

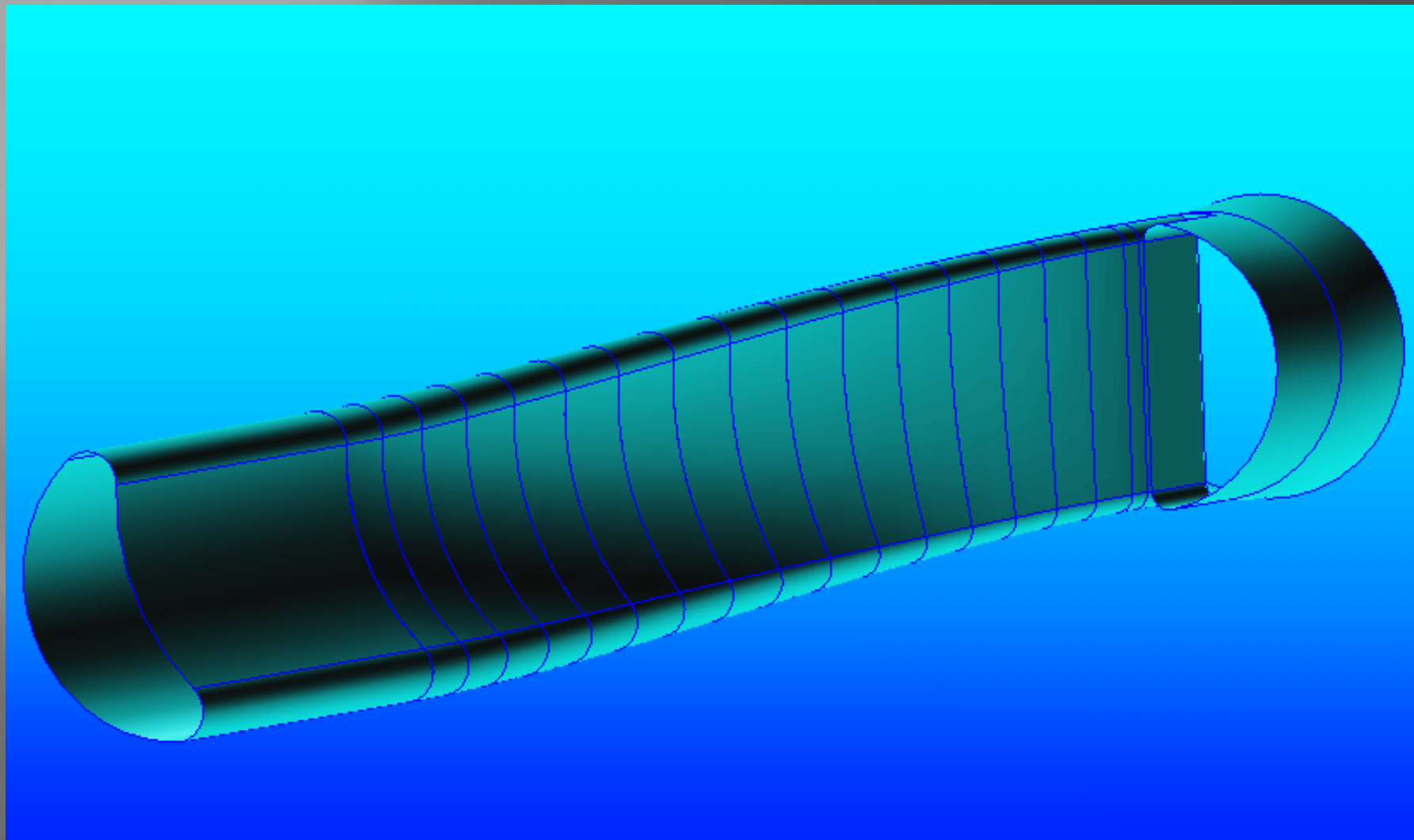
# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОЗДУХОВОДА ВЫСОКОНАГРУЖЕННОЙ АВИАЦИОННОЙ КОНСТРУКЦИИ

Целью работы является исследование и оптимизация программного продукта подбора оптимальных сечений.

