

路線の土工量算出について

正員 函館市土木部 柏谷 与市

§1 まえがき

山岳地、平坦地などの比較的地形変化の単純な箇所における道路、あるいは鉄道などのような線形状の土工量を算出するには、まづ実測結果に基づき縦断面を描き、これにその所望の縦断勾配線を挿入し、しかる後各測点箇所の横断面を描き、プランメーターなどにより、それぞれの断面積量を、更にまた土積々算書によつて総体の土工量を求め、その量の多寡と所望勾配とを検討し、最終的に施工基面が決定されるのであるが、これらの単純な内業は往々にして数回繰返される場合もあり、またその労力および時間とも割合要する。本稿ではこれらの作業を比較的容易かつ迅速に行なう方法を次の順により記する。

- (イ) 外業時の実測
- (ロ) 横断面積算出公式とその計算表
- (ハ) 土量線図
- (ニ) 縦断勾配と土工量との平衡条件
- (ホ) 例題解説

§2 外業における実測

従来の路線測量における縦横断実測は、路線中心線上各測点箇所の地盤高および横断所要幅の地盤高をとるが、ここでは測点箇所地盤高および横断面内の地盤傾斜角（以下横断傾斜角という）を測定することとする。この場合横断傾斜角の測定はスランートルール、あるいは適宜測定器具を用いて行ない、なお地盤の横断傾斜は直線状をなすものと仮定する。すなわち外業においてはスタッフマンが測定器具を携帯して測定し、その読をノートマンに報告記載されることとするので作業も迅速に進めうる。なお野帳の記載にあつては、この横断傾斜角を各測点箇所ごとに適宜欄を設けて記入する。

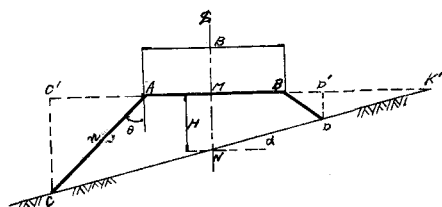
§3 切盛横断面積算定公式と表

土工量算出の功拙緩急は、横断面積算定にあるため、断面積の単純化あるいは図式化を計つて、あらかじめ基礎計算をしておくことと便利であるので、次のような仮定のもとに公式を算定する。今測点箇所の横断面積を考えるとそれは、その地盤高、縦断勾配（すなわち切盛高）ならびに地形（横断傾斜角）により、次の三つの分けられる。すなわち

- (イ) 横断内が全く切断面か、逆に盛断面かである場合と、
- (ロ) 横断面内が切盛断面が混在する場合である。結局算出公式は二つとなる。なお本公式算出にあたり計算の簡易化のため、

- (1) 測点箇所の横断傾斜は前述のとおり直線勾配とし、
- (2) 断面形状寸法などについては上面施工幅員は、切盛面断面共法肩あるいは法尻との接触箇所までとして、測溝断面、路面形状、法面屈折、その他小段などの影響による断面積の加減は後考慮する。以上の仮定によりそれぞれの公式は幾何学的に算出するのである。

- 1] 切断面積あるいは盛断面積（以下これを正断面という）



第 1 図

第 1 図においてそれぞれ記号を、 B : 上面施工幅員 (m), H : 切 (あるいは盛) 高 (m), α : 地盤横断傾斜角 (度), および n : 法面勾配とすればその断面積 ($ABDC$) A は

$$A = \triangle AK'C - \triangle BK'D \dots\dots\dots (1)$$

また $\triangle AK'C$ および $\triangle BK'D$ はそれぞれ

$$\left. \begin{aligned} \triangle AK'C &= \frac{\overline{AK'}^2 \times \sin \widehat{K'AC} \times \sin \widehat{AK'C}}{2 \sin \widehat{ACK'}} \\ \triangle BK'D &= \frac{\overline{BK'}^2 \times \sin \widehat{K'BD} \times \sin \widehat{BK'D}}{2 \sin \widehat{BDK'}} \end{aligned} \right\} \dots\dots (2)$$

$\triangle AK'C$ および $\triangle BK'D$ において

$$\begin{aligned} MK' &= MN \cot \alpha = H \cot \alpha, \\ AK' &= MK' + AM = H \cot \alpha + B/2, \\ BK' &= MK' - AM = H \cot \alpha - B/2, \\ \angle K'AC &= 90^\circ + \theta, \\ \angle K'BD &= 90^\circ - \theta, \\ \angle ACK' &= 90^\circ - (\alpha + \theta), \\ \angle BDK' &= 90^\circ - (\alpha - \theta) \end{aligned}$$

であるため (), () に代入し、整理すると

表 1 係 数 計 算 表

α	n $\cot \alpha$	$\frac{1}{2(\cot \alpha - n)}$						$\frac{1}{2(\cot \alpha + n)}$					
		3.0	0.5	0.7	1.0	1.3	1.5	0.3	0.5	0.7	1.0	1.3	1.5
0													
1	57.29	0.00877	0.00880	0.00883	0.00888	0.00893	0.00896	0.00868	0.00865	0.00862	0.00858	0.00853	0.00850
2	28.64	0.0176	0.0177	0.0178	0.0181	0.0183	0.0184	0.0173	0.0172	0.0170	0.0168	0.0167	0.0166
3	19.08	0.0266	0.0269	0.0272	0.0276	0.0281	0.0284	0.0258	0.0255	0.0252	0.0249	0.0245	0.0243
4	14.30	0.0357	0.0359	0.0368	0.0376	0.0385	0.0391	0.0342	0.0338	0.0333	0.0327	0.0321	0.0316
5	11.43	0.0449	0.0457	0.0466	0.0479	0.0494	0.0505	0.0426	0.0419	0.0412	0.0402	0.0393	0.0387
6	9.51	0.0543	0.0555	0.0568	0.0588	0.0609	0.0624	0.0509	0.0500	0.0489	0.0476	0.0463	0.0454
7	8.14	0.0638	0.0654	0.0672	0.0700	0.0731	0.0753	0.0592	0.0578	0.0566	0.0547	0.0529	0.0519
8	7.12	0.0733	0.0755	0.0779	0.0817	0.0859	0.0890	0.0673	0.0654	0.0638	0.0617	0.0590	0.0579
9	6.31	0.0832	0.0860	0.0891	0.0942	0.1000	0.1040	0.0756	0.0729	0.0715	0.0684	0.0657	0.0642
10	5.67	0.0928	0.0964	0.1000	0.1067	0.1139	0.1193	0.0839	0.0809	0.0785	0.0744	0.0717	0.0687
11	5.14	0.1033	0.1077	0.1126	0.1208	0.1302	0.1374	0.0919	0.0879	0.0858	0.0814	0.0776	0.0753
12	4.70	0.1136	0.1190	0.1250	0.1351	0.1471	0.1563	0.1000	0.0962	0.0925	0.0877	0.0833	0.0806
13	4.33	0.1241	0.1305	0.1377	0.1501	0.1650	0.1767	0.1073	0.1029	0.0982	0.0938	0.0890	0.0859
14	4.01	0.1348	0.1424	0.1510	0.1661	0.1845	0.1992	0.1160	0.1109	0.1061	0.1000	0.0942	0.0935
15	3.73	0.1458	0.1548	0.1650	0.1832	0.2058	0.2242	0.1241	0.1182	0.1126	0.1057	0.0994	0.0943
16	3.49	0.1567	0.1672	0.1792	0.2008	0.2283	0.2512	0.1322	0.1253	0.1193	0.1114	0.1043	0.1000
17	3.27	0.1684	0.1805	0.1946	0.2203	0.2538	0.2825	0.1401	0.1326	0.1259	0.1171	0.1094	0.1048
18	3.08	0.1798	0.1938	0.2101	0.2403	0.2809	0.3165	0.1479	0.1397	0.1326	0.1225	0.1144	0.1092
19	2.90	0.1923	0.2083	0.2273	0.2632	0.3125	0.3571	0.1563	0.1471	0.1389	0.1282	0.1190	0.1136
20	2.75	0.2041	0.2222	0.2439	0.2857	0.3448	0.4000	0.1639	0.1538	0.1478	0.1333	0.1234	0.1174
21	2.61	0.2165	0.2370	0.2617	0.3106	0.3816	0.4505	0.1718	0.1608	0.1511	0.1385	0.1279	0.1216
22	2.48	0.2293	0.2525	0.2809	0.3378	0.4237	0.5102	0.1798	0.1678	0.1524	0.1436	0.1323	0.1256
23	2.36	0.2427	0.2688	0.3012	0.3676	0.4716	0.5814	0.1879	0.1748	0.1634	0.1488	0.1366	0.1295
24	2.25	0.2564	0.2857	0.3226	0.4000	0.5263	0.6667	0.1961	0.1818	0.1695	0.1536	0.1408	0.1333
25	2.14	0.2717	0.3049	0.3472	0.4385	0.5952	0.7813	0.2049	0.1894	0.1761	0.1592	0.1456	0.1374
26	2.05	0.2857	0.3226	0.3703	0.4762	0.6667	0.9091	0.2127	0.1961	0.1822	0.1639	0.1493	0.1411
27	1.96	0.3012	0.3424	0.3968	0.5208	0.7576	1.0800	0.2212	0.2033	0.1879	0.1689	0.1534	0.1445
28	1.88	0.3165	0.3623	0.4257	0.5681	0.8621	1.3157	0.2293	0.2101	0.1938	0.1736	0.1541	0.1479
29	1.80	0.3333	0.3846	0.4545	0.6250	1.0000	1.6667	0.2381	0.2174	0.2000	0.1786	0.1613	0.1515
30	1.73	0.3496	0.4065	0.4854	0.6849	1.1628	2.1739	0.2463	0.2242	0.2058	0.1832	0.1650	0.1548
31	1.66	0.3676	0.4310	0.5208	0.7576	1.3889	3.1250	0.2551	0.2315	0.2119	0.1879	0.1689	0.1582
32	1.60	0.3846	0.4545	0.5556	0.8333	1.6667	5.0000	0.2632	0.2381	0.2174	0.1923	0.1724	0.1613
33	1.54	0.4032	0.4807	0.5952	0.9259	2.0833	12.5000	0.2717	0.2451	0.2232	0.1968	0.1741	0.1645
34	1.48	0.4237	0.5102	0.6410	1.0417	2.7778	—	0.2809	0.2525	0.2293	0.2016	0.1798	0.1678
35	1.43	0.4425	0.5376	0.6849	1.1628	3.8461	—	0.2890	0.2591	0.2347	0.2058	0.1832	0.1706

