



Title	等剛比高層架構の耐風耐震計算公式
Author(s)	酒井, 忠明; Sakai, Tadaaki
Citation	北海道大學工學部彙報, 5, 40-77
Issue Date	1951-11-15
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/40478">https://hdl.handle.net/2115/40478</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	5_40-77.pdf



# 等剛比高層架構の耐風耐震計算公式

酒 井 忠 明

(昭和25年9月28日)

## Wind and Earthquake Stress Calculation Formulae for High Storied Bents with Constant Ratio of Stiffness.

Tadaaki SAKAI

Synopsis: The calculation formulae proposed in the present paper give quickly and directly bending moments and deformation at any joint for a tall building frame with constant ratio of stiffness subjected to horizontal joint loads such as wind pressure or seismic force. Frames are arbitrary for number of stories and bays. Practical calculation formula for natural vibration period is also given in this paper, too.

### 目 次

I 緒 言 .....	41
II 等剛比高層架構の材端曲げモーメント計算公式 .....	42
1. 最上端荷重が $W/2$ なる場合の一般計算式 .....	42
2. 最上端荷重が $W/2$ なる場合の補正值 .....	44
3. 最上端荷重が $W$ なる場合の一般計算式と補正值 .....	49
4. 最上端荷重が $aW$ なる場合の一般計算式と補正值 .....	50
III 等剛比高層架構の水平変位計算公式 .....	52
1. 最上端荷重が $W/2$ なる場合の一般計算式 .....	52
2. 最上端荷重が $W/2$ なる場合の補正值 .....	52
3. 最上端荷重が $W$ なる場合の一般計算式 .....	53
4. 最上端荷重が $W$ なる場合の補正值 .....	53
5. 最上端荷重が $aW$ なる場合の一般計算式と補正值 .....	54
IV 等剛比高層架構の固有振動週期計算公式 .....	54
V 計算例題 .....	55
1. 5張間5層等剛比ラーメン(最上端荷重 $=W/2$ ) .....	55
2. 10張間6層等剛比ラーメン(最上端荷重 $=W$ ) .....	57
VI 公式の誘導理論 .....	58
1. 材端曲げモーメントの一般計算式 .....	58
2. 材端曲げモーメントの補正式 .....	61
3. 水平変位の一般計算式とその補正值 .....	74

4. 最上端荷重が任意にして $aW$ なる場合 .....	76
5. 固有振動週期 .....	76
VII 結 語 .....	77

## I 緒 言

こゝに取扱つた架構所謂ラーメンはその中心線に對して對稱で等剛比を有し各階すべて等高の柱よりなり、荷重は風力や地震力のような水平荷重でラーメンの左側節點にかゝりその方向は右向きとする。このかく節點にかゝる水平集中荷重はすべて  $W$  とし最上端荷重のみは  $W/2$  の場合を基準にし  $W$  の場合と  $aW$  の場合をも取扱つた。

こゝに提案した計算公式により、かゝるラーメンに對し如何なる張間數又は層數を有する場合であつても、任意點における材端曲げモーメントと水平變位を直接かつ即座に求めるのである。この公式は撓角法によりえた彈性方程式群を階差方程式の解法理論を適用して誘導したものである。計算公式は1張間より5張間のラーメンに對しては別々に、6張間以上のものには張間數を任意數として含む一括した式として表わした。

前者に關する式は精解値を與えるが、後者に關するものは近似値を與える。しかしその計算結果は大體4桁迄採用できるので工學上の目的には充分である。

なお表題には高層架構としてあるが4, 5層のものに對しても非常に高い精度を有する結果がえられ、多少その精度をさげるならば、2, 3層のものにも使用できる。

材端曲げモーメントと水平變位の計算公式は一般計算式と上部及び下部の補正值とよりなり、ラーメンの上部と下部におけるこれ等の計算には、一般計算式から求めた結果に更にこの補正值を加えるのである。この論文においては最初に一般計算式と補正值をあげ後にその計算例題と公式の誘導法についてのべるこゝとする。

ラーメンの節點番號は最上端より數え最左側にそつては、1, 2, ...  $r$  ...  $n$  とし第2列目及び第3列目に關しては夫々これに ' と '' を附してあらはす。(第1圖参照) 層番號も同様上から數える。尙式中、

$K$  = 剛度 (stiffness) 即ち部材斷面の慣性モーメントをその部材長にて除したもの

$E$  = 材料の彈性係數 (Young's modulus)

$W$  = 節點水平集中荷重 (joint horizontal load)

$h$  = 柱高 (column height)

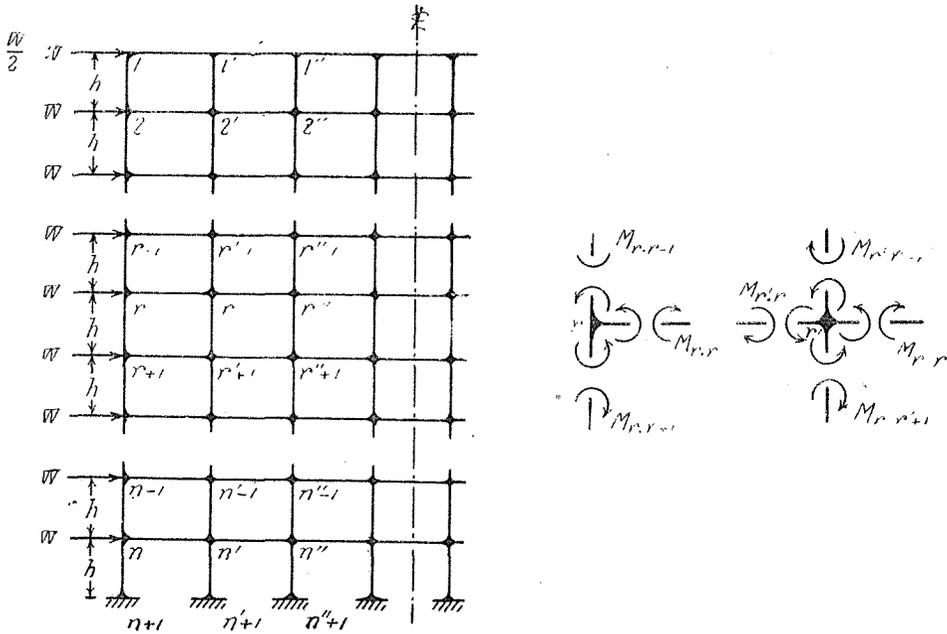
$M_{r,r+1}$ ,  $M_{r,r-1}$ ,  $M_{r,r}$  / 等 = 材端曲げモーメント (end bending moment)  $M_{r,r+1}$  は部材  $r-r+1$  の節點  $r$  側の材端曲げモーメント, その他も同様

$y_r$  = 節點  $r$  における水平變位 (horizontal deflection)

$\theta_r$  = 節點  $r$  の廻轉角 (joint rotation angle)

$R_r$  = 第  $r$  層の柱の廻轉角 (member revolution angle)

第 1 圖 m張間n層ラーメン Frame with n stories and m bays



## II 等剛比高層架構の材端曲げモーメント計算公式

1. 最上端荷重が  $W/2$  なる場合の一般計算式 (Calculation formulae of end bending moments in the case where top load is  $W/2$ )

1 張間ラーメン ( $m=1$ )

係数:  $Wh$

$$M_{r,r+1} = -(6r-1) \frac{1}{24} \quad \text{又は} \quad -(0.25r-0.041667) \dots \dots \dots (1)$$

$$M_{r,r-1} = -(6r-11) \quad \text{〃} \quad -(0.25r-0.458333) \dots \dots \dots (2)$$

$$M_{r,r'} = (12r-12) \quad \text{〃} \quad (0.5r-0.5) \dots \dots \dots (3)$$

2 張間ラーメン ( $m=2$ )

係数:  $Wh$

$$M_{r,r+1} = -(8r-1) \frac{1}{60} \quad \text{又は} \quad -(0.133333r-0.016667) \dots \dots \dots (4)$$

$$M_{r,r-1} = -(8r-15) \quad \text{〃} \quad -(0.133333r-0.250000) \dots \dots \dots (5)$$

$$M_{r,r'} = (16r-16) \quad \text{〃} \quad (0.266667r-0.266667) \dots \dots \dots (6)$$

$$M_{r,r'+1} = -(14r-5) \quad \text{〃} \quad -(0.233333r-0.083333) \dots \dots \dots (7)$$

$$M_{r,r'-1} = -(14r-23) \quad \text{〃} \quad -(0.233333r-0.383333) \dots \dots \dots (8)$$

$$M_{r,r'_{r'}} = (14r-14) \quad \text{〃} \quad (0.233333r-0.233333) \dots \dots \dots (9)$$

3 張間ラーメン ( $m=3$ )

係数:  $Wh$

$$M_{r,r+1} = -(27r-3.5) \frac{1}{288} \quad \text{又は} \quad -(0.093750r-0.012153) \dots \dots \dots (10)$$

$$M_{r,r-1} = -(27r-50.5) \quad \text{〃} \quad -(0.093750r-0.175347) \dots \dots \dots (11)$$

$$M_{r,r'} = (54r-54) \quad \text{〃} \quad (0.1875r-0.1875) \dots \dots \dots (12)$$

$$M_{r,r'+1} = -(45r - 15.5) // \quad -(0.156250r - 0.053819) \dots\dots\dots (13)$$

$$M_{r,r'-1} = -(45r - 74.5) // \quad -(0.156250r - 0.258681) \dots\dots\dots (14)$$

$$M_{r,r}' = (48r - 48) // \quad (0.166667r - 0.166667) \dots\dots\dots (15)$$

$$M_{r,r}'' = (42r - 42) // \quad (0.145833r - 0.145833) \dots\dots\dots (16)$$

4 張間ラーメン (m=4)

係数: Wh

$$M_{r,r+1} = -(120r - 15.5) \frac{1}{1668} \text{ 又は } -(0.071942r - 0.009293) \dots\dots\dots (17)$$

$$M_{r,r-1} = -(120r - 224.5) // \quad -(0.071942r - 0.134592) \dots\dots\dots (18)$$

$$M_{r,r}' = (240r - 240) // \quad (0.143885r - 0.143885) \dots\dots\dots (19)$$

$$M_{r,r'+1} = -(201r - 69.5) // \quad -(0.120504r - 0.041667) \dots\dots\dots (20)$$

$$M_{r,r'-1} = -(201r - 332.5) // \quad -(0.120504r - 0.199341) \dots\dots\dots (21)$$

$$M_{r,r}' = (213r - 213) // \quad (0.127698r - 0.127698) \dots\dots\dots (22)$$

$$M_{r,r}'' = (189r - 189) // \quad (0.113309r - 0.113309) \dots\dots\dots (23)$$

$$M_{r,r''+1} = -(192r - 63.5) // \quad -(0.115108r - 0.038070) \dots\dots\dots (24)$$

$$M_{r,r''-1} = -(192r - 320.5) // \quad -(0.115108r - 0.192146) \dots\dots\dots (25)$$

$$M_{r,r}'', M_{r,r}''' = (192r - 192) // \quad (0.115108r - 0.115108) \dots\dots\dots (26)$$

5 張間ラーメン (m=5)

係数: Wh

$$M_{r,r+1} = -(89r - 11.5) \frac{1}{1524} \text{ 又は } -(0.058399r - 0.007546) \dots\dots\dots (27)$$

$$M_{r,r-1} = -(89r - 166.5) // \quad -(0.058399r - 0.109252) \dots\dots\dots (28)$$

$$M_{r,r}' = (178r - 178) // \quad (0.116798r - 0.116798) \dots\dots\dots (29)$$

$$M_{r,r'+1} = -(149r - 51.5) // \quad -(0.097769r - 0.033793) \dots\dots\dots (30)$$

$$M_{r,r'-1} = -(149r - 246.5) // \quad -(0.097769r - 0.161745) \dots\dots\dots (31)$$

$$M_{r,r}' = (158r - 158) // \quad (0.103675r - 0.103675) \dots\dots\dots (32)$$

$$M_{r,r}'' = (140r - 140) // \quad (0.091863r - 0.091863) \dots\dots\dots (33)$$

$$M_{r,r''+1} = -(143r - 47.5) // \quad -(0.093832r - 0.031168) \dots\dots\dots (34)$$

$$M_{r,r''-1} = -(143r - 238.5) // \quad -(0.093832r - 0.156496) \dots\dots\dots (35)$$

$$M_{r,r}''' = (142r - 142) // \quad (0.093176r - 0.093176) \dots\dots\dots (36)$$

$$M_{r,r}'''' = (144r - 144) // \quad (0.094488r - 0.094488) \dots\dots\dots (37)$$

m 張間ラーメン (m > 5)

係数: Wh

$$M_{r,r+1} = -(89r - 11.5) \frac{1}{2(143m+47)} \dots\dots\dots (38)$$

$$M_{r,r-1} = -(89r - 166.5) // \quad \dots\dots\dots (39)$$

$$M_{r,r}' = (178r - 178) // \quad \dots\dots\dots (40)$$

$$M_{r,r'+1} = -(149r - 51.5) // \quad \dots\dots\dots (41)$$

$$M_{r,r'-1} = -(149r - 246.5) // \quad \dots\dots\dots (42)$$

$$M_{r,r}' = (158r - 158) // \quad \dots\dots\dots (43)$$

$$M_{r,r}'' = (140r-140) \quad // \quad \dots\dots\dots (44)$$

$$M_{r,r+1}'' = -(143r-47.5) \quad // \quad \dots\dots\dots (45)$$

$$M_{r,r-1}'' = -(143r-238.5) \quad // \quad \dots\dots\dots (46)$$

$$M_{r,r}' = (142r-142) \quad // \quad \dots\dots\dots (47)$$

$$M_{r,r}''' = (144r-144) \quad // \quad \dots\dots\dots (48)$$

$$M_{r,r+1}'''' = M_{r,r+1}''', \quad M_{r,r-1}'''' = M_{r,r-1}''', \quad M_{r,r}'''' = M_{r,r}'''.$$

以上の諸式において r は節点の位置をあらはすもので、材端曲げモーメントを求めようとする部材端のぞくする節点の位置をラーメンの上端から数え、この値をこれ等の簡単な式に入れてその材端曲げモーメントを直接かつ即座に求めることができる。6 張間以上のラーメンにおいてはこれに張数 m によりてかわる係数をかけるのである。高層ラーメンの上、下両端附近を除いた部分に對してはこれだけの計算で所要の結果がえられる。

2. 最上端荷重が W/2 なる場合の補正值 (Corrections for end bending moments in the upper and lower parts of frames in the case where top load is W/2)

ラーメンの上部と下部附近の材端曲げモーメント計算には上記の一般計算式による結果に夫々第 1 表から第 6 表にしめした上部の補正值と下部の補正值を加える。この補正值はラーメンの上下両端から遠ざかるにしたがつてその大きさは加速度に減少するもので各表には両端から 4, 5 番目迄の節點に關する補正值をあげてあるが、實用上には 2, 3 番目迄の補正值だけで充分である。なおこの補正值を材端の位置を任意數として含む一般の形とした所謂補正式については後節にのべる。上部の補正值はラーメンの層數に無關係であり、下部の補正值はこの層數 n に正比例している。

第 1 表 (A) 1 張間ラーメン上部の M の補正值 (上端荷重 = W/2)

(Correction for M in the upper part of frames with 1 bay)

Top load = W/2

係數: Wh

r = 1		r = 2		r = 3	
$\Delta M_{1,2}$	0.026462	$\Delta M_{2,3}$	0.003361	$\Delta M_{3,4}$	0.000427
$\Delta M_{1,1}'$	0.181871	$\Delta M_{2,1}$	-0.026452	$\Delta M_{3,2}$	-0.003361
		$\Delta M_{2,2}'$	0.023101	$\Delta M_{3,3}'$	0.002934
r = 4		r = 5			
$\Delta M_{4,5}$	0.000054	$\Delta M_{5,6}$	0.000007		
$\Delta M_{4,3}$	-0.000427	$\Delta M_{5,4}$	-0.000054		
$\Delta M_{4,4}'$	0.000373	$\Delta M_{5,5}'$	0.000047		

第 1 表 (B) 1 張間ラーメン下部の M の補正值 (上端荷重=W/2)  
 (Correction for M in the lower part of frames with 1 bay)  
 Top load=W/2 係数: Wh

r = n + 1		r = n		r = n - 1	
$\Delta M_{n+1,n}$	-0.072748 n	$\Delta M_{n,n+1}$	0.072748 n	$\Delta M_{n-1,n}$	0.009240 n
		$\Delta M_{n,n-1}$	-0.009240 n	$\Delta M_{n-1,n-2}$	-0.001173 n
		$\Delta M_{n,n}'$	-0.063503 n	$\Delta M_{n-1,n}'-1$	-0.008067 n
r = n - 2		r = n - 3			
$\Delta M_{n-2,n-1}$	0.001173 n	$\Delta M_{n-3,n-2}$	0.000149 n		
$\Delta M_{n-2,n-3}$	-0.000149 n	$\Delta M_{n-3,n-4}$	-0.000019 n		
$\Delta M_{n-2,n}'-2$	-0.001024 n	$\Delta M_{n-3,n}'-3$	-0.000130 n		

