

# 충청북도의 지반특성

서 용 석  
충북대학교 지구환경과학과 교수

## 1. 충청북도의 위치 및 지형

### 1.1 위치

충청북도는 한반도의 중앙부에 위치하고 있으며, 위도상으로는 중위도에 속하고, 우리나라에서 바다에 접하지 않은 유일한 내륙도이다. 따라서 바다와 가장 가까운 지점인 진천군 백곡면 서단에 있는 서운산에서 바다에 접해 있는 충청남도 아산만의 방파제까지의 거리가 무려 47km나 된다. 이와 같이 바다에서 멀리 떨어져 있는 충청북도는 북동쪽에 태백산맥, 동쪽에 소백산맥, 북서쪽에 차령산맥으로 차단된 거대한 분지지형을 형성하고 있어, 여름은 고온다습하고 겨울은 한랭 건조한 온대몬순 기후로서 대륙성 기후의 특징을 보인다.

본 도의 북단은 북위 37° 15' 20"로서 제천시 백운면 운학리에 속하며 강원도와 접해 있고, 남단은 북위 36° 00' 35" 의 영동군 용화면 용화리로서 전라북도와 접하고, 동단은 동경 128° 38' 15" 로서 단양군 영춘면 의풍리 동단이며 강원도 및 경상북도와 인접해 있고, 서단은 동경 127° 16' 40" 로서 청원군 강외면 상봉리의 심포동이며, 충청남도와 접해 있다. 이상의 내용은 충청북도 홈페이지 (<http://www.provin.chungbuk.kr>)에 게재된 내용을 저자가 편집한 것임을 밝혀둔다.

충청북도를 통과하는 도로교통망을 살펴보면, 청주를 중심으로 경부 및 중부고속도로, 경부선 철도가 통과하고 있으며, 최근에는 중부내륙 고속도로, 음성~충주간 고속도로 및 청원~상주간 고속도로 등이 건설되고 있다. 또한 청주에서 10분거리에 있는 고속철도 오송역의 건설이 확정됨으로써 철도, 도로 등 교통수단이 대폭 확충되고 있다. 또한 최근에는 오창과학산업단지의 조성이 활발히 이루어지고 있어, 지반공학자의 역할이 전국 어느 지역보다 기대되는 곳이라 할 수 있다.

### 1.2 지형

본 도의 지형에 관해서는 “충북의 자연; 지질·광물자원편”(나기창, 1986)에 자세한 내용이 있으며 이를 인용하여 정리하면 다음과 같다.

충청북도와 강원도의 경계지역인 북동부는 태백산맥으로부터 차령산맥, 소백산맥이 분기되는 곳이며, 경기도와의 경계선에는 차령산맥이, 경상북도 및 전라북도와 접하는 동남부에는 소백산맥이

남서방향으로 발달하고 있다. 따라서 東高西低, 南高北低의 지형을 보이며, 이를 북부산지, 동부산지, 중앙구릉지, 북부저지, 서부저지 등 5개의 지형구로 나눌 수 있다.

#### ○ 북부산지

험준한 산악지방으로 남한강 상류 이북에 위치하며, 제천시, 충주시, 단양군의 일부가 포함된다. 태백산맥의 서측사면으로 800m~1000m의 고도를 갖는 산지들로 이루어진 연속되는 차령산맥이 통과하며 백운산, 구학산, 벼락바위, 삼봉산 등의 고봉이 분포한다. 북부산지의 중앙부는 화강암과 주변에 분포하는 변성암류의 차별침식에 의하여 형성된 제천분지가 위치한다. 제천, 단양지역에는 석회암류들이 분포하며, 돌리네, 우발레, 라피에, 카렌필드 등이 집중적으로 발달되어 국내에서 대표적인 카르스트지형을 보여준다.

#### ○ 동부산지

본 산지는 소백산맥이 근간을 이루고 있다. 충북도내에서 유라기의 대보화강암류 분포지가 대체로 저평한 지형을 보이는 것과 달리 백악기 불국사 화강암류가 분포된 지역은 제천분지를 제외하고는 대체로 험준한 산지로 이루어져 있다. 소백산맥은 주로 불국사 화강암류와 이에 수반되는 반심성암류 그리고 부분적으로 옥천계 변성암류 및 편마암류로 구성되며, 조령以東은 소백산, 두솔봉, 문주봉 등 1000m 이상의 고봉이 분포하고, 조령과 추풍령 구간에는 균자산, 백악산, 형제봉 등 대체로 900m 내외의 봉우리들이 분포하고 800m 이하의 낮은 산지도 일부 분포한다. 추풍령 이남 지역에는 황학산, 망실봉, 삼도봉 등 1000m 이상의 고봉들이 연속적으로 분포하여 곳곳에 협곡과 전형적인 곡류천을 형성하고 있다.

#### ○ 중앙구릉지

충북의 중앙부를 남북으로 종단하며 남한강과 금강의 분수령 역할을 하는 구릉지로서 대체로 600m 내외의 봉우리들이 분포하는 지역이다. 구릉지가 되기 위한 지질구조나 구성암석의 특수성은 없으나, 지역적으로 경상계 퇴적암류, 옥천계 변성퇴적암류로 구성되어 있다.

#### ○ 북부저지

남한강과 그 지류인 달천을 중심으로 동쪽에 박달령, 계명산, 남산 등이 분포하고, 서쪽으로 옥녀봉, 보련산 등이 분포한다. 본 지역에 발달된 200m 이하의 구릉지와 침식평야는 중심부의 대보화강암류와 주변부의 변성퇴적암 사이의 차별침식에 기인한다. 그리고 달천과 남한강 합류지점 부근에는 하천유역에 대규모 범람원이 발달되어 있으며, 각종 충적지형인 자연제방, 포인트 바, 河中島 등이 형성되어 있다.

