【カテゴリーⅠ】

日本建築学会構造系論文集　第550号，87-94，2001年12月
J. Struct. Constr. Eng., AIJ, No. 550, 87-94, Dec., 2001

連続フーチング基礎の解析法に関する理論的研究

A THEORETICAL STUDY FOR ANALYTIC METHODOLOGY ABOUT CONTINUOUS FOOTING FOUNDATION

呉　東　航*
Wu Dong HANG

This research looked for solutions in analyzing continuous footing foundation by concluding theoretical problem in concentrated loadings and distributed supports, and establishing analytic model in ideal state. By means of this, practical analytical method concerning continuous footing foundation is developed.

1. Regarding the supporting foundation, assuming that the relative stiffness ratio is infinity, establishing the balancing model of a single continuous footing, theoretical formula for the distribution of bearing pressure and stress produced on the foundation beam is presented.
2. For continuous footing, as a statically determinate structure disregarding the stiffness of the torsion of orthogonal member, the shifting produced by torsion, and the characteristic of distribution of bearing pressure is clarified.
3. Considering torsion, an analytical method of continuous footing as a statically determinate structure is proposed.
4. By testing through samples, theoretical accuracy of the analytic method is verified.

Keywords : Continuous footing foundation, Analytic methodology, Theoretical study, Distributed supports
連続フーチング基礎、解析法、理論研究、分布支持

1.はじめに

連続フーチング基礎（以下布基礎という）は建築に一般的な基礎形式の一つであり、特に住宅に最も多く採用される。その現状について以下のように考察した。

まず、布基礎の構築からみると、昔は石で、また、海外では煉瓦で積むことがあり、2000年の改正までに「建築基準法施行令」では住宅の布基礎が無筋コンクリート造でよいとしていたが、現状では全てと言ってよいほど鉄筋コンクリート造になっている。

次に、布基礎といっても、例えば中高層鉄筋コンクリート造集合住宅に設けられる布基礎のような、上部と一体化したものと、木造戸建て住宅に設けられる布基礎のような、上部を受けるものがあり、構造的に区別すべきである。

また、今まで布基礎はほとんど鉛直荷重のみを受けるものとしてきたが、最近施行された「住宅の品質確保の促進等に関する法律」に、地震時、風圧時における基礎構造の評価及び性能表示が要求されてきた。

しかし、現状では、布基礎に対する一般的な解析方法は理論的厳密性が欠け、多くの問題点が見られる。

①鉄筋コンクリート造にも係わらず、石や煉瓦で積んだような水平剛性のないものと同じく、幾何的に支配面積を割り出して接地圧などを計算する。

②布基礎構造の解析について、集中荷重・分布支持問題としての解析法が未成熟である。特に水平荷重時に対する解析法は現存の指針や規準などに提示されていない。

勿論、地盤の剛性などをしっかり把握でき、これを支持バネに置換して弾性支承された連続梁または格子梁として解析する方法があるが、煩雑で、特に布基礎を多用する住宅のような規模的小さい建物には一般に応用されていないようである。

本研究は、在来の布基礎解析法の問題点を明らかにする上で、このような問題を理論的に集中荷重・分布支持問題に帰結してモデル化と解析法を提案し、その応用として布基礎解析の理論基礎を構築し、実用的な解析法を提案することを目的とする。

集中荷重・分布支持問題とは、一般的に梁のような分布荷重・集中支持問題と反対するもので、現在の構造力学に、弾性論以外はほとんど扱われていない問題である。

ここで、本研究での用語の使い分けを定義しておく。

布　基　礎：特に基礎形式として強調する場合及び、単一部材として扱う場合で用いる。

布基礎構造：複数の布基礎が交差して形成する平面構造を指す。

基　礎　梁：構造力学的に梁要素として扱う布基礎を指す。

* ㈲東信建築設計研究所　代表・博士(工学)　President, Toshin Building Design and Research Office (Company, Ltd.), Dr. Eng.

2.布基礎の解析の現状と問題点

布基礎の接地圧については、日本建築学会の「建築基礎構造設計指針」[2]5.4 節、各部分の設計に用いる応力については、「建築基礎構造設計指針」[2]7.3 節、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」[1]20 条に従って求めることが一般的である。「建築基礎構造設計指針」の中では、弾性支承の連続梁または格子梁と考える方法を提示してあるが、取扱が複雑なので、実務上では下記のように、各柱の支配面積について接地圧を計算し、接地圧を一様分布として各部材の応力を計算することがほとんどである。

2-1.布基礎の接地圧分布

今までは、図１のように、各鉛直荷重に対して幾何的な支配面積を決め、それぞれの部分の接地圧を計算している。一つの布基礎の中でも各荷重に合わせて幅を変えたりしない限り、各部分の接地圧が異なり、かつ連続でないことは容易に分かる。理論的に変位の連続条件を満たさないことはいうまでもない。

