

研究ノート

ベタ基礎地中バリ剛性が接地圧分布に与える影響

(The Effect of Contact Pressure Distribution by Stiffness of Mat Foundation and Footing Beam)

陶 浪 貞 彦* (Sadahiko Sunami)
三 雲 正 夫** (Masao Mikumo)

キーワード：応力分布／地盤係数／ベタ基礎／変形／偏心荷重
IGC： E1/H1

設計にあたって、この不均等応力の影響を考慮しておかないと不同沈下の原因となり、地中バリは不測の応力によりき裂を生じる。そこで基礎障害が生じないための地中バリの剛性をどのようにすれば適当かを知るために、種々の仮定を設定し、ハリ剛性を変化させて、その影響を調べた。

1. あらまし

ベタ基礎、あるいは布基礎形式の場合、地中バリの剛性が無限大でないこと、柱荷重がそれぞれ異なることなどから、基礎底面が平均的地盤反力分布にはならない。柱分担面積で柱荷重を基礎底面に分布させてみると、その値は柱位置によりまちまちであり、地盤の許容耐力を超過する場所があることが多い。

この試算の手法は、地中バリの交点に集中荷重を与え、地盤係数とハリ剛性を関数として、荷重伝達量を検討したものである。なお、地中バリを上部構造と切り離れたことは、計算の簡略化のためと、実際の建物において不測力があつた場合、これを上部構造の余力に依存する考えである。

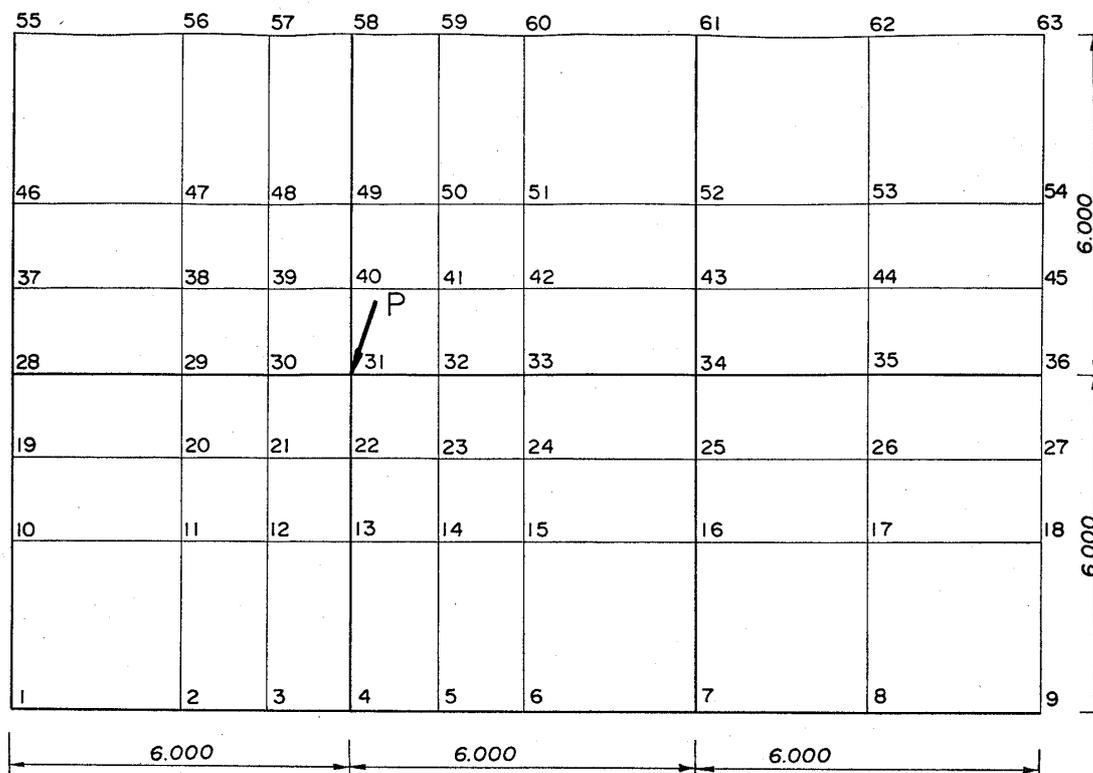


図-1 構造形態および節点番号図

* 清水建設(株)設計部 部長(中央区宝町 2-1-1)
** " " 課長(" ")
• この研究ノートに対するディスカッションは昭和49年4月1日までにご投稿下さい。

2. 第1試算

試算は図-1 に示す対称平面の地中バリ交点に偏在す

る集中荷重のかかった状態を考え、これを図に示すような要素に分け、有限要素法で解析を行なった。

構造体のハリ、版は弾性とし、弾性地盤をこれと等価なクイに置換した三つの要素の集合体とする。地盤の等価クイ置換は、その節点力と節点変位の関係から次式のようになる。

$$P = E \left(\frac{KA}{E} \right) \delta$$

ここに P : 節点にかかる集中荷重,

K : 地盤係数

A : 基礎の底面積

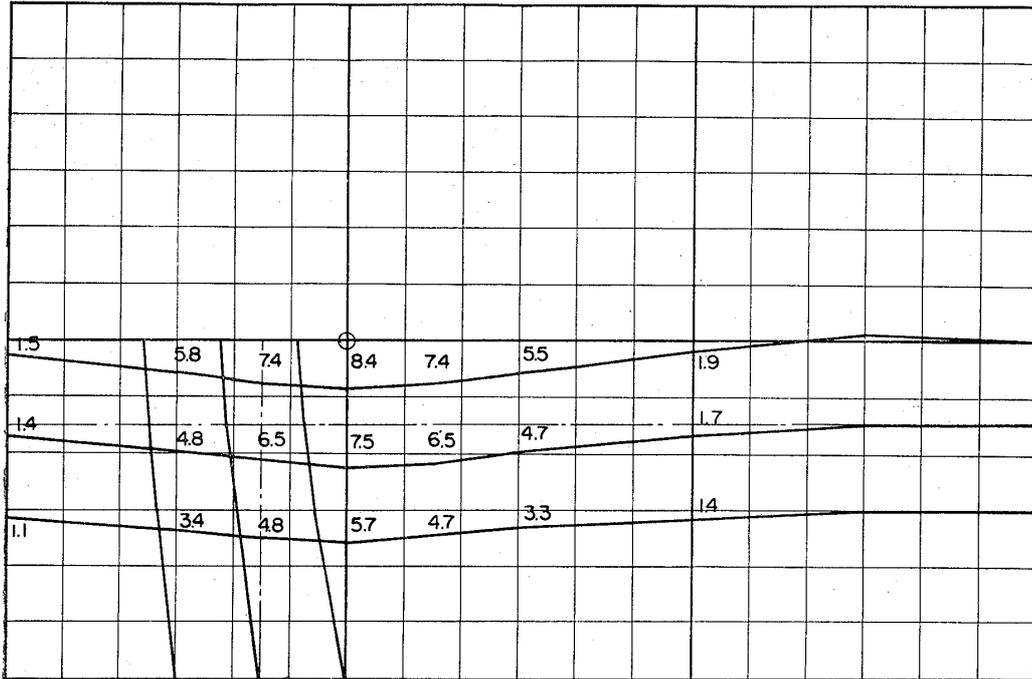
E : 弾性係数

δ : 節点変位

この関係式を変位法に合わせてマトリックス表示すれば

$$\begin{Bmatrix} P_i \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} = E \begin{bmatrix} \frac{KA}{E} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} w_i \\ \theta_{xt} \\ \theta_{yt} \end{Bmatrix}$$

