

DOCUMENT TYPE:

DOCUMENT TITLE:

CALCULATION BOOK FOR PROCESS GAS COMPRESSOR 2ND STAGE

04							
03							
02	JUL.2022	R.SAFAHIEH	A.Shahraeeni	F.Shahbandeh		Issue For Construction	IFC
01	MAY.2022	R.SAFAHIEH	A.Shahraeeni	F.Shahbandeh		Issue For Approval	IFA
REV.	DATE	PRE.	CHK.	APP.	Client	Description	Purpose of Issue
		CONTRACTOR					

PROJECT TITLE :

TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT

Client :





contractor:

MINES & METALS TECHNOLOGICAL
ENGINEERING CO.



Client 'S Project	Project Code	Main Contractor	Area Code	Plant Group	Equipment Code	Document Type	Eng. Discipline	Serial No.	
GISD	7-3	119	1009	7	CO	15	C	121	
	NAME		DATE		MMTE No.			SHEET	REV.
PREPARED	R.SAFAHIEH		MAY.2022		TGM MCS23C4021			21	02
CHECKED	A.Shahraeeni		MAY.2022						
APPROVED	F.Shabhbandeh		MAY.2022		Contract No. : ---				

This document and the information disclosed are the property of MMTE and are not to be used to furnish any information for making of documents or apparatus except where approved by written agreement.

 <p>شرکت توسعہ آہن و فولاد کاگل کھپر G.I.S.D.Co</p>	<h2>TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT</h2>		 MMTE
DOCUMENT TITLE	Document		Rev.
Calculation Book for Process Gas Compressor 2 nd Stage	Client Document NO:	GISD7-311910097CO15C121	DATE: JUL.2022
	MMTE Document NO:	TGMMCS23C4021	
		02	Page: 2 of 21

REVISION RECORD SHEET

Page	Rev. 01	Rev. 02	Rev.03	Rev.04	
01	X				
02	X				
03	X				
04	X				
05	X				
06	X				
07	X				
08	X				
09	X				
10	X				
11	X				
12	X				
13	X				
14	X				
15	X				
16	X				
17	X				
18	X				
19	X				
20	X				
21	X				
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					



Page	Rev.01	Rev.02	Rev.03	Rev.04		
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63						
64						
65						
66						
67						
68						
69						
70						
71						
72						
73						
74						
75						
76						
77						
78						
79						
80						
81						
82						
83						
84						
85						
86						
87						
88						
89						
90						
91						
92						
93						
94						
95						
96						
97						
98						
99						
100						

Note: This Table is use for External Comments.

	TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT			 MMTE
DOCUMENT TITLE	Document		Rev.	DATE: JUL.2022
Calculation Book for Process Gas Compressor 2 nd Stage	Client Document NO:	GISD7-311910097CO15C121	02	
	MMTE Document NO:	TGMMCS23C4021		Page: 3 of 21

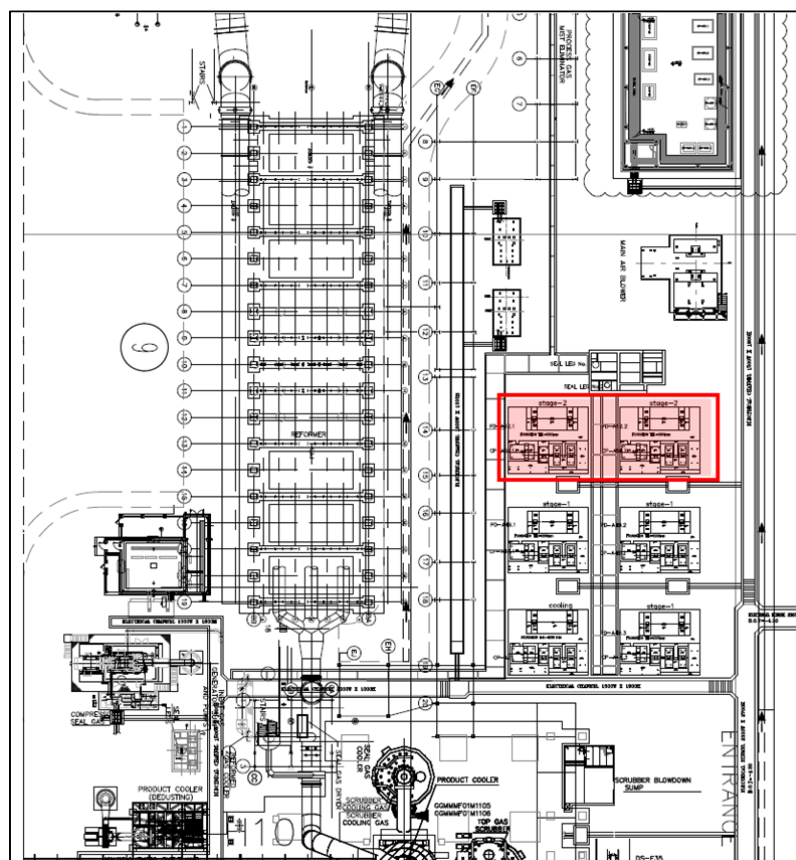
فهرست

- ۱- مقدمه ۴
- ۲- معرفی استانداردها و آیین نامه ها ۵
- ۳- مشخصات مصالح ۵
- ۴- هندسه و بارگذاری در نقشه های تکنولوژی ۵
- ۵- تحلیل و طراحی ۱۰



	<p align="center">TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT</p>		 MMTE
DOCUMENT TITLE	Document		Rev.
Calculation Book for Process Gas Compressor 2 nd Stage	Client Document NO:	GISD7-311910097CO15C121	DATE: JUL.2022 Page: 4 of 21
	MMTE Document NO:	TGMMCS23C4021	

۱- مقدمه

این دفترچه محاسبات در برگیرنده آنالیز و طراحی دو فونداسیون PROCESS GAS COMPRESSOR-STAGE 2 طوبی میباشد. این فونداسیون ها به ابعاد 10.6m*9.7m و ضخامت 2.0m و تراز روی فونداسیون ± 0.00 میباشد. ماکزیمم تراز روی پدستالها برابر با +1.665 میباشد. در شکل زیر موقعیت این فونداسیون ها در Layout نشان داده شده است.



شکل ۱-۱- جانمایی فونداسیونهای PROCESS GAS COMPRESSOR-STAGE 2 در LAYOUT

	<p align="center">TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT</p>		 MMTE
DOCUMENT TITLE	Document		Rev.
Calculation Book for Process Gas Compressor 2 nd Stage	Client Document NO:	GISD7-311910097CO15C121	DATE: JUL.2022 Page: 5 of 21
	MMTE Document NO:	TGMMCS23C4021	

۲- معرفی استانداردها و آیین نامه ها

استانداردها و آیین نامه های مورد استفاده جهت طراحی سازه به شرح زیر است.

- مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (بارهای وارده به ساختمان) ویرایش سال ۱۳۹۸
- آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش ۴
- مبحث نهم مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمان های بتنی) ویرایش سال ۱۳۹۹
- مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمان های فولادی) ویرایش سال ۱۳۹۲
- آیین نامه ACI 318-2008
- آیین نامه ACI351.3R برای طراحی فونداسیون تجهیزات دینامیکی

۳- مشخصات مصالح

مشخصات مورد استفاده جهت طراحی سازه این ساختمان به شرح زیر است.

- بتن

$$f_c = 300 \text{ Kg/cm}^2$$

- میلگرد

$$\text{AIII} \quad (f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2)$$

۴- هندسه و بارگذاری در نقشه های تکنولوژی

در اشکال زیر هندسه فونداسیون و اطلاعات مربوط به بارگذاری در نقشه های تکنولوژی نشان داده شده است.



