

科學圖書大庫

土木機械之計劃與施工

譯者 龔平章

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

土木機械之計劃與施工

譯者 龔平章

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有

不許翻印

中華民國六十八年八月七日四版

土木機械之計劃與施工

基本定價 1.80

譯者 樊平章 台灣鐵路管理局正工程司

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686號
7815250號

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥帳戶第15795號

承印者 東陞美術印刷有限公司

臺北市德昌街185巷12弄14號
電話：3020420

原 序

人類與動物，特別是與獸類不同，有人認為，人類由兩下肢支持可站立行走。

因人之軀體由兩下肢支持可以行動，使兩隻臂與手可從事於其他較為文明的工作。為分擔手的任務，歷經失敗與犧牲，終於發明了各種不同的道具，如是由其智慧而創造出文化。

土木機械亦包括於人類文化範疇之內，為土木建設施工之手段。

綜合科學的成果，使今日之土木技術，有顯著的進步。尤其最近土木建設機械之發展，與施工方法互為表裡，而日新月異。

在土木施工之領域內，由於引進機械力，及機械化發揮效果，展望未來施工能率，將益形提高。

本書之目的，在使土木技術人員更能接近施工機械；同時有誤識機械將招致危險後果之警告意義，並願藉此使著者本身對土木施工機械問題更為深入。

所有機械在適當之條件下，確能忠實的工作。然而，對機械指明作業條件，以及隨意驅使機械的是人，對於作業條件之認定與機械之運用，皆有賴於人之思考。此種情形，在土木施工技術與土木施工機械方面亦相同，今後土木技術人員對土木機械作業條件之認定，尚待進一步的努力。對於土木機械有充分的認識，始能溝通土木技術人員，土木機械，及施工方法三者間之意見。

現有之土木施工機械，雖不能使熱心之土木技術人員感到滿意，但如能明確的提供改進意見，可望今後土木機械，更能有所進步與發展。

無論土木機械與土木施工技術，皆有賴於經驗之累積，始可提高其信賴性與工作能率。不依賴外力，不以失敗為恥辱，本失敗為成功之母之名訓，繼續努力，將使土木技術，土木機械與施工方法，更為進步。

以有限之篇幅介紹所有有關土木機械必需之知識，已超出著者之能力，倘能由本書領會到土木機械之基本知識，深感欣幸。

本書承列為「鐵路土木叢書」，供淵博之土木技術人員參考，使近代土木施工更為合理化，猶非始料所及。

石川正夫 謹識

一九六九年元月

1969/5/10

目 次

.....	III
第一章 概述	1
1-1 土木施工機械之發展	1
1-2 土木施工機械之效果	2
1-3 土木建設機械及土木建設事業	3
第二章 機械化施工之基本知識	7
2-1 土木工程之性質	7
2-2 土壤分類與性質	7
2-2-1 土粒之大小	8
2-2-2 土之硬度	9
2-2-3 土之膨脹與收縮	12
2-2-4 土及其所含水份	14
2-2-5 土之揉搓	14
2-3 土之壓實	15
2-4 土之通行承耐量	16
2-5 機械能力之分析	17
2-5-1 爬山與人能力之關係	17
2-5-2 機械之原來作業能力	17
3-5-3 限制機械原來具備能力之因素	21
2-5-4 施工作業所必需之動力與作業阻力	29
2-6 力與動力及扭矩	45
第三章 土木工程施工計劃	49
3-1 工程計劃	49
3-1-1 事前調查	49
3-1-2 施工計劃	52
3-1-3 作業效率	53
3-2 土木機械作業能率之計算	55
3-2-1 推土機之作業能率	57

IV

3-2-2	推進機之作業能率	61
3-2-3	碎土機之作業能率	61
3-2-4	曳引機之清場作業能率	64
3-2-5	刮運機之作業能率	64
3-2-6	鏟裝機（裝載機）之作業能率	72
3-2-7	動力鏟之作業能率	74
3-2-8	拖斗挖土機之作業能率	79
3-2-9	鋤土機之作業能率	82
3-2-10	蚌壳挖土機之作業能率	82
3-2-11	傾卸卡車之作業能率	85
3-2-12	壓實機械之作業能率	88
3-2-13	自動平土機之作業能率	90
3-3	機械費用之計算	93
3-3-1	影響工程單價之各項因素	93
3-3-2	機械費用	94
3-3-3	機械折舊費	94
3-3-4	機械修理費	95
3-3-5	機械管理費	96
3-3-6	機械運轉費用	97
3-3-7	其他運轉費用	98
3-4	機械計劃	99
3-4-1	施工條件與機械種別及其能力之適應性	99
3-4-2	機械容量及其經濟性	100
3-4-3	各種機械之配合與能率之關係	100
3-4-4	機械運用計劃	102
第四章	土木工程之管理	105
4-1	工程管理	105
4-2	施工管理	105
4-3	機械管理	107
4-4	工程費用管理	108
4-5	安全管理	109
第五章	土木機械施工	111
5-1	準備工作	111