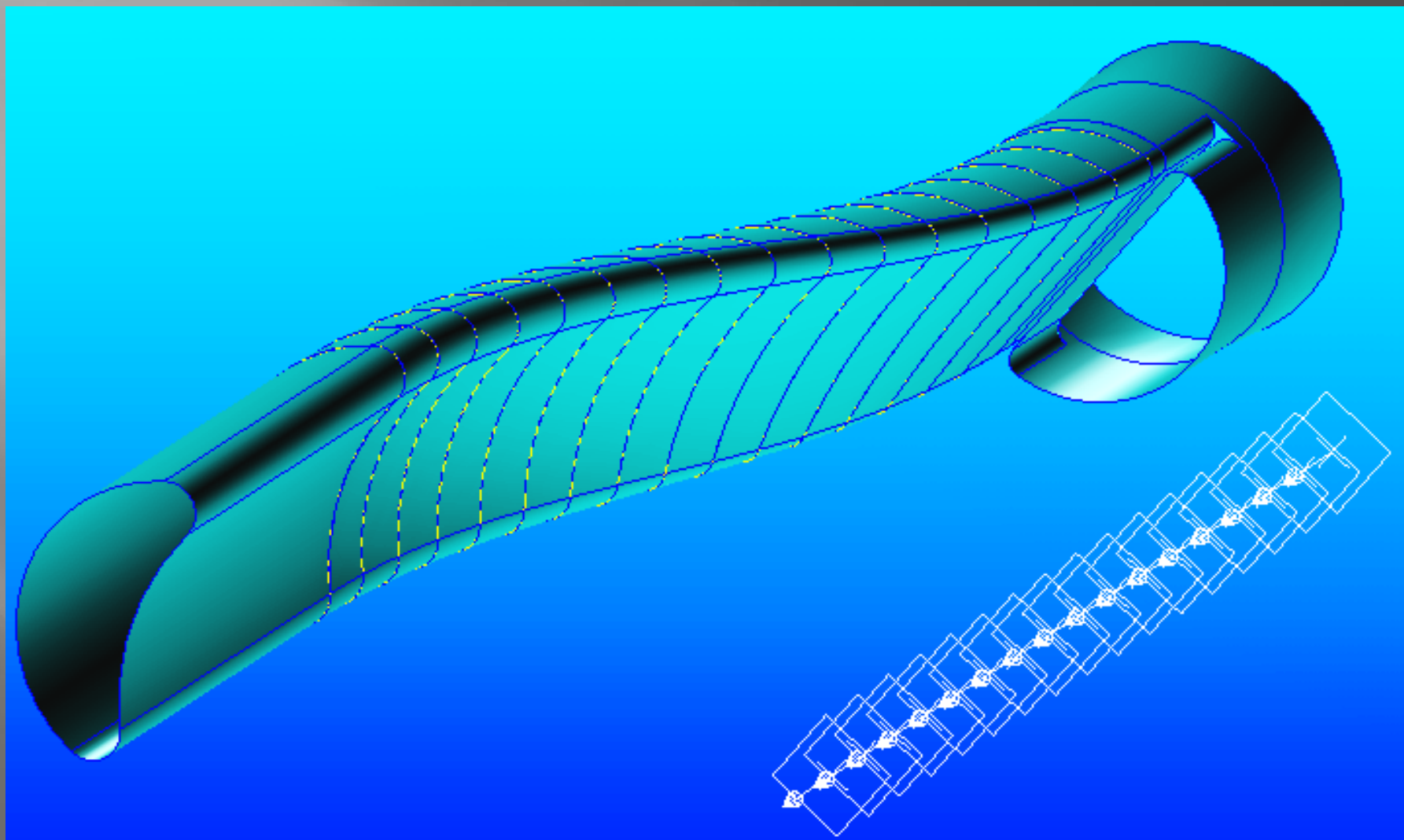
# *ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ*

- 1) Итерационный расчет набора сечений при помощи плоской балочной КЭ модели с учетом аналитической модели устойчивости.
- 2) Расчет при помощи общей КЭ модели. Оценка НДС и устойчивость, при необходимости вводятся корректировки в конструкцию.
- 3) Сравнительный анализ результатов, полученных в Excel и результатов расчета в среде Ansys.

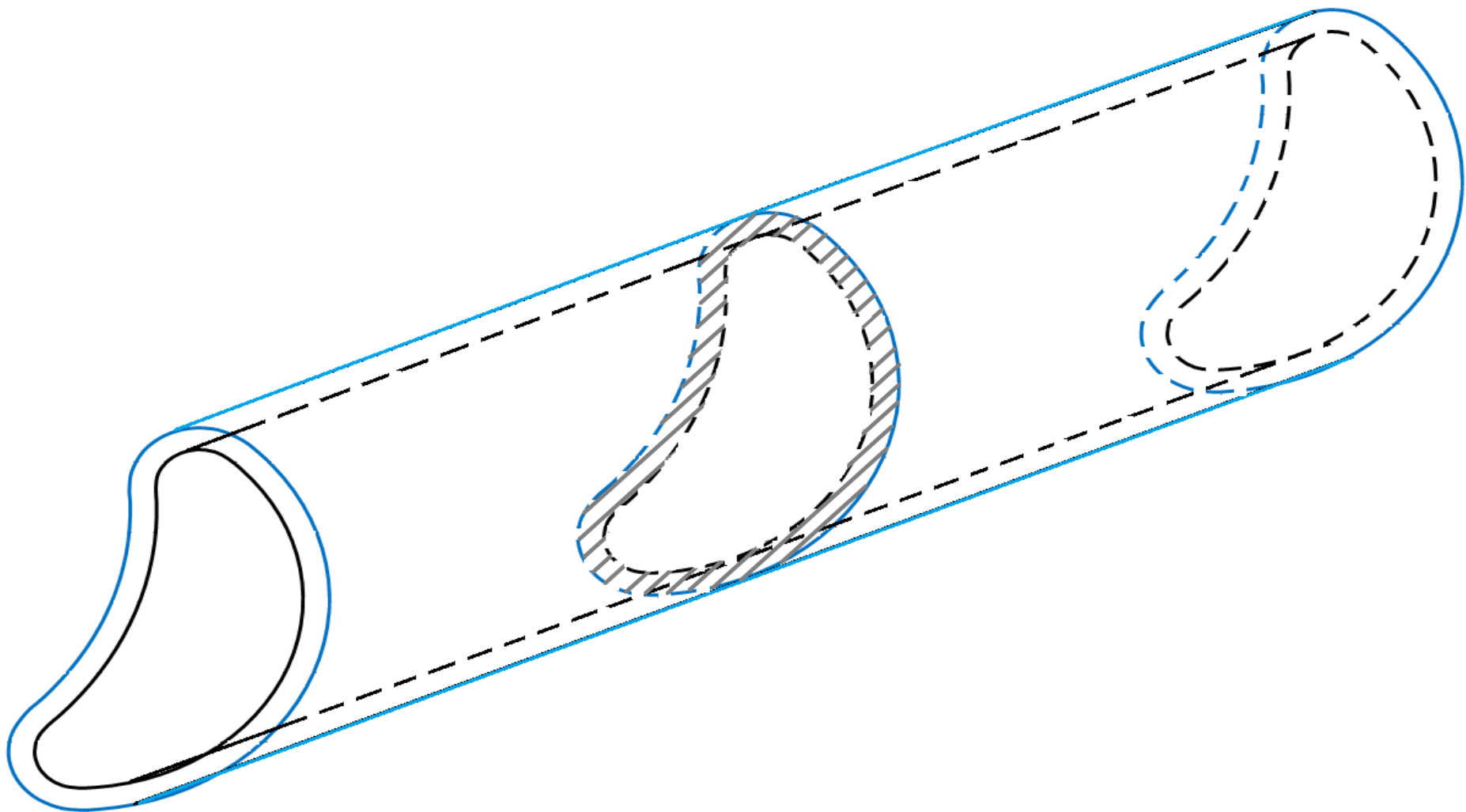
На рисунке представлен общий вид модели воздуховода авиационной конструкции.