タワミ 単位mm



地盤反力(値は 2.25m^2 に対するもの) $\tau_{2.25\text{m}^2}$

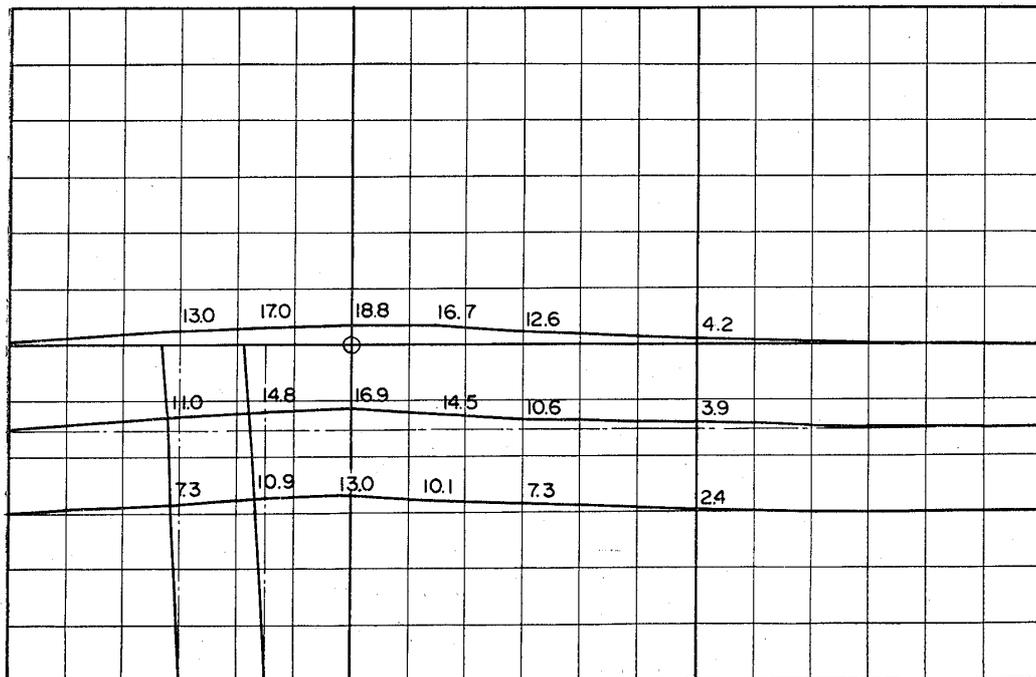


図-2.1 タワミおよび地盤反力(1) ハリ断面 55×150 $K=1 \text{ kg/cm}^3$

ここに w_i : i 点のクイ方向の変位

θ_{xi}, θ_{yi} : i 点の x, y 方向回転角

すなわち, $P_i = K_i d_i$

ここに P_i : i 点の荷重マトリックス

K_i : i 点のクイ剛性マトリックス

d_i : i 点の変形マトリックス

となる。

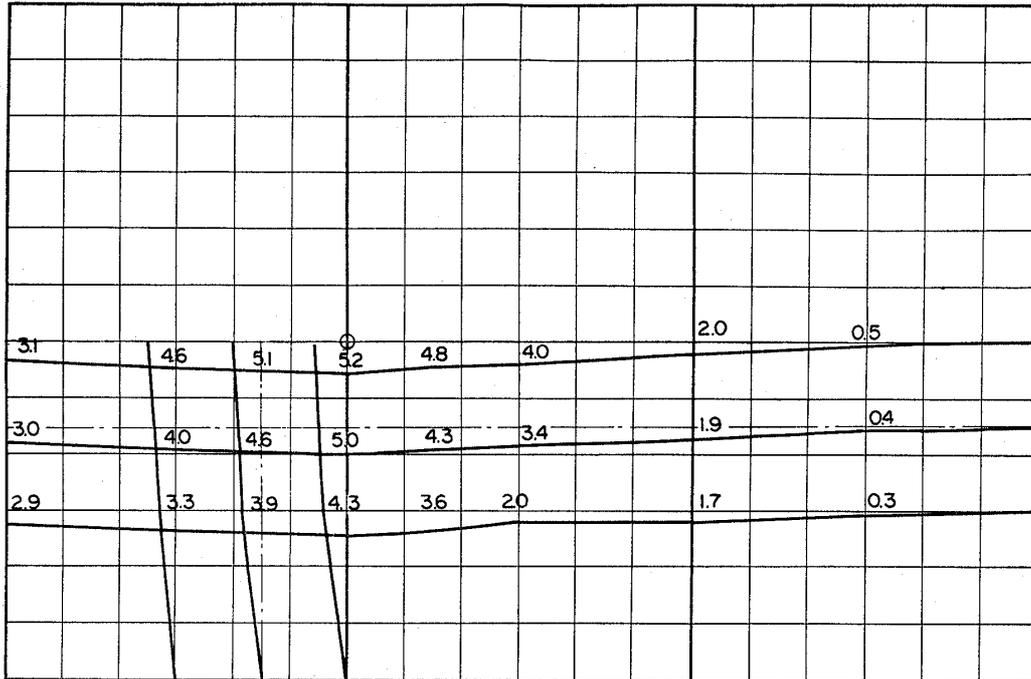
以上各要素の節点力と節点変位から各節点の平衡条件式が決まり、ついで構造全体の条件式が求められる。

これより各節点の変位を求め、各要素の応力を算出した。なお、ハリの線要素としての変形は、節点におけるタワミと、 x, y 2方向の回転角により評価する。また地盤応力の仮定として、建物重量の深さ方向の分散による影響と、重心と剛心の不一致による偏心、および圧密沈下の影響は考慮外とした。

