

고수동굴 관람루트에 대한 수치적 고찰

정민채*·한대호**

The Numerical Analysis of Tour Routes to the Gosu Cave

Min-Chae, Jung · Dae-Ho, Han

Abstract : Due to the tour route of Gosu cave's designated route, it has a specific shape of a tree. There are some limitations because of there being no comparable analysis to other caves. However, it will be provided as basic data to do the comparable analysis with similar caves' tour routes, and to understand some problems according to the viewing route.

Key Words : Gosu cave, tour routes, networking, numerical analysis

국문초록 : 고수동굴의 관람대상물의 분포는 이층 구조로 되어 있어 입체적 분포를 보인다. 그러나 관람루트는 정해진 루트를 이동하기 때문에 그래프상의 목(tree)형 형태를 갖는다. 이러한 관람 포인트와 관람대상물의 관계를 통한 관람루트의 특성을 네트워크 분석기법을 이용하여 분석하였다. 타동굴과의 비교 분석이 아니므로 수치적 해석에 한계가 있었으나 차후 유사한 동굴간의 관람루트를 비교 분석하거나 관람방식에서 생기는 문제점을 파악하는 기초자료로 제공 될 수 있다.

주요어 : 고수동굴, 관람루트, 네트워크화, 수치적 분석

1. 서론

동굴은 어두운 공간상에 분포하는 지형지물을 일정한 통로를 통한 이동에 의해, 또한 대상물에 비춰지는 조명에 의하여 한정된 지형지물을 관람 할 수 있도록 되어 있다. 따라서 한정된 지형지물을 한정된 통로를 따라 관람하는 형태로 되어 있다. 이러한 특이한 사실은 동굴에서만 나타날 수 있는 현상이라고도 할 수 있겠다. 이러한 동굴 관람의 구성요소는 통로와 대상 지형지물의 분포가 주요 요소가 된다. 즉 이러한 요소들의 연결 관계는 네트워크 상태로 이해 할 수 있으며, 점과 선으로 표시할 수 있다.

따라서 본 연구의 목적은 고수동굴을 대상 지역으로 하여, 관람루트를 관람 포인트와 지형지물의 관계 속에서 분석하고 관람루트의 문제점

을 파악하고자 한다. 이와 같은 연구 목적을 달성하기 위하여, 연구의 흐름은 다음과 같다. 먼저 고수동굴의 기존 동굴지형지물의 분포와 통로의 개설 실태를 파악한다. 두 번째 지형지물에 대한 통로 상의 관람 포인트를 설정하여 관람 포인트와 관람대상 지형지물의 관계를 네트워크로 구축한다. 마지막으로 구축된 네트워크를 분석하여 네트워크의 특성 및 관람루트 상 나타나는 문제점을 도출한다.

자료의 구축 및 연구 방법은, 고수동굴 내의 지형지물에 대한 실제 조사를 통해 지형지물의 분포 상태를 파악하며, 통로의 실제 이동 방향을 고려하여 통로를 통한 관람루트를 배치도를 작성한다. 통로 상에 나타나는 관람 포인트를 지정하고 이를 네트워크의 점으로 간주한다. 지형지물도 하나의 점으로, 지형지물의 관람가능 여부

* 경희대학교 강사, mc0314@hanmail.net

** 건국대학교 지리학과 박사과정, issach82@hotmail.com



그림 1. 고수동굴의 지형지물 분포도

는 선으로 간주하여 네트워크를 구성하며, 그래프화 한다. 이때 점과 선의 관계는 위상적 네트워크로 한다. 왜냐하면 가시거리내의 동굴의 대상물들은 거리의 영향을 덜 받는다고 판단하였다. 통로의 관람 포인트와 지형지물의 관계 속에서 형성된 네트워크는 하나의 그래프로 파악할 수 있다. 이러한 그래프는 네트워크 분석의 각종 기법을 통하여 장점 및 단점이 파악되고, 나아가서 관람루트의 문제점이 도출될 수 있다.

