

천곡동굴의 환경보전 진단에 관한 연구

A Study on the Diagnosis of Environmental Conservation of Cheongok - Cave

유영준⁸⁾ · 변태근⁹⁾

국문 초록

동굴 안전진단의 목적은 동굴의 생태환경보전, 그리고 동굴 내부시설들에 대한 안전진단 확인에 있음은 재언을 요하지 않는다.

천곡동굴의 경우는 한 마디로 말한다면 동굴 내부의 생태환경이 동굴 외부로부터 영향을 많이 받고 있는 동굴이라고 하겠다.

그것은 첫째 동굴의 입구 공간이 너무 넓기 때문이다. 둘째 지표면과 동굴과의 지각 두께가 비교적 얇게 나타나고 있기 때문이다. 셋째로 동굴 길이에 비해 동굴 공간이 넓은 동굴이므로 다른 동굴보다도 붕락, 파괴가 용이하다고 볼 수 있다.

요컨대 천곡동굴은 그 동굴을 배태하고 있는 지층과 지질구조가 매우 불안정하고 동굴의 성장과파괴가 다른 동굴보다도 빨리 진전되고 있는 동굴이라고 본다.

따라서 천곡동굴은 지속적인 환경보전과 동굴 관리대책을 강구해야 할 동굴이라고 판단된다.

1. 서론

최근 세계 여러 나라에서는 동굴을 지하세계의 탐험을 위한 관광동굴로 개발하는 것이 활발하게 이루어지고 있는데, 예를 들면 일본의 경우 전국에 총 103개소의 동굴들이 공개된 관광동굴로 개발되어져 있으며, 이 밖에도 천연동굴을 그대로 남겨둔채 자연공원이나 삼림공원의 일부 지역으로 가끔 개방하는 동굴들도 수십개소가 있다. 그리고 이렇게 개방된 동굴들은 해마다 1년에 계절에 따른 4회의 안전진단을 시행하고 있는 실정이다.

* 한국생활환경연구원 연구실장

* 태근전기 대표

동굴의 환경보전 진단이라고 하는 것은 관광개발된 동굴에 대하여 정기적으로 그 안전성을 확인하는 작업이다. 매일 같이 많은 관광객의 출입을 겪어야 하는 공개된 동굴들은 관람객의 편의 도모는 물론, 동굴생태환경의 보전과 인명의 안전보화와 관리를 위하여 정기적으로는 동굴을 둘러싸고 있는 지질구조, 동굴 내부의 각종 시설물 등에 대한 안전성을 비롯하여 그 밖의 동굴의 환경보전을 위한 조사라고 할 수 있으므로 해마다 1회 이상의 환경보전 및 안전진단과 실태 조사가 이루어져야 한다.

이러한 현상은 관광동굴로 개발된 동굴을 보유하고 있는 세계의 모든 나라에서 환경보전 및 안전진단은 반드시 실시되고 있는데, 1년에 시행하는 회수는 국가마다 다소 차이는 있으나 평균적으로 보면 1회 이상 실시하는 것으로 나타나고 있다.

요컨대 동굴의 환경보전 진단은 일반적인 인사 사항에 대비하는 것만은 아니며, 동굴의 생태환경의 보전을 위한 보전책도 강구하는 것이며 특히 동굴생물의 생태 유지 등의 실태조사를 하는 것도 그 목적의 하나라고 할 수 있다.

2. 환경보전 진단의 내용과 구분

1) 환경보전 진단의 내용

환경보전 진단에는 여러 가지 분야에 걸쳐 실시되어야 하고 정밀하게 진행되어야 한다. 되도록 일반적인 면에서는 관광객들의 안전을 도모하는 이른바 안전사고에 대비하는 안전진단과 천연적인 이동굴의 환경을 영구히 보전하기 위한 환경보전에 관한 안전진단으로 대별할 수 있다. 이제 우리가 필요로 하는 관광동굴에 대한 안전진단의 분야를 구분하면 다음과 같다.

2) 환경보전 진단의 구분

(1) 지질구조 분야

이 분야는 동굴을 형성하고 있는 지층의 지질구조를 진단하는 것이다. 지층의 암석은 무엇이며, 그 배열은 어떤지 그리고 지질이 낙반에 관계될 것인가를 예측·판단·평가하는 것이다. 즉 암층의 주향과 경사 등을 보아 낙반의 우려성이 있는 지점을 확인·지적하는 것이다.

(2) 통로시설 분야

관광동굴에 있어서는 통행시설이 매우 중요하다. 즉 통행시설은 튼튼하고 안전하여야 하며 그 소재는 동굴 속의 생태환경에 영향을 주지 않는 소재로 되어야 하며, 관광객들에게 부담 없이 편안하게 통행할 수 있는 시설로 마련되어야 한다. 또한 지형지물을 잘 관찰할 수 있으면서도 이것들이 보호될 수 있는 것으로 되어야 한다. 이러한 부분이 제대로 시설되어 있는지를 조사하는 것이다.