2.1 使用数値仮定

(1) 地盤係数 K は基礎全底面にわたって一定とする。解析は $K=1, 10, 20 \text{ kg/cm}^3$ の3種類について行

タワミ 単位mm



地盤反力(値は 2.25m^2 に対するもの) $\sqrt{2.25\text{m}^2}$

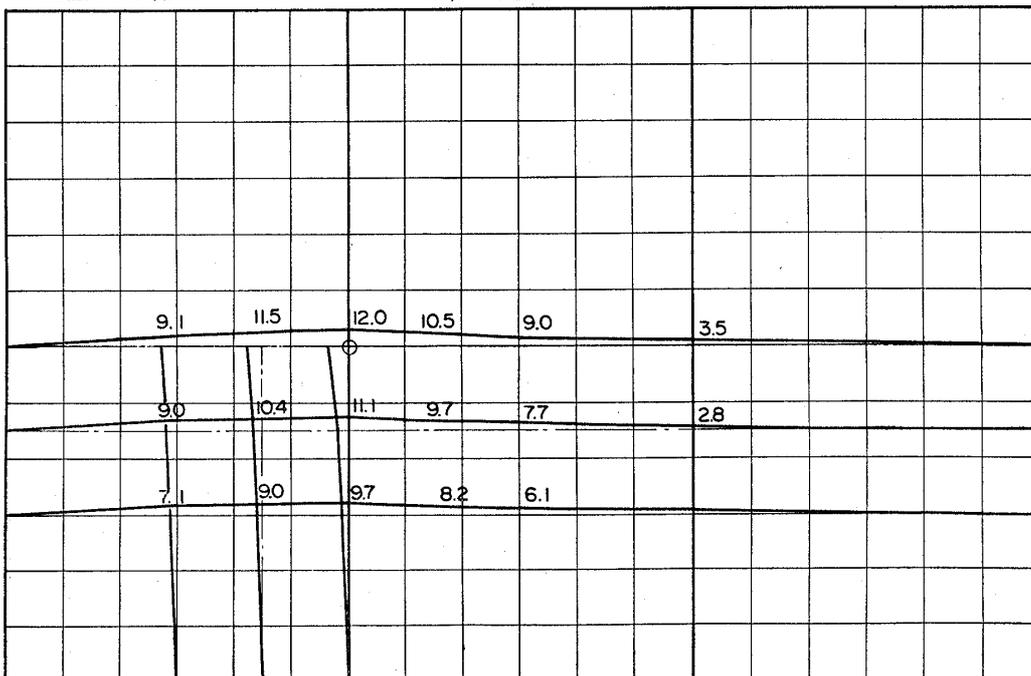


図-2.2 タワミおよび地盤反力(2) ハリ断面 55×250 $K=1 \text{ kg/cm}^3$

ない、各節点の支配範囲では沈下は等しいものとする。地盤係数は、載荷面の形状、大きさ、拘束状態などにより変化するが表-1を参考として掲げておく。

表-1 地盤係数の値(土質工学ハンドブック¹⁾による)

地盤・種類	K (kg/cm ³)
粘土	2
ローム	3 ~ 5
細砂	5 ~ 6
砂	3 ~ 10
砂レキ	11 ~ 13

(2) 床版については版厚さ 40 cm, 弾性係数 $E=210 \text{ t/cm}^2$, ポアソン比 $\nu=1/6$ とする。

(3) ハリのネジリ剛性は、ク形断面棒のネジリ剛性 $c \times bd^3/12$ とする。ここに c はネジリ剛性係数, b はハリの幅, d はハリの有効高さを示す。

(4) 荷重は一点集中荷重として $P=500 \text{ t}$ とする。

2.2 計算結果と考察

3種類の地盤係数について、ハリ剛性を変化させたときのハリおよび版の節点応力、タワミの計算結果を図-

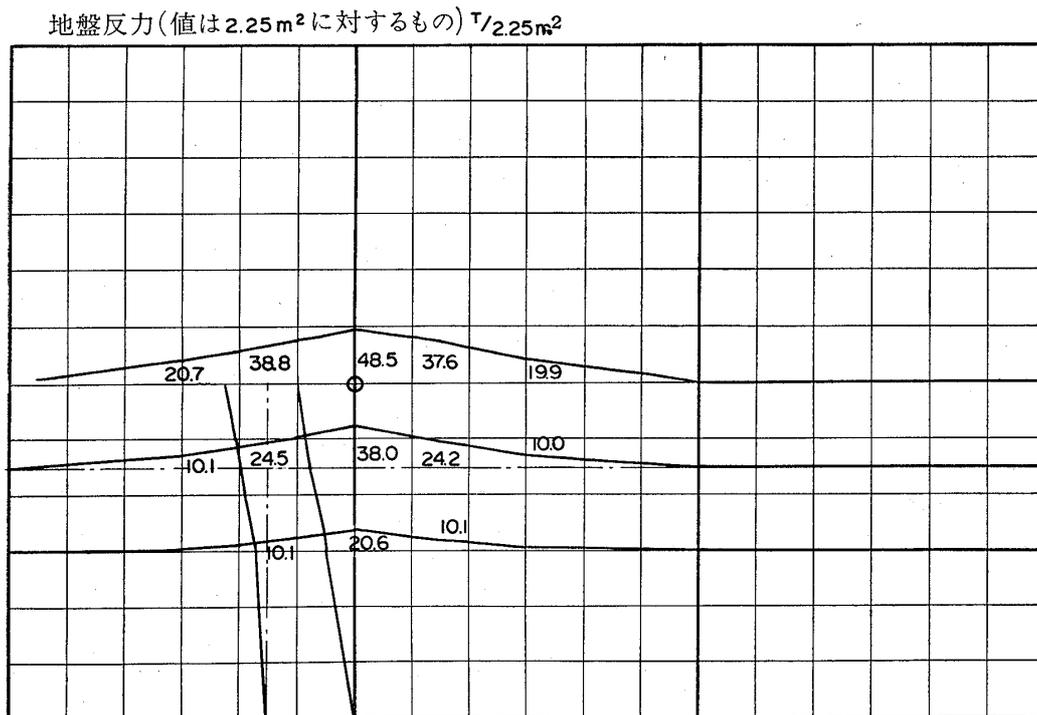
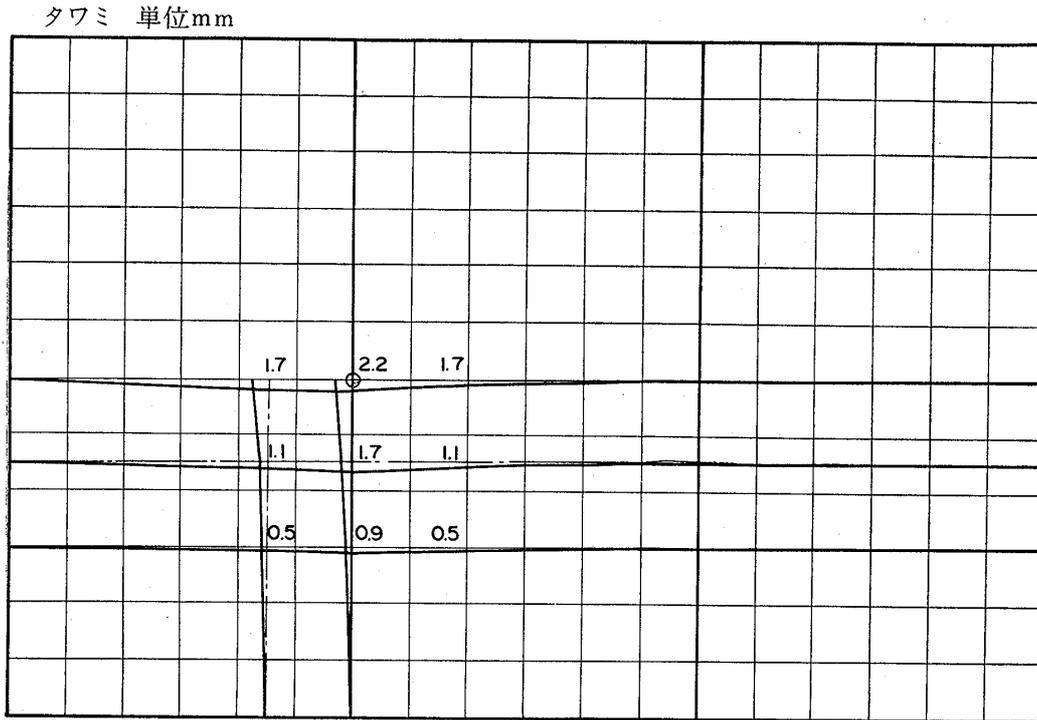