2. 고수동굴 내의 주요

지형지물분포 및 유형분류

고수동굴의 지형지물의 분포 및 통로의 배치 관계에 대한 조사는 2008년 8월, 2009년 3월, 2009년 6월에 실시하였다. 한국동굴학회에서 조사된 지형지물의 분포도를 기준으로 지형지물의 확인조사와 통로 배치도를 첨부하여 완성하였다.

고수동굴은 관람대상 지형지물이 24개 분포하고 있으며, 이들의 명칭은 표 1과 같다. 이러한관람 대상물은 단일 지형지물인 경우와 단일 지형지의 군으로 형성되어 있는 경우, 다른 종류의 지형지물의 복합관계를 하나의 관람대상물로 분류 할 수 있다. 또한 각각의 경우에 대한 지형지물의 종류를 분류하여 작성한 것이다. 이에 따라 관란지형지물의 유형은 다양하게 나타날 수 있다.

이러한 대상물의 특성과 지형지물의 경우를 고려한 다음과 같은 유형이 분류될 수 있다. 즉, 십단위에는 단일의 경우 10, 복합의 경우 20으로 분류하고, 단일대상물의 일단위에는 1)유석, 2)석순, 3)석화화단구, 4)석주, 5)커어튼종유, 6)동굴산호, 7)천정구 8)화석, 9)연못을 부여하였다.

복합대상물의 일단위에는 지형지물의 복합 형태에 따라 다음과 같이 자리수를 부여하였다. 1)석화화단구 +종유석 +석순 +석주 2)종유석 +석순 +석주 +유석으로 분류된다. 이러한 분류방법을 기준으로 관람대상 지형의 유형을 분류하면 표1과 같다. 고수동굴의 유형 특징은 단일 지형지물의 경우 매우 다양한 유형으로 분류되었다. 가장 많이 나타나는 단일유형으로는 유석이 압도적이고, 석화화단구도 많다. 복합유형에는 유석을 포함하는 종유석 석순 등의 조합관계 유형이 많다.

3. 네트워크분석을 위한

이론적 고찰

네트워크에 관한 이론은 사회학 뿐만 아니라 지리학에서도 자주 이용하는 분석 기법 중의 하나이다. 특히 홍현철(2008)은 네트워크기법을 이용하여 동굴과 주변 지역과의 관계성 분석의 유용성을 고찰한바 있다. 마찬가지로 동굴 내의 통로 상에 관람 포인트를 하나의 점으로 간주하면, 네트워크의 각종 지수들을 이용한 분석이 가능하다. 홍현철의 연구에서 언급된 각종 지표 중에서 본 연구에 이용 가능한 몇 개의 지표의 공식을 정리하면 다음과 같다.

회로계수(cyclomatic number)에서 회로(circuit)란 여러 연쇄선이 이어져 시작점과 마지막 결절점이 같을 때 나타나는 유한의 폐쇄경로를 말한다. 즉 네트워크내의 중복되지 않는 독립적인 회로(basic cycle, basic circuit)의 개수를 의미하며, 그 공식은 $\mu = e - (v - 1) = e - v + 1$ 로 표기된다.

알파지수(alpha index)란 네트워크 상에 존재 가능한 회로계수에 대한 실제 네트워크의 회로계수의 수로 표현되며, 공식은 $\alpha =$

