

課程二：高空工作使用的繩索

一、概論

繩索是生命之所繫，不論是高空工作、登山攀岩，墜落的可能性始終存在。當意外發生時，繩索是保護你安全的最重要的器具。工程攀降與運動攀登的型態不同，繩索性質有很大的差異。有些工人到登山用品店，希望買一條「好的」繩子來保障自己的安全；也有些登山者去五金行買「便宜就好」的尼龍繩作為人身確保；更多人將攀岩繩與工程繩混用。繩索的選用不當，不僅危險，也降低了工作的效率。

早期的工人使用麻繩或三股尼龍繩，麻繩太僵硬笨重及容易斷裂，三股尼龍繩(右圖上)彈性過佳及編織方式無法使上升器及下降器咬合，勉強使用容易發生意外。歐盟標準規定工程及救援機構一律使用編織繩(Kernmantle ropes)。編織繩是目前唯一通過歐洲標準委員會(Committee of European Normalization, CEN)以及國際攀登聯合會(Union Internationale des Associations d'Alpinisme, UIAA)檢驗合格並予以認證的繩索；CEN 是歐洲地區負責設計與維持設備標準的機構，UIAA 則是制定攀登裝備標準的國際權威。

由於歐洲是技術攀登的發源地，攀登器材的安規標準制定最為嚴格及完整。因此全世界各國大多遵循歐洲標準。

一、編織繩(Kernmantle ropes)

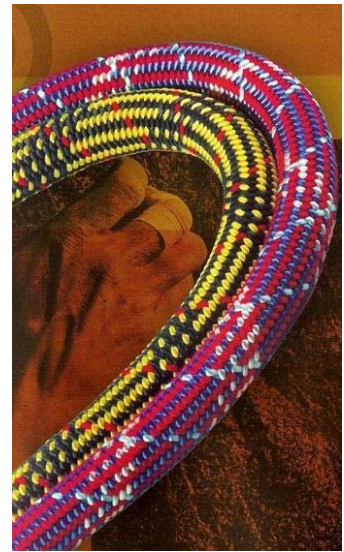
編織繩(右圖二)是以強化尼龍絲(PA)編織製成，結構分為繩芯(core)和外皮(sheath)。

繩芯是平行並列或編成辮狀的尼龍絲，繩芯佔全繩的重量大約40%，是繩索的主要受力部位；外皮則是交錯編織而成，用以保護繩芯及提供咬齒式上升器咬合(右圖下)，並且具備足夠的摩擦力供下降器通過及掣停。編織繩依彈性及直徑的不同，可分為靜力繩、彈性繩、輔助繩。使用編織繩工作之前，必需先了解這條繩索的性質，繩頭上必需標明以下資訊：

1. 繩索屬性：靜力繩 Static (EN1891)或動力繩 Dynamic(EN892)。
2. 繩長：繩索長度必需長於工作區固定點至地面的距離，並預留3公尺以上的餘繩。如果使用於雙繩系統，必需有2倍以上的繩長加上5公尺以上的固定點耗用。
3. 繩徑：工程垂降、拖拉或定位，通常使用直徑10mm至12mm，而以11mm最為普遍。輔助繩通常是5mm至7mm。
4. 製造年：強化尼龍(PA)會隨時間老化，經常(每週)使用的繩子，一年之內必需汰換。即使從未使用的繩索，在保存良好的情況下，製造超過10年以上也最好不用。



三股尼龍繩 適用吊掛重物



編織繩 適用於人員攀降



編織繩的繩芯與繩皮



上升器與編織繩

二、靜力繩(Low Stretch Kernmantle, 或 Static ropes)用於工程垂降、拖拉、繩橋或救援的主繩，直徑 10.5mm 至 12mm 的靜力繩最適合，由於延展性(彈性)較低(低於 5%)，可提供工作及垂降時的穩定性。但因為彈性低，無法有效吸收墜落衝擊力，因此千萬不可用於先鋒攀登(leading Climb)，否則在墜落時可能造成嚴重傷害或者固定點遭到拔除。

靜力繩應用在高空作業工人的垂降及拖拉主繩，已經在歐盟及美加成爲規範，爲了控管出廠品質及使用者安全，歐洲標準委員會(CEN)針對靜力繩訂定了嚴格的規範 (EN norm EN1891)：

1.直徑(diameter)

將繩子負重10公斤，繩直徑應介於最小8.5mm至最大16mm。

2.靜態延伸率(Static Elongation)

讓靜力繩受重150公斤，延伸率不得超過5%。

3.靜態強度(Static strength)

EN1891要求A類繩(type A：使用於人身保護的繩索)的靜態強度最低22kN(2200公斤)，B類繩的強度最低18kN(1800公斤)。製造商必需在繩索上的標籤上顯示。