#### ○ 서부저지

금강 상류 미호천 유역을 중심으로 발달되며, 청주, 회평, 진천, 조치원 일대에 넓은 평야가 전개된

다. 본 지역은 대보화강암과 선캠브리아 호상편마암류가 주로 분포한다. 또한 동남부 지역인 보청천 유역에는 영동, 옥천 등의 소분지가 대보화강암 분포지를 중심으로 발달되어 있다.

### ○ 수 계

본 도를 흐르는 주요하천은 남한강과 금강 2대 하천으로 나뉜다. 오대산 부근에서 발원한 남한강은 도내에 들어오면서 서남류하다가 단양부근에서 유로를 서쪽으로 바꾼다. 도중에 제천 황강리를 지나 충주부근에서 달천과 합류하면서 북류하여 경기도를 지나 서해로 들어간다. 강유역에는 단양, 제천, 한수, 충주, 연풍, 괴산, 음성 등의 침식분지가 발달되어 있어, 산지가 많은 동북부지방에 중요한 생산지대를 형성하고 있다.

전라북도의 장수군에서 시작된 금강은 북류하다가 심천부근에서 유로를 서북쪽으로 바꾸면서 심하게 곡류하여 모식적인 곡류천을 이루고 있으며, 충청도와의 도계를 따라 올라가다가 부강부근에서 남서쪽으로 바뀌어 충남도로 흐른다. 도중에 영동천, 보청천, 미호천 등의 지류와 만나는데 그 유역에 황간, 영동, 심천, 옥천, 보은, 청산 등 산간분지를 형성하고 있다. 미호천의 하류에 청주분지인 미호평야를 형성, 충북 최대의 곡창지대를 이루고 있다.

## 2. 충청북도의 지질

본 도는 지체구조적인 면에서 경기육괴와 소백산육괴의 편마암류 기반위에 옥천지향사대가 북동-남서방향으로 관통하고 있으며, 이는 다시 변성대와 비변성대 혹은 고지향사대와 신지향사대가 경계를 이루고 있다. 또한 대동분지와 경상분지의 일부 및 각종 화성암류가 분포하고 있어 한반도의 지질을 대표할 수 있는 지역이라 할 수 있다. 본 장에서는 암반공학적 활용에 유익하도록 대표적 암질위주로 구분하여 간단히 기술하고자 한다.

충북의 지질은 크게 선캠브리아기 변성암류, 옥천계 변성퇴적암류, 조선계, 평안계, 대동계 및 경상계 지층 및 중생대 화성암류로 나누어진다. 충청북도의 지질분포를 나타내면 그림 1과 같다(나기창, 1986).

본 지역에 분포하는 지질단위에 대한 설명은 “충북의 자연; 지질·광물자원편”(나기창, 1986)을 중심으로 1:250,000 안동 지질도폭 설명서 (한국지질자원연구원, 1996) 및 1:250,000 대전 지질도폭 설명서 (한국지질자원연구원, 1995)의 내용을 참조하여 재구성한 것이다.

### 2.1 선캠브리아기 편마암 복합체

선캠브리아기 변성암류는 크게 경기육괴변성암류에 속하는 박달령편마암복합체와 음성편마암복합체, 진천편마암복합체가 있고, 영남육괴에 속하는 것으로 소백산편마암복합체(단양 및 옥동도폭에 분포)와 영동군 동부에 분포하는 영동편마암 복합체가 있다.