表2の(イ) $\left. \begin{matrix} B=7\text{m} \\ n=1 \end{matrix} \right\}$ の場合の横断面積計算表

(H ……m, α ……度, A …… m^2)

H α	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	6.0	8.0	10.0
0		1.44	2.96	4.56	6.24	8.00	9.84	11.76	13.76	15.84	18.00	20.24	22.56	24.96	27.44	30.00	32.64	35.96	38.16	41.04	44.00	78	120	170
1	0.11	1.45	2.96	4.55	6.24	7.99	9.82	11.74	13.73	15.80	17.95	20.24	22.47	24.85	27.32	29.87	32.50	35.21	37.98	40.83	43.77	77.46	118.52	168.48
2	0.22	1.45	2.96	4.55	6.20	7.92	9.74	11.64	13.58	15.62	17.57	19.91	22.18	24.46	26.87	29.40	31.95	34.59	37.29	40.07	42.93	78.69	121.18	171.81
3	0.34	1.48	3.00	4.65	6.27	8.02	9.88	11.78	13.77	15.84	17.99	20.24	22.52	24.96	27.37	29.94	32.54	35.25	38.06	40.87	43.85	77.49	119.06	168.45
4	0.45	1.52 0.02	3.04	4.65	6.33	8.10	9.95	11.88	13.90	15.99	18.15	20.40	22.74	25.08	27.60	30.22	32.38	35.41	38.23	41.33	44.30	78.49	120.73	171.02
5	0.59	1.61 0.07	3.07	4.65	6.37	8.17	10.00	11.93	13.94	16.03	18.16	20.43	22.78	25.20	27.68	30.27	32.93	35.65	38.47	41.36	44.50	78.68	120.93	171.81
6	0.72	1.71 0.15	3.13	4.67	6.46	8.23	10.09	12.04	14.08	16.18	18.36	20.62	22.98	25.42	27.93	30.52	33.19	35.99	38.80	41.71	44.71	79.19	121.79	172.51
7	0.86	1.84 0.25	3.20 0.04	4.82	6.51	8.30	10.18	12.13	14.14	16.26	18.46	20.78	23.09	25.51	28.03	30.64	33.31	36.07	38.90	41.82	44.83	79.31	121.91	172.81
8	1.00	1.98 0.35	3.29 0.03	4.89	6.62	8.40	10.27	12.24	14.27	16.40	18.59	20.86	23.20	25.68	28.21	30.81	33.49	36.26	39.11	42.05	45.19	79.66	122.28	173.01
9	1.15	2.13 0.47	3.41 0.09	5.01	6.72	8.53	10.41	12.38	14.44	16.57	18.79	21.08	23.46	25.94	28.49	31.11	33.82	36.60	39.50	42.46	45.49	80.40	123.54	174.90
10	1.31	2.29 0.60	3.55 0.16	5.08 0.001	6.82	8.62	10.51	12.49	14.55	16.71	18.93	21.23	23.64	26.10	28.66	31.31	34.03	36.85	39.73	42.72	45.77	80.70	124.40	176.20
11	1.48	2.48 0.74	3.73 0.25	5.23 0.02	6.97	8.80	10.72	12.72	14.78	16.95	19.20	21.53	23.95	26.42	29.00	31.67	34.42	37.26	40.16	43.31	46.23	81.58	125.27	177.26
12	1.65	2.66 0.88	3.91 0.35	5.40 0.06	7.11	8.95	10.89	12.90	15.04	17.16	19.43	21.78	24.20	26.71	29.31	31.99	34.76	37.61	40.54	43.57	46.65	82.24	126.21	179.79
13	1.84	2.87 1.04	4.12 0.47	5.59 0.12	7.27 0	9.14	11.09	13.11	15.23	17.41	19.70	22.07	24.51	27.05	29.65	32.46	35.18	38.02	41.08	44.01	47.14	83.04	127.37	180.16
14	2.03	3.07 1.21	4.32 0.60	5.80 0.20	7.48 0.001	9.34	11.29	13.33	15.50	17.71	20.00	22.38	24.84	27.43	30.07	32.78	35.58	38.48	41.49	44.55	47.69	83.89	128.59	181.79
15	2.24	3.31 1.38	4.56 0.74	6.04 0.29	7.69 0.05	9.58	11.57	13.62	15.79	18.01	20.35	22.78	25.26	27.86	30.51	33.28	36.14	39.05	42.09	45.17	48.38	85.02	130.30	184.19
16	2.46	3.54 1.57	4.81 0.89	6.26 0.40	7.93 0.10	9.79 0	11.80	13.90	16.17	18.31	20.71	23.10	25.63	28.21	30.91	33.70	36.58	39.72	42.55	45.68	48.91	86.07	131.83	186.30
17	2.70	3.79 1.79	5.10 1.05	6.57 0.52	8.25 0.17	10.10 0.01	12.11	14.24	16.44	18.74	21.13	23.62	26.16	28.77	31.56	34.37	37.26	40.30	43.36	46.56	49.81	87.43	133.68	188.85
18	2.94	4.08 1.99	5.37 1.24	6.88 0.65	8.54 0.26	10.40 0.04	12.46	14.58	16.83	19.13	21.55	24.03	26.65	29.34	32.09	34.96	37.93	40.95	44.09	47.28	50.61	88.65	135.52	189.73
19	3.22	4.38 2.25	5.72 1.44	7.23 0.82	8.91 0.36	10.78 0.09	12.82 0.001	15.00	17.27	19.64	22.08	24.63	27.27	29.99	32.80	35.70	38.71	41.79	44.98	48.24	51.60	90.20	137.87	194.63
20	3.50	4.69 2.49	6.05 1.65	7.58 0.98	9.28 0.48	11.16 0.16	13.21 0.01	15.41	17.72	20.12	22.61	25.20	27.86	30.62	33.49	36.43	39.45	42.61	45.84	49.16	52.57	91.75	140.14	197.76
21	3.80	5.02 2.76	6.40 1.88	7.98 1.16	9.71 0.62	11.59 0.24	13.65 0.04	15.88	18.26	20.68	23.21	25.82	28.53	31.39	34.29	37.27	40.35	43.54	46.87	50.23	53.69	93.54	142.77	201.40
22	4.14	5.40 3.04	6.84 2.13	8.41 1.36	10.14 0.78	12.08 0.35	14.18 0.09	16.41 0.003	18.82	21.26	23.87	26.57	29.31	32.19	35.12	38.20	41.38	44.59	47.95	51.35	54.92	95.51	145.66	205.36
23	4.50	5.79 3.37	7.25 2.41	8.90 1.59	10.68 0.95	12.62 0.46	14.73 0.16	17.00 0.001	19.47	22.00	24.61	27.33	30.09	33.12	36.13	39.24	42.44	45.74	49.13	52.71	56.30	97.74	148.92	209.85
24	4.90	6.24 3.72	7.74 2.70	9.41 1.85	11.24 1.16	13.22 0.62	15.38 0.26	17.89 0.05	20.16	22.75	25.45	28.24	31.13	34.12	37.22	40.40	43.70	47.09	50.57	54.16	57.85	100.06	152.61	214.95
25	5.37	6.77 4.13	8.34 3.06	10.02 2.16	11.90 1.40	13.95 0.81	16.15 0.38	18.53 0.11	21.00 0.003	23.67	26.44	29.32	32.30	35.32	38.50	41.79	45.18	48.69	52.20	55.90	59.70	103.19	156.90	220.85
26	5.83	7.28 4.55	8.89 3.42	10.65 2.45	12.58 1.65	14.67 1.00	16.91 0.51	19.32 0.19	21.89 0.02	24.61	27.45	30.38	33.43	36.58	39.68	43.19	46.66	50.23	53.90	57.68	61.57	106.19	161.30	226.91
