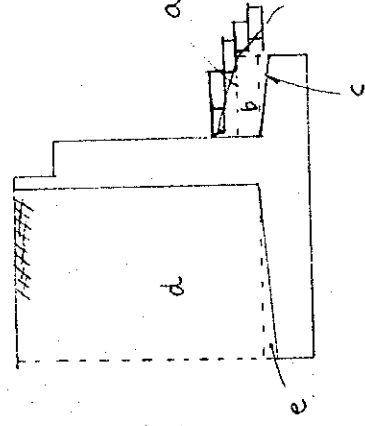


Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
Seismic Case				
	$M_E = M_E + N E U = 1923.72 + 475.27 \times 0.80$ $= 2303.94 \text{ tf.m}$			
	$w_p = 0.057$			
	$d/d_s = 0.059$			
	$A_s/A_s = 0.5$			
	$f_s = M_E / N E U = 1923.72 \times 10^3 / 475.27 + 80$ $= 484.76$			
	$f/d_s = 484.76 / 170 = 2.85$			
	$C = 6.12$			
	$S = 13.15$			
	$Z = 1.085$			
	$M/bd^2 = 2303.94 / 1700 \times 170^2 \times 10^5 = 11.39$			
	$6_c = 11.39 \times 6.12 = 69.71 < 120 \text{ kg/cm}^2$			
	$6_s = 11.39 \times 13.15 \times 15 = 2247 < 2700 \text{ kg/cm}^2$			
	$7_c = 400.50 \times 10^3 / (1700 \times 170) \times 1.085$ $= 3.65 < 5.85 \text{ kg/cm}^2$			

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks																																								
(4) Stability Calculation for Foundations																																												
a) Weights on Footing																																												
Soil																																												
a	$20 \times 11 / 2 = 11$																																											
b	$20 \times 0.6 = 1.2$																																											
c	$2.0 \times 0.3 / 2 = 0.3$																																											
d	$6.0 \times 11.5 = 69.0$																																											
e	$6.0 \times 0.3 / 2 = 0.9$																																											
Gabion																																												
a	$1.5 \times 0.5 = 0.75$																																											
b	$1.5 \times 0.5 = 0.75$																																											
c	$0.5 \times 0.5 = 0.25$																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Alt</th> <th>Z₁</th> <th>gt</th> <th>Alt₂</th> <th>Alt₃</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>1.1</td> <td>1.0</td> <td>2.97</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>1.2</td> <td>1.0</td> <td>2.10</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>0.3</td> <td>1.0</td> <td>1.70</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2.6</td> <td>1.0</td> <td>2.34</td> <td>2.6</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>69.0</td> <td>6.8</td> <td>7.55</td> <td>469.2</td> </tr> <tr> <td>e</td> <td>0.9</td> <td>6.8</td> <td>1.70</td> <td>6.12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>69.9</td> <td>6.8</td> <td>7.47</td> <td>475.32</td> </tr> </tbody> </table>					Alt	Z ₁	gt	Alt ₂	Alt ₃	a	1.1	1.0	2.97	1.1	b	1.2	1.0	2.10	1.2	c	0.3	1.0	1.70	0.3		2.6	1.0	2.34	2.6	d	69.0	6.8	7.55	469.2	e	0.9	6.8	1.70	6.12		69.9	6.8	7.47	475.32
Alt	Z ₁	gt	Alt ₂	Alt ₃																																								
a	1.1	1.0	2.97	1.1																																								
b	1.2	1.0	2.10	1.2																																								
c	0.3	1.0	1.70	0.3																																								
	2.6	1.0	2.34	2.6																																								
d	69.0	6.8	7.55	469.2																																								
e	0.9	6.8	1.70	6.12																																								
	69.9	6.8	7.47	475.32																																								
Gabion																																												
a	0.75	1.25	3.55	0.94																																								
b	0.75	0.75	3.05	0.50																																								
c	0.25	0.25	2.55	0.06																																								
	1.75	0.89	3.19	1.56																																								



Working Division:

Description	Calculation Details							Unit	Quantity	Remarks
(1) Stability for Support	Normal Case 1									
V	H	x	y	Mr	Mo					
Ra	0	2.50	11.30	488	0					
Rb	0	2.50	11.30	113	0					
W1	0	2.86	6.87	801	0					
W2	0	4.82	0.84	1346	0					
W3	0	1.00	2.34	33	0					
W3	0	0.87	3.19	25	0					
W4	0	6.80	7.47	570	0					
Pav	229.13	9.80	4.43	1572	1015					
Pasv	19.4	9.80	6.65	131	127					
Q	42.00	0	6.80	1330	286	0°				
	1957.23	248.27			10986	1142				
	$X_0 = M_r \cdot M_0 / V = 10786 - 1142 / 1957.23 = 4.93 \text{ m}$									
	$e = \frac{B}{2} - X_0 = \frac{9.8}{2} - 4.93 = -0.03 \text{ m}$									
	$B' = B - 2e = 9.8 - 2 \times 0.03 = 9.74 \text{ m}$									
	$A' = B' \cdot L = 9.74 \times 7.0 = 68.18 \text{ m}^2$									
	$\theta = 1 - 0.4B'/L = 1 - 0.4 \times 9.74 / 7.00 = 0.443$									
	$D_f = 3.2 \text{ m}$									
	$D_f' = 1.8 \text{ m}$									
	$k = 1 + 0.3 D_f' / B'$									
	$= 1 + 0.3 \times 1.8 / 9.74 = 1.06$									

Working Division:

Description	Calculation Details						Unit	Quantity	Remarks
	V	H	X	Y	M _v	M _h			
Seismic Case									
Rd	195.05	78.01	2.50	11.30	488	882			
W ₁	280.22	42.03	2.86	6.89	801	290			
W ₂	279.19	41.43	4.82	0.84	1346	35			
W ₃	32.76	0	1.00	2.34	33	0			
W ₃	28.18	0	0.89	3.19	25	0			
W ₄	880.94	132.11	6.80	7.47	5990	989			
Peru	120.64	382.62	9.80	4.43	1182	1695			
	1816.98	676.20			9865	3889			
	$X_0 = 9865 - 3889 / 1816.98 = 3.29 \text{ m}$								
	$e = 98/2 - 3.29 = 1.61 \text{ m}$								
	$B' = 98 - 2 \times 1.61 = 6.58 \text{ m}$								
	$A' = 6.58 \times 70 = 46.06 \text{ m}^2$								
	$B = 1 - 0.4 \times 6.58 / 700 = 0.624$								
	$K = 1 + 0.3 \times 1.8 / 6.58 = 1.08$								
	$\tan \theta = 676.20 / 1816.98 = 0.372$								
	$N_q = 14$								
	$N_r = 73$								
	$Q_{av} = \frac{1}{2} Q_{av} = \frac{1}{2} \times 46.06 \times [1.08 \times 2.0 \times 3.1 \times 1 + 1.8 \times 6.58 / 2 \times 0.624 \times 73]$								
	$= 2564 > 1817 \text{ tf}$								

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
53) Stability for Over-Turning				
Normal Case				
$M_y = P_a x + W_1 x + W_2 x + W_3 x + W_4 x + W_5 x + W_6 x +$				
$P_{ov} x + P_{osv} x$				
$= 488 + 801 + 1346 + 33 + 25 + 5990 + 1572 + 131$				
$= 10386 \text{ tfm}$				
$M_o = P_{ov} y + P_{osv} y = 1015 + 127 = 1142 \text{ tfm}$				
$V = 195.05 + 280.22 + 279.19 + 32.76 + 28.18 + 880.94$				
$+ 160.44 + 13.92$				
$= 1870.20$				
$x = 10386 - 1142 / 1870.20 = 4.94 \text{ m}$				
$e = 11.8/2 - 4.98 = 0.08 \text{ m} < 9.8/6 = 1.63 \text{ m}$				
Seismic Case				
$e = 1.61 \text{ m} < \frac{1}{3} B = 3.27 \text{ m}$				

Working Division:

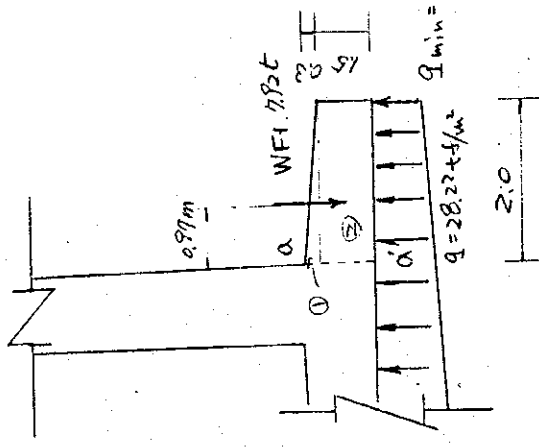
Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
(3) Stability for Sliding	Normal Case	*		
	$H_a = 1/1.5 V \tan \phi_R$			
	$V = 1870.20$			
	$\phi_R = 2/3 \phi$			
	$H_a = 1/1.5 \times 1870.2 \times \tan(35 \times 2/3)$			
	$= 537.82 \text{ tf} > 248.27 \text{ tf}$			
	Seismic Case			
	$H_a = 1/1.2 V \tan \phi_R$			
	$V = 1816.98$			
	$\phi_R = 2/3 \phi$			
	$H_a = 1/1.2 \times 1816.98 \times \tan(35 \times 2/3)$			
	$= 653.14 \text{ tf} < 676.20 \text{ tf}$			
	\therefore It's not enough stability, therefore Gravel is spread at bed.			
	In case of Gravel Bedding			
	$\phi_R = 0.6$			
	$H_a = 1/1.2 \times 1816.98 \times 0.6 = 908.49 > 676.20 \text{ tf}$			

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
	Calculation of Ground Reaction			
	Normal Case			
	$Q_{max} = \frac{V}{L \cdot B} \pm \frac{6MB}{L \cdot B^2}$			
	Q_{min}			
	$= 1957.23 / 70 \times 9.8 \pm 6 \times 1951.23 \times 0.03 / 70 \times 9.8^2$			
	$= 28.53 \pm 0.52$			
	$Q_{max} = 29.05 \text{ tf/m}^2$			
	$Q_{min} = 28.01 \text{ tf/m}^2$			
	Seismic Case			
	$Q_{max} = 2V / L \times 3 (\frac{B}{2} - e)$			
	$= 2 \times 186.98 / 70 \times 3 (\frac{9.8}{2} - 1.61)$			
	$= 52.60 \text{ tf/m}^2$			
	$X = 3 (\frac{9.8}{2} - 1.61) = 9.87 \text{ m}$			

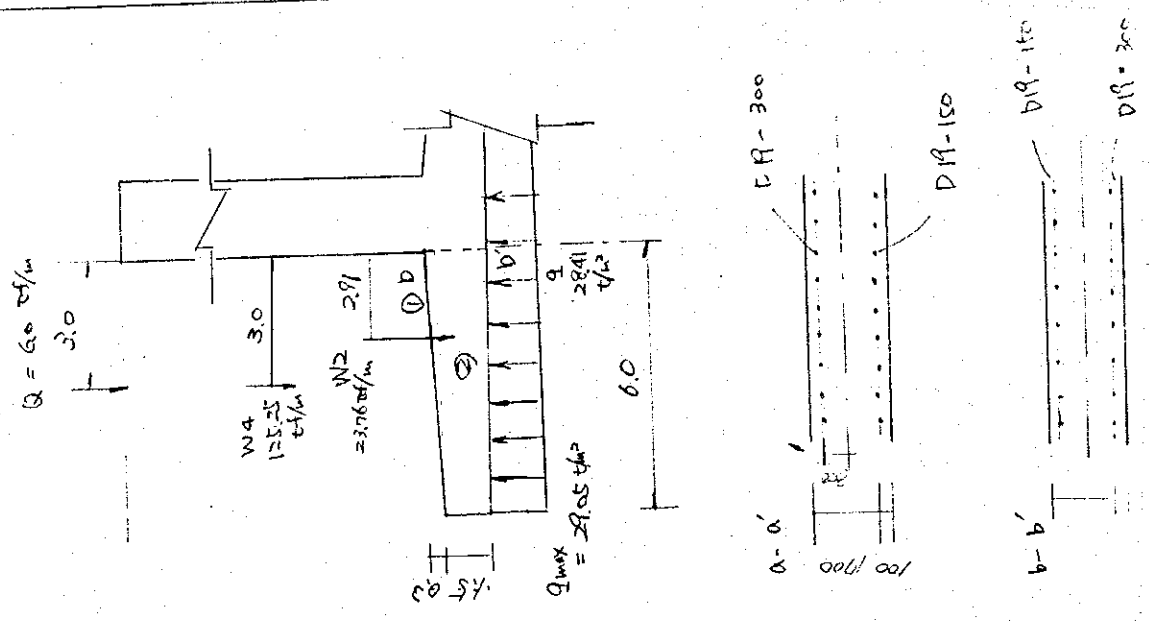
Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
Design of Member Section	Normal Case			
Section a-a	Body Weight			
	A	x		
	① $2.0 \times 0.3 \times \frac{1}{2} \times 2.4 = 0.72$		0.67	
	② $2.0 \times 1.5 \times 2.4 = 7.2$		1.0	
			7.92	0.97
	MEI = $-7.92 \times 0.97 + \frac{1}{2} \times 2801 \times 2.0 \times 1.33$			
	+ $\frac{1}{2} \times 28.22 \times 2.0 \times 0.67$			
	= 48.48 tf.m/m			
	SEI = $\frac{1}{2} (2801 + 28.22) \times 2.0 - 7.92$			
	= 48.31 tf/m			



Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
Section b-b'				
Body Weight				
A	$60 \times 0.3 \times \frac{1}{2} \times 2.4 = 2.16$		2.0	
②	$60 \times 1.5 \times 2.4 = 21.6$		3.0	
	23.76		2.91	
Q	$1.0 \times 6.0 = 6.0 \text{ tf/m}$			
M _{F2}	$\frac{1}{2} \times 28.41 \times 6.0 \times 2.0 + \frac{1}{2} \times 29.05 \times 6.0 \times 4.0$ $= 23.76 \times 2.91 - 125.25 \times 3.0 - 6.0 \times 3.0$ $= 56.17 \text{ tf.m}$			
S _{F2}	$\frac{1}{2} (28.41 + 29.05) \times 6.0 - 23.76 - 125.25 - 6.0$ $= 17.37 \text{ tf}$			
Stress Calculation for b-b' Section				
A _S	$2865 \times \eta = 2006 \text{ C.D. 19 } 15 \text{ cm pitch}$			
M'	$M = 56.17 \text{ tf.m}$			
np	$15 \times 2006 / 170 \times 100 = 0.018$			
d'/d	$10 / 170 = 0.059$			
A _s '/A _s	$= 0.5$			
f/d	$= \infty$			
C	$= 11.65$			
S	$= 58.00$			
Z	$= 1.06$			

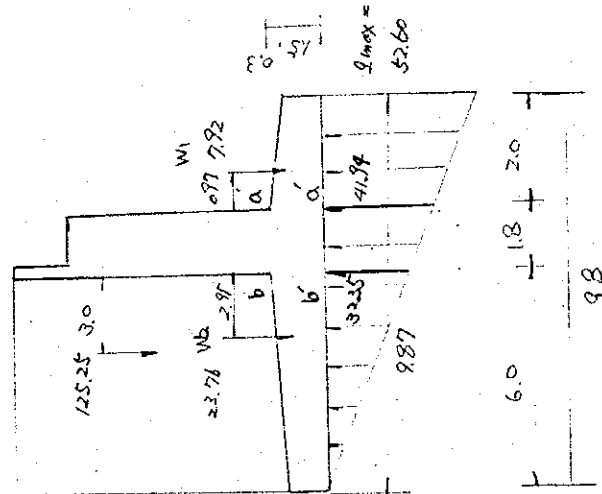


Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
	$M'/bd^2 = 56.17 \times 10^5 / 100 \times 110^2$ $= 1.94 \text{ kg/cm}^2$			
	$\sigma_c = M'/bd^2 \times C = 1.94 \times 11.65 = 22.60 < 80.0 \text{ kg/cm}^2$			
	$\sigma_s = M'/bd^2 \times S = 1.94 \times 58.00 = 112.12 < 1800 \text{ kg/cm}^2$			
	$Z_m = H/bd \times Z = 17.37 \times 10^3 / 100 \times 110 \times 1.06$ $= 1.08 \text{ kg/cm}^2 < 3.9 \text{ kg/cm}^2$			
	Stress Calculation for a-a' section			
	$A_s = 20.06 \text{ cm}^2$			
	$M' = 48.48 \text{ tf.m}$			
	$m = 0.018$			
	$d/a = 0.059$			
	$A_s/A_s = 0.5$			
	$f/d = \infty$			
	$C = 11.65$			
	$S = 58.00$			
	$Z = 1.06$			
	$M/bd^2 = 48.48 \times 10^3 / 100 \times 110^2 = 1.68$			
	$\sigma_c = M/bd^2 \times C = 1.68 \times 11.65 = 19.57 < 80 \text{ kg/cm}^2$			
	$\sigma_s = M/bd^2 \times S = 1.68 \times 58.00 = 97.44 < 1800 \text{ kg/cm}^2$			
	$Z_m = H/bd \times Z = 48.31 \times 10^3 / 100 \times 110 \times 1.06$			
	$= 3.01 < 3.9 \text{ kg/cm}^2$			

Working Division:

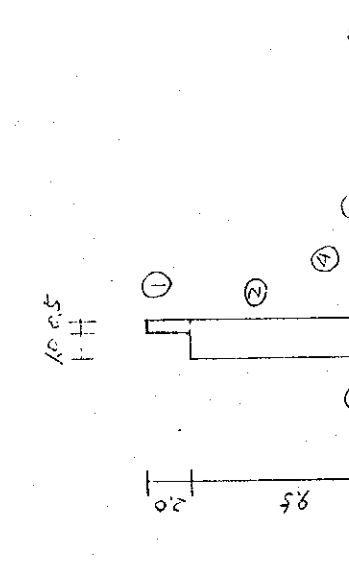
Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
2) Seismic Case	Section a-a'	*		
	$MEI = \frac{1}{2} \times 52.60 \times 1.33 + \frac{1}{2} \times 41.94 \times 0.67 - 7.92 \times 0.97$ $= 90.38 \text{ tf}\cdot\text{m}$			
	$SEI = \frac{1}{2} (52.60 + 41.94) \times 2.0 - 7.92$ $= 86.62$			
	Section b-b'			
	$MEI = 125.25 \times 3.0 + 23.76 \times 2.97 - \frac{1}{2} \times 32.35 \times 6.07$ $= 246.23 \text{ tf}\cdot\text{m}$			
	$SEI = 125.25 + 23.76 - \frac{1}{2} \times 32.35 \times 6.07$ $= 50.83 \text{ tf}\cdot\text{m}$			
	Stress Calculation for Section a-a'			
	$A_s = 28.65 \text{ cm}^2 \text{ (D19 } 10\text{cm)}$			
	$M' = MEI = 90.38 \text{ tm}$			
	$mp = 15 \times 28.65 / 170 \times 100 = 0.025$			
	$d'/d = 0.059$			
	$A_s'/A_s = 0.5$			
	$f'/d = \infty$			
	$C = 10.1$			
	$S = 43.0$			
	$Z = 1.068$			
	$M'/bd^2 = 90.38 \times 10^5 / 100 \times 170^2 = 3.17$			



Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
	$\sigma_c = M'/bd^2 \times C = 3.17 \times 10^3 = 3202 < 120 \text{ kg/cm}^2$			
	$\sigma_s = M'/bd^2 \times S = 3.17 \times 43 \times 15 = 2044.65 < 2700 \text{ kg/cm}^2$			
	$Z_m = I/bd \times Z = 86.62 \times 10^3 / 100 \times 170 \times 1.068 = 5.44 < 5.85 \text{ kg/cm}^2$			
	Stress Calculation for Section b ~ b'			
	$A_s = 64.24 \text{ cm}^2$ (D 29 10cm Pitch)			
	$M' = M/z = 246.23 \text{ tf.m}$			
	$hp = 15 \times 64.24 / 100 \times 170 = 0.057$			
	$d'/d = 0.057$			
	$A_s'/A_s = 0.5$			
	$f/d = \infty$			
	$c = 6.95$			
	$S = 19.15$			
	$Z = 1.09$			
	$M'/bd^2 = 246.23 \times 10^5 / 100 \times 170^2 = 8.52$			
	$\sigma_c = M'/bd^2 \times C = 8.52 \times 6.95 = 59.21 < 120 \text{ kg/cm}^2$			
	$\sigma_s = M'/bd^2 \times S = 8.52 \times 19.15 \times 15 = 2447 < 2700 \text{ kg/cm}^2$			
	$Z_m = I/bd \times Z = 50.83 \times 10^3 / 100 \times 170 \times 1.09 = 3.26 < 5.95 \text{ kg/cm}^2$			

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks																																								
	Estero Cables Right Side																																											
	(1) Design Condition Abutment Condition and Soil Condition is as same as Left Side																																											
	(2) Load Calculation																																											
	(a) Reaction																																											
	Normal Case																																											
	Vertical $R_d = 195.05 \text{ tf}$																																											
	$R_l = 45.05 \text{ tf}$																																											
	Seismic Case																																											
	Vertical $R_d = 195.05 \text{ tf}$																																											
	Horizontal $H = 195.05 \times 2.0 \times 0.15$																																											
	$= 58.52 \text{ tf}$																																											
	(b) Body Weight																																											
	Normal																																											
	<table border="1" data-bbox="829 291 1276 851"> <thead> <tr> <th>Alt. (m)</th> <th>x_i</th> <th>y_i</th> <th>A_{ix}</th> <th>A_{iy}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.5</td> <td>2.0</td> <td>3.25</td> <td>12.30</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>(1.5+1.8)/2 = 1.65</td> <td>2.83</td> <td>6.55</td> <td>44.37</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2.0</td> <td>0.3/2 = 0.15</td> <td>1.33</td> <td>1.60</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1.8</td> <td>0.3</td> <td>1.75</td> <td>1.57</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>6.0</td> <td>0.3/2 = 0.15</td> <td>5.80</td> <td>5.22</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>9.8</td> <td>1.5</td> <td>4.90</td> <td>72.03</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>33.12</td> <td>(3.90)</td> <td>(3.77)</td> <td>126.84</td> </tr> </tbody> </table>	Alt. (m)	x_i	y_i	A_{ix}	A_{iy}	1	0.5	2.0	3.25	12.30	2	(1.5+1.8)/2 = 1.65	2.83	6.55	44.37	3	2.0	0.3/2 = 0.15	1.33	1.60	4	1.8	0.3	1.75	1.57	5	6.0	0.3/2 = 0.15	5.80	5.22	6	9.8	1.5	4.90	72.03	Total	33.12	(3.90)	(3.77)	126.84			
Alt. (m)	x_i	y_i	A_{ix}	A_{iy}																																								
1	0.5	2.0	3.25	12.30																																								
2	(1.5+1.8)/2 = 1.65	2.83	6.55	44.37																																								
3	2.0	0.3/2 = 0.15	1.33	1.60																																								
4	1.8	0.3	1.75	1.57																																								
5	6.0	0.3/2 = 0.15	5.80	5.22																																								
6	9.8	1.5	4.90	72.03																																								
Total	33.12	(3.90)	(3.77)	126.84																																								

Working Division:

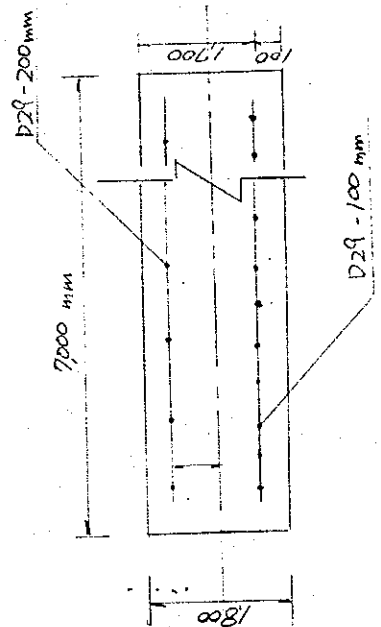
Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
WALL WEIGHT				
1+2 =	$10 + 15.68 = 16.68$			
W1	$16.68 \times 70_m \times 24_t/m = 280.22 \text{ tf}$			
FOOTING WEIGHT				
3+4+5+6 =	$0.3 + 0.9 + 0.9 + 14.7 = 16.44 \text{ tf}$			
W2	$16.44 \times 70_m \times 24_t/m = 276.19 \text{ tf}$			
Seismic Case				
WALL	$WH1 = 280.22 \times 0.15 = 42.03 \text{ tf} \cdot m$			
FOOTING	$WH2 = 276.19 \times 0.15 = 41.43 \text{ tf} \cdot m$			
(c) Coefficient of Earth Pressure				
KA =	0.251			
KEA =	0.360			
(3) Dimension of Member				
(a) Allowable Stress				
Allowable Stress of Concrete, Steel,				
Shoring Stress is as same as left side.				

