

トラスガーダーの強度問題についての一考察

長元 亀久男

One consideration on a strength of Truss Girder

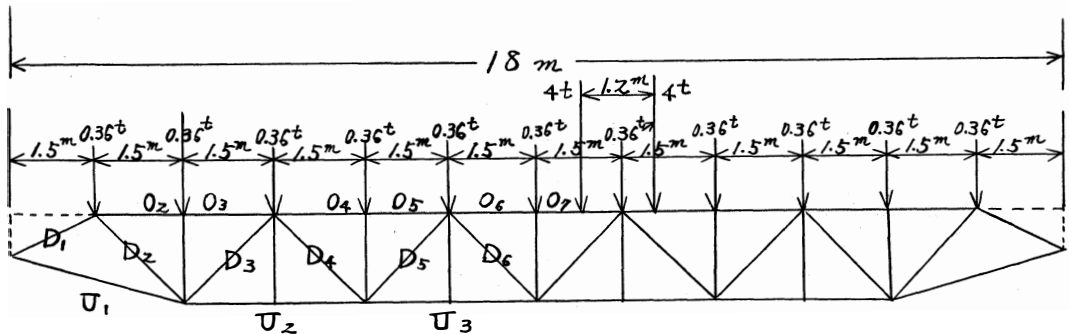
Kikuo NAGAMOTO

Here, using the influence lines, one calculating method about an axial force in the members of truss girder which is caused by a moving load and its own weight is described.

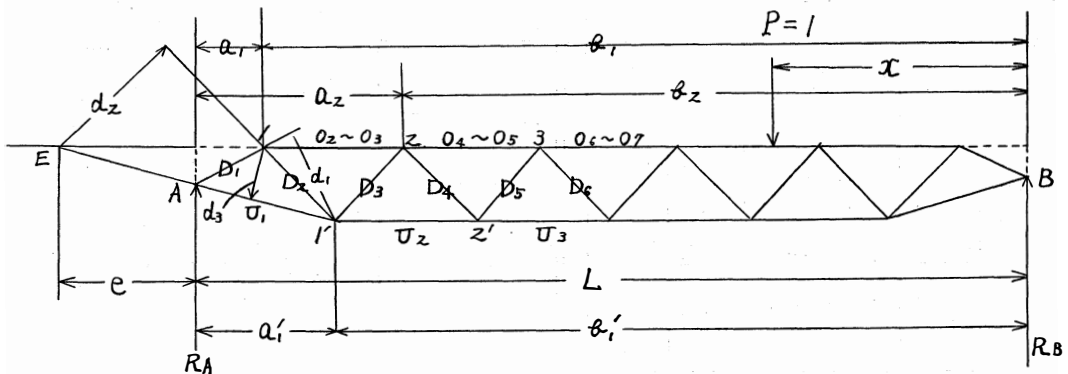
移動荷重と自重とを受けるトラスガーダー強度問題については、移動荷重による部材軸力を求めるには、一般には影響線を用いて求められており、ガーダー自重による部材軸力については、クレモナ線図が応用されている。ここでは移動荷重による部材軸力を求め

るため、折角影響線をひいたのであるから、これを応用して、ガーダー自重による部材の軸力を求めることについて例題によって述べることにする。

例として図～1に示すように経間18m、格点間の長さ1.5m、ガーダー深さ1.5mなるガーダーを考え、この



図～1



図～2

自重を 3.96 t とする。各格点に等分にかかる荷重を 0.36 t とする。クラブのホイールベースの間隔を 1.2 m とし、各車輪にかかる圧力を 4 t とする。

図～2を参照しトラスガーダーの軸力影響線をひいてみる。まず上弦材 $O_2 \sim O_3$ の軸力影響線について考えてみる。単位荷重 $P=1$ が支点 B から X の距離にあるときを考えてみる。このとき A 支点の反力 R_A は L を経間として x/L であらわされる。 $x < b'_1$ の範囲内でリッター法によって $O_2 \sim O_3, D_2, U_1$ 部材を切つて格点 1 のまわりのモーメントをとつて $O_2 \sim O_3$ 部材の軸力影響線はつぎのように求め得られる。』

$$[O_2 \sim O_3] = \frac{R_A a'_1}{h} = \left(\frac{a'_1}{Lh} \right) X \quad \dots\dots(1)$$