※注意：使用時，靜力繩承受的重量不應超過其靜態強度(破斷負荷)的1/10。

4.製造材質的要求：EN1891要求，製造靜力繩所用的材質的熔點必需高於攝氏195度C。通常以強化尼龍 PA製造，但不應使用聚乙烯或聚丙烯。

5.繩皮(鞘)滑動(Sheath slippage relative to the core)

這個數值對於使用靜力繩作垂降時非常重要。如果繩皮滑離繩芯太多，產生繩皮隆起阻礙了垂降制動(剎車brake)，可能危及垂降者的安全。合格的靜力繩，每2公尺不應滑動超過40mm(A類繩)或15mm(B類繩)。

6.動態表現(Dynamic performance)

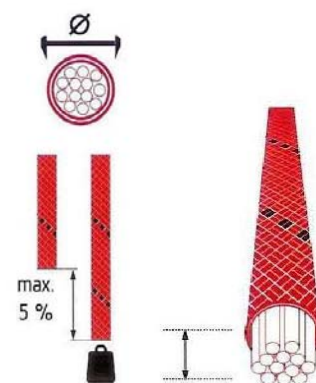
如圖右，以2公尺的靜力繩作測試，兩端繩尾綁8字結各別連接固定點及負重。負重100kg，再以墜落係數1(fall factor=1)進行5次標準墜落。合格的靜力繩必需禁得起5次以上的標準墜落。

7.繩結靈活性(Knotability)

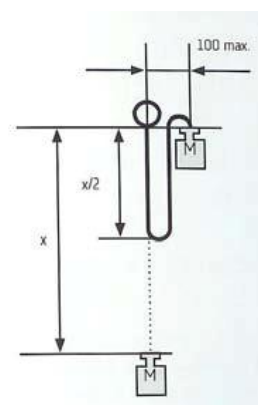
繩結靈活性是對於編織繩相當重要，如何來衡量呢？將一段繩打一個單結，再讓它承受 10 公斤的重量(右圖)，再測量繩結內直徑。將繩結內直徑除以繩直徑就得到了靈活性係數。對於靜力繩來說，EN1891 要求這個係數不能大於 1.2。一條靈活性不佳(係數大於 1.2)的靜力繩，不容易打繩結。



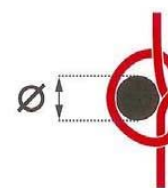
垂降、繩橋要用靜力編織繩



直徑、延伸率、繩皮滑動率



標準墜落測試



靈活性高的繩，便利打繩結

替代品？

繩索是最大的消耗品。經過CEN認證的繩索，價格高昂，許多業者或工人無法負擔經常汰換的繩索費用，成本問題一向是基層工人的最大的困難。

如果要尋求較便宜的替代品，必需尋找具備足夠破斷負荷(拉力強度)的編織繩作為工作主繩，強度必需經過公正單位的檢測，繩皮的編織股數需至少32股以上。不論繩芯或繩皮，其繩股應該一線到底，不可有打結連接的情況，繩股的材質必需是強化尼龍(PA)或強化特多龍(比較耐酸鹼)。台灣有幾家專業繩廠有能力製造合格的編織繩並且外銷歐美，採購時應該慎重挑選。

然而，如果預算允許，筆者仍強烈建議使用『經過CEN認證的繩索』。

※ 繩索的破斷負荷(拉力強度)必需是使用中負重的 10 倍以上，例如，工人的體重 70 公斤，機具 50 公斤，合計 120 公斤，同時負重在一條繩索上時，這條繩索的破斷負荷必需是 1200 公斤以上。……為什麼是 10 倍呢？當工人發生意外的墜落，而墜落係數大於 1 時，則主繩感受到的衝擊力將遠超過 120 公斤，而人體無法承受 6kN(600 公斤)以上的衝擊力。主繩經過繩結、岩角及本身的使用損耗之後，剩餘強度已經遠不如全新的直繩。IRATA 建議工作負荷控制在主繩強度的 1/10 以下，以避免主繩本身的負荷不足而造成意外破斷。

三、動態繩(Dynamic ropes)

動態繩的靜態延展性約 6-9%，但動態延展性(如工人突然墜落)可能達到 30%以上，這個優越的彈性可以吸收人員墜落時的衝擊力。避免衝擊力傳導到人體，導致嚴重受傷。

動態繩主要應用於攀岩，攀岩者在攀爬時，其繩索並未承重，但當攀岩者突然墜落時，其墜落係數經常高於 1，唯有動態繩能有效吸收其墜落衝擊力，以避免攀岩者受傷或固定點的損壞。

動態繩在工程上主要應用為確保挽索供工人隨身攜帶，當工人懸吊在高空或外牆上時，連結身體(吊帶)和固定點(牆面或主繩)之間，固定點必需高於身體，當墜落突然發生時，墜落距離可以低於確保繩的長度(FI, Fall factor 墜落係數 < 1)

