

**國際標準 EN 14439 Cranes - Safety
Tower Cranes 為塔式起重機檢查標準
妥適性分析**

勞動部勞動及職業安全衛生研究所

中華民國 112 年 9 月 8 日

目 錄

目 錄.....	1
摘 要.....	3
前言.....	4
一、EN 14439 標準之綜合性瞭解及完整性評估	5
1.1 EN 14439 標準簡介、沿革與適用/涵蓋範圍	5
1.2 EN 14439 標準條文分類解說與完整性評估	6
二、我國現行塔式起重機檢查標準與 EN 14439 之綜合比較	9
2.1 我國現有塔式起重機相關法令與標準.....	9
2.2 「固定式起重機安全檢查構造標準」章節條文重點說明.....	10
2.3 CNS 6426 「起重機鋼結構部分之計算標準」章節條文重點說明.....	13
2.4 EN 14439 與我國標準之異同分析	14
- 結構部分	15
- 機械部分	30
- 附屬部分	44
- 加工	52
- 鋼索及吊鍊	53
- 附則	57
三、我國與歐美塔式起重機檢查實務現況.....	59
3.1 美國塔式起重機標準.....	59
3.2 美國起重機安全管理法規.....	62
- 美國聯邦法規彙編 29 CFR 1926 subpart CC 介紹.....	63
3.3 歐盟起重機的系列標準.....	69
3.4 歐盟對塔式起重機的管理制度.....	71
- 對起重機製造商的規管	71
- 對起重機業主的規管	71
- 歐洲塔式起重機檢查	72
- 歐洲進行塔式起重機檢查的人員之規定	75
3.5 我國對塔式起重機的檢查實務現況.....	76
- 竣工檢查	76
- 定期檢查	78
- 變更檢查	79
- 重新檢查	79
- 既有檢查	80
四、針對 EN 14439 在國內相關法規架構下之妥適性評估	84
五、結論與建議.....	89
附錄.....	90

參考文獻.....	91
-----------	----

摘 要

為因應業者提請採認歐盟 EN 14439: 2009 「Cranes - Safety Tower cranes」(以下簡稱 EN 14439)為塔式起重機檢查標準，本案依我國「固定式起重機安全檢查構造標準」(以下簡稱為「我國標準」)及塔式起重機(Tower crane)相關的法規與標準，與 EN 14439 進行綜合對照比較分析，探討 EN 14439 為塔式起重機檢查標準之妥適性。

本報告首先彙整 EN 14439 標準之發展背景、過程，以及此標準的主要架構和條文分類；另一方面收集研析我國與塔式起重機可能相關的法規與標準，對兩方面的資料有深入掌握後，探討各自之適用範圍並提出異同比較分析，綜合探討 EN14439 是否有相應於我國對於塔式起重機之相關規定，最後歸納出結論與建議，以供決策單位作比較研判。

兩地標準其詳略程度以及制訂的理路不盡相同。國內方面，「固定式起重機安全檢查構造標準」有 28 頁，分成七章共 68 條主條文和 6 個附表，另外，CNS 6426 則有 38 頁共 16 條主條文；歐盟方面，EN 14439 有 55 頁，共七章和 10 個附錄。兩地標準關切的重點有大部分相同，例如針對結構強度、受力的多樣性、制動裝置和安全裝置等；但兩個標準其制訂的理路與各規定的詳略程度要求內容不盡相同，也有部分規定在某一標準有明確要求，而另一標準沒有觸及的。綜合而言，對於兩個標準具差異性的建議可從三方面考慮：

(1) EN 14439 比我國標準完備的部分：由於這部份 EN 14439 大致上比「固定式起重機安全檢查構造標準」更為完備，接受這些規定並不會抵觸我國標準，而且在安全上的考量上並無疑慮，所以接受 EN 14439 應不致有太大的不良影響，應可直接予以接受。

(2) 我國標準有提到而 EN 14439 缺乏的部分：這種情況在衡量是否可接受時，建議可以考慮各 EN 14439 缺乏的項目是否可合理歸責於其他領域習知之規定，而考慮直接予以接受，或是有條件的接受，例如針對 EN 14439 無明文規定的部份請業者提出說明、補充文件或其他措施。

(3) EN 14439 與我國標準均有提及，但兩者之規定有所出入：這種情況如果是我國標準比 EN 14439 嚴格，則可從學理上考慮，例如從力學上的考量，並無明顯的安全疑慮，則可允予接受。另外一種情況是兩方敘述理路不盡相同，但比較兩方文字文義乃相符者，則可允予接受，或是有條件的接受，例如針對 EN 14439 和我國標準規定出入的部份請業者提出說明或其他措施。

有關塔式起重機的檢查實務部分，雖然我國與歐美兩方在檢查實務的制訂上明顯各有其不同的法律條文依據，但歐美在有關這方面的實務檢查規定和技術項目的詳細程度，並不亞於我國有關固定式起重機方面的實務檢查現況。

關鍵詞：EN 14439、塔式起重機、標準妥適性

前言

根據「危險性機械及設備安全檢查規則」第 6 條第 1 項規定：「國內製造之危險性機械或設備之檢查，應依本規則、勞工安全衛生相關法規及中央主管機關指定之國家標準、國際標準或團體標準等之全部或部分內容規定辦理」，以及第 6 條第 1 項規定(略以)：「外國進口或於國內依合約約定採用前項國外標準設計、製造之危險性機械或設備，得採用該國外標準實施檢查...」，業者提請主管機關指定採認「國際標準 BS EN 14439: 2009 為塔式起重機檢查標準」，以作為塔式起重機設計、製造、檢查適用的依據。

基本上，EN 14439 標準適用於設計和驗證塔式起重機，旨在確保這些起重機在使用時能夠安全、有效地運行。此外，該標準還包括有關起重機的安全要求和危險評估要求，如緊急停止裝置、安全緩衝裝置、極限開關和警告標誌等，並規定了塔式起重機的驗證和檢查要求，以確保起重機產品滿足安全的要求。綜而言之，EN 14439 之規定內涵非常廣泛，然而，其詳略及制訂的理路與國內起重機相關標準不盡一致，二者之間是否有相互替代性，滿足 EN 14439 是否即能完全滿足甚至優於國內相關起重機標準，宜進行細部的比較，找出其異同，才能據以決定是否可予採認。本報告主要目標即為整理出我國起重機相關標準與歐盟 EN 14439 塔式起重機標準的異同點，以供決策單位比較研判。

一、EN 14439 標準之綜合性瞭解及完整性評估

1.1 EN 14439 標準簡介、沿革與適用/涵蓋範圍

- 沿革與簡介

送審標準 EN 14439:2009 是歐洲標準委員會 CEN(Comité Européen de Normalisation)/TC 147“起重機 - 安全”編制，於 2006 年正式發佈，以英文為主要版本，標題為「起重機 - 塔式起重機安全性(Cranes - Safety - Tower cranes)」，旨在確保塔式起重機的安全運行和使用。本歐洲標準是一個統一的歐洲標準，為塔式起重機提供了一種方法，以符合修改後的機械指令 98/37/EC 的相關基本健康和安全要求。根據 EN ISO 12100-1:2003[註1.] 的規定，此標準屬於 C 類[註2.]標準，其範圍指示相關機械以及危險、危險情況和危險事件的涵蓋範圍。當這個 C 類標準的規定與 A 類或 B 類標準的規定不同時，對於根據這個 C 類標準的規定進行設計和建造的起重機，這個 C 類標準的規定優先於其他標準的規定。

EN 14439 歷經 2007 和 2008 的修改，2010 年 4 月 30 日再進行修訂為 EN 14439:+A2:2009 為現行版本，取代 EN 14439: 2006, 2007, 2008。另有 2021 發展中的版本。根據 CEN/CENELEC 內部規定，以下國家的國家標準機構有責任實施本歐洲標準：奧地利、比利時、塞浦路斯、捷克共和國、丹麥、愛沙尼亞、芬蘭、法國、德國、希臘、匈牙利、冰島、愛爾蘭、意大利、拉脫維亞、立陶宛、盧森堡、馬爾他、荷蘭、挪威、波蘭、葡萄牙、羅馬尼亞、斯洛伐克、斯洛文尼亞、西班牙、瑞典、瑞士和英國等共 29 國。

- 適用/涵蓋範圍

[註1.] EN ISO 12100-1:2003 是一個關於機械安全的國際標準，正式標題為「機械安全 - 一般設計原則 - 第 1 部分：基本事項和一般事項」，該標準由國際標準化組織 (ISO) 制定。其目的是為了幫助設計人員在設計機械設備時確保安全性，從而保護操作人員和其他人員免受潛在的危害。該標準提供了一般性的設計原則和方法，以幫助識別、評估和控制機械在使用過程中可能引發的危險。

[註2.] 在 EN ISO 12100-1:2003 中，Type A、Type B 和 Type C 是用於標示標準的三種不同類型。這些不同類型的標準之目的是確保機械設備在設計、製造和使用過程中符合相關的安全要求和指導原則，不同類型的標準根據其範圍和目的具有不同的細節和要求。

Type A 標準：是基本安全標準，它們提供了一般性的機械安全原則和指南，適用於所有類型的機械。此標準關注的是對機械設計和製造的整體安全性做出基本要求的標準。

Type B 標準：是特定機械的安全標準，提供了針對特定機械類型的詳細安全要求和技術細節。此標準關注的是特定機械類型的安全特性、風險評估和控制措施等方面的標準。

Type C 標準：是特定機械的安全性能標準，提供了測試、驗證和評估特定機械性能的具體要求。此標準關注的是特定機械的性能特性、操作特點和相關性能指標等方面的標準。

本歐洲標準規定了塔式起重機的安全要求，適用於建築工程中使用的塔式起重機；涵蓋了當塔式起重機在製造商預見的使用條件下之所有重大危害、危險情況和事件，本標準指定了適當的技術措施，以消除或減少由重大危害產生的風險。上述之詳細適用/不適用範圍以及涵蓋/不涵蓋範圍參見表 1 和表 2。

表 1 EN 14439 適用/不適用範圍

適用	不適用
分段安裝式和自拆式起重機	- 移動起重機、移動港口起重機、履帶式起重機、回轉臂式起重機、橋式和門式起重機、離岸起重機、浮式起重機、裝載起重機、手動起重機或鐵路起重機 - 於 GEN 發布本標準前生產的塔式起重機

表 2 EN 14439 涵蓋/不涵蓋範圍

涵蓋	不涵蓋
本標準所涵蓋的重大危害在第四章中列明	- 與塔式起重機本身提升人員或爬升系統有關的危害 - 與電磁兼容性 (EMC)、外部對電氣設備的特定危害、潛在的爆炸性氣氛和離子輻射有關的要求。

1.2 EN 14439 標準條文分類解說與完整性評估

業者送審的歐洲標準 EN 14439 為 2010 修訂的 EN 14439:A2:2009，為現行版本。英文原文標準內容共有 55 頁，其中包含了前言與介紹共 4 頁；主文有 7 章共 22 頁；10 個附錄共 28 頁；參考書目 1 頁。

EN 14439 的章節(條文)結構前兩章包含一般規範都會具備的描述本標準背景的前言、應用範圍（第一章）和引用文件（第二章）。第三章是術語和定義，釐清標準內使用到的專有名詞或行業術語，例如額定負載(rated capacity)之定義與計算公式，以及塔式起重機之定義。

第四章列出危險清單(List of significant hazards)，包含所有顯著的危險、危險情況和事件，以及需要採取的相應措施，另包含與 EN ISO 12100 [錯誤! 找不到參照來源。] 的相應交叉參考以及本標準中相關條文，規定業者在設計時除應考慮機械在正常使用可能遇到的危險而透過適當的設計來防範，同時也要求業者在設計時也需防範可以預見的非正常使用所可能遇到的危險，做到對於降低或消除危害風險的必要措施。其危險表列共 17 項，類別包括機器零件或工件設計/選擇不當所引起之危害、電氣相關之危害、熱/冷相關之危害、噪音產生之危害、機械加工或材料產生之危害、人因工程(視、聽、體感、

肢體)相關之危害、系統或操作產生之危害、第三人之進/出之危害、外/內物之掉落/噴出之危害、因移動性而產生之額外危害、機器穩定性不足之危害、組裝/測試/使用/維護之異常危害、閃電之危害...等。

第五章為安全要求和/或防護措施(Safety requirements and/or protective measures)，本標準中佔篇幅最多的一章，是有關安全的各相關規定，首先是總則(5.1)，聲明本標準沒有特別規定者，須按歐盟 EN ISO 12100 機械安全一般原理來考量。接著是負載結構設計(5.2)、設備設計(5.3)、健康和設計(5.4)等要求。在 5.2 節中首先表明其計算應使用現行的 FEM 1.001[3]或 DIN 15018-1[4]，DIN 15018-2[5]和 DIN 15019-1[6]，以及參考 EN 13001[7,8,9,10,11,12,13](按：此系列於 2006 年仍在草稿階段)，接著包括荷載、力矩、風力和行走速度等都有相關規定。在 5.3 節中有關電氣設備設計方面要求應符合 EN 60204-32[14]和 EN 13135-1[15][註3.]；非電氣設備設計部份則應符合 EN 13135-2[16][註4.]，包括絞車、齒輪、行走機構、鋼索和軌道車輪等都有其相關之規定。在 5.4 節中首先表明對於控制和控制站的設計要求，應符合 EN 13557[18]標準，並列出修改條目，此外也規定了駕駛艙口最小尺寸、站立區域尺寸及操作溫度和通風/避風之規定，接著是限制與指示裝置部分，其設計要求應符合 EN 12077-2[19]標準的規定，並列出修改條目，其他包括有防碰撞裝置的要求、風速計、安全防護、人員可能存在於移動部件之間的安全距離、存取、臂架上之走道、扶手和鋼絲繩的寬度或位置、吊籃尺寸、梯子尺寸、照明照度、外部指示器等之相關規定。最後的 5.5 節中表明主要的噪音源是起重機的升降機構，應根據技術進步和降噪手段的可用性，設計和建造成在最大程度上減少因噪音而產生的風險，推薦在 EN ISO 11688-1[20]中所提供的低噪音機械設計做法，以及 EN ISO 11688-2[21]提供的關於機械噪音產生機制的有用資訊。

第六章為安全要求和/或防護措施的驗證(Verification of the safety requirements and/or protective measures)，在 6.1 節的總則中說明驗證項目並針對第 5 章提到的各項規定提出檢驗方法的綱領，6.2 節說明驗證方法包括測量、計算、視覺檢查和功能測試等。6.3 節是使用目的合適性(Fitness for purpose)，此驗證在首次組裝後在製造商的場所或現場進行，包括視覺檢查、功能檢查和負載測試(靜態、動態)。最後的 6.4 節是噪音測量，驗證標準載明於附錄 E 中。

第七章為使用資訊(Information for use)，包括：7.1 總則(General)、7.2 操作手冊(Instructions handbook)及 7.3 標誌(Marking)等。最後一頁列出參考書目。

至於 10 個附錄，則為：

附錄 A（規範性）穩定性要求

附錄 B（參考性）塔式起重機防撞裝置要求

註3. 本標準已廢止，為 EN 13135[17] 所取代。

註4. 本標準已廢止，為 EN 13135[17] 所取代。

附錄 C（規範性）起重機外部指示器

附錄 D（規範性）安全要求和/或保護措施的驗證

附錄 E（規範性）噪音測試代碼

附錄 F（規範性）爬升系統

附錄 G（參考性）標記 - 佈置範例

附錄 H（參考性）選擇適合特定應用的起重機標準集

附錄 ZA（參考性）本歐洲標準與歐盟指令(EU Directive) 98/37/EC 基本要求之關係

附錄 ZB（參考性）本歐洲標準與歐盟指令(EU Directive) 2006/42/EC 基本要求之關係

綜而言之，由以上的章節架構、章節標題以及內容篇幅，可以看到 EN 14439 有從多方面考慮可能違反安全方面的狀況，作了頗為周密的規定。該標準除了結構與設備設計要求之外，亦涵蓋與健康安全和噪音等人因工程相關因素，以及檢查、驗證、測試部分等。附錄部分亦包含了充分的規範性和參考性資料，並說明本標準與歐盟指令基本要求之關係。以此觀之，其內容之完整性應可大致給予肯定。

二、我國現行塔式起重機檢查標準與 EN 14439 之綜合比較

2.1 我國現有塔式起重機相關法令與標準

以起重機作為關鍵字在國家標準（CNS）檢索系統搜尋，得到表 3 中 20 個 CNS 國家標準，然而這些標準基本沒有專門針對塔式起重機。我國針對危險機械中的固定式起重機之安全檢查依據，為行政院勞工委員會於民國九十四年五月十二日勞檢 2 字第 0940024056 號令發布施行之「固定式起重機安全檢查構造標準」。參照前述 EN 14439 標準簡介、沿革與適用/涵蓋範圍後，本報告後續比較分析將以「固定式起重機安全檢查構造標準」(以下簡稱「我國標準」)為依歸。

表 3 CNS 國家標準中與起重機有關的標準。

標準 總號	標準 類號	標準名稱	最新 日期
<u>4368</u>	B2213	圓螺紋（起重機吊鉤用） Lifting Hooks, Knuckle Threads	67/05/31
<u>4616</u>	C4140	電動起重機 Electric Hoists	73/09/19
<u>4617</u>	C3057	電動起重機檢驗法 Method of Test for Electric Hoists	73/09/19
<u>5510</u>	B1162	起重機詞彙－第 1 部：起重機之種類 Glossary of terms relating to cranes - Part 1: Kinds of cranes	97/06/27
<u>5675</u>	B1163	起重機詞彙－第 2 部：起重機之規格明細 Glossary of terms relating to cranes - Part 2: Ability of cranes	97/06/27
<u>5676</u>	B1164	起重機詞彙－第 3 部：起重機之動作 Glossary of terms relating to cranes - Part 3: Motion of cranes	97/06/27
<u>5677</u>	B1165	起重機詞彙－第 4 部：起重機之機械零組件 Glossary of terms relating to cranes - Part 4: Mechanical parts of cranes	97/06/27
<u>5678</u>	B1166	起重機詞彙－第 5 部：起重機之構造部分 Glossary of terms relating to cranes - Part 5: Structure of cranes	97/06/27
<u>6426</u>	B1216	起重機鋼結構部分之計算標準 Specification for the design of cranes structures	95/02/27
<u>6543</u>	B4039	架空移動起重機 Overhead travelling cranes	95/02/27
<u>6544</u>	B4040	架空移動起重機用鑄鋼製直行車輪 Cast steel travelling wheel for overhead travelling cranes	95/02/27
<u>6615</u>	B4041	架空移動起重機用鍛鋼製直行車輪 Wrought steel travelling wheels for overhead travelling cranes	95/02/27

<u>6641</u>	B4042	架空移動起重機用鋼纜槽輪 Rope sheaves for overhead travelling cranes	95/02/27
<u>6643</u>	B4044	起重機之額定載重、額定速度與轉動半徑 Safe working loads, rated-speed and slewing radius of cranes	95/02/27
<u>7191</u>	B1243	起重機之變速箱 Reduction gears of cranes	95/02/27
<u>7598</u>	C4311	起重機用集電裝置 Contact Conductor with Insulating Cover for Crane	70/06/18
<u>9099</u>	C4364	起重機用配線管 Trolley Busways	71/07/21
<u>9223</u>	B1288	滾動軸承蓋連接尺度（起重機用） Cranes Covers for Ball and Roller Bearings Connecting Dimensions	71/08/19
<u>9853</u>	D3150	自行式起重機性能試驗法 Test Code of Truck Cranes, Wheel Cranes and Crawler Cranes	72/01/12
<u>10237</u>	B3436	起重機用手柄 Handles for Cranes	72/05/11

2.2 「固定式起重機安全檢查構造標準」章節條文重點說明

「固定式起重機安全檢查構造標準」為民國 94 年頒布實施，標準內容共有 28 頁，分成七章共 68 個條文和 6 個附表，七個章節依序是第一章總則、第二章結構部分、第三章荷重、第三章機械部分、第四章附屬部分、第五章加工、第六章鋼索及吊鍊、第七章附則。各章節及條文重點說明簡列於表 4。

表 4 「固定式起重機安全檢查構造標準」章節及條文重點說明

章	節	條文	重點說明
第一章 總則		1~2	闡明標準之法源依據(第 1 條)和標準適用性(第 2 條)
第二章 結構部分	第一節 材料	3~4	結構部分之材料規定(第 3 條)與計算常數(第 4 條)
	第二節 容許應力	5~11	- 結構部分之材料容許應力值(抗拉、抗壓、抗拉彎曲、抗壓彎曲、抗剪、承壓、挫曲)之計算公式(第 5~6 條) - 焊接部分之容許應力值(第 7 條) - 使用第 3 條第 1 項但書規定之材料時之容許應力值及其焊接處之容許應力值規定。(第 8 條) - 承載應力值隨動荷重之位置、方向、大小而變時之容許應力值(第 9 條) - 木材纖維方向之抗拉、抗壓、彎曲和抗剪等容許應力值(第 10 條) - 荷重組合規定(第 11 條)

	第三節 荷重	12~19	承載之荷重種類—垂直動、垂直靜、水平動、熱、風、地震、衝擊等荷重(第 12 條)及其定義與計算規定(第 13~19 條)
	第四節 強度	20~23	- 結構部分材料承載荷重所生之應力值之荷重組合計算規定(第 20 條) - 吊鉤之斷裂荷重與所承受之最大荷重比規定(第 21 條) - 結構部分之強度和剛性原則(第 22 條) - 架空式起重機之桁架最大撓度規定(第 23 條)
	第五節 安定度	24	確認翻倒支點之安定力矩值大於翻倒力矩值之安定度計算規定(第 24 條)
	第六節 拉條	25	纜索起重機之拉條規訂(第 25 條)
第三章 機械部分	第一節 制動器	26~28	- 吊升裝置及起伏裝置之制動器規定(第 26 條) - 起重機之直/橫行裝置之制動器規定(第 27、28 條)
	第二節 捲胴	29~32	- 以鋼索供作吊升裝置時，其捲胴、槽輪或平衡輪之節圓直徑與鋼索直徑比之規定和計算公式 (第 29 條) - 有槽式捲胴捲進鋼索時，鋼索中心線與所進入之槽之中心線間夾角；無槽式捲胴捲之遊角(第 30 條) - 鋼索與捲胴、伸臂、吊運車架、吊鉤組等之連結規定(第 31 條) - 捲胴、軸、銷及其他組件之強度和使用規定(第 32 條)
	第三節 安全裝置	33~42	- 使用鋼索或吊鏈之吊升及起伏裝置之應設置過捲預防裝置(第 33 條) - 過捲預防裝置規定(第 34 條) - 伸臂起重機之過負荷預防裝置規定(第 35 條) - 具有起伏動作之伸臂起重機操作規定(第 36 條) - 使用液壓或氣壓為動力之吊升及起伏裝置之防止壓力過升之安全閥規定(第 37 條) - 齒輪、軸、聯結器等回轉部分之規定(第 38 條) - 走行固定式起重機之電鈴、警鳴器等警報裝置規定(第 38 條) - 吊鉤規定(第 40 條) - 隨荷物移動之起重機之直行及橫行速度規定(第 41 條) - 頂升式吊升裝置之保持機構規定(第 42 條)
	第四節 電氣部分	43~47	- 固定式起重機之電磁接觸器操作規定(第 43 條) - 固定式起重機控制裝置操作規定(第 44 條) - 地面上之操作用開關器規定(第 45 條) - 供電線(電壓 < 750V)之設置規定(第 46 條) - 供電線(電壓 > 750V)之設置規定(第 47 條)
第四章	第一節 緩衝裝置	48~49	- 規定須架設緩衝裝置之起重機種類(第 48 條) - 二部以上之起重機並置於同一軌道上時之防撞、緩衝裝置

附屬部分	置		置或緩衝材規定(第 49 條)
	第二節 防止逸走裝置	50~51	- 屋外起重機之防止逸走裝置規定及承受風荷重之計算規定(第 50 條) - 屋外起重機之直行原動機馬力與風速關係(第 51 條)
	第三節 走道等	52~55	- 需設置走道的起重機種類及走道規定(第 52 條) - 吊升荷重在三公噸以上之伸臂起重機應設攀登梯(第 53 條) - 攀登梯之設置規定(第 54 條) - 階梯之設置規定(第 55 條)
	第四節 駕駛室及駕駛台	56~58	- 規定須設置駕駛室/駕駛台之情況(第 56 條) - 裝設駕駛室/駕駛台之規定(第 57 條) - 使用鋼索或吊鏈懸吊駕駛室或駕駛台之設置(第 58 條)
第五章 加工		59~62	結構部分之 - 鋼材焊接規定(第 59 條) - 鉚釘孔及螺栓孔規定(第 60 條) - 螺栓、螺帽、螺釘、銷、鍵及栓等規定(第 61 條) - 絞車規定(第 62 條)
第六章 鋼索及吊鍊		63~65	- 鋼索之安全係數值、計算公式和使用規定(除頂升式吊升裝置用外)(第 63 條) - 吊鍊之安全係數值、計算公式和使用規定(第 64 條) - 頂升式吊升裝置用鋼索之安全係數值、計算公式和使用規定(第 65 條)
第七章 附則		66~68	- 銘牌標示內容(第 66 條) - 本標準發布前已設置之固定式起重機之處理辦法(第 67 條) - 本標準發布施行前完成設計或已製造者之檢查辦法(第 68 條)

至於 6 個附表，則為：

附表一 挫曲係數

附表二 減低率

附表三 作業係數

附表四 吊升裝置等之等級

附表五 鋼索掛法修正係數

附表六 槽輪效率

2.3 CNS 6426「起重機鋼結構部分之計算標準」章節條文重點說明

CNS 6426「起重機鋼結構部分之計算標準」為民國 69 年頒布實施，現行版本為 CNS 6426：2006。標準內容共有 38 頁、16 個條文，條文重點說明簡列於表 5。

