

천동굴의 관람루트에 대한 네트워크 수치 분석

김 원 진*·김 지 호*·정 민 채***

The Network Numerical Analysis of the Tour Route at Cheondong Cave

Won-Jin, Kim · Ji-Ho, Kim · Min-Chae, Jung

Abstract : The distribution of Cheondong cave's features is located in the center of the square. Due to its distribution, the tour route of Cheondong cave is spoon-shaped. However, tourists appreciate the features, which have lighting, along the designated route. The network analysis found problems with two characteristics of the viewing points within the viewing route.

Key Words : Cheondong cave, tour route, viewing points, network analysis

국문요약 : 천동동굴의 관람대상물의 분포는 하나의 광장을 중심으로 밀집 분포하고 있다. 이러한 동굴의 형태 특성상 관람루트도 스푼형을 이루고 있다. 그러나 실제로 관광객은 정해진 통로를 따라 이동하면서 조명이 비추어진 지형지물을 관찰하는 관람 형태로 이루어지고 있다. 이러한 관람방식에서 생기는 문제점을 두 가지 관람유형에 따른 네트워크 분석을 통해 관람 포인트의 특성과 문제점을 도출하였다.

주요어 : 천동굴, 관람루트, 관람포인트, 네트워크 분석

1. 서론

현재 개방동굴은 관람의 편의성과 안전성을 고려하여, 통로를 개설하고 관람객은 그 통로를 따라 이동하면서 동굴내의 지형지물을 관찰하도록 되어 있다. 이러한 통로는 진행방향을 일정하게 주어지고 있기에 정해지 지형지물을 순차적으로 관찰하게 된다. 더욱이 다수의 관람객이 함께 입장하게 되면 단지 앞만 보면서 나타나는 지형지물만을 관찰하게 되는 단점을 갖게 되어 주변을 여유롭게 둘러볼 기회를 제공해 주지 못한다. 따라서 하나의 관람포인트에서 대부분 하나의 대상물을 관찰하고 바로 앞으로 진행하여 다음 관람 포인트로 이동하는 패턴을 갖

는다.

위와 같은 사실은 앞서 연구된 고수동굴(정민채·한대호, 2009)과 온달동굴(서관호·신동원·조용호, 2009)의 연구에서 지적된 사항이기도하다. 이들 두 편의 연구는 관람루트를 네트워크화하고 그 구조적 특징을 파악하고자 하였으나, 동굴측 입장에서 제시된 이동경로를 중시한 네트워크를 구축하였기 때문에 구조적으로 목형 구조를 가진 네트워크가 구축되었으며, 이에 대한 결과는 관람 포인트와 관람대상물간의 1:1 대응 관계의 관람구조가 나타났다. 따라서 연계성도 매우 약한 상태로 판단되었다.

그러나 관점을 달리하여, 관람객의 주체적 입장에서 관람 루트를 설계한다면 즉, 동굴내의

* 건국대학교 지리학과 강의교수, geokwj69@konkuk.ac.kr

** 건국대학교 지리학과 박사과정, kjh5969@hanmail.net

*** 동원대학 교수, mc0314@hanmail.net

관람객이 시간적 여유를 갖고, 자유로운 행동 양식을 갖춘 형태로 관람에 임하였을 때 나타나는 관람 포인트와 관람 대상 지형지물과의 관계로 구성된 네트워크는 또 다른 구조를 갖게 된다. 후자의 경우는 동굴 측에서 관람 포인트를 홍보하거나 안내하여 그 포인트에서 관람객이 주변을 살펴거나 뒤를 돌아보는 행동을 유도하는 경우에도 가능하다고 하겠다.

따라서 현재 동굴 측에서 유도하고 있는 통로를 따라 진행방향으로 전진하였을 때 나타나는 네트워크와 통로를 따라 이동하면서 관람 포인트에서 관찰 가능한 모든 대상지형지물을 관찰하면서 진행하거나 왕복통로를 하나의 동일 관람 포인트로 간주하였을 때 나타나는 네트워크는 서로 다른 구조를 갖는 네트워크로 표현될 수 있다.

따라서 본 연구의 목적은 천동동굴을 대상 지역으로 하여, 두 가지 유형의 관람루트를 설계하여 관람 포인트와 지형지물의 관계 속에서 네트워크 구조를 분석하고, 관람루트의 문제점을 파악함과 동시에 관람 포인트의 개선 여지를 알아보고자 한다.

이와 같은 연구 목적을 달성하기 위한 연구의 흐름은 다음과 같다. 먼저 천동동굴의 기존 동굴지형지물의 분포와 통로의 개설에 따라 유도된 관람루트를 네트워크로 구축한다. 두 번째, 관람객의 주체적 입장에서 관람대상지형지물의 가시권에 염두를 두고 관람 포인트를 설정하여 또 다른 네트워크로 구축한다. 전자의 네트워크를 기존 네트워크, 후자를 개선 네트워크로 잠정적으로 호칭한다. 마지막으로, 구축된 두 개의 네트워크를 각종 지수를 통해 비교분석하여 네트워크의 특성 및 관람루트 상 나타나는 문제점을 도출한다.

