

墜落滾落危害預防

劉玉文

嘉南藥理大學 職安系暨防災研究所退休教授

大綱

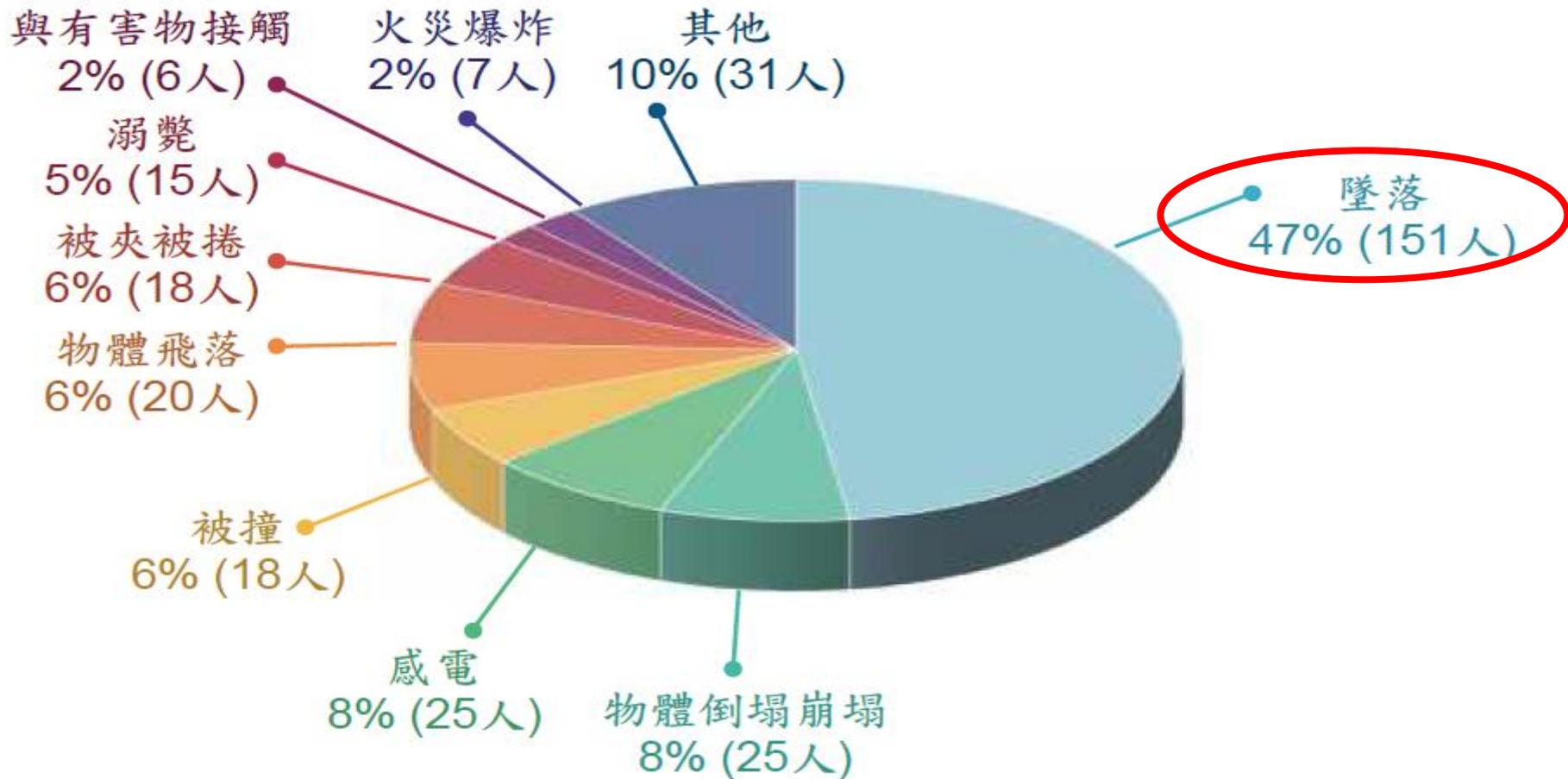


- 前言
- 高處作業職災害特性
- 那些人不能從事高處作業
- 高處作業墜落災害預防設施

前言

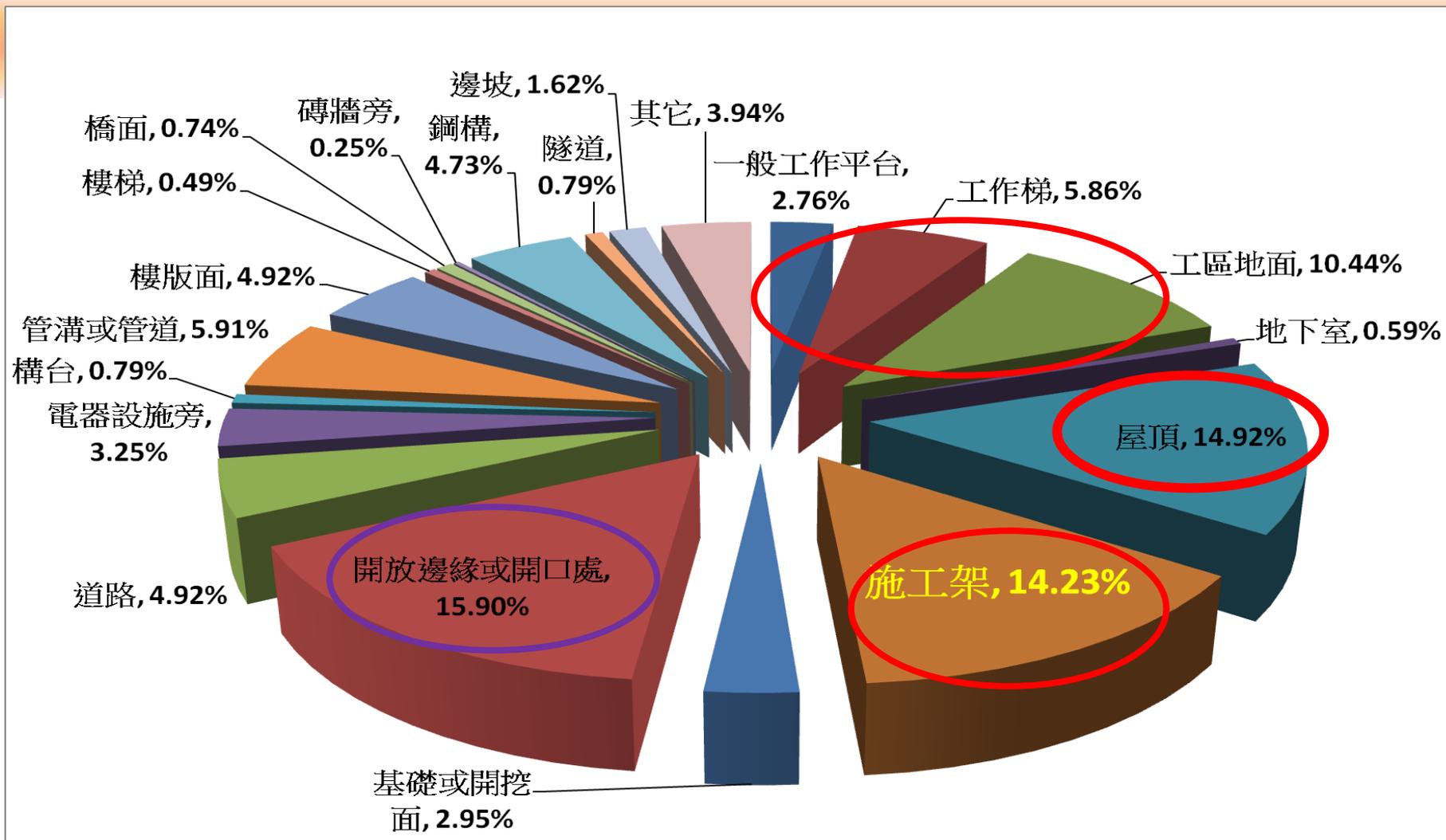
- **高空作業**又稱為**高處作業**：「凡在**基準面2公尺以上（含2公尺）**高度有墜落或滾落之虞的處所進行作業，都稱為高處作業。」只要符合高處作業條件，則必須依規定設置安全防護並執行必要之**墜落風險管控**措施。
- 只要有**高度存在**，墜落的風險便存在，我們把**高處作業**歸類**高風險高危害作業型態**，應該在**施工前**先做**環境危害辨識風險評估**，然後設立**墜落災害防護**等管制措施。

108年重大職災災害類型分析表(334人)



備註：其他為其餘13類災害類型，且均低於4%。

歷年營造業重大職災統計之媒介物分析



數據資料來源：行政院勞動部「營造業重大職災知識平台」

統計區間：西元2004~2016年

墜落災害立即危險認定標準(第3條)

- 一、於高差二公尺以上之工作場所邊緣及開口部分，未設置符合規定之護欄、護蓋、安全網或佩掛安全帶之防墜設施。
- 二、於高差二公尺以上之處所進行作業時，未使用高空工作車，或未以架設施工架等方法設置工作臺；設置工作臺有困難時，未採取張掛安全網或佩掛安全帶之設施。
- 三、於石綿板、鐵皮板、瓦、木板、茅草、塑膠等易踏穿材料構築之屋頂從事作業時，未於屋架上設置防止踏穿及寬度三十公分以上之踏板、裝設安全網或佩掛安全帶。
- 四、於高差超過一·五公尺以上之場所作業，未設置符合規定之安全上下設備。

高處作業職災害特性

頂樓進行女兒牆外側沖洗作業 無輔助設施而發生墜落



罹災者腳踏處(女兒牆高度120cm)



罹災者墜落地點(五樓)



罹災者高處作業處

墜落災害主要發生作業或場所

施工架

施工架組立、拆除及變更。

高架作業

營建物之鋼骨構件組配、吊裝、固定等。

屋頂作業

屋頂斜坡、石棉瓦踏穿等。

開口部分

樓梯口、工作井、電梯間等。

升降設備

可移動梯子、踏凳、吊籠、高空作業車等。

機械設備維修

大型機械頂部、工作平台、開口等

運輸作業

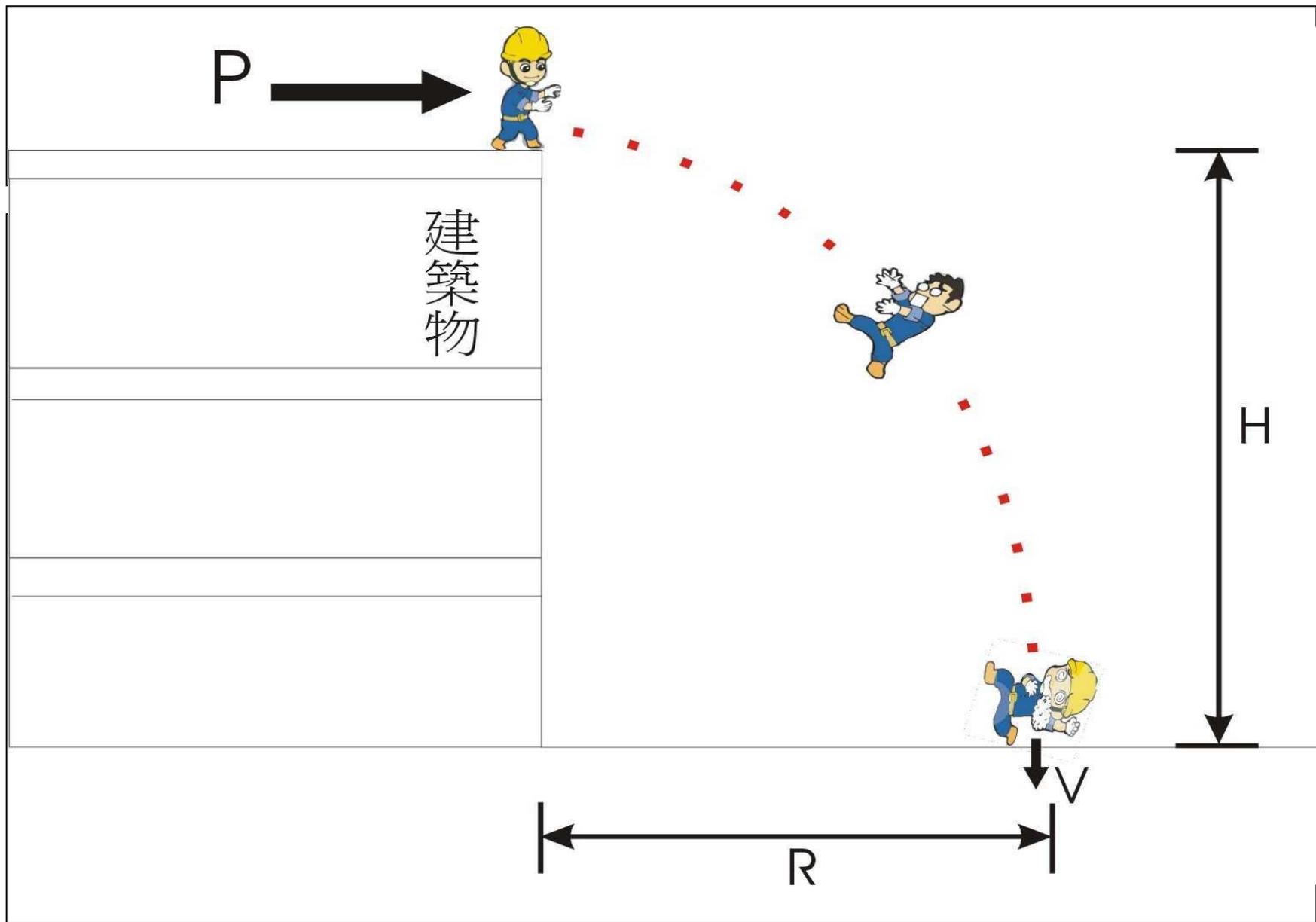
卡車頂部、載運貨物、堆高機等

開挖作業

營建基地開挖、箱涵、豎井、坑穴開挖等

垂降作業

大樓洗窗或山坡山壁維修作業等



墜落滾落災害發生之機制

$$V(\text{kmh}) = 3.6 \times \sqrt{2 \times g(9.8\text{m/s}) \times h(\text{m})}$$