表 5 CNS 6426「起重機鋼結構部分之計算標準」條文重點說明

編號	條文標題	重點說明
1	適用範圍	本標準適用於計算一般起重機之鋼結構部分之設計。但依適當之理論或實驗可證明者，得不依本標準之算式與數值。
2	名詞之定義	本標準所使用之名詞依據 CNS 5510(種類)、CNS 5675(功能、動作)、CNS 5677(機械零組件)、CNS 5678(結構)等。
3	材料	規定起重機鋼結構部分使用之材料及鋼材之常數。
4	起重機之分類	依起重機作業性能條件分為 I、II、III、IV 等 4 類。並依用途列表舉例各種起重機之型式所屬類別。
5	載重	1. 鋼結構部分之計算應考慮之各項載重：捲揚、本身、水平(慣性力、離心力)、車輪之側向力、風力、熱引起之載重、地震、對緩衝器之衝擊載重、對人行道等之載重、其他(積雪載重或特殊作業)。 2. 載重計算之增加係數：衝擊係數、作業係數。 3. 載重之組合。
6	容許應力	1. 容許力之計算方法。 2. 結構構件與熔接部分之容許應力。 3. 鉚釘、螺栓與銷等之容許應力。 4. 容許疲勞應力：結構構件與熔接部分、鉚釘與螺栓部分。
7	拉力構件之計算	拉應力計算公式與規定。
8	抗壓構件之計算	壓縮應力計算公式與規定。
9	承受彎曲與扭曲之箱形桁架之計算	承受彎曲與扭曲之箱形桁架之計算公式與規定。
10	構件曲軸方向力產生彎曲之計算	對於構件在軸方向力產生彎曲之計算公式。
11	熔接接頭之計算	1. 作用於承受拉力、壓縮或剪力之接頭之應力計算公式 2. 彎曲力矩與剪力同時作用之接頭之應力計算公式
12	板之局部挫屈計算	1. 板之局部挫屈強度計算規定 2. 壓縮應力與剪應力單獨作用時之計算公式 3. 垂直應力與剪應力同時作用時之計算公式
13	對防止翻倒之安定度與防止風引起之滑動	1. 安定度之計算公式及不同用途(一般起重機、營建用塔型起重機、固定式或僅可迴轉之起重機)之載種條件規定。 2. 防止風引起之逸走之規定。

14	承受軸方向之構件設計細節	1. 構件或接頭之設計規定。 2. 抗拉構件之有效斷面積規定。 3. 細長比之計算公式與限制。 4. 高度可變化之抗壓構件計算公式與規定。 5. 抗壓結構計算公式與規定。 6. 作用於抗壓結構之剪力計算公式與規定。
15	承受彎力之桁架設計細節	1. 桁之結合鉚釘或螺栓計算公式與規定。 2. 直接承受車輪載重之鉚釘、螺栓或熔接部分之規定。 3. 承受彎力之桁腹板接頭計算公式與規定。
16	熔接構造之設計細節	1. 主構件之熔接規定。 2. 熔接接頭之有效厚度規定。 3. 熔接接頭之有效長度規定。

本標準(CNS 6426)之引用標準：

- CNS 153 粗製墊圈
- CNS 575 鉚接用鋼棒
- CNS 2473 一般結構用軋鋼料
- CNS 3124 六角頭螺栓（鋼結構用）
- CNS 3127 六角頭螺帽（總則）
- CNS 3828 機械構造用碳鋼鋼料
- CNS 4269 銲接結構用耐候性熱軋鋼料
- CNS 4435 一般結構用碳鋼鋼料
- CNS 5510 起重機名詞－第 1 部：起重機之種類
- CNS 5675 起重機名詞－第 2 部：起重機之功能
- CNS 5676 起重機名詞－第 3 部：起重機之動作
- CNS 5677 起重機名詞－第 4 部：起重機之機械零組件
- CNS 5678 起重機名詞－第 5 部：起重機之結構

2.4 EN 14439 與我國標準之異同分析

EN 14439 規定了塔式起重機的安全要求，適用於建築工程中使用的塔式起重機，包含分段安裝式和自拆式起重機，但不包含移動起重機、移動港口起重機、履帶式起重機、回轉臂式起重機、橋式和門式起重機、離岸起重機、浮式起重機、裝載起重機、手動起重機或鐵路起重機，而其涵蓋的危險範圍表列於該標準之第四章之 Table 1 重要危險清單及相關要求。我國標準「固定式起重機安全檢查構造標準」[22]沒有就適用範圍定義，但從其標題以及內容，可以判斷其適用於所有固定式起重機。所以就適用範圍而言，EN 14439 可說是「固定式起重機安全檢查構造標準」的一個子集。有關危險範圍

部分，「固定式起重機安全檢查構造標準」並未將危險清單集中表列，而是分布在各章節中。

至於 CNS 6426「起重機鋼結構部分之計算標準」之前四條內容為本標準之適用範圍(一般起重機之鋼結構部分之設計)、名詞定義、材料和起重機之分類等，不涉及實際之技術檢查項目，第 5-16 條則包括載重、容許應力、抗拉\抗壓、彎曲、扭曲、熔接、板之挫屈、安定度、桁架等之計算公式，這方面之詳細程度與「固定式起重機安全檢查構造標準」有所不同，但整體而言，CNS6426 之重點和範圍並無超出「固定式起重機安全檢查構造標準」，可說是「固定式起重機安全檢查構造標準」的參考標準。

故本報告將以我國標準「固定式起重機安全檢查構造標準」的條文內容為主，檢驗 EN 14439 是否有相對應的規定，以及兩方標準之異同，探討其規定是否能完全滿足我國標準的要求。由於第一章(總則)不涉及實際之技術檢查項目，應無與 EN 14439 比較的的必要，以下將依序就第二~七章「結構部分」、「機械部分」、「附屬部分」、「加工」、「鋼索及吊鍊」和「附則」等進行分析比較。

- 結構部分

結構部分在我國的「固定式起重機安全檢查構造標準」的第二章，共 6 節有 23 個條文。

- 第一節 材料：

本節有 2 個條文(第 3~4 條)，主要規定了結構的材料和計算相關的機械性質參數。第 3 條規定結構部分之材料應符合國家標準(CNS)，或具有同等以上化學成分及機械性質之鋼材，但經中央主管機關認可之耐蝕鋁合金等材料，不在此限。上述 CNS 標準包括：CNS 575、CNS 2473(SS400 鋼材)、CNS 2947、CNS 4269、CNS 4435 (STK400、STK490 或 STK540 鋼材)、CNS4437(十三種、十八種、十九種或二十種鋼材)、CNS 7141、CNS 11109 和 CNS 13812 等；第 4 條則規定鋼材計算應使用之常數。以下逐條探討「固定式起重機安全檢查構造標準」的 3~4 條文與 EN 14439 之異同。

第3條：

這部分在這部分在 EN 14439 本身的條文中並沒有針對各式構件所應使用的材料作出規定，也未提供相關之機械性質參數，但其所引用標準 EN 13001[註5.]中的

[註5.] EN14439 出版時 EN 13001 系列尚在草擬階段，所以沒列在其引用標準中，但在第 5 章 5.2.1 設計總則有特別註明可採用當時的 EN 13001 草稿，而且說明當 EN 13001 正式出版後會納入 EN14439。EN 13001 系列是歐洲標準有關起重機各方面的一個系列標準，由歐洲標準委員會制定，是關於起重機的設計原則、計算方法和驗證過程的標準。此標準之目的是確保起重機在使用期間的安全和可靠性，涵蓋了各種類型的起重機，包括行走式起重機、懸臂起重機、塔式起重機等。該標準包

EN 13001-3-1 之第 4 章 4.2 節為結構件使用材料的相關規定（Materials for structural members），其 4.2.1 節為材料編號與一般性質（Grades and qualities）規定，4.2.2 節為材料衝擊韌性相關規定，4.3.2 節則為螺栓材料的規定。此標準(EN 13001-3-1)引用到的 EN 材料標準包括了：

- EN 10025-1:2004, Hot rolled products of structural steels — Part 1: General technical delivery conditions
- EN 10025-2:2004, Hot rolled products of structural steels — Part 2: Technical delivery conditions for non-alloy structural steels
- EN 10025-3:2004, Hot rolled products of structural steels — Part 3: Technical delivery conditions for normalized/normalized rolled weldable fine grain structural steels
- EN 10025-4:2004, Hot rolled products of structural steels — Part 4: Technical delivery conditions for thermomechanical rolled weldable fine grain structural steels
- EN 10025-6:2004, Hot rolled products of structural steels — Part 6: Technical delivery conditions for flat products of high yield strength structural steels in the quenched and tempered condition
- EN 10029:1991, Hot rolled steel plates 3 mm thick or above - Tolerances on dimensions, shape and mass
- EN 10149-1:1995, Hot-rolled flat products made of high yield strength steels for cold forming — Part 1: General delivery conditions
- EN 10149-2:1995, Hot-rolled flat products made of high yield strength steels for cold forming — Part 2: Delivery conditions for thermomechanically rolled steels
- EN 10149-3:1995, Hot-rolled flat products made of high yield strength steels for cold forming — Part 3: Delivery conditions for normalized or normalized rolled steels
- EN 10163-1:2004, Delivery requirements for surface conditions of hot-rolled steel plates, wide flats and sections – Part 1: General requirements
- EN 10163-2:2004, Delivery requirements for surface conditions of hot-rolled steel plates, wide flats and sections – Part 2: Plate and wide flats
- EN 10163-3:2004, Delivery requirements for surface conditions of hot-rolled steel plates, wide flats and sections – Part 3: Sections
- EN 10164:2004, Steel products with improved deformation properties perpendicular to the surface of the product — Technical delivery conditions

第4條：

本條文規定鋼材計算應使用之常數如下表(表 7)：

表 7

常 數 種 類	數 值
縱彈性係數 E (Modulus of elasticity) 單位：牛頓／平方公厘 (公斤／平方公分)	206,000 (2,100,000)
剪彈性係數 G (Shear modulus of elasticity) 單位：牛頓／平方公厘 (公斤／平方公分)	79,000 (810,000)
蒲松氏比 ν (Poisson's ratio)	0.3
線膨脹係數 α (Coefficients of thermal expansion) 單位： $^{\circ}\text{C}^{-1}$	0.000012
比重 γ (Specific gravity)	7.85

這部分在 EN 14439 的 5.2 負載結構的設計要求(Design requirements on the load bearing structure)中規定強度和穩定性驗證的計算應使用現行標準 FEM 1.001[3]或 DIN 15018-1[4]、DIN 15018-2[5]和 DIN 5019-1[6]。雖然 EN 14439 本身的條文中並未提供相關之機械性質參數，不過以低合金鋼材而言，不論其成分或製程/熱處理條件，上表的機械性質常數都不會有太大差異，因此 EN 14439 雖未明載，其分析時所採用的這些常數應大致相同，故此部分應可視為只是陳述性的差異，在條文的精神上並無二致。由以上資料判斷 EN14439 對材料方面的要求，應可視為與「固定式起重機安全檢查構造標準」符合。

- 第二節 容許應力：

本節有 7 個條文(第 5~11 條)，主要規定了結構部分之材料容許應力值之計算公式，包括第 5 條中的抗拉、抗壓、抗拉彎曲、抗壓彎曲、抗剪和承壓等容許應力；第 6 條中的挫曲容許應力；第 7 條中的焊接部分之容許應力值；第 9 條中的承載應力值，其中包含隨垂直動荷重之位置/大小及隨水平動荷重方向/大小而變時的兩種情況之容許應力值；第 10 條中規定結構部分使用木材時，針對各種木材之纖維方向的抗拉、抗壓、彎曲和抗剪等的容許應力值，以及容許挫曲應力值之計算公式。而第 8 條規定第 3 條第 1 項但書規定之材料須在中央主管機關認可材料之化學成分及機械性質之值以下；第 11 條則規定第 5~8 條所規定之容許應力值，仍須符合第 20 條之荷重組合規定(見下表(表 8))，其中荷重狀態 B 之荷重組合應於百分之十五限定範圍內增值；荷重狀態 C 之荷重組合應於百分之三十限定範圍內增值。以下逐條探討「固定式起重機安全檢查構造標準」的 5~11 條文與 EN 14439 之異同。

表 8

荷重狀態	荷 重 組 合
A	$M [\Psi (\text{垂直動荷重}) + (\text{垂直靜荷重}) + (\text{水平動荷重})]$

	＋（熱荷重）
B	M〔Ψ（垂直動荷重）＋（垂直靜荷重）＋（水平動荷重）〕 ＋（作業時之風荷重）＋（熱荷重）
C	（垂直動荷重＋垂直靜荷重＋地震荷重＋熱荷重）或（垂直動荷重＋垂直靜荷重＋衝擊荷重＋熱荷重）或（垂直靜荷重＋停止時之風荷重＋熱荷重）
備註：表中 Ψ 及 M 分別表示下列之值： 1、Ψ：衝擊係數，依下式計算之值。 （1）伸臂起重機 $\Psi = 1 + 0.3V$ 但 $1 + 0.3V < 1.10$ 時 $\Psi = 1.10$ $1 + 0.3V > 1.30$ 時 $\Psi = 1.30$ （2）其他類型起重機 $\Psi = 1 + 0.6V$ 但 $1 + 0.6V < 1.10$ 時 $\Psi = 1.10$ $1 + 0.6V > 1.60$ 時 $\Psi = 1.60$ 式中之 V：上升之額定速率值（公尺／秒） 2、M：作業係數，依附表三規定。	

第5 條：

這部分在 EN 14439 中雖無如「固定式起重機安全檢查構造標準」般提到容許應力的條文，但其所引用標準 FEM 1.001：1998 起重機械設計規範[3]其第 4 冊 4.1.1 為針對強度之確認，其中有關容許應力有明確定義如下：

容許正應力 σ_a 值由下式給出：

$$\sigma_a = \frac{\sigma_R}{v_R}$$

式中： σ_R 為材料的抗拉強度； v_R 為同種載荷情況相對應的安全係數， v_R 值由表 T4.1.1.2(表 9)給出。

表 9 T4.1.1.2 v_R 值

載荷情況	I（無風）和 II（極限風速以內）	III（異常負載）
v_R 值	2.2	1.8

如因是灰鑄鐵， v_R 值要增加 25%。

另外，4.1.1.3 計算應力和容許應力之間的關係，必須根據所考慮的載荷類型對下列關係進行核算：

1. 純拉伸： $1.25\sigma_t < \sigma_a$
2. 純壓縮： $\sigma_c < \sigma_a$
3. 純彎曲： $\sigma_f < \sigma_a$
4. 彎曲和拉伸複合： $1.25\sigma_t + \sigma_f < \sigma_a$

5. 彎曲和壓縮複合： $\sigma_c + \sigma_f < \sigma_a$
6. 純剪切： $\sqrt{3}\tau < \sigma_a$
7. 拉伸、彎曲和剪切複合： $[(1.25\sigma_t + \sigma_f)^2 + 3\tau^2]^{0.5} \leq \sigma_a$
8. 壓縮、彎曲和剪切複合： $\sqrt{(\sigma_c + \sigma_f)^2 + 3\tau^2} \leq \sigma_a$

其中， σ_t 為計算拉伸應力； σ_c 為計算壓縮應力； σ_f 為計算彎曲應力； τ 為計算剪切應力

比較「固定式起重機安全檢查構造標準」此條與上述 FEM 1.001：1998 4.1.1 節容許應力的規定，其相同處是容許應力的界定的邏輯理念一樣，此方面包括以材料拉伸性質為基礎，對不同形式負載所產生不同的應力由材料力學的破壞準則（failure criterion）而定。如容許剪應力為容許拉伸應力除以 $\sqrt{3}$ ，另加上一定的安全因子。其相異處則在「固定式起重機安全檢查構造標準」針對降伏與拉伸強度兩者的一定比例取其小者，而 FEM 1.001：1998 4.1.1 節則僅針對拉伸強度定義。另各安全因子的細節也針對載荷狀況而分別要求，另外再加上計算應力再放大若干再與容許應力進行比較，總的來說 FEM 1.001：1998 之 4.1.1 節所取的安全因子較高。

第6條：

有關的挫曲係數 ω ，在「固定式起重機安全檢查構造標準」中提供了七個挫曲係數表來讓使用者依有效細長比 λ 來查 ω 參數，此七個表分別針對：(1) 降伏點 245 牛頓／平方公厘以下（2500 公斤／平方公分）之鋼材；(2) 降伏點超過 245 牛頓／平方公厘（2500 公斤／平方公分），325 牛頓／平方公厘（3300 公斤／平方公分）以下之鋼材；(3) 降伏點超過 325 牛頓／平方公厘（3300 公斤／平方公分），365 牛頓／平方公厘（3700 公斤／平方公分）以下之鋼材；(4) 降伏點超過 365 牛頓／平方公厘（3700 公斤／平方公分），460 牛頓／平方公厘（4700 公斤／平方公分）以下之鋼材 (5) 降伏點超過 460 牛頓／平方公厘（4700 公斤／平方公分）以上，575 牛頓／平方公厘（5860 公斤／平方公分）以下之鋼材；(6) 降伏點超過 575 牛頓／平方公厘（5860 公斤／平方公分），620 牛頓／平方公厘（6320 公斤／平方公分）以下之鋼材 (7) 降伏點超過 620 牛頓／平方公厘（6320 公斤／平方公分），685 牛頓／平方公厘（6900 公斤／平方公分）以下之鋼材等七項條件之鋼材來規定其挫曲係數。詳細之挫曲係數值參見「固定式起重機安全檢查構造標準」[22]之附表一。

EN 14439 本身的條文中雖無如「固定式起重機安全檢查構造標準」般提到詳細的容許挫曲應力，但其所引用標準 EN 13001 的 EN 13001-3-1 之第 8 章為針對彈性穩定性之確認，其中包括 8.2 節構件在壓縮施力下挫屈的分析，對細長桿件的挫屈，是採用歐拉臨界挫屈負載公式來計算，其基本原理與「固定式起重機安全檢查構造標

準」本條相若，除了基本為桿形件之挫屈外，EN 13001-3-1 在 8.3 節尚包括不同截面構件，平板構件受到軸向，橫向及剪應力下挫屈的分析以及容許受力的驗證。

第7條：

本條文是有關焊接連接的容許應力的規定，在 EN 14439 本身雖無相同的條文，但其所引用的 FEM 1.001：1998 起重機械設計規範[3]，其第 3 冊 3.2.2.3 節有專門針對焊接連接之極限設計應力作出規定，其假定熔敷金屬至少有與母材一樣好的機械性質，其基本計算方式為驗證在縱向拉伸和壓縮的情況下，焊縫中產生的應力不超過 3.2.1.1 節中給出的許用應力 σ_a ，剪應力 τ_a 由下式給出：

$$\tau_a = \sigma_a / 3^{0.5}$$

然而，對某些載荷型式，特別是焊縫中的橫向應力，其最大許用等值應力要降低。表 T.3.2.2.3 根據不同的載荷型式匯總了一些鋼材的最大許用等值應力。

表 10 T.3.2.2.3 焊縫中最大許用等值應力(N/mm²)
A.37(Fe 360)-A.42-A.52(Fe 510)鋼

載荷型式	A.37			A.42			A.52		
	Case I	Case II	Case III	Case I	Case II	Case III	Case I	Case II	Case III
所有焊縫型式的縱向等值應力	160	180	215	175	195	240	240	270	325
橫向拉伸應力									
● 對接焊縫和特別質量的K-焊縫	160	180	215	175	195	240	240	270	325
● 普通質量K-焊縫	140	158	185	153	170	210	210	236	285
● 填角焊縫	113	127	152	124	138	170	170	191	230
橫向壓縮應力									
● 對接焊縫和K-焊縫	160	180	215	175	195	240	240	270	325
● 填角焊縫	130	146	175	142	158	195	195	220	265
剪切所有焊縫型式	113	127	152	124	138	170	170	191	230

另其附錄 A-3.2.2.3.對焊接連接提供了有關焊接點應力計算的補充資料。至於非破壞檢查方面，FEM 1.001：1998 起重機械設計規範[3]沒有提及經放射檢查合格可提升容許應力的選項。

第8條：

本條文提及使用第 3 條第 1 項但書規定之材料時，其容許應力值及其結構部分焊接處之容許應力值，應於中央主管機關認可材料之化學成分及機械性質之值以

下。這部分在 EN 14439 或其相關的 EN 13001-3-1 所引用的材料規範中，並無述及此但書中所提的耐蝕鋁合金材料。

第9 條：

本條文在 EN 14439 本身的條文中雖無如「固定式起重機安全檢查構造標準」所述及有關容許疲勞應力的條文，但其所引用標準 FEM 1.001：1998 起重機械設計規範[3]，其第 2 冊 2.1.2.2 節對不同等級的起重機作出分類，每一類界定其總使用的起重週期數，2.1.2.3 節則對荷重頻譜作出規定，結合此二者，可作為疲勞破壞分析的輸入數據。其第 2 冊 2.1.3 節及 2.1.4 節則分別對起重機中各機構組及個別部件作出同樣的分類與規定。其第 3 冊 3.6 節及其附錄 A3.6 則對個別構件的疲勞分析方法作出頗為詳盡的規定，其中疲勞強度的分析主要考慮：構件型態分類、構件材質與切口效應，如有焊接則包括焊接型態、平均應力、極端應力的大小與其比例，FEM 1.001：1998 之第四冊 4.1.3 節另詳細規定影響疲勞強度的各種因子及考慮方式。

總的來說，EN 14439 其所引用之標準在「疲勞應力」部分的規定和計算方法相較於「固定式起重機安全檢查構造標準」更為詳細。

第10 條：

EN 14439 本身條文中並無如「固定式起重機安全檢查構造標準」對結構部分使用各種木材時之木材纖維方向的抗拉、抗壓、彎曲和抗剪挫曲等容許應力值，以及容許挫曲應力值之計算公式。

第11 條：

本條文是不同「荷重組合」下容許應力值的相關規定，EN 14439 本身條文雖未提及荷重組合下的容許應力值，但其所引用標準 FEM 1.001：1998 起重機械設計規範[3]之第 4 冊 4.1.1.節對容許應力的定義為拉伸強度除以一個安全係數（參考上述第五條說明），該安全係數在正常使用無風或在極限風速以內時取 2.2，而在極端異常負載下則取 1.8，後者明顯較為放寬了 18%左右，其精神與「固定式起重機安全檢查構造標準」本條相同。

- 第三節 荷重：

本節有 8 個條文(第 12~19 條)，主要規定了承載之荷重種類(垂直動/靜、水平動、熱、風、地震、衝擊等荷重)及計算規定。第 12 條提及結構部分承載之荷重種類(垂直動、垂直靜、水平動、熱、風、地震、衝擊等荷重)；第 13 條說明垂直動荷重之定義；第 14 條說明垂直靜荷重之定義；第 15 條提及水平動荷重之計算規定，包含慣性力、離心力、車輪側向力和其有效軸距等；第 16 條提及風荷重之計算規定和公式；

第 17 條說明熱荷重之定義；第 18 條說明地震荷重之定義；第 19 條提及衝擊荷重之計算規定，包含起重機無/有吊掛物和吊掛物有撞擊地面障礙物之虞等三種情況。以下逐條探討「固定式起重機安全檢查構造標準」的 12~19 條文與 EN 14439 之異同。

第12 條：

本條文在 EN 14439 中的對應條文是在第五章的「5.2 荷重結構的設計要求 (Design requirements on the load bearing structure)」，EN 14439 本身的條文中雖無和「固定式起重機安全檢查構造標準」一模一樣的荷重項目條列，而是提出原則性的計算和規定：作用於塔式起重機上的荷重影響可通過計算或測試驗證來確定，並應反映出起重機司機面臨的現實不利操作條件和操作順序，而荷重、力矩（彎曲和/或扭轉）等可從起重機的剛體動力學模型和荷重模型中推導出來。但在其所引用標準 FEM 1.001：1998 起重機械設計規範[3]，第 2 冊 2.2.節則指出負載的分類包括：

- ◆ 假設起重機械靜止但處於最不利方位下，作用在起重機械結構上的載荷。
- ◆ 垂直運動引起的載荷
- ◆ 水平運動引起的載荷
- ◆ 天候狀況引起的載荷

2.2 節並對各項荷重的計算方式訂出詳細的規定。

另外，在 EN 14439 的附錄 A「穩定性要求」中，提及其所建議引用的 F.E.M. 1.001 第九冊中所提到針對塔式起重機的穩定條件及該附錄所補充的第五種情況——「安裝或拆除過程中的穩定性」，則有列出包括自重荷重、水平施加荷重、垂直施加荷重、風荷重和慣性力等 5 種荷重項目，以及其相應的荷重因子(Load factor)。

表 11

Condition	Loading	Load factor to be considered
I. Basic Stability	Loads induced by the dead weight	1,0
	Applied load	1,6P
	Wind load	0
	Inertia forces*	0
II. Dynamic Stability	Loads induced by the dead weight	1,0
	Applied load	1,35 P
	Wind load	1,0 W1
	Inertia forces	1,0 D
III. Backward Stability (Sudden release of load)	Loads induced by the dead weight	1,0
	Applied load	-0,2 P
	Wind load	1,0 W1
	Inertia forces	0
IV. Extreme Wind Loading	Loads induced by the dead weight	1,0
	Applied load	1,0 P1
	Wind load	1,2 W2
	Inertia forces	0
V. Stability During Erection or dismantling	Loads induced by the dead weight	1,0
	Applied load	1,25 P2
	Wind load	1,0 W3
	Inertia forces	1,0 D

表 12

Table A.1

Condition	Loading	Load factor to be considered
V. Stability during erection or dismantling see Figure 1	Loads induced by the dead weight	1,0
	Horizontal applied load	0,1 P2
	Vertical applied load	1,16 P2
	Wind load	1,0 W3
	Inertia forces	1,0 D

where

D are the inertia forces from drives in accordance with FEM 1.001:1998, 2.2.3;

P2 is the weight of the part being installed/removed during erection or dismantling;

W3 is the in-service wind effect W1 or the effect of the wind limit for erection work in accordance with the instruction handbook of the manufacturer.

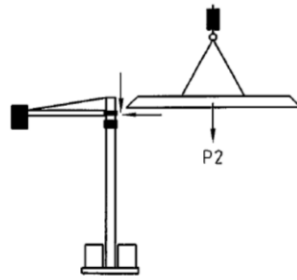


Figure A.1 — Example - Application of a load P2 for fitting a jib

圖 1.