2. 네트워크 설계를 위한 전제 조건 및 이론적 배경

2-1. 네트워크의 설계조건

자료의 구축 및 연구 방법은, 천동동굴 내의 지형지물에 대한 실제 조사를 통해 지형지물의 분포 상태를 파악하였으며, 통로의 실제 이동 방향을 고려하여 통로를 통한 관람루트를 배치도를 작성한다. 기존 네트워크는 통로 상에 나타나는 관람 포인트를 지정하고 이를 네트워크의 점으로 간주한다. 지형지물도 하나의 점으로, 지형지물의 관람가능 여부는 선으로 간주하여 네트워크를 구성하며, 그래프화 한다. 이때 점과 선의 관계는 위상적 네트워크로 한다. 왜냐하면 가시거리내의 동굴의 대상물들은 거리의 영향을 덜 받는다고 판단한다.

후자의 개선 네트워크는 왕복 통로로 되어 있는 통로 부분은 하나의 선으로 일치시키고, 관람루트 상에 나타나는 가시권내의 모든 관람대상지형지물을 선으로 연결하여 관람 포인트를 작성한다. 전자와 마찬가지로 가시권내의 거리는 무시하고 네트워크를 위상적인 상태로 설계한다. 네트워크의 다양한 지수중에서 두 가지 분석 결과를 도출하기 위한 지수를 사용한다. 하나는 전체적 네트워크의 연결성 정도를 파악하여 비교분석하고, 다른 하나는 네트워크상에 나타나는 관람 포인트의 지위 분석 및 변화를 비교분석하는 지수를 사용한다.

천동동굴의 관람루트의 특성 및 관람대상물의 배치관계는 먼저 통로를 따라 관람하는 이동 방향은 입구에서 동굴 내부로 들어와 직진하다가 우측 아래쪽으로 내려갔다 다시 위로 올라

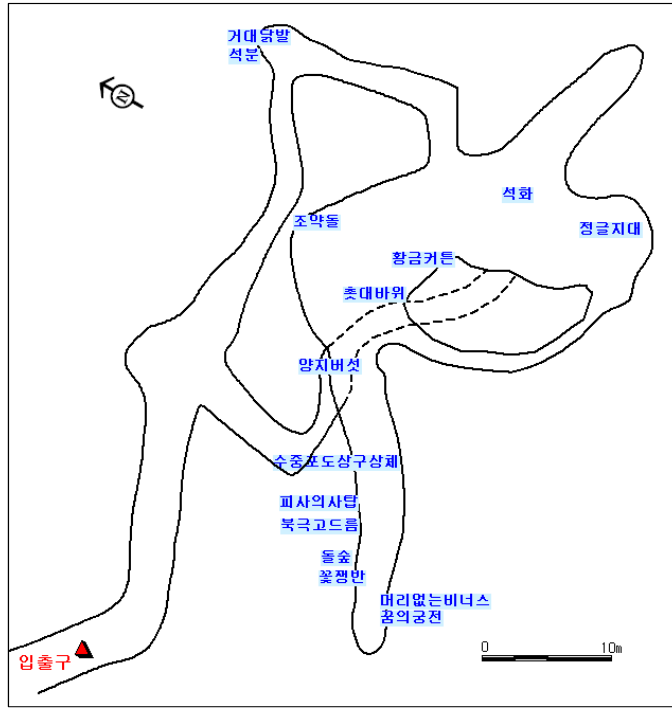


그림 1. 천동굴의 명칭이 부여된 지형지물의 분포도

가는 형태이다. 이 통로를 나오면 천동굴의 광장 우측 부로 나오게 되며 여기서부터 조밀한 지형지물의 분포가 나타난다. 이 광장을 통로를 따라 우측에서 시계방향으로 돌면서 벽면을 따라 이동하면, 광장의 위쪽 지역에 도달하게 되며 이곳에서 좁은 통로를 따라 출구로 향하게 된다. 광장을 빠져나와 일정한 거리를 이동한 뒤에는 입구에서 직선적으로 뻗은 통로와 다시 만나게 되어 있다. 이곳에서 다시 입구 방향으로 진행하여 동굴 밖으로 나오게 된다. 따라서 천동굴은 하나의 광장을 대략 시계 방향으로 두 바퀴를 돌고 일정한 직선통로를 이용 후에 다시 원점으로 돌아오는 스폰형 관람 루트를 가지고 있다. 네트워크 설계를 위한 조건에 따른 두 가지 네트워크의 모양은 3장에서 설명한다.

2-2. 네트워크분석을 위한 이론적 배경

네트워크 분석 기법은 연결성의 강도나 네트워크의 요소에 대한 지위를 측정하는 수단으로 잘 알려져 있다. 홍현철(2008a, 2008b)은 동굴과 관련된 여러 현상에 대해 네트워크기법을 적용 가능성 및 주변 지역과의 관계성 분석의 유용성을 고찰한바 있으며, 서관호·신동원·조용호(2009) 및 정민채·한대호(2009)는 이러한 네트워크의 분석기법을 동굴 내부의 관람루트에 대한 전체 네트워크의 연결성 분석에 이용하였으며, 그 이론적 배경을 정리한바 있다. 이러한 관점을 확장하여 본 연구에서도 서관호·신동원·조용호(2009) 및 정민채·한대호(2009)의 분석기법을 사용하겠으나 그 이론적 배경은 유사하시에 따

로 정리하지 않겠다. 그러나 위의 두 논문은 관람루트의 전체적 구조의 연결성 지표만을 고찰하였고, 본 연구에서는 그 외에 네트워크내의 관람 포인트나 관람 대상물의 지위를 분석하기 위한 몇 개의 지표를 이용하겠다. 홍현철(2008b)은 네트워크 내의 지위분석을 동굴 관광지에 적용가능성을 고찰한 결과를 토대로 다음과 같이 지위분석에 필요한 지표에 대해 그 이론적 배경을 살펴보겠다.