$$t(\text{s}) = \sqrt{\frac{2 \times h(\text{m})}{g(9.8\text{m/s}^2)}}$$

$$I = F \times \Delta t = M \times V (\text{以} 70\text{kg} \text{及} 0.001\text{s} \text{計算})$$

高度(m)	5.0	10.0	20.0
速度(kmh)	35.6	50.4	71.3
落地時間(s)	1.01	1.43	2.02
衝力(KN)	690	980	1390

墜落：人自由落下過程，身體不作旋轉，某一部位撞擊媒介物而發生災害。

落滾：人受側向力作用，身體產生滾動及自由落下共同結合而發生災害。

高處作業職災主要原因

- 忽視高度潛在風險，未設置必要防墜設施。
- 高處作業無上下設備。
- 高處作業錯誤作業方法凸顯墜落風險。
- 安全防墜設施無法發揮其功能。
- 高處平台周圍，無防護或有障礙物或未配戴個人防護具致墜落。
- 供應或施作安全設施廠商因市場機制提供不安全產品
- 因其他災害類型連鎖效應發生墜落。

高處作業 墜落災害預防設施

墜落災害防止計劃風險控制

高度二公尺以上之工作場所，勞工作業有墜落之虞者，依本標準規定應先訂定「墜落災害防止計劃」**依下列風險控制之先後順序規劃，並採取適當墜落災害防止設施：**

- (1) 經由設計或工法之選擇，儘量使勞工於地面完成作業以減少高處作業項目。
- (2) 經由施工程序之變更，優先施作永久構造物之上下昇降設備或防墜設施。
- (3) 設置護欄、護蓋。
- (4) 張掛安全網。
- (5) 使勞工佩掛安全帶。
- (6) 設置警示線系統。
- (7) 限制作業人員進入管制區。

高架作業墜落之虞之處置(設225)

- 雇主對於在**高度二公尺以上之處所**進行作業，勞工有墜落之虞者，應以**架設施工架或其他方法設置工作台**。但工作台之邊緣及開口部分等，不在此限。
- 雇主依前項規定設置工作台有困難時，應採取**張掛安全網、使勞工使用安全帶等防止勞工因墜落而遭致危險之措施**，**但無其他安全替代措施者**，得採取**繩索作業**。使用安全帶時，應設置足夠強度之必要裝置或安全母索，供安全帶鈎掛。

防墜本質安全強化設施

選擇預鑄工法減少高處作業項目

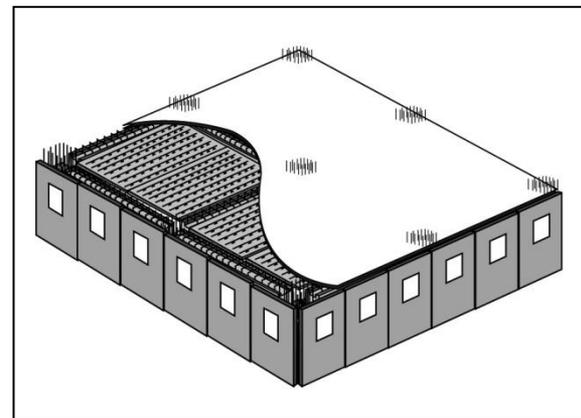
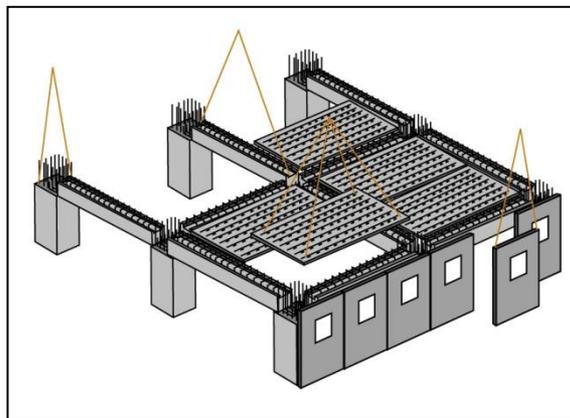
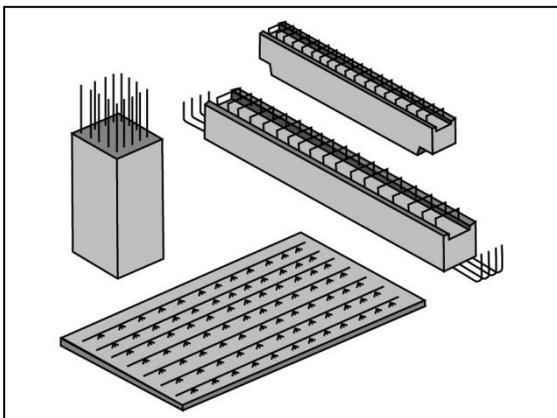
工廠預鑄



現場吊裝



澆築結合



● 預鑄工法——將RC的材料，以組裝方式施工

該工法是一種先將建築元件在工廠進行製作，然後再將其運輸到現場進行組裝的建築方法，除可大量縮短施工時間，減少高處作業的人力，避免墜落災害發生

預鑄工法之優勢

- 工廠預先生產、現地吊掛組裝、逐層整體澆築結合所有構件的施工方法。
- 可以局部搭配場鑄或鋼結構方式施工，形成預鑄複合化工法。
- 構件工廠製造，不受缺工與天候影響，品質控制佳，可大幅縮短工期50%以上。
- 有利於控制墜落災害風險，大部分工作已於地面完成，大幅減少高處作業人員高空組模、綁紮鋼筋作業時間。

預鑄工法施作狀況

保持現場動線暢通



預鑄柱



預鑄大梁



預鑄小梁



預鑄傳統KT版



洗石子



GPC
(石材)



TPC(磁磚)



預鑄
構件、
現場
吊掛
組裝

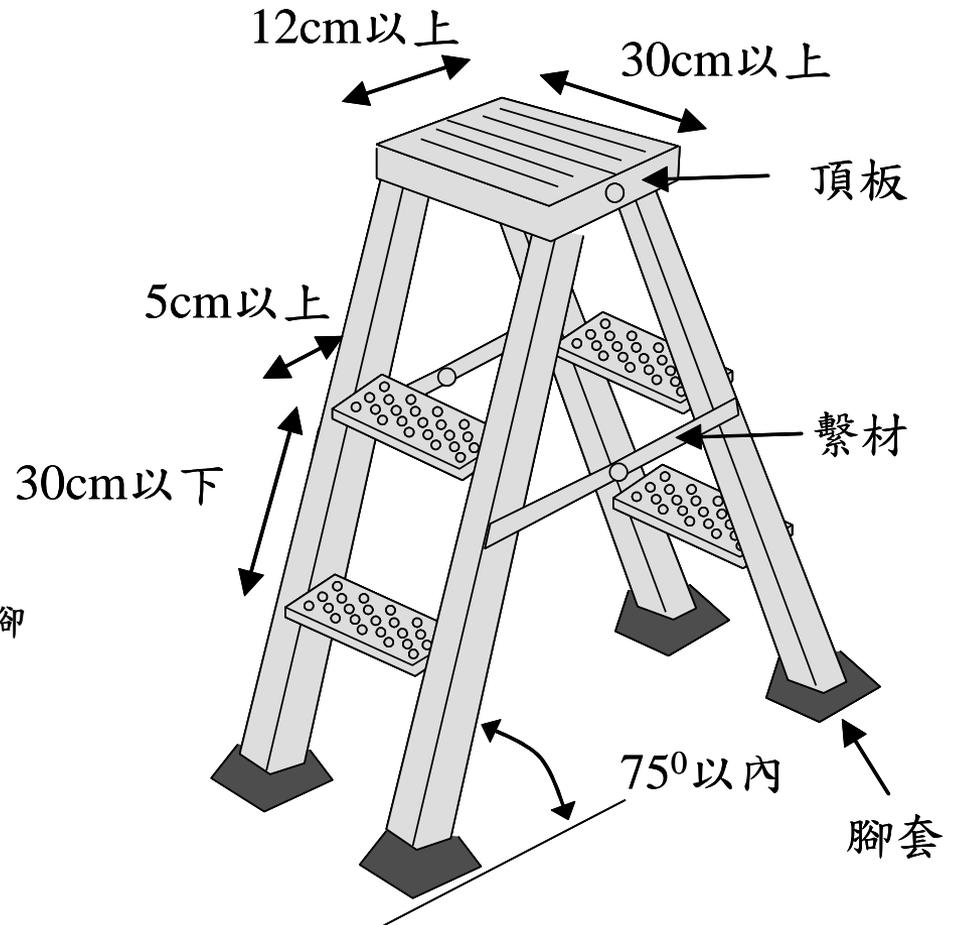
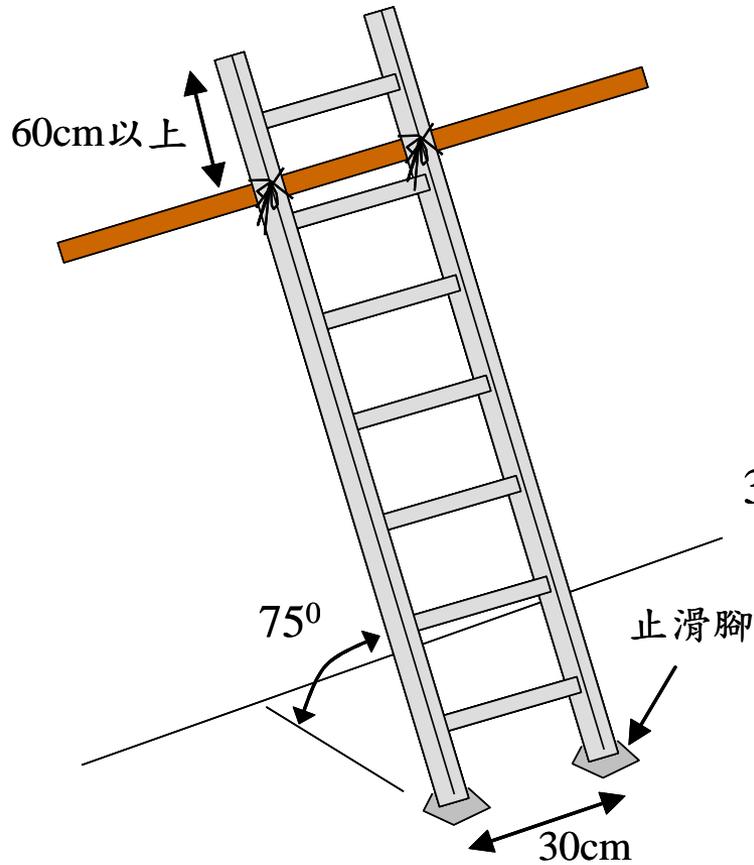