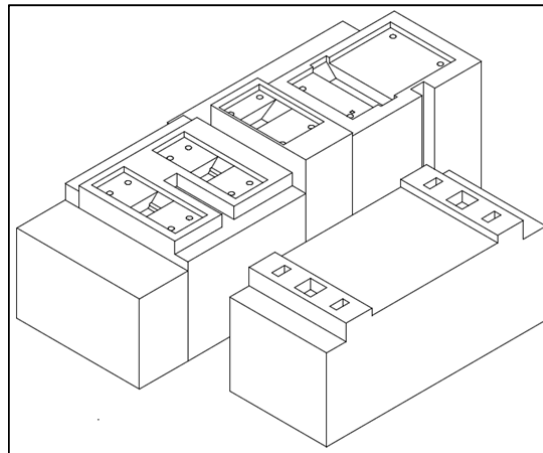
شرکت توسعه آهن و فولاد گاز کهر
G.I.S.D.Co

TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT

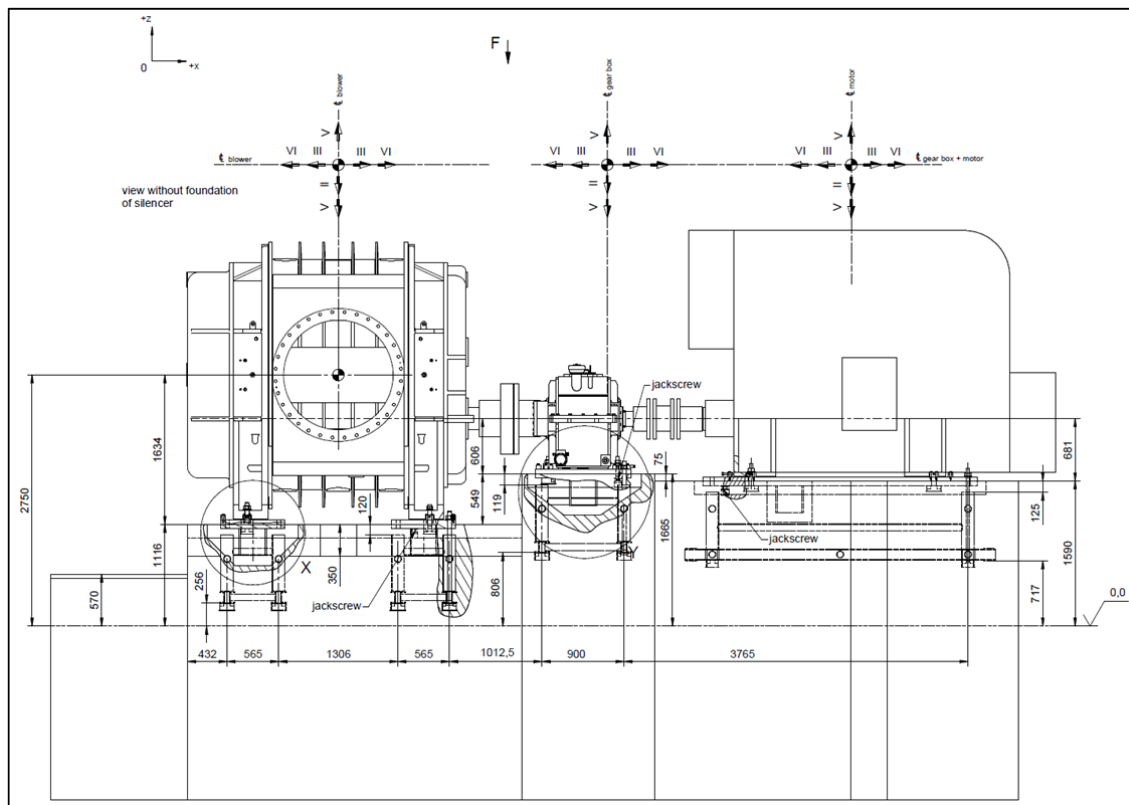


MMTE

DOCUMENT TITLE	Document		Rev.	DATE: JUL.2022
Calculation Book for Process Gas Compressor 2 nd Stage	Client Document NO:	GISD7-311910097CO15C121	02	Page: 6 of 21
	MMTE Document NO:	TGMMCS23C4021		



شکل ۴-۱- نمای سه بعدی



شکل ۴-۲- نمای طولی



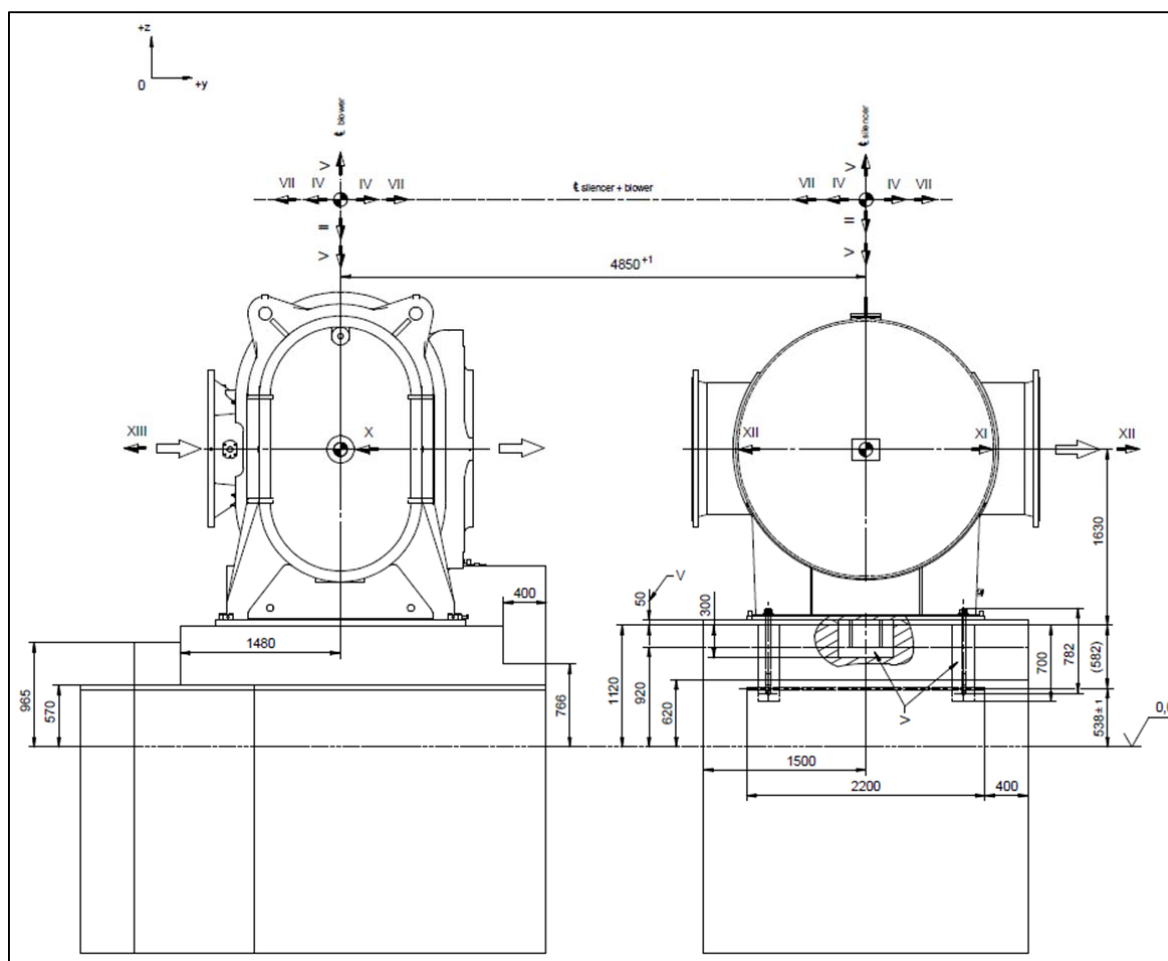
شرکت توسعه آهن و فولاد گیلان گهر
G.I.S.D.Co

TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT



MMTE

DOCUMENT TITLE	Document		Rev.	DATE: JUL.2022
Calculation Book for Process Gas Compressor 2 nd Stage	Client Document NO:	GISD7-311910097CO15C121	02	Page: 7 of 21
	MMTE Document NO:	TGMMCS23C4021		



شکل ۴-۳- نمای عرضی



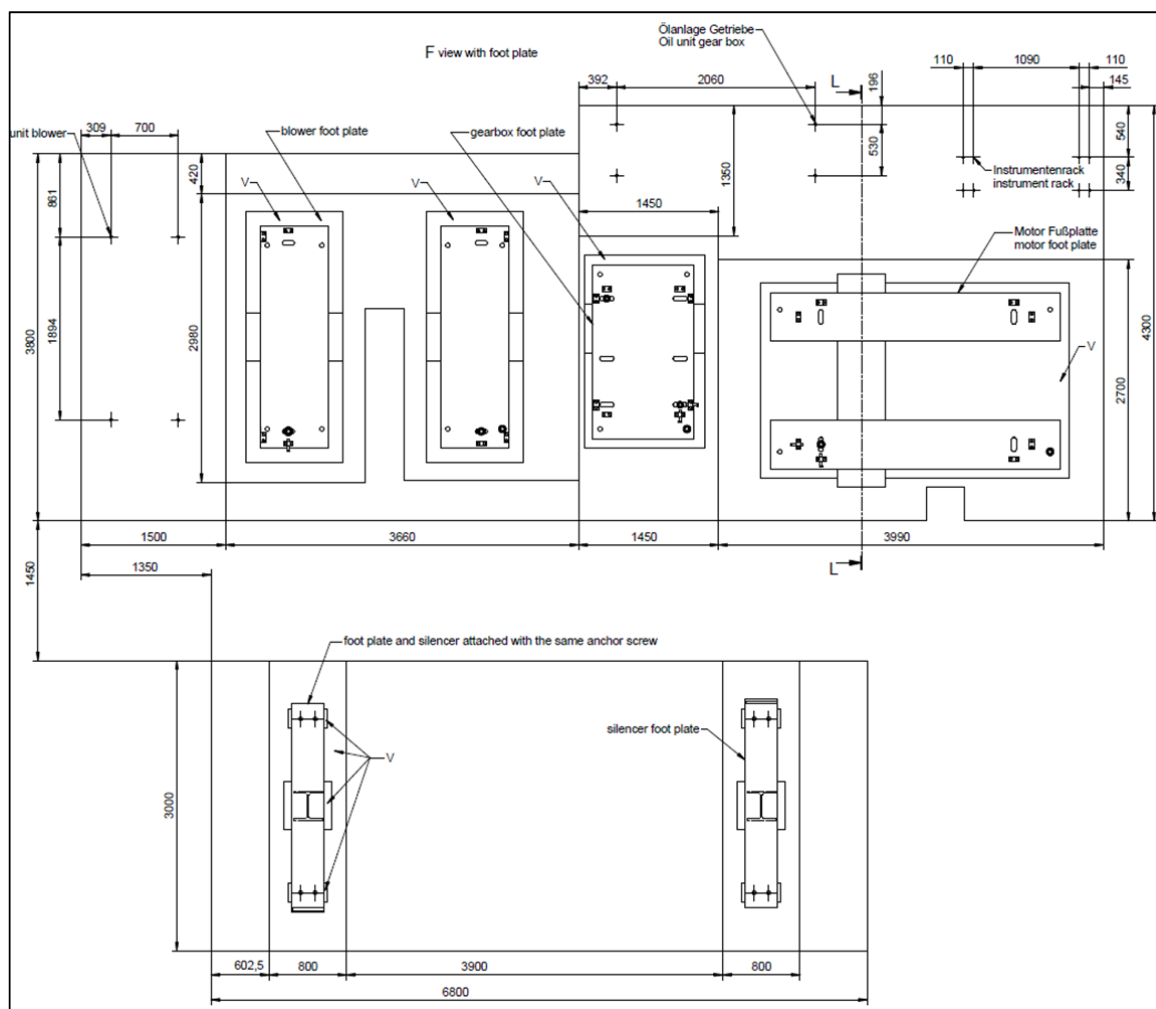
شرکت توسعه آه و فولاد گیلان گهر
G.I.S.D.Co

TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT



MMTE

DOCUMENT TITLE	Document		Rev.	DATE: JUL.2022
Calculation Book for Process Gas Compressor 2 nd Stage	Client Document NO:	GISD7-311910097CO15C121	02	Page: 8 of 21
	MMTE Document NO:	TGMMCS23C4021		



