

應用新科技

機械設計建築土木工程人員適用

整廠輸出重要設計之一環

重機械及精密機器基礎 設計及安裝

澤 渴 作 雄 著
賴 耿 陽 譯 著



SEU 41085449

復漢出版社印行

應用新科技

機械設計建築土木工程人員適用

整廠輸出重要設計之一環

重機械及精密機器基礎 設計及安裝

澤 鴻 作 雄 著
賴 耿 陽 譯 著

TH122
1230

TH1230



WITHDRAWN

復漢出版社印行



THE HONG KONG POLYTECHNIC

中華民國七十三年八月出版

重機械及
精密機器
基礎的設計及安裝

版權所有
翻印必究

B 平裝 三〇〇元
精裝 三三〇元

原著者：澤 澗 作 雄

譯著者：賴 以

出版者：復 漢 出 版 社 修

地址：台南市德光街六五一號
郵政劃撥三一五九一號

發行人：沈 岳 林

印刷者：國 發 印 刷 廠

本社業經行政院新聞局核准登記局版台業字第〇四〇二號

第4版序言

設置重量・重要・高性能的機械時，其機械基礎與裝設的研討如何重要，實不必再冗談其重要性。

首版的「機械基礎的設計與裝設」距今已 23 年，改訂 3 版也渡過 8 年有半的歲月，初版之序中談到「任何機械若忽視機械基礎與裝設，則談不上精度性能」，如今更須考察「如何防止公害」，令人感到時代的推移，此期間博得衆多的讀者，並蒙賜諸多質問、叱正、指教、鼓勵，更加認識到機械基礎的設計與裝設如何重要，以及設計者的苦心。

改訂 3 版後的 8 年多歲月中，對於機械基礎和裝設，未見須變更或取代的新理論報告，但有各種研究報告或實驗報告發表，筆者本身也得若干研究結果，深感機械基礎與裝設的進展。

改訂 4 版時，體系本身與舊版差不多，但介紹新發表的重要報告，也補記筆者研究室的研究結果若干項目，還追錄實際的基礎例，力求充實，使成更充分實用的參考書。

著者 澤瀉作雄
相模工業大學工學部教授
工學博士
譯者 賴耿陽

1978年元月25日

目 次

第 1 篇	概論	i
第 1 章	引言	1
第 2 章	機械的定義與地基的關係	1
第 3 章	機械設備的注意事項	3
第 4 章	機械基礎與裝設的定義	5
第 2 篇	基礎的靜性設計	7
第 1 章	機械基礎必要的要素	7
第 2 章	基礎的耐壓性與剛性	8
第 3 章	基礎的下沉	9
§ 1	打樁法	17
§ 2	樁的支持力	18
§ 3	土壤的彈性係數	25
第 4 章	基礎的安定性	25
§ 1	一般的計算法	25
§ 2	特殊場合的計算法	37
第 5 章	基礎的翻覆性	47
§ 1	簡易柱起重機基礎的翻覆	47
§ 2	皮帶產生的拉張力	50
§ 3	繩索產生的拉張力	51
§ 4	齒輪產生的推力	51
§ 5	金屬切削用工作母機切削阻力所致的荷重	52
§ 6	作用於往復運動機械基礎的荷重	52
§ 7	周期性作用力施於基礎的靜性荷重	58
§ 8	龍門刨床的滑動力	59
§ 9	鍛造機作用於基礎的荷重	62
§ 10	礦山用卷上機、昇	