第13條：

本條文是有關「垂直動荷重」之定義，EN 14439 本身的條文雖無詳述此定義，但其所引用標準 FEM 1.001：1998 起重機械設計規範[3]，其第 2 冊 2.2.2 節則有垂直動荷重詳細的分類及計算方式，包括吊升物件的受力，為考慮到吊升時之加速，減速，晃動及滑車在軌道上滑行時可能發生的垂直衝擊力，所以對垂直工作荷重乘上一個動態係數 ψ ：

$$\psi = 1 + \xi V_L$$

其中 V_L 為吊升的速度 (m/s)， ξ 由實驗所得，對吊臂式起重機 (jib crane) 為 0.3。實際計算時 ψ 不得小於 1.15，也不超過 1.3。

第14條：

本條文是有關「垂直靜荷重」之定義，EN 14439 本身的條文中雖無提及此定義，但其所引用標準 FEM 1.001：1998 起重機械設計規範[3]，其第 2 冊 2.2 節說明垂直靜荷重為扣除因吊升運動所額外產生的負載外的垂直荷重，包括所有構件的靜止重量 (dead weight)。

第15條：

本條文是有關「水平荷重」之定義和計算，EN 14439 本身的條文中雖無提及此定義，但在其所引用標準 FEM 1.001：1998 起重機械設計規範[二、2]第 2 冊 2.2.3 節，說明水平荷重包括因水平加減速所產生的慣性荷重，吊臂起伏或旋轉的離心力。其計算採實際的額定運動加速度，假如沒有明確的額定加速度，則按起重機使用情形選擇慢、中、快其中一種，按其表 T.2.2.3.1.1 選擇適當的加速度進行計算：

表 13

Table T.2.2.3.1.1. - Acceleration time and acceleration value

Speed to be reached m/s	(a) low and moderate speed with long travel		(b) moderate and high speed (normal applications)		(c) high speed with high accelerations	
	Acceleration time s	Acceleration m/s ²	Acceleration time s	Acceleration m/s ²	Acceleration time s	Acceleration m/s ²
4,00			8,0	0,50	6,0	0,67
3,15			7,1	0,44	5,4	0,58
2,5			6,3	0,39	4,8	0,52
2	9,1	0,22	5,6	0,35	4,2	0,47
1,60	8,3	0,19	5,0	0,32	3,7	0,43
1,00	6,6	0,15	4,0	0,25	3,0	0,33
0,63	5,2	0,12	3,2	0,19		
0,40	4,1	0,098	2,5	0,16		
0,25	3,2	0,078				
0,16	2,5	0,064				

第16 條：

本條文是有關「風荷重」之計算規定和公式，在 EN 14439 本身的條文(5.2.2.4)中提及風力應由適當且被認可的方法確定，其所建議風載荷的計算引用的 F.E.M. 1.001：1998 起重機械設計規範[3]之第二冊 2.2.4.1.3 節有所說明。對於大多數整體的和局部的結構，以及起重機結構中所使用的單根構件，由下式計算風載荷： $F=A*q*C_f$

式中： F 為風載荷（N）

A 為結構有效迎風面積（m²）

q 為風壓（N/m²）

C_f 為結構形狀相關的風力係數，可採用自風洞求得的數字，亦可用下表：

表 14 T.2.2.4.1.4.1.風力係數

Type	Description	Aerodynamic Slenderness l/b or l/D (1)						
		≤ 5	10	20	30	40	50	> 50
Individual members	Rolled sections []	1,15	1,15	1,3	1,4	1,45	1,5	1,6
	Rectangular hollow sections up to 356 mm square	1,4	1,45	1,5	1,55	1,55	1,55	1,6
	and 254 x 457 mm rectangular	1,05	1,05	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
	Other sections	1,30	1,35	1,60	1,65	1,70	1,80	1,80
	Circular sections where :							
	D.Vs < 6 m ² /s	0,60	0,70	0,80	0,85	0,90	0,90	0,90
	D.Vs ≥ 6 m ² /s	0,60	0,65	0,70	0,70	0,75	0,80	0,80
Single lattice frames	Rectangular hollow sections over 356 mm square and 254 x 457 mm rectangular	b/d 2 1 0,5 0,25	1,55 1,40 1,0 0,80	1,75 1,55 1,20 0,90	1,95 1,75 1,30 0,90	2,10 1,85 1,35 1,0	2,20 1,90 1,40 1,0	
								
Machinery houses etc.	Flat-sided sections	1,70						
	Circular sections where :							
	D.Vs < 6 m ² /s	1,10						
	D.Vs ≥ 6 m ² /s	0,80						
	Rectangular clad structures on ground or solid base	1,10						

工作狀態下容許的最高風速，可藉由上述方式，綜合各種施力及風荷載達到極限狀態而得。風荷載的計算，如採保守算法，可採作用在最高點的風速來計算整個起重機與其臂架的受力，也採較準確的算法，可按上述公式考慮各不同高度有不同的風速。另須注意以上計算是假設受風面面積在每公噸 1.2m² 以下，如受風面比這大，則須通過特別的驗證測試。容許操作的最高風速應在額定載荷工作表（rated capacity chart）及使用手冊中載明。

F.E.M. 1.001 另把非操作中風載荷也列入，考量歐洲不同地區歷史經驗之暴風風速圓，供不同國家設計其起重機作為參考。因「固定式起重機安全檢查構造標準」與 F.E.M. 1.001 對風載荷的計算方式不相同，難以直接比較，但可以確定 F.E.M. 1.001 對風載荷有相當嚴肅的看待。另值得指出 F.E.M. 1.001 尚規定如環境有需求，應把下雪、積冰及溫度變化引起的載荷也納入考量，後者為「固定式起重機安全檢查構造標準」所無。

第17條：

本條文是有關「熱荷重」之定義與溫度計算範圍($-25^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$)，EN 14439 本身的條文中雖無提及此定義，但其所引用標準 FEM 1.001：1998 起重機械設計規範[3]，其第2冊 2.2.4.3 節則有與本條相同的規定，計算溫度範圍同樣為 -25°C 至 45°C 。

第18 條：

本條文是有關「地震荷重」之定義，EN 14439 本身的條文中雖無提及此定義，但其所引用標準 FEM 1.001：1998 起重機械設計規範[3]，其第2冊 2.4 節則有對地震荷重說明。起重機在歐洲的應用不用計算地震荷重，但在其他地區，可以當地的規定將地震荷重納入計算。業主或使用者應對供應商提出有關納入地震力計算的要求，並提供相應的地震負載頻譜。

第19 條：

本條文是有關「衝擊荷重」之計算規定，EN 14439 本身的條文中雖無提及，但其所引用標準 FEM 1.001：1998 起重機械設計規範[3]亦無針對衝擊力提出說明，但在其計算設計荷重時，須考慮的負載及施力分三大類：（一）常規載荷：正常使用下各常規的施力組合，含自重（dead load），提升物含繩索/吊鏈之總重（gross load），動態效應產生的施力及離心力。（二）常規載荷與偶爾發生的施力，含正常使用下各常規的施力組合，加上風載荷，其他因天候及環境因素如溫度、下雪、積冰等引起的載荷。（三）異常載荷，含測試時產生的載荷、構件移動突然被停止所引生的載荷、因繩索/吊鏈斷裂而突然釋放負載物所引起的載荷，及所有活動件剛好都全速行進所引起的動態高峰負載。本條的「衝擊荷重」，是包含在第三類的異常載荷中。

- 第四節 強度：

本節有 4 個條文(第 20~23 條)，第 20 條提及結構部分材料承載荷重所生之應力值之荷重組合計算規定；第 21 條提及吊鉤之斷裂荷重與所承受之最大荷重比規定；第 22 條提及結構部分之強度和剛性原則；第 23 條提及架空式起重機之桁架最大撓度規定。以下逐條探討「固定式起重機安全檢查構造標準」的 20~23 條文與 EN 14439 之異同。

第20 條：

本條文提及結構部分材料承載荷重所生之應力值隨不同荷重組合作 1.1~1.3 倍的放大。EN 14439 本身條文並未提及荷重組合，如前第 19 條所述，EN 14439 所引用標準 FEM 1.001：1998 起重機械設計規範[3]亦無針對衝擊力提出說明，但在其計算設計荷重時，須考慮的負載及施力分三大類：（一）常規載荷；（二）常規載荷與偶爾發生的施力；與（三）異常載荷。各類型載荷(表 15)另須乘上一個放大因子 γ_m ， γ_m 大小按設備與系統使用狀況的歸類如表 16。

表 15

Table T.2.1.3.4. - Mechanism groups

Class of load spectrum	Class of utilization									
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
L1	M1	M1	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
L2	M1	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8
L3	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8	M8
L4	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8	M8	M8

表 16

Table T.2.6. - Values of amplifying coefficient γ_m

Mechanism group	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
γ_m	1,00	1,04	1,08	1,12	1,16	1,20	1,25	1,30

此計算的方式與「固定式起重機安全檢查構造標準」雖不同，但其精神與邏輯理路實質相同。所牽涉到對負載放大的倍數亦相近。

第21 條：

本條文提及吊鉤之斷裂荷重與所承受之最大荷重比應為四以上，依 CNS 5394 規定辦理。EN 14439 本身的條文中並無特別針對吊鉤的規定，其參考設計規範 FEM 1.001 或標準 DIN 15018-1，DIN 15018-2 和 DIN 15019-1 等亦沒有提及吊鉤的安全因子。不過歐盟機械指令(Directive 2006/42/EC)[23] 附錄 1 “Essential health and safety requirements relating to the the design and construction of machinery” 4.1.2.5. Lifting accessories and their components 規定所有吊掛用金屬的構件，其安全因子不得低於 4。歐盟會員國必須將歐洲議會通過並頒布的指令納入國家法律，因此，EN 14439 本身的條文中並無特別針對吊鉤的規定，但歐盟的吊鉤產品安全因子不能低於 4，與本條的規定相同。

第22 條：

本條文提及結構部分之強度和剛性原則—結構部分應具有充分強度及保持防止板材挫曲、變形等妨礙安全使用之剛性。有關結構部分應具有充分強度及剛性這部分，在 EN 14439 及其引用的 FEM 1.001：1998 起重機械設計規範[3]有詳細的計算分析的規定。其第 3 冊之 3.4 節及附錄 A3.3 及 A3.4 為針對彈性穩定性之確認，其中對細長桿件的挫屈，是採用歐拉臨界挫屈負載公式來計算，其基本原理與「固定式起重機安全檢查構造標準」本條相若，除了基本為桿形件之挫屈外，FEM 1.001：1998 起重機械設計規範第 3 冊在附錄 A3.4 尚包括不同截面構件，平板構件受到軸向，橫向及剪應力下挫屈的分析以及容許受力的驗證。

第23 條：

本條文提及架空式起重機之桁架最大撓度規定，桁架以額定荷重置於最不利之位置吊升時，最大撓度應為起重機桁架跨距八分之一以下。但起重機桁架跨距小，不因撓度致荷物晃動而發生危險之虞者，不在此限。

EN14439 以及其所引用來做設計計算的 FEM 1.001：1998 起重機械設計規範 [3]，均以強度為設計基礎，對於變形，主要為確認不發生挫屈而導致大量變形的破壞機制。FEM 1.001 第 3 冊 3.5 為結構發生顯著變形的狀況下的計算驗證，其所計算仍為應力是否超過彈性限、挫屈限等。另一方面，本條針對為架空式起重機，塔式起重機應不屬其規定的對象。

- 第五節 安定度：

本節只有 1 個條文(第 24 條)，提及確認翻倒支點之安定力矩值大於翻倒力矩值之安定度計算規定。以下就「固定式起重機安全檢查構造標準」本條文與 EN 14439 之異同進行比較。

第24 條：

本條文提及起重機之安定度計算規定：

- 一、 承受相當於垂直動荷重之○三倍之荷重，於承載額定荷重之反方向時。
- 二、 承受相當於垂直動荷重之一·六倍之荷重時。但營建用之塔式起重機為一·四倍。
- 三、 承受相當於垂直動荷重之一·三五倍之荷重、水平動荷重及作業時之風荷重等組合荷重時。但營建用之塔式起重機為一·一倍。
- 四、 設置於屋外之起重機，於無吊升荷物狀態，承受停止時之風荷重時：
 - 1) 影響安定度之重量，應取最不利安定之狀態。
 - 2) 風向應以最不利之方向。
 - 3) 設置於屋外之直行起重機，防止逸走裝置應處於使用狀態。

起重機之安定度是指起重機抗拒翻倒的能力，其中所謂後方穩定度，為衡量當起重機捲揚鋼索突然斷裂或當荷重發生脫鉤等情形時，起重機抵抗與荷重側相反方向翻倒的能力，是在無吊升荷物狀態而且配重取最不利安定之狀態來分析。至於前方穩定度，則為起重機以本身重量抗拒因吊掛重物而形成的翻倒傾向。在力學上描述翻倒傾向最合適的方式為力矩，故前方穩定度餘裕的分析，理論上應以安定力矩與翻倒力矩的比值來判斷，此比值越大，則起重機在吊重時抵抗往前傾倒的穩定性越高。

這部分在前面的第 12 條的比較分析中已有提及，EN 14439 的附錄 A—穩定性要求(Stability requirements)及其所引用之 FEM 1.001 中亦有非常詳細的穩定性規定，FEM 1.001 之手冊九中提到針對塔式起重機的穩定條件列出五種情況之穩定性要求—I. 基本穩定性(Basic Stability)；II. 動態穩定性(Dynamic stability)；III. 反向穩定性(Backward Stability)；IV. 極端風荷載(Extreme Wind Loading)；V. 安裝或拆除過程中的穩定性(Stability During Erection or dismantling)，針對上述各種不同情況的穩定性要求，列出包括自重荷重、水平施加荷重、垂直施加荷重、風荷重和慣性力等五種荷重項目之相應的荷重因子(Load factor)。

綜而言之，EN 標準與「固定式起重機安全檢查構造標準」對穩定性的要求在理路上有三點差異：(1) 前者以力矩比值來量化穩定度，而後者是以重量比值；(2) 前者是對個別的載荷訂定安全因子，再利用各放大後的載荷計算穩定度比例，而後者的安全餘裕是對計算出的穩定度比例而訂定；(3) 前者考慮多種荷重組合與狀況下的穩定度，後者則僅考慮吊掛荷重時的前方安定度，及荷重意外脫落之兩個方向的後方安定度。因此兩方標準之邏輯理路雖然大略相似，但因為上述這些差異，無法直接一一進行對比式比較，也無從比較何者較為保守。就涵蓋範圍來說，EN 14439 在穩定性方面相較於「固定式起重機安全檢查構造標準」是更廣且詳細的。

- 第六節 拉條：

本節只有 1 個條文(第 25 條)，提及纜索起重機之拉條規訂。以下就「固定式起重機安全檢查構造標準」本條文與 EN 14439 之異同進行比較。

第25 條：

本條文提到纜索起重機之拉條，應符合之相關規定(略)，本條文屬於固定起重機中的「纜索起重機」(cable crane)之拉條相關規定。而 EN 14439 屬於塔吊起重機，與纜索起重機形式不同，EN 14439 本身的條文中並無拉條內容。

- 機械部分

機械部分在「固定式起重機安全檢查構造標準」的第三章共 4 節有 22 個條文。

- 第一節 制動器：

本節有 3 個條文(第 26~28 條)，第 26 條提及吊升裝置及起伏裝置之制動器規定；第 27、28 條分別提及起重機之直/橫行裝置之制動器規定。以下逐條探討「固定式起重機安全檢查構造標準」的 26~28 條文與 EN 14439 之異同。

第26 條：

本條文規定吊升裝置及起伏裝置，應設置控制荷物或伸臂下降之制動器。但使用液壓或氣（汽）壓為動力者，不在此限。而制動器應符合以下規定：

- 一、 制動轉矩值應為承載相當於額定荷重時，起重機吊升裝置或起伏裝置中最大轉矩值之一·五倍以上。
- 二、 吊升裝置或起伏裝置分別設置二個以上之制動器時，制動轉矩值為各制動器制動轉矩值之總合。
- 三、 應設置起重機動力被遮斷時，能自行制動之設備。但以人力操作者，不在此限。
- 四、 使用人力操作者，應設置擋齒裝置或擋鍵，並應符合下表規定：

表 17

操作方式	制動力（牛頓）	制動行程（公分）
腳踏式	300 以下	30 以下
手動式	200 以下	60 以下

前項第一款之制動轉矩值，摩擦阻力不予列計。但使用效率值在百分之七十五以下之蝸桿蝸輪機構時，其摩擦阻力所生轉矩值之二分之一，得計入制動轉矩。

在 EN 14439 方面，這部分出現在 5.4.2.6 節的移動限制器(Motion Limiters)，在正常操作中需要能制動的移動限制器時，可以在控制站提供制動設備。制動設備應為制止移動的類型，不應危及起重機的組件和穩定性。移動限制器應依據表 18 之規定提供，該表列出各種起重機使用情形下是否需設置制動器的規定。

表 18

Table 5 — Motion limiter

a) Hoisting limiter	YES
b) Lowering limiter	YES
c) Slack rope limiter	NO
d) Slewing limiter	No if power supply via slipping assembly
e) Travelling limiter	YES
f) Derricking limiter	YES
g) Telescoping limiter	NO if erection work - YES if working condition
h) Control station position limiter	YES, if the control station is moved during service
i) Working space limiter ^a	Not mandatory, at the request of the user according the risk analysis of the job site
j) Anti-collision device	Not mandatory, at the request of the user
k) Trolleying limiter	YES
l) A-frame position limiter	YES
^a Working space limiter and crane being interdependent, the power supply shall be such that when the crane is "on", the working space limiter is automatically "on".	

另外，EN 14439 在其引用的 EN 14492-2 “Cranes — Power driven winches and hoists — Part 2: Power driven hoists”[24]的 5.4 節中亦提到有關制動力的規定，但其要求僅為有能力：(1)對各負載的移動進行減速；(2)將荷重定住不動；(3)避免無心的移動。另也規定了在下列情形下，制動應自動進入作動狀態：(1)控制桿回到中立位置；(2)緊急停止功能被觸發；(3)制動器動力來源被切斷；(4)吊升裝置之馬達動力源被切斷；(5)如動力源來自三相馬達，而其中兩相被切斷，則雖動力源未完全切斷，制動器仍需自行作動。此外，在 EN 14439 所引用的 FEM 1.001：1998 起重機械設計規範 [3]之第 7 冊之 7.5.3，其中 7.5.3.2 規定吊升的制動器必須能剎停 1.6 倍額定吊升重量，同時在動態制動測試時不能過熱，不能留下破壞性痕跡。當制動器驅動單元失效，必須有第二制動器在吊升物達到 1.5 倍額定降落速度前自動切入，此第二制動器另須有緊急按鈕可供驅動。7.5.3.5 規定起伏系統的制動器應能提供 1.6 倍吊臂重量加上吊掛重量所造成的力矩，同時再加上 1 倍風力對吊臂所造成的力矩。當起伏驅動失效，此制動器必須能自動切入且能將吊臂加上吊掛物在最惡劣的狀況下保持不動。7.5.3.4 規定旋轉的制動器必須能在合理時間內將工作中的旋轉部份剎停。此能力尚須包含風力以及喪失能源的狀態下仍可正常發揮作用。

總的來說，EN 14439 本身和其所引用的標準對制動器方面的要求較為詳細而且較嚴格。

第27 條：

本條文規定起重機之直行裝置應設制動器，但下列起重機，不在此限：

- 一、 設置在屋內，操作人員於地面上操作，並隨荷物移動，且符合下列規定之一者：
 - (一) 直行輪軸承為滑動軸承。
 - (二) 直行輪軸承為滾動軸承，且直行額定速度在每分鐘二十公尺以下。
- 二、 以油壓作動者。
- 三、 以人力作動者。

這方面因為 EN 14439 屬於塔式起重機，並無直行的使用情況，所以並沒有直行裝置應設制動器之規定。

第28 條：

本條文規定起重機之橫行裝置應設制動器。但下列起重機，不在此限：

- 一、 設置在屋內，且橫行輪軸承為滑動軸承者。
- 二、 設置在屋內，操作人員於地面上操作，橫行輪軸承為滾動軸承，且橫行額定速度為每分鐘二十公尺以下者。
- 三、 吊運車以油壓作動者。
- 四、 吊運車以人力作動者。

這方面同前所述，因為 EN 14439 屬於塔式起重機，並無橫行的使用情況，所以沒有直行裝置應設制動器之規定。

- 第二節 捲胴：

本節有 4 個條文(第 29~32 條)，主要提及捲胴與其它組件之相關規定。以下逐條探討「固定式起重機安全檢查構造標準」的 26~28 條文與 EN 14439 之異同。

第29 條：

本條文規定以鋼索供作吊升裝置時，其捲胴、槽輪或平衡輪之節圓直徑與鋼索直徑比應大於下表值(表 19)，供作過負荷預防裝置使用之槽輪節圓直徑與通過該槽輪鋼索之比值，應為五以上。本條文亦規定前項規定之吊升裝置等之捲胴、槽輪或平衡輪之節圓直徑與鋼索直徑之比值之計算公式(略)。

表 19

吊升裝置等之等級	捲胴等之類別	比值		
		第一組	第二組	第三組
A	捲 胴	14	18	22.4
	槽 輪	16	20	25
	平衡輪	10	10	10
B	捲 胴	16	20	25
	槽 輪	18	22.4	28
	平衡輪	10	10	10
C	捲 胴	18	22.4	28
	槽 輪	20	25	31.5
	平衡輪	10	10	10
D	捲 胴	22.4	28	35.5
	槽 輪	25	31.5	40
	平衡輪	10	10	10
E	捲 胴	28	35.5	45
	槽 輪	31.5	40	50
	平衡輪	12.5	12.5	12.5
F	捲 胴	35.5	45	56
	槽 輪	40	50	63
	平衡輪	14	14	14

備註：

1、表中之 A、B、C、D、E 及 F 分別表示附表四規定之吊升裝置等之等級。

2、表中之第一組、第二組及第三組鋼索種類如下：

(1) 第一組鋼索：非不銹鋼材質之鋼索，其構造為 6 股或 8 股採平行（蘭式 Lang's）撚法者及 6 股 37 絲者。

(2) 第二組鋼索：鋼索之構造為 3 股、4 股或多層撚鋼索（Multi-layer strands）者。非不銹鋼材質之鋼索，其構造為 6 股（6 股 37 絲除外）或 8 股採交叉（普通）撚法者；不銹鋼材質之鋼索，其構造為 6 股或 8 股採平行（蘭式 Lang's）撚法者及 6 股 37 絲者。

(3) 第三組鋼索：第一組及第二組以外之其他鋼索。

EN 14439 本身沒有對吊升裝置項目，FEM 1.001：1998 起重機械設計規範[3] 之第 4 冊 4.2.3.節對滑輪、捲胴的直徑規定依下列關係式：

$$D \geq H \cdot d$$

式中：D 為滑輪、捲胴或補償滑輪的捲繞直徑，量到鋼索的中心；H 為取決於機構組別的係數，其值如 FEM 1.001 第 4 冊之表 T.4.2.3.1.1.(表 20)；d 為鋼索的標稱直徑。

表 20 FEM 1.001 第 4 冊之表 T.4.2.3.1.1.H 值

Mechanism group	Drums	Pulleys	Compensating pulleys
M 1	11,2	12,5	11,2
M 2	12,5	14	12,5
M 3	14	16	12,5
M 4	16	18	14
M 5	18	20	14
M 6	20	22,4	16
M 7	22,4	25	16
M 8	25	28	18

機構組別的區分依其總使用時間與使用時承受最高額定應力的時間比例而界定，詳細的界定方法見 FEM 1.001 第 2 冊，依據 T.2.1.3.2(表 21), T.2.1.3.3(表 22) 及 T.2.1.3.4 (表 15)來決定。

表 21

Table T.2.1.3.2. - Classes of utilization

Symbol	Total duration of use T (h)			
T0		T	≤	200
T1	200	<	T	≤ 400
T2	400	<	T	≤ 800
T3	800	<	T	≤ 1600
T4	1 600	<	T	≤ 3200
T5	3 200	<	T	≤ 6300
T6	6 300	<	T	≤ 12 500
T7	12 500	<	T	≤ 25 000
T8	25 000	<	T	≤ 50 000
T9	50 000	<	T	

表 22

Table T.2.1.3.3. - Spectrum classes

Symbol	Spectrum factor k_m			
L1		k_m	≤	0,125
L2	0,125	<	k_m	≤ 0,250
L3	0,250	<	k_m	≤ 0,500
L4	0,500	<	k_m	≤ 1,000

FEM 1.001 :1998 的 H 值即相當於節圓直徑與鋼索直徑比，同時兩者都按捲胴、槽輪與平衡輪作分類要求，但 FEM 1.001 :1998 以其使用狀況來規定，而「固定式起重機安全檢查構造標準」則據鋼索構造來規定，兩者無法直接比較，但其對捲胴、槽輪與平衡輪與鋼索的直徑比加以規定，則同為考慮鋼索反覆彎曲容易導致疲勞破壞，而從直徑比值限制其彎曲程度。

第30 條：

本條文規定有槽式捲胴捲進鋼索時，鋼索中心線與所進入之槽之中心線間夾角應為四度以下。無槽式捲胴捲時，其遊角應為二度以下。

捲胴捲進鋼索屬非電氣方面的設備，EN 14439 對於非電氣方面的設備的規定見其 5.3.2 節，主要要求非電力相關設備的設計須依據 EN 13135-2 [16]。惟此標準目前已廢止，其新版標準為 EN 13135[25]，是原來的 part 1 與 part 2 合起來並修訂的版本。EN 13135 的附錄 C 是有關鋼索捲胴系統的設計建議，此附錄非強制性，僅供參考，對有槽式捲胴捲進鋼索時，鋼索中心線與所進入之槽之中心線間夾角，如為抗旋轉性鋼索，宜少於 4α 。如為非抗旋轉性鋼索，夾角宜少於 2α 。對多層捲索，則建議此

夾具在 0.5o 至 1.5o 之間。對無槽式捲胴，則相當於將槽的傾斜角度設為 0o。如下圖。相關建議與「固定式起重機安全檢查構造標準」此條相符。

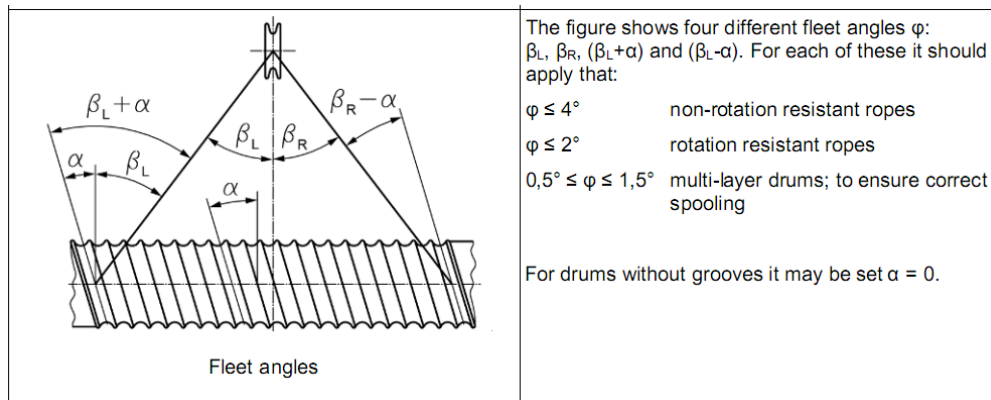


圖 2.