高處作業上下安全設施

移動梯之安全作業要點

1. 移動梯類型：單梯、折梯、伸縮梯
2. 梯柱和地板應在75°度以內使用。(4:1之比)。
3. 梯子上端凸出板面60公分。
4. 最小柱間寬度在30公分以上，所稱寬度係指柱間中心間距。
5. 踏板面應等間隔設置(建議間隔30公分至35公分為宜)。
6. 應有安全梯面，建議梯面寬度為5公分以上。
7. 不得使用兩梯子搭接。
8. 應設防止梯子翻轉傾倒固定設備，梯腳採取防止滑溜設備。
9. 在鬆軟泥土上使用時，在支柱底腳下應墊平板。
10. 原則上不得在梯子上作業(無法避免時，必須使用安全帶並配置夥同作業另有人員壓住梯子)

移動梯與合梯之安全規定



注意

梯具的用途是提供人員安全上下之用，並不是供人員站在上面工作，顯然大部分誤用梯具之目的。

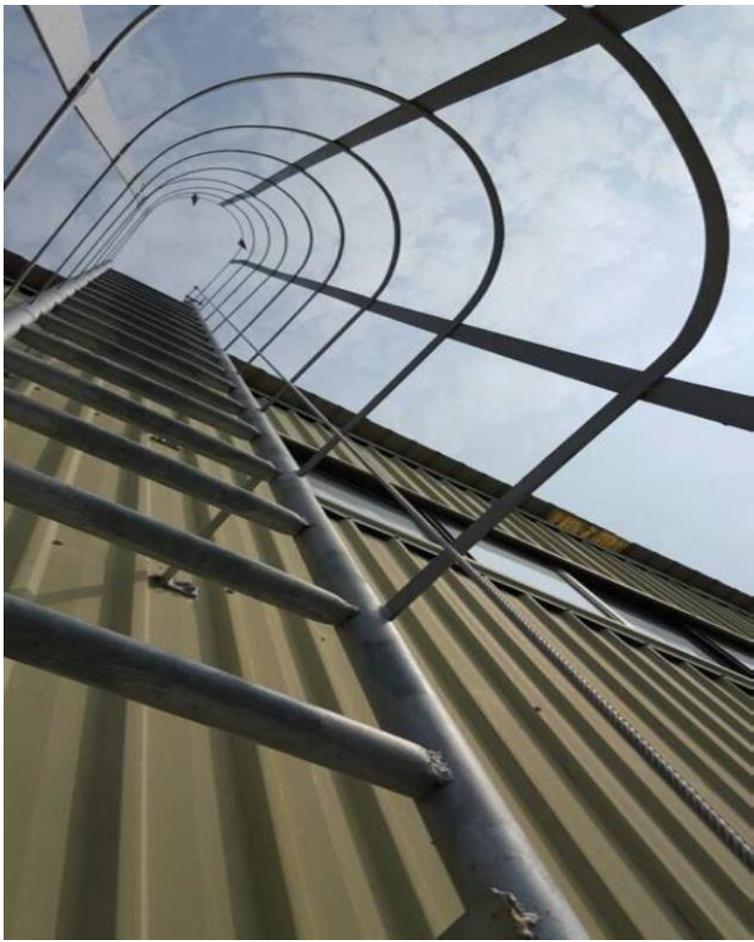
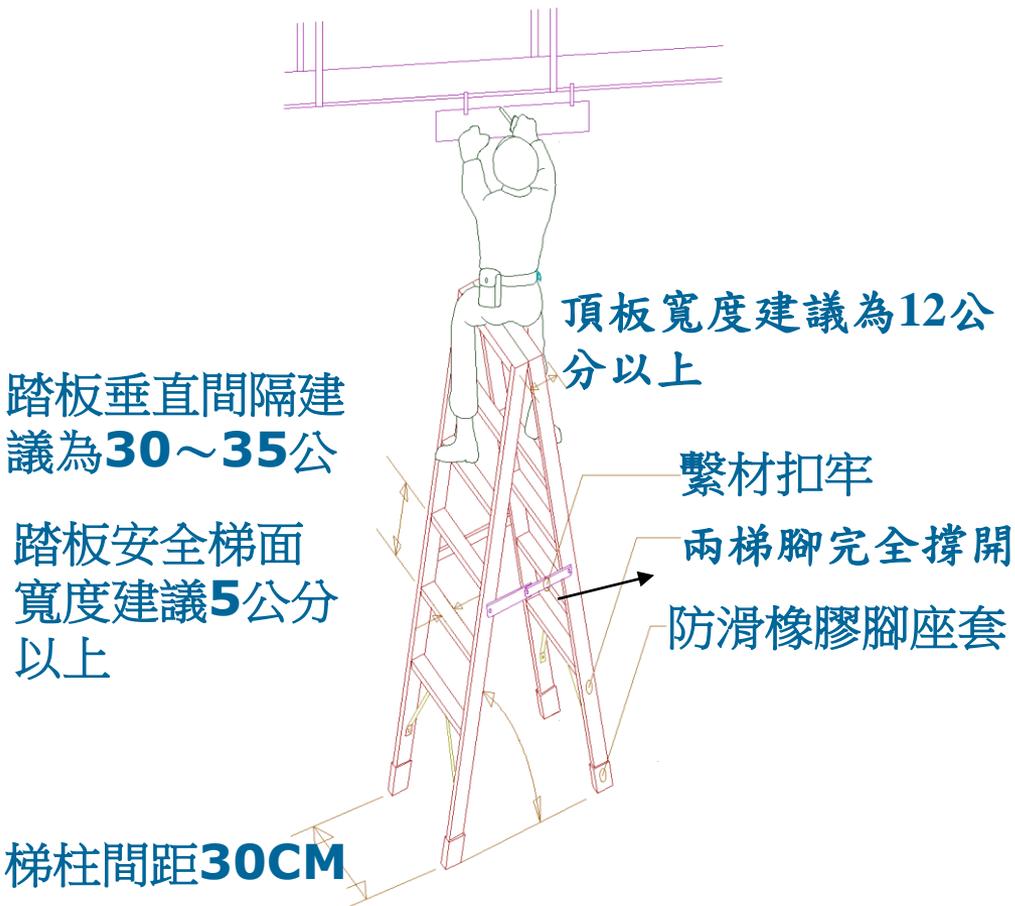


移動梯固定方法

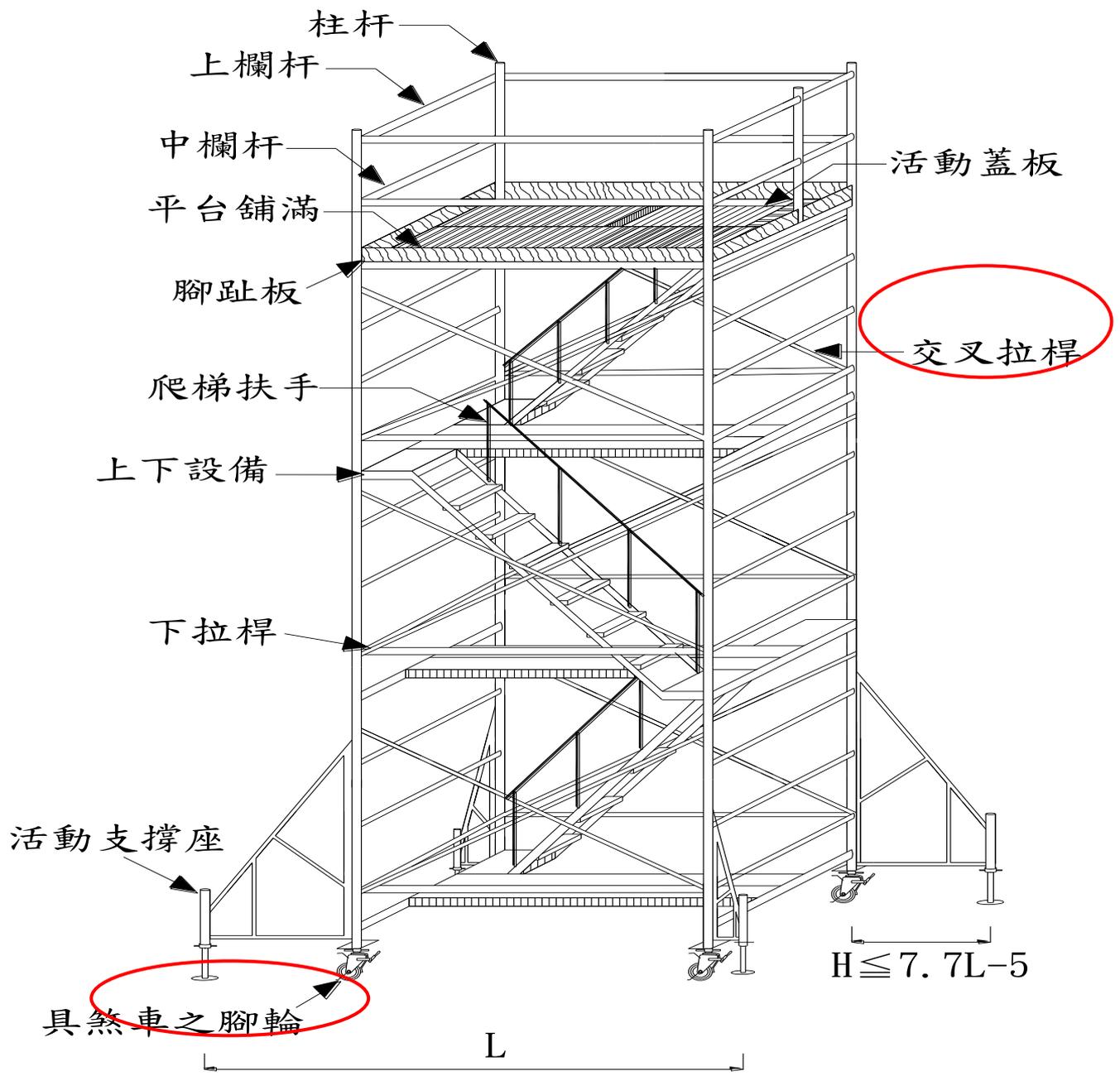


合梯高度在二公尺以上應使用安全帶

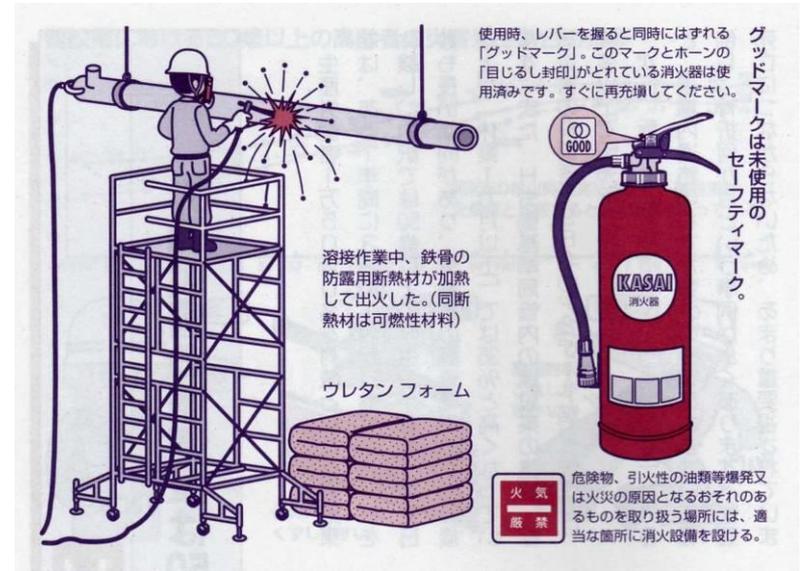
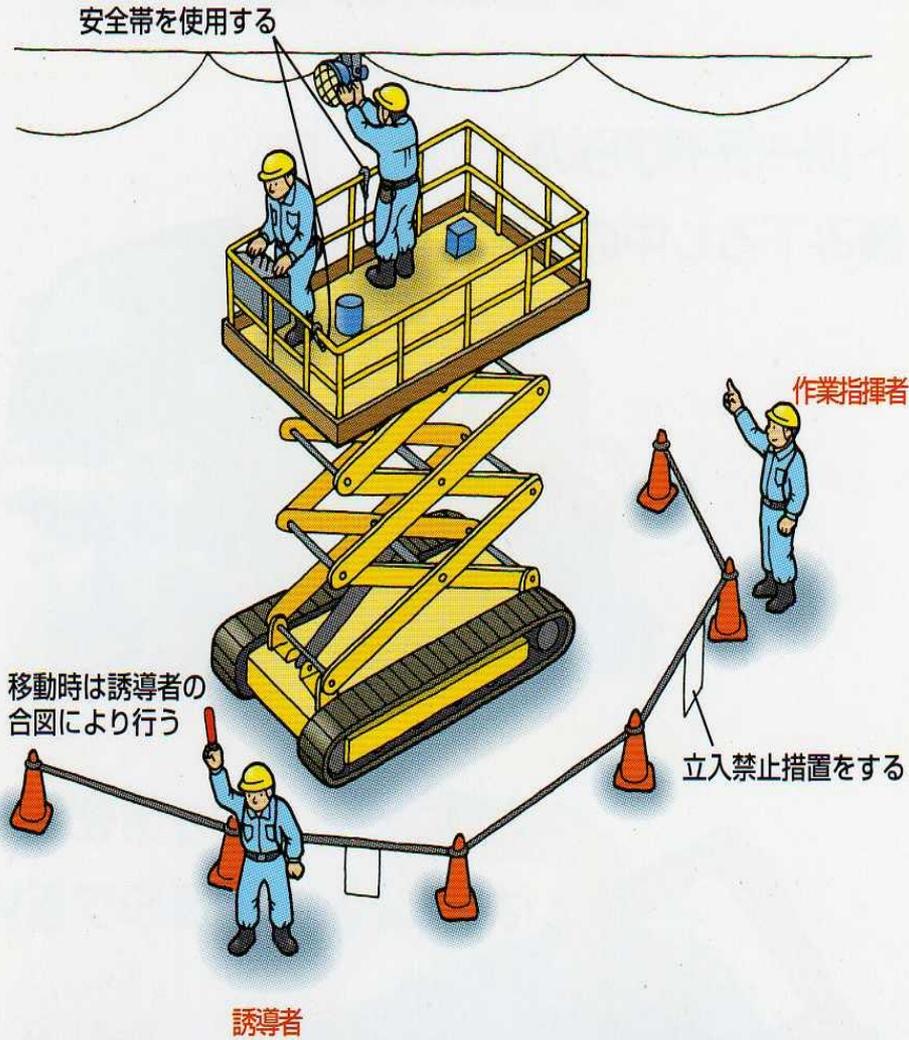
固定梯：適合提供為永久性安全上下設備，耐久性及其備用期長。適用於狹小空間、腹地狹小作業空間。固定於結構體，受地面情形影響度小。