図-2.3 タワミおよび地盤反力(3) ハリ断面 55×150 $K=10 \text{ kg/cm}^3$

2.1~図-2.6に示した。これらの図から、図-3、図-4を作成した。その考察をつぎに述べる。

1) 集中荷重点の反力とハリの曲げ剛性との関連(図-3)

(1) 地盤係数が一定のとき、ハリの曲げ剛性が大きくなるほど、集中荷重点下の反力は小さくなり、遠距離まで荷重分布が行なわれる。

(2) ハリの曲げ剛性が一定のとき、地盤係数が大きいほど集中荷重点下の反力は大きくなり、荷重分布範囲

がせばめられる。

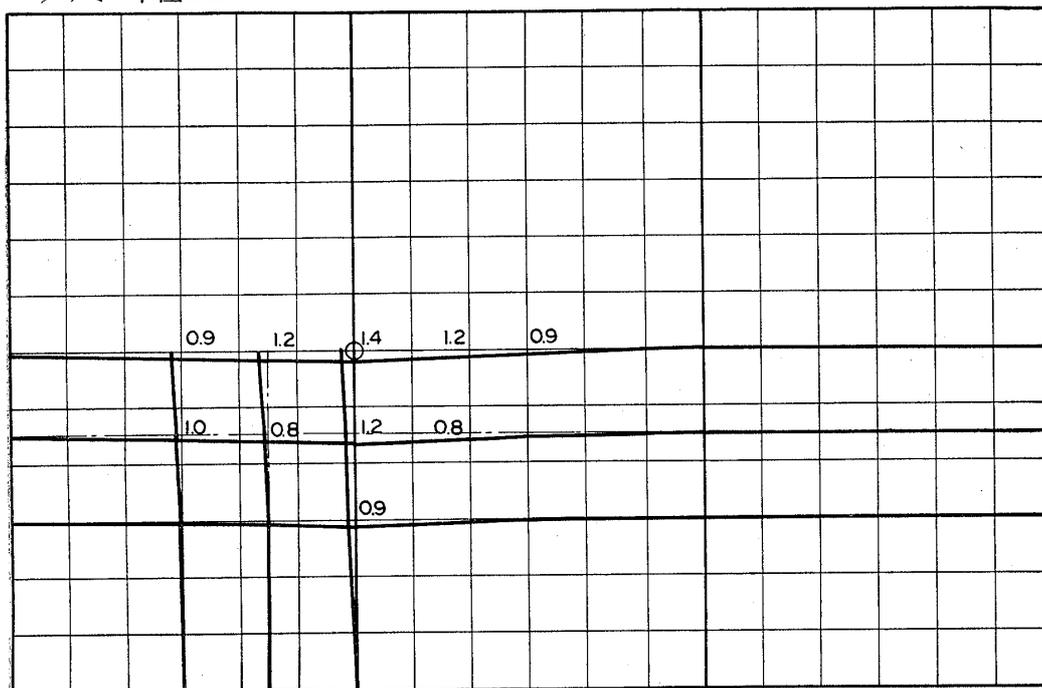
2) 集中荷重点下のタワミ量とハリの曲げ剛性との関係(図-4)