5-2	挖掘、裝載及運搬	112
5-3	填土與壓實	121
5-4	坡面	122
5-5	軟弱地盤之處理	123
第六章	土木機械概述	125
6-1	機件	125
6-1-1	軸與輪	125
6-1-2	齒輪	125
6-1-3	離合器	126
6-1-4	流體聯結器及液力變速機	127
6-1-5	液壓驅動裝置	130
6-2	引擎	133
6-3	電動機	134
6-4	曳引機類機械	135
6-4-1	曳引機	137
6-4-2	推土機	138
6-4-3	鏟裝機	141
6-4-4	清碴機	145
6-4-5	刮運機	147
6-5	挖掘機械	150
6-6	自動平土機	157
6-7	傾卸卡車	159
6-8	運送機	161
6-9	機車及運土車	163
6-10	起重機械	169
6-11	壓實機械	174
6-12	基礎工程用機械	180
6-12-1	打樁機械	181
6-12-2	混凝土樁用鑿孔機械	184
6-12-3	改良軟弱地盤用機械	187
6-13	混凝土機械	187
6-13-1	水泥輸送裝置	187
6-13-2	配料場	187

6-13-3	混凝土拌合機	188
6-13-4	車載拌合機	190
6-13-5	混凝土泵	191
6-14	空氣壓縮機	191
6-14-1	空氣壓縮機之能力	192
6-14-2	空氣壓縮機之種類與構造型式	193
6-14-3	輸氣管之損失	196
6-14-4	聯用係數	197
6-15	抽水機械.....	199
第七章	土木機械施工之現況與未來	201
參考文獻		207
附表		209
1	推土機主要規格	210
2	牽引式刮運機主要規格	211
3	自動刮運機主要規格	211
4	履帶式鏈裝機主要規格	212
5	車輪式鏈裝機主要規格	213
6	挖掘機械主要規格	214
7	大口徑鑿孔機械規格	216
8	鑽土機規格	217

第一章 概 述

1-1 土木施工機械之發展

坐落於非洲尼羅河下游埃及首府開羅西方沙漠中之金字塔，爲紀元前3000~2500年爲國王及王族所建造之墓，其中最大者，高達150m，基底面積50000 m²。這種龐大建造物係將遠自尼羅河上游採石場開採之石料，裝於木筏上順流而下，利用人力之伸臂起重機 (Jib crane) 起卸上岸後，由大批奴工在事前所建造專爲搬運石料之坡道上，以繩拉棍撬一塊接一塊的堆積而成。這種作業情況，見諸今日尼羅河流域若干古墓內牆壁上描繪當時君主事蹟之壁畫。

在人類歷史中，利用於土木建設工程之動力與其他生產機械相同，以人力與獸力居多，但亦有與水風等力併用之情形。

自從1769年瓦特發明了蒸汽機，1807年富爾敦發明了汽船，及1814年斯蒂芬遜發明了蒸汽機車，海陸交通及生產方面逐漸發展成爲機械化與動力化。

日本使用土木施工機械始自1897年，在淀川、利根川及信濃川等大河改良工程中，曾使用挖泥船 (Dredger)，梯式挖掘機 (Ladder excavator) 及運土車等；又笹子隧道等工程曾使用鑿岩機。

爲了挖掘及裝載土方而輸入土木機械，就鐵路建設言，1912年品川站擴建工程曾使用2部汽鏟 (Steam shovel)。鐵路大規模輸入土木施工機械，始自1922年開工之上越線建設工程。

因時值第一次世界大戰之後，物價及工資不斷上漲，勞力尤感缺乏，遂產生以機械代替勞力之機運，在當事人熱心積極推動之下，由歐美輸入各種不同之機械，爲了便於研究與試驗，工程除已發包者外，其餘陸續改自由辦。