具煞車腳輪之移動式施工架)



墜落危害預防



高空工作車上下設備作業安全

採用軟式梯於上下設備



- 甚麼狀況下可以用？
- 需配套嗎？

高空作业 救援消防软梯

高空工作車之潛在風險在哪裡



屋頂作業之安全設施

屋頂作業之災害特性

- 災害類型主要為墜落災害!
- 連鎖效應之其他災害：物料倒塌、施工架損壞、物體飛落、感電事故、熱危害導致發生墜落。
- 災害主因是忽視高度的風險，未設置任何防墜設施。
- 無安全的上下設備，攀爬過程墜落。
- 斜屋頂上作業因防護不足而滑倒墜落
- 從易踏穿材料之屋頂採空踏穿墜落

墜落災害高之基本原因

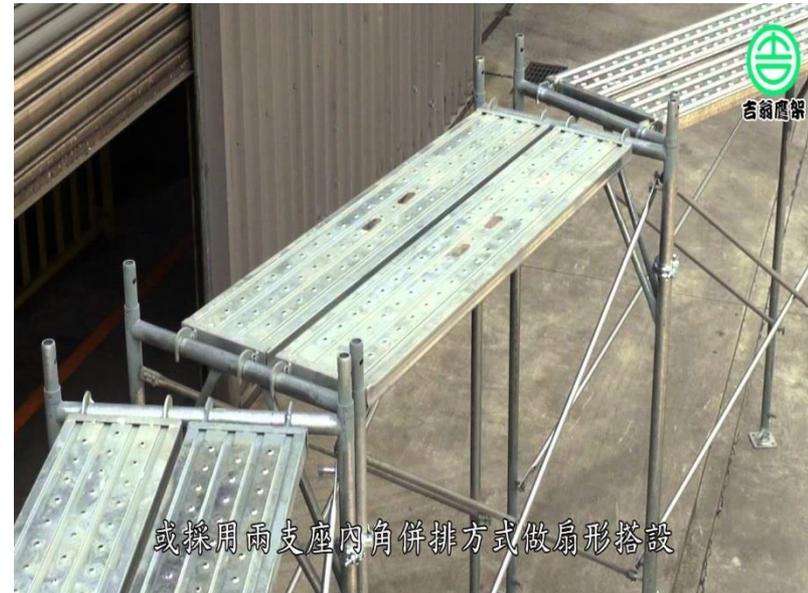
- 一般屋頂之修補或更換石棉瓦、採光罩時，多委由中小型專業包商或個人型工程行進行臨時性修繕工程。
- 作業現場安全防墜設施(護欄、施工架或合梯)或整體預防墜落措施如安裝安全網無概念！
- 無符合法令要求之上下設備、機具吊裝、高空工作車實施作業。

彩色鋼板斜面屋頂作業之安全措施

- 斜度大於 34° 或滑溜之屋頂作業者，應設置適當之**護欄**，支承穩妥且寬度在40cm以上之**適當工作臺**及數量充分、安裝牢穩之麻布或梯子。
- 提供**全身背負式安全帶**使勞工佩掛，並掛置於堅固錨錠、可供鉤掛之堅固物件或安全母索等裝置上。
- 設有錨錠且中間支撐之**扶手**。
- 斜面屋頂維修時，應設置**水平安全母索**。
- 斜面屋頂應設有**止滑條踏板**。
- 上下屋頂作業應有合格的**上下設備**。

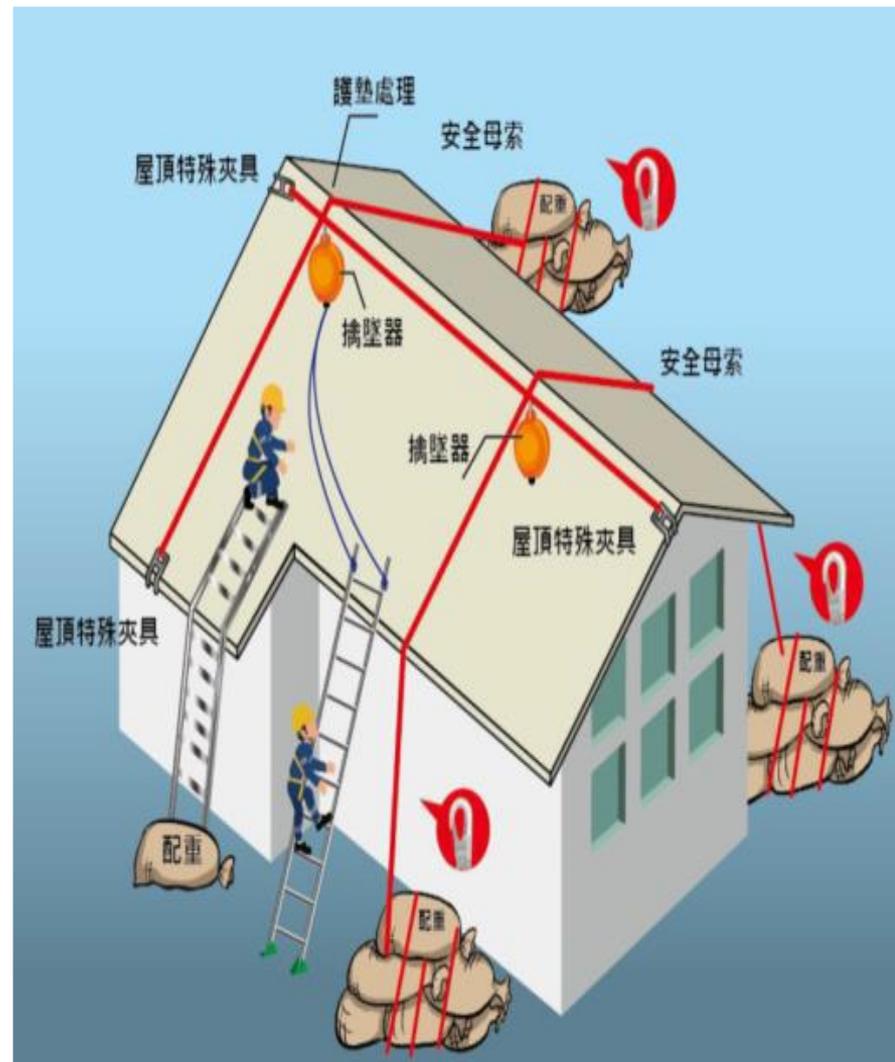
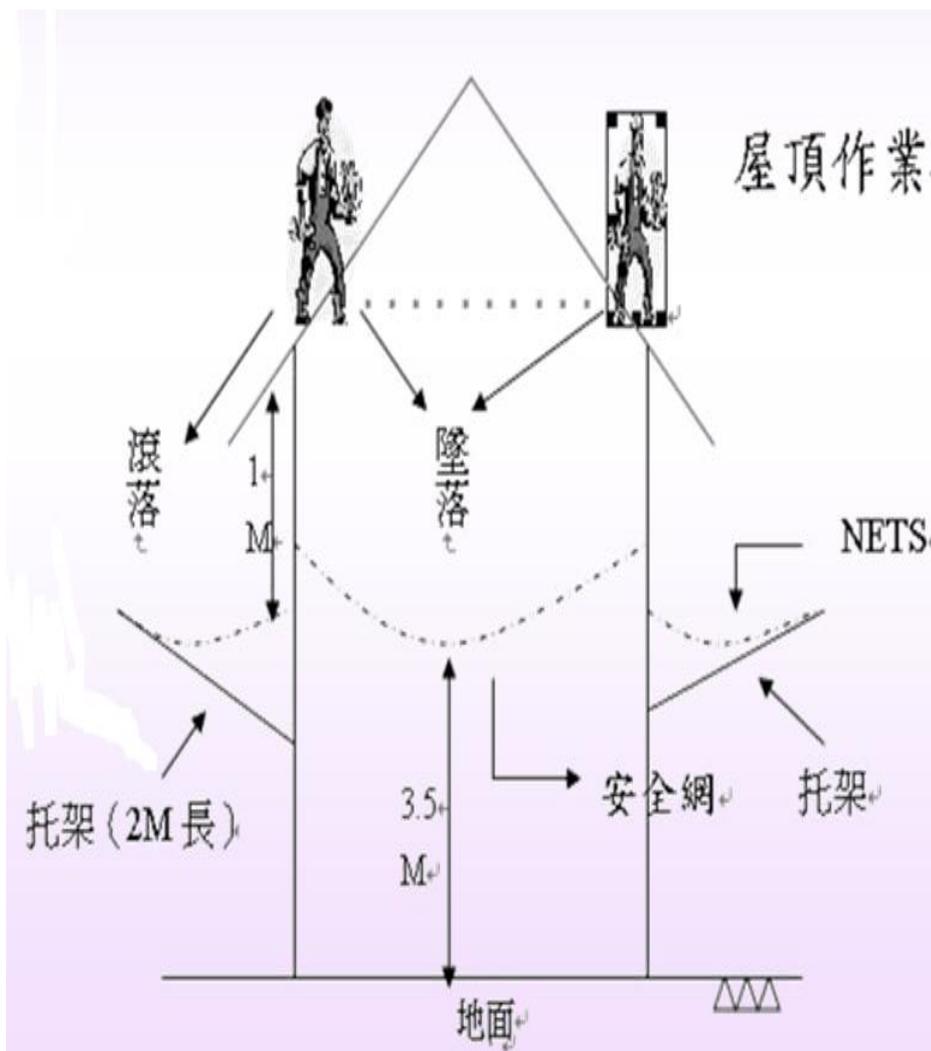
踏板

- 斜度大於 34° 或滑溜之屋頂作業者：**支承穩妥且寬度在40cm以上之適當工作臺(具止滑條)。**
- 易踏穿材料構築之屋頂作業：**於屋架上設置適當強度，且寬度在三十公分以上之踏板。**
- 施工架踏板：40cm寬度且滿鋪，間隙不得大於3cm