먼저 전체적 네트워크 구조를 수치적으로 파악하기 위하여, 직경, 회로계수, 알파지수, 베타지수, 감마지수, 형상판별의 결과를 이용한다. 이들의 이론적 배경은 생략하고, 추가적으로 전체 네트워크의 중심적 경향을 측정할 수 있는 중심화 지표를 사용한다.

중심화(centralization)란 전체연결망 형태가 어느 정도 중앙에 집중되어있는가를 측정하는 지표를 말한다. 즉, 하나의 연결망이 얼마나 중앙 집중적 구조를 갖고 있는가를 나타내는 지표로 그 공식은 다음과 같다.

$$C = \frac{\sum(Cd_{max} - Cd_{Pi})}{(V^2-3V+2)}$$

이다.

여기서 Cd =차수(degree, 연결중앙성) Cd_{max} = 최대 차수, Cd_{Pi} =다른 점들의 차수이다. 차수에 대해서는 후술하기로 한다. 분모는 최대의 중심화를 이룬 상태(별형)의 값을 의미하며 (v-1)(v-2)이다.

한편 네트워크내의 각 점들에 대한 지위적 차이점을 분석하기 위해 사용가능한 지표 중 본 연구에서는 연결정도 중앙성(degree, 차수), 접근성(accessibility), 사이중앙성(betweenness centrality)에 대해 알아보겠다.

연결정도 중앙성이란 네트워크 상에서 한 결절점이 얼마나 많은 다른 결절점과 연결되어 있는가를 말한다. 교통지리학에서는 연결정도(degree), 네트워크분석에서는 차수(degree)와 같

은 개념이다, 인접행렬의 행 또는 열의 합을 말한다. 즉 네트워크에서 각 결절점에 연결된 선의 상태를 파악하여 부분적 중앙성을 나타낸다. 무향네트워크에서는 연결정도(degree, 차수)를 말한다.

사이중앙성이란 한 결절점이 다른 두 점의 최단경로 위에 있는 정도로 표현한다. 즉, 브로커(도매)의 역할 정도를 의미한다. 표준화된 사이 중앙성 $C^*B(P_m) = \frac{\sum \sum (g_{imj}/g_{ij})}{\{(N^2-3N+2)/2\}}$ 으로 표시한다. 여기서 분자의 $\sum \sum g_{ij}$ 는 결절점 i, j를 연결하는 최단 경로의 수를 말하며, $\sum \sum g_{imj}$ 는 결절점 m 이 i, j 사이의 최단 경로 위에 위치하는 경우의 수이다. 분모는 중앙성을 표준화하기 위하여, 네트워크 내에 결절점 m(자기 자신)을 제외한 다른 두점간의 가질 수 있는 조합의수 즉, n-1C2이다.

즉, (n-1)(n-2)/2 이다. 분모의 경우 최대값을 가질 때는 방사선 형태의 스타연결망(중앙에 한 점이 위치하고 다른 점이 모두 그 점을 중심으로 방사 형태로 연결된 상태)상태이다. 이때 분모의 값은 (N-1)(N-2)/2의 값을 가진다. 따라서 방사연결망에서의 표준화된 사이중앙성은 1 또는 100을 곱한 100이 된다.

접근성(accessibility)이란 네트워크상에 존재하는 다른 점으로부터 자신의 점까지 접근하기 쉬운정도를 나타내며, 사회학에서는 인접 중앙성(closeness)으로 사용하기도 한다. 위상적 네트워크에서는 최단 경로(path)에 의한 각 결절점의 접근하기 쉬운 정도를 사용하고 유치 네트워크에서는 선의 길이나 소요시간 등으로 계산된다.

본 연구에서는 최단경로에 의한 거리행렬 또는 최단경로행렬(D) 방법을 이용하였는데, 최단 경로에 따른 거리행렬의 방법은 Shimbel에 의해 제창되었으며, 앞의 접근성행렬이 여전히

스칼라양의 문제로 남아있음을 고려하여, 한 점을 단 1회만 통과하는 경로 만에 주목하고, 이를 바탕으로 두 결절점 간의 최단 경로거리의 의미로 계산하고 있다. 여기서 최단 경로행렬의 행렬의 요소는 i 와 j 점 간의 위상적 최단경로거리를 의미 한다.

우선 연결성행렬 C 를 구한다. 누승행렬의 누승수를 요소로 하는 행렬 D_n or C_n^* (n 은 직경까지) 을 작성해 나아간다. 최단거리에 의한 거리행렬 D_n 의 n 은 위상적 직경까지 계산하면, 모든 요소가 0이 아닌 다른 숫자가 출현하게 되므로 여기까지 계산하게 된다. 최종적으로 D_n 이 최단경로행렬이 되고, 최단 경로행렬의 각 점에 대한 Σ 값을 접근도라 한다. 접근도의 수치가 작을수록 접근성이 좋은 점을 나타낸다.

