

東海大学 正員 宇都一馬 冬木 衡 桜井 学

1. まえがき

地盤に設置された杭の水平載荷試験結果は、一般に荷重-変位曲線（以下H- δ 曲線と呼ぶ）で表わされる。このH- δ 曲線は杭種、杭の形状、地盤種別などの組合わせで大きく変化し、一般に非線形の形状になる。

筆者らは、H- δ 曲線を定量的に表現するため、簡単な数学モデルを設定し、これに実測値を最小2乗法⁽¹⁾⁽²⁾であてはめて決定した回帰係数をもとに、主観を入れずに杭の支持力を評価する手法を提案している。さらに、この手法をもとに、杭と地盤系の非線形性を考慮し、種々の仮定を設け、杭の水平抵抗の問題をchang⁽³⁾⁽⁴⁾の式を用いて線形計算を行なう解析法を提案し検討した結果をすでに報告した。これによると、この解析法は杭と地盤系の非線形性を、筆者らの定義による降伏点の一處のみで評価したために、杭の水平抵抗の問題がきわめて簡単に処理できることがわかった。

今回の報告は、この解析法で必要となる諸量の推定について考察を行ない、あわせてこの解析モデルの問題点について述べたものである。なお、解析法に関しては文献³⁾、⁴⁾を参照されたい。

2. N 値と基準値 ρ_s 、低減指数 n 、降伏時最大曲げひずみ E_{ms} および降伏時最大曲げひずみ発生深さ l_{ms} の関係(図-1, 2, 3)

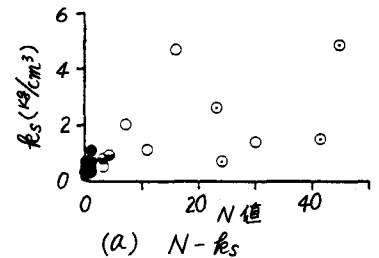
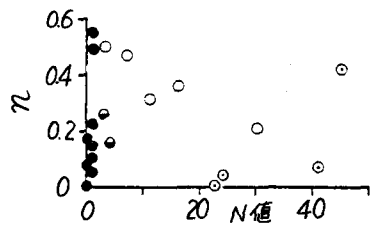
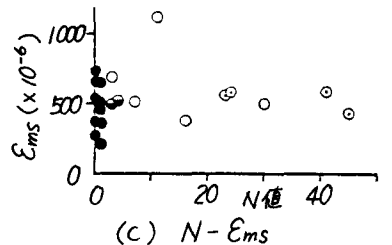
この解析法では、 ρ_s 、 n 、 E_{ms} の3つの値がなんらかの方法で求まっていれば、設計に必要な諸量を決定することができ、これらの値をどのように推定するかが重要な課題となった。

図-1は、曲げひずみの実測値のある鋼管杭のデータ21例を解析して得られた ρ_s 、 n 、 E_{ms} の値を N 値と対応させて示したものである。記号は、地盤種別によるもので、地表から $1/\beta_s$ （約2.5~5m）までの地層から判別して、砂しき地盤（○）、上部細砂層から中砂層にかわる地盤（○）、粘性土地盤（●）、上部細砂層から粘土層にかわる地盤（●）の4つに大別しており、以下の図でも同様である。

図-(a)は、 N 値と ρ_s の関係を示したものであり、従来からいわれるようにほぼ相関がみられる。 N 値0~1のピート、シルト地盤は $\rho_s = 0.2 \sim 1.1$ (kg/cm^3)の範囲に分布し、0.5前後のものが多い。砂質および砂しき地盤では N 値の範囲が広いこともあるが、かなりばらついており、これは地盤の締まり具合が影響しているものと思われる。

図-(b)は、 N 値と n の関係を示したもので、 N 値0~1のピート、シルト地盤は $n = 0 \sim 0.2$ の範囲にあるものがほとんどであるが、 $n = 0.5 \sim 0.6$ のものもある。一方、砂質地盤では N 値が大きくなるに従い、 n が小さくなる傾向がうかがえる。また、砂しき地盤の n はかなり小さな値となっている。このように、地盤種別あるいは N 値の違いにより変化する n の値は、杭体の剛性の低下の割合を表現しているものと考えられ興味深い。

図-(c)は、 N 値と E_{ms} の関係を示したもので、 N 値0~1のピート、シルト地盤は $E_{ms} = 200 \sim 650 \mu$ の範囲に分布しているが、砂質および砂しき地盤では $E_{ms} = 500 \mu$ 前後のものが多い。 E_{ms} は杭材固有の降伏曲げひ