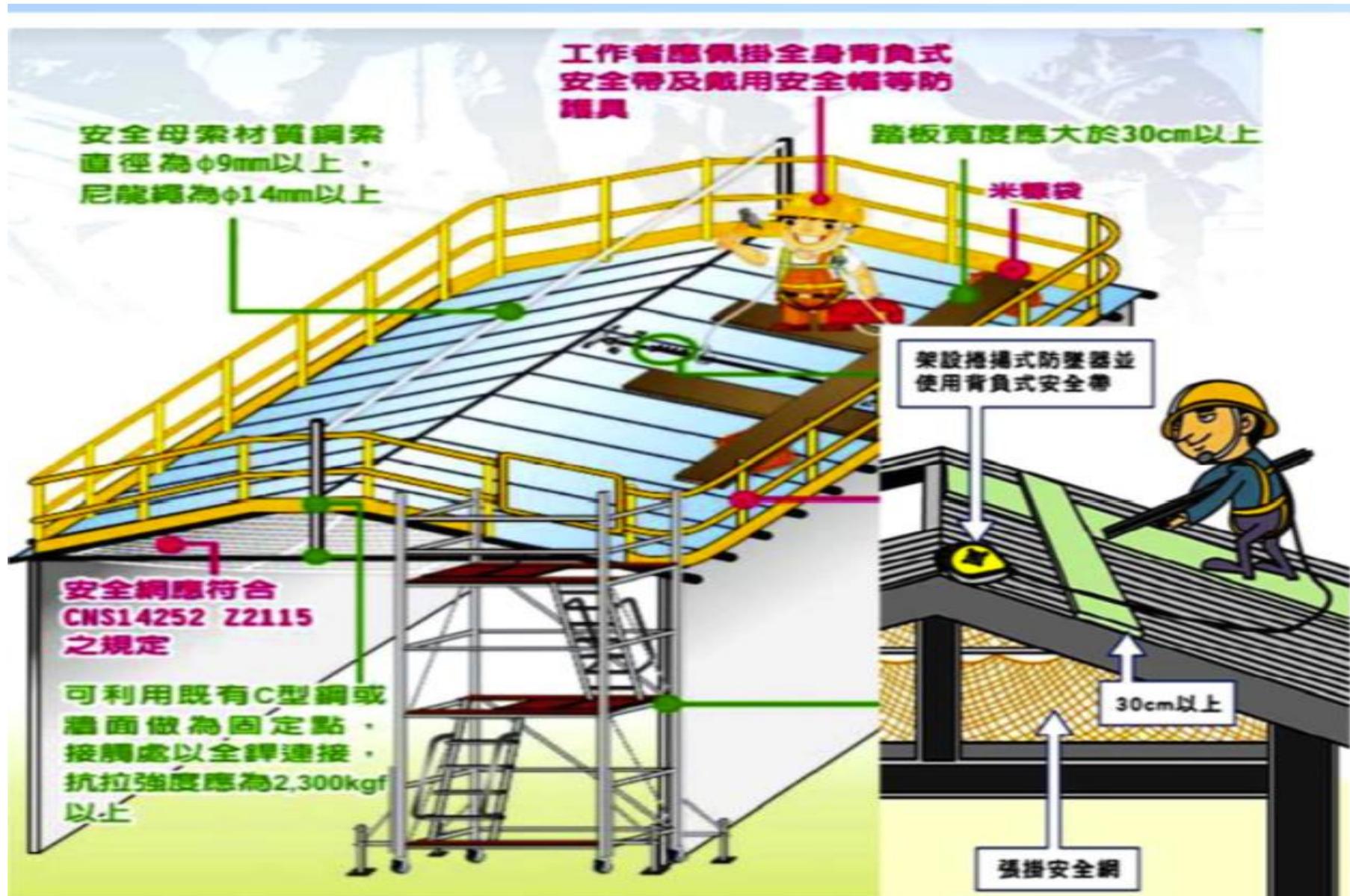


屋頂作業安全 網架設

屋頂多軸向作業之安全 全母索及配重設置



斜屋頂防墜設施



易踏穿材料之屋頂作業安全措施

- 石棉瓦、塑膠浪板、採光罩、生鏽金屬板等易踏穿材料構築之屋頂組立、修繕、拆除等作業時，應先**規劃安全通道**。
- 於屋架上設置適當強度，且寬度在三十公分以上之**踏板**，並於**下方適當範圍裝設堅固格柵或安全網等防墜設施**。
- 採取其他安全工法或無踏穿墜落之虞者(如使用高空工作車)，不在此限。
- 作業時提供**全身背負式安全帶**使勞工佩掛。
- 指派**屋頂作業主管於現場指揮**監督作業

雨遮板或採光罩之防墜設施

- (修正第227條) 勞工於雨遮從事維修作業發生墜落事件時有所聞，為使法規內容更臻完備，爰新增於**雨遮**上設置適當強度之踏板及下方可能墜落之範圍，**裝設堅固格柵或安全網**等防墜設施之規定。



屋頂(雨遮)作業

屋頂(雨遮)作業
踏穿墜落死亡



易踏穿脆性材料屋頂或採光罩 之墜落風險



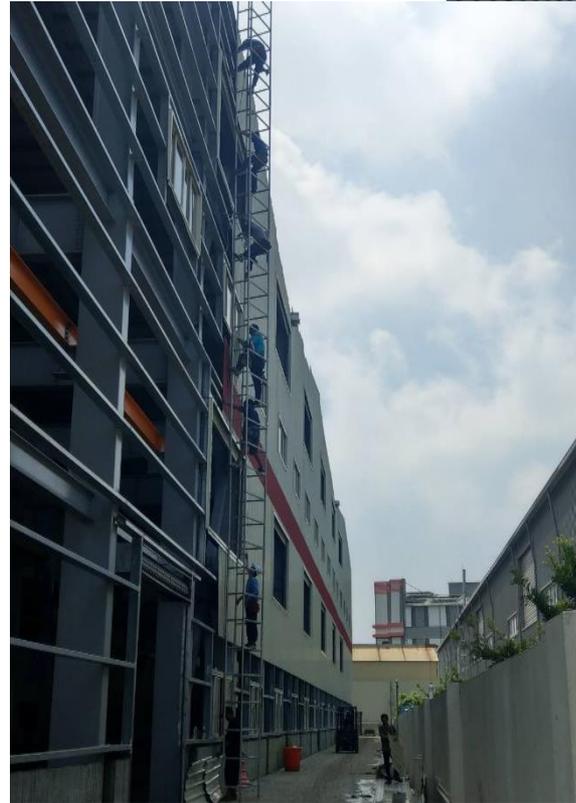
屋頂牆面作業之安全措施

- 組合屋屋頂封板作業時，應繫掛**全身背負式安全帶**，並掛置於堅固錨錠、可供鉤掛之堅固物件上。
- 在高度2M以上之高處作業，應使工作者確實使用**安全帽**及其他必要之防護具。
- 在高度2M以上之高處作業，工作者有墜落危險之虞，應於該處設置**安全網**等防護設備。
- 提供**全身背負式安全帶**及其**錨錠設施**。

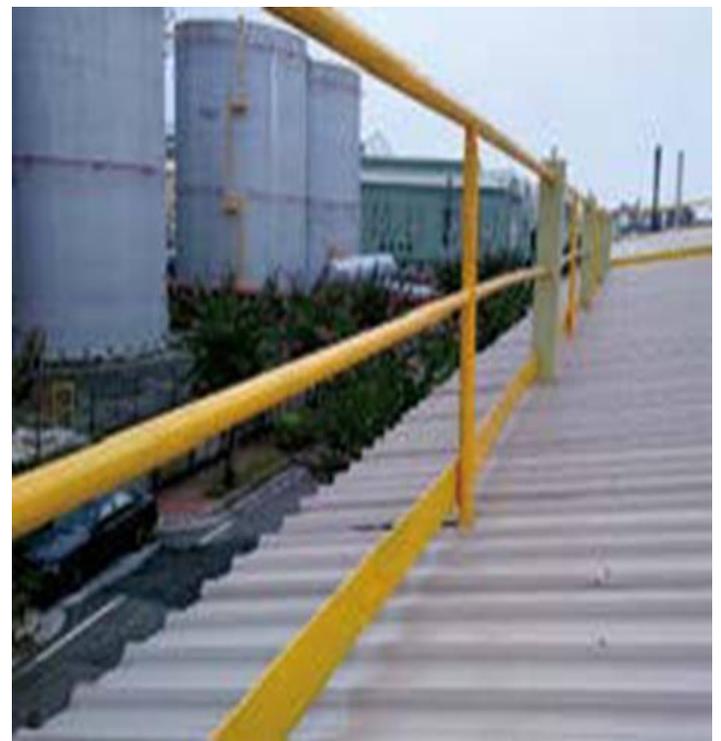
管架施作小型鋼構房屋之外 牆浪板(人力徒手作業)