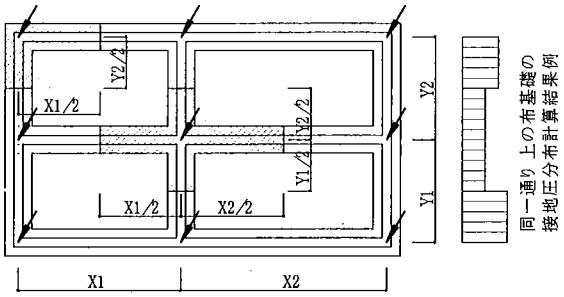

図１　幾何的な負担範囲

2-2.基礎梁の応力

例えば、図１の一通りを取り出して、応力解析を行うと、今までの方法では、荷重点を支点へ、フーチング全底面に作用する接地圧を下からの均等荷重へ置換する（図２）。このように解析した結果、支点反力は必ずしも元来上から作用する荷重と等しくない。また、分布した弾性支承連続梁として解析すると、荷重のバランスによって曲げモーメントの分布形が図３のようになることがあるが、今までの解析法では、このような結果を得られず、曲げモーメントの分布形が図２の形にしかならない。

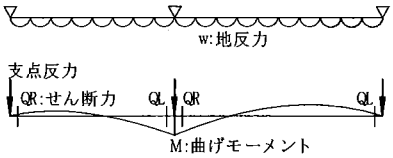

図２　在来基礎梁の応力解析法と結果

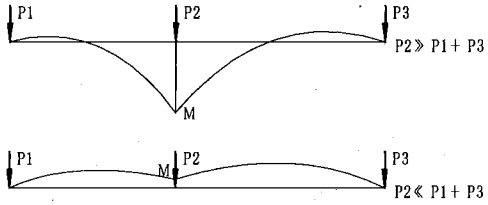

図３　荷重のバランスによって曲げモーメントの分布形の違い

3.集中荷重・分布支持問題のつりあいモデル

今までの問題点を解決するために、本研究は、布基礎のような問題を集中荷重・分布支持問題として帰結し、理論化を図る。

3-1.剛比の仮定

剛比の仮定：分布支持される要素の剛性が支持する要素の剛性に対して無限大と仮定する。

即ち、布基礎においては、支持地盤に対する基礎梁の剛性は無限大とする。

理論的には、この仮定は集中荷重・分布支持問題についての一種理想的な状態として考える。布基礎において、これは特に新しい仮定でもなく、通常の基礎構造設計概念に基礎スラブを剛なスラブとすることが当然のように扱われ、その延長に過ぎない。基礎梁が支持地盤に比べて充分強い剛性を持ち、集中的な荷重を均等に地盤へ伝え、不同沈下を抑えることは、布基礎の本来のあり方とも言え、合理かつ必要である。但し、ここで仮定として強調するのは、今までの認識を解析理論に取り込むためである。

3-2.反力の分布

剛比の仮定により、支持される部材自身の変形が無視できるので、反力が直線的に分布することが明らかである。以下、布基礎の接地圧分布に関して考察を行う。

直接基礎の真の接地圧分布形が、土質、フーチングの剛性（本研究においては基礎梁の剛性）及び根入れ深さなどによって左右されると、参考文献２、参考文献３などに指摘されているが、布基礎においては、剛性の要因に対して仮定を行ったので、他の要因に関して、「建築基礎構造設計指針」[2]5 章の「設計用接地圧は直線的に分布する」の仮定を流用することにより、全長にわたって、設計用接地圧を直線的分布とする。

従って、単一な、幅一定の布基礎のつりあいモデルは図４のようになる。（幅方向の接地圧は等分布として考える。）

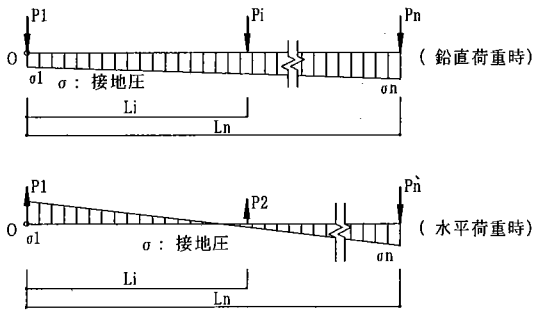

図４　鉛直荷重時及び水平荷重時の布基礎つりあいモデル

ここで、荷重の和を $\Sigma\bar{P}_i$、O 点に対する荷重の重心位置を $\Sigma(\bar{P}_i\cdot L_i)/\Sigma\bar{P}_i$ のように表す。これに対して地反力の和と重心は下記の式で求められ、かつ静定状態のつりあい条件、$\Sigma Y=0$，$\Sigma M=0$ から、式(1)、式(2)が成立する。

反力の和 R：　$R=(\bar{\sigma}_1+\bar{\sigma}_n)\cdot B\cdot L_m/2=\Sigma\bar{P}_i$　(1)

反力重心 g：　$g=\dfrac{\bar{\sigma}_1+2\cdot\bar{\sigma}_n}{3\cdot(\bar{\sigma}_1+\bar{\sigma}_n)}\times L_m=\Sigma(\bar{P}_i\cdot L_i)/\Sigma\bar{P}_i$　(2)