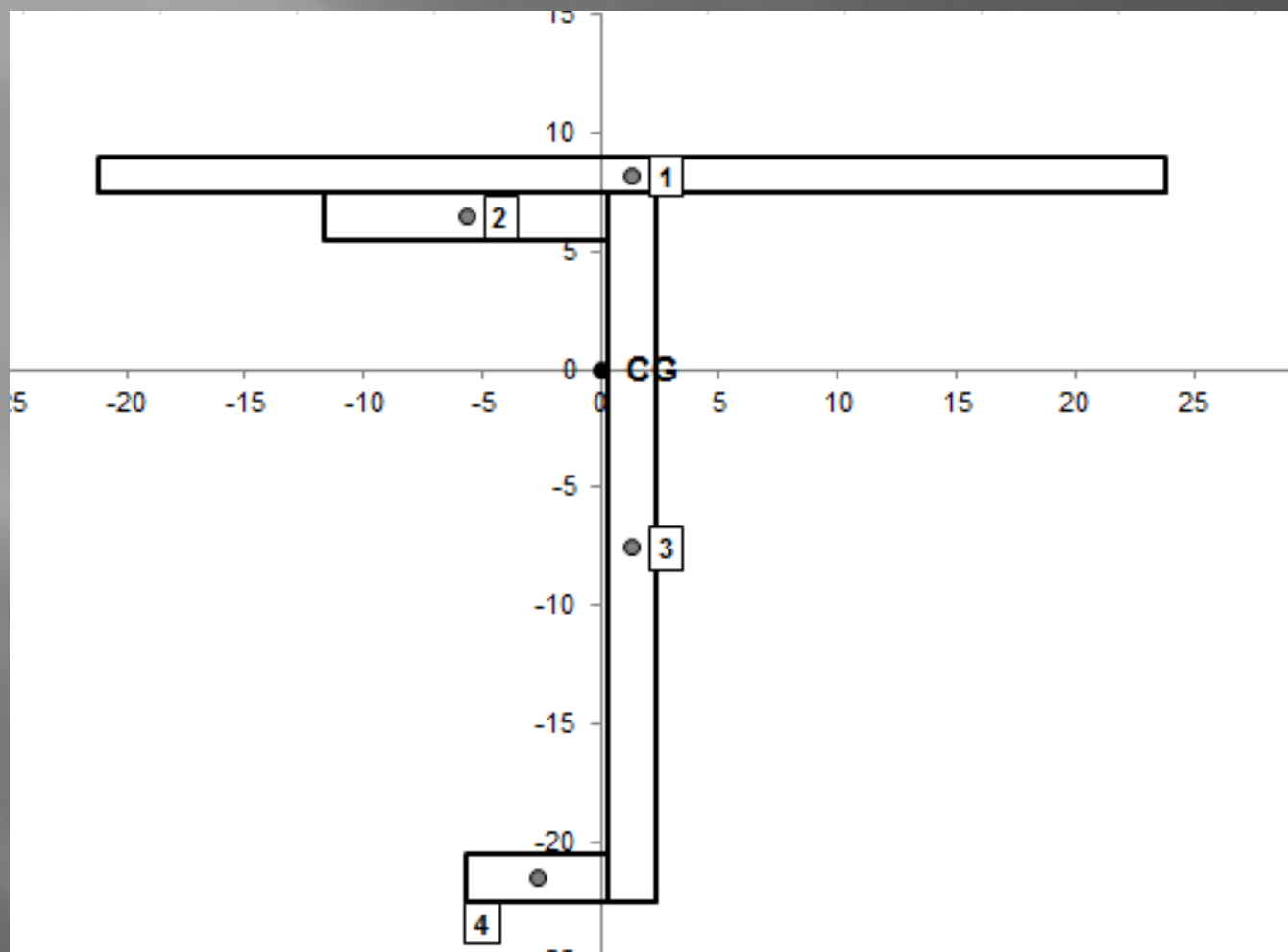
С целью получения массивов узловых координат кривые, образованные сечениями воздуховода, разбиваются на узлы с определенным шагом.