$O_4 \sim O_5, O_6 \sim O_7$ 部材についての軸力影響線は今と同じようにして求めることができる。

下弦材 U_1 についての軸力影響線を求めることについて考えてみる。単位荷重が $x < b_1$ の範囲内において格点 1 のまわりのモーメントをとつて U_1 部材の軸力影響線は図～2を参照してつぎのように求め得られ

る。』

$$[U_1] = \frac{R_A a_1}{d_3} = \left(\frac{a_1}{Ld_3} \right) x \quad \dots\dots(2)$$

水平下弦材 U_2 についても同様で単位荷重が $x < b_2$ の範囲内において格点 2 のまわりのモーメントをとつて U_2 部材の軸力影響線は図～2を参照してつぎのように求め得られる。』

$$[U_2] = \frac{R_A a_2}{h} = \left(\frac{a_2}{hL} \right) x \quad \dots\dots(3)$$

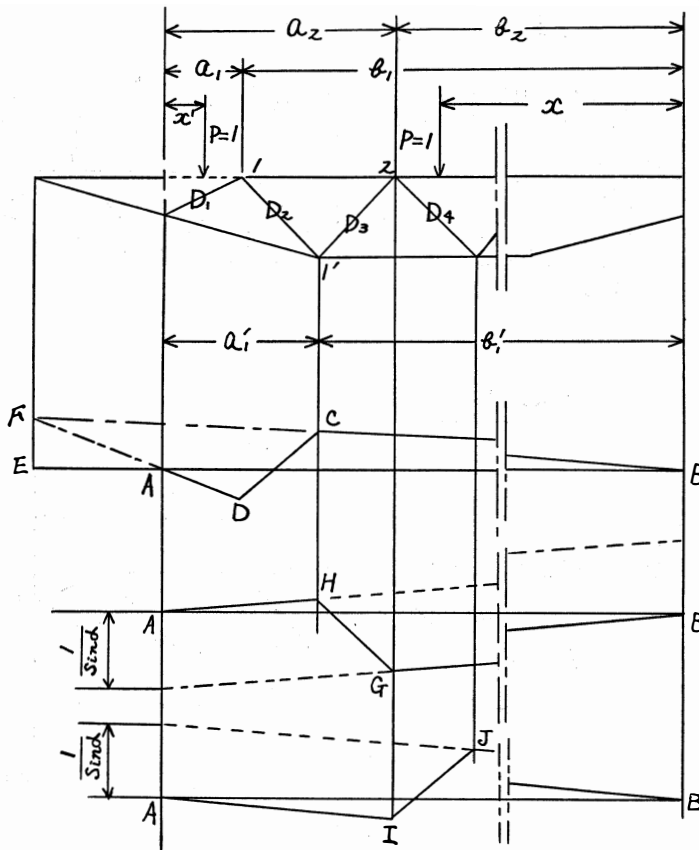
斜材 D_1 についての軸力影響線について考えてみる。 D_1, U_1 部材を切り単位荷重が $x < b_1$ の範囲内で格点 1' のまわりのモーメントをとつて D_1 部材の軸力影響線は図～2を参照してつぎのように求め得られる。

$$[D_1] = \frac{R_A a'_1}{d_1} = \left(\frac{a'_1}{Ld_1} \right) x \quad \dots\dots(4)$$

斜材 D_2 についての軸力影響線について考えてみる。 $O_2 \sim O_3, D_2, U_1$ 部材を切り $O_2 \sim O_3$ と U_1 との交点を E とする。単位荷重が $x < b'_1$ の範囲内において

$$[D_2]d_2 = R_A e$$

$$[D_2] = \frac{R_A e}{d_2} = \left(\frac{e}{LD_2} \right) x \quad \dots\dots(5)$$



図～3

これにより図～3のように直線 BC がひかれる。この直線を $L+e$ 即ち E の直下まで延長すれば、ここでの高さは $(L+e)e/Ld_2$ となる。故にこれを EF に等しくとり図～3のように BC 線をひくことができる。