표 1. 관람대상지형지물의 안내문에 대한 명칭 및 설명문 구성

	부여된 명칭	대상물 특성	지형지물의 종류	지형지물의 유형분류
1	곰바위	단일	유석	11
2	동물뼈화석	단일	화석	18
3	독수리바위	단일	유석	11
4	도담삼봉	단일군	석순군	12
5	창현궁	복합	종유석, 석순, 석주, 석회화단구, 유석	21
6	층계바위	단일군	석회화단구	13
7	마리아상	단일	석순	12
8	옥바위	단일	유석	11
9	세심지	단일	연못	19
10	천정구	단일	천정구	17
11	산돼지 바위	단일	유석	11
12	유석	단일	유석군	11
13	만물상	복합	종유석군, 석주, 유석	22
14	석주	단일	석주	14
15	백층탑	복합	종유석군, 유석, 종유커튼	22
16	커어틴종유	단일	커어틴종유	15
17	배학당	복합	종유석, 석순, 유석	22
18	선녀탕	단일	석회화단구군	13
19	림스톤과 림푸울	단일군	석회화단구	13
20	거북바위	단일	석회화단구	13
21	동굴산호	단일	동굴산호군	16
22	황금주	복합	종유석군, 석주, 유석	22
23	천당성벽	단일	유석군	11
24	해구암	단일	유석	11

$\frac{e-v+g}{v(v-1)/2-(v-1)}$ 이다. 단, g 는 그래프의 성분수이다. 알파지수의 수치적 범위는 0~1 사이이다.

동굴의 경우, 통로를 따라 관람을 진행하게 되며, 통로의 좌우측에 관람대상지형지물이 분포하므로, 거의 목형 그래프 유형을 갖고 된다. 따라서 목형 그래프의 연결성 정도를 자세히 구분 가능한 베타지수(beta index)와 감마지수(gamma index)를 이용할 필요가 있다. 베타지수의 공식은 $\beta = \frac{e}{v}$ 로 나타낼 수 있으며, 네트워크 전체에 있어서 점에 대한 평균적 선의 수의 의미한다.

감마지수는 $\gamma = \frac{e}{v(v-1)/2}$ 로 계산되며, 네트워크의 완전연결 상태에서 가능한 최대 선수에 대한 실제 선수의 비율을 의미한다. 값의 범위도 0~1이다.

이와 같이 네트워크의 점에 대한 선의 평균적 연결강도나 네트워크의 선의 비율에 의한 연결강도의 측정을 통한 위상적 네트워크 상태의 분석이 가능하다.

형상판별의 경우, 네트워크는 시간이 경과하면서, 선의 연결이 좋아짐에 따라 선의 수가 늘어나며 변화하는 발달과정에 따라 네트워크가 연결상태를 미발달, 목형(tree), 격자형(greed), 델

타(delta) 형태로 분류한다.

이러한 형상 판별을 위해서는 알파지수와 감마지수가 사용되는데, 이 때 네트워크의 평면상태(planar graph)에서의 판단한다. 따라서 알파지수 $\alpha = \frac{e-v+g}{2n-5}$ 이며, 감마지수 $\gamma = \frac{e}{3(n-2)}$ 를 사용한다. 두지수에 대한 각각의 값의 범위는 다음 표와 같다.

4. 관람 포인트 설정과

네트워크 설정

고수동굴은 입구와 출구가 다르기 때문에 일방향통행적 관람루트를 따라 진행하게 되며, 진행방향의 좌우측에 분포하는 관람대상지형지물을 관찰하도록 관람루트가 설정되어 있다. 동굴 내의 지형지물에 대한 실제 조사를 통해 지형지물의 분포 상태를 파악하며, 통로의 실제 이동 방향을 고려하여 통로를 통한 관람루트를 배치도를 작성하였다.

통로 상에 나타나는 관람 포인트는 관람대상지형지물이 가장 잘 보이는 지점을 지정하고, 2개 이상의 관람대상물을 무리 없이 관찰할 수 있는 지점의 경우 후자를 선택하여 관람 포인트로 지정 하였다. 이를 네트워크의 점으로 간주하

표 2. 네트워크의 발달단계와 지수의 범위

발달단계	α 지수	γ 지수	발달 유형
1	-	$0 \leq \gamma < 1/3$	미발달, 비연결
2	$\alpha = 0$	$1/3 \leq \gamma \leq 1/2$	목형(spinal)
3	$0 < \alpha < 1/2$	$1/2 < \gamma < 2/3$	격자형(grid)
4	$1/2 \leq \alpha \leq 1$	$2/3 \leq \gamma \leq 1$	델타형(delta)



그림 2. 고수동굴의 이동 루트

녀, 지형지물도 하나의 점으로 간주한다.