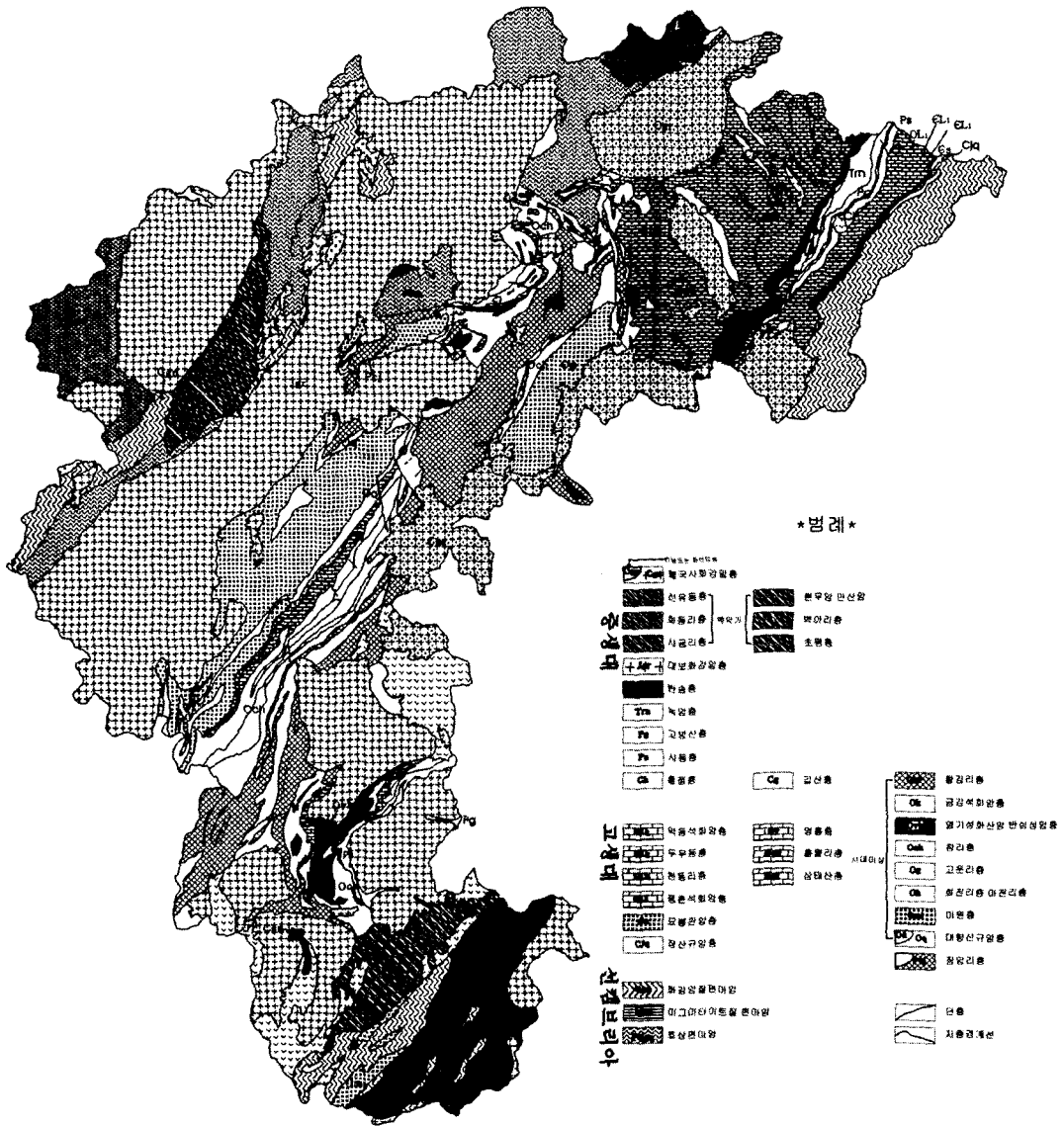


그림 1. 충청북도의 지질

### 2.1.1 경기편마암복합체

#### ○ 박달령 편마암복합체

본 암체는 충주시 동량면, 산척면에서 시작되어 제천시 백운면, 봉양면을 거쳐 강원도 원성군 신림면에 분포한다. 본 암체에서 가장 넓게 분포하는 흑운모호상편마암은 화강암화된 정도에 따라 호상편마암, 미그마타이트질 편마암, 화강암질 편마암 및 페그마타이트질 편마암으로 나뉘어 진다. 백운모호상편마암류는 사질인 퇴적암들이 광역변성작용을 받은 후 미그마타이트화작용과 화강암화작용에 의하여 형성된 것이다. 반상변정질편마암은 감악산을 중심으로 강원도와의 경계지역에 넓게 분포한다. 암석의 편리 또는 엽리를 따라 다수의 장식 반상변정을 포함하며, 그 크기는 2~3cm이다. 안

구상편마암은 광물조성이 반상변정질 편마암과 유사하나 파쇄변성작용의 영향으로 반상변정의 모서리가 둥글게 안구상으로 변하거나 파쇄된 석영질 기질을 가진다. 주로 석영, 정장석, 미사장석, 흑운모, 석류석 등으로 구성되어 있다.

#### ○ 음성 편마암복합체

음성군 일대에 주로 분포하고 있으며, 본 암체의 구성암석으로는 호상편마암, 화강암질 편마암 및 이들 암체에 협재하는 편암류와 결정질 석회암 등이 있다.

본 암체의 대부분은 호상편마암으로 구성되어 있다. 우백질부(주로 석영과 장석)와 우흑질부(주로 흑운모)가 호층을 이루는 편마구조가 잘 발달되어 있다. 백색 또는 담색을 보이는 화강암기원의 풍화토와 달리 본 화강편마암의 풍화토는 적갈색을 보이는 것이 특징이다. 흑운모가 우세한 호상흑운모 편마암은 그 기원이 이질 또는 사질퇴적암인 것으로 보이며, 주 구성광물은 흑운모, 석영, 카리장석, 사장석 등이다. 화강암질 편마암은 충주시 양성면 일대로부터 목계도폭 서편 및 음성군 생곡면 일대에 분포한다. 주로 정장석, 사장석, 석영 및 흑운모를 주성분으로하며 편마구조를 가진 중립질 암석이다.

#### ○ 진천 편마암복합체

본 도내에서 진천군과 청원군일부에 분포하며, 청주 및 진천화강암체에 의하여 관입당하고 있다. 주로 호상편마암, 흑운모편마암, 화강암질편마암 등으로 구성되며, 부분적으로 안구상반상변정편마암, 흑운모편암 및 석회규산염암 등이 분포한다.

호상편마암은 청원군 옥산면, 강외면, 오창면 일부에 주로 분포한다. 세립 내지 중립질이며, 우백질과 우흑질의 호상구조가 뚜렷하고, 화강암과의 접촉부에는 페그마타이트맥과 석영맥이 관입되어 있다. 유색광물대는 흑운모, 녹니석, 백운모가 주성분이다. 흑운모편마암은 본 편마암복합체의 중앙부에 가장 넓게 분포하며, 대체로 중립질로서 엽리가 잘 발달되어 있다. 주 구성광물로는 석영, 장석, 흑운모 및 백운모가 관찰되며, 반상변정으로서 석류석과 장석이 보인다. 안구상반상변정편마암은 진천군 백곡면일대에 렌즈상으로 분포한다. 중립 내지는 조립질이고, 크기 수cm 정도의 장석반상변정을 함유한다. 주 구성광물은 석영, 장석 및 흑운모이다.

### 2.1.2 영남육괴 변성암류

#### ○ 소백산 편마암복합체

본 도내에서 단양군 가곡면과 대강면 소백산일대를 중심으로 분포하며, 장산규암층에 의하여 부정합으로 피복되는 선캠브리아 변성암복합체이다. 본 암체에 속하는 편마암류는 경기편마암복합체의 호상편마암이나 화강편마암과 암상이 거의 유사하며, 단지 암체의 분포가 소위 옥천대를 중심으로 동남쪽에 존재하는 것이 구별된다.

화강암질 편마암은 본 복합체의 대부분을 차지하고 있으며, 암상은 괴상의 등립상조직을 보이고 약하게 엽리를 발달시키고 있다. 미그마타이트질 편마암은 죽령과 회방사역 사이에 대상으로 발달한

다. 본 암은 부분적으로 페그마타이트질이고, 엽상 내지는 호상구조를 보인다. 우백질 부분은 주로 장식 혹은 석영으로 구성되고, 유색광물의 부분은 주로 흑운모가 호상구조에 평행하게 배열되어 있다. 반상변정질 편마암은 단양군 대강면 장정리와 가선동일대에 분포한다. 엽리가 없는 괴상의 암석과 엽리가 발달한 암석이 지역에 따라 다르게 분포한다. 주구성광물은 장식, 석영, 흑운모이다.