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
i) Reaction & Load	(b) Wall Design Normal Case			
	Superstructure Reaction			$R_d = 195.05 \text{ tf}$
	Body Weight			$W_1 = 280.22 \text{ tf}$
	Soil Pressure			
	$P_{a1} = \frac{1}{2} K_a \gamma h^2 \cos \delta_w$			
	$= \frac{1}{2} \times 0.251 \times 1.8 \times 11.5^2 \times \cos 11.7^\circ \times 7.0$			
	$= 204.75 \text{ tf}$			
	Soil Pressure for Load			
	$P_{a2} = \frac{1}{2} \times 0.251 \times 1.0 \times 11.5 \times \cos 11.7^\circ \times 7.0$			
	$= 9.87 \text{ tf}$			
	Seismic Case			
	Superstructure Reaction			$R_d = 195.05 \text{ tf}$
	Vertical			$H = 58.52 \text{ tf}$
	Horizontal			
	Body Weight			$W_1 = 280.22 \text{ tf}$
	Vertical			$W_{H1} = 42.03 \text{ tf}$
	Horizontal			
	Soil Pressure			
	$P_{a1} = \frac{1}{2} \times 0.360 \times 1.8 \times 11.5^2 \times \cos 0^\circ \times 7.0$			
	$= 299.95 \text{ tf}$			

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
ii) Bending Moment, Shearing Force, Axial Force				
Normal Case				
$M = \Sigma P_e$	$= 204.75 \times 11.5/3 + 9.87 \times 11.5/2$			
	$= 840.95 \text{ tf.m}$			
$N = P_1 + W_1$	$= 195.05 + 280.22 = 475.27 \text{ tf}$			
$S = P_{a1} + P_{a2}$	$= 204.75 + 9.87 = 214.62 \text{ tf}$			
Seismic Case				
$M_E = 299.95 \times 11.5/3 + 58.52 \times 9.5 + 4802 \times 5.09$	$= 1923.12 \text{ tf.m}$			
$N_E = 195.05 + 280.22$	$= 475.27 \text{ tf}$			
$S_E = 58.52 + 48.03 + 299.05$	$= 400.5 \text{ tf}$			
iii) Stress Calculation				
Reinforcing Bar	D29 100 mm Pitch			
	D29 200 mm Pitch			
$A_s = 700/10 \times 6.424$	$= 449.68 \text{ cm}^2$			
$A'_s = 700/20 \times 6.424$	$= 224.84 \text{ cm}^2$			
$M' = M + N_u$	$= 840.95 + 475.27 \times 0.80 = 1221.17 \text{ tf.m}$			
$n_p = n \times A_s / n_d$	$= 15 \times 449.68 / 700 \times 100$			
	$= 0.057$			
$d'/d = 10/170 = 0.059$				
$A'_s / A_s = 0.5$				
$f = M' / N + u = 840.95 \times 10^3 / 475.27 + 80$	$= 256.94 \text{ cm}$			
$f/d = 256.94 / 170 = 1.51$				



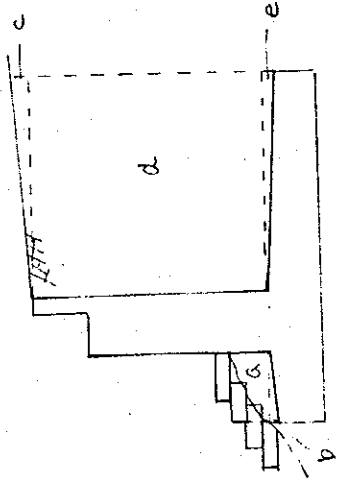
Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
	$C = 5.19$			
	$S = 8.11$			
	$Z = 1.055$			
	$M/bd^2 = 1221.17 \times 10^5 / 700 \times 170^2 = 604 \text{ kg/cm}^2$			
	$6_c = M/bd^2 \times C = 604 \times 5.19 = 31.35 < 80 \text{ kg/cm}^2$			
	$6_s = M/bd^2 \times S \times n = 604 \times 8.11 \times 15 = 734.17 < 1800 \text{ kg/cm}^2$			
	$z_{lm} = H/bd \times Z = 214.62 \times 10^3 / 700 \times 170 \times 1.055 = 1.90 < 3.9 \text{ kg/cm}^2$			
	Seismic Case			
	$M' = 1923.72 + 475.27 \times 0.8$			
	$= 2303.94 \text{ tf-m}$			
	$f = M/E/NE+U = 1923.72 \times 10^3 / 475.27 + 80$			
	$= 484.76$			
	$f/d = 484.76 / 170 = 2.85$			
	$C = 6.12$			
	$S = 13.15$			
	$Z = 1.085$			
	$M/bd^2 = 2303.94 \times 10^3 / 700 \times 170^2 = 11.39$			
	$6_c = M/bd^2 \times C = 11.39 \times 6.12 = 69.71 < 120 \text{ kg/cm}^2$			
	$6_s = M/bd^2 \times S \times n = 11.39 \times 13.15 \times 15 = 2247 < 2700 \text{ kg/cm}^2$			
	$z_{lm} = H/bd \times Z = 400.5 / 700 \times 170 \times 1.085 \times 10^3 = 3.65 < 5.85 \text{ kg/cm}^2$			

6-144

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
(4) Stability Calculation for Foundation				
(a) Weights on Footing				
Soil				
a	$2.0 \times 1.5 \times 1/2 = 1.5$			
b	$2.0 \times 0.3 \times 1/2 = 0.3$			
c	$6.0 \times 0.6 \times 1/2 = 1.8$			
d	$6.0 \times 11.5 = 69.0$			
e	$6.0 \times 0.3 \times 1/2 = 0.9$			
Gabion				
a'	$1.5 \times 0.5 = 0.75$			
b'	$1.5 \times 0.5 = 0.75$			
c'	$1.0 \times 0.5 = 0.50$			
d'	$0.5 \times 0.5 = 0.25$			
AC	X: 8C	A: 4U		
a	1.33	2.3	2.00	3.45
b	0.3	0.67	1.7	0.20
c	1.8	(1.22)	(2.22)	2.20
d	1.8	7.8	13.5	14.04
e	69.0	6.8	7.55	469.20
f	0.9	7.8	1.7	7.02
Total	71.7	(6.84)	(9.63)	490.26
Gabion				
a'	0.75	1.25	3.55	0.94
b'	0.75	0.75	3.05	0.56
c'	0.50	0.50	2.55	0.25
d'	0.25	0.25	2.05	0.06
Total	2.25	1.81	6.74	6.74



Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
	$W_2 = 1.8 \times 7.0 \times 1.8 = 22.68 \text{ tf}$			
	$W_3 = 2.25 \times 7.0 \times 2.3 = 36.23 \text{ tf}$			
	$W_4 = 71.7 \times 7.0 \times 1.8 = 903.42 \text{ tf}$			
	$W_{H4} = 903.42 \times 0.15 = 135.51 \text{ tf}$			
	Coefficient for Soil			
	$K_A = 0.251 \quad K_{EA} = 0.360 \quad \therefore \text{Soil acts left}$			
	$P_0 = \frac{1}{2} \times h^2 \times K_A \times w = \frac{1}{2} \times 1.8 \times 13.9^2 \times 0.251 \times 7.0$			
	$= 305.52 \text{ tf}$			
	$P_{EA} = \frac{1}{2} \times 1.8 \times 13.9^2 \times 0.360 \times 7.0 = 438.20 \text{ tf}$			
	$P_{0H} = 305.52 \times \cos 35^\circ = 250.27 \text{ tf}$			
	$P_{0V} = 305.52 \times \sin 35^\circ = 175.24 \text{ tf}$			
	$P_{EAH} = 438.20 \times \cos 17.5^\circ = 417.92 \text{ tf}$			
	$P_{EAV} = 438.20 \times \sin 17.5^\circ = 131.77 \text{ tf}$			
	Load on Ground ($q = 1.0 \text{ tf/m}^2$)			
	$P_{0s} = q \times K_{A0} = 1.0 \times 13.9 \times 0.251 \times 7.0 = 24.42 \text{ tf}$			
	$P_{0sH} = 24.42 \times \cos 35^\circ = 20.00 \text{ tf}$			
	$P_{0sV} = 24.42 \times \sin 35^\circ = 14.01 \text{ tf}$			
	$Q = 1.0 \times 6.0 \times 7.0 = 42.0 \text{ tf}$			

Working Division:

Description	Calculation Details							Unit	Quantity	Remarks
(b) Stability for Support	1) Normal Case									
	V	H	x	y	M _x	M _y	M _o			
R ₁	195.05	0	2.50	11.30	488	0	0			
R ₂	45.05	0	2.50	11.30	113	0	0			
W ₁	286.22	0	2.86	6.89	801	0	0			
W ₂	276.19	0	4.82	0.94	1331	0	0			
W ₃	22.68	0	1.22	2.20	28	0	0			
W ₄	36.23	0	0.81	2.99	29	0	0			
W ₄	903.42	0	6.84	7.63	6179	0	0			
P _{ov}	174.24	250.29	9.80	4.93	1708	1109				
P _{osv}	14.01	20.00	9.80	6.65	137	133				
Q	42.00	0	6.80	13.30	286	0	0			
	1989.02	290.27			11100	1242				
	$x_o = M_x - M_o / V = 11100 - 1242 / 1989.02 = 4.96 \text{ m}$									
	$e = B/2 - x_o = 9.8/2 - 4.96 = -0.06 \text{ m}$									
	$B' = B - 2e = 9.8 - 2 \times 0.06 = 9.68 \text{ m}$									
	$A' = B' \cdot L = 9.68 \times 7.0 = 67.76 \text{ m}^2$									
	$\beta = 1 - 0.4B'/L = 1 - 0.4 \times 9.68 / 7.0 = 0.447$									
	$D_f = 3.1 \text{ m} \quad D_f = 1.8 \text{ m}$									
	$k = 1 + 0.3 D_f / B'$									
	$= 1 + 0.3 \times 1.8 / 9.68$									
	$= 1.06$									

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks																																																														
	$V_1 = 1.8 \text{ tf/m}^2$																																																																	
	$V_2 = 1.8 \text{ tf/m}^2$																																																																	
	$\phi = 35^\circ$																																																																	
	$\tan \theta = H/V = 270.27 / 1989.02$																																																																	
	$= 0.136$																																																																	
	$N_q = 25$																																																																	
	$N_r = 21$																																																																	
	$Q = \frac{1}{3} \times Q_{\text{av}} = \frac{1}{3} \times A \times \left[K \cdot \gamma_1 \cdot D_1 \cdot N_q + \gamma_2 \cdot B/2 \cdot \phi \cdot N_r \right]$ $= \frac{1}{3} \times 67.76 \times [1.06 \times 1.8 \times 3 \times 25 + 1.8 \times 9.68 / 2 \times 10.449 \times 21]$ $= 5189.02 > 1989.02 \text{ tf}$																																																																	
	ii) Seismic Case																																																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>V</th> <th>H</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>M_K</th> <th>M₀</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RA</td> <td>195.95</td> <td>78.01</td> <td>2.50</td> <td>11.30</td> <td>488</td> <td>882</td> </tr> <tr> <td>W1</td> <td>280.22</td> <td>42.03</td> <td>2.86</td> <td>6.89</td> <td>801</td> <td>290</td> </tr> <tr> <td>W2</td> <td>276.19</td> <td>41.43</td> <td>4.82</td> <td>0.84</td> <td>1331</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>W3</td> <td>22.68</td> <td>0</td> <td>1.22</td> <td>2.20</td> <td>28</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>W3'</td> <td>36.23</td> <td>0</td> <td>0.81</td> <td>2.99</td> <td>29</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>W4</td> <td>403.42</td> <td>135.51</td> <td>6.84</td> <td>7.63</td> <td>6109</td> <td>1034</td> </tr> <tr> <td>Peav</td> <td>131.77</td> <td>417.92</td> <td>9.80</td> <td>4.43</td> <td>1211</td> <td>1851</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1845.56</td> <td>714.90</td> <td></td> <td></td> <td>10147</td> <td>4092</td> </tr> </tbody> </table>	V	H	X	Y	M _K	M ₀	RA	195.95	78.01	2.50	11.30	488	882	W1	280.22	42.03	2.86	6.89	801	290	W2	276.19	41.43	4.82	0.84	1331	35	W3	22.68	0	1.22	2.20	28	0	W3'	36.23	0	0.81	2.99	29	0	W4	403.42	135.51	6.84	7.63	6109	1034	Peav	131.77	417.92	9.80	4.43	1211	1851		1845.56	714.90			10147	4092			
V	H	X	Y	M _K	M ₀																																																													
RA	195.95	78.01	2.50	11.30	488	882																																																												
W1	280.22	42.03	2.86	6.89	801	290																																																												
W2	276.19	41.43	4.82	0.84	1331	35																																																												
W3	22.68	0	1.22	2.20	28	0																																																												
W3'	36.23	0	0.81	2.99	29	0																																																												
W4	403.42	135.51	6.84	7.63	6109	1034																																																												
Peav	131.77	417.92	9.80	4.43	1211	1851																																																												
	1845.56	714.90			10147	4092																																																												

6-149

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
	$x_0 = 10147 - 4092 / 1845.56 = 3.28 \text{ m}$			
	$e = 9.8 / 2 - 3.28 = 1.62 \text{ m}$			
	$B' = 9.8 - 2 \times 1.62 = 6.56 \text{ m}$			
	$A' = 6.56 \times 70 = 45.92 \text{ m}^2$			
	$\beta = 1 - 0.4 \times 6.56 / 70 = 0.625$			
	$k = 1 + 0.3 \times 1.8 / 6.56 = 1.08$			
	$\tan \theta = 714.90 / 1845.56 = 0.387$			
	$N_q = 13$			
	$N_r = 6.8$			
	$Q_{ult} = \frac{1}{2} \gamma_{ov} = \frac{1}{2} \times 45.92 \times \{ 1.08 \times 1.8 \times 3.1 \times 13 + \frac{1.8 \times 6.56}{2} \times 0.625 \times 6.8 \}$			
	$= 2374.87 > 1845.56 \text{ tf}$			

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
(c) Stability for Over-Turning				
i) Normal Case				
	$M_x = R_d x + W_1 x + W_2 x + W_3 x + W_4 x + W_5 x + W_6 x + P_d x + P_{e1} x$ $= 488 + 80 + 133 + 28 + 29 + 61.79 + 170.8 + 137$ $= 1070.1 \text{ tf} \cdot \text{m}$			
	$M_o = P_d x + P_{e1} x$ $= 1109 + 133 = 1242 \text{ tf} \cdot \text{m}$			
	$V = R_d + W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + P_d + P_{e1}$ $= 195.05 + 280.22 + 276.19 + 22.68 + 36.23 + 903.42$ $+ 174.24 + 14.01$ $= 1902.04 \text{ tf}$			
	$x = \frac{1070.1 - 1242}{1902.04} = 4.97 \text{ m}$ $e = \frac{198}{2} - 4.97 = 90.7 < 98/6 = 16.3 \text{ m}$			
ii) Seismic Case				
	e value is same which calculated in (c)			
	$e = 16.3 \text{ m} < \frac{1}{3} B = \frac{1}{3} \times 98 = 32.7 \text{ m}$			

Working Division:

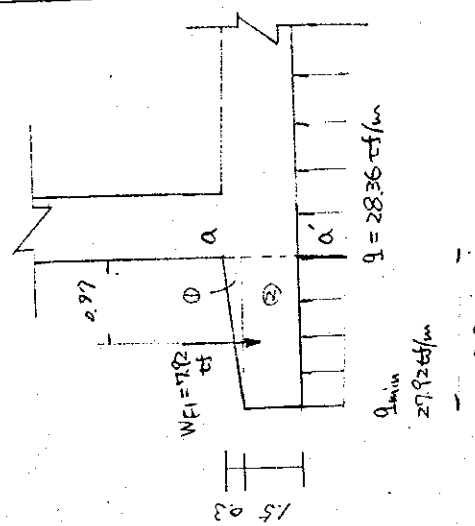
Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
<p>(d) Stability for Sliding</p>	<p>1) Normal Case</p>			
	$H_a = \frac{1}{1.5} V \tan \phi_B$			
	$V = 1902.04 \text{ tf}$			
	$\phi_B = 2/3 \phi$			
	$H_a = \frac{1}{1.5} \times 1902.04 \times \tan(35 \times 2/3)$			
	$= 546.97 \text{ tf} > 270.27 \text{ tf}$			
	<p>ii) Seismic Case</p>			
	$H_a = \frac{1}{1.2} V \tan \phi_B$			
	$V = 1845.56 \text{ tf}$			
	$\phi_B = 2/3 \phi$			
	$H_a = \frac{1}{1.2} \times 1845.56 \times \tan(35 \times 2/3)$			
	$= 663.41 \text{ tf} < 714.90 \text{ tf}$			
	<p>\therefore Gravel Bedding is need for stability.</p>			
	<p>< Gravel Bedding ></p>			
	$\tan \phi_B = 0.6$			
	$H_a = \frac{1}{1.2} \times 1845.56 \times 0.6$			
	$= 922.98 > 714.90 \text{ tf}$			

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
5) Calculation of Ground Reaction	i) Normal Case			
	$Q_{max} = \frac{V}{L \cdot B} \pm \frac{6MB}{L \cdot B^2}$			
	Q_{min}			
	$= 1989.02 / 7.0 \times 9.8 \pm 6 \times 1989.02 \times 0.06 / 7.0 \times 9.8^2$			
	$= 28.99 \pm 1.07$			
	$Q_{max} = 30.06 \text{ tf/m}^2$			
	$Q_{min} = 27.92 \text{ tf/m}^2$			
	ii) Seismic Case			
	$Q_{max} = 2V / L \times 3(B/2 - e)$			
	$= 2 \times 1845.56 / 7.0 \times 3(9.8/2 - 1.62)$			
	$= 53.59 \text{ tf/m}^2$			
	$x = 3(9.8/2 - 1.62) = 9.84 \text{ m}$			

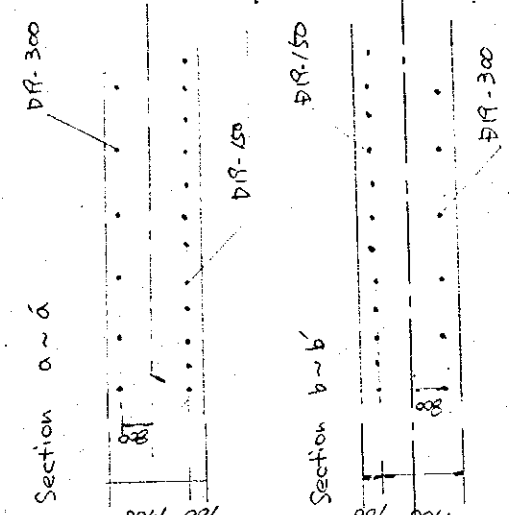
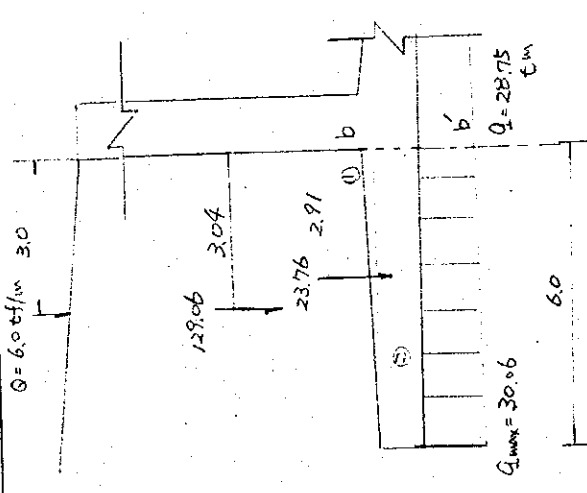
Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
(6) Design of Member Section	1) Normal Case			
Section a-a	Body Weight			
A	$20 \times 0.3 \times \frac{1}{2} \times 2.4 = 0.92$	x	0.67	
B	$20 \times 1.5 \times 2.4 = 7.20$	x	1.00	
C	7.92	x	0.97	
D	$MFI = -0.92 \times 0.97 + \frac{1}{2} \times 27.92 \times 20 \times 1.33$			
E	$+ \frac{1}{2} \times 28.36 \times 20 \times 0.67$			
F	$= 52.29 \text{ tf} \cdot \text{m} / \text{m}$			
G	$SFI = \frac{1}{2} (27.92 + 28.36) \times 20 - 0.92$			
H	$= 48.36 \text{ tf} / \text{m}$			
I	Stress Calculation			
J	$A_s = 2.865 \times 7 = 20.06 \text{ cm}^2$ (D19 15cm)			
K	$M = 52.29 \text{ tf} \cdot \text{m}$			
L	$w_p = 15 \times A_s / b d = 15 \times 20.06 / 100 \times 170 = 0.018$			
M	$d/d = 10 / 170 = 0.059$			
N	$A_s' / A_s = 0.5$			
O	$f/d = \infty$			
P	$C = 11.65$			
Q	$S = 58.00$			
R	$Z = 1.06$			



Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
Section $b \sim b'$	A	x		
①	$6.0 \times 0.3 \times \frac{1}{2} \times 2.4 = 2.16$	2.0		
②	$6.0 \times 1.5 \times 2.4 = 21.6$	3.0		
	23.76	2.91		
	$Q = 1.0 \times 6.0 = 6.0 \text{ tf/m}$			
	$M_{F2} = \frac{1}{2} \times 30.06 \times 6.0 \times 4.0 + \frac{1}{2} \times 28.75 \times 6.0 \times 2.0$			
	$= 6.0 \times 3.0 - 129.06 \times 3.09 - 23.76 \times 2.91$			
	$= 53.74 \text{ tf.m/m}$			
	$SF2 = \frac{1}{2} \times (30.06 + 28.75) \times 6.0 - 23.76 - 129.06 - 6.0$			
	$= 17.61 \text{ tf}$			
	Stress Calculation			
	$A_s = 2.867 \times \pi = 20.06 \text{ cm}^2$ (D 19 15 cm)			
	$M = 53.74 \text{ tf.m}$			
	$np = 15 \times 20.06 / 100 \times 170 = 0.018$			
	$d'/d = 0.059$ $A_s'/A_s = 0.5$ $f'/d = \infty$			
	$C = 11.65$ $S = 5800$ $Z = 1.06$			
	$M'/bd^2 = 53.74 \times 10^5 / 100 \times 170^2 = 1.86$			
	$G_c = M'/bd^2 \times C = 1.86 \times 11.65 = 21.67 < 80 \text{ kg/cm}^2$			
	$G_s = M'/bd^2 \times 110 \times S = 1.86 \times 5800 \times 110 = 1618 < 1800 \text{ kg/cm}^2$			
	$Z_{lim} = H'/bd \times Z = 17.61 / 100 \times 170 \times 1.06 = 1.10 < 3.9 \text{ kg/cm}^2$			



6-256

Working Division:

Remarks

Description

Calculation Details

Unit

Quantity

ii) Seismic Case

Section A-A'

$$M_{EI} = \frac{1}{2} \times 53.59 \times 20 \times 1.33 + \frac{1}{2} \times 42.7 \times 2.0 \times 0.67 = 792.10 \text{ kg}$$

$$= 92.20 \text{ tf.m./m}$$

$$SEI = \frac{1}{2} (53.59 + 42.7) \times 2.0 = 79.2$$

$$= 88.37 \text{ tf}$$

Stress Calculation

$$A_s = 2.865 \times 10 = 28.65 < \Phi 19 \text{ (10cm pitch)}$$

$$M = 92.20 \text{ tf.m}$$

$$np = 15 \times 28.65 / 100 \times 170 = 0.25$$

$$d'/d = 0.059$$

$$A'_s / A_s = 0.5$$

$$f/d = 00$$

$$C = 10.1$$

$$S = 43.0$$

$$Z = 1.068$$

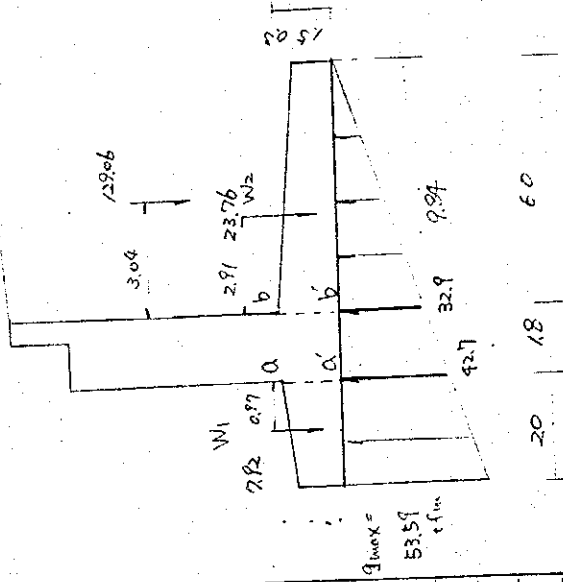
$$M'/bd^2 = 92.20 \times 10^5 / 100 \times 170 = 3.19$$

$$\sigma_c = M'/bd^2 \times C = 3.19 \times 10.1 = 32.22 < 120 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_s = M'/bd^2 \times S_{min} = 3.19 \times 43.0 \times 15 = 2058 < 2700 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{avg} = H/bd \times Z = 88.37 \times 10^3 / 100 \times 170 \times 1.068$$

$$= 5.55 < 5.95 \text{ kg/cm}^2$$



6-37

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
	Section b x b'			
	$M_Fz = 129.06 \times 3.04 + 23.76 \times 2.91 - 32.9 \times 6.04 \times \frac{1}{2} \times \frac{6.04}{2}$ $= 261.44 \text{ tf.m/m}$			
	$S_Fz = 129.06 + 23.76 - 32.9 \times 6.04 \times \frac{1}{2}$ $= 53.46 \text{ tf}$			
	$A_s = 6.424 \times 10 = 64.24 \quad (D = 29 \quad 10 \text{ cm})$			
	$M' = 261.44 \text{ tf.m}$			
	$w_p = 15 \times 64.24 / 100 \times 170 = 0.057$			
	$d/d = 0.059 \quad A's/A_s = 0.5$			
	$f/d = \infty$			
	$C = 6.95$			
	$S = 19.15$			
	$Z = 1.09$			
	$M/bd^2 = 261.44 \times 10^5 / 100 \times 170^2 = 9.05$			
	$G_e = M/bd^2 \times C = 9.05 \times 6.95 = 62.90 < 120 \text{ kg/cm}^2$			
	$G_s = M/bd^2 \times S_{vm} = 9.05 \times 19.15 \times 15 = 2599.61 < 2700 \text{ kg/cm}^2$			
	$Z_m = H/bd \times Z = 53.46 \times 10^3 / 100 \times 170 \times 1.09$ $= 342 < 595 \text{ kg/cm}^2$			

Working Division: Los Cuyuxes

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
Left Side	C1) Design Condition			
	Type: Inverted T-shape Abutment			
	h = 13.3 m			
	w = 7.0 m			
	$\phi = 35^\circ$			
	C = 0 tf/m ²			
	$\theta = 0^\circ$			
	$\delta = 35/3 = 11.7^\circ$			
	$\delta_E = 0^\circ$			
	Design Seismic Coefficient $K = 0.15$			
	Earth Pressure Design Seismic Coefficient $k = 0.15$			
	Soil Unit Weight $\gamma = 1.8 \text{ tf/m}^3$			
(2) Load Condition				
Soil Reaction from Girder				
i) Normal Case				
Vertical	$R_d = (16.8 \times 23 + 3.7) \times 1/2 = 195.05 \text{ tf}$			
Horizontal	$R_d = 2.4 \times 23.0 + 34.9/2 = 45.05 \text{ tf}$			
ii) Seismic Case				
Vertical	$R_d = 195.05 \text{ tf}$			
Horizontal	$H = 195.05 \times 2.0 \times 0.15 = 58.52 \text{ tf}$			

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks																																																																						
c) Body Weight At	<table border="0"> <tr> <td>W</td> <td>H</td> <td>A</td> <td>X</td> <td>A</td> <td>A</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>325</td> <td>1230</td> <td>325</td> <td>1230</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>283</td> <td>655</td> <td>44.37</td> <td>102.70</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>16.68</td> <td>(286)</td> <td>(689)</td> <td>47.62</td> <td>115.00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.86</td> <td>160</td> <td>522</td> <td>1.44</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.90</td> <td>165</td> <td>157</td> <td>0.89</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.33</td> <td>160</td> <td>0.40</td> <td>0.48</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.90</td> <td>0.75</td> <td>72.03</td> <td>11.03</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>(4.82)</td> <td>(0.89)</td> <td>79.22</td> <td>13.84</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>16.44</td> <td></td> <td>84.44</td> <td>128.84</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	W	H	A	X	A	A	A	325	1230	325	1230				283	655	44.37	102.70				16.68	(286)	(689)	47.62	115.00			5.86	160	522	1.44				2.90	165	157	0.89				1.33	160	0.40	0.48				4.90	0.75	72.03	11.03				(4.82)	(0.89)	79.22	13.84				16.44		84.44	128.84						
W	H	A	X	A	A	A																																																																				
325	1230	325	1230																																																																							
283	655	44.37	102.70																																																																							
16.68	(286)	(689)	47.62	115.00																																																																						
5.86	160	522	1.44																																																																							
2.90	165	157	0.89																																																																							
1.33	160	0.40	0.48																																																																							
4.90	0.75	72.03	11.03																																																																							
(4.82)	(0.89)	79.22	13.84																																																																							
16.44		84.44	128.84																																																																							
GRAND TOTAL	33.12																																																																									
WALL WEIGHT	$W_1 = 16.68 \times 7.0 \times 2.4 = 280.22 \text{ tf}$																																																																									
SEISMIC	$W_2 = 16.44 \times 7.0 \times 2.4 = 276.19 \text{ tf}$																																																																									
	$W_{H1} = 280.22 \times 0.15 = 42.03 \text{ tf}$																																																																									
	$W_{H2} = 276.19 \times 0.15 = 41.43 \text{ tf}$																																																																									
(c) Earth Pressure at Abutment	Coefficient of Earth Pressure																																																																									
	$K_A = \frac{\cos^2(35^\circ - \alpha) / \cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + 11.7^\circ) \times \left[1 + \frac{\sin 46.7^\circ \sin 35^\circ}{\cos 11.7^\circ \cos \alpha} \right]}{\cos 85.3^\circ \cos \beta}$																																																																									
	$= 0.671 / 0.979 \times 2.032 = 0.251$																																																																									
	$K_{EA} = \frac{\cos^2 26.47^\circ / \cos 85.3^\circ \times \cos 50^\circ \times \cos 85.3^\circ \times \left[1 + \frac{\sin 46.7^\circ \sin 35^\circ}{\cos 11.7^\circ \cos \alpha} \right]}{\cos 85.3^\circ \cos \beta}$																																																																									
	$= 0.360$																																																																									

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
(3) Dimension of Member				
(a) Allowable Stress	Concrete $\sigma_{ck} = 20 \text{ kg/cm}^2$			
	Normal			
	Seismic			
	$\sigma_{ca} = 80 \text{ kg/cm}^2$			
	$\sigma_{sa} = 1300 \text{ kg/cm}^2$			
	$Z_{sm} = 39 \text{ kg/cm}^2$			
	$Z_{sm} = 5.85 \text{ kg/cm}^2$			
(b) Wall Design				
	1) Normal Case			
	$R_d = 195.05 \text{ tf}$			
	$W_1 = 280.22 \text{ tf}$			
	$R_{d1} = \frac{1}{2} \times 0.25 \times 1.8 \times 11.5^2 \times \cos 11.7^\circ \times 70 = 204.78 \text{ tf}$			
	$R_{d2} = \frac{1}{2} \times 0.25 \times 1.0 \times 11.5 \times \cos 11.7^\circ \times 70 = 9.89 \text{ tf}$			
	$H_1 = 204.78 \times 3.83 + 9.89 \times 5.75 = 841.17 \text{ cm}$			
	$N = 194.58 + 280.22 = 474.80 \text{ tf}$			
	$S = 204.78 + 9.89 = 214.67 \text{ tf}$			
	ii) Seismic Case			
	$R_d = 195.05 \text{ tf}$			
	$H_1 = 58.52 \text{ tf}$			
	$W_1 = 280.22 \text{ tf}$			
	$W_{H1} = 42.03 \text{ tf}$			
	$R_{d1} = \frac{1}{2} \times 0.360 \times 1.8 \times 11.5^2 \times \cos 0^\circ \times 70$			
	$= 289.94 \text{ tf}$			

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
	$M_E = 299.94 \times 3.83 + 58.52 \times 9.5 + 42.03 \times 5.09$ $= 1918.64 \text{ tf.m}$			
	$M_E = 195.95 + 280.22 = 475.27 \text{ tf}$			
	$S_E = 299.94 + 58.52 + 42.03 = 400.5 \text{ tf}$			
	<p>c) Stress Calculation</p> <p>i) Normal Case</p> $d = 190 \text{ cm} \quad d = 10 \text{ cm} \quad b = 700 \text{ cm} \quad V = 80 \text{ cm}$ $M = 841.17 \text{ tf.m} \quad N = 474.80 \text{ tf}$ $A_s = 70 \times 6.424 = 449.68 \quad (d = 29 \quad 10 \text{ cm})$ $M' = M + Mu = 841.17 + 474.80 \times 0.8 = 1221.01 \text{ tf.m}$ $np = 15 \times 449.68 / 700 \times 170 = 0.051$ $\alpha' / d = 0.059 \quad A_s / A_s = 0.5$ $f = M / (n \times 10^6) = 841.17 \times 10^3 / (474.80 + 80) = 257.16$ $f / A_s = 257.16 / 170 = 1.51$			
	$C = 5.18 \quad S = 8.10 \quad Z = 1.055$ $M' / M^2 = 1221.01 \times 10^5 / (700 \times 170^2) = 6.09 \text{ kg/cm}^2$			
	$f_c = 6.04 \times 5.18 = 31.29 < 80 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 6.09 \times 8.10 \times 15 = 734 < 1800 \text{ kg/cm}^2$ $Z_{lim} = 214.67 \times 10^3 / (600 \times 170) \times 1.055 = 1.9 < 3.9 \text{ kg/cm}^2$			
	<p>ii) Seismic Case</p> $M_E = M_E + NEU = 1918.64 + 475.27 \times 0.8$ $= 2218.86 \text{ tf.m}$ $f = M_E / NE + U = 1918.64 \times 10^3 / 475.27 + 80$ $= 483.69$			

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks																																								
	$f/d = 483.69 / 170 = 2.85$																																											
	$H'/10d^2 = 2298.86 \times 10^5 / 100 \times 170^2 = 11.36 \text{ kg/cm}^2$																																											
	$C = 6.08 \quad S = 13.25 \quad Z = 1.08$																																											
	$Q_c = 11.36 \times 6.08 = 69.09 \text{ kg/cm}^2 < 120 \text{ kg/cm}^2$																																											
	$Q_s = 11.36 \times 13.25 \times 15 = 2257.8 \text{ kg/cm}^2 < 2700 \text{ kg/cm}^2$																																											
	$Z_{im} = 400.5 \times 10^3 / 69.09 \times 170 \times 1.08 = 3.63 < 5.85 \text{ kg/cm}^2$																																											
	(4) Stability Calculation for Foundation																																											
	a) Weight on Footing																																											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>At</th> <th>xi</th> <th>yi</th> <th>Ai xi</th> <th>Ai yi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>2.0</td> <td>3.5</td> <td>1.33</td> <td>3.47</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>2.0</td> <td>0.5</td> <td>1.00</td> <td>2.05</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>2.0</td> <td>0.3</td> <td>0.67</td> <td>1.70</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>4.8</td> <td>7.22</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>6.0</td> <td>11.5</td> <td>6.8</td> <td>7.55</td> </tr> <tr> <td>e</td> <td>6.0</td> <td>0.3</td> <td>7.8</td> <td>1.70</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>69.9</td> <td>17.17</td> </tr> </tbody> </table>	At	xi	yi	Ai xi	Ai yi	a	2.0	3.5	1.33	3.47	b	2.0	0.5	1.00	2.05	c	2.0	0.3	0.67	1.70				4.8	7.22	d	6.0	11.5	6.8	7.55	e	6.0	0.3	7.8	1.70				69.9	17.17			
At	xi	yi	Ai xi	Ai yi																																								
a	2.0	3.5	1.33	3.47																																								
b	2.0	0.5	1.00	2.05																																								
c	2.0	0.3	0.67	1.70																																								
			4.8	7.22																																								
d	6.0	11.5	6.8	7.55																																								
e	6.0	0.3	7.8	1.70																																								
			69.9	17.17																																								
	$W_3 = 4.8 \times 7.0 \times 1.8 = 60.48 \text{ tf}$																																											
	$W_4 = 69.9 \times 7.0 \times 1.8 = 880.74 \text{ tf}$																																											
	$W_{tot} = 880.74 \times 0.15 = 132.11 \text{ tf}$																																											
	$K_A = 0.251 \quad K_{FA} = 0.360$																																											
	$P_a = 1/2 \times 1.8 \times 13.3 \times 0.251 \times 7.0 = 279.72 \text{ tf}$																																											
	$P_{ea} = 1/2 \times 1.8 \times 13.3 \times 0.360 \times 7.0 = 401.19 \text{ tf}$																																											

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks			
	$P_{AH} = 219.12 \times \cos 35^\circ = 229.13 \text{ tf}$						
	$P_{AV} = 219.12 \times \sin 35^\circ = 160.44 \text{ tf}$						
	$P_{AH} = 401.19 \times \cos 17.5^\circ = 382.62 \text{ tf}$						
	$P_{AV} = 401.19 \times \sin 17.5^\circ = 120.64 \text{ tf}$						
	Load on Ground						
	$P_{AS} = 2HKAL = 10 \times 133 \times 0.251 \times 70 = 2337 \text{ tf}$						
	$P_{ASH} = 23.37 \times \cos 35^\circ = 19.14 \text{ tf}$						
	$P_{ASV} = 23.37 \times \sin 35^\circ = 13.40 \text{ tf}$						
	$Q = 10 \times 60 \times 70 = 420 \text{ tf}$						
	cb) Stability for Support						
	1) Normal Case						
	V	H	X	g	Mr	Ho	
	Rd	195.05	0	2.50	11.30	488	0
	Rl	45.05	0	2.50	11.30	113	0
	W1	280.22	0	2.86	6.81	801	0
	W2	279.19	0	4.82	0.84	1346	0
	W3	60.48	0	1.22	3.06	74	0
	W4	88.14	0	6.81	7.47	598	0
	Pav	160.44	229.13	9.80	4.43	1512	1015
	Pasv	13.40	19.14	9.80	6.65	132	127
	Q	420.00	0	13.30	13.30	286	0
		1956.57	482.71			10810	1142

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
	$B' = 9.8 - 2 \times 1.60 = 6.60 \text{ m}$			
	$A' = 6.6 \times 7.0 = 46.2 \text{ m}^2$			
	$\beta = 1 - 0.4 \times 6.60 / 7.00 = 0.623$			
	$k = 1 + 0.3 \times 1.8 / 6.60 = 1.08$			
	$\tan \theta = 675.8 / 1816.32 = 0.372$			
	$Nq = 14 \quad Nr = 7.3$			
	$Q_{over} = \sqrt{2} \times 46.2 \times \{ 1.08 \times 1.8 \times 9.5 \times 14 + 1.8 \times 6.6 / 2 \times 0.623 \times 7.3 \}$ $= 3453.14 > 1816.32 \text{ tf}$			
	(c) Stability for Over-Turning			
	1) Normal Case			
	$M_v = R_d X + W_1 X + W_2 X + W_3 X + W_4 X + P_{av} X + P_{sv} X$ $= 488 + 261 + 1346 + 74 + 5998 + 1572 + 132$ $= 10411 \text{ tf.m}$			
	$M_o = P_{av} y + P_{sv} y = 1015 + 127 = 1142 \text{ tf.m}$			
	$V = 195.95 + 280.22 + 279.19 + 60.48 + 880.74 + 1604.4 + 1340$ $= 1869.52$			
	$x = 10411 - 1142 / 1869.52 = 4.96 \text{ m}$			
	$e = 9.8 / 2 - 4.96 = 0.06 \text{ m} < 9.8 / 6 = 1.63 \text{ m}$			
	ii) Seismic Case			
	$e = 1.6 \text{ m} < B / 3 = 3.27 \text{ m}$			
	(d) Stability for Sliding			
	1) Normal Case			
	$H_a = 1 / 1.5 V \times \tan \phi B$			
	$V = 1946.57 \text{ tf}$			$\phi B = 2 / 3 \phi$
	$H_a = 1 / 1.5 \times 1946.57 \times \tan(2/3 \times 35^\circ) = 563 > 248 \text{ tf}$			

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
ii) Seismic Case	$H_a = 1/12 V \tan \phi_B$			
	$V = 1816.32 \text{ tf}$			
	$\phi_B = 2/3 \phi$			
	$H_a = 1/12 \times 1816.32 \times \tan(35 \times 2/3)$			
	$= 652.90 < 675.80 \text{ tf}$			
	∴ In case of using General Peding			
	$\phi_B = 0.6$			
	$H_a = 1/12 \times 1816.32 \times 0.6 = 908.16 > 675.80 \text{ tf}$			
c5) Calculation of Ground Reaction				
	i) Normal Case			
	$q_{max} = V/L \cdot B \pm 6H_b/L \cdot B^2$			
	q_{min}			
	$= 1956.57/70 \times 9.8 \pm 6 \times (956.57 \times 0.04/70 \times 9.8^2)$			
	$= 28.52 \pm 0.70$			
	$q_{max} = 29.22 \text{ tf}$			
	$q_{min} = 27.82 \text{ tf}$			
	ii) Seismic Case			
	$q_{max} = 2 \times V/L \times 3(B/2 - e)$			
	$= 2 \times 1816.32/70 \times 3(9.8/2 - 1.60)$			
	$= 52.42 \text{ tf}$			
	$X = 3(9.8/2 - 1.60) = 9.9 \text{ m}$			

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
(6) Design of Member Section				
1) Normal Case				
Section a-a				
	$M_{E1} = 7.92 \times 0.97 + \frac{1}{2} \times 27.82 \times 2.0 \times 1.33 + \frac{1}{2} \times 28.11 \times 2.0 \times 0.67$ $= 48.15 \text{ tf}\cdot\text{m}$			
	$S_{E1} = 7.92 + (27.82 + 28.11) \times 2.0 \times \frac{1}{2}$ $= 48.01 \text{ tf}$			
	Stress Calculation			
	$A_s = 2.865 \times 17 = 200.6 \text{ cm}^2$			$< 419 \text{ (15 cm}^2 \text{)}$
	$W = H = 48.15 \text{ tf}\cdot\text{m}$			
	$w_p = 15 \times 200.6 / 100 \times 170 = 0.018$			
	$d/d = 0.059 \quad A_s/A_s = 0.5 \quad f/d = 0.0$			
	$C = 11.65 \quad S = 58.00 \quad Z = 1.06$			
	$W'/b^2 = 48.15 \times 10^5 / 100 \times 170^2 = 1.67 \text{ kg/cm}^2$			
	$Q_s = 1.67 \times 11.65 = 19.46 < 80 \text{ kg/cm}^2$			
	$Q_s = 1.67 \times 58.00 \times 15 = 1452.9 < 1800 \text{ kg/cm}^2$			
	$Z_m = 48.01 \times 10^3 / 100 \times 170 \times 1.06 = 2.91 < 3.9 \text{ kg/cm}^2$			
	Section b-b'			
	$M_{E2} = \frac{1}{2} \times 29.22 \times 6.0 \times 4.0 + \frac{1}{2} \times 28.36 \times 6.0 \times 2.0$ $= 6.0 \times 3.0 - 125.82 \times 3.0 - 23.76 \times 2.91$ $= 56.20 \text{ tf}\cdot\text{m}$			
	$S_{E2} = \frac{1}{2} (29.22 + 28.36) \times 6.0 - 6.0 - 125.82 - 23.76$ $= 17.16 \text{ tf}$			

