

## 충상단층의 이동모형과 그 적용

리덕승, 장철주

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《당면하여 북부내륙지대와 평남북부탄전지구, 안주지구를 비롯한 중요자원매장지들과 새로운 탐사지역들에 적극 진출하여 석탄과 철광석, 동, 흑연, 마그네사이트, 히토류광물과 같은 여러가지 전략자원매장량을 대대적으로 확보하여야 합니다.》

충상단층의 이동모형을 고찰하는 목적은 충상단층선들의 형태와 충상단층의 형성과정을 정확히 알고 해당 지역의 구조작용과 지질변화를 예측하자는데 있다.[3]

단층면의 놓임특성과 같은 지질변화특성은 어떤 충상단층의 이동모형인가에 따라 서로 다르게 나타난다.

론문에서는 충상단층의 일반적인 이동모형을 제기하고 그것에 기초하여 선무덕충상단층의 이동특징을 밝혔다.

### 1. 충상단층의 이동모형

충상단층은 해당 지역이 구조작용을 받았다는 직접적인 증거로 된다. 대부분의 충상단층은 평면도에서 직선이 아니라 곡선모양으로 나타난다.[2] 충상단층은 습곡축, 단층선, 벽리에 의하여 알아볼수 있다. 충상단층의 기하학적특징은 그것의 형성방식, 변형전 분지와 침입체의 모양, 압축방향, 주향을 따르는 압축작용의 종류에 관계된다.[1]

충상단층에 의하여 이동하는 충상체의 형태를 특징짓자면 충상단층의 너비, 두 날개사이 각, 면적비와 같은 충상단층의 기하학적요소들을 리용하여야 한다.(그림 1)

충상단층의 너비 충상체의 형태를 특징짓는 기본지수로서 충상단층의 끝점들을 연결하여 결정한다. 충상체의 너비가 길수록 충상체의 크기는 커진다.

두 날개사이의 각 충상단층의 끝점들을 지나면서 충상단층선과 접하는 두 직선사이의 각이다. 두 날개사이의 각과 충상체의 크기는 거꾸비례한다. 즉 각이 작을수록 충상체의 크기는 커지며 반대로 각이 커질수록 충상체의 크기는 작아진다.

면적비 두 날개사이의 각으로만은 충상단층의 모양을 완전히 특징짓지 못한다. 충상단층의 모양을 결정하자면 면적비도 규정해야 한다. 면적비는 충상단층의 끝점들을 지나면서 충상단층선과 접하는 두 직선과 기준선으로 이루어진 3각형의 면적과 그 3각형면적에서 충상체의 면적을 제외한 나머지부분의 면적의 비로 결정한다.

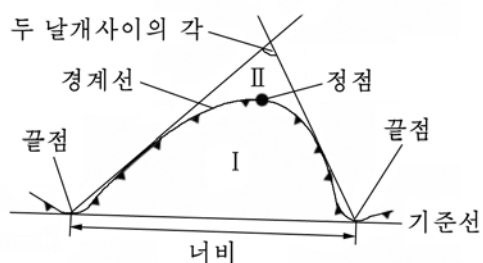


그림 1. 충상단층의 기하학적요소

$$n = \frac{S_{II}}{S_I + S_{II}} \quad (1)$$

여기서  $n$ 은 면적비,  $S_I$ ,  $S_{II}$ 는 각각 I, II구역의 면적이다.

면적비가 1에 가까울수록 충상체의 크기는 작아지며 0에 가까울수록 충상체의 크기는 커진다.

정점개수 일반적으로 모든 충상단층의 정점은 1개가 아니다. 다시말하여 충상단층들이 겹칠 때 그 모양은 불규칙적이며 정점의 개수에 따라 구분된다. 충상단층의 정점개수는 충상단층면의 굴곡정도를 반영하는 중요한 지수들중의 하나이다. 정점이 1개이면 충상단층면의 굴곡은 완만하며 정점의 개수가 많을수록 충상단층면의 굴곡은 복잡해진다.