Теоретическая модель , проектируемого воздуховода. Кожух воздуховода-синий цвет, теоретический контур воздуховода-черный цвет, подкрепляющий набор воздуховода-заштрихованная область.



Поперечное сечение подкрепляющего элемента воздуховода состоит из 4 элементов (1-обшивка, 2-внешняя полка, 3-стенка, 4- внутренняя полка)



Далее координаты узлов теоретического контура переносятся в Microsoft Excel.

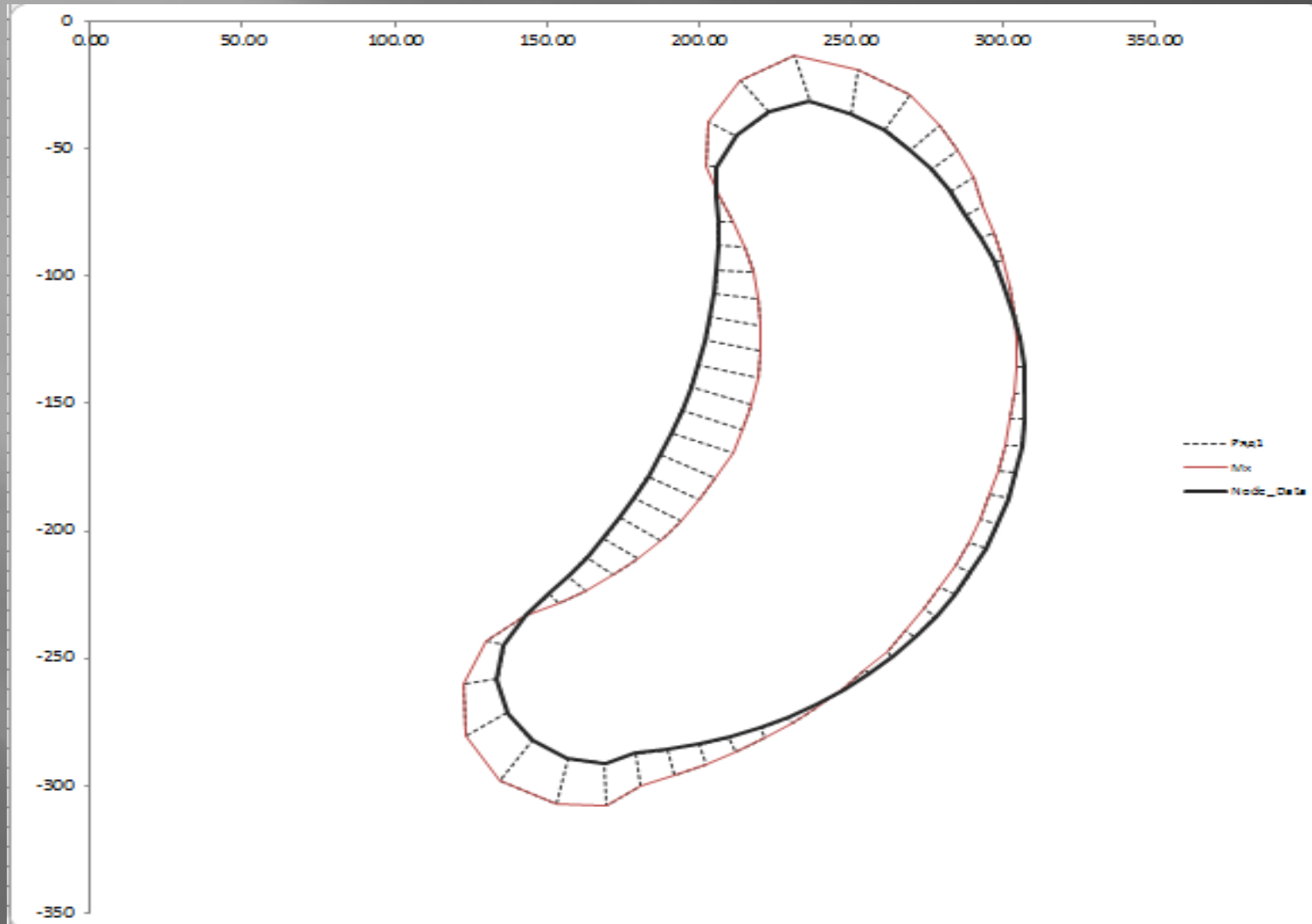
Node_ID	x	y	z
1	195,2527	-174,008	-2600
2	190,9315	-182,844	-2600
3	186,2106	-191,474	-2600
4	181,1	-199,878	-2600
5	175,6103	-208,04	-2600
6	169,7531	-215,943	-2600
7	163,5405	-223,569	-2600
8	156,9856	-230,903	-2600
9	150,1022	-237,93	-2600
10	144,3218	-246,383	-2600
11	142,2545	-256,414	-2600
12	144,221	-266,464	-2600
13	149,9162	-274,976	-2600
14	158,4566	-280,628	-2600
15	168,5189	-282,543	-2600
16	178,6077	-282,063	-2600
17	188,6328	-280,83	-2600
18	198,5374	-278,851	-2600
19	208,2663	-276,137	-2600
20	217,7652	-272,703	-2600
21	226,9804	-268,569	-2600
22	235,8609	-263,757	-2600
23	244,3568	-258,295	-2600
24	252,4203	-252,213	-2600
25	260,0069	-245,545	-2600
26	267,0735	-238,328	-2600
27	273,5806	-230,604	-2600
28	279,4927	-222,414	-2600
29	284,7751	-213,805	-2600
30	289,3992	-204,826	-2600
31	293,3399	-195,525	-2600
32	296,5732	-185,957	-2600
33	299,0828	-176,173	-2600
34	300,854	-166,229	-2600
35	301,8758	-156,18	-2600
36	302,1443	-146,084	-2600
37	301,6569	-135,995	-2600
38	300,4161	-125,971	-2600
39	298,4304	-116,068	-2600
40	295,709	-106,341	-2600
41	292,2681	-96,8455	-2600
42	288,1275	-87,6329	-2600
43	283,3088	-78,7562	-2600
44	277,8405	-70,2642	-2600
45	271,7527	-62,2046	-2600
46	265,0786	-54,6234	-2600
47	257,8562	-47,561	-2600
48	249,0738	-42,2997	-2600
49	238,9338	-40,8815	-2600
50	229,0236	-43,474	-2600
51	220,8575	-49,6491	-2600
52	215,727	-58,5099	-2600
53	214,4523	-68,6704	-2600