降機用卷上機等作	用於基礎的荷重...	65
第6章 基礎的滑動.....		68
第7章 基礎的旋轉滑動.....		70
§ 1 一般的考察.....	旋轉力.....	70 77
§ 2 摩擦式壓機所致的		
第8章 基礎的浮動性.....		80
第9章 基礎本身的破裂.....		83
§ 1 簡單梁的強度.....	機の走行軌用基礎	83
§ 2 大形橋形走行起重	的強度.....	87
第10章 基礎的防音性.....		90
第11章 其他事項.....		91
§ 1 基礎施工完了後到	§ 2 薄膠泥.....	91
機械裝設作業的餘	§ 3 機械裝設方案.....	92
裕時間.....	§ 4 基礎的基準.....	91 92
第3篇 振動，防振及基礎的動性設計.....		95
第1章 振動概論.....		95
第2章 不計減衰時的防振理論.....		96
§ 1 振動的形式.....	統の場合.....	96 107
§ 2 力作用於無減衰的	§ 5 位移作用於在2平	
1自由度系統的場	面對稱的多自由度	
合.....	系統的場合.....	97 110
§ 3 位移作用於無減衰	§ 6 有2個對稱面的系	
的1自由度系統的	統的自由振動數...	111
場合.....	§ 7 防振材傾斜的支持	99
§ 4 力作用於在2平面	方法.....	112
對稱的多自由度系		
第3章 考慮減衰時的防振理論.....		114
§ 1 1自由度系統的減	所致的減衰強制振	
衰自由振動.....	動.....	114 117
§ 2 1自由度系統的力所	§ 3 1自由度系位移所	

	致的強制振動.....118	§ 4	防振計算的圖表...121
第 4 章	機械基礎與振動的關係.....123		
第 5 章	振動絕緣物的適用.....136		
第 6 章	架梁的設計.....145		
§ 1	自由振動數與動性		急停止時等的問題149
	考察.....145	§ 3	架梁基礎的計算...150
§ 2	熱、彎曲、收縮、	§ 4	簡化的共振振動數
			計算法.....159
第 7 章	發振的原因與振動的性質.....161		
第 8 章	往復運動機械的基礎的振動與設計.....166		
§ 1	水平振動.....167	§ 2	上下振動.....172
第 9 章	地盤的下沉、土壤的力學特性與適用上的注意事項...178		
§ 1	地盤的下沉.....178	§ 3	土壤上基礎的振動188
§ 2	土壤的動性特性...178		
第 10 章	旋轉機的基礎設計與振動.....189		
§ 1	高速旋轉機基礎...189		法.....191
§ 2	低速旋轉機基礎...190	§ 4	裝設電動機的實驗
§ 3	基礎的振動及防振		考察.....195
第 11 章	機械振動與基礎重量的關係.....198		
§ 1	基礎重量的簡單計	§ 2	基礎重量的補正...200
	畫法.....198		
第 12 章	衝擊力作用的振動.....206		
§ 1	鎚基礎的力學機構206	§ 3	基礎的振動.....210
§ 2	墊塊的振動.....207		
第 13 章	振動傳達的防止裝置.....216		
第 14 章	防振材料.....222		
§ 1	各種防振材料的特	§ 4	螺旋彈簧的挫曲...247
	性.....222	§ 5	螺旋彈簧的激變...249
§ 2	防振橡膠.....227	§ 6	疊板彈簧.....250
§ 3	金屬製螺旋彈簧...235		
第 15 章	機械振動的判定基準.....255		

第 16 章	振動公害	258
第 4 篇	基礎附帶物的設計	260
第 1 章	機械用一般基礎螺栓的設計	260
§ 1	概說	260
§ 2	基礎螺栓的形式	260
§ 3	基礎螺栓的各部尺寸	261
§ 4	基礎螺栓的容許應力	271
§ 5	基礎螺栓的鎖緊	273
第 2 章	固着的基礎螺栓與可卸下的基礎螺栓	274
第 3 章	特殊基礎螺栓	275
§ 1	有四角柄的基礎螺栓	275
§ 2	楔形基礎螺栓	277
§ 3	擴張形固定具	278
§ 4	擴張形基礎螺栓	278
§ 5	平面螺栓止動錨	279
§ 6	木螺釘	280
§ 7	舊基礎的基礎螺栓延伸法	283
§ 8	側面的固定方法	285
第 4 章	大形基礎螺栓的處理裝置	285
第 5 章	錨鐵及錨板的設計	287
§ 1	錨鐵及錨板的實例	288
§ 2	錨板的設計	290
第 6 章	基礎螺栓用筐的設計及使用例	298
第 7 章	水平塊、楔及千斤頂	300
第 8 章	其他的附帶物	303
第 5 篇	各種機械的基礎設計及裝設例	307
第 1 章	往復運動的機械基礎例	307
§ 1	各種設計方法之例	307
§ 2	蒸氣機基礎之例	315
§ 3	內燃機基礎之例	324
§ 4	空氣壓縮機基礎之例	326
第 2 章	電動機與發電機基礎之例	327
第 3 章	大形電動機與發電機的裝設方法例	332
第 4 章	蒸氣鍋爐基礎之例	335
第 5 章	水車基礎之例	341

