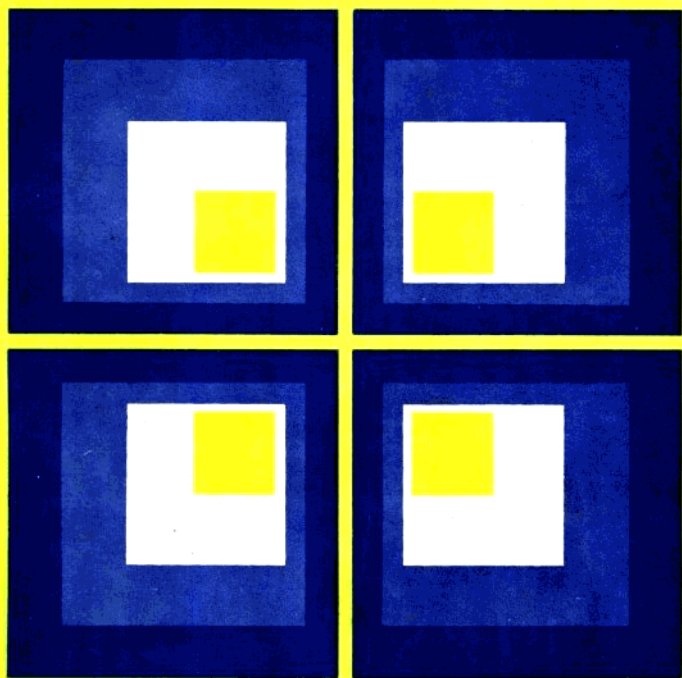


土木施工法

莊長賢 · 楊金在 著



土木施工法 目錄

第一章 總 論

1-1	施工制度	1
1-2	土木工程之特質	4
1-3	施工設備之變遷	5
1-4	施工規模	6
1-5	施工草案	8

第二章 土 工

2-1	概說	11
2-2	土工作業	15
2-3	土石開挖	26
2-4	土石搬運	39
2-5	岩石開挖	45
2-6	機械化土工	48

第三章 砌 磚 工

3-1	概說	53
3-2	疊砌方式	56
3-3	砌磚步驟	60
3-4	磚縫與灰漿	62
3-5	磚工之強度	64

3-6 砌磚時應注意之事項	66
3-7 工料分析	67

第四章 混凝土工

4-1 概說	73
4-2 混凝土之材料與製作	74
4-3 混凝土之性質	78
4-4 混凝土之配合	82
4-5 材料之計量	84
4-6 混凝土之拌合	86
4-7 混凝土之運搬	89
4-8 混凝土之澆灌	92
4-9 混凝土之搗實	94
4-10 混凝土之接縫	96
4-11 混凝土之保養	99
4-12 模板	101
4-13 鋼筋混凝土	102
4-14 鋼網混凝土	104
4-15 預鑄混凝土	105
4-16 預力混凝土	106

第五章 基礎工

5-1 概說	109
5-2 普通基礎工	110
5-3 基礎工之安定與地盤承载力	114
5-4 地盤改良方法	118

5-5 基脚·····	120
5-6 樁基礎·····	125
5-7 沈箱基礎·····	129
5-8 水中基礎·····	134

第六章 涵 渠 工

6-1 概說·····	147
6-2 涵渠工之種類·····	148
6-3 涵 管·····	153
6-4 箱 涵·····	153
6-5 拱(型)涵·····	157
6-6 吸虹工·····	157
6-7 其他涵渠工·····	161

第七章 施工管理

7-1 建設工程與施工管理·····	163
7-2 工程管理·····	167
7-3 進度管理·····	169
7-4 施工計劃·····	178
7-5 品質管理·····	178
7-6 成本管理·····	182
7-7 工程費之估價·····	187
7-8 安全管理·····	192
7-9 財務管理·····	194

參考書目

第一章 總 論

1-1 施工制度

當今正常之施工制度，一般可分為自辦制（又稱點工制）、包工制，及實費計酬制三種，現將其意義及適用場合臚列於后：源溯古代之施工，多屬徵工與奴工，至多不過點工方式，多無契約行為與商業色彩，而目前之施工營造則與之迥異，其企業管理與經濟原理之廣泛應用，乃為其最大特色。

1-1-1 自辦制 (force account system)

工程之實施，由業主 (owner) 或設計者代表業主，辦理購料僱工，直接擔任建造事務，處理全部工程之實施，稱為自辦制。又施工人員與業主之間純屬僱傭關係（政府機關除外），又稱為雇工制，或點工制 (day-labour system)。多在特殊性工程（須要特殊技能）或較精緻之工程，如軍事工程、大壩工程，或紀念性建築物，不易尋覓適當之包工，或不計化費多少，欲提高工程品質時採用之。此制之優點在於：

