수(보식)를 실시한 복구지가 50%(2개소)로 가장 많이 나타났으며, 비탈면 재시공과 배수로를 재시공한 복구지가 각각 25.0%(1개소) 순으로 나타났다. 특히, Choi et al.(2009)은 복구지 잔벽 재훼손 지역의 공통적인 특징

으로 복토를 실시하지 않아 식생의 정착이 제대로 이루어지지 못했다는 점을 예로 들었는데, 본 연구에서도 식재된 수목이 현지여건에 맞지 않는 수종이 아니거나 소단의 복토가 제대로 이루어지지 않아 수목의 활착 및 생육에 부적합하였던 것으로 사료된다.

한편 복구지의 평탄지와 잔벽, 잔벽의 소단 면적이 각각 차지하는 평균 면적을 산정한 결과, 평탄지 면적 21,230, 잔벽 면적 15,341, 소단 면적 2,132로서 그 비율은 54.9%:39.6%:5.5%로 나타났으나 잔벽 면적은 평면적으로 경사도를 고려하였을 때는 그 면적이 증가할 것으로 사료된다. 따라서 추후 복구비에치금 및 복구비 산정, 효율적인 복구공법 및 인건비 산정, 녹화수정 선정을 위해서는 이러한 면적비를 고려해야 할 것으로 사료된다.

토석사업장 복구시 크게 진입로 및 적재장 등의 평탄지와 잔벽으로 구분할 수 있으며, 이러한 복구장소에 따라 복구공법과 식재수종 등이 세분화되어야 할 것이다. 따라서 평탄지의 식생피복률을 분석한 결과, 피복률 60% 이상인 평탄지가 50.0%(20개소)로 가장 많이 나타났으며, 30% 이하 45.0%(18개소), 31~60% 5.0%(2개소) 순으로

Table 1. Spearman correlation between the restoration area and other factors.

	Permitted period	Permittedarea	Quarrying volume	Pit slope width	Pit slope height	Bermwidth
Restorationarea	-0.066	0.325*	0.343**	0.323*	0.337*	0.088
Permitted period		0.443**	0.394**	0.179	0.354*	0.388**
Permittedarea			0.737**	0.296*	0.467*	0.197
Quarrying volume				0.402**	0.593**	-0.038
Pit slope width					0.195	-0.187
Pit slope height						0.259

**significant at 1% level.

*significant at 5% level.

나타났다. 평탄지는 위와 같이 복구시 그 면적이 가장 넓어 지역에 맞는 복구수종을 식재하여 경관적 복구뿐만 아니라 경제수 또는 유용수로 복구 녹화, 특수목적에 맞는 수종을 식재하여(밀원수 등) 경제적 이익을 창출할 수도 있을 것으로 판단된다. 잔벽 피복률의 경우 피복률 30% 이하인 잔벽이 57.5%(23개소)로 가장 많이 나타났으며, 31~60% 30.0%(12개소), 61% 이상 12.5%(5개소) 순으로 잔벽의 복구녹화는 불량한 것으로 조사되었다.

2) 토석사업장 복구면적과 인자와의 관계

복구가 실시된 지역 총 40개소의 복구대상면적을 기준으로 허가기간, 허가면적, 채취량 등의 일반사항과 잔벽 높이와 하단 폭, 소단 폭과의 상관분석을 실시한 결과, Table 1과 같이 복구면적과 채취량이 정의 상관관계(1% 유의성)가 있었고, 채석면적 및 잔벽 폭, 잔벽 높이 또한 정의 상관관계(5% 유의성)가 있었다. 즉, 사업주가 당초 허가된 면적에서 최대의 골재생산량을 유도하기 위해 허가구역의 경계선 근처까지 채취하는 것으로 사료되며, 그에 따른 채취량 증가가 복구대상면적 증가에 기인하는 것으로 판단된다. 또한 허가기간이나 면적, 채취량 등의 인자에서도 잔벽 폭 및 높이와 정의 상관관계가 있는 것으로 토석사업장의 채취가 장기간이거나 대규모일 경우 복구면적의 증가에 기인할 것으로 보여진다. 반면, 허가기간과 소단 폭이 정의 상관관계(1% 유의성)가 있는 것으로, 허가기간이 장기간일수록 감독관청의 지속적인 지도감독 등의 영향으로 사업주의 소단 폭 관련 법조항에 대한 준법정신이 높은 것으로 사료되며, 사업주에 대한 관련 법령의 주기적인 교육이나 지도가 필요할 것으로 판단된다.

