



108.01

工程地質

Engineering Geology

第十週

褶皺

授課教師：邱雅筑

2019/11/11



褶皺

1. 褶皺
 - 1.1 褶皺
 - 1.2 褶皺的幾何形狀
2. 褶皺的成因
3. 褶皺之環境與條件
4. 褶皺之類型
5. 褶皺對岩層的影響
6. 褶皺對大地工程的影響

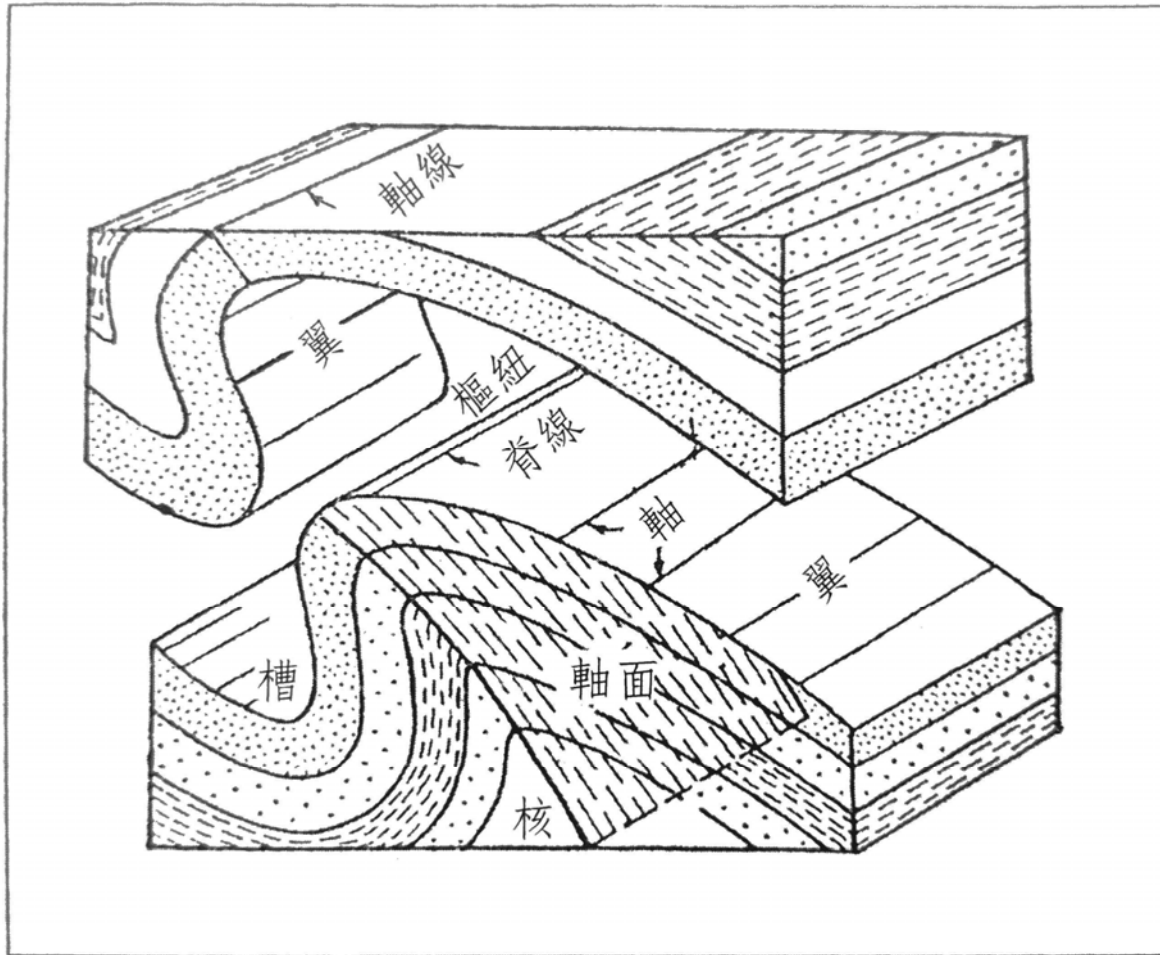
1.1 褶皺

- 一種地質作用，使原來平坦的地質構造，例如岩層、片理及劈理等，因變形而彎曲
- 一種地質構造，其層狀岩石之傾斜度發生反向現象者



Folded rocks in the Hamersley Gorge, Australia.

褶皺各部位名稱



- 軸/軸線 (axis/hinge line) : 或稱樞紐
- 軸面(axial plane/axial surface)
- 翼(limb)
- 脊線(crest)
- 槽(trough)
- 反曲點(inflexion point)
- 核(core)

圖 7.20 褶皺的各部名稱

1.2 褶皺的幾何形狀

褶皺剖面

- 峰點(crest)：或稱脊，最高點
- 槽點(trough)：最低點
- 樞點(hinge)：正向曲率最大點
- 反曲點(inflexion point)：斜率變化為零
- 中性面(median surface)：所有反曲點的連線

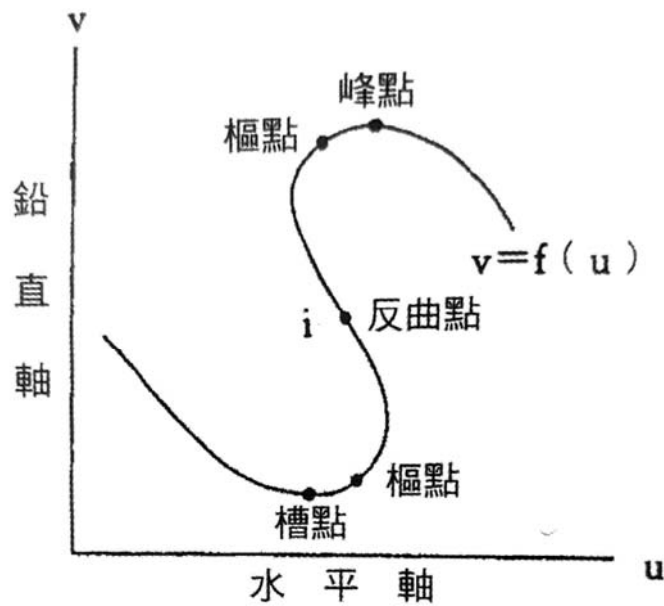
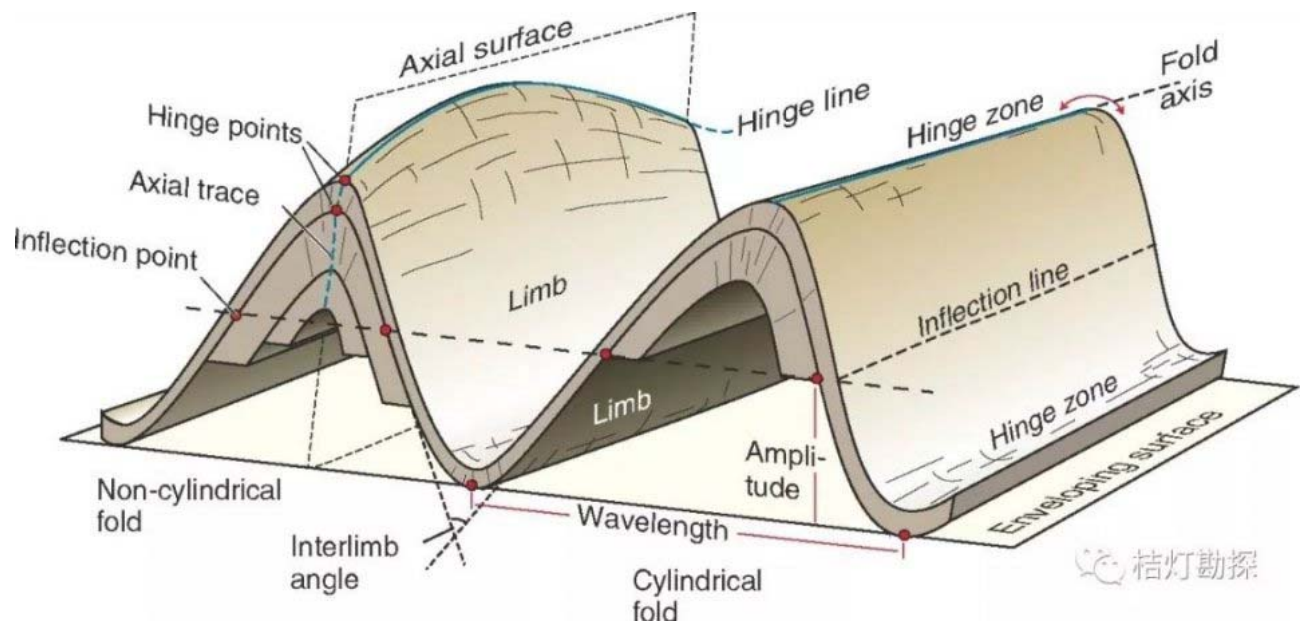