(a) $N - \rho_s$ (b) $N - n$ (c) $N - E_{ms}$ 図-1 N 値と ρ_s 、 n 、 E_{ms} の関係

ずみ ε_g とは必ずしも一致するものでなく、これは ε_{ms} の値が杭と地盤の相互作用を表現しているものと考えられる。

図-2は、降伏時最大曲げひずみ発生深さの実測値と計算値 (l_{ms}) を対応させたもので、ほぼ良い対応を示していることがわかる。また、ピート、シルト地盤では、3~4m程度の所に分布し、砂質および砂しき地盤では2mを除いて2m前後の所に分布している。次に、 N 値と l_{ms} の関係を示したものが図-3である。 N 値0~1のピート、シルト地盤はかなり広い範囲に分布しているが、砂質および砂しき地盤では、 N 値の範囲が広いにもかかわらず、ほとんどのものが2m前後の所に分布しており興味深い。また、各水平載荷重段階の最大曲げひずみ発生深さ (l_m) の変化は、ピート、シルト地盤では水平荷重の増加にともなって l_m が増大し、砂質および砂しき地盤では l_m の大きさの変化はあまり認められず、地盤種別によって異なったパターンを示している。このように、地盤種別によって l_m の変化のパターンが異なるので、設計に必要な ε_s 、 n 、 ε_{ms} などの諸量を、 N 値のみからの推定に加えて、この l_m の変化のパターンからの推定も行えば、より精度の高いこれら諸量の決定ができるものと思われる。

以上、曲げひずみの実測値のある鋼管杭のデータを解析して得られた ε_s 、 n 、 ε_{ms} および l_m の値と N 値を対応させて考察を述べた。これらの値は、杭の種類、形状、施工法、地盤条件などの影響を反映しているものと思われる。特に、杭の種類により、これらの値はかなり異なったものになると予想される。

今後、さらに多くの載荷試験データを解析・検討し、土質調査・試験などとの関係を明らかにすることによって、設計に必要な諸量の推定精度が高まることになろう。

3. 今後への課題

杭と地盤の非線形性を考慮した水平抵抗の近似解法を鋼管杭に適用し、良好な結果を得ているが、現在の解法モデルを既製コンクリート杭や場所打ち杭などに適用し、鋼管杭を含めこれらすべてを統一的に表現するには多少無理な点があるように思える。例えば、既製コンクリート杭や場所打ち杭などでは、コンクリートの引張り裂発生以後の曲げ剛性の急激な変化や有効断面の減少など、鋼管杭とはかなり異なった性状を示すものと思われる。これらを統一的に表現するためには、今後、仮定の再検討や解法法の改善が必要となると考えている。

4. まとめ

今後、さらに多くのデータを解析することにより、本手法を適用するのに必要な諸量の推定精度をあげるとともに、杭の種類、形状、施工法、地盤条件などの違いによらず、杭の水平抵抗の問題を系統的に取扱い得る実用的な解析モデルを開発するつもりである。

参考文献

- 1) 塩井・宇都・冬木・近藤・桜井；杭の荷重-変位曲線の非線形回帰結果による支持力の一評価法，オ23回土質工学シンポジウム，(1978.11)。
- 2) 宇都・冬木・桜井；載荷試験から得られる荷重-変位曲線の非線形回帰計算について，土木学会関東支部オ7回年次研究発表会，(1980.1)。
- 3) 宇都・冬木・桜井；荷重-変位曲線の非線形回帰結果をもとにした杭の水平抵抗の一解析法，オ34回土木学会年次学術講演会，(1979)。
- 4) 塩井・光家・宇都・冬木・桜井；杭の水平載荷試験での降伏点の評価法，杭の水平載荷試験に関するシンポジウム，(1979.12)。

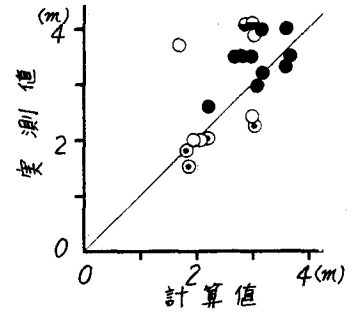


図-2 降伏時最大曲げひずみ発生深さ l_{ms}

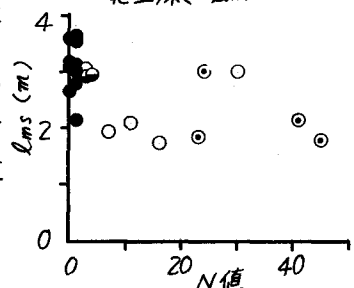


図-3 N 値と l_{ms} の関係