27	6.38	7.88 5.04	9.54 3.85	11.41 2.80	13.38 1.94	15.53 1.23	17.82 0.69	20.28 0.30	22.96 0.07	25.74	28.65	31.66	34.78	38.09	41.14	44.86	48.42	52.08	55.93	59.80	63.79	109.75	166.53	234.11
28	6.96	8.51 5.53	10.26 4.29	12.18 3.19	14.20 2.27	16.44 1.49	18.85 0.87	21.35 0.43	24.08 0.14	26.89 0.008	29.93	33.09	36.27	39.65	43.06	46.66	50.39	54.12	58.06	62.01	66.18	113.59	172.15	241.87
29	7.66	9.31 6.16	11.13 4.83	13.11 3.66	15.25 2.65	17.56 1.81	20.03 1.12	22.65 0.60	25.44 0.24	28.39 0.04	31.51	34.74	38.10	41.61	45.16	48.87	52.68	56.61	60.66	64.84	68.84	118.29	179.04	251.36
30	8.39	10.15 6.79	12.03 5.41	14.12 4.14	16.31 3.08	18.73 2.14	21.33 1.38	24.01 0.80	26.92 0.36	29.92 0.10	33.18 0.001	36.58	40.00	43.65	47.31	51.20	55.21	59.22	63.48	67.72	72.23	123.28	186.35	261.43
31	9.28	11.11 7.61	13.11 6.11	15.34 4.74	17.67 3.57	20.17 2.57	22.80 1.73	25.66 1.05	28.75 0.53	31.91 0.20	35.24 0.02	38.73	42.35	46.20	50.07	54.07	58.18	62.43	66.93	71.43	76.05	129.41	195.34	273.82
32	10.21	12.16 8.42	14.28 6.82	16.57 5.37	19.04 4.11	21.67 3.01	24.48 2.08	27.46 1.32	30.60 0.74	33.92 0.32	37.41 0.07	41.07	44.88	48.82	52.88	57.09	61.41	65.88	70.48	75.20	80.05	135.84	204.77	286.81
33	11.34	13.44 9.44	15.71 7.67	18.09 6.17	20.71 4.77	23.52 3.56	26.50 2.52	29.67 1.67	32.89 1.00	36.40 0.49	40.09 0.16	43.95 0.01	47.99	52.03	56.35	60.80	65.39	70.13	74.84	79.83	85.01	143.79	216.41	302.86
34	12.76	15.04 10.67	17.48 8.82	20.09 7.09	22.81 5.60	25.83 4.25	29.04 3.08	32.31 2.13	35.91 1.33	39.53 0.74	43.47 0.30	47.61 0.06	51.76	56.25	60.72	65.49	70.42	75.32	80.54	85.73	91.26	153.82	231.11	323.01
35	14.24	16.70 11.98	19.26 9.98	22.10 8.10	25.04 6.48	28.26 4.98	31.69 3.69	35.17 2.62	38.98 1.70	42.84 1.01	47.04 0.48	51.54 0.14	55.84 0.005	60.61	65.53	70.43	75.68	80.89	86.44	91.95	97.84	164.06	246.57	344.42

表2の(ロ) 横断面積計算表
($B\cdots\text{m}$, $\alpha\cdots\text{度}$, $H\cdots\text{m}$, $A\cdots\text{m}^2$)

B		3								5							
n	α H	0	5	10	15	20	25	30	35	0	5	10	15	20	25	30	35
0.3	0	0	0.10	0.21	0.33	0.46	0.61	0.79	1.00	0	0.28	0.58	0.91	1.27	1.70	2.19	2.77
	2	7.3	7.19	7.27	7.29	7.38	7.50	7.65	7.88	11.3	8.98	11.22	11.41	11.59	11.84	12.18	12.67
	4	16.8	16.71			17.10			17.92	24.8	24.83			25.36			26.90
	6	28.3	28.69			28.25			30.47	40.3	40.83			41.56			43.65
	8	43.2	43.00			43.82			45.54	59.2	59.25			60.19			63.89
	10	60.0	59.67	58.60	60.44	60.83	61.31	62.07	63.12	80.0	80.06	78.76	80.66	81.25	82.01	83.11	84.65
0.5	0	0	0.10	0.22	0.35	0.50	0.69	0.91	1.21	0	0.29	0.60	0.97	1.39	1.91	2.54	3.36
	2	8.0	8.00	8.06	8.23	8.43	8.73	9.14	9.74	12.0	9.75	12.16	12.45	12.84	13.41	14.23	15.42
	4	20.0	19.91			20.84			23.42	28.0	27.99			29.42			33.64
	6	36.0	35.86			37.38			41.64	48.0	47.93			50.14			56.42
	8	56.0	55.73			58.08			64.42	72.0	71.75			75.05			83.76
	10	80.0	79.56	80.12	81.55	82.90	84.87	87.70	91.76	100.0	99.73	100.49	102.07	104.10	106.50	110.25	115.65
0.7	0	0	0.10	0.23	0.37	0.55	0.78	1.09	1.54	0	0.29	0.63	1.03	1.52	2.17	3.03	4.28
	2	8.8	8.84	8.89	9.25	9.59	10.24	11.15	12.59	12.8	10.57	13.13	13.60	13.33	15.40	17.05	19.65
	4	23.2	23.27			24.77			31.52	31.2	31.39			30.75			43.85
	6	43.2	43.38			45.76			57.82	55.2	55.54			53.09			75.40
	8	68.8	69.08			72.58			91.49	84.8	85.32			80.24			114.33
	10	100.0	100.41	99.56	104.04	105.21	112.36	120.18	132.52	120.0	120.76	119.86	125.01	112.19	135.45	145.22	160.63
1.0	0	0	0.11	0.24	0.41	0.64	0.99	1.54	2.62	0	0.30	0.67	1.15	1.78	2.74	4.28	7.27
	2	10.0	10.07	10.39	10.96	11.87	13.32	16.15	21.72	14.0	11.76	14.62	15.57	17.07	19.66	24.16	33.38
	4	28.0	28.09			32.62			56.95	36.0	36.28			42.42			76.44
	6	54.0	54.23			62.57			107.83	66.0	66.47			76.97			135.15
	8	88.0	88.32			101.75			174.37	104.0	104.71			120.74			209.51
	10	130.0	130.34	134.81	140.32	150.14	166.89	196.34	256.56	150.0	150.99	155.39	162.19	173.73	193.60	228.38	299.54
1.3	0	0	0.11	0.25	0.46	0.78	1.34	2.61	8.65	0	0.31	0.71	1.27	2.16	3.72	7.27	24.04
	2	11.2	11.39	11.83	12.99	14.92	18.75	27.97	72.77	15.2	13.02	16.22	17.97	20.96	26.91	41.15	
	4	32.8	33.33			42.74			197.24	40.8	41.45			53.92			
	6	64.8	65.91			83.94			381.62	76.8	77.98			100.28			
	8	107.2	109.05			138.54			625.89	123.2	125.07			160.05			
	10	160.0	162.77	167.25	182.43	206.53	254.46	369.79	930.13	180.0	182.71	188.55	206.22	233.15	287.97	419.72	
1.5	0	0	0.11	0.27	0.50	0.90	1.76	4.89	—	0	0.32	0.75	1.40	2.50	4.88	13.59	
	2	12.0	12.33	13.01	14.65	17.72	25.04	52.89		16.0	13.97				35.48		
	4	36.0	36.97			51.90				44.0	45.32						
	6	75.0	74.06			103.18				87.0	86.59			121.39			
	8	120.0	123.48			171.55				136.0	140.31			195.46			
	10	180.0	185.29	194.61	216.71	257.02	355.31	729.70		200.0	206.46	216.28	240.94	286.63	397.21	818.35	

