附表

表 3.1 遺傳演算法模組測試，參數與條件設定

族群數(population)	20
演化世代(generations)	150
突變率	0.08
x_1 搜尋範圍	-2～2
x_2 搜尋範圍	-3～3

表 3.2 參考模型測試，參數與條件設定

族群數(population)	50
演化世代(generations)	1000
設計變數	17
設計變數範圍	0.1～2.0
突變率	0.08
ψ 懲罰因子	1.05
α 違反限制常數指數因子	1

表 5.1.1 例一，FSD 收斂過程

No.	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}
0	1.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	7.44	1.2141	8.5557	2.7859	0.6584	1.2141	6.4428	4.8709	3.9399	1.7170
2	7.24	0.9266	8.7577	3.0734	0.1690	0.9266	6.7284	4.5853	4.3464	1.3105
3	7.25	0.7410	8.7440	3.2590	0.0030	0.7410	6.7091	4.6047	4.6089	1.0480
4	7.38	0.6100	8.6105	3.3900	0.0005	0.6100	6.5202	4.7935	4.7942	0.8627
5	7.50	0.4953	8.4954	3.5047	0.0001	0.4953	6.3575	4.9562	4.9563	0.7005
6	7.60	0.3973	8.3973	3.6027	0.0000	0.3973	6.2187	5.0950	5.0950	0.5619
7	7.68	0.3151	8.3151	3.6849	0.0000	0.3151	6.1024	5.2113	5.2113	0.4456
8	7.75	0.2473	8.2473	3.7527	0.0000	0.2473	6.0067	5.3071	5.3071	0.3498
9	7.80	0.1925	8.1925	3.8075	0.0000	0.1925	5.9291	5.3847	5.3847	0.2722
10	7.85	0.1487	8.1487	3.8513	0.0000	0.1487	5.8671	5.4466	5.4466	0.2102
11	7.88	0.1141	8.1141	3.8859	0.0000	0.1141	5.8182	5.4955	5.4955	0.1614
12	7.91	0.0871	8.0871	3.9129	0.0000	0.0871	5.7801	5.5336	5.5336	0.1232
13	7.93	0.0663	8.0663	3.9337	0.0000	0.0663	5.7506	5.5631	5.5631	0.0937
14	7.94	0.0502	8.0502	3.9498	0.0000	0.0502	5.7279	5.5858	5.5858	0.0710
15	7.96	0.0380	8.0380	3.9620	0.0000	0.0380	5.7106	5.6031	5.6031	0.0537
16	7.97	0.0287	8.0287	3.9713	0.0000	0.0287	5.6974	5.6163	5.6163	0.0405
17	7.97	0.0216	8.0216	3.9784	0.0000	0.0216	5.6874	5.6263	5.6263	0.0306
18	7.98	0.0163	8.0163	3.9837	0.0000	0.0163	5.6799	5.6339	5.6339	0.0230
19	7.98	0.0122	8.0122	3.9878	0.0000	0.0122	5.6742	5.6396	5.6396	0.0173
20	7.99	0.0092	8.0092	3.9908	0.0000	0.0092	5.6699	5.6439	5.6439	0.0130
21	7.99	0.0069	8.0069	3.9931	0.0000	0.0069	5.6666	5.6471	5.6471	0.0098
22	7.99	0.0052	8.0052	3.9948	0.0000	0.0052	5.6642	5.6495	5.6495	0.0073
23	7.99	0.0039	8.0039	3.9961	0.0000	0.0039	5.6624	5.6514	5.6514	0.0055
24	7.99	0.0029	8.0029	3.9971	0.0000	0.0029	5.6610	5.6527	5.6527	0.0041
25	7.99	0.0022	8.0022	3.9978	0.0000	0.0022	5.6600	5.6538	5.6538	0.0031
26	7.99	0.0016	8.0016	3.9984	0.0000	0.0016	5.6592	5.6545	5.6545	0.0023
27	7.99	0.0012	8.0012	3.9988	0.0000	0.0012	5.6586	5.6551	5.6551	0.0017
28	7.99	0.0009	8.0009	3.9991	0.0000	0.0009	5.6582	5.6556	5.6556	0.0013
29	7.99	0.0007	8.0007	3.9993	0.0000	0.0007	5.6578	5.6559	5.6559	0.0010
30	7.99	0.0005	8.0005	3.9995	0.0000	0.0005	5.6576	5.6561	5.6561	0.0007
31	7.99	0.0004	8.0004	3.9996	0.0000	0.0004	5.6574	5.6563	5.6563	0.0006
32	7.99	0.0003	8.0003	3.9997	0.0000	0.0003	5.6573	5.6564	5.6564	0.0004
33	7.99	0.0002	8.0002	3.9998	0.0000	0.0002	5.6572	5.6565	5.6565	0.0003
34	7.99	0.0002	8.0002	3.9998	0.0000	0.0002	5.6571	5.6566	5.6566	0.0002
35	7.99	0.0001	8.0001	3.9999	0.0000	0.0001	5.6570	5.6567	5.6567	0.0002
36	7.99	0.0001	8.0001	3.9999	0.0000	0.0001	5.6570	5.6567	5.6567	0.0001
37	7.99	0.0001	8.0001	3.9999	0.0000	0.0001	5.6570	5.6568	5.6568	0.0001
38	8.00	0.0001	8.0001	4.0000	0.0000	0.0001	5.6569	5.6568	5.6568	0.0001
39	8.00	0.0000	8.0000	4.0000	0.0000	0.0000	5.6569	5.6568	5.6568	0.0001
40	**8.00**	**0.0000**	**8.0000**	**4.0000**	**0.0000**	**0.0000**	**5.6569**	**5.6568**	**5.6568**	**0.0000**

表 5.1.2 例一，AF經結構分析後節點位移

Joint displacement(in)		
Joint No.	X Translation	Y Translation
1	1.4592e+00	-6.6408e+00
2	-1.8000e+00	-7.1999e+00
3	8.9999e-01	-2.7000e+00
4	-9.0001e-01	-2.7000e+00
5	0.0000e+00	0.0000e+00
6	0.0000e+00	0.0000e+00

表 5.1.3 例一，AF經結構分析後桿件應力

Member Axial Stress(ksi)	
Member No.	Axial Stress
1	25.000
2	15.532
3	-25.000
4	-25.000
5	0.002
6	15.532
7	25.000
8	-25.000
9	25.000
10	-21.966

表 5.1.4 例一，第一次搜尋結果(α=1)

Step1		α=1						K=2108.1		
No.	L_i	$A_i^{(0)}$ (4-6)	u_i	S_i	Δ_i (4-2)	W_i	I_i (4-7)	$\Delta_i'(K)$ (4-8)	$A_i^{(1)}$ (4-9)	$A_i^{(2)}$ (4-10)
1	360	8.0000	1.9999	199.9985	1.7999	288.000	0.0062	0.4781	30.1195	30.4885
2	360	0.0001	0.0000	0.0016	0.0000	0.004	0.0000	0.0000	0.1000	0.1012
3	360	8.0000	-1.0001	-200.0016	0.9001	288.000	0.0031	0.3267	22.0376	22.3076
4	360	4.0000	-1.0000	-99.9985	0.9000	144.000	0.0062	0.2390	15.0598	15.2443
5	360	0.0001	-0.0001	0.0000	0.0000	0.004	0.0000	0.0000	0.1000	0.1012
6	360	0.0001	0.0000	0.0016	0.0000	0.004	0.0000	0.0000	0.1000	0.1012
7	509.12	5.6569	0.0001	141.4236	0.0002	288.000	0.0000	0.0002	5.6603	5.7296
8	509.12	5.6569	-1.4141	-141.4192	1.7998	288.000	0.0062	0.4781	21.2972	21.5581
9	509.12	5.6569	1.4142	141.4192	1.7999	288.000	0.0062	0.4781	21.2978	21.5587
10	509.12	0.0001	0.0000	-0.0022	0.0000	0.005	0.0000	0.0000	0.1000	0.1012
					Δ =7.200(↓)			2.000(↓)	2.025(↓)	2.000(↓)
Result	● 桿件 5 應力為-36.1 ksi，超過容許應力 25 ksi。 ● 節點 1 位移為 2.1201 in(↓)，超過容許位移 2 in。 ● 總重量為：4952.39 lb。									

表 5.1.5 例一，α=3.6 時之斷面修正

		α=3.6						K=0		
No.	L_i	$A_i^{(0)}$	u_i	S_i	Δ_i	W_i	I_i	$\Delta_i'(K)$	$A_i^{(1)}$	$A_i^{(2)}$
1	360	28.8000	1.9999	199.9985	0.5000	1036.800	0.0005	0.5000	28.8000	28.7165
2	360	0.0004	0.0000	0.0016	0.0000	0.013	0.0000	0.0000	0.1000	0.1000
3	360	28.8000	-1.0001	-200.0016	0.2500	1036.800	0.0002	0.2500	28.8000	28.7165
4	360	14.4000	-1.0000	-99.9985	0.2500	518.400	0.0005	0.2500	14.4000	14.3582
5	360	0.0004	-0.0001	0.0000	0.0000	0.013	0.0000	0.0000	0.1000	0.1000
6	360	0.0004	0.0000	0.0016	0.0000	0.013	0.0000	0.0000	0.1000	0.1000
7	509.12	20.3647	0.0001	141.4236	0.0000	1036.801	0.0000	0.0000	20.3647	20.3056
8	509.12	20.3647	-1.4141	-141.4192	0.4999	1036.799	0.0005	0.4999	20.3647	20.3056
9	509.12	20.3647	1.4142	141.4192	0.5000	1036.799	0.0005	0.5000	20.3647	20.3056
10	509.12	0.0004	0.0000	-0.0022	0.0000	0.018	0.0000	0.0000	0.1000	0.1000
					Δ =2.000(↓)			2.000(↓)	2.000(↓)	2.000(↓)
Result	● 桿件皆滿足容許應力限制。 ● 位移皆滿足容許位移限制。 ● 總重量：5701.75 lb。									

