

II-33 立体ラーメンに關する二,三の問題

(特に,非対称荷重,温度変化,支変位に対する平面解との比較)

信州大学工学部 正員 吉田俊彌

立体ラーメンの設計計算を行う場合に,そのまま立体的に取扱うのはやっかいなので,通常これを適当に分解し,それぞれの平面ラーメンについて部材力の算定がなされている。

立体ラーメンを,節点の移動を生じない型のもものと移動を生じる型のものに大別すると,前者においては余程不つりあいに剛比の異なる部材が存在しない限り実用上平面解法で充分であるが,後者では解法の相違(平面解法と立体解法)による部材力の相違がかなり甚だしい場合があることが認められた。ここでは,この場合の二,三の計算例について述べる。

(I)非対称荷重を受ける場合

立体ラーメンの一つの解法として既に発表した³次元に拡張したたわみ角法によれば,図-1に示すラーメンは3次元連立方程式を解くことにより部材力や支反力が求まる。

計算結果のうちで,平面解と比較するのに必要な値のみを拙記すれば表-2の如くである。図-3はモーメント図を示す。たとえば,部材FIのZ軸周りの端モーメントの誤差は584%,36.4%で,かなりの高率を示している。

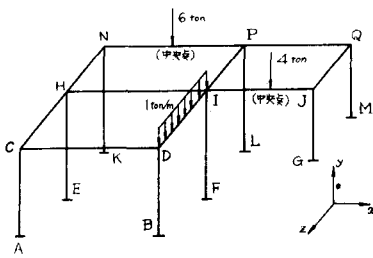


図-1

表-2 端モーメント(ton-m),支反力(t),立体解法との誤差(%)

(a) 2行ラーメン

部材	EH	FI	GJ	HI	IJ					
たわみ	E	F	I	G	J					
M	+0.107	-0.162	+0.971	+1.635	-0.472	-1.272	+0.162	+0.816	-2.091	+3.772
M _x	+0.010	-0.023	+0.613	+1.191	-0.649	-1.386	+0.613	+0.903	-2.500	+5.578
(M-M _x)/M _x	(+0.000)	(+0.666)	+5.844	+36.4	-36.9	-8.2	-61.3	-4.1	-0.4	-19.4
H _x	-0.009	+0.432	-0.626							
H _x	-0.002	+0.300	-0.516							
(H-H _x)/H _x	(+35.0)	+33.3	-17.5							
V	-0.227	+5.238	+1.787							
V _x	-0.164	+5.208	+1.875							
(V-V _x)/V _x	(-10.4)	+0.6	-4.2							

* この値は2行ラーメンの部材FIのZ軸周りの端モーメントの誤差を示す。

(b) 3行ラーメン

部材	KN	LP	MQ	NP	PQ					
計算	K	N	L	P	M	Q	N	P	Q	
M	+1.500	+3.445	-1.861	-3.257	-0.737	-0.339	-3.445	+5.173	-1.915	-0.340
M _x	+1.680	+3.370	-1.537	-2.870	+0.013	+0.381	-3.760	+5.120	-1.782	-0.577
(M-M _x)/M _x	-5.1	+2.8	+21.1	+13.5	-12.2	-7.8	+1.0	-1.9	-4.1	(%)
H	+0.828	-0.753	+0.026							
H _x	+0.825	-0.735	+0.100							
(H-H _x)/H _x	+0.4	+16.1	-76.0							(%)
V	+3.214	-2.733	-0.376							
V _x	+2.840	+3.344	-0.450							
(V-V _x)/V _x	+13.2	-12.9	-16.4							(%)

(C) 2行ラーメン

部材	BD			FI			LP			DI			IP		
たわみ	B	D	F	I	L	P	D	I	L	P	D	I	L	P	
M	+0.413	+0.024	-0.672	-1.141	-0.073	+0.143	-1.024	+1.912	-0.772	-0.142					
M _x	+0.426	+0.784	-0.262	-0.787	-0.016	+0.132	-1.114	+1.931	-0.726	-0.177					
(M-M _x)/M _x	-3.1	+4.1	+12.8	+15.6	+2.25	+7.5	-8.1	-1.0	+6.3	-25.4				(%)	
H	-0.287	+0.302	-0.015												
H _x	-0.282	+0.258	-0.019												
(H-H _x)/H _x	+1.8	+17.1	-21.1											(%)	
V	+2.437	+5.232	+2.730												
V _x	+2.340	+5.208	+2.386												
(V-V _x)/V _x	+0.8	+0.6	-2.9											(%)	