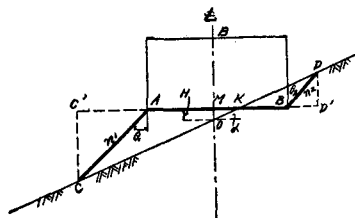
表2のハ 横断面積計算表

($B \cdots m$, $\alpha \cdots$ 度, $H \cdots m$, $A \cdots m^2$)

B		7								9							
n	α H	0	5	10	15	20	25	30	35	0	5	10	15	20	25	30	35
0.3	0	0	0.55	1.14	1.79	2.50	3.33	4.28	5.42	0	0.91	1.88	2.95	4.13	5.50	7.08	8.96
	2	15.3	15.17	15.28	15.56	15.88	16.33	16.93	17.78	19.3	19.25	19.35	19.77	20.25			
	4	32.8	32.77	32.72	33.28	33.69	34.07	35.08	36.20	40.8	40.86			42.12			45.79
	6	52.3	52.72	52.46	53.41	53.94	54.66	55.69	57.00	64.3	64.87			66.41			70.90
	8	75.2	75.03	74.47	75.97	76.62	77.50	78.78	80.55	91.2	91.29			93.14			98.51
	10	100.0	99.72	98.77	100.93	101.72	102.79	104.34	106.49	120.0	120.10	118.97	121.24	122.30	123.74	125.79	128.64
0.5	0	0	0.56	1.18	1.90	2.72	3.74	4.98	6.58	0	0.93	1.95	3.13	4.50	6.17	8.23	10.88
	2	16.0	16.00	16.26	16.74	17.38	18.35	19.69	21.64	20.0	20.09	20.41	21.10	22.07			
	4	36.0	37.00	36.22	37.10	38.07	39.49	41.52	44.43	44.0	44.07			46.90			55.76
	6	60.0	59.93	60.38	61.55	62.88	62.89	67.70	71.63	72.0	72.02			75.90			87.67
	8	88.0	87.81	88.43	90.06	91.83	94.51	98.26	103.67	104.0	103.94			109.06			124.11
	10	120.0	119.66	120.47	122.65	124.92	128.36	133.18	140.11	140.0	139.83	140.89	143.31	146.38	150.44	156.45	165.13
0.7	0	0	0.57	1.23	2.02	2.99	4.25	5.95	8.39	0	0.94	2.03	3.34	4.94	7.04	9.83	13.87
	2	16.8	16.86	17.20	18.05	19.17	20.91	23.51	27.60	20.8	20.99	21.42	22.61	22.58			
	4	39.2	39.41	39.67	41.29	42.96	45.99	50.29	57.06	47.2	47.53			48.37			71.19
	6	67.2	67.53	67.67	70.36	72.58	77.34	83.77	93.72	79.2	79.70			78.96			113.27
	8	100.8	101.26	101.20	105.26	108.01	114.96	123.95	138.07	116.8	117.52			114.36			162.72
	10	140.0	140.62	140.25	145.99	149.24	158.86	170.81	189.62	160.0	160.97	160.54	167.15	154.57	182.64	196.96	219.53
1.0	0									0	0.97	2.16	3.71	5.78	8.88	13.87	23.55
	2									22.0	22.31	23.29	25.27	28.44			
	4									52.0	52.51			63.01			121.14
	6									90.0	90.75			106.79			195.51
	8									136.0	137.05			159.81			285.53
	10									190.0	191.38	196.91	206.37	222.04	248.68	295.48	391.22
1.3	0	0	0.61	1.40	2.52	4.22	7.29	14.24	47.11	0	1.00	2.31	4.17	6.98	12.05	23.55	77.88
	2	19.2	19.56	20.67	23.16	27.93	35.94	56.33	155.5	23.2	23.73	25.23	28.57	34.36			
	4	48.8	49.68	51.68	56.87	65.55	82.84	124.36	326.06	56.8	57.82			77.63			401.46
	6	88.8	90.34	93.53	102.41	117.06	146.21	216.20	555.57	100.8	102.46			134.29			654.98
	8	139.2	141.58	145.39	159.80	181.96	226.05	331.99	846.90	155.2	157.65			204.35			968.40
	10	200.0	203.41	209.77	229.02	260.24	322.47	471.65	1,197.23	220.0	223.40	231.24	252.64	287.80	357.69	525.58	1,341.78
1.5	0	0	0.62	1.46	2.75	4.90	9.57	26.63		0	1.02	2.42	4.54	8.10	15.82	44.02	
	2	20.0								24.0	24.79	26.72	31.69	39.88			
	4	52.0								60.0	61.78			91.14			
	6	99.0								111.0	111.20			159.49			
	8	152.0								168.0	173.07			244.95			
	10	220.0								240.0	247.37	259.63	290.28	347.50	484.86	1,007.76	

$$\begin{aligned}
 A &= \triangle AK'C - \triangle BK'D \\
 &= \left(H \cot \alpha + \frac{B}{2} \right)^2 \times \frac{1}{2(\cot \alpha - n)} \\
 &\quad - \left(H \cot \alpha - \frac{B}{2} \right)^2 \times \frac{1}{2(\cot \alpha + n)} \quad \dots\dots\dots (3)
 \end{aligned}$$

2] 切盛断面積 (以下混合断面積という。)



第 2 図

第 2 図において記号は前述のとおりとする。

(i) 盛断面積 ($\triangle AKC$) A_B は

$$\begin{aligned}
 A_B &= \frac{\overline{AK}^2 \times \sin \widehat{KAC} \times \sin \widehat{ACK}}{2 \sin \widehat{ACK}} \\
 &= \left(H \cot \alpha + \frac{B}{2} \right)^2 \times \frac{1}{2(\cot \alpha - n_1)} \quad \dots\dots\dots (4i)
 \end{aligned}$$