また $P=1$ が左端からの距離 a_1 の範囲内にあるとき、A からの距離を x とすれば E 点のまわりのモーメントをとつて

$$(e+x')P - R_A e + [D_2]d_2 = 0$$

$$[D_2] = - \frac{(L+e)}{Ld_2} x' \quad \dots\dots(6)$$

この線を E の直下まで延長すれば、 $x' = -e$ に応じて $(L+e)e/Ld_2$ の高さが得られる。このことから FA を結んで延長し、影響線 AD をひくことができる。ついで DC を結ぶ。また BF を結んで BC をひくことができる。従つて軸力影響線は ABCD となる。』

平行弦間の斜材 D_3, D_4 の軸力影響線について考えてみる。図～2にて $O_2 \sim O_3, D_3, U_2$ 部材を切つて考える。 $P=1$ が b_2 間にある間は

D₃部材の軸力影響線はつぎのように求め得られる。¹⁾

$$[D_3] \sin \alpha = R_A$$

$$[D_3] = \frac{R_A}{\sin \alpha} = \left(\frac{1}{L \sin \alpha} \right) x \quad \dots\dots(7)$$

x = Lとおけば 1/sin α を得るから図~3に示すようにAの真下にこの高さをとって、軸力影響線BGをひくことができる。P = 1が a₂間にある間はAからの距離を x' としてつぎのように求め得られる。¹⁾

$$[D_3] = \frac{R_B}{\sin \alpha} = \left(\frac{1}{L \sin \alpha} \right) x' \quad \dots\dots(8)$$

x' = Lとおけば 1/sin α を得るから図~3に示すようにBの上にこの高さをとってAHをひくことができる。HGを結んで D₃ 部材の軸力影響線としてAHGBをひくことができる。¹⁾