#### ○ 영동 편마암복합체

본 도내에서 주로 영동지역에 분포하며 호상흑운모편마암, 반상변정편마암, 함석류석화강편마암 및 복운모화강편마암 등으로 구성된다.

호상흑운모편마암은 본 복합체의 대부분을 차지하고 있으며, 전체적으로 호상구조의 발달이 미약한 편이며, 구성물질의 기원에 따라 니질 편암 및 편마암, 그리고 사질 내지 규질 편암 및 편마암으로 구분된다. 반상변정흑운모편마암은 균질한 암상을 띠며, 엽리구조와 반상변정질구조가 잘 발달되어 있다. 주구성광물로는 석영, 사장석, 미사장석, 흑운모이고, 소량의 백운모, 석류석 또는 녹니석이 수반된다. 함석류석 화강편마암은 우백질이며, 엽리조직의 발달이 미약한 조립상 조직을 보이며, 석류석 반정이 분포하는 것이 특징이다. 복운모화강편마암은 본 암체 중 가장 균질한 암상을 띠며 중립 내지 조립질이고, 엽상구조도 미약하게 발달한다. 주로 석영, 장식, 흑운모 외에 백운모가 많이 포함되어 있고, 미사장석이 일부 포함된다.

## 2.2 조선누층군

본 도에서 양덕층군과 대석회암층군으로 구성되며 단양 및 제천일대에서 선캠브리아기 변성암류를 부정합으로 피복하고 있다.

#### ○ 양덕층군

장산규암과 묘봉세일로 구성되며, 본 도내에서 단양읍을 중심으로 분포한다. 캠브리아기 최하위층에 속하는 장산규암은 규암 또는 석영편암으로 구성된다. 규암은 백색 내지 담백색이며, 풍화색은 담갈색을 띤다. 조립질이며, 편리의 발달이 약한 것이 특징이다. 묘봉세일은 장산규암상부에 정합으로 분포하며, 녹회색 세일, 암회색 슬레이트 혹은 천매암상을 보인다. 그 층후는 약 60m이며 100m를 넘지 못한다.

#### ○ 대석회암층군

주로 석회암으로 구성되어 있는 본 암체는 제천시에서 단양군에 이르는 단양지역과 충주시 지역, 괴산군, 충주시 및 제천시 남부지역 그리고 괴산, 보은, 옥천 및 영동지역에 분포한다. 본 층군은 지질시대가 캠브리아기로부터 오르도비스기에 이르므로 하부, 중부, 상부로 3대분하여 표시하였다(한국지질자원연구원, 1996).

하부대석회암층군은 캠브리아기의 대기층과 화절층이 포함된다. 단양 동쪽에 분포하며 대기층은 청회색의 석회암 내지 고회암이고, 결정질이며, 고순도층과 견운모 등 불순물을 포함하는 암석대가

교호한다. 화절층은 불순물을 포함하는 석회암대가 우세하여 충식석회암으로 불리기도 한다. 이들은 상부로 갈수록 괴상석회암으로 변화하는 특징이 있다.

중부대석회암층군은 오르도비스기의 두무동층과 막골층이 해당된다. 두무동층은 석회질 셰일과 석회암의 호층으로 석회질 셰일이 우세하다. 상위에 분포하는 막골층은 순도가 높으나 열리가 잘 발달하며, 곳에 따라 층간각력암이 발달한다. 단양서쪽에는 홍월리층, 삼태산층이 분포하고, 충주 남동 쪽에도 고운리층이 분포한다.

상부대석회암층군은 영월북부의 삼방산일대에 발달하는 삼방산층과 영월형 조선계의 최상부층에 속하는 영흥층이 있다. 삼방산층은 주로 녹회색 규암, 사암 및 암적색 내지 적자색 셰일의 호층이며, 박층의 회색석회암이 협재한다. 영흥층은 제천읍 부근에서 단양군 어상천면을 지나 가곡면 부근까지 대상으로 발달하며, 습곡, 단층의 영향으로 반복하여 지표에 나타나는 것으로 해석된다. 주로 암회색 결정질 돌로마이트질 석회암과 청회색의 석회암으로 구성되며, 부분적으로 석회질 셰일층이 협재하며, 층간석회암질 역암이 발달하기도 한다.

### 2.3 옥천층군

본 층군은 제천도폭의 서남단에서부터 시작하여 SW방향으로 충북일대를 거치며, 전북 완주군까지 이어지는 길이 약 150km, 폭 약 20km의 변성대이다. 본 변성대의 정확한 시대와 층서 및 구조에 관해서는 아직도 논란이 계속되고 있다.

변성사질암대는 본 층군의 서부에 대체적으로 분포하며, 천매암과 슬레이트가 교호하고, 암갈색 내지 암회색의 이암대와 암회색의 천매암, 석회암 내지 석회질암 및 규암층도 협재한다. 하부천매암대는 안동도폭(1:250,000)에서 충주 남쪽과 괴산 남부, 문경 남부 및 영동 북부에 분포한다. 주로 천매암, 점판암으로 구성되며, 국부적으로 함우라늪 탄질셰일도 협재한다. 본 변성대의 상부에 함력천매암과 곳에 따라 결정질 석회암이 분포하기도 한다. 함력천매암대는 다양한 성분의 역이 천매암질 혹은 석회질 석기내에 포함되어 있다. 역의 성분으로는 석회암, 규암, 셰일, 천매암, 화강암류, 편마암류 등이며 이들은 심하게 변질되어 장, 단축비가 10배 이상에 이르기도 한다. 상부천매암대는 충주호 동쪽의 제천시 한수면으로부터 남서쪽으로 대상으로 발달한다. 암회색 천매암이 주종을 이루며, 박층의 백색결정질 석회암이나 규암이 협재하기도 한다.

