

地工小百科

軟弱夾層的工程特性

*潘國樑

軟弱夾層一詞早被地工界廣泛的應用；一般指的是岩體中，在岩性上比上、下岩層顯著較為軟弱，而且單層厚度也比較薄的岩層；按其力學效應的程度，可分為薄膜、薄層及厚層三類。

薄膜狀夾層的厚度一般小於1mm，多為次生的黏土礦物及蝕變物質充填，如高嶺石、蒙脫石、滑石、蛇紋石、綠泥石等。薄膜可使不連續面的剪力強度降低。

薄層狀夾層的厚度與上、下盤面的起伏差相似。這樣，不連續面的強度主要取決於夾層物質；岩體破壞的主要方式係沿著軟弱夾層滑動。

厚層狀夾層的厚度可由幾十公分至幾公尺。岩體內存在如此厚的軟弱夾層，其破壞方式將不僅是沿著不連續面（即夾層）方向滑動，若其本身是塑性物質，則常以塑流狀態被擠出，從而導致岩體的大規模破壞。

軟弱夾層的組成物質最常見的有泥質、碎屑、角礫等，也有的是與堅硬岩石相對軟弱的岩石組成。根據試驗得知，堅硬岩層間的碎屑物質夾層，其粒徑對抗剪強度有一定的影響。當粒徑由2至3mm增大到2至3cm時，其內摩擦角達到最大值（由 36° 增至約 39° ）。當粒徑再增大，其內摩擦角即不再增加，基本上保持一定值。碎屑質軟弱夾層的剪力強度還與其結構（咬合、孔隙等）有關。一般而言，結構密實的夾層，內摩擦角最大；結構疏鬆的夾層，內摩擦角最小，兩者的內摩擦係數可差20至25%。碎屑的硬度增加（風化程度減少），其內摩擦角顯著增加。碎屑

物質的級配佳，內摩擦係數可增高10至35%。碎屑物質的圓度增大（尖角減小），其內摩擦係數可降低10至20%；同時凝聚力可減小2至2.5倍。

另外針對堅硬砂岩間的較厚、飽和頁岩夾層進行試驗，這種頁岩夾層在不擾動、天然含水量的狀況下，其內摩擦角為0.26，凝聚力為 0.48kg/cm^2 。當它在擾動壓碎後，內摩擦角不變，但凝聚力降低6倍，為 0.08kg/cm^2 。當含水量增加到25%時，強度顯著降低；當含水量繼續增加，頁岩夾層便呈塑性狀態，從而被擠出，層縫也隨之閉合。砂岩層面開始接觸，強度跟著回昇；當含水量增至52%時，塑性夾層便完全被擠出。這時的剪力強度相當於上、下砂岩接觸面的剪力強度。

岩體中有時發現透鏡體狀的軟弱夾層；這種夾層壓縮性大，極易變形或流動；但此夾層係處於一種未受或很少受到覆岩層的載重作用，故儘管其剪力強度很低，但這裏的抗剪強度主要決定於其上、下堅硬岩層直接接觸的剪力強度。

總而言之，軟弱夾層的結構緊密、上下盤起伏大、位態變化多者，其剪力強度就高；相反地則剪力強度低。由於軟弱夾層強度低、易變形，常給工程建設帶來困難及危害，有時因為軟弱夾層的存在，需要改變設計、增加工程量或在工程後期加固，故必須小心調查與處理。

在某些情況下，軟弱夾層在整個厚度上，或者在它與上、下堅強岩層接觸的部份，遭受層間錯動或地下水的長期物理化學作用下，而形成結構疏鬆、顆粒大小不

均、多呈定向排列、強度較低的泥化軟弱夾層，也簡稱為泥化夾層，是一種特殊的軟弱夾層。

大部份泥化夾層是由原生沈積型軟弱夾層發展變化而來，其產狀與原來的夾層完全一致，泥化的厚度可能祇有1mm至5cm而已。當原夾層較薄時則全部泥化；如果原來夾層厚度較大，則往往是靠近上、下層面的部份泥化，而中間部份仍保持原來的狀態。儘管泥化夾層有時很薄，但當沿層面承受剪切應力時，它卻能夠起重要的潤滑作用。這在順向坡的順層滑動是非常重要的一個機制。

在沿層面的方向上，除了原來夾層本身分佈就不連續，而泥化夾層必然也不連續外，即使原來夾層延續很廣，但是有時泥化卻未必連續，此時夾層即呈泥化與未泥化的部份相間存在。泥化夾層在空間分佈的這種複雜性，造成了調查它們分佈規律的一些困難。

在垂直於層面的方向上，在靠近泥化帶，但尚未泥化的原來夾層中，破裂面比較發達，其最靠近泥化帶的部份劈理非常密集。在泥化夾層的層面上時常出現磨光面，有時存在著擦痕，可見層間會發生剪切錯動的過程。

從岩層的組合來看，泥化夾層多發育在上、下相對堅硬、中間相對軟弱的剛柔相間的岩層組合條件。從岩性上來看，原來夾層的黏土礦物的含量愈高及黏土礦物中蒙脫石礦物所佔的比例愈大，愈易泥化。一般而言，黏土含量大於30%時才能發生泥化。

泥化夾層的黏土含量絕大多數大於30%，有的最高可達到70%以上。天然含水量一般介於塑限與液限之間；在天然情況下處於塑性狀態。泥化夾層具有一些共

同的特性：在成分上，泥化夾層的黏土含量比原岩增多；在結構上，由原夾層的過壓密膠結變成了泥質散狀結構或泥質定向結構；在物理狀態方面，泥化夾層的含水量超過塑限，密度則比原夾層有所降低；常表現一定的膨脹性，其膨脹壓力的大小與黏土礦物的類型及有機質含量有關；在力學強度方面，泥化夾層比原夾層大為降低，特別是剪力強度降低很多，與鬆軟土相似，其內摩擦角降至17°以下，甚至小於11°，屬中等高壓縮性。此外，泥化夾層由於結構疏鬆，其抗沖刷能力也低，在地下水作用下，可能產生滲透變形，一般前期為化學管湧，後期以機械管湧為主。

在電子顯微鏡之下，泥化夾層的劈理帶中，其黏土岩結構並不是黏土顆粒，而是由許多定向分佈的片狀黏土顆粒連結而成的集合體；在型態上多呈片狀、鱗片狀，具有疊置定向排列的特點。地下水極易沿這些劈理侵入，使之泥化。剪切構造作用使軟弱夾層的上、下岩層發育很多裂隙，也為地下水的滲入提供了通道，促進及加速了泥化作用。

在軟弱夾層的泥化中，地下水的作用改變了顆粒的連結及排列狀況，在黏土顆粒的周圍形成了結合水膜，使顆粒分散，含水量增大；地下水還使泥化夾層的強度降低。地下水對被層間錯動碾成碎塊及細粒結構的黏土岩之長期浸泡，溶解其中的鹽類，引起離子交換，對泥化夾層的形成及性質的變化都有很大的影響。

泥化夾層具有以上的這些特性，對工程的危害很大。但這些特性的表現程度又受泥化夾層的黏土含量、黏土礦物類型及結構的影響。因此，在進行調查研究時，不僅要研究它們的現有性質，而且還要研究這些性質在條件改變時的變化趨勢。