(3) 일반시설 분야

관광객들의 휴식, 관찰을 위한 제반시설·설비에 대한 안전진단으로서 주로 관광객들의 편익 도모와 안전사고를 미연에 방지하기 위한 각종 휴식·통신·안내·해설 등의 시설에 대한 안전진단이라고 하겠다.

(4) 전기 및 조명 분야

동굴에 있어서 조명시설의 조도(밝기)에 따라 동굴 내부의 온도 및 습도가 달라지게 된다. 따라서 적당한 조명시설로 지형지물의 관찰, 통로의 안전성에도 기여하면서 동굴의 생태환경에도 커다란 무리가 없도록 시설되어야 한다. 일반적으로 동굴 내부의 조도는 70~100 Lux가 적합하다. 이 조사 분야는 조도와 각종 전기시설의 누전상태

등이 주가 되며 조명 등의 위치, 수와 같은 부분과 비상시 작동되는 비상전원에 대한 점검도 중요한 조사 항목 중의 하나이다.

(5) 생태환경 분야

동굴 내부의 각종 피해상태와 동굴생물의 서식의 분포를 조사하고 이에 영향을 줄 수 있는 것들을 조사한다. 특히 동굴 생태계의 영향을 줄 수 있는 기온·습도·조명의 밝기 및 각도 등이 진단의 중점이 된다.

(6) 운영관리 분야

동굴의 보전을 위한 각종 운영체계를 진단하는 것으로, 안내원의 배치 및 교육과 시설물의 관리 상태를 중점으로 진단하는 것이다.

3. 천곡동굴의 환경보전 진단 평가

천곡동굴은 공개·개발되지 경우 1개월도 못되는 관광동굴이므로 비교적 환경보전에 유의한 제반시설과 제도를 갖추고 있다고 본다. 향후 이 공개동굴의 생태보존을 위한 지속적인 제반 대책이 잘되느냐 못되느냐에 따라 크게 환경보전 상태가 좌우될 것이다.

다만 부분적으로 미비하거나 그 밖에 수정을 요하는 사항이 있어 다음 분야별로 지적하고자 한다.

1) 지표지형 분야

천곡동굴 지표면의 생태환경이 비교적 안전하지 못하다. 즉, 돌리네, 우발라와 같은 오목지형이 곳곳에 산재하고 있어 장마시기에 지표수의 침투량이 극심할 것으로 보인다. 지표면 돌리네 지역에 대한 측구 배수시설이 강구되어 있다고는 하나 영구적이 못되는 관계로 앞으로 보수작업이 요구된다.

동굴 지표면의 자연보호(산책로)를 지반이 안전한 지역(예; 산동선)

에 제한 입산통로로 이용토록 권장하는 것이 필요하다. 되도록 동굴 지표면의 지표수가 돌리네 등으로 침투되지 못하게 돌리네의 방수피복작업도 바람직하다.

2) 지질 분야

천곡동굴 지표면에는 돌리네가 산재하고 있으므로 앞으로 이 돌리네의 땅밑에 해당하는 동굴천정의 안정성 즉 지반붕락에 대한 대책이 강구되어야 하겠다.

B 지구 왼쪽 동굴사면의 암반은 그 지반의 지질구조가 틀리는 분리된 개체이므로 경사면을 따라 포행하거나 밀려 내려올 우려가 있어 이에 대한 대책이 요구된다.

동굴 통로의 동굴천정에 걸쳐 있는 C 지구의 대형 암괴의 받침공사가 요구된다. 현재 상태는 다소 안정된 것으로 관찰되고 있으나, 진동·지진 등의 현상이 야기된 경우에 낙반이 우려된다. 따라서 가급적 관람객의 통로를 낙반 가능성이 있는 지점에서 피하게 개설함이 좋을 것으로 본다. 또한 C 지구의 동굴천정 밑의 층서면이 불안전하므로 이 밑을 통과하는 통로는 옆으로 수정·개설토록 함이 좋을 것으로 사료된다.

D 지구 동굴천정면의 붕락된 지점이 장마계절이나 해빙시기에 진반붕락이 염려되므로 이에 대한 대책(통로개정 등)이 요구된다.

3) 지형지물 분야

A 지구의 동굴입구 통로의 공간이 넓어서 동굴 내부와 생태환경이 급격하게 변화될 것이 예측된다. 이 천곡동굴의 2차 생성물은 그 대개가 붉은 색 이토질의 색채를 띄고 있는바 이 색채나 성분들은 앞으로 동굴환경의 변화에 관계있을 것으로 판단된다.

