

C.5 土方之計算

12.4 土質類別

普通挖土之土質可總括分爲：

軟土：即普通之土質，土質鬆軟，用普通之工具就可挖取者。

硬土：即堅硬之土質，如存有大批瓦砂礫石片，久經固結或堅硬陳土等均屬之，須用特殊工具挖取者。

軟石：乃已風化之石料、或散石，不需用炸藥就可挖取者。

硬石：石質堅硬，須用炸藥炸開後才可挖取者。

凡土內含有軟石、硬石，其每塊體積不逾 0.3 立方公尺者，均按該種土質計算。若每塊體積逾 0.3 立方公尺者，其質合於軟石者，以軟石方計；合於硬石者以硬石方計。

現在挖土工程都使用機械爲之，對挖土工程無需過份細分，通常分爲挖石及挖土兩種。甚至有的不予分類，因爲使用重機械操作，對土石方無大區別。

挖填土方之計算，英制以立方碼或以 100 立方英尺；公制則以立方公尺爲一方，其換算列於表十二～6。

表十二～6 土方單位換算表

立方公尺	立方碼	百立方呎
1	1.3080	0.3531
0.7646	1	0.2700
2.8317	3.7037	1

土壤挖出之後，其體積較原地者爲大；但填入路基之中，經過滾壓之後，則較原地體積爲小。因之在填方時，須考慮此種體積的收縮。

一般言之，於開挖時，砂及卵石之體積約增加 5% 至 10%，土壤約增加 10% 至 30%，岩石約增加 30% 至 100%。填土時，砂及卵石之收縮約爲 8%、土壤約收縮 10%、鬆軟之地面土約爲 15%，但一般填土之收縮以 15% 爲標準。

路堤築後有繼續下沉的可能，此下沉的大小視土質及其滾壓方法而異，但以第一年下沉最大，以後則甚小。故在填築路堤時應預爲加高加寬以防下陷及收縮。路肩填土應較設計寬度左右各填寬 1 公寸以防收縮。普通填土下沉數約爲高度的 8% 至 15%。下列建議可供參考：

- 路堤中心高 3 公尺至 6 公尺至少加高 10%。
- 路堤中心高 3 公尺以下至少加高 12%。
- 路堤中心高 6 公尺至 10 公尺至少加高 8%。

12.5 土方計算

全路之土方計算係以相鄰兩橫斷面間體積之總和。計算各橫斷面係於實測對每隔 10 公尺或 20 公尺，測量其斷面地形，然後將原來及設計之地面形狀繪成橫斷面圖。若斷面之形狀單純，則可將之分成若干簡單圖形計算面積；若斷面之形狀複雜，則以面積儀求其面積。斷面為半填半挖時則宜將二者之面積分別計算。致於其體積之計算法有：

a. 平均底面積法——如地勢較平坦或僅求近似土方時，則求相鄰二斷面之平均面積，乘以兩斷面間之距離即：

$$V = \frac{1}{2} (A_1 + A_2) L \dots\dots\dots (12\sim5)$$

b. 稜柱體公式——如地勢變化甚多時，採用下式可得精確結果，惟其計算較煩，其式如下：

$$V = \frac{1}{6} (A_1 + 4 A_m + A_2) L \dots\dots\dots (12\sim6)$$

式中： A_1 、 A_2 = 相鄰兩斷面之面積。

L = 相鄰兩斷面間之距離。

A_m = A_1 、 A_2 二斷面中間之平均面積，非 A_1 、 A_2 之平均值，應將各高程點及橫距離——求其平均數後再求其斷面積。

12.6 土工運距

土石之運輸方法大致可分為：

甲、人力運土——僅適用於小規模之土工運輸，或因地形限制，他種運輸法無法適用之處，其運輸距離短，運量少。

乙、獸力運土——大規模之土工運輸較不適宜，然其運輸距離及運量都較人力運土大。

丙、軌道運土——大規模之土工運輸甚適用且經濟，但須地勢平坦，在丘陵、山嶺地帶構造費用可能甚大，反而不經濟。此種運土係敷設輕便軌道，或普通軌道以獸力或機車牽引——連串運土車，故其運土量甚大。

