

共同研究グループ代表者

京都大学大学院工学研究科
フェロー
大西 有三
山口大学大学院工学研究科
正会員
三浦 房紀
京都大学大学院工学研究科
正会員
木村 亮
阪神高速道路公団
正会員
○前原 博

1. はじめに

基礎構造物については杭基礎を始め各種の基礎の設計手法が示方書に規定されているが、おのおの独自の事柄があるために個別の節¹⁾に分けられている。杭基礎も一般的には高次不静定構造物であり、土の非線形的性質が絡んで複雑な現象があるが、単純化して扱う努力がなされている。

基礎の変形の特徴は、主要な外力が働く面で切り出し 2 次元で考察される。部材に働く外力は、部材曲げモーメント、軸力、せん断力の 3 成分が基礎構造物では一般に扱われる。骨組み解析ではこれらの力の釣合い条件と部材変形の適合条件を組立てて解析される。この時、基礎が内包する変形の特徴は、全体の幾何的構成と、釣合いや適合条件式の構成手順の中に含まれてしまい、変形の特徴を少し不明確なものにしている。

そこで部材の変形を捉え、かつ全体の位置関係を見すえて変形の特徴を捉える事が必要と思われる。部材に対し基礎全体を対象にする時、力の 3 成分が各部材に働いている様子を切り出し、断面全体で力の成分を取り出すと、軸力の和 (N)、せん断力の和 (Q)、部材モーメントの和 (Mp)、の他に部材軸力のなすモーメント (Mg) がある。

すなわち基礎構造物全体は力の 4 成分で考える事ができる。この力の 4 成分に対応する変形状態を設定して、断面力の釣合いや変形の適合条件等を構成すれば、変形の意味合いがわかり易いものになる。

この発想によると、基礎の種類によらず変形を統一的に理解する一つの方法が得られるものと思れ、

共同研究のテーマとして活動をする事とした。

2. 部材とその集合体としての基礎の変形

基礎には各種の基礎があるが、各基礎に共通の要因を含むものとして、群杭基礎を代表として取り上げる。群杭基礎での部材は杭であり、その集合体とは群杭である。部材の変形を考えると、基本となるものは四角形要素の変形と作用力の関係である。

部材要素 i に働く力の 3 成分を M_i 、 N_i 、 Q_i とする時、要素の変形はおなじみの図となるが、ここでは隣接の部材を想定し、二つの要素を並列して表す。

図-1 が要素の変形図で、部材の変形の基本パターンを表す。

次に集合体について、群杭の 1 列を例にして考える時、基本的な変形パターンは図-2 の様になる。

M_g の変形は部材軸力の分布による変形である。これを全体曲げ変形と仮りに呼び、他は順に部材曲げ変形、軸方向変形、せん断変形と呼ぶ事にする。 M_g については境界条件が回転自由の時、図-3 に

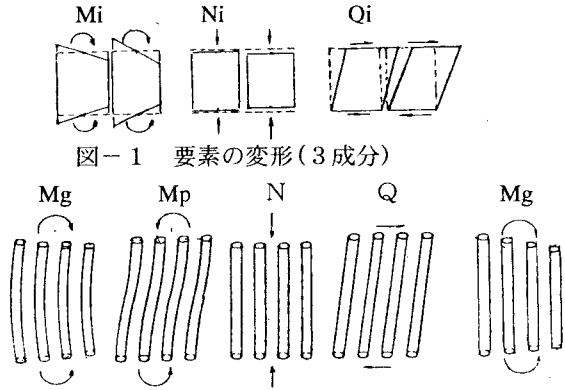


図-1 要素の変形(3成分)

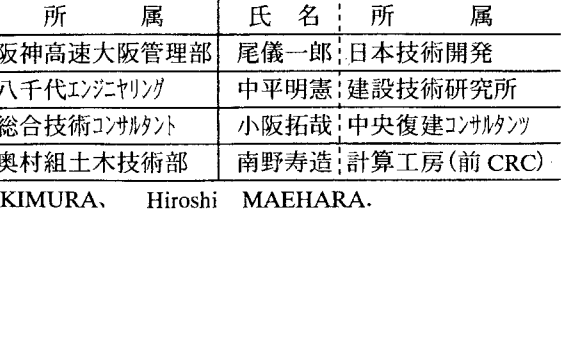


図-2 集合体の変形(4成分)

表-1 構成メンバー			図-3		
氏名	所属	氏名	所属	氏名	所属
代表者；大西有三	京都大学土木工学専攻	長沼敏彦	阪神高速大阪管理部	尾儀一郎	日本技術開発
三浦房紀	山口大学機械工学専攻	桶田憲一	八千代エンジニアリング	中平明憲	建設技術研究所
木村 亮	京都大学土木工学専攻	西森孝三	総合技術コンサルタント	小阪拓哉	中央復建コンサルタント
問合先；前原 博	阪神高速 工務部	中山 学	奥村組土木技術部	南野寿造	計算工房(前 CRC)

Yuhzou OHNISHI、 Fusanori MIURA、 Makoto KIMURA、 Hiroshi MAEHARA.