(ii) 切断面積 ($\triangle BKD$) A_C は

$$\begin{aligned}
 A_C &= \frac{\overline{BK}^2 \times \sin \widehat{DKB} \times \sin \widehat{DBK}}{2 \sin \widehat{DKB}} \\
 &= \left(H \cot \alpha - \frac{B}{2} \right)^2 \times \frac{1}{2(\cot \alpha - n_2)} \quad \dots\dots\dots (4a)
 \end{aligned}$$

(3) および (4) 式をみると上面施工幅 (B) と切土、盛土の法勾配があらかじめ想定されると、各断面積は切 (盛) 高と横断斜角との函数として表わされる。よつてこれら α, n, H, B の 4 数につきあらかじめ計算ならびに図表を作製しておけば便利である。

3] 表の使用方法

表 1 は (3) および (4) 式中の地盤の横断斜角 (α) と切盛法面勾配 (n) とに支配される係数を整理したもので、 α は 0° から 35° まで、 n は 3 分から 1 割 5 分までの間の 6 種類をとつた。これらの中間値は按分比例によつて求めても大差ない。表 2 は上面施工幅員 3 m, 5 m, 7 m, 9 m の 4 種類に対して、表 1 のとおり、その法面勾配は 6 種類ならびに横断面斜角は 35° までとり、中間値は按分比例によつて求めるものとする。なお表 2 のイは本市のある路線につき採用したので後述の例題の資料とした。すなわち横断斜角 α が 9° で盛高 20 cm の場合は盛断面積が 2.13 m^2 で切断面積が 0.47 m^2 で混合断面積となり、また横断斜角が 15° で盛 (切) 高 1.8 m の場合は盛 (切) 断面積が 18.01 m^2 で正断面積となる。なお図表の作製にあたっては実際使される上面施工幅員と法面勾配があらかじめ決められるなら表 2 の (イ) (ロ) (ハ) などを参照して実用図表を用意されると便利である。表 2 の (ロ) (ハ) の空欄は表 2 の (イ) 表の傾向から判断

できるので計算を省略したものである。

§4 土量線図について

ここでいう土量線図とは次の三つを総称したものである。

A) 断面積目盛線図

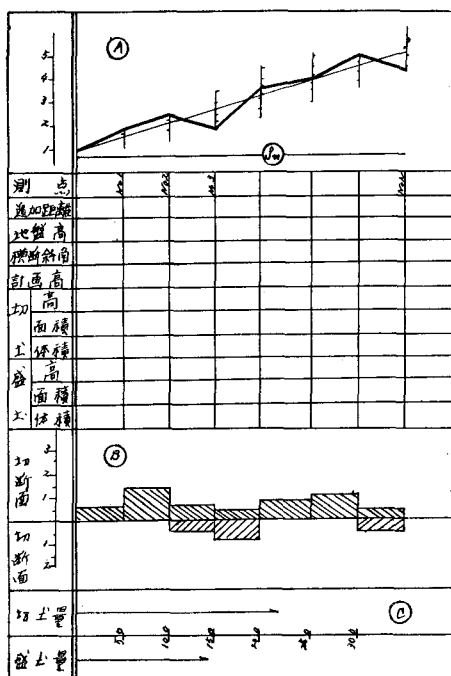
第 3 図 A において普通縦断面図の各測点地盤高の位置に直接垂直線を描き、その線上に切 (あるいは盛) 断面積を長さの単位で目盛る。この際その測点箇所の横断斜角の形状により、正断面積あるいは混合断面積が予想されるので線上右側は盛断面積量、左側を切断面積量とする。

B) 区間土量図

第 3 図 B においてある 2 測点区間につき、両端断面積の平均値を縦距にとり、基線上の長さが両測点距離を表わすので、これらの相乗積 (すなわち矩形面積) が土量を表わすこととなるのである。

C) 土量累加線図

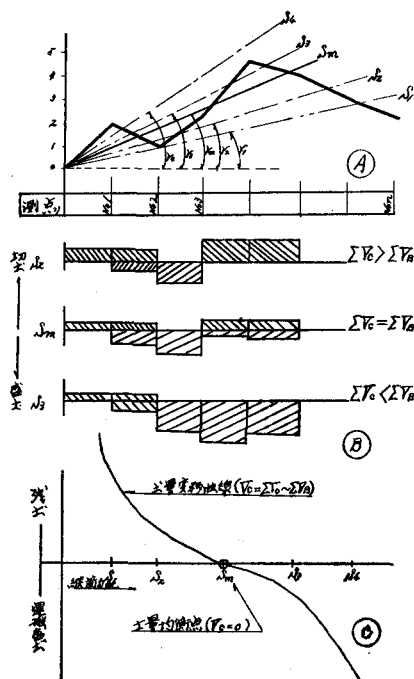
第 3 図 C においてそれぞれの土量を線で表わし、これを全区間について累加したものである。今第 3 図 A の測点 No. 1 から No. N までの両地点間において縦断勾配 S_m なる施工基線を引き、これと各測点断面積目盛線との交点の読みをとり、両端平均値をもつて区間土量図を描く。全区間についてそれぞれ水図上でこれらの操作を迅速に進めるのである。なおこれにより切盛のバランスを考慮して再度縦断勾配を変更して所望の勾配と土工量の適正を期する。



第 3 図

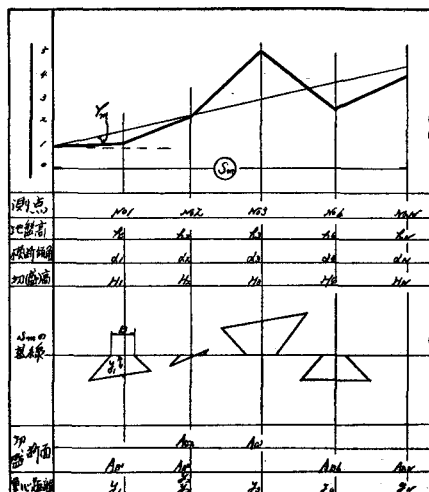
§5 縦断勾配と土工量との平衡条件

前節で記したように、土工量の算出は図式的に簡単に求めるが、なお制限勾配(あるいは所望勾配)内で切盛土において残土あるいは運搬盛土などの無駄な土工をさけ、切盛土量の平衡状態がのぞましいのでその方法を証す。



第 4 図

今ある区間 (m 鎖) についてみるに第 4 図 A に示すように、測点 0 をとる縦断勾配断本の中で、切盛土量のバランスのとれる勾配線は必ず一線存在する。その勾配を S_m (%) とすれば、区間内の切土量と盛土量とは同図 B における中央図のように等しくなり、勾配 S_m より緩あるいは急によつて土量の過不足をきたすことになる。(緩の場合は残土、急の場合は運搬盛土)。すなわちその変化の状態は同図 C に示すように三次曲線的に変移する。この曲線を土量変移曲線と名付ける。同図 B において、その間内の切土総量を ΣV_C 、盛土総量を ΣV_B 、および超過土量を V_r とすれば、 $V_r = \Sigma V_C - \Sigma V_B = 0$ の時は全く均衡状態にあり、この時の土量変移曲線は同図 C に示すように変曲する。すなわち土量変移曲線の変曲点(あるいは反曲点)がこの土量の均衡状態を示すこととなる。この点を土量均衡点と名付ける。この点から上部は残土を生じ、下部は運搬盛土を要することを示す。また超過土量 V_r は、各測点区間が一定長 l (m) である場合は、各測点箇所の横断面積の総和であるといえるので、その断面積の総和が、0 になるような縦断勾配 S_m を選ぶことに帰する。これはすなわち第 5 図に示すように所望勾配 S_m の時の基線について各測点断面積の断



第 5 図

面モーメントを求め、これらの総和を S_m にて 2 回微分して 0 とおき、 S_m の方程式を解くことによつて所望勾配 S_m が求まり、またこの時切盛土量が平衡状態となる。今この算式を求めると

断面積モーメントの一般式は

$$M_r = \frac{1}{2} (A_1 \cdot y_1 + A_m \cdot y_m) + A_2 \cdot y_2 + A_3 \cdot y_3 + \dots + A_{m-2} \cdot y_{m-2} + A_{m-1} \cdot y_{m-1} \\ = \sum_{m=2}^{m-1} A_m \cdot y_m + \frac{1}{2} (A_1 \cdot y_1 + A_m \cdot y_m) \quad \dots \dots \dots (5)$$

