

# 埋込み杭の杭孔掘削時のオーガモータの電流値を利用した地盤予測の試み

名城大学理工学部	正会員	堀内 孝英
日本コンクリート工業(株)	正会員	可児 幸彦
名古屋市交通局	正会員	早水 尚
名城大学大学院	学生員	福田 智子

## 1. まえがき

標準貫入試験を用いたボーリング調査の結果は、まずボーリング柱状図に整理され、続いて何本かのボーリング柱状図を集めて地盤断面図にまとめられる。ボーリング調査は、本来、点の調査であって、断面図を作成することによって地盤状況の線の理解へと進むことができる。さらに、これをもとにして支持層の分布図や土層の分布図を作れば、点の情報から我々は面の判断をすることが可能となる。換言すれば、一次元の知識の集積によって二次元の理解に進み、さらに、三次元の状況判断を行なって、初めてその地盤に適した構造物の基礎構造を選定し、設計することができるし、また基礎工事を安全に施工するための計画をたてることができ、有効な資料とすることができるのである。

一般に、建築現場敷地内の地盤調査は、構造物の重要度によっても異なるが、1~2箇所程度の標準貫入試験を伴ったボーリング調査しか実施されていない現状にある。したがって、それをもとに建設敷地内の地盤構成を推定し、設計・施工をおこなっているのが実態といえよう。

筆者らは、埋込み杭のうち、プレボーリング拡大根固め工法の一つである、RODEX工法を対象に、杭孔掘削中にリアルタイムで得られる、オーガの駆動電動機の電流値の変化と、地盤の標準貫入試験結果のN値との関係を調査した。その結果、杭孔単位掘削当たりのオーガの駆動電動機の平均負荷電流値A (amp) と掘削時間T (sec)との積AT値 (amp·sec)は、地盤の標準貫入試験の結果のN値と非常に良く対応することを認めた<sup>1), 2)</sup>。ここに、本研究は、RODEX工法による杭孔掘削当たりのAT値を用いて、現場敷地内の地盤断面図の作成を試みたので報告する。

## 2. 計測システムと解析方法

図-1は、埋め込み杭工法における施工機器の配置と計測システムの概要を示したものである。なお、同図中には、標準貫入試験結果のN値とオーガの駆動電動機の負荷電流値の自動計測記録の一例も併記してある。

解析に当っては、地盤の標準貫入試験を用いたボーリング調査位置およびその近傍で実施した、RODEX工法による埋込み杭の杭孔掘削の施工開始から終了まで、連続的に計測したオーガの駆動電動機の自動計測記録から、単位掘削当りの平均負荷電流値A (以下、単にA値という)、掘削時間T (以下、単にT値という)を求め、さらに、

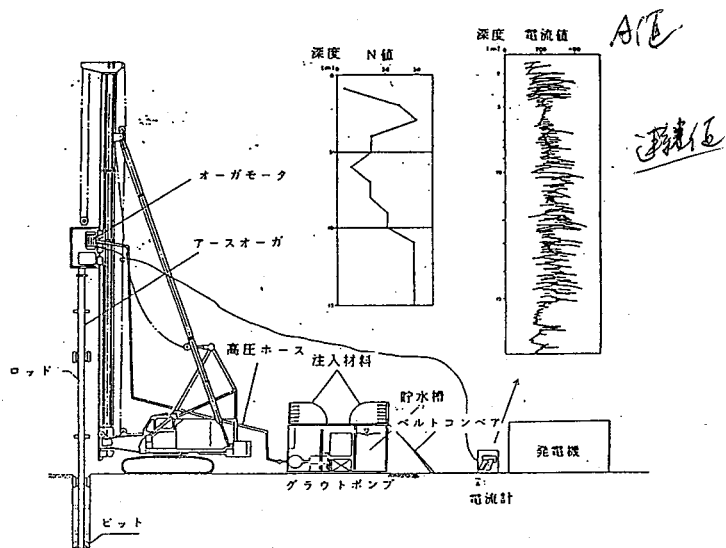


図-1 施工機械の配置とシステム

Forecast of Ground by Load Current of Auger Motor During Excavation in Bored Precast Pile :  
 TakahideHoriuchi(Meijo Univ.), YukihikoKani(Nippon Concrete Industries Co.,Ltd.),  
 HisashiHayamizu(Nagoya City Traffic Bureau), TomokoFukuda(Meijo Univ.)