第 2 表 (A) 2 張間ラーメン上部の M の補正值 (上端荷重=W/2)  
 (Correction for M in the upper part of frames with 2 bays)  
 Top load=W/2 係数: Wh

r = 1		r = 2		r = 3		r = 4	
$\Delta M_{1,2}$	0.023743	$\Delta M_{2,3}$	0.000709	$\Delta M_{3,4}$	0.000388	$\Delta M_{4,5}$	-0.000016
$\Delta M_{1,1}'$	0.092923	$\Delta M_{2,1}$	-0.009668	$\Delta M_{3,2}$	-0.001439	$\Delta M_{4,3}$	-0.000071
$\Delta M_{1,2}'$	-0.005504	$\Delta M_{2,2}'$	0.008959	$\Delta M_{3,3}'$	0.001051	$\Delta M_{4,4}'$	0.000087
$\Delta M_{1,1}'$	0.077152	$\Delta M_{2,3}'$	0.002535	$\Delta M_{3,4}'$	-0.000295	$\Delta M_{4,5}'$	0.000070
		$\Delta M_{2,1}'$	-0.022645	$\Delta M_{3,2}'$	-0.001075	$\Delta M_{4,3}'$	-0.000340
		$\Delta M_{2,2}'$	0.010055	$\Delta M_{3,3}'$	0.000685	$\Delta M_{4,4}'$	0.000135

第 2 表 (B) 2 張間ラーメン下部の M の補正值 (上端荷重=W/2)  
 (Correction for M in the lower part of frames with 2 bays)  
 Top load=W/2 係数: Wh

r = n + 1		r = n		r = n - 1	
$\Delta M_{n+1,n}$	-0.061836 n	$\Delta M_{n,n+1}$	0.029768 n	$\Delta M_{n-1,n}$	0.003860 n
$\Delta M_{n+1,n}'$	0.003564 n	$\Delta M_{n,n-1}$	-0.003311 n	$\Delta M_{n-1,n-2}$	-0.000901 n
		$\Delta M_{n,n}'$	-0.026456 n	$\Delta M_{n-1,n}'-1$	-0.002959 n
		$\Delta M_{n',n'+1}$	0.060568 n	$\Delta M_{n'-1,n}'$	0.004028 n
		$\Delta M_{n',n}'-1$	-0.005126 n	$\Delta M_{n'-1,n}'-2$	0.000456 n
		$\Delta M_{n',n}$	-0.027722 n	$\Delta M_{n'-1,n}'-1$	-0.002242 n
r = n - 2		r = n - 3			
$\Delta M_{n-2,n-1}$	0.001261 n	$\Delta M_{n-3,n-2}$	0.000052 n		
$\Delta M_{n-2,n-3}$	0.000007 n	$\Delta M_{n-3,n-4}$	-0.000017 n		
$\Delta M_{n-2,n}'-2$	-0.000268 n	$\Delta M_{n-3,n}'-3$	-0.000035 n		
$\Delta M_{n'-2,n}'-1$	0.000822 n	$\Delta M_{n'-3,n}'-2$	0.000012 n		
$\Delta M_{n'-2,n}'-3$	-0.000130 n	$\Delta M_{n'-3,n}'-4$	0.000018 n		
$\Delta M_{n'-2,n}'-2$	-0.000346 n	$\Delta M_{n'-3,n}'-3$	-0.000015 n		

第 3 表 (A) 3 張間ラーメン上部の M の補正值 (上端荷重=W/2)

(Correction for M in the upper part of frames with 3 bays)

Top load=W/2

係数: Wh

r = 1		r = 2		r = 3		r = 4	
$\Delta M_{1,2}$	0.017544	$\Delta M_{2,3}$	0.000302	$\Delta M_{3,4}$	0.000250	$\Delta M_{4,5}$	-0.000013
$\Delta M_{1,1}'$	0.064050	$\Delta M_{2,1}$	-0.005261	$\Delta M_{3,2}$	-0.020890	$\Delta M_{4,3}$	-0.000018
$\Delta M_{1',2}'$	0.000599	$\Delta M_{2,2}'$	0.004959	$\Delta M_{3,3}'$	0.000640	$\Delta M_{4,4}'$	0.000031
$\Delta M_{1',1}$	0.055294	$\Delta M_{2',3}'$	0.001262	$\Delta M_{3',4}'$	-0.000080	$\Delta M_{4',5}'$	0.000025
$\Delta M_{1',1}''$	0.046537	$\Delta M_{2',1}''$	-0.012882	$\Delta M_{3',2}''$	-0.000673	$\Delta M_{4',3}''$	-0.000152
		$\Delta M_{2',2}$	0.005526	$\Delta M_{3',3}$	0.000464	$\Delta M_{4',4}$	0.000053
		$\Delta M_{2',2}''$	0.026094	$\Delta M_{3',3}''$	0.000289	$\Delta M_{4',4}''$	0.000074

第 3 表 (B) 3 張間ラーメン下部の M の補正值 (上端荷重=W/2)

(Correction for M in the lower part of frames with 3 bays)

Top load=W/2

係数: Wh

r = n + 1		r = n		r = n - 1	
$\Delta M_{n+1,n}$	-0.047284 n	$\Delta M_{n,n+1}$	0.017261 n	$\Delta M_{n-1,n}$	0.002411 n
$\Delta M_{n'+1,n}'$	-0.006440 n	$\Delta M_{n,n-1}$	-0.001758 n	$\Delta M_{n-1,n-2}$	-0.000607 n
		$\Delta M_{n,n}'$	-0.015503 n	$\Delta M_{n-1,n'-1}$	-0.001804 n
		$\Delta M_{n',n'+1}$	0.036461 n	$\Delta M_{n'-1,n}'$	0.002355 n
		$\Delta M_{n',n-1}$	-0.003008 n	$\Delta M_{n'-1,n'-2}$	0.000113 n
		$\Delta M_{n',n}$	-0.016319 n	$\Delta M_{n'-1,n-1}$	-0.001424 n
		$\Delta M_{n',n}''$	-0.017134 n	$\Delta M_{n'-1,n''-1}$	-0.001044 n
r = n - 2		r = n - 3			
$\Delta M_{n-2,n-1}$	0.000096 n	$\Delta M_{n-3,n-2}$	0.000030 n		
$\Delta M_{n-2,n-3}$	0.000016 n	$\Delta M_{n-3,n-1}$	-0.000010 n		
$\Delta M_{n-2,n'-2}$	0.000112 n	$\Delta M_{n-3,n'-3}$	-0.000020 n		
$\Delta M_{n'-2,n'-1}$	0.000397 n	$\Delta M_{n'-3,n'-2}$	0.000008 n		
$\Delta M_{n'-2,n'-3}$	-0.000054 n	$\Delta M_{n'-3,n'-1}$	0.000006 n		
$\Delta M_{n'-2,n-2}$	-0.000152 n	$\Delta M_{n'-3,n-3}$	-0.000011 n		
$\Delta M_{n'-2,n''-2}$	-0.000191 n	$\Delta M_{n'-3,n''-3}$	-0.000003 n		

第 4 表 (A) 4 張間ラーメン上部の M の補正值 (上端荷重 = W/2)  
 (Correction for M in the upper part of frames with 4 bays)  
 Top load = W/2 係数: Wh

r = 1		r = 2		r = 3		r = 4	
$\Delta M_{1,2}$	0.014126	$\Delta M_{2,3}$	0.000059	$\Delta M_{3,4}$	0.000208	$\Delta M_{4,5}$	-0.000016
$\Delta M_{1,1}'$	0.048524	$\Delta M_{2,1}$	-0.003385	$\Delta M_{3,2}$	-0.000663	$\Delta M_{4,3}$	0.000002
$\Delta M_{1,2}'$	0.001103	$\Delta M_{2,2}'$	0.003326	$\Delta M_{3,3}'$	0.000455	$\Delta M_{4,4}'$	0.000014
$\Delta M_{1,1}''$	0.041738	$\Delta M_{2,3}''$	0.001004	$\Delta M_{3,4}''$	-0.000079	$\Delta M_{4,5}''$	0.000024
$\Delta M_{1,2}''$	0.035996	$\Delta M_{2,1}''$	-0.009072	$\Delta M_{3,2}''$	-0.000423	$\Delta M_{4,3}''$	-0.000107
$\Delta M_{1,1}'''$	0.002955	$\Delta M_{2,2}'''$	0.003877	$\Delta M_{3,3}'''$	0.000300	$\Delta M_{4,4}'''$	0.000036
$\Delta M_{1,2}'''$	0.037042	$\Delta M_{2,3}'''$	0.004191	$\Delta M_{3,4}'''$	0.000202	$\Delta M_{4,5}'''$	0.000047
		$\Delta M_{2,1}'''$	0.000590	$\Delta M_{3,2}'''$	0.000024	$\Delta M_{4,3}'''$	0.000003
		$\Delta M_{2,2}'''$	-0.008500	$\Delta M_{3,3}'''$	-0.000544	$\Delta M_{4,4}'''$	-0.000073
		$\Delta M_{2,3}'''$	0.003955	$\Delta M_{3,4}'''$	0.000260	$\Delta M_{4,5}'''$	0.000035

第 4 表 (B) 4 張間ラーメン下部の M の補正值 (上端荷重 = W/2)  
 (Correction for M in the lower part of frames with 4 bays)  
 Top load = W/2 係数: Wh

r = n + 1		r = n		r = n - 1	
$\Delta M_{n+1,n}$	-0.038389 n	$\Delta M_{n,n+1}$	0.011685 n	$\Delta M_{n-1,n}$	0.001782 n
$\Delta M_{n+1,n}'$	-0.006901 n	$\Delta M_{n,n-1}$	-0.000960 n	$\Delta M_{n-1,n-2}$	-0.000500 n
$\Delta M_{n+1,n}''$	-0.010093 n	$\Delta M_{n,n}'$	-0.010725 n	$\Delta M_{n-1,n'-1}$	-0.001282 n
		$\Delta M_{n,n'+1}$	0.026103 n	$\Delta M_{n'-1,n}'$	0.001560 n
		$\Delta M_{n,n'-1}$	-0.002398 n	$\Delta M_{n'-1,n'-2}$	0.000119 n
		$\Delta M_{n,n}''$	-0.011610 n	$\Delta M_{n'-1,n''-1}$	-0.000951 n
		$\Delta M_{n,n}'''$	-0.012096 n	$\Delta M_{n''-1,n}'''$	-0.000728 n
		$\Delta M_{n,n''+1}$	0.025104 n	$\Delta M_{n''-1,n}''$	0.001743 n
		$\Delta M_{n,n''-1}$	-0.001709 n	$\Delta M_{n''-1,n''-2}$	-0.000073 n
		$\Delta M_{n,n'}''$	-0.011698 n	$\Delta M_{n''-1,n'-1}$	-0.000835 n
r = n - 2		r = n - 3			
$\Delta M_{n-2,n-1}$	0.000033 n	$\Delta M_{n-3,n-2}$	0.000024 n		
$\Delta M_{n-2,n-3}$	0.000026 n	$\Delta M_{n-3,n-4}$	-0.000010 n		
$\Delta M_{n-2,n'-2}$	-0.000059 n	$\Delta M_{n-3,n'-3}$	-0.000014 n		
$\Delta M_{n'-2,n'-1}$	0.000277 n	$\Delta M_{n'-3,n'-2}$	-0.000001 n		
$\Delta M_{n'-2,n'-3}$	-0.000050 n	$\Delta M_{n'-3,n'-4}$	0.000007 n		
$\Delta M_{n'-2,n-2}$	-0.00103 n	$\Delta M_{n'-3,n-3}$	-0.000005 n		
$\Delta M_{n'-2,n''-2}$	-0.000124 n	$\Delta M_{n''-3,n''-3}$	-0.000001 n		
$\Delta M_{n''-2,n''-1}$	0.000214 n	$\Delta M_{n''-3,n''-2}$	0.000012 n		
$\Delta M_{n''-2,n''-3}$	-0.000011 n	$\Delta M_{n''-3,n''-4}$	-0.000002 n		
$\Delta M_{n''-2,n'-2}$	-0.000102 n	$\Delta M_{n''-3,n'-3}$	-0.000005 n		

第 5 表 (A) 5 張間ラーメン上部の M の補正值 (上端荷重=W/2)

(Correction for M in the upper part of frames with 5 bays)

Top load=W/2

係数: Wh

r = 1		r = 2		r = 3		r = 4	
$\Delta M_{1,2}$	0.011770	$\Delta M_{2,3}$	-0.000034	$\Delta M_{3,4}$	0.000175	$\Delta M_{4,5}$	-0.000016
$\Delta M_{1,1}'$	0.039083	$\Delta M_{2,1}$	-0.002407	$\Delta M_{3,2}$	-0.000532	$\Delta M_{4,3}$	0.000010
$\Delta M_{1,2}'$	0.001381	$\Delta M_{2,2}'$	0.002441	$\Delta M_{3,3}'$	0.000357	$\Delta M_{4,4}'$	0.000006
$\Delta M_{1,1}''$	0.033655	$\Delta M_{2,3}''$	0.000773	$\Delta M_{3,4}''$	-0.000057	$\Delta M_{4,5}''$	0.000018
$\Delta M_{1,2}''$	0.028939	$\Delta M_{2,1}'$	-0.006903	$\Delta M_{3,2}'$	-0.000316	$\Delta M_{4,3}'$	-0.000078
$\Delta M_{1,1}'''$	0.002654	$\Delta M_{2,2}'$	0.002908	$\Delta M_{3,3}'$	0.000231	$\Delta M_{4,4}'$	0.000024
$\Delta M_{1,2}'''$	0.029650	$\Delta M_{2,3}''$	0.003222	$\Delta M_{3,4}''$	0.000142	$\Delta M_{4,5}''$	0.000036
$\Delta M_{1,1}''''$	0.030361	$\Delta M_{2,1}''$	0.000505	$\Delta M_{3,2}''$	0.000007	$\Delta M_{4,3}''$	0.000005
		$\Delta M_{2,2}''$	-0.006495	$\Delta M_{3,3}''$	-0.000397	$\Delta M_{4,4}''$	-0.000056
		$\Delta M_{2,3}'''$	0.003071	$\Delta M_{3,4}'''$	0.000177	$\Delta M_{4,5}'''$	0.000029
		$\Delta M_{2,1}'''$	0.002919	$\Delta M_{3,2}'''$	0.000213	$\Delta M_{4,3}'''$	0.000022

第 5 表 (B) 5 張間ラーメン下部の M の補正值 (上端荷重=W/2)

(Correction for M in the lower part of frames with 5 bays)

Top load=W/2

係数: Wh

r = n + 1		r = n		r = n - 1	
$\Delta M_{n+1,n}$	-0.032245 n	$\Delta M_{n,n+1}$	0.008639 n	$\Delta M_{n-1,n}$	0.001424 n
$\Delta M_{n'+1,n}'$	-0.006798 n	$\Delta M_{n,n-1}$	-0.000572 n	$\Delta M_{n-1,n-2}$	-0.000421 n
$\Delta M_{n''+1,n}''$	-0.009150 n	$\Delta M_{n,n}'$	-0.008067 n	$\Delta M_{n-1,n'-1}$	-0.001003 n
		$\Delta M_{n',n'+1}$	0.020162 n	$\Delta M_{n'-1,n}'$	0.001170 n
		$\Delta M_{n',n'-1}$	-0.001900 n	$\Delta M_{n'-2,n'-2}$	0.000088 n
		$\Delta M_{n',n}$	-0.008867 n	$\Delta M_{n'-1,n-1}$	-0.000730 n
		$\Delta M_{n'',n}''$	-0.009395 n	$\Delta M_{n'-1,n''-1}$	-0.000527 n
		$\Delta M_{n'',n''+1}$	0.019395 n	$\Delta M_{n''-1,n}''$	0.001303 n
		$\Delta M_{n'',n''-1}$	-0.001424 n	$\Delta M_{n''-1,n''-2}$	-0.000038 n
		$\Delta M_{n'',n}'$	-0.009122 n	$\Delta M_{n''-1,n'-1}$	-0.000597 n
		$\Delta M_{n'',n}'''$	-0.008849 n	$\Delta M_{n''-1,n'''-1}$	-0.000667 n
r = n - 2		r = n - 3			
$\Delta M_{n-2,n-1}$	0.000006 n	$\Delta M_{n-3,n-2}$	0.000020 n		
$\Delta M_{n-2,n-3}$	0.000028 n	$\Delta M_{n-3,n-4}$	-0.000008 n		
$\Delta M_{n-2,n'-2}$	-0.000034 n	$\Delta M_{n-3,n'-3}$	-0.000012 n		
$\Delta M_{n'-2,n'-1}$	0.000204 n	$\Delta M_{n'-3,n'-2}$	-0.000002 n		
$\Delta M_{n'-2,n'-3}$	-0.000039 n	$\Delta M_{n'-3,n'-4}$	0.000005 n		
$\Delta M_{n''-2,n-2}$	-0.000071 n	$\Delta M_{n''-3,n-3}$	-0.000004 n		
$\Delta M_{n''-2,n''-2}$	-0.000094 n	$\Delta M_{n''-3,n''-3}$	0.000001 n		
$\Delta M_{n''-2,n''-1}$	0.000162 n	$\Delta M_{n''-3,n''-2}$	0.000007 n		
$\Delta M_{n''-2,n''-3}$	-0.000014 n	$\Delta M_{n''-3,n''-4}$	0.000000 n		
$\Delta M_{n''-2,n'-2}$	-0.000081 n	$\Delta M_{n''-3,n'-3}$	-0.000002 n		
$\Delta M_{n''-2,n''-2}$	-0.000067 n	$\Delta M_{n''-3,n''-3}$	-0.000005 n		