第31條：

本條文規定鋼索與捲胴、伸臂、吊運車架、吊鉤組等之連結，應使用合金套筒、壓夾或栓銷等方法緊結之。

EN 14439 本身沒有這方面的細節，而其非電力相關設備的設計所須依據的 EN 13135 的 5.3.6.6 節，規定鋼索終結處或連結的處理，首要條件為鋼索終端的編織結構必須維持。固定處可採用 EN 13411 系列[26,27,28,29]的固定構件。後者對每一類型的終端固定用構件的規定，均以一整個標準來加以規定了，遠較本條詳細，故應可符合「固定式起重機安全檢查構造標準」的要求。

第32條：

本條文規定構成吊升裝置等之捲胴、軸、銷及其他組件應具有充分之強度，且不得有妨礙吊升裝置等作動之磨耗、變形或裂隙等缺陷。

針對構成吊升裝置各個結構部份的結構完整性，EN 14439 的第五章 5.2 節為負載結構設計之相關規定，主要引用 FEM 1.001：1998 起重機械設計規範[3]對鋼結構強度分析的規定，包括規定吊升裝置的額定負載由其結構部份的尺寸、工作壓力及重量來計算，而該章 5.2 節為負載結構設計之相關規定，其中主要是對各種負載以及動態效應的考慮方式及安全餘裕方面的規定，5.3 節為設備設計的規定。總的來說，以上章節之相關規定對於「固定式起重機安全檢查構造標準」本條所要求的『應具有充分之強度』應算能充份滿足。

至於相關構件磨耗，變形及裂隙等，EN 14439 沒有提及磨耗此字眼，變形方面則在 5.2.2.2 中提到如果結構變形(Deformation)導致應力顯著增加，則應允許結構變形。其計算應基於變形系統處於平衡狀態的假設(二階理論—Second order theory)，

可使用適當且公認的方法進行計算。然而須注意在其引用的 FEM 1.001 的手冊九則強調顯著變形並不是設計者應考慮使用類似校正的唯一情況。另外在 FEM 1.001 的手冊四中的 4.2.3.3 Rope attachment means 提到，繩索附件的設計必須能夠承受最大拉力 S 的 2.5 倍拉力，而不會出現永久變形。將繩索固定到捲筒上的裝置必須採用這樣的設計，即考慮到捲筒周圍的匝數的摩擦力，摩擦力和固定力的總和能夠承受最大拉力 S 的 2.5 倍拉力。其計算中使用的繩索和捲筒之間的摩擦係數 μ 應為 0.1。而且，當繩索從捲筒上完全解開時，在繩索端部附接之前，繩索必須至少保留在捲筒上兩圈。而在 FEM 1.001 的手冊七的 7.4.5.3 Ladders 中也提到階梯的側架之間的橫檔長度應不少於 0.3 m；它們的間距應恆定且不超過 0.3 m，梯級應距固定結構構件至少 0.15 m。階梯的橫檔中心應能承受 1200 N 的力而不發生永久變形。由縱向縱梁加固的安全籠的強度必須足以承受分佈在 0.1 m 範圍內作用在籠任意點上的 1000 N 的力，且沒有任何明顯的變形。

整體而言，「固定式起重機安全檢查構造標準」本條所要求的『不得有妨礙吊升裝置等作動之磨耗、變形或裂隙等缺陷』，在 EN 14439 雖沒有完全相應的文字，但自其設計分析上的精神應涵蓋到相關要求，而產品如能通過其第六章的安全要求和/或防護措施的驗證 (Verification of the safety requirements and/or protective measures)，則此部份應可滿足。

- 第三節 安全裝置：

本節有 10 個條文(第 33~42 條)，主要提及諸多預防裝置和起重機組件使用之規定。以下逐條探討「固定式起重機安全檢查構造標準」的 33~42 條文與 EN 14439 之異同。

第33 條：

本條文規定使用鋼索或吊鏈之吊升及起伏裝置之應設置「過捲預防裝置」，但使用液壓、氣壓、絞車或內燃機為動力之吊升裝置及起伏裝置，不在此限。

第34 條：

本條文提到過捲預防裝置，應符合下列規定：

- 一、具有自動遮斷動力及制動動作之機能。
- 二、具有吊鉤、抓斗等吊具或該吊具之捲揚用槽輪之上方與伸臂前端槽輪及其他與該上方有接觸之虞之物體（傾斜之伸臂除外）下方間之間隔，保持在 0.25 公尺以上之構造。但直動式者為 0.05 公尺以上。
- 三、具有易於調整及檢點之構造。

過捲預防裝置為電氣式者，除應符合前項規定外，並應依下列規定辦理：

- 一、接點、端子、線圈及其他通電部分（以下稱通電部分）之外殼，應使用鋼板或其他堅固之材料，且具有不因水或粉塵等之侵入，致使機能發生障礙之構造。
- 二、於外殼易見處，以銘板標示額定電壓及額定電流。
- 三、具有於接點開放時，防止過捲之構造。
- 四、通電部分與外殼間之絕緣部分，其絕緣效力、絕緣電阻試驗及耐電壓試驗應符合 CNS2930 規定。
- 五、直接遮斷動力回路之構造者，其通電部分應施以溫升試驗，並符合 CNS 2930 規定。

綜合以上的第 33、34 這兩條規定比較，EN 14439 在其第四章—可能遇到的嚴重安全事件(List of significant hazards)之 Table 1 中的第十項列舉了意外之起動，意外的行程超限(Overrun)及意外的超速。另外在第五章之 5.4.2.6 Motion limiters 有提及須設置極限阻止器的包括吊升(Hoisting)、下降(Lowering)、行程(Travelling)、起伏(Derricking)、伸縮裝置等(telescoping)、控制站位置(Control station position)、滑車(Trolleying)及 A 型架限位器(A-frame position limiter)。其中吊升的極限阻止器就是相當於過捲防止裝置。

第五章 5.4.2.6 之條文並沒有對過捲預防裝置的技術細節作出規定，但第五章開宗明義規定相關安全/保護之設計必須依據 EN ISO 12100，EN 14439 引用的為 2003 年版的 EN ISO 12100，分 part 1 及 part 2 [30,31]，但後來這兩個標準已被廢止，更新合而為一且納入 EN ISO 14121-1[32] 成為 EN ISO 12100：2010[33]。ISO 12100 為 Type-A 標準，是最上層主導指導性的原則，為機械安全的基本安全標準，其中規範了風險評估與降低風險的原則，幫助設計者達成機械設計安全的目標。降低風險的程序利用三步驟法（3 step method），三個步驟依次為：1) 本質安全設計措施，2) 安全防護和/或補充性防護措施，以及 3) 安全資訊的提供。因此，EN 14439 雖沒有過捲預防裝置的技術細節的規定，但可合理推斷其安全性應可符合「固定式起重機安全檢查構造標準」第 34 條所要求。

第35 條：

本條文規定伸臂起重機應設置過負荷預防裝置。但符合下列規定，並已裝有其他預防裝置(第三十三條規定之安全閥除外)而能防止過負荷者，不在此限：

- 一、吊升荷重未滿三公噸者。
- 二、伸臂之傾斜角及長度保持一定者。
- 三、額定荷重保持一定者。

EN 14439 之 5.4.2.4 節提到額定荷重限制器應在盡可能接近額定荷重的負載下工作，以防止起重機操作員搬運大於額定荷重的負載。當額定容量限制器因負載超過額定荷重或負載力矩超過額定荷重而動作時，限制器應在正常條件下以大於或等於 1.1 倍額定荷重的負載或負載力矩動作下使用。而且，至少應有 2 個限制器確保負載力矩的限制，一個用於額定荷重，另一個用於半徑。起重機負載力矩限制器的設置程序應在說明書中描述。因此，本條之過負荷預防裝置在 EN 14439 中有相應的規定。

第36 條：

本條文規定具有起伏動作之移動式起重機，應於操作人員易見處，設置伸臂傾斜角之指示裝置，以防止過負荷操作。

EN14439 第五章 5.4.2.1 規定極限限止器與指示裝置應依據 EN 12077-2[34] 的規定，後者以一整個標準詳細規定起重機上各極限限止器與指示裝置。其中包括額定負荷的極限限止器與指示裝置，此二裝置不單考慮到伸臂傾斜程度，尚有吊掛負載重量，滑車在伸臂上的位置等綜合在一起的指標。另如第 35 條所述，額定荷重限制器必須針對額定荷重以及作用半徑分別進行限制。故就本條過負荷操作的防止上，EN14439 應可滿足。

第37 條：

本條文規定使用液壓或氣壓為動力之移動式起重機之吊升裝置及起伏裝置，應設置防止壓力過度升高之安全閥。前項吊升裝置及起伏裝置，應設置防止液壓或氣壓異常下降，致吊具等急劇下降之逆止閥。但設置符合第二十三條第二項第一款至第三款規定之制動器者，不在此限。

塔式起重機在吊升方面通常不會使用液壓或氣壓，但在塔架增高爬升上會用到油壓系統。如前所述，EN 14439 對於非電氣方面的設備要求非電力相關設備的設計須依據 EN 13135，EN 13135 之 5.5.4.5.1 節規定油壓動力系統必須有過壓保護裝置，防止壓力過度升高。另 EN 13135 之 5.5.4.3.2 規定油壓動力裝置必須設有維持負載的閥門（load holding valves），一旦壓力因任何事故喪失，能維持原有負載，不致因重力使負載物下墜。維持負載閥與油壓動力裝置之連接必須透過鋼管而不得使用軟管。如設備的驅動同時利用多於一個油壓動力裝置，則每個動力裝置的維持負載閥同時作動，此維持負載閥即本條的逆止閥。因此「固定式起重機安全檢查構造標準」本條的要求 EN 14439 透過依據 EN 13135 的相關規定均可滿足。

第38 條：

本條文規定齒輪、軸、聯結器等回轉部分，有接觸人體引起危害之虞者，應設置護圍或覆罩。前項護圍或覆罩設置於勞工踏足之處者，其強度應能承受九十公斤之負荷，且不產生變形。

EN 14439 之 5.4.3 節為各式防護的規定，其中對各活動構件，可依據 EN ISO 13857 [35] 確保人員與之保持足夠安全距離，或以固定或可拆除的保護罩來防止人員的接觸。除了對活動構件接觸的防護外，此節也規定走道、工作平臺的護欄防護，以及組件掉落的防護。其對接觸人體引起危害之虞之防護的規定，在性質上比「固定式起重機安全檢查構造標準」本條周詳，但沒有如本條定量的要求強度能承受九十公斤之負荷。

第39 條：

本條文規定走行固定式起重機應設電鈴、警鳴器等警報裝置。但操作人員於地面上操作，且隨荷物移動或以人力移動之起重機，不在此限。

EN 14439 對象的塔式起重機，非走行固定式起重機，因此若僅針對「走行」發出警告的警報裝置而言，本條應不適用，但在其他安全保護的考量上，EN 14439 仍有多處提到警告裝置。在 5.4.2.5 中提到額定容量指示器應在額定容量的 90% 至 95% 之間的值處發出接近額定容量的警告。在配備遠程控制裝置的塔式起重機上，可以在起重機上安裝該額定起重量指示器。塔式起重機應配備 Table 4(表 23)所列之指示器，也可使用其他可提供等效訊息的方式。

表 23

	Horizontal jib non telescopic		Telescopic jib		Folding jib		Luffing jib	
	Tower cranes assembled from components parts	Self erecting tower cranes	Tower cranes assembled from components parts	Self erecting tower cranes	Tower cranes assembled from components parts	Self erecting tower cranes	Tower cranes assembled from components parts	Self erecting tower cranes
Indicators for the actual radius and the actual load	X	X	X	X	X	X	X	X
Plates on the jib The load ratio between two succeeding steps is not more than 1,5 including the value of the maximum load at the maximum authorised radius and the value of the load at the maximum radius	X	X						
Plates on the jib indicating the value of the maximum load at the maximum authorised radius and the value of the load at the maximum radius				X		X		X

在 5.4.2—Limiting and indicating devices 中提到當安裝風速計時，應向駕駛員提供有關風級的信息，並且可以通過不同的方式（速度值、視覺信號、聽覺信號）來實現。在任何情況下，駕駛員都應具有警告級別和警報級別。當視覺信號用於指示時，顏色的選擇參見附錄 C—Outside indicators on the crane，該附錄提到

C.1 當使用外部指示器告知現場工作人員起重機狀況時，燈光信號類型應按 C.2 和 C.3 規定，所有相關人員均應能看到燈光信號。

C.2 當安裝風速計以及地方當局要求外部指示器時，使用的燈光應為

- 黃色閃爍燈表示警告(warning)級別；
- 紅色閃爍燈表示警報(alarm)級別。

C.3 當安裝了防撞裝置並且當地方當局要求外部指示器時，指示裝置故障或故障的燈應為白色閃爍燈。

在 5.6.1 中規定在移動駕駛的位置應有視覺及聲音的警告裝置，在起重機高度超過某設定極限時發出警報訊號。5.6.1.5 節則規定人工操作的穩定伸縮桿須具備聲音

及視覺警報裝置，在移動運送過程中如此伸縮桿未加鎖定在運輸位置時發出警報訊號。5.6.6 節規定距遙控系統的起重機須裝設閃燈式或聲音警報裝置，在起重機操作過程中全程作動，以向起重機附近的人員示警，5.6.7 節規定當起重機吊臂外展長度超過 12 m 或起重機具遙控系統而後者距機具 12 m 以上，均須具備響號或類似的警報裝置，如起重機有多於一個控制站，則每一控制站（除單純控制穩定桿或非尋常使用之控制站外）均須可操作此警報裝置。

總的來說，EN 方面對於電鈴、警鳴器等警報裝置之相關規定涵蓋層面很廣且非常詳細，應可滿足「固定式起重機安全檢查構造標準」本條文規定。

第40 條：

本條文規定吊鉤應設置防止吊掛用鋼索等脫落之阻擋裝置。但於特殊環境吊掛特定荷物，實施全程安全分析，報經檢查機構認可者，不在此限。

EN 14439 本身的條文中沒有提到吊鉤之相關細節，但在其引用的 FEM 1.001:1998 手冊七提到吊鉤應設置在允許的最低掛鉤位置，在繩索錨固之前捲筒上仍應至少有兩圈。如果用螺栓夾將繩端固定在捲筒上，則應至少有兩個單獨的夾子以螺栓固定，並配有強制鎖定裝置。如果存在手被夾在繩索和吊鉤組滑輪之間的危險，應提供足夠的防護裝置。如果操作方法會增加負載而有意外脫鉤或鉤子被卡住的危險，則應使用安全鉤或專門設計的鉤子，此規定可相當於本條防止吊掛用鋼索等脫落之阻擋裝置，故應可滿足「固定式起重機安全檢查構造標準」本條文規定。

第41 條：

本條文規定操作人員於地面上操作，並隨荷物移動之起重機，其直行及橫行速度，不得逾每分鐘 63 公尺。

EN 14439 第五章的 5.2.2 Load effects 中指出對於塔式起重機的行走裝置，如果其額定行走速度小於 40 m/min 且安裝了極限開關以及緩衝器停止裝置，則可以免除對緩衝器的能量吸收能力和對支撐結構的緩衝器力量影響的驗證，以上的描述可以意味著如果行走速度小於 40 m/min，則可視為在安全範圍內。40 m/min 以上，則須經驗證其防撞緩衝器的能力吸收能力與引起的撞擊力在可接受範圍內。

第42 條：

本條文規定頂升式吊升裝置之保持機構，應符合下列規定：

- 一、 具有保持鋼索等必要之功能。
- 二、 具有防止所有保持機構同時開放及失去功能者。

前項頂升式吊升裝置，係指具有數個保持機構，以動力伸縮使交互開閉該等保持機構，藉由鋼索等吊升或卸放荷物之裝置。前二項所定之保持機構，係指夾緊鋼索、鋼棒等加以保持之機構。

塔式起重機的吊升裝置基本使用鋼索捲揚式而非頂升的方式，故本條基本不適用。另一方面，塔架如需升高時可能使用頂升機構，不過一旦頂升到預定位置，就會置入固定支架並鎖定，之後才會進行一般吊升作業。

- 第四節 電氣部分：

本節有 5 個條文(第 43~47 條)，包括電磁接觸器操作規定(第 43 條)、控制裝置操作規定(第 44 條)、地面上之操作用開關器規定(第 45 條)和供電線(電壓 < 750V)之設置規定(第 46、47 條)等。以下逐條探討這些條文與 EN 14439 之異同。

第43 條：

本條文規定固定式起重機之電磁接觸器之操作回路接地時，該電磁接觸器有接通之虞者，應依下列規定辦理：

- 一、 線圈之一端應連接於接地側之電線。
- 二、 線圈與接地側電線間，不得有開關裝置。

操作回路應於停電時，切離所有電動機電路，使操作用開關器未回復至停止之作動位置時，電源無法啟動。但操作用開關器之操作部分具有能自動恢復至停止作動位置，並停止該起重機作動之構造者，不在此限。

EN14439 本身沒有對電磁接觸器之操作回路接地之具體規定，但針對電氣系統，EN14439 指定須符合 EN 60204-32 [36]和 EN 13135-1 [15] 之規定，如前所述，EN 13135-1 已廢止並由 EN 13135 [17] 所取代。此二份標準對於電器安全與接地有詳細的規定，故應可符合「固定式起重機安全檢查構造標準」本條的要求。

第44 條：

本條文規定固定式起重機之控制裝置，應於操作人員易見處標示起重機之動作種別、動作方向及動作停止位置。但具有操作人員自控制裝置之操作部分放手時，能自動恢復至停止位置之構造者，得不標示該停止動作位置。

EN 14439 在控制裝置和控制站方面主要是依據 EN 13557 [18]之規定為主，EN 13557 的 5.1.2 節為有關控制器上符號的標示，5.1.3 則為各控制器的佈局安排的規定。因 EN 13557 為對各種起重機之控制器與控制站的一般性規定，所以 EN 14439 並做部分修改如下表，而對於標示符號部分該標準則規定使用專屬於塔式起重機標示規定的 FEM 1.003 [37]之方式。

第45 條：

本條文規定操作人員於地面上操作，並隨荷物移動之固定起重機，其操作用開關器，應符合下列規定：

- 一、應具有操作人員自操作部分放手時，能自動使動作停止之構造。
- 二、操作用開關器之操作部分為引索構造者，應有防止該引索扭結之措施。
- 三、應於操作人員易見處標示該操作用開關器所控制之動作種類及動作方向。
- 四、電纜線不得作為支撐操作用開關器重量之引索。但該電纜線具有足夠強度時，不在此限。

EN 14439 之 5.4.1.1 規定控制方面須依據 EN 13557 標準[38]。後者規定控制桿必須為使能設計(hold-to-run)，此與第一項要求相符。第三項的操作開關部分在 7.3.2—Warnings and instructions 中提到，製造商應藉由標牌或標誌提供警告和說明，包括各控制站(起重機上的駕駛室或控制站)的額定起重能力(圖或表)，對於遠程（有線或無線電）控制的訊息應在遙控器上，或在連接到遙控器的單獨板上，或在從地面可見的板上(例如在起重臂上)。且應以起重機使用國家的語言提供警告和說明牌。警告和信息標誌應符合 ISO 3864 系列標準[39,40,41,42]和 ISO 13200 [43]的規定。至於本條第二及第四項則 EN 14439 沒有相應的規定。

第46 條：

本條文規定供電線電壓為七百五十伏特以下之直流電或六百伏特以下之交流電時，不得設置於起重機桁架之走道、階梯、攀登梯或檢點台（供電線檢點專用之檢點台除外）上方未滿二·三公尺處，或其側方未滿一·二公尺之位置。但設有防止感電之圍柵或絕緣覆蓋者，不在此限。

第47 條：

本條文規定供電線電壓超過七百五十伏特之直流電或超過六百伏特之交流電時，應設於專用之坑穴或套管內。但設有防止感電之圍柵或絕緣覆蓋者，不在此限。

綜合以上的第 46、47 這兩條規定比較 EN 14439，EN 14439 引用標準中包括歐盟低電壓指令 Directive 73/23/EC [44]（規範在 1500 伏特之直流電或 1000 伏特之交流電以內的電器設備）和 EN 60204-32 [36]。這些指令/標準對感電的保護有詳細的規定。

- 附屬部分

附屬部分在「固定式起重機安全檢查構造標準」的第四章共 4 節有 11 個條文。

- 第一節 緩衝裝置：

本節有 2 個條文(第 48~49 條)，第 48 條規定須架設緩衝裝置之起重機種類，第 49 條規定二部以上之起重機並置於同一軌道上時，之防撞、緩衝裝置或緩衝材規定。以下逐條探討這些條文與 EN 14439 之異同。

第 48 條：

本條文規定架空式起重機、鏈頭型伸臂起重機、牆裝起重機、橋型起重機及卸載機之橫行軌道，應在其兩端或適當場所設置緩衝裝置、緩衝材或相當於吊運車輪直徑四分之一以上高度之車輪阻擋器。起重機之直行軌道，應在其兩端或其適當場所設置緩衝裝置、緩衝材或相當於該起重機之直行車輪直徑二分之一以上高度之車輪阻擋器。

EN 14439 之塔式起重機吊重之滑車可沿其吊臂移動，EN 14439 本身沒有有關緩衝裝置細節的明文規定，但在 EN 13135 [17]的 5.7.1 節提到依據 EN ISO 12100 [33] 規定如無法在設計上確保安全，則應引進適當的安全防護設施，故對移動的裝置，除在控制上加入末端限止移動的設計，在移動末端應有一機械式緩衝裝置。另外，EN 14439 在第五章的 5.2.2 Load effects 中指出對於塔式起重機的行走裝置，如果其額定行走速度小於 40 m/min 且安裝了極限開關以及緩衝器停止裝置，則可以免除對緩衝器的能量吸收能力和對支撐結構的緩衝器力量影響的驗證。換言之，整體而已符合 EN 14439 的設計應可滿足本條的要求。

第 49 條：

本條文規定二部以上之起重機並置於同一軌道上時，應分別於各該起重機相對側，設置防撞裝置、緩衝裝置或緩衝材。但操作人員於地面上操作，並隨荷物移動之起重機，不在此限。

EN 14439 之塔式起重機並非安裝在軌道上行走的起重機，沒有本條二部以上之起重機並置於同一軌道的情形。

另一方面，有關碰撞的防止方面，因為塔式起重機吊臂可以沿塔座旋轉，如附近有其他塔式起重機或障礙物，有碰撞的風險，這部分在 EN 14439 的 5.4.2—Limiting and indicating devices 提到，每座塔式起重機都應具備防碰撞裝置，該裝置應能夠停止運動以避免進入禁區，並允許反向移動。在 7.2.9—Installation of an anti-collision device or a working space limiter 則提到，對於安裝任何防碰撞裝置或工作空間限制器，起重機製造商應在說明書中提供必要的信息。另外，在附錄 B—Requirements for the provision of anti-collision on tower crane 完整規定了塔式起重機防撞裝置安裝的要求，並提到防撞裝置的目的是為了避免以下風險：

- 移動的起重機與固定障礙物發生碰撞的風險；
- 穿越禁飛區或關鍵區域的風險；
- 多台運行中的起重機之間發生碰撞的風險。

總的來說，EN 14439 對於防撞有較完整的規範和要求。

- 第二節 防止逸走裝置：

本節有 2 個條文(第 50~51 條)，第 50 條提及屋外起重機之防止逸走裝置規定及承受風荷重之計算規定；第 51 條提及屋外起重機之直行原動機馬力與風速關係。以下逐條探討這些條文與 EN 14439 之異同。

第50 條：

本條文規定設置於屋外之起重機，應設有直行之防止逸走裝置，其性能應足以承受依下式計算所得之風荷重：

$$W = 1180\sqrt{hCA}$$

式中之 W 、 h 、 C 及 A 分別表示下列之值：

W ：風荷重。單位：牛頓

h ：起重機受風面自地面起算之高度值（公尺）。但高度未滿十六公尺者，以十六計。

C ：風力係數，依第十六條第三項規定。

A ：受風面積，依第十六條第四項規定。

前項之風荷重，應以起重機之逸走最不利之狀態計算之。

第51 條：

本條文規定設置於屋外之起重機，其直行之原動機馬力應在風速每秒十六公尺時，能安全行駛至防止逸走裝置之處。

綜合以上的第 50、51 這兩條規定比較 EN 14439，EN14439 沒有提及防止逸走裝置。「固定式起重機安全檢查構造標準」此二條文基本是針對戶外可走行的固定式起重機，如貨櫃起重機、橋型起重機 [45]，塔式起重機並非為可走行，故此二條應不涉及塔式起重機。

- 第三節 走道等：

本節有 4 個條文(第 52~55 條)，第 52 條提及需設置走道的起重機種類及走道規定；第 53 條提及吊升荷重在三公噸以上之伸臂起重機應設攀登梯；第 54、55 條提及攀登梯和階梯之設置規定。以下逐條探討這些條文與 EN 14439 之異同。

第52 條：

本條文規定吊升荷重在三公噸以上之架空式起重機、橋型式起重機或卸載機等起重機之桁架及伸臂起重機之水平伸臂，應以其全長設置走道。但設有檢點台及其他為檢點該起重機之設備者，不在此限。

前項走道，應依下列規定辦理：

- 一、 寬度應為四十公分以上。
- 二、 走道兩側應設有自走道面起高度九十公分以上之堅固扶手、中欄杆及自走道面起高三公分以上之腳趾板。但有礙吊運車或其他裝置橫行之側及水平伸臂之旋轉，另設有防止人員墜落設施者，不在此限。
- 三、 走道面不得有踩倒、滑倒、絆倒等之危險。

與「走道」相關的部分在 EN 14439 的 5.4.4.5—Access provided in a horizontal jib 中提到，如果無法將起重臂降低到地面以對起重臂進行目視檢查，則應提供走道，該走道必須具側面保護或有防止墜落的個人防護裝置，且應沿著起重臂固定。當在安裝/拆卸、修理或維護過程中無法使用吊籃時，應可以在整個吊臂上使用防止墜落的個人防護裝置。另外，走道的寬度應符合 EN 13586:2004 標準[46]中的 Table 6 (表 24)之 Type 2，該表內容提到走道寬度至少應為 0.23 公尺。

表 24

Table 6 — Dimensions for walkways, inclined walkways, platforms, rest platforms and manholes

		Dimensions in m			
		Type 1 access		Type 2 access	
		min.	max.	min.	max.
Width of walkways, inclined walkways	A	0,45 ^a	-	0,23	-
Free length / width of rest platforms	B x C	0,4 x 0,4			
Free length / width of platforms	D x E	0,6 x 0,6	-	0,4 x 0,4	-
Free height above the floor of walkways, inclined walkways :					
- person moving upright	U	2 ^b		1,4 ^c	
- person in kneeling posture	K	-	-	0,9 ^c	
Free height above the floor of the platforms	U	2 ^b	-	1,4 ^c	-
Manhole effective aperture					
- Side of a square section or diameter of a round section	F	0,60	-	0,50	-
- Rectangular section (height x width)	H x W	0,50 x 0,65	-	0,50 x 0,65	-
- Length of passage through the manhole	L	-	0,5		0,5
NOTE See also 6.8.					
^a The width of the walkway may be reduced locally to 0,4 m to take account of fixed obstruction within the access ways.					
^b In the case of a fixed obstacle of 1 m maximum length, this distance may be reduced to 1,4 m. In that case, the obstacle shall be conspicuously marked.					
^c For area from which maintenance has to be carried out, the corresponding values of Type 1 are applicable.					