평면상에서 충상단층선들의 형태는 6가지 유형으로 갈라볼수 있다.(그림 2)

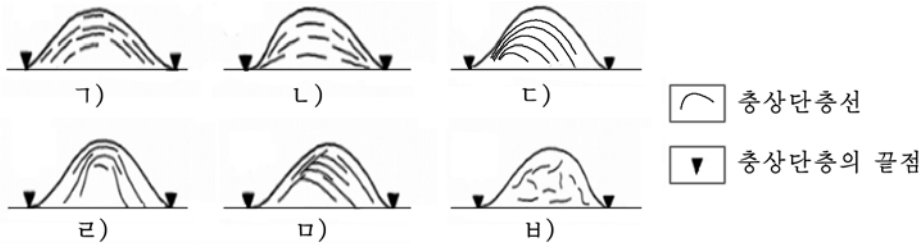


그림 2. 평면상에서 충상단층선들의 형태

평행형—충상단층선들이 서로 평행을 이룬다.(그림 2의 가))

량끝수렴형—충상단층선들사이간격이 습곡정부에서는 넓고 량쪽끝점으로 가면서 좁아진다.(그림 2의 나))

한끝수렴형—충상단층선들이 한 끝점에서 합쳐진다.(그림 2의 다))

분산형—충상단층선들사이의 거리가 량쪽끝점들쪽으로 가면서 증가한다.(그림 2의 라))

절단형—한쪽날개의 충상단층선들이 다른 날개의 충상단층선근방에서 끝난다.(그림 2의 마))

혼잡형—충상단층선들의 놓임형태가 매우 복잡하다. 변성암이나 화성암이 분포되어 있는 지역, 충상단층의 습곡정부가 위치한 지역에 잘 형성된다.(그림 2의 바))

퇴적층의 두께변화와 침입체의 모양변화를 가상하였을 때 상사식모형실험기구를 이용하여 충상단층의 이동모형을 얻었다.

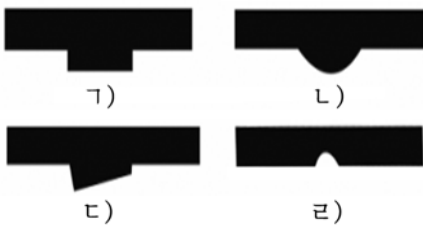


그림 3. 변형전 퇴적분지의 자름면형태

가) 대칭모양, 나) 포물선모양,  
다) 비대칭모양, 라) 홈모양

충상단층의 이동모형은 영향인자에 따라 크게 분지조종형충상단층과 침입체조종형충상단층의 이동모형으로 갈라서 고찰할수 있다.

#### ① 분지조종형충상단층의 이동모형

변형전 퇴적분지의 퇴적층두께에 따라 충상체의 두께, 변형너비와 충상단층의 위치가 변한다. 변형전 분지의 퇴적층두께가 두꺼울수록 충상체는 이동방향으로 가면서 더 두꺼워진다. 충상체의 너비는 변형너비에 비례하여 증가한다.

변형전 퇴적분지의 자름면형태는 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 변형전 퇴적분지의 자름면형태는 크게 4가지 즉 대칭모양 분지, 비대칭모양분지, 포물선모양분지, 홈모양분지로 갈라볼수 있다.

분지조종형충상단층의 형성과정은 그림 4와 같다.

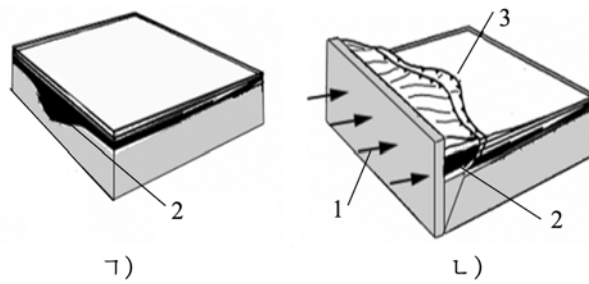


그림 4. 분지조종형충상단층의 형성과정

ㄱ) 변형되기 전 분지의 모양, ㄴ) 압축작용을 받을 때 충상단층의 형성과정  
1-압축작용, 2-퇴적분지, 3-충상단층

대체로 충상단층의 이동모형은 변형전 퇴적분지의 형태와 두께에 관계된다. 퇴적분지의 두꺼운 부분은 보다 많이 이동하며 얇은 부분은 적게 이동한다.