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
Stress Calculation	$A_s = 20.06 \text{ cm}^2 < \phi 19 \text{ (15 cm)}$			
$M' = 56.20 \text{ tf.m}$	$M' = 56.20 \text{ tf.m}$			
$\eta p = 0.018$	$\eta p = 0.018 \quad \alpha/d = 0.059 \quad A_s/A_s = 0.5 \quad f/d = 0.0$			
$C = 11.5$	$C = 11.5 \quad S = 580 \quad Z = 1.06$			
$M'/bd^2 = 1.94$	$M'/bd^2 = 56.20 \times 10^5 / 100 \times 17^3 = 1.94 \text{ kg/cm}^2$			
$6c = 1.94$	$6c = 1.94 \times 11.5 = 22.31 < 80 \text{ kg/cm}^2$			
$6s = 1.94$	$6s = 1.94 \times 580 \times 15 = 1687.8 < 1800 \text{ kg/cm}^2$			
$Z_{10} = 17.16$	$Z_{10} = 17.16 < 10^3 / 100 \times 170 \times 1.06 = 1.07 < 3.9 \text{ kg/cm}^2$			
ii) Seismic Case				
section and				
$M/EI = 1/2 \times 52.42 \times 2.0 \times 1.33 + 1/2 \times 41.83 \times 2.0 \times 0.67$				
$= 7.92 \times 0.97$				
$= 90.06 \text{ tf.m}$				
$S/EI = 1/2 \times (52.42 + 41.83) \times 2.0 = 7.92$				
$= 86.33 \text{ tf}$				
Stress Calculation				
$A_s = 28.65 \times 10 = 286.5 = 28.65 \text{ (}\phi 19 \text{ 10cm)}$				
$M = 90.06 \text{ tf.m}$				
$\eta p = 0.059$	$\eta p = 0.059 \quad A_s/A_s = 0.5 \quad f/d = 0$			
$C = 10.1$	$C = 10.1 \quad S = 430 \quad Z = 1.07$			
$M'/bd^2 = 3.12$	$M'/bd^2 = 90.06 \times 10^5 / 100 \times 17^3 = 3.12 \text{ kg/cm}^2$			
$6c = 3.12$	$6c = 3.12 \times 10.1 = 31.51 < 120 \text{ kg/cm}^2$			
$6s = 3.12$	$6s = 3.12 \times 43 \times 15 = 2012.4 < 2700 \text{ kg/cm}^2$			
$Z_{10} = 86.33$	$Z_{10} = 86.33 \times 10^3 / 100 \times 170 \times 1.07 = 54.3 < 5.85 \text{ kg/cm}^2$			

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
Section b.b'	$M_{F2} = 125.82 \times 3 + 28.76 \times 2.91 - \frac{1}{2} \times 32.30 \times 6.1 \times 6.1 \beta$ $= 246.29 \text{ tf.m}$ $S_{F2} = 125.98 + 23.76 - \frac{1}{2} \times 32.30 \times 6.1$ $= 51.23 \text{ tf}$			
	$A_s = 6.424 \times 10 = 64.24 \quad (\phi 29 \quad 10 \text{cm})$ $M' = 246.29 \text{ tf.m}$ $m_p = 0.057 \quad d'/d = 0.059 \quad f/d = \infty$ $c = 6.95 \quad S = 19.15 \quad Z = 1.09$			
	$M'/bd^2 = 246.29 \times 10^5 / 100 \times 170^2 = 8.52 \text{ kg/cm}^2$ $G_c = 8.52 \times 6.95 = 59.21 < 120 \text{ kg/cm}^2$ $G_s = 8.52 \times 19.15 \times 15 = 2447.37 < 2700 \text{ kg/cm}^2$ $Z_{min} = 51.23 \times 10^3 / 100 \times 170 \times 1.09 = 3.28 < 5.85 \text{ kg/cm}^2$			

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks																																								
Right Side																																												
S.D. Design Condition	All the condition is as same as Left Side																																											
(2) Load Condition																																												
(a) Reaction from Girder																																												
i) Normal Case	Vertical $RA = 195.05 \text{ tf}$ $RL = 45.05 \text{ tf}$																																											
ii) Seismic Case	Vertical $RA = 195.05 \text{ tf}$ Horizontal $H = 195.05 \times 20 \times 0.15 = 58.52 \text{ tf}$																																											
(b) Body Weight																																												
A.C	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>X_i</th> <th>Y_i</th> <th>$A_i \times H_i$</th> <th>$A_i \times H_i$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.5</td> <td>2.0</td> <td>1.0</td> <td>12.30</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1.5</td> <td>1.8</td> <td>1.5</td> <td>44.37</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>6.0</td> <td>0.3</td> <td>1.2</td> <td>5.22</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1.8</td> <td>0.3</td> <td>0.54</td> <td>1.57</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>2.0</td> <td>0.3</td> <td>0.6</td> <td>0.40</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>9.8</td> <td>1.5</td> <td>14.7</td> <td>72.03</td> </tr> <tr> <td>GRAND TOTAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>138.4</td> </tr> </tbody> </table>		X_i	Y_i	$A_i \times H_i$	$A_i \times H_i$	1	0.5	2.0	1.0	12.30	2	1.5	1.8	1.5	44.37	3	6.0	0.3	1.2	5.22	4	1.8	0.3	0.54	1.57	5	2.0	0.3	0.6	0.40	6	9.8	1.5	14.7	72.03	GRAND TOTAL				138.4			
	X_i	Y_i	$A_i \times H_i$	$A_i \times H_i$																																								
1	0.5	2.0	1.0	12.30																																								
2	1.5	1.8	1.5	44.37																																								
3	6.0	0.3	1.2	5.22																																								
4	1.8	0.3	0.54	1.57																																								
5	2.0	0.3	0.6	0.40																																								
6	9.8	1.5	14.7	72.03																																								
GRAND TOTAL				138.4																																								
WALL WEIGHT	$W_1 = 15.68 \times 7.0 \times 2.4 = 280.22 \text{ tf}$ $W_2 = 16.44 \times 7.0 \times 2.4 = 276.19 \text{ tf}$																																											
SEISMIC	$W_{H1} = 280.22 \times 0.15 = 42.03 \text{ tf}$ $W_{H2} = 276.19 \times 0.15 = 41.43 \text{ tf}$																																											

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
	(c) Earth Pressure at Abutment $K_A = 0.251$ $K_{EA} = 0.360$			
	(3) Dimension of Member (a) Allowable Stress Condition is as same as Left Side.			
	(b) Wall Design			
	i) Normal Case			
	$P_d = 195.05 \text{ tf}$			
	$W_1 = 280.22 \text{ tf}$			
	$P_{a1} = \frac{1}{2} \times 0.251 \times 1.8 \times 11.5 \times \cos 11.7^\circ \times 7.0 = 204.78 \text{ tf}$			
	$P_{a2} = \frac{1}{2} \times 0.251 \times 1.0 \times 11.5 \times \cos 11.7^\circ \times 7.0 = 98.9 \text{ tf}$			
	$M = 204.78 \times 3.83 + 98.9 \times 5.75 = 841.17 \text{ tf}\cdot\text{m}$			
	$N = 194.58 + 280.22 = 474.80 \text{ tf}$			
	$S = 204.78 + 98.9 = 303.68 \text{ tf}$			
	ii) Seismic Case			
	$P_d = 195.05 \text{ tf}$			
	$H = 58.52 \text{ tf}$			
	$W_1 = 280.22 \text{ tf}$			
	$W_{H1} = 42.03 \text{ tf}$			
	$P_{a1} = \frac{1}{2} \times 0.360 \times 1.8 \times 11.5^2 \times \cos 50^\circ \times 7.0 = 299.94 \text{ tf}$			
	$M_E = 299.94 \times 3.83 + 58.52 \times 9.5 + 42.03 \times 5.09 = 1918.64 \text{ tf}\cdot\text{m}$			
	$N_E = 195.05 + 280.22 = 475.27 \text{ tf}$			
	$S_E = 299.94 + 58.52 + 42.03 = 400.5 \text{ tf}$			

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
cc) Stress Calculation				
i) Normal Case	$d = 170 \text{ cm}$ $d' = 10 \text{ cm}$ $b = 1700 \text{ cm}$ $U = 80 \text{ cm}$ $M = 841.17 \text{ tf.m}$ $N = 474.80 \text{ tf}$			
	$A_s = 70 \times 6.424 = 449.68$ $c = 127.9$ 10 cm^2 $M' = M + NU = 841.17 + 474.80 \times 80 = 1221.01 \text{ tf.m}$ $np = 15 \times 449.68 / 7000 \times 170 = 0.057$ $d/A = 0.059$ $A_s/A_s = 0.5$			
	$f = M/N + U = 841.17 \times 10^3 / 474.80 + 80 = 275.16$ $f/d = 275.16 / 170 = 1.51$			
	$C = 5.18$ $S = 8.10$ $Z = 1.055$ $M'/bd^2 = 1221 \times 10^3 / 7000 \times 170^2 = 6.04 \text{ kg/cm}^2$ $\sigma_c = 6.04 \times 5.18 = 31.29 < 80 \text{ kg/cm}^2$ $\sigma_s = 6.04 \times 8.10 \times 15 = 73.9 < 1800 \text{ kg/cm}^2$ $Z_{im} = 24.67 \times 10^3 / 7000 \times 170 \times 1.055 = 1.9 < 3.9 \text{ kg/cm}^2$			
	ii) Seismic Case			
	$M'E' = M + NE'U = 1918.64 + 475.27 \times 80 = 2298.86$ $f = M'E'/NE' + U = 1918.64 \times 10^3 / 475.27 + 80 = 483.69 \text{ tf}$ $f/d = 483.69 / 170 = 2.85$	tf.m		
	$M'/bd = 2298.86 \times 10^3 / 7000 \times 170^2 = 11.36 \text{ kg/cm}^2$ $C = 6.08$ $S = 13.25$ $Z = 1.08$ $\sigma_c = 11.36 \times 6.08 = 69.09 < 120 \text{ kg/cm}^2$ $\sigma_s = 11.36 \times 13.25 \times 15 = 2257.8 < 2700 \text{ kg/cm}^2$ $Z_{im} = 400.5 \times 10^3 / 7000 \times 170 \times 1.08 = 3.63 < 5.85 \text{ kg/cm}^2$			

6-170

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
(4) Stability Calculation for Foundation				
(a) Weight on Footing				
Ac	$\begin{matrix} x_i & y_i & x_i A_i & y_i A_i \\ a & 20 \times 0.3 \times 1/2 = 0.3 & 0.67 & 1.70 \\ b & 20 \times 0.5 = 1.0 & 1.00 & 2.05 \\ c & 20 \times 3.0 \times 1/2 = 3.0 & 1.33 & 3.05 \end{matrix}$			
d	$60 \times 11.5 = 690$		519	11.71
e	$60 \times 0.3 \times 1/2 = 0.9$		7.35	46.82
	$69.9 \quad (6.81) \quad (7.47)$		7.02	522.98
	$W_2 = 4.3 \times 7.0 \times 1.8 = 54.18 \text{ tf}$			
	$W_4 = 69.9 \times 7.0 \times 1.8 = 880.74 \text{ tf}$			
	$W_{tot} = 880.74 \times 0.15 = 132.11 \text{ tf}$			
	$K_A = 0.251$			
	$K_{EA} = 0.360$			
	$P_H = 1/2 \times 1.8 \times 13.3^2 \times 0.251 \times 7.0 = 279.72 \text{ tf}$			
	$P_{EA} = 1/2 \times 1.8 \times 13.3^2 \times 0.360 \times 7.0 = 401.19 \text{ tf}$			
	$P_{OH} = 279.72 \times \cos 35^\circ = 229.13 \text{ tf}$			
	$P_{OV} = 279.72 \times \sin 35^\circ = 160.44 \text{ tf}$			
	$P_{EH} = 401.19 \times \cos 17.5^\circ = 382.62 \text{ tf}$			
	$P_{EV} = 401.19 \times \sin 17.5^\circ = 120.64 \text{ tf}$			
	<p>Load on Ground</p>			
	$P_{NS} = 911 \text{ kN} = 10 \times 13.3 \times 0.251 \times 7.0 = 23.37 \text{ tf}$			
	$P_{OH} = 23.37 \times \cos 35^\circ = 19.14 \text{ tf}$			
	$P_{OV} = 23.37 \times \sin 35^\circ = 13.40 \text{ tf}$			
	$Q = 10 \times 6.0 \times 7.0 = 420 \text{ tf}$			

Working Division:

Description	Calculation Details						Unit	Quantity	Remarks
(c) Stability for Support	1) Normal Case								
V	H	X	d	Hr	Mo				
RA	0	2.50	11.30	488	0				
PL	0	2.50	11.30	113	0				
W1	0	2.86	6.89	801	0				
W2	0	4.82	0.89	1346	0				
W3	0	1.21	2.72	66	0				
W4	0	6.81	7.97	5998	0				
Pav	22913	9.80	4.43	1572	1015				
Psv	13.40	9.80	6.65	132	127				
Q	0	13.30	13.30	286	0				
	195027	24827				10802	1142		
	$X_0 = \frac{M_r \cdot M_0}{V} = \frac{10802 \cdot 1142}{195027} = 4.95 \text{ m}$								
	$e = \frac{B}{2} - X_0 = \frac{9.8}{2} - 4.95 = -0.05 \text{ m}$								
	$B' = B - 2e = 9.8 - 2 \times 0.05 = 9.7 \text{ m}$								
	$A' = B' \times L = 9.7 \times 7.0 = 67.90 \text{ m}^2$								
	$\phi = 1 - 0.4B'/L = 1 - 0.4 \times 9.7/7.0 = 0.446$								
	$D_f = 4.0 \text{ m}$ $D_f' = 1.8 \text{ m}$								
	$K = 1 + 0.3 D_f/B' = 1 + 0.3 \times 1.8/9.7 = 1.06$								
	$\gamma = 1.8 \text{ tf/m}^3$								
	$\phi = 35^\circ$								
	$\tan \theta = H/V = 24827/195027 = 0.127$								
	$N_q = 26$ $N_r = 23$								
	$Q_{sw} = \frac{1}{3} \times 67.90 \times [1.06 \times 1.8 \times 4.0 \times 26 + 1.8 \times 9.7/2 \times 0.446 \times 23]$								
	$= 6518 > 1950 \text{ tf}$								

Working Division:

Description	Calculation Details						Unit	Quantity	Remarks
ii) Seismic Case	V	H	z	y	H _v	H ₀			
P ₁	195.05	78.01	2.50	11.30	488	882			
W ₁	280.22	42.03	2.86	6.89	801	290			
W ₂	279.19	41.03	4.82	6.84	1346	35			
W ₃	54.18	0	1.21	2.72	66	0			
W ₄	886.74	132.11	6.81	7.47	5798	987			
Σ W _v	120.64	382.62	9.80	4.43	1182	1685			
	1810.02	675.80			7881	3887			
	$X_0 = 9881 - 3887 / 1810.02 = 3.31$	m							
	$e = 98/2 - 3.31 = 1.59$	m							
	$B' = 9.8 - 2 \times 1.59 = 6.62$	m							
	$A' = 6.62 \times 7.0 = 46.34$	m ²							
	$\beta = 1 - 0.4 \times 6.62 / 7.00 = 0.622$								
	$k = 1 + 0.3 \times 1.8 / 6.62 = 1.08$								
	$\tan \theta = 675.80 / 1810.02 = 0.373$								
	$N_9 = 14$	$N_v = 7.3$							
	$Q_{over} = 1/2 \times 46.34 \times 1.08 \times 1.8 \times 40 \times 14 + 1.8 \times 6.62 / 2 \times 0.622 \times 13$								
	$= 3149 > 1810$	tf							
	(c) Stability for Over-Turning								
	i) Normal Case								
	$M_v = P \times d_v + W_1 \times H_1 + 2 \times W_2 \times H_2 + W_3 \times H_3 + W_4 \times H_4 + P_{ov} \times X$								
	$= 488 + 801 + 1346 + 66 + 5798 + 1572 + 132 = 10463$	tf.m							
	$M_0 = 1015 + 127 = 1142$	tf.m							
	$V = 195.05 + 280.22 + 279.19 + 54.18 + 886.74 + 160.74 + 1340$								
	$= 1863.22$	tf							

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
	$x = (10.403 - 11.92) / 1863.22 = 4.97 \text{ m}$ $e = 9.8/2 - 4.97 = 0.07 \text{ m} < 9.8/6 = 1.63 \text{ m}$			
	<p>ii) Seismic Case</p> $e = 1.59 \text{ m} < B/3 = 3.27 \text{ m}$			
	<p>(d) Stability for Sliding</p> <p>i) Normal Case</p> $H_a = 1/1.5 \times V \times \tan \phi_B$ $= 1/1.5 \times 1950.27 \times \tan(35 \times 7/3) = 561 > 248 \text{ tf}$			
	<p>ii) Seismic Case</p> $H_a = 1/1.2 \times V \times \tan \phi_B$ $= 1/1.2 \times 1810.02 \times \tan(35 \times 7/3) = 651 < 676 \text{ tf}$ <p>In case of using Gravel Bedding</p> $\phi_B = 0.6$ $H_a = 1/1.2 \times 1810.02 \times 0.6 = 905 > 676 \text{ tf}$			
	<p>(5) Calculation of Ground Reaction</p> <p>i) Normal Case</p> $Q_{\max} } = \sqrt{1.1 \times B \pm 6 H_B / L \cdot B^2}$ Q_{\min} $= 1950.27 / 2 \times 9.8 \pm 6 \times 1950.27 \times 0.05 / 9.08 \times 9.8^2$ $= 28.93 \pm 0.87$ $Q_{\max} = 29.30 \text{ tf}$ $Q_{\min} = 27.56 \text{ tf}$			

6-299

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
i) Seismic Case	$q_{max} = 2 \times 1810.2 / 70 \times 3 (98/2 - 1.59)$ $= 52.08 \text{ tf}$			
	$x = 3 (98/2 - 1.59) = 99.3 \text{ m}$			
(6) Design of Member Section				
i) Normal Case				
Section end	$MEI = -7.82 \times 0.97 + \frac{1}{2} \times 27.56 \times 20 \times 1.33 + \frac{1}{2} \times 27.92 \times 20 \times 0.67$ $= 47.68 \text{ tf.m}$			
SFI	$SFI = -7.92 + \frac{1}{2} \times (27.56 + 27.92) \times 20 = 47.56 \text{ tf}$			
Stress Calculation				
As	$A_s = 2.865 \times 7 = 20.06$			(19 15cm)
I'	$I' = 47.68 \text{ tf.m}$			
np	$np = 15 \times 2006 / 100 \times 170 = 0.018$			
d'/d	$d'/d = 0.059 \quad A_s/A_s = 0.5 \quad f/d = 00$			
C	$C = 11.65 \quad S = 5800 \quad Z = 1.06$			
	$I/I'd^2 = 47.68 \times 10^5 / 100 \times 170^2 = 1.66 \text{ kg/cm}^2$			
	$I_c = 1.66 \times 11.65 = 19.34 < 80 \text{ kg/cm}^2$			
	$I_s = 1.66 \times 58 \times 15 = 1444.2 < 1800 \text{ kg/cm}^2$			
	$Z_{min} = 47.68 \times 10^3 / 100 \times 170 \times 1.06 = 2.97 < 3.9 \text{ kg/cm}^2$			
Section b x b'				
ME2	$ME2 = \frac{1}{2} \times 28.30 \times 60 \times 40 + \frac{1}{2} \times 28.23 \times 60 \times 20$ $- 60 \times 30 - 125.82 \times 30 - 23.96 \times 2.91$ $= 56.38 \text{ tf.m}$			

6-178

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
	$SF_2 = \frac{1}{2} (29.3 + 28.2) \times 60 - 60 - 15.82 - 23.76$ $= 17.01 \text{ tf}$			
	<p>Stress Calculation</p> $A_s = 2006 \text{ cm}^2 \quad \text{C \# 19 } 15 \text{ cm}$ $H' = 56.38 \text{ tf.m}$ $m_p = 0.018 \quad d/d = 0.059 \quad A_s/A_s = 0.5 \quad f/d = \infty$ $C = 11.5 \quad S = 58.0 \quad Z = 1.06$ $H'/bd^2 = 56.38 \times 10^5 / 100 \times 170^2 = 1.95 \text{ kg/cm}^2$ $C_s = 1.95 \times 11.5 = 22.43 < 80 \text{ kg/cm}^2$ $C_s = 1.95 \times 58 \times 15 = 1696.5 < 1800 \text{ kg/cm}^2$ $C_m = 17.01 \times 10^3 / 100 \times 170 \times 1.06 = 1.06 < 3.9 \text{ kg/cm}^2$			
	<p>ii) Seismic Case</p> <p>Section a-a'</p> $M_{EL} = \frac{1}{2} \times 52.08 \times 2.0 \times 1.33 + \frac{1}{2} \times 41.59 \times 2.0 \times 0.67$ $= 79.2 \times 0.97$ $= 89.45 \text{ tf.m}$ $SEI = \frac{1}{2} \times (52.08 + 41.59) \times 2.0 - 7.92 = 85.75 \text{ tf}$			
	<p>Stress Calculation</p> $A_s = 28.65 \text{ cm}^2 \quad \text{C \# 11 } 10 \text{ cm}$ $H = 89.45 \text{ tf.m}$ $m_p = 0.059 \quad A_s/A_s = 0.5 \quad f/d = \infty$ $C = 10.1 \quad S = 43.0 \quad Z = 1.07$ $H'/bd^2 = 89.45 \times 10^5 / 100 \times 170^2 = 3.10 \text{ kg/cm}^2$ $C_s = 3.10 \times 10.1 = 31.31 < 80 \text{ kg/cm}^2$ $C_s = 3.10 \times 43 \times 15 = 1999.5 < 2700 \text{ kg/cm}^2$ $Z_m = 85.75 \times 10^3 / 100 \times 170 \times 1.07 = 5.40 < 5.85 \text{ kg/cm}^2$			

Working Division:

Description	Calculation Details	Unit	Quantity	Remarks
Section slab	$M_{F2} = 125.82 \times 3 + 23.76 \times 2.91 - \frac{1}{2} \times 32.15 \times 6.13 \times \frac{6.13}{3}$			
	$= 245.25 \text{ tf.m}$			
	$S_{F2} = 125.82 + 23.76 - \frac{1}{2} \times 32.15 \times 6.13$			
	$= 51.04 \text{ tf}$			
	$A_s = 64.24$			
	$C = 29 \text{ (D 29 10cm)}$			
	$M' = 245.25 \text{ tf.m}$			
	$m_p = 0.057 \quad d'/d = 0.059 \quad f'/d = 00$			
	$C = 695 \quad S = 19.15 \quad Z = 1.09$			
	$M'/bd^2 = 245.25 \times 10^3 / 100 \times 170^2 = 8.49 \text{ kg/cm}^2$			
	$O_c = 249 \times 6.95 = 59.01 < 120 \text{ kg/cm}^2$			
	$O_s = 849 \times 19.15 \times 15 = 2438.95 < 2700 \text{ kg/cm}^2$			
	$Z_{m1} = 51.04 \times 10^3 / 100 \times 170 \times 1.09 = 3.27 < 5.85 \text{ kg/cm}^2$			

7. Equipo Mecánico y Electrico

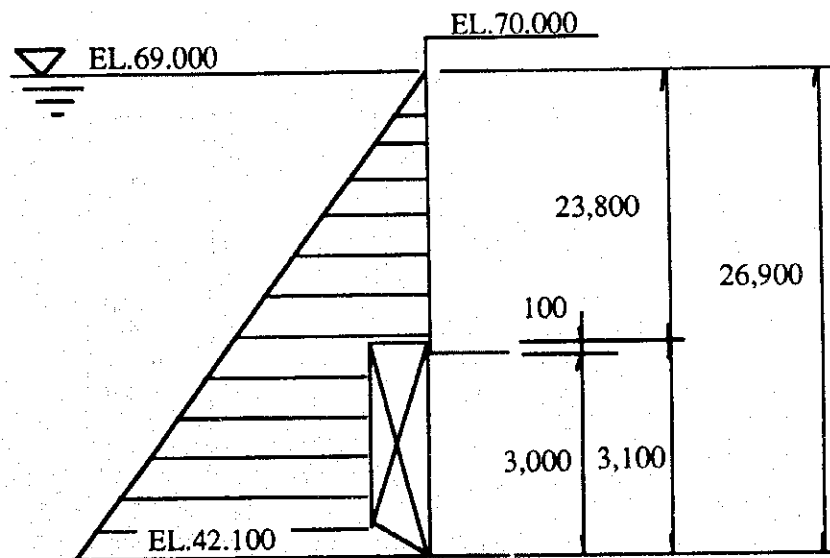
7.1 Estación de Bombeo Severino

(1) Compuerta de Toma y Grúa Pórtico

1. Condiciones de Diseño

Tipo	: Compuertas de ruedas fijas, fabricadas de acero
Cantidad	: Dos (2) juegos
Ancho libre	: 6.0 m
Altura libre	: 3.0 m
Nivel de crecida	: EL.69.00 m
Elevación de la solera	: EL.42.10 m
Carga de diseño	: 26.9 m
Método de sellado	: Las 4 aristas con sellos de caucho en la cara de la compuerta aguas abajo
Deflexión máxima de las vigas horizontales principales	: 1 / 1000 de distancia entre apoyos
Sobre espesor por corrosión que	: 1.0 mm para la plancha de forro y para los miembros estructurales principales (asumiendo usualmente la compuerta está expuesta al aire sobre los dispositivos de sujeción)
Tipo de izamiento	: Grúa pórtico, eléctricamente accionada, tipo cable metálico enrollable
Velocidad de operación	: 1 m/min. \pm 10 %
Altura de izamiento	: 28.5 m
Forma de operación	: Contról remoto desde la cabina.