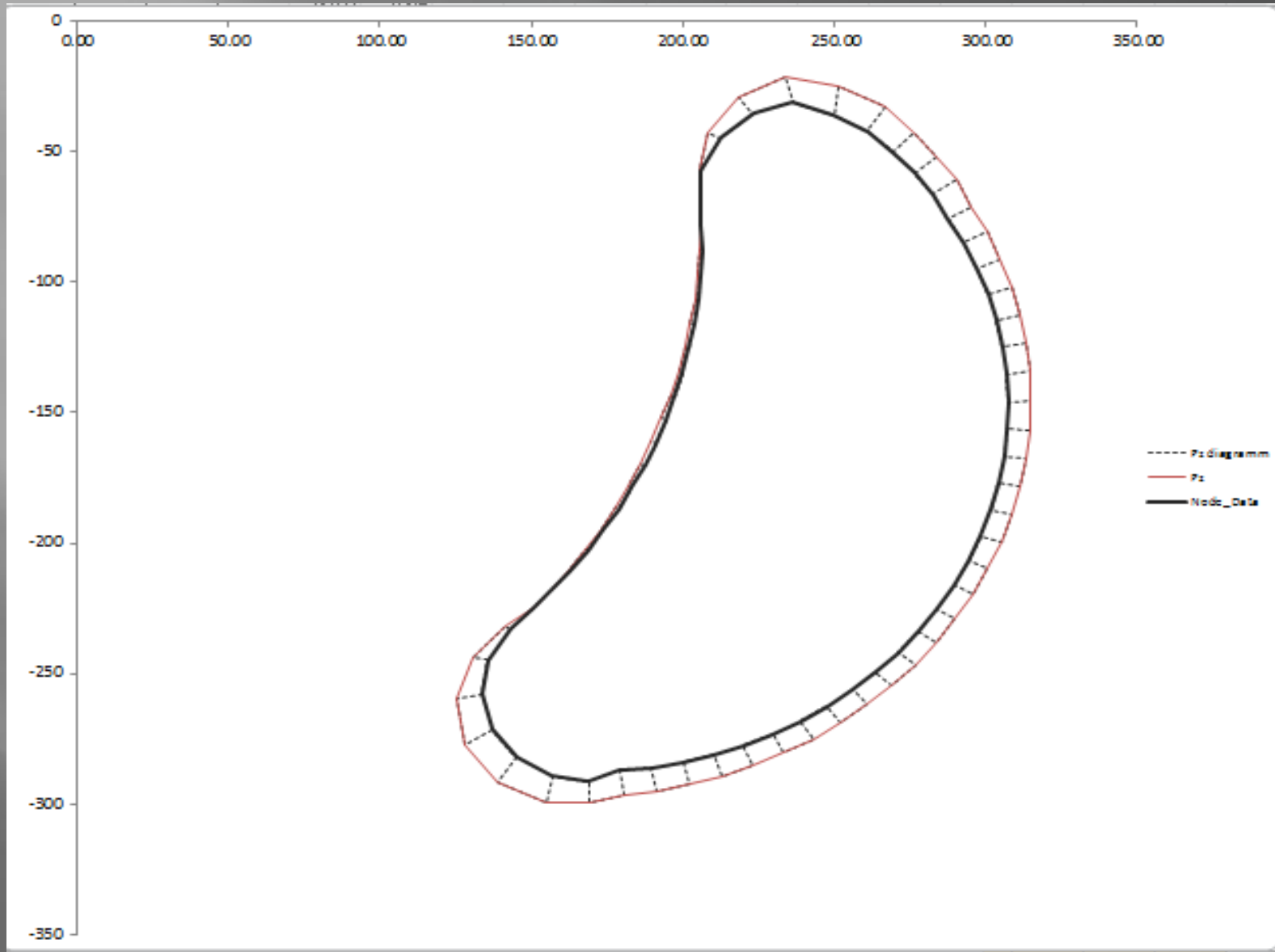
Node_Data			Boundary conditions			Loading			Element_Data				Node_displacements			Element Forces						
Node_name	x_loc	y_loc	Fix_x	Fix_y	Fix_xy	Px	Py	Mz	Name	Node1	Node2	E'Ix	E'Area	x	y	xy	1	2	3	4	5	6
1	187.41	-170.2	1	1	1	-39.7579	17.2361		1	1	2	167389885	743850	0	0	0	-77.35	-30.81	-19882	77.347	30.806	19025
2	183.27	-178.7				-36.5125	19.3377		2	2	3	167389885	743850	0.004	-0.003	0.001	-72.16	-137.6	-19025	72.163	137.61	17726
3	178.75	-186.9				-37.5603	21.6784		3	3	4	167389885	743850	0.017	-0.011	0.002	-64.84	-184.1	-17726	64.843	184.12	15989
4	173.85	-195				-36.5295	23.3737		4	4	5	167389885	743850	0.038	-0.025	0.003	-55.4	-230.2	-15989	55.404	230.25	13816
5	168.59	-202.8				-35.4222	25.0200		5	5	6	167389885	743850	0.065	-0.044	0.004	-43.86	-275.9	-13816	43.865	275.9	11212
6	162.98	-210.4				-34.2407	26.6140		6	6	7	167389885	743850	0.097	-0.068	0.005	-30.25	-321	-11212	30.249	320.97	8183.1
7	157.03	-217.7				-32.9876	28.1523		7	7	8	167389885	743850	0.133	-0.098	0.005	-14.59	-365.4	-8183	14.587	365.38	4735
8	150.75	-224.8				-31.6651	29.6313		8	8	9	167389885	743850	0.171	-0.132	0.006	-1.335	-409	-4735	1.3354	409.03	88.174
9	142.89	-233				-34.1341	27.3236		9	9	10	167389885	743850	0.217	-0.176	0.006	-93.85	-443.2	-88.17	93.852	443.17	-5952
10	135.77	-244.6				-40.7576	17.3044		10	10	11	167389885	743850	0.282	-0.218	0.005	-268.6	-415.5	5952.4	268.58	415.48	-11616
11	133.68	-258.1				-44.2784	0.2223		11	11	12	167389885	743850	0.350	-0.233	0.005	-419.1	-322.4	11616	419.06	322.45	-16011
12	136.96	-271.3				-40.9294	-16.8941		12	12	13	167389885	743850	0.408	-0.227	0.004	-521.9	-178.5	16011	521.94	178.53	-18444
13	145.1	-282.3				-31.2301	-31.3895		13	13	14	167389885	743850	0.446	-0.211	0.002	-561.3	-6.04	18444	561.26	6.0401	-18526
14	156.82	-289.2				-16.6857	-41.0189		14	14	15	167389885	743850	0.465	-0.199	0.001	-535.7	152.22	18526	535.74	-152.2	-16656
15	168.93	-291.3				-3.1642	-44.4332		15	15	16	167389885	743850	0.474	-0.200	-0.001	-400.6	365.43	16656	400.56	-365.5	-12613
16	179.25	-287.3				3.7767	-44.3512		16	16	17	167389885	743850	0.483	-0.208	-0.002	-479.5	211.9	12613	479.54	-211.9	-10389
17	189.66	-286				7.0822	-43.9451		17	17	18	167389885	743850	0.493	-0.228	-0.002	-464.1	202.72	10389	464.06	-202.7	-8262