表 5.1.6 例一，第 2 次搜尋結果（α=2.3）

Step2		α=2.3						K=1330.7		
No.	L_i	$A_i^{(0)}$	u_i	S_i	Δ_i	W_i	I_i	$\Delta_i'(K)$	$A_i^{(1)}$	$A_i^{(2)}$
1	360	18.4000	1.9999	199.9985	0.7826	662.400	0.0012	0.4880	29.5094	29.5552
2	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.008	0.0000	0.0000	0.1000	0.1002
3	360	18.4000	-1.0001	-200.0016	0.3913	662.400	0.0006	0.2928	24.5911	24.6292
4	360	9.2000	-1.0000	-99.9985	0.3913	331.200	0.0012	0.2440	14.7547	14.7776
5	360	0.0002	-0.0001	0.0000	0.0000	0.008	0.0000	0.0000	0.1000	0.1002
6	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.008	0.0000	0.0000	0.1000	0.1002
7	509.12	13.0108	0.0001	141.4236	0.0001	662.401	0.0000	0.0001	13.0117	13.0319
8	509.12	13.0108	-1.4141	-141.4192	0.7825	662.400	0.0012	0.4879	20.8659	20.8983
9	509.12	13.0108	1.4142	141.4192	0.7826	662.400	0.0012	0.4880	20.8664	20.8987
10	509.12	0.0002	0.0000	-0.0022	0.0000	0.012	0.0000	0.0000	0.1000	0.1002
					Δ =3.130(↓)			2.000(↓)	2.003(↓)	2.000(↓)
Result	桿件皆滿足容許應力限制。 位移皆滿足容許位移限制。 總重量：5289.98 lb。									

表 5.1.7 例一，第 3 次搜尋結果（α=1.650000）

Step3		α=1.650000						K=1791.54		
No.	L_i	$A_i^{(0)}$	u_i	S_i	Δ_i	W_i	I_i	$\Delta_i'(K)$	$A_i^{(1)}$	$A_i^{(2)}$
1	360	13.2000	1.9999	199.9985	1.0909	475.200	0.0023	0.4824	29.8466	30.0003
2	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1005
3	360	13.2000	-1.0001	-200.0016	0.5455	475.200	0.0011	0.3120	23.0778	23.1966
4	360	6.6000	-1.0000	-99.9985	0.5454	237.600	0.0023	0.2412	14.9233	15.0002
5	360	0.0002	-0.0001	0.0000	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1005
6	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1005
7	509.12	9.3338	0.0001	141.4236	0.0001	475.200	0.0000	0.0001	9.3356	9.3837
8	509.12	9.3338	-1.4141	-141.4192	1.0908	475.200	0.0023	0.4824	21.1042	21.2129
9	509.12	9.3338	1.4142	141.4192	1.0909	475.200	0.0023	0.4824	21.1048	21.2135
10	509.12	0.0002	0.0000	-0.0022	0.0000	0.008	0.0000	0.0000	0.1000	0.1005
					Δ =4.364(↓)			2.000(↓)	2.0103(↓)	2.000(↓)
Result	桿件皆滿足容許應力限制。 位移皆滿足容許位移限制。 總重量：5108.80 lb。									

表 5.1.8 例一，第 4 次搜尋結果（α=1.325000）

Step4		α= 1.325000						K=1969.36		
No.	L_i	$A_i^{(0)}$	u_i	S_i	Δ_i	W_i	I_i	$\Delta_i'(K)$	$A_i^{(1)}$	$A_i^{(2)}$
1	360	10.6000	1.9999	199.9985	1.3584	381.600	0.0036	0.4800	30.0010	30.2305
2	360	0.0001	0.0000	0.0016	0.0000	0.005	0.0000	0.0000	0.1000	0.1008
3	360	10.6000	-1.0001	-200.0016	0.6793	381.600	0.0018	0.3200	22.5004	22.6726
4	360	5.3000	-1.0000	-99.9985	0.6792	190.800	0.0036	0.2400	15.0006	15.1153
5	360	0.0001	-0.0001	0.0000	0.0000	0.005	0.0000	0.0000	0.1000	0.1008
6	360	0.0001	0.0000	0.0016	0.0000	0.005	0.0000	0.0000	0.1000	0.1008
7	509.12	7.4953	0.0001	141.4236	0.0001	381.600	0.0000	0.0001	7.4978	7.5551
8	509.12	7.4953	-1.4141	-141.4192	1.3583	381.600	0.0036	0.4799	21.2134	21.3757
9	509.12	7.4953	1.4142	141.4192	1.3584	381.600	0.0036	0.4800	21.2140	21.3763
10	509.12	0.0001	0.0000	-0.0022	0.0000	0.007	0.0000	0.0000	0.1000	0.1008
					Δ =5.434(↓)			2.000(↓)	2.0153 (↓)	2.000(↓)
Result	桿件皆滿足容許應力限制。 節點 1 位移為 2.0374 in(↓)，超過容許位移 2 in。 總重量：5025.89 lb。									

表 5.1.9 例一，第 5 次搜尋結果（α=1.487500）

Step5		α= 1.487500						K=1885.86		
No.	L_i	$A_i^{(0)}$	u_i	S_i	Δ_i	W_i	I_i	$\Delta_i'(K)$	$A_i^{(1)}$	$A_i^{(2)}$
1	360	11.9000	1.9999	199.9985	1.2100	428.400	0.0028	0.4811	29.9318	30.1144
2	360	0.0001	0.0000	0.0016	0.0000	0.005	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
3	360	11.9000	-1.0001	-200.0016	0.6051	428.400	0.0014	0.3161	22.7776	22.9165
4	360	5.9500	-1.0000	-99.9985	0.6050	214.200	0.0028	0.2405	14.9660	15.0572
5	360	0.0001	-0.0001	0.0000	0.0000	0.005	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
6	360	0.0001	0.0000	0.0016	0.0000	0.005	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
7	509.12	8.4146	0.0001	141.4236	0.0001	428.400	0.0000	0.0001	8.4166	8.4680
8	509.12	8.4146	-1.4141	-141.4192	1.2100	428.400	0.0028	0.4811	21.1645	21.2936
9	509.12	8.4146	1.4142	141.4192	1.2100	428.400	0.0028	0.4811	21.1650	21.2942
10	509.12	0.0001	0.0000	-0.0022	0.0000	0.008	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
					Δ =4.840(↓)			2.000(↓)	2.0122 (↓)	2.000(↓)
Result	桿件皆滿足容許應力限制。 節點 1 位移為 2.0083in(↓)，超過容許位移 2 in。 總重量：5066.50 lb。									

表 5.1.10 例一，第 6 次搜尋結果（α= 1.568750）

Step6		α= 1.568750						K=1840.64		
No.	L_i	$A_i^{(0)}$	u_i	S_i	Δ_i	W_i	I_i	$\Delta_i'(K)$	$A_i^{(1)}$	$A_i^{(2)}$
1	360	12.5500	1.9999	199.9985	1.1473	451.800	0.0025	0.4817	29.8951	30.0566
2	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1005
3	360	12.5500	-1.0001	-200.0016	0.5738	451.800	0.0013	0.3141	22.9274	23.0512
4	360	6.2750	-1.0000	-99.9985	0.5737	225.900	0.0025	0.2408	14.9476	15.0283
5	360	0.0002	-0.0001	0.0000	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1005
6	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1005
7	509.12	8.8742	0.0001	141.4236	0.0001	451.800	0.0000	0.0001	8.8761	8.9240
8	509.12	8.8742	-1.4141	-141.4192	1.1473	451.800	0.0025	0.4816	21.1385	21.2527
9	509.12	8.8742	1.4142	141.4192	1.1474	451.800	0.0025	0.4817	21.1391	21.2533
10	509.12	0.0002	0.0000	-0.0022	0.0000	0.008	0.0000	0.0000	0.1000	0.1005
					Δ =4.590(↓)			2.000(↓)	2.0122 (↓)	2.000(↓)
Result	桿件皆滿足容許應力限制。 位移皆滿足容許位移限制。 總重量：5087.26 lb。									

表 5.1.11 例一，第 7 次搜尋結果（α= 1.528125）

Step7		α= 1.528125						K=1862.54		
No.	L_i	$A_i^{(0)}$	u_i	S_i	Δ_i	W_i	I_i	$\Delta_i'(K)$	$A_i^{(1)}$	$A_i^{(2)}$
1	360	12.2250	1.9999	199.9985	1.1779	440.100	0.0027	0.4814	29.9136	30.0856
2	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
3	360	12.2250	-1.0001	-200.0016	0.5890	440.100	0.0013	0.3151	22.8516	22.9830
4	360	6.1125	-1.0000	-99.9985	0.5889	220.050	0.0027	0.2407	14.9569	15.0429
5	360	0.0002	-0.0001	0.0000	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
6	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
7	509.12	8.6444	0.0001	141.4236	0.0001	440.100	0.0000	0.0001	8.6464	8.6961
8	509.12	8.6444	-1.4141	-141.4192	1.1778	440.100	0.0027	0.4813	21.1516	21.2733
9	509.12	8.6444	1.4142	141.4192	1.1779	440.100	0.0027	0.4814	21.1522	21.2738
10	509.12	0.0002	0.0000	-0.0022	0.0000	0.008	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
					Δ =4.712(↓)			2.000(↓)	2.0115 (↓)	2.000(↓)
Result	桿件皆滿足容許應力限制。 節點 1 位移為 2.0018in(↓)，超過容許位移 2 in。 總重量：5076.87 lb。									