(1) 地盤係数が一定のとき、ハリの曲げ剛性が大きくなるほどタワミ量は小さくなる。

(2) ハリの曲げ剛性が一定のとき、地盤係数が大きいほど集中荷重点下のタワミ量は小さくなる。

3) 図-5は集中荷重点下の地中バリのタワミ量と接地圧の関係を、地盤係数をパラメーターとして示してあ

タワミ 単位mm



地盤反力(値は2.25m²に対するもの) / 2.25m²

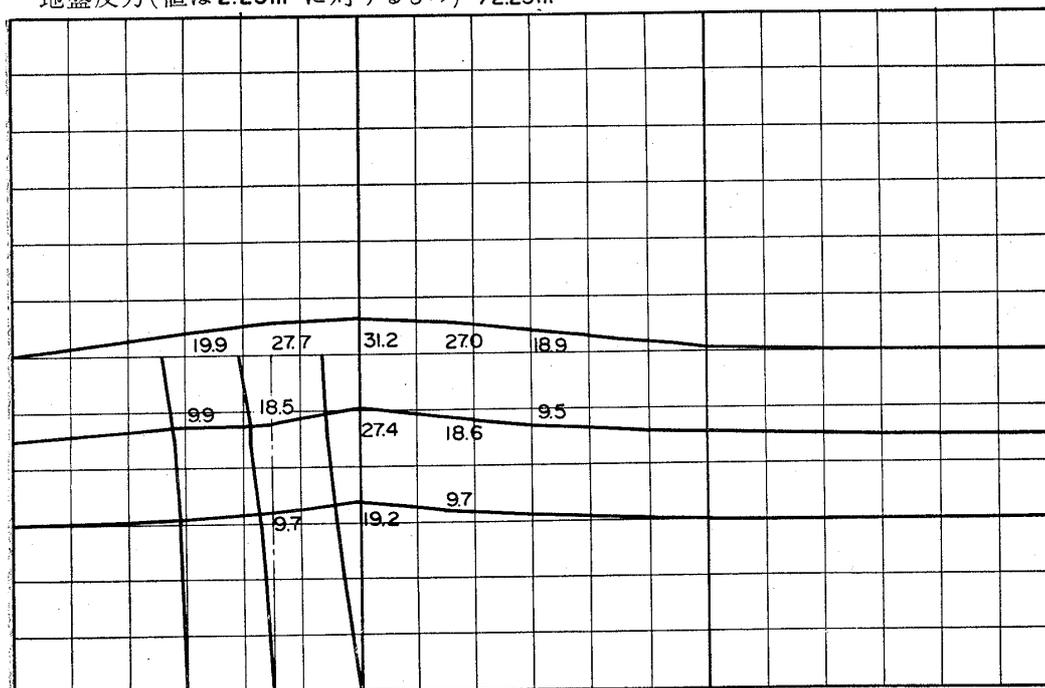


図-2.4 タワミおよび地盤反力(4) ハリ断面 55×250 K=10 kg/cm³

る。この図によれば、地盤係数と仮定バリ断面から接地圧とハリタワミ量を知り得るので、それが地盤の許容支持力以内、および許容ハリタワミ量以内であるかを調べることができる。たとえば、地盤係数 $K=1 \text{ kg/cm}^3$ 、ハリ断面 $55 \text{ cm} \times 200 \text{ cm}$ とした場合で、もし許容支持力 6 t/m^2 とすれば、許容値を超過するので、ハリ断面は $55 \text{ cm} \times 225 \text{ cm}$ を必要とすることがわかる。このときのハリタワミ量 $\delta=5.8 \text{ mm}$ は許容タワミ量以内でなければならない。タワミ量が許容値を越える場合は、さらに

