

Q&A コナ

杭の衝撃载荷試験や 急速载荷試験の解析 に用いられる地盤モ デルの定数の求め方

Q 杭の衝撃载荷試験や急速载荷試験の解析に用いられる地盤モデルの定数は、どのような手順で同定されるか教えてください。

A 1. はじめに

杭の衝撃载荷試験および急速载荷試験は、いずれも杭頭に動的な荷重を与える载荷試験です。したがって、载荷試験中には、杭の貫入速度や加速度に依存する抵抗力（動的成分）が杭に作用します。そのため、測定した動的シグナルの解析を行い、杭に作用する抵抗力を動的成分と静的成分に分けた上で、静的な荷重-変位関係を計算する解析手法が必要となります。

2. 衝撃载荷試験の解析（波形マッチング解析）

図-1は、衝撃载荷試験シグナルの解析に用いられる杭-地盤モデルの例です。杭を幾つかの要素に分割し、各杭節点に地盤抵抗モデルが連結されています。これまで、幾つかの地盤モデルが提案されていますが、よく用いられているモデルに、1960年にSmith（スミス）によって、提案されたモデルとRandolphらによって提案されたモデル（図-2）があります。いずれの地盤モデルでも、静的な荷重が作用したときの応答は、弾・完全塑性応答となります。ダッシュポットが動的成分を表現します。特に、Randolphらモデルでは、杭周面がすべり始めた後に生じる粘性減衰と地盤の逸散減衰を分離しています。波形マッチング解析では、地盤モデルの定数（ばね定数、減衰定数、最大静的摩擦）を地層ごとに仮定して、測定された杭頭の入力波（下降波）を杭頭に加え、一次元波動理論に基づいて、杭中の応力波伝播解析を行います。そして、計算結果と測定シグナル（一般に、杭頭の力波形と速度波形）がほぼ一致するまで、地盤定数の仮定値を変えて、計算を繰り返します。もし、計算結果が実測波形と一致したら、その時の地盤定数を用いて、杭の静的な荷重-変位関係を計算します。

Smithの地盤モデルでは、地盤定数の決め方は、全くもって、解析者の判断のみに基づいています。一方、Randolphらのモデルでは、杭外周面のばね定数 k_s 、逸散減衰定数 c_r は、弾性理論から、近似的に以下のように決定することができます。

$$k_s = 2.75 G / (\pi D), c_r = G / V_s \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 V_s はせん断波の伝播速度 ($V_s = \sqrt{G/\rho_t}$)、 G は

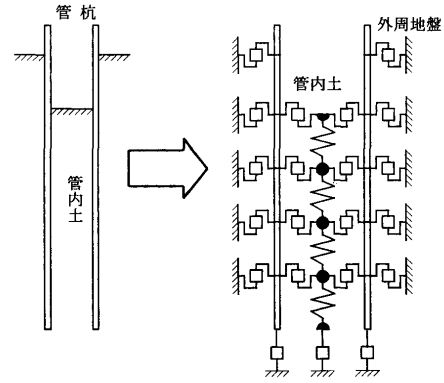


図-1 杭-地盤系のモデル化

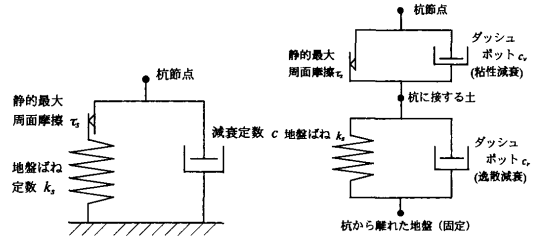


図-2 周面摩擦モデル

地盤のせん断剛性、 D は杭外径です。すなわち、各地層の V_s と ρ_t がわかれば、 k_s と c_r が決定できるため、波形マッチング解析で仮定するのは、静的最大摩擦 τ_s と粘性減衰 c_v だけとなります。Randolphらによって先端地盤抵抗モデルも提案されており、このモデル中の幾つかの定数も、 V_s 、 ρ_t 、 D から決定することができます。 V_s から求められる G ($G = \rho_t V_s^2$ 、 ρ_t は土の密度)は、微小ひずみに対応する値 G_0 ですが、地盤の G の値はひずみレベルに依存することが知られています。筆者の経験では、地盤によって、 $G = (0.5 \sim 1.0) G_0$ の値をとるようです。

波形マッチング解析は急速载荷試験の解析にも適用できますが、急速载荷試験では杭中の波動伝播の影響を無視できる場合が多いため、「除荷点法」と呼ばれる解析手法が、よく用いられます。除荷点法では、杭（質点）が、非線形ばねとダッシュポットで支持されているモデル化をしますが、ばね値と減衰定数は、測定した荷重、杭の変位、速度、加速度から直接に決定することができます。簡単に静的な荷重-変位関係を得ることができます。

参考文献

- 1) Randolph, M. F. & Deeks, A. J.: Dynamic and static soil models for axial pile response. *Proc. 4th Int. Conf. on the Appl. of Stress-Wave Theory to Piles*, The Hague, pp. 3~14, 1992.
- 2) 日下部治・松本樹典：急速载荷試験（スタナミック試験）方法とその実施例，土と基礎，Vol. 43, No. 5, pp. 18~26, 1955.
- 3) 松本樹典ほか：珪藻泥岩地盤における打込み鋼管杭の施工と波動理論に基づく荷重-変位関係の推定，土木学会論文集，No. 610/III-45, pp. 1~18, 1998.

（回答者：松本樹典（金沢大学工学部土木建設工学科）

（原稿受理 2001.10.22）