1. 施工標準可嚴格要求。
2. 適用於預算金額難以估計，或施工期較長、社會經濟情況易動盪，風險較大之工程。
3. 不易尋覓適當之包工，或發包後遭廢約之情況適用之。
4. 包商之利潤可免付，且省去招標與定契約（合同）之麻煩。
5. 遇工程困難時，可為緊急之處置，變更設計亦無契約合同之牽

果。

6. 採用新施工法或使用新式機械較為自由。

其缺點爲：

1. 必需自備施工所需之有關器具與機械設備。

2. 僱工不如承包商之有組織，有訓練及有經驗。

3. 增加甚多人事招募管理，及材料選購管理事務之麻煩，且必須自行處理工程事故。

4. 工費支出常較包工制爲多，據 Abbett R. W. 統計美國46州的53件工程，自辦制較包工制增支工程費18%以上。

5. 業主不諳之工務，則須委託顧問公司，代爲監督、指揮。

1-1-2 包工制 (contract system)

一切僱工、購料，均由營造承包商一手包辦，其執行方式，由業主與承包商雙方訂立契約 (contract) 條款，由營造商在一定期間內，完成一定之工作，業主則給付一定之報酬；是故此制純屬商業行爲，在法律上，是爲承攬關係。包工制之分類可依施工管理或工費支出方式行之；承包工程依施工管理分類，有整批承包制 (general contract system)、分業承包制 (several contract system)、工程分割制 (separate contract system) 三種；依工費支出方式分類，有總價承包制 (total sum contract system) 與單價承包制 (unit contract system) 二種。

1. 整批承包制

係將全部工程交付一家承包施工，關於技術、人員、設備、資金、工期及工程數量全由承包商負責，業主祇簽約一次即可，管理較簡單。名義上與業主訂約之廠商，稱爲大包，故此制又可稱爲大包制。但因實際上之需要，承包商常將部份工程再行轉包，交付小包，小包係第三者祇向訂約之承包商負責，因此業主必須選擇能力較強，

信用卓著之大包，以維護工程品質及避免意外之糾紛。

2. 分業承包制

將全部工程依其專業技術或設備，分別與各專業廠商訂約發包。譬如一項預力橋梁工程，分成橋墩及基礎改善、上部結構（預力橋）、引道、照明、油漆各部份發包予專業化承包商建造。一般複雜龐大之工程多採此法發包。

3. 工程分割制

將全部工程，依其規模大小及施工前後關係，予以適當分割，分期招商訂約發包者。例如電化鐵路工程計劃，可分成基隆—竹南段、竹南—彰化段（山線、海線分開）、彰化—台南、台南—高雄等若干段先後施工。大型水利工程及路工、堤防，多採此制發包。

4. 總價承包制

由各廠商競標，決定其中投標總價最低，或與底價最為接近者，與之訂約交付發包，除變更工程可按實增減工程費外，均不得變更總價，為業主控制工程費預算最為合適之方式。但因無一定之單價標準，每遇工程數量增減時，易有爭執，並造成包商取巧趁機揩油之機會。

5. 單價承包制

依據材料單價及勞力（或機具折舊）合計之面積或體積單價，發包承建工程後，按實做工程數量與合約之單價，給付工程費之方式。單純性工程，如土石方，多採此式，其契約簡單，變更設計時，工程數量之增減不必另訂契約，糾紛較少，但對預算控制難有把握。

1-1-3 實費加報酬制 (cost plus free contract system)

將不包括利潤及管理費之實際工程費，按實由業主負擔，另由業主與承包商約定報酬額，付給廠商之方式，稱為實費加報酬制。所謂實際工程費（實費），一般包括：① 材料費② 勞工費③ 運搬費④ 機

械、工具、儀器設備之使用費及折舊費⑤地皮費⑥水電費等。爲防止包商任用拙匠粗製濫造、濫用與浪費材料起見，應對營造費及外加之報酬最高額，予以適當之限制。如實際工程費與標準建造費相符者，業主付實費之8%作爲報酬，若實費較之低二成者，付實費之16%作爲報酬，提成獎賞。如實費較標準建造費高兩成者，則不給付報酬。其他對於工地佈置、施工步驟、方法、材料之驗收、工程瑕疵等均須事先詳細規定，以杜流弊，並保障業主合理之權益。一般報酬支付方式常用下列二法：