### 2.4 평안층군

본 층의 분포는 옥천변성대 동쪽 경계를 따라 청산, 문경, 단양부근으로 연장되나 단속적인 분포를 보인다. 하부 평안층군은 석탄기 지층으로서 적색, 녹회색, 암회색 셰일 또는 천매암으로 구성되며, 석영, 장석질사암이 협재한다. 중부 평안층군은 주 함탄층을 포함하고 있으며, 하부는 주로 흑색셰일과 조립질 사암으로 구성되며, 곳에 따라 장석질 사암 또는 역암을 협재한다. 상부 평안층군은 트라이아스기 지층으로서, 적색, 담록색 셰일, 사암, 석회질 사암 등으로 이루어진다.

## 2.5 반송층군

중생대에 속하는 반송층군은 심한 습곡작용으로 반복되면서 영월-단양간에 대상으로 분포한다. 단양부근에서 거력을 포함하는 사평리역암과 그 상위층군에 흑색 셰일과 장석질 사암이 교호하는 현천리층, 사암이 우세한 덕천리층 등으로 구분된다. 하부 역암의 역들은 대부분 규암이며, 사암, 셰일, 점판암, 화강암 등이 혼재한다.

## 2.6 경상누층군

본 도에 분포하는 경상누층군은 퇴적암으로서 진천군 초평면 일대의 초평층군과 영동부근의 영동층군이 있다. 초평층군은 역암, 역질사암, 장석사암, 셰일 및 지역적으로 직경 10cm 미만의 각력암이 분포한다. 영동층군은 사암, 셰일, 슬레이트, 역암 등 다양한 퇴적암으로 구성되며, 주로 하상퇴적물로 형성된 것으로 보고되고 있다.

## 2.7 화성암류

본 도내에 분포하는 화성암류는 시대별로 나눌수 있으며, 대표적으로 대보화강암체에 속하는 충주, 청주, 진천, 보은, 옥천, 청산화강암과 불국사 관입암류에 속하는 제천, 월악산, 속리산 화강암체가 있다.

### 2.7.1 주라기 대보심성암류

충주화강암체는 충주시와 음성군 일대에 분포하며 주로 조립질편마상화강암, 반상화강섬록암, 흑운모화강암, 복운모화강암, 반상화강암, 우백질화강암 등의 심성관입암체로 구성된다. 이들은 주로 주라기말에서 백악기초에 형성되었다. 충주화강암체는 청주시, 청원군 및 괴산군 일대에 분포하며, 주로 반상화강암, 흑운모화강암, 화강섬록암, 복운모화강암 등으로 구성되어 있다. 진천화강암체는 진천군과 음성군일대에 분포하며, 구성암석은 편마상화강암, 흑운모화강암, 우백질화강암 등이 있다. 보은화강암체는 보은군 및 옥천군 일대에 분포하며, 주로 화강섬록암으로 구성되며, 보은읍 동쪽에 복운모 아다멜라이트질 화강암이 분포한다. 옥천화강암체는 옥천군 일대에 분포하며 주로 흑운모화강암과 반상화강암으로 구성된다. 청산화강암체는 옥천군 청성면, 청산면 일대와 보은군 마루면 동부에 분포한다. 주로 반상화강섬록암과 반상흑운모화강암으로 구성된다.

### 2.7.2 백악기 불국사 관입암류

제천화강암체는 제천시를 중심으로 NEE~SWW방향의 장축을 갖는 저반상 관입체로서 조립질흑운모화강섬록암, 세립질각섬석흑운모화강섬록암, 조립질홍색장석화강섬록암, 우백질화강암 및 반상흑운모화강암으로 구성된다. 월악산화강암체는 제천시 월악산국립공원일대, 단양군 및 문경군 일대에 넓게 분포하며, 주로 흑운모화강암 및 반상화강암으로 구성된다. 속리산화강암체는 괴산군과 보은군 속리산일대에 분포하며, 화성활동 초기에 관입된 안산암류와 저반암체인 흑운모화강암 및 알카리화강암, 규장반암, 우백질반상화강암, 화강반암 등으로 구성된다.



### 3. 충청북도의 지반공학적 특성

본 도에는 앞의 지질설명에서 언급한 바와 같이 화성암, 변성암, 퇴적암이 모두 분포하고 있다. 따라서 본 장에서는 충청북도에서 중요한 위치를 차지하는 화강암은 암반 공학적으로 비교적 안정되어 있고 타 도의 그것과 비교하여 큰 특징을 보이지 않으므로 생략하고, 화강암질암 기원의 풍화토 특성에 대하여 언급하고, 옥천지향사대를 형성하면서 넓게 분포하고 있는 변성암류에 대해서는 복잡한 지구구조운동과 암석학적 특징이 연관되어 나타나는 암반공학적 특징에 대하여 기술한다. 그리고 최근 도로사면 및 터널 건설이 활발히 진행되고 있는 석회암 암반의 특징에 대하여 기술하고자 한다.

#### 3.1 화강암질암 기원의 풍화토 특성

충청북도에는 앞에서 화성암류를 설명하면서 기술한 바와 같이 중생대에 관입한 화성암류가 많이 분포하고 있다. 특히 이들은 본 도의 주요도시를 중심으로 발달하고 있다. 따라서 이들 화강암류의 풍화에 의하여 생성된 풍화토의 물리적 및 역학적 특성은 주요 연구테마(여인덕, 2003; 장웅희, 2000; 이광찬, 1998)가 되고 있으며, 또한 토질 특성과 지질특성을 고려한 연구로서 보은을 중심으로

표 1. 옥천 화강풍화토의 물리적 성질 (이광찬, 1998)

지역	G <sub>s</sub>	Wn (%)	γ <sub>t</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	e <sub>0</sub>	Grain Size Distribution					Li (%)	모암
					D <sub>60</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>10</sub>	#200	C <sub>u</sub>		
충북 옥천	2.66	16	17.7	0.75	0.80	0.37	0.037	14	16	4.00	화강암체