示す部材軸変形のみの場合もある。

3. 基礎の単純化と群杭モデルの式

杭材の集合体の基本変形パターンの背景には、剛体変位成分(並進・回転)も一般的には含まれてくる。

基礎構造物を対象とする時、構造物の特徴として、基礎の上部はフーチングや頂版で剛結され、下部は支持層等で弾性支持されている。杭材等も同じ物を使うことが多い。こうした境界条件や構成条件から基礎構造物では、変形後も部材の相対的位置関係は巨視的にはほとんど変わらないと見なせる。

前列の部材と後列の部材では、地盤反力の抵抗度合いに差があるが、生じる変形のパターンそのものは、上下の境界条件と部材の構成条件により規定され、変形の量と変形成分の構成率は外力の種類と周辺条件により規定される。

こうした視点に立つと、基礎を構成している各部材は厳密には長さが変わったり、曲率は等しくはないが、各部材は擬似的に相似形に近い変形をしていると見なせる。基礎の崩壊過程では成り立たないが、それ以前の部材の塑性変形過程迄は、こうした巨視的な見方が成立すると見られる。そこまでは基礎の構造と変形を単純化して扱うことができる²⁾。

杭材の集合体の4断面力(N、Q、Mp、Mg)に対応して変形に寄与する断面諸量は $EAg = E \sum A_i$ 、 $GAg = G \sum A_i$ 、 $EIp = E \sum I_i$ 、 $EIg = E \sum A_i \cdot X_i^2$ (A_i 、 I_i は部材 i の面積と断面2次モーメント、 X_i は中心距離、E、G は弾性定数)である。この諸量の働きの基礎の種類や形状に拘わらず存在する。

【普遍的な変形メカニズム】

基本変形パターンを組合わせて、群杭の中心線の変形(変位関数)で基礎全体の変形を表した式(群杭モデルの式)の誘導は文献³⁾にゆずるが、上記の断面諸量の変形に対する働きがよく反映されている。

4. 各種基礎の変形性状と特徴に対する考察

群杭モデルの式の特徴の一つは変形成分の分析ができることにある。更には各基礎の断面諸量を通して、その働きから基礎の特色を再考察できることである。ちなみに杭基礎を例にとると、中型の杭基礎で杭頭変位 15mm に対して約 2mm の全体曲げ変形が生じている。せん断変形は非常に小さい。杭基礎は部材曲げ変形が卓越するので、フーチングの回転変形が相対的に小さくなっている。細長い基礎では EIg の全体曲げの影響がでるが、中型以上では根

入長との関係から曲げより回転の影響になる。

次に矢板式基礎を見ると、断面諸量と変形についての働きに対して、構成部材の働きを十分に生かした取扱いになっていない部分(合成効率 μ の使用¹⁾)がある。また、図-1に示す様に隣接部材の断面の階段的な変形はせん断変形では生じない事も明らかである⁴⁾。

連壁基礎も壁材の曲げ変形に対する働き具合を検討すると、部材間の結合の必要度に再評価を加えられ、より合理的な壁材と結合法の展開が期待される。

剛体的基礎のケーソン基礎も近年は弾性体として扱われている。一体物の全断面剛性は $E(Ip+Ig)$ であり、通常 $Ip \ll Ig$ で EIg に近似している。全体の曲げと回転の生じ方に対し共通の見方ができる。

群杭モデルの式³⁾は部材表面の摩擦力を考慮に入れたり、push-over 解析に使用する事や動的問題への応用²⁾の広い発展が見こまれる。現在全てできた訳ではないが見通しが得られた。

5. 活動の経過概要

この共同研究は平成 10、11 年度に関西支部の活動をしたものだが、9 年度後半から活動を始めた。

9 年度には6回の会合を持ち、その中で CRC 総研の亀岡氏には動的相互作用問題の解析について、大成建設の堀越氏には杭の震災被害例についてレクチャーをして頂いたり、各自の業績紹介を行った。

平成 10 年度には5回の研究会(5.15:10 名,7.10:10 名,8.3:8 名,10.14:7 名,10.18:5 名)と8回の個別打ち合わせを行った。前半は進め方や各自のテーマや業績の紹介をし、後半で変形に対する巨視的な視点や変形パターン、計算モデル及び群杭モデル式の討議を行った。

平成 11 年度は研究会は2回(5.29:9 名,2.23:6 名)だが、5月には鉄道総研の西村氏に鉄道の耐震設計標準の概要について講演をして頂いた。個別打ち合わせは6回行った。その中で計算式の拡張として、表面バネや摩擦力の扱い、push-over 解析への展開と変形分析法の検討等を行った。

6. 参考文献

- 1) 道路橋示方書・同解説Ⅳ下部構造編 平成 8 年 12 月/(11.5 節)
- 2) 小長井「橋梁全体系における基礎・地盤系の表現と地震応答解析の課題」第4回土木鋼構造研究シンポジウム 2000.1.12 鋼材倶楽部
- 3) 前原,中田「群杭系基礎の新しい計算法」橋梁と基礎 1996.2
- 4) 前原,中田「矢板式基礎の計算法に関する一考察」橋梁と基礎 1996.3