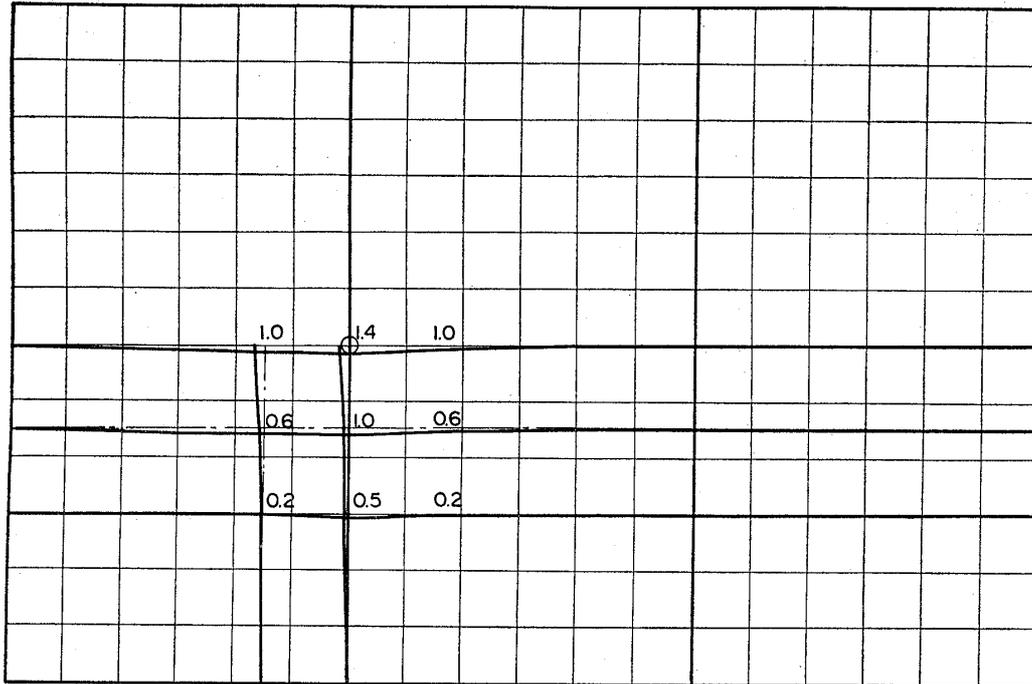
荷重分散度をあげるべく、ハリ断面を大きくしなければならない。

3. 第 2 試 算

第1試算で荷重分散の要因について検討したが、つぎにこれと現行の略算法との比較を行なう。

図-6 に示す平面形で、ケタ行柱間隔一定、スパン方向は長短ある2スパン、柱荷重は図に示すように比較的一様であり、とくに大きな変化のない場合の接地圧分布

タワミ 単位mm



地盤反力(値は 2.25 m^2 に対するもの) $\text{T}/225 \text{ m}^2$

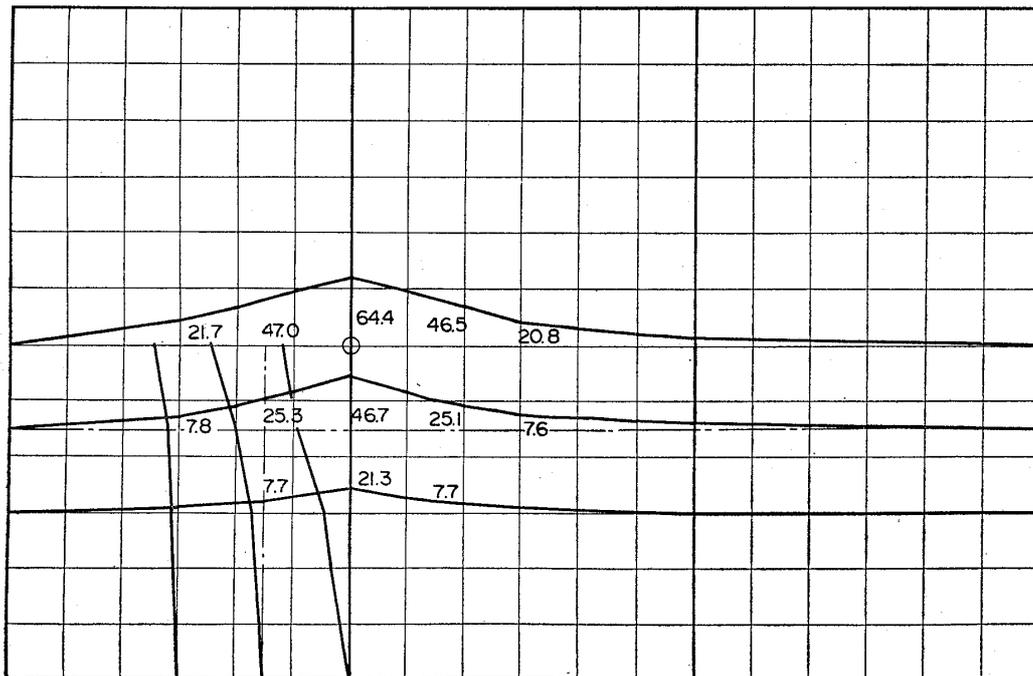


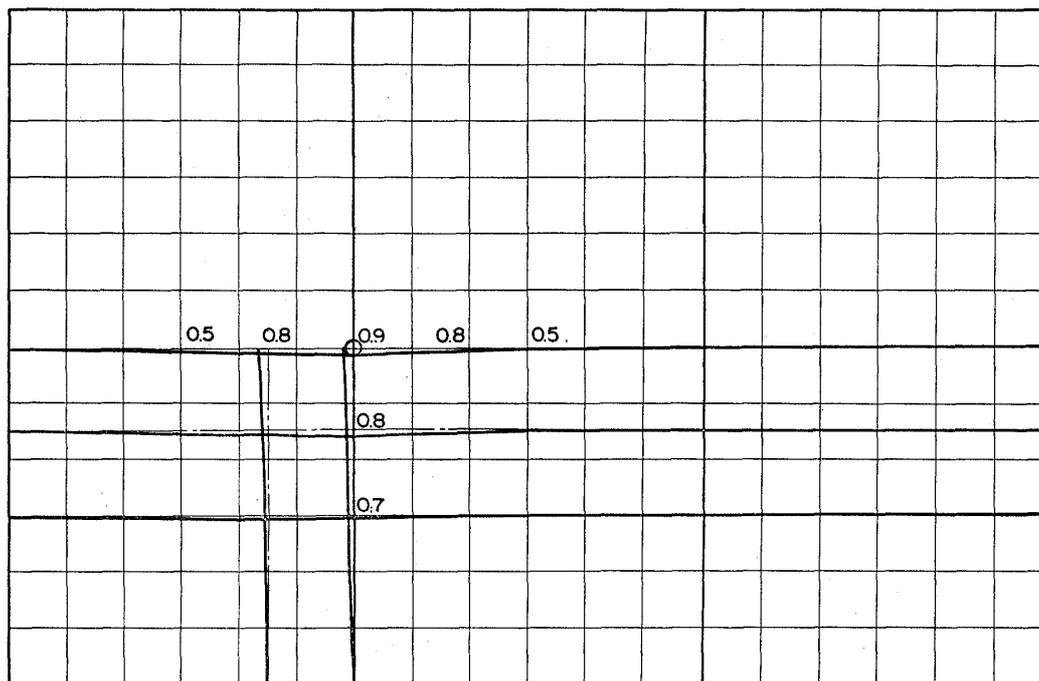
図-2.5 タワミおよび地盤反力(5) ハリ断面 55×150 $K=20 \text{ kg/cm}^3$

を、a) ここに述べた有限要素法を用いた場合、b) 各柱荷重/分担面積による方法の場合、c) 全荷重/全基礎底面積とした場合の三つについて調べた。はり剛性はケタ行方向のみ変化させ、スパン方向は不変とした。結果を図-6 および表-2 に示す。図および表に示した地盤反力の値には、地中バリおよび底版自重 (計 3 t/m^2 とする) は含まれていない。したがって、図および表の値にこれを加えて、地盤の許容支持力 (7 t/m^2 とする) と比較すれば、図および表中の 4 t/m^2 以上の個所が地盤の許

表-2 ハリ剛性の変化による各点の反力の比較 単位 t/m^2

	有限要素法による場合			各柱荷重 分担面積 の場合	全 荷 重 全基礎底面積 の場合
	はり (FG_4, FG_5) の剛性				
	小	中	大		
1	5.02	4.80	4.57	4.90	2.90
2	3.40	3.44	3.51	2.94	
3	2.86	2.95	3.08	2.95	
4	3.64	3.50	3.33	3.80	
5	2.00	2.10	2.15	2.05	
6	1.84	1.64	1.33	2.05	
7	5.10	4.90	3.95	5.25	
8	2.95	3.00	2.80	2.65	
9	2.31	2.35	2.55	2.65	