지역	비중	최대입경 (mm)	D <sub>60</sub> (mm)	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>50</sub> (mm)	<0.074mm (%)	균등계수 (C <sub>u</sub> )	곡률 계수 (C <sub>c</sub> )	감열 감량 (%)	비표면적 (cm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> )		X선 회절 시험	유동 지수 wf(%)
											A	B		
옥천1	2.66	5.5	0.78	0.030	0.31	0.65	10	26	4.1	3.85	2,000	92.3		45.27
옥천2	2.66	4.8	0.80	0.037	0.37	0.70	14	16	4.6	4.0	1,621	85.7		44.17

표 2. 옥천지역 화강풍화토의 화학성분 분석결과 (이광찬, 1998)

지역	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub>	I <sub>gloss</sub>	CWI
옥천1	18.50	6.85	1.79	2.09	1.97	2.23	0.80	0.15	0.07	63.01	2.54	23.98
옥천2	13.76	5.16	1.35	2.23	2.07	1.49	0.47	0.14	0.04	69.29	4.00	23.61

표 3. 보은 청주 화강풍화토의 물리적 특성 (장웅희, 2000)

Samples	Li (%)	LL (%)	PI (%)	G <sub>s</sub>	Grain size distribution(%)						U.S.C.S
					No.4	No.10	No.40	No.200	m/m 0.01	m/m 0.002	
보은 A	2.9	44.3	N.P	2.61	100	99.9	82.0	42.8	17.2	5.5	SM
청주	8.1	47.1	N.P	2.70	99.7	98.8	76.8	32.7	3.4	2.5	SM
보은 B	10.7	49.1	9.7	2.70	100	100	98.9	70.2	8.0	4.6	ML

표 4. 보은 화강암지역 풍화토의 물리적 특성 (김경수 등, 2000)

Sample No.	Gradation(%)			Atterberg limits(%)			*U.S.C.S	Specific gravity	Moisture content (%)	Dry density (g/cm <sup>3</sup> )	Void ratio	Permeability (cm/sec)	Shear strength(kPa,°)	
	Gravel	Sand	Fines	LL	PL	PI							Cohesion	Friction angle
01	5.30	60.00	34.70	Nonplastic			SM	2.69	12.32	1.289	1.090	6.48×10 <sup>-3</sup>	2	32
02	17.50	68.50	15.00	Nonplastic			SM	2.66	16.37	1.413	0.976	1.46×10 <sup>-3</sup>	0	35
04	24.50	68.60	6.90	Nonplastic			SM	2.65	13.33	1.393	0.963	1.26×10 <sup>-3</sup>	2	31
06	29.70	54.60	15.70	Nonplastic			SM	2.64	12.80	1.493	0.770	9.01×10 <sup>-5</sup>	2	32
07	15.30	66.70	18.00	32.33	21.06	11.27	SM	2.66	16.37	1.516	0.816	6.44×10 <sup>-4</sup>	0	34
09	28.30	64.90	6.80	26.40	21.08	5.32	SC-SM	2.67	18.29	1.556	0.717	4.46×10 <sup>-4</sup>	5	34
10	17.60	53.40	29.00	Nonplastic			SM	2.69	14.92	1.516	0.905	1.43×10 <sup>-3</sup>	0	36
13	4.10	87.00	8.90	Nonplastic			SP-SM	2.66	6.34	1.584	0.677	4.23×10 <sup>-4</sup>	3	35
14	11.70	65.80	22.50	Nonplastic			SM	2.69	9.45	1.520	0.887	8.37×10 <sup>-3</sup>	0	31
16	8.70	64.90	26.40	33.34	20.46	12.88	SM	2.70	18.33	1.487	1.043	4.87×10 <sup>-3</sup>	-	-
20	15.70	58.10	26.20	Nonplastic			SM	2.65	14.41	1.435	0.849	5.44×10 <sup>-4</sup>	1	31
21	18.10	66.00	15.90	Nonplastic			SM	2.59	14.63	1.564	0.657	8.83×10 <sup>-4</sup>	-	-

\* Unified Soil Classification System

화강암 분포지역에서 발생하고 있는 산사태에 관한 연구(김경수 등, 2000)가 진행되고 있다. 이 외에도 충북지역의 화강풍화토에 관한 연구는 충북대학교에서 수행한 연구가 다수 있으므로 도서관 자료(www.cbu.ac.kr)를 참조하기를 바란다. 아래에 옥천, 보은, 청주화강암의 풍화토에 관한 물리적 특성을 분석한 결과를 인용하여 나타낸다. 이들은 서로 다른 문헌에서 추출하여 그 형식이 통일되지는 않았지만 자료의 변형을 주지 않기 위하여 원문에 충실하게 제시한다.

### 3.2 구조적 이방성을 가지는 변성암의 암반공학적 특성

옥천층군에서 설명한 바와 같이 우리나라의 대표적 변성대인 옥천변성대가 본 도를 가로지르며 분포하고 있다. 이들은 복잡하고 중복된 지구조운동으로 인하여 슬레이트, 천매암, 편암 그리고 단층 및 석회암의 협재 등 다양한 암질로 구성되어 있다. 또한 그 분포가 상대적으로 일정하지 않으며, 단층 및 파쇄대의 분포가 많고 불규칙하여 전방지질을 예측하며 굴진해야하는 터널 공사시에 특히 불리한 지층이다. 이들 지층은 장기간에 걸쳐서 구조운동을 받았고, 또한 심한 압축변형과 고온, 고압하에서 분해되어 다시 재결정된 암석으로서 압축작용에 의하여 형성된 엽리면을 따라 박리성이 매우 강하다. 이들 암석은 팽창성은 보이지 않지만, 단층파쇄대 등은 지하수나 파쇄작용에 의하여 점토화가 심하게 진행되어 있고, 엽리면에 의하여 발생하는 강도이방성에 의하여 전단파괴가 발생하여 팽압이 작용하기도 한다. 청주와 보은을 잇는 국도 25호선상에 위치하는 피반령일대는 변성암 사면파괴의 전형적인 형태를 관찰할 수 있는 좋은 지역이다. 엽리를 따른 평면파괴, 엽리와 단층조합에 의한 켜기파괴, 엽리에 의한 전도파괴 등이 모두 관찰되며, 현재에도 파괴가 진행되고 있어 보강공사가 진행 중인 곳이다. 표 5에 충북일대에서 산출되는 암석을 지역 및 암종별로 구분하여 암석의