第 6 表 (A) m 張間ラーメン上部の M の補正值 (上端荷重=W/2)  
(Correction for M in the upper part of frames with m bays)

Top load=W/2  
(m>5)

係数:  $\frac{Wh}{2(143m+47)}$

r = 1		r = 2		r = 3	
$\Delta M_{1,2}$	20.01-12.45/m+1	$\Delta M_{2,3}$	-0.67+ 3.70/m+1	$\Delta M_{3,4}$	0.32-0.30/m+1
$\Delta M_{1,1}'$	57.49+12.45/m+1	$\Delta M_{2,1}$	-1.39-13.68/m+1	$\Delta M_{3,2}$	-0.82-0.00/m+1
$\Delta M_{1',2}'$	5. 5-18.23/m+1	$\Delta M_{2,2}'$	2.06+ 9.93/m+1	$\Delta M_{3,3}'$	0.50+0.30/m+1
$\Delta M_{1',1}''$	49.60+10.11/m+1	$\Delta M_{2',3}'$	0.91+ 1.60/m+1	$\Delta M_{3',4}'$	-0.07-0.13/m+1
$\Delta M_{1',1}'''$	42.75+ 8.15/m+1	$\Delta M_{2',1}''$	-7.47-18.30/m+1	$\Delta M_{3',2}''$	-0.35-0.81/m+1
$\Delta M_{1'',2}''''$	6.95-17.41/m+1	$\Delta M_{2',2}''$	2.95+ 8.86/m+1	$\Delta M_{3',3}''$	0.28+0.40/m+1
$\Delta M_{1'',1}'$	43.77+ 8.53/m+1	$\Delta M_{2',3}''''$	3.61+ 7.84/m+1	$\Delta M_{3'',4}''$	0.13+0.52/m+1
$\Delta M_{1'',1}'''$	44.79+ 8.92/m+1	$\Delta M_{2'',3}''''$	0.48+ 1.76/m+1	$\Delta M_{3'',2}''$	0.04-0.20/m+1
		$\Delta M_{2'',1}''''$	-6.95-17.71/m+1	$\Delta M_{3'',3}''$	-0.48-0.75/m+1
		$\Delta M_{2'',2}''''$	3.36+ 7.93/m+1	$\Delta M_{3'',4}''$	0.19+0.50/m+1
		$\Delta M_{2'',3}''''$	3.11+ 8.02/m+1	$\Delta M_{3'',3}''''$	0.25+0.45/m+1

第 6 表 (B) m 張間ラーメン下部の M の補正值 (上端荷重=W/2)  
(Correction for M in the lower part of frames with m bays)

Top load=W/2  
(m>5)

係数:  $\frac{Wh}{2(143m+47)}$

r = n + 1		r = n		r = n - 1	
$\Delta M_{n+1,n}$	(-56.94+46.80/m+1)n	$\Delta M_{n,n+1}$	( 7.06+36.66/m+1)n	$\Delta M_{n-1,n}$	( 2.19+0.00/m+1)n
$\Delta M_{n'+1,n}'$	(-18.82+50.76/m+1)n	$\Delta M_{n,n-1}$	( 0.82-10.16/m+1)n	$\Delta M_{n-1,n-2}$	(-0.80+1.00/m+1)n
$\Delta M_{n''+1,n}''$	(-22.31+50.22/m+1)n	$\Delta M_{n,n'}$	( -7.88-26.50/m+1)n	$\Delta M_{n-1,n'-1}$	(-1.39-1.00/m+1)n
		$\Delta M_{n',n'+1}$	( 23.31+44.50/m+1)n	$\Delta M_{n'-1,n}'$	( 1.31+2.80/m+1)n
		$\Delta M_{n',n'-1}$	( -2.43- 2.80/m+1)n	$\Delta M_{n'-1,n'-2}$	( 0.11+0.20/m+1)n
		$\Delta M_{n',n}$	( -9.75-22.55/m+1)n	$\Delta M_{n'-1,n-1}$	(-0.89-1.30/m+1)n
		$\Delta M_{n'',n}''$	(-11.13-19.15/m+1)n	$\Delta M_{n'-1,n''-1}$	(-0.53-1.70/m+1)n
		$\Delta M_{n'',n''+1}$	( 22.31+43.48/m+1)n	$\Delta M_{n''-1,n}''$	( 1.56+2.60/m+1)n
		$\Delta M_{n'',n''-1}$	( -1.56- 3.68/m+1)n	$\Delta M_{n''-1,n'-2}$	(-0.12+0.40/m+1)n
		$\Delta M_{n'',n'}$	(-10.62-19.65/m+1)n	$\Delta M_{n''-1,n'-1}$	(-0.66-1.50/m+1)n
		$\Delta M_{n'',n}'''$	(-10.13-20.15/m+1)n	$\Delta M_{n''-1,n''-1}$	(-0.78-1.50/m+1)n

3. 最上端荷重が W なる場合の一般計算式と補正值 (Calculation formulae and correction of end bending moments in the case where top load is W)

この場合には、上端荷重が W/2 の時の一般計算式及び下部補正值中の r と n の代りに夫々 r+0.5 と n+0.5 として用いばよい。例えば 1 張間ラーメンに関する一般計算式  $M_{r,r+1}$  とその下部補正值中  $\Delta M_{n+1,n}$  は夫々

$$M_{r,r+1} = -\{6(r+0.5)-1\} \frac{Wh}{24} \text{ 又は } -(0.25(r+0.5)-0.041667) Wh$$

$$\Delta M_{n+1,n} = -0.072748(n+0.5)$$

として用いる。上部補正值のみは次の第7表から第12表にしめした値を用いる。

4. 最上端荷重が  $\alpha W$  なる場合の一般計算式と補正值 (Calculation formulae and corrections of end bending moments in the case where top load is  $\alpha W$ )

この場合は、上端荷重が  $W/2$  の時の一般計算式及び下部補正值中の  $r$  と  $n$  の代りに夫々  $r+(\alpha-0.5)$  と  $n+(\alpha-0.5)$  を用いればよい。又上部の  $M$  の補正值は、上端荷重が  $W/2$  なる時の上部補正值を  $\Delta M_{W/2}$ 、 $W$  なる時の補正值を  $\Delta M_W$  とすれば

$$\Delta M_{\alpha W} = \Delta M_{W/2} + (\alpha-1)(\Delta M_W - \Delta M_{W/2})$$

から求められる。

第7表 1張間ラーメン上部のMの補正值(上端荷重=W)  
(Correction for M in the upper part of frames with 1 bay)  
Top load=W 係数: Wh

r = 1		r = 2		r = 3		r = 4		r = 5	
$\Delta M_{1,2}$	0.010585	$\Delta M_{2,3}$	0.001344	$\Delta M_{3,4}$	0.000171	$\Delta M_{4,5}$	0.000022	$\Delta M_{5,6}$	0.000003
$\Delta M_{1,1}'$	0.072748	$\Delta M_{2,1}$	-0.010585	$\Delta M_{3,2}$	-0.001344	$\Delta M_{4,3}$	-0.000171	$\Delta M_{5,4}$	-0.000022
		$\Delta M_{2,2}'$	0.002240	$\Delta M_{3,3}'$	0.001174	$\Delta M_{4,4}'$	0.000149	$\Delta M_{5,5}'$	0.000019

第8表 2張間ラーメン上部のMの補正值(上端荷重=W)  
(Correction for M in the upper part of frames with 2 bays)  
Top load=W 係数: Wh

r = 1		r = 2		r = 3		r = 4	
$\Delta M_{1,2}$	0.013988	$\Delta M_{2,3}$	-0.000696	$\Delta M_{3,4}$	0.000314	$\Delta M_{4,5}$	-0.000037
$\Delta M_{1,1}'$	0.036011	$\Delta M_{2,1}$	-0.002209	$\Delta M_{3,2}$	-0.000764	$\Delta M_{4,3}$	0.000017
$\Delta M_{1,2}'$	-0.011422	$\Delta M_{2,2}'$	0.002905	$\Delta M_{3,3}'$	0.000470	$\Delta M_{4,4}'$	0.000020
$\Delta M_{1,1}''$	0.022380	$\Delta M_{2,1}'$	0.002618	$\Delta M_{3,2}'$	-0.000412	$\Delta M_{4,3}'$	0.000080
		$\Delta M_{2,2}''$	-0.012134	$\Delta M_{3,3}''$	0.000300	$\Delta M_{4,4}''$	-0.000250
		$\Delta M_{2,3}''$	0.004758	$\Delta M_{3,4}''$	0.000056	$\Delta M_{4,5}''$	0.000085

第9表 3張間ラーメン上部のMの補正值(上端荷重=W)  
(Correction for M in the upper part of frames with 3 bays)  
Top load=W 係数: Wh

r = 1		r = 2		r = 3		r = 4	
$\Delta M_{1,2}$	0.010013	$\Delta M_{2,3}$	-0.000580	$\Delta M_{3,4}$	0.000195	$\Delta M_{4,5}$	-0.000023
$\Delta M_{1,1}'$	0.024708	$\Delta M_{2,1}$	-0.000546	$\Delta M_{3,2}$	-0.000497	$\Delta M_{4,3}$	0.000027
$\Delta M_{1,2}'$	-0.003502	$\Delta M_{2,2}'$	0.001126	$\Delta M_{3,3}'$	0.000302	$\Delta M_{4,4}'$	-0.000004
$\Delta M_{1,1}''$	0.017505	$\Delta M_{2,1}''$	0.001033	$\Delta M_{3,2}''$	-0.000127	$\Delta M_{4,3}''$	0.000025
$\Delta M_{1,1}'''$	0.010301	$\Delta M_{2,2}''$	-0.005965	$\Delta M_{3,3}'''$	0.000046	$\Delta M_{4,4}'''$	-0.000096
		$\Delta M_{2,3}''$	0.002020	$\Delta M_{3,4}''$	0.000128	$\Delta M_{4,5}''$	0.000022
		$\Delta M_{2,4}'''$	0.002912	$\Delta M_{3,5}'''$	-0.000047	$\Delta M_{4,6}'''$	0.000049



第12表 m張間ラーメン上部のMの補正值(上端荷重=W)  
(Correction for M in the upper part of frames with m bays)

Top load=W  
(m>5)

係数:  $\frac{Wh}{2(143m+47)}$

	r = 1		r = 2		r = 3
$\Delta M_{1,2}$	11.81 - 8.13/m + 1	$\Delta M_{2,3}$	-1.35 + 2.94/m + 1	$\Delta M_{3,4}$	0.29 - 0.38/m + 1
$\Delta M_{1,1}'$	21.19 + 8.09/m + 1	$\Delta M_{2,1}$	1.94 - 9.07/m + 1	$\Delta M_{3,2}$	-0.61 + 0.56/m + 1
$\Delta M_{1,2}'$	-0.53 - 11.89/m + 1	$\Delta M_{2,2}'$	-0.59 + 6.13/m + 1	$\Delta M_{3,3}'$	0.32 - 0.18/m + 1
$\Delta M_{1,1}''$	14.46 + 6.59/m + 1	$\Delta M_{2,3}'$	0.67 + 1.70/m + 1	$\Delta M_{3,4}'$	-0.11 - 0.15/m + 1
$\Delta M_{1,1}'''$	9.07 + 5.30/m + 1	$\Delta M_{2,1}''$	-2.55 - 11.99/m + 1	$\Delta M_{3,3}''$	0.07 + 0.15/m + 1
$\Delta M_{1,2}''$	1.84 - 11.33/m + 1	$\Delta M_{2,2}''$	0.54 + 5.45/m + 1	$\Delta M_{3,4}''$	0.00 - 0.05/m + 1
$\Delta M_{1,1}'''$	10.41 + 5.53/m + 1	$\Delta M_{2,3}''$	1.34 + 4.84/m + 1	$\Delta M_{3,3}'''$	-0.05 + 0.05/m + 1
$\Delta M_{1,1}''''$	11.75 + 5.80/m + 1	$\Delta M_{2,1}'''$	0.10 + 1.81/m + 1	$\Delta M_{3,4}'''$	0.01 - 0.19/m + 1
		$\Delta M_{2,2}'''$	-1.84 - 11.63/m + 1	$\Delta M_{3,3}''''$	-0.10 + 0.15/m + 1
		$\Delta M_{2,3}'''$	1.03 + 4.89/m + 1	$\Delta M_{3,4}''''$	0.01 + 0.04/m + 1
		$\Delta M_{2,1}''''$	0.71 + 4.93/m + 1	$\Delta M_{3,3}'''''$	0.08 + 0.00/m + 1

### III 等剛比高層架構の水平変位計算公式

1. 最上端荷重が W/2 なる場合の一般計算式 (Calculation formulae of horizontal deflection in the case where top load is W/2)

係数:  $\frac{Wh^2}{EK}$

1 張間ラーメン (m=1):  $y_r = 0.0625000\{n^2 - r(r-2) - 1\} - 0.053791n \dots\dots\dots (1)$

2 張間ラーメン (m=2):  $y_r = 0.0361111\{n^2 - r(r-2) - 1\} - 0.027175n \dots\dots\dots (2)$

3 張間ラーメン (m=3):  $y_r = 0.0251736\{n^2 - r(r-2) - 1\} - 0.017702n \dots\dots\dots (3)$

4 張間ラーメン (m=4):  $y_r = 0.0193345\{n^2 - r(r-2) - 1\} - 0.013062n \dots\dots\dots (4)$

5 張間ラーメン (m=5):  $y_r = 0.0156933\{n^2 - r(r-2) - 1\} - 0.010325n \dots\dots\dots (5)$

m張間ラーメン (m>5):

$$y_r = [143.5\{n^2 - r(r-2) - 1\} - (82.95 + 68.76/m + 1)n] \frac{1}{12(143m+47)} \dots\dots\dots (6)$$

(r=1~n)

2. 最上端荷重が W/2 なる場合の補正值 (Corrections for horizontal deflection in the upper and lower parts of frames in the case where top load is W/2)

ラーメンの上部と下部の水平変位の計算には一般計算式の結果に更に第13表と第14表の補正值を加える。ただし近似計算で満足する場合はこの補正はいらない。

第13表 ラーメン上部の  $y_r$  の補正值 (上端荷重 =  $W/2$ )  
 (Correction for  $y_r$  in the upper part of frames) 係数:  $\frac{Wh^2}{EK}$   
 Top load =  $W/2$

$\Delta y_r$	1 張間 ラーメン ( $m=1$ )	2 張間 ラーメン ( $m=2$ )	3 張間 ラーメン ( $m=3$ )	4 張間 ラーメン ( $m=4$ )	5 張間 ラーメン ( $m=5$ )	m 張間 ラーメン ( $m>5$ )
$\Delta y_1$	0.019566	0.009430	0.005946	0.004313	0.003371	$(25.77 + 30.30/m + 1) \frac{1}{12(143m + 47)}$
$\Delta y_2$	0.002485	0.000940	0.000537	0.000367	0.000277	$(1.82 + 4.32/m + 1)$ "
$\Delta y_3$	0.000315	0.000106	0.000054	0.000035	0.000026	$(0.14 + 0.54/m + 1)$ "
$\Delta y_4$	0.000040	0.000011	0.000004	0.000003	0.000002	

第14表 ラーメン下部の  $y_r$  の補正值 (上端荷重 =  $W/2$ )  
 (Correction for  $y_r$  in the lower part of frames) 係数:  $\frac{Wh^2}{EK}$   
 Top load =  $W/2$

$\Delta y_r$	1 張間 ラーメン ( $m=1$ )	2 張間 ラーメン ( $m=2$ )	3 張間 ラーメン ( $m=3$ )	4 張間 ラーメン ( $m=4$ )	5 張間 ラーメン ( $m=5$ )	m 張間 ラーメン ( $m>5$ )
$\Delta y_n$	0.006832 n	0.002748 n	0.001620 n	0.001128 n	0.000860 n	$(5.89 + 11.82/m + 1)n \frac{1}{12(143m + 47)}$
$\Delta y_{n-1}$	0.000867 n	0.000297 n	0.000159 n	0.000105 n	0.000077 n	$(0.44 + 1.56/m + 1)n$ "
$\Delta y_{n-2}$	0.000110 n	0.000028 n	0.000014 n	0.000008 n	0.000005 n	$(0.02 + 0.18/m + 1)n$ "
$\Delta y_{n-3}$	0.000014 n	0.000003 n	0.000001 n			