D₄ 部材についても同様に軸力影響線としてAIJBをひくことができる。

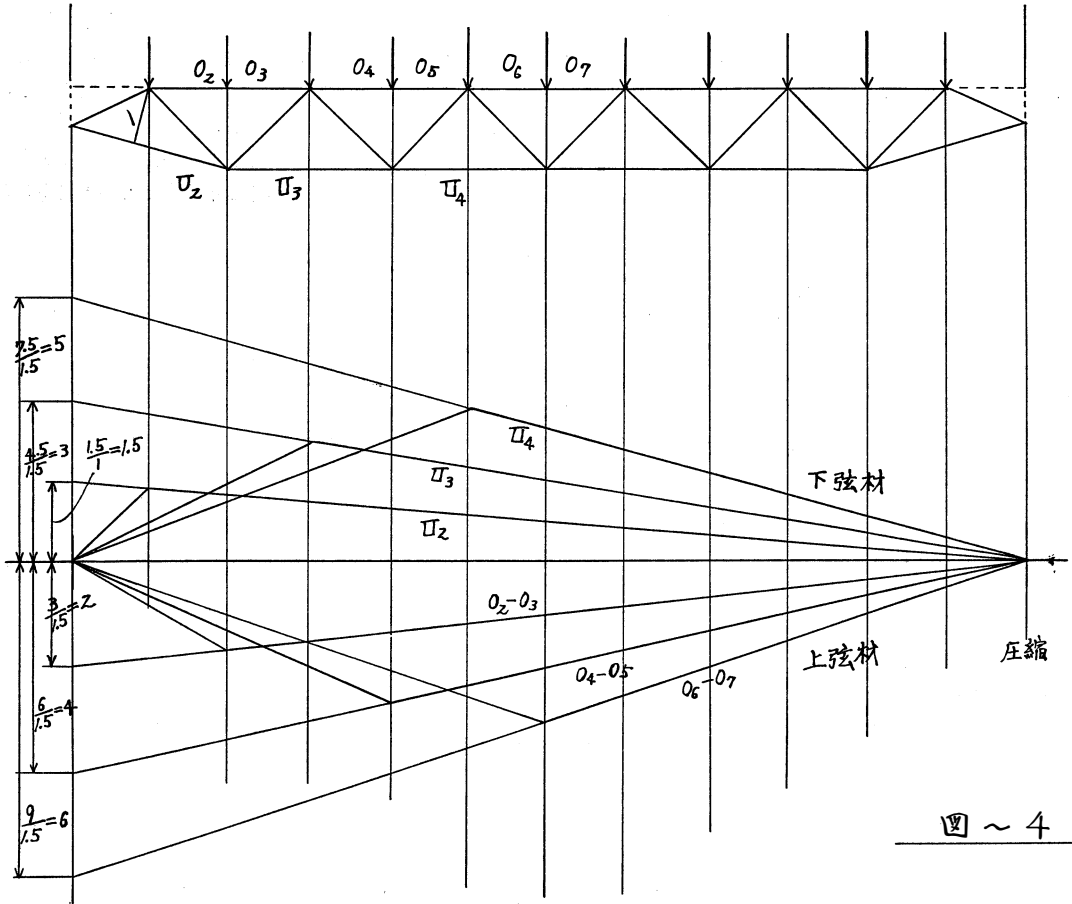


表 1

格点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	総計
0 ₂ ~0 ₃	-0.9	-1.7	-1.5	-1.3	-1.2	-1	-0.9	-0.7	-0.5	-0.4	-0.2	-10.3
0 ₄ ~0 ₅	-0.8	-1.4	-2	-2.6	-2.3	-2	-1.7	-1.3	-0.9	-0.6	-0.3	-15.9
0 ₆ ~0 ₇	-0.5	-1	-1.5	-2	-2.6	-3	-2.5	-2	-1.5	-1	-0.5	-18.1
U ₁	+1.4	+1.25	+1.1	+1	+0.9	+0.9	+0.6	+0.5	+0.3	+0.2	+0.1	+ 8.05
U ₂	+0.8	+1.5	+2.2	+2	+1.7	+1.5	+1.3	+1	+0.8	+0.5	+0.3	+13.6
U ₃	+0.6	+1.2	+1.8	+2.4	+2.8	+2.5	+2	+1.65	+1.25	+0.8	+0.4	+17.4

以上を応用して上弦材 $O_2 \sim O_3$, $O_4 \sim O_5$, $O_6 \sim O_7$ 部材, 下弦材 U_1 , U_2 , U_3 部材の軸力影響線をひけば図~4のように求め得られる。この軸力影響線図から各格点に単位荷重があるとして, ある部材におよぼす軸力を求めるには, 各格点において, その軸力影響線から求めた軸力を総和すればよろしいのである。²⁾

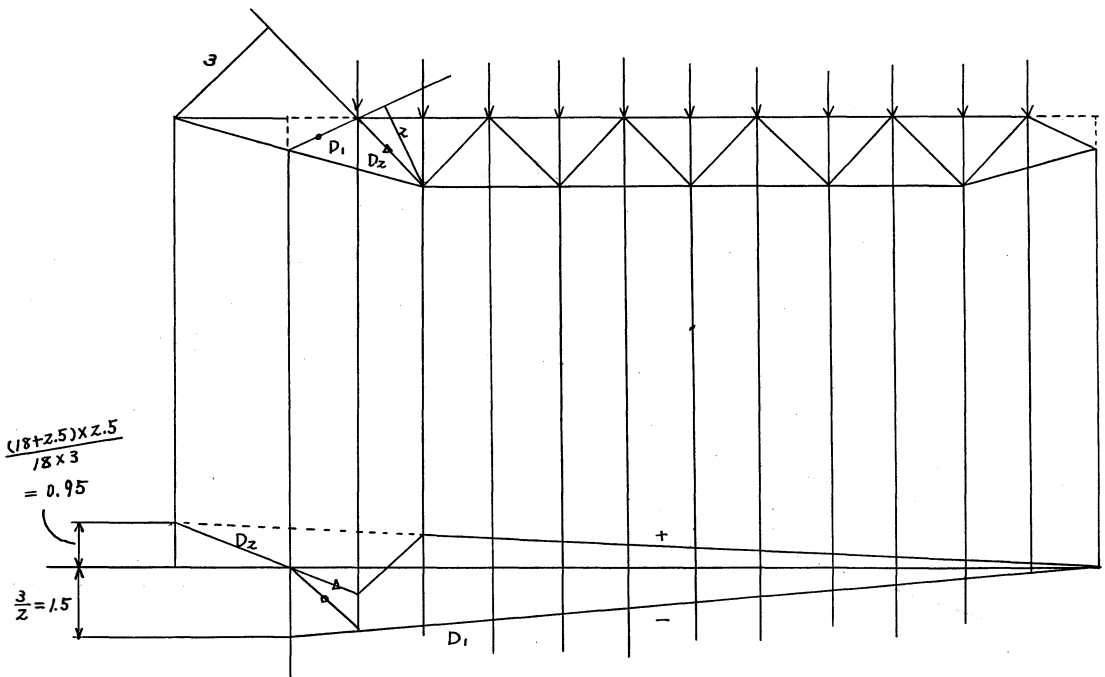
このようにして各格点において, 単位荷重があるとして, 各部材の軸力を求めれば, つぎのように求め得られる。