2. Carga Hidráulica



$$P_T = \frac{1}{2} \times (H_2^2 - H_1^2) \times B \times G_w$$

donde,

PT:	Carga hidráulica (tf)	
H ₁ :	Carga de agua en la parte superior de la compuerta	23.80 m
H ₂ :	Carga de agua en la parte inferior de la compuerta	26.90 m
B :	Ancho de sellado	3.10 m
G _w :	Gravedad específica del agua	1.00 tf/m ³

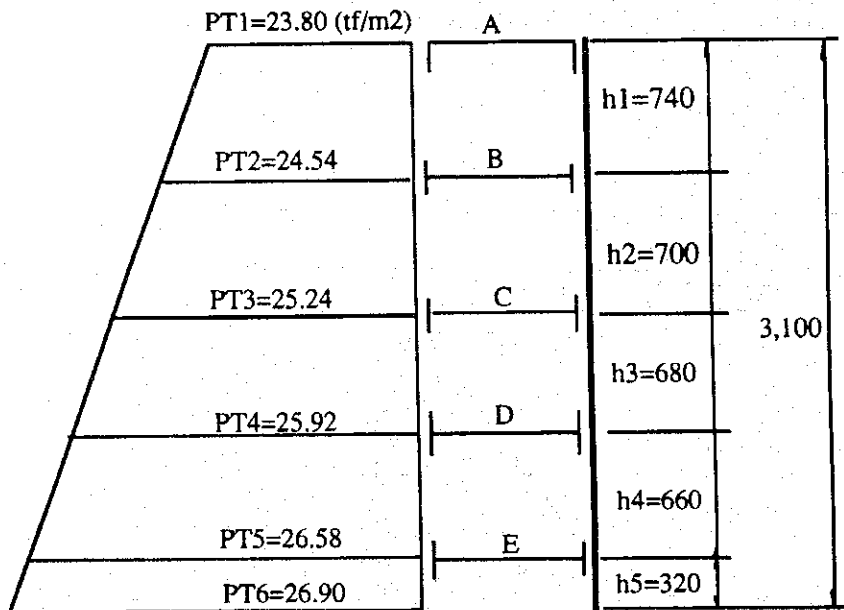
Por lo tanto,

$$\begin{aligned}
 P_T &= 0.5 \times (26.9^2 - 23.8^2) \times 3.1 \times 1.0 \\
 &= 243.6140 \text{ tf}
 \end{aligned}$$

3. Vigas horizontales principales

(1) Disposición de las vigas horizontales principales

Seis vigas horizontales principales son dispuestas como sigue:



(2) Carga sobre cada viga

La carga actuante en cada viga es calculada por la siguiente ecuación

$$\text{Viga A} = \frac{(2P_{T1} + P_{T2})}{6} \times h_1$$

$$\text{Viga B} = \frac{(P_{T1} + 2P_{T2})}{6} \times h_1 + \frac{(2P_{T2} + P_{T3})}{6} \times h_2$$

$$\text{Viga C} = \frac{(P_{T2} + 2P_{T3})}{6} \times h_2 + \frac{(2P_{T3} + P_{T4})}{6} \times h_3$$

$$\text{Viga D} = \frac{(P_{T3} + 2P_{T4})}{6} \times h_3 + \frac{(2P_{T4} + P_{T5})}{6} \times h_4$$

$$\text{Viga E} = \frac{(P_{T4} + 2P_{T5})}{6} \times h_4 + \frac{(P_{T5} + P_{T6})}{2} \times h_5$$

Por lo tanto, los resultados del cálculo son los siguientes :

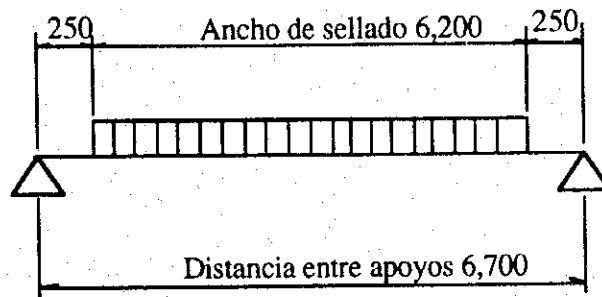
Viga A	Viga B	Viga C	Viga D	Viga E
8.8970	17.6590	17.4110	17.3620	17.2560

(tf/m)

(3) Momento flector y fuerza de corte

a. Momento flector

El momento flector máximo es calculado por la siguiente ecuación:



$$M_{\max.} = \frac{W \times (2 \times L - B)}{8}$$

donde,

$M_{\max.}$:	Momento flector máximo	(tf-m)
W	:	Carga de diseño actuando sobre cada viga	(tf)
L	:	Distancia entre apoyos	6.7 m
B	:	Ancho de sellado	6.2 m

b. La máxima fuerza de corte es calculada por la siguiente ecuación :

$$S_{\max.} = \frac{W}{2}$$

donde,

$S_{\max.}$:	Máxima fuerza de corte	(tf)
W	:	Carga de diseño actuando sobre cada viga	(tf)

c. Resultados de cálculos

Los resultados de cálculo son los siguientes:

	Viga A	Viga B
W (tf)	55.1630	109.4870
$M_{\max.}$ (tf-m)	49.6470	98.5380
$S_{\max.}$ (tf)	27.5820	54.7440

Como la máxima carga es sobre la viga C, el momento flector y la fuerza de corte son calculados solamente sobre la viga C

(4) Esfuerzo de flexión y esfuerzo de corte

a. El esfuerzo de flexión y el esfuerzo de corte son calculados por las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_{\max.} = \frac{M_{\max.} \times 10^5}{Z}$$

$$\tau_{\max.} = \frac{S_{\max.} \times 10^3}{A_w}$$

donde,

$\sigma_{\max.}$: Máximo esfuerzo de flexión (kgf/cm²)

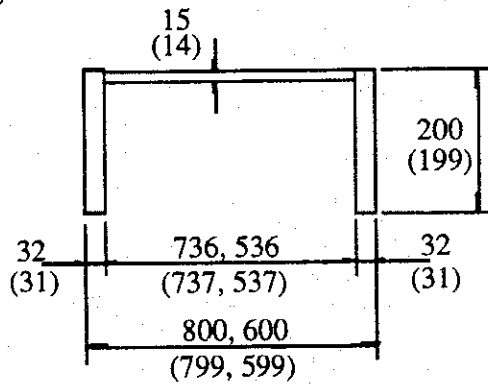
donde,

- σ_{max} : Máximo esfuerzo de flexión (kgf/cm²)
- M_{max} : Máximo momento flector (tf-m)
- Z : Módulo de la sección (cm³)
- τ_{max} : Máximo esfuerzo de corte (kgf/cm²)
- S_{max} : Máxima fuerza de corte (tf)
- A_w : Área del alma de la viga en los dos extremos (cm²)

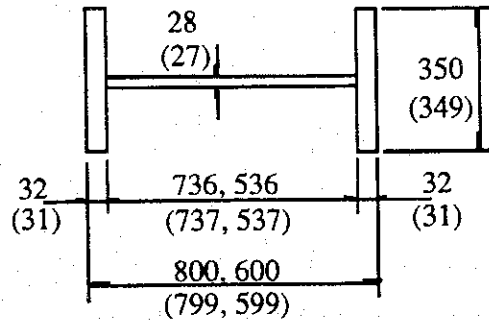
b. Propiedades de la sección de la viga

Dimensiones de la sección

Viga A



Viga B



		Viga A	Viga B
Momento de inercia	I (cm ⁴)	228734	409310
Módulo de la sección	Z (cm ³)	5725	10246
Área del alma	A_w (cm ²)	75.18	144.99

(A_w : Reducida a 600 a los extremos)

c. Resultado del cálculo

Los resultados del cálculo son como sigue:

		Viga A	Viga B
σ_{max}	(kgf/cm ²)	867	962
σ_a	(kgf/cm ²)	< 1200	
$\tau_{max.}$	(kgf/cm ²)	367	378
τ_a	(kgf/cm ²)	< 700	

σ_a : Esfuerzo admisible de flexión = $0.5 \sigma_y = 1200 \text{ kgf/cm}^2$

τ_a : Esfuerzo admisible de corte = $0.3 \sigma_y = 700 \text{ kgf/cm}^2$

(5) Deflexión

La deflexión máxima de cada viga es calculada por la siguiente ecuación

$$\delta_{max.} = \frac{W}{48 \times EI} \left(L^3 - \frac{L \times B^2}{2} + \frac{B^3}{8} \right)$$

donde,

$\delta_{max.}$: Máxima deflexión de cada viga	(cm)
W	: Carga de diseño sobre cada viga	(kgf)
L	: Distancia entre apoyos	670 cm
B	: Ancho de sellado	620 cm
E	: Módulo se elasticidad del acero 2.1×10^6	kgf/cm ²
I	: Momento de inercia	(cm ⁴)

Por lo tanto,

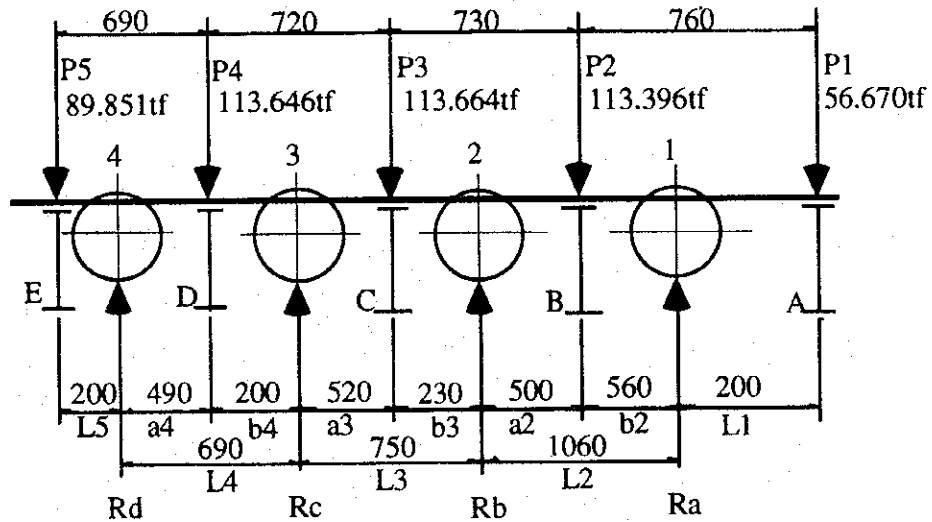
$$\delta_{max.} = 2.0018 \times \frac{W}{I}$$

		Viga A	Viga B
W	(kgf)	55163	109487
I	(cm ⁴)	228734	409310
$\delta_{max.}$	(cm)	0.483	0.535
$\delta_{max.} / L$		1/1388	1/1251
Deflexión admisible		< 1/1000	

4. Extremos de la Viga

(1) Disposición de las ruedas principales

Tres ruedas principales son previstas en cada extremo de la viga de la hoja de la compuerta y su disposición es como sigue:



(2) Momento flector

$$M_4 = -\frac{P_5}{2} \times L_5$$

$$L_4 \times M_4 + 2 \times (L_4 + L_3) \times M_3 + L_3 \times M_2 = \frac{\frac{P_4}{2} \times a_4 \times (L_4^2 - a_4^2)}{L_4} - \frac{\frac{P_3}{2} \times b_3 \times (L_3^2 - b_3^2)}{L_3}$$

$$L_3 \times M_3 + 2 \times (L_3 + L_2) \times M_2 + L_2 \times M_1 = \frac{\frac{P_3}{2} \times a_3 \times (L_3^2 - a_3^2)}{L_3} - \frac{\frac{P_2}{2} \times b_2 \times (L_2^2 - b_2^2)}{L_2}$$

$$M_1 = -\frac{P_1}{2} \times L_1$$

7-1-7

Así

$$M_1 = - 5.6670 \text{ tf-m}$$

$$M_2 = 0.31 \text{ tf-m}$$

$$M_3 = - 4.3190 \text{ tf-m}$$

$$M_4 = - 8.9850 \text{ tf-m}$$

(3) Fuerza de reacción

$$R_a = \frac{P_2}{2} \times \frac{a_2}{L_2} + \frac{P_1}{2} + \frac{M_2 - M_1}{L_2}$$

$$R_b = \frac{P_3}{2} \times \frac{a_3}{L_3} + \frac{P_2}{2} \times \frac{b_2}{L_2} + \frac{M_3 - M_2}{L_3} + \frac{M_1 - M_2}{L_2}$$

$$R_c = \frac{P_4}{2} \times \frac{a_4}{L_4} + \frac{P_3}{2} \times \frac{b_3}{L_3} + \frac{M_4 - M_3}{L_4} + \frac{M_2 - M_3}{L_3}$$

$$R_d = \frac{P_5}{2} + \frac{P_4}{2} \times \frac{b_4}{L_4} + \frac{M_3 - M_4}{L_4}$$

Por lo tanto, la carga distribuida en cada rueda principal es:

$$R_a = 60.7180 \text{ tf}$$

$$R_b = 57.5460 \text{ tf}$$

$$R_c = 57.19 \text{ tf}$$

$$R_d = 68.1590 \text{ tf}$$

(4) Fuerza de corte

$$S_1 = 28.3350 \text{ tf}$$

$$S_2 = - 32.3830 \text{ tf}$$

$$S_3 = 24.3150 \text{ tf}$$

$$S_4 = - 33.2310 \text{ tf}$$

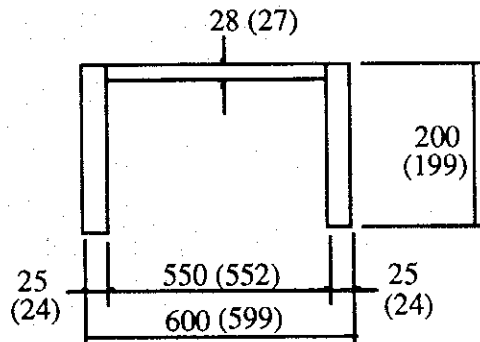
$$S_5 = 23.6 \text{ tf}$$

$$S_6 = - 33.59 \text{ tf}$$

$$S_7 = 23.2330 \text{ tf}$$

$$S_8 = - 44.9260 \text{ tf}$$

(5) Propiedades seccionales del extremo de la viga



$$\begin{aligned}
 I &= 120339 \text{ cm}^4 \\
 Z &= 4018 \text{ cm}^3 \\
 A_w &= 13080 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

(6) Esfuerzos de flexión y corte

Esfuerzos de flexión

$$\sigma = \frac{M_{\max.}}{Z} = \frac{8,985 \times 10^5}{4,018} = 224 \text{ kgf/cm}^2$$

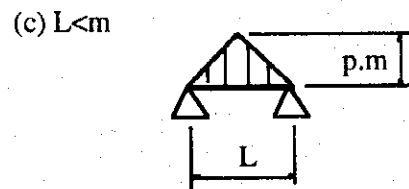
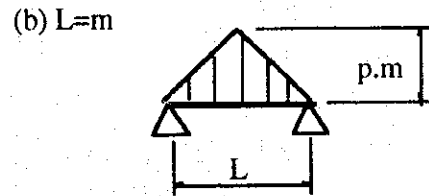
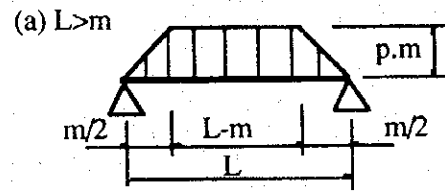
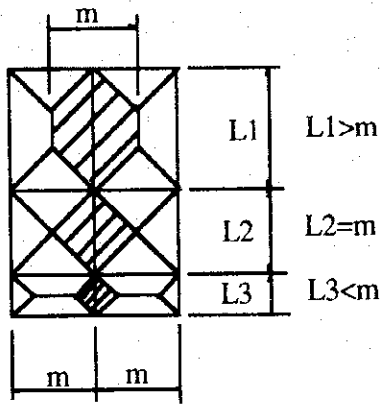
Esfuerzo de corte

$$\tau = \frac{S_{\max.}}{A_w} = \frac{44.926 \times 10^3}{130.8} = 343 \text{ kgf/cm}^2$$

5. Columnas

(1) Momento flector y fuerza de corte

El momento flector y la fuerza de corte son calculadas por la siguiente fórmula



(a) $L > m$

Momento flector

$$M = \frac{P \cdot m}{24} (3L^2 - m^2)$$

Fuerza de corte

$$S = \frac{P \cdot m}{2} \left(L - \frac{m}{2} \right)$$

(b) $L = m$

Momento flector

$$M = \frac{P \cdot m \cdot L^2}{12}$$

Fuerza de corte

$$S = \frac{P \cdot m \cdot L}{4}$$

(c) $L < m$

Momento flector

$$M = \frac{P \cdot L^3}{12}$$

Fuerza de corte

$$S = \frac{P \cdot L^2}{4}$$

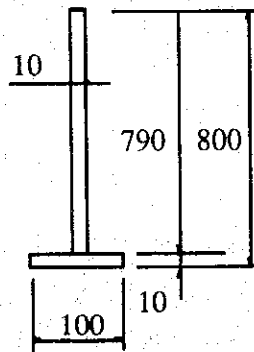
donde,

- M : Máximo momento flector (kgf-cm)
- P : Presión promedio del agua (kgf/cm²)
- m : Pasos entre largueros verticales 45 cm
- L : Distancia entre vigas horizontales (cm)
- S : Máxima fuerza de corte (kgf)

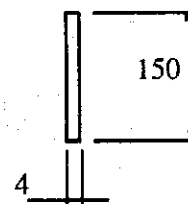
Parte	m (cm)	L (cm)	P (kgf/cm ²)	M (kgf-cm)	S (kgf)
1	50	76	2.4180	74696	3083
2	50	73	2.4930	70034	2991
3	50	72	2.5650	69747	3014
4	50	69	2.6360	64696	2899
5	50	20	2.680	4467	268

(2) Propiedades de la sección

La sección C de acero laminado en caliente JIS G 3192 150 x 75 x 6.5/10 y las secciones subsiguientes son usadas en las partes superior e inferior de la hoja de la compuerta



Upper part
(Portion 1 to 4)



Bottom part
(Portion 5)

(A) Sección laminada en caliente

$$\begin{aligned} \text{Momento de inercia } I &= 861 \text{ cm}^4 \\ \text{Módulo de la sección } Z &= 115 \text{ cm}^3 \\ \text{Área del alma } A_w &= 8.45 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(B) Sección de la viga de plancha de acero

< Parte superior >

$$\begin{aligned} \text{Momento de inercia } I &= 56888 \text{ cm}^4 \\ \text{Módulo de la sección } Z &= 1422 \text{ cm}^3 \\ \text{Área del alma } A_w &= 79 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

< Parte inferior >

$$\begin{aligned} \text{Momento inercia } I &= 113 \text{ cm}^4 \\ \text{Módulo de la sección } Z &= 15 \text{ cm}^3 \\ \text{Área del alma } A_w &= 6 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(3) Esfuerzo de la flexión y de corte

Como el valor de la sección de la viga C es menor que la sección de la viga del alma llena en todas sus propiedades, el cálculo se limita a la sección C

$$\sigma = M/Z$$

donde,

$$\begin{aligned} \sigma &: \text{Máximo esfuerzo de flexión (kgf/cm}^2\text{)} \\ M &: \text{Máximo momento flector (kgf-cm)} \\ Z &: \text{Módulo de la sección menor } 115 \text{ cm}^3 \\ &\quad (\text{Z}=15 \text{ cm}^3 \text{ para la parte 5)} \end{aligned}$$

$$\tau = S/A_w$$

donde,

$$\begin{aligned} \tau &: \text{Máximo esfuerzo de corte (kgf/cm}^2\text{)} \\ S &: \text{Máxima fuerza de corte (kgf)} \\ A_w &: \text{Módulo de la sección menor } 8.45 \text{ cm}^2 \\ &\quad (\text{A}_w=6 \text{ cm}^2 \text{ para la parte 5)} \end{aligned}$$

Resultados de cálculos

$\sigma_1 = 650$	kgf/cm ²	$\tau_1 = 365$	kgf/cm ²
$\sigma_2 = 609$	kgf/cm ²	$\tau_2 = 354$	kgf/cm ²
$\sigma_3 = 606$	kgf/cm ²	$\tau_3 = 357$	kgf/cm ²
$\sigma_4 = 563$	kgf/cm ²	$\tau_4 = 343$	kgf/cm ²
$\sigma_5 = 298$	kgf/cm ²	$\tau_5 = 45$	kgf/cm ²

6. Plancha de Forro

El esfuerzo de flexión de la plancha de forro es calculada de acuerdo con la fórmula de Timoshenko.

$$\sigma = \frac{K \times a^2 \times P}{100 \times (t - \epsilon)^2}$$

donde,

σ	: Esfuerzo de flexión	(kgf/cm ²)
K	: Coeficiente para "b/a"	
a	: Vano corto de plancha	(cm)
b	: Vano largo de plancha	(cm)
P	: Presión promedio de diseño	(kgf/cm ²)
t	: Espesor de la plancha	(cm)
ϵ	: Sobre espesor por corrosión	0.1 cm

			200
	P1=2.418 kgf/cm ²	485	
			350
	P2=2.493 kgf/cm ²	380	
			350
	P3=2.565 kgf/cm ²	370	
			350
	P4=2.636 kgf/cm ²	340	
			350
	P5=2.680 kgf/cm ²		25
12@500=6,000			

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
a (cm)	48.5	38.0	37.0	34.0	2.5
b (cm)	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
b/a	1.03	1.32	1.35	1.47	20.00
K	32.0	42.0	42.8	45.0	50.0
P (kgf/cm ²)	2.418	2.493	2.565	2.636	2.680
t (cm)	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
σ (kgf/cm ²)	1077	894	889	811	5

7. Ruedas Principales

Las ruedas principales son de tipo un punto de contacto, y su resistencia es calculada por la fórmula de Hertz.