その積AT値を算出し、それらと標準貫入試験結果のN値（以下、単にN値という）との対応について検討を行なう。なお、A値、T値およびAT値は、N値測定位置を挟む1m当りの測定値であり、また、T値はそのときの記録用紙の送り速度から算出する。ただし、オーガが持ち上げられている時間は含まない。

### 3. 土質柱状図およびN値と電流値の関係

図-2は、ボーリング調査地点と同じ位置で実施した、外径450mmの埋め込み杭を設置するために、80馬力の駆動電動機を用いて掘削した場合の、単位時間当りのA値、T値およびAT値と、それに対応する地盤の土質柱状図およびN値との関係の一例を示したものである。この図から、杭孔先端地盤のN値と負荷電流A値および掘削時間T値は、多少ばらつきはあるものの比較的良く対応して変化しており、特に、N値とAT値とは非常に良い対応性のあることが認められる。

図-3は、4箇所の建設現場におけるボーリング調査地点に近い位置で実施した、埋め込み杭のAT値とそれに対応する土質柱状図およびN値との関係を示したものである。これらの図からも、N値とAT値とは良く対応していることが認められる。特に、同一土層の層厚が3m以上ある場合（B現場）には、N値とAT値とは非常に良い対応性のあることが認められる。しかし、互層の地盤および砂層中に礫または玉石等を含む土層（C現場）においては、N値とAT値とは必ずしも良い対応は認められない。その理由としては、次のことがあげられる。

N値の測定は地表面から1m毎に15cmの予備打ちの後、30cm区間の打撃回数で評価されたもので非連続的である。一方、埋め込み杭工法によるオーガの駆動電動機の負荷電流値の測定は連続的である。ここに、AT値の算出にあたっては、前述したように、連続的に計測されたデータとN値と対応されるため、