شکل ۴-۴- پلان فونداسیون و پدستالها



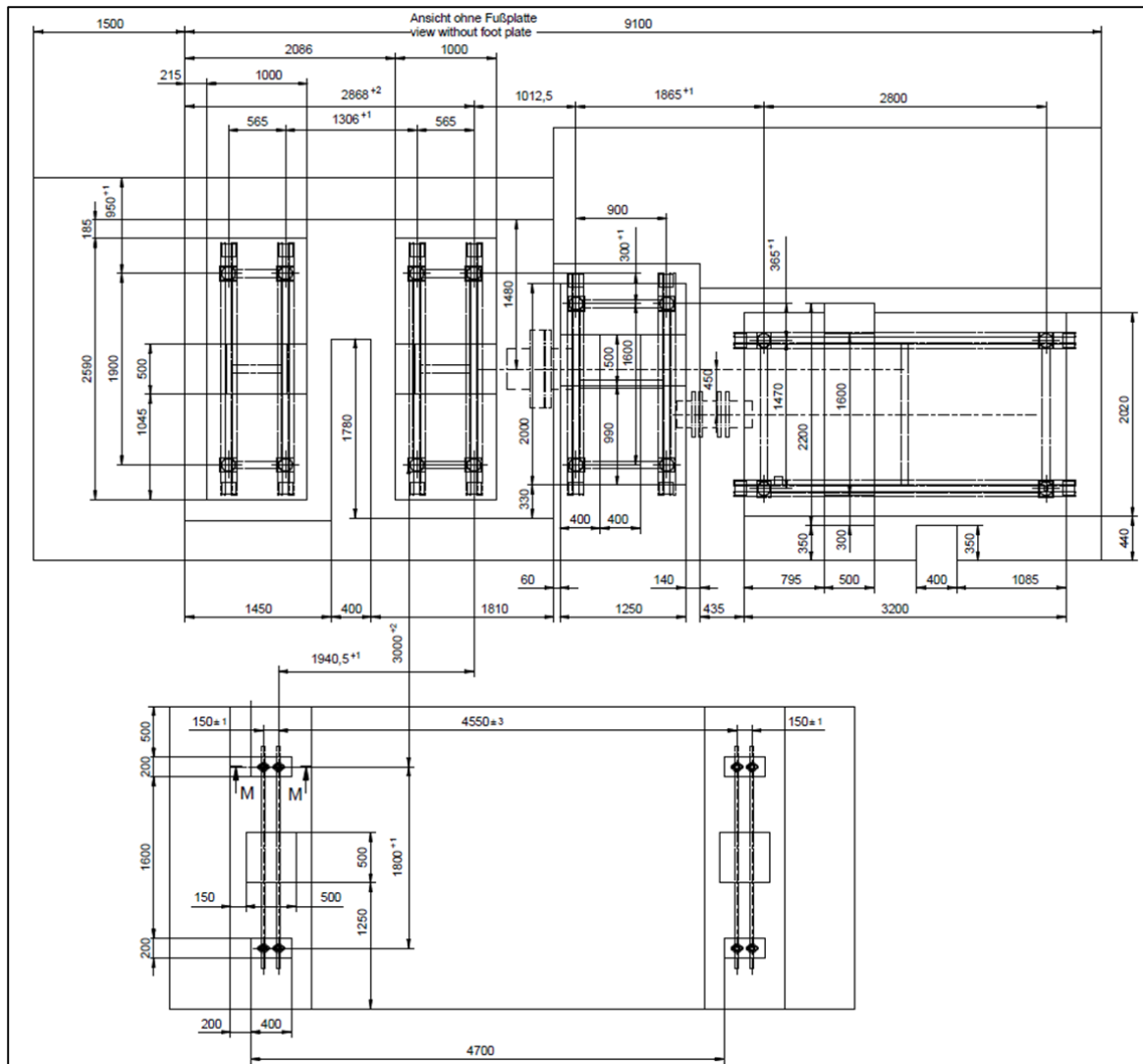
شرکت توسعه آهر و فولاد گازی
G.I.S.D.Co

TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT





MMTE

DOCUMENT TITLE	Document	Rev.	DATE: JUL.2022
Calculation Book for Process Gas Compressor 2 nd Stage	Client Document NO: GISD7-311910097CO15C121	02	Page: 9 of 21
	MMTE Document NO: TGMMCS23C4021		



شکل ۴-۵- پلان فونداسیون - جانمایی انکربولتها

	<div>TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT</div>			 MMTE
DOCUMENT TITLE	Document		Rev.	DATE: JUL.2022
Calculation Book for Process Gas Compressor 2 nd Stage	Client Document NO:	GISD7-311910097CO15C121	02	
	MMTE Document NO:	TGMMCS23C4021		<i>Page: 10 of 21</i>

data for calculation of foundation loads						
general forces			blower	motor	gear box	silencer
I	torque (start up)	kNm	162,9	55,2	218,1	-
II	weight	kN	315,0	138,0	33,6	134,0
III	force of earthquake ± X	kN	61,2	26,8	6,5	26,0
IV	force of earthquake ± Y	kN	61,2	26,8	6,5	26,0
V	force of earthquake ± Z	kN	51,0	22,3	5,4	21,7
VI	wind load ± x	kN	4,17	2,4	0,96	3,61
VII	wind load ± y	kN	6,1	4,9	0,6	9,0
VIII	unbalanced force	kN	1,0	0,6	0,6	-
gas force operating			Mode 1 Hz	Mode 2		
X	blower	stat. kN	124,8	84,0		
		dyn. kN	18,7	12,6		
XI	blower / silencer	stat. kN	262,0	219,2		
		dyn. kN	39,3	32,9		
XII	silencer / unit	stat. kN	258,8	216,0		
		dyn. kN	39,3	32,9		
XIII	blower / unit	stat. kN	137,2	135,2		
		dyn. kN	20,6	20,3		

شکل ۴-۶- بارگذاری



۵- تحلیل و طراحی

در تحلیل و طراحی فونداسیون تجهیزات دینامیکی، کنترل ارتعاشات سیستم خاک و سازه معیار اصلی می باشد. در اینگونه سیستم ها، تامین هندسه لازم و شرایط دینامیکی مورد نیاز موجب تامین مقاومت بیش از مقدار مورد نیاز در فونداسیون و پدستالها میگردد. بدین ترتیب آرماتورگذاری اجزای بتنی با توجه به عدم نیاز محاسباتی، بر مبنای حداقل های آیین نامه ای و توصیه های فنی مراجع مهندسی انجام میشود.

T25@200 T.&B.FOR FOUNDATION AREA

T20@200 TOP BAR FOR PIERS

T12@200 × 200 MESH IN 7 ROWS, INSIDE PIERS

	<p align="center">TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT</p>		 MMTE
DOCUMENT TITLE	Document		Rev.
Calculation Book for Process Gas Compressor 2 nd Stage	Client Document NO:	GISD7-311910097CO15C121	DATE: JUL.2022 <i>Page: 11 of 21</i>
	MMTE Document NO:	TGMMCS23C4021	

طبق توصیه ACI351.3R ، مقدار آرماتور مورد نیاز بتن حجیم در ناحیه PIER ها 50kg/m^3 (0.64%) میباشد که برای فونداسیون کمپرسور تا 78kg/m^3 (1%) نیز در نظر گرفته میشود. همچنین مقدار آرماتور مورد نیاز در ناحیه فونداسیون 30kg/m^3 میباشد. با توجه به آرماتوربندی ارائه شده، مقدار آرماتور موجود در فونداسیون 38kg/m^3 و مقدار آرماتور موجود در PIER ها 72kg/m^3 میباشد.

حداقل آرماتور حرارتی برای بتن حجیم در قسمت فونداسیون بصورت زیر محاسبه میشود:

$$A_{smin} = 0.0018 \times 100 \times 200/2 = 18\text{cm}^2/\text{m} \quad T.\&B.$$

$$T25@200 \quad (24.53 \text{ cm}^2) \quad OK.$$

حداقل آرماتور حرارتی برای بتن حجیم در قسمت pier ها بصورت زیر محاسبه میشود:

$$A_{smin} = 0.0018 \times 100 \times 167/2 = 15.0\text{cm}^2/\text{m} \quad T.\&B.$$

$$T20@200 \quad (15.7 \text{ cm}^2) \quad OK.$$

در ادامه محاسبات فونداسیون تحت بارگذاری دینامیکی برای مدهای مختلف ارتعاشی ، کنترل تنش خاک و سایر کنترل‌های لازم ارائه شده است. گرافهای مورد استفاده برای کنترل تنش خاک در ادامه آمده است. تنش مجاز خاک با در نظر گرفتن عمق مدفون $D=2\text{m}$ ، $L/B=1.21$ ، و عرض حداقل موجود در گرافها (عرض 10m بصورت محافظه کارانه) و با درون یابی بین نمودارهای مربوطه بدست می آید.