$$\rho = 0.418 \times \sqrt{\frac{P \times E}{B_o \times R}}$$

$$C = 1.52 \times \sqrt{\frac{P \times R}{B_o \times E}}$$

$$Z = 0.78 \times C$$

donde,

ρ	: Esfuerzo de contacto de Hertz	(kgf/cm ²)
P	: Trabajo de carga de una rueda	82000 kgf
E	: Módulo de elasticidad de la rueda	2.1 x 10 ⁶ kgf/cm ²
R	: Radio de la rueda	30 cm
B _o	: Ancho de la rueda	20 cm
C	: Ancho del contacto	(cm)
Z	: Profundidad donde el esfuerzo máximo de corte ocurre	(cm)

Por lo tanto,

$$\rho = 7081 \text{ kgf/cm}^2$$

$$Z = 0.29 \text{ cm}$$

Esfuerzo de contacto admisible

$$\rho_a = \frac{100}{2 \times V} \times H_B$$

donde,

V	: Factor de seguridad	1.3
H _B	: Dureza Brinell de la rueda JIS SCMn2B	190 kgf/cm ²

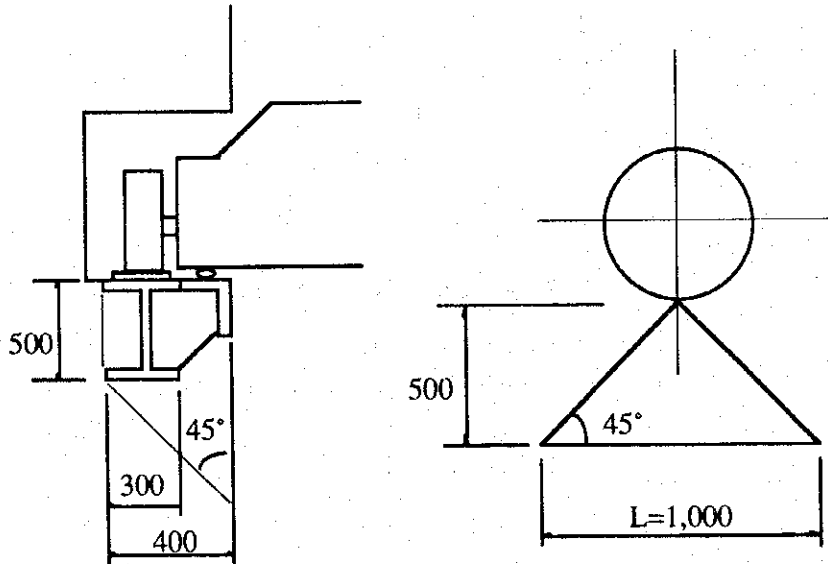
Por lo tanto

$$\rho_a = 7308 \text{ kgf/cm}^2 > \rho$$

Espesor del riel de via : T = 4 x Z

$$T = 12 \text{ mm}$$

8. Resistencia de Hormigón



(1) Esfuerzo de aplastamiento

$$\sigma_c = P / (L \times B_o)$$

donde,

P : Trabajo de la carga de una rueda 82000 kgf
 B₀ : Ancho de la rueda 20 cm

Por lo tanto,

$$\sigma_c = 6.8 \text{ kgf/cm}^2 < 60 \text{ kgf/cm}^2$$

(2) Esfuerzo de corte

$$\tau_c = P / A_c$$

donde,

P : Trabajo de la carga de una rueda 82000 kgf
 A_c : Área de corte del hormigón 10656 cm²
 (50 + 40 x 1.4140) x 100

Por lo tanto,

$$\tau_c = 7.7 \text{ kgf/cm}^2 < 8 \text{ kgf/cm}^2$$

9. Carga de Operación

- (1) Peso de la hoja de la compuerta $W_g = 16 \text{ tf}$
 (2) Fuerza de fricción debido a las ruedas principales

$$F_w = P \times (2 \times \mu_1 + \mu_2 \times d) / D$$

donde,

P	: Carga de diseño	243.614 tf
μ_1	: Coeficiente de fricción de rodamiento de las ruedas principales	0.1
μ_2	: Coeficiente de fricción de rodamiento de los cojinetes de rodillos	0.02
d	: Diámetro medio del eje de rodadura	20 cm
D	: Diámetro de las ruedas principales	60 cm

Por lo tanto,

$$F_w = 2.44 \text{ tf}$$

- (3) Fricción debida a los sellos del caucho

$$F_r = \mu \times (q + P \times b) \times \Sigma l$$

donde,

μ	: Coeficiente de fricción del sello de caucho	
	Al arranque	1.5
	Durante de deslizamiento	0.7
q	: Carga de compresión inicial sobre el sello de caucho	0.05 tf/m
P	: Presión medio de diseño	25.4 tf/m ²
b	: Ancho del contacto del sello de caucho	0.04 m
Σl	: Longitud total de deslizamiento del sello de caucho	6.2m

Por lo tanto,

a) Al subir

$$F_{rR} = 9.9140 \text{ tf}$$

b) Al bajar

$$F_{rL} = 6.6250 \text{ tf}$$

(4) Flotamiento

$$F_b = \frac{W_g}{\gamma}$$

donde

W_g : Peso de la hoja de la compuerta 16 tf
 γ : Peso específico del acero 7.85 tf/m³

Por lo tanto,

$$F_b = 2.0380 \text{ tf}$$

(5) Carga total de operación

	Carga (tf) Subiendo	Carga (tf) Bajando
Peso de la compuerta (wg)	16	16
Fuerza de fricción debida a las ruedas principales (Fw)	2.44	- 2.44
Fricción debida al sello de caucho (Fr)	9.914	- 6.6260
Flotamiento (Fb)	-	- 2.0380
Total	28.3540	4.8960

Por lo tanto,

Carga de operación

Subiendo : 29 tf (incluida tolerancia)

Bajando : 4.9 tf

10. Cable Metálico

(1) Fuerza de tensión

$$T_r = \frac{F}{N \times \eta}$$

donde,

T_r : Fuerza de tensión (tf)
 F :Carga total de izamiento 29 tf
 N : Número de cables metálicos 4
 η :Eficiencia total de las poleas 0.95

por lo tanto,

$$T_r = \frac{29}{4 \times 0.95} = 7.63 \text{ tf}$$

(2) Selección del cable metálico

Tipo : JIS G3525 6 x 37 Galvanizado Grado A
 Diámetro : Ø 35.5 mm
 Resistencia a la ruptura : 62.9 tf

Factor de seguridad

$$S = \frac{\text{Breaking strength}}{\text{Tensile force}} = \frac{62.9}{7.63} = 8.24 > 8$$

11. Tambor y Polea

Cada diámetro del tambor y de la polea es calculado como sigue:

$$D \geq T \times D_w$$

Donde

D : Diámetro (mm)
 T : Coeficiente
 D_w : Diámetro del cable metálico 35.5 mm

Por lo tanto,

	<u>Tambor</u>	<u>Polea</u>
T	19	17
D_w (mm)	35.5	35.5
D (mm)	675 → <u>800</u>	604 → <u>650</u>

12 Potencia de Salida del Motor del Malacate

$$P = \frac{F \times V}{6.12 \times \eta}$$

donde,,

P : Potencia de salida del motor del malacate(kw)

F :Carga de izamiento 29 tf

V :Velocidad de izamiento 1 m/min.

η : Eficiencia del limpiarrejas

$$\eta_d \times \eta_s \times \eta_{g1} \times \eta_{g2} \times \eta_{g3} = 0.41$$

η_d : Eficiencia del tambor 0.95

η_s : Eficiencia de la polea 0.95

η_{g1} : Eficiencia del reductor 0.5

η_{g2} : Eficiencia del engranaje cilíndrico 0.95

η_{g3} : Eficiencia del engranaje cilíndrico 0.95

Por lo tanto,

$$P = \frac{29 \times 1}{6.12 \times 0.41} = 11.56 \text{ kw}$$

= 15 kw, 6 Polos, motor a usarse

13. Relación de Reducción Requerida

$$iR = \frac{N_m}{V_o / (\pi \times D_d)}$$

donde,

V_o :Velocidad operacional 1 m/min.

D_d : Diámetro del tambor 0.8 m

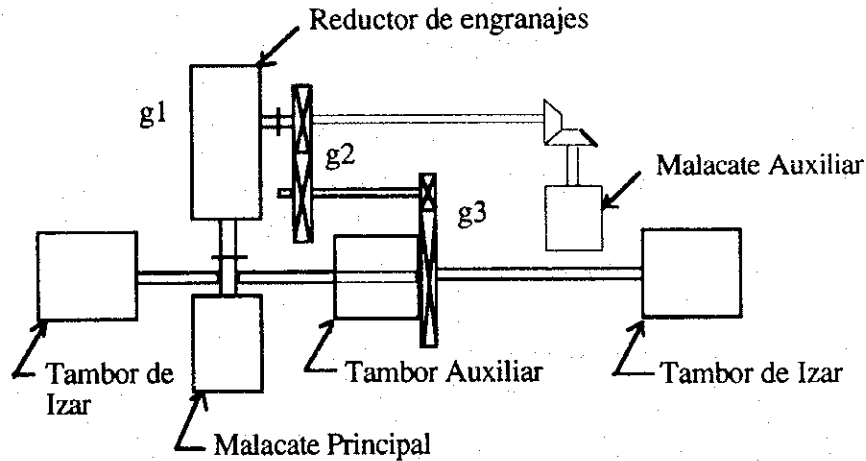
N_m : Revoluciones por minuto del motor 1160 r.p.m

Por lo tanto,

$$iR = 2914$$

14 Disposición de la Unidad de Izamiento

14 Disposición de la Unidad de Izamiento



15. Unidad de Traslación

(1) Fuerza de fricción debida a las ruedas

$$F_w = (W_r + W_c) \times (2 \times \mu_1 + \mu_2 \times d) / D$$

donde,

W_r	: Peso muerto de la grúa pórtico	35 tf
W_c	: Carga de izamiento	17 tf
μ_1	: Coeficiente de fricción por rodamiento	0.1
μ_2	: Coeficiente de fricción del cojinete	0.02
d	: Diámetro del eje de la rueda	12 cm
D	: Diámetro de la rueda	50 cm

Por lo tanto,

$$F_w = 0.46 \text{ tf}$$

(2) Potencia de la salida del motor

$$P_m = \frac{F_w \times V}{6.12 \times \eta_1 \times \eta_2 \times n}$$

donde,

F_w	: Fuerza de operación (incluida tolerancia)	0.5 tf
V	: Velocidad de traslación	10 m/min

η_1	: Eficiencia de la polea de cadena	0.95
η_2	: Eficiencia del reductor	0.5
n	: Número de motores	2

Por lo tanto,

$$P_w = 0.86$$

1.5 kw, 6 polos, motor a usarse

16. Unidad de Carrera Transversal

(1) Fuerza de fricción debida a las rueda

$$F_w = (W_r + W_c) \times (2 \times \mu_1 + \mu_2 \times d) / D$$

donde,

W_r	: Peso muerto del carro	20 tf
W_c	: Carga de izamiento	17 tf
μ_1	: Coeficiente de fricción por rodamiento	0.1
μ_2	: Coeficiente de fricción del cojinete	0.02
d	: Diámetro del eje de la rueda	5 cm
D	: Diámetro de la rueda	25 cm

Por lo tanto.

$$F_w = 0.74 \text{ tf}$$

(2) Potencia de salida del motor

$$P_m = \frac{F_w \times V}{6.12 \times \eta_1 \times \eta_2 \times n}$$

donde,

F_w	: Fuerza de operación (incluida tolerancia)	0.8 tf
V	: Velocidad de viaje	10 m/min
η_1	: Eficiencia de la polea de cadena	0.95
η_2	: Eficiencia del reductor	0.5
n	: Número de motores	2

Por lo tanto,

$$P_w = 1.38$$

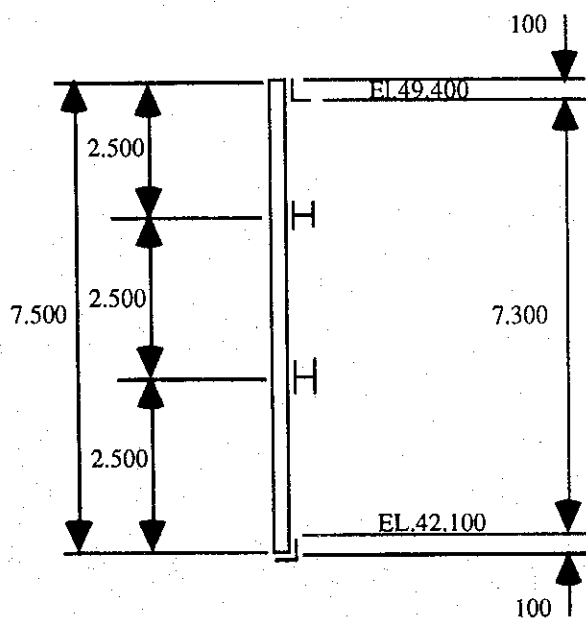
1.5 kw, 6 polos, motor a usarse

(2) Rejilla Fija de la Toma

1. Condiciones de Diseño

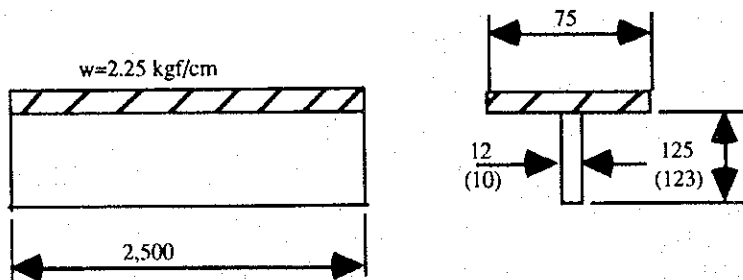
Tipo	: Rejilla fija tipo vertical
Cantidad	: 6 Juegos
Ancho libre	: 6,0 m
Altura	: 7,5 m (Losa EL.49.50 m - Solera EL.42.00 m)
Gradiente	: 1 : 0 ($\Theta = 90^\circ \sim 0' \sim 0''$)
Paso entre barras	: 75 mm (centro a centro)
Carga de diseño	: Carga de agua 3.0 m
Deflexión máxima de las vigas de soporte	: 1/600 de distancia entre apoyos
Sobre espesor por corrosión	: 2,0 mm para las barras y las vigas de soporte

2. Disposición de la Rejilla



3. Barras

(1) Momento flector y esfuerzo



a. Momento flector

$$M = \frac{W \times L^2}{8}$$

Donde,

M : Momento flector (kgf-cm)

W : Carga unitaria sobre la barra

$$0,3 \text{ kgf/cm}^2 \times 7,5 \text{ cm} = 2,25 \text{ kgf/cm}$$

L : Distancia máxima de centro a centro de las vigas de soporte
250 cm

Por lo tanto,

$$M = \frac{2,25 \times 250^2}{8} = 17.578 \text{ kgf} - \text{cm}$$

b. Esfuerzo de flexión

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

donde,

σ_b : Esfuerzo de flexión (kgf/cm²)

M : Momento flector 17.578 kgf-cm

Z : Módulo de la sección
FB 125 x 12
(123 x 10)

25,2 cm³

Por lo tanto,

$$\sigma_b = \frac{17.578}{25,2} = 698 \text{ kgf / cm}^2$$

(2) Esfuerzo crítico considerando pandeo horizontal

$$C_r = 0,6 \times Y \times (1,23 - 0,0153 \times L/T)$$

donde,

C_r : Esfuerzo crítico (kgf/cm²)

Y : Resistencia a punto cedente del material 2.400 kgf/cm²

L : Longitud lateral no soportada 25 cm

T : Espesor de la barra 1,0 cm

Por lo tanto,

$$C_r = 0,6 \times 2.400 \times (1,23 - 0,0153 \times 30 / 1,0)$$

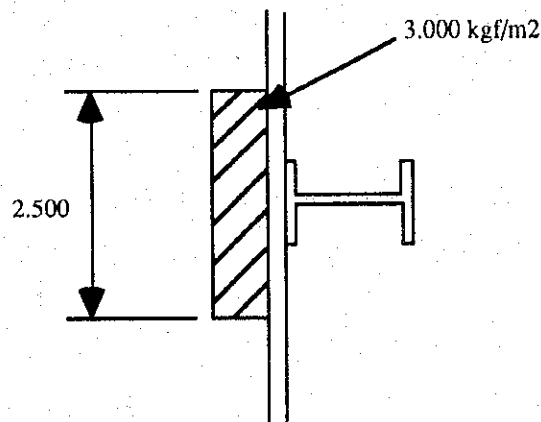
$$= 1.110 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_b = 1.698 \text{ kgf/cm}^2 < C_r = 1.110 \text{ kgf/cm}^2$$

4. Vigas de Soporte Intermedias

(1) Carga de presión de agua

La carga de presión de agua actuando sobre cada viga es como sigue:



$$W_w = L \times h \times B$$

donde,

W_w : Carga de presión de agua (kgf)

L : Distancia centro a centro entre vigas de soporte 2,50 m

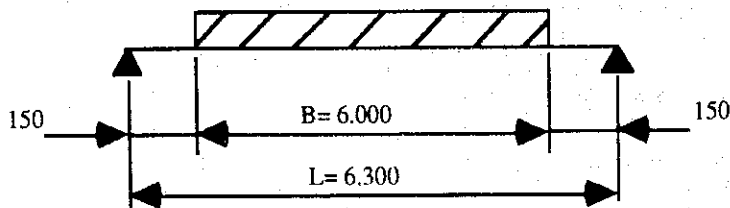
h : Carga de diseño, 3.000 kgf/m²

B : Ancho libre 6,0 m

Por lo tanto,

$$\begin{aligned} W_w &= 2,50 \times 3.000 \times 6,0 \\ &= 45.000 \text{ kgf} \end{aligned}$$

(2) Momento flector y fuerza de corte debido a la carga de agua



a. Momento flector

$$M_x = W_w \times (2L - B) / 8$$

donde,

M_x : Momento flector debido a la carga de agua (kgf-cm)

W_w : Carga de presión de agua 45.000 kgf

L : Distancia entre apoyos (B+30) 630 cm

B : Ancho libre 600 cm

Por lo tanto,

$$\begin{aligned} M_x &= 45.000 \times (2 \times 630 - 600) / 8 \\ &= 3'712.500 \text{ kg-cm} \end{aligned}$$

b. Fuerza de corte

$$S_x = W_w / 2$$

donde,

S_x : Fuerza de corte debido a la carga de agua (kgf)

W_w : Carga de presión de agua 45.000 kgf

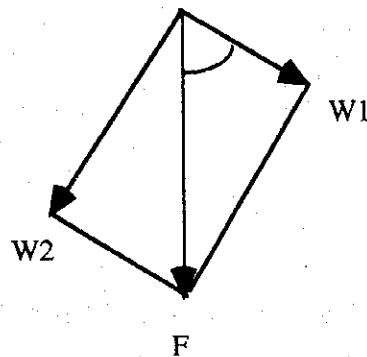
Por lo tanto,

$$S_x = 45.000 / 2$$

$$= 22.500 \text{ kgf}$$

(3) Momento flector y fuerza de corte debida el peso propio

La fuerza debida al peso propio se distribuye como sigue:



$$W1 = F \cos \theta$$

$$W2 = F \sin \theta$$

donde,

$W1, W2$: Carga unitaria en cada dirección (kgf/cm)

F : Carga unitaria debido el peso propio 1,51 kgf/cm

θ : Ángulo entre "F" y "W1" $90^\circ \sim 0' \sim 0''$

Por lo tanto,

$$W1 = 1,51 \times \cos 90^\circ \sim 0' \sim 0''$$

$$= 0 \text{ kgf/cm}$$

$$W2 = 1,51 \times \sin 90^\circ \sim 0' \sim 0''$$

$$= 1,51 \text{ kgf/cm}$$

a. Momento flector

$$M_1 = W_1 \times L^2 / 8$$

$$M_2 = W_2 \times L^2 / 8$$

donde,

M1, M2 : Momento flector en cada dirección (kgf-cm)

W1, W2 : Carga unitaria en cada dirección (kgf/cm)

$$W1 = 0 \text{ kgf/cm}$$

$$W2 = 1,51 \text{ kgf/cm}$$

L : Distancia entre apoyos 630 cm

Por lo tanto,

$$M1 = 0 \times 630^2 / 8$$

$$= 0 \text{ kgf-cm}$$

$$M2 = 1,51 \times 630^2 / 8$$

$$= 74.915 \text{ kgf-cm}$$

b. Fuerza de corte

$$S_1 = W_1 \times L / 2$$

donde,

S1 : Fuerza de corte debida al peso propio (kgf)

W1, L : Igual que arriba

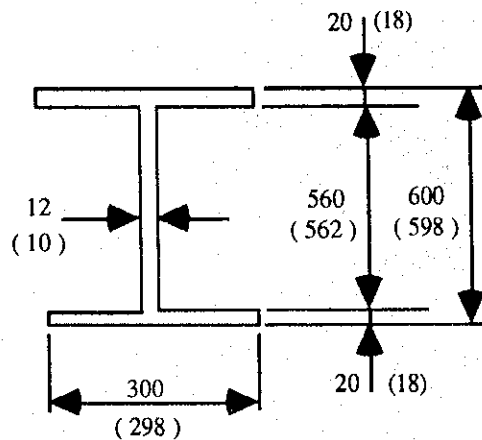
Por lo tanto,

$$S1 = 0 \times 630 / 2$$

$$= 0 \text{ kgf}$$

(4) Esfuerzos de flexión y corte

Propiedades de la sección



JIS G 3192 H-600 x 300 x 12/20 a usarse

Momento de inercia

$$I_x = 118.000 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 9.020 \text{ cm}^4$$

Módulo de la sección

$$Z_x = 4.020 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 601 \text{ cm}^3$$

Área del alma de la viga

$$A_w = 56 \text{ cm}^2$$

a. Esfuerzo de flexión

$$\sigma_b = (M_x + M_1) / Z_x + M_2 / Z_y$$

donde,

σ_b : Esfuerzo de flexión (kgf/cm²)

M_x : Momento flector debido a la carga de agua 3'712.500 kgf-cm

M_1 : Momento flector debido al peso propio 0 kgf-cm

Z_x : Módulo de la sección 4.020 cm³

M_2 : Momento flector debido al peso propio 74.915 kgf-cm

Z_y : Módulo de la sección 601 cm³

Por lo tanto,

$$\begin{aligned} \sigma_b &= (3'712.500 + 0) / 4.020 + 74,915 / 601 \\ &= 1.048 \text{ kgf/cm}^2 < \sigma_{ba} = 1.200 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

σ_{ba} : Esfuerzo de flexión admisible

b. Esfuerzo de corte

$$\tau_c = (S_x + S_1) / A_w$$

donde,

τ_c : Esfuerzo de corte (kgf/cm²)

S_x : Fuerza de corte debida a la presión de agua 22.500 kgf

S_1 : Fuerza de corte debida al peso propio 0 kgf

A_w : Área del alma de la viga 56 cm²

Por lo tanto,

$$\begin{aligned}\tau_c &= (22,500 + 0) / 56 \\ &= 402 \text{ kgf/cm}^2 < \tau_{ca} = 700 \text{ kgf/cm}^2\end{aligned}$$