如是除已使用之汽鏟，及架空線集電式與蓄電池式輕便電力機車之外，又使用了當時認爲最新式之鑿岩機，空氣壓縮機，清碴機及碎石機等機械，爲隧道、橋樑及土方等工程在施工方法上帶來一次大的革命，熱心研究機械化施工結果，使施工技術突飛猛進。

自 1926 年起至 1937 年中日戰爭開始，為日本國力急劇膨脹時代，建設新路達到最高潮，清水、丹那及關門海底等長隧道工程，皆使用挖掘與混凝土等機械完成，而當時開始試驗之盾構（Shield 或稱潛盾）法，猶為今日都市再拓展具有代表性施工方法之先驅。

自中日之戰進入珍珠港事變，大規模鐵路建設及改善工程逐漸減少，施工機械化隨之衰退，迨戰局惡化後，不但動力燃料缺乏，配件補充困難，甚至機械之保有維持亦不可能。

戰後復興中，近代新式之土木施工機械，逐漸活躍於農耕土地之整理，以及煤炭與水力發電等能源開發方面。特別是在 1951 年之後，在電源開發方面，鑒於大壩與長隧道等工程儘速完成，始有助於國力之恢復及經濟之復興，遂由美國輸入大批最新式強力之大型施工機械。這批機械不但使原來認為不可能或極其困難之建設工程，在短期內完成，而且使鉅額之投資提前獲得效益。

東海道新幹線完成，縮短了東京大阪間之行車時間為 3 小時，此項鉅大工程之所以能在短短數年內完成，不外乎為施工合理化而使用大批之土木施工機械，及採用若干新技術所產生之新施工方法。此項成果引起了世界技術界重視，並對近代化鐵路之機能又有進一步的認識。

此外，為公路網之加速完成，以及港灣、水利與社區等公共設施之有效發展，尚有賴更新的施工方法之產生與施工機械之使用。

1.2 土木施工機械之效果

現在除規模很小之工程，大部份工程皆使用土木施工機械。利用機械施工稱為機械化施工。在戰後土木建設工程技術革新之中，機械化施工誠為一件最值得記載之大事。

戰後 20 年來，機械化施工發展至目前狀況，其理由主要為一般的觀念改變而有此需求，機械化施工正可充分滿足其需求。

機械原為取代動物及人類之勞力，以節省勞力與時間發展而成。

高度機械化施工為土木機設工程帶來下列各種效益：

- (I) 因施工速度提高可縮短施工時間。
- (II) 因施工能力增大可擴大工程規模。
- (III) 原認為不可能施工之工程，現已不復存在。
- (IV) 可提高工程品質並使其品質均一。

- (V) 節省勞力。
- (VI) 解除直接的重勞動。
- (VII) 增進工程安全。
- (VIII) 減低工程單價。

但在另一方面，由於機械化施工之發展發生有下列各項問題：

- (I) 購置機械及維持，須大量資金及維持費用。
- (II) 力求機械之有效使用。
- (III) 因增添機械致管理業務增多。
- (IV) 駕駛人員之訓練養成與維持。
- (V) 致力於新的機械化。

機械化施工須經常考慮上列各項相互之關係，使機械能合理而有效的使用，藉以達到提高生產及發揮機械化優點之目的。

1-3 土木建設機械及土木建設事業

由於土木建設事業之增加，及土木建設機械之普及，土木建設機械化施工正不斷的加速成長。

實際上，由於土木建設機械之普及，施工方法陸續改變而進步。又因新機械問世，施工方法亦隨之改變，更為適應施工之需要，而有新機械之問世。

如是土木施工方法進步與土木建設機械發展，互為因果。而新機械與新方法之問世，無一不是機械化施工，以改善工程品質，提高施工速度及減低造價為目的。

施工方法與機械之能夠如此發展，乃由於高度合理化之追求，及建設需要激增所使然。

晚近建設需要增加情形，參閱表 1-1 及表 1-2。

表 1-1 各年度建設施工費及建設機械投資之比較

		(單位：億日元)			
年度	1958	1961	1963	1965	1965年與1958年比較
項別	(C)	(D)	(E)	(F)	(F/C)
施工費 (A)	11990	26697	42446	55294	約 4.6
土木	4972	10833	18413	22781	約 4.6
建築	7018	15864	24033	32513	約 4.6