한편 지형지물의 관람가능 여부는 선으로 간주하여 네트워크를 구성하며, 그래프화 한다. 따라서 그래프는 점과 선의 관계를 나타내는 위상적 네트워크가 된다(그림2). 본 연구에서는 가까

운 가지거리내의 동굴의 대상물들은 거리의 영향을 덜 받는다고 판단하였기 때문이다. 통로의 관람 포인트와 지형지물의 관계 속에서 형성된 네트워크는 하나의 그래프로 파악할 수 있다. 이렇게 설정된, 즉 이동 방향에 따른 네트워크 모

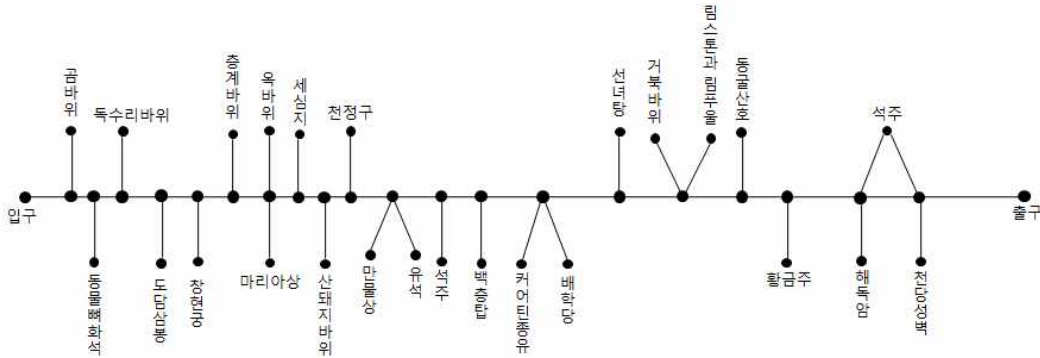


그림 3. 고수동굴의 관람포인트와 관람대상지형지물에 대한 위상적 네트워크

식도는 그림 3과 같다.

그림 3의 네트워크는 입구와 출구를 하나의 결절점으로 정하고 관람대상물을 하나의 점으로 인식하였다. 통로 상의 결절점들은 관람객 입장에서 이동 통로를 따라 진행 방향을 통과하면서 관람대상물의 위치적 관계를 고려하여 결정하였다. 본 연구에서는 동굴 측에서 제시해주는 방향성과 지정된 대상물을 기준으로 하였고, 하나의 대상물을 관찰할 때의 최적 위치를 하나의 결절점으로 선정한다는 원칙에 따라 작성하였다.

그림 3에 나타난 네트워크는 관람대상물은 24개 지형지물이므로 24개의 점이 선정되었고, 이동 통로상의 결절점은 20개고 입구, 출구를 합하여 총 22개의 결절점이 구성된다.

네트워크 상에서 선은 결절점 간의 ‘이동’과 ‘관람’이라는 사항을 선으로 표시한 것이다. 이동과 관련된 선의 수는 21개로 구성되며, 관람과 관련된 선의 수는 26개이다. 따라서 네트워크는 총 46개의 점과 47개의 선으로 구성된 네트워크를 완성할 수 있었다. 즉, 네트워크는 $v=46$, $e=47$ 로 구성된다.

5. 네트워크의 연결성 및 관람루트의 특성분석

직경이 21임은 입구에서 출구까지의 이동 간에 나타나는 관람 포인트대상을 통과하는 경로 수를 의미한다. 고수동굴만의 직경값으로 거론할 만한 것은 적으나 차후 타동굴과의 비교분석 자료로서 활용 될 수 있다. 다만 후술하는 형상 판결의 결과가 목형으로 판정 된 점과 알파지수의 값이 1로 작다는 점을 고려한다면, 직경 값이 크면 클수록 관람 요소가 많다는 것으로 해석할 수 있으며, 단점으로는 관람 포인트 하나에 적은 수의 관람 대상물을 관람하는 특성을 갖고 있다는 것으로 해석 할 수 있다. 이는 일반적 동굴의 관람 형태에서 나올 수 있는 결과라 하겠다.