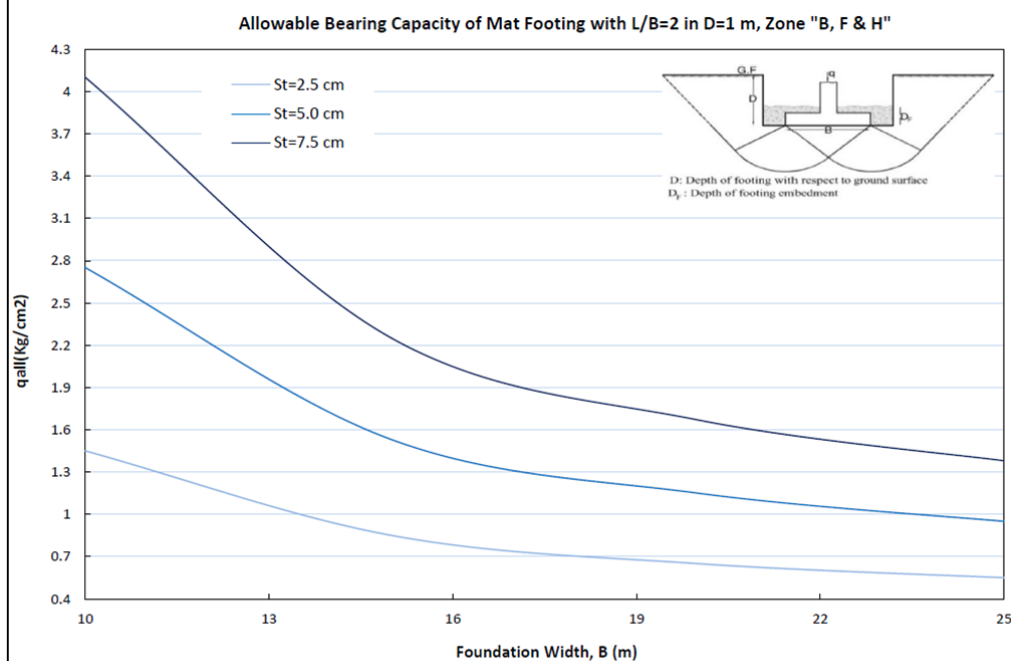
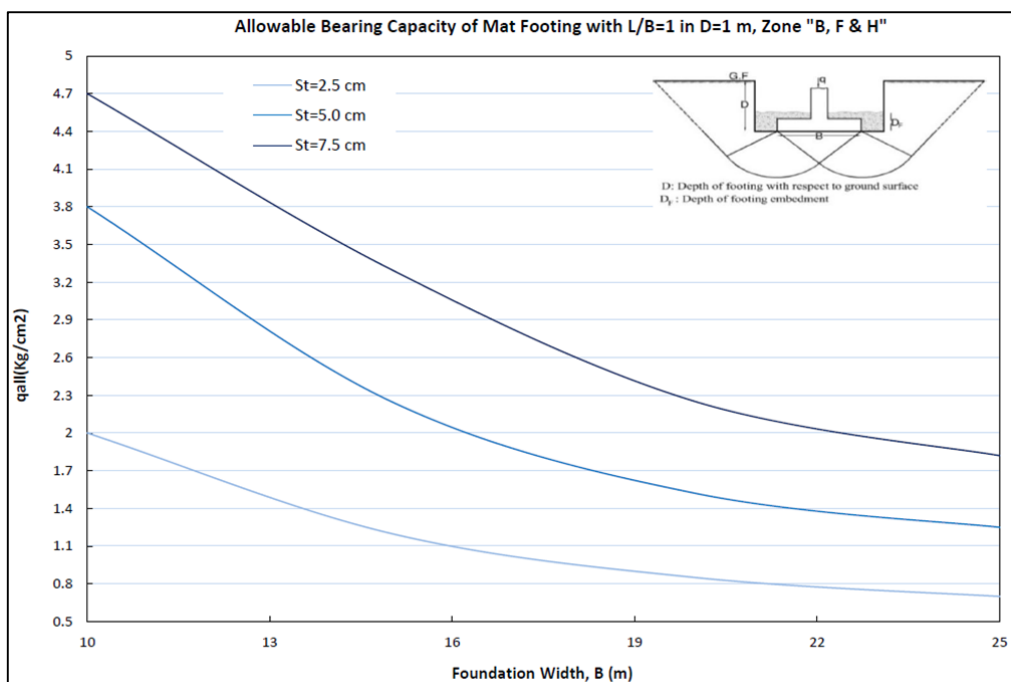
شرکت توسعه آبر و فواید گاه گهر
G.I.S.D.Co

TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT



MMTE

DOCUMENT TITLE	Document		Rev.	DATE: JUL.2022
Calculation Book for Process Gas Compressor 2 nd Stage	Client Document NO:	GISD7-311910097CO15C121	02	Page: 12 of 21
	MMTE Document NO:	TGMMCS23C4021		



شکل (۱۳) - ظرفیت باربری مجاز پی های گسترده با کنترل گسیختگی برشی و نشست های مختلف با توجه به استقرار پی در عمق ۱ متری از سطح در زون های B, F & H



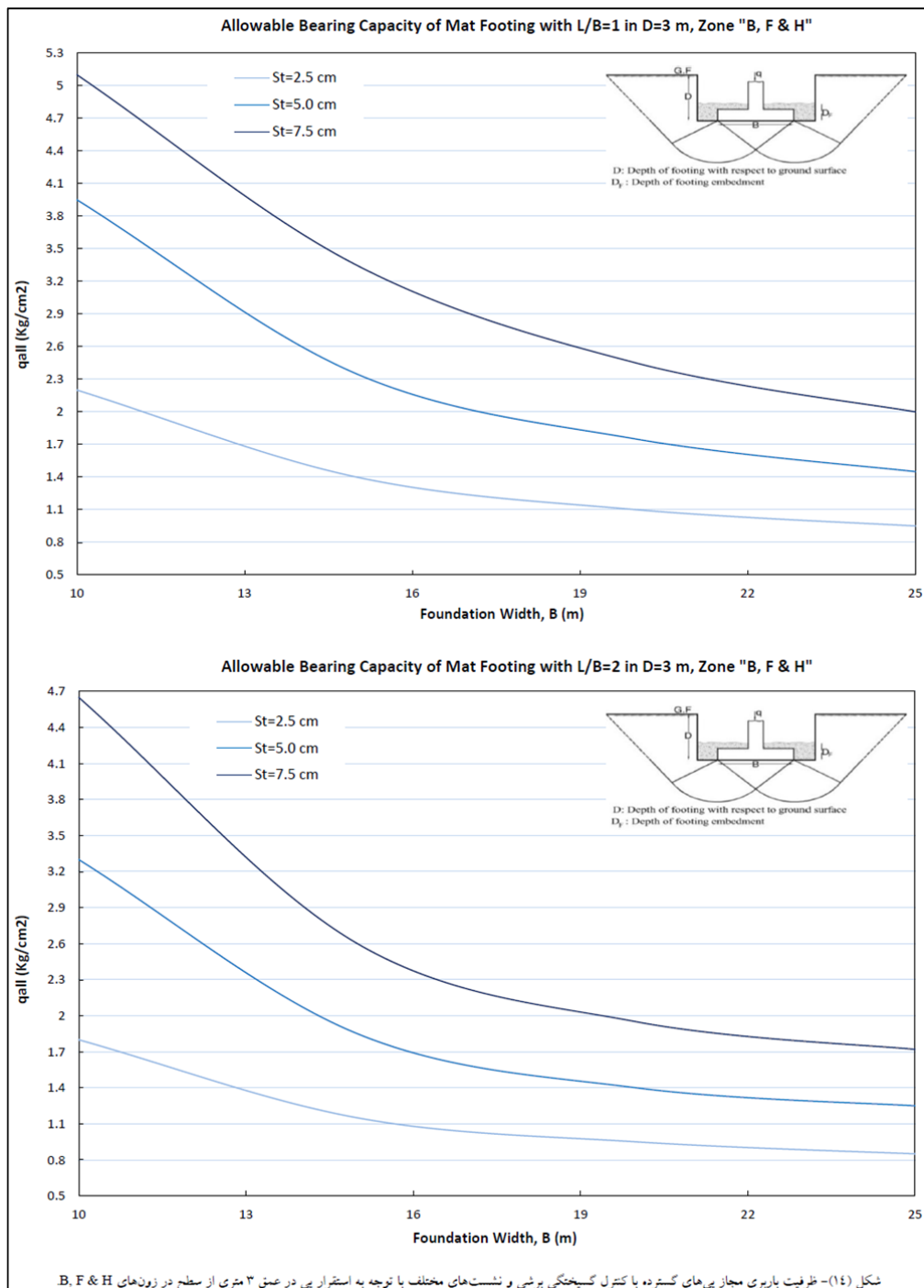
شرکت توسعه آبر و فواید گاه
G.I.S.D.Co

TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT



MMTE

DOCUMENT TITLE	Document		Rev.	DATE: JUL.2022
Calculation Book for Process Gas Compressor 2 nd Stage	Client Document NO:	GISD7-311910097CO15C121	02	Page: 13 of 21
	MMTE Document NO:	TGMMCS23C4021		





گرسو
G.I.S.D.Co

TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT



MMTE

DOCUMENT TITLE	Document	Rev.	DATE: JUL.2022
Calculation Book for Process Gas Compressor 2 nd Stage	Client Document NO: GISD7-311910097CO15C121 MMTE Document NO: TGMMCS23C4021	02	Page: 14 of 21