圖 4.13 褶皺剖面各重點之名稱



背斜與向斜

- 背斜與向斜可能發生倒轉，因此，區別背斜及向斜的主要依據，應該根據**核心部的岩層之相對新老關係**來決定
- 曾經發生倒轉：**凹形背斜與凸形向斜**

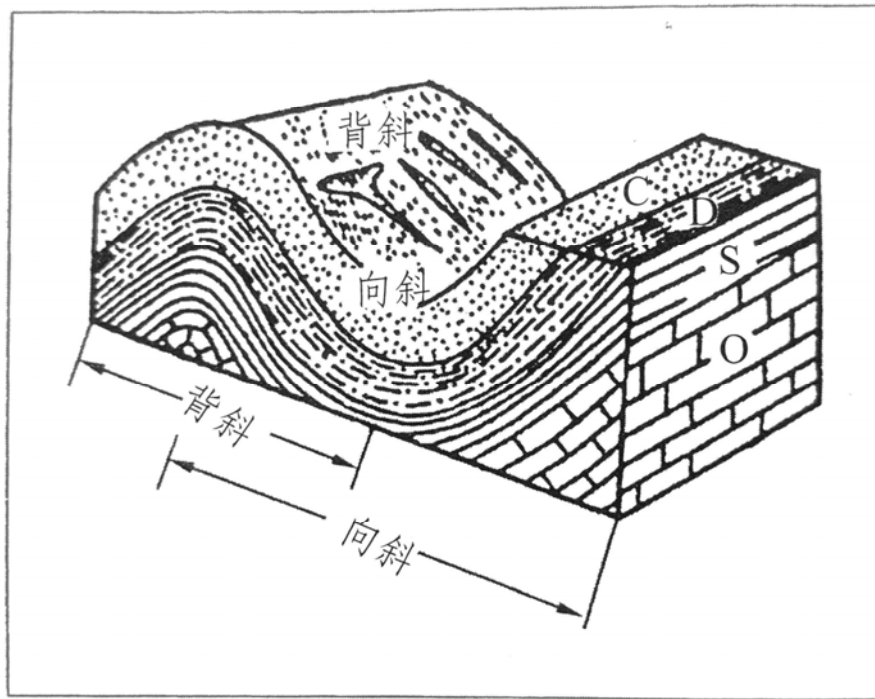
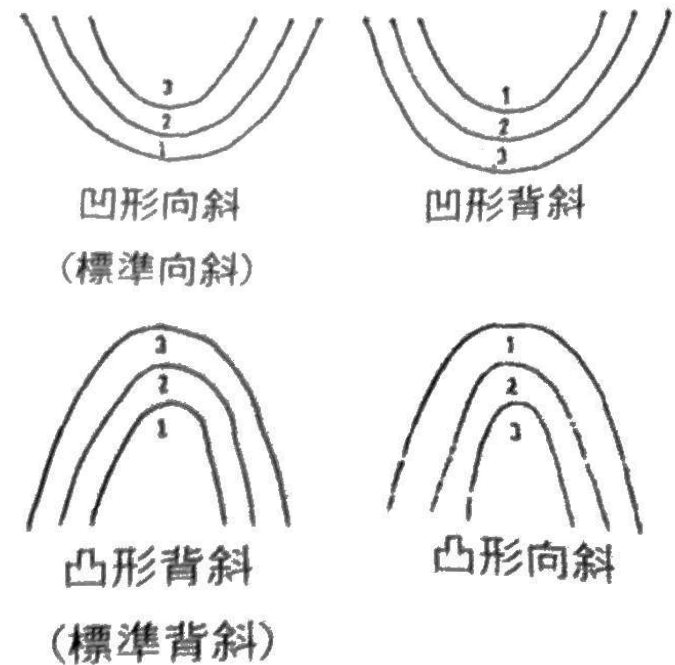


圖 7.24 背斜與向斜



(圖中數字示沉積次序，1 為最老地層，3 為新地層)

圖 4.14 向斜與背斜之示意圖

2. 褶皺的成因

- 構造性褶皺(Tectonic folds)：
 - 水平地層於沉積時或成岩後受力而彎曲者，稱為一期褶皺(first order folding)；地層褶皺後再一次受到褶皺作用者，稱為第二期褶皺(second order folding)，多期褶皺按期數稱為第某期褶皺。
 - 由地層受彎曲(bending)或挫曲(buckling)而形成
 - 小規模褶皺(minor folds)：多發生於層間滑動，或兩堅硬岩層中夾一軟弱岩層時
 - 拖曳褶皺(Drag folds)
 - 剪力褶皺(Shear folds)

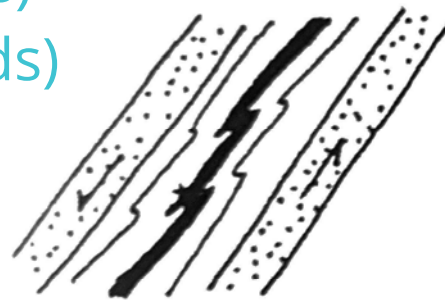


圖 4.10 拖曳褶皺



圖 4.11 剪力褶皺

多期褶皺



多期褶皺



花崗片麻岩之褶皺構造



2. 褶皺的成因

- 非構造性褶皺(Non-tectonic folds)：
 - 重力褶皺(gravity folds)：近乎水平的年輕地層受到外來泥沙、岩石或冰體之重而彎曲，如大陸削平作用或海床坍塌造成海槽沉積層彎曲，或河谷解壓
 - 流動褶皺(flow folds)：發生於易變形之地層，因本身材料軟弱或位於溫度較高之深處
 - 山側潛變(hillside creep)：高陡之較軟弱岩層在坡面附近有彎曲現象