결 론

국내 토석사업장의 입지여건과 채취 및 복구특성과 분포형태를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 토석사업장 인근 산림현황으로는 혼효림, 평균 표고 300 m 이하인 지역과 평균 경사도 11~20°인 지역이 가장 많은 것으로 나타났다. 또한 토석사업장이 위치한 지역으

로는 화강암을 기반으로 한 산복부가 가장 많이 나타났으며, 인근 산림지역의 산사태위험등급으로는 1등급이 가장 많은 것으로 대다수의 사업장이 산사태 발생위험에 노출된 것으로 나타났다.

2. 토석사업장 허가사항 중 허가기간은 6~10년, 허가면적으로는 10 ha 이하, 토석채취량으로는 100만 이하의 쇄골재용 석재를 채취하는 사업장이 가장 많이 나타났으나 일부 사업장에서는 두가지 이상의 용도가 병행채취하는 것으로 나타났고, 이러한 석채를 채취하는 방식으로는 계단식 채석이 가장 많이 나타났다. 또한 잔벽 규모 중 잔벽 경사로는 61° 이상인 사업장이 가장 많이 나타났으며, 복구지의 소단 폭이 채석이 진행 중인 사업장의 소단 폭보다 좁아지는 것으로 나타났다.

3. 토석사업장 복구시 자력으로 복구한 사업장이 가장 많이 나타났으며, 그 유형으로는 단순 비탈면 녹화형이 가장 많은 것으로 나타났다. 또한 복구지의 평탄지와 잔벽, 소단 면적이 각각 54.9:39.6:5.5의 비율로 나타났다. 아울러 토석사업장 복구면적과 각 인자와의 상관관계를 분석한 결과, 채취량(1% 유의성), 허가면적, 잔벽 폭, 잔벽 높이가 정의 상관관계(5% 유의성)를 나타내었다.

특히, 일부 사업장에서는 법에서 규제하고 있는 계단식 채석 외 경사면 채석과 수직채석을 시행하는 사업장도 있으며, 산지관리법에서 제한하고 있는 토석사업장의 채취 및 복구에 관련한 법 조항의 이행상태를 점검할 수 있는 관리·감독이 필요한 것으로 사료된다. 또한 고비용의 복구비를 투입함에도 불구하고, 복구에 사용된 식생이 대상지의 입지특성과 기후, 주변 경관을 고려하지 않은 획일적인 복구로 주변 산지와 이질적인 경관을 나타내었는데, 이러한 부분에 대해서는 복구시 주변 식생과의 유사도나 적지지수를 토대로 복구지침을 정비할 필요가 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구를 위해 도움을 주신 산림청과 한국산림토석협회에 감사드립니다.

References

- Choi, Y.H., Kim, M.J., Kweon, H.G., and Lee, J.W. 2009. The Status of Rehabilitation Region on Artificial Slope. Proceeding of Korean Society of Environmental Conference 19(2): 234-237.
- Hong, S.S., Kim, J.Y., and Lee, J.Y. 2015. Trends of Supply and Demand of Aggregate in Korea(I). Journal of the Petrological Society of Korea 24(3): 253-272.
- Korea Forest Service. 2015.9.28. Management of Mountains District Act.
- Kim, K.H., Kim, N.C., Nam, S.J., and Yoon, K.S. 2002. A Case Study of Quarry Rehabilitation and Restoration in Europe. Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology 5(5): 76-84.
- Lee, J. and Cha, D.S. 2008. Study on Efficient supervision System of Forest Civil Engineering. Journal of Korean Society of Forest Engineering and Technology 6(3): 311-220.
- Ma, H.S., Kang, W.S., and Park, J.W. 2011. Development of Revegetation Measures Using Boring Technique in Rock Slopes - Focus on *Lespedeza cyrtobotrya*-. Journal of Korean Forest Society 100(4): 558-564.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2014. 5th Aggregate Supply Plan. pp.338.
- Park, C.M., Lee, J.W., and Youn, H.J. 2009. Analysis on the Quarry Restoration Methods in Hong Kong. Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology 12(5): 121-132.
- Park, J.H. 2012. Analysis of the Restoration Actual Conditions on the Quarries II. Journal of Korean Forest Society 101(4): 558-566.
- Park, J.H., Park, J.M., and Lee, J.W. 2010. Analysis of the Restoration Actual Conditions on the Quarries. Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology 13(3): 128-142.
- Yang, D.Y., Lim, S.D., Min, C.K., Lee, C.B., Park, D.W., Kim, J.Y., and Lee D.Y. 1999. Physical Characteristics of Crushed Aggregates in Korea. Economic and Environmental Geology 99(4): 603-610.

(Received: March 28, 2016; Accepted: April 18, 2016)