1) Input Data				
W=		620.600	kN	Weight of equipment
g=		9.810	m/s ²	
v=		0.300		Soil Poisson's ratio
G=		0.400	Gpa	Dynamic shear modulus of soil
γ=		18.000	kN/m ³	Soil Density
B=		9.700	m	Width of foundation in direction of axis of rocking
L=		10.600	m	Length of foundation perpendicular to direction of axis of rocking
H=		2.000	m	Depth of Foundation
W _f =		6780.444	kN	Weight of Foundation and Pedestals
ρ=	γ/g=	1834.862	kg/m ³	
F _d =		8012.232	kg	Total Dynamic Force
F _{do} =	F _d .G=	78.600	kN	
Z _c =		4.750	m	Distance from C.G. of equipment to bottom of foundation
M _{do} =	F _{do} .Z _c =	373.350	kN.m	
f _c =		2028.000	rpm	frequency
trq=		436.200	kN.m	total start up torque
trqF=		197.956	kN	total start up tension/compression force
2) Horizontal Mode of Vibration				
M _n =	(W+W _f)/g=	754438.766	kg	Total mass
r _{oh} =	sqrt(B.L/π)=	5.722	m	Equivalent circular footing radius
η _n =	1+0.55(2-v)(H/r _{oh})=	1.327		Embedment factor for spring constant
L/B=		0.915		L & B in the fig.
β _x =		1.000		
K _n =	2(1+v).G.β _x (B.L) ^{0.5} .η _n =	1.399	x10 ⁷ kN/m	Equivalent spring constant
α _x =	[1+1.9(2+v)H/r _{oh}]/η _n ^{0.5}	1.848		Embedment Ratio
B _x =	(7-8v)/(32(1-v)).(W+W _f)/(γ.r _{oh} ³)=	0.451		mass ratio
D _{ng} =	0.288/(B _x ^{0.5})α _x =	0.793		Geometrical damping ratio
D _{ni} =		0.050		internal damping
D _n =	D _{ng} +D _{ni} =	0.843		total damping
f _{nh} =	sqrt(K _n /M _n) * 60/(2π)=	1300.458	rpm	Natural Frequency
f _{dh} =	f _{nh} .sqrt(1-D _n ²)=	699.642	rpm	Response Frequency
		11.661	Hz	



شرکت توسعه آهر و فولاد گازی
G.I.S.D.Co

TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT



MMTE

DOCUMENT TITLE	Document	Rev.	DATE: JUL.2022
Calculation Book for Process Gas Compressor 2 nd Stage	Client Document NO: GISD7-311910097CO15C121 MMTE Document NO: TGMMCS23C4021	02	Page: 15 of 21

$R_h =$	if $2.D_h^2 > 1.0$ Resonance is not possible else Resonance is possible			Resonance is not possible
$r_{hc} =$	$f_d/f_{nh} =$	1.559		frequency ratio
	if $ABS(f_c - f_{nh})/f_c > 0.3$ OK. else N.O.K.	OK.		
$M_{hc} =$	$[(1-r_{hc}^2)^2 + (2D_{hc}r_{hc})^2]^{-0.5}$	0.334	<1.5	OK. Magnification factor
$H_{co} =$	$M_{hc} \cdot F_{do}/K_h =$	1.876	μm	Displacement response
$T_{hc} =$	$M_{hc} \cdot \sqrt{1 + (2D_{hc}r_{hc})^2}$	0.940		
$F_{hco} =$	$T_{hc} \cdot F_{do} =$	73.851	kN	Maximum trasmitted force
3) Vertical Mode of Vibration				
$M_v =$	$(W+W_i)/g =$	754438.766	kg	Total mass
$r_{ov} =$	$\sqrt{B \cdot L/\pi} =$	5.722	m	Equivalent circular footing radius
$\eta_v =$	$1 + 0.6(1-\nu)(H/r_{ov}) =$	1.147		Embedment factor for spring constant
$L/B =$		0.915		L & B in the fig.
$\beta_z =$		2.100		
$K_v =$	$G/(1-\nu) \cdot \beta_z \cdot (B \cdot L)^{0.5} \cdot \eta_v =$	1.395	$\times 10^7$ kN/m	Equivalent spring constant
$\alpha_v =$	$[1 + 1.9(1-\nu)H/r_{ov}]/\eta_v^{0.5} =$	1.368		Embedment Ratio
$B_v =$	$(1-\nu)/4 \cdot (W+W_i)/(\gamma \cdot r_{ov}^3) =$	0.384		mass ratio
$D_{vg} =$	$0.425/(B_v^{0.5}) \alpha_v =$	0.938		Geometrical damping ratio
$D_{vi} =$		0.050		internal damping
$D_v =$	$D_{vg} + D_{vi} =$	0.988		total damping
$f_{nv} =$	$\sqrt{K_v/M_v} \cdot 60/(2\pi) =$	1298.709	rpm	Natural Frequency
$f_{dv} =$	$f_{nv} \cdot \sqrt{1 - D_v^2} =$	199.389	rpm	Response Frequency
		3.323	Hz	
$R_v =$	if $2.D_v^2 > 1.0$ Resonance is not possible else Resonance is possible			Resonance is not possible
$r_{vc} =$	$f_d/f_{nv} =$	1.6		frequency ratio
	if $ABS(f_c - f_{nv})/f_c > 0.3$ OK. else N.O.K.	OK.		
$M_{vc} =$	$[(1-r_{vc}^2)^2 + (2D_{vc}r_{vc})^2]^{-0.5}$	0.294	<1.5	OK. Magnification factor
$V_{co} =$	$M_{vc} \cdot F_{do}/K_v =$	1.654	μm	Displacement response
$T_{vc} =$	$M_{vc} \cdot \sqrt{1 + (2D_{vc}r_{vc})^2}$	0.953		
$F_{vco} =$	$T_{vc} \cdot F_{do} =$	74.888	kN	Maximum trasmitted force



شرکت توسعه آبر و فولاد گیلان
G.I.S.D.Co

TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT



MMTE

DOCUMENT TITLE

Document

Rev.

Calculation Book for Process Gas
Compressor 2nd Stage

Client Document
NO:

GISD7-311910097CO15C121

MMTE Document
NO:

TGMMCS23C4021

02

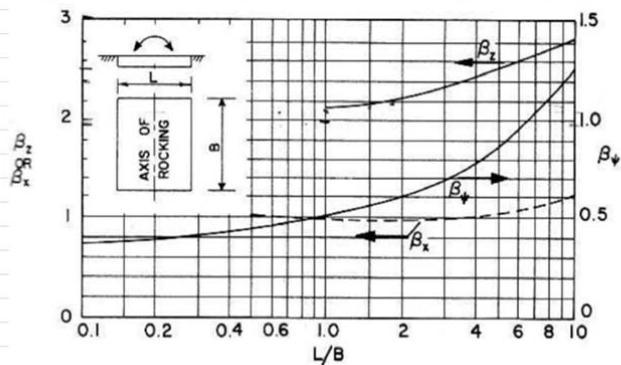
DATE: JUL.2022

Page: 16 of 21

4) Rocking Mode of Vibration

Part	Weight(kN)	y(m)	z(m)	weight*z ² /g
BLOWER	315.000	0.000	4.750	724.484
MOTOR	138.000	0.000	4.750	317.393
GEAR BOX	33.600	0.000	4.271	62.478
SILENCER	134.000	0.000	4.750	308.193
				0.000
				0.000
SUM=I _{gm} (kN.m.s ²):				1412.548