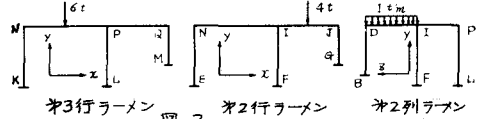
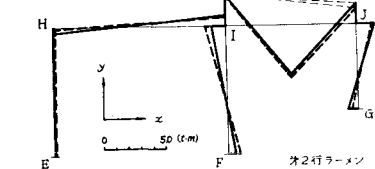


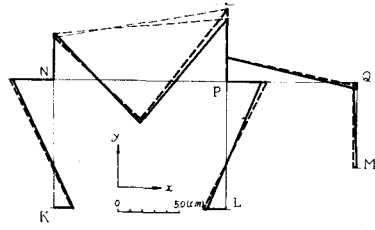
図-2

表-1 部材寸法,剛比

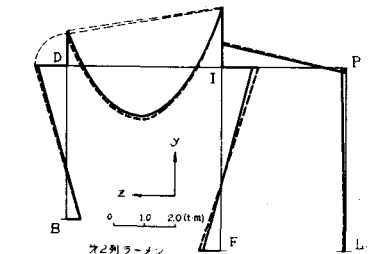
部材	AC	BD	CD	CH	DI	EH	FI	GJ	HI
長さ(m)	5.0	5.0	8.0	5.0	5.0	6.0	6.0	4.0	8.0
Ex	0.8	0.8	1.0	1.5	1.0	1.2	1.0	1.1	1.2
Iy	1.2	1.1	0.9	1.2	0.7	1.4	1.0	1.3	1.0
Iz	1.0	1.0	0.7	0.8	0.9	1.2	1.0	0.9	0.8
部材	IJ	HN	IP	JQ	KN	LP	MQ	NP	PQ
長さ(m)	6.0	4.0	4.0	4.0	6.0	6.0	4.0	8.0	6.0
Ex	1.5	0.7	1.0	1.6	1.2	1.2	1.3	1.2	1.0
Iy	1.3	0.9	0.8	1.4	0.8	1.0	0.8	0.6	0.6
Iz	1.4	1.3	0.9	0.9	1.2	1.2	1.4	1.2	1.0



2行ラーメン



3行ラーメン



2列ラーメン

図-3 モーメント図

* 土木学会誌, 38巻10号(1953)
土木学会論文集, 33号(1956)
第15回土木学会講演会(1960)

〔Ⅱ〕温度変化の問題(部材長さ変化の例)

図-4に示すラーメンの部材BC, CGがそれぞれ温度上昇 10°C , 15°C を受けたものとする。

ただし、線膨張係数 $\alpha = 1.2 \times 10^{-5} / ^{\circ}\text{C}$ とする。

計算結果についてY軸周りのモーメントが大きいことは注目されるべきである。(図-6(c))

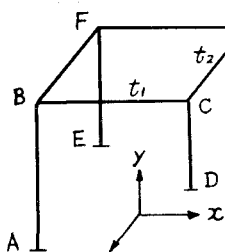
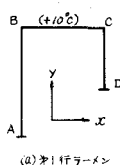


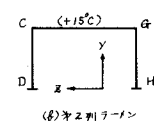
図-4

表-3

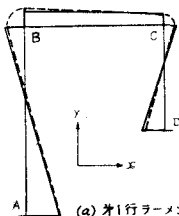
部材	AB	BC	CD	BF	CG	EF	FG	GH
長さ(m)	5.4	4.0	3.0	5.0	5.0	4.2	4.0	3.0
k_x	1.2	1.4	0.8	1.5	1.2	1.4	0.8	
k_y	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.2	1.2	0.8
k_z	1.2	1.0	0.8	1.4	1.4	1.0	0.8	1.0



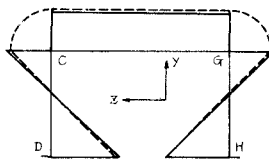
(a) 1D ラーメン



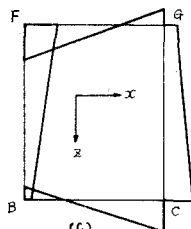
(b) 2D ラーメン



(c) 3D ラーメン



(a) 1D ラーメン



(b) 2D ラーメン

(各図とも同一縮尺)

$\mu = 6EK \times 10^{-6}$

図-6

表-4

(a) 1D ラーメン (係数 μ')

部材	AB	BC	CD
材端	A	B	C
M	+48.8	+24.4	-13.2
M _x	+47.9	+25.6	-18.0
(M-M _x)/M _x	+1.9	-4.7	+14.3