1. 按工程費比率支付報酬：依工程進度，於約定的時期，連同實際工程費及約定比率的報酬，付給承包商者。

2. 定價支付報酬：不論工程進度或完成數量之多寡，按期支付實際工程費及約定報酬額者。

1-2 土木工程之特質

土木工程 (civil engineering) 一詞，乃指藉施工設備與技術於適當區域或空間，將各種天然或人工製成之工程材料，建造成以增進人類生活爲目的之結構物。換言之，其係利用自然界材料及能力，將地球表面土地山川河海以至其上空，予以局部或全面加工改造，藉以增進國家社會福利及提高文化生活程度之工事。若依據英文 civil engineering 字面含義，係民事工程之意，原係與軍事工程 (military engineering) 相對衍生而來。爲國防軍事之需要，舉凡一切興建、製造營運皆囊括之；1761年英人 John Smeaton 鑑於民衆需要，同樣可建造與軍事工程內容相同之道路、橋梁、溝渠、港灣等結構物，特自稱爲土木工程師，自此土木（民事）一詞乃得以確立（十九世紀之後，工業逐漸發達，分工較細，機械、電機、礦冶、化工……等亦相

繼自軍事工程範疇內獨立而變成專門工業)。至於一般所謂之建築工程與土木工程最大之區別，在於後者係一種公益事業（用以增進社會福利及人類生活者），具公開性與地域性之色彩；前者則專指人類居住之房屋，範圍較窄，其目的在於滿足人類物質上需要，及精神上之慾望。

根據土木工程之意義及其涵蓋範圍，計有下列特質：①土木工程係公益事業；②所成之構造物絕大部份係固定於地殼表面不能隨意移動者；③結構物係綜合各行各業，在公開情況下建造；④工程之進行，受地形、地質、天候影響甚大；⑤每項工程均須於期限（合同所契約之日期）內完成，拖延之損失須由承包商自行負責（自辦工程除外）；⑥施工之危險性及整個工程所冒之風險較之其他工程為大；⑦為期工程之順利完成必須聚集各類熟練技工，方能確保工程之良好品質；且須輔以適當之施工管理，方可達到工程經濟之目的；⑧施工設備（機械）品目、型號繁多，須審慎選擇，並加以有效利用。

1-3 施工設備之變遷

處於當今之二十一世紀，科學進步一日千里，舉凡建材工業、運輸工業、衣著工業、食品工業等之新興工業林立，人民紛紛走向工廠，從事各項生產。而從事土木工程之人力多需風雨無阻遠赴工地（一般距離住所甚遠，且須夜宿工寮或就近租用民房）辛勞工作，因而造成工業愈發達，施工之人力愈見匱乏。工程師乃不斷絞盡腦汁，從事各項研究與發明，製造出各型各類施工機械，以解決人力匱乏之問題，並期望在承包商（或監造者）之企業管理下，使各項大小工程皆能在限期內順利完成，並透過品質管理與成本控制（參見 7-5 與 7-6 節），提高工程水準並降低總工程費，以符合工程求快、求好、求廉

之要求。

施工設備，在手工具方面，一般包括技匠用具，以及小搬運、裝卸、採樣、截鋸、修飾等工具及其必須附屬品。而施工機械依其作用可分為二大類；(1) 原動機類：為發生動力之機組，如鑛岩機、發電機、蒸氣機、空壓機（土石工應用甚多）等；(2) 作業機械：為依賴其他動力機械而作功之機械，如吊車、輸送機、抽水機（pump）、拌合機（mixer）、刮運機、鏟土機等即是。在以往，從事之工程規模較小，多採用小型施工機械配合大部份人工，在漫長之工期中逐步完成各項工程，其效率較低，工程單價亦較高，且常因進度落後而展延工期；於今則大異其趣，儘量多採用大型機械或應付特殊工程所需之特種機械，輔以高效率之施工管理，再配合少數人力，在限期內依約竣工。是以各種施工設備應運而生，日新又新，以致各種機械之品目、型號多如過江之鯽，實為當今土木工程之一大特色。而一般施工設備之選擇，須依工作性質、數量、位置及施工期限而定；最主要之原則，必須符合經濟及效率二大條件。

1-4 施工規模

工程規模本身有大小之分，如本省新建之鋼鐵廠、高速公路、鐵路電氣化、國際機場、臺中港以及曾文、德基等水庫，其工程規模可謂之大。但吾人需注意者為施工規模之大小雖與工程本身之規模有某種比例關係，但並非絕對正比。施工規模之要義乃指承造工程時，相關工作人員與機具之大小規模也。一項規模甚大之工程，為顧及該工程之期距與經濟性（單價）之關係，可採用小規模施工，逐項次第完成之，如鐵路電氣化工程則是，若此，則工期須展長。一般言之，施工規模之大小，須先考慮下列兩項因素：