丁、架空索道運土——在山嶺區，可能受地勢的限制，大規模運土不可能時，可架設索道運之。

戊、機械運土——機動性甚強，尤適宜大規模運土。

土方由挖土之地運至填土之處，其距離謂之運距。一般規定將土方運至某距離以內之填土處填之，在此距離內，運土的費用及填土的費用，均包括在挖方之工價內，不另給價，此特定之距離謂之免費運距。免費運距之規定並無定則，普通以 20 公尺或 100 公尺，英制以 1000 呎為準。若運距過遠其工價不足支配其運費時，則得酌量另給運費，故土方運至填土處之距離減去免費運距謂之付價運距。付價運距以站為單位，每站 20 公尺（英制 100 呎）每一立方公尺之挖方搬運一站距離（20 公尺）謂之一站方；英制則以搬運一立方碼之挖方於一站（100 呎）距離內謂之一站碼，即一站方給價若干以補遠運費用。

付價運距無距離之限制，但運距逾遠，則所費逾多，殊不經濟，不如於路旁作坑挖借，此坑謂之借土坑。借土坑應先從距離用地界線 0.5 公尺外向路中心逐步開挖至路堤坡脚前 1 公尺（堤高在 3 公尺以上者 2 公尺）為止，其坡度為 1:1.5，深度以不大於 1.5 公尺為佳。但挖借除非不得已時以不用為宜。付價運距在經濟立場上應加以規定，即在某付價運距內，填土部份可由挖土部份取用，超此距離則向路旁借土取用較經濟，此段距離謂之經濟運距。經濟運距之算式如下：

$$L = \frac{B}{O} + F \dots\dots\dots (12\sim7)$$

式中：L = 經濟運距以站計（每站 20 公尺或 100 呎）。

B = 借土坑每方之工價。

O = 付價運距每站方之工價。

F = 免費運距之估計。

12.7 土工之平衡

土工之設計，主要在使路基挖土及填土之數量能達到平衡。欲達此目的，須先根據縱斷面圖試定路面線，再利用每站之地面高與路基線高（設計高）之差求橫斷面積，因而可計得填挖數量，如此將路基線，試移多次，就可得填挖數量大約相等的路基線，然後再設計土工之運距與土工之數量，以定何處須挖土，所挖之土應運至何處填築路基；其運距運量若干？均須一一研究以合經濟原則。因之對土工之設計可分為兩大步驟：一為填挖之平衡，另一為經濟運量。前者可用土工數量圖，後者可用土積圖設計之。茲分述如下

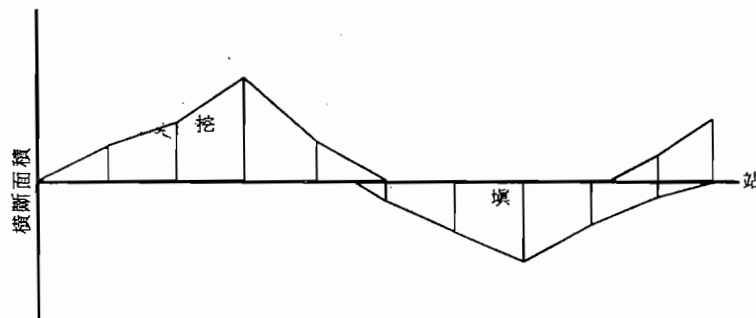
土工數量圖之作法，乃根據計算所得，以橫座標為路線之距離，將每站之橫斷面積按一定之比例尺點入相對應之縱座標上。若為挖土部份者定為正數(+)，屬於填土部份者定為負數(-)，將所定之各點連接之，即成土工數量圖如圖十二~8，於是可由圖中，計算土工之數量。其計算法，可利用面積儀或其他方法求得折線與橫線所包括的面積，此面積之數值即為土工之數量。倘挖土數量恰與填土數量加其收縮數量相等時，則所設定之路基縱線，可以採用，惟欲達此目的須試驗多次才可成功。

由土工數量圖，可以平均挖填，但挖土之運輸分配是否合乎經濟問題，可由土積圖決定之。其作法如圖十二~9，於上方繪路線之縱斷面圖，下方繪製土積圖。橫座標為距離以站為單位（公制為 20 公尺為一站，英制以 100 呎為一站），縱座標在縱斷面圖上為每站之地面高及設計高；在土積圖上為