但し　B：布基礎幅

従って、接地圧は下式により計算できる。

$$\sigma_1=\frac{6\cdot\Sigma(\bar{P}_i\cdot L_i)-4\cdot L_n\cdot\Sigma\bar{P}_i}{B\cdot L_n^2} \tag{3}$$

$$\sigma_n=\frac{2\cdot L_n\cdot\Sigma\bar{P}_i-6\cdot\Sigma(\bar{P}_i\cdot L_i)}{B\cdot L_n^2} \tag{4}$$

$$\sigma_i=\bar{\sigma}_1-(\bar{\sigma}_1-\bar{\sigma}_n)\cdot L_i/L_n \tag{5}$$

3-3.部材の応力

部材（基礎梁）の応力のについては、例として図５の P2 作用点に生じるせん断力(Q)、曲げモーメント(M)が下記のように求められる。

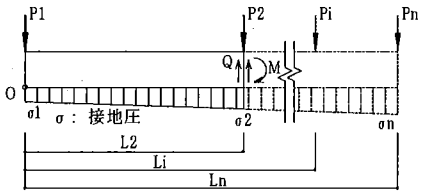

図５　基礎梁に生じる応力

$$Q_{2L}=\bar{P}_1+(\bar{\sigma}_1+\bar{\sigma}_2)\cdot L_2\cdot B/2 \tag{6}$$

$$Q_{2R}=\bar{P}_1+\bar{P}_2+(\bar{\sigma}_1+\bar{\sigma}_2)\cdot L_2\cdot B/2 \tag{7}$$

$$M_2=\bar{P}_1\cdot L_2+(2\cdot\bar{\sigma}_1+\bar{\sigma}_2)\cdot L_2^2\cdot B/6 \tag{8}$$

さらに、荷重点及び荷重間の中央点における一般解として、以下の式のように表すことができる。

$$Q_{iL}=\sum_{j=1}^{i}\bar{P}_j+(\bar{\sigma}_1+\bar{\sigma}_i)\cdot L_i\cdot B/2-\bar{P}_i \tag{9}$$

$$Q_{iR}=\sum_{j=1}^{i}\bar{P}_j+(\bar{\sigma}_1+\bar{\sigma}_i)\cdot L_i\cdot B/2 \tag{10}$$

$$M_i=\sum_{j=1}^{i}\{\bar{P}_j\cdot(L_i-L_j)\}+(2\cdot\bar{\sigma}_1+\bar{\sigma}_i)\cdot L_i^2\cdot B/6 \tag{11}$$

$$M_{oij}=-(\bar{\sigma}_i+\bar{\sigma}_j)\cdot(L_j-L_i)^2\cdot B/16 \qquad j=i+1 \tag{12}$$

$$M_{cij}=M_{oij}+(M_i+M_j)/2 \qquad j=i+1 \tag{13}$$

但し　M_{cij}：i−j 点の間の中央曲げモーメント

3-4.つりあいモデルの検証

提案したつりあいモデルに対して、図６の例のように分布した弾性支承連続梁として検証を行った。検証例の概要は下記のようである。

①荷重と断面：図６に示した通り

②基礎のコンクリート強度：Fc＝21N／mm²

③地盤：地耐力 F＝50kN／m²に相当する正規圧密された砂地盤

平均N値＝６

地盤ヤング係数 E＝14N＝84kg／cm²＝8.23MN／m²

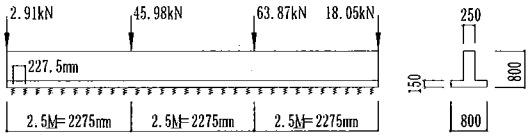

図６　つりあいモデル検証例

検証結果は、図７～図９に示されている。ケース１（破線）は部材の実断面を用いて分布した弾性支承連続梁で解析した結果である。ケース２（細実線）は部材の曲げ剛性を 1000 倍として分布した弾性支承連続梁で解析した結果（細実線）である。ケース３（太実線）は本研究提案したつりあいモデルで計算した結果である。横座標には、単位を（M）とした位置を示す。

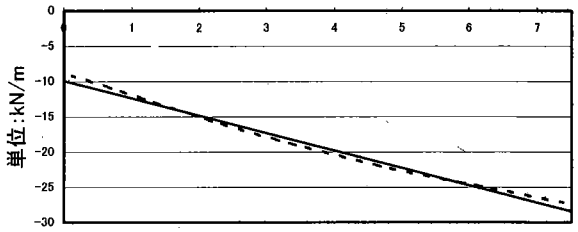

図７　地反力

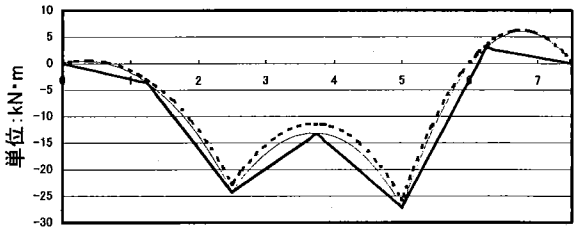

図８　曲げモーメント

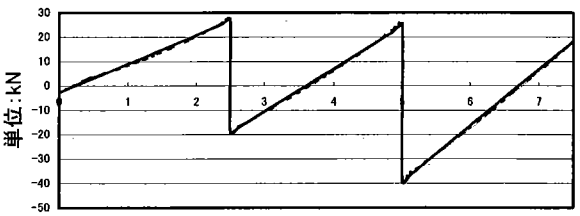

図９　せん断力

地反力の分布から見ると、ケース２とケース３が完全に重なっている。ケース１は、地反力が曲がっているが、平均線の傾きがケース３と一致している。

曲げモーメントについて、ケース３は荷重点及び荷重間の中央点しか計算しておらず、軌跡が重なっていないが、計算点においてはケース２と一致している。ケース１とは差があるが、分布形が同じ

