

## 地工小百科

### 節理對岩體力學性質的影響

\*潘國樑

構成地殼的岩體受力的作用後發生變形，當變形達到一定程度時，岩體的連續性與完整性遭到破壞，產生各種大小不一的破裂，如果沿破裂面沒有發生顯著的位移，這個破裂面就稱為節理；如果發生過顯著的位移，就叫做斷層。

節理以平面居多，多相互平行，形成節理組，可把岩石分割成具有一定幾何形狀的塊狀裂隙系統。古老節理常有造岩礦物填充。

根據成因，節理可分為構造節理與非構造節理兩大類。構造節理是在地質構造運動作用下於岩石中所形成的節理，常成組出現，與當地的褶皺、斷層構造有關；在空間分佈上具有一定的規律性。按照力學性質，構造節理又可分為伸張節理及剪切節理。伸張節理是垂直於最小主應力軸方向(平行於最大主應力軸方向)發生張裂所形成的節理，常發育在褶皺構造中背斜及向斜的軸部，且垂直於褶皺軸面。伸張節理一般不平直、裂面較粗糙、間距大且分佈不均勻，很少密集成帶，沿其走向及傾向都延伸不遠。伸張節理兩壁常張開，剖面上呈上寬下窄的楔形，裂隙寬窄變化較大，易被造岩礦物充填；在礫岩中發育的伸張節理常繞過礫石。伸張節理往往成為地下水的良好通道。

剪切節理係岩石因剪切破壞而形成的節理，多出現在褶皺的兩翼或斷層附近，沿節理走向及傾向延伸較遠，發育的密度較大，節理間距小而具有等間距性。沿節理面可能發生輕微位移，節理面平直而光滑，裂隙閉合，有時留有擦痕及磨光

面。剪切節理常沿剪切面成群的平行分佈，且通常有兩組不同方向的節理，交叉成X型，稱為共軛節理，將岩體切割成菱塊狀或豆腐狀，最大主應力軸即平分共軛節理的銳角。在礫岩中發育的剪切節理常切穿礫石，而不改變其方向。當岩層受到水平擠壓應力時，初期在層面上產生兩組平面剪切節理；當水平壓力繼續作用時，岩層彎曲形成褶皺，在其軸部的剖面上產生另一對剪切節理。由於剪切節理呈交叉狀，且互相將岩層切割成碎塊狀，破壞了岩體的完整性；剪切節理面常成為易於滑動的不連續面。

非構造節理是岩石在非地質動力(如風化、山崩、地陷、河谷解壓、冰川活動、人工爆破等)作用下所形成的，多發育在靠近地表或淺部的岩石中。岩石在成岩過程中因冷凝或乾縮所形成的原生節理也屬於非構造節理。

為了反應節理的分佈規律及其對岩體穩定性的影響，對節理需要進行野外量測及室內資料統計分析。調查量測時應先在工作區域選擇一具有代表性的岩層露頭，對一定面積內的節理進行走向、傾向及傾角測量，並計量長度、寬度、間距，觀察填充情形、含水情況及節理面的粗糙度，且研究節理的成因。當節理面出露不佳時，常利用硬紙片或金屬薄片插入裂隙中，用測量紙片的數據代替節理的位態。

統計節理的位態有各種圖式，節理玫瑰圖是較常用的一種，它可用來表示節理發育程度的大小(即方位與組數)。節理玫瑰圖分成走向玫瑰圖及傾向玫瑰圖兩種。

節理玫瑰圖的編製方法很簡單，很有實用價值，但最大的缺點是不能在同一張圖上將節理的走向、傾向及傾角同時表示出來。為了改正這項缺點，一般最常用的就是圓球投影法(即赤平極射投影法)，並用電腦統計與繪圖。

岩體中的節理是岩體中力學強度相對薄弱的部位，它導致岩石力學性質的不連續、不均一性及異向性。岩體的節理特徵(如位態、組數、間距、密度等)對岩體在一定載重下的變形與破壞方式及強度特徵產生重要的控制作用；同時岩體中的節理常常成為決定岩體穩定性的控制面。靠近地表的岩體，其節理特徵在很大程度上確定了外營力對岩體的劣化過程；這是由於節理面往往是這些外營力的風化、侵蝕作用能深入岩體內部的重要通道，尤其是那些所處地形上的部位及水文地質部位均有利於外營力沿之積極活動的不連續面(帶)。

岩體中的節理在工程上除了有利於開挖外，對岩體的強度及穩定性均有不利的影響。節理切割的岩體，其強度介於岩石強度及不連續面(即節理面)強度之間。它一方面受岩石材料性質的影響，另一方面取決於岩塊的活動自由度，而後者又受節理特徵及儲存條件(如地應力、地下水、溫度等)的控制。當岩體沿節理面整體滑動破壞時，其強度取決於節理面的強度。

因節理的組合及受力狀態不同，岩體的破壞方式也不同；一般有以下幾種：

(1)軸向劈裂，即沿著受力方向劈開，一般發生於高角度的節理及處於低圍壓時；

(2)沿節理面滑動破壞，多在節理面與最大主應力呈30至50度角，且圍壓不高時發生；

(3)切穿岩石材料，多發生在高圍壓狀況下，形成共軛剪切面破壞，其銳角被最大主應力軸所平分；

(4)部份沿節理面滑動，部份穿切岩石材料；即沿岩塊及節理混合剪切。

(5)由於岩體中節理在受力條件下發生擴展、張開，又因為被節理切割後所形成的岩塊發生了偏轉、壓碎等情況，所以使岩體發生鬆脹破壞；這多發生在節理組數較多、圍壓很低的情況下。

岩體的破壞型式不同，其強度也是不同。

岩石材料的莫爾破壞包絡線是被節理切割後的岩體之強度上限；岩體中最光滑的節理或最軟弱的節理之包絡線則為其強度之下限。被節理切割的岩體，其破壞包絡線介於兩者之間，但偏上或偏下則與節理的位態、組合情況、粗糙度、密度等有關。許多模型試驗證明，岩體的破壞包絡線在低圍壓時較陡，而在高圍壓時變得較平緩。

圍壓的大小對岩體強度的影響很大。一般而言，在低圍壓時常呈軸向劈裂，沿節理面滑動或鬆脹解體破裂；在高圍壓時形成穿切岩石材料的共軛剪切面破壞。圍壓增大，則岩體抗剪強度增大，但並非呈直線關係，而是在圍壓低時增加得快，在圍壓高時強度增加得慢。隨著圍壓的增大，岩體中節理面的力學效應逐漸減小；當圍壓達到某一臨界值時岩體中節理面的效應完全消失，這時岩體也從脆性破壞變成延性破壞。而這一臨界值的大小則因岩性不同而不同。對粒化大理石而言，當圍壓為20MPa時，岩體的強度可以達到岩石強度的80%。