3. 最上端荷重が  $W$  なる場合の一般計算式 (Calculation formulae of horizontal deflection in the case where top load is  $W$ )

係数:  $\frac{Wh^2}{EK}$

1 張間ラーメン ( $m=1$ ):  $y_r = 0.0625000\{n(n+1) - r(r-1)\} - 0.053791(n+0.5)$  ..... (7)

2 張間ラーメン ( $m=2$ ):  $y_r = 0.0361111\{n(n+1) - r(r-1)\} - 0.07175(n+0.5)$  ..... (8)

3 張間ラーメン ( $m=3$ ):  $y_r = 0.0251735\{n(n+1) - r(r-1)\} - 0.017702(n+0.5)$  ..... (9)

4 張間ラーメン ( $m=4$ ):  $y_r = 0.0193345\{n(n+1) - r(r-1)\} - 0.013962(n+0.5)$  ..... (10)

5 張間ラーメン ( $m=5$ ):  $y_r = 0.0156933\{n(n+1) - r(r-1)\} - 0.010325(n+0.5)$  ..... (11)

m張間ラーメン ( $m>5$ ):

$$y_r = [143.5\{n(n+1) - r(r-1)\} - (82.95 + 68.76/m + 1)(n+0.5)] \frac{1}{12(143m + 47)} \dots\dots (12)$$

( $r=1 \sim n$ )

上端荷重が  $W/2$  の時の式において  $r$  と  $n$  の代りに夫々  $r+0.5$  と  $n+0.5$  を用いても同じである。

4. 最上端荷重が  $W$  なる場合の補正值 (Correction for horizontal deflection in the case where top load is  $W$ )

下部の水平變位の補正值は上端荷重が  $W/2$  の時の補正值中  $n$  の代りに  $n+0.5$  として用

いればよい。上部の補正值は第 15 表による。

第 15 表 ラーメン上部の  $y_r$  の補正值 (上端荷重  $W$ )  
(Correction for  $y_r$  in the upper part of frames) 係数:  $\frac{Wh^2}{EK}$   
Top load= $W$

$\Delta y_r$	1 張間 ラーメン ( $m=1$ )	2 張間 ラーメン ( $m=2$ )	3 張間 ラーメン ( $m=3$ )	4 張間 ラーメン ( $m=4$ )	5 張間 ラーメン ( $m=5$ )	m 張間 ラーメン ( $m>5$ )
$\Delta y_1$	0.007826	0.013564	0.002059	0.001419	0.001068	$(6.67 + 18.59/m + 1) \frac{1}{12(143m+47)}$
$\Delta y_2$	0.000974	0.000321	0.000169	0.000109	0.000079	$(0.44 + 1.74/m + 1) \quad "$
$\Delta y_3$	0.000126	0.000041	0.000020	0.000013	0.000007	$(0.04 + 0.24/m + 1) \quad "$
$\Delta y_4$	0.000016	0.000002	0.000001	0.000001		

5. 最上端荷重が  $\alpha W$  なる場合の水平変位の一般計算式と補正值 (Calculation formulae and corrections of horizontal deflection in the case where top load is  $\alpha W$ )

材端曲げモーメントの場合と同様の関係を用いればよい。即ち一般計算式と下部補正值は上端荷重が  $W/2$  なる場合の  $r$  と  $n$  の代りに夫々  $r+(a-0.5)$  と  $n+(a-0.5)$  を用いる。

上部の補正值  $\Delta y_{\alpha W}$  は、上端荷重が  $W/2$  なる時のこれを  $\Delta y_{W/2}$ 、 $W$  なる時のものを  $\Delta y_w$  とすれば

$$\Delta y_{\alpha W} = \Delta y_{W/2} + (2\alpha - 1)(\Delta y_w - \Delta y_{W/2})$$

より求める。

#### IV 等剛比高層架構の固有振動週期計算公式

各層における質量がすべて床面位置にあると仮定し、その大きさが  $M$  なる場合の  $m$  張間  $n$  層の等剛比ラーメンの第  $s$  次の固有振動週期 (Natural vibration period)  $T_s$  は次式によつて求められる。

$$T_s = \frac{2}{2s-1} \left( 2n+1 - \sqrt{\frac{F_m}{3}} \right) \sqrt{1+F_m} \sqrt{\frac{Mh^2}{12(m+1)EK}}$$

こゝに  $s$  は固有振動次数、 $F_m$  は張間数に関するもので、

$$1 \text{ 張間 ラーメン } (m=1) : F_1 = 2$$

$$2 \text{ 張間 ラーメン } (m=2) : F_2 = \frac{8}{5}$$

$$3 \text{ 張間 ラーメン } (m=3) : F_3 = \frac{17}{12}$$

$$4 \text{ 張間 ラーメン } (m=4) : F_4 = \frac{367}{278}$$

$$5 \text{ 張間 ラーメン } (m=5) : F_5 = \frac{160}{127}$$

$$m \text{ 張間 ラーメン } (m > 5) : F_m = \frac{48(3m+5)}{143m+47}$$

1 張間 1 層より 5 張間 50 層にいたる各種等剛比ラーメンの固有振動週期を計算しその結果を表示すると第 16 表となる。この表には第 1 次固有振動週期のみをしめしたが、第 2 次、第 3 次の固有振動週期は夫々表の値に 1/3, 1/5 をかければよい。

第 16 表 第 1 次固有振動週期  
(Natural vibration period of the first mode)

$$\text{係数: } \sqrt{\frac{Mh^2}{(m+1)EK}}$$

層 数 (n)	1 張間ラーメン (m=1)	2 張間ラーメン (m=2)	3 張間ラーメン (m=3)	4 張間ラーメン (m=4)	5 張間ラーメン (m=5)
1	2.183	2.113	2.076	2.055	2.041
2	4.183	3.975	3.871	3.814	3.777
3	6.183	5.837	5.665	5.573	5.513
4	8.183	7.699	7.461	7.331	7.249
5	10.18	9.561	9.256	9.090	8.985
6	12.18	11.42	11.05	10.85	10.72
7	14.18	13.28	12.85	12.61	12.46
8	16.18	15.15	14.64	14.37	14.19
9	18.18	17.01	16.44	16.13	15.93
10	20.18	18.87	18.23	17.88	17.66
20	40.18	37.49	36.13	35.47	35.02
30	60.18	56.11	54.13	53.06	52.38
40	80.18	74.73	72.08	70.65	69.74
50	100.18	93.35	90.03	88.24	87.10

V 計 算 例 題

1. 5 張間 5 層等剛比ラーメン (最上端荷重 = W/2) (Frame with n stories and m bays :  
Top load = W/2)

最左側柱にその節点における材端曲げモーメントを求めるにはまず一般計算式

$$M_{r,r+1} = -(0.058399r - 0.007546)Wh$$

$$M_{r,r-1} = -(0.058399r - 0.109252) \neq$$

$$M_{r,r'} = (0.116798r - 0.116798) \neq$$

において r=1, 2, …… 6 と置いて

$$M_{1,2} = -0.050853, \quad M_{1,1'} = 0$$

$$M_{2,3} = -0.109252, \quad M_{2,1} = -0.007546, \quad M_{2,2'} = 0.116798$$

.....

$$M_{5,6} = -0.284449, \quad M_{5,4} = -0.182743, \quad M_{5,5'} = 0.467192$$

$$M_{6,5} = -0.241142 \quad (\text{係数: } Wh)$$

次に上部における M の補正値を第 5 表 (A) から

$$\begin{aligned} \Delta M_{1,2} &= 0.011770, & \Delta M_{1,1'} &= 0.039083 \\ \Delta M_{2,3} &= -0.000034, & \Delta M_{2,1} &= -0.002407, & \Delta M_{2,2'} &= 0.002441 \\ & \dots\dots\dots & & & & \text{(係数: Wh)} \end{aligned}$$

下部における補正値を第 5 表 (B) より

$$\begin{aligned} \Delta M_{6,5} &= -0.032245 \times 5 \\ \Delta M_{5,6} &= 0.008639 \times 5, & \Delta M_{5,4} &= -0.000572 \times 5, & \Delta M_{5,5'} &= -0.008067 \times 5 \\ & \dots\dots\dots \\ \Delta M_{2,3} &= 0.000020 \times 5, & \Delta M_{2,1} &= -0.000008 \times 5, & \Delta M_{2,2'} &= -0.000012 \times 5 \\ & & & & & \text{(係数: Wh)} \end{aligned}$$

これ等を一般計算式による結果に加えて結局

$$\begin{aligned} M_{1,2} &= -0.039083(-0.03908), & M_{1,1'} &= 0.039083(0.03909) \\ M_{2,3} &= -0.109186(-0.10918), & M_{2,1} &= -0.009993(-0.00999), & M_{2,2'} &= 0.119179(0.11918) \\ & \dots\dots\dots \\ M_{5,6} &= -0.241254(-0.24124), & M_{5,4} &= -0.185603(-0.18561), & M_{5,5'} &= 0.426857(0.42686) \\ M_{6,5} &= -0.402367(-0.40237) & & & & \text{(係数: Wh)} \end{aligned}$$

その他の材端曲げモーメントも同様計算できる。

括弧内の数値は鷹部屋博士著建築架構モーメント圖譜に所載の節點と部材廻轉角の数値より計算せるもので、こゝに提案した式による値の方がむしろ精確値である。同書には 1 張間から 5 張間 5 層迄のラーメンに對してこの廻轉角が計算されてある。

次に水平變位は 5 張間ラーメンに對する一般計算式

$$y_r = [0.0156933\{n^2 - r(r-2) - 1\} - 0.010325n] \frac{Wh^2}{EK}$$

において、 $n=5, r=1, 2, \dots\dots 5$  と代入して

$$\begin{aligned} y_1 &= 0.0156933 \times 25 - 0.051625 = 0.340708 \\ y_2 &= 0.0156933 \times 24 - 0.051625 = 0.325014 \end{aligned}$$

同様にして

$$\begin{aligned} y_3 &= 0.277934, & y_4 &= 0.199468, & y_5 &= 0.089615 \\ & & & & & \text{(係数: } \frac{Wh^2}{EK} \text{)} \end{aligned}$$

これに上部における  $y_r$  の補正値を第 13 表から

$$\Delta y_1 = 0.003371, \quad \Delta y_2 = 0.000277, \quad \Delta y_3 = 0.000026$$

下部における  $y_r$  の補正値を第 14 表から

$$\Delta y_5 = 0.000860 \times 5, \quad \Delta y_4 = 0.000077 \times 5, \quad \Delta y_3 = 0.000005 \times 5$$

と求めて加えると結局ラーメンの左側各節點の水平變位は

$$y_1 = 0.344079(0.344079), \quad y_2 = 0.325291(0.325295), \quad y_3 = 0.277985(0.277989)$$

$$y_4 = 0.199853(0.199856), \quad y_5 = 0.093915(0.093915)$$

(係数:  $\frac{Wh^2}{EK}$ )

括弧内の数値は曲げモーメントの計算に引用せるものと同じものから計算したものである。この計算によつてわかるように水平変位の場合には近似値を求める時には補正は省略して差支えない。

2. 10 張間 6 層等剛比ラーメン (最上端荷重 = W) (Frame with 6 stories and 10 bays. Top Load = W)

材端曲げモーメントの計算:

最左側柱にその節点における材端曲げモーメントを計算するには、上端荷重が W/2 なる時の一般計算式において、r の代わりに r+0.5 とおいて、

$$M_{r,r+1} = -\{89(r+0.5) - 11.5\} \frac{Wh}{2(143m+47)}$$

$$M_{r,r-1} = -\{89(r+0.5) - 166.5\} \quad //$$

$$M_{r,r'} = \{178(r+0.5) - 178\} \quad //$$

これに r=1, 2, …… 7 と代入して

$$M_{1,2} = -(89 \times 1.5 - 11.5) \frac{Wh}{2954} = -1.22 \times \frac{Wh}{2954}$$

$$M_{1,1'} = (178 \times 1.5 - 178) \quad // = 89 \times \quad //$$

$$M_{2,3} = -(89 \times 2.5 - 11.5) \quad // = -2.11 \times \quad //$$

以下同様にして

$$M_{2,1} = -56, \quad M_{2,2'} = 267, \quad \dots\dots\dots$$

$$M_{5,7} = -567, \quad M_{5,5} = -412, \quad M_{5,6'} = 979, \quad M_{7,6} = -501$$

(係数:  $\frac{Wh}{2954}$ )

これに對し上部におけるものには、上部補正值を第 12 表から

$$\Delta M_{1,2} = (11.81 - 8.13 \times \frac{1}{11}) \frac{Wh}{2954} = 11.07 \times \frac{Wh}{2954}$$

$$\Delta M_{1,1'} = (21.19 + 8.09 \times \frac{1}{11}) \quad // = 21.93 \times \quad //$$

同様に  $\Delta M_{2,3} = -1.08, \quad \Delta M_{2,1} = 1.12, \quad \Delta M_{3,2'} = -0.04$  又下部におけるものは第 6 表(B) から求める。この表は上端荷重が W/3 の場合のものであるから表中の n の代わりに n+0.5 を用いる。

$$\Delta M_{5,7} = (7.06 + 36.66 \times \frac{1}{11})(6.5) \frac{Wh}{2954} = 67.53 \times \frac{Wh}{2954}$$

同様に  $\Delta M_{5,5} = -0.65, \quad \Delta M_{5,6'} = -66.88, \quad \Delta M_{7,6} = -342.48$

これ等の補正值をさきに求めた一般計算式による結果に加え更に係数をかけると、

$$M_{1,2} = -0.0375(-0.0375), \quad M_{1,1'} = 0.0375(0.0375), \quad M_{2,3} = -0.0718(-0.0717)$$

$$M_{2,1} = -0.0186(-0.0185), \quad M_{2,2'} = 0.0904(0.0902)$$

.....

$$M_{5,7} = -0.1691(-0.1690), \quad M_{5,5} = -0.1397(-0.1395), \quad M_{5,6'} = 0.3088(0.3085),$$

$$M_{7,6} = -0.2855 (-0.2853). \quad (\text{係数: } Wh)$$

その他も同様に計算するのであるがこゝには省略する。括弧内の数値は普通の方法によつて手数をかけ求めたものである。この例題のしめすように6張間以上の場合には、5張間以下の場合に比し精度はおとるが、大體4桁迄採用できるので工學上の目的には充分である。

水平變位の計算:

水平變位の一般計算式は上端荷重  $W$  の場合には、

$$y_r = [143.5\{n(n+1) - r(r-1)\} - (82.95 + 68.76/m+1)(n+0.5)] \frac{Wh^2}{12(143m+47)EK}$$

にしてこの式に

$n=6, m=10$  とをき、更に  $r=1, 2, \dots, 6$  と代入して、

$$y_1 = 5438.28, \quad y_2 = 5151.98, \quad y_3 = 4577.98, \quad y_4 = 3716.28, \quad y_5 = 2568.28, \\ y_6 = 1133.28 \quad (\text{係数: } \frac{Wh^2}{17724EK})$$

これに對し上部における  $y_r$  の補正值は第15表から

$$\Delta y_1 = (6.67 + 18.59 \times \frac{1}{11}) = 8.36$$

$$\text{同様に } \Delta y_2 = 0.60, \quad \Delta y_3 = 0.06 \quad (\text{係数: } \frac{Wh^2}{17724EK})$$

下部における  $y_r$  の補正值は第14表を用いる。この場合は  $n$  の代りに  $n+0.5$  を用いる。

$$\Delta y_4 = (0.02 + 0.18 \times \frac{1}{11})(6.5) = 0.26$$

$$\text{同様に } \Delta y_5 = 3.77, \quad \Delta y_6 = 45.24 \quad (\text{係数: } \frac{Wh^2}{17724EK})$$

これ等の補正值をさきに求めた結果に加え更に係数をかけると結局、

$$y_1 = 0.3073 (0.3074), \quad y_2 = 0.2907 (0.2908), \quad y_3 = 0.2583 (0.2584), \\ y_4 = 0.2097 (0.2099), \quad y_5 = 0.1451 (0.1454), \quad y_6 = 0.0665 (0.0669) \\ (\text{係数: } \frac{Wh^2}{EK})$$

括弧内の値は普通の方法で計算したものである。

## VI 公式の誘導理論

### 1. 材端曲げモーメントの一般計算式

(Calculation formulae of end bending moments)

まづ5張間ラーメンを例にとつてのべる。層数は任意とし全層数を  $n$  とする。剛節點  $r, r'$  及び  $r''$  における節點平衡方程式 (Joint equilibrium equation) と第  $r$  層及び第  $r-1$  層における剪斷平衡方程式 (Shear equilibrium equation) は撓角法 (slope deflection method) において熟知の如く、

$$\theta_{r-1} + 6\theta_r + \theta_{r+1} + \theta_r' - 3R_{r-1} - 3R_r = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$\theta_r + \theta_{r-1}' + 8\theta_r' + \theta_{r+1}' + \theta_r'' - 3R_{r-1} - 3R_r = 0 \dots\dots\dots (2)$$

$$\theta_r' + \theta_{r-1}'' + 9\theta_r'' + \theta_{r+1}'' - 3R_{r-1} - 3R_r = 0 \dots\dots\dots (3)$$



$$\theta_{r-1} + \theta_{r+1} = 2\theta_r, \quad \theta'_{r-1} + \theta'_{r+1} = 2\theta'_r, \quad \theta''_{r-1} + \theta''_{r+1} = 2\theta''_r$$