表 5.1.12 例一，第 8 次搜尋結果（α= 1.548438）

Step8		α= 1.548438						K=1852.16		
No.	L_i	$A_i^{(0)}$	u_i	S_i	Δ_i	W_i	I_i	$\Delta_i'(K)$	$A_i^{(1)}$	$A_i^{(2)}$
1	360	12.3875	1.9999	199.9985	1.1624	445.950	0.0026	0.4815	29.9044	30.0704
2	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
3	360	12.3875	-1.0001	-200.0016	0.5813	445.950	0.0013	0.3146	22.8893	23.0163
4	360	6.1938	-1.0000	-99.9985	0.5812	222.975	0.0026	0.2408	14.9523	15.0352
5	360	0.0002	-0.0001	0.0000	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
6	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
7	509.12	8.7593	0.0001	141.4236	0.0001	445.950	0.0000	0.0001	8.7612	8.8099
8	509.12	8.7593	-1.4141	-141.4192	1.1623	445.950	0.0026	0.4815	21.1451	21.2625
9	509.12	8.7593	1.4142	141.4192	1.1624	445.950	0.0026	0.4815	21.1457	21.2630
10	509.12	0.0002	0.0000	-0.0022	0.0000	0.008	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
					Δ =4.650(↓)			2.000(↓)	2.0111 (↓)	2.000(↓)
Result	桿件皆滿足容許應力限制。 位移皆滿足容許位移限制。 總重量：5081.94 lb。									

表 5.1.13 例一，第 9 次搜尋結果（α= 1.538281）

Step9		α= 1.538281						K=1857.87		
No.	L_i	$A_i^{(0)}$	u_i	S_i	Δ_i	W_i	I_i	$\Delta_i'(K)$	$A_i^{(1)}$	$A_i^{(2)}$
1	360	12.3063	1.9999	199.9985	1.1701	443.025	0.0026	0.4814	29.9090	30.0780
2	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
3	360	12.3063	-1.0001	-200.0016	0.5851	443.025	0.0013	0.3148	22.8704	22.9996
4	360	6.1531	-1.0000	-99.9985	0.5850	221.513	0.0026	0.2407	14.9546	15.0391
5	360	0.0002	-0.0001	0.0000	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
6	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
7	509.12	8.7018	0.0001	141.4236	0.0001	443.025	0.0000	0.0001	8.7038	8.7530
8	509.12	8.7018	-1.4141	-141.4192	1.1700	443.025	0.0026	0.4814	21.1484	21.2679
9	509.12	8.7018	1.4142	141.4192	1.1701	443.025	0.0026	0.4814	21.1489	21.2684
10	509.12	0.0002	0.0000	-0.0022	0.0000	0.008	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
					Δ =4.681(↓)			2.000(↓)	2.0113 (↓)	2.000(↓)
Result	桿件皆滿足容許應力限制。 節點 1 位移為 2.0003in(↓)，超過容許位移 2 in。 總重量：5079.40 lb。									

表 5.1.14 例一，第 10 次搜尋結果（α= 1.543359）

Step10		α= 1.543359						K=1855.02		
No.	L_i	$A_i^{(0)}$	u_i	S_i	Δ_i	W_i	I_i	$\Delta_i'(K)$	$A_i^{(1)}$	$A_i^{(2)}$
1	360	12.3469	1.9999	199.9985	1.1662	444.488	0.0026	0.4815	29.9067	30.0742
2	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
3	360	12.3469	-1.0001	-200.0016	0.5832	444.488	0.0013	0.3147	22.8798	23.0079
4	360	6.1734	-1.0000	-99.9985	0.5831	222.244	0.0026	0.2407	14.9534	15.0372
5	360	0.0002	-0.0001	0.0000	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
6	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
7	509.12	8.7306	0.0001	141.4236	0.0001	444.488	0.0000	0.0001	8.7325	8.7814
8	509.12	8.7306	-1.4141	-141.4192	1.1662	444.487	0.0026	0.4815	21.1468	21.2652
9	509.12	8.7306	1.4142	141.4192	1.1662	444.487	0.0026	0.4815	21.1473	21.2657
10	509.12	0.0002	0.0000	-0.0022	0.0000	0.008	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
					Δ =4.665(↓)			2.000(↓)	2.0112 (↓)	2.000(↓)
Result	桿件皆滿足容許應力限制。 位移皆滿足容許位移限制。 總重量：5080.67 lb。									

表 5.1.15 例一，第 11 次搜尋結果（α=1.540820）

Step11		α=1.540820						K=1856.44		
No.	L_i	$A_i^{(0)}$	u_i	S_i	Δ_i	W_i	I_i	$\Delta_i'(K)$	$A_i^{(1)}$	$A_i^{(2)}$
1	360	12.3266	1.9999	199.9985	1.1681	443.756	0.0026	0.4815	29.9079	30.0769
2	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
3	360	12.3266	-1.0001	-200.0016	0.5842	443.756	0.0013	0.3148	22.8751	23.0043
4	360	6.1633	-1.0000	-99.9985	0.5841	221.878	0.0026	0.2407	14.9540	15.0385
5	360	0.0002	-0.0001	0.0000	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
6	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
7	509.12	8.7162	0.0001	141.4236	0.0001	443.757	0.0000	0.0001	8.7182	8.7674
8	509.12	8.7162	-1.4141	-141.4192	1.1681	443.756	0.0026	0.4814	21.1476	21.2670
9	509.12	8.7162	1.4142	141.4192	1.1682	443.756	0.0026	0.4815	21.1481	21.2676
10	509.12	0.0002	0.0000	-0.0022	0.0000	0.008	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
					Δ =4.673(↓)			2.000(↓)	2.013(↓)	2.000(↓)
Result	桿件皆滿足容許應力限制。 位移皆滿足容許位移限制。 總重量：5080.16 lb。									

表 5.1.16 例一，第 12 次搜尋結果（α=1.539551）

Step12		α= 1.539551						K=1857.2		
No.	L_i	$A_i^{(0)}$	u_i	S_i	Δ_i	W_i	I_i	$\Delta_i'(K)$	$A_i^{(1)}$	$A_i^{(2)}$
1	360	12.3164	1.9999	199.9985	1.1691	443.391	0.0026	0.4814	29.9085	30.0774
2	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
3	360	12.3164	-1.0001	-200.0016	0.5846	443.391	0.0013	0.3148	22.8727	23.0019
4	360	6.1582	-1.0000	-99.9985	0.5846	221.695	0.0026	0.2407	14.9543	15.0388
5	360	0.0002	-0.0001	0.0000	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
6	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
7	509.12	8.7090	0.0001	141.4236	0.0001	443.391	0.0000	0.0001	8.7110	8.7602
8	509.12	8.7090	-1.4141	-141.4192	1.1690	443.390	0.0026	0.4814	21.1480	21.2675
9	509.12	8.7090	1.4142	141.4192	1.1691	443.390	0.0026	0.4814	21.1485	21.2680
10	509.12	0.0002	0.0000	-0.0022	0.0000	0.008	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
					Δ =4.677(↓)			2.000(↓)	2.013(↓)	2.000(↓)
Result	桿件皆滿足容許應力限制。 節點 1 位移為 2.0001 in(↓)，超過容許位移 2 in。 總重量：5079.78 lb。									

表 5.1.17 例一，第 13 次搜尋結果（α=1.540186）

Step13		α=1.540186						K=1856.8		
No.	L_i	$A_i^{(0)}$	u_i	S_i	Δ_i	W_i	I_i	$\Delta_i'(K)$	$A_i^{(1)}$	$A_i^{(2)}$
1	360	12.3215	1.9999	199.9985	1.1686	443.573	0.0026	0.4814	29.9082	30.0772
2	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
3	360	12.3215	-1.0001	-200.0016	0.5844	443.573	0.0013	0.3148	22.8739	23.0031
4	360	6.1607	-1.0000	-99.9985	0.5843	221.787	0.0026	0.2407	14.9541	15.0386
5	360	0.0002	-0.0001	0.0000	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
6	360	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.006	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
7	509.12	8.7126	0.0001	141.4236	0.0001	443.574	0.0000	0.0001	8.7146	8.7638
8	509.12	8.7126	-1.4141	-141.4192	1.1686	443.573	0.0026	0.4814	21.1478	21.2673
9	509.12	8.7126	1.4142	141.4192	1.1686	443.573	0.0026	0.4815	21.1483	21.2678
10	509.12	0.0002	0.0000	-0.0022	0.0000	0.008	0.0000	0.0000	0.1000	0.1006
					Δ =4.675(↓)			2.000(↓)	2.013(↓)	2.000(↓)
Result	桿件皆滿足容許應力限制。 位移皆滿足容許位移限制。 總重量：5079.97 lb。									

表 5.1.18 例一，啟發式最佳化設計搜尋點與相對重量

搜尋過程			
No.	α	Weight (lb)	T/F
1	1.000000	4952.39	F
2	2.300000	5289.98	T
3	1.650000	5108.80	T
4	1.325000	5025.89	F
5	1.487500	5066.50	F
6	1.568750	5087.26	T
7	1.528125	5076.87	F
8	1.548438	5081.94	T
9	1.538281	5079.40	F
10	1.543359	5080.67	T
11	1.540820	5080.16	T
12	1.539551	5079.78	F
13	1.540186	5079.97	T

T：可行設計

F：非可行設計

表 5.1.19 例一，最佳斷面經結構分析後節點位移

Joint displacement(in)		
Joint No.	X Translation	Y Translation
1	2.4172E-01	-2.0000E+00
2	-5.4925E-01	-2.0000E+00
3	2.4179E-01	-7.3018E-01
4	-3.0987E-01	-1.4486E+00
5	0.0000E+00	0.0000E+00
6	0.0000E+00	0.0000E+00