タワミ 単位mm



地盤反力(値は 2.25 m^2 に対するもの) $\text{T}/2.25 \text{ m}^2$

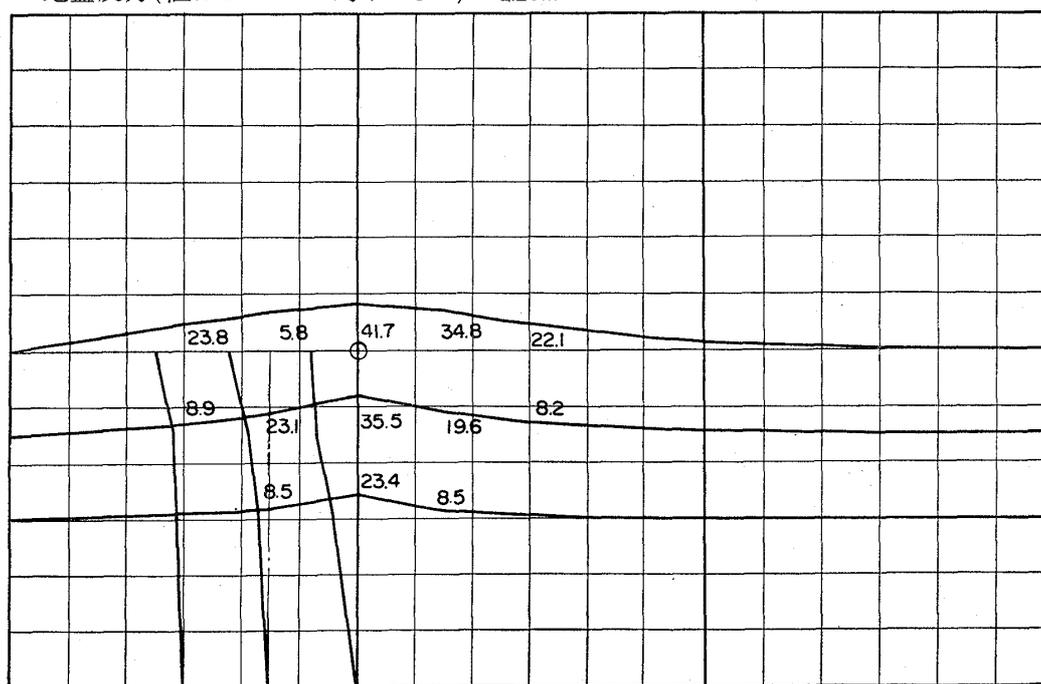


図-2.6 タワミおよび地盤反力(6) ハリ断面 55×250 $K=20 \text{ kg/cm}^3$

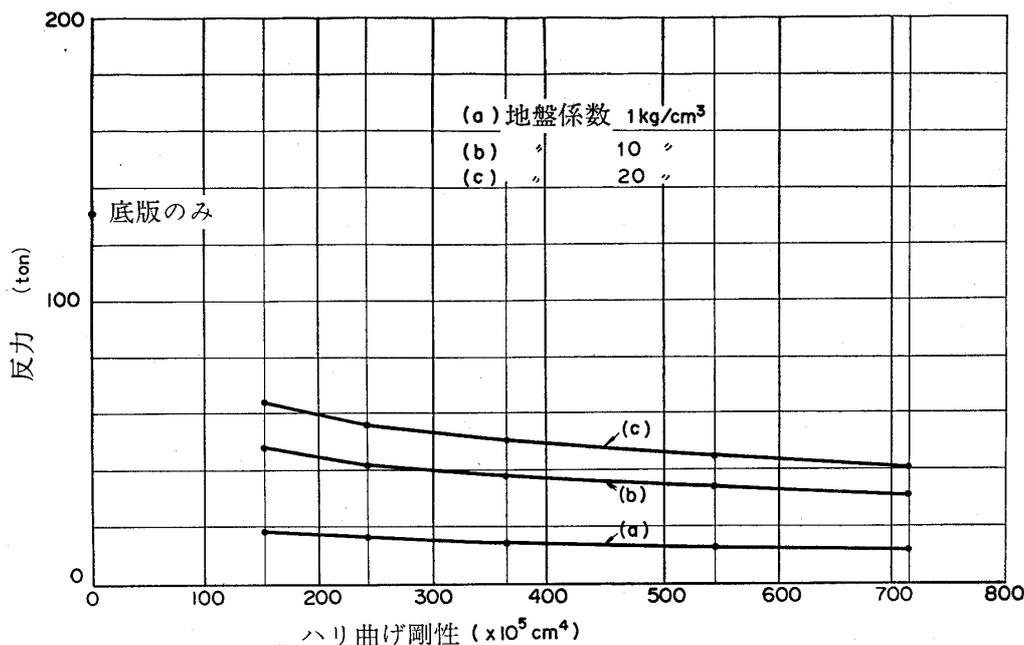


図-3 集中荷重点下の反力とハリ曲げ剛性との関係

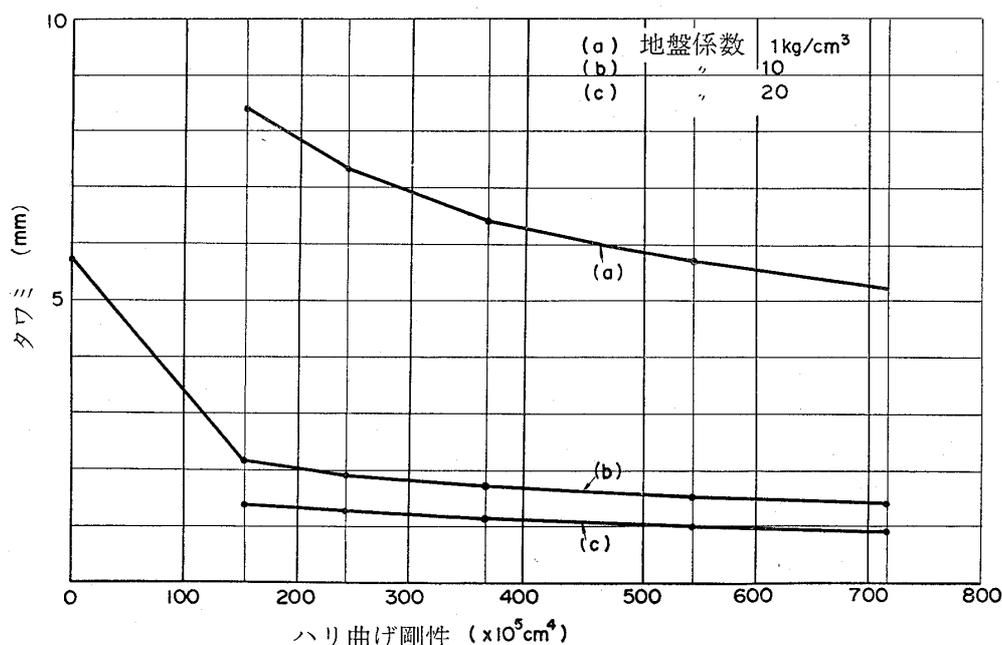


図-4 集中荷重点下のタワミとハリ曲げ剛性との関係

容支持力を超過することになる。また、ハリ剛性を増加すれば局部的に大きな接地圧分布が均等化される傾向を示している。

上に述べた計算結果についての考察はつぎのとおりである。

(1) 各列の地中バリ両端は応力が集中し、また隅の柱にもっとも集中する。

(2) 地中バリ断面を大きくすれば、応力は分散され、中央部に応力分布が移動する。

(3) 柱荷重/柱分担面積の方法による応力チェックの方法は、かなり精度のよい分布状態を示す。

(4) 全建物重量/全基礎底面積の方法によるものは、

中柱部には地盤の許容支持力との間に余裕があり、側柱部では超過する。

(5) 地中バリ断面により荷重伝達度は異なるが、少しの変化ではあまり差が出ない。

4. む す び

この検討には圧密沈下の影響は考慮外とした。この問題に関しては、大崎博士、松浦博士などの文献^{2),3)}があるので参照されたい。地盤係数の影響は大きい、現在は近似値によるほかしかたない。結論的には、あまりにも要因が多く複雑であるが、少なくとも各柱荷重/柱分担面積の方法を採用すべきであり、軟弱地盤では地中バ