一、工程規模

工程規模之大小影響施工規模甚鉅；通常大規模工程（如大壩、長隧道）所需之施工規模亦大，如建一蓄水壩，施工設備包括工程處、工務所、宿舍、倉庫、變電所、修理工廠、木工廠、電機工廠、鋼筋組立工場、碎石場、混凝土拌合場等，則其施工規模須加大，且其中任一設施與施工機械之選擇必須互相配合平衡，以達於經濟之要求。圖 1-1 爲其示意圖，工程設備規模大，則工程期距（工期）縮短，單價亦可達於最低。但亦有一限度，否則即使設備規模再大，工期不能再行縮短，同時單價亦見增高。

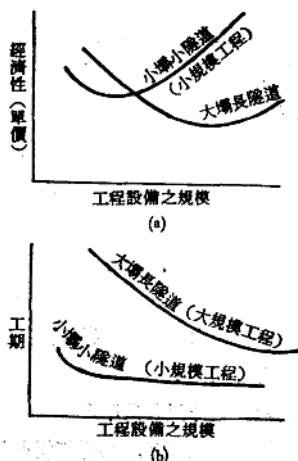


圖 1-1 工程設備規模

二、工程計劃之性質

工程計劃本身之性質亦影響施工之規模。例如發電或灌溉工程，不必俟全部工程完成即可提前先行運轉，爭取初期效益。因此常擴大

施工規模，藉以提高施工速度，縮短工期。又如前述之鐵路電氣化工程，工程範圍屬於一長條形者，則僅需小規模施工逐序次第完成即可。所以工程計劃之性質，亦影響施工規模甚鉅。

1-5 施工草案

對於小型或一般之建築工程，有經驗之施工者或營造商，祇須循慣例施工即可。但對大型工程則須小心規劃，首先進行初步分析，根據施工圖說或業主要求，訂定施工草案 (tentative plane)。其內容為：

(1) 此工程計劃可分為多少工程別？

例如建造鋼筋混凝土擋土牆工程，即可分為下列各項工作：

- | | |
|----------|--------|
| ①用機械開挖土方 | ⑥混凝土養護 |
| ②人工開挖土方 | ⑦拆模板 |
| ③建立模型 | ⑧混凝土修飾 |
| ④安裝鋼筋 | ⑨回填土方 |
| ⑤灌注混凝土 | |

在實施規劃一新建公路工程，則可能分為下列各項工作類別：

- | | |
|-------------|------------|
| ①遷入工地與建立工場 | ③排水管溝槽之回填土 |
| ②清理路地面與掘除樹木 | ④路面基層料之鋪設 |

(2) 每一工程之內容如何？

(3) 每一工程所需之工作天數若干？

(4) 每一工程起迄日期之預定，其詳細規劃見 7—3 節。

在此階段應進行現場勘查及工作研究，藉以估計：

1. 需要使用施工機具之型式、數量與久暫，並考慮係新添或租用。
2. 需要使用人工類別（包括等級，如熟練技工及非熟練技工）、

數額，以及在何期間僱用。

3. 材料採購方法及品質、數量，以及到料之時限。
4. 預估小包或轉包之種類及起訖時間。
5. 設令需要籌墊工程款、需要若干與何時需要。
6. 工程計劃之竣工期限。

最後據此再粗估雜費、意外費及利潤，由於施工規劃草案，可以得知影響工程費之各項因素，所以依據施工草案所估出之工程費，可作為投標估價之基準。

習 題 一

1. 承包工程若依據施工管理分類，可分為若干種？試分別闡述其意義。
2. 在實費加報酬的施工制度中，吾人應如何防止包商任用拙匠、粗製濫造與浪費材料？
3. 試述土木工程衍生之背景。
4. 施工規模與工程規模之意義是否相同？試舉例說明之，又決定施工規模大小所須考慮之因素有幾？
5. 施工草案之內容為何？目的何在？

$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}} \right) = \frac{\partial L}{\partial x}$

Figure 1. A schematic diagram of the experimental setup. The subject is seated in a chair and views the target through a video screen. The target is a light source that is visible through a video screen. The target is a light source that is visible through a video screen.