表 5.1.20 例一，最佳斷面經結構分析後桿件應力

Member Axial Stress(ksi)	
Member No.	Axial Stress
1	-6.716
2	0.002
3	8.607
4	6.650
5	-19.957
6	0.002
7	-15.816
8	6.783
9	-6.650
10	-0.003

表 5.1.21 例一，最佳化斷面比較表

Area（in^2）	Schmit and Farshi [18]	Schmit and Miura[19] CON-MIN	Venkayya[15]	Gellatly and Berke [16]	Dobbs and Nelson [17]	Rizzi [20]	K.S and Geen [21]	This work
A_1	33.430	30.570	30.420	31.350	30.500	30.730	30.150	30.077
A_2	0.100	0.369	0.128	0.100	0.100	0.100	0.102	0.101
A_3	24.260	23.970	23.410	20.030	23.290	23.930	22.710	23.003
A_4	14.260	14.730	14.910	15.600	15.430	14.730	15.270	15.039
A_5	0.100	0.100	0.101	0.140	0.100	0.100	0.102	0.101
A_6	0.100	0.364	0.101	0.240	0.210	0.100	0.544	0.101
A_7	8.388	8.547	8.696	8.350	7.649	8.542	7.541	8.764
A_8	20.740	21.110	21.080	22.210	20.98	20.950	21.560	21.267
A_9	19.690	20.770	21.080	22.060	21.82	21.840	21.450	21.268
A_{10}	0.100	0.320	0.186	0.100	0.100	0.100	0.100	0.101
Weight (lb)	5089.00	5107.30	5084.90	5112.00	5080.00	5076.66	5057.88	5080.05

表 5.2.1 例二，啟發式最佳化設計搜尋點與其相對重量

搜尋過程			
No.	α	Weight(lb)	T/F
1	1.000000	4510.99	F
2	2.300000	5138.41	T
3	1.650000	4798.02	T
4	1.325000	4646.46	F
5	1.487500	4720.48	T
6	1.406250	4682.84	F
7	1.446875	4701.64	F
8	1.467188	4710.94	F
9	1.477344	4715.82	T
10	1.472266	4713.26	T
11	1.469727	4712.10	T
12	1.468457	4711.63	T
13	1.467822	4711.29	F
14	1.468140	4711.46	T

T：可行設計；

F：非可行設計

表 5.2.2 例二，最佳斷面經結構分析後節點位移

Joint displacement(in)		
Joint No.	X Translation	Y Translation
1	4.4097E-02	-1.404E+00
2	-6.1402E-01	-2.000E+00
3	2.3243E-01	-6.370E-01
4	-3.5570E-01	-1.537E+00
5	0.0000E+00	0.000E+00
6	0.0000E+00	0.000E+00

表 5.2.3 例二，最佳斷面結構分析後桿件應力

Member Axial Stress(ksi)	
Member No.	Axial Stress
1	-6.456
2	5.232
3	9.881
4	7.175
5	-24.988
6	-16.566
7	-16.401
8	5.619
9	-7.175
10	-7.399

表 5.2.4 例二，最佳化斷面比較表。

Area （in^2）	Schmit and Farshi [18]	Schmit and Miura[19] CON-MIN	Venkayya [15]	Dobbs and Nelson [17]	Khan and Willmert [22]	K.S and Geen [21]	This work
A1	24.290	23.550	25.190	25.810	24.720	23.250	23.710
A2	0.100	0.176	0.363	0.100	0.100	0.102	0.102
A3	23.350	25.200	25.420	27.230	26.540	25.730	24.990
A4	13.660	14.390	14.330	16.650	13.220	14.510	14.011
A5	0.100	0.100	0.417	0.100	0.108	0.100	0.102
A6	1.969	1.967	3.144	2.024	4.835	1.977	2.986
A7	12.670	12.400	12.080	12.780	12.660	12.210	12.668
A8	12.540	12.860	14.610	14.220	13.780	12.610	13.359
A9	21.970	20.410	20.260	22.140	18.440	20.360	19.815
A10	0.100	0.100	0.513	0.100	0.100	0.100	0.102
Weight (lb)	4691.84	4684.11	4895.60	5059.70	4792.52	4668.81	4711.52

表 5.3.1 例三，平面 17 根桁架，搜尋點與其相對重量

搜尋過程			
No.	α	Weight (lb)	T/F
1	1.000000	2582.09	T
2	0.500000	2582.18	T
3	0.250000	2582.09	T
4	0.125000	2582.12	T
5	0.062500	2582.08	T
6	0.031250	2582.10	T
7	0.015625	2582.06	T
8	0.007813	2582.18	T
9	0.003906	2582.16	T
10	0.001953	2582.18	T
11	0.000977	2582.14	T

T：可行設計

F：非可行設計

表 5.3.2 例三，最佳斷面結構分析後節點位移

Joint displacement(in)		
Joint No.	X Translation	Y Translation
1	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.0000E+00	0.0000E+00
3	-8.4132E-02	-2.4567E-01
4	8.3294E-02	-2.4774E-01
5	-1.6733E-01	-6.6291E-01
6	1.6763E-01	-6.5310E-01
7	-2.5211E-01	-1.2008E+00
8	2.5072E-01	-1.2460E+00
9	-3.3575E-01	-1.9998E+00

表 5.3.3 例三，最佳斷面結構分析後桿件應力

Member Axial Stress	
Member No.	Axial Stress (ksi)
1	-24.988
2	-24.230
3	25.240
4	0.622
5	-25.301
6	-24.683
7	24.958
8	-2.943
9	-24.927
10	-19.189
11	25.435
12	13.569
13	-25.097
14	25.094
15	24.667
16	23.351
17	24.756

表 5.3.4 例三，最佳化斷面比較表

Area(in^2)	Khot and Berke[25]	Adeli and Kumar[23]	K.S and Geen[21]	This work
A_1	15.930	16.029	15.821	15.937
A_2	0.100	0.107	0.108	0.100
A_3	12.070	12.183	11.996	11.953
A_4	0.100	0.110	0.100	0.100
A_5	8.067	8.417	8.150	7.969
A_6	5.562	5.715	5.507	5.635
A_7	11.933	11.331	11.829	11.953
A_8	0.100	0.105	0.100	0.100
A_9	7.945	7.301	7.934	7.969
A_{10}	0.100	0.115	0.100	0.100
A_{11}	4.055	4.406	4.093	3.984
A_{12}	0.100	0.101	0.100	0.100
A_{13}	5.657	5.611	5.660	5.635
A_{14}	4.000	4.406	4.061	3.984
A_{15}	5.558	5.152	5.656	5.635
A_{16}	0.100	0.107	0.100	0.100
A_{17}	5.579	5.286	5.582	5.635
Weight (lb)	2581.89	2594.42	2580.81	2582.17

表 5.3.5 例三，第 1 次搜尋結果（α=1）

Step1		α=1						K=963.95		
No.	L_i	$A_i^{(0)}$	u_i	S_i	Δ_i	W_i	I_i	$\Delta_i'(K)$	$A_i^{(1)}$	$A_i^{(2)}$
1	100.00	8.0000	4.0000	399.9990	0.6667	214.399	0.0031	0.3334	15.9947	15.9371
2	141.42	0.0001	0.0000	0.0013	0.0000	0.004	0.0000	0.0000	0.1000	0.1000
3	100.00	6.0000	-3.0000	-300.0010	0.5000	160.801	0.0031	0.2501	11.9961	11.9529
4	100.00	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.003	0.0000	0.0000	0.1000	0.1000
5	100.00	4.0000	2.0000	200.0010	0.3333	107.201	0.0031	0.1667	7.9974	7.9686
6	141.42	2.8284	1.4142	141.4200	0.3333	107.199	0.0031	0.1667	5.6549	5.6346
7	100.00	6.0000	-3.0000	-299.9990	0.5000	160.799	0.0031	0.2501	11.9960	11.9528
8	100.00	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.003	0.0000	0.0000	0.1000	0.1000
9	100.00	4.0000	2.0000	199.9990	0.3333	107.199	0.0031	0.1667	7.9973	7.9685
10	141.42	0.0001	0.0000	0.0013	0.0000	0.004	0.0000	0.0000	0.1000	0.1000
11	100.00	2.0000	-1.0000	-100.0010	0.1667	53.601	0.0031	0.0834	3.9987	3.9843
12	100.00	0.0001	0.0000	-0.0009	0.0000	0.003	0.0000	0.0000	0.1000	0.1000
13	141.42	2.8284	1.4142	141.4210	0.3333	107.200	0.0031	0.1667	5.6550	5.6346
14	100.00	2.0000	-1.0000	-100.0000	0.1667	53.600	0.0031	0.0834	3.9987	3.9843
15	141.42	2.8284	-1.4142	-141.4200	0.3333	107.199	0.0031	0.1667	5.6549	5.6346
16	141.42	0.0001	0.0000	-0.0013	0.0000	0.004	0.0000	0.0000	0.1000	0.1000
17	141.42	2.8284	-1.4142	-141.4200	0.3333	107.199	0.0031	0.1667	5.6549	5.6346
					Δ =4.000 (↓)			2.000(↓)	1.993(↓)	2.000(↓)
Result	● 桿件皆滿足容許應力限制。位移皆滿足容許位移限制。總重量：2582.09 lb。									