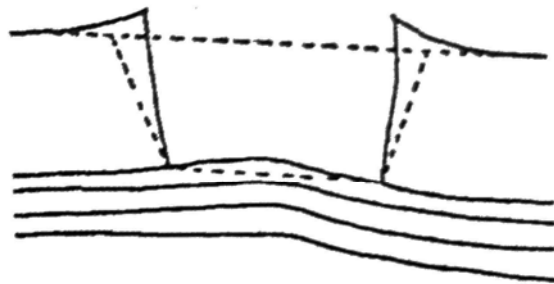


圖 4.12 河谷解壓伴生褶皺

3. 褶皺之環境與條件

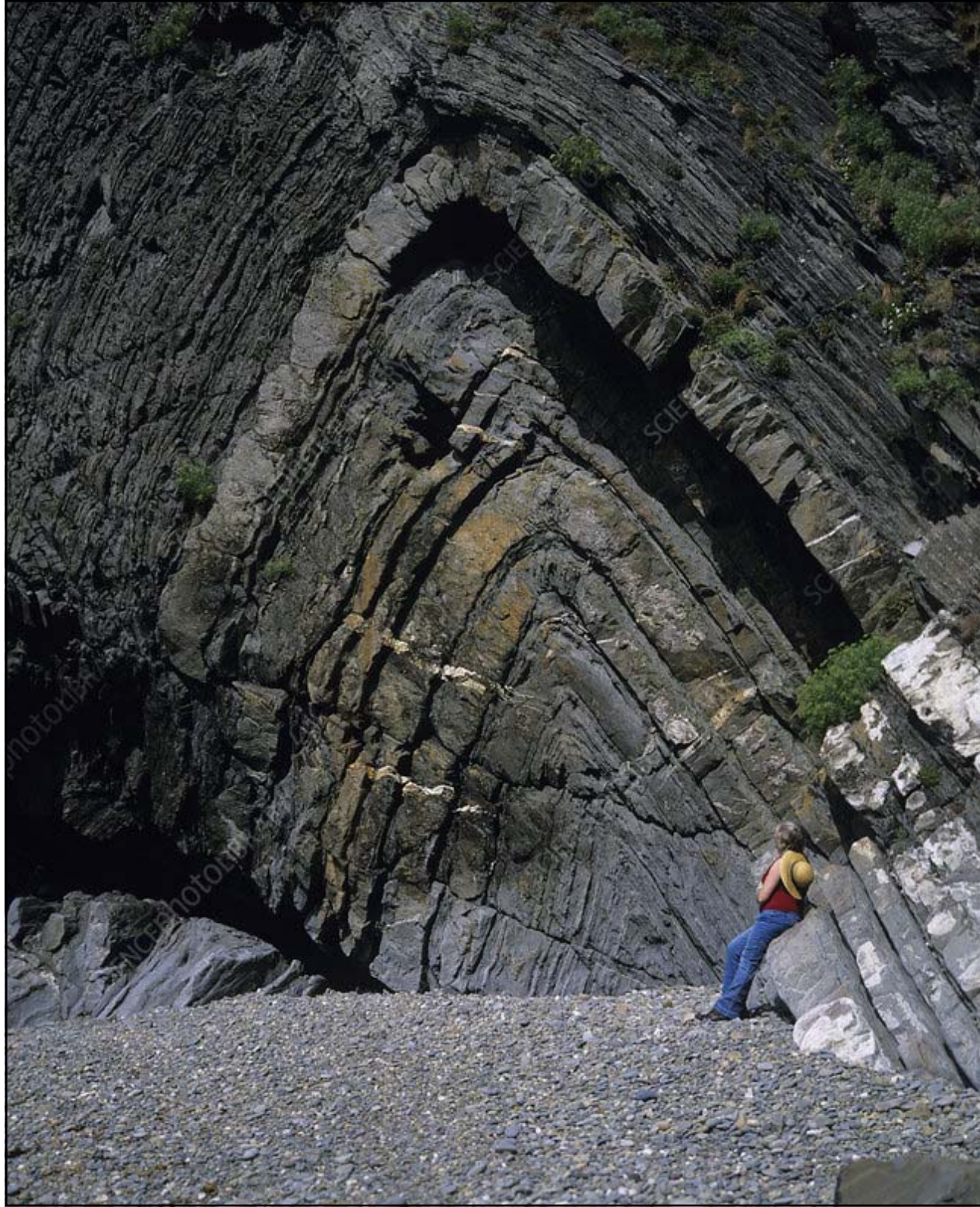
褶皺怎麼生成的？為什麼岩石會彎折？

- 岩層材料性質
- 外圍岩石的材料性質
- 褶皺岩層之幾何形狀，尤其是細長比
- 岩層所處之環境，尤其是壓力、溫度，或液壓
- 時間
- 大地應力(現地應力)





c. David F. Coppedge



Photographie : Pierre Thomas



4. 褶皺之類型

- 向斜與背斜
- 長軸褶皺：長寬比 >10
- 短軸褶皺：長寬比 $=3\sim10$
- 穹隆(dome)或構造盆地(basin)：長寬比 <3

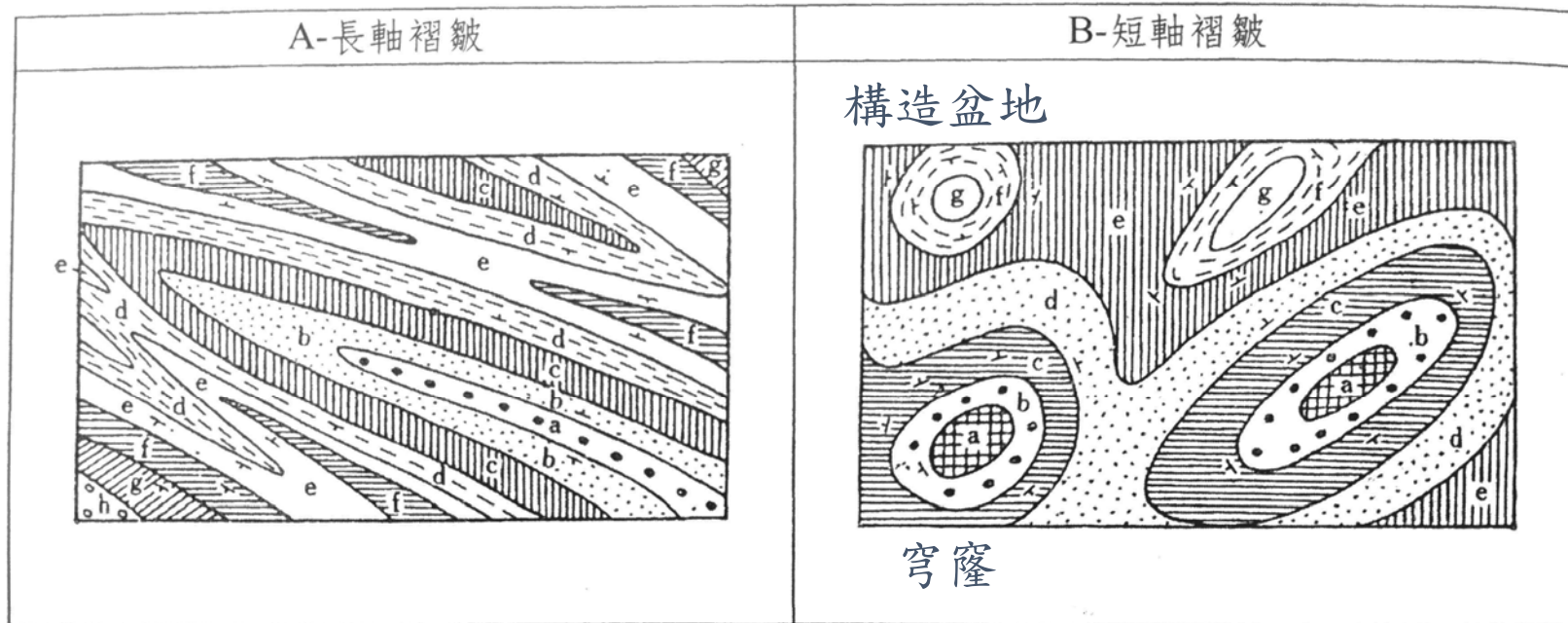


圖 7.26 長軸褶皺及短軸褶皺

(英文字母 a 至 h 表示岩層從老到新的順序)