第 6 章	蒸氣輪機基礎之例.....	343
第 7 章	鍛造機械基礎之例.....	349
§ 1	視同半剛體之衝撞 的理論.....	349
§ 2	視同振動現象的理 論.....	356
§ 3	打擊鍛造用鏈基礎 設計上的關連事項	361
§ 4	設計例.....	370
第 8 章	起重機基礎之例.....	380
§ 1	固定起重機基礎... 移動路用基礎.....	381 383
§ 2	移動橋形起重機的	
第 9 章	大形(車輪)車床的基礎設計例.....	394
§ 1	基礎施工的指示書及 及規範書之例.....	394
§ 2	大形(車輪)車床 的基礎設計.....	399
第 10 章	龍門刨床的基礎設計.....	417
§ 1	以後的基礎例..... 計例.....	417 420
§ 2	龍門刨床基礎的設	
第 11 章	豎形搪床的基礎設計例.....	436
第 12 章	其他切削研磨用工作母機的基礎例.....	439
第 13 章	其他機械的基礎例.....	442
第 14 章	機械基礎不是固定物時的安裝.....	445

第 6 篇 機械基礎設計與機械裝設的注意事項.....448

第 1 章	機械配置.....	448
第 2 章	機械的裝設高度.....	450
第 3 章	機械的裝設面積.....	452
第 4 章	離柱或壁等的間隔.....	454
第 5 章	屋外機械的基礎設計的參考事項.....	454
第 6 章	其他事項.....	459
§ 1	恆溫室..... 間與通路用空間...	460 460
§ 2	基礎內的作業用空	
§ 3	其他.....	460
第 7 章	法令與規程.....	461

第1篇 概 論

第1章 引 言

近世隨著機械工業的發達——亦即高度設計技術與製作技術的發達，已製作很多有高精密度的大形重量機械，但這只是機械本身的完成，並不等於發揮機械的全部機能；機械須經設置、運轉、利用，才能發揮機能，因而機械的設備方式、地基的設計、裝設方法等對機械機能的影響甚大，甚至使機械無法使用，這常見於壓縮機、鍛造機或輪機等。

但是，機械設備方式——特別是地基設計、裝設方法雖屬重要部門，機械種類却很多，設置方法也多種多樣，物理數學的處理不只需要困難的實驗，土地的地基究竟屬於土木部門或機械部門，也混淆不清，理論體系也有很多未研究、未實驗的範圍，有關資料也少；機械製作者只管機械本身的設計製作，很少理會地基設計。

究明這些重要而又三不管的部門，使各機械充分發揮機能，實是機械技術者，土木技術者責無旁貸的要務。

第2章 機械的定義與地基的關係

機械的範圍很廣，機械的定義，分類並非易事，因而雖總稱機械的裝設，却也千差萬別，很難一概而論，只好依類似形分類，藉而討論裝設、地基，但是，機械很難正確定義，一支棒用為槓桿時也是機械，但這又不同於社會印象中的機械，所以在此只依平常的常識解釋機械。

這些機械的分類方式也不簡單，可依形式、用途、目的等區別，但也不是完全的分類法，若隨便分類，實無意義，日本機械學會曾依據機械工學年鑑的分類法分類如下：

- | | | |
|------------|------------|-----------|
| 1 精密機械（器具） | 2 製鋼機械及熔接機 | 3 蒸氣原動機 |
| 4 內燃機 | 5 航空機 | 6 汽車 |
| 7 鐵道及車輛 | 8 船舶 | 9 水力機械 |
| 10 工作母機 | 11 壓縮機及送風機 | 12 暖氣及冷氣機 |
| 13 載重及運搬機械 | 14 礦山用 | 15 農業用機械 |
| 16 土木用機械 | 17 紡織工業用機械 | 18 化學機械 |
| 19 製造工業用機械 | | |