表 5.4.1 例四，空間 72 根桿件桁架設計，斷面連結情形

Group number	Members
1	A_1-A_4
2	A_5-A_{12}
3	A_{13}-A_{16}
4	A_{17}-A_{18}
5	A_{19}-A_{22}
6	A_{23}-A_{30}
7	A_{31}-A_{34}
8	A_{35}-A_{36}
9	A_{37}-A_{40}
10	A_{41}-A_{48}
11	A_{49}-A_{52}
12	A_{53}-A_{54}
13	A_{55}-A_{58}
14	A_{59}-A_{66}
15	A_{67}-A_{70}
16	A_{71}-A_{72}

表 5.4.2 例四，空間 72 根桿件桁架，設計條件與限制

限制條件				
位移限制：$\triangle_j$，x與y方向，j=1…20 應力限制：-25 ksi$\leqq\sigma_{allow}\leqq$25 ksi，i=1…72 最小桿件面積限制：0.1in$^2\leqq A_i$，i=1…72				
受力情形				
No.	節點	x (kips)	y (kips)	z (kips)
1	17	5	5	-5
材料性質				
彈性係數：10^4 ksi 材料密度：0.1 lb/in^3				

表 5.4.3 例四，空間 72 根桿件桁架，桿件編號與節點編號之關係

No.	B-Node	E-Node	No.	B-Node	E-Node
1	1	5	37	9	13
2	2	6	38	10	14
3	3	7	39	11	15
4	4	8	40	12	16
5	2	5	41	10	13
6	1	6	42	9	14
7	2	7	43	10	15
8	3	6	44	11	14
9	3	8	45	11	16
10	4	7	46	12	15
11	1	8	47	9	16
12	4	5	48	12	13
13	5	6	49	13	14
14	6	7	50	14	15
15	7	8	51	15	16
16	5	8	52	13	16
17	5	7	53	13	15
18	6	8	54	14	16
19	5	9	55	13	17
20	6	10	56	14	18
21	7	11	57	15	19
22	8	12	58	16	20
23	6	9	59	14	17
24	5	10	60	13	18
25	6	11	61	14	19
26	7	10	62	15	18
27	7	12	63	15	20
28	8	11	64	16	19
29	5	12	65	13	20
30	8	9	66	16	17
31	9	10	67	17	18
32	10	11	68	18	19
33	11	12	69	19	20
34	9	12	70	17	20
35	9	11	71	17	19
36	10	12	72	18	20

表 5.4.4 例四，α=1 時之啟發式斷面修正

					K=	△real=	
	α=1				1278.04	0.2494	
		Δ_j	W_j	I_j	$\Delta_j'(K)$	$A_j^{(1)}$	$A_j^{(2)}$
No.	$A_j^{(0)} = \alpha \cdot A_F$	(4-11)	(4-11)	(4-11)	(4-12)	(4-13)	(4-14)
1	0.2923	0.3004	7.0162	0.0309	0.0341	1.8604	1.8561
2	0.0709	0.0000	7.6119	0.0395	0.0419	0.5086	0.5074
3	0.0001	0.0000	0.0048	0.0000	0.0000	0.1000	0.1000
4	0.0001	0.1385	0.0034	0.0000	0.0000	0.1000	0.1000
5	0.2130	0.3004	5.1125	0.0271	0.0232	1.2714	1.2685
6	0.0709	0.0001	7.6119	0.0395	0.0419	0.5086	0.5075
7	0.0001	0.0000	0.0048	0.0000	0.0001	0.1000	0.1000
8	0.0001	0.0394	0.0034	0.0000	0.0000	0.1000	0.1000
9	0.1177	0.3005	2.8241	0.0140	0.0091	0.5107	0.5095
10	0.0709	0.0001	7.6119	0.0395	0.0419	0.5087	0.5075
11	0.0001	0.0075	0.0048	0.0000	0.0001	0.1000	0.1000
12	0.0106	-0.0181	0.3584	0.0209	0.0014	0.1000	0.1000
13	0.1291	0.2741	3.0972	0.0000	-0.0181	0.1291	0.1288
14	0.0793	0.1124	8.5146	0.0322	0.0422	0.5150	0.5138
15	0.0687	0.1118	3.2981	0.0341	0.0168	0.4587	0.4576
16	0.0853	0.3004	2.8962	0.0386	0.0158	0.6053	0.6039

表 5.4.5 例四，黃金切割搜尋過程

No.	I	X_L	X_A	X_B	X_U
1	1	0	0.381966	0.618034	1
2	0.618034	0.381966	0.618034	0.763932	1.000000
3	0.381966	0.618034	0.763932	0.854102	1.000000
4	0.236068	0.618034	0.708204	0.763932	0.854102
5	0.145898	0.708204	0.763932	0.798374	0.854102
6	0.090170	0.708204	0.742646	0.763932	0.798374
7	0.055728	0.742646	0.763932	0.777088	0.798374
8	0.034442	0.742646	0.755801	0.763932	0.777088
9	0.021286	0.755801	0.763932	0.768957	0.777088
10	0.013156	0.763932	0.768957	0.772063	0.777088
11	0.008131	0.768957	0.772063	0.773982	0.777088

表 5.4.6 例四，最佳斷面經結構分析後節點位移

Joint displacement (in)			
Joint No.	X Translation	Y Translation	Z Translation
1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
3	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
4	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
5	4.928E-02	4.928E-02	1.744E-02
6	5.140E-02	4.036E-02	-5.538E-03
7	4.679E-02	4.679E-02	-2.280E-02
8	4.036E-02	5.140E-02	-5.538E-03
9	1.213E-01	1.213E-01	3.137E-02
10	1.047E-01	8.869E-02	-1.238E-02
11	9.966E-02	9.966E-02	-4.585E-02
12	8.869E-02	1.047E-01	-1.238E-02
13	1.629E-01	1.629E-01	2.619E-02
14	2.108E-01	1.468E-01	-2.729E-02
15	1.509E-01	1.509E-01	-7.593E-02
16	1.468E-01	2.108E-01	-2.729E-02
17	2.500E-01	2.500E-01	-1.194E-01
18	2.166E-01	2.047E-01	-2.615E-02
19	2.167E-01	2.167E-01	-1.192E-01
20	2.047E-01	2.166E-01	-2.615E-02

表 5.4.7 例四，最佳斷面經結構分析後桿件應力

No.	Stress(ksi)	No.	Stress(ksi)
1	2.906	37	-0.862
2	-0.923	38	-2.486
3	-3.799	39	-5.012
4	-0.923	40	-2.486
5	-2.704	41	-2.594
6	3.242	42	4.012
7	2.359	43	2.027
8	-2.875	44	-2.525
9	-2.875	45	-2.525
10	2.359	46	2.027
11	3.242	47	4.012
12	-2.704	48	-2.594
13	0.176	49	3.993
14	0.536	50	0.338
15	0.536	51	0.338
16	0.176	52	3.993
17	-0.208	53	-0.998
18	0.920	54	5.328
19	2.322	55	-24.262
20	-1.140	56	0.191
21	-3.843	57	-7.209
22	-1.140	58	0.191
23	-3.427	59	-5.687
24	2.698	60	1.842
25	2.610	61	1.593
26	-2.446	62	-1.926
27	-2.446	63	-1.926
28	2.610	64	1.593
29	2.698	65	1.842
30	-3.427	66	-5.687
31	-1.383	67	-2.781
32	0.914	68	1.000
33	0.914	69	1.000
34	-1.383	70	-2.781
35	-1.798	71	-2.780

表 5.5.1 例五，空間 72 根桿件桁架，受力情形

Loading data				
case number	Joint number	x (kips)	y (kips)	z (kips)
1	17	5	5	-5
2	17	0	0	-5
	18	0	0	-5
	19	0	0	-5
	20	0	0	-5

表 5.5.2 例五，FSD 設計斷面經結構分析後節點位移(載重一)

Joint displacement (in)			
Joint No.	X Translation	Y Translation	Z Translation
1	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
3	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
4	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
5	3.3921E-01	3.3921E-01	9.7628E-02
6	3.8755E-01	2.5708E-01	-2.6498E-02
7	3.1094E-01	3.1094E-01	-1.5000E-01
8	2.5708E-01	3.8755E-01	-2.6498E-02
9	8.5678E-01	8.5678E-01	1.6281E-01
10	7.0362E-01	5.9669E-01	-5.0513E-02
11	6.6386E-01	6.6386E-01	-2.9996E-01
12	5.9669E-01	7.0362E-01	-5.0513E-02
13	1.0877E+00	1.0877E+00	1.3730E-01
14	1.3480E+00	1.0490E+00	-6.9459E-02
15	1.0035E+00	1.0035E+00	-3.9267E-01
16	1.0490E+00	1.3480E+00	-6.9459E-02
17	1.7765E+00	1.7765E+00	3.6284E-02
18	1.4769E+00	1.3879E+00	-7.3394E-02
19	1.4767E+00	1.4767E+00	-4.2591E-01
20	1.3879E+00	1.4769E+00	-7.3394E-02

表 5.5.3 例五，FSD 設計斷面經結構分析後節點位移(載重二)

Joint displacement (in)			
Joint No.	X Translation	Y Translation	Z Translation
1	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
3	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
4	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
5	-5.3322E-02	-5.3322E-02	-1.0132E-01
6	5.3322E-02	-5.3322E-02	-1.0132E-01
7	5.3322E-02	5.3322E-02	-1.0132E-01
8	-5.3322E-02	5.3322E-02	-1.0132E-01
9	-1.2862E-02	-1.2862E-02	-2.3972E-01
10	1.2862E-02	-1.2862E-02	-2.3972E-01
11	1.2862E-02	1.2862E-02	-2.3972E-01
12	-1.2862E-02	1.2862E-02	-2.3972E-01
13	-6.5068E-02	-6.5068E-02	-3.8972E-01
14	6.5068E-02	-6.5068E-02	-3.8972E-01
15	6.5068E-02	6.5068E-02	-3.8972E-01
16	-6.5068E-02	6.5068E-02	-3.8972E-01
17	-1.6372E-03	-1.6372E-03	-5.3969E-01
18	1.6372E-03	-1.6372E-03	-5.3969E-01
19	1.6372E-03	1.6372E-03	-5.3969E-01
20	-1.6372E-03	1.6372E-03	-5.3969E-01