としてこれを代入しても同様とくことができる。

以上と全く同様にして1張間から4張間のラーメンに対する $\theta$ と $R$ を求めると次のようになる。

$$1 \text{ 張間ラーメン} : \theta_r = (r-1) \frac{Wh}{12EK} \dots\dots\dots (16)$$

$$R_r = 3(r-\frac{1}{2}) \frac{Wh}{24EK} \dots\dots\dots (17)$$

$$2 \text{ 張間ラーメン} : \left. \begin{aligned} \theta_r &= 3(r-1) \frac{Wh}{60EK} \\ \theta'_r &= 2(r-1) \quad // \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (18)$$

$$R_r = 13(r-\frac{1}{2}) \frac{Wh}{3 \times 60EK} \dots\dots\dots (19)$$

$$3 \text{ 張間ラーメン} : \left. \begin{aligned} \theta_r &= 10(r-1) \frac{Wh}{238EK} \\ \theta'_r &= 7(r-1) \quad // \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (20)$$

$$R_r = 29(r-\frac{1}{2}) \frac{Wh}{2 \times 288EK} \dots\dots\dots (21)$$

$$4 \text{ 張間ラーメン} : \left. \begin{aligned} \theta_r &= 44.5(r-1) \frac{Wh}{1668EK} \\ \theta'_r &= 31(r-1) \quad // \\ \theta''_r &= 32.5(r-1) \quad // \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (22)$$

$$R_r = 64.5(r-\frac{1}{2}) \quad // \dots\dots\dots (23)$$

次に6張間以上のものに対しても同様計算出来るが、この場合にはラーメンの左側より第4番目以上の $\theta$ はすべて第3番目におけるものと等しいと假定することにより簡単に取扱うことができる。即ち6張間及びそれ以上の $m$ 張間ラーメンに対しては、(8)と(9)の兩式は同じであるが(10)式は次のようになる。

$$\begin{aligned} & (2m-4)\theta_{r-1} + 12m\theta_r + (2m-4)\theta_{r+1} - \{6\theta'_{r-1} + (10-2m)\theta'_r + 6\theta'_{r+1}\} - \{(3m \\ & -9)\theta''_{r-1} + (6m-18)\theta''_r + (3m-9)\theta''_{r+1}\} = (S_r + S_{r-1}) \frac{h}{2EK} \dots\dots\dots (24) \end{aligned}$$

従つてこの特殊解を最上端荷重が $W/2$ の場合について求めると、

$$m \text{ 張間ラーメン } (m \geq 5) : \left. \begin{aligned} \theta_r &= 33(r-1) \frac{Wh}{2(143m+47)EK} \\ \theta'_r &= 23(r-1) \quad // \\ \theta''_r &= 24(r-1) \quad // \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (25)$$

$$R_r = 287(r-\frac{1}{2}) \frac{Wh}{12(143m+47)EK} \dots\dots\dots (26)$$

以上求めた $\theta$ と $R$ の式が、ラーメンの上部と下部以外における節點廻轉角と部材廻轉角を求める一般計算式であり上部と下部におけるものには更にこれらより計算したものに補正值を加えるのである。以上あげた諸式を撓角式

$$M_{ab} = 2EK (\theta_a + \theta_b - 3R_{ab})$$

に代入することによつて材端曲げモーメントの一般計算式が求められる。結果についてはすで

に示したところである。

このように求めた  $\theta$  と  $R$  の一般計算式はラーメンの上端荷重が  $W/2$  の場合であるが、これが  $W$  の場合には

$$S_r + S_{r-1} = 2(r - \frac{1}{2}) W \dots\dots\dots (27)$$

となり、 $W/2$  なる時の (13) 式の  $r$  の代りに  $(r + \frac{1}{2})$  とおいたものと同じであるから、これまで求めた式において  $r$  の代りに  $(r + \frac{1}{2})$  とおけば上端荷重が  $W$  の場合に對するものとなる。

2. 材端曲げモーメントの補正式

(Correction formulae of end bending moments)

(8)~(10) の聯立階差方程式の右邊がすべて零なる所謂同次方程式の解を求める。同次微分方程式におけると同様に

$$\theta_r = A\beta^r, \quad \theta_r' = B\beta^r, \quad \theta_r'' = C\beta^r \dots\dots\dots (28)$$

とおいてこの同次方程式に入れると

$$\left. \begin{aligned} (1+5\beta+\beta^2)A - (1+7\beta+\beta^2)B - \beta C &= 0 \\ \beta A + (1+7\beta+\beta^2)B - (1+8\beta+\beta^2)C &= 0 \\ (1+10\beta+\beta^2)A - (1+\beta^2)B - (1+2\beta+\beta^2)C &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (29)$$

これから  $A, B, C$  を消去して

$$\begin{vmatrix} (1+5\beta+\beta^2) & -(1+7\beta+\beta^2) & -\beta \\ \beta & (1+7\beta+\beta^2) & -(1+8\beta+\beta^2) \\ (1+10\beta+\beta^2) & -(1+\beta^2) & -(1+2\beta+\beta^2) \end{vmatrix} = 0$$

又は

$$\beta^6 + 2\beta^5 - 113\beta^4 - 542\beta^3 - 113\beta^2 + 2\beta + 1 = 0 \dots\dots\dots (30)$$

なる特性方程式がえられる。この6根は

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 &= 0.085505, & \beta_4 &= \beta_1^{-1} = 11.69519 \\ \beta_2 &= -0.127781, & \beta_5 &= \beta_2^{-1} = -7.87588 \\ \beta_3 &= -0.176990, & \beta_6 &= \beta_3^{-1} = -5.65005 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (31)$$

この根を (29) 式に代入し  $A, B, C$  の比を決定すると、

$$\begin{aligned} \beta_1, \beta_4 : & \quad A=1, \quad B=0.84795, \quad C=0.85563 \\ \beta_2, \beta_5 : & \quad A=1, \quad B=1.13925, \quad C=-1.86719 \\ \beta_3, \beta_6 : & \quad A=1, \quad B=-0.75150, \quad C=0.05453 \end{aligned}$$

となり (28) 式は結局次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \theta_r &= A\beta^r = C_1\beta_1^r + C_2\beta_2^r + C_3\beta_3^r + C_4\beta_4^r + C_5\beta_5^r + C_6\beta_6^r \\ \theta_r' &= B\beta^r = 0.84795C_1\beta_1^r + 1.13925C_2\beta_2^r - 0.75150C_3\beta_3^r \\ &\quad + 0.84795C_4\beta_4^r + 1.13925C_5\beta_5^r - 0.75150C_6\beta_6^r \\ \theta_r'' &= C\beta^r = 0.85563C_1\beta_1^r - 1.86719C_2\beta_2^r + 0.05453C_3\beta_3^r \\ &\quad + 0.85563C_4\beta_4^r - 1.86719C_5\beta_5^r + 0.05453C_6\beta_6^r \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (32)$$

これが5張間ラーメンにおける限界効果即ちさきの特殊解の結果に補正すべき式となる。 $C_1, C_2, \dots, C_6$  は限界条件から決定すべき常数である。ラーメン下部においては(8)~(10)式の階差方程式の代りに(12)式となりこれが下部の限界条件式でこれに(32)式と特殊解を加えた一般解から

$$\begin{aligned}\theta_n &= C_4\beta_4^n + C_5\beta_5^n + C_6\beta_6^n + \bar{\theta}_n \\ \theta_{n-1} &= 0.08551C_4\beta_4^n - 0.12778C_5\beta_5^n - 0.17699C_6\beta_6^n + \bar{\theta}_{n-1} \\ \theta_n' &= 0.84795C_4\beta_4^n + 1.13925C_5\beta_5^n - 0.75150C_6\beta_6^n + \bar{\theta}_n' \\ \theta_{n-1}' &= 0.07251C_4\beta_4^n - 0.14557C_5\beta_5^n + 0.13301C_6\beta_6^n + \bar{\theta}_{n-1}' \\ \theta_n'' &= 0.85563C_4\beta_4^n - 1.86719C_5\beta_5^n + 0.05453C_6\beta_6^n + \bar{\theta}_n'' \\ \theta_{n-1}'' &= 0.07316C_4\beta_4^n + 0.23859C_5\beta_5^n - 0.00965C_6\beta_6^n + \bar{\theta}_{n-1}''\end{aligned}$$

を求めて代入する。こゝに $\bar{\theta}$ は(14)式による特殊解をしめす。なお(32)式において $r=n, n-1$ 等の場合には初めの3項は他に比し微小となり省略できるのである。

しかる時(12)式はラーメンの最上端荷重が $W/2$ の場合、

$$\left. \begin{aligned}-1.77828C_4\beta_4^n - 1.08977C_5\beta_5^n + 9.89597C_6\beta_6^n &= 10n \frac{Wh}{1524EK} \\ 0.08996C_4\beta_4^n + 23.52811C_5\beta_5^n - 4.55408C_6\beta_6^n &= -n \quad // \\ 8.22858C_4\beta_4^n + 13.51358C_5\beta_5^n + 9.59059C_6\beta_6^n &= -14n \quad //\end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (33)$$

となり、これを解いて

$$\left. \begin{aligned}C_4 &= -2.49408n\beta_4^{-n} \frac{Wh}{1524EK} \\ C_5 &= 0.07753n\beta_5^{-n} \quad // \\ C_6 &= 0.57087n\beta_6^{-n} \quad //\end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (34)$$

従つてこれを(32)式に用い又(31)式の関係より $\beta_4, \beta_5, \beta_6$ を $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ でをかえ更にこの場合の $\theta$ を改めて $4\theta$ にて表わす時

$$\left. \begin{aligned}4\theta_r &= (-2.49408\beta_1^{n-r} + 0.07753\beta_2^{n-r} + 0.57087\beta_3^{n-r})n \frac{Wh}{1524EK} \\ 4\theta_r' &= (-2.11485\beta_1^{n-r} + 0.08833\beta_2^{n-r} - 0.42900\beta_3^{n-r})n \quad // \\ 4\theta_r'' &= (-2.13401\beta_1^{n-r} - 0.14476\beta_2^{n-r} + 0.03113\beta_3^{n-r})n \quad //\end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (35)$$

これがラーメン下部の限界効果で下部における $\theta_r$ の一般計算式(14)に補正すべき式となる。

次に(11)式がラーメン上部の限界条件式でこれに(32)式と特殊解を加えた一般解から

$$\begin{aligned}\theta_1 &= 0.08551C_1 - 0.12778C_2 - 0.17699C_3 + \bar{\theta}_1 \\ \theta_2 &= 0.00731C_1 + 0.01633C_2 + 0.03133C_3 + \bar{\theta}_2 \\ \theta_1' &= 0.07251C_1 - 0.14557C_2 + 0.13301C_3 + \bar{\theta}_1' \\ \theta_2' &= 0.00620C_1 + 0.01860C_2 - 0.02354C_3 + \bar{\theta}_2' \\ \theta_1'' &= 0.07316C_1 + 0.23859C_2 - 0.00965C_3 + \bar{\theta}_1'' \\ \theta_2'' &= 0.00626C_1 - 0.03049C_2 + 0.00171C_3 + \bar{\theta}_2''\end{aligned}$$

と求めて代入すると、上端荷重が  $W/2$  の場合には

$$\left. \begin{aligned} -0.17807C_1 + 0.10365C_2 - 1.13150C_3 &= -10 \frac{Wh}{1524EK}, \\ 0.00904C_1 - 2.23808C_2 + 0.52071C_3 &= 1, \\ 0.59277C_1 - 1.25040C_2 - 1.04311C_3 &= 77.5 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (36)$$

これを求める場合(32)式において  $r=1, 2$  の場合には、後の3項は他に比し微小となり省略したのである。(36)式を解いて

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= 110.9255 \frac{Wh}{1524EK}, \\ C_2 &= 2-0476 \quad // \quad , \\ C_3 &= -8.8067 \quad // \quad . \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (37)$$

従つて(32)式は、 $\theta$ を $\Delta\theta$ と改めて、

$$\left. \begin{aligned} \Delta\theta_r &= (110.925\beta_1^r - 2.048\beta_2^r - 8.807\beta_3^r) \frac{Wh}{1524EK}, \\ \Delta\theta'_r &= (94.059\beta_1^r - 2.333\beta_2^r + 6.618\beta_3^r) \quad // \quad , \\ \Delta\theta''_r &= (94.911\beta_1^r + 3.823\beta_2^r - 0.480\beta_3^r) \quad // \quad . \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (38)$$

これがラーメン上部の $\theta$ を一般計算式から計算した場合之に加えるべき補正式である。

次に部材廻轉角の補正値は5張間ラーメンでは

$$\Delta R_r = \frac{1}{2}(\Delta\theta_r + \Delta\theta_{r+1} + \Delta\theta'_r + \Delta\theta'_{r+1} + \Delta\theta''_r + \Delta\theta''_{r+1})$$

より計算すればその上端荷重が  $W/2$  の場合には、

上部のRの補正式：

$$\Delta R_r = (325.540\beta_1^r - 0.486\beta_2^r - 2.196\beta_3^r) \frac{Wh}{6 \times 1524EK} \dots\dots\dots (39)$$

下部のRの補正式：

$$\Delta R_r = (-85.6030\beta_1^{n-r} - 0.1440\beta_2^{n-r} - 0.8044\beta_3^{n-r})n \cdot \frac{Wh}{6 \times 1524EK} \dots\dots\dots (40)$$

次にラーメンの上端荷重が  $W$  なる場合、下部の補正式を求める場合に使用した(12)式の右邊の  $(S_n + S_{n-1})$  も亦上端荷重が  $W/2$  なる時のこの式における  $n$  の代りに  $(n + \frac{1}{2})$  とおいたものと同じになるので結局各補正式中  $\beta$  の指数の  $n-r$  はそのまま、括弧外の  $n$  はこれを  $(n + \frac{1}{2})$  とすることによつて上端荷重が  $W$  の場合の補正式がえられる。

上部の補正式は上部限界条件式(11)の右邊の  $S_1$  を  $W$  として改めて計算を行えば次のようになる。

5張間ラーメン上部の補正式(上端荷重 =  $W$ )：

$$\left. \begin{aligned} \Delta\theta_r &= (34.0313\beta_1^r - 1.9549\beta_2^r - 9.9536\beta_3^r) \frac{Wh}{1524EK}, \\ \Delta\theta'_r &= (28.8568\beta_1^r - 2.2271\beta_2^r + 7.4802\beta_3^r) \quad // \quad , \\ \Delta\theta''_r &= (29.1182\beta_1^r + 3.6501\beta_2^r - 0.5427\beta_3^r) \quad // \quad . \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (41)$$

$$\Delta R_r = (99.8737\beta_1^r - 0.4639\beta_2^r - 2.4824\beta_3^r) \frac{Wh}{6 \times 1524EK} \dots\dots\dots (42)$$

以上と全く同様の計算を1張間から4張間迄のラーメン更に無限張間のものに對して行えば次の結果がえられる。

ラーメンの上端荷重が  $W/2$  の場合 :

(in the case where top load is  $W/2$ )

1 張間ラーメン上部の補正式

$$\Delta\theta_r = 2.86373\beta_1^r \frac{Wh}{12EK} \dots\dots\dots (43)$$

$$\Delta R_r = 3.22747\beta_1^r \frac{Wh}{24EK} \dots\dots\dots (44)$$

1 張間ラーメン下部の補正式

$$\Delta\theta_r = -0.127017n\beta_1^{n-r} \frac{Wh}{12EK} \dots\dots\dots (45)$$

$$\Delta R_r = -1.12702n\beta_1^{n-r} \frac{Wh}{24EK} \dots\dots\dots (46)$$

2 張間ラーメン上部の補正式

$$\Delta\theta_r = (9.2836\beta_1^r - 0.6576\beta_2^r) \frac{Wh}{60EK} \left. \dots\dots\dots (47) \right\}$$

$$\Delta\theta_r' = (7.6202\beta_1^r + 0.9156\beta_2^r) \frac{Wh}{60EK} \left. \dots\dots\dots (47) \right\}$$

$$\Delta R_r = (28.9034\beta_1^r - 0.3278\beta_2^r) \frac{Wh}{6 \times 60EK} \dots\dots\dots (48)$$

2 張間ラーメン下部の補正式

$$\Delta\theta_r = (-0.28945\beta_1^{n-r} + 0.03755\beta_2^{n-r})n \frac{Wh}{60EK} \left. \dots\dots\dots (49) \right\}$$

$$\Delta\theta_r' = (-0.23760\beta_1^{n-r} - 0.05228\beta_2^{n-r})n \frac{Wh}{60EK} \left. \dots\dots\dots (49) \right\}$$

$$\Delta R_r = (-8.68938\beta_1^{n-r} - 0.10420\beta_2^{n-r})n \frac{Wh}{6 \times 60EK} \dots\dots\dots (50)$$