である。

せん断力については、３ケースはほとんど重なっている。

これらによって、本研究が提案したつりあいモデルは、剛比の仮定の状態において、分布した弾性支承連続梁で解析した結果と完全一致しており、実状とも反力、応力の分布形が一致していることを検証した。実状との差については、今後さらに様々な地盤、様々な荷重分布の事例に対して検証し、定量的に把握する必要がある。

3-5.考察と提案

構造力学理論による一般的な解析方法、例えばラーメン構造や連続梁などは、基本的に分布荷重、集中支持問題を対象として、完全なる拘束又は完全なる自由という理想的な状態に於かれたものである。一般に言えば、材端固定、ピン、ローラーの接合状態や、単純梁、両端固定梁のような部材の応力算定などである。

残念ながら、布基礎のような集中荷重、分布支持問題については、上述した分布荷重、集中支持問題のように一般的な既成概念として定着しておらず、支持する要素の剛性（バネ係数）と支持される部材の剛性が関係しているからである。しかし、単純梁、両端固定梁と同じように理想状態で考えるために、集中荷重、分布支持問題に対しては、上述した剛比の仮定が必要充分条件となり、その解も実に単純明快である。理想と実状の差に対する調整が必要であるが、筆者は、上述の集中荷重、分布支持問題に対するモデル化及び解析を、理論レベルの概念として定着すれば、少なくとも布基礎に対して図２のように、荷重点を支点へ、反力を荷重へ置換することによらず、理論的厳密性を持つ反力分布、応力の解を求めることができ、その他の類する問題にも意味が大きいと考えている。

また、単に布基礎に対して、仮に基礎梁の剛性が十分に確保されなくても、支持地盤が完全弾性体ではなく、基礎梁の変形の進行により接地圧が均等化されることから、結果的に直線的に近い分布となると考えられる。これに対しては、剛比を考慮した分布した弾性支承連続梁よりも、むしろ本研究提案したつりあいモデルの方が実状に近いと考えられる。

4.布基礎構造の分類

これから、上述したつりあいモデルを用いて、布基礎構造についての実用的な解析法の開発を行う。

建築に用いられる布基礎について、上部構造との相互拘束関係から、構造的に２種類に分けることができる。

その１は、上部構造（壁、柱など）と剛接した布基礎構造である。例えば、鉄筋コンクリート構造や、柱脚固定の鉄骨構造などの下に設けられる布基礎構造はこれに属する。その特徴は、基礎梁が上部構造からの曲げ拘束で不静定構造となり、上部構造と切り離して解析することが困難である。また、布基礎構造自体が上部構造と一体化した剛接の立体架構となり、平面的に曲げたり、ねじったりする変位が微小で、荷重を受けて沈下や傾きが生じても、全基礎面が平面を保っていると考えてよい。この種について本研究では不静定構造とした布基礎（図 10）という。

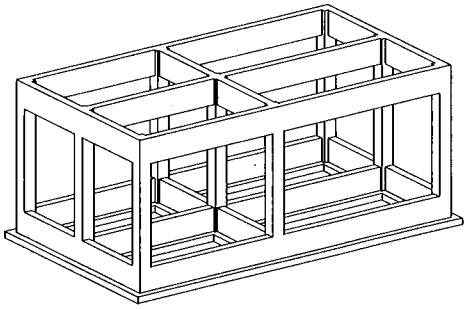

図 10　不静定構造とした布基礎

その２は、上部構造とピン接とした布基礎構造である。柱脚ピンとした鉄骨構造のほか、木構造や軽鉄構造など住宅に設けられる布基礎構造はこれに属する。その特徴は、上部構造とピン接、または上部構造の剛性が布基礎構造に比べて遙かに弱く、その拘束が無視できる。従って、布基礎構造を上部構造と切り離して、地盤に支持された平面格子梁構造とすることができる。直交する部材のねじれ剛性を無視すれば、各通りの基礎梁が静定状態である。この種について本研究では静定構造とした布基礎（図 11）という。

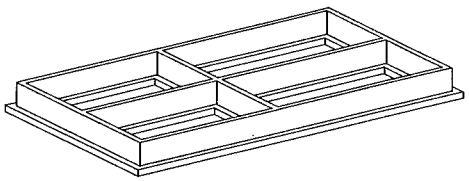

図 11　静定構造とした布基礎

不静定構造とした布基礎については、今後の研究課題にして、本研究は静定構造とした布基礎を研究対象として扱う。

5.静定構造とした布基礎

一般的に、布基礎構造は直交した両方向の布基礎で構成される。また、静定構造とした布基礎とは、上部構造からの拘束を無視できることを前提としている。ここでは、さらに材端接合について仮定し、静定構造とした布基礎のモデル化を行う。