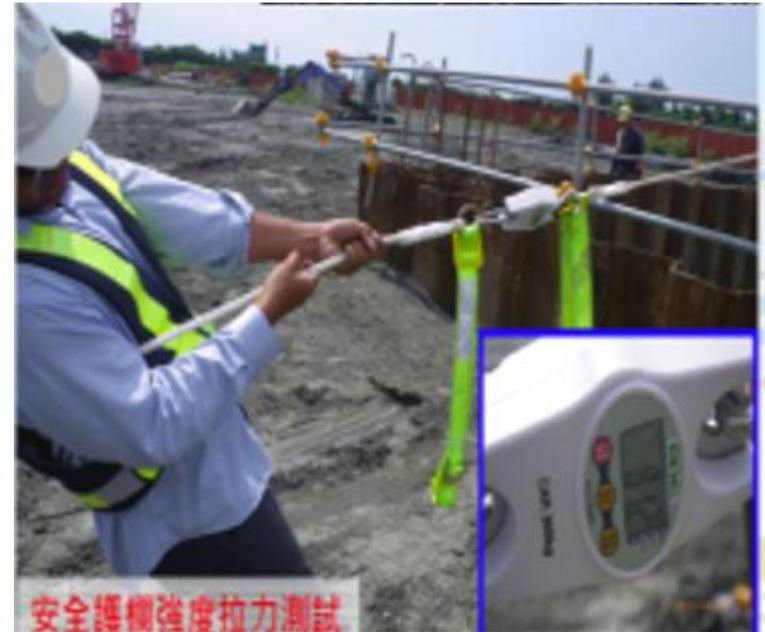
以高空工作車 施作小型鋼構房屋浪板安裝



高處作業邊緣及下方 之防墜設施



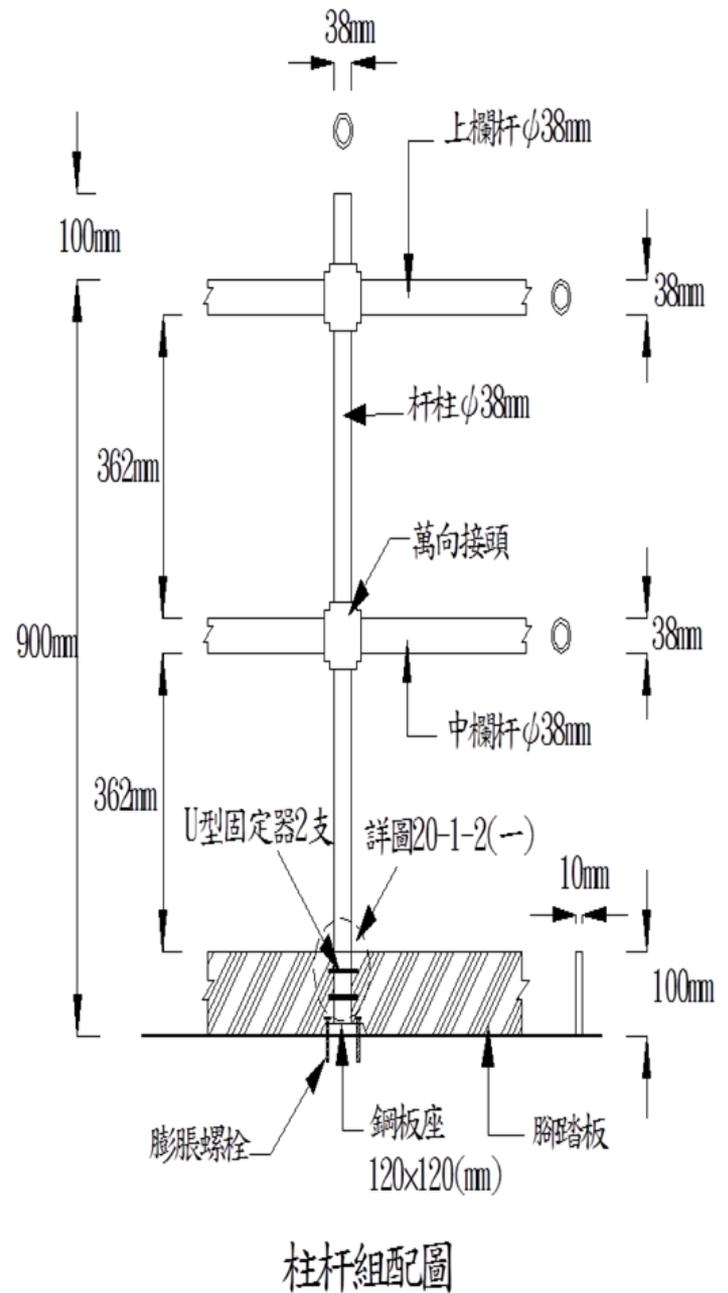
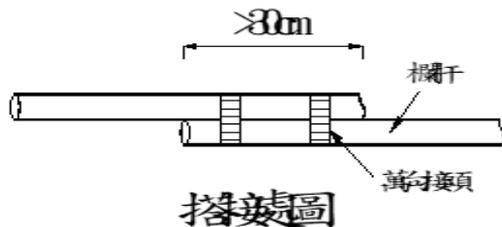
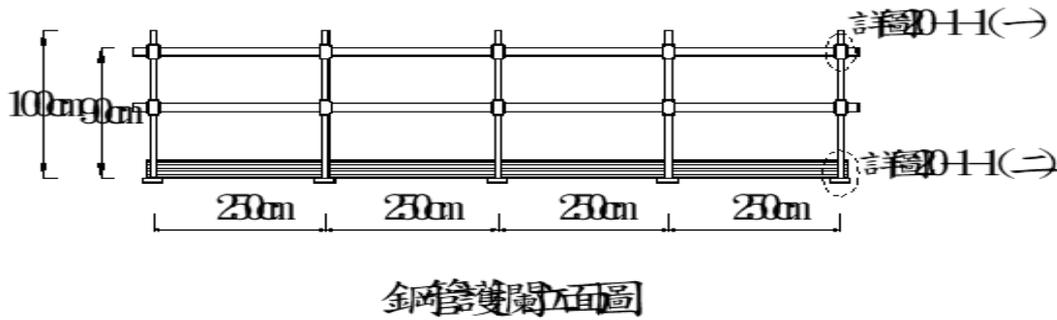
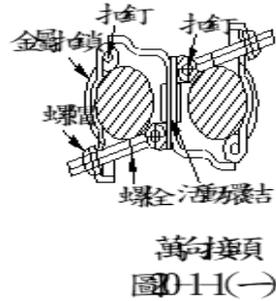
護欄強度檢測



護欄(營造安全衛生設施標準20條)：

- **90cm**以上之上欄杆、中間欄杆、腳趾板及杆柱等構材。
- 鋼管構成元件之直徑均不得小於**3.8cm**，杆柱相鄰間距不得超過**2.5m**。
- 整個護欄具有抵抗於上欄杆之任何一點，於任何方向加以**75kg**之荷重，而無顯著變形之強度。

鋼管護欄構造



安全母索或安全帶之規定

1. 安全母索得由鋼索、尼龍繩索或合成纖維之材質構成，其最小斷裂強度應在**2300公斤(2.3KN)**以上。
2. 安全母索繫固之錨錠，至少應能承受每人**2300公斤**之拉力。
3. 安全帶之繫索或安全母索應予保護，避免受切斷或磨損。
4. 安全帶或安全母索不得鉤掛或繫結於護欄之杆件。但該等杆件之強度符合第三款規定者不在此限。



距開口邊緣2公尺

臨時性安全母索

安全母索中間柱

八、水平安全母索之設置，應依下列規定辦理：

(一) 水平安全母索之設置高度應大於3.8公尺，相鄰二錨定點之最大間距得採下式計算之值，其計算值超過10公尺者，以10公尺計：

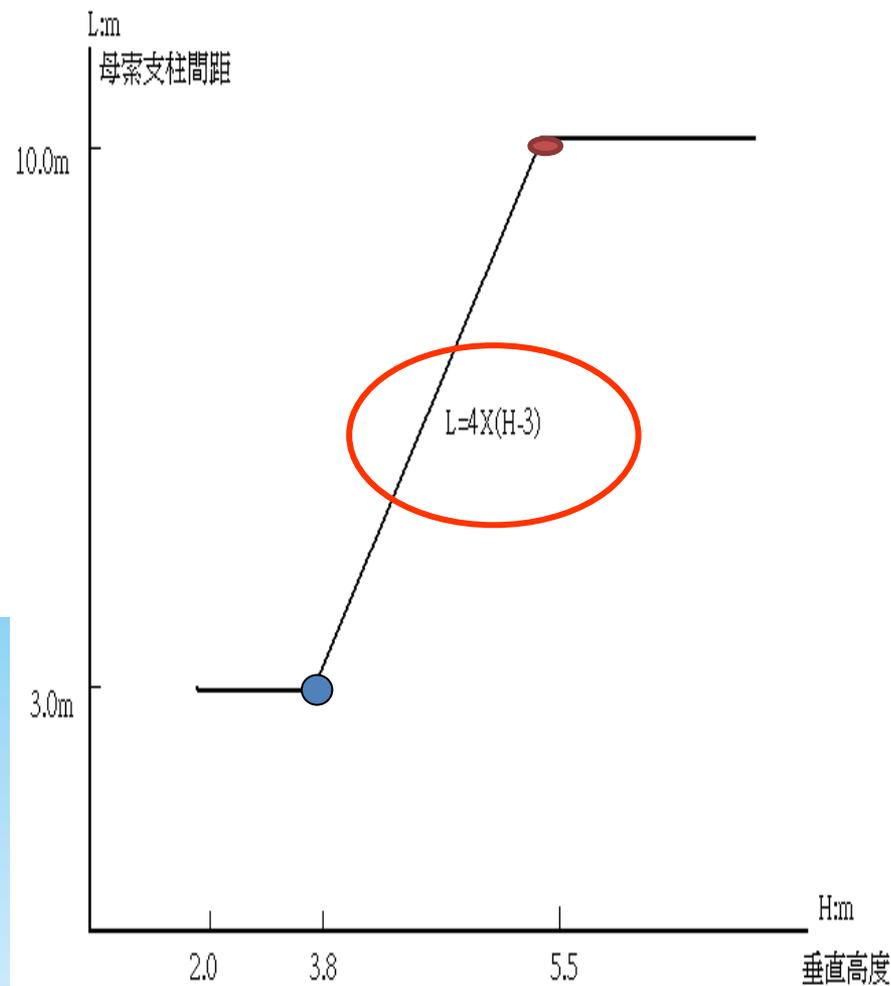
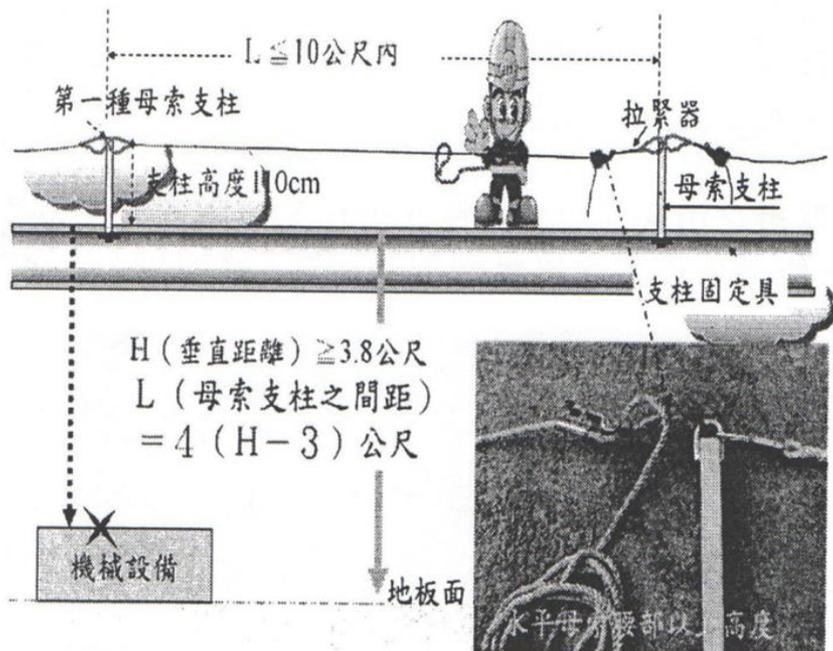
$$L=4(H-3)，其中H\geq 3.8，且L\leq 10$$

L：母索支柱之間距（單位：公尺）

H：垂直淨空高度（單位：公尺）

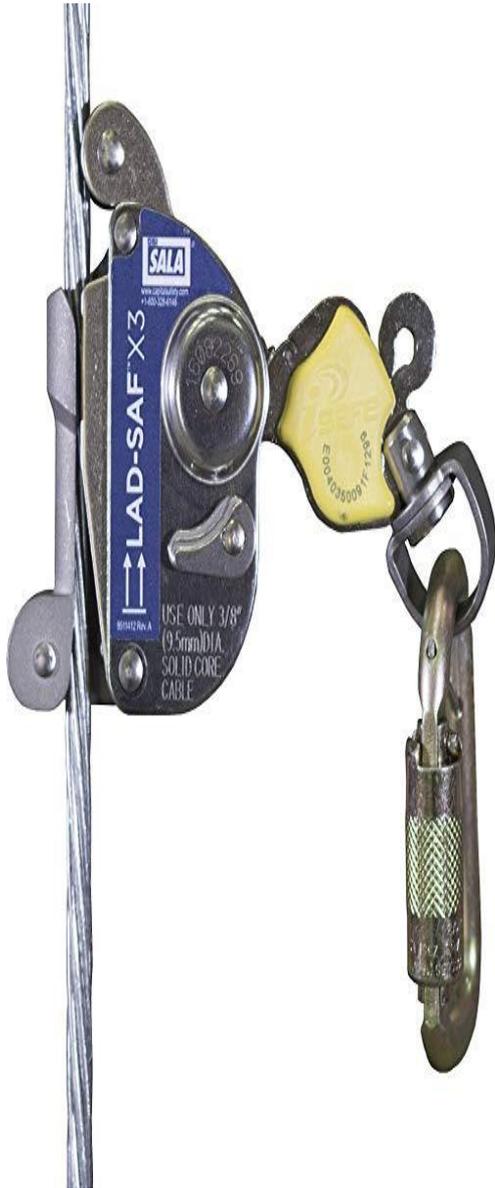
(二) 錨定點與另一繫掛點間、相鄰錨定點或母索錨定點之安全母索僅能繫掛一條安全帶。