3 張間ラーメン上部の補正式

$$\Delta\theta_r = (32.364\beta_1^r - 2.760\beta_2^r) \frac{Wh}{288EK} \left. \dots\dots\dots (51) \right\}$$

$$\Delta\theta_r' = (27.182\beta_1^r + 1.942\beta_2^r) \frac{Wh}{288EK} \left. \dots\dots\dots (51) \right\}$$

$$\Delta R_r = (65.140\beta_1^r - 0.684\beta_2^r) \frac{Wh}{4 \times 288EK} \dots\dots\dots (52)$$

3 張間ラーメン下部の補正式

$$\Delta\theta_r = (-0.85423\beta_1^{n-r} + 0.14918\beta_2^{n-r})n \frac{Wh}{288EK} \left. \dots\dots\dots (53) \right\}$$

$$\Delta\theta_r' = (-0.71747\beta_1^{n-r} - 0.10495\beta_2^{n-r})n \frac{Wh}{288EK} \left. \dots\dots\dots (53) \right\}$$

$$\Delta R_r = (-18.3025\beta_1^{n-r} - 0.2244\beta_2^{n-r})n \frac{Wh}{4 \times 288EK} \dots\dots\dots (54)$$

4 張間ラーメン上部の補正式

$$\Delta\theta_r = (147.379\beta_1^r - 4.815\beta_2^r - 8.958\beta_3^r) \frac{Wh}{1668EK} \left. \dots\dots\dots (55) \right\}$$

$$\Delta\theta_r' = (124.475\beta_1^r - 1.747\beta_2^r + 8.701\beta_3^r) \frac{Wh}{1668EK} \left. \dots\dots\dots (55) \right\}$$

$$\Delta\theta_r'' = (125.719\beta_1^r + 10.405\beta_2^r - 4.942\beta_3^r) \frac{Wh}{1668EK} \left. \dots\dots\dots (55) \right\}$$

$$\Delta R_r = (72.883\beta_1^r - 0.234\beta_2^r - 0.447\beta_3^r) \frac{Wh}{1668EK} \dots\dots\dots (56)$$

4 張間ラーメン下部の補正式

$$\Delta\theta_r = (-3.5299\beta_1^{n-r} + 0.2094\beta_2^{n-r} + 0.5847\beta_3^{n-r})n \frac{Wh}{1668EK} \left. \dots\dots\dots (57) \right\}$$

$$\Delta\theta_r' = (-2.9814\beta_1^{n-r} + 0.0760\beta_2^{n-r} - 0.5680\beta_3^{n-r})n \frac{Wh}{1668EK} \left. \dots\dots\dots (57) \right\}$$

$$\Delta\theta_r'' = (-3.0113\beta_1^{n-r} - 0.4526\beta_2^{n-r} + 0.3226\beta_3^{n-r})n \frac{Wh}{1668EK} \left. \dots\dots\dots (57) \right\}$$

$$\Delta R_r = (-19.6728\beta_1^{n-r} - 0.0723\beta_2^{n-r} - 0.1611\beta_3^{n-r})n \frac{Wh}{1668EK} \dots (58)$$

無限張間ラーメン上部の補正式

$$\left. \begin{aligned} \Delta \theta_r &= (118.581\beta_1^r - 1.140\beta_2^r - 12.331\beta_3^r) \frac{Wh}{2(143m+47)EK} \\ \Delta \theta_r' &= (102.371\beta_1^r - 7.615\beta_2^r + 8.238\beta_3^r) \quad // \\ \Delta \theta_r'' &= (103.106\beta_1^r + 0.792\beta_2^r - 0.927\beta_3^r) \quad // \end{aligned} \right\} \dots (59)$$

$$\Delta R_r = (331.548\beta_1^r + 2.041\beta_2^r - 2.283\beta_3^r) \frac{Wh}{12(143m+47)EK} \dots (60)$$

無限張間ラーメン下部の補正式

$$\left. \begin{aligned} \Delta \theta_r &= (-1.9751\beta_1^{n-r} + 0.0569\beta_2^{n-r} + 0.9171\beta_3^{n-r})n \frac{Wh}{2(143m+47)EK} \\ \Delta \theta_r' &= (-1.7051\beta_1^{n-r} + 0.3801\beta_2^{n-r} - 0.6127\beta_3^{n-r})n \quad // \\ \Delta \theta_r'' &= (-1.7173\beta_1^{n-r} - 0.0395\beta_2^{n-r} + 0.0690\beta_3^{n-r})n \quad // \end{aligned} \right\} \dots (61)$$

$$\Delta R_r = (-76.834\beta_1^{n-r} + 0.721\beta_2^{n-r} - 0.947\beta_3^{n-r})n \frac{Wh}{12(143m+47)EK} \dots (62)$$

ラーメンの上端荷重が W の場合 :

(In the case where top load is W)

1 張間ラーメン上部の補正式

$$\Delta \theta_r = 1.14549 \beta_1^r \frac{Wh}{12EK} \dots (63)$$

$$\Delta R_r = 1.29099 \beta_1^r \frac{Wh}{24EK} \dots (64)$$

2 張間ラーメン上部の補正式

$$\left. \begin{aligned} \Delta \theta_r &= (3.39250\beta_1^r - 0.80493\beta_2^r) \frac{Wh}{60EK} \\ \Delta \theta_r' &= (2.78462\beta_1^r + 1.12071\beta_2^r) \quad // \end{aligned} \right\} \dots (65)$$

$$\Delta R_r = (10.5621\beta_1^r - 0.4013\beta_2^r) \frac{Wh}{6 \times 60EK} \dots (66)$$

3 張間ラーメン上部の補正式

$$\left. \begin{aligned} \Delta \theta_r &= (10.8430\beta_1^r - 3.1173\beta_2^r) \frac{Wh}{288EK} \\ \Delta \theta_r' &= (9.1070\beta_1^r + 2.1931\beta_2^r) \quad // \end{aligned} \right\} \dots (67)$$

$$\Delta R_r = (21.8241\beta_1^r - 0.7719\beta_2^r) \frac{Wh}{4 \times 288EK} \dots (68)$$

4 張間ラーメン上部の補正式

$$\left. \begin{aligned} \Delta \theta_r &= (46.9024\beta_1^r - 4.9030\beta_2^r - 10.4060\beta_3^r) \frac{Wh}{1668EK} \\ \Delta \theta_r' &= (39.6133\beta_1^r - 1.7787\beta_2^r + 10.1081\beta_3^r) \quad // \\ \Delta \theta_r'' &= (40.0092\beta_1^r + 10.5949\beta_2^r - 5.7406\beta_3^r) \quad // \end{aligned} \right\} \dots (69)$$

$$\Delta R_r = (23.1946\beta_1^r - 0.2379\beta_2^r - 0.5189\beta_3^r) \quad // \dots (70)$$

無限張間ラーメン上部の補正式

$$\left. \begin{aligned} \Delta \theta_r &= (30.156\beta_1^r - 1.039\beta_2^r - 13.043\beta_3^r) \frac{Wh}{2(143m+47)EK} \\ \Delta \theta_r' &= (26.034\beta_1^r - 6.943\beta_2^r + 8.714\beta_3^r) \quad // \\ \Delta \theta_r'' &= (26.221\beta_1^r + 0.722\beta_2^r - 0.981\beta_3^r) \quad // \end{aligned} \right\} \dots (71)$$

$$\Delta R_r = (84.316\beta_1^r + 1.861\beta_2^r - 2.415\beta_3^r) \frac{Wh}{12(143m+47)EK} \dots\dots\dots (72)$$

以上の各補正式中  $\beta$  は特性方程式の根であり各張間数のラーメンの特性方程式とその根を示すと次の如くである。

$$\left. \begin{aligned} 1 \text{ 張間ラーメン} &: \beta^2 - 8\beta + 1 = 0 \\ 2 \text{ 張間ラーメン} &: \beta^4 - 4\beta^3 - 54\beta^2 - 4\beta + 1 = 0 \\ 3 \text{ 張間ラーメン} &: 2\beta^4 - 9\beta^3 - 130\beta^2 - 9\beta + 2 = 0 \\ 4 \text{ 張間ラーメン} &: 5\beta^6 + 8\beta^5 - 514\beta^4 - 2334\beta^3 - 514\beta^2 + 8\beta + 5 = 0 \\ 5 \text{ 張間ラーメン} &: \beta^6 + 2\beta^5 - 113\beta^4 - 542\beta^3 - 113\beta^2 + 2\beta + 1 = 0 \\ \text{無限張間ラーメン} &: \beta^6 - \beta^5 - 137\beta^4 - 584\beta^3 - 137\beta^2 - \beta + 1 = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (73)$$

第17表 特性方程式の根  
(Roots of characteristic equations)

張間数 (m)	$\beta_1, \beta_4^{-1}$	$\beta_2, \beta_5^{-1}$	$\beta_3, \beta_6^{-1}$
1	0.127017		
2	0.103710	-0.179654	
3	0.093941	-0.164627	
4	0.088736	0.140610	-0.181008
5	0.085505	-0.127781	-0.176990
∞	0.071871	-0.141069	-0.179321

部材廻轉角と節點廻轉角の補正值が以上のようにわかると材端曲げモーメントの補正值は

$$\Delta M_{ab} = 2EK(2\Delta\theta_a + \Delta\theta_b - 3\Delta R_{ab}) \dots\dots\dots (74)$$

によつて與えられることになる。

従つて材端曲げモーメント補正式も次の形をとることになる。

$$\text{上部の補正式} : \Delta M = (A_1\beta_1^r + A_2\beta_2^r + A_3\beta_3^r) Wh \dots\dots\dots (75)$$

$$\text{下部の補正式} : \Delta M = (B_1\beta_1^{n-r} + B_2\beta_2^{n-r} + B_3\beta_3^{n-r}) nWh \dots\dots\dots (76)$$

各張間数のラーメンに對してこれ等の  $A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3$  なる係数を計算し表示すると第18表から第29表の如くなる。

第18表 1張間ラーメンのM補正式 (上端荷重=W/2)  
(Correction formulae for M of frames with 1 bay)

Top load = W/2

$\Delta M$	上部補正式 $A_i\beta_i^r Wh$	下部補正式 $B_i\beta_i^{n-r} Wh$
	$A_i$	$B_i$
$\Delta M_{r,r+1}$	0.20833	0.072748
$\Delta M_{r,r-1}$	-1.64019	-0.009240
$\Delta M_{r,r'}$	1.43186	-0.063508

第19表 2張間ラーメンのM補正式(上端荷重=W/2)

(Correction formulae for M of frames with 2 bays)

Top load = W/2

$\Delta M$	上部補正式 ( $A_1\beta_1^r + A_2\beta_2^r$ ) Wh		下部補正式 ( $B_1\beta_1^{n-r} + B_2\beta_2^{n-r}$ ) n Wh	
	$A_1$	$A_2$	$B_1$	$B_2$
$\Delta M_{r,r+1}$	0.16928	-0.03444	0.032495	-0.002727
$\Delta M_{r,r-1}$	-1.04214	0.04776	-0.005278	0.001966
$\Delta M_{r,r'}$	0.87292	-0.01332	-0.027217	0.000761
$\Delta M_{r',r'+1}$	0.05263	0.06102	0.052616	0.007951
$\Delta M_{r',r'-1}$	-1.68770	-0.13925	-0.001642	-0.003486
$\Delta M_{r',r}$	0.81747	0.03912	-0.025487	-0.002233

第20表 3張間ラーメンのM補正式(上端荷重=W/2)

(Correction formulae for M of frames with 3 bays)

Top load = W/2

$\Delta M$	上部補正式 ( $A_1\beta_1^r + A_2\beta_2^r$ ) Wh		下部補正式 ( $B_1\beta_1^{n-r} + B_2\beta_2^{n-r}$ ) n Wh	
	$A_1$	$A_2$	$B_1$	$B_2$
$\Delta M_{r,r+1}$	0.131338	-0.031623	0.020313	-0.003052
$\Delta M_{r,r-1}$	-0.769598	0.056476	-0.003467	0.001709
$\Delta M_{r,r'}$	0.638263	-0.024853	-0.016847	0.001343
$\Delta M_{r',r'+1}$	0.055596	0.028314	0.032322	0.004138
$\Delta M_{r',r'-1}$	-1.224578	-0.076578	-0.001478	-0.001530
$\Delta M_{r',r}$	0.602282	0.007804	-0.015897	-0.000422
$\Delta M_{r',r''}$	0.566301	0.040460	-0.014947	-0.002186

第21表 4張間ラーメンのM補正式(上端荷重=W/2)

(Correction formulae for M of frames with 4 bays)

Top load = W/2

$\Delta M$	上部補正式 ( $A_1\beta_1^r + A_2\beta_2^r + A_3\beta_3^r$ ) Wh			下部補正式 ( $B_1\beta_1^{n-r} + B_2\beta_2^{n-r} + B_3\beta_3^{n-r}$ ) n Wh		
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$B_1$	$B_2$	$B_3$
$\Delta M_{r,r+1}$	0.106938	-0.005895	-0.017950	0.014601	0.001024	-0.001891
$\Delta M_{r,r-1}$	-0.609614	0.023537	0.028978	-0.002561	0.000430	0.001170
$\Delta M_{r,r'}$	0.502677	-0.013642	-0.011048	-0.012040	0.000523	0.000721
$\Delta M_{r',r'+1}$	0.049576	-0.003054	0.020585	0.023322	-0.000206	0.002580
$\Delta M_{r',r'-1}$	-0.974033	0.004729	-0.045652	-0.001187	0.000133	-0.001344
$\Delta M_{r',r}$	0.475214	-0.005262	0.010126	-0.011382	0.000433	-0.000661
$\Delta M_{r',r''}$	0.449243	0.008287	0.014941	-0.010761	-0.000260	-0.000975
$\Delta M_{r'',r''+1}$	0.052690	0.024032	-0.009171	0.022854	0.003034	-0.000784
$\Delta M_{r'',r''-1}$	-0.954200	-0.069755	0.012006	-0.001262	-0.001046	0.000528
$\Delta M_{r'',r'}$	0.450755	0.022858	-0.001417	-0.010796	-0.000294	0.000093

第 22 表 5 張間ラーメンの M 補正式 (上端荷重=W/2)

(Correction formulae for M of frames with 5 bays)

Top load=W/2

$\Delta M$	上部補正式 ( $A_1\beta_1^r + A_2\beta_2^r + A_3\beta_3^r$ ) Wh			下部補正式 ( $B_1\beta_1^{n-r} + B_2\beta_2^{n-r} + B_3\beta_3^{n-r}$ ) nWh		
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$B_1$	$B_2$	$B_3$
$\Delta M_{r,r+1}$	0.082982	0.004714	-0.019523	0.011345	0.000498	-0.002207
$\Delta M_{r,r-1}$	-0.504565	0.013154	0.034049	0.002023	0.000178	0.001272
$\Delta M_{r,r'}$	0.414583	-0.008439	-0.014426	-0.009322	0.000319	0.000935
$\Delta M_{r',r'+1}$	0.043821	-0.005415	0.017279	0.018160	0.000581	0.002583
$\Delta M_{r',r'-1}$	-0.807699	0.015334	-0.039835	-0.000985	0.000205	-0.001120
$\Delta M_{r',r''}$	0.392447	-0.008813	0.005813	-0.003824	0.000334	-0.000377
$\Delta M_{r',r'''}$	0.371431	-0.001106	0.016744	-0.003351	0.000042	-0.001085
$\Delta M_{r'',r''+1}$	0.045152	0.003710	0.000293	0.017816	0.001201	0.000379
$\Delta M_{r'',r''-1}$	-0.792378	-0.031731	-0.005836	-0.001037	-0.000363	-0.000019
$\Delta M_{r'',r'}$	0.372554	0.006972	0.007432	-0.003377	-0.000261	-0.000481
$\Delta M_{r'',r'''}$	0.373672	0.015049	-0.001882	-0.003402	-0.000570	0.000122

第 23 表 無限張間ラーメンの M 補正式 (上端荷重=W/2)

(Correction formulae for M of frames with infinite number of bays)