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_{m-2}, A_{m-1}, A_m$

各測点断面積 (m^2)

$y_1, y_2, y_3, \dots, y_{m-2}, y_{m-1}, y_m$

基線から断面重心までの距離 (m)

縦断勾配と切盛高との関係は

$$S_m = \tan \gamma_m = \frac{h_1 + H_1}{l} = \frac{h_2 + H_2}{2l} = \dots \\ = \frac{h_{m-1} + H_{m-1}}{(m-1)l} = \frac{h_m + H_m}{ml} \\ \therefore H_m = m \cdot l \cdot S_m - h_m \quad \dots \dots \dots (6)$$

S_m : 縦断勾配 (%)

γ_m : 縦断斜角 (度)

$h_1, h_2, \dots, h_{m-1}, h_m$: 仮基準線から各測点地盤高 (m)

$H_1, H_2, \dots, H_{m-1}, H_m$: 各測点切(盛)高 (m)

l : 各測点間距離 (m)

施工基線から断面重心までの距離 (y) はそれぞれ次のとおりである。

(i) 混合断面の場合第 2 図において、 $\triangle KCC'$ および $\triangle KDD'$ の CC' および DD' はそれぞれ

$$CC' = \frac{H \cot \alpha + B/2}{\cot \alpha - n_1}, \quad DD' = \frac{-(H \cot \alpha - B/2)}{\cot \alpha - n_2}$$

であるため $\triangle AKC$ および $\triangle BKD$ の重心までの距離は

$$y_B = \frac{CC'}{3} = \frac{H \cot \alpha + B/2}{3(\cot \alpha - n)},$$

$$y_C = \frac{DD'}{3} = \frac{-(H \cot \alpha - B/2)}{3(\cot \alpha - n_2)} \dots \dots \dots (7)$$

(ii) 正断面の場合は第1図において $\triangle ABDC$ の重心距離 y は次の方法による。

$$\triangle ABDC \times y = \triangle ACK' \times \frac{CC'}{3} - \triangle DBK' \times \frac{DD'}{3} \dots \dots \dots (8)$$

CC' および DD' はそれぞれ

$$CC' = \frac{H \cot \alpha + B/2}{\cot \alpha - n}, \quad DD' = \frac{H \cot \alpha - B/2}{\cot \alpha + n}$$

であるから (3) と (8) より y は

$$y = \frac{\frac{(H \cot \alpha + B/2)^3}{6(\cot \alpha - n)^2} - \frac{(H \cot \alpha - B/2)^3}{6(\cot \alpha + n)^2}}{\frac{(H \cot \alpha + B/2)^2}{2(\cot \alpha - n)} - \frac{(H \cot \alpha - B/2)^2}{2(\cot \alpha + n)}} \dots \dots (9)$$

断面モーメントの基本式は (3), (4), (7), (9) より

$$\left. \begin{aligned} M_B &= A_B \cdot y_B = \frac{(H \cot \alpha + B/2)^2}{2(\cot \alpha - n)} \times \frac{(H \cot \alpha + B/2)}{3(\cot \alpha - n)} \\ &= \frac{(H \cot \alpha + B/2)^3}{6(\cot \alpha - n)^2} \text{ (混合断面の盛断面の場合)} \\ M_C &= A_C \cdot y_C = \frac{(H \cot \alpha - B/2)^2}{2(\cot \alpha - n)} \times \frac{-(H \cot \alpha - B/2)}{3(\cot \alpha - n)} \\ &= \frac{-(H \cot \alpha - B/2)^3}{6(\cot \alpha - n)^2} \text{ (混合断面の切断面の場合)} \\ M &= A \cdot y = \left\{ \frac{(H \cot \alpha + B/2)^2}{2(\cot \alpha - n)} - \frac{(H \cot \alpha - B/2)^2}{2(\cot \alpha + n)} \right\} \dots \dots \dots (10) \\ &\quad \times \frac{\frac{(H \cot \alpha + B/2)^3}{6(\cot \alpha - n)^2} - \frac{(H \cot \alpha - B/2)^3}{6(\cot \alpha + n)^2}}{\frac{(H \cot \alpha + B/2)^2}{2(\cot \alpha - n)} - \frac{(H \cot \alpha - B/2)^2}{2(\cot \alpha + n)}} \\ &= \frac{(H \cot \alpha + B/2)^3}{6(\cot \alpha - n)^2} - \frac{(H \cot \alpha - B/2)^3}{6(\cot \alpha + n)^2} \end{aligned} \right\}$$

(正断面の場合)

となり、各測点における断面モーメントは、() の内いづれかの型のものが入る。任意の測点における縦断勾配を考慮したときの断面モーメントは、(6) を代入して S_m 項について羅順に整理するとそれぞれ次のようになる。

今 $\cot \alpha_m - n = G_{m1}$ および $\cot \alpha_m + n = G_{m2}$ とすれば

$$\begin{aligned} M_{mB} &= \frac{(H_m \cot \alpha_m + B/2)^3}{6(\cot \alpha_m - n)^2} \\ &= \frac{\{(mlS_m - h_m) \cdot \cot \alpha_m + B/2\}^3}{6G_{m1}^2} \\ &= \frac{1}{6G_{m1}^2} \left\{ m^3 l^3 S_m^3 - (3m^2 l^2 \cot^3 \alpha_m h_m \right. \\ &\quad \left. - \frac{3B}{2} m^2 l^2 \cot^2 \alpha_m) \cdot S_m^2 + (3mlh_m^2 \cot^3 \alpha_m \right. \\ &\quad \left. - 3Bmlh_m \cot^2 \alpha_m + \frac{3B^2}{4} ml \cot \alpha_m) \cdot S_m - h_m^3 \cot^3 \alpha_m \right. \\ &\quad \left. + \frac{3B}{2} h_m^2 \cot^2 \alpha_m - \frac{3B^2}{4} h_m \cot \alpha_m + \frac{B^3}{8} \right\}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{mC} &= \frac{-(H_m \cot \alpha_m - B/2)^3}{6(\cot \alpha_m - n)} \\ &= \frac{-\{(mlS_m - h_m) \cot \alpha_m - B/2\}^3}{6G_{m1}^2} \\ &= \frac{-1}{6G_{m1}^2} \left\{ m^3 l^3 S_m^3 - (3m^2 l^2 \cot^3 \alpha_m h_m \right. \\ &\quad \left. + \frac{3B}{2} m^2 l^2 \cot^2 \alpha_m) S_m^2 + (3mlh_m^2 \cot^3 \alpha_m \right. \\ &\quad \left. + 3Bmlh_m \cot^2 \alpha_m + \frac{3B^2}{4} ml \cot \alpha_m) S_m \right. \\ &\quad \left. - h_m^3 \cot^3 \alpha_m - \frac{3B}{2} h_m^2 \cot^2 \alpha_m - \frac{3B^2}{4} h_m \cot \alpha_m - \frac{B^3}{8} \right\} \\ M_m &= \frac{(H_m \cot \alpha_m + B/2)^3}{6(\cot \alpha_m - n)^2} - \frac{(H_m \cot \alpha_m - B/2)^3}{6(\cot \alpha_m + n)^2} \\ &= \frac{\{(mlS_m - h_m) \cot \alpha_m + B/2\}^3}{6G_{m1}^2} \\ &\quad - \frac{\{(mlS_m - h_m) \cot \alpha_m - B/2\}^3}{6G_{m2}^2} \\ &= \left(\frac{1}{6G_{m1}^2} - \frac{1}{6G_{m2}^2} \right) m^3 l^3 \cot^3 \alpha_m S_m^3 \\ &\quad - \left\{ \left(\frac{1}{2G_{m1}^2} - \frac{1}{2G_{m2}^2} \right) m^2 l^2 h_m \cot^3 \alpha_m \right. \\ &\quad \left. - \left(\frac{1}{4G_{m1}^2} - \frac{1}{4G_{m2}^2} \right) B m^2 l^2 \cot^2 \alpha_m \right\} S_m^2 \\ &\quad + \left\{ \left(\frac{1}{2G_{m1}^2} - \frac{1}{2G_{m2}^2} \right) mlh_m^2 \cot^3 \alpha_m \right. \\ &\quad \left. - \left(\frac{1}{2G_{m1}^2} - \frac{1}{2G_{m2}^2} \right) B mlh_m \cot^2 \alpha_m \right. \\ &\quad \left. + \left(\frac{1}{8G_{m1}^2} - \frac{1}{8G_{m2}^2} \right) B^2 ml \cot \alpha_m \right\} S_m \\ &\quad - \left\{ \frac{1}{6G_{m1}^2} \left(h_m^3 \cot^3 \alpha_m - \frac{3B}{2} h_m^2 \cot^2 \alpha_m \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{3B}{4} h_m \cot \alpha_m - \frac{B^3}{8} \right) - \frac{1}{6G_{m2}^2} \left(h_m^3 \cot^3 \alpha_m \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{3B}{2} h_m^2 \cot^2 \alpha_m + \frac{3B}{4} h_m \cot \alpha_m + \frac{B^3}{8} \right) \right\} \end{aligned}$$