斜材 D_1 , D_2 部材の軸力影響線をひけば図~5のように求め得られる。この軸力影響線から各格点に単位荷重があるとして, ある部材におよぼす軸力を求めるには, 各格点においてその軸力影響線から求めた軸力を総和すればよろしいのである。このようにして各格点において単位荷重があるとして各部材の軸力を求めればつぎのように求め得られる。

斜材 D_5 , D_6 部材の軸力影響線をひけば図~6のように求め得られる。この軸力影響線から各格点に単位荷重があるとして, ある部材におよぼす軸力を求めるには, 各格点において, その軸力影響線から求めた軸力を総和すればよい。このようにして各格点において単位荷重があるとして各部材の軸力を求めれば, つぎのように求め得られる。

斜材 D_4 , D_6 部材の軸力影響線をひけば図~7のように求め得られる。この軸力影響線から各格点に単位荷重があるとしてある部材におよぼす軸力を求めるには, 各格点において, その軸力影響線から求めた軸力を総和すればよろしいのである。このようにして各格点において単位荷重があるとして各部材の軸力を求めれば, つぎのように求め得られる。

ガーダーの自重による各部材の軸力を求める場合は自重による各格点にかかる荷重分布は 0.36 t であるか



図~5

表 2

部材 \ 格点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	総計
D_1	-1.4	-1.3	-1.2	-1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.35	-0.2	-0.1	-7.25
D_2	-0.6	+0.7	+0.65	+0.6	+0.5	+0.45	+0.4	+0.35	+0.25	+0.2	+0.1	+3.6

