

## 杭の水平載荷試験データの評価手法に関する検討

日本道路公団 沼津工事事務所 正会員 篠田 雅男  
 東海大学 正会員 冬木 衛  
 正会員 宇都 一馬

## 1. はじめに

筆者らは、地盤工学における様々な非線形現象に対して、指数関数係数モデル（非線形最小二乗法）を適用し、この手法が実用的であることを既に報告している<sup>1)</sup>。また、杭の水平載荷試験データで得られる荷重と変位曲線の面積が、杭・地盤が保有するエネルギーに関する情報とみなし、これを新たな指数として評価する手法を提案した<sup>2), 3)</sup>。この中で定義した基準エネルギー - E1 によりエネルギー - の比較を行ったところ、杭種により杭・地盤が保有するエネルギー - に違いがあることが分かった。さらに、同じ杭種で同一の径の場合でも、地盤種別や施工状況等によってばらつきが生じることが予測された。

本報告は、上述した杭の水平載荷試験データの評価手法についてさらに検討を加えたものである。

## 2. 基準エネルギー - E1 について

筆者らが提案する載荷試験の場合の指数関数係数モデルを式(1)に示す。図-1に荷重と変位関係の例を示すが、変位曲線と変位軸で囲まれた面積は、杭・地盤系に関する固有のエネルギー - と考えられ、式(2)で表される。変位  $S$  が基準変位量  $s$  となる荷重を降伏

$$P = P_{\max} \left(1 - e^{-\left(\frac{s}{\delta s}\right)^m}\right) \quad (1)$$

$$E = \int_0^{S1} P_{\max} \left(1 - e^{-\left(\frac{s}{\delta s}\right)^m}\right) ds \quad (2)$$

荷重 ( $P_y = 0.632 P_{\max}$ ) とし、この変位に対応するエネルギー - を基準エネルギー - E1 とする。

図-2は、エネルギー比 ( $E/E1$ ) と基準変位比 ( $S/s$ ) を示す。なお、図-2の曲線は、図-1に示す変位曲線と変位軸で囲まれた面積に関係するので、基準

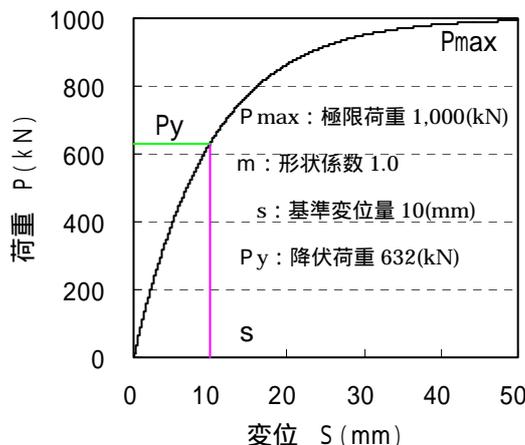


図-1 荷重～変位関係の模式図

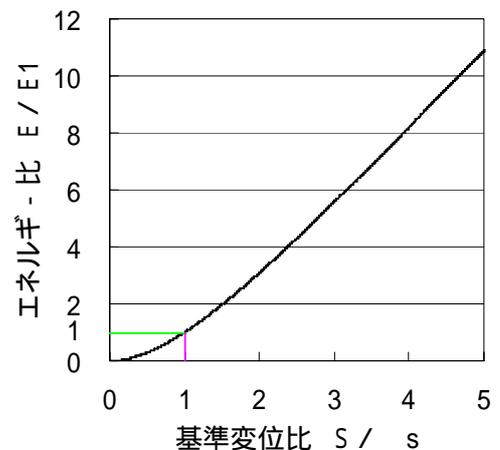


図-2 エネルギー比～基準変位比の関係

変位比が増加するとともに直線に近付くことが分かる。これらは、文献2), 3)を参照されたい。

図-2の曲線は、図-1に示す変位曲線と変位軸で囲まれた面積に関係するので、基準

変位比が増加するとともに直線に近付くことが分かる。これらは、文献2), 3)を参照されたい。

図-2の曲線は、図-1に示す変位曲線と変位軸で囲まれた面積に関係するので、基準

## 3. 解析結果について

文献3)では、文献4)で示される鋼管杭(137例)、場所打ち杭(30例)、PHC杭(24例)、PC杭(40例)のデータの解析結果を報告している。

本報告では、このうち、鋼管杭(137例)の解析結果について、さらに若干の考察を加えたものである。なお、今回扱った数学モデルは、形状係数  $m$  が1の場合のみに限定した。

図-3は、極限荷重と基準変位量の関係、図-4は、極限荷重と杭径の関係を示す。これらは、文献1)の図-6と同様な傾向がみられる。この結果をもとに、前項で述べた手法により解析を行った。

キーワード 水平載荷試験 数学モデル エネルギー -

連絡先 〒410-0011 静岡県沼津市岡宮字焼土手 1300-1 日本道路公団 沼津工事事務所 裾野西工事区  
 TEL055-926-7100

図 - 5 は、基準エネルギーと基準変位量の関係、図 6 は、基準エネルギーと杭径の関係を示す。図 - 5, 6 は、図 - 3, 4 の縦軸を基準エネルギーで表現したものであるが、かなりのばらつきがあることが分かる。上述したばらつきは、杭の断面性能、地盤条件、施工状況等様々な要因によって生じているものと考えられるが、本報告で使用した文献4)では、地盤に関する情報が記載されていなかったため、今後データ収集に努めたいと考えている。