前記のとおり、各測点における断面モーメントの総和を勾配 S_m にて二回微分して 0 とおき、 S_m の方程式を解くかわりに個々の断面モーメント基本式につき微分して、 S_m の解を求めると次のとおりである。

$$\left. \begin{aligned} S_m &= \frac{m^2 \cot^3 \alpha_m h_m - B/2 m^2 \cot^2 \alpha_m}{m^3 l \cot^3 \alpha_m} \\ &\quad \text{(混合断面における盛断面の場合)} \\ S_m &= \frac{m^2 \cot^3 \alpha_m h_m + B/2 m^2 \cot^2 \alpha_m}{m^3 l \cot^3 \alpha_m} \\ &\quad \text{(混合断面における切断面の場合)} \\ S_m &= \frac{h_m \cot \alpha_m - \frac{G_{m1}^2 + G_{m2}^2}{G_{m1}^2 - G_{m2}^2} \times \frac{B}{2}}{ml \cot \alpha_m} \\ &\quad \text{(正断面の場合)} \end{aligned} \right\} \dots \dots (11)$$

各測点において以上の算式を使用するには、まづ断面形状が正断面か混合断面かを考えなければならない。そのためには土量線図によつてある程度勾配と土量とを算出し、その時の断面形状を判断するのが得策であるが、単に土量線図の縦断図に適宜勾配を入れて断面形状を判断しても差支えないが正確を期し難い。なお計算实例は次節および表

4に示してあるが繁雑である。

§6 例題解説

第6図の地形図はある地域の路線撰定の際のものであり、うち本路線はその一部10鎖をとつて、各図表を利用して土工量を算出する。なおこの際この10鎖区間のみで、その土量のバランスがとれるよう縦断勾配を算出する。各測点の地盤高 H および横断斜角 α はそれぞれ第7図下欄のとおりである。第7図は便宜上土量線図のうちA図のみにとどめかつ上部左隅に地盤高、斜角より面積を読みとる①斜角面積関係図を、また下部右隅に②土量均衡点算定図をつけ加えた。なお計画の施工幅員 B を7m、法面勾配 n を切盛面とも1割として表2のイを使用する。

(i) 各測点の地盤高、斜角を縦断図作製要領によりそれぞれ欄を設け記入する。この際縦の縮尺をなるべく大きくすると切盛高の読みが容易である。(ここでは縦1/20とした。)

(ii) 表2のイを利用して斜角面積関係図を描く。すなわち縦軸に切(盛)高を、横軸に断面積をとり、各実測斜角に応ずる点を結ぶと曲線が描かれる。

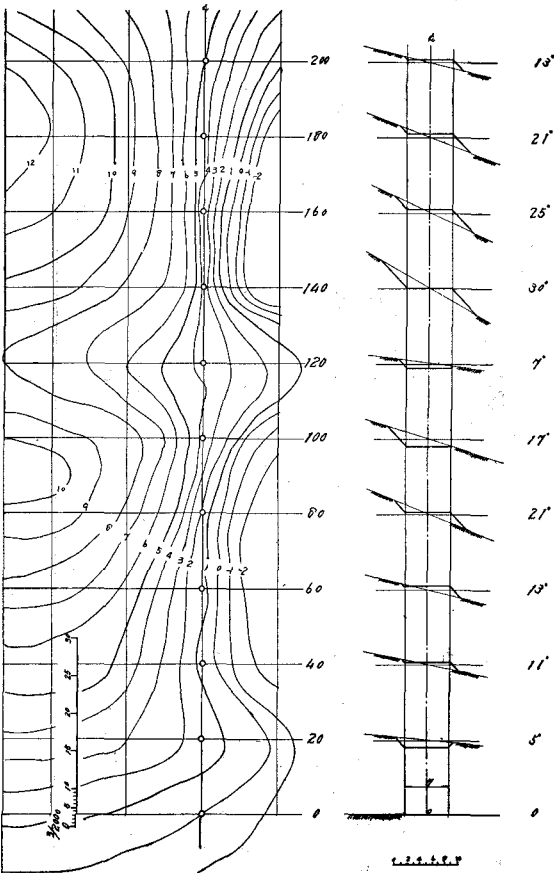
(iii) $S_1 (=0.02625)$ 勾配をもつ計画線を入れ、その時の各測点地盤高位置と計画線とはさまれる縦距の値がすなわち切(盛)高となるわけで、例えば測点3の場合 $H=0.48$

mとなり、この高さに相応する断面積は、同図①において縦軸(0.48m)よりの水平線が、 13° 曲線と交る点より垂線を引き、横軸の面積目盛を読みとると切断面積が 0.3 m^3 と盛断面積が 4.68 m^3 となる。(この場合斜角曲線が $H=\pm 0$ の下にでると切盛断面が混在することとなる。)各測点についても同様に算出し、これをまとめたものが、表3の土量平衡計算表中の S_1 の欄に記されており、その土量の集計 ΣV_{C1} および ΣV_{B1} の間に $+146.1\text{ m}^3$ の残土が生ずることとなる。

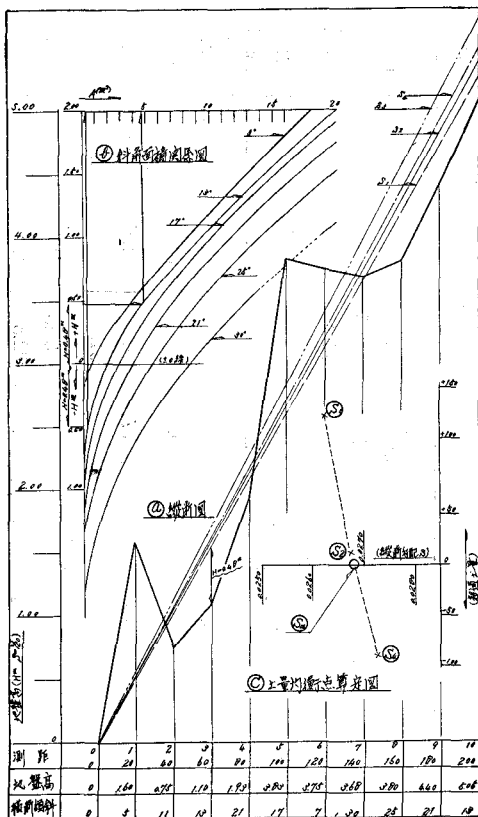
なお土量のバランスをとるため、更に勾配 S_2, S_3, S_4 などの計画線を引くと集計値が $+23\text{ m}^3, -368.3\text{ m}^3, -80.2\text{ m}^3$ となるが、これを近似的に図式で算出するには土量均衡点算定図によると便利である。