3. 관람 포인트와 관람

대상물에 대한 네트워크 구축

먼저 기존 설정된 통로를 따라 관람객이 입장하면서 전방에 나타나는 관람대상물을 관찰하면서 진행한다. 즉, 지극히 일반적인 관람형태를 선정하고, 이에 따른 네트워크를 구축한다. 이때 통로 상에 설정되는 관람 포인트는 관람대상지형지물이 최상의 상태로 관람 가능한 하나의 장소를 설정한다. 단 두 개의 지형지물이 거리가 매우 가까워 동시에 관람 가능한 경우에는 하나의 관람 포인트에서 두 개 이상의 대상 지형지물에 관람시선 방향으로 선을 연결한다. 또한 입구와 출구를 각각 다른 별개의 결절점으로 취급한다.

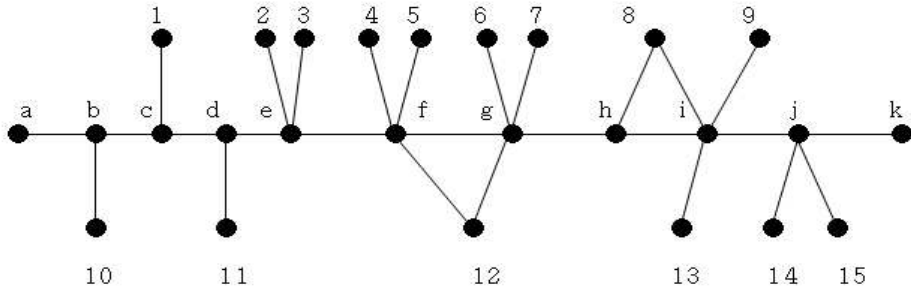
이렇게 설정된 네트워크는 기존에 동굴개방과 통로 개방 당시 동굴 측 의도에 따라 자연

히 설정되는 관람 포인트와 관람 대상 지형지물의 관계를 나타내는 네트워크가 구축되며, 관람자의 시야는 비교적 좁고 제시된 관람 방법을 따라 이동 및 관람하게 되는 결과를 나타낸다. 즉, 제시된 통로 및 통로의 방향, 제시된 조명, 한정된 시야에 의해 나타나는 네트워크라 할 수 있겠다. 편의상 이러한 네트워크를 ‘통로에 따라 유도된 네트워크’로 명명한다.

한편, 두 번째 네트워크는 관람자의 자유로운 관람 태도 및 동굴의 형태를 고려한 네트워크를 구축하였다. 관람자의 자유로운 관람태도란 통로 방향을 따라 나타나는 지형지물에만 주목하지 않고 좌우상하 자유로운 시선과 관람을 통해 관람대상 지형지물을 자유롭게 관찰할 때 나타나는 관람 포인트 및 그때 관찰 가능한 관람대상 지형지물을 점으로, 그들 사이의 시선 방향과 통로의 이동 구간을 선으로 나타낸다는 의미이다. 이와 같이 설정하면 하나의 점에서 전자의 통로에 따른 유도된 네트워크 때 보다 많은 선의 연결이 예상된다.

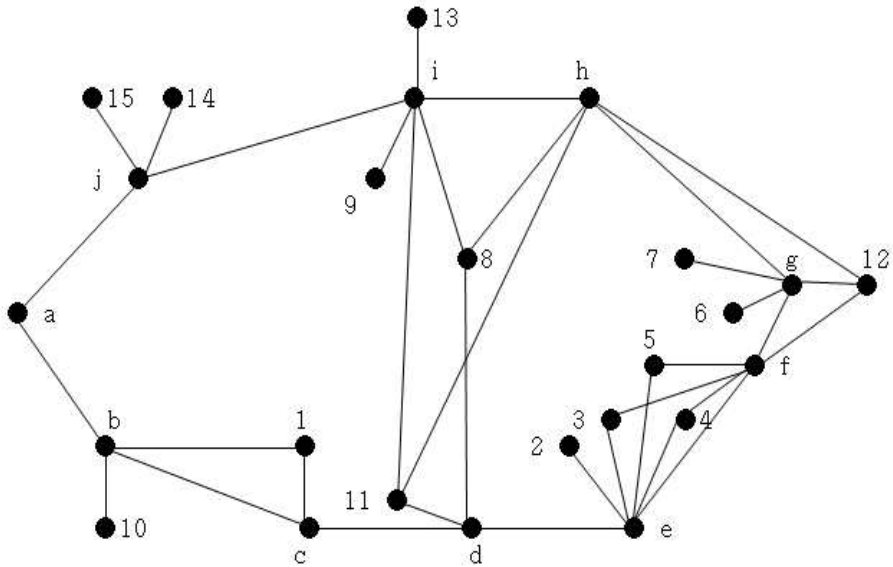
또한 동굴의 형태를 고려한다는 점은 동굴이 갖고 있는 광장의 특성을 충분히 반영하여 시선의 자유로움을 인정하고, 입출구가 동일한 위치인 경우 통로 방향을 무시하여 하나의 점으로 나타낸다. 특히 천동동굴과 같이 하나의 광장이 있어 스폰형 관람형태를 가질 경우와 같이 입출구가 동일한 경우이거나 통로가 왕복형태의 루트를 가질 때는 동리한 점 또는 동일한 선으로 간주한다는 의미이다. 이 네트워크를 ‘관람객 입장으로 개선된 네트워크’로 명명한다.

