

# 水平力を受ける場所打ち杭の挙動に関する基礎的研究

京都大学 工学部 正会員 足立 紀尚, 木村 亮  
 京都大学 工学部 学生員 ○亀井 宏之

## 1. はじめに

昭和61年度に制定されたコンクリート標準示方書では、コンクリート構造物の設計規範として限界状態設計法が導入され、杭基礎をはじめとする基礎構造物についても、終局限界状態における合理的な設計法の確立が望まれている。現行の道路橋示方書では水平力を受ける杭に対して、杭直径Dの1%を杭頭水平変位の基準変位量とし、それ以内では弾性的に挙動すると設計している。場所打ちコンクリート杭の場合鋼管杭と比較して、終局限界状態およびそれに至るまでの挙動が、地盤の非線形性とともに関係が深く支配される。本報告は水平力を受ける場所打ち杭の挙動を解明する第一歩として、両対数でプロットした水平荷重～杭頭変位関係の折れ点に着目し、杭体の非線形挙動について考察したものである。

## 2. 場所打ちコンクリート杭の大変形水平載荷試験<sup>1)</sup>

杭の水平載荷試験の事例は数多いが、実杭を水平載荷により破壊にまで至らしめた試験例は少ない。阪神高速道路・旧梅田入路の撤去工事に際して、その橋脚基礎である直径1mの場所打ち単杭を対象にして、終局状態までの静的水平載荷試験が実施された<sup>1)</sup>。試験現場の土質条件は図-1に示すように、上層から砂層、シルト層、砂礫層である。試験杭は杭長25.0m、杭径1.0mで、地表面から4mに段落し部があり、下部は上部に比べ配筋量が少ない。水平載荷試験における載荷点の水平荷重H～水平変位 $\delta$ \* 関係を図-2に示す。図より杭の基準変位量10mmをはるかに超える変形を示しており、杭-地盤系の非線形性、塑性化が進行していることが分かる。

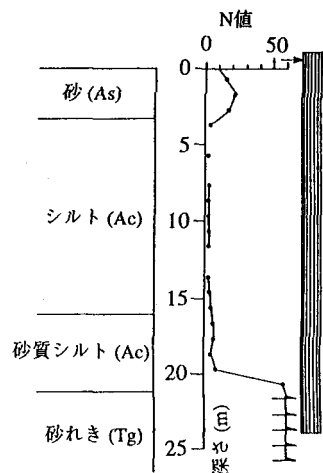


図-1 試験杭と地盤状況

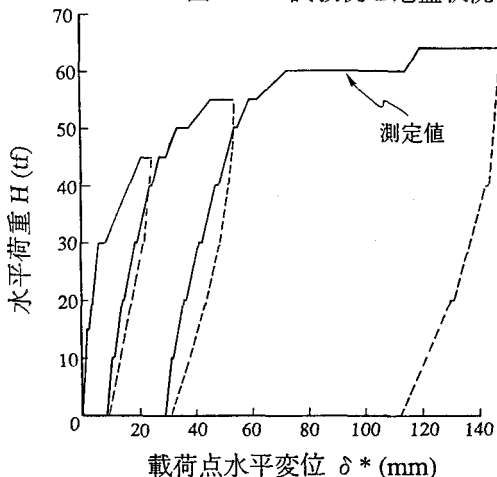


図-2 水平荷重～載荷点水平変位関係

杭の鉛直載荷試験の鉛直荷重P～杭頭沈下量S 関係から支持力を判定する場合、第一の折れ点を降伏荷重（第一限界荷重<sup>2)</sup>）とする<sup>3)</sup>。処女荷重段階における経過時間tを用いたS～log t 曲線や、 $\Delta S / \Delta \log t \sim P$  曲線もその決定の判定基準とされる。水平載荷試験に関しても、“水平荷重Hと杭頭地表面水平変位 $\delta$ を両対数表示したlog H～log  $\delta$  曲線を描き、折れ点等を許容水平荷重と総合して設計値の確認を行う”とある<sup>4)</sup>。そこで、荷重～変位関係の内側を内挿して両対数グラフで表わした図を図-3に示す。図からH=35～40tf付近に第1折れ点(B)が認められる。この折れ点Bの荷重値は、引張り側のコンクリートにクラックが生じ、杭体が全断面有効の