(b) 2D ラーメン (係数 μ')

部材	DC	CG	GH
材端	D	C	G
M	+89.0	+58.1	-58.1
M _x	+92.6	+64.8	-55.2
(M-M _x)/M _x	-4.9	-10.3	+5.3

(%)

〔Ⅲ〕支桌変位の問題

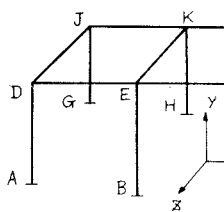
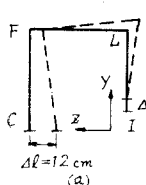
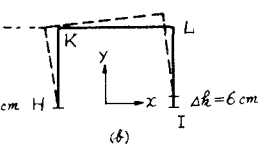


図-7

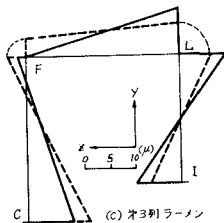


(a)



(b)

図-8



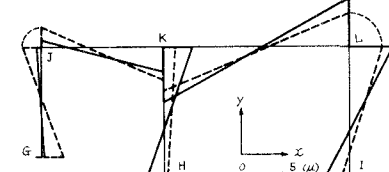
(c)

$\mu = 6EK \times 10^{-3}$

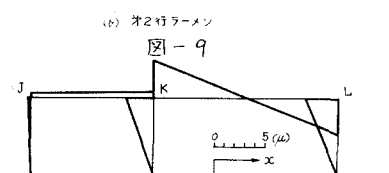
図-9

表-5

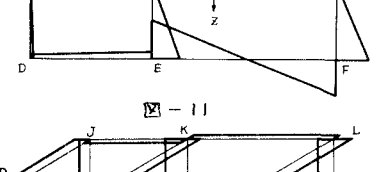
部材	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
P_{1x}	5.280	-0.282																					
P_{1y}	5.280	5.280	2.140																				
P_{1z}	5.280	5.280	5.280	2.140																			
P_{2x}					5.280	2.140																	
P_{2y}					5.280	5.280	2.140																
P_{2z}					5.280	5.280	5.280	2.140															
P_{3x}									5.280	2.140													
P_{3y}									5.280	5.280	2.140												
P_{3z}									5.280	5.280	5.280	2.140											
P_{4x}													5.280	2.140									
P_{4y}													5.280	5.280	2.140								
P_{4z}													5.280	5.280	5.280	2.140							
P_{5x}																	5.280	2.140					
P_{5y}																	5.280	5.280	2.140				
P_{5z}																	5.280	5.280	5.280	2.140			
P_{6x}																					5.280	2.140	
P_{6y}																					5.280	5.280	2.140
P_{6z}																					5.280	5.280	5.280
P_{7x}																							5.280
P_{7y}																							5.280
P_{7z}																							5.280
P_{8x}																							
P_{8y}																							
P_{8z}																							
P_{9x}																							
P_{9y}																							
P_{9z}																							
P_{10x}																							
P_{10y}																							
P_{10z}																							
P_{11x}																							
P_{11y}																							
P_{11z}																							
P_{12x}																							
P_{12y}																							
P_{12z}																							
P_{13x}																							
P_{13y}																							
P_{13z}																							
P_{14x}																							
P_{14y}																							
P_{14z}																							
P_{15x}																							
P_{15y}																							
P_{15z}																							
P_{16x}																							
P_{16y}																							
P_{16z}																							
P_{17x}																							
P_{17y}																							
P_{17z}																							
P_{18x}																							
P_{18y}																							
P_{18z}																							
P_{19x}																							
P_{19y}																							
P_{19z}																							
P_{20x}																							
P_{20y}																							
P_{20z}																							
P_{21x}																							
P_{21y}																							
P_{21z}																							
P_{22x}																							
P_{22y}																							
P_{22z}																							
P_{23x}																							
P_{23y}																							
P_{23z}																							



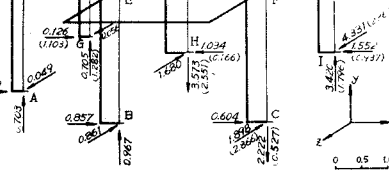
(a) 1D ラーメン



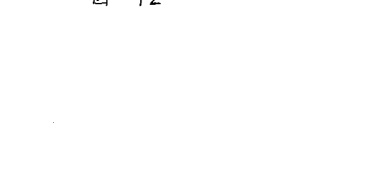
(b) 2D ラーメン



(c) 3D ラーメン



(a) 1D ラーメン



(b) 2D ラーメン