每站之土方累積數，正(+)號表示挖土在基線之上，負號(-)表示填土，在基線之下。在計算挖土之量時，須考慮收縮及膨脹。收縮時，須減去收縮量；膨脹時，須加上膨脹量。

若能對土積圖之性質充分瞭解，則對應用上幫助甚大，茲將其主要性質列舉如下：

1. 土積圖上之曲線表示每站之土方累積數，非每站之土方數。
2. 挖土為正數，在基線之上方；填土為負數，在基線之下。
3. 曲線成山形者，其最高點表示土工由挖變填之處；若曲線成谷狀者，其最低點表示土工由填變挖之處，但此兩點並不一定是原地面與路線相交點（因同一站可能同時有挖土及填土）。
4. 曲線與基線相交之點為挖填累積相抵消之處。

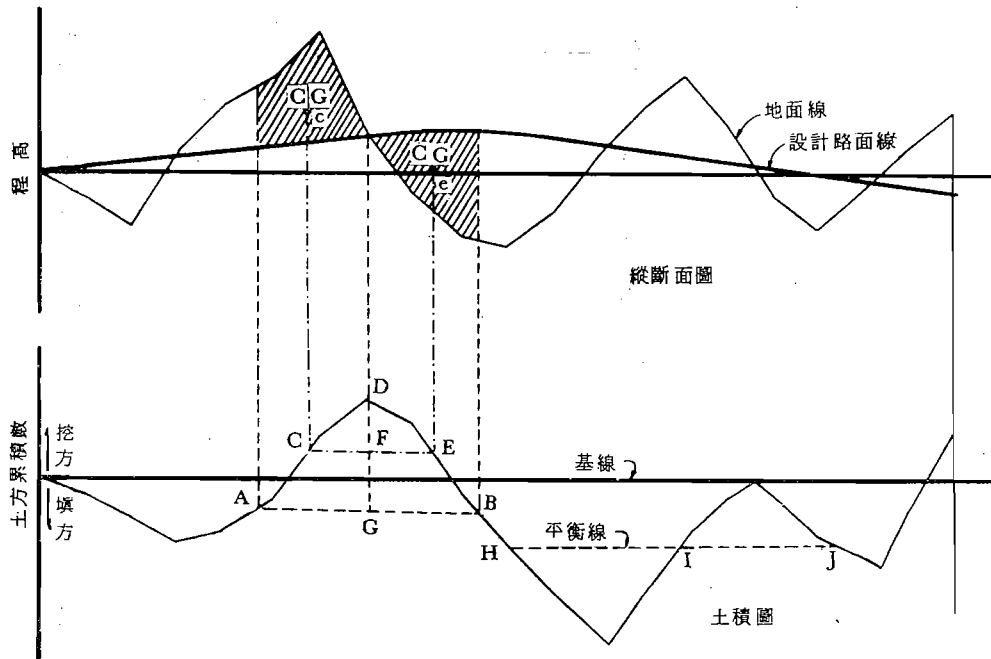


圖十二~8 土工數量圖

5. 與基線平行交曲線上之任一直線謂之平衡線。此線與曲線相交在兩點之間，其挖填數量相等。例如在圖十二~9，ACDEB之中，由A至D之挖方淨值可與D與B之填方淨值相等。

6. 由曲線之最高點或最低點作基線之垂線，此垂線的長度表示該段之挖方數量，如垂線之垂足不在基線上而在任何與基線平行之線上亦同，例如ACDEB中挖方總數為DG。

7. 若經上述之垂線中點作基線之平行線，交曲線於兩點，此兩點間之水平距離為該段挖填之近似平均運距。例如在土積圖中CE為ADB段之平均運距。由C點作垂線必經挖方之重心c；由E作垂線必經填方之重心e。付價運距即此平均運距減去免費運距。