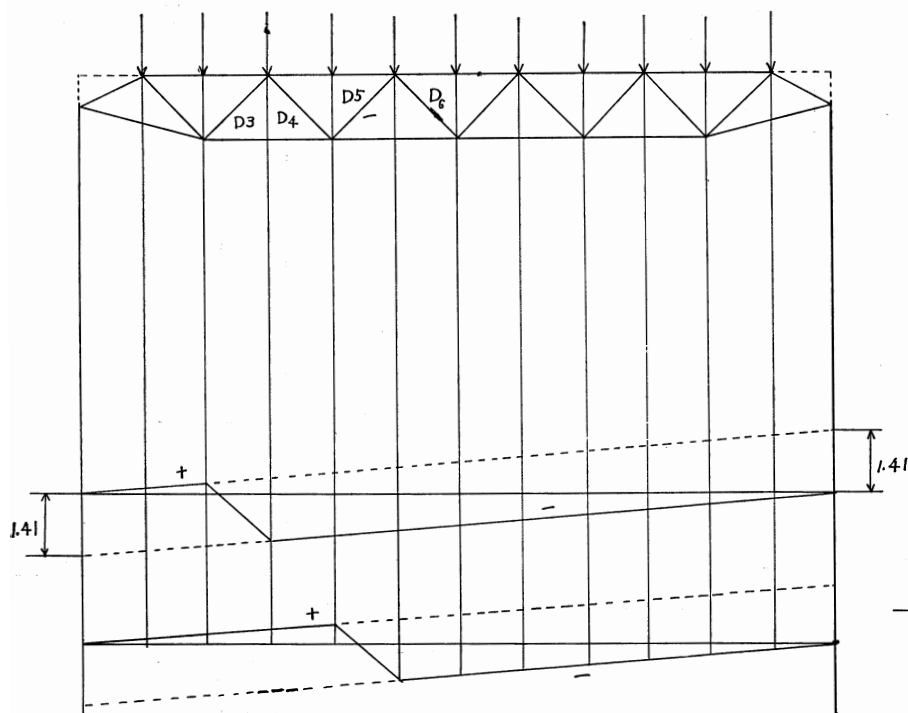
ら上に求めた値に0.36をかければ求め得られる。

$0_2 \sim 0_3$ 部材	$-10.3 \times 0.36 = -3.72 \text{ t}$
$0_4 \sim 0_5$ 部材	$-15.9 \times 0.36 = -5.62 \text{ t}$
$0_6 \sim 0_7$ 部材	$-18.1 \times 0.36 = -6.5 \text{ t}$
U_1 部材	$+8.05 \times 0.36 = +2.9 \text{ t}$
U_2 部材	$+13.6 \times 0.36 = +4.9 \text{ t}$
U_3 部材	$+17.4 \times 0.36 = +6.26 \text{ t}$
D_1 部材	$-7.25 \times 0.36 = -2.62 \text{ t}$
D_2 部材	$+3.6 \times 0.36 = +1.3 \text{ t}$
D_3 部材	$-5.25 \times 0.36 = -1.89 \text{ t}$
D_5 部材	$-2.1 \times 0.36 = -0.756 \text{ t}$
D_4 部材	$+3.55 \times 0.36 = +1.28 \text{ t}$
D_6 部材	$+0.85 \times 0.36 = +0.305 \text{ t}$

移動荷重による、ある部材におよぼす軸力について考えてみる。今の場合ガーダー上を横行するクラブのホイールベースは1.2mで車輪圧は4tであるから、

格点にかかる荷重としては、図～8(a)のように最初の車輪が格点Aにきたとき、その格点には4tと後車輪からその格点にくる圧力は $4 \times (0.3/1.5) = 0.8 \text{ t}$ との合計4.8tである。格点Bについては後車輪からその格点にくる車輪圧は $4 - 0.8 = 3.2 \text{ t}$ である。また図～8(b)のように後車輪が格点Aにきたときには格点Aには4.8t、格点Cには3.2tが荷重されることになる。このことからある部材の軸力は軸力影響線図から求めて、計算すればつぎのように求め得られる。

$0_2 \sim 0_3$ 部材	$(-1.7 \times 4.8) + (-1.5 \times 3.2) = -12.96 \text{ t}$
$0_4 \sim 0_5$ 部材	$(-2.7 \times 4.8) + (-2.3 \times 3.2) = -20.26 \text{ t}$
$0_6 \sim 0_7$ 部材	$(-3 \times 4.8) + (-3.5 \times 3.2) = -22.4 \text{ t}$
U_1 部材	



図～6

表 3

部 材 \ 格 点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	総 計
D_3	+0.1	+0.2	-1.1	-1	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.25	-0.1	-5.25
D_5	+0.1	+0.2	+0.3	+0.45	-0.8	-0.7	-0.6	-0.45	-0.3	-0.2	-0.1	-2.1

$(1.4 \times 4.8) + (1.25 \times 3.2) = +10.62 \text{ t}$
 U₂ 部材
 $(2.25 \times 4.8) + (2 \times 3.2) = +17.2 \text{ t}$
 U₃ 部材
 $(2.8 \times 4.8) + (2.5 \times 3.2) = +21.45 \text{ t}$
 D₁ 部材
 $(-1.4 \times 4.8) + (-1.3 \times 3.2) = -10.87 \text{ t}$
 D₂ 部材
 $(0.7 \times 4.8) + (0.6 \times 3.2) = +6.25 \text{ t}$
 $(-0.6 \times 4.8) = -2.88 \text{ t}$
 D₃ 部材
 $(-1.1 \times 4.8) + (-1 \times 3.2) = -8.48 \text{ t}$
 $(0.2 \times 4.8) + (0.1 \times 3.2) = +1.18 \text{ t}$
 D₄ 部材
 $(0.9 \times 4.8) + (0.8 \times 3.2) = +6.88 \text{ t}$
 $(-0.4 \times 4.8) + (-2 \times 3.2) = +2.56 \text{ t}$