4. 褶皺之類型

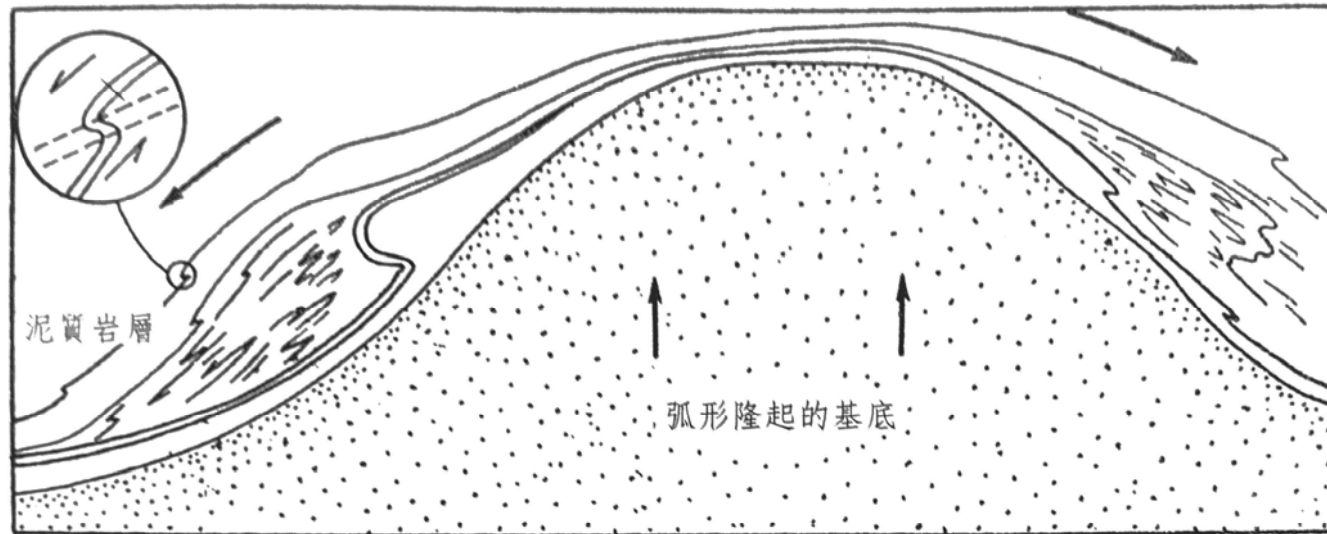


圖 7.36 垂直壓應力褶皺作用所引起的層間小褶皺 (葉俊林等, 1996)

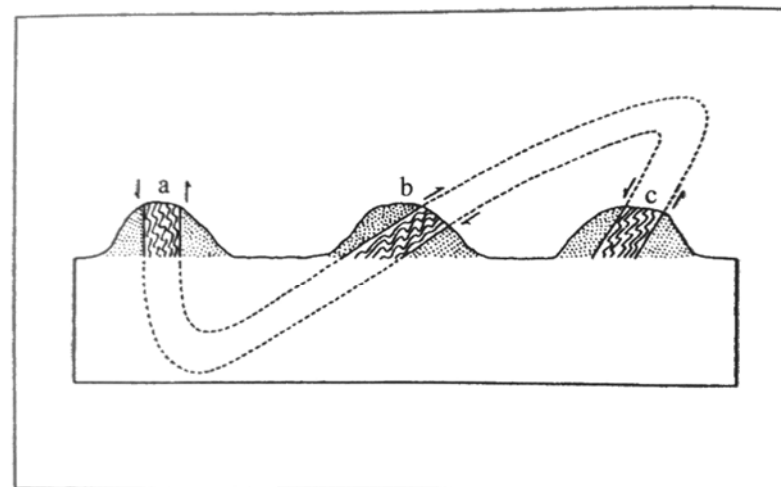


圖 7.33 利用層間小褶皺的軸面確定背斜軸及向斜軸的位置 (Billings, 1972)




4. 褶皺之類型

FOLDS

背斜

向斜

Folds are upward anticlines  or downward synclines .

They may be gentle , moderate  or strong .

Folds may be rounded  or angular .

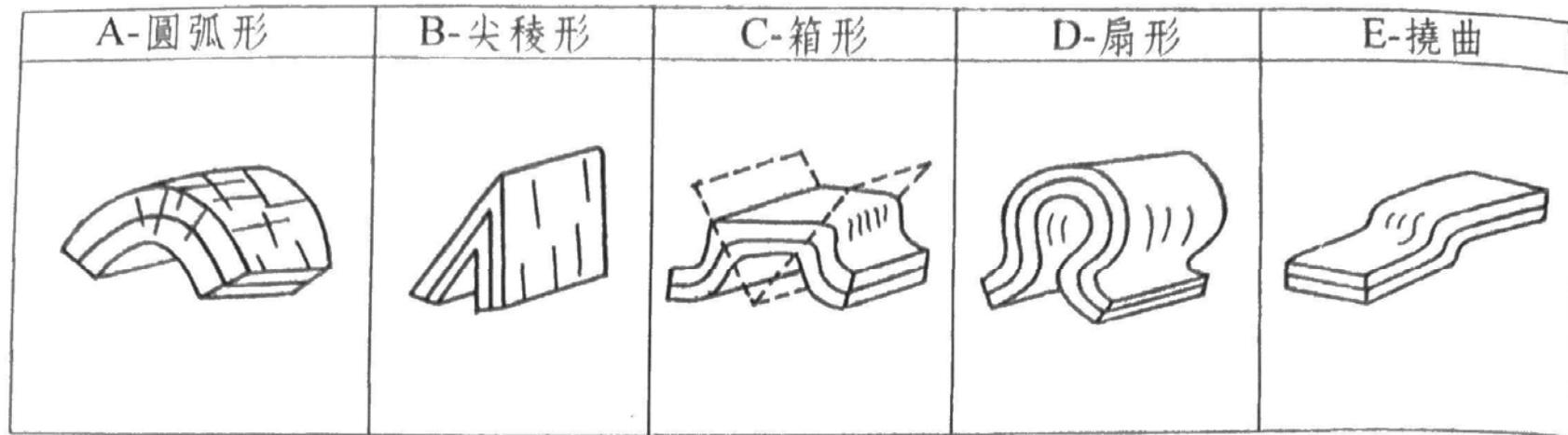
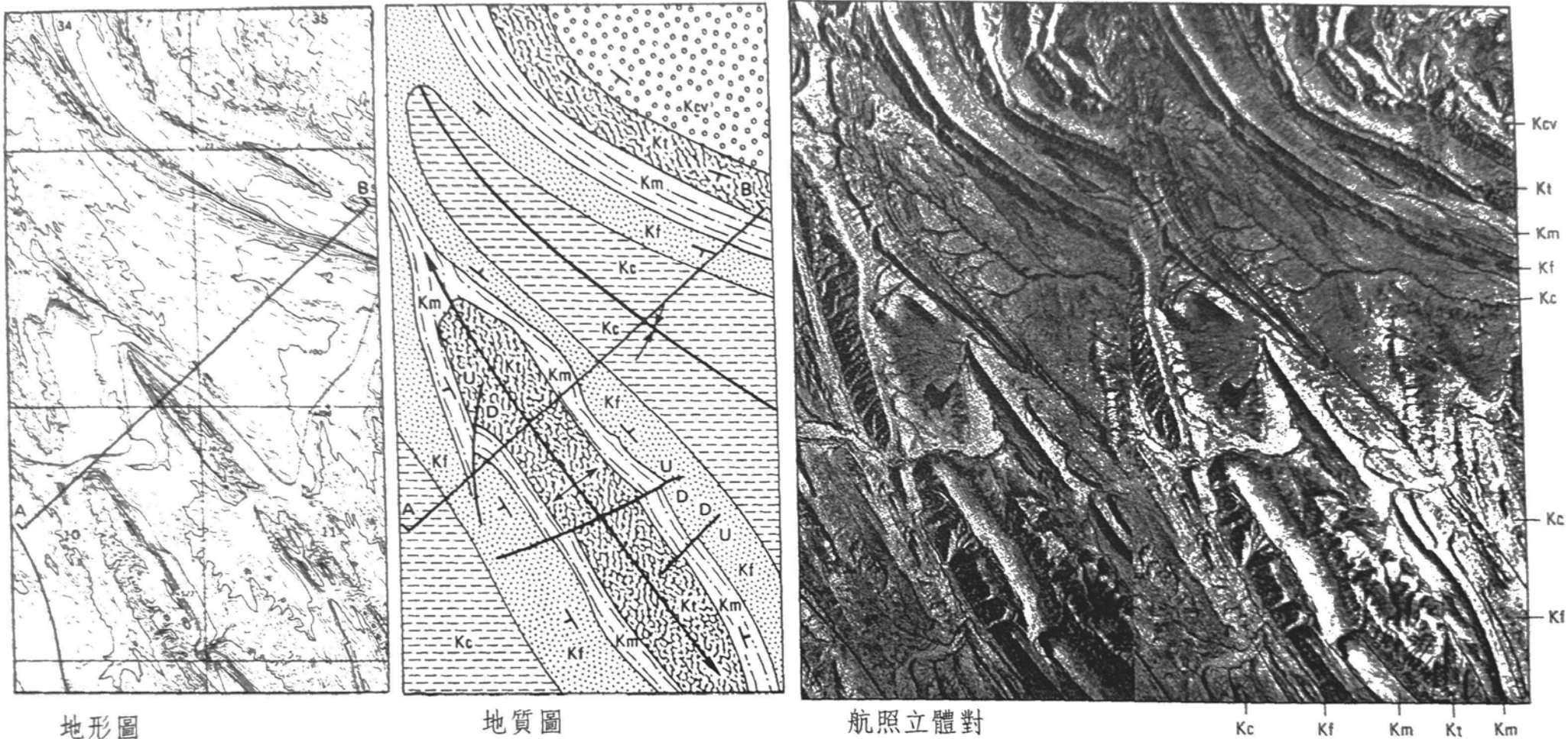