図 - 7 は、 $m = 1$  の場合の荷重比と変位関係の模式図を示す。図より、基準エネルギーは、基準変位量の増加とともに大きくなること分かる。

また、基準変位量が増加すると、なだらかな曲線になることが分かる。図 - 5 より、基準エネルギーが最も大きいケースは、基準変位量が最大となるケース(  $s = 224.8\text{mm}$  )であるが、この変位量では実杭が破壊していると考えられる。このため、エネルギーでは、基準変位量の大きさを考慮する必要があると考えられる。なお、今回は、 $m = 1$  の場合に限定した議論としたが、 $m = 1$  の場合についても今後検討していきたいと考えている。

4. まとめ

本報告では、荷重と変位曲線の関係から、エネルギーを抽出し検討を行った。このエネルギーは、地盤と杭の相互作用に対して密接な関係があると考えられる。今後は、このエネルギーを杭と地盤に関する新たな指標として評価し、杭の設計・施工等に反映させていきたい。なお、今回解析した資料は、(独)土木研究所構造物研究グループ上席研究員 福井次郎氏に提供して頂いた。ここに、記して感謝の意を表します。

**参考文献** 1)宇都,冬木,桜井:指数関数係数モデルの地盤工学への適用,地盤工学におけるリスク評価手法に関するシンポジウム,pp.7-14,1987. 2)山田,篠田,冬木,宇都:指数関数系の数学モデル 指数曲線の積分,第38回地盤工学研究発表会,2003. 3)篠田,冬木,宇都,佐伯,長谷,崎谷:載荷試験データによる杭の水平抵抗特性に関する検討,第39回地盤工学研究発表会,2004. 4)建設省土木研究所 構造橋梁部基礎研究室:土木研究所資料 載荷試験データによる杭の水平抵抗特性に関する調査,1989.

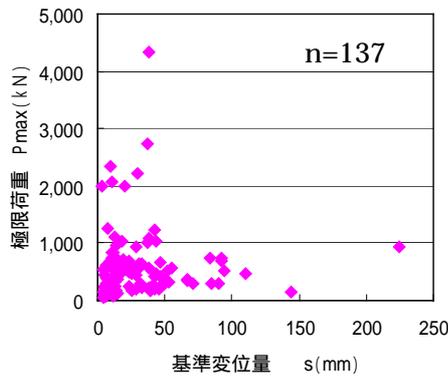


図 - 3 極限荷重～基準変位量の関係

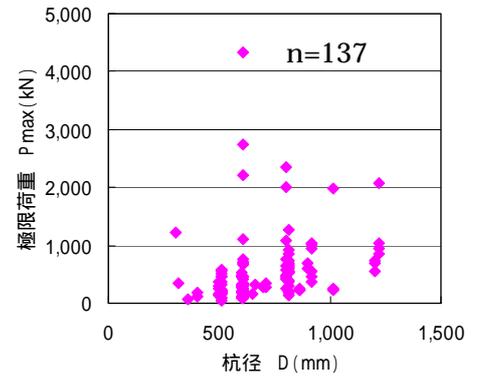


図 - 4 極限荷重～杭径の関係

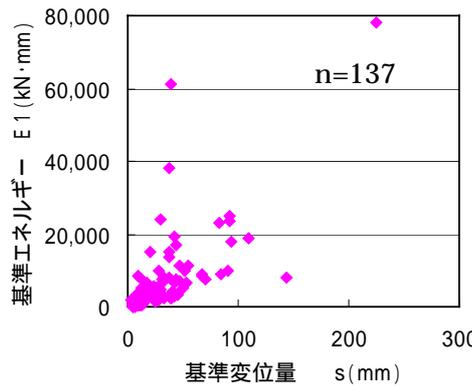


図 - 5 基準エネルギー～基準変位量の関係

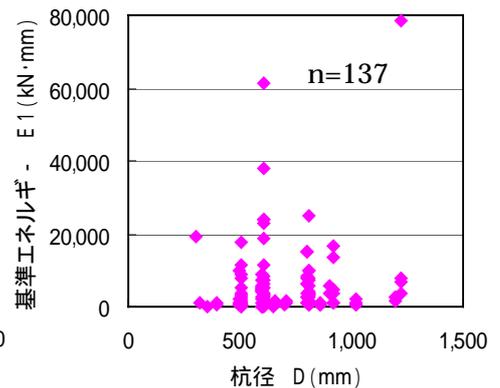


図 - 6 基準エネルギー～杭径の関係

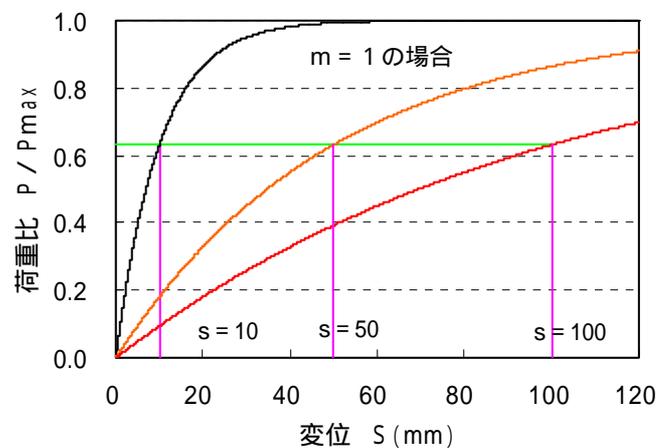


図 - 7 荷重比～変位関係の模式図