Top load=W/2

$\Delta M$	上部補正式 ( $A_1\beta_1^r + A_2\beta_2^r + A_3\beta_3^r$ ) $\frac{Wh}{2(143m+47)}$			下部補正式 ( $B_1\beta_1^{n-r} + B_2\beta_2^{n-r} + B_3\beta_3^{n-r}$ ) n $\frac{Wh}{2(143m+47)}$		
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$B_1$	$B_2$	$B_3$
$\Delta M_{r,r+1}$	159.82	-6.28	-42.62	13.972	-1.300	-5.613
$\Delta M_{r,r-1}$	-838.96	26.07	75.48	-2.662	0.313	3.169
$\Delta M_{r,r'}$	679.06	-19.79	-32.85	-11.311	0.988	2.443
$\Delta M_{r',r'+1}$	92.65	-30.35	32.28	22.565	-4.530	5.330
$\Delta M_{r',r'-1}$	-1354.89	91.97	-71.66	-1.543	1.515	-2.401
$\Delta M_{r',r''}$	646.64	-32.74	8.29	-10.771	1.634	-0.617
$\Delta M_{r',r'''}$	615.69	23.88	31.10	-10.255	1.441	2.313
$\Delta M_{r'',r''+1}$	95.70	0.90	-1.09	22.177	-0.319	0.454
$\Delta M_{r'',r''-1}$	-1331.49	6.41	-6.10	-1.594	-0.045	0.031
$\Delta M_{r'',r'}$	617.16	-12.05	12.77	-10.279	0.602	-0.949
$\Delta M_{r'',r'''}$	618.64	4.75	-5.55	-10.304	-0.237	0.414

第24表 1張間ラーメンのM補正式

(上端荷重=W)

(Correction formulae for M of frame with 1 bay)

Top load=W

$\Delta M$	上部補正式 $A_1 \beta_1^r Wh$
	$A_1$
$\Delta M_{r,r+1}$	0.08333
$\Delta M_{r,r-1}$	-0.65608
$\Delta M_{r,r'}$	0.57275

第25表 2張間ラーメンのM補正式

(上端荷重=W)

(Correction formulae for M of frames with 2 bays)

Top load=W

$\Delta M$	上部補正式 $(A_1 \beta_1^r + A_2 \beta_2^r) Wh$	
	$A_1$	$A_2$
	$\Delta M_{r,r+1}$	0.06186
$\Delta M_{r,r-1}$	0.38083	0.05846
$\Delta M_{r,r'}$	0.31899	-0.01630
$\Delta M_{r',r'+1}$	0.01923	0.07469
$\Delta M_{r',r'-1}$	-0.61673	-0.17045
$\Delta M_{r',r}$	0.29872	0.04788

第26表 3張間ラーメンのM補正式

(上端荷重=W)

(Correction formulae for M of frames with 3 bays)

Top load=W

$\Delta M$	上部補正式 $(A_1 \beta_1^r + A_2 \beta_2^r) Wh$	
	$A_1$	$A_2$
	$\Delta M_{r,r+1}$	0.044003
$\Delta M_{r,r-1}$	-0.257842	0.053775
$\Delta M_{r,r'}$	0.213840	-0.028059
$\Delta M_{r',r'+1}$	0.018627	0.031973
$\Delta M_{r',r'-1}$	-0.410276	-0.086475
$\Delta M_{r',r}$	0.201736	0.008813
$\Delta M_{r',r''}$	0.189731	0.045689

第27表 4張間ラーメンのM補正式

(上端荷重=W)

(Correction formulae for M of frames with 4 bays)

Top load=W

$\Delta M$	上部補正式 $(A_1 \beta_1^r + A_2 \beta_2^r + A_3 \beta_3^r) wh$		
	$A_1$	$A_2$	$A_3$
	$\Delta M_{r,r+1}$	0.03032	-0.010075
$\Delta M_{r,r-1}$	-0.194005	0.023966	0.033663
$\Delta M_{r,r'}$	0.159973	-0.013891	-0.012834
$\Delta M_{r',r'+1}$	0.015777	-0.003109	0.023913
$\Delta M_{r',r'-1}$	-0.309979	0.004815	-0.053033
$\Delta M_{r',r}$	0.151234	-0.010144	0.011763
$\Delta M_{r',r''}$	0.142968	0.008438	0.017357
$\Delta M_{r'',r''+1}$	0.016768	0.024477	-0.010654
$\Delta M_{r'',r''-1}$	-0.303668	-0.071027	0.013946
$\Delta M_{r'',r'}$	0.143450	0.023275	-0.001646

第28表 5張間ラーメンのM補正式

(上端荷重=W)

(Correction formulae for M of frames with 5 bays)

Top load=W

$\Delta M$	上部補正式 ( $A_1\beta_1^r + A_2\beta_2^r + A_3\beta_3^r$ ) Wh		
	$A_1$	$A_2$	$A_3$
$\Delta M_{r,r+1}$	0.027606	-0.004502	-0.022178
$\Delta M_{r,r-1}$	-0.154797	0.012559	0.038483
$\Delta M_{r,r'}$	0.127191	-0.008057	-0.016305
$\Delta M_{r',r'+1}$	0.013444	-0.005170	0.019529
$\Delta M_{r',r'-1}$	-0.247797	0.014640	-0.045024
$\Delta M_{r'r}$	0.120400	-0.008414	0.006570
$\Delta M_{r',r''}$	0.113953	-0.001056	0.018925
$\Delta M_{r'',r''+1}$	0.014159	0.009270	0.000331
$\Delta M_{r'',r''-1}$	0.243097	-0.030295	-0.006596
$\Delta M_{r'',r'}$	0.114297	0.006657	0.008400
$\Delta M_{r'',r'''}$	0.114640	0.014363	-0.002135

第29表 無限張間ラーメンのM補正式

(上端荷重=W)

(Correction formulae for M of frames with infinite number of bays)

Top load=W

$\Delta M$	上部補正式 ( $A_1\beta_1^r + A_2\beta_2^r + A_3\beta_3^r$ ) $\frac{Wh}{2(143m+47)}$		
	$A_1$	$A_2$	$A_3$
$\Delta M_{r,r+1}$	40.64	- 5.73	45.08
$\Delta M_{r,r-1}$	213.35	23.77	79.84
$\Delta M_{r,r'}$	172.61	- 18.04	-34.75
$\Delta M_{r',r'+1}$	23.56	-27.67	34.14
$\Delta M_{r',r'-1}$	-344.56	83.85	-75.80
$\Delta M_{r'r}$	164.45	-29.85	8.77
$\Delta M_{r',r''}$	156.58	-26.33	32.90
$\Delta M_{r'',r''+1}$	24.34	0.92	- 1.15
$\Delta M_{r'',r''-1}$	-338.61	5.84	- 6.45
$\Delta M_{r'',r'}$	156.95	-10.99	13.51
$\Delta M_{r'',r'''}$	157.33	4.33	- 5.88

以上表示した材端曲げモーメントの補正式において、上部の補正式に  $r=1, 2, \dots$ 、下部の補正式に  $r=n+1, n, n-1, \dots$  とおいて計算しラーメンの上部と下部の各節点における材端曲げモーメントの補正値を求め実際計算に便せしめたものがII章の第1表から第5表と第7表から第11表にしめしたところのものである。

$m > 5$  なる張間数のラーメンに対する補正式は、その一般計算式の場合とことなつて上部の限界条件式

$$\left. \begin{aligned} 3\theta_1 + \theta_2 - (5\theta_1' + \theta_2' + \theta_1'') &= 0 \\ \theta_1 + 5\theta_1' + \theta_2' - (6\theta_1'' + \theta_2'') &= 0 \\ (8m+2)\theta_1 + (2m-4)\theta_2 + (2m-4)\theta_1' - 6\theta_2' \\ - (3m-9)\theta_1'' - (3m-9)\theta_2'' &= \frac{S_1 h}{2EK} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (77)$$

と下部の限界条件式

$$\left. \begin{aligned} \theta_{n-1} + 5\theta_n - (\theta_{n-1}' + 7\theta_n') - \theta_n'' &= 0 \\ \theta_n + \theta_{n-1}' + 7\theta_n' - (\theta_{n-1}'' + 8\theta_n'') &= 0 \\ (2m-4)\theta_{n-1} + 12m\theta_n - \{6\theta_{n-1}' + (10-2m)\theta_n'\} \\ - \{(3m-9)\theta_{n-1}'' + (6m-18)\theta_n''\} &= (S_n + S_{n-1}) \frac{h}{2EK} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (78)$$

において  $m=6, 7, \dots$  とし各張間数に応じて  $\theta$  従つて又 R 及び M の補正式を別々に求め

ることになる。しかしながら實際計算した結果を検討すると結局 5 張間と無限張間の二つのラーメンに対するものから求めることができる。

今實際に各張間數に對し最上端荷重が  $W/2$  なる場合その限界條件式から補正式を求め、更に  $r=1, 2, \dots, r=n+1, n, \dots$  とおいて各補正值を求め表示すると第 30 表から第 36 表の如くなる。今 5 張間と無限張間ラーメンの材端曲げモーメントの補正值を夫々  $\Delta M_5$  と  $\Delta M_\infty$  にてあらわすと、これ等は

$$\Delta M_5 = a_5 \frac{W_h}{2(143m+47)}, \quad (m=5)$$

$$\Delta M_\infty = a_\infty \quad // \quad (m=\infty)$$

の形であらわされ更に  $m$  張間ラーメンに對する補正值  $\Delta M_m$  は

$$\Delta M_m = \left\{ a_\infty + \frac{6(a_5 - a_\infty)}{(m+1)} \right\} \frac{W_h}{2(143m+47)}, \quad (m=5, 6 \dots \infty) \dots\dots\dots (79)$$

にて與えられることがわかる。例えば第 30 表中の  $\Delta M_{1,2}$ ,  $\Delta M_{1,1}'$  は

$$\Delta M_{1,2} = (20.01 - 12.45 \cdot \frac{1}{m+1}) \frac{W_h}{2(143m+47)}$$

$$\Delta M_{1,1}' = (57.49 + 12.45 \cdot // ) //$$

又第 33 表の  $\Delta M_{n+1,n}$ ,  $\Delta M_{n+1,n}'$  は

$$\Delta M_{n+1,n} = (-56.94 + 46.80 \frac{1}{m+1}) n \frac{W_h}{2(143m+47)}$$

$$\Delta M_{n+1,n}' = (-18.82 + 50.76 // ) n //$$

にてあらはされるのである。その他の  $\Delta M$  についても同様にまとめたものが第 6 表である。

なお上端荷重が  $W$  なる場合に對して求めたものが第 12 表である。

第 30 表  $m$  張間ラーメン上部の  $M$  補正值 - I (上端荷重= $W/2$ )  
 (Correction for  $M$  in the upper part of frames with  $m$  bays - I)  
 Top load= $W/2$  係數:  $\frac{W_h}{2(143m+47)}$

張間數 (m)	$\Delta M_{1,2}$	$\Delta M_{1,1}'$	$\Delta M_{1,2}'$	$\Delta M_{1,1}'$	$\Delta M_{1,1}''$	$\Delta M_{1,2}''$	$\Delta M_{1,1}'$	$\Delta M_{1,1}'''$
5	17.94	59.56	2.10	51.29	44.10	4.04	45.19	46.27
6	18.25	59.24	2.57	51.03	43.89	4.49	44.97	46.05
7	18.49	59.01	2.91	50.84	43.74	4.81	44.81	45.88
8	18.66	58.82	3.18	50.69	43.62	5.06	44.68	45.74
9	18.81	58.69	3.38	50.58	43.53	5.26	44.59	45.65
10	18.92	58.58	3.55	50.49	43.46	5.42	44.51	45.57
15	19.27	58.23	4.07	50.21	43.23	5.91	44.27	45.31
20	19.45	58.04	4.33	50.06	43.11	6.16	44.15	45.19
$\infty$	20.01	57.49	5.15	49.60	42.75	6.95	43.77	44.79

第31表 m張間ラーメン上部のM補正值 -II (上端荷重=W/2)  
(Correction for M in the upper part of frames with m bays -II)

Top load=W/2

係数:  $\frac{Wh}{2(143m+47)}$ 

張間数 (m)	$\Delta M_{2,3}$	$\Delta M_{2,1}$	$\Delta M_{2,2}'$	$\Delta M_{2,3}'$	$\Delta M_{2,1}'$	$\Delta M_{2,2}$	$\Delta M_{2,2}''$	$\Delta M_{2,3}''$	$\Delta M_{2,1}''$	$\Delta M_{2,2}'''$	$\Delta M_{2,3}'''$
5	-0.05	-3.67	3.72	1.18	-10.52	4.43	4.91	0.77	-9.90	4.68	4.45
6	-0.14	3.32	3.46	1.15	-10.06	4.20	4.71	0.74	-9.45	4.47	4.24
7	-0.20	-3.07	3.27	1.12	-9.71	4.03	4.56	0.71	-9.12	4.32	4.09
8	-0.25	-2.87	3.13	1.10	-9.45	3.90	4.44	0.69	-8.86	4.21	3.97
9	-0.29	-2.72	3.01	1.09	-9.25	3.80	4.36	0.67	-8.67	4.12	3.88
10	-0.33	-2.59	2.92	1.07	-9.08	3.72	4.28	0.65	-8.50	4.04	3.81
15	-0.43	-2.21	2.64	1.03	-8.56	3.47	4.06	0.60	-8.00	3.82	3.58
20	-0.49	-2.01	2.50	1.00	-8.30	3.35	3.95	0.57	-7.75	3.71	3.46
$\infty$	-0.67	-1.39	2.06	0.91	-7.47	2.95	3.60	0.48	-6.95	3.36	3.11

第32表 m張間ラーメン上部の補正值 -III (上端荷重=W/2)  
(Correction for M in the upper part of frames with m bays -III)

Top load=W/2

係数:  $\frac{Wh}{2(143m+47)}$ 

張間数 (m)	$\Delta M_{3,4}$	$\Delta M_{3,2}$	$\Delta M_{3,3}'$	$\Delta M_{3,4}'$	$\Delta M_{3,2}'$	$\Delta M_{3,3}$	$\Delta M_{3,3}''$	$\Delta M_{3,4}''$	$\Delta M_{3,2}''$	$\Delta M_{3,3}'''$	$\Delta M_{3,4}'''$
5	0.27	-0.81	0.54	-0.09	-0.48	0.35	0.22	0.01	-0.60	0.27	0.32
6	0.27	-0.80	0.53	-0.08	-0.45	0.34	0.20	0.01	-0.57	0.25	0.31
7	0.28	-0.80	0.52	-0.08	-0.43	0.33	0.19	0.02	-0.55	0.24	0.30
8	0.28	-0.80	0.52	-0.08	-0.42	0.32	0.18	0.02	-0.54	0.23	0.29
9	0.28	-0.80	0.51	-0.08	-0.40	0.31	0.17	0.02	-0.53	0.23	0.28
10	0.29	-0.80	0.51	-0.08	-0.40	0.31	0.17	0.02	-0.52	0.22	0.28
15	0.30	-0.80	0.50	-0.08	-0.38	0.30	0.15	0.03	-0.50	0.21	0.27
20	0.30	-0.80	0.50	-0.07	-0.37	0.29	0.15	0.03	-0.49	0.20	0.26
$\infty$	0.32	-0.82	0.50	-0.07	-0.35	0.28	0.13	0.04	-0.48	0.19	0.25

第33表 m張間ラーメン下部のM補正值 -I (上端荷重=W/2)  
(Correction for M in the lower part of frames with m bays -I)

Top load=W/2

係数:  $\frac{Whn}{2(143m+47)}$ 

張間数 (m)	$\Delta M_{n+1,n}$	$\Delta M_{n'+1,n}'$	$\Delta M_{n''+1,n}''$	張間数 (m)	$\Delta M_{n+1,n}$	$\Delta M_{n'+1,n}'$	$\Delta M_{n''+1,n}''$
5	-49.14	-10.36	-13.94	10	-52.75	-14.29	-17.81
6	-50.29	-11.61	-15.18	15	-54.07	-15.71	-19.24
7	-51.14	-12.54	-16.09	20	-54.76	-16.45	-19.98
8	-51.80	-13.25	-16.80	$\infty$	-56.94	-18.82	-22.31
9	-52.32	-13.80	-17.36				

第34表 m張間ラーメン下部のM補正補正值 -Ⅱ (上端荷重=W/2)  
(Correction for M in the lower part of frames with m bays -Ⅱ)

Top load=W/2

係数:  $\frac{Whn}{2(143m+47)}$

張間数 (m)	$\Delta M_{n,n+1}$	$\Delta M_{n,n-1}$	$\Delta M_{n,n'}$	$\Delta M_{n',n'+1}$	$\Delta M_{r',n'-1}$	$\Delta M_{n'n}$	$\Delta M_{n',n''}$	$\Delta M_{n'',n''+1}$	$\Delta M_{n'',n''-1}$	$\Delta M_{n'',n'}$	$\Delta M_{n'',n''}$
5	13.17	-0.87	-12.29	30.73	-2.89	-13.51	-14.32	23.56	-2.17	-13.90	-13.49
6	12.27	-0.65	-11.63	29.63	-2.86	-12.95	-13.84	28.50	-2.11	-13.41	-12.98
7	11.61	-0.47	-11.14	28.83	-2.82	-12.53	-13.48	27.71	-2.06	-13.04	-12.60
8	11.10	-0.34	-10.76	28.20	-2.79	-12.20	-13.21	27.10	-2.02	-12.76	-12.32
9	10.69	-0.23	-10.46	27.71	-2.76	-11.95	-12.99	26.61	-1.98	-12.54	-12.09
10	10.35	-0.14	-10.22	27.29	-2.74	-11.74	-12.82	26.21	-1.95	-12.36	-11.90
15	9.32	0.15	-9.47	26.04	-2.66	-11.11	-12.27	24.98	-1.84	-11.81	-11.34
20	8.77	0.31	-9.03	25.39	-2.61	-10.78	-12.00	24.34	-1.78	-11.52	-11.04
∞	7.06	0.82	-7.88	23.31	-2.43	-9.75	-11.13	22.31	-1.56	-10.63	-10.13