이와 같은 각기 다른 두 가지의 관점에 따라 다음과 같은 두 개의 네트워크(그림 2. 그림 3)가 완성되었다. 통로에 따라 유도된 네트워크는 26개의 점과 27개의 선으로 구성되는 네트워크이며, 관람객의 입장을 고려한 개선된 네트워



- 1)정글지대 2)머리없는비너스 3)꿈의궁전 4)돌숲 5)꽃쟁반 6)피사의사탑
 7)수중포도상구상체 8)영지버섯 9)조약돌 10)석화 11)툰대바위 12)북극고드름
 13)황금커튼 14)석문 15)거대담발 a)입구 b~j)관람포인트 k)출구

그림 2. 통로기준으로 유도된 위상적 네트워크



- 1)정글지대 2)머리없는비너스 3)꿈의궁전 4)돌숲 5)꽃쟁반 6)피사의사탑
 7)수중포도상구상체 8)영지버섯 9)조약돌 10)석화 11)툰대바위 12)북극고드름
 13)황금커튼 14)석문 15)거대담발 a)입구 b~j)관람포인트 k)출구

그림 3. 관람객입장으로 개선 된 위상적 네트워크

크는 25개의 점과 35개의 선으로 구성된 네트워크이다. 통로에 따라 유도된 네트워크 보다 관람객 입장으로 개선된 네트워크가 점의 수에 있어서 하나가 적다. 이는 입구와 출구를 동일점으로 간주하였기 때문이다.

4. 관람루트의 네트워크 구조 및 관람 포인트 특성 비교분석

4-1. 네트워크의 연결성 비교분석

통로기준네트워크 보다 개선 네트워크의 경우 직경이 매우 짧고 회로 계수와 알파, 베타, 감마 지수 등 모든 지표에 있어서 큰 값을 보인다. 이는 개선 네트워크가 두 최원점에 대한 최단 경로 거리가 짧고, 기저회로의 수가 많으며, 한 점에 대한 평균적 선의 수도 크고, 가능한 최대 선수에 대한 실제 선수의 비율도 높다는 것을 의미한다. 따라서 개선된 네트워크의 연결강도가 높다는 것을 알 수 있다.

형상판별의 결과, 알파지수는 두 네트워크 모

두 목형네트워크를 보이지만 개선 네트워크의 값은 거의 격자형에 가까운 수치를 보이고 있다. 감마지수의 경우, 확연히 다른 구조를 나타내어 통로기준네트워크가 목형인 반면, 개선 네트워크는 격자형의 기준값을 넘어선 수치를 보인다. 따라서 두 네트워크는 그 발달형태로 보아 개선된 네트워크가 우월하다. 이는 관람객이 동굴내부 지형지물을 관찰할 때 한 관람 포인트에서 다양한 관람 대상 지형지물의 관람이 가능한 형태인 것을 의미한다. 즉 개선후의 네트워크는 동일한 관람대상물을 갖고도 다양한 지형정보를 다양하게 제공해줄 수 있는 구조임을 말하는 것이다.

중심화란 네트워크의 연계상태를 하나의 중심점에 얼마나 집중되어 있는가를 판단하는 지표이다. 계산과정은 각각 다음과 같다.

$$\{(5-1)*15+(5-2)*2+(5-3)*4+(5-4)*2+(5-5)*3\}/(26-1)*(26-2) = 0.127$$

$$\{(6-1)*8+(6-2)*5+(6-3)*4+(6-4)*3+(6-5)*2+(6-6)*3\}/(25-1)*(25-2) = 0.145$$

그러나 그 값의 차이는 크지 않다고 보겠다. 이러한 결과의 첫 번째 이유는 네트워크 분석구조상 관람 포인트의 이동 간에 소요되는 선

표 1. 네트워크의 전체적 연결성

		통로기준네트워크	개선 네트워크
점		26	25
선		27	36
직경		10	7
회로계수		2	10
알파 지수		0.007	0.036
베타 지수		1.038	1.400
감마 지수		0.083	0.117
형상 판별	알파	0.043	0.244
	감마	0.027	0.510
중심화		0.127	0.145

표 2. 네트워크의 지위분석

분석대상지점		통로기준 네트워크		개선 네트워크	
		연결정도 (degree)	집근성 (최단path)	연결정도 (degree)	집근성 (최단path)
관 람 포 인 트	a	1	152	2	79
	b	3	128	4	78
	c	3	108	3	71
	d	3	92	4	59
	e	4	80	6	64
	f	5	74	6	68
	g	5	75	5	68
	h	3	83	5	60
	i	5	94	6	60
	j	4	112	4	70
	k	1	136	-	-
관 람 대 상 지 형 지 물	1	1	132	2	86
	2	1	104	1	87
	3	1	104	2	81
	4	1	98	2	81
	5	1	98	2	81
	6	1	99	1	89
	7	1	99	1	89
	8	2	100	3	62
	9	1	116	1	81
	10	1	152	1	93
	11	1	112	3	65
	12	2	86	3	68
	13	1	118	1	80
	14	1	136	1	89
	15	1	136	1	93

의 수가 포함된 분석결과이므로 통로기준네트워크의 값이 비교적 높게 나왔다. 이 부분의 해석은 다음 절의 지위분석에서 자세히 고찰하겠다. 다른 이유의 하나는 하나의 광장 구조를 이루는 천동동굴의 경우, 광장 중심에 위치한 하나의 관람 포인트의 집중성을 기대하였으나 동굴특성상 좁은 시야와 굴곡된 통로등에 의해 그

효과는 크지 않다고 보겠다. 따라서 천동동굴은 동굴 형태적으로 광장의 효과를 충분히 살리지 못하고 있는 실정이라고 판단할 수 있다.