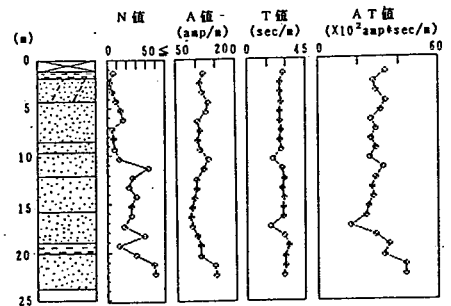


図-2 N値とA値、T値およびAT値の分布

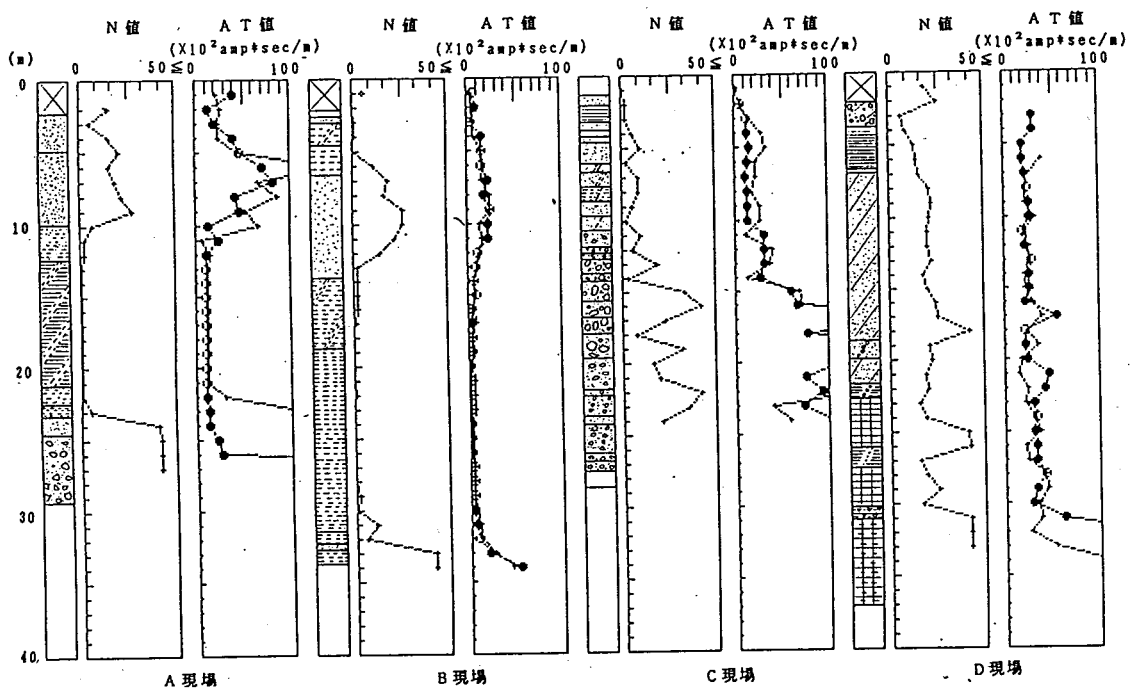


図-3 A現場～D現場におけるN値とAT値の分布

AT値  
 3.15  
 ↓  
 2.8

N値測定位置を挟んだ1 m区間のデータを読みとったものである。したがって、その1 m区間内で土質や地層の変化がある場合や互層から成る地盤の場合、AT値はどちらの土質または地層のN値と対応しているのかの判断が困難な場合が多い。また、玉石を含む砂礫層では、N値の信頼性も乏しく、かつ、オーガヘッドに玉石が当たった場合は、負荷電流値をあげても掘削に進展がなく、単位掘削当たりの掘削時間がかかる。また、逆に、オーガヘッドに玉石が当たらない場合には、負荷電流値をあげれば単位掘削当たりの掘削時間は短くなる。しかし、図-2および図-3からわかるように、杭孔掘削に伴うオーガの駆動電動機の負荷電流値Aと掘削時間Tとの積AT値はN値や土質に密接な関係があることがわかる。

#### 4. AT値を利用した地盤断面図の作成

埋め込み杭工法の掘削に伴うオーガの駆動電動機の平均負荷電流値Aと掘削時間Tは、複合して杭孔の掘削抵抗や掘削先端地盤の硬軟を示す指標と考えられる。ここに、AT値を用いて、図-4に示す敷地や地盤の断面図を作成した一例を示す。

図-4からわかるように、この建設敷地では、事前に標準貫入試験を用いたボーリング調査が2箇所(●印: A・C)および埋込み杭の支持層管理のために実施した試験杭4箇所(○印: A・B・C・D)が実施されている。

図-5(a)~(e)は、図-4のボーリングおよび試験杭位置を結ぶ、5断面について作成した、建設敷地の想定地盤断面図である。

A-C断面は、2箇所のボーリング調査結果による土質柱状図および標準貫入試験結果のN値に基づいて、地盤断面図を作成したものである。なお、同図中のN値分布図中には、AT値の分布も併記してある。A-C断面図からわかるように、同一敷地内においても地盤構成、すなわち土質構成の分布や支持層の分布は異なっていることが分かる。したがって、もし、AまたはC地点の1箇所ではしかボーリング調査が行なわれていなかった

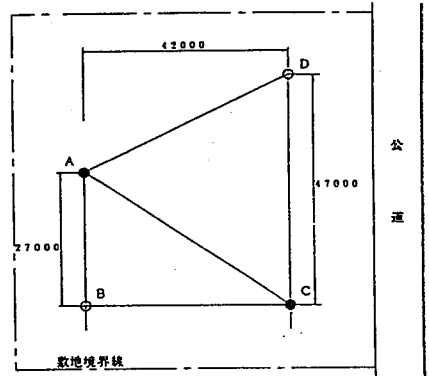
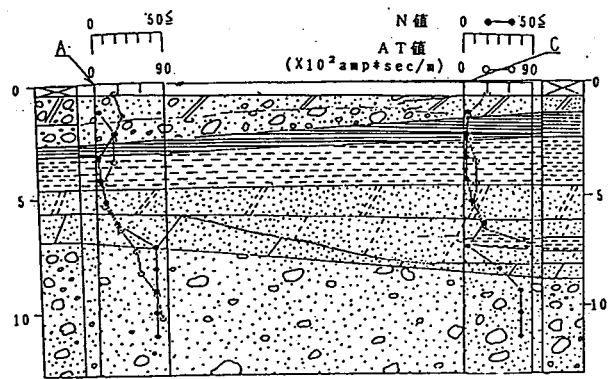
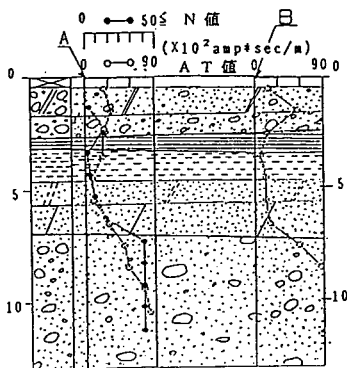