而在 EN 14439 所引用之 EN 13586 條文本身則提到，走道、傾斜走道、休息平台和具有墜落危險大於 1 m 的平台的兩側均應配備側面防護裝置。當沿著連續性表面設置走道以在跌倒時提供支撐時，則沿著該表面之側不需要扶手，但前提是 $(b + c) \geq 1.25 \text{ m}$ 且 $b \geq 0.7 \text{ m}$ (見下圖)，其中的 1 為連續表面；2 為側面防護裝置；3 為走道。

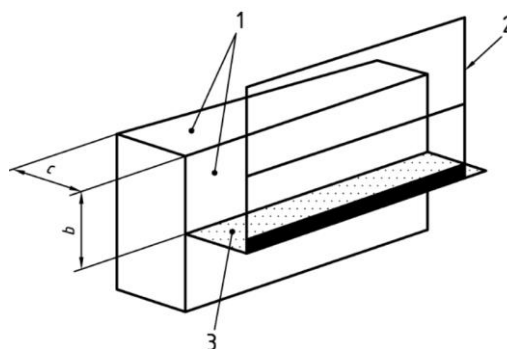


Figure 10 — Walkway provided along a continuous surface

圖 3

對於 Type 2 走道和傾斜走道尺寸的選擇，應考慮 a)使用頻率；b)需攜帶的設備或工具；c)覆蓋的垂直距離；d)使用性質，例如維護、檢查、走道。高度和寬度之間的關係應符合下圖。

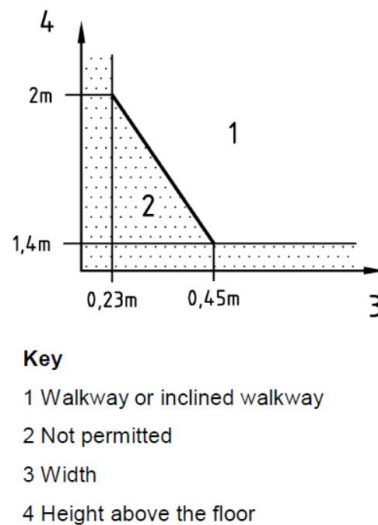


圖 4

另外，在 EN 14439 本身的條文中提到，當起重臂的尺寸足夠讓人進入內部行走時(走道與上部構件之間的尺寸等於或大於 1.8 m)，走道的兩側應提供高度至少為 0.03 m 的腳趾板。當走道與上部構件之間的尺寸小於 1.8 m 時，僅在一側提供腳趾板(見下圖)。

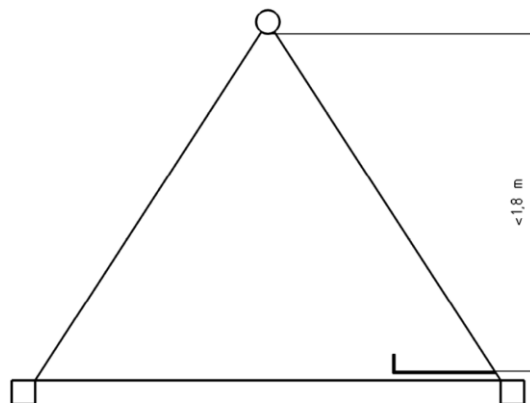


圖 5

總的來說，EN 14439 和其引用之標準在「走道」部分的規定相較於「固定式起重機安全檢查構造標準」更為詳細。在尺寸方面，「固定式起重機安全檢查構造標準」規定走道寬度應為四十公分以上，EN 方面則是二十三公分以上，但另有規定須視使用頻率、需攜帶的設備或工具、覆蓋的垂直距離和使用性質等而定，這在實務上較具彈性；在扶手/欄杆高度方面，「固定式起重機安全檢查構造標準」規定為九十公分以上，EN 方面則規定走道兩側均應配備側面防護裝置以防止墜落，但沒有無高度規定；在腳趾版部分，兩方的尺寸規定一樣都是三公分。

第53 條：

本條文規定吊升荷重在三公噸以上之伸臂起重機，其水平伸臂以外之伸臂，應設攀登梯。但設有檢點台或其他為檢點該起重機之設備，或在地面上易於檢點該起重機者，不在此限。

第54 條：

本條文規定前條攀登梯或其他起重機之攀登梯，應依下列規定辦理：

- 一、 踏板應等距離設置，其間隔應在二十五公分以上三十五公分以下。
- 二、 踏板與伸臂及其他最近之物間之水平距離，應在十五公分以上。
- 三、 踏板未設置側木者，應有防止足部橫滑之構造。
- 四、 通往上方走道、檢點台之部分，應設高出該處地板面七十五公分以上之側木，且其前端應彎向各該處所地板面。
- 五、 長度超過十五公尺者，每十公尺以內設一平台。
- 六、 高度超過六公尺時，應於距梯底二公尺以上部分設置護籠或其他保護裝置。

第55 條：

本條文規定固定式起重機設置之階梯，應依下列規定辦理：

- 一、 對水平面之傾斜度，應在七十五度以下。
- 二、 每一階之高度應在三十公分以下，且各階梯間距應相等。
- 三、 階面寬度應在十公分以上，且各階面應相等。
- 四、 高度超過十公尺者，應於每七·五公尺以內設置平台。
- 五、 設置高度七十五公分以上之堅固扶手。

以上連續三個條文(第 53~55 條)都是和攀登梯/階梯相關的條文，這部分在 EN 14439 主要是引用 EN 13586 標準 [46]，EN 13586 是整個有關起重機走道的標準，其中有非常詳細的梯子的形態、尺寸和設置等之相關規定。而 EN 14439 本身條文(5.4.4.3)則提到，對於所有類型的塔式起重機，梯子的第一段最長為 10 米。此外，對於自動安裝起重機：

- 梯子的梯段應該放置在不超過 10 米的位置，以防止人們跌落；
- 梯子應該每隔至少 10 米設有休息平台；
- 在發生停電或類似情況時，應該可以通過其他撤離手段進行提升控制站的疏散。當使用梯子進行此目的時，不適用於 EN 13586 中定義的尺寸。淨寬度可以縮減到 0.2 公尺，梯級中心線與垂直表面之間的距離可縮減到 0.1 公尺，以至少可以使用一隻腳踏上梯級。

總的來說，EN 14439 本身條文和其引用之標準在「攀登梯/階梯」部分的規定相較於「固定式起重機安全檢查構造標準」更為具體且詳細。

- 第四節 駕駛室及駕駛台：

本節有 3 個條文(第 56~58 條)，主要是規定須設置駕駛室/駕駛台之情況，以及裝設駕駛室/駕駛台之相關設置規定。以下逐條探討這些條文與 EN 14439 之異同。

第56 條：

本條文規定：下列起重機，應設駕駛室：

- 一、設置於顯著飛散粉塵場所者。
- 二、設置於顯著低溫場所者。
- 三、設置於屋外者。但不易設置且經檢查機構認可者，不在此限。

前項以外之起重機，應設置駕駛台。但於地面上操作之起重機，得免設駕駛室及駕駛台。

第57 條：

本條文規定：裝設在起重機之駕駛室或駕駛台，應符合下列規定：

- 一、其結構應能確保操作人員之視界。但操作人員與吊掛作業者間能保持確實之連絡者，不在此限。
- 二、開關器、控制器、制動器、警報裝置等操作部分，應設於操作人員容易操作之位置。
- 三、應設置防止感電用之圍柵或絕緣覆蓋，以預防操作人員因接觸充電部分，發生感電危害。
- 四、前條第一項第一款列舉之起重機駕駛室之構造，應能防止粉塵侵入。
- 五、具有物體飛落危害操作人員安全之虞之場所，其起重機駕駛台，應設有防護網或其他防止物體飛落危害之設施。

第58 條：

本條文規定：

1. 使用鋼索或吊鏈懸吊駕駛室或駕駛台，並隨荷物同時升降之固定起重機，應於該駕駛室或駕駛台置有二條以上獨立捲揚用鋼索或吊鏈懸吊之。

2. 前項起重機，應設有如捲揚用鋼索或吊鏈斷裂時，能自動控制該駕駛室或駕駛台下降之裝置。但駕駛室或駕駛台之揚程在二·五公尺以下者，不在此限。

綜合以上的第 56、57、58 這三條規定比較 EN 14439，相應於駕駛室，EN 14439 中稱為控制室 (Control station)，在其 5.4 節對控制室與控制裝置有頗為詳細的規定。其主體架構是依照 EN 13557 標準[38]，但針對塔式起重機，EN 14439 另指定塔台控制裝置上的符號依照 FEM 1.003[37]。有關控制裝置的佈局安排參照 ISO 7752-3 [47]，有關控制站尺寸按 ISO 8566-3[48]規定，5.4.1.4 提到有關清理控制室視窗外表面保持視野清晰則規定須裝設有擋風玻璃雨刷和清洗器，有效逃生艙口孔徑為 0.55 m×0.55 m。對於自我豎立的起重機，在沒有更好的位置時逃生艙口容許設在座椅下，另如起重機尺寸不容許，可縮減至 0.5 m×0.5 m。可站立的範圍尺寸最小須為 0.2 m×0.6 m。控制室門窗關上時可以為控制員擋風，同時室外溫度-10°C 時控制室內溫度須可在 30 分鐘內提升至 18 °C。無線操控時，如沒有收到正確的控制訊框(Control Frames)，所有起重機動作須在 1s 內停止。整體而言，EN14439 對控制室（即駕駛室及駕駛台）的規定遠較「固定式起重機安全檢查構造標準」來得詳細。

- 加工

加工是在「固定式起重機安全檢查構造標準」的第五章有 4 個條文(第 59~62 條)。主要提及結構部分之鋼材焊接規定；鉚釘孔及螺栓孔規定；螺栓、螺帽、螺釘、銷、鍵及栓等規定；絞車規定。以下逐條探討這些條文與 EN 14439 之異同。

第59 條：

本條文規定：結構部分之鋼材實施焊接時，應依下列規定辦理：

- 一、使用電弧焊接。
- 二、使用符合 CNS 13719 或具有同等以上性能之焊接材料。
- 三、不得在攝氏零度以下之場所實施焊接。但母材經事前預熱者，不在此限。
- 四、有焊接及鉚釘之部分，應先實施以焊接後再鉚接。鉚釘部分不得實施焊接。
- 五、焊接部分應充分熔入，不得有裂隙、熔陷、堆搭及焊疤等足以影響強度之缺陷。
- 六、使用第三條第一項但書規定之材料，應依指定之方法實施焊接。

第60 條：

本條文規定：結構部分之鉚釘孔及螺栓孔，應使用鑽孔機開孔，且不得有迴紋或裂紋等瑕疵。

第61條：

本條文規定：結構部分之螺栓、螺帽、螺釘、銷、鍵及栓等，除使用高張力螺栓摩擦接合者外，應設有防止鬆弛或脫落之設施。

第62條：

本條文規定：吊升裝置或起伏裝置用之絞車應安裝穩固，不得有上浮、偏倚或搖曳等情形。

綜合以上的第 59~62 這四條規定比較 EN 14439，EN 14439 及其各引用標準如 FEM 1.001：1998 起重機械設計規範等，均沒有針對加工製造的細節作明文的要求，故沒有相應於「固定式起重機安全檢查構造標準」以上四條的規定。但 EN 14439 附錄 ZB 說明此標準為滿足歐盟機械指令 Machinery Directive 2006/42/EC [23] 的重點要求 (Essential Requirements)，而後者就機械的設計與製造對廠商有一些安全衛生方面一般性與整體性的規範 (essential health and safety requirements relating to the design and construction of machinery)，EN 14439 係以檢查驗證來確保施工品質，此點精神應可滿足「固定式起重機安全檢查構造標準」要求。

- 鋼索及吊鍊

鋼索及吊鍊是在「固定式起重機安全檢查構造標準」的第六章有 3 個條文(第 63~65 條)。規定鋼索、吊鍊之安全係數值、計算公式和使用規定。以下逐條探討這些條文與 EN 14439 之異同。

第63條：

本條文規定：除頂升式吊升裝置使用者外，鋼索應依下列規定辦理：

一、安全係數應依下式計算，且為下表(表 25)所列之值以上：

$$\text{安全係數} = \frac{\text{鋼索之斷裂荷重}}{\text{鋼索所承受之最大荷重}}$$

表 25

鋼索之種類	安全係數值					
	A	B	C	D	E	F
捲揚用鋼索（捲揚駕駛室用鋼索除外）、伸臂起伏用鋼索、橫行用鋼索或纜索起重機之直行用鋼索。	3.55	4.0	4.5	5.0	5.0	5.0
伸臂支持用鋼索、拉緊用鋼索或牽索。	3.0	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0
纜索起重機之主索或軌索。	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
駕駛室用之捲揚用鋼索。	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
備註：表中之 A、B、C、D、E、F 分別表示附表四所規定之吊升裝置等之等級。						

二、鋼索不得有下列情形之一：

- （一）鋼索一撚間有百分之十以上素線截斷者。
- （二）直徑減少達公稱直徑百分之七以上者。
- （三）有顯著變形或腐蝕者。
- （四）已扭結者。

三、對於捲揚用鋼索，當吊具置於最低位置時，應有二捲以上鋼索留置於吊升裝置之捲胴上。

四、對於伸臂起伏用鋼索，當伸臂置於最低位置時，應有二捲以上鋼索留置於起伏裝置之捲胴上。

五、使用於顯著高溫作業場所之固定式起重機，應採用鋼心鋼索。但於吊具下採設置遮熱板等方法，使溫度保持在攝氏一百五十度以下者，不在此限。

前項第一款安全係數之計算，應含鋼索自重及鋼索通過槽輪之效率。但起重機揚程為五十公尺以下者，其鋼索自重免計入。

前項槽輪之效率，應符合附表六規定。

此條第一款的吊升等級與使用時間與常用吊升負荷有關，如下表(表 26)：

表 26 附表四/「固定式起重機安全檢查構造標準」“吊升裝置之等級”

使用時數 負荷情形	未滿 800 小時	800 小時以 上，未滿 1,600 小時	1,600 小時 以上，未滿 3,200 小時	3,200 小時 以上，未滿 6,300 小時	6,300 小時以 上，未滿 12,500 小時	12,500 小時 以上，未滿 25,000 小時	25,000 小時以上
吊掛物重量通常為未 滿額定荷重之 50 % 者	A	A	A	B	C	D	E
吊掛物重量通常為額 定荷重之 50 % 以 上，未滿 63 % 者	A	A	B	C	D	E	F
吊掛物重量通常為額 定荷重之 63 % 以 上，未滿 80 % 者	A	B	C	D	E	F	F
吊掛物重量通常為額 定荷重之 80 % 以 上者	B	C	D	E	F	F	F

EN 14439 對於鋼索系統的規定見其 5.3 節，主要為引用 EN 13135-2 [16]，FEM 1.001：1998 起重機械設計規範[3]第二及第四冊。EN 14439 之 5.3.2 節要求非電力相關設備的設計須依據 EN 13135-2 [16]，如前所述，此標準目前已廢止，其新版標準為 EN 13135 [17]，是原來的 part 2 與 part 1 合起來並修訂的版本。EN 13135 之 5.3.6 節鋼索系統篇幅佔 3 頁，其規定比本條詳細而嚴格，例如有關高溫作業應採用鋼心鋼索，EN 14439 的規定為攝氏一百度以下。此外，EN 13135 提到鋼索狀況的檢查須依據 ISO 4309 標準[49]，ISO 4309 標準對鋼索狀況的要求比本條第二款要詳細具體。EN 13135 之 5.3.6.2 節對任何捲胴，有規定在最極端的操作情況下，捲胴上最少應有二捲以上鋼索留置。

至於有關鋼索安全係數方面，EN 14439 主要是引用 FEM 1.001：1998 起重機械設計規範[3]第二及第四冊。此設計規範對總使用時間以及負載分佈的情況作了分級。負載大小的分佈情況以函數 $y=f(x)$ 表示，其中 y 為負載大小， x ($0 \leq x \leq 1$) 則為每種負載使用的時間比例。定義一個參數 k_m ：

$$k_m = \int_0^1 y^d dx$$

由總使用時間級數 T0 至 T9，以及負載分佈級數 L1 至 L4，統合成使用狀況等級 M1 至 M8 8 種等級。塔式起重機中各機構及鋼索 EN14439 有最低等級之規定如下：其中吊升絞車或吊臂起伏裝置為 M4 級；迴轉裝置為 M5 級；滑車行走機構及其他行走裝置為 M3 級；對於鋼索部份，用了吊升或吊臂起伏的鋼索為 M4 級；操作滑車行走的鋼索為 M4 級，但如鋼索制動裝置有被監控則為 M3 級；豎起組立用鋼索及不作動鋼索均為 M3 級。實際的等級仍應以負載狀況及使用狀況依圖 x 來決定 FEM 1.001,

booklet 4 對不同等級鋼索的安全係數有所規定，以鋼索最低斷裂強度為 F_{min} ，其最大承受的張力為 S ，則：

$$F_{min} = SZ_p$$

其中 Z_p 即相當於安全係數，其數值如 FEM 1.001 第四冊的 table T.4.2.2.1.2.(表 27)所規定。由下表可以看到此係數從 3.15 至 9，「固定式起重機安全檢查構造標準」此條與塔式起重機相關的所要求的安全係數範圍為 3.0 至 5，即相當於 M3 至 M6 等級。以「固定式起重機安全檢查構造標準」使用狀況的 A 至 F 級，最高可相當於 tx 的 M8 級，因此 EN 14439 對鋼索安全係數的要求不比「固定式起重機安全檢查構造標準」低，較極端的使用狀況其要求的安全係數有可能比「固定式起重機安全檢查構造標準」為高。

表 27

Table T.4.2.2.1.2. - Factor of safety Z_p

Group of mechanism	Minimum value Z_p	
	Running ropes	Static ropes
M1	3,15	2,5
M2	3,35	2,5
M3	3,55	3
M4	4	3,5
M5	4,5	4
M6	5,6	4,5
M7	7,1	5
M8	9	5

第 64 條：

本條文規定：吊鏈及滾子鏈條（以下稱吊鏈等）之安全係數值，應在五以上（第五十八條規定之吊鏈，應在十以上），並應依下式計算：

$$\text{安全係數} = \frac{\text{吊鏈之斷裂荷重}}{\text{吊鏈所承受之最大荷重}}$$

吊鏈並不得有下列情形之一：

- 一、延伸長度超過原製造時之百分之五者。
- 二、斷面直徑減少超過原製造時之百分之十者。
- 三、有龜裂者。

滾子鏈條並不得有下列情形之一：

- 一、延伸長度超過原製造時之百分之二者。

- 二、鏈環板斷面積減少超過原製造時之百分之十者。
- 三、有龜裂者。

EN14439 沒有有關吊鏈及滾子鏈條方面的規定。

第65 條：

本條文規定：除中央主管機關認可者外，頂升式吊升裝置用之鋼索等之安全係數，應依下式計算：

$$\text{安全係數} = \frac{\text{鋼索等之荷重}}{\text{鋼索等所承受之最大荷重}}$$

前項安全係數值，應符合下列規定：

- 一、鋼索為三·五五以上。
- 二、鋼帶及鋼棒為二·五以上。
- 三、預力鋼絞線為二·五以上。

第一項安全係數計算，起重機揚程超過五十公尺者，其鋼索自重應計入。

前述第 63 條提到 EN 14439 規定鋼索最少應以 M3 等級來設計，而從上文所述的 FEM 1.001 第四冊的 table T.4.2.2.1.2，M3 等級的安全係數為 3.55，與本條規定相同。

- 附則

附則是在「固定式起重機安全檢查構造標準」的第七章有 2 個條文(第 66~68 條)。以下逐條探討這些條文與 EN 14439 之異同。

第66 條：

本條文規定：固定式起重機應於操作人員及吊掛作業人員易見處，置有額定荷重之明顯標示，並以銘牌標示下列事項：

- 一、製造者名稱。
- 二、製造年月。
- 三、吊升荷重。

EN 14439 的第 7.3 節有銘牌標示的規定，標示的資訊最少應包括：製造者或其授權代理的名稱與地址，歐盟指令符合性標示如 CE 標誌等、起重機型號、序號、製造年月。此外，另需有銘牌將警示與指示清楚標示每個控制站及遙控器上，或在地

面可明顯看到的起重機位置，此包括以圖或表標示詳細的額定吊升荷重（因不同滑車，配重位置的容許荷重有差異）。警示事項包括未經授權不得進入操控，不得進入工作半徑範圍，必須詳讀操作手冊等。上述標示必須含起重機使用地的語言。而且符合 ISO 3864 [39,40,41,42] and ISO 13200 [43] 標準。EN 14439 的附錄 F 另有銘牌標示的範例圖。總的來說，EN 14439 有關銘牌標示的規定遠較「固定式起重機安全檢查構造標準」詳細。

第67條：

本條文規定：（刪除）

第68條：

本條文規定：本標準自發布日施行。本標準修正條文，自中華民國一百零三年七月三日施行。

本條因不涉及實際之技術檢查項目，應無與 EN 14439 比較的必要。

三、我國與歐美塔式起重機檢查實務現況

3.1 美國塔式起重機標準

美國有關起重機的規範最早出版於 1916 年，由美國機械工程師學會（American Society of Mechanical Engineers, ASME）所草擬，共有 8 頁，內容涵蓋各式各樣的起重機具。1982 年，負責此標準更新的 ASME B30 委員會正式為美國國家標準協會（American National Standards Institute, ANSI）所認證，ASME B30 標準[50]同時亦自動成為 ANSI B30 標準。時至今日，ASME B30 委員會針對不同起重機出版了二十九個相關標準(參見表 28)[50]，其中與塔式起重機有關者為 B30.3 [51]及 B30.29 [52]。

表 28 ASME B30 有關起重機標準的各分冊 [50]

1. ASME B30.1-2020 – Jacks, Industrial Rollers, Air Casters, and Hydraulic Gentries
2. ASME B30.2-2016 – Overhead and Gantry Cranes
3. ASME B30.3-2019 – Tower Cranes
4. ASME B30.4-2020 – Portal and Pedestal Cranes
5. ASME B30.5-2018 – Mobile and Locomotive Cranes
6. ASME B30.6-2020 – Derricks
7. ASME B30.7-2016 – Winches
8. ASME B30.8-2015 – Floating Cranes and Floating Derricks
9. ASME B30.9-2018 – Slings
10. ASME B30.10-2019 – Hooks
11. ASME B30.11-2010 – Monorails and Underhung Cranes – Historical Document
12. ANSI/ASME B30.12-2011 – Handling Loads Suspended From Rotorcraft
13. ASME B30.13-2017 – Storage/Retrieval Machines and Associated Equipment
14. ASME B30.14-2015 – Side Boom Tractors
15. ASME B30.16-2017 – Overhead Hoists (Underhung)
16. ASME B30.17-2015 – Overhead and Gantry Cranes
17. ASME B30.18-2016 – Stacker Cranes
18. ASME B30.19-2016 – Cableways
19. ASME B30.20-2018 – Below-the-Hook Lifting Devices
20. ASME B30.21-2014 (R2019) – Lever Hoists
21. ASME B30.22-2016 – Articulating Boom Cranes
22. ASME B30.23-2016 – Personnel Lifting Systems
23. ASME B30.24-2018 – Container Cranes
24. ASME B30.25-2018 – Scrap and Material Handlers
25. ASME B30.26-2015 (R2020) – Rigging Hardware
26. ASME B30.27-2019 – Material Placement Systems
27. ASME B30.28-2015 (R2020) – Balance Lifting Units
28. ASME B30.29-2018 – Self-Erecting Tower Cranes
29. ASME B30.30-2019 – Ropes

B30.3 內容共有四章，各章重點如下：

- 一、第零章界定B30.3適用範圍、名詞定義、參考資料和人員能力之規定。
- 二、第一章為塔式起重機之安裝、提升高度與拆除的相關規定。同時也對塔式起重

機各重要組成部份/構件之功能要求及構造作出規定。其中規定有關結構的設計、強度要求等依據EN 14439標準。

三、第二章為檢查、測試與維護之規定。有關檢查的規定，以製造商的資訊為優先，日常檢查應由指定的人員進行。如發現缺陷，應由合資格人員(qualified person)進一步檢查及做出的決定。檢查分初始檢查(Initial Inspection)與常規檢查(Regular Inspection)兩類，其細節如下：

- (a) 初始檢查：在新建、安裝或經改造、投入使用之前，塔式起重機應依定期檢查或主要檢查的規定進行檢查，確保符合ASME B30.3的規定。
- (b) 常規檢查：根據檢查的時間間隔及檢查深入程度分為三類。時間間隔取決於起重機使用狀況及其所引起的磨損、劣化或組件損壞程度。三類檢查為：

- (1) 經常性檢查 (Frequent Inspections)：於每天使用前，或按照製造商或合資格人員建議的時間間隔進行。
- (2) 定期檢查 (Periodic Inspections)：每年應進行定期檢查，或按照製造商或合資格人員建議的時間間隔進行。閒置1個月以上的起重機，在重新投入使用之前，須按照上述進行檢查。對於使用 5 年或以上的起重機，上述定期檢查的間隔應適度縮短，除非製造商有建議其他間隔。
- (3) 主要檢查 (Major Inspections)：每60個月進行一次間隔，或按照製造商或合資格人員的建議。使用10年以上的永久固定安裝的塔式起重機，應每年進行一次主要檢查。

三類檢查應包含的項目如下：

- (1) 經常性檢查項目
 - (a) 所有控制機構。
 - (b) 塔架、起重臂、副臂或動臂(luffing boom)中的結構繫條(lacings)或其他結構部件是否有缺件或彎曲(bends)。
 - (c) 塔楔和拉條(braces)是否鬆動或錯位。
 - (d) 鋼索之完整性。
 - (e) 負載、半徑、動臂角度及風速之指示裝置。
 - (f) 限制系統，例如滑車行程限制器和減速器，動臂上限和下限以及減速化、起重機行程、過捲限制器和吊升減速系統之正確操作。
 - (g) 液壓、潤滑、冷卻等系統的儲液器的液位。
 - (h) 起重機運動機構操作之速度，平滑度及操控性。
 - (i) 安全防護用的掛鉤和門鎖。

- (j) 基礎與結構支撐無變形，沉陷，積水或碎屑堆積，或其他異常狀況。
- (k) 液壓和氣動管件。
- (l) 各技術資料文件、圖表、標牌、及控制標記的存在與能讀性。