圖十二~9 縱斷面圖及土積圖

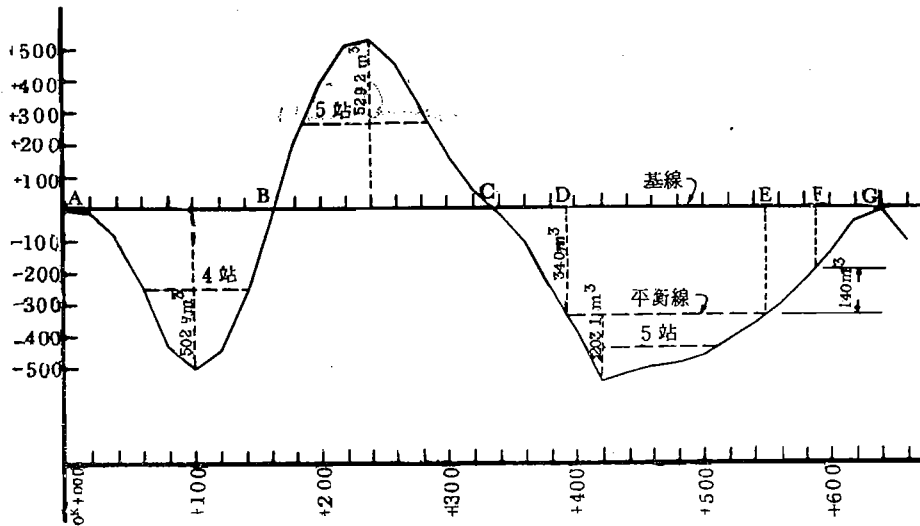
8. 平衡線可以任意移動，以定最佳之運輸分配。所有平衡線不一定要連接成一直線，但在不連接之兩平衡線中間之土方無運輸工作。此處之土工非借土，即為廢土，例如在土積圖中之BH段為借土，BH之垂直距離為借土方數。

9. 曲線之起點如非為零，可將其線向左延伸一單位，設曲線之零點於該處。

10. 在平衡上方之曲線，其挖土須向右運輸；反之，若曲線在平衡線之下方者，其挖土須向左運輸。例如圖十二~9中，AD段之挖土須向右運輸至B段填之。

11. 改移平衡線可以變更運輸方向，故在選擇平衡線時，應注意運輸之工程，如由高地往低地運較自低地往高地運來得便利。故在選擇平衡線時，應注意運輸之路程，如由高地往低地運較自低地往高地運來得便利。

例題十二~1 某段之土工計算如表十二~7所計算，其土積圖表示於圖十二~10，設免費運距為1站（每站20公尺），經濟運距為5站，試根據



圖十二~10 土積圖

此運距限度，求利用土方之範圍，數量及站方數量。

圖：參閱圖十二~10之土積圖及表十二~7，表中之損失部份指填土段中，由於樹根或其他植物的存在須要挖除而增加之填方；不適宜廢土仍指不適合於築堤之材料。茲將各段分析列於表十二~8：

表十二~8 付價運距之站方計算

段落 (1)	說明 (2)	土方數 (立方公尺) (3)	付價運距 (經濟運距 - 免費運距) (4)	站方 (3) × (4)
AB	全部利用	502.9	3	1507.7
BC	全部利用	529.2	4	2116.8
CD	借土	340.0		
DE	全部利用	203.1	4	812.4
EF	廢土	140.0		

表十二~7 土方計算

里 程	橫斷面積(平方公尺)				體 積 (立方公尺)						體積之平衡 5-10		土方累積
	1 挖	2 填	3 損失	4 不適宜 之廢土	5 挖	6 填	7 收縮10%	8 損失50%	9 不適宜 之廢土	10 總 填 方 6+7+8+9	11 挖方(+)	12 填方(-)	
0k+00	0	0	0										0
					5.0	16.0	1.6	2.5		20.1		15.1	- 15.1
+020	0.5	1.6	0.5		8.0	70.0	7.0	6.0		83.0		75.0	-- 90.1
+040	0.3	5.4	0.7		3.0	146.0	14.6	8.0		168.6		165.6	-255.7
+060	0	9.2	0.9		0	155.0	15.5	6.5		177.0		177.0	-432.7
+080	0	3.3	0.4		8.0	67.0	6.7	4.5		78.2		70.2	-502.9
+100	0.8	0.4	0.5		60.0	4.0	0.4	5.5		9.9	50.1		-452.8
+120	5.2	0	0.6		189.0	0	0	5.5		5.5	183.5		-269.3
+140	13.7	0	0.5		259.0	0	0	4.5		4.5	254.5		- 14.8
+160	12.2	0	0.4		220.0	0	0	2.0		2.0	218.0		+203.2
+180	9.8	0	0		184.0	2.0	0.2	0		2.2	181.8		+385.0
+200	8.6	0.2		0	158.0	17.0	1.7		18.0	36.7	121.3		+506.3
+220	7.2	1.5		1.8	132.0	61.0	6.1		42.0	109.1	22.9		+529.2
+240	6.0	4.6		2.4	108.0	109.0	10.9		62.0	181.9		73.9	+455.3
+260	4.8	6.3		3.8	80.0	145.0	14.5		64.0	223.5		143.5	+311.8
+280	3.2	8.2		2.6	53.0	141.0	14.1		48.0	203.1		150.1	+161.7
+300	2.1	5.9		2.2	34.0	107.0	10.7		22.0	139.7		105.7	+ 56.0
+320	1.3	4.8		0	19.0	88.0	8.8			96.8		77.8	- 21.8
+340	0.6	4.0											