以上是依機種的分類法，在某些場合極不合理，例如狹義原動機的內燃機是陸上固定用，汽車用、船用及飛機用等都包含於內燃機中，汽車、船舶及飛機也指車體、船體及機體；但本書討論機械的地基及裝設，不適用此種分類法，因為將船用動力機安裝於船體的方法，將航空動力機安裝於機體的方法等實與將工作母機等安裝於地上的方法為同一研究課題；本書研究包括地基設計的機械設置法，所以嚐試下示的分類法。

工廠內配管類的支持用地基在靜力上不大成問題，但動性上要考慮防振，因此，配管類也是機械的一部份。

1 在土地或同等意義者之上，將機械連同地基固定者安裝。

- | | |
|--------------|-------------------|
| (a) 原動機 | 例：陸上固定內燃機，陸上固定電動機 |
| (b) 用其他動力驅動者 | 例：壓縮機、工作母機 |
| (c) 不受動力影響者 | 例：化學機械 |

2 安裝基礎連同機械一起移動的安裝法

- | | |
|--------------|--------------|
| (a) 原動機 | 例：船用動力機，汽車引擎 |
| (b) 用其他動力驅動者 | 例：可搬式空氣壓縮機 |

3 在土地或同等意義者的基礎上使機械移動者

例：架空走行起重機，橋形走行起重機

4 沒有相當於基礎者 例：可搬式精密器具

可作成一覽表如下：

(1) 沒有基礎者（可搬式機械）

- | | | |
|----------|---|---------------------------|
| (2) 有基礎者 | { | (a) 基礎與機械不固定者（走行起重機） |
| | | (b) 基礎與機 { |
| | | (甲) 基礎固定於土地或同等意義者之上（工作母機） |

械固定者 (乙) 基礎隨機械移動者

(船用動力機)

若用此種分類法，則機械與基礎的關係一目了然，本書主要研究上表中的(a)及(甲)項的機械類的基礎設計及安裝方法（兼慮狹義的安裝法）等與(乙)項的一部份。

第 3 章 機械設備的注意事項

使用機械的目的在高效率、經濟地工作，但大部份的機械是設置（安裝）後使用，若不充分研究設置方法，使機械符合目的使用，則失去使用機械的意義，甚至反而有害；亦即機械機能不能與裝設方法分開，裝設方法的良否直接影響機械效率，製品的良否；表 1-1 是筆者調查機械基礎的新設費用及保養費用，可見金額不少，在經濟上也是重要問題，從衛生或公害看來，特別是伴有激烈振動、噪音的機械會影響近隣

表 1-1 機械基礎費 (%)

$\frac{\text{機械關係費}}{\text{生產費}} = 4.13$				$\frac{\text{機械基礎費}}{\text{機械關係費}} = 6.28$				$\frac{\text{機械基礎費}}{\text{生產費}} = 0.253$			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
3.09	5.05	4.03	5.04	10.79	4.71	5.12	5.02	0.224	0.362	0.225	0.210

$\frac{\text{機械基礎費}}{\text{全工事費}} = 4.06$				$\frac{\text{機械基礎費}}{\text{新品機械價格}} = 9.50^*$				$\frac{\text{機械基礎修理費}}{\text{機械修理費}} = 7.02$			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
6.09	2.83	4.09	3.02	9.32	11.22	10.46	4.12	2.87	5.97	5.13	3.77