5-1.接合の仮定

接合の仮定：静定構造とした布基礎の各基礎梁において、直交する部材断面のねじれ剛性による曲げ拘束を無視する。

直交する部材断面のねじれ剛性による曲げ拘束を考慮する場合は、不静定構造とした布基礎に分類して、今後の研究に譲る。但し、構造設計の現状では、部材のねじれ剛性を考慮することはまだ一般的でなく、実用上、ねじれ剛性による拘束効果については、解析と別途に簡略に処理することがある。例えば、受ける部材の断面ねじれ剛性による拘束効果として、鉄筋コンクリート造小梁の外端設計用曲げモーメントを一律 0.6C（C：固定とした場合の端部モーメント）としている。この意味では、この仮定は設計の現状に似合ったものといえる。

5-2.静定構造とした布基礎モデル

接合の仮定に基づいて、直交した両方向の布基礎で構成される静定構造とした布基礎を図 12 のようにモデル化を行う。

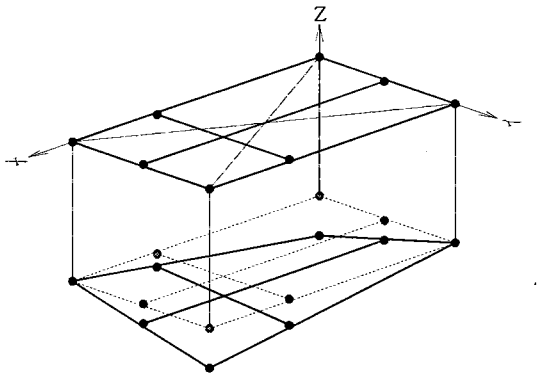

図 12　静定構造とした布基礎のモデル

モデル中の各布基礎を部材として分割すると、それぞれ図４のような静定状態になるが、布基礎構造としては、受ける荷重の偏心状態によって、平面状態を保たず、ねじれが生じる。

ねじれが生じる条件について以下のように考えられる。

① 剛比の仮定により、荷重又は地反力を受ける基礎梁の変形が無視できるので、これによってねじれが生じることはない。

② ねじれが生じる必要条件としては、荷重の偏心方向が布基礎の方向と一致しないことである。つまり、一般的に言う両方向偏心である。荷重の偏心方向が布基礎の方向と一致すれば（一方向偏心）、布基礎構造に傾きが起きるが、ねじれは生じない。

③ ねじれ変形が小さい場合、まず、ねじれによって生じるＸＹ平面上の変位または部材軸方向上の変形が微小なので無視し、如何なる点のＸＹ座標が保っていると考えてよい。つぎに、直交して配置される２本内部の布基礎（以下中布基礎という）について、それぞれ直線を保っているものとして考えて、ＸＹ平面上如何なる位置にある交差点においても、それぞれの中布基礎のＺ方向変位は一致であることが幾何的に証明できる。つまり、小さなねじれが生じても、中布基礎が曲がることなく、その曲げ剛性によってねじれを拘束することがないと考えてよい。

④ 外周布基礎は、両端ピン接とされているので、ねじれには抵抗しない。③の考察により、中布基礎についても、ねじれが生じる時、ただそれぞれの方向に回転が起きるのみ、ねじれに対する拘束はない。従って、静定構造とした布基礎は、ＸＹ平面上の変位を無視できる程度のねじれ対して完全なフリー状態としてよい。

5-3.静定構造とした布基礎の接地圧分布

基礎の平面範囲において、支持地盤が均一とすれば、以上の考察により、静定構造とした布基礎の接地圧分布は、モデルの変形性状に沿った形となる。つまり、荷重の偏心方向が布基礎の配置方向と一致しない場合、接地圧は、ねじった面のように分布することが分かった。これは、沈下の変形特性とも言え、地盤の弾性範囲内において、各点の沈下量は、それぞれの接地圧に比例すると考えている。

6.静定構造とした布基礎の解析

布基礎構造を構成する各布基礎は、相互交差しているので、基礎スラブが重なる部分が生じる。ここでは、重なる部分を図 13 のように分割する。隅角部については、図のように斜線で分割し、出隅部分を入り隅部分の補正とするようにモデル化する。さらに全体を図 14 のように分解し、交点に作用する荷重Ｐを、図 14 の Px、Py のように交差する２本布基礎のそれぞれの負担分として分解する。これによって、以下の手順で解析を行う。

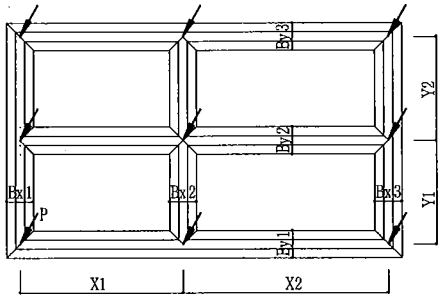

図 13　布基礎構造の重ねる部分の分割

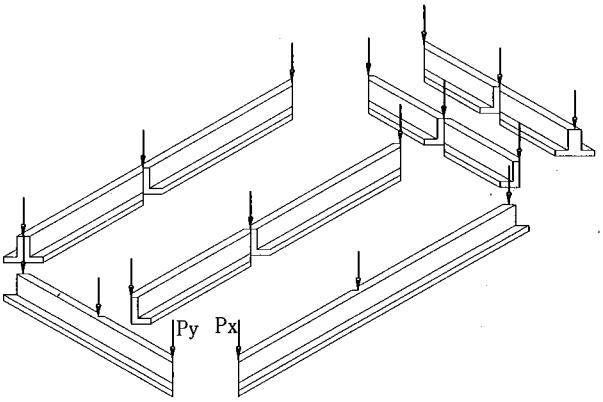

図 14　布基礎構造の分解

まず、分解された各布基礎の基礎スラブには欠けた部分があり、接地圧の分布（図４）が直線的としても、地反力の分布は欠けた部分の幅(B)の変化によって折線となる。しかし、多少煩雑でも 3.で述べた方法でつりあい条件により接地圧分布に関する方程式を書くことができる。