표 5. 충북지역 산출암석의 역학적 특성

		비 중	흡수율	일축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	영 륨 (kg/cm <sup>2</sup> )×10 <sup>3</sup>	포아송비	인장강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	점착력 (kg/cm <sup>2</sup> )	내부 마찰각 (°)	P파 속도 (m/s)	S파 속도 (m/s)
영동 화강암	평균	2.620	1.093	1,035	5.792	0.230	84.8	185.0	45.0		
	범위	2.540~ 2.670	0.590~ 1.780	810~ 1,260	2.370~ 7.620	0.150~ 0.310	63.0~ 120.0	160.0~ 220.0	42.5~ 50.0		
영동 사암	평균	2.647	1.447	834	4.423	0.231	71.5	163.2	40.6		
	범위	2.440~ 2.790	0.120~ 6.700	320~ 1,630	1.150~ 9.400	0.120~ 0.330	30.0~ 160.0	60.0~ 270.0	4.0~ 50.0		
영동 역암	평균	2.601	2.674	744	4.068	0.212	52.4	142.7	67.2		
	범위	2.440~ 2.790	0.870~ 6.700	320~ 1,230	1.240~ 9.400	0.120~ 0.300	30.0~ 120.0	10.0~ 250.0	3.0~ 415.0		
영동 편마암	평균	2.670	1.068	915	5.761	0.220	81.5	185.6	42.8	5205	2715
	범위	2.580~ 2.800	0.190~ 3.020	450~ 1,750	2.430~ 9.810	0.100~ 0.350	35.0~ 160.0	80.0~ 360.0	37.0~ 53.0	4930~ 5480	2440~ 2990
보은 천매암	평균	2.720	0.363	640	3.255	0.218	100.0	170.0	42.5	4345	2337.5
	범위	2.680~ 2.790	0.140~ 0.970	540~ 710	2.240~ 4.580	0.160~ 0.280	90~100	160~ 180	42~ 43	3010~ 5100	2020~ 2750
보은 화강암	평균	2.700	0.655	1,288	5.807	0.250	71.5	223.3	50.8	4,636.7	2,140.0
	범위	2.660~ 2.740	0.240~ 2.080	740~ 1,530	2.520~ 8.730	0.210~ 0.310	10.0~ 120.0	130.0~ 260.0	49.0~ 57.0	4210~ 5000	1940~ 2370

물성치와 역학치를 제시하였다.

이 자료는 김수정(2002)에 의하여 각종 보고서에서 수집된 것으로서, 각 암석의 개략적인 역학특성을 파악하는 데 도움이 될 것이다.

### 3.3 석회암질 암석의 암반공학적 특성

본 도에는 고생대 캄브리아기 내지는 오르도비스기에 생성된 대석회암층군이 제천, 단양, 충주 등을 중심으로 발달하고 있다. 이들은 주로 석회암과 백운암으로 구분되며, 이들은 노두상에서 관찰시 비슷한 산출형태를 보이나 백운암은 석회암이 마그네슘으로 교대되어 생성된 것이 특징이다. 석회암은 암석 자체의 투수성은 극히 낮아서 일차 공극구조가 발달되어 있지는 않지만, 단층, 절리 등과 같은 지구조적 불연속면을 따라서 지하수의 용해작용이 진행되어 카르스트 지형이 발달하고 있으며, 이들 지형의 하부에는 수직 또는 수평으로 지하공동이 잘 발달한다. 그림 2(윤운상 등, 2003)은 본 도를 포함하는 국내의 대표적인 카르스트 지형을 나타낸 것이다. 본 도내에 분포하면서 재결정화 작용을 받은 석회암은 주변의 다른 변성퇴적암류(슬레이트, 천매암, 편암 등)에 비하여 기계적 풍화에는 강하나 화학적풍화에 약한 특징을 보여준다. 따라서 지표부근에서 변성암류의 풍화토사이에 핵석으로 남아있는 석회암을 쉽게 관찰할 수 있다. 이것은 마치 충적층내에 석회암 핵석이 분포하는 것과 같은 형태를 보인다. 또한 지하수 용식으로 발달된 공동은 그 분포가 불규칙하여 터널 시공시 돌발용수나 막장불안정, 천단 붕락, 층리면을 따른 평면파괴 등을 발생시킬수 있다. 본 지역 석회암