회로계수의 값이 1이라는 것은 네트워크상에서 하나의 관람대상물을 2개 이상의 관람 포인트에서 볼 수 있는 기회가 적음을 나타내는 것으로, 고수 동굴의 통로 및 관람루트의 형태적 특성을 반영한 것으로 보인다. 즉 구불구불하거나 상하 기복이 심한 관람루트 형태임을 나타낸

다.

표 3. 관람루트에 대한 연결성 분석

직경		21
회로계수		1
알파 지수		0.002
베타 지수		1.02
감마 지수		0.045
형상 판별	알파	0.02
	감마	0.36

알파지수 0.002, 베타지수 1.02는 네트워크상의 선의 상태를 파악할 수 있는 지표이다. 두 지표 모두 비교적 작은 수치를 나타낸다. 따라서 관람루트 상의 관람 포인트와 관람대상물간의 연계가 1:1 관계에 가까운 것으로 판단 할 수 있다.

형상 판별의 결과는 알파지수에 의한 판단으로는 격자형 구조를 갖고 있는 것으로 나타났다. 그러나 그 수치가 0에 가까운 수치를 보이고 있어, 격자형 구조로 해석하기는 문제점이 있다. 감마지수를 이용한 형상판별에서 보듯이 고수동굴의 관람루트의 특성은 목형에서 크게 벗어나지 못한 구조를 갖고 있음을 알 수 있겠다. 이상에서 살펴본 바와 같이 고수 동굴의 관람 루트 특성은 매우 다양한 관람대상 지형지물을 보유하고 있으나 관람 구조적 측면에서는 매우 단조로운 루트구조를 갖고 있음이 판명되었다. 이는 고수동굴의 단점이라기보다는 동굴관광자원의 일반적 특성이기도하다.

5. 결론

관람대상물의 분포가 이층 구조로 되어 있어 입체적 분포를 보이는 고수동굴은 좌우상하에 다양한 유형의 관람대상물이 분포하고 있다. 그러나 관람루트는 정해진 루트를 이동하기 때문에 그래프상의 목(tree)형 형태를 유지한다. 이러한 관람루트와 관람대상물의 관계를 통한 관람루트의 특성을 네트워크 분석기법을 이용하여 수치적 분석하였다. 그 결과 관람루트의 특성은 전체적으로 목형의 관람루트구조를 갖고 있으며 관람 포인트와 관람대상물의 1:1 대응관계가 강한 특성을 보유하고 있다.

이러한 수치적 결과는 각종 지수를 이용한 네트워크분석이라는 방법의 유용성을 증명하였다. 그러나 일방통행적 관람루트를 갖는 동굴관광자원의 보다 활용적으로 이용한다는 측면에서 본다면, 충분한 자원을 효율적으로 이용할 기회를 살리고자 한다면, 관람포인트의 적극적 개선과 홍보를 통해, 관람시선 방향을 다양하게 바꿔주는 노력을 통해 가능하다고 본다.

이는 타 동굴과의 비교 분석이 아니므로 수치적 해석에 한계가 있었으나 차후 유사한 동굴간의 관람루트를 비교 분석하거나 관람방식에서 생기는 문제점을 파악하는 기초자료로 제공 될 수 있다.

참고문헌

- 강승삼, 1990, “일본의 Karst 지형,” 한국동굴학회지, 23, 38-55.
- 김동진, 1987, 산호동굴의 개발의 지리적 배경, 한국동굴학회, 16, 72-88.
- 김원진, 1998, “성류굴의 지형구조와 2차생성물 연구,” 한국동굴학회지, 55, 51-57.