次に、変位連続条件により、交差する２本の布基礎は、交点位置における接地圧が同一である。これによって、全ての交点に対して方程式を整理して、連立方程式をまとめる。これを解けることによって、Px、Py を求めることができる。

最後に、再び 3.で述べた方法でそれぞれを単一な布基礎として接地圧分布と基礎梁に生じる応力を求めることができる。但し、図４のつりあいモデルと異なり、各布基礎とも幅一定でなく、重なる部分を処理しなければならない。

7.静定構造とした布基礎の解析例

以上の方法を電算化し、検証を行った。接地圧の分布を強調するために、両方向やや大きな偏心のある例を取り上げる。実用上では、荷重の重心にあわせて基礎幅の自動設定を行ったり、応力平均化のため調整したりすることにより、最適解を求めることができるが、検証では、整合性と有効性を確認するためのもので、特に行わない。

7-1.解析例概要：

用途と特徴：両方向セットバックのある３階建て住宅

上 部 構 造：鉄骨ユニット構造、基礎とピン接

仮定地耐力：F＝50kN／㎡

建 築 平 面：Lx×Ly＝12.74m×6.825m

（14M×7.5M　1M＝0.91m）

基 礎 部 材：基礎梁の幅と梁せい、根入れ深さ、立ち上がり高さなどは全て同一とする。

柱 脚 反 力：単位(kN)、下向きは＋

鉛直時	X=0.00m (X0.0M)	X=4.55m (X5.0M)	X=9.10m (X10M)	X=12.74m (X14M)
Y=6.825m (Y7.5M)	17.19	29.66	26.93	14.46
Y=4.550m (Y5.0M)	53.81	86.67	60.75	21.31
Y=2.275m (Y2.5M)	69.81	100.67	65.15	21.31
Y=0.000m (Y0.0M)	48.55	74.22	45.54	14.46
X地震時	X=0.00m (X0.0M)	X=4.55m (X5.0M)	X=9.10m (X10M)	X=12.74m (X14M)
Y=6.825m (Y7.5M)	-2.89	0.00	-1.13	4.02
Y=4.550m (Y5.0M)	-16.67	6.87	1.76	8.04
Y=2.275m (Y2.5M)	-17.62	3.61	5.72	8.29
Y=0.000m (Y0.0M)	-10.71	3.48	2.83	4.40

7-2.解析プロセス

X方向布基礎幅を全て 400mm とし、Y方向布基礎幅は一定の初期値を与え、以下の条件を満足するまで繰り返し自動計算とする。

$0 \leqq \sigma_L \leqq F$　かつ　$0 \leqq \sigma_{L\pm k} \leqq 2F$

（σには基礎の重量を含む。L：鉛直時　K：地震時）

結果として、以下のようになる。

X0　：B＝800mm

X5　：B＝700mm

X10：B＝500mm

X14：B＝250mm（最小値とした幅）

7-3.解析結果

図 16～図 20 には、上部構造の反力に対して解析した結果を示している。記号は以下のように定義している。

接　　地　　圧：圧縮＋、引抜き－

曲げモーメント：上端引張＋、下端引張－

せ　ん　断　力：節点に対して反時計回り＋、時計回り－

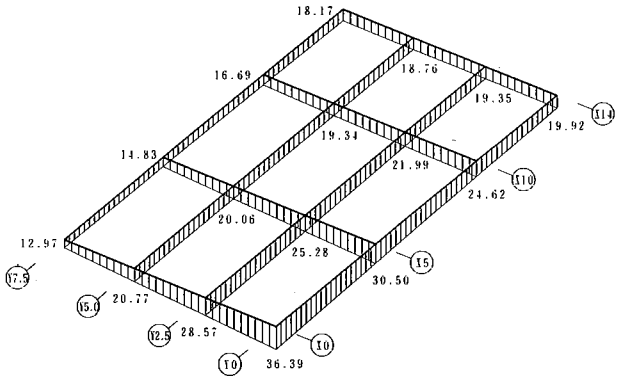

図 15　鉛直荷重時の接地圧分布図(kN／㎡)

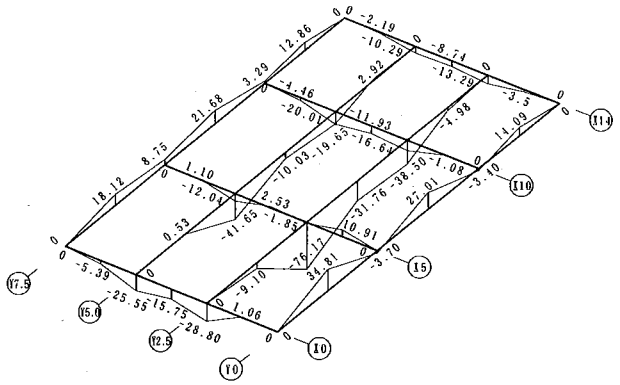

図 16　鉛直荷重時の曲げモーメント図(kN･m)