4 土木機械之計劃與施工

建設機械投資額 (B)	2300	4400	12200	15500	約 6.8
機械投資佔施工費之百分比 (B/A)	19%	16.5%	29%	28%	

表 1-2 主要土木建設機械數量及土木建築包商家數

(單位：部)

年 度 項 別	1958 (A)	1961 (B)	1963 (C)	1965 (D)	1965年與1958年比較 (D/A)
推土機	4200	9800	38700	59500	14.2
挖掘機械	1500	4100	20900	18400	12.3
刮運機	500	1100	5300	3600	7.2
裝載機械	1700	5200	12300	29200	17.2
壓實機械	4400	10000	28600	53400	12.2
打樁機	900	3400	12900	17100	19.0
混凝土機械	1300	3500	14000	16400	12.6
瀝青機械	900	1700	3500	3800	4.2
空氣壓縮機			38400	59200	—
傾卸卡車	11500	28200	87100	95800	8.3
土木建築業(家數)	68000	76000	83000	97000	1.4

又各年度土木建設機械生產額及生產數量之統計，見表 1-3 及 1-4。

表 1-3 土木建設機械生產額

(單位：億日元)

年 度 機 械 別	挖 掘 機 械	整 地 機 械	鋪 瀝 青 機 械	混 凝 土 機 械	基 礎 工 程 機 械	履 帶 式 曳 引 機	鑽 孔 機	鑿 岩 機	合 計
1957	32	11	2	24	—	56	12	16	153
1958	34	27	5	24	—	90	12	16	207
1959	55	31	10	28	—	162	14	16	316
1960	103	38	8	39	5	260	19	16	488
1961	195	41	14	56	24	412	19	22	783
1962	170	55	17	67	19	525	17	24	894
1963	186	74	27	93	25	634	16	21	1076
1964	249	67	48	117	25	643	24	22	1195

1965	223	104	43	81	25	555	25	22	1078
1966	333	117	49	112	40	730	35	26	1442

表 1-4 建設機械生產數量

機 別 年 度		挖 掘 機		車 吊	平 土 機 (包括刮運機在內)	夯 土 機	平 滑 輪	膠 壓 輪	鋪 瀝 青 機	混 凝 土 機	(單位：部)		
		機 式	油 壓 式								履帶式曳引機	推土機	鏈裝機
1.2 m ³ 以上	1.2 m ³ 以下			載 式 車									
1957		63	279	25	65	324	236	(輪滾壓機)	169	10463	1078	(包括在推土機之內)	
1958		24	277	35	240	727	616	包括在機滑內	467	10826	1753		
1959		38	513	112	228	1573	780		946	13090	3230		
1960		43	1174	373	219	2238	732		838	20025	4846		
1961		87	1498	1131	232	2759	763		808	22100	7787		
1962		77	1461	987	400	3360	629	299	733	33005	10086		
1963		68	1882	874	577	4183	633	468	987	40890	12858		
1964		67	2383	1214	432	4847	666	465	1170	45131	13440		
1965		80	1258	987	1662	4683	607	530	986	37594	6321	4876	
1966		97	1569	1392	1181	5802	859	890	1392	58261	7746	7993	

6 土木機械之計劃與施工

第二章

機械化施工之基本知識

2-1 土木工程之性質

土木工程之目標，為在規定處所與規定期間內，儘量經濟的造成與設計圖所規定形狀尺寸，及施工說明書所規定品質相符合之構造物。

土木工程之目的構造物，其各部份具有不同之形狀尺寸，分別建造於指定處所，此種情形與一般大量生產形狀品質一定之工業產品不同。

因土木工程主要為室外作業，故其施工方法，因氣候、地形與地質等作業環境，以及作業對象物之條件而異。

為了瞭解及把握住土木工程之性質，對於雨、雪、冰凍及日晒時間等非人力所能改變之自然條件，應作適確之判斷，同時對地形及地質等作業對象物，亦有調查研討之必要。

在土木工程中佔絕大部份，或所有土木工程必包括其在內者，則為土工。

土工作業為一切土木建設工程之基本作業，具備甚多能發揮機械化效果之條件。

土工係指以土壤為材料建造構造物之施工而言，其基本作業包括挖掘、運搬、以及壓實使其穩定等。

土工為土木工程之主要作業，由於施工手段機械化之發展，須瞭解土壤之性質，而促進土壤力學之進步。

造成品質良好之土構造物所用土壤材料須具備之性質，即對載重之變形與承載力，以及穩定強度，為問題中心之所在，現已逐步瞭解填方強度，因其間隙水壓力（Pore water pressure）與土之揉搓（Kneading）而變化，及因壓密而變形等。