表 5.5.4 例五，第一次啟發式斷面修正（α=1）

α=1					K= 1341.21	△real= 0.2475	
No.	$A_j^{(0)} = \alpha \cdot A_F$	Δ_j (4-11)	W_j (4-11)	I_j (4-15)	$\Delta_j'(K)$ (4-12)	$A_j^{(1)}$ (4-13)	$A_j^{(2)}$ (4-14)
1	0.2968	0.2142	7.1220	0.0301	0.0333	1.9080	1.8889
2	0.0716	0.2977	7.6860	0.0387	0.0409	0.5210	0.5158
3	0.0001	0.0000	0.0048	0.0000	0.0000	0.1000	0.1000
4	0.0001	0.0000	0.0034	0.0000	0.0000	0.1000	0.1000
5	0.2162	0.1353	5.1890	0.0261	0.0226	1.2969	1.2839
6	0.0716	0.2977	7.6860	0.0387	0.0409	0.5211	0.5158
7	0.0001	0.0000	0.0048	0.0000	0.0000	0.1000	0.1000
8	0.0001	0.0000	0.0034	0.0000	0.0000	0.1000	0.1000
9	0.2005	0.0236	4.8120	0.0049	0.0086	0.5519	0.5463
10	0.0716	0.2978	7.6860	0.0387	0.0409	0.5211	0.5159
11	0.0001	0.0001	0.0048	0.0000	0.0001	0.1000	0.1000
12	0.0030	0.0024	0.1015	0.0241	0.0004	0.1000	0.1000
13	0.1986	-0.0112	4.7659	0.0000	-0.0112	0.1986	0.1966
14	0.0740	0.2899	7.9393	0.0365	0.0410	0.5229	0.5177
15	0.0693	0.1134	3.3259	0.0341	0.0166	0.4737	0.4689
16	0.0913	0.1156	3.0985	0.0373	0.0162	0.6521	0.6456

表 5.5.5 例五，啟發式最佳化設計搜尋點與其相對重量

搜尋過程			
No.	α	W (lb)	T/F
1	1.000000	384.647	T
2	0.500000	370.368	F
3	0.750000	379.062	F
4	0.875000	382.123	T
5	0.812500	380.671	T
6	0.781250	379.887	F
7	0.796875	380.278	F
8	0.804688	380.469	T
9	0.800781	380.374	T
10	0.798828	380.333	T
11	0.797852	380.306	F
12	0.798340	380.320	F
13	0.798584	380.326	T

T：可行設計

F：非可行設計

表 5.5.6 例五，最佳斷面經結構分析後節點位移

	Load 1			Load 2		
Joint No.	X Translation	Y Translation	Z Translation	X Translation	Y Translation	Z Translation
1	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
3	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
4	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
5	4.8481E-02	4.8481E-02	1.6659E-02	-6.4959E-03	-6.4959E-03	-1.5884E-02
6	4.9582E-02	3.9472E-02	-4.9685E-03	6.4959E-03	-6.4959E-03	-1.5884E-02
7	4.5921E-02	4.5921E-02	-2.2704E-02	6.4959E-03	6.4959E-03	-1.5884E-02
8	3.9472E-02	4.9582E-02	-4.9685E-03	-6.4959E-03	6.4959E-03	-1.5884E-02
9	1.1621E-01	1.1621E-01	2.9593E-02	-3.6625E-04	-3.6625E-04	-3.8824E-02
10	1.0271E-01	8.7549E-02	-1.1116E-02	3.6625E-04	-3.6625E-04	-3.8824E-02
11	9.8232E-02	9.8232E-02	-4.5997E-02	3.6625E-04	3.6625E-04	-3.8824E-02
12	8.7549E-02	1.0271E-01	-1.1116E-02	-3.6625E-04	3.6625E-04	-3.8824E-02
13	1.5988E-01	1.5988E-01	2.4036E-02	-3.2884E-02	-3.2884E-02	-9.6792E-02
14	1.9921E-01	1.4722E-01	-2.3396E-02	3.2884E-02	-3.2884E-02	-9.6792E-02
15	1.4976E-01	1.4976E-01	-7.5557E-02	3.2884E-02	3.2884E-02	-9.6792E-02
16	1.4722E-01	1.9921E-01	-2.3396E-02	-3.2884E-02	3.2884E-02	-9.6792E-02
17	2.4992E-01	2.4992E-01	-7.6244E-02	-6.9699E-03	-6.9699E-03	-2.4619E-01
18	2.1493E-01	2.0392E-01	-2.4595E-02	6.9699E-03	-6.9699E-03	-2.4619E-01
19	2.1584E-01	2.1584E-01	-1.0682E-01	6.9699E-03	6.9699E-03	-2.4619E-01
20	2.0392E-01	2.1493E-01	-2.4595E-02	-6.9699E-03	6.9699E-03	-2.4619E-01

表 5.5.7 例五，最佳斷面經結構分析後桿件應力

No.	Load 1	Load 2	No.	Load 1	Load 2
1	2.7764	-2.6474	37	-0.9262	-9.6615
2	-0.8281	-2.6474	38	-2.0468	-9.6615
3	-3.7840	-2.6474	39	-4.9266	-9.6615
4	-0.8281	-2.6474	40	-2.0468	-9.6615
5	-2.6768	-0.0964	41	-2.6391	0.2844
6	3.1399	-0.0964	42	3.7670	0.2844
7	2.3046	-0.0964	43	1.9995	0.2844
8	-2.7971	-0.0964	44	-2.5127	0.2844
9	-2.7971	-0.0964	45	-2.5127	0.2844
10	2.3046	-0.0964	46	1.9995	0.2844
11	3.1399	-0.0964	47	3.7670	0.2844
12	-2.6768	-0.0964	48	-2.6391	0.2844
13	0.0918	1.0827	49	3.2782	5.4807
14	0.5374	1.0827	50	0.2117	5.4807
15	0.5374	1.0827	51	0.2117	5.4807
16	0.0918	1.0827	52	3.2782	5.4807
17	-0.2134	1.0827	53	-0.8428	5.4807
18	0.8425	1.0827	54	4.3326	5.4807
19	2.1558	-3.8232	55	-16.7134	-24.8996
20	-1.0245	-3.8232	56	-0.1998	-24.8996
21	-3.8822	-3.8232	57	-5.2098	-24.8996
22	-1.0245	-3.8232	58	-0.1998	-24.8996
23	-3.2900	-0.3072	59	-5.1418	-2.3230
24	2.6897	-0.3072	60	2.0494	-2.3230
25	2.5497	-0.3072	61	1.7940	-2.3230
26	-2.3890	-0.3072	62	-1.9118	-2.3230
27	-2.3890	-0.3072	63	-1.9118	-2.3230
28	2.5497	-0.3072	64	1.7940	-2.3230
29	2.6897	-0.3072	65	2.0494	-2.3230
30	-3.2900	-0.3072	66	-5.1418	-2.3230
31	-1.1250	0.0610	67	-2.9154	1.1617
32	0.8902	0.0610	68	0.9934	1.1617
33	0.8902	0.0610	69	0.9934	1.1617
34	-1.1250	0.0610	70	-2.9154	1.1617
35	-1.4985	0.0610	71	-2.8396	1.1617
36	1.2636	0.0610	72	0.9177	1.1617

※Note: Stresses are in kips

表 5.5.8 例五，最佳化斷面比較表

No		Optimal cross-sectional areas (in^2)												
		Schmit and Farshi[18]	Schmit and Miura[19]		Ven-Kayya [15]	Gellatly and Berke [16]	Khan and Willmert[22]		Adeli and Kamal [24]	Berke and Khot [23]	Erbatur et al.[27]		K.S and Geen [21]	This work
			NEWSUMT	CONMIN			η=0.1	η=0.15			GAOS1	GAOS2		
1	$A_1 \sim A_4$	2.078	1.885	1.885	1.818	1.464	1.793	1.859	2.206	1.893	1.755	1.910	1.790	1.872
2	$A_5 \sim A_{12}$	0.503	0.513	0.512	0.524	0.521	0.522	0.526	0.533	0.517	0.505	0.525	0.521	0.512
3	$A_{13} \sim A_{16}$	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.105	0.122	0.100	0.100
4	$A_{17} \sim A_{18}$	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.155	0.103	0.100	0.100
5	$A_{19} \sim A_{22}$	1.107	1.267	1.268	1.246	1.024	1.208	1.253	1.157	1.279	1.155	1.310	1.229	1.271
6	$A_{23} \sim A_{30}$	0.579	0.512	0.511	0.524	0.542	0.521	0.524	0.569	0.515	0.585	0.498	0.522	0.512
7	$A_{31} \sim A_{34}$	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.110	0.100	0.100
8	$A_{35} \sim A_{36}$	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.103	0.100	0.100
9	$A_{37} \sim A_{40}$	0.264	0.523	0.523	0.611	0.552	0.623	0.581	0.514	0.508	0.460	0.535	0.517	0.531
10	$A_{41} \sim A_{48}$	0.548	0.517	0.516	0.532	0.608	0.523	0.527	0.479	0.520	0.530	0.535	0.504	0.512
11	$A_{49} \sim A_{52}$	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.120	0.103	0.100	0.100
12	$A_{53} \sim A_{54}$	0.151	0.100	0.113	0.100	0.100	0.196	0.158	0.100	0.100	0.165	0.111	0.101	0.100
13	$A_{55} \sim A_{58}$	0.158	0.157	0.156	0.161	0.149	0.149	0.152	0.158	0.157	0.155	0.161	0.156	0.158
14	$A_{59} \sim A_{66}$	0.594	0.546	0.548	0.557	0.773	0.570	0.561	0.550	0.539	0.535	0.544	0.547	0.513
15	$A_{67} \sim A_{70}$	0.341	0.411	0.411	0.377	0.453	0.443	0.438	0.345	0.416	0.480	0.379	0.442	0.465
16	$A_{71} \sim A_{72}$	0.608	0.570	0.561	0.506	0.342	0.519	0.532	0.498	0.551	0.520	0.521	0.590	0.640
Weight (lb)		388.63	379.64	379.79	381.2	395.97	381.72	387.67	379.31	379.67	385.76	383.12	379.27	380.5