(2) 定期檢查項目

- (a) 經常性檢查包含的項目。
- (b) 起重機結構或起重機支撐系統是否有構件變形、裂紋、鏽蝕。
如合資格的人認為有需要，可移除油漆或使用更深入的非破壞檢查技術，以確定是否存在危險。
- (c) 所有鋼索的滑輪和捲胴是否有損壞。
- (d) 螺栓、銷、軸承、軸、齒輪、滾子、鎖定和夾持裝置、鏈輪和傳動鍊或皮帶等零件是否有鬆動、磨損、破裂或變形。
- (e) 制動和離合器系統零件、襯片、棘爪、和棘輪，其磨損量是否有超過製造商的允許程度。
- (f) 載荷、風力、半徑等指標等精度是否符合製造商建議。
- (g) 控制器、主開關、觸點、組件、電線、電纜和控制裝置等電氣系統是否有劣化。
- (h) 起重、俯仰、滑車、迴轉、等行走裝置是否有故障、磨損或損壞。
- (i) 泵、電機、閥、管件、接頭和軟管是否有磨損或損壞。
- (j) 鋼索之完整性。
- (k) 走道、梯子和通道系統是否正常。
- (l) 防護隔離裝置是否有丟失或損壞。
- (m) 起重機結構的電氣接地連接是否有缺失或不正確。

(3) 主要檢查項目

- (a) 經常性檢查與定期檢查的所有項目。
- (b) 查證起重機製造商推薦的任何安全升級建議有確實執行。
- (c) 查證起重機製造商是否有發布最新的適用技術文件。
- (d) 查證流體系統及蓄壓器的安全洩壓裝置是否正常。
- (e) 應考慮對塔架和旋轉盤（slewing ring）進行全面非破壞檢查，或根據製造商手冊更換相關組件。
- (f) 檢查起重機結構中的構件是否有變形、裂紋、腐蝕等情況。如果有跡象表明可能存在危險，應去除油漆及進行更深入的非破壞檢查。

- (g) 依製造商要求的頻率拆卸並檢查驅動系統、馬達、和齒輪箱之完整性。
- (h) 檢查和測試所有電氣元件，包括電線、驅動器、控制和接頭。
- (i) 檢查滑輪及軸承是否有波狀磨耗。
- (j) 根據製造商的要求檢查旋轉盤，包括拆卸、清潔和維修。

有關使用10年以上的固定式塔式起重機的每年主要檢查，上述第 7項及第 10項中的構件，是否須分解拆卸依製造商之指定。

四、第三章為操作方面的規定，主要對操作人員的資格，考核作詳細的規定，對起重機擁有者、起重機使用者（指工程之業主，非操作者），工地負責人、吊掛主管（lift director），起重機操作者各種責任作明確而非常詳細的劃分與界定。對操作的程序，各種訊號（包括聲、光與手勢訊號）作詳細的規定。另特別針對在輸電線附近作業作出詳細的要求。此外，也對塔式起重機的固定與支承，駕駛室的整潔，加油的程序及滅火器之安裝，保養與使用也有具體的要求。

整體而言，B30.3 特別側重實務使用上的各種程序及操作人員訓練及資格的要求，以力求操作上的安全性，務求避免因操作失誤而發生職災，對於起重機結構，組件等的設計，檢查進行的詳細方法等，就引用 EN 14439。

3.2 美國起重機安全管理法規

起重機械法規是美國勞工部按照《職業安全衛生法》授權，依照法定程序制定並在《聯邦公告》公布在美國《聯邦法規彙編》(Code of Federal Regulations, 簡稱 CFR) 第 29 篇中。《聯邦法規彙編》是由美國聯邦政府執行部門的聯邦公報發布的一般性和永久法律與法規的彙編，針對不同主題之事務分為 50 篇。第 29 篇是有關勞工的法律，起重機械的規章主要出現在三類，第一類是一般工業類規章 (1910) [53]，第二類是營建業類 (1926) [54 錯誤! 找不到參照來源。]，第三類是航運業，航運業又分為造船廠起重機 (1915) [55]、碼頭起重機 (1917) [56]、海岸起重機(1918) [57] 和船舶起重裝置(1919) [58] 4 種。

與陸上塔式起重機比較有關的為營建業類(1926) 中的 subpart CC 有關建築業的起重裝置 [59]，其中 1926.1435 為塔式起重機的專章 [60]。

這些法規的執法，主要由美國勞工部（United States Department of Labor）職業安全衛生管理局 (Occupational Safety and Health Administration, OSHA) 分佈在十個地區的區域辦公室負責 [61]，但某些州的行政單位，有跟 OSHA 簽訂協議代替 OSHA 在該州負責起重機械安全監督管理[62]，其起重機械安全管理制度與聯邦 OSHA 基本

上沒有區別。也有一些州或城市（如紐約市，加州，華盛頓州，馬里蘭州，芝加哥市等）自行建立一套更嚴格的起重機械管理制度。

- 美國聯邦法規彙編 29 CFR 1926 subpart CC 介紹

29 CFR 1926 是營建相關之職業安全與衛生法規，其中之 CC 分節 (Subpart CC) [59] 針對各種營建工程中所使用到的起重機具 (Cranes & Derricks in Construction) 作出規範，這其中也包括塔式起重機。由 29 CFR 1926 之目錄(表 29)可以大略瞭解 1926 關注的各項要求，有鑑於使用過程存在很多不安全因素，很大程度上需要依靠起重機操作人員的技術和經驗來預測及防止事故的發生。故 OSHA 對起重機械的安全管理最主要的側重是在使用環節，對操作人員，訊號與現場管制人員等有嚴格的資格考核規定與要求。由於本研究側重在檢查方面法規的比較，以下茲就 29 CFR 1926 CC 分節中 1926.1435 塔式起重機檢查法規，尤其有關塔式起重機檢查的部份作較詳細的介紹。

表 29 美國《聯邦法規彙編》第 29 篇 1926 節 CC 分節之目錄 [59]

1926 CC 分部 - 營建用起重機和吊桿式起重機

- 1926.1400 - 範圍。
- 1926.1401 - 定義。
- 1926.1402 - 地面狀況。
- 1926.1403 - 裝配/拆卸 - 選擇製造商指定程序或雇主指定程序。
- 1926.1404 - 裝配/拆卸 - 一般要求（適用於所有組裝和拆卸操作）。
- 1926.1405 - 拆卸 - 拆除吊臂的附加要求（適用於使用製造商程序和雇主程序）。
- 1926.1406 - 裝配/拆卸 - 雇主指定程序 - 一般要求。
- 1926.1407 - 電纜線安全（350 kV 內） - 組裝和拆卸。
- 1926.1408 - 電纜線安全（350 kV 內） - 設備操作。
- 1926.1409 - 電纜線安全（超過 350 kV）。
- 1926.1410 - 電纜線安全（所有電壓） - 設備操作比表 A 區域更近。
- 1926.1411 - 電纜線安全 - 在無負載下於電纜線下或附近移動。
- 1926.1412 - 檢查。
- 1926.1413 - 鋼纜檢查。
- 1926.1414 - 鋼纜選擇和安裝標準。
- 1926.1415 - 安全裝置。

- 1926.1416 - 作業輔助工具
- 1926.1417 - 操作。
- 1926.1418 - 停止操作的授權。
- 1926.1419 - 信號 - 一般要求。
- 1926.1420 - 信號 - 無線電，電話或其他電子傳輸。
- 1926.1421 - 信號 - 語音信號 - 附加要求。
- 1926.1422 - 信號 - 手信號圖。
- 1926.1423 - 墜落之防範。
- 1926.1424 - 工作區控制。
- 1926.1425 - 遠離吊重物。
- 1926.1426 - 吊重物之自由跌落和受控降低。
- 1926.1427 - 操作員資格與認證。
- 1926.1428 - 信號員資格。
- 1926.1429 - 維修和保養人員的資格。
- 1926.1430 - 培訓。
- 1926.1431 - 吊裝人員。
- 1926.1432 - 多重起重機/吊桿式起重機 - 補充要求。
- 1926.1433 - 設計，施工和測試。
- 1926.1434 - 設備修改。
- 1926.1435 - 塔式起重機。
- 1926.1436 - 吊桿式起重機。
- 1926.1437 - 浮式起重機/吊桿式起重機，駁船上的陸用起重機及吊桿式起重機。
- 1926.1438 - 架空和橋式起重機。
- 1926.1439 - 專用打樁機。
- 1926.1440 - 側臂式起重機。
- 1926.1441 - 額定吊升荷重/起重能力在 2,000 磅以下的設備。
- 1926.1442 - 本標準各部份之可分割性。
- 1926 Subpart CC App A - 標準手勢訊號。
- 1926 Subpart CC App B - 裝配/拆卸 - 減少意外吊臂移動風險的範例程序。
- 1926 Subpart CC App C - 操作員認證 - 筆試 - 技術知識標準

1926.1435 是營建用起重機具檢查方面法律規定的專章，共有 a 到 f 六個部份。各部分重點如下：

- 一、 a 部份為1926.1435範圍的說明。
- 二、 b 部份為有關塔式起重機的組立，提升及拆卸的規定。

- 三、 c 部份為標牌的規定。
- 四、 d 部份為塔式起重機安全裝置的規定。
- 五、 e 部份為塔式起重機操作上協助裝置 (Operational aids)。
- 六、 f 部份為檢查的規定，此部份的文字非常簡約如後，因詳細的規定見29 CFR 1926.1412節：

- (1) 29 CFR 1926.1412 節 [63] (檢查) 適用於塔式起重機，但術語“組裝”(assembly) 應改為“組立”(erection)。另 1926.1413 節(鋼索—檢查) 亦適用於塔式起重機。
- (2) 組立前檢查。在組立每個起重機部件之前，必須由合資格人員檢查是否有損壞或過度磨損。
 - (i) 合資格人員須特別注意後續使用期間難以徹底檢查到的部件。
 - (ii) 如果合資格人員確定某個部件損壞或磨損到如果在起重機上使用會造成安全隱患的程度，則該部件不得安裝在起重機上，除非對其進行維修，並且在合資格人員重新檢查後，發現不再產生安全隱患。
 - (iii) 如果合資格人員認為目前雖不存在馬上的安全顧慮，但有需要對某組件進行監控，則雇主必須確保在月度檢查中該組件有被檢查。任何此類決定都必須記錄在案，相關文件並且必須提供給任何進行月度檢查的個人。
- (3) 組立後檢查。除了1926.1412(c) 中的要求外，還須滿足以下要求：
 - (i) 每次組立後，必須使用經過認證的砵碼或使用具有有效校准證書的秤進行負重測試 (load test)。
 - (ii) 負重測試必須按照製造商提供的說明進行。如果沒有這些說明，則必須根據熟悉相關設備類型的註冊專業工程師制定的書面負載測試程序進行測試。
- (4) 月度檢查 (Monthly Inspections) 必須包括以下附加項目：
 - (i) 從塔式起重機底部往上，或如果起重機系在結構上或由結構支撐，則位於最上面的支撐之上，檢查塔架（桅杆）螺栓和其他結構螺栓，是否有鬆動或脫落的情況。
 - (ii) 塔式起重機支撐結構的最上面的搭接、拉條，地板支撐和地板楔子，是否有鬆動或脫落的情況。
- (5) 年度檢查。除了根據 § 1926.1412(f) 必須檢查的項目外，還必須檢查所有旋轉盤和塔架螺栓的完整性及鎖緊扭矩是否正常。

因為 29 CFR 1926.1435 有關塔式起重機的檢查基本依據 29 CFR 1926.1412 [63 二、62] 以下茲介紹其重點：

1926.1412 是營建用起重機具檢查方面法律規定的專章，共有 a 到 k 11 個部份，分別針對經修改的起重機之檢查，維修/調整過的起重機檢查，經常性檢查及定期檢查。各部分重點如下：

一、a 部份為經修改的起重機之檢查，對關係到起重機操作安全性的構件如經修改或增設，規定須經具合資格人員（**qualified person**）檢查通過始能重新啟用，相關檢查須包括准許修改文件是否符合 1926.1434的規定與各項功能性測試。

（獲得准許修改文件的相關規定，也頗有參考價值，其途徑可為以下其中之一種：（1）經原製造商審查並發給書面的通過證明；（2）經提供製造商完整的修改申請資料，而製造商30天內未受理，或拒絕審查，或製造商已不存在，可以由具相關設備資格之註冊專業工程師進行審查並核准；（3）如原製造商沒有拒絕審查，但未能在提出詳細申請文件後120天內完成審查，也可透過由具相關設備資格之註冊專業工程師進行審查並核准。）

二、b 部份為安全操作相關裝置，控制系統重要元件，動力源等經維修/調整過，則須由具合資格人員（**qualified person**）檢查其是否仍符合原製造商對該機具原來的相關要求，如原製造商對該機具原來的要求不適用或沒有相關要求，則此具合資格人員須判定是否須委請一註冊專業工程師訂定相關要求，如否，則相關要求須委由一具合資格人員擬定，再由具合資格人員審核是否符合相關要求，並進行各項功能性測試，通過後始能重新啟用。

三、c 部份為組裝(對塔式起重機應為組立，**erection**)後檢查，有些起重機或其部件是運到現場再進行組立，組立完成後，須由具合資格人員（**qualified person**）檢查其是否仍符合原製造商對該機具組立的相關規定，如原製造商對該機具的相關規定不適用或沒有相關規定，則此具合資格人員須判定是否須委請一註冊專業工程師訂定相關要求，如否，則相關要求須委由一具合資格人員擬定，再由具合資格人員審核是否符合相關要求，並進行各項功能性測試，通過後始能重新啟用。

四、d 部份為每一工作班次（**each shift**）開始前或過程中須進行的檢查之規定。此檢查由一被指定的具足夠能力人員（**competent person**）執行。檢查方法基本利用目視觀察一系列設備/組件是否有明顯缺失，檢查時不需拆解構件或降下吊臂，但如發現缺失而判斷有需要拆解構件或降下吊臂進一步檢查，則須按判斷辦理。另作業過程中也須隨時觀察，並根據觀察結果隨時重新評估先前檢查的決定是否需要調整。

檢查內容最少應包括：(i) 各控制機構是否有不當調整防礙正常操作的進行；(ii) 各控制及驅動機構是否有過度磨耗，被潤滑油、水或外物污染；(iii)

液壓油是否足夠；(iv) 油/氣壓管路是否有洩漏或劣化；(v) 吊鉤及門鎖是否有變形、龜裂或受化學藥品或高溫損傷；(vi) 鋼索系統是否符合製造商的規定；(vii) 鋼索是否符合1926.1413(a) 所規定的沒有明顯缺陷，斷絲，直徑減少等一系列詳細的目視檢查；(viii) 電氣系統是否正常沒有明顯老化，受潮及沾污；(ix) 輪胎是否有打足氣；(x) 設備周圍的地面狀況能提供適當的支撐，(本條不適用於軌道起重機的軌道狀況)；(xi) 設備有否達到製造商要求之水平程度；(xii) 操控室玻璃是否有龜裂或其他可防礙操作員視野的缺陷；(xiii) 軌道起重機的軌道，軌道擋，軌道夾和支撐有沒有缺失；(xiv) 所有安全裝置均正常。

以上 (i) 至 (xiii) 檢查如發現缺失，負責檢查的人員須馬上判斷是否有安全疑慮，如有，則起重機須馬上停用直至符合改正，始能重新啟用。如 (xiv) 項有發現缺失，則須馬上停用直至1926.1415 (安全裝置規定) 和1926.1416 (操作輔助設施規定) 均符合始能重新啟用。

五、e 部份為每月須進行的檢查，其中應依 d 部份進行所有項目，並對所有經檢查過的項目，檢查結果作成紀錄，紀錄上應有檢查日期，檢查人員簽名，紀錄應由主管檢查的雇主歸檔並最少保存三個月。

六、f 部份為年度詳細檢查的規定，每12個月由具合資格人員 (qualified person) 進行，此一檢查有需要的話應進行組件拆解，檢查的內容除包含所有上述 d 部份各項檢查內容外，另包括(i) 起重機結構及吊臂是否有變形，龜裂或腐蝕；是否有鬆脫，破壞或嚴重腐蝕的螺栓或鉚釘；鉚道是否有龜裂；(ii) 捲胴及槽輪是否有龜裂或磨損，(iii) 插銷、軸承、轉軸、齒輪、滾輪及鎖定裝置是否有磨損、龜裂或變形。(iv) 剎車、離合器及棘輪機構的元件是否有嚴重磨耗；(v) 安全裝置與操作輔助設施均正常；(vi) 各動力源是否正常操作，是否有廢氣洩漏、緊急停止裝置等會影響安全的缺失；(vii) 鏈條是否有過度伸長，鏈輪是否有嚴重磨耗；(viii) 起重機移動所使用的轉向裝置，剎車，鎖定裝置是否正常；(ix) 輪胎是否有嚴重磨耗；(x) 油壓/氣壓管路是否有洩漏，膨脹或異常變形，磨損；(xi) 油壓/氣壓之泵/馬達是否有異常；(xii) 油壓/氣壓系統之各閥門是否有異常；(xiii) 油壓/氣壓系統之蓄壓缸是否有異常；(xiv) 外伸撐座 (outrigger) 或穩定裝置 (stabilizer) 的墊板/浮板是否有異常磨損或龜裂；(xv) 滑行板 (slider pads) 是否有異常磨損或龜裂；(xvi) 電器元件及電線的絕緣保護是否有龜裂，接口端子是否有鬆脫或腐蝕；(xvii) 原廠所附或依法規應具備的警示標牌是否有缺漏或無法辨識；(xviii) 原裝置之所附操作員座位是否丟失；(xix) 操作員座位是否有破壞無法修理；(xx) 原裝置之階梯/爬梯，扶手，防護欄是否丟失；(xxi) 原裝置之階梯/爬梯，扶手，防護欄是否不堪使用或無法達到維護安全的目的。

年度檢查尚需包括各項操作功能的測試，以確認功能均正常。假如各項檢查中有發現任何缺失，負責檢查的人員須判斷是否有立即之安全危機。如有缺失但未達安全危機的程度，需決定是否列入後續每月追蹤檢查。如有立即之安全危機，則起重機須馬上停用直至符合改正，始能重新啟用，但如有符合 1926.1416(d) (操作輔助設施規定) 或 1926.1417 (操作規定) 之臨時替代安排，則可在符合該等法規下暫時繼續使用。

年度檢查應對所有經檢查過的項目，檢查結果作成紀錄，紀錄上應有檢查日期，檢查人員簽名，紀錄應由主管檢查的雇主歸檔並最少保存十二個月。

七、g 部份針對嚴苛操作後（例如可能超過額吊升荷重，經受衝擊負荷而負荷峰值可能超過額定，在嚴重腐蝕的環境下操作一段時間等），雇主應馬上停止設備的使用並指派具合格人員（qualified person）檢查設備之結構是否有受損，是否可繼續操作不影響安全，另視該特定嚴苛操作的性質決定 f 部份所提到各項元件那些需要特別進行檢查，並進行相關檢查。如上述檢查發現缺失，則依 f 部份發現缺失的程序處理。

八、h 部份針對沒有經常使用的起重機，如停用3個月或以上，須由具合格人員（qualified person）執行 e 部份所規定每月檢查的程序進行檢查。

九、i 部份目前為空白保留。

十、j 部份規定如原製造商建議針對確保安全操作的檢查比本法規來得更周詳或更頻密，則須依原製造商建議的方式進行檢查。

十一、k 部份規定所有依本法規進行檢查所產生的文件，在法定的保存期限內，必須能隨時提供給任何依此法規進行檢查的人員。

1926.1412 所規定的檢查，其項目比 ASME B30.3 略為詳細一些，但 ASME B30.3 對塔式起重機有主要檢查 (Major Inspections) 的規定，1926.1435 及 1926.1412 則沒有。除了詳略的差異外，1926.1412 對誰具備資格進行檢查作業有更明確的限定：每班及每月的經常性檢查由被指派具足夠能力的人員（Competent person）進行，而修改後檢查、經維修/調整後檢查、裝配後檢查、年度檢查及嚴苛使用後檢查則由具合格人員（qualified person）負責。這兩類人員在 1926.1401 的名詞定義有清楚的說明 [64]：所謂具足夠能力的人員（Competent person）是指能發現現存或能預見工作狀況或周邊環境種有礙健康或導致員工危險的狀況，並有足夠權力採取立即的措施以消除這些危機狀況。而所謂具合格人員（qualified person），是指擁有被承認的相關學位，證書，專業成就，或具備廣泛知識，訓練與經驗，曾證實具有解決所從事的檢查，工作或工程所面臨的問題之能力者。對於這兩類人員的資格，OSHA 並沒有提供認證或規定認證的機制，是否符合資格之認定目前基本是由雇主負責。

有關檢查人員的訓練，目前有些民間團體如 National Commission for the Certification of Crane Operators (NCCCO) [65] 或公司 [e.g.66,67] 有提供具有資格檢查人員的訓練與認證 (certification) 考試；市場上也有號稱有多年經驗，專門提供檢查服務的公可 [e.g.68,69,70,71]。

3.3 歐盟起重機的系列標準

歐盟方面，歐洲標準委員會 CEN (Comité Européen de Normalisation / European Committee for Standardization) 針對起重機有一系列標準，這些標準可區分為兩大類，其一為應用於特定形式起重機的專用性標準，另一為起重機的通用性標準，後者如起重機安全注意事項 (EN 12077) [72]，起重機使用與測試 (EN 12644) [73,74]，起重機控制與控制室規定 (EN 13557) [38]，起重機出入口 (EN 13586) [46]，EN 60204-32:2008 機械安全—機械的電氣設備 [36]，EN 61310-1:2008 機械安全—指示、標識和啟動[75]等。此外歐洲有關物料處理業者組成的協會 (FÉDÉRATION EUROPÉENNE DE LA MANUTENTION, FEM)，也有出版其對相關機械與結構的設計指引，其中與起重機設計相關的 FEM 1.001 起重機械設計規範 (第 3 版) [3 錯誤! 找不到參照來源。] 及 FEM 5.004 通用起重機鋼結構的設計規範 [76]，有對負載的考慮、起重機重要構件的各種能力極限 (彈性，強度，疲勞及溫度等) 之設計要求、驗證及針對重要起重機構件做規範。這些指引與規範，也被 EN 起重機標準所引用。EN 有關起重機專用性標準及通用性標準，其選用方式如圖 6. 的流程 [77]，圖中可以看到塔式起重機有專門的標準 EN 14439。

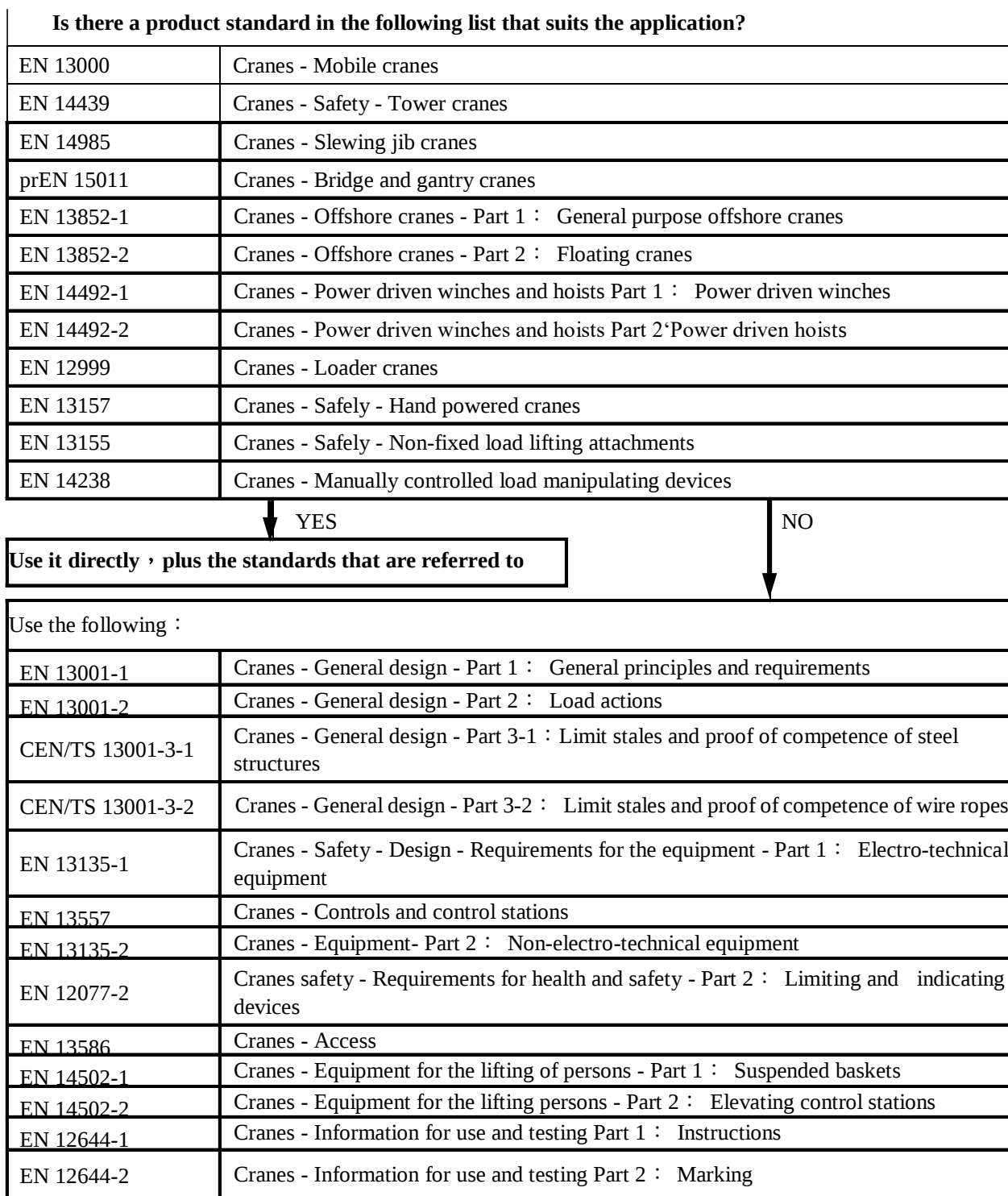


圖 6 歐盟起重機適用標準的選擇邏輯

3.4 歐盟對塔式起重機的管理制度

- 對起重機製造商的規管

對於欲在歐盟成員國銷售的各種起重機，按照布魯塞爾歐洲議會的法律規定，必須符合機械指令 2006/42/EC (Machinery Directive 2006/42/EC) [23]，同時符合 EN 14439「起重機-安全-塔式起重機」標準中的規定，機械指令是對各種機械的安全要求，一如歐盟的其他指令 (Directives)，每一歐盟成員國均須將其納入其本國的法律之中，另各指令通常為一法律框架，是歐盟在相關領域的最低要求，各國實際的法律可以較原來指令更為嚴格、具體及涵蓋面更為廣泛。