状態からRC断面へ移行する境界の荷重である<sup>9)</sup>と考えられる。さらに、折れ点Cは鉄筋が降伏した状態と推定できる。

### 3. 両対数表示した荷重～変位関係から求めた第1折れ点

上記第1折れ点Bに着目して、現在までに実施された場所打ち杭の荷重試験を19例収集し、B点と基準変位量との関係を考察した。収集した荷重試験の杭径は0.8m～3.0m、杭長は11m～69mで十分長い杭とみなせる。地盤の状況、杭の施工法、主鉄筋の変化位置によってもB点の大きさは変化すると考えられるが、ここでは考慮していない。19例の荷重変位曲線を $\log H \sim \log \delta$ で表示し、第一折れ点の変位量 $\delta$ を杭径Dで基準化し横軸に、縦軸に杭径Dをとってプロットした図を図-4に示す。B点でクラックが発生し杭体の非線形性が現われるとすれば、基準変位量1%の時点で杭はすでに非線形挙動を示していることになる。また、基準変位と比較して杭径が大きくなるほど基準変位量より小さくなる傾向がある。杭の非線形性よりも早く、地盤の非線形性が卓越すると思われるが、地盤の非線形化は水平抵抗の性質上進行性破壊のようなもので第1折れ点付近にオーバーラップしていることも考えられる。今後は、荷重データを蓄積するとともに、水平変位の微小部分の詳細な検討を行い、地盤の非線形性との関係をも含めて考察する必要がある。

### 4. おわりに

本報告では場所打ち杭の水平荷重試験結果から得られる荷重～杭頭変位関係を両対数でプロットし、その第一折れ点と基準変位量との関係を考察した。基準変位と比較して杭径が大きくなるほど基準変位量より小さくなる傾向があり、非線形性が卓越することが分かった。終局状態での杭の水平抵抗挙動を論じるためには、さらなる実験的検討の蓄積が望まれる。

### 【参考文献】

- 1) 木村・中林・浜田・伊藤：場所打ち杭の現場水平荷重実験，土木学会年次学術講演会概要集，pp.824-825，H3.
- 2) 山肩：土質工学会基準改訂案，杭の鉛直荷重試験方法について，土と基礎，Vol. 39 No.6，p.82，H3.
- 3) 土質工学会：クイの鉛直荷重試験基準・同解説，pp.144-146，S47.
- 4) 土質工学会：土質工学会基準，杭の水平荷重試験方法・同解説，pp.41-45，S58.
- 5) 首都高速道路公団：都市高速道路高架橋の新しい構造形式に関する調査報告書，pp.57-96，S53.

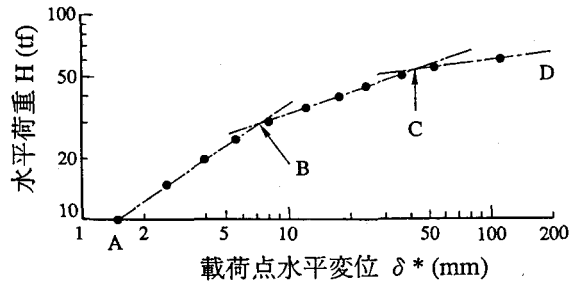


図-3  $\log H \sim \log \delta^*$ 関係

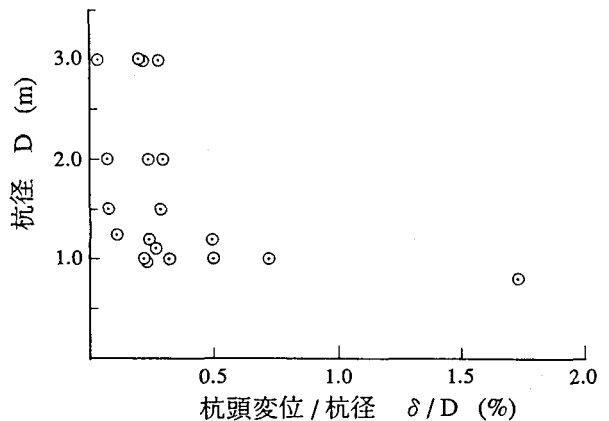


図-4 杭径と杭頭変位/杭径の関係