18	199.94	-283.9				10.3493	-43.2918		18	18	19	167389885	743850	0.504	-0.253	-0.003	-449.3	192.36	8262.4	449.34	-192.4	-6244
19	210.04	-281.1				13.5550	-42.3973		19	19	20	167389885	743850	0.519	-0.282	-0.003	-435.4	180.91	6244.4	435.44	-180.9	-4346
20	219.91	-277.5				16.6878	-41.2645		20	20	21	167389885	743850	0.537	-0.314	-0.004	-422.4	168.53	4346.2	422.4	-168.5	-2578
21	229.47	-273.2				19.7268	-39.9010		21	21	22	167389885	743850	0.559	-0.348	-0.004	-410.4	155.13	2578.2	410.36	-155.1	-950.7
22	238.69	-268.2				22.6529	-38.3150		22	22	23	167389885	743850	0.584	-0.381	-0.004	-399.3	140.89	950.7	399.34	-140.9	527.52
23	247.51	-262.5				25.4556	-36.5134		23	23	24	167389885	743850	0.611	-0.413	-0.004	-389.4	125.91	527.5	389.41	-125.9	1848.4
24	255.87	-256.1				28.1142	-34.5085		24	24	25	167389885	743850	0.640	-0.443	-0.004	-380.6	110.16	1848	380.64	-110.2	3004.2
25	263.75	-249.2				30.6143	-32.3105		25	25	26	167389885	743850	0.671	-0.469	-0.004	-373.1	93.846	3004	373.06	-93.85	3388.7
26	271.08	-241.7				32.9456	-29.9300		26	26	27	167389885	743850	0.702	-0.492	-0.004	-366.7	77.008	3389	366.73	-77.01	4796.6
27	277.82	-233.7				35.0906	-27.3842		27	27	28	167389885	743850	0.733	-0.511	-0.003	-361.7	59.704	4797	361.68	-59.7	5423.1
28	283.95	-225.2				37.0399	-24.6838		28	28	29	167389885	743850	0.762	-0.526	-0.003	-357.9	42.134	5423	357.92	-42.13	5865.1
29	289.43	-216.2				38.7830	-21.8440		29	29	30	167389885	743850	0.789	-0.537	-0.003	-355.5	24.292	5865	355.5	-24.29	6120
30	294.22	-206.9				40.3074	-18.8854		30	30	31	167389885	743850	0.814	-0.544	-0.002	-354.4	6.2991	6120	354.42	-6.299	6186.1
31	298.3	-197.2				41.6064	-15.8185		31	31	32	167389885	743850	0.835	-0.548	-0.002	-354.7	-11.67	6186	354.68	11.667	6063.6
32	301.64	-187.3				42.6728	-12.6631		32	32	33	167389885	743850	0.853	-0.548	-0.001	-356.3	-29.62	6064	356.29	29.622	5752.9
33	304.23	-177.1				43.4998	-9.4393		33	33	34	167389885	743850	0.867	-0.547	-0.001	-359.2	-47.38	5753	359.23	47.384	5255.7
34	306.06	-166.8				44.0834	-6.1586		34	34	35	167389885	743850	0.877	-0.543	-0.001	-363.5	-64.84	5256	363.5	64.836	4575.5
35	307.11	-156.3				44.4203	-2.8451		35	35	36	167389885	743850	0.883	-0.539	0.000	-369.1	-81.99	4575	369.05	81.987	3715.3