(三) 每條安全母索能繫掛安全帶之條數，應標示於母索錨錠端。

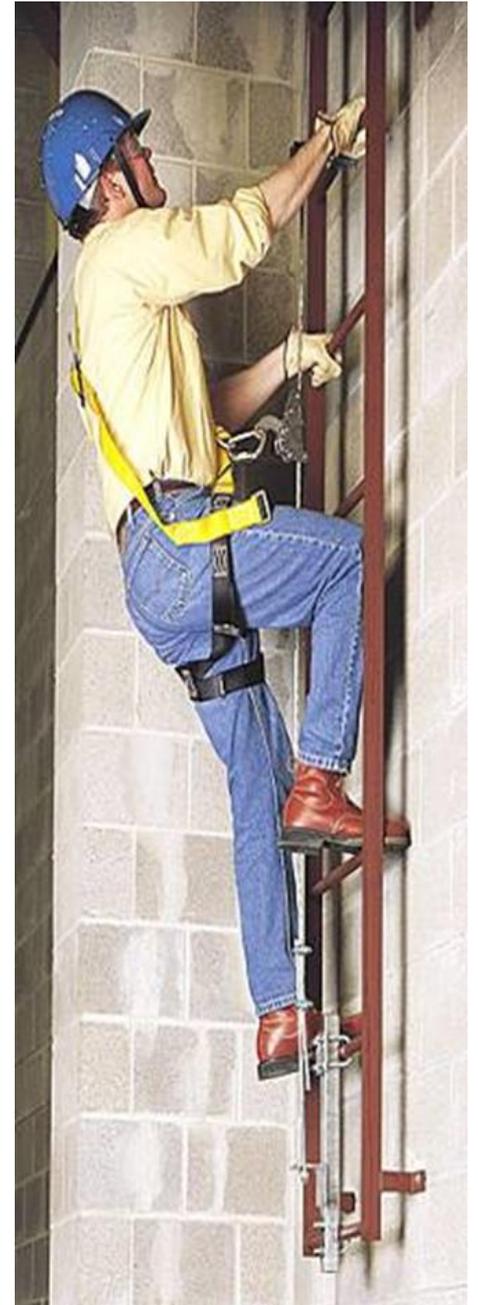


CNS 16123立柱(錨定)，最高90cm
 4個加勁板，孔距25cm以上
 底座30cm×30cm，厚度1cm

垂直安全母索之設置



- (一) 安全母索之下端應有防止安全帶鎖扣自尾端脫落之設施。
- (二) 每條安全母索應僅提供一名勞工使用。但勞工作業或爬昇位在水或平間距者，得二人共索。

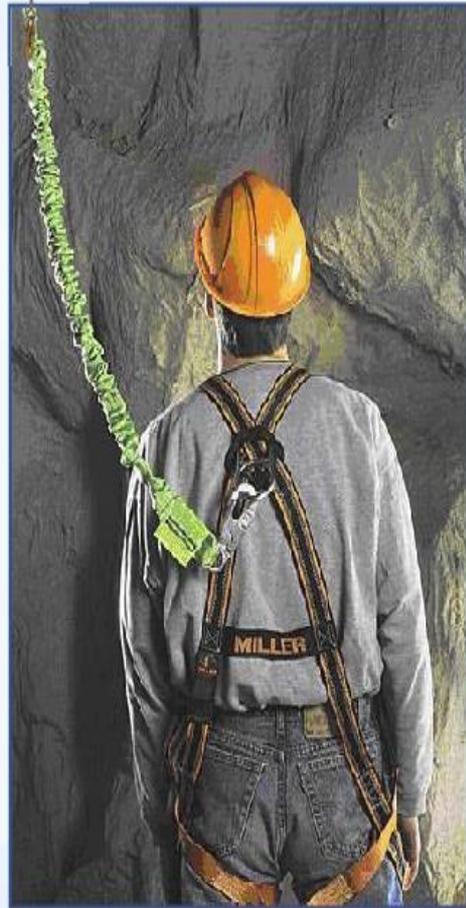


職業安全衛生設施規則第281條(1080430新修)

- 鋼構懸臂突出物、斜籬、2公尺以上未設護籠等保護裝置之垂直固定梯、局限空間、屋頂或施工架組拆、工作平台組拆、管線維修作業等高處或傾斜面移動，應佩戴全身背負式安全帶（符合國家標準**CNS 14253-1**規定）及設置捲揚式防墜器。



背負式安全帶
及設置捲揚式
防墜器



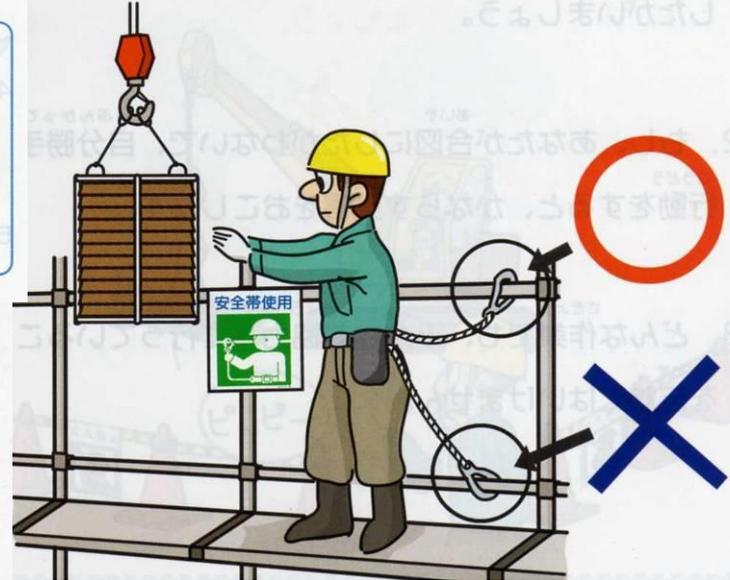
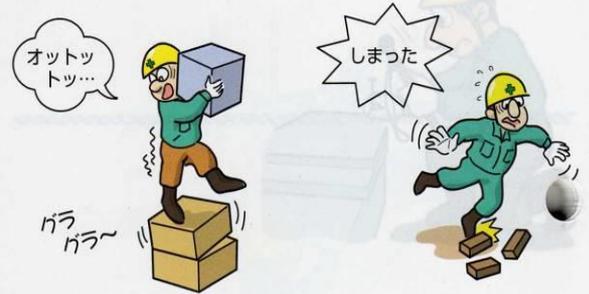
鋼索捲揚式
防墜落器



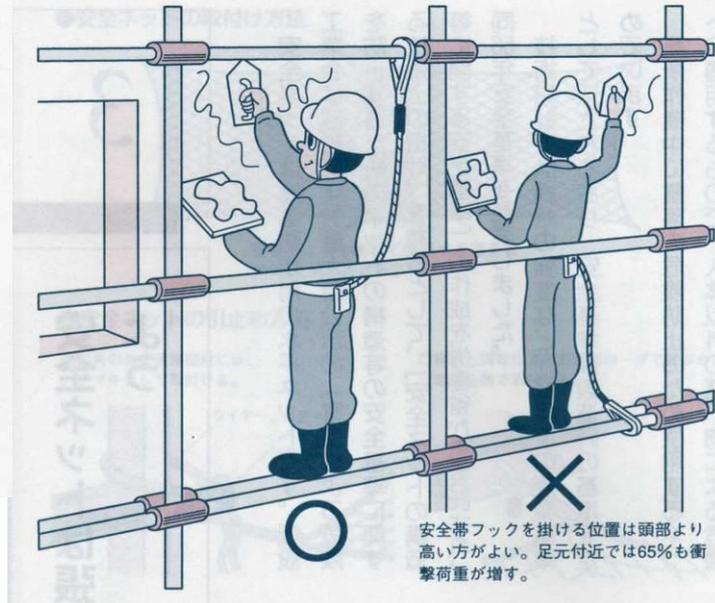
背負式安全帶及捲揚自鎖式防墜器



墜落危害預防

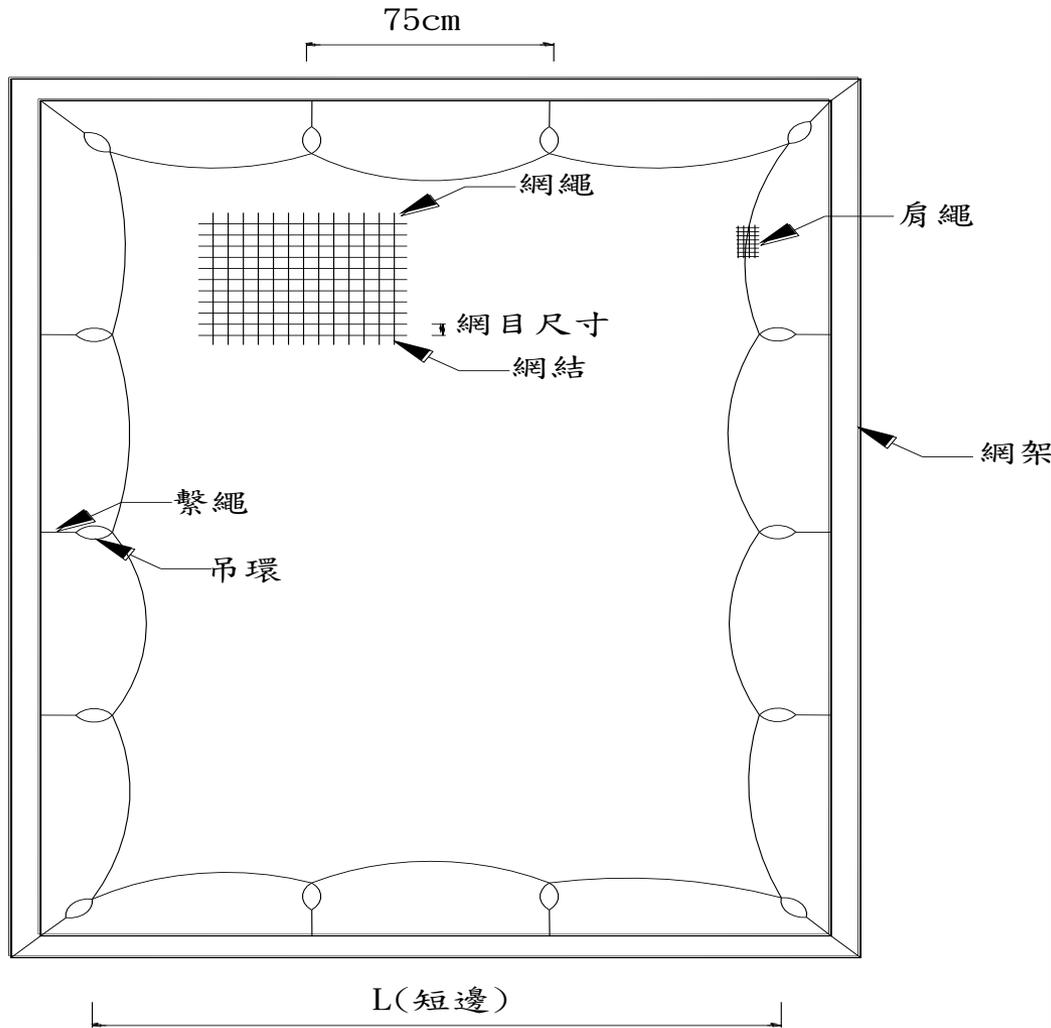


職長がリーダーシップをとるTBM
(朝礼後の作業打合せと安全指示)



■ 高架作業要求勞工使用安全帯

安全網CNS國家標準之規定



檢查重點

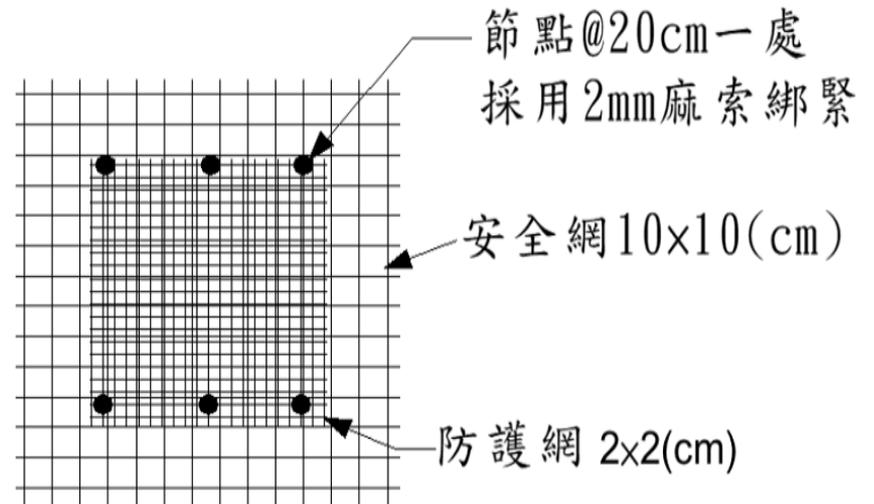
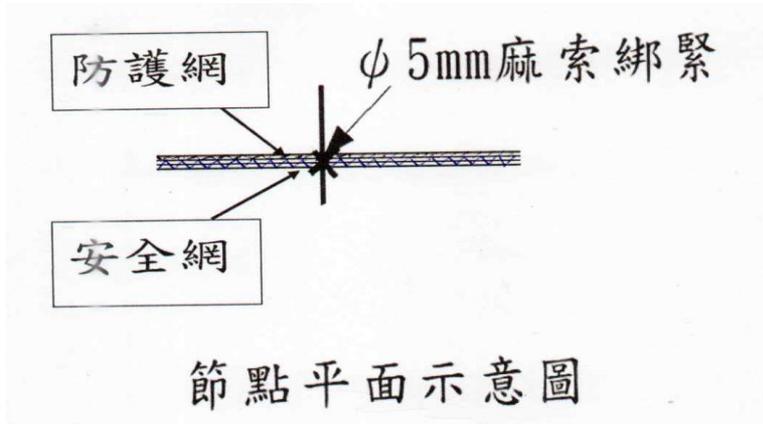
- 安全網掛勾間距 <math><75\text{cm}</math>(節距)。
- 安全網目規格 $10*10\text{cm}$ 。
- 安全網上應有攔截廢棄物或物料之覆網 $2*2\text{cm}$ 。
- 安全網掛完之後網下高度 $>3.0\text{m}$ 以上。