圖 7.21 褶曲轉折端的型態



地形圖

地質圖

航照立體對

- 斷層 (U 為上, D 為下)
- 背斜
- 向斜
- 走向與傾斜

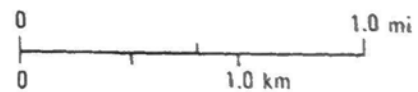


圖 7.38 航空照片上所見的褶皺構造及其地形圖與地質圖 (Sabins, 1996)

鋸齒地形

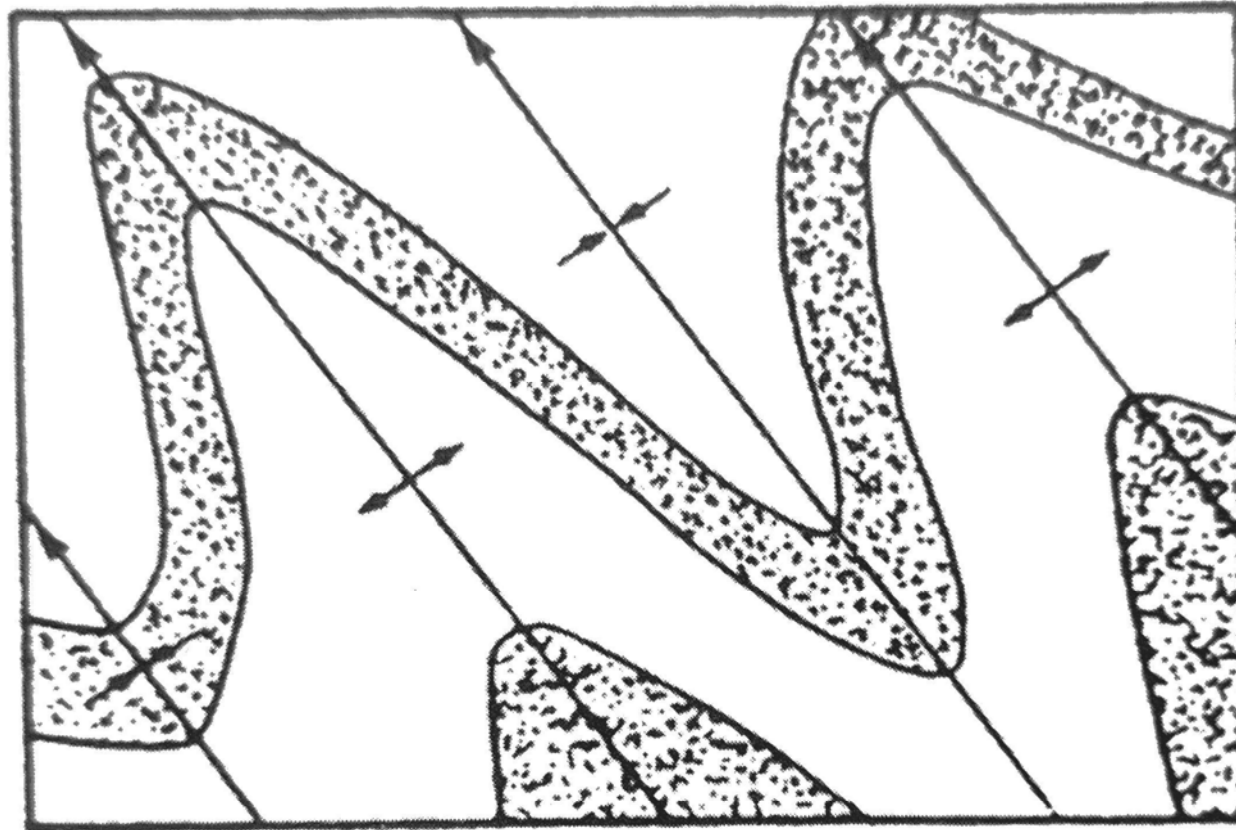


圖 7.39 由背斜及向斜相間所形成的鋸齒地形

5. 褶皺對岩層的影響

中性面(median surface)：
所有反曲點的連線

- 層間滑動(Flexural slip)：
三層岩石褶皺時，若各層長度無重大變化則必有層間滑動發生

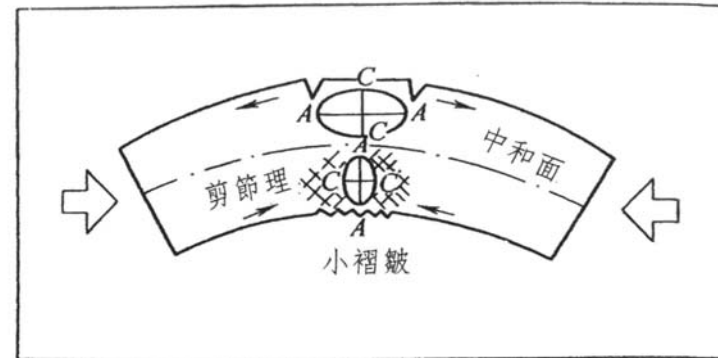


圖 7.28 水平壓應力所造成的褶皺 (圖中的橢圓為應變橢圓)