τ_{ca} : Esfuerzo de corte admisible

(5) Deflexión

$$\delta = \frac{(W_w + W_1 \times B)}{48 \times E \times I_x} (L^3 - L \times B^2 / 2 + B^3 / 8)$$

donde,

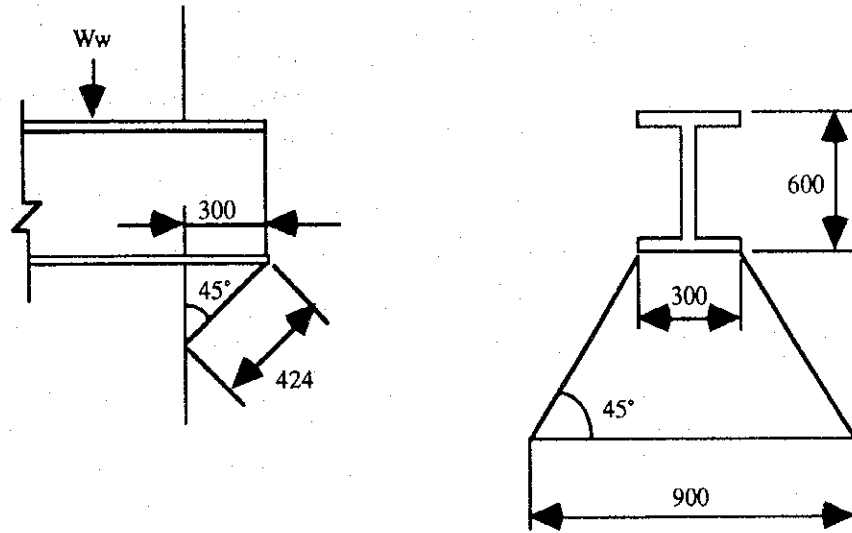
δ : Deflexión de la viga	(cm)
W_w : Carga de presión de agua	45.000 kgf
W_1 : Carga unitaria debida al peso propio	0 kgf/cm
B : Ancho libre	600 cm
L : Distancia entre apoyos	630 cm
E : Modelo de young	2.1×10^6 kgf/cm ²
I_x : Momento de inercia	118.000 cm ⁴

Por lo tanto,

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{(45.000 + 0 \times 600)}{48 \times 2,1 \times 10^6 \times 118.000} (630^3 - 630 \times 600^2 / 2 + 600^3 / 8) \\ &= 0,619 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\delta/L = 0,619 / 630 = 1 / 1018 < 1 / 600$$

5. Resistencia del Hormigón



(1) Esfuerzo de aplastamiento del hormigón

$$\sigma_c = W_w / (2 \times A_1)$$

Donde,

σ_c : Esfuerzo de aplastamiento del hormigón (kgf/cm²)

W_w : Carga de presión de agua 45.000 kgf

A_1 : Área de aplastamiento del hormigón 30 x 30 = 900 cm²

Por lo tanto,

$$\sigma_c = 45.000 / (2 \times 900)$$

$$= 25 \text{ kgf/cm}^2 < 60 \text{ kgf/cm}^2$$

(Esfuerzo admisible de
aplastamiento del hormigón)

(2) Esfuerzo de corte del hormigón

$$\tau_c = W_w / (2 \times A_2)$$

donde,

τ_c : Esfuerzo de corte del hormigón (kgf/cm²)

W_w : Carga de presión de agua 45.000 kgf

$$A2 : \text{Área de corte del hormigón} \quad 43.44 \text{ cm}^2$$
$$60 \times 30 + (30 + 90) / 2 \times 42.4$$

Por lo tanto,

$$\tau_c = 45.000 / (2 \times 4344)$$

$$= 5,18 \text{ kgf/cm}^2 < 8 \text{ kgf/cm}^2$$

(Esfuerzo admisible de corte del
hormigón)

(3) Equipo Limpiarrejas

1. Condiciones de Diseño

Tipo	: Limpiarrejas con ruedas de doble pestaña accionada por la grúa pórtico.
Cantidad	: 1 juego
Elevación de la losa de hormigón	: EL.70.00 m
Alto nivel de agua (A.N.A.)	: EL.66.00 m
Nivel medio de agua (N.M.A.)	: EL.58.50 m
Nivel mínimo de operación	: EL.47.00 m
Elevación de la solera	: EL.42.00 m
Ancho libre de la rejilla	: 6000 mm
Gradiente	: 1 : 0
Altura	: 7500 mm
Ancho del limpiarrejas	: 6000 mm
Capacidad del rastrillo	: 2000 kgs per 6.0 m de ancho del limpiarrejas
Velocidad de izamiento	: 1 m/min. \pm 10 %
Velocidad de traslación	: 10 m/min. \pm 10 %
Método de operación	: Automático y manual

2. Cargas a izar

Cargas a volcar del peso propio del limpiarrejas

$$F_1 = \mu_1 \times W_H + W_V$$

Donde:

- F_1 : Carga debida al peso propio del limpiarrejas (tf)
- W_H : Carga en sentido horizontal (tf) $W \times \cos \Theta$
- W_V : Carga en sentido vertical (tf) $W \times \sin \Theta$
- W : Peso propio del limpiarrejas 2.0 tf
- Θ : Angulo entre "WH" y "W" $90^\circ \sim 0^\circ \sim 0^\circ$
- μ_1 : Coeficiente de fricción por deslizamiento del limpiarrejas
0.4

Por lo tanto,

$$F_1 = 0.4 \times 2.0 \times 0 + 2.0 \times 1$$

$$= 2.0 \text{ tf}$$

NOTA: El limpiarrejas contiene desechos como carga colgada y debido al rozamiento de la basura es operada por medio del tambor de izamiento.

3. Cable Metálico

(1) Fuerza de tensión

$$T_r = \frac{F}{N \times \eta}$$

Donde,

- T_r : Fuerza de tensión (tf)
- F : Carga total de izamiento 6.94 tf
- N : Número de cables metálicos 2
- η : Eficiencia total de poleas 0.95

Por lo tanto,

$$T_r = \frac{6.94}{2 \times 0.95} = 3.65 \text{ tf}$$

(2) Selección del cable metálico

Tipo : JIS G3525 6 x 37 Galvanizado Grado A (o
equivalente)
Diámetro : Ø 25 mm
Resistencia a la ruptura : 33.8 tf
Factor de seguridad

$$S = \frac{\text{Breaking strength}}{\text{Tensile force}} = \frac{33.8}{3.65} = 9.26 > 8$$

4. Tambor para cable y poleas

Cada diámetro de tambor y polea es calculado como sigue :

$$D \geq T \times D_w$$

Donde,

D : Diámetro del tambor (mm)
T : Coeficiente
D_w : Diámetro del cable metálico 25 mm

Por lo tanto,

	<u>Tambor</u>	<u>Polea</u>
T	19	17
D _w (mm)	25	25
D (mm)	475 → <u>800</u>	425 → <u>450</u>

5. Potencia de Salida del Motor de Izamiento

$$P = \frac{F \times V}{6.12 \times \eta}$$

Donde,

P : Potencia de salida del motor de izamiento (kw)
F : Carga de izamiento 6.94 tf
V : Velocidad de izamiento 1 m/min.
η : Eficiencia del limpiarreas

$$\eta_d \times \eta_s \times \eta_{g1} \times \eta_{g2} \times \eta_{g3} = 0.79$$

η_d : Eficiencia del tambor 0.95

η_s : Eficiencia de la polea 0.95
 η_{g1} : Eficiencia del engranaje cónico 0.97
 η_{g2} : Eficiencia del engranaje cilíndrico 0.95
 η_{g3} : Eficiencia del engranaje cilíndrico 0.95

Por lo tanto,

$$P = \frac{6.94 \times 1}{6.12 \times 0.79} = 1.435 \text{ kw}$$

Motor a usarse de 1.5 KW., 6 polos.

6. Velocidad de Izamiento

(1) Revoluciones

$$N_d = (V_o \times N_s) / (\pi \times D_d)$$

Donde,

N_d : Revoluciones por minuto (r.p.m)
 V_o : Velocidad de operación 1 m/min.
 N_s : Número de cables metálicos 1
 D_d : Diámetro del tambor 0.8 m

Por lo tanto,

$$N_d = (1 \times 1) / (\pi \times 0.8) \\ = 0.4 \text{ r.p.m}$$

(2) Relación de reducción

Relación de reducción requerida

$$iR = N_d / N_m$$

Donde,

iR : Relación de reducción requerida
 N_d : Revoluciones por minuto del tambor 0.4 r.p.m
 N_m : Revoluciones por minuto del motor 1160 r.p.m

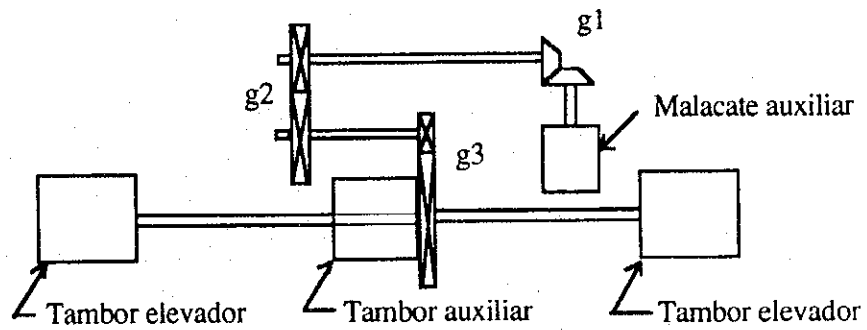
Por lo tanto,

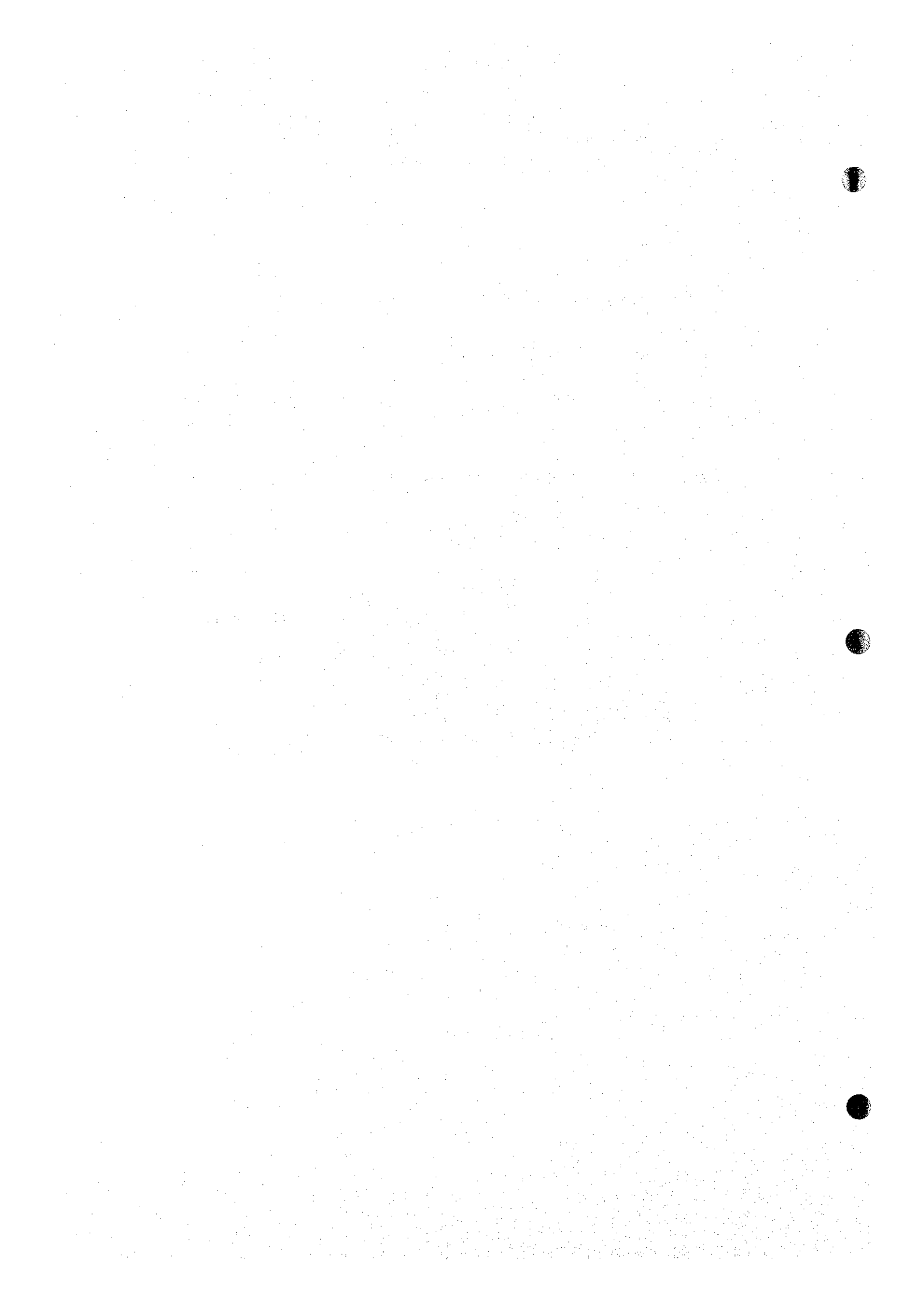
$$iR = 0.4 / 1160 = 1 / 2900$$

(3) Velocidad de Izamiento

$$V_o = 1,160 \times \frac{1}{2,900} \times 0.8 \times \pi$$
$$= 1.0 \text{ m/min.}$$

7. Disposición de la Unidad de Izamiento





(4) Carga Total de la Bomba

1. Condiciones de Diseño

(1) Flujo de diseño	9.6 m ³ /s por línea de tubería (3.2 m ² /s por unidad)
(2) Diámetro de tubería	
Lado succión	1500 - 1200 - 1100 mm
Lado descarga	800 - 1000 - 1500 - 2000 - 2400 mm
(3) Longitud de tubería	
Lado succión	9.3 m
Lado descarga	179.3 m
(4) Nivel de agua	
Foso de succión	EL. 58.50 m
Tanque superior	EL.114.02 m

2. Cálculos

(1) Pérdida de carga por rozamiento en la tubería

A. Pérdidas de carga por rozamiento en la tubería de succión.

A.1 Pérdidas por rozamiento en el canal de entrada

$$h_{a1} = f_{a1} \times \frac{V_1^2}{2g}$$

Donde,

f_{a1} : Coeficiente de rozamiento 0.25

V_1 : Velocidad 0.033 m/s

$$V_1 = Q_1 / (H \times B) = 3.2 / (16.4 \times 6) = 0.033$$

g : Gravedad 9.8 m/s²

Por lo tanto,

$$h_{a1} = 0.00001 \text{ m}$$

A.2 Pérdidas por rozamiento en el canal

$$h_{a2} = \frac{n^2 \times V_1^2}{rh^{4/3}} \times L_{a2}$$

Donde,

n : Coeficiente de rugosidad 0.015

rh : $\frac{H \times B}{2H + B} = \frac{16.4 \times 6}{2 \times 16.4 + 6} = 2.54 \text{ m}$

L_{a2} : Longitud del canal 4.0 m

Por lo tanto,

$$h_{a2} = 0.00000 \text{ m}$$

A.3 Pérdida hidráulica en la rejilla

$$h_{a3} = 0.3 \text{ m}$$

A.4 Pérdida en el tunel de entrada

$$h_{a4} = f_{a4} \times \frac{V_2^2}{2g}$$

Donde,

f_{a4} : Coeficiente de rozamiento 0.5

V₂ : Velocidad 0.071 m/s

$$V_2 = Q_1 / (H \times B) = 3.2 / (7.5 \times 6) = 0.071$$

Por lo tanto,

$$h_{a4} : 0.00013 \text{ m}$$

A.5 Pérdidas por rozamiento en el tunel

$$h_{a5} = \frac{n^2 \times V_2^2}{rh^{4/3}} \times L_{a5}$$

Donde,

n : Coeficiente de rugosidad 0.014

$$r_h : \frac{H \times B}{2 \times (H + B)} = \frac{7.5 \times 6}{2 \times (7.5 + 6)} = 1.67 \text{ m}$$

L_{a5} : Longitud del canal 0.5 m

Por lo tanto,

$$h_{a5} = 0.00000 \text{ m}$$

A.6 Pérdidas en el tunel de salida

$$h_{a6} = f_{a6} \times \frac{V_2^2}{2g}$$

Donde,

f_{a6} : Coeficiente de rozamiento 1.2

Por lo tanto,

$$h_{a6} : 0.00031 \text{ m}$$

A.7 Pérdidas en el tunel de entrada

$$h_{a7} = f_{a7} \times \frac{V_3^2}{2g}$$

Donde,

f_{a7} : Coeficiente de rozamiento 0.5

V_3 : Velocidad 0.178 m/s

$$V_3 = Q1 / (H \times B) = 3.2 / (3 \times 6) = 0.178$$

Por lo tanto,

$$h_{a7} : 0.00081 \text{ m}$$

A.8 Pérdidas por convergencia del tunel

$$h_{a8} = f_{a8} \times \frac{V_4^2 - V_3^2}{2g}$$

Donde,

f_{a8} : Coeficiente de rozamiento 0.3

$$V_4 : \text{Velocidad} \quad 0.213 \text{ m/s}$$

$$V_4 = Q_1 / (H \times B) = 3.2 / (2.5 \times 6) = 0.213$$

Por lo tanto,

$$h_{a8} : 0.00021 \text{ m}$$

A.9 Pérdidas por rozamiento del tunel

$$h_{a9} = \frac{n^2 \times V_5^2}{r h^{4/3}} \times L_{a9}$$

Donde,

$$n : \text{Coeficiente de rugosidad} \quad 0.014$$

$$r h : \frac{H \times B}{2 \times (H + B)} = \frac{\frac{3+2.5}{2} \times 6}{2 \times \left(\frac{3+2.5}{2} + 6 \right)} = 0.943 \text{ m}$$

$$L_{a9} : \text{Longitud del canal} \quad 1.0 \text{ m}$$

Por lo tanto

$$h_{a9} : 0.00000 \text{ m}$$

A.10 Pérdidas en la entrada de la tubería de succión (dia. 1500)

$$h_{a10} = f_{a10} \times \frac{V_6^2}{2g}$$

Donde,

$$f_{a10} : \text{Coeficiente de rozamiento} \quad 0.5$$

$$V_6 : \text{Velocidad} \quad 1.811 \text{ m/s}$$

$$V_6 = Q_1 / \left(\pi \times \frac{D_1^2}{4} \right) = 3.2 / \left(3.14 \times \frac{1.5^2}{4} \right) = 1.811$$

Por lo tanto,

$$h_{a10} = 0.08365 \text{ m}$$

A.11 Pérdidas por convergencia de la tubería de succión.

$$h_{a11} = f_{a11} \times \frac{V_7^2 - V_6^2}{2g}$$

Donde,

f_{a11} : Coeficiente de fricción 0.1
 V_7 : Velocidad 2.829 m/s

$$V_7 = Q_1 / \left(\pi \times \frac{D_2^2}{4} \right) = 3.2 / \left(3.14 \times \frac{1.2^2}{4} \right) = 2.829$$

Por lo tanto,

$$h_{a11} = 0.02411 \text{ m}$$

A.12 Pérdidas en codos de la tubería de succión

$$h_{a12} = f_{a12} \times \frac{V_7^2}{2g}$$

Donde,

f_{a12} : Coeficiente de rozamiento 0.248

$$f_{a12} = (0.131 + 1.847 \times (D_2/2R)^{3.5}) \times (\theta/90)^{0.5}$$

D_2 : 1.2 m

R : 1.32 m

θ : 90°

Por lo tanto,

$$h_{a12} = 0.24795 \text{ m}$$

A.13 Pérdidas por convergencia de la tubería de succión (Dia 1200 - 1100)

$$h_{a13} = f_{a13} \times \frac{V_8^2 - V_7^2}{2g}$$

Donde,

f_{a13} : Coeficiente de rozamiento 0.15

V_8 : Velocidad 3.367 m/s

$$V_8 = Q_1 / \left(\pi \times \frac{D_3^2}{4} \right) = 3.2 / \left(3.14 \times \frac{1.1^2}{4} \right) = 3.367$$

Por lo tanto,

$$h_{a13} = 0.02551 \text{ m}$$

A.14 Pérdidas por rozamiento en la tubería de succión (Dia. 1200)

$$h_{a14} = f_{a14} \times \frac{L}{D_3} \times \frac{V_7^2}{2g}$$

Donde,

f_{a14} : Coeficiente de rozamiento 0.029

$$f_{a13} = \left\{ 0.0144 + 9.5 / (1000 \times \sqrt{V_7}) \right\} \times 1.5$$

h_{a14} = Longitud de la tubería de succión 9.3 m

Por lo tanto,

$$h_{a14} = 0.14183 \text{ m}$$

A.15 Pérdidas totales de carga en la succión.

$$\begin{aligned} h_a &= h_{a1} + h_{a2} + h_{a3} + h_{a4} + h_{a5} + h_{a6} + h_{a7} + h_{a8} + h_{a9} + h_{a10} + h_{a11} + \\ &\quad h_{a12} + h_{a13} + h_{a14} \\ &= 0.0001 + 0.00000 + 0.3 + 0.00013 + 0.00000 + 0.00031 + \\ &\quad 0.00081 + 0.00021 + 0.00000 + 0.08365 + 0.02411 + 0.24795 \\ &\quad + 0.02551 + 0.14183. \\ &= 0.82452 \text{ m} \end{aligned}$$

B. Pérdidas de carga por rozamiento en la tubería de descarga.

B.1 Pérdidas por rozamiento (Dia 800)

$$h_{b1} = f_{b1} \times \frac{L_{b1}}{D_4} \times \frac{V_9^2}{2g}$$

Donde,

f_{b1} : Coeficiente de rozamiento 0.027

$$f_{b1} = \left\{ 0.0144 + 9.5 / (1000 \times \sqrt{V_9}) \right\} \times 1.5$$

L_{b1} : Longitud de la tubería de descarga 3.80 m

V_9 : Velocidad 6.366 m/s

$$V_9 = Q_1 / \left(\pi \times \frac{D_4^2}{4} \right) = 3.2 / \left(3.14 \times \frac{0.8^2}{4} \right) = 6.366$$

Por lo tanto,

$$h_{b1} = 0.28484 \text{ m}$$

B.2 Pérdidas por ensanchamiento de la tubería de descarga (Dia. 800 - 1000)

$$h_{b2} = f_{b2} \times \frac{(V_9 - V_{10})^2}{2g}$$

Donde,

$$f_{b2} : \text{Coeficiente de rozamiento} \quad 0.121$$
$$V_{10} : \text{Velocidad} \quad 4.074 \text{ m/s}$$

$$V_{10} = Q_1 / \left(\pi \times \frac{D_5^2}{4} \right) = 3.2 / \left(3.14 \times \frac{1^2}{4} \right) = 4.074$$

Por lo tanto,

$$h_{b2} = 0.03251 \text{ m}$$

B.3 Pérdidas por rozamiento en la válvula de retención (Dia. 1000)

$$h_{b3} = f_{b3} \times \frac{V_{10}^2}{2g}$$

Donde,

$$f_{b3} : \text{Coeficiente de fricción} \quad 0.9$$

Por lo tanto,

$$h_{b3} = 0.76213 \text{ m}$$

B.4 Pérdidas por rozamiento en la válvula mariposa (Dia. 1000)

$$h_{b4} = f_{b4} \times \frac{V_{10}^2}{2g}$$

Donde,

$$f_{b4} : \text{Coeficiente de rozamiento} \quad 0.3$$

Por lo tanto,

$$h_{b4} = 0.25404 \text{ m}$$

B.5 Pérdidas en codos de la tubería de descarga (Dia. 1000)

$$h_{b5} = f_{b5} \times \frac{V_{10}^2}{2g}$$

Donde,

$$f_{b5} : \text{Coeficiente de rozamiento} \quad 0.132$$

$$f_{b5} = \left(0.131 + 1.847 \times (D_5/2R)^{3.5} \right) \times (\theta/90)^{0.5}$$

