

信州大学工学部 正 夏 長 尚

1. まえがき

現状に即して基礎構造条件を考慮に入れて、ラーメンは解かすべきである。筆者は先にその一解法をわかり易い方法によって提案した^{(1), (2)}。しかしこの方法は基礎ヒンジもしくは固定として扱う従来の方法に比べ、基礎の変位が三要素を新、たに未知量として用いているために計算が多少煩雑になる。そこで基礎の条件によっては従来の方法で十分な精度で結果が得られると仮定があるので、ここではこの点に検討を加えて、実用計算における基礎条件のとり方について述べる。

2. 基礎の垂直変位がモーメントに及ぼす影響

図-1に示す門型ラーメンの頭部に水平力 P が作用した時について、基礎の回転および垂直変位を考慮して解くと、 M_{BA} は次のようになる。

$$M_{BA} = \mu \bar{M}_{BA} = \mu \cdot \frac{1.5(2R_f + R_p)}{12R_f + 2R_p R_f + 3R_p} P L \quad (\text{右基礎のときは } R_f \rightarrow R_p)$$

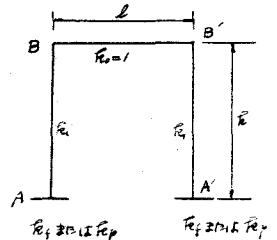


図-1.

$$\mu = \frac{1}{1 + \frac{12}{12\lambda + \lambda R_f + 3} \frac{E_f}{A G^2}} \quad (\text{直接基礎}), \quad \mu = \frac{1}{1 + \frac{12}{12\lambda + \lambda R_f + 3} \frac{E_f}{A G^2}} \quad (\text{杭基礎})$$

$\bar{M}_{BA}$: 基礎の回転だけを考慮したときの M_{BA} ^{(1), (2)}

$$R_f = \frac{R_p I_f}{4 E_f K_0}, \quad R_p = \frac{1}{4 E_f K_0} \sum (2 \beta_n \sin \lambda_n + f_n \lambda_n^2)$$

R_0 : 垂直地盤反力係数, I_f : 基礎底面の断面二次モーメント, $\beta_n = \sqrt{\frac{R_p E_n}{4 E_f I_n}}$

R_H : 水平地盤反力係数, D_n : 杭の直径, E_0, K_0 : 基礎部材のヤング率, 剛度

E_n, I_n : 杭のヤング率, 断面二次モーメント, $\lambda = R_p / R_0$ または R_p / R_H , A : 基礎底面積

n : 杭本数, λ_n : 節間から n 杭までの距離

この式において、一般に $I_f \ll A L^2$, $\sum \lambda_n^2 \ll n L^2$ であるから λ が極端に小さくなければ、 μ は 1 に非常に近い値となる。なおこの計算において、荷重として水平力を用いたのは、垂直変位が結果に及ぼす影響は垂直荷重時より小さいと考えられるからである。

したがって、基礎の回転に比べて垂直変位は一般にモーメントに影響を与えないと仮定する。

3. 基礎の水平変位がモーメントに及ぼす影響

基礎の水平変位が結果のモーメントに最も大きな影響を与えるのは温度変化時である。図-1のラーメンの一端温度変化時について、まず直接基礎では次のようになる⁽³⁾。

$$M_{AB} = \frac{R_p R_f (R_f + 1)}{(2R_f + 1) R_f + (1.5R_f + 1) R_p + \frac{\alpha R_p}{2K} (R_f + 2R_f R_f + 4R_f)} \psi$$

$$\alpha = \frac{12 E_f K_0}{(A_f + A_H) R_0 L} \quad \psi = \frac{3 E_f K_0 \delta L}{K} \quad A_H: \text{基礎前面積}$$

この式において、 $\alpha = 0$ としたときが水平変位を無視したときの式である。この項は他の項に比べて一般に非常に小さい⁽³⁾。よって直接基礎においては基礎の水平変位は無視して差支ない。

次に基礎壁では次のようになる。⁽³⁾

$$M_{AB} = \frac{R_1 R_2 \left\{ (R_1 + 1) + \frac{R_2}{2\alpha_2 R_1} \right\} \gamma_0}{(2R_1 + 1)R_2 + (1.5R_1 + 1)R_1 + \frac{\alpha_2 R_2}{\alpha_1 R_1} \left\{ R_1 + 2(R_1 + 2)R_2 \right\} - \frac{1.5R_1 R_2 (1 + R_1)}{\alpha_1 R_1}}$$

$$\alpha_1 = -\frac{\gamma E_0 K_0 R_0}{\Sigma \beta^2 E_0 I_0} \quad , \quad \alpha_2 = \frac{-R_2}{2 \Sigma \beta^2 E_0 I_0} (4 \Sigma \beta^2 E_0 I_0 + R_H A_H)$$