註：* 特別大形的工作母機，此值約增 20 %

A = 生產額每年 20 億圓以上 的公司

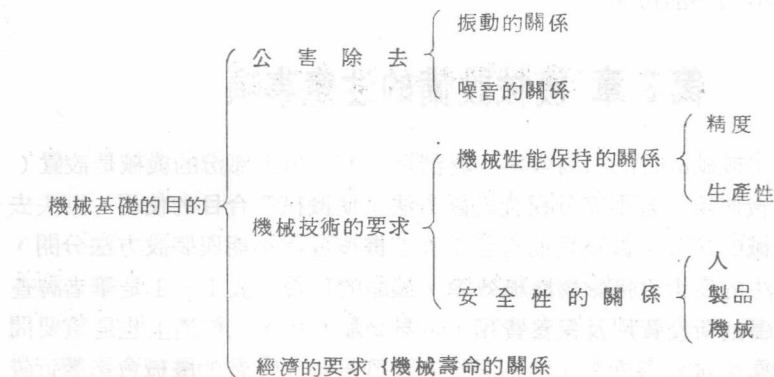
B = 生產額每年 10 億圓以上 20 億圓未滿的公司

C = 生產額每年 1 億圓以上 10 億圓未滿的公司

D = 生產額每年 1 億圓未滿 的公司

，所以要充分考慮防振防音而設計基礎，故須用充分防振的裝設法施工；反之，振動源外在時，基礎設計和安裝法若不能隔絕振動，則達不到使用機械的目的，表 1-2 依此觀念分類基礎的目的。

表 1-2 機械基礎的目的



基礎設計與安裝法的功能如下：

- 1 將機械保持於所需位置及狀態。
- 2 保持機械的精度及壽命。
- 3 防止機械振動，防止傳向外部。
- 4 阻力外部的振動傳向機械。
- 5 達成防音效果。
- 6 容易使用該機械。
- 7 機械容易保養，基礎及裝設的施工容易而費用少。

須採用可達成這些目的的基礎設計、裝設法等。

機械的基礎與裝設及機械使用上的重要因子，此機械的設備方法可從別的觀點分析成下示 4 點：

- 1 機械的選擇
- 2 機械的配置計畫
- 3 機械基礎的設計及施工
- 4 機械的裝設（包含安裝）

任一要素不完善，都會使機械達不成完滿的結果。

1 機械的選擇

選擇某目的用的機械當然要充分研究，要充分檢討機種、形式、容量等事項，須符合目的，但抉擇條件不只要符合使用目的，也要考慮周圍情事——亦即配置計畫上的觀點、機械基礎、安裝場所的條件等。

2 機械的配置計畫

雖然一再強調注意機械的配置計畫，但實際上常等閑視之，本書第6篇第1章會簡述之。

3 機械基礎的設計及施工

機械基礎的設計非常重要，但實際上却常粗雜處置，通常沒有嚴密的基礎設計，特別是有關振動的部份，除了飛機等特殊場合之外，幾乎未加考慮，甚至壓縮機、鍛造機之類也不考慮振動，當然，缺乏解說基礎設計的文獻等也是事實，所以本書將會詳論。

施工上是現場監督比理論重要，故須注意規範書的製作與監督者的人選。

4 機械的裝設

在此所謂的裝設也兼慮狹義的安裝法，機械的基礎者不充分研討而設計施工，必會減低機械的機能；即使基礎充分，若裝設錯誤，則如畫龍未點睛；飛機、船用動力機等更是如此，大大影響動力機的性能，機體或船體的運用，不過，即使是設置於地上的機械，將機械裝設於基礎上也不簡單；若只靜置工作物，似較簡單，但有動性關係的機械、大形重量的機械等兼慮振動等，就很複雜，此時的方法、理論並不簡單，要配合研究裝設，才能完成機械基礎的理論，完成機械設置。

第4章 機械基礎與裝設的定義

機械的基礎常被視同一般工作物，不太受重視。

簡單的工作物——例如小水槽等的基礎常以一般的方法計算地耐力或考慮積雪荷重、風壓荷重、地震時的附加荷重等而進行單純的靜性計算，可見設計的巧拙很影響經濟性，但很少招致工作物本身的失敗，亦即荷重即使相當大，也因是靜性，成不了負荷重，所以設計非常簡單。

但是機械的基礎因機種形式容量及目的紛歧，並不簡單，特別是大

形重量機械中，荷重常在正負間往復，此時，若不詳慮動力學處理，可能破壞基礎，伴有振動的機械須考慮防振；當然要防止機械本身的振動影響機械本身，也要防止機械的振動傳往周圍，防止周圍的振動傳向機械。