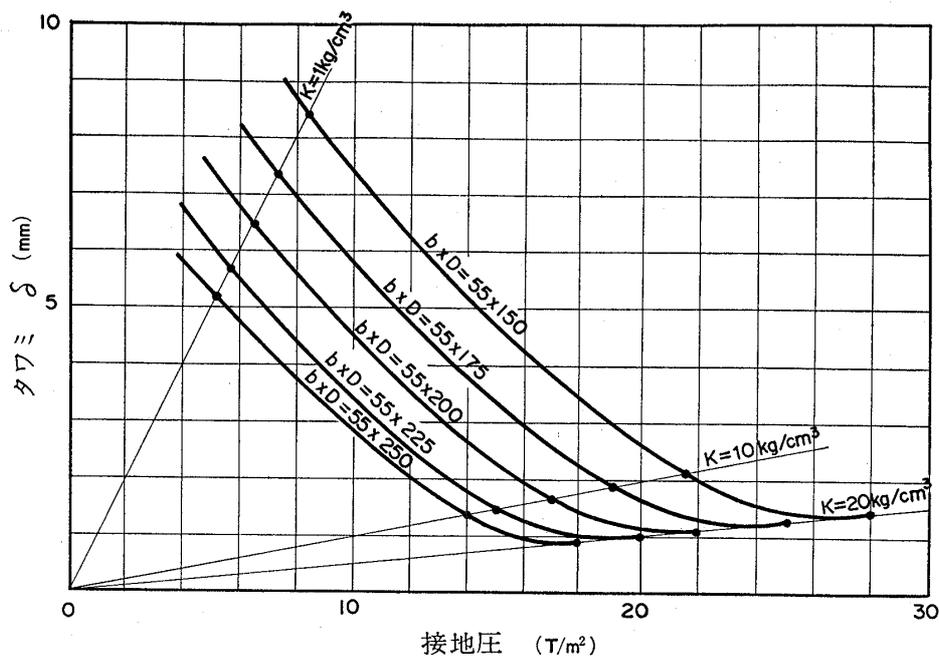
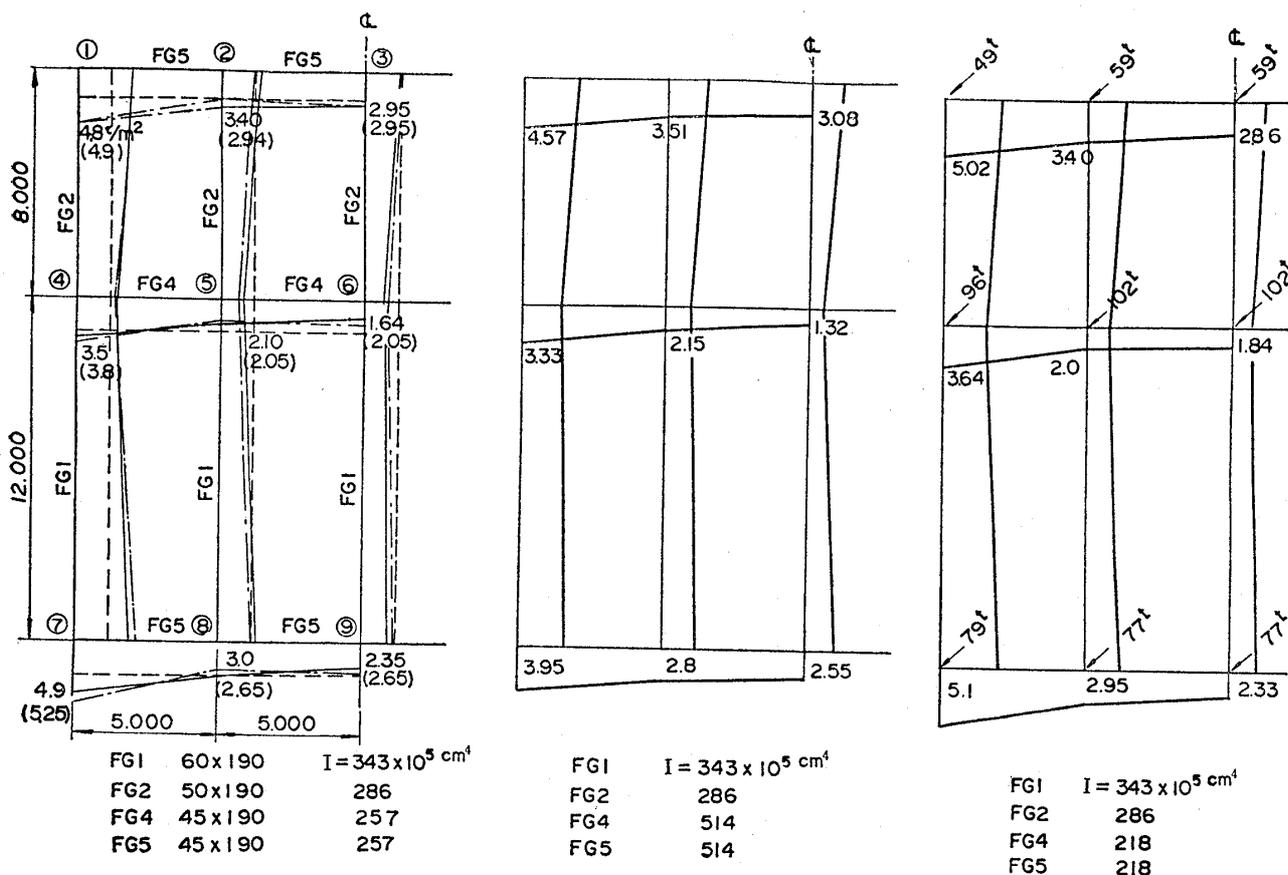


図-5 集中荷重点下のタワミ量と接地圧の関係 (地盤係数, ハリ剛性の変化)



- a) ——— 有限要素法による場合. 数字は地盤反力の値を示す
- b) - - - 各柱荷重の場合. ()内に地盤反力の値を示す
分担面積
- c) - - - 全荷重の場合. 地盤反力は一定値 2.7 T/m^2
全基礎底面積

図-6 第 2 試 算

り剛性をできるだけ大きくする必要があると考えられる。

5. 謝 辞

今回の試算にあたって、協力をお願いした建築設計本部、金栄素夫氏および計算センター、秋山 宏氏に末筆ながら感謝の意を表します。

記号説明

A (cm ²)	=基礎の底面積
b (cm)	=ハリの幅
c	=ハリのネジリ剛性係数
d (cm)	=ハリの有効高さ
D (cm)	=ハリの高さ
d_i	= i 点の変形マトリックス
E (kg/cm ²)	=弾性係数
I (cm ⁴)	=ハリの断面二次モーメント

K (kg/cm ³)	=地盤係数
K_i	= i 点のクイ剛性マトリックス
P (kg)	=節点にかかる荷重
P_i	= i 点の荷重マトリックス
w_i (cm)	= i 点のクイ方向の変位
δ (cm)	=節点の変位
θ_{xi}	= i 点の x 方向の回転角
θ_{yi}	= i 点の y 方向の回転角
ν	=ポアソン比

参考文献

- 1) 土質工学会編(1965):「土質工学ハンドブック」, 土質工学会.
- 2) 大崎順彦(1956): 不同沈下による上部構造応力の理論解および実用近似解法, 「建築報告」, No. 18.
- 3) 松浦 誠・芳賀保夫: 不同沈下におよぼす建物の剛性等の影響について, 建築学会基礎構造委員会提出資料.

(原稿受付, 1972. 8. 10)