R_H : 基礎前面地盤の水平反力係数。

この式において、 $\gamma_0 = 0$ のとき基礎の水平変位を無視した式である。この式を使った項は他の項に比べて必ずしも小さくなく、普通 $R_H < 3 \gamma_0$ では基礎の水平変位はやはりモーメントに影響するようである。

4. 基礎・剛比のバラツキがモーメントに及ぼす影響

基礎・剛比として定義した R_1 , R_2 は地盤の反力係数のパラメーターに依っている。ところが実際に計算しようとするとき、この反力係数は不明確でバラツキが大きく、その値を決定するのに苦労する。そこでこのバラツキがモーメントにどのような影響するかについて考える。

(1). 全体としてのバラツキ。

図-1 に示すラーメンが頭部に水平力を受けるとき、 R_1 の推定値 R_1 が実際には βR_1 であったとしたら、 M_{AB} にどのような影響があるかを図-2 に示す。ただし R_1 のとき M_{AB} に対して、 βR_1 のとき βM_{AB} として示す。すなわち β が剛比のバラツキであり、 βM_{AB} が結果としてのモーメント M_{AB} のバラツキである。

この図中の式および図によると、基礎・剛比のバラツキ、すなわち反力係数のバラツキはそのまま影響せず、かなり緩和された影響している。特にこの傾向は基礎の剛比が大きくなるほど強い。 β が1より小さいとき、 βM にかなり影響を及ぼす。したがって反力係数としては多少小さい方の値を採用すれば結果に大きな誤差がないことがわかる。

特に $\beta > 0.5$, $\lambda > 5$ であれば反力係数のバラツキのモーメントに及ぼす影響はほとんどなく、基礎固定時に極めて近い。

(2). 基礎相互でのバラツキ

図-1 に示すラーメンが頭部に水平力を受けるとき、 R_1 の推定値に対して実際には日基礎にある10%増であったとして、バラツキのないときと比べてどのような影響を受けているかについて考える。計算結果を表に示す。以下表中下段に記入してあるのがバラツキのないときの値である。

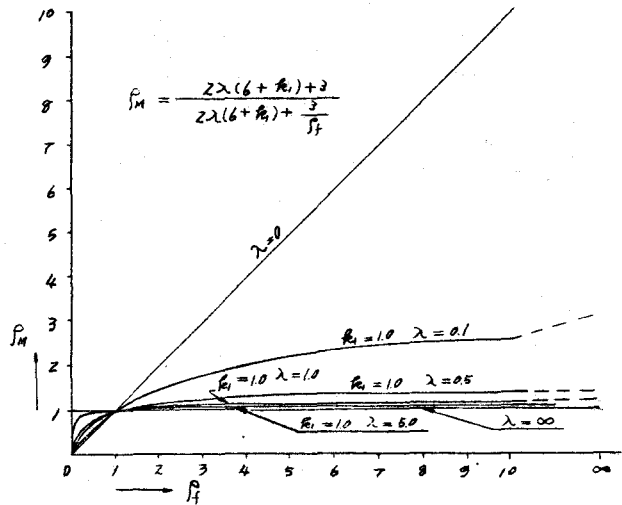


図-2

(-PR)

α	λ	1.0	3.0	5.0	10.0	20.0	50.0
0.1	M_{AB}	0.1927	0.2280	0.2374	0.2453	0.2496	0.2523
	$\bar{M}_{AB}$	0.2039	0.2350	0.242	0.248	0.251	0.253
	M_{BA}	0.2803	0.2877	0.2929	0.2994	0.2476	0.2466
	$\bar{M}_{BA}$	0.2961	0.285	0.258	0.252	0.249	0.247
	M_{AB}'	0.2302	0.2440	0.2509	0.2527	0.2535	0.2539
	$\bar{M}_{AB}'$	0.2039	0.235	0.242	0.248	0.251	0.253
	M_{BA}'	0.2966	0.2644	0.2578	0.2526	0.2493	0.2473
	$\bar{M}_{BA}'$	0.2961	0.265	0.258	0.252	0.249	0.247

(-PR)