以上說明機械基礎甚異於單純工作物的基礎，例如陸上發電機的基礎很顯然是機械基礎，但飛機、船用動力機、汽車引擎的基礎又如何？水管式鍋爐的基礎又如何？

在此將飛機引擎、船用動力機的安裝部都視同基礎，亦即將機械的固定處全視為基礎；機械與基礎間的防振用等襯墊如何使用，用何種鎖緊用螺栓？這些總稱為裝設方法（包含安裝）；但是，架空走行起重機、橋形走行起重機等的基礎、裝設又如何？大形輪機發電機用的架梁基礎等，架梁本身為工作物，（i）是否只土地支持它們的部份才是基礎，（ii）只安裝輪機與發電機的上部平板部為基礎？或（iii）架梁本身及支持它的土地部也包含於基礎？嚴格說來，它們的意義都很籠統，不過，常識上，就走行起重機類而言，走行軌道安裝於地盤或同等意義者的部份為基礎；就架梁基礎而言，（iii）之類輪機與發電機下部的所有部份都是基礎，基礎與走行軌道的安裝、機械與上部平板的安裝等即是機械的裝設法。

第 2 篇 基礎的靜性設計

由於機械種類很多，機械基礎無法一概而論，在此依循第 1 篇第 2 章的分類；一般基礎的設計要考慮地震時的震度或風壓等，但除了特別場合之外，通常機械基礎不考慮它們的影響，所以本書除了特殊場合之外，不考慮它們的影響。

如圖 2-1 所示，基礎的周圍 AB 及 CD 面的土壤填堵牢實時，對基礎的傾倒、旋轉、移動等事項，當然可發揮土壤的支持效果，不過由於(1)周圍的填堵牢實程度不均勻，不易一概而論，(2)其數值計算

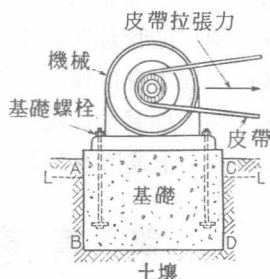


圖 2-1 基礎周圍有支持土壤的機械基礎一例

非常困難，(3)不計其效果較安全等，所以機械基礎的設計計算除了動性設計等特殊場合之外，通常不計地盤對基礎側面的支持效果，本書在靜性設計時採此立場。

第 1 章 機械基礎必要的要素

此處討論的基礎用於設置於土地或同等意義者上之機械，假定機械相對於基礎為靜性，研討此種基礎必要的諸要素，機械基礎必要的主要要素項目如下：

- 1 在機械與地盤或同等意義者之間，充分耐其壓力，而且，擁壁狀部對土壓十分安全者。
- 2 能充分保持機械的精度及機能。
- 3 機械及基礎不下沉（一部份或全體）。
- 4 機械及基礎保持安定性。
- 5 機械及基礎不翻覆。

6. 機械及基礎不滑動。
7. 機械及基礎不旋轉。
8. 機械及基礎沒有浮動性。
9. 基礎本身不破損。
10. 機械與周圍成為振動絕緣。
11. 防音。
12. 使用該機械的作業很安全容易。
13. 機械的管理保養作業很安全容易。
14. 基礎本身的保養作業很安全容易。
15. 施工簡易而費用低。

若不滿足上述所有項目，則不算是優秀的機械基礎。

第2章 基礎的耐壓性與剛性

本篇的機械基礎通常在機械與地盤之間，承受強壓力，不可產生負壓力部份，故須有適此目的的充分耐壓性，亦即這些基礎的目的在將機械確保於所定位置，而且完全保持其精度機能，處於適合目的的使用狀態，所以不可缺乏耐壓性；通常打樁、充填碎石塊或在砂地等上部作成混凝土、鐵骨或鋼筋混凝土或用類似的石樣體構成。

這些基礎物的耐壓力如表2-7所示，那是對靜力的值，有衝擊荷重作用時，要考慮換算的靜荷重。

機械的基礎不只在機械下部支持機械，有時也須耐擁壁的作用，此時，施加於擁壁的主作用土壓 P_a (ton/m)可表成下式：

$$P_a = \frac{K_a}{2} \gamma H^2 \quad (2-1)$$

γ = 土的單位重量 (ton/m³) (表2-12, 表2-15)

H = 擁壁的鉛直高度 (m) (圖2-2)

φ = 土的內部摩擦角 (表2-13, 表2-14)

K_a = 主作用土壓係數 = 式(2-2)