D₅ 部材
 $(-0.8 \times 4.8) + (-0.7 \times 3.2) = -7.11 \text{ t}$
 $(0.5 \times 4.8) + (0.4 \times 3.2) = +3.68 \text{ t}$
 D₆ 部材
 $(0.7 \times 4.8) + (0.6 \times 3.2) = +5.28 \text{ t}$
 $(-0.6 \times 4.8) + (-0.5 \times 3.2) = -4.48 \text{ t}$

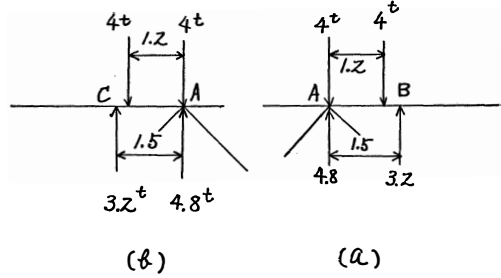


図 ~ 8

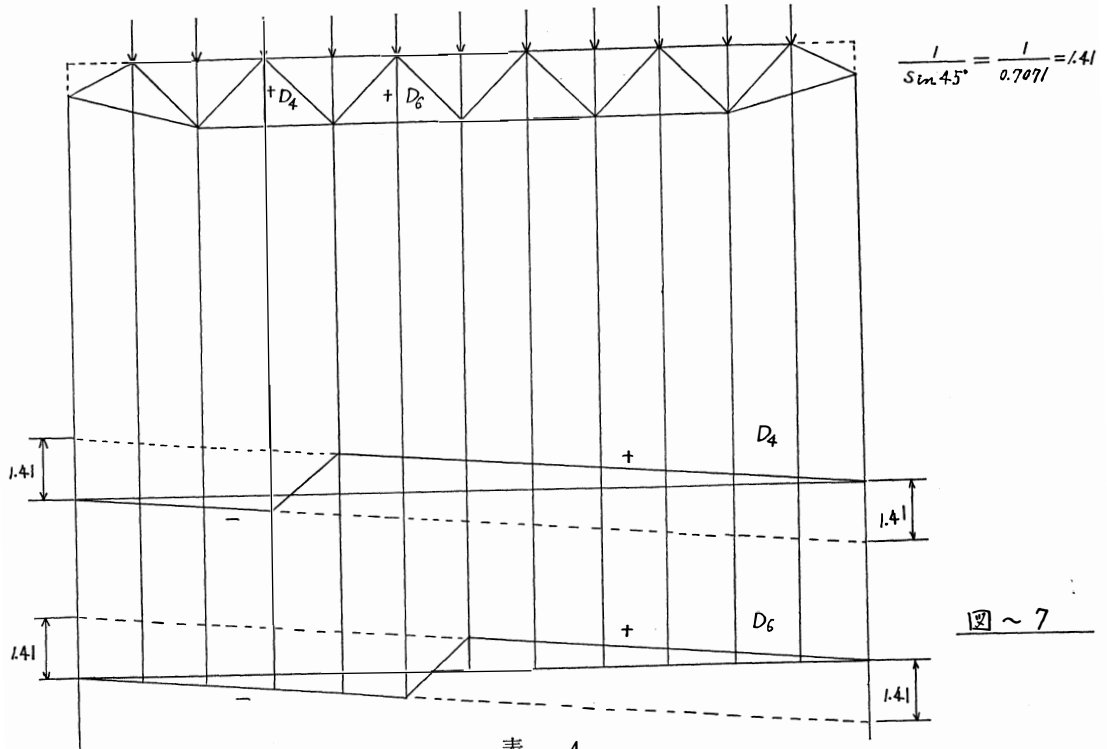


図 ~ 7

部 材	格 点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	総 計
D ₄		-0.1	-0.25	-0.35	+0.3	+0.8	+0.7	+0.6	+0.5	+0.4	+0.25	+0.1	+3.55
D ₆		-0.1	-0.25	-0.35	-0.5	-0.6	+0.8	+0.6	+0.5	+0.4	+0.25	+0.1	+0.85

- 文 献
- 1) 南大路謙一, 天井クレーン設計大意, 工業図書 (昭16)
 - 2) 長元亀久男, 影響線の応用について, 日本機械学会講演論文集 No. 177 (昭42-10-15)
- (昭和 42. 11. 30 受付)