表 5.6.1 例六，啟發式最佳化設計搜尋點與其相對重量

搜尋過程			
No.	α	W (lb)	T/F
1	1.000000	366.890	T
2	0.500000	351.887	F
3	0.750000	361.201	F
4	0.875000	364.318	F
5	0.937500	365.656	T
6	0.906250	365.005	T
7	0.890625	364.673	F
8	0.898438	364.833	T
9	0.894531	364.754	F
10	0.896484	364.801	F
11	0.897461	364.810	F

T：可行設計

F：非可行設計

表 5.6.2 例六，最佳斷面經結構分析後節點位移

	Load 1			Load 2		
Joint No.	X Translation	Y Translation	Z Translation	X Translation	Y Translation	Z Translation
1	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
2	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
3	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
4	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
5	4.6463E-02	4.6463E-02	1.6333E-02	-1.6107E-02	-1.6107E-02	-1.6539E-02
6	5.8811E-02	3.3185E-02	-5.6763E-03	1.6107E-02	-1.6107E-02	-1.6539E-02
7	4.1956E-02	4.1956E-02	-2.1987E-02	1.6107E-02	1.6107E-02	-1.6539E-02
8	3.3185E-02	5.8811E-02	-5.6763E-03	-1.6107E-02	1.6107E-02	-1.6539E-02
9	1.3313E-01	1.3313E-01	2.9374E-02	1.4491E-02	1.4491E-02	-3.8401E-02
10	9.8202E-02	7.8540E-02	-1.1045E-02	-1.4491E-02	1.4491E-02	-3.8401E-02
11	8.8346E-02	8.8346E-02	-4.5399E-02	-1.4491E-02	-1.4491E-02	-3.8401E-02
12	7.8540E-02	9.8202E-02	-1.1045E-02	1.4491E-02	-1.4491E-02	-3.8401E-02
13	1.5167E-01	1.5167E-01	2.0928E-02	-5.4476E-02	-5.4476E-02	-9.7081E-02
14	2.1710E-01	1.3506E-01	-2.1400E-02	5.4476E-02	-5.4476E-02	-9.7081E-02
15	1.4201E-01	1.4201E-01	-7.7043E-02	5.4476E-02	5.4476E-02	-9.7081E-02
16	1.3506E-01	2.1710E-01	-2.1400E-02	-5.4476E-02	5.4476E-02	-9.7081E-02
17	2.4995E-01	2.4995E-01	-8.1201E-02	-3.4134E-03	-3.4134E-03	-2.4691E-01
18	2.1022E-01	1.9859E-01	-2.4357E-02	3.4134E-03	-3.4134E-03	-2.4691E-01
19	2.1120E-01	2.1120E-01	-1.1017E-01	3.4134E-03	3.4134E-03	-2.4691E-01
20	1.9859E-01	2.1022E-01	-2.4357E-02	-3.4134E-03	3.4134E-03	-2.4691E-01

※Note: Displacements are in inch

表 5.6.3 例六，最佳斷面經結構分析後桿件應力

No.	Load 1	Load 2	No.	Load 1	Load 2
1	2.7222	-2.7566	37	-1.4076	-9.7799
2	-0.9460	-2.7566	38	-1.7260	-9.7799
3	-3.6646	-2.7566	39	-5.2740	-9.7799
4	-0.9460	-2.7566	40	-1.7260	-9.7799
5	-2.5531	0.5225	41	-2.4990	0.7097
6	3.7316	0.5225	42	3.9055	0.7097
7	2.0642	0.5225	43	2.0317	0.7097
8	-2.4015	0.5225	44	-2.3142	0.7097
9	-2.4015	0.5225	45	-2.3142	0.7097
10	2.0642	0.5225	46	2.0317	0.7097
11	3.7316	0.5225	47	3.9055	0.7097
12	-2.5531	0.5225	48	-2.4990	0.7097
13	1.0291	2.6845	49	5.4520	9.0793
14	0.7309	2.6845	50	0.5797	9.0793
15	0.7309	2.6845	51	0.5797	9.0793
16	1.0291	2.6845	52	5.4520	9.0793
17	-0.3756	2.6845	53	-0.8049	9.0793
18	2.1356	2.6845	54	6.8366	9.0793
19	2.1735	-3.6436	55	-17.0216	-24.9721
20	-0.8947	-3.6436	56	-0.4927	-24.9721
21	-3.9020	-3.6436	57	-5.5215	-24.9721
22	-0.8947	-3.6436	58	-0.4927	-24.9721
23	-3.7861	-0.6210	59	-4.1833	-1.1352
24	2.5367	-0.6210	60	2.3934	-1.1352
25	2.3533	-0.6210	61	2.1169	-1.1352
26	-2.0742	-0.6210	62	-2.0156	-1.1352
27	-2.0742	-0.6210	63	-2.0156	-1.1352
28	2.3533	-0.6210	64	2.1169	-1.1352
29	2.5367	-0.6210	65	2.3934	-1.1352
30	-3.7861	-0.6210	66	-4.1833	-1.1352
31	-2.9106	-2.4152	67	-3.3108	0.5689
32	0.8172	-2.4152	68	1.0505	0.5689
33	0.8172	-2.4152	69	1.0505	0.5689
34	-2.9106	-2.4152	70	-3.3108	0.5689
35	-3.7319	-2.4152	71	-3.2291	0.5689
36	1.6385	-2.4152	72	0.9687	0.5689

※Note: Stresses are in ksi

表 5.6.4 例六，最佳化斷面比較表。

No.		Optimal cross-sectional (in^2)				
		Sarma and Adeli[12]		Adeli and Park[25]	K.S and Geen[21]	This work
		Simple GA	Fuzzy GA			
1	$A_1 \sim A_4$	2.141	1.732	2.755	1.963	1.902
2	$A_5 \sim A_{12}$	0.510	0.522	0.510	0.481	0.520
3	$A_{13} \sim A_{16}$	0.054	0.010	0.010	0.010	0.010
4	$A_{17} \sim A_{18}$	0.010	0.013	0.010	0.011	0.010
5	$A_{19} \sim A_{22}$	1.489	1.345	1.370	1.233	1.293
6	$A_{23} \sim A_{30}$	0.551	0.551	0.507	0.506	0.520
7	$A_{31} \sim A_{34}$	0.057	0.010	0.010	0.011	0.010
8	$A_{35} \sim A_{36}$	0.013	0.013	0.010	0.012	0.010
9	$A_{37} \sim A_{40}$	0.565	0.492	0.481	0.538	0.545
10	$A_{41} \sim A_{48}$	0.527	0.545	0.508	0.533	0.520
11	$A_{49} \sim A_{52}$	0.010	0.066	0.010	0.010	0.010
12	$A_{53} \sim A_{54}$	0.066	0.013	0.064	0.167	0.017
13	$A_{55} \sim A_{58}$	0.174	0.178	0.215	0.161	0.179
14	$A_{59} \sim A_{66}$	0.425	0.524	0.518	0.542	0.522
15	$A_{67} \sim A_{70}$	0.437	0.396	0.419	0.478	0.472
16	$A_{71} \sim A_{72}$	0.641	0.595	0.504	0.551	0.650
Weight (lb)		372.474	364.486	376.501	364.38	364.93

表 5.7.1 例七，空間 22 根桿件桁架，桿件編號與節點編號之關係

No.	B-Node	E-Node	No.	B-Node	E-Node
1	1	5	12	6	4
2	2	6	13	1	7
3	3	7	14	2	8
4	4	8	15	2	5
5	1	3	16	1	6
6	2	4	17	4	7
7	1	2	18	3	8
8	3	4	19	4	5
9	1	4	20	3	6
10	2	3	21	2	7
11	5	3	22	1	8

表 5.7.2 例七，空間 22 根桿件桁架，斷面連結情形

Group number	Members
1	A_1-A_4
2	A_5-A_6
3	A_7-A_8
4	A_9-A_{10}
5	A_{11}-A_{14}
6	A_{15}-A_{18}
7	A_{19}-A_{22}

表 5.7.3 例七，空間 22 根桿件桁架，桿件應力限制

Members	Compressive stress Limitations (ksi)	Tensile stress Limitations (ksi)
A_1-A_4	24.0	36.0
A_5-A_6	30.0	36.0
A_7-A_8	28.0	36.0
A_9-A_{10}	26.0	36.0
A_{11}-A_{14}	22.0	36.0
A_{15}-A_{18}	20.0	36.0
A_{19}-A_{22}	18.0	36.0

表 5.7.4 例七，空間 22 根桿件桁架，受力情形

	Condition 1			Condition 2			Condition 3		
Node	P_X	P_Y	P_Z	P_X	P_Y	P_Z	P_X	P_Y	P_Z
1	-20.0	0.0	-5.0	-20.0	-5.0	0.0	-20.0	0.0	-35.0
2	-20.0	0.0	-5.0	-20.0	-50.0	0.0	-20.0	0.0	0.0
3	-20.0	0.0	-30.0	-20.0	-5.0	0.0	-20.0	0.0	0.0
4	-20.0	0.0	-30.0	-20.0	-50.0	0.0	-20.0	0.0	-35.0