36	307.37	-145.8				44.5085	0.4827		36	36	37	167389885	743850	0.886	-0.534	0.000	-375.9	-98.63	3715	375.88	98.631	2680.5
37	306.85	-135.4				44.3472	3.8106		37	37	38	167389885	743850	0.887	-0.528	0.000	-383.9	-114.7	2681	383.93	114.71	1477.1
38	305.55	-124.9				43.9387	7.1144		38	38	39	167389885	743850	0.885	-0.523	0.000	-393.1	-130.2	1477	393.15	130.2	110.97
39	303.47	-114.7				43.2842	10.3793		39	39	40	167389885	743850	0.881	-0.518	0.000	-403.5	-144.9	111	403.52	144.89	-1409
40	300.63	-104.6				42.3861	13.5879		40	40	41	167389885	743850	0.878	-0.513	0.000	-414.9	-158.8	1409.1	414.95	158.8	-3075
41	297.04	-94.7				41.2523	16.7170		41	41	42	167389885	743850	0.874	-0.508	0.000	-427.4	-171.8	3075.1	427.38	171.84	-4878
42	292.73	-85.14				39.8868	19.7551		42	42	43	167389885	743850	0.873	-0.502	0.000	-440.8	-183.8	4878	440.77	183.84	-6807
43	287.71	-75.92				38.2979	22.6830		43	43	44	167389885	743850	0.873	-0.495	-0.001	-438.3	-230	6806.6	438.31	229.96	-9241
44	282.68	-66.61				36.4962	25.4814		44	44	45	167389885	743850	0.878	-0.488	-0.001	-470.1	-204.7	9240.8	470.06	204.7	-11401
45	276.3	-58.2				34.4882	28.1400		45	45	46	167389885	743850	0.885	-0.471	-0.002	-485.8	-213.4	11401	485.8	213.42	-13654
46	269.32	-50.29				32.2892	30.6417		46	46	47	167389885	743850	0.897	-0.451	-0.003	-504.9	-214.6	13654	504.91	214.57	-16124
47	260.97	-42.36				27.1737	35.2905		47	47	48	167389885	743850	0.916	-0.421	-0.004	-549.8	-122.6	16124	549.81	122.57	-17669
48	249.91	-36.29				14.7284	41.7238		48	48	49	167389885	743850	0.933	-0.370	-0.005	-561.7	-81.18	17669	561.72	81.185	-18892
49	236.46	-31.41				-2.5893	44.2106		49	49	50	167389885	743850	0.950	-0.291	-0.006	-505.4	235.74	18892	505.41	-235.7	-15532
50	223.12	-35.67				-19.3326	39.8583		50	50	51	167389885	743850	0.911	-0.199	-0.008	-387.5	368.49	15532	387.49	-368.5	-10352
51	212.39	-44.75				-33.1543	29.3190		51	51	52	167389885	743850	0.829	-0.114	-0.009	-225.1	447.22	10352	225.09	-447.2	-4059
52	206.02	-57.29				-41.9419	14.1234		52	52	53	167389885	743850	0.711	-0.059	-0.010	-23.44	458.29	4058.7	23.444	-458.3	1351.7
53	205.73	-69.09				-44.0698	1.7585		53	53	54	167389885	743850	0.598	-0.057	-0.010	6.4557	414.84	-1352	-6.456	-414.8	5266.9
54	206.2	-78.52				-43.3554	-1.1113		54	54	55	167389885	743850	0.508	-0.061	-0.009	-11.6	371.34	-5267	11.596	-371.3	8771.3