+360	0.2	6.2			8.0	102.0	10.2			112.2		104.2	-126.0
+380	0	5.8	0.4		2.0	120.0	12.0	2.0		134.0		132.0	-258.0
+400	0	6.0	0.3		0	118.0	11.8	3.5		133.3		133.3	-391.3
+420	2.4	3.2			24.0	92.0	9.2			101.2		151.8	-543.1
+440	3.8	1.1			62.0	43.0	4.3			47.3	14.7		-528.1
+460	1.2	0.8			50.0	19.0	1.9			20.9	29.1		-499.3
+480	0.3	0.2			15.0	10.0	1.0			11.0	4.0		-495.3
+500	2.4	0			27.0	2.0	0.2			2.2	24.8		-470.5
+520	3.2	1.0			56.0	10.0	1.0			11.0	45.0		-425.5
+540	4.3	1.2			75.0	22.0	2.2			24.2	50.8		-374.7
+560	4.0	0.2			83.0	14.0	1.4			15.4	67.6		-307.1
+580	3.8	0			78.0	2.0	0.2			2.2	75.8		-231.3
+600	4.6	0			84.0	0	0			0	84.0		-147.3
+620	5.8	0	0		104.0	0	0			0	104.0		-43.3
+640	2.0	4.0	0.6		78.0	40.0	4.0	3.0		47.0	31.0		-12.3
+660	0	6.2	0.2		20.0	102.0	10.2	4.0		116.2		96.2	-108.5

- AB段——平均運距4站，該段502.9立方公尺之土方可全部利用。若免費運距為1站時，則付價運距為3站，共得遠運1507.7站方，向後運土。
- BC段——平均運距5站，該段529.2立方公尺之土方可全部利用。付價運距為4站，共得遠運2,116.8站方，向前運土。
- CD段——借土，共340立方公尺。
- DE段——平均運距5站，該段203.1立方公尺之土方可全部利用。付價運距為4站，共得遠運812.4站方，向後運土。
- EF段——廢土，共140立方公尺。

12.8 路基本建築

路基之建築須使其質堅密無鬆散且平坦，故應儘可能選用適宜之土料，分層滾壓，於完成後能符合於設計路線、坡度及斷面形狀。在開始土工之前，須沿中心線及邊坡邊緣釘立中心樁及邊樁，並於定線測量時，在不被施工影響之適宜地點設立參考樁表示挖填之高度及深度以為施工時之依據。茲將施工方法及應注意之各點列於下：

1. 清除路床上之樹根、垃圾、不適宜土壤等設法移除。在挖方地段，樹根挖除的深度至少須達完成後邊溝底面下30公分處，若逾此高，則只將地面部份之草根除去即可。在填方地段，路堤高度超過1.5公尺者所有樹木、樹根均應砍除，其露出地面部份不得超過30公分，路堤高度低於1.5公尺者，均應完全清除。掘除作業所留之低窪洞穴應以適當的材料回填並經滾壓。
2. 路塹之開挖從中央向兩側，或由一側向另一側按序由上向下分成數層作業之。開挖路基之寬度為填方路基寬度加兩側邊溝寬。
3. 路塹邊坡如有泉水湧出時，應加以疏導以免浸蝕路基。坡頂開設的截水溝離坡頂至少2公尺。
4. 路塹邊坡之頂層為土質下層為石質時，應在石層坡頂留約1.0公尺寬的平台，以免頂層挖土掉落於路面上。
5. 路塹邊坡頂端及兩端應修成圓弧形。由開挖轉變為填築之地段，路塹邊溝應隨之轉變延伸至路堤外之原地面。
6. 填築路堤時，應將地面挖成台階式或翻鬆之。翻鬆之深度至少須達原地面下10公分之處，藉使新填之土能與原地面密切結合。若在舊路堤上填築新路堤，則舊堤坡應翻鬆30公分以上。若舊堤坡坡度大於1:4則應將舊堤坡挖成台階式，以減消陡坡利於新土填築。
7. 路堤填土應分層進行，每層厚度不得大於30公分，並須分層滾壓，若挖土材料有數種時，質優者置於上層。每層應以最佳含水量滾壓至規定壓實