4-2. 관람 포인트에 대한 지위분석

위상적 네트워크의 지위를 분석하는 기법으

로 자주 사용되는 지수로는 연결정도 중앙성 및 접근성을 들 수 있겠다. 접근성은 다양한 방법으로 계산 될 수 있으나 본 연구에서는 최단 경로를 통해 접근하기 쉬운 정도를 측정하는 기법을 이용하였다. 즉 접근도의 값이 적으면 적을 수록 그 네트워크내의 접근성이 좋은 것으로 판단한다.

단 연결정도의 중앙성은 각각의 관람 포인트 자체의 지위를 나타낸다. 따라서 네트워크상에서 통로의 상태를 고려하지 않은 부분적 지위를 판단할 수 있으며, 접근성의 경우는 자신의 관람 포인트를 제외한 다른 모든 점에서 접근하기 쉬운 정도를 계산하기 때문에 관람 포인트에서 관람대상 지형지물의 접근성 및 다른 관람 포인트 간의 접근성도 함께 포함된 접근도가 계산된다. 이러한 문제점은 계산 과정상에서 필요 없다고 고려되는 부분을 제외한 값을 구하면 해결할 수 있겠으나, 어떠한 의미에서는 관람의

형태가 관람 포인트 간의 이동을 통해 관람대상물을 관찰하므로 두 종류의 점의 의미를 포함하는 것도 가능한 해석일 수 있다. 따라서 해석상의 주의를 요할 필요가 있으며 필요에 따라 계산을 제외할 수도 있겠다. 본 연구에서는 모두를 포함하는 계산 값으로 고찰하여 보겠다(표 2).

먼저 관람 포인트에 대한 연결성 정도를 비교해보면, 통로 기준의 네트워크 상에서는 f, g, i 포인트에서 관람효과가 가장 좋으나, 개선 네트워크에서는 e, f, i포인트에서 관람 효과가 좋다. 두 네트워크의 관람효과와의 차이는 목형 네트워크상에서 보다 개선 네트워크에서 모든 관람 포인트의 관람효과가 증가하였다. 특히 e포인트의 효과는 2차수가 좋아져 관람효과가 매우 상승하였다. 이와 같이 2차수 이상의 연결정도 중앙성이 상승한 관람 포인트는 h도 있다. 통로기준 네트워크상에서 가장 좋은 관람효과를 보이던 g포

표 3. 통로기준 네트워크에 대한 접근성 계산

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Σ
a	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	3	5	5	6	6	7	7	8	9	2	4	6	9	10	10	152
b	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	2	4	4	5	5	6	6	7	8	1	3	5	8	9	9	128
c	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	1	3	3	4	4	5	5	6	7	2	2	4	7	8	8	108
d	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	2	2	2	3	3	4	4	5	6	3	1	3	6	7	7	92
e	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	3	1	1	2	2	3	3	4	5	4	2	2	5	6	6	80
f	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	4	2	2	1	1	2	2	3	4	5	3	1	4	5	5	74
g	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	3	3	2	2	1	1	2	3	6	4	1	3	4	4	75
h	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	6	4	4	3	3	2	2	1	2	7	5	2	2	3	3	83
i	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	7	5	5	4	4	3	3	1	1	8	6	3	1	2	2	94
j	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	8	6	6	5	5	4	4	2	2	9	7	4	2	1	1	112
k	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	9	7	7	6	6	5	5	3	3	10	8	5	3	2	2	136
1	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	4	4	5	5	6	6	7	8	3	3	5	8	9	9	132
2	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	4	0	2	3	3	4	4	5	6	5	3	3	6	7	7	104
3	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	4	2	0	3	3	4	4	5	6	5	3	3	6	7	7	104
4	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	5	3	3	0	2	3	3	4	5	6	4	2	5	6	6	98
5	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	5	3	3	2	0	3	3	4	5	6	4	2	5	6	6	98
6	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	4	4	4	3	3	0	2	3	4	7	8	2	4	5	5	99	
7	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	4	4	3	3	2	0	3	4	7	5	2	4	5	5	99
8	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	7	5	4	4	3	3	0	2	8	6	3	2	3	3	100	
9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	8	6	6	5	5	4	4	2	0	9	7	4	2	3	3	116
10	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	3	5	5	6	6	7	7	8	9	0	4	6	9	10	10	152
11	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	3	3	3	4	4	5	5	6	7	4	0	4	7	8	8	112
12	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	5	3	3	2	2	2	3	4	6	4	0	4	5	5	86	
13	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	8	6	6	5	5	4	4	2	2	9	7	4	0	3	3	118
14	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	9	7	7	6	6	5	5	3	3	10	8	5	3	0	3	136
15	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	9	7	7	6	6	5	5	3	3	10	8	5	3	3	0	136

인트의 경우 차수의 값은 변화가 없으나 개선네트워크 상에서는 상대적으로 순위가 하락하였다.