※Note: loads are in kips

表 5.7.5 例七，啟發式最佳化設計搜尋點與其相對重量

搜尋過程			
No.	α	W (lb)	T/F
1	1.000000	990.11392	T
2	1.235000	1066.0393	T
3	1.117500	1032.1465	T
4	1.058750	1012.2844	F
5	1.088125	1022.3741	F
6	1.102813	1027.2375	T
7	1.095469	1024.8148	F
8	1.099141	1026.0217	F
9	1.100977	1026.6503	T
10	1.100059	1026.3339	T

T：可行設計

F：非可行設計

表 5.7.6 例七，最佳斷面經結構分析後節點位移

Node	Load 1			Load 2			Load 3		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.2356	-0.0002	-1.9163	-0.3008	-1.3129	0.0276	-0.1497	0.5296	1.1757
2	0.2356	0.0002	-1.9163	0.2294	-1.6486	0.0224	0.0036	0.5571	-1.0632
3	-0.3787	-0.0358	-2.0000	-0.3008	-1.3129	-0.0276	0.0036	-0.5571	1.0632
4	-0.3787	0.0358	-2.0000	0.2294	-1.6486	-0.0224	-0.1497	-0.5296	-1.1757
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

※Note: Displacements are in inch

表 5.7.7 例六，最佳斷面經結構分析後桿件應力

No.	Load 1	Load 2	Load 3	Stress Limite
1	9.817	-12.532	-6.236	-24～36
2	9.817	9.557	0.151	
3	-15.779	-12.532	0.151	
4	-15.779	9.557	-6.236	
5	10.468	6.899	14.065	-30～36
6	10.468	5.591	14.065	
7	0.027	-27.980	2.290	-28～36
8	5.967	-27.980	2.290	
9	5.296	-17.449	29.326	-26～36
10	5.296	-17.449	-17.499	
11	10.800	-10.934	-13.154	-22～36
12	10.800	8.881	9.084	
13	-15.119	-10.934	9.084	
14	-15.119	8.881	-13.154	
15	7.856	-19.832	9.406	-20～36
16	7.856	11.855	-13.816	
17	-12.027	-19.832	-13.816	
18	-12.027	11.855	9.406	
19	9.364	-17.985	-0.692	-18～36
20	9.364	11.169	-2.210	
21	-12.339	-17.985	-2.210	
22	-12.339	11.169	-0.692	

※Note: Stresses are in ksi

表 5.7.8 例七，最佳化斷面比較表。

No.		Optimal cross-sectional (in^2)			
		Sheu and Schmit[28]	Khan and Willmert[22]	K.S and Geen[21]	This work
1	A_1-A_4	2.629	2.563	2.588	2.580
2	A_5-A_6	1.162	1.553	1.083	1.301
3	A_7-A_8	0.343	0.281	0.363	0.278
4	A_9-A_{10}	0.423	0.512	0.422	0.552
5	A_{11}-A_{14}	2.782	2.626	2.827	2.820
6	A_{15}-A_{18}	2.173	2.131	2.055	2.191
7	A_{19}-A_{22}	1.952	2.213	2.044	1.917
Weight (lb)		1024.80	1034.74	1022.23	1026.32

表 5.8.1 例八，黃金切割搜尋過程

No.	I	X_L	X_A	X_B	X_U
1	1.000000	0.000000	0.381966	0.618034	1.000000
2	0.618034	0.381966	0.618034	0.763932	1.000000
3	0.381966	0.618034	0.763932	0.854102	1.000000
4	0.236068	0.763932	0.854102	0.909830	1.000000
5	0.145898	0.854102	0.909830	0.944272	1.000000
6	0.090170	0.909830	0.944272	0.965558	1.000000
7	0.055728	0.909830	0.931116	0.944272	0.965558
8	0.034442	0.931116	0.944272	0.952403	0.965558
9	0.021286	0.931116	0.939247	0.944272	0.952403
10	0.013156	0.939247	0.944272	0.947378	0.952403
11	0.008131	0.939247	0.942353	0.944272	0.947378

表 5.8.2 例八，最佳斷面經結構分析後節點位移

Node	X Translation (in)	Y Translation (in)	Z Translation (in)
1	0.2367	0.0053	-1.9016
2	0.2367	-0.0053	-1.9016
3	-0.3754	0.0048	-1.9994
4	-0.3754	-0.0048	-1.9994
5	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000

表 5.8.3 例八，最佳斷面經結構分析後桿件應力

No.	Stress (ksi)	Stress Limite (ksi)
1	9.864	-24～36
2	9.864	
3	-15.643	
4	-15.643	
5	12.224	-30～36
6	12.224	
7	-0.888	-28～36
8	-0.799	
9	3.177	-26～36
10	3.177	
11	10.914	-22～36
12	10.914	
13	-14.892	
14	-14.892	
15	7.803	-20～36
16	7.803	
17	-12.594	
18	-12.594	
19	8.836	-18～36
20	8.836	
21	-12.239	
22	-12.239	

表 5.8.4 例八，遺傳演算法參數與條件設定

族群數(population)	50
演化世代(generations)	2000
設計變數	7
設計變數範圍	0.1～4.3
突變率	0.08
ψ懲罰因子	1
α違反限制常數指數因子	1

表 5.9.1 例九，空間 25 根桿件桁架，桿件編號與節點編號之關係表

No.	B-Node	E-Node
1	1	2
2	1	4
3	2	3
4	1	5
5	2	6
6	2	5
7	2	4
8	1	3
9	1	6
10	3	6
11	4	5
12	3	4
13	5	6
14	3	10
15	6	7
16	4	9
17	5	8
18	3	8
19	4	7
20	6	9
21	5	10
22	3	7
23	4	8
24	5	9
25	6	10

表 5.9.2 例九，空間 25 根桿件桁架，斷面連結情形

Group number	Members
1	A_1
2	A_2-A_5
3	A_6-A_9
4	A_{10}-A_{11}
5	A_{12}-A_{13}
6	A_{14}-A_{17}
7	A_{18}-A_{21}
8	A_{22}-A_{25}

表 5.9.3 例九，空間 25 根桿件桁架，設計條件

限制條件				
位移限制：△j，x 與 y 方向，j=1,2				
應力限制：-40 ksi≦σ_{allow}≦40 ksi，i=1…25				
最小桿件面積限制：0.1in^2≦A_i，i=1…25				
受力情形				
No.	節點	x (kips)	y (kips)	z (kips)
1	1	1	-10	-10
	2	0	-10	-10
	3	0.5	0	0
	6	0.6	0	0
材料性質				
彈性係數：10^4 ksi 材料密度：0.1 lb/in^3				

表 5.9.4 例九，啟發式設計過程搜尋點與其相對重量

搜尋過程			
No.	α	Weight (lb)	T/F
1	1.000000	470.360	T
2	0.500000	470.344	T
3	0.250000	470.366	T
4	0.125000	470.369	T
5	0.062500	470.363	T
6	0.031250	470.365	T
7	0.015625	470.358	T
8	0.007813	470.364	T
9	0.003906	470.353	T
10	0.001953	470.359	T
11	0.000977	470.349	T

T：可行設計

F：非可行設計

表 5.9.5 例九，最佳斷面經結構分析後節點位移

Node	X Translation (in)	Y Translation (in)	Z Translation (in)
1	0.0279	-0.3500	-0.0546
2	0.0284	-0.3422	-0.0426
3	0.0067	0.0229	0.0563
4	0.0239	0.0213	0.0670
5	0.0002	0.0371	-0.1223
6	0.0414	0.0354	-0.1390
7	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000
9	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000	0.0000

表 5.9.6 例九，最佳斷面經結構分析後桿件應力

No.	Stress (ksi)	No.	Stress (ksi)	No.	Stress (ksi)
1	0.064	11	-2.105	21	-3.011
2	0.861	12	2.295	22	2.589
3	3.192	13	-5.485	23	2.177
4	-5.766	14	2.801	24	-5.570
5	-3.223	15	-4.933	25	-5.112
6	-5.483	16	2.482		
7	2.344	17	-5.286		
8	2.544	18	0.998		
9	-5.265	19	2.638		
10	-1.667	20	-5.295		

表 5.9.7 例九，遺傳演算法參數與條件設定

族群數(population)	50
演化世代(generations)	1000
設計變數	8
設計變數範圍	0.1～4
突變率	0.08
ψ懲罰因子	5
α違反限制常數指數因子	1

表 5.10.1 案例設計所需搜尋次數

	例一	例二	例三	例四	例五	例六	例七	例八	例九
搜尋次數	13	14	11	11	13	11	10	11	11

表 5.10.2 案例設計所需結構分析次數

	例一	例二	例三	例四	例五	例六	例七	例八	例九
FSD 階段	40	30	58	21	22*2+21 = 65	22*2+21 = 65	31*3+53 = 146	53	28
搜尋階段	13	14	11	11	13	11	10	11	11
總共次數	53	44	69	32	78	76	156	64	39

表 5.10.3 最佳設計重量比較

	文獻或參考模型重量 (lb)	本文重量 (lb)	相對誤差
例一	5057.88 [21]	5079.97	0.437%
例二	4668.81 [21]	4711.52	0.915%
例三	2580.81 [21]	2582.17	0.053%
例四	379.07 [21]	370.12	2.319%
例五	379.27 [26]	380.33	0.279%
例六	364.33 [21]	364.93	0.165%
例七	1022.23 [21]	1026.30	0.398%
例八	861.82 [R]	861.72	0.012%
例九	468.76 [R]	470.33	0.335%

※R：Reference Model