2-2 土壤分類與性質

在研討有關土工工程若干問題之前，最重要者，為先瞭解土壤之物理性質。蓋以此種性質對土壤之處理，施工機械之作業能率，作業費用，以及機

械之選擇等，具有直接關係。

土工工程可說是一門有關改變地形之科學。當土被擾動時出現有反抗，其性質隨之變化。此種變化乃基於土之本性，並非化學成份的問題，而屬於物理性質。

在土壤物理性質之中，對土工工程影響最大者之一，為其裝載性。此時所應瞭解之問題，為該土壤容易挖掘到某種程度，或是否易於搬運。此種性質稱為土之裝載性。例如，在自然狀態中之某種土壤，使用鏟刮運搬機械之刮運機（Scraper）鏟刮立即裝載運搬時，該土壤之級配，必須適合使用刮運機鏟刮裝運。又含有適當水份之壤土（Loam），其裝載性良好，至於非使用碎土機（Ripper）砸碎，或炸藥爆破不能挖掘裝運之硬質土或頁岩層，其裝載性却不佳。

儘管對土木機械之種種環境條件已瞭解至目前階段，但對於土壤之裝載性，尚不能以具體的數字表示出來，相信不久的將來可由科學的方法解決。然熟練之監工或機械駕駛員實地觀察後，可依據其經驗對土之裝載性加以判斷。關於土木機械與土壤物理性質之關係，一般認為可根據累積的經驗作相當正確的判斷。

擬訂使用土木機械之工程計劃，及施工時所需有關土壤分類及性質等一般常識，請參閱池田俊雄與室町忠彥合著之路線土質調查（鐵路土木叢書第5卷），該書內有具體而詳細的說明。

2-2-1 - 土粒之大小

土木工程所處理之材料為地球之表面土。岩盤、礫石層、混凝土及大卵石等堅硬者為岩石材料，因處理機械能力之限制，故有鑽孔爆破與砸碎處理之必要。

不屬於岩石材料之土壤，依其顆粒之大小，而有礫石（Gravel），砂（Sand），沉泥（Silt）及粘土（Clay）等之分。

抓把土以手指搓之仔細觀察，即可發現其係由粒徑微小如灰及砂，或粒徑較大之礫石等混合而成，並可分辨出乾土沙沙的，濕土帶有粘性。

土壤為粒徑不同土粒之集合體，各土粒表面及各該土粒間之空隙部份充滿着空氣與水。

土壤依粒徑大小分類，如表2-1所示。

表 2-1 土壤依土粒粒徑分類

粘 土		沉 泥	砂		礫 石	岩
膠 質 土			細 砂	粗 砂	卵 石	
0.0001	0.005	0.05	0.25	2.0	→粒徑 (mm)	

土壤分類有各種不同之表示方法，雖然亦可使用統一土壤分類記號等，但一般爲了方便起見，對構成土壤各混合物予以併稱。例如大部份爲砂含有少量礫石者，稱爲礫質砂；又大量沉泥之中混有少量砂者，稱其爲砂質沉泥。

含有大量粘土與沉泥成份之土壤，具有依其所含水份之多寡，而變成液體，塑性體及固體之性質。

礫石大者稱爲卵石，再大者稱爲岩石。岩石硬度，依其風化程度及有無裂隙等而異。

2-2-2 土之硬度

爲了切實瞭解有關土及岩石硬度之性質，須作各種物理試驗。

關於處於自然狀態中之土與岩石硬度概念的分類，往昔曾大致劃分如表 2-2 所示。

表 2-2 土砂與岩石分類表

種別	級別	代表岩石及砂土	與右欄同一程度之岩石	土質與岩質程度	挖掘難易程度
土	I	粘土及砂	砂質粘土、泥炭層，混有角礫的土砂。	沖積層之粘土等軟質可用於耕種者。泥炭層、風化土層之表土等。	挖掘時易於崩坍。一部份可用鐵鏈挖掘。
		礫石層及砂礫層。	砂礫層，砂層，火山灰，白砂，壤土。	壤土、火山灰及火山粗砂層等之白砂，花崗岩風	可用洋鎬挖掘。開挖邊坡可接近垂直程度