이와 같은 결과는 관람 포인트의 연결 중앙성의 변화 이외에 관람대상 지형지물의 연결정도 중앙성의 변화를 보아도 마찬가지이다. 예를 들어 모든 관람대상 지형지물의 연결정도 중앙성 값이 증가 하였으며, 특히 촛대 바위의 경우는 2차수가 증가함으로써 관람효과가 극대화되었음을 알 수 있다.

이러한 결과는 목형형태의 네트워크보다 개선된 네트워크의 관람효과는 전반적으로 상승하였으며, 관람 포인트와 관람대상물 중에서도 그 효과가 급격히 상승하는 포인트 및 지형지물이 존재함을 알 수 있다. 따라서 방문객에 대한 관람 형태를 자유스럽게 해주거나 적당한 정보를 제공해 줌으로서 고정된 동굴 내부의 지형지물에 대한 잠재된 관람효과를 극대화 할 수 있

다.

두 종류의 네트워크에 대한 접근성 계산은 표 3과 표 4에 제시하였고 표 2에는 그 결과 만을 게재하였다. 접근성에 따른 분석결과를 비교해보면, 통로 네트워크에서는 e, f, g, h관람 포인트가 다른 관람 포인트 보다 비교적 접근성이 좋은 것을 알 수 있다. 이 관람 포인트들은 천동동굴의 통로상의 거의 중앙에 위치하고 있으며 2) 머리 없는 비너스 ~ 8)영지버섯에 이르는 구간의 지형지물들을 중복적으로 관찰할 수 있는 구간이다. 반면, 1)정글지대나 10)석화의 경우는 통로상의 극단에 위치하고 있어 한번 지나가면 다시는 관찰 할 수 없는 지형지물이라고 하겠다.

개선 네트워크의 접근도는 대부분 100이하의 값으로 통로기준 네트워크에 비해 접근성이 탁월하게 좋다는 것을 알 수 있다. 좋은 접근성을 나타내는 관람 포인트로는 d, h, i로 이들 관

표 4. 개선된 네트워크에 대한 접근성 계산

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Σ
a	0	1	2	3	4	5	4	3	2	1	2	5	5	5	5	5	5	3	3	2	3	4	3	2	2	79
b	1	0	1	2	3	4	5	4	3	2	1	4	4	4	4	5	5	3	4	1	3	5	4	3	3	78
c	2	1	0	1	2	3	4	3	3	3	1	3	3	3	3	5	5	2	4	2	2	4	4	4	4	71
d	3	2	1	0	1	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2	4	4	1	3	3	1	3	3	4	4	59
e	4	3	2	1	0	1	2	3	3	4	3	1	1	1	1	3	3	2	4	4	2	2	4	5	5	64
f	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	4	2	1	1	1	2	2	3	4	5	3	1	4	5	5	68
g	4	5	4	3	2	1	0	1	2	3	5	3	2	2	2	1	1	2	3	6	4	1	3	4	4	68
h	3	4	3	2	3	2	1	0	1	2	4	4	3	3	3	2	2	1	2	5	1	1	2	3	3	60
i	2	3	3	2	3	3	2	1	0	1	4	4	4	4	4	3	3	1	1	4	1	2	1	2	2	60
j	1	2	3	3	4	4	3	2	1	0	3	5	5	5	5	4	4	2	2	3	2	3	2	1	1	70
1	2	1	1	2	3	4	5	4	4	3	0	4	4	4	4	6	6	3	5	2	3	5	5	4	4	86
2	5	4	3	2	1	2	3	4	4	5	4	0	2	2	2	4	4	3	5	5	3	3	5	6	6	87
3	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	4	2	0	2	2	3	3	4	5	5	3	2	4	6	6	81
4	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	4	2	2	0	2	3	3	4	5	5	3	2	4	6	6	81
5	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	4	2	2	0	3	3	4	5	5	3	2	4	6	6	6	81
6	5	5	5	4	3	2	1	2	3	4	6	4	3	3	3	0	2	3	3	7	5	2	4	5	5	89
7	5	5	5	4	3	2	1	2	3	4	6	4	3	3	3	2	0	3	3	7	5	2	4	5	5	89
8	3	3	2	1	2	3	2	1	1	2	3	3	4	4	4	3	3	0	2	4	2	2	2	3	3	62
9	3	4	4	3	4	4	3	2	1	2	5	5	5	5	5	3	3	2	0	5	2	3	2	3	3	81
10	2	1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	5	5	5	5	7	7	4	5	0	4	6	5	4	4	93
11	3	3	2	1	2	3	4	1	1	2	3	3	3	3	3	5	5	2	2	4	0	2	3	3	3	65
12	4	5	4	3	2	1	1	1	2	3	5	3	2	2	2	2	2	2	3	6	2	0	3	4	4	68
13	3	4	4	3	4	4	3	2	1	2	5	5	4	4	4	4	2	2	5	2	3	0	3	3	3	80
14	2	3	4	4	5	5	4	3	2	1	4	6	6	6	6	5	5	3	3	4	3	4	3	0	2	89
15	2	3	4	4	5	5	4	3	2	1	4	6	6	6	6	5	5	3	3	4	3	4	3	2	0	93

람 포인트는 관람대상 지형지물인 촛대바위, 영지버섯, 조약돌 부근의 통로상에 있다. 천동동굴의 중앙 광장 부근은 복수의 지형지물의 관찰이 가능하고 시야가 넓게 트인 장점을 가진 통로상에 있다. 그러나 현재 동굴 측에서는 안전의 이유로 철조망으로 가려져 그 역할을 다하지 못하고 있는 실정이다. 관람대상물 중에서 중복 관찰이 가능한 대상물도 역시 촛대바위이다. 접근도 65로 관람대상물 중에 가장 좋다.