動態繩也可以作為定位繩，將它連結安全吊帶的兩側 D 環，再環繞固定物(如柱或樹)使身體能穩定地在一個位置工作又可保留一點點伸縮彈性。



動態繩作為確保繩用



動態繩用於攀岩

四、繩索的保養

再好的繩子，若疏於保養，將提早老化而不堪使用。不論是個人私有或公用的繩子，都該小心使用，仔細照顧，經常檢查，因為繩子是無法「修理」的。尤其公用的繩子，經常被多人重複使用，卻乏人保養，造成耗損率太高。適當的保養，不但可使它延年益壽，也可以保護下一位使用者的安全。保養要點如下：

1. 不要將自己的繩子借給他人用，除非你要和他共用在同一工作，也不要借他人的繩子來用，因為你對這條繩子的「豐功偉業」並不瞭解。
2. 每條繩子都該有它的使用記錄。放一本小冊子在繩袋內，從你買下繩子開始，在每次使用後做簡單扼要的記錄。例如：外觀有無異常，發生過多少次墜落，墜落情形如何，是否有被拉過粗糙或尖銳的地形、鉤環、確保器、下降器等的表面有無磨損（它們會對繩皮造成損傷），及其他一些你覺得重要的事。這些記錄可以讓你對繩子的狀況更能掌握。愛惜繩子如同愛惜自己生命。
3. 使用繩子時，儘量不要讓它接觸地面砂塵。最好放在一種可以完全攤平的理繩布上，或可以順繩投入及抽出的繩桶中，以減少砂塵跑進繩子裡的機會。
4. 存放：繩子不用時，應該放在專用的繩袋或繩具背包，並避免與金屬器材或硬物的磨擦。



專用的繩具背包：舉凡人身保護器材 PPE、金屬器具、主繩等一切高空工作應使用之裝備器材，能整齊的鉤掛排列其內並方便取用。內置大塊理繩布，以隔離工地灰塵，保持理繩時的清潔。並具防水內袋以存放裝備繩索之使用保養記錄。

專用的繩桶：繩尾結於繩袋底部之繩尾環，順序將繩投入繩袋，繩頭再結於繩袋頂部之繩頭環。便於背負攜帶或保存，到達工作處所即可立即抽出使用。

5. 不踩繩：不論是穿鞋子或光腳，都不要踩繩子。踩繩會讓一些肉眼不易看見的砂粒鑽進繩子，細小的砂粒含在纖維中，將隨著使用而慢慢地切割纖維。另外，尖銳的金屬千萬不要刺到繩子，即使繩子表面看不到傷痕，繩芯的纖維卻可能已經被割斷。
6. 使用中的保護：避免將繩子拉過粗糙或尖銳的地形。垂降之前，最好將繩子和岩角(女兒牆)接觸的部份用布或繩套包住。繩子不要直接綁在樹上，對繩子和樹都不好。乾樹皮的尖銳度更高於岩角，繩索在負重受力之後，容易遭到尖銳物磨(割)斷。此外，繩子不可直接穿過 bolt 固定點，必需另使用有鎖鉤環作為繩子與固定點的銜接。避免將兩條繩子掛進同一個鉤環，因為繩子會互磨。穩定而緩慢地垂降，高速下降產生的溫度會破壞繩皮；跳躍式垂降，會對固定點和繩子造成非常大的負荷。如果是團體作業，最好分批垂降，每一批之間至少間隔 5 分鐘。



繩子經過岩角或女兒牆等尖銳地帶，應該適度的保護，避免磨擦。

※各種的銳角(女兒牆、樹皮) 繩索保護方式：



7. 檢查：每次使用後要檢查繩子。最好的檢查工具就是你的手，手對繩子上的異常處可以敏感地偵測到。例如某處突然扁下去，和其他地方粗細感覺不同，或某一段特別鬆弛等。鉤環，8字環，下降器，上升器這些會直接接觸繩子的器材，也要檢查。它們的表面如果有磨損或不正常的突起，會損壞繩子。
8. 洗繩：繩子應定期清洗，特別是有污染的時候。使用浴缸或大型水桶清洗，浸泡約一小時，之後不斷地攪拌，讓繩子各處都能洗到。特別污染的地方，用繩刷來回刷洗。多換幾次水，確定清潔劑都沖掉了，再將它攤開吊在陰涼通風處自然乾燥即可。不可使用洗衣機、烘乾機、吹風機、曬太陽等等。繩子應保持乾燥及清潔，保存於獨立的繩袋中，使用時也自繩袋中順序抽出，使用後順序放回，或將繩索以繩盤法捆好，平整的置於繩袋內。繩子在存放時就必需是理好頭緒的，一定要避免纏繩，以免使用時發生意外。



1. 專用的洗繩劑或純中性清潔劑



2. 洗 50 米繩，約倒入 100cc 洗繩劑



3. 冷水浸泡 1 小時



4. 使用繩刷來回刷洗或用手揉洗。



5. 用清水沖洗幾次。



6. 晾在通風處陰乾。