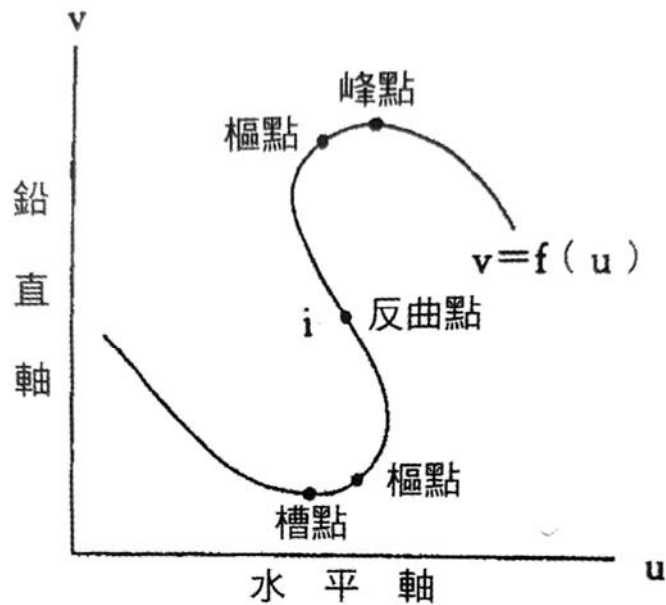


圖 4.13 褶皺剖面各重點之名稱

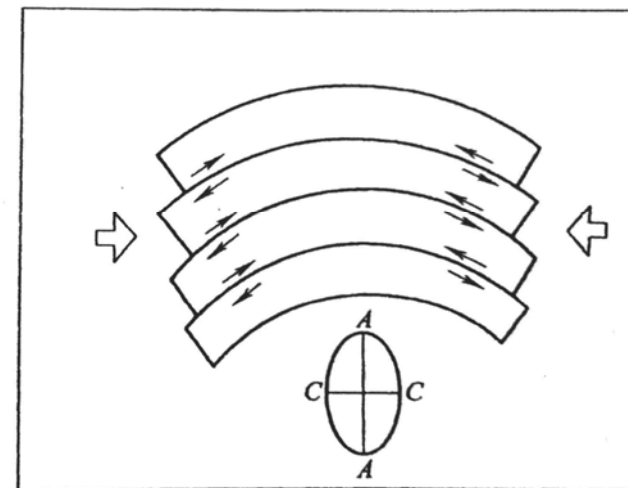


圖 7.29 水平壓應力褶皺發生時所產生的層間滑動 (圖下的橢圓為應變橢圓)

層間滑動

- 越接近樞點，滑動量越小；越接近反曲點，滑動量越大。層間滑動可能產生岩石碎屑甚至泥縫(seam)

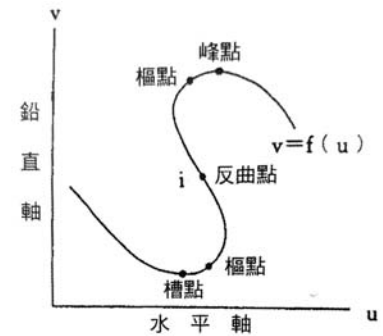


圖 4.13 褶皺剖面各重點之名稱

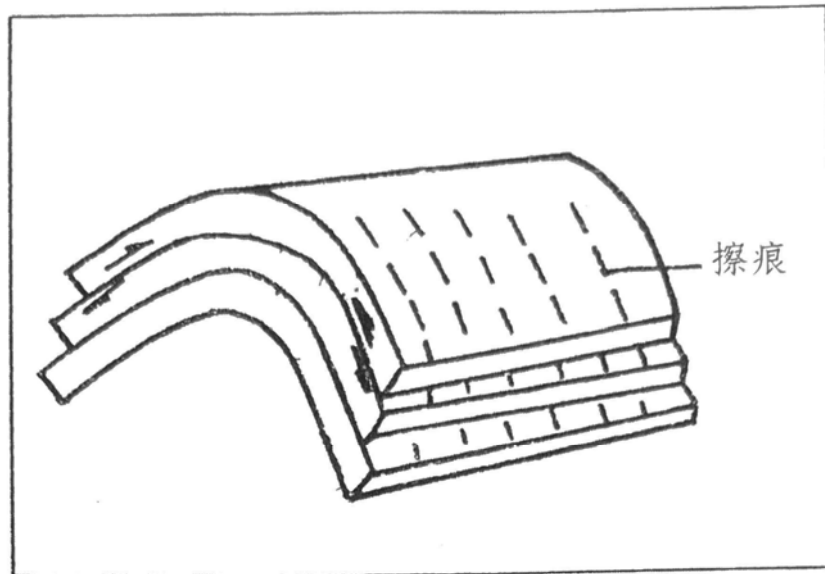


圖 7.30 層間滑動所留下的層面擦痕

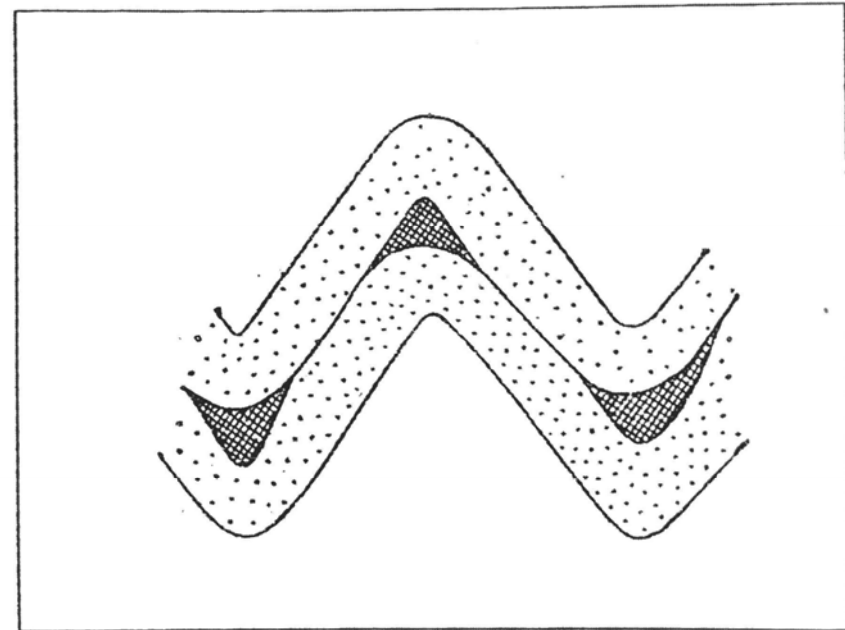
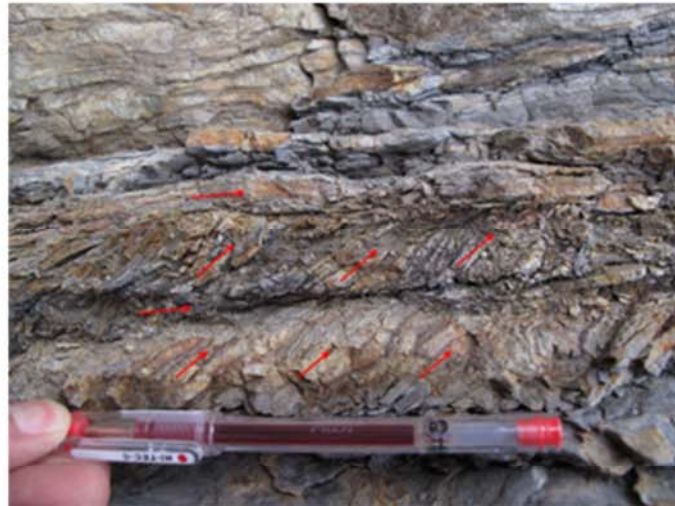


圖 7.31 層間滑動所造成的虛脫及鞍狀充填

層間剪裂帶特徵



南莊層



卓蘭層

≒1m

≒1m

(林錫宏，2015)

大溪內柵河床露頭數公分等級之不連續面



5. 褶皺對岩層的影響

中性面(median surface)：
所有反曲點的連線

- 產生張裂縫及節理：中性面之外產生張裂縫，中性面之內因壓縮而產生節理。
- 產生張裂隙及劈理：兩翼產生張裂隙，並於變形量甚大時，產生板岩劈理(slaty cleavage)