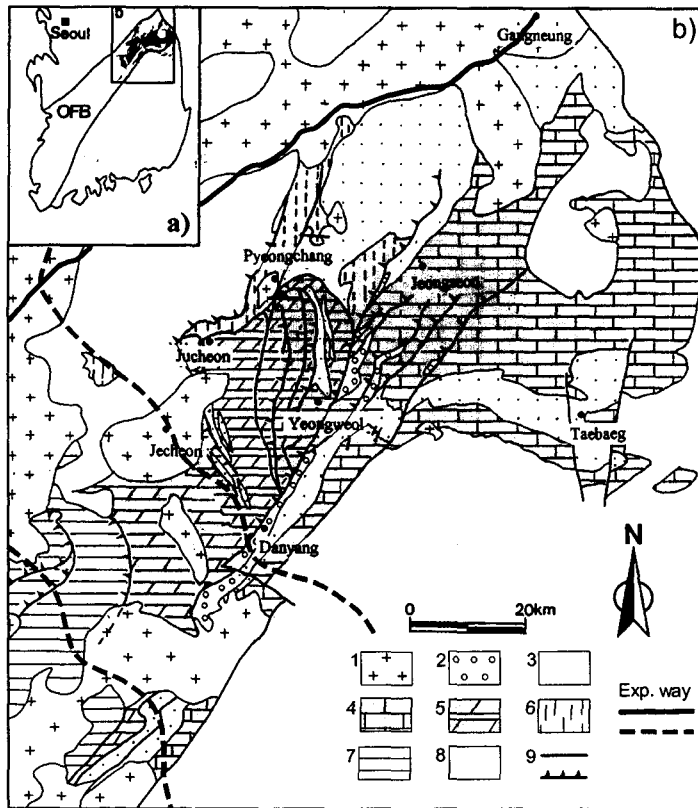


그림 2. 한국의 대표적 카르스트지형 분포(윤운상 등, 2003) 1: Mesozoic igneous rocks, 2: Mesozoic sedimentary rocks, 3: Upper Paleozoic sedimentary rocks, 4, 5 & 6: Lower Paleozoic sedimentary rocks, 7: Age unknown meta-sedimentary rocks, 8: Precambrian rocks, 9: Faults, thick line: Highway in use, thick dashed line: Highway during construction.

표 6. 석회암질암의 성분, 공극 및 가혹용해시험 결과

시료	암 석 종류	방해석 함량 (%)	불순물 함량 (%)	공극비율 (%)	가혹용해 시험
1	얇은 세일 분할 혹은 엽상 석회암	31.9	2.84	0.27	$Y=1.87\ln(x)+100.12$
2	암회색 울리터 백운암	0.0	3.65	0.70	$Y=1.55\ln(x)+100.05$
3	괴상 혹은 두꺼운 층상 백운암	1.1	-	0.33	$Y=1.26\ln(x)+101.17$
4	세일과 백운암이 수 mm 두께로 호층을 이루는 리본 백운암	33.0	46.24	0.12	$Y=1.01\ln(x)+99.49$
5	백처트 층상 백운암	0.6	27.92	0.96	$Y=0.81\ln(x)+107.71$
6	세일과 석회암이 1cm 두께로 호층을 이루는 리본암	63.5	4.25	-	-
7	얇은 세일 분할 석회암	90.6	-	0.34	$Y=2.01\ln(x)+99.79$
8	회색 괴상 내지 약한 층상 백운암	0.9	3.52	0.38	$Y=0.92\ln(x)+101.92$

\* Y : 시료질량(%), x : 시험 경과시간

의 특징 중 하나는 변성퇴적암류와 교호하면서 나타난다는 것이다. 이러한 경우 차별풍화에 의하여 석회암이 표력이나 자갈크기로 주위의 풍화토와 함께 존재하거나, 터널 시공중 예상치 못한 석회암 공동이 출현하여 굴진 중 막장토사 유출, 천단붕락 및 지표면 함몰 등을 야기한다(김영근 등, 2001). 석회암지역에서 발생하는 문제 중 싱크홀에 의한 표토의 붕괴, 즉 지반침하 문제가 있다. 이는 대부분 지하수위의 강하와 관계가 있으며, 지표의 우수 및 강우가 하부 석회 공동으로 유입되는 과정에서 공동내의 물질이 유실되면서 발생한다. 또한 탄층을 개발하면서 생성된 폐갱에 의한 함몰형 침하도 발생한다(박남서, 2003). 이와 같이 본 도의 동북부에 넓게 분포하고 있는 석회암지대에서는 각종 토목구조물 공사 시에 재해로 이어지기 쉬운 특징을 가지고 있다.

제천시와 단양군 일대에 분포하는 석회암질암에 대하여 지하수에 의한 용해성과 풍화정도 및 풍화 가속화 정도를 측정하기 위하여 실시한 실내시험 결과(김정환 등, 2003)를 정리하면 표 6과 같다. 암석의 풍화 진전도는 석회암이 가장 빠르며, 비교적 공극률이 높고 방해석 성분이 많을수록 풍화에 취약하며, 함쳐트 백운암의 경우 불순물이 높지만 백운암의 함량이 높아 가장 낮은 용해도를 보인다. 산성용액을 이용한 가혹용해시험의 결과를 보면 괴상 내지 세일분할 석회암-리본 석회암-올리틱 백운암-리본 백운암-층상 백운암-함쳐트 백운암의 순서로 용해도가 낮아지는 것으로 평가 되었다.

## 참고문헌

1. 김경수 등 (2000), “강우에 의한 산사태의 지질공학적 특성”, 지질공학, 10권 2호.
2. 김수정 (2002), “한국의 지질에 적합한 설계정수 도출에 관한 연구”, 경북대 박사학위논문.
3. 김영근, 이상돈 (2001), “암반구조물의 설계사례 및 석회암 지대에서의 시공 문제사례”, 한국지반공학회 암반역학위원회 특별세미나 논문집.
4. 김정환 등 (2003), “사회기반시설 보호를 위한 석회공동 분포특성과악과 탐사 및 3차원 모델링기법 개발연구보고서”, 건설교통부 산학연 공동연구 개발사업.
5. 나기창 (1986), “충북의 자연; 지질·광물자원편”, 충청북도교육위원회.
6. 박남서 (2003), “석회공동 및 석탄 채굴적의 복합적 요인에 의한 지반침하와 대책사례”, 석회암지역의 지질재해 워크숍, 건교부 산학연 연구단.
7. 윤운상 (2003), “카르스트 지역 내 지질 재해 및 석회 공동의 특성”, 석회암지역의 지질재해 워크숍, 건교부 산학연 연구단.
8. 이광찬 (1998), “화강토의 풍화정도에 따른 토질공학적 특성”, 전남대 박사학위논문.
9. 장웅희 (2000), “화강토의 포화도와 풍화도에 따른 진단특성”, 충북대 석사학위논문.
10. 충청북도 홈페이지 (2004), <http://www.provin.chungbuk.kr>.
11. 한국지질자원연구원 (1995), 1:250,000 대전 지질도폭 설명서.
12. 한국지질자원연구원 (1996), 1:250,000 안동 지질도폭 설명서.