安全網與防護網結合示意圖

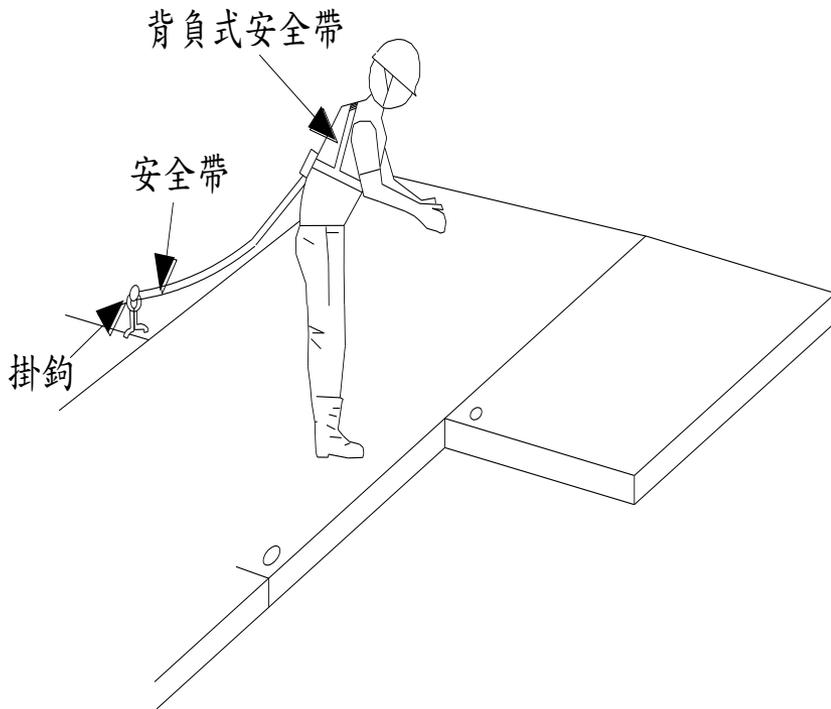
上層2x2cm防護網



下層聚醯胺安全網

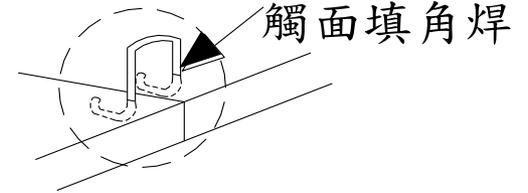


錨錠掛鉤-鋼樑板錨錠方式

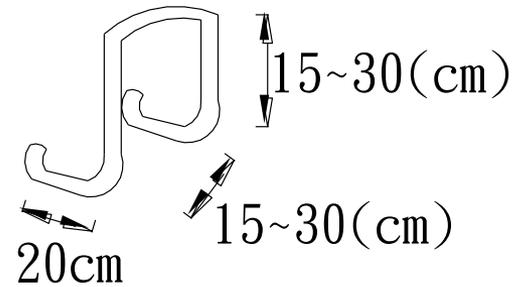


臨近開口作業之安全措施示意圖

詳圖23-3-4(一)與鋼樑板接



錨鉤底部埋設示意圖



錨鉤

圖23-3-4(一)

構造物拆除作業安全

拆除作業前應辦理之事項

雇主於拆除構造物前，應依下列規定辦理：

- 一、檢查預定拆除之各構件。
- 二、對不穩定部分，應予支撐穩固。
- 三、切斷電源，並拆除配電設備及線路。
- 四、切斷可燃性氣體管、蒸汽管或水管等管線。管中殘存可燃性氣體時，應打開全部門窗，將氣體安全釋放。
- 五、拆除作業中須保留之電線管、可燃性氣體管、蒸氣管、水管等管線，其使用應採取特別安全措施。
- 六、具有危險性之拆除作業區，應設置圍柵或標示，禁止非作業人員進入拆除範圍內。
- 七、在鄰近通道之人員保護設施完成前，不得進行拆除工程。

拆除作業時應辦理之事項

- 雇主於拆除構造物時，應依下列規定辦理：
- 一、不得使勞工同時在不同高度之位置從事拆除作業。但具有適當設施足以維護下方勞工之安全者，不在此限。
 - 二、**拆除應按序由上而下逐步拆除。**
 - 三、拆除之材料，不得過度堆積致有損樓板或構材之穩固，並不得靠牆堆放。
 - 四、拆除進行中，隨時注意控制拆除構造物之穩定性。
 - 五、遇強風、大雨等惡劣氣候，致構造物有崩塌之虞者，應立即停止拆除作業。
 - 六、構造物有飛落、震落之虞者，應優先拆除。
 - 七、拆除進行中，有塵土飛揚者，應適時予以灑水。

拆除作業時應辦理之事項(續)

- 八、以拉倒方式拆除構造時，應使用適當之鋼纜或纜繩，並使勞工退避，保持安全距離。
- 九、以爆破方法拆除構造物時，應具有防止爆破引起危害之設施。
- 十、地下擋土壁體用於擋土及支持構造物者，在構造物未適當支撐或以板樁支撐土壓前，不得拆除。
- 十一、**拆除區內禁止無關人員進入，並明顯揭示。**
- 十二、雇主對構造物拆除區，應**設置勞工安全出入口路**，如使用樓梯者，應設置扶手。

拆除作業時之承受臺設置

拆除構造物而設置承受臺(營標160條)：受環境限制，未能設置安全作業區時，應於預定拆除構造物之外牆邊緣，設置符合下列規定之承受臺：

- 一、承受臺寬應在1.5公尺以上。
- 二、承受臺面應由外向內傾斜，且密鋪板料。
- 三、承受臺應能承受 $600\text{kg}/\text{m}^2$ 以上之活載重。
- 四、承受臺應維持臺面距拆除層位之高度，不超過二層以上。但拆除層位距地面三層高度以下者，不在此限。

牆、柱之拆除(營標161條)

雇主於拆除結構物之牆、柱或其他類似構造物時，應依下列規定辦理：

- 一、**自上至下，逐次拆除。**
- 二、拆除無支撐之牆、柱或其他類似構造物時，應以適當支撐或控制，避免其任意倒塌。
- 三、以拉倒方式進行拆除時，應使勞工站立於作業區外，並防範破片之飛擊。
- 四、無法設置作業區時，應設置承受臺、施工架或採取適當防範措施。
- 五、以人工方式切割牆、柱或其他類似構造物時，應採取防止粉塵之適當措施。

高煙囪、高塔等之拆除安全規定

對於高煙囪、高塔等之拆除，依規定辦理：

- 一、指派專人負責監督施工。
- 二、不得以爆破或整體翻倒方式拆除高煙囪。但四週有足夠地面，煙囪能安全倒置者，不在此限。
- 三、以人工拆除高煙囪時，應設置適當之施工架。該施工架並應隨拆除工作之進行隨時改變其高度，不得使工作臺高出煙囪頂25cm及低於1.5米。
- 四、不得使勞工站立於煙囪壁頂。
- 五、拆除物料自煙囪內卸落時，煙囪底部應有適當開孔，以防物料過度積集。
- 六、不得於上方拆除作業中，搬運拆下之物料。

高處作業物料之吊掛設施

電動捲揚機

- 以捲筒機捲動鋼索，並將物料吊裝作業之起重機具。適合以吊裝小件物品或設備為主。
- **迷你電動捲揚機(24kg重)：**
SK-160(揚程44或29M)、SK-195 (揚程44或29M) 、SK-230 (揚程29M)

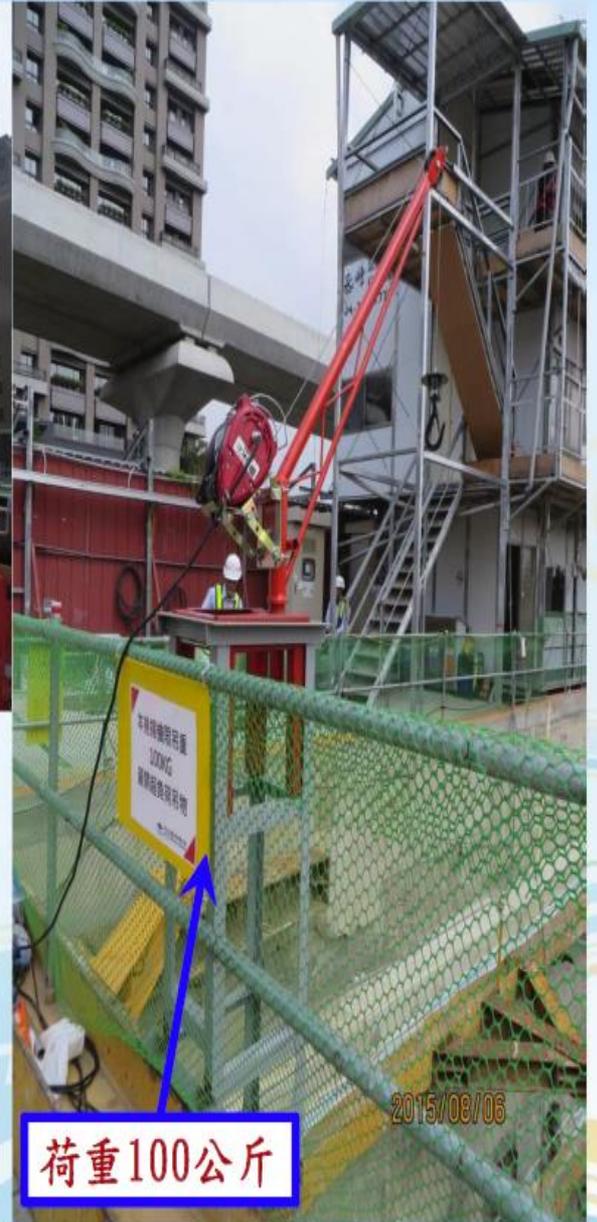


簡易式電動捲揚機

- 簡易式電動捲揚機(揚程29M)：
CP-200；CP-250；CP-300



- 為防止以捲揚機等吊運物料時，因吊掛之重量超過該設備所能承受之負荷，而危及勞工作業安全，爰修正第二款規定。
- 吊掛之重量不得超過該設備所能承受之最高負荷，並且應設有**超過負荷預防**裝置，設置有困難者，得以標示代替之。
- 應設有**防止過捲**裝置，設置有困難者，得以標示代替之。



荷重100公斤

鋼絲索缺陷

$$\frac{(\text{鋼絲索直徑mm})^2}{20} = \text{斷裂荷重(噸)}$$

1. 有接頭者
2. 鋼纜一撚間有百分之十以上素線截斷者
(6*24者 9條斷線、6*37者10條斷線、
6*Fi(25)者 5條斷線、6*Fi(29)者6條斷線)
3. 直徑減少達公稱直徑百分之七以上者
4. 已扭結者
5. 已顯著變形或腐蝕者

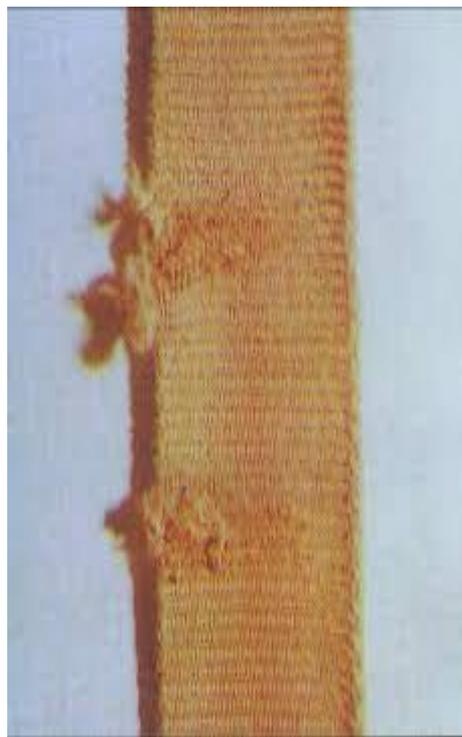


鋼索損傷之防止

- 正確角度起吊，不可作過負荷使用。
- 鋼索容易損傷的地方，必須用**墊物保護**。
- 荷載應採取適當的保護措施。
- 避免採用單一鋼索以單圈纏繞或籃型方式吊掛。**(因以單索單圈纏繞或籃型吊掛不易吊掛於中心位置，致造成荷載不穩定，應改以雙索吊掛，以利吊掛於中心位置而增加其穩定度)**

纖維帶(尼龍、聚脂、聚丙烯)之廢棄

- 縫合部分之絲線截斷者。
- 纖維帶的毛刺甚多者。
- 有顯著的損傷者，如邊緣遭切割10%、穿孔、變硬及明顯遭化學物質侵蝕等。



簡報結束! 感恩聆聽!



平安就是福! 共勉之!