접근도 측면에서 살펴본 결과로부터 언급 가능한 사실은 앞서 살펴본 연결 중앙성의 결과와 동일하다. 현재 좁은 공간을 활용하고자 통로를 이리저리 비틀고 철조망을 이용한 시야가 급격히 줄어든 상태로 관람객의 시야를 지극히 제한하고 있는 구조를 관람객의 입장에서 자유로운 관람효과를 극대화한다면, 동굴의 관람대상물의 정보전달효과는 자연스럽게 극대화시킬 수 있다.

5. 결론

천동 동굴을 대상으로 통로상에 나타나는 관람포인트를 선정하고 통로기준 네트워크와 개선된 네트워크를 설정하였다. 이 두 가지 네트워크를 네트워크의 전체적 연결성과 네트워크의 지위분석을 통해 관람 포인트의 특성 및 문제점을 도출하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 천동동굴은 하나의 광장을 중심으로 형성된 동굴임에도 불구하고 인위적인 통로의 개설과 지형지물의 안전을 위한 방어망을 설치하여 목형 형태의 관람루트를 개설하고 있다. 그러나 관람시간의 연장과 지형지물의 보호라는 장점은 있으나 지형지물에 대한 관람객에게

의 정보전달이라는 측면에서 고찰하면 매우 제한적이라고 할 수 있다. 이러한 문제점을 개선하려면 일부 방어망의 해소와 동굴 측의 관람 포인트에 관한 정보제공을 통하여 어느 정도 가능하다고 본다.

둘째, 주어진 관람 포인트의 정보제공은 한정된 대상물에 대한 정보를 극대화하여 제공할 때 그 가치를 높일 수 있으며, 현재 머리 없는 비너스 근처의 관람 포인트를 촛대바위나 영지버섯 위치로 바꿈으로서 가능하다. 이러한 관람 포인트의 변화는 네트워크 분석의 결과에서 알 수 있듯이, 스펀형 동굴 형태에 맞는 스펀형 관람루트를 제공해줌으로써, 또 조그만 정보 전달 매체를 통해서 쉽게 해결 가능한 상태라고 본다.

지면 관계상 본 연구의 결과에 맞는 사례를 직접 제시하지 못한 부분이 있으나 본 연구의 목적이 대책이라기 보다는 문제점의 도출에 있기에 개선 방향이나 대책은 다음 논문의 주제로 활용할 것을 약속한다.

참고문헌

- 강승삼, 1990, “일본의 Karst 지형,” 한국동굴학회지, 23, 38-55.
- 서관호·신동원·조용호, 2009, 온달굴 지형지물에 대한 관람 포인트 설정 및 관람루트에 관한 수치분석, 한국동굴학회지, 92, 52-58.
- 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 인문사

- 회지리 환경, 한국동굴학회, 37, 68-80.
- 정민채·한대호, 2009, “고수동굴의 관람루트에 대한 수치적 고찰,” 한국동굴학회, 93, 41-48.
- 홍시환 외, 1990, “천동동굴의 동굴환경에 관한 연구,” 한국동굴학회지, 24, 1-41.
- 홍현철, 1993, 고수동굴의 교통 및 관광특성에 관한 연구, 한국동굴학회, 33, 47-60.
- 홍현철, 2008, 군집분석을 이용한 동굴 유형분류의 유용성에 관한 연구, 한국동굴학회지, 84, 1-9.
- 홍현철, 2008a, 동굴관광지의 관계적 입지특성 분석을 위한 그래프이론의 적용(1); 네트워크분석 기법의 적용을 중심으로, 한국동굴학회지, 86, 8-15.
- 홍현철, 2008b, 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.
- Cooper, C. P.(1981). Spatial and temporal pattern of tourist behavior. 『Regional Studies』, 15(5): 356-371.
- Crompton, J, L.(1992). Structure of vacation destination choice sets. 『Annals of Tourism Research』, 19: 420-434.
- Field, D. R.(2000). Social groups and parks: Leisure behavior in time and space. 『Journal of Leisure Research』, 32(1): 27-31.
- Gunn, C. A.(1979). Tourism Planning. Taylor&Francis. NewYork.
- Leiper, N.(1991). The framework of tourism, 『Annals of tourism Research』, 6(4): 403-415.
- 高橋伸夫·菅野峰明·村山祐司·伊藤 悟(1997) 新しい都市地理學. 東洋書林. 東京.
- 足羽洋保(1994). 新觀光學概論, ミネルヴァ書房. 京都.
- 鶴田英一(1994). 観光地理學の現状と課題 : 日本と英語圏の研究の止揚に向けて. 『人文地理』 46(1): 66-84.