I _{gm} =		1412.548	kN.m.s ²	
I _{φ1} =	[(B.L.H.25kN/m ³)(H ²)/12+(B.L.H.25kN/m ³)(H ² /4)]/g=	698.743	kN.m.s ²	F-1
I _{φ2} =	(b ₂ .l ₂ .h ₂ .25kN/m ³ /g)/((H+h ₂ /2) ²)=	381.592	kN.m.s ²	PED-1
I _{φ3} =	(b ₃ .l ₃ .h ₃ .25kN/m ³ /g)/((H+h ₃ /2) ²)=	43.231	kN.m.s ²	PED-2
I _{φ4} =	(b ₄ .l ₄ .h ₄ .25kN/m ³ /g)/((H+h ₄ /2) ²)=	258.822	kN.m.s ²	PED-3
I _{φ5} =	(b ₅ .l ₅ .h ₅ .25kN/m ³ /g)/((H+h ₅ /2) ²)=	145.618	kN.m.s ²	PED-4
I _{φ6} =	(b ₆ .l ₆ .h ₆ .25kN/m ³ /g)/((H+h ₆ /2) ²)=	341.011	kN.m.s ²	PED-5
I _{φ7} =	(b ₇ .l ₇ .h ₇ .25kN/m ³ /g)/((H+h ₇ /2) ²)=	66.014	kN.m.s ²	PED-6
I _{φ8} =	(b ₈ .l ₈ .h ₈ .25kN/m ³ /g)/((H+h ₈ /2) ²)=	0.000	kN.m.s ²	PED-7
I _{φf} =	Σ (I _{φfi})=	1935.030	kN.m.s ²	
r _{oφ} =	(B.L ³ /(3π)) ^{0.25} =	5.917	m	Equivalent radius
η _φ =	1+1.2(1-ν)(H/r _{oφ})+0.2(2-ν)(H/r _{oφ}) ³ =	1.297		Embedment factor for spring constant
L/B=		0.915		L & B in the fig.
β _φ =		0.500		





شرکت توسعه آهر و فولاد گازی
G.I.S.D.Co

TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT



MMTE

DOCUMENT TITLE	Document		Rev.	DATE: JUL.2022
Calculation Book for Process Gas Compressor 2 nd Stage	Client Document NO:	GISD7-311910097CO15C121	02	Page: 17 of 21
	MMTE Document NO:	TGMMCS23C4021		

$K_{\psi} =$	$G/(1-\nu) \cdot \beta_{\psi} \cdot (B \cdot L^2) \cdot \eta_{\psi} =$	40.390	$\times 10^7$ kN.m	Equivalent spring constant
$\alpha_{\psi} =$	$[1+0.7(1-\nu)H/r_{co}+0.6(2-\nu)(H/r_{co})^3]/\eta_{\psi}^{0.5}$	1.058		Embedment Ratio
$B_{\psi} =$	$3(1-\nu)/8 \cdot (I_{\psi m}+I_{\psi t})/(\rho \cdot r_{co}^5) =$	0.066		mass ratio
$\eta_{\psi} =$		1.699		

B_{ψ}	5	3	2	1	0.8	0.5	0.2
η_{ψ}	1.079	1.110	1.143	1.219	1.251	1.378	1.600

$D_{\psi g} =$	$0.15/((1+\eta_{\psi}B_{\psi})(\eta_{\psi}B_{\psi})^{0.5})\alpha_{\psi} =$	0.426		geometrical damping ratio
$D_{\psi i} =$		0.050		internal damping
$D_{\psi} =$	$D_{\psi g}+D_{\psi i} =$	0.476		total damping
$f_{n\psi} =$	$\text{sqrt}(K_{\psi}/(I_{\psi m}+I_{\psi t})) \cdot 60/(2\pi) =$	3316.981	rpm	Natural Frequency
$f_{d\psi} =$	$f_{n\psi} \cdot \text{sqrt}(1-D_{\psi}^2) =$	2917.045	rpm	Response Frequency
		48.617	Hz	
$r_{\psi c} =$	$f_c/f_{d\psi} =$	0.695		Frequency ratio
	if $ABS(f_c-f_{m\psi})/f_c > 0.3$ OK. else N.OK.	OK.		
$M_{\psi c} =$	$r_{\psi c}^2/[(1-r_{\psi c}^2)^2+(2D_{\psi} \cdot r_{\psi c})^2]^2$	0.576	<1.5	OK. Magnification factor
$\psi_{co} =$	$M_{\psi c} \cdot M_{do}/K_{\psi} =$	53.209	$\times 10^{-8}$ rad	Rotation response
$T_{r\psi c} =$	$M_{\psi c} \cdot \text{sqrt}[1+(2D_{\psi} \cdot r_{\psi c})^2]$	0.690		
$M_{\psi co} =$	$T_{r\psi c} \cdot M_{do} =$	257.722	kN.m	Maximum trasmitted moment



شرکت توسعه آبر و فواید گاه
G.I.S.D.Co

TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT



MMTE

DOCUMENT TITLE

Document

Rev.

Calculation Book for Process Gas
Compressor 2nd Stage

Client Document
NO:

GISD7-311910097CO15C121

MMTE Document
NO:

TGMMCS23C4021

02

DATE: JUL.2022

Page: 18 of 21

5) Torsional Mode of Vibration

Part	Weight(kN)	x(m)	y(m)	z(m)	weight*(z ²)/g
BLOWER	315.000	0.000	0.000	4.750	724.484
MOTOR	138.000	0.000	0.000	4.750	317.393
GEAR BOX	33.600	0.000	0.000	4.271	62.478
SILENCER	134.000	0.000	0.000	4.750	308.193
				0.000	0.000
				0.000	0.000
SUM=I _{nm} (kN.m.s ²):					1412.548

I _{nm} =			1412.548	kN.m.s ²	
I _{nf1} =	[(B.L.H.25kN/m ³)(H ²)/12+(B.L.H.25kN/m ³)(H ² /4)]/g=		698.743	kN.m.s ²	F-1
I _{nf2} =	(b ₂ .l ₂ .h ₂ .25kN/m ³ /g)/((H+h ₂ /2) ²)=		381.592	kN.m.s ²	PED-1
I _{nf3} =	(b ₃ .l ₃ .h ₃ .25kN/m ³ /g)/((H+h ₃ /2) ²)=		43.231	kN.m.s ²	PED-2
I _{nf4} =	(b ₄ .l ₄ .h ₄ .25kN/m ³ /g)/((H+h ₄ /2) ²)=		258.822	kN.m.s ²	PED-3
I _{nf5} =	(b ₅ .l ₅ .h ₅ .25kN/m ³ /g)/((H+h ₅ /2) ²)=		145.618	kN.m.s ²	PED-4
I _{nf6} =	(b ₆ .l ₆ .h ₆ .25kN/m ³ /g)/((H+h ₆ /2) ²)=		341.011	kN.m.s ²	PED-5
I _{nf7} =	(b ₇ .l ₇ .h ₇ .25kN/m ³ /g)/((H+h ₇ /2) ²)=		66.014	kN.m.s ²	PED-6
I _{nf8} =	(b ₈ .l ₈ .h ₈ .25kN/m ³ /g)/((H+h ₈ /2) ²)=		0.000	kN.m.s ²	

I _{nf} =	Σ (I _{nf})=	1935.030	kN.m.s ²		
I _{nf} =	I _{nf} +I _{nm} =	3347.579	kN.m.s ²		
r _{on} =	[B.L(B ² +L ²)/(6π)] ^{0.25} =	5.794	m	Equivalent radius	
K _{nf} =	16/3 G.r _{on} ³ =	41.488	×10 ⁷ kN.m	Equivalent spring constant	
B _{nf} =	I _{nf} /(ρ.r _{on} ⁵)	0.279		mass ratio	
D _{nf} =	0.5/(1+2B _{nf})	0.321		geometrical damping ratio	
D _{nf} =		0.050		internal damping	
D _{nf} =	D _{nf} +D _{nf} =	0.371			
f _{nf} =	sqrt(K _{nf} /I _{nf})*60/(2π)=	4423.911	rpm	Natural Frequency	
f _{dn} =	f _{nf} .sqrt(1-D _{nf} ²)=	4108.678	rpm	Response Frequency	
		68.478	Hz		
r _{nf} =	f _d /f _{dn} =	0.494		Frequency ratio	

if ABS(f_c-f_{dn})/f_c>=0.3 OK.
else N.OK.