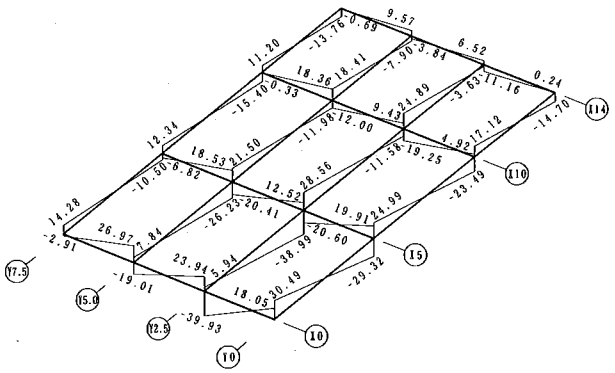

図 17　鉛直荷重時のせん断力図（kN）

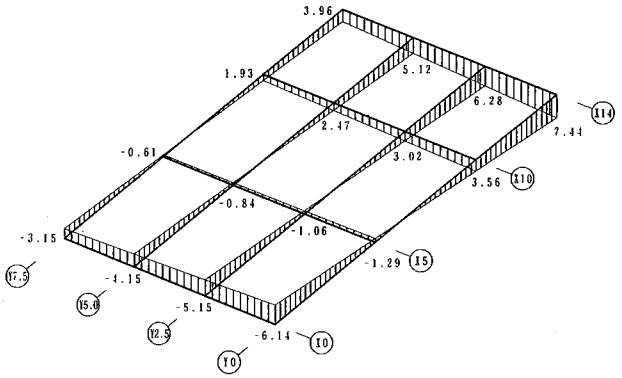

図 18　X方向地震時の接地圧分布図(kN／㎡)

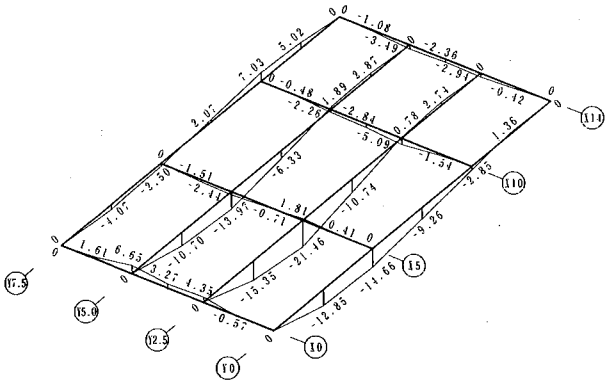

図 19　X方向地震時の曲げモーメント図(kN·m)

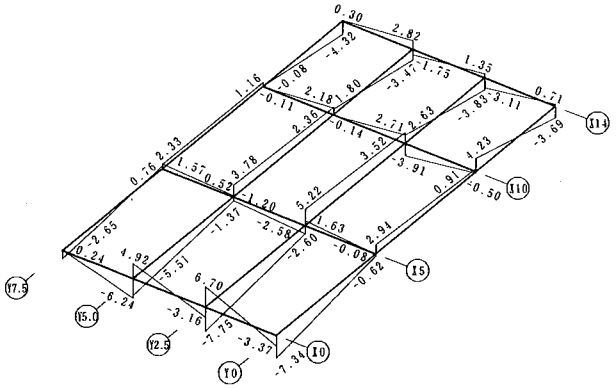

図 20　X方向地震時のせん断力図（kN）

7-4.結果の考察

結果を考察するため、現行の「建築基礎構造設計指針」の 5.4 節に従って求めた同例の鉛直荷重時の接地圧の分布及び、各通りの最大接地圧を用いて同一通り内一様分布とし、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」20 条に従って求めた基礎梁の曲げモーメント、せん断力を図 21～図 23 で示している（以下この方法を簡便法という）。

まず、図 21 に比べて、図 15 に示された接地圧は、幾何的支配面積の仮定を拘らず、変位の連続条件を満たしている上、静定構造とした布基礎のねじれ変形の特性を反映している。例えば図 15 から見ると、X0 から X14 へ向かって、Y0 通りの接地圧が減少傾向となり、Y7.5 通りが逆に増加傾向となっているので、ねじれが生じたことが分かる。

次に、簡便法で求めた曲げモーメントは、すべて荷重点が下引張、スパン中央が上引張となっている。本研究が提案したように、変位の連続条件と力のつりあいを考慮して解析した結果（図 16）は、必ずしも簡便法の結果のようにはならないことがわかる。

さらに、図 23 に比べ、図 17 の荷重点に接する基礎梁のせん断力の和は必ず荷重の大小と等しく、理論的整合性を有する。また、ある交点に作用する荷重に対して、交点の両側にある基礎梁のせん断力が 0 となる点の間は、該当荷重に対する理論的真の支配範囲として理解することができる。