第35表 m張間ラーメン下部のM補正値 -Ⅲ (上端荷重=W/2)  
(Correction for M in the lower part of frames with m bays -Ⅲ)

Top load=W/2

係数:  $\frac{Whn}{2(143m+47)}$

張間数 (m)	$\Delta M_{n-1,n}$	$\Delta M_{n-1,n-2}$	$\Delta M_{n-1,n'-1}$	$\Delta M_{n'-1,n'}$	$\Delta M_{n'-1,n'-2}$	$\Delta M_{n'-1,n'-1}$	$\Delta M_{n''-1,n''}$	$\Delta M_{n''-1,n''-1}$	$\Delta M_{n''-1,n''-2}$	$\Delta M_{n''-1,n''-1}$	$\Delta M_{n''-1,n''-1}$
5	2.17	-0.64	-1.53	1.78	0.13	-1.11	-0.80	1.93	-0.06	-0.91	-1.02
6	2.15	-0.66	-1.49	1.68	0.13	-1.07	-0.75	1.83	-0.06	-0.86	-0.97
7	2.14	-0.67	-1.47	1.62	0.13	-1.03	-0.71	1.83	-0.07	-0.82	-0.94
8	2.13	-0.68	-1.45	1.57	0.13	-1.01	-0.69	1.79	-0.07	-0.80	-0.91
9	2.13	-0.69	-1.44	1.53	0.13	-1.00	-0.67	1.75	-0.08	-0.78	-0.89
10	2.13	-0.70	-1.43	1.50	0.13	-0.98	-0.65	1.73	-0.08	-0.77	-0.88
15	2.14	-0.73	-1.41	1.43	0.12	-0.95	-0.60	1.66	-0.09	-0.72	-0.84
20	2.15	-0.75	-1.40	1.40	0.12	-0.93	-0.58	1.63	-0.10	-0.70	-0.83
∞	2.19	-0.80	-1.39	1.31	0.11	-0.89	-0.53	1.56	-0.12	-0.65	-0.78

第36表 m張間ラーメン下部のM補正値 -Ⅳ (上端荷重=W/2)  
(Correction for M in the lower part of frames with m bays -Ⅳ)

Top load=W/2

係数:  $\frac{Whn}{2(143m+47)}$

張間数 (m)	$\Delta M_{n-2,n-1}$	$\Delta M_{n-2,n-3}$	$\Delta M_{n-2,n'-3}$	$\Delta M_{n'-2,n'-1}$	$\Delta M_{n'-2,n'-3}$	$\Delta M_{n'-2,n'-2}$	$\Delta M_{n''-2,n''-2}$	$\Delta M_{n''-2,n''-1}$	$\Delta M_{n''-2,n''-3}$	$\Delta M_{n''-2,n''-2}$	$\Delta M_{n''-2,n''-2}$
5	0.01	0.04	-0.05	0.31	-0.06	-0.11	-0.14	0.25	-0.02	-0.12	-0.10
6	-0.01	0.05	-0.04	0.27	-0.06	-0.10	-0.14	0.23	-0.02	-0.11	-0.09
7	-0.03	0.05	-0.03	0.28	-0.06	-0.09	-0.13	0.21	-0.02	-0.11	-0.09
8	-0.04	0.06	-0.02	0.27	-0.06	-0.08	-0.13	0.20	-0.02	-0.10	-0.08
9	-0.05	0.06	-0.01	0.26	-0.06	-0.08	-0.12	0.20	-0.02	-0.10	-0.08
10	-0.06	0.06	-0.01	0.26	-0.06	-0.08	-0.12	0.19	-0.02	-0.10	-0.07
15	-0.08	0.07	0.01	0.24	-0.06	-0.07	-0.11	0.17	-0.01	-0.09	-0.06
20	-0.09	0.08	0.02	0.23	-0.06	-0.06	-0.11	0.16	-0.01	-0.08	-0.06
∞	-0.13	0.09	0.04	0.20	0.06	-0.04	-0.10	0.12	-0.01	-0.07	-0.04

3. 水平變位の一般計算式とその補正值

(Calculation formulae and corrections of horizontal deflection)

部材廻轉角から各節點の水平變位を求めることができるが、今上下兩限界効果を考えない場合即ち一般計算式による部材廻轉角を  $\bar{R}_r$  とし、限界効果に對する補正值を  $\Delta R_r$  とすれば任意節點  $r$  の水平變位は

$$Y_r = \sum_r^n R_r h$$

$$= \sum_r^n \bar{R}_r h + \sum_r^n \Delta R_r h \dots\dots\dots (80)$$

こゝに  $\bar{R}_r$  はすでにのべたように、最上端荷重が  $W/2$  の場合には

$$\bar{R}_r = (r - \frac{1}{2}) C \cdot \frac{W h}{EK} \dots\dots\dots (81)$$

$C$  は張間數によりことなる定數である。従つて、

$$\sum_r^n \bar{R}_r h = \sum_r^n \bar{R}_r h - \sum_1^{r-1} \bar{R}_r h$$

$$= \{ \frac{1}{2} n(n+1) - \frac{1}{2} (r-1)(r-1+1) - \frac{1}{2} (n-r+1) \} \cdot C \cdot \frac{W h^2}{EK}$$

$$= \{ n^2 - r(r-2) - 1 \} \cdot C/2 \cdot \frac{W h^2}{EK} \dots\dots\dots (82)$$

次に  $\sum_r^n \Delta R_r h$  の計算に必要なため、さきに求めた  $R$  の補正式によつてラーメンの上部と下部附近における各部材の  $R$  の補正值を計算し表示すれば第 37 表と第 38 表となる。ただしこれは上端荷重が  $W/2$  の場合である。  $m > 5$  なる張間數のラーメンに對する  $\Delta R$  は材端曲げモーメントにおける時と同様にして張間  $m$  數を任意數として含む一括した式に直してしめた。第 38 表から  $\sum_r^n \Delta R_r h$  を計算しさきに求めた  $\sum_r^n \bar{R}_r h$  に加へ  $y_r$  を求めたものが 1 章 1 節にあげた最上端荷重が  $W/2$  なる場合の水平變位の一般計算式である。

ただしラーメンの上部と下部にあつてはこの一般計算式に更に次の補正值を加える必要のあることは、その式の求めかたからして明かである。

$$\left. \begin{aligned} \Delta y_1 &= \sum_1^r \Delta R_r h, & \Delta y_2 &= \sum_2^r \Delta R_r h, & \Delta y_3 &= \sum_3^r \Delta R_r h, & \dots\dots\dots \\ \Delta y_n &= -\sum_r^{n-1} \Delta R_r h, & \Delta y_{n-1} &= -\sum_r^{n-2} \Delta R_r h, & \Delta y_{n-2} &= -\sum_r^{n-3} \Delta R_r h, & \dots\dots\dots \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (83)$$

これ等の値はすべて第 37 表と第 38 表から計算できる。この結果をしめたのが第 13 表と第 14 表である。

次に以上求めた一般計算式と下部補正值中  $r$  と  $n$  の代りに夫々  $r+0.5$  と  $n+0.5$  を用いれば、上端荷重が  $W$  なる場合のこれ等になることは材端曲げモーメントにおいて述べたと同様である。なおこの場合一般計算式中  $\sum_r^n \bar{R}_r h$  の形は今のべた関係を用いると

$$\sum_r^n \bar{R}_r h = \{ n(n+1) - r(r-1) \} C/2 \cdot \frac{W h^2}{EK} \dots\dots\dots (84)$$

となる。上部の水平變位の補正值のみは、第 39 表にしめた上端荷重が  $W$  なる場合の  $\Delta R$  から計算するのであつて、この結果を示したのが第 15 表である。

第 37 表 ラーメン上部のRの補正值 (上端荷重=W/2)  
(Correction for R in the upper part of frames. Top load=W/2)

係数:  $\frac{Wh}{EK}$

$\Delta R$	1 張間 ラーメン (m=1)	2 張間 ラーメン (m=2)	3 張間 ラーメン (m=3)	4 張間 ラーメン (m=4)	5 張間 ラーメン (m=5)	m 張間 ラーメン (m>5)
$\Delta R_1$	0.017081	0.008490	0.005410	0.003946	0.003094	$(23.95 + 26.03/m + 1) \frac{1}{12(143m + 47)}$
$\Delta R_2$	0.002170	0.000834	0.000483	0.000332	0.000252	$(1.68 + 3.74/m + 1)$ //
$\Delta R_3$	0.000275	0.000095	0.000049	0.000033	0.000024	$(0.13 + 0.52/m + 1)$ //
$\Delta R_4$	0.000035	0.000010	0.000004	0.000002	0.000002	$(0.01 + 0.04/m + 1)$ //
$\Delta R_5$	0.000004	0.000001				

第 38 表 ラーメン下部のR補正值 (上端荷重=W/2)  
(Correction for R in the lower part of frames. Top load=W/2)

係数:  $n \frac{Wh}{EK}$

$\Delta R$	1 張間 ラーメン (m=1)	2 張間 ラーメン (m=2)	3 張間 ラーメン (m=3)	4 張間 ラーメン (m=4)	5 張間 ラーメン (m=5)	m 張間 ラーメン (m>5)
$\Delta R_n$	-0.046959	-0.024427	-0.016082	-0.011934	-0.009465	$(-77.06 - 56.94/m + 1) \frac{1}{12(143m + 47)}$
$\Delta R_{n-1}$	-0.005965	-0.002451	-0.001460	-0.001023	-0.000783	$(-5.45 - 10.23/m + 1)$ //
$\Delta R_{n-2}$	-0.000757	-0.000260	0.000145	-0.000097	-0.000071	$(-0.41 - 1.44/m + 1)$ //
$\Delta R_{n-3}$	-0.000096	-0.000025	-0.000012	-0.000007	-0.000005	$(-0.02 - 0.15/m + 1)$ //
$\Delta R_{n-4}$	0.000012	-0.000003	-0.000001	-0.000001	-0.000001	

第 39 表 ラーメン上部のRの補正值 (上端荷重=W)  
(Correction for R in the upper part of frames. Top load=W)

係数:  $\frac{Wh}{EK}$

$\Delta R$	1 張間 ラーメン (m=1)	2 張間 ラーメン (m=2)	3 張間 ラーメン (m=3)	4 張間 ラーメン (m=4)	5 張間 ラーメン (m=5)	m 張間 ラーメン (m>5)
$\Delta R_1$	0.0068323	0.0032430	0.0018899	0.0013104	0.0009885	$(6.23 + 16.85/m + 1) \frac{1}{12(143m + 47)}$
$\Delta R_2$	0.0008678	0.0002796	0.0001490	0.0000961	0.0000705	$(0.39 + 1.50/m + 1)$ //
$\Delta R_3$	0.0001103	0.0000392	0.0000187	0.0000120	0.0000084	$(0.04 + 0.22/m + 1)$ //
$\Delta R_4$	0.0000140	0.0000022	0.0000010	0.0000005	0.0000003	$(0.00 + 0.02/m + 1)$ //
$\Delta R_5$	0.0000018	0.0000005	0.0000002	0.0000002		

4. 最上端荷重が任意にして  $aW$  なる場合(In the case where top load is  $aW$ )

この場合は

$$S_r = (r-1+a)W, \quad S_{r-1} = (r-2+a)W$$

$$\text{従つて} \quad S_r + S_{r-1} = 2(r-1.5+a)W \quad \dots\dots\dots (85)$$

$$\text{同様に} \quad S_n + S_{n-1} = 2(n-1.5+a)W \quad \dots\dots\dots (86)$$

となりこれは上端荷重が  $W/2$  なる場合のこれ等の式において  $r$  と  $n$  の代りに夫々  $r+(a-0.5)$  と  $n+(a-0.5)$  とおいたものと同じである。従つてこれ等を基礎にして求めた、材端曲げモーメントその他  $\theta, R, y$  に關する一般計算式及び下部の補正式又は補正值は、上端荷重が  $W/2$  なる場合のこれ等において、同じく  $r$  と  $n$  の代りに夫々  $r+(a-0.5)$  と  $n+(a-0.5)$  を用いれば上端荷重が  $aW$  なる場合のものがえられる。

上部補正值のみは次の如くしてもとめる。いま任意點の材端曲げモーメントをとつて考える。上端荷重が夫々  $W$  と  $W/2$  なる時の補正值を  $\Delta M$  と  $\Delta M_{W/2}$  にてあらはせば  $\Delta M_W - \Delta M_{W/2}$  はラーメンの左側節點中最上端にのみ  $W/2$  の水平荷重がある場合の補正值となる。従つて又最上端にのみ  $aW$  の水平荷重ある時の補正值は  $2a(\Delta M_W - \Delta M_{W/2})$  となる。よつて上端荷重が  $W/2$  なる時を基準として  $(aW - W/2)$  なる上端荷重のみによる補正值は  $(2a-1)(\Delta M_W - \Delta M_{W/2})$  で従つて上端以外の水平荷重がすべて  $W$ 、上端荷重が  $aW$  なる場合の補正值  $\Delta M_{aW}$  は

$$\Delta M_{aW} = \Delta M_{W/2} + (2a-1)(\Delta M_W - \Delta M_{W/2}) \quad \dots\dots\dots (87)$$

となる。その他  $\theta, R, y$  に關しても同様の關係にある。

## 5. 固有振動週期 (Natural vibration period)

ラーメンの各層は一樣な荷重を擔う場合を考え、振動時ラーメンに働く震力と桁によつて柱に加えられる曲げモーメントはいずれも連続的に柱に加はるものとして振動方程式をつくと

$$EIF_m \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} - \frac{12EK}{h} \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \frac{1}{m+1} (1+F_m) \frac{w}{g} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad \dots\dots\dots (88)$$

となり、

$$\text{慣性モーメント} = \frac{IF_m}{m+1} (1+F_m), \quad \text{剛性係數} = \frac{\frac{12EK}{h}}{\frac{1}{m+1} (1+F_m)}$$

なる棒の彎曲振動と剪斷振動とを合成した振動になる。

こゝに  $F_m$  は張間數に關するもので IV 章で固有振動週期の公式をあげたさいしめしてある。

この振動方程式を解いて、多少近似計算を行つてさきにしめした固有振動週期を誘導したのであるが、これに關しては更に一般の場合即ち柱の剛度はすべて  $K$  であるが桁の剛度はこの

k 倍なる  $kK$  の場合に對し土木學會誌第 26 卷第 4 號において著者が述べてあるので詳細は省略する。ただしこゝにあげた公式は 6 張間以上の場合のものには多少の改良を加えてある。著者は更に同じ問題をエネルギー法によつてこゝに示したものと類似の固有振動週期の計算式を同會誌同卷第 1 號に述べたがこゝにあげたものが、低層ラーメンに對してもよく適合するのでこれを示すことにした。

## VII 結 語

こゝに提案した計算公式によつて、等剛比ラーメンに關する限り、如何なる張間數のものであつても、又 2, 3 層以上ならば如何なる層數のものであつても、水平荷重による材端曲げモーメント、水平變位更に固有振動週期を極めて簡單にかつ即座に求めることができる。なお欲するならばこれ等の計算公式の誘導理論中にのべたところのものによつて節點廻轉角及び部材廻轉角をも求めることができる。普通の計算において見られる層數の多寡による計算の難易の關係は全くない。

この種等剛比ラーメンに關する研究には建築雜誌 第 46 輯 第 558 號に應部屋博士のものがあるが、これは層數と張間數の夫々異なる多數のラーメンを個々別々に普通の解法によつてときその結果から歸納的に求められた曲げモーメントに關する概算式である。ラーメンの上部と下部の限界効果は全く省略されている。尙同博士のものは最上端荷重が  $W/2$  の場合のみであるが、この上端荷重は種々變りうるので著者は如何なる場合にも簡單に適用出來るようにした。

著者のこゝにあげた各種の計算式は等剛比ラーメンの水平荷重による應力と變形の各種の性狀を端的に明かにしてくれるもので、かつて應部屋博士が北海道大學工學部紀要第 2 冊第 4 號に發表された等剛比ラーメンの性狀に關する廣汎なる圖表もこゝにのべた諸式によつて簡單にもとめることができる。

次に實際問題として等剛比の高層建築架構は普通に考えられなく、著者もまた實際問題を主眼としたものでないが、しかしその最初の設計計算には等剛比ラーメンに關する諸計算式は採用できるのである。なお實際に近い等剛比を有するラーメンの計算公式についても應部屋博士が提案されているが、これに關する理論的考究を更に著者も後日すゝめてみる豫定である。

終りにこの研究は昭和 25 年度文部省科學研究費補助による著者の特殊不靜定構造物の應力研究の一部をなすものであることを附記する。