OK.

M _{nf} =	r _{nf} ² /[(1-r _{nf} ²) ² +(2D _{nf} .r _{nf}) ²]	0.290	<1.5	OK.	Magnification factor
ψ _{nf} =	M _{nf} .M _{do} /K _{nf} =	26.093	×10 ⁻⁸ rad	Rotation response	
T _{nf} =	M _{nf} .sqrt[1+(2D _{nf} .r _{nf}) ²]	0.309			
M _{nfco} =	T _{nf} .M _{do} =	115.274	kN.m	Maximum trasmitted moment	



Page: 19 of 21

[illegible]



شرکت توسعه آبر و فواید گاهکهر
G.I.S.D.Co

TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT



MMTE

DOCUMENT TITLE	Document	Rev.	DATE: JUL.2022
Calculation Book for Process Gas Compressor 2 nd Stage	Client Document NO: GISD7-311910097CO15C121 MMTE Document NO: TGMMCS23C4021	02	Page: 20 of 21

<u>b.) Dynamic Bearing Stresses:</u>				
$M_{\psi_{cot}}=$	$M_{\psi_{co}}+F_{\psi_{co}}*L/2+F_{\psi_{co}}*H/2=$	802.331	kN.m	
$M_{\tau_{cot}}=$	$M_{\tau_{co}}+F_{\tau_{co}}*L/2+F_{\tau_{co}}*H/2=$	659.883	kN.m	
$q_{do}=$	$[F_{\psi_{co}}/(B.L)+6M_{\psi_{cot}}/(L^2.B)+6M_{\tau_{cot}}/(B^2.L)]/g=$	0.093	kg/cm2	
$q_{maxo}=$	$q_{max}+q_{do}=$	1.153	kg/cm2	
$q_{mino}=$	$q_{min}-q_{do}=$	0.314	kg/cm2	
Check: If $q_{max} \leq 0.75q_{all}$ OK.		OK.		
Else Not OK.				
Check: If $q_{min} \geq 0$ OK.		OK.		
Else Not OK.				
<u>c.) Bearing Stresses for Seismic Load:</u>				
$V_{eh}=$		120.500	kN	horizontal seismic load
$V_{ez}=$		100.400	kN	vertical seismic load
$h=$		4.750	m	distance of seismic acting point from B.O.F.
$M_e=$	$V_e \cdot h=$	572.375	kN.m	Moment at bottom of foundation
$q_e=$	$Max.[6M_e/(B.L^2),6M_e/(B^2.L)]*1.3/g+0.3V_{ez}/g=$	0.049	kg/cm2	
$q_{maxe}=$	$q_{max}+q_e=$	1.109	kg/cm2	
$q_{mine}=$	$q_{min}-q_e=$	0.359	kg/cm2	
Check: If $q_{max} \leq 0.5*1.33q_{all}$ OK.		OK.		
Else Not OK.				
Check: If $q_{min} \geq 0$ OK.		OK.		
Else Not OK.				
<u>d.) Overturning Control</u>				
$B_{1C.G.}=$	(foundation and ped. C.G. along B)	4.817	m	
$B_{2C.G.}=$	(equipment C.G. along B)	4.949	m	
$M_r=$	$W_f*B_{1C.G.}/2+W*B_{2C.G.}/2=$	35734.960	kN.m	
$F_{dh}=$		8012.232	kg	
$F_{dh} \cdot g=$		78.600	kN	
$Z_{C.G.}=$	(Max.equipment C.G from B.O.F.)	4.750	m	
$M_o=$	$M_e+F_{dh} \cdot Z_{C.G.} + \tau r q=$	1381.925	kN.m	
ratio=	$M_r/M_o=$	25.859		
Check: If $M_r/M_o \geq 1.75$ OK.		OK.		
Else Not OK.				
<u>e.) Sliding Control</u>				
$F_v=$	$W+W_f-\tau r q F=$	7203.088	kN.m	
$F_h=$	$V_e+F_{dh}=$	199.100	kN	
$\mu=$		0.500		
ratio=	$\mu F_v/F_h=$	18.089		
Check: If $\mu F_v/F_h \geq 1.5$ OK.		OK.		
Else Not OK.				



شرکت توسعه آهر و فولاد گیلان
G.I.S.D.Co

TOOBA GISD MEGA MODULE PROJECT



MMTE

DOCUMENT TITLE	Document	Rev.	DATE: JUL.2022
Calculation Book for Process Gas Compressor 2 nd Stage	Client Document NO: GISD7-311910097CO15C121 MMTE Document NO: TGMMCS23C4021	02	Page: 21 of 21

f.) Control Thickness of Foundation:

$B_{min} = 7.125$ 1.5 times the vertical distance from machine "CL." To B.O.F.

Check: If $B \geq B_{min}$ OK. **OK.**
Else Not OK.

g.) Control Weight of Foundation:

Check: If $W_f \geq 3W$ OK. **OK.**
Else Not OK.

h.) Control Amplitude of Vibration:

$\Delta_x = H_{co} = 1.876 \mu m$
 $\Delta_z = V_{co} = 1.654 \mu m$
 $\Delta = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_z^2} = 2.502 \mu m$

Check: If $\Delta \leq 10 \mu m$ OK. **OK.**
Else Not OK.

Frequency $\Delta = 2028.000$ rpm
 $\Delta = 0.00064$ in

Zone= (Check Fig.3-3, Zone A or B is Ok.) **B OK.**

EXPLANATION OF CASES
E DANGEROUS. SHUT IT DOWN NOW TO AVOID DANGER.
D FAILURE IS NEAR. CORRECT WITHIN TWO DAYS TO AVOID BREAKDOWN.
C FAULTY. CORRECT WITHIN 10 DAYS TO SAVE MAINTENANCE DOLLARS.
B MINOR FAULTS. CORRECTION WASTES DOLLARS.
A NO FAULTS. TYPICAL NEW EQUIPMENT.

i.) Control Velocity:

Velocity= $2\pi f/60 \cdot disp. = 0.035$ in./sec
 table: **Very Good**

above good OK. **OK**
 Else Not OK.

j.) Control Acceleration: This check is only necessary if 'h' & 'i' are not satisfied

Acceleration= $4\pi^2 f^2/3600 \cdot disp. =$ in./sec²

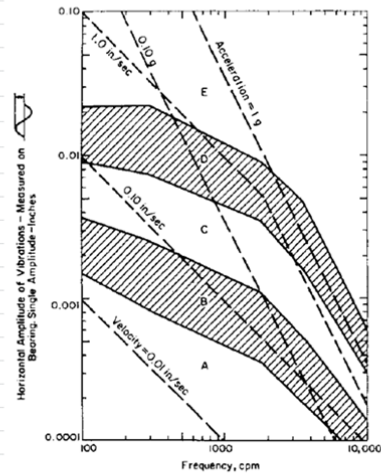


Figure 3-3. Vibration performance of rotating machines (see ref. 9).

Table 3-2
General Machinery-Vibration-Severity Data*

Horizontal Peak Velocity (in./sec.)	Machine Operation
<0.005	Extremely smooth
0.005-0.010	Very smooth
0.010-0.020	Smooth
0.020-0.040	Very good
0.040-0.080	Good
0.080-0.160	Fair
0.160-0.315	Slightly rough
0.315-0.630	Rough
> 0.630	Very rough