- 변대준, 1993, 환선굴 주변지역의 인문환경에 관한 연구, 한국동굴학회, 35, 61-66.
- 변대준, 1993, 동정굴 지역의 지리환경에 관한 연구, 한국동굴학회, 36, 54-71.
- 변대준, 1995, 영월 옥동굴 지역의 지리환경에 관한 연구, 한국동굴학회, 42, 69-82.
- 서관호·신동원·조용호, 2009, 온달굴 지형지물에 대한 관람 포인트 설정 및 관람루트에 관한 수치분석, 한국동굴학회지, 92, 52-58.
- 서무송, 1975, “동굴미지형학적으로 본 한국적 특례: Quick Mud와 Cave Jewel의 성인에 관한 연구,” 한국동굴학회지, 1, 12-16.
- 서무송, 1978, “백룡굴의 성인과 2차생성물에 관한 동굴지형학적 고찰,” 한국동굴학회지, 3, 1-6.
- 서무송, 2005, “한국의 동굴과 그 이차생성물에 관한 연구,” 한국동굴학회지, 66, 19-38.
- 서무송, 2005, “이차원의 위중유동에 관한 동굴미지형학적 연구,” 한국동굴학회지, 66, 45-57.
- 서무송, 2005, “우리나라의 와지지형에 관한 성인론적 연구,” 한국동굴학회지, 66, 59-66.
- 서무송, 2005, “동강 유역의 석회암 동굴에 관한 연구,” 한국동굴학회지 66, 95-109.
- 오종우, 1994, “고씨동굴의 내부지형에 관한 특성과 형성과정에 관한 연구,” 한국동굴학회지, 39, 14-33.
- 오종우·홍현철, 1994, 단양 온달굴 지대의 인문사회지리 환경, 한국동굴학회, 37, 68-80.
- 유재신, 1979, “영월 쌍용리, 연당리 일대의 Karst 지형에 관한 연구,” 한국동굴학회지, 5, 27-35.
- 조미령·정규환, 2009, “동굴내부 지형지물 안내판에 대한 정보제공 특성; 고수동굴을 사례로,” 한국동굴학회지, 91, 11-20.
- 조훈, 1989, 마산동굴 개발단지의 환경과 배경에 관한 연구, 한국동굴학회, 20, 90-112.
- 최무송, 1976, “고수동굴의 동굴지형학적 고찰,” 한국동굴학회지, 2, 7-8.
- 홍시환, 1993, 만장굴 지대의 자연환경 소고, 한국동굴학회, 35, 67-77.
- 홍시환, 1993, “고수동굴의 이차생성물에 관한 지형학적 분석,” 한국동굴학회지, 33, 13-43.
- 홍시환, 1979, “중유동의 형성과정에 관한 지형학적 연구,” 한국동굴학회지, 5, 5-13.
- 홍시환, 1995, “온달굴의 동굴생성물에 관한 연구,” 한국동굴학회지, 41, 11-38.
- 홍충렬, 1993, 월둔굴 지역의 지리환경 연구, 한국동굴학회, 36, 43-53.
- 홍현철, 1993, 고수동굴의 교통 및 관광특성에 관한 연구, 한국동굴학회, 33, 47-60.
- 홍현철, 1992, 백룡동굴 주변의 인문 및 사회환경에 관한 연구, 한국동굴학회, 32, 42-64.
- 홍현철, 2008, 군집분석을 이용한 동굴 유형분류의 유용성에 관한 연구, 한국동굴학회지, 84, 1-9.
- 홍현철, 2008, 동굴관광지의 관계적 입지특성 분석을 위한 그래프이론의 적용(1); 네트워크 분석 기법의 적용을 중심으로, 한국동굴학회지, 86, 8-15.
- 홍현철, 2008, 동굴관광지의 관계적 입지특성 분석을 위한 그래프이론의 적용(2); 네트워크의 지위분석 기법의 적용을 중심으로, 한국동굴학회지, 88, 38-44.
- 홍현철, 2008, “공개동굴 지형지물의 명칭 및 설명문에 대한 문제점 고찰,” 한국동굴학회지, 87, 23-33.
- 홍현철·홍충렬, 1994, 고씨동굴 주변지역의 인문환경, 한국동굴학회, 38, 39-45.