$D_{b5} : 1.0 \text{ m}$
 $R : 2.0 \text{ m}$
 $\theta : 90^\circ$

Por lo tanto,

$$h_{b5} = 0.11203 \text{ m}$$

B.6 Pérdida por rozamiento (Dia 1000)

$$h_{b6} = f_{b6} \times \frac{L_{b6}}{D_5} \times \frac{V_{10}^2}{2g}$$

Donde,

$f_{b6} : \text{ Coeficiente de rozamiento } \quad 0.03$

$$f_{b6} = \left\{ 0.0144 + 9.5 / \left(1000 \times \sqrt{V_{10}} \right) \right\} \times 1.5$$

$L_{b6} : \text{ Longitud de la tubería de descarga } \quad 16.0 \text{ m}$

Por lo tanto,

$$h_{b6} = 0.40654 \text{ m}$$

B.7 Pérdidas por ensanchamiento de la tubería de descarga (Dia. 1000 - 1500)

$$h_{b7} = f_{b7} \times \frac{(V_{10} - V_{11})^2}{2g}$$

Donde,

$f_{b7} : \text{ Coeficiente de rozamiento } \quad 0.281$

$V_{11} : \text{ Velocidad } \quad 1.811 \text{ m/s}$

$$V_{11} = Q_1 / \left(\pi \times \frac{D_6^2}{4} \right) = 3.2 / \left(3.14 \times \frac{1.5^2}{4} \right) = 1.811$$

Por lo tanto,

$$h_{b7} = 0.07351 \text{ m}$$

B.8 Pérdidas por rozamiento (Dia. 1500)

$$h_{b8} = f_{b8} \times \frac{L_{b8}}{D_6} \times \frac{V_{12}^2}{2g}$$

Donde,

$f_{b8} : \text{ Coeficiente de rozamiento } \quad 0.03$

$$f_{b8} = \left\{ 0.0144 + 9.5 / (1000 \times \sqrt{V_{12}}) \right\} \times 1.5$$

L_{b8} : Longitud de la tubería de descarga 12.0 m

V_{12} : Velocidad 3.622 m/s

$$V_{12} = Q_2 / \left(\pi \times \frac{D_6^2}{4} \right) = 6.4 / \left(3.14 \times \frac{1.5^2}{4} \right) = 3.622$$

Por lo tanto,

$$h_{b8} = 0.16061 \text{ m}$$

B.9 Pérdidas por ensanchamiento de la tubería de descarga (Dia. 1500 - 2000)

$$h_{b9} = f_{b9} \times \frac{(V_{12} - V_{13})^2}{2g}$$

Donde,

f_{b9} : Coeficiente de rozamiento 0.281

V_{13} : Velocidad 2.037 m/s

$$V_{13} = Q_2 / \left(\pi \times \frac{D_7^2}{4} \right) = 6.4 / \left(3.14 \times \frac{2.0^2}{4} \right) = 2.037$$

Por lo tanto,

$$h_{b9} = 0.03602 \text{ m}$$

B.10 Pérdidas en codos de la tubería de descarga (Dia. 2000: P.I.1)

$$h_{b10} = f_{b10} \times \frac{V_{14}^2}{2g}$$

Donde,

f_{b10} : Coeficiente de rozamiento 0.145

$$f_{b10} = \left\{ 0.131 + 1.847 \times (D_7/2R)^{3.5} \right\} \times (\theta/90)^{0.5}$$

D_7 : 2.0 m

R : 4.0 m

θ : 90°

V_{14} : Velocidad 3.056 m/s

$$V_{14} = Q_3 / \left(\pi \times \frac{D_7^2}{4} \right) = 9.6 / \left(3.14 \times \frac{2.0^2}{4} \right) = 3.056$$

Por lo tanto,

$$h_{b10} = 0.06929 \text{ m}$$

B.11 Pérdidas en codos de la tubería de descarga (Dia. 2000: P.I.2)

$$h_{b11} = f_{b11} \times \frac{V_{14}^2}{2g}$$

Donde,

$$f_{b11} : \text{Coeficiente de rozamiento} \quad 0.096$$

$$f_{b11} = (0.131 + 1.847 \times (D_7/2R)^{3.5}) \times (\theta/90)^{0.5}$$

$$D_7 : 2.0 \text{ m}$$

$$R : 4.0 \text{ m}$$

$$\theta : 38^\circ 52' 27''$$

Por lo tanto,

$$h_{b11} = 0.04554 \text{ m}$$

B.12 Pérdidas en codos de la tubería de descarga (Dia. 2000: P.I.3)

$$h_{b12} = f_{b12} \times \frac{V_{14}^2}{2g}$$

Donde,

$$f_{b12} : \text{Coeficiente de rozamiento} \quad 0.085$$

$$f_{b12} = f_{b12} = (0.131 + 1.847 \times (D_7/2R)^{3.5}) \times (\theta/90)^{0.5}$$

$$D_7 : 2.0 \text{ m}$$

$$R : 4.0 \text{ m}$$

$$\theta : 30^\circ 28' 29''$$

Por lo tanto,

$$h_{b12} = 0.04032 \text{ m}$$

B.13 Pérdidas en codos de la tubería de descarga (Dia. 2000: P.I.4)

$$h_{b13} = f_{b13} \times \frac{V_{14}^2}{2g}$$

Donde,

$$f_{b13} : \text{Coeficiente de rozamiento} \quad 0.049$$

$$f_{b13} = (0.131 + 1.847 \times (D_7/2R)^{3.5}) \times (\theta/90)^{0.5}$$

$$D_7 : 2.0 \text{ m}$$

$$R : 4.0 \text{ m}$$

$$\theta : 10^\circ 4' 56''$$

Por lo tanto,

$$h_{b13} = 0.02320 \text{ m}$$

B.14 Pérdidas por ensanchamiento de la tubería de descarga (Dia. 2000 - 2400)

$$h_{b14} = f_{b14} \times \frac{(V_{14} - V_{15})^2}{2g}$$

Donde,

$$f_{b14} : \text{Coeficiente de rozamiento} \quad 0.191$$

$$V_{15} : \text{Velocidad} \quad 2.122 \text{ m/s}$$

$$V_{15} = Q_3 / \left(\pi \times \frac{D_8^2}{4} \right) = 9.6 / \left(3.14 \times \frac{2.4^2}{4} \right) = 2.122$$

Por lo tanto,

$$h_{b14} = 0.00851 \text{ m}$$

B.15 Pérdida de carga por velocidad de flujo en la tubería de descarga (Dia. 2400)

$$h_{b15} = f_{b15} \times \frac{V_{15}^2}{2g}$$

Donde,

$$f_{b15} : \text{Coeficiente de rozamiento} \quad 1.0$$

Por lo tanto,

$$h_{b15} = 0.22975 \text{ m}$$

B.16 Pérdida por rozamiento (Dia. 2000)

$$h_{b16} = f_{b16} \times \frac{L_{b16}}{D_7} \times \frac{V_{14}^2}{2g}$$

Donde,

$$f_{b16} : \text{Coeficiente de rozamiento} \quad 0.03$$

$$f_{b16} = \left\{ 0.0144 + 9.5 / (1000 \times \sqrt{V_{14}}) \right\} \times 1.5$$

$$L_{b16} : \text{descarga} \quad \text{Longitud de la tubería de} \\ 156 \text{ m}$$

Por lo tanto,

$$h_{b16} = 1.11481 \text{ m}$$

B.17 Pérdidas totales de carga en la tubería de descarga.

$$\begin{aligned}h_b &= h_{b1} + h_{b2} + h_{b3} + h_{b4} + h_{b5} + h_{b6} + h_{b7} + h_{b8} + h_{b9} + h_{b10} + h_{b11} + \\ & \quad h_{b12} + h_{b13} + h_{b14} + h_{b15} + h_{b16} \\ &= 0.28484 + 0.03251 + 0.76213 + 0.25404 + 0.11203 + 0.40645 \\ & \quad + 0.7351 + 0.16061 + 0.03602 + 0.06929 + 0.04554 + 0.04032 \\ & \quad + 0.02320 + 0.00851 + 0.22975 + 1.11481 \\ &= 3.65365 \text{ m}\end{aligned}$$

C. Pérdidas totales de carga

$$\begin{aligned}h_L &= h_a + h_b \\ &= 0.82452 + 3.65365 \\ &= 4.47817 \text{ m} \quad \rightarrow \quad 4.48 \text{ m}\end{aligned}$$

(2) Carga Real

A. Promedio compensado del nivel de agua en el lado de succión EL. 58.50 m

B. Alto nivel de agua en el tanque superior EL. 114.02 m

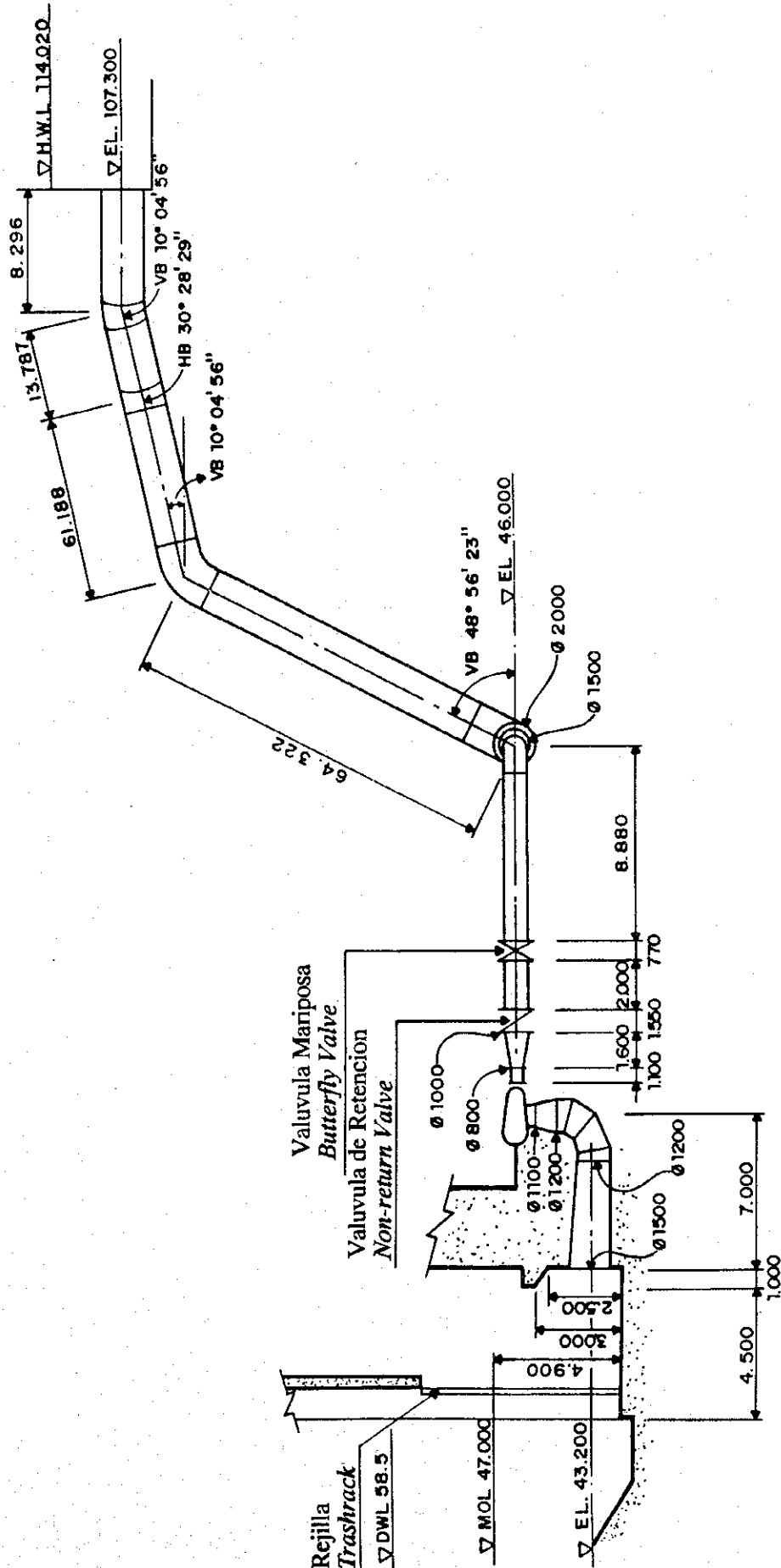
C. Carga real

$$\begin{aligned}h_A &= \text{EL. } 114.02 - \text{EL. } 58.50 \\ &= 55.52 \text{ m}\end{aligned}$$

(3) Carga Total de la Bomba

$$\begin{aligned}H_T &= h_L + h_A \\ &= 4.48 + 55.52 \\ &= 60.0 \text{ m}\end{aligned}$$

PERFIL DE LA TUBERIA DE PRECISION #1
PROFILE OF #1 PENSTOCK



7-1-4

(5) Golpe de Ariete

1. Condiciones de Diseño

- (1) Caudal de diseño 480 m³/min (60 m³/min por unidad)
- (2) Nivel de agua
 - Foso de succión (BNA) EL. 47.00 m
 - Tanque superior (ANA) EL. 114.02 m
- (3) Carga real 67.02 m
- (4) Número de bombas en operación 3 unidades
- (5) Tubería de descarga

Día (mn)	800	800-1000	1000	1000-1500	1500	1500-2000	20000
Longitud (m)	2.2	1.6	15.3	2.0	6.0	2.0	150.8
Material	JIS G 3106 SM 400 (ASTM A516 Grado 60/70)						
Espesor de la pared de la tubería (mm)	9	9	9	9	9	10	9 - 10

2. Datos Básicos

- (1) Bomba
 - Tipo Eje Vertical Succión Simple Centrífuga
 - Diámetro interior 800 mm
 - Caudal 160 m³/min
 - Velocidad 600 rpm
 - Eficiencia 86 %
 - Carga total 69.8 m
- (2) Motor
 - Tipo Motor de inducción tipo rotor bobinado trifásico
 - Potencia salida 2,400 kw
 - Velocidad 600 rpm
 - Frecuencia 60 Hz
 - Voltaje 4160 kv

3. Cálculos

(1) Potencia al eje de la bomba

$$P = 9.8 \times \gamma \times Q \times H / \eta$$

Donde,

γ	: Peso específico del agua	1.0
Q	: Caudal	2.67 m ³ /s
H	: Carga total	69.8 m
η	: Eficiencia de la bomba	0.86

Por lo tanto,

$$P = 2123.7 \text{ kw}$$

(2) Par de torsión de la bomba

$$M = 974 \times P / N$$

Donde,

N	: Velocidad	600 rpm
-----	-------------	---------

Por lo tanto,

$$M = 3,447 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

(3) Efecto volante (GD²)

Motor	3500 kg - m ²
Bomba	740 kg - m ²
Total	4240 kg - m ²

(4) Coeficiente de inercia de la bomba

$$K = \frac{375 \times M}{GD^2 \times N}$$

Donde,

M	: Par de torsión de la bomba	3,447 kg - m
GD^2	: Efecto volante total	4240 kg - m ²

N : Velocidad

600 rpm

Por lo tanto,

$$K = 0.51$$

(5) Velocidad promedio en la tubería de descarga

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D^2}$$

Dia. tubería (m)	0.8	1.0	1.5	2.0
Long. tubería (m)	3.0	17.1	8.0	151.8
Flujo (m ³ /s)	3.2	3.2	6.4	9.6
Velocidad (m/s)	6.4	4.1	3.6	3.1

Por lo tanto,

$$V = 3.3 \text{ m/s}$$

(6) Velocidad de propagación de la onda de presión

$$a = \frac{1,425}{\sqrt{1 + \frac{k}{E} \times \frac{D}{t}}}$$

Donde,

k/E : En caso de acero 0.01

D : Diámetro interior de la tubería de descarga

t : Espesor de la pared de la tubería de descarga

Dia. tubería D (m)	0.8	1.0	1.5	2.0
Espesor de pared (mm)	9	9	9	9-10

Por lo tanto,

$$a = 841.7 \text{ m/s}$$

(7) Coeficiente de Tubería a Presión

$$2\rho = \frac{a \times V}{g \times H}$$

Donde,

$$g : \text{Gravedad} \quad 9.8 \text{ m/s}^2$$

Por lo tanto,

$$2\rho = 4.0$$

(8) Tiempo recíprocante de la onda de presión

$$\mu = \frac{2 \times L}{a}$$

Donde,

$$L : \text{Longitud de tubería} \quad 180.4$$

Por lo tanto,

$$\mu = 0.43 \text{ seg}$$

(9) Relación de pérdidas de carga de la tubería

$$R = \frac{H - H_a}{H} \times 100$$

Donde,

$$H : \text{Carga total} \quad 69.8 \text{ m}$$

$$H_a : \text{Carga real} \quad 67.0$$

Por lo tanto,

$$R = 4.0 \%$$

4. Diagrama de carga de agua

(1) Variación del valor de la presión

Los valores son obtenidos de el diagrama de J. Parmakian.

Posición	Presión mínima	Presión máxima
Bomba	23 % 16.1	175 % 122.2
L/2	55 % 38.4 m	144 % 100.5 m
3L/4	74 % 51.7 m	126 % 87.9 m

(6) Espesor de la Pared de Tubería

1. Tubería Expuesta

(1) Espesor de la pared de la tubería debido a la presión interna

$$t \geq \frac{H \times D}{2\sigma \times \eta_w} + \varepsilon$$

Donde,

H : Carga de diseño (cm)

$$H = H_1 + H_2$$

H₁ : Carga estática (cm)

H₂ : Golpe de ariete (cm)

D : Tubería de presión diámetro interior (cm)

σ : Esfuerzo de tensión admisible 1300 kgf/cm²

η_w : Eficiencia de soldadura 0.9

ε : Sobre espesor por corrosión 0.2 cm

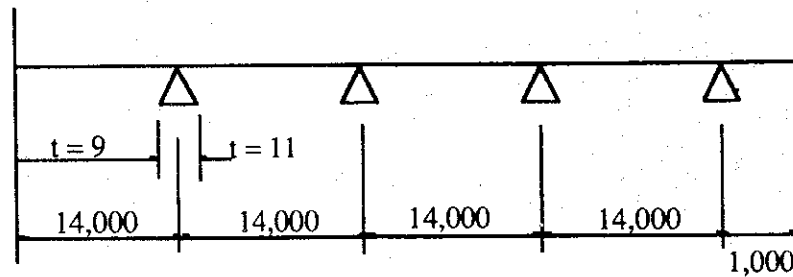
Materiales	t : Espesores	σ (kgf/cm ²)
SS 400	≤ 40 mm	1300
JIS G 3101	> 40 mm	1200
SM 400	≤ 40 mm	1300
JIS G 3106	> 40 mm	1200
SM 490	≤ 40 mm	1750
JIS G 3106	> 40 mm	1650

Localización	D (cm)	H ₁ (cm)	H ₂ (cm)	t (cm)	t _m (cm)
1	100	67500	36000	0.8	0.8
2	150	67500	34500	0.8	0.8
3	200	67500	32500	1.0	0.9
4	200	17500	16000	0.9	0.9
5	200	7000	0	0.9	0.9

t_m : Espesor mínimo

$$t_m = \frac{D + 800}{400}$$

(2) Esfuerzo de flexión



- Viga continua en 3-vanos, dia. 2.0 m, $t = 9$ mm

$$W = W_t + W_w \\ = 3.58 \text{ t/m}$$

$$W_t = 0.44 \text{ t/m}$$

$$W_w = \pi d^2/4 = 3.14 \text{ t/m}$$

$$M_{\max} = -0.1WL^2 \\ = -0.1 \times 3.58 \times 14^2 \\ = -70.17 \text{ t-m}$$

$$\sigma = M/Z \\ = M / (\pi t r_m^2) \\ = -70.17 \times 10^5 / (\pi \times 0.9 \times 100.45^2) \\ = -246 \text{ kgf/cm}^2 < \sigma_a$$

- Luz admisible máxima, limitación debida a la max. deflexión admisible de 1/350

$$\frac{\delta}{L} = \frac{5WL^3}{384EI}$$

Donde,

$$W = 3.58 \text{ t/m}$$

$$\delta/L = 1/350$$

$$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$$

$$I = \pi/64 \times (D_0^4 - D_1^4) = 2'393.533 \text{ cm}^4$$

Por lo tanto,

$$L = 31.3 \text{ m} > 14.0 \text{ m}$$

- (3) Esfuerzo a la condición llena hasta la mitad

$$\delta_{\max} = 445.2 \times r_i^3/t = 445.2 \times 100.45^3/(0.9-0.15)^2 = 802 \text{ kgf/cm}^2$$

- (4) Presión de pandeo crítico debido a la presión externa de 2.0 m
(Diferencia de presión entre el lado interior y el lado exterior de la tubería)

$$P_k = \frac{2E}{1-\nu^2} \left(\frac{t}{D_0} \right)^3 \times \frac{1}{n}$$

Donde,

E : 2.1×10^6 (kgf/cm²)
ν : Número de Poisson 0.3
n : SF, 2 para expuestas

Por lo tanto,

$$P_k = 0.12 \text{ kgf/cm}^2 < 0.2 \text{ kgf/cm}^2$$

2. Tuberías Encajadas en el Hormigón

- (1) Condición

- día. 2.0 m, t = 10 mm relleno de hormigón

- Presión externa

$$\text{EL.70} - \text{EL.46} = 24 \text{ m}$$

- (2) Tuberías de día. 2.0 m, t = 10 mm sin anillos atiesadores, en material de clase $\sigma=1300$ kgf/cm², es resistente contra la presión externa de hasta 60 m calculado por medio de la fórmula de E. Amstutz. El diseño por esta razón es aceptado.

(7) Tanque de Compensación en una Dirección

1. Condiciones de Diseño

- (1) Flujo de diseño : 9.6 m³/seg (una tubería de carga con operación de tres bombas.)
- (2) Diámetro interior de la tubería de descarga : 1.0 - 1.5 - 2.0 m
- (3) Longitud de la tubería de descarga : 180.4 m
- (4) Nivel de agua
 - Foso de succión : EL. 58.5
 - Tanque superior : EL. 114.5
 - Tanque de compensación : EL.101.0

2. Cálculos

- (1) Volumen útil del tanque de compensación.

$$V_e = \frac{Q^2}{2g} \times \left(\frac{L_2}{A_2 \times H_2} - \frac{L_1}{A_1 \times H_1} \right) \times \alpha$$

donde,

Q	: Flujo de diseño	9.6 m ³ /sec
L ₁	: Longitud de la tubería de descarga entre la bomba y el tanque de compensación	105.6 m
L ₂	: Longitud de la tubería de descarga entre el tanque de compensación y el tanque superior	74.8 m
A _{1,2}	: Área de la sección de la tubería de descarga	3.14 m ²
H ₁	: Carga real entre el nivel del agua en el foso de succión y el tanque de compensación.	42.5 m
H ₂	: Carga real entre el nivel del agua en el tanque de compensación y el tanque superior.	13.02 m
α	: Factor de seguridad	3

Por lo tanto,

$$V_e = 14.6 \text{ m}^3 \rightarrow 15 \text{ m}^3$$