最後に、提案した解析法でX方向地震時の上部構造の反力に対しても解析を行い、水平荷重時に対しても解析結果が整合性を有することを確認した。

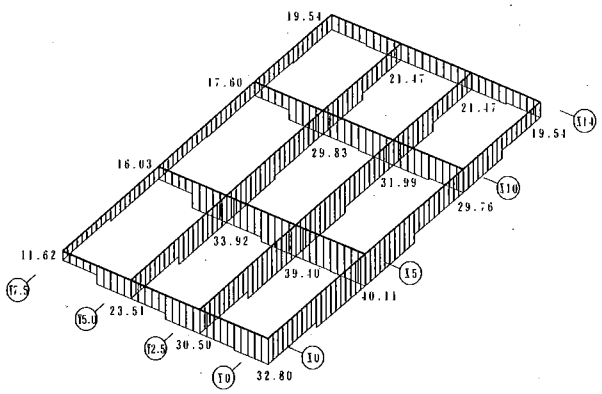

図 21　簡便法による鉛直荷重時の接地圧分布図(kN／m²)

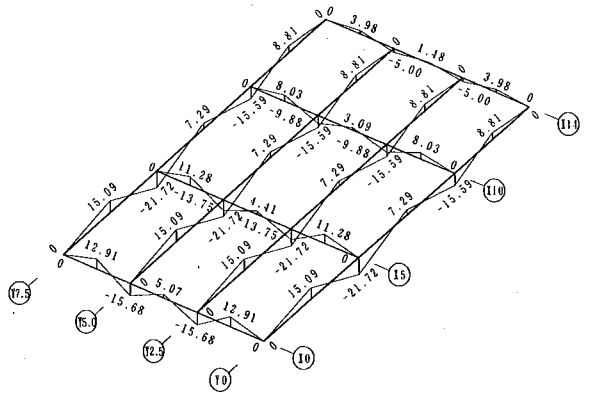

図 22　簡便法による鉛直荷重時の曲げモーメント図(kN·m)

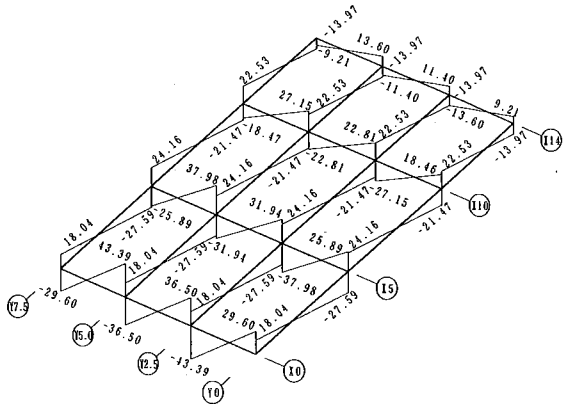

図 23　簡便法による鉛直荷重時のせん断力図(kN)

以上の例を通じて、本研究が静定構造とした布基礎に対するモデル化及び、提案した解析法は、理論的整合性と実務への有用性を有することが検証できた。

8.まとめと今後の課題

本研究は、布基礎の解析法の現状及び問題点を明らかにする上で、まず、このような問題を理論的に集中荷重・分布支持問題として帰結し、理想的な状態における解析モデルを確立した。次に、分布した弾性支承連続梁モデルを用いて合理性を検証した。

さらに、提案した解析モデルを用いて、布基礎構造に対して実用

的な解析法を開発した。

①布基礎に対する曲げ拘束の有無によって、布基礎構造を不静定構造とした布基礎と静定構造とした布基礎に分類した。両者の変位や接地圧分布などの特徴は異なり、構造的に区別して考えるべきである。

②単一な布基礎のつりあいモデルを確立して、接地圧の分布、基礎梁に生じる応力について理論式を与えた。

③直交部材のねじれ剛性を無視した静定構造とした布基礎について、ねじれが生じる変位、接地圧分布の特徴を明らかにした。

④静定構造とした布基礎の解析法を提案した。

⑤電算化によって検証を行い、解析法の整合性と合理性を確認した。解析例から、今までの解析法で得ることのできない結果を提示でき、水平荷重時に対しても有効性を確認した。

今後の課題としては、その他の集中荷重・分布支持問題、例えば不静定構造とした布基礎、べた基礎などの解析法についての研究を続けたい。

謝辞：ミサワホーム（株）技術部の皆様には、長時間にわたって基礎に関する考える機会が与えられ、論文のまとめに多くの助言を頂きました。また、東京大学大学院生、東信建築設計研究所のスタッフでもある王希慧さんには、電算化を実現するために長時間にわたって努力していただきました。

参考文献：
1)「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（日本建築学会）1999
2)「建築基礎構造設計指針」（日本建築学会）1988 改定
3)「建築基礎構造」大崎順彦著
4)「地盤の変形を考慮した鉛直荷重時立体架構の実用解法」
松尾雅夫　山肩邦男
（日本建築学会構造系論文集　第 455 号）1994 年 1 月
5)「地盤の変形を考慮したべた基礎建物の鉛直荷重時実用解法」
松尾雅夫　山肩邦男
（日本建築学会構造系論文集　第 462 号）1994 年 8 月

(2001年 2 月 9 日原稿受理，2001年 7 月30日採用決定)