機械指令的基本規定，是要求製造商或其授權代表，對每一機械所設計的極限能力，必須能充份應付此機械的設計用途上合理的使用以及有可能出現的誤用，而不致發生意外。此法律沒有無限上綱要求製造商對任何使用方式均保證安全，但對該機械的設計用途上可能出現的故意或非故意的誤用 (reasonably foreseeable misuse) 情形，則須作出風險評估 (risk assessment)，找出各種可能出現的危險狀況並透過適當設計防範意外的發生。

機械指令 2006/42/EC 或 EN 14439 均僅為對製造商在相關設計及製造、測試上作出要求，由製造商負責確保其能被滿足，並沒有強制其成品須交付相關單位或獨立第三者進行認證，製造商僅需自行申報 (declare) 其符合 Machinery Directive 2006/42/EC 及 EN 13000，就可以標記 CE 的標識，申報其符合的基本條件是製造商必須對起重機保存一個專屬資料夾，內含詳細的設計計算/分析及測試等文件資料，有需要時可隨時提供給有關單位查驗。如日後使用時發生意外，管制單位會進行調查，如發現有不符合機械指令的情形，製造商則需負相關的法律責任，因此符合機械指令雖由製造商自行申報而沒有獨立的查驗或管制，但日後可能出現的法律責任對歐盟的廠商一般均能具有足夠的懲罰作用而使製造商願意守法。除自行確認外，製造商有時也會委託經歐盟認證的實驗室進行設計檢核及測試，確認其符合相關標準的所有規定。但這樣做不會完全免除製造商本身所須附的法律責任。

- 對起重機業主的規管

歐盟使用工作設備指令 2009/104/EC (Use of Work Equipment Directive) [78] 規定機械設備必須在指定的情況下進行正式的安全性評估及是否適合被使用之評估。

須進行評估的時機包括：(i) 設備第一次啟用前；(ii) 視使用環境與使用狀況訂定適當或定期檢查週期；(iii) 設備搬移後重新啟動前；(iv) 設備修改後。該指令也規定雇主須確保機械設備僅由有接受充份訓練，並獲有該設備相關資訊與指示的人員才能操作。

由使用工作設備指令 2009/104/EC，衍生出起重機必須在適當時機進行適當檢查，然而工作設備指令 2009/104/EC 只是綱領性的要求，對個別機械設備要如何檢查，檢查的項目，檢查週期以及由具備什麼資格的人員來檢查並沒有規定，各國在制定法律以納入此指令時會視其國情訂定更具體的要求。以英國為例，就工作設備指令 2009/104/EC 訂立了相應的 The Provision and Use of Work Equipment Regulations (PUWER) 法令 [79]，規定各式工作用設備的檢查，另針對起重機這類設備，訂立了 The Lifting Operations and Lifting Equipment Regulations (LOLER) 法令 [80]，具體規定雇主對吊重作業安全的責任，要求其須確保起重機的結構強度與穩定度足夠應付目標的工作；對每一吊重作業預為評估其可能風險，擬定吊重操作程序，以確保其操作的安全；界定起重機檢查的時機與由具足夠能力之人員進行定期徹底的檢查及測試 (thorough inspection and examination)，以及檢查報告的內容及處理方式。

- 歐洲塔式起重機檢查

如上節所述，歐盟僅在工作設備指令 2009/104/EC 中對包含起重機等設備的檢查作出綱領性的規定，具體作法以各會員國自行立法規定。但有關起重機徹底檢查的具體項目，以及上文提到更頻密的檢查的項目，無論歐盟工作設備指令 2009/104/EC，英國的 PUWER 與 LOLER 法令，均沒有具體的進行規範，僅有提綱挈領性的要求涵蓋確保安全所需的檢查範圍。具體的檢查項目，見於相關的之標準文件。如國際標準組織 ISO 所規劃的 ISO 9927 系列標準，就是針對各形式起重機的檢查，此系列部份標準已出版，如 ISO 9927-1 起重機檢查一般事項 [81]，以及 ISO 9927-3 塔式起重機檢查 [82]。另英國國家標準 BS 7121 系列標準是有關安全使用起重機的標準程序 (Code of practice for safe use of cranes.)，其中第二部份 BS 7121-2 為有關起重機檢查、維修與測試的具體建議事項 (Code of practice for the safe use of cranes. Inspection, maintenance and thorough examination.)，其本身也是具多個子標準的一套系列標準，其第 5 分部 BS 7121-2-5 是有關塔式起重機的檢查、維修與測試 [83]。

因為塔式起重機的使用、檢查與維護牽涉到 PUWER 與 LOLER 法令，以及多個相關的職安、高處作業等法令，同時又須滿足 BS 7121 系列標準，為了方便一般業主、工地管理階層、操作者、維修檢查者等遵行以上複雜的管制要求與規定，遂

有塔式起重機關注小組 (The Tower Crane Interest Group, TCIG) [84] 的成立, TCIG 是 2003 年由塔式起重機業主、塔式起重機製造商、主要承包商、培訓機構和英國安全衛生執行署(Health and Safety Executive, HSE)的代表共同組成。TCIG 研擬、出版了大量有關塔式起重機最佳實踐行為守則的指南 (Good Practice Guide), 包括《安全使用頂部迴轉塔式起重機》;《塔式起重機的維護、檢查和徹底檢驗》;《安全使用自立式(self-erecting)塔式起重機》;《塔式起重機的攀爬》等。該組織目前已發布 50 多份技術資訊 (Technical Information Notes, TIN), 可免費下載[85], 其中大多數 TIN 和所有最佳實踐行為守則指南均獲英國安全衛生執行署, 並貼上其 HSE 徽標。有關塔式起重機管理與檢查的制度, 正可參考 TCIG 的《塔式起重機的維護、檢查和徹底檢驗》[86]。

TCIG 的《塔式起重機的維護、檢查和徹底檢驗》[86] 顧名思義針對 1. 維護(Maintenance)、2. 檢查(Inspection)和 3. 徹底檢驗(Thorough Examination)三個方面, 從實務面、管理面、執行面提出適當的方法。有關維護方面, TCIG 認為出現破損後維護過於危險, 純粹透過分析預計各組件破壞時程並據之訂定維護計劃 (Predictive Maintenance) 也難以落實。故建議塔式起重機應採“計劃式預防性維護”(Planned Preventive Maintenance) 的策略, 定期對塔式起重機進行檢查維護。其中維護 (Maintenance) 主要是要符合 The Provision and Use of Work Equipment Regulations (PUWER) 法令[79]要求的必須保證設備有適當的維護以使其表現不致退化, 造成有關人等的危險。塔式起重機維護的時機為:

- 一、“到貨前”維護與檢查 (Pre-delivery Maintenance and Inspection): 意指在塔式起重機每次送到工地, 或經改裝後, 組立之前先進行透徹的檢查及維護, 找出並更換磨損或損壞的組件。各控制系統及驅動裝置應予啟動以確認其功能正常。此項工作不建議在工地進行, 而應在有充份維護設備的起重機的工廠或基地 (depot) 從事。因此每次起重機移送時, 良好的行為守則是先送回工廠。檢查應由具足夠能力的人員 (competent person) 進行, 檢驗的結果應作成紀錄。
- 二、服役中之維護 (In-service Maintenance): 在工地豎立起來的塔式起重機, 應定期維護以防意外失效, 破壞甚至倒塌。維護的頻率基本依照製造商的建議, 同時並應考慮使用的狀況 (例如常在靠近起重機額定容量工作, 常使用長繩索, 頻繁的迴轉 (slewing) 及使用兩班/三班制趕工等)、環境 (如靠近海邊、工業區, 有腐蝕性的環境)、以及先前維護/徹底檢驗發現加速的磨耗/劣化現象等三方面, 以增加維護的頻率。
- 三、修改或拆解前之維護檢查 (Alteration or Dismantle Pre-Inspection): 確認沒有缺陷及會影響起重機修改或拆解作業的安全。
- 四、購買二手塔式起重機前, 應對其維護紀錄及前期徹底檢驗紀錄作深入評估,

並就評估的結果，決定入手後應進行的維修及後續維護的期程。

有關定期檢查（inspection）方面，是《工作健康與安全法》(Health and Safety at Work Act) [87]第 2 條(2) (a) ；及 PUWER [79]第 6 條和 LOLER [80]第 9 (3) (b)條的規定。定期檢查的一個有效進行的方式為利用事先制定的檢查表。TCIG 的《塔式起重機的維護、檢查和徹底檢驗》[86] 列舉的四種檢查與其相關頻率如下：

- 一、每天開始使用前有塔式起重機操作員進行檢查6個月。操作員應經適當的檢查訓練並經評估有能力執行是項工作。
- 二、每週檢查，同樣由經適當的檢查訓練並經評估有能力執行是項工作的塔式起重機操作員進行。
- 三、服役中之維護過程中檢查，由進行維護的人員進行。
- 四、期中檢查，為額外訂定之檢查，在其他主要檢查之間。當有組件時常出現破壞，或被懷疑異常時進行。

徹底檢驗（Thorough Examination）是 LOLER [80] 第 9 條對吊掛作業僱主規定應負的責任，假如塔式起重機為租用，原則上起重機原來的業主有責任確保徹底檢驗依法執行，但租用者也有責任要求其執行。LOLER 所規定要進行徹底檢驗的時機有三個：

- 一、 每次重新安裝塔式起重機，或重新安裝其提升架（climbing frame），使用前必須有合資格有能力之人員（competent person）進行徹底檢驗，確保其具足夠強度及穩定性，同時如有缺陷，可及時發現與改正。儘管塔式起重機沒有移位或拆除，如其改變高度或吊臂長度，也須先進行徹底檢驗，通過後始能使用。
- 二、 服役期間定期進行徹底檢驗。LOLER [80] 對於有吊升人員的塔式起重機，此定期徹底檢驗之間最長間隔不得超過 6 個月。無吊升人員的塔式起重機，此定期徹底檢驗之間最長間隔不得超過 12 個月。TCIG 的《塔式起重機的維護、檢查和徹底檢驗》[86] 建議在建築工地的塔式起重機，最佳實踐行為守則宜將定期徹底檢驗之間隔訂為 6 個月，其原因為（1）即使不吊升人員，此設備經常在工地人員與工地外一般民眾之頭上或附件作業；（2）即使本來無吊升人員之規劃，但有可能臨時為救援而須用作人員吊升；（3）建築工地塔式起重機的使用頻繁，而其所處環境惡劣。

如合資格有能力之人員，考量了使用環境，使用狀況等，認為有需要，以上檢查的間隔可以進一步縮短。

- 三、 經受特殊狀況，可能會導致設備劣化者，必須進行徹底檢驗。所謂特殊狀況，包括意外之超載（overload），吊臂碰撞，結構元件失效，或天候因素超出設

計範圍等。提升架（climbing frame）如安裝後超過 6 個月為經使用，也應進行徹底檢驗。

- 歐洲進行塔式起重機檢查的人員之規定

歐盟及英國各相關標準或法令中對訂定起重機檢查項目及執行徹底檢驗所謂合資格並具足夠能力的人員（competent person），相關法令中並沒有具體定義。為此，歐盟職業安全衛生局（European Agency for Safety and Health at Work, EU-OSHA）[88] 在 2013 年一個資深勞檢人員委員會會議（Senior Labour Inspectors Committee- SLIC WG MACHEx 2013）中通過一份對塔式及塔式起重機檢查人員最低資格要求的文件 Doc.1598_01_EN [89]，國際標準組織（International Organization for Standardization, ISO）也有一份起重機檢查人員的資格要求之標準 ISO 23814：2009 [90]。此標準要求的方向與 EU-OSHA Doc.1598_01_EN 文件相同，但以後者有比較多具體的細節，以下茲以 Doc.1598_01_EN 說明：

Doc.1598_01_EN 文件僅為一建議性導引，供歐盟各國參酌。此文件對所謂具足夠能力的檢查員（competent persons）及檢查機構/組織（inspection organization）提出了建議規範如下：

- 一、具足夠能力的檢查員應具備：適當的資格（qualifications）及相關工程領域的經驗；一系列起重機相關的技術知識，包括相關法令，起重機設計標準，起重機工作原理，安全操作守則，起重機機構材料特性，製造過程與常見缺陷，非破壞檢查的基礎知識，特定工地安全要求，個人法律責任及須受過使用前，使用中起重機檢查訓練，以及及個人護具的保養訓練。除知識性的掌握，對檢查之過程及如何保護自身安全，在高處作業安全等也須有實務性的經驗。除了技術上的要求外，該文件對檢查員的個人特質也要求其具適當體能，能獨自在高處作業，有作出專業的技術性判斷的決斷力，並能與工地其他人員順暢溝通。
- 二、檢查機構/組織應有完善的管理制度，以辨識人員是否具足夠能力，有系統地篩選，訓練及考核檢查人員，保有檢查人員訓練的完整紀錄，確保訓練與考核人員有適當的相關能力，確保檢查人員的公平公正性，並須有一套對上述各項要求把關的有效品保制度。

3.5 我國對塔式起重機的檢查實務現況

我國固定式起重機的檢查，依據「勞動檢查法」[91] (民國 109 年 06 月 10 日修正)，主管機關在中央為勞動部；在直轄市為直轄市政府；在縣（市）為縣（市）政府(「勞動檢查法」第 2 條)。檢查之執行為勞動檢查機構，勞動檢查機構係指中央或直轄市主管機關或有關機關為辦理勞動檢查業務所設置之專責檢查機構(「勞動檢查法」第 3 條第 1 項)，而中央主管機關對於危險性機械或設備之檢查，除由勞動檢查機構派勞動檢查員實施外，必要時亦得指定代行檢查機構派代行檢查員實施(「勞動檢查法」第 17 條)，代行檢查機構係指由中央主管機關指定為辦理危險性機械或設備檢查之行政機關、學術機構或非營利法人(「勞動檢查法」第 3 條第 2 項)。至於檢查程序則詳列於「勞動檢查法」第五章第 22~33 條。

檢查的實務主要是依據「職業安全衛生法」[92]第 16 條以及「危險性機械及設備安全檢查規則」[93] (民國 105 年 11 月 21 日修正)和「既有危險性機械及設備安全檢查規則」[94] (民國 103 年 07 月 03 日修正)規定辦理。「危險性機械及設備安全檢查規則」[93]的第一章為總則(第 1~8 條)，第二章第一節共 13 條(第 9~21 條)為「固定式起重機」之檢查相關規定。以下分別就固定式起重機在設置完成或變更設置位置時之竣工檢查，以及後續的定期檢查、變更檢查、重新檢查和既有檢查等之相關條文依據概略說明：

- 竣工檢查

設置完成或變更設置位置時之竣工檢查是依據「危險性機械及設備安全檢查規則」[93]第 12-16 條之規定：

第 12 條—

雇主於固定式起重機設置完成或變更設置位置時，應填具固定式起重機竣工檢查申請書（附表三），檢附下列文件，向所在地檢查機構申請竣工檢查：

- 一、製造設施型式檢查合格證明（外國進口者，檢附品管等相關文件）。
- 二、設置場所平面圖及基礎概要。
- 三、固定式起重機明細表（附表四）。
- 四、強度計算基準及組配圖。

第 13 條—

- 固定式起重機竣工檢查，包括下列項目：
 - 一、構造與性能檢查：包括結構部分強度計算之審查、尺寸、材料之選用、吊升荷重之審查、安全裝置之設置及性能、電氣及機械部分之檢查、施工方法、額定荷重及吊升荷重等必要標示、在無負載及額定荷重下各種裝置之運行速率及其他必要項目。
 - 二、荷重試驗：指將相當於該起重機額定荷重一點二五倍之荷重（額定荷重超過二百公噸者，為額定荷重加上五十公噸之荷重）置於吊具上實施必要之吊升、直行、旋轉及吊運車之橫行等動作試驗。
 - 三、安定性試驗：指將相當於額定荷重一點二七倍之荷重置於吊具上，且使該起重機於前方操作之最不利安定之條件下實施，並停止其逸走防止裝置及軌夾裝置等之使用。
 - 四、其他必要之檢查。
- 固定式起重機屬架空式或橋型式等無虞翻覆者，得免實施前項第三款所定之試驗。
- 外國進口具有相當檢查證明文件者，檢查機構得免除第一項所定全部或一部之檢查。
- 經檢查合格，隨施工進度變更設置位置，且結構及吊運車未拆除及重新組裝者，檢查機構得免除第一項所定全部或一部之檢查。

第 14 條—

- 雇主設置固定式起重機，如因設置地點偏僻等原因，無法實施荷重試驗或安定性試驗時，得委由製造人於製造後，填具固定式起重機假荷重試驗申請書（附表五），檢附固定式起重機明細表向檢查機構申請實施假荷重試驗，其試驗方法依前條第一項第二款、第三款規定。
- 檢查機構對經前項假荷重試驗合格者，應發給假荷重試驗結果報告表（附表六）。
- 實施第一項假荷重試驗合格之固定式起重機，於竣工檢查時，得免除前條規定之荷重試驗或安定性試驗。

第 15 條—

檢查機構對製造人或雇主申請固定式起重機之假荷重試驗或竣工檢查，應於受理檢查後，將檢查日期通知製造人或雇主，使其準備荷重試驗、安定性試驗用荷物及必要之吊掛器具。

第 16 條—

- 檢查機構對竣工檢查合格或依第十三條第三項及第四項認定為合格之固定式起重機，應在固定式起重機明細表上加蓋檢查合格戳記（附表七），勞動檢查員或代行檢查員（以下合稱檢查員）簽章後，交付申請人一份，並在被檢查物體上明顯部位打印、漆印或張貼檢查合格標章，以資識別。
- 竣工檢查合格之固定式起重機，檢查機構應發給竣工檢查結果報告表（附表八）及檢查合格證（附表九），其有效期限最長為二年。
- 雇主應將前項檢查合格證或其影本置掛於該起重機之駕駛室或作業場所明顯處。

- 定期檢查

定期檢查是依據「危險性機械及設備安全檢查規則」[93]第 17、18 條之規定：

第 17 條—

- 雇主於固定式起重機檢查合格證有效期限屆滿前一個月，應填具固定式起重機定期檢查申請書，向檢查機構申請定期檢查；逾期未申請檢查或檢查不合格者，不得繼續使用。
- 前項定期檢查，應就該起重機各部分之構造、性能、荷重試驗及其他必要項目實施檢查。
- 前項荷重試驗係將相當於額定荷重之荷物，於額定速率下實施吊升、直行、旋轉及吊運車之橫行等動作試驗。但檢查機構認無必要時，得免實施。
- 第二項荷重試驗準用第十五條規定。

第 18 條—

- 檢查機構對定期檢查合格之固定式起重機，應於原檢查合格證上簽署，註明使用有效期限，最長為二年。
- 檢查員於實施前項定期檢查後，應填報固定式起重機定期檢查結果報告表，並將定期檢查結果通知雇主。

表 30 為固定式起重機定期檢查結果報告表[93]：

表 30 固定式起重機定期檢查結果報告表

附表十一										收發文字號		
合格證號碼		< 檢查機構全銜 > 固定式起重機定期檢查結果報告表								機械編號		
檢查日期										打印號碼		
有效期限										行業別		
設置事業單位										負責人		
設置地址										電話		
起重機型式		吊升荷重(主/輔)		公噸		額定荷重(主/輔)		公噸				
檢查別	檢查內容	檢查結果	檢查內容	檢查結果	檢 查 結 果 判 定 內 容 合 格 標 識 備 註	合格	限制合格	不合格	檢查員章			
結構部分	1. 桁架、腳座、伸臂等結構		4. 直橫行軌道			未達不合格規定值						
	2. 攀登梯、階梯		5. 直橫行車輪			吊升荷重之變更						
	3. 走道		6. 其他			有效期限之縮短						
機械部分	1. 齒輪、軸等		4. 吊鉤、吊具等			機件之換裝或防護	各級主管章					
	2. 制動裝置		5. 鋼索或吊鏈			其他						
	3. 捲揚、槽輪等		6. 其他									
電氣部分	1. 直行警報裝置		3. 配線、供電線等			合格標識						
	2. 控制裝置、開關器		4. 其他									
安全裝置	1. 過捲預防裝置		4. 緩衝材、阻擋器			備註						
	2. 過負荷預防或警報裝置		5. 防止逸走裝置									
	3. 防止脫落裝置		6. 其他									
性能檢查	1. 無負荷運轉試驗		4. 撓度值									
	2. 荷重試驗		5. 制動性能試驗									
	3. 荷重試驗電流值		6. 其他									

依分層負責授權業務主管執行

附註：1. 檢查員應就各項檢查內容逐一詳細檢查，並將檢查結果紀錄於結果欄內，如無異狀者打「✓」，無該項者打「/」。
 2. 判定限制合格者，受檢單位應依照限制內容自行改善如至下次檢查時仍未改善者，應予判定不合格。
 3. 判定不合格者，受檢單位應立即改善申請複檢。

- 變更檢查

變更檢查是依據「危險性機械及設備安全檢查規則」第 20 條之規定：

第 20 條—

- 雇主變更固定式起重機之桁架、伸臂、腳、塔等構造部分時，應填具固定式起重機變更檢查申請書及變更部分之圖件，向檢查機構申請變更檢查。
- 檢查機構對於變更檢查合格之固定式起重機，應於原檢查合格證上記載檢查日期、變更部分及檢查結果。
- 第一項變更檢查準用第十三條及第十五條之規定。

- 重新檢查

重新檢查是依據「危險性機械及設備安全檢查規則」第 21 條之規定：

第 21 條—

- 雇主對於停用超過檢查合格證有效期限一年以上之固定式起重機，如擬恢復使用時，應填具固定式起重機重新檢查申請書，向檢查機構申請重新檢查。
- 檢查機構對於重新檢查合格之固定式起重機，應於原檢查合格證上記載檢查日

期、檢查結果及使用有效期限，最長為二年。

- 第一項重新檢查準用第十三條及第十五條規定。

- 既有檢查

既有檢查是依據「既有危險性機械及設備安全檢查規則」第 1~10 條及第 18~20 條之規定：

第 1 條—

- 為使既有危險性機械納入檢查管理，依勞工安全衛生法（以下簡稱本法）第八條第五項規定訂定本規則。
- 本規則未規定者，適用危險性機械及設備安全檢查規則之規定。

第 2 條—

本規則所稱既有危險性機械如下：

- 一、勞工安全衛生法納入適用範圍前已設置且目前未經檢查合格者。
- 二、危險性機械及設備安全檢查規則發布施行前已設置且目前未經檢查合格者。

第 3 條—

事業單位對於既有危險性機械，依本法第八條規定，向勞動檢查機構或中央主管機關指定之代行檢查機構（以下合稱檢查機構）申請檢查時，得不受危險性機械及設備安全檢查規則所定型式檢查、熔接檢查及構造檢查等規定之限制。

第 4 條—

- 事業單位申請既有危險性機械檢查時，應填具檢查申請書（附表一）及明細表，並檢附下列書件：
 - 一、組配圖及強度計算書。
 - 二、固定式起重機之設置場所平面圖及基礎概要。
 - 三、升降機之設置場所四周狀況圖。
 - 四、人字臂起重桿或吊籠之設置固定方式。
 - 五、符合第二條規定之設置時間相關證明文件。
- 前項明細表，依危險性機械及設備安全檢查規則所定格式。

下表(表 31)為固定式起重機明細表[93]：

表 31

附表四

固定式起重機明細表

事業單位名稱				機 械 編 號			
事業單位地址				行 業 別			
設 置 地 址				負 責 人			
種 類 及 型 式				事業單位電話			
吊升荷重〈主/副〉				公 噸 連 絡 電 話			
額 定 荷 重	作業半徑	m	m	m	m	m	m
	主/輔 捲	t	t	t	t	t	t
額 定 速 率	(主/輔)捲 揚	橫	行 直	行 旋	轉 起	伏	
	m/min	m/min	m/min	r. p. m	m/min		
構 造	跨 距	m		伸臂	傾 斜 角 範 圍	度 ~ 度	
	桁 架 長 度	m		使用	旋 轉 限 度	度	
	伸 臂 長 度	m		範圍	最 大 作 業 半 徑	m	
	揚 程	m		捲 胴	節 徑	mm	
	桁 架 高 度	m		槽 輪	節 徑	mm	
原 動 機	用 途	捲 揚 (主 / 輔)		橫 行 直 行 / 旋 轉	其 他		
	種 類						
	額 定 輸 出	kw		kw	kw	kw	
鋼 索	主捲：構成	直徑 mm		輔捲：構成	直徑 mm		
	橫行：構成	直徑 mm		起伏：構成	直徑 mm		
	主索：構成	直徑 mm		軌索(導索)：構成	直徑 mm		
吊 具 及 其 重 量	吊 鉤	吊 升 電 磁	抓 斗	其 他	吊鉤開口標距		
	t	t	t	t	mm		
安 全 裝 置	1. 過捲預防裝置	☐ 有 ☐ 無		6. 伸臂背向止動裝置	☐ 有 ☐ 無		
	2. 過負荷預防裝置	☐ 有 ☐ 無		7. 其他：			
	3. 吊鉤防止脫落裝置	☐ 有 ☐ 無					
	4. 緩衝器、阻擋器	☐ 有 ☐ 無					
	5. 防止逸走裝置	☐ 有 ☐ 無					
制 動 裝 置 之 種 類 及 用 途	捲揚：						
	橫行：						
	直行：						
固定式起重機最高部與建築物之水平支撐、樑、橫樑、配管、其他起重機或其他設備之置於該走行起重機上方者，其間隔＝ >40cm							
桁架之人行道與建築物之水平支撐、樑、橫樑、配管、其他起重機或其他設備之置於該人行道之上方者，其間隔＝ >180cm							
製造廠商及製造日期		中華民國 年 月 日					
備 註	(供填寫使用特殊材料，吊鏈及其他參考事項)		※檢查合格戳記			※檢查員	
						※審核結果	

註：1. 本表應填寫二份，一份送檢查機構，一份事業單位留存。

2. ※欄內，申請人請勿填寫。

第 5 條—

事業單位依前條檢附書件之原始資料欠缺者，檢查機構依下列規定辦理：

- 一、具有原製造廠簽署之相關證明文件者，得以資料審查方式認定材質及強度。
- 二、使用材質不明者，得依最低強度採計。
- 三、事業單位自行繪製之整體組配圖，並註明尺寸者，得予採認。
- 四、得依原設計標準或製造當時之相關標準實施強度計算。
- 五、原始強度計算書不全者，得依事業單位實施桁架、伸臂、搬器等主要結構之強度計算，予以採認。

第 6 條—

- 檢查機構對於事業單位依第四條檢附之書件資料齊全者，於實施檢查時，得依原設計內容審查，並依檢查結果核定既有危險性機械之吊升荷重或積載荷重。
- 事業單位檢附證明資料不齊全者，檢查機構得依其提供之構造明細表、組配圖、強度計算書等相關文件審查，並依檢查結果核定吊升荷重或積載荷重。