다만 동굴 통로 부근의 종유석이나 석순, 그리고 석주들이 통로시설 철망(그물) 때문에 그 경관을 그대로 관찰할 수 없음이 아쉽게 느

껴진다고 하겠다. 동굴 생성물의 오손·훼손을 방지하기 위한 시설이라고는 하나 부분적 시설의 수정이 요구된다고 본다.

한편 지형지물에 대한 집중조명시설이 필요하다고 본다. 보편적인 조명보다 통로와 지형지물 위주의 조명이 불완전하다고 판단된다.

대형 지형지물들에 대하여는 학술적인 명칭과 간단한 설명이 부착되고 있는 바 이들 문장내용의 수정, 설명 간판의 위치 수정들이 요구된다. 또한 다른 동구보다 특이한 지형지물에 대한 설명이 부족하다. 학술적 가치가 있는 지형지물의 소개 안내가 결여되고 있다. 특히 천곡동굴의 지형지물 중 가장 이색적인 천정구, 천정용식구, 그리고 각종 펜던트 등의 설명 소개가 부족하다고 본다.

D지구의 동굴 끝머리 지점 일대에는 동굴 안내원을 배치하여 동굴의 지형지물 보호에 유의해야 한다.

4) 생태환경 분야

현재까지는 동굴 속의 생태환경은 비교적 동굴의 2차 생성물 성장과 동굴생물 서식에는 커다란 지장이 없을 것으로 판단된다. 이는 공개동굴로 개발된지 그 기간이 매우 짧기 때문에 이와 같은 환경이 지속되고 있다고 본다.

다만 과도한 관광객이 집약적으로 동굴 내에 체류하여 장시간 머물고 있을 시에는 체동인구를 제한할 수 있도록 제한인원을 설정해야겠다.

동굴의 생태환경은 동굴내 온도가 12℃ 내외가 되어야 하고 습도는 60% 이상, 동굴내 조명 밝기는 최소 100Lux 이하이어야 동굴의 환경상태가 유지된다고 예측되고 있다.

동굴생물의 보존·보호를 위해 동굴 내부의 해당된 곳을 동굴 보존구역으로 설정하여 관광객들의 근접을 금하여 동굴생물의 생태계를 유지하도록 해야겠다. 따라서 동굴생물의 서식장소의 명시와 이

곳 동굴생물의 생태에 관한 간단한 설명이 요구된다.

5) 통로시설 분야

동굴의 통로시설은 지나칠 정도로 단단하게 그리고 안전하게 설비되고 있다.

다만 통로 바닥의 연결 부분이 순탄하지 못하여 보행 안전에 불편한 지점에 보강작업이 몇 군데에서 요구되고 있다. 특히 동굴 입구에서 동굴 바닥으로 들어가는 계단 통로와 동굴 입구 공간이 넓어 동굴 내부의 환경변화가 일어날 것으로 보아 좁은 공간 통로의 수정작업이 요구된다. 또한 동굴천정 또는 벽면에서 낙반 위험이 있는 곳 밑의 통로는 되도록 통로 코스의 수정이 요구된다.

동굴의 지형지물 훼손 방지를 위한 안전망시설이 필요하지만 지형지물의 관찰이나 촬영에 불편한 시설은 앞으로 단계적인 보완·보수작업이 요구된다고 본다.

첫째, 통로보행 중의 안전을 위한 개선작업이 요구된다. 동굴통로가 부분적으로 협소하고 높이가 낮아 벽체 및 천정이 인체에 접촉되어 부상 당하는 안전사고가 우려되는 부분이 많기 있으므로 관람객에게 입장전 안전교육 및 제반 수칙을 주의시킨 후 입장시켜 사고의 미연방지와 생성물의 훼손 예방에 만전을 기해야 하며 입장전 지급된 안전모는 필히 착용해야 할 것이다.

둘째, 통로의 단 높이가 차이의 개성공사가 필요하다. 수평면 철제판 통로에 높이 15~20cm의 단차가 있어 관람객의 시선은 상행된 상태에서 보행 중 갑작스런 단 높이의 차가 나타나므로 발을 헛딛는 현상이 발생되어 다리에 부상을 초래할 수 있으므로 단차를 없애기 위해서는 경사로 시공되어져야 할 것이다.

셋째, 통로 조명 등에 붉은색 페인트 도장은 피사체를 올바른 색상으로 이해하는데 도움을 주지 못하고 있다. 저압 왓트의 백열전구를

사용하고 붉은 색의 도장은 피하여 원색의 물체를 볼 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

6) 일반시설 분야

동굴 내부통로 상의 휴식공간의 시설은 완전하고 견고하다고 하겠다. 다만 휴식공간다운 휴지통, 기타 편의시설이 부족하다.