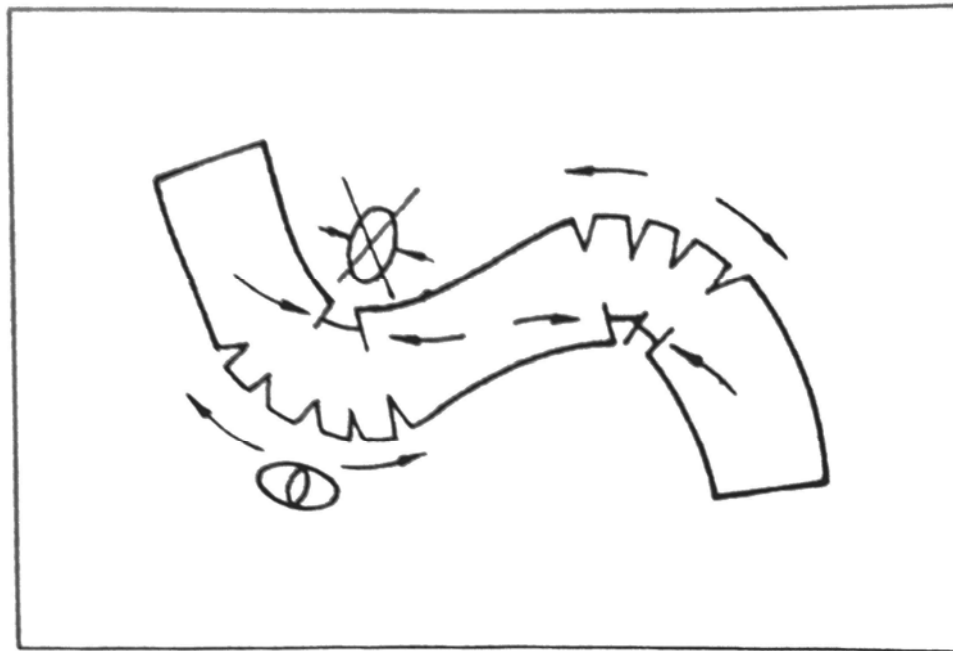


圖 7.40 脆性岩層在褶皺軸部的張裂情形（旁示為應變橢圓）

褶皺與節理

依據節理與褶皺軸的空間關係分類

- 縱節理：節理的走向與褶皺軸大致平行
- 橫節理：節理的走向與褶皺軸近乎垂直
- 斜節理：節理的走向與褶皺軸斜交

1組共軛節理conjugated joints

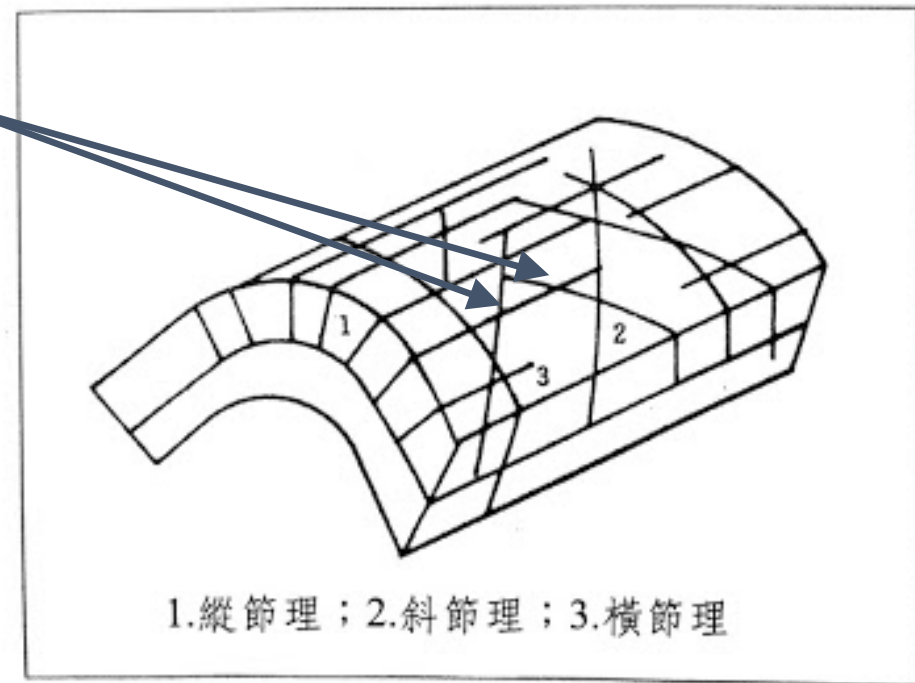
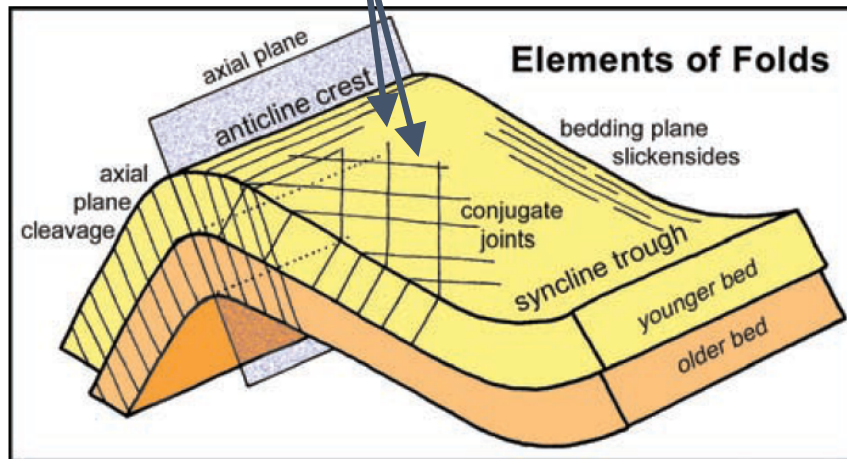
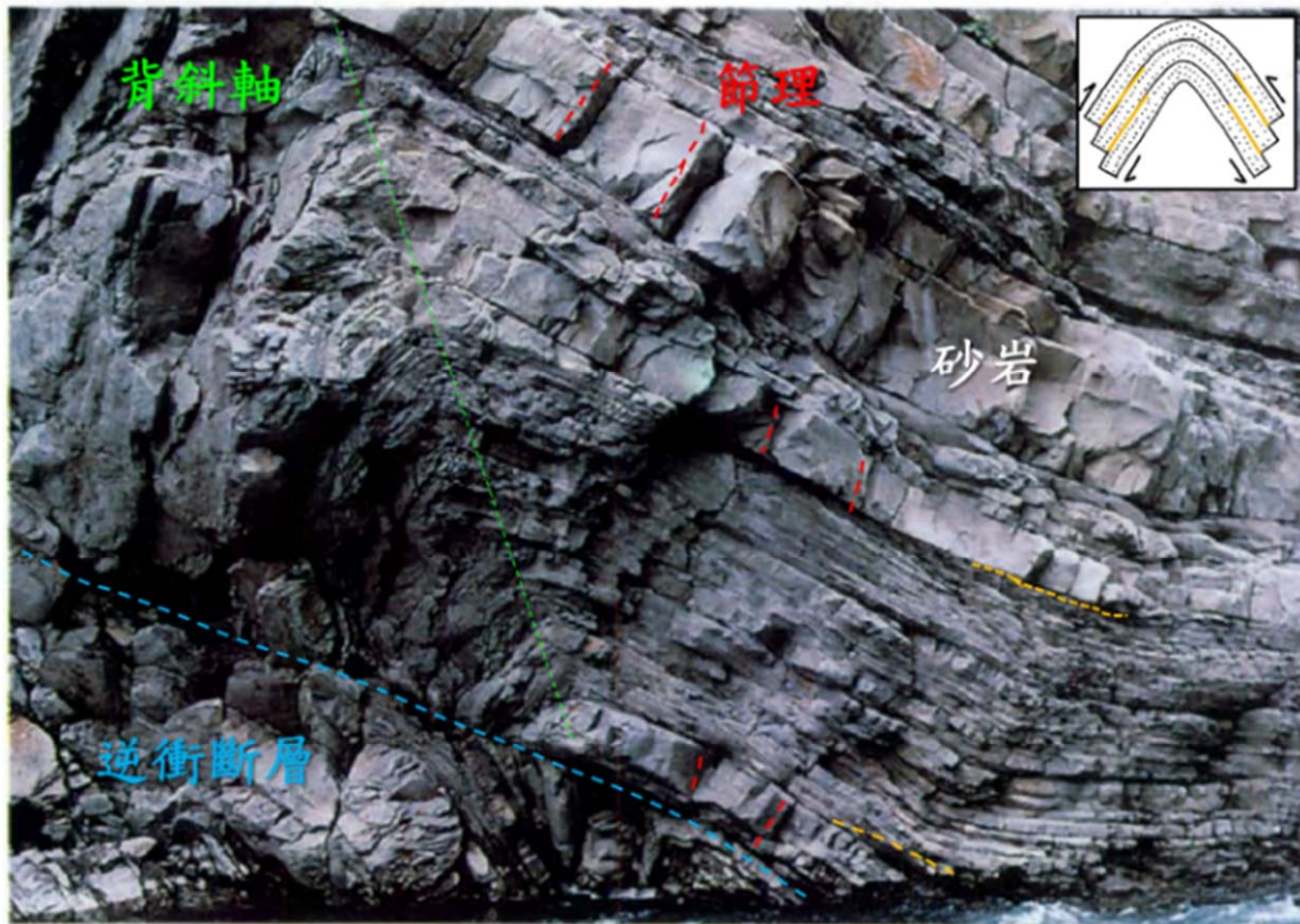