第 7 條—

檢查機構對事業單位申請既有危險性機械檢查，應於受理檢查後，將檢查日期通知申請人。

第 8 條—

檢查機構實施既有危險性機械檢查時，雇主或其指派人員應在場，並應事先準備荷重試驗、安定性試驗用荷物及必要之吊掛器具。

第 9 條—

既有危險性機械檢查項目，依危險性機械及設備安全檢查規則所定竣工檢查或使用檢查項目。

第 10 條—

既有危險性機械與建築物間之設置空間不足，如無礙使用安全者，得依下列規定辦理，並註記於相關檢查文件：

- 一、於保養、檢修時，將架空式起重機駛至兩橫樑間加以固定，使屋頂與其人行道間保持一·八公尺以上或於其人行道設置高一·五公尺以上有簷之頂蓬，並於顯著地點懸掛警告標示。
- 二、架空式起重機無法依規定設置人行道時，得改設具有防止人員墜落設施之檢點台。
- 三、升降機之頂部安全距離或機坑深度不足者，得採取維修保養之必要安全設施及措施，並顯著標示。

第 18 條—

- 檢查機構對定期檢查合格之固定式起重機，應於原檢查合格證上簽署，註明使用有效期限，最長為二年。
- 檢查員於實施前項定期檢查後，應填報固定式起重機定期檢查結果報告表，並將定期檢查結果通知雇主。

第 19 條—

事業單位至遲應於既有危險性機械檢查合格證明有效期限屆滿前一個月，依危險性機械及設備安全檢查規則之規定，向檢查機構申請定期檢查。

第 20 條—

本規則自發布日施行。

四、針對 EN 14439 在國內相關法規架構下之妥適性評估

綜合本報告 EN 14439 與我國標準之異同分析之逐條比較結果，可以看到兩方標準關切的重點有大部分相同，例如針對結構強度、安定度、受力的多樣性、制動裝置和安全裝置等，但兩地標準其詳略程度以及制訂的理路不盡相同，「固定式起重機安全檢查構造標準」有 68 條共 28 頁，但除去法律術語方面的條文，與技術相關者有 66 條；業者送審的歐洲標準 EN 14439：2009 則有 7 章共 55 頁，實際上還得加上其所直接或間接引用到的標準(以下統稱 EN 方面)。兩方在篇幅、涵蓋範圍和詳略程度等都有相當明顯的不同，其中有兩方均有提及，雖然理路和詳細程度略有不同，但其制定的邏輯精神相同且在實務應用與安全考量上並無影響的部分，視為可適用；而因訂定的邏輯精神和各自的時空背景等差異，出現部分規定在某一方標準有明確要求，而另一標準沒有觸及的部分則有三種情形：(一) EN 方面比「固定式起重機安全檢查構造標準」完備；(二)「固定式起重機安全檢查構造標準」有提到而 EN 方面缺乏的項目；(三) EN 方面與「固定式起重機安全檢查構造標準」均有提及，但兩方規定內容有較顯著出入。

以上諸類情形所出現的條文/章節彙整於表 32，而兩方標準有差異的三種情形說明於後，至於不需列入比較或不適用於塔式起重機部分則不列入討論。

表 32 「固定式起重機安全檢查構造標準」與 EN 方面異同比較條文/章節彙整簡表

異同類型	「固定式起重機安全檢查構造標準」	EN 方面
EN 方面有完全對應「固定式起重機安全檢查構造標準」或可視為適用	3, 4, 11, 12,13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 30, 32, 33, 34, 35, 37, 40, 41, 43, 44, 46, 47, 48, 59, 60, 61, 62, 65	5.2/EN 14439, FEM 1.001, DIN 15018-1, DIN 15018-2, DIN 5019-1, FEM 1.001, Directive 2006/42/EC, EN 13135, 5.3/EN 14439, EN ISO 12100, 4./EN 14439, 5.4.2.6/EN 14439, 5.4.2.4/EN 14439, EN 60204-32, EN 13135, EN 13557, Directive 73/23/EC, 5.2.2/EN 14439
不需列入比較或不適用於塔式起重機	1, 2, 23, 25, 27, 28, 42, 50, 51, 67, 68	
EN 方面比「固定式起重機安全檢查構造標準」完備	9, 22, 26, 31, 36, 39, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 63, 66	FEM 1.001, 5.2/EN 14439, 5.2.2.4/EN 14439, 5.4.2.6/EN 14439, EN 14492-2, 附錄 A/EN 14439, EN 13411, 5.4.3/EN 14439, EN ISO

		13857, 5.4.2/EN 14439, 5.4.2.5/EN 14439, 5.6.1/EN 14439, 5.6.1.5/EN 14439, 5.6.6/EN14439, 5.6.7/EN 14439, EN 13586, 5.4.4.3/EN 14439, EN 13557, ISO 7752-3, ISO 8566-3, 5.3/EN 14439, EN 13135, ISO 4309, 7.3/EN 14439, ISO 3864, ISO 13200
「固定式起重機安全檢查構造標準」有提到而EN方面缺乏的項目	7, 8, 10, 45, 64	
EN 14439 與「固定式起重機安全檢查構造標準」均有提及，但兩方規定內容有較顯著出入	5, 6, 16, 24, 29, 38, 49, 52	FEM 1.001, 5.2.2.4/EN 14439, EN 13001-3-1

(一) EN 方面比「固定式起重機安全檢查構造標準」完備的部分：

這部分出現的條文在「固定式起重機安全檢查構造標準」的第 9, 22, 26, 31, 36, 39, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 63 和 66 等條文中，以下舉其中較為顯著的例子說明：

- (1) 有關容許疲勞應力及其相關分析，「固定式起重機安全檢查構造標準」僅在第 9 條簡略提到，確認容許疲勞應力值為第 5~8 條規定之容許應力值以下，但 EN 方面則對不同構件均有非常詳細的計算方法及規範，例如不同等級的起重機之起重週期和荷重頻譜，以及疲勞強度的各種因子等。
- (2) 有關結構強度部分，「固定式起重機安全檢查構造標準」僅在第 22 條簡略提到結構部分應具有充分強度及保持防止板材挫曲、變形等妨礙安全使用之剛性，但 EN 方面則有詳細的計算分析規定，除了基本為桿形件之挫屈外，尚包括不同截面構件、平板構件受到軸向/橫向及剪應力下挫屈的分析，以及容許受力的驗證。
- (3) 有關制動器方面，兩方之規定細節略有差異，但總的來說，EN 方面對制動器方面的要求遠較「固定式起重機安全檢查構造標準」詳細而且較嚴格。
- (4) 有關極限限位器與指示裝置方面，「固定式起重機安全檢查構造標準」僅在第 36 條簡略提到具有起伏動作之移動式起重機，應於操作人員易見處，設置伸臂傾斜角之指示裝置，以防止過負荷操作，但在 EN 方面是以一整個

EN 14439 的引用標準(EN 12077-2)詳細規定起重機上各極限限制器與指示裝置。

- (5) 有關警報裝置方面，「固定式起重機安全檢查構造標準」僅在第 39 條簡略提到走行固定式起重機應設電鈴、警鳴器等警報裝置，但 EN 方面對此之相關規定涵蓋層面更廣且非常詳細。
- (6) 第 53~55 條是和攀登梯/階梯的相關條文，這部分 EN 方面有非常詳細的梯子的形態、尺寸和設置等之相關規定，其涵蓋層面更廣且詳細。
- (7) 第 56~58 條是和駕駛室有關的規定，EN 方面稱為控制室 (Control station)，對於控制室的尺寸、視窗、有效逃生艙口孔徑、擋風、溫度和控制訊框等，以及控制裝置及其符號和佈局等，都遠較「固定式起重機安全檢查構造標準」來得詳細。
- (8) 第 63 條是有關鋼索的相關規定，EN 方面亦有相應的相關內容，而對鋼索安全係數的要求不比「固定式起重機安全檢查構造標準」低，較極端的使用狀況其要求的安全係數有可能比「固定式起重機安全檢查構造標準」為高。
- (9) 第 66 條是有關銘牌標示的相關規定，「固定式起重機安全檢查構造標準」僅提到需標示製造者名稱、製造年月和吊升荷重等，但在 EN 方面對於銘牌標示內容則更加詳細，包括製造者或其授權代理的名稱與地址，以及歐盟指令符合性標示如 CE 標誌等、起重機型號...等等，另外需有銘牌將警示與指示清楚標示每個控制站及遙控器上...等等，總的來說，EN 方面對於銘牌標示的規定遠較「固定式起重機安全檢查構造標準」詳細。

(二) 「固定式起重機安全檢查構造標準」有提到而 EN 方面缺乏的項目：

這部分出現的條文在「固定式起重機安全檢查構造標準」的第 7, 8, 10, 45 和 64 等條文中，以下舉其中較為顯著的例子說明：

- (1) 第 7 條是有關焊接連接的容許應力的規定，雖然 EN 方面大致符合，但沒有提及經放射檢查合格可提升容許應力的選項；
- (2) 第 8 條提及前條但書規定之材料使用規定，但這部分在 EN 方面並無述及此但書中所提的耐蝕鋁合金材料；
- (3) EN 方面並無如第 10 條對結構部分使用各種木材時之木材纖維方向之各種容許應力值及容許挫曲應力值之計算公式；

(4) 雖然 EN 方面大致符合第 45 條所提之操作人員於地面上操作時其操作用開關器的相關規定，但在細節上沒有第二項和第四項的相應規定。

(5) EN 方面沒有第 64 條有關吊鏈及滾子鏈條方面的規定。

(三) EN 方面與「固定式起重機安全檢查構造標準」均有提及，但兩方規定內容有較顯著出入：

這部分出現的條文在「固定式起重機安全檢查構造標準」的第 5, 6, 16, 24, 29, 38, 49, 52 等條文中，以下舉其中較為顯著的例子說明：

(1) 第 5 條是容許應力的相關規定，此條與 EN 方面對容許應力的規定，其相同處是容許應力的界定的邏輯理念一樣，其相異處則在「固定式起重機安全檢查構造標準」是針對降伏與拉伸強度兩者的一定比例取其小者，而 EN 方面則僅針對拉伸強度定義。另各安全因子的細節也針對載荷狀況而分別要求，另外再加上計算應力再放大若干再與容許應力進行比較，總的來說 EN 方面所取的安全因子較高。

(2) 第 6 條談的是挫曲容許應力，EN 方面雖無如「固定式起重機安全檢查構造標準」般提到詳細的容許挫曲應力，但針對彈性穩定性之確認，其中包括構件在壓縮施力下挫屈的分析，對細長桿件的挫屈，是採用歐拉臨界挫屈負載公式來計算，其基本原理與「固定式起重機安全檢查構造標準」本條相若。另外，EN 方面尚包括不同截面構件、平板構件受到軸向/橫向及剪應力下挫屈的分析，以及容許受力的驗證。

(3) 第 16 條是有關「風荷重」之計算規定和公式，兩方標準對風載荷的計算方式不相同，難以直接比較，但可以確定 EN 方面對風載荷有相當嚴肅的看待。另值得指出的是 EN 方面尚規定如環境有需求，應把下雪、積冰及溫度變化引起的載荷也納入考量，這是「固定式起重機安全檢查構造標準」所無。

(4) 第 24 條是起重機之安定度計算規定，EN 方面與「固定式起重機安全檢查構造標準」對穩定性的要求在邏輯理路上雖大略相似，但計算方式各自不同，因此無法直接一一進行對比式比較，也無從比較何者較為保守，但就涵蓋範圍來說，EN 方面則更廣且詳細。

(5) 第 29 條談的是以鋼索供作吊升裝置時，其捲胴、槽輪或平衡輪之節圓直徑與鋼索直徑比之規定和計算公式，EN 14439 本身條文沒有對吊升裝置項目，但其引用標準對滑輪、捲胴或補償滑輪的捲繞直徑和鋼索的標稱直徑

之關係亦有其規定，兩方標準之主要差異在於 EN 方面是以其使用狀況來規定，而「固定式起重機安全檢查構造標準」則據鋼索構造來規定。

- (6) 第 38 條是有關防護之規定，EN 方面條文的各式防護和各活動構件的相關規定，在性質上比「固定式起重機安全檢查構造標準」周詳，但沒有如本條定量的要求強度能承受九十公斤之負荷。
- (7) 第 49 條是針對兩部以上之起重機並置於同一軌道上時的防撞相關規定，EN 14439 為塔式起重機標準，並無此情形。但有關碰撞的防止方面，EN 方面仍考慮與其它附近塔式起重機或障礙物產生碰撞的風險，總的來說，EN 方面對於防撞有較完整的規範和要求。
- (8) 第 52 條是有關走道的相關規定，總的來說，EN 方面在走道部分的規定更為詳細，但其中的尺寸部分，前者規定走道寬度應為四十公分以上，EN 方面則是二十三公分以上，但另有規定須視使用頻率、需攜帶的設備或工具、覆蓋的垂直距離和使用性質等而定，這在實務上較具彈性；在扶手/欄杆高度方面，前者規定為九十公分以上，EN 方面則規定走道兩側均應配備側面防護裝置以防止墜落，但沒有無高度規定。

對於以上第一種情況，因 EN 方面較為完備，而且接受這些規定不會有抵觸「固定式起重機安全檢查構造標準」之疑慮，所以接受 EN 14439 標準應不致有太大的不良影響，建議可予接受。

對於第二種情況，部份 EN 14439 所缺的為數不多，大多為不嚴重影響結構安全和穩定性或操作安全的部分，就這些缺少的項目，建議可考量附加額外的條款，則可以更嚴謹地避免在相關設備要求上的安全漏洞。

對於第三種情況，兩個標準對相同的項目作出不同的規定，一般是分析的理路有所差異，建議裁量的依據可考量其分析理路是否合理與完整，同時其規定是否有足夠的配套措施以保障安全。

有關適用範圍方面，整個來說，因 EN 14439 等於是「固定式起重機安全檢查構造標準」的一個子集，不會有扞格的問題。而明顯非屬塔式起重機之條文(參見表 31.)，則應可考慮排除。

五、 結論與建議

以「固定式起重機安全檢查構造標準」逐條檢視 EN 14439 尋求是否有相應的規定，整理出我國固定式起重機標準與歐盟 EN 14439 塔式起重機標準的異同點可分為三類：

第一類為 EN 14439 比「固定式起重機安全檢查構造標準」完備的部分，這些部分不管「固定式起重機安全檢查構造標準」缺乏，或「固定式起重機安全檢查構造標準」有提及但不夠具體及缺乏細節；此部分的出入，接受 EN 14439 應不致有太大的不良影響，建議可予接受。

第二類為「固定式起重機安全檢查構造標準」有提到而 EN 14439 缺乏的項目，若其所缺乏者不會造成安全上的漏洞，或是在 EN 相關指令及標準群中已有明確規範的精神而未在 EN 14439 中形諸具體文字，則建議可與接受；反之，可考量附加額外的條款，以避免在相關設備要求上的漏洞。

第三類為 EN 14439 與「固定式起重機安全檢查構造標準」均有提及，而兩者之規定有所出入，建議裁量的依據可考量其分析理路是否合理與完整，同時其規定是否有足夠的配套措施以保障安全。進一步而言，如果是我國標準比 EN 14439 嚴格，則可從學理上考慮，例如從力學上的考量，並無明顯的安全疑慮，則可允予接受。另外一種情況是兩方敘述理路不盡相同，但比較兩方文字文義乃相符者，則可允予接受，或是有條件的接受，例如針對 EN 14439 和我國標準規定出入的部份請業者提出說明或其他措施。

有關塔式起重機的檢查實務部分，如本報告所列舉之我國與歐美塔式起重機檢查實務現況來看，雖然兩方在檢查實務的制訂上明顯各有其不同的法律條文依據，但歐美在有關這方面的實務檢查規定和技術項目的詳細程度，並不亞於我國有關固定式起重機方面的實務檢查現況。

附錄

1. EN 14439:2009
2. 固定式起重機安全檢查構造標準
3. C6426 起重機鋼結構部分之計算標準
4. 危險性機械及設備安全檢查規則
5. 既有危險性機械及設備安全檢查規則
6. 固定式起重機明細表
7. 固定式起重機重新、變更及既有固定式起重機檢查結果報告表
8. 固定式起重機既有、重新、變更檢查結果及會談紀錄

參考文獻

1. EN ISO 12100-1:2003, Safety of machinery — Basic concepts, general principles for design — Part 1: Basic terminology, methodology (ISO 12100-1:2003)
2. EN ISO 12100-2:2003, Safety of machinery — Basic concepts, general principles for design — Part 2: Technical principles (ISO 12100-2:2003)
3. FEM 1.001:1998 (All parts), Rules for the design of hoisting appliances (3rd edition). FEM, Fédération Européenne de la Manutention,
https://en.wikipedia.org/wiki/European_Materials_Handling_Federation
4. DIN 15018-1, Cranes — Steel structures — Verification and analyses
5. DIN 15018-2, Cranes — Steel structures — Principles of design and construction
6. DIN 15019-1, Cranes — Stability for all cranes except non-rail mounted mobile cranes and except floating cranes
7. EN 13001-1:2004+A1:2009, Cranes — General design — Part 1: General principles and requirements
8. EN 13001-2:2004+A3:2009, Cranes safety — General design — Part 2: Load effects
9. EN 13001-3-1:2010, Cranes — General design — Part 3-1: Limit states and proof competence of steel structure
10. EN 13001-3-2: Cranes — General design — Part 3-2: Limit states and proof of competence of wire ropes in reeving systems
11. EN 13001-3-3: Limit states and proof of competence of wheel/rail contacts
12. EN 13001-3-4: Limit states and proof of competence of machinery
13. EN 13001-3-5: Limit states and proof of competence of forged hooks
14. EN 60204-32:1998, Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 32: Requirements for hoisting machines (IEC 60204-32:1998)
15. EN 13135-1:2003, Cranes — Safety — Design — Requirements for equipment — Part 1: Electrotechnical equipment (本標準已廢止，為 EN 13135 所取代)
16. EN 13135-2:2004, Cranes — Equipment — Part 2: Non-electrotechnical equipment (本標準已廢止，為 EN 13135 所取代)
17. EN 13135:2013, Crane—Safety—Design—Requirements for equipment.
18. EN 13557:2003, Cranes — Controls and control stations.
19. EN 12077-2:1998, Cranes safety — Requirements for health and safety — Part 2: Limiting and indicating devices
20. EN ISO 11688-1:1998, Acoustics — Recommended practice for the design of low-noise machinery and equipment — Part 1: Planning (ISO/TR 11688-1:1995)
21. EN ISO 11688-2, Acoustics — Recommended practice for the design of low-noise machinery and equipment — Part 2: Introduction to the physics of low-noise design

(ISO/TR 11688-2:1998)

22. 固定式起重機安全檢查構造標準,
<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=N0070022>
23. Directive 2006/42/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006 on machinery, and amending Directive 95/16/EC, 2009.
24. EN 14492-2, Cranes — Power driven winches and hoists — Part 2: Power driven hoists.
25. EN 13135:2013, Cranes - Safety - Design - Requirements for equipment.
26. EN 13411-1, Terminations for steel wire ropes — Safety — Part 1: Thimbles for steel wire rope slings.
27. EN 13411-3, Terminations for steel wire ropes — Safety — Part 3: Ferrules and ferrule-securing.
28. EN 13411-4, Terminations for steel wire ropes — Safety — Part 4: Metal and resin socketing.
29. EN 13411-6, Terminations for steel wire ropes — Safety — Part 6: Asymmetric wedge socket.
30. EN ISO 12100-1:2003, Safety of machinery — Basic concepts, general principles for design — Part 1: Basic terminology, methodology (ISO 12100-1:2003).
31. EN ISO 12100-2:2003, Safety of machinery — Basic concepts, general principles for design — Part 2: Technical principles (ISO 12100-2:2003).
32. ISO 14121-1:2007 Safety of machinery — Risk assessment — Part 1: Principles.
33. ISO 12100:2010, Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction, International Organization for Standardization.
34. EN 12077-2:1998, Cranes safety — Requirements for health and safety — Part 2: Limiting and indicating devices.
35. EN ISO 13857:2019 Safety of machinery — Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs.
36. EN 60204-32 Safety of machinery —Electrical equipment of machines-Part 32: Requirements for hoisting machines.
37. FEM 1.003, Tower cranes — Graphical symbols. Fédération Européenne de la Manutention.
38. EN 13557:2003, Cranes — Control and control stations.
39. ISO 3864-1:2011 Part 1: Design principles for safety signs and safety markings.
40. ISO 3864-2:2016 Part 2: Design principles for product safety labels.
41. ISO 3864-3:2012 Part 3: Design principles for graphical symbols for use in safety signs.
42. ISO 3864-4:2011 Part 4: Colorimetric and photometric properties of safety sign materials.
43. ISO 13200, Cranes — Safety signs and hazard pictorials — General principles.
44. Council Directive 73/23/EEC of 19 February 1973 on the harmonization of the laws of

- Member States relating to electrical equipment designed for use within certain voltage limits. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A31973L0023>.
45. 劉國青,固定式起重機防止逸走裝置研究 - 勞動部,
https://labor-elearning.mol.gov.tw/base/10001/door/報告區/830_ILOSH103-S308_固定式起重機防止逸走裝置研究.pdf.
46. EN 13586:2004, Cranes — Access.
47. ISO 7752-3, Cranes — Controls — Layout and characteristics — Part 3: Tower cranes.
48. ISO 8566-3, Cranes — Cabins — Part 3: Tower cranes.
49. ISO 4309, Cranes — Wire ropes — Care and maintenance, inspection and discard.
50. ASME B30 family of standards,
<https://blog.ansi.org/2019/01/asme-b30-volumes-safety-standard-lifting/>.
51. ASME B30.3-2019 Tower Cranes, The American Society of Mechanical Engineers.
52. ASME B30.29-2018 Self-Erecting Tower Cranes, The American Society of Mechanical Engineers.
53. 29 CFR 1910, Occupational Safety and Health Standards.
<https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910>.
54. 29 CFR 1926., SAFETY AND HEALTH REGULATIONS FOR CONSTRUCTION.
<https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1926>.
55. 29 CFR 1915, OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH STANDARDS FOR SHIPYARD EMPLOYMENT.
<https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1915>.
56. 29 CFR 1917, MARINE TERMINALS.
<https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1917>.
57. 29 CFR 1918, SAFETY AND HEALTH REGULATIONS FOR LONGSHORING.
<https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1918>.
58. 29 CFR 1919, GEAR CERTIFICATION.
<https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1919/>.
59. 29 CFR 1926 subpart CC, Cranes and Derricks in Construction.
<https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1926/1926SubpartCC>.
60. 29 CFR 1926.1435 - Tower cranes.
<https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1926/1926.1435>.
61. <https://www.osha.gov/html/RAmap.html>.
62. https://www1.nyc.gov/assets/buildings/pdf/crane_tech_working_group_report.pdf.
63. 29 CFR 1926.1412- Inspections.
<https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1926/1926.1412>.
64. 29 CFR 1926.1401-Definitions.
<https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1926/1926.1401>.
65. Training Requirements in OSHA Standards, Occupational Safety and Health Administration, U.S. Department of Labor.

- <https://www.osha.gov/Publications/osh2254.pdf>
66. The National Commission for the Certification of Crane Operators,
<http://nccco.org/nccco/certification-programs/crane-inspector>
 67. North American Crane Bureau Group, <https://www.cranesafe.com/>
 68. Crane Inspection & Certification Bureau, <http://www.cicb.com/>
 69. Heavy Equipment Services Company, <http://www.hescocrane.com/>
 70. <http://www.thomasnet.com/eastern-pennsylvania/crane-inspection-certification-services-20682308-1.html>
 71. <http://www.brodekcrane.com/>
 72. EN 12077-2:1998, Cranes safety — Requirements for health and safety — Part 2: Limiting and indicating devices
 73. EN 12644-1:2001, Cranes — Information for use and testing — Part 1: Instructions.
 74. EN 12644-2, Cranes - Information for use and testing Part 2 : Marking.
 75. EN 61310-1:2008 — Safety of machinery - Indication, marking and actuation - Part 1: Requirements for visual, acoustic and tactile signals
 76. FEM 5.004, Rules for calculation of steel structures of mobile cranes for general use.
 77. EN 13000 : 2010, Cranes - Mobile cranes.
 78. Directive 2009/104/EC of the European Parliament and of the Council of September 16, 2009 Concerning the Minimum Safety and Health Requirements for the Use of Work Equipment by Workers at Work.
 79. GREAT BRITAIN. The Provision and Use of Work Equipment Regulations 1998. London: The Stationery Office.
 80. GREAT BRITAIN. The Lifting Operations and Lifting Equipment Regulations 1998. London: The Stationery Office.
 81. ISO 9927-1:2013, Cranes -- Inspections -- Part 1: General.
 82. ISO 9927-3:2019, Cranes -- Inspections -- Part 3: Tower cranes.
 83. BS 7121-2-5 : 2012 Code of practice for the safe use of cranes. Inspection, maintenance and thorough examination. Tower cranes. <https://doi.org/10.3403/30259757U>.
 84. <https://www.cpa.uk.net/special-interest-groups/tower-crane-interest-group>.
 85. <https://www.cpa.uk.net/safety-and-technical-publications/tower-crane-guidance/tcig-technical-information-notes>.
 86. Maintenance, Inspection and Thorough Examination of Tower Cranes, TCIG-0801, 2008. <https://www.cpa.uk.net/downloads/73/CPA-TCIG-0801-Maintenance-Inspection-and-Thorough-Examination-of-Tower-Cranes.pdf>.
 87. 英國 Health and Safety at Work etc. Act 1974, <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/1974/37/contents>.
 88. EU-OSHA , <https://osha.europa.eu/en>.
 89. Non Binding Guidance to Ensure a Minimum Standard of Competence of Persons. Who Carry out Periodic and Assembly Examinations of Tower and Mobile Cranes,

Doc.1598_01_EN, Doc.1598_01_EN,

https://circabc.europa.eu/sd/a/660a48f0-7465-4e9b-bfb4-f0ab81562a37/Doc.1598_Guidance%20for%20examiners%20of%20tower%20and%20mobile%20cranes_EN.pdf

90. ISO 23814: 2009 – Cranes – Competency requirements for crane inspectors.
91. 「勞動檢查法」，<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=N0070001>
92. 「職業安全衛生法」，<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=N0060001>
93. 「危險性機械及設備安全檢查規則」，
<https://laws.mol.gov.tw/FLAW/FLAWDAT01.aspx?id=FL015054>
94. 「既有危險性機械及設備安全檢查規則」，
<https://laws.mol.gov.tw/FLAW/FLAWDAT0202.aspx?id=FL038138>