(iv) 土量均衡点算定図は第4図⑥に示してあるとおり縦軸に ΣV_C と ΣV_B との集計値を、横軸に勾配をとり、表3の S_1, S_2, S_4 の勾配の時の集計値を近似的に直線で結ぶと ± 0 線を切る点が所望の勾配 S_m を表わすので、逆にこの時の勾配($S_m=0.0268$)をもつ計画線を縦断図に挿入して計算すると表3の下欄のとおり集計値が $+10.4\text{ m}^3$ (残土)となりほぼ目的を達しうる。

(v) S_m を数値計算になる場合は(11)を用いるが、非常に繁雑である。すなわち表4のとおりである。 S_m の値は図式によるものとはほぼ一致することがわかる。なお(i)から(iv)までの操作は熟練すると数時間でできる。



第6図



第7図 土量(算定)線図

表 3 土 量 平 衡 計 算 表

测 地 横 断	距 高 斜	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
	0	0	20.0	40.0	60.0	80.0	100.0	120.0	140.0	160.0	180.0	200.0
	0	0	1.6	0.75	1.1	1.93	3.83	3.75	3.68	3.8	4.4	5.05
	0	0	5.0	11.0	13.0	21.0	17.0	7.0	30.0	25.0	21.0	13.0
$S_1 = \frac{5.25}{200} = 0.02625$	切 b	0	8.9	0.48	0.3	2.9	12.15	4.9	8.39	3.04	2.2	1.04
	V_{C1}	0	89.0	93.8	7.8	32.0	150.5	170.5	132.9	114.3	52.4	32.4
$S_2 = \frac{5.35}{200} = 0.02675$	盛 b	0	0.	3.05	4.68	4.78	0.	0.	8.39	8.34	5.8	2.87
	V_{B1}	0	0.	30.5	77.3	94.6	47.8	0.	83.9	167.3	141.4	86.7
$S_3 = \frac{5.70}{200} = 0.0285$	切 b	0	8.7	0.4	0.25	2.65	11.65	4.3	7.85	2.65	1.8	0.75
	V_{C2}	0	87.0	91.0	6.5	29.0	143.0	159.5	121.5	105.0	44.5	25.5
$S_4 = \frac{5.45}{200} = 0.02725$	盛 b	0	0.	3.25	4.9	5.1	0.	0.	9.0	9.0	6.5	3.45
	V_{B2}	0	0.	32.5	81.5	100.0	51.0	0.	90.0	180.0	155.0	99.5
$S_5 = \frac{5.70}{200} = 0.0285$	切 b	0	8.35	0.25	0.1	2.05	10.1	2.7	6.0	1.55	0.8	0.1
	V_{C3}	0	83.5	86.0	3.5	21.5	121.5	128.0	87.0	75.5	23.5	9.0
$S_6 = \frac{5.45}{200} = 0.02725$	盛 b	0	0.	3.8	5.72	6.0	0.	0.07	11.1	11.55	9.1	6.05
	V_{B3}	0	0.	38.0	95.2	117.2	60.0	0.7	111.7	226.5	206.5	151.5
$S_7 = \frac{5.45}{200} = 0.02725$	切 b	0	8.7	0.35	0.05	2.5	11.15	3.9	7.35	2.3	1.5	0.48
	V_{C4}	0	87.0	90.5	4.0	25.5	136.50	150.5	112.5	96.5	38.0	19.8
$S_8 = \frac{5.37}{200} = 0.0268$	盛 b	0	0.	3.3	5.05	5.3	0.	0.	9.5	9.7	7.15	4.1
	V_{B4}	0	0.	33.0	83.5	103.5	53.0	0.	95.0	192.0	168.5	112.5
計	面 高 (m)	0	0.54	1.07	1.61	2.15	2.69	3.22	3.76	4.3	4.83	5.37
$S_9 = \frac{5.37}{200} = 0.0268$	切 b	0	1.06	0.	0.	0.	1.14	0.53	0.	0.	0.	0.
	V_{C5}	0	8.7	0.4	0.25	2.65	11.55	4.3	7.8	2.55	1.75	0.7
$S_{10} = \frac{5.37}{200} = 0.0268$	盛 b	0	0.	3.18	4.9	5.1	0.	0.	9.05	9.15	6.6	3.6
	V_{B5}	0	0.	31.8	80.8	100.0	51.0	0.	90.5	182.0	157.5	102.0
												ΣV_{C1} 875.6
												ΣV_{B1} 729.5+146.1
												ΣV_{C2} 812.5
												ΣV_{B2} 789.5+23.0
												ΣV_{C3} 639.0
												ΣV_{B3} 1,007.3-368.3
												ΣV_{C4} 760.8
												ΣV_{B4} 841.0-80.2
												ΣV_{C5} 806.0
												ΣV_{B5} 779.6+10.4

表 4 S_m の 計 算 表

No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
α°	0	5.0	11.0	13.0	21.0	17.0	7.0	30.0	25.0	21.0	13.0
h_m	0	1.6	75	1.10	1.93	3.83	3.75	3.68	3.8	4.4	5.05
m	m^2	1.0	4.0	9.0	16.0	25.0	36.0	49.0	64.0	81.0	100.0
	m^3	1.0	8.0	27.0	64.0	125.0	216.0	343.0	512.0	729.0	1,100.0
$\cot \alpha_m$	$\cot^2 \alpha$	(11.43) ²	(5.14) ²	(4.33) ²	(2.61) ²	(3.27) ²	(8.14) ²	(1.73) ²	(2.14) ²	(2.61) ²	(4.33) ²
	$\cot^3 \alpha$	130.64	26.42	18.75	6.81	10.69	66.26	2.99	4.58	6.81	18.75
分	$m^2 \cot^2 \alpha_m h_m$	$1 \times 1,493.27 \times 1.60$	$4 \times 135.8 \times 0.75$	$9 \times 81.18 \times 1.1$	$16 \times 17.78 \times 1.93$	$25 \times 34.97 \times 3.83$	$36 \times 539.35 \times 3.75$	$49 \times 51.76 \times 3.68$	$64 \times 9.8 \times 3.8$	$81 \times 17.78 \times 4.4$	$100 \times 81.18 \times 5.05$
	$(G_{m1}^2 - G_{m1}) \times m^2 \cot^3 \alpha_m h_m$	$-45.72 \times 2,389.23$	407.4	803.68	557.58	3,346.38	72,812.25	9,333.36	2,383.36	6,336.79	40,985.9
子	$(G_{m2}^2 + G_{m1}^2) \times m^2 \cot^2 \alpha_m h_m$	$263.28 \times \frac{1}{2} \times 1 \times 130.64$									
	$m^2 I \cot^2 \alpha_m$	$1 \times 20 \times 1,493.27$	$8 \times 20 \times 135.8$	$27 \times 20 \times 81.18$	$64 \times 20 \times 17.78$	$125 \times 20 \times 34.97$	$216 \times 20 \times 539.35$	$343 \times 20 \times 51.76$	$512 \times 20 \times 9.8$	$729 \times 20 \times 17.78$	$1,000 \times 20 \times 81.18$
母	$(G_{m2}^2 - G_{m1}^2) \times m^2 I \cot^2 \alpha_m$	$-45.72 \times 29,865.4$	$21,728.0$	$43,837.2$	$22,758.4$	$87,425.0$	$2,329,992.0$	$355,073.60$	$100,352.0$	$259,232.4$	$1,623,600.0$
	$G_{m2}^2 - G_{m1}^2$	$(11.43 + 1)^2 - (11.43 - 1)^2$									
	$G_{m2}^2 + G_{m1}^2$	$(11.43 + 1)^2 + (11.43 - 1)^2$									
		263.28									
$S_m = \frac{2 \times \Sigma \otimes + \Sigma \otimes - \Sigma \otimes}{2 \times \Sigma \otimes + 2 \times \Sigma \otimes} = \frac{2 \times 60,818.07 - 2,523,799.27 - 1,462,080.37}{2 \times 2,456,580.6 - 2 \times 77,344,337.51} = \frac{-3,861,243.5}{-147,408,933.22} = 0.00262$											