α	λ	0.1	0.5	1.0	2.0	5
1.0	M_{AB}	0.0866	0.1872	0.2231	0.2490	0.2694
	$\bar{M}_{AB}$	0.091	0.200	0.235	0.258	0.274
	M_{BA}	0.2914	0.2873	0.2530	0.2348	0.2227
	$\bar{M}_{BA}$	0.409	0.300	0.265	0.242	0.226
	M_{AB}'	0.1233	0.2365	0.2629	0.2760	0.2826
	$\bar{M}_{AB}'$	0.091	0.200	0.235	0.258	0.274
	M_{BA}'	0.2988	0.2931	0.2610	0.2402	0.2254
	$\bar{M}_{BA}'$	0.409	0.300	0.265	0.242	0.226

(-PR)

α	λ	0.1	0.5	1	3	5	3.0	5.0
3.0	M_{AB}	0.0539	0.1551	0.2057	0.2494	0.2906	0.3073	0.3165
	$\bar{M}_{AB}$	0.056	0.167	0.222	0.267	0.303	0.3153	0.3226
	M_{BA}	0.4223	0.3128	0.2610	0.2207	0.1905	0.1682	0.1752
	$\bar{M}_{BA}$	0.444	0.333	0.278	0.233	0.197	0.1642	0.1774
	M_{AB}'	0.0792	0.2139	0.2686	0.3042	0.3253	0.3301	0.3319
	$\bar{M}_{AB}'$	0.056	0.167	0.222	0.267	0.303	0.3153	0.3226
	M_{BA}'	0.4346	0.3182	0.2657	0.2257	0.1936	0.1623	0.1763
	$\bar{M}_{BA}'$	0.444	0.333	0.278	0.233	0.197	0.1642	0.1774

(-PR)

α	λ	0.01	0.05	0.1	0.2	0.5	2.0	5.0
10.0	M_{AB}	0.0384	0.1221	0.1916	0.2498	0.3130	0.3723	0.3910
	$\bar{M}_{AB}$	0.0392	0.1413	0.2097	0.2766	0.3421	0.3981	0.3988
	M_{BA}	0.4519	0.3389	0.2672	0.2039	0.1664	0.1383	0.0997
	$\bar{M}_{BA}$	0.4608	0.3587	0.2903	0.2234	0.1579	0.1119	0.1012
	M_{AB}'	0.0572	0.1923	0.2716	0.3395	0.3918	0.4100	0.4090
	$\bar{M}_{AB}'$	0.0392	0.1413	0.2097	0.2766	0.3421	0.3981	0.3988
	M_{BA}'	0.4525	0.3387	0.2697	0.2067	0.1688	0.1385	0.1003
	$\bar{M}_{BA}'$	0.4608	0.3587	0.2903	0.2234	0.1579	0.1119	0.1012

この表より、 λ が 1 より大きいときには基礎相互の剛比に 5% のバラツキがあったとしても、モーメントには 5% 以下の極めて少ない影響しか与えないことがわかる。また λ が 1 より小さい場合率ど推定すると M_{AB} にはかなり影響があるが、モーメントの値が小さいので設計に対してはほとんど影響はない。したがって、5% 程度 (実際にはこの値以下と推定される)、基礎相互の剛比に違いがあるものを、同一剛比として計算しても差支えないといえる。

5. 基礎ヒンジとして扱える範囲

図-1 の頭部に水平力が作用したとき M_{BA} は次のようになる。^{(1), (2)}

$$M_{BA} = \frac{1.5(2\lambda + 1)}{12\lambda + 22\lambda + 3} PR$$

この式から、基礎をヒンジとして扱えるのは $\lambda \leq 0.01$ の範囲である。

6. 結論

以上の検討は内座ラーメンについて行った。しかしこの形はラーメン構造の基本形であるから、ラーメン構造一般に対しては次のようにいってよいと思う。

- (1) 基礎の垂直変位は圧密沈下のより極端な沈下が予想されない限り無視してよい。
- (2) 基礎の水平変位は直接基礎および杭⁽³⁾の杭基礎では無視してよい。
- (3) 基礎の剛比の杭の剛比に対する比が 5% 以上のとき固定、0.01 以下のときヒンジとしてよい。
- (4) (1)~(3) 以外のときにはあらかじめ条件を考慮に入れなければならないが、そのとき用いる反力係数は文書の値で十分である。

参考文献 (1) 基礎構造を考慮したラーメンの解析、学会論文集 9103 号

(2) 基礎構造を考慮に入れたラーメンの解析、土木技術 20 巻 12 号 21 巻 1, 2 号

(3) ラーメンの温度変化モーメント、土木学会誌 51 巻 6 号