각이한 형태의 퇴적분지를 가상하여 분지조종형충상단층의 이동모형과 관련된 모의 실험을 진행하였다.(그림 5)

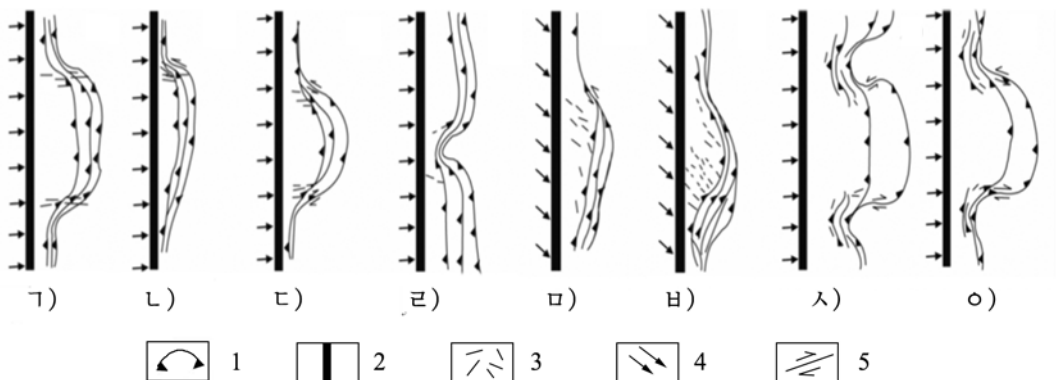


그림 5. 분지조종형충상단층의 이동모형

1-충상단층, 2-침입체, 3-파열, 4-압축작용, 5-주향미끄럼단층

대칭모양분지를 가상하여 실험하였을 때 충상단층은 상자모양 즉 습곡정부쪽은 평탄하고 날개는 급경사를 이루는 모양으로 나타난다.(그림 5의 ㄱ)) 압축작용이 계속 가해지면 충상단층의 너비는 길어지고 두 습곡날개는 충상단층의 두 끝점으로 다가간다. 또한 상자모양이 점차 없어지며 충상단층은 포물선모양을 이룬다.

비대칭모양분지를 가상하여 실험하였을 때 충상단층은 비대칭적으로 나타난다.(그림 5의 ㄴ)) 충상단층선들의 형태는 랑글수렴형으로 다가가는데 이 과정은 퇴적분지의 두께가 두꺼운 부분에서 더 빨리 진행된다.

포물선모양분지를 가상하여 실험하였을 때 충상단층은 포물선모양을 이룬다.(그림 5의 ㄷ)) 홈모양분지를 가상하여 실험하였을 때 나타나는 충상단층선들의 형태는 그림 5의 ㄸ)와 같다.

대칭모양분지와 비대칭모양분지가 경사지게 압축작용을 받을 때 생기는 충상단층선들의 형태는 각각 그림 5의 ㄹ), ㅁ)와 같다. 충상단층의 이동방향쪽에 보다 굳은 층이 놓일 때 압축작용을 받아서 나타나는 충상단층선들의 형태는 그림 5의 ㅎ), ㅑ)와 같다.

## ② 침입체조종형층상단층의 이동모형

침입체조종형층상단층은 돌출부나 물성이 서로 다른 암층이 보다 약한 지층을 압축할 때 형성된다.

층상단층선들의 형태는 침입체의 모양에 따라 변한다.

침입체의 모양은 변형전 퇴적분지의 자름면형태와 같이 크게 대칭모양, 비대칭모양, 포물선모양, 홈모양으로 갈라볼수 있다.

대칭모양의 침입체는 평탄한 층상단층을, 포물선모양의 침입체는 포물선모양의 층상단층을, 비대칭모양의 침입체는 비대칭모양의 층상단층을 만든다. 압축힘이 경사지게 작용하면 대칭적인 침입체도 비대칭적인 층상단층을 만든다.

압축방향과 단층날개가 이루는 각이 뿔각으로 되는 층상단층의 날개부분에는 주향미끄럼단층대가 형성된다. 즉 침입체의 모양이 4각형에 가까운 경우에는 랑쪽날개에 주향미끄럼단층대가 놓이고 침입체의 모양이 비대칭인 경우에는 층상단층의 한쪽날개에만 주향미끄럼단층대가 놓인다.