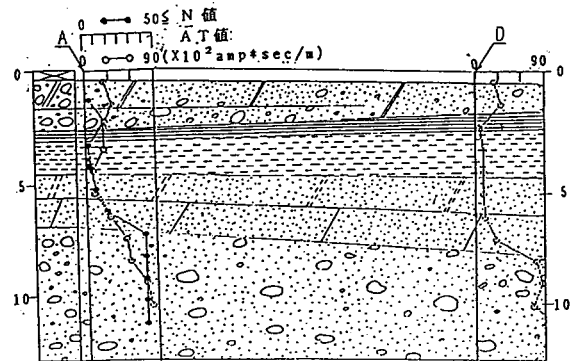
図-4 敷地地盤のボーリング  
および試験杭位置



(a) A-C断面

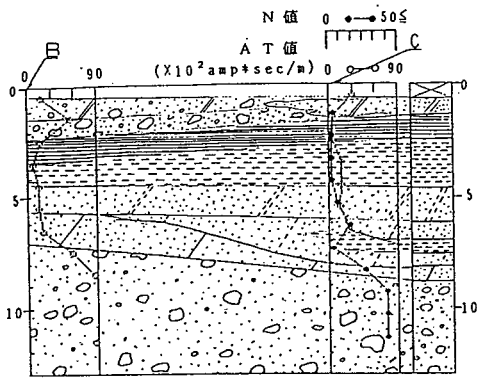


(b) A-B断面

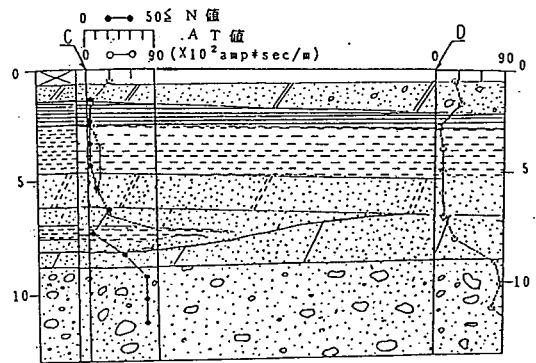


(c) A-D断面

図-5 建設敷地の想定地盤断面図



(d) B-C断面



(e) C-D断面

図-5 建設敷地の想定地盤断面図

ならば、その1箇所の地盤調査資料によって、支持層の位置や施工法等、杭基礎の設計・施工を行なうための判断資料としなければならない。

ここに、A-D、A-B、B-CおよびC-D断面は、AおよびC地点で実施された1箇所の標準貫入試験を用いたボーリング調査と同じ位置およびそれ以外の位置で埋込み杭の支持層確認のために実施した試験杭のAT値とを用い、それぞれのAT値を対比して、想定地盤断面図を作成したものである。

これらの図からわかるように、一様と考えられる同一敷地内の地盤でも、これらの想定地盤断面図から、かなり複雑であることがわかる。また、もし、1箇所の地盤調査資料しか得られていないならば、同一敷地内の地盤の土層分布や支持層の分布は、一様でしかも水平と考えざるをえないが、AT値を利用することによって、敷地内の地盤断面を作成できることの可能性が明らかとなった。

## 5. まとめ

本研究は、埋込み杭工法のうち、プレボーリング拡大根固め工法の一つであるRODEX工法を対象に、杭孔掘削中にリアルタイムで得られる、杭孔単位掘削当たりのオーガの駆動電動機の平均負荷電流値A (amp) と掘削時間T (sec) との積AT値は、地盤の標準貫入試験結果のN値と非常に良く対応していることに着目し、AT値を利用して建設敷地内の想定地盤断面図を作成した。その結果、ボーリング調査が実施されていない地点でもAT値を用いて補完することによって、建設敷地地盤の状況を、さらに詳細に予測できる可能性を明らかにした。

しかし、埋込み杭における、杭孔掘削時の負荷電流値Aや掘削時間Tに与える要因としては、①施工方法 ②オーガの駆動電動機の馬力、③杭孔掘削径、④掘削深度、⑤地盤性状などがある。したがって、今後、AT値を用いて建設敷地内の想定地盤断面をさらに正確に作成するためには、上述の①～⑤の要因を踏まえてN値および土質・地質とAT値との相関性について検討する必要がある。

## 参考文献

- 堀内孝英、可児幸彦、早水 尚：埋込み杭工法における支持層の確認手法の試み、第2回、地盤工学シンポジウム（地盤と水）、土質工学会中部支部、PP.113～116、1990
- 堀内孝英、早水 尚、植木博昭、可児幸彦：標準貫入試験結果のN値と埋込み杭工法における杭孔の掘削抵抗の相関性：名城大学理工学部研究報告、第31号、PP.103～108、平成3年

・ AT値の物理的意味... 工場のようでは？ (岡先生)  
 掘削時間と掘削径の関係