종유석 보호망의 증설·개선이 요구된다. 천정이 낮은 부분에 생성되어 있는 종유석은 관람객의 손이 쉽게 접근할 수 있는 부분이 산재해 있으며, 이는 종유석의 원상태 보존에 우려가 되고 있다. 종유석을 보호하기 위한 철제 안전망이 부분적으로 설치되어 있으나, 다가오는 학생들의 하계방학 및 관광 성수기를 맞이하여 더욱 보완·증설하여 종유석의 훼손 예방에 만전을 기하여야 할 것이다.

보석 전시대의 높이는 현재 최고 2.0m, 최저 1.3m로 되어 있는데, 이는 소아 및 저학년 학생들에게도 쉽게 관람할 수 있도록 높이를 수정해야 할 것이며 전시된 보석류에 대하여는 설명문을 게시하여 학습에 참고가 되며 이해에 도움이 되도록 해야겠다.

동굴 내부의 음향은 입장부터 퇴장까지 시종일관 안전수칙과 음악을 방송하고 있으나 동굴 분위기에 부응하여 자연 생태계의 음향 즉 박쥐의 울음소리 또는 물흐르는 소리 등의 효과음을 방송하게 되면 더욱 효과적이 될 것이다.

7) 전기조명시설 분야

천곡동굴의 길이와 동굴 내부의 특성을 살펴 이미 개발되어 있는 동굴과는 다른 방법으로 동굴 내부에 배전반 없이 설계하고 L.C.C. Panel에서 조명기구까지 cable로 직접 배선하였는바 지형지물 투시용 조명기구는 a, b 두 개의 설치로 시간 차이를 두고 투시 방향을 바꿔 주어 동굴 훼손을 최소화하며 통로에 관람객이 지나갈 때 센서의 감비로 투광기의 점등을 최소화하도록 설계되어 있으나 현재 시공되어

있는 것은 상기의 기능이 전혀 안되고 있으므로 동굴 훼손의 우려가 배가되고 있는 점이 아쉽다.

천곡동굴 관리자는 동굴 전기시설물이 도면이나 시방서대로 시공되지 않은 부분은 빠른 시일 내에 동굴의 훼손 방지 차원에서 보수해야 한다.

8) 운영관리 분야

운영관리는 최소의 인원으로 잘 운영되고 있다고 본다. 다만 안내원의 복장이 통일되지 않고 있어 운영 관리에 많은 불편이 뒤따르고 있다고 판단된다.

또한 동굴통로 중 중요한 관광명소, 그리고 위험부담을 느끼는 장소, 동굴 훼손의 우려가 있는 지점 등의 장소에 안내원의 배치가 요구된다.

4. 결론

동굴 환경보전 진단의 목적은 동굴의 생태환경보전, 그리고 동굴 내부시설들에 대한 환경보전 진단의 확인에 있음은 재언을 요하지 않는다.

천곡동굴의 경우는 한 마디로 말한다면 동굴 내부의 생태환경이 동굴 외부로부터 영향을 많이 받고 있는 동굴이라고 하겠다.

그것은 첫째 동굴의 입구 공간이 너무 넓기 때문이다. 둘째 지표면과 동굴과의 지각 두께가 비교적 얇게 나타나고 있기 때문이다. 셋째로 동굴 길이에 비해 동굴 공간이 넓은 동굴이므로 다른 동굴보다도 붕락, 파괴가 용이하다고 볼 수 있다.

요컨대 천곡동굴은 그 동굴을 배태하고 있는 지층과 지질구조가 매우 불안정하고 동굴의 성장과파괴가 다른 동굴보다도 빨리 진전되고 있는 동굴이라고 본다.

따라서 천곡동굴은 지속적인 환경보전과 동굴 관리대책을 강구해야 할 동굴이라고 판단된다.

참고문헌

강원도 동해시, 1996, “동해시 천곡동굴의 환경보존 및 안전진단 연구보고서”.

김병문, 1995, 관광지리학, 서울 : 형설출판사.

김병우, 1996, “천곡동굴의 생태계 조사 보고,” 「동굴」 제 44권 제 45호, pp. 13~28.

김병우, 1991, “천곡동굴의 식물상 소고,” 「동굴」 제 27권 제 28호, pp. 40~50.

유영준·이영화, 1996, “천곡동굴 개발에 따른 환경보전,” 「동굴」 제 45권 제 46호, pp. 69~79.

정창희, 1991, “천곡동굴 부근의 지질 개관,” 「동굴」 제 27권 제 28호, pp. 13~26.

홍시환, 1990, 한국동굴대관, 서울 : 삼주출판사.

홍현철, 1996, “천곡동굴의 성인과 형성과정 연구,” 「동굴」 제 44권 제 45호, pp. 65~71.

홍현철, 1991, “천곡동굴의 동굴퇴적물 조사 보고,” 「동굴」 제 27권 제 28호, pp. 27~39.