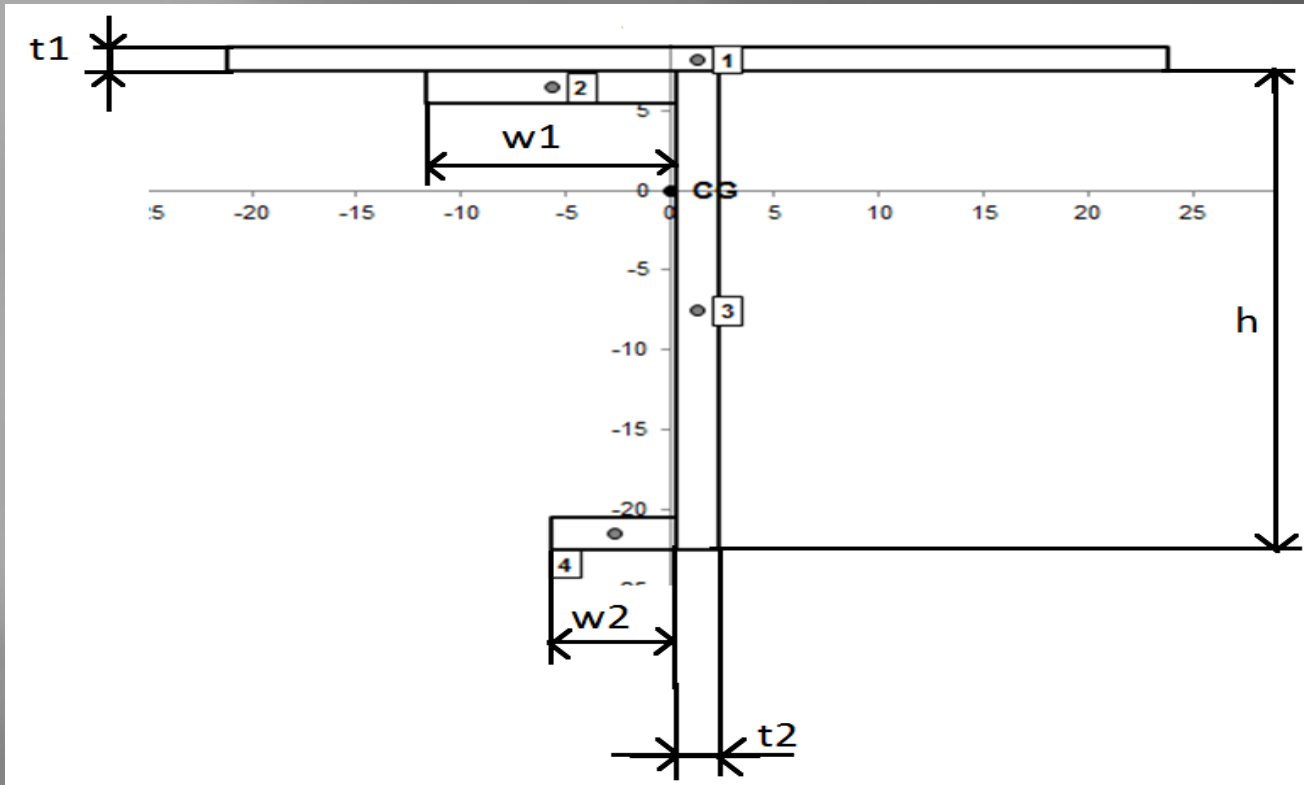
# Эпюра моментов



# Эпюра поперечных сил



Вариацией геометрических характеристик сечений ( $t_1$ ,  $t_2$ ,  $w_1$ ,  $h$ ,  $w_2$ ) подбираются наиболее оптимальные, удовлетворяющие требованиям жесткости и прочности:



$$\min_{RF} > 1$$

$$t_{eq} < 4 \text{ mm}$$

$$\text{Max}_d < 2.5 \text{ mm}$$

$$Dt < 1 \text{ mm}$$

$$\sigma_1 = \frac{-M_x}{J_x} \cdot y_1 + \frac{N}{F} = 144.7 \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{-M_x}{J_x} \cdot y_2 + \frac{N}{F} = 280 \text{ МПа}$$

$$\sigma_d = 310 \text{ МПа}$$

$$RF_1 = \frac{310}{144.7} = 2.1$$

$$RF_2 = \frac{310}{280} = 1.1$$

PRES  
-7

NO  
ELO