압축작용이 지속되면 비대칭모양의 침입체에 의하여 생긴 층상단층선들은 짧은 날개 쪽으로 다가간다. 압축작용이 경사지게 진행되는 경우 주향미끄럼단층은 압축방향에 평행으로 침입체의 측면에 형성된다.

침입체조종형층상단층선의 형태는 층상단층이 발달하는데 따라 점차적으로 변한다. 침입체의 습곡정부가 사암층과 접할 때 층상단층선들은 층상단층의 습곡정부쪽에 보다 많이 분포된다. 이것은 분지조종형층상단층에 비하여 침입체조종형층상단층이 형성될 때 습곡정부쪽에서 압축작용이 더 세게 진행된다는것을 의미한다.

## 2. 층상단층의 이동모형의 적용

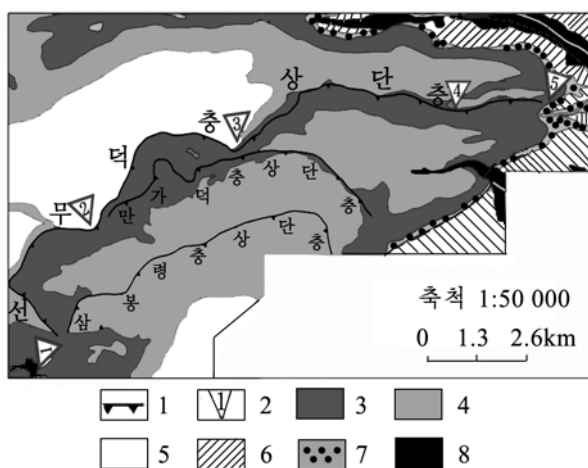


그림 6. 연구지역의 층상단층  
1-층상단층선, 2-층상단층의 끝점, 3-사동주층,  
4-고방산주층, 5-태자원주층, 6-홍점주층,  
7-립석주층, 8-제4기층

층상단층의 이동모형을 적용하는데서 중요한것은 하나의 층상단층선만이 아니라 거의 평행으로 놓여있는 여러개의 층상단층들을 종합적으로 고찰하는것이다.

선무덕층상단층이 발달하는 지역 즉 조양, 룡등, 덕천, 향원지역에는 이 단층과 함께 만가덕층상단층과 삼봉령층상단층이 거의 평행으로 놓여있다.(그림 6)

연구지역에 발달하는 층상단층선들의 형태는 한끝수렴형과 절단형이다.

층상단층선들의 형태로부터 층상단층의 이동특성을 밝히면 이 층상단층의 이동모형은 분지조종형층상단층의 이동모형에 가깝다고 평가할수 있다.

지역별층상단층들의 기하학적특징은 표와 같다.

표. 지역별충상단층들의 기하학적특징

끝점 번호	지역	너비/km	두 날개사이의 각/(°)	면적비
1-2	조양	2.68	33	0.5
2-3	룡등	3.5	118	0.8
3-4	덕천	4.76	136	0.95
4-5	향원	1.72	132	0.66

지역적인 범위에서 선무덕충상단층의 놓임특성을 보면 두 끝점은 1, 5번으로 설정할 수 있으며 이때 너비는 11.518km, 두 날개사이의 각은 43°, 면적비는 0.68이다.

## 맺 는 말

충상단층의 이동모형은 크게 분지조종형충상단층의 이동모형과 침입체조종형충상단층의 이동모형으로 갈라볼수 있다.

선무덕충상단층선의 형태는 절단형과 한끝수렴형이고 충상단층의 이동모형은 분지조종형충상단층의 이동모형에 가깝다.

## 참 고 문 헌

- [1] 원영수 등; 지질탐사, 4, 6, 주체94(2005).
- [2] 리덕승; 변형지질학, 김일성종합대학출판사, 205~230, 주체98(2009).
- [3] Huoyin Li; International Journal of Coal Geology, 47, 101, 2001.

주체109(2020)년 7월 5일 원고접수

## The Kinematic Model of the Thrust Fault and Its Application

*Ri Tok Sung, Jang Chol Ju*

In this paper, we suggested common kinematic model of the thrust fault and illustrated the motion characteristics of Sonmudok thrust fault.

Keywords: thrust fault, kinematic model