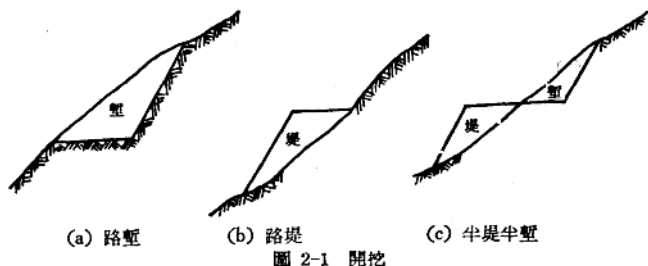
© 2000 Blackwell Science Ltd

第二章 土 工

2-1 概 說

2-1-1 土工之意義

土工為土木、水利、建築工程最基本而重要之工作，其內容主要包括整地、挖土（石）方、搬運、填土（包括夯實與滾壓）、邊坡防護（slope protection）、棄土（即殘土處分）、基樁底部土樣之清理等。為配合工程之需要，常將現存地表挖低或填高，譬如道路路面設計高度較地面標高為低時造成挖方，此類挖土（石）過程謂之開挖（excavation）。另於相反之情況則造成填方，此種分層滾壓夯實之過程吾人稱為填土（fill）。亦有兼具兩種形式者，如圖2-1(c)所示，除路塹需開挖外，大部分工程基礎部分亦有賴開挖，以達於吾人所欲之基腳平面（footing level），尤其有地下室之工程，常須深入地表相當



深度，而挖出大量之土方，此時需藉擋土與擋水設施如鋼版樁、橫撐等以維持工程之進行無阻，相關之基礎工參見第五章。

2-1-2 土壤之重要物理性質

土壤為固體顆粒、水及空氣三相之集合，一般以柱狀圖 (column diagram) 表示其組成。見圖2-2(b)，其中 (a) 為實際土壤，吾人通常於相位圖之右側標示重量組成，左側標示體積組成，參見圖2-2(c)，則土壤之基本量度如表 2-1 所示，現舉一例以明示其相互關係。

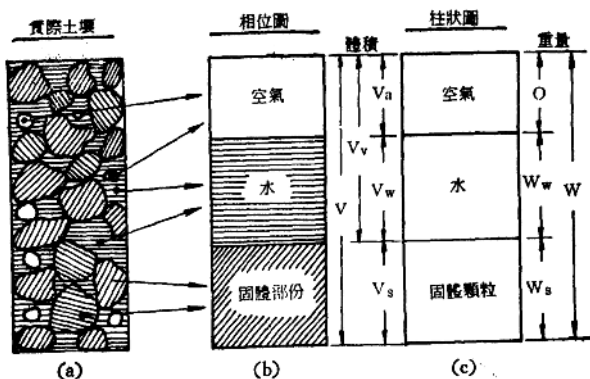


圖 2-2

表 2-1 土壤之基本量度

基本量度	符號	定義
含水量(百分比)	W	W_w/W_s
濕土單位重	γ	W/V
乾土單位重(註)	γ_s	W_s/V
飽和度	S_r	V_w/V_v
孔隙比	e	V_v/V_s
孔隙率	n	V_v/V

(註: r_d 與 r 之關係為 $r_d = \frac{r}{1+W}$, 詳見土質力學原理)

例 某土樣重 187g; 體積 140cm³, 土粒比重 2.65, 今於 110°C 烘箱內烘 24 小時, 烘乾後重量 120g, 試求該土樣之孔隙比, 孔隙率, 飽和度和含水量。

解 $W = 187\text{g}$, $W_s = 120\text{g}$

$$W_w = W - W_s = 187 - 120 = 67\text{g}$$

$$r_s = r_r \cdot G_s = 1 \times 2.65 = 2.65\text{g/cm}^3$$

$$V_s = \frac{W_s}{r_s} = \frac{120}{2.65} = 45.28\text{cm}^3$$

$$V_w = \frac{W_w}{r_w} = \frac{67}{1} = 67\text{cm}^3$$

$$V_a = V - V_s - V_w = 140 - 67 - 45.28 = 27.72\text{cm}^3$$

$$V_v = V_s + W_w = 27.72 + 67 = 94.72\text{cm}^3$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{94.72}{45.28} = 2.09$$

$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{94.72}{140} = 67.65\%$$

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} = \frac{67}{94.72} \times 100\% = 70.73\%$$

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% = \frac{67}{120} \times 100\% = 55.83\%$$

土壤之物理性質可由顆粒大小分佈及阿太堡限度 (Atterberg limits) 等顯示出來, 顆粒大小分析 (grain size analysis) 所得之曲線可知粗粒土壤級配之良窳, 如均勻係數 C_u (coefficient of uniformity) 大於 9, 曲率係數 (coefficient of curvature) C_d 介於 1 與 3 之間, 稱為級配良好 (well graded), 另外阿太堡限度即液限 LL (liquid limit),