圖 9.9 根據節理與褶皺軸向的空間關係之分類法

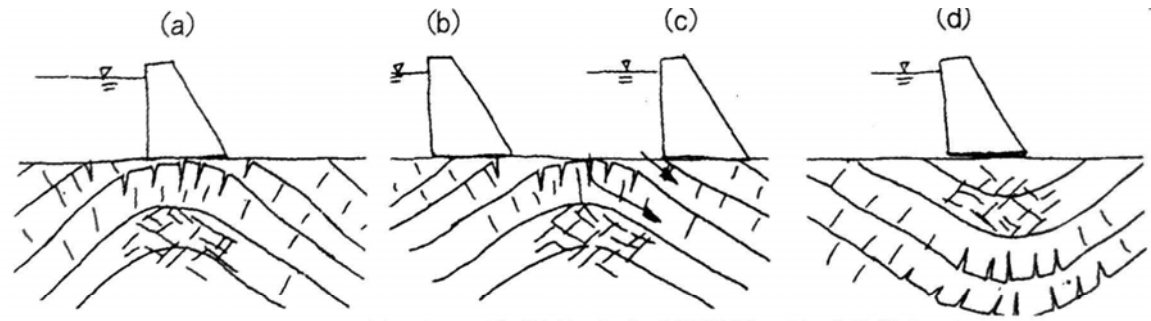
苗栗汶水溪厚砂岩中之背斜構造



6. 褶皺對大地工程的影響

• 壩軸平行褶皺軸

- 建於向斜軸上：有利
- 建於背斜軸上：不利
- 建於背斜軸上游翼：有利，較不易漏水
- 建於背斜軸下游翼：不利，較易漏水

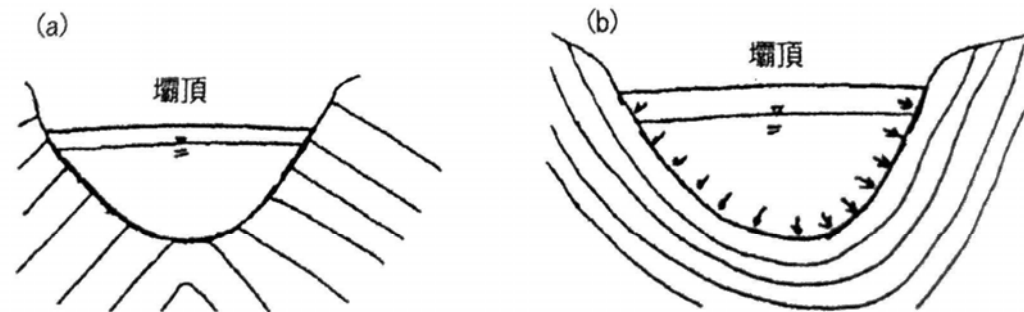


- (a) 建壩於背斜軸上，使岩盤之各種裂縫更加活動起來
- (b) 建壩於背斜軸上游翼，水庫較不易漏水
- (c) 建壩於背斜軸下游翼，水庫易漏水
- (d) 建壩於向斜軸上，層面受壓趨於緊閉，為一種較有利的選擇

圖 4.18 褶皺對壩基之影響(壩軸平行於褶皺軸之情形)

• 壩軸垂直褶皺軸

- 建於向斜軸上：有利，不易漏水
- 建於背斜軸上：不利，易漏水



- (a) 建壩於背斜軸上，易沿層面漏水
- (b) 建壩於向斜軸上，層面受壓趨於緊閉，較不易沿層面漏水

圖 4.19 褶皺對壩基之影響(壩軸垂直於褶皺軸之情形)

6. 褶皺對大地工程的影響

- 隧道通過向斜構造：易湧水
- 隧道通過背斜構造：排水良好

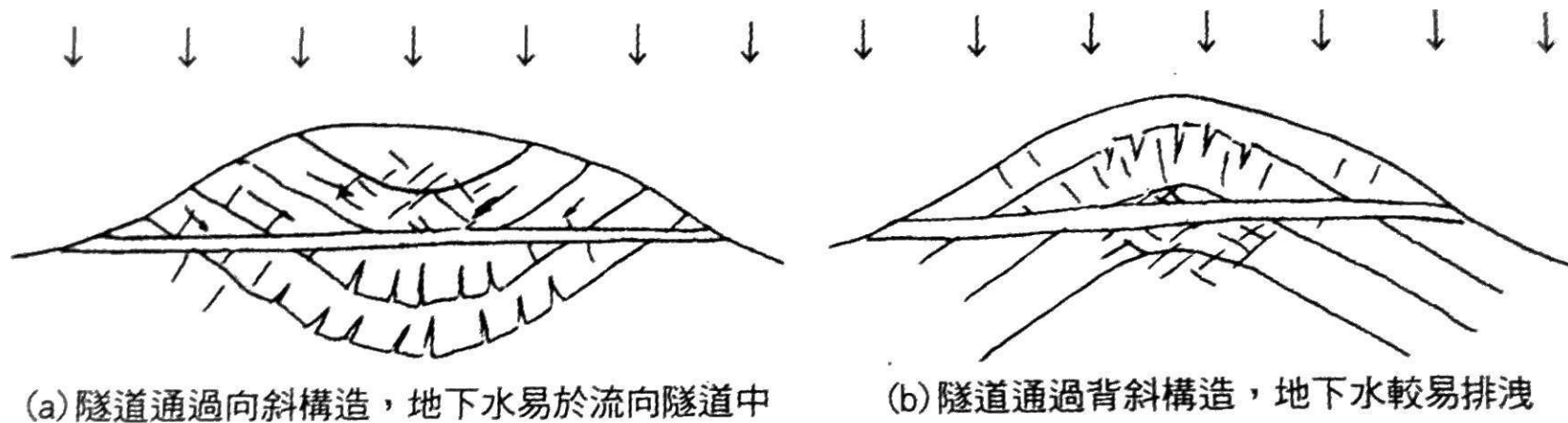


圖 4.17 褶皺對隧道排水之影響示意圖